

運輸省船舶局監修

造船海運綜合技術雜誌

# 船科学

創刊10周年記念特集号

VOL.11 NO.11 NOV. 1958

昭和三十三年十一月十日發行 第十一号  
昭和三十三年十二月十日發行 第十二号  
昭和三十三年十二月二十日發行 第十三号  
昭和三十三年十二月三十日發行 第十四号  
昭和三十四年一月十日發行 第十五号  
昭和三十四年一月二十日發行 第十六号  
昭和三十四年一月三十日發行 第十七号  
昭和三十四年二月十日發行 第十八号  
昭和三十四年二月二十日發行 第十九号  
昭和三十四年二月三十日發行 第二十号  
日本國有株式會社特別被

 三菱造船株式會社

船舶技術協會

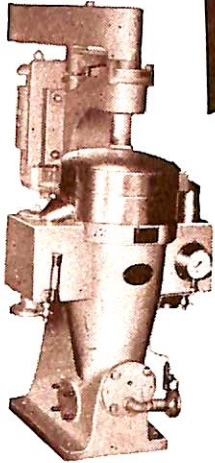




最高の技術を誇る  
最古のメーカー

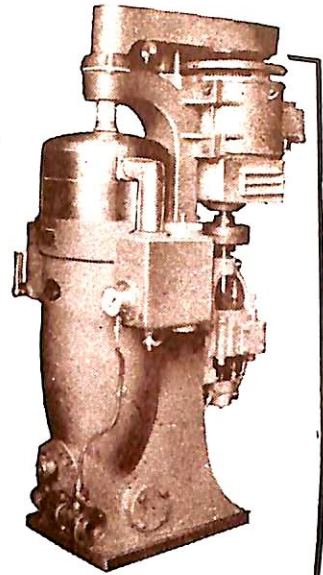
PuRiFiER-CLARiEiER EQUIPMENT

最新型 船舶用油清浄機



ボイラー油清浄機  
ディーゼル油清浄機  
タービン油清浄機  
潤滑油清浄機  
直結シャープポンプ付油清浄機

処理能力 500L/H～750L/H (C重油)  
1000L/H～1500L/H (C重油)  
2000L/H～2500L/H (C重油)



巴商五 株式會社

大阪市 福島区上福島南1-208  
電話 福島(45)2109・5615

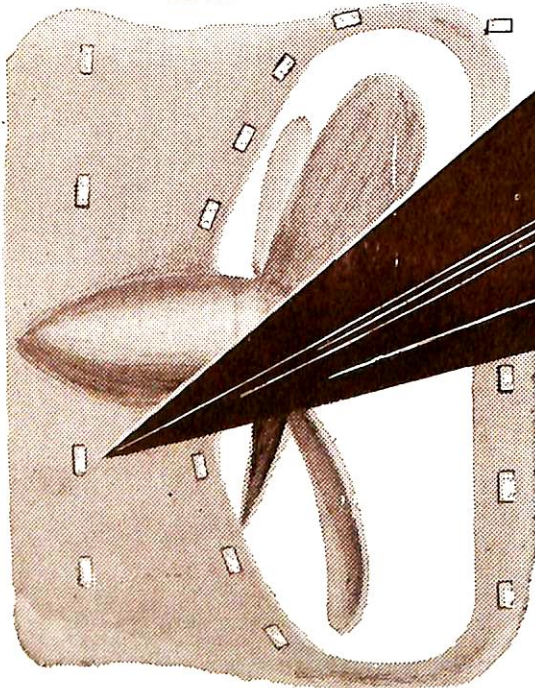
工場  
大阪市 大淀区本庄東通4-1  
電話 豊崎(37)6712



三菱防蝕亜鉛  
CATHODIC PROTECTION ZINC

鉄材の腐蝕を

CPZで防ぎましょう



CPZ

用途

船舶外板・スクリュー  
海水中の鉄構造物

三菱金属鉱業株式会社

東京都千代田区大手町1丁目6番地(大手ビル)

電話(23)2431・3321・4311番

総代理店 三菱商事株式会社

電話(28)1021・1031・2021番

設計施工 日本防蝕工業株式会社

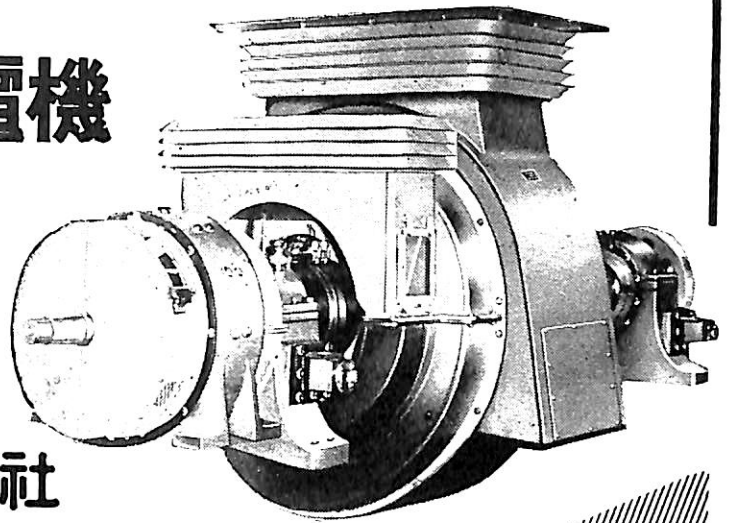
電話東京(28)68,07・6808



NSDK

# 船用交流発電機

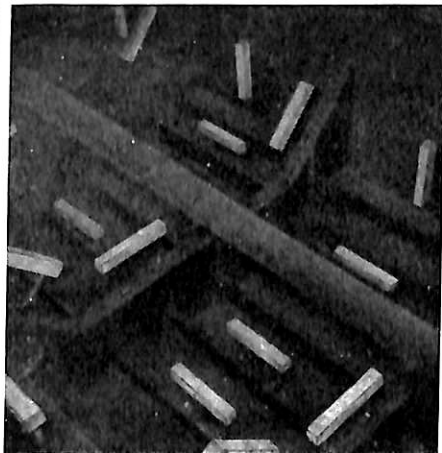
自勵・他勵交流発電機  
直 流 発 電 機  
各種電動機及制御装置  
配電盤・船用揚貨機  
電動送風機・サーモタンク  
その他諸機械器具



## 西芝電機株式会社

本社工場 姫路市網干区浜田1,000番地  
TEL. 網干 261 ~ 265  
東京営業所 東京都中央区銀座西6の6(鉄道工業ビル)  
TEL. 銀座(57) 6864・6865  
大阪営業所 大阪市北区中之島2の25(江商ビル)  
TEL. 北浜(23) 4115・8649・7359

# 電気防蝕法 CATHODIC PROTECTION



油槽船船槽に取付けた Mg 陽極 52 T

簡単な施工で水中、地中の金属  
施設を防蝕し、寿命を数倍に延  
長させる画期的防蝕法

油槽船船槽 } に電気防蝕法  
船 殻 }  
プロペラ }

—調査—設計—施工—材料—

## 日本防蝕工業株式会社

東京都千代田区丸の内三ノ二(三菱東7号館)  
電話(28) 6807・6808・2204・6576  
大阪事務所 大阪市北区老松町三ノ三二(新老松ビル)  
電話(36) 6919



総代理店 三菱商事株式会社



船舶の新造・修繕・改造  
日立B&Wディーゼル機関  
船舶用諸機械

DEボイラ、排気ボイラ  
ねぢポンプ、軸馬力計  
油槽加熱管、その他







創業 1881年

# 日立造船株式会社

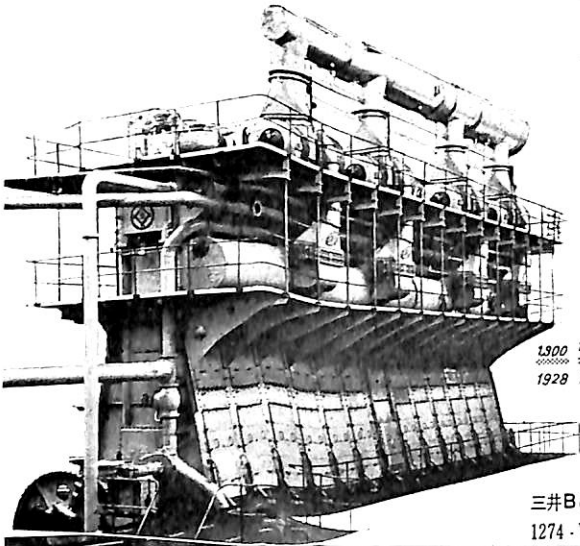
本社 大阪市北区中之島2丁目25 電話大阪(23)8051~9  
東京支社 東京都千代田区丸の内2(郵船ビル) 電話東京(28)5291~9  
工場 桜島・築港(大阪市) 因島・向島(広島県) 神奈川(川崎市)



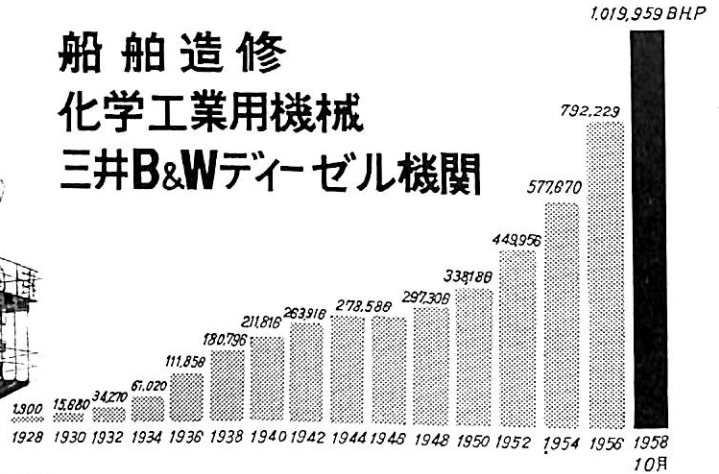


# 三井造船

## 三井B&Wディーゼル機関生産 1,000,000馬力突破!



船舶造修  
化学工業用機械  
三井B&Wディーゼル機関



三井B&Wディーゼル機関年次別製造累計表

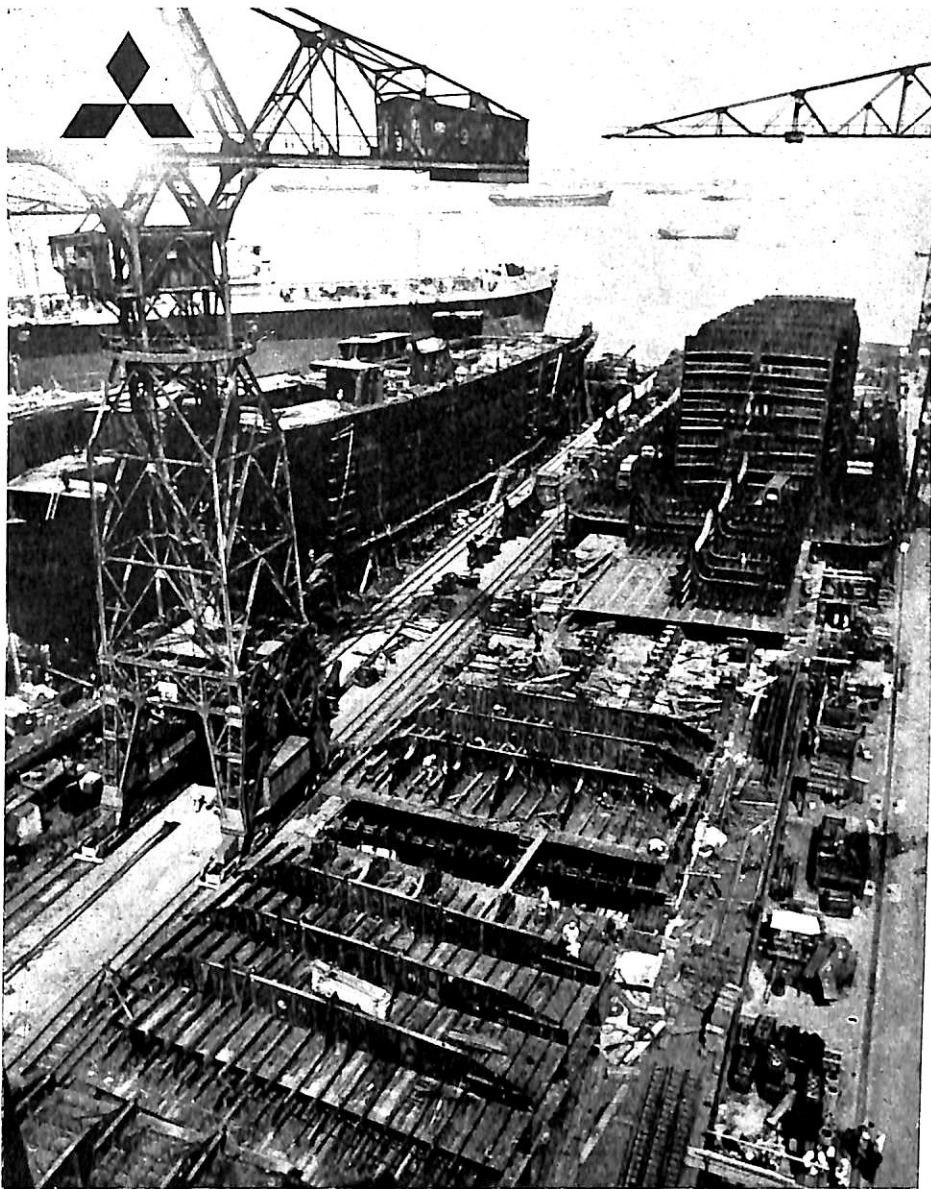
三井B&Wディーゼル機関  
1274・VTBF・160型15,000B・H・P



社長 加藤 五 一

本社 東京日本橋, 三井本館 工場 岡山県玉野市五一〇





船舶・艦艇の新造及び修理

横浜 M・A・N デイゼル機関

三菱横浜可変ピッチプロペラ

三菱横浜 C I E ボイラ

スーパータンカー・貨物船等の建造に忙しい当社横浜造船所の船台

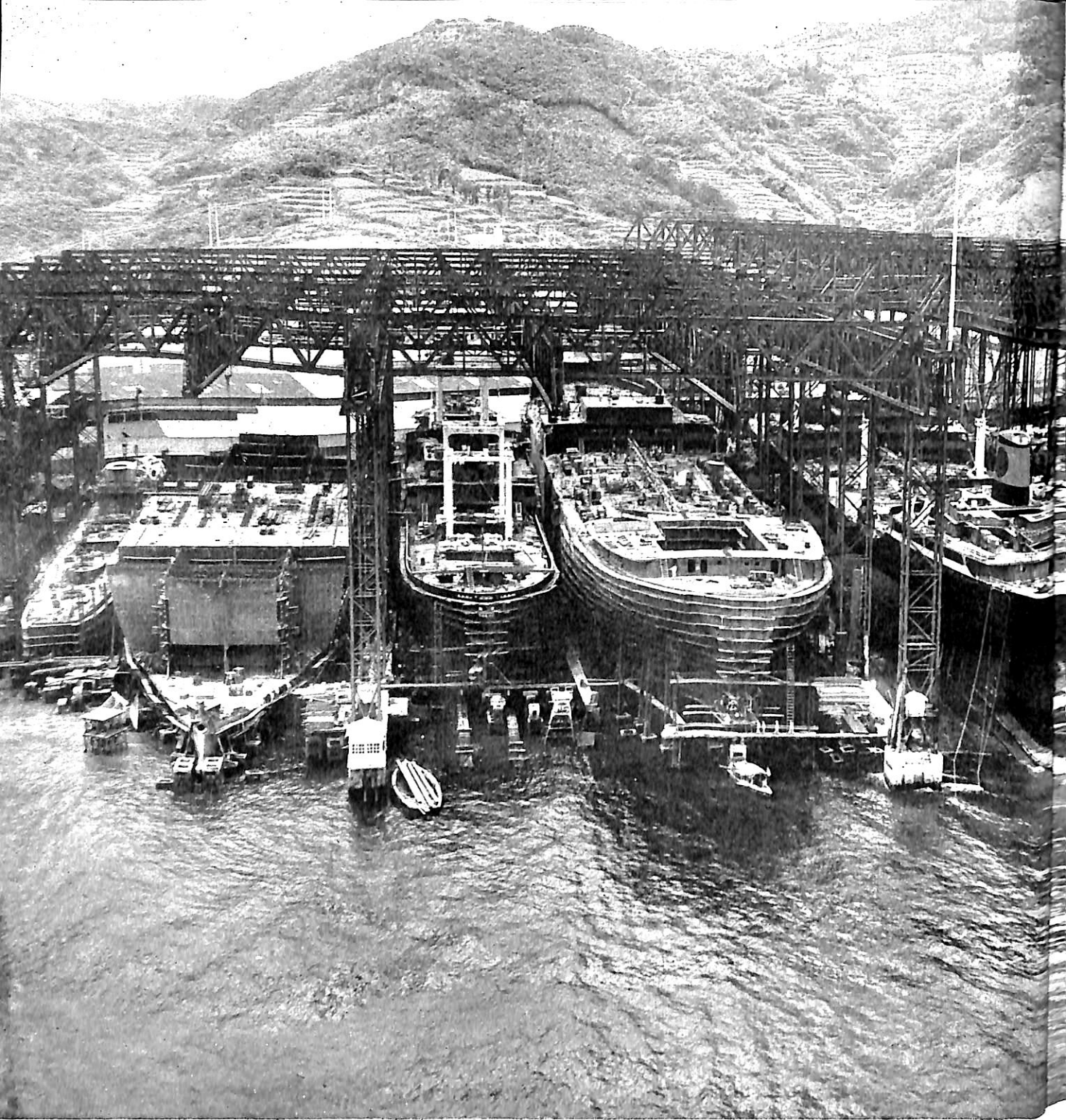
取締役社長 櫻井俊記

# 三菱日本重工業株式会社

本社 東京都千代田区丸の内2の4 電話東京 (28) 2351(代)

大阪営業所 大阪市北区梅田町47新阪神ビル4階 電話大阪 (36) 7531(代)





▲  
船舶進水屯数の世界記録  
を樹立した長崎造船所船台

**MITSUBISHI ZOSEN** KABUSHIKI KAISHA  
(MITSUBISHI SHIPBUILDING & ENGINEERING CO., LTD.)



竣工

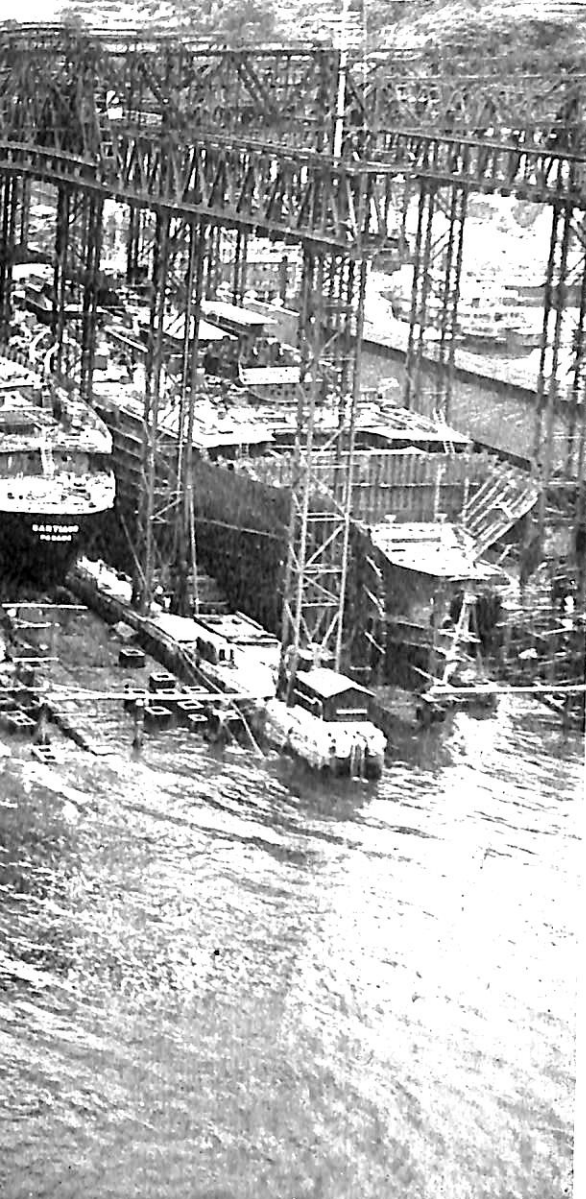
460,000

重量吨

進水

480,000

重量吨



当社は一昨年度に  
引続き昨年度も  
竣工および進水屯数と  
も世界第一位の栄冠  
を獲得しました



## 三菱造船株式会社

本社 東京都千代田区丸の内2の4 (三菱本館) 電話 (28) 5111・3111・0331

工場 長崎造船所・広島造船所・下関造船所・広島精機製作所

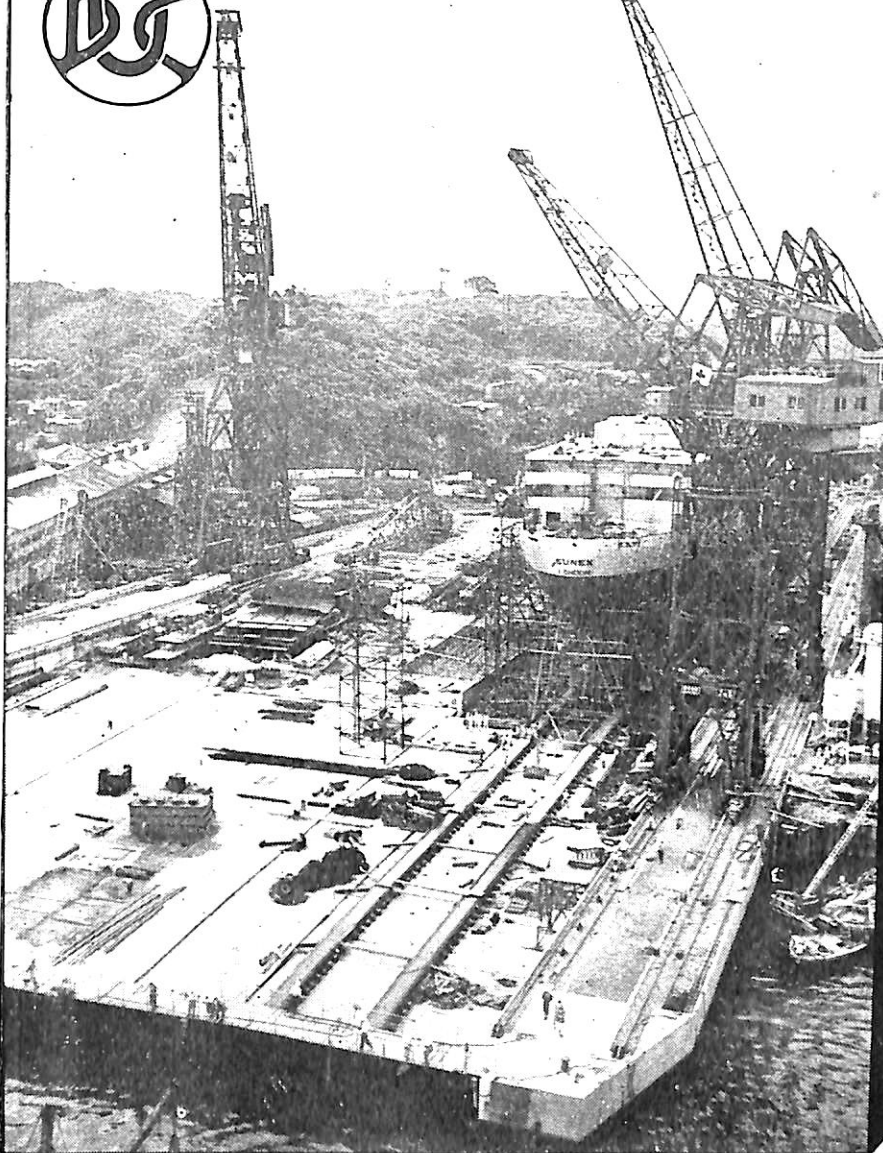
HEAD OFFICE ..... Marunouchi, Tokyo, Japan  
BRANCH OFFICE ..... Osaka · Kobe · Fukuoka

NEW YORK OFFICE ..... Equitable Bldg., 120 Broadway New York 5 N.Y.  
WORKS ..... Nagasaki · Hiroshima · Shimonoseki





新三菱重工業株式会社



各種船舶並に艦艇の新造・修理  
鉄構工事・土木建築業

陸船用諸機械製作  
浦賀スルザー・ディゼル機関製作  
浦賀ドラバル・タービン機関製作

# 浦賀船渠株式会社

取締役社長 多賀寛

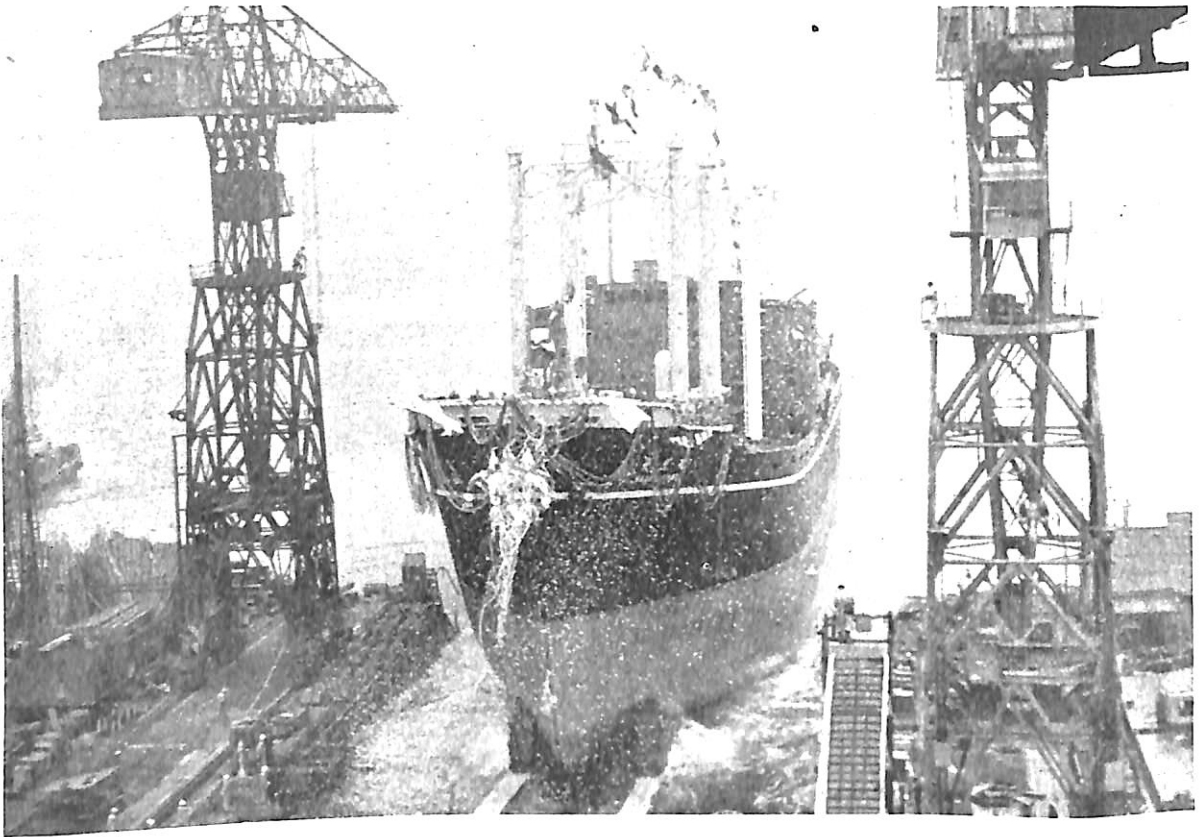
本社 東京都中央区日本橋通2丁目6番地  
電話 代表千代田 (27) 5751・5761

浦賀造船所・横浜工場・神戸事務所・大阪出張所



## 營業種目

船舶の建造及修理・船用ディーゼル・蒸気機関  
各種ポンプ類・橋梁・鉄骨・各種水門・水圧鉄管  
諸タンク・ロータリーキルン等設計製作及修理



資本金 四拾億円

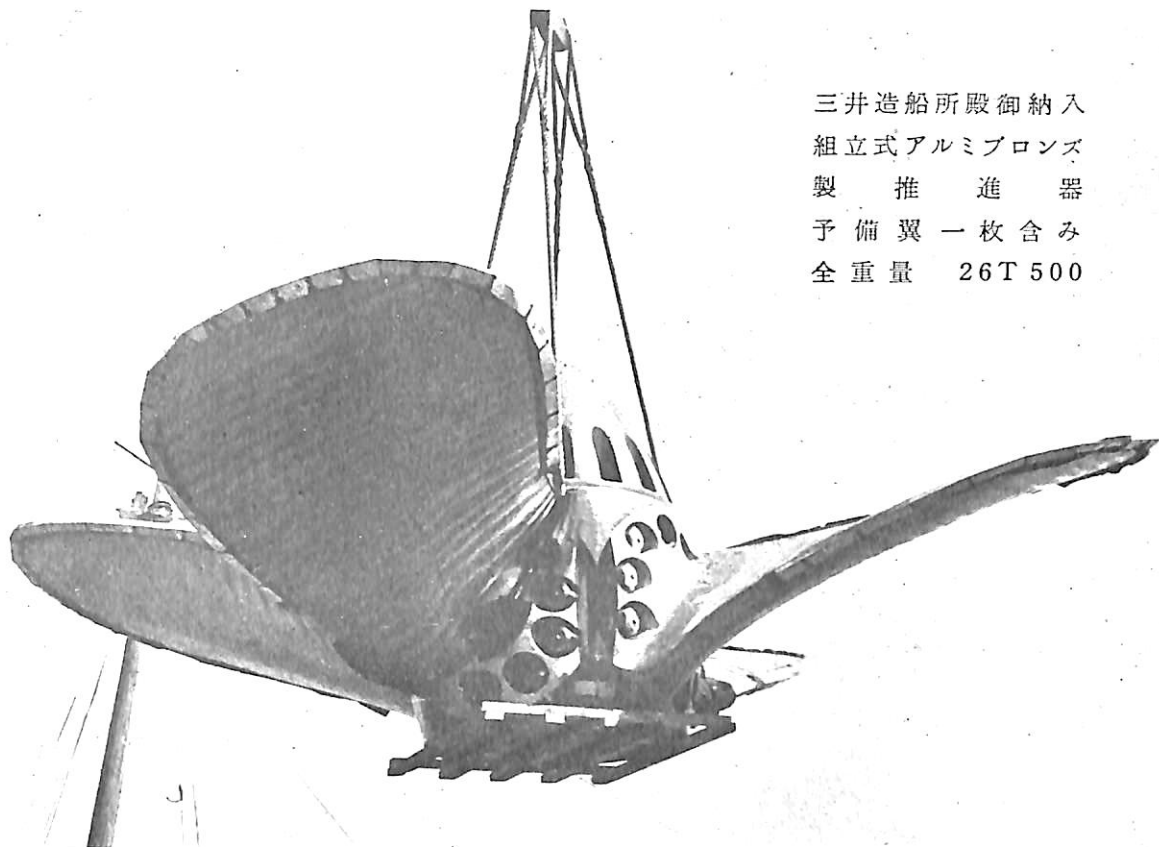
# 株式會社播磨造船所

取締役社長 六 岡 周 三

本社  
相生工場  
神戸事務所  
紐育事務所

東京都千代田区大手町1の2  
兵庫県相生市相生5292  
神戸市生田区浪花町64  
74, Trinity, New York 6, N. Y., U. S. A.

三井造船所殿御納入  
組立式アルミブロンズ  
製 推 進 器  
予 備 翼 一 枚 含 み  
全 重 量 26T500



マンガンブロンズ  
アルミブロンズ

(1 体型 仕上 重量 45ton まで 製作)

船尾骨材・台板・架構・その他



尼崎製鐵株式會社  
吳製鋼所

吳市昭和通五丁目 電 (2)~5191~5



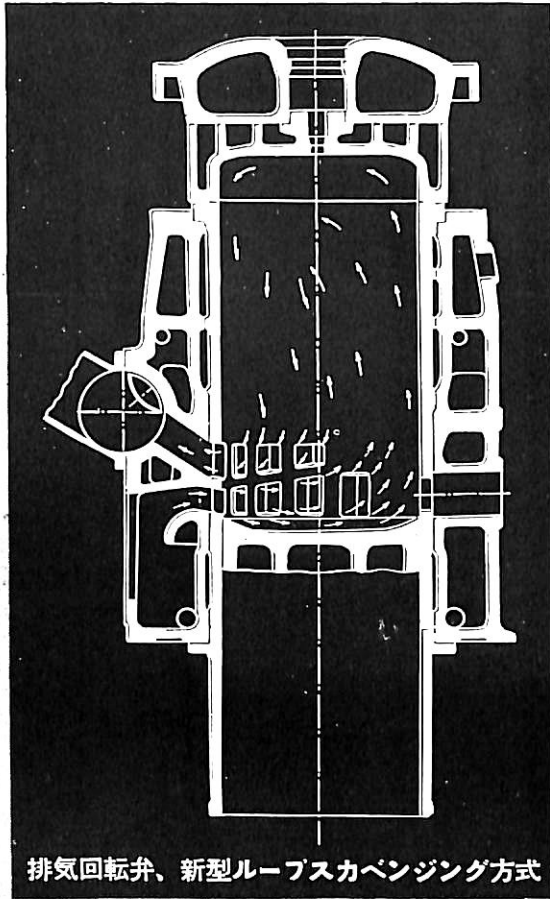


創業 元祿二年

# 株式會社藤永田造船所

本社工場	大阪市住吉区柴谷町2-9	電話住吉(67)2693~8
船町工場	大阪市大正区船町6(船渠)	電話泉尾(65)0861~4
新炭屋町工場	大阪市大正区新炭屋町187	電話泉尾(65)2455~7
東京事務所	東京都中央区日本橋室町2-1三井ビル	電話日本橋(24)0777, 3081
神戸事務所	神戸市生田区京町70松岡ビル	電話三宮(3)6525~6

# シェル アレクシア オイル A



## シェル アレクシア オイル A SHELL ALEXIA OIL A

シェル“アレクシアオイルA”は乳化シリンドー油で燃焼ガス中の酸を中和する強力な中和剤を含んでおり、シリンドー、ピストンリング、ポート等を他の潤滑油のどれよりも清浄にし、シリンドー摩耗の減少に驚異的な偉力を発揮しています。850万屯のシェル所属船だけでなく1000隻もの世界各国の船舶に常用されております。



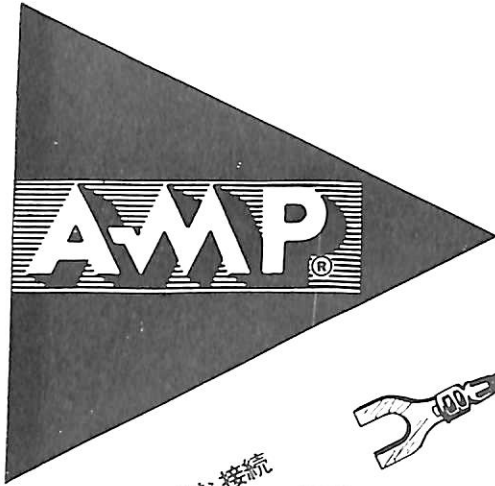
潤滑油界の先駆者

## シェル石油株式会社

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







# 無半田圧着端子 及び接続子

## 生産コストの 大巾な引下げ!

AMP方式は非常に速く生産をなし得しかもその接続は作業者のミスのない優秀且つ均一なものであります

AMP端子は卓越した電氣的機械的性能を有する均一性を保証するAMP精密圧着工具によって使用されます

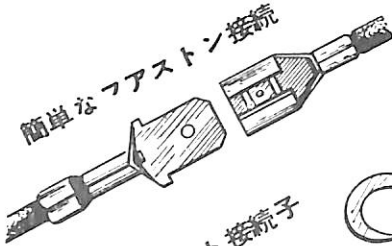
このAMP方式はコスト切下げへの近道として全世界で使われています

被絶縁又は非絶縁端子及び接続子は各種の御用途に応じられます

優美な外観、強靱な接続  
をした圧着後の端子



簡単なファストン接続



圧着前と後のバット接続子



労力の要らないニューマチック工具



AMP圧力規整式手工具



AMP製品は完全に電線の末端処理ができる様に電線端子及び圧着工具が互に関連ある一つのものとして設計されており、AMP圧着端子は適切なAMP工具を使用した際にのみ最も満足な結果が得られます。

御要求により型録を御送付致します

東洋総販売店

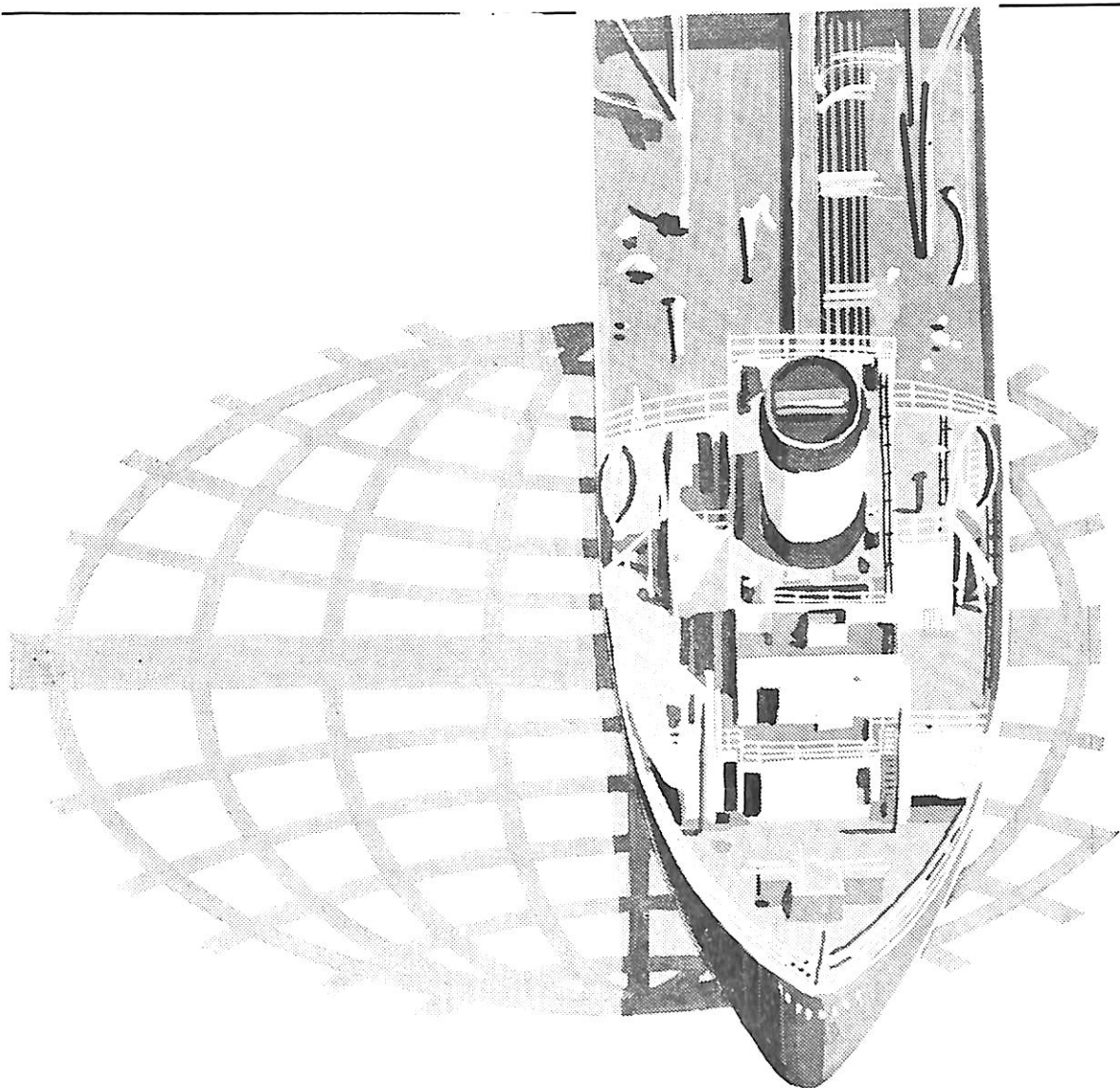
## 東洋端子株式会社

本社・東京都中央区京橋2丁目 荒川ビル  
Tel. (56) 0481 (代表)  
大阪営業所・大阪市南区塩町通4丁目 大和ビル  
Tel. (25) 0446, 4002  
名古屋営業所・名古屋市中村区笹島町1丁目 豊田ビル  
Tel. (55) 3181, 5111, 5121, 内線383  
福岡営業所・福岡市向田町16 Tel. (2) 3424

製造

日本エー・エム・ピー株式会社

川崎市登戸



七ツの海にも  
カルテックス石油製品…



カルテックス オイル(ジャパン)リミッテド  
販売元 日本石油株式会社



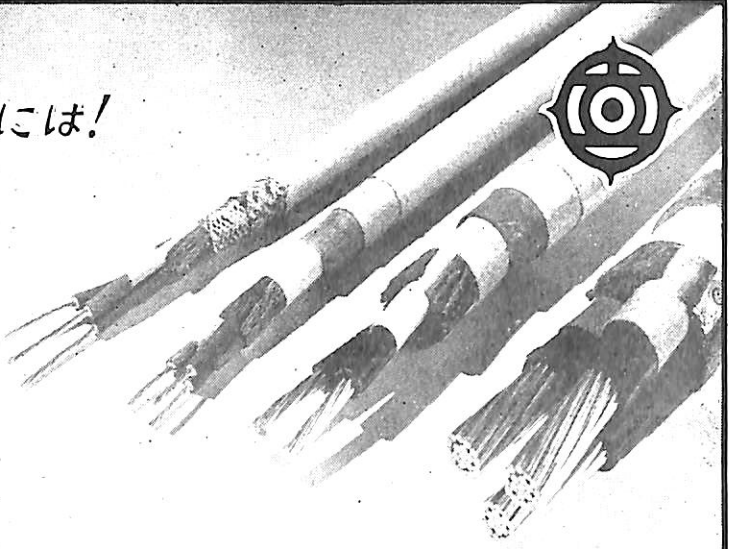
船内配線には!



日立の

船舶用

電線



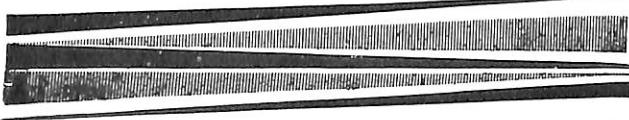
AB規格 NK規格 ロイド規格

本社 東京都千代田区丸の内2の12番地  
営業所 大阪, 名古屋, 福岡, 仙台, 札幌  
工場 日立市助川町20番地

日立電線株式会社

罐外処理は **アンバーライト** で  
罐内処理は **カルゴン-CA** で  
Iバポレーター用浄罐剤は **ヘーゲバツフ** を

イオン交換樹脂アンバーライトを使用したオルガノ式船用純水装置と清罐剤カルゴン-CAは内外船多数の御採用を頂いております。



米国ローム・アンド・ハース社 アンバーライト日本総代理店  
米国ヘーガンケミカルズ・アンド・コントロールズ日本総代理店  
米国ブル・アンド・ロバーツ社 日本総代理店



株式会社 日本オルガノ商会

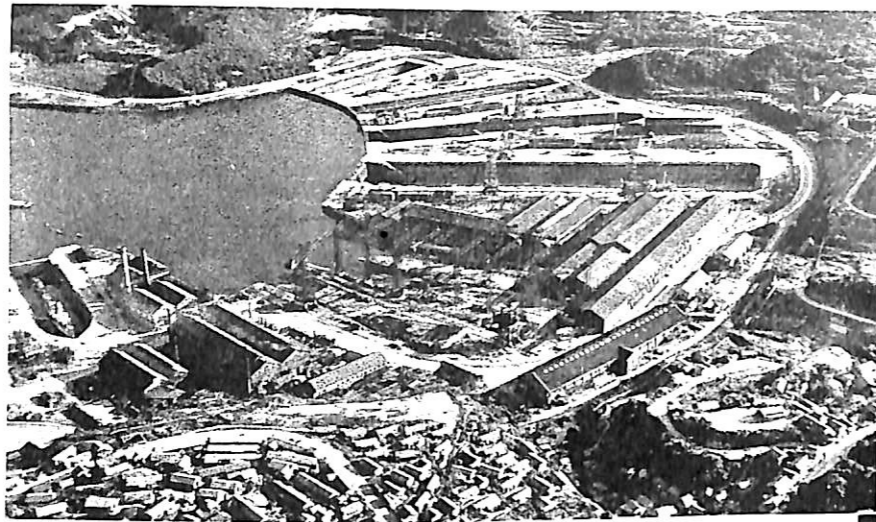
本社 東京都文京区菊池町8 TEL(92)1186(代表)1,2186(代表)  
支社 大阪府北区梅田47番2号 TEL(06)4171(代表)



誌名記載お申込みにカテログ送呈

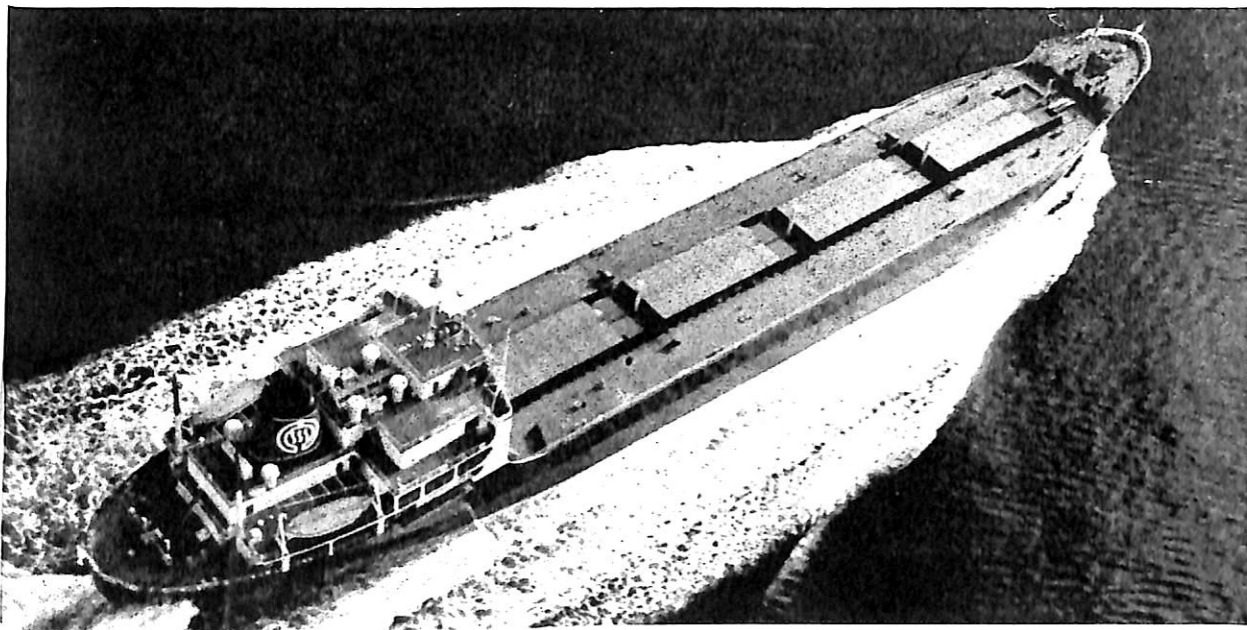
# SSK


船舶艦艇製造修理  
陸船用機械器具の製作修理  
船舶の救難・曳航および解体  
製鋼・鑄造・鍛造  
鉄鋼二次製品の製作  
土木・建築工事



## 佐世保船舶工業株式會社

本社 東京都中央区日本橋室町3丁目3の7 (三井別館6階)  
電話 日本橋 (24) 4323・0520・4725・6690・6693  
佐世保造船所 長崎県佐世保市立神町 電話 佐世保 4111 (代表)  
出張所 本門社 横濱分岡室・神戸事務所 長崎





## 株式會社 吳造船所

取締役社長 住田正一

本社・東京 東京都千代田区丸ノ内1ノ1第一鉄鋼ビル 電話 東京 (20) 1916 (代)

造船用理想的断熱・防音材

# GLASS WOOL

長所:

軽い、燃えない、腐らない  
熱伝導率極小、吸音率大

用途:

エンジンケーシング  
レフ・カーゴ  
プロビジョン・チャンバー  
デッキ・インシュレーション  
その他居住区一般

防音  
断熱



## パラマウント硝子工業株式会社

郡山 東京 大阪  
TEL 3451~4 TEL (28) 7205~6 TEL (23) 0331~4



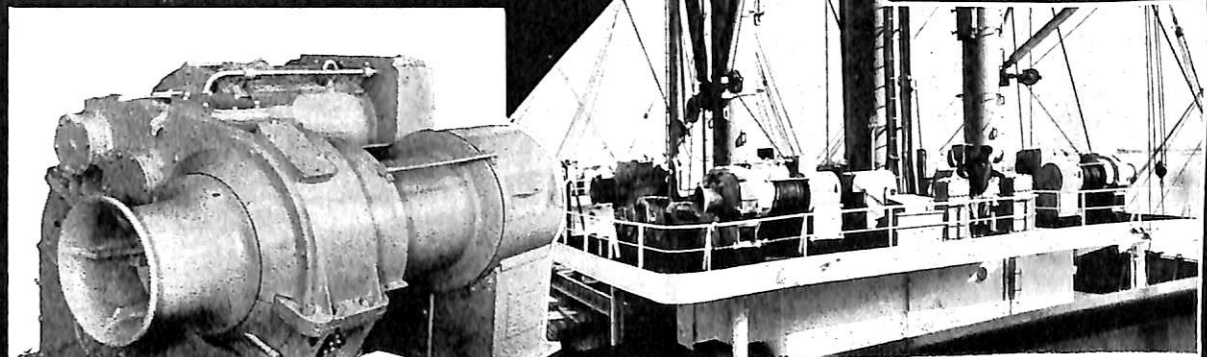
## 東洋電機の

複合整流子電動機による

## 船舶用交流電動ウインチ

— 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回生制動を行い得る  
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

## 東洋電機製造株式會社

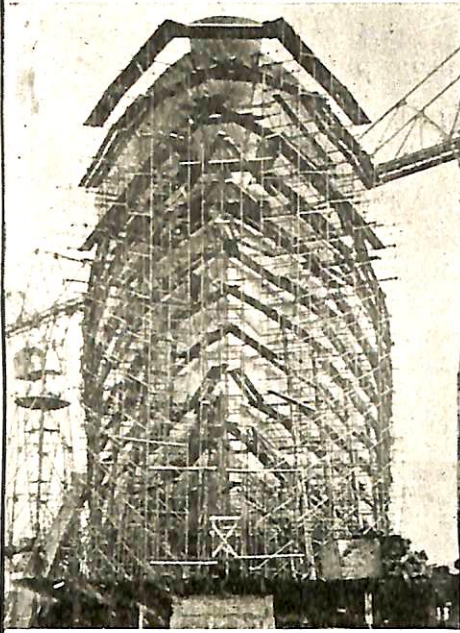
本社 東京都中央区京橋3の4  
TEL (28) 3231・3331 (代表)  
営業所 大阪・小倉・名古屋





日 米  
特 許

# ビテイ式安全パイプ造船足場



造船用・修繕用・艙装用・造機用  
最高度の安全性—最も経済的で組立簡易

ビテイ式安全パイプ・組立ハウス

ユニオンメルト場上屋

エンジン格納小屋その他に最適

ビテイ式安全パイプ・ローリングタワー

造船・修繕・造機用移動足場

ビテイ式安全パイプ・吊足場・梯子・脚立

## 日本ビテイ株式会社

本社 東京都中央区銀座4丁目4番地(浜一ビル)  
電話(56)7021・7279・8656~8番

大阪営業所 大阪市東区淡路町5丁目2番地(長谷川ビル)  
電話 北浜(23)4314番地

東京工場 東京都江戸川区平井2丁目410番地  
電話 城東(68)1855・7759番

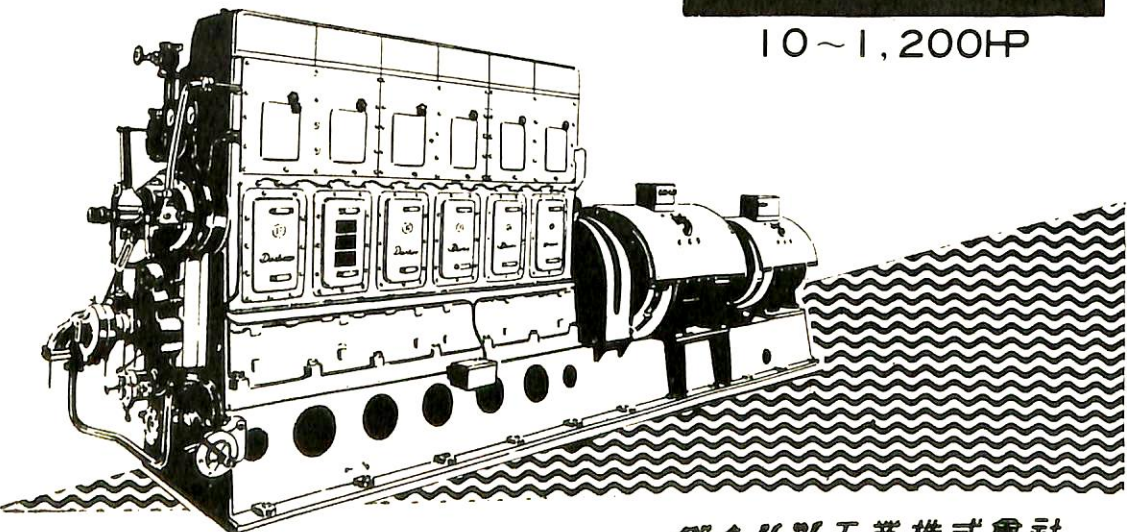
—ビテイ式安全パイプ造船足場

# DAIHATSU

# ディーゼル機関

## 船用補機

10~1,200HP



ダイハツ工業株式会社

大阪市大淀区大仁東2丁目3  
東京・福岡・札幌・名古屋



## 目次

日本の造船の進展のために.....	運輸省船舶局長	山下正雄	67	
10月のニュース解説.....	運輸省技官	米田博	70	
☆ 超大型船特集				
超大型船の構造材料強度に関する問題点.....	東京大学教授	吉識雅夫	73	
超大型船の船体工作と溶接.....	東京大学教授	吉木原博	82	
平水中における超大型船の抵抗推進に関する研究.....	運輸技術研究所長	土田陽	88	
抵抗推進に関する研究—波浪中の抵抗とプロペラ.....	三菱造船本社試験部長	谷口 中	100	
超大型船用主機タービンについて.....	三菱造船・長崎造船所副所長	青木徳太郎	106	
船用ディーゼル機関の大型高出力化について.....	東京大学教授	西脇仁一	115	
超大型船用鋼材の生産と性能について.....	日本製鋼所技術部長	松山朝光	121	
超大型タンカーの現状とその運航経済性について.....	飯野海運調査部	小山朝光	127	
☆ わが社の超大型船の建造について(順不同)				
三菱造船株式会社 長崎造船所.....	造船設計部長	石野一雄	137	
浦賀船渠株式会社 浦賀造船所.....	設計部長	大南大輔	141	
川崎重工業株式会社.....	造船工務部長	長谷川健二	151	
三井造船株式会社 玉野造船所.....	所長代理 造船設計部長	水野時雄	155	
佐世保船舶工業株式会社.....	設計部長	中村常義	157	
株式会社播磨造船所.....	造船設計部長	柴田満幸	161	
新三菱重工業株式会社 神戸造船所.....	造船設計部長	重通弥	171	
超大型油槽船りやあど丸について.....	日本鋼管株式会社	設計部	176	
浪人の寝言...雑感—これからの船について.....	川崎重工業	造船設計部長	ついでこじ	181
☆ わが社の高速貨物船建造の現状と将来の発展.....	三井造船	造船設計部長	高橋菊夫	185
高速客船の建造について—設計技術の前に来るもの.....	日本郵船	営業部副部長	高野時度	187
中型優秀定期貨物船について.....	三井船舶	工務部長代理	高内 勇	191

海外市場に進出した

# 光電の方探

# Kodenのロラン

## 株式会社 光電製作所

東京都品川区上大崎長者丸284番地  
電話 白金(44) 1131~7

Koden Electronics Co., Ltd.



☆ 原子力船特集

船舶用原子炉……………	運輸技術研究所長	中田金市…201
原子力タンカーの船体設計について……………	三菱日本重工業横浜造船所 造船設計部長	浜田鉦一…207
原子力潜水船について……………	新三菱重工業神戸造船所 造船設計部長	重満通弥…212
原子力移民船について……………	大阪商船工務部長	竹内誠一…223
原子力タンカーの機関設計について……………	日立造船 造船設計部長	能丸敏…230
船舶用原子炉 (G.E 沸騰水型) とその装備について……………	前石川島重工業原子力部長 日本原子力事業会社技術部 副部長	牧浦隆太郎…230
船舶用原子炉 (沸騰水型) とその装備について……………	川崎重工業原子力研究室長	田中正三…248
ガス冷却型原子力タンカーの機関設計について……………	播磨造船原子力課長	小川倫夫…256
原子力船の経済性について—燃料面における問題…	日立造船原子力調査室	中西哲一郎…267
原子力船の経済性について—運航面における問題…	飯野海運調査部	小山朝光…274
原子力船における放射線に対する保健衛生……………	運輸技術研究所	中田正也…280

☆ 新造船工事月報 (昭和33年9月末現在) ……………284

新造船写真集 (No.121)

竣工船…もんだな丸, 島根丸, 元栄丸, 山君丸, 山花丸, さんくれめんで丸, 邦正丸, 奈良山丸, 高岳丸, 神昌丸, 朝照丸, あかつき丸, 日東丸, 桜島丸, 第11秀栄丸, 王島丸, 第2富士丸, 第5南海丸, 第3幸丸, 富士丸, 東邦丸, 長興丸, 昭海丸, 第17利丸, 第7清寿丸, 第3天神丸, 第35平和丸, 第8天王丸, 第33高砂丸, 第5明神丸, 第5大吉丸, あそ, 黒潮丸, SANTIAGO, MERCURY, MARY LOU  
進水船…日悠丸, 長浦丸, 千栄丸, KABAENA, WABASHA, SAN JUAN MERCHANT, LAPU LAPU, CAMAGIEY

URAGA-SULZER



浦賀玉島ダイゼル

本社 東京都中央区日本橋通二丁目六番地  
電話 千代田 四八七〇五・八七八四・六八五〇  
工場 岡山縣玉島市乙島八三二〇番地  
電話 玉島 (代表) 二一一一一番

取締役社長 金子進寛  
常務取締役 金子進寛  
玉島工場所長 金子進寛

SCIMITAR  
SOKALUM PROPELLERS

英国 MANGANESE BRONZE & BRASS CO., 日本総代理店  
ニカリアムは船のプロペラー用合金の改良品で、腐蝕、侵蝕に強くその優れた機械的性質、腐蝕疲労に対する抵抗、密度の小さなことはブレードが薄くなり高効率で、慣性モーメントを小さくする利点あり

最高水準を行く船舶用熱管理資材

ブリックシール・パンゴ・モルタル・サーピロン  
バスコート-S・インシュラゲ・パネラゲ・エキジット助燃剤  
バード・アーチャー・ポイラー・ウォーター・トリートメント  
ジャロコ・レモート・コントロール油槽船奔速隔開閉装置

DIMETCOTE No. 3 (米国AMERCOAT CORP.日本総代理店)  
ダイメットコート #3 は 100% の無機性亜鉛塗料で、施工はなんの危険もなく、1回塗をキュアリング液で焼き付け、どんな鋼鉄表面にも化学的、物理的に結合して、丁度現場で厚い亜鉛鍍金をしたと同じ金属表面を作って、各種タンクの永久的保護をする新しいライニングです。

CORDOBOND STRONG-BACK METHOD

船舶の応急修理用及び防蝕、一般維持用に船底弁類、諸機械のケーシング、海水管、シーチェスト、ポンプ類、甲板、諸タンク類、復水器等に使用する特殊合成樹脂。

米国 XZIT CO., QUIGLEY CO., BIRD-ARCHER CO., CORDOBOND CO., JAROCO ENGINEERING CO., 日本総代理店

横浜市 中区 尾上町 5-80  
神奈川県 中小企業会館内

井上商会

電話 ⑥ 4022.4023

⑥ 5141 (交換)

井上正一



各種鋼船新造修理  
船用機関組立修理

四国ドック株式会社

社長 国東照太

本社 高松市朝日町四九七番地  
電話 高松 三二一五 一九番  
東京事務所 東京都中央区日本橋通三ノ四(島田ビル)  
電話 〇七 九九四〇番  
神戸出張所 神戸市生田区海岸通一(一番館二〇一号)  
電話 七四一四番

マリン  
レーダー  
の前進

新製品

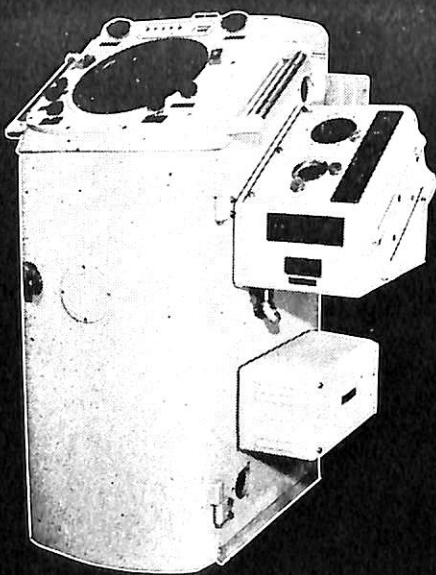
MKII-DT  
レーダー

トルー・トラッキング付  
オフセンター付  
デュアルパルス付  
—カタログ贈呈—



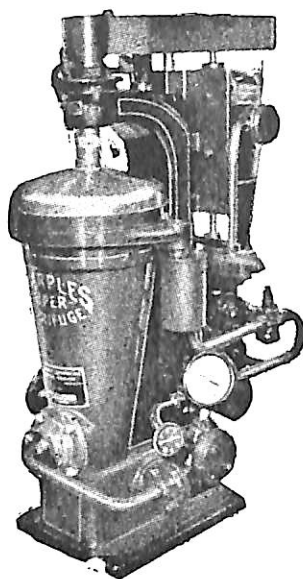
株式会社

東京計器製造所



本社・工場 東京都大田区東蒲田4丁目31番地  
電話 (73) 2211 ~ 9, 7181 ~ 5  
神戸営業所 神戸市生田区明石町19(同和火災ビル内)  
電話 (3) 3684 ~ 6

バンカーオイルを常用するディーゼル船に.....



新型 シャープレス油清浄機

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 AS- 16 VHC	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

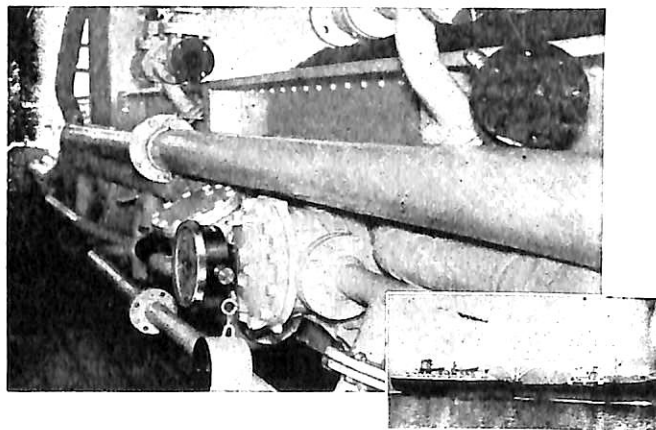
巴工業株式会社

本社 東京都中央区銀座1の6(皆川ビル内)  
電話京橋(56)8681(代表), 8682~5  
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, 0289  
工場 東京都品川区北品川4の535 電話白金(44)4131(代表)~7

Oval Flow Meter

.....粘度・温度・圧力に関係なく器差0.5%以内の精度.....

燃料の節約は オーバル流量計



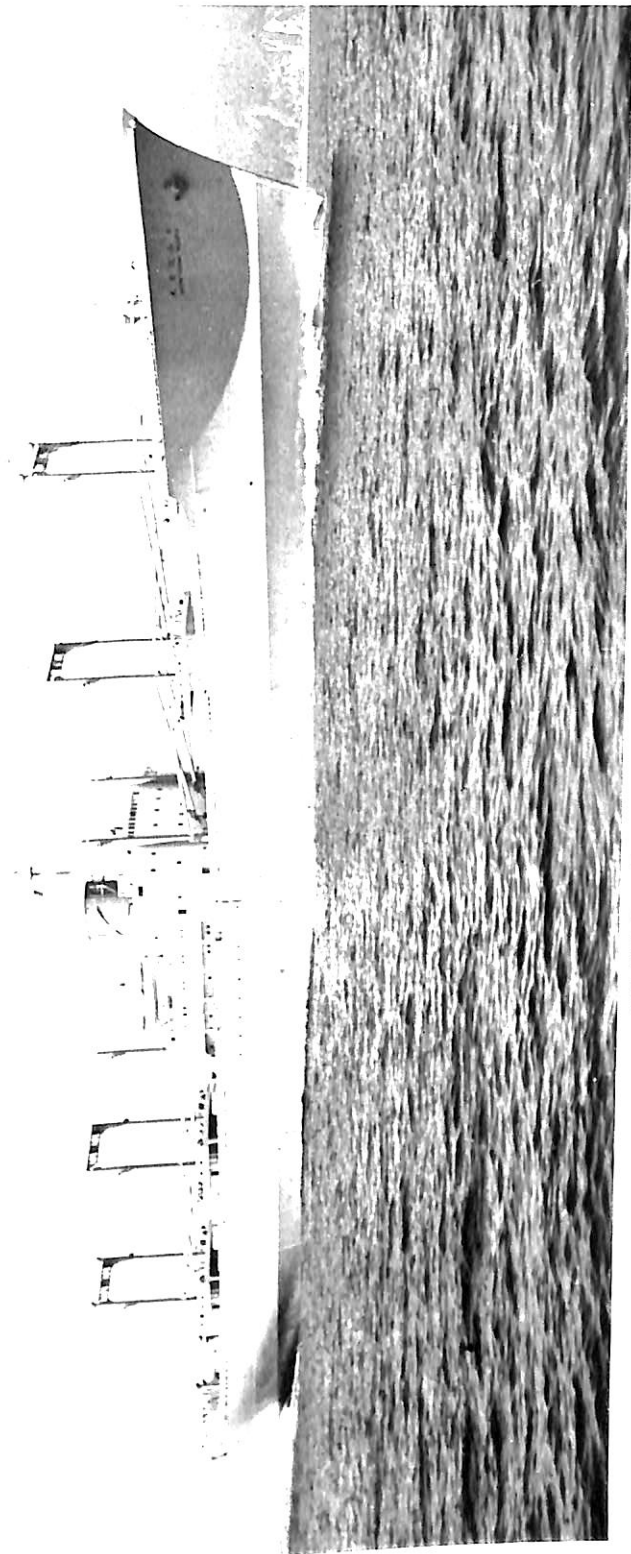
特徴

船舶への油の受渡  
消費燃料油の規制  
ボイラー給水量測定



オーバル機器工業株式会社

東京都新宿区上落合2~638 TEL. 東京36局 5161(代表)



13次貨物船 もんたな丸 川崎汽船株式会社  
MONTANA MARU

川崎重工株式会社建造  
 垂線間長 150.300m  
 総噸数 10,104.05T  
 (ケンセン) 20,154.28m<sup>3</sup>  
 Latex 可用タンク 約2,400m<sup>3</sup>  
 デイゼルの機関1基  
 速力 (試運転最大) 21.132Kn  
 船型 長船首楼付平甲板型  
 良の常型を諸妻艙によりて運定し、波波の増大と載荷容量の増加を計り、ライザー船としての最  
 甲板とした。同型船おぼだ丸 (去る5月20日竣工) は去る8月の太平洋横断に9115時間10分(平均速力19.574Kn)の新記録を樹立した。

型深 12.900m  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25  
 純噸数 5,827.01T  
 型深 12.900m  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

載貨重量 13,361.00Kt  
 載貨重量 13,361.00Kt  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

冷凍貨物箱 426.74m<sup>3</sup>  
 冷凍貨物箱 426.74m<sup>3</sup>  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

主機 川崎 MAN K97<sup>2</sup>/1mC型 6 航  
 主機 川崎 MAN K97<sup>2</sup>/1mC型 6 航  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

出力 11,500BHP  
 出力 11,500BHP  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

乗員 55名  
 乗員 55名  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

旅客 12名  
 旅客 12名  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

本船はニューヨーク定期航路に就航するため高速船としての最  
 速力 17.6Kn  
 本船はニューヨーク定期航路に就航するため高速船としての最  
 速力 17.6Kn  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

補給 補給  
 補給 補給  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

川崎重工製乾線室1基  
 川崎重工製乾線室1基  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

第1級艙遠洋区域  
 第1級艙遠洋区域  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

NK  
 NK  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

全長 162.380m  
 全長 162.380m  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

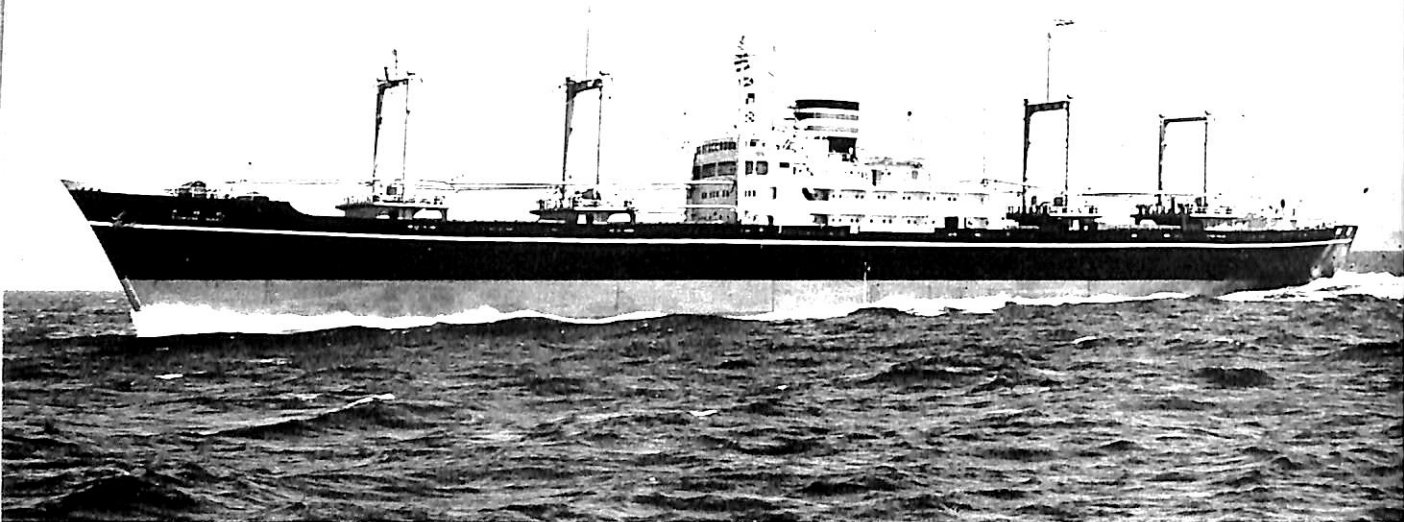
満載排水量 19,417.00Kt  
 満載排水量 19,417.00Kt  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

貨物艙容積 (ベール) 18,246.73m<sup>3</sup>  
 貨物艙容積 (ベール) 18,246.73m<sup>3</sup>  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

20t x 2, 10t x 4, 5t x 14  
 20t x 2, 10t x 4, 5t x 14  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25

ロード型過給機付  
 ロード型過給機付  
 進水 33-7-18  
 竣工 33-3-25





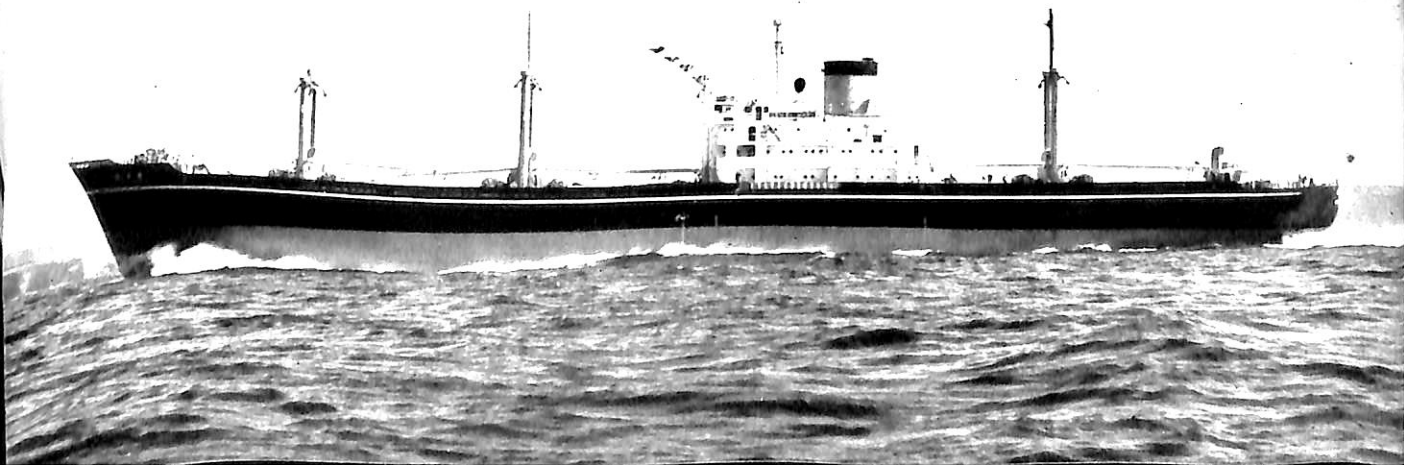
13次貨物船 島根丸 日本郵船株式会社  
SHIMANE MARU

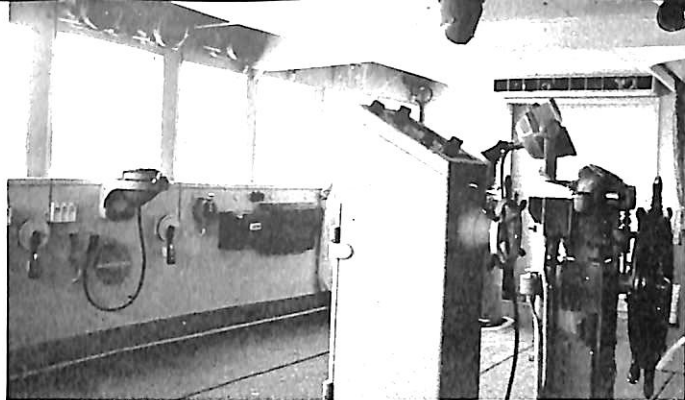
三菱造船株式会社長崎造船所建造 起工 33-3-26 進水 33-7-5 竣工 33-10-16  
 全長 156.78m 垂線間長 145.10m 型幅 19.50m 型深 12.30m 満載吃水 9.023m  
 満載排水量 17,565.59Kt 総噸数 9,425.97T 純噸数 5,277.04T 載貨重量 11,643.97Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 17,021.5m<sup>3</sup> (グリーン) 18,557.6m<sup>3</sup> 主機械 三菱 9UEC75/150型ディーゼル機関1基  
 出力 (連続最大) 12,000BIP (120 RPM) 補汽罐 平野鉄工所製コクラン型1基  
 速力 (試運転最大) 20.78Kn (満載航海) 17.7Kn 船級 NK, LR 船型 平甲板型  
 乗組員 59名 予備 3名 旅客 12名 同型船 滋賀丸

24

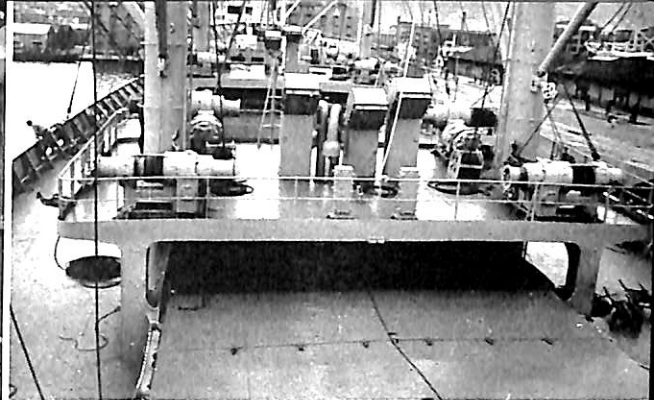
自己資金貨物船 元榮丸 共栄タンカー株式会社  
GENEI MARU

石川島重工業株式会社建造 起工 33-1-16 進水 33-7-15 竣工 33-10-21  
 全長 139.90m 垂線間長 132.00m 型幅 18.20m 型深 11.60m 満載吃水 (キール下面より) 8.806m  
 満載排水量 15,905.70Kt 総噸数 7,751.62T 純噸数 4,449.94T 載貨重量 11,803.00Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 15,374.0m<sup>3</sup> (グリーン) 16,792.3m<sup>3</sup> 貨物油艙量 1,290.48Kt  
 主機械 補賀ブルツェー車動2サイクル過給機付ディーゼル機関1基 出力 (連続最大) 6,500BIP (128RPM)  
 補汽罐 石川島製乾燃室円罐2基 速力 (試運転最大) 17.65Kn (満載航海) 14.25Kn 船級 NK  
 遠洋<域第1級船 船型 船首楼付平甲板型 乗組員 56名 同型船 東雲丸, 協泰丸, 協慶丸,  
 協瑞丸, 協新丸 本船は不定期船として日本郵船に傭船される。

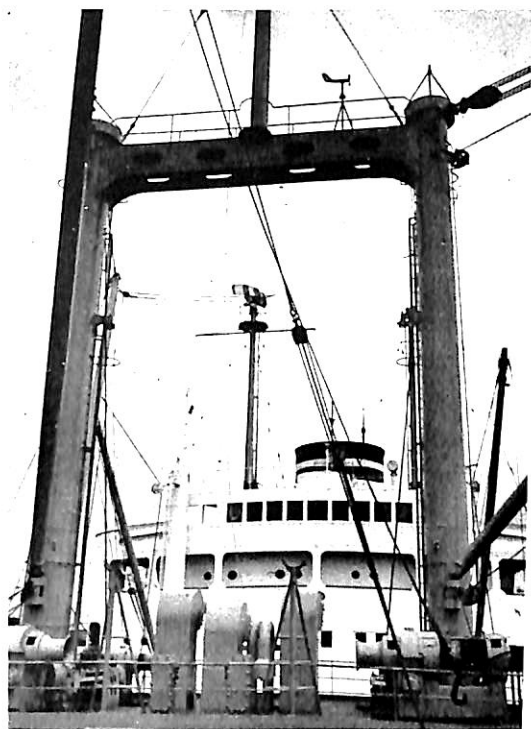




操 舵 室



ウインチプラットフォーム と 鋼製ハッチカバー  
ダイニングサロン



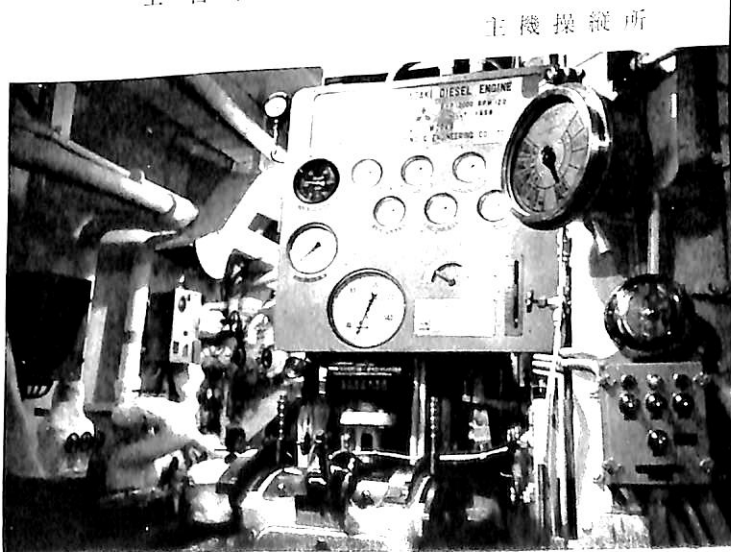
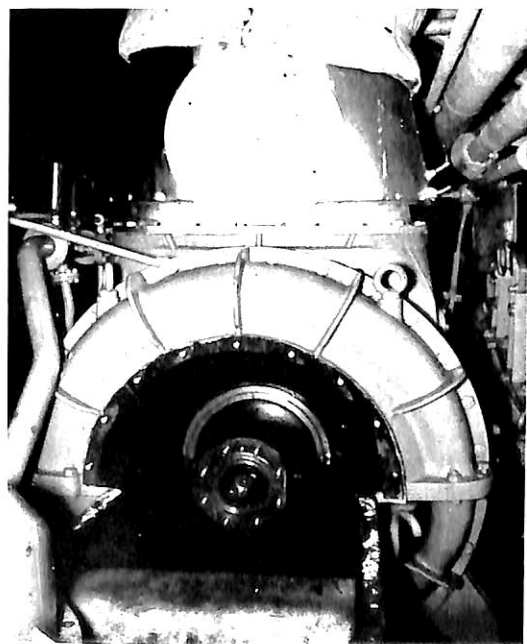
船橋前面とデリックホスト  
ターボ チャー ジャー

日 本 郵 船 島 根 丸

三 長  
菱 崎 造 船 所 建 造  
株 式 会 社



士 官 食 堂





13次貨物船 **山 君 丸** 山下汽船株式会社  
YAMAKIMI MARU

日立造船株式会社櫻島工場建造 起工 33-1-25 進水 33-8-3 竣工 33-10-15  
 全長 156.55m 垂線間長 145.00m 型幅 19.60m 型深 12.40m 満載吃水(型) 9.289m  
 満載排水量 18,316Kt 総噸数 9,274.57T 純噸数 5,473.31T 載貨重量 12,717Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 17,341.6m<sup>3</sup> (グレーン) 18,850.6m<sup>3</sup> 主機械 日立 B&W1074-VTBF-160型  
 排気ターボ給気式ディーゼル機関1基 出力(連続最大) 12,500BHP (115 RPM) 補汽罐 日立因島製  
 コクラン型1基 速力(試運転最大) 21.25Kn (満載航海) 18.00Kn 船級 NK 遠洋第1級船  
 船型 船首接付平甲板型 乗組員 59名 旅客 6名 同型船 山若丸(姉妹船), 賀茂春丸, 多賀春丸  
 本船は高速貨物船としてニューヨーク定航に就航する。

— 26 —

自己資金貨物船 **山 花 丸** 山下汽船株式会社  
YAMAHANA MARU 山下近海汽船株式会社

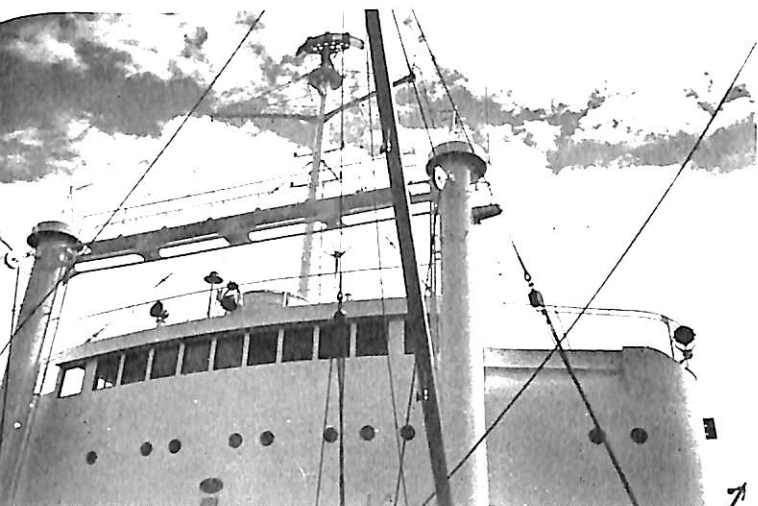
佐野安船渠株式会社建造 起工 33-2-25 進水 33-6-23 竣工 33-9-30  
 全長 122.75m 垂線間長 115.00m 型幅 16.30m 型深 9.25m 満載吃水 7.50m  
 総噸数 4,946.14T 純噸数 2,654.45T 載貨重量 7,750.00Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 9,859.4m<sup>3</sup> (グレーン) 10,726.0m<sup>3</sup> 主機械 横浜 MAN G8Z52.90型ディーゼル機関1基  
 出力(連続最大) 3,480BHP (170 RPM) 補汽罐 平野鉄工製コクラン型1基  
 速力(試運転最大) 16.31Kn (満載航海) 12.80Kn 船級 NK 船型 三島型 乗組員 41名  
 旅客 2名 同型船 ころんぼ丸, かんべら丸, せいろん丸, せれべす丸, 広令丸



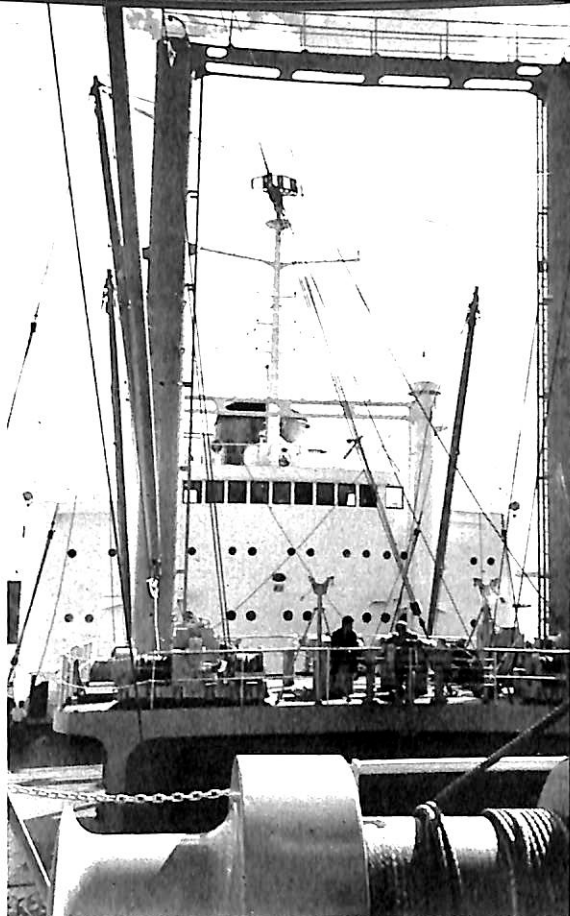


# 山下汽船 山君丸

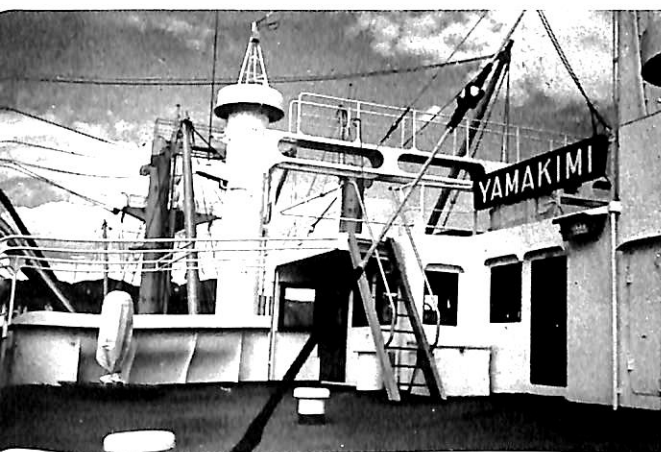
日立造船株式会社櫻島工場建造



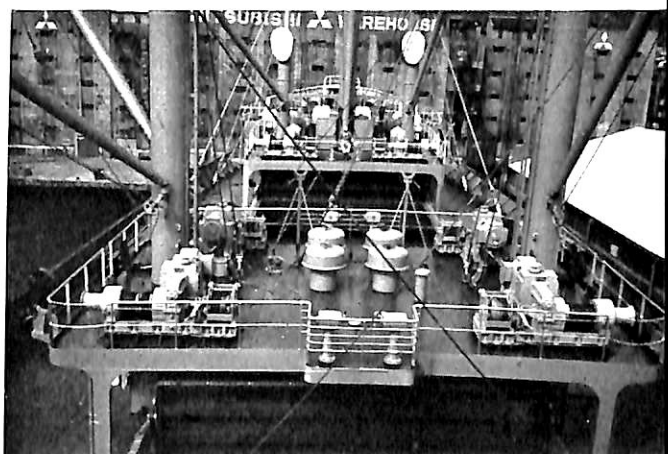
船橋前面



船首楼甲板より船橋をみる



航海船橋甲板

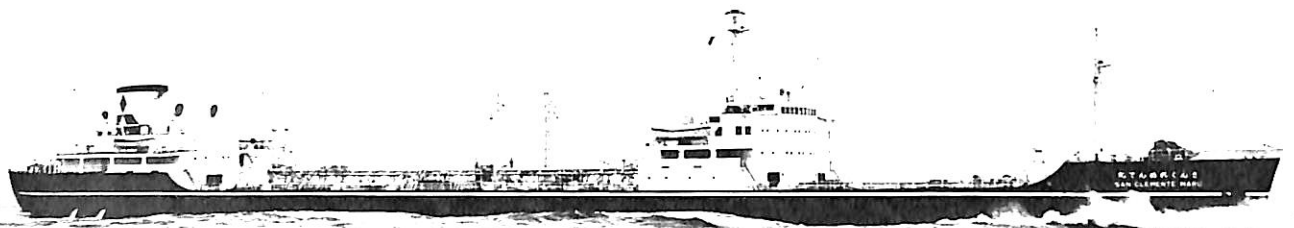


ウインチプラットフォーム  
第6船口とドッキングブレイジ



一等客室



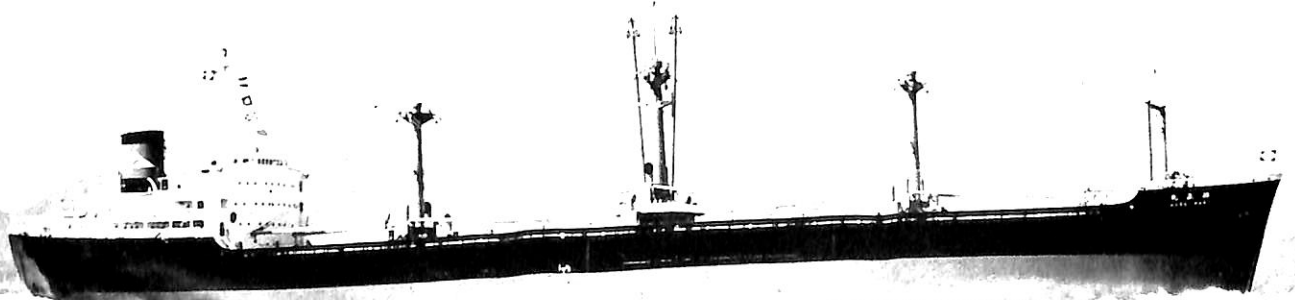


自己資金油槽船 **さんくれめんて丸** 三菱海運株式会社  
SANCLEMENTE MARU

三菱日本重工業株式会社横浜造船所建造 起工 33-4-2 進水 33-7-29 竣工 33-9-31  
 全長 175.79m 垂線間長 167.00m 型幅 22.00m 型深 12.30m  
 満載吃水 (キール下面より) 9.42m 満載排水量 27,647Kt 総噸数 13,293.26T 純噸数 7,532.77T  
 載貨重量 21,269.00Kt 貨物艙容積 27,798m<sup>3</sup> 主荷油ポンプ 700m<sup>3</sup>/h×3台  
 主機械 横浜 MAN K7Z78/140型単動2サイクル7気筒排気タービン過給機付ディーゼル機関1基  
 出力 (連続最大) 9,500BHP (119 RPM) 速力 (試運転最大) 16.361Kn (満載航海) 15.3Kn  
 航続距離 約24,500浬 船級 NK 船型 三島型 乗組員 54名 旅客 2名 同型船 春洋丸  
 貨物油管は3種類の異った油を積載できる配管とし、搭載貨物油の全量を10時間足らずで揚荷することが可能である

自己資金貨物船 **邦 正 丸** 日郵汽船株式会社  
HOSEI MARU

株式会社呉造船所建造 起工 33 4-24 進水 33-7-31 竣工 33 10-14  
 全長 161.20m 垂線間長 153.00m 型幅 22.40m 型深 12.50m 満載吃水 8.95m  
 総噸数 10,504.15T 純噸数 6,225.68T 載貨重量 18,201.00Kt 貨物艙容積 (鉍石) 11,037.62m<sup>3</sup>  
 (グレーン) 22,240.43m<sup>3</sup> 主機械 川崎 MAN K8Z70/120C型 単動2サイクル クロスヘッド排気ターボ過給機  
 付ディーゼル機関1基 出力 (定格) 7,200BHP (128 RPM) 速力 (試運転最大) 16.432Kn  
 (満載航海) 13.8Kn 船級 NK 乗組員 52名 旅客 4名 同型船 邦強丸  
 本船は積積貨物船で鉍石運搬船として使用される。





自己資金貨物船 奈良山丸 三井船舶株式会社  
NARASAN MARU

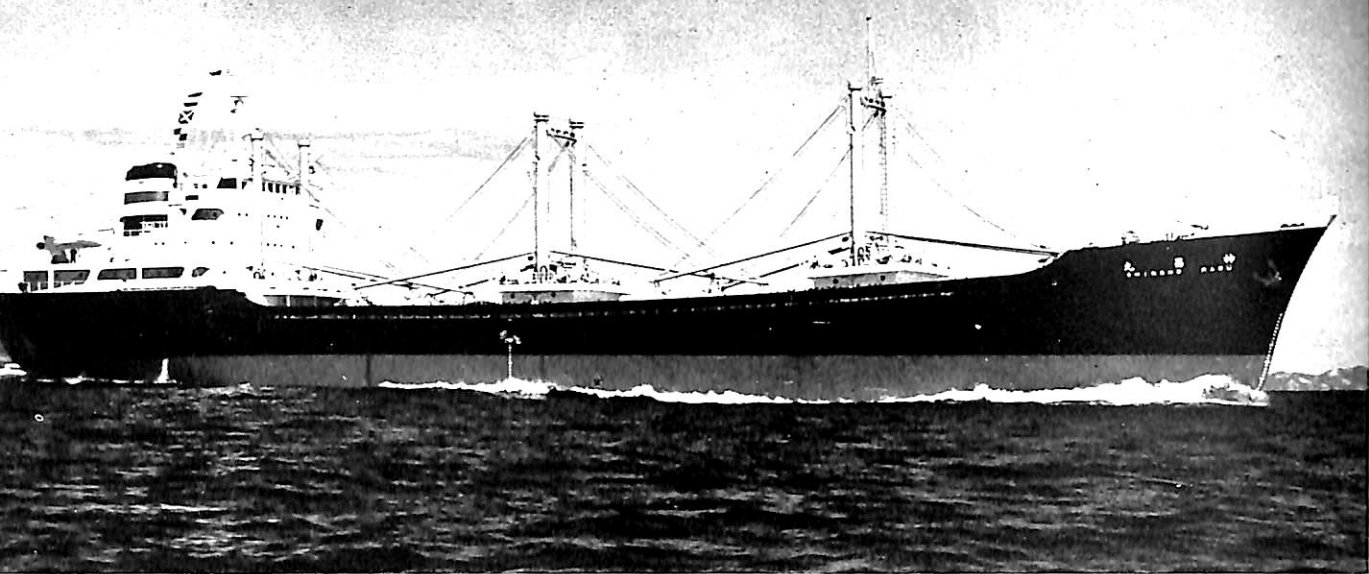
株式会社大阪造船所建造 起工 33-3-31 進水 33-8-19 竣工 33-11-10  
 全長 124.000m 垂線間長 115.043m 型幅 16.498m 型深 9.600m 満載吃水 7.450m  
 満載排水量 10,219.00Kt 総噸數 5,201.87T 純噸數 2,875.11T 載貨重量 7,301.30Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 9,843.19m<sup>3</sup> (グリーン) 10,480.36m<sup>3</sup> デリック 5t×2, 10t×1 ヘビーデリック 30t×1  
 主機械 浦賀ズルツァー 6SAD60型ディーゼル機関1基 出力 (定格) 3,840BIP (150 RPM)  
 速力 (試運転最大) 約16.185Kn (満載航海) 約13.2Kn 航続距離 約14,500浬 船級 NK 遠洋区域第1級船  
 船型 船首接付平甲板型 乗組員 士官 15名 普通船員 29名 実習生 2名 旅客 1等 2名

自己資金貨物船 高岳丸 大同海運株式会社  
KOGAKU MARU

日本鋼管株式会社清水造船所建造 起工 33-3-29 進水 33-7-16 竣工 33-10-23  
 全長 152.375m 垂線間長 140.491m 型幅 19.202m 型深 12.192m 満載吃水 9.128m  
 満載排水量 18,563.34Kt 総噸數 9,097.91T 純噸數 5,246.36T 載貨重量 13,851.41Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 17,685.4m<sup>3</sup> (グリーン) 19,008.7m<sup>3</sup> 主機械 三井 B&W 662-VTBF-140型  
 単動2サイクルディーゼル機関1基 出力 (連続最大) 5,100BIP (135 RPM), (定格) 4,590BIP (128 RPM)  
 補汽罐 日鋼鶴見製排気管1基 凹罐1基 速力 (試運転最大) 16.636Kn (満載航海) 13.2Kn  
 航続距離 約25,000浬 船級 NK 船型 船首接付平甲板型 乗組員 士官 18名 船員 34名 旅客 2名







13次貨物船 神 昌 丸 神港商船株式会社  
SHINSHO MARU

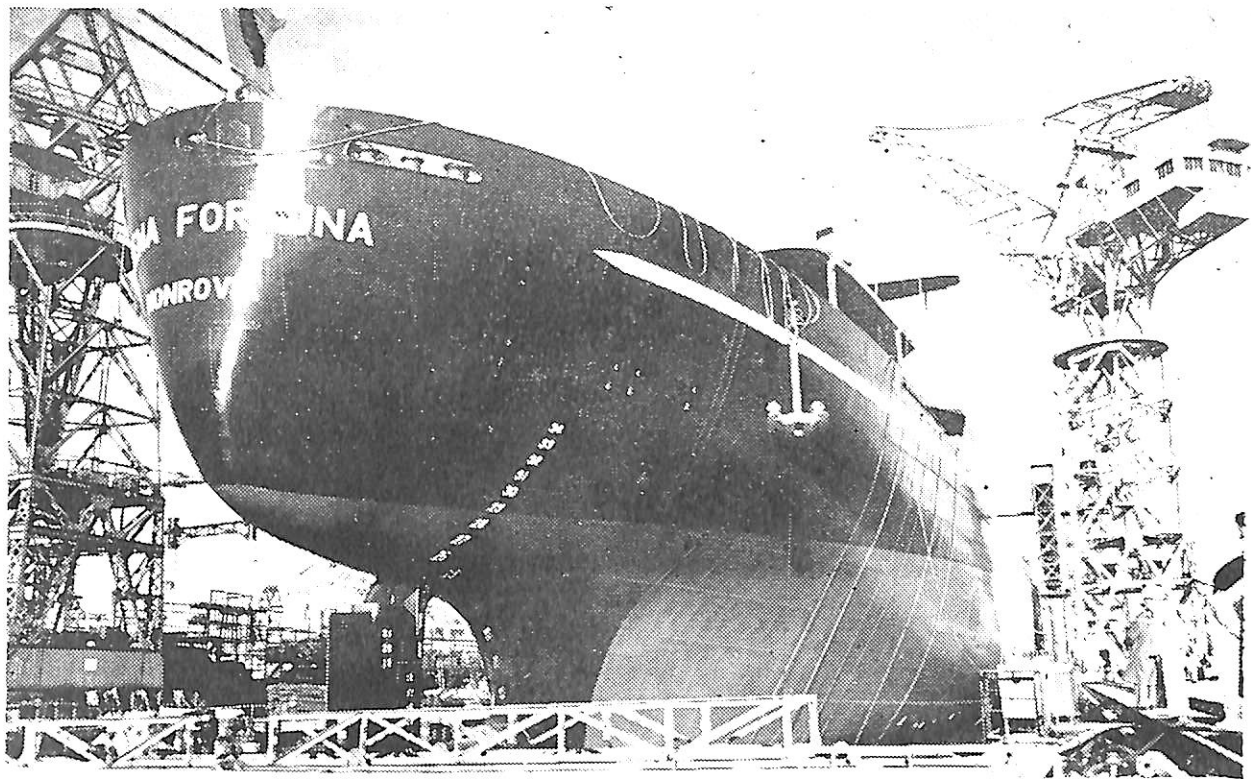
尾道造船株式会社建造	起工 32-12-14	進水 33-7-2	竣工 33-10-8
全長 108.47m	垂線間長 100.00m	型幅 15.20m	型深 8.00m
満載排水量 7,633.00Kt	総噸数 3,668.54T	純噸数 2,013.04T	満載吃水 6.59m
貨物艙容積 (ベール) 6,814.75m <sup>3</sup>	(グリーン) 7,387.77m <sup>3</sup>	主機械 新潟鉄工所製 M8T-48型壓型車動2	載貨重量 5,675.17Kt
サイクルディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 2,400BIP	(180 RPM)	補汽罐 乾燃室型4号罐1基
速力 (試運転最大) 15.43Kn	(満載航海) 12.50Kn	船級 NK	船型 長船尾楼付凹甲板型
乗組員 43名	旅客 2名	同型船 鶴春丸	

— 30 —

貨物船 朝 照 丸 中村汽船株式会社  
ASATERU MARU

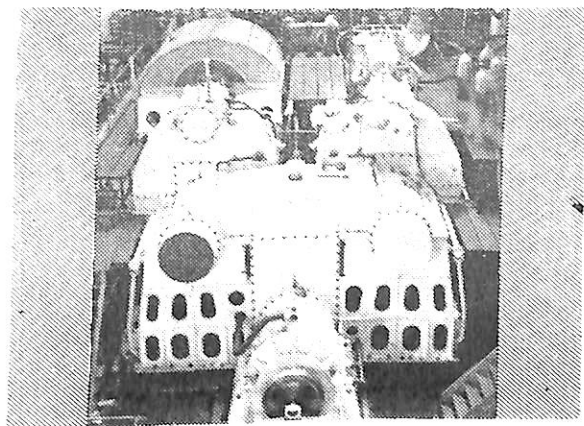
瀬戸田造船株式会社建造	起工 32-7-15	進水 33-3-20	竣工 33-6-10
全長 100.33m	垂線間長 99.00m	型幅 15.00m	型深 7.70m
満載排水量 7,240.00Kt	総噸数 3,407.53T	純噸数 2,014.47T	満載吃水 6.399m
貨物艙容積 (ベール) 6,333.333m <sup>3</sup>	(グリーン) 7,017.075m <sup>3</sup>	貨物油艙容積 180.73m <sup>3</sup>	載貨重量 5,225.26Kt
主機械 阪神内燃機製 R-7E型 壓型車動2サイクル無気噴油ディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 2,640IP	(205 RPM)	補汽罐 乾燃室4号罐 (5号罐)
速力 (試運転最大) 15.132Kn	(満載航海) 12.0Kn	船級 NK	船型 三島型
乗組員 士官 12名	属員 30名	旅客 2名	同型船 新海丸





# 船舶艦艇新造・修理

資本金 52億



19250HP石川島マリンスターナムタービン



## 石川島重工業株式会社

代表取締役社長 土光敏夫

営業所 東京都中央区日本橋通3の2 電(27)6171~9  
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

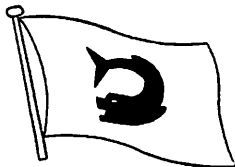


船舶建造並修理  
陸船用諸機械製造修理  
船舶救難沈没船の引揚

# 佐野安船渠株式會社

取締役社長 佐野川谷安太郎

大阪市西成区津守町西八丁目二五  
電話住吉(67)5431(代)~5・3535



各種船舶の建造並に修理  
貨客鉄道車輛の新造並に修理  
橋梁・鉄工工事一般

# 名古屋造船株式會社

取締役社長 福原敬次

本社 名古屋市港区昭和町13番地  
電話名古屋南(32)5531~8  
東京事務所 東京都千代田区丸ノ内1ノ6(海上ビル4階)  
電話東京(28)6982~6984  
神戸事務所 神戸市生田区明石町32(明海ビル)  
電話神戸(3)6651, 3276



# 造船部門

# NKK

船舶新造修理  
橋梁・鉄骨建築・汽缶  
溶接鋼管・油槽製作

鶴見造船所  
浅野船渠  
清水造船所

## 日本鋼管株式会社

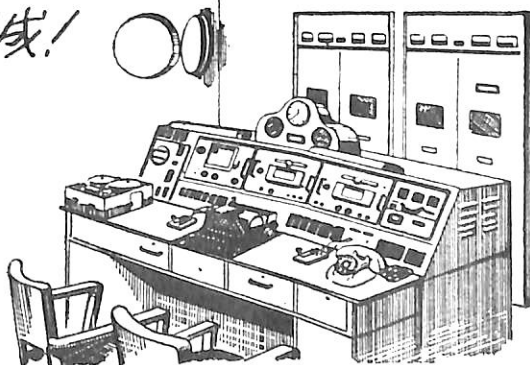
東京都千代田区大手町1丁目2番地

# JRC船舶用無線装置

伝統の技術により  
更期的新型機完成!

### 営業品目

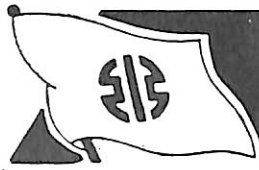
船舶用送・受信機 JRCレーダー  
オートアラーム受信機 ロラン受信機  
救命用無線機 方向探知機  
超短波無線装置 船内指令装置  
各種無線装置取付工事・修理一切



## 日本無線株式会社

本社 東京・三鷹・上連雀 930

営業所 東京・渋谷・千駄ヶ谷4-693  
大阪支社 大阪・北・堂島中1-22



# 川崎重工業の船用電気機器

## ミゼットヒューズ

(防衛庁日本海事協会認定品、非再用、防爆型)

### ▲特長及び用途

ミゼット・ヒューズは小型でありながら性能は従来の1形サイズのものに匹敵するもので配電盤、分電盤、起動器等に於けるスペースを節約でき、これを採用したものの小型化およびコストダウンが可能である。

従来1型



ミゼット型



### ▲船用電気機器製品種目

発電機，電動機，電動甲板補機，送風機，溶接機，電磁滑り接手，電磁摩擦接手，変圧器，配電盤，分電箱，気中遮断器，ノーヒューズブレーカー，SKヒューズ

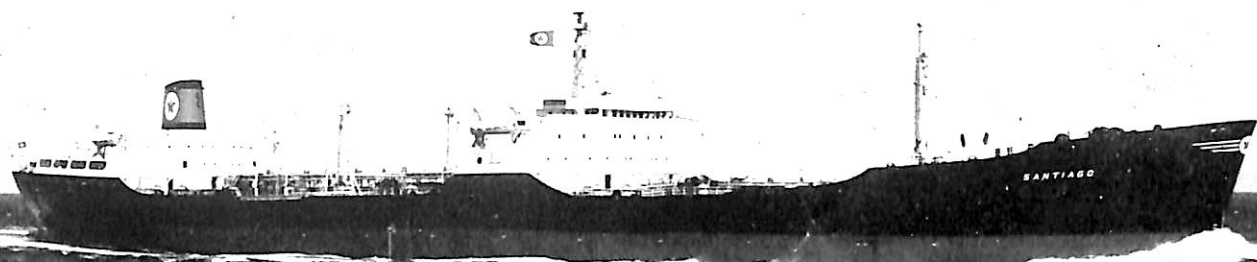
定格電流	定 格 電 圧		遮断電流
	DC	AC	
2	500	450	10,000
3	〃	〃	〃
5	〃	〃	〃
10	230	〃	〃
15	〃	〃	〃
20	〃	230	〃
25	125	〃	〃
30	〃	〃	〃

# 川崎重工業株式会社

本 社  
支 店  
電 機 工 場

神戸市生田区東川崎町2丁目14  
東京都港区芝田村町1丁目(日比谷ビル)  
神戸市兵庫区和田山通2丁目

電話神戸(6)5001  
電話東京(5)9610  
電話神戸(5)7681



輸出油槽船 <sup>サンチヤゴ</sup> SANTIAGO

船主 Texaco Inc. (Panama) (親会社) The Texas Oil Co. (U. S. A.)  
 三菱造船株式会社長崎造船所建造 起工 33-2-24 進水 33-7-2 竣工 33-10-15  
 全長 213.775m 垂線間長 204.216m 型幅 28.000m 型深 14.500m 満載吃水 11.581m  
 満載排水量 55,192Lt 総噸数 23,420.01T 純噸数 16,902.00T 載貨重量 42,801.00Lt  
 貨物油艙容積 317,896ft<sup>3</sup> 主機械 三菱エッシャウイス型蒸汽タービン1基 出力 (連続最大) 15,000SP  
 (103 RPM) 主汽罐 三菱長崎C-E型二胴水管罐2基 速力 (試運転最大) 17.36Kn (満載航海) 16Kn  
 船級 AB 船型 三島型 乗組員 55名 同型船 第2船 Idaho (建造中)

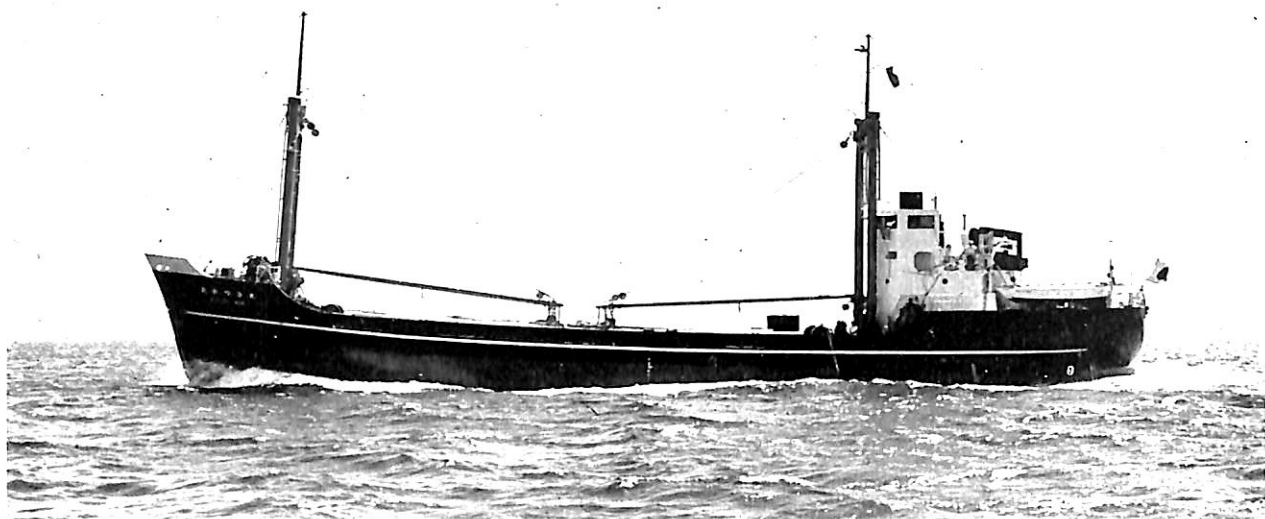
輸出油槽船 <sup>マーキュリー</sup> MERCURY

— 35 —

船主 Asturias Shipping Co., S. A. (Panama)  
 日立造船株式会社因島工場建造 起工 32-11-14 進水 33-4-21 竣工 33-11  
 全長 207.00m 垂線間長 197.00m 型幅 26.40m 型深 14.00m 満載吃水 10.59m  
 満載排水量 43,450.00Lt 総噸数 20,894.35T 純噸数 12,884.15T 載貨重量 33,615.00Lt  
 貨物油艙容積 1,616.577ft<sup>3</sup> 主荷油泵 1,500m<sup>3</sup>/h×3基 主機械 日立製作所製二段減速蒸汽タービン1基  
 出力 (連続最大) 15,000SP (108.5 RPM) 主汽罐 バブコック日立製二胴水管罐2基  
 速力 (試運転最大) 17.165Kn (満載航海) 16Kn 船級 LR 船型 三島型 乗組員 81名  
 旅客 船主 1名 同型船 Vega

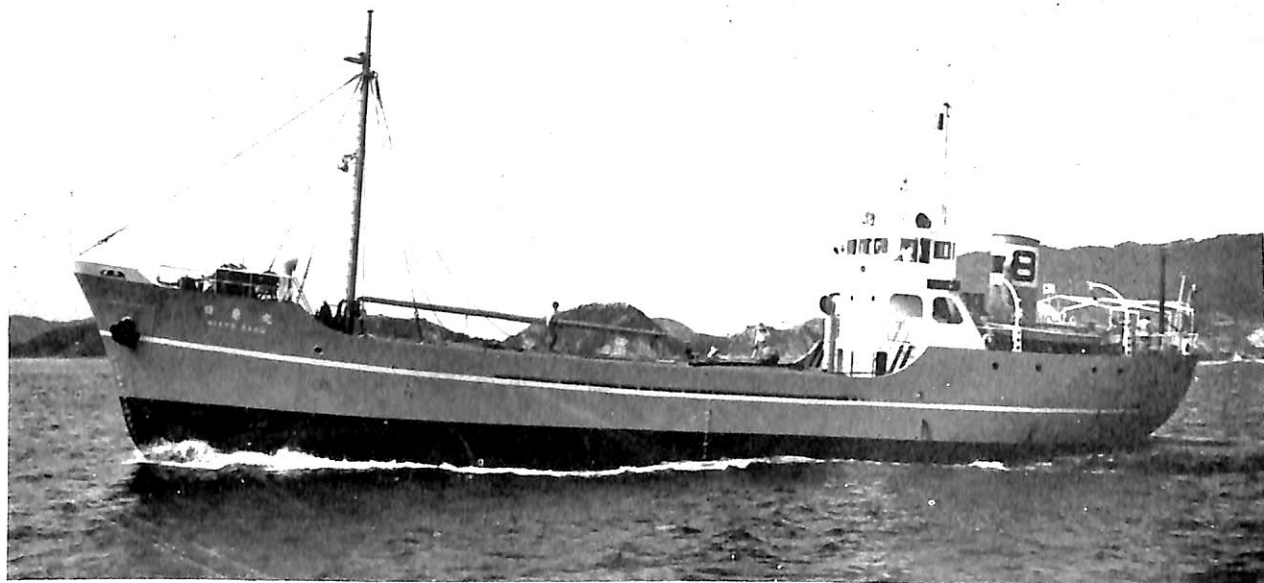






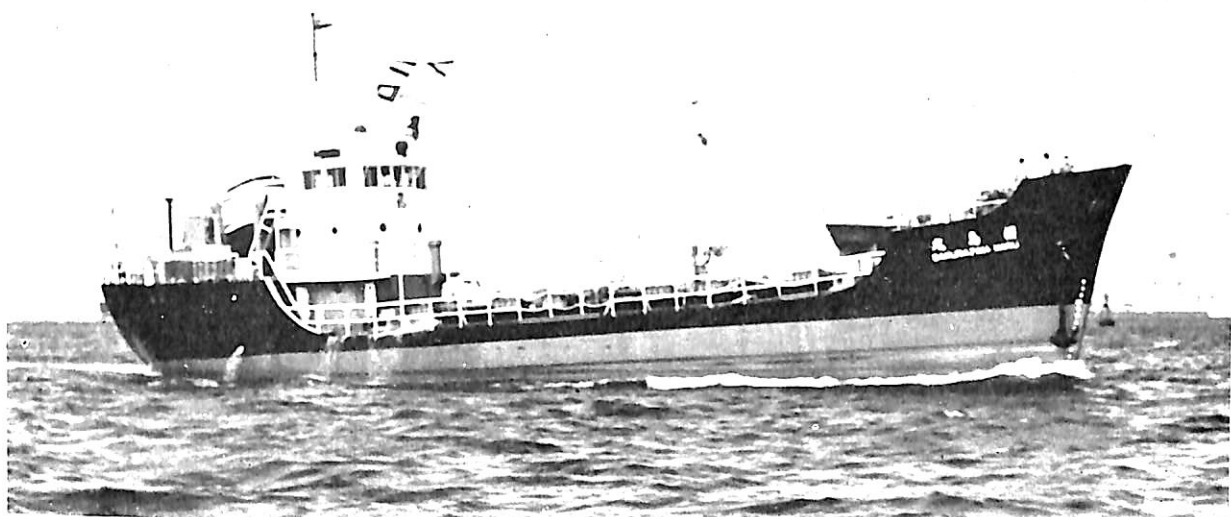
貨物船 あかつき丸 尼崎港運株式会社  
AKATSUKI MARU

株式会社F1杵鉄工所佐伯造船所建造	起工 33-5-12	進水 33-8-19	竣工 33-9-13
全長 49.700m	垂線間長 46.000m	型幅 8.500m	型深 3.950m
満載排水量 982.00Kt	総噸数 453.17T	純噸数 253.24T	満載吃水 3.587m
貨物艙容積 (バール) 802.36m <sup>3</sup>	(グレーン) 905.26m <sup>3</sup>	主機械 F1杵鉄工所製 6USD30S型	載貨重量 684.76Kt
4サイクルディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 680BP	(383.5 RPM)	
速力 (試運転最大) 12.22Kn	(満載航海) 10.50Kn	船級 第3級船沿海区域	船型 凹甲板型
乗組員 15名	送信機 75W, 全波受信機各1台	発電機 115V×15KW, 115V×8KW各1基	



貨物船 日東丸 日東海運株式会社  
NITTO MARU

波止浜造船株式会社建造	起工 33-5-28	進水 33-8-6	竣工 33-8-28
全長 40.00m	垂線間長 36.00m	型幅 7.00m	型深 3.50m
満載排水量 590.00Kt	総噸数 283.62T	純噸数 153.70T	満載吃水 3.20m
貨物艙容積 (バール) 478.50m <sup>3</sup>	(グレーン) 510.50m <sup>3</sup>	主機械 横田鉄工製 HS4-34型	載貨重量 414.00Kt
無水式燒玉機関1基	出力 (連続最大) 200IP	(315 RPM)	速力 (試運転最大) 11.0Kn
(満載航海) 10.0Kn	船級 第3級船	船型 凹甲板型	乗組員 10名
			同型船 第11秀栄丸



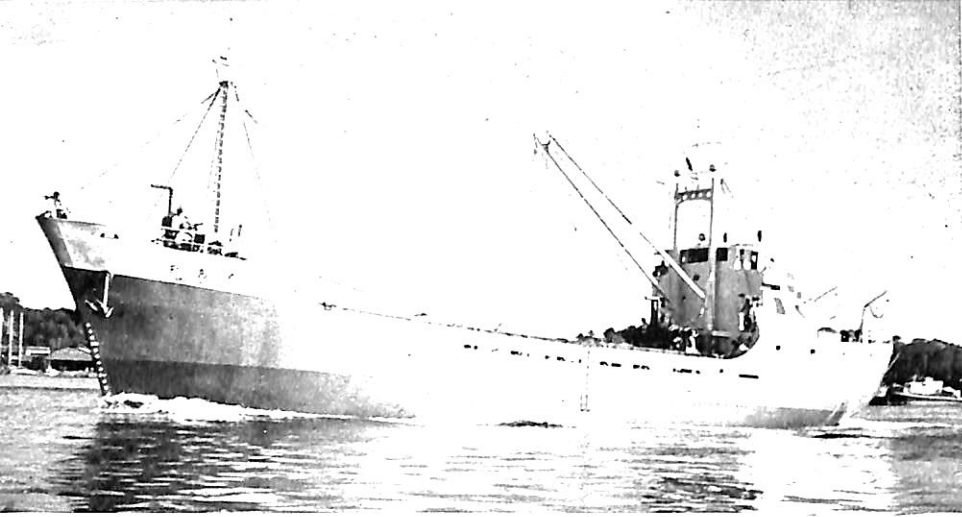
油槽船 櫻島丸 ゼネラル物産株式会社  
SAKURAJIMA MARU

横浜造船株式会社建造	起工 33-6-20	進水 33-9-3	竣工 33-10-15
全長 41.30m	垂線間長 38.00m	型幅 6.80m	型深 3.50m
総噸数 269.49T	純噸数 132.38T	載貨重量 約126Kt	貨物油艙容積 416.30m <sup>3</sup>
主機械 富士ディーゼル製6SD26D型ディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 330BHP (380RPM)	速力 (試運転最大) 11.0Kn	(滿載航海) 10.0Kn
発電機 直流 115V×15KW 1台	船級 第3級船沿海区域	船型 船尾楼型	乗組員 10名



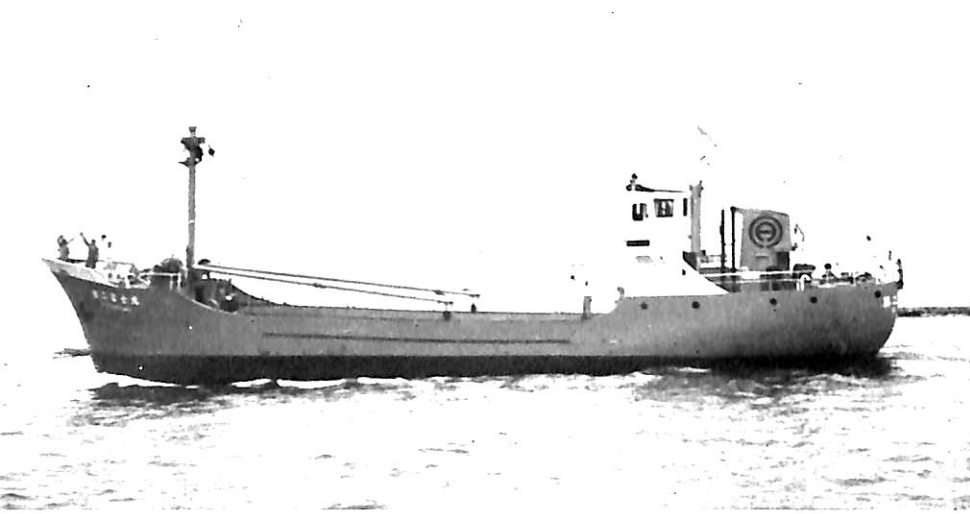
貨物船 第十一秀栄丸 村上秀松  
SHUEI MARU No. 11

彼由造船株式会社建造	起工 33-6-17	進水 33-8-21	竣工 33-9-22
全長 40.00m	垂線間長 36.00m	型幅 7.00m	型深 3.50m
高載排水量 590.00Kt	総噸数 279.82T	純噸数 150.05T	高載吃水 3.20m
貨物艙容積 (ニール) 478.50m <sup>3</sup>	(グリーン) 510.50m <sup>3</sup>	載貨重量 400.00Kt	貨物油艙容積 416.30m <sup>3</sup>
主機械 富士ディーゼル無気噴油式ディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 370BHP (380 RPM)	速力 (試運転最大) 11.0Kn	(滿載航海) 10.0Kn
発電機 直流 115V×15KW 1台	船級 第3級船	船型 船尾楼型	乗組員 10名



貨物船 玉島丸 三和汽船株式会社  
TAMASHIMA MARU

今井造船株式会社建造  
起工 33-4-14 進水 33-7-26  
竣工 33-9-14 全長 40.00m  
垂線間長 36.00m 型幅 7.00m  
型深 3.60m 満載吃水 3.30m  
満載排水量 611.00Kt  
総噸数 302.61T 純噸数 164.28T  
載貨重量 438.00Kt  
貨物艙容積 (ペール) 553.1m<sup>3</sup>  
(グリーン) 580.6m<sup>3</sup>  
主機械 池貝鉄工所製ディーゼル機  
関1基 出力(連続最大) 320IP  
(400 RPM)  
速力(試運転最大) 10.9Kn  
(満載航海) 9.5Kn  
船級 第3級船沿海区域  
船型 船尾機階型 乗組員 9名  
本船は日本炭礦株式会社の専属船  
として、目下若松二島より各地に  
石炭輸送に従事している。



貨物船 第二富士丸 富士海運株式会社  
FUJI MARU No. 2

株式会社宇品造船所建造  
起工 33-6-1 進水 33-9-  
竣工 33-9-21 全長 37.65m  
垂線間長 33.00m 型幅 6.40m  
型深 3.10m 満載吃水 2.80m  
満載排水量 422Kt 総噸数 227.71T  
純噸数 107.15T 載貨重量 273Kt  
貨物艙容積 (ペール) 370.72m<sup>3</sup>  
(グリーン) 410.91m<sup>3</sup>  
主機械 木下鉄工所製4BKE型単  
4サイクルディーゼル機関1基  
出力(定格) 210BIP (400 RPM)  
速力(試運転最大) 10.0Kn  
(満載航海) 9.0Kn  
船級 沿海区域第3級船  
船型 船首楼付長船尾楼型  
乗組員 10名 同型船 富士丸



貨物船 第五南海丸 佐々木海運株式会社  
NANKAI MARU No. 5

株式会社神田造船所建造  
起工 33-6-23 進水 33-9-1  
竣工 33-10-1 全長 37.200m  
垂線間長 33.000m 型幅 6.500m  
型深 3.100m 満載吃水 2.835m  
満載排水量 458.00Kt  
総噸数 221.37T 純噸数 117.67T  
載貨重量 289.00Kt  
貨物艙容積 (ペール) 341.7m<sup>3</sup>  
(グリーン) 364.99m<sup>3</sup>  
主機械 日本発動機製 D6NU265  
ディーゼル機関1基  
出力(定格) 320BIP (400RPM)  
速力(試運転最大) 11.47Kn  
(満載航海) 10.60Kn 船級 第2級船  
近海区域 乗組員 11名

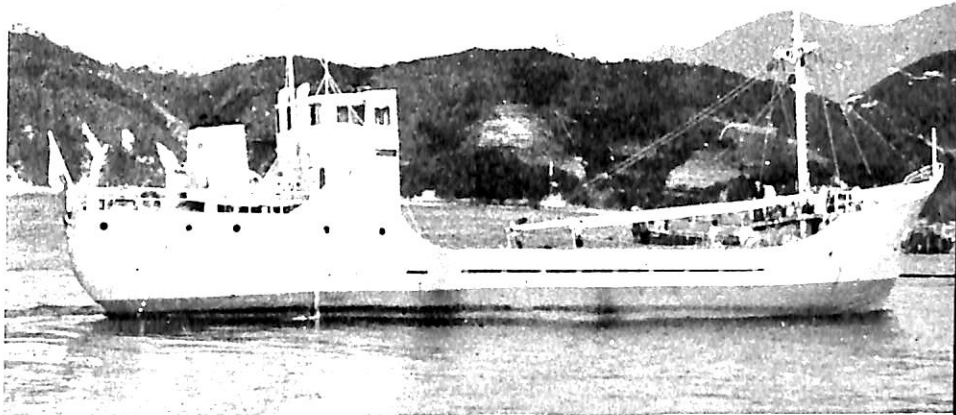


雲備造船工業株式会社建造  
 起工 33-5-9 進水 33-8-19  
 竣工 33-9-20 全長 32.50m  
 垂線間長 29.00m 型幅 6.20m  
 型深 3.10m 満載吃水 2.70m  
 満載排水量 336.60Kt  
 総噸数 199.97T 純噸数 89.90T  
 載貨重量 250Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 280m<sup>3</sup>  
 主機械 池貝鉄工所製 ディーゼル機  
 関1基 出力 (連続最大) 360BHP  
 (150 RPM) 補機 ヤンマーディー  
 ザル6HP 1基 発電機 2 KW  
 速力 (試運転最大) 9.0Kn  
 (満載航海) 8.90Kn  
 船級 第3級船沿海区域 乗組員 8名



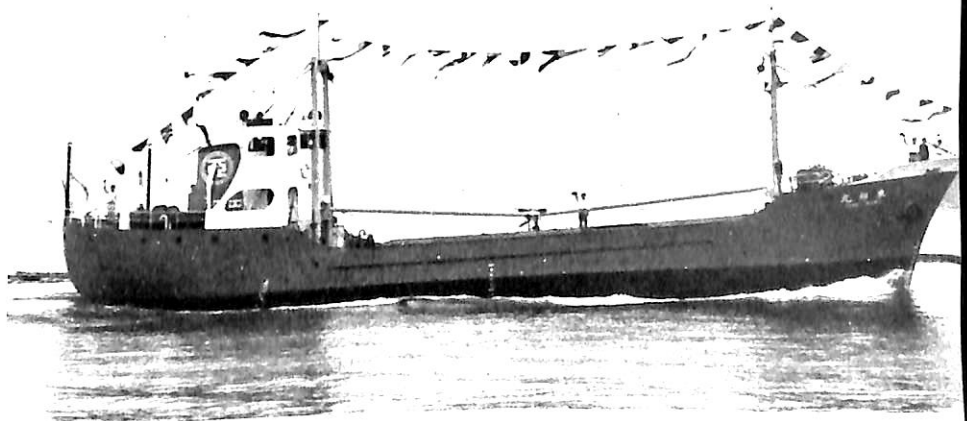
貨物船 第三幸丸 橋本文教  
 SAIWAI MARU No.3

株式会社宇品造船所建造  
 起工 33-6-1 進水 33-8-3  
 竣工 33-9-3 全長 37.65m  
 垂線間長 33.00m 型幅 6.40m  
 型深 3.10m 満載吃水 2.80m  
 満載排水量 422.00Kt  
 総噸数 227.71T 純噸数 107.15T  
 載貨重量 273.00Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 370.72m<sup>3</sup>  
 (グレーン) 410.91m<sup>3</sup>  
 主機械 木下鉄工所製 4BKE型 単動  
 4サイクルディーゼル機関1基  
 出力 (定格) 210BHP (400 RPM)  
 速力 (試運転最大) 10.0Kn  
 (満載航海) 9.0Kn  
 船級 沿海区域 第3級船  
 船型 船首楼付長船尾楼型  
 乗組員 10名 同型船 第2富士丸

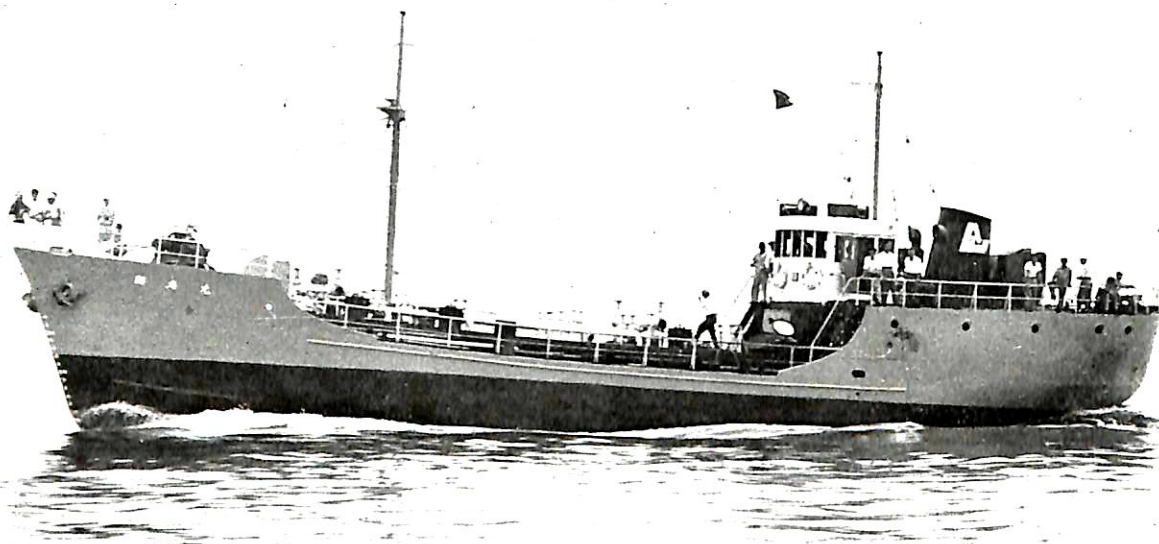


貨物船 富士丸 富上海送株式会社  
 FUJI MARU

株式会社宇品造船所建造  
 起工 33-6-23 進水 33-8-1  
 竣工 33-10-1 全長 38.14m  
 垂線間長 34.00m 型幅 6.50m  
 型深 3.20m 満載吃水 2.90m  
 満載排水量 462.00Kt  
 総噸数 233.90T 純噸数 101.96T  
 載貨重量 297.50Kt  
 貨物艙容積 (ベール) 348.65m<sup>3</sup>  
 (グレーン) 390.03m<sup>3</sup>  
 主機械 日本発動機製 D6NV 126型  
 単動4サイクルディーゼル機関1基  
 出力 (定格) 300BHP (400 RPM)  
 速力 (試運転最大) 10.3Kn  
 (満載航海) 9.2Kn  
 船級 沿海区域第3級船  
 船型 船首楼付長船尾楼型  
 乗組員 10名



鉄石運搬船 東邦丸 東邦船務株式会社  
 TOHO MARU



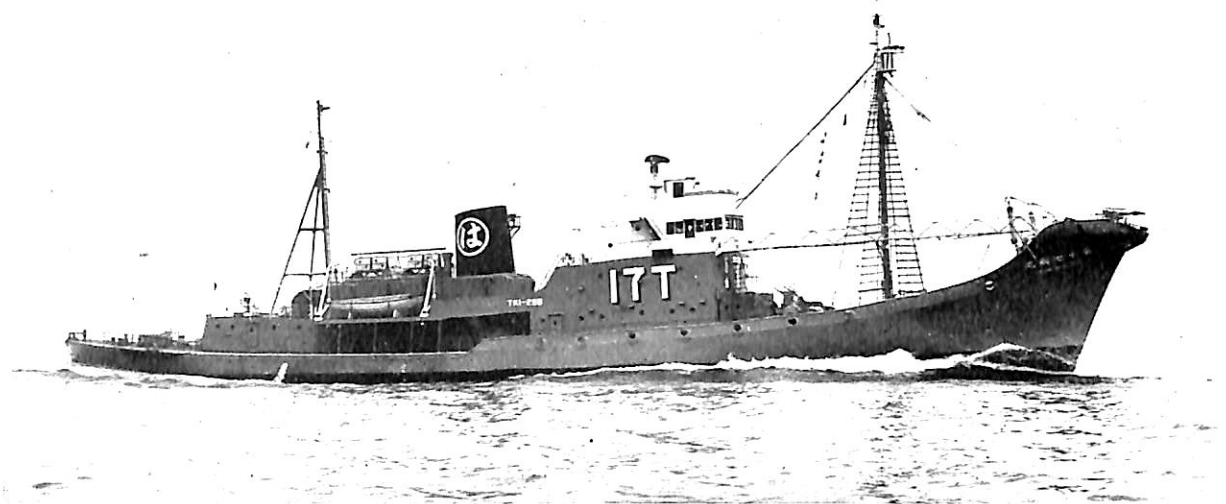
油槽船 昭海丸 弘和汽船株式会社  
SHOKAI MARU

金川造船株式会社建造	起工 33-5-23	進水 33-8-12	竣工 33-8-30
全長 32.82m	垂線間長 29.50m	型幅 6.00m	型深 3.00m
満載排水量 339.00Kt	総噸数 162.02T	純噸数 75.44T	満載吃水 2.70m
貨物油艙容積 262.33m <sup>3</sup>	主機械 赤阪鉄工所製型4M-26-18型単動4サイクルディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 180BIP (380 RPM)	速力 (試運転最大) 9.7Kn (満載航海) 8.0Kn
船級 第3級船沿海区域	船型 長船尾楼付船尾機関型	乗組員 9名	



油槽船 長興丸 長谷川海運株式会社  
CHOKO MARU

株式会社竹原造船所建造	起工 33-4-21	進水 33-7-31	竣工 33-9-26
全長 45.20m	垂線間長 41.00m	型幅 7.00m	型深 3.60m
満載排水量 745.00Kt	総噸数 339.82T	純噸数 155.67T	満載吃水 3.30m
油艙容積 546.605m <sup>3</sup>	主機油ポンプ 6'ギヤ-ポンプ	主機械 木下鉄工所製6UBKE型単動4サイクルディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 350IP (400 RPM)
速力 (試運転最大) 11.211Kn	(満載航海) 10.0Kn	船級 第3級船沿海区域	船型 四甲板型
乗組員 13名	同型船 玉洋丸, 若潮丸		



捕鯨船 第十七利丸 大洋漁業株式会社  
TOSHI MARU No.17

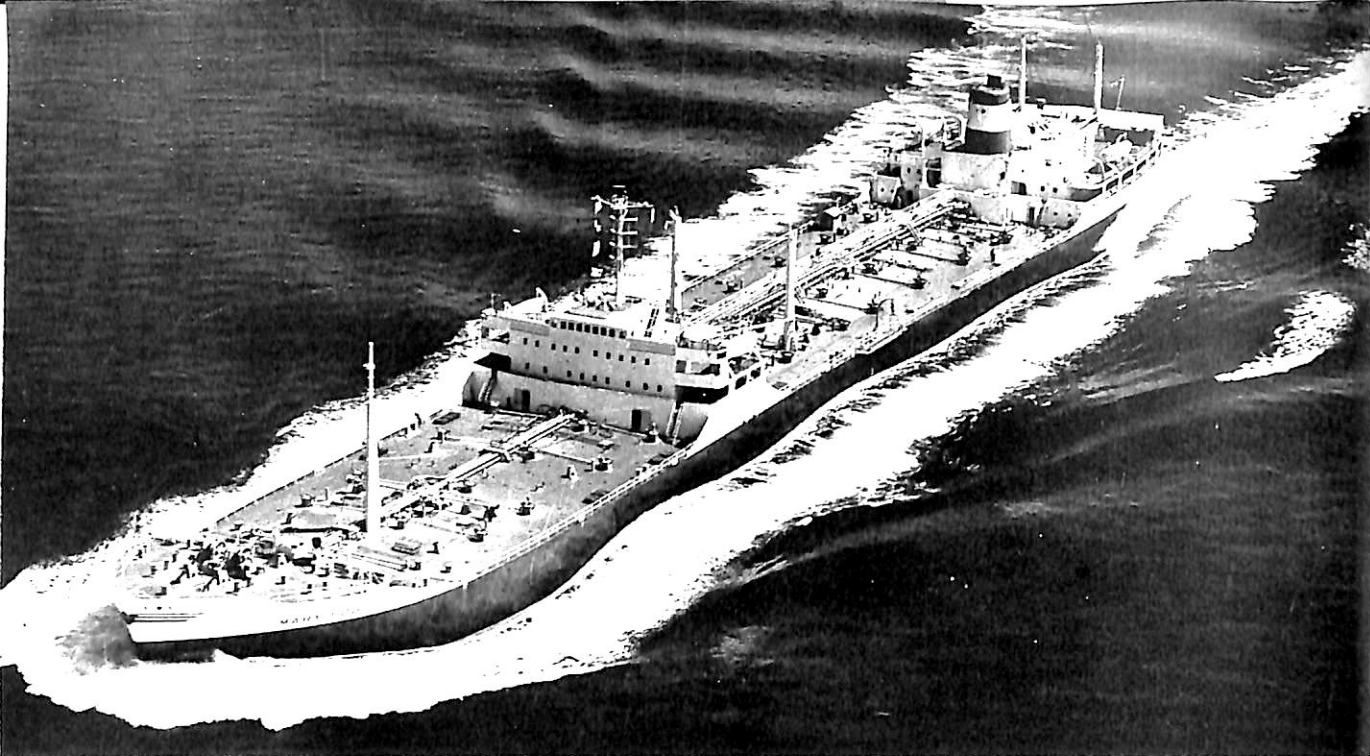
林兼造船株式会社建造	起工 33-5-28	進水 33-7-19	竣工 33-10-8
全長 68.40m	垂線間長 61.00m	型幅 9.90m	型深 5.30m
総噸数 757.69T	純噸数 236.31T	燃料油艙容量 307.31Kt	満載吃水 4.40m
2サイクル無気噴油式ディーゼル機関1基	出力 (連続最大) 3,500BHP (180 RPM)	主機械 横浜MAN単動	
補助艙 西田鉄工製堅型1基	速力 (試運転最大) 18.20Kn	(満載航海) 16.0Kn	
航続距離 7,500浬	船級 NK 第3種漁船	船型 全通一層甲板型	乗組員 27名
同型船 第16利丸, 第18利丸	主発電機 直流170KW×26IP×2台	捕鯨ウインチ電動横型	
6.2t×25IP×2台	キャブスタン電動堅型1.7t×20IP×1台	1.2t×10IP×1台	無線 送信機(主)
200W, (補) 100W 各1式	レーダー MM-3 1式	方向探知機 KS-317RIP 1式	捕鯨砲 1式



遠洋船延縄漁船 第七清寿丸 清寿漁業株式会社  
SEIJU MARU No.7

株式会社金指造船所建造	起工 33-5-9	進水 33-7-11	竣工 33-8-6
全長 45.226m	長さ(漁船法) 40.630m	垂線間長 40.000m	型幅 7.500m
満載吃水 3.200m	満載排水量 663.00Kt	総噸数 308.53T	純噸数 175.26T
漁艙容積 350.42m³	燃料油艙 161.51m³	潤滑油艙 6.98m³	清水艙 32.34m³
主機械 阪神内燃機製4サイクル無気噴油式過給機付ディーゼル機関1基	出力 (定格) 650BHP	速力 (試運転最大) 11.754Kn	
(350 RPM)	補機 ヤシマディーゼル 3MSSL100IP 2台	乗組員 29名	同型船 第1全功丸
(満載航海) 10.861Kn	船級 第2種漁船	遠洋<域>	
発電機 (主) 80KVA, (補) 25KVA	送信機 (主) 150W, 40W, (補) 75W, 30W 各1式		
受信機 10球, 8球, 全波 1台			
甲板機械 繫船機, 揚貨機, 操舵機 各1台	ポンプホウラ 泉中6号型 10IP-277A-850R/ML-2	第2冷凍機	ポンプ直動式 10IP-40IP
第1冷凍機 アンモニア直動式 3気筒 10IP 500RPM	第1冷凍機 37.5RT	第2冷凍機 21.0RT	AR 5号
500RPM 各1台	冷凍能力 (標準) 第1冷凍機 37.5RT, 第2冷凍機 21.0RT		
音響測深機, 方向探知機, 魚船温度計, 電気水温計, 照明装置 各1台			





輸出油槽船 <sup>マリーロー</sup> MARY LOU

船主 Transoceanic Petroleum Carriers Corp. (Liberia)

株式会社播磨造船所建造

起工 32-12-20

進水 33-6-24

竣工 33-10-4

全長 208.52m

垂線間長 200.00m

型幅 28.20m

型深 14.50m

満載吃水 10.687m

満載排水量 50,280Lt

総噸数 24,065.04T (Liberia)

純噸数 15,094.00T

載貨重量 38,950Lt

貨物油艙容積 1873.218ft<sup>3</sup>

主荷油ポンプ ターボ回転式 1,250m<sup>3</sup>/h×4台

主機械 石川島重工製二段

減速蒸汽(タービン) 1基

出力 (連続最大) 19,250SIP

(105 RPM)

主汽缶 播磨製二胴水管缶2基

速力 (公試最大) 16.857Kn

(満載航海) 16.0Kn

船級 AB

船型 三島型

乗組員 51名

旅客 2名

同型船 Neapolis



つの

船舶塗料

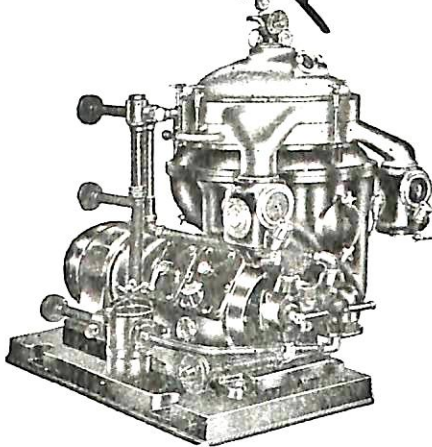
- ・ビニレックス (塩化ビニール樹脂塗料)
- ・L.Z.プライマー (鉄面用下塗塗料)
- ・C.R. マリーンペイント (ノン、チョーキング型) (合成樹脂塗料)
- ・シャナミドヘルゴン (高度のさび止塗料)
- ・槌印船舶用調合ペイント (船舶用特殊塗料)
- ・槌印無水銀鉄船々底塗料 (鉄船々底塗料)
- ・タイカリット (防火塗料)
- ・ノン・スリップ (滑止塗料)

大坂市大淀區浦江北 4  
東京都品川區南品川 4



日本ペイント

DE LAVAL



セルフ・オープニング・セパレーター  
TYPE PX 309.00 F  
(PX 209.00 F 改良型)

Aktiebolaget Separator  
Stockholm, Sweden

燃料油清浄機

ディーゼル油用  
バンカー油用

潤滑油清浄機

ディーゼル  
タービン油用

其他 各種遠心分離機

瑞典セパレーター会社日本總代理店  
長瀬産業株式会社機械部

大阪市西区立売堀南通1-7  
電話 大阪 (54) 大代表 1121  
東京支店 東京都中央区日本橋小舟町2-3  
電話 茅場町 (66) 970・3083  
整備工場 京都機械株式会社分離機工場  
京都市南区吉祥院船戸町50

高性能接着剤

ダイアボンド

船舶用新製品

ダイアボンド #1640

本邦最初の

スプレー用ネオプレンセメント

金属対ゴム用 No. 1620  
製靴用 No. 888  
消防ホース修理用 No. 580  
一般工業用 No. 1622  
他数十種

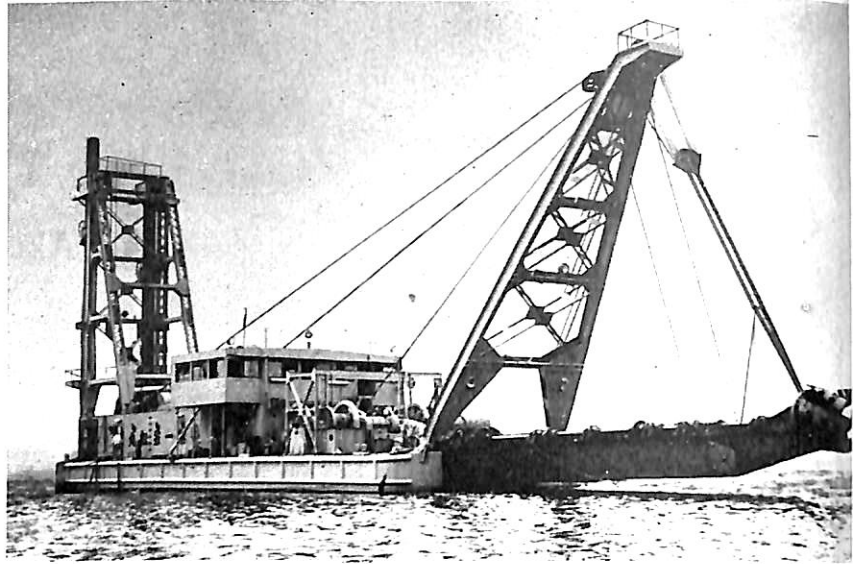
ダイアボンド工業株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目4番地(三和銀行ビル三階)  
電話 日本橋 (24) 3582・5830・6578 番

# 第一若松丸

# 第二若松丸 (同型)

船主 若松築港株式会社  
造船所 株式会社 渡辺製鋼所



22吋1,200馬力電動ポンプ浚渫船

	第一若松丸	第二若松丸
起工	33- 3- 8	33- 4-21
進水	33- 5-20	33- 7- 2
竣工	33- 6-30	33- 8-27

- |                              |                          |  |
|------------------------------|--------------------------|--|
| (1)能力                        | 口 径 22吋                  | ウ イ ン チ 50kW                                 |
| 最大浚渫深度 16m                   | (4)カッター 式 開放型            | ラダーホイスト 50kW                                 |
| 排送距離 約1,800m                 | 回 転 数 約17~13RPM          | サービスポンプ 30HP                                 |
| 揚土量 360~550m <sup>3</sup> /h | (5)カッター用流体接手 式 新三菱 UB90型 | 生水ポンプ 10HP                                   |
| (2)船体                        | 駆 動 側 入 力 315HP          | コンプレッサー 20HP                                 |
| 長さ 36m                       | 回 転 数 750RPM             | (7)非常用発電機 発 電 機 90KVA                        |
| 巾 11m                        | 速 度 制 禦 25%              | ディーゼルエンジン 120HP                              |
| 深さ 3.2m                      | (6)電 動 機 主 ボ ン プ 1,200IP | (8)そ の 他                                     |
| 吃水 1.8m                      | カ ッ タ ー 320HP            | 排気装置, 照明装置, 配電室,<br>居室, 事務室, 賄室, 浴室,<br>便所完備 |
| (3)主ポンプ 型 式 片側吸込1段 渦巻ポンプ     |                          |  |

# 浚渫船 建造 修理 専門

大型電動ポンプ船性能表

主ポンプ馬力 (m)	船 体 寸 法 (m)				パイプ口径 (m/m)	排送距離 (m)	浚渫深度 (m)	揚 土 量 (m <sup>3</sup> /h)	カッター馬力 (IP)
	長さ	巾	深さ	吃水					
500	22.5	7.6	2.3	1.3	410	500~1200	10	300~ 200	100
1000	31.0	10.0	2.8	1.5	560	600~1500	13	540~ 360	200
1200	36.0	11.0	3.2	1.8	560	800~2000	15	600~ 400	300
1500	38.0	11.0	3.3	2.0	610	1000~2500	16	680~ 450	400
2000	40.0	12.0	3.3	2.1	630	1200~3000	17	780~ 550	500
3000	45.0	13.5	3.4	2.1	680	1500~3500	20	1000~ 700	700

最大の建造実績

最高の揚土量



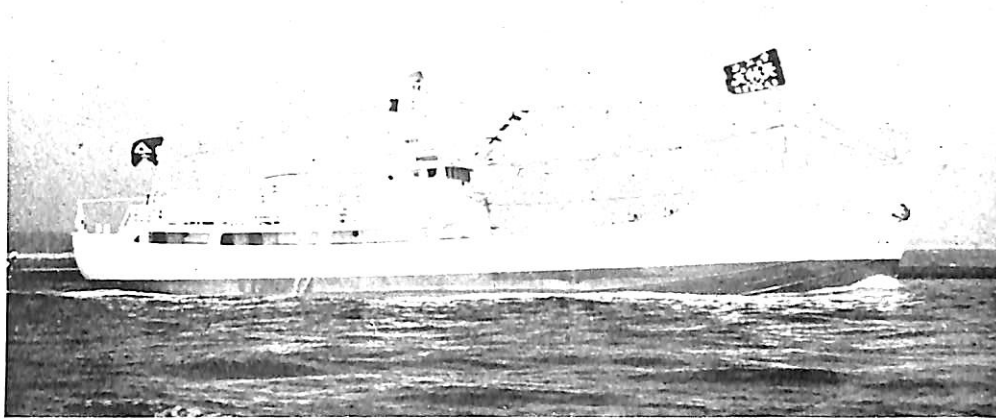
株式 渡邊製鋼所  
株 會 社

# 株式 渡邊製鋼所

本社・工場 東京都大田区糞谷町5丁目1347番地 TEL. 羽 田 (74) 1 1 2 1 ~ 5  
 東京営業所 東京都千代田区丸の内(丸ビル407号室) TEL. 和 田 倉 (20) 4 7 7 7, 4 0 8 0  
 札幌営業所 札幌市南一条西二丁目(丸一ビル) TEL. 札 幌 (2) 4 9 9 8  
 秋田営業所 秋 田 市 東 根 小 屋 町 2 3 番 地 TEL. 秋 田 6 2 9 7

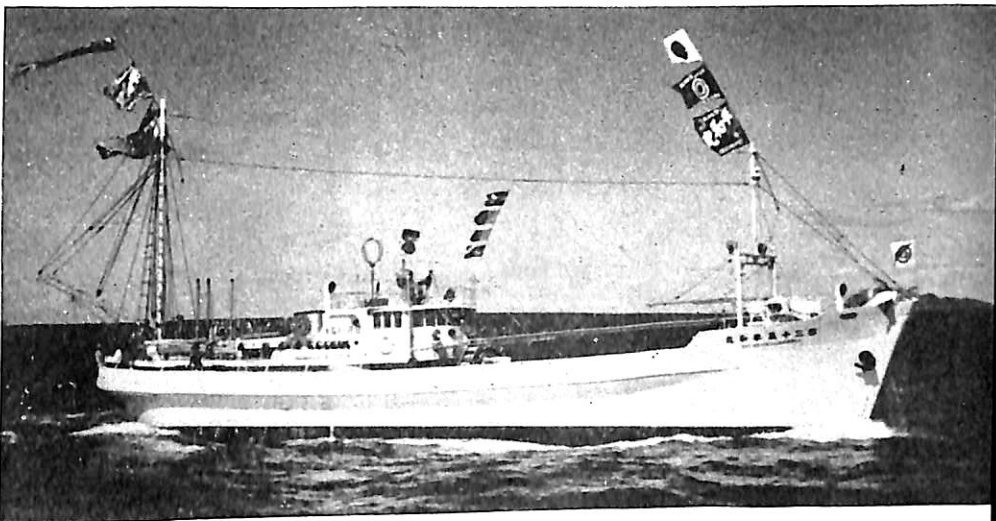


株式会社山西造船鉄工所  
 建造  
 起工 33-2-26 進水  
 33-6-10 竣工 33-  
 7-24 全長 39.75m  
 垂線間長 34.65m 型幅  
 6.70m 型深 3.40m  
 満載吃水 2.90m 満載  
 排水量 505.70Kt 総噸数  
 236.67T 純噸数 127.00T  
 魚獲物搭載量 34,500貫  
 漁船容積 242m<sup>3</sup> 凍結等  
 27.5m<sup>3</sup> 燃料油タンク  
 128m<sup>3</sup> 清水艙 15.9m<sup>3</sup>  
 主機械 新潟鉄工所製M6F  
 31S型ディーゼル機関 1基  
 出力(定格)650BHP(365RP  
 M) 発電機 60KVA×2台  
 20KVA×1台 3KW×1台  
 速力(試運転最大)11.37Kn  
 (満載航海)10.48Kn 送信  
 機(主)150W,同(補)75W各  
 1台 受信機2台 レーダー  
 JMA-101型装備 乗組員  
 30名



鮪延縄漁船 第三天神丸 青木春雄  
 TENJIN MARU No. 3

株式会社宇和島造船所建造  
 起工33-4-30 進水33-9  
 -16 竣工33-9-30 全長  
 35.36m 垂線間長(漁船  
 法)30.80m 型幅 6.20m  
 型深 3.10m 満載吃水 2.  
 40m 満載排水量37.00Kt  
 総噸数 174.44T 純噸数  
 66.80T 魚獲物搭載量  
 89Kt 漁船容積 164.44m<sup>3</sup>  
 主機械 瀬田鉄工所製単動4  
 サイクルディーゼル機関 1  
 基 出力(連続最大)400BHP  
 (380RPM) 速力(試運転  
 最大) 10.8Kn (満載航海)  
 9.9Kn 船級第2級船 船型  
 一層甲板型 乗組員 64名  
 同型船 第8天王丸 主発電  
 機 大洋電機製40KVA, 25  
 KW, 75KW 各1台 送信機  
 大洋無線製 100W A.I. 1台  
 受信機 大洋無線製全波1台  
 レーダー 1台



鮪はね釣漁船 第三十五平和丸 株式会社和田商店  
 HEIWA MARU No. 35

運輸省運輸技術試験所第  
 482号船用品型式検定済

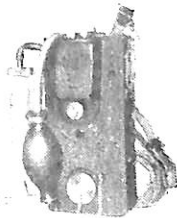
# 理研瓦斯検定器

## 油槽船爆発防止 ガソリンガス・石油ガス測定

熔接、塗替……アセチレンガス測定  
 メタルエチルケトンガス

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

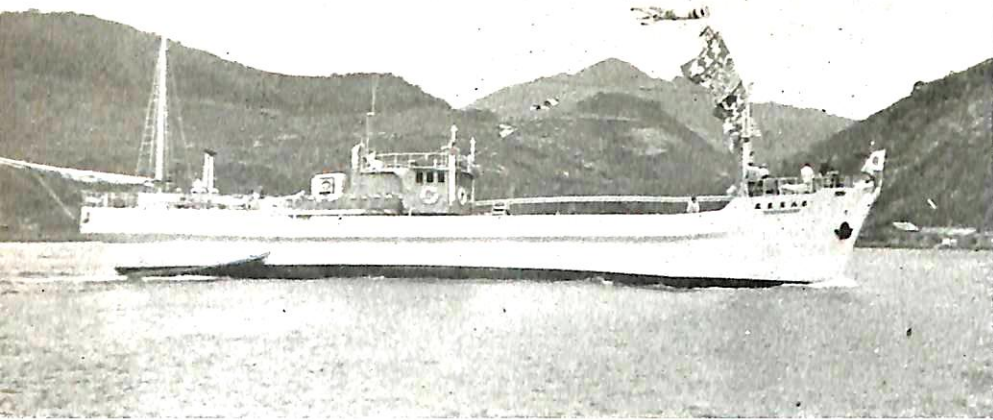
営業品目

理研瓦斯検定器・ポラリスコープ  
 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

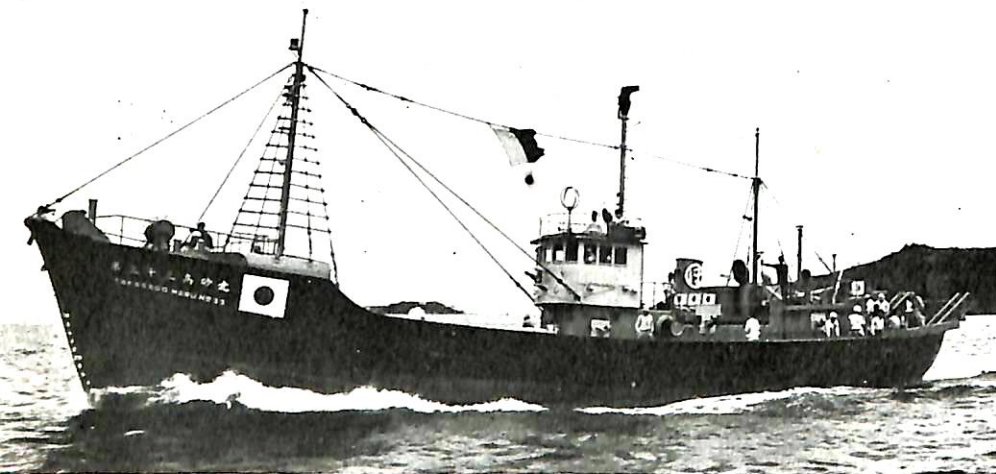
東京・板橋・小豆沢2-11  
 Tel 赤羽(90)1136(代表)~9

炭酸ガス測定器(201型)  
 (果物品質保持用)



鮪はね釣漁船 第八天王丸 大浜漁業株式会社  
TENOMARU No. 8

株式会社宇和島造船所建造  
起工33—5—6 進水33—10—4 竣工33—10—13 全長35.36m 垂線間長(漁船法)30.80m 型幅 6.20m 型深 3.10m 満載吃水2.40m 満載排水量37.0Kt 総噸数 174.39T 純噸数 66.80T 魚獲物搭載量89Kt 漁船容積164.44m<sup>3</sup> 主機械 神戸発動機製単動4サイクルディーゼル機関1基 出力(連続最大)400BHP(380RPM) 速力(試運転最大)10.8Kn (満載航海)9.9Kn 船級 第2級船 船型 一層甲板型 乗組員 64名 同型船 第35 平和丸 主発電機 大洋電機製40KVA 2台 送信機 古野電機製100W A.I. 1台 受信機 古野電機製全波1台



以西底曳漁船 第三十三高砂丸 堀漁業株式会社  
TAKASAGO MARU No. 33

大洋造船株式会社 建造  
起工33—5—9 進水33—6—13 竣工33—8—20 全長29.60m (漁船法) 26.80m 垂線間長 26.30m 型幅 5.20m 型深2.60m 総噸数 80.26T 純噸数 40.86T 漁船容積 91.79m<sup>3</sup> 燃料油艙24.442m<sup>3</sup>清水艙4.193m<sup>3</sup> 主機械 神戸発動機製ディーゼル機関1基 出力(定格)270BHP(380RPM) 速力(最大)10.63Kn 主送信機 75WA<sub>1</sub>×1台, (補)20WA<sub>1</sub>×1台 受信機 9球スーパーヘテロダイン 1台, 7球ラジオ 1台 レーダー 1台 乗組員 主艙13名 従艙12名 本船を主艙とし同型船第35高砂丸を従艙として操業する従艙は受信機、レーダーを装備していない。

船舶への理想的断熱材!! ロイド船級協会承認済

# イツフレックス

お申込次第  
カタログ進呈

防熱効果絶大 軽量・弾性  
無吸湿・無吸水 半永久耐用  
施工容易 難燃性

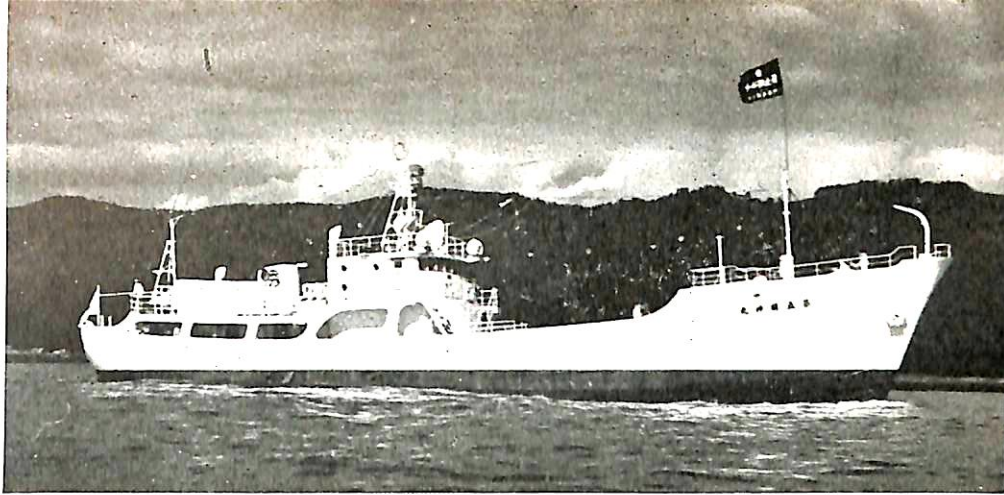
各種船舶の冷蔵艙・漁艙に最適!!

