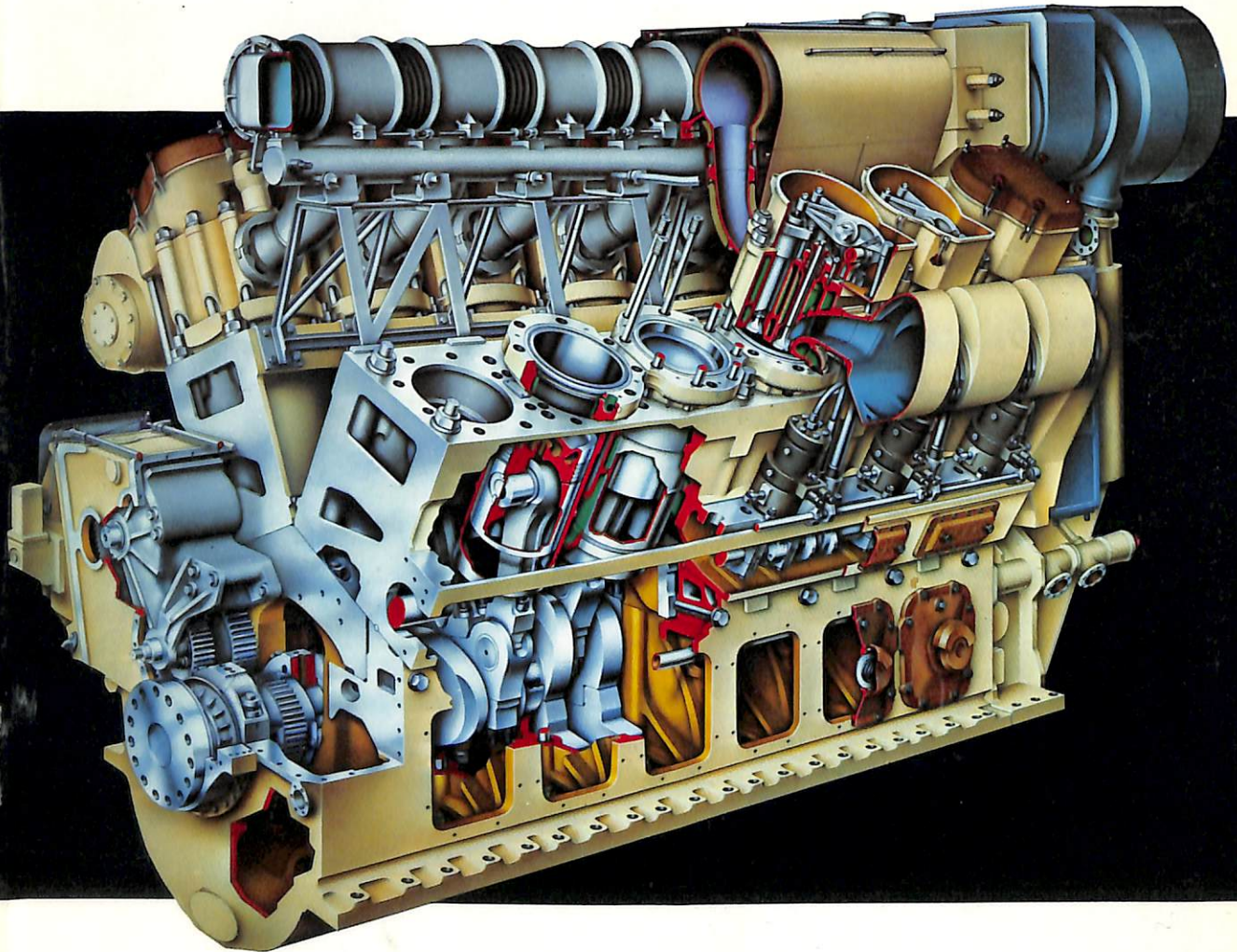


# 4

## SHIP BUILDING & BOAT ENGINEERING

# 船舶

First Published in 1928  
No. 535



4 サイクル ディーゼル機関52/55A

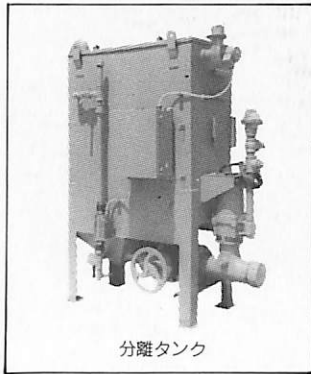
**M·A·N** (JAPAN) LTD.

THE NO WATER  
NO DISCHARGE  
SYSTEM.

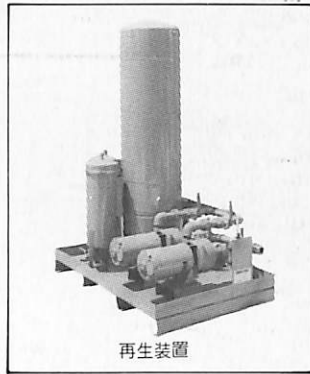
技術提携▶クライスラーコーポレーション宇宙開発事業部

# 無廃水し尿処理装置

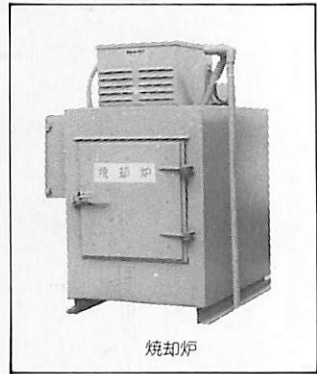
## 船舶用 **AQUA-SANS** アクアサンス



分離タンク



再生装置



焼却炉

アクアサンスは、水を使わないでし尿を処理する装置です。水の代りに特殊なフラッシュ液を使いますが、この液は循環して何度も再使用できます。もちろん人体に無害で、つねに無色透明。汚物は完全焼却しますので清潔です。

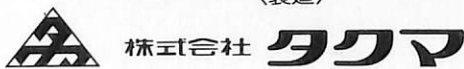
型式	対象人口 (人)	使用可能回数 (回/1日当り)	総流量 (m <sup>3</sup> /1日当り)	生し尿流量 (ℓ/1日当り)
A	20	140	2.3	38
AB	50	350	5.7	76
B	160	1,120	19.0	250
C	320	2,240	38.0	500
D	600	4,200	76.0	910

- 上記各型の中間容量、大容量についてもご相談に応じます。
- 各型共各種船用規格に適合するよう設計できます。

### 船舶のトイレにぴったり

- 水を使わない無水型です。
- 海洋汚染防止に即した無公害クローズドシステムです。
- 設置は容易で、スペースもわずかです。
- 完全自動化で取扱いが簡単です。

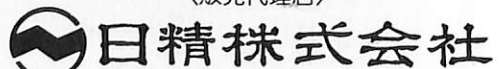
〈製造〉



本社/大阪市北区堂島1丁目16

●●●お問合せは●●●  
 本社 (06)346-5161  
 東京支社 (03)271-2111  
 名古屋支社 (052)571-5211  
 福岡支店 (092)721-7651  
 札幌支店 (011)221-4106  
 広島営業所 (0822) 28-0338  
 仙台営業所 (0222) 22-3042

〈販売代理店〉

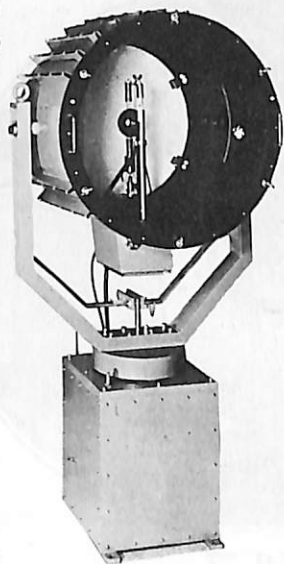


機械第一本部

本社/東京都港区西新橋1丁目18番17号(明産ビル)

《お問合せは》  
 本社 (03)502-3471  
 大阪営業所 (06)341-3902  
 名古屋営業所 (052)571-8476  
 福岡営業所 (092)781-4436  
 日立営業所 (0294)21-4464  
 札幌営業所 (011)231-8513  
 広島営業所 (0822)21-4987  
 仙台営業所 (0222)63-2378

# 世界的水準をはるかに抜く明るさ!!



光の王様・ボタンひとつで方向自在! ●特許3件●特許出願中3件●実用新案3件●意匠登録済●

## 高性能リモコンキセノン探照燈

この探照燈はキセノンランプを光源としたキセノン探照燈に、リモコン装置を備えた製品です。この探照燈は、三信の長年の経験と技術を結集し開発した、世界的にも他に類のない高性能リモコン式キセノン探照燈です。

形式	ランプ容量	最大光柱光度	照射距離	定格電圧・周波数
RCX-40	(呼称) 1 KW	3000万cd	10km	A.C.220V 1 φ 50/60Hz
RCX-60A	(呼称) 1 KW	6500万cd	12km	A.C.220V 1 φ 50/60Hz
RCX-60B	(呼称) 2 KW	8000万cd	13.5km	A.C.220V 3 φ 50/60Hz



ハロゲンランプ式 ●日・米・英特許および意匠登録出願中

## 小形リモコン探照燈

この探照燈は、10cm回転放物面反射鏡と55Wハロゲンランプ2個とを組合せ、更にふ仰および旋回がリモートコントロールできるようにした探照燈です。燈体はアルミニウム合金鋳物を使用し、燈体部の構造は全閉式完全防水となっております。船舶の特殊条件に安心してご使用できるよう、十分な安全率を考慮した設計で、小形船舶に適した探照燈です。



**三信船舶電具株式会社**

☐日本工業規格表示許可工場

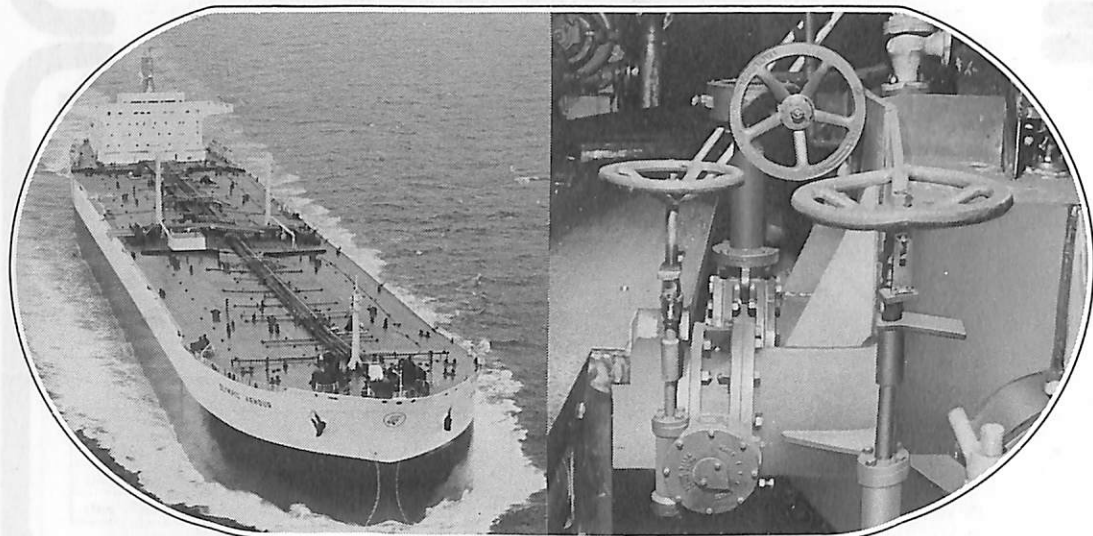
**三信電具製造株式会社**

●本社/東京都千代田区内神田1-16-8 ☎(03)295-1831(大代)

●東京発送センター☎(03)840-2631☎ ●九州発送センター☎(092)771-1237☎ ●北陸発送センター☎(0120)43-1411☎ ●福岡営業所☎(092)771-1237☎

●高松営業所☎(0878)21-4969 ●室蘭営業所☎(0143)22-1618 ●函館営業所☎(0143)43-1411☎ ●石巻営業所☎(0225)23-1304 ●工場☎(03)848-2111☎

# ギャランティドックで 「クレーム“ゼロ”」



## — 航海に強い巴式バタフライバルブ —

巴式バタフライバルブは独自の機構と材質で、安全でスムーズな航海をお約束します。その最大の特長は厚いゴムシートリングが本体の内面を完全に覆っていますので腐蝕は全然無く、かきなどの付着もグンと少なくなり、スリ合せなどが不要になったことです。従来の船体付弁では、定期点検時には必ずと言っていいほど、シートのスリ合せ作業が必要となり時間と経費がかかりました。ギャランティドックでもクレーム“ゼロ”の実績を誇る巴式バタフライバルブをぜひご検討ください。

船体付弁鋳鋼製フランジタイプ〔710・720型〕は

- ゴムシートリングで内面を覆っているので耐蝕性は抜群です。
- 面間寸法を最小にした経済設計、配管用のガスケットも不要です
- 標準材料は弁体をSCS13、弁棒をSUS403とし耐蝕性、強度アップ。また、ご要望により、さらに耐蝕性の高い材料も可能です
- 操作は簡単に確実なギヤー式、またエアシリンダー式電動式も可能です
- もちろんモレは「ゼロ」の完全密閉です
- 軽量で設置スペースをとりません。

〈あらゆる流体に〉

# 巴式バタフライバルブ



巴バルブ株式会社

本社・営業所 〒550 大阪市西区新町通4の51 電話(06)541-2251(代表)  
東京営業所 〒101 東京都千代田区神田松下町17 電話(03)252-6681(代表)

認定/日本海事協会(N.K.)・ノルウェー船級協会(N.V.)・ビュローベリタス船級協会(B.V.) 使用許可/ロイド船級協会(L.R.)・アメリカ船級協会(A.B.)



## 目次

タンカーにおけるタンク洗浄時の静電気現象と安全対策について.....	森田 豊	13
1973年海洋汚染防止条約について.....	谷野龍一郎	24
カーフェリーボート設計の周辺< 1 >.....	宝田直之助	41
砕氷艦“ふじ”に乗船して< 1 >.....	小林佑規	51
ベスレヘム造船所見学.....	芦野民雄	61
曳船のボラードブルについて.....	土田 陽	68
スチール・ハッチ・カバーの自動化と最近の傾向.....	中西直久	92

## 連 載

三菱UEC-E型ディーゼル機関< 2 >.....	本岡隆雄	71
LNG船—その4 / 材料・溶接および破壊力学< 19 >.....	恵美洋彦・伊東利成	77
造船技術開発に関する基礎的研究< 2 > そのほか.....	日本造船研究協会研究部	87

## 連 載

FRP船の構造設計< 3 >.....	丹羽誠一	96
講座・ディーゼルエンジン.....	斉藤善三郎	101

潮 流 / 専門技術者教育について.....	小泉磐夫	66
NKコーナー.....		40
竣工船一覧.....		110
特許解説.....		120

## 表紙

MAN 12V 52 / 55 A型機関

連続最大出力 / 12,660PS

回転数 / 450rpm

平均有効圧力 / 17.7bar

平均ピストン速度 / 8.25m/S

油汙過作業の省力化…

特許

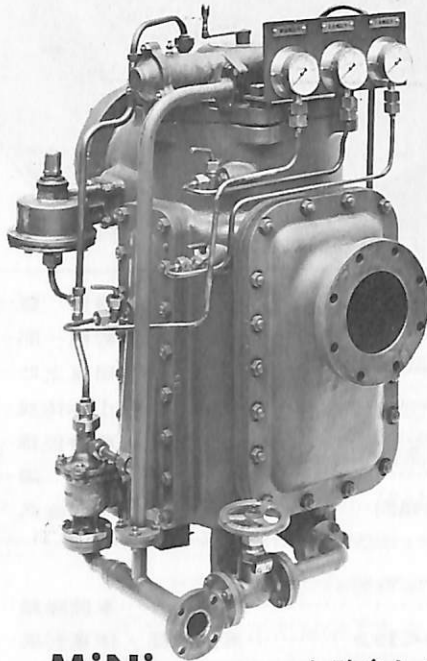
機関室を広くする

# マックス・フィルタ―シリーズ

日本船用機器開発協会助成品

## MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油濾器



Mini

と改名しました

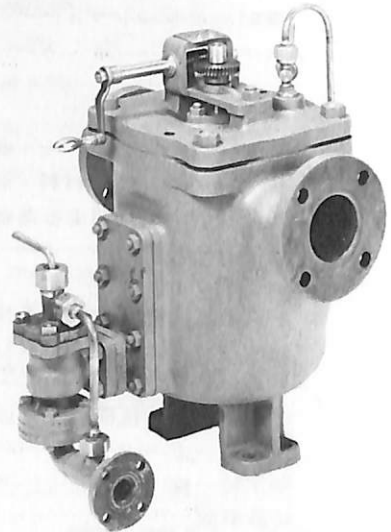
## MAX-FILTER LSM型

手動逆洗式油濾器

- 〔特長〕
- 価格 切換型より安い
  - 洗滌 簡単で容易
  - 据付 場所をとらない

LS型の特長

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



単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

**(N) 新倉工業株式会社**

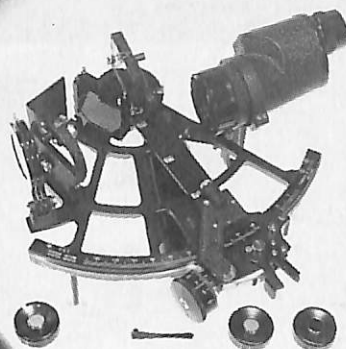
本部 横浜市戸塚区小菅ヶ谷町1703  
☎045(892)6271(代)  
東京営業所 東京都品川区東五反田2-14-18  
☎03(443)6571(代)  
大阪営業所 大阪市北区梅田町34千代田ビル西館  
☎06(345)7731(代)  
九州営業所 福岡県久留米市日吉町24-20 宝ビル  
☎0942(34)2186(代)

信頼ある最高精度

# このマークが保証する航海用六分儀



636 航海用六分儀  
**MS-2型**



「玉屋商店」の航海用六分儀は、過去50年に及ぶ豊富な製作経験と卓越した技術、精選された材料によって、構造の堅牢さはもとより測角精度、反射鏡、シェードグラス等、その優秀さは広く海外の専門家に認められております。

株式会社  
**玉屋商店**

本社 東京都中央区銀座4丁目4番4号 ☎104  
TEL 03 (561) 8711 (代表)

大阪支店 大阪市南区順慶町通4丁目2番地 ☎542  
TEL 06 (251) 9821 (代表)

工場 東京都大田区池上2丁目14番7号 ☎143  
TEL 03 (752) 3481

## THOMAS MERCER — ENGLAND —



ESTABLISHED - 1858 -

一世紀にわたる…  
輝く伝統を誇る!



全世界に大きな信用を博す!  
英国・トーマス・マーサー製

# マリンクロノメーター

デテント式正式クロノメーター

二日巻・八日巻・検定保証書付(温度補正書・等時性能書・日差書付)

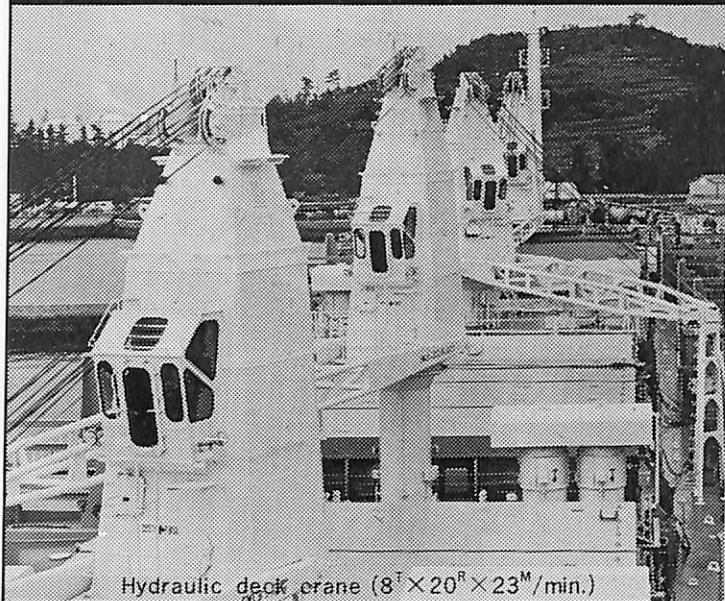
マリン・クロック

八日巻・デテント式正式クロノメーター  
8時(200%)真鍮ラッカー  
仕上 タイヤルは白色エナ  
メル仕上

総代理店 **村木時計株式会社**

東京都中央区日本橋3-9-10 TEL (272) 2971 (代表) 〒103  
大阪市南区安堂寺橋通2-42 TEL (262) 5921-7 〒542

# 最新の技術と実績を誇る 福島の甲板機械



Hydraulic deck crane (8<sup>T</sup>×20<sup>R</sup>×23<sup>M</sup>/min.)

- 油圧・蒸気・電動各種  
甲板機械
- デッキクレーン
- アンカー・ハンドリング  
ウィンチ
- 電動油圧クラブ



株式  
会社 **福島製作所**

本社・工場／福島市三河北町9番80号 ☎0425(34)3146  
 営業部／東京都千代田区四番町4-9 ☎03(265)3161  
 大阪営業所／大阪市東区南本町3-5 ☎06(252)4886  
 出張所／札幌・石巻・広島・下関・長崎  
 海外駐在員事務所／ロンドン

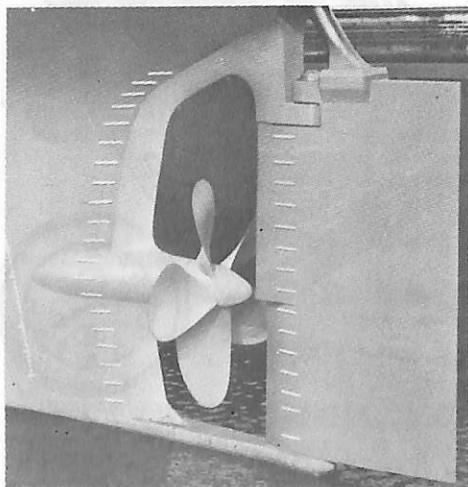
## 船舶外板・タンクの

電気防蝕に関する調査・設計は

専門のエンジニアリング コンサルタント

中川防蝕工業株式会社に

御相談下さい。



スタンフレーム周囲に取付けたALAP

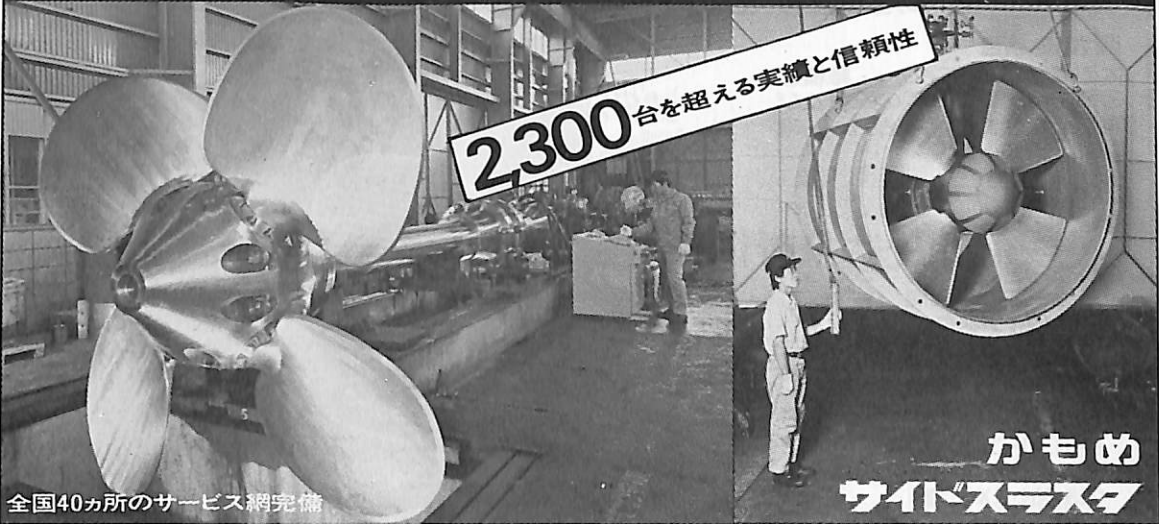
## 中川防蝕工業株式会社

本社・東京都千代田区鍛冶町2-2-2 ☎(252)3171  
 支店・大阪市淀川区西中島5-9-6 ☎(303)2831  
 営業所・名古屋☎(962)7866・広島☎(48)0524・福岡☎(771)4664  
 出張所・札幌・仙台・新潟・千葉・水島・高松・大分・沖縄



# 省エネルギー対策にピタリ!!

# KAMOME PROPELLER



全国40ヵ所のサービス網完備

## かもめ サイドスラスト



## かもめ 可変ピッチ プロペラ

### Availability

c.p. propeller—up to 15,000 BHP  
side thruster—0.5–12 tons thrust

KAMOME PROPELLER CO., LTD.

690 KAMIYABE-CHO, TOTSUKA-KU, YOKOHAMA, JAPAN  
CABLE ADDRESS: KAMOMEPROP YOKOHAMA  
TELEX: 3822315 KAMOME J  
PHONE: (045) 811-2461

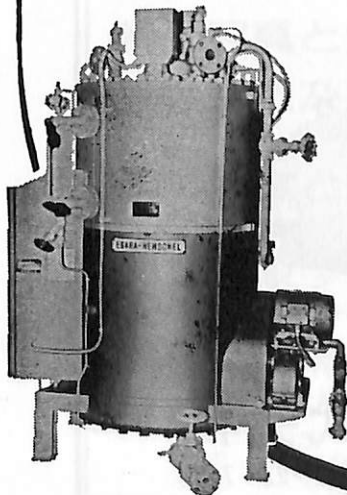
運輸大臣認定製造事業場

### かもめプロペラ株式会社

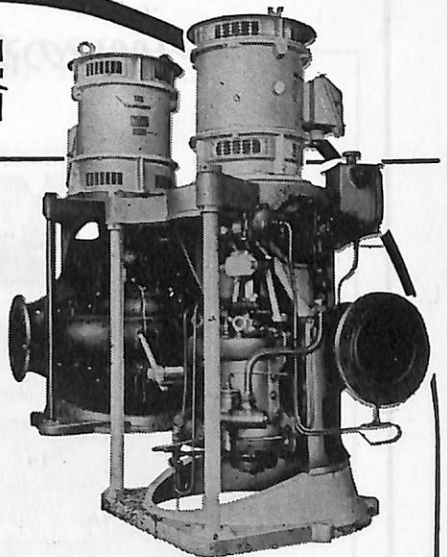
本社: 横浜市戸塚区上矢部町690千244 TEL: (045) 811-2461 (代表)  
東京事務所: 東京都港区新橋4-14-2千105 TEL: (03) 431-5438-434-3939

# エハラの船用機器

船舶用  
エハラヘンジェル・ボイラ



各種 船用 ポンプ  
送 排 風 機  
空 調 機 器  
甲板機械用油圧装置  
サイドスラスト装置  
ヒーリングポンプ装置



エハラ船用ポンプ

## 荏原製作所

本社: 東京都大田区羽田旭町 743-6111  
東京支社: 東京都中央区銀座6丁目 朝日ビル 572-5611  
大阪支社: 大阪市北区中之島2丁目 新朝日ビル 203-5441  
営業所: 名古屋221-1101・福岡77-8131・札幌24-9236  
出張所: 仙台25-7811・広島48-1571・新潟28-2521・高松33-6611

# 世界の海に活躍する **ナカシマプロペラ**

## ■製造品目

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

## ■新開発システム

### ○キーレスプロペラ

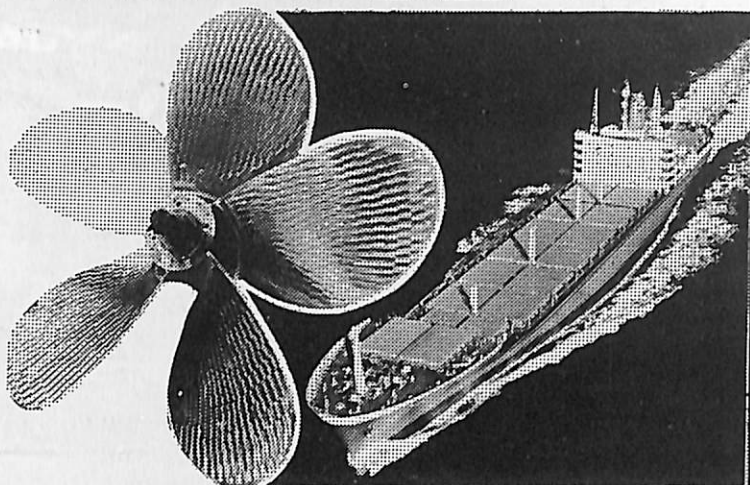
キーなしのシャフトにプロペ  
ラを油圧にて装着する新方式  
取付・取外し簡便

### ○NAUタイププロペラ

当社と造船技術センターの共  
同開発、中小型プロペラの効  
率大巾アップ

### ○可変ピッチプロペラ

英国ストーン社との技術提携に  
よる高性能CPPシステム一式  
(XS・XK・XX三種)



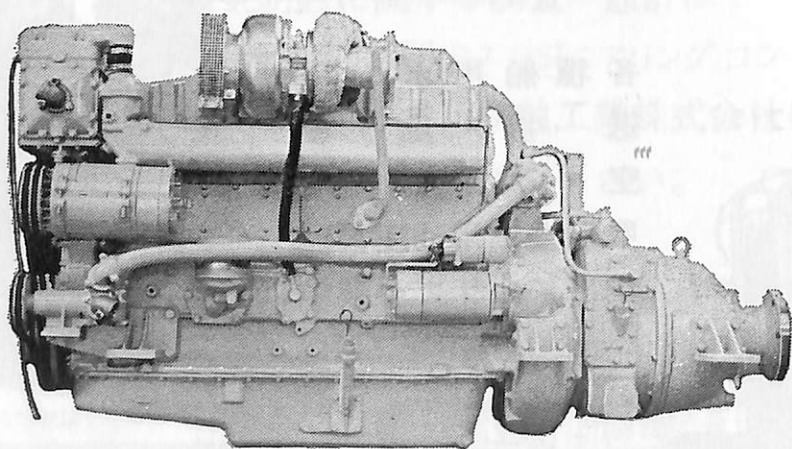
運輸省認定事業場



# ナカシマプロペラ株式会社

本社工場	岡山市上道北方688-1(岡山中央郵便局私書函167)	〒709-08	電話(0862)79-2205(代)	TELEX 5922-320 NKPROP J
東京営業所	東京都中央区八丁堀1丁目6番1号 協栄ビル	〒104	電話(03)553-3461(代)	TELEX 252-2791 NAKAPROP
大阪営業所	大阪市西区靱本町2丁目107 新興産ビル	〒550	電話(06)541-7514(代)	TELEX 525-6246 NKPROPOS
福岡営業所	福岡市博多区博多駅前1-3-2(八重洲博多駅前ビル)	〒812	電話(092)461-2117-8	TELEX 725-414 NKPROP FK

## 20HP~400HPの高速マリンディーゼルエンジン



製造販売元 **いすゞマリン製造株式会社**

〒290 千葉県市原市松ヶ島西1-2-19 TEL. 0436-22-7441

## 高速艇・消防艇専門メーカー

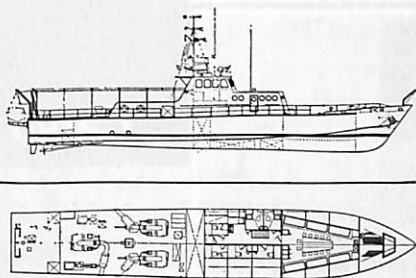
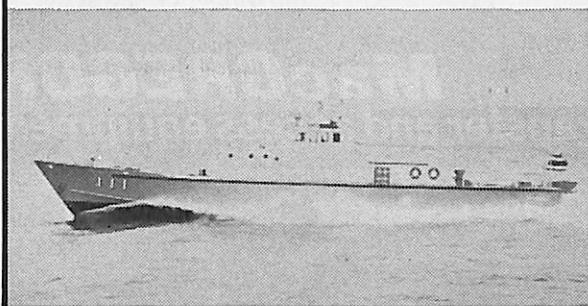
各種船舶設計・建造・修理

鋼製・木製 軽金属製・FRP製

本社 東京都江東区潮見2-1-6  
TEL. 647-6111~7

**墨田川造船株式会社**

海上公害調査から消火・取締にいたるまで



(34m型高速救命艇 ジャーサンヤボディ)

## 天然社の図書案内

**航海辞典** A5・850頁 定価6,500円・送料280円

監修/東京商船大学名誉教授・浅井栄資, 横田利雄

**船用品便覧** B5・300頁 定価5,500円・送料200円

編集/電子航法研究所部長・木村小一, 神戸海運局主任検査官・芹川伊佐男, 船舶品質管理協会技師・土川義朗

**船の写真と要目('72'73年版)** '72 定価3,000円・送料200円

'73 定価3,500円・送料200円

**船の構造及び設備属具** A5・160頁 定価900円・送料160円

東京商船大学教授・鞠谷宏士著

**船の強度と安定性** A5・160頁 定価900円・送料160円

東京商船大学名誉教授・野原威男著

**海洋気象学** A5・311頁 定価1,200円・送料200円

理学博士・宇田道隆著

**燃料・潤滑** A5・200頁 定価950円・送料160円

東京商船大学教授・宮嶋時三

株式  
会社 **天然社**

東京都中央区銀座5-11-13 ニュー東京ビル  
振替・東京6-79562番 電・03-543-7793

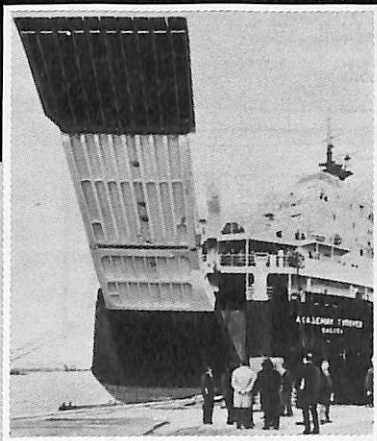
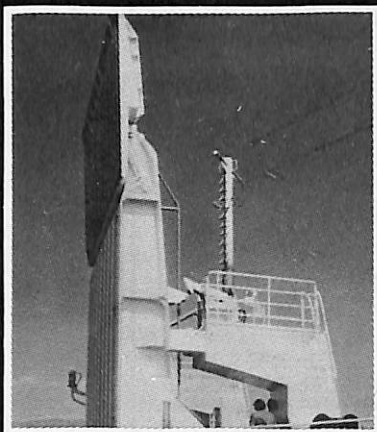
# RO/RO船に新機軸 MacGREGOR Quarter-ramp

MacGREGORは1960年世界で始めてランプを開発しましたが、この“クォーターランプ”は最も新しいタイプで、在来の岸壁でもそのまま荷役できるのが特徴です。

**極東マック・グレゴリー株式会社**

東京都中央区八丁堀2-7-1 電話 (03) 552-5101(代表)

**MacGREGOR**  
Cargo transfer and access equipment



# タンカーにおけるタンク洗浄時の 静電気現象と安全対策について

Electrostatic Phenomena During Tank Washing  
and Safe Plan in Oil Tanker  
by Yutaka Morita

森 田 豊

東京商船大学教授

## 1. まえがき

可燃性液体を貯蔵するタンク、輸送するタンカーには、それらにおけるいろいろの作業過程において、静電気現象が伴い、これが爆発や火災の発火源となる危険性をもっていることは周知の事実である。

ここに述べんとする静電気現象も、そのひとつに過ぎないが、他の場合が、油類などのように電気抵抗率の極めて高いものであるのに対して、洗浄時の静電気現象は、導体である水がひきおこすものであるところに特異性がある。

従来、電気を通しやすい水を扱っている過程で、爆発の火源となる静電気が生ずるなどとは、そう一般的に考えられることではなかった。ところが、ご存じの20万トンクラスの巨大タンカー4隻が、海水でタンク洗浄中に爆発事故をおこし、2隻は沈没するという惨事となった。これらの事故について、欧米および日本も参加した世界的な規模で調査し、研究、実験を重ねた結果、これらの事故はいずれも、タンク洗浄中の静電気現象が原因であることが判明したのである。

ここで、これらの研究過程中に明るみに出されてきた静電気現象について、本誌をかりてお知らせしたい。内容については、筆者も参加した上記研究調査活動の成果をまとめたICSの「巨大タンカー爆発に関する最終報告書」に則ってすすめたい。しかしこの報告書にも述べているように、この調査研究は、完全な結論を得たものではなく、将来さらに進んだ研究を要する性格のものであることを付記しておきたい。

## 2. 爆発事故の概要

上記巨大タンカーの爆発事故は、1969年12月、

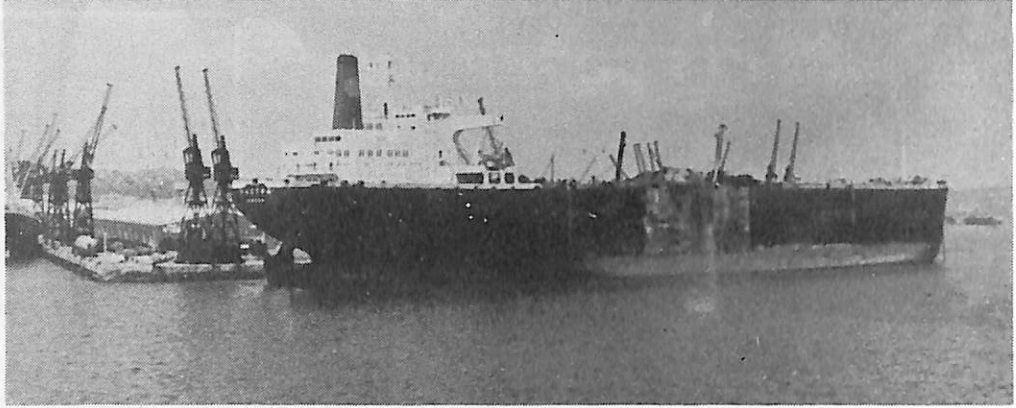
MACTRA, MARPESSA および KONG HAA-KON VII の3隻にまず発生し、次いでこれを契機として発足した上記研究活動期間中の1970年に、GOLAR PATRICIA に発生した。

MACTRA: 本船は、1969年3月、西ドイツのKIELER HOWALDTS—WERKE 造船所で完成した20.8万重量トンの新造タンカーで、英国のSHELL TANKERS U. K. 社が船主として運航していた。竣工以来すでに4航海、ペルシャ湾とヨーロッパ間の原油輸送にあっていたが、12月6日クエート原油をフランスのルアーブル港にて揚荷後出港し、ペルシャ湾向けのバラスト航海の途について。(次頁写真参照)

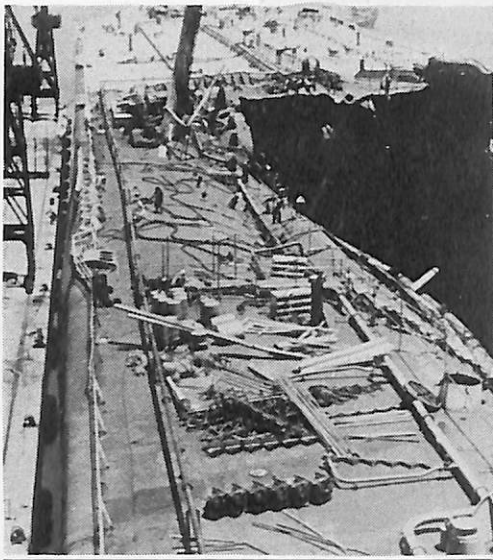
本船はこの航海のあと入渠することになっていたため、全タンクの洗浄の指示を受け、12月29日朝アフリカ東岸モザンビーク海峡通過中に洗浄を開始した。

最初に4番中央タンクから始め、このタンクの洗浄がほとんど終りに近づいたところ、このタンクが爆発した。ひき続いて激しい火災となったが、乗組員の消火作業によって、爆発後10時間あまり後の12月30日1時過ぎに鎮火させることができた。鎮火後、3番、4番、5番の中央および両舷タンクとスロップタンク間の隔壁が破られるという大損害を受けていることがわかり、乗組員2名が死亡し、3名が火傷を負っていた。

MARPESSA: 本船は1969年10月、IHI 横浜造船所で完成した20.8万重量トンの新造タンカーで、オランダのSHELL TANKERS N. V. が運航していた。10月15日横浜港からペルシャ湾向けの処女航海の後、本船は、12月6日、ロッテルダムで、最初の積荷のカタール原油およびクエート原油を揚荷の後、ペルシャ湾向けのバラスト航海の途についてい



1969年12月29日モザンビーク海峡にて海水にてカーゴタンク洗浄中爆発した“MACTRA”（上）と破壊箇所



た。

航海中タンク洗浄を始めたが、12月11日2番中央タンクの洗浄完了後、12日アフリカ西岸ダカール北西10海里の沖で、5番中央タンクを洗浄中に突如として爆発が起こり、その後激しい火災が4番および5番タンクに生じ、ひき続いてポンプ室に広がった。乗組員の必死の消火作業の結果、翌13日22時過ぎによりやく鎮火した。乗組員1名が行方不明となったが、死亡したものと推定された。

船体の損傷は、4番と5番タンクのデッキが中央線に沿ってめくれ、タンク間の隔壁は破れて通じていた。機関室は損傷を受けなかったが、ポンプ室との間の隔壁から、爆発によって発生した亀裂を通して機関室に水が入り、排水の努力にもかかわらず船尾より沈みはじめ、12月14日23時30分頃沈没した。乗組員は退船し、僚船に救助された。

KONG HAAKON VII：本船は、1969年8月、ノ

ルウエーの AKERS M. V. ALS 造船所で完成した21.9万重量トンの新造タンカーで、船主はノルウエーの HILMARREKSTEN 社である。事故発生までに2航海、ペルシヤ湾とヨーロッパ間の原油輸送に従事していたが、1969年12月20日、イギリスの FINNART で揚荷を終了し出航したものである。

出航後の12月22日、乗組員は、本船の左右両舷のタンクから洗浄を始め、29日両舷タンクの洗浄を終了、それらのタンクにバラスト用海水を漲水、中央タンクのバラスト水を排除した。ついで5番中央タンクの洗浄を始めて同日午後6時終了、続いてスチームエゼクタによるガスフリー作業を施行するとともに、4番中央タンクの洗浄を開始した。洗浄は、まず前部右舷側よりとりかかり、ついで前部左舷側を終了、最後に後部右舷側を洗浄中の午後10時50分、4番および3番中央タンクで爆発が起こり、火災が生じた。

乗組員の大半は右舷の救命艇で退船したが、そのすぐあとに4番右舷タンクで爆発が起こった。残りの乗組員も右舷の救命艇で退船したが、12月30日午前2時、本船の火災も鎮まったので本船にもどった。調査の結果、カーゴオイルタンクは大きく損傷していたが、機関室は無事で、運転可能であったので、自力でモロビアに応急修理のため回航した。

GOLAR PATRICIA：本船は1970年1月川崎重工の坂出工場で建造された21.6万重量トンのタンカーで、船主は OCEAN OIL VENTURES INC. である。揚荷後ペルシヤ湾に向かって空船航海中の1973年11月5日11時にタンク洗浄を開始したが、2日11時から3日9時まで天候不良のため一時中断した。その後洗浄を開始してから約9時間後、カナリア諸島北東の大西洋上で爆発を生じた。最初の爆発を生じたのは、5番のウイングタンクであると推定され

ているが、その後2回の誘爆を生じ、船体中央部が折れて、中央部を下に船首がねじれた形で沈没したと伝えられている。この事故で乗組員1名が行方不明となっている。

本船の事故は、前記3隻の事故に鑑みて出された、ICSのリコメンデーションにほぼ従って行なわれていたタンク洗浄中の事故であるだけに、われわれに与えたショックはきわめて大きいものであったのである。

### 3. タンク内のガス濃度の実態

火災あるいは爆発に対する安全性を考えるには、火源もさることながら、まずタンク内のガス濃度の実態を知っていなければならない。ガス爆発を生ずるには、ガス濃度が爆発限界内にあることが必要で、爆発上限界以上の濃度 (over rich) でも、爆発下限界以下の濃度 (too lean) でも爆発しない。

ところで前記4隻のタンカーは、いずれも爆発したので、そのときはガスが爆発限界内の濃度であったはずである。ところが、MACTRA と MARPESSA とは、タンク内ガス濃度を下限界以下にする方式 (too lean system) で洗浄していたし、KONG HAAKON VII は、通風しない密閉状態で洗浄していた。当時としては密閉して行なえば濃度が上限を超えた状態で洗浄されている、つまり over rich system で洗浄していると考えられていたのであって、わが国のタンカーにおいても大部分がこの方式をとっていたのである。

その後の実船での実験の結果、KONG HAAKON VII が行なっていた洗浄方式の場合、タンク内ガス濃度は、ほとんど爆発限界内にあることがわかった。over rich な状態はむしろ少なく、爆発上限界に近い濃度の場合が多い。したがって、前もって換気しないで洗浄すれば、タンク内は over rich になるという考え方は今後改めねばならない。

一方また、too lean system においても、十分換気していたと考えていたプロウの換気能力が、洗浄中の石油ガスの発生量に対して、必ずしも十分でなかったことになる。

これらのことから、タンク内ガスが確実に非爆性にコントロールされていない限りは、絶対に、火源を生ずるおそれのある洗浄方式をとってはいけないわけである。

### 4. 発火源について

タンク洗浄中の爆発発火源となるおそれのあるも

のとして、つぎのことがらがあげられよう。

- (1) 落下物の衝撃によるスパーク
- (2) 無線電信送信時の誘導電圧で発する火花
- (3) 油の中の酸化物
- (4) スラッジ中の自然発火性の堆積物
- (5) 太陽光線がレンズ作用でタンク内に焦点を結んだ場合
- (6) ヒーティングコイルの加熱による高温着火
- (7) 洗浄噴射水によるタンク内ガス泡の断熱圧縮着火
- (8) 船体構造物の摩擦による熱
- (9) 船体およびパイプ類の迷走電流
- (10) 静電気放電による火花

これらのうち、可能性の高いものとしては(1)、(6)、(7)および(10)があげられよう。

前記の巨大タンカー爆発事故の原因探究においては、これらのいずれも調査あるいは実験を行なった結果、いちおう(10)以外は、この事故の発火源となり得る可能性が少ないという結論に達した。

(10)の場合において、発火源となる可能性としての静電気現象については、当時未だ研究不足で、未知の問題が残っているので、これに研究を集中することにした。

その結果、やや明るみに出されてきた静電気現象について、以下に概要を述べてみたい。

### 5. タンク洗浄時の静電気現象について

タンク洗浄時に帯電するのは、換気あるいは蒸気むしのためにタンク内に吹き込まれる蒸気と、洗浄水より発生するミストとである。蒸気を噴射すると、液化した微小水粒がきわめて高い帯電を生ずることは以前からわかっていて、タンク内に噴射する場合の危険性が指摘されていた。一方、噴射洗浄水より生ずる帯電ミストについては、このような場合帯電現象のあることはいわゆる Lenard 効果として知られてはいたものの、危険性を判定できるデータがなかった。そこでこの帯電現象に関して

- (1) タンク洗浄中に生ずるミストは危険を生ずるほどの帯電をするか
  - (2) このミストの帯電量に影響を及ぼす要因はなにか、洗浄方法がどのように影響するか
- を、陸上基礎実験および実船タンカーで確かめることにした。また、着火に直接関係するのは、この帯電電荷のタンク内での放電であるから、これに関しつぎの各項目

- (1) タンク内ではどのような形式のメカニズムで

放電するのか、そのうち危険性のあるのはどれか

(2) (1)の危険性のある放電を生じさせる要因およびこれに影響を与えるものはなにかも同様に、実験室および陸上タンクで系統的に確かめ、危険性を生ずる状況と安全対策を見出すこととした。

### 5. 1 帯電ミスト

帯電ミストは、洗浄機のノズルの出口およびタンク構造物に衝突したところで発生するが、大部分は後者の場合で、衝撃による水の分裂によって帯電している。

帯電量に影響を与える要因としては、

- (1) 循環洗浄方式での洗浄（油の混入）
- (2) 洗浄水へのタンク洗剤の混入
- (3) 洗浄水の加熱

が主たるものである。数多くの実船テストによると、洗浄中のタンク内の帯電ミストは、帯電量および極性において、各タンク毎に大きな差のあることがわかったが、上にあげた(1)の循環洗浄水を使用した場合と、(2)の洗剤を混入した場合だけが常時高い帯電を生じている。(3)の温度については、海水を使用して、実験室、陸上タンクおよび実船でテストしたところ、洗浄水の温度が60℃までは帯電に大きく影響しないことがわかった。しかし実験室テストでは、60℃を超えると帯電が顕著に増加するのがみられる。

また、汚れたタンクで洗浄を開始すると、まずマイナス（負）の帯電ミストが発生してその量を増し、やがて最大値に達した後電荷量が減少して零にもどるが、その後はプラス（正）の帯電ミストに変わって、正の最大値に達するという現象が数多くの実船実験で得られている。しかし通常の洗浄時間内の洗浄では、正の最大値に達したタンクは少数で、多数のタンクは最大値にまで至らなかった。これらの現象は、洗浄の初期にはタンク壁の油膜油分が洗浄海水と混合し、油膜のとれるにつれて油分が減少し、洗浄を長く続けていると、ついに海水のみの分裂による帯電ミストとなるからであることが、実験室実験から推定される。上記の負から正への移行の様相、負および正の最大値については、タンクごとに大きな差があり、条件を同じようにした洗浄の場合でも、結果を再現させることが極めて困難であることが報告されている。

ところでこれらのミスト帯電を、量的にどのように表現するかである。タンク内ミストの総電荷量を

求めて各条件の帯電を比較することも一方法であるが、タンクの大きさその他によってそれぞれ異なるので、危険性の判断がしにくく、最良の方法ではない。ほかに帯電ミストの電荷密度、タンク内各所の空間電界の強さおよび空間電位のどれかで表わす方法がある。ところがこれらの三つはそれぞれ関連していて、いまタンクが半径  $r$  [m] の球形タンクとし、平均電荷密度を  $s$  [C/m<sup>3</sup>] とすると、中心点より  $x$  [m] の点の電界  $E$  は

$$E = \frac{s \cdot x}{3\epsilon} \quad \left[ \frac{V}{m} \right]$$

となり、 $x=r$  のときが最大で、その値は

$$E_{\max} = \frac{s \cdot r}{3\epsilon} \quad \left[ \frac{V}{m} \right]$$

となる。ここに  $\epsilon$  は空間の誘電率である。また、空間の電位  $V$  は

$$V = \frac{s}{6\epsilon} (r^2 - x^2) \quad [V]$$

で、その最大値は  $x=0$  つまり中心部にあり、

$$V_{\max} = \frac{s \cdot r^2}{6\epsilon} \quad [V]$$

である。そこで、電荷密度、電界、電位のいずれで表現して帯電を比較し、危険性判断の資とするかであるが、前記の国際研究グループでは、後述の“危険性の放電”との関連もあって、帯電ミストによるタンク内の最高空間電位を用いることとした。