## 日本冷蔵

販売代理店 交洋商事株式会社  
本社 東京都千代田区丸の内1の1 電話(20)3185  
東洋製作所  
本社 東京都品川区東品川5の61 電話(49)2173



株式会社山西造船鉄工所 建造  
 起工 33-7-5 進水 33-8-22 竣工 33-10-1  
 全長 40.28m 垂線間長 35.18m 型幅6.70m 型深 3.40m 満載吃水 2.90m  
 満載排水量493.60Kt 総噸数239.85T 純噸数131.59T  
 魚獲物搭載量36,000貫 漁船容積 252.27m<sup>3</sup> 凍結等 32.70m<sup>3</sup> 燃料油タンク 118.20m<sup>3</sup> 清水艙16.80m<sup>3</sup>  
 主機械 赤阪鉄工所製MK6 S型ディーゼル機関 1基  
 出力 (定格) 550BHP (380 RPM) 発電機 60KVA×2台 15KVA×1台 3KW×1台  
 速力 (試運転最大) 11.04Kn (満載航海) 10.30 Kn 送信機 (主) 150W, 同 (補) 75W各1台 受信機2台 レーダー レイセオン1,500 型装備 乗組員 30名



鮪延縄漁船 第五明神丸 阿部 秀吉  
 MYOJIN MARU NO. 5

株式会社白杵鉄工所 建造  
 下り松造船所 起工 33-4-21 進水 33-9-25 竣工 33-10-24  
 長さ 27.96m 幅 5.80m 深さ 2.85m 総噸数 410.87T 純噸数 132.40T  
 漁船容積146.73m<sup>3</sup> 燃料油艙22.08m<sup>3</sup> 清水艙15.80m<sup>3</sup>  
 主機械 木下鉄工所製6US B30型ディーゼル機関1基  
 出力 (定格) 400BHP (390 RPM) 速力 (試運転最大) 11.12Kn (航海) 9.5Kn  
 第2種漁船 乗組員 59名 主発電機 100V×15KW42HP 1台 (補) 100V×7.5KW 1台 冷凍機 フレオン式 10HP 1台 操舵機, 方向探知機, 無線装置各1式装備



鮪はね釣漁船 第五大吉丸 まる川漁業株式会社  
 DAIKICHI MARU No. 5



船舶用軽量耐火壁材

(米国コーストガード認定品)

朝日マリライト

石綿製品一般・保温保冷工事

石綿スレート製品一般・オームボード(電気絶縁板)

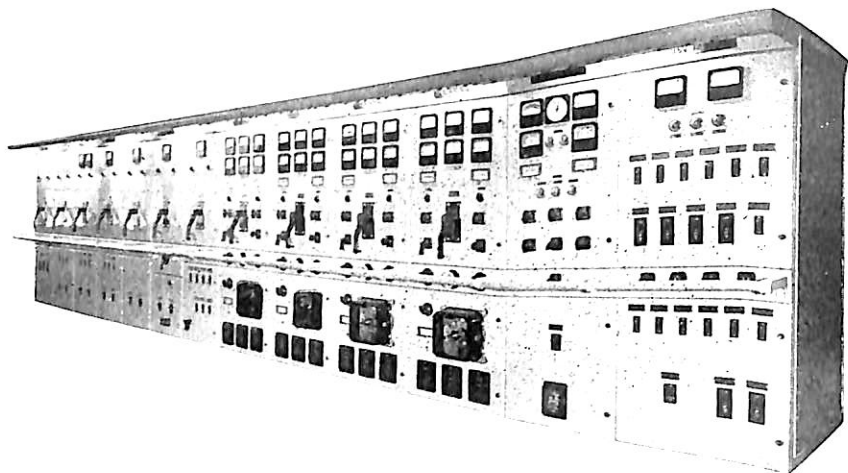
本社 東京都中央区銀座七の三 電話(57) 9361~5  
 営業所 札幌・東京・横浜・名古屋・大阪・岡山・門司





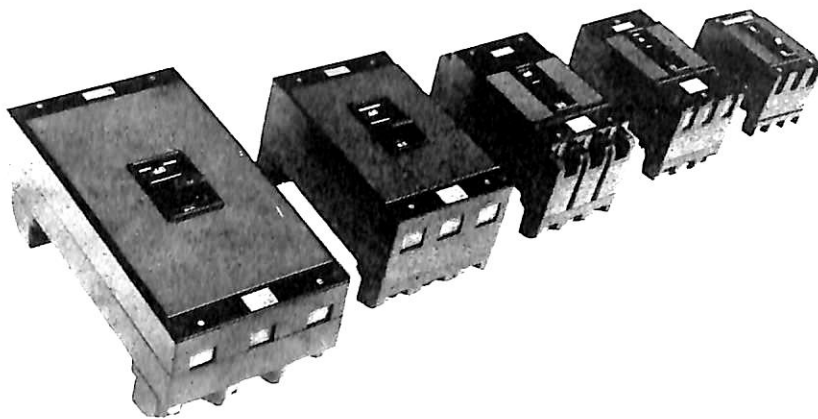
*Terasaki*

古い歴史 最高の技術と設備



配電盤, 集合制御盤, 分電盤,

遮断器, 開閉器,  
ノーフューズブレーカー



 寺崎電機

株式会社 寺崎電機製作所

大阪市東住吉区加美絹木町1-12  
TEL (79) 2 7 3 5(代)

寺崎電気産業株式会社

東京営業所 東京都中央区日本橋室町1-12  
TEL (24) 4500・2656~7

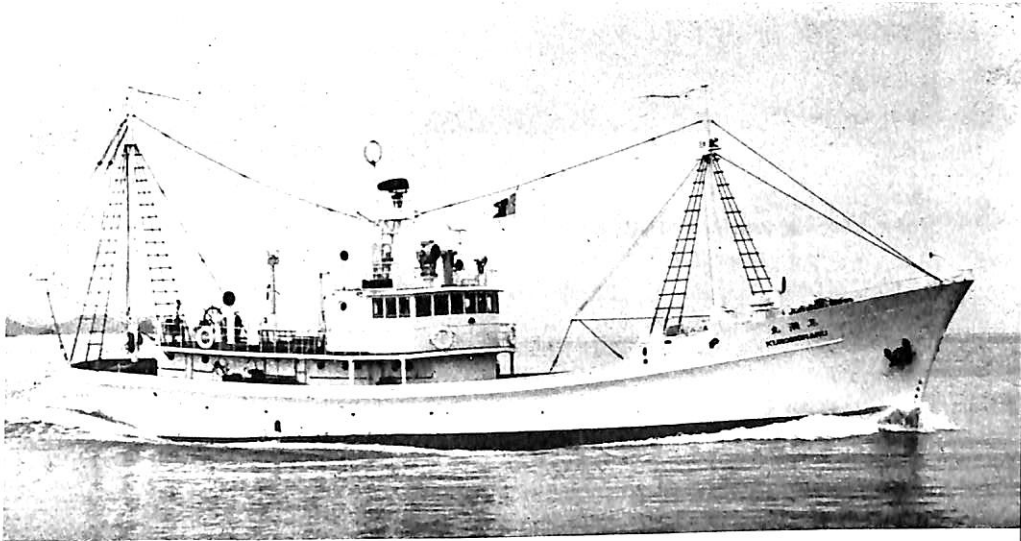
大阪営業所 大阪市北区堂島上1丁目5-3  
TEL (34) 8 5 1 ~ 2

起 1.33—4—17 進水 33—7  
 —22 竣工 1.33—8—30 全長  
 29.70m 長さ (漁船法)  
 27.70m 型幅 4.70m 型深  
 2.35m 総噸数 74.87T  
 純噸数 18.93T 燃料油艙  
 13.37m<sup>3</sup> 清水艙 3.43m<sup>3</sup>  
 主機械 白杵鉄工所製ディー  
 ーゼル機関1基 出力(定格)  
 500BHP (370RPM) 速力  
 (試運転最大) 12.675Kn  
 第3種漁船 乗組員 12名  
 発電機(主) 15KW(32HP) 1台  
 (補) 5KW 1台 揚錨機 電動  
 7.5HP 1台 送信機 100W,  
 35W 各1台 受信機(全波)  
 1台 方向探知機(KS-321型)  
 レーダー(AR-25型)、音響  
 測深儀 各1台 本船は熊本  
 県近海において、漁業の取  
 締り、海難救助に従事する



漁業取締船 あそ 熊本県庁  
 A S O  
 株式会社白杵鉄工所下り松造船所 建造

起 1.33—4—10 進水 33—8  
 —11 竣工 1.33—9—25 長さ  
 (漁船法) 29.90m 型幅  
 6.20m 型深 2.90m 満載  
 吃水 2.40m 総噸数 156.78T  
 純噸数 55.78T 漁船容積  
 109.559m<sup>3</sup> 燃料油艙  
 37.73m<sup>3</sup> 清水艙 25.572m<sup>3</sup>  
 主機械 白杵鉄工所製4サイ  
 クルスーパーディーゼル機  
 関1基 出力(定格) 380BHP  
 (400RPM) 速力(試運転  
 最大) 10.77Kn (満載航海)  
 9.48Kn 第3種漁船 乗組  
 員 52名 調査員 2名 発電機  
 (主) A.C35KVA×64HP 1台  
 (補) A.C30KVA×48HP 1台  
 冷凍機 フレオン式 25HP 1基  
 操舵機(SG-200型) 1基 送信  
 機 150W, 75W, 長中波, 各 1  
 台 受信機(全波) 1台, 方向  
 探知機, ローラン, 漁群探知  
 機, レーダー, 電動測深儀 各  
 1式 本船は鯖はね釣り漁業の装備を  
 有し、東支那海、南支那海域において  
 はね釣り漁業並びに海洋調査に従事する。



漁業指導船 黒潮丸 大分県庁  
 KUROSHIO MARU  
 株式会社白杵鉄工所下り松造船所 建造

# LateX系<sup>®</sup>新甲板舗床材料

# Rightex

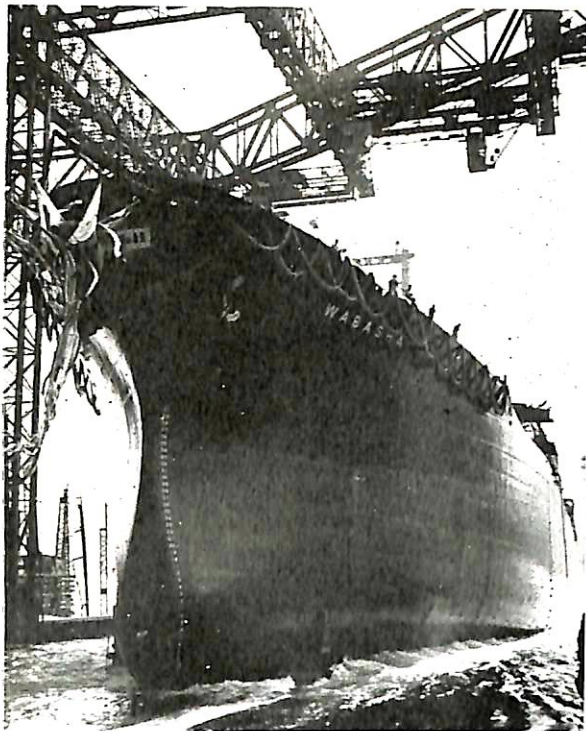
ハイテックス

カタログ呈

防水・防火・耐化学薬品  
 施工簡易・速硬・廉価

太平工業株式会社

本社 出張所 出張所  
 出張所 出張所 出張所  
 東京都三條西大路西 電話(82)1101 代表  
 東京都千代田区神田錦町1の3 電話(29) 8287  
 神 戸 長 崎

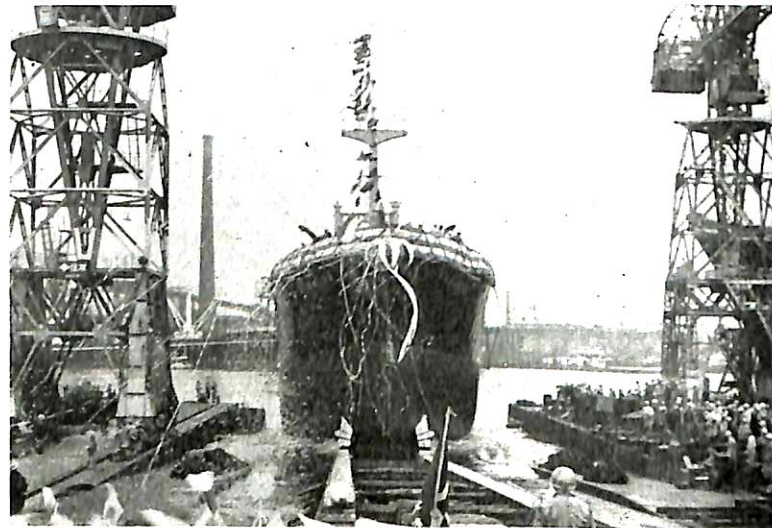


← 輸出油槽船 **WABASHA**

船主 **Compania De Navegacion Acla, S.A. (Panama)**  
 三菱造船株式会社長崎造船所建造 起工 33-4-15  
 進水 33-9-30 竣工予定 34-1 垂線間長  
 675'-0" 型幅 97'-0" 型深 48'-3" 満載  
 吃水 36'-0" 総噸数 約41,500T 載貨重量  
 約26,000Lt 主機械 三菱長崎エッシャウイス型ター  
 ービン 1基 出力(連続最大) 17,600SHP 主汽缶  
 三菱長崎製二胴水管缶 2基 速力 17Kn 船級 AB

← 賠償貨客船 **KABAENA**

船主 **インドネシア共和国政府**  
 佐野安船渠株式会社建造 起工33-7-30  
 進水 33-10-18 全長 82.98m 垂線  
 間長 77.50m 型幅 12.00m 型深6.00m  
 計画満載吃水(型) 5.16m 総噸数  
 約1,650T 載貨重量 約2,500Kt 貨物艙  
 容積(ベール) 約2,950m<sup>3</sup> 主機械 神戸  
 発動機製過給機付4サイクルディーゼル機  
 関 1基 出力(連続最大) 1,400BHP  
 補汽缶 佐野安製円缶 1基 速力(試運転  
 最大) 13.50Kn (満載航海) 11.50Kn 船級  
 NK 船型 遮陽甲板型



## 信頼性の高い船舶用電線

アフターサービスの充実

**NK . AB . 規格**



- ★ N . K A B 規格 船舶用電線
- ★ 船内通信用 P . V . C 電線
- ★ S T W 線 ( N K A B 規格 配電盤用 )
- ★ S T W P 線 ( 移動用 )
- ★ S A V L 線 ( アスベスト・フニスキャンブリック鉛被覆線 )
- ★ S A V W 線 ( アスベスト・V C 耐燃性配電盤用 )
- ★ 各種防触ケーブル・被鉛ゴム線
- ★ プチルゴム・珪素ゴム絶縁電線

## 大阪被鉛電線工業株式会社

本社工場	大阪府堺市松屋町1丁目126	TEL (堺) 659
大阪営業部	大阪市西区本田三番町奥内ビル	TEL (54) 0731
東京支店	東京都中央区新富町3-8	TEL (55) 4849
九州出張所	福岡市春吉前新屋252	TEL (2) 5224

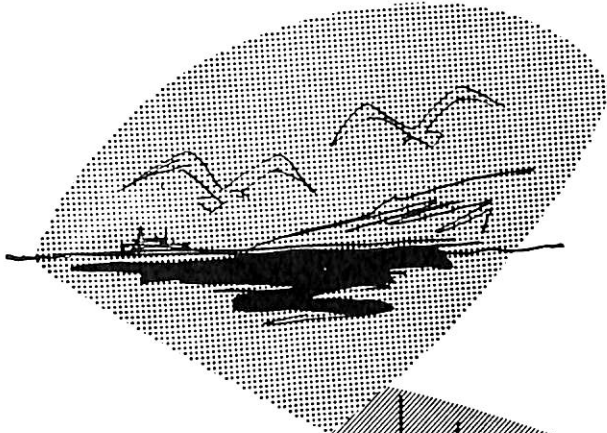




快適な船旅にソフトな床材

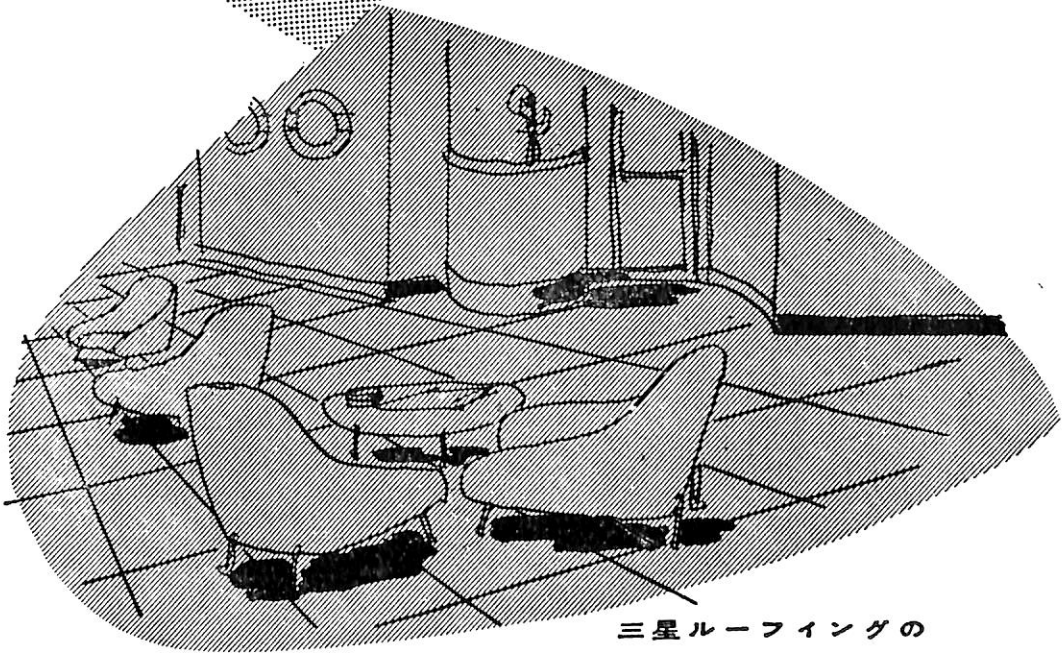
高級弾性床タイル

# 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。

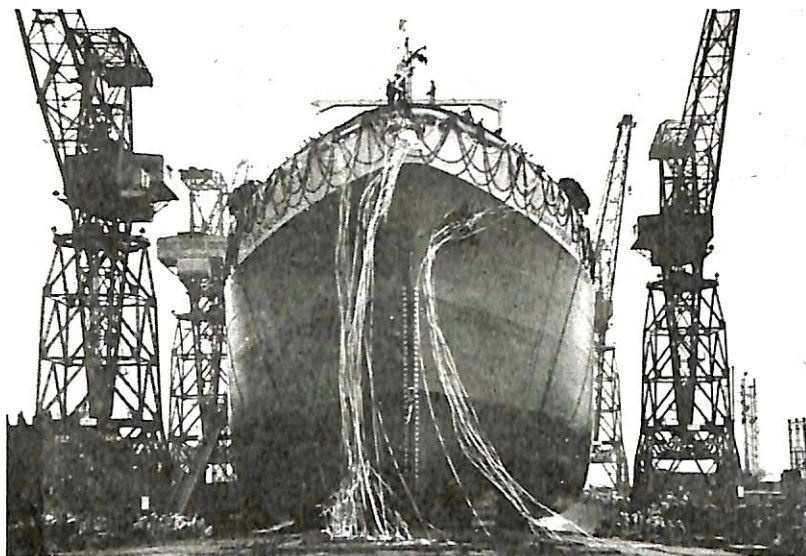
磨擦に強く褪色せず他の床材  
の何れよりも永持ちします。



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1181  
大阪・大阪市西区京町堀上通1-14 TEL 土佐堀(44)代809



← 鉱石運搬船兼油槽船

サン ウェン マーチャント

**SAN JUAN MERCHANT**

船主 San Juan Carriers Ltd. (Liberia)  
 日本鋼管株式会社鶴見造船所 建造  
 起工 33-5-19 進水 33-9-12 竣工  
 予定 33-12 全長 738'-9" 垂線間長  
 707'-0" 型幅 100'-0" 深さ(上甲板  
 まで) 53'-0" 計画満載吃水 38'-7"  
 総噸数 約31,000T 載貨重量 約47,270Lt  
 貨物油艙容積 約277,790bbl 鉱石積載  
 容積 約776,580ft<sup>3</sup> 主機械 新三菱神戸製  
 二段減速複筒衝動タービン 1基 出力  
 (連続最大) 17,500SHP 主汽缶 日鋼鶴見  
 製二胴水管缶 2基 速力(満載) 約15Kn  
 船級 AB 船型 船尾機関四甲板型  
 同型船 San Juan Traveler (建造中)

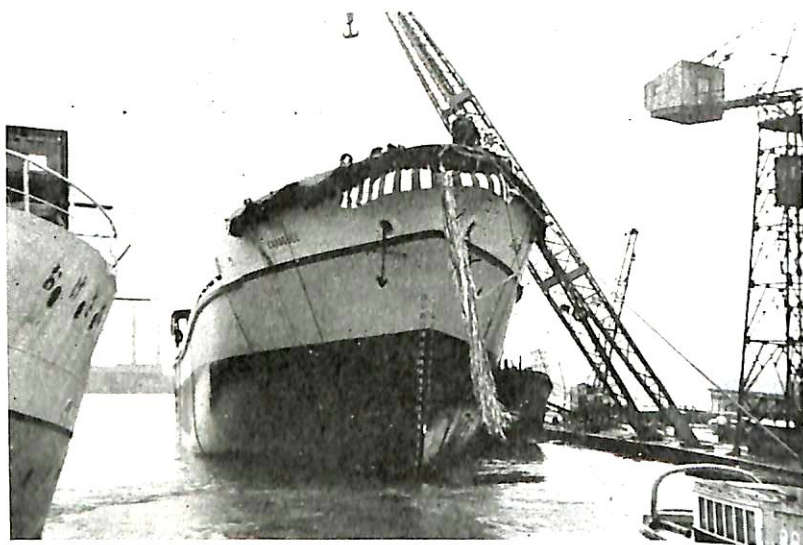
カ マ グ エ イ

輸出貨物船 **CAMAGUEY**

船主 Banco Cubano Del Comercio

Exterior (Cuba)

株式会社新潟鉄工所新潟造船工場 建造  
 起工 33-5-20 進水 33-10-18 竣工  
 予定 34-2 全長 93.20m 垂線間長  
 86.00m 型幅 13.00m 型深 6.80m  
 計画満載吃水(型) 5.75m 総噸数約2,300T  
 載貨重量 約3,050Kt 貨物艙容積(ベール)  
 144,500ft<sup>3</sup> 主機械 新潟鉄工所製単動2サ  
 イクル過給機付ディーゼル機関1基 出力  
 (連続最大) 2,900BHP (165RPM) 速力  
 (航海) 13Kn 船級 AB



性能の良いエンジンは 山王のパッキン剤から

不乾性パッキン剤  
(サンボンド)

工業用接着剤  
(ビタリック)



特許

**山王印液体パッキン剤**

(ヘルメチック・サントタイト)

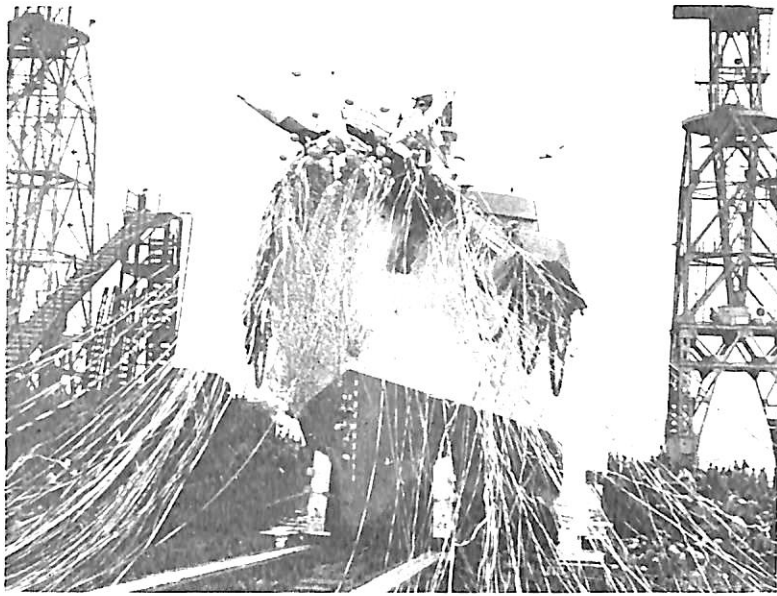
用途……陸船内燃機・車両・船舶・工作機械・油圧機・その他

創業30年

**山王工業株式会社**

本社 東京都新宿区戸塚町2-129 電話東京(36)0236~0238番  
 工場 東京都豊島区高田南町3-702 電話東京(97)3498番  
 主要代理店 神戸(株)岡村商会・大阪 大鹿商店・門司 三洋商事(株)・長崎(株)橋本商会



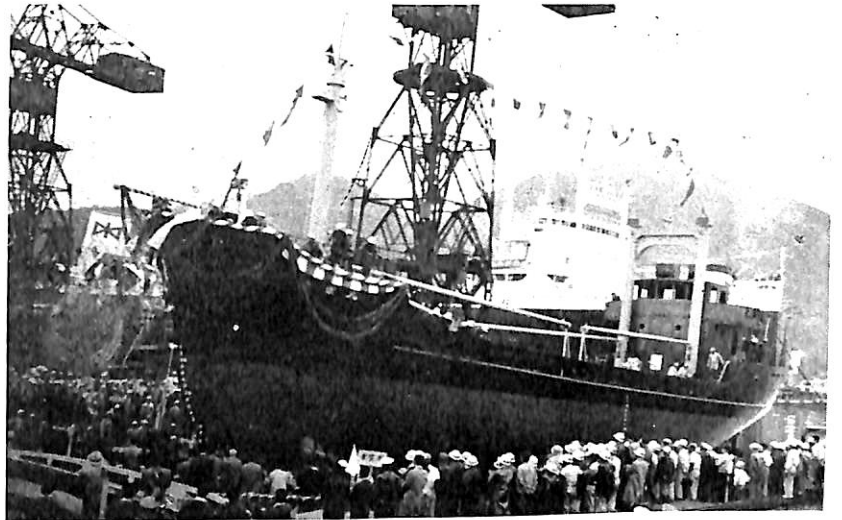


ラ プ ラ プ

← 賠償客船 **LAPU LAPU**  
 船主 フィリピン国政府  
 石川島重工業株式会社 建造  
 起工 33-7-16 進水 33-10-16  
 竣工予定 34-2 全長 約84.00m  
 型幅 約13.00m 型深 7.80m 計画  
 満載吃水 5.00m 総噸数 約2,200T  
 載貨重量 約900Kt 主機械 三井B&W  
 642VBF-75 2サイクル 単動 トランク型 ターボチャージドディーゼル機関2基 出力(連続最大)2,500BHP×2(240RPM) 速力(最大)17Kn 船級 AB 本船は賠償客船の豪華な第1番船で船体の大きさに比し非常に高速である。船室は全部エア・コンデションを施し、国賓室、閣議室等の公室、特別室、食堂兼礼拝堂、ダンスホール、新聞記者室、ヘリコプター発着甲板設備、自動交換式の室内電話で陸上との通話も簡単にできる。非常事態下においては救急船、軍隊輸送船、病院船にも使用できる機能を有している。エンジンは中小船型用三井B&W第1番機を搭載。

貨物船 **千栄丸** 波沢倉庫株式会社  
 SENEI MARU

株式会社播磨造船所建造 起工33-9-13  
 進水 33-10-15 全長 44.03m 垂線  
 間長 41.00m 型幅 8.20m 型深 3.75m  
 計画満載吃水(型)3.36m 総噸数 約360T  
 載貨重量 約570Kt 貨物艙容積(ベール)  
 約685m<sup>3</sup>(グリーン)約745m<sup>3</sup> 荷役装置  
 艙口数×1,揚貨機駆動25BHP2kt×2 デリ  
 ック 2kt×4 主機械 播磨ズルツァー  
 5TD24型ディーゼル機関 1基 出力(連続  
 最大) 375BHP 速力(満載航海) 9.0Kn  
 船級 第3級船沿海区域 船首楼船尾楼甲板  
 型 定員 12名 同型船 久栄丸



重 油 炭 添加剤

**PCC**

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

製 造 品 目

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

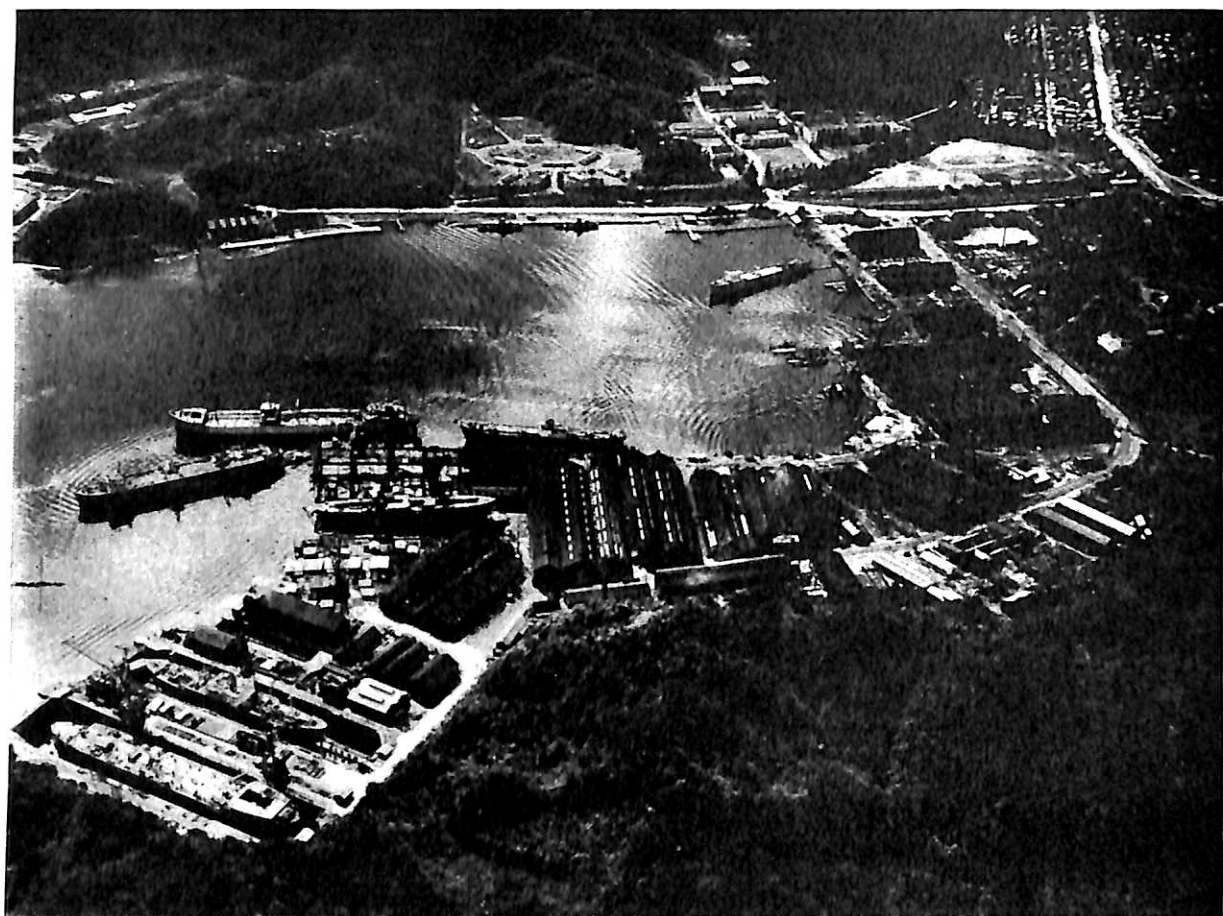
**日本添加剤工業株式会社**

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(大蓄ビル) 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 浜, 神 戸, 広 島, 下 関, 若 松



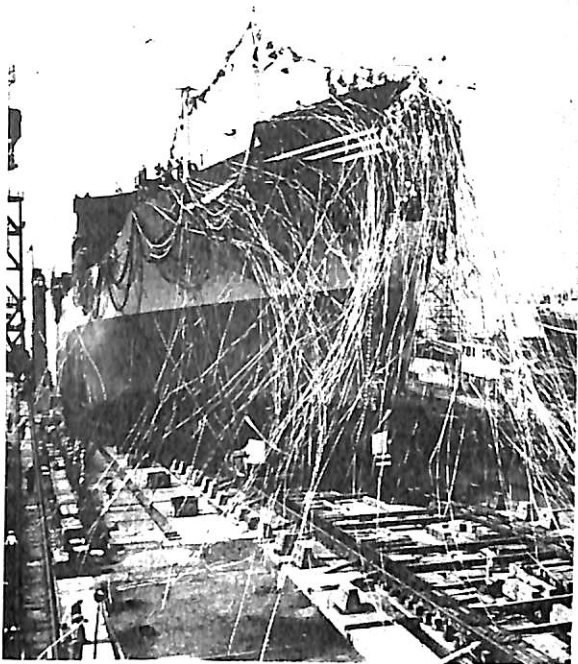


船 舶 造 修      艦 艇 造 修  
船 用 機 械      兵 器 造 修  
車 輛 造 修      サ ル ベ ー ジ 業

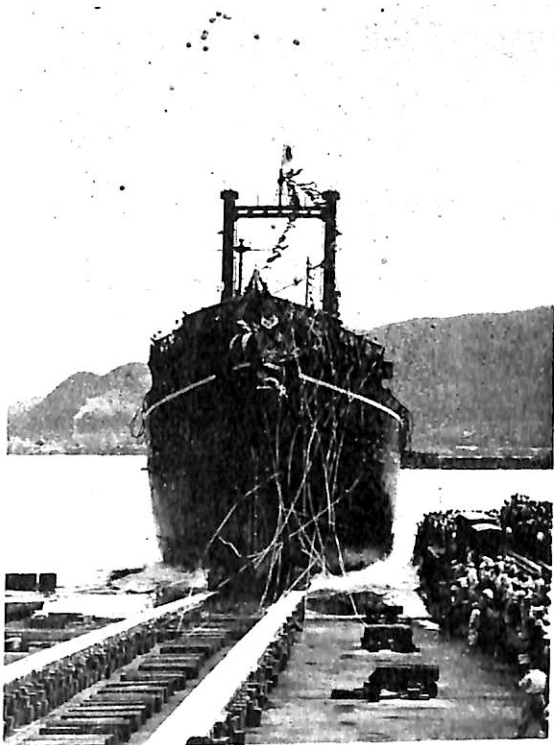


# 飯野重工業株式会社

取締役社長 俣野健輔  
本 社 東京都千代田区丸の内3の6  
電話千代田(27) 0431-9, 1431-9(代)



← 自己資金油槽船 **日悠丸** 日正汽船株式会社  
 NICHYU MARU  
 石川島重工業株式会社 建造 起工 33-4-21  
 進水 33-10-4 竣工予定 34-1-31 全長180.30m  
 垂線間長 170.00m 型幅 22.40m 型深 12.75m  
 計画満載吃水(型) 9.70m 総噸数 約14,200T  
 載貨重量 約22,000Kt 貨物油艙容積 約29,800m<sup>3</sup>  
 主荷油ポンプ 700m<sup>3</sup>/h×3台 主機械 横浜MAN K7Z  
 ディーゼル機関 1基 出力(連続最大) 9,300BHP  
 (118RPM) 速力(試運転最大) 15.7Kn(航海) 14.75Kn  
 船級 NK 乗組員 67名 竣工後はベルジャ湾  
 またはカナダの原油輸送に就航の予定である。



自己資金貨物船 **長浦丸** 三菱海運株式会社 →  
 NAGAURA MARU  
 三菱造船株式会社下関造船所 建造 起工 33-4-10  
 進水 33-9-30 竣工予定 33-11 全長 110.00m  
 垂線間長 100.00m 型幅 16.60m 型深 9.30m  
 満載水吃 7.50m 総噸数 約4,950T 載貨重量  
 約7,500Kt 主機械 三菱広島製ディーゼル機関 1基  
 出力(連続最大) 3,000BHP 補汽缶 大阪ボイラー製  
 コクラン型1基 速力 12Kn 船級 NK

## 船舶室内裝飾一般

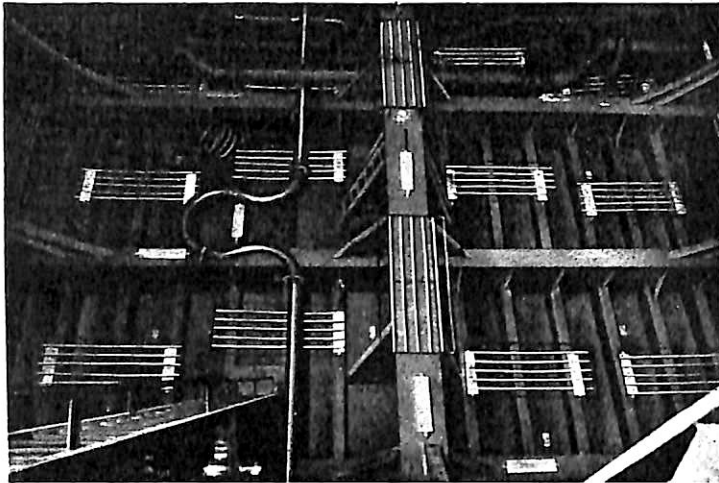
設計 施工

車輛・航空機内部裝備一切  
 (造作・照明器具・窓掛・家具・敷物)

**裝飾部** 電話 大阪 (64) 1251・2551・3551  
 大阪市南区難波新地六番町14  
**工作所** 電話 大阪 (65) 0665~9  
**大阪工場** 大阪市西成区梅南通 7-5  
**東京工場** 東京都港区西芝浦 4-3  
**福岡工場** 福岡市大字三宅字銭通 133  
 電話 (4) 0447・7287

**高島屋**

# 電気防蝕 CATHODIC PROTECTION



写真説明

油艙(バラストタンク)内の防蝕用マグネシウムおよび亜鉛陽極(ZAP)

防蝕用材料販売 および 設計施工

## 中川防蝕工業株式会社

東京都千代田区丸の内(丸ビル650区)  
電話 和田倉(20) 0759・2842・4438

### 船舶の防蝕

外板、バラストタンク  
推進器、シリンダージャケット  
オイルタンク、艤装中の船体

### 港湾施設の防蝕

ドックゲート、各種浮標  
鋼矢板岸壁、港湾施設各種

### 営業品目

ZAP-A,B (亜鉛・アルミ合金陽極)  
Mg (マグネシウム陽極)  
外部電源法  
防蝕用塗料ラスタイト、ライジン

ビニール関係設計施行

(資料進呈)

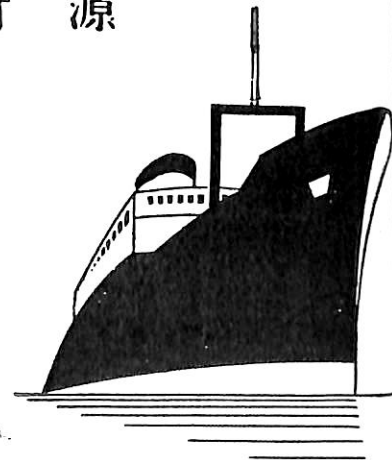


各種船舶の建造並修理  
船用汽機汽罐の製作並修理

## 株式会社 名村造船所

取締役社長 名村 源

本社・工場 大阪市住吉区北加賀屋町4-5  
電話 住吉(67) 2744-9  
東京事務所 東京都中央区京橋1-2 商船ビル  
電話 東京28局(28) 4877  
神戸事務所 神戸市生田区海岸通5 商船ビル  
電話 元町(4) 0189  
大阪出張所 大阪市北区宗是町1 大ビル  
電話 土佐堀(44) 1286・5689



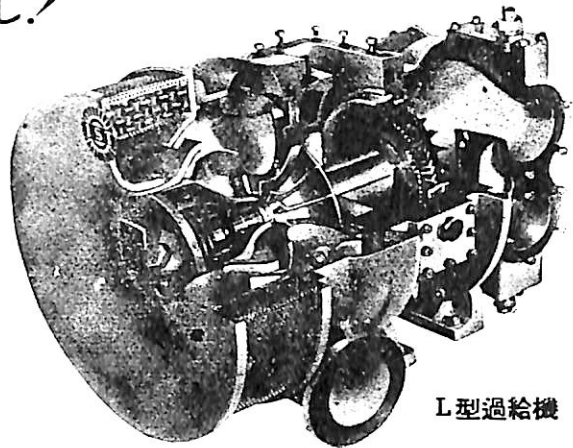


# 過給機 四サイクル・ディーゼル機関用

外国品に比し…何等遜色なし!

芝浦タービン過給機の要目表

型式	機関馬力		過給機装備後の機関出力		乾燥重量
	HP		HP		
L20	180~	230	270~	340	140
L23	200~	260	300~	390	150
L24	210~	360	390~	540	210
L31	360~	550	540~	820	350
L37	550~	900	820~	1,350	480
L45	900~	1,400	1,350~	2,100	800
L55	1,400~	2,000	2,100~	3,000	1,500



L型過給機



## 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

技術資料提供  
是非御照会乞う

躍進  
50年

中型貨物船の  
建造並に修理

## 株式会社 金指造船所

本社 清水市三保 電話清水②4111(代表) — 4115  
 坂間工場 清水市三保 辨天492番地 電話清水②5151-2  
 東京事務所 東京都港区芝田村町3丁目4番地 清壽ビル  
 電話(59)1306(代表) — 1308  
 三崎出張所 神奈川県三浦市三崎町西野34番地 電話(三浦)2851



石油精製元売

# ゼネラル物産

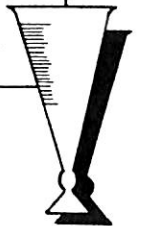
代表取締役社長 中尾幸雄

本店 東京都中央区銀座東4丁目4番地  
 電話 (54) 2531 (代表)

支店 東京, 名古屋, 大阪, 福岡  
 営業所 札幌, 仙台, 神戸, 広島, 高松, 門司, 長崎

# GAMLEN

CHEMICALS for  
 INDUSTRIAL  
 and MARINE USE  
 GAMLEN CHEMICAL COMPANY

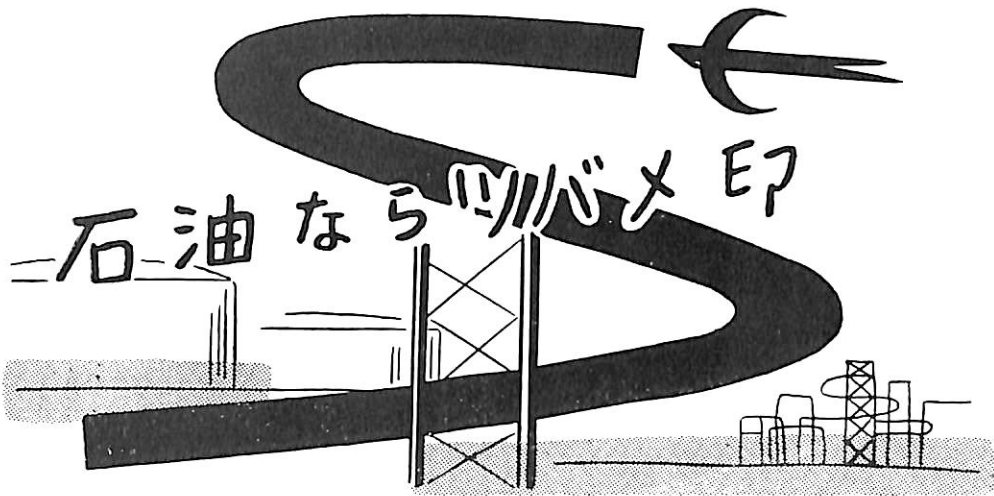


燃料油添加剤	ガムレノール
スラッグ除去剤	ガムレナイト
耐火煉瓦補強剤	ファイヤーマスター
カーボン溶解剤	カーボンソルベント
油槽油汚物清滌剤	"D"ソルベント
スラッジ分解剤	エマルジョンブレイカー
油槽クリーニング剤	シークリーン

日本総代理店

## 山水商事株式会社

東京都中央区日本橋通2の6	電話(27)6360-2・5109・6026
横浜市中区山下町204 (ストロングビル)	電話 (8) 2 8 1 4
名古屋市中村区太閤通1の53	電話 (55) 2 8 0 0
神戸市生田区海岸通1の5	電話 (3) 6 2 0 8
門司市棧橋通り1 (山下汽船内)	電話 門司 3 5 5 4



# 丸善石油

取締役社長 和田完二



信頼を持って使用される

## 住友の船舶用電線

井ゲタロイ  
 (超硬質合金工具)  
 熔接棒芯線  
 防振ゴム

住友電気工業株式会社

大阪・東京  
 名古屋・福岡



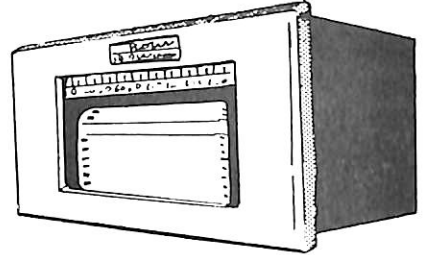
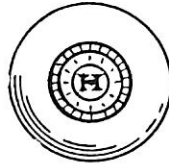
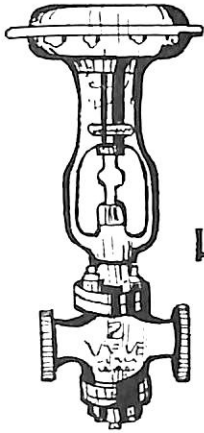
# 機関室の自動制御と

温度調節計・液面調節計・圧力調節計・自動調節弁・その他

# 船室の空気調和に

温度調節器・湿度調節器・調節弁各種・電子管式温度及湿度記録計

電子管式指示計・その他



山武ハネウエルの製品！



山武ハネウエル計器株式会社

東京都千代田区丸の内2ノ6（八重洲ビル）電話(28)6751-9  
支店-大阪 出張所-名古屋・小倉 工場-東京蒲田

国産洗剤

# NEOS



近代的操作

ネオス助燃剤

船舶機関の洗滌

オイルクーラー、清水クーラー  
F.O.ヒーター、給水加熱器  
コンデンサー、冷凍機油側

油槽船

バターワース注入用洗剤

タロー油、ココナツ油

タンククリーニング用洗剤

二重底スラッジ分解剤

定検入港前の投入剤

鯨油洗滌、清水槽切替

重油洗滌、その他

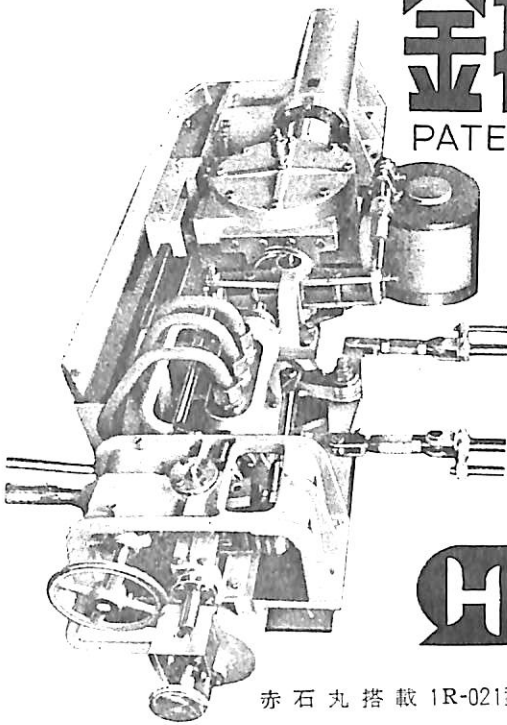
資料送呈



新日東化学工業株式会社

本社 神戸市葺合区八幡通5の6  
電話神戸(2)2383.407.408.164  
東京営業所(29)8568・名古屋営業所(4)9677

# 金指式舵取装置



PATENT OFF

211990  
211996  
233222  
460212  
469719  
469720

出力

0.75 ~ 43 吨 - 米

馬力

2 ~ 30 馬力

特長

- ◇機構簡易, 操作軽快
- ◇精度良好, 舵角正確
- ◇舵の復元早く失速なし
- ◇転舵速度の調節自由
- ◇蓄油圧により電源故障時  
も相当時間通常操舵可能
- ◇空気袋形蓄積器使用



清寿船用精機K.K.

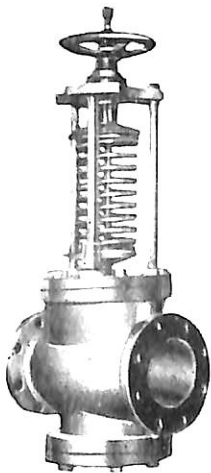
本社 清水市外袖師町西久保415  
電話 清水(2)代336・6650

赤石丸搭載 1R-021型

## 放出弁・減圧弁の決定版

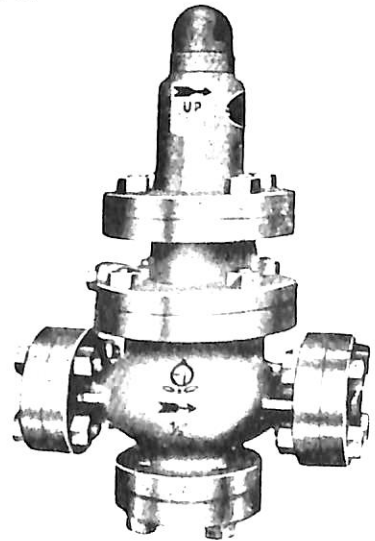
26-3型自動圧力調節弁

ESCAPE VALVE



### 営業品目

自動圧力調節弁 (液体ガス用各種)  
自動温度調節弁 (液体気体用)  
安全弁 レリーフ弁 (各種)  
スチームトラップ (各種)  
自動給水器及び水準器 (各種)  
伸縮接手  
自動インゼクター メトロポリタン型  
グレッシャム型  
インゼクター・サイレンサー  
ストレーナー (Y型・U型)  
暖房用各種弁類・電磁弁  
その他特殊弁類・設計・製作・販売



株式会社

フシマンバルブ製作所

本社工場 岩手県紫波郡矢福村大字南矢福 電話 矢福 16 番  
東京営業所 東京都大田区古市町 15 番 地  
電話 (73) 1092・1093・5920・9968 番

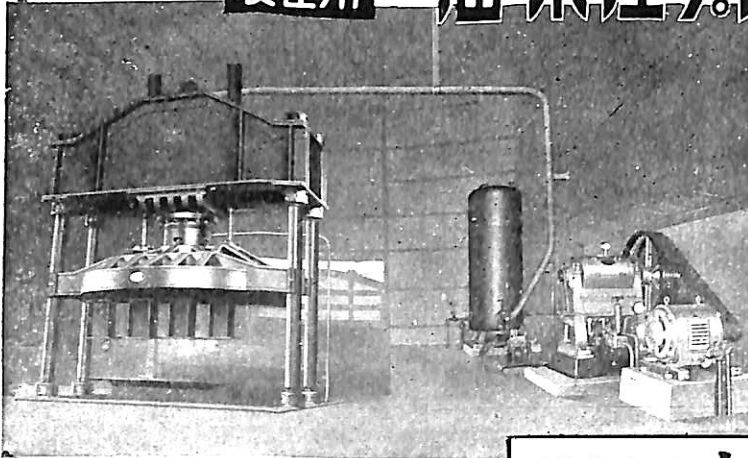
14次船の建造に



ヤマセイの

製缶用

油・水圧プレスポンプ。



製 作 品 目

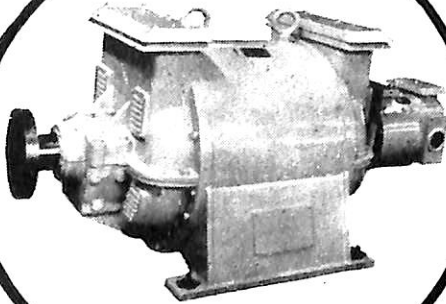
- 鋼管耐圧連続試験装置
  - 試験用超高压プランジャーポンプ  
(2000kg/cm<sup>2</sup>迄)
  - シヤツキ・リフター・ベンダー
  - 蓄力機・増倍機・切替弁
  - ヤマセイ高压ギヤーポンプ
  - ヤマセイ・イージー・パイプベンダー
- 専門製作

株式会社 山本水圧工業所

大阪市東淀川区田川通 3-7  
電話 大阪 (37) 1476・1477 番



伝統と独特の技術を誇る



交流発電機

交流 発電機・電動機  
直流

- 送風機・油清浄機・揚錨機 } 用電動機
- 揚貨機・繋船機・ポンプ }
- 直流電弧熔接機・無線電源用
- 高周波並低周波電動発電機
- 自動・手動管制器・配電盤

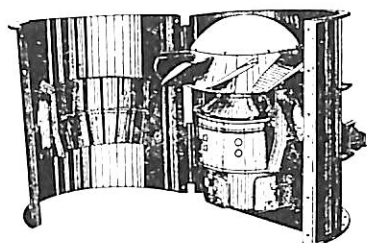
株式会社 東電機製作所

本社工場 東京都大田区糎谷町三ノ九四二番地  
電話 羽田 (74) 代表0736~9直通0631・942・1690  
品川工場 東京都品川区東品川五ノ三四番地  
電話 大崎 (49) 4 6 8 2

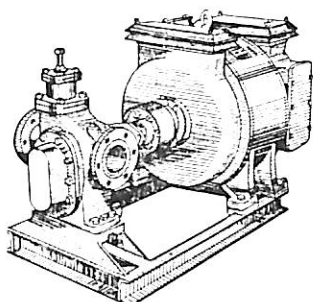


いつでも、どこでも、快調な！

# エハラ船用ポンプ・送排風機



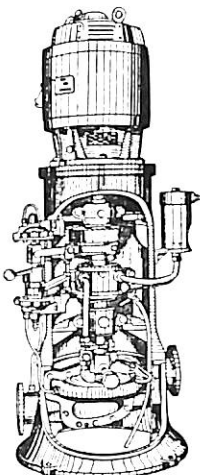
軸流送風機



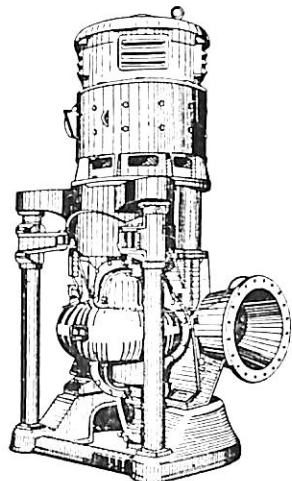
歯車ポンプ



自吸式渦巻ポンプ




冷却水ポンプ



荏原製作所

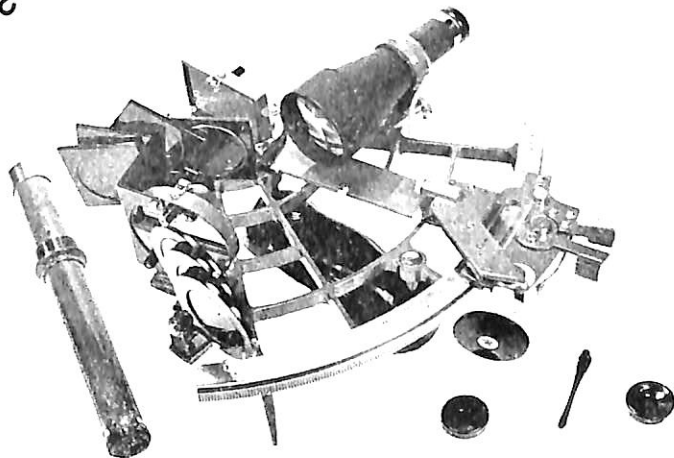
本社 東京都大田区羽田  
 営業所 東京朝日新聞新館・大阪朝日ビル  
 出張所 福岡・札幌・仙台・名古屋・新潟

## 安全なる航海は正確なる器械による

精度を誇る  印の航海用六分儀

営業品目

海図用万能製図器械  
 三杆分度儀  
 潮流速計  
 風速計  
 トリム計  
 パロメーター  
 インテグレート  
 インテグラ  
 プラニメーター



登録



商標

株式会社 玉屋商店

本社 東京都中央区銀座4-4  
 支店 大阪市南区順慶町4-2  
 工場 東京都大田区池上本町226

電・京橋(56) 3829. 4271. 7723  
 2805. 5560. 8270  
 電・船場(25) 3328. 5121  
 電・池上(75) 0346. 0728



最も新しい(断熱材  
吸音材)

合成樹脂 (ポリウレタン)  
スポンジ

独バイエル登録商標

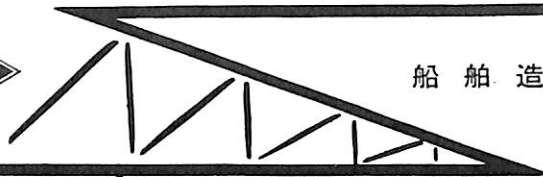
# モルトプレン

## エム・テー・ピー化成株式会社

本	社	東	京	都	中	央	区	銀	座	西	2	の	5
		T	E	L.	京	橋	(56)	0	4	5	6	~	9
営業所・工場		名	古	屋	市	熱	田	区	千	年	町	船	方
		T	E	L.	熱	田	(66)	3	1	8	1	~	5



船舶造修, 一般陸上工事



# 金輪船渠

取締役社長 川村信次

本	社	広	島	市	宇	品	町	金	輪	島	TEL.	(安芸坂)	70~72
東京事務所		東	京	都	中	央	区	日	本	橋	通	リ	三ノ四
		TEL.	(27)	7	9	1	8~19						
神戸事務所		神	戸	市	生	田	区	東	町	九	六	TEL.	(3)
		6	5	2	1~3								

# 船の科学創刊10周年記念 特集号の発刊にあたって

「船の科学」は本年11月号をもって、創刊10周年を迎えることになりました。思えば、昭和23年の創刊の頃は戦後の回復もいまだ整わず、あらゆるものが統制束縛され、立ちあがる意欲もないままに過ぎていた時代でした。そしてその頃に生まれた「船の科学」も、当時の編集にあたる人たちの意欲にもかかわらず、時勢を反映して、いまから思えば誠に貧弱なものしかできませんでした。その後、年を経て号を重ねるにつれ、造船界・海運界の興隆とともに逐次内容の趣きも変遷して、日本の工業の第一線をゆく造船の日進月歩する研究と技術の紹介に努めてきた次第であります。

朝鮮動乱にわたった時代からその後の急落、空船台の悲哀をかこった時代、そして造船ブームといわれた最大の繁盛期と、昔からよくいわれる山あり谷ありの時代を過ぎて来ましたが、それにもかかわらず研究設計においても、工作技術においても、管理設備の合理化においてもすべてが上昇の一途をたどって来たことは確かなことだと思います。そして日本が世界において最も信用のある造船国となったことは誠に喜びにたえないところで、これは戦後のこの10年間にすべての人たちの努力によって結実されたものにほかなりません。

「船の科学」が発刊されて10年、日本で建造された主要な船舶は造船所や海運会社のご協力とその殆んどすべてを紹介し、また数えきれない多数のかたがたからの熱心なご支援によって有益な原稿や資料をいただいて掲載することができ、また広告の掲載につきましてもその絶大なご援助に深く感謝をいたしております。そしてそれにもまして、創刊以来今日まで長くご愛読をいただき、折にふれて激励やご意見を賜り船の科学の発展のためにご協力くださいました多数の読者のかたがたに対して、また10周年記念号発刊にあたって寄せられましたご厚情に対して、誌上をかりて心からお礼を申上げる次第であります。

「船の科学」10周年記念特集号を発刊するのを機に、編集にあたるもの一同が今後ますます努力して、造船・海運界における向上発展のためにいささかでも尽くすことができればこれ以上の喜びはありませんが、みなさまから今後ともなお一層のご鞭達を賜りますようお願い申し上げます。

船舶技術協会



# 応用力学 講座 全10巻

〔編集委員〕

東京大学教授  
工学博士  
東京大学教授  
工学博士  
東京大学教授  
工学博士  
東京大学教授  
理学博士  
東京大学教授  
工学博士

鵜戸 英 善  
谷 一 郎  
最上 武 雄  
山内 恭 彦  
吉 識 雅 夫

本講座は全工学部門におけるそれぞれの応用力学を第一線の研究者によつてまとめられたもので、最新データにより豊富な図を用いて詳述するとともに演習問題も豊富に収めた集大成。

〔各巻〕A5・300~430頁・〒40  
各巻定価 500 円

## 全10巻 完結発売中

- 〔1巻〕材料力学Ⅰ・熱力学・熱伝導論……………
- 〔2巻〕機械力学Ⅰ 振動論・船体運動力学……………
- 〔3巻〕材料力学Ⅱ・水力学Ⅰ…
- 〔4巻〕塑性力学 水力学Ⅱ…
- 〔5巻〕橋梁力学・機械力学Ⅱ 土質力学……………
- 〔6巻〕剛体力学・流体力学Ⅰ・弾性学……………
- 〔7巻〕材料力学Ⅲ 空力弾性学 建築構造力学Ⅰ……………
- 〔8巻〕流体力学Ⅱ・弾性学Ⅱ レオロジー……………
- 〔9巻〕一般構造力学 非線型振動論 流体力学Ⅲ……………
- 〔10巻〕建築構造力学Ⅱ・弾性安定論 熱伝導論……………

## 新刊 プレストレスト・コンクリート

P.S. コンクリートの世界的名著の完訳版

Y. キョン著 藤田亀太郎監修 大島久次・中野清司共訳 〔B5判・638頁・函入・定価2500円 千50〕

東京都神田局区内駿河台3 振替東京57035

共立出版株式会社

# 溶接叢書 全21巻

### 題名及び定価一覧

熔接棒	(1) 450	鑄物の熔接	(12) 350
熔接変形と残留応力	(2) 400	鐵接と低温熔接	(13) 300
熔接設計	(3) 340	非鉄金属の熔接	(14) 370
熔接冶金	(4) 350	熔接施工法	(15) 330
熔接接手の強度	(5) 320	熔接部の検査	(16) 400
抵抗熔接	(6) 400	ガス熔断機器	(17) 200
ガス切断及びガス加工	(7) 320	熔接工の養成と技術検定	(18) 300
アルゴン・アーク熔接	(8) 300	熔接規格と記号(上)	(19) 250
自動アーク熔接	(9) 450	熔接規格と記号(下)	(20) 300
電気熔接機器(上)	(10) 320	高張力鋼の熔接	(21) 350
電気熔接機器(下)	(11) 450		

- ・溶接叢書は全21巻からなる溶接図書の一大集大成です。
- ・溶接の目覚ましい発展に応ずる新知識を導入するための手引書です。

全21巻の合計金額は7,250円(送料各巻40円)となります。  
分冊ごとに購入の場合は定価に送料40円を加算し、題名、巻号明記の上申送下さい。



溶接ニュース出版局

本局 東京都千代田区神田佐久間町1ノ10

TEL. (25) 0590・6672・3588  
振替東京36786番

★全21巻一時払：七〇〇〇円(送料とも)  
★A5判・上製・函入

# 日本の造船の進展のために

運輸省船舶局長 山下正雄

## は し が き

船殻の材質が木船から鉄船へ、さらに鋼船へと進歩し、主機もまたレシプロからタービン、ディーゼルの時代となったように、造船の分野における質の向上は気付かないうちに年々行なわれてきている。

他の業種ではこれを新機種の出現と称している。その代表的なものが写真界におけるカラー・フィルムの出現、ラジオにおけるトランジスターの進歩、繊維における諸種化学繊維の統出等であって、その業界をゆさぶるような大変革が等しく各業界のどこかに現われている。

戦後の海運造船界にこの新機種およびそれを可能にした新技術を求めるとすれば、機種としてはまず高馬力にして積載量の多い高速ライナー、第2に超大型の油槽船または鉱石運搬船、そして現在進行中の新機種としての原子力船であり、これらを可能にした新技術の主なものは電気溶接技術の発展、ディーゼル機関における排気ガス過給装置の完成、タービン機関における高温高圧化の進行、そして現在鋭意研究検討されている原子力動力の船舶への利用といったところであろうか。

今回「船の科学」誌は創刊10周年の記念して、これら3新機種たる「超大型船」「原子力船」「高速貨物船」に焦点をあわせて種々の方向から技術的に検討されることになったので、以下これらの経済的環境である日本造船業発展のあとについてふりかえるとともに、今後の問題点の所在について概観してみることとしたい。

## 戦後における日本造船業の技術進歩と 高速貨物船における成果

科学は戦争中に飛躍的な発展を見る。といわれているように造船の分野にも戦争中に著しい進歩をみせた。ただ日本の場合戦争末期に量産体制に入ってからには残念ながら進歩をみせる余裕がなかったといわねばならない。従って終戦直後の日本造船界は経営状態としても技術的にも相当低いレベルから出発しなければならなかった。

この困難を打開して今日の造船界を造り上げた原動力は、戦時中アメリカで研究されていた電気溶接によるブロック建造技術を吸収し、しかもこれをわが国独自の、しかも世界一のものに完成したことにある、といっても過言ではないだろう。

船殻における電気溶接によるブロック建造システムと裏はらをなしているのが主機性能の向上にあることは先に述べたとおりであるが、戦後の日本造船界がこれら新技術の企業化に如何に努力したかを第1表にみる事ができる。即ち昭和25年度から32年度までの8ヶ年間に投下された455億円のうち約30%が電気溶接によるブロック建造システムの完成のための運搬設備および船体部加工組立設備に使用され、約30%が造機設備の整備に用いられているのである。

このような設備近代化の結果、昭和24年に造った第5次計画造船とくらべて、昭和32年に建造した第13次計画造船は鋼材の使用量は80.6%、使用工数は51.7%で済んでいるといわれているが、これに主機性能の向上をあわせ考えると戦後建造船の性能が戦前建造船の性

第1表 造船設備資金投下実績

(主要19造船所における昭和25~32年度の8ヶ年合計)

	金額(百万円)	%
船台	2,381.9	5.2
船渠	1,835.1	4.0
岸壁	1,072.2	2.4
運搬設備	6,999.4	15.3
船体部加工組立設備	7,405.9	16.3
電源	1,890.5	4.2
造機設備	13,873.7	30.5
(ディーゼル設備)	(5,145.6)	(11.3)
(タービン・ボイラ設備)	(6,666.4)	(14.6)
(その他)	(2,061.7)	(4.6)
間接設備	5,137.2	11.3
その他	4,953.6	10.8
合計	45,549.5	100.0

能とくらべて如何にすぐれているが判明する。

第2表は従来もしばしば引合いに出されている表であるが、ある日本船主のはほぼ同型の高速貨物船について、戦前建造と戦後建造船とを比較したものである。

この表にみられるように、ほとんど同一の大きさの船で、機関出力が25%も増加しているにもかかわらず、戦後のものは戦前のものにくらべて船殻鋼材重量において約14%、機関重量において約21%を減じ、これらは軽貨重量の大幅減少をもたらし、排水量の若干の増加と相まって載貨重量において約10%の増加をみせ、且つ戦後容積もまた15%も増加している。

またこの表には現われていないが、戦後急速に発達し

第2表 高速定期船主要性能戦前戦後比較表

要 目		戦 前	戦 後
垂 線 間 長	長	145.00m	145.00m
	幅	19.00m	19.00m
	深	12.00m	12.30m
吃 水	吃水	8.75m	8.75m
	噸 数	9,245T	9,350T
排 水 量	排水量	16,800ton	17,000ton
	載 貨 重 量	9,950ton	11,000ton
載 貨 容 積	軽 貨 重 量	6,850ton	6,000ton
	載 貨 容 積	15,880m <sup>3</sup>	16,980m <sup>3</sup>
船 殼 鋼 材 重 量		4,076ton	3,521ton
主 機	種 類	ディーゼル2基	ディーゼル1基 (排気ガス過給機付)
	軸 馬 力	9,690SP	12,000SP
	回 転 数	131RPM	120RPM
	重 量	646ton	510ton
	燃 料 消 費 量	169g/BHP/h	158g/BHP/h

た電子工学の所産であるレーダー、ロラン等の新鋭航海計器の装備は航海の安全性能を著しく向上しており、これらを総合した経済単位としての価値は戦前とくらべて格段の向上を得たということができよう。

船舶の超大型化とこれに関連する諸問題

船の歴史始まって以来船の大型化は休みなく行なわれてきたが、近々数カ年間におけるタンカーおよび鉱石運搬船の超大型化は驚くべく顕著である。即ちタンカーは戦後18,000~20,000DW 程度が最も通常の船型であったが、1952年頃から次第に33,000~38,000DW 型が一般化し始め、超大型船と称せられたが、1955年から45,000DW 型が急増して現在では30,000~38,000DW 型が普通型と称され、45,000DW 型が超大型船とされた。ところがスエズ紛争を契機として65,000DW 型のいわゆるマンモス・タンカーが次第に増加して1957年末現在の世界造船所の手持工事量は

60,000DW 以上	71 隻
50,000~60,000DW	13 隻
40,000~50,000DW	242 隻
30,000~40,000DW	313 隻

となっており、いわゆるマンモス・タンカーの比重は極めて大きくなっている。

一定量の貨物を輸送しようとするとき、これに必要な船舶の建造費ならびにこれらの船舶の運送費は船型が大型であるほど低廉で、従って経済的に有利であることは早くから予想されていたことである。しかし最近まで50,000DW 以上の超大型船が本格的に建造されなかったのは、第1は建造上に45,000DW 程度までは問題と

ならなかった技術上の難点が生じ、このため船舶の建造費が必ずしも割安にならないばかりか、構造性能上欠点を持つようになるおそがあること。第2に船舶が大きくなり、吃水が深くなると、従来の航路なり港湾施設のままで運航できない場合があり、これを可能にしようとする巨額設備費を要し、結局運航費が割高となるおそがあること。第3に世界の主要2大運河たるスエズ運河およびパナマ運河による吃水および幅の制限があり、これらを通しようとするれば、制限以上に大型化することはできなかった。等の理由による。

ここにたまたまスエズ紛争が発生したのであるが、これがこの船型の限度を乗り越える契機になったのである。即ちスエズ運河の閉鎖に直面した船主は、スエズ経由と希望峰廻りの両航路の採算性を真剣に比較し、超大型船を使用すれば希望峰廻りでも採算的にかえて有利であるとの見解に達し、以来スエズ運河の開通以後も積極的に超大型船の建造が促進されているわけである。

しかし第1および第2の問題は依然として解決されたとはいえない。仮に多少の設備費を覚悟して航路および港湾設備が改善されても、第1の問題は技術以外のものでは解決できないもので、これこそ造船技術者が真剣に取り組むべき好個の材料であるといわれる所以である。しかしながら超大型船は現在の造船技術をもってしても建造することは不可能ではない。しかし超大型船については在来型の船舶に較べて造船技術の各分野にわたって明確にされない点が数多く存在しているため、その安全性や経済性の向上のためには徹底的にこれを究めて自信のある船を建造することが極めて必要なことである。

運輸大臣はこの点に注目して、昭和32年1月26日造船技術審議会に諮問第7号として「超大型船建造上の技術的問題点ならびにその対策如何」を諮問した。造船技術審議会は総合、運航性能、構造、建造法、材料、主機軸系タービン、主機軸系ディーゼル、補機部品、設備、規定の10部会にわかれて検討した結果、3月29日および8月8日の2回にわたって答申を行ない問題の所在ならびにこれらの問題を解決するための具体策を明にした。

この答申の内容ならびにその後の実施の状況については、本号にてそれぞれ斯界の権威者から述べられると思うが、問題の主要なものを摘記すれば次の如くである。

1. 超大型船の運航性能の問題
  - (イ) 大型肥大船型の系統的模倣型試験
  - (ロ) 5~7翼推進器の性能試験
  - (ハ) 単双螺旋船の航海性能の優劣比較
2. 超大型船の構造法の問題
  - (イ) 縦強度基の設定
  - (ロ) 縦通部材の有効性の把握
  - (ハ) 荷油の運動状況の把握ならびに横置隔壁の配



- 置、強度、防撓法の研究
3. 超厚板の電気溶接に関する問題
    - (イ) 超厚板溶接に特有の欠陥防止対策
    - (ロ) 溶接各部の切欠脆性ならびに残留応力の影響
  4. 鋼材の切欠脆性の問題
  5. 主機の大型化の問題
  6. 補機、艤装品の性能向上の問題

この答申によれば、差当り緊急に解決を要する問題のみにてもその研究費の総額は3億5千万円に達するが、政府においては極力答申の具体化をはかるべく官民の協力を指導したほか、昭和32年度および33年度に多額の研究補助金を交付した。昭和34年度においては本研究の完成を目途として、総額約1億5千万円の研究に対して約6千万円の研究補助ができるよう予算要求中である。

これらの一連の研究の成果が超大型船の建造に活用せられた場合、わが国の造船はまた一段と輝かしい栄光を受けるであろう。

### 原子力船実現のための努力

原子力の平和利用が技術の多くの分野に驚異的な新しい世界を展開しつつあることは既に衆知のとおりであるが、原子力船は原子力発電とともに各国が最も力を注いでいるところである。現在のところ、原子力船の開発には多くの技術的な困難が予測され、商船としての経済性にも多くの疑問が持たれ、さらに船舶の定常運転時ならびに突発的破壊事故が発生した場合の安全対策についても多くの研究を要するとされている。

それにも拘らず各国が原子力船の開発に国家的な努力を傾注しつつある所以は、原子力を動力源として利用することによって船舶の性能に飛躍的な変革が期待できるからである。現在の熱機関による推進には、その速力ならびに航続距離に越え難い限界があり、この限界を越えて高速化あるいは長距離の航行を意図しても、それは商業的に成り立たない所謂不経済船を生むに過ぎないのである。原子力はこの限界をのり越える唯一の手段のようであって、このことは世界の原子力船の第1号である米国の原子力潜水艦ノーチラス号が1955年1月洋上航行を開始して以来、燃料の補給なしに6万海里を航行し、しかも水中速力20節を得、近くは北極氷山下航行に成功したという現実が端的に説明している。

現在世界各国の原子力船開発の状況を概観するに、まず米国はノーチラス号に続いて18隻の潜水艦、排水量14,000噸の誘導弾搭載用巡洋艦、排水量85,000噸の航空母艦、さらに12,000総噸、20,000軸馬力、航海速力21節の貨客船を建造または計画中である。またソ連は25、

000総噸、巡航速力18節、原子炉熱出力20万KW、機関出力42,000軸馬力の砕氷船を建造中である他、原子力捕鯨母船の建造計画も進められていると伝えられている。その他イギリスも原子力潜水艦の建造計画を進めており、またフランス、ノルウェー、西ドイツ、スエーデン、デンマーク等の諸国も原子力船の研究に乗り出している。

海運は常に激烈な国際競争にさらされる産業である。その競争相手国が上述のような研究を進め、上述のように飛躍的に性能の増大した原子力船を持つ可能性を有する以上、わが国もこれを供手傍観するわけには行かない。

かくしてわが国においても約3年前に官民協力の原子力船研究の組織として原子力船調査会が発足して調査研究を進めている他、関係企業も技術者の精鋭をすくって原子力船の開発に努めている。しかし一日も早く世界的水準に到達するためには官民各界相一致した努力を行なうことが極めて必要である。この趣旨からこのたび社団法人日本原子力船研究協会が設立され、わが国の原子力船に関する技術の研究を一元化し、共同の調査研究・設計・資料収集およびその成果の普及、情報の交換等の事業を組織的に実施し、原子力船の早期実現をはかり、あわせて関係産業の進歩発達に寄与し、ひいてはわが海運の隆盛、日本経済の自立、即ち国民生活の安定という公益目的に貢献することとなったのは本分野に関し爽に喜ばしい出発であって、その成果が期待される。

目下の構想によると、日本原子力研究所が昭和33年度に発注する動力試験炉（加圧水型もしくは沸騰水型、電気出力10,000～15,000KW）を陸上船用試験炉に共用して経験を積み、昭和41年度末までに40,000DW、20,000馬力級の原子力船2隻を完成する方針が関係官庁の間で進められている。

原子力の建造技術に関する主な問題点は次のとおりであるが、本誌で各界の権威がその御意見を述べられるはずであるからここには項目を羅列するにとどめる。

- (1) 原子炉の重量と容積を可及的に小さくする方法
- (2) 運転制御の問題
- (3) 燃料交換の問題
- (4) 安全性の問題

### む す び

技術は日進月歩する。現在ほとんど完成されたかのように見える造船技術も、これを仔細に観察すれば常に発展を遂げている。今日は高速貨物船、超大型船時代といえようが、原子力船時代のくるのも近い将来であろう。海運をもって経済自立の重要な要素とし、造船を重要な輸出産業とするわが国は、この新しい時代にそなえて常に態勢を整え技術の向上を怠ってはなるまい。

# 10月のニュース解説

米田博

## 海運造船日誌

○印は海運造船関係

●印はその他一般

10月

1日(水)○運輸省船舶局、本年4月～9月の輸出船建造許可累計22隻、293,690総トン、507,861重量トンと発表

3日(金)○全銀協の臨時理事会で第14次計画造船への融資きまる

5日(日)●フランス第5共和制発足

7日(火)○永野運輸相、記者会見で15次計画造船以降の建造内容は根本的に再検討されることになろうと語る

8日(水)○一井船主協会々長、常任理事会後の記者会見で、鉄石専用船の建造量について、永野運輸相に対し3隻程度にへらして欲しいと申し入れたところ、考慮するとの回答を得たと語る

●政府、警職法改正案を持廻り閣議で決め、社会党の反対を押し切って国会に提出

9日(木)●ローマ法王ピオ12世死去

11日(土)●星島衆院議長、警職法改正案を議長職権で地方行政委員会に付託

●米、月ロケット「バイオニア」を発射(12日夜南太平洋上で消滅)

13日(月)○運輸省、第14次計画造船の船主選考基準と財政資金の融資比率を内定

15日(水)○第3次南極観測隊の日程きまる。宗谷は11月12日に東京を出発

17日(金)○海運造船合理化審議会第23回総会、(イ)海運企業合理化審査会の設置、(ロ)第14次計画造船の改訂計画、(ハ)諮問第18号「14次船の日本開発銀行に対する船主推薦基準について」の3項目について審議

20日(月)○海運造船合理化審議会海運小委員会、船主推薦基準を審議決定

21日(火)○海運造船合理化審議会第24回総会。第14次造船の開発銀行に対する船主推薦基準を決定し、第15次造船の方策に関する諮問第19号を審議、諮問第17号「造船関連工業製品の長期需給計画について」答申

23日(木)○運輸省第14次造船船主公募を開始

○運輸省第14次造船に対する応募要領を説明

24日(金)●大蔵省・日銀、本年4～9月の外国為替収支は実質2億5,100万ドルの黒字と発表

25日(土)○鉄鉱石専用船の船型、運賃、資金などを定めるため、船主側15社、鉄鋼側7社と懇談するも結論を得ず。船型、運賃、資金の3専門部会を設けて検討することに決定

●エアハルト西独副首相兼経済相来日(27日の記者会見で日本の賃金・為替レート問題について発言)

28日(火)●補正予算案国会に提出

●第262代のローマ新法王きまり、ヨハネス23世と呼ばれる

29日(水)○運輸省船舶局第14次船公募に関する提出書類について説明会を行なう

31日(金)●ジュネーブで核実験停止東西会議はじまる(米英ソ)

○原子力船専門部会、わが国の原子力船関連技術の開発計画についての答申案をとりまとめ近く原子力委員会あて提出

## 昭和33年度造船計画

昭和33年度造船計画については、10月3日に市中銀行の融資が決定して以来型通りのスケジュールが次々と行なわれ、11月11日の申込締切を待つばかりとなりました。即ち運輸省は10月13日、第14次計画造船の船主選考基準と財政資金の融資比率を内定しました。

ついで17日には海運造船合理化審議会第23回総会が開かれ、(イ)海運企業合理化審査会の設置、(ロ)第14次計画造船の改訂計画、(ハ)諮問第18号「14次船の日本開発銀行に対する船主推薦基準について」の3項目が審議されました。

この結果、海運企業合理化審査会が海運企業の合理化と協調態勢の確立について運輸大臣の諮問に応じ、または建議するため海運造船合理化審議会の下部機構として設置することとなり、委員として金融界、学識経験者として合計12名、別に専門委員5名が任命されることとなりました。今後の海運企業合理化に関する審査会の活躍が期待されます。

第14次計画造船の改訂計画は先月号に詳しくふれ

昭和33年度計画造船所要資金計画 (単位 億円)

区分	建造量 千GT	G.T.当り契約船価 千円	契約船価	財政資金			その他資金				
				総額	33年度	34年度	総額	33年度	34年度		
13次継続分					63			101			
新規分	定期船	90	131.7	119	107	72	35	12	8	4	
	不定期船	鉄石	47	96.2	45	23	15	7	23	15	7
		一般	18	106.2	19	15	10	5	4	3	1
	油槽船	95	94.4	90	44	30	14	46	31	15	
	小計	250		273	189	127	61	84	57	27	
合計					190	61		157	27		

(注) (1) G.T.当り契約船価は、13次実績の25%レス。  
 (2) 財政融資比率は契約船価の定期船90%、不定期船は鉄石専用船50%、一般80%、油槽船49%。  
 (3) 工程は33年度67.5%、34年度32.5%。  
 (4) 昭和33年度財政資金190億円を超過する金額については実行段階において190億円で調整する。  
 (5) 昭和34年度の財政資金とその他資金との融資金額の区分は昭和33年度の区分に従って仮に計上された未確定のものである。

ように、市銀側の要望と、鉄鉄石専用船に関して改訂されたもので、これはさきに審議会が決定したものとかなり異なっているので、承認を求めたものです。

改訂案は上表のとおりで、審議会では鉄鉄石専用船5隻4万5千総トンの建造折込みおよびその保有形態等に関して、一井船主協会々長および脇村東大教授、陰山全日海組合長などから意見がでましたが、結局運輸省案が承認されました。

最後の諮問第18号たる「14次船の日本開発銀行に対する船主推せん基準」については海運小委員会で20日、検討した上、21日行なわれた第24回総会で次のように決定答申されました。

船主推せん基準

昭和33年度における日本開発銀行融資による外航船舶の建造に関し、運輸省において日本開発銀行に推せんする船主は次の基準に基づき総合的に判断してこれを決定する。

1. 定期船

定期船の建造を希望する船主については当該船舶を配船しようとする定期航路の整備の必要性、その航路における船舶の整備状況、その航路に対する当該船舶の適性並びに海運業者としての実績、経営力および資産信用力を考慮して決定する。

定期船の建造については、オペレーターが建造する場合に限る。

2. 不定期船

(1) 4,500総トン以上の一般不定期船の建造を希望する船主についてはオペレーターを優先させ、海運業者としての実績、経営力および資産信用力並びにその船舶の適性を考慮して決定する。

(2) 鉄石専用船の建造を希望する海運業者についてはオペレーターを優先させ、特に鉄鉄石の輸送の実績、鉄石専用船(バルク・キャリアーを含む)

の運航の実績その他海運業者としての実績、経営力および資産信用力並びにその船舶の適性を考慮して決定する。

鉄石専用船の建造については海運業者と鉄鋼業者との共有関係が明確であって、海運業者がその運航を行ない、運航の計画が長期に確立し、運航採算が長期に安定すると認められるものを優先する。

(3) 4,500総トン未満2,000総トン以上の不定期船の建造を希望する船主については次の各号に該当するものを優先させ、海運業者としての実績、経営力、資産信用力並びにその船舶の適性を考慮して決定する。

(イ) 財政融資により4,500総トン以上の外航船舶を建造していないもの。

(ロ) 当該船主の所有船舶が主として近海および沿岸区域に就航しているもの。

3. 油槽船

油槽船の建造を希望する船主についてはオペレーターを優先させ、海運業者としての実績、経営力、資産信用力並びにその船舶の適性を考慮して決定する。

油槽船の建造についてはスーパー・タンカー以上のものに限る。

4. 推せん船主の選定については以上のほか、定期船、不定期船および油槽船について共通的に次の事項を考慮する。

- (1) 建造を希望する海運業者における企業合理化に対する自主的努力および企業間の協調のための努力
- (2) 建造船価低減のための船主および造船所の努力
- (3) 海運業を主たる事業とするものはその他の者に優先させる。

今回の船主推せん基準で特に注目しなければならないのは、海運不況乗切りのために、船会社が企業合理化に対する自主的努力および企業間協調のための努力を考慮することとしたことで、この他鉄石専用船については海運業者と鉄鋼業者との共有関係が明確であることを条件としている点も問題の焦点となっています。なおタンカ



一については今回は明確にスーパータンカー以上の大型のものとしています。

かくて、運輸省はいよいよ23日第14次計画造船の船主公募を開始しましたが、これとともに建造要領を発表しました。これは大綱においては13次船の場合と殆んど変わりありませんが、鉱石専用船のおり込みに関してやる相違点がみられます。

昭和34年度造船計画

10月21日の海運造船合理化審議会第24回総会には第15次計画造船の方策に関して、運輸大臣諮問第19号として諮問されましたが、これは海運、造船、関連工業の各小委員会、および海運懇談会に付託して審議することになりましたが、これに先立って永野運輸相は「14次船を含む従来の計画造船に関する実施方策について根本的な検討を加える必要がある」と発言して注目されました。

特に他産業との共有方式については海運業界から強い批判もでているため、第15次船の中心課題となる可能性があります。

なお、審議会に出された15次船について資金計画運輸省案は下表に示すとおりですが、これでは14次継続分財政資金は39億円しか計上されていないのに、先に14次改定資金計画では既に34年度への14次船財政資金繰込みは61億円になっており、予算要求中の203億円では28万総トンの建造が困難であることは既に明らかとなっています。

鉱石専用船の建造に関する諸問題

14次船の大きな特徴であった鉱石専用船は遂に5隻4万7千総トン建造されるということに落ち着いたようです。しかしながら、これについては最後まで問題がつかまとい、今もって解決されたとはいえないようです。

即ち17日の海運造船審議会第23回総会の席上、一井

昭和34年度計画造船所要資金計画

区 分	建造量 千GT	G. T. 当り契約船価 千円	契約船価	財 政 資 金			そ の 他 資 金				
				総額	34年度	35年度	総額	34年度	35年度		
14次継続分					39			29			
新 造 船	定期船	105	131.9	139	111	83	28	28	21	7	
	不定期船	鉱石	48	103.3	50	35	26	9	15	11	4
		一般	47	96.2	45	27	20	7	18	14	5
	油槽船	80	94.4	76	45	34	11	30	23	8	
小計	280		309	218	163	54	91	68	23		
合 計					203	54		97	23		

- (注) (1) G. T. 当り契約船価は、13次船実績の25%レス。  
 (2) 財政融資比率は契約船価の定期船80%、不定期船は一般70%、  
 鉱石専用船60%、油槽船60%。  
 (3) 工程は全部年度内進水。

船主協会々長は運輸省案に対して、「鉱石専用船の14次船おり込みについては、諸般の事情からやむを得なかったことは判るが、5隻4万7千総トンの建造量およびこれの保有形態等に関しては、やはり理想案とは思えない。こうした方策は14次船に限っての臨時処置と解したい。」と述べ、陰山全日海組合長も「鉱石専用船のおり込み方、その持ち方からみても、これは海運界を弱体化するものである」と述べており、永野運輸相もまた「鉱石専用船のおり込み、その建造量および共有方式による保有形態については、運輸省としても理想案とみていない。しかし事情により止むを得なかった。またこれはあくまで14次船のみの臨時措置である。今後の船腹強増については根本的に検討する。」としています。

ここに問題となっている共有方式は「船主推せん基準」に明確にされており「鉱石専用船の建造については、海運業者と鉄鋼業者との共有関係が明確であって、海運業者がその運航を行ない、運航の計画が長期に確立し、運航採算が長期に安定すると認められるものを優先する。」としています。

船主協会としては不本意ながら上記決定に沿うべく、鉄鋼側と折衝の結果、船型に関しては、一応15,000重量トン、主機5,400馬力、満載航海速力13ノット前後、機関・船楼は船尾ときまりましたが、運賃、資金等についてはなかなかはつきりときまらないようです。

14次船応募と船主審査の過程で鉱石専用船問題は再びいろいろの方向に発展することが予想されていますが、船主協会は22日に開いた理事会で第15次船の態度を協議して早くも、「財政資金を使って建造する専用船は鉱石船にしても、最近話が出ている運炭船にしても船種のいかに問わず反対する。産業界が独自で専用船をつくることに異論はないが、海運界が

ただ一つ頼りとしている財政資金を奪われるのは船腹構成の点から望ましくない。船の誤った専用化は稼働の融通性を失い能率も悪くなり企業基盤を弱くするからだ。」との態度を表明しています。

ところが運輸省は逆に14次船のいきさつからみて、今後海運界の力だけで新船を建造することは困難であると観測しているようです。これは海運界の現状を直視すると極めて妥当な意見と考えられるので、15次船では再び専用船問題が論争の種となる可能性が強いです。

# 超大型船の構造材料強度に関する問題点

東京大学 教授  
吉 識 雅 夫

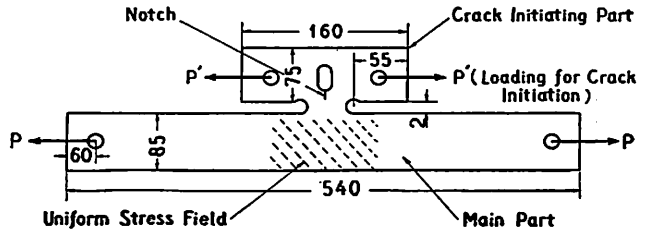
## ま え が き

近年油槽船の船型は漸次増大の傾向にあったが、スエズ問題以来その傾向はますます激しく、遂には8万7千トンの油槽船の受注さえ報せられている。このような世界的の傾向に対し、昨年一月運輸省の造船技術審議会に運輸大臣から「超大型船建造上の技術的問題点ならびにその対策如何」という諮問が出されたことは誠に時宜を得たものというべきである。同審議会は同年3月と8月との2回に分けて答申を行なったが、その答申の線に添っていくつかの研究組織が作られ、昨年後半からそれらの問題点の解決に向けて研究が行なわれている。筆者はそれらの問題点のうち、材料、構造、強度に関する研究に関係しているの、それらの問題点について記すとともに、現在までに得られた結果を記述して實を果したいと思う。

## 材料に関する問題点

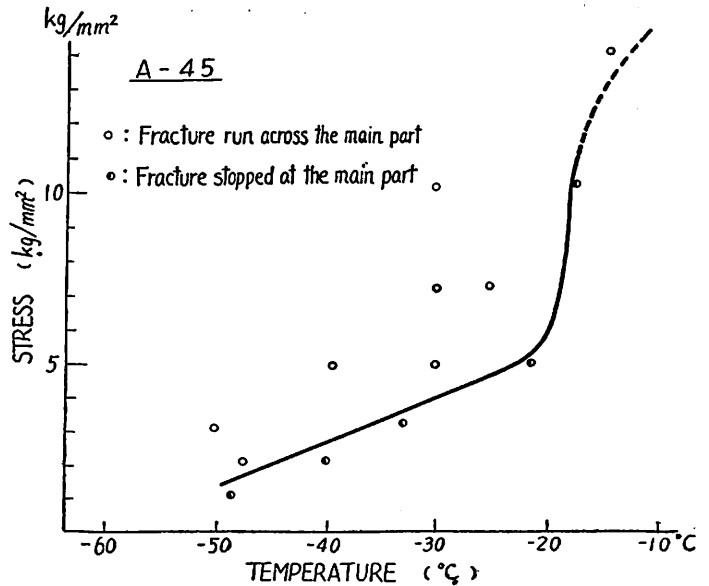
船体用鋼材については、その切欠脆性の問題が重要なことが第2次大戦中、アメリカの戦時急造船の損傷から明らかにせられたことは衆知の通りである。船型が大型化すると、普通的设计に従えば甲板、外板などの板厚は漸次増大するが、板厚の増大とともにその切欠脆性の点がどういふ影響を受けるかは、超大型船の設計上重要な関心事である。

そこで厚板の切欠脆性の試験を行なうため日本造船研究協会に第37研究部会が構成され、日本海事協会、三菱造船長崎造船所などで行なわれる研究と協力してこの研究に当たっている。その研究は大別すると次の二つの研究グループに分けられる。一つは脆性亀裂の伝播の条件を調べる研究で、運輸技術研究所で担当しているESSO試験、東京大学船舶科および海事協会で行なっている二重引張試験(第1図)並びに海事協会で行なう温度勾配を与えた二重引張試験がある。これらの実験により、脆性亀裂の伝播



第1図 二重引張試験片 (単位 mm)

の限界応力並びに脆性亀裂が伝播しなくなる最高温度即ち限界温度を明かにしようとするものである。特に板厚の変化によってこれらの値がどういふ影響を受けるかを求めようとするものである。限界応力は第2図に見られる通り通常かなり低く、数  $\text{kg}/\text{mm}^2$  の程度であるから、限界温度以下で使用することは危険であり、鋼材のこの限界温度が船の遭遇する最低温度より低いこと、例えば  $-30^\circ\text{C}$  とか  $-40^\circ\text{C}$  程度が望ましいのである。なお温度勾配を与えた実験では伝播して来た脆性亀裂が



第2図 二重引張試験結果



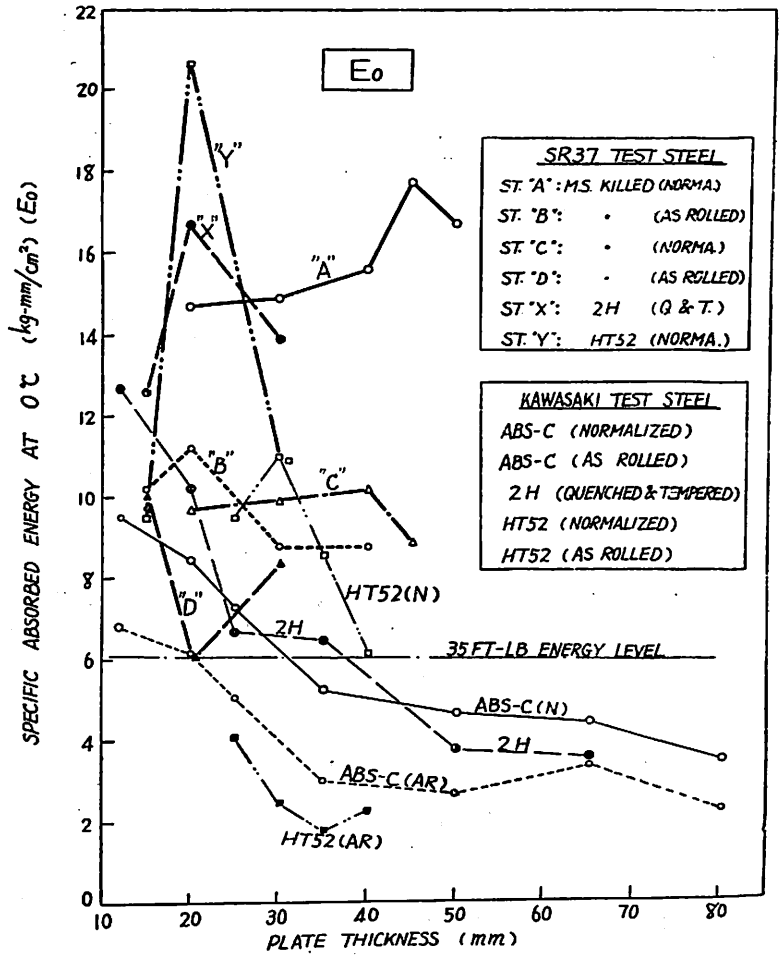


れらと同様の限界温度を持つと考えられるので、その限界温度は現用鋼板が  $-40^{\circ}\text{C}$  位の限界温度であることから、 $0^{\circ}\text{C}$  付近にあると考えられる。従ってこのような鋼板を用いると脆性亀裂の伝播による破壊の発生可能なことを示すものと考えてよかろう。なお使用鋼材は第 1 表に示す通りで、A, B, はロイド規格, C, D は A.B. 規格によったもので、A と C は焼準したもの、B と D は圧延のみである。X は所謂 2H 鋼, Y は  $50\text{kg/mm}^2$  級の Mn—Si 系高強度鋼, P, Q はボイラ用材, R, S は機械用炭素鋼で戦時中の炭素の多い材料の代用として用いたものである。結果はまだ出揃っていないので結論を述べることは早計のそしりを免れないが、A 材において板厚 45mm では限界温度が  $-20^{\circ}\text{C}$  付近にあり、板厚の薄いものに比べかなりの高いことは注意を要するであろう。

第 2 のグループとしては V-notch Charpy 試験, Press-notch Charpy 試験, Van der Veen 試験, Tipper 試験などがあり、大阪大学造船科, 海事協会, 東京大学生産技術研究所, 運輸技術研究所などで担当して行なわれている。これらの試験は材料の切欠脆性に対する基礎的資料を得ることとともに、これらの基礎的の特性と上記の伝播特性との間の関連性を求めるため行なわれているのである。

従来板厚の増大と脆化の関係は、三軸応力比の増加による力学的の影響と、圧延比、圧延後の冷却速度の変化によるフェライト粒度の増大などの冶金学的の影響が考えられ、これらのため板厚の増大とともに脆化が起るが、大体 35mm 附近で略々飽和状態に達し、それ以上の板厚増加による影響は少ないとされていたが、今回の Charpy 試験, Tipper 試験の結果は板厚の影響はともに顕著でなかった。特に Charpy 試験の  $E_0$  ( $0^{\circ}\text{C}$  の吸収エネルギー) の結果は第 5 図に示す通り板厚の増加により減少せず、従来の値と対照的の結果を示した。これは板厚の増大とともに適当に圧延温度を低くした結果得られたものと説明されている。

鋼板の切欠脆性の問題としては、脆性亀裂がいかなる条件の下に発生するかという発生条件の研究も重要な研究課題であることは論をまたない。本研究では一応発生条件の研究は扱わないこととしたが、これは溶接構造においては微小亀裂の存在を完全に除くことは非常に困難と考えられているので、微小亀裂の存在を仮定して、それがいかなる条件で脆性亀裂として伝播するかという伝



第 5 図 Charpy 試験による  $0^{\circ}\text{C}$  の比吸収エネルギー

播条件を求め得れば安全側にあるので、伝播条件の解決を先決問題として扱っているのである。なお建造法の研究を取扱っている第 39 研究部会の研究によると、この脆性亀裂の発生条件の解決に重要な示唆を与える研究が行なわれている。

### 構造強度に関する問題点

船体構造、強度に関しては次の各種の問題が研究を要するものとして、審議会で取上げられた。

#### (1) 波浪外力基準の問題

まず大型船に対する波浪外力の基準を如何にするかという点である。船が航行中に船体に受ける外力のうち波浪によって生ずる縦の曲げモーメントが最も重要であることは古くから知られている。この波浪による外力を推定するため、従来は標準状態を考え、波の波長  $L_w$  が船の長さ  $L$  に等しく、波高  $H_w$  は波長の  $1/20$  にとって静水圧の仮定を用いて計算することとしていた。このよ

うな仮定では長さの長い船では苛酷で、短い船ではその逆になることが、従来波浪の観測の結果から知られていた。このような欠点を補うため、曲げ応力に対する許容応力を加減すること (Abel の式, Tobin の式など) が考えられていたが、船型の大型化に伴い、殊に L が 180m を超えるようになると、従来の経験の範囲を超えるので、この問題の解決が特に望まれるのである。海事協会においてはこの問題を取上げて委員会組織によって検討が行なわれた。

近年発達した海洋波に関する統計的取扱いを応用して調べた結果、従来行なわれている  $L=100\sim 150\text{m}$  程度の船に対して  $L/20$  の波高をとることは、風速 50 ノットの風が吹いて完全に定常状態に発達した海域の、 $1/4.2$  最大平均に相当することが明かにせられた。この  $1/4.2$  最大平均とは 50 ノットの風速で完全に発達した海域に生じている波の波高のうち、最大のものから順に並べて総数の  $1/4.2$  の以内のものの平均値である。そこで L が 150m を超えるような船に対しても、同様な  $1/4.2$  最大平均の波を受けるものと考えて、それを近似的に現わした次式

$$H_w = \frac{L}{20 + 0.13(L/100)^2} \quad (L, H_w \text{ in m})$$

で波高が与えられるものとした。この波高を用い既存の船の曲げ応力値を求め、大型船でもこの波高で同じ応力値になるように中央横断面の断面係数を決めるように考えられている。その結果はこのような波浪による計算応力が  $11\text{kg/mm}^2$  以下、静水中の曲げ応力  $2\text{kg/mm}^2$  以下となるように断面係数を定められるようである。

### (2) 縦通材の有効性の問題

大型油槽船には 2 条あるいは 3 条の縦通隔壁が設けられる。この縦通隔壁が縦強度に充分寄与するかどうかを調べる必要がある。縦通隔壁の曲げ応力分布を測定した Neverita 号の実験結果では、曲げ応力は船底外板および甲板から隔壁板の剪断によって伝えられることを示しており、剪断後残りの影響のため曲げに対する有効性の減少が心配されるのである。縦通隔壁の前後端ではこのような現象が存在するが、船体中央部では有効に働くのではないかと考えられる。そこで前後端の構造を変えたり、曲げモーメントの分布を変えたりしてその有効性を調べる研究が、海事協会、日立造船などで行なわれている。

縦通材に関する一つの研究は、甲板の二重張の有効性、特に綫紙のピッチを大にすることの可能性を調べる研究が主として浦賀船渠の手で進められている。これらは船の大型化とともに甲板厚さの増大

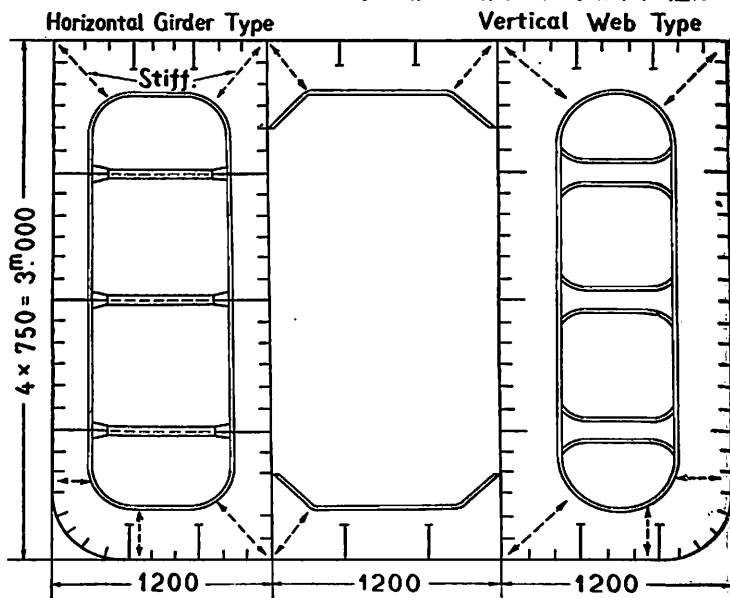
を防ぐためには是非とも調べておかねばならない研究である。なお審議会では、甲板の板厚増大を防ぐため強大な縦通桁を設ける構造法の可否も問題となったが、一応この構造法によらず解決することとし、現在この研究は取上げられていない。

### (3) 隔壁パネルの防撓構造法の問題

超大型タンカーでは深さが大きくなる傾向にあり、そのため特に縦通隔壁、船側外板などは従来の船に比べ上下に細長いパネルになる。このような隔壁の防撓構造として従来のように大きなトランスバース・ガーダーを配置する方式が良いか、あるいは水平方向に大きなガーダーを配置するのが良いかは検討を要する問題である。またいずれにしてもパネルの防撓材は縦横に格子型に配置されるが、このような構造様式の計算法はどの方式によるかも検討する必要がある。これらの問題を検討するため造船研究協会の協同研究として主として大阪大学が当り、川崎重工業、三井造船、新三菱重工業、播磨造船所などが協力して行なわれている。4,000mm×2,000mm の内寸法のパネルに水圧を加え得るタンクを作り、平板に一方方向のみに防撓材を付けたもの、その防撓材に直角に 1 本桁板を通したもの、2 本通したものなど各種の模様が既にでき上り、実験が行なわれている。

### (4) 横強度の問題

前述の如く超大型タンカーでは幅に比べて深さが大になり、且つ縦通隔壁の数も 3 ケとなることなどが想定されるので、その横強度の問題を検討しておく必要がある。この問題については現在 2 組の実験が行なわれており、一つは九州大学と三菱造船の協同で行なわれ、他は

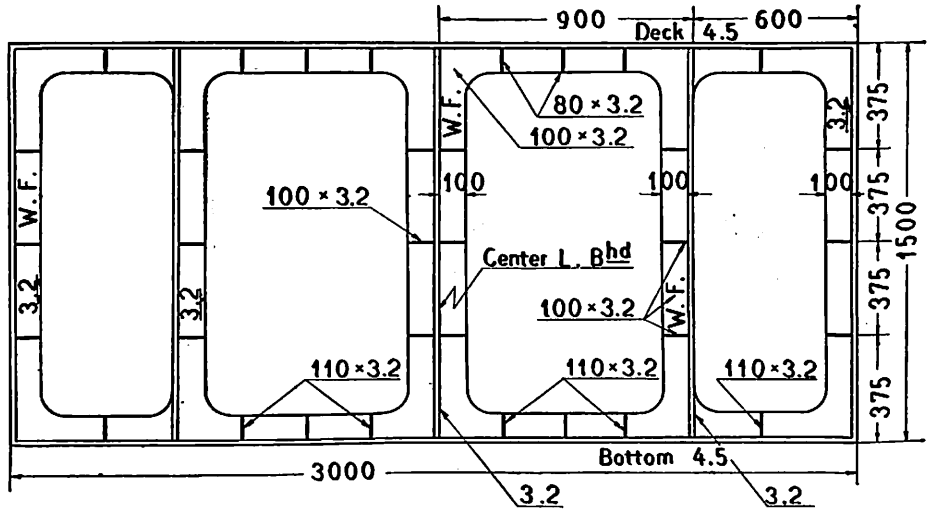


第 6 図 横強度実験模型断面図 (その 1)

運輸技術研究所と石川島重工業、浦賀船渠、日本鋼管鶴見の各造船所の協同行なわれている。いずれも研究協会の協同研究の一つとして行なわれているのである。

三菱長崎造船所で行なわれている実験は第6図に示すように深さ3,000mm、幅3,600mmで長さ方向には1タンク長の模型で、ウィング・タンクの構造を左右で変え、一方は上下に深い桁を配し、他は水平方向に深い桁を配した構造にしている。中央のタンクに水を入れた場合、ジャッキで水平に力を加えた場合などについて計測を行ない、両構造法の優劣を求めようとするものである。

運輸技術研究所の研究は幅、長さ比べ深いタンクではトランスの効きの悪くなることを想像して、トランスの本数、水平・ガーダーの断面二次モーメント、

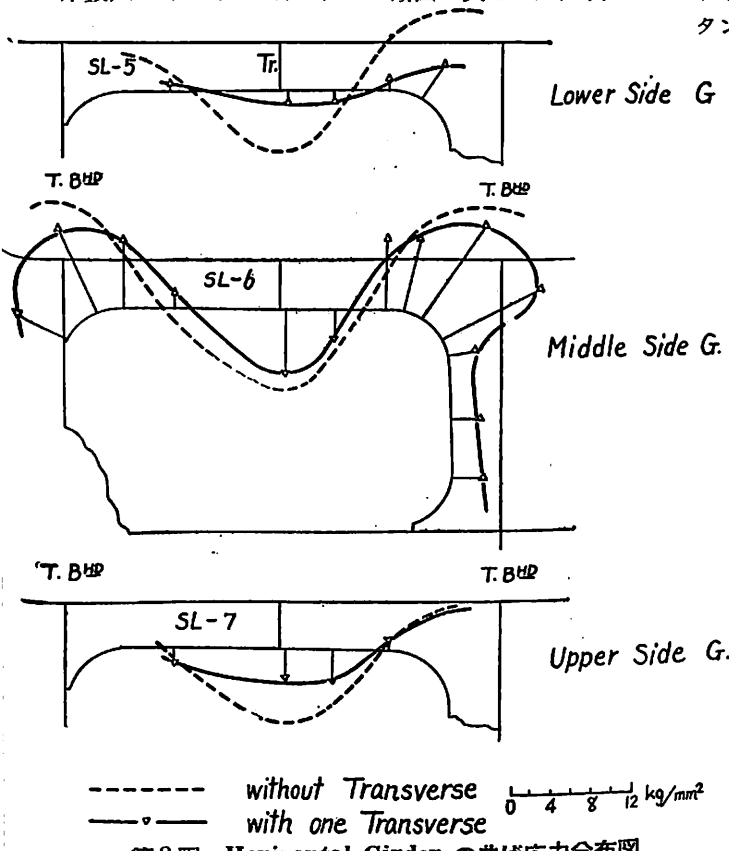


第7図 横強度実験模型断面図 (その2)

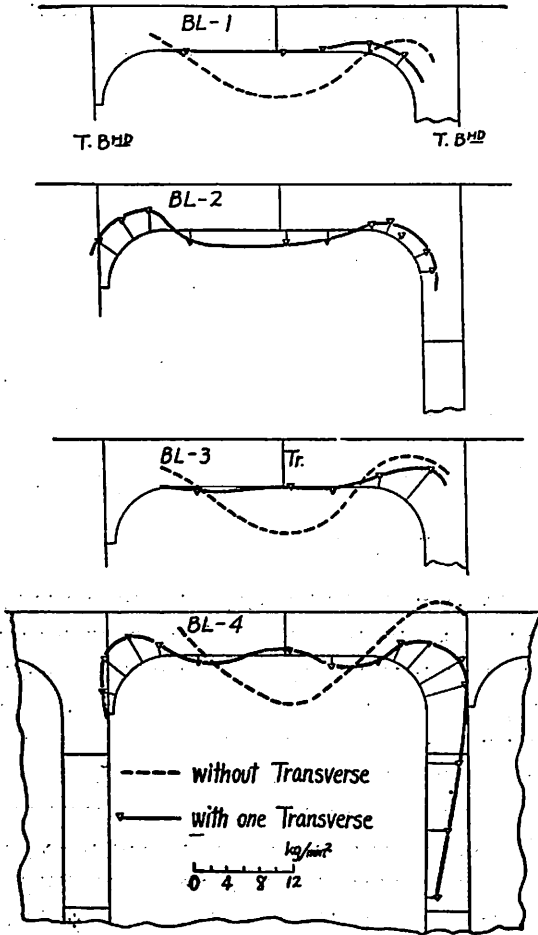
船底トランスの断面二次モーメントなどを変えた場合、ストラットの有無などによって強度がどう変化するかを調べることを目的としている。そのため幅3,000mm、深さ1,500mmで、3ケの縦通隔壁を有し、センター・タンク、サイド・タンク各2ケ、長さ方向は2,700mmで3ケのタンクを有する模型で実験が行なわれている。(第7図)

荷重は運輸技術研究所の多荷重構造物試験装置を用い、荷重伝達梁を組合せて96点に力を加え、均等圧力の場合に近似させる。また荷重は船底外板に加える場合、側外板に加える場合を別々に実験し、両者同時に加わる場合はそれらの積み重ねで求めることとしている。なお実験は長さの中央のタンクについて行なうのである。最初トランスバースのないものについて実験を行ない、次いでそれを取付けて実験する。一連の実験が終るとガーダーなどにフランジを熔着する方法で、それらの相互の剛比を変えて実験を行なうのである。

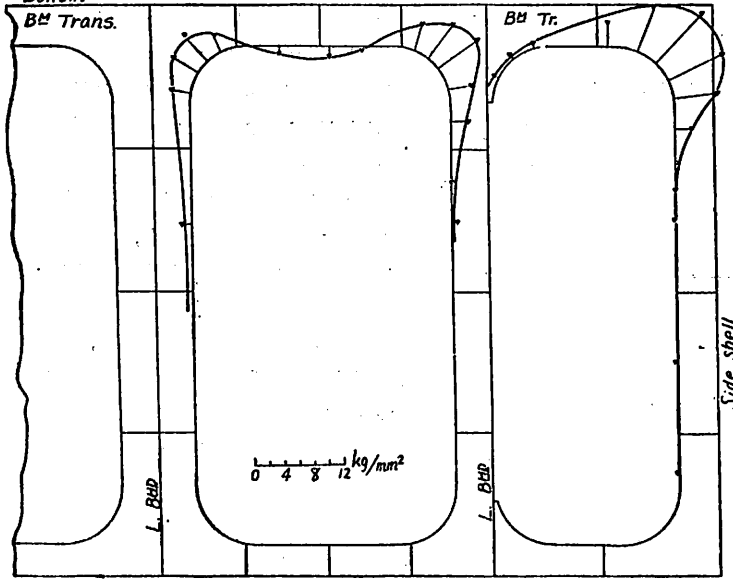
現在までに得られた結果の一部を記すと次の通りである。まず側外板に外圧が加った場合、トランスバースの有無による影響を、船側の水平・ガーダーについて調べたところ、第8図に示す通り、深さ中央のガーダー (SL-6) については、殆んど影響はなく、上下のガーダー (SL-5, SL-7) では多少トランスバースの存在で曲げ応力が減少している。即ち最初に想像したトランスバースの効きの少ないことが確かめられている。またガーダーの応力分布を見ると、横隔壁の位置と中央部では応力が正負異り、横隔壁位置で略々固定の条件になっている。これが、長さ方向に3タンクの模型で実験を行



第8図 Horizontal Girder の曲げ応力分布図



第9図 Bottom Longi. Girder の曲げ応力分布図



第10図 Bottom Transverse の曲げ応力分布図

なったため得られた結果で、突船に近いものと考えられる。

第9図は船底縦通桁板の縁応力分布で、船底に5mHの水圧が加った場合の比較である。中心線からBL-1, 2, 3は中心タンク内に、BL-4は側タンク内にある。この場合はトランスバースの存在で応力はかなりの減小を示し、その有効なことが表われている。これは各タンクとも幅は小さいので、トランスバースのスパンは短く従って有効となるのである。

第10図は船底および船側にそれぞれ5mHの水圧が加った場合のトランスバースの縁応力である。この図からもわかるように、船側部ではトランスバースの縁応力は殆んど0で、殆んど応力を受持たないことがわかる。船底ではスパンが短いからいくらか応力が生じている。船側と船底トランスの取合部には相当大きな応力が生ずることは注意を要する。なお以上の応力分布はいずれも応力測定位置であるガーダーの縁の線が基線となっている。この実験はさらにトランスバースの数を増し、ガーダーの断面二次モーメントの値を変えて実験が進められているが、その結果が期待せられる。

(5) 荷油の運動による隔壁の受ける動圧の問題

現在の船級協会の規則では、油タンクの長さには制限があり、約12m程度に決められている。超大型船になると船の幅、深さが大になるにも拘らず、このような長さの制限はなぜ必要であろうか。横強度の点から考えた場合、このような制限を設けて数多くの横隔壁を設ける必要性があるとは考えられない。縦強度についても同様

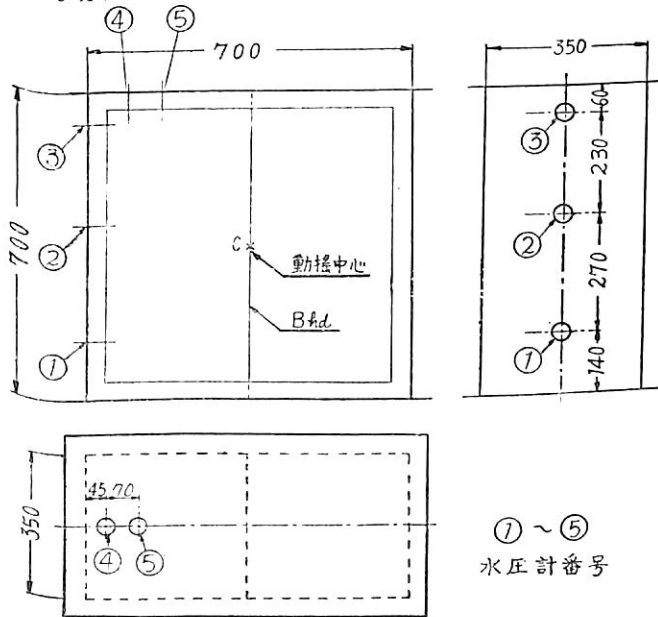
である。鋼板の規格長さの点からブロック建造上便であるとも考えられるが、多数の油密隔壁に非常に多くのロンジの貫通工事を要することを考えれば、タンク長の増大による油密隔壁の減少の方が利益は大であると考えられる。安定性の点からも船型の増大を考えればこんなに短くに区切る必要はない。むしろ超大型船では船がスティフになり過ぎる位である。かように考えて来ると、超大型船においても従来のタンカーの割合程度には、タンク長さを大きくしたくなるのであるが、ここに一つ注意を要する点がある。それは静水圧のみを考えて設計を行なうならば問題はむずかしくないが、動揺、縦揺などの運動をしたとき、油槽内の油の運動による動圧をも考えて設計を行なう必要性を考えると問題は簡単ではない。タンクの大きさが増大したとき、どんな影響があるかを明かにして、必要な対



策（適当に隔壁の強度を増すとか）を考えておかなければ軽々にタンクを大きくすることはできない。このようなことから東京大学、播磨造船所、三菱日本重工業横浜造船所の協同で、造船研究協会の協同研究の一項目として一連の実験が行なわれつつある。

実験は東京大学船舶工学科の動揺実験水槽にある造波装置を利用して実験用の動揺台を作り、その上で油槽の模型を揺らせ、その際の揺れ角、周期などと水圧の関係、槽内の油の運動、ウォッシュ・バルクヘッドの影響、その開孔の大きさ、配置などの関係を調べようとするものである。模型は大小2ヶ作り、動揺に対応する実験、縦揺の場合の前後端に近い油槽に対応する実験などを行なうこととしている。

現在までに実験の進んでいるのは第11図に示す小型模型の方である。これは図示の通り長さ700mm、幅350mm、深さ700mmで、荷油の運動の基礎的な性質を明らかにするために計画されたものである。一応ウイングタンクの寸法に準じて寸法を計画し、長さの間には等間隔に3ヶの差込み式の隔壁を設け得るようにしてあり、長さによる動圧の影響を求めることができる。また差込み式の隔壁はウォッシュ・バルクヘッドとして、その開孔の大きさ、形状、配置などによって動圧、油の運動などがどう変わるかを調べるようになっていいる。実験はこのタンクに清水を入れて、動揺台上で一定の周期で揺らして行ない、その際の水圧は5ヶ所で計測し、併せて波の動きは16ミリ撮影機で連続撮影を行なう。水圧はフォイル・ゲージを附した薄い金属板に受け



第11図 荷油槽動揺模型略図

て、その変形をゲージの抵抗変化に変えて読み取ることとし、側壁に3ヶ、上部甲板に相当する部分に2ヶ設けてある。なお油の代りに水を用いたのは特に小さい穴などを通過する場合を除いて、粘性の影響は非常に小さいと考えられるからである。

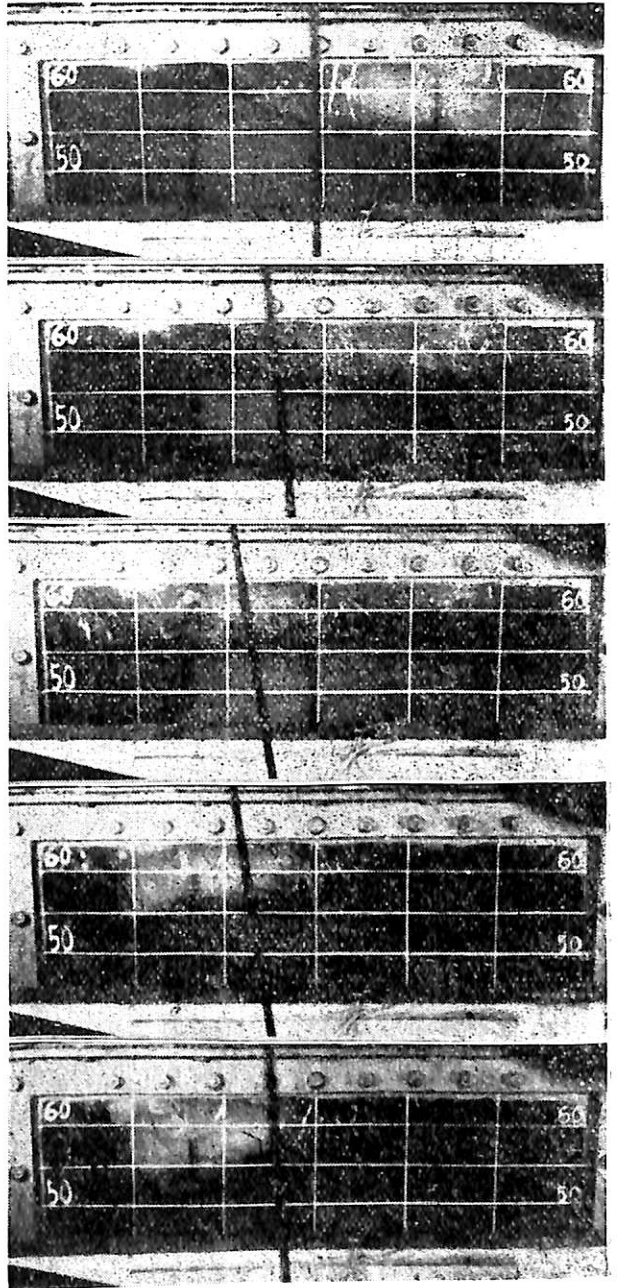
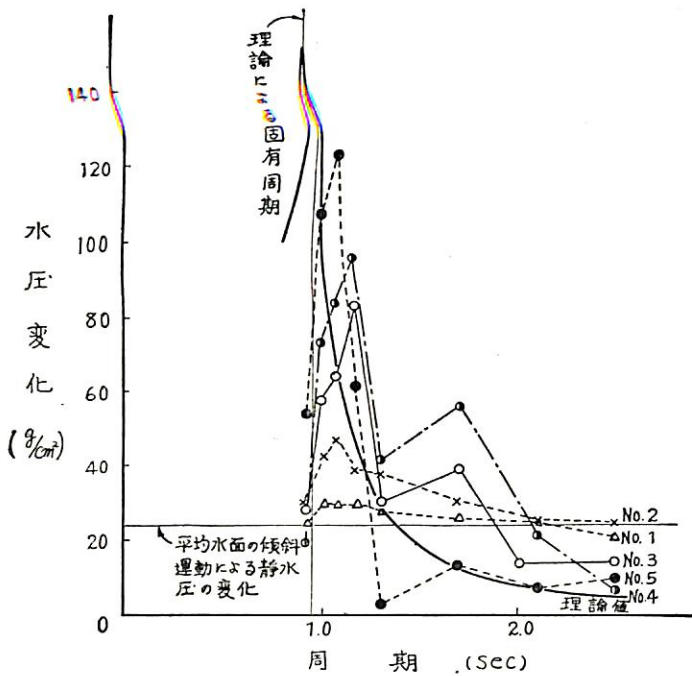


写真1 Ex. No.490 Bhd. Space 70cm (without centre Bhd.) 水位 58cm 動揺角 9° 周期 1.02 秒 撮影間隔約 1/10 秒



第 12 図 水圧測定結果

16ミリシネカメラで撮影した波形の一例を写真1に示す。写真は略々共振附近のもので、上部の甲板に波がぶつかる状況が現れている。前面の棒は鉛直を示すもので、水槽と棒の角度が水槽の運動を示すことになる。また棒と水面とは約45°の位相差を示すが、共振周期を少し離れると、水面は棒に直角になっている。第12図には水圧の変化を示す。共振周期の附近で水圧変化も大になることがわかる。図で水中に常に没している No. 1, No. 2 等の水圧計では水圧の変化量を示し、図中に引いた水面傾斜による静水圧の変化量に比べやや大きい水圧変化を示す。一方甲板に取付けた水圧計 No. 4, No. 5 では共振の周期附近で急激に大きな圧力が加わることが判る。この衝撃的圧力は隔壁面 (No. 3) よりも甲板面の方が大きく、甲板面では水面変化による静水圧の変化に比べ約5倍の値を示している。図中の理論値と示した曲線については後述する。

第13図は中間の隔壁の有無、ウォシュ・バルクヘッドの効果などを調べた結果である。中間に隔壁を入れないときは衝撃圧は非常に大きいが、中間に水密隔壁を入れるとこの圧力がずっと減少することを示している。水密隔壁の代わりに30%の開孔面積を有するウォシュ・バルクヘッドを入れると衝撃圧の減少は著しく、水密隔壁のある場合の値が傾斜角18°であることを考えると、水

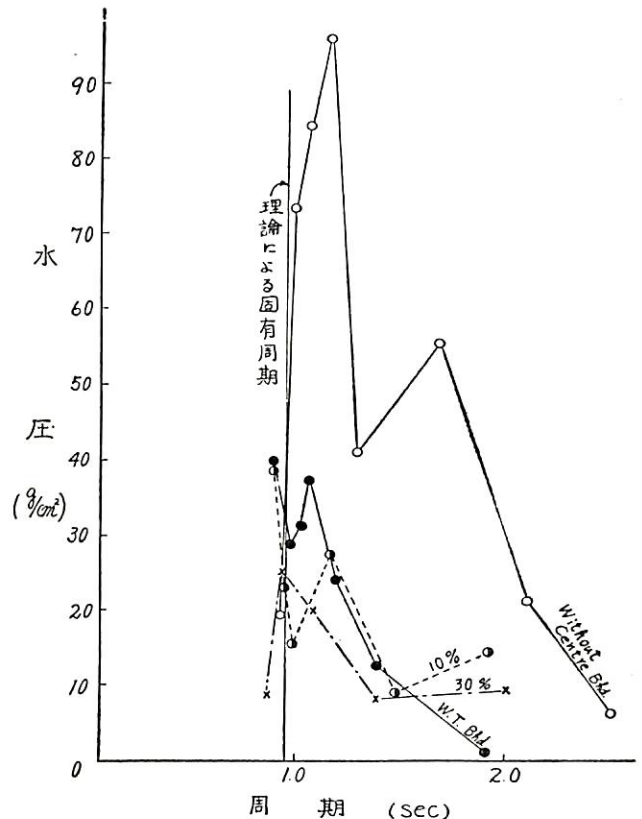
密隔壁よりもむしろ圧力は小さくなっている。また開孔は隔壁下部に集っているものは開孔の影響は少なく、水面近くの開孔が制水作用に関係が大きいことなどが現在までに判っている。なお以上の実験結果から衝撃圧力は、水槽内の水と船の動揺との共振が起らないかぎり殆んど問題でないことも明かである。従って船の固有周期がタンクの水の運動の固有周期に比べ充分大きければ、静水圧のみの計算で設計して良さそうである。

なお第12図の衝撃圧の理論値は次のようにして求めたものである。即ち完全流体の二次元理論を用い、且つ水の傾斜角などは微小とし、第14図の0を運動の中心として、図示のように  $x, y$  軸を決めると、水槽の角変化  $\theta$  は

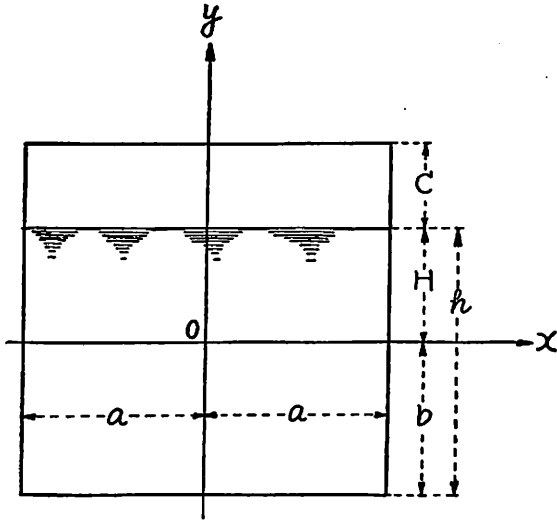
$$\theta = \theta_0 \sin pt \dots\dots\dots (1)$$

水の水速度ポテンシャル  $\phi$  は

$$\phi = \theta_0 p \left[ xy + C_1 \sin \frac{\pi x}{2a} \cosh \frac{\pi(y-b)}{2a} + C_2 \sin \frac{\pi x}{2a} \cosh \frac{\pi(y-H)}{2a} \right] \times \cos pt \dots\dots\dots (2)$$



第 13 図 中間隔壁の存否と衝撃圧力 (水位 60cm, 動揺角 20°, 水圧計 No. 4)



第 14 図

$$\text{但し } \left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{8a \left\{ g - p^2 \left( H + \frac{4a}{\pi \sinh \frac{\pi h}{2a}} \right) \right\}}{\pi^2 \left\{ p^2 \cosh \frac{\pi h}{2a} - \frac{\pi g}{2a} \sinh \frac{\pi h}{2a} \right\}} \\ C_2 &= \frac{32a^2}{\pi^3 \sinh \frac{\pi h}{2a}} \end{aligned} \right\} \dots(3)$$

なお  $a, h, H$  などは第 14 図参照,  $g$  は重力の加速度。

水槽の水の運動の最低の固有周期  $T_0$  は, (3) 式の  $C_1$  の分母を 0 とする  $p$  の値  $p_0$  から  $T_0 = 2\pi/p_0$  で与えられる。

$$p_0 = \sqrt{\frac{\pi g \tanh \frac{\pi h}{2a}}{2a}} \dots\dots\dots(4)$$

側壁位置  $x=a$  での静水面からの波高  $\eta$  は, (2) 式から

$$\eta = \left[ \frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \right]_{x=a, y=H} = -\frac{\theta_0 p^2}{g} \left[ aH + C_1 \cosh \frac{\pi h}{2a} + C_2 \right] \sin p\theta$$

従って水槽に対する相対運動の振幅を  $A_{max}$  とすると,

$$A_{max} = |\eta_0 - a \tan \theta_0| \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{但し } \eta_0 = -\frac{\theta_0 p^2}{g} \left[ aH + C_1 \cosh \frac{\pi h}{2a} + C_2 \right] \dots\dots\dots(6)$$

となる。水槽頂板の受ける波圧  $P$  は 菱田・田中氏等の研究 (関西造船協会々誌, 昭30) によると,

$$P = \frac{\pi \gamma}{a} \cot \beta' \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 (A^2 - C^2) \dots\dots\dots(7)$$

$\gamma$  は水の単位体積の重さ,  $C$  は静水面と水槽頂板間の距離,  $A$  は減衰を考慮して  $A_{max}$  の代りに

$$A = 2C - \frac{C^2}{A_{max}} \quad (C < A_{max})$$

のようにとる。 $\beta'$  は波頂と頂板のなす角度で

$$\beta' = \theta \cdot \frac{C}{A}$$

このような理論によって  $A_{max} = \infty$  に対応する  $\beta' = \frac{1}{2}\theta_0$  を用いて求めた  $P$  が第 12 図の実線で表わした曲線で, 実験値はかなりよく一致していることが認められる。

以上造船研究協会の協同研究として現在実施せられている実験の概要と, 実験結果の一部を述べたのであるが, この他にも突船における横強度の測定実験なども日立造船を中心として進められている。これらの実験のうちには上述のように既に非常に有益な結果の表われつつあるものもあり, 全体の研究が終了した際には, 超大型船の設計上において世界に誇り得る成果が期待し得るものと信じて疑わない次第である。なお以上の実験的研究のほか, 海事協会における超大型船の構造規程に関する理論的検討, あるいは播磨造船所における初期設計に関する検討などにも誇示するに足る成果が得られていることを附記しておく。

(33-10-10記)

# 超大型船の船体工作と熔接

東京大学教授

木原 博

## 1. はしがき

超大型船は従来の船級協会規則の対象とする限界を超えるものであるから、信頼性の高い超大型船の建造を達成するためにはその建造技術を早急に確立する必要がある。超大型船建造上の技術的問題点については造船技術審議会においても取上げられ、運航性能、構造、材料、建造法の各分野にわたってその問題点の審議を行なっている。

建造法に関連した問題としては、厚板の熔接工作法に関するもののほかに、厚板の銲接施工法の問題、厚板熔接部の非破壊検査法の問題などもあるが、厚板の熔接施工法の問題については日本造船研究協会第 39 研究部会においてかなり広範囲な研究が行なわれた。この研究は昭和 33 年度においても継続されているが、昭和 32 年度に実施された研究成果の紹介を中心にして超大型船の船体工作と熔接に関する問題点を論ずることとする。

## 2. 厚板の自動熔接

ユニオンメルト熔接は手熔接に較べて供給熱量が大きく、熔接速度が速いという長所があるが、このような特徴は厚板においてこそ発揮されるものであるから、ユニオンメルト熔接は基本的には厚板に極めて適した熔接法であるといえることができる。しかし厚板に対してユニオンメルト法を用いると熔着金属の切欠靱性が低下するという現象があらわれ、これが自動熔接採用の最大の障害となっている。

ユニオンメルト熔接においては、熔着金属量が大きいため樹枝状のデンドライト組織が明瞭にあらわれるが、板厚がそれほど厚くない時には母材よりも切欠靱性が特に異なるようなことはない。しかし厚板では粗大なデンドライトを生じ、熔着金属の切欠靱性は板厚の増加とともに一般に低下する。一方厚板においては脆性破壊の危険が増大する関係上、母材にはより靱性の優れたものが要求されるので、その結果母材に較べて熔着金属の靱性がかなり劣ることになる。すなわち、厚板に対しては $0^{\circ}\text{C}$

における標準 V-Charpy 衝撃値が  $6\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  以上のものが要求されているが、ユニオンメルト熔接における熔着金属は  $4\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  程度の低い値を示し、厚板良質鋼によばない現状である。

そこでこの現象の状態と調査するとともに、適切な施工条件を見出すことを目的として多くの研究が行なわれた。すなわち、層数、熔接条件、心線と溶剤の組合せなどの種々の施工条件が熔着金属の切欠靱性におよぼす影響について、標準 Charpy 試験、および full thickness の大型 Charpy 試験によって研究を行なった。この場合、多極ユニオンメルト熔接に関しても調査が行なわれた。しかしこれらの調査の結果は悲観的で、心線および溶剤の組合せ、熔接条件の選定の如何によっては、 $6\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  をこえる良好な靱性を示す熔着金属を得ることも可能であるが、実際の工事において定常的にこれを確保することは現在の技術的水準においては困難である。したがって衝撃値の向上をはかるには抜本的な研究対策が必要である。また現在の状態では甲板や外板などの積縁のごとく、熔接線に沿って脆性破壊が伝播する可能性のある接手についてはユニオンメルト熔接を採用するのは差控えた方がよいと考えられる。

しかし現在までに行なった調査は、標準 Charpy 試験および大型 Charpy 試験のみによっているため、この結果だけから脆性破壊に対する抵抗性を論ずるのは問題であって、さらに第 3 章において述べるような脆性破壊の伝播特性に関する検討を行なう必要があり、昭和 33 年度において研究が計画されている。

ユニオンメルト熔接において熔接条件の選定が適当でないと熔着金属に亀裂の発生をみることがあり、厚板では亀裂発生傾向が著しい。そこで第 39 研究部分においてもかかる亀裂の発生機構を検討することとともに、その防止対策をたてる上に必要な資料をうることを目的として実験を行なった。

ユニオンメルト熔接部に生ずる亀裂にはその発生機構によりいろいろのものが考えられるが、第 39 研究部会では次の 3 種類について実験を行なった。



- (1) 熔接中の回転変形によりビード終端部に生ずる縦われ
- (2) 熔接による拘束曲げ応力によって生ずる縦われ
- (3) 熔接条件が不適当で、いわゆる“梨形ビード”になるために生ずるわれ

これらに関する実験結果の詳細は省略するが、熔接条件がこれらの亀裂の発生におよぼす影響を調査し、かかる亀裂の防止に必要な基礎資料を求めた。

### 3. 厚板の手熔接施工法

手熔接の場合は多層熔接が採用されるため熔着金属の靱性低下は起らないが、供給熱量が少ないため第1層に亀裂を生ずる危険が増大する。厚板の亀裂性については三菱造船において系統的な実験が行なわれた。すなわち同所においてはFISCO試験\*に準ずる試験法によって板厚、母材の初期温度、開先の底部間隙、熔接棒の種類、接手の拘束度などの諸条件が亀裂の発生に及ぼす影響について調査、研究を行なった。その結果によれば、板厚そのものの効果は母材の初期温度や底部間隙等の影響に較べて小さく、母材の材質および施工法が適切であれば、厚板に生ずる亀裂は十分防止することが可能であると考えられる。

亀裂防止対策の一つとしては低水素系熔接棒の採用が考えられ、特に高張力鋼を使用する場合には低水素系によらざるを得ないが、この系統の熔接棒は一般に作業性が悪くブローホールを生じやすいという欠点があり、特に熔接の開始部分はブローホールを生じやすい。これは熔接時においてはガス被包が充分に行なわれていないからである。よってこの問題について実験的研究が行なわれた。この実験においてはホットスタート法の効果についても調査が行なわれた。すなわち、熔接の開始時において瞬間的に電流密度を高めるようにすれば、アークの発生後直ちにガスの被包が形成されブローホールの発生を防止することができるわけであって、このような装置をアークブラスターといい、これを用いた熔接方法をホットスタート法という。実験の結果、ホットスタート法の採用はブローホールの防止に相当有効であることがわかったが、実験の結果によれば運棒法の如何がブローホールの発生に大きな影響をもっており、運棒法を適当にえらべばブローホールはかなり減少することがわかつ

た。またこの間熔接棒の品質そのものにも改良進歩が加えられているので、現状ではこのブローホールの問題は適当な熔接棒の選択と、適切なる運棒法の採用とによって大体防止しうるものと考えられる。

厚板では剛性が大きいため熔接による変形は一般に少なく、隅肉接手の角変形に起因する瘦馬なども殆んど問題にならない。しかし突合接手では層数が多いため開先形状、熔接順序等の施工の如何によってはかなりの角変形を生ずるおそれがあり、一旦発生すると厚板ではそれを除去することが極めて困難であるから、防止について充分対策をたてておく必要がある。

その目的で開先形状を種々に変化させた場合の角変形、横収縮、熔接作業時間、熔接棒消耗量ならびに接手の強度および靱性について系統的な研究が行なわれ、開先形状の選定に際して考慮すべきこれらの諸因子の影響について基本的性質が明らかにされた。例えば角変形をできるだけ少なくするためには、表熔接に要する心線消耗量と裏熔接に要する心線消耗量との比を板厚に応じて適当に定めることが必要であるが、この比は厚板になるほど小さくとった方がよいことがわかった。

手熔接施工法に関連しては、二重張鋼板の熔接施工法、厚板隅肉接手の施工法、厚板熔接部の剝離性なども研究すべき重要問題である。

超大型船では上甲板および船底外板の縦方向の数条にわたって二重張が施されることがあるが、その接手の現場熔接施工法には多くの問題がある。すなわち、この場合の施工法としては

- (1) 表裏面の熔接を完成してから合わせる方法
- (2) 下板にわかし付熔接する方法
- (3) 当金を敷いて熔接する方法

などがあるが、(1)は二重張の全接手に施工することが殆んど不可能であり、(2)では欠陥を生じやすいなどの問題があるので、現在研究が行なわれている。

大型船のgunwale connectionにはgunwale plateを使用する必要に迫られることがある。この場合のgunwale plateと上甲板の隅肉熔接は極めて重要であるが、その検査法も適当なものがないのでその施工条件の選定は重要な問題であって、この問題についても現在研究が行なわれている。

厚板においては切欠靱性を向上する目的などのためMn等の含有化学成分が増加する傾向があるが、この場合、成分あるいは圧延方法が不適当であると剝離性損傷に対する危険が増大する。超大型船においては構造上の理由により大きな荷重をうける隅肉接手が存在するから、使用する厚鋼板の剝離性に関して研究を行なう必要

\* スイスのエリコン社で考案された亀裂性試験方法で、特定の治具で試験片を拘束し、開先間隙を変えて実験を行ない、亀裂を発生する限界の間隙をもって亀裂度の定量的な判定を行なおうとするもの。他の亀裂性試験法にくらべて実験結果の再現性が良いといわれている。

があり、現在計画、実施中である。

#### 4. 脆性破壊—特に残留応力の影響—

超大型船において材料の選択、溶接施工法の選定に関連して最も重要なことは脆性破壊の防止問題である。脆性破壊においては瞬時に船体が真二つに折損することすらあり、脆性破壊は瞬間的に致命的な大事故を惹き起す点からして船体強度上極めて重要なものであるが、厚板を用いる超大型船では特に重要な問題となる。すなわち、厚板においては応力の3軸性が増加するため脆性破壊を生じやすくなるが、一方厚板では圧延比が小さくなるなどのため鋼材そのものの靱性が低下する。したがって超大型船では通常の船舶よりも脆性破壊の防止に関してより慎重な対策をたてておくことが必要である。

そのようなことから鋼材の脆性破壊について広範な研究が行なわれている。鋼材の脆性破壊については他にもこれにふれている論文があると思うのでここでは詳細は省略するが、Charpy 試験、Tipper 試験、Van der Veen 試験などの従来から行なわれている小型試験のほかに SOD 試験、Robertson 試験、2段引張試験といった脆性破壊の伝播特性に関する試験が実施されている。したがって厚板における脆性破壊の問題については、近くかなりまとまった結果が得られるものと期待される。

鋼材そのものの脆性破壊の問題とともに、溶接接手としての脆性破壊についても多くの問題がある。

すなわち厚板の自動溶接においては熔着金属の靱性が低下し、現在の技術においては良質な母材に匹敵する靱性を有する熔着金属をユニオンメルト法によって求めることは困難であることをさきに述べた。しかし前述の事項は標準 Charpy 試験および大型 Charpy 試験の結果に基づいているのであって、母材と性質の異なる熔着金属において衝撃値が小さいということがそのまま脆性破壊の危険が大きいことを意味するとはいえない。したがって熔着金属についての脆性破壊伝播特性に関する研究を早急に実施する必要がある。また溶接熱影響部、脆化領域\* 等に関しても同様脆性破壊の伝播に対する特性についての研究が必要である。特に高張力鋼においては熱影響部の硬化が著しく、調質高張力鋼では後述するような軟化部も存在する。したがって溶接構造物における脆性破壊の防止という目的に対しては上述したような接手各部の脆性破壊の伝播特性を調査することが必要であ

\* 軟鋼の溶接接手においては、溶接熱影響部より少し母材側の部分に靱性の劣った部分が存在しており、この部分を脆化領域という。

て、このような試験が計画されている。但しこの種の研究は鋼材そのものの研究が進んでから行なった方が良い面もあるので、SOD試験等による大型試験は昭和33年度以降において実施されることになっており——現在既に一部は実施中である——昭和32年度においては小型試験片による予備的な調査が行なわれた。

すなわち、Van der Veen 試験および標準 Charpy 試験によって基礎的な調査を行ない、次のような結果を得た。

(1) 自動溶接では手溶接に較べて bond 附近での遷移温度の上昇が多く、特に調質鋼ではこれが著しい。

(2) 表裏面各単層のユニオンメルト熔着金属は多層盛手溶接のそれに較べて遷移温度が高い。

このように溶接部およびその近傍には脆性破壊の伝播に関していろいろと問題のあることが分かったので、今後の研究成果が期待される。

ここで溶接接手の脆性破壊について考えてみると、横縁と縦縁とでかなり異なったことが問題になると考えられる。すなわち、横縁については熔着金属あるいは熱影響部のある長さによって亀裂が進展しうるわけで、かかる部分の特性が実際に問題となる可能性がある。一方、縦縁の場合は亀裂は溶接線を横切って進展するから横縁の場合とは異った影響を与えるものと思われる。例えば良質の鋼材の中に一部低質の熔着金属がはいっているときに、これが如何なる影響を与えるかということが当然問題となる。またこの場合には以下にのべる残留応力の影響の問題と関連し、脆性亀裂の発生立場から溶接接手の性質を検討する必要が生じてくる。

溶接による残留応力が脆性破壊にどのような影響を与えるかということは溶接船体の強度上極めて重要な問題である。構造物が延性破壊をするときには残留応力はほとんど影響を与えないことが明らかになっているが、脆性破壊に対しては悪影響をもつおそれがあり、各国で盛んに研究されている。第 39 研究部会においてもこの問題について研究を行ない、残留応力が脆性破壊の重要な因子の一つであることが確かめられた。実験結果の概要は下に述べるごとくであるが、この問題には次に述べるような脆性破壊の本質に関連した重要な意味をもっている。

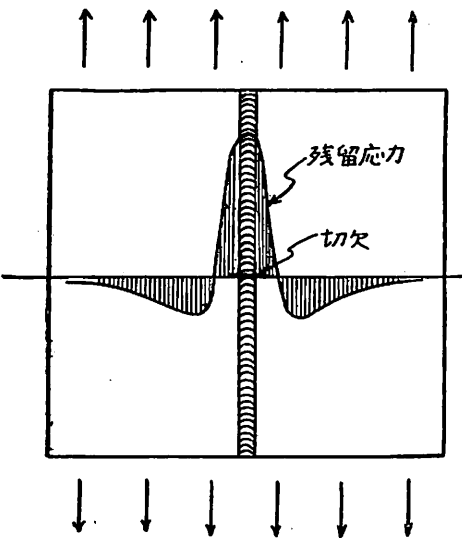
すなわち、切欠脆性に関する研究では、切欠のついた試験片がひろく用いられているが、かかる試験片では一般に平均応力が降伏点程度の高い値に達しないと破壊が生じない。これに対し実際の構造物における脆性破壊はこれよりもかなり低い応力（例えば  $7\sim 10\text{kg/mm}^2$ ）においておきている。したがって如何なる機構によ

かかる低応力下の破壊を生ずるかということは、溶接構造物の脆性破壊の本質を解明する上に極めて重要な問題であって各方面で盛んに研究が行なわれたのであるが、その結果脆性破壊の発生にはかなり高い応力を必要とするが、その伝播に要する応力はかなり低いものであることがわかった。こうした問題について大きな貢献をしたのは Robertson の実験で、その後 Feely 等は S.O.D. test を提案し、広範な実験を行なっている。またわが国では2段引張試験が東大で研究されている。

このように脆性破壊は一旦進展を開始すれば低い応力で伝播しうるのであるが、進展し始めるためには降伏点程度の高い応力が必要である。従って脆性破壊の伝播特性に関する試験において衝撃を加える (Robertson test, S.O.D. test) とか、特に亀裂発生部に高い応力を加える (2段引張試験) などの特殊な操作を行なって脆性亀裂を発生させている。しかし実際の損傷事故をしらべてみると、岸壁に碇泊中に船体が真二つに折損した例もあるように、いつもこうした附加的な衝撃が加えられていたことは考えられないわけであって、実際の構造物の場合に低い応力下で脆性破壊が発生し、且つ伝播するのは如何なる機構によるものであるかが問題となる。これにはいろいろの原因があるが、その一つに溶接による残留応力が考えられる。

すなわち、溶接接手において溶接部の近傍に一般に高い引張の残留応力を生じており、特に溶接線方向の応力は母材の降伏点にも達しているため、この高い残留応力は脆性破壊の発生を助長させるおそれがある。

例えば溶接部の近傍に短い横亀裂をもった突合接手に引張荷重がかかった場合を考えると (第1図)、新たに加えられた外力は低くても、残留応力の存在のために切欠部分の応力は脆性亀裂の進展



第1図 溶接部に切欠を有する接手の引張試験

を開始されるのに充分なだけ高く、かつ溶接部から離れた部分の応力は脆性破壊を伝播させるに充分なだけ高いという2つの条件をもとに満足する可能性がある。そしてこのような場合には、低い外力を静的に加えるだけ脆性破壊が発生し、且つ伝播しうるのである。

このような現象の起る可能性は英国においてある程度認められていた。すなわち、Wells は亀裂を内蔵した溶接接手について種々の温度で引張試験を行なった結果、唯一例ではあるが低応力 (約  $15\text{kg/mm}^2$ ) で破壊するものを認めた。Wells のこの実験は静的に引張るだけで低応力の脆性破壊を実験させたという点では極めて有意義のものであるが、現実には低応力で破断を生じたのは唯一例に過ぎず、またこれから導いた結論\*にも疑問の点がある。そこで第39研究部会においても実験を行なったが、その結果かなり多数の試験片に低応力下の破壊が認められ、残留応力の存在が脆性破壊に重要な影響を与えていることがわかった。この実験結果から判断すると溶接接手の破断強度に対する温度、切欠の存在ならびに残留応力の影響に関して次のように考えることができる。

まず切欠が存在しない場合の鋼板の破断強度曲線を概念的に描くと第2図の曲線PQRのごとくで、研断強度は非常に高い。つぎに鋭い切欠は存在するが残留応力のない場合の破断強度を示すと曲線PQRSTのごとくであるとえられる。温度が  $T_f$  以上では剪断破壊をするので研断強度は高いが、 $T_f$  以下では脆性破壊をするので破断強度は低下し、大体母材の降伏点に近い値をとる。また脆性破壊の伝播に要する応力と温度との関係を描くとUVWのごとくで、温度が  $T_a$  より低く、応力が VW 線よりも高ければ脆性破壊は伝播しうる。

ここで切欠をもった溶接接手の破断強度を考えると、 $T_f$  以上の温度では接手の破断強度は高く (PQ)、残留応力の有無によって破断強度は変わらない。

$T_f$  と  $T_a$  との間の温度では残留応力があるため切欠の附近の応力が ST 線に達すると亀裂を発生しうるので、低い応力下で亀裂を生ずるが、亀裂伝播に要する応力が高いため亀裂はある長さ進展した状態で停止する。一旦亀裂が停止すれば応力が再分布し、残留応力の影響は除去されるので接手の終局的な破断強度は残留応力の

\* Wells は低応力下の破壊が遷移温度より少し下のある限られた温度——これを Calamity temperature と名付けた——においてのみ起る現象であると考え、その温度を重視すべきであると述べている。しかし第39研究部会の結論では  $T_a$  以下の底い温度範囲においてかかる現象の起ることが認められた。

# 超大型船の船体工作と熔接

東京大学教授  
木原博

## 1. はしがり

超大型船は従来の船級協会規則の対象とする限界を超えるものであるから、信頼性の高い超大型船の建造を達成するためにはその建造技術を早急に確立する必要がある。超大型船建造上の技術的問題点については造船技術審議会においても取上げられ、運航性能、構造、材料、建造法の各分野にわたってその問題点の審議を行なっている。

建造法に関連した問題としては、厚板の熔接工作法に関するもののほかに、厚板の銲接施工法の問題、厚板熔接部の非破壊検査法の問題などもあるが、厚板の熔接施工法の問題については日本造船研究協会第 39 研究部会においてかなり広範囲な研究が行なわれた。この研究は昭和 33 年度においても継続されているが、昭和 32 年度に実施された研究成果の紹介を中心にして超大型船の船体工作と熔接に関する問題点を論ずることとする。

## 2. 厚板の自動熔接

ユニオンメルト熔接は手熔接に較べて供給熱量が大きく、熔接速度が速いという長所があるが、このような特徴は厚板においてこそ発揮されるものであるから、ユニオンメルト熔接は基本的には厚板に極めて適した熔接法であるということが出来る。しかし厚板に対してユニオンメルト法を用いると熔着金属の切欠靱性が低下するという現象があらわれ、これが自動熔接採用の最大の障害となっている。

ユニオンメルト熔接においては、熔着金属量が大きいため樹枝状のデンドライト組織が明瞭にあらわれるが、板厚がそれほど厚くない時には母材よりも切欠靱性が特に異なるようなことはない。しかし厚板では粗大なデンドライトを生じ、熔着金属の切欠靱性は板厚の増加とともに一般に低下する。一方厚板においては脆性破壊の危険が増大する関係上、母材にはより靱性の優れたものが要求されるので、その結果母材に較べて熔着金属の靱性がかなり劣ることになる。すなわち、厚板に対しては $0^{\circ}\text{C}$

における標準 V-Charpy 衝撃値が  $6\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  以上のものが要求されているが、ユニオンメルト熔接における熔着金属は  $4\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  程度の低い値を示し、厚板良質鋼におよばない現状である。

そこでこの現象の状態と調査するとともに、適切な施工条件を見出すことを目的として多くの研究が行なわれた。すなわち、層数、熔接条件、心線と溶剤の組合せなどの種々の施工条件が熔着金属の切欠靱性におよぼす影響について、標準 Charpy 試験、および full thickness の大型 Charpy 試験によって研究を行なった。この場合、多極ユニオンメルト熔接に関しても調査が行なわれた。しかしこれらの調査の結果は悲観的で、心線および溶剤の組合せ、熔接条件の選定の如何によっては、 $6\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  をこえる良好な靱性を示す熔着金属を得ることも可能であるが、実際の工事において定常的にこれを確保することは現在の技術的水準においては困難である。したがって衝撃値の向上をはかるには抜本的な研究対策が必要である。また現在の状態では甲板や外板などの横縁のごとく、熔接線に沿って脆性破壊が伝播する可能性のある接手についてはユニオンメルト熔接を採用するのは差控えた方がよいと考えられる。

しかし現在までに行なった調査は、標準 Charpy 試験および大型 Charpy 試験のみによっているもので、この結果だけから脆性破壊に対する抵抗性を論ずるのは問題であって、さらに第 3 章において述べるような脆性破壊の伝播特性に関する検討を行なう必要があり、昭和 33 年度において研究が計画されている。

ユニオンメルト熔接において熔接条件の選定が適当でないと熔着金属に亀裂の発生をみることがあり、厚板では亀裂発生傾向が著しい。そこで第 39 研究部分においてもかかる亀裂の発生機構を検討することともに、その防止対策をたてる上に必要な資料をうることを目的として実験を行なった。

ユニオンメルト熔接部に生ずる亀裂にはその発生機構によりいろいろのものが考えられるが、第 39 研究部会では次の 3 種類について実験を行なった。



(1) 溶接中の回転変形によりビード終端部に生ずる縦われ

(2) 溶接による拘束曲げ応力によって生ずる縦われ

(3) 溶接条件が不適当で、いわゆる“梨形ビード”になるために生ずるわれ

これらに関する実験結果の詳細は省略するが、溶接条件がこれらの亀裂の発生におよぼす影響を調査し、かかる亀裂の防止に必要な基礎資料を求めた。

### 3. 厚板の手溶接施工法

手溶接の場合には多層溶接が採用されるため熔着金属の靱性低下は起らないが、供給熱量が少ないため第1層に亀裂を生ずる危険が増大する。厚板の亀裂性については三菱造船において系統的な実験が行なわれた。すなわち同所においてはFISCO試験\*に準ずる試験法によって板厚、母材の初期温度、開先の底部間隙、溶接棒の種類、接手の拘束度などの諸条件が亀裂の発生に及ぼす影響について調査、研究を行なった。その結果によれば、板厚そのものの効果は母材の初期温度や底部間隙等の影響に較べて小さく、母材の材質および施工法が適切であれば、厚板に生ずる亀裂は十分防止することが可能であると考えられる。

亀裂防止対策の一つとしては低水素系溶接棒の採用が考えられ、特に高張力鋼を使用する場合には低水素系によらざるを得ないが、この系統の溶接棒は一般に作業性が悪くブローホールを生じやすいという欠点があり、特に溶接の開始部分はブローホールを生じやすい。これは溶接時においてはガス被包が充分に行なわれていないからである。よってこの問題について実験的研究が行なわれた。この実験においてはホットスタート法の効果についても調査が行なわれた。すなわち、溶接の開始時において瞬間的に電流密度を高めるようにすれば、アークの発生後直ちにガスの被包が形成されブローホールの発生を防止することができるわけであって、このような装置をアークブラスターといい、これを用いた溶接方法をホットスタート法という。実験の結果、ホットスタート法の採用はブローホールの防止に相当有効であることがわかったが、実験の結果によれば運棒法の如何がブローホールの発生に大きな影響をもっており、運棒法を適当にえらべばブローホールはかなり減少することがわかっ

た。またこの間溶接棒の品質そのものにも改良進歩が加えられているので、現状ではこのブローホールの問題は適当な溶接棒の選択と、適切なる運棒法の採用とによって大体防止しうるものと考えられる。

厚板では剛性が大きいいため溶接による変形は一般に少なく、隅肉接手の角変形に起因する疲馬なども殆んど問題にならない。しかし突合接手では層数が多いため開先形状、溶接順序等の施工の如何によってはかなりの角変形を生ずるおそれがあり、一旦発生すると厚板ではそれを除去することが極めて困難であるから、防止について充分対策をたてておく必要がある。

その目的で開先形状を種々に変化させた場合の角変形、横収縮、溶接作業時間、溶接棒消耗量ならびに接手の強度および靱性について系統的な研究が行なわれ、開先形状の選定に際して考慮すべきこれらの諸因子の影響について基本的性質が明らかにされた。例えば角変形をできるだけ少なくするためには、表溶接に要する心線消耗量と裏溶接に要する心線消耗量との比を板厚に応じて適当に定めることが必要であるが、この比は厚板になるほど小さくとった方がよいことがわかった。

手溶接施工法に関連しては、二重張鋼板の溶接施工法、厚板隅肉接手の施工法、厚板溶接部の剝離性なども研究すべき重要問題である。

超大型船では上甲板および船底外板の縦方向の敷条にわたって二重張が施されることがあるが、その接手の現場溶接施工法には多くの問題がある。すなわち、この場合の施工法としては

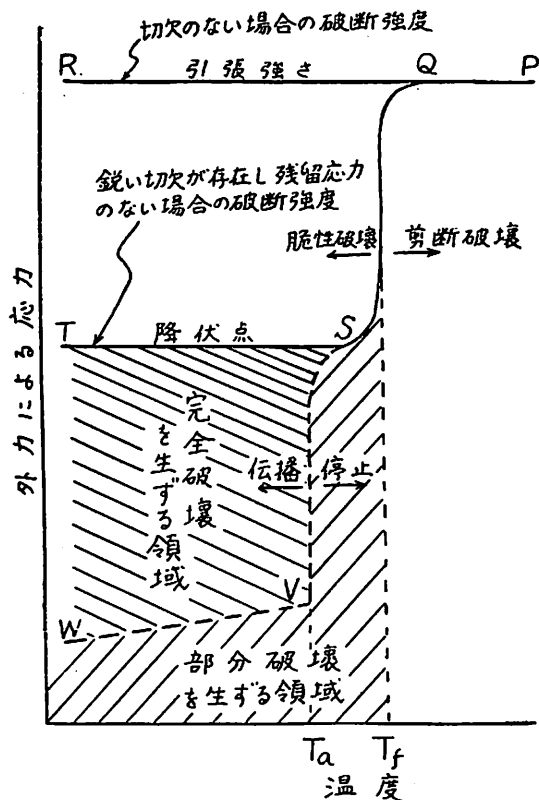
- (1) 表裏面の溶接を完成してから合わせる方法
- (2) 下板にわかし付溶接する方法
- (3) 当金等を敷いて溶接する方法

などがあるが、(1)は二重張の全接手に施工することが殆んど不可能であり、(2)では欠陥を生じやすいなどの問題があるので、現在研究が行なわれている。

大型船の gunwale connection には gunwale plate を使用する必要に迫られることがある。この場合の gunwale plate と上甲板の隅肉溶接は極めて重要であるが、その検査法も適当なものがないのでその施工条件の選定は重要な問題であって、この問題についても現在研究が行なわれている。

厚板においては切欠靱性を向上する目的などのため Mn 等の含有化学成分が増加する傾向があるが、この場合、成分あるいは圧延方法が不適当であると剝離性損傷に対する危険が増大する。超大型船においては構造上の理由により大きな荷重をうける隅肉接手が存在するから、使用する厚鋼板の剝離性に関して研究を行なう必要

\* スイスのエリコン社で考案された亀裂性試験方法で、特定の治具で試験片を拘束し、開先間隙を変えて実験を行ない、亀裂を発生する限界の間隙をもって亀裂度の定量的な判定を行なおうとするもの。他の亀裂性試験法にくらべて実験結果の再現性が良いといわれている。



第2図 熔接接手の破断強度におよぼす切欠および残留応力の影響

存在によって低下しない。

温度が  $T_a$  以下になると残留応力の存在は強度に重要な影響を持つようになる。残留応力のない場合は外力の値が  $S-T$  線に達しないと破断を生じない。残留応力が存在すると低い外力下で切欠部分の応力が  $S-T$  線に達するので低い外力下で亀裂を発生するか、その時の遠方の応力が脆性破壊の伝播に要する応力  $VW$  より高いか、低いことによって現象は大いに異ってくる。この時の遠方の応力が  $VW$  以下であれば亀裂はある長さ進展しただけで停止するが、一旦停止すると残留応力の影響は除去されるので結局は外力によって  $S-T$  線に達する応力が加えられた時に破断する。これに対し全体としての応力が  $VW$  以上であった場合は、一旦発生した亀裂は際限なく進展し、低い外力下で接手全体が瞬時にして破断する。

このように残留応力は脆性破壊には重要な影響を与えていることが実験の結果明らかとなった。すなわち母体し靱性が乏しく、残留応力が存在し、切欠がこれに伴っているような場合には静的に低い応力をかけただけで脆性破壊を生じることが確かめられた。しかしこの現象の詳細な検討(例えば第2図における  $T_a$  と  $T_f$  との関連など)、各種残留応力除去法の影響などについては未解

決の点が多いので今後さらに研究を進める必要がある。また上述の実験結果から考えると、構造的応力集中、繰返し応力などが存在すると低い荷重の下に脆性破壊が発生し、これが他の部分に伝播して構造物の低応力下における脆性破壊を誘起する可能性がある。よってこの問題についても研究を進めることが必要である。

なおこれらの研究と併行して、艀船建造時における拘束度について検討を行ない、艀船における残留応力についてより精密なる資料をうることも必要で現在研究が行なわれている。

## 5. 高張力鋼

高張力鋼を構造物に使用して重量の軽減と材料の節約とをはかり、特に輸送機関においては自重を減じて積載量の増加と性能向上とを狙うことは最近の世界的傾向であって、諸外国においては車輛、橋梁、ペンストック、ガスホルダー等に広く用いられている。船舶では艦艇用には相当広く用いられており、わが国でも防衛庁艦艇にはかなり広範囲に使用されるにいたっている。商船では鋼材の価格の問題から殆んど用いられていないが、超大型船においてはその採用が技術的に有効な手段となりうるものと考えられる。すなわち、超大型船においては軟鋼では著しく厚い板を要することになり、場合によっては二重張り等の手段を取らざるを得ないこともあるが、高張力鋼を使用すればこのようなことがなく構造設計の自由度が増し、船体重量の軽減をはかることができる。

高張力鋼はその種類、性能に種々のものがあるが、一般に硬化性が著しいものであるから、熔接性良好なる鋼の選定、施工条件の確立などに関連して多くの問題がある。

高張力鋼は引張強さおよび降伏点を向上させるために適当な合金元素を少量加えた低合金鋼であって、最も手軽に強度を高めるのは炭素を増すことであるが、それとともに伸びが激減し、熔接熱影響部の硬化性が増大し、熔着金属割れやビード下亀裂を起しやすくなるなど熔接性が低下する。そこで熔接構造用高張力鋼としては低炭素 ( $C \leq 0.18\%$  位) のものが用いられ、炭素のかわりに  $Mn, Si, Cu, Ni, Cr, Mo, V, Ti$  などの元素が添加される。

一般的にいって引張強さ  $52\text{kg/mm}^2$  程度のもは軟鋼の延長ともいえる  $Mn-Si$  系のもので間に合うが、 $60\text{kg/mm}^2$  あるいはそれ以上になる  $V, Ni, Cr, Ti$  等を添加したいわゆる  $V$  系系のもなどにすることが必要で、価格も高価になってくる。

高張力鋼の性能向上には上記の如く合金成分によるこ

とが多いが、これに熱処理を施すことによってさらに高性能のものを作ることができる。ドイツのHSB鋼は圧延時の温度を調整して特に降伏点の高い材料を得ようとしたものであり、焼入れ、焼戻しによっても高性能の鋼材がえられる。例えば52キロ高張力鋼級のMn-Si系高張力鋼について水焼入を行なったのち600~650°Cに焼戻しすると、引張強さ60kg/mm<sup>2</sup>以上、降伏点50kg/mm<sup>2</sup>以上の特に降伏点の高い材料が得られる。このような調質鋼においては合金成分が少ない関係上、熔接性が良好であるので有望視されている。しかしこの種の鋼材では熱を加えると機械的性質が低下するから熱間加工を行なうことが甚だ困難である。また熔接を行なうと熔接熱のため接手の近傍が軟化されるので、その部分の接手強度に対する影響が問題にされており、この点については第39研究会において研究が行なわれた。

研究内容の詳細についてはここでは省略するが、板厚20~35mmの調質鋼(2種)について、自動熔接および手熔接接手について接手の広巾引張試験を行ない、以下にのべるような結論をえた。

(1) 熔着金属の強度が母材より低い場合は、熔着金属で破断が生ずるので接手強度は低下する。またこの際は熔着金属部附近のみで変形を生ずるため接手全体としての伸びも少ない。

(2) 熔着金属の強度が母材と同程度あるいはそれ以上に高ければ接手強度は特に低下しない。この場合自動熔接では供給熱量が多いため軟化部が明瞭にあらわれ、破断も軟化部で生ずるが、手熔接では各層毎の供給熱量が

少ないため軟化の影響は殆んどあらわれず、破断も母材の部分で起る。

このように母材に匹敵する強度を有する熔着金属がえられるような熔接を行なえば、母材の軟化の影響を強度上心配しなくても差支えないと考えられる。

調質鋼は軟鋼にくらべて靱性が遙かに優れているため、母材そのもの脆性破壊については特に問題はないが、軟鋼にくらべると熱影響部の硬化が著しく、また軟化の影響もあらわれるから第4章で述べたような接手各部における脆性破壊の伝播特性には問題があり、昭和33年度以降において研究が行なわれる予定である。

なお本年度の研究に使用された調質鋼においては、その靱性および機械的性質についてチャージによってかなり変動がみられたが、製品の均一性の向上を始め、母材そのものの品質改善についてもなお一層の研究が必要である。また調質鋼の自動熔接施工法および手熔接用熔接棒についても研究を進めることが必要である。

## 6. む す び

以上日本造船研究協会第39研究会の活動状況を中心にして、超大型船の船体工作与熔接とに関連した種々の問題点について最近における研究成果、研究状況等の概要をのべた。これらの中には多額の経費を要するものや学問的に解決の困難なものもあるが、できるかぎりの努力を払ってその解決をはかり、信頼性ある超大型船の建造を完遂しなければならない。

## 新刊 商船基本設計の一考察 (第1編) 元東京大学教授 渡瀬正啓著

本著は船の科学に14回にわたって掲載されたものに、新しく追加および訂正を施して第1編としてまとめたものです。造船・造機的设计並びに現場に関係する方々にとっては本書の豊富な資料は極めて得がたい参考となると存じます。価格も特に本書を各人のお手許において頂

1. 貨物船の重量噸数と載荷容積
2. 就役速力 (Vs 節)
3. 速長比 (V/√L)
4. 船舶の種類と速長比
5. 船の長さ (L)
6. 船の幅 (B), 長幅比 (LBP/B)
7. 満載吃水 (d), 幅吃水比 (B/d)
8. 船の排水容積, 排水量および諸関係式
9. 船体形態の諸係数
10. その他の諸係数

11. 馬力の略算法
12. 船舶と推進機関(単螺旋船の特色)
13. 船の安定 (Stability)
14. トリム (Trim)
15. 商船の船型とトリム
16. 貨物船船型の標準化と諸注意
17. 定期貨物船の高速化 (Mariner型)の進出対策)
18. 大型客船の高速化と計画法
19. 船の重量予算
20. 船の重量と推進機関

きたいため廉価にいたしました。既に大口に教科参考書としての御希望もあり、また各造船所よりも大量の御注文をうけておりますので、是非ともお求め下さい。内容目次は次の通りです。

B5版 上質紙128頁 定価150円(〒24円)

22. Newport News Shipbuilding & Dry Dock Co. の重量区分法
22. 鉸艇船殻船と全熔接船との差異
23. 本邦客船設計について
24. 船体形状と抵抗理論
25. Hollows and Humps of Cw-Curves
26. 船体形状論
27. 航洋船舶の Power Estimation と新傾向

訂正お知らせ

第1編69頁(船の科学誌第10巻5号)の第36表下から2行目左欄はと訂正します。船舶技術協会

$$B = \sqrt{\left( KM - \frac{d}{1 + C_v} \right) d / m}$$

# 平水中における超大型船の抵抗推進に関する研究

運輸技術研究所船舶推進部長  
土 田 陽

## 1. は し が き

最近における商船の大型化・高出力化・高速化の傾向には、いちじるしいものがあり、それにともなって世界各国において超大型船の抵抗推進・運航性能に関するいろいろな研究が実施されつつあり、著者等の運輸技術研究所船舶推進部においても、これに関する各種の系統的模型試験をここ数年来実施中である。

ここでは、編集部要望により、当部で実施し、または実施中の研究を中心として、平水中における超大型船の抵抗推進の問題に簡単に触れてみたい。

この分野に関する研究には、大別して、(1)模型船による系統的船型試験、(2)模型試験成績と実船性能との対比研究、および(3)これらに関連した流体力学的・理論造船学的基礎研究等があるが、(3)の基礎的研究については別の機会にゆずり、ここでは主として実用的見地から(1)および(2)の二項目について述べて見る。

## 2. 模型船による系統的船型試験

### (A) UT シリーズ

運輸技術研究所においては、昭和30年以來一連の系統的模型試験を実施中であるが、これを運研タンカーシリーズの略称として、UTシリーズと呼んでいる。

このシリーズの模型船の母型は、一応次のような実船を対称として決定された。即ち垂線間長さ 190.50m、型幅 25.90m、型深さ 14.00m、満載吃水 10.50m、載貨重量約 32,000 屯。ただし、その結果はもちろん一般の超大型船にも充分適用できる。

本シリーズで現在までに完了ないし実施中のものは、次の6種である。

#### (1) $C_b$ シリーズ

これは船の長さ  $L$ 、幅  $B$ 、吃水  $d$ 、浮力中心の縦方向の位置  $l_{cb}$  を一定にして、方形係数  $C_b$  を変化させたもので、 $C_b$  の変化は 0.78, 0.80, 0.82, 0.84 の4通りである。従ってこのシリーズでは、排水量  $F$  は各模型船ごとに異なる。

#### (2) $B$ シリーズ

このシリーズでは、 $L$ ,  $d$ ,  $F$ ,  $l_{cb}$  を一定に保ち、 $B$  を各模型船の  $C_b$  が、0.78, 0.80, 0.82 および 0.84 になるように4通りに変化させた。

#### (3) $B/d$ シリーズ

このシリーズは  $L$ ,  $d$ ,  $F$ ,  $l_{cb}$  を一定に保ち、 $C_b$  の値が 0.80 および 0.82 の2通りの場合につき、 $B/d$  の値を 0.216, 0.247, 0.276 の3種に変化させたものである。

#### (4) $F/L^3$ シリーズ

このシリーズは、 $L$ ,  $C_b$ ,  $B/d$ ,  $l_{cb}$  を一定にして、 $F$  および  $L/B$  を変化させて排水量・長さ比の影響を調査せんとするものである。

以上4シリーズは、主要寸法の変化に対するものであり、次の2シリーズは船型的要素に対するものである。

#### (5) $l_{cb}$ シリーズ

このシリーズは、 $C_b$  シリーズのうちの1隻、すなわち  $C_b=0.80$  のものに対し、 $l_{cb}$  の位置のみを  $-0.5\%$ ,  $-1.5\%$ ,  $-2\%$ ,  $-3\%$ ,  $-4\%$  の5種に変化させたものである。

#### (6) $F_r$ シリーズ

このシリーズは、 $C_b$  シリーズのうちの1隻、すなわち  $C_b=0.80$  のものを原型として、その船体前半部のレーム・ライン形状をU型およびV型に、船体後半部のフレーム・ライン形状をV型に、それぞれ変化させたものである。

なお、このほかにプリズマチック・カーブのシリーズも計画中である。

参考のために、第1表にこれらの各シリーズ毎の模型船の要目・研究発表等に関する一覧表をかかげた。

また、第1図には、代表的な船型の例として、 $C_b$  シリーズのうちの  $C_b=0.80$  の模型船の正面線図および首尾形状を示した。

この船型の決定に当っては、今までに船舶推進部で行なわれた大型油槽船の水槽試験成績の中から優秀な成績を示したもの数隻をとり、これを基礎として船型を選

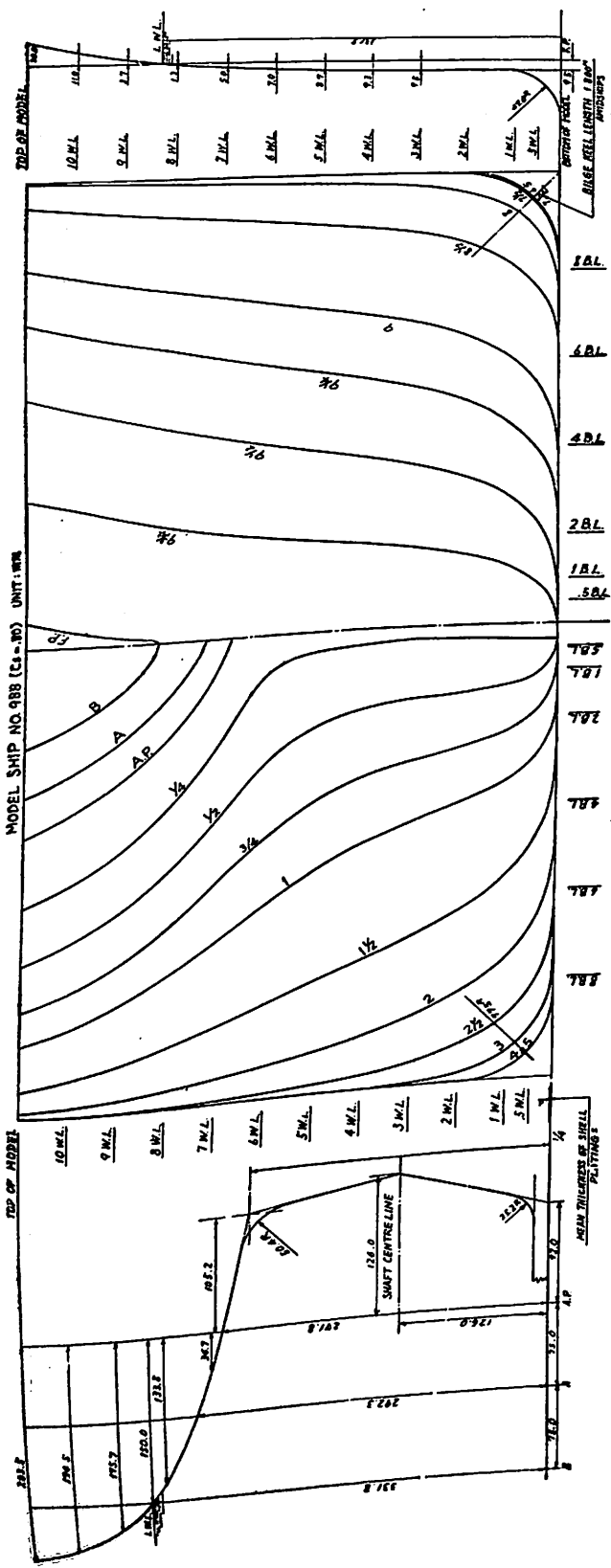


第1表 UT シリーズ模型船要目一覧表

シリーズ名	Cb シリーズ				B~シリーズ				
模型船番号	987	988	989	990	1125	1126	989	1127	
主要寸法	LPP m	6.000				6.000			
	LWL m	6.150				6.150			
	B m	.817				.859	.838	.817	.798
	d m	.332				.332			
	▽ m <sup>3</sup>	1.269	1.302	1.336	1.367	1.336			
諸係数等	L/B	7.34				6.99	7.16	7.34	7.52
	B/d	2.46				2.59	2.53	2.46	2.41
	Cb	.780	.800	.821	.840	.781	.800	.821	.840
	Cp	.788	.808	.829	.848	.789	.808	.829	.848
	C <sub>W</sub>	.990	.990	.991	.991	.990	.990	.991	.991
	lcb	-1.5				-1.5			
	備考	昭和30年11月運研研究発表会で発表				昭和31年11月運研研究発表会で発表			

シリーズ名	B/d ~ シリーズ					▽/L <sup>3</sup> ~ シリーズ					
模型船番号	1152	988	1153	1154	989	1155	1188	1189	988	1190	
主要寸法	LPP m	6.000					6.000				
	LWL m	6.150					6.150				
	B m	.765	.817	.865	.765	.817	.865	.857	.833	.817	.790
	d m	.354	.332	.313	.354	.332	.313	.348	.338	.332	.321
	▽ m <sup>3</sup>	1.302		1.336			1.432	1.353	1.302	1.215	
諸係数等	L/B	7.84	7.34	6.94	7.84	7.34	6.94	7.00	7.20	7.34	7.60
	B/d	2.16	2.46	2.76	2.16	2.46	2.76	2.46			
	Cb	.800			.821			.800			
	Cp	.808			.829			.808			
	C <sub>W</sub>	.990			.991			.990			
	lcb	-1.5			-1.5			-1.5			
	備考	昭和32年11月運研研究発表会で発表					Cb = .820 のものは計画中				

シリーズ名	lcb ~ シリーズ					Fr シリーズ				
模型船番号	1176	988	1177	1178	1179	988	1191	1192	1193	
主要寸法	LPP m	6.000					6.000			
	LWL m	6.150					6.150			
	B m	.817					.817			
	d m	.332					.332			
	▽ m <sup>3</sup>	1.302					1.302			
諸係数等	L/B	7.34					7.34			
	B/d	2.46					2.46			
	Cb	.800					.800			
	Cp	.808					.808			
	C <sub>W</sub>	.909					.990			
	lcb	-0.5	-1.5	-2.0	-3.0	-4.0	-1.5			
	備考	昭和33年11月運研研究発表会で発表予定					標準	M.988の前半部をU	M.988の後半部をV	M.988の後半部をV



するという方針がとられている。

まず、船首は、このようにフルな船型においては直立型が多く、また軽吃水状態では通常の貨物船にみられるような傾斜型の場合より直立型の方が成績良好であることが、二、三の水槽試験の結果たしかめられているので、図に示すような形状を採用した。

船尾は巡洋艦型で、その満載吃水線上における長さは垂線間長さの 2.5% とし、これに平衡反動舵を装備した。

この船首尾形状および舵は、おおむね U T シリーズ全体を通じて共通である。

中央横断面係数は、山県昌夫博士の船型学およびロッドのシリーズ 60 等を参照してきめた。浮力中心の位置は、 $l_{cb}$  シリーズを除いてすべての模型船とも、船体中央から前方へ垂線間長さの 1.5% の位置におき、また肋骨線形状は適度の U 型である。

これらのシリーズの模型船に対して、満載・半載および試運転の三状態について抵抗試験および自航試験を実施した。トリムは半載状態で垂線間長さの 1%、試運転状態で 2% とした。また、乱流発生用として直径 1mm のトリブ・ワイヤを模型船船首横断面番号 9 $\frac{1}{2}$  の位置に装備した。

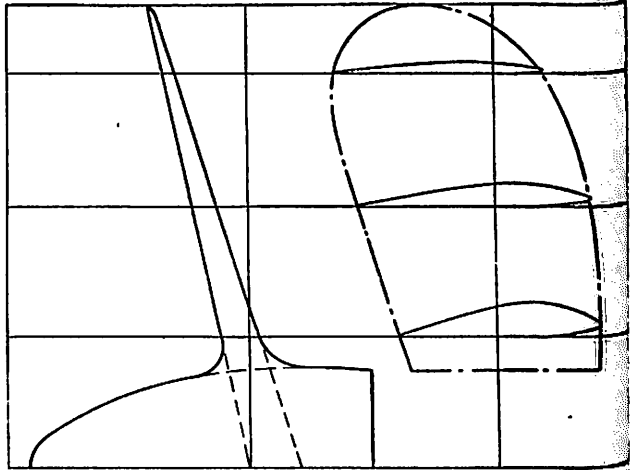
自航試験に使用した模型プロペラの形状および要目は第 2 区に示す。

次に試験結果の大要について項目を追って述べてゆくことにする。

(1)  $C_0$  シリーズ

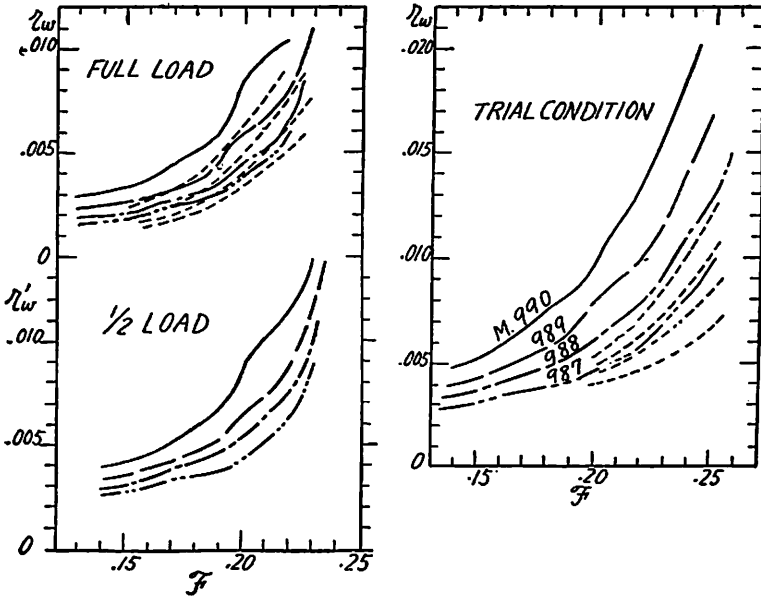
抵抗試験の結果は、フルード数をベースとして剰余

第 1 図 UT シリーズの模型船の例



DIAMETER .211 M. EXPANDED AREA RATIO .40  
BOSS RATIO .210 BLADE THICKNESS RATIO .09  
PITCH RATIO .770 NUMBER OF BLADES 4

第 2 図 模型プロペラ



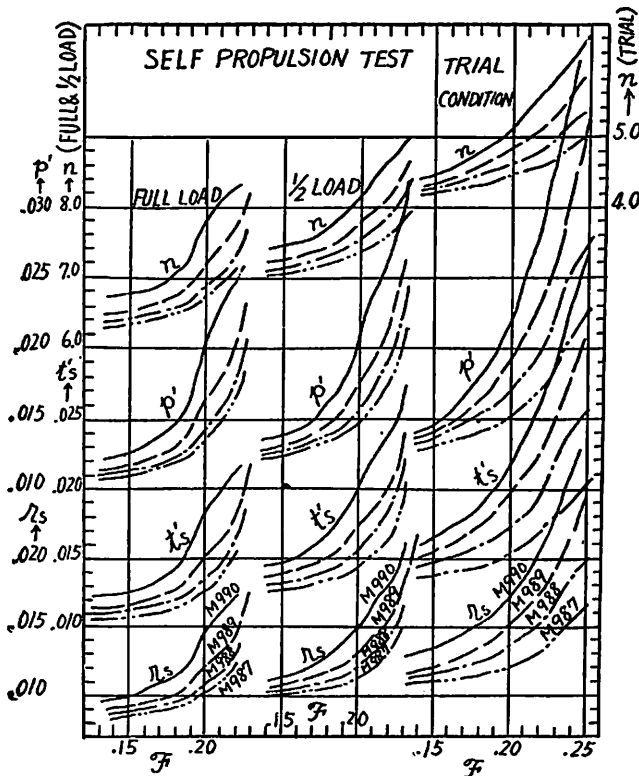
第3図 C<sub>b</sub>～シリーズの剰余抵抗係数

抵抗係数の形で第3図に示す(記号等は末尾に一括掲載)。これらの剰余抵抗係数を求める際の模型船の摩擦抵抗は、R・E・フルードの摩擦係数を使用して算定した。本図により、肥裕係数の増加による抵抗増加の様

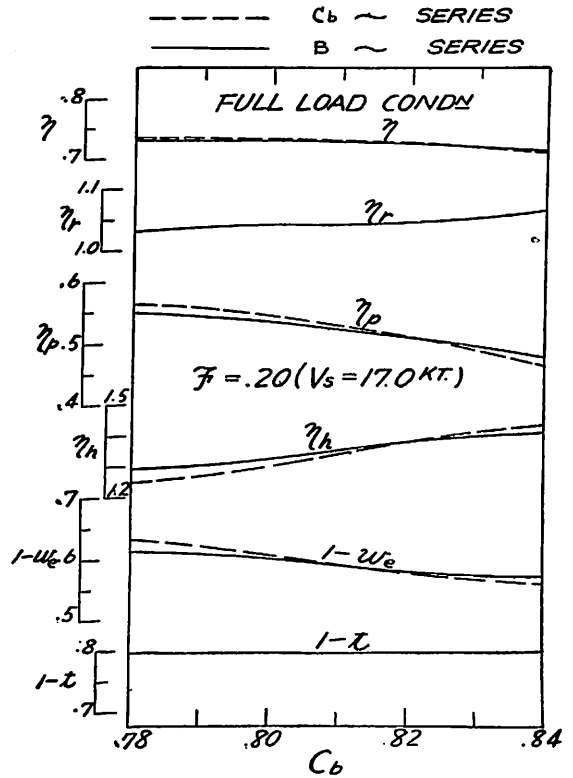
が明瞭である。图中、満載および試運転状態における点線は、本C<sub>b</sub>～シリーズの抵抗試験の結果と比較する目的で、1954年版のテイラー図表から求めた剰余抵抗係数を記入したもので、下側から順に C<sub>b</sub>=0.78, 0.80, 0.82 および0.84に対応する。図に明らかな如く、テイラー図表より得られる値は、いずれも今回の試験結果よりも相当低く、特に C<sub>b</sub> の大なるほど、また軽吃水の場合ほどその差が著しい。ただし、テイラー図表から剰余抵抗係数を求める場合のプリズマチック係数およびボリュームメトリック係数としては、垂線間長さから算定した値を採用した。もし、満載吃水線長さに基づくこれらの係数を使用すれば、さらに低い剰余抵抗係数が得られるはずである。

従って、このような船型に対してテイラー図表を使用する場合には、垂線間長さに基づいた諸係数を用いて算定した方がまだ正しい結果に近い値を与えるが、それにしてもなお相当のアンダーエスティメーションとなる危険がある。

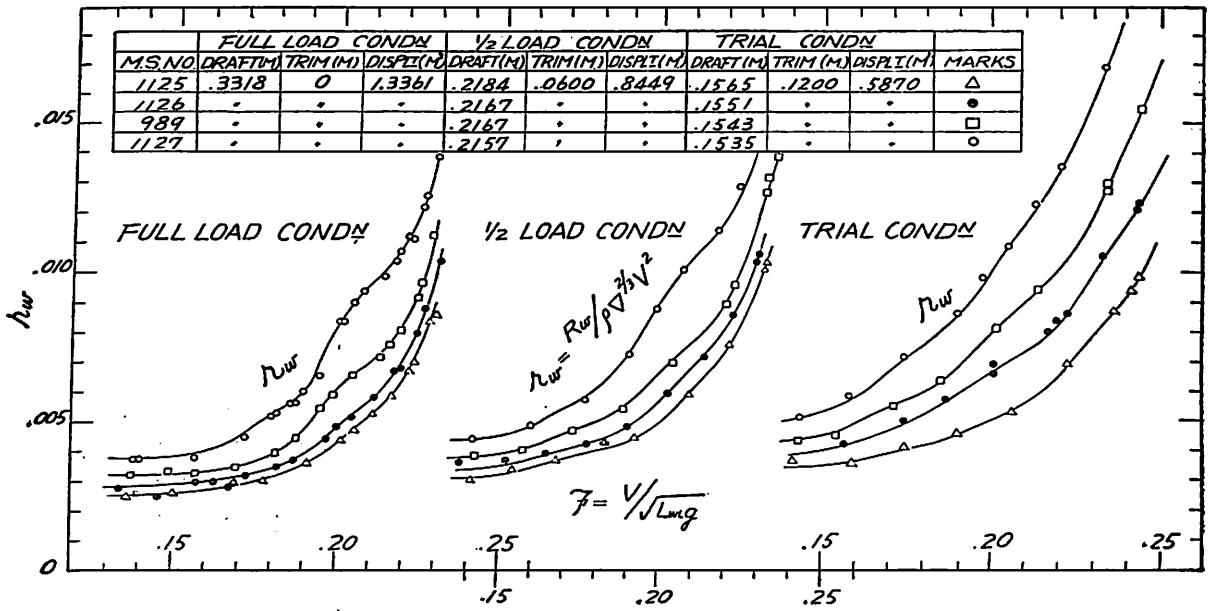
自航試験結果の無次元表示は第4図に示し、これら抵



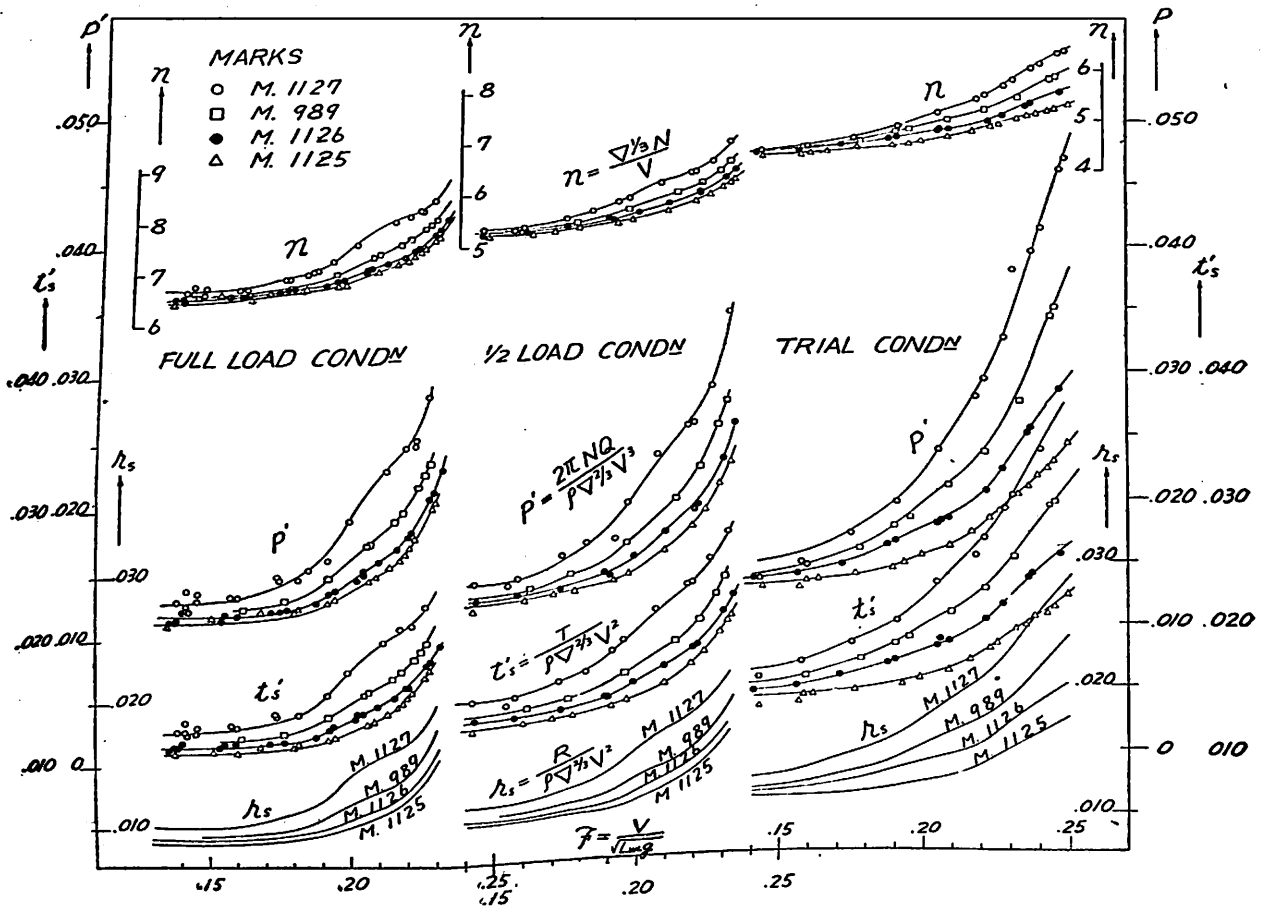
第4図 C<sub>b</sub>～シリーズの自航試験結果



第5図 C<sub>b</sub>～シリーズ、B～シリーズの解析結果

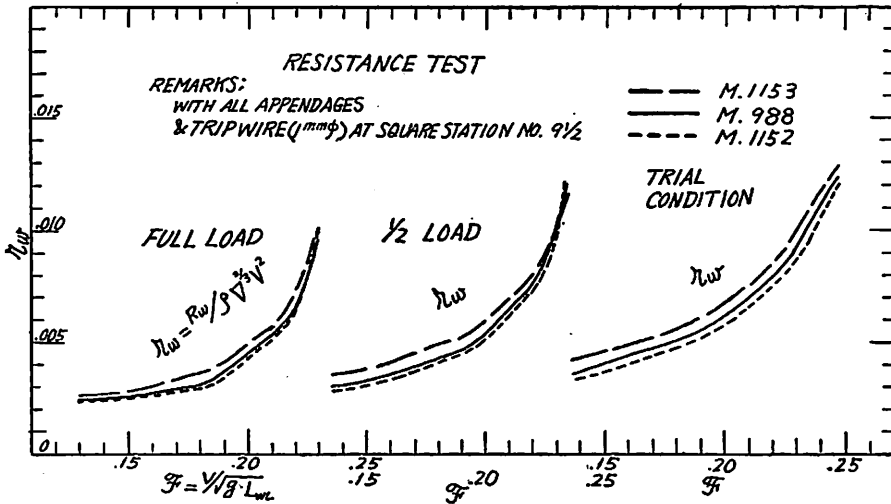


第6図 B〜シリーズの剰余抵抗係数



第7図 B〜シリーズの自航試験結果





第8図 B/d~シリーズの剰余抵抗係数

抗および自航試験成績をフルードの方法で解析した結果の一部を第5図に示す。第5図は、満載状態、フルード数 0.20 におけるものである。

これによれば、スラスト減少率  $t$  は  $C_b$  に無関係にほぼ一定であり、伴流係数  $w_e$  は  $C_b$  の増大に伴って明らかな増加を示している。従って船殻効率  $\eta_h$  は  $C_b$  の増大とともに大となる。また、プロペラ効率  $\eta_p$  は  $C_b$  の増大に伴って当然低下する。プロペラ効率比  $\eta_r$  は  $C_b$  が増加するとともに僅か増大の傾向を示す。最後に推進効率  $\eta$  は、船殻効率  $\eta_h$  の増加にもかかわらず、プロペラ効率の低下が大きいので、 $C_b$  が増加するとともに低下してゆることがみられる。

(2) B~シリーズ

本シリーズに使用した模型船の要目は第1表に、抵抗試験の無次元表現図を第6図に、自航試験の無次元表現図を第7図に示す。第6図の結果と  $C_b$ ~シリーズの結果を比較してみると、 $C_b$  が抵抗増加に対して著しい影響を持つこと、 $C_b$  が一定の場合には幅の大なるほど抵抗大なることがわかる。

以上の抵抗および自航試験の結果について、フルードの方法で解析した結果の1例を満載状態について前掲の第5図中に示

した。これらによれば、同一の  $C_b$  ではスラスト減少率とプロペラ効率比とは船幅に無関係にほぼ一定であり、伴流係数は幅が大きくなると明らかに増加することが示される。従って船殻効率は幅が増大するとともに大となる。しかし、推進効率は船幅によりあまり変化しない。これは船殻効率の増大とプロペラ効率の低下が相殺しているためである。

従って、 $C_b$ ~シリーズと B~シリーズの結果から、

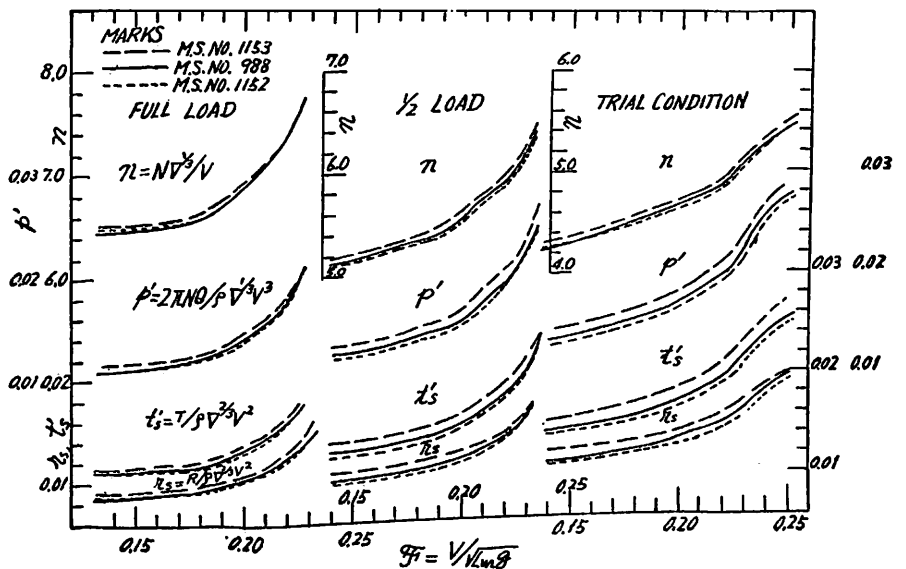
(i)  $C_b$  が一定のときには、幅の小さい方が推進性能上有利である。

(ii) 排水量が一定の場合には、幅を大として  $C_b$  をなるべく小さくした方が有利である、といえることができる。

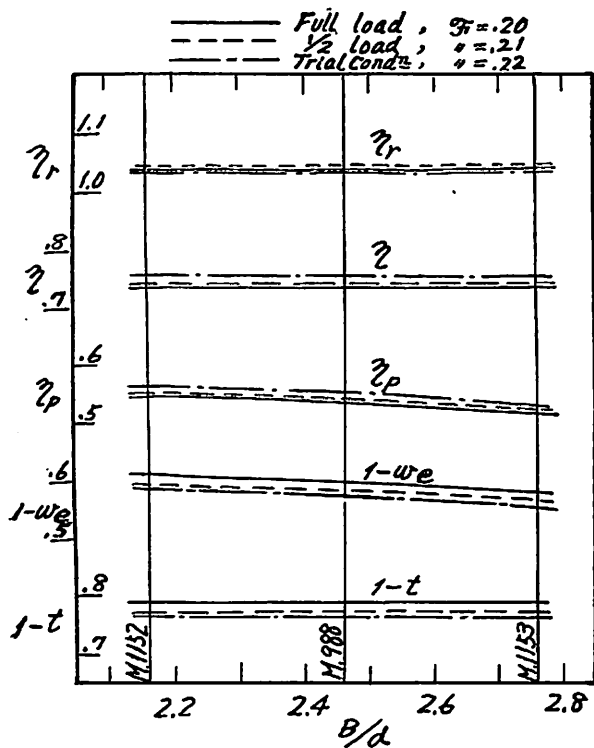
(3) B/d~シリーズ

このシリーズに使用した模型船の  $C_b$  は、第1表に示す如く 0.80 および 0.82 の2種である。ここでは  $C_b$  が 0.80 のものについて、その試験結果の概略を説明する。

抵抗試験結果の無次元表現図を第8図に示す。図によれば、幅~吃水比 (B/d) の増加にともない、抵抗増加の



第9図 B/d の自航試験結果



第 10 図 B/d シリーズの解析結果

割合が大きくなっていることがわかる。なお、全抵抗として考える場合には、B/d の増加は浸水面積の若干の増加を伴うから、それによる差も考えに入れる必要があるわけである。

自航試験結果の無次元表現図を第 9 図に示したが、ここでも抵抗試験と同様な傾向をみることができる。

これらについてフルードの方法で解析した結果の 1 例を第 10 図に示す。図によれば、スラスト減少率、プロペラ効率等にはほとんど変化がみられないが、伴流係数は B/d の増加とともに増加の傾向を示す。従ってプロペラ効率は低下するが、一面船殻効率が大きくなるから、両者相殺して推進効率には大きな差は表われていないことがわかる。

これらの傾向は  $C_b$  が 0.82 の場合にも略同様であった。

(4)  $r/L$  シリーズ

このシリーズに使用する模型船の  $C_b$  も第 1 表に示す如く 0.80 および 0.82 の 2 種類である。

このシリーズは日本造船研究協会第 41 研究部会（超大型船の巡航性能に関する研究）

の昭和 33 年度および 34 年度（予定）における系統的模型試験のなかの研究テーマの一つに選定され、今秋から実施される予定である。

(5)  $C_b$  シリーズ

本シリーズでは、 $C_b$  は差当たり 0.80 の 1 種類であるが、今後 0.82 のものについても実施されるであろう。

これに対する抵抗・自航試験は目下実施中であって、今秋の運研研究発表会には成績をとりまとめのうえ発表の予定である。

(6)  $F_r$  シリーズ

本シリーズは、 $C_b$  シリーズ中の 1 隻、すなわち  $C_b$  が 0.80 のものを原型として、前半部形状を原型より U 型にせるもの 1 隻、V 型にせるもの 1 隻、後半部形状を原型より V 型にせるもの 1 隻からなっている。

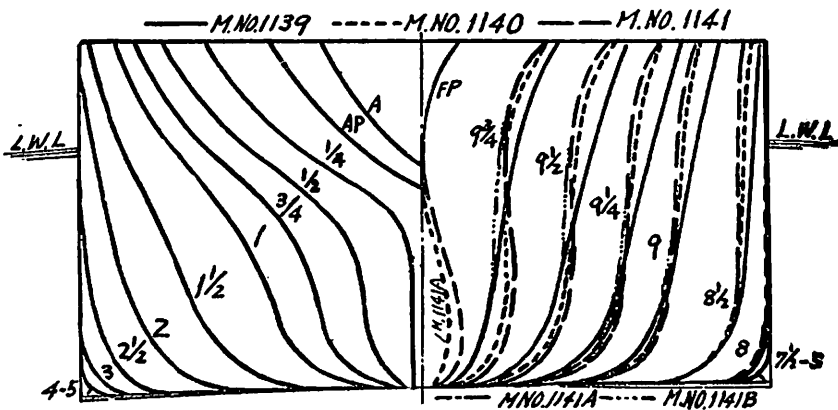
このシリーズに関する諸試験も、日本造船研究協会第 41 研究部会中の研究テーマとして採用されており、昭和 34 年春に実施される予定である。

UT シリーズに関するこれらの各シリーズの模型試験が終了すれば、超大型船についての有効馬力および自航要素等の推定チャートを完成できる見込みである。現在、この種チャートとして一般に使用されているものには、前述の所謂テイラー図表およびトッド等によるシリーズ 60 の図表等があるが、UT シリーズによる図表が完成すれば、特に  $C_b$  の大きな肥大船型用のチャートとしてその利用価値は大なるものがある。

次に、以上の UT シリーズと異なる母型をもつ若干のシリーズ・テストの結果について述べよう。

(B) 普通型船首と球状船首の比較について

この両船首形状の比較試験は、船舶推進部においてもすでにいくつかの種類の超大型船の模型について実施済みであるが、ここでは、その代表的な例の一つとして、



第 11 図 球状船首模型の 1 例

第 2 表 模型船要目表 (バルブの比較)

模型船番号	1139	1140	1141	1141A	1141B	
主要寸法	LPP m	7.000				
	B m	.946				
	d m	.382				
	$\nabla$ m <sup>3</sup>	2.034		2.033	2.028	
諸係数	C <sub>b</sub>	.807		.805	.803	
	C <sub>p</sub>	.814		.812	.811	
	C <sub>m</sub>	.991		.991		
	$f_{cb}$ (%)	-1.80	-1.81	-1.82	-1.73	-1.63
船首形状	普通型	4%バルブ	6%バルブ	4%バルブ	普通型	

両者の比較の大略を述べることにする。

第 11 図に示すものは、ここに例示する模型船の線図であり、第 2 表に示すものはその要目である。

船首形状の比較に関しては、種々の実験の組合せが考えられるが、ここでは次のような方針で比較試験を実施した。

- (i) 船体後半部形状は変更しない。
- (ii) バルブを付した場合でも、満載排水量および浮力中心位置が一定となる如く、船体前半部のプリズマチック曲線を変更する。
- (iii) 若干の模型船に対してはバルブを順次けずりおとして普通型船首にもどし、その際の推進性能の変化も調べる。

第 11 図に示す船型について得られた結果の 1 例を第 12 図に示す。本図は、バルブの大きさをベースにとり、縦軸にアドミラルティー係数を示したものである。

他の大型肥大船型について行なった実験の結果もバルブの大きさに関しては、第 12 図に示すところと大同小異であって、普通型船首と球状船首の比較試験の結果は、大略次のようにまとめていることができる。

- (1) 球状船首のバルブの大きさは、満載状態に対しては約 4%前後が最良であるが、その差はあまり大きなものではない。
- (2) バルブを順次削り落とした試験 (第 12 図に点線をもって示す。) では、これらの模型船相互間の満載状態における推進性能には差が見られない。このことから見ると、球状船首の採用は、推進性能に変化を与えずに、若干の排水量の増加および浮力中心位置の前方への移動を可能ならしめる利点があるものと認められる。
- (3) 軽吃水状態では、普通速度範囲内においては、大体バルブを付すると抵抗が増大する。
- (4) スラスト減少率、伴流係数等の自航要素には大きな変化がみられない。

(5) バルブの形状としては、バルブの面積を下方に集中する、いわゆる「玉ねぎ」型よりも、ある程度縦方向に分布させた「らっきょう」型の方が成績は一般に良好である。

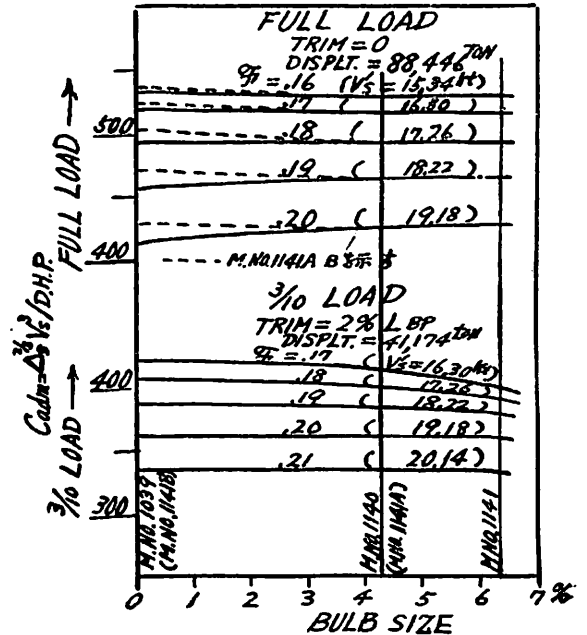
(C) 巡洋艦型船尾の形状について  
1 軸大型油槽船で、プロペラ直径を小として、クルーザースターンを大とした場合の、推進性能の変化の様相を明らかにするためのシリーズ

・テストも行なった。

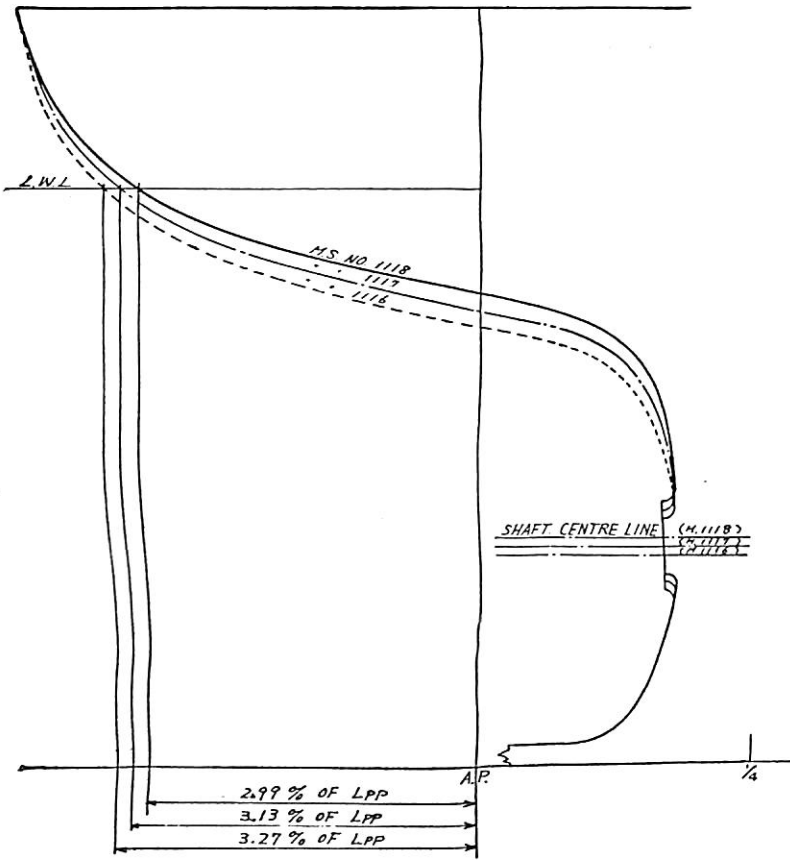
この試験に用いた模型船および模型プロペラの要目を第 3 表に、変化させた船尾の形状を第 13 図に示す。

舵は、平衡型反動舵とし、船尾の形状が変化した場合の幅は一定とし、高さのみを変化させた。また、プロペラ軸の模型船底からの高さは、プロペラの直径に応じて変化させた。

第 14 図は、各模型船の満載状態における試験結果を解析せるものである。これによれば、満載吃水線上の長さを長くした場合には、スクルー・アバーチュアが小さくなり、そのためにとりうるプロペラの直径が小さくなり、プロペラ効率が低下する。この低下は、伴流による利得よりも大きいため、結果として推進効率は若干低下する。一方、ここには示さなかったが、水線上長さの増大により、当然抵抗の若干の減少が見られたが、この減少は推進効率の低下と相殺されて、実際の推進馬力には



第 12 図 バルブの大きさと  $C_{adm}$ 。



第13図 船尾形状

第3表 模型船および模型プロペラ要目 (船尾形状の比較)

模型船番号	1116	1117	1118
LPP m	6.000		
LWL m	6.196	6.188	6.180
B m	.844		
d m	.338		
▽ m <sup>3</sup>	1.3336	1.3335	1.3333
C <sub>b</sub>	.780		
C <sub>p</sub>	.788		
C <sub>∞</sub>	.990		
l <sub>cb</sub> (%)	-0.52		

模型プロペラ番号	969	968	938
D m	.2022	.2122	.2221
BOSS. R	.213	.203	.194
H/D (dec)	.825	.735	.657
EXP. A. R.	.463	.465	.466
Z (羽根数)	4		
SECTION	エーロフォイル		

巡洋艦型船尾の長短による差はほとんど生じないことが知られた。

第15図は、スクリュー・アパーチュアの一番大きい模型船 (M. No. 1118) に直径の異なる3ケのプロペラをそれぞれ装備して試験を行なった結果を満載状態について示したものである。これによれば、伴流による利得または損失と、プロペラ効率の低下または上昇の度合とが略々同程度となって、推進効率の変化はほとんど見られず、変化をみとめるとしても、ごくわずかにプロペラ直径の大なるものが、推進効率がよくなる程度であることがわかった。

これらの解析結果は、正確にはここに示したような船型にのみ当てはまることであるが、同様な傾向は、この種大型船の船尾の形状の変化に対して認めてよいであろう。

### 3. 模型船と実船の推進性能に関する相互関係

模型船による水槽試験成績から如何にして実船の推進性能を推定するかという問題は、船舶の超大型化とから見て最近の船型学における最も重要且つ困難な問題の一つであって、いまだ完全な理論的な方法は見出されていないのが実状である。

しかし、理論的にはともかく、多くの水槽試験資料および実船の海上性能を解析して、帰納的に実用上充分使用しうる程度の推定を行なうことは現在すでに可能となっている。

以下、模型船と実船の成績を相関づけるに当って考慮すべき若干の問題点のうち、二、三について簡単に触れることにする。

#### (A) 摩擦抵抗

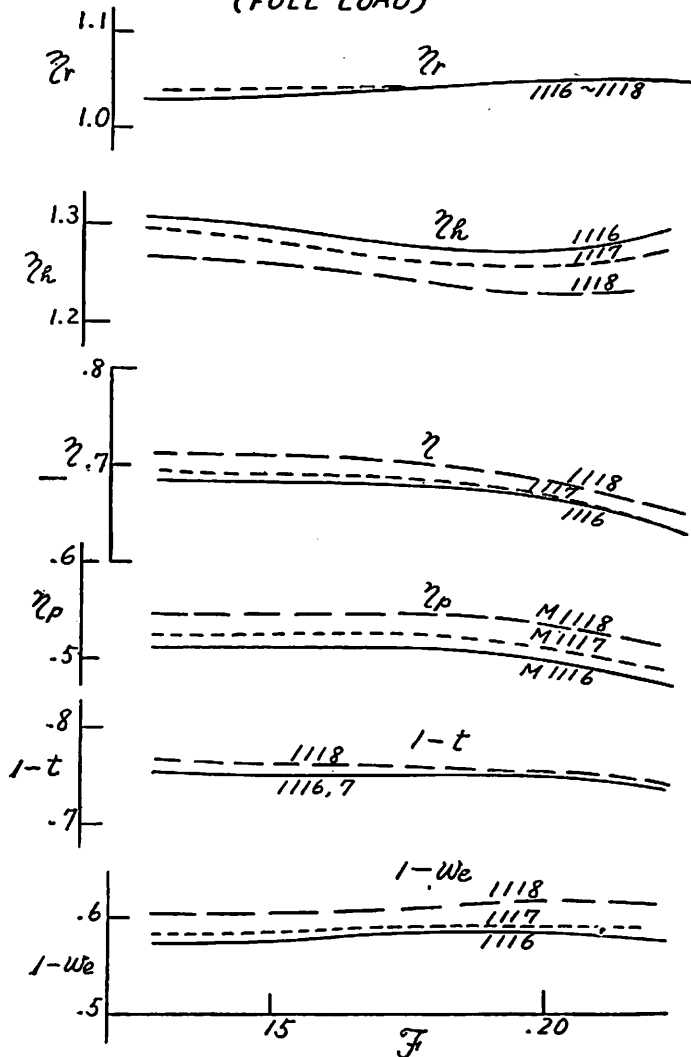
今年6月、造船協会試験水槽委員会国内摩擦抵抗小委員会が大阪で開かれた。その議題の一つに、I. T. C. "1957" Model-Ship Correlation Line に対する検討があった。このラインは、摩擦抵抗係数  $C_f$  を次式で表わしている。

$$C_f = \frac{0.075}{(\log R - 2)^2}$$

このラインは、その名称が示しているように模型船と実船の間の抵抗に関する相関を与えるために、実際の工学目的に役立つ公式として、マドリッドで1957年に開催された国際試験水槽会議において勧告されたもので

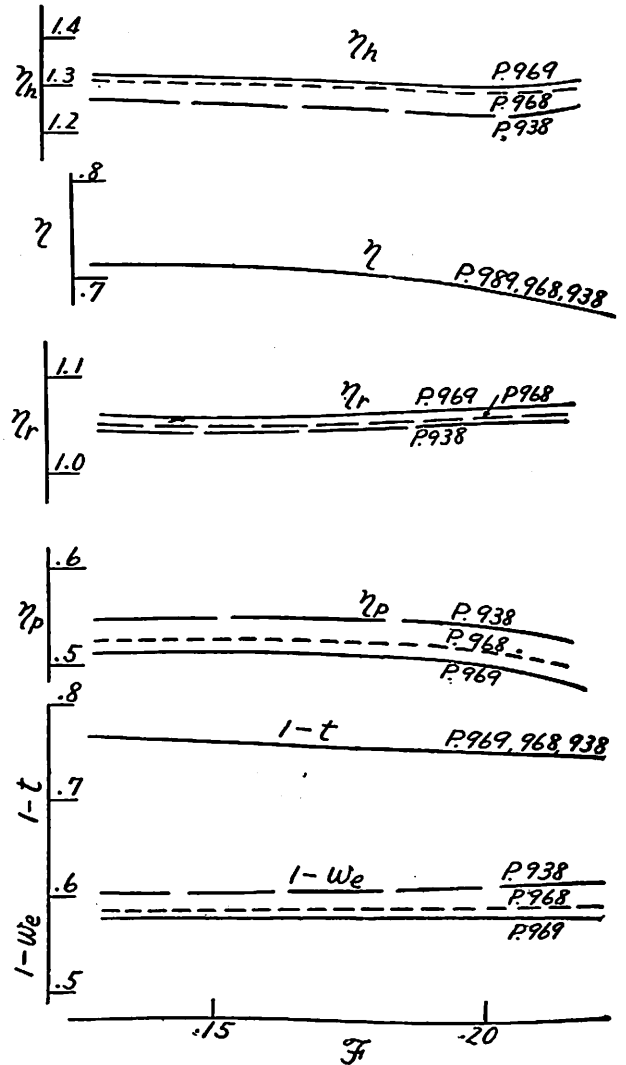


M1116xP969, M1117xP968, M1118xP938  
(FULL LOAD)



第 14 図 船尾形状の影響

M1118xP969, P968, P938 (FULL LOAD)

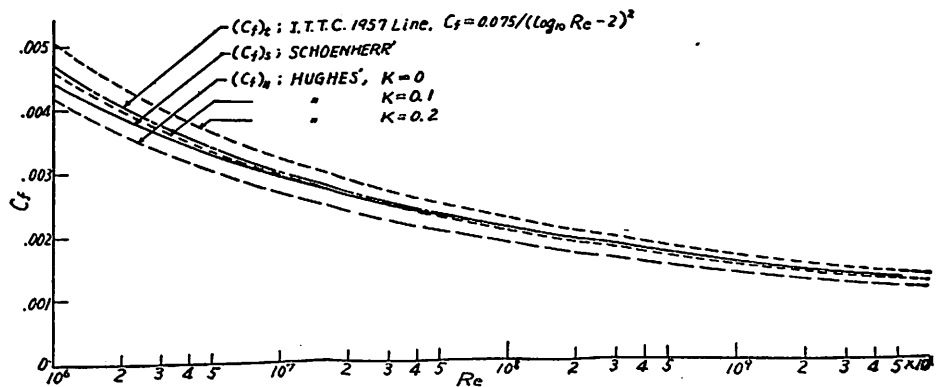


第 15 図 プロペラ直径の影響

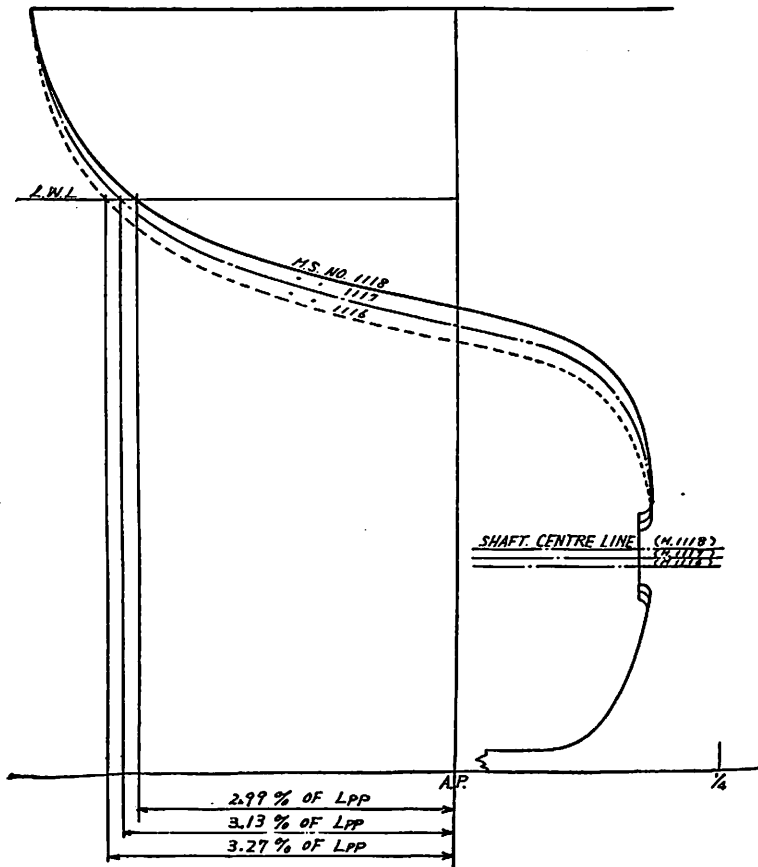
った。

しかし、種々検討の結果、この式もまた現在までの幾多の摩擦抵抗算式が示しているような船舶の摩擦抵抗に対する矛盾を解決するものではないことがわかった。すなわち、たとえば、大型船で粗度修正係数が負号をとる点も解決されていないし、適当な形状係数についても触れることがない。

第 16 図に他の主な算式とともに、このラインを示したが、その与えるところのものは大同



第 16 図 各種摩擦抵抗算式を示す値



第13図 船尾形状

第3表 模型船および模型プロペラ要目 (船尾形状の比較)

模型船番号	1116	1117	1118
LPP m	6.000		
LWL m	6.196	6.188	6.180
B m	.844		
d m	.338		
$\nabla$ m <sup>3</sup>	1.3336	1.3335	1.3333
C <sub>b</sub>	.780		
C <sub>p</sub>	.788		
C <sub>m</sub>	.990		
l <sub>cb</sub> (%)	-0.52		

模型プロペラ番号	969	968	938
D m	.2022	.2122	.2221
BOSS R	.213	.203	.194
H/D (dec)	.825	.735	.657
EXP. A. R.	.463	.465	.466
Z (羽根数)	4		
SECTION	エーロファイル		

巡洋艦型船尾の長短による差はほとんど生じないことが知られた。

第15図は、スクリュー・アパーチュアの一番大きい模型船 (M. No. 1118) に直径の異なる3ケのプロペラをそれぞれ装備して試験を行なった結果を満載状態について示したものである。これによれば、伴流による利得または損失と、プロペラ効率の低下または上昇の度合とが略々同程度となって、推進効率の変化はほとんど見られず、変化をみとめるとしても、ごくわずかにプロペラ直径の大なるものが、推進効率がよくなる程度であることがわかった。

これらの解析結果は、正確にはここに示したような船型にのみ当てはまることであるが、同様な傾向は、この種大型船の船尾の形状の変化に対して認めてよいであろう。

### 3. 模型船と実船の推進性能に関する相互関係

模型船による水槽試験成績から如何にして実船の推進性能を推定するかという問題は、船舶の超大型化とからんで最近の船型学における最も重要且つ困難な問題の一つであって、いまだ完全な理論的な方法は見出されていないのが実状である。

しかし、理論的にはともかく、多くの水槽試験資料および実船の海上性能を解析して、帰納的に実用上充分使用しうる程度の推定を行なうことは現在すでに可能となっている。

以下、模型船と実船の成績を相関づけるに当って考慮すべき若干の問題点のうち、二、三について簡単に触れることにする。

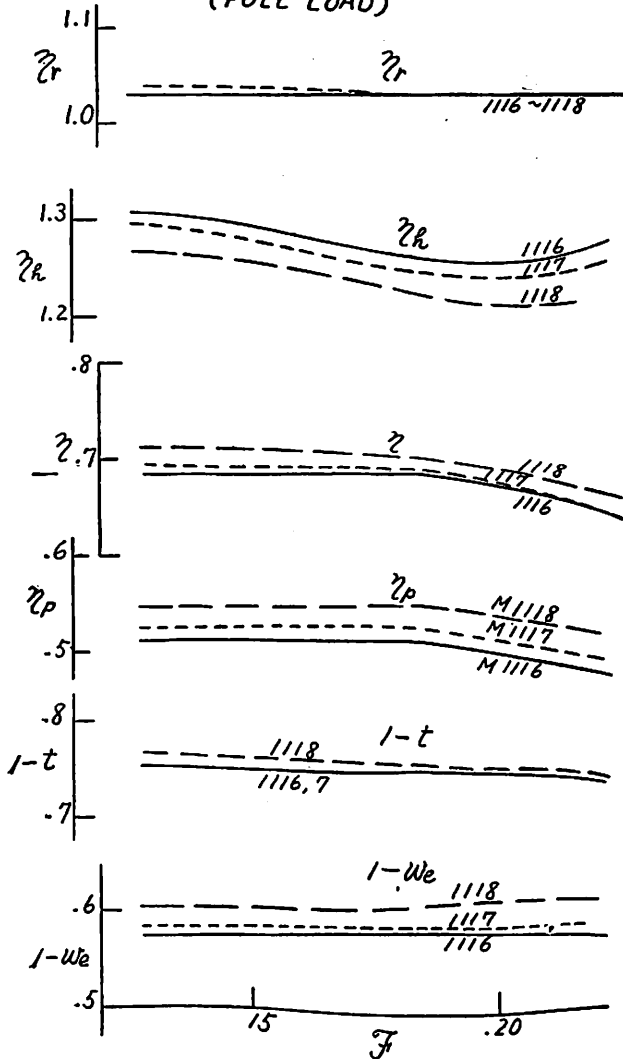
#### (A) 摩擦抵抗

今年6月、造船協会試験水槽委員会国内摩擦抵抗小委員会が大阪で開かれた。その議題の一つに、I.T.T.C. "1957" Model-Ship Correlation Line に対する検討があった。このラインは、摩擦抵抗係数  $C_f$  を次式で表わしている。

$$C_f = \frac{0.075}{(\log R - 2)^2}$$

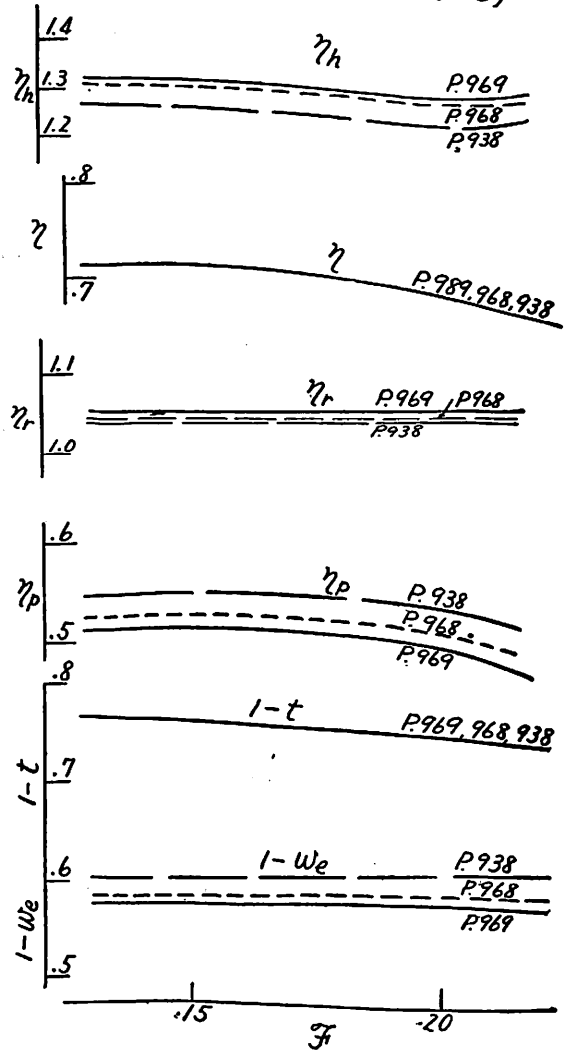
このラインは、その名称が示しているように模型船と実船の間の抵抗に関する相関を与えるために、実際の工学目的に役立つ公式として、マドリッドで1957年に開催された国際試験水槽会議において勧告されたものであ

M1116xP969, M1117xP968, M1118xP938 (FULL LOAD)



第 14 図 船尾形状の影響

M1118xP969, P968, P938 (FULL LOAD)

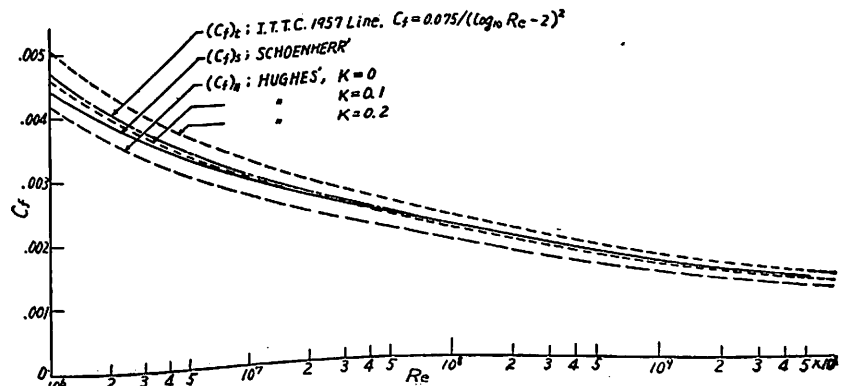


第 15 図 プロペラ直径の影響

った。

しかし、種々検討の結果、この式もまた現在までの幾多の摩擦抵抗算式が示しているような船舶の摩擦抵抗に対する矛盾を解決するものではないことがわかった。すなわち、たとえば、大型船で粗度修正係数が負号をとる点も解決されていないし、適当な形状係数についても触れることがない。

第 16 図に他の主な算式とともに、このラインを示したが、その与えるところのものは大同



第 16 図 各種摩擦抵抗算式を示す値

小異といふことができる。

従つて、この公式は従來の方法に比べて長所を認めることができず、また將來作られる実用的な工学目的のための摩擦抵抗公式としては、最小限適当な方式の形状係数と粗度修正係数とを含むことが必要であるといふことができよう。

このために、国内摩擦抵抗小委員会は、

(1)レイノルズ数の広い範囲にわたつて、アスペクト比を変化した場合の平板摩擦抵抗実験値の再検討

(2)形状係数の研究

(3)実船の外板表面の粗さと関連づけた粗度修正係数の研究

を国内的にも、また国際的にも行なうことが望ましいと勧告している。

以上により、現在の摩擦抵抗算式は、そのいずれを用いても、その公式をそのまま使用したのでは模型船の成績から実船の成績を正確に求めることはできないことが推察されるであろう。このために、各試験研究機関や、造船設計者は、今までの多数の資料を解析して得た実船の船体摩擦抵抗を求めるための修正係数を用意して、それと今までの算式を併用しながら実船の馬力推定を行なっているのが実状だといへよう。当部においても、もちろんこれらの各種資料を着々用意しつつあるが、それらの説明は次の機会にゆずりたい。

(B) 伴流係数

模型船と実船で伴流係数が相異し、それが大型船になるほど顕著になってゆくこともよく知られた事実である

この両者の相関についても、いまだ世界的に権威ある公式や図表は発表されていない。

このために当部においては、模型船と実船の成績を比較解析して、第17図に示すような経験的図表を作成し、実用上の目的には良好な結果を収めている。

第17図からもわかるように、船が大型化するに従い、模型船と実船の間の伴流係数の差は大きくなる。従つて実船の正確な馬力推定、プロペラの設計等に対してこれらの関係を把握することは、きわめて大切なことといわねばならない。

(C) 浅水影響

瀬戸内海で試運転を行なつた大型油槽船の成績には、浅水影響が含まれており、そのためにその試運転成績は本来のあるべき性能を示していない場合が多い、とよくいわれている。

夏研においては、この間の事情を調べる目的で、昨夏超大型船の浅水影響に関する予備試験を行なうとともに、今秋詳細な模型実験を実施中である。

昨夏の予備試験の結果からみると載貨重量 46,000 吨程度の超大型船では、満載状態で水深無限大の場合にくらべて、水深 30m では約 12%、水深 60m では約 4% 前後の馬力増加を定格馬力附近で示し、また同一馬力に対応するプロペラの回転数は、水深が浅くなるとともに低下し、水深 30m では水深無限大にくらべて約 1.5% の低下を示している。

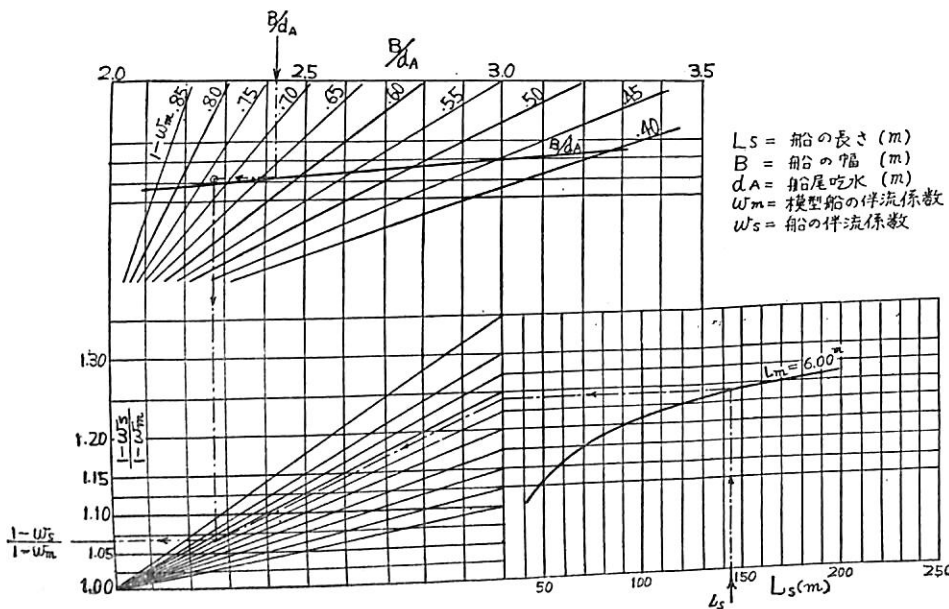
この例からもわかるように、水深が大型船の性能に影響を及ぼすことはかなり著しいものがある。今秋の実験

結果の一部は、11月上旬の夏研研究発表会に報告の予定である。

(D) 標柱間試験における助走距離

大型タンカーのように排水量当りの馬力が小さくなると、慣性の影響が無視できぬ程度になってくる。谷口氏によれば、船に重力加速度の10万分の2の加速度があると、船体抵抗に1%の誤差を生ずる。

従つて、標柱試験においては、慣性の影響がないような条件で速力試験を行なわねばならない。



第17図 1-w 図表



載貨重量 45,000 吨型タンカーについて、谷口氏が概算されたところによると、合理的な精度において標柱間速力を求めるためには、その最小助走時間は、MCRにおいて 8.6 分、 $\frac{1}{2}$ MCR において 17.2 分、最小助走距離は、MCR において 2.4 浬、 $\frac{1}{2}$ MCR において 4.0 浬となっている。

これらの数値は、今までの常識よりはるかに長い助走距離の必要なことを示しており、超大型船の標柱間試験における助走距離の重要性を認識させるものである。

(E) 実船の馬力推定

建造される超大型船の大半は水槽試験が実施されるから、ここに今までのまとめの意味で模型船の成績から実船の馬力を推定する方法に関し簡単に触れておきたい。

船の伝達馬力 DHP はその有効馬力 EHP を基として次のような形で求められる。

$$DHP = EHP / \eta$$

ここに  $\eta$  は推進効率で次式で表わされるものである。

$$\eta = \frac{1-t}{1-w} \eta_{ps} \eta_r$$

従って、ここでは、実船の有効馬力の求め方をまず述べ、続いて実船の  $\eta$  を算定する方法について述べる。

(1) 実船の有効馬力、または抵抗を求めるには、それを摩擦抵抗と剰余抵抗に分けて考える。このうち剰余抵抗に対しては、その抵抗係数は模型船でも実船でも同一とする。

次に摩擦抵抗に対しては、模型試験は滑面の状態で行なわれるから、実船の船体表面粗度に対する適当な修正を模型試験結果に対して行なう必要がある。形状係数を使用する場合には、模型船と実船の間に形状係数の差異はないという仮定を使用しているから、実船にも同一の形状係数を使用する。すなわち、摩擦抵抗係数の形にすると模型船に対しては

$$C_{fm} = C_{f1}(1+K)$$

であるが、実船に対しては

$$C_{fs} = C_{f2}(1+K) + \Delta C_f$$

となる。

従って、実船の全抵抗係数  $C_t$  は次の形で表わされることになる。この全抵抗係数を使えば実船の抵抗、従って有効馬力を求めることができる。

$$C_t = C_r + C_{fs}$$

(2) 推進係数の修正に対しては、模型船と実船の間の伴流係数の差およびこれに基づくプロペラ単独効率の修正を行なう。スラスト減少率およびプロペラ効率比は、今までのいくつかの水槽試験によると、模型船と実船の間では差がないことが確かめられているから、その修正は

行なわない。

従って、実船の推進効率  $\eta_s$  は、次のようになる。

$$\eta_s = \frac{1-t}{(1-w_s)} \eta_{ps} \eta_r$$

この際、 $\eta_{ps}$  はそのプロペラの単独性能曲線を利用して求めればよい。

故に、(1)および(2)を用いれば、実船の伝達馬力は、かなり実状に近い条件で求めることができるわけである。

以上の詳細についてはすでに一部発表済みであるが、現在当部で実施中の実船試運転の解析がまとまれば、具体的な資料を含んだ報告が行なわれる予定である。

実船のプロペラの回転数も同様な方法で求めることができるが、ここでは省略する。

4. むすびと記号

以上簡単ではあるが、平水中における超大型船の抵抗推進に関する問題の若干について述べた。触れるべくして触れなかった問題も沢山あることと思うが、何らかのご参考になれば望外の幸である。

なお本文中、模型船による系統的船型試験の中には三井造船(株)・川崎重工(株)・(株)播磨造船所との共同研究になるものがあることを附記して感謝の意を表す。

次に本文中の記号をまとめて記載する。

【記号】

- L<sub>pp</sub>: 垂線間長さ,
- B: 幅 (外板を含む)
- L<sub>wl</sub>: 満載吃水線上の長さ,
- d: 吃水,
- $\rho$ : 排水量
- R<sub>s</sub>: 実船の全抵抗,
- R<sub>w</sub>: 剰余抵抗
- N: プロペラの毎秒回転数,
- T: スラスト,
- Q: トルク,
- V: 速さ,
- n: 回転係数 ( $\rho^{1/2} N / V$ )
- $p^t$ : パワー係数 ( $2\pi N Q / \rho V^{2/3} V^3$ )
- $t_s^t$ : スラスト係数 ( $T / \rho V^{2/3} V^2$ )
- $r_s$ : 抵抗係数 ( $R_s / \rho V^{2/3} V^2$ )
- $r_w$ : 剰余抵抗係数 ( $R_w / \rho V^{2/3} V^2$ ),
- C<sub>f</sub>: 摩擦抵抗係数
- C<sub>r</sub>: 剰余抵抗係数,
- C<sub>t</sub>: 全抵抗係数
- $\Delta C_f$ : 粗度修正係数,
- K: 形状係数,
- w: 伴流係数
- t: スラスト減少係数,
- $\eta$ : 推進効率,
- $\eta_h$ : 船殻効率
- $\eta_p$ : プロペラ単独効率,
- $\eta_r$ : プロペラ効率比
- C<sub>aam</sub>: アドミラルティー係数

# 抵抗推進に関する研究

—波浪中の抵抗とプロペラ—

三菱造船株式会社  
本社研究部船型試験場長

谷 口 中

## 1. 波浪中の運動並びに抵抗

### 1.1 一般論

波浪中における運動や推進性能に関しては、スーパータンカーとして特別の取扱い方が必要なわけではなく、一般の船舶に対すると全く同様に取扱うことができる。これらに関し現在までに知られているところを要約すると次の如くである。

- (1) 実際の海洋の波は多数のエレメントウェーブのランダムな集合よりなる統計的現象として把握することができ、その海面の特性はこれらのエレメントウェーブの各々の波長に対する波高の自乗平均分布を表わすところのエネルギースペクトルによって規定される。
- (2) 波浪中の船舶の運動はこれらのエレメントウェーブ（これらエレメントウェーブの波長、波速等は古典的な規則波の法則に従う）に対するレスポンスをエネルギースペクトルに応じて重畳することによって求めることができる。従って波浪中の船舶の運動も統計的現象として、その特性はそれに対するエネルギースペクトルによって表わされる。
- (3) 海洋波のエネルギースペクトルはその海面を吹いた風の歴史と、海面の四周の地形的特性とによって決定される。

以上の知識によって、現状においては、ある与えられた海面に、与えられた風が吹く場合、もし船のエレメントウェーブ（規則波）に対するレスポンスさえ分っていれば、この船がこの海域を航行する場合の統計的な運動状況（例えば平均のピッチング角、ピッチング角度がある値を越す確率、あるいは船首が波をかぶる確率等々）が予測可能なところまで到達しているのである。船の波浪中での運動が定まると船体表面上での圧力分布も定まって、波浪中での抵抗増加もまた推定が可能となる。このように波浪中における船の性能に関するわれわれの知識は今次大戦後、著しく進展したのであるが、この中から特に船の設計に重要な関係のある結論を取上げると次の如くである。

(a) 波浪中の船体運動は一種の強制振動現象である。

従って波との出会い周期が船の自己振動周期に近い場合に船の運動は大きくなる。また波浪は種々のエレメントウェーブのランダムな集合であるから出会い周期が船の自己振動周期に近いような波長を持つエレメントウェーブが船の波浪中の運動を支配する

(b) 船の長さ  $L$  と、波長  $\lambda$  との関係については、 $\lambda/L \approx 1$  附近が波としての作用が最も大きい。これは  $\lambda/L$  が 0 または  $\infty$  に近い極限を考えると船に対する波の効果がなくなることからも大体推定できる。

（但しヒービングのみは  $\lambda/L \rightarrow \infty$  で最大となる）

(c) 波浪中の運動に対しては船の主要目（慣性モーメント、周期、長さ等）の相異による影響に比して船型的（body section の形状等）の相異の影響は比較的僅かである。

以上の結論から波浪中での激しい運動を避けるためにはエネルギーの大きいエレメントウェーブとの同調を避けることがまず第一で、第二にはもし同調するならば  $\lambda/L$  のなるべく 1 以下の小さい波に同調するように考えることが必要となって来る。波浪中の運動で最も重要なピッチング、ヒービング等においては、その自己振動周期は船の大きさと大体定まる。この意味で主要目の選定が波浪中の性能をまず第一義的に決定してしまうというよい。長さ、排水量が一定の場合には慣性半径はできるだけ小さい方が自己振動周期を小さくし、従って同調波の波長も短くなるので一般には有利となる。勿論、これら主要目が全く等しい場合には船型的の相異の影響が現われ例、例えば、V型の船首断面の方がU型より船首の上下運動が少ない（その代り抵抗増加は普通大きくなる）等の結果が出、て来るが主要目の選定が不適当な場合、これを船型的の改良でカバーせんとする如きは考え方として誤ったものといわねばならない。また波浪中における船首の波かぶりが激しい場合、船首のフリーボードを高くすることが第一に必要で、これを船首のフレアーの増大で改善せんとすることは効果が少ないといわねばならない。

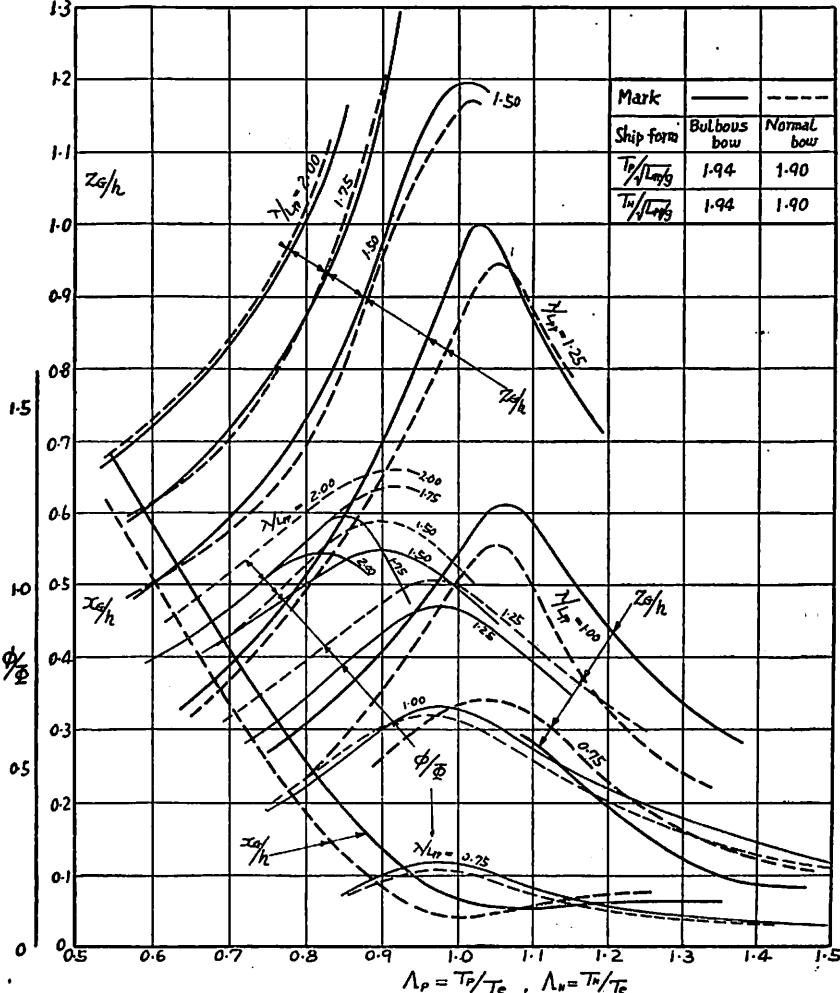
### 1.2 スーパータンカーの波浪中性能

前節で一般の波浪中での運動は、規則波であるエレメントウェーブ中での運動が既知であれば、これから組立て可能であることを述べた。従ってわれわれは波浪中の性能の研究の基礎としてまず規則波中での研究を行なわ

ねばならない。特に船型の影響については、規則波中でのレスポンスの少ないものと同じ不規則海洋波中では少ないレスポンスを示すから、船型の対波浪性能の優劣は規則波に対するレスポンスのみで判定できる。この意味で規則波中の研究は非常に重要な意味を持つ。以下、われわれがスーパータンカーの模型を用いて行なった規則波中での実験・研究について主要点を紹介のこととする。

第1図、第2図は、 $C_b = 0.8$ のスーパータンカーの模型 ( $L_{pp} = 4.2m$ ) の波浪中自航試験の結果を示したものである。図において実線は bulbous bow 型の船型の

はピッチングの自己振動周期、 $T_H$  はヒービングの自己振動周期、 $T_e$  は波との出会いの周期) 船体重心の前後動は wave factor には無関係に一本の曲線で表わされ、 $\Delta_p$  または  $\Delta_H$  の小さい場合に大きく、 $\Delta_p \approx 1$  に向って急減し、 $\Delta_p > 1$  以上においては  $x_G/h \approx 0.05$  という小さい値となる。なお  $\Delta_p \approx 1$  においては bulbous bow 型の方が前後動がやや大きくなっている。ヒービングはほぼ tuning ( $\Delta_H = 1$ ) の所で極大を示し、wave factor の増加と共にヒービング  $Z_G/h$  は増加しているが、これは当然予測されるところであって、ヒービングに対する波の

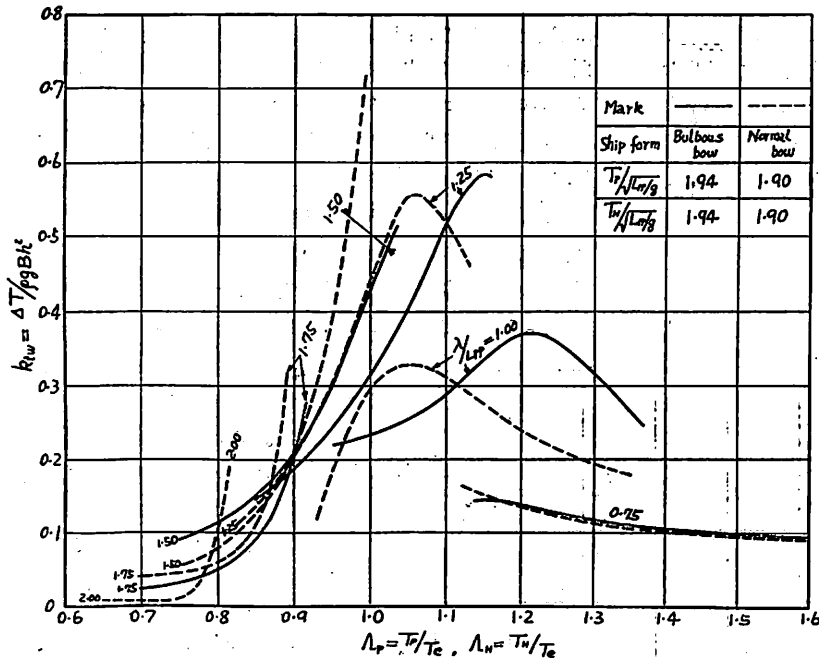


効果は wave factor が大きいほど大きいはずである。Wave factor  $\lambda/L_{pp}$  が 1.5 以下では bulbous bow 型の方が幾分ヒービングが大きくなっているが、その差は僅かであり、波長が長くなるに従ってその差は減少している。ピッチングについては、ヒービングに対するほど単純な tuning を示さず、同調の極大値は wave factor によって  $\Delta_p = 1$  から 0.8 程度の間で変化している。そして短い波 ( $\lambda/L_{pp} \approx 1$ ) では bulbous bow 型が僅かに多くピッチングし、長い波 ( $\lambda/L_{pp} \approx 1.5$ ) では normal bow 型の方がピッチングが大きくなる。第2図は波浪中における推力増加 (抵抗増加と考えて差支えない) を  $k_{tw} = 4T/\rho g B h^2$  なる無次元係数にしたものを  $\Delta_p$  に対し画いたものである。Bulbous bow 型と normal bow 型とは tuning の  $\Delta_p$  がかなり相異しているが、ピッチングの場合と同じように短い波では bulbous bow 型が僅かに抵抗増加が大きく、長い波では逆に normal bow 型の方が抵抗増加が大きくなっている。以上の結果は両船型ともそれぞれピッチング並びにヒービングの自己振動周期を等しく調節した

第1図 規則波中における運動性能 (スーパータンカー模型船, 満載状態)

場合を示し、破線は normal bow 型のものを示している。第1図は規則波中における船体重心の前後動の振巾  $x_G$ 、ピッチングの振巾  $\phi$ 、および重心の上下動 (ヒービング) の振巾  $Z_G$  をそれぞれ波高  $h$  或いは表面波傾斜の振巾  $\phi_0$  等で除して無次元化したものを tuning factor  $\Delta_p = T_p/T_e$  または  $\Delta_H = T_H/T_e$  に対し、wave factor  $\lambda/L_{pp}$  をパラメーターとして重ねて画いてある。(  $T_p$

の場合に対するもので、ピッチングの周期のみをさらに長いものに変更(実船の場合はむしろ前者の場合に近い) すると、以上述べた両船型相互間の関係は若干変化する。このように bulbous bow 型と normal bow 型との間に簡明な序列をつけることは甚だ困難で、全体を平均して著しい相異はないと考えるのがむしろ実際的ではないかと思ふ。例として第2図の推力増加係数曲線



第2図 規則波中における推力増加 (スーパータンカー模型船, 満取状態)

を用い、風速13m/s (25.3kn) で完全に発達した (Neumann のスペクトルに従う) 波浪海面を  $L_{PP}=245m$   $T_P=T_E=10sec$  のスーパータンカーが平均速力 16kn で航海する場合の波浪による平均推力増加を計算すると (オペレーショナルな取扱いが可能であるという仮定のもとに)、bulbous bow型では62.6%, normal bow型では62.5%の推力増加となり、実際的な相異は認められない。海面のエネルギースペクトルの極大がさらに長波長の方であった場合には bulbous bow型が傾向として優れ、エネルギースペクトルの極大が短波長の方であった場合には normal bow型が良くなる傾向にあることは、第2図より推測できるが、その差は大きくない。

このように既に1.1でも述べた通り、船型的な相異の影響はそれほど大きくはなく、波に対する主要目の関係が少し変れば覆われてしまうこととなるので、スーパータンカーにおいても、船型の優劣は、平水中の性能で判断して差支えないものと思われる。

### 1.3 横揺れ並びにその抵抗への影響

スーパータンカーが建造され始めた頃、このタイプの船にはビルジキールは不要であろうと考えられ、ビルジキールをつけないスーパータンカーがかなり建造された不要の理由としては

- (1) 船が大型のため、相対的に波の影響は小さくなるだろうと考えられたこと
- (2) 船の肥瘠度が大きくなり、ビルジサークルが小さくなるため、ビルジキールををつけなくても相当の動

揺減衰性能を持つようになるのではないかと考えられたこと

(3) ビルジキールの無い方が推進性能上、有利であろうと考えられたこと

等が挙げられる。ところがこの種、ビルジキールをつけないスーパータンカーは就航後動揺が激しいことが分り、後にビルジキールを取付けるようになったものもかなり出て来た。スーパータンカーとなって、動揺減衰性能が前述の(2)のように増加はしないということは、例えば Bertin の式を少し変形すれば予想ができるのである。即ち動揺減衰角  $\Delta\theta$  を

$$\Delta\theta = N\theta_m$$

なる形に表わした場合の動揺減衰性能  $N$  は Bertin によれば次の如く表わされる。

$$N = \text{const.} \times \frac{LB^3}{4a^3GMT^2}$$

$T_R$  を

$$T_R = 2\pi\sqrt{\frac{I/g}{4a^3GM}}$$

と書き代えて  $N$  の式に代入し、さらに

$$I = 4ak_R^2$$

と書いて変形すると、結局

$$N = \text{const.} \times \frac{1}{C_b} \times \left(\frac{B}{d}\right) \times \left(\frac{B}{k_R}\right)^2$$

を得る。スーパータンカーにあつては  $(B/d)$  は普通の商船より僅かに大きい、その差は20%以下であり、船巾  $B$  と慣性半径との比  $(B/k_R)$  は減少の傾向こそあれ余り大きい差のないことを考慮すると  $N$  はむしろ  $C_b$  に逆比例して減少することとなつて(2)の考え方と逆になることが推測される。

事実、模型動揺試験を行なつてスーパータンカーの動揺減衰性能を調べて見ると、ビルジキールの無い場合の  $N$  は普通の商船より相当に小さく、適当なビルジキールを装備して初めて、やっと普通程度の  $N$  になることがわかるのである。

一例として 65,000t 型スーパータンカーの模型について実験した結果を示せば第1表の如くである。

第1表 65,000t 型タンカーの横揺減衰係数、 $N(\theta_m = 10^\circ)$  の値



航走状態	停止時		航走時 (13~18kn 平均)	
	有	無	有	無
ビルジキールの有無				
満載状態	0.0141	0.0044	0.0172	0.0050
バラスト状態	0.0126	0.0088	0.0177	0.0122

即ちビルジキールなしでは普通の船の基準値 ( $N_{10} = 0.012 \sim 0.015$ ) の値か  $\frac{1}{2}$  ほどに過ぎず、ビルジキールをつけて初めて基準値程度となる。この事実と、大洋の波には同調動揺を生ずる長い波 (波長約 200m 以上) の成分が殆んど常に含まれていることを併せ考えると、ビルジキールのないスーパータンカーの動揺の激しいことがよく理解できるのである。

次に前述の(3)のビルジキールと推進性能との関係は、ビルジキールの装備によって必ずしも推進馬力が増加摩擦面積分だけ増加するという簡単な関係にはないようである。中央平行部を外れて極端に前後まで伸ばしたビルジキールが推進上有害なことは確かであるが、適当な割合の長さを持つビルジキールにあっては、その装備によってかえって推進馬力が僅か減少した例もかなり得ており、多数の実験結果からわれわれは次の如き結論を得ている。即ち、良好に設計されたビルジキールの場合に

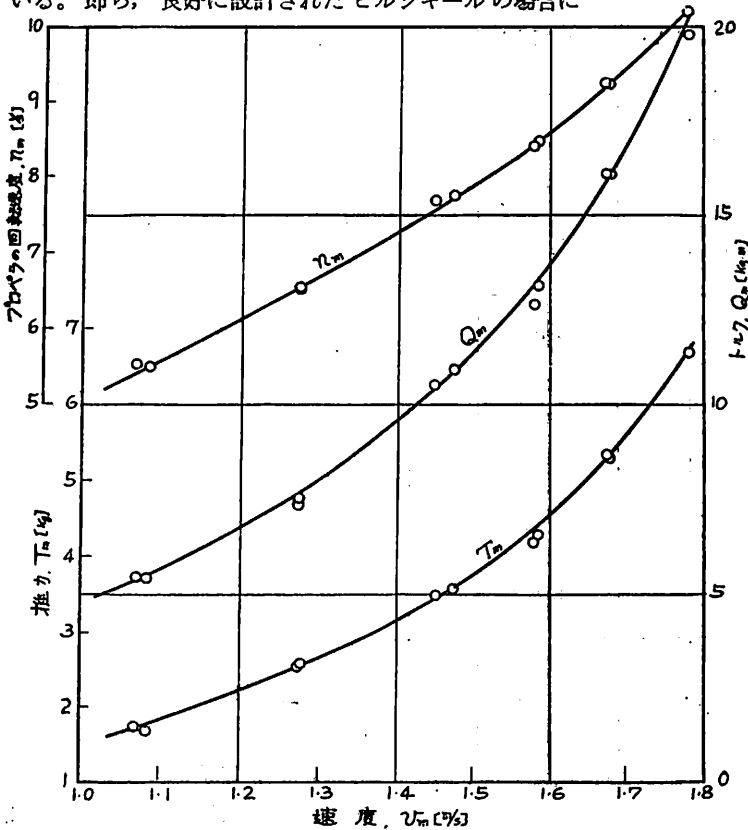
は、スーパータンカーに対しては、その装備により推進馬力は実質上殆んど増加しない、と。以上述べたところからスーパータンカーの波浪中の性能を考慮するとき、ビルジキールは決して無用のものではなく、むしろ是非入要なものであるといわねばならない。

次に動揺が、推進性能に及ぼす影響については、われわれが行なった多数の実験結果からその影響は極めて小さいと結論してよいと思う。即ち動揺振幅  $10^\circ$  程度までの動揺によっては平均推進馬力の増加は実用上無視して差支えない。

このことはピッチングやヒービングによって船体抵抗が著増するのに比べて著しい相異であるが、これは横動揺によって船体表面上の圧力分布の前後方向の対称性が殆んど損なわれないことから理解できると思う。一例として 32,800t 型タンカーの 7m 模型船を平水中で横動揺 (振幅  $5 \sim 10^\circ$ ) させながら自航させた場合の推力、トルク、プロペラ回転速度等を横動揺のない場合のそれらと比較したものを第 3 図に示す。これより、横動揺の影響は無視できることがわかると思う。

## 2. 波浪中のプロペラの性能

波浪中で動揺する船体のプロペラとしては、平水中の作動状態の外に、プロペラ位置における上下動の影響と、波の orbital motion による流速変化の影響とを考慮しなければならない。スーパータンカーの場合について考えると、上下動による速度の振幅は 5 m/s、波の orbital motion による速度の振幅は 2 m/s の程度のものが起りうると考えてよい。上下動はプロペラ翼が真横の位置にある場合に、その tangential vel. を変化する如く作用し、orbital motion によるものはプロペラの前進速度を変化するように作用する。プロペラの 0.7R 断面の回転速度は約 35 m/s、前進速度は約 5 m/s のオーダーであるから、上下動では回転速度に約 14%、orbital motion によっては前進速度に約 40% の速度変化が生ずると概算しうる。即ち一般には、上下動の影響より波の orbital motion の影響の方が大きいと考えねばならない。しかしながらこれらの波に変動の周期は約 10 秒の order であり、プロペラの 0.7R 断面の翼巾は 1 m の order と考えてよいから、非定常運動の程度を表わすパラメーター  $\left(\frac{c\omega}{2U}\right)$  はこれらの運動

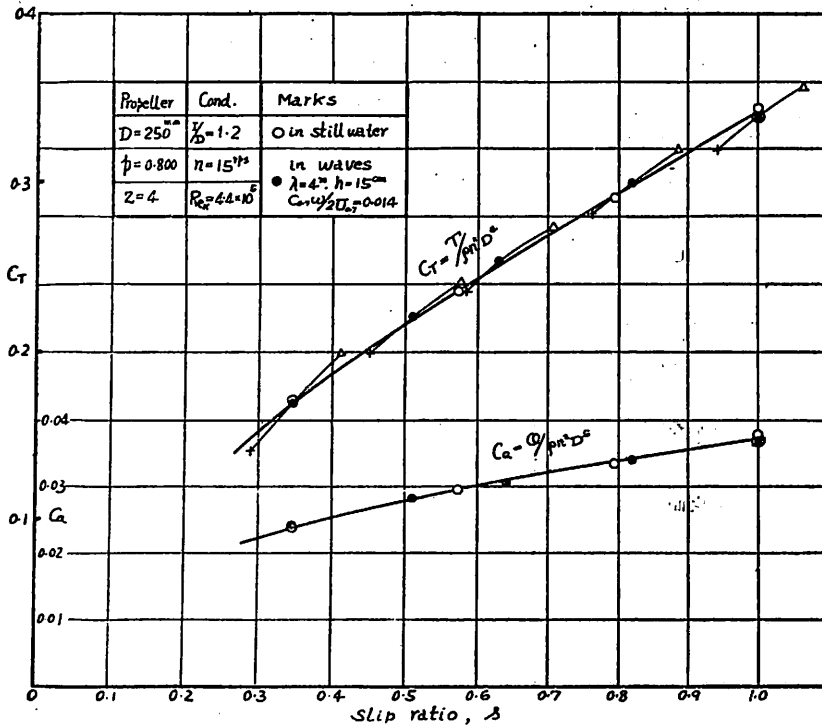


第 3 図 模型自航試験成績 (32,800 吨タンカー, 7m 模型船, 満載状態)

に対しては  $U=35\text{m/s}$  ととって、約0.01のオーダーとなる。即ちこれらの運動については非定常性の影響は無視できて、現象は準定常的に取扱って差支えないことが結論できるのである。そして波浪中の運動は平均値のまわりの波動現象であるから、ある程度の長さの時間の平均について考える場合には、これら変動の影響は互に打消し合って、結局プロペラの平均性能は平水時の性能と一致すると考えてよいこととなるのである。もっとも、波浪中の運動の周期が短かく、波長が短かく波高が大きくて、しかもプロペラの回転速度、前進速度ともに小さい（低速度で、steepな波浪中を航行する場合に相当する）場合にはパラメーター  $\left(\frac{c\omega}{2U}\right)$  が大きくなって、非定常性の影響を考慮せねばならなくなる。（即ちこのパラメーターが0.04程度に増大するとプロペラの推力は数%程度減少する）。

以上の結論は波浪中の推進性能の解析を非常に簡単にする有難い結論といわねばならない。

第4図はこれを立証する実験結果を示すものである。即ち直径250mmの4翼プロペラを波長4m波高15cmの規則波中でオープンテストを行なったもので、この場合非定常性のパラメーター  $\frac{c\omega}{2U}$  は0.014である。図におい



第4図 規則波中におけるプロペラ単独試験成績

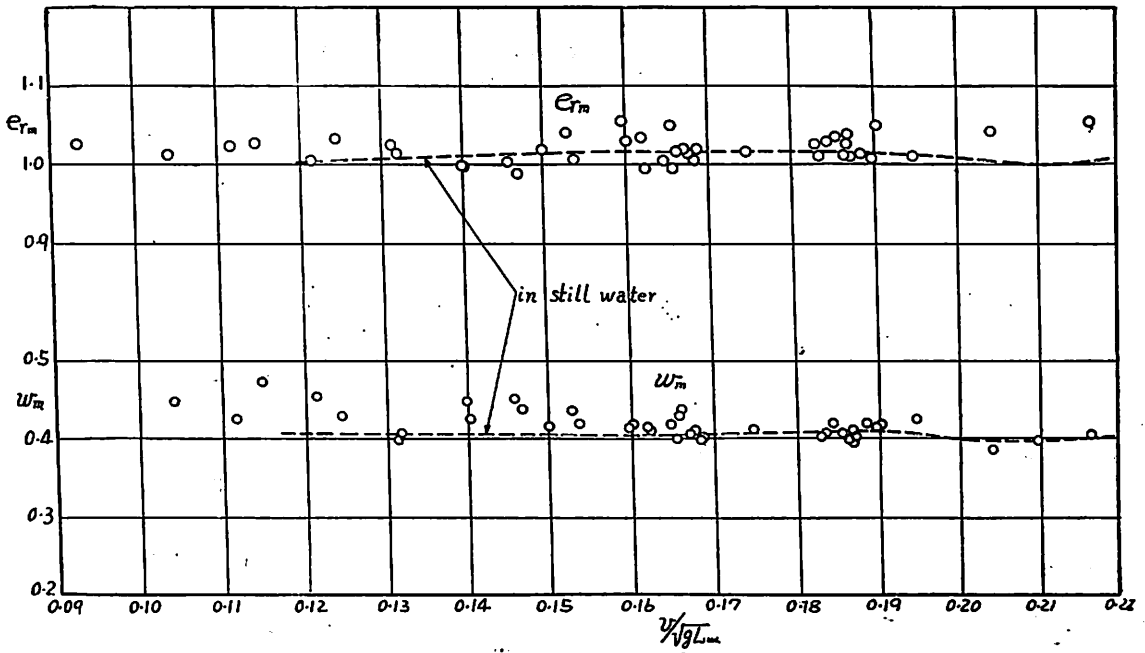
て、○は静水中の試験値を、●は波浪中の計測値の平均値を示すが、これらは実用上全く一致しており、上の結論の正当性を立証している。なお図中に△、+を以て示した（推力係数のみ）ものは、計測された変動推力の最大値および最小値を、orbital motion に基づく平均有効前進速度をプロペラの前進速度に補正（推力の最大が波の谷で、最小が山で起ることを考慮して）した修正速度に対し plot したものである。平均スリップ比0.344に対するものが少し外れているが、大部分の△、+は静水中の特性にはほぼ一致していることは上述した準定常的な取扱いが許されることを立証するものである。

### 3. 波浪中の推進性能

波浪中のプロペラ特性が時間的平均においては静水中のものとは変りはないと考えてよいことが立証されたので、波浪中の自航試験結果を、静水中のプロペラオープン特性を用いて解析することが可能となる。このようにして解析研究を行なった多数の実験結果から、われわれは次の如き結論を得ている。即ち実用的な目的に対しては、波浪中自航時の伴流係数も relative rotative eff. も時間的な平均においては、平水中の値と変りないと考えてよいというのである。第5図にその一例を示す。こ

れはスーパータンカーの7m模型船の波浪中自航試験成績を解析したもので、図中○は各航走毎の時間的平均値であり、破線は平水中自航試験の解析線である。ごく低速の伴流係数は前章で述べた非定常性の影響（特に波のorbital motionによる影響）が大きくなるため、バラツキが大きくなっているが、実用速度領域では上の結論の妥当性をよく立証している。

このようにして、波浪中の推進性能は非定常的な取扱いが実用的に許容されることが分ったので、波浪中の推力増加さえ実験的（または計算的に）に求めれば、これを平水時の推力に加え、爾後は平水時の馬力計算と全く同様の取扱いで、波浪中の軸馬力、回転数を算定することができる。かくて規則波中の船の性能、即ち動揺その他の運動性能並びに推進性能はすべて模型実験を基礎とし



第5図 規則波中の自航試験解析結果 (スーパータンカー7m模型船, 満載状態)

て推定が可能となるのである。この場合、前述の通り横動揺は横動揺そのものとして考慮すれば足り、推進性能に対してはその影響を考慮する必要はない。従って、波浪中の推進性能の研究に対しては横動揺は無視し主として正面向い波の場合について研究すればよいといえる。

規則波に対するレスポンスから不規則な実際の海面におけるレスポンスを推算する方法については、既に前述した通り波高の一次に比例する動揺角、上下動等については線型理論によって妥当性が証明されている。しかし波高の二次に比例する推力(または抵抗)増加については未だこうした理論的な妥当性は得られていない。しかしもし変数として推力増加そのものを考える代りに推力増加の平方根を考えるならば、実験的に分っている強制動揺的の性質から動揺等と同じオペレーショナルな取扱いが可能となることと思考され、この場合、分散に相当する所謂' $E'$ 'の値として、直接推力増加の全平均値が得られるのではないかと思う。1.1で挙げた不規則波中

の推力増加の見積りはこのような仮定によって行なったものであり、われわれが行なった日型丸の喫船実験成績と、規則波中の模型実験成績との比較研究の結果は、この仮定を支持している。

なお以上繰返し述べた如く、波浪中の性能に対し船型の影響はあまり大でないことと、本章の結論たる波浪中の推進性能が平水時の特性で代用できることを結合して考えると、船型的な優劣の序列は平水性能によってほぼ定まると考えて大過ないということとなる。即ち平水での推進性能の良い船は特別に下手な(過少な船首フリーボードその他)設計でない限り、波浪中においても良い性能の船と考えるとよく、平水では悪いが波浪中で非常に優れた性能を示すような虫のよい船型はまずないということとなる。そしてわれわれとしては、まず平水でよい性能を示す船型を研究し、波浪中で、そのメリットが失なわれないようにする研究を進めて行くことが実際的な方法であると思ふ。

# 超大型船用主機タービンについて

三菱造船株式会社社長崎造船所副所長  
タービン設計部長  
青木 徳太郎

## 1. ま え が き

数年前よりわが国で建造されている3万ないし5万DWT級のスーパータンカーの主機は殆んど最大連続出力(以下省く)15,000ないし19,000HPの蒸気タービン主機であったが、最近さらに大型の6万ないし10万DWT級のマンモスタンカー、モンスタータンカーが建造されるようになり、当社でもその主機として1軸24,000HPの蒸気タービン主機を製作することになった。

このようなタンカーの大型化、大出力化の趨勢に対処して当社でも各方面にわたり種々の検討を行なっているが、ここでは近い将来に予想される大出力蒸気タービン主機に関して二、三述べて見たい。

第1図に船の大きさ、速力に対して必要な主機出力を示す。

いま一応船の大きさの限度を10万噸級と仮定し、この場合の速力、必要主機出力を考えて見ると、平均17ない

し18節の速力を有している現在の3万ないし5万噸級のスーパータンカーと同一の速長比とすれば、10万噸級では19ないし20節程度の速力となるが、経済性その他の点から現在までの傾向として必ずしもそのようにはならず、多少これを下廻る傾向にあることを考えれば、まず19節程度、即ち主機出力としては40,000HP程度に近い将来における一応の限度と推定しても大きな誤りはないと思われる。また第1図に示す実例よりして大部分のタンカーではおそらく30,000HP程度のものになるのではないかと推定される。

これを2軸にすれば主機は殆んど問題なく製作できるから、1軸でやる場合のみを考えると、以下説明するように30,000HP、主軸回転数100ないし110RPM程度なら現在の設備、技術で問題なく製作できるし、40,000HP程度なら主軸回転数を若干上げるか、または主軸回転数を上げなくてもタービンシリンダー数を増すか、減速装置をLocked Train型にする等の方法により製作

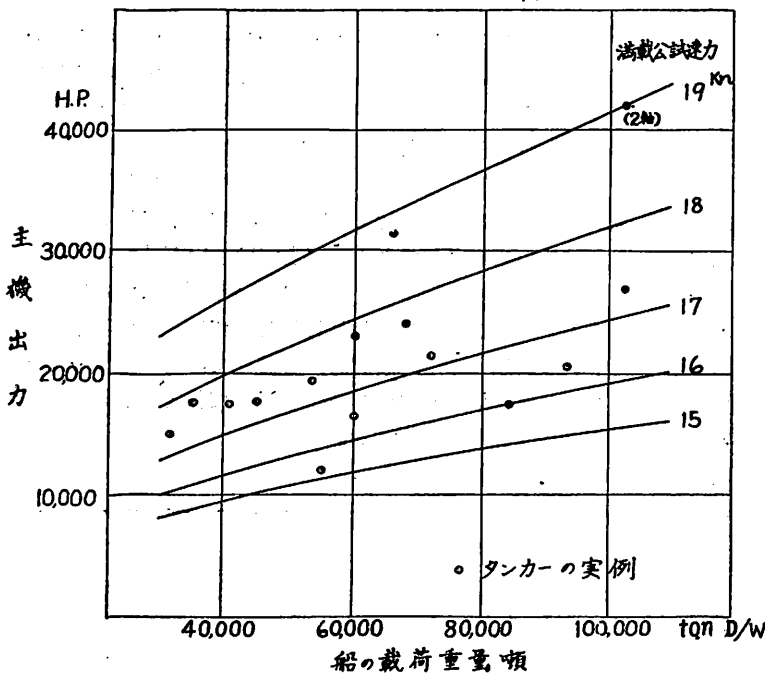
可能であるが、ここでは問題を絞って主に30,000HP程度のものについてその概要を述べることにする。

なお紙面に制限があるので特に重要な点、従来のタービンと異った点のみを述べ、全般的に説明できないことをあらかじめお断りしておく。

## 2. 蒸気タービン主機の出力を制限する諸要素

一般に船用蒸気タービン主機の最大出力を制限するのは、タービンではなく減速装置であり、減速装置を制限する主要な要素は第1減速のピニオン周速度と歯面荷重、および第2減速の主軸回転数と親歯車直径であることは良く知られていることであるが、これらを少し詳しく考えて見る。

減速装置の型式は現在当社で製作中のマンモスタンカー向MT-240型24,000HP蒸気タービン主機と同じ型式の高低圧2気筒、



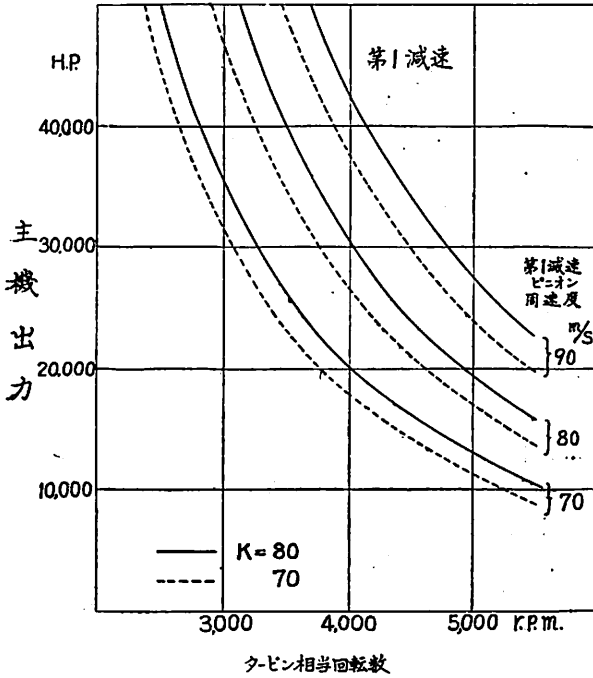
第1図



Cross Compound, 2段減速 Articulated 型減速装置に限り, 多気筒, Locked Train, 遊星歯車等の他の型式については触れないことにする。

1. 第1減速

第1減速の主機出力をタービン回転数, ピニオン周速度および歯面荷重について示すと第2図のようになる。



タービン相当回転数  
第2図

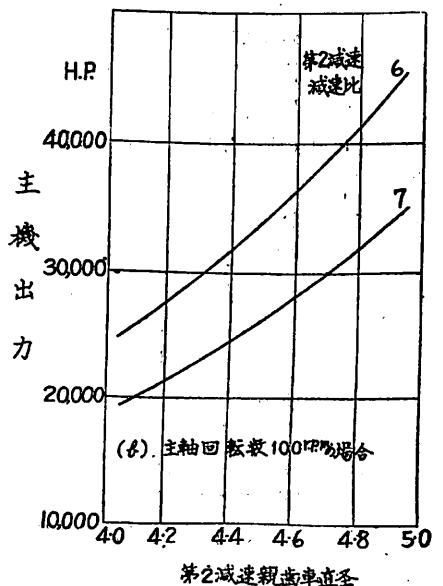
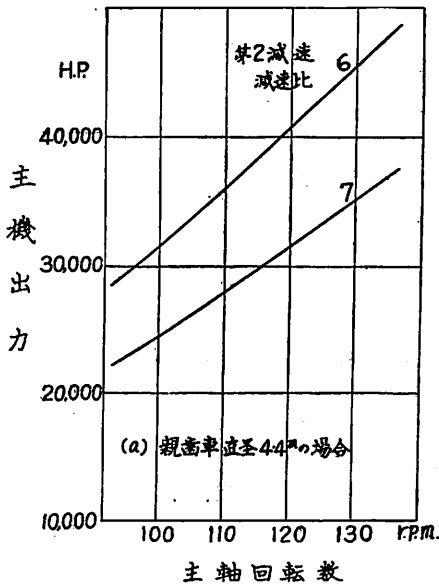
(註) 第1減速の歯面荷重を考慮する場合には, 噛合歯面に生じる Herz の圧縮応力が支配的であると思われるので, この応力を代表するものとして広く一般に使用されているK-factor (ft. · lb単位) を便宜的に使用した。横軸のタービン相当回転数とは実際の高圧タービン回転数に比例する代表値であり, この値が高いものでは実際の高圧タービン回転数も高いというほどの意味に考えていただきたい。縦軸の主機出力とは高圧タービン出力を合計した第2減速親歯車軸端の出力を示す。(以下同様) なお第2, 3図は細かいところは仮定して簡単化

してあり, 大体的見当を示すものである。

即ちピニオン周速度, Kの値を増すほど, またタービン回転数を下げるほど主機出力を増しうることがわかる。

一般にピニオン周速度, Kの値を上げるためには, 高強度高硬度の歯車材料の実用化, 歯面の工作精度および平滑度の向上, 歯型の研究, 使用潤滑油の研究, 機械工作および据付の精度の向上等々, 多くの技術的問題を解決する必要がある。これらの研究は絶えず進められ, その成果も着々と挙っており, 将来かなり大幅に周速度Kの値を上げることができると思われるが, 現在のところまだ不明の点が多いので, 過去の製品の運航実績を確か一つ一歩々々着実に上げて行くより他に適当な方法がないのが現状である。現在のところピニオン周速度 80m/s程度, K=80前後が実績のある値であるが, 近い将来これを若干増しても現在の技術をもってすればなんら不安はないので, 30,000HP に対しては第2図より, ピニオン周速度 80 ないし 85m/s, K=80 程度で自由に設計でき別に困難な問題もないことがわかる。

なお一般に回転数の高いタービンほど小型軽量で効率も良くなるのが普通であるが, この程度の大出力タービンでは回転数が多少変わっても効率には殆んど影響がなく, また一方回転数を下げると減速装置の重量が減るので, タービンの重量増加と相殺される傾向にあるが, タービンは減速装置より重量当りの価格が高いので矢張り多少高価になるが, その差は大したものではないから, 主機全体として総合的に考えるときタービンの回転数を下げることをさほど恐れる必要はないから, 上記30,000



主軸回転数  
第3図

HP の場合にタービン回転数を若干下げて設計すれば現在程度のピニオン周速度, K の値でもってさらに一層安全確実な設計とすることができる。

なお 40,000HP ではタービン回転数をさらに少し下げたか、あるいは技術的困難性が若干増すが、ピニオン周速度 85乃至 90m/s. K=80 乃至 90 とすれば設計可能であるといえることができる。

## 2. 第2減速

第2減速の主機出力を主軸回転数, 親歯車直径および第2減速減速比について示すと第3図のようになる。第2減速の歯面荷重を考慮する場合には、噛合歯面に生じる潤滑油膜圧力が支配的であると思われるので第3図ではこれを一定の値にとって計算してある。この油膜圧力を上げるためには第1減速の場合と同じように改良を加える必要があるが、元来第2減速では現在でも既に油膜圧力がかなり高いので、噛合に片当りを生じるとその部分が境界潤滑状態となって歯面に損傷を起すことがあるところまで来ており、また第1減速の場合に述べたように、例えば高硬度材料を使用して圧縮圧力の上のに直接積極的に対抗するというようなわけに行かぬ性質のものであり、さらにまた親歯車は直径が約4.2ないし4.5mもある大きなもので、航行中の船体および減速室の歪のために噛合が片当りとなり、局部的に高歯面荷重となる危険性があり、またプロペラから来る週期的変動トルクをも直接受けるので、第2減速の歯面荷重を上げるには第1減速の場合よりさらに慎重な態度が必要であり、極く近い将来には現在以上に余り上げる余地は少ないと思われるので、第3図では歯面荷重を現状以上に上げることは一まず考えていない。

次に親歯車直径は現在大体 4.2 ないし 4.3m であるが、これを大きくするとしてもホブ盤の歯切精度の方から抑えられて大体4.4ないし4.5m程度までである。また第2減速減速比も6ないし7位が適当であり、従来の設計でもこの程度の値としてある。第3図から判るように第2減速の減速比を小さくすれば第2減速親歯車直径は小さくてすむが、現在程度のタービン回転数にする場合には第1減速の親歯車直径が大きくなって、減速装置全体として頭でっかちの形となり好ましくないで、やはり第2減速の減速比としては6ないし7をとるべきである。

さらに一般に主軸回転数を 10RPM 下げれば、プロペラの推進効率が約2%良くなるから、差支えない限り主軸回転数を下げることが望ましいのであるが、一方これはプロペラ直径、船型、吃水、船体振動等とも大いに関連があり、これらを総合的に考慮した結果として現状では一般に 100 ないし 110RPM の間に納っている。以上

のことを併せ考えると第3図より 30,000HP では主軸回転数を 100 ないし 110RPM として現在の技術、設備のままでも充分安全確実に製作できることがわかる。

なお 40,000HP になると主軸回転数を 120 ないし 130RPM 程度に上げるか、または設備の改造整備を行なって第2減速親歯車直径を大きくするかすれば製作可能であるといえることができる。

## 3. 蒸気条件について

従来のスーパータンカーの蒸気条件は殆んど 30atü×400°C 級, 40atü×450°C 級で少数 60atü×450°C 級のものであったが、目下当社で製作中の MT-240 型 24,000HP では一歩進んで 60atü×480°C 級が採用された。

普通タンカーでは定格出力における連続航海 15 ないし 30 日間、荷役時間 12 ないし 24 時間というふうに非常に稼働率および負荷率が高いので、運航経済性を特に重視せねばならず、今後ともますます蒸気条件を向上させるべきものであるが、一方船用であるために陸上プラントにおけるように簡単にいかない面もあるので、ここ当分は 60atü×80°C 級あるいは 440atü×450°C 級が広く採用されるものと思われる。

また再熱サイクルについても船用としての利点欠点を各方面から慎重に考慮する必要があり、将来の研究問題である。

## 4. MT-240型 24,000HP 蒸気タービン主機について

前項において 30,000HP 程度までは従来通りの型式構造でやれることを述べたが、その構造を説明するため

第1表 タービン要目

型 式	2 気筒クロスコンパウンド型
タービン入口蒸気条件	825 psig×890 °F (58atü×477°C)
復水器上部真空	28.5 inch Hg (722mm Hg)
出力×主軸回転数	
M. C. R.	24,000HP×105RPM
Normal	22,000HP×102RPM
Astern	8,800HP×75PPM
M. C. R.におけるタービン回転数	
H. P.	5,736 RPM
L. P.	4,648 RPM
段落数	

H.P.	ラトー	9段
L.P.	ラトー	2×6段
Astern	カーチス	1段
	ラトー	1段

もできるだけ全円周にわたるようにして、負荷変動による車室の異状熱変形を極力防止することに努めていたが、タンカーでは出入港等の低負荷時を除き殆んど一定の負荷で航行するので、この設計は余り必要でないこと

がわかったので、ノズル室を上車室と一体に構成し、ノズルアークも上半部のみにして構造を簡単にした。

この構造は最近当社製 15,000 HP タービンにも採用され運航実績も良好であった。

高圧車室は Cr-Mo 鋳鋼製で船首端を 2 枚の撓み板で支持してある。

低圧外車室は鋼板製のガーダー構造で、鋳鋼製内車室を鋼板およびステーで支持し、運転中の内車室、ローター間のセンタリング保持に留意した構造としてある。

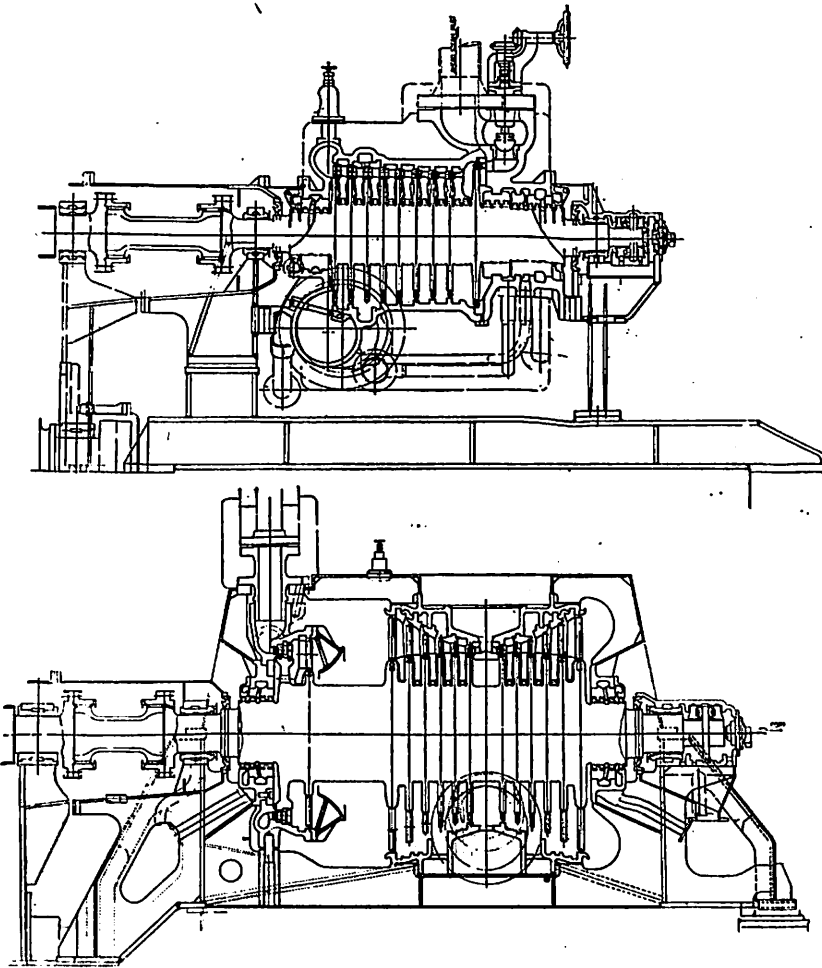
一般に鋼板製外車室は従来の鋳物製のものより熱容量がかなり小さく、排気の温度変化に敏感に応じて伸縮する。一方この場合ローターは復流式で従来のものよりも massive であり熱容量が大きいため、結局外車室とローターとの熱容量差が従来のものよりかなり大きい。

全力後進運転中は後進タービンの排気温度が約 160°C になるため、後進タービン附近の排気管およびローターの温度が相当に上るが、後進タービンと反対側の前進排気端附近の温度は余り上らない

ことが従来の経験からわかっている。従って全力前進より全力後進へ、また全力後進より全力前進へ変換するとき排気温度の変化により後進タービン附近の車室とローターに熱膨脹量の差およびその時間的なずれを生じ、後進タービンと反対側ではそれが大きくない。

このような理由から船首より順に推力軸受、前進段落、後進タービンと配置し、前後進変換時に生ずる前進段落部分の車室ローター伸差をできるだけ少なくし、接触しない限度内で翼ノズル間軸方向遊隙を小さくして性能の向上に努めている。

(3) ローター



第4図 MT-240型24,000HPタービン組立断面(上: 高圧タービン, 下: 低圧タービン)

に、目下当社で製作中の 68,000 DWT マンモス・タンカー用のMT-240型 24,000HP 蒸気タービン主機を例にとり、その構造について従来と変わった主な点について述べる。

1. タービン

(1) 要目

要目を第1表に、組立断面図を第4図に示す。

(2) 車室

従来当社では船用 40 ないし 60atü 級の 高圧第1段ノズル室は車室と別体にしてそれ自身で自由に膨脹収縮できるようにした所謂ノズルボックス構造とし、アーク

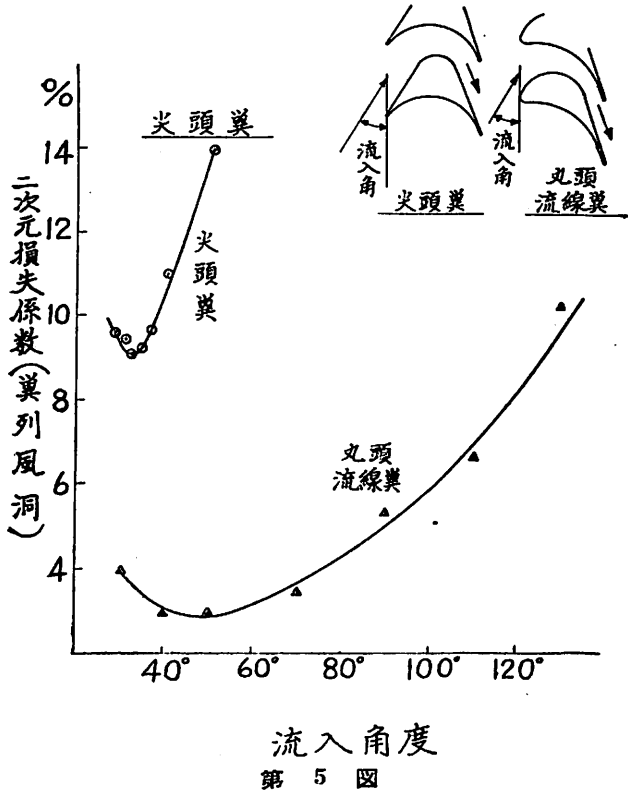
高圧、低圧ローターともに Cr-Mo 鋼 1 体鍛造ローターで、超音波探傷等の各種の材料検査、機械加工後の熱安定試験を行なう等最新の工作方式を用いて完全に安定した確実なものにしてある。

(4) 翼

翼はすべて 13-Cr 鋼製で低圧最終段翼入口にはエロージョン防止のためステライトを張ってある。

高圧第 1 段の翼は部分導入であるために、高温流入蒸気の週期的衝撃荷重を受けるので、従来のものよりかなり苛酷な使用状態になっているが、翼の高温強度、耐衝撃性を充分考慮して安全に設計してある。

一般に船用タービンでは回転が上昇するとともに翼にかかる遠心応力および翼 1 本に加えられる蒸気力が増加するので、低回転時にはたとえ翼が何かの週期的励振外力と共振しても危険ではなく、定格出力程度の高回転時に共振すると危険であるという特性があるので、本タービンのすべての翼に対して高回転時の共振を避けるよう振動調整を行なうとともに、たとえ万一共振しても絶



流入角度  
第 5 図

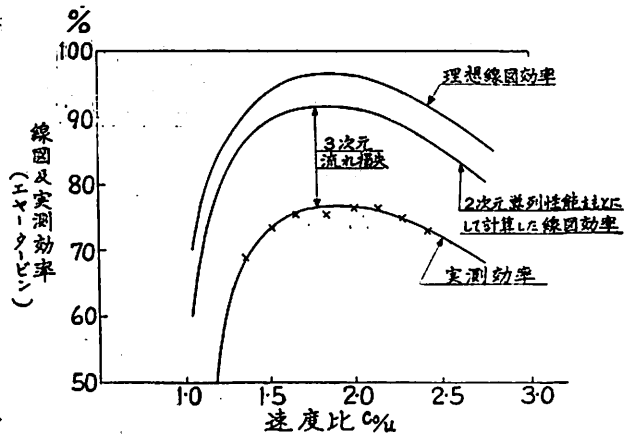
対に破損事故を起さない程度に振動応力を低く抑えるよう万全の対策をたてて翼を設計している。

翼断面には所謂丸頭流線翼断面を使用する。

第 5 図にある一つの設計例についてその二次元性能を当社の翼列風洞により試験した結果を示してある。

なお同図には円と直線のみで構成された頭の尖った断面で、従来永年にわたり使用されて来た所謂尖頭翼の性能を併記してあるが、これと比較して丸頭流線翼はすべての点において性能が良いもので、特に負荷即ち回転の変化により蒸気の流入角度が変化する船用タービンの場合に適した平坦な効率特性を持つ良好な断面であることがわかる。

第 6 図にはこの丸頭流線翼断面を使用して割合に翼高さの短い一つの設計例について、その回転中の総合性能を当社の空気タービンにより試験した成績を示してある。即ち、翼高さの短いタービン段落では翼型の二次元損失による効率低下量よりはむしろ三次元流れによる



第 6 図

効率低下量の方が大きい場合が多いことを端的に示しているもので、当社ではこれらのことを充分に考慮してできるだけ効率の良いものを設計するよう努力している。

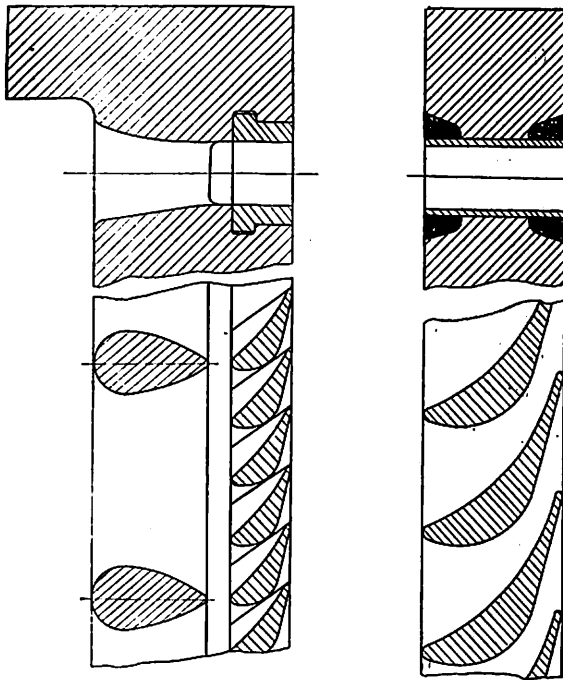
低圧タービン最終数段のように翼高さの高い場合は、上記の三次元損失は減ってくるが、その代りノズルを流出する流れが旋回するために生じる遠心力により翼入口の圧力が半径方向に変化し、且つ流入角度も半径方向に変化することを考慮して翼断面を半径方向に捻り、且つ半径方向に反動度を漸増させて設計する。

しかし第 4 図低圧タービンのノズルを見れば明かなように、ノズル上下壁面は入口より出口に向かって半径方向に拡がっており、普通一般にいうような単純な free vortex の仮定が翼部に成立しないものであることが明かであるので、これらを充分考慮して半径方向の反動度を決めてある。

(5) ノズルおよび仕切板

高圧タービンの仕切板は Mo 鋳鋼および普通鋳鋼製で内輪、外輪を支柱をつなぎ、13Cr 製全面機械仕上げの小型ノズル片を嵌込んだ構造で第 7 (a) 図に示す。こ

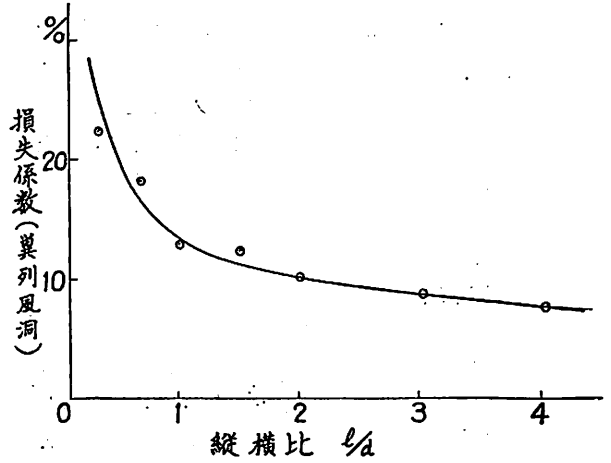




(a) 嵌込式仕切板 (b) 溶接式仕切板

第 7 図

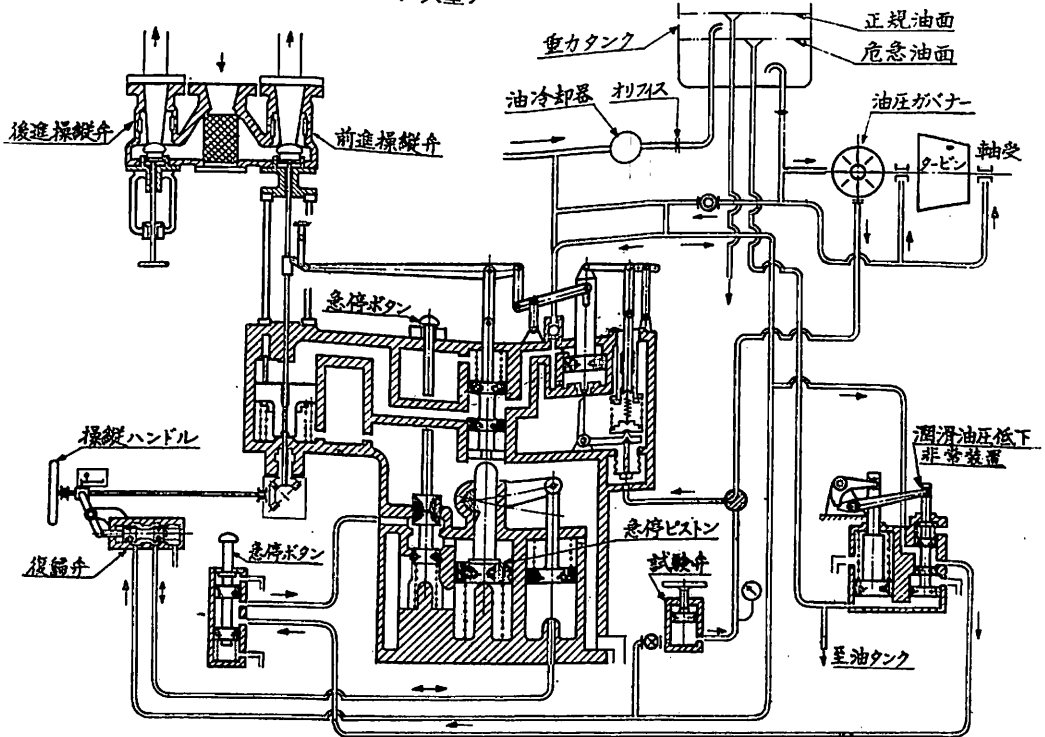
の場合、第 7 (b) 図に示すような大型ノズル片を溶接により組立てた、所謂溶接仕切板を使用することも考えられるが、かようにノズル高さの低い段落では、大型ノ



第 8 図

ズル片より小型ノズル片の方がノズル片の縦横比(ノズル高さ/ノズル片幅)を2ないし3倍位大きくとれる。

第 8 図は、当社の翼列風洞によりノズル片の縦横比が性能におよぼす影響を試験したもので、縦横比が大約 1.0 以下になると三次元損失が急増するために性能が低下することが良くわかる。従って嵌込式ノズルでは、溶接式ノズルにくらべて、入口部の蒸気速度のおそいところに支柱があるために僅かに損失が増加するが、縦横比が格段に大きくとれるので全体の効率はかなり良くなるものであり、また溶接式ノズルでは溶接および撻鈍のた



第 9 図

めに生ずる歪を考慮して、ノズルと翼との高さのラップを少し大きくしておかねばならぬために効率低下を来すという欠点があるのに対して、嵌込式ノズルでは仕切板本体の完全焼鈍後に精密に機械加工ができるので、仕上精度が非常に良く、このラップを充分小さくとれ、上記の欠点がないという利点があることも考慮して、嵌込式ノズルを採用したものである。

低圧第2段落以下は温度が低いので機械削り、および精密铸造製丸頭流線翼断面のノズル片を鑄鉄製本体に鑄込んだ鑄込式仕切板とする。従来の鑄込ノズル片は厚さ5mm程度の板であったので、断面の前縁半径が小さく、しかも長いノズルでは加工法に制約されて断面の入口角度を流入蒸気流の方向と合せられない部分ができるので、効率が低下するという欠点があったが、丸頭流線翼ノズルではこれらの欠点は殆んど解消し効率も良好である。