そして、前記の各実験で得られたタンク内の最高空間電位は、それぞれ次のようになる。

- 循環洗浄方式で洗浄した場合、および洗浄水にタンク洗浄剤を添加した場合は、ほとんど常時 20~40 [kV]。
- 蒸気をタンク内へ注入した場合は 48 [kV] 以上。
- 中間に ICS から出した指針に従って、直接海からとったきれいな海水を使って 4 台以下のポータブルマシンで洗浄した場合は、次の各値が得られている。このテストは、タンカー 8 隻、タンク区画 37 箇所、洗浄時間 延べ 130 時間で行なわれたものである。

延べ 130 時間の洗浄中、わずか 5 時間半のあいだ最高電位が 10 [kV] をこえたが、20 [kV] 以上になったことはなかった。

また、あるテストの場合には、電位が洗浄中を通じて零近辺を上下し、最高電位の平均は約 5 [kV] であった。

### 5. 2 放電

タンク内を浮遊する帯電ミスト（空間電荷）によ



って空間電荷電界ができ、また、それに対応する空間電位が生ずることは前に述べたが、このようなタンク内では、次の2形式の放電現象が生ずる。そして、その放電エネルギーが0.25 [mJ]以上の値であると、爆発限界内の石油ガスに着火爆発する。0.25 [mJ]というエネルギーはきわめて小さく、0.00006 [cal]の熱量に相当し、これは1ミリ立方の水を0.06℃だけ加熱するに要する熱量にすぎない。

#### 2形式の放電とは

- 帯電ミスト雲から、船体構造物への直接放電
- 帯電ミスト中にある絶縁された導体から、船体構造物への放電

である。これら放電の着火の危険性について、実験データを資として検討してみよう。

#### (1) 帯電ミスト雲から、船体構造物への直接放電の着火危険性

帯電ミストから船体構造物へは、コロナ放電が生じていることは確認されていた。そこで、この放電が、タンク内の爆発性ガスに着火しうるだけのエネルギーをもちうるか、否かが問題となり、実験室ならびに陸上大型タンクで実験し、慎重な研究を行なった。結果は否であった。

帯電ミストよりのコロナ放電よりも、はるかに強いコロナ放電をおこさせても、プロパンガス、空気の混合気に着火させ得なかった。そして、これまで洗浄タンク内で計測された最高電位のもとでも、ミストからの直接放電は、ガスへの着火源となる危険性はないと結論づけることができる。この現象は、コロナ放電によって空間に放出された逆極性のイオンが、ミストの電荷を中和させ、タンク内電位を抑制したものと推定される。

#### (2) 帯電ミスト中にある絶縁された導体から、船体構造物への放電の着火危険性

帯電ミストで満たされたタンク内に、絶縁状態となった導電性物体があると、空間のミストと接してその電荷を受けとり、帯電する。また、空間電荷よりの静電誘導によって帯電状態となる。そしてこれが、アースしている物体やタンク構造物と近接すると、接触の瞬間に放電を生ずる。この場合の放電は帯電した導電性物体の電荷がいちどに放電するから、いわゆる火花放電となり、タンク内の爆発性ガスに着火しうるだけのエネルギーをもちやすい。この火花放電が着火性となるか否かは、前に述べたタンク内の最高電位の大きさその他の諸条件によって左右される。

これらの帯電および放電を、現象的に分けると、次の四つに分類できよう。

(a) 導電性物体が、タンク中を落下するなどのように、帯電ミストと相対運動すると、ミストと接してその電荷を受けとって帯電し、タンク構造物などと接する瞬間に放電を生ずることが考えられる。

しかしこの現象については、研究の結果、通常状態の場合は、危険性となるほどのものではないことが明らかとなった。

(b) アースされた導電性の物体が、タンク内の高電位のところに吊り下げられた状態にあると、静電誘導によって先端が帯電している。このときもしこの物体の先端が外れて落下すると、誘導電荷を持ち続けたままタンク底に達し、電位零の構造物と接する瞬間に火花放電を生ずるであろう。

事実、模擬実験の結果、この場合は最小着火エネルギー以上の放電エネルギーとなりうるということがわかった。

(c) タンク内の高電位の部分に、突起したタンク構造物があると、(b)と同様に誘導によって帯電しているが、ここに帯電していない導電性物体が接近してきても、接する瞬間に火花放電を生ずるであろう。

この場合も(b)と同様に、着火性エネルギー以上の放電エネルギーとなりうるということが明らかとなっている。

(d) 導電性物質が、絶縁物でタンク内に吊り下げられたあと、これがアースされるような状態になると、そのとき火花放電の生ずる危険性がある。

以上のうち、(a)はさておき、(b)、(c)、(d)のような危険性を生ずる物体が、海水で洗浄中のタンク内に、どのようにして生ずるかを考えてみよう。

抽象的には次のいずれかに属することになるう。

- タンク内に吊り下げて使用するもの
- タンク内を落下するもの

これらに属する具体的な物体について、さらに検討すると、次のものがあげられる。

### 5.3 危険性のある放電を生ずる絶縁状態にある導電性物体

(1) タンク内に吊り下げられたポータブルマシン(洗浄機)

ポータブルマシンは、通常はボンディングワイ

ヤあるいはホース中の導電性ゴムで本体がアースされた状態にあり、また洗浄中は、ホース中を通過する水がアースラインの役目をもしているはずである。しかしこの洗浄機において、次のような状態が生ずると、いずれも危険性を生ずることをこころしておかねばならない。

(a) 相当洗浄の行なわれたタンク中で、そう入された洗浄機が、はずれて落下するとき。

これは、5.2(2)(b)で述べた現象で洗浄機本体はもちろんのこと、ノズル部分もこのような故障のないよう注意しておかねばならない。かつて、洗浄機が高圧洗浄水のショックではずれて、タンク底に落下した事故があった。

(b) ボンディングワイヤの電気的接続が不良で、その役目を果していないとき。

アース不良のため、送水前には、洗浄機本体が帯電ミスト中で電気的に浮いた状態となるからである。5.2(2)(d)に対応する現象を生ずる。

(c) ホースを洗浄水のパイプラインに接合しないで、洗浄機をタンク内にそう入したとき。

(b)の場合と同じ状態となり、5.2(d)に対応する現象となるからである。あるいはまた、5.2(2)(c)に対応する現象の生ずる危険性もある。

(d) 洗浄機がタンク内にそう入されたままで、ホースがパイプラインより外されたとき。

洗浄機をひき上げるとき、5.2(2)(b)に対応する現象を生ずる危険性がある。

(2) タンク内に吊り下げられたロープつきの金属性サウンディングロッド

とくにロープがナイロンロープのようなものであれば、絶縁性が高く、金属性ロッドが電気的に浮いた状態になりやすく、5.2(2)(d)に対応する現象を生ずる危険性がある。

(3) タンク内を落下するもの

タンク内を落下するものの例としては、

(a) マンホールなどのデッキ開口部から落ちる工具類

(b) 噴射洗浄水の先端できれる水のかたまり

(c) タンク内の水平部材から流れ落ちる水のかたまり

(d) 噴射洗浄水でたたかれて落ちるスラッジのかたまり

などがあげられる。

これらのうち、(d)については、実験室の模擬装置でテストを行ない、原油で覆った物体を高電位の電界中で落させたところ、放電を生じなかつ

た。したがって、(d)の場合のタンク内で落下するスラッジは、着火源にはならないと考えられる。

(a)については、落下する工具類の衝撃火花を無視することはできない。(前記の4隻の巨大タンカーの爆発事故においては、いずれも工具類の落下がなかったと認められて、その原因究明の対象から外されている。)

(b)、(c)については、これらの水のかたまりが、絶縁状態となって落下し、しかも、洗浄水が電気の良い導体であるから放電も大きいと考えられる。前記の爆発事故に関連して行なわれた模擬装置によるテストでは、この落下する水のかたまりからは火花放電を生ずるのが認められ、これが、プロパンガスと空気との混合気を爆発させることもわかった。

このような現象が、タンク洗浄中に生じうるとすれば、きわめて重大な問題である。タンク洗浄には大量の水を使用しなければならないからである。ところが一方、果して洗浄中に、そのような危険性をもった水のかたまりの落下がありうるかという疑問も生ずる。そこで、これに関する大規模の調査と実験とが行なわれた。

#### 5.4 洗浄中に生ずる落下水塊の問題

落下する水のかたまりのうち、タンク内の水平部材から流れ落ちるもの(5.3(3)(c))については、実際に洗浄機を使つてのテストでは、単に水が糸状に流れ落ちるのみで、しかも1[m]あたりでこまかく分裂してしまうのがみられる。

また、タンク構造物にはいろいろの部材が配置されていて、それにたまった洗浄水が、船体の動揺傾斜によって大量に流れ落ちることも考えられる。特に固定式の流量の多い大型洗浄機が、大きなタンクに使用されると、この可能確が大であろう。この現象を仮想してのテストの結果は、約7.5[m]あたりまでは一体となった水のかたまりが見られた。

5.3(3)(b)の、噴射洗浄水の先端できれる水のかたまりについては、大型の固定式洗浄機(シングルノズルで、流量175[m<sup>3</sup>/h]のもの)と、2種類のポータブル洗浄の計3種の洗浄機で実験が行なわれた。結果は次のとおりである。

(1) 固定式洗浄機(流量175m<sup>3</sup>/h)の場合

ノズルから6[m]あたりで、ときどき噴射水の切れ目ができるが、15[m]あたりまでは常に水塊ができるとは限らない。

18[m]あたりになっても、かなり長い水のかたまりができているのがみられる。

(2) 大容量のポータブル洗浄機（流量 35~60m<sup>3</sup>/h）の場合

ノズルから3~4.5[m]あたりで噴射水が途切れはじめ、9[m]あたりで水の長さが約50[cm]、12[m]あたりで20[cm]以下、15~18[m]で10[cm]以下となる。

(3) 小容量のポータブル洗浄機（流量 35m<sup>3</sup>/h以下）の場合

ノズルの3[m]あたりから途切れはじめ、4.5[m]あたりで長さ50[cm]の水塊となり、6[m]あたりで25[cm]以下となるが、さらに9[m]より先では10[cm]以下に短くなる。

以上の噴射水が途切れて水塊のできる様相は、洗浄機が回転していても変わらない。

洗浄機を停止したときは、洗浄水が高圧で噴射されていたときと異なる水塊にはならないので、安心できないが、噴射圧力が低かった場合には、すぐ崩壊してこまかな水粒になってしまう。

#### 5.5 落下物体よりの放電エネルギー

帯電ミストの充満したカーゴタンク内で物体が落下するとき、タンク構造物にタッチする瞬間の放電エネルギーを実験的に求めて考察した結果は、次のとおりである。なお実験は、12,000[m<sup>3</sup>]の陸上タンクに帯電ミストを充満させて行なったものである。

実験では、落下物体がアースされたタンク内突起物に接するとき、危険性の放電を生じうるということが認められたが、引続いて行なった一連の実験から、次のことが理論的に確認された。

一定の電荷密度が平等に分布している条件のもと（洗浄中はほぼこれに近いと思われる）では、タンク中央部が最高の電位となる。ここにおいて、物体がタンク中央部から電位零の部分（タンク壁、タンク底）に向かって移動する（落下する場合も含む）場合、あるいはこの逆に、物体が電位零の場所（タンクトップ、タンク外）から、タンク中央部にあるアースされた突起物に向かって落されるとき、最大のエネルギーをもって放電される。この外的場合は放電エネルギーは非常に少ない。

#### 5.6 タンク洗浄時の静電気の危険性

タンク洗浄時の静電気の危険性を検討するには、これまでに述べた各事項に関連して、タンク内の最高空間電位、放電エネルギーの大きさ、物体の落下する起点および終点の位置、物体の形状および大きさなどを勘案しなければならない。またとくに、落下物として水塊を対象とする場合は、落下中にそのかたまりが細かに分裂しないという要件も入れてお

かねばならない。

実際に生じうると思われる各種ケースについて、危険性あるいは安全性を検討すると、次のようになるであろう。

(1) タンク内では、長さ90[cm]以上の棒状、あるいは直径60[cm]以上の球状のもので、絶縁状態にある物体は存在しないと考えられるから、最大空間電位が10[kV]以下のときは、着火性の火花放電は発生しないと推定される。

なお、ICSのタンク洗浄指針（後記付録参照）にしたがってタンク洗浄を行なっている場合は、洗浄時間の95%までは、最大空間電位は10[KV]以下である。

(2) タンクを、ICS指針にしたがって洗浄している場合の、上記の残りの5%の洗浄時間中には、最大空間電位が10~25[kV]になるが、ミスト中で行なった場合の各テストの結果から、次の落下する各物体からは、ミスト電荷が原因となる着火性の火花放電は発生しない。

- (a) 甲板の開口から落下する工具
- (b) ポータブル洗浄機から離脱するノズル
- (c) 長さ60[cm]未満の棒状、直径22[cm]未満の金属物体
- (d) 流量35[m<sup>3</sup>/h]以下のポータブル洗浄機の洗浄水よりできる水のかたまり
- (e) ポータブル洗浄機から、発停時に流れ落ちる水

しかし、もし前の各実験値の最悪条件がすべて同時に満足するという、きわめてまれなケースが生じたとすると、長さ60[cm]以上の棒状あるいは直径22[cm]以上の球状物体からの着火性放電は生じうる。

ポータブル洗浄機で、流量35~60[m<sup>3</sup>/h]の大型のものでも、それから形成される水のかたまりから着火性の放電（0.25[mJ]以上）の生ずる確率は、きわめて小である。

大容量の固定式洗浄機で形成される水のかたまりは、その形も長いものとなり、それが長い距離の間持続する傾向があるから、この洗浄機の噴射洗浄水からは、着火性の火花放電が生ずる危険性はかなりあると考えるべきである。

（前記の爆発した巨大タンカー4隻のうち、GOLAR PATRICIA 以外の3隻はいずれもこの大型の固定式洗浄機を使用していたものである。）

(3) 最大空間電位が25[kV]以上の場合、落

下物から着火性の放電を生ずる危険性が急に増すが、通常の洗浄では電位がそのような値になる可能性は少ない。前記の爆発タンカー3隻の場合は、循環洗浄方式で洗浄を行っており、とくに1隻はタンク洗剤を使用していたため、タンクの空間電位が40[kV]程度になっていたと推定されるのである。

### 5.7 タンクの大きさの影響

前記の爆発タンカーは、いずれも20万重量トン以上の巨大タンカーで、したがってカーゴタンクもこれまでのものに比べて非常に大きい。以前にこのような洗浄中の爆発事故例がないので、この事故には、タンクが巨大化したことにも原因があるのではないか、という疑問をいただくことも当然であろう。

それにたがわず、この原因究明の重大項目にタンクサイズがとりあげられた。その結果、タンクサイズが次のような影響を及ぼすことがわかった。

#### (1) タンク内帯電ミストの電荷密度について

各サイズの陸上タンクによるテストから、洗浄水の噴射量をほぼ一定にした場合は、小型タンクほど電荷密度は大きくなる。しかし、タンク内の空間電位は、タンクサイズのかかなり広い範囲にわたって、あまり変らない値となると考えられる。

(5.1の最大電位  $V_{max}$  の式で、 $sr^2$  の変動の少ないことが推定される。

( $s$ : 電荷密度,  $r$ : 球形タンクの半径)

実船におけるテストでもこれを裏付けるデータが得られている。

(2) (1)のことから、小型タンクでも、大型タンクと同様に、高い空間電位となることがありうる。しかし、これまでの数多い小型タンク洗浄作業において、このような事故の生じなかった実績から、空間電位のみがこのような事故の要因であるとはいえないであろう。

(3) (2)に関連して、同じような空間電位を生ずる小型タンカーには静電気による危険性がなく、大型タンカーに存在するのは何故かという疑問が残るであろう。ここでタンクサイズ、およびこれに伴う諸事項が浮び上ってくる。

巨大タンカーは、タンクも大型化したために、設備、構造、ひいては洗浄方式をも変化させた。つまりこれによって、次のような事項が静電気による着火の可能性を大きくしたからである。

(a) 洗浄に循環方式を採用し、洗剤を混入すると、タンク内の空間電位が高くなることは前にも述べたが、これらの方式は、一般的には小型

タンカーよりも巨大タンカーに採用していること。

(b) タンクの大型化は、大容量の洗浄機の出現を促した。これに応じて出現した固定式の大容量の洗浄機は、帯電ミストの発生を増し、したがって、前述したように、タンク内の空間電位を増大させたこと。

しかのみならず、この洗浄機よりの噴射水から生じた水のかたまりは、形状も長く、しかも長距離にわたってその形を持続する傾向もあること。

(c) 大型タンクでは、部材も深みを増し、それにたまった水が大きなかたまりとなって流れ落ちやすいこと。

## 6. 静電気危険性への対策

静電気への対策として考えられることは、まず帯電ミストの発生を抑制することと、発生した静電気を早く中和して減衰させるか、帯電ミストによって生ずる電界を分離してしまうことである。

### 6.1 帯電ミストの発生を抑制すること

前述した帯電ミスト発生を促進する条件をことごとく抑制することである。これに対しては、前記の国際的な研究組織の研究成果を基盤とし、これまでの経験を加味して作成した“ICSタンク洗浄指針”(付録)がある。

この指針は、付録にも示したように、タンク内の雰囲気(ガスの状態)を4種に区別し、それぞれに応じた洗浄方式を採用することを勧告している。

ポータブル洗浄機は、どんなタンク内雰囲気のもとでも使用してよいが、タンク内ガスが全然コントロールされていない場合(雰囲気Aの状態)には、帯電ミストの発生を抑制することと、アースしていない導電性物体をタンク内にそり入れないようにすることが必要である。

固定式の洗浄機は、タンク内ガスが爆発下限界以下の濃度(too lean)の雰囲気(雰囲気B)か、上限界以上の濃度(over rich)の雰囲気(雰囲気D)にコントロールされている場合、および可燃性ガスが不活性ガス(inert gas)で置換された状態(雰囲気C)のときのみ使用する。

大容量の固定式洗浄機を使用する必要があるタンカーには、不活性ガスで置換する方式(inert gas system)を採用し、新造船のみでなく、在来のタンカーにもその装置を装備することが望ましい。

### 6.2 帯電ミストを中和させること

洗浄水より発生した帯電ミストに対して極性が反対の帯電ミストを、タンク内に吹き込み、両方のミスト電荷を中和させる方法である。

これには、高圧水をタンク内に噴霧として噴射させ、これにコロナ放電で発生したイオンをのせて、もとの帯電ミストを中和させようというアイデアがあり、基礎実験で効果のあることを示している。現在、タンカー内の諸環境下での効果、安全性、長期使用の可能性などについて、実船実験が計画されている。

### 6. 3 帯電ミストによって生ずるタンク内の電界を分離すること

タンク内にアースした金属線を張ることである。アースされているから、その金属線自体は電位が零である。したがってその近傍の電位も低く抑えられ、一般的に電位を下げる効果があり、この効果は線の多いほどよいわけである。また、金属線に突起を多くつくってコロナ放電を発生させて、効果をさらに増大させるアイデアもあり、基礎実験とともに、実船テストも行なわれている。

## 附録 ICS タンク 洗浄 指針

### タンカー安全指針（石油編）より抜萃

#### 5. 4 タンク 洗浄

##### 5. 4. 1 一般

次の例に示すような引火性ガスの存在するタンクの洗浄には下記の安全対策を講じること。

- (a) 揮発性石油の揚荷後、または
- (b) ガス・フリーになってないタンクに積んだ非揮発性石油の揚荷後、または
- (c) 揮発性石油ガスの入っている他のタンクから共通のペント・システムを通じてガスが流入する可能性のあるとき。

前に積んだ貨物が普通の石油より有毒成分を多く含んでいるときは特別な注意が必要である。

##### 5. 4. 2 タンクの開放

全面的または部分的に閉鎖された区画内にあるいかなるタンク開口部も、その区画の外部に圧力をながすまでは開放してはならない。

##### 5. 4. 3 タンク 洗浄を行なう雰囲気

タンク 洗浄は下記雰囲気のいずれかにおいて行なわれるものとする。

**雰囲気 A**—コントロールをされておらず、このため雰囲気は爆発限界より高いか、低い、または爆発限界内にある。

**雰囲気 B**—石油ガスの含有量を、人為的に爆発下限界（LEL）以下に減少させることにより、燃焼が起らないようにした雰囲気。本指針の目的のためには、適当な可燃性ガス検知器の指度が LEL の 50% を越えてはならない。

**雰囲気 C**—不活性ガスを注入し、酸素含有率を低下させ燃焼が起らないようにした雰囲気。本指針の目的のためには酸素量は容量で 8% を越えてはならない。

**雰囲気 D**—タンク内の石油ガスの含有量を、人為的に爆発上限界（UEL）以上に維持することにより、燃焼が起らないようにした雰囲気。原油および大部分の石油製品については、石油ガスの容積含有率が、洗浄開始前に少なくとも 15% に達し、洗浄中もそれが維持されなければならない。

#### 5. 4. 4 コントロールをされていない雰囲気（A）での洗浄

雰囲気 A の状況の下では、静電気を含む発火源を取除くための注意をしなければならない。そしてそのような状況の下で洗浄するときは、下記の全ての注意を守らなければならない。

- (a) 一度に使用する洗浄機は 1 区画に低容量型のもものは 4 個、または高容量型のもものは 3 個より多く使用してはならない。

(注) 低容量型とは流量が 35m<sup>3</sup>/h 未満のもの  
高容量型とは流量が 35m<sup>3</sup>/h 以上 60m<sup>3</sup>/h 未満のもの

1 区画とはスオッシュバルクヘッドにより仕切られたタンクの部分をいう。

- (b) 洗浄機のホースは使用前に電氣的接続を試験しなければならない。
- (c) 洗浄機をタンクに入れる前に全てのホースの連結を行なわなければならない。また、機械をタンクから引き出す前に切離してはならない。ホースの水切りのためにカップリングを緩め、機械を引上げる前に再び締め直してもよい。
- (d) 洗浄水を循環させてタンク 洗浄してはならない。また、化学洗浄剤を使用してはならない。
- (e) 洗浄水は 60°C (140°F) を越えなければ加熱してもよい；何らかの理由（例えばドライドック）で 60°C 以上の温水が必要な場合は、洗浄は雰囲気 B、C または D の状態で行なわなければならない。

ならない。

- (f) 蒸気をタンクに注入してはならない。
- (g) タンクは洗浄中連続して水切りを行なわなければならない。

洗浄水が異常に増加した場合、溜った洗浄水を排水するために洗浄を中止しなければならない。

- (h) 測深棒や他の器具をタンク内へ入れる場合はサウンディングパイプを通して行なわなければならない。もしサウンディングパイプが使用できない場合は、洗浄終了後5時間を経過するまではこれらの作業を行なってはならない。もしタンクが連続して機械通風されていれば、5時間を1時間に短縮することができる。

(注) タンク洗浄中およびその直後はタンク内に帯電した霧が存在するので、電気的伝導性がありアースされていない物を入れないようにしなければならない。したがって、ガスサンプリングホースに金属製の重りを使用してはならない。ホースの先端に使用される小さな金属は、着火性スパークを発生するほど大きくないので、入れてもかまわない。

同様に、ロープを付けたサウンディングロッドは、たとえロープの端が甲板上で船体に結びつけられていてもロープはアース導線として信頼性がないので使用してはならない。しかしながら、金属ワイヤーに取り付けた金属製のサウンディングロッドは、それを下す前にそのワイヤーが、丈夫なクランプまたはボルト止めしたラグにより、船体に確実に接続されたならば、それを使用することができる。

#### 5. 4. 5 ツーリーンの雰囲気 (B) での洗浄

下記の注意事項を守るよう勧告する。

- (a) ベントシステムが他のタンクと共通している場合は、他のタンクからガスが入るのを防ぐため共通のベントシステムはこれを閉鎖しなければならない。
- (b) タンクボトムは水でフラッシュし、よく洗えなければならない。また、カーゴポンプ、クロスオーバーおよびディスチャージラインも含めたパイプ系統も同様に、水でフラッシュしなければならない。
- (c) タンク洗浄の前に、タンク内雰囲気のガス濃度が爆発下限界値の10%またはそれ以下になる

まで換気を行なわなければならない。ガステストは引火性ガスの部分的ポケットのある可能性を十分考慮してタンク内の各高さで計測しなければならない。洗浄中は機械通風およびガステストを続けて行なわなければならない。

- (d) ガス濃度がLELの50%に上昇したら洗浄を中止しなければならない。連続通風によりガス濃度がLELの20%になれば洗浄を再開して良い。
  - (e) 洗浄機のホースは使用前に電気的に連続かどうかテストしなければならない。
  - (f) 洗浄機をタンクに入れる前に全てのホースの連結を行なわなければならない。また、機械をタンクから引き出す前に切離してはならない。ホースの水切りのためにカップリングを緩め、機械を引上げる前に締め直してもよい。
  - (g) タンクは洗浄中連続して水切りを行なわなければならない。洗浄水が異常に増加した場合、溜った洗浄水を排水するために洗浄を中止しなければならない。
  - (h) 洗浄水を循環させてタンク洗浄を行なってはならない。
  - (i) 蒸気をタンクに注入してはならない。
  - (j) 測深棒やその他の器具をタンク内へ入れる場合はサウンディングパイプを通して行なわなければならない。もしサウンディングパイプが使用できない場合は、洗浄終了後5時間を経過するまではこれらの作業を行なってはならない。もしタンクが連続して機械通風されていれば、5時間を1時間に短縮することができる。
- (注) 前項(h) (注) 参照
- (k) 化学洗浄剤を使用してもよい。

- (l) 洗浄水は60°C (140°F) 以上に加熱してもよいが、ガス濃度が増加しないように注意しなければならない。

#### 5. 4. 6 イナート化した雰囲気 (C) での洗浄

タンク内がイナート化されている場合には、前述の注意を守る必要はない。

洗浄を行なっている間、タンクの雰囲気の酸素濃度が容積比で8%を越えないよう計測により確かめなければならない。空気がタンク内に侵入しないように、洗浄している間十分なイナートガスを供給し続けなければならない。タンク開口部を開けているときは作業員がイナートガスに曝され吸入しないように注意しなければならない。

#### 5. 4. 7 オーバーリッチの雰囲気 (D) での洗浄

## 海外事情

### ■香港からの新しい試み 2題

今月は香港からの話題2つを紹介しよう。

1つは“Capricon System”と名付けられたバージ輸送システム、他の1つは194TEU積みデッキシップ型コンテナフィーダー船である。

いずれも発展途上国向けのトレードで、立ち遅れが目立つ港湾および荷役設備の現実を踏まえて、開発された新しいタイプの輸送システムであり、従来の航洋貨物船とは全く違った視点から、中・近距離の輸送に適したシステムとして考えられたところが注目される。(Shipping World & Shipbuilding 1月号)

#### 《DECKSHIP ARABELLA》

4,318重量トンの“Deckship Arabella”は、一見、普通の船と大変に違ったスタイルをしている。しかしオーナーのSea Container Ltdにとっては、東南アジアを中心とする中・近距離のフィーダーサービストレードには最も適したものとなっている。

建造は香港のチャイナ・パシフィック・エンジニアリング社で、本船を含め5隻のシリーズ船の建造が予定されているが、最終的には、20隻のフリートまで増強される予定という。

本船の特長は、船首に居住区を持った完全なデッキシップであり、自前の30ロングトン吊クレーンを装備している点であろう。そしてデッキ上には、20フッター194TEU(40フッター85個)のコンテナが4段積みとされ、自走式“Butters”クレーンで揚積みを行なう。本船の主要目は次のとおり。

LOA	76.66m
LPB	71.17m
B mld	17.07m

D mld	6.71m
d (計画)	3.81m
d (強度)	5.18
G/T	1,499
N/T	902
D/W	4,318
主機	2×1,500BHP at 750rpm
燃料消費量	11.5 t/day
航海速度	11.5 knots
航続距離	5,000 SM
乗組員	13人

#### 《CAPRICON SYSTEM》

ラッシュ船の変形として、香港船主の“Capricon Corporation”向けに、香港の“David Seymour”社によって開発されたこのシステムは、主としてインドでの使用を目的としているが、中近東でも使えるものとして注目されている。

米国の船会社がベンガル湾用に2隻発注する意向とも伝えられている。

このシステムの従来のラッシュ船と異なる点は小型で、バージの浮力を利用できる1層積みであることによって、複雑で高価な船尾のバージ吊り上げ機構がなくて済むことであり、低船価で建造できることである。バージは母船を沈めて船首から引き込まれ、バージを浮かした状態で位置を決め、母船を浮上させて船底上にそのまま固定される。

艙内には海水は残ったままであり、満船でない時には、海水の移動を阻止するものとして、ヒンジ起倒式のスワッシュ・バルクヘッドが設けられている。

現在、インド向けに考えられているシステムは、バージ12個積みのもので、荷役中の吃水でも5.75mで済むように配慮されている。

オーバーリッチの雰囲気で洗浄するときにはいつも手順は貨物の性状、オーバーリッチにするための手段および船の設計によるところが多い。そして船主の作成した特別のインストラクションを参照しなければならない。

一般的に言えば雰囲気が爆発上限より高濃度状態に保たれていれば、洗浄方法に関する前述の制限に従う必要はない。しかしながら、雰囲気が、空気の侵入または洗浄によるガスの吸入によって可燃性にならないように特別の注意が必要で

ある。

タンク内の石油ガスの濃度は、洗浄作業中を通じて容積比で少くとも15%はあることを計測により確かめなければならない。

#### 5. 4. 8 自由落下

スロップ受入れタンクに可燃性ガスが存在する可能性のあるときは、水またはスロップの自由落下が起らぬようスロップ操作の手順を調整しなければならない。(完)

# 1973年海洋汚染防止条約について

International Convention for the Prevention  
of Pollution from Ships, 1473  
by Ryuichiro Tanino

谷 野 龍 一 郎

運輸省大臣官房安全公害課専門官

## 1. わが国の海洋汚染の現状と汚染防止対策

### (1) 海洋汚染の現状

最近6年間に海上保安庁がわが国周辺海域において確認した海洋汚染の発生件数は、下図のとおりであり、49年には2,366件で、前年の2,460件と比較しやや減少している。このうち油による汚染が1,985件で、全体の約84%を占めており、これを海域別に見ると、全体の63%が東京湾、伊勢湾、瀬戸内海に集中している。

汚染を原因別に見ると、故意排出もしくは故意排

出の容疑のあるもの、またはバルブ操作の誤り等器具類の取扱い不注意によるもの等、人為的なものが過半数を占めている。

また、タンカーが排出する廃油が凝固してできると推定される廃油ボールの漂流漂着状況調査によると、沖縄諸島から南九洲、伊豆諸島に至る太平洋沿岸への漂着は相変わらず多く、また、黒潮流域にも、微細な油塊が多く漂流していることが確認されている。

このほか、わが国沿岸海域において比較的高濃度な水銀、カドミウムが認められること、及びアンモニア、COD、有機リン等については、南半球よりも北半球の方がこれらの値が大きいことが観測されている。

一方、特異な汚染として赤潮がある。これは、プランクトンが急激かつ高密度に増殖し、海水を呈色させる現象であるが、赤潮は水質汚濁と並び大きな漁業被害をもたらす海洋汚染の一種として、近時重要な問題となってきている。

つぎに、われわれの生活に関係の大きい内湾、内海について見ると、これら海域は、都市に隣接し臨海工業地帯をひかえているところが多いことから、工場、家庭等からの排水や汚染された河川水の流入も多く、さらには、船舶も輻そうしていることから汚染されやすく、また海水の交換が比較的悪い海域が多いため、一般海域よりも汚染の度が高く、魚介類に悪影響を与える等、周辺の住民に大きな被害を与える場合が多いものといえる。

### (2) 海洋汚染の原因

以上のような海洋汚染の原因となると考えられている主な物質は、表1に示されるように多種類になっており、また、これらの物質の排出源も簡単に整理すると、船舶、海洋施設、陸上の工場等に分類す

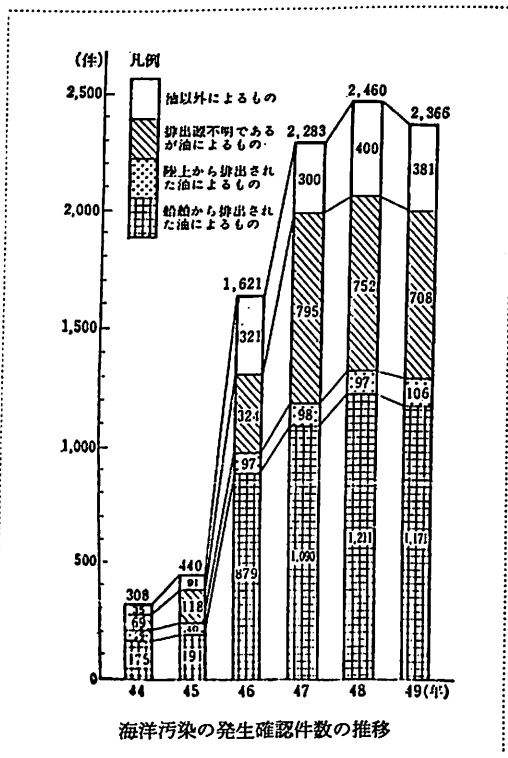




表1 海洋の主な汚染源

排出源	廃棄物等の種類		廃棄物等の例
船舶	油		ビルジ, パラスト水, タンククリーニング水, スラッジなど
	廃棄物	日常生活に伴い生ずる物 船舶活動に伴い生ずる物 陸上で生じたもの	し尿, 賄屑, 汚水など 廃荷敷, 荷粉, 水底土砂など 廃酸, 廃アルカリ, 銹さい, し尿など
海洋施設	油 廃棄物		潤滑廃油, 油性汚水など し尿, 賄屑, 汚水, ごみ, 水底土砂など
陸上	工場排水		カドミウム, シアン, 水銀, COD, 油分など
	産業廃棄物		廃酸, 廃アルカリ, 銹さい, 汚泥など
	一般廃棄物		し尿, ごみなど
	都市下水 農薬流出		汚水 DDTなど

ることができる。

(3) 海洋汚染防止対策

これらの海洋汚染を防止するために、国を初めとして地方公共団体等各所でそれぞれ大変な努力がなされているが、まず汚染防止の軸となっている関係の法律のうち、公害対策の総合的な推進を図り、われわれ国民の健康を保護するとともに、生活環境を保全することを目的とした公害対策基本法は別格として、海洋汚染防止のための個別法についてその目的を簡単に整理してみると以下の通りである。

- ① 海洋汚染防止法—船舶及び海洋施設から海洋に油及び廃棄物を排出することを規制し、廃油の適正な処理を確保するとともに、海洋汚染防止のための措置を講ずることにより海洋の汚染を防止し、もって海洋環境の保全に資することを目的としている。
- ② 港則法—港内における船舶交通の安全及び港内の整頓を図ることを目的とし、パラスト、廃

油、石炭がら、ごみ等を、港内等の一定海域内で投棄することを禁止している。

- ③ 水産資源保護法—水産資源の保護培養を図る等により、漁業の発展に寄与することを目的とし、水産動植物に有害な物の遺棄または漏せつその他水産動植物に有害な水質に関する制限、禁止を行っている。
- ④ 廃棄物の処理及—廃棄物の適正な処理を通して生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的としている。
- ⑥ 水質汚濁防止法—工場及び事業場から公共用水域（河川、湖沼、港湾、沿岸水域等）に排出される汚濁水の排出を規制すること等により、公共用水域の水質の汚濁を防止することを目的としている。

海洋汚染の防止を図るためには、これら関係法律の周知徹底が是非とも必要であるが、このほか、船舶等で生じた廃棄物等を陸上処理する廃棄物処理施設及び船舶に設置する各種の処理装置等、海洋汚染防止施設、設備の整備を推進するとともに、すでに汚染された港湾等における汚泥しゅんせつ、ごみ清掃、油回収等海洋汚染防除事業も一層推進する必要がある。

また、海上保安庁の巡視船艇、航空機の整備増強、油排出夜間監視装置、公害監視用機動艇等、各種機器の整備及びこれらの効果的な運用による汚染状況の監視取締りの実施等が重要である。

さらには、タンカー等の事故による大量の油流出時にそなえてのオイルフェンス、油処理剤、油回収装置の整備及び官民で組織する協議機関の育成等海上防災体制の整備強化も必要である。

以上、わが国海洋汚染の現状と汚染防止対策についてその概観を述べてきたが、海洋汚染に関する問題は単に一国のみが取組んでも根本的な解決にはつながらず、各国共通の命題として認識しかつ避けて通ることができないものである。従って、この問題については、たえず国際的な動向に留意し、適切な対応を図るとともに場合によってはわが国も世界の

場で積極的に責任ある役割を果たしていく必要がある。

本稿においては、1073年条約を中心に書いていくこととしているが、本条約そのものにふれる前に海洋汚染問題に対し、国際的な動向がいかにあるのか、及びいかなる経緯で1973年条約が採択されたのか、簡単に振り返ってみることとする。

## 2. 1973年海洋汚染防止条約採択まで

海洋汚染の問題が国際的な場で検討されだした歴史は古いが、それが国際条約の締結となって具体化した最初は「1954年の油による海水の汚濁の防止のための国際条約」である。

同条約は、一定の船舶に対する一定の海域における油または油性混合物の排出の規制、そのための船舶の設備の設置、及び油記録簿の備付け等を規定した、油による海洋汚染防止のための画期的な国際条約であると言える。

その後、この条約は1962年に対象船舶の拡大、排出基準に関する規制の強化等の改正が、1969年に油の排出に関する総量規制のための改正が、さらに1971年に事故時におけるタンカーからの油流出を一定量に制限するタンクサイズの制限等に関する改正が行われた。

中でも1969年の改正により、油（重質油）に関する排出規制は、排出の基準のみならず一隻のタンカーから一航海中に排出される油の総量が制限されることとなり、一応船舶からの油（重質油）汚染防止に関する体系的な条約の確立をみたと云える。

一方、環境保護を求める世論の高まりは日々著しいものがあり、このような中で提唱された国連人間環境会議が1972年6月ストックホルムにおいて開催された。

「各国は、人間の健康に危険をもたらし、生物資源と海洋生物に害を与え、海洋の快適な環境を損ない、海洋の正当な利用を防げるような物質による海洋の汚染を防止するため、あらゆる可能な措置をとらなければならない。」

これは、この時行われた人間環境宣言の一文であるが、各国は人間環境の保護と改善を目的とするかずかずの積極的な意見交換を行い、その時採択された勧告に基づいて国連の組織として、新たにUNEP（国連環境計画）が設置される等国際協力について大いなる足跡を残した。

その成果の一つとして、1972年11月、「海洋投棄規制条約（ダンピング条約）」がロンドンにおいて採

択された。この条約は、船舶をはじめ、航空機や海洋構造物からの有害物質の海洋への投棄を規制することを内容としている。（わが国は現在まだ未批准であるが、すでに発効している。）

また、「油による海水の汚濁防止のための国際条約」についても、1971年の改正以後、このような国際的な世論の高まりを反映して、船舶の構造、設備に関する義務規定を大幅に加えるほか、油の排出規制の一層の強化、さらには油以外の有害液体物質等に関する規制を新たに加える等、抜本的な改正内容を含む「1973年海洋汚染防止条約（1973年条約）」の採択を、1973年11月ロンドンにおいて行ったわけである。

一方、油をはじめとする有害物質等の投棄、排出規制等により海洋汚染の防止を図るための条約とは別に、船舶の事故時における迅速な対応、適切な処理、並びに事故による被害に対する救済制度の確立も同時に問題視され、以下のような各種の条約の出現をみることとなった。

まずタンカー等の事故による対応のための条約としては、1967年のトレーキャニオン号の事故が契機となって、1969年に「油による汚染を伴う事故の場合における公海上の措置に関する国際条約（公法条約）」が採択された。

この条約の内容は、船舶の衝突、座礁などの海難の結果、沿岸国がその利益を油汚染により侵されるおそれが生じた場合、沿岸国はその危険を防止、軽減または除去するため、当該船舶の旗国と事前に協議することを前提として公海上においても適切な措置をとることができるものとなっている。

その後1973年条約の採択に伴い、新たに油以外の有害物質にまで規制が強化されたことにより事故時においても同時にこれらの物質に関する何らかの手当てが必要となり、同条約採択時に「油以外の物質による汚染を伴う事故の場合における公海上の措置に関する議定書（公法議定書）」が作成採択された。

また、船舶の事故による被害も船舶の大型化等に伴って、年々膨大になりつつあり、救済制度の改善が必要となった。

このため、現行商法上とられている委付主義を改善し、金額責任主義をとる等、船舶の所有者等の責任制度を改善することを内容とする「海上航行船舶の所有者の責任の制限に関する国際条約（船主責任制限条約）」が1957年に採択された。さらに、前記トレーキャニオン号の事故を契機として、油濁損害が一般の事故に比して、その損害額が巨大になるこ

とにかんがみ、被害者の一層の保護を図ることを目的として「油による汚染損害についての民事責任に関する国際条約（油濁民事責任条約）」が1969年に採択されたが、引き続いてこの条約を補足する意味で、条約採択時点における決議に基づき、1971年に油濁損害の被害者の保護の一層の徹底と船舶所有者の追加的負担を救済することを目的とした「油濁損害補償のための国際基金の設立に関する国際条約（基金条約）」が採択された。

以上のように、海洋汚染に関連する国際的な協調の姿勢は国際条約という形で実を結んでいる。従って、今後はこれらの条約に対する全世界的な加盟の促進が重要な課題となる。

これらの条約に対するわが国の対応を簡単に記しておくとして、まず、一つの柱である船舶による海洋汚染の防止に関する条約については、1971年改正条約及び1973年条約並びにダンプン条約を除いてすでに批准し、「海洋汚染防止法」という形で国内法化している。つぎに二つめの柱である事故の場合における迅速な対応を目的とする条約については、1969年の公法条約はすでに批准済みで、前記「海洋汚染防止法」中に対応する規定をおいてあり、1973年の公法議定書は1973年条約と一体的に考える必要があることから、今後の問題として残されている。

最後に三つめの柱である汚染による被害の補償等に関する条約については、1957年の船主責任制限条約は「船舶の所有者等の責任の制限に関する法律」として、1969年の油濁民事責任条約及び1971年の基金条約は一体化し「油濁損害賠償保証法」として前76国会において批准、国内法化が図られたところである。

この結果、わが国が今後の問題として残している最大の課題は、1973年条約に対する早期の批准、国内法化であるが、この条約は数多くの解決されなければならない問題を含んでおりその道はけわしい。

次に、この1973年条約の詳しい内容と、留意されるべき課題のうち主要なものについて述べて行くこととする。

### 3. 1973年条約の内容

海洋環境保護の一層の推進を図る目的で、1973年10月から11月にかけて、ロンドンでIMCO（政府間海事協議機関）の主催のもとに海洋汚染に関する国際会議が開催された。

本会議にはわが国を含む79か国（うちオブザーバ

ー8か国）が参加し、熱心な討議の後、1973年条約を採択した。

#### (1) 全体の構成

条約は本文と五つの ANNEX（附属書）からなっているが、それぞれ以下の事項を規定している。

- 本文 適用範囲、罰則、改正手続等一般的な規定
- ANNEX I 油（石油類）による海洋汚染防止に関する規定
- ANNEX II ばら積有害液体物質による海洋汚染防止に関する規定
- ANNEX III 包装積有害物質等による海洋汚染防止に関する規定
- ANNEX IV 船舶で生ずる汚水による海洋汚染防止に関する規定
- ANNEX V 船舶で生ずる廃棄物による海洋汚染防止に関する規定

本条約は海洋汚染防止にとって、まさに画期的な条約といえるが、条約の構成は上記のようにその実体的な規制内容はすべて ANNEX に譲られ、ANNEX にはそれぞれ必要に応じ、さらに APPENDIX（付録）をつけ、本文、ANNEX、APPENDIX と段階を分けることにより、実体規定の改正が比較的容易にできるように改正規定が定められている。

また、ANNEX I 及び II は海洋汚染防止にとって特に重要であるという認識にたち、批准する際には、本文と合せて一体的に行わなければならない強制 ANNEX としている。また、ANNEX III, IV, V はそれぞれ各国でその採用が選択できる選択 ANNEX となっている。

各 ANNEX の内容は、理解しやすくするため、現行の海洋汚染防止法と比較した一覧表で示すこととするが、従来の条約と異なる主要な点または基本的な事項について本文から抜き出してみると、以下の通りである。

#### (2) 本文の規定

- 原則として対象船舶は、軍艦を含め公船には適用されないが、その他の全ての船舶及び海洋掘削船、fixed or floating platform に適用される。
- 条約の違反に対する処罰等の措置は原則として旗国主義のたてまえをとっている。ただし外国船を取締り得る範囲は、従来の「領海」とい

う表現から「管轄権内で (within its jurisdiction)」という表現に統一され、この「管轄権」の及ぶ範囲は、その時点における有効な国際法(具体的には海洋法)による旨が規定されている。

- 船舶に対し大幅に構造、設備等に関する規定が設けられたことから、これを担保するため、各国政府は検査を実施し、国際証書を発給することとなったが、この証書の所持船等に対する出港停止、入港拒否等とり得べき措置について明確な規定がおかれたほか、この条約の非締約国船に対しても特にこの条約の規定を免除すべきでないことが明文化されている。
- 本条約の発効要件は全世界船腹量の50%以上となる15か国が批准した日から1年後となっている。(本年1月末現在批准国はケニア、ジョルダンの二か国である)
- このほか、日本語が公式訳語として初めて採用されることとなった。

### (3) 各 ANNEX ごとの内容(海洋汚染防止法との比較)

各 ANNEX の主要な規定は末尾の一覧表の通りである。

## 4. MEPC (海洋環境保護委員会)

以上のように、1973年条約は極めて多岐にわたる規定を包含しており、各国ともこの条約に対応して批准に至るまでには相当な努力と困難が予想される。

一方、この条約中の各種規制の基準の細目はIMCOにおいて決定することになっている。

このような理由からIMCOにこの条約を専門的に検討するための何らかの組織が必要となり、1973年11月IMCO総会において、従来MSC(海上安全委員会)のもとにあった海洋汚染小委員会を発展的解消し、その代りとして設置されたのが、標記MEPCなのである。従ってMEPCは、この条約の早期発効に向って提起される各種の問題を検討するとともに、条約上必要な船舶の構造、設備等の技術開発の促進と情報の交換を行う場としている。

49年3月及び11月、50年6月及び10月と現在までに既に4回(各一週間)の会議を開催し、かつ今年5月には第5回が予定されている。わが国も第1回から全て参加し、積極的な協力を努めている。

各会議ごとの主要な検討事項を整理すると以下の

通りである。

### (1) 第一回会議(昭和49年3月4日~8日)

議長 P. Eriksson (スウェーデン)

参加国 38 参加機関 18

議事の概要

- 議事手続規則を採択し、年2回の開催、定足数等を決定した。
- EMP Cの権限の範囲を技術的事項に限定することとした。
- 条約中の要件に関する検討プログラムを作成した。
- 1973年の「公法議定書」にいう有害物質のリストの検討を行った。

### (2) 第二回会議(昭和49年11月18日~22日)

議長 P. Eriksson (スウェーデン)

参加国 41 参加機関 16

議事の概要

- 「公法議定書」の有害物質のリストを作成、決定した。
- 油水分離器、油分濃度計の開発状況の情報交換及び性能基準の改正を検討した。
- 汚水処理装置に関し、詳細な質問状を各国に回章することを決定した。
- 条約の早期批准のため技術シンポジウムを昭和51年3月メキシコのアカプルコで開催することを決定した。

### (3) 第三回会議(昭和50年6月23日~27日)

議長 P. Eriksson (スウェーデン)

参加国 38 参加機関 12

議事の概要

- 油に関する受入施設の整備についての基本方針を決定した。
- 油水分離器、油分濃度計の性能基準の改正に関する検討を進めた。
- 有害液体物質の排出方法と設備についての検討を開始した。
- 条約規制の効力の改善方法として、油積地港検査の有効性を検討した。
- 「公法条約」「公法議定書」に基づく措置に関するガイドライン作りを開始した。
- 既存船に対する分離バラストタンクの採用問題が提起された。

### (4) 第四回会議(昭和50年10月20日~24日)

議長 P. Eriksson (スウェーデン)

参加国 41 参加機関 16

## 議事の概要

- 油に関する受入施設について有害液体物質に関する受入施設に関する基本的検討事項を定めた。
- 油水分離器、油分濃度計の性能基準に関する検討を前回に引き続き進めた。
- 海洋汚染分野全般に係る技術協力について評議会を設け討議した。
- 有害液体物質の排出方法と設備についての検討を前回に引き続き進めた。
- 船舶から生じる汚水の処理プラントの放流水の基準案を作成した。
- 既存船に対する分離バラストタンクの採用について若干の討議をし、各国からコメントを提出することとなった。

## 5. 今後の課題

1973年条約の発効までには数多くの問題が残されているが、中でもとくに問題視されており、検討が急がれている事項は以下のとおりである。

### (1) 陸上受入施設の整備

条約の規定では、排出（廃棄）基準に従って、排出（廃棄）不可能な残留物等の最終的な処理施設として、陸上受入施設が義務付けられている。この義務付規定は、油、有害液体物質、汚水、廃棄物についてであり、必要に応じ積地港、揚地港及び船舶修繕港に整備する必要がある。とりわけ、1973年条約上、とくに環境保全が問題視されている特別海域においては陸上受入施設の設備は条約発効上必須の条件となっており、とくに廃油処理施設の整備期限は1977年1月1日までと限定されている。

しかしながら、このような特別海域の沿岸国は一般的に海洋汚染防止技術に関しては後進国が多く、処理技術、適正な施設規模等に関し、先進国の積極的な協力が必要でなる。

こういった観点から、IMCOにおいては、受入施設の問題を専門に、かつ早期に検討し、整備指針を作成するための Ad-Hoc W. G を MEPC の下に設置するとともに、受入施設の整備は早期にこれを行うことが1973年条約の発効につながることから、総会決議を出すことになっている。

わが国についていえば、油に関する受入施設の整備はほぼ目途が立っているとはいえ、とくに有害液体物質に関する施設は白紙に近い状態であり、整備方針を早期に確立して整備の推進につとめることが今後の課題であろう。

### (2) 油水分離器、油分濃度計の開発

条約上油の排出規制に関する規定として、一定の船舶について船内貯留（R. O. B）設備、ビルジ排出監視及び制御システム等が義務付けられている。

また、これら設備を構成する主要器機である、油水分離器、油分濃度計の要求仕様はIMCOが定めることとなっており、この仕様に基づく試験を主管庁が行い、それに基づき器機の承認を与えることとなっている。

この仕様に関しては、1969年改正条約にほぼ同様の規定があるところから、総会決議（A 233）として作成されたものがあり、この仕様を1973年条約用に修正しなおすこととしている。1969年改正条約に対する違いは前述のように、油の範囲が重質油から軽質油に拡大されたこと、排出基準が厳しくなったこと等であるが、この点に関し A233 を相当修正することが必要となってくる。

同時に、この仕様は今後油水分離器、油分濃度計の開発を行ううえでの目標値となり、早期に内容を決定する必要がある。この問題に関しても、検討事項がきわめて技術的、専門的になることから、現在MEPCの下に Ad-Hoc W. G を設置し、精力的にその検討を進めてきた。

なお、第四回MEPCにおいて、ほぼその案ができたので、後は若干の修正ののち第五回MEPCにおいて決定のはこびとなる予定である。

### (3) 有害液体物質の排出に関する方法と設備

油以外の有害液体物質で、ばら積輸送される物質については、それぞれ危険度に応じ、A、B、C、Dの4分類と非適用液体とに分けられていることはすでに述べたとおりである。このうち、B類、C類物質の海中への排出については主管庁の承認を受けた方法及び設備による必要があり、この方法と設備に関する承認はIMCOが定める基準に基づいてなされることとなっている。

したがって、IMCOにおいて早期にこの基準を作成することが必要であるが、有害液体物質を海水中に排出した場合、それがいかに拡散し、希釈されるか明確な結論に達するまでには、解決せねばならない多くの問題が残されている。この問題を検討するため、第三回MEPCにおいて、新たに Ad-Hoc W. G が設置され、各国が協力して検討を重ねていくこととなった。

わが国においても、現在船舶技術研究所等でこの問題究明に取り組んでおり、IMCOにおける基準作りにはわが国の意見を反映させるよう努力すると

もに、輸送実体等の把握に努めている。

#### (4) 検査体制の整備

1973年条約を批准し、国内法化していくうえで、各種の技術開発上の問題点のほかに、検査体制の整備がある。

1973年条約は海洋汚染防止のための各種の行為規制のほかに、船舶の構造、設備、備品、装置等に関し数多くの規定があり、これらが十分担保されているかどうかをチェックする必要がある。このため、船舶が航行の用に供される前に初回検査を、5年以内に定期検査を、とくに重要な構造、設備については30か月以内に中間検査を行うこととなっており、規定が十分担保されていることを確認のうえ、国際汚染防止証書（油、ばら積有害液体物質、污水）が発給される。

このほか、とくに、ばら積有害液体物質については、タンク・クリーニング検査に関する規定がありこれらの検査は主官庁の官吏または委任を受けた正当な機関が行うこととなっている。したがって、条約発効までの国内体制の整備として検査体制について十分なる準備が必要である。

#### おわりに

海はありがたいものである。

その存在そのものが、直接的、間接的に我々人類

に対して、貴重な役割を果している。

海上交通の場として、豊富でかつ多種多様な海洋資源を供給してくれる場として、あるいは健全なレクリエーションの場として、また時にはすばらしい景色で我々の心を和ませてくれるものとして……。

しかしながら、我々は、ともすればこれらの恩恵をごく当然のように受けとめ、そして、海は全てを浄化してくれるものだという安易な気持をさえ持ちがちである。

「水に流す」といった言葉はよく使われるが、確かに浄化力がある範囲内においては、「海に捨てる」ということで全てが解決してしまった時もあったかも知れない。

だが、人間が増え、経済力もあがり、重化学工業化が進展し、我々の消費水準も向上するにつれて、その結果として、実に膨大な量の廃棄物がいろんな形で生じることとなったこのごろ、それらによる生活環境、自然環境の破壊は深刻な問題としてとりあげられるようになってきた。

なかでも、とりわけ海はこれら廃棄物の最終的な「捨て場所」として扱われた結果、今や各所で深刻な問題を露呈している。

あたりまえのことであるが、我々が汚した海は我々がきれいにする責任があり、かつ、これ以上の汚染の進行はもはや許されないことである。（完）

---

#### ロンドン短信

---



#### ■ブリティッシュ・ペトロリアム社の海底油田掘削タワー

B/P社では、現在、北海に3基のオイル・タワーを配備し、日産8万バレルの原油を採取している。写真はその3基のオイル・タワーのひとつグレイスロップ1で、高さは210m、クレーン、ヘリポート等を有している。

同社では、1977年中頃までにこの海域で、日産40万バレルの採取を予定しているという。

■1973年海洋汚染防止条約の ANNEX (附属書)

① ANNEX I (油に関する規定)

項 目		1 9 7 3 年 条 約	海 洋 汚 染 防 止 法
規制の対象となる油		すべての石油類	原油, 運輸省令で定める重油, 潤滑油
規制の対象となる船舶		すべての船舶(軍艦, 海軍補助船及び公用船を除く)	すべてのタンカー及び300G/T以上のノンタンカー(捕鯨船を除く)
排 海 域 外 (注1参照)	タンカーからの油, 油性混合物の排出	次の条件をすべて満たすこと ① 距岸50海里を超えていること ② 航行中であること ③ 油分の瞬間排出率 60L/mile 以下であること ④ 排出総油量が貨物総量の15,000分の1以下(新造船については, 30,000分の1以下)であること ⑤ 油排出監視制御システム及びスロップタンク設備が作動中であること	次の条件をすべて満たすこと ① 距岸50海里を超えていること ② 航行中であること ③ 油分の瞬間排出率 60L/mile 以下であること ④ 排出総油量が総貨物艙積載容積の15,000分の1以下であること
	タンカーの機関室ビルジからの及び 400 G/T 以上のノンタンカーからの油, 油性混合物の排出	次の条件をすべて満たすこと ① 距岸12海里を超えていること ② 航行中であること ③ 油分が 100ppm 未満であること ④ 油排出監視制御システム, 海水分離装置, 油フィルタリングシステム又はその他の装置が作動中であること	次の条件をすべて満たすこと ① 海岸からできる限り離れていること ② 航行中であること ③ 油分が 100ppm 未満であること ④ 油分の瞬間排出率が 60L/mile 以下であること
	タンカー及び 400G/T 以上のノンタンカーからの油, 油性混合物の排出	排 出 禁 止	同 上
基 準 海 域 内	400G/T 未満のノンタンカーからの油, 油性混合物の排出	油分が 15 ppm 以下であること 又は, 次の条件をすべて満たすこと ① 距岸12海里以遠で, 海岸からできる限り離れていること ② 航行中であること ③ 油分が 100ppm 未満であること	同 上
	適 用 除 外	① 船舶の安全の確保又は人命の救助のためにした排出 ② 故意のなかったこと及び排出防止, 減少のためのすべての適当な措置がとられることを条件とした, 船舶又はその設備の損傷に起因する排出 ③ 特殊な汚染事故に対処する目的で損傷の減少のためになされた排出であって, 主管庁が承認したもの	① 船舶の安全の確保, 船舶若しくは積荷の損傷の防止又は人命の救助のためにした排出 ② 船舶の損傷その他やむを得ない原因により排出された場合において引き続き排出を防止するための可能な一切の措置をとったときの排出

項 目	1 9 7 3 年 条 約	海 洋 汚 染 防 止 法
船体構造、設備に関する規制（注2参照）	<p>① 70,000D/W以上の新造タンカーは、一定のバラスト要件に合致する分離バラストタンク（S. B. T）を備えること</p> <p>② 150G/T以上のタンカー（短距離内航タンカー及びアスファルト・タンカーを除く）は、以下のすべての要件に従った船内貯留（R. O. B）設備を備えること</p> <p>(a) スロップタンクへの移替のための設備を備えること</p> <p>(b) スロップタンク（70,000D/W以上のタンカーについては、2個以上）を備えること</p> <p>(c) 主管庁により承認された油排出監視制御システムを備えること</p> <p>(d) 主管庁により承認された油水境界面検出器を備えること</p> <p>(e) 主管庁により承認されたマニュアルにより、(a)～(d)の設備を操作すること</p> <p>③ 400G/T以上の船舶は、油水分離装置（100ppm用）又は油フィルタリングシステム（100ppm用）を備えること。ただし、10,000G/T以上の船舶については、更に油排出監視制御システムを備えるか、又は油水分離装置（100ppm用）に加えて油フィルタリングシステム（15ppm用）を備えること</p> <p>④ 400G/T以上の船舶は、スラッジタンクを備えること</p> <p>⑤ すべてのタンカーの油性汚水排出のためのポンピング、配管及び排出設備は一定の要件に合致すること</p> <p>⑥ タンクサイズは、流出油量が一定量以下となるようなものであること</p> <p>⑦ すべての新造タンカーは、一定の損傷が生じた場合に一定の区画及び損傷時復原性基準を満足する構造であること</p>	<p>すべてのタンカー及び300G/T以上のノンタンカーは、ビルジ排出防止装置を備えること</p>
検査及び証書の発行	<p>① 150G/T以上のタンカー及び400G/T以上のノンタンカーは、構造、設備等について検査を受けること</p> <p>② ①の検査に合格した150G/T以上の外航タンカー及び400G/T以上の外航ノンタンカーに対しては、国際汚染防止証書が発行される</p>	<p>—</p>



項 目	1 9 7 3 年 条 約	海 洋 汚 染 防 止 法
受入施設の整備	<p>各締約国政府は、以下の場所に適切な受入施設を整備すること</p> <p>(a) 72時間以下又は1,200海里以下のバラスト航海を終了した油タンカーに原油を船積みする港及びターミナル</p> <p>(b) 1日平均1,000tを超える量の原油以外のばら積み油を船積みする港及びターミナル</p> <p>(c) 船舶修理場又はタンク洗浄施設を有する港</p> <p>(d) スラッジタンクを備え付けた船舶を扱う港及びターミナル</p> <p>(e) 排出基準に従って排出することのできない油性ビルジ及びその他の廃油に関係を有する港</p> <p>(f) 排出することのできない兼用船からの廃油に関係するばら積み貨物の船積み港</p>	<p>① 運輸大臣は、一般の需要に適合する廃油処理施設の能力が十分に存しないと認められる場合は、港湾管理者等に対し、所要の施設を整備すべきことを勧告することができる。国は、必要があると認めるときは、港湾管理者に対し、廃油処理施設の整備費用の10分の5を補助するものとする</p> <p>② 国は、廃油処理施設の設置又は改善に必要な資金の確保、技術的な助言その他の援助に努めるものとする</p>

② ANNEX II (有害液体物質に関する規定)

規制の対象となる液体物質	<p>海中に排出された場合、海洋資源若しくは人体に危害を及ぼし、又は海洋の快適性その他の適法な利用に害を及ぼす液体物質で、その有害性に応じ、A類、B類、C類及びD類に分類されたもの又はこれら以外のもので締約国政府により上記の4類のいずれかに仮査定されたもの</p>	<p>カドミウム、有機リン、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、シアン、アルキル水銀、PCB</p> <p>(液体物質は、シアン化合物及びPCBのみ)</p>
規制の対象となる船舶	すべての船舶	すべての船舶
排出基準	<p>特別海域</p> <p>A類又はA類と仮査定された物質</p> <p>排出禁止。ただしタンク洗浄により許容残存濃度以下になるまで残留物を陸揚げし、かつ、タンクを空にした後タンク総容量の5%以上の水でうすめた場合であつて、次の条件をすべて満たす場合は、排出してよい</p> <p>(a) 7ノット(非自航船にあつては4ノット)以上で航行中であること</p> <p>(b) 喫水線下で排出すること</p> <p>(c) 距岸12海里以遠で、かつ、水深25m以上の海域に排出すること</p>	<p>① 運輸省令で定める基準以上に上記の有害物質が含まれている洗浄水等は、排出禁止</p> <p>② ①の基準以下の洗浄水で、その水質が総理府令・運輸省令(未制定)で定める基準に適合しない洗浄水等については、次の海域以外の海域で排出すること</p> <p>(a) 港則法に基づく港の区域</p> <p>(b) 低潮線から1万m以内の区域</p> <p>(c) 港則法の港の境界外1万m以内の海域</p> <p>(d) 伊勢湾</p> <p>(e) 瀬戸内海</p> <p>(f) 環境庁長官が指定するその他の海域(未指定)</p> <p>③ ①及び②以外の貨物船洗浄水については、②(f)以外のすべての海域で</p>
	<p>除外</p> <p>B類又はB類と仮査定された物質</p> <p>次の条件をすべて満たすこと</p> <p>(a) 7ノット(非自航船にあつては4ノット)以上で航行中であること</p> <p>(b) 後部航跡中の濃度が1ppm以下となるような排水濃度及び排出率を担保する主管庁が承認した排出方法及び設備によること</p>	

項 目	1 9 7 3 年 条 約	海 洋 汚 染 防 止 法
	(c) 最大排出量が1m <sup>3</sup> 又はタンク容積の1/3,000のうち大きいもの以下であること (d) 喫水線下で排出すること (e) 距岸12海里以遠で、かつ、水深25m以上の海域に排出すること	排出しうる
	C類又はC類と仮査定された物質 次の条件をすべて満たすこと (a) 7ノット（非自航船にあつては4ノット）以上で航行中であること (b) 後部航跡中の濃度が10ppm以下となるような排水濃度及び排出率を担保する主管庁が承認した排出方法及び設備によること (c) 最大排出量が3m <sup>3</sup> 又はタンク容積の1/1,000のうち大きいもの以下であること (d) 喫水線下で排出すること (e) 距岸12海里以遠で、かつ、水深25m以上の海域に排出すること	
特別海域内	A類又はA類と仮査定された物質 許容残存濃度が特別海域外における排出のその1/2となる以外は、特別海域外における排出基準と同じ	
	B類又はB類と仮査定された物質 次の条件をすべて満たすこと (a) 揚荷後、タンク容積の5%以上の水で洗浄し、かつ、タンクが空になるまで残留物を陸揚げすること (b) 特別海域外における排出基準と同じ	
	C類又はC類と仮査定された物質 特別海域外におけるB類又はB類と仮査定された物質の排水基準と同じ	
すべての海域	D類又はD類と仮査定された物質 次の条件をすべて満たすこと (a) 7ノット（非自航船にあつては4ノット）以上で航行中であること (b) 水分に対し10分の1以下の濃度であること (c) 距岸12海里以遠の海域に排出すること	'''
構造、設備の規制	① 排出の方法及び設備は、機関が作成した基準に基づいて主管庁が承認したものであること ② 船舶の設計、構造、設備及び作業は、物質の抑制不能な排出を最少にするようなものであること ③ 船舶の設計、構造、設備及び作業は、各締約国政府が定める条件に合致	

項 目	1 9 7 3 年 条 約	海 洋 汚 染 防 止 法
	<p>すること</p>	
<p>受入施設の整備</p>	<p>各締約国政府は、次の場所に受入施設を整備すること</p> <p>(a) 搬荷及び揚荷を行う港及びターミナル</p> <p>(b) ケミカルタンカーの修理が行われる修理港</p>	

③ ANNEX III (包装積有害物質に関する規定)

<p>規制の対象となる物質</p>	<p>海中に排出された場合、海洋資源若しくは人体に危害を及ぼし、又は海洋の快適性その他適正利用に害を生ずる物質で、包装して、又はフレートコンテナ、ポータブルタンク若しくは道路鉄道用のタンク車に収納して輸送されるもの</p>	<p>—</p>
<p>排 出 規 制</p>	<p>① 規制対象物質を投荷により排出することは、禁止</p> <p>② 有害物質の漏出物を船外に洗浄排出することを規制するため、その物理的、化学的及び生物的特性に基づいた適切な措置がとられなければならない</p>	<p>—</p>
<p>包装、積付け等に関する規制</p>	<p>① 包装、フレートコンテナ、ポータブルタンク及び道路鉄道用のタンク車は、その特殊な内容物に起因する海洋環境への危険を最小にする上で適切なものであること</p> <p>② ①の包装等については、専門的用語を用いてその内容を永続的に表示し、更に内容が有害であることを明示すること</p> <p>③ 荷送人の出した船積書類には、適正に包装、表示されている旨の証明書等が付されていること</p> <p>④ 船舶にある有害物質及びその位置を示す特別の一覧表又は積荷目録が作成されていること</p> <p>⑤ 有害物質は、適正に積付けられていること</p> <p>⑥ 特定の有害物質は、十分な科学上、技術上の理由により、輸送を禁止するか、又は積載量を制限できる</p>	<p>—</p>

④ ANNEX IV (船舶で生ずる汚水に関する規定)

項 目	1 9 7 3 年 条 約	海 洋 汚 染 防 止 法	
規制の対象となる汚水	① あらゆる形のトイレット、小便所及びWCスカッパからの排水及び汚物 ② 医療関係区域から、及びこれらの区域内にある洗面器、洗面たらい、スカッパを通じて排出される排水 ③ 生きている動物の入っている場所からの排水 ④ ①～③の排水と混合した他の汚濁水	船舶内にある船員その他の者の日常生活に伴い生ずるふん尿	輸送活動その他の船舶の通常の活動に伴い生ずる汚水
規制の対象となる船舶	① 200G/T以上の船舶 ② 最大搭載人員が10人を超える船舶	最大搭載人員が 100人以上の船舶	すべての船舶
排 出 基 準	次のいずれかの場合であること (a) 次の条件を満たす場合 ① 距岸12海里を超える海域に排出すること ② 距岸4海里を超え、12海里以内の海域においては、主管庁の承認したシステムを使用して粉碎し、及び消毒すること ③ ①又は②のいずれの場合もホールディングタンクに貯蔵した汚水については、4ノット以上で航行中に主管庁の承認した比率で排出すること (b) IMCOの定める基準及びテスト方法に基づいた操作要件に適合すると主管庁が証明する承認された汚水処理プラントを操作中の場合であって、当該プラントのテスト結果が国際汚染防止証書に記載されており、流液が周囲の海水に視認しうる浮遊固体及び変色を生じさせない場合 (c) 船舶がある国の管轄権の下にある水域にあり、当該国により課されるより緩やかな要件に従って汚水を排出する場合	次の条件のいずれかを満たすこと (a) 運輸大臣が定める技術上の基準に適合するふん尿処理装置により処理されたものであること (b) I 港則法の港の区域 II 低潮線から1万m以内の海域 III 港則法の港の境界外1万m以内の海域 IV 伊勢湾、及び V 瀬戸内海においては、次の条件をすべて満たすこと ① 粉碎すること ② 海面下に排出すること ③ 航行中であること	水質が運輸省令に適合するものであること
受入施設の整備	各締約国政府は、使用船舶の必要に応じ、港及びターミナルに適切な受入施設を整備すること	—	

⑤ ANNEX V (船舶で生ずる廃棄物に関する規定)

項 目	1 9 7 3 年 条 約		海 洋 汚 染 防 止 法		
規制の対象となる廃棄物	生鮮魚及びその一部を除き、船舶の通常の運航に伴って生じ、かつ、継続的又は周期的に処理されがちなすべての種類の食生活上、船内生活上及び運航上生ずる廃棄物		船舶内にある船員その他の者の日常生活に伴い生ずる廃棄物	輸送活動その他の船舶の通常の活動に伴い生ずる廃棄物	
規制の対象となる船舶	すべての船舶		最大搭載人員100人以上の船舶	すべての船舶	
排 出 基 準	廃棄物名	特別海域外	特別海域内	(a) 港則法の港の区域 (b) 低潮線から1万m以内の海域 (c) 港則法の港の境界外1万m以内の海域 (d) 伊勢湾、及び (e) 瀬戸内海の海域(以下「特定海域」という)においては、次の条件をすべて満たすこと (a) 熱しゃく減量15%以下の状態にして排出すること (b) 比重1.2以上の状態にして排出すること (c) 粉末のまま排出しないこと (d) 3ノット以上で航行中であること	次の条件をすべて満たすこと (a) 熱しゃく減量15%以下の状態にして排出すること (b) 比重1.2以上の状態にして排出すること (c) 粉末のまま排出しないこと (d) 領海の基線から50海里を超える海域(C海域)に排出すること (e) できる限り速やかに海底に沈降し、かつ、堆積するよう必要な措置を講ずること
	プラスチック	排出禁止	排出禁止		
	ダンネージライニング包装物質	距岸25海里未満の海域は、排出禁止(ただし、ダンネージは浮遊性をもつものに限る)	排出禁止		① 木くずについては、次の条件をすべて満たすこと (a) 最大径概ね15cm以下に破碎し又は切断したものであること (b) 航行中であること (c) C海域に排出すること ② 木くず以外のものについては、次の条件をすべて満たすこと

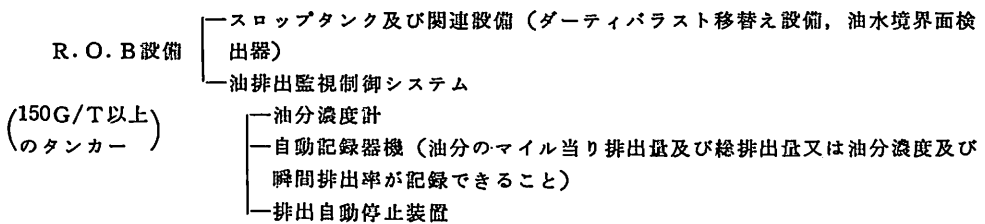
項 目	1 9 7 3 年 条 約		海 洋 汚 染 防 止 法	
				(a) 熟しゃく減量 15%以下の状態 にして排出する こと (b) 比重1.2以上 の状態にして排 出すること (c) 粉末のまま 排出しないこと (d) C海域に排 出すること (e) できる限り速 やかに海底に沈 降し、かつ、堆 積するよう必要 な措置を講ずる こと
食物くず	次の場合を除き、排 出禁止 (a) 距岸12海里以 遠の海域におけ る排出 (b) 距岸3海里以 上12海里未満の 海域における、 25mm以下の開口 のスクリーンを 通過できるよう 粉碎機又は圧碎 機を通し、粉碎 し、又は圧碎し たものの排出	距岸12海里未満の海 域においては、排出 禁止	特定海域では、次の 条件をすべて満たす こと (a) 粉碎して排出 すること (b) 航行中である こと	
紙くず、ぼ ろきれ等	同 上	排 出 禁 止	特定海域では、次の 条件をすべて満たす こと (a) 熟しゃく減量 15%以下の状態 にして排出する こと (b) 比重1.2の状 態にして排出す ること (c) 粉末のまま 排出しないこと (d) 3ノット以上 で航行中である こと	次の条件をすべて満 たすこと (a) 熟しゃく減量 15%以下の状態 にして排出する こと (b) 比重1.2以上 の状態にして排 出すること (c) 粉末のまま 排出しないこと (d) C海域に排 出すること (e) できる限り速 やかに海底に沈 降し、かつ、堆

項 目	1 9 7 3 年 条 約		海 洋 汚 染 防 止 法	
				積するよう必要な措置を講ずること
ガラス、空 びん、金属、 陶磁器等	同 上	排 出 禁 止	次の条件をすべて満たすこと (a) 浮遊しないようにして排出すること (b) 航行中であること	次の条件をすべて満たすこと (a) 比重1.2以上の状態にして排出すること (b) 粉末のまま排出しないこと (c) C海域に排出すること (d) できる限り速やかに海底に沈降し、かつ、堆積するよう必要な措置を講ずること
受入施設の整備	各締約国政府は、使用船舶の必要に応じ、港及びターミナルに受入施設を整備すること		—	

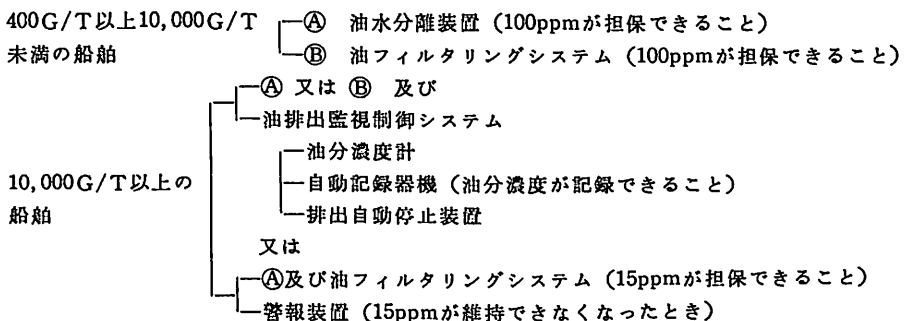
注1. 特別海域とは、附属書I及びVについては地中海海域、バルチック海海域、黒海海域、紅海海域及びガルフ海域を、附属書IIについてはバルチック海海域及び黒海海域をいう。

注2. 主要な諸設備の概要は、以下のとおりである。

バラストの排出



ビルジの排出



# NKコーナー

## 昭和51年度第1回技術委員会

標記の技術委員会が、2月9日、日本工業クラブで開催され、鋼船規則及び同検査要領等の改正案について審議が行われ、いずれも承認されたほか、NK業務に関する諸報告が行われた。

### 1. 鋼船規則及び同検査要領の改正

船の長さ(L)のとり方(規則A編2章)、及び高張力鋼を使用する場合の部材寸法軽減(規則C編15章及び検査要領)についての改正を行った。

### 2. 材料試験機関係規則及び同検査要領の改正

船用材料試験機規則及び材料試験機規則の全面書き換え改正を行った。

今回の改正により、船用材料試験機規則の適用を受ける試験機については、第1回の検査で構造、機能、精度について十分徹底した検査を行い、第2回以降の検査では、その整備の実情に応じた弾力的な検査方法を採用することとなった。特に、新型式の試験機の第1回の検査の際には、試験、検査の方法をあらかじめ十分調査検討し、指定するようにした。この機会に、従来の細則を改めて検査要領とした。また、船用以外の一般試験機を対象とした材料試験機規則については、大きな改正はないが、新たに検査指針として検査要領を作成し、新しい分野の試験機についても検査を行うことを明示した。

### 3. 海上コンテナ規則の改正

ISOの draft international standard の内容をとり入れた諸改正のほか、量産コンテナに対する検査を工場の品質管理に重点を置いた検査方法に改めることとした。また、「安全なコンテナのための国際条約(CSC)」の発効に備え、締約政府により付与された権限に基づいて、コンテナの試験及び認定を行うための根拠規定を設けた。

### 4. 報告

昭和51年の技術業務計画(技術関係規則の制定、改正計画、コンピュータ関係プログラムの開発計画及び技術研究所における研究計画)について報告した。

## 造船工業会基準部会との懇談会

日本造船工業会技術委員会基準部会(大手造船8社の基本設計部長によって構成)との懇談会は、毎年1~2回開催されているが、本年も1月30日、N

K本部で開催された。国安委員長(IHI)をはじめ、日立、IHI、川重、三菱、三井、鋼管、住重、佐世保及び造工関係者15名と、NK側から秋田常務理事以下関係者12名が出席した。当日の話題の主なものは次のとおりで、それぞれに対して、活発できたんのない意見が交換された。

- (1) NK規則、規準の制定及び改正の動向
- (2) ガスタンカー、ケミカルタンカーの適用規則、特にIMCOコードとUSCG規則との関係
- (3) 最近のNK国際活動の状況
- (4) 最近の船体損傷の傾向

## ケミカルタンカーの検査等に関する取扱について

このほど、NK船級船でIMCO危険ケミカルばら積船構造設備規則(以下IMCO規則という)の規定を満足するように計画されるケミカルタンカーの適用規則及びNKの登録検査等(NK船級船として就航中であっても、新たにIMCO規則の適用を受けようとする場合を含む)に関する取扱方が定められた。

この取扱は、運輸省がケミカルタンカーに対し、IMCO規則に基づき適合証書を発給することを定めたことに関連して定めたものである。

外国籍ケミカルタンカーについては、実際に証書発行の申し込みがあった時点で、所属国政府と折衝して定めることになっている。ただし、キプロス政府は、すでにNKにその発行権限を与えている。

現在、IMCO規則を全面的にとり入れるための鋼船規則の改正作業を行っており、この取扱はそれまでの暫定的なものである。

## “NKニュース”創刊

船級船の著しい増加、特に外国籍船の急増に対応して、NKの活動の実態を広く関係業界に理解願うため、積極的な努力を続けてきた。

その一環として、従来 Annual Report, NK Overseas 及び日本海事協会会誌を定期的に刊行してきたが、この程新たに国内関係者を対象とする“NKニュース”を創刊した。

“NKニュース”は、B5版、4ページ建て、季刊として発行し、関係者に逐次NK業務に関する情報を提供することを目的とするものである。



# カーフェリーボート設計の周辺

<1>

Some incidental factors for Basic Design of Car Ferry Boat

by Naonosuke Takarada

宝 田 直 之 助

住友重機械工業船舶本部技師長

## 緒 言

カーフェリーボートの発展にともない、往時は1部連絡船建造所の特技であった設計、建造技術も今や一般的なものとなった。この間運輸省の指導のもとに各種の研究委員会、設計委員会が開催され、安全対策、設計指導書などが発行されるとともに、それぞれの専門分野についての研究結果はカーフェリーボートの特徴を明らかにし、一般的な船舶設計の技術水準があればカーフェリーボートの設計にはさして困難を感じないまでに発展した。

本稿ではこれらの専門分野については前記の文献によることとし、設計には直接関係はないが、設計者として心得ておいた方がよさそうなことを適当とは思えないが“設計の周辺”と題して述べることにする。その目的とする所は新しいカーフェリーボートの摸索である。

## 1. カーフェリーボートは省エネルギー輸送手段か

船舶輸送は大量輸送の特徴により省エネルギー輸送手段であることは疑う余地がない。しかし輸送の理想である“より速く”“より安全に”“より経済的に”の3原則に対して、“より速く”に厚い壁のある船舶輸送で“大量”を犠牲にして“速く”を求めるカーフェリーボートは果して船舶輸送の特徴を全面的に活用しているのだろうか。本章では運輸部門のエネルギー消費の観点から考察し、カーフェリーボートのエネルギー効率について考察してみる。

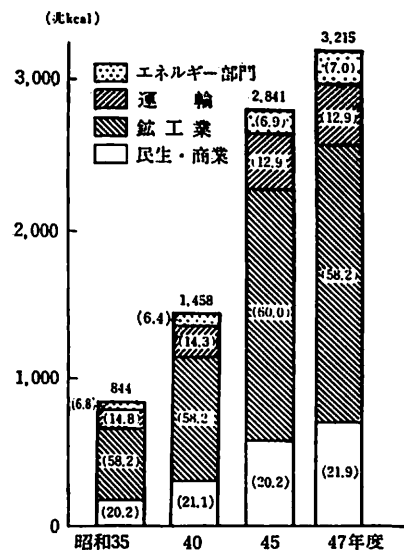
もちろん前記輸送の3原則はたがいに相影響し、単独では論ずることはできないものであり、また輸送機関の評価はこれらの総合で行われる。以下使用の資料は政府刊行物に記載されているものであるが、それからの変形とともにあえて掲載することにする。

### 1.1 運輸におけるエネルギー消費の動向

昭和30年代以降の高度経済成長時代は別名資源・エネルギーの多消費時代ともいわれるが、わが国のエネルギー消費の部門別推移は図1.1に示した通りである。図でわかることは絶対量は大幅に増大しているが、部門別の構成比には大きな変化はみられない。このことは過去十数年間産業構造に大きな変化がなく、ひたすら拡大生産を続けたことを意味している。

運輸部門についていえば、13~14%の間の小幅変動に過ぎない。図1.2に欧米先進国のエネルギー消費の構成比を示した。両図を比較すると、わが国は鉱工業部門が20%近く高く、民生商業部門が十数%低くなっている。このことはわが国の産業構造の特徴を端的に示しているといえる。運輸部門の構成比

図1.1 部門別エネルギー消費の推移<sup>1)</sup>



注(1) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」により作成。

(2) カッコ内は構成比率を示す。

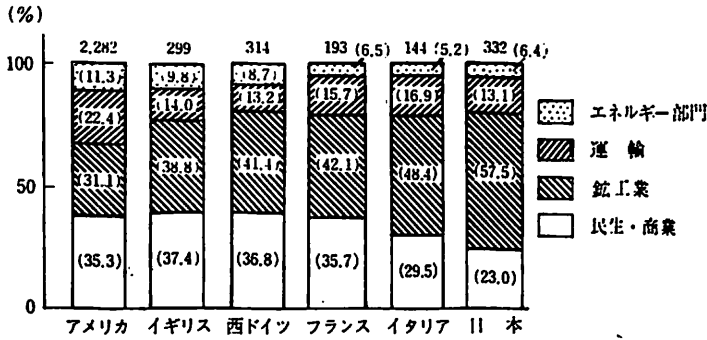


図 1.2 先進諸国の部門別エネルギー消費<sup>1)</sup>

注(1) 「OECD STATISTICS OF ENERGY 1970」, 「世界統計年鑑 VOL. 23」により作成

(2) カッコ内は構成比。上数字はエネルギー消費実数(石炭換算, 単位百万トン)  
(3) 1970年

は、わが国は最も低い。今後予想される産業構造の変革によっても、運輸部門の低率が保ち得るかどうかは大きな課題であろう。

これらに関し、通産省では<sup>2)</sup> 昭和60年におけるエネルギー需要および省エネルギー率を表1.1, 1.2, 図1.3, 1.4のように予測しているが、エネルギー消費構成比を低く押えているのは前記欧米先進国の比率と比較すると大変なことであり、省エネルギー寄与率の24%からも運輸部門に対する省エネルギーの期待が大きいことがわかる。これらの達成には個々の輸送機関の省エネルギー対策は当然のことながら、必然的に輸送システムの変革、輸送分担に対する政策などが必要になり、新しい方向を考えなければならぬことを意味している。

さて図1.2で各国の運輸部門のエネルギー消費構成比がわかるが、日本、イタリアを除いた他の国は鉱工業民生商業の比率には大差がないが、運輸部門には相対的な差が大きい。この原因は地勢、輸送機関の輸送量分担率などによるものと思われる。表1.3, 図1.5に海岸線延長と海上輸送荷扱量の実績を示した。これらから考察されることは、国土面積当り海岸線延長の大きい国ほど国土面積当り海上荷扱い量が大きく、海岸線延長の大きいわが国は海上荷扱い量も大きい、1969, 1970年は各国に比較して未だ荷扱い量が低く、1973年では各国と同等になっている。西独、仏が荷扱い量のレートが高いのは内陸水路の要素、ソ連が低いのは氷海要素で有効海岸線延長が極めて短かいことによるものと考えてよい。

表 1.1 部門別の省エネルギー効果及びエネルギー

	40 年 度		48 年 度		60 年 度
	需 要 量	%	需 要 量	%	需 要 量
紙 ・ バ ル プ	5.1	3.1	9.9	2.6	21.1
化 学	21.1	12.7	52.3	13.7	101.9
窯 業 土 石	7.9	4.8	15.1	4.0	32.5
鉄 鋼	27.5	16.6	75.5	19.7	129.1
非 鉄 金 属	2.1	1.3	6.4	1.7	12.2
(エ ン エ ー ジ	(63.7)	(38.5)	(159.3)	(41.7)	(296.9)
多 消 費 型 産 業 <sup>2)</sup>	27.8	16.8	64.0	16.7	137.7
そ の 他 産 業	(23.4)	(14.1)	(50.0)	(13.1)	(112.5)
(うち、その他製造業)					
産 業 部 門 計	91.5	55.3	223.3	58.4	434.6
輸 送 部 門 <sup>3)</sup>	20.0	12.1	45.3	11.8	96.6
民 生 部 門	24.4	14.8	64.8	16.9	155.4
{ 家 庭 用	...	...	30.1	7.8	72.1
	...	...	34.7	9.1	83.3
そ の 他 <sup>4)</sup>	29.7	17.8	49.2	12.9	97.7
一 次 エ ネ ル ギ ー 供 給 量	165.6	100.0	382.6	100.0	784.3

注(1) 構成比の計算はラウンド前の需要量の実数値に基づいていることまたは四捨五入の関係で各欄の数値の合計が合計欄の数値と一致しない場合がある。

(2) その他製造業のほか、農林水産業、鉱業、建設業を含む。

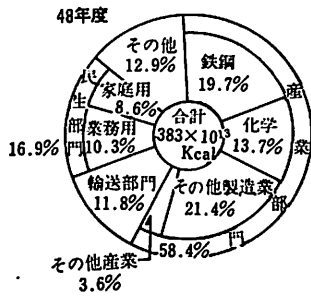
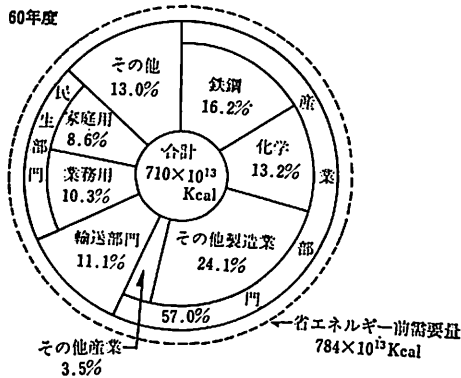


図 1.3 エネルギーの部門別需要構造予測<sup>3)</sup>

注：その他産業～農林水産業，鉱業および建設業，  
その他～エネルギー産業，輸出およびロス  
資料：「中間答申」本文第4表より作成



55年度		60年度	
産業	鉄鋼	27.5%	19.3%
	化学	9.8%	10.6%
	その他	10.5%	10.5%
輸送		24.0%	
輸送		19.9%	
民生	家庭用	11.0%	15.9%
	業務用	12.1%	12.4%
エネルギー		7.3%	
エネルギー		9.2%	

図 1.4 省エネルギーの部門別構成比

55年度節約率 5.5%および60年度節約率 9.4%を100とした場合の部門別寄与率

需用構成比の推移<sup>1)</sup>

(単位：10<sup>13</sup>kcal)

(節約前)	60年度(節約後)		60年度の省エネルギー率 (%)	需要量の年平均伸び率 (%)		
	需要量	%		40～48年度	48～60年度(省エネルギー前)	48～60年度(省エネルギー後)
2.7	20.0	2.8	4.9	8.6	6.5	6.0
13.0	94.0	13.2	7.8	12.0	5.7	5.0
4.1	28.6	4.0	12.2	8.4	6.6	5.4
16.5	114.8	16.2	11.1	13.5	4.6	3.5
1.6	11.5	1.6	6.6	15.0	5.6	5.0
(37.9)	(268.9)	(37.8)	(9.4)	(12.2)	(5.3)	(4.5)
17.6	135.8	19.1	1.4	7.2	6.6	6.5
(14.3)	(110.5)	(15.6)	(1.7)	(10.0)	(7.0)	(6.8)
55.4	404.6	57.0	6.9	7.7	5.7	5.1
12.3	78.9	11.1	18.4	10.8	6.5	4.7
19.8	134.3	18.9	13.5	13.0	7.6	6.3
9.2	61.3	8.6	14.9	...	7.5	6.1
10.6	73.0	10.3	12.3	...	7.6	6.4
12.5	92.4	13.0	5.4	4.3	5.9	5.4
100.0	710.2	100.0	9.4	11.0	6.2	5.3

3) 自家用乗用車を含む。

4) エネルギー部門，輸出及びロス。

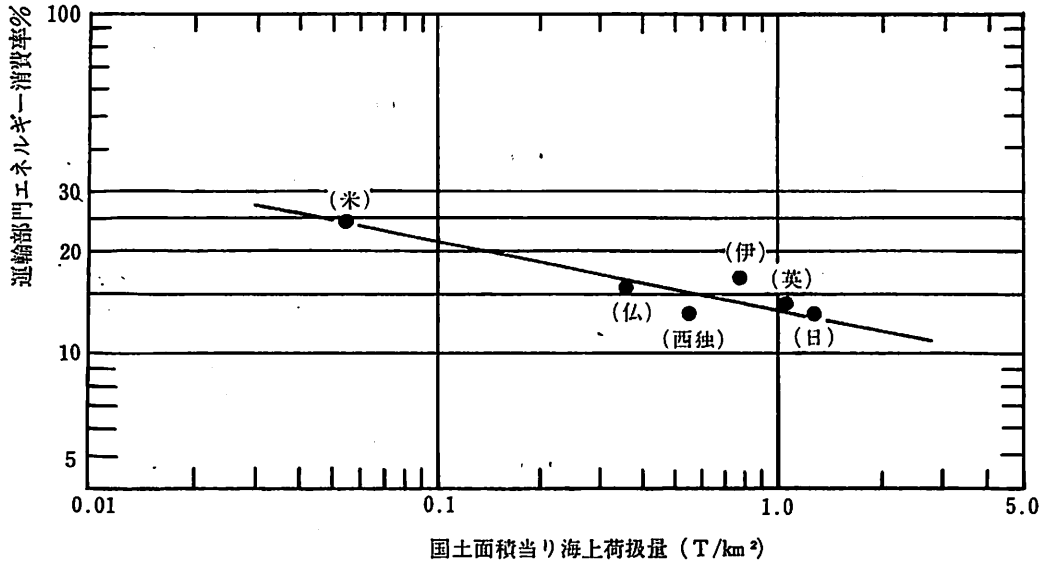


図 1.6 海上荷扱量と運輸部門のエネルギー消費率

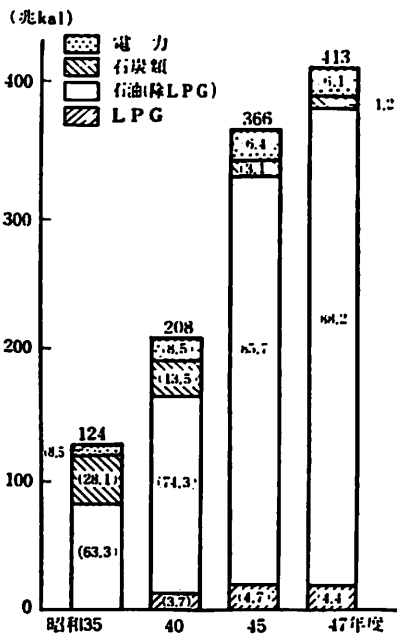


図 1.7 運輸部門エネルギー別消費量の推移<sup>1)</sup>

注(1) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」により作成

(2) カッコ内は構成比率

表 1.4 単位輸送量に対するエネルギー消費比率

貨物輸送			旅客輸送		
輸送機関		比率	輸送機関		比率
国鉄	鉄	1.00	国鉄	鉄	1.00
民鉄	鉄	1.05	民鉄	鉄	1.09
(鉄道計)		1.00	(鉄道計)		1.03
営業用トラック		2.61	営業用乗用車		11.47
自家用トラック		7.21	自家用乗用車		5.17
海運		2.06	(乗用車計)		5.70
			営業用バス		1.42
			自家用バス		1.34
			(バス計)		1.40
			航空		8.62

注 1) 貨物: トンキロ

2) 旅客: 人キロ

いずれも国鉄を100とする。

場合は輸送量の停滞、港の混雑による滞港時間の増大などが原因として考えられるが、その他に原因は考えられないだろうか。

### 1.3 輸送機関のエネルギー効率

前節に輸送実績によるエネルギー効率について述べたが、理想的なエネルギー効率はどうであろうか。表 1.6 は載貨効率を 100% とした時の各輸送機関の単位輸送量に対するエネルギー消費量を示したものである。これに倣って表 1.7 に代表的な船舶

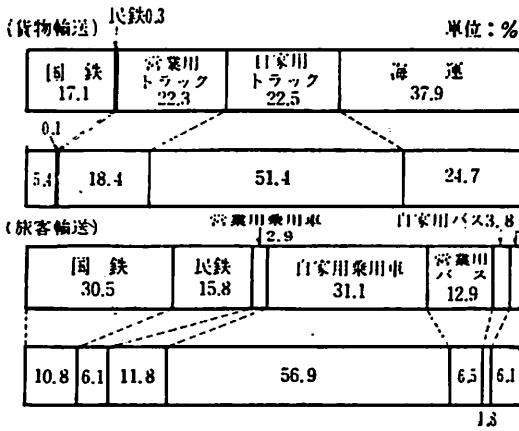
についての試算を示した。表は巡航速度に対し、常用出力で燃料消費量と発熱量は一律に 155g/HP/Hr 10,000 Kcal/kg として求めたものである。フェリーボート、小型旅客船などは一般船舶の概念とは異なり、陸上輸送機関より高いエネルギー消費量を示している。

次に自動車の高速化による単位燃料当りの輸送量の変化を図 1.9 に示した。本図は平坦な直線アスファルト道路で実験的に計測されたものであり、船舶

表 1.5 運輸部門のエネルギー原単位の推移

年度	貨物原単位 (10 <sup>6</sup> Kcal/10 <sup>6</sup> ton-Km)					旅客原単位 (10 <sup>6</sup> Kcal/10 <sup>6</sup> 人・キロ)							
	総平均	トラック	海運	国鉄	民鉄	(鉄道計)	総平均	採用車	バス	航空	国鉄	民鉄	鉄
35	489.1 (497.0)	1,605.1	202.1	395.0 (415.3)	360.8 (361.9)	394.4	136.0 (160.7)	1,155.0	116.9	912.8	94.9 (112.9)	34.1 (96.6)	75.0
36	506.3 (513.4)	1,580.8	213.2	375.2 (394.5)	358.0 (359.1)	374.9	140.7 (165.4)	1,004.5	120.8	1,187.4	87.8 (107.7)	34.0 (93.4)	70.0
37	528.4 (535.9)	1,466.4	222.3	381.1 (402.6)	375.5 (376.6)	381.1	148.2 (172.9)	1,056.1	124.0	1,154.4	79.4 (100.3)	34.0 (94.1)	64.4
38	525.8 (533.3)	1,362.3	204.2	363.0 (385.8)	343.0 (344.0)	362.7	155.1 (179.4)	1,010.7	118.2	1,036.5	71.1 (92.4)	34.5 (95.4)	59.0
39	619.4 (627.7)	1,456.7	314.5	353.7 (379.6)	259.9 (262.8)	352.1	163.0 (187.2)	955.0	139.0	1,111.6	67.2 (89.7)	35.3 (98.6)	57.0
40	612.0 (621.0)	1,521.2	252.7	352.3 (382.1)	301.1 (304.6)	347.9	180.8 (205.3)	962.4	152.5	1,282.1	64.8 (89.8)	34.3 (96.0)	55.1
41	602.2 (610.9)	1,348.1	229.2	329.9 (363.3)	286.8 (290.0)	329.2	190.3 (215.5)	832.8	148.6	1,540.8	65.2 (92.7)	35.6 (99.9)	55.7
42	582.8 (591.4)	1,252.9	223.3	299.2 (334.8)	248.2 (251.3)	298.3	199.0 (223.1)	760.0	139.7	1,192.8	61.9 (89.8)	35.2 (99.2)	53.4
43	585.3 (593.9)	1,135.9	241.6	280.9 (320.7)	204.1 (208.3)	279.7	209.7 (233.3)	658.8	137.2	1,027.4	61.2 (92.0)	35.3 (99.3)	52.8
44	565.8 (574.2)	1,083.5	241.4	254.2 (298.2)	178.2 (182.4)	253.0	219.8 (243.1)	571.8	140.1	907.6	63.0 (97.6)	35.4 (99.6)	53.6
45	573.8 (582.0)	1,047.9	277.2	227.6 (272.6)	127.5 (136.6)	226.1	227.7 (250.3)	521.3	152.4	871.7	62.3 (98.3)	35.7 (100.6)	53.2
46	632.3 (640.8)	1,015.1	413.2	206.6 (253.1)	119.8 (123.9)	205.3	244.2 (266.1)	520.5	156.3	927.9	62.0 (98.9)	35.9 (101.4)	53.0
47	664.2 (672.8)	1,071.3	406.0	181.3 (231.6)	118.4 (122.5)	180.3	250.6 (273.3)	535.9	164.4	842.2	60.8 (100.9)	35.9 (101.4)	52.3

(注) 電力は 860 Kcal で換算。ただし ( ) 内は 2,450 Kcal 換算の場合。資料：日本エネルギー経済研究所。



注 昭和47年度

の高速化による抵抗増加とは異なり変化が極めて緩徐である。図 1.9 よりガソリンの比重を 0.7, 発熱量を 11,280 Kcal/kg として換算し, 図1.10に船舶とともに速力変化と単位輸送量当りの所要エネルギーの関係を求めた。この速度範囲では自動車の変化は殆んど無視できるが, 船舶の場合の変化は極めて大きい。

次に各種船舶に対する船の容積と載貨重量の関係を調査してみる。抵抗を小さくするため, 高速になればブロック係数を小さくするのは常識であり, そのため船の容積に比較して載貨重量が小さくなるのも当然である。ここでは船の容積をあらわす指数として  $L \cdot B \cdot d$  をとり,  $DW/L \cdot B \cdot d$  をフルード数に対して置点したものを図 1.11 に示す。本図は  $F_N$  に対する最適  $C_b$  を求めるなどの使用の目的に作ったものではなく, 船舶輸送の低速ではあるが, 大量輸送で経済的である特徴を各種の船舶が如何に実施しているかの目安を得るためのものである。図よりタンカー, 撒積船, コンテナ船, 貨物船などは速力と載貨重量指数がほぼ一定の関係にあるが, カーブ

図 1.8 輸送機関別輸送量とエネルギー消費量

注 昭和47年度

輸送量(トンキロ)

輸送量(人キロ)

エネルギー消費量

表 1.6 積載効率を 100% として試算した単位輸送量当たりのエネルギー消費量<sup>1)</sup>

輸送機関	積載量等	貨物 t	kcal/tキロ	旅客 人キロ
自動車	トラック普通	8 トン	320	
	トラック小型	1 トン	860	
	バス	50人		60
	軽自動車	4人		160
	小型乗用車	5人		150
鉄道	乗用車	5人		190
	電気機関車	500トン	50	
	ディーゼル機関車	500トン	60	
	通勤電車	144人		30
海運	気動車線	130人		40
	新幹線	100人		70
	タンカー I	237,000D/W	10	
	タンカー II	2,000D/W	50	
運	貨物船	1,150D/W	60	
	コンテナ船	35,400D/W	100	
航空	B727-200	178人		520
	B747-SR	498人		300