(6) 調速装置

調速装置関係図を第9図に示す。これは主軸回転数をM.C.R 回転数 105RPM の約105%に自動的に保持する装置で、高・低圧タービンの船首端に装備するガバナーポンプから吐出される圧油により、ペロー式ガバナーを介して前進操縦弁を自動的に開閉する方式である。105RPM の約103%より前進操縦弁を絞り始め、約107%で全閉する特性を与えてある。なおこの他に、潤滑油圧力低下時蒸気遮断装置、手動蒸気遮断装置を設けてある。

(7) グランドおよび仕切板の蒸気循帯、軸受、接力軸受、噛合接手等についても従来のものより改良を加えてあるが省略する。

2. 減速装置および主推力軸受

組立断面図を第10図に、主要要目を第2表に示す。

第2表 減速装置要目  
ダブルヘリカル2段減速アーティキュレート型

型 式	単 位	第 1 減 速			第 2 減 速	
		HP 子	LP 子	親歯車	子歯車	親歯車
歯 数	—	47	58	415	75	464
節 円 直 径	mm	271.4	334.9	2,396.1	692.8	4,286.4
歯 幅	mm	900	750	—	1,350	—
減 速 比	—	8.83	7.15	—	6.19	—
MCR 回転数	RPM	5,736	4,648	650	650	105
周 速 度	m/s	81.5	81.5	81.5	23.6	23.6
伝 達 馬 力	馬 HP	12,000	12,000	—	12,000	24,000
K	lb/in <sup>2</sup>	71.6	71.3	—	67.3	—
モジュール	mm	5			8	
ヘリカル角	度	約 30			約 30	

(1) 車歯

Kの値は船主よりこの程度の値にすることを要求されたため割合に低い値となっているが、前述の通りK=8J程度にしてもなんら不安はない。Kの値を低く抑えられたので高圧ピニオンに中間軸を設けてあるが、これも将来はやめる方向に持って行くべきである。

第1減速の周速度はタンカー用として当社が現在までに製作したもののうちでは最高の値であるが、技術的にはなんら不安はない。周速度を上げると前述の技術的問題以外に騒音が高くなるといわれているが、既にこの程度の周速度を持つ艦艇用減速装置の場合に騒音も大したものではないことがわかっている。

使用歯型は歯面の相対滑り速度その他を考慮して若干転移を与えたホブ圧力角20°のインポリュウト歯型で、歯先には少量のリリーフを与えてある。ホブ加工は恒温室で行なって歯面の undulation を最小限度に留め、あとシェービング加工を行なって歯面精度、平滑度を向上させている。

ピニオン材は Ni—Cr—Mo—V 鋼で、ブリネル硬度約240、親歯車リム材は低 Ni 鋼でブリネル硬度約190のものであるが、近い将来さらに高硬度の材料を使用する設計に前進する予定である。

第10(b) 図より判る ように可撓軸の長さを高低圧で変えて完全な Nodal-Drive とし、噛合の円滑化を図っている。

(2) 車室

鋼板溶接構造で、所謂中、下車室を1体にし、主要部分を二重壁の箱型構造にしてあるから、重量が軽く、しかも強度、捻り剛性が充分に高い。

注油管、排油管共、できるだけ内部配管にしてあり、外部にとりつける油管の数は従来のものにくらべて非常に少ない。

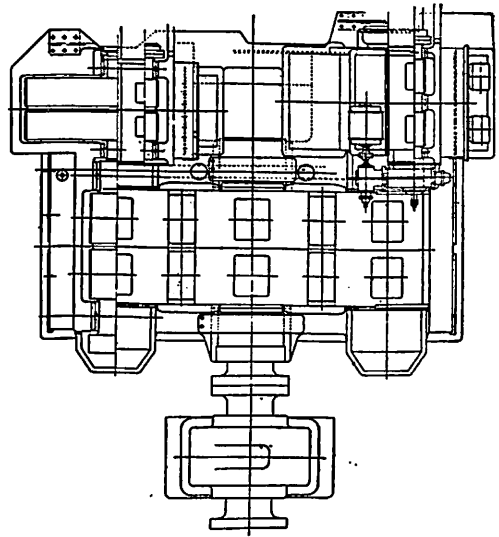
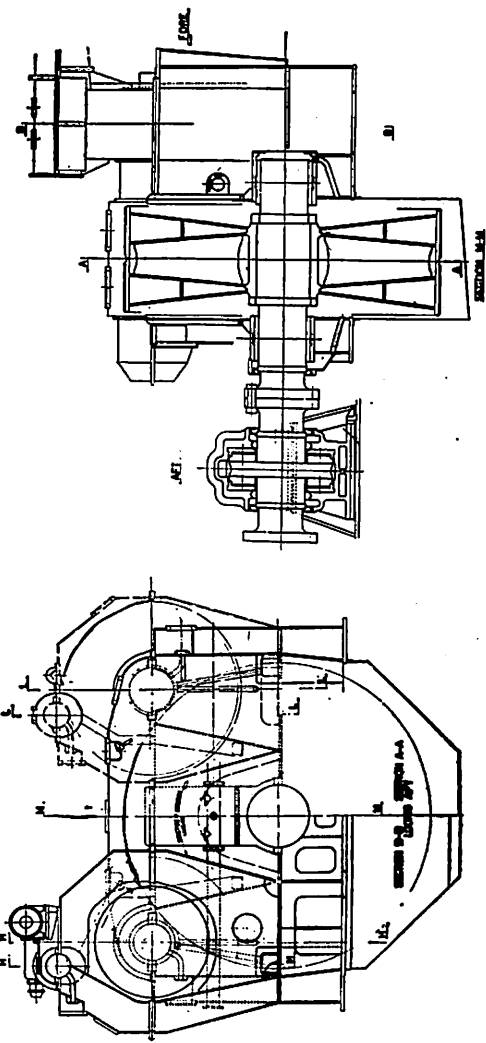
(3) 主推力軸受

主推力軸受は減速車室と一体型とする方が重量軽く、しかもより頑丈なものとなるのは明かであるが、船内への積込み、据付が便利になることを考慮して別体型にした。

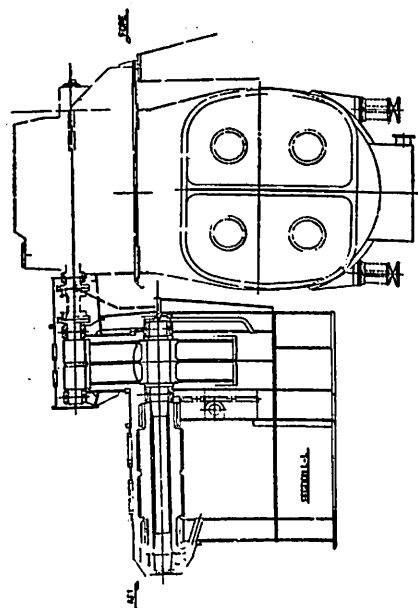
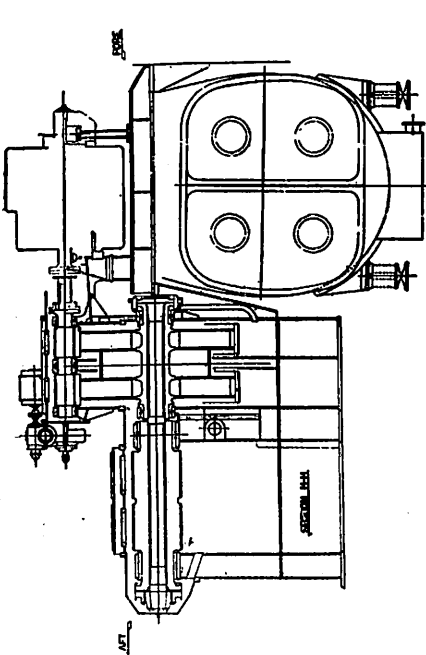
3. 主復水器

要目を第3表に示す。

従来のタンカーのように2折流式にする復水器管板面積が大き過ぎてshaft-rake が大きくなるので単流式にした。単流式にすると冷却水量が増すが、復水器内冷却水損失水頭が減るので、循環水ポンプの所要



第10図 (b)



第10図 (a)

第3表 復水器要目

型式	単流式表面復水器	
復水器上部真空 (Normal. 出力にて)	28.5 inchHg (722mmHg)	
冷却水温度	75°F	(23.9°C)
冷却面積	1,660m <sup>2</sup>	
冷却水量	8,000m <sup>3</sup> /h	
冷却管		
本数	5,850本	
長さ	4,730mm	
外径	3/4 inch	(19.05mm)
厚さ	17 BWG	(1.473mm)
材質	90/10 Cu-Ni	

電力は 21KW 増しとなり、船全体の燃料消費率が僅かに約 0.3g/SHP・h、即ち 0.13%増すだけで済むので単流式とした。30,000 ないし 40,000HP の場合でも同様単流式にすることになると考えられる。

む す び

以上極く概略ではあったが、現在製作中、および将来予想される大出力蒸気タービン主機について述べたが、本文が多少なりともこの方面に関係ある方々のご参考になれば幸である。

—[12月中旬発売]—

関西造船協会造船研究委員会編 ¥ 1000

**商船機関部計画**

船用機関艙装の合理的な基準と詳細な解説

[全3巻完成] 関東学院大学教授 大串雅信著

**理論船舶工学**

- [上巻] 船舶算法・復原力・進水・満載吃水・積量測定・区画 ¥ 1000
- [中巻] トロコイド波理論・船体強度及船体振動 ¥ 900
- [下巻] 船体動揺・船の抵抗・船の推進・船の旋回 ¥ 1000

**造船艙装** 造船協会鋼船工作法研究委員会編

- [第1巻] 鍍金・銅工工作法 ¥ 300
- [第2巻] 木工工作法 ¥ 550
- [第3巻] 塗装工作法 〔近刊〕
- [第4巻] 船具工作法・造船仕上 〔続刊〕

三久浦吉著 **鋼船現図法** ¥ 350

橋徳本寿著 **木船現図法** ¥ 850

橋徳本寿著 **日本木船図集** ¥1500

橋本徳寿著

**木造船とその艙装** (上巻)各 (下巻) ¥ 500

山増口人著 **船の常識** ¥ 600

山増口人著 **造船用語辞典** ¥ 450

立春川重著 **艙装** ¥ 850

岩佐英介著

**実用船舶算法** ¥ 230

**造船現図及工作法** ¥ 230

**鋼船構造** ¥ 230

**船舶艙装** ¥ 230

☆造船関係現行法規集☆

運輸省船舶局監修

**船舶法及関係法令** ¥ 250

**船舶安全法及関係法令** ¥ 250

**船舶設備規程** ¥ 150

**木船構造規則** ¥ 100

**鋼船構造規則** 〔近刊〕

—図書目録無料進呈—

東京都千代田区神田神保町2の48  
電話(33)0246 振替東京2873

**海 文 堂**

神戸市生田区元町通3丁目146  
電話(3)2664 振替神戸688

# 船用ディーゼル機関の大型 高出力化について

東京大学 教授  
西 脇 仁

## 1. は し が き

タンカーの大型化、貨物船のスピード増大などの要望が高まり、大出力の船用機関が要求された。一方ディーゼル機関メーカーとしてもここ数年来、大出力ディーゼル機関の検討をはじめ、一応の設計を終り、注文をまわっているという状態のようである。

数年前までは大体、ディーゼル機関は約 10,000 馬力以内、それ以上は蒸気タービンの領域と考えられていたが、この頃では 10,000~15,000 馬力ディーゼル機関は既に実用化されるに至った。(第1表参照)

## 2. どのようにして出力を増大しうるか

船舶界の要望に対して、どのようにしてディーゼル機関メーカーは出力を増大してきたらうか。

第2表は戦前の大出力ディーゼル機関の様子を表にしたものである。この表と第3表に示す現在各社で計画されている大型ディーゼル機関と比べて見ると一応の解答がでてくる。

すなわち、現在の大出力機関では排気ガスタービン駆動式の加圧空気を送る方式になってきており、また以前あった複動式はなくなり2サイクル単動式となっている。

これを内容的に見ると、

### (1) 平均有効圧力の増大

戦前では約 5.0kg/cm<sup>2</sup> ぐらいだったのに対し、現在では 7.1~9.0 kg/cm<sup>2</sup> という高い値になってきている。これは戦前と現在とでは掃気方法で大いに変ってきているからである。すなわち、以前ではクランク軸から機械的駆動法により直接掃気ポンプをうごかし、掃気圧も低かったが、現在あるいはこれから作られる機関では、排気ガス駆動法によるガスタービンにより、遠心式空気圧縮機を動かしている。すなわちこの頃の機関では排気ガスのもっているエネルギーを利用

するため掃除空気ポンプを駆動するに要する仕事が必要となり、また掃除空気圧をあげているから、平均有効圧力が大きくなっている。またこのことは、燃料消費率も低下してきていることを意味している。

### (2) 回転数の増大

平均有効圧力があまり変わらないなら、回転数を増すと機関としての出力は増大する。戦前では 95~100 RPM であったが、この頃は 115~120 RPM と増してきている。

### (3) シリンダ径およびストロークの増大

現在 Sulzer 社の 760mm×1,550mm が、計画中のものは 900mm×1,550mm、B&W社の 740mm×1,600mm が 840mm×1,800mm と増大する方向の計画のようである。

このようにして、現在では1シリンダあたり 1,250~1,300BHP あたりの出力であり、計画中のものでは1シ

第1表 現在の大出力船用ディーゼル機関

型 式	最大出力 BHP	シリンダ直径 mm	行 程 mm	毎分回転数 RPM	平均有効圧力 kg/cm <sup>2</sup>	シリンダ当り 出力 BHP/cyl.
UEC	16,000	750	1,500	118	7.7	1,330
Sulzer	16,000	760	1,550	118	7.2	1,330
MAN	16,000	780	1,400	118	7.6	1,330
B&W	15,000	740	1,600	115	7.1	1,250

第2表 戦前の大出力ディーゼル機関

型 式	サイクル	最大出力 BHP	シリンダ 直径 mm	行 程 mm	毎分回転数 RPM	平均有効圧力 kg/cm <sup>2</sup>	シリンダ当り 出力 BHP/cyl.
Sulzer	2サイクル単	5,000	900	1,600	85	5.2	1,000
"	"	7,000	820	1,440	100	5.2	875
MAN	2サイクル単	7,000	820	1,400	105	5.0	875
"	2サイクル複	15,000	860	1,500	95	4.9	1,667
B&W	"	22,500	840	1,500	115	7.0	2,813

第3表 各社計画の大出力船用大型ディーゼル機関

型 式	最大出力 BHP	シリンダ直径 mm	行 程 mm	毎分回転数 RPM	平均有効圧力 kg/cm <sup>2</sup>	シリンダ当り 出力 BHP/cyl.
UEC	19,000	750	1,500	120	9.0	1,583
Sulzer	21,700	900	1,550	115	7.1	1,808
MAN	17,200	780	1,550	115	7.6	1,433
B&W	20,700	840	1,800	110	7.1	1,730



リンダあたり 1,600~1,800 BHP と増大することができるようになった。

### 3. 各社の状況

#### (1) UEC 機関 (三菱造船・長崎造船所)

この長崎造船所では戦前は性能のすぐれたMS型のディーゼル機関で大いに国産の名をあげたが、戦後もユニフロー、排気ターボチャージャ付2サイクル単動機関の研究に着手し、昭和28年、3シリンダ72型、4,450 BHPの試験機関に成功した。引きつづいて昭和30年9 UEC 75/150型 12,000 BHP 機関を完成して、実用化に成功している。(第1図参照) また6 UEC 75/150型、8,500 BHP も大いに採用され、さらに小型の UEC65/125型、UEC 52/105型、UET 45/75型 (Tはトランクピストン型、Cはクロスヘッド型、Uはユニフロー、Eは排気ターボチャージャ付の意味) も並行して製造されている。

計画によると平均有効圧力を現在の 7.7kg/cm<sup>2</sup> から 9.0kg/cm<sup>2</sup> はあげて、シリンダあたり出力を 1,583 馬力となし、将来 19,000 馬力のものを作るようである。

#### (2) Sulzer 型機関

従来ターボチャージャ付 RSAD 76 型 (760mm×1,550mm) を作っていたが、大型化にそなえ RD 90 型の設計を急いでいる。このため、従来からの RSAD76型を改修し、RD 90 型と部品を共通にするよう工夫している由である。

RD90型の特長は機関の行程を RD76型と同一の1,550

mm としていること  
機装も不都合な  
ことがおこり、ま  
た機関ベッドの加  
工も工作機械の

とで、機関の高さがあまり長くなると方から制限をうける、あるいは組立工場の建物の高さを高くせねばならぬなどの困難をさけるためのようである。

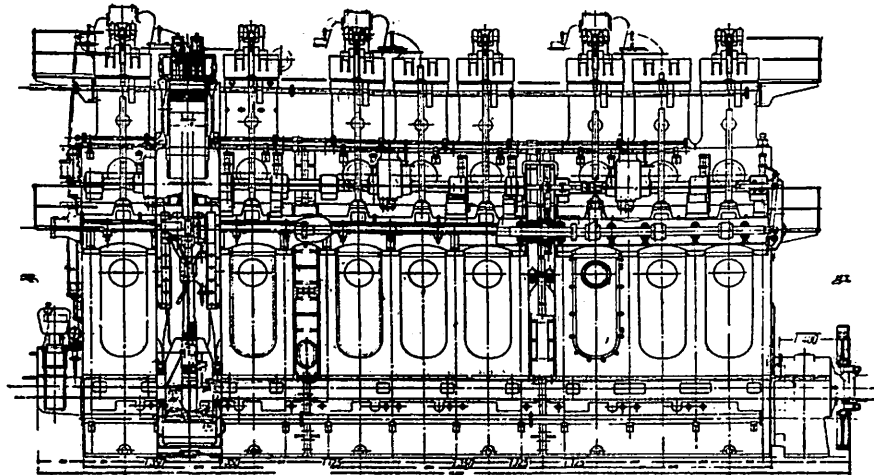
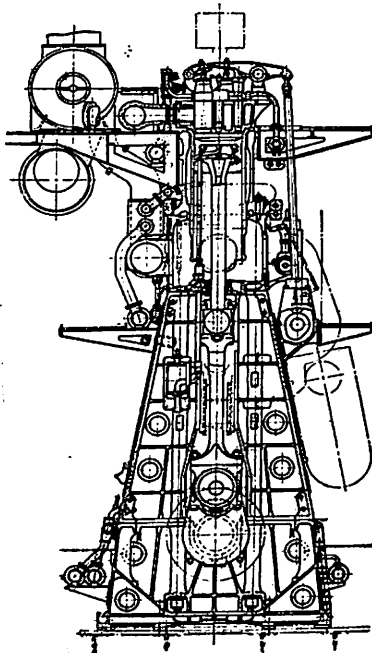
ズルザ社ではすでにシリンダ径 1,000mm、行程1,100 mm のものを1914年試験機関 (150 RPM で 2,000 BHP) として作ったことがあり、また 900mm 径のものは 1929 年に Rangitiki, Rangitane, Rangitaka の 3 隻を作っている。(Motor. Ship 1929年 3 月, Shipbuilder 1929 年 3 月) 経験をもっているが、過給の高くなった現在の型では設計上、いろいろの工夫をせねばならない。既に RD 90 型 9 シリンダ 2 台をオランダのズルザ型機関メーカーの N. V. Koninklijke Maatschappij "De Schelde" が 32,000 トンのタンカー用として受注したとのことである。

このほか飯野重工業も 12 RD 76 型 16,000 馬力の製作準備を行なっているように聞いている。

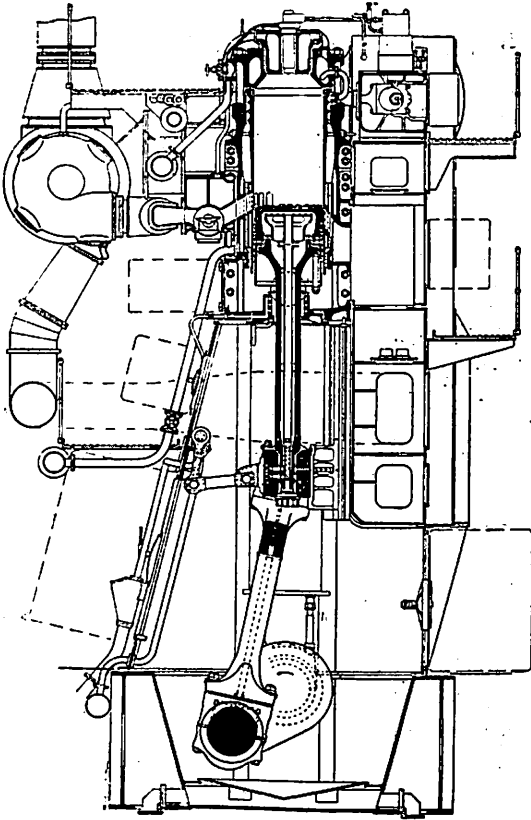
新三菱重工業神戸造船所より頂いた資料により RD 型と RSD 型と相違点をのべると、

RD型では従来 RSAD 型にあった主シリンダの横にあった大きい空気溜りになっていた部分 (旧型の往復式掃除ポンプのあったところ) を取り除き、フレームも簡単なA型フレームとした。シリンダ上部に通っていたカム室がなくなり、燃料ポンプを一群に集めて中段に下し、給入空気ダクトを排気と同一側に持ってきて、ターボチャージャをシリンダ蓋の面まで上げている。(第2,3図を比較されたい) また今まで排気孔の管制のため、往復式弁をカム軸から駆動していたのを、回転弁式として、燃料ポンプ駆動軸(クランク軸から歯車でまわしている) からチェーンで動かしている。(RSAD 型ではカム軸はチェーンで動かしていた。)

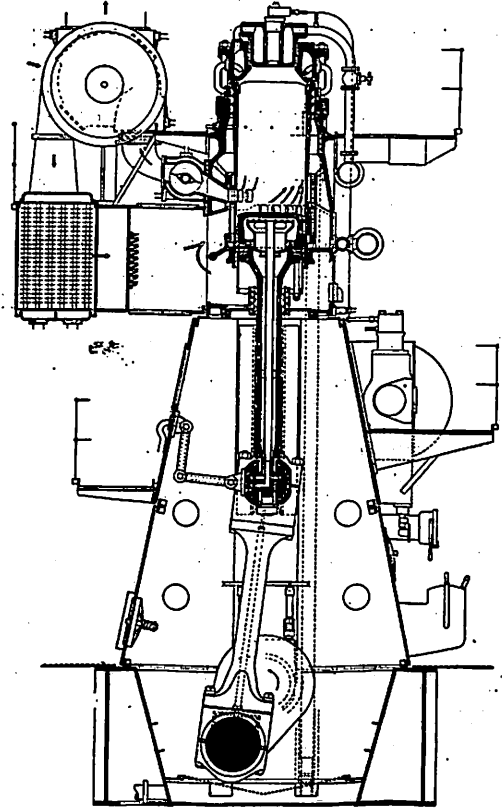
吸排気孔は第4図に示すようになった。すなわち大分



第1図 三菱長崎 9UEC 75/150 型ディーゼル機関

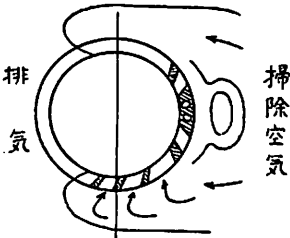


第2図 RSAD 型



第3図 RD 型

前にやっていた正面のポートを極端に上向きの孔となし、大きくし正面の勢力を強くしている所謂 Curtiss 式の掃気法から、段々変更し、この頃では正面の勢力はむしろ低くし、側方の方へ勢力を増した Schnüde の方式に移行してきたが (RSAD型)、



第4図 吸排気孔

RD 型では空気ダクトを排気側へもってきて、さらに上記の傾向を強くした方向にしている。この方が掃気効率もさらによくなるようである。また機関の全長を減らすため、操縦ハンドルを機関の中央にもってきている。(第4,5表参照)

ピストンの冷却は水冷却と油冷却との2種類があり、RD 90 になると水冷却にして充分な冷却効果をあげようとしている。この場合、テレスコピック、チューブからの水の漏水、水自身のPH制御 (硫黄の多い燃料を用いるとガスが水に吸収され、管などの腐蝕問題がおこる) などの処理をせねばならない。

第4表 RD 76 型と RSAD 76 型の相違点

型 式	RSAD 76	RD 76
全長 (9 シリンダ)	16,890mm	16,100mm
全高	9,225mm	9,170mm
重量 (9 シリンダ)	569ton	529ton
架 構	△ 型	□ 型 (Aフレーム)
推力軸受台板	鋳鋼と鋼板の熔接	全鋼板熔接
クロスヘッド	片ガイド	両ガイド
接合棒上端	フォークエンド	撞木型
排気管制弁	揺動式	回転式
カム軸の位置	上 段	中 段
操 縦 台	機関前端	機関排気側中央
燃料ポンプ	2 シリンダ毎に1グループ	全シリンダに対し1または2グループ
燃料カム	凹 型	凸 型
燃料弁	弁箱あり	弁箱なし
起動空気管割弁	1または2グループ	各シリンダ毎に独立
過給機の位置	上部格子の下側	上部格子の上側
空気冷却機の位置	機関両端	掃除空気溜の内部

掃除空気溜の位置	掃気側	過給機側
カム軸駆動方法	チェーン	歯車式
調速機	機械式または油圧式	油圧式

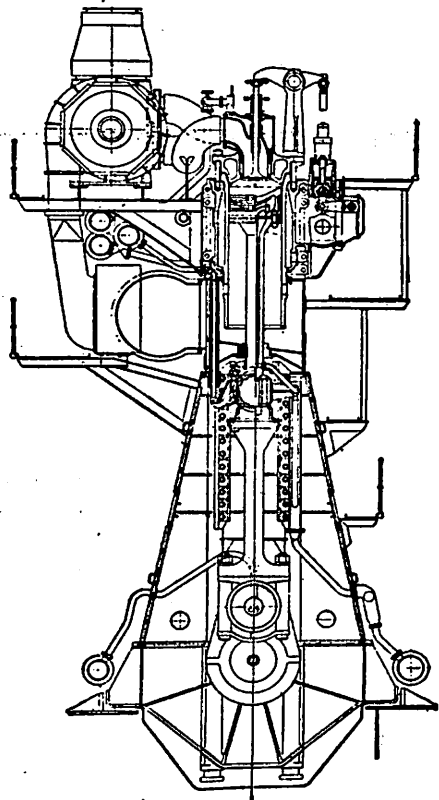
RD 76型はRSAD 76に比較して性能的にもまた構造的にも改善されている。

第5表 スルザー型大出力ディーゼル機関

型式	RD 90	RD76, RSAD76
シリンダ直径 mm	900	760
行程 mm	1,550	1,550
毎分回転数 PPM	119	118
シリンダ当出力 BHP/cyl	1,830	1,330
12シリンダ出力 BHP	22,000	16,000
平均有効圧力 kg/cm <sup>2</sup>	7.02	7.22
ピストン速度 m/s	6.15	6.10

(3) B & W 型機関

B&W 社では、シリンダ径 840mm, 行程 1,800mm, 110 RPM, 1シリンダあたり 1,730 馬力, 平均有効圧力 7.1kg/cm<sup>2</sup> の生産に着手し, 明年はじめには6シリンダ型が完成するようである。740mm径のものについて



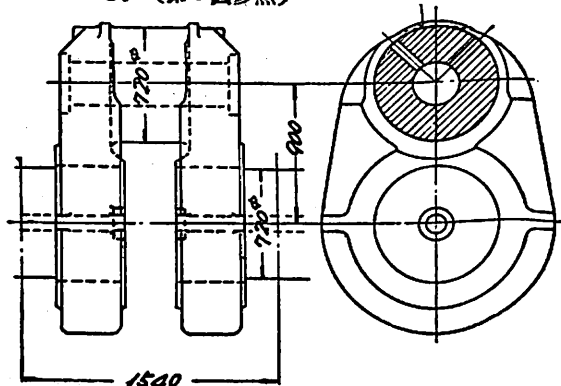
第5図 B&W 84-TBF-180型ディーゼル機関横断面図

は、日本でも日立造船が B&W 1274-VTBF-160型 (シリンダ数12, 径740mm, 行程1,600mm, 115RPM) 15,000馬力を昨年森田汽船の 33,500 重トンスーパータンカ用として完成している。

話をもとに戻して、840mm 径のものは B & W 社としては、すでに 1836 年コペンハーゲン市の発電所用 22,000馬力2サイクル複動式を製作した経験をもっている。第5図は 84-VTBF-180 の熔接構造機関の横断面図を示している。

本機の構造を三井造船提供の資料によりのべると、主軸受部とこれをかこむ貫通ボルト、貫通部分とが一体の鋳鋼品で、これを鋼板で熔接して、2~3シリンダ分の部分台板を形づくる。シリンダ中央部のところで、これらの部分台板をボルトで結合し、必要なシリンダ数の台板となっている。従来と同様に、架構や掃除空気溜もそれぞれ鋼板熔接式で作っている。この場合、クランク室と掃除空気室との隔壁を二重にして、シリンダで生じた燃焼ガスがクランク室へ漏れるのを防いでいる。

シリンダ水套は鋳鉄製で掃除空気室、架構および台板とを貫通ボルトで一体に結合している。クランク軸は8シリンダまでは組立型、9シリンダ以上は振振動の点から鋳鋼製のクランクスローによる半組立型のクランク軸としている。(第6図参照)



第6図 半組立型鋳鋼製クランクスロー

三井造船ではこの大型ディーゼル機関の高さが12,100 mm という大きさになるのに備えて高さの高い組立工場建設に着手したようである。(第7図参照)

(4) MAN 型機関

MAN 型では現在シリンダ径 780 mm, 行程 1,400 mm, 平均有効圧力 7.6kg/cm<sup>2</sup>, シリンダあたり出力 1,330 BHP, 16,000 BHP を作っているが、この型式の行程を 1,550mm にのぼして 17,000 BHP とする計画をもっているようである。川崎重工業の発表データによると

84 VTBF-180 過給機付2サイクル単動クロスヘッド型  
直接逆転式船用ディーゼル機関

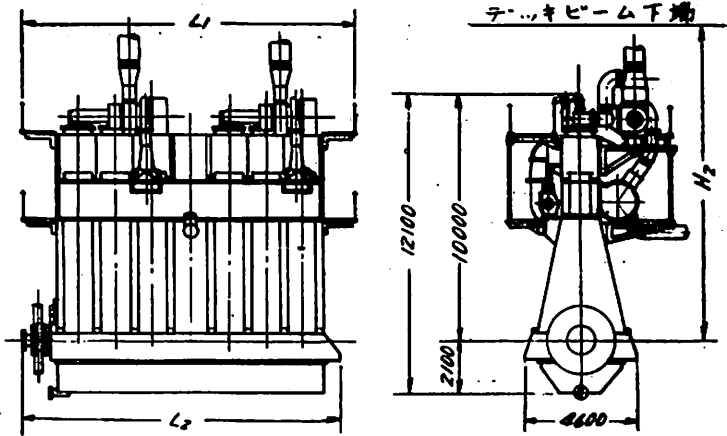
シリンダ径840mm ピストン行程1,800mm

シリンダ数	平均有効圧力 8.0kg/cm <sup>2</sup>		毎分回転数	機関概略重量 ton				機関長さ L <sub>1</sub> /L <sub>2</sub>
	指示馬力	制動馬力		鋳造構造		溶接構造		
				クランク軸 半組立型 / 組立型	クランク軸 半組立型 / 組立型	クランク軸 半組立型 / 組立型	クランク軸 半組立型 / 組立型	
6	11,700	10,300	110	520	560	470	505	12,800/13,140
7	13,600	12,100	110	—	615	—	560	14,400/14,640
8	15,600	13,800	110	—	695	—	630	15,900/16,240
9	17,500	15,500	110	725	795	655	720	17,400/17,740
10	19,500	17,300	110	830	—	750	—	19,000/19,340
11	21,400	19,000	110	910	—	820	—	20,500/20,840
12	23,400	20,700	110	980	—	885	—	22,100/22,340

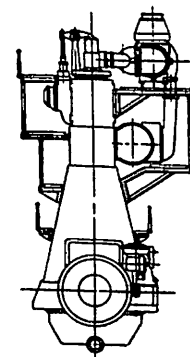
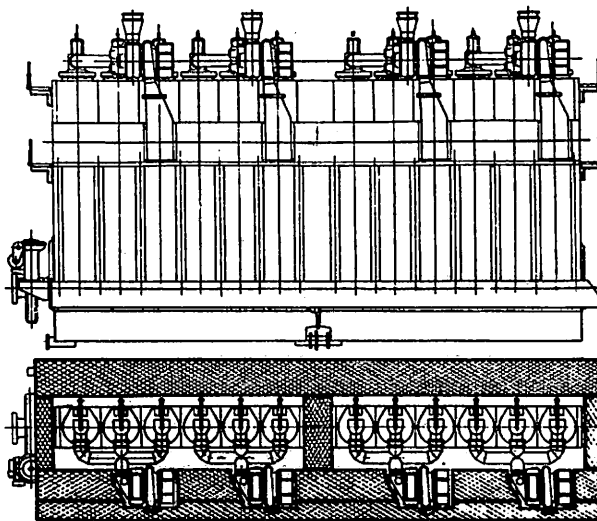
次表のような内容の計画である。

型式	78/140C型
要目	
シリンダ直径	780mm
ピストン行程	1,400mm
回転数	118RPM
平均ピストン速度	5.50m/s
平均有効圧力	7.59kg/cm <sup>2</sup>
シリンダ当り出力	1,330HP/cyl.
9シリンダ出力	12,000BP
10シリンダ出力	13,330 "
12シリンダ出力	16,000 "

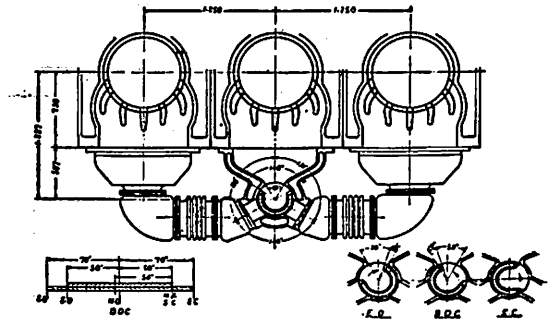
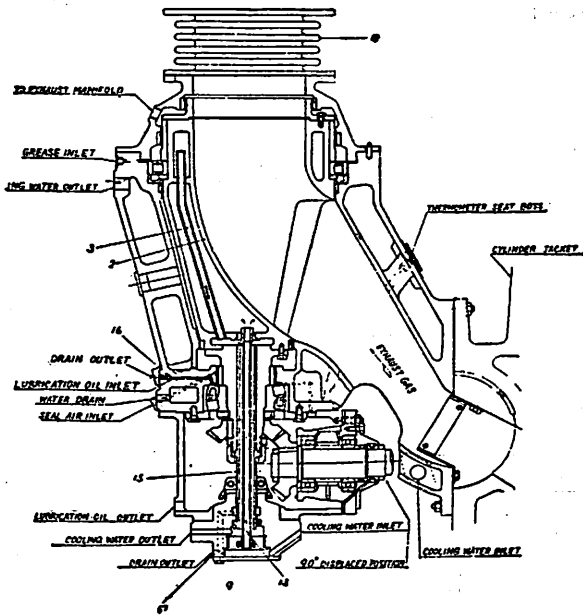
MAN 社も戦前は単動2サイクル式、シリンダ径 800mm、行程1,400mm という大型ディーゼル機関を作ったことがある。今日の計画では勿論他社と同様に排気タービン駆動の過給機を採用する型式である。この場合、従来 MAN 型では排気管制弁として横型だったのを、70/120C型以降、堅型回転式(第8図)としている。すなわち、3シリンダ単位ごとに堅型式の管制弁をおき、同弁以後の通路を一本の排気通路となし、通常に分岐管式排気通路に比べ、排気エネルギーの損失をなるべく少なくなるようにしている。



- 備考 1. 上記機関概略重量はスラストブロック、ビルジサニタリーポンプ、潤滑油および冷却水重量を含まず  
2. 解放高さは通常 H<sub>2</sub>=14,200mm、但し特殊装置とせば 11,700mm まで短縮す



第7図 B&W 1284 VTBF-180 型ディーゼル機関外形図



第8図 堅型排気管制弁および弁配置

### わが社の超大型船建造について

三菱造船株式会社 石野 一雄  
(140 頁よりつづく)

間仕切壁はベニヤ板とするが、集団防火の見地より2~4室を1区劃として、通路を含めマリナイト壁にて囲う方式が採用されている。一般に船主ご要求により従来に比し Grade-up が行なわれ、特に Owner および Captain rooms, Dining saloon, Smoking room 並びに Entrance 等は極めて贅沢な装飾が施され、まさに一流大型客船の上級の各室と比肩し得る装飾となる予定である。

居住区は全面に Air-conditioning system を採用し、“Carrier” の Ship master 方式として、各室にて冷暖房ともに調節可能である。

また本船独自のものとしては、Engine room に「エレベーター」を1基設備し、機関部員の昇降を容易にしている。

### 6. 機関部について

主機出力が増大し、運航採算面からも燃料消費量の向上が要請され、また Aft engine では機関室附近の船型は船が大型化したほど大きくなならないので、compact な Machinery arrangement が要求される。このため本タンカーにはスーパータンカーに採用した蒸気条件 600psi—850°F、あるいは 850psi—860°F をさらに上廻る 850psi—900°F という蒸気条件を採用している。

24,000SHP の主機は高低圧2シリンダの二段減速歯車

付タービンで通常の型式であるが、主推力軸受は従来のギヤーケース中におさめる型式から別体型に変え、ギヤー船尾側に配置している。また主復水器は小型化するため従来の Two pass 型を Single pass 型とし、冷却水は2台の Main circulating pump で送水している。

主ボイラ2基は主機船尾側に装備し、2 drum bent tube type である。

蒸気条件が上昇しているので Tanker service 用の Desuperheated steam 全量 Internal desuperheater のみでまかなうのは困難となり、別に External desuperheater を装備して Cargo pump turbine 駆動および Butterworth heater 加熱をまかなう計画である。給水系統は Deaerator を含む Two stage feed heating で、138°C まで給水を加熱し、また第一段抽気加熱の Steam air heater は燃焼空気を 150°C まで加熱する。

Main steam piping の材料は従来の蒸気条件の 600psi—850°F の場合より Fitting および Valve body に Cast chrome molybdenum steel を使用している。以外特に変えていない。

既に蒸気条件 850psi—860°F のスーパータンカー7隻の実績を持つ当初としては、将来に大馬力化、高温高圧化へ飛躍する step として現計画のものは充分なる自信を持っている次第である。

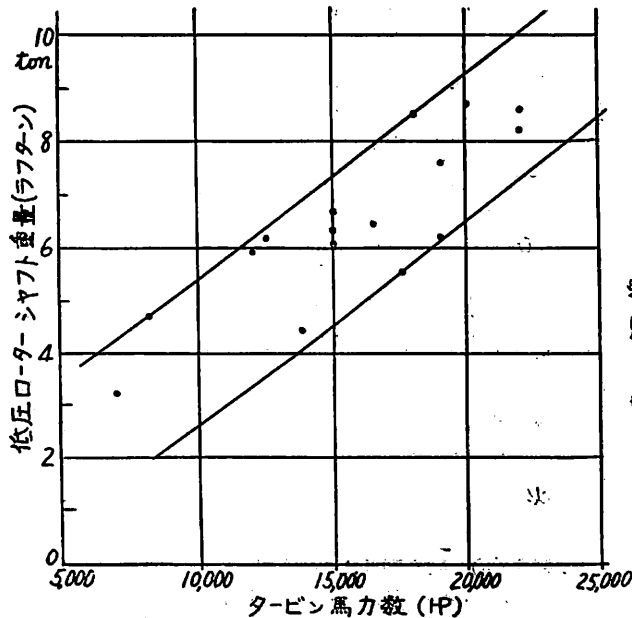


# 超大型船用鋼材の生産と性能について

株式会社日本製鋼所技術部長  
松本茂樹

船舶の大型化からさらに進んで超大型化への傾向に伴い、これに使用される鋼材も次第に大型化する。一般に大型化ということは単に形状から来る乗数的なものだけで律することはできず、鋼材の品質をも考慮した場合製造上種々の問題を惹起するものである。例えば熱処理作業について見ると、鋼材の直径、肉厚の増大は熱処理時間に自乗の形で効いて来ることを念頭に置かねばならない。また鋼材の大型化は使用鋼塊の大型化を招き、ここにインゴットイズムの問題が起って来る。特に材質を炭素鋼から特殊鋼に変更するような場合は、これに変態の問題が加わり事情はますます複雑となって来る。一方、設備の面を考えると鋼塊の大型化は必然的に材料の芯部まで鍛錬効果を及ぼし得る大型鍛錬機を必要とし、熱処理設備も大型化を要求される。これらの大型設備はわが国の鋳鍛鋼の需要の現状から考えると過剰であり、生産性を考慮した稼働は極めて困難で、勢いコスト高となるをまぬがれない。わが国が将来超大型船建造に本格的に乗り出すためには、これらの大型設備の生産性向上、ひいては鋼材のコスト低減即ち船価の引下げということを国家的に考慮すべきである。

超大型船用鋼材の生産について、以下鋳鍛鋼品および



第1図 タービン馬力数と低圧ローターシャフト重量

鋼板に分けてそれぞれの問題点を拾い上げることにする。

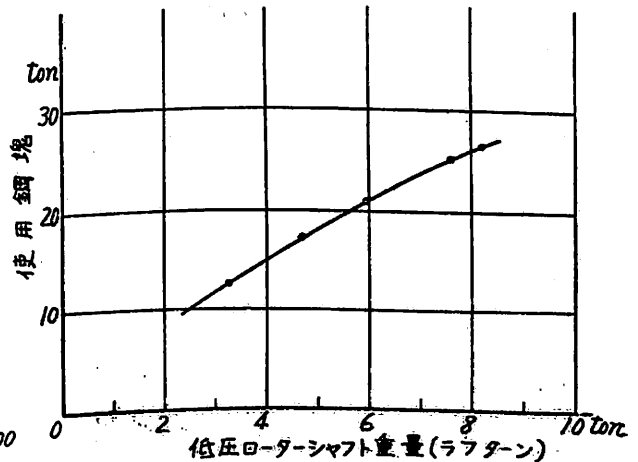
## 1. 鋳鍛鋼品

採用される機種によって使用鋼材および鋼種の配分も異って来る。タービン船は主機、補機、減速機関係等特殊鋼の使用量が多いが、ディーゼル船は炭素鋼が主体を占める。要求される材力規格は二、三を除いて殆んど超大型船の特長というほどの本質的な差異はなく、従来の材力規格をそのまま準用されるものが多いが、前述のように大型化に伴い質量効果を考慮した場合、従来のものより作業は一段と困難になる。

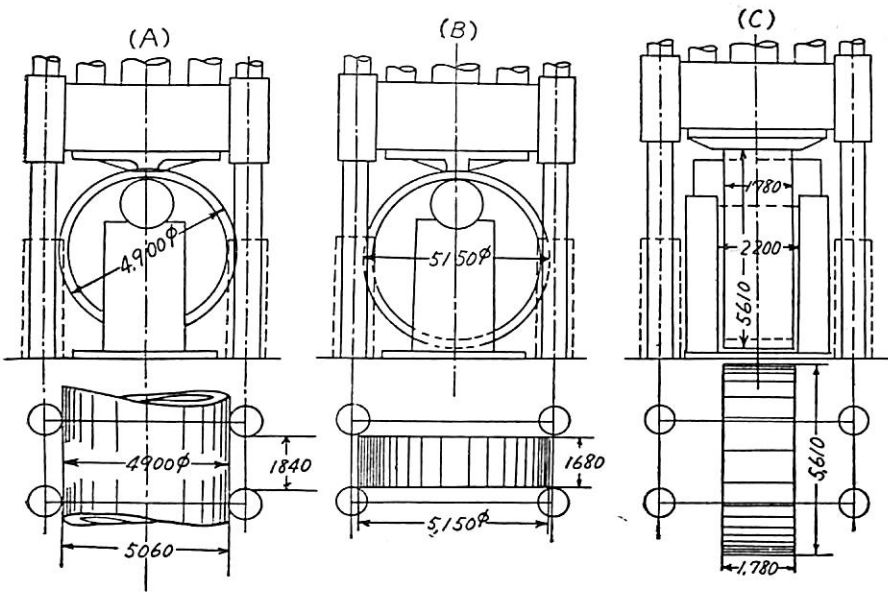
### (1) タービン部品

#### (a) ローターシャフト

船が大型化してもローターシャフト自体はそう大型化しない。これは Twin type となるからであろう。第1図は馬力数と低圧ローターシャフトの重量の関係を示すもので、超大型船級でも鋼塊の頂部底部の切捨を充分行なっても使用鋼塊はせいぜい 30ton 程度であり、現在の製鋼技術上問題はない。第2図はローターシャフト重量と引当鋼塊の重量の基準を示す。しかし大型船の設計者は作用応力の増大を顧慮して、要求品質も単に材力規格をみたしたのみでは満足されず、製鋼メーカーに対してより消浄度の高い鋼を要求しつつあることは当然の成行きといえる。これに対し製鋼メーカーは絶えざる努力を



第2図 ローターシャフト重量と使用鋼塊



第3図 ギャーリムの鍛造法

続けて今日の技術水準に到達したが、さらに要求は高まる一方であった。ドイツの Bochumer Verein 社に始まった熔鋼の工業的真空脱ガス法は、その後各国で種々のアイデアのもとに採用実施され、わが国でも最近急速に脚光をあびるに至った。ローターシャフトの軸受部に現出する砂疵が軸部の疲れ強さに影響するところが多いという理由で極力軽減を望まれているが、上述の真空

脱ガス法の採用によってこの問題の解決が期待される。しかし引き続き一層の製鋼メーカーの努力の実績を集積して行かねば判らない問題である。

(b) 減速歯車(ギャーホイールリムおよびピニオン)

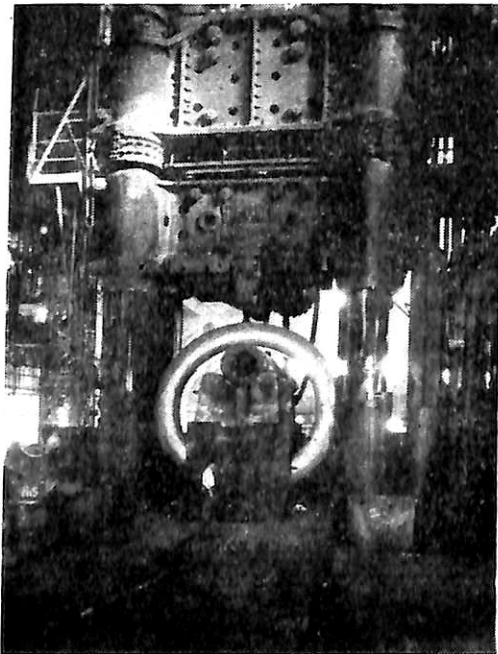
超大型船で製造上問題となるのはギャーホイールリムである。材質的には従来のものと変りないが、径の増大に伴う設備上の問題が主である。第3図は、10,000ton プレスによる鍛造法と製品寸法との関係を示すもので、第1表によって国内で製造し得るギャーリムの最大寸法を把握し得る。第4図

(a) は10,000ton プレスによる鍛造の状況を示し、第4図(b) は大型熱処理炉を示す。

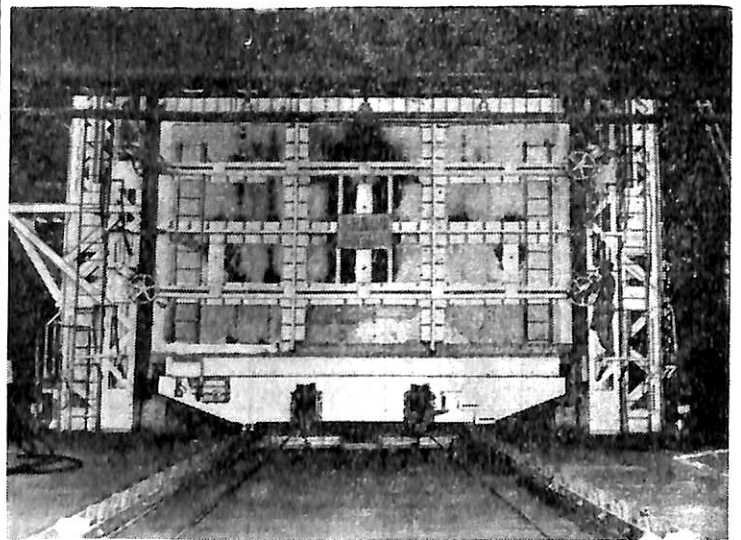
第1表 ギャーリム鍛造可能寸法

鍛造方式	鍛造形状(外径×長さ)	仕上げ形状(ラフターン)
A	4,900φ×制限なし	4,800φ×制限なし
B	5,150φ× 1,680	5,050φ× 1,300
C	5,610φ× 1,780	5,500φ× 1,400

リムはボスの熔接を考慮してC量に制限を加えられ、また熔接後の歪取焼鈍の関係で焼戻温度にも規定を設け



第4図(a) 10,000ton プレスによる鍛造状況



第4図(b) 超大型リムの熱処理炉

幅6.500m×長13.600m×高4.000m  
セミマッフル型引出台車式——重油焚自動制御  
加熱最高温度1,000°C

られている。リムが大型化するに従い使用鋼塊の増大から来る偏析の問題、熱処理の不均一性から来る作業上のバラツキを考慮するとき、上記の制約は製鋼、鍛錬、熱処理の側から見て固い壁となっている。

リムは超大型船に限らず摩耗の問題で苦しめられる。特にピッチングに関しては歯切精度の問題はともかくとして局部的な材質の不均一性—Sulphur band, Ghost 濃化部—は製鋼業者にその解決を迫られている。大型化するに従い、これらの不均一性はますますその傾向が大なることはいなめない事実であり、大鋼塊の健全性の問題はリムに限らずすべてのものに共通の命題といえよう。第5図は大型鋼塊の内部性状と製品リムに現出する不均一性の関連を示すものである。

ピニオンもリムと同様摩耗の関係で均一性を特に要求

第2表 新ロイドルール ピニオン・リムの材力規格

Mechanical Properties for Pinions

Material—Alloy Steel

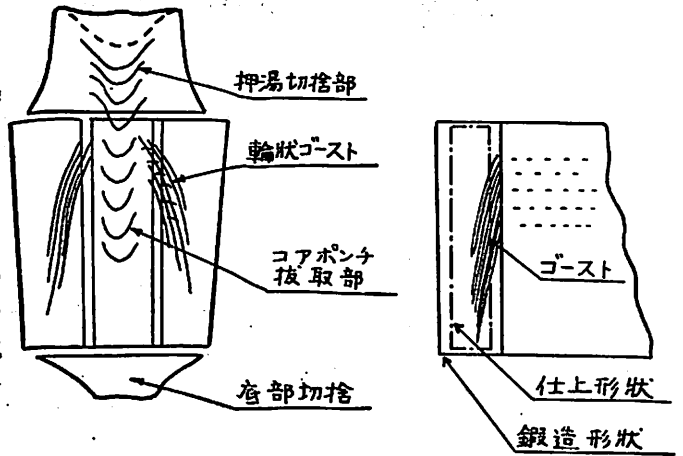
Specified min. tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Min. yield stress kg/mm <sup>2</sup>	Min. elongation on 50mm%		Min. Izod, kg-m		Heat treatment condition
		Longi.	Trans.	Longi.	Trans.	
63	44	23	16	2.75	2.10	Normalized and tempered
63	44	23	16	4.85	2.75	
71	52	22	15	4.70	2.50	Oil-hardened and tempered
79	60	20	14	4.45	2.35	
87	69	18	13	4.15	2.10	
94	76	17	12	3.85	*	
102	82	14	10	3.60	*	
110	91	13	9	3.00	*	

\* Transverse impact tests are to be made and the results recorded.

Mechanical Properties for Wheels and Rims

Material	Heat treatment condition	Specified min. tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Min. yield strength kg/mm <sup>2</sup>	Min. elongation on 50mm.%	Radius of former mm.	Min. Izod kg-m
Carbon Steels	Normalized and tempered	47	24	27	6.5 9.5 16 19	Not applicable
		55	27	22		
		63	31	20		
		71	35	18		
Alloy Steels	Normalized and tempered	63	35	22	Not applicable	* * *
		71	39	20		
		79	43	18		
		87	47	16		
Alloy Steels	Oil-hardened and tempered	63	44	23	Not applicable	4.85 4.70 4.45 3.85
		71	52	22		
		79	60	20		
		87	69	18		
		94	76	17		

\* Impact tests are to be made and the results recorded.



第5図 鋼塊のゴーストとリムのゴーストとの関連

せられる。またリムとの噛合せを考えて常にこれと歩調を合せて、ピニオンは硬度上昇の傾向を辿っている。新ロイドルールによれば第2表のごとく著しく強度の高いものが現われている。歯切精度の問題が解決されれば次第に硬目に移行するであろうことはもはや時日の問題となっている。

(2) ディーゼル部品

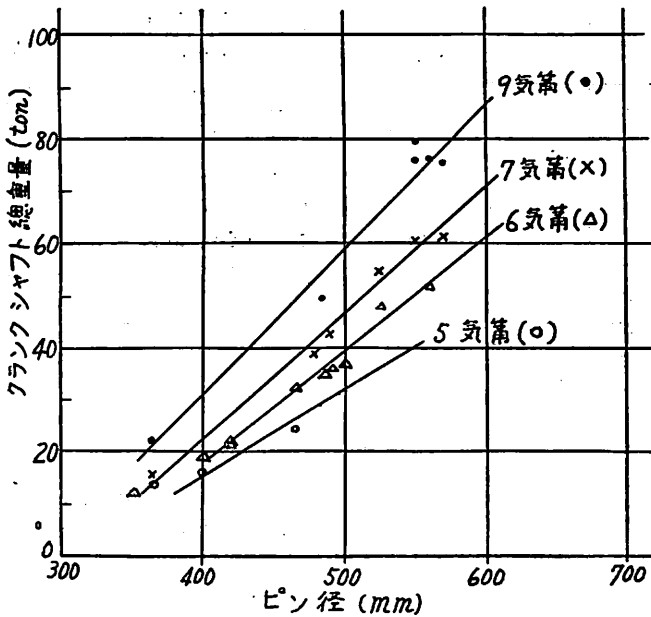
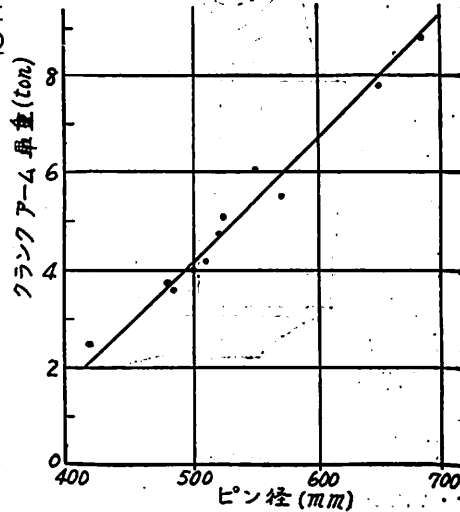
(a) クランク・シャフト

大型船に使用されるクランク・シャフトはすべて組立式または半組立式である。組立式ではウェブを鋳鋼製、ピンおよびジャーナルを鍛鋼製としたものはMAN type ディーゼルエンジンに見られるが、一般に半組立式のものが多い。半組立式ではウェブとピンとを一体としたクランクローを鋳鋼または鍛鋼で製作し、鍛鋼製ジャーナルを焼嵌によって結合して組立てる。第3表はピン径とクランクアームの単重との関係を示し、第6図は気筒数と組立総重量との関係を示す。

鍛鋼製クランクローは鍛造メーカーの独特の技術と経験とによってそれぞれ鍛造方案が異なるが、大型になれば型入鍛造法を採用することは極めて困難で、free forging によるので使用鋼塊が大型になりやすく、ピン径 680mmφ級になると 30ton 程度の鋼塊を必要とし、ゴーストの濃化を覚悟しなければならぬ。第7図は鍛造法の一例を示すもので、この方法によればゴーストがピン部に露出する危険が少ない。

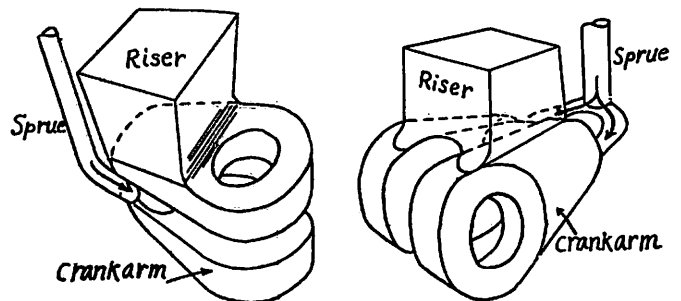
第3表 クランクアームのピン径と単重との関係

ピン径 (mm)	クランクアーム単重 (ton)
420	2.525
480	3.740
482.6	3.638
500	4.040
510	4.200
520	4.780
525	5.060
525	5.075
550	6.070
570	5.515
650	7.800
685	8.850



第6図 気筒数と組立総重量

大型船用のクランク・シャフトを鋳鋼クランクスローの半組立式で製造する型式のものは、わが国ではいまだ船級協会の承認を得た会社が少ない。鋳鋼クランクスローは大型になるとその製造上の問題は鍛鋼の場合に比してかなりむずかしく、ゴーストの濃化部を外部に露出せぬためにいろいろの造型法がとられており、各社それぞれの技術経験から最善の方式が採用され承認を得る段階に至っている。第8図はSulzer社で設計されGeorge Fischer社によって製造なれた鋳鋼クランクスローの造型法の例を示



第8図 鋳鋼クランクスロー造型法の二例

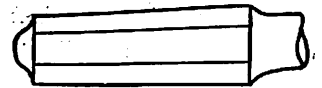
す。

(3) 軸系

大型船の場合、軸系で問題となるものはラダーストックであろう。ラダーストックの free forging の場合、ブラケットの張出しが大きくなると重心の関係で材料のマニプレーティングが困難となるので、強力なターニングが必要となる。

第9図は100,000tonタンカーのラダ

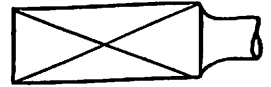
鋼塊



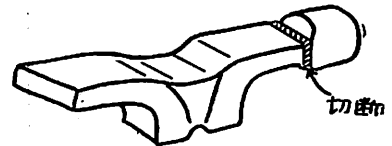
据込



角押



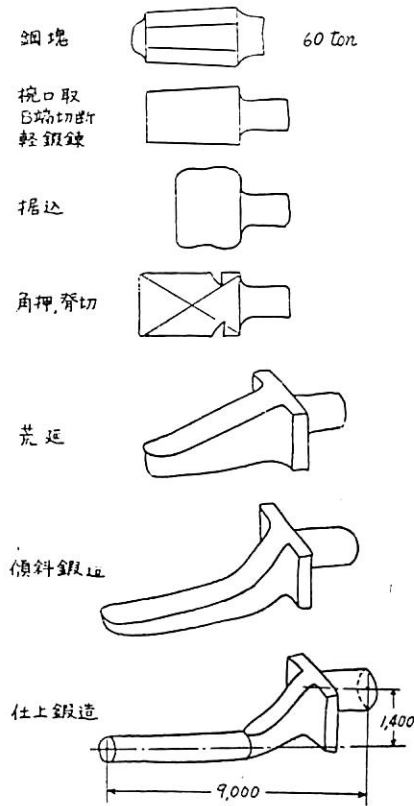
中向鍛造



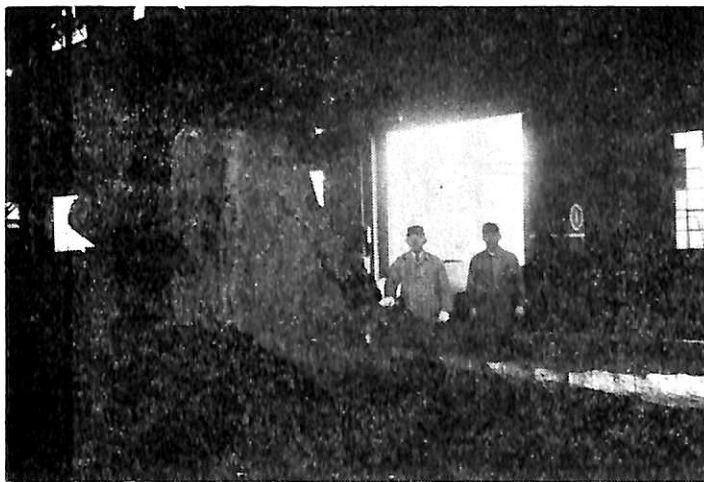
折曲仕上



第7図 クランクスロー鍛造法の一例



第9図 ラダーストック鍛造法



第10図 ラダーストックの鍛造仕上状態

ラダーストックの鍛造法を示すものである。使用鋼塊は 60 ton, 鍛造仕上重量約 38 ton である。第10図は仕上状態を示す。

## 2. 鋼板

超大型船に使用される厚板に要求される問題点は、板厚の増大に伴う切欠脆性の低下を防止し、熱処理によ

てこれを改善すること、また広巾長尺品を使用して溶接部分を減少し、溶接性良好なる高抗張力鋼板の使用を可能ならしめる点であろう。第1の問題点である切欠脆性の向上に対しては、Fully killed, Fine Grain Practice あるいはさらに Normalizing が要求され、Rimmed Steel には望み得ない点とされている。第2の広巾長尺品の製造については、最近わが国に新設された厚板ミルはこの目的に沿うべく設計されたものであるが、超広巾圧延機としては当所の四重逆転式 208"mill が特殊サイズの需要に応じ得る。第4表はわが国の大型厚板ミルの圧延可能寸法を示す。第11図は四重逆転式 208"mill による圧延状況を示す。

第4表 大型厚板ミルの圧延可能最大寸法

会社名	最大厚	最大巾	最大長	最大重量
	mm	m	m	t
日鋼室蘭	200	4.800	20.000	30.000 (80.000)*
八幡	120	3.600	20.000	8.000 (12.000)*
富士広幡	150	3.600	25.000	8.000 (11.000)*
川鉄葦合	50	2.600	16.000	6.300
鍋管観見	50	2.800	20.000	6.000

\* 将来可能の見込みのもの

大型船の重要部分に対してはロイド船級協会の P 5 級を必要とする。しかも超大型船に対しては P 5 を使用してもなお且つ溶接を行なわねばならぬ部分がある。1956年当所で製造資格の承認を得た XNT 鋼板は全溶接を許容され、船殻重量の減少や作業の容易である点は勿論、1枚毎に低温衝撃値の保証が行なわれているため極めて信頼度の高い船体を得ることができる。しかしさらに船型が超大型となるに従い、使用板厚も現在の最大厚38~40mmが50mmに達することが予想され、脆性破壊の危惧が増大する点から各種の破壊試験が行なわれている現状である。作業方式の標準化が進み、近年次第に品質の向上は見ているが、要求される部分によっては溶接工作や脆性破壊の点で板厚にもある限度があるものと予想され、ここに高張力鋼板採用の要請が生れて来る。

現在当所で生産されている“Woleon” 2H鋼板は XNT 鋼板に類似し、合金元素を含まぬ Si—Mn 系の調質型60kg/mm<sup>2</sup> 高張力鋼で既にロイドおよび A B 船級協会においては使用せんとする特定箇所に対してはその都

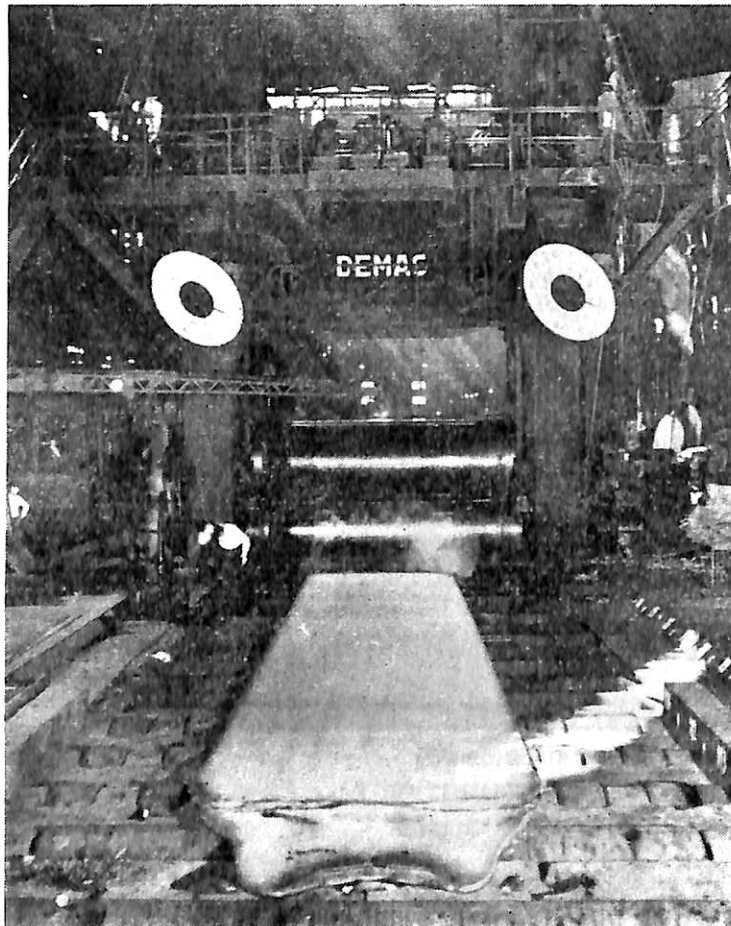


第5表 高張力鋼板の比較

		ロイド協会 X N T 鋼	日 本 製 鋼 2 H 鋼
化学組成	C	<0.17	<0.18
	Si	0.10, 0.30	<0.55
	Mn	0.95/1.40	<1.35
熱 処 理		焼 準	調 質
Vノッチ シャルピ —	試験温度	-10°C	0°C
	エネルギー	> 45ft-lb	> 8kg-m/cm <sup>2</sup>
	クリスタリニティー	<40%	
引張試験値	降伏点	> 抗張力×55%	> 46kg/mm <sup>2</sup>
	抗張力	28/33 ton/in <sup>2</sup>	58/68 kg/mm <sup>2</sup>
	伸	> 23%	G.L8'' > 16% G.L2'' > 25%

度の申請に基づき適用が考慮し得られることになっている。なお日本海事協会においても目下検討中である。2H鋼板を使用すればある程度板厚の減少に役立つものと予想せられ、またノッチタフネスの優秀性が期待せられるとともに、熔接性の点でも従来の Ship plate に劣らぬ結果が得られている。第5表は2H鋼とXNT鋼、E鋼の化学組成、材力の比較を示したものである。

以上超大型船用の鋼材生産に当って問題となる点を製鋼業の立場から触れて見た。近代の進歩した検査技術は各種の非破壊検査法をもたらし、これが鋼材の品質向上に大いに貢献していることは万人の認むるところであるが、一步これが適用をあやまると貴重な労力と資材を無為に帰せしむることになる。これを未然に防止するためには、設計者、造船技術者および製鋼業者の絶えざる協力が必要である。



第11図 四重逆転式 208'' 厚板ミルによる圧延状況

# 超大型タンカーの現状とその運航経済性について

飯野海運株式会社調査部

小山朝光

## 序

第二次大戦後世界の産業界は一面において諸種の化学工業即ち石油化学、石炭化学等新しい分野を開拓するとともに、一方においては生産単位規模の驚異的な増大、さらには生産方式の合理化、オートメーション化等によって生産力の拡大と生産費の低下を成し遂げつつある。このような産業界の質と量両面にわたる変化は当然これら工業への原材料供給面の大半を担当する海運企業に対しても新たな経済的要因に基づき種々の変革を求めるとなり併せてその実現を促すに至った。他面工業原料の生産部門においても、第二次大戦を通じての世界的生産力増加運動によって、英国の石炭、米国の石油のごとき既往開発資源は枯渇ないし老朽化するに至り、一方、中東の石油、米国および南阿の石炭等、未開発資源は逆に急速な発展を見せ、前者にとってかわるといふ偉大な新陳代謝が見られた。かかる生産地域の移向並びに生産供給力の増大はこれまたその主要運輸部門である海運企業の運航形態、特に船型に対しこれをかれらと適合したところの新たな経済船を生み出すよう要請するに至った。

かくして海運企業の様式を規制するところの原材料生産地（仕出地）並びにこれが受入地である生産工場（仕向地）両者の変革面よりする要求は第二次大戦後の海運界に新しい経済要求を果すにない手として大型船、超大型船、さらにはウルトラ大型船を相次いで誕生させるに至った。従って石油企業における生産規模の拡大、さらには構造的変革、タンカー界における超大型化の問題はこれら一連の動きを代表した最も顕著な変革事象である。本稿においてはかかる観点より、

- (1) 商船の大型化傾向とタンカー界における超大型化
  - (2) 超大型タンカーの現状とその見直し
  - (3) 超大型タンカーの経済性とその問題点
- の上記三項に分けて解説することにした。

## 1. 商船の大型化とタンカー界における超大型化

### (1) ドライカーゴ部門における大型化

世界におけるドライカーゴ海上荷動きの大宗は戦前より石炭、穀物、鉄鉱石、木材等であるが、このうち木材を除いてはいずれも戦後においては積出地、揚地並びに

貿易量が大きな変化を示し、その貿易形態、主要航路ともに一新されるに至った。即ち石炭は戦前はその85%ないし90%までが英国、ドイツ、ポーランド、ベルギー等より積出され、米国は僅かに10%余に過ぎなかった。それが戦争期間を通じての無暴な生産により英欧炭は全く枯渇し、生産力は著しく低下するとともに、その値段も深掘りによるコスト高で高騰し、質量両面において市場よりシャットアウトされるに至り、遂には自らの需要増加に対してすらその多くを海外よりの輸入に仰ぐ運命に達した。そしてかれらにかわり戦争中に開発され、終戦時には多量なストックすら抱えておいた米炭、南阿炭がその過半を占めるに至り、石炭輸送形態は最大の供給国たる米国の主要積出港であるハンプトン・ローズより最大の需要国である英欧諸港へのピストン航海形態を常道とするに至った。かくして積揚両端港の港湾荷役設備の整備と荷役力の増大によって、単位輸送ロットの大型化、スピード・アップによる回転率（航海数）の増加が荷主船主両者の一致した経済的要求となり、本航路が本格的繁栄をもたらした1956年以降、当航路の適船として12,000 DW以上の比較的高速船が大量に発注建造されるに至った。また戦後ドライカーゴ部門において最も著しい発展を見せた鉄鉱石は、戦前年間4,700万屯に過ぎなかった貿易量が、1957年には8,500万屯に達し、さらに1960年には11,300万屯に達する勢いにある。このような貿易量の著しい発展と鉄鉱工場単位生産力の増加は、従来老令低速不定期船の最後の奉公場であった鉱石輸送の近代化を要求するに至り、いわゆるインダストリアル・キャリアーとして的大型専用船による高能率、低運賃、ピストン輸送形式をその基本形態とする方向へ大巾にスイッチされるに至った。また小麦においても米國小麦の生産過剰と南米プレート小麦の退潮により米國小麦が大巾に進出し、日本印度等への長距離ピストン輸送ルートが現われたが、これは戦後ソ連圏との貿易禁止に伴う米国より自由諸国向けの援助政策による新貿易ルートの一部と見るべきで、かかるルートの出現は日本に例をとってもわかるごとく極めて広範な物資に及び、このため世界の平均海上輸送距離は著しく延長を余儀なくされた。（但しソ連は米国に次ぐ小麦生産国で、多くのストックを保有している）

以上のような経済的並びに政治的要因に基づく戦後の

不定期貨物船大型化の傾向は、戦前の9,000重量吨、10ノットの標準型を大きく変革し、ウェスティングホームのレポートによると第1表の如く就航船の中10,000DW(重量吨)以下は僅か29%(この73%までが戦前建造船)11,000DW以下が46.9%(この98%までが戦時建造船)で、11,000DW以上の大型船が24.1%に達し、さらに建造並びに発注済船について見ると11,000DW以下は僅か13.6%に過ぎず、残りはすべて大型で、特にその中でも13,000DW以上の大型不定期船(バルク・キャリアー、鉱石専用船を含む)が全体の66%と過半数を占めていることが注目をひく。さらに建造並びに発注済船中12,000DW以上の大型船をさらに詳しく分析すると、第2表の如く12,000DW代が40.5%、13,000DWから16,000DW代が53.2%と両者でその93.7%までを占め、それ以上の大型船は極めて稀であることを示している。また速力は4,000DW以上の全不定期船の平均速力が11.4ノットに対し、その平均速力は14.3ノットで、14ノット以上の高速船が全部の77%(うち16ノット以上は10.1%)に達している。これを要するに不定期貨物船の大型化は、前述の如き理由に基づく現象ではあるが、鉱石、石油兼用船の如き特殊船を除いては両端の受入れ体制並びに輸送形態よりして16,000DWが概ねの限界で、速力についてもかかる船型よりの採算的制約により16ノットが限界であることを明示している。特に日本を含む極東水域では14,000DWが限界で鉱石専用船にしたところで2~3年後の将来を見越しても20,000DWが限界で、南米の良質鉄鉱石の一部輸入に33,000DW代が限定建造されることが可能視されるが、これがその最大の限界であろう。このように一般不定期貨物船の大型高速化はその性質上すでに限界に到達し、今後ともこれ以上の発展は望めず、むしろ今後の重点は運営形式並びに

第1表 不定期貨物船船型別分析表

(ウェスティング・ホーム1957.3.末)

船型 種別	10,000DW	10,000DW	11,000DW	13,000DW	計
	未満	~10,999	~12,000	以上	
就航船	29.0%	46.9%	13.7%	10.4%	100.0%
建造並びに 発注済船	4.7%	8.9%	20.4%	66.0%	100.0%

第2表 建造並びに発注済大型不定期船分析表(ウェスティング・ホーム1957・末)

船型 船腹量 重量(千DW)	12,000DW ~12,999	13,000~15,999 (53.2%)			16,000~ 16,999	13,000以上	計
		13,000~ 13,999	14,000~ 14,999	15,000~ 15,999			
重量(千DW)	1,505	584	781	612	177	56	3,715
%	40.5	15.7	21.0	16.5	4.8	1.5	100.0%

船舶構造面における分業化および専用船建造(同一船型内における荷役能率の向上)に指向されることとなろう。

(2) タンカー界における超大型化

戦前の石油海上貿易量は1937年で1億500万屯と全海上貿易量の21.8%を占めるに過ぎなかった。しかしながら世界の石油需要は第二次大戦を通じ日常燃料、工業用燃料等における広範な石炭の重油転換がなされたことや、戦後の工業生産の上昇、自動車、航空機の普及発達、石油化学工業の勃興等によって急激な増大を見せ、戦前(1938年)年33,500万坪であったのが、1957年には107,500万坪と3.1倍に増大し、一方原油生産も1938年約3億2千万坪であったのが、同じく3倍の10億屯余に達している。しかもかかる石油の発展は第3表に示すごとく世界の熱エネルギー構造の根本的変革によるもので、たとえ今後原子力エネルギーの産業への活用が具体化してもおな、ここ20~30年は大巾な増加を継続するものと均しく認められており、世界の石油貿易量は第5表の如く1939年の1億500万屯が、1955年には3億6千万屯と3.6倍に急増を見せ、世界全海上貿易量の44%を占め、さらに1975年には現在の約3倍に増大し、世界全貿易量の70%までを石油が占めることになるといわれている。

第3表 世界熱エネルギー部門別消費構成

(英国石油協会)

年次 部門別	1937	1947	1957	1975
石炭	68%	57%	39%	29%
石油	21%	28%	38%	50%
水力	6%	7%	9%	} 21%
天然ガス	5%	8%	14%	

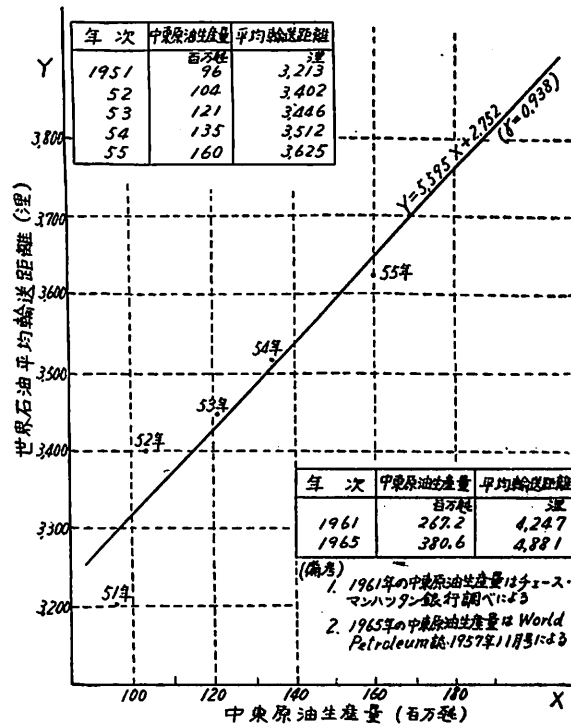
石油需要並びに生産量の戦前対比3倍余という大巾な伸びの影響は、原油の生産面においては、戦前世界の6割余を生産し、世界最大の石油供給国であった米国が、1948年以降には自国の増大する需要すら賅い切れなくなり、逆に輸入国に転じ、その量も1956年には世界全生産量の43%弱を占めるに過ぎなくなっ

た。そしてこれにかわって1938年には僅か全生産量の6%を生産するに過ぎなかった中東地域が、戦争中の世界石油カルテルによる一大開発によって驚くべき進出を示し、1956年には全体の20.7%を占め、今後も豊富な埋蔵量と産油コストの低廉なことによりそのウェイトは逐年増大するものと見られる。このような仕出地の大きな変革とともに需要(仕向地)面においても最大の供給国であった米国が新たに需要国に加わるとともに、西欧その他の全世界の需要国はこれによって従来一手に供給を仰いでおった米国よりの石油製品輸入が絶えたため、いずれも自国に製油所を新設し輸入原油を精製自活する途を選び、その原油供給地を均しく中東地域に求めるに至った。これにより石油貿易形態は戦前の米国、ヴェネズエラの二国よりの比較的近距离な製品主体の輸送から、戦後は遠隔な中東より世界各消費地への原油輸送となり、ヴェネズエラは米国へのローカル供給地になった。この結果 1938年世界石油貿易の39.3%はヴェネズエラより、28.8%が米国より輸出せられ、中東は僅か15.6%に過ぎなかったのが、1955年には中東が54.4%、ヴェネズエラ38.3%となり、逆に米国は全貿易量の5.1%相当を輸出しているとはいうものの、一方において中東、ヴェネズエラ等より21.1%相当額を輸入し、差引き全貿易量の16%相当の多量な輸入超過となり、西欧(全

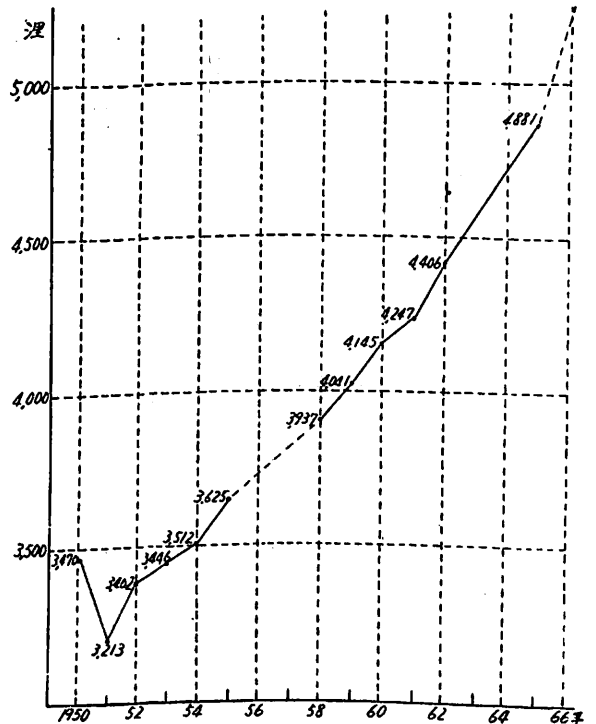
体の43.7%を輸入)に次ぐ世界第二の石油輸入国となっている。このため戦前の米国/西欧平均5,000哩/片道、ヴェネズエラ/西欧4,250哩という近距离ルートに替って、中東/西欧6,500哩、中東/米国8,277哩という超遠距離航路がメイン・ルートになった。かくして、石油の海上平均輸送距離は沿岸輸送を包含しても約3割方延長され、特に6,000DW以上の船舶の就航航路においては外誌によると戦前約5,500哩であったのが1950年には7,849哩になり、現在は約9,000哩、1962年には9,800哩見当まで伸びるものと思われる。このような平均航海距離の大巾延長(第4表のグラフ参照)輸送総枠の3.6倍という拡大、しかも満船積の原油輸送ということになれば船主の採算よりしても、従来の製品積併せ輸送用の小型船(16,000DW以下)は全く使用に耐えぬしるもので備船者の認める限度(市場性を狭めぬ限度)内における最大の船型と高速力の船型を求めることは当然の結果であった。そのうえ受入体制である両端の設備は、石油カルテルの強大な資本で計画的に新設された石油積出港と生産単位の極めて大きな製油所という極めて恵まれたもので、そのうえ石油カルテルは広大な製油工場の能率的安定操業と、運送コスト低下の最良の途として超大型タンカーによるピストン輸送方式を積極的

第4表 中東原油生産と世界石油平均輸送距離の延長

(イ)中東原油生産量と世界石油平均輸送距離との関係



(ロ)世界石油平均輸送距離の推移



に採択し港湾、荷役、貯油等の設備はすべてこれにあうよう不断に拡張を図っており、他方タンカーの建造面においてもみずから多量のスーパー・タンカーを建造するとともに長期備船契約書をスーパー・タンカー建造希望船主に与え金融をつけさせる等、超大型化によるタンカー船隊の船質改善促進のため最大限の努力を払って来ている。

かくして超大型タンカーは備船者である石油会社側のインダストリアル・キャリアーとしての強い要請と、より高い利潤を求めて止まぬ船主の努力とによって特に順風満帆、1952年頃より驚異的速度と規模をもって新造されるにいたった。

かかるタンカーの大型化を前項の一般不定期船の限界に達した極めて小規模な大型化と比較すると、(1)インダストリアル・キャリアーであるので、石油カルテルによる石油企業規模の拡大の一環としてタンカーの超大型高速化が取上げられている。(2)平均海上輸送距離が遙かに長い。(3)(1)、(2)の結果如何ほど大型高速化しても満船ピストン航海に殆んど不安がない。(4)建造に当って備者(船石油会社)の長期備船契約をもらえ運航の安定に不安がない。(5)石油カルテル並びにギリシャ系ユダヤ人グループといういずれも世界超一流の巨大な資本がスーパー・タンカーの過半を建造しているので、新造に当って大型化の先行性を先々と積極的に織込んで行ける、等の点がその大きな相違点であり、タンカーの最大型船は現在のところ120,000DWのウルトラ・タンカーで

あるが、なおこれをもって大型化の限度と見るのは長い目で見た場合決して妥当ではないと考える。

第5表 世界海上貿易における石油(国連統計)

年	総計	石 油		石油外貨物	
		屯 数	%	屯 数	%
1929	百万吨 455	百万吨 65	14.3	百万吨 390	85.7
1937	480	105	21.8	375	78.2
1950	525	225	42.9	300	57.1
1956	818	360	44.0	438	56.0

2. スーパー・タンカーの現状とその見越し

前にも述べたごとくタンカーの大型化は極めて急速度で現在なお進展中であるが、この間の推移を第6表によって見ると、1953年7月1日を100と見ると1958年初頭までに24,000DW以下の船舶は隻数で僅か11.1%、221隻しか増加していないのに対し、24,000DW以上の大型グループは3.48倍、345隻も建造されており、さらにこれを各時点における建造並びに発注済船舶で見ると、同じ期間に24,000DW以下の船型は逐年減少し、1958年初頭では72.9%と大巾に減り、他方大型船は3.48倍、513隻も増えている。

さらに大型化の推移を各年次の新規発注代表船型によってとらえると、第7表の如く毎年その船型は大巾に大型化し、1948年から1958年までの10年間に16,000DW

第6表 隻数から見たタンカー大型化推移表

(イ) 就 航 船

年 月	船 型	24,000DW以下	増 加 率	24,000DW以上	増 加 率	総 隻 数	増 加 率
1953—7—1		1,992隻	100.0%	139隻	100.0%	2,131隻	100.0%
1954—7—1		2,082	104.5	202	145.3	2,284	107.2
1955—7—1		2,081	104.8	254	182.7	2,341	109.9
1956—7—1		2,103	105.6	320	230.2	2,423	113.7
1957—7—1		2,169	108.9	420	302.2	2,589	121.5
1958—1—1		2,213	111.1	484	348.2	2,697	126.6

(ロ) 建造並びに発注済船

年 月	船 型	24,000DW以下	増 加 率	24,000DW以上	増 加 率	総 隻 数	増 加 率
1953—7—1		409隻	100.0%	207隻	100.0%	611隻	100.0%
1954—7—1		273	66.7	157	75.8	430	69.8
1955—7—1		152	37.2	154	74.4	306	49.7
1956—7—1		256	62.6	320	154.6	576	93.5
1957—7—1		355	86.8	756	365.2	1,111	180.4
1958—1—1		298	72.9	720	347.8	1,018	165.3



第7表 各年次新規発注代表船型推移表

年次	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
代表船型DW	16,000	18,000	20,000	22,000	24,000	28,000	33,000	36,000	48,000	66,000	48,000 ~ 66,000

から66,000DWと突に4倍余の大型船が誕生するにいたり、そのテンポが如何に早いかがしのばれる。従って数年前はスーパー・タンカーは24,000DWと基準されておったのが、本年初頭においては発注済の83.5%までが24,000DW以上という有様で、最近ではその基準も29,000DW以上に格上げされるにいたり、現在発注される船は過半が40,000DW以上で46,000DWと66,000DWが最も多い。

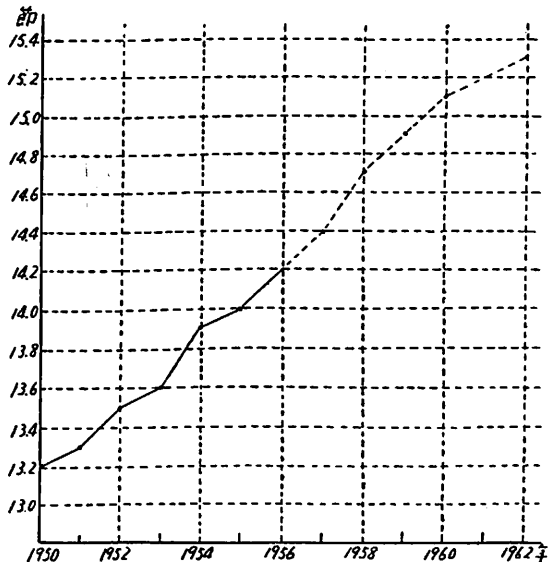
ウェスティング・ホームによると、29,000DW以上のスーパー・タンカーは本年初頭で273隻956万DWで、本年上半期新規発注1,061万DWのうちその90%928万DWまでがスーパー・タンカーとなっており、現在建造並びに発注済船が竣工する1961年にはその総保有量は835隻3,337万DWと現状の6.3倍に達するといわれている。

次に今後の見通しであるが、第8表の示すごとくスエズ経由を前提とした場合は、43,000DWが満載で同運河を航行できる最大型船、また空船(往航)通過可能船型は65,000DWであるが、復航は積荷は三分の二しか積めず残りは地中海東岸の石油積出港に再寄港積載することになる。従って40,000DW代のタンカーは現在並びに将来とも最も使用範囲の広いスーパー・タンカーとしてかなり重要なシェアを保持することになろう。しかしながら先般のスエズ紛争が米国および欧州諸国に与えたにがい経験は同紛争を境に国際的な政治ないし軍事情勢の変動により直接脅威を受けない喜望峰経由の中東石油輸送航路を今後の重要ルートとして取上げさせるにいたった。他方かかる政治的配慮を除外しても1965年前後には中東地域より西向け石油の輸出量は年間2億4千万吨をオーバーすると見られ、たとえそれまでに現在のスエズ運河第8次拡張計画が実現し、またパイプラインも拡張されたとしても現行輸送ルートによる輸送はスエズ経由で1億8千万吨、パイプラインで6千万吨、計2億4千

万吨というのがその西向けの最大輸送量であり、従って1965年以降は物理的にスエズ運河は満員になり、かわって喜望峰経由輸送が逐年急激に増大すると見られている。かかる観点より、米国および英国等においては同航路で運送原価がスエズ船と同等ないしそれ以下の経済船として、65,000DW(中東/米国航路)、もしくは85,000DW(中東/英欧)ないしそれ以上のマンモスないしウルトラ・タンカーがかなり多数発注を見ている。特にこのマンモスないしウルトラ・タンカーの建造については今後の石油需要増加の過半を中東石油に依存しなければならず、そのうえ本航路がスエズ経由に比しきほど航程の延長にならない米国およびそれを見込んだギリシャ系船主が最も力を入れるものと思われる。

第9表 世界タンカー平均速力

備考：サン・オイル社  
：推定値は新造船16.0節、解体船11.0節として計算した。



第8表 スーパー・タンカー船型別特性

特色	現状でスエズ運河満船通過最大船型	㊤現在の浚渫計画完了時満船通過最大船型	同上時空船通過最大船型(復航時積)	㊤スエズ複線工事完了時満船通過最大船型	スエズ通過船(43,000DW)と同コスト喜望峰経由船	
					中東/米国	中東/英国
船型DW	39,000	43,000	65,000	66,000	66,000	85,000

註 ㊤……1960年頃完成予定なるも若干延びる可能性あり

㊤……1965年頃頃完成予定なるも現在のところ殆んど実現の可能性はない。

船型(DW)	35,550	39,350	46,000	60,000	80,000	100,000
夏季吃水(呎)	35.5	36.0	37.9	41.5	46.0	48.3
許容水深(呎) (m)	39.5 (12.0)	40.0 (12.2)	41.9 (12.8)	45.5 (13.9)	50.0 (15.2)	52.3 (15.9)

なお世界タンカーの平均速力はサン・オイル社調べによると第9表のグラフの通りで、1950年の13.2ノットから1956年には14.2ノットになっており、さらに1962年には15.3ノットに達すると予見される。

最後にスーパー・タンカー受入れ体制中最も重要である世界の主要積揚地港における入港許容吃水について見ると、まず主要船型の許容水深は上表の通りである。

これを大略すると、水深34呎以下では30,000DW以下、35/39呎で30,000DW/36,000DW、40/44呎で38,000DW/50,000DWということになる。

一方、主要積地であるベルシャ湾諸港、カリブ海諸港、地中海東海岸諸港、シキシコ湾諸港、東印度諸港、また揚地においては米国東岸諸港、英欧大陸諸港、カリブ海諸港、地中海諸港、南米諸港についてみると、第10表の通りで、1960年にはベルシャ湾諸港は90.6%まで

が40,000DW以上のスーパー・タンカーが入港可能で、さらに60,000DW以上のマンモス・タンカーも76.6%まではいれることになり、36,000DW以下の船型しかはいれないのは僅かイラン、イラクだけとなる。またカリブ海域は現在50,000DW以上は全くはいれないが、1960年には69%までが40,000DW、また55.4%までが60,000DW以上のマンモス・タンカーの入港が可能になる。地中海海岸は現在でも水深ではウルトラ・タンカーすら入港可能であるが、錨地が悪いので特殊の繋留装置の設備が必要である。東印度諸島もスーパー・タンカー入港可能で、僅かにドメスティックの積出港であるガルフ諸港だけが1960年になっても依然38,000DW以上の大型船は入港できない。一方受入諸港では米国東岸は現在のところ38,000/50,000DWタンカー入港可能港は僅かに23%過ぎず、60,000DW以上の入港可能港は殆んど無いが、

第10表 世界主要石油積揚地港湾水深事情

(イ) 積地諸港

年次	地域	34呎以下	35~39呎	40~44呎	44~49呎	50呎以上	計
1957年	ベルシャ湾地域	5.5%	22.7%	0%	1.8%	70.0%	100.0%
"	カリブ海 "	3.5"	41.4"	55.1"	0"	0"	100.0"
"	地中海 "	0"	0"	0"	0"	100.0"	100.0"
1960年	ベルシャ湾 "	4.7"	4.7"	14.0"	0.9"	75.7"	100.0"
"	カリブ海 "	1.5"	29.5"	13.6"	32.6"	22.8"	100.0"
"	地中海 "	0"	0"	0"	0"	100.0"	100.0"

(ロ) 揚地諸港

年次	地域	34呎以下	35~39呎	40~44呎	45~49呎	50呎以上	計
1957年	米国東岸	21.9%	53.0%	22.8%	2.3%	0%	100.0%
"	英欧大陸	6.4"	34.3"	35.0"	8.1"	16.2"	100.0"
"	カリブ海地域	7.5"	34.5"	58.0"	0"	0"	100.0"
"	地中海 "	25.6"	10.8"	47.6"	10.1"	5.9"	100.0"
"	南米 "	82.0"	2.5"	15.5"	0"	0"	100.0"
"	濠州 "	37.6"	47.5"	14.9"	0"	0"	100.0"
"	米国西岸	21.4"	76.0"	2.6"	0"	0"	100.0"
1958年	米国東岸	16.0"	44.5"	35.5"	2.0"	2.0"	100.0"
"	英欧大陸	6.0"	16.5"	1.3"	35.4"	40.8"	100.0"
"	カリブ海地域	10.7"	29.8"	59.5"	0"	0"	100.0"
"	地中海 "	15.8"	10.2"	40.1"	13.1"	20.8"	100.0"
"	南米 "	45.7"	1.8"	25.1"	27.4"	0"	100.0"
"	濠州 "	32.8"	54.3"	12.9"	0"	0"	100.0"
"	米国西岸	0"	38.0"	2.5"	44.6"	14.9"	100.0"

近い将来にデラウェア河口に一大タンカー・ターミナルができ、マンモス・タンカーを大量に引受ける計画が進められている。英欧地域は現在は80,000DW以上入港可能はル・アーブル、ダンケルクの二港（全体の16%）、38,000DW/50,000DW入港可能港35%となっているが1960年にはミルフォード・ヘイブン、ジープルグ等の建設中のターミナル並びにトランメール港の計画中のターミナルが完成し、さらにル・アーブル、テムズ沿岸、ウィルヘルムス・ハーヘン港、フィナート港等の拡張整備により、この地域の石油需要の4割までが80,000DW以上（ケープ廻り経済船）で運び得ることになる。地中海諸港は現在50,000DW以上の入港可能は僅か16%であるが、1960年には50,000DW入港可能港は33.9%まで拡大される。これらの詳細およびその他諸港の状況は第10表を参照されたい。

### 3. スーパー・タンカーの経済性とその問題点

スーパー・タンカーの優位性の最大のもは大型化によるその積荷1屯当りの運送コストが逡減する点である。そして大型化によるコスト低下の主要々因は、①船価の重量屯当り価格が大型化により低廉化（溶接工事になってより特に顕著）すること。②大型化にかかわらず船員の増加が極めて僅小なため屯当り船員費が割安になる。③修繕費、船用品費も同じく屯当りが割安になる。④持バンカーによる積荷許容量削減の割合が少なくなり、このため重量屯当りの積荷積載率が增大する。⑤回転率（航海数）の増大と単位輸送量（1航海積高）の相乗により積荷屯当りの経費低下が大きく、また収益率も高い。等の超大型船の利点によるためである。しかしながらこれら大型化、高速化によるコスト・ダウンも詳細に検討すると種々の限界があり、従ってその逡減率の割合もあるいは鈍化し、またある限界を越すと逆に高騰の逆現象にすら転化するのである。

いまこれをスーパー・タンカーないしマンモス・タンカーの代表船型として33,000DW、46,000DW、66,000DW、85,000DWの四つの船型について、幾つかの速力における採算性の比較を種々の角度から検討して見ると次のような結果となる。

#### 1. 算定基礎

##### (1) 契約船価（第11表の(1)参照）

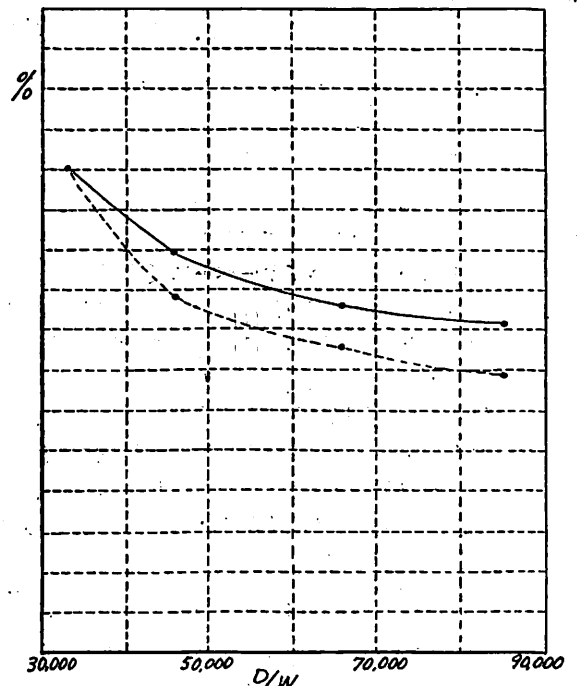
船価は造船の需給関係その他の要素によって大巾に変動するが、長期的にみれば建造コストと同一の傾向を辿るものと考え、第11表の(1)の如き建造原価曲線を引き、DW当り船価の傾向はこの曲線に随うものとした。

一般に建造コストは大型化につれて割安となるが、

66,000DW以上では船体補強の問題、材料の強度の問題、建造技術上の問題等未知な要素が多く、且つこれらの要素はいずれもコストが割高となる性質のものであるので、大型化によるDW当り建造コストの逡減は殆んど相殺されると考え、66,000DW、85,000DWのDW当り建造コストについては同一と考えた。以上の論拠をもとに、現在就航中並びに建造中（発註済を含む）の船型別船価を算定すると、33,000DW型のDW当り船価を13次船（220ドル）の10%レス（198ドル）、46,000DW型を同じく13次船（215ドル）の10%レス（193.5ドル）とすれば、66,000DW型および85,000DW型は192ドルとなる。

但し本項経済速力の算定にあたっては33,000DW、46,000DW、66,000DW、85,000DWのそれぞれにつき速力を14、14、15、15ノットを採用したので、この場合搭載主機関の軸馬力は9,300馬力、12,000馬力、

第11表の(1) 大型タンカー運送原価



—— 経済速力を使用した場合

33,000DW	満船	14.0ノット
46,000 "	"	14.0 "
66,000 "	"	15.0 "
85,000 "	"	15.0 "

…… 就航中、計画中の船型、速力の場合

33,000DW	満船	16.5ノット
46,000 "	"	16.25 "
66,000 "	"	16.5 "
85,000 "	"	16.5 "

18,000馬力, 21,000馬力となり, 第11表の(1)の点線カーブの各船型の馬力とそれぞれ相異なる。従って本採算比較に当っては, 各船価はこれら馬力の違いより来る船価の増減を算入したもの(実線)を使用している。

(2) 乗出費用

契約船価の5%

(3) 店費

33,000DW型を月DW当り200円とした場合, タンカーはその管理並びに運航形態が簡易なため, 店費総額にはさほど増減がなく, 従ってDW当り店費は大型化するほど大巾に安くなる。本計算においては実績を主体に次表の如く査定した。

船型	月DW当り店費
33,000DW	200円
46,000 "	168円
66,000 "	143円
85,000 "	129円

(4) 金利

財政資金, 市中資金をそれぞれ5割の比率で建造した場合, 平均金利は略々8分となる。したがって本採算においても総船価に対して年8分の金利をみた。

(5) 償却

18年等額(総船価に対して年5%)

2. 各船型の速力別ハイヤーベース(H/B)

同型において速力の高速化はエンジンの出馬力の増大, 船価の値上りの原因となるとともに馬力数の増加は修繕費, 船用品費, 船員費等の値上りを招くので, 稼動月1重量屯当りの負担船費であるH/Bは速力の上昇とともに値上りする。しかしながら船型が大型化することによりこの速力上昇に伴うH/Bの値上りは, 負担屯数(重量屯)が大きいため鈍くなる。なお船型別, 速力別H/Bは次の通りである。

船型	速力	14節	15節	16節	17節
33,000DW		3.56弗	3.66弗	3.81弗	3.99弗
46,000DW		3.32"	3.41"	3.52"	3.70"
66,000DW		3.17"	3.24"	3.34"	3.45"
85,000DW		3.09"	3.16"	3.25"	3.34"

3. 各船別の速力別チャーターベース(C/B)比較

C/Bとは船を就航させることによって得る運賃収入と, それに要した運航経費との収支を1月1重量屯当りの数字で現わしたもので, 船の収益の度合いを示すものである。従って高速化による燃料費の増加(燃料消費量は速力の3乗に比例して増加する)による運航費の増加

と, 高速化による航海日数の短縮による1日当り収入の増大との両者のいずれかが大きいかによってC/Bは変動する。従って運賃が高い時は一般的に高速が有利であるが, 低い場合にはある速力(その運賃下における経済速力)を上廻るスピード・アップは逆に著しく収益(C/B)を低下させ, またスピード・アップに伴う主機重量の増大, (馬力の大型化), 積載燃料の増加等に基づく積屯の減少並びに燃料費の増加がC/B悪化の要因として作用する速力の限界は同一運賃率においては大型船ほど高速である。いま運賃をスーパー・タンカーの普遍的な備船形態である長期備船レート, (イ)平均レート, (ロ)好況時におけるレートの二つのケースに分け, 検討すると次の通りである。

(1) 平均レートの場合

船型	速力	14節	15節	16節	17節	運賃レート
33,000DW		3.57弗	3.63弗	3.56弗	3.48弗	MC(-)55%
46,000 "		3.32"	3.40"	3.40"	3.33"	MC(-)40"
66,000 "		3.00"	3.06"	3.11"	3.11"	MC(-)45"
85,000 "		2.98"	3.05"	3.07"	3.07"	MC(-)45"

上の平均レートをとった場合のC/Bの傾向は次の通りである。

(イ) 33,000DW

15節を頂点としてC/Bは次第に悪化する。

(ロ) 46,000DW

15~16節を頂点としてC/Bは次第に悪化する。

(ハ) 66,000DW, 85,000DW

C/Bは速力の増大につれてきわめて緩慢に上昇するが, 15~16節あたりから横這いになる。

(2) 好況時レートの場合

船型	速力	14節	15節	16節	17節	運賃レート
33,000DW		5.93弗	6.11弗	6.14弗	6.15弗	MC・フラット
46,000 "		5.99"	6.21"	6.33"	6.37"	"
66,000 "		5.97"	6.19"	6.37"	6.51"	"
85,000 "		5.88"	6.10"	6.20"	6.37"	"

U. S. M. C. フラットの場合のC/Bの傾向は次の通りである。

(イ) 33,000DW

13~16節までは速力の増大につれてC/Bは上昇するが, 16節を頂点としてそれ以上の速力の増加は逆にC/Bの低下を招く。

(ロ) 46,000DW, 66,000DW~85,000DW

速力の増大につれてC/Bは上昇し, この速力増加に伴うC/Bの増加の割合は大型船ほど大きい。なお航路はいずれもラストヌラ/下津をとった。

4. 運送原価比較

船型別、速力別、運送原価は次の通りである。

船型	速力	14 節	15 節	16 節	17 節
33,000DW		6.35弗	6.42弗	6.70弗	7.02弗
46,000 "		5.89 "	5.90 "	6.04 "	6.35 "
66,000 "		5.63 "	5.64 "	5.70 "	5.82 "
85,000 "		5.55 "	5.55 "	5.64 "	5.75 "

運送原価は高速になるほど高くなるが、船型の大型化はこの値上り率を鈍化させる。従って経済速力による運送原価低減の効果は、比較的小型な33,000重量吨型までは大きい、それ以上の大型船においてはその影響は少なく、20年ないし30年という長い運航期間を通して考えた場合にはスピード・アップによる運賃収入の増加の方が採算的にも影響が大きい。

5. 船型別経済速力

経済速力を、(1)C/BとH/Bの差が最大となる速力、(2)運送原価が最少となる速力の2点より求めると、前項までの結果として(但し基準運賃は前掲平均長期契約レート)

船型	C/B & H/Bの差が最大となる速力	運送原価が最小なる速力
33,000DW	14 ノット	14ノット
46,000 "	14 "	14 "
66,000 "	14~15 "	14~15 "
85,000 "	14~15 "	14~15 "

となり、これに基づき各船型別経済速力を次の通り設定した。

33,000DW (14ノット)      46,000DW (14ノット)  
 66,000DW (15 " )      85,000DW (15 " )

6. 経済速力に基づく各船型別優劣比較

各船型の真の優劣比較は各船のベスト・エコノミカル・ポイント、いいかえるなら経済速力に基づいて行なわれるべきである。しかしてこの経済速力における各船型の比較は次の通りである。

(イ) ハイヤー・ベース比較表

船型	H/B (弗)	百分比%
33,000DW	3.56	100.0
46,000 "	3.32	93.3
66,000 "	3.24	91.0
85,000 "	3.16	88.7

(ロ) チャーター・ベース比較表

運賃率は長期平均レートを現実的に最も考えられる二つのケースについてラスタヌラ/下津航路について検討

して見た。

④

船型	C/B (弗)	運賃率 (%)
33,000DW	3.57	U. S. M. C (-)35%
46,000 "	3.32	" (-)40 "
66,000 "	3.06	" (-)45 "
85,000 "	2.73	" (-)50 "

⑤

船型	C/B (弗)	運賃率 (%)
33,000DW	3.23	U. S. M. C (-)40 %
46,000 "	3.15	" (-)42.5 "
66,000 "	3.06	" (-)45 "
85,000 "	2.90	" (-)47.5 "

(ウ) ハイヤー・ベース、チャーター・ベース比較表 (第11表の(2)参照)

船型	C/BとH/Bの差	
	④の場合	⑤の場合
33,000DW	0.01弗	(-) 0.31弗
46,000 "	0.00 "	(-) 0.17 "
66,000 "	(-) 0.18 "	(-) 0.18 "
85,000 "	(-) 0.43 "	(-) 0.26 "

即ち④の比較的船腹需要が少なく、備船者の新規備船の幅が少ない場合には、大型船ほど備船が困難なため船型による運賃差をかなり大きくつけられる。⑤の備船者の船腹需要が比較的大きい場合には、備船にあたって船型による運賃差が少ない。従って船型による優劣は両者を比較した場合かなり相異なるが、④、⑤いずれの場合でも、33,000DWが最も悪く、逆に46,000DWが最も有利である。なお四つの船型を本試算により採算的に優位順をつけると、(1)46,000DW、(2)66,000DW、(3)85,000DW、(4)33,000DWということになる。即ちこれらスーパー・タンカーないしマンモス・タンカーの契約運賃が運送原価を基準とした長期契約レートである点を考慮すると、当然船価毎に運賃差をつけられるので、現実の採算面では大型化による運送コストのダウンがその儘収益にはならず、逆に本採算に使用した日本船の如く金額高金利な借入金で建造する場合には資本費が著しく割高となり、大型化によるコスト低下が大きく阻害されさほど安くならないため本表の如き結果となる。またたとえ外国船主建造の場合でもかかる大型船については一般的に大型化するほど借入金の割合が増大するので資本費面は必ずしも低減されず、その上船価も66,000DW



以上の大型船については船体強度の要求が非常に大となるため大型化に伴う船価逓減率が著しく少なくなるので、66,000DW以上のマンモス・タンカーもしくは10万DW以上のウルトラ・タンカーの採算的、優位性は必ずしも強いとは云えない。従って66,000DW以上のタンカーはケーブ廻りの超遠距離航路就航に対する経済船で、なお6、7年はケーブ廻り航路の石油輸送は備少であるので、その間は飽くまで特種航路用適船としての地位に留まらざるを得ないものと思われ、従って建造の意味合いも採算的と申すよりは軍事的、国防的要求による面が多いものとする。なお最後に運送原価の比較を示すと次の通りで、40,000DWまでが逓減率が大きく、それ以上の船型では低下の度合いは極めて小さくなる。

船型	運送原価 (積荷1屯当り)	指数
33,000DW	6弗35仙(U. S. M. C)	100.0
46,000 "	5弗89仙 " (-)35%相当	92.8
66,000 "	5弗64仙 " (-)42% "	88.8
85,000 "	5弗55仙 " (-)43% "	87.4

参考までに海外の資料によりスーパー・タンカーの大型化による運送コストの逓減割合を示すと次の通りで、

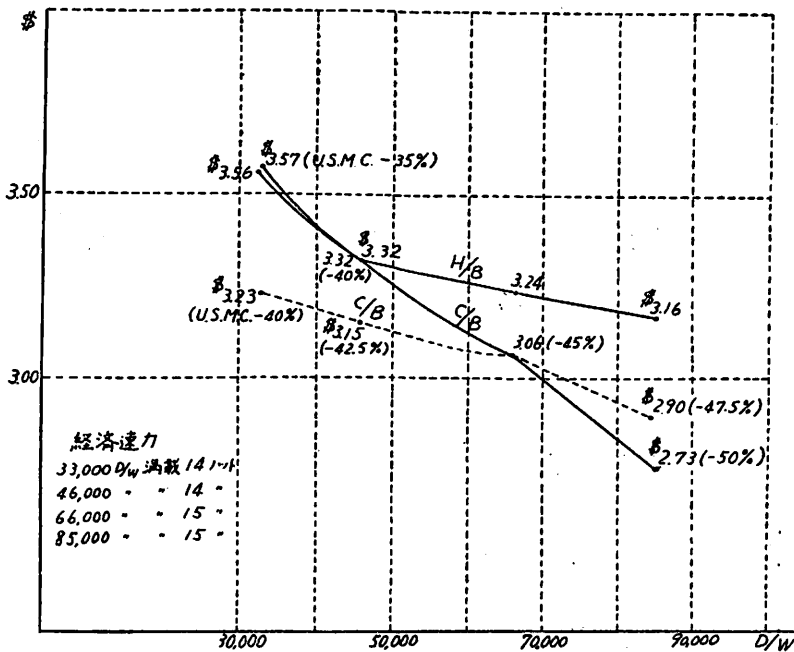
日本船ほどではないが、矢張り40,000DW代までが大幅に減少し、それ以上の大型船の減少率は急速に鈍化し、40,000DW型の30,000DWに対する減少率が120,000DW型の40,000DWタンカーに対する減少率に略々等しいというのが実態である。

スーパー・タンカー運送原価逓減率

船型	運送コスト (指数標示)	船型	運送コスト
30,000DW	100.0	60,000DW	77
40,000 "	85.0	80,000 "	75
50,000 "	80.0	100,000 "	74
		120,000 "	73

- なおマンモス・タンカーの運航上の不利な点としては、
- (1) いまだ世界における受入可能の乾ドック、修理、設備等が限定されるため、ドックに際し運航上不利なデヴィエーションを行なわざるを得ない場合が多い。
  - (2) 受入港湾の限定により、就航航路が限定され、傭船市場が狭い。
  - (3) 船体が大きいために回頭に時間を要し、ために海難が多い。
- 等があげられる。

第11表の(2) 経済速力におけるH/B, C/B比較



## わが社の超大型船建造について

三菱造船株式会社  
長崎造船所造船設計部長  
石野 一 雄

## 1. 緒 言

最近世界的な傾向としてタンカーの船型の大型化が著しくなって来た。主なる原因として考えられることはいろいろあろうが、第一は経済的要請である。即ち、近年石油の需要は増加の一途を辿り、その最大供給地域が中東に移動し、精油消費地域との輸送距離が延長して来ているので、原油基地である中東から欧州、アメリカまたはアジアの精油基地に対する反復直結輸送を考へて、最大輸送力を経済的に実現させるため、船型を大型化して載荷重量1屯当りの運航経費を減らし、投下資本に対して最も高い収益率を上げんとしているタンカーの運航採算性から割り出された現象であることはいうまでもない。第二は大型化に伴う諸問題を解決する技術的進歩がそれに追従していることによると思う。即ち、一時大型化への制肘として考えられていた造船設備、精油所および港湾の設備や規模等も船型の大型化の傾向にそって拡張も実施され、造船の方式としては大巾な熔接構造様式に戦後転換していたので、鉸鉄船で問題になったような技術的問題の解決が比較的容易になった等の理由でここ数年間の大型化の進捗は誠に目ざましいものがあつた。

わが三菱造船は、長崎造船所において現在まで25,000噸級3隻、32,000噸型9隻、35,000噸型5隻、42,000噸型8隻（他に3隻建造中）を完成し、46,000噸型は4隻完工、引続き11隻建造中であるが、昨年いわゆる超大型タンカーとして68,000噸級5隻の成約をし、さらに今年に入り、87,500噸型2隻の受注に踏切つて設計を取り進め途中である。

この種の超大型タンカーに対しては、現在の造船技術では各分野にわたつて未解決な点が少なくない。その建造上の問題点は昨年運輸大臣の諮問に応じ、造船技術審議会において検討されて、実験研究は日本造船研究協会を中心に大学、研究所、造船所の官民協同のもとに実施に移し、着々問題の解明が行なわれていることは衆知の通りである。特に船体構造は現在船級協会のルールに準拠して設計されているのであるが、このルールは従来よりの経験と極めて基礎的な理論に基づいてできているので、船体各部分には多くの贅肉とウィーク・ポイントをも

っているというのが実情である。これまでの単純な考え方に対するさらに高度の理論は戦前より徐々に発達して、とくに戦後になって電気抵抗線歪計等の進歩により測定技術が進むにつれて、これらの事実が裏書きされて簡単な理論の適用だけでは不十分であることを示してきている。

例えば外板、甲板、縦隔壁のシャーラグだとか、上部構造物の働き方、各部応力集中等の問題、さらに各部分材の寸法は、ルールで定められるように一材だけで考へては全く不合理で、必ず隣接部分材の影響を考へねばならぬこと、端末ブラケットの影響等は理論だけでは解明は不十分で、実験を行なつて確かめねばならない等である。

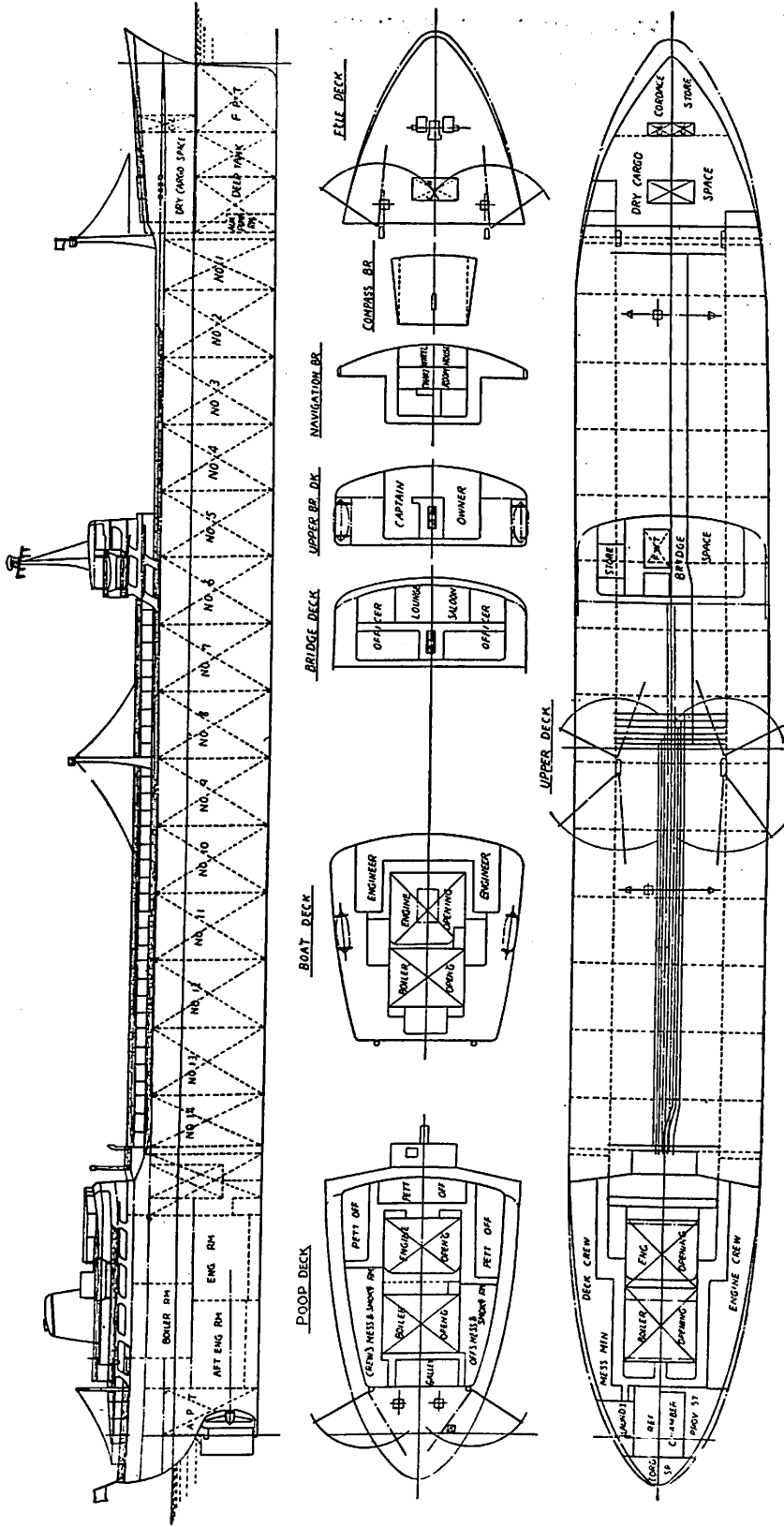
超大型船になればそれ以外に従来のルールの適用範囲からはみ出してしまう、簡単に従来のルールを延長して適用するだけで片付けられるかどうか問題が残る。

当所において分担している研究課題は「超大型船 wing tank の構造試験」で、これはタンカーの側油槽の構造法は種々の型式があり、解析上は高次不静的構造であつて、多くの仮定を設けていて極め手がないので、68,000 DTW 型タンカーの wing tank を vertical web system と horizontal web system の両方式で重量が同一になるように設計し、これの形模型を作つて新たに設備した構造試験機にて、実際荷重をかけてその応力分布より各部の balance または応力の集中度を検討しようとするもので、実験は終了し現在解析中である。

その他、「厚板の熔接法に関する研究」および「厚板の切欠脆性に関する研究」の一部も分担して実施中であるほか、当所の設計船の構造の特殊問題として、「中心線縦隔壁の剪断応力に対する補強法」の研究等、一連の実験研究を施行して着々問題点の解明を行ない、さらに船型について数種の線図による線型の系統的試験を終了し、最良の線図を選定して設計を取り進めている。

## 2. 主要要目等

上記 68,000 DWT 型タンカーは米國 Tidewater 石油会社を資本主とする運航会社 Transoceanic Shipping Corp. および Hemisphere Transportation Corp. の二社の発注によるもので、当所としては同系統の Tide-



三菱造船・長崎造船所建造の 68,000 DWT 型油槽船配図

water Tanker Co. 等に対し 46,000DWT 型 Veedol Wafra, Massachusetts Getty, Pennsylvania Getty の 4 隻の引渡を了し、なお 4 隻の同型船を建造中である。68,000DWT 型の主要々目は次の通りである。

全長	259.050m
垂線間長	245.000m
型幅	32.900m
型深	18.200m
満載吃水 (計画)	約 13.411m
載貨重量	約 68,000Lt
総噸数 (リベリヤ)	約 36,500T
船級 ABS $\nabla$ A 1 $\oplus$ "oil carrier" & $\nabla$ AMS	
貨物油艙容積	約 80,500m <sup>3</sup>
専用バラスト艙容積	約 16,000m <sup>3</sup>
燃料油艙容積	約 8,170m <sup>3</sup>
予備燃料油艙容積	約 2,025m <sup>3</sup>
淡水艙容積	約 1,025m <sup>3</sup>
養缶水艙容積	約 315m <sup>3</sup>
一般貨物艙容積 (ペール)	約 5,070m <sup>3</sup>
主機三菱エッシャーウィス式蒸汽タービン 1 基	
出力 M. C. R.	24,000SP $\times$ 105RPM
Normal	22,000SP $\times$ 102RPM
主缶 三菱 C. E. 型水管缶	2 缶
試運転速力 (Normal 出力にて)	約 17.0kn
乗員	63名
発電機 主発電機 880KW $\times$ 450V. AC $\times$ 2Turbine	
補助 " 200KW $\times$ " $\times$ 1Diesel	

### 3. 一般計画

初期計画当時、本船の吃水は船主ご希望により 43'-0" 65,000DWT で進められたが、その後載貨重量をできるだけ大きくするため吃水は 44'-0" mld. に変更され、68,000DWT とし、深さも 18.0m より 18.20m に変更された。本船航路は中東より太平洋經由サンフランシスコもしくはケープタウン經由バルチモア (バラスト状態の往航ではスエズ通路) のため、この点では幅、吃水には制限はないが、特に幅は当所船台の事情により 108'-0" (32.9m) に押えることとした。これはまたパナマ運河の航行可能な最大の幅とも一致し、有事の際には好都合である。

一方、上記主要寸法に対し、当所船型試験場においては約 10 隻に近い model test を行ない、従来の当所の経験に加え、さらに慎重な比較試験を行ない、殆んどこの種船型に対しては最高と思われる線図の決定を得た。船首は当所従来の方式である Bulbous bow を採用し、

船尾は若干 Mariner type の舵が優れているが、特に超大型の故に構造上の観点より従来の逆 G 型を採用することとした。推進器は Nickel-Al-Bronze 5 翼 1 体型である。本船はリベリア国モンロヴィアに船籍を置く予定であるが、特に船主のご要求により英国 M. O. T. の完全適用 (但し No-inspection, no-certificate) が行なわれている。一般配置としては従来の大型油艙船と殆んど同様の配置であるが、超大型化に伴い貨物油艙は専用バラスト艙も含め 14 番まで合計 42 箇のタンクより成り、中央タンクは Non oil tight の Centre line bulkhead により二分される如き恰好となっている。

船首部は Fore peak tank, 4 箇の燃料油艙および前部ポンプ室があり、燃料油艙上部は一般貨物艙を設けている。前記 Tidewater は中東に油田設備を有し、油田機械の輸送を必要とする関係上、これら一般貨物艙を設けてあるが、特に重機械類を対称とし、For'd derrick post には 12t boom を 2 本設備している。また油田設備の従業員に対して糧食を補給するため船尾後部内後部に冷蔵糧食庫として約 150m<sup>3</sup> の容量を設備してある。

### 4. 船体構造

本船の構造は専用バラストタンクの配置と関連し、満載航海時およびバラスト状態等の各々につき、応力が最少となるよう Side longitudinal bulkhead の位置を検討の結果、中心線より 9.36m の位置に押え、専用バラストタンクとして No. 5~9 wing tank を選定した。従って Centre tank の中は従来のタンカーに比し大巾に増加するため、中心線に隔壁を設け Swash plate として利用してある。

上記専用バラストタンク設置の構想は次の如き点において有利になると思われる。

- (1) 貨物油艙と完全に分離されている関係上、Tank cleaning の必要がない。
- (2) 上記に伴い専用バラストタンクは必要の時期にいつでも漲水、排水が可能となり、荷役接岸時も充分の船足が可能であり、貨物油搭載と平行して排水が可能なのは、荷役時間の短縮と同時に吃水の変化を最少に止めることができる。
- (3) 貨物油艙は原油等性質を同じくする油の搭載を行なう場合は検査時を除き全然 cleaning の必要なく、従来船体腐蝕の大宗と考えられていた Butterworth cleaning, あるいは dirty ballast の搭載が無くなることは船体強度上好ましい。このことはまた艙内 Piping 等の寿命の延長にも有効である。

中央部切断はその 1/3 を特に船主の要望もあり、Rule

に対し相当の余裕を持たしてあり、上甲板および船底外板は Brittle fracture の見地より常識的に max. 38mm として抑えているが、本件に関してはなお材料自身および溶接部の影響等を含め二重引張り試験により鋭意検討中である。Rivet seam としては外板に片舷2条、上甲板に2条を有し、また Stringer は 200×200×29angle の両縁に各々 Flat bar を溶接し、290 angle として銲接とし各 Rivet seam は 32φ Rivet 2列もしくは3列とし、またその間隔を平均化し万一の事故に備えてある。上甲板、船底外板の2条の Doubling は銲接とし、Butt は溶接としているが、特にこの部分の100%の信頼性を得るため、その工作法に関しては建付の順序とも関連し、慎重に各種の実験を行ない万全を期している。また上甲板 Doubling に艀装品取付のため障害多く、その位置選定には最大の注意を払い、中央の1条は Rivet seam を兼用せしめているが、これの横置隔壁との交叉部の油密性に関しては慎重な対策がとられている。

Longitudinal frame としては上甲板、船底とも T 型の built-up 式とし、横置隔壁貫通部は従来の貫通 Bracket を廃し、貫通箇所は Face plate の巾および Web の板厚を多少増加せしめ応力の平均化を計ってある。また船主ご要求により Longitudinal frame 3本置きに Longi.-girder を計片舷各6本を上甲板、船底に設け、これと連続して横置隔壁にも Vertical web を配して Ring を形成せしめ、横置隔壁は平板式 Horizontal stiffener 方式として鋼材重量の節減を計っている。

Wing tank は従来の Vertical ring 3本の Horizontal strut 方式とし、その Bracket も新方式として重量の軽減を計ってある。中心線 Swash bulkhead は平板水平 Girder 両面支持式とし、Side の縦隔壁とともに Stiffener は横置隔壁外板のそれと同一 Level として、従来の Lapped type 貫通 Bracket で結合している。本中心線隔壁は、場所の関係上剪断応力の集中が考えられ、特に Swash としての開孔部にさらに応力集中がある点等を考慮し、その板厚、開孔部補強等 Detail 設計についてはいままなお実験等により慎重に検討中であり、また前後部の隔壁端については Pump room にまで延長等の対策が取られている。

## 5. 船体艀装

### (1) 繋留、荷役設備等

繋留設備としては船首楼甲板上に揚錨機1台 15t, Under deck 型 Capstan 1台、船尾楼甲板上に 20t 繋船機2台、上甲板上に 15t 繋船機3台を設け、うち1台は中央の Derrick post. に設けた4本の 7t boom の

handling に兼用される。上記のほか船首楼甲板上に2台の 7.5t 揚貨機を備え、先に記載せる 12t boom の Cargo handling に利用することとしている。本 Winch はまた必要の際は Mooring にも兼用可能である。Boom としては上記のほか船尾に糶食積込用として 2t boom 2基を設備している。

主錨は Rule 要求のサイズであるが、本船の場合には Bulbous bow の関係上 anchoring の際、外板と接触しないよう Hawse pipe の位置選定に当っては模型を作り、その作動状況も併せ確認する方法がとられた。

救命艇は鋼板製 7.32m 艇とし、4隻のうち前後各1隻は 18 馬力発動機付救命艇である。

### (2) 貨物油装置等

本船貨油ポンプ等の要目は下記の通りである。

主貨油ポンプ 1,360m<sup>3</sup>×85m 4台

残油ポンプ 160m<sup>3</sup>×85m 4台

貨物油 Main line は4系統 16" O.D., Branch 12" であり、Delivery のみ 14" O.D. である。Stripper tine は2系統 8", Branch は Centre tank 8", Wing 6" また Delivery line は1系統 8" である。No.14 Wing ank は Reserved fuel oil tank として後部 Pump room 内において F.O. line にも接続できる。専用 Ballast tank に対しては上記と同一容量の主 Ballast pump および Ballast stripping pump 各1台を専用で設け、16" O.D. および 6" の Main 並びに Stripping line を独立して設備している。

前部ポンプ室には 160t の F.O. 移送ポンプ並びに Bilge もバラストポンプ各1台を備える。

### (3) 居住区艀装等

本船乗組員は下記の通り

	甲板部	機関部	司厨無線部
士官	6	10	2
風員	16	17	7
計	22	27	9
乗組員計	58人		
船主	4人		
パイロット	1人		
総計	63人		

上記に対し Captain および Chief engineer は居室、寢室、便所の3室より成り、Senior officer は居室および専用の便所、その他の Officer は2室につき一室の便所を有し、その他 Crew にいたるまで1人1室とし、ベッドはすべて縦置配置である。各室仕切壁は Poop 内属員室はマリナイト壁とし、防振の関係より必要の箇所には鋼壁を設けてある。またその他の箇所は原則として、

(以下120頁へつづく)



# わが社の超大型油槽船の計画について

浦賀船渠株式会社設計部

## 1. ま え が き

去る8月末待望の46,000DWT型スーパー・タンカー第1船の起工式が新装なったスーパー船台で行なわれた。業界が不況に突入した今、この第1船の起工が行なわれたことはまことに意義深いものがある。本誌のご依頼は「超大型船の建造について」ということであったが、スーパー第1船がやっと起工を終った当社としては、このスーパー船台の概要と46,000DWT型スーパー・タンカーの計画の概要をのべ、将来65,000DWTあるいは85,000DWT等超大型船建造への指針を得たいと思うので大方のご批判を期待する次第である。

## 2. スーパー船台

昨年8月起工した浦賀工場の第2、第3船台の拡張工事はこの二つの船台を海中に50m延長して、長さ230m、幅72mの一つの船台にしようという世界屈指の大規模なものである。この船台は65,000DWTと46,000DWTタンカーを、あるいは85,000DWTと30,000DWT級が並び建造しうる大きさをもち、20,000DWT級ならば3隻を並列建造しうる能力をもっており、将来の超大型船建造に備えるとともに、スタンダード船型の大量同時建造も行なうという構想からなっている。即ち85,000DWT型の船幅を38m、65,000; 45,000; 30,000; 0,000DWT型のそれをそれぞれ35m、31m、27m、22mとすると、船体間あるいは舷側の間隙を約2mとすると上記の組合せは船台幅約72mを必要とする。船台傾斜は水中部70mにおいて1/17.5、陸上部160mは、水中部につづき45m、45m、70mにてそれぞれ1/20、1/22、1/28となっている。

陸上の作業面積は約1万 $m^2$ であり、船尾建造時には頭部一帯は強力な組立場として利用することができる。これに配置する起重機は左舷に80屯および25屯、右舷に60屯および45屯の4基を備え、将来なお80屯1基の増設を予定している。両舷起重機の有効範囲は船台上で約6m重っており、並列建造に必要な両舷起重機相互の応援あるいはブロックの受渡しを可能としている。この1年間にわたる土木工事において投入されたコンクリートだけでも20,000立米に及び、この大工事を狭い工場でしか

も船を造りながら完成しえたことはまことに記録的といえよう。現在は工場能力からいって65,000DWT型を目標としているが、将来必要に応じて85,000DWTまたは100,000DWTの建造ができるように船台頭部を若干改造することは容易である。

## 3. 第1船起工までの経過

当社の46,000DWT型タンカーの計画の概要をのべるに先立って、第1船の起工に至るまでの経過を簡単に申上げることとする。この第1船は本年5月イスラエル国、ジム・イスラエルと正式調印が行なわれたものであるが、実は当社のスーパー・タンカーとしては5番目に契約されたものである。さきの4隻はともにギリシャ系船主であったが、海運市況の悪化から起工がおくれ本船が先に起工の運びとなった。

イスラエル向の本船も当然このギリシャ向と同様の仕様で交渉が始まったが、先方と当方の仕様に対する考え方にはかなりの隔りがあって交渉は長期にわたった。この相違は船主側の要求する居住設備が相当高いこと、いま一つは機械類のフル・プルーフの程度にあったといえる。

この二点は船主側の絶対条件であったようである。というのは欧州においては船員の不足が甚だしく、程度の高い居住設備がなければ船員を集めることすら困難だということである。この結果は例えば乗組員は風員を含めてすべて個室洗面所付の1人部屋を設け、船尾楼上の甲板室は2層となり、水泳用プールをも設備することになったし、また機械諸設備に対する各種安全装置の完備となって現れた。

## 4. スーパー・タンカーの計画

前節にのべた如く、当社のスーパー・タンカーは初めギリシャ船として計画され一昨年から始まった。結果的には主要寸法は船主要求に従ったが、この間の調査研究事項の一部は既に造船協会誌、浦賀技報に「Super Tankerの主要寸法<sup>(1)</sup>」、「スーパー・タンカーの板厚を簡便に求める図表<sup>(2)</sup>」、あるいは「単螺旋貨物船の経済的肥瘦係数について<sup>(3)</sup>」として発表されており、これら主要寸法または肥瘦係数の選定についてふれることは重複するの

でせよと思う。ただここで特に強調したいことは、超大型船建造の大部分をしめる船殻工事の難易が主要寸法そのものによって決定されること、即ち主要寸法決定の際に船殻鋼材の材質、板厚あるいは船殻構造に対する影響をよく考慮する必要があるということである。

この点から考えると、現在知られている 65,000DWT 船型、あるいは Mr. Bargess<sup>(4)</sup> をまつまでもなく、造船技術者にはつとに知られているであろう  $LBP(m) \div 6 \times DW^{1/3}$ ,  $B=L/7$ ,  $D=L/14$  の如き簡便法にはいま一段の工夫が必要と考えている。

当社の 65,000DWT 型タンカーの計画も一応の成案をえているが、いまだ発表の時期でない。

次に計画に当って特に考慮した事項について順に書きのべてゆこう。まず最も注意をはらったのは線図の決定であった。従来の Bulbous bow form の船型はその船首の形状によって船首波の位置を若干前方にずらせ、ある速度範囲において船の長さを長くしたのと同様な効果をうることが知られており、主に高速長比の船について議論されてきた。しかし大型油槽船のような肥大型船型に Bulbous bow を採用することの適否について信頼すべき資料が得られなかったので、Ordinary form と Bulbous bow form の比較調査が必要となった。このいずれを選ぶかは当初に課せられた一つの問題であった。これについては通常の水槽試験に加えて、運輸技術研究所推進部、防衛大学機械工学科教室、あるいは防衛

庁技術研究所との共同研究として次のごとき水槽実験および理論的研究をとりあげた。

- (1) Ordinary form と Bulbous bow form の静水中の抵抗および自航試験
- (2) 同上の波浪中の自航試験
- (3) (1)と併行して小型モデルによる Bulbous bow の大きさを変化した場合の静水中の抵抗試験
- (4) (1)の Bulbous bow form による浅水影響の試験
- (5) 同上による後進試験
- (6) Bulbous bow に関する理論的考察

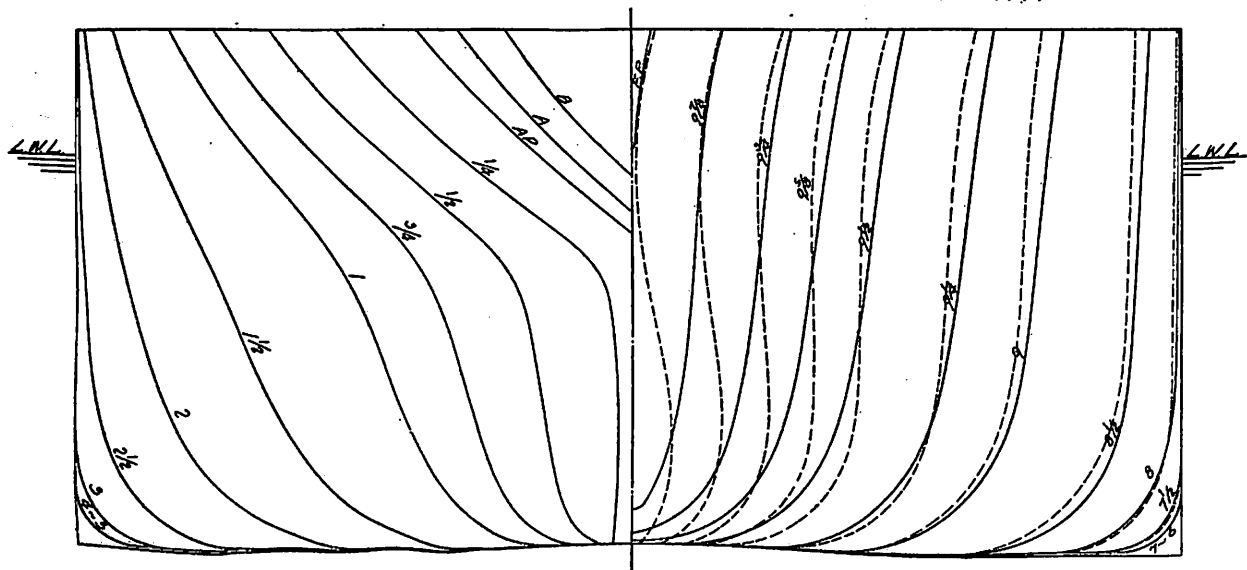
このうち(1)の結果は、既に昨年秋、運輸技術研究所第14回発表会において横尾、森山、大橋各氏の論文<sup>(5)</sup>の一部に引用されているが、ここでは当社としてのこれらの結論のみを簡単にのべ、詳細は他の機会にゆずろうと思う。

第1図は当社の 46,000DWT 型の Ordinary form と Bulbous bow form の正面線図であり、その船体および推進器の主要寸法を第1表にしめた。

第1表 船体および模型推進器の要目

模 型 船 番 号	1148	1149
載 貨 重 量 (kt)	46,000	
垂 線 間 長 さ (m)	213.0	
幅 (m)	30.546	

MODEL SHIP NO. 1148 & NO. 1149 MARKS: ——— M.S. 1148  
 - - - - - M.S. 1149

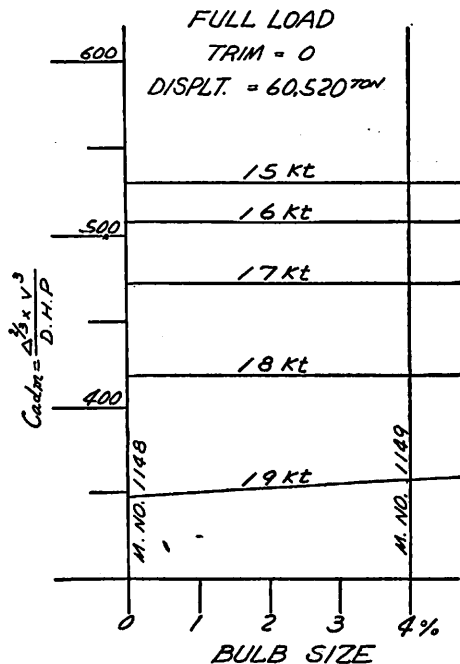


第1図 46,000DWT大型油槽船の正面線図

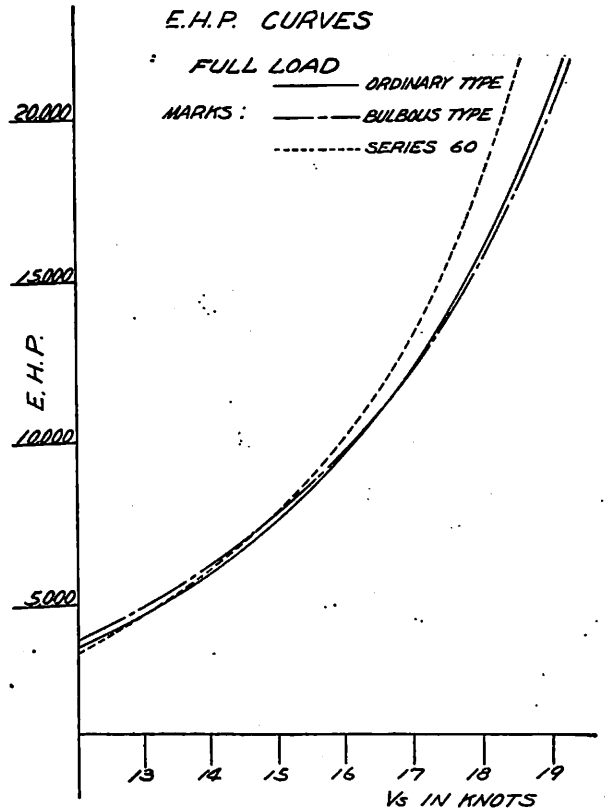
深さ (m)	15.223	
満載吃水 (m)	11.353	
満載排水量 (kt)	60,520	
C <sub>B</sub>	.799	
C <sub>P</sub>	.806	
C <sub>M</sub>	.992	
<i>l</i> <sub>cb</sub>	-1.91	-1.92
船首形状	普通型	4% bulb
模型推進器番号	1227	
推進器直径(実船)	6.724 m	
ホス比	.185	
ピッチ比	.745(一定)	
展開面積比	.541	
環厚比	.052	
翼断面形状	エアロfoil	
環数	5	
主機最大連続出力	17,600 SHP	
同回転数	110 RPM	

図でみるごとく両者の船体後半部形状は変更せず、満載排水量および浮力中心位置が一定となるように前半部の Prismatic curve を変更している。

(1)の試験結果を実船に換算して第2図および第3図に示した。この際、摩擦係数としては Schoenherr 係



第2図 46,000DWT 大型油槽船の Bulbの大きさと アドミラルティ係数の比較



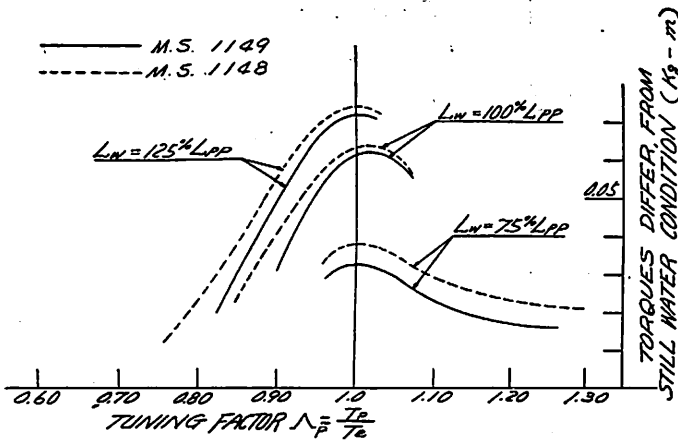
第3図 46,000DWT大型油槽船の EHP 曲線

数をもち、Roughness allowance は加えていない。また EHP 曲線には参考として Series 60 Chart から求めたものを併記した。

これらの結果から最良をねらった当社の両船型間には大きな相違はみとめられないが、ともに Series 60 型にまさっていることがわかる。特に計画航海速度16節以上では、Bulbous bow 型が僅かに有利である。ここには示していないが、軽吃水状態でもこれはいえることで、船首の球により悪い影響は現れていない。

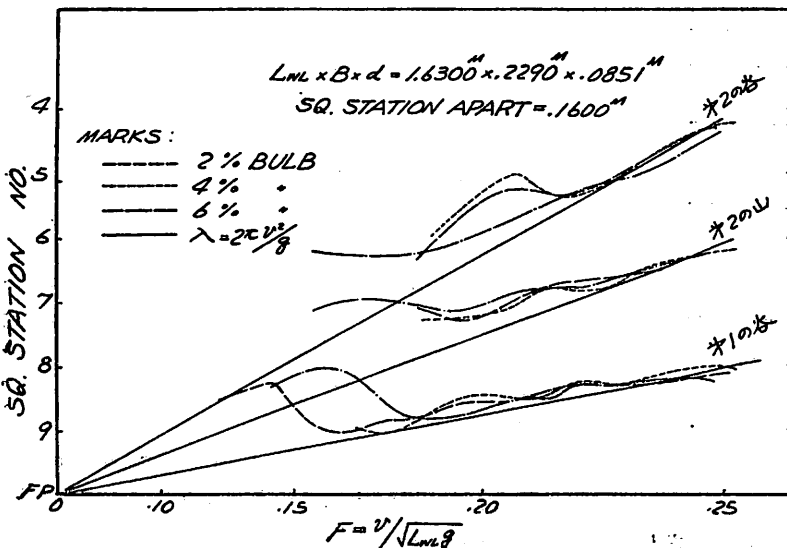
この Bulbous bow 型の有利さは、(2)の波浪中の自航試験においても同様であって、その概略結果を第4図に示した。波浪中の船型試験装置は前記第14回発表会において、伊藤、田崎、西各氏より報告<sup>(6)</sup>されているものであって、試験は摩擦修正をほどこさず一定速度で計測したものである。当社としては、種々考慮の結果、両実験に勝れた成績をおさめた Bulbous bow form を実船に採用した次第である。

(3)の試験は水槽の關係から1.6mの模型を製作し、6.5 m模型船に採用した4% Bulbous bow のものを基準にとり、2%、6% Bulb のものを製作した。船首部は取外し式とし、9% より前部のみ3ヶ製作し、実験の際に

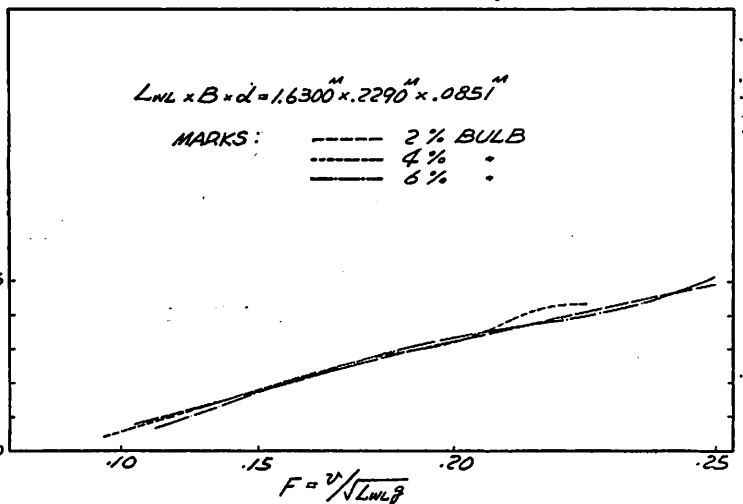


第4図 46,000DWT 大型油柱船の波浪中のトルクの増加量

木ネジ4本で取換えられるようにした。船首の形状は Bulb の大きさの影響のみを調べる目的で、船首の Profile, F. P における Projected frame line の図心位置を同一となるよう注意した。この試験結果からわかったことは、各模型間の差はごく僅かではあるがフルード数約0.18 (喫船にて約16節) 以上にて大きな Bulb をもつ船の抵抗の減少がみられる。この Bulb の効力は船首波を比較してみても波の位置が前方にずれてくることから説明される。しかし波高は大体速度に比例して増加す



第5図 (A) Bulbの大小による船首波長の比較



第5図 (B) Bulbの大小による船首波高の比較

ご紹介する。(4)の自航試験の結果によれば、船速15節で比較すると水深と吃水の比を 17.3, 4.33, 2.89, 1.73 および 1.30 と変化させたとき、それぞれの所要馬力は 1.00, 1.07, 1.15, 1.31 および 2.02 の割合となる。

したがって試運転の際には水深が吃水の約10倍以上あるところをえらばねばよい結果は期待できない。

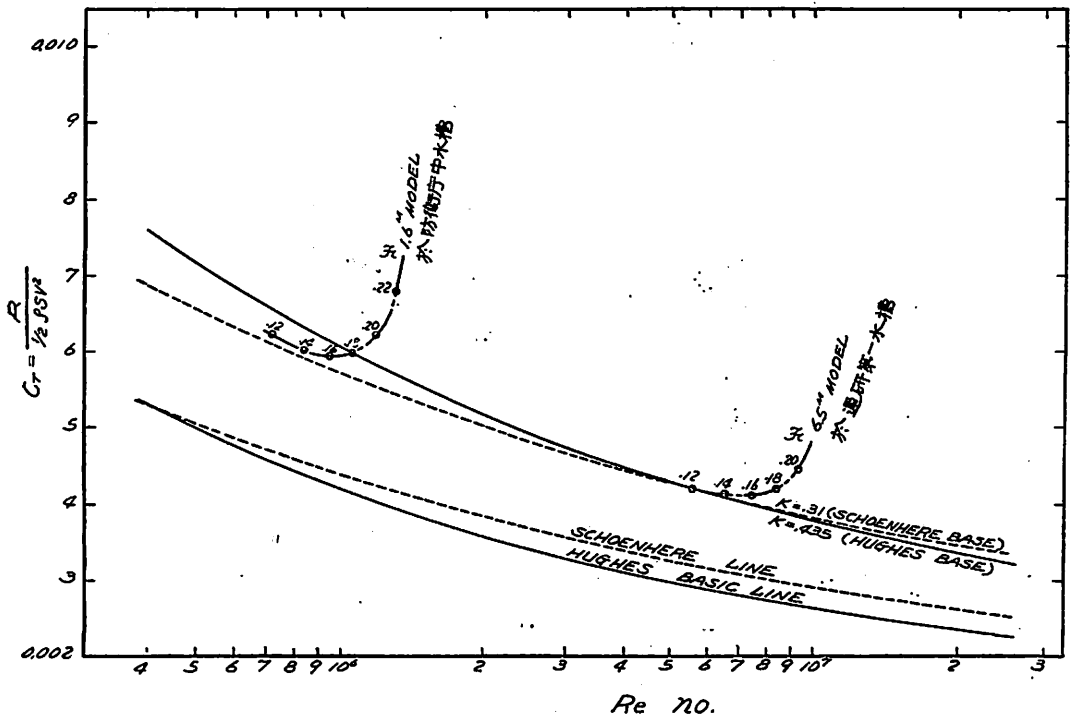
この点館山沖の近い当社は幸いである。

(5)の後進試験は一般船型でも余り例がないが、船型によると後進の抵抗の方が前進の場合より少ないことがある。本船型の如く  $\lambda_{ob}$  が船長の 1.9 % 船首よりの場合は船体前部 (後進

ることがみとめられた。(第5図参照)

なおこの小型模型による実験の精度であるが、6.5m 模型の実験結果とともにレイノルズ数を横軸にプロットすると第6図のごとくなり、6.5m 模型のフルード数0.12を基準にとり、Schoenherr line および Hughes line に等比線をひくと、1.6m 模型の対応点はこの両者の中間にくる。試験水槽および計測装置も別個のものであるし、これ以上の比較、解析は無意味と思うが、船型による抵抗を比較はこの程度の模型でもかなり信頼できる精度がえられることはたしかである。

(4)および(5)運輸技術研究所のご好意によりこの種の船型に対して試験を行なう機会を得たので



第6図 5.6m模型船と1.5m模型船の抗抵の比較

の時に後部となる)の流れに剝離が大きく、低速にても前進抵抗の40~50%増しとなる。准推進効率は0.2程度でこれも前進とは比較にならない。商船の後進出力は習慣的に決定されることが多いので一考を要する問題であろう。なおこの試験の詳細は推進器の単独後進試験をまっけて解析する予定である。

(6)は Bulb の効果を造波抵抗理論から解釈するのにあたって、計算の手数を軽くするため簡単な二次元船型を考え、E. Hogner の影響線<sup>(7)</sup>の考え方を応用したものである。

基本船型として実船に類似の2次抛物線と直線とからなる垂直舷側船をとり、この船型に微小の附加排水量を与える。この附加排水量の固有抵抗と干渉抵抗とを求め基本船型の造波抵抗に加算すれば大略の様子を知ることができる。この計算結果からも微小な附加排水量(Bulb)の効果はフルード数0.18以上の高速において明らかにみとめられた。これは僅かな変形によって比較的波長の短い波の位相を変えることができることを意味するのであろう。したがって Bulb の効果は元来造波抵抗上は具合の悪い状態においてその機能を発揮するものである。これはむしろわかりきったことであるが、肥大型船の相当速長比<sup>(8)</sup>と瘦型船の相当速長比における摩擦抵抗と剰余抵抗の割合は余り変化がないのであって、低速といえど

も肥大型船の剰余抵抗はかなりの大きくなる。このうちの造波抵抗分は波長は短い、波高が高い故であってこの波の位相をかえることの効果は高速船のそれと大差ないわけである。問題は Bulb の大きさであるが、これは Bulb の固有抵抗が干渉による抵抗減少より小さいことが必要条件である。われわれの研究によれば船首材に一定の附加排水量を一律に分布させた場合の方が、船首船底に集中させた場合よりも、干渉による抵抗減少および固有抵抗ともに大きいのである。

したがって従来いわれている玉ねぎ型の Bulb よりらっきょう型の Bulb がこの種の船型に有利である実験的事実はこの考察からも説明できるのであって、固有抵抗が小さいよう、しかも干渉による抵抗減少をみこんだ前記二つの極端な場合の巧妙な組合せが即ちらっきょう型が見出されたものと考えられる。この附加排水量は船首端に限らず船体中心線方向に移動して数値計算できるので、これから Bulb の縦方向の位置についても判断され、われわれの線図の妥当性も証明された。

次に動揺性能についてであるが、スーパー・タンカーのそれは特にバラスト状態において横揺と縦揺の周期が接近してくるので注目すべき問題となる。小中型船舶が大した影響を受けない海面において、よく One pitch one roll の運動をひきおこすものである。このような大



型肥大船にビルジキールが必要であるかどうかは既に経験的にも分っていることであり、日本造船研究協会第17研究部会の研究報告にも船型によるビルジキールのききについて明らかにされている。しかし現場技術者にとって如何程の大きさのビルジキールをつけたらよろしいかは別の問題である。ききに抵抗試験に用いた1.6m模型により動揺水槽において静止中、航走中の横揺試験を行ない定量的な調査を行なった。回流水槽の側壁影響(結果的には大角度では大きな影響はなかったが)また突船に対する相似則についてはなお今後の研究が必要であるが、この試験の結果のみをのべると、ビルジキールの効果はやはり非常に大きく、 $10^\circ$ のN-値で比較して3mm、6mmのビルジキールをつけると、それぞれ裸殻の大約2倍、3倍の値となる。裸殻の場合の  $\delta\theta/\theta$  値は  $\theta_m$  に対しほぼ一定であるが、ビルジキールがつくと角度とともに激増するので、角速度の自乗に比例する抵抗が大きい部分をしめることが判る。航走中の場合には本船の就航速度の範囲では速度の影響は余りあらわれないが、やはり速度と共に減衰抵抗は漸増する。動揺試験に先立って流線の測定も試みたが、この型の船型では船体中央部に於て流線はビルジに殆んど平行であった。本船の横揺がビルジキールのみで解決される問題ではないが、当社の46,000DWT型ではこの点に特に注意し、比較的大きなビルジキール(45mm深さ)を中央部  $1/3$  船長にわたってとりつけた。その結果は就航後明らかになる。

以上にのべた外、この種大型タンカーで問題になる船体振動、船体強度その他の点についても充分の考慮を払ったが、与えられた頁数もつきたので最後に本船の要目をしるすにとどめる。

Loa	223.50m
LBP	213.00m
B	30.50m
D	15.20m
d	11.33m
D. W.	46,400Lt.
Cargo oil capacity about	46,000 <sup>3</sup>
Corgo oil pump capacity	1,400m <sup>3</sup> /h×100m 4
Stripping pump capacity	200m <sup>3</sup> /h×80m 3
Main Engine	Uraga-De Laval P18 B460 impulse turbine 1
	M. C. R. 17,600 SHP×108 RPM
	Normal 15,800 SHP×104.2RPM
Boiler	Two drum water tube boiler 2
	42.4kg/cm <sup>2</sup> g×465°C at normal
Generator	Main 830kW A. C. 450V 2
	Aux. 150kW A. C. 450V 1
Trial speed on fully loaded condition	17knots
Class	L. R. $\nabla$ 100A1 "Carrying Petroleum in Bulk" & $\nabla$ L. M. C.