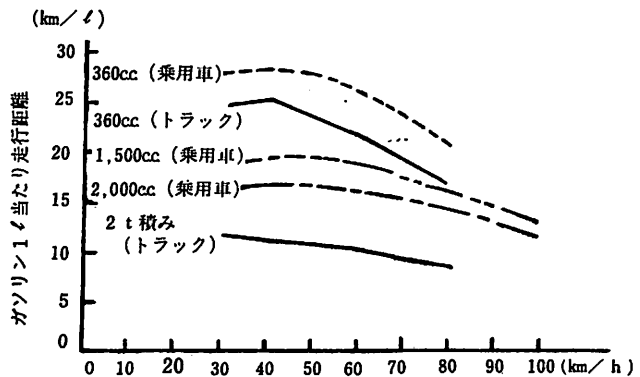


図 1.9 自動車における高速化によるガソリン 1 l 当りの走行距離の変化

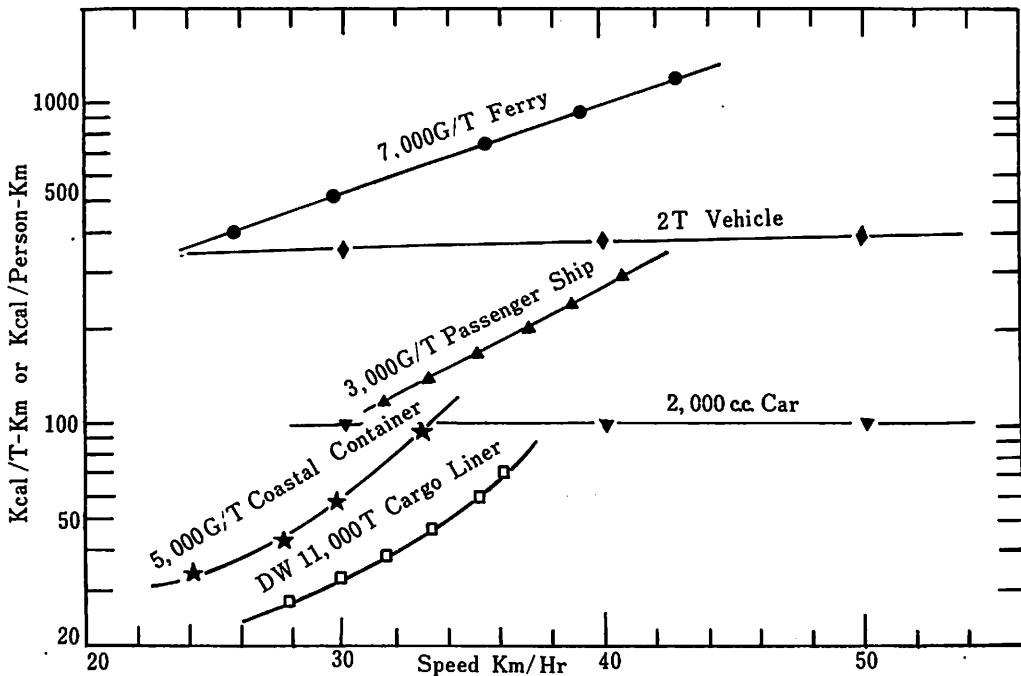


図1.10 速力変化と単位輸送量当りのエネルギー消費量

表 1.7 積載率を100%としたときの代表的船舶の単位輸送量当りのエネルギー消費量

代	船の種類	積載量	巡航速力 (ノット)	貨物 (Kcal/トンキロ)	旅客 (Kcal/人キロ)
表 的 船 舶	G/T 12,800T フェリーボート	10T車×84 乗用車 81	25.1	795	685
	G/T 8,000T フェリーボート	8T車×114 乗用車 100	20.3	645	866
	G/T 7,000T フェリーボート	トラック84台 730人	21	933.8	902.0
	G/T 3,000T 小型旅客船	1280人	19.5	—	200.0
	G/T 5,000T コンテナ船	20Tコンテナ 334個	15.0	43.0	—
	定期貨物船	Cargo DW 9,000T	19.0	58.7	—

(1) トンキロは純貨物量を算入

(2) 所要馬力にはジーマージンは含まず

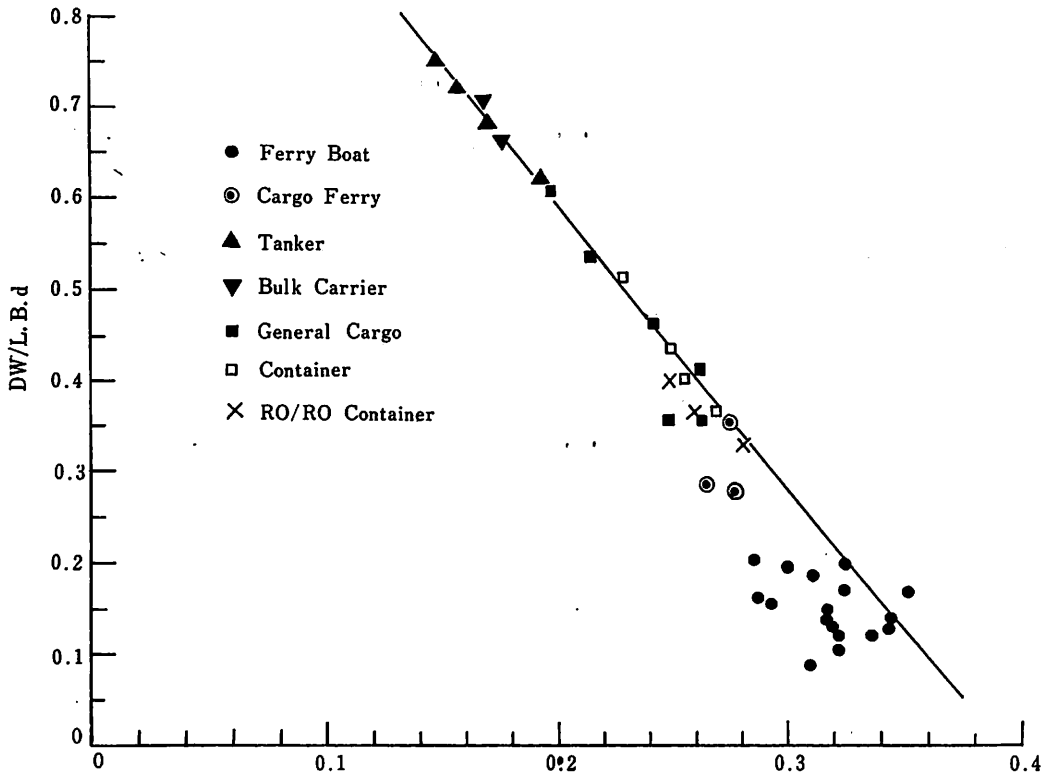


図1.11 各種船舶  $F_N$  と  $DW/L \cdot B \cdot d$

フェリーボートではバラツキが多く、載貨重量指数も低い。もちろんカーフェリーボートにおいては載貨重量より車両搭載面積を重視しなければならない特殊な事情はあるが、トン・キロなどの輸送単位で評量されると極めて効率の悪い輸送機関になる原因はよく理解できる。

また表1.4においてトラック、乗用車を問わず“自家用”と称するもののエネルギー効率が低いことを示したが、この原因は積付率を無視して速力を勝手に楽しんでいる結果であると考えられる。カーフェリーボートの場合、積付率を無視すればたちまち運航採算が低下するので、運航上自家用車のようなことはないが、図1.11の載貨重量指数の散布状態およびエネルギー効率をトン・キロで評量する限りにおいては、結果的には自家用車の傾向をもつことになる。

欧州の貨物フェリーの実績を3点置点したが、いずれも  $F_N$  は RO/RO コンテナ船と同等であり、初期の2隻は載貨重量指数もカーフェリーボートの延長上にあるが、最新の1隻は RO/RO コンテナ船、あるいはコンテナ船と同等であり、従来のカー

フェリーボートの概念からは離れていることを示している。

陸上輸送機関と平行しているフェリー航路の多いわが国では貨物といえども時間の便益がなければならず、必然的に高速にならざるを得ない面もあるが、燃料費の高騰により年々運航が圧迫されている現実と、省エネルギー輸送機関としてのカーフェリーボートを考えた場合、特に貨物フェリーについては従来のフェリーボートの観念を脱却し、本来の船舶輸送の特徴とカーフェリーボートの諸特徴を調和させることによって、わが国のカーフェリーボートの3RD Generation を招致できるのではなからうかと思われる。(続)

【文献】

- (1) 運輸白書/昭和49年版
- (2) 昭和50年代のエネルギー/総合エネルギー調査会報告

△

△



# 砕氷艦“ふじ”に乗船して

<1>

The Actual Condition of Navigation in a Frozen sea on the Icebreaker “Fuji”

by Yuki Kobayashi/Ship Research Institute Ship Structure Div.

小林 佑 規

船舶技術研究所船体構造部

## 1. はじめに

世界的なエネルギー不足の打開策の一環として、最近北方圏の地下資源または海底資源の開発が注目されている。これらの資源を利用するためには、資源の掘削技術もさることながら採取された資源の大量輸送手段の解決が課題となっている。

当研究所では、これらの輸送手段として氷海商船の開発に着手しようとしており、そのための予備調査として氷海域での船舶航行実態調査を行った。

わが国は毎年南極地域へ観測隊を派遣しており、砕氷艦「ふじ」（南極観測船）がその輸送を行っている。第16次南極地域観測隊（1974～1975）が派遣されるにあたり、夏隊オブザーバーとして乗船する機会が得られたので、調査の第1目的である氷海域での航行を体験することができた。また、第2として、船体の動揺、加速度、プロペラ軸トルク、甲板温度などの計測、氷海における環境調査など若干の船舶機能調査を行ったものである。

## 2. 南極観測と砕氷艦「ふじ」

第1次南極地域観測は、1956～1957年に実施され、当時は海上保安庁の灯台補給船「宗谷」が耐氷船に改造され、観測隊を昭和基地に輸送した。その後「宗谷」は第6次観測（1961～1962）まで毎年1回南極へ航行した。

砕氷艦「ふじ」（南極観測船）<sup>1)</sup>は、わが国の南極観測支援のため昭和40年7月建造され、第7次南極地域観測（1965～1966）から毎年1回南極へ航行し、今回の第16次観測で建造以来10年間巡航している。現在「ふじ」は防衛庁に所属し、海上自衛隊がその運航に当たっている。

図-1に「ふじ」の外観及び中央断面形状を、表-1にその主要目を示す。

船型は氷海中での船の運動を容易にし、氷に挟まれたとき船体に加わる荷重を軽減するように設計され、船体中央部付近の断面形状は概ね円弧状である。船首は氷盤に乗り上げて砕氷するため、喫水線付近が水平線に対し30°の傾斜となっている。

エンジンは氷海において正転、逆転が頻繁に繰り返されることなどから電気推進が採用され、ディ

図-1

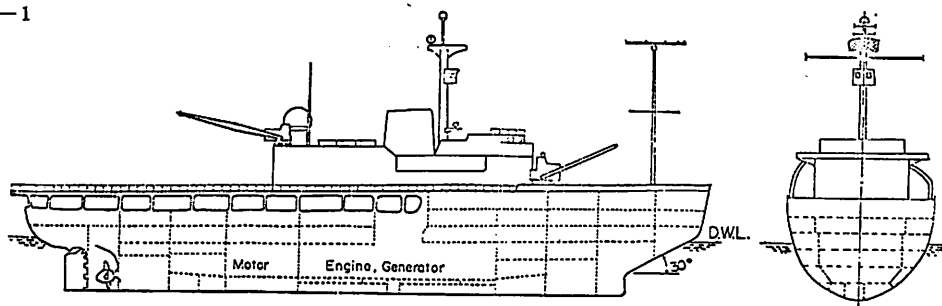


表-1 “ふじ”の主要目

全長/100.m, 最大巾/22.0m, 深さ/11.8m, 喫水/8.1m, 排水量/約8,000トン, 乗組員/約200名, 観測隊員等/約45名, 搭載ヘリコプター/3機, 機関/横浜MA

N V 8 V 30/42, ディーゼル発電機関4基, 推進電動機直流2,250KW4基, 軸数/2, 軸馬力/12,000馬力, 速力/16.5ノット

ーゼル原動機、発電機、推進電動機をそれぞれ4基備え、プロペラは4翼2軸とし、喫水線下約3.5mの深さのところにある。

また、氷海内を航行するため、ビルジキールがなく、動揺を軽減するため、3対の減揺タンクをもっている。その他砕氷能力を増大するため、3対のヒーリングタンクと1対のトリミングタンクを備えている。航空輸送や氷状偵察のため3機のヘリコプターとその発着に要する甲板を有していることも「ふじ」の特徴である。

### 3. 航海の概要

昭和49年11月25日、東京港（晴海）を出港して以来147日間、20,390マイルを航行し、昭和50年4月20日同港に帰港した。途中往航に Fremantle、復航に Cape Town 及び Singapore に寄港した。南極海の氷海においては、定着氷に約1カ月半アイスアンカーで係留し物資輸送を行う他、ブリザートの来襲により1週間流氷海域で漂流した。

今航海における航海時間は約3,015時間、航走時間は1,834時間で、平均船速は11.1ktであった。図一2に航跡図を示す。以下「ふじ」の航海について

概要を示す。

#### 3-1 東京から流氷縁へ

出港後針路をSSWにとり南下、セレベス海、マカッサル海峡、ロンボック海峡を航行し、12月11日 Fremantle に入港した。同月16日同港を出港し、50°S、110°E 付近まで南下、以後暴風圏をSWに航行22日55°Sを通過した。

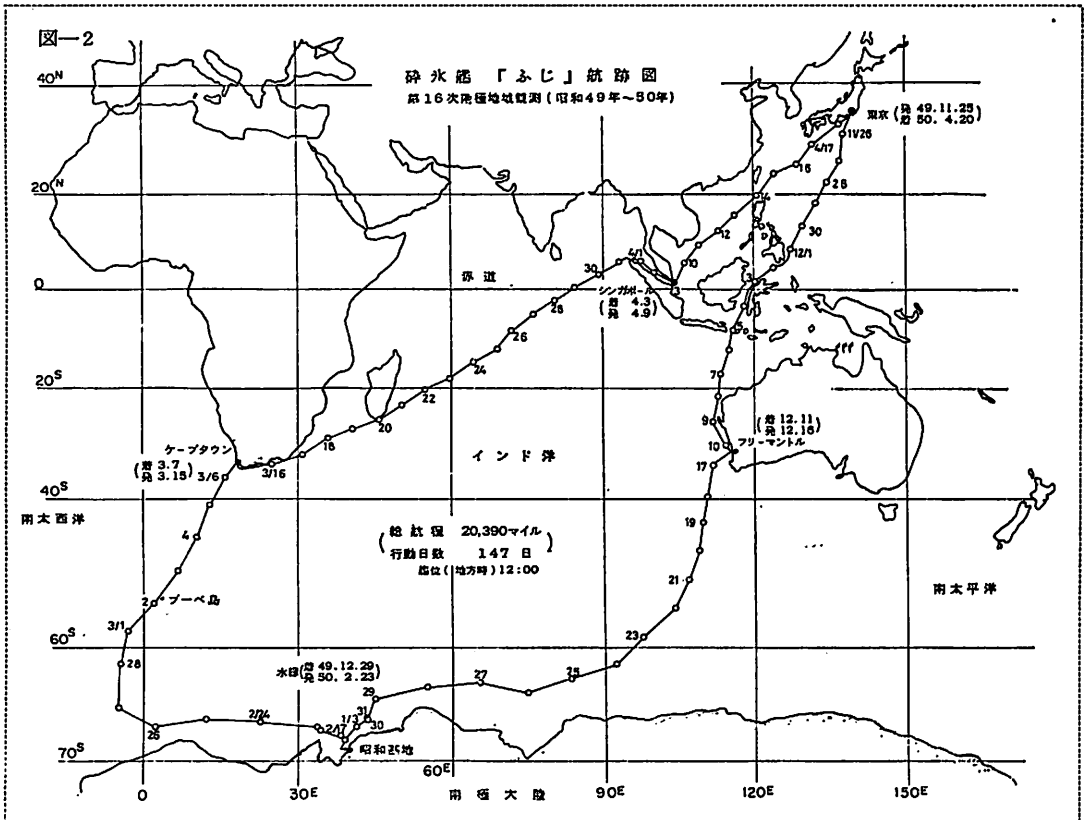
12月23日、初氷山を視認、以後毎日氷山の漂流している海域を航行し、24日(61°17.7'S, 94°53.7'E)からエンダービー沖に向け西航し、南極大陸周辺を廻るようにして航行した。(図一3、図一4)

26日、マックロパートソンランド沖の氷舌 (ice-tongue) に遭遇(氷量1/10~2/10の流氷海域)したため、この氷縁 (ice-edge) に沿って北上、27日再度西航し、29日流氷縁(65°23.7'S, 44°35.0'E)から氷海に進入した。

#### 3-2 氷海航行

通常の航行(大洋航行)に対して、氷海 (frozen sea) 内を砕氷して航行することを氷海航行または砕氷航行と呼ぶ。

砕氷方法は、プロペラ推力により比較的薄い海水を連続して砕氷する連続砕氷 (continuous mode)



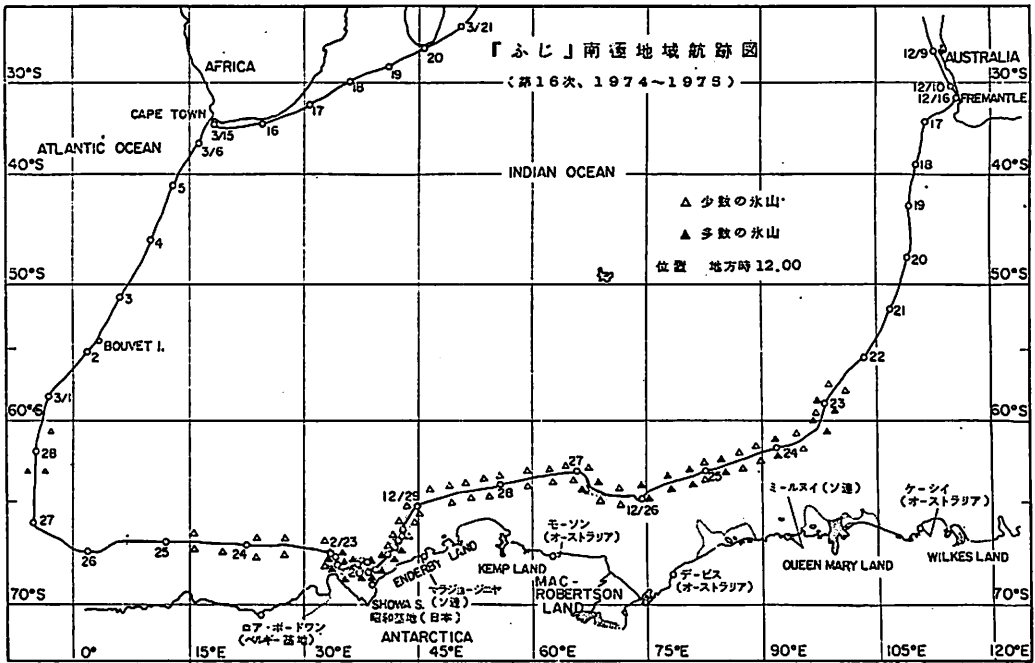


図-3

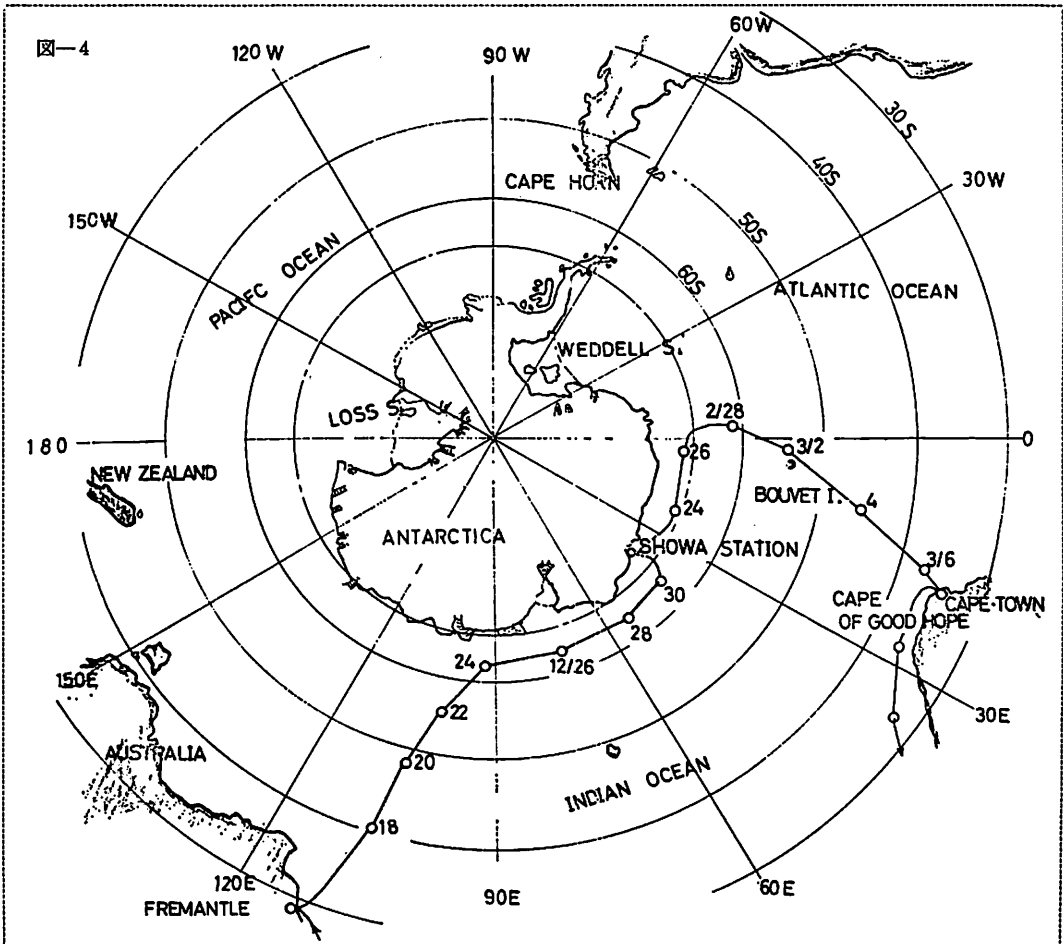
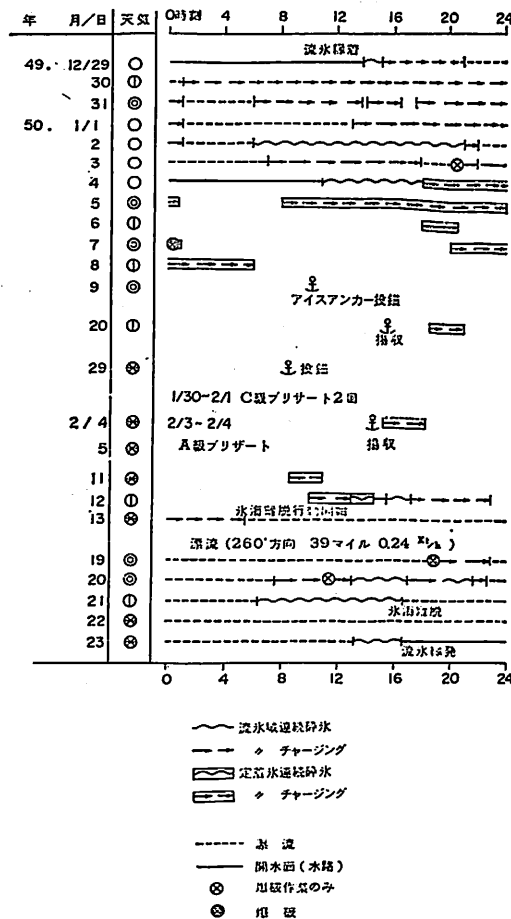


図-5



とチャージング (charging, ramming mode) に大別される<sup>2)</sup>。チャージングは助走距離を適当にとり、プロペラ推力による運動エネルギー (慣性力) とプロペラ推力を同時に作用させ、船首を氷盤に突当てて砕氷する方法である。

図-5は氷海域での航行を砕氷方法で分類して示した図であり、図-6は氷海進入時から定着氷縁までの航跡図及び氷状図である。図-7は定着氷 (fast ice) 内での移動図、図-8は復航時の定着氷縁から氷海離脱までの航跡図及び氷状図である。

氷海での航行は大部分がチャージングにより砕氷され、連続砕氷による航行時間は少なかった。流氷海域内で実施されたチャージングは587回で、1回

当りの平均進出距離は104m、1時間当りの平均進出距離は730mであり、1月3日までの流氷海域における航程は約200マイル、平均船速は2.2ktであった。

定着氷は一様に張り詰めた海水である。氷縁付近において連続砕氷を行った他は全てチャージングにより砕氷した。海水の氷厚は約1.5m以下で、表面には積雪があった。定着氷内では図-7に示すように4カ所移動し、第1、第2待機点ではアイスアンカーを定着氷に投錨して係留し、基地へ物資輸送が行われた。定着氷におけるチャージングは往航に298回、復航に64回実施され、1回当りの平均進出距離は往航、復航に対してそれぞれ52m、125mであった。復航時の定着氷はかなり融解し、定着氷縁付近において連続砕氷も可能であった。

2月12日、復航のため氷量1/10~5/10の流氷海域を北上したが、17:00氷量8/10~10/10の最密群氷となった。22:00には天候も雪に変わり、夜間の上視界もなく、氷厚2~4.5m、氷量10/10で、翌朝までチャージングを繰り返したがほとんど進出せず、13日、05:44砕氷を中止して漂泊した。漂泊後は吹雪を伴った風雪が強まり、風速30~40ktのC級ブリザートの状態となり、氷状はハンモックし、積雪も多く、「ふじ」はビセットされた。結局19日まで1週間、周囲の流氷と共に漂流したが、この間風向は東北東から処々に南ないし南西よりとなり、風向の変化と共に氷量も密から疎へと変化していった。

19日、天候が回復し、船首付近の氷盤を爆破してビセットから脱出、以後はヘリコプターの誘導によりリードを航行、119マイルの流氷海域を平均5ktの船速で、21日クック岬の北方にあたる流氷縁に到達した。

### 3-3 流氷縁から東京へ

2月23日、流氷縁を離れた。氷縁付近には今年新たに結氷したはず葉氷 (pancake ice) が多く見られた。氷山は15°E付近で一垣見えなくなったが、63°S、5°W付近では、ウエッデル海より漂流した氷山が再び見え出し、50°S付近まで漂流していた。

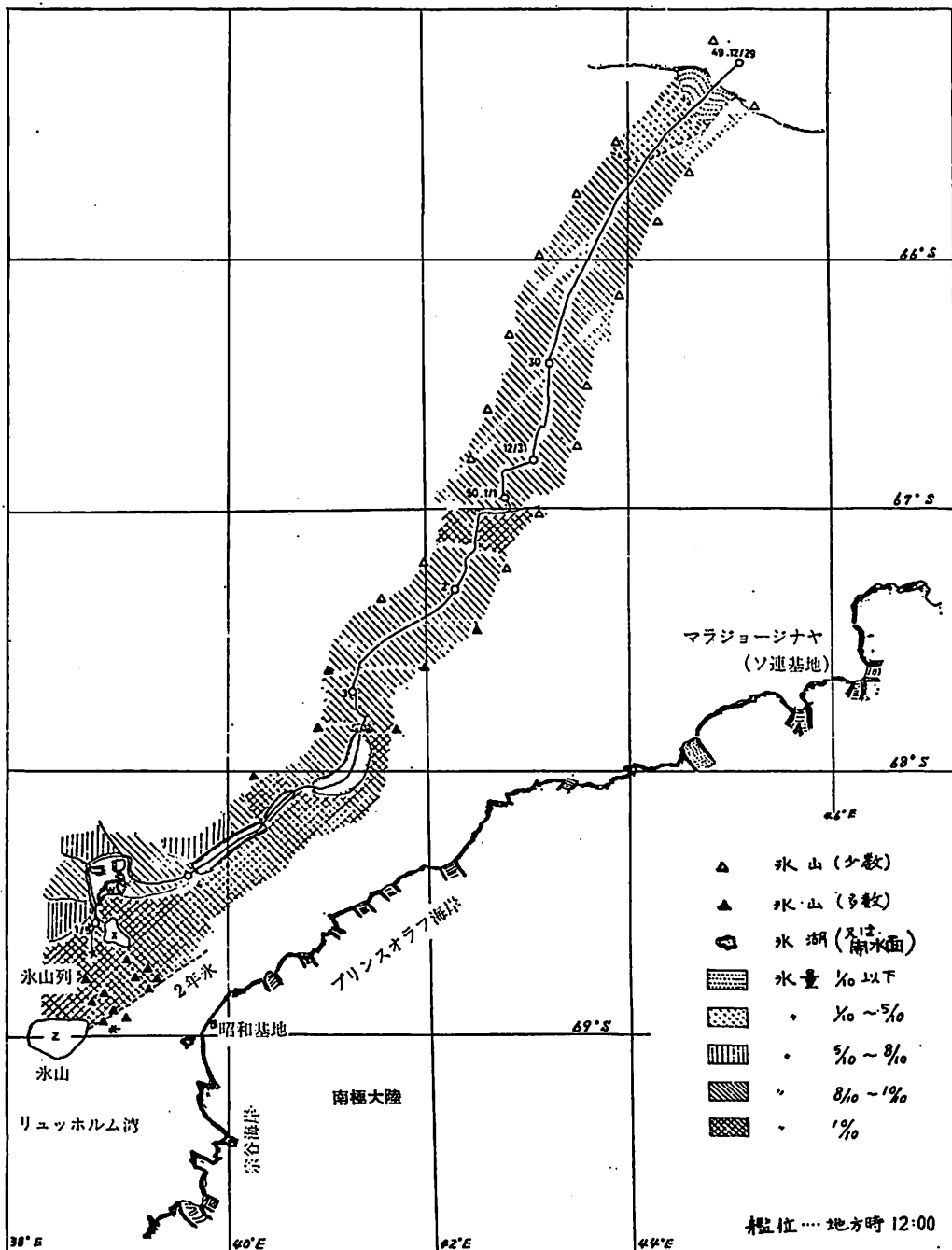
(図-3参)以後 Cape Town, Singapore 経由で東京港に帰港した。

## 4. 調査及び計測結果とその考察

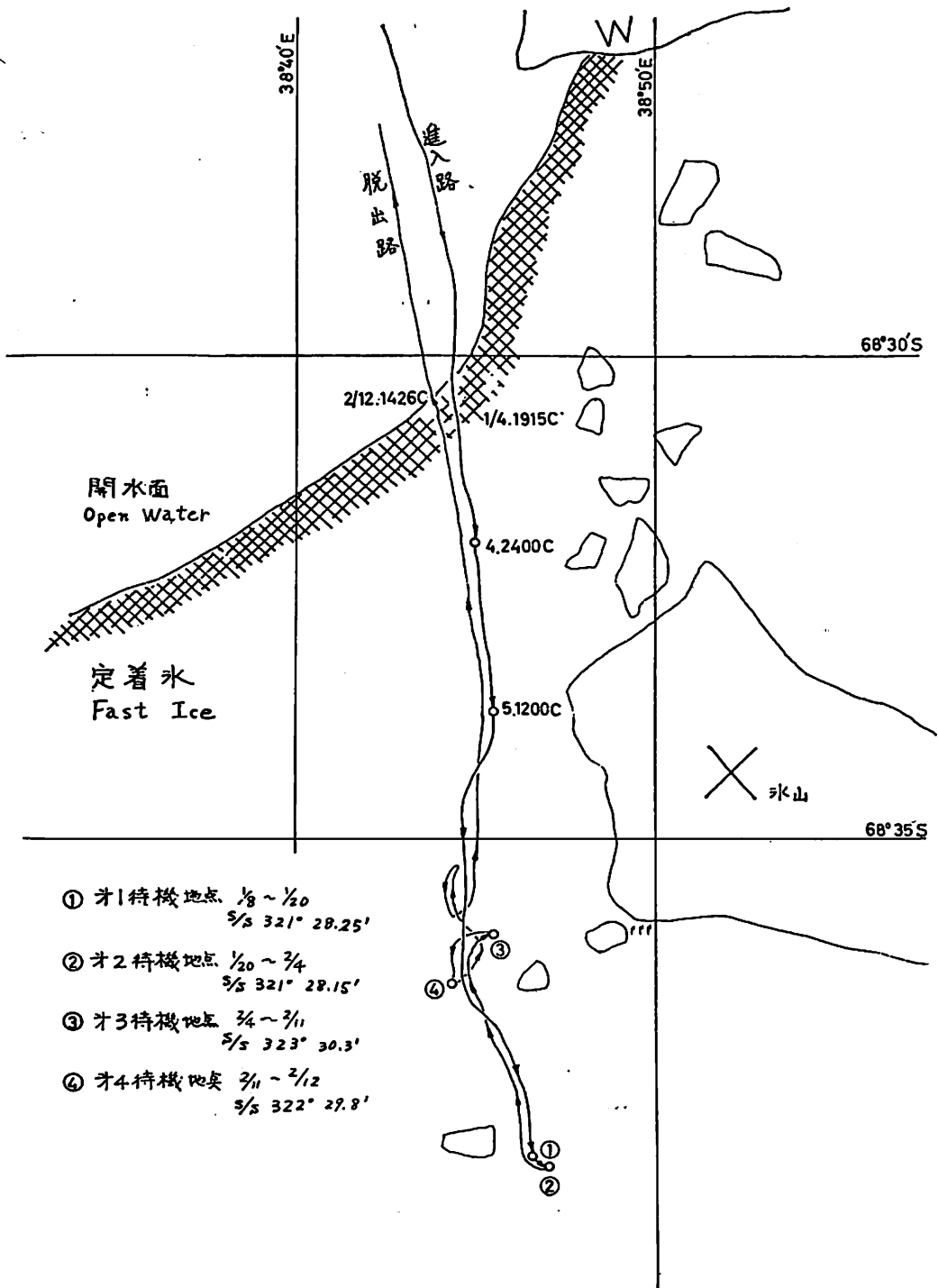
### 4-1 氷象調査と爆破について

船舶が氷海域を航行するにあたり、海氷の厚さ、氷質、破壊強さなどの性状や氷量、流氷の分布などを適確に把握する必要がある。このような性状や分

図一六 水海進入航跡と氷状

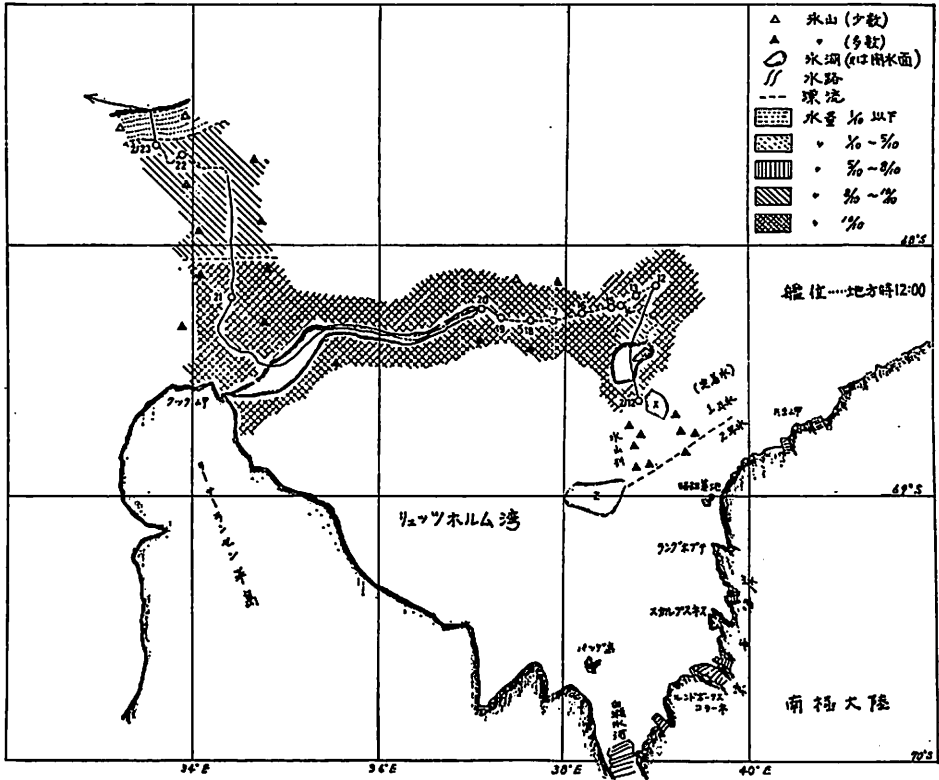


図一7 定着氷内の航跡



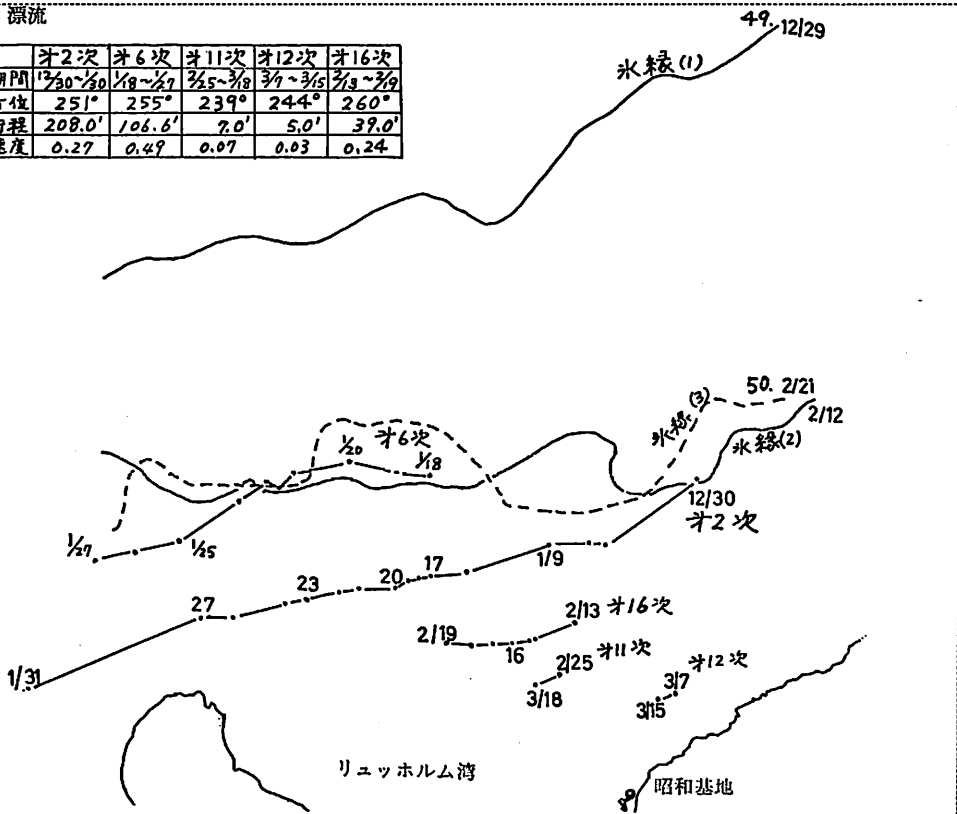
- ① 才1待機地点  $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{20}$   
 $\frac{5}{5} 321^{\circ} 28.25'$
- ② 才2待機地点  $\frac{1}{20} \sim \frac{3}{4}$   
 $\frac{5}{5} 321^{\circ} 28.15'$
- ③ 才3待機地点  $\frac{3}{4} \sim \frac{7}{11}$   
 $\frac{5}{5} 323^{\circ} 30.3'$
- ④ 才4待機地点  $\frac{7}{11} \sim \frac{2}{12}$   
 $\frac{5}{5} 322^{\circ} 29.8'$

図一八  
氷海離脱  
航跡と氷状



図一九 漂流

	才2次	才6次	才11次	才12次	才16次
期間	1/30~2/0	2/18~2/7	2/25~3/18	3/7~3/15	3/13~3/19
方位	251°	255°	239°	244°	260°
行程	208.0'	106.6'	7.0'	5.0'	37.0'
速度	0.27	0.49	0.07	0.03	0.24



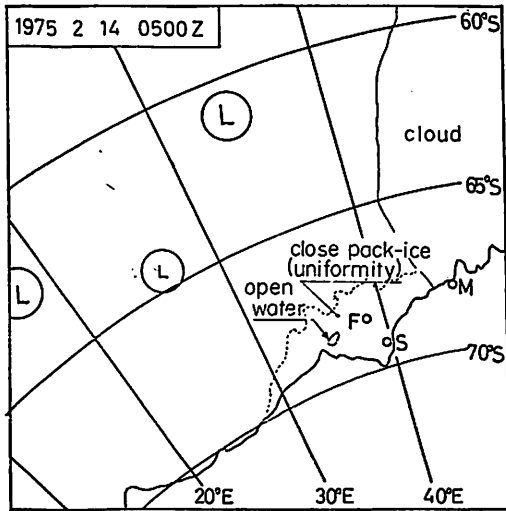


図-10

布が航行中瞬時に判断できれば、砕氷の高率化はもとより、砕氷船に備えるべき強度、砕氷能力、さらに操船等に関する信頼性も向上するであろう。

氷海航行では、ヘリコプターによる氷状偵察や人工衛星からの情報から氷状図を作成して航行の指針としている。

航行中の氷状について、砕氷加速度やトルク計測に関するバックデータとするため、密接度(氷量)、氷塊、氷形、氷厚、積雪量などについて目視による観察を行った。海水の厚さの測定や着氷観察、爆破について以下に示す。なお、氷状や雪氷用語に関してはWMOで国際的に統一した定義や記号が定められている<sup>3)</sup>。

#### (1) 漂流と流氷の速度

「ふじ」は2月12日から19日まで流氷海域でピセットされ、流氷と共に260°方向に39マイル、0.24ktの速度で漂流した。図-9に過去における漂流跡と共に示した。漂流の方向は常に西南西である。また、氷縁も同図に示したが、氷縁の変化や氷状は、人工衛星エッサからの情報によるものである。人工衛星からの写真では、氷縁や氷状の変化の氷態がよく判別でき、1例として図-10に示す。同図中Fは「ふじ」を、Sは昭和基地(69°00' S, 39°35' E)、Mはソ連のマラジョージナヤ基地(67°40' S, 45°51' E)、Lは低気圧の中心である。

第2次南極観測での宗谷は、図-9にみられるように約1カ月漂流した。この際村内、吉田は風と漂流の関係について観測を行い、風速に対する漂流速度の比として  $C=v/V=0.049$  の漂流特性を求めた<sup>4)</sup>。ここで  $v$  は漂流速度 (kt)、 $V$  は風速(m/sec)

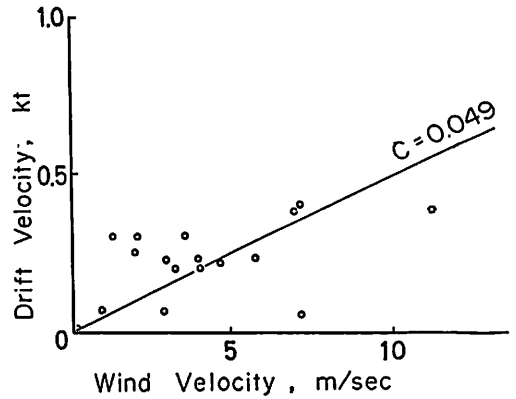


図-11

である。

平均的な風速とその間における漂流速度とをプロットして図-11に示す。同図中両者の間にはかなりばらつきがあるものの、2月13日から19日までの漂流33.3マイル(漂流速度0.23kt/h)に対するこの期間の平均風速は9.17kt(4.72m/sec)であることから、風速に対する漂流速度の比は  $C=0.0487$  となり、吉田らの観測結果とよく一致している。

一方海氷の漂流を支配する力は、支献「南極」<sup>5)</sup>によると、(i)風の氷表面に及ぼす応力、(ii)海氷と海水との間の水の応力、(iii)コリオリの力、(iv)海面の傾斜によって生ずる圧力傾度の力、(v)流氷内部に働く応力(氷の内部抵抗)、などが考えられるとしている。昭和基地周辺の測定では、風力係数(同単位)は、0.021~0.023、偏角は沿岸近くで岸との間に氷がはりつめているため左偏しにくく16度と小さい。南極周辺の海氷の移動は、沿岸部で東から西に向かい、南極全域で風力係数が0.021~0.033、偏角はコリオリの力で左偏し、30~35度と観測されている。また、W. プレンネッケは、「ウェッデル海での観測で氷の風力係数は0.0278(0.0209~0.0319)であるとし、風力係数は氷量に支配され、風向にあまり関係ないとしている。ちなみにナンセンは北極において、風力係数0.019を見出し、氷の漂流速度は風速の1/50であるとしている。

#### (2) 氷厚測定と海氷の成長

正確な氷厚測定のため海氷をボーリングした。図-12、図-13に海氷の断面を、表-2にそれら海氷の厚さ等を示す。

図-12は、表-2の測定番号1及び2に対する1冬氷の定着氷並びに測定番号3の流氷の断面である。いずれも海氷の表面には積雪があり、表面から数10cm深さの海氷内に数cmのバドルができていた。



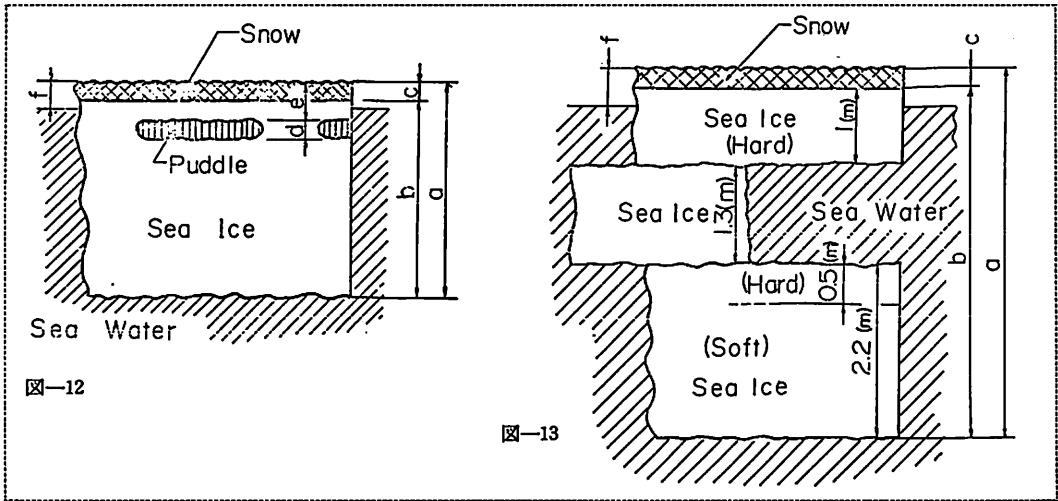


図-12

図-13

表2 海水ボーリング結果

(単位 cm)

測定番号	計測日	氷の種類	全体の厚さ a	海水の厚さ b	積雪量 c	パドルの厚さ d	パドルの位置 e	深氷の露出部 f	断面図	備考
1	1/26	定着氷	156	144	12	5	16	19	図-12	4回の平均, 1年氷
2	2/5	定着氷	98	88	10	10	19	9	〃	2回の平均, 1年氷
3	2/18	流水	77	72	4~5	5	19	16	〃	平坦氷
4	2/18	流水	455	450	4~5	なし		30	図-13	ハンモック氷

図-13は、ビセットされた時の船首付近の海氷で、測定番号3の平坦氷から数m離れた平坦氷をボーリングしたものである。海氷の表面は測定番号3のそれと何ら変わっていないのに、全体の厚さは4.5mもあることからハンモック氷と推定される。

測定番号1の1.5m厚の定着氷に対する砕氷では、チャージング1回当たりの平均進出距離19.3m、1時間当たりの平均進出距離153mであり、測定番号2の1m氷に対する平均進出距離は1回当たり108m、1時間当たり817mであった。

海氷は塩分濃度によって結氷温度が変化し、塩分濃度の高い程結氷温度は低くなる。南極海の塩分濃度は33~34%といわれ、結氷温度は-1.9℃である。今回ボーリングした海氷の温度は-0.8~-1.6℃であった。真夏である1月始めは海氷の融解過程にあり、パドルができ易い。約2カ月定着氷内に停泊している間に、定着氷にパドルが生じ、さらに復航時の流水には円筒状の穴が垂直に貫通したパドルもみられた。このような穴のあいた海氷では、厚さが1.5mを越えても砕氷は容易であった。

昭和基地での積雪と海氷の観測結果<sup>9)</sup>によると、積雪は図-14に示すように9~10月にかけて多く、平均30cmである。海氷は図-15にみられるように、

3月下旬から結氷を始め、9月から11月頃まで成長を続け厚さ1.4m以上にも達するが、1月からパドルが発生し、海氷は融解し始める。一般にリュッツホルム湾では1冬氷(winter ice)は約1.5m位まで成長するといわれている。

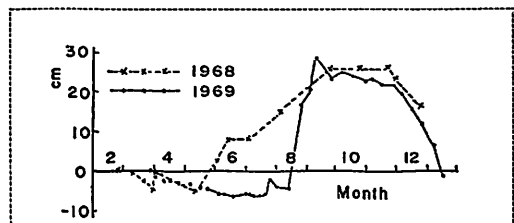


図-14

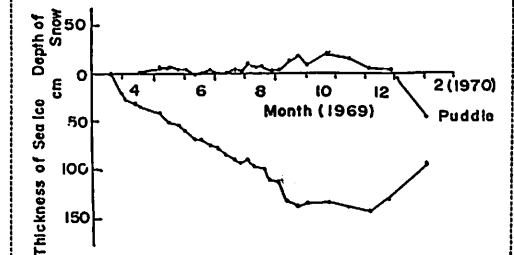
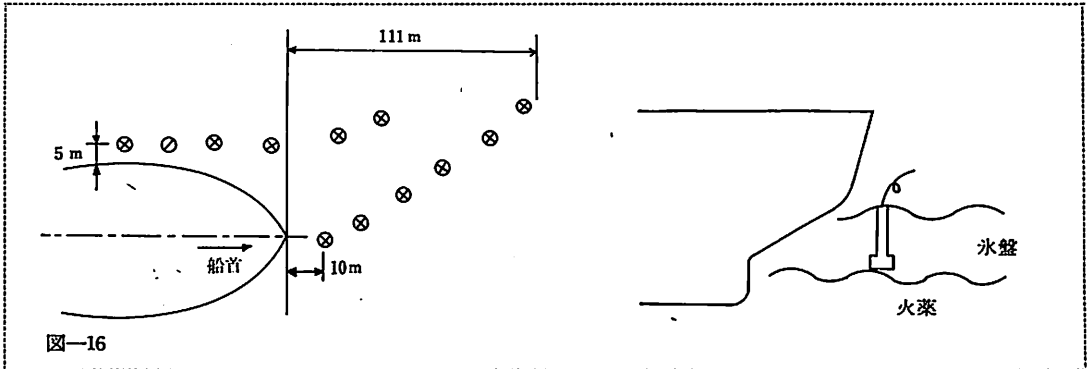


図-15



### (3) 南極海における着氷

冬の北方洋では海水のしぶきが風で船体に付着し、凍結していわゆる船体着氷現象がよく生ずる。夏の南極海における流水海域では、気温が比較的高く、気温が零下でも甲板温度が上昇すること、さらに湿度も低く、海水のしぶきがかからないこともあって、海水が凍結して甲板に氷が付着することはなかった。しかし、気温が零下で濃霧の際霧氷 (rime) がロープやポールに 1~2 cm の高さで付着したことが数回あった。同時に船首付近の甲板の手すりに 2~3 cm のつらら (icicle) が数本できた状態が観察された。いずれも海水の「しぶき」によるものではなく、夜半から朝方にかけて発生した霧により、気温が零下で風速が適度に弱かったため、過冷却水が氷晶となって凍結したものである。

またブリザートの際露天甲板に 1 晩で数 10 cm の雪の吹きだまりができて、飛行甲板には 1~2 cm 厚の氷が凍結した。この氷は雪が融解して凍結したものであるが、長時間のうちにはかなり厚く成長すると推定される。

### (4) 爆破

氷海域を航行するにあたり氷盤の爆破は、補助的な砕氷方法の一つとして有力である。今航海における爆破は次の 3 種類に分類できる。

- ① 船体側面が氷盤間に挟まれて動けなくなったとき
  - ② 船首を氷盤に乗り上げて動けなくなったとき
  - ③ 船体のほぼ全周を氷盤にとじ込められたとき
- ①の原因は、氷盤又は氷盤間を砕氷して航行した際船速が大き過ぎるためによるもので、船体周辺の氷盤が互に干渉して船体をくぎ付けにしてしまう場合であり、②の原因も船速が大き過ぎて、チャージングなどの場合に船首を氷盤に乗り上げることが多い。これらの場合、水あきが多いとヒーリングやトリミングを働かせると船体は氷盤から離れるが、氷

量が 9/10~10/10 と詰まってくると、爆破をしないと船体を氷盤から離すことは困難である。

③の原因はピセット状態やハンモック氷、厚い氷盤などで航路を全く閉ざされた時で、砕氷能力を越える氷塊に遭遇したときと考えられる。

爆破は大きな衝撃を伴うために、船体保護を考慮して比較的薄い海水や船体近くでは火薬を水中に、厚い海水では海水の中にセットする。

今回の氷海航行では 4 回爆破作業が行われ、そのうち 2 回爆破を行った。1 回は氷厚 2~2.5 m、積雪量 0.15~0.7 m の定着氷に船首を乗り上げた時で、他の 1 回はピセットからの解放時であった。爆破の結果は、定着氷に乗り上げた時は 1 回の後進で軽く船首が氷盤から下りた。航路切開きの爆破は、図-16 に示すように約 20 m 間隔で 12 カ所ポーリングし、氷厚 3~4 m のハンモック氷内に火薬が充填された。この時の爆破は、船首前方の氷塊が数 10 m 程上がり、船体は大きな衝撃をうけた。爆破後前進、後進を繰返し、チャージングができる海面を露出するには相当の時間を要したが、爆破された氷盤を砕氷して航行するのはそれ程困難ではなかった。

”( (次号へつづく)

### 参考文献

- 1) 山川健郎, 南極観測船「ふじ」について / 造船協会誌 第 438 号, 昭和 41 年 1 月。
- 2) 江守一郎, D. J. シューリング, 模型実験の理論と応用 / 技報堂
- 3) WMO, Sea-ice Nomenclature, 1970
- 4) 村内必典, 吉田栄夫, 第 2 次南極観測に際して行った海水観測及び、それに関する 2, 3 の考察 / 南極資料, No. 8, 1959
- 5) 鳥居鉄也, 他 編, 南極 / 共立出版, 1973
- 6) R. NARUSE, Y. ENDO, T. ISHIDA, Y. AGETA / Observations of Snow Accumulation and Sea Ice at Syowa Station, Antarctica / 南極資料, No. 40, 1971

# ベスレヘム造船所見学

Visiting to Bethlehem Shipyard  
by Tamio Ashino

芦野民雄

日本船用機器開発協会

アメリカのベスレヘム造船所は世界でも有数な造船、修繕施設を持っていて、現在までに新造船3,000隻以上を建造し、7か所の修繕ヤードでは1,000隻以上の船舶の改造、修繕を行っている。ベスレヘム社の造船所および修繕施設は次のとおりである。

## 造船施設

スパロウポイント・ヤード (メリーランド州)

バーモント・ヤード (テキサス州)

サンフランシスコ・ヤード (カリフォルニア州)

(スパロウポイント・ヤードでは新造だけで、他は修繕も行う)

## 修繕施設

ボストン・ヤード (マサチューセッツ州)

ホボーケン・ヤード (ニュージャージー州)

キーハイウェイ・ヤード (メリーランド州)

フォートマックヘンリー・ヤード (メリーランド州)

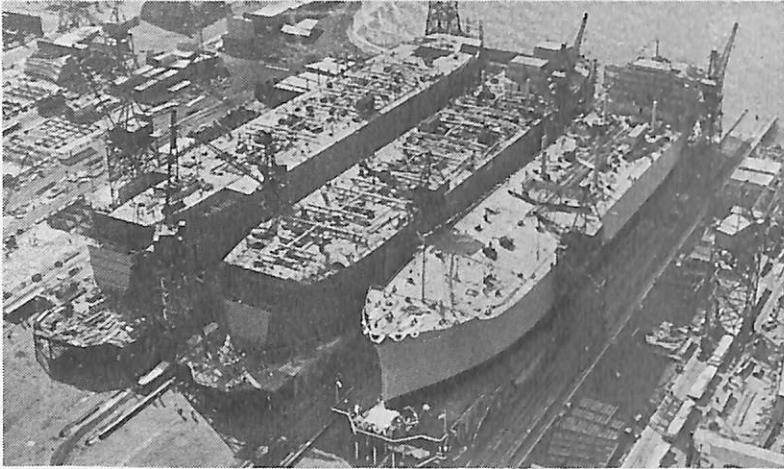
サンペドロ・ヤード (カリフォルニア州)

またドライドックの状況は下表の通りである。

ベスレヘム造船所は船舶設計、推進、コントロールシステム等にも貢献したのみならず、オフショア石油工業にも掘削リグやオフショア関連施設を建造することによって貢献している。しかも造船施設を改造することによって低価格船の建造を目指している。たとえばサンフランシスコ・ヤードには、アメ

ベスレヘム造船所のドライドック状況

	ドックの型	全長 (フィート)	底部全長 (フィート)	幅 (フィート)	浮揚能力 (トン)
ボストン・ヤード	浮きドック	622	552	96	20,000
	〃	479	419	91	10,100
	乾ドック	256	256	46	...
ホボーケン・ヤード	浮きドック	685	615	110	26,000
	〃	640	580	100	16,760
	〃	549	469	94	14,200
	〃	443	367	73	7,500
キーハイウェイ・ヤード	浮きドック	690	629	110	22,000
	〃	659	587	97	20,000
	〃	504	442	84	10,400
	乾ドック	591	586	78	...
ホート・マックヘンリー・ヤード	乾ドック	460	447	58	...
バーモント・ヤード	浮きドック	648	576	87	17,500
サンフランシスコ・ヤード	浮きドック	900	800	150	65,000
	〃	654	584	100	22,250
	〃	542	472	84	11,400
サンペドロ・ヤード	浮きドック	659	587	97	22,000
	〃	516	460	90	15,000



スパロウポイント造船所  
全景

リカで最も大きな23万トンタンカーを入れることができる浮きドックを設備し、スパロウポイント造船所では、これまたアメリカ最大の30万トンの船の建造ができる船台を設備した。

#### スパロウポイント造船所

スパロウポイントの歴史は古く、その設立は1891年でベスレヘムの組織下にはいったのは1916年である。第2次世界大戦中ここで造られた船だけで101隻をかぞえる。1950年代、1960年代のアメリカにおける最も活躍した造船所で、たとえば1953年の年間建造量は21万6000重量トンであった。また1969年の年間建造量は22万7000トンであるが、船舶建造だけでなく、造船所の設備改善が大巾に行われている。従って1970年代のアメリカ商船隊建造プログラムに大きく寄与することができる造船所である。

#### 技術本部 (Central Technical Division) (CTD)

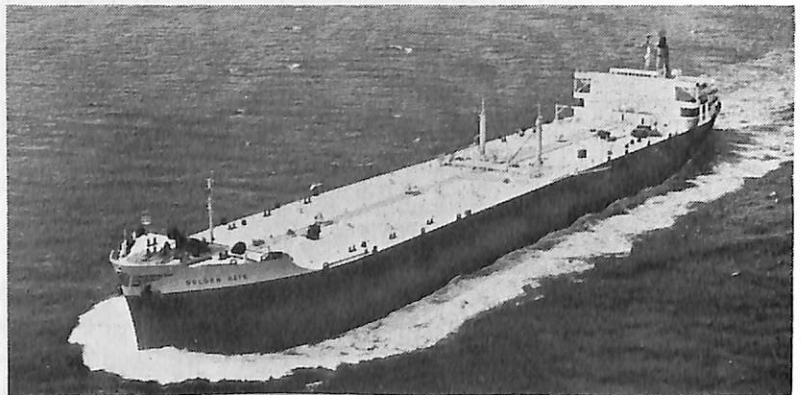
ベスレヘム造船所には約200名の技術者を集めた技術本部があって、新しい開発技術に取り組んでい

る。技術本部は1930年代にマサチューセッツ州のQuincy造船所に設立されたものだが、第二次大戦前既にアメリカの有力な技術陣となっていて、1945年から1963年の間には全アメリカで造られた船の37%の設計がここで行われている。そしてT-2タンカーのジャンボアイジング等を行っている。アメリカ海軍の最初の原子力商船もこの設計である。最大の貨物船S.S.マンハッタン号もここで設計されたものである。

#### キーハイウェイ・ヤードおよびフォートマックヘンリー・ヤード

メリーランドのバルチモア港にベスレヘム社の修理ヤードが2つあって、その1つは35エーカーのキーハイウェイ・ヤードで、他の1つは、14エーカーのフォートマックヘンリー・ヤードである。

両者を合わせると修理能力として同時に30隻の修理が可能である。5箇のドックと10,000フィート以上の棧橋やバースを持って、タワークレーンは最大容量50トンのものがある。70,000平方フィートの倉庫があって、修理部品が貯えられている。鉄板はパ



CTDが設計してCTDの集中制御システムを採用した62,000トンタンカー



キーハイウェイ・ヤード全景

タブスコ川下流のすぐ近くのスパロウポイントにあるベスレーム製鉄所から容易に供給することができる。

1951年にはキーハイウェイで、航洋ドライカーゴを五大湖のオアキャリアーに改装し、その後、貨物船、客船、ケミカルバルクキャリアー等数多くの船舶の改装工事を施行している。また多くのジャンボアイディング工事も行っている。

また陸上施設としてあらゆる大きさの最新のタンク清掃プラントを持っていて、カーゴや燃料タンクの清掃を手早く行うことができる。

#### ホボーケン・ヤード

ニューヨーク市からハドソン河を横切った所にホボーケン・ヤードがある。浮きドック4箇所を持っていて、合計6,400フィート以上の棧橋およびバースのスペースを持っている。過去30年間にわたり、その施設はどんどん改新されて、たとえばタービン工場では最新のタービンブレードの量産施設が備えられている。

#### ボストン・ヤード



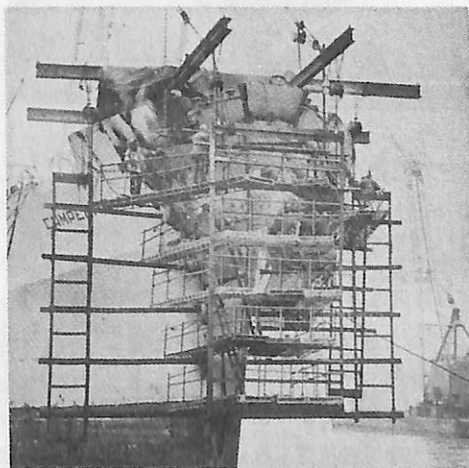
ホボーケン・ヤード全景。44エーカーの広さを持つ

ニューイングランドで最大、最新の修理ヤードで、東ボストン港に1859年に設立されたものを1922年にベスレームが肩替りしたものである。このヤードには長さ1,020フィートの棧橋を含んで5つの棧橋があり、総計スペースは4,000フィートになる。そして2つの浮きドックと1つの乾ドックを持っている。全施設を使うと、同時に14隻の船舶の修理または改造が可能である。

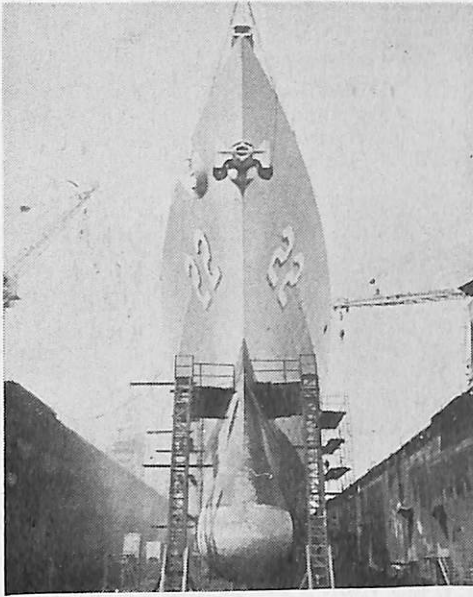
#### パーモント・ヤード

メキシコ湾にのぞむパーモント・ヤードは、1917年設立のときから石油掘削、石油工業と密接なつながりを持っていて、数多くの石油掘削リグやオフショアプラットフォームの製作修理を行っている。

1947年にベスレームの所有となってからも、オフショアオイル関係の仕事が多くあって、オフショアリグユニットの設計建造も行っている。すなわ



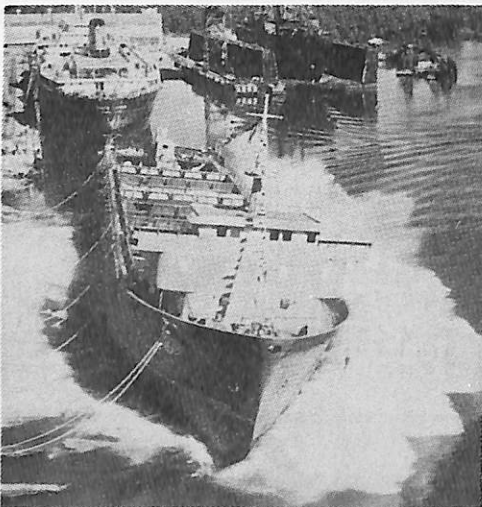
ホボーケン・ヤードで使われている最新の骨みプラットフォーム



海軍の艦艇修理に特に使われているボストン・ヤード



ベスレヘム設計の石油掘削プラットフォーム



バーモント・ヤードでのコンテナ船進水



サンペドロ・ヤード全景

ち、新造船の建造と同時にリグの建造、船舶の修理も行っているヤードである。

#### サンペドロ・ヤード

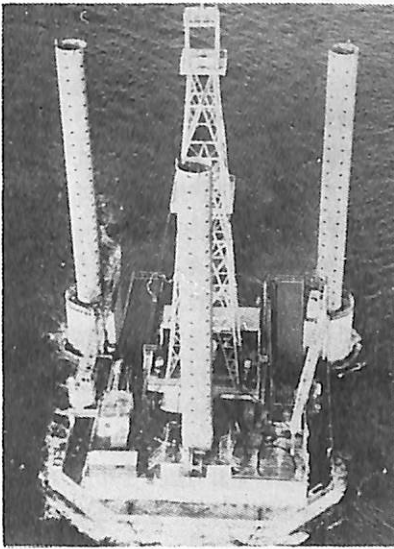
2つの大きな乾ドックと3,000フィート以上のスペースを持つバースを備えていて、サンペドロ港に入港する如何なる船の修理も可能である。ターミナル島のヤードの位置も最適で、すぐ隣りには最新設備のマシンショップを備えているので、工事は極めて能率良く施行されるヤードである。

#### サンフランシスコ・ヤード

このサンフランシスコ・ヤードは修理ヤードとしてはアメリカ随一の大きさと言われ、他のヤードと同様常に斬新の施設に変えられている。最近も古い2本の棧橋を壊して長さ700フィートの新しい棧橋が作られている。50トンまでのクレーンが稼動する総計2600フィートのスペースが修理の際のバースとなる。アメリカ最大の900フィートの長さの乾ドックが最近完成した。15万トンないし23万トンタンカーをうけ入れることができるものである。



サンフランシスコ・ヤード  
全景



#### ベスレームシンガポール

ベスレーム社は極東のシンガポールに進出してベスレームシンガポール社“Bethsing”をつくった。会社は1970年に設立されたもので、シンガポールに79エーカーの敷地をもつ造船修理ヤードである。海洋航行バージや小型貨物船、その他各種の鉄構々造物を造っている。“Bethsing”は特にバーモンド・ヤードと密接なつながりを持ち、極東におけるオフショア構造物建造にはバーモンド・ヤードの経験を十分に生かしている。

左写真・インドネシア海域で活躍するベスレームのリグユニット

### 業 界 短 信

#### ■日立、B&W700万、Zulzer 100万馬力を達成

日立造船では昭和25年、デンマークのパーマイスター・アンド・ウェイン社とB&W型ディーゼル機関の製造、販売の提携以来、今年の3月11日、同機関6 K67GF (11,200馬力)の完成をもって、累計1,803台7,001,675馬力の生産記録に達した。

さらに同社は4月完成予定の日立 Zulzer ディーゼル機関6 RND68 (9,900馬力)をもって、昭和32年より18年間で累計84台1,009,400馬力(昭和46

年に合併した舞鶴重工の実績を含む)を達成することになった。

なお日立B&W 700万馬力の達成機関は、ユアサ産業経由イースタン・プライム・ライン・リミテッド向け28,000DW材木兼ばら積船(神田造船建造)に搭載、また日立 Zulzer 100万馬力の達成機関は、マレーシアン・インターナショナル・シッピング・コーポレーション向け23,500DWばら積船(来島ドック建造)に搭載される。

## 専門技術者教育について

小 泉 磐 夫

### 1. 専門職業人教育か一般教育か

過日、商船大学の卒業科目として乗船実習を必修科目から外す旨の記事を新聞で見た。門外漢の筆者には事の適否を論ずるつもりはないが、その理由として、「最近では学生が必ずしも船員になることを希望しないし、卒業生の就職先も一般産業の技術者が少なくないから」とあったのがいささか気にかかる。

筆者をして言わせて頂くならば、船員になりたくなければ商船大学へ行かなければよいのだし、また船員の資格を得た上で、一般産業へ行きたければ行けばよいのであって、このような理由で何も商船大学が船員育成の教育内容を変更する必要がある筈はない。もし従来のカリキュラムを変更する必要があるとすれば、それは教育技術や内容の改良によって、在学中の乗船実習は船員養成上、昔のような重要度を失い、これがなくても充分船員教育の成果が上げられる、という結論から生れたことと考えたいのである。

筆者は、商船大学とは一般の大学とは異なり、特定の専門職業人教育の場であると心得る。それは商船乗組員として運航実務の能力と経験を土台に、最高の職見を持った、わが国の海事会社を支える中心的技術専門家の素材育成を目的とした大学であり、そのための技術と人格の両面よりする教育を施す処と理解しているからである。

戦後の多数の新制大学の開設によって、——商船大学も確かにその一つではあるが、——大学が持っていた社会的意義は大きく変った。大学はかつてのように一部の社会的エリート養成の場ではなく、開かれた国民大衆の教養水準高揚の場であることが強調された。さればこそ、先の大学紛争中、ジャーナリズムも大衆も口を極めて大学内部の専門職業人教育を主体とする学部、学科を攻撃して「専門馬鹿」と呼び、学内でも大学開放と称して、この種の専門学部の改編や教養大学構想を打ちあげる向きも一部にあったほどである。

筆者は必ずしもこうした新制大学教育の趣旨に反対する者ではない。ただ今日義務教育終了者の90%以上が高校に進学するのも、実は全員大学進学を願ってのことに他ならず、現に青年層の4人に3人までが何等かの形の大学やその予備校に在籍しているというとき、われわれ大学関係者が今後如何に大学教育を実施すればこの趣旨に応えられるのか、一方では大学に残されている専門職業人教育の任務をどう考えればよいか、を問いたいのである。

### 2. 一般教育と新制大学

わが国社会で親にも子にも、何故こうまで大学が人気があるのか。それは大学の与える知的教養が文化国家日本の大衆の文化的欲求にとってそれだけの魅力があるからだ、と答える人があろうか。遺憾ながら、大学志願の人気に反比例して、大学の与えんとする学問や教養に対する学生の熱情は薄らいで来た。

大衆が大学に現実に求めて来たものは、より良い飯にありつくための資格としての卒業証書であり、学士が量産されてプロ野球選手や相撲の力士にまで及ぶようになった今日では、「文化社会」のシビル・ミニマムと化した大学卒という肩書だけであるやに見受けられる。そして同年世代のうちで大学生の占める比率が増せば増すほど、大衆の学問的能力の平均値の水準が低下するのは理の当然であるから、目覚しい最近の学問技術の進歩に遅れず、常にその最先端に位することを本義とした昔の最高学府の教育理念を踏襲することは、徒らに多数の脱落者の累積を見るばかりで、すでに大方の大学において現実に不可能になっている。

このように新制大学発足以来の大学をめぐる内外の情勢は、大学を学問の府と観ずる限り決して好ましい教育環境ではないが、この現状はいわゆる学歴社会と言われる大学卒業証書に対する社会的神話や信仰が崩壊する日までは遺憾ながら続くであろう。開かれた大学とは、所詮大衆啓蒙の場であって、社会が自らその過ちに気がつくまでは、新制大学の本



義とした社会の学的教養水準の高揚維持といった高遠な現想は、当分の間お預けと考える方が無理が少ない。

### 3. 専門職業人教育の危機

然しながら専門職業人教育となると、こういう無責任な議論は許されぬ。本来専門職とは技術に限らず、余人をもって簡単に代替出来ない能力を身につけた技能者をいい、その特異な職業的立場から、他人の人命財産を預る結果、社会も特にその能力を格付けして、その特権をも保証しているのである。医師、薬剤師、司法官、弁護士、そして船員もこの類であり、一般化されたとは言え、教師、建築士、電気技術士等の免許制度にもその趣旨を見ることが出来る。さればこそ専門家の育成は本質的に一般教養教育とはその目的を異にする。前者では個人個人の修得した専門能力は社会的に認定された資格として裏書されねばならないが、後者の場合の知識の取得は個人的見識や教養の問題であって、本来、社会的評価の対象外に在って一向に差支えない。否、むしろ真理探究の府としての大学の社会的意義と責任とは、あえて社会の既存機構に迎合することを要しない、こうした自由な大学の教養教育の内にこそ在るとも言えよう。しかしこれは専門職業人教育とは正に対蹠的な場であることは明確にして置かねばならぬ。

かつて社会の一般的知識水準が低かった頃は、僅かの経験や知識の差が一かどの専門職として通用もしたが、大衆の知識水準が高まれば高まるほど、社会が専門職に求める知識、技能は高度なものになる。したがって専門職の養成はその教育密度の点で高いことが求められるだけでなく、その教育素材の選択においてもこれに応じて精選されねばならぬ。このような特定の専門については尋常以上に卓抜した能力資質を持った一言わば特殊資質の異常児一はそう沢山はいるはずはない。専門教育はこうした本質からも、これを大衆を対象とする新制大学に求めることは、すでに無理と言わざるを得ない。

### 4. 専門技術者教育は不要か

問題を専門技術者教育に絞って考えよう。すでに述べた社会的な技術知識の普及のみならず技術自身の進歩によっても、社会が必要とする技術専門家の内容は時代と共に変わって来た。今日の自動車の大衆化に見られるように、製品技術の進歩の方向は運転や保守のための専門技術者の必要度を減すように向けられている。商船の運航についてもその例外でなく、いわゆる自動化方式の導入以来、航機一本化な

どの乗組員の配乗構成、任務、所要の能力等について議論を呼んだ。また船員をめぐる国際労働事情もあって、将来の航洋船舶にも高度の技術能力ある船員の配乗はますます困難との見通しから、これに対する技術施策も考究されて来た。

しかし船舶が完全無人の運航にでもならぬ限り、相当期間にわたって外界から隔離された船内での人間社会と人間関係、人命財産の管理、不測の自然環境下での責任ある処断等、船員の任務は決して生易しい任務ではない。また上述のような製品の技術進歩のためにも、使用者側の技術専門家との協力が、製造者一方の努力に比してはるかに効果的であることは論をまたぬ。

確かに技術進歩の目標は誰にでも扱える船と機関を作ることであり、それは技術の大衆化、非専門化の方向に在る。馬鹿でもチョンでも扱える船が出来ると、中途半端な専門技術者はもはや船員としては無用の長物となるであろう。だからこそ今後の船員はこれまでの運航技術者に勝る専門技術、知識、人格識見を身につけなければ専門職としての意味を持たぬ。他方、このような専門知識と実務経験を兼ね備えた技術者こそ、いつの時代にあっても社会が最も必要とする真の専門家であって、その評価は最も高い。今日わが国社会の悩みは、むしろこうした真の専門家を、学校と実社会とを一貫して育成することが出来ないところにあると言える。

このような真に社会の求めている専門技術者教育は、以上述べて来たように、これを一般の新制大学の中に求めることは無理である。さればこそ、筆者は、特定の専門職業人教育を任務とする大学こそ進んでこの任に当たって頂きたいと願わざるを得ぬ。大学が毅然として専門職業人教育に誇りを持ち、社会の寄託に答える熱情を持って、たとえ少数でも志を同じくする学生と共に、専門知識の深化と技術と人格の陶冶に打ち込む教育に徹する時に、社会もまたこれに応えるだけの評価と人材とをもってするに相違ない。

自らの手を汚し、自らの汗の中に真黒になって生きる技術に対して愛着と尊敬と評価を払うことを知らない社会、専門職業人教育を一般教養や抽象科学教育より低く見るような風土には、技術批評家や科学評論家は生れ、海外の技術導入には速かであり得ても、自らの手による創造的技術はいつまでも生れないであろうことを恐れるからである。

(金沢大学教授/工学部機械工学科)

# 曳船のボラードプルについて

On the Bollard-Pull of Tug Boats

by Kiyoshi Tsuchida

土 田 陽

日本造船技術センター

曳船用プロペラを設計する場合の参考にもなるかと考えて、ボラードプルに対する計算を若干行ってみた。計算のものは模型プロペラの系統的単独試験の成績である。ボラードプルでは前進速度が0であるから、考え方によっては、話はむしろ簡単である。

## (1) ボラードプルの場合の最適直径

一般に最適直径といえ、与えられた条件（主機の出力と回転数、前進速度）で効率が最大となるプロペラの直径である。ボラードプルの場合はプロペラ効率で考えることはできないが、主機の定格出力（定格トルクと定格回転数）でスラストが最大となるものを最適直径と称してもよいであろう。この考えで系統的単独試験成績から最適直径を求めてみる。

慣用のとおり、

$$\text{トルク係数} \quad K_Q = Q / \rho n^2 D^5$$

$$\text{スラスト係数} \quad K_T = T / \rho n^2 D^4$$

ここで、

$$Q = \text{トルク} \quad (\text{kg-m})$$

$$T = \text{スラスト} \quad (\text{kg})$$

$$n = \text{毎秒回転数} \quad (1/\text{sec})$$

$$D = \text{直径} \quad (\text{m})$$

$$\rho = \text{水の密度} \quad (\text{kg-sec}^2/\text{m}^4)$$

主機条件から  $Q$  と  $n$  が与えられるから、

$$D = (Q / \rho n^2 K_Q)^{1/5}$$

したがって、

$$T = \rho n^2 K_T (Q / \rho n^2 K_Q)^{4/5}$$

しかるべき系統的単独試験成績から、いくつかのピッチ比について  $D$  と  $T$  を計算して、ピッチ比を横軸にプロットすれば  $T$  が最大となる  $D$  は容易に求めることができる。

$T$  の式を整理すれば、

$$T = \rho^{1/5} n^{2/5} Q^{4/5} (K_T / K_Q^{4/5})$$

となる。この場合  $\rho$ ,  $n$ ,  $Q$  は一定であるから、 $K_T / K_Q^{4/5}$  が最大となるピッチ比でスラストが最大となる。

このことは、ボラードプルを考えるなら、主機条件とは無関係に最適ピッチがあって、直径はそれからきまるということである。

スライドルールで計算しやすいように、

$$T^{2.5} = \rho^{1/2} n Q^2 (K_T^{2.5} / K_Q^2)$$

として、 $K_T^{2.5} / K_Q^2$  を MAU 4-55 型のプロペラ<sup>1)</sup> と、Dr. van Manen のノズルプロペラ 2 種<sup>2)3)</sup> について計算してみた。その結果を Fig. 1 に示す。

この図から、普通型のプロペラ (MAU 4-55) では 0.45 付近に、普通型のプロペラをインペラとしたノズルプロペラ (B 4-55, ノズル No. 7) では 0.7 付近に、カプラン型のプロペラ (K 4-55, ノズル No. 7) では 0.9 付近に最

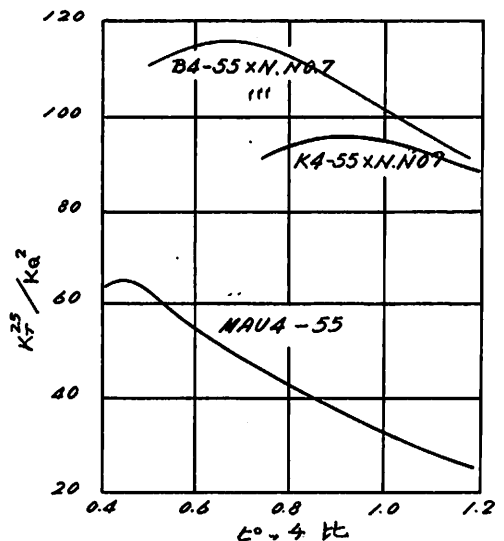


Fig. 1  $K_T^{2.5} / K_Q^2$  曲線

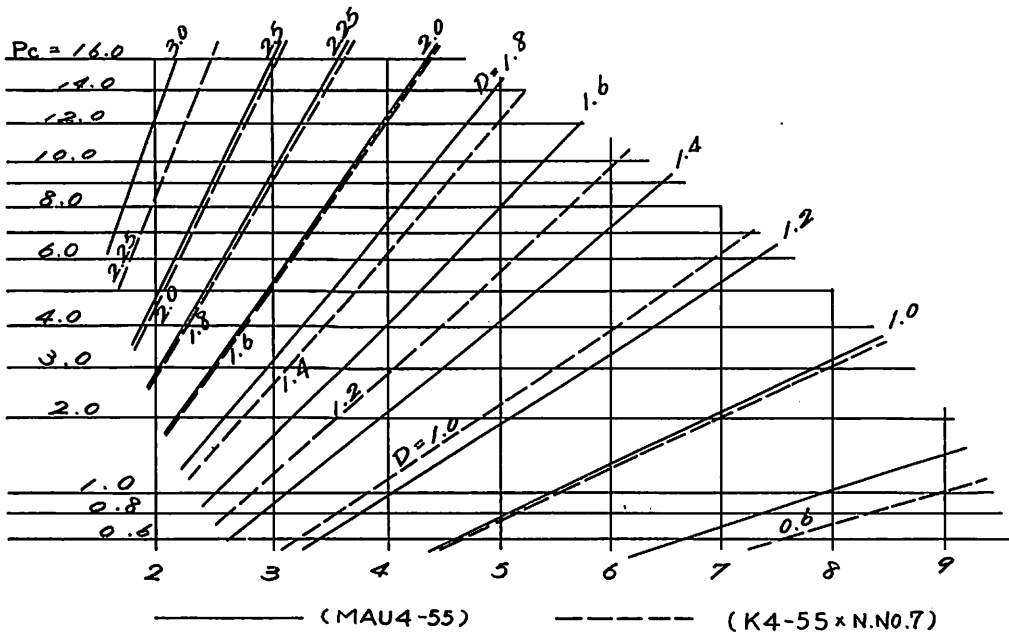


Fig. 2 直径の概略値

適ピッチ比があることがわかる。

ノズルプロペラでは最適ピッチ比が普通型に比べて大となるのは当然であろう。

また、これも予想されることであるが、ノズルプロペラの方がピッチ比の変化の影響が少ない。このことは、単独航走の場合を考慮してピッチ比を大きくとっても、ポラードプルの場合のスラストの低下が少ないということで、ノズルプロペラの特徴の1つである。

なお、最適ピッチ比の値はプロペラのシリーズ別に多少ずつ異なるが、ノズルなしとノズル付きの差は大体上記の程度のようなものである。

## (2) ポラードプルでスラストが最大となるプロペラ直径

主機条件として伝達馬力DHPと毎分回転数RPMが与えられたとする。ただし、桁数を少なくして計算を容易にするために、

$$Pc = DHP/100, \quad Nc = RPM/100$$

を使うと、

$$Q = (75 \times 60 / 2\pi) \cdot (Pc / Nc)$$

前節のDの式は

$$D = [(75 \times 60^3 / 2\pi \times 100^3) \cdot (1/\rho K_Q) \cdot (Pc / Nc^3)]^{1/5}$$

$$= [(258 / \rho K_Q) \cdot (Pc / Nc^3)]^{1/5}$$

MAU4-55型でピッチ比0.45では  $K_Q = 0.0152$

また  $\rho = 104.5$  とすると、メータ単位で、

$$D = 2.77 (Pc / Nc^3)^{1/5}$$

同様に2種のノズルプロペラについて概算して見ると、

(B4-55, ノズルNo.7)では、ピッチ比 = 0.70 で  $K_Q = 0.0203$ ,

$$D = 2.61 (Pc / Nc^3)^{1/5}$$

(K4-55, ノズルNo.7)では、ピッチ比 = 0.90 で  $K_Q = 0.0465$ ,

$$D = 2.23 (Pc / Nc^3)^{1/5}$$

となり、普通型のプロペラをインペラとした場合は約6%、カプラン型のプロペラをインペラとした場合は約19%直径が減少することが示される。

Fig. 2に直径の概略値をMAU4-55型とK4-55型について例示する。

## (3) ポラードプルの場合の最大スラスト

前節と同様にして、主機条件がDHPとRPMで与えられた場合の最大スラストを求める式を導くことができる。前と同じく  $Pc$ ,  $Nc$  を使用し、かつスラストをトンで表示して  $T'$  とする。

$$T' = (75/2\pi)^{4/5} \cdot (100 \times 60)^{2/5} \cdot (\rho^{1/5} K_T / K_Q^{4/5}) \cdot (Pc^2 / Nc)^{2/5}$$

$$= 0.236 (\rho^{1/5} K_T / K_Q^{4/5}) \cdot (Pc^2 / Nc)^{2/5}$$

これに  $K_T$ ,  $K_Q$  の数値を入れると、

MAU4-55型では、ピッチ比 = 0.45,

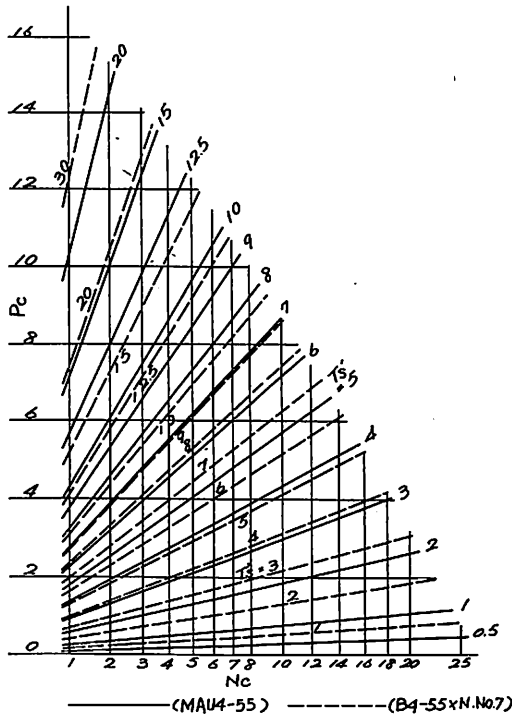


Fig. 3 最大スラストの概略値

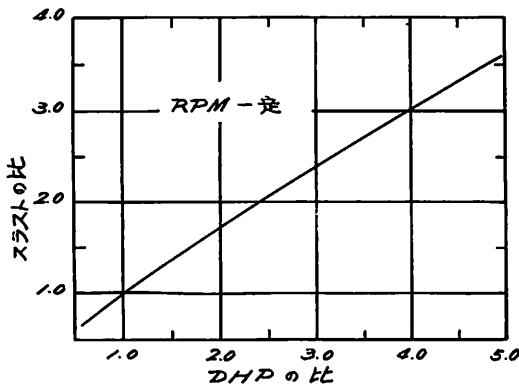


Fig. 4 RPM一定の場合のスラストの変化

$$K_T = .182, K_Q = .0152$$

トン単位で、

$$T' = 3.10(P_c^2/N_c)^{2/5}$$

(B4-55, ノズルNo.7) では、ピッチ比 = 0.70,  $K_T = 0.299$ ,  $K_Q = 0.0203$  で、

$$T' = 4.05(P_c^2/N_c)^{2/5}$$

(K4-55, ノズルNo.7) では、ピッチ比 = 0.90,  $K_T = .536$ ,  $K_Q = .0465$  で、

$$T' = 3.74(P_c^2/N_c)^{2/5}$$

となる。

この結果では、(MAU4-55) に比べて、(B4-55, ノズルNo.7) で約30%, (K4-55, ノズ

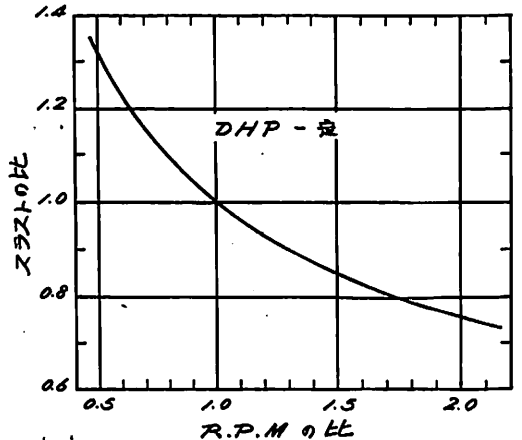


Fig. 5 DHP一定の場合のスラストの変化

ルNo.7) で約21%のスラスト増加となる。

一般にノズルプロペラのスラストはノズルなしの場合の1.4~1.5倍といわれている。上の数字はこれより少ないが、これはボラードプルで定格のトルクと回転数となるという条件で計算したからである。すなわち、実際の設計では単独航走のためにピッチ比が大となり、かつこれによるスラスト低下はノズルなしの方が著しいことに起因する。

また、ボラードプルで100馬力当り1トンのスラストとよくいわれるが、(MAU4-55)の式で計算すると500BHP×400RPMで約6トンとなり、これからピッチ比の増大によるスラストの低下を差し引けば、馬力×回転数がこの程度なら大体の見当としては適当と見てよいであろう。

Fig. 3 にスラストの概略値をMAU4-55型とB4-55型について例示する。

#### (4) 主機条件の変化によるボラードプル時の最大スラストの変化

(1)節でのべたように、

$$T = \rho n^2 D^4 K_T$$

$$DHP = (2\pi/75) \rho n^3 D^5 K_Q$$

これから、

$$T^3/DHP^4 = (75/2\pi)^4 \cdot 60^2 \cdot \rho \cdot$$

$$(1/RPM)^2 (K_T^3/K_Q^4)$$

したがって、

$$T^3 \cdot RPM^2 / DHP^4 = (\text{const.}) \times (K_T^3 / K_Q^4)$$

また、ボラードプルの場合でスラスト最大となる最適ピッチ比はプロペラの型によってきまるから、ここでは  $K_T$ ,  $K_Q$  も一定で、

$$T^3 \cdot RPM^2 / DHP^4 = \text{const.}$$

となる。(100頁へつづく)

# 三菱UEC-E形ディーゼル機関 <2>

Mitsubishi UEC-E Type Diesel Engine <2>

by Tatsuo Motooka

## 本 岡 隆 雄

三菱重工業原動機開発部

### 6. 8UEC52/105E形機関の陸上運転結果

#### 6-1 運転経過

本機関は昭和50年4月9日起動し、6月12日テスト終了するまで合計76時間運転し、その間実施した主な試験内容は下記の通りである。その結果予想通りの成績をえて、実用機としての信頼性、耐久性を確認することができた。

- (1) 過給機および燃料系統マッチング試験
- (2) 各種性能試験
- (3) 熱平衡試験
- (4) 応力、振動計測
- (5) 燃焼室壁の温度計測
- (6) カム軸駆動トルク計測
- (7) C重油燃焼試験

#### (8) 騒音計測

#### 6-2 機関性能

図-9に代表的な性能曲線を示す。100%負荷(10,650 PS, 175 rpm, 平均有効圧力15.38 kg/cm<sup>2</sup>)における値は、最高圧力105 kg/cm<sup>2</sup>、掃気圧力2.1 kg/cm<sup>2</sup>、高圧過給機入口排気温度420°Cである。

本図から判る通り、高圧側と低圧側の過給機の回転数  $N_{th}$ ,  $N_{tl}$  の関係をみると、低出力域では  $N_{th}$  が高く、高出力域では  $N_{tl}$  が高くなっている。即ち、低出力域では動圧駆動による高圧過給機がよく働いており、高出力域では静圧駆動による低圧過給機がよく働いている。これは港内で使用される低出力時でも今までの単段過給方式機関と変らない性能を有し、動圧-静圧の組合せによる2段過給方式の利点を示している。

燃料消費率  $be$  は、全出力域にわたって非常にフラットであり、充分な空気量を確保して、燃焼が良好であることを示している。排気温度もD形よりかえて低くなっている。

これらの計測された諸データは計算結果とよく一致しており、今後の開発に対して計算による適確な性能予想が可能となった。

#### 6-3 定力率試験

広い範囲にわたる機関の性能をみるために定力率試験を行った。その結果を図-10に示す。

等燃費曲線の最低値が丁度常用出力域にあり、燃料系統および過給機系統のマッチングが適切であったことを示している。

図中に記入してあるプロペラ特性の出力-回転数関係曲線の近辺においては、高圧過給機回転速度  $N_{th}$ 、低圧過給機回転速度  $N_{tl}$ 、掃気圧力  $P_s$ 、高圧過給機入口排気温度  $T_{e1}$  の各曲線はほぼフラットで機関出力が一定であればほとんど変化しない。即

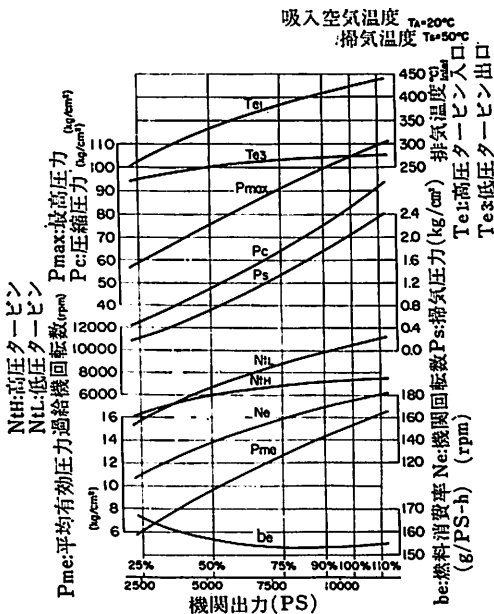


図-9 8UEC52/105E形機関性能曲線

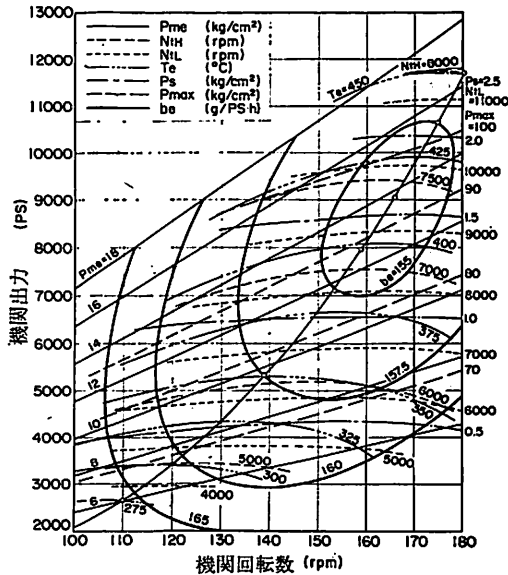


図-10 8 UE C52/105 E形機関定力率曲線  
(10, 650 PS×175 rpm)

ち、航海中向い風になったり、荒天になったり、あるいは経年変化等で機関の回転数が下りトルクリッチになっても（即ち図-10で出力一定で左側へ寄っても）排気温度は上昇しない。即ち、機関の熱負荷は増大することがなく、耐久性に富むことを示している。

#### 6-4 機関の振動および応力

図-11に機関本体の応力計測位地と計測値を示す。計測はタイボルト締付け時と運転中の変動負荷応力について行った。5-2に述べた通り、必要な肉厚増加を行っているので、一般的にD形なみの応力となっている。変動荷重の最大値でも 2.2kg/m<sup>2</sup> (圧縮) となっており、十分な剛性を有していることが確認できた。

機関の振動については計測の結果、最大点である低圧過給機の前後方向で、100% 負荷において単振幅0.34mmで、十分に小さいことが確認できた。

#### 6-5 燃焼室壁の温度

機関の耐久性に最も重大な関係があるので慎重に計測した。100% 負荷における燃焼室壁の温度分布を図-12に示す。

ピストンクラウンについて、E形とD形の代表点の温度比較を図-13に示す。5-6に述べた対策の結果、E形機関のピストンは大幅な出力アップにもかかわらず、触火面の最高温度（図中A）はD形の480℃から430℃へ、リングの固着等に最も関係の深い第1リング背面の温度（図中D）は150℃から

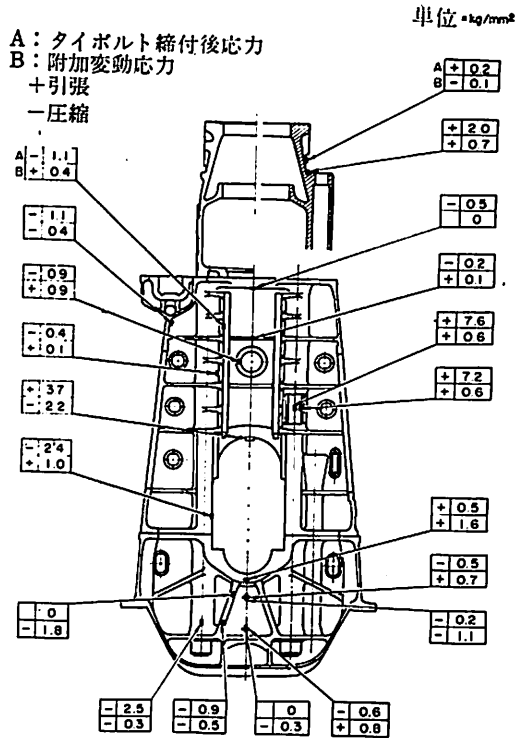


図-11 機関本体応力

140℃へそれぞれ低下している。

ライナー温度について同じ比較を図-14に示す。5-5で述べた対策の結果、触火面最高温度（図中B）はD形の320℃から280℃へ、また、シリンダ内の潤滑性を良好に保持するために、第1ピストンリングトップ位置の温度（図中A）は低い方がよいが、220℃から175℃へそれぞれ低下している。

排気弁は水冷弁座式で、弁棒のシート部温度は450℃程度に押えることができ、吹抜けに対して充分低くなっている。

#### 6-6 騒音計測

船の機関室の騒音低減の要求は年々厳しくなるので、騒音対策は非常に重要である。

2段過給方式の採用により、過給機の台数が増加するので、騒音の増大が一般に懸念される。一方、各段の過給機の圧力上昇が少く、従って回転数は単段過給方式により却って低くなる。さらに本機の場合には高圧過給機には開口部がなく騒音が外に出ないし、低圧過給機にはその空気入口に消音効果の大きい改良形消音器を取付け、さらに、排掃気管のラギングを十分にするなど、極力騒音を下げ対策を実施している。そのため計測結果の図-15に見られる通り、最高値でも100dB(A)以下に納めること

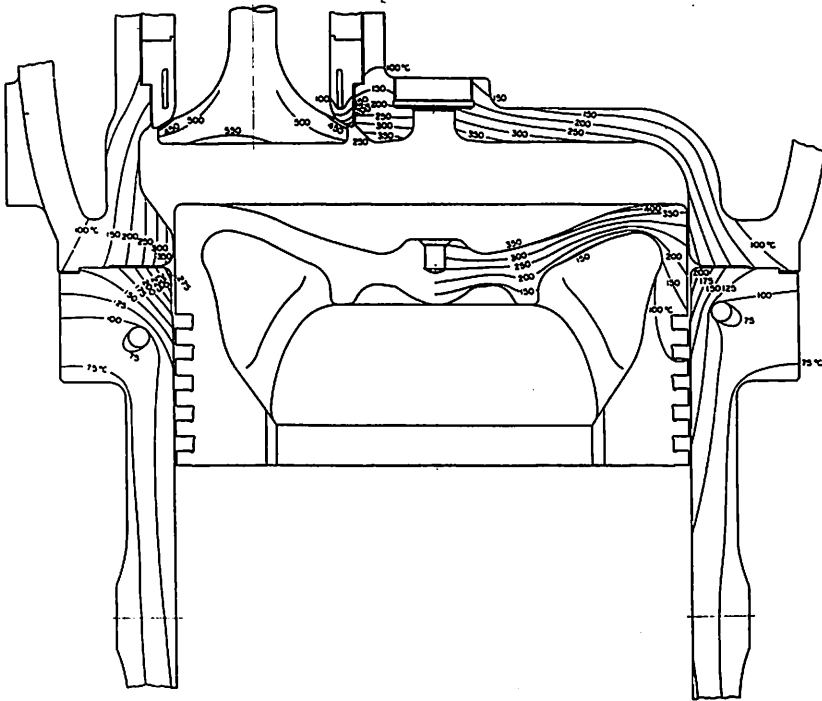


図-12 UEC 52/105 E 燃焼室壁温度分布 (100% 負荷)