文 献

- (1) 造船協会誌第332号
- (2) 同上 333号
- (3) 浦賀技報 第3号
- (4) Fairplay Feb. 27, 1958
- (5) & (6) 運輸技術研究所研究発表会第14回講演概要 1957
- (7) Proc. Roy. Soc. Vol. 155A, 1936

造船用設備等処分状況月報

運輸省船舶局(単位千円)

本省報(33年10月分 5工場 10件 364,877千円)

造船所名	工事内容	工事費	調達区分	工事期間	許可月日
川崎重工	1. 第1ドックの拡張(6,000GT—10,000GT) 2. 10t ジブクレーン軌条, 35.0m延長(第1ドック付属)	150,000 —	自己 —	34—7 "	33—10—2
鋼管・鶴見	1. 組立定盤 1,620m <sup>2</sup> 新設(第2組立工場) 2. 30t 天井走行クレーン2基および同軌条96m新設(同上)	7,320 48,977	借入 "	33—10 "	33—10—24
九州造船	1. 組立定盤 640 m <sup>2</sup> 新設 2. 30t ジブクレーン用軌条 15.0m 延長	3,520 1,751	自己 "	33—10 "	33—10—24
鋼管・清水	浮ドックの拡張(2,800GT—4,400GT)	95,500	借入	34—3	33—10—29
石川島重工	1. 第1船台の拡張(9,500GT—15,000GT) 2. 6t タワークレーン軌条 25mの延長(第1船台付属) 3. 45t ジブクレーン軌条 15mの延長( )	56,349 560 900	自己 " "	34—5 34—3 34—3	33—10—29

地方海運局報(33年9月分 2工場 2件 2,500千円)

海運局	造船所名	工事内容	工事費	調達期間	工事期間	許可月日
関東	東造船	1,000GT浮ドックの新設	4,500	借入	許可後~2ヶ月	33—9—4
中国	幸陽船渠	工期変更承認(33.16付中監許第33—1号)33.1—33.9	—	—	—	33—9—26

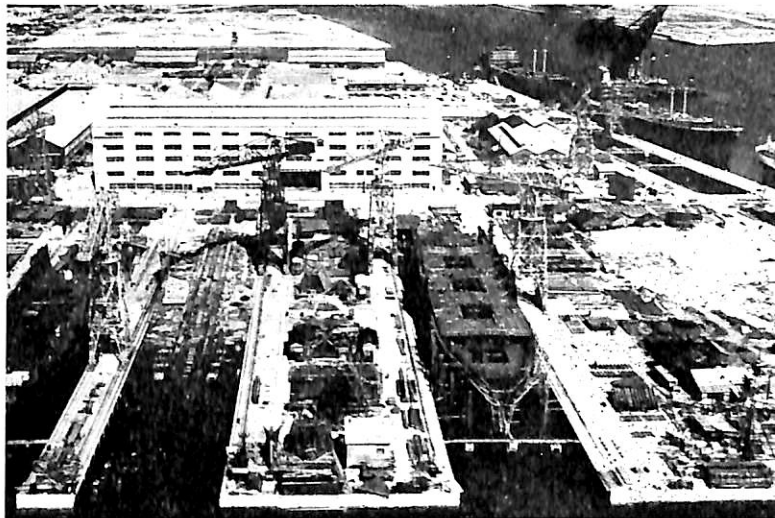


船渠附近

← 新三菱重工業・神戸造船所 船台と浮船渠



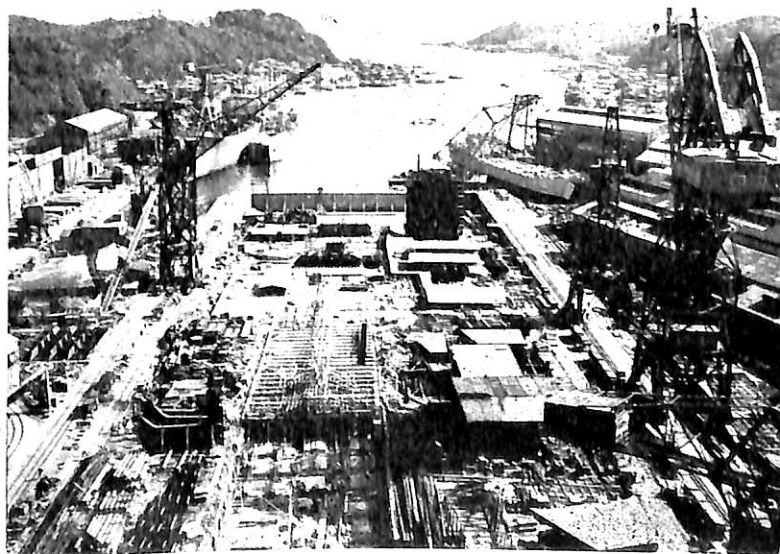
↓ 三菱造船・広島造船所 船台と新設熔接工場



造船所建造設備



← 浦賀船渠・浦賀造船所

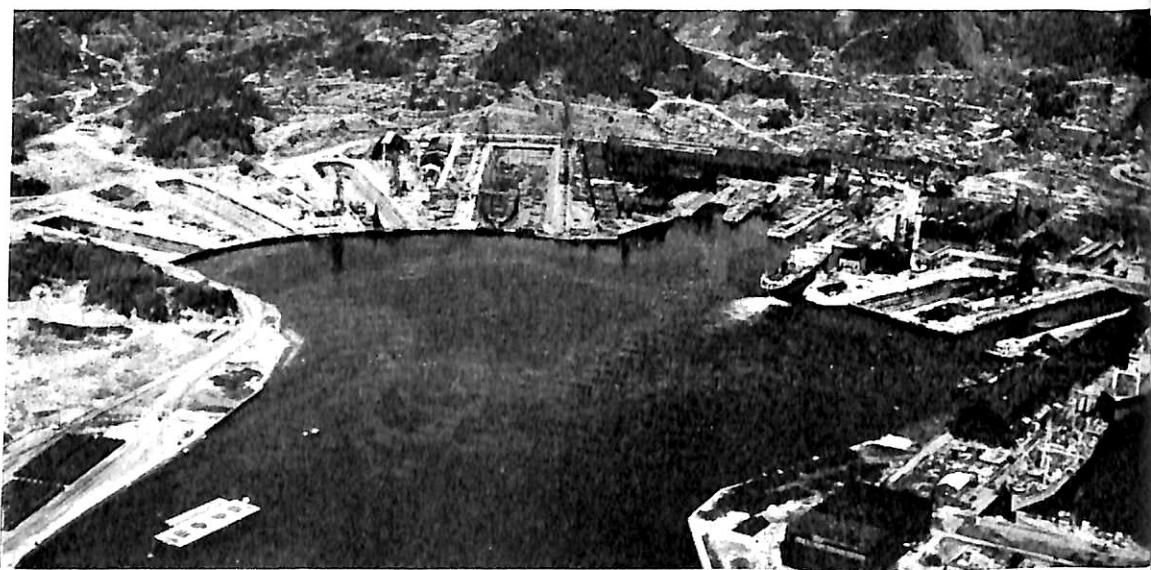


新拡張のスーパー船台 (左・第2船台、右第3船台)

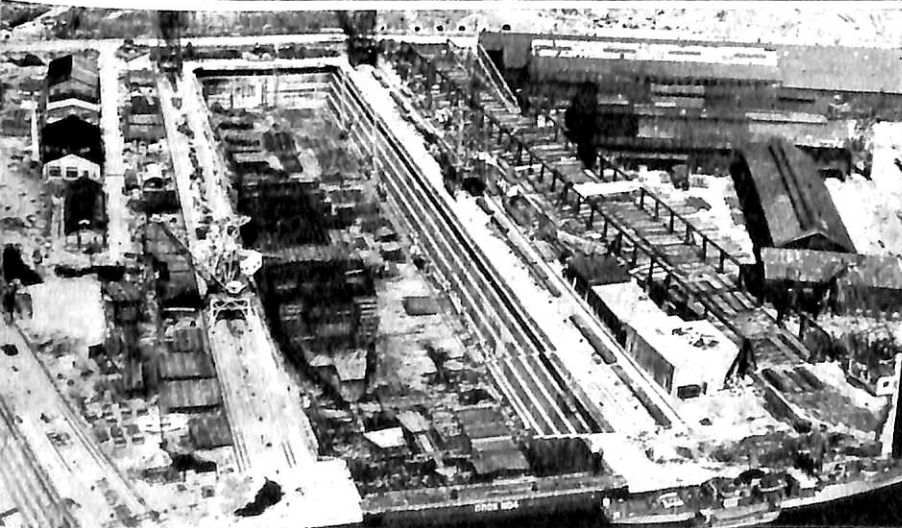


播磨造船所

中央は拡張された船台  
 (向つて右より第1~5船台)



全 景



佐世保船舶工業

第4船渠にて建造中の  
 46,000DW タンカー

川崎重工業株式会社  
における  
超大型船の建造

(詳細本文を参照)

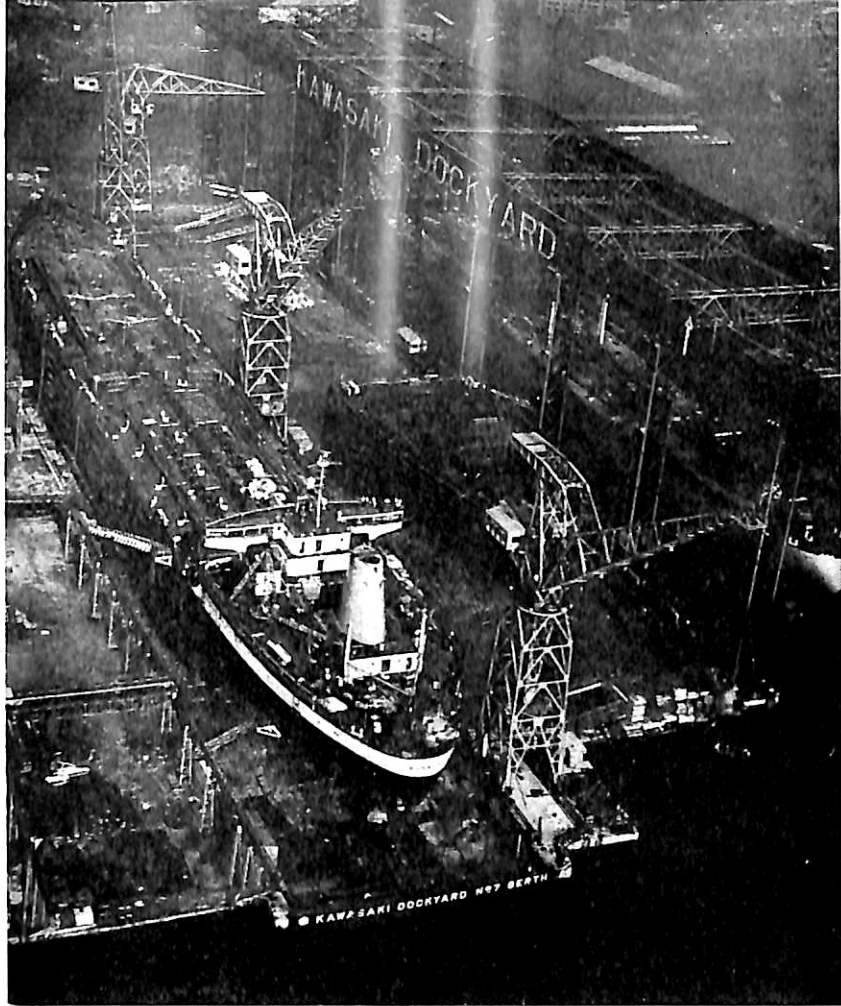


Fig. 2 船台状況, 左より第7船台(進水前20日の38,000DWT型油槽船), 第3船台(船尾ブロック), および第4船台(38,000DWT型油槽船)

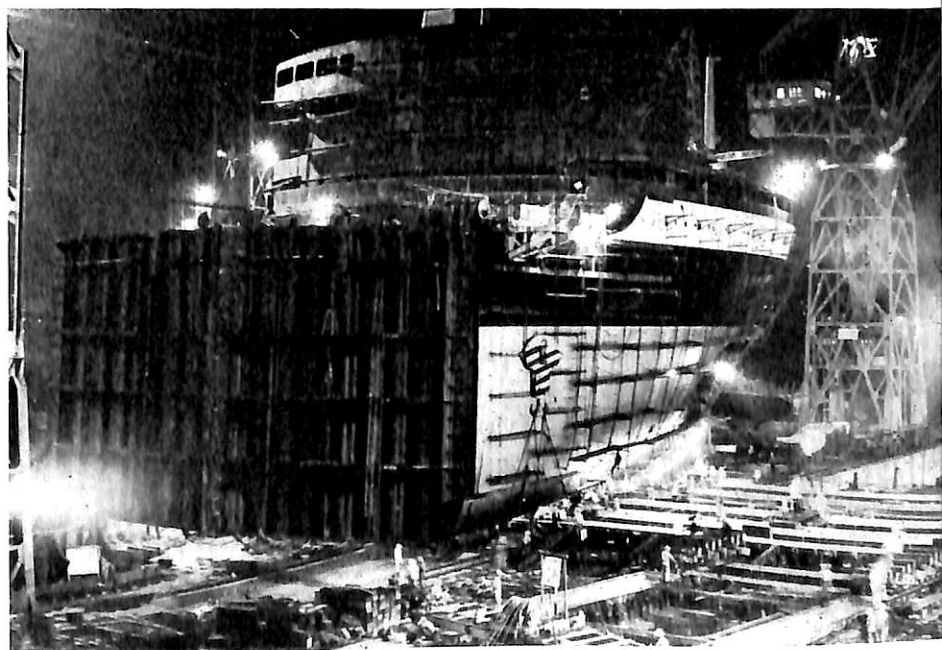


Fig. 4  
横移動工事中の  
船尾ブロック  
(移動重量 2,800ton)



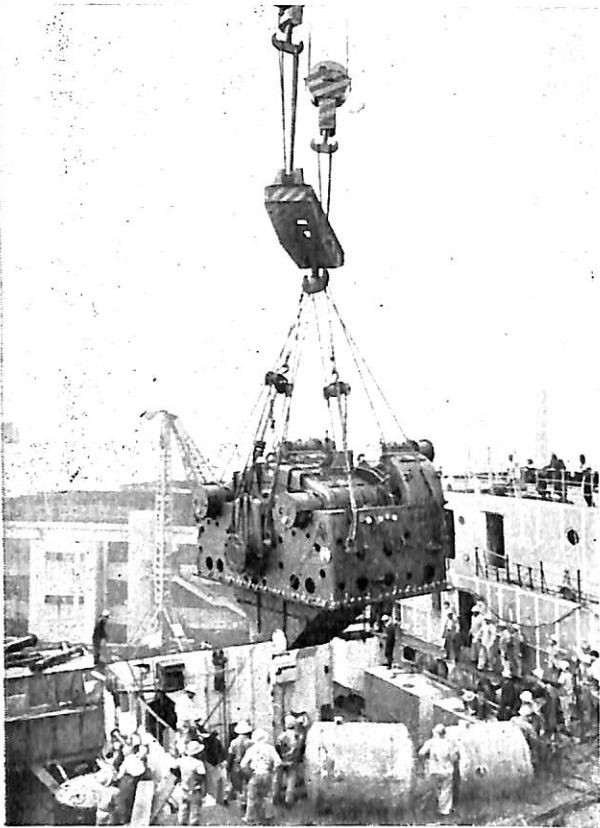


Fig. 5 船台上で積込まれる重量  
125ton の主減速装置



Fig. 6 廻転治具上における上甲板プレートと  
ロンジとの隅肉熔接施工状況

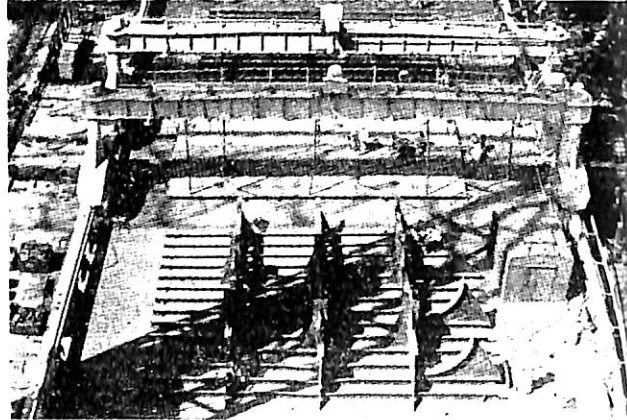


Fig. 7 Clamping Girder

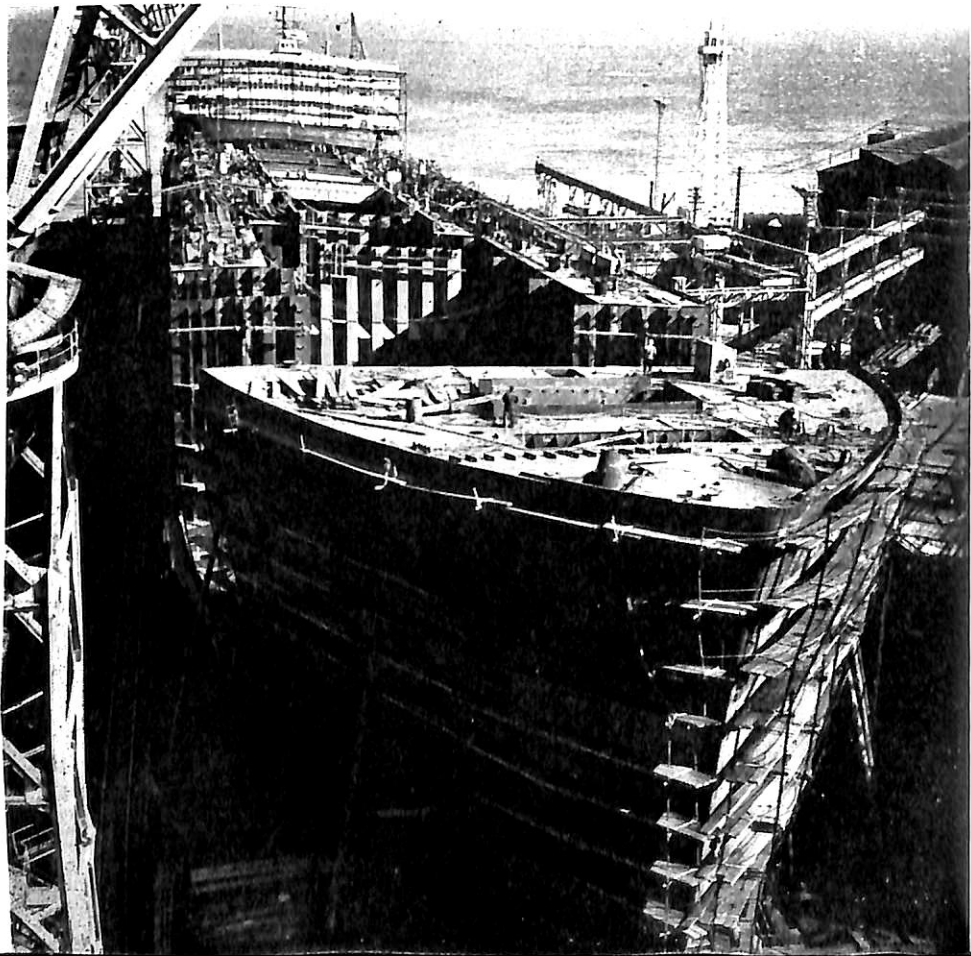


Fig. 8

建造中の45,000DWT型  
鉍石油運搬船



# わが社の超大型船建造について

川崎重工業株式会社造船工作部長

長 谷 川 鑓 二

## 1. 戦後の実績

当社は創業以来60有余年、大型船建造の歴史は古く、戦前戦中を通じて戦艦、空母を始めとする各種大型艦船の建造において、すでにその技術の優秀性を示して来たのである。

戦後、経済状況の好転につれて、Super tanker の言葉に表現される一連の大型船建造が行なわれた際、当社は、Table 1 に示す通り、常にその当時建造された最大級の船舶を建造して、超大型船建造の嚆矢を射て来た。

この間、設計、工作、設備の改善に研究努力した結果、今日わが国有数の造船所にふさわしい設備と技術とを備えるに至った。これをエンジンについて見れば、自己開発による20,250 SHP 国産タービンを完成し、艀装面においては、岸壁の整備とともに、東洋一を誇る13,000 G. T. の浮船渠を完成したのである。しかし設備的な面で戦後最も近代化が行なわれたのは船台を中心とした船殻関係諸設備であり、これによってさらに近き将来の超大型船建造に対処しているのである。

## 2. 設 備

当社は国際港神戸市の中心に位置し、風光明媚なるとともに立地条件は極めて良好である。Fig. 1 に示す通り船台は神戸港に面する5つの船台より構成され、その建造可能船舶の大きさは Table 2 の通りである。そのうち、大型船はもっぱら第4船台と第7船台にお

Table 1 当社建造船の大型化

船 名	船 種	総噸数	載貨重量	竣 工
Fern Manor	油 槽 船	13,233	18,384	S25—6—17
日 新 丸	鯨 工 船	16,777	24,376	26—9—30
Patricia	油 槽 船	17,736	29,696	28—1—28
Chrysanthy L.	”	24,427	39,253	30—6—15
Cosmic	鉄石・油運搬船	29,500	46,673	32—2—25

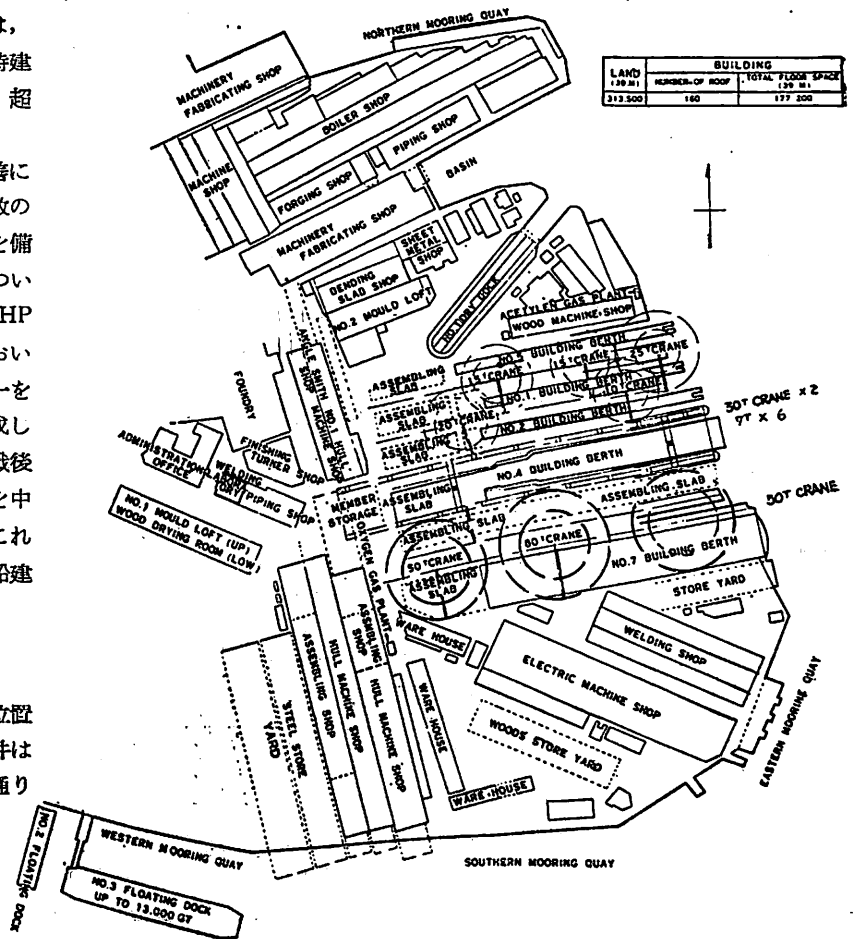


Fig. 1 Ship Yard Plant Layout

Table 2 各船台建造可能の最大船舶

船台	Lpp	B	GT	付属クレーン設備
第1船台	132.0m	15.8m	4,500	2船台, 5船台兼用
第2船台	145.0	18.5	8,150	20t, 10t
第4船台	201.0	20.6	24,000	30t×2, 7t×6
第5船台	153.5	30.3	11,000	25t, 15t×2
第7船台	216.0	32.5	29,500	80t, 50t×2, 16t

いて建造され、第4船台は30t起重機2基よりなるガントリークレーンを附属し、戦時中の空母瑞鶴、大鳳等はここで建造されたが、今日では第7船台が最大の船台として活用されている。本船台は昭和31年に竣工した半船渠式の近代的船台であり、80t起重機1基、50t起重機2基を備え、65,000DWTまでの船舶の建造が可能である。ここで当社の誇る特色は、横移動建造方式の採用である。隣接の第3船台で船殻重量2,600tの船尾ブロックを建造し、これを本船台に移動して建造進水させる建造方式によって、本船台の建造実績 (Fig. 3) に示す通り、32年6月より33年8月までの1年3ヶ月に超大型船6隻152,000GT建造の夤をあげた。これは1隻当たり2ヶ月半の工期とともに単一船台上での建造量としては、世界的な記録である。横移動建造方式の採用は単に工期短縮のみならず、船台上における機装関係諸工事の推進により、総合的な生産の合理化をもたらしたのであり、Table 3は進水時の工程進捗率について、引渡完成時を100%として新旧両建造方式を比較したものである。これによると、本建造法による場合は進水時にほとんど完成に近い状態にあることがうかがわれ、ことに機装ならびに電機機装では圧倒的な工程進捗率の増加を示しており、船台上において主機機類の積込 (Fig. 5) が行なわれ、進水後20日にして試運転が行なわれた。

かかる高速、高能率の集約化した建造を行なうために、前記大型船台起重機を始めとする諸設備の拡充および再編成が行なわれたのである。

一方、戦後船舶の大型化と共に船体建造技術上著しい

Table 3 進水時の工程進捗率

主要工事名	建造法	
	従来の方法による場合 (%)	新建造方法による場合 (第1船台実績) (%)
船殻工事	92	96
船体	荷油艙内	92
	上甲板	71
	居住区域	20
	機関室その他	10
	計	40
機装	主機および軸系装置	10
	汽缶	5
	発電機および補機	24
	諸管および諸弁	20
	雑工事	5
計	14	
電機機装	電源装置	28
	照明および通信設備	13
	無線設備	6
	計	19
総計	60	92

発展を示したのは、(1)溶接技術と、(2)ブロック建造方式および(3)ガス切断技術とであり、これらが一体となって、生産性を向上し得たのであるが、当社の設備拡充はこれ等の技術導入と平行して進められ、万全の体制をととのえたのである。これを溶接機関係設備について見れば、溶接機はTable 4に示す通り、造船工場のみで手溶接機817台、自動溶接機19台、不活性ガス溶接機8台、その他スポット溶接機2台、スタッド溶接機2台を保有している。このうち直流溶接機は、超大型船建造にともなう板厚の増加による低水素系溶接棒の需用増加に加えて、アークエアガウジング法の使用に因ずるために設置されたものであり、また自動溶接機保有台数は、わが国造船所中1, 2を競うものである。

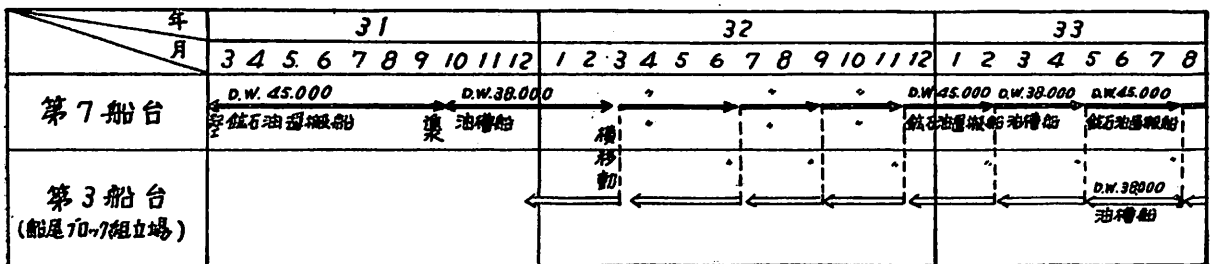


Fig. 3 第7船台における建造実績

Table 4 手動および自動熔接機一覽表

熔接機型式		熔接電流 (max.)	台数	製造所名
手動熔接	—	AC 500A	320	東京芝浦電気
	—	AC 400	90	大阪変圧器
	—	AC 300	218	日立製作所
	—	AC 300	47	大阪変圧器
	—	AC 300	10	電元社
	—	DC 500	69	大阪変圧器
Total			817	
自動熔接	Lincolnweld LAF-2	DC 900	1	Lincoln Electric Co. (U.S.A.)
	" "	DC 1,200	2	"
	Unionmelt UE-37	AC 2,000	1	Linde Air Product Co. (U.S.A.)
	" DS-37	AC 1,200	1	"
	" PSW-1	AC 1,200	2	大阪変圧器
	" MSW-1	AC 1,200	2	"
	" USW-1	AC 2,000	3	"
	" SW 3 A	AC 1,200	1	"
	" USW	AC 2,000	2	"
	Transiflow TB	AC 2,000	2	Air Liquid Co. (France)
	Raco 4R	AC 1,600	1	Reide Avery Co. (U.S.A.)
	Fusarc	DC 1,000	1	Fusarc Co. (England)
	Total			19
イナートガス熔接	Heliarc	AC 500	4	大阪変圧器
	"	DC 500	2	"
	Sigma	DC 500	1	Linde Air Product Co. (U.S.A.)
	Neltal	AC 250	1	帝国酸業
	Total			8

上を計って来たのであり、さらに熔接部の検査に関しては Table 6 に示す各種非破壊検査装置によって、超大型船の厚板の熔接接手検査に応じることができるのである。

加工工程の主要機械であるガス切断機では Table 7 の通り、各種可搬式半自動切断機を備える一方、Table 8 の能力を有する Flame planer 2 基によって、精度の高い熔接開先を得ることができる。各切断機はいずれも板厚 50mm 以上の切断能力を有し、また Flame planer も板巾 5m まで切断可能であり、超大型船建造において予想される厚板、広巾板の加工に充分の体制をととのえている。切断機の外、厚板に対する加工設備としては、板厚 50mm まで曲げ加工のできる大型 Bending roller,

Table 5 船台、定盤面積の比較

Division	Description	Area (m <sup>2</sup> )	% for total area	% for building berth area
Building berth	5 sets	21,361	44.4%	100%
Sub-assembling slab	in door	2,314	4.8	10.8
Assembling slab	in door	1,152	2.4	5.4
	out door	12,341	25.7	
Block storage	in door	890	1.8	4.2
	out door	1,482	3.1	
Member storage			4.9	11.1
Total		48,083	100%	225.1%

当社の熔接定盤面積は Table 5 の通りで船台面積に比較してむしろ少ない方であり、室内定盤面積も多くはない。しかし、良好な熔接を得るために定盤精度維持についての努力は勿論、回転治具 (Fig. 6), Clamping girder (Fig. 7) 等の活用によって品質および能率の向

厚 50mm まで曲げ加工のできる大型 Bending roller,

Table 6 非破壊検査装置一覽表

Apparatus	Type	Capacity	Manufacturer
r-Ray	Co60	300mc	Solus-Schall
X-Ray	Movable	400KV 10mA	Seifert
X-Ray	Movable	250KV 5mA	Tokyo Shibaura Electric Co.
X-Ray	Portable	175KV 4mA	Tokyo Shibaura Electric Co.
X-Ray	Portable	125KV 5mA	Rigaku Electric Machine Co.
X-Ray	Portable	200KV 5mA	Seifert
X-Ray	Portable	175KV 4mA	Seifert
X-Ray	Movable	200KV 5mA	Shimazu Works Co. (Japan)
X-Ray	Portable	160KV 4mA	Miillel
X-Ray	Portable	150KV 4mA	Seifert
Ultra Sonics*	Angle beam	2.5 mc	Kelvin
Ultra Sonics	Angle beam	2.5 mc	Sperry
Magnaflux	Fixed	50A	Kawasaki Dockyard Co. (Japan)
Magnaflux	Fixed	2400A	Shimazu Works Co. (Japan)
Magnaflux	Movable	2000A	Shimazu Works Co. (Japan)
Magnaflux	Movable	2000A	Yokohama Electric Co. (Japan)

Table 7 可搬ガス切断機一覽表

Type of Machine	No.	Range of Plate Thickness	Cutting Line	Cutting Position	Bevel	Range of cutting speed (mm/min.)	Torch	Acetylen Pressure for Preheating Flame	Travel Motor			Weight (Kg)	Manufacturer
									Kinds	HP	Speed control		
LIVE-SAY	4	3-100 mm	Straight	Flat Vertical over Head	I.V.	500- 800	1	Middle	Series commutator Motor	1/40	Centrifugal force	9.5	Livesay Industries, Inc. (U.S.A.)
RADIAGRAPH No. 10	5	3-120	Straight curve circular	Flat	I.V.Y.	100-1,200	2	Middle	Series commutator Motor	1/20	—	19	Air Reduction Co. (U.S.A.)
IK-12	11	3-100	Straight circular	Flat	I.V.Y.	90- 600	2	Low	Induction Motor	1/20	Friction	16	Koike Oxygen Industrial Co. (Japan)
IK-30	4	4-100	Straight circular	Flat	I.V.Y.X.	0- 700	3	Middle	Series commutator Motor	1/20	Friction	26	"
WEASEL IK-40	25	3- 50	Straight curve	Flat	I.V.	100-1,000	1	Middle	"	1/40	Friction	7	"
CADET	111	3-100	Straight curve circular	Flat	I.V.	0- 800	1	Middle	"	1/40	Electrical Resistance	9	Kjellberg-Eberle (Germany)

Total 160 Sets

Table 8 Frame Planer の能力

Total length of rail (m) .....	55,000
Max. cutting width (m) .....	6,000
Min. cutting width (m) .....	5,000
Plate thickness (mm) .....	10—50
Shape of edge .....	I, V, Y, X
Cutting speed (mm/min) .....	0—800
No. of torch block .....	6 set
No. of blow pipe .....	24
Electric motor.....	3 phase super shunt commutator motor
Reduction mechanism .....	2 stage reduction gear

さらに 1,500t および 500t 水圧機各 1 基を保有している。以上の諸設備を駆使することによって、当社は加工重量月産 8,000t を生産し得る能力を維持している。

### 3. 研 究

船型の大型化にともなう、板厚の増大により、厚板

における鋼材の溶接性が問題となっており、各研究委員会等において研究が進められているが、当社もこれに参加する一方、独自の立場から厚板構造および二重張構造に関する実験研究を進め、すでに 45,000DWT 型鉱石運搬船 (Fig. 8) 建造においては、板厚 47mm という、かつて見ない厚板よりなる上甲板構造を採用し、その現場溶接接手の施工を実施して来たのである。

このための溶接施工法の確立を始めとし、材料撰定に関する研究、低水素系溶接棒に関する系統的な研究等基礎的分野の調査研究にも努力して来たのであり、近く建造される 65,000 T 型油槽船建造にあたっては、これら従来の経験を生かすのみならず、当社技術陣は独自の設計と、さらに厚板に対する自動溶接の研究を始めとする諸研究の推進により、より良き船をより安く建造することに日夜専念しているのであり、その成果は充分な期待と信頼とを獲得するものと自負している。

### わが社の超大型船の建造について

株式会社播磨造船所 (165頁より)

ならしめるため船台両舷に移動屋根を設けた溶接工場を配置し、厚鋼板に対する研究と相まって超大型船の溶接組立に対する充分な考慮を払っている。船の大型化に伴い、外板、甲板にはダブリングを有するようになるので、当然リベット数も増加し、径は 1 1/4"φ 程度のものが用いられる。これに対しては既に 46,000DWT 型にて実績もあり、本工の熟練工を相当数保有しているので特に問題は起らぬものと考えている。コンプレッサーとしては、

500HP 4 台、300HP 1 台、100HP 1 台を備えている。

### 9. 結 語

以上当社の 67,000 屯型について説明したが、われわれにとって経験上考え得られない困難な問題が今後生ずるかも知れない。現在既にパナマ運河通航可能の限度を突破して、なお且つ超大型化が進行している。はたして近い将来油槽船の最大限はどの辺に落付くであろうか。まことに興味ある問題といえるであろう。

# わが社の超大型船の建造について

三井造船株式会社玉野造船所 造船設計部

現在わが社の建造引渡を済ませた大型船は39,000DWT型 Ore or oil carrier “ANDROS THUNDER” および 47,000DWT型 Oil tanker “ANDROS TRI-UMPH” で、後者はさらに6隻建造の予定である。このほか36,000DWT型2隻も工事準備中である。この三船型の主要要目は次の通りである。

		39,000T	47,000T	36,000T
		Ore or oil	Tanker	Tanker
全長	m	210.332	224.028	198.120
長	m	201.168	214.884	188.976
巾	m	28.194	30.175	27.737
深	m	14.630	15.342	14.478
吃水	m	10.705	11.461	10.963
排水量	Lt	50,254	60,200	46,570
載貨重量	Lt	38,590	47,121	36,000
主機械		タービン	タービン	タービン
連続最大馬力	SP	12,500	19,000	13,750
同上回転数	RPM	105	108	108.5
試運転速力	kn	13.75	17.39	16.15

これらの船の建造経験からいって、艦装は大型化したために問題になることはなく、小型または中型のものを引伸して行けばまず間違いはない。

ただし緊船関係については、港湾事情、運河規則等について多少考慮すべき点があるが、充分調査してあれば、容易に処理できる問題である。

構造については単なる引伸しだけでは解決できない。また文献の調査、理論的検討だけでも充分であるとはいえない。

いま上記の船について構造設計の方針および実績を振りかえって見ることにする。

## 1. 構造設計の方針

- (1) 船級協会の規程を検討し、重量軽減に有利であり、また実際強度上差支えない点を活用し、無駄な肉をつけないようにする。
- (2) 船体の振動対策を考慮する。
- (3) 工作法、特に内業加工の技術と機械の精度を考慮して、外板、甲板、隔壁等の板割を行ない、スクラップ発生を少なくする。
- (4) 鋼材の注文寸法は極力標準寸法をおさえ、鋼材のエ

キストラ価格を低下するように努める。

- (5) ブロックの分割および組立順序は組立場所の運搬設備、起重機の容量により能率的に安全に作業ができるように計画する。
- (6) 大径鉄の採用、自動溶接機の使用について特に注意する。

船級協会の規則では、中央部油タンクをバラスト専用としてサギングモーメントを減少することを考慮している場合があり、また1タンクの長さ制限があるために、全タンク長の配置とともに、タンク内の構造方式を検討することは、如何にして有利な点が得られるか、興味ある問題であり、特に横強度については理論的にも実験的にも明確でないから、研究と相まって慎重な考慮が必要となる。

船体振動については2節および3節の水平および上下振動が、通常主機の使用回転数の範囲に入ってくる。この場合、常用回転数に一致せぬようにするのが望ましいが、船体が決定し、構造がきまると動かし難い。

2次のBlade frequencyについては局部振動に対する船殻の強度、居住区における感度、および取付計器、補機類に及ぼす悪影響の三つの問題に分けて考える。

これらの三点については予測が困難であるから、試運転時の実測データを整理して対策を立て、将来の設計資料とせねばならない。

局部振動に対する船殻強度は主としてパネルの振動が問題となる。本船については、振動が認められる部分をすべて計測し、加速度に換算してほぼ $1/10$ g以上に及ぶものはすべてパネルブリーカーを入れて、対策を施行した。

感度については、居住区を取付家具、什器等の振動は実害はなくても不安感を与え、クレームの材料となるのでそれぞれ最小限におさえた。また居住区内の床面は加速度約 $1/30$ g以上あると不快感を生ずる。これは振動の型式によっても、周囲の条件でも違うが、ほぼこの線を限度として対策を考えた。

計器、機械類については、加速度が問題であるが、限度は一律にはゆかず、それぞれの特性に応じ、また振動状況、周囲の振動を一々調査したうえ、対策を講じた。

鋼材については中央切断図において工作の精度を考慮して仕上り寸法をおさえ、工作上必要な仕上代をとって



注文寸法を決定した。この決定法によって標準寸法をできるだけ採用し、鋼材価格を低くすると同時にスクラップも7.5%に止めることができた。

板厚は34.5耗までは価格の点で問題はないし工作上もあまり問題ではない。従って原則として板厚を34.5耗とし特定のストレージを増厚して強度を保持した。

47,000 T型の場合、ブロックの数は350ヶ、平均重量30 tで、50 t以上のブロックは150を数えた。

船台クレーンは60 tなのでブロック重量は60 tをおさえたが、中央部のものでは60 t以上のものがあり、これは、合吊りを考慮した。しかし船首、船尾のブロックを除いて、合吊りは吊った状態で反転できないために組立上不利であった。

大径鉚は32耗の規定であったが、鉚接技術、設備等の点から28耗として鉚列を増加した。

自動溶接はできる限り採用した。これは工数低減の大きなファクターとなる。

## 2. 大型船建造の問題点

以上の経験から、さらに大型の船の建造に対して次の点に問題がある。

1. 主要寸法、配置、船型
2. 厚板の工作
3. 振動
4. 設備

### 1. 主要寸法、配置および船型

一般に貨物船の主要寸法を決定するのは、速力、容積および載貨重量の三者を勘案して最良の点を選ぶが、タンカーの場合は通常容積は充分で、速力および載貨重量に主眼点をおく。実際的には速力もほぼ一定の範囲であるから、如何にして載貨重量を大とするかが最優先となる。

大型となると港湾事情のため吃水の制限をうけることが多いので、深さを小とし巾を広くとる船型が選ばれる。通常の場合45,000 DWT級までは形状吃水、所謂タンカー Freeboard までの吃水が船級協会の規定する Minimum scantling draft を超すことがないので、できるだけ限り吃水を深くした方が有利である。勿論 Proportion を変えると話は違ってくる。

Freeboard を減少し得る要素は、船楼の長さおよび高さ、シャワーであるから、船楼はできるだけ長く、また高い方が有利である。しかし配置その他の関係で自ら制限を受けるので、充分考慮したうえで定めた方がよい。シャワーも吃水増加による排水量増加が大である。肥搭係数は修正による吃水減よりも排水量増の方が上廻る。

シャワーを無くしたり、一部シャワー無しとしたりするのは、鋼材寸法の統一、工数低下の点で有利であるが、一般的には、DW増加による利点におよばないのが普通である。

以上の点はDWT当り船価契約の場合特に考えねばならない要件である。

65,000 DWT またはそれ以上の大型船になると、Scantling draft が、形状吃水以下となり Freeboard は余ってくる。即ち上に述べた利点はなくなるので、上部構造は最小、シャワーは無く肥搭係数を大とする方が有利となる。

### 2. 鋼材

タンカーの場合、板厚を38耗程度におさえ得るのは、70,000 DWT 級位までである。

参考のため当社計画船の中央切断に示す鋼板の最大厚を表とすると、

DWT	65,000 T 級	100,000 T 級	
甲板	35.0	40.0	6列2重張
ストリンガー	35.0	40.0	
シャワー	38.0	40.0	
側外板	23.5	25.0	
底外板	36.5	40.0	6列2重張
キール	38.0	40.0	

二重張は構造上も工作上も面づくないので、これを止めると100,000 DWT 級で板厚55~60耗となる。

板厚には、切欠脆性と現在の工作法の点からある Critical point がある。それがどの位であるかは論議が多く判断は困難であって、簡単な二、三の実験例から云々することは冒険である。しかし現在までの経験と実績から見て、大体36耗乃至40耗の範囲と予想することができる。従って上記の計画でも、40耗以上の厚板採用を避けたのであるが、厚板の圧延技術、製鋼技術、または工作技術の進歩によって、これらの難点が克服されることが望ましい。

### 3. 振動

大型となり高馬力となると、たとえ1次の振動について問題はなくても、Blade frequency の面で、5翼の推進器を採用しても、起振力は非常に大となり、その反面、船体の撓性が増加するので、問題となる可能性が多い。

この点、船殻の局部強度、特に疲労強度、振動感度、各種計器、機械類の振動についてそれぞれの限度を如何にとるかが最も重大な問題となる。この点については適確な基準はないので、普通は船員のクレームや、個人感

(以下160頁へつづく)

# わが社の超大型油槽船の建造について

佐世保船舶工業株式会社設計部

## 1. ま え が き

Tanker Services Corp. (General Agent は香港の Island Navigation Corp.) の発注になる載貨重量 37,800 英噸 (計画上) の超大型油槽船を建造する当社は、N. B. C. を除いて日本で最初に Mammoth Tanker を完成させることとなった。その建造はドック内建造で、工期は下記の予定である。

起 工 昭和34年2月下旬  
進 水 昭和34年8月下旬  
完 成 昭和34年12月下旬

本船は完成後東亞燃料に charter されて、Persian Gulf—下津間に就航する予定である。

## 2. 計画の経緯

### 1. 初期に計画された超大型船の要目および変更

Tanker Services Corp. との商談が開始される前に、当社が計画していた Mammoth Tanker は第4船渠で作り、しかも第3船渠に入渠できるようにとの考慮がなされたので、

Lpp × B × D × draft  
245.00m × 31.80m × 18.50m × 13.60mとして、

DW 66,000 tons として設計が進められた。しかし船主との交渉において幅はパナマ運河を通過できる最大幅 32.90m とし、吃水もなるべく浅くということで、船主要求は 43'—0" であったが、43'—6" で話がついて、245.00m × 32.90m × 18.50 × 13.26m と決定した。

### 2. 船 級

最初 LR のみで考えたが、船主の要求で AB および LR の Dual class となった。しかし AB, LR 各々の船級協会の要求を満たそうとすれば重量および工数が嵩むのみでなく、ある時には相互の要求が相容れぬ時もある。従って造船所としてもなるだけ Single class で済むよう船主に

交渉したが、結局次のようにして解決した。

AB は  $\nabla A1 \otimes$  "oil carrier"

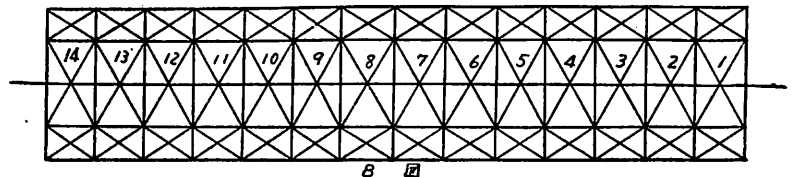
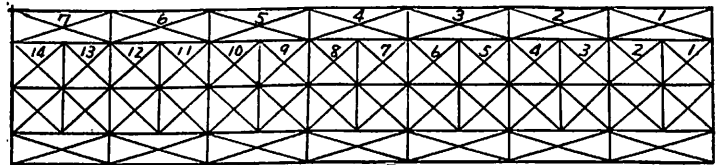
LR は 100A1 & LMC "for carrying petroleum in bulk without the society's "Maltese cross"

### 3. Doubling と Depth の関係

船主よりは AB の要求する  $l/y$  の 105% に相当する  $l/y$  を要求された。一方吃水は前述の如く 43'—6" (13.26 m) と決ったのであるが、Doubling の効果については理論的にも多少疑問の点があるので Doubling なしで AB の 105%  $l/y$  を取れるように主要寸法を決定した。即ちそのための最少の深さとして Depth 18.50m とした。Depth が普通の Proportion より深くなったが、これにより Cargo oil tank の Capacity が十分な余裕を持ち得て Loading distribution に非常に貢献することとなる。

### 4. 貨物油艙の配置および数について

Longitudinal Bhd. は3列とし、下図のA図、B図について検討した結果、A、Bともタンクの数 は  $14 \times 3 = 42$ 、ハッチの数は  $14 \times 4 = 56$  と同じであるが、A図の方が Longitudinal Bhd. が3列とも Oil tight で  $l/y$  が取り易く、且つ重量も僅か軽くできるのでA図によった。



貨物油艙の配置比較図

5. 貨油設備等

貨油主管は4ライン式とし4群に分ち 1,500m<sup>3</sup>/h 吐出圧力 85m のもの4基を有する。

残油管は2ライン式とし、2群に分ち、180m<sup>3</sup>/h 吐出圧力 85m のもの4基を有し、非特定の残り2台はビルジ排水および予備として使用する。

貨油艙内の主管は外径 16 吋、支管は10吋とし、上甲板には4本の外径16吋管を有する。残油管は主管とも6吋とし、上甲板には2本の6吋管を有する。

ローディング・ステーションは中央部1ヶ所とし、貨油用として8吋、10吋、16吋の英式または米式のいずれのフランジにも適合して揚油できる。通気管は4群として各タンクから6吋支管および各々のブリザー弁を経て8吋主管に接続しデリックポスト上に導く。加熱管には Alacoil を使用する予定である。なお各貨油艙に対して陽極防蝕を施す。

6. GM および動揺週期について

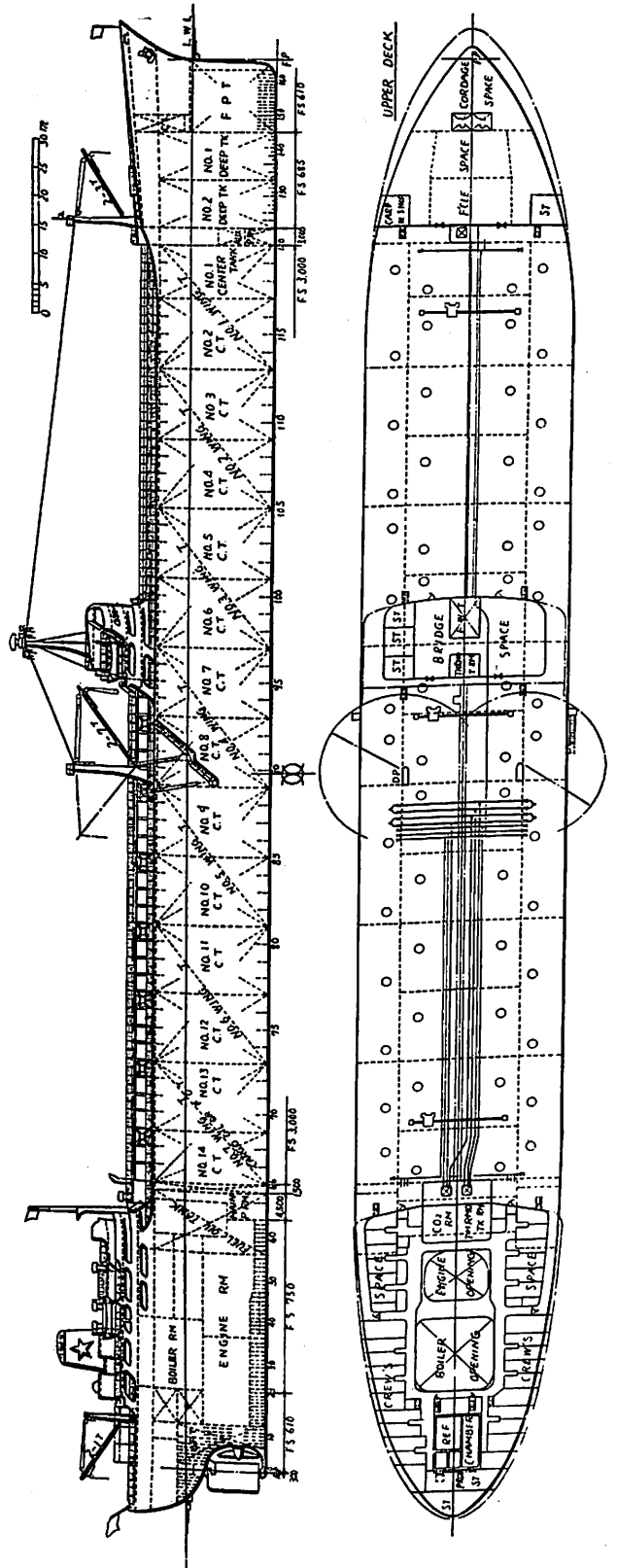
満載時のGM約3.4m、バラスト状態で6~7mとなるので、動揺週期はバラスト状態で約 10.8 秒となる。従って乗心地を少しでも良くするために動揺減衰係数を小さくすることに努めた。しかし速力との関係もあるのであ450mm 深さの Bilge keel を 35%L つける予定である。

3. 主要目(計画)

全長	259.00m
無線間長	245.00m
型幅	32.90m
型深	18.50m
満載吃水(型)	13.26m
総噸数(パナマ)	42,800T
船級	AB + A1Ⓞ LR 100A1 & LMC
載貨重量	約 67,800 Long tons
貨物油槽容積	約 3,400,000 cub. feet (98%)
主機械	石川島二段減速齒車付 蒸気タービン 1基
連続最大出力	22,000SHP×105RPM
経済出力	20,000SHP×101.5RPM
速力(試運転)	17kn
(航海)	16kn

4. 計 画

船体の一般配置は右図の通りである。船首楼、船橋甲板室および船尾楼を有している。船尾楼は Fr. 40 より



船首側は甲板室となっている。長さ 12m の中央部油槽 28 と 24m の側部油槽 14 を設け、主ポンプ室、補助ポンプ室および Deep tank を配置し、Dry cargo space は廃止した。

また端縦甲板前部には Swimming pool を、また後部には Emergency generator room を配置することになっている。

船尾楼甲板後部には Mooring winch 1台と Stern anchor (Spare bower anchor を使用) 用の windlass 1台を設備している。居室は Petty officer までは個室とし、風呂室は 2人1室とし、後部居住区には将来 Elevator を機関室より端縦用板まで設置できるようトランクを設けて現在は倉庫とする予定である。機関室およびポンプ室には CO<sub>2</sub> 消火装置を設ける。全船 Thermotank 式の冷暖房を行なう。

## 5. 船 体 構 造

(1) 前述の如く本船は AB, LR の Dual class であるが、LR は 100A1 のみで Maltese class なしという船主要求のため、船体中央部は大部分 AB Rule の要求を満足させたものとし、また種々 AB の Advice を得て設計を進めた縦強度に関しては船主要求により船体中央部の I/y を AB 要求の 95% 増とした。この要求を満すためには上甲板および船底部材の断面積が大きくなり、現在の造船用厚鋼板に対する信頼度および Doubler の工作上的困難性から考え良心的な工作をさせるために幾分の重量の増加に犠牲を払い、極力超厚板の使用および Doubler の使用は避けた。

(2) そのために甲板縦梁および船底縦肋骨の寸法の板厚を大とし、船体中心線と両舷の計 3 列の縦通隔壁板の上、下 strake を上甲板の船底外板と同厚の 38mm とし、また甲板および船底には中央タンク内に各舷 2 条宛、側タンク内には 1 条宛の縦通桁を設けた。

(3) 船側の縦通隔壁の後部では主ポンプ室翼の F.O. tank の縦壁に継ぎ、中心線内上のは主ポンプ室を縦に貫通させ主機室内まで延長し、また船首部では前部深水槽の配置上荷油槽内の船側縦通隔壁をその線に沿ってそのまま延長できないため Cofferdum の前後で大きな肘板形状として上甲板および船底に延長し、同一線上にあるものと同様な効果をもたせ、中心線のは後部同様にポンプ室中心を貫通して、前部深水槽の中心線の制水隔壁に継ぎ各々連続性を保たせた。

(4) 本船は Tank の長さ 12m に対し深さが 18.5m もあるため従来のように横強度部材として船側堅桁および縦通隔壁堅桁だけで固めると船側外板、隔壁板共にバ

ネル面積が非常に堅に長いものとなるので、第一主防撓部材として船側外板および縦横隔壁に水平に船側縦桁および隔壁水平防撓桁をリング状に各々三段配し、次に第二主防撓部材として船側堅桁、縦通隔壁堅桁、甲板横桁および船底横桁を 3m 間隔に設けて横方向のリングを形成し、水平桁と横桁の交差部にストラットをつけた。また前述の如く上甲板下、横隔壁、船底外板上には、中心側タンク内に各舷 2 条、側部タンクには各 1 条の縦通桁および堅防撓桁を設け、縦方向のリングを形成させて各々縦通肋骨、縦防撓材、縦通梁および水平防撓材を支持させた。

(5) 本船は甲板上の 4 ヶ所、船底の 4 ヶ所、舷側厚板の下線およびビルジ外板の上下線の計 14 ヶ所を Rivet seam とし、梁上側板に T 型に溶接した舷縁平鋼の舷側厚板取付を Rivet とした以外は殆んどすべて溶接構造とした。

(6) 縦方向 Skelton 部材としての甲板縦梁、船底縦肋骨の横隔壁の個所では連続性を良好にするためにそのままの形で貫通させ、船側縦肋骨および縦通隔壁の縦防撓材は従来の貫通ブラケットにより連絡させることにした。

(7) 船尾楼部は在来の Side to side の船楼式とする、前端に縦強力上の不連続部を生じ、この部分の補強に舷側厚板、梁上側板の増厚、あるいはこれに代る他の補強が必要となるので、Stress の減少してしまったごく後方の船尾部だけを船楼形状とし、前端部は甲板室の形として不連続による Stress の集中を極力避けた。

(8) 主機室内には船尾隔壁から 2, 3 或は 4 Fr. space 毎に特に大きな特設肋骨を設け、船側縦通桁を 4 条および補機台甲板ビラーとで外板パネルを押えた上、横方向のリングを形成させて防振対策とした。また船尾水槽内は極力実体肋板を Steering eng. flat まで延長して固め振動源となる船尾肋骨の上部と船尾肋板との固着は特に注意を払った。

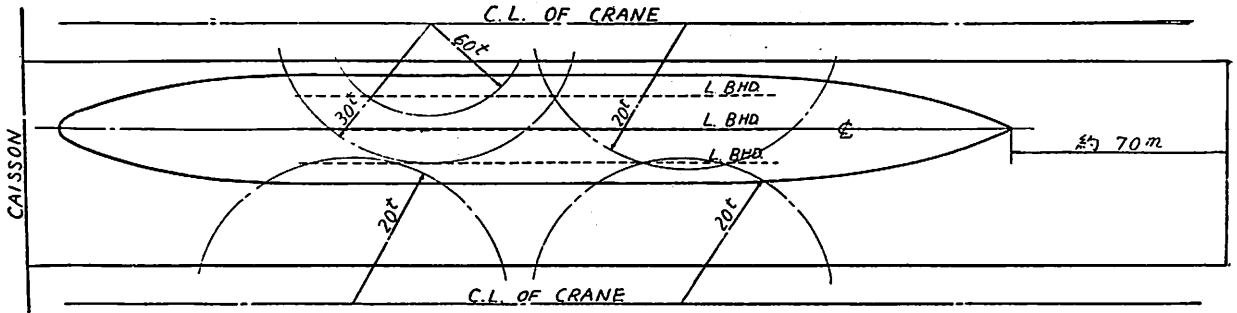
## 6. 当社の特異点と超大型船との関係

わが社の超大型船建造に対する特長は何といっても船台、鎗装岸壁、船渠である。旧海軍の気宇広大さは超大型船に対する施設上の難点を一挙に解決してくれている。即ち

### 1. 船 台

本船の建造船台は、戦艦「武蔵」鎗装用として昭和 16 年に完成した Giant dock がそのまま Building dock として使用できる。その概略寸法は

$$L \times B \times D \quad 340m \times 52m \times 18m$$



67,800DWT タンカーとクレーンとの関係図

であって、最大 100,000DW とも 130,000DW ともいわれている。これに Building dock としての形を整えるためにクレーンを若干補強した。即ち、60t クレーンを新設し、他の 20t クレーン 3 基を All span 20t に補強した。それでもブロック重量は最大船体中心で 60t, side で 35t に制限され(別図参照) Crane capacity に若干不足を申立てたいところであるが、ブロックの大なること必ずしも得策ではないのであるから、次の機会に補強したいと考えている。

造船々台にくらべて、造船船渠が有利なことはよく知られていることであるが、実際に、船台、船渠と二つ並べて建造してみると、船渠の有難さをしみじみ感じるものである。

- 進水が安全で安価
- 船が水平に据付けられて建造容易
- 進水重量に制限がない
- 重量物を高く巻上げずに搭載できる
- 地表上高くならず安心感がある

等挙げればきりが無い。なお今回のマンモスタンカーに対しては別図のように大分余積が生じるが、この余剰面積は、ブロック組立場、ブロック置場として充分活躍してくれるし、後続船の建造場所としても貴重である。こ

## わが社の超大型船の建造

三井造船株式会社玉野造船所 (156頁より)

質によっていることが多い。この問題は実験研究もなかなか困難であるし、理論的にも急速な解決はなかなか見込み得ない現状であるが、当社としては計測器の整備、建造船のデータの検討を進め、十分な対策をとり得るよう調査研究を進めている。

### 4. 設 備

現在当社の設備では 50,000 DWT までの建造が可能である。

のドックの外に 261m×33m×15m のドックがあるが、これは幅に制限を受けるけれども 66,000 重量噸までは建造できる。

### 2. 艦装岸壁

艦装岸壁は延長 1,100m, 水深 10~11m の繋船池が 250t 陸上固定クレーン, 2台 10t 走行ジブクレーンを抱えて天然の良港の中に据っている。(因みにこれは明治38年の戦艦三笠の時代に着工されたもので、これがマンモス時代の今日なおお且つ威張られるのであるから昔の人の考えは大きいです)

なお超大型船用としては 8t/15t, span 42m の岸壁クレーンを現在組立中で近々完成する。

### 3. 艦装船渠

今のところ前記 Building dock を後続船の進水時を狙って使用する考えで少々不便ではあるが、それでも自社に Mammoth の入渠できるドックを持っているということは有難いことである。

これらの海軍が残してくれた大きな遺産を受継ぐものが最大限にこれを生かさなければ、天下国家に申訳がないのであって、「時こそ来れ」というのがわれわれの偽らざる気持なのである。

しかし設計, 工作, 設備の面で 75,000 DWT ないし 100,000 DWT 級の建造についていつでも注文に応じ得るよう研究を進めている。

現在超大型船については造船研究協会においてその技術的問題の実験研究を進めている。

これらの問題のあるものは解決までに相当の時日を要するものがある。当社としては研究の進むに従い設計工作にそのよい結果を採り入れ、今後の建造に対し不安をいただくことがないように努力しており、また克服し得る見通しである。



# わが社の超大型船の建造について

株式会社播磨造船所 造船設計部

## 1. 緒 言

油槽船の大型化の傾向は近年頓に著しく、10年前にはせいぜい15,000屯程度であったものが、現在は60,000屯80,000屯、さらには100,000屯をも超えるいわゆる超大型船の時代にはいつている。これは船主の建造意欲もさることながら、かかる超大型船を安心して建造し得る技術水準の向上も正にかつ目に値する。しかも超大型船の尖端を歩むものはわが国造船界であり、世界の注目のまゝとであるから、その建造にあたってはさらに深く研究し優秀なものを生み出さねばならない。

わが社はこのような世界的傾向に対処するため早くから H. M. (HARIMA MAMMOTH) 委員会なるものを組織し、斯界の学識経験者の指導を仰ぎつつ幾多の問題点を研究調査し、100,000屯以上の超大型の建造に対しても十分の自信と意欲を有するものであるが、本稿では実際に建造される67,000屯型について述べることにする。なお本船はいわゆる超大型油槽船としてわが国造船所間で建造されるものの第一船であり、業界の注目をあびているのである。

## 2. 主 要 要 目

垂線間長	244.00m
型 幅	32.90m
型 深	18.20m
計画満載型吃水	13.42m
載貨重量	66,950 long tons
総屯数	約 35,000T
船 級	A. B. ; *A1◎OIL CARRIER* & *AMS
貨物油艙容積	79,084m <sup>3</sup>
主機械	2段減速歯車付蒸気タービン 1基
連統最大出力×回転数	24,000SP×105RPM
常用出力×回転数	22,000SP×102RPM
主汽缶	船用D型水管缶 59.8kg/cm <sup>2</sup> ×482°C 2基
推進器	5翼1体型(Ni-Al-Br) 1基
航海速度	16.5節

## 3. 一 般 計 画

かかる超大型船の建造にあたって最も研究を要するものは、船殻構造および工作法にあり、その他の部分は船

の大小によって画期的な差異はない。そういう意味で本船の一般計画も主として船殻構造に重点をおいては行なった。

### 1. 船殻鋼材重量について

本船の船殻鋼材重量は、従来の油槽船のDW当りの鋼材重量より格段に重くなった。現段階ではDW当りの鋼材重量最小点は40,000屯型の船附近に存在するが、超大型船の構造方式等に何か画期的な方法を考え、最小点に極力近づこう努力すべきである。

### 2. 船型について

本船にバルバス・パウを採用すべきか否かについて疑問点があったので、運輸技術研究所目白試験水槽に依頼して6%、4%、0%のバルバス・パウにつき水槽試験行なった結果、脚荷状態以下では明かに Normal bow form が優れ、満載状態でわずかに4%、6%バルバス・パウが有利であったが、問題とするほどの差を認めなかったため、工作上その他の点を考えて Normal bow form を採用した。

### 3. 専用脚荷水艙について

超大型船ともなれば出入港に制限をうけるので、建造時に積付港、荷卸港、航路および貨物油の種類は一定で極めて明確である。そのため載貨重量に比して余分の Cargo capacity を必要としないから、専用脚荷水艙を明確に決定できる。本船の場合もある一定の比重以上の油は搭載しないことが船主から示され、それによって造船所側で Bending moment, トリム, 荷役の難易等を考慮して専用脚荷水艙を決定した。但しこの場合には、専用脚荷水艙のみでバラスト状態の吃水がとれるわけではなく、一部の兼用タンクも存在する。

## 4. 船 殻 構 造

67,000屯という当社では否日本でもかつて経験したことのない超大型船の船殻構造の設計を進めて行くに当たって、まず最初に遭遇した問題は、どのようなアイディアで構造をまとめて行くべきかということであり、これには非常に苦心もしたし、また慎重を期したわけである。20,000屯~45,000屯 class の船の場合には、各船級協会が多年の経験と実績によってルールを確立し、われわれ造船所の設計者は殆んどルールに従って設計を行ってきたのであるが、本船のような超大型船の場合の知識と

しては、船級協会および造船所は殆んど白紙に近いのが実状であって、設計をまとめて行かねばならないわれわれとしては、蓄積された多年の経験的知識を基礎にして理論的考察を行ない、大胆に且つあくまで慎重に計画を進めて行かざるを得なかったが、一応自信のある設計を行なうことができたと考えている。

以上主要構造を設計するに当り、特に注意を払った点および構造上の特徴等を述べることにする。

### 1. 縦強度について

第1図一般配置図に示している如く、本船の Cargo tank length は、この型の船としては比較的長く計画されており、Tank capacity にも相当の余裕を生じたので、船体中央部附近の No.3,4,5 Wing tank および No.6 Centre tank を専用 Ballast water tank に指定することができた。これらはいずれもLの非常に長い超大型船の縦強度の点では明らかに望ましいことであり、Still water condition においても、また Among wave condition においても Max. bending moment はかなり減少していることが計算上確認されたのであるが、船主の要望にこたえ、Rule requirement の5% over の縦強度をもたせるように計画した。このため Deck plate および Bottom shell の板厚は非常に厚くなり、やむをえず Deck および Bottom にそれぞれ2条および1条の Riveted doubler を設けることにした。鋼板厚さの最大限度としてはその溶接性を考慮して一応38mmに抑え、不足分の断面積は Longitudinal Bhd. の Top, Bottom strake の増厚および Longl. girders 等によって補ってゆく方針をとった。

最近、世界の各船級協会においても盛んに研究が行なわれ次々に試案が発表されており、日本でも海事協会、造船研究協会を中心に理論的、実験的研究が進められつつあり、また材料の面でも厚さの点で Mild steel の使用限界がきているとも考えられ、近き将来において溶接性の高い高抗張力鋼を使った優秀な超大型船に移行するのであろう。

### 2. Longl. Bhd. と Longl. Girder 配置について

前項1にて述べたごとく、船主の強く要望する充分な縦強度をもたせるために、3条の Longl. Bhd. を設けた。即ち第2図に示したごとく、Longl. Bhd. の配置として1条は船体中心線に、他の2条は中心線より10.92mの位置を選び、Centre 側 tank に設けた片船1条の Deep longl. girder と相まって船の片幅を約3等分した位置に縦方向に強力部材を縦通させて Ring を形式し、船体の剛性を保たしめ、且つ Deck plate および Bottom shell の Panel を支持する方針をとった。

次に Longl. girder であるが、上記片舷1条の Deep longl. girder の外に各3条の Add. longl. girder をそれぞれ Deck および Bottom に配置し、縦強度に寄与させるとともに、Plate panel の Supporter の役目をさせた。なお船体中心線 Longl. Bhd. を tight にすべきか、または wash にすべきかは種々議論のあったところであるが、本船では tight の方針をとった。

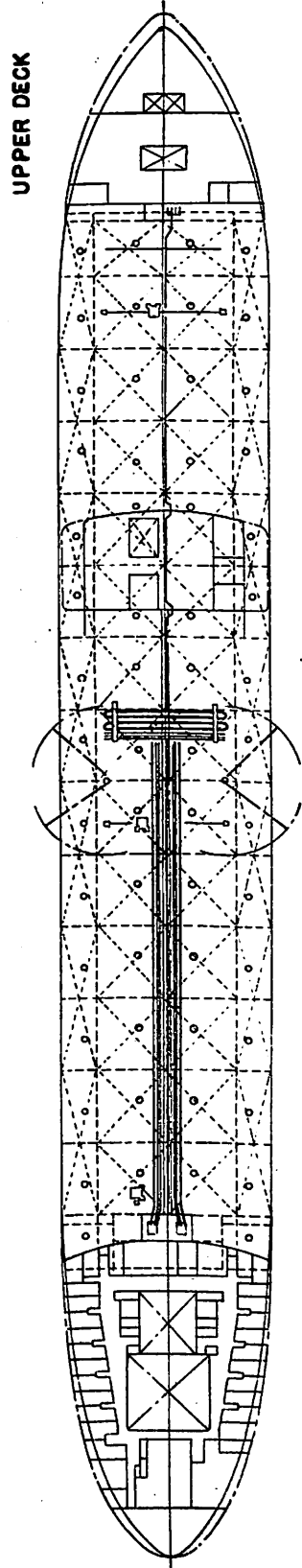
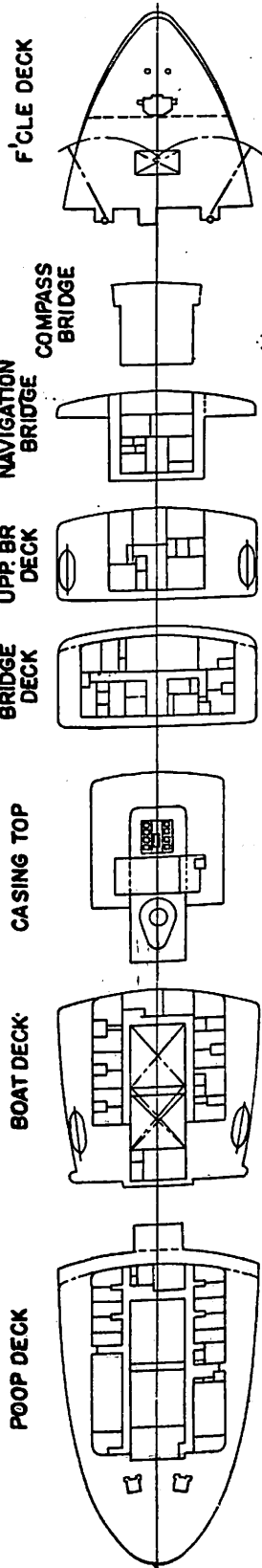
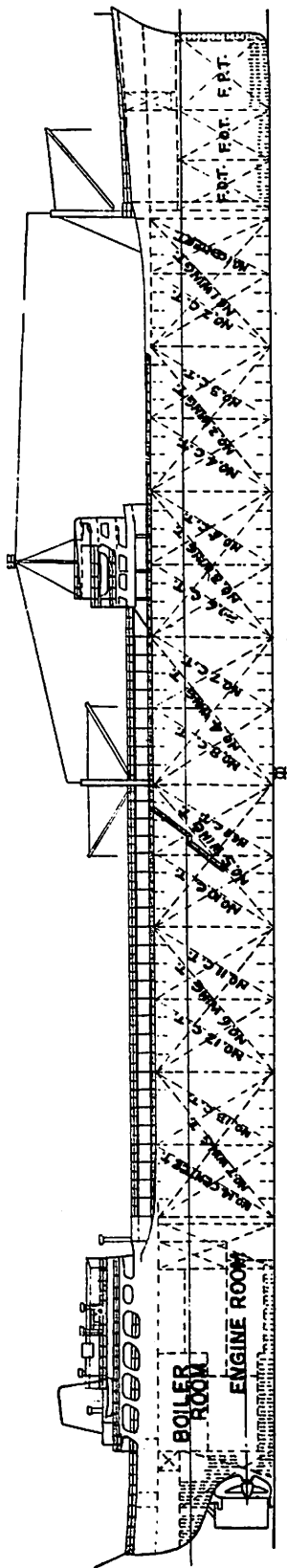
### 3. Trans. webs と Side stringer について

Trans. ring を形成する各 Webs の寸法をどのように決定するのが最も合理的であるかという点に関しては、多くの興味ある問題を含んでいるが、本船のように Tank の幅および長さ比べて非常に深い Tank では Span の最も短い Tank の長さ方向に Primary support member を置くのが勿論有利であることは自明である。

本船でも第2図に示した如く、Side shell および Longl. Bhd. に4条の Stringers を設け Vertical member を Support することにした。(Stringer を4条とした理由は次項4.の理由による)即ち Wing tank においては Side trans. および Vertical web on longl. Bhd. は、これら4条の Side stringers で support する構造とし、各 Side stringer の位置にそれぞれ4条の Cross tie を設け、所謂立体格子構造により Wing tank をかためる方法をとった。また中心線 Longl. Bhd. の両側に取付けた Vertical webs も同じ高さの4条の Side stringers で支持し、Bhd. 自身の剛性を確保させた。Trans. ring を形成する各 Webs の寸法および形状決定に当っては、あくまで Web の寸法相互のバランスに注意し、一部の部材のみが過大にならないよう、また Web ends の Corner radius 等に対してもすべて、全体の調和を壊さないよう特に留意した。なおまた Side shell および Longl. Bhd. に設けた上記4条の Side stringers は後述の Trans. Bhd. の4条の Horizontal girders と相まって船の長さ方向に強力な Horizontal ring を形成しており、前項2.の Longl. Bhd. および Longl. girder による Vertical ring 構造とともに船体の剛性に大いに役立たせた。

### 4. Trans. O.T. Bhd. と Wash Bhd. について

Trans. O.T. Bhd. の構造としては、前項3.で述べた4条の Side stringers の level に Horizontal girders を配し、一方前項2.の各 Longl. girder の位置を垂直に結ぶ線上に片舷4条の Vertical webs を設けて、格子構造を形成し、各格子内の Bhd. plate を Horizontal stiffener で補強する方法が理論的には無駄のない判り易い構造であるとは考えたが、これにも各 Hori-



第1図 D.W. 66, 950t タービンタンカー一般配置図

zontal stiffener の end 固着をどうするかという多少面倒な問題もあり、たまたま船主の強い要望もあったので各格子内を Vertical stiffener で補強する所謂 Vertical stiffener system を採用した。

Vertical stiffener としては、現用最大型鋼の範囲内でまとめたい希望もあったので、必然的に Horizontal girder は4条にならざるを得なかったが、もし特別に大きな Stiffener を製作する場合には、勿論前記 Horizontal girder および Side stringer は各々3条で充分であると思う。次に Wash Bhd. については、前述の通り Wing tank の長さを12m tank を2個つないだ 24m tank としたために、普通ならば Tank 中央の Centre 側の Trans. O. T. Bhd. の位置に Wash Bhd. を設けるところであるが、本船では Wing tank の幅は 5.53m とかなり狭くなっているため、内部構造が Cargo oil の運動を充分阻止するものと考え、普通使用されている Wash Bhd. は設けず、若干強度を増した普通の Trans. web の構造とした。なお Cargo oil の運動に対する Wash Bhd. の効果については、目下東京大学、播磨造船、三菱日本重工三者による共同実験研究が進められており、その研究成果が大いに期待されていることを附言して置く。

### 5. 振動に対する対策

本船は未曾有の高馬力機関を装備するので、最近問題になっている船尾機関特有の船尾振動の発生に対し万全を期するため、Machinery space より後部の構造配置には特に慎重を期している。即ち Machinery space 内には Engine flat ないしは強力な Side stringer を4条設け、いずれも Cargo tank 内の Side stringer と充分連続させまた一方3～4 frame 間隔に設けた Web frame により、Machinery space side の Shell plate を充分補強している。また Aft peak Bhd. 前後の剛性の急激な変化を避けるためにこの部分では Web frame も特に密に配置し、必要な個所には Pillar も充分設ける等慎重な計画を行なった。しかしながら本船はまだ計画の段階であり、果してわれわれの期待通りの好成绩が得られるかどうか試運転結果が大いに興味を持って待たれるところである。

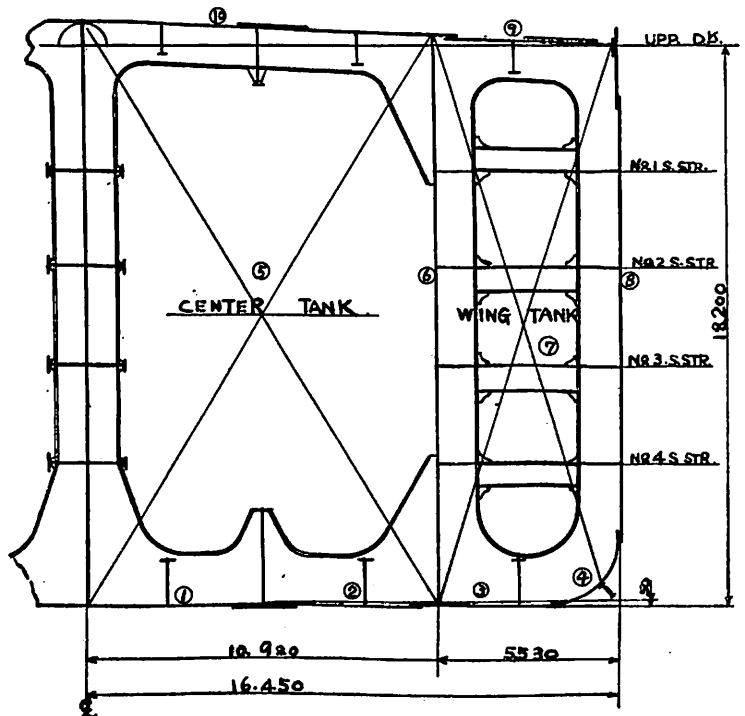
### 6. 現場搭載

前述のように鋼板も非常に厚いものを取扱う関係で、現場工事における純技術面に

においても、安全の面においてもかなりの困難性を増していることは事実で、工作法並びに建造法の工夫、改良が考えられるべきは勿論であろうが、設計の立場からこの点に十分検討を加え、今日一般通念となっている短期間の船台建造法にマッチするように特に留意すべきは当然であろう。即ちブロック計画を行なうにあたっては、建造船台の有するクレーンの能力をフルに活用すべく、最大80 t のブロックを考え得る限りブロックの数を減じ、また Errection における熔接長、熔接姿勢、搭載順序等、現場能率に大きく影響する Errection joint の位置決定には特に注意を払った。Building centre は機関艙装、後部居住区の艙装の関係もあって最後部第14番タンクとし、搭載は次の順序で進めて行く。(○は各ブロックの搭載順序を示す)

### 7. 超厚鋼板の熔接

超大型船の建造には、当然超厚鋼板を使用するが、その採用に際しては超厚鋼板の自動熔接法の研究、厚鋼板の Doublor の熔接々手の研究、Gunwale 部の熔接工作法、隅肉自動熔接法、隅肉熔接部の非破壊検査法の確立等、今日の現場技術の水準の上に立って当社では厚板を使用する際の熔接施工法について鋭意研究を重ね、着々とその成果が結実しつつある。船体部分について考えると、熔接部自体の熔接性能と船体構造部分としての熔接々手の性能に分けて考えれば、



第2図 中央部断面図

自然その焦点は、

- (1) 切欠靱性
- (2) 亀裂
- (3) 脆性破壊伝播特性

等になる。

手溶接と切欠靱性は問題ないとされているが、自動溶接の熔着金属の切欠靱性の低下は厚板になると著しく、良質な鋼板と同等な衝撃値を有する熔着金属を得ることは現行の施工法では困難である。しかし溶接材料の改良、溶接施工法の改善並びに自動溶接の使用箇所の適当なる選定によって、その目的は十分に達成される。

亀裂に関しては、母材の材質および施工法が亀裂の発生におよぼす影響が詳細に実験研究されて、基礎的な事実が解明されている。なおその防止法も実船に適用されるように改良が重ねられている。

船体の溶接々手部の拘束度および残留応力の関係が、実験室および実船について解析が行なわれ、その相関関係が解明されている。なお残留応力下での脆性破壊の発生と伝播が如何なる挙動を呈するかについては実験研究が続行中であり、船体工作法の重要指針となるものと思われる。

溶接部に対してはX線透過検査、塗料透過検査、超音波検査等により広範囲にわたりその完全性を確認することにしてはいる。

## 5. 機 関 部

### 1. 蒸 汽 条 件

超大型タンカーとなれば必然的に大馬力を要求される。勿論要求される船の速力によって必要とする馬力が異って来るのは当然であって、場合によっては比較的小馬力のものもあるが、通常タンカーに採用せられている16~17ノットの速力を基準とすれば、6万屯、8万屯という大型船となれば必要な馬力は必然的に2万馬力を超すものとなる。蒸気タービンを推進機関とする場合問題となるのはその蒸気条件である。既に知られている如く、馬力の増大につれて最も経済的な運航をする圧力・温度というものは次第に高くなって来る。現在1万馬力以上程度のタービン船においては40kg/cm<sup>2</sup>G, 450°C (または67) PSIG, 850°F) という蒸気条件が標準となっているが、2万馬力を超えて来るとさらに一段上の条件即ち60kg/cm<sup>2</sup>G, 485°C という圧力・温度が考慮の対象となる。陸上の発電用タービンでは既にこれ以上の圧力・温度のものが続々採用されているが、船舶用としてはわが国においては未だ485°Cという温度の蒸気は使用された実績はない。当社の67,000DWTタンカーにお

いても当初600 PSIG, 850°F でスタートしたのであるが、船主からの蒸気条件変更の要請により検討の結果、自信をもって60K・485°C採用に踏切ったものである。

## 6. Propeller について

大型船で大馬力となると問題となるのはPropellerである。直径および重量の増大とともに考慮されなければならないのはCavitation状態である。馬力が増すにつれて推力の増大と直径の増大からCavitationに対しては非常に条件は悪くなる。従ってできるだけCavitationを起さないような設計を行なう必要があり、強力な材料を用いて翼厚を減少し、Cavitationを起しやすい翼先端部の翼厚比を小さくすることも必要となって来る。既に欧米においては強さが在来のマンガン青銅に比べ30%も大きいニッケル・アルミ青銅のプロペラ材料を使用し、従って重量も2割以上軽くなっているから、Cavitationに対しても好結果が得られるわけである。当社のタンカーには船主の希望によりニッケル・アルミ青銅のPropellerを採用したが、今後の大型タンカーにはこのニッケル・アルミ青銅のPropellerが使用されるべきで、わが国プロペラメーカーの研究により国産のNi-Al青銅またはそれ以上のPropeller材料による大型Propellerができることを希望する。

## 7. 艦 装 について

船の深さが大になると、現有の海上クレーンにては主機、ボイラの積込みも困難になり、また繋留岸壁も大きなものが要求され、且つその使用期間も長くなり、ひいては他船の繋留にも支障を来すようになる。これに対する対策として、当社では船台上で70tクレーン2基を使用しての主機、ボイラの積込みを既に実船にて経験済みであり、本船では船台上での機関室の艦装をさらに高度に行ない、進水後の艦装期間を極端に短縮することによって超大型船の艦装工事の円滑化を計ることとした。

## 8. 工 場 設 備

船が大型化すれば当然それに適応する大きな設備が必要となる。当社では67,000DWTの超大型船建造が可能なるように、セミドライドック方式を採用した長さ240m、巾35.2mの船合を既に備えており、(写真参照)またできるだけ船台上での溶接を少なくし、地上で良好な溶接が行なえるよう大ブロックの組立を計画し、またこれの搭載のために70tクレーン2基を船台両舷に配置している。ブロック組立に際しては、特に溶接工事を完全

(以下154頁へつづく)



昭和33年度計画造船建造希望申込船主一覧表

(33-11-11 運輸省海運局)

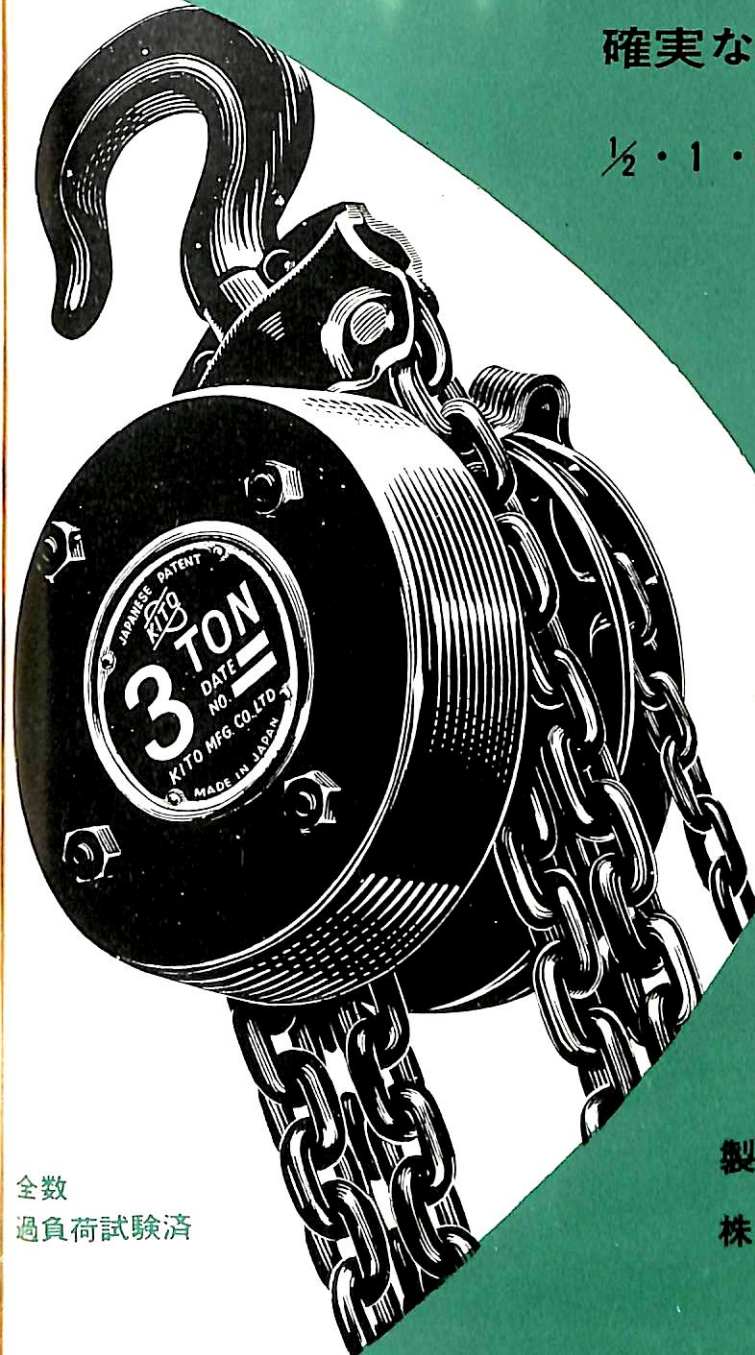
船主	造船所	G. T.	D. W.	主機馬力	満載航海速度	契約船価(百万円)	予定定期航路	航路形態	スライド
(1) 定期船	計12社	157,400	204,849			20,351.5	沖日本	航路形態	スライド
三井	野井	2,600	2,200	D 3,150	14.5	543	日本	航路形態	無
川崎	立崎	9,550	11,600	D11,250	17.0	1,265	日本	航路形態	無
日本郵船	三菱	9,550	11,600	D11,250	17.0	1,265	日本	航路形態	無
東飯飯新大	日新	6,600	8,500	D 5,400	14.3	715	印度	航路形態	無
三井	野井	9,300	12,650	D12,500	18.0	1,290	印度	航路形態	無
川崎	立崎	10,100	13,330	D11,500	17.6	1,370	印度	航路形態	無
日本郵船	三菱	8,150	10,650	D 5,600	14.1	880	印度	航路形態	無
東飯飯新大	日新	9,420	11,700	D12,000	18.0	1,295	印度	航路形態	無
三井	野井	9,350	11,500	D12,000	17.7	1,298	印度	航路形態	無
川崎	立崎	7,250	10,400	D 6,500	14.75	780	印度	航路形態	無
日本郵船	三菱	7,800	10,629	D 6,300	14.5	799.5	印度	航路形態	無
東飯飯新大	日新	9,500	12,000	D13,000	18.0	1,290	印度	航路形態	無
三井	野井	4,950	7,650	D 3,200	12.3	575	印度	航路形態	無
川崎	立崎	9,300	12,650	D12,500	18.0	1,290	印度	航路形態	無
日本郵船	三菱	9,250	12,000	D12,000	17.4	1,263	印度	航路形態	無
東飯飯新大	日新	9,250	12,000	D12,000	17.4	1,263	印度	航路形態	無
三井	野井	6,950	10,000	D 5,400	14.2	670	印度	航路形態	無
川崎	立崎	9,200	12,000	D12,000	18.0	1,240	印度	航路形態	無
日本郵船	三菱	9,330	11,790	D12,000	18.0	1,260	印度	航路形態	無
(2) 不定期船(大型)	計9社	69,400	101,790			6,753	三川三	井崎	無
乾原東省明太板内日	三井	8,700	12,300	D 6,300	14.2	840	三川三	井崎	無
三井	兼井	4,950	7,200	D 3,150	12.25	477	三川三	井崎	無
川崎	立崎	8,350	12,650	D 5,600	13.5	730	三川三	井崎	無
日本郵船	三菱	8,600	12,520	D 5,700	13.8	820	三川三	井崎	無
東飯飯新大	日新	8,600	12,650	D 6,300	14.2	789.6	三川三	井崎	無
三井	兼井	8,750	13,150	D 6,250	14.4	840	三川三	井崎	無
川崎	立崎	8,700	12,350	D 5,400	13.6	822	三川三	井崎	無
日本郵船	三菱	7,700	11,350	D 5,000	13.5	825	三川三	井崎	無
東飯飯新大	日新	5,050	7,620	D 4,000	13.5	610	三川三	井崎	無
(3) 不定期船(新石)	計13社	122,200	195,000			12,260	自	營	無
第川中東日本日日三東福日日日照	村立川	9,400	15,000	D 5,700	13.3	845	自	營	無
第一	立川	9,400	15,000	D 5,400	13.1	990	自	營	無
下崎	川賀	9,400	15,000	D 5,500	13.0	968	自	營	無
中央	浦賀	9,400	15,000	D 5,600	13.4	950	自	營	無
邦海	浦賀	9,400	15,000	D 5,600	13.35	955	自	營	無
本海	浦賀	9,400	15,000	D 5,400	13.1	880	自	營	無
日日	浦賀	9,400	15,000	D 5,600	13.4	950	自	營	無
三東	浦賀	9,400	15,000	D 5,400	13.1	987	自	營	無
福洋	浦賀	9,400	15,000	D 5,400	13.1	960	自	營	無
日日	浦賀	9,400	15,000	D 5,400	13.1	960	自	營	無
日照	浦賀	9,400	15,000	D 5,400	13.1	955	自	營	無
(註) 鉄鋼7社とは八幡製鉄, 富士製鉄, 日本鋼管, 川崎製鉄, 住友金属, 神戸製鋼, 尼崎製鉄									
(4) 不定期船(中型)	計18社	61,080	94,900			6,632.408	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
扶洋北島旭太神旭富上日泉万大協丸広万	佐野	2,850	4,250	D 2,400	12.0	293	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
海産	野安	4,300	6,680	D 4,500	14.0	498	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
星谷	阪道	4,250	6,320	D 2,700	12.0	434	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
旭谷	道戸	3,200	4,950	D 2,200	12.0	272	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
平洋	古屋	3,900	6,150	D 3,900	13.6	496.4	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
原海	屋下	4,150	7,750	D 3,300	12.5	570	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
土汽	指	2,250	3,400	D 1,800	11.5	219	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
地汽	永田	3,360	5,350	D 2,100	11.8	334	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
新汽	兼本	4,430	6,700	D 3,450	13.0	475	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
野汽	立海	3,460	5,400	D 2,700	12.0	384	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
阪汽	本立	3,270	5,270	D 2,400	11.75	336.71	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
内汽	波止	3,350	5,250	D 2,460	12.0	385	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
海汽	阪止	2,300	3,500	D 2,100	11.5	238	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
南汽	白大	4,250	6,300	D 2,700	12.0	443	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
柴汽	白大	2,450	3,660	D 2,100	12.0	257.298	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
日汽	白大	3,250	5,070	D 2,400	12.0	339	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
太汽	白大	3,700	5,200	D 2,700	12.25	410	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
三汽	白大	2,360	3,700	D 1,800	11.5	248	川郵自三川自三	崎船營井崎營井	無
(5) 不定期船	計7社	589,780	885,885			14,868.99	自	營	無
日東平菱野日本	立因	21,100	33,800	D15,000	15.5	1,780	自	營	無
太東平菱野日本	立因	29,200	46,850	T17,600	16.0	2,340.5	自	營	無
三東平菱野日本	立因	21,800	34,800	D12,000	15.0	1,817	自	營	無
日東平菱野日本	立因	25,100	40,300	D15,500	15.5	2,060	自	營	無
太東平菱野日本	立因	29,400	46,736	D15,600	14.6	2,439.62	自	營	無
三東平菱野日本	立因	24,700	40,060	T16,500	16.2	2,090	自	營	無
日東平菱野日本	立因	28,400	46,800	T17,600	16.25	2,341.87	自	營	無

# キトーチェーンブロック

制動部密閉型

確実な機能の永久保持!!

1/2・1・1 1/2・2・3・5・10・20吨



- 全鋼製  
強靱・耐久
- 高度の設計  
小型・軽量
- 最新設備  
安全・高効率
- 品質管理  
製品の均一

製造元

株式会社 鬼頭製作所

神奈川県川崎市中原区一〇八四番地  
電話 東京41-7117(代)

発売元

**KITO**

鬼頭商事株式会社

東京都中央区八重洲三丁目五番地  
電話 東京 27-4821(代)

全数  
過負荷試験済



縦・横・斜自由自在の  
携帯用万能牽引機



KITO

3/4 ・ 1 1/2 ・ 3 ・ 5 吨

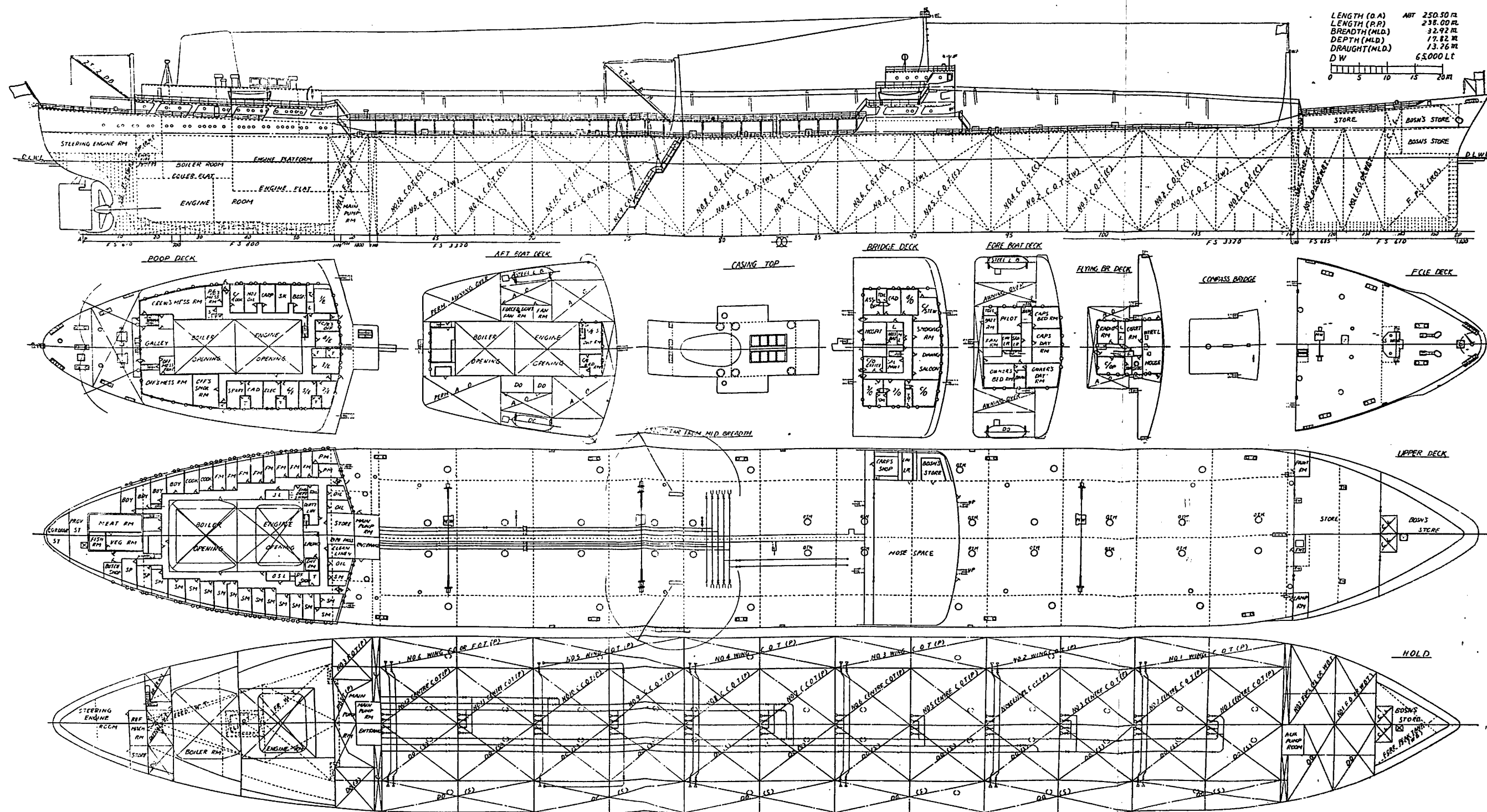
# キトー レバー ブロック

製造元 株式会社 鬼頭製作所

神奈川県川崎市中野島一〇八四番地 電話 東京41-7117(代)

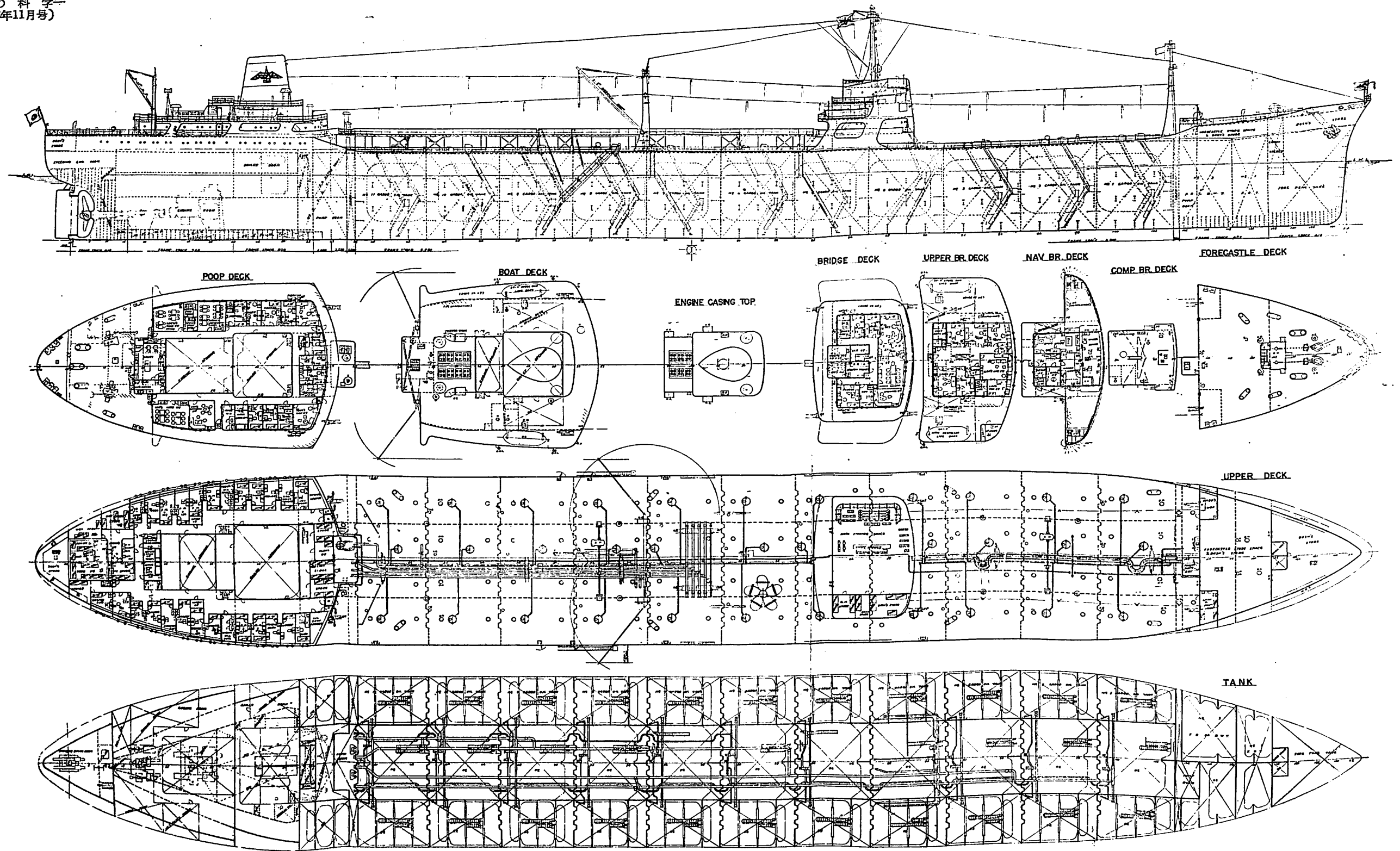
発売元 鬼頭商事株式会社

東京都中央区八重洲三丁目五番地 電話 東京 27-4821(代)



新三菱重工業株式会社神戸造船所建造  
65,000 DWT 型油槽船一般配置図





日本輸出入石油株式会社 油槽船 りやあど丸 一般配置図  
 日本鋼管株式会社 鶴見造船所建造



# わが社の超大型船について

新三菱重工業株式会社  
神戸造船所 造船設計部

## 1. ま え が き

油槽船が大型になるほど運航採算上有利なることは既に論じつくされているが、ここ数年間特に顕著に大型化の傾向を示し、65,000吨以上の油槽船の注文がますます盛んになって来た。各造船所においてもこれが受注に乗出し、既に80,000吨以上の油槽船も建造されるにいたりさらに100,000吨型、120,000吨型の油槽船も云々されるに至った。

わが社においても超大型船の建造および修理に積極的に乗出し、既に通常の65,000吨型油槽船入渠可能な船渠の拡大に着手し、昨年12月20日これが完成した。本船渠は以前からあった乾船渠を拡張したもので、水線長さ253.00m、巾37.00m、入渠時の吃水7.80mまでの船舶の入渠が可能となった。

乾船渠の完成によりわが社においては65,000吨型油槽

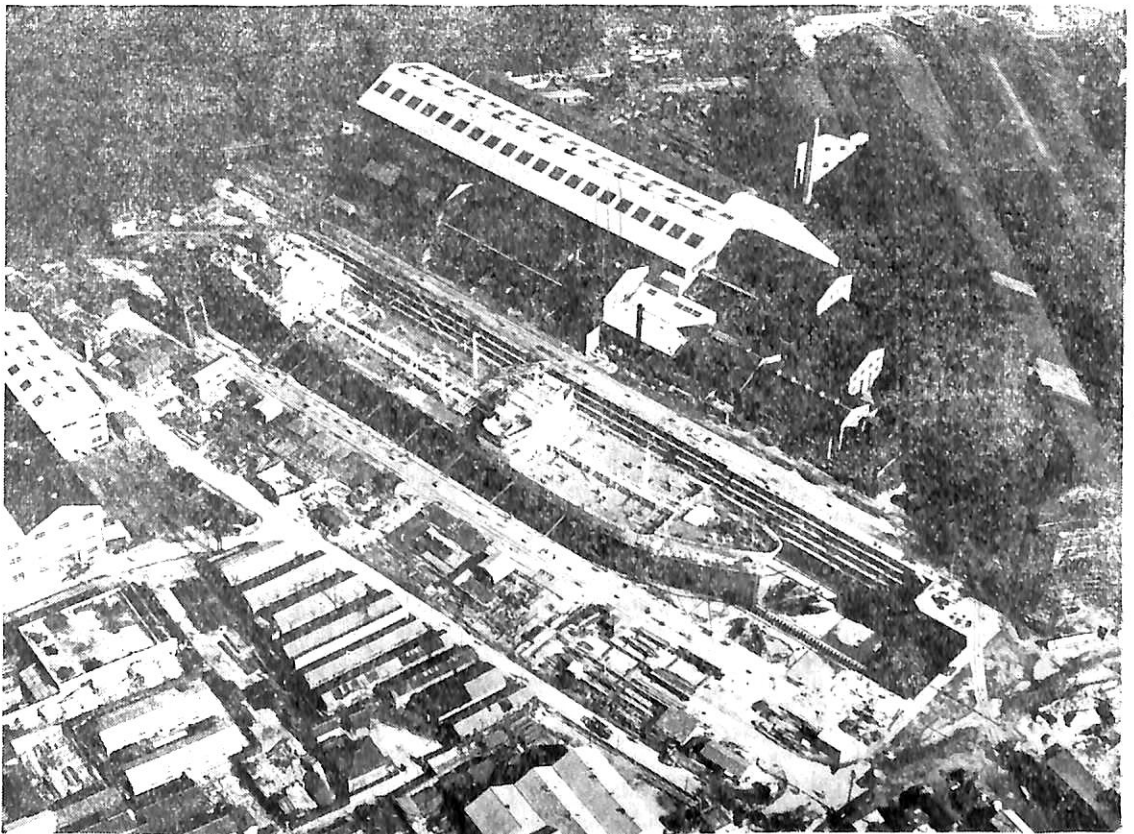
船を有利に建造することができるようになったので、当所としての標準型65,000吨油槽船の設計を行ない、既に仕様書および基本図の作製を完了した。

以下本稿ではこの標準型65,000吨タービン油槽船の設計に際しての技術的問題点について述べる。

## 2. 基 本 計 画

本船ははまだ受注にはいたっていないが、当所の標準型油槽船として計画されたもので、載貨重量は65,000英吨とし、最も経済的な能率の高い船であることを目標に設計した。

巾は当所の船台より考えて32.92mとしたが、これは108' になり、パナマ運河の巾が110' であるので特別の場合には同運河の通行も不可能ではないと考える。船型は当社の実績およびその他の資料等より bulbous bow



新三菱重工業株式会社神戸造船所船渠全景

を採用することにした。種々の資料に報告されているように bulbous bow の採用により、 $i_{cb}$  の位置を前に移動し、且つ若干の排水量も増加することができるので、このような船舶にこれを採用することによって、船の推進性能に影響を与えることなく、より短い肥型の船を設計することが可能となるために非常に有利な船型を計画することができる。その後行なわれた同じく bulbous bow 附の 46,000 吨型油槽船の水槽試験成績等より考えても、本船において優秀な推進性能を示すことを確信している。その他、方形係数の選定に当たっても充分な検討を加え、かかる超大型油槽船では全抵抗中において摩擦抵抗が占める割合が大きくなること等を考えてスーパータンカーよりひとまわり大きい方形係数の 0.812 を採用することにした。




本船は一般配置図に示す通り、全通甲板一層および船首楼、船尾楼および船橋楼を有する三島型船で機関室は船尾に配置した。荷油艙区画は 3 条の縦隔壁と 11 枚の横隔壁とにより 24 個の中央油艙と 12 個の側油艙とに分け、船殻構造の項に述べることく横隔壁の間隔は 40' より高く 13.28m としたことととも側油艙は 2 横隔壁間隔の長さにして中央油艙の容積と側油艙の容積が大體等しくなるようにし、合理的配置とした結果、鋼材重量を減じまた艙装品も少なくすむようにした。本船のごとき超大型油槽船では載貨重量に比して荷油艙容積が大きくなり、通常重油または原油に対しては相当の容積が余ることになるので、原油、重油搭載時の bending moment が最少になり、且つトリムを最も都合の良いように中央部の第 3、第 4 側油艙および第 5 中央油艙を重油および原油は積まない荷油艙として加熱管を廃止し、軽質油または脚荷水専用の荷油艙とした。これらを除いた荷油艙容積と貨物重量の比が約 0.75 屯/m<sup>3</sup> となるので、加熱を要する油に対しては充分の容積を有している。

通常のスーパータンカーと同様に、荷油艙前部には船首水艙、船尾水艙、甲板長倉庫、錨鎖庫、深油艙および補助ポンプ室を配し、後部には主ポンプ室および燃料油艙を配置した。

その他各部仕様の決定にあたっても充分に検討を加え、できるだけ無駄なものを廃し、必要なものは高能率化するように努めた。

### 3. 主要要目等

本船の主要要目は下記の通りである。

船級	A. B.  A1  "Oil Carriers" &  AMS
全長	約 250.00m
垂線間長	238.00m

型幅	32.92m
型深	17.32m
計画満載吃水(型)	13.26m
総噸数(日本)	約 40,000T
載貨重量	65,000英屯
航続距離(予備燃料艙を除く)	約 21,800哩
荷油艙容積(100%)	約 92,000m <sup>3</sup>
燃料油艙(予備燃料艙を除く)	約 7,700m <sup>3</sup>
淡水艙容積	約 510m <sup>3</sup>
養缶水艙容積	約 210m <sup>3</sup>
蒸留水艙容積	約 100m <sup>3</sup>
速力 試運転速力(24,000SHPにて)	17 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Kn
航海速力	16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Kn
甲板機械	揚錨機 汽動 50t×9m/min 1
	繫船機 " 15t×20m/min 6
	揚艇機 手動 4
	操舵機 電動油圧 80HP×2 1
	冷凍機 Freon 12 10HP 2
通風機	居住区 サーモタンク式
	食糧庫 賄室等 給気
	賄室、冷凍機室、便所等 排気
冷房機	各公室に Package type を設備
乗組員定員	63名

### 4. 船殻構造

本船には中心線縦隔壁 1 枚および側隔壁 2 枚を設け、各々を油密構造にした。中心線縦隔壁を油密隔壁にするか、あるいは wash bulkhead にするかについて議論のあるところであるが、構造的には wash bulkhead にした場合の剪断応力について幾分懸念される向もあったので、本船は油密隔壁とした。また側縦隔壁の位置については一応妥当と考えられている船側より船幅の 1/6 に当る点を選んだ。

油艙の長さについては深さとの釣合を考え、40,000 屯型油槽船等の 40 呎の線を超えて、また長さとお油艙数の関係から 13.28m とした。なお側油艙の横隔壁は一つ置きに wash bulkhead として中央油艙との容積を揃えらるとともに、これによる重量軽減をはかった。

板厚に関しては最大を 40mm におさえ、船価低減の見地から特に必要でないところ以外は killed steel, normalized steel の使用をさけることにした。その結果、上甲板および船底外板は 34.5mm とし、それぞれ各舷に 1 条の二重張を設けたが、船底外板の二重張については水密の点に関し工作上問題点もあり、今後の研究課題としている。また油艙区画については桁板の web plate

および肘板等は全部0.50吋のものを使用し、材料相互間の融通性をはかった。なおまた全船的にも上甲板以下の構造に関しては0.50吋を本船の最少板厚と考え、これ以下の鋼板の使用はさけることにした。

縦強度に関しては規則に合致するように section modulus を取ったが、上甲板、船底外板に各舷3条の additional girder を通し、且つ各縦隔壁上下端の板は30mmとして上甲板、船底外板との釣合を考えるとともに縦強度に寄与させた。

また horizontal girder および vertical web については、深さが油艙の長さよりはるかに長いことから前者を main supporting member にとって4条通した。なおこの場合、中心線縦隔壁および横隔壁の horizontal girder および vertical web に非常に大きな荷重がかかり、隔壁の片側のみに girder をつけるとき非常に深い web を必要とすることとなり、これは beam theory に沿わない懸念があるので、前記 girder は全部両面につけた。

上甲板および船底の longitudinal の間隔は820mmとし、船側は760mmとした。上甲板、縦隔壁および船側の longitudinal には型钢を使用した。船底のものは built-up とし、これら longitudinal の横隔壁貫通部は上甲板および船底には through piece type とし、他は through bracket type とした。なおこの上甲板および船底の longitudinal space が820mmであることはこの種 65,000 屯級の油槽船では若干狭い感があり、wide space としてそれ相当の大きな longitudinal を通した方が skin との釣合もとれて合理的と考えられ、この趣旨に沿って試案を作って検討したが、この間隔が1,000mm以上の前例もなく、時期尚早と考え、この wide longitudinal space の採用は見送りとした。

横隔壁は中央油艙の主側桁板線に vertical web を、縦隔壁の桁板線に horizontal girder をつけ、vertical stiffener が型钢でおさまるように配置した。

上甲板、外板の縦縁については、側縦隔壁の上下端附近、ビルジ外板の上下の縦縁、sheer strake の下部縦縁および甲板との取合を32mm径3列の銲接縦縁とした。なお上甲板と sheer strake とは gunwale bar にて接続し、船尾楼端等の sheer strake の補強に対しては、この平鋼の幅を広くして二重張として作用するように考えた。

船尾に関しては特に振動対策に意を配し、機関室内は充分な深さの特設肋骨および梁柱を最大4肋骨間隔に、また side stringer を5条配置した。なお中央には screen bulkhead を設けて横強力および振動対策の一助

とした。船尾構造は panting stringer をできるかぎり船尾までのばすとともに、floor を全部操舵機甲板まであげ、その上の上甲板と船尾楼甲板は特設肋骨、梁および桁板で固めた。

以上船殻構造についてその概略を述べたが、本船にては新奇な設計は一応この際に見合せ、一般的に妥当と考えられる構造として設計した。なお中央横断面図を附図として掲載したから細部に関してはこれをご参照されたい。しかし現在超大型船の研究が種々行なわれている折でもあり、その結果や実船の資料も近い将来には相当はつきりしたものが得られると思われるから、これらの資料により今後設計を改善して行くつもりである。

## 5. 荷油管装置等

主ポンプ室内には各1,500m<sup>3</sup>/hの横型遠心式荷油ポンプ4台および各250m<sup>3</sup>/hの堅型往復動ストリッパーポンプ3台を備え、荷油ポンプは機関室前端に設けられた蒸気タービンによって駆動される。本荷油ポンプは超大型船用として新しく当社において設計されたもので、suction head 5.0m, total head 88.0mである。

荷油主管は独立の4系統に分けられ、それぞれ内径400mmの熔接鋼管を使用している。各系統は二重のゲート・バルブを介して連絡されており、4種の異種の油を同時に扱うことができる。枝管は内径300mmの鋼管で各油艙に配し、各1個のベルマウスを設けてある。

ストリッパー・ラインは独立2系統とし、各系統は二重のゲート・バルブによって連絡されている。

上甲板上には内径380mmの荷油主管4本および200mmの残油管1本が主ポンプ室から船橋楼後部のローディング・アンド・ディスチャージ・ステーションに導かれている他、各主管に1本宛のダイレクト・フィリング・パイプを設けて荷役の迅速化を計った。

第6側荷油艙は予備燃料艙としても使用できるように荷油管にスペクタクル・フランジを備え、燃料油と荷油が混合することの無いようにした。荷油管の伸縮接手は艙内外ともにドレッサー・タイプを使用することにした。

荷油艙内の加熱管は本船のごとく深さの大きい船では、所要の加熱面積を得るために困難な場合があるが、銲鉄製のフィン附管を使用したために別に問題なく、加熱面積比が0.033m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>になるように取付けた。前記の軽質油または脚荷水のみ荷油艙には取付けないことにした。

荷油艙のベント管は4群に分け、各油艙への枝管には各1個のブリーザー・バルブを備え、ベント主管はそれ



それ最寄のデリック・ポスト上部に導かれ、その頂部にフレーム・アレスターを設けた。また船内掃気用として上甲板のローディング・ステーションに300mmのガス・デバラー2箇を設けた。

各油艙の洗滌用としてパワース装置を有し、パワースポンプの容量は200m<sup>3</sup>/hとし、各油艙には4箇のパワースホールを設けた。

## 6. 機 関 部

本船においては主機出力24,000SHPを必要とするために種々検討の結果、缶出口の蒸汽圧力並びに温度は船用としては極めて高温高压である850PSIG(59.8kg/cm<sup>2</sup>g)および900°F(482°C)を採用することにし、タービンは3段抽気、プラントはデァレーター付密閉給水装置とした。

別に油艙加熱、甲板機械その他雑用蒸気用として低圧蒸気発生装置を装備した。

ターボ発電機は1,200KVA, 450V, 60サイクル2台を備え、航海中の排気は主復水器にて処理することにした。

機関部の主要要目は下記の通りである。

### 1. 主機械

型式	三菱ウエスチングハウス二段減速装置付船用		
	蒸汽タービン		1基
出力	連続最大	24,000SHP/105RPM	
	常用	22,000SHP/102RPM	
蒸汽消費量		2.56kg/SHP/h (無抽気)	
	復水器真空	722mmHg	

### 2. 主缶

型式	三菱神戸 CE 二胴船用水管缶		
圧力×温度	850PSIG (59.8kg/cm <sup>2</sup> g) × 900°F (482°C)		
蒸発量	最大	52.0 t/h	
	常用	35.5 t/h	
	効率	88%	

### 3. 主発電機

型式	蒸汽タービン駆動防滴型	2台
容量	12,000KVA A. C. 450V 3相 60サイクル	

### 4. 補助発電機

型式	ディーゼル機関駆動防滴型	1台
容量	275KVA A. C. 450V 3相 60サイクル	

## 7. 超大型船に対する研究等

超大型船の研究は、日本造船研究協会で行われる SR 37, 38および39部会として大きく採り上げられて現在種

々の研究が行なわれているが、当所もこの一部を分担して研究を行なっている。

即ち SR38 部会については、大阪大学担当のパネルの防機構造の研究の一部を分担し、また SR39 部会については、大学および研究所等と共同して32年度には自動溶接の切欠脆性の研究、軟鋼および高張力鋼の溶接接手の研究を一応終了し、33年度には厚板溶接部の剝離に関する研究を分担して現在予備実験の段階である。

また、かかる超大型船を船台上で建造する場合、問題になるのはやはり進水であると考えられる。特に当所の船台は大型船用としては若干傾斜がきつく、またセミドライドック式となっていること等、実際進水を計画するに当って苦しい条件になることが予想されるので、現在その予備調査として進水する各船について下記のような計測を行ない万全を期している。

(1) 船尾浮揚時における船首抱台にかかる力の大きさおよびその分布の計測

(2) 進水に伴って起る船台内外の水位の変化の測定

(3) 鞍板にかかる力の計測

(1)は所謂ピヴォットロードであるが、これは特殊の荷重計測装置を製作し計測を行なっている。大型油槽船のような扁平な進水架の場合は、この荷重の分布も従来考えられていたものとはかなり異なったものになることが予想され、この計測結果を超大型船の場合の進水架構造、進水台の巾等の決定の参考にしたいと考えている。

(2)は狭隘なドック部を船が進水する場合の水位変化を計測して浮力の変化を知るのを目的としているが、方法的にかなり難しい計測である。

(3)は鞍板に歪計を貼付して計測を行なっている。

以上のほか、なお所内に超大型船研究委員会を設け、超大型船を建造するに当って予想される設計、工作、材料、設備、検査等に関する諸問題について検討を行ない着々とその実を上げつつある。

## 8. むすび

わが社の65,000屯型油槽船の概要およびこれに対する研究等は前記の通りであるが、油槽船用の主機として従来の三菱ウエスチングハウス船用蒸汽タービンの他に、最近三菱神戸スルザー RD90型機関の設計完了により、22,000BIPまでのディーゼル機関を製造できるようになったために、超大型単軸ディーゼル油槽船の建造も可能である。



# 超大型油槽船りやあど丸について

日本鋼管株式会社  
鶴見造船所設計部

本船は自己資金船として日本輸出入石油株式会社より受託した日本船主が所有する最大最高速の油槽船であるその工程もこの種の船としては従来の記録を破る短期間であった。すなわち、昭和33年2月12日起工、5月16日進水、8月9日引渡しを完了し、目下ベルシャ湾、日本間の第一線に就航している。

なお本船は当所建造の標準4万噸級油槽船の第6船目にあたる。

## 1. 船体部

### 1. 主要目

本船の主要目は次の通りである。

全長	216・464m
垂線間長	207・264m
型幅	29・261m
型深	14・783m
満載吃水(キール下面より)	10・982m
載貨重量	41,959kt
総噸数	26,043・19T
純噸数	16,070・87T
船級	NK: NS* (Tanker, Oils-F.P. below 65°C), MNS*

LR: \*100A1 "Carrying Petroleum in Bulk", \*LMC

荷油タンク容積	56,719m <sup>3</sup>
諸タンク容積	
燃料油	5,230m <sup>3</sup>
蒸溜水	75m <sup>3</sup>
消水	644m <sup>3</sup>
主機械	石川島二段減速複筒タービン 1基
連続最大出力	17,500 SHP
毎分回転数	115RPM
公試最大速力(満載)	17・8kn
航海速力( " )	16・8kn
燃料消費量	91・7t/day
航続距離	21,770NM
乗組員	甲板部 25名
	機関部 23名
	事務部 12名

旅客	2名
合計	62名

### 甲板機械類

揚錨機	汽動	38t×9m/min	1台
揚貨機緊船機	汽動	8t×18m/min	2台
		15t×15m/min	2台
操舵機	電動油圧	2ラム4シリンダー式	
		50HP	1基
冷凍機	フロン12式	7.5HP	2台

### ポンプ類

荷油ポンプ	遠心式	550 SHPタービン駆動	
		1,000t/h×90m	4台
残油ポンプ	汽動	250t/h×90m	2台
燃料油移送ポンプ	汽動	80t/h×25m	1台
ビルジ兼バラストポンプ	汽動	80/50t/h×25/75m	1台
非常用消防ポンプ	遠心式ディーゼル駆動	40t/h×70m	1台

### 2. 船体構造

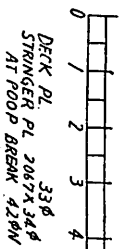
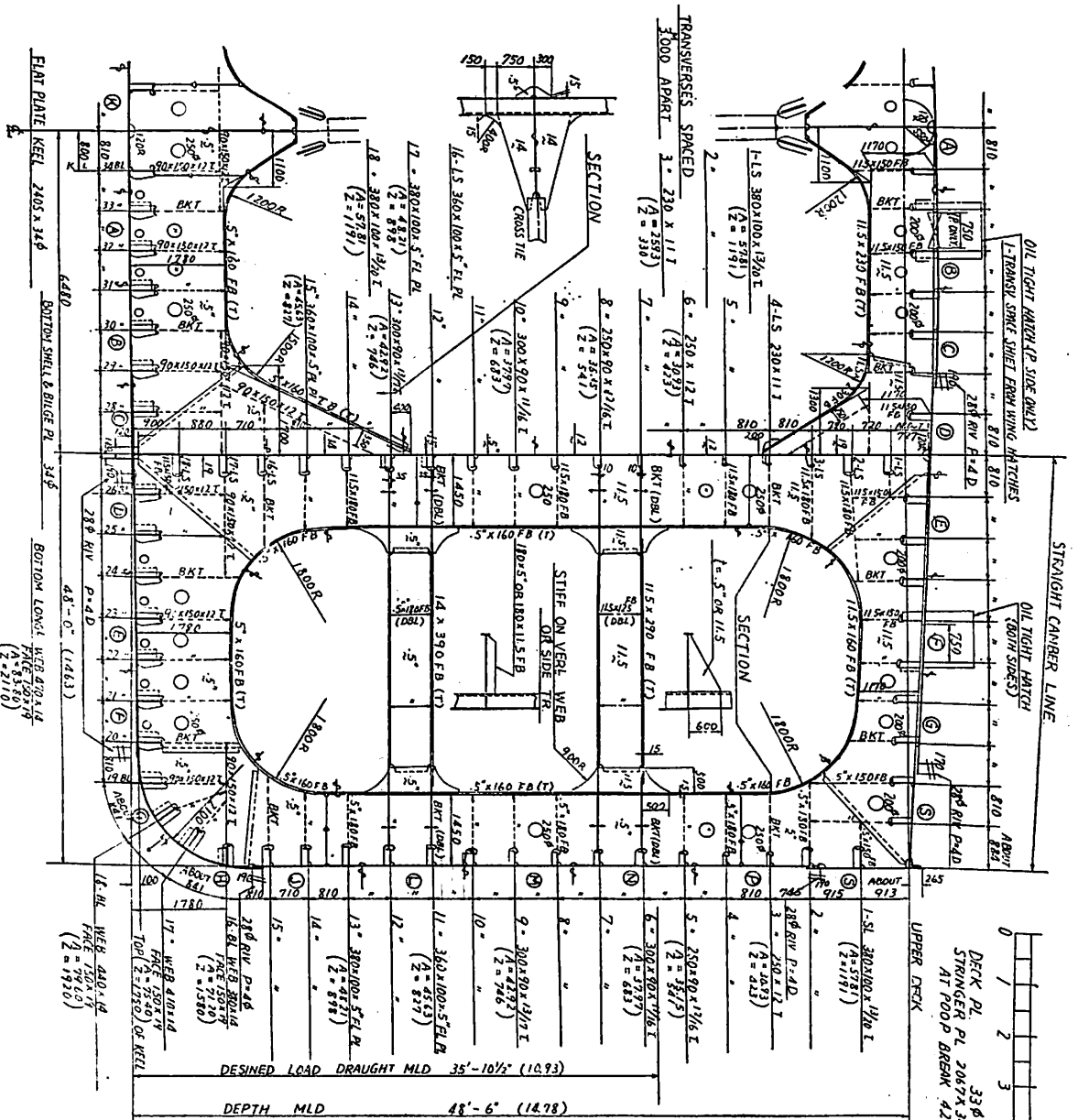
本船の船体構造は、船首隔壁より機関室前部までの外板および同じく機関室後部までの上甲板は縦肋骨式とし、前後部および上部構造は横肋骨式としている。

中央横断面図に示す如く、上甲板2カ所、舷側厚板下縁、彎曲部外板の両縁および船底外板1カ所の計片舷6カ所の縦縁と舷側山形材の接手を鉸接とするほかはすべて溶接構造とした。2条の縦通隔壁は平板、防撓材型とし、横置隔壁は波型を採用して12m間隔に配置した。横隔壁には3ケの大型水平防撓材と中心線に大型堅防撓材を設けているほか、側部タンク内の外板部堅置材と縦通隔壁の堅ウェブとは2本のストラットで連結している。

本船の振動防止については充分に意を用い、特に機関室構造の補強に重点をおいたので、試運転時、後進の際にも殆んど振動が感じられなかったほどである。

### 3. 貨油設備等

荷油ポンプ室には、別項記載の4基の荷油ポンプと2基の残油ポンプを備える。荷油主管は14吋とし、接手はドレッサー式とした。主管は33ケの油槽を4グループに分ち、各々にドロップラインを配するとともに、各グループ間には2重のバルブを設けて遮断し、4種の異なる油



CLASS: LR4100A1  
 "CARRYING PETROLEUM  
 IN BULK"  
 LONG. FRAMING  
 NK NS+  
 \*TANKER OILS - F.P.  
 BELOW 65°C

TYPE: AFT ENGINE  
 WELL DECKER

L BP 680'-0" 207.26m  
 B MID 98'-0" 29.26m  
 D MID 48'-6" 14.78m  
 d DESIGN 35'-0 1/2" 10.93m  
 d FOR SWANTINGS 36'-1" 11.00m

NOTE:  
 \* "A" SECTIONAL AREA OF SECTIONS (CM<sup>2</sup>)  
 \* "Z" SECTION MODULUS OF SECTIONS WITH 610x15 PL (CM<sup>3</sup>)

SHEER STRAKE 208x39m  
 AT POOP BREAK 429m  
 AT END 16

STRAKE BELOW SHEER 2345 x 24  
 AT POOP BREAK 298  
 AT AFT END 16  
 AT FORE END 17

FICLE SIDE PL. 14  
 POOP \* \* 14  
 SIDE SHELL 225  
 AT FORE END 17  
 AT AFT END 16

日本輸出入石油 油槽船 リヤお丸 船体中央断面図

を同時に扱ひ得るごとく配置した。

残油管は各油槽を2グループに分ち、それぞれ残油ポンプに連結して、これを11番のセンタータンクに集められるごとく配管してある。

上甲板上には4本の12吋荷油吐出管を導設したが、残油管は上甲板まで達せしめることなく、ポンプ室内で荷油吐出管に連結せしめている。

各タンクにはそれぞれ1ケずつのブリザーバルブを設け、2グループに分れた10吋の主管にいたり、マストおよびデリックポストの頂部に設けられたフレームアレスターを通じて大気中に解放される。

荷油タンクに加熱管は船主殿のご意向によりすべて廃止し、船価の低減と載貨重量の増大をはかっている。

#### 4. 居住区設備

居住区設備は油槽船の特殊性を考慮し、乗員の保健、衛生、慰安に特別の注意を払って、同型輸出船に比し遜色なき設備とした。一般に士官および上級風員は1人室、普通風員は1~2人室とし、サロン、各食堂、喫煙室、病室等の公室には冷房装置を設け、士官以上の居室および公室にはすべて天井内張りを施した。

居住区の通風は、居室、公室とともに浴室便所等にもサーモタンク式通風を行なっている。

給水設備としては消海水とも圧力給水式とし、ランニングウォーター施工範囲は上級風員以上とした。また熱帯地方の航行を考慮してウォータークーラーおよび冷水飲口を適宜配置した。

居住区直上の暴露甲板にはライトウエイトデッキカバリングその他の甲板被覆材を施して歩行を容易ならしめるとともに、直射日光を遮断して居住区内部の温度上昇を防いでいる。

#### 5. その他の設備

荷油タンクにマグネシウムによる陰極防蝕法を施したほか、フロートゲージを設備し、また気象模写装置を装備する等、あらゆる面で性能の向上をはかっている。

### 2. 機 関 部

#### 1. 概 要

主機械は3段抽気とし、高圧抽気は高圧給水加熱器および低圧蒸気発生器、中圧抽気は主排気管への補給、低圧抽気は復水加熱器および造水装置へ供給する。また高低圧それぞれの単独運転の場合の出力は船速10knを保持できるようにした。

主汽缶は自社製で空予熱器については特に材料を吟味した。自動燃焼装置はG. R. 製の全電動式とした。強圧送風機は2台装備し、1缶1台常用を建前とし低速に

おいて定格出力を確保し、2缶1台の場合高速で定格出力を確保できるよう考慮した。

給水復水系統は、主発電機タービン排気は常時1台装備の補助復水器で処理されるが、主復水器でも処理できるよう配管してある。なお補助復水器は同時に主発電機1台定格、1台1/2定格の場合の排気を処理できる容量のものとし、通常航海中冷却水は補助循環水ポンプで低速にて供給できるようにした。給水は高圧給水加熱器を装備し、定常航行中は160°Cで供給されるが、タンカーサービス時等における過熱器出口温度の上昇の傾向を給水温度を変更させることによって調整できるよう容量および加熱蒸気の配管に考慮を加えた。また低圧蒸気発生器を備え、汚損のおそれある系統を分離してある。

#### 2. 機関部要目表

##### (1) 主 機 械

型式	2段減速装置付複筒タービン	1基
連続最大出力	17,500 S HP × 105 R P M	
定格出力	15,750 S HP × 101.2 R P M	
蒸気圧力	40kg/cm <sup>2</sup> G × 440°C	

##### (2) 主 汽 缶

型式	2胴水管ボイラ	2基
連続最大蒸発量	42,000kg/h (各缶)	
定格蒸発量	27,750kg/h (各缶)	
蒸気条件 (過熱器出口)	42.2kg/cm <sup>2</sup> G × 454.4°C	

##### (3) 主 発 電 機

型式	タービン駆動三相交流	445 V 2基
容量および回転数	600KW, 1,200 R P M	

##### (4) 非常用発電機

型 式	ディーゼル駆動三相交流	445 V 1基
容量および回転数	100KW, 720 R P M	

##### (5) 軸 系

中間軸	540mmφ × 7,125mm × 1
プロペラ軸	620mmφ × 7,400mm × 1

##### (6) プロペラ

型式	4翼1体型マンガブロンズ製	1基
直径およびピッチ	6,800mmφ × 5,320mm	

##### (7) 機関室補機

名 称	型 式	容量 × 圧力 数 (m <sup>3</sup> /h) × (m)
主循環水ポンプ	電動, 縦, 渦巻	4,500 × 7 1
補助循環水ポンプ	同 上	450 × 8 1
主復水ポンプ	同 上	60 × 60 2
補助復水ポンプ	同 上	7 × 60 2
主給水ポンプ	タービン駆動, 横, 渦巻	110 × 56kg/cm <sup>2</sup> 3

ドレン移送ポンプ	電動, 堅, 渦巻	30×42.7	2
造水装置復水ポンプ	電動, 横, 渦巻	2.4×30.5	2
” 駆塩ポンプ	同上	5.5×35	2
ビルジポンプ	電動, 堅, ピストン	30×25	1
海水サービスポンプ	電動, 堅, 渦巻	100×25	1
雑用ポンプ	同上	220/100×30/70	1
パタワースポンプ	電動, 横, 渦巻	150×140	1
直空ポンプ	電動ナッシュ	5 kg/h×380mmHg	2
低圧給水ポンプ	堅, ウエヤー	25×14kg/cm <sup>2</sup>	2
荷油ポンプ復水器用循環ポンプ			
	電動, 堅, 渦巻	1,000×8	1
サニタリーポンプ	電動, 横, 渦巻	10×50	1
消水ポンプ	同上	5×50	2
冷凍機冷却水ポンプ	同上	6×20	2

名称	型式	容量×圧力	数
		(m <sup>3</sup> /min)×(mmAq)	

強圧送風機	電動, 横, 渦巻	850×500	2
グランドファン	同上	450×350	1
通風機	電動, 堅, 軸流	450×30	5
通風機	同上	550×30	1

名称	型式	容量×圧力	数
		(m <sup>3</sup> /h)×(kg/cm <sup>2</sup> )	

噴燃ポンプ	電動, 横, ねじ	7×25	2
点火用噴燃ポンプ	電動, 横, 歯車	0.227×14	1
燃料移送ポンプ	電動, 堅, 歯車	50×3	1
潤滑油ポンプ	同上	150×3	2
潤滑油清浄機	シャープレス	1,000/h	1

名称	型式	容量×圧力	数
		(m <sup>3</sup> /h)×(kg/cm <sup>2</sup> )	

調整用空気圧縮機	電動, 堅, 空冷	55×8.8	1
雑用空気圧縮機	電動, 堅, 空冷	162×8.8	1
起動用空気圧縮機	電動, 堅, 水冷	10.5×30	1

名称	型式	容量	数
		kg/h(乾燥空気+ヴェーパー)	

主抽気器	2段2連	80	2
補助抽気器	同上	30	1

(8) 熱交換器その他

名称	型式	面積 (m <sup>2</sup> )	数
主復水器	横表面	1,750	1
補助復水器	同上	170	1

大気圧式復水器	横表面	60	1
復水加熱器	同上	低圧加熱器 50	各1
		ドレンクーラー 15	
		グランドコンデンサー 10	
荷油ポンプ復水器	同上	200	1
脱気加熱器	ジェット	84,000kg/h	1
高圧給水加熱器	横表面	50	1
高圧ドレンクーラー	同上	15	1
造水装置	低圧式	45.5t/day	1
低圧蒸気発生器	横表面	21,000kg/h	1
パタワース加熱器	横表面	35	1
同上 ドレン冷却器	同上	35	1
燃料加熱器	堅表面	15	2
点火用燃料加熱器	トーチ	100/h	1
潤滑油冷却器	横表面	160	2
同上 加熱器	同上	1	1
独立緩熱器	ジェット	3,000kg/h	1
空気槽(8.8kg/cm <sup>2</sup> )	堅	1,200'	2
起動用空気槽(30kg/cm <sup>2</sup> )	横	150'	1
万能工作機		6 ft	1

3. 電気部

1. 電源装置

主発電機としては、600KW, 750KVA, 1,200RPM, 60~, 445V, 3相の蒸気タービン駆動の交流発電機2台が装備され、1台を常用とし、運転発電機の切替時のみ並列運転を行なうよう計画されている。

補助発電機としては100KW, 125KVA, 720RPM, 60~, 445V, 3相のディーゼル機関駆動の交流発電機1台が主発電機とともに機関室に装備され、汽缶のコールドスタート、主電源異常の際の応急給電用並びに碇泊時の給電用に供せられる。

変電装置としては機械室に15KVA単相変圧器3台、中央部居住区には7.5KVA単相変圧器3台を備え、11V A.C.の電灯、小形電動機類、通信、計器装置の電源として使用される。変圧器はいずれもB種絶縁を施した乾式のものである。

通信兼非常電灯電源としては200AH, 24Vの蓄電池2組が中央部に装備され、1組を常用とし、他の1組を予備として使用する。これら蓄電池にはセレン充電器を有する充放電盤が配備されている。

上記3台の発電機の制御および440Vと110Vの電力の配電用に主配電盤1面が機械室に装備され、また中央部の440Vおよび110V電力の給電用に中央区劃内に副配電盤1面が配設されている。配電盤はいずれもテッドフロ

ント形で各給電回路には自動遮断器が用意されている。

2. 動力電灯装置

電動機は総数63台、総馬力数1,213HPで、190HPの主循環水ポンプ用電動機以下すべて籠形回転子のもので、一般に50HP以下は全電圧起動でその他の大きな容量のものは Closed Transition Auto Transformer Type (コンドルファース) の起動方式を採用している。但し補助発電機により起動を要するものは50HP以下の容量のものといえどもその起動条件を考慮し、適宜コンドルファースの起動器を採用している。

操舵機用電動機の起動器は Under voltage release feature のもので、電圧回復とともに再起動するようになっている。主タービンの潤滑油ポンプ用電動機は、油圧低下とともに予備のポンプが自動的に起動するようになっている。なお、操舵機用電動機および主潤滑油ポンプ用電動機はいずれも補助発電機によっても運転され得るよう計画されている。

主要補機電動機はその運転状態を主機操縦所にて、また缶燃焼関係の補機電動機はポイラー計器盤上にてそれぞれの運転標示盤により監視できるとともに、遠隔起動停止の操作を行ない得るようになっている。

一般電灯系統は 110V, 60 $\phi$ で、配電支回路には電磁作動自動遮断器式スイッチが装備されている。常用電灯の設備灯数は手提灯、信号灯を除き総数 805 灯で、これの外に24V蓄電池による非常灯が電球数にして約60箇が船内要所に配備されている。非常灯は常用電源の消失とともに自動的にリレーにより点灯される。

サロンを含む高級船室の照明、並びに全居室の一般卓上灯、寝台灯には蛍光灯が採用されている。電気信号灯として船灯のほか、スエズ運河信号灯、モールス信号灯、1KW昼間信号灯、タンカーライト等が備えられている。

3. 船内通信装置

主なる船内通信装置は下記の通りである。

共電式電話器, Ships service 用	沖電気製	3系統
自動交換式電話器, 船室間通話用, 10点用自動交換器付,	沖電気製	1系統
信号電鐘		1式
非常警急通報装置		1式
機関員呼集用警報		1式
冷蔵室警報		1式
主要補機監視警報装置, 主機操縦所, ポイラー計器盤上		各1面 1式
エンジンテレグラフ, セルシン式		1式
船内指令兼拡声通話装置 50W	東芝製	1式
スチームホン 425 $\phi$	伊吹製	タイムコント ローラー付 1式
スーパーエアーホン	伊吹製	

4. 計器装置および無線装置

電氣的な一般計器および航海計器としては下記のもの

プロペラ軸回転計			1式
舵角指示器	セルシン式		1式
荷油ポンプ用遠隔電気式回転計			4組
検塩計	6点用	一般用	1式
"		造水装置用	2組
CO <sub>2</sub> メーター			1式
電気温度計			1式
電気式シップログ			1式
転輪羅針儀	MK-14 MODEL-2	東京計器製	1式
コースレコーダー		"	1箇
自動操舵装置	油圧作動レート パイロット式	"	1式
音響測深儀	磁歪式	海上電機製	1式
レーダー		東京計器製	1式
ロラン		"	1式
方位測定機	ブラウン管自動指示式	光電製作所製	1式

無線通信装置はすべて東京芝浦電気製で、1KW短波送信機, 500W 中波送信機, 50W 非常送信機, 長中波受信機, 短波受信機, 全波受信機, 非常受信機, 自動電鍵装置各1台のほか、救命艇用可搬型無線機, 気象模写電送装置(船主支給)を装置している。主装置に属する受信機, 送信機受信機の制御装置, 配電管制装置, 無線室外との所要連絡信号装置, 波形監視装置等を1つのコンソール卓に組み込み、非常装置とは別に取まとめ非常送受信機とその管制装置を1ケのコンソールに組込んである。

4. 海上試運転成績

本船の試運転は昭和33年7月25日および8月2, 3日の3日間にわたり東京湾で実施したが、各部とも好調で下記のごとき好成績を収めた。

施工年月日, 場所	昭和33年8月2日, 箱山沖
天候	快晴
吃水	船首 10.96m 船尾 10.88m 平均 10.92m
排水量	54,052 kt

主機械負荷	速力(kn)	出力(SHP)
¼	12.69	4,795
½	14.87	9,090
Normal service	17.19	15,075
Max. continuous	17.80	17,520



## ＝浪人の寝言＝

## 雑感 これからの船について

つ い む こ じ

6万数千重量噸におよぶ所謂マンモス・タンカーが、第14次計画造船に姿を見せていないのは、前々から話があっただけにいささか淋しい。しかし輸出船になると既に数隻の契約があり、明年になればそろそろ起工される運びになっている。それにまだまだ引合はあるようだし、中には8万重量噸、9万重量噸というものさえあるらしい。受注価格さえよければ誠に結構な話だけれど、こういった超大型船になると、従来の船のエクステンションだけでやれるものではない。設計において、材料において、工作などの点において、いままでのやり方とは違った準備や考慮をはらわなければなるまい。これらを受注している一流の造船所では、それぞれ真剣に案を練っているし、いろいろと実験なり研究を重ねているから、間違いの起こることはないと思うけれど、超大型船建造熱に浮かされてあまり研究もせず、経営者の大胆な腰だめをたよりに無理やりに超大型船を受注しようとしているところでは、その始末が一体どうなるだろうかと一抹の不安を感じる。

数ある造船所のうち、超大型船を建造して採算のとれるところは、浪人の見るところによると、2、3に過ぎないのではないと思われる。始めから大型船を造るよう大規模の施設を計画した造船所は少ないからである。時勢に応じて次第に拡張拡充されて来たところが多いから、高いところから造船所全体の規模施設を眺めて見ると、大型船を造るためには随分無理をしなければならぬ点がよくわかるのである。割合合理的に仕事を続けて来ているある造船所では、消極的だといわれても、大型船の建造をここでやろうとは思わないと浪人に語ったところがあったが、それには浪人も全く同感であった。折角ととのっている規模施設を、超大型船などを造るために崩してしまうのは惜しいと思われたからである。将来超大型船の建造が長く続く見込があって、その建造に取っかかろうとするなら、それこそ新しく地をトシ、超大型船の合理的建造ができる施設を施して始めるのがよいと浪人は思っている。日本の造船所の多くは、後に山を背負った海岸に細長く延びている。こういう場所を拡げて超大型船建造場所にすること自体に無理がある。船

はできるにしても賤くならない。

船が大型化している一般的傾向は否めない。だといって超大型船の引合が出て来ると、どこもかしこもその気になり、そう簡単にはできない規模施設の拡充をはかるのはどうかと思う。なかには問題にならないようなところで、超大型船建造を狙っているものもあるけれど、どこまでその難かしさが分つての上のことかと呆れざるを得ない。浪人はむやみやたらに超大型建造所ができてしまうがあるまいと思う。むしろ適当な数に規制さるべきではないかと思っている。欧州の造船所の様子を視察者から聞くと、超大型船の建造所は各国でそれぞれ企図されてはいるものの、おのずから国としての規制が自主的に行なわれていて、乱立のようなことはないということだ。そうして古い造船所は古いままに、その特徴とする船をあせらず造っているということだ。結局超大型船の需要に対する見通しと、そしてお互に過度の競争を避けようとする意志がそこに表われているからに違いない。そもそも日本とは市場関係も違うのであるから、日本でその真似はできないかも知れないが、施設には多額の資金が要ることであり、起こり得べき将来の内輪どおしの競争を緩和するためにも、ある点まではその置同性を矯めてもらいたいものだと思う。それにしても蟹は甲羅に似せて穴を掘るといふ諺がある。大きな穴を掘ろうとするならまず甲羅を大きくすべきだと思う。甲羅の大きくない造船所がいきなり大望をいだいたとしたら、それは造船界のために決してよい結果をもたらさないだろう。分を守る事が大切だと思うし、またそれがすべての造船所の生きて行く途だとも思う。

× × ×

超大型船にはいままで使ったことのないような厚板のいることに不思議はない。単なる強度の勘定からは厚さ60ミリとか70ミリ、あるいはそれ以上の厚鋼板を必要とするだろう。しかし実際問題としては、鋭鋸の問題もあり、また鋼板は厚くなるほど質がおちると考えるのが常識であるから、現状ではむやみに厚いものの使用はできない。浪人は大体40ミリ位が限度ではないかと思っている。N. B. C. 呉造船部で造っている超大型船では、

10万重量噸のものでも、鋼板の厚さを38ミリに押えている。

鋼材の切欠脆性の問題は引続いてその研究がなされている。特に超大型船建造の機運が深まって来たため、造船研究協会の第37部会では二重引張試験を行なって、厚板に対する亀裂のプロパゲート状況を調べている。船体の溶接に切欠が生じていないとはいえない。かりに鋭い切欠があり、それが応力を受けて亀裂の因となっても、その亀裂がプロパゲートしさえしなければ、破壊のような大事を引き起こさないですむだろうことは想像されるどころである。相当な低温においても亀裂がプロパゲートしないような鋼板でありさえすれば、船の建造はよほど楽にもなるし、でき上がった船の安全性も大いに増すことになるだろう。この研究部会では各種鋼板に対していろいろの厚さのものの試験を続行しているが、その中には厚さ40ミリ、50ミリというものも含まれている。大体鋼板は厚いほど切欠感度が高くなると思うけれど、50ミリの試験鋼板は案外切欠感度が低かったと聞いている。しかしこの鋼材の圧延は相当低い温度でなされたとも聞いているから、この成績をもって直ちにこの種鋼板の性能がよいとは簡単に認め得られないだろう。いままでの鋼材試験においても、研究用に作ってもらったものは大概成績がよかったのに、同種のを造船所から任意に提供してもらって試験を行なうと、その成績がかなり落ちてしまった実例がしばしばあったのである。従って1、2よい成績が出たとて、直ちにそれを鵜のみにすることはできない。ある点まで割引きして見る必要がある。実力を上回る試験勉強の成績というものはどこにでもあると見るのがよいだろう。この試験はまだ済んだわけではないから、結果に対し想像をたくましくするのは避けなければならないが、厚さ50ミリがよい成績であったにしても、浪人はやはり40ミリ位のところまでを安全圏とするのが良いのではないかと思っている。

次に鋼板の厚さと鉄径との関係について寝言を並べよう。浪人は古くから随分鉄釘の実験をして見たし、また2人持ちの特別ハンマーを作って75ミリまでの鉄を絞めた経験もあるけれど、本当に鉄孔に鉄がつまり、カウンター・サンク角で水密を確保し得るように絞めるには、鉄径や鉄長におのずから限度がある。その限度は圧搾空気の圧力を7キロとして、径で32ミリ、長さで大凡40ミリ鋼板2枚合せ位だと思っている。鉄の効率からいえば、大体鋼板の厚さに等しいものが理想的だろうが、実際にはそうは行かない。薄い板には太過ぎる鉄を絞めることになるし、厚い板には細過ぎる鉄を絞める

ことになる。日本海事協会では厚さ35ミリ以上の厚鋼板には、鉄径36ミリの鉄を絞めるのを立前とし、そういう鉄を絞め得ないところでは、ピッチをちぢめることによって32ミリ鉄を用いても差支えないとする案があるそうだし、絞鉄実験をも改めて行うことになっていると聞いている。結構な案だと思っているが、36ミリ鉄を絞めるにはかなりの無理がいくだろうと思う。32ミリの鉄でも、よほど鉄焼温度や圧縮空気の圧力、それに絞め方に注意を払わないと、良い鉄にはなり難いのである。それに現在では32ミリ鉄を絞めるような鉄打工は、どこの造船所でも減っているし、ところによっては皆無の状態である。しかも太径の鉄を絞め得る鉄打工の養成は、今後殆んど不可能に近いといってもよいと思う。小さな船なら全溶接でもよいが、大きな船になるとそうは行かない。クラック・アレスターの意味でなくとも、無理な溶接を避けるためと、ブロック式建造を容易ならしめるためには、どうしてもリベット・ゾーンが要ると思う。しかして絞め得る鉄径に限度があるという点から考えて見ても、超大型船に用い得る鋼板の厚さは40ミリ位までに止めるべきだと思う。

切欠脆性の問題は世界的にやかましくなっている。従って造船用鋼材に対する各国船級協会の規格は次第に難かしくなっている。極く厚板になると摂氏0度における衝撃値に6キロを要求したり、ノルマライズを要求したり、また細粒の程度にも制限をつけたりなどしている。ノッチによる亀裂がプロパゲートしないだろうことからいっても良いことに違いない。それだけに超大型船用鋼材の価格は一層高くなることは、始めから覚悟しなければなるまい。

× × ×

厚板の突合溶接にはユニオンメルトが主用されているが、普通表裏1層ずつ計2層で仕上げられている。ところで問題はこの2層によるユニオンメルト熔着金属の衝撃値が低いところにある。数多い試験結果を通覧するのに、多くの成績は4キロ位であり、低いのに3キロとか2.5キロというような数字も出ている。超大型船用の厚鋼板の衝撃値には6キロ以上が要求されているのに、ユニオンメルトの熔着金属のそれが、4キロとか4キロ未満でよいのだろうか。溶接部の硬度なり組成は複雑なのであるから熔着金属はそのままでもよいというならば、その裏付けとなるような実験なり証明が欲しいものだ。そういった証明のない限り、このままで打ち棄てて置くべきでないと思う。この熔着金属の衝撃値を高めようとして多電極のユニオンメルト溶接機が用いられ、開先の研究がなされたり、溶接速度や溶接電流の

加減がなされているけれど、はかばかしい結果は得られていない。熔接機2台を使って、先行のもののフラックスが固まらないうちに、後のものが追いかける方法も研究されているが、それにも大きな期待はかけられないらしい。片側に2層なり3層の熔接を行なうと、衝撃値は急激に上昇する。しかし下層のスラッグ落としに甚だしく手を焼くので、実際には行ない難いということだ。そんなことで多層熔接法を採用しようとするような声は少しも聞かれない。工数が余計にかかるということに、おそれを抱えているからだろう。超大型船の建造開始も近よっているのに、案外どこもこの問題に対し、のんびり落ちついているようなのは気に入らない。

ユニオンメルト熔接法の心線に、在来からあるものとは違う何か特種金属を含むようなものを用い、それにフラックスを加減すれば、熔着金属の衝撃値を上げられるかも知れない。これは特許の関係上、リンデ社の研究に任かすべきだと思う。浪人は個人的にそういった申し入れを行なっているが、一向に埒があかない。あるいはそう簡単にいかないのかも知れない。もしこの問題が解決しないなら、そうして熔着金属にも6キロ以上の衝撃値を要求すべきだとするなら、厄介でも超大型船の厚板には多層熔接を行なうより外に手はあるまい。そうやって来ると、所要工数に違算が生じるだろう。同じように船を建造するなら、噸当りの所要工数は船が大きくなるほど低下する傾向にあるけれど、超大型船ともなれば、いろいろの点でそのエクステンションは利かなくなると浪人は思っているが、このユニオンメルトの問題なども、利かなくなる原因の一つに数えられるかも知れない。

× × ×

熔接船構造のうち、気に入らないものの随一はガネル構造である。むずかしいところだけにいろいろと工夫がなされているし、船級協会のレコメンドする形もあるようだけれど、いまのままの考え方で隅肉をなくすわけにはゆかない。この隅肉が曲者なのである。この隅肉に対する開先の形状、あるいはその熔接法に工夫が加えられてはいるけれど、どうも完全な熔接とはならないようだし、顕微鏡的な亀裂までを問題にすると、これを皆無にすることはできないらしい。こういった問題は、いままで造った船にガネル構造で問題を起こした例がないからといって、安心してはべきではないだろう。特に超大型船になると、その感を深くする。