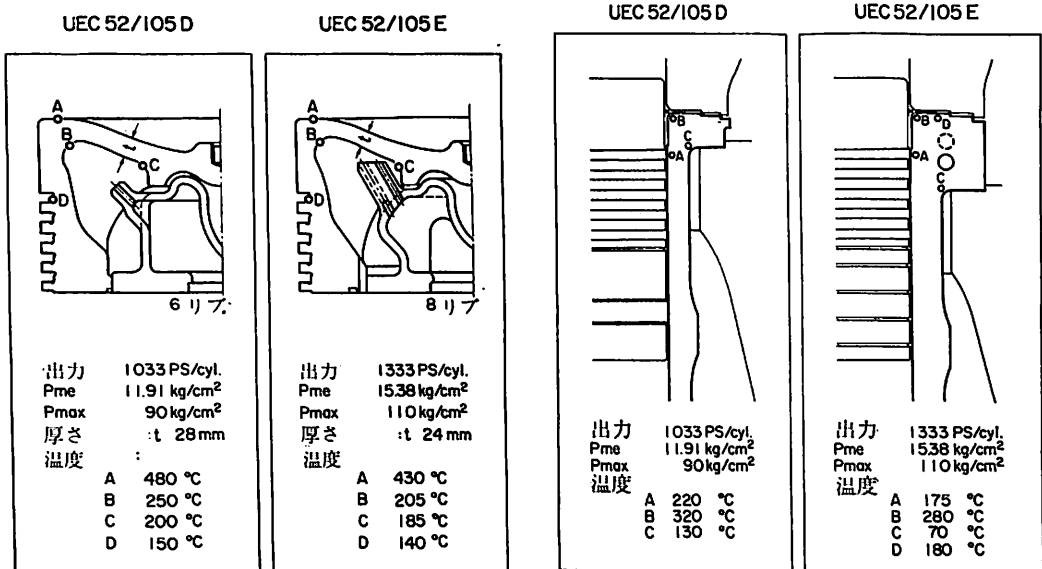


図-13 ピストンクラウン温度

図-14 シリンダライナー温度

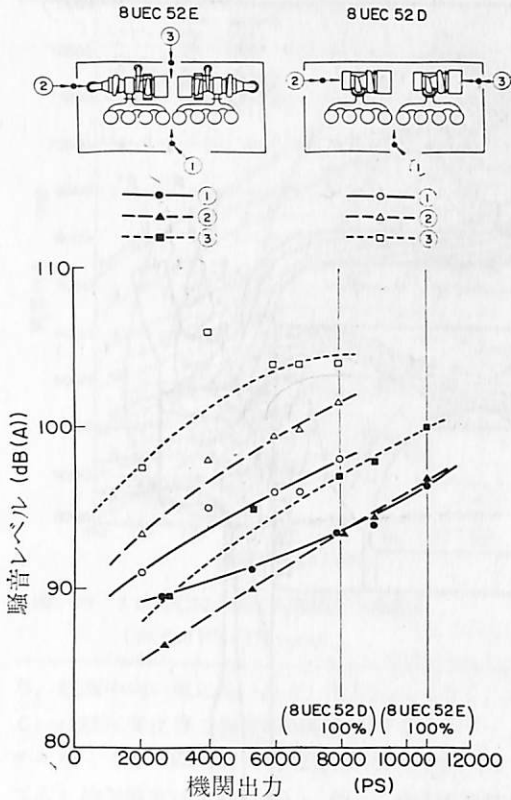


図-15 8 UEC52/105E 形と8 UEC52/105D形機関の騒音比較

ができ、D形よりも低くすることができた。

### 7. 海上運転結果

本機を搭載した Atlantic Albatross 号の海上公試運転が、昭和50年11月5、6日にわたり、三菱下関造船所において行われた。写真-1は本船、写真-2は機関室である。

#### 7-1 機関性能

図-16に陸上運転時と海上運転時の機関性能の比較を示す。両者はほぼ一致している。本船のプロペラは軽い目に設計されており、また排気管系の抵抗

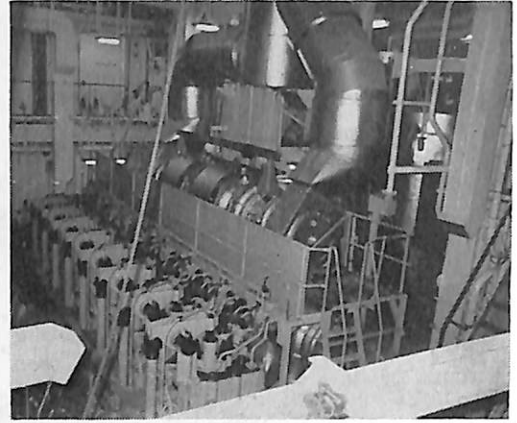


写真-1

が少なかったこともあって、排気温度は陸上運転時より約20℃低下している。

最低速試験は補助ブロー付で 55 rpm まで安定した回転を維持することができた。

減筒試験は1シリング燃料カットで60%負荷まで、また、減ターボ試験は低圧過給機1台カットで40%負荷まで運転された。

#### 7-2 Crash Astern 試験

本機関は Crash Astern の性能向上を計るため、始動空気の遅れを考慮して、始動空管制弁の開弁時期に考慮を払っている。試験結果を図-17に示す。機関回転数 175 rpm で後進発令と共に燃料をカットし、65 rpm でカム軸を後進側にシフト、60 rpm でブレーキエヤを入れると、後進発令から約 105 秒で機関回転数は0になり、約2分40秒後に後進 130 rpm に整定した。

#### 7-3 軸系縦振動および振振動

軸系縦振動は、当初計算では0節8次が 160 rpm でクランク軸ファイレット部応力が約 4.4kg/mm<sup>2</sup> 程度予想されたため、ダンパーを取付けたが、実測の結果図-18に示すごとく、ダンパー作動時、応力 0.5 kg/mm<sup>2</sup> (振巾 0.06mm) になり、ダンパーの



写真-2



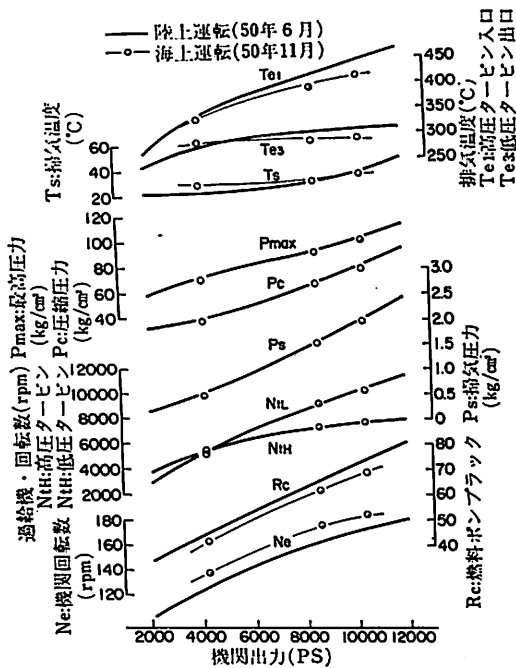


図-16 海上運転時機関性能

効果が確認された。振り振動については、本船が4翼プロペラなので、1節4次の応力を低下させるためプロペラの位相が最適になるよう取付けている。

#### 7-4 機関振動

計測結果を図-19に示す。

概して陸上運転時より振動は小さくなっており、これは船に搭載した場合、X型振動の固有振動数が若干上ること、および、排気集合管の取付けの構造によるものと考えられる。

#### 7-5 騒音

上段低位過給機附近における騒音は約 100dB(A) 以下であった。

#### 8. あとがき

当社が2段過給方式を採用したE形機関の開発を決定してから、その一番機8UEC52/105E形機関を搭載した Atlantic Albatross 号を無事引渡すまで、各種の研究、計算、実験をくり返して来たが、その間特筆すべきは昭和48年に日本船舶振興会、日本船舶用機器開発協会の御援助をえて実施した実験である。この実験は神戸発動機機製の6UET45/80D

図-17 Crash Astern 試験結果

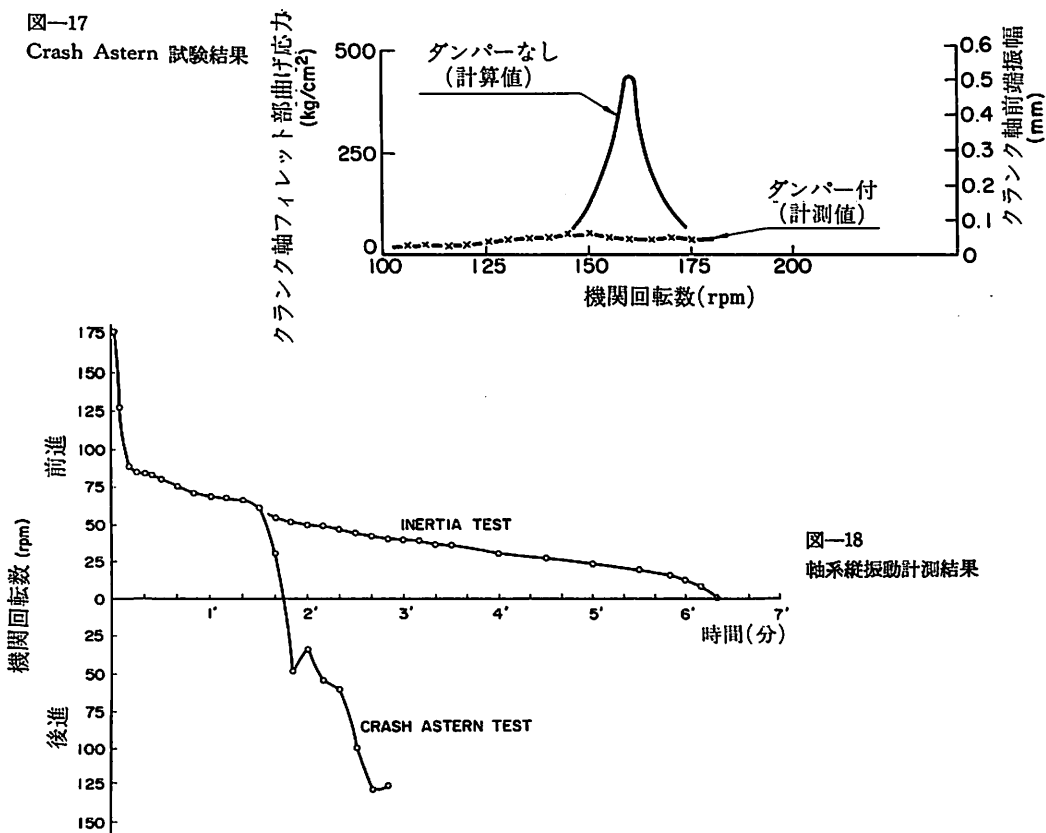


図-18 軸系縦振動計測結果

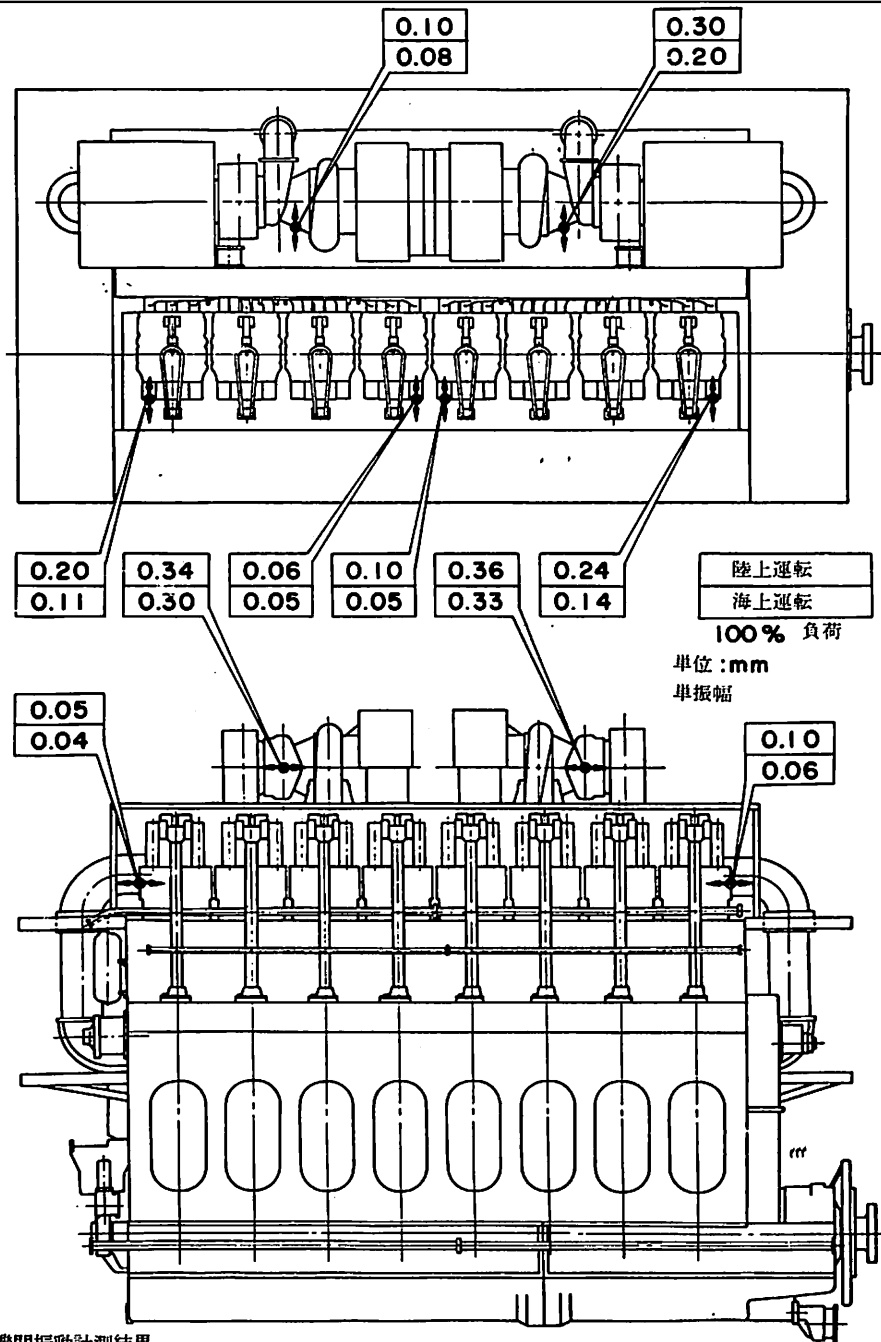


図-19 機関振動計測結果

機関を用いた実用機関による2段過給試験であり、同社において実施された。

本機は単段過給形であったが、これを実験のため2段過給形に改造して実験した。この実験の成功により、最終的にE形機関開発の決心を固めたものである。本実験に対して多大の御援助を賜った日本船舶振興会および日本船舶用機器開発協会の方々にお礼申上げる。

また、開発に際して種々ご協力を戴いた当社ライセンスの神戸発動機株式会社および神戶赤坂鉄工所の関係各位、さらにご援助、ご協力戴いた船主、造船所その他多数の関係者各位に深く感謝する。

当社は日進月歩の海運界の要望にこたえられる優秀なエンジンを開発すべく、全社の技術力を結集してE形シリーズを開発中である。今後とも関係各位のご指導、ご協力を願ってやまない。(完)

恵美洋彦 / 伊東利成

日本海事協会船体部

10-3-3 9% Ni 鋼とその溶接の低温じん性

9% Ni 鋼の低温じん性は、前述したように多量に添加されたニッケルによるフェライト地自体によることはもちろんであるが、熱処理によって結晶粒が微細粒化され、炭化物及び窒化物の均一微細分布、及び適量の安定オーステナイトの残留が得られることによる寄与も大きい。

9% Ni 鋼の熱処理としては、焼ならし後焼もどし (NT)、2回焼ならし後焼もどし (NNT) 及び焼入れ後焼もどし (QT) があるが、図10-75に示すようにじん性は、NT、NNT、QTの順によくなくなる。LNG船のタンク材としては、10-2で述べたようにNNT及びQT材が規定されているが、最近では、QT材を使用することが多い。

このように9% Ni 鋼は、熱処理によりじん性を向上させたものなので、如何にしてこの熱処理で高めたじん性を損なわずに溶接できるかが重要な問題点となる。一般的には、先に示した図10-60及び61

から溶接部のじん性の傾向が大体分る。

これらのじん性評価には、第9章で紹介したような種々の試験が採用されている。現在、9% Ni 鋼及びその溶接部のじん性評価に使用されている主な試験は、2mmV ノッチシャルピ試験、幅400mm でのディープノッチ試験、小型じん性試験 (ASTM; 引裂き又は曲げ試験) 等であるが、プレスノッチシャルピ試験、Van Der Veen 試験、エッソ試験、二重引張試験、NRL 落重試験、切欠付広幅引張試験 (大型ディープノッチ試験) 等も行なわれている。以下、9% Ni 鋼及び溶接のじん性試験の例を紹介する。

1. 9% Ni 鋼のじん性

次に9% Ni 鋼 (母材) について行なわれた各種じん性試験の例を紹介する。なお、母材と溶接継手とを一緒に試験する例は多いが、それらについては、この溶接継手のじん性のところで紹介する。

(1) 2mmV ノッチシャルピ試験によるじん性評価

2mmV ノッチシャルピ試験は、各種のじん性試験を行なうにあたって必ずといってよいほど同時に行なわれている。前に示した図10-50に9% Ni 鋼の2mmV ノッチシャルピ試験の大体の傾向が示されている。

2mmV ノッチシャルピ試験は、じん性の比較または影響を示す試験として最も多用されており、すでに、母材だけでも本文中でもすでに焼もどし温度のじん性に及ぼす影響 (図10-44)、熱処理によるじん性の相異 (図10-47)、加工性 (予ひずみ) のじん性に及ぼす影響 (図10-51)、予ひずみ及び応力除去のじん性の影響 (図10-52)、高温予ひずみの影響 (図10-53)、熱処理の影響 (図10-75) 等を2mmV ノッチシャルピ試験の結果で示している。

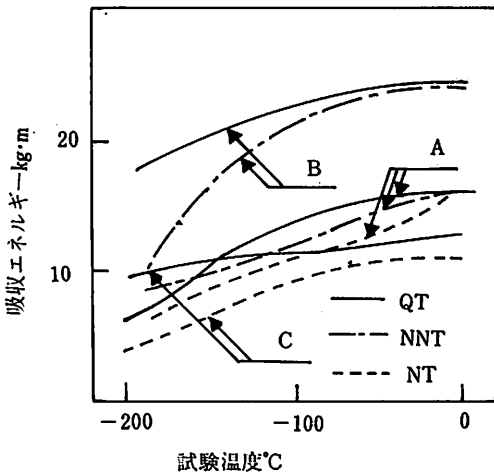


図10-75 熱処理による9% Ni 鋼衝撃遷移曲線の相異。Aは実用鋼のデータ、B及びCは実験室データ

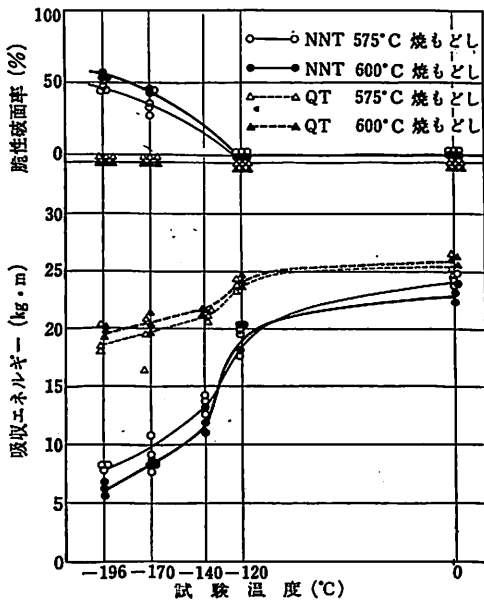


図10-76 板厚 73 mm 9% Ni 鋼の 2 mm V ノッチシャルビ試験<sup>23)</sup>

これらのほか、2, 3, 2 mm V ノッチシャルビ試験の例を次に示す。

極厚板の 2 mm V ノッチシャルビ試験の例を図10-76に示す。この例からみても極厚板の 9% Ni 鋼のノッチシャルビ試験結果は、大型 LNG タンク用 9% Ni 鋼として多く用いられている 20 ないし 30 mm 程度の厚板のものに比べて低温じん性で何らそ

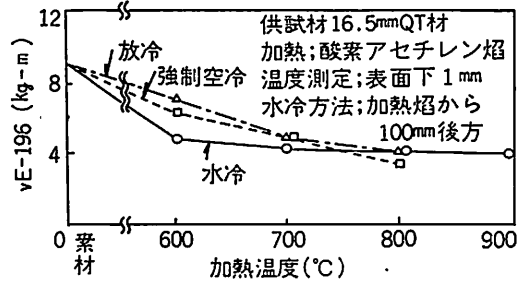


図10-78 9% Ni 鋼の切欠じん性に及ぼす線状加熱の影響<sup>10)</sup>

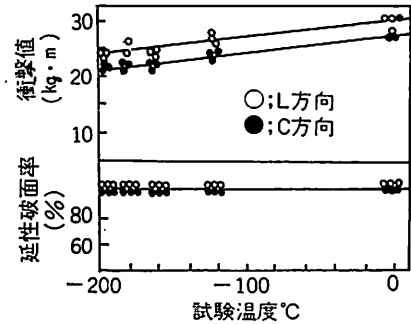


図10-79 圧延方向による 2 mm V ノッチシャルビ試験の影響<sup>17)</sup>

ん色のない極厚板の材料が製造され得ることが分る。

図10-77 に 9% Ni 鋼を長期間液体窒素中に保持した後のじん性の変化を 2 mm V ノッチシャルビ試験で調査した 1 例を示す。これは、9% Ni 鋼は液体窒素中に長時間保持すると析出オーステナイトの一部が不安定となり、衝撃特性を損なうことから低

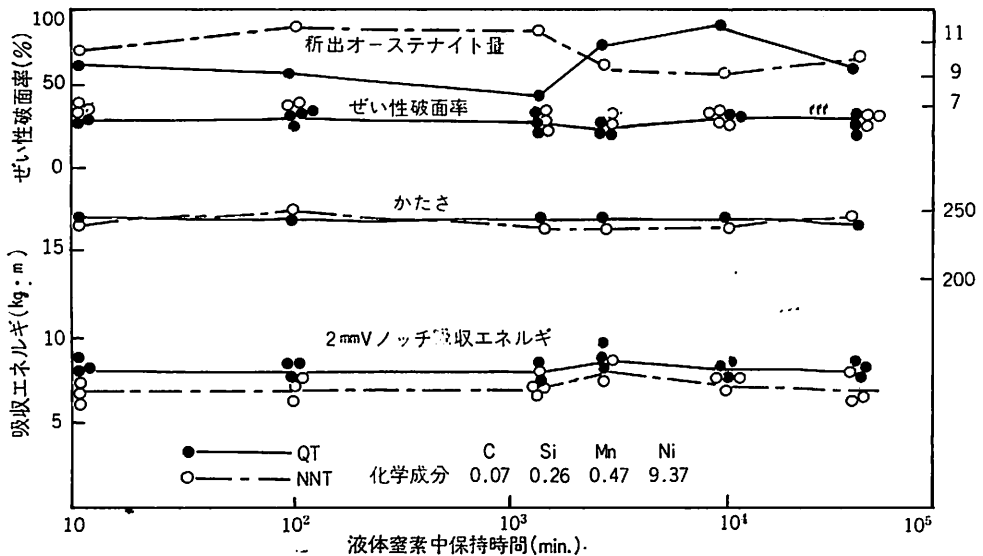


図10-77 液体窒素中長時間保持による吸収エネルギーとぜい性破面率の変化<sup>25)</sup>

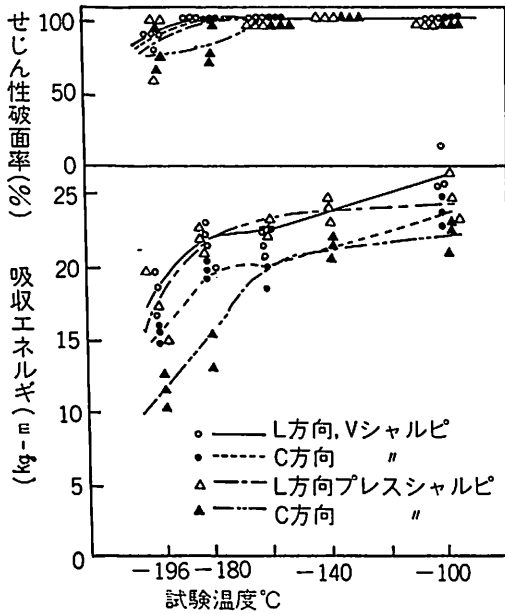


図10-80 9% Ni 鋼 (QT 材) 2mmV シャルビとプレスノッチシャルビ遷移温度曲線 (t=30mm)

温時効試験を行なった例である。この例から9% Ni 鋼は、適当な熱処理を施したものであれば、じん性が変化する傾向は認められないことが分る。

図10-78には、9% Ni 鋼のひずみ除去に使用する線状加熱による2mmV ノッチシャルビ吸収エネルギーの変化を調べたものであるが、600°C 以上に加熱すると、じん性の低下が著しくなったことを示している。

図10-79には、9% Ni 鋼の圧延方向に対する2mmV ノッチシャルビ試験の比較を示す。

(2) その他のシャルビ試験

Uノッチシャルビ試験も9% Ni 鋼の試験として行なわれたことはあるが、最近では殆んど使用されない。キーホールシャルビ試験 (例、図10-39及び43, 前出)、プレスノッチシャルビ試験 (例、図10-80) も時に行なわれているが、余り使用されない。いずれも比較試験として行なわれるものである。

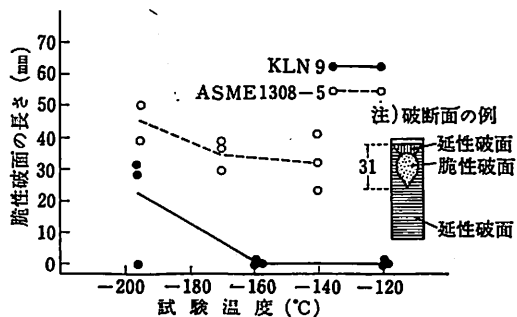
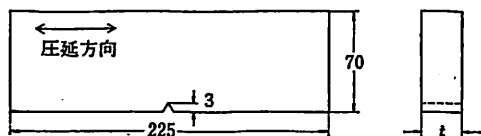
(3) NRL 落重試験

表10-29は、日本の鉄鋼メーカーで行なった9% Ni 鋼のNRL落重試験の例である。いずれも-196°C

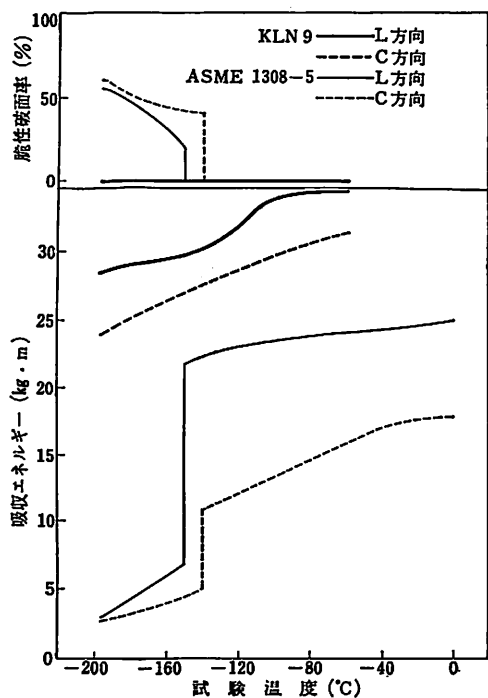
表10-29 9% Ni 鋼 NRL 落重試験<sup>29)</sup>

実施会社名	鋼種符号	板厚 (mm)	試験片寸法 (mm)	溶接棒	重錘の重さ (Kg)	重錘の高さ (m)	衝撃エネルギー (Kg-m)	試験温度 (°C)	NDT 温度 (°C)	備考	資料
川崎製鉄	KC1 KC2	12	12×89 ×356	Murex-Hordex N3.16φ	27	4	108	-196	<-196		(9N-2-66)
	KC1 KC2	12	12×89 ×356	"	27	45	122	-196	<-196		
	KC1 KC2	12	12×89 ×356	"	27	5	135	-196	<-196		
富士製鉄	FE	20	20×70 ×300	-	50	2	100	-196	<-196		富士製鉄技報 (Vol.13, No.3) (Sept. 1964)
	FE	20	20×70 ×300	-	50	2	100	-196	<-196	アンビルなし	
	FE	20	20×70 ×300	-	100	2	200	-196	<-196	アンビルなし	
日本鋼管	NB1	12	12×89 ×356	Murex-Hordex N	27	24	66	-196	<-196		日溶協化学機械溶接研究委資料 (昭39-2)
八幡製鉄	YA	13	13×51 ×127	H500 4φ	-	-	60	-196	<-196	スリム102mm 撓み 2.3mm	製鉄研究 (No.252) (Sept. 1965)
	YE	20	20×89 ×356	"	-	-	240	-196	<-196	スリム305mm 撓み 7.6mm	

注) QT 材; KC2, YA, YE, FE, NNT 材; KCl, FE, NT 材; NB1



(a) Van Der Veen 試験 {KLN 9 (QT)  
ASME 1308-5 (NNT)}



(b) 2 mmV ノッチシャルピ試験

図10-81 9% Ni 鋼の Van Der Veen 試験<sup>23)</sup>

でのき裂発生は認められず、NDT温度は、-196°C以下という結果となっている。また、爆発パルジ試験によるFET温度もNNT及びQT材とも、-196°Cより低いことが確認されている。

#### (4) Van Der Veen 試験

この試験の1例を図10-81(a)に示すが、これもNNT材とQT材のじん性の比較の目的で行なわれたものである。なお、同図中(b)に同じ材料同士で比較

した2 mmV ノッチシャルピ試験の例も参考までに合わせて示す。

#### (5) 大型衝撃試験 (Dynamic Tear Test or Drop Weight Tear Test)

Dynamic Tear Test と Drop Weight Tear Test は、似たような試験であるが、若干異なり、前者の方が後者より動的じん性値を広く評価できる。しかし、9% Ni 鋼についての前者の例は見当たらないので、後者の例を図10-82に示す。これは、オーステナイト量とじん性との関連をシャルピ試験と大型衝撃試験とで求めた例である。

最近、アメリカでは、動的破壊じん性ともいうべきじん性 ( $K_{ID}$  で表わす) を大型衝撃試験、すなわち NRL Dynamic Tear Test または Battle Drop Weight Tear Test の吸収エネルギーから求めているが、9% Ni 鋼等の高ニッケル合金鋼は、炭素鋼または他の合金鋼のように静的破壊じん性試験から得たじん性値より動的破壊じん性値が低いという傾向と異なり、9% Ni 鋼等の動的破壊じん性は静的破壊じん性とほぼ同じか、または高いといわれている<sup>17)</sup>。これは、9% Ni 鋼の大型衝撃試験の吸収エネルギー-温度曲線で-196°Cまでの温度では、曲線の上部(遷移曲線の高温側)で試験を行なうことになるので、この部分での動的破壊じん性値は、静的じん性値より高いことがしばしばあるようである。このようなことから、-196°Cまでの使用温度ならば、9% Ni 鋼等の高ニッケル合金鋼は、動的な影響、すなわちひずみ速度の影響を考慮しても設計に静的破壊じん性値を用いてよいといわれている<sup>17)</sup>。

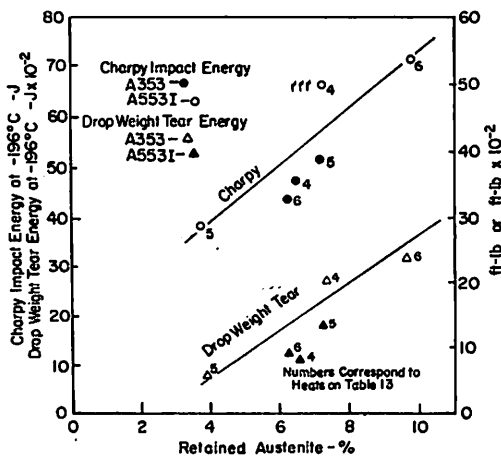
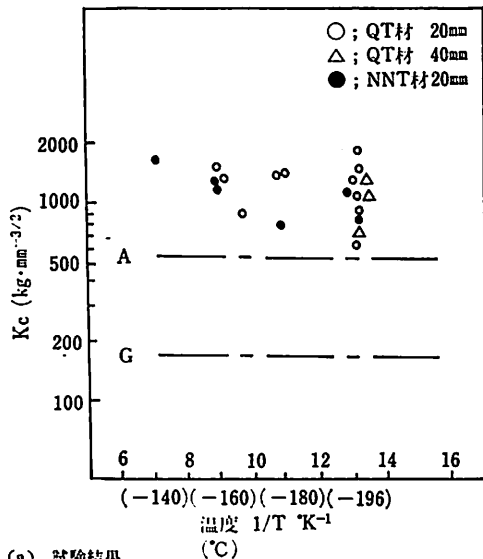
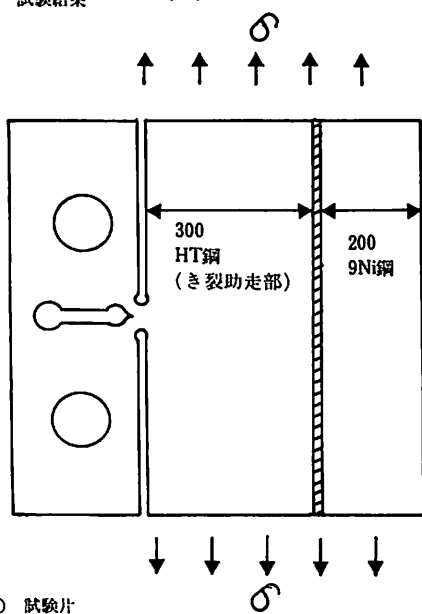


図10-82 オーステナイト量と切欠きじん性の関連<sup>17)</sup>  
(-196°C)

A353はNNT材、A5531はQT材、4,5は16mm、6は19mm板厚材料



(a) 試験結果



(b) 試験片

図10-83 9% Ni 鋼混成型二重引張試験の例

(6) ぜい性破壊伝ば特性試験

9% Ni 鋼は、低温じん性が非常に優れているため、-196℃の低温でぜい性き裂伝ば停止特性試験である二重引張試験、エッソ試験等を行なってもぜい性き裂が発生しない。そこで、9% Ni 鋼の試験としては、比較的ぜい性き裂が発生しやすい高張力鋼等をき裂発生側においた図10-83(b)に示すような混成型二重引張試験または混成型エッソ試験が行なわれている。このき裂助走部に使用される高張力鋼は、60キロHT鋼、70キロHT鋼等である。

この混成型二重引張試験では、溶接部の残留応力

の影響が加わり、母材の特性を明確に示すとはいい難いが、これまで9% Ni 鋼で行なわれた試験では、-196℃で、9% Ni 鋼のぜい性き裂は溶接線から僅か離れたところで停止して9% Ni 鋼の部分を通るものは殆んどない。

表10-30に混成型二重引張試験結果の1例を示す。これは、図10-83(b)に示すような試験片で、助走板を伝わって伝ばしてきたぜい性き裂が9% Ni 鋼で停止していることを示している。この試験では、長大なぜい性き裂の伝ば停止特性は明らかにはならないが、少なくとも200ないし300mm程度伝ばしてきたぜい性き裂は、膜応力の許容応力(表10-28参照)の2倍程度の引張応力状態でも停止することを示している。

また、図10-83(a)は、文献25、29等で混成型二重引張試験結果を

$$K_{IC} = \sigma \sqrt{\pi C} \cdot \sqrt{(2B/\pi C) \tan(\pi C/2B)}$$

( $\sigma$ : 引張応力,  $C$ : き裂停止長さ,  $B$ : 試験片幅) として整理されているものをまとめたものである。

表10-30 混成型二重引張試験結果 (QT材)<sup>30)</sup>

試験温度 (°C)	試験片の幅 (mm)	助走板の幅 (mm)	応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	溶接線からの停止距離 (mm)
-196	500	300	20	9
-196	500	300	30	6
-196	500	300	40	3
-170	500	300	30	10

助走板 70キロHT

なお、同図中に示すようにWES (日本溶接協会) 低温用鋼材判定基準のG種 (静的外力のみではぜい性破壊を発生しない特性を有するもの) 及びA種 (事故を生じぜい性き裂が発生しても伝ばを阻止する能力を有するもの) の何れもぜい性き裂伝ば停止温度は-196℃より低温となり、ぜい性き裂伝ば

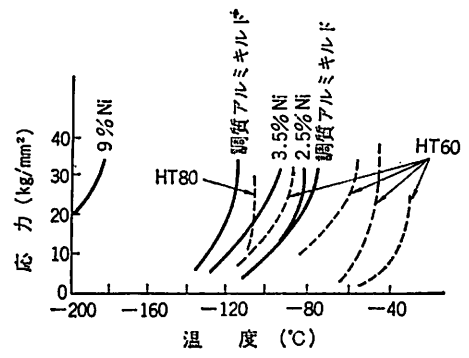


図10-84 各種低温用鋼の一般温度型 ESSO 試験によるぜい性破壊伝ば特性の比較

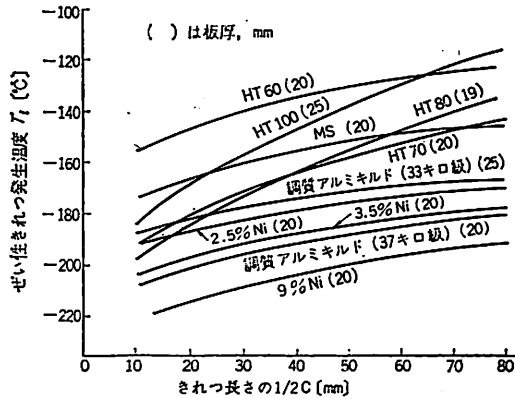


図10-85 デープノッチ試験のぜい性破壊発生温度ときれつ長さの関係

特性は非常に優れていることがわかる。

また、図10-84 にエッソ試験により9% Ni 鋼を含む各種低温鋼のぜい性破壊伝ば特性を比較したものを示す。

(7) ぜい性破壊発生特性試験

ディープノッチ試験は、第9章で説明したように両側切欠き付きのと、中央切欠き付きのものがあり、いずれも幅400mm、切欠き160~240(2C)mmでいどの試験片で行なわれている。切欠き先端は、機械加工で0.1mmでぜい性き裂発生温度と応力またはき裂長の関係、 $K_{IC}$  値、COD値等が求められているが、9% Ni 鋼のじん性に関しては疲労き裂切欠き、機械加工切欠きとの差は余りみられ

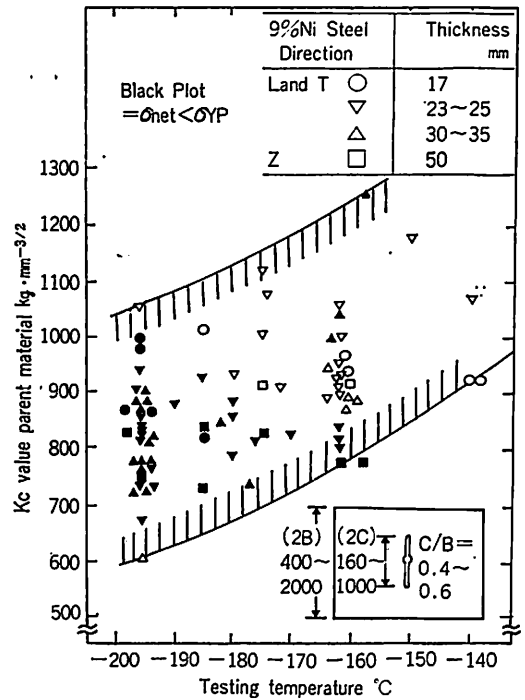


図10-86 9%Ni鋼母材(QT材)の $K_{IC}$ 値<sup>37)</sup>

ないようである。

図10-85には、ディープノッチ試験による9% Ni 鋼とそのほかの低温用鋼の比較を示すが、これは、ディープノッチ試験の結果、 $\sigma = \sigma_Y / 2.56$  とし

表10-31 9% Ni 鋼 ASTM 型曲げじん性試験(母材)の例<sup>35)</sup>

材 料	燃処理	2 mm Vシャルピ kg-m at -196°C	曲げじん性試 験温度 °C	$K_{IC}$ kg·mm <sup>-3/2</sup>		COD <sup>3)</sup> mm 平均値	き 裂 方 向
				平均値	最小値		
鍛造G材 <sup>1)</sup> 65×110mm	NNT	C ; 平均 5.1 Z ; 平均 4.7	-162	640	592		L
			-176		646		
			-187		502		
鍛造N材 <sup>2)</sup> 65×110mm	NNT	C ; 平均 10.2 Z ; 平均 9.6	-162	708	705	>1.05 0.44	L
			-187		690		
圧延材 33mm厚さ	NNT	C ; 板厚中央 ; 4.7 表面側 ; 4.3	-162	629	620	0.19 0.26 0.25	L Z
			-175		597		
			-191	440	434		
			Z ; 板厚中央 ; 5.3 表面側 ; 4.6	-162	567		
			-175		594	0.25	
			-185		572		

1) electric furnace smelted and forged material

2) electroslag rebind and forged material

3) COD at max load. For calculation of COD the 0.5mm ligament depth has been used at centre of rotation



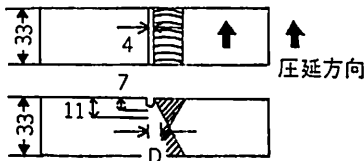
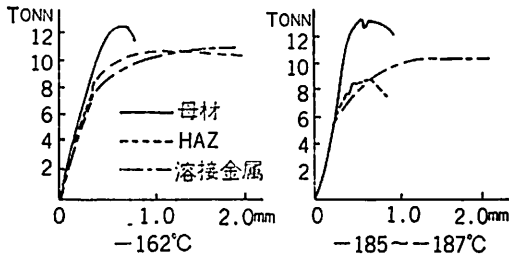


図10—87 9% Ni 鋼3点曲げじん性試験片と荷重変位曲線例

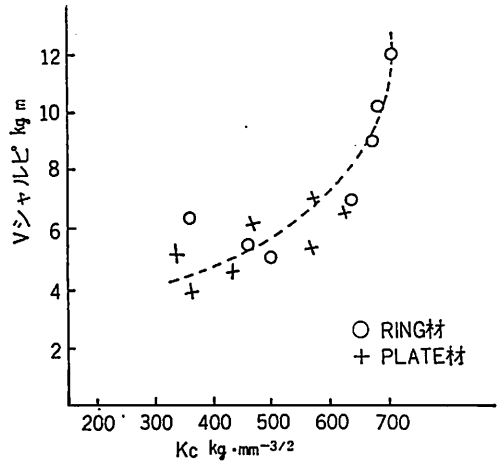
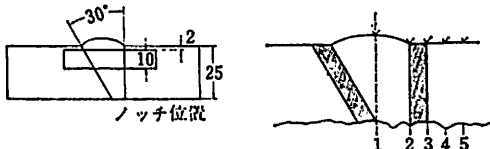


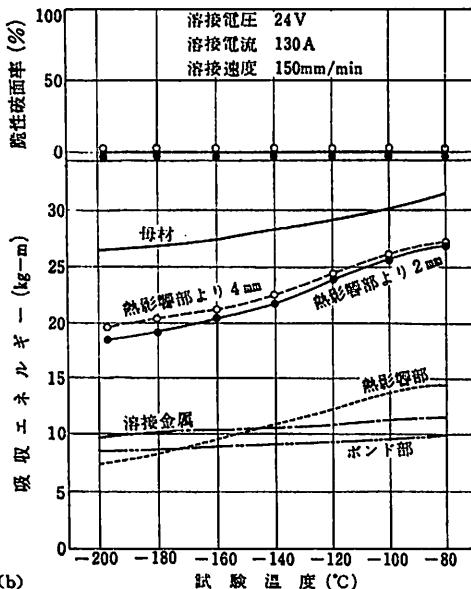
図10—88 2mmV シャルピ吸収エネルギーと破壊じん性 ( $K_c$ ) の相関<sup>35)</sup> (1はシャルピ値からの外挿)

て、ぜい性破壊発生温度とき裂長さの関係を示したものである。

図10—86は、9% Ni 鋼の400ないし2000mm幅の中央切欠付きディープノッチ試験の結果、最初に生ずるポップイン (Pop-in) の点で  $K_c$  を求めた



(a) 1 溶接部, 2 ボンド部, 3 熱影響部, 4 熱影響部より2mm, 5 熱影響部より4mm



(b) 図10—89 9% Ni 鋼手溶接継手各位置におけるシャルピ試験結果<sup>33)</sup>

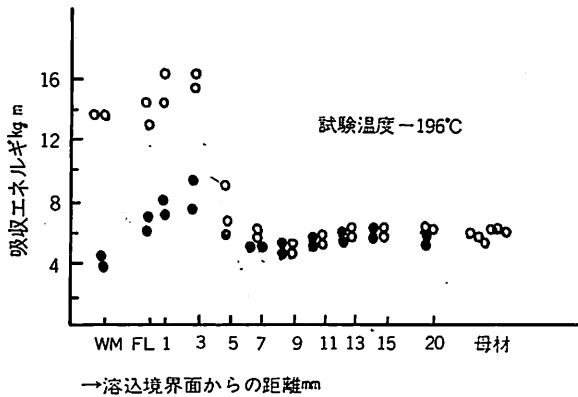
例<sup>37)</sup>を示す。

表10—31にモス方式9% Ni 鋼製タンクの開発に際して行なわれた9% Ni 鋼鍛造材及び圧延材に対する曲げじん性試験の結果<sup>35)36)</sup>を示す。この試験は、第9章で紹介したようなASTM型曲げじん性試験方法に準じて行なわれ、切欠先端は疲労き裂が設けられている。この母材に対する試験では、じん性が高いため、ASTMに定める有効な  $K_{Ic}$  を得ることはできないが、最大荷重を用いて  $K_c$  値、COD値が求められている。なお、参考までにこの曲げじん性試験の荷重変位曲線の例を図10—87に示す。

このじん性試験の際の2mmV ノッチシャルピ試験と、前述のようにして得られた  $K_c$  値の相関を示したものが図10—88である。2mmV ノッチシャルピ吸収エネルギーと  $K_c$  等の破壊じん性との間に何らかの相関関係が得られれば便利であるが、理論的な相関関係はない。したがって、同種材料についてこの図のように実験的な相関関係を求めるしかない。この図においても十分な相関関係を得るためにはデータが少なく、とくに吸収エネルギー値の低いところのデータが少ない<sup>35)</sup>。なお、この図は、母材及び熱影響部の31個の破壊じん性試験と約70個の2mmV ノッチシャルピ試験 (き裂進行方向を同一としたもの) によったものとのことである。

## 2. 9% Ni 鋼溶接部のじん性

前1項では、主として9% Ni 鋼母材のじん性試験結果について紹介してきたが、9% Ni 鋼溶接構造物では、溶接部の方が、母材と比べてじん性が低



	層数	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)
○; サブマージアーク溶接	2	650	32	35~37
●; 手溶接	7	80~185	—	13~30

図10-90 被覆アーク溶接とサブマージアーク溶接継手の衝撃特性の比較

下するため、溶接部に対して正当なじん性評価を行なわなければならない。

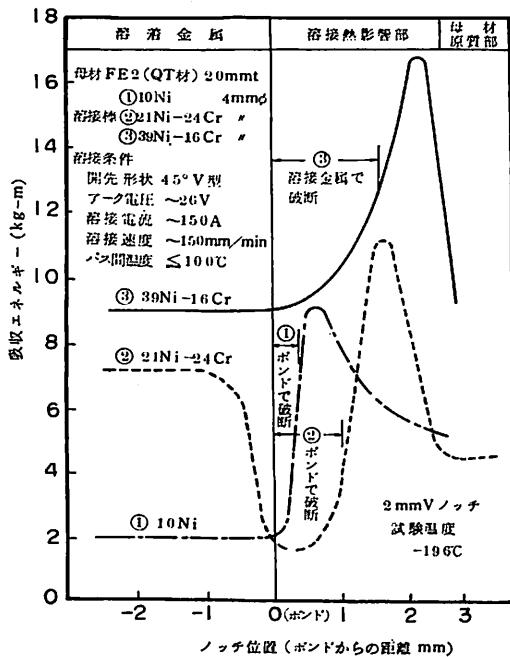
母材と同様、2mmVノッチシャルピ試験は、溶接部のじん性を相対的に評価するために最も多く用いられている。すでに紹介した例でも、溶接金属Ni含有量の影響(図10-56)、溶接部深さ方向のシャルピ値の影響(図10-59)、溶融部からの距離の影響(図10-60, 61, 62)、溶接材料の比較(表10-22, 24)、

施工試験例(表10-26)、溶接継手シャルピ値の規格(表10-28)等がある。このほか、母材と同様に、プレスノッチシャルピ試験、ディープノッチ試験、小型じん性試験(ASTM型引裂きまたは曲げ)、広幅ディープノッチ試験等が、溶接部のじん性評価試験に採用されている。

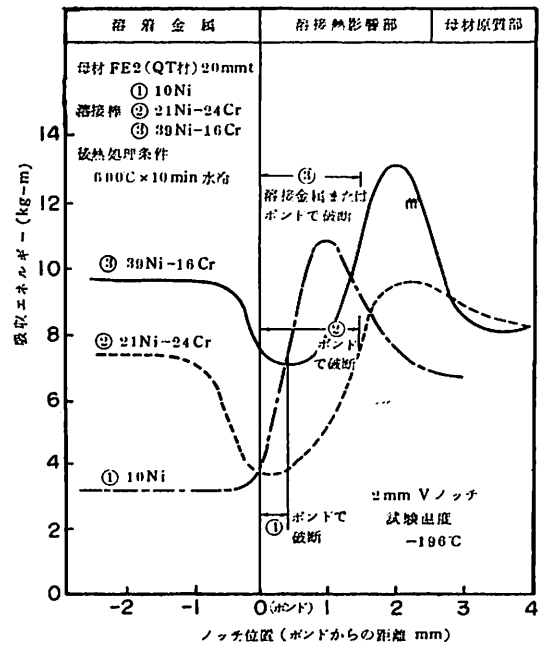
9%Ni鋼溶接部は、溶着金属及び熱影響部のじん性について考慮しなければならない。溶接部のじん性には、母材、溶接材料、溶接法(熱履歴、開先条件、溶着量、順序、姿勢等、溶接部形状等)が影響を与えるものである。実際のタンクの設計、工作にあたっては、採用する溶接方法について十分なじん性評価試験を行なう必要がある。特に、タイプBタンクを設計する場合、実績のない新しい溶接法を採用しようとする場合等では、2mmVノッチシャルピ試験以外の適当なじん性試験も合わせて行なうべきであろう。

#### (1) 溶接継手シャルピ試験

10-2-1で紹介したIMCO規則案、IACS統一規則、10-2-2で紹介した各規則の溶接法試験で



(a) 溶接継手の衝撃試験結果



(b) 後熱処理後の各種溶接継手の衝撃試験結果

図10-91 溶接継手の衝撃試験

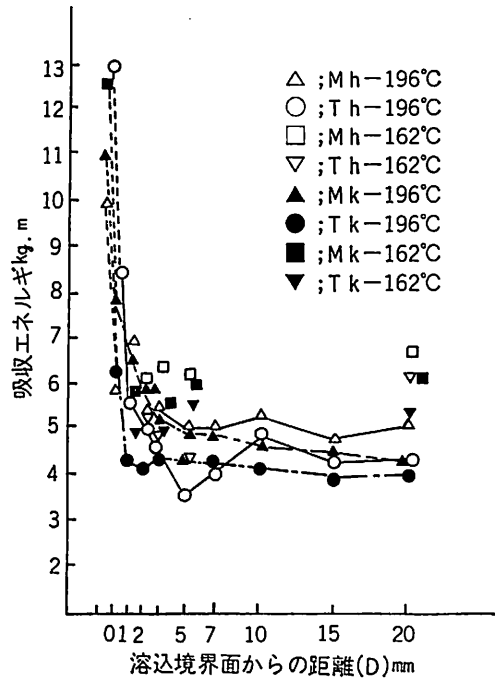
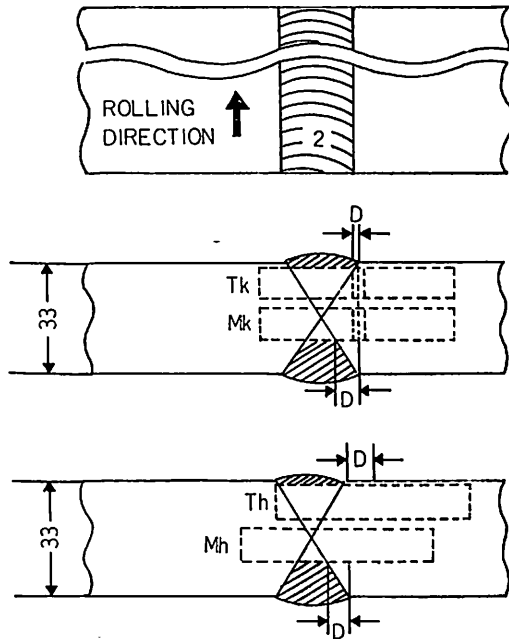
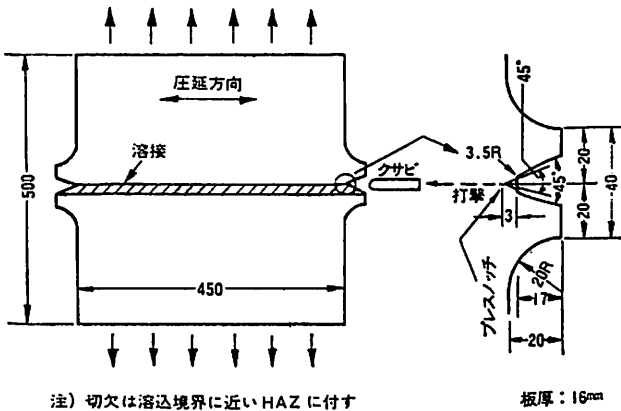


図10—92 溶接継手の各位置，各ノッチ方向の2mmVノッチシャルピ試験結果

要求されているように2mmVノッチシャルピ試験は溶接継手各位置で行なうことになっている。これは、先に示した図10—60, 61及び62から分るように、溶着金属，ボンド，熱影響部等で、吸収エネルギーが異なり、溶着金属が一番低い場合もあり、他の部分が低い場合もあるからである。これは、また母材，溶接材料，熱履歴等による影響を受けるので、溶接法により各位置における影響が異なるからでもある。

図10—89に手溶接継手各位置における2mmVノッチシャルピ衝撃試験の例を示す。

一般に手溶接（被覆アーク溶接）やミグ溶接では溶接入熱が小さいので、溶接後の冷却速度が比較的是やく、その熱影響部の幅は狭いが、サブマージアーク溶接，その他の高能率溶接法では溶接入熱が大きいので溶接後の冷却速度が遅く、熱影響部の幅は



注) 切欠は溶込境界に近いHAZに付す

板厚：16mm

サブマージアーク溶接 2層650A32V35~37cm/min 溶接速度

図10—93 9% Ni鋼溶接継手エッソ試験

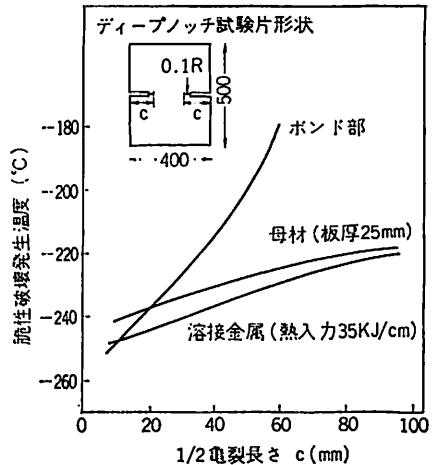


図10—94 脆性破壊発生温度と亀裂長さの関係 (作用応力/降伏応力=1/2.5)

	Test temp. °C	Fracture toughness $K_{IC}$ (kgmm <sup>-3/2</sup> )		COD <sup>1</sup> (mm) mean
		mean	min.	
PLATE 33 MM				
Parent material	-162	567	546	0.28
	-175		594	0.25
	-191	440	434	0.19
HAZ	-162	472	405	0.64
	-175		432	0.38
	-185		340 <sup>2</sup>	>0.21
Weld metal (Inconel 82)	-162	483	460 <sup>3</sup>	>0.87
	-187	493	463 <sup>3</sup>	>0.84
EQUATOR SECTION 65 x 110 MM				
Parent material	-162	708	705	>1.05
	-187		690	0.44
HAZ	-162	676	658	>0.88
	-189		367 <sup>2</sup>	0.15
Weld metal (Inconel 112)	-162	609	580	0.47
	-188		561	0.32

<sup>1</sup> COD at max load. For calculation of COD the 0.5 ligament depth has been used as center of rotation.