大型タンカーとか超大型タンカーの如きには、シーアストレーキとストリンガー・プレートとを1枚つづきとし、角をラウンド・アップして船型を整えるのが一番よ

いと浪人は思っている。その1枚板を甲板なり船側外板に繋げるのには、鉸構造を用いても、突合せ熔接を用いても、これを完全な接手となし得るだろう。現在銅板は5メートル幅までのものを作り得る製鋼所があり、しかもそこは1万噸プレスなり8千噸プレスなりを持っているから、こういった広幅板を適当な半径でラウンド・アップすることは容易であるに違いない。これらのラウンド・アップした板の前後の繋ぎに対しては、一応その製鋼所で全部の仮組立を行ない、熔接による縮み代を考えに入れて正しい形としてから造船所に送れば、造船所でも因ることはないだろう。甲板防禦のまがりのある甲鉸構造を作ったことを考えれば、銅板が少し位厚くなっても、この位の加工がむずかしいとは思われない。このラウンド・アップ銅板を用いた船でも、船首尾構造は普通の船と同じような構造にしなくてはなるまい。従って中央部から船首尾へ移行する構造は厄介になるように考えられるけれど、欧州には既にあることだし、そうむずかしいとは思えない。浪人は一度そういう船を見たことがあるが、少しもおかしな感じを外見上受けなかった。こういった構造にするかしないかは、ほんとうに安心できる船を造るか造らないかの決断一つにかかっていることと思う。

超大型船に使う船体用銅板の厚さを40ミリ以下に押えておいて、所要強度を得ようとすれば、ダブル・ハル構造にするなり、甲板や底板にダブルを張るなりをしなくてはなるまい。ところでダブルを張る方が、構造からいうと簡単であるから、一般はどうもダブルを用う方に傾いている。しかし浪人はこのダブルを好まない。鉸構造でもダブルの効果というものには疑問がある。況んや歪が起き易い熔接構造ではダブルを施したものが、1枚の板としての作用をするかどうかに対しては大きな疑問がある。頭の中で考えることと実際の工作とはかなりのへだたりがあるのが普通だと浪人は思っている。ダブルの如きものに対しては、1列のものならまだしも、数列繋がったようなものには全く信頼感が持てないからである。それだけでなく、ダブルを用いるとなると、どうしてもわかし付けをしなくてはならない場所ができるだろうが、このわかし付けに問題があるからである。わかし付けに対しては開先も問題になるだろうし、使用熔接棒の種類や熔接法にも問題があるだろうが、いずれの方法を採用にしても、X線検査では発見できないような顕微鏡的な亀裂が、熔接部に発生するおそれを多分にもっているようだ。鋼材が良質ならば、こんな亀裂はよしあったとて差支えないかも知れないが、大事を踏むなら、わかし付けなどという方法、従って

ダブルを施すような方法は避けた方が良いに違いない。いままでにダブル構造の超大型船ができてはいるけれど、これは速力がおそいものであり、しかも暖かい地方ばかりを航海しているものであるから、それになんら故障が起きていないからとて、これをもって少しも心配はないと直ちにするのはいささか早計だと思う。そんなこんなで浪人は面倒でも、ダブル・ハル・システムを採るべきだと思っている。ダブル・ハルにすると、構造が複雑になるからその工作には、ダブル式に比べて工数が余計にかかるかも知れない。こういうことも超大型船の噸当り工数がいままでのものより大きくなる因となるだろう。

シングル・パスで所要の脚長を得られるような溶接棒が歓迎されていて、どこでも盛んに用いられている。船には隅肉溶接の方が突合せ溶接よりも多量に用いられる。従ってこの隅肉溶接施工の能率をよくすることは、溶接工数を減らすもとなことは確かだ。シングル・パス・ウェルド棒のはやるのは無理もない。しかしシングル・パスの溶着鋼の切欠脆性は著しくわるいという事実を見逃してはならない。超大型船の縦隔壁とか、その他ロンジチューディナルの隅肉溶接に、シングル・パス溶接を用いるのは考えものである。こういったものの隅肉には工数が余計にかかっても、3層以上のビードを置いて、脚長を所要の大きさにすべきだと思う。能率能率といって能率一方にとられることは、超大型船にとって禁物である。

× × ×

アメリカの原子力潜水艦ノーチラスとかシー・ウルフとかいうのが盛んに活躍している。そうしてこういった船は続々造られているようだ。ソ連からは原子力砕氷船ができたということが報道されているけれど、原子力潜水艦については何も知らされていない。しかし保有潜水艦の数では一頭地を抜いているソ連のことだから、おそらく原子力潜水艦だと計画されているに違いない。あるいは既に何隻かできたものがあるかも知れない。

原子力潜水艦のよいところは、水中速力を大きくすることができるのと同時に、水中水上ともその航続力が原子力機関の特質としてすばらしく大きくなるから、その総合戦力が著しく高くなる点にあるだろう。従来の普通潜水艦は電池を水中動力としている関係上、水中の航続力に大きな制限があるし、水中速力は8ノット内外、しかも最大速力を出し得る時間は大体1時間位であった。わが国では大戦末期、電池の改善により水中速力20ノット程度を出す潜水艦を造り出したが、実績を上げる暇は

なかったようだ。この潜水艦にしても最高速力の持続時間はやはり1時間以内であったから、課電なしにはそうむやみに長時間大速力で突っ走るわけには行かなかったのである。ところで高速潜水艦は別として、上記のような低速力の潜水艦であっても、通商破壊には大いに役立つ、わが商船隊が大きな被害を蒙ったことは、まだ記憶に新たなところである。当時浪人は海上速力18ノット以上の高速貨物船を建造し、その単独航行によって被害を少なくすべきだと強調したけれど、高馬力機関製造箇所が少なかったためそこまでは手が廻らず、実現の運びに至らなかったことはいまでも遺憾に思っている。

現在できている原子力潜水艦の水中速力はいくらになっているか浪人は知らない。水中計器類は相当発達して来ているとは思うけれど、水中運用のむずかしさからいって、やはり水中速力は20ノットどまり位ではないかと想像しているし、またこの限界を突破することもそう簡単にはできまいと思っている。しかし水中の全力航続力の大きい原子力潜水艦が通商破壊に乗り出して来たら、商船にとっては実におそろしいことである。日本としては戦争放棄を立前としていても、東西両陣営の間にはさまって、いつ飛ばっちりを受けないとも限らない。そういった場合、こちらに備えがなければ、うっかりすると物資輸入の途を鎖されてしまうかも知れない。そうなるから周章狼狽しても間に合わない。備えとしては、優秀な護衛艦、駆潜艇、対潜航空機を充実して置くとともに、貨物船それ自身をさらに高速にして置くより外に策はあるまい。世界的傾向を見るのに、貨物船は次第に大型になり高速化されつつあるようだ。わが国でも海上速力18ノット以上のものが次第に現われて来ているけれど、原子力潜水艦の出現に対抗するためには、こんな速力ではいけない。少なくともアメリカのマリーナー型以上のものでなくてはなるまい。だがこういった高速貨物船の建造を奨励したところで、高速だけに建造費は高くなり、運航費も高くなってしまふので、運航業者としても容易には手が出せまい。しかしわが国防衛のためには、こういった高速貨物船を多量に建造して置くことは国として極めて必要だと思う。そうならば国としては、これら高速貨物船建造に補助を与え、その建造をとくと奨励すべきではないかと思う。それにまたわが国では原子力船用機関の研究がおくれている。この研究に対してはいろいろの動きがあるようだけれど、遅々としている。さらにさらに高速を出す貨物船を建造する上からいっても、それらの研究に国が大いに援助を与えることの必要性を痛感する。

(33—10—26)

# わが社の高速貨物船建造の現状と将来の発展について

川崎重工業株式会社 造船設計部長  
高橋 菊夫

## 1. わが社の高速貨物船建造状況

わが社の高速貨物船建造は、1931年国際汽船霧島丸に始まり、以後1938年までの間に清澄丸、衣笠丸、金華丸、金竜丸と計5隻を New York 航路用に建造した。霧島丸はわが国最初の single screw high speed cargo liner で、本船の好成績により以後の各船はいずれも大馬力の engine を single screw に直結するようになった。衣笠丸までは船型は open shelter decker であったが、Panama Canal の測度規則改正により tonnage opening を設ける利得が少なくなったので、金華丸、金竜丸では with freeboard の flush decker となり、draught と deadweight を増加した。また Table 1 に見る如く次第に主要寸法および speed が増大し、段々と大型高速化されたことを物語っている。

一方、川崎汽船も1937年 New York 航路を開始し、このために神川丸(1世)、聖川丸、君川丸(1世)、国川丸(1世)の4隻を建造し、さらに1940年宏川丸を追加した。L, B, Dは金華丸と同じであるが、open shelter decker である点が異っている。

これらの高速貨物船は戦時中輸送船として、あるいは補助艦として活躍したが、殆んど失われ、残ったのは瀬戸内海に沈没していたのを引上げ修理した聖川丸1隻であった。

戦争終了後、国際汽船はすでになく、川崎汽船は New York 航路の再開を企図し、聖川丸と fleet を組む必要上、1951-2年神川丸(2世)、君川丸(2世)、国川丸(2世)の3隻を建造した。これら2世は戦前の1世よりBが少し大きいほかは殆んど同大の open shelter decker であるが、技術の進歩を反映して deadweight が著しく増している。

昨年来川崎汽船ではさらに New York 航路の高速化をはかり、一方当社でも在来の 145m 型でよいか否かを再検討し、ここに 150m 型ねばだ丸の誕生となったが、これについては次に述べることとする。

Table 1 は以上の状況を取りまとめたものである。

## 2. 150m 型高速貨物船の計画について

### 1. 計画条件

戦前の New York liner は silk, 茶, 陶器, 雑貨等運賃の高い軽量 cargo が多かったので、cargo volume / deadweight の大きい high speed の open shelter decker が適していた。

ところが運航実績の調査によると、戦後の New York 航路の特色は、上記の軽量 cargo の外に base cargo として砂糖、石炭、鉱石等の重量 cargo を多量にとる必要があることがわかった。これらの状況を念頭において船主と協議の結果、deadweight 11,000Lt で本航路に対して平均航海速度18kn を基準とし、重量 cargo 搭載の場合は draught をさらに深くして deadweight をとることを計画の条件とした。

### 2. L の選定

運航実績をいろいろ調べてみると、大洋波に対してはむやみに power ばかり増しても average speed を増すことにはならないようである。これが何に起因するかはむずかしい問題であるが、船の長さもこれにかなり影響するのではないかと思われる。また最近の E. W. Lewis の論文 (SNAME 1955) によると、波浪中の ship speed は pitching に支配され、従ってこれをさ

げるためには  $\Delta / \left( \frac{L}{100} \right)^3$  を小にすることが望ましい。これらの点からも 10,000BHP 以上の cargo liner に対しては在来の L=145m では不十分と考えられたので、計画条件を満足する如く L=148m, 150m, 152m の3種類について B, D, d, C<sub>g</sub> を系統的に変化し、比較検討の結果 L=150m 型を採用することとなったのである。

### 3. 主要寸法等

上述の計画条件に対し、L=150m として諸性能確保の基準を次に示す Table 2 の condition A におき、重量 cargo 搭載時には draught を深くして deadweight をとり、condition B となる如くした。

Table 2 の主要項目に基づき、運輸技術研究所、東京大学および大阪大学で諸種の比較試験を行ない、実船の船型が定められた。

第1船ねばだ丸は maiden voyage の往航北太平洋の横断において、横浜-San Francisco 間を9日15時間10分の新記録をもって本邦貨物船としての Blue Ribbon



Table 1 川崎重工業にて建造された高速定期貨物船

船名	主型	(T)	(kt)	(m)	(m)	(m)	(m)	Main Engine	Output (BHP)	RPM	Speed* (kn)	Date
蜀島丸	国際汽船 Shelter decker	5,959	8,869	134.112	18.288	12.192	7.955	MAN 複動2サイクルディーゼル×1	6,000	95	15½	1931
消澄丸	同左	6,992	9,646	137.160	18.593	12.192	8.553	三菱スルツァー 複動2サイクルディーゼル×1	7,600	113	16¾	1934
衣笠丸	同左	6,808	9,346	137.160	18.593	12.192	8.384	川崎 MAN 複動2サイクルディーゼル×1	7,000	120	16¾	1936
金華丸	同左	9,302	10,258	145.000	19.000	12.200	8.596	同左	9,200	126	17½	1938
金龍丸	同左	9,310	10,305	145.000	19.000	12.200	8.596	同左	9,200	126	17½	1938
神川丸 (1世)	川崎汽船 Shelter decker	6,853	9,845	145.000	19.000	12.200	8.231	同左	7,500	118	16¾	1937
聖川丸	同左	6,863	9,843	145.000	19.000	12.200	8.231	同左	7,500	118	16¾	1937
君川丸 (1世)	同左	6,863	9,836	145.000	19.000	12.200	8.231	同左	7,500	118	16¾	1937
国川丸 (1世)	同左	6,863	9,895	145.000	19.000	12.200	8.231	同左	7,500	118	16¾	1937
宏川丸	同左	6,872	9,801	145.000	19.000	12.200	8.231	同左	8,300	119	17¼	1940
神川丸 (2世)	同左	6,966	10,853	145.000	19.500	12.200	8.090	同左	7,500	123	17	1951
海川丸 (2世)	同左	6,938	10,828	145.000	19.500	12.200	8.090	同左	7,800	127	17¼	1952
国川丸 (2世)	同左	6,970	10,843	145.000	19.500	12.200	8.090	同左	7,800	127	17¼	1952
ねばだ丸	同左	10,193	13,326	150.300	20.500	12.900	9.374	川崎 MAN 複動2サイクルディーゼル×1	11,500	118	18¾	1958
もんだ丸	同左	10,104	13,361	150.300	20.500	12.900	9.040	同左	11,500	118	18¾	1958

\* 尚航状態における連続最大出力時の速度

Table 2

Condition	A	B
Lpp (m)	150.00	
Bmld (m)	20.50	
Dmld (m)	12.90	
dmld (m)	8.51	9.35
D.W. (kt)	About 11,250	About 13,300
Bale (m³)	18,340	
Bale/D.W. (m³/kt)	1.63	1.38
Main engine	川崎 MAN 複動2サイクル 過給ディーゼル×1	
Max. cont. output	11,500 <sup>BHP</sup> at 118 <sup>RPM</sup>	
Normal output	9,775 <sup>BHP</sup> at 112 <sup>RPM</sup>	
Service speed (kn)	About 18	About 17.6

をとり、目下その復航途上にあるが、往航は天候もよく、機関部において自由に出力を adjust でき、むりのない航海であったようである。これから冬期にはいつからの実績は今後の調査にまたねばならないが、これは次の機会にご批判願うこととする。

4. 諸設備

10 gangs の cargo gears, exposed deck の Macgregor type steel hatch cover, cargo dehumidifier system, 約 400m³ の refrigerated cargo space, 12名の旅客設備, 最新の航海機器等, high speed cargo liner として一通りの設備を備え, sea speed のみならず, 港における rapid cargo handling, 航海中の cargo の maintainance に遺憾なきを期している。

3. 将来の高速貨物船について

150m 型船がまだできたばかりであるから、われわれは実船の運航状態について今後いろいろ調査した上でないと未来のことを軽々しく論ずることはできない。将来においても、船型を constant にして power のみを増すようなことはきけ、目的に応じて船の大きさというものをよく検討して定めることが必要であると思われる。また将来の高速貨物船においては、次のような問題についてよく考えておく必要がある。

- (1) 大洋航海中の speed 維持に関して、波浪中の course stability をよくすること。
- (2) 高速大馬力になるほど、低速を keep することがむずかしくなるが、運河通行時、出入港時には低速保持が是非必要であり、さらにこのときの操舵性も良好であることを要する。
  - (1), (2)については今後の研究にまたねばならない。
  - (3) 将来もっと speed up を要求されることがあれば, twin screw についても一考の要を生ずるであろう。

# わが社の高速貨物船建造の現状と将来の発展

三井造船株式会社玉野造船所所長代理  
水 野 時 雄

わが社の本格的な高速貨物船の建造は、昭和7年船舶改善助成法が実施されて以来、戦前において十数隻を数えたのであるが、戦後においては昭和26年第6次計画造船において初めて高速ライナーの建造が実現し、その第一船が三井船舶ニューヨーク定航船赤城山丸であった。

その後は第13次船に至るまで殆んど毎次2~3隻の同社ライナーを建造し、第1表の通り現在までに合計16隻を建造したのであるが、これらはいずれも三井船舶の定航船として世界の主要航路で目覚ましい活躍を続けている。

第1表 戦後の高速貨物船

計画造船	船名	グループ別
第6次船	赤城山丸	A
	明石山丸	
第7次船	淡路山丸	
	青葉山丸	
	秋葉山丸	
第9次船	榛名山丸	B
	箱根山丸	
第10次船	羽黒山丸	C
	穂高山丸	
第11次船	最上山丸	
	御影山丸	
第12次船	万山寿丸	
第13次船	武蔵山丸	D
	摩耶山丸	
	目黒山丸	

中でも、榛名山丸は昭和29年6月、所要時間9日17間時30分、平均速力19.336節をもって太平洋を横断し、ブルーリボンを獲得して、以来本年6月まで4年間にわたり優秀ディーゼル・ライナーとしてその王座を保っていたのである。

前記16隻のライナー群は、建造費低減の見地からできるだけ同型の建造に努めたため、殆んど同型船であるが、これを大別すれば第1表および第2表の通りA、B、

C、Dの4群に分けることができる。

これらの一連の船はその運航実績により順次改善を加えており、特に主機関においては、戦後非常な発達をとげたB&Wディーゼル機関を当初より採用して運航能率を高めているが、最近ではターボチャージド機関の出現により、燃料消費はタービン船の約60%となり、しかも低質燃料を使ってなんらの支障もなく、一層その経済性を高めている。

以下各部の概要を述べることにする。

## 1. 一般計画について

第13次船武蔵山丸と第6次船赤城山丸とを比較すればあらゆる点で面目を一一新している感があるが、その基本計画についてはほぼ一貫したものがあり、現状にいたる経緯を述べる意味でまず第1船赤城山丸の計画概要について述べることにする。

赤城山丸はニューヨーク定期航路船として計画されたのであり、従って諸性能中、速力と凌波性に重点をおき肥瘠係数も従来の標準値より小さく0.67としている。

船型は、定航船として必然的に寄港地が多く、貨物の種類も多くなるとともに載貨重量に対比較的大きな貨物容積を要求されるために、2層の中甲板を有する遮浪甲板型とし、荷役に対しても充分の考慮を払い、6艙口としてその能率化を図っている。その他、特殊貨物艙として貨物油艙、冷蔵艙、シルクルーム、メイルルーム等の定航船として要求されるすべての荷物を考慮している。

また定航船としての性質上、中甲板のみに貨物を搭載することを予想し、このような場合においても復原性能に心配なきよう主要寸法を検討した。

各グループに対する主要々目は第2表の通りであるが、赤城山丸以降の主な計画変更を挙げてみると、前述したように榛名山丸級ではターボチャージド機関の採用により増速されたので、凌波性能をさらに向上させるために、船首形状に改善を加えて傾斜およびフレアーをさらに大きくし、また船尾形状は水線長さをより長くするためスローピングスターンとした。この船型は荒天中における速力維持、凌波性等に良好な成績を収めた結果、第10次船羽黒山丸以降の船型の大型化に当たっても、ほとんど同傾向の船体線図を採用している。

第2表 各グループの主要要目

グループ別	A	B	C	D
船名	赤城山丸	榛名山丸	羽黒山丸	武蔵山丸
竣工年度	昭 26	昭 29	昭 30	昭 33
船型	遮浪	遮浪	遮浪	平甲板
垂線間長 (m)	142.25	142.25	145.00	145.20
型幅 (m)	19.30	19.30	19.60	19.60
型深 (m)	12.40	12.40	12.50	12.50
満載吃水 (m)	8.30	8.30	8.33	8.82
満載排水量 (kt)	15,590	15,677	16,291	17,438
同上 Cb	0.668	0.669	0.669	0.676
総噸数 (T)	6,637	6,890	7,249	9,549
載貨重量 (kt)	10,239	10,251	10,750	11,669
載貨容積 ベール (m <sup>3</sup> )	16,942	16,869	17,913	17,753
主機	三井B&W ディーゼル	三井B&W ディーゼル	三井B&W ディーゼル	三井B&W ディーゼル
シリンダ数	9	9	9	9
ピストン径×行程 (cm)	74×160	74×160	74×160	74×160
過給機	なし	ターボ式	ターボ式	ターボ式
連続最大馬力 (BHP)	8,000	11,250	11,250	11,250
試運転速度 (kn)	19.1	21.1	20.4	20.4
満載連続最大速度 (kn)	17.1	18.7	18.6	18.4
燃料消費 (kt/day)	31.1	39.5	37.5	37.5

なお、第12次船万寿山丸までは遮浪甲板船として完成されたが、第13次船においては載貨重量に対する要求の増大によって、計画満載吃水を8.82mとし載貨重量を約900kt増加している。

### 2. 船殻構造について

高速ライナーとしての任務上、相当の荒天でも高速度で運航日程を維持する必要があり、このため第8次船榛名山丸以降の馬力増加に当り船体諸強度を増加するため、約130噸の鋼材を外板、上甲板、機械室二重底、船首尾構造および舵構造に有効に配置した。この結果、海事協会規程による縦強度の約115%程度を保持している。

構造方式としては、赤城山丸以降宝永山丸までの8隻はすべてトランスバース方式であったが、当時全国的に中央部船底外板の凹損問題が発生したので、第10次船羽黒山丸以降は二重底構造のみをロンジチューディナル方式にあらため、さらに第13次船武蔵山丸以降は上甲板構造もすべてロンジチューディナル方式にあらためた。

また充分な横強度および捩れ強度を持たすため、船内ビラーは2列とし強度は特設肋骨を設けるとともに、実体肋板の間隔は2.400mに小さくしている。

さらに満載荒天時の波浪打込みによる損傷発生を考慮

して上甲板のマックグレゴリー鋼製艙口蓋の板厚を規程より2mm、強度を15%増加し、特に第1艙口では約50%強度を増加するとともに、ブリッジ前面および各ウインチハウス前面は板厚を11mmとし防撓材は規程より50%増加した。これらの結果、波浪打込みによる該部の損傷発生数は皆無という好成績を挙げている。

なお空船荒天時のスラミングによる船首船底外板の凹損を考慮して船首船底外板の板厚を増加するとともに、防撓材も増設して北太平洋空船航海に万全を期している。

次に、高出力機関に対する船体振動を極力小さくするため、特に機関室に対しては特設肋骨を増設するとともに二重底高さをホールド内より相当高くし、かつロンジチューディナル方式にも拘らず強力な実体肋板を各肋骨毎に配置し、さらに居住区においてもガーダー、ビラーを適当に配置して振動による不快感を極力小ならしめ好成績を収めることができた。

一方、船殻構造方式についても電気溶接採用率の拡大とブロック大型化により長足の進歩をとげていることは各社とも同様であるが、船殻工数も逐年減少して、第3表の通り第13次船武蔵山丸では第5次船吾妻山丸に比べ70%にまで低下して来ている。

第3表 溶接採用率と船殻工数の推移

	溶接採用率	自動溶接採用率	船殻工数
5次 吾妻山丸級	65%		100%
6,7次 赤城山丸級	83%		88%
9次 榛名山丸級	90%	2%	80%
10次 羽黒山丸級	92%		74%
11次 最上山丸級	93%		72%
12次 万寿山丸級	94%	11.5%	71%
13次 武蔵山丸級	96%	12%	70%

### 3. 艦装関係について

艦装についても、各船ごとにその実績を検討し贅沢と思われるものは一切取止め、実質的性能の向上を計って来た。

荷役設備に関しては特に重点を置いて検討し、艙口数6に対し、デリックは5噸14基、20噸2基、15噸4基

を備え、また35屯ヘビデリックは比較的使用頻度が少ないため、第13次船より廃止された。なおデリックブームにはトッピング設備としてハンガーウインチを備え、好評を博している。また第11次船最上山丸よりは荷役能率の向上を計り、上甲板全艙口にマックグレゴリー鋼製艙口蓋を装備している。

通風装置については、第12次船までは2,3番船艙に対し給排気とも機動通風を採用し、同時に温度調節も行えるようなカーゴデシケーター装置を備えていたが、武蔵山丸より、これをさらに進めて、全船艙に利用できるように必要な配管を施した。従って他の船艙は、それまで排気のみは機動通風で給気は自然通風となっていたのを、全給排気とも機動通風とし、これらの管制を操舵室より行なえるよう考慮している。

居住区の通風装置はサーモタンク方式を採用しているが、通風量は私室にて12回毎時、公室にて15回毎時とし、室内温度は外気-15°Cの時、20°Cを保持できる能力を持っている。

冷蔵貨物艙は3番第二甲板両舷に約400m<sup>3</sup>のものを持っていたが、航路の関係上、万寿山丸以降は3番と4番の第二甲板両舷に6区画で合計約600m<sup>3</sup>のものを備えることとなった。この冷却方式は榛名山丸以降空気循環方式を採用しており、デフロストの困難等の問題も起り変遷はあったが、結局空気循環方式が最良の方法として現在に至っている。冷凍機は、わが社がスイス国エッシャー・ウイス社より製造販売権を購入した、高速回転圧縮式のロタスコ・コンプレッサーを使用しているが、ハンマリングの危険が全然なく、また噪音および振動も極めて少なく好成績を取めている。

甲板補機は、次表の通りである。

名 称	数	型 式	要 目
揚 錨 機	1	電 動	21.2t×10/min, 95IP
繫 船 機	1	"	7t×23m/min, 60IP
揚 貨 機	6	"	5t×36m/min, 53IP
"	10	"	3t×40m/min, 35IP
"	4	電動二段切換式	$\frac{5}{3}t \times \frac{25}{4} m/min$ 35IP
操 舵 機	1	電 動, 油 圧 式	2ラム, 4シリンダ
		ジャンネー	2ポンプ 25IP

居住設備は贅沢を廃してできるだけ実質的なものに限定しているが、船舶設備規程およびシャトル条約による設備規程に準拠している。その他居住区サービス用汚海水管にはオートハイドロフアー方式を採用し、また各室の洗面器、浴槽、賄室の流し台等の排水管は両舷に1本ずつ集中し舷外に排出するシーウェイジ方式を採用してある

航海計器は下表の通りで、航海安全を主眼としてできるだけ優秀なものを装備している。

磁気羅針儀 (反映式)	1基
予備羅盤	1個
予備羅針儀	1基
ジャイロコンパス (レピーター5個つき)	1式
オートパイロット (2ユニット)	1式
音響測深儀	1式
方位測定儀	1式
プレッシャーログ	1式
電気ログ	1組
レーダー (スキヤナー8呎)	1式
ローラン	1式
クリヤービュースクリーン	2個
加藤式GMメーター	1個

その他、塗装については船体保守の点で特に考慮を払い、広範囲に下地処理としてのショットブラストを実施している。すなわち、外板の内外面、暴露甲板上下面、室壁の内外面、船艙の内面および機械室の内面の鋼板はすべてショットブラストを施行している。

#### 4. 機関部について

主として主機関について述べれば、赤城山丸以降秋葉山丸までの5隻は2サイクル単動9シリンダのピストン径740mm、行程1,600mm無過給式鋳鋼製架構で、定格出力は8,000BP×110.5RPMであった。従来わが国においては、タービン機関にくらべ製造原価が高くなるにも拘らず、運航採算の点からディーゼル機関が多く採用されて来たのである。さらに低質燃料使用の具体化によってこの傾向は一層強まりつつあったが、ディーゼル船の経済性を一段と向上せしめたのが第9次船榛名山丸以降搭載の過給式機関の出現であった。この主機は従来のものと類似の型式であるが、ターボチャージャーにより出力が30数%増大されている。しかしこの出力増大にも拘らず、機関の熱負荷は給気の予冷によって少しも増加せず、従って推進用補機あるいは熱交換器容量も従来と同一である。すなわち出力が増大しても機関部重量あるいは容積の増大が全然なく、馬力当り燃料消費量も数%減少できるということはまさに画期的進歩であった。また従来の鋳鋼製架構を廃止して搭接受架構を採用しこれによって約20%の重量軽減を実現したことは本船の性能向上に対し特記すべき事項である。

なお、この過給方式は主機だけでなく3台の主発電機にも採用され、羽黒山丸以降においては従来の7シリンダを5シリンダに減らすことができ、これによって機関

室長さを2フレーム短縮しており、特に貨物艙容積を要求される定航船にとって非常に大きな利益となっていることは見逃せない点であろう。

また気電関係については現在、直流2線式220ボルト配電方式を採用しているが、これは主として電動揚貨機の荷役特性を良くするためである。また電動揚貨機は自社製であって、特徴は加速度が大きいことと電流の大小に拘らず一定速度で巻下げを行なえるよう考慮されていることである。

## 5. 高速ライナーの将来

わが社建造ライナーの現状は以上の通りであるが、次にわれわれが考えている高速ライナーの将来の発展について簡単にふれてみる。

現在わが国海運造船界は原子力船に大きな関心を寄せられており、原子力利用進歩の運勢からみて、その実現もそれほど遠い将来のことではないものと予想される。

原子力ライナーを考えると、20数ノット程度の航海速度を得ることは比較的容易であると思われるが、問題はこのような原子力ライナーが経済的に成立つ時期如何である。原子力商船の採算性については、その道の専門家によって検討されつつあるが、実績皆無の現状においては、多くの仮定に基づかざるを得ないのであり、見透しについてもかなりの差異が出ることは避けられないが、それ以前により現実的な問題としては、わが国の現在のライナー船隊がはたしていつまで18ノット程度の就航速度に満足できるかということである。既に、一昨年中頃、米国マリナー型貨物船が約20ノットの快速をもって競争場裡に出現した時、わが国海運界に与えた衝撃については未だ記憶に新たなものがある。このように考える時、われわれ造船技術者としては経済的な原子力ライナーが実現するまでにさらに一段階あるいは数段階の現状を基盤とした飛躍を真剣に研究し、いつでも海運界の要求に応じられるよう準備を進めておく必要があると思う。以上の意味においての次期高速ライナーについて述べてみたい。

船型は現状通り吃水8.80m程度を抑えた平甲板船型を考えているが、速力増大を容易にするためと、なるべく現在程度の載貨重量を確保するために、長さを数m延長する。それ以上の大型化は就航航路の港湾事情からみて操船上不利である。

船首形状については、従来通りの傾斜型船首とするかは球状船首とするかという問題があり、ライナーとしての性質上就航区域によって相当の吃水差があるのでこの点も考慮し、水槽試験によつて慎重に検討中である。

主機選定と関連し、単螺旋、双螺旋の問題も一応検討を要する事項であるが、良好な推進効率と少ない気筒数による運航費節約の見地から、できるだけ単螺旋とすることが望ましい。

現在装備している9気筒ディーゼル機関をさらに3気筒増して12気筒とすれば、定格15,000BHPとなり、約19ノットの航海速度が得られるが、さらに20ノット程度の高速を要求される場合には船型の大型化とともに、現在当社で製作準備中の気筒径840mm、12気筒20,700BHPの新型機関を搭載すれば単螺旋でも可能である。

12気筒機関は、特に高速ディーゼル船において心配される振動の点についても、それ自体の不均衡力は勿論、いかなる種類の不平衡偶力もないので、この点は一応タービン船と同一条件といえることができる。振動の問題に関連し、船体各種各次の固有振動数の計画時における確実な推定の研究を基に同調点を避けるよう留意することは勿論であるが、主機以外の最大の振動源である推進器についても翼形状、船尾骨材形状、あるいは舵との相対的位置の影響についても検討中である。

船体構造については、高速化とともにあらためて検討を要する事項もあるが、特にスランギング現象に対する船首船底の構造については、昨年来より本年にかけて数ヶ月にわたって行なわれた実船における実験の成果に基づきさらに検討が続いている。

機装については、荷役関係が最も大きな比重をしめる部分であり、荷役速度は当然船速の増大とともに向上されるべき性質のものであるが、すでに全艙口に鋼製艙口蓋と十分なデリック、揚貨機数を設備している現状においては劃期的な改善を望むことは無理であろうが、諸外国のスチールハッチカバー等については研究の余地があると思われる。また将来の定航船における荷役装置の傾向としては、欧州各港湾のように岸壁荷役設備が充実される従って、重点はむしろ湿度調整装置のような搭載貨物の安全輸送の面におかれるものと考えられる。

電源については、交流ウインチの価格が低下し荷役特性も直流ウインチと同程度となる時期も近いから、船内動力は交流3線式440ボルト配電方式となると思われる。また、電線も鉛被覆線のかわりにポリクロロブレンシース等を用いることにより、重量の大幅減少と布設工事の簡易化が得られ、経済船としての条件を高めることになろう。

以上が、われわれが考えている次期高速船の概要であるが、終りに次代の海運造船界の花形たるべき原子力高速ライナー実現の一日も早からんことを期待して本稿を終ることとする。



# 高速客船の建造について

—設計技術の前に来るもの—

日本郵船株式会社  
高久 虔 一

## 1. はしがき

過去数年にわたり太平洋横断航路でもそのメイン・ルートである桑港航路 (Orient-California Service) 用高速客船は、わが国の国際観光事業振興という国策の見地から航空機とともに必要欠くべからざる国際交通機関であるとして朝野の有識者にその建造実現が期待されてきた。それにも拘らず未だに建造に着手できないというには幾多の事由が挙げられる。が、これを要するに、もはや戦後ではないといわれる今日であるにも拘らず、戦禍の痛手から全く少しもいっても過言でないほど抜け切れないでいる船会社が独力で客船の建造をやってみせることができないのが最大の原因である。そこで国策として絶対的に必要なだから国家がこれに手厚い支援を与えるか、或は一層のこと国が自ら建造し経験と実力のある船会社へその運航を委託するという方法も考えられるのだが、国の財政事情や政策的な都合で毎年見送られてきたので遂に今日まで実現しなかったというのが実情である。

とはいえ、桑港航路用客船の建造準備だけは進められてきている。ただ日本の現状下では資金調達面で理想的高速豪華客船の建造はとて望み得ないので、どうしても設計上種々な制約を受けることになるのもやむを得ない。そこで、太平洋横断客船に求められる諸要件をできるだけ充しながら、他面資金面での諸種の制約に従い、しかもなお永く旅客に愛されるような客船を建造しなければならないということになるのである。

## 2. 客船が具備しなくてはならぬ諸要件

太平洋横断客船に限定せず広く一般的にいて、客船ともなればどんな要件を具備していなくてはならないかという根本問題にまず触れてみよう。即ち、

- (1) かなりな航海速力を持っていないとてはならないこと。しかも荒天時にもその速力を持続するためには馬力について貨物船以上に相当の余裕がなくてはならない。
- (2) 動揺や振動をできるだけ最少限度に喰い止め、旅を快適にし続けるために必要な構造や設備を有していなくてはならないこと。

- (3) 接客設備としては生活の広濶性と変化に特段の意を配らねばならないこと。
- (4) 旅客に安全感を与えること。これは客船の外観上の印象の問題から始まり、艇船上の技術に対する信頼度、ひいては船会社の伝統的な信用或はのれんといった問題にもなるのである。
- (5) 乗組員のサービスの完璧であること。これは旅客に安心感を与えるばかりではなく、民間外交を通じ国際親善にも繋がるものである。
- (6) 客船の出入港、碇泊が客船に最も好都合に組織され準備され運用される如く陸側の諸機関が協力してくれる態勢に整備されること。

以上は客船建造の技術面と客船運航の運用面とに大別できるが、後者についてはここでは多く触れている暇がないので、技術面における根本的な理念に重点を置いて記述してゆきたい。蓋しこれらのことは実際の設計に取りかかる以前に十分念頭に置かなければならない大切なものであり、また設計者の思想の統一を必要とする態勢のものが多々あるからである。

## 3. 速力について

- (1) 客船の速力は何ノットが適当か  
客船の速力は何ノットが適当であるかはその就航する航路や旅客の種類或は競争船の有無などで決まるべき性質のものであるから一概にはいえない。しかし大洋を航行する客船についていえることは、貨物船より遅い客船というのでは客船の魅力に乏しいということである。蓋し最近の貨物船では時速18ノットを出せるものがざらにあるばかりか20ノットの貨物船さえ出現して恐れられているが、さらにこれを上廻る22ノットの貨物船の建造が発注されると米国から伝えてきている。かくて主要な定期航路の貨物船は20ノットで航走するというのが普通になりそうな気配である。しかもこの傾向はディーゼル機関の出力向上に併行してゆくもの如くである。

ところで大洋を航行する客船の大きさがその用途や客種、或は往来旅客数で決まるのだが、最近はこの大型化の傾向にある。すると大型客船にディーゼル機関を使用するのは20ノットが精々であり、それ以上の速力を出させるためにはタービン機関を設置しなくてはならな

いということになるのがここ当分の宿命であるが、経済性という点から観ると、タービン機関を設備してむやみに高速化するというわけにも行かぬという障壁にぶつかるのである。

(2) 現存する客船の速力

世界中に張り巡らされた航空路の整備にも拘らず、依然主要な旅客航路には優秀客船が配船されており、しかもその新替が活発に行なわれているという事実には注目すべきものがある。その事由は幾多あるが、客船が依然その存在を要請されているということには、疑問の余地のないところである。

いま大西洋に浮ぶ客船のうち、速力26ノット以上のものを挙げると次の5隻である。

Queen Elizabeth (Cunard Line)	83,673 G. T.	28½ ノット
Queen Mary ( " )	81,237 G. T.	28½ " "
United States (U. S. Line)	53,330 G. T.	29 " "
Constitution (American Export Line)	29,500 G. T.	26 " "
Independence ( " )	29,500 G. T.	26 " "

(註) 以上のうち戦后竣工船は United States のみである。

また大西洋に就航中の客船58隻についてみると

26ノット以上の客船	5隻	8.6%
20ノット以上26ノット未満の客船	14隻	24.1%
20ノット未満の客船	39隻	67.3%
計	58隻	100.0%

(註) 20ノット以上26ノット未満の船のうち23ノット級船は4隻、22ノット級船は4隻、21ノット級船は2隻、20ノット級船は4隻となっている。

であり、大西洋を船で旅行する約100万名強の旅客の各層をこれらの船が分担して輸送し、その旅行目的や旅行者の懐中に適応したサービスを提供しているということは誠に妙である。

(3) 高速客船の必要な事由

便宜上一応20ノット以上の客船を高速客船と呼ぶことにすると、こうした客船の存在事由とは次の如くである。

- (イ) 軍事目的に副うため
- (ロ) 競争船に対する優越、優位保持のため
- (ハ) 国家意識ないし民族意識を現わすため
- (ニ) 航空機の進出に刺戟されたため
- (ホ) 乗客の心理の中に少しでも早いものを好むという心地があるのでこれに迎合するため

以上のうち、(イ)は英米両国の場合であり、他の国々にとっては強調し得ないところであろうか。また(ロ)ないし(ハ)は運航担当者側の思惑や企業努力の現われであり、また愛国心の発露でもある。なお、出稼人や移民とその呼寄家族の輸送に重点を置いた国策的な客船は高速船であることを条件としていないのは今も昔も変らない。

航空機の進出に刺戟され、客船の速力も若干向上させねばならぬと考えられた時代もあったが、既に航空機はプロペラ機時代からジェット機時代に突入しようとしている現在、所詮速力の点では自動車と人力車の差以上も違ふと判明しているのだから、経済性の許す範囲内の速力向上を試みる以上にはもはや速力の引上に大した努力を払う気になれないというのが船会社側の根本的な考え方であろう。換言すれば、客船の速力は客船相互間の問題であり、航空機の速力については一顧もしないというところである。

(4) 太平洋での速力に対する制約

太平洋横断航路中のメイン・ルートである桑港航路の客船は日本とホノルルと桑港を結ぶわけであるが、下記の条件を悉く満足させるような経済速力が要請される。

(イ) 横浜出帆時間は船客の乗船当日における出国諸手続完了に十分な時間的余裕と見送人の見送りのための集合、帰還時間を考慮する他、旅立つものと見送る人により感情的に一番良い時間を選ばねばならないこと。

(ロ) 往復船ともホノルルへ早朝入港して通過客が日中を十分に島内見物に費し得る如くすること。ホノルルの夜の観光はあまり魅力なく、従って碇泊は日中の十二時間程度で十分なのである。

(ハ) 桑港入港はおそくとも正午までであることが望ましいこと。つまり米大陸各地へ赴くために利用する鉄道、バス、航空機への接続の便を考慮しなければならないからである。

(ニ) 桑港よりの日本向出帆時間も当日の出国諸手続関係や見送人などの関係を考慮しなくてはならないが、日本人の習慣とは多少異なるものもあるので、夕刻または夜間出帆(午後八時頃まで)も差支えないと思われる。

(ホ) 旅行者の大部分にとっては下船後の旅程が予め設定されているから、たとえ航海中荒天に遭遇してもそのために入港日時をおくれさせないこと。これは船会社に対する信頼にも影響するからである。

(ヘ) 出帆時間の厳守は勿論のことながら、早着が予想されても Slow down して定時に入港すべきこと。よく日本の国有鉄道の如き正確な発着時間厳守が引

台に出される所以である。

以上のような諸条件を全部満足させるような客船の速力を決定するためには、かなり馬力にマージンを見込んだ機関を装備していなければならない。

既に過去の経験と計算とから、ホノルルの太平洋上の位置が誠に不都合なため、上記出入港の時間の条件を満足させるためには“4ノット差”という結論が出ている。即ち航海速力を10ノット、14ノット、18ノット、22ノット、26ノット、30ノットという等差級数(差4ノット)的な速力とすべしという原則であり、この中間の航海速力は前記速力よりも効率が悪いということが証明されているのである。

いま例を22ノット級船と26ノット級船とにとって示せば以下の如くである。

寄港地	距離	22 ノット 船		26 ノット 船	
		定期日時	航海速力	定期日時	航海速力
横浜発	3,420	Jan. 1 3pm	22	Jan. 1 1pm	26
ホノルル 着		" 7 10am		" 6 8.30am	
ホノルル 発	2,120	" " 10pm	21	" " 8pm	25.9
桑港 着		" 12 8am		" 10 1pm	
桑港 発	380	" 13 Noon	21.7	" 11 4pm	25.4
羅府 着		" 14 8am		" 12 9.30am	
羅府 発	380	" 15 11.30am	21.7	" 13 4pm	25.4
桑港 着		" 16 8am		" 14 10am	
桑港 発	2,120	" 17 8pm	20	" 15 10pm	26
ホノルル 着		" 22 8am		" 19 7.30am	
ホノルル 発	3,420	" " 8pm	21.4	" " 10pm	26
横浜 着	(冬季 3,500)	" 30 2pm		" 26 10.30am	

(5) 太平洋の客船の速力

太平洋に現に就航中の客船の速力の次の通りである。

President Wilson (A.P.Lines)	18,962 G.T.	18ノット
President Cleveland ( " )	18,962 " "	18 " "
President Hoover ( " )	10,021 " "	17 " "
氷川丸 (N.Y.K. Line)	11,625 " "	14.5 " "
あるぜんちな丸 (O.S.K. Line)	10,600 " "	16.4 " "
ぶらじる丸 ( " )	10,100 " "	16.2 " "
さんとす丸 ( " )	8,450 " "	16 " "
あめりか丸 ( " )	8,343 " "	15 " "
あふりか丸 ( " )	8,353 " "	15 " "

(註) 上表中 President WilsonとPresident Cleveland はともに米軍隊輸送船の改装船であり、President Hoover は Panama 籍船を A.P.Lines

が太平洋往還旅客の輻輳緩和のため1957年買入れた低速船であり、且つ1等定員が202名なので他の同社2船との定期編成上ホノルルへは寄港していない。O.S.K. Line のあるぜんちな丸とぶらじる丸は移民船として建造したのだが、他の3船は貨物船の中甲板に應急的に船床を設備した改造船である。

以上のうち President Wilson, President Cleveland および President Hoover は一応客船の態をなしているが、氷川丸以下の各船は正確には貨客船と称されるべきものである。なかでも、氷川丸は既に昭和5年竣工以来船令は28年を教えているけれども、冬季荒天続きの中を行く北太平洋大圏コース航行船として建造されているのでその堅牢性と耐波性は既に定評のあるところだが、何と云っても、Old Timer である。

明年4月から暮までの間に北太平洋へ4航海(東向2航海, 西向2航海)を新らに投入すると発表した、Peninsular and Oriental Steam Navigation Co. (P. & O. Line-英国) と Orient Line to Australia との共同商標会社 Orient and Pacific Lines の客船とその速力は次の通りである。

Himalaya (P. & O. Line)	27,955 G.T.	22ノット
Chusan ( " )	27,955 " "	22 " "
Oronsay (Orient Line)	27,632 " "	22.5 " "
また明後年春からは上記 Orient and Pacific Lines が北太平洋へ増配するという優秀客船の船名とその速力は次の7隻であり、前記3隻とで合計10隻となる。		
Arcadia (P. & O. Co.)	27,734 G.T.	22ノット
Iberia ( " )	29,614 " "	22.5 " "
Canberra ( " )	45,000 " "	27" (建造中)
Oronsay (Orient Line)	28,614 " "	22 " "
Orsova ( " )	28,200 " "	22 " "
Orion ( " )	23,696 " "	19 " "
Orjania ( " )	40,000 " "	27.5 " "

(建造中)  
これに対抗する如く American President Lines で は米政府の手厚い補助を受け、下記客船の新造計画を発表し、1961年(昭和36年)竣工の際には President Hoover を撤退させることを決定した。

President Washington (A.P. Lines)	43,000 G.T.	26ノット(未竣工)
-----------------------------------	-------------	------------

以上で判る通り、

- (f) Canberra, Oriania, それにPresident Washingtonの3隻はいずれも速力26ノットで北太平洋には未だかつて現われたこともない超高速定期客船となるのである。
- (g) その他の Orient and Pacific Linesの各船はいずれも22ノット級船で、いわゆる高速客船と称されることになる。
- (h) 従って現在就航中の米船や氷川丸および移民船は低速旧型船とならざるを得ないことになるわけである。

かくて北太平洋では今後当分22ノット級船が中心勢力となるので、日本の太平洋横断客船も26ノット級船は次の機会の際案とし、取りあえず22ノット級船2隻を建造することに方針を決定したのも故なきことではないのである。

#### (6) 商業的にみた速力

既述した通り旅行者の心理の中には少しでも速いものを好むという心地が潜んでいる。この心理は例えばハイキングというレクリエーションが折角消澄な空気のみちた郊外や山路を歩いて日頃疲れてノイローゼ気味になった神経をほぐすのが目的であり、従って先を急ぐものでもないのに、とかく電車よりバスの方が早いとか、この径の方が近道であるといひ張る輩がいるのを見ても判る通りである。

そこで速力の向上が大した出費の嵩むことではないならば、客船の速力はずっと昔に引上げられていたはずである。ところが速力が長い間足踏みしているのは、次第に大型化する客船が20ノット以上を出すためには高馬力を要することになるが、燃料消費の面で経済性の高いディーゼル機関ではこの要請に応じ得ぬため自然タービン機関を設備しなくてはならないところに問題があるからである。

燃料消費の点でディーゼル機関とタービン機関とを較べてみると次の如くなる。即ち現在実用に供し得ると思われるディーゼルでは気筒数もむやみに多くなならないという条件で1基13,000馬力止りとすれば、

22,800GT	20ノット	13,000Hディーゼル機関	2基
燃料消費量	航海中	110 k l	碇泊中 30 k l
22,800GT	22ノット	18,000Pタービン機関	2基
燃料消費量	航海中	205 k l	碇泊中 30 k l

即ち2ノットを増すために航海中の燃料消費が110:205(即ち1:1.85)さらに換言すれば86%増となるのである。これはとりも直さず運航費の増加となるばかりでな

く、燃料油庫や消水タンクの拡張を要し、従ってそれだけ旅客および貨物スペースに喰い込むことになるのは当然である。

しかし種々計算した結果、客船の耐用年数を仮に20か年間とすると、その間に消費する総燃料油代金の差が両者の採算に決定的な影響を与え、他の利害を遙かに超えるということが判った。そこで僅か2ノットの向上にさえも慎重且つ憶病にならざるを得ないことになるのである。

#### (7) 原子力機関への期待は薄い

そこで近頃問題になっている原子力船が頭に浮かぶのである。既に米潜水艦ノーチラス号を始めソ連の砕氷船まで完成され、また商船も試作されようとしているけれども、だからといって実用化も間近いと思いつている向の多いのはどうかと思われる。

原子力を利用して船舶を動かすことができるということは既に理論から実際の試験時代にはいったことは認めねばならない。しかし商業ベースに乗るには欧米で唱えられるところでも、早くて10年、おくれれば15年も先のことになるかと考えるのが常識である。また商業ベースに乗るかどうかという計算の他に、原子力機関が今日のように日毎に改良されてゆくのでこれに関係する技師でさえ追従できないときえ伝えられるほど原子力利用そのものが決定的なものではないということ、および原子力の核分裂現象による放射線が絶対に人畜に被害を与えないという設備が完成するか、すくなくとも被害を打消す他の設備ができるのを待たねばならぬことという点も併せ考えねばならない。一口でいえば原子力機関となれば燃料の補給が長時日に涉って不必要であるという便宜だけでは、既存の機関を簡単に原子力機関に取替えるというわけにはゆかないということである。

蛇足ながらさらに付け加えるならば、原子力という第三の火の発見は18世紀から19世紀にかけての蒸気機関の発明による単純な一連の産業革命とは全く趣を異にした自然科学界、場合によっては社会科学界にもおよぶかも知れない一大革命となるであろうといわれている。つまり単なる動力の革命に止まらず、食糧問題の解決から人体革命、ひいては人間の頭脳革命にまでおよぶかも知れないのだから、船舶の動力の革命などはその一部であり大した問題ではなく、従って最も悲感的な見通しによれば、これは随分先の話ではあるけれども、この世の中から人や物の輸送の必要性が減退してゆき、遂には船舶が不必要にさえなりはしないかという。

ともあれ、原子力機関を採用しても今のような原子力の利用方法では海運界にすぐ革命が起るとも思えない。

#### 4. 動揺並びに振動の防止について

海上に浮び且つ航走する船に動揺をなくすることは至難で、現況では船の動揺を最少限度に止めることに配慮するより他にたし方がない。この一つの方法として、スタビライザーの採用があるが、もっとよい方法を考案してほしいものである。

ところで何故、船客は動揺を嫌うかという点をまず究明しておかねばならない。それは客船の船上におけるサービスのどんなに好評であっても、船の動揺のために折角のサービスを満喫できないということになると、やがてはその客船への人気を失うことになるので、客船の動揺防止については十分の考慮を払うべきである。

動揺と同じく留意すべきものに振動がある。かつてフランスの巨船ノルマンディー号が高速力で大西洋を航行中、振動のためスープがスープ皿から跳ね出すと云って不評の原因となり、このために各部の改造をしなければならなかったという教訓がある。これは船体各部の持つ固有振動数と機関より発生する振動源の振動数とが共鳴しないように設計されねばならぬという一歩である。

#### 5. 客船の稼働率向上について

高速客船は低速客船にくらべ客運賃の点で大幅な差をつけられないので、客運賃収入の増加が期待できないにも拘らず、運航費においては格段の差を生じるので、高速客船は稼働率を向上しながら、しかもより多くの船客を吸収することが絶対必要であるので、これが手段として次の如き対策を講じなければならない。

- (1) 客室、公室が船内生活をよりたのしくする如く設備されなければならないこと。これには、船内生活に広潤性と変化を与えることが必要で、その広潤性を利用して陸の生活を持ち込むことに努力することであり、また日本の客船の場合は日本色を豊かに持ち込むことを忘れてはいけない。あえて日本色といったのはいわゆる日本人の考えた日本趣味の押し売りにならぬようにすべき点であり、例えば日本座敷や日本庭園は純日本式とし、和洋折衷は不可とする意味である。蓋しこのことは稼働率を上げる前提条件であり、より多くの旅客を吸収できなくては意味がないからである。
- (2) 出入港の手續や諸作業が要領よく、しかも短時間で終了するために必要なあらゆる設備を完備してはならない。
- (4) 税関、入出国管理の官窓が乗組んでいて船内でこ

れらの官庁手續を完了する。検査事務も検査所と本船乗組船医との特契により事故なければ検査省略ぐらゐの思い切った便法がとられることが理想である

- (2) 食糧、船用品、手荷物の積揚はすべて機械化せられる如き食糧庫、船用品庫、手荷物庫を配置することが絶対に必要である。
- (4) 雑貨の積揚もこのために碇泊時間を延長することが殆んどの場合全く認められないから、積揚機械の整備をする他、船内荷線にも格別の装置を施すことが考究されてよい。
- (3) 定期検査、中間検査の他に船会社が施行する合入渠等に貴重な時日を費すのは惜しい。しかし保船という点でこうした検査や入渠を省略することができないとすれば、稼働率を低下させないような便法が講じられる余地が全くないものか研究を要する点である。

本件は船会社のする保船に対する信用と諸外国の実情を研究した上で、わが国の法規が不必要に厳密過ぎはしないかということ再検討することである。

#### 6. 太平洋横断客船として考えられる主要目等

以上の通り太平洋横断客船として具備されるべき諸条件を勘案し、差当り想定されるものとしては次の通りとなる。

総 屯 数	22,800 T
L × B × D	185.00m × 25.80m × 12.50m
船客 1等	150名
ツーリスト	802名
計	952名
重量屯数	8,800kt
載貨容積(ペール)	6,500m <sup>3</sup>
(冷凍貨物艙、深油艙を含む)	
主機および馬力	タービン 18,000 SHP 2基
航海速力	22kn

その他の諸設備としては、全船冷暖房、ジャイロスタビライザー、火災警報および同消火設備、旅客用リフト等客船としての必要設備を完備する。太平洋横断客船はその採算性から見て幾何かの雑貨搭載設備も考慮しなければならない。

ともあれ、太平洋はわが国の客船のために場所を開けて待っていてはくれないのだから、是が非でも明年こそはこの客船建造の実現することを祈って止まない次第である。



# 中型優秀定期貨物船について

三井船舶株式会社  
内 田 勇

## 1. ま え が き

「船の科学」が発行され始めてから早くも10年の年月が過ぎた。甚だ失礼な話ではあるが、朝永信雄さん（船の科学編集兼発行人）が創刊号を持って私の所に来られた時、こんな船の専門雑誌が、半年も続くかと内心疑っていた。ところがここに創刊10周年記念号を発刊される立派な成長振りを見ることで心からお祝い申し上げると共に、私の見る目がなかったことをお詫びする次第である。しかしこの「船の科学」がここまで健全に育ったことは全く朝永さんのご努力の結果であり、同氏の功績に対し満腔の敬意を表したい。

この10年間、わが国の海運、造船の発展もまことに驚異的であり、昭和23年頃には想像も及ばなかったほどである。私はその頃、占領軍の管理下で戦時標準船の統行船として建造せられた天塩山丸（総吨数2,152吨、載貨重量3,251噸、ディーゼル機関1,600制動馬力、満船速力10.5節）を戦后新造の最優秀貨物船として、本誌に紹介したことを記憶している。それが今日では戦前には見られなかった出力10,000制動馬力以上で満船速力18節以上の11,000重量型スーパーライナーが続々世界中の航路に就航している。一方タンカーは戦前の船と比較にならぬ5～6倍の大きさのマンモス級も建造されるようになり、世界一の造船国日本になったのである。些かなりとも海運、造船に関係のある私共にとっては慶びの上ない次第である。

造船に対する対日援助資金、財政資金の関係もあったためであろうが、大型貨物船、油槽船の建造に比して、中型貨物船、小型貨物船の建造については質においても、量においても遙かに劣っており、戦前のレベルにも残念ながら復旧していないと思う。この戦后余りかえり見られなかった中型優秀定期貨物船について思うがままに少し書いて見よう。

## 2. 戦前におけるわが国の中型優秀船

戦前におけるわが国の貿易上の地位は現在とは異り、満洲、朝鮮、台湾、中華民國との間に多数の旅客および大量の原料物資、製品の往復があり、現在に比して中型定期船の需要はこの方面に遙かに多かった。一方今日と

余り事情の違ってないタイ国、仏印、濠洲にも中型優秀定期船が多数配船されていたことを思い起さねばならない。この盤谷・仏印航路、濠洲航路に配船されていた定期貨物船について調べて見よう。

太平洋戦争直前に各航路の船隊は最高の陣容となり、配船状況の一例を挙げると下記の通りである。

### (1) 盤谷・西貢航路

船名	総吨数 (吨)	載貨重量 (噸)	旅客			船主
			速力 (節)	1等	2等	
盤谷丸	5,351	6,630	13	20	65	大阪商船
西貢丸	5,350	6,645	13	20	65	大阪商船
朝日山丸	4,550	6,379	13.2	12		三井物産
明石山丸	4,541	6,376	13.2	12		三井物産
那智山丸	4,433	5,852	13	21	30 181	三井物産

### (2) 濠洲航路

船名	総吨数 (吨)	載貨重量 (噸)	速力 (節)	旅客	船主
				1等	
東京丸	6,481	6,977	17.5	12	摂津商船
かんべら丸	6,477	7,080	17.5	12	大阪商船

(註) 速力はいずれも満載、定格出力、  
No sea margin である。

上記の通り、東京丸、かんべら丸は速力、船体機装ともに現代のスーパーライナーに劣らぬ優秀船であることは明らかであるが、他の各船も速力こそ劣るけれども、船体機装は当時のニューヨーク航路のエクスプレスライナーに優るとも劣らない優秀船であったことを特記する必要があると思う。ここに戦前の中型優秀定期貨物船の代表としてかんべら丸および朝日山丸(1世)の概要を述べることにする。

船名	朝日山丸(1世)	かんべら丸
造船所	三井造船	三井造船
竣工	1935年4月	1936年5月
船型	三島型	平甲板型
資格	遠洋第1級船	遠洋第1級船
船級	B.CおよびN.K	L.RおよびN.K

### 主要寸法

長(垂線間)	109.73m	128.00m
幅(型)	15.24m	17.50m
深(型)	8.84m	11.00m

満載吃水	7.302m	7.739m
満載排水量	9,405kt	11,835kt
肥瘠係数	0.753	0.666
総屯数および容積		
総屯数	4,550T	6,477T
総屯数	2,684T	2,619T
載貨重量	6,481kt	7,080kt
載貨容積(ペール)	8,606m <sup>3</sup>	12,138m <sup>3</sup>
”(グレーン)	9,285m <sup>3</sup>	13,365m <sup>3</sup>
冷凍貨物艙	216m <sup>3</sup>	412m <sup>3</sup>
貨物油艙	655m <sup>3</sup>	—
シルク、メイルルーム等		529m <sup>3</sup>
燃料油艙	746kt	1,066kt
乗組員数		
士官	11名	13名
普通船員	24名	41名
計	35名	54名
旅客定員	1等 12名	1等 12名
主機 三井B&Wディーゼル機関 1基 三井B&W662WF140ディーゼル機関 1基		
馬力(M.C.R.)	2,650BIP	7,000BIP
速力		
最大	15.48kn	19.194kn
航海最高(満載)	13.2kn	17.5kn
無線電信装置		
送信機	短波 200W	500W
	中波 500W	
受信機	中波、短波	中波、短波
甲板機械		
揚錨機	電動 55HP 1台	電動 65HP 1台
揚貨機	電動 3t×10台	電動 3t×10台 5t×6台
操舵機	電動式	電動式
冷凍機	貨物用 2台 (20,000kcal)	62,000kcal
	糧食用 2台 (3,900kcal)	
荷役装置		
デリック	10t×10	3t×8, 5t×2,
ヘビーデリック	25t×1	8t×2 25t×2

### 3. 戦后におけるわが国の中型定期貨物船

戦後の東南アジア航路のわが国の中型定期貨物船としては、佐野安船渠建造の関西汽船所有船、ころんぼ丸、かんべら丸(第2世)の姉妹船がマニラ、香港、盤谷方面に就航、好成績を示している。また三井船舶の自己資金船奈良山丸は大阪造船所にて建造中であり、去る10月27日および29日の両日に海上公試運転を終了し、11月

10日竣工引渡のうちはベンガル湾定航に就航する予定となっている。これら3隻の船は戦後の中型貨物船としては非常に優秀なライナーであることは事実であるが、残念ながら戦前派かんべら丸(第1世)には速力において、船体機装において未だ遠くおよびないことは残念である。戦後の中型定期貨物船として、この3隻は大体似た船であるから私の手許にデータのある都合上、奈良山丸をご紹介することとする。

#### 奈良山丸概要(計画のものも含む)

船型	平甲板船
資格	遠洋第1級船
船級	NK
主要寸法	
長(垂線間)	115.043m
幅(型)	16.498m
深(型)	9.600m
満載吃水	7.450m
満載排水量	10,219kt
肥瘠係数	約0.702
総屯数および容積	
総屯数	5,201.87T
純屯数	2,875.11T
載貨重量	7,301.3kt
載貨容積	
(ペール)	9,843.19m <sup>3</sup>
(グレーン)	10,480.36m <sup>3</sup>
危険貨物艙	約100m <sup>3</sup>
ストロングルーム	約95m <sup>3</sup>
メイルルーム	約50m <sup>3</sup>
燃料油艙	約660m <sup>3</sup>
乗組員数	
士官	15名
普通船員	29名
計	44名
実習生	2名
旅客定員	1等 2名
総計	48名
主機 浦賀玉島 6SAD60型 ディーゼル 1基	
出力(M.C.R.)	3,840BIP
速力	
最大(3,840BIPにて)	約16.3節
航海最高	約14.3節
無線電信装置	
送信機 短波	500W
中短波	500W

中型優秀定期貨物船の例

Name	Schnellfrachter M. S. "Africa"	Cargo liner M. S. "Finnpulp"	Cargo liner M. S. "Arabic"	Cargo liner M. S. "Mar Tirreno"	Cargo liner M. S. "Elgaren"	Cargo liner M. S. "Milos"	Cargo liner M. S. "Lloyd Triestino"
Owner	Dansk-Franske Dampskibsselskab	Enso-Gutzeit (Merivienti) Helsingfors	Shaw-Savill	Empresa Nacional Elcano	Rederi A. B. Transatlantic of Gothenberg	Rederiaktiebolaget	
State	Kopenhagen	(Holland)				Sweden	Italy
Same type ship	"Mayumbe" "Belgien" "Congo"	"Finnsailor"	"Aramaic" "Afric"	Total 3 ships	slightly larger "Kirribilli" (DW15,560t)	"Citos" "Deros"	"Piave" "Isonzo"
LOA(m)	125.50	126.00	144.70	131.50	143.20	127.125	427'-10"
LBP (m)	114.50	115.00	134.0	122.00	131.00	116.50	397'
Bmld(m)	16.91	16.60	19.50	17.20	19.20	17.20	59'-5"
Dmld(m)	10.13	to shelter deck 10.17 to main deck 7.72	11.88	to 2nd. deck 10.82 8.43	to main. deck 11.58 7.78	10.68	26'-1"
d (m)	6.88	7.02	8.23	7.587	7.75	7.423	23'-11 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> "
DW (t)	6,050	6,600	9,000	7,350	7,750	6,741	6,440
GT (T)	3,900		6,497		5,735	4,319	4,874
Capacity (bale)(m <sup>3</sup> )	10,500			12,880	13,550	10,602	405,000ft <sup>3</sup>
Machinery	Helsingor/B&W D. E.	Sulzer D. E.	Vremer-Vulkan B/W D. E.	Naval B&W 674	MAN KZ 70/120 D. E.	Mitsui B&W 86Z-VTBF-115 D. E.	CRDA-Sulzer D. E.
Output	6,400BHP	5,600BHP	10,000BHP	7,380BHP	7,500BHP	6,600BHP	5,400BHP
V (kn)	16		17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17.8	17	16.85	full load service 15 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
Passenger	12			12	12	12	
Derrick	5t×10 30t×1		3t×4 5t×10 25t×1 50t×1	5t×10 25t×2	3t×8 5t×4 40t×1	5t×12 10t×4 35t×1	5t×12 8t×2 15t×1 30t×1
Note	(S/H Sept. 58)	Finland-North America service Open shelter decker. with 850m <sup>3</sup> Ref. hold for egg carrying. Semi-Mayer form. (M/S July. 53)	London-New Zealand & Australia service with edible carrying app. German built (M/S Feb. 57)	(M/S Sept. 57)	Europe-Australian service Open shelter decker. with 1,980m <sup>3</sup> Ref. hold (M/S Jun. 57)	Sweder-Australian service Shelter decker with abt. 970m <sup>3</sup> Ref. & Strong Room	West Mediterranean/West and Equatorial Africa

中短波	50W
受信機 全波	1台
短波	1台
長中波	1台
甲板機械	
揚錨機 電動	65HP 1台
揚貨機 電動	5/3t 12台
操舵機	ジャンナー 10HP 1台
繫船機	60HP 1台
冷凍機 粗食用	9,900kcal 1台
荷役装置	
デリック	5t×6 10t×6

ヘビーデリック	30t×1
通風装置	船艙、機関室とも機械式
消火装置	船艙、機関室とも炭酸ガス
暖房装置	居住区サーモタンク式

4. 欧州における中型定期貨物船

中型高速カーゴ・ライナーは最近比較的多く建造されているが、その殆んどが北欧系船主により発注され、運航されている。その概要要目は載貨重量で約7,000 吨前後で、航海速度は 16~17 節の範囲であり、貨物船としてのグレードは非常に高いものとなっている。搭載貨物は専ら純然たる高級貨物を狙っており、その結果として

食用油槽，冷風貨物艙等の高級貨物艙が全貨物容積のうちかなりの比重を占め，荷役装置も軽量高速のものが多数装備され，クレーンの採用もこの級の貨物船では珍しくない。必然的に貨物艙の配置は大容量単位を望まず，小区分され，特に甲板積面積の増加を重視する傾向が明らかである。（例えば130m程度の船で全通甲板2層半～3層を持つ）またかなり良好な旅客設備を12名の定員一ばいまで持っている船が多い。要するにこのクラスの中型優秀定期貨物船は，Tramping service に長年の実績と強大な Tramp fleet を持つ北欧海運国が，高級貨物の奪取を意図して Liner service に乗出すために建造したものと推察される。

しかしかかる中型優秀船を思い切って建造することのできた Background には永年 Tramp service により築き上げを海運企業の基礎が大いなる力をなしていると思う。

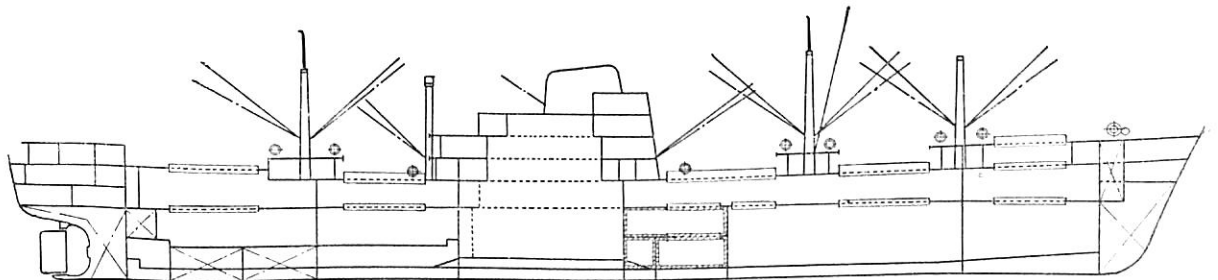
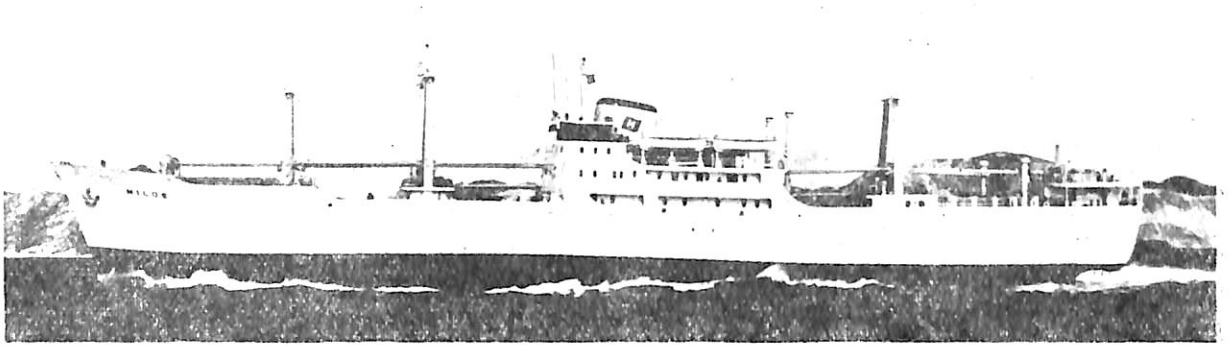
次に要目の判明している最近の中型優秀定期貨物船の例を示しご参考に供しよう。

これらのうち“Milos”号は三井造船株式会社玉野造船所で建造されたので，詳細に関し知ることができたから本船の概要を次に述べよう。

“Miios”号概要

竣工	1956年1月
船籍港	HELSINGBORG
資格	遠洋

航路	スエーデン／濠洲
船級	L.R.
主要寸法	
長（垂線間）	116.50m
幅（型）	17.20m
深（型）	10.68m
吃水（夏期満載）	7.442m
満載排水量	10,124Lt
船型	遮浪甲板船
総屯数および容積	
総屯数	4,319T
純屯数	2,102T
載貨重量	6,635Lt
載貨容積	
（ベール）	374,400ft <sup>3</sup>
（グレーン）	416,170ft <sup>3</sup>
冷凍貨物艙	28,760ft <sup>3</sup>
ストロングルーム	5,540ft <sup>3</sup>
燃料油艙	35,674ft <sup>3</sup>
乗組員数	
士官	10名
普通船員	47名
計	57名
旅客	1等 12名
パイロット	1名



三井造船株式会社建造 Motor Cargo Liner “MILOS”

予備	2名
総計	72名
主機	三井 B&W862-VTBF-115
	ディーゼル機関 1基
出力(定格)	6,600BHP×150RPM
速力	
最大満載速力	16.68kn
航海速力	16.0 kn
無線電信装置	
送信機	中短波 500W 1台
	予備 火花式 1台
受信機	短波 1台
	全波 1台
	中波(予備) 1台
甲板機械	
揚錨機	電動 65IP 1台
揚貨機	電動 5t×30m min 16台
操舵機	電動油圧 15IP 1台
繫船機	電動 5t×30m min 1台
冷凍機(貨物用)	18.5IP×3台
	(糧食用) 4.5IP×2台
	(HI-PRESS式冷房用) 19.5IP×2台
荷役装置	デリック 5t×12 10t×4
	ヘビーデリック 35t×1
通風装置	船艙, 機関室とも機械式
	居住室 HI-PRESS式 冷暖房
消火装置	船艙, 機関室とも炭酸ガス

### 5. 未来の夢

東南アジア、アフリカ、中南米の諸国のように港湾設備の悪い地方、経済的背景の力が弱く積揚荷数量の少ない港に中型貨物船の効用は大型定期貨物船に優ると考えられるのは当然である。わが日本海運も東南アジア航路の長年の実績を欧州新興船主に奪われまいようにするため、さらに進んではアフリカ航路、中南米航路と第三国間配船に進出するには是非中型優秀定期貨物船を数多く建造する必要があると思う。

さらに考え方をいま一歩進めると、中型定期貨物船は上記の所謂“田舎廻り”の航路にのみ就航するのではなく、欧州航路、北米航路の松舞台において大型定期貨物船と堂々と一戦を交える日がやって来るのではないかと想像される。私は客船は旅客輸送という点では航空機にお株を奪われたと思う。130人の旅客を乗せて大西洋を6時間で飛び越えるジェットプレーン1機は80,000吨の豪華船クイーンメリー号に旅客輸送量と輸送原価の点に

おいて遙かに優るといわれる。それ故客船は娯乐的、観光的、軍事的意味においてはまだまだ存在意義はあると思うが、輸送の点においては残念ながら軍配は航空機に上げられていると思う。現在まで不定期貨物船で大部分輸送されている原料物資、バルキーカーゴはますます専用船化する傾向があり、将来は原子力船用機関による10万屯級の超大型バルキーカーゴ・キャリアーが出現するだろう。原料物資は貨物発送地点から到着地点までの時間の長短を問題にするのではなく、年間の輸送量が問題となるのであるから、これら発送到着の二点間を最も経済的な低輸送原価になる速力で航海し、輸送量は配船隻数で調整すればよいと考えられる。従って輸送原価を低くするためには必然的に大型化するであろうし、速力は超高速にはならないだろう。この超大型船で運送されて来た大宗物資は中型、小型船に積みかえられて直接工場岸壁にもってか行れることになるだろう。現在大型定期貨物船により輸送されているペースカーゴは減少して行くべきで、ライナーは雑貨専門輸送船の性格が強くなって行く。雑貨は原料物資と異り、発送地点から到着地点までの時間が問題である。また航海頻度数が問題であり、いつにても出荷できるという気持が大事である。従って15,000重量屯の大型ライナーを一回航海させるよりも、5,000重量屯の中型高速ライナーを3回航海させた方がよい。こう考えて来ると中型定期貨物船の使命はいよいよ重大となって来る。

日本/ニューヨーク定期航路のような復航は原料物資輸送が多い航路事情のところは難しい問題がまだ残ると思うが、原子力発電により世界各地に工業が起り、海軍も原料輸送からコンテナに入れられた製品輸送に変って行く時代になれば、世界の定期航路には中型優秀貨物船が独占してしまう時代が来ないと誰がいえようか？ (1958.11.5)

### 新刊紹介 造船 第2集

日本造船工業会が発行する「造船」第2集は船舶輸出号として編集され、輸出産物としての造船について一般の認識を深める目的で、図解と説明は簡明でわかり易い。

### 船舶居住性能調査資報(2)

運輸省航海訓練所の調査研究時報特集号としてまとめられたもので、練習船を対象として船内騒音調査、換気装置の改善、居住室の防熱対策および航海時の居住環境等を詳細に調査した報告である。



# 船 舶 用 原 子 炉

運輸技術研究所長 中 田 金 市

## 1. 船舶の原子動力化の必然性

アメリカの潜水艦ノーチラス号の北極海横断は原子力船のすばらしさを如実に示してくれた。これは原子動力でなければ絶対になしとげ得なかった壮挙である。アメリカは人工衛星打上げ競争でソ連に敗北したがたきをこの壮挙で取ったつもりでいるらしいし、またソ連の心臓部近くに接近して攻撃を加え得る可能性を重視したかのような物騒な見解も新聞に現れたが、わたくしはこれは将来極東とヨーロッパをつなぐ最短距離の航路を開いたものとして重要視したいと思う。スカンジナビア航空会社が北極通過の航空路を開設して以来、この航空路がヨーロッパと日本をつなぐ最短距離の道として、利用者が多くなった。大量の貨物の輸送は原子力潜水船による北極海航路の利用ということになれば、海空ともに従来は人っ子一人もいなかった荒涼として寒風吹きすさぶ北極帯が交通の要衝としてクローズアップして来る。いままでは銀座通りであった熱帯地航路はローカル線になってしまうだろう。ノーチラス号の艦長アンダーソン中佐はさしづめ現代のキャプテン・クックということになる。一方原子力砕氷船隊は南極大陸の開発に乗り出し、原子発電という、備かな重量の燃料を運んで置けば、多数の人が活動するに必要なエネルギーを供給してくれる便利な装置を利用して、長い間堅固な氷の中に閉じ込められていた資源を取り出し得るようになるだろう。原子力船の開発がもう少しはやく行なわれており、日本も原子力砕氷船を作っていたら、南極観測に失敗しなかったろうと残念に思う。それはとにかく、原子力の利用はいま始まったばかりであり、将来どのように発展するかはわかりられないものがある。これは単に石炭や石油に代るエネルギー資源を与えてくれるだけでなく、近づき得なかったところへ近づき、なし得なかったことをなし遂げ得る可能性を多分に持っている。

船の動力は最初は人力で、ついで風力を利用することを知り、これが長い間使われたが、18世紀末に蒸気機関が作られると、あまり時を要せず蒸気を動力とする船が現れた。これは19世紀になって間もない頃であった。ここで始めて人類は自分の思うように海を渡ることができるようになったのである。蒸気機関はその熱効率の向上をめざして改良されて来たが、原動力としては一層発

達した形の回転原動力である蒸気タービンに席を譲らざるを得なかった。ディーゼル・エンジンの発明により、往復動機関であるという弱点は持ちながら、熱効率が非常に高いという長所は捨て難く、ディーゼル船が続々と現れて来たのがこの頃の船舶界の実情であった。

新しい動力に移ることに、船の速度の増大、運航の確実性、熱効率の増大等がその取極であった。そして熱効率 35% を誇るディーゼル・エンジンが炉用エンジンの一つの限界かと思われた時に、自由ピストン型のガスタービンが現れて来た。このエンジンはいまのところ大馬力のものではできないで 1,000 馬力のユニットをいくつも並べなければならない不便はあるが、熱効率は 40% を越すという優秀さである。このエンジンの船用としての将来性は未知数であるが、次の時代を担う船用エンジンになるかも知れないという期待から、発明国フランス以外の国でも製造権を買って研究を始めようというところも出て来ているが、それをおいかけのように原子力エンジンの開発が急速に進められてきたのでこれはどうなるだろうか。

軍用飛行機の優劣はその速力にかかっていたので、速力向上のためにあらゆる努力は払われたが、その責任の大部分はエンジンが負わされ、とうとう前面面積も小さく、馬力当りの重量は 0.45 kg という画期的なエンジンを作ったのは日本であったが、その頃イギリスでは次の時代を担うエンジンが成功しかかっていた。このターボ・ジェットが成功し、次々と強い推力のものができるに及んで飛行機の速力は遂に音速を越すという画期的偉業をなしとげたのであった。このジェット・エンジンはやがて商用機に移され、次の時代の国際空路にはジェット機以外の飛行機を見出すのは困難になるだろう。

汽車も蒸気機関から、電動機、ディーゼル・エンジンと動力が変って来、車体の軽量化と相俟って著しい速度の向上が達成されつつある。何故われわれはこんなに忙しく飛び廻らねばならないのだろうか。生活が向上するにつれて生産活動に使わねばならない時間がふえるので、不生産的な旅行に費される時間をできるだけ少なくしなければならないことになったのだ。また世界の文化の不均衡をできるだけ早く解消するために、人間という分子の拡散速度をあげる必要もある。

これら交通機関の趨勢に対し、船の方はどうかとい

うと、大型化へはどんどん進んで行くが、速度の方は足踏み状態である。これでは新時代の交通機関から脱落するのではないかと心配になる。このような情勢のところへ原子力機関が救世主のように現れたといえれば誇張に過ぎるだろうか。

この新しい動力機関はまだ生れたばかりであるが、無限の可能性を内蔵しているようで、われわれに楽しい夢を抱かせてくれる。イギリスは2年位前に150ノットの原子力潜水船を計画中だと報じてわれわれをびっくりさせた。いくら潜水船でも150ノットとなればその動力装置は大変な大きさ(いまの型式のものからあまり飛躍しないものとして)になるだろうから一足飛びにそこへは行けないとしても、これ位の大きな構想でその可能性の検討をすることは原子力時代には相応しいものかも知れないと反省した事だった。発電用タービンでは1基で35万kWのものは現に存在しているし、50万kWのものも計画中ということであるから、船用としてもこれ位の出力のものはできるであろうが、これをどうして推進力にかえるかが問題である。現在船の中で最大出力を誇るのはユナイテッド・ステーツ号で、総出力25万馬力、1軸6万馬力の4軸推進ということになっている。プロペラの効率を犠牲にすれば1軸の吸収馬力をもっと上げることができるが、船の推進方法に関して何か新しい工夫はないだろうかというのが原子力高速船の一つの問題点である。

高速における船の安定性、操縦性等も困難な問題であるが、ノーチラス号の北極海横断に使用したオートメーション装置がこの問題への曙光になり得るであろう。

次に化石燃料の涸渇がこの新動力への期待となる。石炭はまだ数百年の寿命を持っているが、石油の埋蔵量はそれより遙かに少なく、毎年の消費率の増加を加味して計算すると今後30年乃至40年位で無くなってしまふ勘定になる。それ以後のことはどうなるか分らないが、どうしても液体燃料が必要だとすれば石炭液化に頼るか、太陽光線と葉緑素を利用して炭酸ガスと水から炭水化物を合成し、それを水素添加して人造石油にする方法によらざるを得ないだろう。しかしこの方法は増加する人口を養うための食糧補給の方に使われそうである。

エネルギー資源としてはウラン、トリウムなどの核分裂に頼り、その後は20~30年後に実用期にはいると期待されている核融合反応を利用するようになるだろう。そうすればエネルギー資源はほとんど無尽蔵と考えてもよい。このようないろいろの理由から船舶の原子動力化は近い将来に必ず実現するであろう。

### 3. 船用原子炉と発電用原子炉

原子炉は原子燃料の発熱を利用して水蒸気を作るか、圧縮ガスを熱して高圧高温ガスを作りそれで蒸気タービンとかガスタービンを駆動して動力を得ようとするもので、原理的には船用も発電用も差はない。ただ重点をどこに置いて設計するかによって差ができてくるのである。発電用その他陸上に据付けて使用する原子炉では大きさや重さなどはあまり重点をおいて考えなくてもよい。しかし船ではこれが最も大切な問題となる。船では積荷を少しでも増して輸送原価を下げ、世界を相手の海運競争に勝たねばならない。船の強度の面から考えても集中荷重をできるだけ減らしたい。

原子燃料が原子炉内で核分裂してただ熱を出すだけでなく、人体に有害な放射線を出す核分裂物質を必ず作ることは周知の通りである。そのために原子炉は必ず遮蔽の壁を持たねばならないが、この重さがまたなかなか馬鹿にならない。サバンナ号では原子動力装置の総重量は約1,000トン程度なのに、遮蔽重量は2,200トンにも達している。この重量を減らすために、遮蔽の特殊な構造を考えたり、危急時用エンジンの燃料を使うことなどをえ、陸上のように無器用な厚いコンクリートの壁一点張りというようなやり方はしていない。

原子力船の乗組員は四六時中原子炉と同居しているのだから、遮蔽のみならず、放射性同位元素を含む液体やガス体が漏れることについても、陸上施設とは比較にならない厳しさでその防止法を考えねばならない。

陸上原子炉では、日本のような地震国では地震が一番心配で、設計にはそれに対する考慮が払われねばならないが、その加速度の大きさは概ね0.2g程度でよいらしい。船では動くのが当たり前なので、ひどい時には1~2gの力がかかることを覚悟しなければならない。これに対して破損は勿論、変形によって制御棒や安全棒などの操作が不円滑になっては困る。

燃料要素も船の激しい動揺で所定の位置から外れたり、船が傾覆したような場合めっちゃめっちゃにならないように固定しておかねばならないが、燃料交換の時には遠隔操作で簡単に交換ができるような支持方法でなければならぬ。

発電用原子炉として最も早く実用化され、経済性もよいと期待を持たれているのはイギリスのコールダーホール型ということになっているが、第2回原子力平和利用会議での発表によると、炉の運転に伴って生ずるプルトニウムの蓄積によって500MWD/ton以上使用すると、炉は正の温度係数を持つようになり、安全性が低下する

ことが問題になっている。船では陸上と違ってイザという場合炉から速く逃げ去ることができないので、安全な上にも安全な型式のものを選ばねばならぬ。この点から加圧水型や沸騰水型のように水を減速材に使った原子炉は負の温度係数を持っているので安全性が高いということが出来る。

船は衝突、座礁等の事故を考えないわけには行かないし、不幸にして沈没することも起り得る。従って原子炉の据付位置は、統計的にこれらの事故のため損傷し易い位置は避くべきであるし、どのような姿勢で沈没しても、炉内の有害な放射性物質が海中に絶対に流れ出ないような炉の構造というよりは装備方法になるのかも知れないが、そのような設計でなければならない。

船用炉として要求されるもう一つの特徴はその動特性である。出入港時の微妙な操船または大洋航行中でも衝突等の危険が起った場合の突差の急激な出力変動に対して炉の追従性が良好なことが要求される。この変動率は発電炉などよりは遙かに大きく、25%毎秒位を考えておかねばならないらしい。

このように船用原子炉は発電用原子炉とは違った規格で作られねばならない。

### 3. 船用原子炉には何が最も適しているか

原子炉はその燃料の種類で天然ウランと濃縮ウラン、中性子のエネルギー水準で高速中性子、中速中性子、熱中性子、減速材の種類でグラファイト、軽水、重水、ジルコニウム・ハイドライド、有機物、冷却材の種類でガス、軽水、重水、熔融金属、燃料の形態で固体、液体、燃料の減速材中に分布し方で均質、不均質等の区別があり、この組合せをかえて各種の原子炉が考えられる。それらのうち数十種類が現在試作され実験されつつある。その中で比較的安全で、取扱いが容易で、今や実験の段階から実用の段階に入りつつありと考えられるものに、所謂コールドターホール型といわれる天然ウラン石墨炉と、濃縮ウラン軽水減速冷却炉である加圧水型および沸騰水型がある。この中で船用としての実績を持っているのが加圧水型である。コールドターホール型は発電用としては一応成功しているようであるが、これをそのまま船用にするには形が大き過ぎ、また重さが重過ぎてとても船には乗せられない。日本としては遠い将来はいざ知らず、現在および近い将来濃縮ウラン燃料を自給自足し得ない立場にあるので、天然ウランを燃料とする船用炉を開発するのが望ましいが、この型式の炉はいまのところ船用にはなり難い。

一方、現在の船用燃料たる石油にしても国産の量は全

体の4~5%に過ぎず、大部分は輸入によっている。従って濃縮ウラン燃料だって輸入すればよいではないかという議論も成り立つが、濃縮ウランができるのはアメリカ、ソ連、イギリスと他の国の迷惑にはおまかいなしに原水爆実験をやっている傍若無人の国々だけにどこかの国の紐付にされることは迷惑な場合があるかも知れないことを恐れるわけである。第2回原子力平和利用会議でプルトニウムを燃料として材料試験炉で使用することに成功したということが報告されたが、これは大変耳よりなニュースである。プルトニウムの生産は普通の原子炉でできるし、その分離は比較的簡単だから、これを使った濃縮燃料を日本でも生産し得る望みができたというのである。発電はコールドターホール型の原子炉でやって燃料としては天然ウランを使用する。そこでできたプルトニウムを分離して濃縮燃料として船で使用するということができれば、燃料に対する悩みは大部分解消する。しかしプルトニウムは融点が低く、変態点が多く、毒性が強いといわれているので、どのような使い方をするのか、報告の詳細が待たれる次第である。プルトニウム濃縮燃料は将来の楽しみとして、いまずく原子力船を作るとすれば、その炉は加圧水型(PWR)か沸騰水型(BWR)かになるであろう。これらの炉の詳細については他に記述されると思うので、ここでは船用原子炉の趨勢を見るために簡単に触れることにする。

加圧水型の特徴は冷却水を炉内で全然蒸発させないために高い圧力がかけてあることと、この1次冷却水から熱をもらってタービンを廻すための水蒸気を作る装置である熱交換器を持っていることである。炉内を通る水の系統とタービンに入る水の系統とは熱交換器の壁で截然と区別されているので、タービン系統へ放射性物質が入り込まない利点がある。ところが熱交換器は漏り易いものらしく、フォートベルボアでAPPRという小型の加圧水型原子炉を見せてもらった時にも、タービン系統の放射線レベルが次第に上昇しているということであった。

この型の炉の欠点は、熱効率を高めるために高温にしようすれば圧力が高くなり、圧力容器の壁を厚くしなければならず、従って重くなる。また冷却水循環ポンプの漏洩防止も困難になる。熱交換器を持っていることも故障のもとになり易い。全体として重量が大となり、また熱効率も悪いといったような点である。ただこの型式の炉はノーチラス号以下3隻の潜水艦で実用されて信頼性が確認されているのが強味である。しかし、潜水艦用の原子炉は温度、圧力共に低く、安全性は高いが、経済性が低いので、このままのものは商船には不適當で、シッ

ピングボートの原子炉が今後船に搭載される加圧水型炉の原型と目されている。この炉は今までに約1,000時間運転され、その結果が今回のジュネーブ会議に報告されているから、それが入手できればよい参考となるであろう。

沸騰水型は炉内で蒸発することを許しているの、伝熱特性が優れており、また圧力をそれほど高めなくてもよいから圧力容器の壁をあまり厚くしなくてもよい。炉でできた蒸気は気水分離器にかけ、蒸気だけをタービンに送って動力を発生させる。このように炉でできた蒸気をタービンに送るので、放射性物質がタービンに送られて蓄積するおそれがあるので、タービン部分まである程度遮蔽することをドレスデン発電所でも計画していた。しかしアルゴンヌのE BWRの経験では、1年間運転した後でタービン、コンデンサーなどを分解検査したところ、炉を止めて3日の後にタービンの中の放射能の強さは2~3mRしかなく、タービンの状態は腐蝕も侵蝕もなく、普通のものよりかえってよい状態であったそうである。これは蒸気の中には放射性を持った金属酸化物等が含まれていないためであると見られている。このように一番危いと思われていた点はそれほど心配しなくてもよさそうだったということになった。

この型の炉には最初出力に振動現象があったが、研究の結果、圧力を高め、出力密度を低くすれば起らないことが明かにされた。

この炉は急に負荷をかけると、ボイドが増してかえって出力が下る欠点を持っているが、その対策として二重サイクルという方法が考案されている。

この型式の炉は陸上ではもう相当の時間試験されているが、船による実験はまだである。アメリカのT-5と名付けられたタンカーにはこの種の炉を積む計画である。この炉は炉内に自由水面があるので、船の動揺につれて水面が跳り、そのために炉の出力変動を起すようなことはないだろうかとAECで質問したところ、燃料要素から自由水面までを高くし、水の表面にバッフル板を置いて水面の動揺を殺せばよいといていた。

加圧水型でも近頃は圧力を少し下げ、炉内で少しばかり沸騰を許す方向に研究を進めており、沸騰水型では圧力を漸次高めて来つつあるので、両方の中間の適当な値のところは落付くのではなからうかと思われる。ただ前者は熱交換器を使用するし、後者は熱交換器を使用しないところだけが違うということになろう。

冷却材に水を使うと、熱効率を高めるために温度をあげると、圧力も上る。これは馬鹿らしいことなので、沸騰点の高い物質を使用すればよい。この考えで作られた

のが有機減速炉(OMR)である。この有機物は沸騰点相当高く、中性子を吸収しないで減速性が大きく、強い放射線の照射を受けても、分解することなく安定で、その上値段が安いものでなければならない。いろいろのものについて試験した結果ターフェニールがよいことが分り、これを使った炉が作られ運転実験がアイダホの実験場で行なわれている。原子炉の中にはターフェニールが満され、ポンプで、圧力容器と熱交換器の間を循環させられている。炉の中で熱をもらったターフェニールは、熱交換器で水に熱を与えて水蒸気を作り、この水蒸気でタービンを廻す。

この炉のよいところは、高温度にしても圧力が低いので、圧力容器はあまり厚板を使わなくてもよく、容器の両端面も半球状にする必要がなく、炉が小型にできる。有機物は炉内で放射性物質を作らない。炉は高い負の温度係数を持っている。そして、クセノンの毒作用が少ない。従って止めて直ぐにでも始動することができる。圧力が低いということはまた漏洩の問題を心配しなくてもよいことになる。不幸にして熱交換器が漏れても、ターフェニール水となら作用しないから安心である。

欠点はいろいろあるが、まずこのものが炉内で放射線を受けて分解重合して黒色粘稠なものになることである。次に炭化水素であるから熱の伝導率が悪い。またこの物質は常温では固体であるから、炉を止めた場合、管のあちこちで固化してしまつては仕末が悪くなるので加熱しなければならない。アイダホのNRTSでこの炉を見せてもらったとき、管という管に電熱線が巻きつけてあったのでこれは大変だと思った。この電気は原子炉が止まっているとき必要になるので、加熱用のディーゼル発電機が何かを余分に持っていなければならない。しかし炉の運転担当者は一度炉を働かせてターフェニールの分解生成物ができると固化しにくくなるとはいつていたが、分解してできた黒い粘稠なものは液の一部を絶えず蒸溜装置に廻すことによって液中から除去しなければならない。水冷却の炉でも水の一部は絶えず清浄器を通しておかななくてはならないからこの点はあまり変りがない。

この炉はあまり物々しくなく簡単に作られており、小型軽量で熱効率も高く取れるから、経済性を重視する船用の原子炉としては適していると思われる。しかし、いまずぐ採用するデータが不足しているので、AECでも将来性のあるものとしていまは研究させている段階のようである。

イギリスでもこの式の炉が船用に向いているとして開発研究を進めているといわれている。

冷却材として伝熱性のよいのは液状の金属である。ナ

トリウム、カリウムまたはその両者の合金 (Nak という) は融点が低く、中性子の吸収断面積も小さいのでいい冷却材として早くから目をつけられていた。アメリカの第2号原子力潜水艦シーウルフ号の原子炉はナトリウムを冷却材としたものであったが、熱交換器で水と接触すると爆発的に水と化合するので、考えはよいが実施がむずかしかった。しばらくの間出力を下げた航海していたが、とうとう加圧水型と入れ替えた。原理的にはいいと分かっていても、現在の工作精度がこれに伴わなければならない。

アメリカではこの外にもナトリウムの冷却材としての性質に惚れ込んで何とかして実用しようと、ナトリウムを通す管を二重にし、内管にナトリウムを通し、それを取り巻く外管内に水銀を通し、外管の外側に水を通し、水銀でナトリウムと水とが直接接触するのを妨げるようにした熱交換器を見せてくれたところもあったが、どうも名人芸的工作で生産向きの設計ではないなと思った。しかし原理的にいいものなら何とか努力しているうちに実用化することができるだろうというつもりらしく、あくまで見捨てないでやっているアメリカ人の開拓精神の旺盛なものには敬意を払った。

圧力をあげないで温度をあげるもう一つの方法はガスで冷却することである。濃縮ウラン燃料、グラファイト減速炭酸ガス冷却炉というのがこの一例である。燃料に5%程度の濃縮ウランを使うところがコールドーホール型と違う。炉内で熱せられたガスを熱交換器に入れて水蒸気を作る方式と、このガスを直ちにガスタービンに入れて推力を得ようとする方式とがあるが、わたくし自身はどうも後者の方がいいように思う。

使用するガスは放射性物質を作らないことと熱伝導がよいことからヘリウムがよいが、タービンの段数を多くしなければならないことと、高価なことが欠点である。われわれが使用する段になると入手難という壁にぶつかる。結局冷却材としては炭酸ガスを選ばざるを得ない。この式の炉でもいろいろな困難な点があるが、熱効率を高めるために、燃料を溶かさないうでその温度を高めると、グラファイトと炭酸ガスの反応の問題、グラファイトの組立てを船の動揺によって崩されないようにやること、ガスの漏洩とその補充の問題などがある。漏洩量は

コールドーホールでは最初のうちは毎日2トンもあったそうであるが、最近では1/3 トンに減っているそうである。この漏洩量を補充するには船では予め炭酸ガスボンベを持っていなければならないのは厄介である。ヘリウムはもっと逃げ易いので、このガスを使用する場合は漏洩対策が一番大切な問題になるだろう。

減速材としてグラファイトの代りにジルコニウム・ハイドライド (ZrH) を利用した炉も試験されつつある。

この型式の炉は加圧水型に比べて重量、容積ともに60%程度で済み、熱効率も高いので船用として開発に努力しなければならない炉であると思う。

アメリカの AEC ではこれらの炉のうちどれが船用

	炉の種類	作業流体 または 冷却材	蒸気条件	熱効率 (%)	全動力装置の重さ/軸 馬力 (lb/HP)
現 在 (1961年まで)	PWR	H <sub>2</sub> O	400° F 465psi	22	550
中 間 期 (1965年まで)	PWR BWR OMR	ターフェ ニール	600° F 505psi	26	250
より遠い将来	BWR OMR GCR (蒸気) GCR (ガスター ビン)	H <sub>2</sub> O  He または CO <sub>2</sub>	900° F 700psi  1,500° F 1,000psi	32	100

として最も将来性があると思うかというしわたくの質問に対して上記のような表を示してくれた。

即ち将来は (今後10年もすればと考へてもよいのだらう) 現在最も信頼性ありとされている PWR は姿を消し、現在やっと水平線上に姿を現わそうとしている BWR すらその存在が怪しくなり、専ら OMR と GCR とが登場して来ると見ているのである。この見解が正しいかどうかは保証の限りではないが、現在の研究の進行状態から見ればこうなるのかも知れない。

このほかにちょっと面白そうなものに均質炉と増殖炉がある。動力用の均質炉でアメリカで開発に努力しているのは球型の炉室の中に重水中にウラン化合物の粉末が懸濁しているものであり、その周囲にブランケットとしてやはり重水中にトリウム化合物のを懸濁したものを通している。ところがこの燃料粉末が系統中のよどみに沈着すること、管類が腐蝕磨耗するのに困っていたようだ。制御棒を使わないで出力のコントロールができるので船用として面白いのではないかと思うが、最近の精油装置のように複雑なので故障の発見がむずかしく、使用

には手こずるのではないかと思う。

増殖炉はウランをとことんまで活用できるので、この型の炉の実用化は発電にとっても船舶にとっても最も望ましいところである。ことに小型で大馬力が出せることと熱効率の高いことは船用として是非使用したいところである。しかし敏感で操縦に骨が折れるのでまだ実用化の見通しは持っていないようである。

かく見て来ると船用炉としてどの型のものが本命であるか判断するのに迷う。AECの予想は現在の研究段階で立てたものであるから、2、3年のうちには変るかも知れない。われわれはいま入手し得る PWR なり BWR なりで原子力船を作って原子力船なるものをよく勉強しておけば、将来均質炉一点張りになろうと増殖炉の世の中になろうと、使うのにそう骨が折れないだろうから決して無駄ではないと思うのである。

#### 4. 装備その他

ソ連の砕氷船レーニン号は最初原子炉を2基持ち、1基を非常用にするつもりのものであったが、1基追加して3基としたと報ぜられている。アメリカでも船用としては原子炉を2基持った方がよいという意見を何かで見たように記憶している。もしこの1基は予備として非常時に備えるつもりならば、あまりにも最初の資本費が高くなり過ぎて賛成できない。

一方、原子炉は今のところ故障絶無ということは望み得なり。例えばコールドーホール型の炉では、最初入れた1万本の燃料棒のうち7本が損傷したという。多分500 MWD/tonまでの運転の間においてであろう。ノーチラス号でもこんな損傷を経験したかどうか知りたいところであるが分らない。アメリカの軽水炉でも多く使用されている燃料棒のうち何本かが損傷することは「確率の問題」として避け得られないと覚悟しているようである。

このような場合、炉を止めてしまうか、強引に運転をつづけるかは損傷の程度と性質によるだろうが、燃料棒の鞘に穴があいた程度なら、放射線のレベルが危険の限界に達するまでは運転できると考えているようである。これは船で燃料棒の交換のような危険な作業はやらないで、入港した時にその方の専門家に取扱ってもらおうという考え方である。従って万一に備えてディーゼル・エンジンなり、ボイラなりを危急時用として持ち、低速度でもよいから帰港できる程度の燃料を持つのが普通である。前に危急時用の燃料を遮蔽に使用するというのはこの燃料のことであって、まずからっぽになることはないし、使用しなければならぬときは原子炉の方は止まっているので放射線はあまり出ないのである。

燃料交換時間は船の定期または中間検査に合わせて4年とか1年とかにするのが普通であり、交換できるように炉の上部には上部構造を作らない。

放射性廃棄物中ガス体はコンテナに閉じ込めておき、液体は適当な器中に貯えて、海中に投棄しないということである。

最後に少し感想を述べるならば、原子力の利用においてもわが国は従来通り海外の技術導入に頼ろうとしているのは残念であるが、核分裂炉に関する限りこの後進性は如何ともない難い。しかし核融合反応の研究に関してはわが国もあまり諸外国におくれをとっていないようであるから、ここで研究費の出し惜しみをしてまたまた後進国に堕してしまわないように注意したい。ソ連のエメリヤノフ博士が第2回ジュネーブ会議で「船舶に積めるような小型の核融合装置を設計することは原則的に可能である」と述べたところはこの問題の重要性を示唆するものである。核融合動力炉では日本独自の優れたものを出し得るようわれわれは協力一致して研究に努めるべきであると思う。

### 発売中 1958年版 船舶写真集

長らくお待せしました！

1958年版写真集は1956年版につづいて刊行するもので、新造国内船、輸出船など、約280隻の写真が掲載されており、新造船船の写真の整理と参考には便利です。

なお主要船舶会社および造船所の所在地、所有船腹、各船要目一覧表も一層充実いたしましたので御期待下さい。

B 5版 180頁 上製本 ケース入り  
定価 600円 (〒70円)

既刊 1956年版 船舶写真集

B 5版 写真特アート112頁 要目表等  
上製ケース入 500円 (〒60円)

既刊 1954年版 船舶写真集

B 5版 写真特アート104頁 要目表等  
上製ケース入 480円 (〒50円)

既刊 1952年版 船舶写真集

B 5版 写真特アート96頁 要目表等  
上製ケース入 300円 (〒50円)

船舶技術協会 (振替東京70438)



# 原子力タンカーの船体設計について

三菱日本重工業株式会社横浜造船所  
造船設計部長 浜田 鉦一

原子力船の設計上の焦点となるものは、(1) 原子炉の最適の位置、(2) 放射能の危険予防、(3) 原子炉附近の構造法、の三点であろう。この三点さえ解決すればその他の問題は在来の船体設計の問題であって、特に原子力船であるが故に問題になるという性質のものではない。

たとえば、原子力船は大型高速性であることが特色であろうが、大型あるいは高速船なるものの設計は原子力船とは無関係に、われわれに現在すでに設計可能なのである。

原子力船の設計にはこの三つの問題の解決を必要とする。このうちに含まれる因子としては、船の振動および動揺特性、原子炉各部の構造機構、並びに操縦、船体への取付構造、集中荷重の構造に対する影響、船体重心への影響、事故に際しての原子炉の保護、乗組員あるいは周辺に対しての放射能禍の防止法等がある。

これらの一つ一つは、すでにわれわれが得ている過去の知識によって解決し判断することのできるものもある。しかし、その大部分に原子力船の実際運航の暁に初めて充分の解決が与えられるのであろうと思う。現在においてはわれわれは、経験的帰納と判断とを基にして対処する以外にない。

原子力船の設計上の問題として上の三つの問題をあげた。その他の問題は一般的に大型船の問題かあるいは高速船としての問題などであって在来のものであるとした。しかし原子力船の設計上の問題としては、さらに一つの問題を加える方がよいであろう。すなわち原子力船として、その特殊性、優位性の発揮を充分にさせ、原子力船としての効果を一層大きくさせるべく、あるいは必然的に特殊な設計とすべき類の問題が起って来る。これを、(4) 性格的問題と呼ぼう。たとえば荷役設備の改善、居住性の引上げ、航海計器の再検討、操船の改良等の問題が含まれ、また経済性の問題もこの中に入れておきたい。

この四つの問題について、一つ一つを解決して行く必要がある。しかしかに充分な考察を払ったとしても、これだけでは結局においてわれわれは行きづまるのであって要するに、実際に原子力船を建造して運航することが最大の解決策となるのである。

以下原子力タンカーの船体設計について二、三述べて見たい。

## 1. 一般計画

### 1. 基本計画に関する事項

原子力船は現在のところ、多数の試算の結果は、すべて在来の推進機関を有する船に比し、いかなる種類の船においても経済的には不利であるとされている。しかし、これは主としていまだ研究段階にある原子炉の建造費および核燃料の経費見積が高価であることに起因するものであって、今後の技術の進歩によって充分にこれらの価格を低下させることは可能であり、近い将来において、経済的にも在来船と比肩し得るまでになると考えてよい。

従って現段階においてはいかなる大きさ、速力の船が原子力船として最も採算上有利であるかは軽々に判断できないが、ただいえることは、原子力船の特徴が在来船のごとく載貨重量のかなりの割合を占める燃料を必要としないという事柄から、高速従って大馬力、長距離運航しないという事柄から、高速従って大馬力、長距離運航の大型船ほど有利であるということがいえる。さらに港内作業時間が少なく、航海日数が長く、危険防止の意味から港外からでも海底パイプ等の方法によって荷役可能なタンカーのような船が原子力船としての特性を最も有利に利用し得ると考えられる。これに次ぐものとしては鉱石船、バラ積貨物船等があげられるが今のところは日本を含めて各国共 D. W. 40,000~80,000t, 20,000~40,000 SHP 程度的大型タンカーを主として研究の対象に採り上げている。

原子力タンカーは燃料として濃縮ウランまたは天然ウランを使用し、これらの重量は問題とするに足りないが、原子炉の遮蔽にかなりの重量を必要とし、このため全体のDWでは原子力船の方が在来船より少なくなる。しかし在来船はこのDWの内に通常10%内外の燃料油を運ばねばならず、結果においては有効載貨重量は原子力船の方が多くなる。たとえばDW 80,000t, 40,000 SHP のタンカーで 20,000 海里程度の航続距離を持つ船の場合、原子炉関係の重量約2,800t, その他機関部約1,800t, 計 4,600t に対し、在来船では機関部総計約 2,500t,

必要燃料約 10,000t, となり, 原子力船の有効載貨重量は差引約 8,000t の増加となる。

従って原子力船においては, この有効載貨重量の増加に見合うだけの貨物油タンク容積の増加を必要とする。通常の場合, この増加分は貨物油タンクを船の前方に延長することによって得られるが, 原子炉等の関係で原子力船の機関室は必ずしも短くならず, むしろ長くなる傾向すらあるが, このような場合にはどうしても普通の配置では軽質油搭載時に前トリムとなることは避けられない。これを避けるための一方法としては, 貨物油タンクの前方の一部をバラスト専用タンクとし, その容積の不足分を船の深さを増すことによって得る——いわゆる with freeboard——の船を設計することが考えられる。一般的にいってこのように貨物油を船の中央に集中することは強度上好ましくないと考えられるが, この程度の船の深さの増加は原子力船として考えられるような大型船では強度的にはむしろ良好な結果をもたらすものと思われる。

また在来船では燃料油は常に消費物質であり, その消費状態に応じて船のトリム, 復原性等も変化し, タンク配置にも起り得るあらゆる状態を仮定して決定しなければならぬ煩雑さもあったが, 原子力船では全航海を通じて吃水, トリムはほとんど変化せず, 航海途中のバラスト補填等の必要もないので操船上も有利である。しかしこの反面, 満載吃水線規程で定められる地域別の許容乾舷の差を十二分に利用することができない。すなわち航路によっては許容吃水が深いところから浅いところへ, たとえば熱帯乾舷を指定された地域から夏季乾舷を指定された地域に航行する場合があるが, 在来船ならば夏季乾舷地域に達するまでの燃料消費分だけ貨物油を余分に搭載することができるのに原子力船ではこれは不可能である。

次に復原, 動揺の見地から原子力船と在来船との主要寸法を比較して考えて見ると, 原子力船の場合原子炉の位置によっては船体の重心位置はかなり上昇し, そのため船の幅を拡げて復原性を良くする必要があるようにも思われるが, また一方, 原子炉にとって大きな加速度を持った動揺はその作動特性を不安定にするためにできるだけ避けねばならず, そのために復原性過大となるような主要寸法は選ばぬようにすべきである。従来のタンカーはこの意味では, むしろ過大な復原性を有しているので, この点では原子力船はむしろ幅を狭くして復原能力を減少させる方向に持って行くことが良い場合も考えられる。

また原子炉は通常衝突等の危険を考えて船体後部に配

置されることが多いので, 在来のタンカーと異ってかなりの重量が後部に集中することによる, 軽荷バラスト時のホギングが縦強度上問題となるが, その反面, 満載時のサギング状態における曲げモーメントが減少する利点もある。

さて前述のごとく原子力船にあっては大型高速であるほど有利なので, 当然80,000t, 100,000t 等のマンモスタンカーが考慮の対象になり, 推進機関としても40,000SHP, 80,000SHP またはそれ以上のものが考えられてよい。従って船型もそれぞれに応じたものが要求され, またかかる大馬力を効率よく推進に利用できるように, 1軸の許容出力限度, 特に螺旋推進器の能力限度等を含み一般の商船としてはいままで考えられなかった高速大型船であるだけに, 今後の研究にまつところも多い。

## 2. 機関部計画に関し考慮すべき点

次にタンカーに限らず原子力を動力とする船舶において, 非常用動力の計画をいかにするかということは船の計画上基本的な問題である。ここにいう非常用動力とは原子力船なるがゆえに新たに考慮される非常用動力であり, 普通のタービタンカーで一般に設備する比較的小型の非常用ディーゼル発電機ではない。

原子力船が洋上でなんらかの小事故に遭遇し, 原子炉を停止した場合, 風浪に対し自船を安全に保つに必要な程度の最小自航用動力と原子炉再起動に必要な電力とを本船に設備するか, あるいはこれらは全く他船の救助に依存するかは原子力タンカーの機関部計画, ひいては一般配置重量計画に大きく影響するので, 一般方針としていずれを選ぶかを決めてかかる必要がある。これを行なう実際の方策としては補助油焚ボイラを備え, 主タービンおよび主発電機に蒸気を供給するか, または大量のディーゼル発電機を備えなんらかの方法で主軸を駆動することなどが考えられる。

これら非常用動力に対する考え方としては, 原子力船調査会における試設計のあるものでは将来の問題として一応これらを除いて計画をまとめ上げたが, 実際に建造中のサヴァンナ号では, 初期の汽船が帆装をも保持したように大型のディーゼル発電機で非常推進用モーターおよび船内サービスに動力を供給し, 油焚ボイラで各種用途の蒸気を供給している。原子力船が安全に多数運航するためには諸装置の信頼度は充分高い必要があり, これら非常用動力は当面の過渡的問題であるかも知れない。

燃料交換の問題は原子力船を考える際に当然附随して起って来るもので, これに必要な適当な施設を有し, 十分安全策の施された港湾または造船所等で行なうことが

必要であり、交換には比較的長期の停船を余儀なくされるので定期検査を利用することが考えられる。

交換を行なう場所では新燃料を貯蔵準備し、使用済燃料を安全に処理できねばならず、交換作業に際しては放射性ガスの漏洩、人体の受ける放射線に対する方策が十分に考慮されねばならない。燃料交換の時期が一般船の場合とは異り1年～3年ごとであると考えられるので、多くの原子力船が燃料交換のため寄港するものでなければ陸上設備は経済的でなく、さらに上述の安全に関しても国家政策的にとりあげられるべき問題であり、実際にはこれら陸上設備の能力と見合っ船の設計を考慮する必要もある。

## 2. 一般配置

### 1. 原子炉室の配置について扱われるべき考慮

原子力船の一般配置において最も重要なことは、原子炉の位置の決定であると考えられる。特にタンカーの場合、その性質上推進機関は船尾に配置されるのが最適であり、原子力船といえどもこの点について変りはないと思われるから、原子炉もそれに伴い必然的に船尾に配置されることになる。しかし原子炉の場合はその特殊性より従来のタービン船における汽缶のごとく容易にその配置を決定できず、次に述べる各項について充分検討した上で配置されなければならない。

#### (1) 機関室を短かくすること。

船のトリム上、縦強力上、また荷油容積を増大する点等の理由より、機関室を短かくすることは原子力船でなくとも必要であるが、特に原子炉の場合はその影響は汽缶等によるものより大きいから、この点に充分注意せねばならない。

#### (2) 衝突、振動等による危険を防止しやすいこと。

原子力船の衝突による災害または振動等による原子炉の損傷に伴う災害が、普通船の災害に比して極めて重大であることは明瞭である。それゆえ、この点に対する注意も充分扱われねばならない。タンカーにおいて原子炉が船尾に配置されるということは、衝突の点から考えるとまず好ましい位置と思われる。

#### (3) 居住区との関係位置およびこれに伴う遮蔽計画。

原子力船の居住区と原子炉の関係位置は普通船の場合のごとく単純ではなく、且つその原子炉周囲の遮蔽という点に関しては全く原子力船独特のものである。すなわち乗組員に対する放射線の許容線量は各種論議のあるところではあるが、わが国の原子力船調査会の報告によれば、その場所別に基準が示されている。たとえば居室になる部分は30mrem/weekであり、開放せる部分は300

mrem/weekである。従って原子炉室がどの部分に直接隣接しているかにより、その遮蔽計画は大いに異って来て、遮蔽の重量に大きく影響するから、原子炉室の配置に関してはこの点も充分考慮を払う必要がある。

#### (4) 船の重量配分に考慮を払うこと。

原子炉およびその遮蔽の重量は極めて大きい。原子炉の位置によって決定される船全体の重量配分が強度上その他に及ぼす影響について充分注意せねばならない。

#### (5) 燃料交換に容易であるよう考慮を払うこと。

原子力船においては燃料交換はその回数こそ少ないが、非常に慎重を要する作業であるから、燃料交換の作業が容易に行なえる配置をあらかじめ考えて置かねばならない。

### 2. 原子炉室の実際の配置位置

前項で述べた考慮を念頭に置き、且つタンカーとしての性質から原子炉室は船尾に置かれるという前提から出発して、具体的に原子炉室をどこに配置するか考えてみると

(A) 機関室内に配置する。

(B) 貨物油タンク区画の後端に配置する。

という二案に大別されると思う。

さてこの二案について比較検討を加えてみよう。

まず(A)案について考えると、

(1)若干ではあるがB案に比し原子炉室、機関室の大きさを減じ得る。

(2)衝突振動等に対する安全性はその位置がB案より船尾に近くなるので不利だと思われるが、簡単にいい切るのは早い。さらに研究の要がある。

(3)居住区との関係位置は、もし従来船のごとく船尾にも乗員居住区を配置するならば、その放射能遮蔽計画等に充分の考慮が払われねばならない。また一般にB案に比して貨物油とか海水を遮蔽として利用することはできない。

(4)重量配分に関しては、B案より大きい重量が船尾部近く配置されるので、B案より良好とはいえない。

(5)燃料交換に関しては、(3)と同様、もし船尾にも居住区があるならばそのために充分なスペースをとることは一般に不利になると思われる。しかし、これは設計の巧拙によること勿論である。

(6)主機関との間の諸管、電線等の導設はB案に比し絶対有利である。

(7)主ポンプ室と貨物油タンクとの相対位置がすっきりして、貨物油の諸管の配管が有利である。

以上のごとき結果となるが、この方法は船尾部に乗員居住区を配置しないときはその欠点は大幅減少し、特に

二軸船になった場合には原子炉室を機関室最後尾のプロペラシャフトの上部に配置することにより、機関室の大きさを非常に小さくできる特徴を持っているのである。

次にB案について考えてみると

(1)機関室、原子炉室の大きさはA案に比し若干増加する。

(2)衝突、振動等の安全性は、観念的にA案より利があるように思われている。

(3)居住区との関係位置は、船尾に居住区があってもやり得る。また原子炉室周囲にタンクを設け、このタンクを利用して貨物油、または海水を充滿して遮蔽として利用し得る特徴がある。但しこの場合貨物油を遮蔽として使用することの可否に関してはいろいろの意見があり、今後の研究にまつ問題である。

(4)重量配分に関しては若干有利と思われる。

(5)燃料交換に関して直接上甲板暴露部よりなされるので十分なスペースをとることができる。

(6)機関室との間の諸配管、配線その他一切の連絡は極めて不便となる。

(7)主ポンプ室と原子炉室および貨物油タンクとの間の配置を充分考慮せぬと貨物油の配管は非常に複雑困難になる。

(8)原子炉室はその安全性から二重底構造とせねばならぬことはもちろんであるが、そのためおよびサイドタンクの設置等により貨物油タンク、原子炉室、機関室間の構造がA案に比して複雑になる。

以上のごとくA案、B案それぞれ一長一短があるが、その最終決定は船の大きさおよび肥瘠度、使用される原子炉と主機関の型式と大きさ等も考慮に入れるならばおのずと定まるものと考えられる。その他変わったものとして、発電機等の補機類を貨物油タンク区画の前端すなわち船首部に配置する考えもある。

最後に居住区の配置について一言触れて置くが、これはできるならば日常の危険防止上からも、燃料交換時の安全性からも、船体中央部の船橋にすべてを配置し、船尾部には必要な作業室とか放射能検査室等を配置するに止めるのがよいと考えられる。

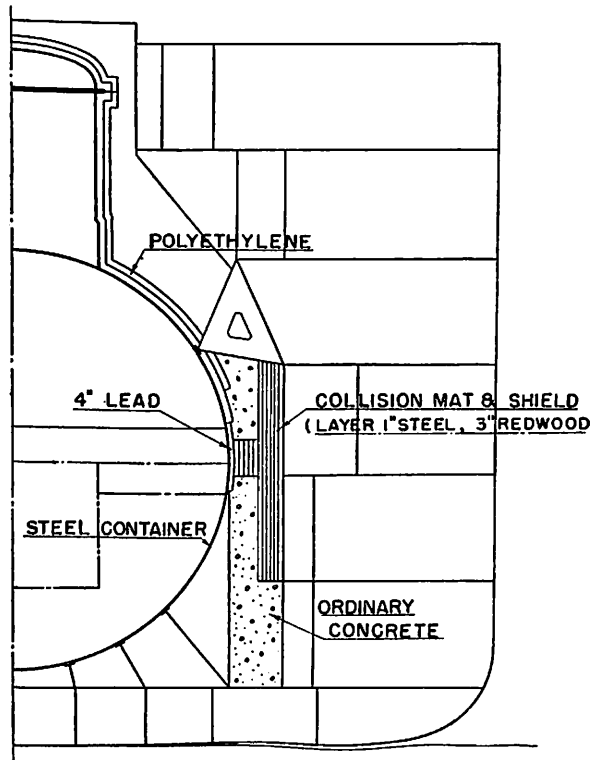
### 3. 構造

#### 7. 原子炉附近の構造

原子炉附近の構造としては、原子炉が重量物であることと、この附近の放射能の遮蔽を考慮すべきこと、およびこの附近において他船またはその他の物と衝突した場合に原子炉またはコンテナに損傷を起さぬよう、その舷側に充分防衛となるような構造を必要とすること、また

この部分の振動から原子炉コンテナを破り得る構造であること等が考慮されねばならない。

ちなみに現在までの文献では前述のB案の設計で通常のサイドタンクの構造をそのまま使用したもの、および第1図のごとき構造のものが見られるが、衝突の問題は前述のごとく危険防止上極めて重要な問題で、衝突の確率との関連において、原子炉舷側にはある範囲にわたり外板を特に増厚するとか、特殊の構造を必要とすることになることもあり得る。今後この問題に対する実験研究が望まれる。



第1図 原子炉附近構造の一例

#### 2. 動揺、振動対策

船用原子炉は船体の動揺および振動に対して充分信頼性のあるものであることは言をまたぬが、これは船用原子炉の問題として考えるばかりでなく、船体として動揺、振動による加速度がどの程度起るか、また振動はこの原子炉の位置をどこへもって行けば小さくなるか等の対策を考えて設計せねばならない。特に振動に対しては船体高次固有振動による長期振動とともに、スラミングおよび後進時の短時間の大きな振動に対して、その大きさの予想とこれを減少せしめる対策を考えることが必要で、原子炉の振動に対する許容安全限界値と、船体に起り得る振動の大きさの関連において、たとえプロペラの

起振力を減ずるためにプロペラの船体との間隙および翼数を原子力船では特に大きくすることが必要となつて来ることもあり得るので、設計上充分考慮すべき問題である。

#### 4. 設 備

前述のごとく危険防止という問題は、原子力船の設計に当り特に重要であるが、これが重要視されるゆえんがその放射線障害にあることはいうまでもない。まず人体、船内の飲料水、食品、搭載物、海水汚染に対する許容量をいかにすべきかという問題があり、これはあるいは原水爆実験に際し、あるいは発電用原子炉等においてすでに種々論議されているわけであるが、原子力船ではさらに船という特殊環境であることを考慮して決定されねばならない。

次に放射線管理であるが、管理すべき放射線としては一応γ線と中性子が考えられており、管理区域を定め、放射線被管理人を区分し管理する。探査計の選定、配置、それらの管理方法の検討は、個々の船について船体の詳細設計の段階に併行して行なう必要がある。

なお運航上の人員構成が従来の船舶と異つて来るのももちろんであろうし、特殊勤務者の資格およびその勤務、就業時間、健康診断等の問題が検討されねばならないが、これは医師との協力が不可欠であり、諸法規にこの規程が織込まれることが必要になって来よう。

次に設備関係では、管系統を介して汚染水が船内に分散しないよう、汚染の怖れある個所の排水系統を他の区域のそれと分離する必要がある。また海上で廃棄した汚染物を再吸引しないよう、排水口の位置を適当に選び、かつ汚染物の排出中は雑用水の吸引を停止するような機構を備える必要がある。

他区域の火災に対して原子炉はどの程度に覆られるべきであろうか。充分保護する必要があるればその構造に対して検討が必要であり、また他区域の消防設備にも検討を要するであろう。現在、火災時を考慮して機関室からの逃口があるが、原子力船では炉の事故を考慮して考え直す必要があると思われる。機関室汚染の怖れある区域、居住区の各通風については、その系統、大気中への排出口の位置、換気量の規準等を検討する必要がある。放射線危険防止のためには、検知器および警報器が必要であるが、これは放射線の漏れを速かに発見し、その量を測定し、警告し、かつ記録できるものであることが必要である。こうした計器は既に陸上用として開発されているので、これを船用に改造する必要がある。放射線検知器および警報器には定置式と移動式とがあるが、これをい

かに使い分けるか、またその取締りの問題も当然起つて来る。救命設備も従来のものを再検討する必要があるのではなからうか。すなわち、下降位置が限定されている現在の救命艇を止め、ゴムボート等の使用など問題にならう。放射線障害に対する医療設備としては、どの程度まで船内に設けるべきか、また従来の船舶より一層安全性を重視するという見地に立って、航海計器の検討、船内通信設備の完備等が問題として提起されよう。

原子力タンカーが高速、大容量により従来船に対する優位を確保する一助として、港の停泊期間の一層の短縮による運航採算の向上も考える必要がある。

強力な荷油ポンプ、パイプライン系統、ポンプ室等の合理的な配置が荷役方式とともに再検討されねばならない。もちろん一方陸上施設においてもかかる経済事情に依じて、受給装置の一層の充実、すなわちパイプラインの数量的増強、中継ポンプの強化等が手待ちを減らすためにも是非必要である。

船舶の安全運航を目的とする諸法律規則は、原子力船の就航に対して当然新しい規定を示すことになる。

原子力船運航に関して法的に規制されるべき諸問題は、放射能廃棄物の処理（陸上および海中）の安全基準、港湾への出入停泊の管理、原子炉安全運転の設備と乗組員の放射線災害防止、危急時の安全対策、取扱技術者の資格検定などであろう。原子炉運転およびその燃料の取扱に常時の放射線障害の防止、座礁、衝突、火災、沈没等危急時の放射線災害を直接あるいは未然に防止するための規制が必要である。

海難事故の回避が一層強く要求され、例えば衝突予防法、設備規程の充実、炉室内外の構造規程、またもし原子力船の沈没自体の絶対に防止されるべきとされるならば、客船と同様の区画規程等の適用も考えられる。これらの法規は実際の原子力船設計においては船の計画上大きな影響を及ぼす問題である。

船の国際性を考えれば、これらの法規類はもちろん国際規定であるべきであろう。

原子力タンカーの船体設計について具体的に、その特徴的な面を記述することは現段階では非常に困難である。

われわれは一日も早く原子力船を実際に運航してその経験を得ることが先決であると信ずる。

× × ×

# 原子力潜水船について

新三菱重工業株式会社神戸造船所  
造船設計部長 重 満 通 弥

## 1. ま え が き

近い将来当然起るであろう石油、石炭等の資源の涸渇は、好むと好まざるとにかかわらず原子力資源の活用への道をとらせるものと思われる。この原子力の開発にあたり、発電への利用と船舶への利用の二つが考えられるが、わが国では発電用石炭の消費量と船舶用燃料油の消費量とは熱量換算にして略々等しく、さらに船舶用燃料油の殆んどが輸入に依存しているのであるから、これを原子力に置き換えることは発電よりむしろ船舶における方が急務だともいえる。また原子力発電においては従来の Boiler を Reactor に置き換える、即ち石炭を原子力に換えるという消極的な意味しか持たないが、船用機関に原子力機関を用いた場合は、単に燃料が違うということだけではなく、それによって船舶の載荷能力の増大、高速化による収益の増加、燃料補給期間の延長による稼働率の上昇等、船そのものの性能を優秀化するという積極的な利点をもっている。

次に原子力機関にはもう一つの特長がある。これは燃焼に空気を必要としないことであって、この特長は発電或いは水上船舶においてはなんらの利点となるものではないが、潜水船を考える時、これはなにものにも換え難い利点となる。

一方、水上船と潜水船を比較する時、

- (1) 高速化を考えると、潜水船には水上船における如き造波抵抗の激増ということがないので、高速化の限界ははるかに潜水船の方が高く、且つある速力以上では潜水船の方が馬力が小さくて済む。特に荒天時の水上船における速力低下をも考えるならば、潜水船はさらに有利なものとなる。
- (2) 船型の大型化において水上船では縦強度上の問題から載貨重量に対する船殻鋼材重量の比が、ある載貨重量以上ではむしろ増大して、大型化による経済性の向上を望み得なくなるが、潜水船ではこれをタンカーとして用いるならば、後述する理由によって、この載貨重量比増大の問題は生じない。

等の利点がある。

原子力潜水船はさきに述べた原子力機関採用による船舶性能向上の一般的利点の上に、さらに水上船では生か

されない“燃焼に空気が不要である”という原子力機関の特長をいかし、潜航による船体面での利点をも利用してより一層の性能向上を図らんとするものである。

## 2. 原子力潜水船の船種

原子力潜水船として適当な船種を選定するに当たり、まず潜水船の具備すべき条件として次の諸項が考えられる。

### 1. 航海法

潜航による性能向上を目的とするのであるから、常時潜航を建前とし、荷役時のみ浮上する。水上航走も可能とするが、水中における最良船型は水上では著しく性能が低下するから、水上航走は原則として低速力時のみ行なう。

### 2. 載貨状態

常時潜航のためには

- (1) 重量と浮量の釣合が根本条件である。
- (2) (1)のために載貨状態の変化の少ないものが望ましい。
- (3) 載貨状態の変化に対する重量調整が簡単にでき、そのために特に Space および重量の増大、装置の複雑化を伴わないことが望ましい。

### 3. 荷役装置

耐圧強度上、水密保持上大きな Hatch を設けることは好ましくない。まず水中抵抗を少なくする主旨から、船体表面に突出した荷役装置を必要とせず、そのために特に複雑な装置も不要であることが望ましい。

### 4. 乗員

長時間潜航を行なうために乗員の居住性、環境衛生は重要な問題であり、また潜水船のために水上船にない各種の安全装置、救難装置が必要であり、これらの設備の関係から乗員数の少ないことが好条件である。

以上の条件に基づき、各種船舶の潜水船としての適性を考えると、

- (1) 一般貨物船は2. (載貨状態)、3. (荷役装置) により適当でない。
- (2) 客船は重量に比較して Space を多く要し、2.(1)項により不適当である。また4. (乗員) の点からも好ましくない。



(3) Oil tanker については、特に Crude oil tanker であれば、Crude oil は海水置換ができるから潜水タンカーの油槽の大部分は非耐圧構造とすることができ、従って耐圧部は一部の油タンク、Reactor space, Machinery space, 居住区等を含むものであればよく、船体の寸法に対して比較的小さくて済み、また載貨状態の変化に対する重量および重心の調整も容易である。荷役装置についても難点はなく、また乗員数も多くを要しない。

以上の点より原子力潜水船としては Oil tanker が最適と考えられる。

### 3. 水上タンカーと潜水タンカー

従来の油焚機関による水上タンカーと原子力水上タンカーとの比較については、既に多くの論文、報告書等が出されているので、ここでは触れぬこととし、原子力機関による水上タンカーと潜水タンカーとの比較を行ってみる。

#### 1. 速 力

高出力原子力機関による速力増大の効果は、水上船より潜水船において、より大なるものがある。

水上船の平水中における船体抵抗は、大別して摩擦抵抗と造波抵抗に分けられ、これらは一般に次の式で示される。即ち、

$$R_f = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_f$$

$$R_w = \frac{1}{2} \rho V^2 \rho^{3/2} C_w$$

$R_f$ ,  $R_w$  は摩擦および造波抵抗,  $V$  は船速,  $\rho$  は流体密度,  $S$ ,  $\rho$  は船体の表面積および排水容積,  $C_f$  はレイノルズ数  $VL/\nu$  の函数,  $C_w$  はフルード数  $V/\sqrt{Lg}$  の函数である。

この  $C_w$  はフルード数の増大、即ち船長  $L$  を一定にした場合、速力の増大に伴い急激に増大する。一方  $C_f$  はレイノルズ数の増大に伴い緩やかに減少する。水上船の抵抗は低速時には大部分が摩擦抵抗であるから、全抵抗の増加は速力の増加の 2 乗以下に比例するが、高速になると造波抵抗の占める割合が大となり、全抵抗は速力の 2 乗以上に比例して急激に増大する。

これに対し潜水船はある深度以上に潜入すれば、造波抵抗を受けることなく摩擦抵抗のみとなる。浸水表面積は当然水上船より大きいので、低速時の抵抗は大であるが、高速になっても造波抵抗がないため、全抵抗は低速時同様速力の 2 乗以下に比例するのみである。従って高速化による馬力増大の点において潜水船は水上船よりはるかに有利である。

以上は平水中での比較であるが、水上船では実際の航

海状態では必ず風浪の影響を受け、これによりかなりの抵抗増加があるので、一般に余裕として 15~20% の出力低下を見込んで航海速力を決めている。潜水船ではこのような考慮は不要であるから、両者の速力差はさらに大なるものとなる。

#### 2. 船殻鋼材重量

水上タンカーでは、船体の強度を支配する縦強度材が船殻鋼材重量の大部分を占めるが、潜水タンカーでは船体の大きさに比して耐圧殻は比較的小さく、大部分が非耐圧構造の油槽であるから、船殻鋼材重量は潜水船の方が少なくて済む。

この傾向は Deadweight が増加して船型が大型化するほど顕著となる。即ち水上タンカーでは油搭載量の増大は、油槽を構成する縦強度材の寸法、所要量の増大、つまり船殻鋼材重量の増大をもたらし、特に DW 60,000t 以上の超大型になると、縦強度材の寸法は船体寸法比の増大率以上に増すので、Deadweight の増大率以上に船殻鋼材が増加して大型化による利点が減少する。

これに対し潜水タンカーでは油の搭載量が増大した場合、耐圧殻のうち、油槽部容積はその割合で増すが、油槽部の直径を増しても圧殻深度および圧殻時の応力を一定に抑えておけば、板厚は直径に比例するのみであるから、耐圧殻油槽部の鋼材重量は油の搭載量増大率以上に増加することはない。また非耐圧油槽の材料寸法は船体が大きくなっても余り変らないから、その重量増加率は油の搭載量増大率より少ない。以上により潜水タンカーは大型化した場合、船殻鋼材重量の増大率は Deadweight の増大率よりも少なくなり、船体の大型化による利点は水上船に比較して大である。

#### 3. 原子炉の配置および遮蔽

原子炉の配置および放射能遮蔽装置についても潜水船の方が有利である。例えば加圧水型原子炉を採用する場合、原子炉を収容する圧力容器として耐圧殻を利用することができ、また二次遮蔽はその周囲の外殻内に設ければよく、さらに外殻内には当時海水または油が充満しているので、これらが二次遮蔽の効果をあげるため、遮蔽装置の重量を軽減することができる。

#### 4. 潜水タンカーの設計概要

以上のべて来たことから大型の潜水タンカーが原子力機関の利用で最も効果の大きなものであるといえる。ここではその具体的な設計例として DW 30,000kt の潜水タンカーの設計について述べる。

#### 1. 全 般

原子力潜水タンカーの設計概要は第 1 図一般配置図お

PRINCIPAL PARTICULARS:

LENGTH OVER ALL 180 呎  
 BREADTH MAX. 24.0 呎  
 DEPTH AMIDSHIPS 24.0 呎  
 CARGO OIL CAPACITY 30,000 加侖  
 CRUISING SPEED - SUBMERGED 22 节

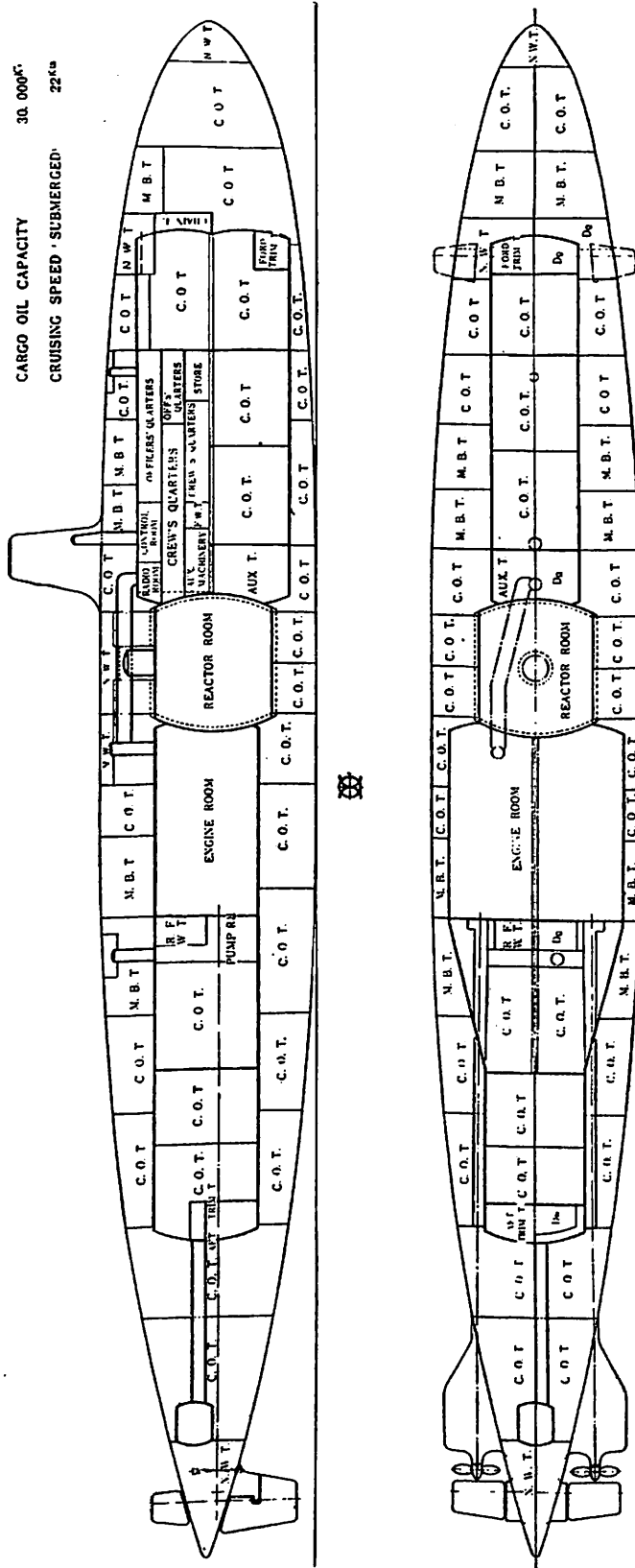


圖 一

第 1 圖 原子力潜水艦一般配置圖

よび第1表主要要目表に示す通りである。

第1表 主要要目表

全 長	180.0m
最 大 幅	24.0m
深 さ	24.0m
耐 圧 殻 直 径	
前 部	10.0m
原 子 炉 室	13.0m
後 部	11.5m
安全潜航深度	100m
排 水 量	48,200kt
吃 水	17.0m
貨物油搭載量	30,000kt
水中航海速力	22kn
同上 軸馬力	2×20,000SP
乗 員	50名

本船は約 30,000kt の貨物油を搭載し、水中航海速力 22節を有するものである。搭載油は Crude oil を対象とするが、一部 Clean oil 搭載も可能である。本船の船型は配置図に示すように水中高速に適した流線型回転体に近い形状とし、船体は中央の耐圧殻とこれを囲む非耐圧水密部、および非水密部より構成されている。

本船の安全潜航深度は 100m であり、耐圧殻はこれに充分耐え得る円筒殻構造とし、その内部を耐圧隔壁により仕切り、前部各区分に居住区、操縦室、補機室、貨物油槽等を有し、中央部はコンテナを兼ねた原子炉室とし、後部各区分には機関室、ポンプ室および貨物油槽を配置してある。

耐圧部を囲む外殻は軽構造の非耐圧部とし、非耐圧の水密または油密の縦横隔壁によって仕切られた30の油槽および10のメインバラストタンクを配置し、また船体前後端および頂部必要箇所は非水密部としてある。

また本船の装備はオイルタンカーとしての荷油管関係諸装置、潜水船としてのメインバラストタンクおよび補助タンクの注排水装置、潜横舵装置、安全装置、救難装置および原子力船としての放射能対策、その他必要な諸装置を含むものである。

機関部は前方より円形断面の原子炉室（第3図原子炉室配置図参照）、眼鏡形断面で中央隔壁で左右舷二区分に分けられた機関室（第4図機関室配置図参照）および荷油ポンプ室の4区画で構成されている。

主推進機関は2筒2段減速装置付蒸気タ

ービン22,000SP2基とし、原子炉は熱出力180MWの加圧水型1基を採用し、蒸気発生器は蒸発量115t/h2基とした。荷油ポンプは蒸気タービン駆動遠心式100m<sup>3</sup>/h3台および350m<sup>3</sup>/h2台を装備する。

2. 船 型

本船の船型は水中抵抗の少ない流線型回転体に近いものとし、水中運動性向上のため、船体は太くて短いものとしてそのL/Dを7.5とした。

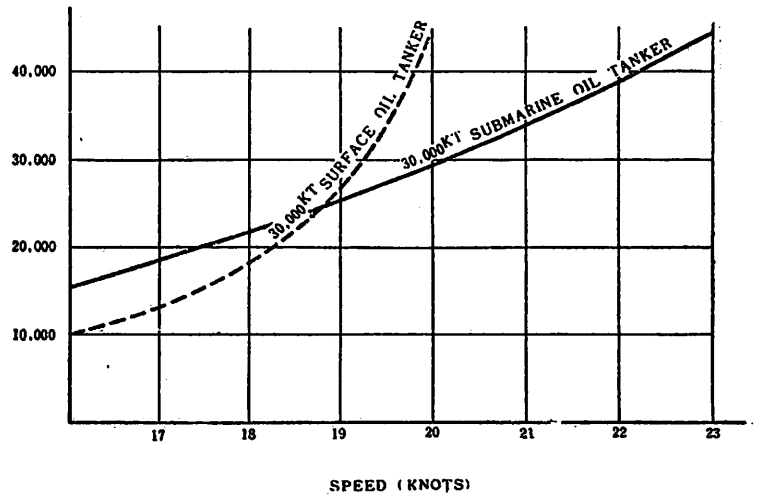
このようにすることにより次の利点がある。

- (1) L/D が小さくなると単位面積当りの摩擦抵抗は増加するが、一定の排水量に対しては船体表面積の減少の方が影響が大きく、結局抵抗は少なくなる。
- (2) 前後軸方向の慣性モーメントが小で、且つ船の長さが短いため、旋回および深度変換等運動性能上有利である。
- (3) 船体表面積の減少により、外殻の面積が減少するために船殻重量が少なくてすむ。

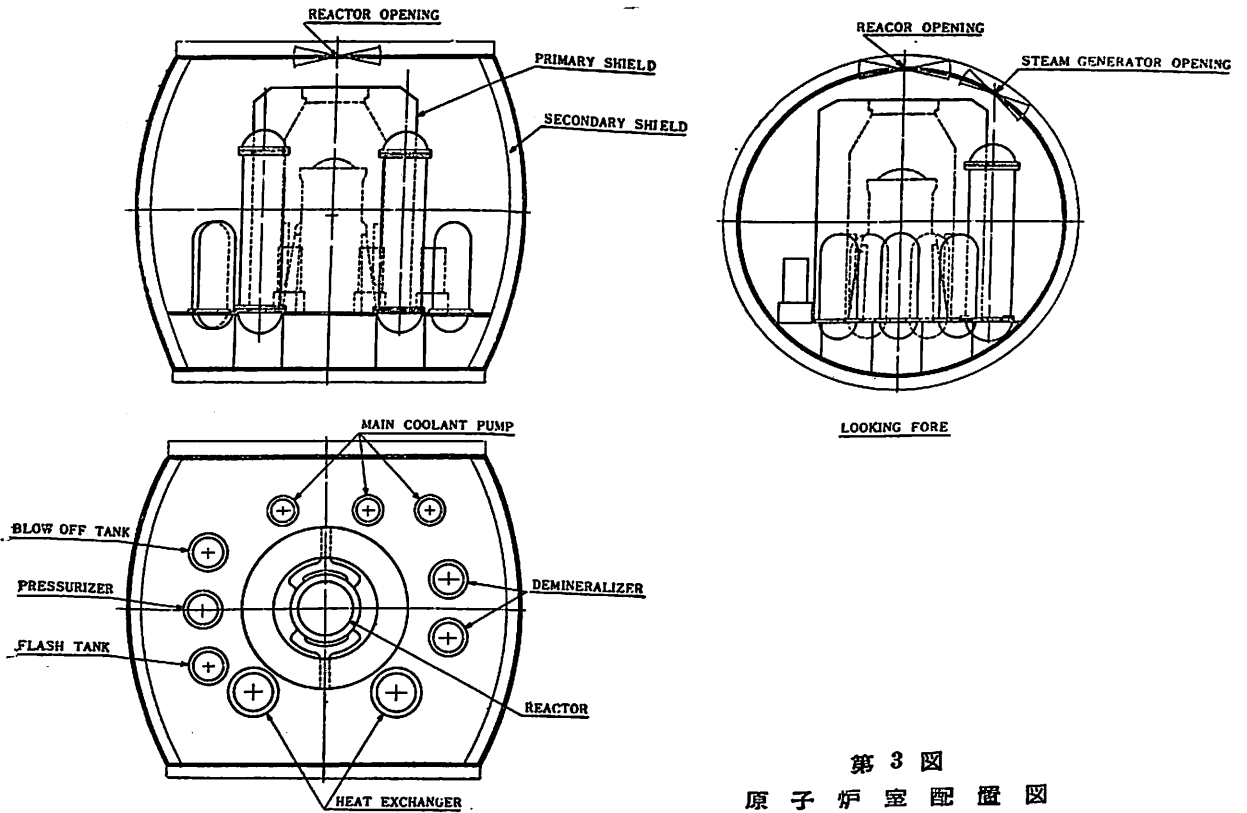
また潜横舵、安定鰭および頂部のセール等は抵抗を極力少なくするよう流線型とし、また推進軸は安定鰭の中に納め、Shaft および Shaft bracket の抵抗を減少するよう考慮した。

3. 速 力

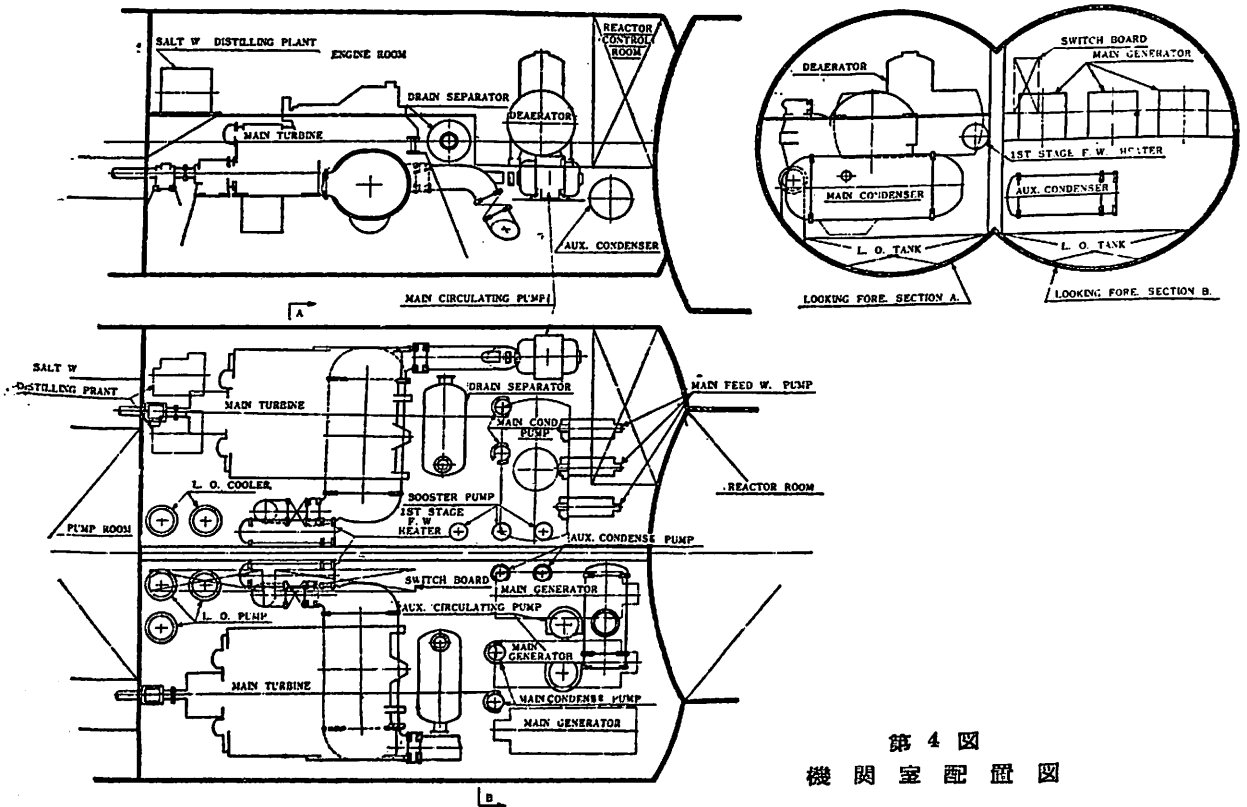
潜水タンカーの利点として第一に挙げられるのは、既に述べた如く速力の問題である。本計画の潜水タンカーは40,000SPで水中速力22節を出すことができる。これとDW30,000tの水上タンカーの馬力曲線（平水中）と比較すると第2図（速力—馬力曲線）の如くなり、両者は約19節で交差し、これ以上の速力では潜水タンカーの方が有利である。本図の水上タンカーの船型は在来型のもので、これをもっと瘠型の船型にすれば、両者の馬力



第2図 速力—馬力曲線



第 3 図  
原子炉室配置図



第 4 図  
機関室配置図

曲線が交差する速力は高くなるわけであるが、かかる船型では船長の増大をもたらす、船殻重量は増加して、同一排水量では戦貨重量を確保することが困難となるであろう。

#### 4. 安定性および運動性

潜水タンカーはその使用目的から、潜水艦の如き敏活な運動性は必要としないが、その船長が大きいために定常潜航中に外力を受けた場合、船体傾斜に基づく耐圧殻端部の深度増大が問題となるから十分な安定性を必要とする。安定性を支配する一つの要素である水中BG（重心と浮心の上下距離）を船体の大きさに比例して大きく持たせることは難しい問題であるが、一方、船体が大きいために慣性が大きく、また水中高速潜水艦にくらべれば相対速力が遙かに低いから、十分な安定性を持たせることは可能である。

本計画においては、風洞試験や大型自走模型試験による調査の結果に基づいて安定性および潜航性を計画し、適当な安定性、運動性を有するよう考慮した。

#### 5. 船体強度および構造

船体強度上最も重要なものは耐圧強度である。水上船では縦強度が一番問題となるが、潜水タンカーでは第二義的なものとなり、ただ外殻板が中性軸より最も遠く配置される関係でその挫屈強度を考慮する必要があり、また本船では耐圧殻の形状が船の長さにわたって一様でなく、各部の接合部が不連続となるので、その部分には特に補強を行ない縦強度の充分な連続性を図ることとした。

横強度は水上タンカーでは静的な側圧および動的な衝撃を受けるのに比し、常時潜航を建前とする潜水タンカーではその荷重条件は相当緩和される。しかし一方では入渠時に受ける重量支持のため特に原子炉室、機関室の下部は充分な補強を施すものとした。

耐圧殻はどの部分もその安全潜航深度(100m)以内では、内殻の周応力がその材料の弾性限以内に止まるよう内殻板寸法を選定し、さらに最近当社において実施した幾多の耐圧実験結果を取入れて、耐圧殻のFrame spaceを大幅に縮少し、円殻の圧壊様式をShell yieldingに選ぶことによって船殻重量の大した増加を招くことなく圧壊深度を大にすることができ、圧壊深度と安全潜航深度の比は従来の潜水艦に比較して相当高い値を有するものとなっている。

外殻構造は潜水艦と異なり、本船では前述の如く中性軸より最も遠く配置された外殻板が縦強度を受持つ部材となるので、挫屈強度を考慮し縦肋骨方式を用いた。しかし水上タンカーに比し曲げモーメントが遙かに小さいの

で縦強度材はLight scantlingとなっている。

#### 6. 船殻鋼材重量

船殻鋼材重量は水上タンカーより潜水船の方が少なくてすむことは既に述べた通りであるが、本計画のタンカーにおいて前記の如き構造による鋼材重量は約6,600tであり、同型的水上タンカーに比べると約10%少ない。

#### 7. タンク配置

##### (1) 貨物油槽

Clean oilを除いて貨物油は海水による置換が可能であるから、潜水タンカーでは貨物油槽を非耐圧構造とすることができる。しかしすべての貨物油槽を非耐圧構造としたのでは常時潜航することが不可能となる。潜航条件として必要なことは、

$$\begin{aligned} \text{重量} &= \text{浮量} \\ \text{BG} &= \text{BG} \end{aligned}$$

であり、本計画においては油を満載した時も、搭載せぬ時も常にこの条件を満足するよう油槽の配置を考慮した。即ち油槽の一部を耐圧殻内にも設け、この油槽は海水置換を行わず、油を搭載せぬ時は空槽とし、非耐圧油槽のみ海水を補填する。なお耐圧殻内油槽と非耐圧部油槽のBGを一致せしめるよう配置し、常時潜航条件を満足するようにしてある。

海水置換の好ましくないClean oilを搭載する時はその所要量を耐圧殻内油槽に搭載し、その量に応じてCrude oilを非耐圧油槽に搭載するものとする。

##### (2) バラストタンク等

常時潜航を建前とするから、バラストタンクの容量は多くを必要とせず、港の水深を考慮して浮上荷役時に支障を来さぬ程度とし、且つ浮上時に略々等吃水となるよう配置してある。また潜航中の消耗重量の変化、海水比重の変化および速力変化に伴うトリム変化等に応じるための補助バラストタンク、釣合タンクを耐圧殻内に配置してある。

#### 8. 機 装

##### (1) 荷役装置

耐圧殻油槽と非耐圧部油槽に対してそれぞれ独立の荷油管装置を必要とする。前者は海水置換を行なわないから水上タンカーと同じ方式を採用し、油槽を前後部の2群とし、ポンプ室に2基のポンプを装備する。非耐圧部油槽は海水押出式とし、油槽を前、中、後の3群としポンプ室に3基のポンプを装備する。即ちこの油槽は非耐圧構造で常時海水または油を搭載するもので、油を陸揚する時はポンプにより油槽底部に海水を押し込み油を頂部より陸揚する。また油を搭載する時は陸上または本船ポンプによりタンク頂部より油を搭載し、油槽内海水は底部

より海水排除管を経て排出される方式である。

各系統のバルブの開閉は、各タンクに設けられた Level meter の指示を1カ所の管制室に集め、ここで遠隔操作により行なう。

(2) 自動操舵装置

潜水タンカーでは乗員数を極力少なくする必要があり、且つ長時間の潜航を行なうのであるから、乗員の疲労を最小限にするよう、針路、深度、前後傾斜角保持用の自動操舵装置を装備する。

(3) 航海計器および通信装置

セールに潜望鏡、レーダー、方探、無線アンテナを装備し、必要に応じ潜望鏡深度において船位の確認、陸上との通信を行なう。潜航中の衝突および坐礁防止のためには、平面表示方式のソナー等超音波利用による航海計

器を装備する。

(4) 居住設備および衛生設備

長時間潜航においては乗員の耐久力が重要な要素であるから、居住設備は一般水上船以上のものとし、特に通風装置を完備させる。また酸素補給装置、炭酸ガス吸収装置等の空気清浄装置、温度および湿度調整装置、船内空気状態の監視装置等を装備し、潜航中は循環通風とし、必要に応じて潜望鏡深度においてセール内に装備せる吸排気管により換気を行なう。また原子炉室内部の通風冷却は独立の系統によるものとする。

9. 機関部

機関部の主要要目は第2表機関部要目表に示す通りである。

第2表 機関部要目表

原 子 炉 部		推 進 機 関 部	
原 子 炉	型式台数	軽水加圧水型 1基	
	出力	180MW×10,000時間	
	燃料	UO <sub>2</sub> 8.25t 濃縮度 1.7%	
	燃料棒	直径9mm 厚さ0.6mm Zircaloy 被覆	
炉心寸法	直径1,600mm 高さ1,500mm		
冷却材減速材	軽水140kg/cm <sup>2</sup> 270°C		
制御棒	Cd-Ag合金、十字形断面17本		
蒸気発生器	型式台数	堅U字管型 2基	
	伝熱面積	1,080m <sup>2</sup> 管外径1/2" BWG19	
	蒸発量	115t/h 給水温度120°C	
	蒸気状態	39.6kg/cm <sup>2</sup> G×250°C 飽和	
一次クラン	入口281°C 出口259°C		
遮 蔽	一次遮蔽	銅、鉛、ポリエチレン、水 470t	
	二次遮蔽	銅、コンクリート 1,950t	
ポ ン プ	主クランポン	キャンド 3,500m <sup>3</sup> /h×65m×3台 モーター	
	停止時冷却ポン	同上 175 ×40 ×2	
	廃棄物処理ポン	電動遠心式 6 ×20 ×6	
	機器冷却ポン	同上 200 ×20 ×2	
	— — — —	同上 400 ×20 ×2	
熱 交 換 器	停止時冷却機	表面式 10m <sup>2</sup> ×1	
	純水装置冷却機	同上 1.8m <sup>2</sup> ×再生1,非再生2	
	機器冷却水冷却機	同上 146m <sup>2</sup> ×1	
加 圧 器	電熱式	300KW 1台	
	混床式	主クランポン用 2	
	同上	同上 廃棄物用 2	
同	同上	同上 補給水用 2	
	同上	同上	
	同上	同上	
主 ター ビン	型式台数	2筒2段歯車減速船用蒸気タービン 2基	
	出力	最大	22,000 S HP
	推進器回転数	常用	160 R P M
	入口蒸気	37kg/cm <sup>2</sup> G×245°C	
蒸気消費率	3.68kg/S HP/h		
主 復 水 器	型式台数	下垂単流表面式再熱型 2基	
	冷却面積	2,000m <sup>2</sup> 管19φ×1.2t	
推 進 器	型式	5翼1体エロフォイル断面、2	
	直径	5,300mm	
主 発 電 機		蒸気タービン駆動 AC450V KVA 60~2,200×3台	
ボ ン プ	主循環ポン	電動軸流式	8,500×6×2台
	補助循環ポン	電動遠心式	2,500×7.5×2
	主復水ポン	同上	110×70×4
	補助復水ポン	同上	30×70×2
	ブースターポン	同上	160×20×3
	主給水ポン	タービン駆動遠心式	150×50K×3
熱 交 換 器	潤滑油ポン	電動歯車式	160×35m×3
	第1段給水加熱器	表面式	60m <sup>3</sup> ×2台
	第2段給水加熱器	脱気式	230m <sup>3</sup> /h×1
	補助復水器	表面式	720m <sup>2</sup> ×1
	潤滑油冷却器	同上	160m <sup>2</sup> ×2
	造水装置	低圧単効式	60m <sup>3</sup> /day×2
ボ 室 補 機	荷油ポン	タービン駆動遠心式	1,000m <sup>3</sup> /h×85m×3台
	同上	同上	350m <sup>3</sup> /h×85m×2

(以下 229 頁へつづく)





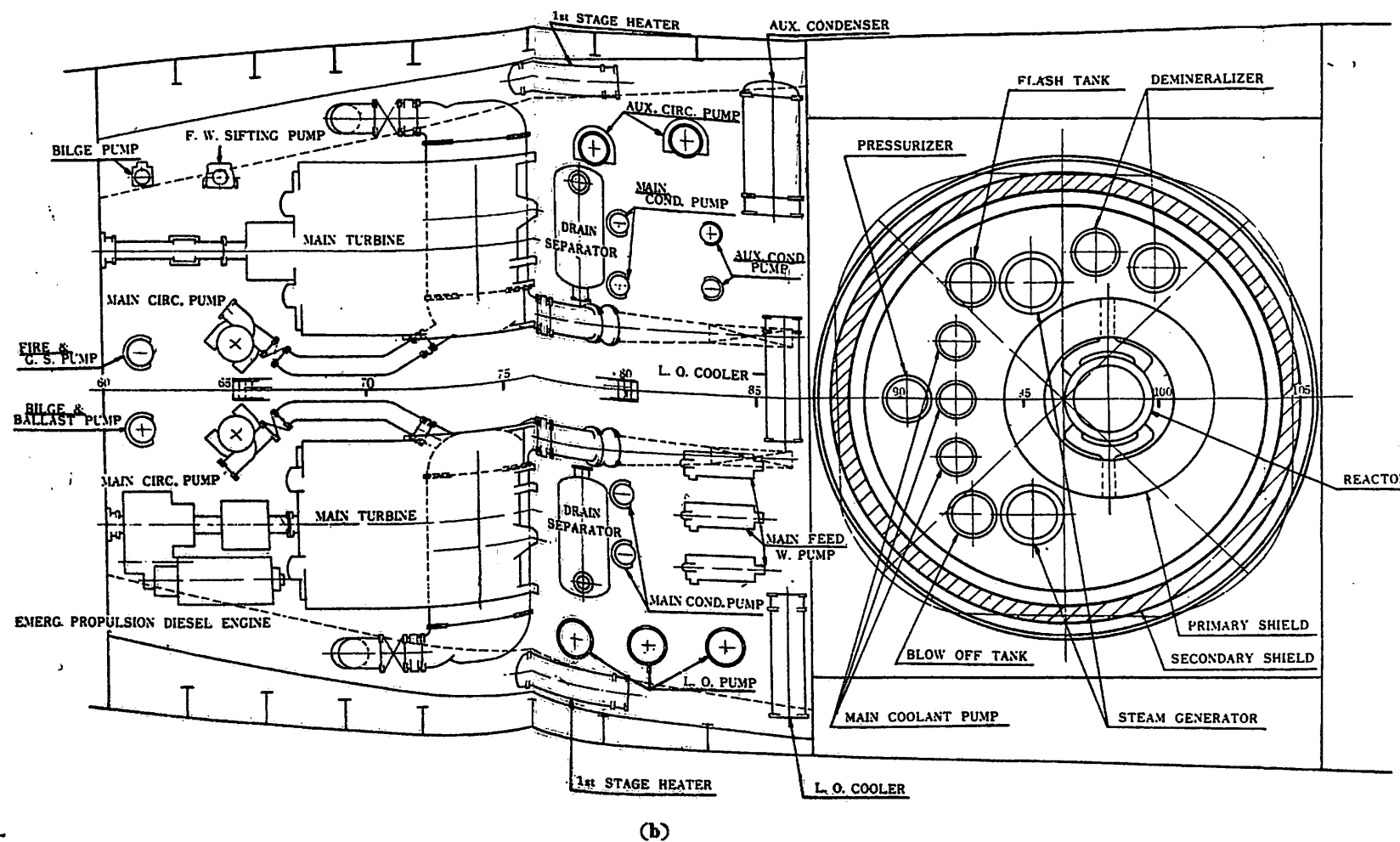
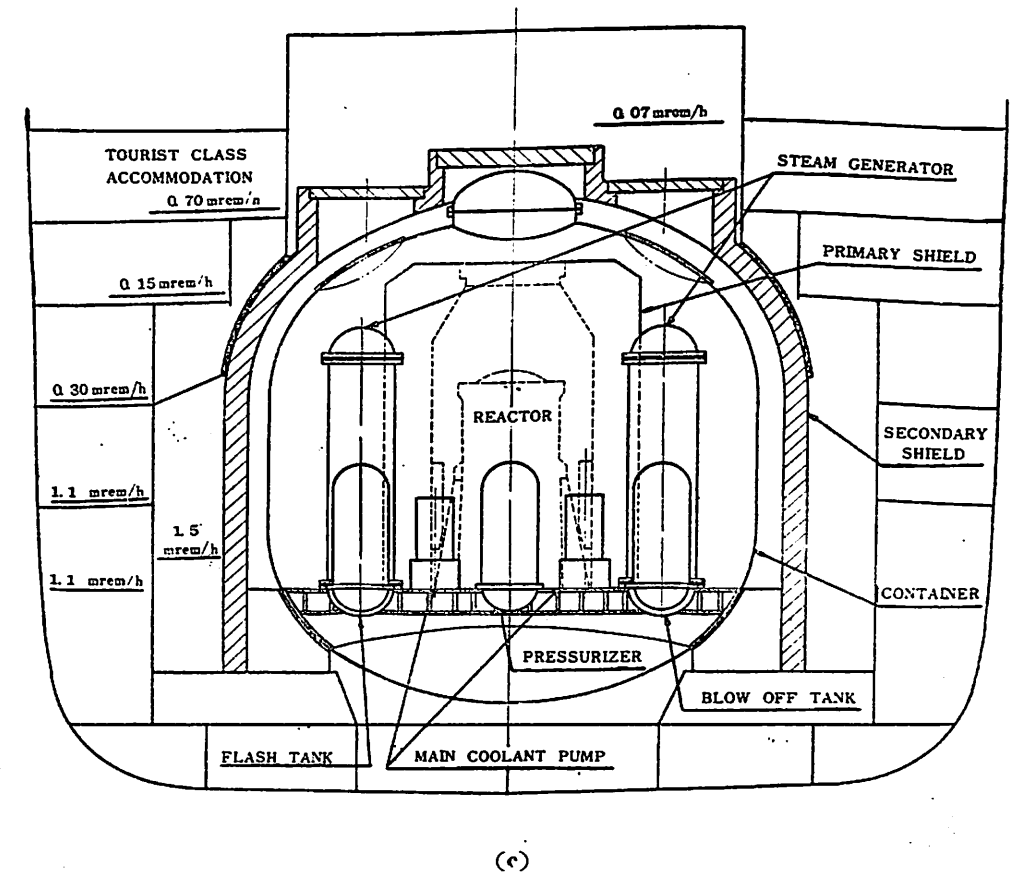
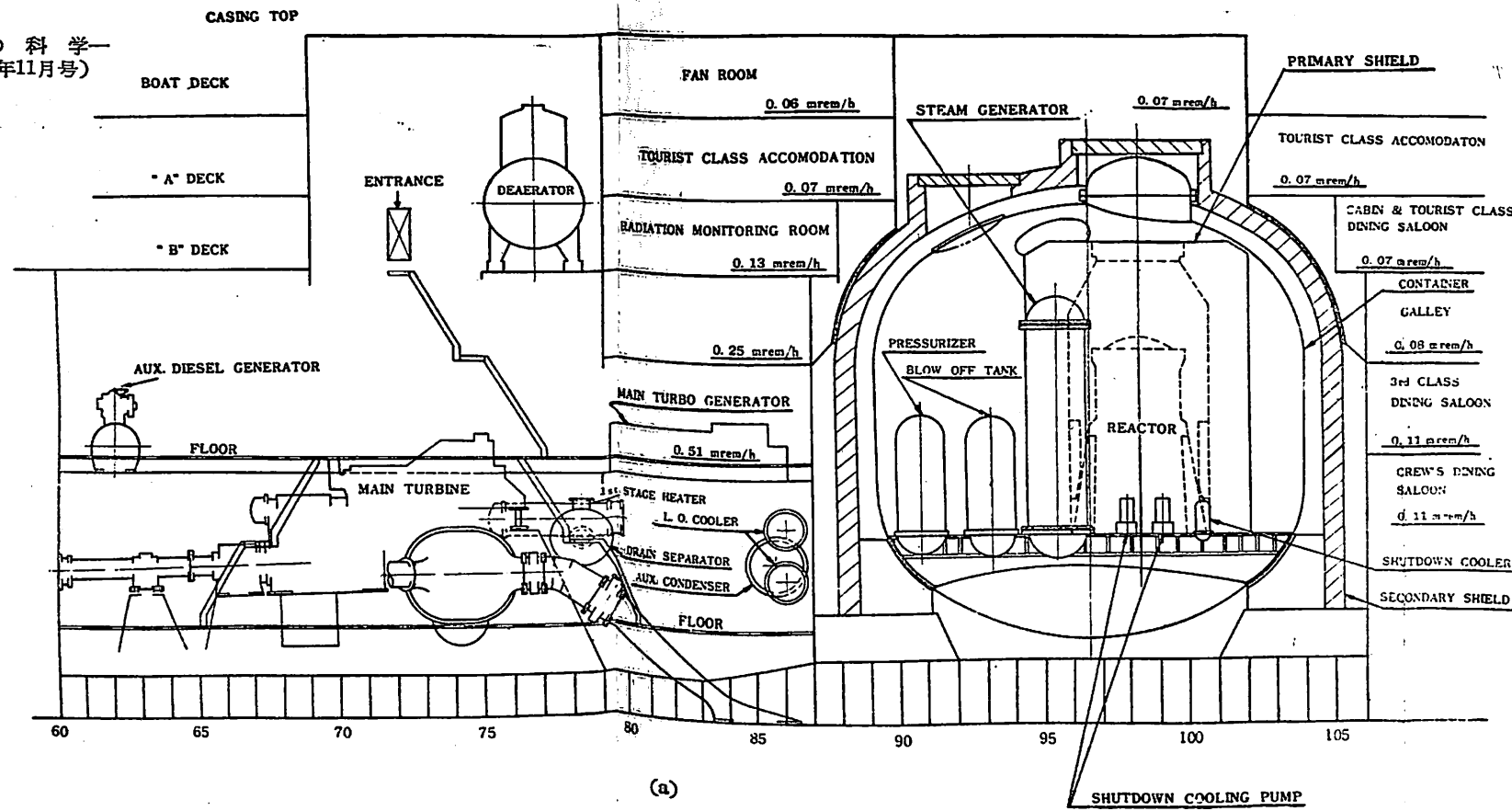


Fig. 2 原子力移民船機関室および原子炉室配置図

- (a) Elevation
- (b) Lower plan
- (c) Section at reactor room

# 原子力移民船について

大阪商船株式会社 取締役工務部長

竹内 誠 一

ここに掲げるのは、過日ジュネーブで行なわれた第2回国際原子力利用会議に、大阪商船竹内誠一、新三菱重工業 岡村巍、石川島重工業 村上外雄の三者共同研究として提出された論文「原子力移民船」の概要である。本論文は9月3日午後、会議第3日目の総会、「発電以外の動力炉」部門において、ソ連の「原子力砕氷船」論文に次いで口頭発表を行ない、各国代表により討議された。

## 1 原子力移民船の構想と背景

われわれが、原子力推進の利用に対して、移民船をその対象として選んだ理由は、日本の移民の背景と移民船の特殊な用途が原子力推進の利点を發揮させることに適合していると考えたからである。

すなわち、日本から中南米諸国への移住民の渡航は、約50年以前から開始されて今日に及んでいる。日本商船で移民設備を有するものは、現在では大阪商船の5隻であって、これによる年間の輸送能力は約8,000名に過ぎない。そのうえ片道の航海に約40日以上を要している。

また、日本の人口問題と移民およびその輸送等の種々の観点から、日本の移民船が近い将来に次の二つの要諦に込え得るように増強されることが望ましいとされている。

すなわち、渡航日数を可能な限り短縮することと、年間の輸送人員を4倍以上に増大することである。しかしながら、最近建造された2隻の新造移民船が明瞭に示唆しているところによれば、従来の機関によるこれ以上の大型化も高速化も商業採算上不利である。しかし、原子力推進の利用によれば採算を損うことなく大型化、高速化を果し得るであろう。さらに移民船は通常の客船および貨客船と異なり、日本、南米間を殆んど無寄港で長距離運航する点が原子力推進に適合しているとの見解に基づいて原子力移民船の構想を得た。

本構想の原子力移民船の概要は次の通りである。

航 路	日本—南米東岸航路
旅客および貨物	往航 南米移民 約 2,000名
	一般船客 約 200名
	雑貨、銅材等 約 8,000噸
復航	一般船客 約 400名

棉花、羊毛等 約 8,000噸

総 噸 数	約 20,000噸
速 力	最高 25節 航海 23節
機 関 の 種 類	蒸気タービン機関
機 関 の 馬 力	常用 約 40,000 軸馬力

この構想を得るに当って、考慮した主な点は次の通りである。移民船を大型化しようとする場合、本航路における荷動量を考慮して、貨物の積載重量を略々現在の1隻当り約10,000噸以下に抑える必要がある。この条件を充たしながら、移民客定員は現在の1隻当り約1,000人から、その2倍の約2,000人に増加させて大型化を計った。また高速移民船として、われわれは航海速度を23節程度とした。それは日本、南米直航の場合、所要日数を従来の半分に縮めることをねらったわけである。

この構想は1955年大阪商船において計画された。これに基づいて、新三菱重工をはじめ、三菱日本重工、三菱造船、三菱電機等によって組織されている三菱原子動力委員会原子力船分科会により、協同設計と研究が行なわれ、同時に大阪商船、石川島重工の両者により技術的諸問題についての研究が行なわれた。

これらの設計並びに研究の成果および運航採算試算を含めた経済考察をまとめたものが本論文である。

## 2 設 計 概 要

原子力移民船の設計概要は、Fig.1 一般配置図および Table 1 主要目表に示す。また従来の機関設備の新造移民船「あるぜんちな丸」の要目をこれに併記する。

すなわち、原子力移民船は約20,100総噸、移民2,300人を輸送する航海速度23.5節の貨客船である。

本船の船型は一般配置図に示すように raked stem, bulbous bow, cruiser stern を有し、4ヶの全通甲板と、羅針儀船橋、航海船橋甲板、船橋甲板、端艇甲板を有する遮陽甲板船である。

また船体は10ヶの横置水密隔壁によって仕切られ、前部に3箇、後部に2箇の船艙を有し、機関室、原子炉室はやや船尾よりの位置に配置してある。

客室はすべて充分な甲板間高さを有し、cabin & tourist classは“A”甲板に、3等は“B”、“C”、“D”甲板に配置し、乗組員は船橋甲板および“B”甲板に配

Table 1. 主要目と従来船との比較

1. 主要目	原子力船	あるぜんちんな丸
全長 (m)	205	156
垂線間長 (m)	190.00	145.00
幅 (型) (m)	25.60	20.40
深 (型) B甲板まで (m)	13.90	11.90
吃水 (計画) (m)	8.90	8.70
2. 諸係数		
C <sub>B</sub>	0.590	0.655
C <sub>P</sub>	0.610	0.669
C <sub>M</sub>	0.967	0.980
C <sub>w</sub>	0.730	0.810
3. 噸数および容積		
総噸数 (approx.) (tons)	20,100	10,600
満載排水量 (metric tons)	26,380	17,400
載貨重量 ( " )	9,100	10,150
貨物艙容積 (bale) (m <sup>3</sup> )	11,000	12,800
4. 旅客および乗組員		
旅客 ケビンクラス	40	12
ツーリストクラス	160	82
3等	2,300	960
小計	2,500	1,054
乗組員	232	122
総計	2,732	1,176
5. 速力および機関, 出力		
最大速力 (knots)	25.0	17.5
経済速力 ( " )	23.5	16.4
主機関	蒸気タービン2基	蒸気タービン1基
連続最大出力/回転数 (SHP/RPM)	44,000/160	9,000/103
定格出力/回転数 ( " )	40,000/155	8,100/100
原子炉またはボイラ	加圧水型(PWR)1基	水管缶2基
熱出力 (MW)	180	—
蒸気状態 (kg/cm <sup>2</sup> ×°C)	39.6×250	42.0×455
6. 重量		
船体軽荷重量 (metric tons)	17,280	7,150
機関重量 ( " )	4,400	2,300
{ 主機タービン, 復水器 ( " ) 補助機械 ( " ) 原子炉またはボイラ装置 ( " ) 遮蔽およびコンテナー ( " )                 }	460	130
	1,140	550
	480	220
	2,320	燃料油 1,400

置してある。

二重底はそれぞれ潜水艙, 脚荷水艙, 非常動力用燃料油艙等として使用している。

さらに原子力船として従来の移船民に無い特殊の設備として, 放射線管理並びに健康管理上必要な設備, 放射線監視装置, 特殊通風排気装置等を設け, また安全に対する配慮から原子炉室船側は double hull 構造としている。

機関部の設計には安全性と信頼性に重点が置かれた。この見地に立って, われわれは蒸気発生装置2基, 推進用機械2基による2軸推進を採用し, 補機器類および配管系統を2 Plant system にし, 補機器類のうち重要なものは必ず予備を置き, 原子炉運転不能時のことを想定して, 非常用動力も装備した。

機関室配置および, 原子炉室配置は Fig. 2 (a)~2(c) に示す通りとした。

推進用主機械は2筒2段階歯車減速蒸気タービンを採用し, 出力は22,000軸馬力2基とした。推進器は機関出力, 船型に適合した 160 RPM, 5翼推進器とした。

原子炉は熱出力 180MWの加圧水型1基を採用し, 蒸気発生器は蒸発量120t/h 2基とした。原子炉, 蒸気発生器その他炉関係附属機器は万一の事故発生時の機械的損傷と放射性物売による汚染を他に及ぼさぬように, 耐圧性のコンテナの中に収められ, しかも十分な遮蔽が施された。

発電設備は主発電機としてターボ発電機3台が装備され, 中2台常用とした。これらは機関室上段左舷, 船主側に設置されている。また原子炉の hot start 用の補助ディーゼル発電機, 事故発生時に備えての非常用ディーゼル発電機を各1台ずつ装備した。

また航行中, 機関部の補給水を作るほか, 甲板部の雑用潜水供給用として造水装置を上段右舷, 船尾側に3台装置した。

原子炉運転不能の場合に備えて, 非常用推進ディーゼル機関 2,000制動馬力1基が装備され, これにより7節の速力で自力航行を可能ならしめた。またこの際の諸雑用蒸気供給のため, 油焚補助汽缶1缶を装備した。

機関部の機器取扱いは従来船通りとしたが

原子炉の制禦は機関室上部に設けられた制禦室で行なわれるようにし, 遠隔監視, 操作および制禦装置についても船用の特殊性を考慮して完備に努めた。

### 3 技術上の考察および設計詳細

原子力移民船の設計に当り、各種の技術的諸問題の研究調査を併行して取進めた。また若干の問題点については現在の日本における工業水準を基礎にした仮定を設定した。これらの主要な事項を下記に述べる。

#### 1. 法規および規則

海上における人命の安全のための国際条約等に原子力船に関する条項を早期に織込んで制定されることが望ましいが、本設計に当っては現在の諸法規および諸規則の精神に沿って、将来の制定の基準を予測し合理的に拡大解釈を行なった。

#### 2. 船体設計上の諸問題

##### (1) 主要寸法等

Bulbous bow の採用により実質的に  $L$  を増加し、 $V/\sqrt{LWL}$  (kts. ft.) が 0.90 の hollow point になるよう length を定めた。

Breadth の決定に当っては、特に復原性に留意した。原子力船においては運航中 GM の減少の factor は殆んど消水の消費に限られ、消費状態における復原性は在来船に比し良好であると考えられる。

##### (2) 安全性

Subdivision に関しては 2 区画同時に浸水した場合でも充分安全であるように横置隔壁の数と位置を決定した。また損傷時の対策としてサイドタンク自動注水装置を設け船体の傾斜を調整することを考えている。

海難統計を調査した結果、他船との衝突、座礁に対する考慮を要することが分かったので、損傷が直接原子炉または重要部分に及ばないよう原子炉室の bottom おびよ side は double hull とした。

##### (3) 荷役設備

原子力船の採算性をよくするための重大な問題の一つは荷役設備の合理化である。本船は従来の derrick post, boom, および winch による荷役設備に代えてクレーン荷役設備を装備し、package (container) system や fork lift を利用してできるだけ短時間の荷役を企画している。

##### (4) 原子炉位置

予備的考察、設計並びに実船および模型試験の解析により次の点が明らかになった。

縦強度、振動の見地からは原子炉位置として極端な船首尾を避けた方がよい。

Pitching, heaving による加速度、並びに slamming による sudden deceleration と船体振動が最小となるのは midship よりやや aft の点である。

日本における最近の大きな海難統計の調査結果は船首尾を避けた方がよいことを示している。

以上の結論に基づき船体性能上の踏点も充分考察し、原子炉室中心を midship より 0.08L aft に配置した。

#### 3. 放射線防護

原子力船では、原子炉系から出る強い放射線によって生ずるあらゆる事故から船客および乗員を防護するため万全の措置を講ずる必要がある。本移民船の設計に当っては特に次のような点に注意を払った。

##### (1) コンテナ

高圧系に事故が起った場合、原子炉室外に飛散物や放射能を持つ蒸気や気体がもれるのを防ぐために設置されている耐圧容器である。現段階では原子力船が人員および航行区域に対し十分安全であることを期するため必要と思われる。コンテナの設計は、一次系内の全高圧冷却水が系の事故によりフラッシュした場合の内圧 12 kg/cm<sup>2</sup> abs がかった場合、永久変形を起さないという条件で設計した。内部の汚染した空気はフィルターを通じて外気中に排出される。

##### (2) 許容基準の設定

許容線量および濃度は国際勧告値の 1/10 を採っている。すなわち、体外照射に対しては 30mrem/week を週間許容線量とし、これを基礎にして許容線量率を下表の如く算出した。

許容線量率表

	許容線量率 mrem/h	被曝制限時間 h/day
船客並乗組員居室	0.17	24
機関室	0.53	8
倉庫並びに貨物艙	1.43	3

遮蔽は上記の要求に適合するよう設計した。全力運転時の原子炉室近傍の諸室における照射率は機関配置図 Fig. 2(b) および 2(c) に示す通りである。空気および飲料水に対する許容濃度は国際勧告値を参考とし下表の如く定めている。また許容表面濃度は日本の医学放射線学会の勧告値を採用している。

許容濃度表

	$\beta$ 線または $\gamma$ 線 放出体	$\alpha$ 線放出体
空気	$10^{-10}\mu\text{c/cc}$	$5 \times 10^{-13}\mu\text{c/cc}$
飲料水	$10^{-8}\mu\text{c/cc}$	$10^{-8}\mu\text{c/cc}$

##### (3) 遮蔽

一次遮蔽体は水を充たした遮蔽タンク、ポリエチレン、鉛等によって構成され、運転中原子炉からの放射線量率を一次冷却系からの放射線量率と同程度にまで減衰させ

るよう設計し、特に船舶で問題となる重量、容積の軽減に考慮が払われている。

二次遮蔽体はコンテナ外周に取付け原子炉プラントからの放射線を許容レベル以下に減衰させるよう鋼および重質コンクリートによって構成している。

#### (4) 放射線管理区域の設定

原子炉を中心とする諸室における上記各放射線水準を管理するため、放射線管理区域を次の通り定めている。

- 放射線管理区域 原子炉室
- ” 準管理区域 原子炉室に隣接する機関室ほか
- ” 警戒区域 居住区、糧食庫、消水槽等
- ” 非管理区域 船艙、諸タンク等

上記各区域に対して放射線管理の方法、例えば一定期間内の線量および濃度測定回数等に格差を設け、また各地域相互間の交通の規制等も考慮している。

#### 4. 推進機関および附属機器

推進機関の設計に先立って、主蒸気を過熱蒸気にするか、飽和蒸気にするかについて種々の検討を行なった。即ち蒸気発生器とタービンとの間に油焚過熱器を設けた場合の過熱蒸気プラントと飽和蒸気プラントの熱効率の比較、および油焚過熱器の設計と燃料油消費量の算定等を行なったが、その結果、飽和蒸気の方が有利であると結論された。

また定期航路貨客船としての従来の慣習に従って2軸推進を採用した。

##### (1) 推進用主機械

推進用主機械は22,000軸馬力、2筒2段歯車減速蒸気タービン2基である。主蒸気は2台の蒸気発生器で発生し、1台の主蒸気溜に集められ、タービンに送られる。1台の主蒸気溜により通常運転時の不平衡をできるだけ吸収するようにした。

蒸気の湿り度を最少にするためには高低圧タービンの間に moisture separator を設け、さらにタービン各段階で、十分なドレン抽出を行なうと同時に、湿り度の大きい段落の翼前線にはステライト被覆を施行した。

##### (2) 復水器

復水器真空は720 mmHgとした。また船速の速いことを利用して主復水器の冷却にスクープを採用した。

##### (3) 主給水および復水系統

給水系統は2軸運転の建前から2系統とし、deaeratorのみは共通として、3段階給水加熱式を採用した。

##### (4) 発電機

主発電機としてターボ発電機2,200KWのものを3台装備し、2台常用、1台予備とした。1台2,200KWは船用発電機として非常に大容量であるが、P.W.R.の特

徴として Coolant pump の動力が大であること、旅客設備の消費電力が大きいことである。補助発電機としてディーゼル発電機400KW1台を装置した。これは原子炉の hot start 時の所要電力を供給するほか、非常推進用ディーゼル機関を運転する場合の所要電力を供給する。

##### (5) 非常用推進機関

非常用動力源として油焚非常用ボイラを装備して、蒸気により主機タービンを駆動する方法と、右舷中間軸に減速、嵌脱装置を介して高速ディーゼル機関を装着する方法の両者について概脱設計を行なった。その結果、後者による方が雑用蒸気用の小型ボイラを含めて、重量、容積、燃料消費量の点で有利となった。

#### 5. 原子炉系

##### (1) 炉型式の選定

船用原子炉としては軽量小型であり、振動、動揺に対し安定であり、操作が容易で且つ信頼性が大であることが必要条件である。この条件に基づいて種々の炉型式の船用化の適否を動特性、対動揺、耐振動、操作、保守、安全にわたって調査を行なった。その結果船用として長期間運転の実績があり、実際に起るあらゆる負荷変動に 대응し得る固有の安定性を有している P.W.R. を採用した。

##### (2) 原子炉プラント

原子炉プラントの配置は Fig. 2(c) に示す通りである。船用プラントの関係上コンテナ容積に制限を受けるので、燃料交換、保守、搬出入等に必要なスペース以外は極力切詰め、できる限りコンパクトな配置となるよう考慮が払われた。

##### (3) 一次冷却系および補助系

一次冷却系は炉心を熱源とする独立した2個の冷却環路から構成され、各々 Canned type 主冷却水ポンプにより、140 kg/cm<sup>2</sup> に加圧した軽水を冷却材として循環させ、炉心より所要の熱除去を行なう。一次系配管の各環路にはそれぞれ3カ所にゲート型遮断弁を設け、環路内に事故が起った場合、事故環路を遮断し、残る1環路のみで運転できるようにした。

補助系としては、加圧系、純水系、冷却水充填並びに体積制御系、廃棄物処理並びに貯蔵系、炉停止時冷却系、試料検査系、作動系、腐蝕抑制剤添加系、化合物停止系、補助冷却系が設けられている。

##### (4) 原子炉

原子炉心は88ヶの Fuel assembly と17本の十字形制禦棒からなり、3ヶの不銹鋼製の同心円筒形の熱遮蔽板により囲まれている。炉心を格納する原子炉圧力容器は半球状の鏡板をもった円筒形をしており、上蓋は取り外し可能となっている。冷却水は圧力容器下部にある



4ヶの流入口よりはいい、燃料棒間を上昇し本体中央部の4ヶの流出口より流出する。また炉心に1.7%の濃縮ウラニウム約7.270kgを酸化ウラニウム  $UO_2$  の形で燃料として装填してある。

燃料は  $UO_2$  を pellet にして Zircaloy の tube の中に納められている。Fuel assembly は熱特性、核特性を満足させながら、燃料棒の坐屈および振動の問題を回避するよう設計されている。燃料交換は充分な設備を施した特定の港で行なうこととし、本船としては特にそのための設備を施していない。

(5) 運転制御

この原子炉運転の計画は原子炉側の要求に最も適した冷却水平均温度一定という方式である。この炉に対する動特性の予備的な調査の結果、かなり大きな固有の安定性が期待せられ、負荷に対する応答性も従来のボイラに劣らない。入出港時にはわずかの時間内に全負荷→零→全負荷の如き急激な負荷の変動が起り得るが、この際、余剰の蒸気量は比較的わずかであるので、制限以上に圧力が上昇した場合は大気へ放出する。従ってダンプコンデンサーは設けない。

4 経済上の考察

1. 船舶燃料の現状および将来

原子力船の経済上の考察に先立ち、船舶の燃料経済の点より従来の燃料の現状と将来を考えてみる。

船舶に使用される燃料の9割以上を占める石油は、その使用量の増加する一方、年々確認埋蔵量が増加するので、なお相当長期間にわたって供給が可能と考えられる。

しかし価格の点について調査したところによれば、船舶用燃料油価格は年々上昇しており、原油産地 Ras Tanura では毎年、屯当り0.8弗程度の上昇を示している。さらに原油産地と消費地の価格は屯当り4~6弗、即20~40パーセントの価格差が常にあり、価格の変動も消費地の方が原産地に比し遙かに激しい。

実際の航路について従来の船舶と原子力船の燃料費のみを比較する場合、燃料油の安い原産地で補油するタンカーにくらべ価格が高く、且つ変動の激しい消費地において補油する客船、貨物船等は、石油価格の上昇傾向と原子核燃料が現在開発初期であるため今後の価格低下が当然予想されることから、原子力推進による恩恵を受けることが早く、且つ大きいと考えられる。

2. 原子力移民船の運航採算

(1) 建造船価と資本費

(i) 建造船価

原子力移民船の建造船価は1957年の日本における造船工業の水準による見積価格であり、原子炉プラントのうち、特殊のポンプ等は一部は輸入を前提として推定した。建造船価の内訳は Table 2 の通りである。

Table 2 原子力移民船の建造コスト (単位千円)

1. 船殻および機装	¥ 4,340,000
2. 機関	¥ 2,300,000
主機械 (非常用動力装置を含む)	¥ 537,000
主発電機, 補助機, 電気設備	¥ 1,763,000
3. 原子炉プラント	¥ 2,060,000
原子炉圧力容器 (熱遮蔽板を含む)	¥ 219,000
一次, 二次遮蔽およびコンテナ	¥ 406,000
ポンプ類 (起動装置を含む)	¥ 373,000
熱交換器, 加圧器, その他原子炉補助系統	¥ 349,000
Installation, planning and design	¥ 713,000
4. 合計	¥ 8,700,000
(弗換算)	(\$ 24,166,000)

この内訳表を見ると船殻および機装の占める部分が大きく、原子炉プラントの占める部分が比較的小さいが、これは船客設備費がかさむ移民船の大きな特徴である。

(ii) 資金および資本費

資金の構成は、

22%を自己資本として20年間等額償却

78%を借入金とし12年間等額償却

利率 5分7厘

と仮定し、これに基づいて Fig. 3 の如く年毎に資本支出を算出した。図に示す通り、資本費は初年度より12年度まで借入金の償還に従い、大幅な金利負担の減少の結果、曲線は急激な下降を示し、13年度以降は自己資本の償却のみであるため、等額で推移している。

(2) 運航経費

(i) 燃料費

軽濃縮ウラン燃料は年利4分で米国 A. E. C. から借用し、使用済燃料は返還するものとし、その借用価格は1956年11月の A. E. C. 発表のものとした。

Plutonium Credit は瓦当り 4,320円 (12弗) を採用した。燃料加工費はベレット当り 100円、燃料処理費は種々の case について妥当と思われる値を仮定した。

これらの仮定に基づいて算出した結果、

4万馬力にて航走中の場合

1日当り燃料費 約2,000千円 (5,556弗)

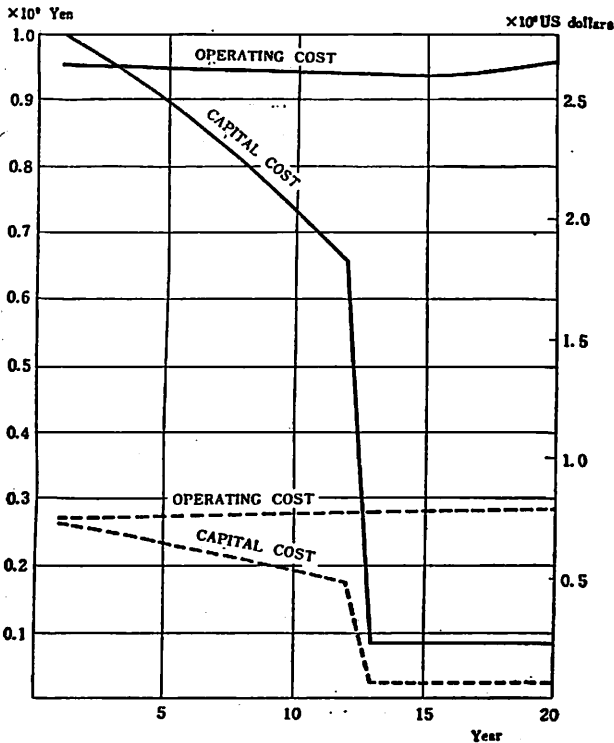


Fig. 3 Capital and Operating Costs of Nuclear and Conventional Vessels

Note: Capital cost ..... Interest, depreciation, repayment  
 Operating cost.....Fuel, insurance premium, crew wages, repair & maintenance, ship's supplies & lubricating oil, overhead charges  
 — Nuclear power ship  
 ..... S. S. Argentina-Maru

碇泊中の場合

1日当り燃料費 約 300 千円 (834 弗)

となる。

なお燃料費は20年間同額とした。

(ウ) 保険料

船舶保険は保険金額および料率を

船体(含衝突賠償約款)7,250,000千円(20,139,000弗)

料率 1.20 パーセント

船費 1,450,000千円 (4,028,000弗)

料率 0.60 パーセント

とした。ここで料率 1.20 パーセントとしたのは原子力船と同型の従来の機関装備船舶に対する料率を 1.10 パーセントと想定し、これに 0.10 パーセントを加算したものである。

第三者賠償責任保険は保険金額を 7,250,000千円

(20,139,000弗)と限定し、その料率を 0.15 パーセントとした。

(イ) 修繕費, 船員費, 雑費等

従来の実績, 並びに適当な想定により算出した。

以上の運航経費の合計を資本費と合わせ Fig. 3 に図示した。

(3) 運航収入

(イ) 運航スケジュール

運航スケジュールを原子力推進の利点を生かすため現在の移民船と大幅に変え, 神戸—(west bound)—Belem—Santos—Buenos Aires—Santos—San Francisco—神戸とした。この結果, 増速と相まって, 航海日数31日, 碇泊日数22日が短縮され, 年間 2.2 航海の増加を来たした。これは原子力タンカーが従来の運航形態を変えることができないのに比べて特異な点といえる。

(ウ) 貨客運賃収入

船客および貨物に対する運賃収入計算に当り, 運賃率は両者共1957年末現在のものをそのまま適用し, また船客に対する消席率, 貨物の種類および量は実績に基づいて定めた。なお年間純屯収入は, 将来の運賃率の変動は見込まず20年間同額とした。

3. 原子力移民船と在来移民船との経済上の比較

本論文では, 在来船との経済競争を検討するために, 原子移民船と同一船型, 速力の従来機関装備移民船を仮定して比較を行なうこととせず, 経済条件を同一とした場合の新造移民船「あるぜんちな丸」との経済上の比較を行なった。その結果, 原子力移民船と, 従来機関装備の「あるぜんちな丸」との自己資本に対する純利益の比率を20年間にわたって示した Fig. 4 を作成した。

これを考察すれば, 原子力移民船の累計利益額は約67億円 (18,600,000弗) となり, 自己資本に対する利益率は平均約17パーセントとなる。

一方「あるぜんちな丸」は建造初年度より利益をあげて20年間の累計利益額は約 35億円 (9,700,000弗) となり, 自己資本に対する利益率は平均約34パーセントである。

以上の如く原子力移民船は利益率においては従来の機関を搭載した「あるぜんちな丸」には及ばないが, 経済性のうえからは十分成り立ち得るものであると考える。

5 結 論

われわれは, 移民船をその対象に選んで, 原子力推進の特徴と移民船の特殊な運航条件をできるだけ適合せしめて, 従来の機関では甚だしく不経済となって果し得な

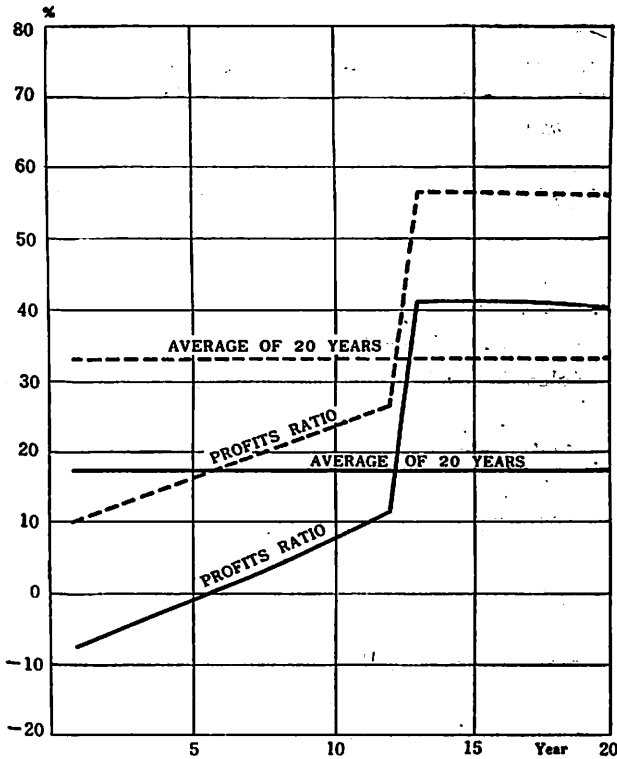


Fig. 4 Profits Ratio

Note: Profits Ratio.....(Profit)(Owned Capital)  
 Average profits Ratio ..... Profits ratio averaged throughout the period of 20 years  
 — Nuclear power ship  
 ..... S.S. Argentina-Mar

い飛躍した設計を試みた。その結果，“投下資本の利益率”においては在来の移民船に及ばないが、運航採算上からは充分成立ち得ることが明かとなり、予期以上の成果を挙げることができた。

原子力移民船の意義は、燃料の容積、重量の妨害なしに貨物と船客とを直航で、極めて短時日に輸送できることで、これによる移民客の目的港への渡航日数の短縮並びに年間輸送力の増加は特に強調されるものである。

本論文には幾つかの重要な仮定もあり、且つ確認されていない前提条件もあるが、今後の研究調査の発展により明確にされ、それに基づくさらに進歩した設計研究により“投下資本に対する利益率”においても現存の移民船を上廻る成果が近い将来に得られることを期待している。

## 原子力潜水船について

(218 頁より)

### 10. 安全対策

#### (1) 放射能対策

原子炉室は潜水船の特性である重量と浮量の釣合、 $G = \Sigma B$  の条件、耐圧殻内油槽と非耐圧部油槽の重心位置の一致等の諸点から、略々中央部に配置し、その周囲に油槽をとり常時油または海水で満されるようにする。また耐圧隔壁により前後部の区画とは完全に遮断されており、前後部区画間の交通用トランクを別箇に設けてある。

放射線遮蔽は一次遮蔽体で原子炉を囲み、さらに鉄および重質コンクリートによる二次遮蔽体で原子炉室全体を囲み、原子炉室内からの放射線を許容値以下に減衰させている。その他放射能検知装置、放射性物質の処理等は水上船と同様万全の処置を施すものとしている。

#### (2) 潜水船としての安全装置

潜水船に必要な各種の安全装置、脱出救難装置として耐圧殻各区画の Blow-out system, 耐圧隔壁, 排水ポンプ, ダイバースロック, ラジオブイ, 救難用ブイ等を

装備し、また自歳の救助鐘使用可能の設備をも備えるものとする。

### 5. 結 語

以上述べてきた設計例によって、潜水タンカーは、

- | 速力の増大
- | 船殻鋼材重量の軽減

という二点において水上タンカーに比べて著しい性能向上を得ることが明らかにされた。しかもこの傾向は船型が大型になるに従い顕著となるのであるから、高出力であるほど有利となる原子力機関を搭載する大型船において潜水船の価値は一層増大する。従って原子力潜水タンカーは原子動力の与える恩恵を最大限に利用し得るものといえよう。

しかしながら、一方前途にはなお研究開発を要する問題が多々ある。設計例で述べた事柄はすべて一応技術的に目安のついているものであるが、潜水タンカーの性能をより一層向上させ、その利点を Full に活用するためには船体の抵抗推進, 安定性, 運動性, 船殻強度等についてはなお実験研究が必要であり、機装品についても試作等を行なう必要がある。

# 原子力タンカーの機関設計について

日立造船株式会社造船設計部長 能 丸 敏

## 1. 緒 言

原子力商船として最も問題になると思われる経済性の比較研究を行なう目的と、あわせて原子力に関する技術水準を向上させる目的で、65,000DWT, 25,000SHP, 加圧水型原子力タンカーの設計を行なった。

原子力船に関してはすでに、昨年国内の主要海運会社および造船会社が協力し、原子船調査会において詳細な検討報告書が提出され、さらに最近米国で建造を開始されたサバンナ号の計画資料、および船用原子炉としてはアメリカにおける多くの潜水艦の実例などから、特に目新しいものではないが、現在のわれわれの技術水準を基にして、具体的設計を行なう場合には、なお極めて多くの問題点が介在するようである。これらの問題の多くは最終的に実験的な解決にまたねばならないであろうが、原子力商船の設計計画に際して、必要となる基本的な考え方に重点を置いて検討した事項について以下に記述する。

## 2. 基本計画

計画に先立って取り決めた基本事項は次のとおりである。

(1) 日本—ベルシャ間に就航するタンカーとし、原子力船と従来船との経済性の比較検討を行なう場合に便利

であるように、船形諸元その他を目下建造中である 65,000DWT 蒸気タービン船に準じ、原子炉形式としては最も資料の豊富であり、運転実績のある加圧水型とした。

(2) 原子力タンカーとしてはすでに 2, 3 の設計例が発表されており、原子力の特色を十分に利用した、原子力潜水タンカーなどの考え方もあるが、第 1 段階としては極力問題の焦点を絞り、かつできるだけ具体的な設計とするために、従来どおりの水上船とした。

(3) 原子力商船の運航によって必要となってくる陸上設備、その他のすべての附帯事項は完備されているものと仮定し、陸上設備に依存してさしつかえないものは一切船内に設備しない方針とした。

(4) 原子核分裂の利用にともなう危険については、その詳細は各国とも研究中の問題であると思われるが、設計に際しては、考えられる事項のすべてに対する対策を考慮しなければならない。特に船舶の推進機関であるという特殊性を考え、予備動力等については十分に検討する必要があると考えられる。

以上の基本方針に従って船体、機関部の基本諸元を次のように決定した。

### 船体部基本計画

船体部の基本諸元を次のとおりとする。

$$L_{pp} \times B_{mld} \times D_{mld} \times d_{mld}$$

第1表 蒸 気 消 費 量 (kg/h)

Services	25,000SHP 航海中	22,500SHP 航海中	22,500SHP 航海中で Butterworth を行なうとき	22,500SHP 航海中で油 槽加熱時	備 考
Main Turbine	106,000	95,500	94,500	95,000	Throttle flow = $W_r \cdot SIP \cdot (1.10 \sim 1.15)$ , $W_r = 3.80$
Generators	15,000	15,000	15,000	15,000	Load 1,880kW $W_r = 7.98$
Feed Water Pump	6,930	6,420	7,380	7,710	$W_r = 12.5 \sim 13.0$
Other's	1,000	1,000	1,000	1,000	
Butterworth Pump	—	—	2,500	—	150SHP $W_r = 16.7$
Tank Heating	—	—	—	26,000	SW 10°C Oil 60°C 6 days
Loss	1,100	1,010	1,150	1,220	0.85% of Total feed flow.
Total	130,030	118,930	136,530	145,930	

…237.00m×34.00m×17.45m×12.92m

最大計画出力…25,000 S IP×約110 R PM

常用出力 …22,500 S IP×約160 R PM

試運転速度(満載) …17kn

航海速度(同上) …16kn

”(バラスト状態) …17¼kn

DW 65,000Lt

仕様は D No. 6000, DW 65,000Lt, タンカー (Standard Specification) に準ずるものとする。

機関部の基本計画

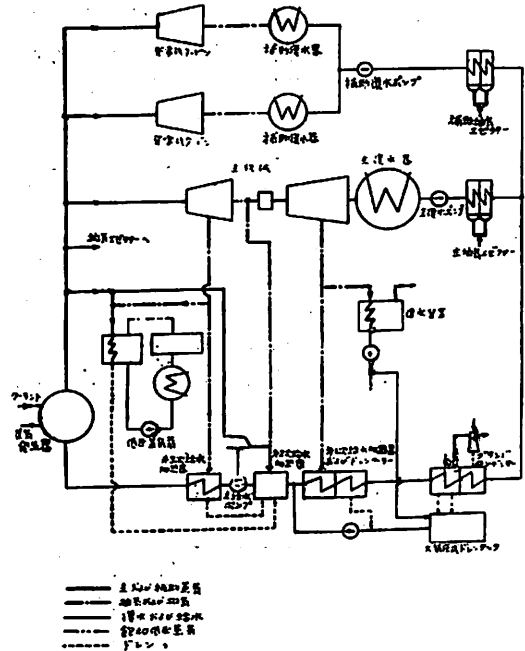
原子炉の熱出力を決めるために、まず 65,000 DWT タンカーにおける蒸気消費量の調査を行なった。調査の結果を第1表に示す。

第1表の調査に基づき、22,500 S IP航海中でバタウォースを行なうときの状態を基準とし、多少の余裕を見込んで熱出力 90MW と決定した。なお本船の航海時のフロウダイヤグラムは第1図に示すとおりとした。

機関室2次系機器は D No. 6000 に準じ、原子力船として特殊な機器について検討したものを以下に述べる。

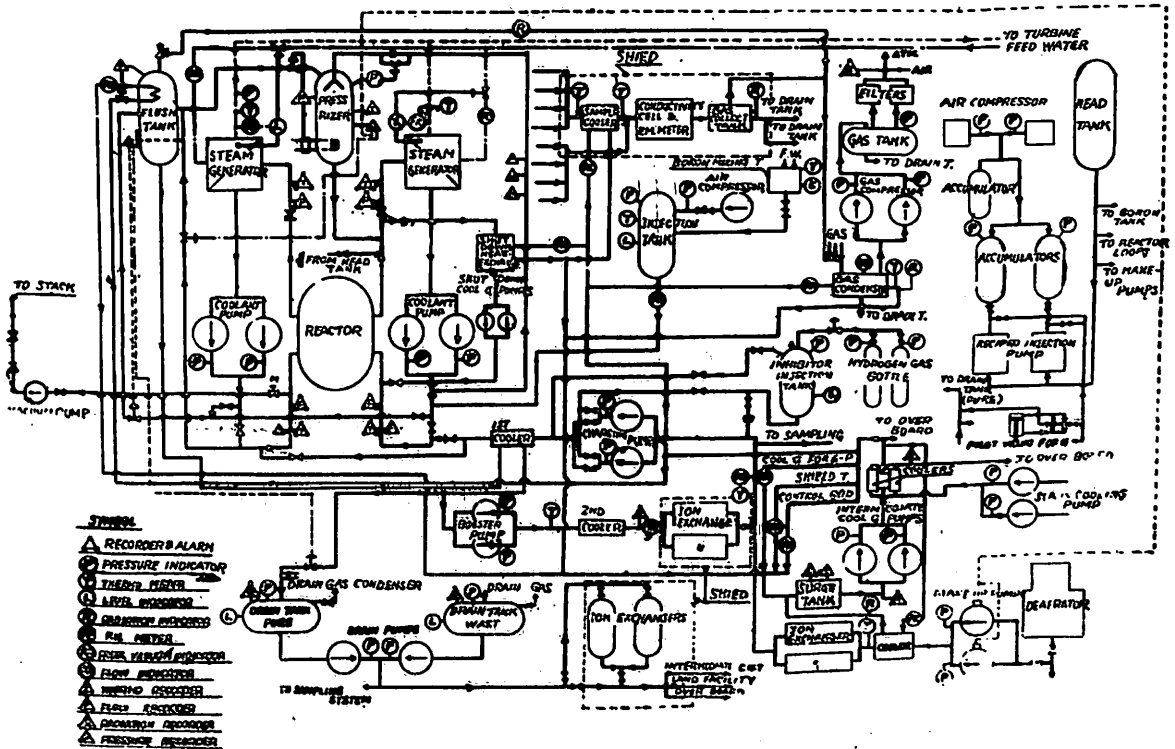
3. 原子炉系統の設計

(1) 原子炉系統



第1図 二次系統フロー・ダイアグラム

原子炉および1次系を第2図に示す。系統としては



第2図 一次系統フロー・ダイアグラム

従来発表されているものと特に異なる点はないが、クーラントの補給は2次系の給水を浄化して用い、クーラントの清浄系は低圧式を採用し、格納容器から出して、機関室に隣接する場所に置き、樹脂その他廃棄物の交換が容易であるよう考慮した。樹脂は一航海後(約50日)交換すると考えて廃棄タンクを設けると共に、原子炉から出る廃ガスの処理系統を設けた。一次系の主要な大口徑配管用弁は水圧操作弁とした。なお油タンクの加熱蒸気その他船内各所で使用する雑用蒸気は、低圧蒸気発生器を設けて供給し、万一原子炉系の蒸気発生器に漏れがあった場合も、放射能汚染を極力防ぎ得るように考慮した。

(2) 原子炉炉心

動力炉として加圧水型を考える場合、減速および冷却

材としての軽水の諸特性から燃料は低濃縮ウランでなければならず、燃料の冶金学的形態としては高温特性が良く、また放射線損傷も少ない二酸化ウラン(UO<sub>2</sub>)が最も最適とされている。最大熱出力を90MWとし、負荷約90%で2年以上連続運転が可能であれば、しばしば燃料を交換するために停泊しなければならぬ船よりも、はるかに経済的に得策であると考えられる。また船の運転条件としていかなる場合でも核分裂生成物の有害作用を乗りきって始動が可能であることが望ましいが、これらの条件は炉心が大型で、炉心内の平均熱中性子束が低いことを要求され、このことは燃料の量を大にし、炉心の寿命を長くするという条件にも合致するので第2表、第3表に示す諸元の原子炉炉心部を設計した。

第2表 炉心核的および熱的特性

第3表 炉心要目諸元

$\eta$	1.800.5
f	0.924.1
p	0.736.5
$\epsilon$	1.057.3
$k_{\infty}$	1.295.5
$L^2$	2.011.1
$\tau$	36.70.4
$k_{eff}$	1.216.1
ICR	0.588.7
平均中性子束	$6.51 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$
クーラント圧力	140kg/cm <sup>2</sup>
クーラント入口温度	260°C
クーラント出口温度	280°C
クーラント流量	3,300t/h
燃料棒表面最高温度	310°C
燃料棒中心部最高温度	1,000°C

最大熱出力	90MW
常用熱出力	80MW
炉心当価直径	141cm
炉心部高さ	141cm
出力密度	40k W/l
比出力	270k W/kg-U <sup>235</sup>
燃料	3% 濃縮 UO <sub>2</sub>
酸化ウラン重量	11.1t
U <sup>235</sup> 重量	33.3kg
U <sup>235</sup> 平均燃焼度	23%
連続運転期間 (80MW)	2年間
燃料燃焼率	5,550MWD/t
燃料要素数	32個
1 要素当りの燃料棒数	225本
燃料棒直径	1.2cm
炉心内容積比 H <sub>2</sub> O : UO <sub>2</sub>	1

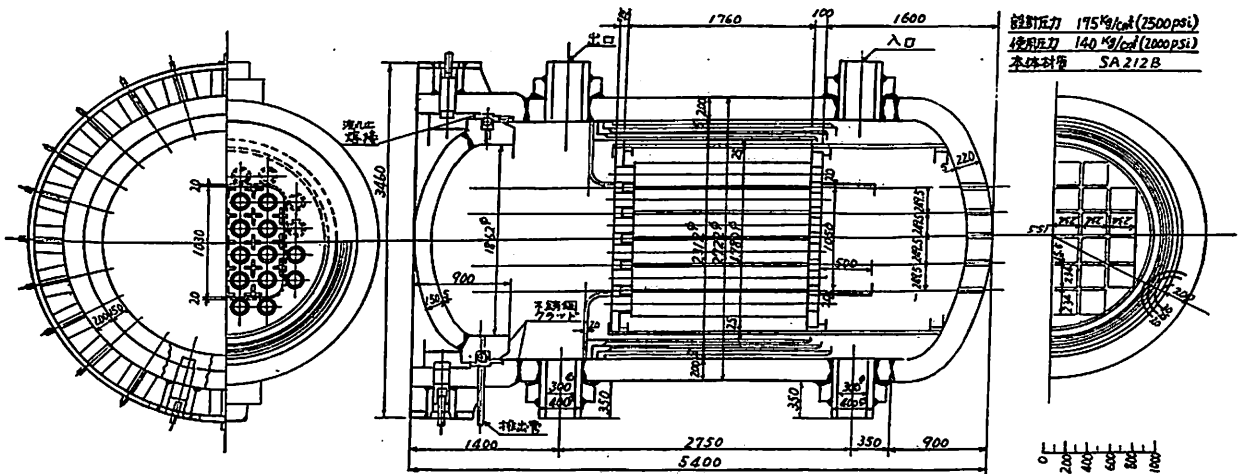
炉心の構造は第3図に示すように、クーラントはまず外側の燃料要素間を通過して下降し、次に中央の燃料要素間を通過して上昇し炉心から出るようになっている。制御棒は総数21本であって、燃料交換期間を2年としたためにかなり数は多くなった。これらの制御棒は、燃料交換時の容器カバー取り外しを容易にするために下部より挿入する機構とし、運転時には制御棒を炉心上部に突き上げておき、緊急時は重力および制御棒駆動機構下部の圧力を抜くことによる圧力差を利用して落下させる。駆動機構は電磁チャック式である。

(3) 原子炉容器

原子炉容器の構造は第3図に示す。設計に当っては容器の中性子損傷と、 $\gamma$ 線加熱による熱応力による留意し

た。中性子損傷に関しては、容器の耐用年数を20年と考え許容中性子照射量を $10^{20} \text{ nvt}$ と取った。また $\gamma$ 線加熱に関しては、炉心内の核分裂によって出る $\gamma$ 線、水および構造物が中性子の非弾性散乱によって出す $\gamma$ 線などを考慮して計算し、容器壁内の温度分布を求めた結果容器壁内外面の温度差は約20°Fであった。以上の温度差による熱応力とクーラントの圧力140kg/cm<sup>2</sup>による応力から疲労耐久線図を用いて設計点を求めた。なお上部カバーに加わる圧力は約7,330 tonとなるので、フランジ式でボルトを用いると容器の全高は非常に長くなり、船内搭載を考えると得策でないので、図に示す構造を採用した。





第3図 原子炉

(4) 蒸気発生器

蒸気発生器の型式について縦形と横形とが考えられ種々検討した結果、次の理由によって横U字管—U字胴形とした。

(a) 熱伝導率については横形と縦形の間には差がないが、高圧のために胴径を大にし難いので、縦形では高さを増さねばならない。この場合伝熱面積を増しても1次側の圧力損失と2次側の蒸発面負荷を増すだけで、自から出力を制限される。

(b) 飽和タービンを使用するので、発生蒸気の気水分離には留意しなければならないが、そのためサイクロン分離器などの分離装置を十分設けうるような横形が良い。

(c) ローリング、ピッチングなどによる水面変動を考えると縦形が良いと思われ、また据付面積も縦形が小さくて有利である。

(d) 縦形の場合U字管の空気抜が困難であるが、横形に比較して構造は簡単になる。

(e) 以上の理由から一長一短があつて優劣は決め難いが、両者について必要な寸法を概略求めた結果、縦形では非常に高さが大になるために格納容器内の配列が困難になり、横形を採用した。

(5) 1次系機器要目表

以上述べた以外の1次系主要機器の要目は第4表のとおりである。

第4表 1次系主要機器の要目表

名 称	台数	形 式	容 量 × 揚 程	回転数 (rpm)	電動機出力 (HP)	備 考
ク ラ ン ト ポ ン プ	4	堅全密閉電動渦巻式	1,650t/h × 55m	3,500	500	
停止用ク ラ ン ト ポ ン プ	2	"	65t/h × 50m	1,750	20	
ブ ー ス タ ポ ン プ	2	横 電 動 渦 巻 式	10m <sup>3</sup> /h × 20m	1,750	2	消 浄 系 用
チャージングポンプ	2	横電動プランジャ式	13m <sup>3</sup> /h × 175kg/cm <sup>2</sup>		170	"
純 水 ポ ン プ	2	横 電 動 渦 巻 式	20m <sup>3</sup> /h × 20m	1,750	3	"
補 給 水 ポ ン プ	2	"	6m <sup>3</sup> /h × 70m	1,750	10	充 填 系 用
ド レ ン ポ ン プ	2	堅 電 動 渦 巻 式	5m <sup>3</sup> /h × 40m	3,500	5	廃 棄 物 処 理 用
機 器 冷 却 水 ポ ン プ	2	横 電 動 渦 巻 式	165m <sup>3</sup> /h × 33m	1,750	30	機 器 冷 却 系 用
海 水 冷 却 水 ポ ン プ	2	堅 電 動 渦 巻 式	500m <sup>3</sup> /h × 9m	1,150	20	"
真 空 ポ ン プ	1	横電動ロータリー式		1,750	10	充 填 系 用
水 圧 ポ ン プ	2	横 電 動 渦 巻 式	0.5m <sup>3</sup> /h × 16kg/cm <sup>2</sup>	1,750	1	弁 操 作 用
水圧タンク用空気圧縮機	2	電動2段圧縮式	1m <sup>3</sup> /min × 16kg/cm <sup>2</sup>	1,750	15	"
廃 ガ ス 圧 縮 機	2	電動1段圧縮式	2.3m <sup>3</sup> /min × 3.5kg/cm <sup>2</sup>	1,750	20	"

危急停止用空気圧縮機	1	電	動			100	
格納容器ファン	2	横	電動軸流式	500m <sup>3</sup> /min×30mmAq	1,750	7.5	
加圧器	1	竖	形	3.5m <sup>2</sup> , 電熱器200kW			
フラッシュタンク	1	竖	形復水器付	7kg/cm <sup>2</sup> , 4.5m <sup>3</sup> , 3m <sup>2</sup>			
1次クーラー	1	横	U字管式再生形	c.s. 12m <sup>2</sup> , 6.6t/h			清浄系用
2次クーラー	1	横	U字管式非再生形	c.s. 20m <sup>2</sup> , 6.6t/h			"
清浄器用クーラー	1	"	"	c.s. 15m <sup>2</sup> , 6m <sup>3</sup> /h			補給水用
停止用クーラー	1	横	U字管U字胴式	c.s. 20m <sup>2</sup> , 62t/h			炬停止用
機器冷却水用クーラー	2	横	海水冷却直管式	c.s. 120m <sup>2</sup>			
イオン交換樹脂装置	1式	混	床式 2筒	各筒 6.6t/h 出口不純物濃度0.1ppm以下			
"	1式	2筒	2床2系列式	各筒 6t/h 同上			
"	1式	2筒	混床式	各筒 5t/h 同上			

第4表に示した機器を直径 11m, 長さ 15m の円筒形格納容器内に収容してあるが, その配置を第4図および第5図に示す。

#### 4. 2次系の設計

2次系機器については, 主機が飽和蒸気タービンである以外は, 従来のタービタンカーと異なる点は殆んど無いので省略し, 船内配置図を第6図に示し, 本船の重量表を第5表に示す。2次系機関部計画のうちで最も大きく取り上げられた問題は船内電力および発電機台数である。それに伴って起こる原子炉初期起動の動力源を船内に持つか否かという点, さらに原子炉の故障の際に, 本船を回航するに要する動力源の問題であったのでそれについて述べる。

##### (1) 船内電力調査

機関部1次系および2次系について電力調査を行なった結果, 第6表A, Bに示す結果を得た。

第5表 重量表

総	噸	数	40,600 t	
載	貨	重	65,000英トン (66,038 t)	
軽	機	船	16,000 t	
		機	1,780 t	
		格納容器内	1,551 t	
			格納容器外1次系	75 t
			2次系	1,074 t
		甲板機械	192 t	
合	計	20,672 t		
満	載	排水	86,870 t	
マ	一	ジ	160 t	
貨	物	油	約91,000m <sup>3</sup>	

第6表 A 1次系所要電力

	航海中 KVA	停泊時 KVA	緊急停止後 12時間の間 KVA
連続使用負荷所要電力	1,206.6	719.6	111.0
断続使用負荷所要電力	17.4	17.4	15.6
所要電力合計	1,224.0	737.0	126.6
最大断続負荷	274.0	274.0	—
最大断続負荷時の 所要電力合計	1,498.0	1,011.0	126.6

第6表 B 2次系所要電力

	航海中 KVA	出入 港時 KVA	荷役中 KVA	停泊時 KVA	純停 泊時 KVA
連続使用負荷 所要電力	487.5	503.3	1,021.5 (290.5)	185.1	95.9
断続使用負荷 所要電力	20.9	20.6	20.2	9.1	9.1
所要電力合計	508.4	523.9	1,041.7 (310.7)	194.2	105.0
最大断続負荷	56.9	56.9	56.9	56.9	—
最大断続負荷使用 時の所要電力計	565.3	580.8	1,098.6 (367.6)	251.1	105.0

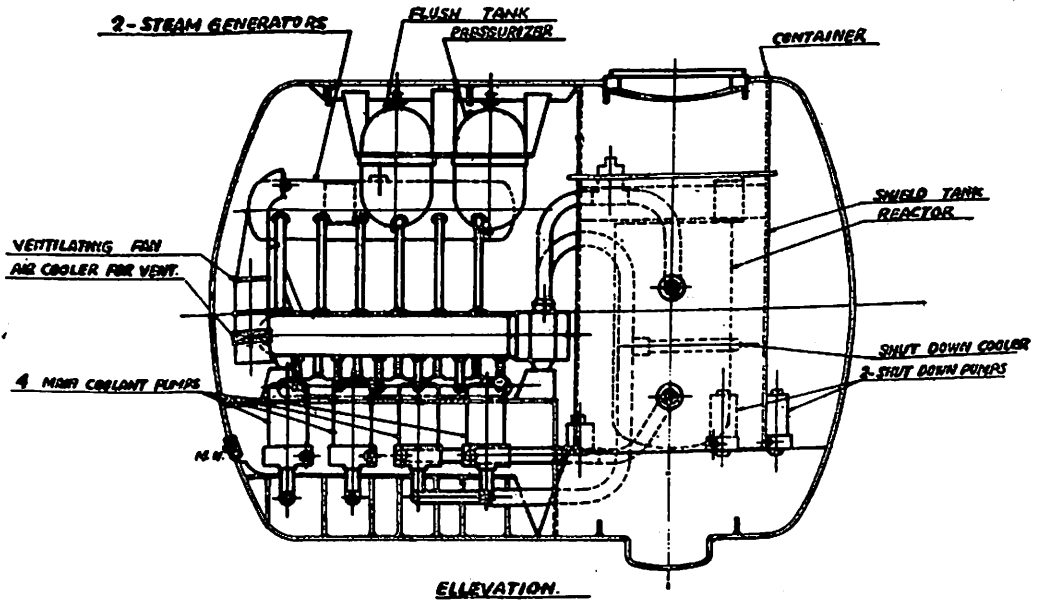
注 ( )内の数字はカーゴオイルポンプを使用しない場合の数値を示す。

以上の所要電力調査の結果, 発電設備として次の2つの場合が考えられた。

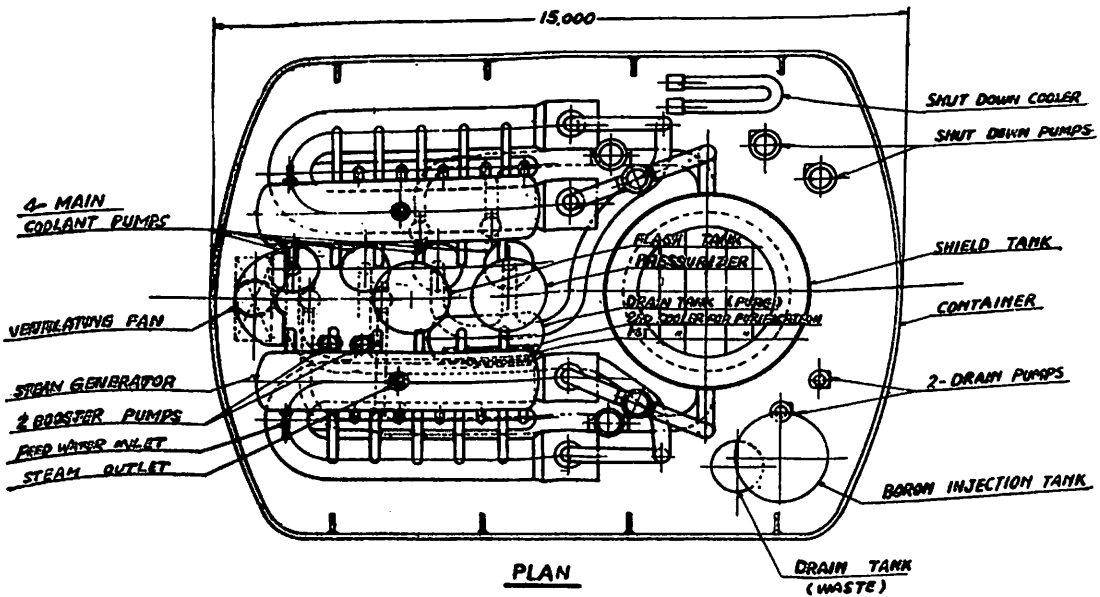
(i) 1次系と2次系にそれぞれ独立の発電設備を設け, 1次系用 1,700KVA×2台, 2次系用 650KVA×2台とする。

(ii) 1次系と2次系共通の発電設備を設ける。

(i) に従えば, それぞれに非常用発電機を装備する必要がある, 1次系に3,300Vの高圧を使用して機器の小



第4圖 格納容器内配置



第5圖 格納容器内配置



型化を図り得る利点もあるが、2次系(440V)と独立するために系統が複雑になる欠点もある。

本船の場合は、クーラントポンプに440Vを使用し、1次、2次の電力系統を1本にまとめると、系統制御が簡略化され、配置上およびコスト上も利点が多いので第(ii)案を採用した。第(ii)案でさらに発電機台数が問題になり、次の2つが考えられた。

- (i) 主発電機2台案 2,600KVA×2台
- (ii) 主発電機3台案 1,400KVA×3台

両者についてはいずれも得失があったが、原子炉運転時において電源喪失という事故を防ぐ目的から(ii)の案を採用した。すなわち常時並列運転を行ない、いずれかの1台が事故をおこしても、主クーラント系統の重要負荷を残し他を切り離すように考えた。その他原子炉停止、純停泊用として125KVAのディーゼル発電機1台を設けた。

(2) 非常用発電機および回航用動力

原子炉の万一の事故時に、少なくとも波頭に対して船首を保てる程度、また自力で近くの港に回航できる程度の補助動力を設備することが必要であり、できれば同一の補助動力でもって、原子炉の初期起動ができれば極めて都合が良いと考えて以下の検討を行なった。

(i) 初期起動時の所要電力

1次系所要負荷としては次に示すものを考えた。

(連続)

主クーラントポンプ	500P×2	100%	974.0KVA
電熱器	200kW×1	100	200.0
充填ポンプ	170P×1	80	130.0
ブースタポンプ	2P×1	90	2.3
ドレンポンプ	5P×1	80	4.6
真空ポンプ	10P×1	80	8.5
中間冷却ポンプ	30P×1	80	23.8
充填ポンプ	10P×1	80	8.5
海水ポンプ	20P×1	75	16.1
格納容器冷却ファン	7.5P×1	80	6.6

(断続)

制御のための空気圧縮機	15P×1	85	13.0
水圧用ポンプ	1P×1	80	1.1
廃棄物のためのガス圧縮機	20P×1	85	17.1

以上の通りとなり、結局1次系としては1,390KVAが必要であると見込んだ。さらに2次系としては203.0KVAが必要であることになるので、初期起動に必要な発電機容量は1,700KVAとなった。

(ii) 自力回航用所要電力

回航時の船速を6knとすれば1,000SIPの電動機が

必要であり、船内負荷を考慮すると1,300~1,400KVAの発電設備となる。一方7knとすれば1,600SIPの電動機となって1,800~2,000KVAの発電設備となる。7knの場合は余りにも過大であることから6knを採用した。航海中原子炉が事故を起してスクラムまたは化学的緊急停止を行なって後、1分間は主クーラント系統によって炉を冷却し、その後停止用冷却系統に切り換えられると考える。停止用冷却系統に切換えられた直後、2次主系統の蒸気の凝縮はすべて主コンデンサーで行なうものとし、この間の数分間における必要電力は、1次系は停止用冷却系統のみ、2次系は通常航海時負荷と同じと考えた。

回航用モーターは上述の2次系主系統の残余蒸気を凝縮した後に起動し、停止用冷却の負荷は12時間と考えて回航時の所要電力量を検討した結果、1次系については次のとおりになった。

連続負荷

回航用モーター	1,000P×1	100%	933.0KVA
強制冷却ファン	7.5P×1	90	7.4
停止用冷却ポンプ	20P×1	100	20.1
中間冷却ポンプ	30P×2	80	47.5
海水ポンプ	20P×2	80	32.2
格納容器冷却ファン	7.5P×1	80	6.6
ドレンポンプ	5P×1	80	4.6

断続負荷

廃気用ガス圧縮機	20P×1	85	17.1
制御用空気圧縮機	15P×1	85	13.0
水圧用ポンプ	1P×1	80	1.1

さらに2次系を検討した結果、所要動力は1,377.3KVAとなった。

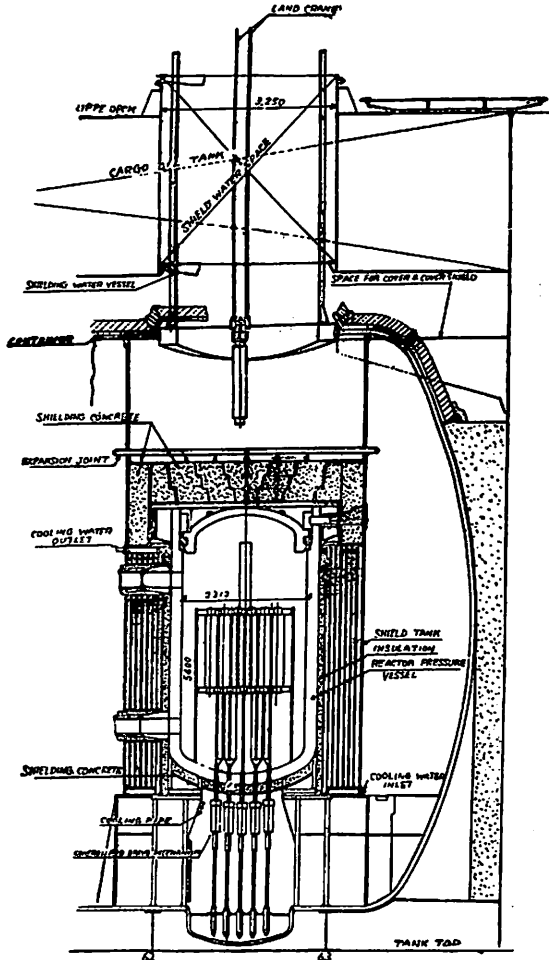
以上初期起動と回航時を求めた結果、前者に対しては1,649.9KVA、後者には1,377.3KVAとなったので、1,700KVAの容量の発電機を設け、2,000BIPのディーゼル機関を装備することにした。したがって本船の補助動力用発電機でもって初期起動用動力と、事故時の回航用動力両者を兼用することができる。

5. 遮蔽の設計

船舶用原子炉が陸上原子炉と異なる特色の一つは、遮蔽の重量が商船の使命である積載量に関係する点であると思われる。本船も2,3の遮蔽構造について比較検討を行なった結果、油満載時は油の層を遮蔽に使用し、空船時は格納容器の外周に海水を満たして遮蔽する方式を採用して重量を大幅に軽減した。

本船の遮蔽は機能的に1次遮蔽と2次遮蔽に大別さ

れ、1次遮蔽は原子炉本体から出る放射線を、1次遮蔽の外側にあるクレーンシステムによる放射線のレベルまでおさえるために設けた遮蔽で第7図に示す構造である。原子炉から出るクレーンが炉内で中性子の照射を浴び $O^6(n,p)N^{16}$ の反応を起して出す7 Mevの $\gamma$ 線の量を求めた結果、原子炉出口において $1.2 \times 10^{17}$  dis/cm<sup>2</sup> of H<sub>2</sub>O sec となった。構造寸法は鉄約25cm、水約55cmからなるタンクで、上方向および下方向にはコンクリートとした。



第7図 原子炉断面図および燃料交換装置

2次シールドは、放射性物質および加圧水を含むすべ

ての機器を収容する格納容器の外側において、最終的に内部の放射線を安全な線量まで落とすためのものである。設計に際して放射線量の基準は300mr/weekの1/10をとり、空船時タンク洗浄のために作業員がはいる可能性のある船首方向および両舷方向の荷油タンク内においては5h/weekの作業制限を設け、機関部舷側方向の船体外で、空船時には約7mの吃水を常時保って、放射線を有する機器を水面下に位置せしめるよう考慮する。以上のようにして計画した諸元は第7表のとおりである。

第7表 遮蔽構造

方向	載荷条件	シールド材寸法 mm	線量 mr/h
機関室方向	油満載時 空船時	油層 3,200 } 海水 3,200 } + 普通コンクリート 500	0.7
上甲板方向	油満載時 空船時	油層 2,000 } 海水 1,500 } + 鉛 200	0.13
船首方向	油満載時 空船時	— } 海水 500 } + 重コンクリート 500	— <sup>①</sup> 66.0
舷側方向	油満載時 空船時	油層 8,420 海水 3,000	— <sup>②</sup> 50.0

備考 ① 油満載時作業員ははいらぬ  
② きわめて微少である

遮蔽としてはその他クレーン洗浄システムおよび廃棄物処理システムの補助遮蔽を必要とし、それぞれに鉛の遮蔽を設けた。

### 6. 結 言

原子炉を利用したプラントの設計において、その目的に応じた最も適切な設計方針を定めることはなかなかむずかしいようであり、特に原子力船において、経済性、効率などを加味すると問題はますます複雑になって来る。65,000DWTのタンカーを対象として種々検討した事項について概略述べたわけであるが、勿論原子炉自体われわれの未経験の物であるし、不明の点、疑問の点は多々あって枚挙のいとまもないほどであった。しかしながら、国内における実験炉の開発に伴って早晚解決の付く問題もあると考えられ、われわれとしては目下原子力船の設計に関する基本方針を今後とも鋭意検討してゆかねばならないと思われる。

### 鋼材の切欠脆性 (再版)

東京大学教授 吉 識 雅 夫 著  
B 5 版 44頁 80円 千8円

### 模型抵抗試験資料図表集

B 5 版 500円 千30円

### 船の科学ファイル 大版発売!

昭和32年度以降は大版を御利用下さい。

大版 12冊綴用 130円 (千32円)

昭和31年度までは並版を御利用下さい。

並版 12冊綴用 120円 (千30円)

申込は直接船舶技術協会宛御願います。



# 舶用原子炉 (G・E 沸騰水型) とその装備について

前石川島重工業株式会社原子力部長  
 日本原子力事業会社技術部副部长  
 牧 浦 隆 太 郎

## 緒 論

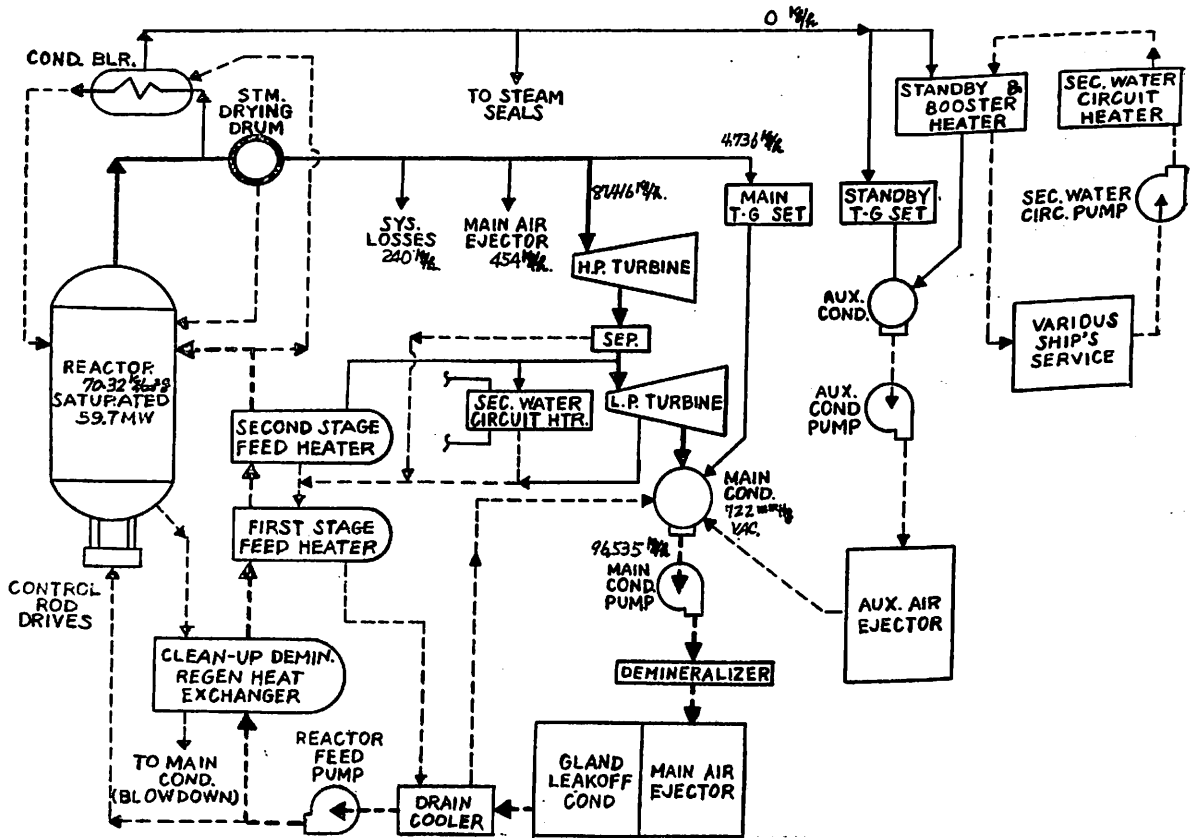
低建造費，低燃料であることは経済的な原子力機関発展競争において如何なる炉形にも要求される。

いち早く G E 社は産業用として B・W・R をとりあげ，この開発に主力を注いで来た。米国民間原子力開発計画に示される如く，1963年までに運転にはいる 6 基の原子炉中，2 基まで B・W・R で占められ，最近さらに 2 基が追加になった。今回 G E 社はジョージ・シャープ社と

共同で米国原子力委員会並びに海事局向け原子力タンカー一用 2,000HP B・W・R 機関の予備設計を完了した。

先に 22,000HP および 8,500HP G・E, B・W・R 機関仕様書が日本で発表されたが，これはその改良型と見てよい。そしてこれは米国原子力委員会で選定された単一サイクル B・W・R として小容量発電用として開発して来た原子炉設計と基本的には同一のものであるが，船用としての諸要求に応じた機械的設計を考慮してある。さらに G・E 社の方針として，

22,000 SHP, NORMAL SEA CONDITIONS



第 1 図 原子力プラント流路系統図

1. 安全且つ信頼し得る方法で最も安く、且つできるだけ早期に原子動力を作り出すこと
  2. 技術と科学を一步進めて原子力の海運への応用に関しその実用性、利益並びに経済上の将来性を実証すること
  3. 在来の機関部で行なわれると同様の方法で船を運転したり操縦したりすることができるような動力供給を行なうこと
- 等が挙げられている。

本予備設計では 22,000IP 用原子炉として自然循環式を採用しているが、最近の傾向としては大容量にもこの方式を採用しているようである。この方式によれば強制循環用ポンプおよび配管が不用になり、一次系のコストは相当低減する。以下 G・E, B・W・R 原子炉が原子力タンカーとして計画研究された概要を特に興味のある部分のみ示し、最後に結論として如何にこの原子炉が船用としての長所を示しているかを述べることにする。

### 1. プラント

本原子力プラントは経済 22,000IP の出力で船用補機をも賄うよう設計されている。第1図はこの流路系統図を示す。諸元は下記の通りである。

原子炉熱出力	59.7MW
原子炉圧力	70.32kg/cm <sup>2</sup> g
原子炉蒸気発生量	93,280kg/h
蒸気状態	乾き飽和蒸気
給水温度	118°C
プラント正味熱効率	27.6%

#### 1. 原子炉蒸気供給系

第1図に示す如く本自然循環単一サイクル B・W・R が出た蒸気は乾燥器に送られ、100% 近くまで乾き度を上げられ、直接主機タービンに送られる。

放射性物質を全く含まない蒸気を必要とするタービン軸のシールや、船内サービス用蒸気は乾燥器にはいる前の蒸気を2基の復水蒸気発生器に導きここで作られる。

#### 2. 原子炉要目 (自然循環式)

炉心出口蒸気の質 (湿り度)	3.8% (重量)
平均中心燃料温度	782°C
最高中心燃料温度	2,210°C
平均熱束 (計画出力)	76,108Btu/h-ft <sup>2</sup>
最高熱束	292,965Btu/h-ft <sup>2</sup>
炉心直径 (外接円)	2,846.3mm
燃料体の長さ	1,727.2mm
水とウランの比	2.7:1
炉心内 UO <sub>2</sub> の量	7.04kg

#### 初期濃縮度

2.1%

冷却材の軽水は底部より炉心にはいり燃料要素間を上昇し沸騰をはじめ。この沸騰は蒸気と水の混合体が炉心を出るところまで続きチムニーにはいる。チムニーは冷却材へ循環ヘッドを与えるところである。炉内の自由表面で最初の気水分離を行なった蒸気は、原子炉容器頭部蓋内の蒸気乾燥管を通り原子炉容器の外側にある蒸気乾燥器に入れる。この中で気水分離され主機タービン用の 99.5% 乾き度の蒸気を得る。原子炉容器内で蒸気と分離した水は炉心の周囲を降下し、ここで原子炉給水と合し、サブクールされ炉心を循環する。

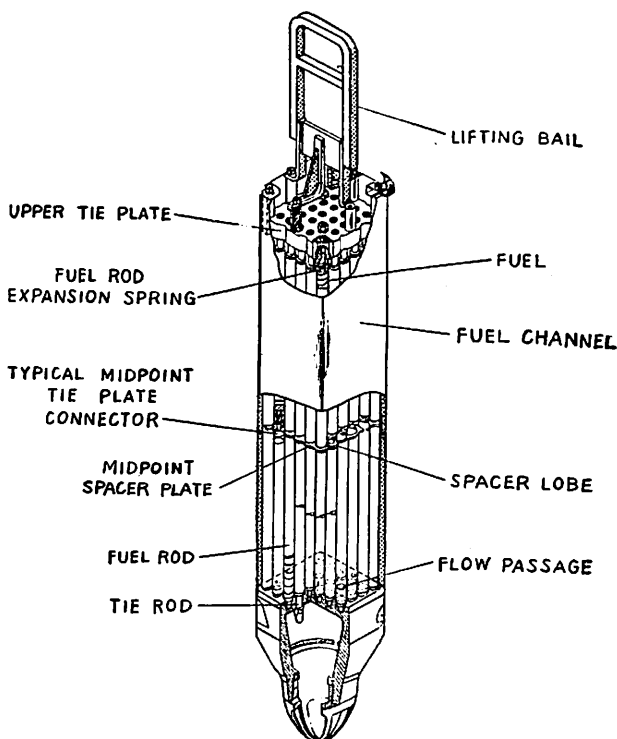
#### 3. 燃料棒および燃料体

低濃縮 UO<sub>2</sub> をシンターしたペレットでこれを第2図に示すようにジルカロイの管に詰め込む方式、これは UO<sub>2</sub> 燃料棒として一般に行なわれる方式である。

これを 36 本一纏めにして周囲をジルコニウム合金の箱に納め一本の燃料体を形成している。この燃料体は熱応力に対しても充分安全な設計となっている。

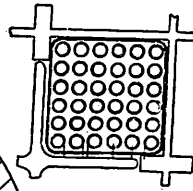
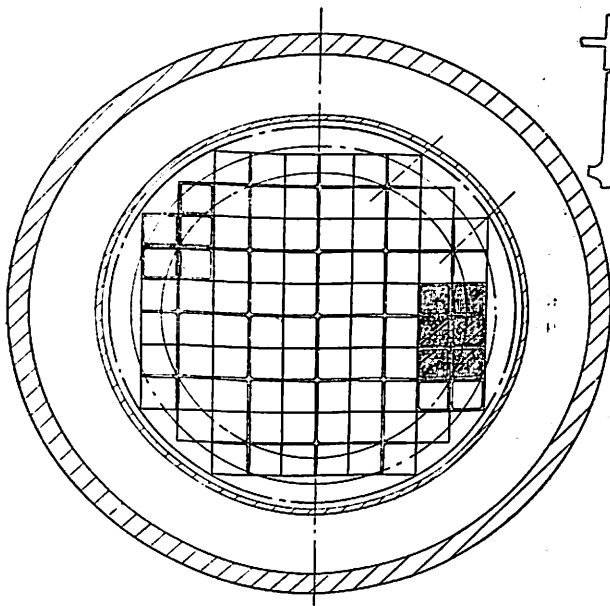
#### 4. 液体ポイズン装置

制御棒の運転機構の故障あるいは制御棒で負えない不詳事態の起った場合、液体ポイズン装置により炉心に五硼酸ソーダを噴射し中性子を吸収させる。この装置も炉



第2図 Fuel Assembly

CORE CONFIGURATION



よう設計されている。

5. 燃料集合体と原子炉容器

燃料集合体は円筒形の筒の中に 88 個の燃料体を配列させ、その溝の角に 21 本の十字形の制御棒が上下するようになっている。これは第 3 図に示す。

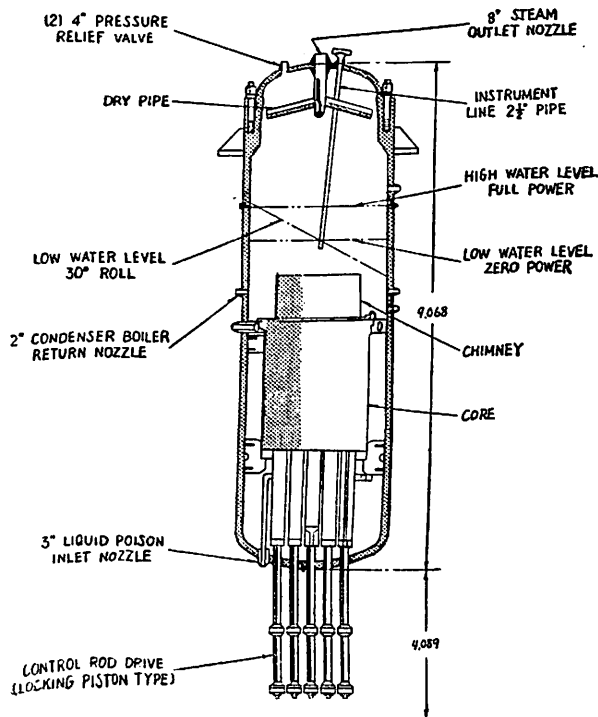
原子炉容器内の燃料集合体および蒸気乾燥管、ノズル、制御棒支持方法等を第 4 図に示す。容器は母材を 302 炭素鋼とし、その表面に 304 不銹鋼を内張りし、設計圧力は原子炉圧力の 25% 増しとしている。なお燃料の交換は頭部を取外し行なう。この場合制御棒は下部より挿入されているため簡単に行なうことができる。容器の底部に制御棒のためのスリーブが嵌め込まれている。

6. 制御棒とその機構

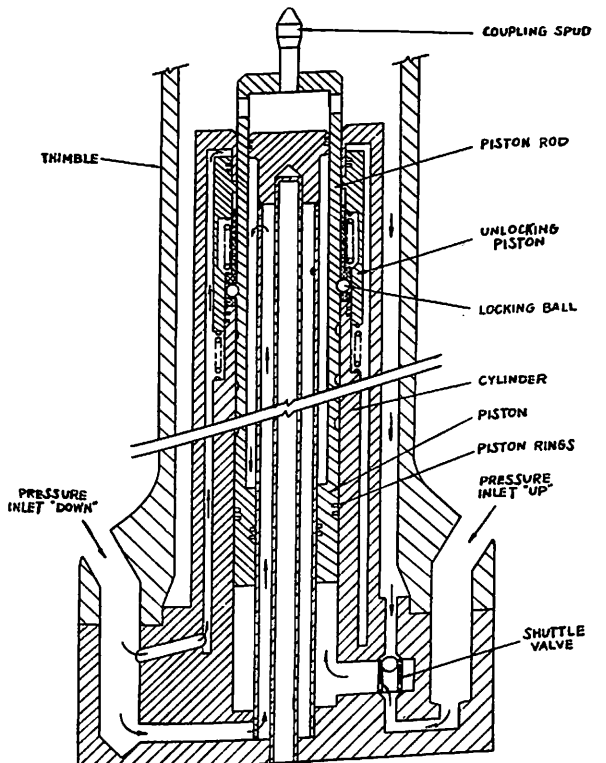
十字型の制御棒の作用部分は珪素と不銹鋼の合金で作られ、4 本の燃料体のコーナーを上下して中性子反応度を変えることにより出力を制御する。各々の制御棒の構造は第 5 図に示すような断面を持ち、水圧ピストンにより作用部分を運転する。スクラム時または

第 3 図 Core Configuration

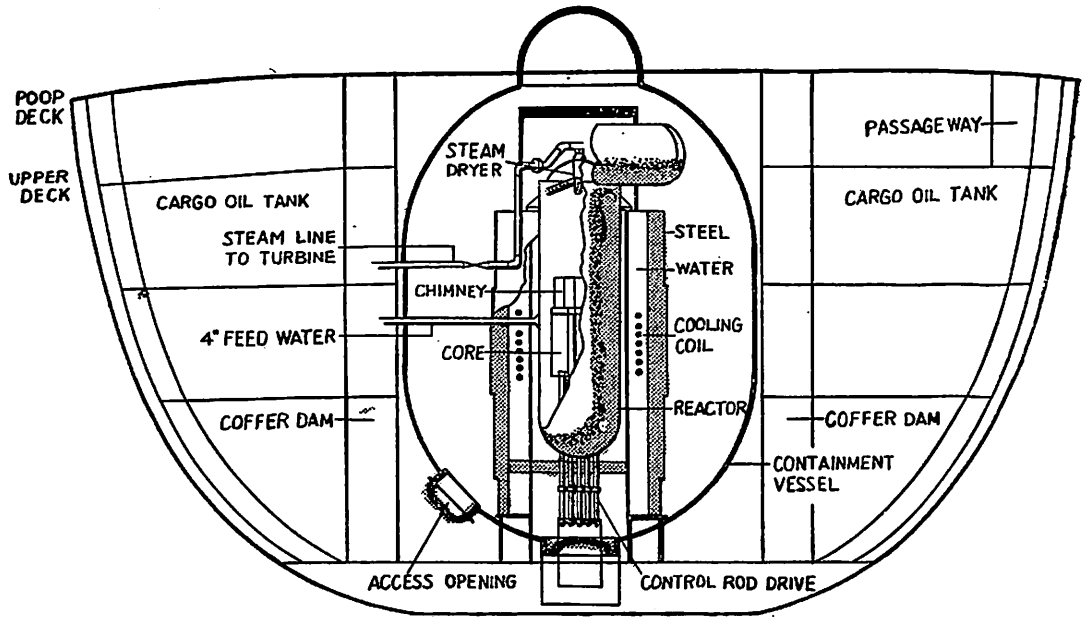
の安全のための最終手段として使われるもので、炉内の状態が如何なる場合でも噴射できるよう絶えず“準備”の態勢に置かれている。操作は確実性を要するため遠隔手動を行ない、操作圧力は窒素ポンペより直接供給する



第 4 図 Reactor Vessel



第 5 図 Control Rod Drive Mechanism



第6図 Reactor Plant Arrangement

原子炉制御停止時を除き、同時には一つしか動かぬようインターロックされている。しかし非常の場合にはすべての棒を電動によりスクラム挿入する。

7. 安全弁

2ケの安全弁が原子炉压力容器蒸気出口部分に付されている。各々全負荷蒸気流量の110%を定格としており、原子炉の過圧を防ぐ最終手段に用いられる。弁からの排出蒸気は直接格納容器内に放出される。

8. 気水分離缶

第6図に原子炉系配置図を示す。原子炉压力容器の頭部に別に気水分離缶を設け、蒸気乾燥管を通った蒸気はここでスクラパー等を通り完全に気水分離が行なわれる。

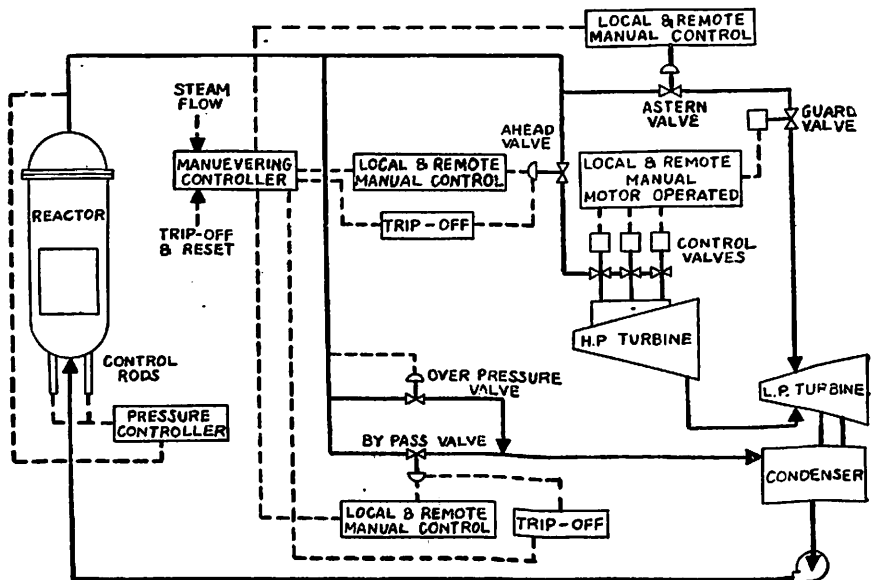
9. 復水蒸発缶

2ケのシェル・チューブ型の復水蒸気缶を設け、ここで放射性を帯びない蒸気を生じさせる。またこの缶は主復水器停止時には原子炉蒸気を処理するための危急用熱交換器としての役目を行なう。

10. 原子炉停止冷却装置

原子炉停止冷却装置は通常の炉停止後ある一定の時間炉の崩

壊熱を取り去るよう設計されている。原子炉停止後、蒸気は主蒸気バイパス弁を通り、流量を制御させることによって圧力および温度を下げながら復水器へ落す。まずこれにより炉を冷却させ、120°Cになると主復水器への流れは止まる。しかる後、原子炉水はポンプにより炉停止用熱交換器チューブ側に運ばれ、ここで崩壊熱をシェル側に放散させる。シェル側の冷却は海水の循環によって行なわれる。



第7図 Plant Control Diagram

## 11. 出力プラント制御

一般に知られるようにB・W・Rにおいては、コアの中の蒸気の形成によって中性子減速剤（この場合は水）の減少する結果として負の出力係数を生ずる。このように固有の完全特性を備えている。これは炉出力および泡反応度との間に特定の関係があり、この出力範囲において制御棒の操作によって泡の反応度を変えるとこにより蒸気発生率および系の圧力を変える。機関の自動制御は第7図に示すように原子炉制御系（Pressure Controller）および機関制御系（Manœuvring Controller）により行なわれる。原子炉制御系は原子炉出力を10%～100%全力まで自動的に制御できる。炉出力は制御量としての炉内蒸気圧力に対して比例的に制御棒を投入するよう自動的に制御される。機関制御系を働かすことなしに、原子炉制御系のみで20%～80%まで25秒程度で機関出力を変化でき、これは出力変化率としては2.6/秒に相当する。急激な負荷変動に対しては、機関制御系内の主復水器バイパス機構の作動により、原子炉蒸気の過度的変動を最少に押えることができる。

## 12. 原子炉安全装置

誤操作または事故の場合炉を停止させ、乗員および機器を保護するため原子炉安全装置が備えられている。

安全装置は次の不詳事態の場合炉を停止させる。

- (1)原子炉週期が短くなる
- (2)高い中性子束
- (3)炉圧力の上昇
- (4)炉水位の低下
- (5)炉格納容器内圧力の上昇
- (6)交直補助発電機の喪失
- (7)トリップ作動（主擾）

## 13. 原子炉中性子監視装置

起動から全力まで原子炉を安定に制御し得るように、中性子レベル監視計測系が備えられている。計測は9デカードの範囲にわたり3段階、(1)起動領域、(2)原子炉週期、即ち中間領域、および(3)中性子束、即ち出力領域に分類される。

### (1)起動領域

初期燃料装填の場合、起動時に毎秒数カウント程度の中性子線計数率を確保するため中性子源が準備される。計測装置はこれより $10^3$ カウント毎秒までの範囲にわたっている。系のこの段階は2ケの計測チャンネルによって監視される。

### (2)原子炉周期領域

この段階は中性子束の増加率に関係し、(1)の場合と同様2ケの計測チャンネルが、出力が全力に向って増加

する間、原子炉を監視し制御する。一次検出器はガンマ線補償型電離管で、ガンマ線と中性子線に感ずる部分からの電流はガンマ線のみに感ずる部分からの電流と逆方向に流され、ガンマ線による影響を打消すようになっている。もし2ケのチャンネルのうち、いずれかの原子炉周期が4秒に達すると、原子炉制御系は反応度の上昇を抑え、全系を安全側に持ち来たすようにしてある。

### (3)中性子束レベル領域、即ち出力領域

一次検出器はガンマ線補償型電離管で、原子炉の中心面内にあるガイドチューブ内に装備されている。中性子束レベルは出力領域の全範囲にわたって読みとれる計器で指示され、且つ連続的に記録される。3ケのチャンネルのどれかが全出力の110%を超えた場合には、最初の警報が発せられ、もし3ケのチャンネルのうち2ケが全出力の120%を超えると、原子炉安全装置が作動し原子炉を停止する。

## 14. 原子炉水処理装置

原子炉水処理装置は一次系の熱を最少のロスで処理でき、その中に含まれる固形物を最少に保たれるよう設計されている。炉給水は復水の全流型デミネライザによって腐蝕、浸蝕生成物および復水器の漏れによる給水の純度低下を阻止して純度を一定値に抑える。

## 15. 廃棄物処理装置

廃棄物処理系統は二つの部分、即ち(1)船内装置、(2)港湾設備に分けられる。

### (1)船内装置

船内装置は機関の正常運転により生ずる放射性的な廃棄水を貯蔵するように設計され、機器の排水や漏洩水、復水デミネライザの洗滌水、あるいは再生液、浄化デミネライザの使用済樹脂等を取扱う。

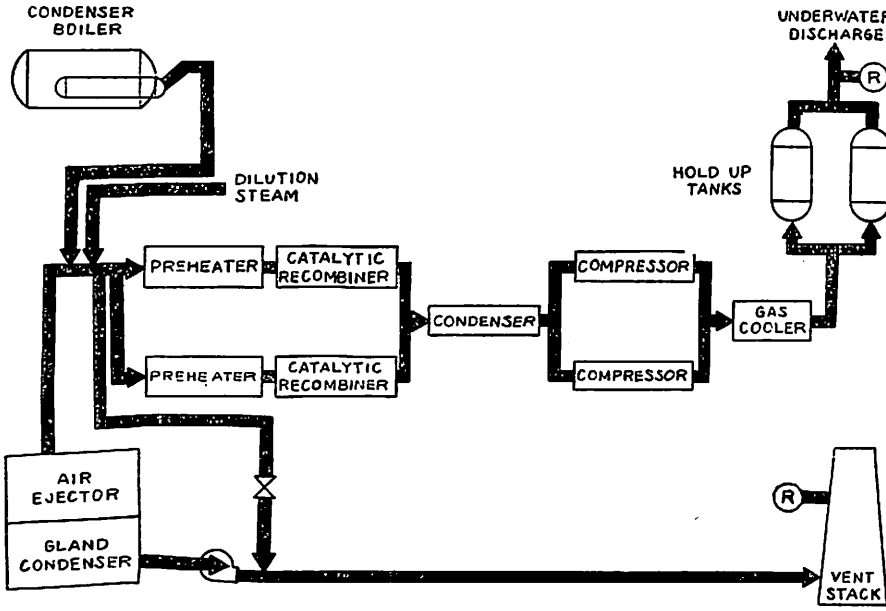
### (2)港湾設備

港湾設備は燃料取扱いに必要な遮蔽水、船内機器の洗滌液や正常運転中に蓄積した水のうち、航海中に処理したり海に放出できないものを取扱う。

## 16. 気体排出装置

排ガス系統の主たる目的は、大気放出ガスの放射性同位元素濃度を許容限度以内に抑えることにある。これらのガスは放射性 $N_{16}$ 、 $O_{19}$ および原子炉水への照射により形成された放射性同位元素、原子炉水の分解生成物である水素および酸素、タービンおよびコンデンサへの空気の漏れ込み、燃料要素破損による放射性クセノンおよびクリプトン等の分裂生成ガス等を含む。気体排出装置を第8図に示す。

分裂ガスが出ない通常運転中エア・エセクタより除去



第8図 Off Gas System

されるガスは再結合装置を通して水素と酸素は水になる。残留ガスは圧縮機を通り、より容積が減り、まずホールドアップ・タンクに入り、復水器冷却水と合流し海中に放出される。もし排出ガスに分裂生成ガスを検出した場合、勿論排出前にホールドアップ・タンクに圧縮保持し充分減衰させて放出する。

17. 燃料交換装置

燃料交換設備は定期保障修理期間中に使用するよう設計されている。燃料交換は第9図に示すように交換用キャスクを港湾岸壁に設備されている通常のクレーンにより原子炉格納容器上部開口部より挿入して行なう。

2. 機関室装置

機関室装置および装置は主機械および歯車、主復水器および補機給水装置、船内発電機タービンおよび補機を含む。

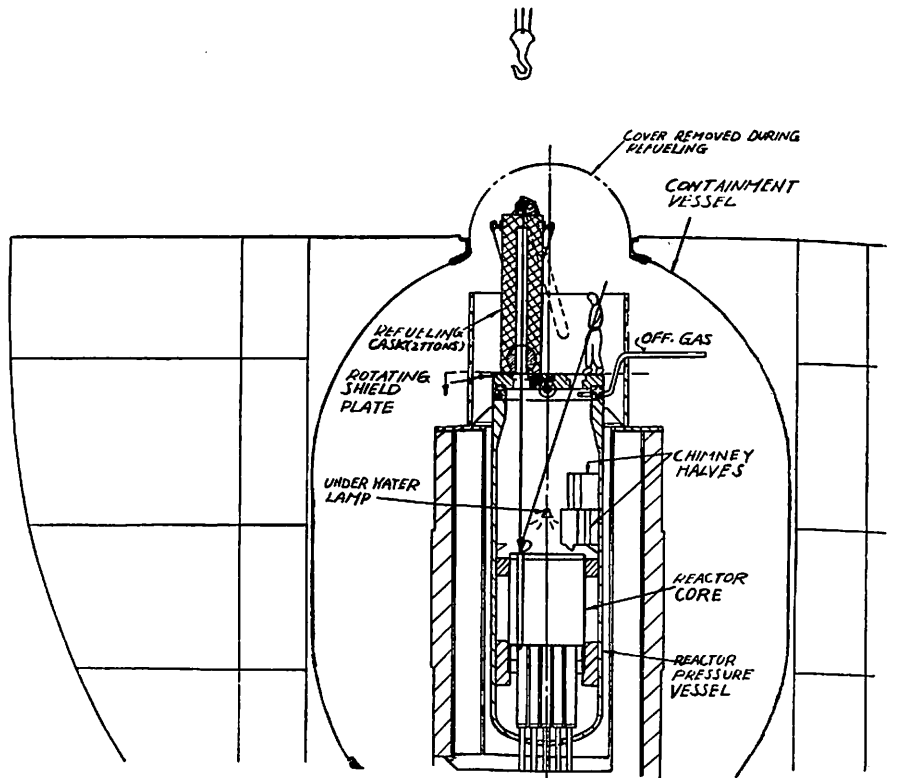
1. 主機械

主機械は復式単流、単流入式 22,000 IP, 入口蒸気量 87,416 kg/h, 入口圧力 68.8kg/cm<sup>2</sup>g 飽和。復水器上部真空 722mm

Hg, 主軸回転数 105rpm, 主減速歯車は船用小型2段減速式である。2ヶ所の手動タービン抽気が給水加熱に供給される。最後の給水温度は約 118°C である。特別の考慮は蒸気湿度が高くなる最後の数段に払われた。タービン系の制御は正常運転の場合はすべて制御室より遠隔操作できるように設計されている。しかし始動または停止時、あるいは低負荷運転時には放射線レベルは低いので、これらは各機器の現場でも操作可能である。

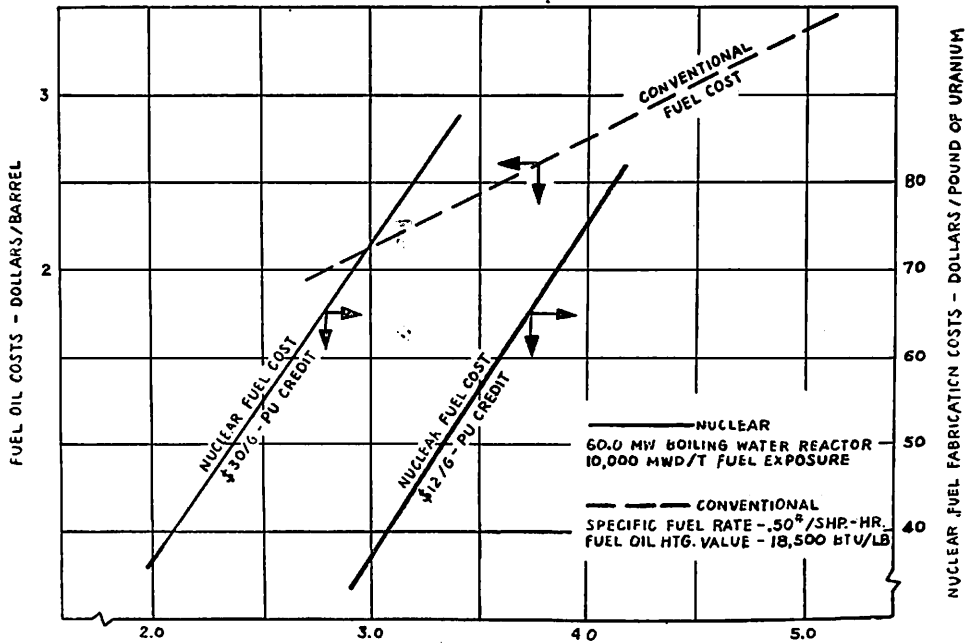
2. 主復水器

主復水器は単流式で、水室は二室に分かれ内部でクロスオーバー弁で繋っており、海水の出入口を各々1ヶずつもっている。水管はタービン中心線に対し直角に置かれ、両端は二重壁に嵌込まれている。管および管壁は 90—10



第9図 Refueling System





第 10 図 Comparison of Operating Fuel Costs Conventional and Nuclear Propulsion  
22,000 SHP Boiling Water Reactor

銅ニッケル合金で作られ、水室は 70—30 銅ニッケル合金で作られている。

復水器の構造に対し特に注意が払われた点は、如何に空気の漏入を防ぐかということである。

急激に負荷が減った場合、全蒸気はタービンをバイパスして主復水器に導かれる。このバイパス蒸気管にオリフィスを付け、また緩熱水放出によって圧力を下げ、タービンおよび復水器を保護する。復水器へ蒸気をバイパスさせることは低負荷時や起動停止時にも行なうことができる。

### 3. 船内用タービン発電機

船内用タービン発電機 2 基の各々は船内補助機器の全電力を賄う。両機の運転による電力供給能力は最大電力供給時たる港内荷油ポンプ、サービスに対し充分なものである。

### 4. 油焚きボイラ

油焚き起動用ボイラは機関室内非遮蔽区域に置かれる。この容量は通常 11,300kg/h, 17.5kg/cm<sup>2</sup>g 飽和であり、短時間の 16,300kg/h の過負荷容量を持っている。またこのボイラはタービン主機械またはタービン主発電機の非常蒸気を供給する。

## 3. 経 済 性

本設計は貨物重量の少ないことと高速度の点で正常な商業活動を行なう油槽船の型になっていないが、燃料費の低廉、貨物容積増大の点で B・W・R 推進方式の本質的な利点を実証した。

原子力船を在来船との現在における経済性を比較するため、同一条件のもとで下記の通り価格解析を行なった。

この解析で 39,000DWT の在来船と原子力船とはともに満載排水量を同一とし、年間航海数を 7.5 回、稼働日数を計画出力で 300 日とした。

原子力船プラントの出力、重量、価格は D. C. Mc Millian\* により明らかにされた値と同じとし、特に原子力船の値を経済的な最適値とするようなことはしなかった。

#### 1. 燃料費

B・W・R 型原子力油槽船は在来型油槽船よりも燃料費が安くなる。通貨膨脹（インフレーション）を除外した

註 \* Douglas C. Mac Millian: 商船に対する原子力の経済性)

場合、原子燃料加工費を合理的に軽減すれば、B・W・Rの燃料費は常に 2.00~2.20 \$/bbl の重油燃料費に相当する。

第 10 図は 22,000 馬力推進プラントの原子力船と在来船との燃料費を比較したものである。重油を 3.00\$/bbl とすれば、在来船の燃料費は 4.4mils/SHP-h である。ウラニウム加工費を 70\$/lb, プルトニウムクレジットを 30\$/g とすれば、原子力船の燃料費は 2.9mils/SHP-h となり、2.00 \$/bbl の重油燃料費に相当する。外国で稼働の原子炉は現在プルトニウムクレジットが 12 \$/g なので、外国の原子力船では 3.85mils/SHP-h となる。

A・E・Cが 1963 年まで保証するプルトニウムのクレジット 30\$/g は、将来次第に減額されて 12~14\$/g に近づくものと思われる。燃料製造設備が改良されるので 1965 年~1966 年の燃料加工費は 40~45\$/lb になるものと思われる。

燃料加工費が安くなりプルトニウムクレジットが 12\$/g となれば、原子力船の燃料費は国内国外共に 3.19 mils/SHP-h になるであろう。

## 2. 年間経費

第 1 表は在来船と原子力船の載貨重量、貨物重量の比較を示す。

第 1 表 軽荷重量、貨物重量比較表 (単位英噸)

	在来船	原子力船
満載排水量	49,660	49,660
軽荷重量	10,750	11,650
載貨重量	38,910	38,010
貨物	34,780	37,360
燃料	3,830	350
雑	180	180
乗員等	120	120
年間輸送貨物重量(年7.5航海)	260,000	280,000

第 2 表に船価と年間経費の比較をあげる。

B・W・R型原子力船は載貨重量が 900t 減少しても貨物重量は 2,500t 増加し、原子力船は年間 22,000t の貨物重量を余計に輸送できる。

第 2 表の船価比較で、在来型油槽船の船価を DWT 当り 300 万弗としたが、B・W・R、#1 の原子力第 1 船の船価は在来船より 400 万弗高くなる。

B・W・R、#2 の原子力第 2 船も原子力推進に最適とされていないが、原子炉系の価格は 20% 減少するもの

第 2 表 船価と年間経費比較 (単位 \$)

	在来船	B・W・R #1	B・W・R #2
年間輸送貨物重量(噸)	260,000	280,000	280,000
船価	11,400,000	15,400,000	14,600,000
年間経費			
船価償却費 および金利	910,000	1,230,000	1,170,000
保険費	140,000	280,000	280,000
修理費	150,000	200,000	200,000
船員費	500,000	500,000	500,000
運河通航料 および港費	270,000	270,000	270,000
雑経費	50,000	50,000	50,000
小計	2,020,000	2,530,000	2,470,000
燃料費	700,000 (825,000)	480,000 (520,000)	480,000 (520,000)
全経費	2,720,000 (2,845,000)	3,010,000 (3,050,000)	2,950,000 (2,990,000)
噸当り貨物輸送費	10.95	10.90	10.70

- (註) 1. 船価償却は 20 年間の等額償却  
 2. 従来船の保険費は船価の 1.25%、原子力船の保険費は従来船に対し適宜見積る  
 3. 金利は 3% に対する 20 年間の平均  
 4. 船員費は米国船に対する見積  
 5. 港費、運河通航料、雑経費は適宜に見積る  
 6. 重油燃料費は 2.90\$/bbl (または 3.40\$/bbl)  
 原子燃料費は加工 70\$/lb, プルトニウム 30\$/g (または加工 45\$/lb, プルトニウム 12\$/g)

とした。

以上の経済比較により、次の結果により次の結論が得られる。

- (1) 1961年に就航する B・W・R型油槽船の当初の経済性能と在来型油槽船との差は 5% 以内である。
- (2) 長期の重油燃料費の傾向を考えれば、5~10 年経てば本第 1 船は経済的に対抗できるだろう。
- (3) 原子力船の資本費、金利は常に在来船よりも高くなる。原子力船の設計に当っては、これらの高い稼働費を償うため、燃料費の低廉と貨物重量の増加の点を利用しなければならない。如何なる原子炉等に対しても建造費と燃料費の安いことは経済的な原子力機関としての本質的な必要条件である。

## 4. 結 論

本設計研究の結果並びに本船の評価は、B・W・Rが船用として他の原子炉型式のものよりも遙かに有利な点が

あることを示し、さらに現段階の発展は在来船を凌駕する可能性を示している。

以下列記すると、

- (1) 単一サイクルB・W・Rは船の運航を制限することなく、操船性能についても在来機関となら変わらない。
- (2) 完成された水処理技術の応用、高度の開発状態からして、B・W・Rは船用としての十分な安全性と信頼性を有するものである。
- (3) 原子炉熱除去系の比類ない簡易性により、単一サイクルB・W・Rは他型式の原子炉よりも価格の点で相当有利である。  
P・W・Rを搭載した原子力第1船の原子炉系および補器系のコストよりも40%安くなることが想定される。
- (4) 27%のB・W・R熱サイクル効率は重油燃焼の在来船と非常に似通った数値である。このサイクル効率は最初の船用P・W・Rの熱効率を遙かに上まわるものである。
- (5) 原子炉、遮蔽、構造物および主機械の設計重量は合計1,850t (84kg/HP)。従って原子力化することにより載貨重量は在来船と比較して6%増となる。
- (6) 船用B・W・Rの主要な経済上の有利点は要するに燃料費にある。単一サイクルB・W・Rの核燃料費は0.3

\$/HP-hと推定されるが、これは在来船の2.0\$/bblの重油価格に匹敵する。

- (7) B・W・Rの燃料費は本質的に在来の燃料費よりも安い。原子力船の燃料費は本質的に一定であるが、重油価格が将来高くなる傾向を考えれば原子力船は経済的に有利になる。
- (8) 最近の進展によりB・W・R型原子炉は本質的により高い出力密度が得られることを保証した。この場合原子炉系の価格および重量を特に増加させなくてもできるよう期待する。単位熱出力を増加させることはプラントの出力当りの価格を減少させることになる。
- (9) B・W・R型原子炉より得られる低燃料費と増加貨物重量の利点を生かした原子力船の最適設計においては、ここに示したものよりさらに改善された経済性を示すであろう。

(註) 文献は殆んどG・Eが最近発表した下記のものによる。

Boiling Water Reactor for Merchant Ship Propulsion. By R. L. Schmidt, L. F. Fidrych Aug. 21, 1958.

G-E, 22,000HP B・W・R, Preliminary Specification Nov. 21, 1957.

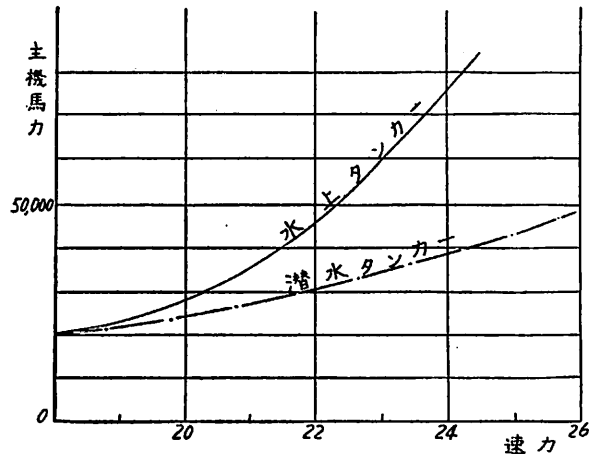
### 原子力船の経済性について

#### — 運航面における問題 —

(279頁より)

し、甲板上に大きな荷役施設を持たず、また油と海水と置換できるので、油槽も大部分非耐圧構造でよく、且つロードコンディションの変化に対する重量および重心の調整が容易である。さらには甲板の開口が少なく水密度が高い等、最も潜水タンカーに適している。従って常時潜航、荷役時のみ浮上する潜水タンカーを造ることにより高速化の解決が得られることになろう。即ちこの場合、造波抵抗なしに高速が得られること並びに対圧船殻の部分が比較的少なくて済み、水上船の如く縦強度材を必要としないため積貨量が増加する等の利点があり、特に前者の経済性に及ぼす影響は極めて大きい。これを40,000重量も、長さ巾比(L/B)約7.5の流線型回転体の潜水船と、現在の大型タンカーの船型をもつ水上船の抵抗曲線をひくと、第2図のグラフの如く19節において両者は交叉し、これ以上の速力では潜水船の方が有利となり、さらに水上船では実用速力の限度と見られる24ノット以上の高速も経済的に出し得る。潜水船の抵抗が如

何に少ないか例をとると、表面波の波長100m、波高5mのトロコイド波が水上であった場合、深度50mの波高は僅か25cm程度に過ぎない。



第2図 水上タンカーと潜水タンカーの比較

# 船用原子炉（沸騰水型）とその装備について

川崎重工業株式会社  
原子力研究室長

田 中 正 三

## 1. 序 論

沸騰水型原子炉というのは原子炉から発生する熱で水を沸騰させ、その蒸気のエネルギーを利用するもので、言葉を変えていえば原子炉発生熱を水を蒸気に変える気化熱にして取り出すものである。従って原子炉そのものの中で蒸気が作られるというのがこの炉の特徴である。この種原子炉特有の利点も欠点もこの点に帰一する。炉内で発生する蒸気は、これを直接タービンへの蒸気に用いる直接沸騰水型と中間に熱交換器を用いる閉回路(型)沸騰水型とがある。前者は米国のGE社が中心になって開発を進めており、これを用いた原子力船を設計している。また後者には米国AMF社や日本原子力船調査会等の原子力船の設計がある。第1図はAMF社の原子力船の概念図を示す。

以下この炉の特徴とこれを船用として用いた

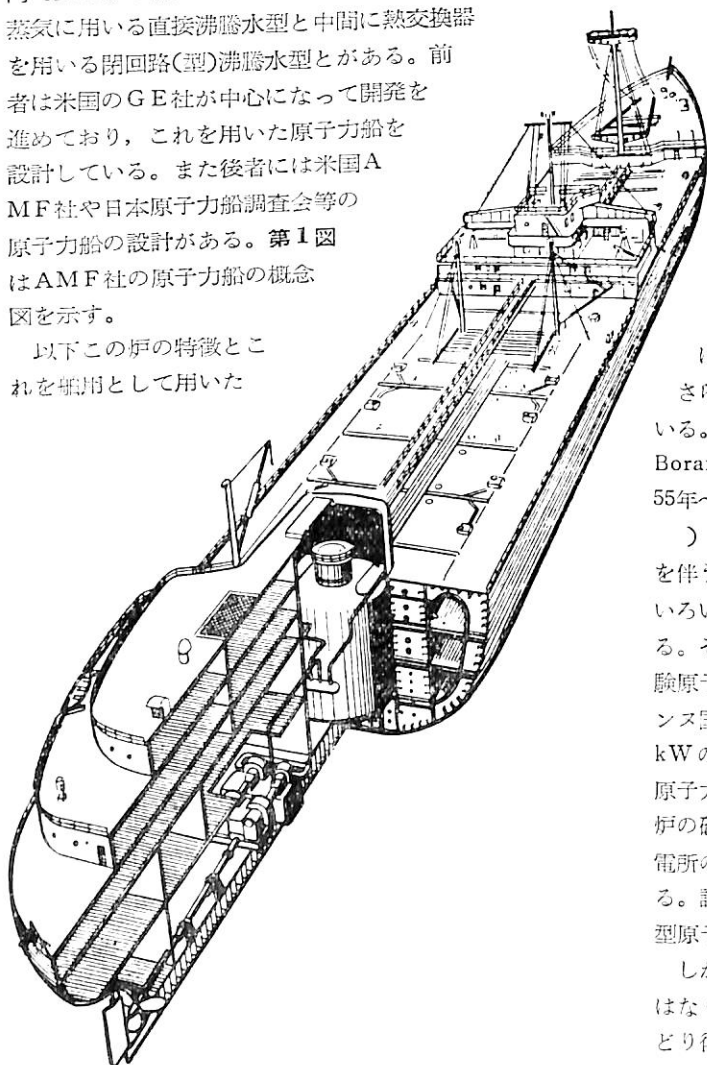
時の特徴を述べることにしよう。

## 2. 沸騰水型原子炉開発の歴史的展望

軽水減速炉で熱が大量に発生し水の温度が上っていくと必ずどこかで水は沸騰し始めるであろう。この沸騰が原子炉の諸性質にどのような影響を与えるかを調べておくことは軽水減速炉を使用する際その安全性を保障する上で極めて重要なことである。水が減速材としてすぐれた性質をもち、しかも現在までボイラ等でその特性を工学的にかなり十分知っており、且つ取扱っているという事実から、原子炉としてこの種のもが急速に発展して来たのは当然であろう。この発展過程で問題となった安全性の保証が実は米国における沸騰水型原子炉の開発の端緒となったのである。米国AECは沸騰現象を伴う原子炉の一連の実験を計画し、軽水炉の安全性(本質的な)に関する徹底的な解析を行なった。これらは Borax I~Borax IV まで行なわれ、これらはさらに Spert I~Spert IV の実験へと受けつがれている。(Borax I: 1953年~1954年暴走実験で破壊, Borax II: 1954年10月~1955年解体, Borax III: 1955年~1956年4月炉心部取替え, Borax IV 1956年~)

この最初の Borax I の実験で軽水減速しかも沸騰を伴う原子炉がある条件のもとで安定、安全に運転でき、いろいろのよい特徴を有していることがわかったのである。そしてこのデータはただちに利用され、沸騰水型実験原子炉 EBWR の建設へと進み、1957年2月アルゴンズ国立研究所における熱出力20MW、電気出力5,000kWの運転開始となった。さらにGE社の Vallecitos 原子力研究所の沸騰水型原子炉の建設と民間によるこの炉の研究、これらの成果が米国のドレスデンの原子力発電所の計画となり、また原子力船の設計となったのである。詳しくはわからないがソ連においても2つの沸騰水型原子炉発電所の建設計画をしている。

しかしここに来るまで全然問題なく順調に来たわけではなく、いろいろの困難にぶつかり、それを克服してたどり得たものであることを注意しておこう。次にこの点に注意しながらこの沸騰水型原子炉の基本的特徴を考えて見たいと思う。



第1図 閉回路型沸騰水原子炉使用の原子力船 (AMF社)

### 3. 沸騰水の基本的性格

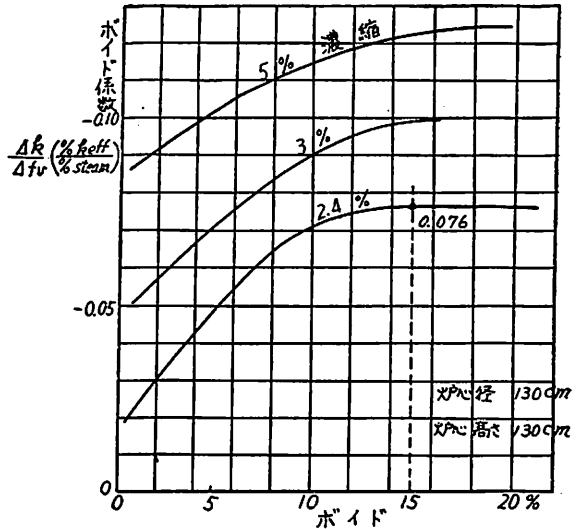
基本的性格として核的特性，熱的特性，放射線的安全性，炉の安全性，その他について述べよう。

#### 3.1 核的特性

沸騰水は核的な特性として軽水減速の特徴をもっていると同時に，沸騰水中にボイド（気泡）を含んでいるためいろいろの変った複雑な現象を伴っている。その中で特に問題となったのは3つあって，その第1はボイド含有率と反応度の関係であって，沸騰水中のボイドの量が増していくと原子炉の無限増殖率の変化率が正の値をもつということである。やさしくいうと，軽水中の水素が多くある時には減速作用が強く働くが，水素が少なくなるとボイドの微小変化に対して吸収体の除去効果を強く示すことになる。そのため炉はあるボイド含有率以上になると自己反応型（ボイドが少し増えるとますますボイドを増やす傾向）に向う危険性が出て来る。従って沸騰水中のボイド含有率はこの点でまず制限される。しかしこのボイドは制限された含有率の間で大きな負の反応度係数をもっており，炉の出力が増すとボイドが増し，それがすぐ反応度を負の方向に強く抑制するという作用をする。第2図はボイド含有率とボイド係数の関係を示したものである。

次に問題になるのは，ボイドが増すにつれて大きな自己抑制作用があることは炉の出力レベルに振動現象を起さしめ，Borax I での“chugging 現象”や Spert I の発散型振動である。ボイドの含有率はこの方からも制限されることになる。この現象についても米国で詳しく調べられ，この現象も低圧，自然循環，ボイド含有率の大等のある条件で発生することがわかり，炉を高圧，強制冷却，ボイド含有率の制限によってこの発散振動現象はうまく取除くことができた。現在ボイド含有率は  $\Delta k$ （余剰反応度）にして 2.5%~3.2% 程度許されるとしており，これは蒸発率で 5% 内外，平均ボイドで大体 20% 程度である。過去においては沸騰水型原子炉の安定性，安全性に関して相当問題になったが，現在では以上の点を設計上考慮され原子炉として核的に極めて安定性と安全性に富んだ炉であることが実証された。次の第3図は Spert I の実験中に表れた発散型の出力振動現象を示す。

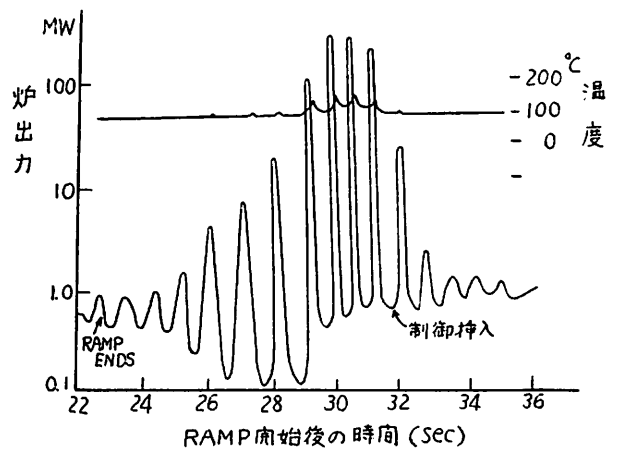
最後に問題になるのは原子炉の圧力の変動によってボイドの含有率が変わるということである。炉内発生蒸気を直接タービンに取出す場合，蒸気を多く取り出そうとすれば圧力が下り，そのためボイドは増して反応度を下げようとし，従って出力の上昇を妨げようとする。即ち要求



第2図 ボイド含有率とボイド係数

する負荷需要に対してすぐ炉の出力が追従してくれないことである。いわゆる負荷に対する応答性が悪いということである。このことは負荷変動の大きい出力を要するものにこの炉は好ましくないと思われたけれども，出力の変動を圧力の変動にしてボイドに作用させるというようなことをせず，閉回路式にするとか，炉から生ずる飽和水を冷却する熱交換器をつけた二重サイクル式にするとか，或いは冷却水の循環量を変えるという方式によって解決されたのである。

このようにして沸騰水というものが加圧水と同様核的に十分安心して使用できることが確認された。核的に安定で安全であるということがわかると，沸騰水は加圧水に比べて熱的にすぐれたいろいろの特徴をもっていることも大切である。



第3図 Spert I の出力振動現象

### 3.2 熱的特性

沸騰水を用いることによってまず炉からの熱の取出しが容易になるだろうということである。いま1 kg の水を1度上げるのに要する熱量が1kcal であるから、加圧水のように入口温度と出口温度の差が10°C から20°C 程度では1kg の水の持ち出せる熱量は10kcal から20kcal ということになるのに対して、沸騰水の場合は1kg の水の3% から5% が出口蒸発率と考えて、気化熱が加圧下420kcal 程度なので13kcal から21kcal 程度の熱量を、冷却水の温度を飽和温度のままにしておいても取出すことができることである。炉心の構成材が熱的に耐えることができれば沸騰水は加圧水に比べて同じ冷却水循環量でより多くの熱量を取り出すことができるという有利な点がある。このようにして原子炉の炉心の出力密度を大きくすることができ、蒸気だけで30kW/l 位の値を取り得ることになる。従って炉心の大きさが熱の取出しのために制限を受けている場合には沸騰水の利用によって炉心を小さくすることができることになる。

次に炉内で発生する蒸気を直接タービンへの蒸気に用いることができるという点で高温、高圧の蒸気はタービン効率を高めることができる。

また沸騰水型では冷却水の原子炉入口（出口）温度を余り高くする必要がないので、炉の圧力を加圧水型に比べて下げることができる。高压容器の製作は圧力が高くなればなるほど、また大型になればなるほどむずかしくなるものであり、そのため高価なものになる。この点でも沸騰水型は大きな魅力であり、事実沸騰水型原子炉を用いた原子力発電所はこの出力密度を大きくとれることと、圧力容器の製作が加圧水型に比べて容易で、特に大出力、大型圧力容器の場合にそうであるという点にあるといっても決して過言ではないであろう。そして圧力の低いことは事故の際にも有利であることをつけ加えておこう。

しかし一方、欠点としてボイドが増すにつれて燃料体から沸騰水への熱伝達が悪くなり、遂には燃料被覆材或いは燃料体が熔融するに到るという現象がある。これをバーン・アウトと呼んでいる。従って最大熱流束は必ずある値以下にするよう注意しておかねばならない。

### 3.3 放射線的特性

冷却材として循環している沸騰水は炉内で中性子によって放射能化され、運転中の循環系の主な放射線が  $O^{16}(n, p)N^{16}$  の  $N^{16}$  の  $\beta$  崩壊に伴って出る6.2 Mev の  $\gamma$  線であることは加圧水型炉と変りない。また炉の停止時あるいは沸騰水が炉を出てからかなりの時間のたったところでは沸騰水中の放射能化された不純物からの放射

線が主になる。蒸気と飽和水とを分離しない閉回路型の場合は加圧水型の場合と変りないが、蒸気と飽和水を分離する場合には（直接型であれ、閉回路型であれ）その中に含まれる不純物の量は蒸気の場合の方が圧倒的に少なく、また放射性的  $H_2O$  も飽和水中に比べて少ないといわれており、蒸気の密度も飽和水中に比べて小さいのでその放射線は大変弱いものになる。この特性は船用として沸騰水型原子炉を用いる際、放射線遮蔽の問題を有利にする。詳しくは後で述べることにする。

### 3.4 炉の安全性

炉の開発の歴史の中でも少しふれたように Borax I~IV; Spert I, II の実験では少々のことでは爆発しないことがわかったし、無理に暴走させて爆発させた場合でも原子爆弾の爆発にはならず、燃料が高温になりそのため遂には熔融してこれが水と化学反応を起して爆発するという純化学的な爆発であった。現在のように水と化学反応のしにくい酸化ウランが燃料体として用いられ、ステンレス・スチールを被覆材に用いている今日では炉の安全性はますます高まったものと考えてよく、結論的にいって沸騰水型原子炉は核設計、熱設計で危険領域を逃げておけばその後は加圧水型原子炉より安全であるといってもよいであろう。

### 3.5 その他の特性（沸騰水の加圧水）

以上述べたように沸騰水が多くの長所を持っている。だが一方、炉心構造材への腐食性は沸騰水の方が強いようである。しかし問題になる程度ではない。また設計上燃料のバーン・アウトをいつも考慮しなければならぬ点も劣っている。小出力の小型原子炉になって炉心の大きさが極的な条件から決ってしまつて、熱的な条件が余り問題にならない原子炉では沸騰水は減速物質が少ないのであるから、当然加圧水型原子炉に比べて炉心が大きくなり、この点不利になる。

## 4. 船用沸騰水型原子炉とその装備

以上によって沸騰水の基本的性格を述べて来た。この基本的性格を船用としていかにうまく運用するかということが、沸騰水型原子炉が船用として加圧水型原子炉と対抗し得るかどうかということになるのである。この点に焦点を合せながら炉およびその装備について考えて見たいと思う。原子炉およびその附属設備の一次系と特別な関係のない限り、ここでは二次系のタービンおよびその附属設備にはふれないことにする。

原子力船を設計する場合、いままでの船としての設計基準の外に原子炉を動力源として用いることによって新しい要素が附加される。例えば、(1)燃料の重量が無視で



きるほど少ないこと、(2)放射線、放射能対策が必要であること、(3)動力プラントの重量、空間が相当大きいこと、(4)燃料の消費に空気を必要としないこと、(5)原子炉が開発途上にあつて信頼性についての考慮を要すること、等である。数多くの原子力船用の原子炉、この船用沸騰水型原子炉もこの五つの点からその優劣の判定がなされるであろう。

沸騰水型原子炉本体およびその装備について、その必要とする系統は他の加圧水型炉の場合と基本的に異なるところはなく、ここではその系統の詳細な説明は紙面の都合上省略し、概述するにとどめることにする。この原子動力装置は熱を発生する炉本体、炉本体から発生する熱を取り出す冷却材循環系統、炉心や循環パイプの腐食物質を常時取り出し冷却材の純度をいつも一定にしている純化系統、冷却材が中性子を受けて分解し、その分解ガスを処理するオフ・ガス系統、純水を作つて冷却水に補給する純水補給水系統、炉を停止したとき炉内で発生する崩壊熱を取り出す停止時冷却系統、それにこれら各系統の機器を冷却している冷却系統等がある。これら各系統を組合せたのが第4図で系統図と呼ばれる。

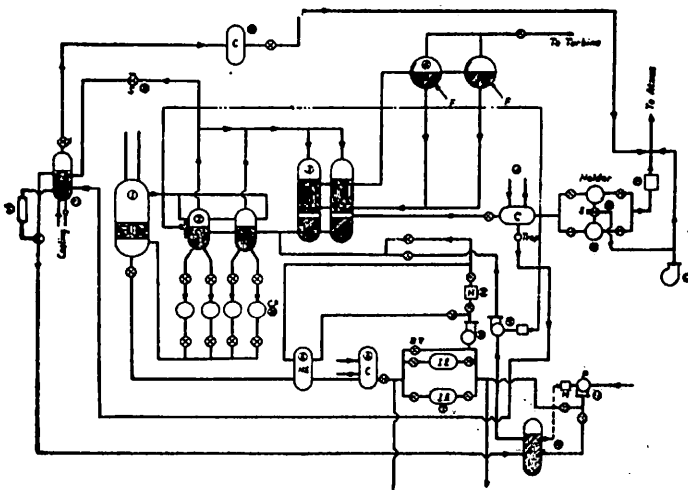
工作や保守を考慮に入れてこれら系統が組立てられ、一つの船用動力プラントとなるのである。これらの系統の中で高圧のかかっている部分は爆発事故が万一起つても大丈夫なように大きなスチール製のコンテナ中に入れられる。さらに各系統の中で放射線を出すものは放射線遮蔽が行なわれ、原子動力プラントの外部にいる人達に危害を与えないようにし、またプラント運転停止後、各系統機器に近づけるようにしている。そのほか動力プラント配置に船として要求される重心を下げることや左右

の重畳バランス等も考慮されている。第5図はこのようにしてでき上つた一般配置図を示したものである。なおこれらの詳細については他の紙面でも書かれているだろうし、特に興味のある方は末記の文献を参照されたい。

さてここで沸騰水型の場合について突込んで考えて見よう。先に沸騰水型原子炉には直接型と閉回路型があるといったが、さらにこれを詳しく分割すれば下記のようなサイクル図が得られる。(a) 炉内で発生する蒸気を直接タービンに送るもので、普通自然循環方式が多く、炉内に沸騰水面を有する。(b) これは直接タービンへ蒸気を送らないで熱交換器で二次蒸気を発生させ、これをタービンへ送る型である。(c) 炉内でできる気水をそのまま強制循環して熱交換器を通して熱交換によって二次蒸気を発生させ、これをタービンへ送る型である。(d) 炉内でできる気水を一旦気水分離器に入れ、ここで蒸気と飽和水に分離し、分離蒸気を直接タービンへの蒸気として使用する型である。気水分離器は原子炉容器内部炉心上部サイクロン式に作られる場合と原子炉容器とは別にもうけられる場合がある。強制循環で炉内に沸騰水面を有さない。(e) 気水分離器で分離した蒸気を熱交換器を通して二次蒸気を発生させ、これをタービンへの蒸気とする型である。(f) 気水分離器で分離した蒸気は直接タービン蒸気として用いる一方、分離した飽和水を熱交換器を通して二次蒸気を発生させ、これもタービンへの蒸気として用いる型で、いわゆる二重サイクル沸騰水型といわれるものである。さらにこれらのサイクル図に再熱、抽汽、過熱の部分を追加することができるが、ここではサイクルの主要部分でないのを略した。第6図はこれらサイクル図を示す。

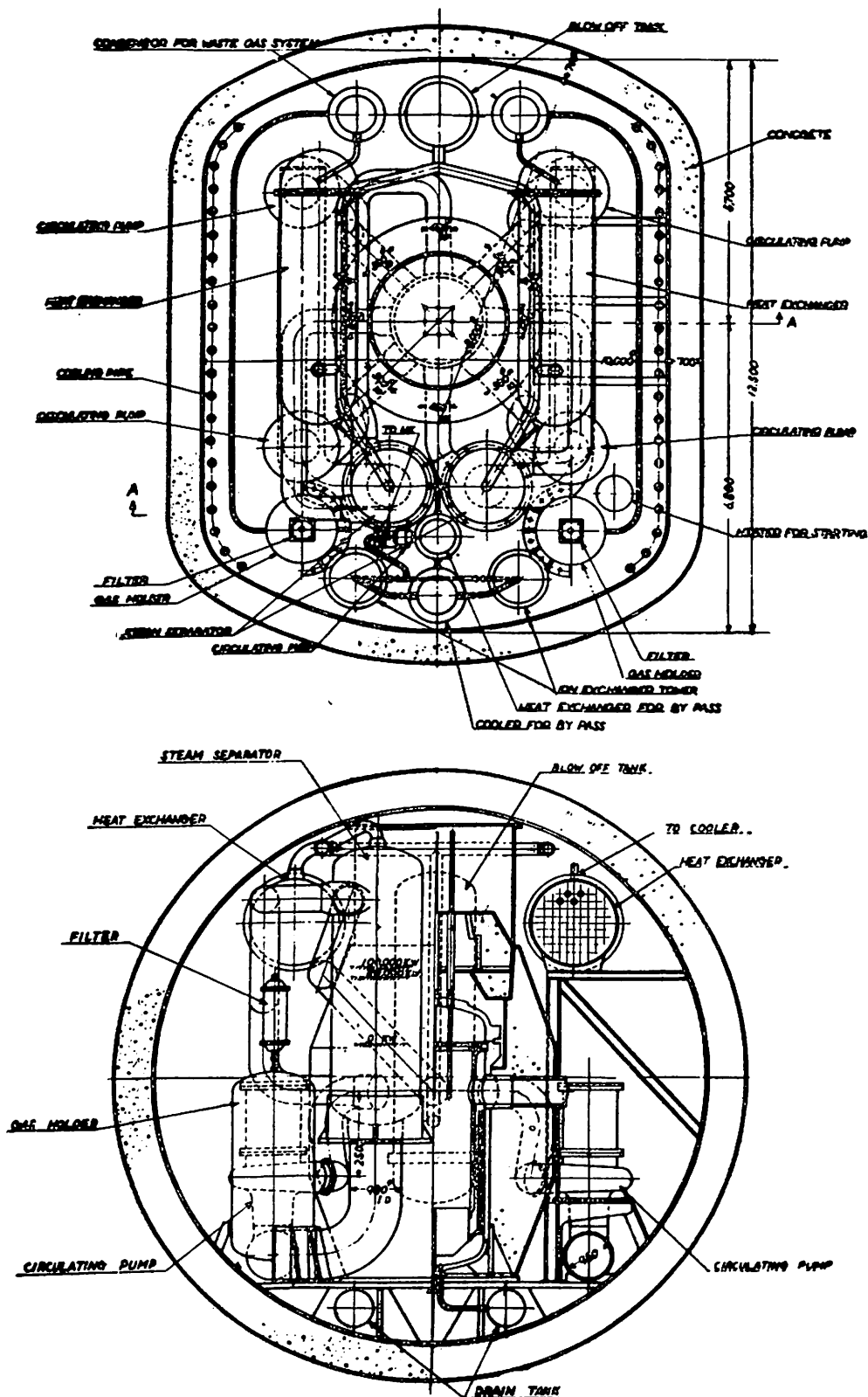
このようにいろいろのサイクルが得られるが、要するに水と蒸気の二つの部分に分けることができるという特徴があることである。

さてここで原子力船の動力装置がどうしてこのようにスペースを取り、重量を取るのかを考えて見よう。一番よく知られている加圧水型炉のようなものを考えると一番スペースを取っているのは炉本体と熱交換を含む循

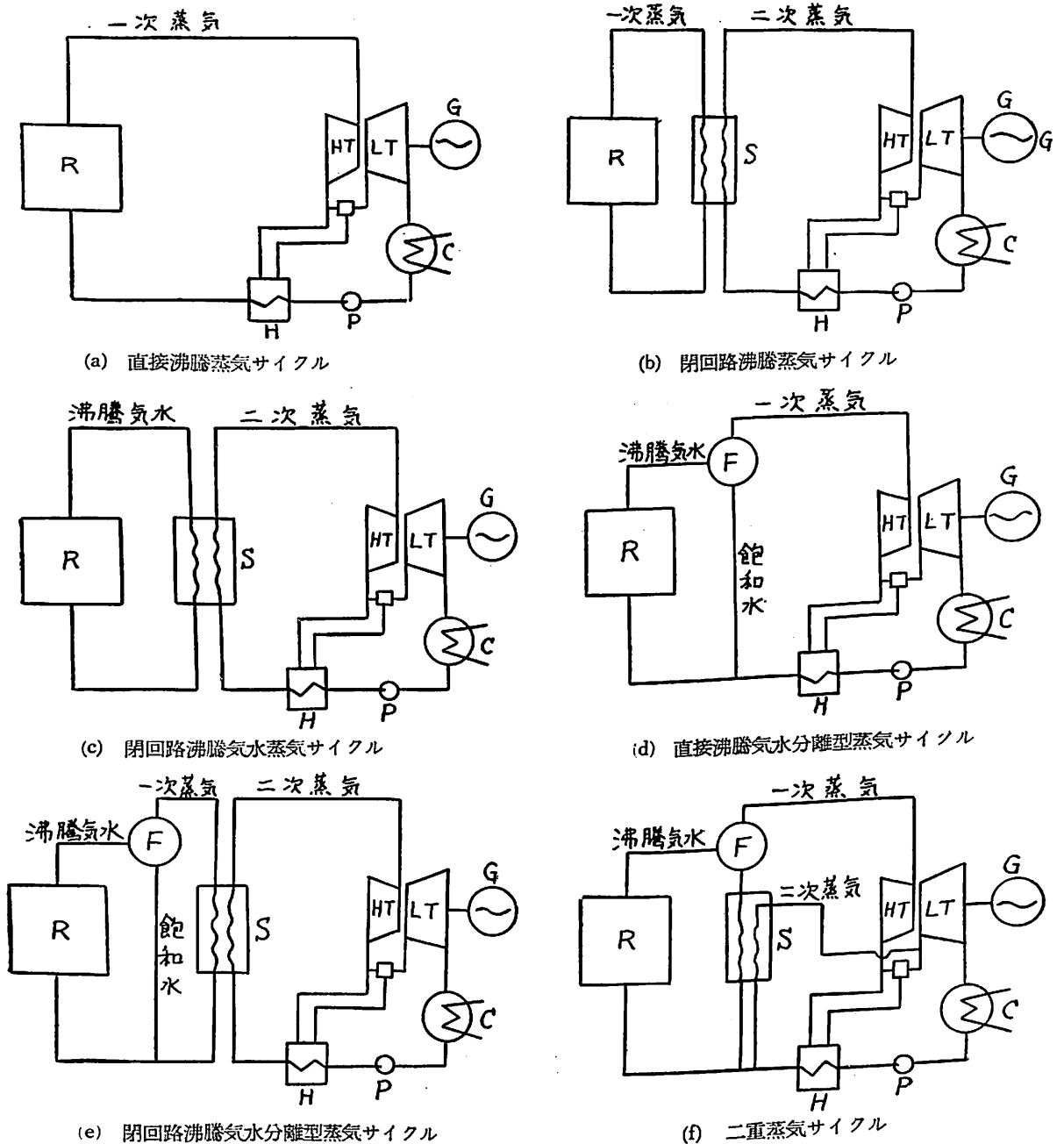


No.	Name
1	Reactor Vessel
2	Steam Separator
3	Heat Exchanger
4	Steam Separator
5	Heat Exchanger
6	Cooler
7	Ion Exchanger
8	Heater For Starting Up
9	Feed Water Pump
10	Drain Tank
11	Primary Make-up Water Pump
12	Blower For Waste Gas
13	Condenser For Waste Gas
14	Waste Gas Holder
15	Waste Gas Filter
16	Blow-off Tank
17	Temperature Detector
18	Container
19	Safety Valve
20	Safety Valve
21	Main Circulating Pump
22	Circulating Pump For Main Circuit

第4図 沸騰水型原子炉装置系統図 (原子力船調査会 HB)



第5図 沸騰水型原子炉装置一般配置図 (原子力船調査会 H<sub>B</sub>)



第6図 沸騰水型炉熱サイクル図

環系統なのである。しかもこれらは高圧系であるため大きなタンクナー内に収容されねばならず、さらに困ったことにはこれら全部が強放射線源であって、そのためこの大きなコンテナの周り全体の放射線遮蔽を行わねばならず、このために遮蔽重量が極めて大きくなるという事態になっていることである。先にも述べたようにスペースを小さくし、重量を軽くすることは船の経済性を

高める上で極めて大切である。

ではこの点沸騰水型原子炉の場合はどうであろうか。一般配置の上で水と蒸気に分離することができ、蒸気は飽和水に比べてずっと放射線が弱いという事実は強力な放射線源であり、高圧系である主要な部分のスペースを小さくし、従って遮蔽重量も軽減できるという極めて船用として有利な配置にもっていくことができるこ

とである。実際GE社の設計では炉本体、飽和水循環系、補助蒸気発生器のみをコンテナ中に入れ、一番強力な放射線源である炉本体と飽和水循環系をできる限りスペース的に小さくまとめてその周囲を遮蔽し、他の減圧した純水系や炉から出て来る蒸気の弱い放射線源はコンテナ外に出して局部的に放射線遮蔽をするという方式にしており、そのため遮蔽重量はかなり軽減していることがわかる。しかしこの場合には全系統を一つのコンテナ内に入れてしまうというのに比べて、放射性物質が船体内にばらまかれる危険性が增大することになり、このための通風その他の対策が極めて重要なことであることを指摘しておかねばならない。炉の発生蒸気を直接タービンに用いる場合は特に然りである。ただEBWRの実験等から一次蒸気によるタービンの汚染は一般にそれほど問題にならないといわれている。しかし船内でも汚染の全然ない蒸気の必要なところもあり、そのためGE社では補助蒸気発生器を備えており、また日本原子力船調査会Hvの設計では一次蒸気は直接用いず二次蒸気にして用いている。

以上によって船用としての沸騰水型原子炉の特徴が理解できたことと思う。ただこのような配置上の船用としての利点を発揮しようとすれば、発電炉のような熱交換器をつけた二重蒸気サイクルにするわけにいかず、船用として要求されるもう一つの要請負荷の応答性を同時によくするにはどう工夫すればよいか今後の課題であるといえよう。

## 5. 船用沸騰水型原子炉の現況

現在船用沸騰水型炉と計画されている中で、代表的なもの4つをまとめて別表の主要目表(次頁)に掲げた。他の型の船用炉のものと比較して頂きたい。

## 6. 結 語

これによって船用としての沸騰水型炉について十分理解して頂けたものと思われるが、ここでもう一度沸騰水型の長所と短所をまとめてみよう。

### 長 所

1. 加圧水型に比べて低い圧力で運転でき、炉容器の製作が容易である。
2. 出力の大きい炉では出力密度を高めることができる。
3. 発生蒸気からの放射線の強度は飽和水からのものよりずっと小さい。

### 短 所

1. ボイド含有率が静特性、動特性の安定性の点から制限される。

2. 燃料のバーン・アウトに注意が必要である。

このように沸騰水型原子炉による原子力船が加圧水型原子炉による原子力船に劣らずすぐれたものであり、炉の出力密度を高めたり、放射線遮蔽を有効に行なってこのスペースと重量を減らすという点では加圧水型に優る利点を有していることがわかるのである。ただ加圧水型原子炉の場合は既に米国において船用としての十分な運転経験もあり、その信頼性において沸騰水型よりわずかに優っているであろう。沸騰水型の陸上原子炉の運転実績が進み、先にあげた諸利点のもっと詳細な研究検討が行なわれるにつれて船用としての将来性も具体的に明らかになってくるであろう。陸上の発電所においては既に加圧水型と沸騰水型とはますます近づく形になりつつあり、両者の長所を兼備するという方向に進みつつあるようである。

また沸騰水型の中でどの蒸気サイクルのものを採用するかについても、なお詳細な運転特性を知らなくてははっきりした結論を出すことができないけれども、私見としては炉から発生する気水は蒸気と飽和水に分離し、炉本体と飽和水循環系を高圧系としてコンテナ内に入れ、これらをできるだけコンパクトに配置して放射線遮蔽を行ない、遮蔽重量をできるだけ軽減する。他の系統は減圧してコンテナ外に出し、その中で放射性物質を含むものはエアタイトなケーシングの中に入れて外部に交われないようにし、局部遮蔽する。また分離された蒸気は放射能の安全性の見地から直接タービンへ送らず、熱交換を用いて二次蒸気を発生させるという形で船用沸騰水型原子炉の利用を行なうのが最も賢明であると思う。

いずれにせよ沸騰水型原子炉が船用として、炉本体は勿論、その設備に関しても将来極めて有望なものであることを強調して結語に代えたいと思う。

## 参 考 文 献

1. 原子力船調査会技術委員会機関部小委員会Bグループ設計書
2. USAEC: Nuclear Powered Ships for American Ship Operators
3. GE: Preliminary 22,000 Shaft Horse-power Shipboard Boiling Water Reactor Plant
4. GE: Description and Specifications 186,000-kW Electric Generating Plant
5. P/853 E. Teller et al. The Safety of Nuclear Reactor
6. P/481 J.R. Dietrich, Determination of the Self Regulation and Safety of Operating Water