<sup>2</sup> Valid or approximately valid  $K_{IC}$

<sup>3</sup> Failed by slow tearing

表10—32 溶接継手母材の3点曲げ試験による破壊じん性<sup>38)</sup>

広くなる傾向にある。

図10—90に手溶接とサブマージアーク溶接継手の2mmVノッチシャルビ吸収エネルギーの比較を示すが、この例では、手溶接で溶接金属が吸収エネルギーが最も低くなっているが、サブマージアーク溶接では、熱影響部(溶込境界面から9mmていど)が最も低くなっているのが分る。しかし、この両者の熱影響部の吸収エネルギー値には殆んど差がない。

図10—91に9N委員会<sup>25)</sup>で行なったNi, 21Ni—24Cr及び39Ni—16Crの溶接棒を使用して溶接のまま及び溶接後熱処理の溶接継手の2mmVノッチシャルビ試験吸収エネルギーの比較を示す。

図10—92は、前に紹介したモス方式9%Ni鋼タンク開発に際して行なわれた溶接継手の各位置及び各ノッチ方向の2mmVノッチシャルビ試験結果<sup>35)</sup>である。この図から、板厚中央部の方が表面側より吸収エネルギーは高く、圧延方向ノッチの方が、板厚方向ノッチより吸収エネルギーが低いということを示している。

以上紹介した溶接継手のシャルビ試験から溶接材料、溶接法、採取位置、熱履歴等々の条件で2mmVノッチシャルビ値に変動があることがわかる。

#### (2) 溶接継手のエッソ試験<sup>34)</sup>

図10—93は、サブマージアーク溶接した板厚16mmの突合せ継手について行なわれたエッソ試験の試験片である。この試験片を液体窒素で-180℃に冷却し、29.9kg/mm<sup>2</sup>(ASTM規格降伏点の1/2)の引張応力を負荷しておいてくさびで衝撃を与えられた。くさびに与えられた打撃エネルギーは200kg・mである。くさびを押し込む力の分布は、ノッチを引裂く方向に働き、試験体のじん性が小さい場合は容易にぜい性破壊するが、この継手では全くき裂が生

試験温度 (°C)	$\sigma_{gross}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{net}$ (kg/mm <sup>2</sup> )
-174	34.4	86.0
-190	39.2	98.0

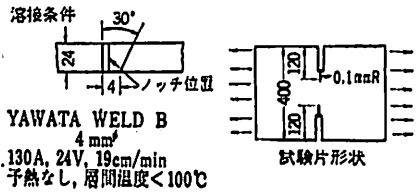


表10—33 溶接金属のDeep Notch 試験結果

じていない。

#### (3) 溶接継手の曲げじん性試験

表10—32に先に紹介したモス方式9%Ni鋼製タンク開発に際して行なわれた溶接継手(母材も含む)の疲労き裂付きのASTM型の3点曲げ試験による結果を示す。この表でわかるようにHAZでは、有効 $K_{I0}$ 値とみなせる $K_{IC}$ 値を得た例がある。

#### (4) ディープノッチ試験による溶接継手のじん性

幅400mmていどのディープノッチ試験は、母材と同様、溶接継手についても多く行なわれている。

図10—94には、両側切欠付ディープノッチ試験でぜい性破壊発生温度とき裂長さの関係を母材、ボンド部及び溶接金属について表わした例を示す。この図では、ボンド部が最もぜい性破壊が発生し易いことを表わしている。また、表10—33には、溶接金属の両側切欠付ディープノッチ試験結果を示す。

(つづく)

#### 【参考文献】

- 17) A. W. Pense, R. D. Stout, Fracture Toughness and Relae Characteristics of the Cryogenic Nickel Steels, Welding Research Council Bulletin 205, May 1975
- 22) 田村, 鉄鋼材料強度学
- 23) 川崎製鉄技報, 低温用鋼特集号, Vol. 3, No. 2, 1971
- 25) 日本溶接協会9N委員会, 9%Ni鋼の溶接・加工に関する共同研究, 41年
- 34) 安藤ほか, 9%Ni鋼のサブマージアーク溶接, 日立造船技報, 48年10月
- 35) P. Tenge, O. Solli, 9 per cent Ni Steel in Large Spherical Tanks for Moss-Rosenberg 87600 m<sup>3</sup> LNG Carrier, European Shipbuilding No. 1-1972
- 36) P. Tenge, O. Solli, Fracture Mechanics in the Design of Large Spherical Tanks for Ship Transport of LNG, Norwegian Maritime Research, No. 2, 1973, Vol. 1
- 37) 桜井, LNGタンク用鋼材料の開発動向, 日本テクノシステムズセミナーテキスト, 昭和49年
- 39) 三瀬, 低温配管用9%Ni鋼の性質について, 配管技術'75増刊号

# 造船技術開発に関する基礎的研究 < 2 > ほか

日本造船研究協会昭和49年度研究の概要(4)

Research Activity of JSRA in 1974  
by Research Division the Shipbuilding  
Research Association of Japan

## 日本造船研究協会研究部

前回到引続き造船技術開発に関する基礎的研究に属する5課題及び船内騒音に関する調査研究、並びに船用炉型式の技術的評価に関する研究について概要を紹介する。

### 高速艇のプロペラ損傷防止に関する研究

研究部会：SR149 (部会長 田古里哲夫氏)

軽構造高速艇のプロペラ損傷の原因と考えられる流木との衝突状況を明らかにし、有効なプロペラ防護装置を立案する資料をえるため、昭和49年度から2年度にわたる研究の初年度として、13.5m 1軸交通艇と23m 2軸巡視艇の模型について回流水槽において、船底・プロペラ付近の流れの観察と測定、流木模型のプロペラ部への流入状況の観察、プロペラ防護装置が流木模型を排除する状況の観察、流木模型がプロペラに衝突する率のプロペラ防護装置による相違の検出などの実験を行った。

研究の結果、1軸艇、2軸艇ともに、水面に水平に浮くか、または水面ごく近くのほぼ水平の流木はプロペラに衝突せず、プロペラ前方の船底部近傍に船首部から流入する場合に衝突すること、本実験で使用した流木模型では縮流により吸込まれるような傾向が殆んどみられないことがわかり、また、1軸艇に対する防護装置3案のうちの一つは防護効果が大きいこと、2軸艇に対する防護装置4案についてもその一つが有効であることが認められた。しかし1軸艇と違って2軸艇では船底に沿って流れてきた流木が防護装置とシャフトブラケットの間にひっかかることがあり、ブラケットとの間の距離についてさらに検討が必要である。(潮田)

### 静止気象衛星による気象情報の自動送受信システムに関する研究

研究部会：SR145 (部会長 井東洋一氏)

わが国が打上げを予定している静止気象衛星を利用して、船舶で観測されるデータを自動的に衛星より指示を受けて送信するシステムの研究開発及びその実用化が要求されているため、本研究は5カ年計画をもって船舶における衛星利用の気象情報の自動送受信システムを完成することを目的とし、その第2年度目である49年度は気象情報自動送受信システムの国際方式の調査及び気象情報自動送受信システムの試作機仕様書の作成を行った。

試作機の仕様は静止気象衛星調整会議(CGMS)の勧告に従って基本仕様を作成したが、本装置の構成は空中線装置1式、無線装置1式、制御端末装置1式からなっている。環境条件は甲板上に設置される機器と室内設置の機器について設定値を設け、また、必要条件として空中線の運動性能・特性、無線装置の特性、制御端末装置の特性について規定した。

以上の研究により、船舶用通報局の機器に対する検討は大部分完了し、試作に必要な仕様が決まされ、50年度において本仕様にもとづき試作が行われる。(潮田)

### 衛星を利用した船舶の運航システム及び船上設備の研究

研究部会：SR150 (部会長 木村小一氏)

船舶と陸上各所との通信連絡及び航法などのための船位の測定に関し、宇宙技術の発達は衛星中継による高品質船舶通信と無線測位の可能性を示してお

り、衛星技術の利用の必要性和国際的動向を考えると、わが国としてもこれらに対応して所要の研究調査を進めることが緊要である。本研究は、1) 海事衛星の分野における国際的動向や関連の技術について調査するとともに、必要に応じて研究開発も行う、2) わが国における海事衛星利用の必要性を調査するとともに、積極的に利用分野を開発すること、3) 造船国であるわが国の立場を考えると、この分野における船上装置の開発を進めること、を中心に5カ年計画で調査及び研究開発を進めようとするものであって第1年度である49年度は1) IMCOにおける国際海事衛星システム設立の経過と現状について第5回パネルへの出席を含め調査を行い、2) 海事衛星システム技術の現状と現在計画が進められている開発計画を調査してこれによって海事衛星システムを展望し、3) 海事衛星システムに対する関連各界の意識度調査を行ってその結果をとりまとめ、4) わが国でのこの種システムの利用分野とその特殊性を検討し、5) 船上設備一般の技術的問題点を検討し、系統的に不確定な要素が多いことを考慮しながら仮仕様を作成した。(潮田)

### 船体用高張力鋼板大入熱溶接継手の脆性破壊強度評価に関する研究

研究部会：SR147(部会長 金沢 武氏)

巨大船に用いられている船殻材(一般船体用軟鋼板、船体用50キロ級高張力鋼板)についてのエレクトロガス溶接継手、エレクトロスラグ溶接継手及びその他の高能率大入熱溶接継手等を対象として、継手の破壊靱性を把握し、船殻の致命的損傷である脆性破壊による重大損傷防止の基礎検討資料を得るための3カ年研究の第2年度目として、以下の4点を中心に研究を実施した。

#### 1. 溶接継手の脆性破壊強度把握

KAS鋼板(板厚25.4mm)・K5D鋼板(板厚25.4mm)のVASCON-II法溶接継手ならびにデルタオッシレート法溶接継手、KDK鋼板(板厚25.4mm)・K5D鋼板(板厚25.4mm)の3電極片面1層溶接継手(3電極ワンサイドワンパスサブマージドアーク溶接継手)およびK5D鋼板(板厚25.4mm)のエレクトロガス溶接継手等についての脆性破壊強度を把握した。

#### 2. 継手にそっての脆性破壊伝播現象に関する基礎研究

脆性亀裂伝播現象に関する基礎的研究として、突合せ溶接継手にそって音速に比しかなり低速(1/10

程度)で伝播する脆性亀裂についての破壊力学による解析を行うには溶接残留応力の再配分を把握する必要があるため、残留応力をもったエポキシモデルの亀裂伝播に伴う応力状態の測定を行った。

#### 3. 実船殻での残留応力分布の測定

実船殻構造での大入熱溶接部の脆性破壊強度を推定するための基礎資料に供するため、実船殻溶接部の残留応力分布を実測した。

#### 4. 大入熱溶接使用実績調査

国内の代表的な造船所35工場に対し、大入熱溶接の使用実績ならびに実状をアンケートにより調査し、とりまとめた。(潮田)

### 造研が実施せる研究成果の有効な利用方法に関する調査

研究部会：SR200(部会長 寺沢一雄氏)

造研が従来実施してきた研究のうち、実船試験、疲労強度、振動及び波浪外力に関する研究の成果を調査し、あわせて内外の諸研究の成果をも調査の上、これらを設計等に有効に利用できる形にとりまとめるため第1～第4分科会において第3年度目の検討を行った。(潮田)

### 船内騒音に関する調査研究

研究部会：SR156(部会長 小山永敏氏)

船舶の騒音に影響を及ぼすと考えられる諸因子について理論的、実験的な検討を行って、船舶の騒音についてその性状を明らかにするとともに、可能ならば設計初期の段階において新造船の騒音レベルを予測する方法を見出して、完成船の騒音を一定のレベル以下に低減させることを目的として4カ年計画で調査研究を行うこととし、49年度はその第1年度の研究を実施した。これらの諸問題をできるだけ短期間に効率的に解明するには、組織的かつ総合的な研究活動が必要であるため、調査・船体・機関の3分科会及び精密計測小委員会を設け、たがいに密接な連絡をとりながら作業を進めた。

#### 1. 調査分科会

船舶の騒音研究に有用と思われる内外の文献資料などを調査し、船体・機関両分科会にこれらの調査結果を提供することによって両分科会の研究推進に役立てるとともに、両分科会の依頼要望に応じて必要な調査を行った。

文献などの調査では参考となる文献の調査及び船舶の騒音に関する規則・船主要求のとりまとめを行った。また、防音材料として防振ゴム台、ダンピン

グ材、遮音材、吸音材について調査を行った。

## 2. 船体分科会

受音側としての居室に直接影響を及ぼす騒音源の影響度の調査と設計段階での騒音状態の推定法・対策立案のため次の項目について研究を行った。

### 2. 1 船体騒音源の研究

単体騒音源としてエヤコンユニット、冷凍機、油圧ポンプ等の実船計測方案を作成した。また、実船データを再検討するための研究方針を定めた。

### 2. 2 固体伝播音の研究

船舶居住区の騒音は固体伝播音が大きな割合をもつと考えられるので、固体音に関する国内外の研究状況を調査するとともに、単純な立体板構造モデルによる実験の準備と音源寄与度分離法及び伝達損失推定法の理論的検討を行い、さらに、構造不連続部での振動エネルギー伝達特性の調査及び減衰材貼付による振動低減特性に関する実験の準備を行った。

### 2. 3 空気伝播音の研究

6項目について研究を進めた。すなわち、1) 防音材の透過損失を測定するための測定法及び選定すべき防音構造について調査を行った。2) 内装材の吸音特性について、吸音特性のまとめ方、材料・構造・測定方法の調査、吸音率測定の準備を行った。3) 固体振動による二次発音音について文献調査を行った。4) 弾性壁の振動により放射される室内騒音の分布について実船計算及び理論解析を行い、音響放射率を求めた。5) 空気伝播音の伝達経路、減衰等について文献を調査した。6) パス・トイレの騒音についての計測方案を作成し予備的計測を行った。

## 3. 機関分科会

船舶機関部に主眼をおく騒音対策を研究するため次の項目について研究を行った。

### 3. 1 実態調査

騒音計測方案及び計測結果とりまとめ方案作成の上、15隻の空気音実船計測を行った。また、2隻のスピーカテストによる機関室から居住区への固体伝播音調査及び2隻のプロペラカットオフテストによるプロペラの影響調査を行った。さらに、機関部の主補機別にSR156参加各社に対し騒音トラブルに関するアンケート調査を行った。

### 3. 2 固体伝播音対策

固体音対策のため、実船の振動予備計測を行い、その結果を検討の上振動計測方案を作成し

た。また本方案の実施に必要な計測器の調査、選定を行った。さらに、各機器メーカーに対する防振防音対策アンケートの様式を決定した。

### 3. 3 空気伝播音対策

空気音対策のための研究方針を策定の上、単体機器の遮音・減音に関するメーカーに対するアンケート様式の作成及び主機(タービン・ディーゼル)・通風機の減音対策の調査を行った。

### 3. 4 制御室対策

機関制御室及び工作室の騒音の実態把握及び減音対策の立案、防音(防熱)構造の標準を確立するため、研究項目及びスケジュールを設定した。なお、スピーカテストにより制御室の固体音伝播について検討を行った。

## 4. 精密計測小委員会

船舶騒音予測法を検討するため音響域固体音実船計測を試行することとなり、船体・機関両分科会の固体音関係作業グループをもって精密計測小委員会を構成の上、予備計測として2隻について実船計測を行った。(潮田)

## 舶用炉型式の技術的評価に関する研究

原子力船研究部会：NSR7(部会長 入江正彦氏)

原子力船開発には、きわめて広範囲にわたる多数の問題が含まれているが、その中心ともなるべきものは、安全性、経済性の高い舶用炉の開発である。この開発を進めるに当っては、まずその対象とすべき炉型式の選定が必要である。本研究は同型の120,000 shpの高速コンテナ船に搭載する一体型および分離型の両型式の舶用炉について、その仕様、構造、性能等を技術的に比較、評価して、今後のわが国の舶用炉、さらには原子力船開発計画策定の際の資料を求めることを目的とするものである。

上記の目的のためには、まず46~48年度に委託研究により概念設計を実施した330MWtの一体型舶用炉と同一の設計条件にて、分離型舶用炉プラントの概要をまとめ両者を比較、評価した。

### 1. 分離型舶用炉プラントの概念設計

設計条件(一体型用と同一)

炉出力(MWt) MCR330 NOR300

主機馬力(shp) MCR120,000 NOR108,000

運転条件 1次側 318℃ 137 ata

2次側 297℃ 50 ata

搭載船 2,000個積欧州コンテナ船(パナマックス)

L × B × D(m)

268.0 × 32.2 × 19.5 × 9.5

速力(ノット)最大 33 航海 30

主要な系統、装置構成要素その他の仕様等を次に示す。

(1) 炉心(一体型用と同一)

全般 E F P D (80% 負荷) 1,168日, 3領域, 平均濃縮度3.56%, 集合体 32個, 等価直径 1,943 mm, 有効高2,000mm, 1集合体はFR356, CR48, PR36本。

中性子源 第3領域の内側, 4集合体の中心支柱下部に Cf 252 (0.25 mg/個) Sb-Be ペレット 99個 (5.35957 g/個) を挿入。

(2) 主冷却系統

概念計画: 2ループとし, 蒸気発生器, 主冷却水ポンプ, 余熱除去ポンプ等は各ループに1台設置。

圧力容器: 高7,685mm, 内径3,000mm, 肉厚140mm, 材料SA533Gr・BCI・1。

炉心支持構造: 圧力容器フランジより吊下げ。

蒸気発生器: 2台, 直管貫流型, 炉出口温度一定制御, 高8,500mm, 外径1,840mm, 伝熱管外径16mm, 長5.9m<sup>3</sup>, 940本, 伝熱面積1,170m<sup>2</sup>。

主冷却水ポンプ: 2台, 2段変速斜流, 6,500 t/h, MPSH47m, モーター1,700KW。

加圧器: 1台, 高8,500mm, 外径2,100mm, ヒーター500KW, 逃しタンク14m<sup>3</sup>。

制御棒駆動装置: 32台, スクラムはスプリングと重力, スクラム可能範囲傾斜45°まで, 駆動速度300mm/min, 固定用および可動グリッパコイル, 吊下げ用コイル, 各コイルのラッチ等より構成。

(3) 炉補助系

浄化系イオン交換塔 2, 流量45 t/h。

体積制御系: 再生熱交換器 0.76 × 10<sup>9</sup> Kcal/h 1台, 非再生冷却器 1.22 × 10<sup>9</sup> Kcal/h 1台, 体積制御タンク 2m<sup>3</sup>, 2台その他。

余熱除去系: 熱交換器 1.51 × 10<sup>9</sup> Kcal/h 2台, 冷却水ポンプ120 t/h 720m<sup>2</sup>。

補機冷却系: 冷起水熱交換器 2.17 Kcal/h 4台, 冷却水ポンプ 350 t/h 4台, 冷却水ポンプ 350 t/h 4台, サージタンク 2m<sup>3</sup> 2台, 海水ポンプ650 t/h。

非常用冷却系: 注入ポンプ 35 t/h 700m 2台, 冷却水貯蔵タンク105m<sup>3</sup> 2台。

サンプリング系: 熱交換器5.611 cal/h 1台, 採取管 75 ml 2本。

(4) 格納容器

本体: 非圧力抑制型を採用, PCコンクリート製, 設計圧力 18.5kg/cm<sup>2</sup>, 温度207°C, 高 20,850 mm, 内径 12,000mm, 厚 1,800mm, 空間部容積1,400m<sup>3</sup>, 重量5,000 t。

スプレイ系: スプレイポンプ30t/h 2台, 熱交換器 459 × 10<sup>4</sup> Kcal/h 2台, スプレイ水タンク 20m<sup>3</sup> 2台。

(5) 遮蔽

1次遮蔽: 設計基準, 外表面線量率 ~ 10<sup>3</sup> mrem/h 同熱中性子束 ~ 10<sup>4</sup> n/cm<sup>2</sup> sec. 1次遮蔽タンク内径 4 m, 外径 6 m, 高 5 m, 鉄水多重層(総厚鉄40cm, 水60cm), 中間1次遮蔽内径4.4m 外径 6 m, 高 2 m, 下コンクリート, ほかに上部1次, 底部1次, 頂部1次遮蔽体。

2次遮蔽: 各区域の基準線量率 1.37~0.05 mrem/h. 2次遮蔽構造は側部, 下部は格納容器と兼用, 上部は外径11m, 鉄5 cm, コンクリート130cm, 鉄5 cm厚の円板状。

(6) 計測制御系統

プロセス計装設備: 浄化系, 体積制御系, 余熱除去系, 補機冷却系, 非常用冷却系, サンプリング系および主冷却系についてプロセス計装を設計。所要機器等の仕様, 数量, 配置を決定。

制御棒駆動装置制御系: 制御棒, 制御停止, トリムの各グループの制御装置を設計。中央制御盤とロジック, パワー, DCホルドの各キャビネットより構成。

安全保護系: 核計装設備, 加圧器その他からの安全保護信号とこれに対する保護動作(アラーム, スクラム等)を設定して設計。

核計装設備: 線源レベルから150%出力までの中性子束を監視し, 安全保護系に信号を送る。起動, 中間出力系, 出力系にわかれ, 検出器は1次遮蔽タンク内の検出器案内管内に11個設置。

自動制御系: 1次冷却水炉心出口温度を一定に保つ炉出力自動制御系, 蒸気発生器出口温度を一定にする蒸気発生器給水制御系およびトリップ時は蒸気を自動的にダンプする蒸気ダンプ制御系よりなる。

(7) 主補機, 電源

電源設備以外は一体型と同様, 推進機関は主補機共2プラント。

主機タービン 60,000 shp(MCR) × 12

補助ボイラー 20 t/h 49kg × 1

主循環ポンプ 13,300m<sup>3</sup>/h 5 m × 2

主給水ポンプ 400m<sup>3</sup>/h 750m × 4



主復水ポンプ	220m <sup>3</sup> /h 105m×4
主発電機	4,200 KW×2
補助発電機	3,200 KW×2
非常用発電機	900 KW×1

電力需要は分離型は一体型の1.3倍となっている。

## 2. 船用炉型式の比較評価

前述の如く同一の設計条件による約330MWtの一体型および分離型両型の船用炉の仕様、寸法、重量、性能等について技術的な比較評価を加えた。

### (1) 主要機器の仕様、寸法、性能について

压力容器：一体型では内径、高さ、肉厚共に大きいのが上部スペースにより自己加圧式とし、プラント全体が小型化され工場内で組立てられ、工期が短縮できるが、圧力抑制用スプレー量の増大、Heの巻込み、中間鉄部の構造その他の問題がある。分離型では小型、軽量で問題はない。

蒸気発生器：一体型は螺旋式貫流型1台、分離型は直管式貫流型2台。全伝熱面積は分離型が35%少ない。出力は一体型の333MWtに対し分離型は電源の関係より338MWtとなった。

主冷却水ポンプ：分離型は揚程が一体型の約2倍となり、軸動力は増大した。

格納容器：一体型は圧力抑制型鋼製、分離型

は、船幅の制約より非抑制型PSコンクリート製(2次遮蔽兼用)。内径、高さ、設計圧共に分離型が大。また一体型では容器内機器が小型で配置も自由度が大きい。

### (2) 主要機器の重量について

主冷却系統の重量は一体型約650t、分離型440tで約30%軽い。一体型は1次遮蔽は不要であるが、中間鏡部の大型フランジにより重量軽減には効果がない。

一体型の格納容器は約400t、2次遮蔽2,450t計2,850tに対し分離型は格納容器(2次遮蔽兼用)約5,600tで、プラント全体としては分離型はかなり重く、これは船用として重視すべき問題である。

### (3) 総合比較評価

上記の両型式の設計によれば、小型軽量の点では一体型が優る。しかし分離型は設計期間の関係もあって、必ずしも最適設計とはいえず、今後検討の余地も多く、従って、ここで両型式の優劣を最終的に論ずることは妥当でないと思われる。

なお、一体型炉では压力容器の構造簡素化、圧力抑制方式の検討、分離型では格納容器の小型軽量化、電力需要の低減その他の重要な課題が残されている。

## 業 界 短 信

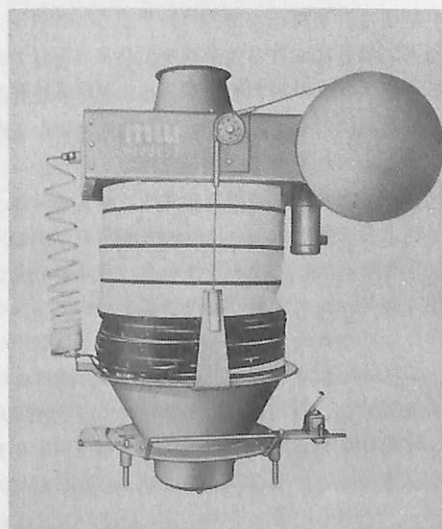
### ■米国ロンペア社の除じん式ローダー、国内で販売

鉄道車輛の移動機の専門メーカー、アント工業(東京都港区新橋5-26-3 電・03-432-3561)は、工業用粉粒体を効率的に移送し、粉じんによる大気汚染防止、作業環境改善を図る米国ロンペア社製ミッドウエスト除じん式ローダーのわが国および東南アジアにおける総販売権を得、3月より輸入販売する。

同ローダーはセメント、アルミニウム、消石灰などの工業用粉粒体をパルクストレージホッパー、ベルトコンベアから船舶バージ、コンテナ、トラック等へ除じんしながら移送するローダーで、特徴として

- 1) 遠隔操作で作動し、ジャバラ型のノズルのため積込口まで直接吐出ができる。
- 2) ローダーとノズルは屋外に設置される場合が多いため全天候性。
- 3) 種類はオープンタイプの船舶、バージ用をはじめ9種類にわたる。

4) 附属品およびオプションが豊富等が上げられる。



ミッドウエスト除じん式ローダー

# スチール・ハッチ・カバーの 自動化と最近の傾向

Late Progress and Automation of Steel Hatch Cover  
by Naohisa Nakanishi

中西直久

極東マックグレゴリー取締役/技術担当

近年ハッチ・カバーの分野においてもいわゆる自動化の方向で発展が見られる。また同時に船型の進歩変遷に伴って従来に見られない使用法や新しい型式が採用されるようになった。このような見地からごく簡単に近年の傾向をご紹介したいと思うが、これに先立ち蛇足ながらハッチ・カバーについての考え方を少々付言したい。

ハッチ・カバーは他の補機に較べて船体との関連で評価される度合いが大きいことは当然である。すなわち、遠洋航海でハッチ開閉の頻度の極めて少ない船と沿岸航路の雑貨船のごとく、その正反対の船では同じシングル・プル型式のハッチ・カバーを備えたかと仮定して、その自動化に対する必然性は当然の事ながら大きく異なる。

また船主や乗組員によっても要求される水準が異なるので、グレードの設定については需要者側において、ハッチ・カバーの性能についての大局的な理解が期待される所以である。

一方、最近における大きな変化の一つとしていわゆるオープン・シップ船型がある。近年一般的に船の甲板面積に対して、ハッチ開口は大きくなる傾向にあるが、これを極端に推し進めたものがオープン・シップであり、この場合必然的にハッチ・カバーをどのように処理するかについて問題を生ずる。このような船においてはハッチ・カバーは船型成立の条件であり、また広義の荷役装置ともいえる。その代償としてハッチ・カバーのコストも当然高くなるが、これは船型のメリットと対比して評価されなければならない。例として船価に較べていうと、大型鉱石船等ではハッチ・カバーの値段は船価の1~2%の場合があり得るのに対して、小型のオープン・シップで中甲板がある場合等は船価の20%にも達するものがある。

これは機能が異なるので当然といえば当然だが、機能そのものがメイン・エンジンのように何馬力とはっきり数字で表明されないのが、前述のグレードの問題とも併せて常に論議を呼ぶ点である。

## 図自動化について

ハッチ・カバーの自動化の対象となる機能は、次に述べるようにジャッキ・アップ、開閉作動および締付機構の三者である。ハッチ・カバーのグレードを考えた場合、適用の優先順位もほぼ上述の順序で行なわれる。

### 1. ジャッキ・アップ機構

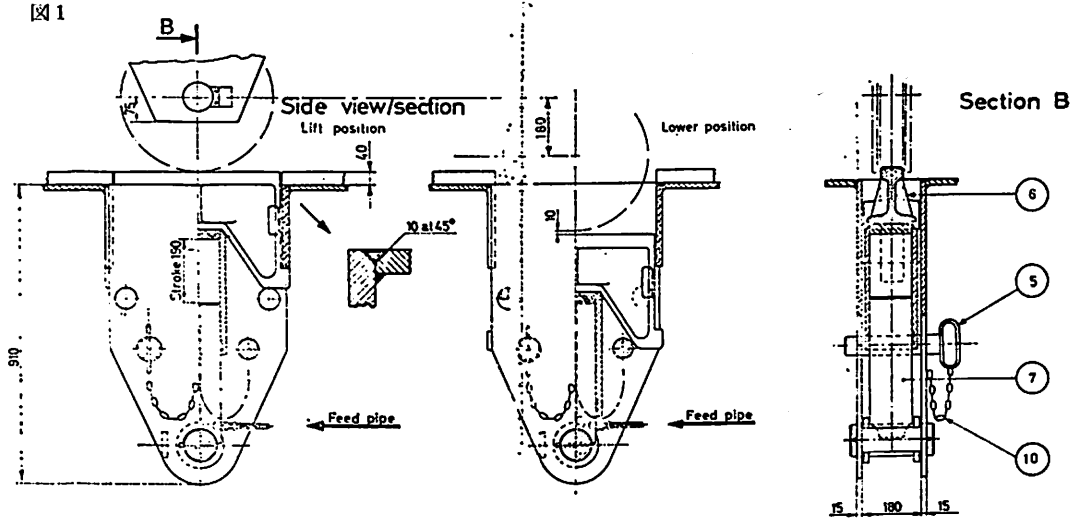
現在ごく一部の例外を除いて、ハッチ・カバーの風雨密はハッチ・カバー側に設けられたゴム・パッキングと、これと繋合するよう船体側に設けられた鋼製のシール・バーによって行なわれている。従ってカバーを開閉するに当っては、まずカバーをジャッキ・アップしてパッキングの繋合を解いてから、車輪で転動するのが常道である。もっともフォールディング・タイプではこれを省略する 경우가少なくないが、機能上はあった方がよいので、大型の装置ではこれを使用することを推奨している。

ジャッキ・アップは通常40mm~150mm位であり、旧来は手動ジャッキで行なわれた。これに対して最近ではカバーが大型化して人力では処理し切れなくなったこともあって、油圧を用いて行なうものが多い。その場合は図1の如く車輪の下に油圧ラムを設けてレールを押し上げるものが最も一般的である。

### 2. 開閉作動機構

スチール・ハッチ・カバーの初期には、どのような型式でもカーゴ・ギヤー等のワイヤによって操作することでスタートしたものである。これに対して

図1



専用動力による機械化がすなわち自動化である。まずいわゆるシングル・プル系及びサイド/エンド・ローリング系のカバーでは、「外装チェーン・ドライブ」が最も一般的である。これはハッチの両側にエンドレス・チェーンを展長し、このチェーンとカバー・パネルを連結して置いて、チェーンをスプロケットで駆動するものである。原動機としては何でもよいが、日本では低速油圧モーターが圧倒的に多く用いられている。

この他の方法としてシングル・プル型ではカバー・パネル内に電気モーターを内装し、ハッチ両側に固定されたチェーンをたぐって作動する「フィックスド・チェーン・ドライブ」があり、最近欧州系の船主に好まれている。同様にチェーンのかわりにラック・ピニオンで駆動される例もある。

サイド・ローリング型には外装チェーン・ドライブに次いで「ラック・ピニオン・ドライブ」が賞用されている。

フォールディング型式は古くはメージュ式とも呼ばれたもので、発想は簡単であるが、元来開閉に大きい力量を要する欠点があった。このため、油圧でこれを駆動することは古くから考えられていたが、往時は油圧の信頼性やコストの点で問題があり、一般的とはいえなかった。ところが、近年次の理由でワイヤ駆動、油圧駆動ともに急に多く採用されるようになって来ている。

a. 少ない格納スペースでハッチ開口を大きくするという機能上の要求を満足するために、この型式は適切である。

b. 近年大力量のデッキ・クレーンが装備されることが多くなり、これによって力的にフォール

ディング型の操作が可能になった。

一方設計の進歩によってワイヤ曳きの場合の操作の困難性と危険が克服され、両者が相まってワイヤ曳きの実用性が高くなった。

c. 油圧駆動についても技術の進歩によって信頼性の向上およびコストの低減は著しいものがあり、実用射程内に入って来た。

上述のような事情で大型フォールディング・カバーが多く使われるようになった。自動化の方向としては当然油圧だが、大きい目で見れば船とマッチしたワイヤ曳きも進歩といえよう。

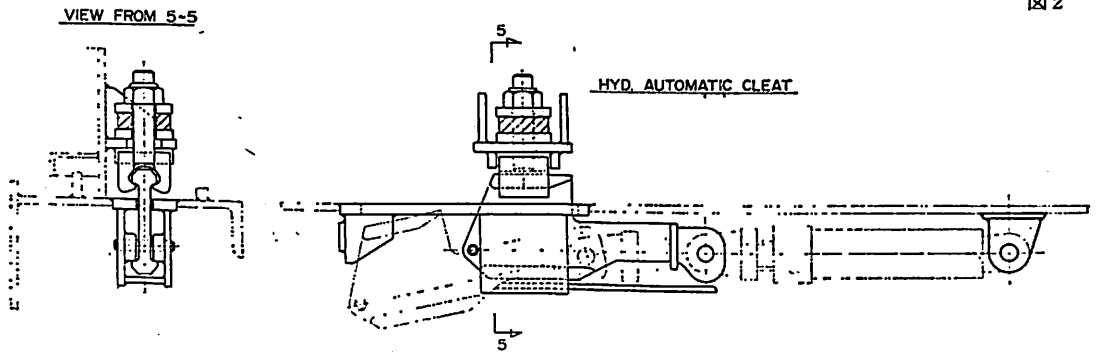
なおフォールディング型は本来の作動原理そのものは単純であるが、細部においてはテクニックを要求される所が多く、設計としては難かしい方に入る。

この他に巻取り式およびスライディング式があり、いずれもワイヤ駆動が可能であるが、基本的には専用動力による開閉操作に適した方式である。

### 3. 締付機構

ハッチ・カバーを閉鎖した際に、ハッチ・カバーと船体およびカバー相互間を結合し、保持するため締付装置が必要である。初期のものは単なるボルトとナットに近いものであったが、現在ではほとんどのものがいわゆるクイック・アクティング・タイプと呼ばれる偏心カムを応用して一挙動のレバー操作によるものである。また、パネル間がオーバー・ラップ型のシール構造のものにあっては打込み式のウェッジが用いられている。なお通常のハッチ・カバーでは閉鎖した際は締付けを行なわなくてもレイン・タイトにはなっているのが標準である。

さて、上記の手動による締付を機械化することに



については古くから種々の試みが行なわれており、実施された例も少なくない。しかし、一般的に機構が複雑でコストも安くはない所から、あまり普及してはいなかった。この点の一半の原因は、往時はクリート・ピッチ、すなわち締付の間隔の上限をたとえば1 mに限るという思想がルールとして存在しており、そのため、どうしても締付ポイントの数が多くなったことにある。

ところが、近年ハッチの大型化に伴って、画一的なクリート・ピッチに捉われなくて、一点の締付強度を増せばこれに反比例して間隔を広げてよいことになった。このため自動締付は大へんやり易くなり、油圧技術の進歩と相まって油圧による独立締付機構（ロッキング・ポイント）の発達を促し、自動締付は珍しくなくなった。今日使用されているロッキング・ポイントは大きく分けてフック型とウェッジ型がある。

フック型はカバーが多少浮き上がっていても、これを引寄せせる積極的な動作を持っているので、作動としては理想的だが、複雑でコストが高い。このため簡単なウェッジ型が大多数を占めている。図2に一例を示す。

パネル間のジョイントについてはやや面倒である。油圧が使える時はウェッジがそのまま使えるが、そうでない場合、つまりシングル・プルやポンツーンに対しては、それぞれ特別な手法が実用されている。

さて自動締付の技術は確立されたとはいえ、今日でも相応のコスト・アップを要する。従って、これが採用にあたっては船主経済上の利益と照らして慎重に考慮されるのが常である。

#### 図 特殊な船型とハッチ・カバーについて

ご承知のようにハッチ・カバーとして多くの技術的な問題を提起して来たO B O船については今の所

一服の状態である。また、これに用いられる油密カバーについては問題は出尽くしており、その対策についてもほぼ固まったように思う。

そこでO B O以後の新船型について触れたい。

#### オープン・シップ

オープン・シップはさきに述べたとおり、ハッチ開口の極端に大きい船であって、コンテナ船はその代表的なものの一つである。ハッチ・カバーの見地から見ると、まずハッチが単列か複列か、またカバー型式はポンツーンか、それ以外か、に大別して考察される。

コンテナ船ではご承知のようにクレーンを利用したリフト・オン・オフ型のポンツーンが最も一般的である。ポンツーンもコンテナを載せるため構造的には結構厄介なものだが、開閉機構としては特に述べるまでもない。ただし、ハッチを数パネルに分ける時は、任意のパネルのみを開けるためにパネル間に特殊なフラップ型シール機構が使用される。ここで注意したいことは、コンテナ船以外にポンツーンが計画されることがよくある。しかし取外し式のポンツーンは開閉作業中にパッキンやシール・バーの損傷を避けることが難しい。また、カバーをコーミングに載せる際のガイドを省略できないので、コンテナ船以外にはポンツーンは推奨できないし、また実際に使用された例も極めて少ない。もちろんピギー・バック型やリフト・アンド・ローリング型はポンツーンであっても、この限りではない。

前後したが、上記の呼称は便宜的なもので、前者はガンドリー・クレーンにハッチ・カバーを吊り上げる専用機構を備えて、他のハッチ・カバーの上に数枚を積み重ねる方法をいう。

後者は一対のカバーの一方を高く押し上げ車輪の付いた他方のカバーがその下に入り込んで二枚重ねて移動する方式である。これらはハッチが一時に全開しないという欠点があるが、ハッチ開口としては

最も大きくとれる。

一方従来型のハッチ・カバーを利用してオープン・シップを構成する例も多い。この場合格納スペースが少ない所からフォールディング型が使われることが多い。またシングル・プル型や捲取り型を用いても、極力格納スペースを少なく配置することによってほぼ効果を挙げている例がある。

### ■中甲板ハッチ・カバーについて

バルク・キャリア全盛時代には中甲板を有する船は非常に少なかった。ところが、近年計画される船ではいわゆる多目的船として中甲板を備えるものが多い。この場合、従来の旧ライナー船型に較べて甲板間高さが高く、ハッチの寸法も大きいものが多い。特にオープン・シップの如き船型ではハッチ面積が広いので、ポンツーン等では処理し切れず、何らかの方法でハッチ・カバーを機械化しないと実用にならない。このためにほとんどの場合フォールディング系のハッチ・カバーが採用されるが、特定の条件が揃えばスライディング型も特色を発揮する。

中甲板は一般に非水密であるから問題は開閉作動のみであり、ワイヤ曳きと油圧の双方が可能なことはさきに述べた通りである。中甲板は暴露甲板と較べるとそれなりに別のテクニックを要求されるが、実績も多く技術的には定着している。

以上述べさせて頂いたが、振り返って見るとあまりに抽象的で読者の失笑を買うのではないかを恐れている。あえて言訳をつけ加えさせて頂くと次の通りである。すなわち、最近の多目的船の如くハッチ・カバーと船型が深く関連して来ると、単純にハッチ・カバーの型式を挙げて特長とか適用をいうことができなくなってしまった。

一方ハッチ・カバーの細部のテクニックについては、多様な需要に応じているうちにきわめてパリエーションに富むことになって、紙上で述べるのは容易でない。結論としては需要家側におかれては、初期の段階でできるだけ多くの可能性を探り、最も必然性の高い回答に到達するように、われわれを利用して頂ければ幸せと思う。

## 新 製 品 紹 介

### ■溶剤抽出赤外線吸収分析方式を採用した高性能油分濃度モニタ

赤外線分析計のトップメーカーである堀場製作所（京都市南区吉祥院宮の東町2 電・075-313-8121）は、船舶のビルジ排水、バラスト水などに含まれる油分の濃度を溶剤抽出赤外線吸収分析方式でもって

ppm単位で連続的に測定できるモニタOCMA-32形を開発、販売した。

最近、工場、船舶、廃油処理施設などからの油分排出についてはきびしく規制され、特に船舶による海洋汚染が国際的な問題となってIMCO1973年条約では、さらにきびしく油排出監視装置の設置が義務づけられている中で同製品は注目に値する。

OCMA-32形の主な仕様と特徴

測定方法 溶剤抽出／赤外線吸収分析法

測定範囲 0~20ppm, 0~120ppmまたは1000ppmのいずれか。

再現性 フルスケールの±2%以内

応答速度 20秒以内(試料入口から63%応答まで)

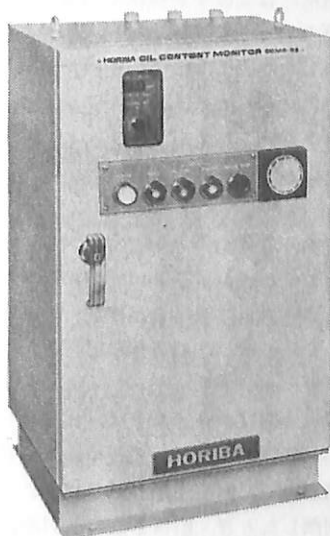
溶 剤 四塩化炭素、約3ℓが計器内閉回路を循環、再生器内蔵。

寸 法 奥行350×巾450×縦750mm

重 量 約80kg

標準価格 本体のみ160万円。据付費など含まず。

- 1) 同社独特の開発による信頼性の高い溶剤(四塩化炭素)抽出赤外線吸収分析方式を採用
- 2) IMCO条約に合致する警報制御機能を完備
- 3) 油の種類に影響されない測定結果が得られる
- 4) 速い応答速度(テスト結果では滞留時間を含めて63%応答で約17秒)



堀場油分濃度モニタOCMA-32形

## 連載 FRP船の構造設計 <3>

The Design of FRP Boats Constructions <3>

by Capt., S. Niwa

### 丹 羽 誠 一

#### 図設計基準の考え方

FRP製高速艇の構造設計を考えると、理論計算を行なう上で、きわめて困難な条件が2つある。その1つはFRP船にかぎらず、高速艇の波浪衝撃の機構がまだ明らかにされていないことである。実船や模型船の波浪中の航走試験の諸計測で、おおざっぱには起り得る最大外力が見積れるが、局部的に考えると、その最大衝撃水圧の挙動は十分解明されたとは言えない。

船底衝撃を水面落下試験で近似しようとする研究もあるが、滑走圧の作用する滑走面である以上は、これも機構的に別のものと考えざるを得ない。

その2はFRP構造が金属構造や近代的木構造とは比較にならない大きな変形をすることである。船体の縦曲げについても、スパンの1/1000程度のたわみが出る負荷（曲げモーメントWL/20程度）においてさえ、必しも一体のビームとして変形しているわけではない。特にモーターボート構造ではかなり大きな断面変形があり、局部的には梁として考えた場合よりかなり高い応力の働いている部分もある。またそのモーターボートが、今日ではWL/6程度と考えられる波浪衝撃曲げを受けて、ほとんど損傷を受けていないのも事実である。

局部的に船底に受ける衝撃水圧を考えると、縦通材は外圧による曲げのほかに、水圧を受けた外板の膜力により横曲げ、捩れを生じ、外板の支点としては距離も角度も変化する。実船実験ではこのような変形を計測することは困難であるし、その付近での最大歪を発生する位置を推定して、その歪を計測するということが簡単にはできない。

船底構造を模型化して実験しようとしても、実船とはまったく異った壊れ方をする。例えば5.6mモーターボートの船底の実物大模型の水圧試験を行なったことがある。模型試験では加圧水槽の周囲で模型は固定され、加圧すれば外板には大きな膜力を生

じ、縦通材が曲げにより破壊しても、引張りに強い外板は健在であった。実艇の水面落下試験ではガーダーぎわの外板内面に白化が生じ、補修しないで耐久運転を行なった艇では、白化は面積が広がらないまま、ついには外板を貫通したクラックに発達した。

このように理論的にも実験的にもつかみ所のないFRP構造は、金属構造のように明快な外力の設定、許容応力の決定はできない。部材間の接手効率に問題のある木製高速艇でも金属艇のような明快な設計基準はできず、今から約20年前に作成された軽構造木船規則は、きわめて単純化された経験則であった。

とはいえわれわれ設計者は法則が明らかでないからといって設計をしないわけにはゆかない。われわれははじめ手さぐりで、後には段々と大胆になっていろいろのボートを設計して来た。データがたまるにつれてそれを整理して法則らしきものも得られるようになった。ここに示すのはそのようにして得られた、無傷のボートの限界である。採用したデータの数は少いし、なにより損傷を受けたボートの例がほとんど無い。さらに多くのデータを加えれば、その限界値はさらに下がる可能性もあるし、また計算式を導いた考え方も変わるかもしれない。

#### 図波浪中で受ける外力

軽合金製の全長15mから35mまでの高速艇の実艇試験から、高速艇が波浪中を高速航行するときに受ける外力については、次のように考えられている。

##### ○最大曲げモーメント

高速艇の最大曲げモーメントは、ピッチングが十分に発達した状態、すなわち波長が船の全長の少くとも1.5倍以上で、出会周期と艇のピッチング固有周期とが同調したとき、船首を波の前斜面に激突させたときに起る。このような状態における曲げモー