沸騰水型原子力船主要目表

項目名	設計会社名		日本原子力船調査会	米国AMF社	米国GE社	米国GE社
	単位		HB			
システム概略			閉回路沸騰気水分離蒸気サイクル	閉回路沸騰気水蒸気サイクル	直接沸騰気水分離蒸気サイクル	直接沸騰蒸気サイクル
船の種類			油輪槽船	油輪槽船	油輪槽船	貨物船
船体載貨重量	ton		38,000	38,000	~	~
機関定格出力	SHP		20,000	20,000	22,000	8,500
船の速度	Knot		18	17.5	~	~
原子炉の位置			船尾	後方寄り	やや後方寄り	やや後方寄中央部
核燃料種類			UO <sub>2</sub>	24.5% UO <sub>2</sub> +75% ThO <sub>2</sub> +0.5% CaO Cermet	UO <sub>2</sub> pellet	UO <sub>2</sub> pellet
U <sup>235</sup> 濃縮度	%		2.4	9.5	2.8	2.5
燃料重量			UO <sub>2</sub> total 4.24ton	U <sup>235</sup> 160kg	U-total 6.8ton	U-total 5 ton
燃料被覆材			Stainless steel 18-8	Zircaly II	No. 304SS 0.024"厚	No. 304SS 0.024"厚
炉心部容積	m <sup>3</sup>		1.72	2.55	3.23	2.55
熱出力	MW		75 80 (max)	74.5	62.5	25.5
炉心部出力密度	kW/l		43.6	29.2	19.4	10.0
平均中性子束	n/cm <sup>2</sup> sec		1.76×10 <sup>13</sup>	~	4.5×10 <sup>13</sup> max	2.5×10 <sup>13</sup> max
冷却材流量	ton/min		(7,500t/h)	31.9	34.9	13.46
冷却材圧力	Kg/cm <sup>2</sup>		56	63	70	70
冷却材入口温度	°C		~	265	278	278
冷却材出口温度	°C		270	279	285	285
被覆材表面温度	°C		280	354~403	~	~
燃料中心温度	°C		370	1,485 max	2,320 max	1,455
圧力容器形状			縦型円筒	縦型円筒	縦型円筒	縦型円筒
内径	m		1.90	2.14	2.14	2.14
高さ	m		4.91	6.10	7.62	6.55
厚さ	cm		10.0	10.04	8.88	7.62
制御棒形状	(cm)		十字型	十字型 (21.6巾)	十字型 (22.8巾 0.95厚)	十字型 (22.8巾 0.95厚)
二次冷却材圧力	Kg/cm <sup>2</sup>		35	42		
二次冷却材入口温度	°C		~	176		
二次冷却材出口温度	°C		243	253		
熱交換器			横型Uチューブ式	上部ドラム 分離器 中部ドラム スチーム加熱 下部ドラム 水加熱		
主機出力	SHP		20,000	20,000 (定格) 22,000 (max)	22,000	8,500
全熱効率(推定)	%		~	19.7	25.9	24.5
圧力コンテナ耐圧力	Kg/cm <sup>2</sup>		横置型円筒形 7.7	縦型円筒 10.5	球型 10.0	縦型円筒 24.5
放射線遮蔽			一次遮蔽 コンクリート 二次遮蔽 コンクリート	一次遮蔽 水と鉄板 二次遮蔽 鉄と鉛	一次遮蔽 水と鉄板 二次遮蔽 鉄、水、 コンクリート	左に同じ
遮蔽重量	ton		1,310	~	1,244	~
機関部重量	ton		2,490	~	1,657	~

Moderated Reactors

7. Nucleonics Vol. 15 No.1, p.41 Dynamical Instability of Spert I

8. 電気学会関西支部, 日原産関西原子力懇談会, 発電用原子炉に関する専門講習会講演論文集

9. 石川島技報 47 Vol. 14 Oct. 原子力特集

10. Nucleonics Vol. 14 No. 3 p. 45: AEC Steps up Reactor Safety Experiments

11. USAEC: The Experimental Boiling Water Reactor

# ガス冷却型原子力タンカーの機関設計について

株式会社播磨造船所原子力課長  
小川 倫夫

## 1. 序 言

現在までガス冷却型原子炉による原子力船については、既に海上での運航実績を数多く持っている軽水減速炉にくらべると、文献もきわめて少なく、しかも詳細に検討されたものはほとんどない実状である。

この主な理由については種々論議されているが、ガスタービンそのものが未だ船用として充分実用化されていないこと、高温に耐える原子炉材料が開発されていないこと、ガスの熱伝達特性が悪いため原子炉や熱交換器が大型になる傾向があること、軽水炉にくらべ燃料の交換が困難であることなどがあげられよう。

しかし密閉サイクルのガスタービンを直接原子炉の冷却材で駆動する方式は、

1. 比較的小型軽量であること
2. 出力変化を系の圧力レベルを変えることによって可能であるため、低負荷時でも比較的高い効率を保持できること。

などの長所のため、早くから将来の船舶推進用の動力として着目されており、この型式の原子力推進機関の開発も既にいくつか手がけられている。即ち American Turbine Corporation と George G. Sharp Inc. との共同によるもの<sup>(1)</sup>、原子力船調査会で昨年研究されたガスグループによるもの<sup>(2)</sup>、あるいは昨年7月米国で行なわれた原子力船のシンポジウムにおいて発表された General Motors Corporation、Ford Instrument Co. および<sup>(3)</sup><sup>(4)</sup> General Dynamic Corporation<sup>(5)</sup> がそれぞれ研究したものである。

こういった直接サイクル方式とは別に、ガス冷却型の原子炉を用い、熱交換器によって蒸気を発生、その蒸気で蒸気タービンを駆動する方式が英国およびフランスにおいて検討されている。この方式は英国が早くから開発に着手したコールドー・ホール型の船用化ともいえるもので、英国では載貨重量 10,000 トン、主機出力 50,000 SHP のタンカーを、またフランスでは 40,000 トン、20,000 SHP の同じくタンカーを設計している<sup>(6)</sup><sup>(7)</sup>。

上記2種の外に、ガス冷却型原子炉による推進方式には

1. 液体金属冷却、ガスタービン駆動

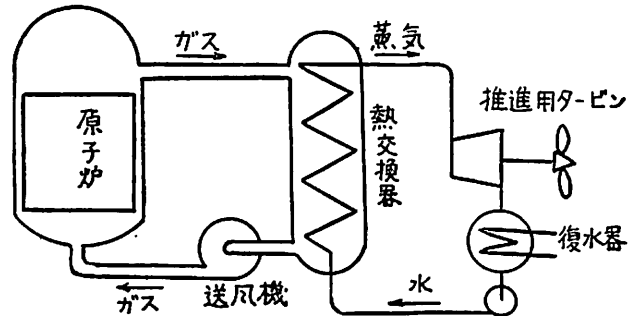
2. 液体金属燃料、ガスタービン駆動

3. ガス冷却、熱交換器、ガスタービン駆動

などが考えられる。これらのうち1, 2ははまだ原子炉そのものの開発があまり進んでいないし、3. にしてもガス-ガスの熱交換器はきわめて大型のものになるうえ、サイクル効率がいちじるしく低下するため、ここでは取上げないことにした。

## 2. ガス冷却 蒸気タービン駆動方式

この方式は、原子炉で加熱したガスをガス送風機で循環させ、途中熱交換器で蒸気を発生させ、この蒸気によって蒸気タービンを駆動させる方式である。その流路系統図を第1図に示す。



第1図 ガス冷却蒸気タービン駆動方式流路系統図

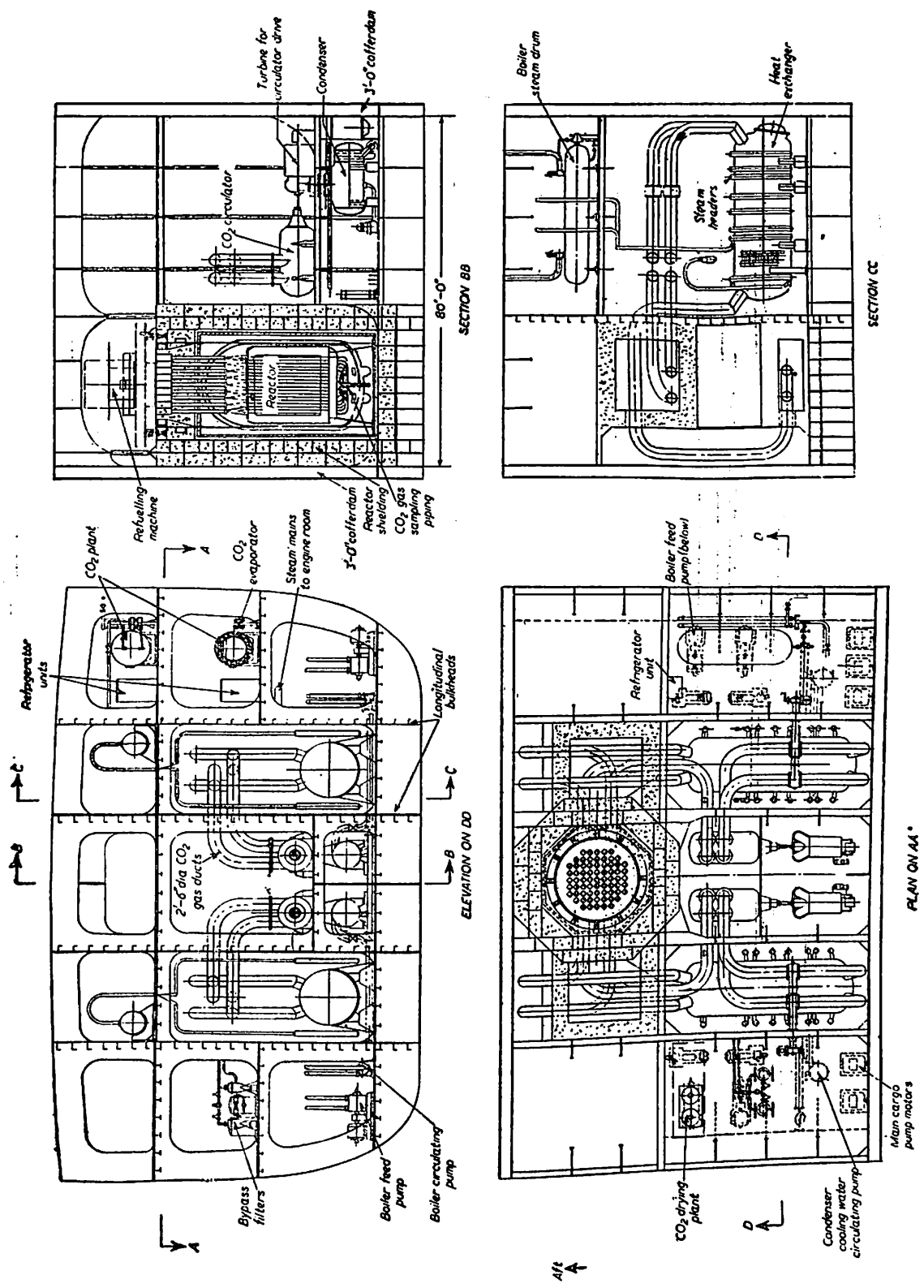
ここで二次系の側は通常飽和あるいは過熱蒸気によって蒸気タービンを駆動するわけであるから、飽和蒸気を使用する場合、タービン関係が多少異なるだけで、あとは在来船のそれと本質的な相異はない。タンカーの場合でも、タンク加熱、荷油ポンプ駆動、バスターボース加熱などにも充分な蒸気があるため、特に考慮を払う点はなく、問題は一次系だけになる。

C. Hinton 卿その他によって行なわれた 100,000 トンの計画では、原子炉は黒鉛減速、炭酸ガス冷却で、燃料はコールドー・ホールの天然ウラン型と異り、軽凝縮燃料を使用している。この計画の主要要目を第1表に示す。

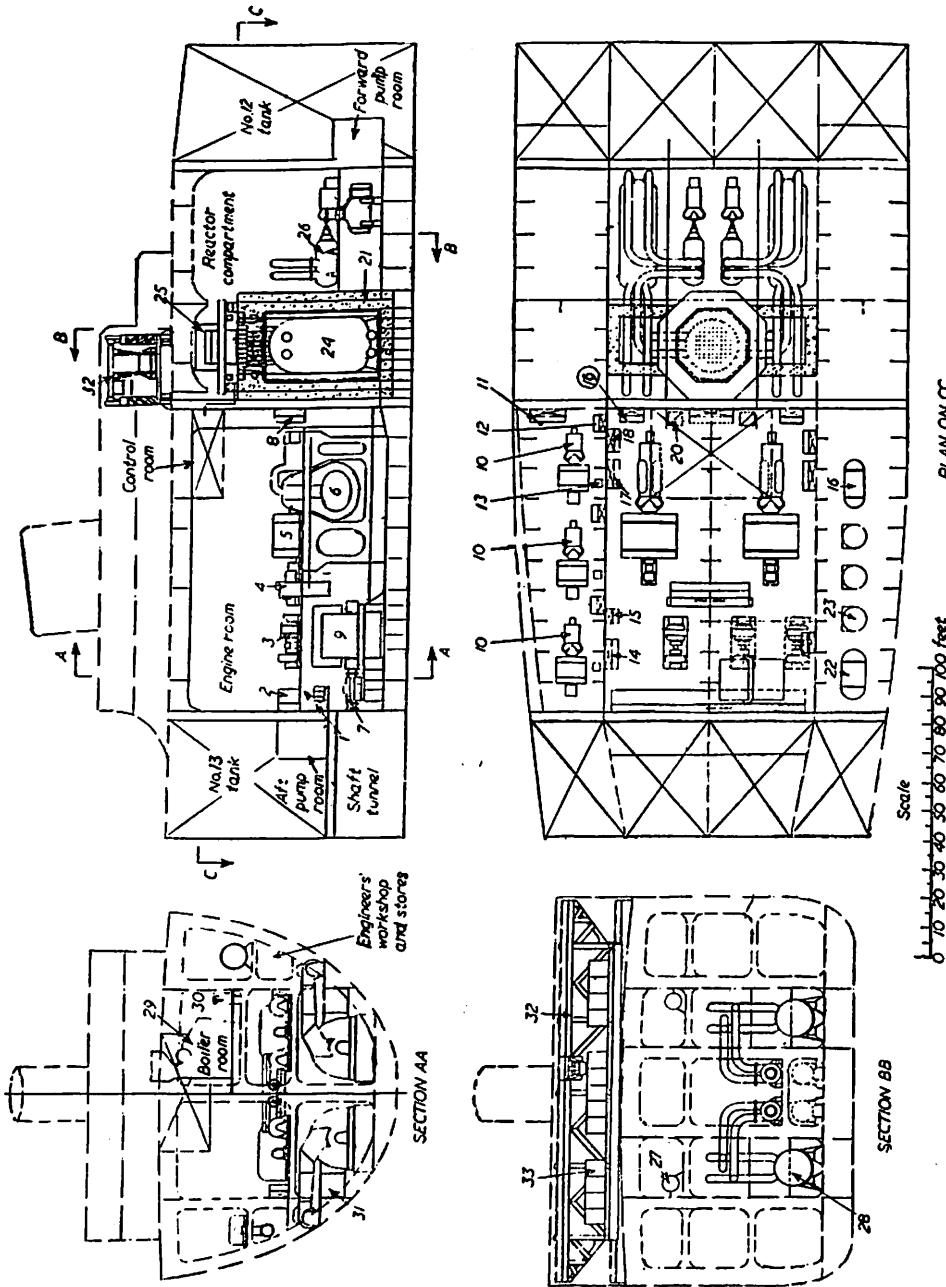
第1表 100,000トン原子力タンカー主要要目

載貨重量	101,000トン
満載排水量	140,600トン





第 2 圖 50,000 SHP 原子力船原子炉室一般配置圖



- (1) Cargo pump motor; (2) 3.3 kV switchboard; (3) Main exciter; (4) Propulsion desk; (5) 20-MW turbo-alternator; (6) Condensers; (7) Thrust block; (8) Main distribution board; (9) Main propulsion motor; (10) 2-MW turbo-alternator; (11) Auxiliary turbine/alternator/motor board; (12) Turbine gauge board; (13) Field pillar; (14) Relay panel; (15) Heater and battery charger supply board; (16) Auxiliary condenser; (17) Main turbine gauge board; (18) Main turbine/alternator/motor board; (19) Heat exchanger and turbo-evaporator board; (20) Transformer; (21) Biological shield; (22) L.P. steam generator; (23) Evaporator; (24) Reactor; (25) Refueling machine; (26) Turbo-circulator; (27) Heat exchanger steam drum; (28) Heat exchanger; (29) Standby boiler; (30) Boiler gauge board; (31) Propulsion motor cooling; (32) Coffin gantry; (33) Coffin

第 3 图 50,000 SHP 原子力船機室部一般配置图

満載時ブロック係数	0.77
全長	975'
全幅	135'
連力	18.25kn
原子炉熱出力	180MW
原子炉容器直径	18'
炭酸ガス圧力	315psia
濃縮ウラン重量	15英トン
濃縮度	約 0.91%
蒸気サイクル	単一圧力
蒸気圧力	500 psi
蒸気温度	700 °F

炭酸ガス原子炉出入口温度	500/280°C
酸化ウラン重量	6,500kg
濃縮度	1.8%
蒸気圧力	45 kg/cm <sup>2</sup>
蒸気温度	450 °C

第4図から明かなように、この計画はコンテナを有しており、一次系は4つのループからなっている。それぞれのループには蒸気タービン駆動のガス送風機と、蒸気発生器があり、この蒸気発生器は円筒型のエコノマイザーと蒸発部およびその両側に2組のU型の過熱器からなっている。蒸気発生器は4台で毎時約80t/hの蒸気を発生する。

原子炉および機関部の全体図を第2図、第3図に示す。ここで黒鉛減速材の重心は船体のローリングの中心の8フィート下方にある。熱交換器およびガス送風機は各2基設置され、2ループになっている。またこの計画は電気推進によるため、2台のターボ発電機と2台の推進用モーターを有し、その他に船用として3台の補助発電機を備えている。

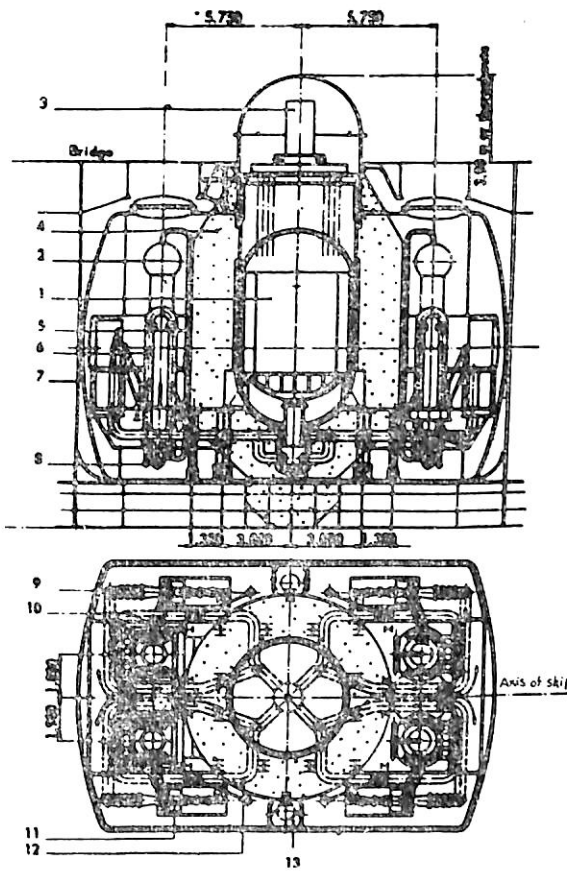
なお第1図からわかるように、蒸気発生器はコールドー・ホール型と異り横型である。

機関部重量は馬力あたり約500ポンドで在来船の約3倍、機関室容積は在来船が全長の17から18%であるのにくらべ、原子力船は原子炉室を含め約24%になる。

一方、Indatom によって計画された40,000トンタンカーは、減速材として英国と同様黒鉛を用いているが、燃料に1.8%濃縮の酸化ウラニウムを使用している。この燃料棒は不銹鋼によって被覆され、このため英制炉にくらべて高いガス温度500°Cを得ている。この計画の主要要目を第2表に示す。

第2表 40,000トン原子力タンカー主要要目

載貨重量	40,000トン
原子炉熱出力	60 MW
主機出力	20,000SHP
炭酸ガス圧力	40 kg/cm <sup>2</sup>



- 1—Reactor
- 2—Heat exchanger
- 3—Loading machine
- 4—Shielding
- 5—Saturated steam
- 6—Superheater
- 7—Vessel
- 8—Superheated steam outlet
- 9—Return of blower CO<sub>2</sub> to reactor
- 10—Outlet of CO<sub>2</sub> to blower
- 11—Blower
- 12—CO<sub>2</sub> outlet to superheaters
- 13—Access lock chamber, to blower

第4図 DW40,000T 原子力タンカーコンテナ内配置図

推進用のタービンは通常の二段減速歯車付であるが、低圧タービンにガス送風機用タービンの排気が密閉排気される。また復水器は原子炉の冷却に充分なものとし、原子炉の出力を変えないままで主機出力を変えられるだけの容量を有している。

非常用動力として3,000SHPの蒸気タービンを持ち、このために油焚ボイラを2台設けている。ガス冷却蒸気タービン駆動式の原子力タンカーの計画

はほぼこの二つの計画でつくされていると思われる。いずれにしても在来船の機関部のボイラにかわる原子炉の一次系と推進用タービンを含むほぼ在来船と同様な二次系からなっており、加圧水型、あるいは熱交換器付の沸騰水型と同様な構成である。しかし水減速炉においては水の沸騰点の関係で一次系冷却材の温度をあまり高めることができない。加圧水型では通常冷却材の温度は $280^{\circ}\text{C}$ 止りであり沸騰水型でも冷却材の圧力を $70\text{kg}/\text{cm}^2$ とすれば、その飽和温度は $285.4^{\circ}\text{C}$ である。従って二次系の蒸気温度を飽和温度以上に高めることは不可能であるが、ガス冷却炉の場合、金属ウランを使用した英国の計画でも、二次系の蒸気温度は約 $371^{\circ}\text{C}$ であり、フランスの計画では $450^{\circ}\text{C}$ で、これは在来の油焚ボイラで得られる普通に用いられる温度で、この温度にまで高めることができれば、二次系の熱効率は著しく改善され、タービンの計画も容易になる。

このことはガス冷却炉に用いられるガスは高温において化学的に不活性であること、加熱過程に相の変化がなく高温にまで加熱することが容易であるなどのガスの長所によるわけであるが、この種ガス炉はさらに、ガスそのもの中性子吸収断面積の小さいこと、密度が小さいため減速材としての機能が少なく、冷却材が流失した場合等に核的な考慮を払う必要がないなどの長所がある。

しかし一方ガスは熱伝達および熱輸送の特性が悪い、大量のガスが必要であり、ガス送風機の所要馬力がきわめて大きくなる。この送風動力を減少させるためには、ガスを加圧するか、原子炉出入口のガスの温度差を大きくするかする必要がある。しかしガスの圧力を高めると原子炉容器その他の肉厚を増加しなければなら

い。これは比較的大型になりやすいガス冷却炉にとってかなり重要な問題である。また原子炉入口のガス温度を低下することは送風動力の点からも有利であるが、熱交換器の出口ガス温度を低下させると発生する蒸気の飽和温度が下り、従って蒸気圧力が低下する。これは二次系の熱効率の点から好ましいことではない。

この型式の原子炉プラントの制御方式は通常次のような方式が採用されるであろう。即ち、フランスの計画によれば、一次系ガスの原子炉出入口温度および二次系の蒸気圧力が一定に保たれるようにし、そのための制御機構として原子炉の制御棒、ガス送風機の回転数変化および一次系のバイパス回路の3種を設けている。この3番目のものは原子炉出口から送風機へ直接バイパスされるもので、きわめて急激な操作が可能であるが、常用出力時にはほとんど閉鎖している。

出力を変化するため主タービンの操縦弁を操作すると、二次系の圧力が変わり、従って原子炉出力に影響し制御系を通じて補正值が検出される。この場合過渡現象時の振動を小さくするため、原子炉出力およびガス送風機に予定値が直接与えられる。

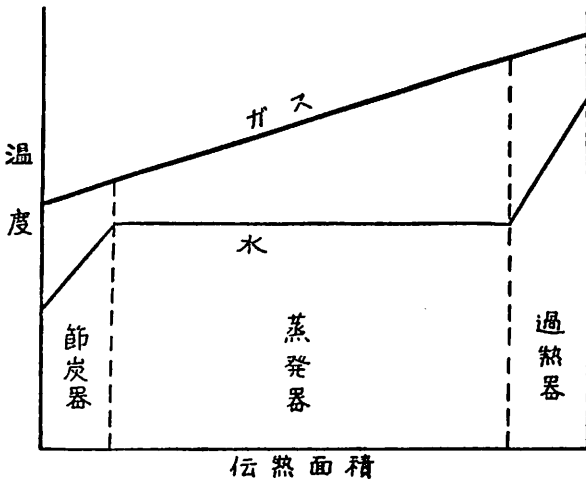
起動、停止および出入港時には手動で行なわれるが、この場合も制御室から遠隔操作によって運転される。

### 3. ガス冷却ガスタービン駆動方式

この方式は序言でものべたように、きわめて将来性のある原子力推進プラントであり、当面技術的な制約から前述の蒸気タービン駆動方式の原子力船があらわれたとしても、将来はやはりこの型式におちつくであろう。そういった見地から考えてみても、この方式の開発に努力を傾けることはわが国としてもきわめて必要なことである。

このガス冷却ガスタービン駆動方式で最も重視されるのは、密閉サイクルのものであり、船用として簡単な構造を要求されることを考えれば、再熱、中間冷却2段式が適当なサイクルである。その一例を第6図に示す。ここで左方の原子炉で加熱されたガスは、高压タービンを駆動、低压タービンにはいる。低压タービンは2台からなり、二段減速歯車を通じて推進器を駆動する。低压タービンを出たガスは再熱器に入り、原子炉へはいるガスと熱交換した後、プレクーラーで冷却される。次いでガスは低压圧縮機、インタークーラー、高压圧縮機を通り加圧される。これらの圧縮機はいずれも高压タービンによって駆動される。高压圧縮機を出たガスは再熱器で加熱され原子炉にはいる。

このシステムからも考えられるように、密閉サイクル



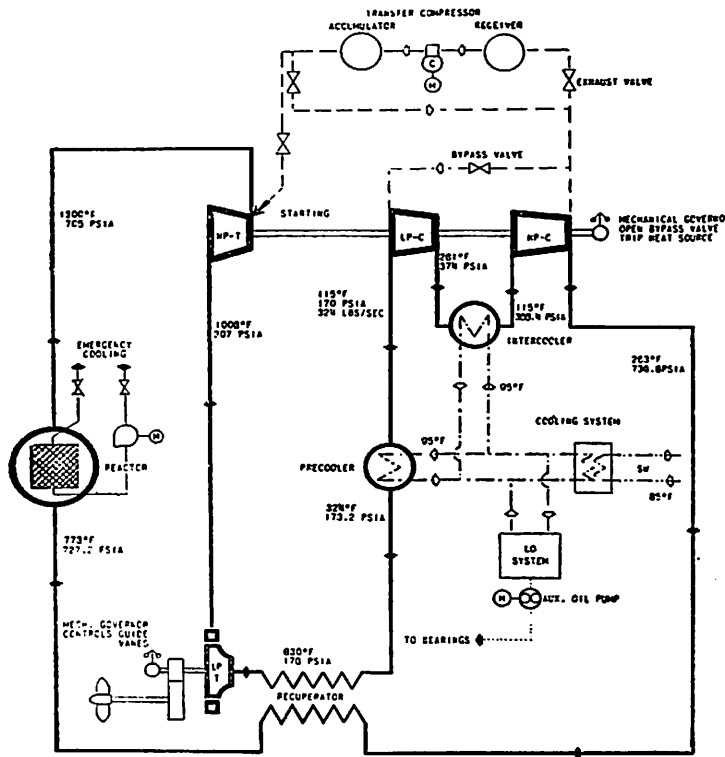
第5図 熱交換器内の温度線図

さらに熱伝達、熱輸送の能力、流れの特性、サイクルの効率、回転機械に対する特性、高温における原子炉材料との化学反応、放射線に対する安定性、誘導放射能の性質、ガスの価格などについて広く検討しなければならない。

熱伝達特性と流路抵抗とのかね合いを示す基準として、Jack Diamond は両者の比を  $M^2 Cp^3$  で示した。ここで  $M$  は分子量、 $Cp$  は定圧比熱である。第3表にこの値を示す。流路抵抗が小さく、熱伝達特性が大きい方がよいわけであるから、この  $M^2 Cp^3$  が大きい方が望ましい。これによると高温では炭酸ガスはかなり良い値を示している。

一方、回転機械の設計に際しては、窒素や炭酸ガスは物性値も比較的明かであり、特に困難な問題はないといわれている。ヘリウムは回転機械の段数が著しく増加するなど未だ解決を要する問題が2,3あるといわれている。

放射線に対しては、いずれのガスも安定であるが、窒素は比較的吸収断面積が大きく、 $n-\gamma$  反応を起すが、窒素を作動流体とした



第6図 20,000SHP密閉サイクル・ガスタービン原子力機関流路線図

のガスタービンは全体の構成が簡単であり、小型軽量にまとめることが可能である。

しかしこれを実際のプラントとして計画し、タンカーの推進機関として用いるためには次の諸問題を解決しなければならない。

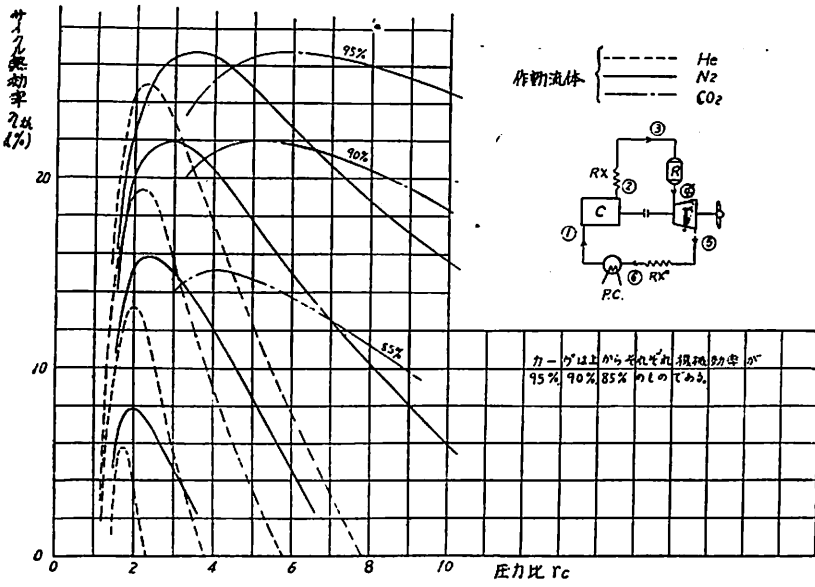
1. 使用作動流体（ガス）の種類
2. 高温に耐える系の製作
3. 原子炉の熱伝達面積の増大
4. 熱交換器の小型化
5. ガス漏洩の防止
6. 後進の方法
7. 遠隔操作
8. タンカーサービスのための所要熱源または動力
9. その他、非常用動力、航海時の所要電力のための電源、換気などの問題
10. 燃料交換法

1. 作動流体として通常取上げられるものは、ヘリウム、窒素、炭酸ガスである。作動流体を選ぶ場合、まず化学的に不活性であり、且つ比較的入手が容易であることが先決条件であるため、自ら上記の三種に絞られるであろう。しかしこれらの条件の上に冷却材を選ぶには

第3表 物性値と  $M^2 Cp^3$  の値

Gas or Vapour	Molecular weight, M	Specific heat			$M^2 Cp^3$
		Cp	Temperature		
			°C	°F	
Air	28.9	0.242	100	212	11.80
		0.250	300	572	13.00
		0.261	500	932	14.80
Helium	4	1.242	100	212	30.65
		1.242	300	572	30.65
		1.242	500	932	30.65
Carbon dioxide	44	0.220	100	212	20.5
		0.253	300	572	31.4
		0.277	500	932	41.0
Ammonia	17	0.52	15	59	40.6
Methane	16	0.59	10-200	50-392	52.6
			25-200	77-392	62.6
Ethylene	28	0.43	100-200	212	165.0
				572	167.0
				932	172.0
Hydrogen	2	3.45	100-200	212	193.0
				572	308.0
				932	533
Ethyl alcohol	46	0.45	100-200	77-392	193.0
Benzene	78	0.37	120-220	248-428	308.0
			30-180	86-356	533
Ethyl ether	74	0.46	30-180	86-356	533

(1) Giblon 等の計画説明書によれば、誘導放射能のために二次遮蔽を行なう必要はないとのことである。ガスによるサイクルの比較を第7図に示す。これによればヘリウムはやや低く、炭酸ガスと窒素はほぼ同一の

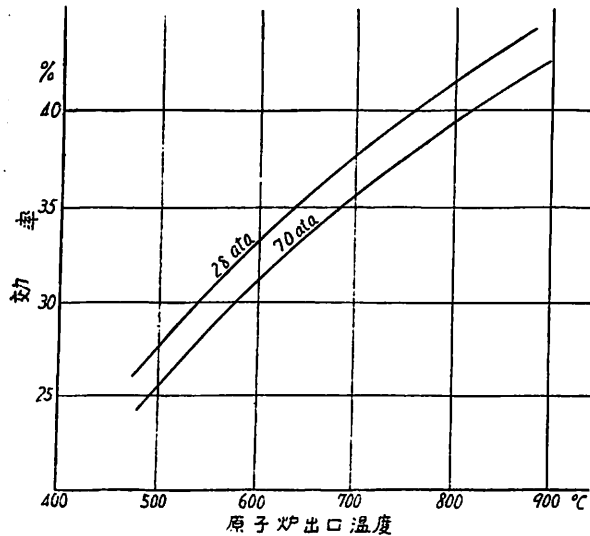


第7図 密閉再生サイクルの熱効率

値である。

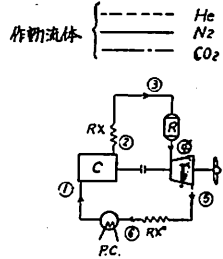
価格の点ではヘリウムはとびぬけて高く、回転機械の軸端部分からの漏洩が避けられないとすれば、ヘリウムの使用はこの点から問題が生じよう。

2. 密閉サイクル・ガスタービンは系の温度によってその効率がいちじるしく改善される。(第8図参照)従ってこのシステムを採用するためには、高いガス温度を得ることが先決問題であるが、このためには優れた高温材料と、燃料自体の熱伝導および燃料からガスへの熱伝達が重要な問題である。



第8図 密閉サイクル・ガスタービン全熱効率(出力10,000SHP)

高温に耐える燃料として通常用いられるのは酸化ウラ



ンであるが、この熱伝導率はきわめて悪く、1,000°Cにおいて5%ポロシティの場合、5.6 から 7.7 Cal/sec/°C/cm × 10<sup>-3</sup> である。従って燃料棒の中心温度がきわめて高くなるおそれがある。一方燃料を棒状にしたのでは、たとえコルダグ・ホールのように横型のフィンをつけ、燃料棒にそってガスを流しても、十分な熱伝達率が得られず、被覆材の表面温度はかなり高くなり、不銹鋼の融点に近づく。

先述の Giblon等が行なった計画では、燃料を酸化ウランと不銹鋼とのサーメットとし、燃料体に縦に細い円穴をあけ、その中を冷却材が通過する。炉心部は第9区でわかるように六角形の燃料体と五角形の酸化ベリリウムから成る19箇のセルで構成されている。

(5) General Dynamics Corp. の行なった最近の計画でも、燃料体として酸化ウランと不銹鋼とのサーメットである。但しこの計画は減速材に水素化ジルコニウムを用いている。この水素化ジルコニウムは減速機能は水素が受持つためきわめて有利であり、機械的性能はジルコニウム金属のそれとほぼ同様であるため優秀な減速材となる。

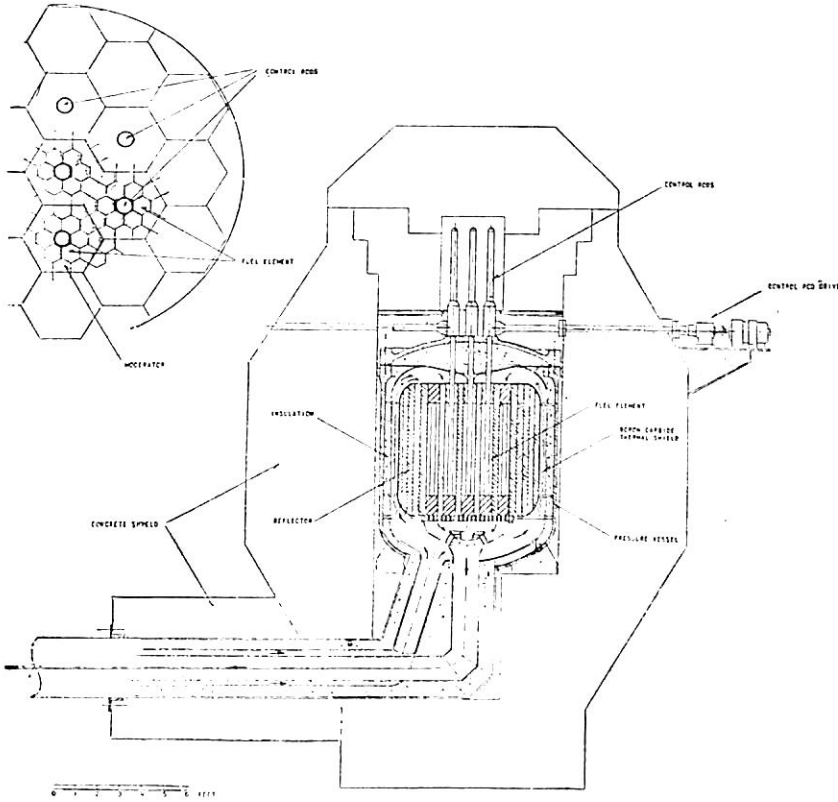
原子炉容器、管系などを耐熱性とし、重量、製作費の低減をはかるため、不銹鋼による被覆或いは二重管などの構造を用いる必要がある。また最近 700°C を越える温度に耐える断熱材の研究が進められ、サントセルや不銹鋼のウール等が開発されている。

しかしさらにこういった高温のために生じる熱膨脹を逃げるための構造を考慮しなければならない。ガス炉の場合作動流体の管系が太いため、これはかなり困難な問題である。

3. 原子炉炉心部において燃料から冷却材へ熱を伝えるための伝熱面を大きくすることは、特にガス炉においては重要な問題である。水減速炉においても炉心部の設計は、核的なものよりむしろ熱的な問題によって制約されているほどであるから、ガス炉において熱伝達を改善することは特に必要なことといえよう。このため先にも述べたようにコルダグ・ホール型原子炉では横型のフィンを設けた燃料棒を採用したり、米国のガス炉ではサーメットの燃料体に細い穴を数多くあけることで解決している。

しかしこの問題は特に重要であるから、数多くの実験





第9図 原子炉の断面図と炉心配置

研究が必要であり、船の振動、動揺に耐える炉心部を製作しなければならない。

4. 原子力船調査会で昨年検討した、40,000重量トン、20,000SHIP、のガスタービン原子力船の計画では、かなり広い機関室が必要とされている。この一つの原因はガスタービンの再熱器、ブレイクラー、インタークーラー等が大型になることであった。ガスの場合本質的に熱伝達率が悪いため、この種熱交換器を小型におさめるためには各種の考慮を必要とする。先にのべた Giblon

等は第10図に示すような構造を採用、熱伝達面積を増大させ全体を小型のものにおさめている。

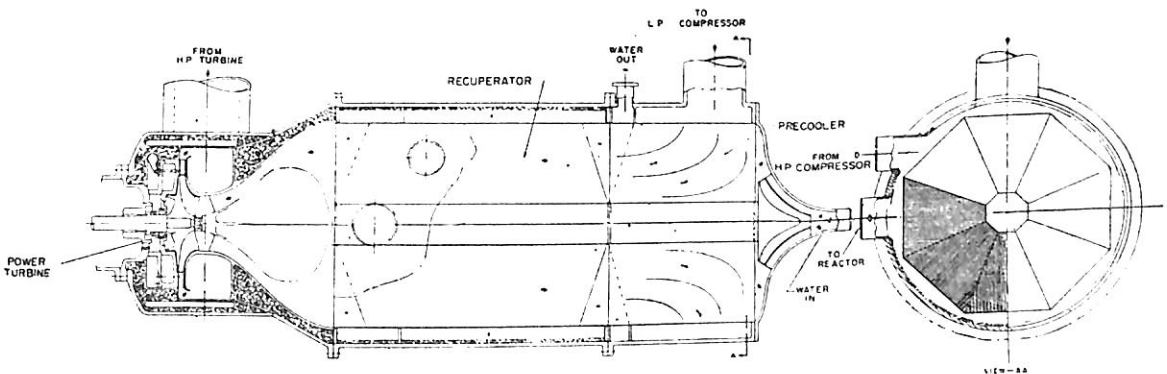
この部分は放射能を帯びたガスが流れているため漏洩の防止或いは交換について特別な考慮が必要である。現在発表されている計画では熱交換器の腐蝕をさけるためいずれもこの冷却水として清水を使用、海水によって二次冷却する。

5. ガスタービン、圧縮機等の軸受部分のガスシールは、ガスタービンばかりでなく回転機械全般の問題であるが、特に直接サイクルの場合誘導放射能を帯びたガスが漏洩することになり、系のガスの損失となるばかりでなく、乗員にとってきわめて危険である。このため第11図に示すように、ガスタービンと圧縮機とを一体のケーシングの中におさめるとか、プロペラ軸と連絡するため止むを得ずケーシングを貫通する場合にはラビリンスシールの部分に第12図の

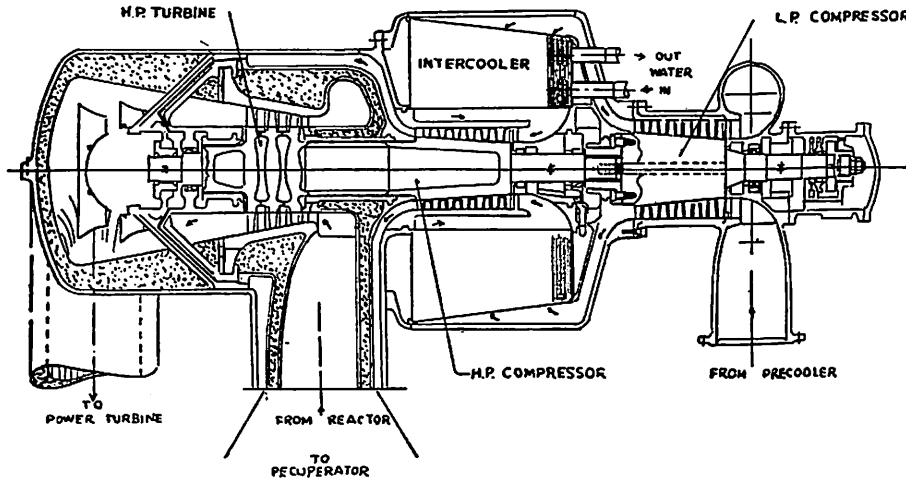
ような独立のシーリング炭酸ガス系を設け、たとえ漏洩してもそれは放射能を帯びないシーリング炭酸ガスであるようにするなどの考慮が必要である。

6. 密閉サイクルガスタービンは蒸気タービンと異り、それ自身に後進タービンを設置することが困難である。従って可変ピッチプロペラ、逆転式トルクコンバーター、内向輻流タービンの可変案内羽根、電気推進などによらなければならない。

これらいずれの方法も船の出力が大きくなると困難に



第10図 出カタービン再熱器およびブレイクラー

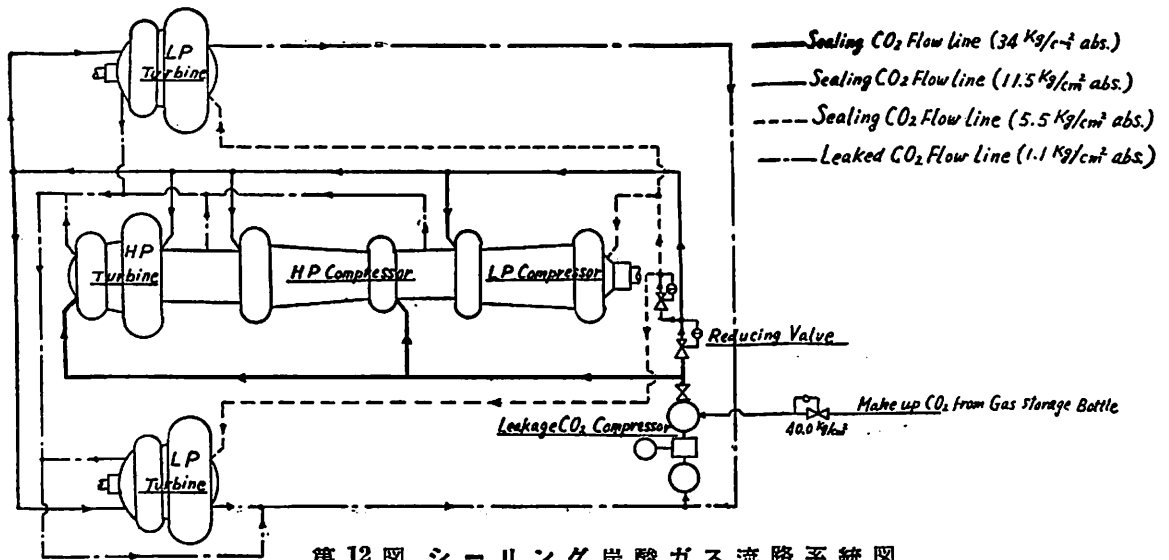


第 11 図 タービン、圧縮機およびインタークーラー

て大型のものになるであろうが、後進の便宜さを考えれば一つの方法であろう。

7. 密閉、直接サイクルの場合、ガスタービンその他に誘導放射能を帯びたガスが送られて来るため、これらの機器に近接して運転することは望ましくない。また万一これらのガスが漏出した場合はきわめて危険であるから、ガスタービン系は一室に納め、遠隔操作をすることが望ましい。

8. タンカーを計画する場合、タンカーサービスとして必要な



第 12 図 シーリング炭酸ガス流路系統図

なるが、可変ピッチプロペラは米国の開放サイクル、ガスタービン船の John Sergeant に採用され、6,600SHP の出力を出している。

逆転式トルクコンバーターは先に述べた原子力船調査会のガス炉グループの計画に採用されている。

また内向半径流タービンは、Giblon が炭酸ガスサイクルの計画に用いている。これは各 10,000SHP で、エッシャー・ウィスでの試験結果によれば効率として 86% が得られたといわれている。単段で小型、軽量であり、案内羽根の角度を変えることにより前進—0 トルク—後進と自由に変えることが可能である。

電気推進は密閉サイクルガスタービンではないが、前述の Hinton 卿の計画で蒸気タービンになる電気推進方式を採用している。この場合推進用モーターがきわめ

荷油ポンプ、バターワース・ポンプ、タンク加熱、バターワース・クリーニング、浚油ポンプ等のために動力あるいは蒸気を発生することは困難である。

Giblon 等の計画によれば、荷油ポンプはディーゼル機関、浚油ポンプは電動とし、荷油タンク加熱はプレクーラーおよびインタークーラーの冷却用清水を用いている。この清水によって荷油タンクの他バターワース加熱器、蒸溜装置、その他の加熱も行ない廃熱利用を行なっている。熱量が不足する場合は油焚ボイラによって補給しているが、荷油タンク加熱などの場合、蒸気を用いるのと異り大容量の水を送らなければならないから、そのためのポンプ設備、冷却水が油によって汚染された場合の処置などいまだ問題になる点はあるだろうが一つの方法であると思う。

もし上記の方法によらなければ、別に油焚ボイラを設けるか、作動ガスによって加熱される蒸気発生器が必要である。後者の場合は再熱器を出て、原子炉にはいるまでのガスを利用するのが有利であるが、荷役時にも熱を出しうようサイクルの検討を行なう必要がある。

9. 航海中必要な電力を得ることもガスタービンの直接サイクルにおいては蒸気タービンの場合ほど容易ではない。主タービンによって発電機を駆動するのは、船のように主機の回転数が変化する場合に好ましくない。先にのべたように作動ガスによって蒸気を発生する場合には、この蒸気によってターボ発電機を駆動すればよいが、蒸気発生器を持たない計画ではディーゼル発電機などを搭載する必要がある。

また現状では原子炉系あるいはガスタービン系の万一の事故を予想して、在来の方式による非常用推進動力を用意するのが普通である。これはそれぞれの回転数に応じて、減速歯車のピニオンに、小型ディーゼル、油焚ガスタービン、電動機などを連結して推進する。この場合プロペラの回転数は常用回転数に比べ低いわけであるから、非常用動力はそれに合ったものでなければならない。またガスタービンが駆動されるとかなり風損が生じ翼が加熱される恐れがあるので、この場合ガスタービンを切離すなどの考慮が必要である。

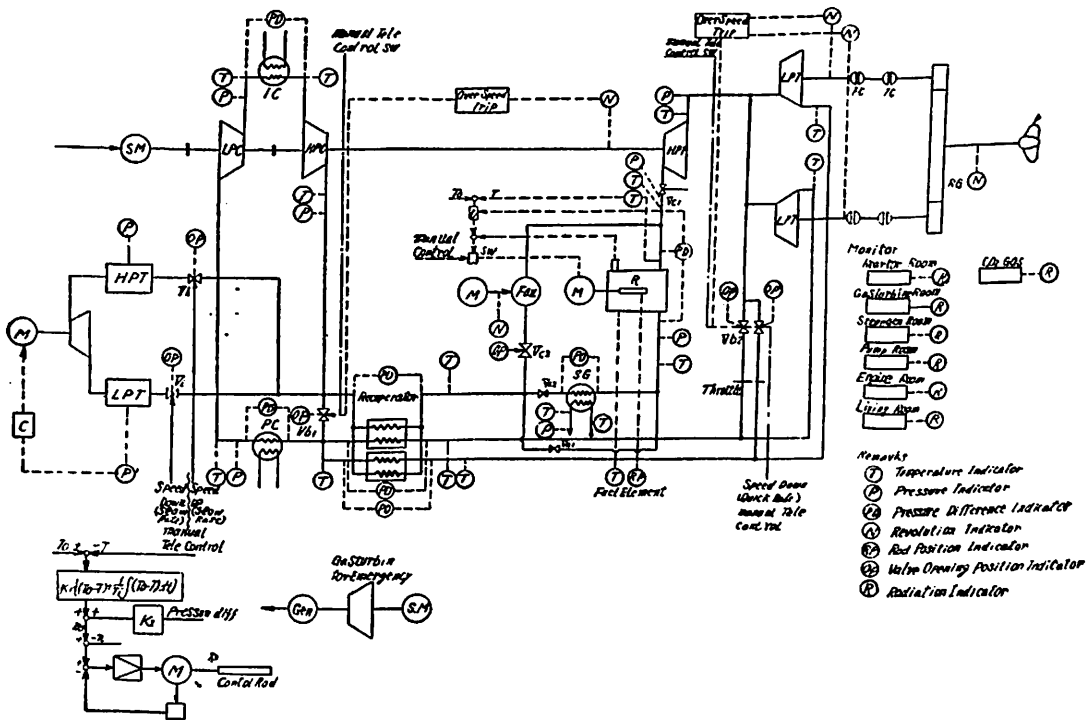
10. 次に燃料の交換方法であるが、水減速炉の場合は原子炉上部に交換用タンクを取付け、水を張って上から見ながら操作することが可能であるが、ガス冷却炉の場合はそのように簡単に行なうことができない。

Ford Instrument Co. の計画では、水減速炉と同様、原子炉内および原子炉上部に水を張り、水減速炉の場合と同じようにして行なっている。しかしこの場合、水によって減速能が増大し反応度が大きくなるおそれがあること、交換後の炉内を乾燥する必要があるなどの考慮が必要である。また水を用いない場合は、充大な遠隔操作装置が必要となる。

さらに燃料交換後、系内に入った空気その他を作動ガスと完全に入れ換えることも困難な問題の一つである。

以上の問題はいずれも密閉サイクルの原子力ガスタービントankerを計画する場合、直面し解決しなければならない問題であるが、この他にも漏洩ガスの補給の問題、ガスの浄化の問題など数多く数えられるが、ここではあとこのシステムの御制についてふれてみよう。

第13図は原子力船調査会のガス冷却炉の計装および制御系統図である。主機出力を増加させる場合には、弁Vhを開き高压タンクHPTからガスを送り、系の圧力レベルを高める。このため系の温度が下り、これを検出して制御棒に伝え出力レベルを高める。回転を下げる場



第13図 原子力ガスタービン船の計装および制御系統図

合には、弁  $V_e$  を開いて系の圧力レベルを下げ、それによる温度変化によって出力レベルを下げる。

また船を急速停止させる場合は弁  $V_{b_2}$  を開き、高圧タービンの排気を再熱器入口に短絡すればよい。但しこの場合高温のガスが再熱器に直接はいるため、再熱器の材料に特別な考慮が必要である。

高、低圧両タービンのオーバースピードを避けるためには、高圧タービンの場合は弁  $V_{b_1}$ 、低圧タービンの場合は弁  $V_{b_2}$  をそれぞれのガバナの作用によって開き、ガスを短絡させて回転数をおとす。

なおこの計画においては、制御棒はガス温度の外にガス流量と中性子密度とを合成させて行なっている。

#### 4. 結 言

以上ガス冷却型タンカーの計画について概略述べてみた。蒸気発生器を備え、蒸気タービンを駆動する方式は既に製作可能な段階にあると考えられるので、現在ある計画の紹介を主とし、ガスタービンの直接サイクルについては将来のことを考え問題点をとりあげること主眼をおいた。

密閉サイクルガス冷却型の原子力プラントは、上述のような数多い問題点があるけれども、将来の動力として脚光をあびるであろうことは次の第4表の重量比較表からも予想される。しかし二次系として蒸気タービンを持っている方式においても、水減速炉では得られない高い温度が得られ、全熱効率を高めることができる点、重量容積の大きいことを考慮に入れてもお水減速炉と対抗できるものといえるであろう。

しかも新しい燃料型式、減速材の開発などがつついて行なわれている今日、その将来は明るいものといえる。

第4表 各種計画の重量比較表 (重量: lbs)

Cycle	CO <sub>2</sub>	Helium	CO <sub>2</sub> -Air	CO <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub>	Pressurized Water
Propulsion machinery	300,250	305,880	304,600	302,300	512,000
Reactor plant	914,070	907,050	1,331,490	1,187,350	609,000
Shielding*	1,133,500	974,500	945,500	945,500	1,691,000
Electric plant	176,500	176,500	310,000	310,000	296,000
Independent-system machinery	85,900	85,900	85,900	85,900	186,000
<b>TOTAL</b>	<b>2,610,220</b>	<b>2,449,830</b>	<b>2,977,490</b>	<b>2,831,050</b>	<b>3,294,000</b>
Weight-to-power ratio, lb/SHP	131	122	149	141	165

\* These shielding weights are based on the use of liquids for secondary shielding. For each of the cycles listed, a weight credit of 520,000 lb has been taken for diesel fuel oil used also as shielding.

#### 参 考 文 献

- (1) Closed Cycle Gas Turbine Nuclear Propulsion Plants for Merchant Ships by R. P. Giblon and G.H. Kurz  
Preprint The New York Metropolitan Section of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, January 1957
- (2) 原子力推進タンカー 40,000 重量吨, 20,000馬力 ガス冷却型機関部設計書, 昭和32年8月, 原子力船調査会 技術委員会 機関部小委員会 Gグループ
- (3) Gas Turbine Reactor Cycles by C.R. Russell  
Nuclear Powered Ships for American Ship Operators, July 30. 1957 TID TID-7539
- (4) Research and Development for Gas Cycle by Theodore Jarvis, 前同
- (5) Gas-Cooled Reactor Concepts by W. I. Thompson, 前同
- (6) The Nuclear Propulsion of Ships by Sir Christopher Hinton and R. V. Moore, Journal of the Joint Panel of Nuclear Marine Propulsion, April 1958 Vol.2 No.1
- (7) Possibilities and Conditions of Use of Water or Gas type Reactors in a Tanker Gas Reactor by R. Giblat A/CONF. 15/P/1137
- (8) Nuclear Powered Gas Turbines for Light Weight Power Plants by Frederick G. Hammitt and Harold A. Ohlgren 57-NESC-79
- (9) Heat Removal from Nuclear Power Reactors by J. Diamond and W. B. Hall. The British Nuclear Energy Conference Oct. 1956
- (10) Properties of UO<sub>2</sub> Sep. 1957 WAPD-184

# 原子力船の経済性について

— 燃料面における問題 —

日立造船株式会社原子力調査室

中 西 哲 一 郎

## 1. ま え が き

船舶推進に対する原子力の採用は主として運転に酸素を必要としないこと、ならびに燃料の消費が量的にきわめて僅かですむことからその性能に画期的な革新をもたらした。これら原子力推進のもつ長所が潜水艦の場合いかに効果的に発揮されるかということは、さき頃の潜水艦ノーチラスによる北極潜航横断の成功が雄弁に物語っている。今回のジュネーブにおける原子力国際平和利用会議において、ソ連は同国で現在建造中の原子力砕氷船の内容を発表しているが、これも長期無補給という従来の方では達成不可能の性能の改善を原子力に求めたもので、応用価値としては絶対なものである。

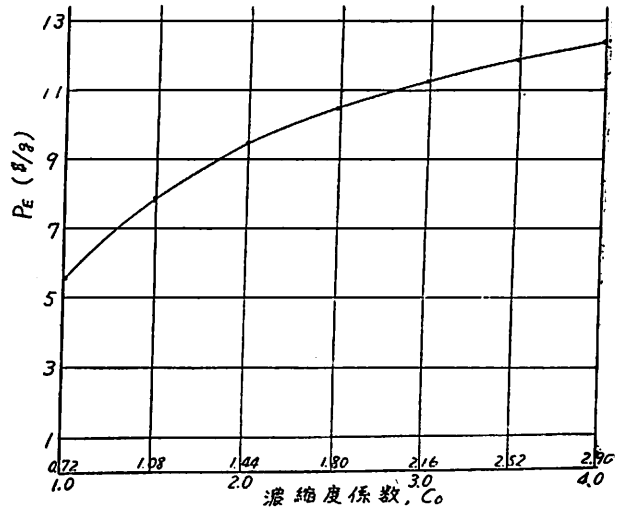
原子力商船の場合については航続距離が増しても、パンカー・スペースが増大しない、したがって長途の航路では積載貨物が増加する、必要に応じて高速・大馬力化が可能になる、給油のための寄港を必要としないなどの数々の利点が生れ、これらがその将来を約束しているといわれている。しかし潜水艦や砕氷船などの特殊船と違って現在原子力推進を絶対有利とするような boundary condition がないので、原子力船の利点はどれも相対的な価値しかない。従ってすべての利害得失を斟酌した上で、在来船より経済性において優れた原子力船が出現しないと海運における原子力時代は到来しないであろうということになる。

原子力船の経済性に関連する大きな要素は原子力機関のコスト、燃料費、積載荷物の増加、稼働率、金利などである。このうち原子力機関のコストについては現在開発されているものが殆んどすべて従来の蒸気機関にさらに原子炉が加わったような型式なので、これが近い将来在来型機関の価格以下になるとは考えられない。しかし燃料費については現在原子力先進国はあげて原子炉の設計の改良、燃料要素の製造技術の開発に力をいれているから、やがて在来船以下になることが予想される。従って近い将来、原子力船は在来船よりイニシャルコストは高いが、燃料費は割安といった条件になる。そうなると稼働率のよい船ほど経済的に原子力化に有利になる。タンカーは稼働率が高く、パンカー・スペースの減少によってただちに輸送量が増加する。またその建造量は年々

増加の傾向をたどり、船型も大型化しますます大馬力を必要としているからもっとも原子力化に適している。よって以下原子力タンカーを対象に経済性の検討を進めていくことにする。

## 2. 原子力燃料のコスト

「 $U^{235}$  の分裂の際の発生エネルギーはその約200万倍の重油の発熱量に等しい」という表現は原子力はただに近いのではないかという錯覚を導き易いが、現在ウランはそんなに安くはならない。USAEC 発表によれば  $U^{235}$  の価格 (但し  $UF_6$  の形のもの、第1図参照) は、これと熱量的に等しい重油の価格の20ないし70%程度である。しかし、これによって少なくとも燃料経済の面で原子力利用が有望であることが裏づけられる。それでは今重油



第1図 米国の濃縮ウラン ( $UF_6$ ) の価格

を核燃料におきかえた場合、この割で燃料費が低下するかというところではない。それは現在の段階では  $U^{235}$  を重油と同じくらい完全に燃焼させることができないためである。そこで燃えないで残ったウランを原子炉からとりだし、分裂生成物をとりのぞいて再使用する必要がある。そのためには化学処理費や成型加工費がかかるのでこれらが燃料費に加算される。また核燃料の特質として核分裂をおこさない燃料の一部 ( $U^{238}$ ) は炉内で中性子の照射を受けて  $Pu^{239}$  のような新原子核に転換する

ので、使用済燃料からこれらを抽出して原子燃料或いは核兵器として使用することができ、これら核分裂性物質の価格はクレジットとして逆に燃料費からマイナスされる。

このほか使用済燃料を化学処理工場に輸送する費用（放射能があるため冷却装置つきのシールド、操作機具などを必要とする）、分離された UNH を UF<sub>6</sub> をへて UO<sub>2</sub> に変える費用、PuNH を金属に変える費用などが U<sup>235</sup> の燃焼量相当価格以外に燃料費に含まれる。従って次のような項目が原子力船の燃料費に関係することになる。

- (1) 燃料の市価
  - (a) 各濃縮度に対する U<sup>235</sup> の価格
  - (b) プルトニウムの価格
- (2) 燃料のインベントリー
- (3) 成型加工費
- (4) 燃料の燃焼度
- (5) 燃料の交換周期
- (6) 燃料の炉外における処理期間
- (7) 燃料の輸送費
- (8) 化学処理費
- (9) 初期転換比
- (10) 濃縮度
- (11) プラントの熱効率

これらの項目のうち、燃料の市価については AEC 発表の価格があるので、これによって燃焼費、プルトニウム・クレジットを正確に見積ることができるが、成型加工費および化学処理費については、単価がいまのところ推測値にすぎないので普遍性のあるコストを出すことができない。(4), (5), (9), (10), (11), は原子炉の性能に関する項目である。これらの単価や項目については正確な値が不明な場合は適当な仮定を置くことが必要で、これら準備がととのってはじめて燃料費が計算できる。

米国内に原子炉を設置するときのように USAEC から燃料の貸与を受け使用料を支払う場合と、核燃料物質を購入しその投下資本に対し金利を支払う場合とでは、燃料の再処理の要領が同一なら燃料費はあまりかわらない。しかし再処理を行わず使用済燃料をすてる (discard) ことにすると燃料費もかわってくる。

### 3 燃料費の計算方法

船用原子炉としてさしあたり実用に近い不均質 UO<sub>2</sub> 濃縮燃料型を想定し、USAEC より年利 4% で燃料の貸与を受けることとすると、使用者はまず USAEC より UF<sub>6</sub> の形の燃料を借り受け、成型加工したうえ炉内

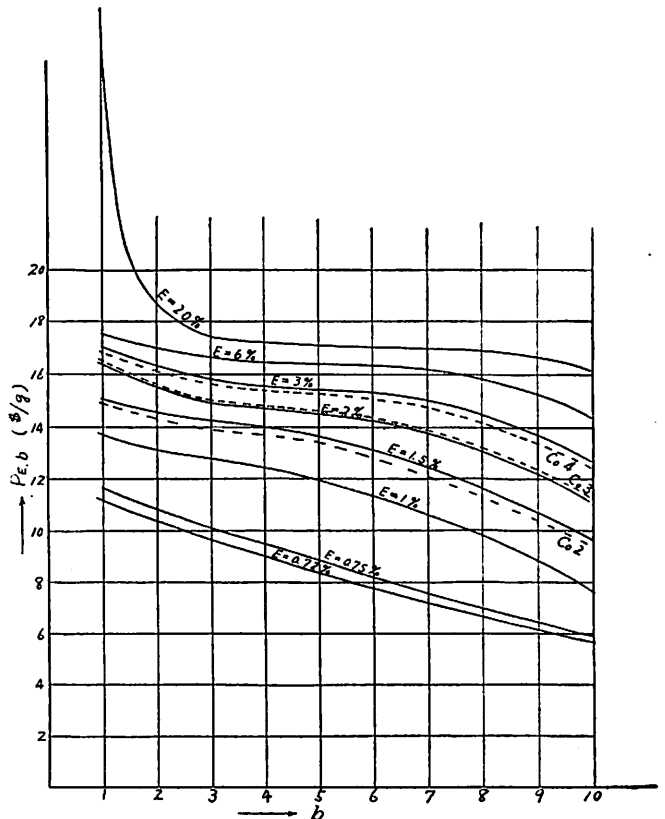
に装入し、使用後は化学処理し、nitrate の形の燃料を再び UF<sub>6</sub> にかえたうえで返却しなければならない。従って、

$$\begin{aligned} & \text{炉心交換周期当りの燃料費} \\ & = \text{使用料} + \text{燃焼費} - \text{プルトニウム・クレジット} \\ & \quad + \text{成型加工費} + \text{化学処理費} + \text{燃料輸送費} \\ & \quad + \text{その他の処理費} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

となり、

- P = 原子炉の熱出力, megawatt
- D = 燃料の炉内有効期間, days
- W = 燃焼度, megawatt days per ton
- F = 稼働率
- E = 濃縮度, %
- PE = 濃縮度 E の燃料貸与価格, \$ per gram of U<sup>235</sup> (第 1 図参照)

PE<sub>b</sub> = 濃縮度 E の燃料が fractional burn up b まで燃えた場合の U<sup>235</sup> 1g 当りの平均燃焼価格, \$ per gram (第 2 図参照)  
b = 燃焼率 (初めの U<sup>235</sup> 装入量に対する割合)



第 2 図 各燃焼比率に対する U<sup>235</sup> の燃焼価格



$r_{49}$  = プルトニウム生産率 (初めの  $U^{235}$  装入量に対する割合)

とすれば,

$$\text{使用量} = 0.003367 \left\{ \frac{D(12)}{F(365)} + 16 \right\} P_E \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PDE}{W} \quad (10^4) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{燃焼費} = P_{E,b} \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PDE}{W} b (10^4) \dots \dots \dots (3)$$

について前記の方法で、 $C_{max}$  および  $C_{min}$  を燃焼度 2,000~24,000MWD/t の範囲で計算し第3図に示した。

(1)式, (2)式および第3図は,

- (1) 低濃縮の燃料で高いバーンアップを確保し得ること (これは原子炉の核的設計ばかりでなく燃料自体の放射線および熱に対する強度にも関係する。)
- (2) 成型加工費, 化学処理費の単価を低くすること。
- (3) 第1項 (使用料に相当する  $\lambda$  を含む項) が炉心交換周期に比例するのでこの周期の短くする, すなわちインベントリーの少なくすること。
- (4) プラントの熱効率を大きくすることが燃料費低減の鍵を握っていること。を示している。

	最 大	最 小	
プルトニウム・クレジット =	$(30) \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PDE}{W} r_{49} (10^4)$	$(12) \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PDE}{W} r_{49} (10^4)$	(4)
成型加工費 =	$80,000 \frac{PD}{W}$	$12,000 \frac{PD}{W}$	(5)
化学処理費 =	$15,300 \left( \frac{PD}{W} + 8 \right)$	$9,500 \left( \frac{PD}{W} + 8 \right)$	(6)
輸 送 費 =	$8,800 \frac{PD}{W}$	$6,400 \frac{PD}{W}$	(7)
その他の処理費	$UF_6 \text{ to } UO_2 = 30,000 \frac{PD}{W}$	$10,000 \frac{PD}{W}$	(8)
	$UNH \text{ to } UF_6 = 12,000 \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PD}{W}$	$3,000 \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PD}{W}$	(9)
	$PuNH \text{ to } metal = 24,000 \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PDE}{W} r_{49}$	$10,000 \left( \frac{238}{270} \right) \frac{PDE}{W} r_{49}$	(10)

(4)~(10) 式は Nucleonics 誌の資料[1]にもとづき, プルトニウム・クレジット: 30または12\$/g, 成型加工費80または12\$/kg, 化学処理費15,300\$/day per ton 乃至その6割, 輸送費8,800または6,400\$/t  $UF_6$  to  $UO_2$  30または10\$/kg,  $UNH$  to  $UF_6$  12または3\$/kg,  $PuNH$  to metal 2,400または1,000\$/kg をそれぞれ最大或いは最小値の算出基礎として求めたものである。

原子力推進プラントの効率を  $\eta$  とし, 1 Shp-h 当りの燃料費 (Mills/Shp-h) の最大および最小をそれぞれ  $C_{max}$ ,  $C_{min}$  であらわせば,

$$C_{max} = \frac{0.2738}{\eta W / 1,000} \left\{ E (\lambda P_E + b P_{E,b} - 9.6 r_{49}) + 16.42 \right\} + \frac{5,100}{D \left( \frac{Shp}{1,000} \right)} \dots \dots \dots (11)$$

$$C_{min} = \frac{0.2738}{\eta W / 1,000} \left\{ E (\lambda P_E + b P_{E,b} - 29 r_{49}) + 4.6 \right\} + \frac{3,160}{D \left( \frac{Shp}{1,000} \right)} \dots \dots \dots (12)$$

但し  $\lambda = 0.003367 \left\{ \frac{D(12)}{F(365)} + 16 \right\}$

となる。この式のなかの  $b$  は  $W/E$ ,  $r_{49}$  は  $W/E$  および ICR (初期転換比) より求められる。Shp=25,000,  $P=90$ ,  $\eta=0.207$ ,  $E=1\sim3$ ,  $D:F=2\times365$  の場合

#### 4. 在来船との経費の比較

原子力船の経費を構成する主な項目は次の通りである。

- (1) 船体および在来型機関の減価償却および金利
- (2) 原子炉および附属機器の減価償却および金利
- (3) 燃料費
- (4) 船員費, 保険料, 船舶税, 修繕費, 船用品, 店費, その他

このうち(4)の項目中の各 item については, 在来船と比較してそれぞれ何パーセント増しになるという予想もあるが(2), 今日定説はないから一応(4)を原子力船も在来船に等しいとすれば, (3)だけが原子力船の場合あらたに追加される item になる。そこで原子力船については, (3)に(2)を加えたものを求め, これが在来船の燃料費に対応するとして経費の比較を行なうことができる。

第1表および第2表は英国の Dr. Brown によって行なわれた[3]天然ウランガス冷却型およびPWR型の経済性の比較で, それぞれの最終行の net fuel cost, pence/Shp-h は, 前記の item (3)と(2)を加えたものである。

第1表 22,000 馬力原子力船

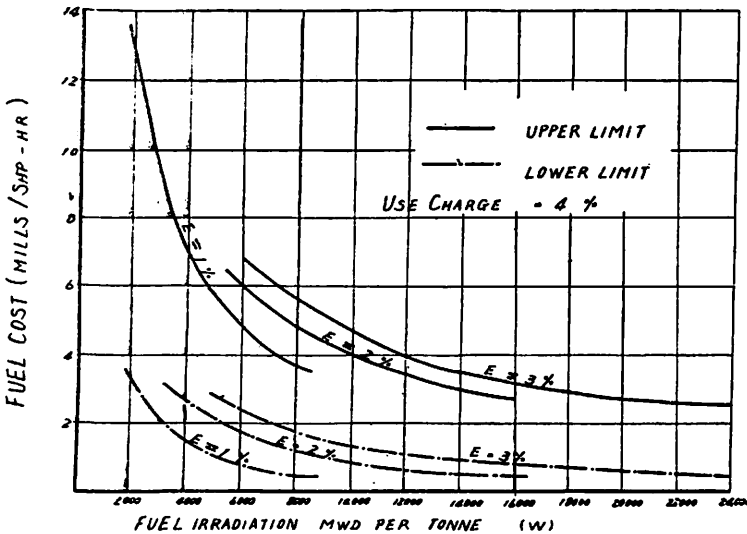
原子炉の型	天然ウラン 黒鉛減速型		濃縮ウラン 加圧水型	
	(a)	(b)	(a)	(b)
装入燃料の価格	£ 1,300,000	£ 1,230,000		
減速材価格	120,000	—		
比出力, MW/tonne	1.05	2.35		
燃料交換周期(日)	2,860	1,620		
燃料関係流動費 pence/Shp-h	0.23	0.35		
*建造費の増加×13% pence/Shp-h	0.51	0.30		
燃料に対する資本投下× 6% pence/Shp-h	0.12	0.11		
合計 pence/Shp-h	0.86	0.76		
**プルトニウム・クレジ ット pence/Shp-h	0.13	0.25	0.09	0.18
Net fuel cost, pence/Shp-h	0.73	0.61	0.67	0.58

第2表 44,000 馬力原子力船

原子炉の型	天然ウラン 黒鉛減速型		濃縮ウラン 加圧水型	
	(a)	(b)	(a)	(b)
装入燃料の価格	£ 1,300,000	£ 1,230,000		
減速材の価格	120,000	—		
比出力, MW/tonne	2.1	4.7		
燃料交換周期(日)	1,430	810		
燃料関係流動費 pence/Shp-h	0.23	0.23		
建造費の増加×13% pence/Shp-h	0.25	0.15		
燃料に対する資本投下× 6% pence/Shp-h	0.06	0.05		
合計 pence/Shp-h	0.54	0.55		
プルトニウム・クレジ ット pence/Shp-h	0.13	0.25	0.09	0.18
Net fuel cost pence/Shp-h	0.41	0.29	0.46	0.37

\* 建造費の増加/year=£ 332,000および195,000 (原子炉関係の追加をそれぞれ £ 2,550,000 および £ 1,500,000とし、これに13%をかけたもの)。使用率として 38,000トンタンカーの場合の 81%を取ると年間平均馬力=22,000×0.81=17,800Shp

\*\* プルトニウム・クレジット (a) £5/g (b) £10/g



第3図 濃縮度1乃至3%の範囲における燃料費 (プルトニウム・クレジットを含む)

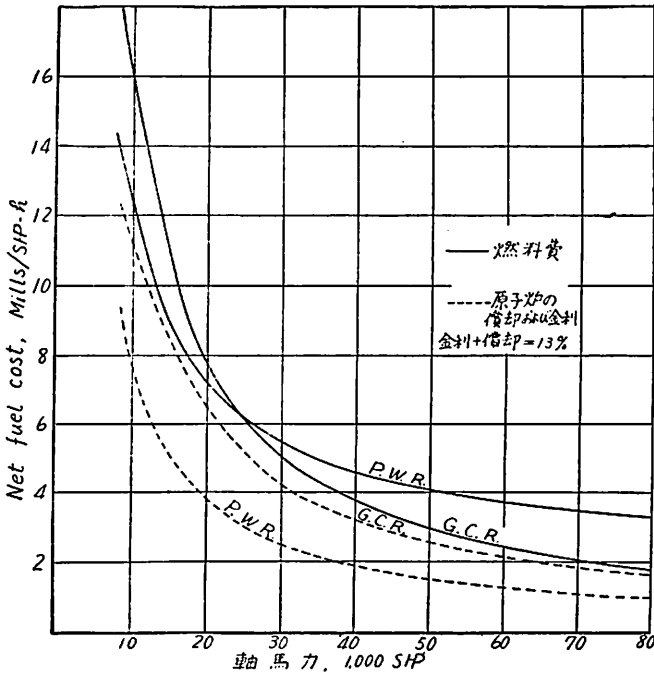
在来船の燃料費は燃料消費を約 0.5 lb/Shp-h とすれば、3~4 mills/Shp-h (1 mill=\$0.001=0.086 pence) すなわち 0.26~0.34 pence/Shp-h だから、このなかでは 44,000 馬力の天然ウランガス冷却型だけが経費の面で有利ということになっている。しかしこれ以外に重量容積の問題もあるのでどちらの型式が採算的かという

ことをこれらの数字だけで比較することはできない。この計算ではそれよりも同型の原子炉が馬力数に関係なく使用できると仮定されており、大型大馬力化によって資本費の影響が急激に減少する結果になっている点が興味深い。この仮定を使用して8万馬力までのnet fuel cost

を計算し第4図にかかげた。この図の傾向は原子力船としての経済性への活路はまず高速大馬力化の方向に求めることができるということを示している。現在タンカーを高速化しようとする風潮はないが、大型化する傾向は著しく、大型船は自然大馬力を必要とするのでその原子力化を考えるのがもっとも手近かな道ということになる。同じ原子炉をいかなる大馬力の船にも使用しようとする、同一の置き燃料(これをインベントリーという)でどの程度の馬力数までまかなえるかが問題となるが、船用炉の場合は伝熱的にはまだ余裕があると考えられるからどちらかといえば臨界量の問題になる。すなわちこの例のPWR型の比出力は44,000馬力で4.7だが、同じPWR型の発電炉では17.5に達している。従って同じ船用炉でまだこれ以上の大馬力の発生も可能であろう。

5. 輸送量と経済性

前章において行なった経費の比較のなかには、航海距離の長短による積載の増減の問題が取り扱われていないので、それだけでタンカーの経済性を論ずるわけにはい



第4図 燃料費（原子炉関係の償却および金利を含む）と軸馬力との関係

かない。経費が同一でも原子力船の方が積載荷物量が多いので1航海毎の収益がそれだけ多くなるからである。

第3表に示すタンカーの運送原価の比較は米国海事局の Mr. Godwin によって行なわれたもの〔4〕で、この表のなかの燃料費には原子炉の価格の償却は含まれていない。それなのに燃料費はつねに原子力船の方が在来船以上になっているから、経費は第2表および第3表の場

第3表 タンカーの運送原価の比較

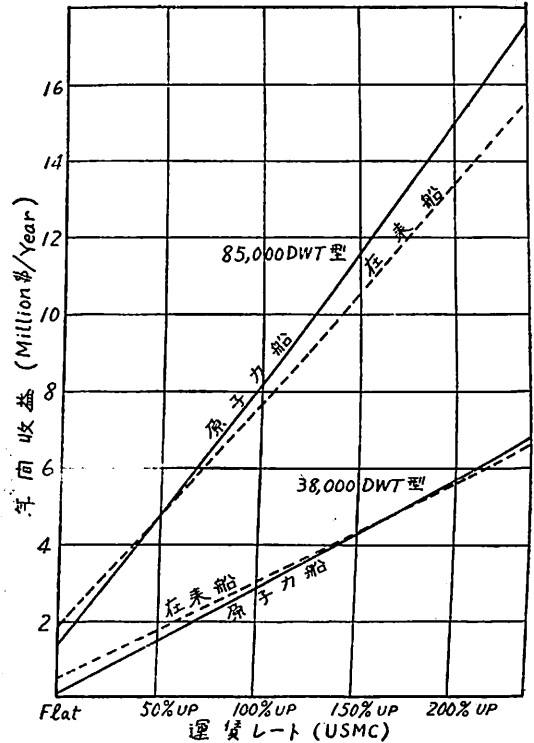
	38,000 DWTタンカー		85,000 DWTタンカー	
	在来船	原子力船	在来船	原子力船
長さ (呎)	667	667	890	890
速力 (ノット)	17	17	17	17
軸馬力	17,000	17,000	32,000	32,000
船体価格(\$)	8,400,000	8,400,000	20,400,000	20,400,000
推進機関価格(\$)	3,000,000	9,000,000	5,000,000	15,000,000
年間経費(\$)	2,045,200	2,726,700	3,887,500	5,005,800
年間燃料費(\$)	460,000	750,000	865,000	1,340,000
償却(\$)	684,000	1,044,000	1,522,000	3,120,000
年間輸送量(t) (5.3航海)	170,000	187,500	383,000	452,000
トン当運送原価(\$)	12.00	14.50	10.00	11.80

合よりはるかに割高な条件になっている。

しかしトン当り運送原価では原子力船が在来船にくらべてせいぜい2割増し程度に過ぎないのは航路として喜

望峰經由中東・米国のような長距離を対象に考えたので、原子力船の年間輸送量が在来船にくらべ大きくなるからである。いまこのようなタンカーの収益性について考えてみると、

年間収益 = (運賃レート - 運送原価) × 年間輸送量  
となるから、これによって運賃レートが USMC flat rate 以上に上昇した場合の年間収益を計算すれば第5図



第5図 運賃レートと年間収益との関係

のようになり、38,000 DWT 型では、USMC160%up, 85,000DWT型でUSMC 50%up以上に達すると原子力船の方が在来船より収益が大きくなる。

この現象は燃料費ならびにトン当り運送原価については原子力船が在来船に及ばないという条件のもとでも生ずるという点が特に注目になる。すなわち燃料費やトン当り運送原価は多少高くても原子力船は採算的になる可能性があるということになる。

また大型原子力タンカーほど備かの運賃上昇で採算段階に達するというこ

は、大型船ほど原子力推進に向いているという前章の結論を再確認している。もし第2表の計算例のように既に経費の点でも割安で、しかも輸送量が多ければ原子力船

は運賃レートに関係なく有利になる。そのためには原子炉を小型にし、シールド重量を減少させる必要がある。天然ウラン黒鉛減速型は大型になるので、重量容積の点では加圧水型より不利である。しかし最近英国が船用向として陸上原型を設置し開発に着手した型式は同じガス冷却黒鉛減速型でも、燃料に低濃縮ウランを使用し極力小型化されている。軽量小型であって、しかも燃料費が天然ウラン型程度であればその成功は疑いない。

6. 経済的な船用原子炉の設計上の問題点

燃料費の低い原子炉を設計するには第3章に述べたようになるべく低濃縮の燃料を使い、しかも高いバーン・アップを確保し、燃料のインベントリーを少なくし、さらに、プラントの熱効率をあげることなどが必要であるが、これらの目標にはいずれも技術的限界がある。

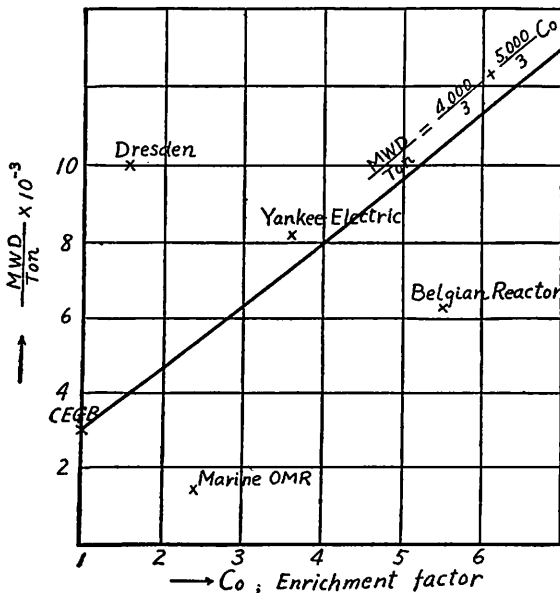
天然ウランを燃料に使用する場合、その中に含まれる  $U^{235}$  の量は約 7 kg/t だから、 $U^{235}$  の完全分裂による発熱量を 1 MWD/g とすれば、7,000 MWD/t ではすっかり燃焼しつくすことになる。従つて 7,000 MW D/t 以上のバーン・アップを確保しようとするプルトニウムの燃焼に期待するほかない。しかしプルトニウムの炉内生産量はバーン・アップに比例しないからその燃焼によるバーン・アップの増加にも限度がある。

濃縮度が上れば燃料中の  $U^{235}$  の含有量が増すから、これによって当然バーン・アップが増加する。現在達成可能とされるバーン・アップは天然ウランで 3,000MWD/t、4 Co (2.9%) で 8,000MWD/t 程度とされているので任意の濃縮度におけるバーン・アップは、

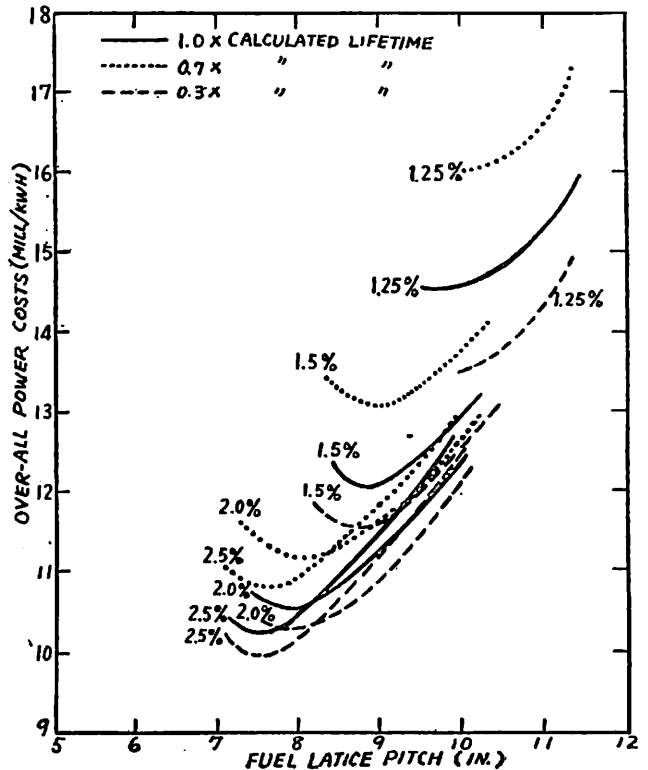
$$\frac{MWD}{Tonne} = \frac{4,000}{3} + \frac{5,000}{3} Co \dots\dots\dots (13)$$

という略算式によって推定することができる。しかし現実の原子炉について発表されている数字(但しそれも実績にもとづく値ではない)はこの式の与える値と大分異っている。(第6図参照)

従つてある濃縮度において達成可能なバーン・アップは炉によって相当ひらきがあることになるが、これは炉心構造との関係が深いためである。そこで経済的な原子炉を設計するには炉心構造と濃縮度との2個のパラメーターから炉心寿命を求め、これをもとにしていろいろな組合せの場合の燃料費を計算する必要がある。その一例として最近オークリッジでガス冷却型発電炉について行なわれた計算〔5〕を第7図に示す。この図では、ステンレス鋼の炉心について燃料費が最小になる炉心構造(燃



第6図 燃焼度と濃縮度との関係



第7図 濃縮度および燃料棒の間隔と燃料費との関係

料棒の間隔)を各濃縮度ごとに求められている。しかし成型加工費および化学処理費の単価のとりかた如何によってはこれら設計上 optimum の点は移動する。また現在用いられている燃料の被覆材にはステンレス・スチール以外にジルコニウム、ベリリウムなどいろいろの種類があるので、材料が変ればある濃縮度における燃料の critical mass もちがってくる。従つてこれによってバ

ーン・アップや燃料費もかわってくる。一般に被覆材に中性子吸収の少ない材料を使用すれば低濃縮で比較的高いバーン・アップを得ることが可能である。しかし成型加工費の単価は上昇するからこの点を勘定にいれなければならない。インベントリーを少なくするために、中性子吸収の少ない炉材を使用する場合も同様である。

経済的な原子力船を実現するには原子炉のイニシャル・コストを低くすることが必要であることはいうまでもないが、現在の加圧水型の価格は約15億円(但し燃料を含まず)といわれており、在来の機関とは比較にならない。この価格に Calder Hall 型と PWR 型との cost ratio, 4.8/2.8 を掛け、Usage = 81%, 償却+金利 = 13% として黒鉛減速ガス冷却型の償却および金利を計算すると第4図の点線のようになる。この図には比較のため加圧水型を15億円とした場合の償却および金利を併せかけた。

在来船の燃料費は前に述べたように3~4 Mills/Shp-h だから、積荷の条件が同じなら、ガス冷却型で約3万馬力、P. W. R. 型で約2万馬力以下の原子力船は燃料費がただぐらいでないと現在経済的に成立しない。もし金利がこれ以上だとこれらの限界はさらに上ることになる。

Calder Hall 型の建設にあずかった Hinton 卿は船用原子力機関の価格は在来型の1倍半程度になる可能性があるとおり〔6〕建設費が将来も現在のような莫大な値にとどまるとは考えられない。しかし当面船用原子炉は所要出力が小さいため、発電炉以上にイニシャル・コストが経済上の大きな問題となっているわけである。

## 7. 結 言

原子力発電は世界のエネルギー資源の見透しから、やがて化石燃料に代って核燃料の使用を必要とする時代が来ることを予想して開発されている。原子力船もこの点については発電とかわりはない。現状について考えると、海運は国際的な事業なので昔から経済的な競争はげしく、今日の船舶は技術的にも極めて合理化されている。すなわち現在わが国で運航されている商船は殆んど油だきのディーゼル乃至タービン船で占められ、石炭だきのレシプロ船はかけをひそめるに至っている。これに反し発電界では石炭専焼式のプラントが今もって火力の主力をしめている。これらの発電所は旧式で非効率なばかりでなく国際的に見たら極めて割高な国内炭の使用を余儀なくされている。

このように合理化の現状の相違した二つの業界に原子

力を導入した場合、在来方式と比較してどちらの場合に原子力がより経済的に受け入れ易いかは殆んど議論の余地がない。しかし船の方は原子力利用によってはじめて大馬力船の設計が可能になったり、積荷量の増加が経済的効果をもたらすという妙味がある。このような妙味を發揮させるためには原子炉のイニシャル・コストおよび燃料費を低下させ、重量・容積の縮少をはかることが必要である。

原子炉の重量・容積その他の条件を同一とすると、現在の価格では原子力船は約5万馬力以上にならないと経済的にならない。これ以下の馬力で原子力船を経済的にするためには、特に原子炉を今よりはるかに安い値段でつくる必要がある。重量・容積の縮少については、ノーチラス号のような潜水艦用原子炉によつて一応成功しているようだが、それには高濃縮燃料の使用、その他設計上経済性を無視しているのだから、燃料費の方は50~100 Mills/Shp-h に達しているといわれる〔7〕。軍用ならともかく経済性を必要とする原子力船については、イニシャル・コストや燃料費を犠牲にせず原子炉を小型にしなければならないことはいうまでもないことである。

## 参 考 文 献

- [1] Sizing up Uncertainties in Nuclear Fuel Costs, Nucleonics, January 1958. p50.
- [2] The Commercial Feasibility of Nuclear Tankers, H. B. Benford, American Petroleum Institute, Nov., 1957.
- [3] Propulsion of Ships by Steam Turbine Machinery, T. W. F. Brown, De Laval Memorial Lecture 1957: Joint Nuclear Marine Propulsion Panel.
- [4] Ship Propulsion, Richard P. Godwin, Nucleonics September, 1957.
- [5] Design Parameters in the ORNL Gas-cooled Reactor Study, Nuclear Engineering, July 1958, p. 282.
- [6] The Nuclear Propulsion of Ships, Sir Christopher Hinton et. al., Journal of the Joint Panel on Nuclear Marine Propulsion, April 1958 Vol. 2 No. 1, p. 1.
- [7] Nuclear Engineering, Nov. 1957, p. 456.

# 原子力船の経済性について

— 運航面における問題 —

飯野海運株式会社調査部

小山朝光

## 序 言

商船における経済性とは、一言にして申すなら一定の容積（船体の長さ×巾×深さ）内において如何に多くの荷物を積み、如何に早く荷役し、且つ如何に早く輸送するかということである。この高率な積載能力、荷役の迅速、高速力という経済性を規定する三大要素のうち、荷役の迅速を除いた他の二要素について少しく考えて見よう。即ち、第一の高率な積載能力、いいかえるなら重量屯当り積載量の増加のためには積荷以外の船内の積載ないし搭載物の重量ないし容積を軽減することにある。従って荷物外積載物の過半を占める積込燃料の減量と搭載物中最も大きい主機を含む機関部門の重量ないし容積をどれほど軽減できるかという二点並びに第二の高速力を前述積込燃料並びに機関部門の容積並びに重量の激増を招かずいかにして実現するかという三つの課題に対し、商船の設計は常に発展を続けて来た。しかもこの課題のポイントはすべて搭載船用機関並びに使用燃料の性能如何に帰着するため船用機関は戦前においてもレシプロ、タービン等の外燃機関を経てより熱効率の高い内燃機関のディーゼルが誕生を見、戦後においても外燃機関のホープであるタービン機関が従来の常用圧力から極めて熱効率の高い高圧高温タービンの設計に成功し、燃料消費量の減少、廉価な低質油使用、高馬力という二大利点を利して一時はディーゼルより優位に立ったことは記憶に新しいところである。その後ディーゼル機はビューリファイアー並びにクラリファイアーの装置による低廉なタービン油（外燃油）の使用、さらに次いでスーパーチャージャーによる出馬力数の三割増加という極めて決定的な改良により 20,000 馬力以上の高馬力部門を除いてはタービンに対し極めて高い優位性を保持するに至っている。しかしながらかかる両者の経済的優位性の角逐も在来燃料の石油を使用する範囲においては殆んどその限界に達するに至った。

従って重量および容積が殆んど等しく、しかも在来燃料と比較にならぬ熱効率を極めて長時間にわたり発生するウラン燃料の誕生は商船の経済性として要求される前述の三つの課題を 100% 満たす理想的な船用燃料として海運関係者の異常な関心を惹き、世界の海運国は相

次いでこれが船用燃料としての実用化に全力を尽くすに至った。従って原子力商船はそれ自体既に商船の経済性要求の最高の姿であり、今後ウラン燃料の遮蔽物の重量および容積が減少でもすればその無比の経済的優位性はよいよ不動のものになると思われる。

現に原子力燃料の商船利用は、陸上原子力発電に次ぐ世界における産業界の動力革命の第二弾であり、また軍艦ないし特殊用途の商船とはいえ、米国における原子力潜水艦ノーチラス号の稼働、同じく実験船としての原子力商船サバナ号(12,000D/W)の着工(竣工は1960年)、さらにはソ連における原子力砕氷船レーニン号(16,000排水屯, 44,000馬力)の昨年12月5日の進水等の実例はいずれも原子力商船の誕生を示すものであり、その優位性が如何に偉大であるかを物語っているといえよう。しかしながらかかる原子力商船の具備する卓絶した優位性も、これをどれほど生かし得るかという点になると商船の用途、構造、船型、運航形態等によってかなりの相異なるしは限界が生じて来ることになり、具体的問題としてはいかなる船種が原子力使用に最も適性であるか、そして原子力商船の実用化の最初の船種は、という問題が経済性検討の最初の問題として提起されよう。以上の考えより、下記の如き三項に分け原子力商船の経済性を検討してみよう。

- (1) 原子力商船の特性と最適船種としてのタンカー
- (2) 原子力タンカーの経済性

## 1. 原子力商船の特性と最適船種としてのタンカー

原子力商船の特色を掲げると、まず利点は、

- (1) ウランの燃料消費量が同一の速力を出すのに在来の石油の約1万分の1弱という僅小で済むこと、(例80,000D/W40,000馬力, 19ノットのマンモスタンカーにとると石油を燃料とした場合、年間総消費量は約65,000,000kgであるのに対し、ウラン(2.64%エンリッチ,  $UO_2$  (を使用した場合は7,790kg))
- (2) 燃料使用期間の単位が1年ないし2年という長期間で従って燃料積込によるアイドルが全く無い。
- (3) 在来の燃料では出し得なかった高速力がウラン重船の極く僅かな増加で可能である。



(4) ウランは燃焼に際し空気の媒介を要せず、従って長期間水中航行が可能である。

次に欠点は、

(1) ウラン燃料は年間不断に燃えている。(もちろん使用停止時は核分裂活動を極く僅かに押えることはできる)

(2) 原子炉の重量が在来の炉に比し遮蔽およびコンテナ等により重くなる。

(20,000馬力の機関に例をとり、Mr. H. B. Benfordの査定によると、次の如く原子力商船の方が機関部で759 吨ほど重くなり、両者の機関重量比は1.7 から2.4 までの間と思われる。

燃油タンカー全機関重量	1,009 吨
うちボイラ	-250 "
煙突燃料油系統ドラフト装置	-100 "
<hr/>	
普通タンカー機関 net 重量	659 "
原子炉	+1,100 "

原子力タンカー全機関重量 1.759 吨  
 機関重量比  $\frac{1,759}{1,009} = 1,743$

(3) 原子炉およびこれに附帯する制禦装置、コンテナ遮蔽物等が高価なため、在来の石油を燃料とした機関より機関部門価格がはるかに高くなり、そのために船価は割高となる。

例を40,000DW, 20,000馬力のタンカーにとると、機関部が98,064万円ほど在来機関より高くなり、総船価として45.4%方割高となる。

(4) 原子炉およびコンテナ等により機関室の容積が大きくなり、貨物油艙が減少する。等がその主なものである。

これを総合して船の採算並びに運航面から両者を比較すると、原子力商船には在来船に比し次の如き優劣が見られる。

まず採算面からみると、有利な点は、

(1) 僅少なウラン消費の増加で高速化が図られるため、在来燃料使用時において高速化の場合の最大ネックとされて来た燃料消費量の激増による燃料費用の高騰、並びに持バンカー(航海時積載燃料)増大に伴う積荷量の大巾減少というマイナスの附随現象を伴わず高速化が図れ、航海日数の短縮により運送コストを大巾に減少できる。

(2) ウラン燃焼が空気の媒介なしでできるので、潜水タンカーが可能である。潜水タンカーの場合、水上船のごとく造波抵抗がないのでより僅少な燃料で高速が得られ、さらに高い採算性が得られる。なおこの場合、

水上航行船では経済的限度といわれる24ノット以上の超高速も容易に得られる等である。一方不利な点は、

(1) 船価が原子炉を中心に割高となり、この面では運送コストの値上りを招く。

(2) ウラン燃料が石油等の在来燃料に比し極めて高価なため、燃料費が総額としてはさほど低減しない。

(3) ウランが不断に燃焼するため碇泊時の燃料費が増加する。

(4) 燃料交換に長時間を要し稼働日数が減少する。等である。

次にこれを運航面についてみると、有利な点は燃料の交換期間が一年ないし二年という長期間であるため、配船に際し燃料補給港を考慮に入れる要がなくなり採算本位の有利な運航ができることで、逆に不利な点は、

燃料補給港が放射能遮蔽の点より特定且つ航路より外れた遠隔地に予測されるので、燃料交換の場合大きな回航を余儀なくされる等である。

次にこのような得失を商船に要求されてる運送コストの軽減という経済的命題に照合して見た場合、それぞれについて次の如き解決ないし活用方法が考えられる。即ち利点についてはできるだけ大型で高速な船を造り、且つ運航が短期間荷役のピストン航海であれば、その採算的優位性は幾何級数的に向上する。また欠点の是正については、船価高に対しては船型の大型化によって重量屯当り船価の面で値上りを最少限度に押える。機関部重量の増大による積荷重量の減少についても同じく船型を大型化して重量屯当りの貨物積載比率の低下を最少限におさええる。ウランの不断燃焼については主機使用時間が最も長い船種を使うことによって燃料費の浪費を最少に留め得る。従って原子力商船の最適な船は、

(1) 船型が大型ないし超大型船で且つ高速力を必要とするもの。

(2) 荷役時間が僅少で、且つ途中寄港地が少なく、年間を通じピストン航海ができる。

(3) 荷役施設等より見て潜水船構造が可能である。

以上三つの条件を現実の運航面において最も多く受入れられる船種ということになる。ひるがえって商船の各船種につきその特徴を考えてみると、

(1) 定期貨物船はその途中寄港地の数が各船種中最も多く、そのうえ雑貨が主要荷物であるため荷役期間も極めて長く、且つ航海距離が一つの寄港地から次の寄港地への比較的短距離な断続航海形式をとる。従って船型は多数の港に入港でき、且つ部船費用の比較的小さいことが一つの大きな前提となるので荷主へのサービスという面を考えてもなお特に大規模な大型化は不可

能であり、また速力も限度以上の高速化は船価燃料費等出資の増大を招来するにすぎず、これまた困難である。

- (2) 一般不定期船は主要な荷物が農産物、木材等荷動き単位量が比較的小さく、一方季節や地域の相異によって出荷量の変動が激しく、そのうえその運航形態が種々雑多な荷物を求め、不特定多数の港湾に寄港するのを建前とするので、これまた大型高速化の幅は極めて狭く、また効率的なピストン航海も限定される。
- (3) 鉱石専用船はここ二、三年来漸く本格的な発展を見せるに至った船種であるが、今后急速に拡充整備をみせることは疑いを要せず、従って将来は漸次山元の港湾荷役施設、積出能力等いずれも大型船によるピストン輸送にマッチして整備され、一方受入れの工場側の港湾も同様整備される。従ってこの船種は大型高速化の方向にあり、また運航形態も短期間荷役のピストン航海ということになるので原子力商船の有望な開拓可能部門である。しかしながら鉱石専用船の大型高速化はドライカーゴ部門においてこそ注目を惹く事象であるが、世界的に見てヴェネズエラメキシコ湾航路の鉱油兼用船を除いては33,000DW、速力16~17ノットが限度で、過半は20,000DW、速力16ノット程度に留まるものと思われる。これは鉱石専用船の平均航海距離が地較的短かく、また両端港湾の整備も世界的に見た場合はさほど大規模になると考えられないためである
- (4) 客船移民船は船型が8万総トンまであり、平均でも20,000総トンないし30,000総トンで且つ速力もすべて20ノット以上の高速船であるので、原子力商船として極めて有望である。特に人体(客)に対する放射能障害の不安が完全に除去されれば、これら船種に対して従来とも各国は手厚い保護助成を行なっているのので、採算性を度外視して各国の力のシンボルとして原子力客船ないし移民船の誕生を見る可能性が強い。
- (5) 最後にタンカーであるが、タンカーは強大な石油カルテル資本の申し子として戦后海運史上類例のない発展を質量両面において完成し、現になお限りなき前進を続けており、総船腹量においても将来海運業において最大のシェアを保有する船種である。その特性はインダストリアル・キャリアーで中東の大油田地帯と各国の戦后送られた大規模な製油工場との間の原油ピストン輸送を行なうものである。従って石油カルテルは石油製品コスト低下のため、工場の生産単位規模の最大限拡大と併行して、それにマッチする単位輸送能力(一航海輸送能力)の大きく、且つ運送コストが安い超大型高速タンカーの整備による石油産業の高い総合経済性を求めるため船型の大型高速化についてはこれ

を不漸に推進している。従って現在でも一般不定期船の7ないし10倍という80,000重量トン、120,000重量トンの超大型船が存在し、将来はさらにそれ以上の大型船も可能で、現に世界の主要石油積揚港の受入れ能力も逐年ますます大規模になりつつあるので、原子力商船の利点を最大限に活用できると共にその欠点を最少限でないしネグリジブルな点まで切り下げられる最適格船であるといえよう。次にひるがえって世界各国の原子力商船開発状況を眺めると、米・ソ両国が最も進んでおり、米国においては原子力商船の一番船としてワグネル号(12,000重量トン、23,000馬力)の建造にすでに着工し、1960年末には完成という段試作期間にはいつている。またソ連は砕氷船レーニン号(16,000排水噸、44,000馬力)は昨年12月5日すでに進水している。これら試作期にはいった両国に見られる注目すべき共通点は、いずれも実用商船ではなく実用経済船を造るための第一段階として造られており米国においては試験船、ソ連においては試験兼実用船ということである。また両国を除く日、英、諸等の海運国は国富が少ないこともあっていずれも最初から実用経済船としての原子力商船の完成に取組んでおり、その船種はいずれも40,000DWないし80,000DWのスーパーないしマンモスタンカーとなっている。このうち日本では原子力船調査会設計の40,000重量トン、80,000重量トンタンカー計4種を始め、各大手造船所が新三菱重工の45,000重量トン22ノット潜水タンカー、日立造船の65,000重量トン16.6ノットタンカー等いずれも独自の設計を完成している。一方英国は6年以内に80,000重量トンタンカーの完成を目指し、諸威も40,000重量トンないしそれ以上のタンカー建造に取組んでいる。このような原子力商船開発を一言にして申すなら、実用原子力商船の第一船はタンカーであり、しかもまだいずれも完成を見ておられない現状では技術上の問題もさることながら、原子力商船として最適格のタンカーにおいてすら未だ経済性の解決がついていないということもいえるのではなからうか。

## 2. 原子力タンカーの経済性

航路をバルシャ湾—日本にとって原子力船調査会が設計した次表3種類のタンカーおよび同P型をスピードアップした試案並びに日立造船プランの6種のタンカーについて40,000DW、17.5ノットの在来タンカーと採算比較をしてみた。なお主要算定基礎としては、

- (1) 船価は在来船契約船価 150\$/DW 乗出費用 5%。
- (2) 原子力船の船価は次の如き算式によった。  
船体部(在来船と同額) … 契約船価 × 0.5 …… (a)

電気部その他(同上) … 契約船価×0.2 ……(b)

機関部 { 主機および補機 … 在来船価格 (契約船価×0.145)×1.2 …(c)  
 ボイラ … 1,058,400千円/20,000 SFP (Dr. Emil Jansen 推定値) (d)  
 その他 … 在来船と同額(契約船価×0.9)(e)

原子力商船船価=(a)+(b)+(c)+(d)+(e)

- (3) 金利は年5分
- (4) 保険料は Mr. H. B. Benford の説により在来同型同馬力船の 100%増し。
- (5) 船員費は単価は在来船乗組員高級平均85,670円/月、普通54,380円/月に対し何れも5%増し、なお乗組員数は次の通りである。

	在来タンカー (40,000DW)			原子力タンカー (40,000DW)		
	機関部	甲板部	その他	機関部	甲板部	その他
高級	8	10	18	13	10	23
普通	16	25	41	10	25	35
計	24	35	59	23	35	58

- (6) 燃料費は、石油は屯当り15弗30仙、ウランについてはその燃焼面算定基礎を次の如くした。

- (イ) ウラン濃縮度12%
- (ロ) パーン・アップ(燃焼度)は次表の通り。
- (ハ) 375弗50仙/kg, 12弗50仙/ウラニウム335瓦 (1957-11-17米原子力委員会発表)
- (ニ) 使用料率年4分, 使用期間正味使用期間+16カ月=28カ月
- (ホ) 整形加工費 (Fabrication Cost) 40弗/kg
- (ヘ) 化学処理費 (Reprocessing Cost) 9,180弗/day
- (ト) 輸送費 (Shipping Cost) 3,200弗/ton
- (チ) (Miscellaneous Processing Costs)
  - (a) UNH (ウラニウム・ナイトレート) を弗化ウランにかえる費用 3弗/kg
  - (b) UF<sub>6</sub> (弗化ウラン) を UO<sub>2</sub> にかえる費用 10弗/kg
  - (c) PuNH (プラトニウム・ナイトレート) をメタルにかえる費用 1,000弗/kg
  - (リ) 発生プルトニウム買取価格 30弗/g
  - (ハ) 残存ウラン買取価格 11弗60仙/g

- (ク) 使用期間 1カ年
- (7) 稼働率93% (在来船と同じ)
- (8) 港費は Haruy B. Benford の説に基づき在来船と同額とした。
- (9) 修繕費は J. J. Mc Mullen の説により在来船の20%増し。
- (10) 船用品費潤滑油は Harry B. Benford の説により在来船の15%増し。

船型	燃焼度
原子力船調査会 P <sub>2</sub> 型	7,300MWD/ton
" B型	8,556 "
高速型 No.1型	6,000 "
" No.2型	6,000 "
日立造船プラン	6,000 "
原子力船調査会 P <sub>1</sub> 型	7,400 "

この結果による各船の運送原価採算の概略を示すと第2表の通りである。

第1表

名称		P 型	P <sub>2</sub> 型	B 型	G 型
要目	主要寸法 長×巾×深 (m)	250×38×19.5	208×29×15	201×28.2×14.6	208×30×15.6
	載貨重量 (kt)	80,000	40,000	37,750	40,000
主機	種類	タービン	タービン	タービン	タービン
	馬力	20,000×2	20,000	22,000	20,000
速力	航海 kn	—	—	18.0	17.4
	試運転 kn	19.0	18.0	18.4	18.3
原子力炉	型式	加圧水型	加圧水型	沸騰水型	ガス冷却型
	熱出力 メガワット	148	77	75	65
	台数	1	1	1	1
燃料要素	燃料	2.64濃縮UO <sub>2</sub>	2.0%金属ウラン	2.4%UO <sub>2</sub>	5%UO <sub>2</sub>
	U <sub>235</sub> 重量 kg	181.3	64.8	90.0	110.0
	燃料重量 kg	7,790	3,240	4,242	2,490

本採算結果において注目を惹くことは在来40,000DW 17.5ノット型在来燃油船に比し16.6ノットから18ノット見当の略々同速力においては原子力商船の運送原価が略々隔差のない低廉なことである。即ち最も低廉な原子力商船調査会設計のP<sub>2</sub>型80,000DW18ノットは屯当り1,873円で、スーパー・タンカー中最も発注の多い船型の一つである40,000DW 17.5ノットの在来燃油船の運送原価

第 2 表 船型、速力別、原子力商船、在来船運送原価対比表

船種 項目	在来船	原子力船調査				日立造船 65,000 DW 16.6kn	原子力船調査 P <sub>2</sub> 型80,000 DW 18.0kn
		会P <sub>2</sub> 型40,000 DW 17.5kn	会B型37,750 DW 18.0kn	高 速 No.1 40,000 DW 20kn	型 No.2 38,500 DW 25kn		
船 価	2,268,000	3,360,480	3,377,844	4,421,000	6,816,000	5,107,000	7,004,000
資 本 費	390,520	477,210	475,290	605,020	890,420	733,095	988,480
間 接 船 費	81,258	90,170	90,170	104,965	133,644	120,915	158,880
燃 料 費	185,808	155,160	141,200	446,376	812,548	343,234	310,031
そ の 他	11,040	21,210	21,440	22,620	25,350	23,975	32,810
年 間 経 費 計	668,626	743,750	728,100	1,178,980	1,861,962	1,221,214	1,490,210

(以上単位千円)

航海積高(屯)	38,323	38,540	36,290	38,498	36,691	63,605	78,752
航 海 数	9.6	9.3	9.3	10.5	12.9	8.4	10.3
年間積高(屯)	367,900	357,420	344,755	404,230	473,310	551,880	811,150
屯当り運送原価 (円)	1,812	2,081	2,112	2,916	3,934	2,050	1,837
(註)1 重量屯当り 積載量	0.9581	0.9635	0.9640	0.9625	0.9530	0.9762	0.9719

円に比し僅か3%高に過ぎず、その経済性は十分に現在就航中の最優秀船に対抗できることを物語っている。その他日立造船設計の65,000DW16.6ノットの2,050円、原子力船調査会設計のP<sub>2</sub>型40,000DW17.5ノットの2,081円、さらに37,750DW18ノットの2,112円等、いずれも在来燃油船に対する割高は勢々13%から16%と極めて僅少で、もちろん現在就航中の戦後建造の20,000DW型33,000DW型よりは低廉で、これまた現実問題としてはその実現性は経済性から見た場合充分あるといえる。

次に原子力船の各型の比較において注目を惹くことの第一は前に既に述べてある如く船型の大型化するほどその運送コストが低減することで、80,000DW型の運送原価を100とすると65,000DWは109.5、40,000DWは111.1となり大巾な低減を見せている。なおこれら3つの型はいずれも現実の設計船である関係上、燃料費を最も大きく左右するウランの燃焼度(バーン・アップ)がさきに述べた如く80,000型7,400M.W.D/ton、65,000DW型6,000M.W.D/ton、40,000DW型7,300M.W.D/tonと相異しており、特に65,000DW型はもしバーン・アップを7,400M.W.D/tonまで上げればその運送原価は前記指数が104ないし105とほぼ80,000DWと40,000DWの中間程度まで低減されるものと思われる。また第二の特徴は40,000DW中、バーン・アップが7,300M.W.D./tonが最も安く、6,000M.W.D./tonの高速型No.1およびNo.2の運送原価が割高になっていることで、これは後述する如くバーン・アップがウランの燃焼量および同費用を大きく左右する理由に基づくものである。また第三は各型のバーン・アップの相異を考慮してもなお高速船の運送コストが割高なことである。この理由の一つとし

ては、船型が40,000DWと速力に比し船型が小さすぎるものがあげられるが、根本的にはたとえ原子力商船においてもバーン・アップが10,000M.W.D./ton以上になってもならないかぎりこの程度の船型における高速化は逆にコスト高を招くことを示している。従って高速化によるコスト・ダウンの問題は65,000DW、80,000DWないしはそれ以上の大型船に限定されるとともにバーン・アップ如何ということになりその場合でもスピード・アップの許容範囲はかなり限定されるものと思われる。

次に本採算に関連して原子力商船の経済性を決定する諸要素につき少しく詳細に検討して見よう。

その第一は、ウラン燃料費の構成の複雑さと、その価格のうちウランの値段および使用料を除いてはそのいずれもが現在のところ極めて不確定な推定値に過ぎないことである。まずウラン燃料費の算定方式を示すと次の通りである。

ウラン燃料費 = 焼失燃料価格 + 使用料 + 整理加工費  
(但し借りの場合)  
+ 化学処理費 + 運搬費

これら各構成項目の価格を見ると 使用料とはウランの時価に対する支払利率のことで、現在年4分で、またウランの価格は米国原子力委員会の値段表によれば、3%濃縮ウランでg当り12弗52仙、2.34%濃縮ウランで11弗6仙となっている。次にオープンな市場における価格を持たぬその他の項目について見ると、その推定値は各項目とも極めて多く、しかもその大半はMax. priceとMin. priceを設定した表示したかをしているので誠に混沌としている。従ってここではこれらのすべての価格を網羅し、そのMax. priceとMin. priceについてだけ述べて見ることにした。まず、(1)整型加工費であるが、

最高値はkg当り134弗、最低値は40弗と極めて大きな懸隔があるが、海外では将来の値下りによりkg当り12弗見当まで下がると推定している。(2)化学処理費はプラント1屯当り1日かかると見て、最高値は15,300弗/day、最低値9,180弗/dayとなっている。次に(3)運搬費は陸上輸送を前提として輸送距離1,000里当り最高値4,400弗/屯、最低値3,200弗/屯となっている。さて以上の価格はいずれも燃料費増加の要素であるが、これに対し(4)プルトニウム売却費は燃焼費を減少させるファクターで、ウランの燃焼過程において発生するプルトニウムの売却費は最高値はkg当り30弗、最低値は12弗となっている。

このように各価格とも極めて大きな値巾があり、従ってウランの燃料費はその最高値をとる場合と最低値をとる場合には、原子力商船の経済性の検討も前者は殆んどその可能性すら考慮できぬような結果となり、逆に後者では先に詳述した計算の如く、現在でも十分に在来燃油船に伍していけることになる。従って原子力商船の実現を経済性から検討する場合、数値だけによって断定的結論を出すのは非常に危険なことである。しかしながら、ウラン価格それ自体が今後本格的開発期にはいれば世界的に極めて豊富な埋蔵量を持つ未開発資源である関係上、急激に低減するといわれており、その他の価格も本格的生産段階にはいれば現在値が危険その他すべてをカバーした推定値であることより見て、これまた現在のMin推定値を下廻る大巾な低減を見せるのはほぼ確実と考えられる。

また第二の問題はバーン・アップのウラン燃料費に及ぼす影響の大きさである。例を38,500 DW 70,000馬力25ノットの船型にとってバーン・アップを6,000M.W.D/tonとした場合と、バーン・アップの最高限界と目される26,280M.W.D/tonの場合とを比較すると、前者のウラン燃料費が年間2,257,077弗(812,548千円)であるのに対し、後者は次の如く469,157弗(168,896千円)と約5分の1に減り、従って運送コストも前者の3,934円が2,574円と大巾に逓減する。参考に計算基礎を示すと下記の如くである。

$$70,000 \times 0.000735W \div 0.2 = 257.3M.W.$$

$$\frac{257.3 \times 360 \times 0.9}{26,280} = 3,172\text{ton} \dots\dots \text{UO}_2\text{の量}$$

$$3,172\text{ton} \times 1.01 \times \frac{238}{270} = 2,824\text{ton} \dots\dots \text{ウラン量}$$

$$2,824\text{ton} \times 0.03 = 84.72\text{kg} \dots\dots 3\% \text{濃縮U}_{235}\text{の量}$$

$$84.72\text{kg} \times 0.39 \times 0.99 = 32.71\text{kg} \dots\dots \text{残存ウラン}$$

$$\{12\$52 \times 261.9 - 11\$60 \times 32.71\} \times 1.000 = \$681,258$$

……ウラン燃焼費

$$84.72\text{kg} \times 1.029 \times 0.34 \times 0.99 = 29.64\text{kg} \dots\dots \text{プルトニウム発生量}$$

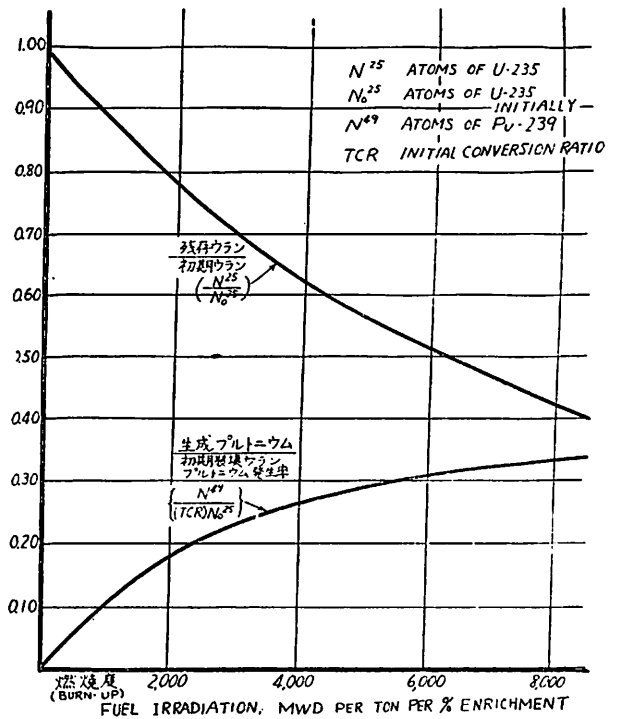
$$20\$/g \times 29,640 = \$572,800 \dots\dots \text{プルトニウム売却費}$$

$$12\$52 \times 32,710 \times 0.99 = \$40,543 \dots\dots \text{使用料}$$

最終燃料費 = ウラン燃焼費 - プルトニウム売却費 + 使用料(金利) + 整型加工費 + 化学処理費 + 運送費 + miscellaneous

$$\text{Processing Costs} = \$681,258 - 592,800 + 40,543 + 80 \times 2.824 + 15,300 \times (3.2 + 8) + 92,000 + 3,172 \times (3 + 10) + 1,000 \times 29.64 = 469,157$$

これは燃焼度の高いほどUO<sub>2</sub>の量が少なくて済むほかに、第1図のグラフによっても明らかなごとく燃焼度が高いほど残存ウランの量が少なくなる一方、燃焼過程において発生するプルトニウムの量が逆に増加するため燃焼費は残存ウランの減少によるロス減少と、プルトニウム発生量の増加による同売却費(燃焼費から差引かれ安くなる)の増額によって大巾な逓減を来すためである。



第1図 Fissionable Material in Reactor Fuel as a Function of its Irradiation

最後にその三は、原子力商船において船型の大型化とともに運送原価の低減のための二大要素とされている高速化実現の問題である。これについてはすでに述べたごとく、水上船においては在来燃油船よりは有利であるものの、速力増加に伴う馬力の急増傾向のためその範囲は極めて狭い。しかしながらタンカーは一般貨物船と相違(以下247頁へつづく)

# 原子力船における放射線に対する保健衛生

運 輸 技 術 研 究 所  
中 田 正 也

国産原子力船第1隻が就航するより先に外国の原子力船がまず本邦の港にはいるであろうといわれていたが、その先触れとしてサバナと仮に名付ける建造中の米貨客船が日本に寄港すると仮定して手廻しよく調査問合せが行なわれた。質問の主旨は入港拒否などの摩擦の原因となる関係法規の存在と、日本人—直接関係のある港湾関係者から一般市民にまで分類しているが—の関心との情報を望んでいるものと見られた。この質問のうち筆者の興味を賞えたのは荷役労働者がどう考えるかという点であつた。質問は具体的にどのような態度をとると思うかとある。組合関係の行動としてどういう結果となるかは別として、荷揚労働者自身がどう考えるだろうか、考える前提としてどれほど理解するかも問題であるが、個人的にどれほどの危険を感じ、どれほどの安心をもって仕事に従事するであろうかという点であつた。関係者としては無用の摩擦のないようPRの重大なことを痛感するが、関係者自身、また相手を見極めぬうちは危険という思想を抱いているのだからである。それが証拠に「国産原子力船第1隻が就航、いや試運転の時に乗組を命ぜられたら勇んで乗組みますか」と質問を出してみよう。沈没とか爆発とかの事故を別としても、「その返事の前に保健上の安全対策を十分お伺いしたい」と答えられるに違いない。

それは一度乗組んでしまえば狭い船から逃出すことのできない乗組員にとって、心配な放射線に対する危険防止策の決定版がまだ完成されていないということに起因しているのである。

テレビで北極の氷原下を潜航した米潜水艦の記録を見ると、棧橋に横付けになった潜水艦のタラップから降りて来た水兵が早速家族と抱擁しているが、あれはあれ、これはこれ、設計毎に方針の異っているのを見せられる原子力船である現在では、よく念を押さねば二つとない身命を損う心配も残るのである。

## 1. 人体に及ぼす危険

事故時を別として平常航海、入港の際に人体の被むる危険性はということが考えられるかというと、大別して二つとなる。すなわち原子炉および機関から直接出て来る放射線、主として中性子線とガンマ線とがその一

で、原子炉または機関から出る放射性廃棄物、ろうえい物の人体吸収がその二である。

原子炉から出る中性子線、ガンマ線は核分裂反応を利用する動力源として本質的に避くべからざるもので、その発生量はほぼ動力源容量に比例する。実際には発生する炉心部で吸収されるものがあるから、炉心部表面積に比例するといった方が近いかも知れない。機関部における放射線発生もその動力取出方法で大小は一口でいえないが、どうしても零とすることは考えられない。これらの放射線は一次、二次、補助などと分類する遮蔽体で安全な許容量まで下げることになっている。この遮蔽体が重量と容積を食うものであるから、設計上少しでも節約しようとするもので技術的に興味はあるが、かつは危険な代物ができる可能性もあるものである。

原子炉および機関からの放射性廃棄物・ろうえい物は考えられる場合と考えられない場合とある。危険性からそのような原子力船は許されないと約束ができれば別であろうが、核爆発実験さえ人類に大して危険なしと談話するさむらいのいる現代である限り、経済的に有利とかその他の理由で現われたいとも限らない。ガス冷却型の直接タービン駆動となるとどうしても放射性を帯びたガス体が洩れて出る。沸騰水型炉でも直接タービンを採用すればやはりそういう心配があろう。こういう洩れる放射性物質の処理方法が問題である。熱交換器を用いて放射性を帯びた一次熱媒体は循環系統内に密封するとまず洩れの心配が少なくなる。がその一次熱媒体は放射能が飽和まで高まり、かつ循環系統内から出る腐蝕物を持ち歩いて炉心部を通るたびに放射能が高まるので、イオン交換樹脂を用いて腐蝕物を濾取る。するとこの清浄器に貯まる放射性物質の処理が問題となる。

以上の二つの他に、貯蔵燃料物質が放射能をもっている。しかし反応していない時の燃料物質は、すでに大量放射性物質の取扱いになれたわれわれにとってそれほど心配とはならないであろう。

## 2. 許 容 量

乗組員、乗客、船外の一般人に対してどれほどまでの放射線被曝が許されるかという問題は目下の重大問題である。歴史的に見ても許容量はますます切下げられてい



る。

許容量を論ずる前に一応われわれがあびている放射線の量の水準を眺めてみると別表のようになる。

別表 われわれの受ける放射線量の大体の値

宇宙線（海面高さで）	30 mr/年
地球大地からの自然放射ガンマ線	30~100mr/年
夜光時計のラジウムガンマ線(局部的)	100mr/日
胸部撮影X線	50~200mr/露出
歯科撮影X線	4~5 r/枚
X線診断（蛍光板使用）	15~25 r/分
放射線治療（局部的に組織破壊）	500~10,000 r
靴の適合をみる店頭X線機	1 r/分
1人の人間が特に放射線をうける機会がないと自然放射能によって一生の間に受ける総量（ただし原子力時代以前のこと）	10~40 r 位

この宇宙線と大地から放射線の量などの自然放射能の総和までは誰も異議はない。その10倍、100倍と浴びたらどうなるかは災例、実験から論拠を得なければならない。かってその危険を知らぬ時代には、X線作業、放射性物質取扱者の中から多数の犠牲者を出して、最初の被曝率許容線量率を定めた頃は今から考えると甚だ高い率であったが、これは当時知られていた被害から算出したものである。

被害の範囲が広く知られ実験・体験が積まれるに従ってこの許容線量も切下げられて来た。

現在のところ基準とされる許容線量および線量率は次のものである。

(1) 職業従事者に対して、許容積算線量  $5 \times (N - 18)$  レム (Nはその人の年齢) 但し1年間に15レム以上当ることを許さない。線量率としては、全身許容週線量は1週間300ミリレム、但しこれを越える時はこの週を含んだ向う13週間線量を3レムとする。

(2) 一般人に対しては遺伝的配慮からずっと基準を下げて、引続く13週間(1.4年)で125ミリレム。

ここに述べた基準は但し書きやら注釈やらを省いたものであるが、国際放射線防護委員会の勧告に従って米国の放射線防護委員会がまず具体的に採用し、各国もこれに倣って法的基準となっているものである。よく耳にする週0.3レントゲンというのは第一項をX線またはガンマ線にあてはめたものである。ところが最近国際放射線防護委員会はさらに職業人の場合これをその1/3に、その他の場合も大幅に引下げたという報告がある。こうなってくると宇宙線等の自然放射能や、結核診断のレントゲン写真、ガンマ線治療などの回数も問題となって来る。

しかし原子力船においても、こういう許容量が自然放射能より大きく許される限り、許される完全限度に原子炉、機関等を遮蔽することは可能である。

### 3. 具体的設計

船用原子炉の一つの定石として原子炉压力容器を包む保護容器コンテナを採用する。コンテナは原子炉の暴走で压力容器が破損してもその破片、内容物の飛散を防ぎ、衝突座礁の外部からの事故から原子炉を守る。このコンテナの中には炉心部だけでなく、放射能を帯びる熱媒体等一切を閉じこめる。压力容器、熱交換器配管系統から冷却水清浄器まで放射性物質を内蔵する一切を入れて出入口を蓋した時、この外に通ずるのは、二次蒸気管、多数の測定・制御・動力等の電線・油圧管、水圧管等で、これを通じて出入する蒸気・水・油・電気等は炉体の内部は通過しない。したがって放射能を帯びた物質は平常は出てこない。

炉心、一次熱媒体、清浄器等から出る放射線は、それらの容器である压力容器、配管系、清浄器等に厚い放射線遮蔽体を設けて放射線を十分防ぐことができるが、個々独立に行なうと遮蔽体の厚さのために配管も長くなり、かつ空間も不経済となるから、ひっくるめてコンテナ表面で遮蔽を施す。この不足分を各個容器に遮蔽を行なう。この配分によって全体の遮蔽体重量が左右される設計上の一つの技術となる。

遮蔽体として利用されるのは、中性子遮蔽のためには水素を多く含む物質—水、水を含むコンクリート、有機物等が選ばれる。ガンマ線遮蔽体としてはなるべく重い物質—鉄、鉛、時として重金属銦物、これらは純粋な必要はないので取扱いやすい形とか、廉価な入手しやすい形で使用される。一見中性子用とガンマ線用とは背反した条件である。

非常に乱暴な仮定だが、重量が問題になる際に遮蔽材の重量当り単価・構造の工賃がどの物質を採用してもあまり大した問題とならない、と仮定されるならこの背反条件を解く一つの鍵はある。つまり遮蔽体の材料や構造の組合せが決ったとき、中性子線とガンマ線(直接の一次ガンマ線と遮蔽体内で生ずる二次ガンマ線とにわけるならそれぞれ)が丁度目的の許容線量に下がっている。どの放射線に対しても過不足がない。というように組合せを選ぶのが一つのやり方である。たとえば中性子線が問題にならない位低レベルにまで遮蔽されてしまったというなら、中性子線遮蔽のための材料を減らし、ガンマ線遮蔽材を増すというように変更すれば重量が減る。空間が問題ならば、厚さ当りの単価が等しいと仮定すれば

同様である。しかるに問題はその単価が甚だ異なり、工作上的難易がまたなかなか違うのである。そこでサバナ号の設計をみても鉛板と有機プラスチックとの層構造というスマートな設計が現われたり、鉄鉱石を骨材とする重量コンクリートというゴツイ設計が現われたりする。その長短はやはり幾つか作って経済性を真剣に論ずる時代に入らないと決定的にならないであろう。唯心配なのは幾隻も造られる中に経済性が重んじられる結果、目的に対して不十分な遮蔽構造が現われるのではないかということである。多分、ぎりぎり一杯の寸法重量で設計される遮蔽体は、後刻厚さを増すなどの改造はなかなかむずかしいのである。

具体的に計算してみるとわかるのであるが、炉心から10m離れた隣室の壁面で安全なような場合には、さらに何枚かの壁をへだてて30mも離れた居住区などとなるとう数十分の一の強度となって問題外となってしまう。このことから、同じ隣接機関室の内部でも炉心に近いところと遠いところ、大きな機関のかげか否かで大変安全性が違う。故に当直の配置所・巡回路等にも考慮が加えられるならばまた遮蔽体設計も異ってくる。将来は平常航海中はすべて遠隔操縦・遠隔監視の機関室等になるかも知れない。

#### 4. 乗組員個人の衛生

乗客については立入制限だけを守って貰えばよい。そうでない客船など誰も選んで乗りはしない。しかし乗組員となると期間も長いし、立入る場所も複雑である。従って個人的な管理を受けることとなる。本来ならば身体に影響が見られるほどの放射線を浴びてはならないはずであるから、特別な事情がないかぎり頻繁な身体検査は不要である。しかし放射線影響に対する個人差、勤務条件の相異などから全く省くことはできない。年間数回の定期身体検査が必要である。その際には、最も敏感に影響が現われる血液検査が採用されよう。ガンマ線照射によって生ずる血液変化は中性嗜好白血球の減少・淋巴球の増加等に現われる。この変化は直接そのままでは生理的障害として自覚症状のない中に発見できるものであるから一応管理の指標としてもよいのである。雪災、白血球の減少—通常血液 $1\text{mm}^3$ の中に5,000~8,000あるが、個人差も大きく、營養状態や寄生虫などで個人の一生の中でも多くの変動があるにもかかわらず、よほどのことがないと直接障害を及ぼかぬ程度のものであるからである。しかしながら、身体変化があるということはすでに一つの身体障害を受けたということになる。故に衛生管理の指標はあくまで身体変化より先立つ何かでなくては

ならない。血液変化などは最後の検知であるべきである。

個人の僅かの放射線被曝を検出する方法として現在用いられているのはフィルムバッジとポケットチェンバーである。フィルムバッジは品質を吟味して特にその目的に作ったフィルムをおよそ5cm角のケースに入れる。その前後に、アルミニウム、銅、カドミウム等の薄板を貼った窓がある。この窓による吸収差を考慮に入れて線質分析が可能である。すなわち、高エネルギーガンマ線か、壁などの散乱線かなどの判定が可能である。フィルムの黒さを量的に測るのは光学的に測れるが、現像・保存法などによって黒さが必ずしも一定にならないから、その使用に当っては較正用のフィルムを放射線のない場所に保存し途中標準量の放射線をあてて、これらを皆同時現象をすることが必要である。フィルムは100ミリレントゲンも当れば相当黒くなるから、身体之最も被曝の心配の強いところに装着して1週間とか2週間とか毎に測定する。問題は雨にも潮にも当てず、激しい作業中にも紛失させないことが大切である。

ポケットチェンバーは万年筆型の電離槽で中央電極に与えた荷電が、X線ガンマ線の電離槽内空気によって逃げて行く量を測定する。数ミリレントゲンの被曝も測定できるから毎日測定する。この機構上問題となるのは絶縁物の信頼度で、高温高湿の条件にさらされた船内で使用するには現在の形式ではまず落第になるものが多いと考えられる。実際の耐用試験を重ねて改良が必要であろう。これも使用上紛失や、水をかぶって役に立たなくなる心配がある。

以上の検出器はガンマ線の検出器で中性子線には一向感じない。しかし中性子線とガンマ線との比は場所が決まれば常に相伴って比例関係を保つから、一度船内の各所でその比を測定しておけば、立入場所に従って中性子線被曝量も推定できる。

#### 5. 船内の設備

以上のざっとした予備知識で、特に原子力船であるための衛生管理に必要な設備を予想してみると次のようになる。

##### (1) 管理区域の設定

船内の人間が立入れる箇所はすべてに涉って放射線レベルを調査して数段階の管理区域に分割する。

通常原子力管理技術上考えられているのは次の三段階である。非管理区域——安心して誰でも立入ってよい。故に船外からの労務者、一般人、船内の人としては旅客が何の束縛も受けずに居住往來できる低放射レベル区域

である。警戒区域——一応の予備知識をもった人だけが立入ることが許される。フィルムバッジ等の線量測定器をつけて被曝線量に対して管理をうける人は平常勤務ができる。特に臨時に立入る人は管理者の許可の下に測定器なしで立入ることもできるが、立入時間等の管理制限を受ける。危険区域——平常勤務では立入らない。必要な場所には管理者の統制の下に立入る。特にこの区域にはいる人は立入る前に被曝経歴の調査に合格している人であり、立入るたびに毎回被曝線量の測定をする。負傷、めまい等他の原因で制限時間を越えて滞在することがないように立入った人の行動についても常に外部から監視している必要がある。

(2) 放射線衛生管理室

乗組員の被曝線量管理、船内の放射性物質汚染防除のために必ず専門の管理者が必要である。彼の仕事は具体的には個人用線量測定器の管理、各人の被曝線量の測定、測定器の使用上の指導から始まって、医師と協力して血液検査の結果も勘案して各人の勤務条件に関して休養、配置換え等に関する資料を人事の指揮者船長に進言する。彼はまた船内各所の放射線線量計、空気汚染測定器を管理して、船内の放射性物質汚染程度を知り、汚染の進行した時はその除去作業を計画する。彼の勤務する衛生管理室には、バッジフィルムの現像器具を始め、携帯式の放射線線量計などが個人被曝経歴書と一緒に沢山置かれるであろう。

(3) 汚染測定器

船内要所にGM管、シンチレーション計数管の記録器が設置され、自記記録は丁度地震計や自記気圧計の記録紙のように、船内の安全度を確認するに用いられる。大体放射性物質の汚染はこれで探知されるが、局所的に用いるために携帯用サーベーターも積込まれる。この他に船内各所の空気を採取して汚染を測る装置も必要である。特に原子炉の近くでは事故の際の危険度推察に重要であるからこれらの測定器が多数常置されるであろう。

(4) 汚染除去室

万一に事故の際、危険区域、特に事故現場に立入る必要が生ずる。放射能測定で可能作業時間が判明して直接放射線の方は一応安心でも、汚染された空気、すなわち

蒸気や水等で壁面から吹飛ばされた放射性細粒物の中にはいる必要のある時は、作業員は防護衣・長靴・マスク・眼鏡等の防護装備をして作業をするが、これの脱衣場所として、また万一にも汚れた身体を洗場として除去室が必要である。これは原子炉に近い場所に設け、入室退室の出入口を別個とし、他の区域を汚さずに作業員が身体をすぐ洗って出られるようにする。

(5) 汚物貯蔵室

汚染区域作業、汚染除去作業の結果生ずる汚染物を一まとめに貯蔵する部屋、ここの貯蔵物は基地で処理する。

6. 勤務体系について

最後に予想される勤務体系の変化について一言ふれてみよう。

第一に放射線衛生管理の系が増加する。任務については前述したが、その権限をどの程度にするかは検討を要する。しかし取扱う仕事量としては相当大きいものであるから船医の兼任位では済まないものである。

放射線被曝に最も縁の近いものは機関部員であろうがその勤務時間等は現在の平常と大差あるとは考えられない。ただし、相当自動化され遠隔操縦も考慮されるであろうが、放射線衛生管理上からは同一人の年間月間週間の勤務し得る時間に制限ができるから、病欠欠員、事故対策非常勤務で大量被曝者を出した時の補充員を必ず考慮しておかねばならないことになる。

以上取止めもない予想論で恐縮であるが、就航した原子力船としては軍用艦だけで具体的な資料は発表されないし、外くの設計を見ても具体的に細かい発表もみつからない。本邦における設計を見ても衛生管理のところまで具体的に立案されてはいないようである。国産第一船建造までには、船舶関係者だけでなく、保健物理学、医学、生理学等各界の知恵をも借りて放射線に対する衛生管理方式を確立しておく必要があるであろう。また国産船に限らず民間原子力船第一号船の運航からは多大の資料が得られるものと期待するものである。

新造船建造許可実績 昭和33年10月分 (運輸省船舶局造船課)

輸 出 船

造船所	船 (輸 出 先) 主	用途	船級	G. T.	D. W.	航海速力	主 機 関	L × B × D × d (m)	竣工予定	許 可 日
笠戸船渠	フィリピン共和国 (フィリピン)	貨	LR	3,300	5,180	12.0	三菱 日本 D 2,500	97.0 × 15.0 × 7.7 × 6.375	34-2-11	10-11

# 新 造 船 工 事 月 報

(運輸省船舶局造船課)

## 造船所工事中船舶 (鋼船) および建造実績

(昭和33年9月末現在)

造船所	用途	貨物船 (客船(含貨客))	油槽船	漁船 (雑船)	輸出船	合計	33年1~9月						
							進水船(GT)	竣工船(GT)					
藤永	造	1	8,600	—	—	1	8,600	2	17,200	2	17,200		
函下	造	—	—	—	2	16,400	3	17,800	7	22,300	6	21,200	
播磨	造	3	7,900	—	2	48,300	6	84,420	6	87,430	6	69,080	
日立	造	1	9,500	—	2	25,600	3	35,100	4	35,200	4	26,250	
日立	造	1	9,500	—	4	82,100	6	100,700	7	95,700	6	121,000	
日立	造	1	1,900	—	2	1,000	4	3,640	5	17,440	5	21,650	
林兼	造	—	—	—	1	1,650	3	3,210	7	10,785	5	9,225	
波止	造	2	600	—	—	—	5	2,398	11	4,020	12	7,529	
石川	造	1	7,900	—	1	2,200	5	45,200	5	44,500	8	67,770	
飯野	造	1	9,500	—	3	51,100	4	60,600	3	37,900	3	36,300	
川崎	造	—	—	—	2	49,400	3	69,600	6	111,980	9	151,460	
川崎	造	1	10,500	—	1	5,800	2	16,300	3	24,400	4	29,100	
金指	造	—	—	—	—	—	4	905	21	7,195	18	6,810	
九三	造	1	3,500	—	—	—	1	3,500	1	3,160	2	5,260	
三三	造	—	—	—	3	72,200	4	85,300	6	119,850	6	115,050	
三三	造	1	8,700	—	2	41,200	4	70,400	5	69,000	6	82,550	
三三	造	1	9,370	—	7	187,400	8	196,770	10	211,540	10	181,570	
三三	造	—	—	—	3	28,000	3	28,000	4	35,800	6	54,000	
三三	造	1	4,950	—	—	—	2	6,500	5	10,620	4	8,670	
三三	造	—	—	—	4	1,130	1	1,950	5	3,080	8	6,539	
三三	造	—	—	—	2	48,000	2	48,000	5	91,000	6	110,500	
三三	造	1	9,250	—	1	12,400	10	22,850	6	31,950	4	39,550	
鋼名	造	1	8,750	—	1	4,300	2	13,050	3	30,000	4	42,500	
鋼名	造	1	3,100	—	—	—	2	3,190	3	16,200	3	20,450	
N.日	造	—	—	—	2	85,800	2	85,800	6	183,500	5	188,600	
新大	造	1	1,350	—	—	—	1	1,350	3	8,386	4	15,846	
尾大	造	—	—	—	4	464	1	2,300	6	3,079	8	3,764	
尾大	造	—	—	—	(雑1)	315)	—	—	3	10,545	6	14,385	
尾大	造	2	10,400	—	—	—	3	10,545	6	14,385	5	17,740	
尾大	造	1	3,650	—	—	—	1	3,650	3	7,430	3	4,640	
尾大	造	—	—	—	5	57,900	6	70,600	8	98,480	7	100,130	
尾大	造	—	—	—	1	27,650	2	48,250	4	48,000	4	40,810	
尾大	造	3	20,800	—	1	1,650	5	22,590	7	33,630	8	53,080	
尾大	造	1	500	—	—	—	4	650	3	5,250	3	8,600	
尾大	造	1	2,600	—	—	—	2	2,810	2	3,865	3	5,770	
尾大	造	1	1,700	—	—	—	2	1,750	5	3,041	6	2,491	
尾大	造	—	—	—	—	—	9	2,410	17	8,064	13	10,793	
尾大	造	1	8,600	—	17	57,852	18	66,452	6	54,000	6	56,200	
尾大	造	4	1,390	—	3	1,850	8	3,340	17	12,960	15	13,470	
尾大	造	32	9,697	—	15	1,898	17	1,165	—	—	—	—	
尾大	造	(貨客2)	315)	—	(雑27)	2,810)	114	21,658	—	—	—	—	
計		隻	G.T.	隻	G.T.	隻	G.T.	隻	G.T.	隻	G.T.	海上自衛艦艇 排水屯	
		66	174,227	34	161,012	38	16,512	88	916,817	275	1,274,047	6隻	10,700
		(貨客3)	435)			(雑46)	5,044)						

## 起工船 50隻 113,549総噸

(昭和33年9月末までに報告のあったもの)

造船所	船番	船主	総噸数	主機	用途	起工年月日
播磨	540~1	沢倉	360×2隻	D	貨物船	33— 9—13
宇品	330	川物	230	"	"	9— 6
常備	12	川壽	435	"	"	9—16
常備	111	田常	150	"	"	9— 6
常備	112	脇坂	80	"	"	9—25
白杵	279~281	白杵	320×3隻	各	"	"
波止	70	嶋白	260	"	"	9— 6
波止	71	社(ストック)	1,499	"	油槽船	9— 4
福島	148	隆和	1,000	"	"	9—18
幸松	88	隆和	695	"	"	9— 6
波止	100~1	本油	150×2隻	各	"	9—16
波止	73	丸	280	"	"	9—25

金	三新名佐日來波四鋼飯三日三日鶴広松竹岸常土三字東横大村岡	301	泉吉千大日本	井井	安一	吉良	320	"	650	漁	船	(鮪)	33-9-15
"	保瀨村野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	302	本	倉	葉	業	250	"	"	"	"	(練習)	9-18
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	237	日	一	一	ノ	280	"	"	"	"	(旋網)	9-8
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	118	自	社	ノ	船	54	"	340	雜	船	(曳)	9-13
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	308	北	道	ノ	開	90	"	450	"	"	(解)	9-25
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	169	山	口	ノ	港	140	"	330×2	"	"	(兼)	9-16
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	44~5	日	産	ノ	四	50	"	220	"	"	(航練)	9-1
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	21	運	省	ノ	港	19	"	60	"	"	(交通兼曳)	9-6
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	72	リ	輸	ノ	港	50	"	1	"	"	(起重機)	9-24
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	418	バ	ベ	ノ	港	31,000	"	17,500	輸	出	(兼油)	9-4
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	738	テ	ン	ノ	港	10,100	"	8,100	"	"	(油)	9-15
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	45	ヴ	エ	ノ	港	12,700	"	7,000	"	"	(貨)	9-20
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	633	ア	メ	ノ	港	20,400	"	13,750	"	"	(油)	9-6
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	3824	ソ	メ	ノ	港	27,400	"	17,600	"	"	(油)	9-27
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	1487	中	川	ノ	港	500×2隻	"	各 1,210	"	"	(油)	9-4
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	3872~3	森	田	ノ	港	170	"	160	貨	物	(船)	9-30
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	204	自	島	ノ	港	200	"	260	"	"	(船)	8-19
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	62	摩	社	ノ	港	300	"	350	"	"	(船)	8-31
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	63	三	島	ノ	港	350	"	明	油	槽	(船)	8-6
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	170	丸	協	ノ	港	230	"	250	"	"	(船)	8-21
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	13	腰	石	ノ	港	140	"	200	"	"	(船)	8-25
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	117	三	前	ノ	港	210	"	340	"	"	(船)	"
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	27	森	津	ノ	港	150	"	210	"	"	(船)	8-15
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	81~82	日	口	ノ	港	75×2隻	"	各 220	漁	雜	(底曳)	8-19
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	5	東	本	ノ	港	600	"	一一	"	"	(袋)	8-30
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	394~5	京	野	ノ	港	150	"	一一	"	"	(土運)	8-27
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	30	東	野	ノ	港	50	"	一一	"	"	(解)	8-19
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門	167	上	野	ノ	港	27	"	"	"	"	(曳)	8-25
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門		福	岡	ノ	港		"	"	"	"	(船)	7-14
"	野新島止国管野井立菱立見洋垣原上石佐津和北浜田上門				ノ	港		"	"	"	"	(船)	7-22

進水船 48隻 118,678総噸

造船所	船番	船名	主	総噸數	主機	用途	進水年月日
名村野安造	307	源	丸	3,100	D	貨物船	33-9-16
佐野磨品田止	150	大光	丸	8,750	"	"	9-16
播宇神波三播函東向三日林金三新大	521	土海生	丸	7,200	"	"	9-12
川島重	326	源	丸	200	"	"	9-3
管瀨川上管菱保洋杵石	16	源	丸	210	"	"	9-12
新金村鋼三	67	源	丸	340	"	"	9-13
大	522	源	丸	4,950	"	"	9-30
	523	源	丸	28,200	T	油 (13次船)	9-19
	241	源	丸	1,400	D	油槽船	9-12
	1	源	丸	70	"	"	9-16
	40	源	丸	320	"	"	9-12
	527	源	丸	1,550	"	"	9-2
	3863	源	丸	9,100	"	漁船(冷凍工船)	9-18
	926	源	丸	780	"	(捕鯨)	9-16
	295	源	丸	310	"	"	9-18
	235	源	丸	240	"	"	9-13
	275~6	源	丸	116×2隻	"	漁船(底曳)	9-6
	132~3	源	丸	75×2隻	"	"	9-3
	136~7	源	丸	75×2隻	"	"	9-2
	138~9	源	丸	75×2隻	"	"	9-6
	773	源	丸	100	"	雜船(底曳)	9-16
	152~4	源	丸	150×3隻	"	"	9-4, 16, 29
	115~6	源	丸	19×2隻	D	(給油)	9-25
	14	源	丸	29	"	"	9-2
	30	源	丸	50	"	"	9-3
	737	源	丸	17,000	T	輪出(給石)	9-12
	1482	源	丸	26,000	"	(油)	9-30
	231	源	丸	1,650	D	輪賠(兼岳詰)	9-15
	150	源	丸	1,650	"	輪賠(貨客)	9-19
	1010	源	丸	435	"	貨物船	8-19
	10	源	丸	260	"	"	8-6
	68	源	丸	498	"	油槽船	8-21
	69	源	丸	580	"	"	8-31
	17	源	丸	320	"	漁船(鮪)	8-3
	25	源	丸	100	"	雜船(給油)	8-31
	1	源	丸	13	不	"	"





# 大洋

交直流

## 発電機

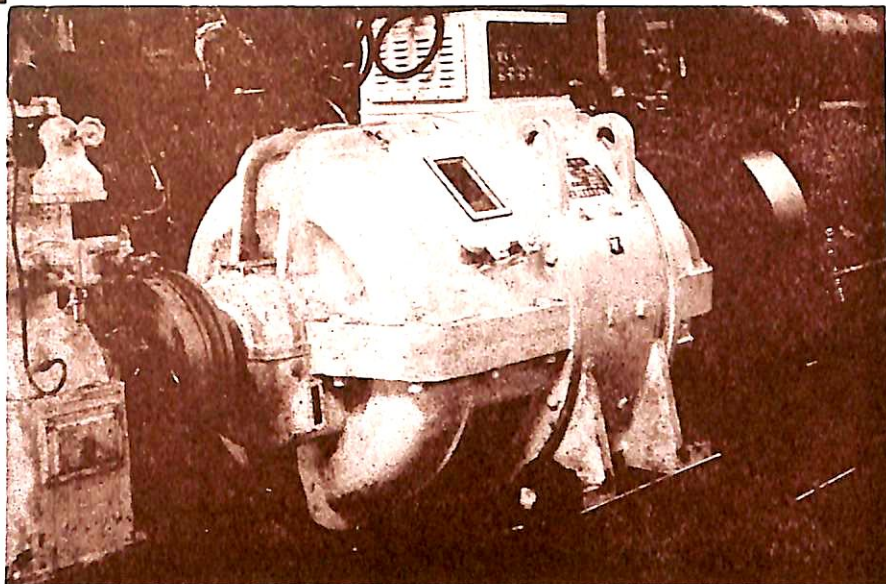
各種補機用

## 電動機

管 制 器  
制 御 器  
配 電 盤

○ 優秀な技術

○ 納期の確実

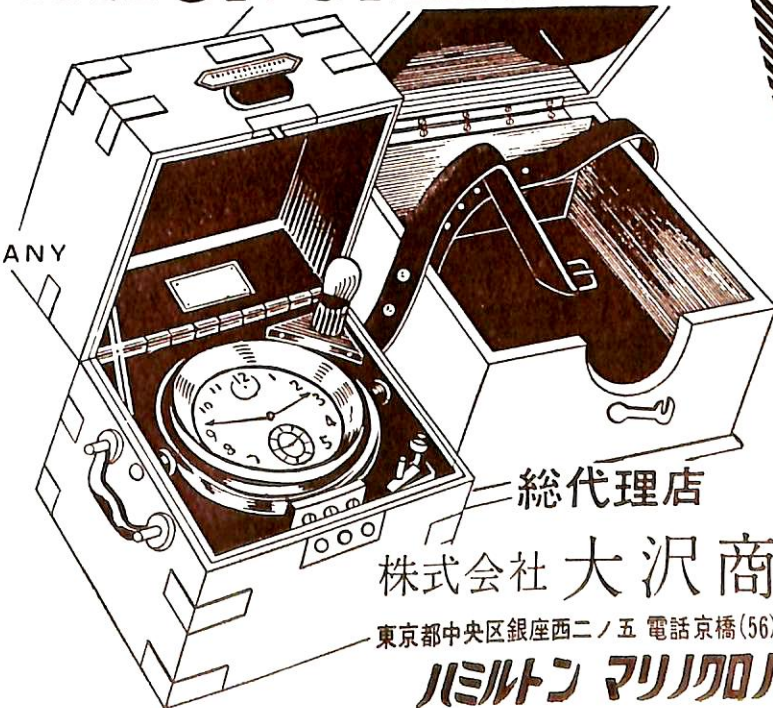


### 大洋電機株式会社

東京都千代田区神田錦町3の16  
TEL 東京 (29) 5 9 1 6 ~ 9  
工場 岐阜 出張所 下関・札幌・函館

# HAMILTON MARINE CHRONOMETER

HAMILTON  
WATCH  
COMPANY



総代理店

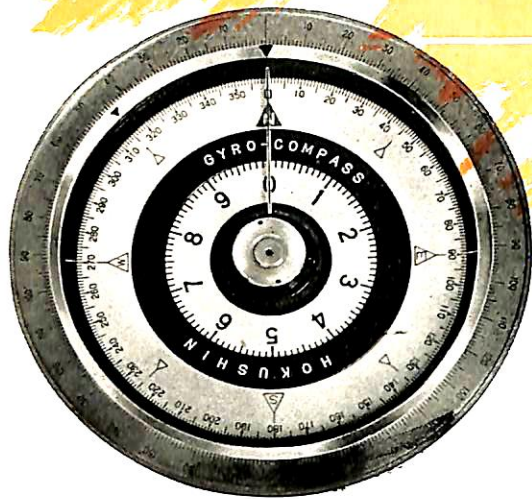
## 株式会社 大沢商会

東京都中央区銀座西二ノ五 電話 京橋 (56) 8351-5

## ハミルトン マリナクロノメータ



昭和三十三年十一月五日印刷  
昭和三十三年十一月十日発行  
昭和三十三年十二月三日第三種郵便物認可



# ジャイロコンパス オートパイロット

その他各種船用計器

## 株式会社 北辰電機製作所

本店 東京都大田区下丸子町312 電話(73)2241・1141代表 営業所 神戸市生田区栄町通1住友ビル 電話(3)7429  
小倉市浅野町2番地43 小倉ステーションビル3階  
支店 大阪市東区今橋4-1 三菱信託ビル 電話(23)2101・2102 電話小倉(5)2964  
呉市本通5 大済ビル 電話呉(2)4296

船の科学

### 防蝕界の革命!

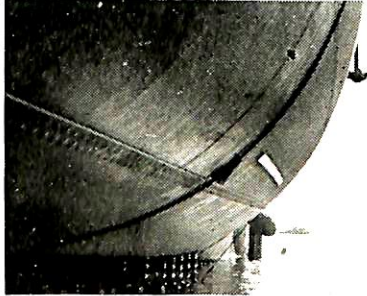
鉄の腐蝕は完全に防げます

### 新製品 亜鉛・アルミ合金陽極

# ZAP-A ZAP-B

#### ZAPの適用範囲

各種船舶の船底・推進器軸・船内のバラストタンク  
重油タンク・軸流ポンプ標・繫留ブイ・浮ドック  
港湾施設(鋼矢板岸壁・水門扉・閘門・棧橋)



亜鉛・アルミ合金陽極のZAP-Aを使用中の船舶

## 三井金属鉱業株式会社

東京都中央区日本橋室町2の1 電話 日本橋(24)4101~9  
大阪支店 東京営業所 名古屋営業所・福岡営業所・札幌出張所  
施工 中川防蝕工業株式会社 東京都千代田区丸の内(丸ビル) 電話 和田倉(20)2842・4438

定 地方売価  
価 三三〇円  
三三五円  
円

東京港区麻布町七九  
船 船技術協会  
電話 青山(40)三九九四番