メントはサギング状態であり、船首から約L/4付近ないし中央部においてモーメントは最大になる。

次に与える曲げモーメントの式は、実艇試験において、中央部付近のデッキ応力を計測して算出した実積から得たものである。

$$M = \frac{W \times L}{C}$$

M: 曲げモーメント (t-m)

W: 排水量 (t)

L: 全長 (m)

係数Cと船首加速度との関係は

$$C = \frac{C}{1.45A_F + 1.4}$$

A<sub>F</sub>: 船首衝撃加速度 (g)

C: 係数 船尾デッドライズ5°以下の艇に対し 60。

15°以上の艇に対し 35。

その中間の艇に対しては挿問法による。

波浪中の縦曲げに関してはFRP艇も金属艇と同様に考えてよいであろう。

A<sub>F</sub>の値は艇の用途と乗員の訓練の程度および体力気力によって制限される。

重用途船: 訓練された乗員が、その体力で耐えられる限度まで使う性質の船。

パトロールボート、スポーツボート等

軽用途船: 訓練されない乗船者に不快感を与えない範囲で使う性質の船。

交通船、ファミリーボート等

重用途船に対し A<sub>F</sub>=6g, 軽用途船に対し

A<sub>F</sub>=3gをその使用限界と考えることができよう。

スポーツ用モーターボートのような小型高速の艇では20~30gの衝撃加速度を計測することがあるが、そのような場合の衝撃は持続時間がきわめて短いので、構造設計で使用する有効衝撃加速度としては6g, 3gを使用して差支えないであろう。

#### ○衝撃水圧

計測された水圧の、特に値の大きなものには、模倣図に示す如く、ごく短時間のきわめて高い針のようなピークと、それに続く長い台形部分を持つ。



衝撃水圧には2つの成分があると考えられる。1つは前進速度による滑走水圧、 $\frac{1}{2}\rho v^2$ によるもので、艇の姿勢と相対水位の変化によって急速にピークの位置と面積とを変える性質のものである。他はピッチング運動によって生じるものであって、固有ピッチング周期と出会周期との関係、不規則波中においては衝撃に至るまでの艇の運動の履歴によってその大きさと持続時間が変わり、ピークの大きさは前者よりも低くても、同時に発生する面積および持続時間はかなり大きいと考えられる。一般に高速艇は、発達した波に比べて小さいので、波浪の不規則成分に大きく反応するものであるから、その衝撃水圧の大きさも持続時間も不規則に変る。

衝撃水圧のパネルにおよぼす影響は、そのパネルの固有振動周期と、衝撃水圧の持続時間により、それに対応する有効静水圧との比、いわゆる Dynamic Load Factor が定まるものであるが、以上のようには衝撃水圧の時間的変化が不定であるとすれば、Dynamic Load Factor は決定しようがない。しいて言うならば Dynamic Load Factor の最大値に対して設計すべきであると言えるが、三角形パルスに対して Factor 最大値約 1.5 であるが、このような椅子型パルスでは實際上 1 より大きくとる必要は無いようである。

主として軽合金構造の艇の実積から得られた法則は、縦肋骨間隔 200 前後に対する有効水圧を外板設計の資料としている。上記のように 2 成分よりなる衝撃水圧のうち、Stagnation Pressure に関連する成分は、かなりせまい範囲にピークを持ち、きわめて短時間に移動するものと考えられる。したがってパネルにかかる有効水圧値は、パネル巾がせまいほど大きいと考えられる。軽合金製高速艇の縦肋骨心距が 200 前後であるのに対し、一般の FRP 構造ではロンジのスペンはかなり広いのが常である。従って軽合金艇の設計水圧値よりかなり低い値を設計水圧とすべきものと考えられる。

現在までの水圧計による実艇計測結果から次の式が得られている。

$$p \text{ kg/cm}^2 = \frac{V^2}{1000} + (1+aA_F) \frac{W}{L \times B_e}$$

V: 速力 (kts)

B<sub>e</sub>: チャイン最大巾 (m)

a: 係数 船尾デッドライズ5°以下の艇に対し 1。

15°以上の艇に対し 1.5。

その中間は挿問法による。

最大衝撃水圧の発生し得る範囲の後端の、船首からの距離  $l$ 、および船尾端における水圧  $p_{AE}$  は次の式による。 $p$  から  $p_{AE}$  までは直線的に変化する。

$$l = \frac{L}{10} \left( 4 + \frac{1}{10} \frac{V}{W^{1/6}} \right)$$

$$p_{AE} = \frac{1}{20} \frac{V}{W^{1/6}} p \quad \text{ただし} \quad \frac{V}{W^{1/6}} < 20$$

$V/W^{1/6} \geq 20$  のときは  $p_{AE} = p$  とする。

以上によって得られる最大水圧は、キール付近の平坦部の値であって、デッドライズを有する艇の横断面の任意の位置における最大水圧  $p_i$  は次式による。

$$p_i = K p$$

$$\beta < 10^\circ \quad K = 1$$

$$\beta > 10^\circ \quad K = \left( \frac{5}{\beta - 5} \right)^{2/3}$$

$\beta$  : 計算しようとする位置における船底勾配 (deg)

金属構造の場合、設計値範囲の水圧によっては縦肋骨の曲げ、たおれは無視し得る程度であり、外板は2辺固定の帯板として考えてよい。FRP構造の場合、FRPハットセクションのロンジの曲げ、ねじれはかなり大きく、肉眼で見られる程度であり、帯板の支点距離と支点における切線角度が衝撃によって大巾に変化するものと考えられる。

以上のように複雑な動きをするFRP構造では、たとえ実艇計測を行ない、仮に各種の同時計測値が揃っていても、その理論的解析はきわめて困難であろう。仮に1隻や2隻の詳細な実艇計測が行なわれ、その計測値を解析してある種の結論を得たとしても、それはその艇の、その波に対する結論であって、また別の波の中を走ったとすれば、また別の結論が出て来ると考えるべきである。耐波試験も、艇をかえ、波をかえて実験をくりかえし、それらの計測値のすべてが理論計算と一致するに至るまでは、その計測値のエンベロープとして最大可能応力を推定する統計的手法にたよるよりしかたがない。実艇計測値さえも不十分な現在においては、FRP艇に比べよほどサンプル数の多い軽構造木船でさえがそうであったと同様に、解析困難な詳細を棚上げした簡単な近似式をもって設計条件を定めざるを得ないわけである。

わが国では船底衝撃水圧の計測は昭和29年3月、15m軽合金艇“あらかぜ”約20ktではじめて行なわれ、その成果をもとにして28、29年度魚雷艇の設計が行なわれた。これらの艇の耐波試験は、30kt程度までの速力で行なわれ、その範囲では  $p$  の計算式に

速力は導入されなかった。ところが40ktを越す35年度魚雷艇が速力試験中船底凹損を発生し、高速では速力が衝撃水圧に大きく影響することが明らかとなり、速力を導入した計算式ができた。

39年度高速救命艇は、いわゆる deep-V 系船型で、これがまた船底凹損を発生し、このような船型は体感衝撃が小さいので苛酷な行動をするが、有効衝撃水圧はその行動に応じて大きいと考えられ、船尾船底傾斜角を導入した現在の衝撃水圧計算式ができたのである。

deep-V 艇の最大水圧を高速艇工学では

$$p \text{ kg/cm}^2 = \frac{V^2}{1000} + (1+2A_F) \frac{W}{L \times B_c}$$

としているが、その後の解析の結果

$$p \text{ kg/cm}^2 = \frac{V^2}{1000} + (1+1.5A_F) \frac{W}{L \times B_c}$$

が適当であることがわかった。

最大水圧の発生し得る範囲は半滑走に入ると後方に拡がり、船尾端の水圧も上昇する。5.6m艇の41年度の実験によれば  $V/W^{1/6}$  が25程度になると船首と船尾に発生する衝撃加速度がほぼ等しくなることが認められた。これは波浪の条件によって左右される性質のものなので  $V/W^{1/6} \geq 20$  で船尾端に最大衝撃水圧が発生し得るものとした。

○船底内部構造部材の受ける外力

軽合金製縦肋骨構造の高速艇のウエーブフレーム・スペースは約1mとするのが今日のプラクティスであるが、このウエーブフレームの強度を定めるのに使用する荷重は、肋板を有効に支持する縦構造物の無いとき、最大水圧の1/2の等分布荷重、支持構造があつてスパンがフレームスペース程度となったとき1/2の等分布荷重、スペース200~300の縦肋骨(小骨)に対しては1/3の等分布荷重として設計する。

ウエーブフレームを有効に支持する構造物とは縦壁あるいは甲板と結ぶトラスガーダーの如きものであつて、普通に配置されるインターコースタルのガーダーは有効な支持構造ではない。

以上の法則に対する裏づけとしての計測値はかなり分散していて不十分ではあるが、特殊な条件を見落した設計ミス以外には、このような分布荷重の見積を否定するような損傷の実例は無い。

FRP船のロンジは外圧へ対抗するだけでなく、外板の膜力の作用による曲げ、ねじれを受けるので外圧のみで設計することは出来ないが、設計の目安としてはこのような外圧を考えなければならない。



## 図設計基準

筆者は経験によりFRP高速艇の構造基準を次のように考え、設計している。この方針で設計した艇は今のところ、本質的な強度不足を示すような損傷は無い。言葉を変えればこの設計基準はまだ十分な余裕を持つもので、今後の研究によりさらに低下することのできる可能性を残すものであるし、5年前に高速艇工学を発表したときの基準からみれば、形も変わっているし、要求される厚さ（ガラス量）も減ってきている。

ただしこの値は全ガラス基材重量の40~60%程度のロービングクロスを使用するMR構成で、ガラス含有率35~40%を有する良好な積層品であることを前提としている。

(1) 長さ12m以上の艇は隔壁によりおおむね最大巾以内の長さに分割支持されていなくてはならない。

配置の都合から特に長い区画ができるときには、ウェブフレーム等で分割支持されていなくてはならない。

12m未満の艇は長さに応じ隔壁の数を減じてよい。

参考、アウトボードランナバウト類は隔壁を設けないのが普通である。

I/Oランナバウト類はエンジンルーム前壁を設ける。エンジンボックス形式とするときはコックピット床までの高さを水密フロアとすべきである。これは構造上よりも、ビルジの流通を制止して火災を局限するために必要である。

クルーザー類では隔壁、半隔壁またはウェブフレームの数は6m級で2、8m級で3、10m級で4程度とするのが普通である。

(2) 船底はFRP製ハットガーダーによる縦肋骨構造とするのが適当である。

参考、隔壁等の間隔が広い艇で縦通材を合板製（または木板製）ガーダーとしたときは同質の横メンバで適当に結合し、たおれ止めとする。

(3) 船底外板の1m<sup>2</sup>あたり総ガラス重量は次式による。ただし(4)により定まる側外板より軽くしてはならない。

FRPハットガーダー構造に対し

$$4,000\sqrt{\frac{\alpha}{2}l^2pi} \quad \text{gr/m}^2$$

木ガーダー構造に対し

$$5,650\sqrt{\frac{\alpha}{2}l^2pi} \quad \text{gr/m}^2$$

$l$  : 外板フリースパン (m)

$pi$  : 外板に働く最大水圧 (kg/cm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 周辺固定の矩形板の応力係数

帯板に対し 2。正方形に対し 1.231。

参考、5.6m 試作艇は3m 落下試験により外板のガーダーきわ部が白化、これを完全補修した艇はその後事故なし、白化のまま耐久運転した艇は白化部がクラックに成長した。これをハットガーダー艇の限界として、木ガーダー艇は制限応力を $\frac{1}{2}$ と考えたものである。

(4) 側外板の1m<sup>2</sup>当り総ガラス量は次式による。

$$200L + 400 \quad \text{gr/m}^2$$

パネルの短辺長さが次式以内になるよう縦通材、フレーム等で分割する。フレームは上下端ともブラケットは設けない。

$$0.035m \quad \text{cm}$$

$m$  : 総ガラス量  $\text{gr/m}^2$

参考、側外板は船の長さに対して決定し、挫屈せぬよう分割する。フレームを設けてもパネルのスチフナーとして考え、底外板、甲板との結合は剛にしてはならない。

(5) チャイン部外板厚さはラップにより船底外板+船側外板とするのを原則とする。

参考、チインの変形が大きすぎると応力集中により破壊しやすいから補強する。初期の艇ではこのような損傷が多かった。

キールについては特に要求しない。上架時にキールで受ける必要のあるときは、それに対して考慮する。

(6) 船底ガーダーは、その全長にわたり連続構造とし、インターコースタルとしてはならない。

船底ガーダーの外板を軸とする断面2次モーメントは次の式による。ただし側外板は下部 $\frac{1}{2}$ のみのガーダーとして加算する。

$$\Sigma I = 220pB_0l^3 \quad (\text{cm}^4)$$

$l$  : 隔壁間隔 (m)

ただし全長の $\frac{1}{3}$ 以上のときは全長の $\frac{1}{3}$ とする。

$p$  : 船底傾斜0のときの最大水圧 (kg/cm<sup>2</sup>)

B<sub>0</sub>: 区画中央部におけるチェーン巾(m)

ただし積層と1体に接着された木部は1:1として算入する。

参考、船底ガーダーは船底外板の過度の変形を防ぐことを考え、スパン対たわみ比を一定とするような計算式とした。荷重を最大衝撃水圧の $\frac{1}{2}$ 等分布荷重としてスパンの約 $\frac{1}{1000}$ のたわみとなる計算であるが、実際の荷重はかなり集中的に作用し、有効平均水圧はかなり低いものと考えられる。側外板の下部 $\frac{1}{2}$ をガーダーとして加算しているのは、側外板の変形による有効度を見込んだものである。

またスパンが長くなれば当然有効平均水圧も減るので、スパンが $\frac{1}{2}L$ 以上になる場合は、 $\frac{1}{2}L$ をスパンとして計算することとした。

ハットガーダー破損の例はほとんど無い。

木部はウエットオーバーレイアップで完全に接着されたものを1:1で算入する。硬化したハットあるいはチャンネル状に積層されたキールなどに嵌め込まれた木材は、それが有効なものであれば重ね梁として計算することができる。

1:1で算入しようとする木ガーダーは、外板との間にウエットマットを用いて接着し、オーバーレイの外板との接着面は、特に注意して施工し、要すれば接着面積を増しておく。

(7) 甲板構造をFRP製とするときは $1\text{ m}^2$ あたりガラス重量は側外板に準ずるものとする。

甲板局部荷重に対するたわみはスパンの $\frac{1}{200}$ 以下とするのが普通である。

甲板を木製とするときは軽構造木船規則に準じて設計する。

参考、甲板構造をFRP製とするときは一般に縦通材構造とする。隔壁に代るウエブフレームはリング状にして強固なビームとする。

木製とするとき横置ビームを使用することが多いが、十分強固なウエブフレームに固着するときのみにビームブラケットを設け、一般のビームにはブラケットは取付けない。

常時、人の乗る部分のたわみをスパンの $\frac{1}{200}$ 以下にするよう設計するが、スポーツランナバウトの前部甲板のごとき場合はこのかぎりでない。

(8) 隔壁構造を木製とするときは、軽構造木船規則に準じて設計する。

参考、隔壁は船全体の変形を制限する節として作用するものであるから、木製とする方が有利である。

重用途船の木製隔壁は外板に対しクッションを介して取付けることが望ましい。(次号へつづく)

#### (70頁よりつづく)

これから回転数一定で主機出力を変化した場合のスラストの変化や、出力一定で回転数を変化した場合のスラストの変化の様子を見当てることができる。

回転数一定の場合はスラストはDHPの変化の $\frac{1}{2}$ 乗で変化し(Fig. 4)、出力一定の場合はRPMの二乗の逆比の $\frac{1}{2}$ 乗で変化する(Fig. 5)。

これらの図から、出力を2倍にしてもスラストの増加は約74%に留り、また回転数を $\frac{1}{2}$ に下げれば約32%増、2倍にすれば24%減となることが知られる。

ただし、上の数字も最適ピッチを採用した場合の値である。

以上の計算が曳船のプロペラ設計に対して何らかのご参考になれば幸いである。ただ、計算に使用した数値は原論文の小さい図面から読みとったものであり、計算も10インチの計算尺で行っているので、その程度の精度とご了承願いたい。また、この計算はボラードプルだけを考察したもので、実際の曳船用プロペラとしてはピッチ比が過少の場合であるこ

とにご留意願いたい。

#### 参考文献

- 1) 矢崎敦生外, "Open Water Test Series with Modified AU-Type Four-Bladed Propeller Models", 造船協会論文集第108号, 昭和35年12月
- 2) J.D. van Manen, "Open-Water Test Series with Propellers in Nozzles", I.S.P. Vol. 1, No. 2, 1954
- 3) J.D. van Manen "The Design of Screw-Propellers in Nozzles", I. S. P. Vol. 6, No. 55, 1959

#### 圖(財)舟艇協会主催の第4回舟艇技術講演会

日時/昭和51年4月23日(金) 午前10時~午後4時  
会場/ブリヂストン・ホール(東京都中央区京橋1-1ブリヂストン美術館内) 聴講/無料

演題と講師(順不同)

- モーターボートのパウ形状とスプレーについて/蒲谷勝治(鈴木自動車)
- モーターボートの相似性について/四尺孝一(日モ協)
- 高速エンジンについて/高木実(池貝鉄工)
- 16ft.ランナバウトの試作について(工作法)/土岐正義(防衛庁技研)
- 16ft.ランナバウトの試作について(船型)/丹羽誠一(舟艇協会)

Engineering Course : Diesel Engine <13>  
by Zenzaburo Saito

齋藤善三郎  
三菱重工業相模原製作所設計部主査

5. ディーゼルエンジンの実用的展望  
(つづき)

5.2 大直径・少気筒数エンジンと小直径・多気筒数エンジン

この件は、同一出力、同一平均有効圧、同一ピストン速度の条件下では、エンジン重量は大直径・少気筒数エンジンの方が理論計算的に重くなるようである。実際には用途に応じていずれかがえらばれている。

前号の図 5.1.10 の図で一例として、10,000PS の場合を見よう。

大直径・少気筒数エンジンは、実際的には同図では、大形低速ディーゼルエンジンであり、小直径・多気筒エンジンは中形中速ディーゼルエンジンが相当し、両者を実際に船に搭載した時の比較は、図 5.2.1 に示す。

中形中速ディーゼルエンジンの場合の方が図のよ

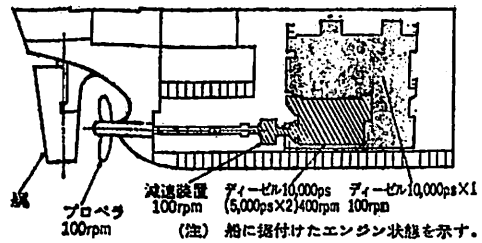


図 5.2.1 大型低速ディーゼルエンジンと中形中速ディーゼルエンジンとの比較

うに 2 台の合計重量は、大形低速エンジンの半分であり、しかもエンジン高さも図のように低い。用途に応じて図の形式も用いられているようである。

5.3 各種ディーゼルエンジンの比較

図 5.1.10 の各種ディーゼルエンジンの「ぐらふ」をみると、小は 50 PS から大は 50,000 PS まで多種多様であり、「サイズ」とか「回転数」等の照合の

図 5.3.1 ディーゼルエンジンの主な比較評価尺度

評価尺度	名称	比較意義	本文の参考の章
PS/cyl	シリンダ当り出力	シリンダ直径の大きさの比較の代替尺度	3. 4. 1 6
PS/l	(行程) 容積あたり出力 (慣用語: リッタ馬力または比出力)	エンジンの全体のサイズの比較尺度	3. 3 5. 3. 2
kg/l	(行程) 容積あたり重量 (慣用語: リッタ重量)	エンジンの全体の重さの比較尺度	3. 3 5. 3. 3
kg/PS	出力当り重量	エンジンの軽さ程度の比較尺度 一般に常用される	6
$P_e$	正味平均有効圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	出力増加の比較尺度	4. 5. 2 5. 3. 1
$v_{pm}$	平均ピストン速度 (m/sec)	速度別分類の基準尺度	4. 14 6
$f$	燃料消費率 (kg/PS·h)	熱効率の代替尺度	4. 6. 3

みでは、相対的な比較は望めない。そこで共通尺度として、「比較評価尺度」を使用すれば可能となる。すなわち、ディーゼルエンジンの場合には、図 5.3.1 に見るように、PS/cyl, PS/L, kg/L, kg/PS,  $v_{pm}$ ,  $P_e$ ,  $\lambda$ ,  $f$  等が、比較尺度として主として用いられる。

これらの数値で比較すれば、大形エンジンと小形エンジンのかけはなれたと思われる比較でも、同じスケールという土俵の上で評価できて、特長をつかみ易く便利である。

これら数字をみてなぜそうなるかというような分析研究はメーカーは実施するが、一般にはあまり関係ないことで不必要であるので、ここには述べない。常識的に、比較評価尺度の数字なり、「ぐらふ」なりを事実として受けとめて活用すれば事足りるわ

けである。

以下に評価尺度によるディーゼルエンジンの比較例を若干述べよう。カタログ仕様値を算術的に計算しプロットした図である。

### 5. 3. 1 正味平均有効圧の比較

図 5.3.2 に示す。さきにも述べたように、この図で、直径 150mm 以上のエンジンは、正味平均有効圧は、約 15~20kg/cm<sup>2</sup> の範囲に主に集っている。いずれも過給機付、インタークーラ付である。直径 150mm 以下 (□印) は自動車用エンジンを代表としてプロットしてあり、これは無過給なので、正味平均有効圧  $P_e$  は約 8kg/cm<sup>2</sup> のラインに集っている。直径 800mm 以上 (×印) は、大形低速形エンジンで、すべて 2 サイクルであるので、正味平均有効圧は約

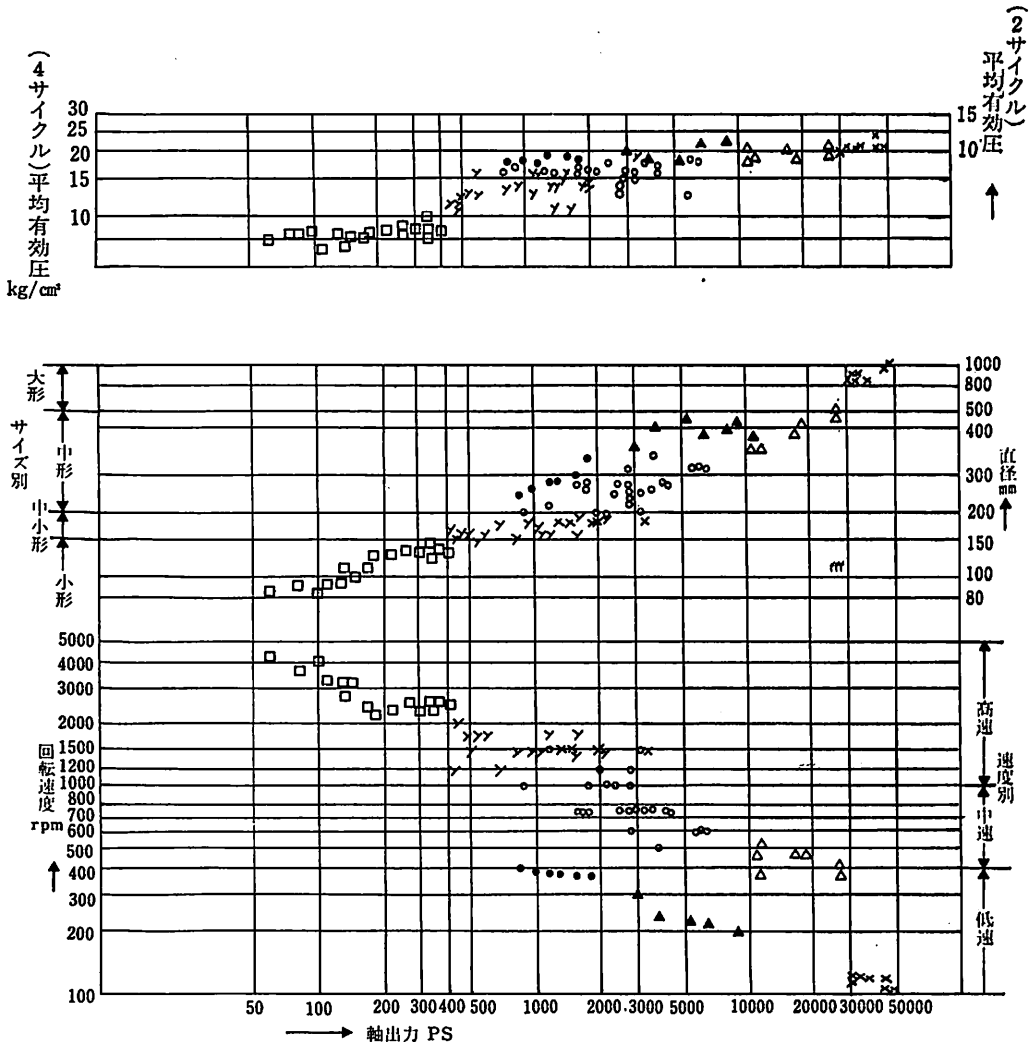


図 5.3.2 正味平均有効圧  $P_e$  (kg/cm<sup>2</sup>) の比較

11 kg/cm<sup>2</sup> (4 サイクル換算 22 kg/cm<sup>2</sup>) 付近にある。

「正味平均有効圧の現状はだいたいこの付近にある」という一般常識用として、この図を見ればそれでよいと思う。

### 5. 3. 2 容積あたり出力の比較

図 5.3.3 に示す。「リッター馬力」または「比出力」と呼ばれることもある。容積あたり出力すなわち PS/l が大きいということは、同じサイズのエンジンで高い出力が出ることであり、逆に言えば、同じ出力のエンジンなら、エンジン全体のサイズは小さくてよいことになる。すなわち PS/l は、エンジン

のコンパクト化の度合いを示す指標である。

### 5. 3. 3 容積当り重量の比較

これは、出力などの性能に関係なく、行程容積 (l) の上からのみみた重量比較である。図 5.3.4 に示す。

図 5.3.4 をよくみてみよう。前節に述べた  $P_e$  及び PS/l の傾向線は、一定の傾斜をもっているが、この kg/l は、傾斜の傾向はなく、水平線上にあるという特別な傾向を示していることに気づくであろう。

何故こうなるかは問わない。この事実から目安と

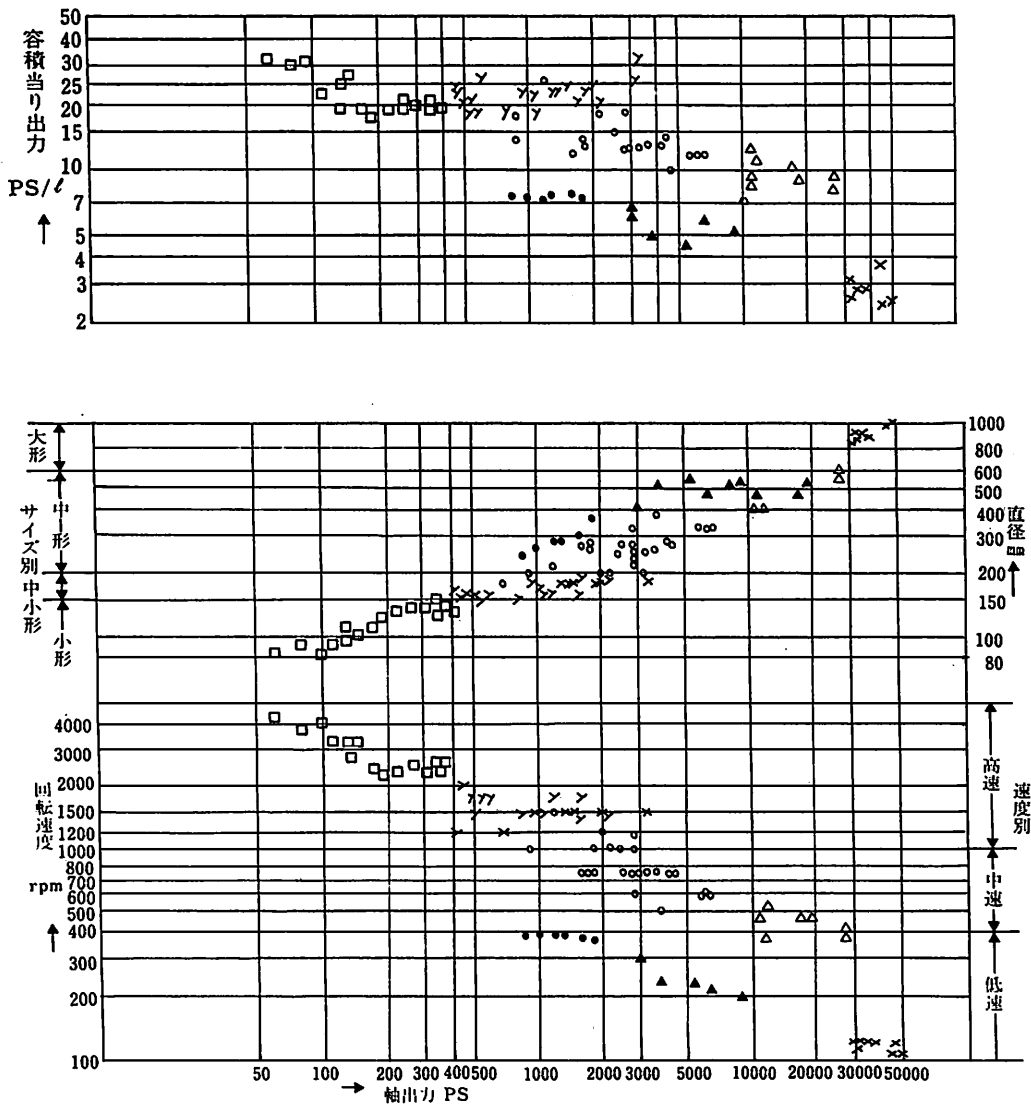


図 5.3.3 容積あたり出力 PS/l の比較

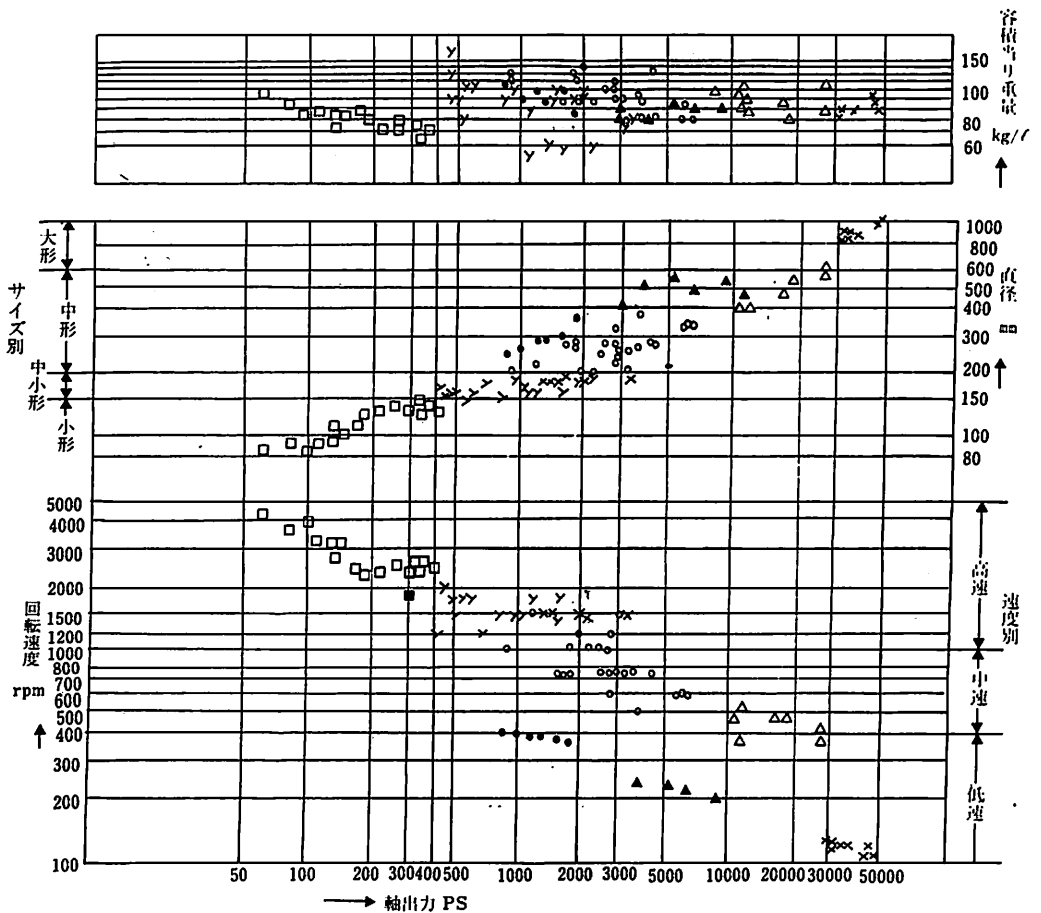


図 5.3.4 容積あたり重量 kg/l の比較

してのマクロ的利用法を述べてみよう。

各種エンジンとも平均して 100kg/l のラインを中心にほぼ分布しているので、この数値を記憶しておけば、そのエンジンの総行程容積さえわかれば、エンジンの全体重量をマクロ的に把握できる。

エンジンの出力も、サイクル別等の分類も全く関係なく、単に総行程容積さえわかればよいので便利である。

中小形高速ディーゼルエンジンの例をみよう。

例 直径150(mm)、行程200(mm)、シリンダ数6、総行程容積 42.42(l)、軸出力 820 PS /1500 rpm の4サイクルディーゼルエンジンの概算の目安の重量を求めよ。

解 容積当り重量 100kg/l とすれば  
 $100\text{kg/l} \times 42.42\text{l} = 4240\text{kg} = 4.2\text{ ton}$   
 参考：実測値 4.2 ton

出力の大きい2サイクル大形低速ディーゼルエン

ジンの例を挙げてみよう。

例 直径1050(mm)、行程1800(mm)、シリンダ数12、総行程容積 18703 (l)、  
 軸出力 48000 PS/108 rpm  
 の2サイクルディーゼルエンジンの概算の目安重量を求めよ。

解 容積当り重量 100kg/l とすれば  
 $100\text{kg/l} \times 18703\text{l} = 1870.000\text{kg} = 1870\text{ ton}$   
 参考：実測値 1680 ton

図 5.3.4 によれば、この例のクラスのエンジンは、100 kg/l に対し、約 10% loss のところに平均値があるので、これを利用してみる。

上記 1870 ton の値を修正すれば  
 $1870\text{ ton} \times 0.9 = 1680\text{ ton}$

となり、実際値に近づく。このように、エンジンごとの「ちらばり」を図 5.3.4 で見て利用すれば多少の精度は上ろう。しかし、あくまで予測重量の目安

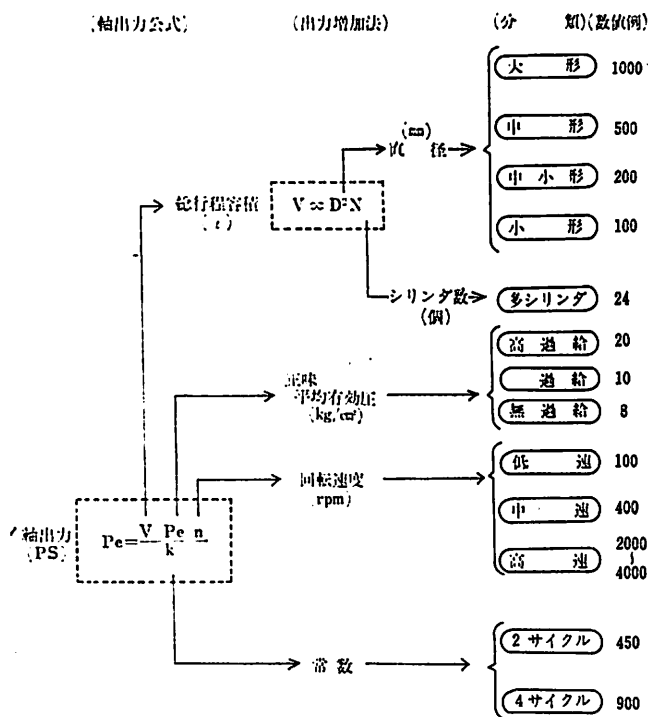


図 5.4.1 ディーゼルエンジン出力増加法

ディーゼルエンジンの軸出力の増加の方法はミクロ的にその種類を見ると恐らくは数千種を越し、大へんむずかしい問題に聞える。しかし、マクロ的に見ると、非常に簡潔に分類できる。

公式 [4.8.8] の軸出力の算出公式を見よう。この式が答えのすべてである。

すなわち

1) 総行程容積の増加, すなわち

- (イ) シリンダ直径の増加
- (ロ) シリンダ数の増加

2) 平均有効圧の増加

3) 回転速度の増加

4) 2サイクル方式の採用

以上の4大方式であり、実際のエンジンはこれらの組合せである。

以下にこれらの出力増加法の詳細を説明する。

#### 5.4.2 シリンダ直径の増加

図 5.4.1 が示すように、行程容積を増せば出力は増加する。行程/直径の比は

どの種類のエンジンでもほぼ一定であるので、行程容積は、シリンダ直径で決まってしまう。その時に直径DはD<sup>2</sup>の形で、2乗で効く。大口径化は、巨大船用、超高速船用をめざして開発され、大形低速エンジンの分野で完成された。現在シリンダ直径の最大は1060mmにも達し、その出力は4000 PS/cylである。

#### 5.4.3 シリンダ数の増加

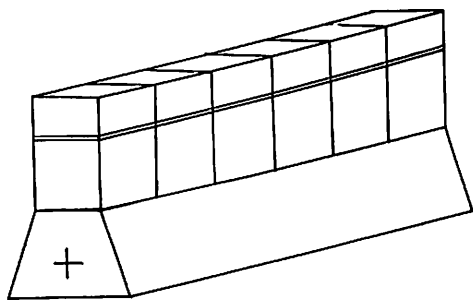
総行程容積を増加する方法の1つとして、シリンダ数の増加がある。エンジンの長さの関係、構造剛性の関係もあって、直列形の場合は、実用では、12シリンダまでである。

用であれば、100 kg/l という記憶しやすい数字を利用すればよいと思う。

### 5.4 ディーゼルエンジンの出力増加

ディーゼルエンジンの最大出力は何PSまでであるのか？ ディーゼルエンジンの出力を増加するのは、どんな「からくり」なのか？ 等々、こういった質問に答えてみよう。

#### 5.4.1 出力の増加法



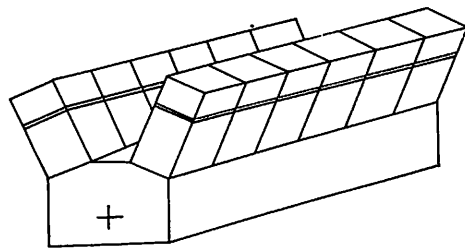
(エンジン類別) (シリンダ数の主な例)

小形エンジン: 4, 6

中小形エンジン: 6, 8

中形エンジン: 6, 8

大形エンジン: 6, 7, 8, 9, 10, 12 (2サイクル)



小形エンジン: V8

中小形エンジン: V12, V16

中形エンジン: V12, V14, V16, V18

大形エンジン: なし

図 5.4.2 シリンダの配列とシリンダ数

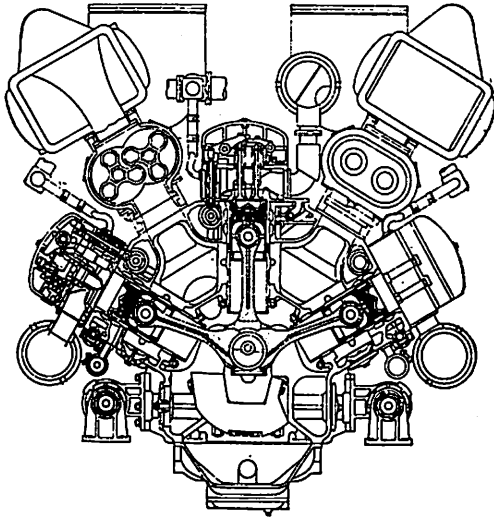


図 5.4.3 三菱 24WZ 形高速ディーゼルエンジン断面図

長さを短くするために一般に V 形が用いられる。実用上は、主として V18 シリンダまでである。特殊なものとして V20 シリンダ形もある。

V 形の他には、H 形、△形、W 形も用いられる。実用上で最多シリンダ数は 24 シリンダである。(図 5.4.3) 8 シリンダ×W 形 3 列=24 シリンダの構成である。

#### 5.4.4 平均有効圧の増加

正味平均有効圧は、一般に「平均有効圧」と呼ばれる。エンジンの軸出力を増加させる方法の一つとして、前節に、シリンダ直径を増大すればよい、として述べたが、エンジンの大きさが制限されている場合には、直径の増加法に頼るわけにはゆかない。一定のシリンダ容積の枠の中で出力増大、すなわち比出力の増加を考えねばならない。比出力の増加法の一つとして最も効果があり、広く用いられた解決法は、平均有効圧の増加法である。

ディーゼルエンジンの高出力化は、過給技術の進歩により、「平均有効圧の向上の歴史」とさえ言われるほどに実用化され、進歩した。

##### 5.4.4.1 平均有効圧と過給効果

平均有効圧の向上における過給の効果を見てみる。

公式 [4.5.2]、[4.8.8] 及び [4.11.3] より、正味平均有効圧を考えると、下記の通り。

公式 [5.4.1]

$$\text{平均有効圧 } P_e = 14.6 \frac{Hu \cdot \eta_e \cdot \eta_v \cdot p}{\lambda L_0 T}$$

ここに

$P_e$ : 正味平均有効圧 (kg/cm<sup>2</sup>)

$Hu$ : 燃料の低発熱量 (kcal/kg)

$\eta_e$ : 正味熱効率 …… 公式 [4.5.2]

$\eta_v$ : 体積効率 …… 公式 [4.11.1]

$\lambda$ : 空気過剰率 …… 公式 [4.13.1]

$L_0$ : 理論空気量 (kg/kg) …… 4.12

$p$ : 吸入系統入口の新気の  
圧力 (mmHg) …… 公式 [4.11.3]

$T$ : 吸入系統入口の新気の  
温度 (°K) …… 公式 [4.11.3]

上記の公式 [4.5.1] において、 $Hu$ : 燃料の低発熱量 及び  $L_0$ : 理論空気量は使用燃料を決めれば一定となり、更に同式中の  $\eta_e$ : 正味熱効率に公式 [4.5.6] を代入すれば、下記の公式が得られる。

公式 [5.4.2]

$$P_e \propto \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{p}{T} \cdot \eta_m \cdot \eta_w \cdot \eta_u \cdot \eta_v$$

ここに

$P_e$ : 正味平均有効圧 (kg/cm<sup>2</sup>)

$\lambda$ : 空気過剰率

$p$ : 吸入系統入口の新気の圧力 (mmHg)

$T$ : 吸入系統入口の新気の温度 (°K)

$\eta_m$ : 機械効率

$\eta_w$ : 冷却効率

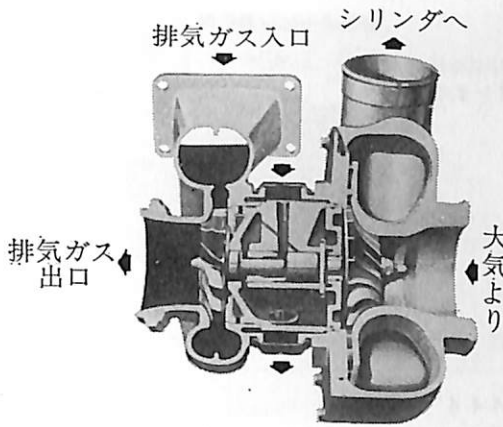
$\eta_u$ : 燃焼効率

$\eta_v$ : 体積効率

上式より平均有効圧  $P_e$  を大きくするには、公式 [5.4.2] から、 $\lambda$  を小さくし、 $\eta_m$ 、 $\eta_w$ 、 $\eta_u$ 、 $\eta_v$  を増やすことが必要である。また、圧力  $p$  をあげ、温度  $T$  を下げることが有効である。すなわち、ディーゼルエンジンの場合には、給気を圧縮して入口圧力 ( $p$ ) を高め、すなわち過給を行い、更にこれを冷却して入口温度 ( $T$ ) を下げて給気の比重を大きくすると、大巾に平均有効圧 ( $P_e$ ) は増大する。公式 [5.4.2] の  $\frac{p}{T} \cdot \eta_v$  の項は、充てん効率相当を示し、燃料と共に空気をシリンダーに多量に過給し充てんすれば、平均有効圧の増大すなわち軸出力の増加につながることを意味する。

##### 5.4.4.2 過給の実際

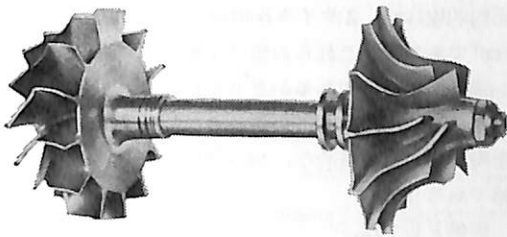




(a) カット断面

排気タービン

ブロワー



(b) 回転部

図 5.4.4 排気タービン過給機 (中小形ディーゼル用)

過給をする過給機には、機械駆動のルーツブロワ式を始めとしていろいろあったが、現在は排気タービン過給機がすべてのディーゼルエンジンに用いられている。(図5.4.4)

過給について、ここでは、出力増加関係の概要を述べるにとどめる。(詳細後章)

(1) 無過給:

エンジンのシリンダ内への空気の吸入排出は、ピストンのシリンダ内での往復運動の作用による。過給機無しである。故に無過給と言う。

小形高速ディーゼルエンジンはほとんどこの形である。(図5.4.5)

(2) 過給:

エンジンの排気管の出口側に、過給機のタービン側が接続し、排気ガスが流入して排気タービンローターをまわし、従って同軸上にあるブロワローターが廻されて、その過給加圧された空気がエンジンの吸気管入口に接続する構造である。

排気タービン過給機は、エンジンに装着される。(図5.4.6)

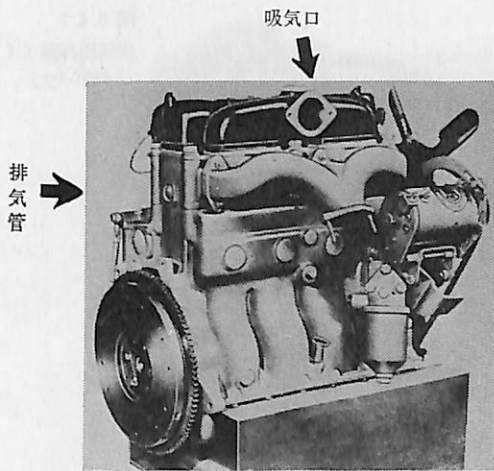


図 5.4.5 無過給の例 (小形ディーゼルエンジン)

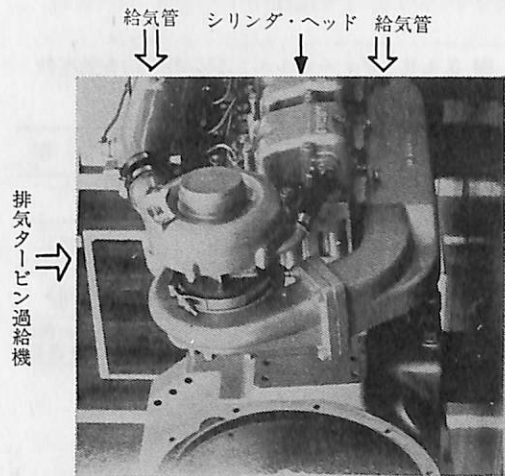


図 5.4.6 過給の例 (小形高速ディーゼルエンジン)

車両用の中小形ディーゼルエンジンに多い形式である。

(3) 高過給

排気タービン過給機の給気出口側とエンジンの吸気管の間に、空気冷却器(図5.4.7)を接続して、過給空気の温度を下げて、空気密度を高め、過給度を上げる方式である。(図5.4.8) 中小形, 中形, 大形の各エンジンに広く使われる。

5.4.4.3 平均有効圧の実際値

無過給, 過給, 高過給, それぞれによる平均有効圧の実際値の概略を図5.3.2(前章)で見るとその差は顕著である。まとめて1表に示す(図5.4.9)。平均有効圧を上げるには、高過給がベストな方法であることは、この図に明かである。

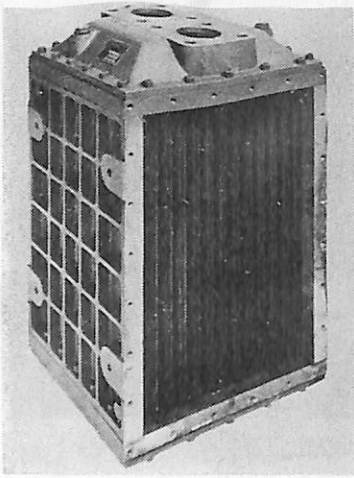


図 5.4.7  
空気冷却器 (インタクーラ)

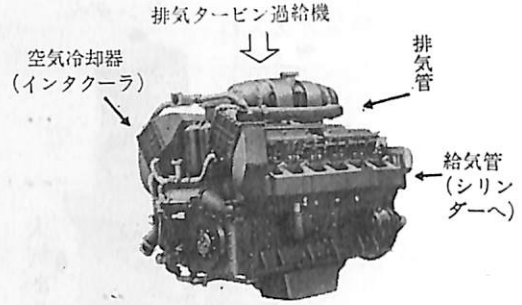


図 5.4.8 高過給の例 (中小形ディーゼルエンジン)

図 5.4.9 ディーゼルエンジンの平均有効圧の概略値

サイクル	過給の種類	平均有効圧 kg/cm <sup>2</sup>	備考
	無過給	～約8	
4サイクル	過給	～約10	(1段過給)
	高過給	～約20	(1段過給)
2サイクル	高過給	～約11	4サイクル換算 約22(1段過給)

#### 5.4.4.4 2段高過給

現在の実際のエンジンの高過給の値は図 5.4.9 の通りだが、その位置づけはどうであろうか？

4サイクルディーゼルエンジンで同図の平均有効圧約20kg/cm<sup>2</sup>、2サイクルでは平均有効圧は約11kg/cm<sup>2</sup>であるが、これらの値は1軸1段の排気タービン過給機の使用であるかぎりでは、まずは実用最高限度に近いと見られている。これ以上の平均有効圧を得るための経済的な、かつ効率良い過給は2段過給であろう。

実例としては、

1974年を境にして2段過給ディーゼルエンジンの世界初の実機が完成し、市販開始となった。2サイクルでは、三菱2段過給U-E形ディーゼルエンジンであり、平均有効圧 15.38kg/cm<sup>2</sup>、出力は30%アップした。4サイクルでは、日本舶用機器開発協

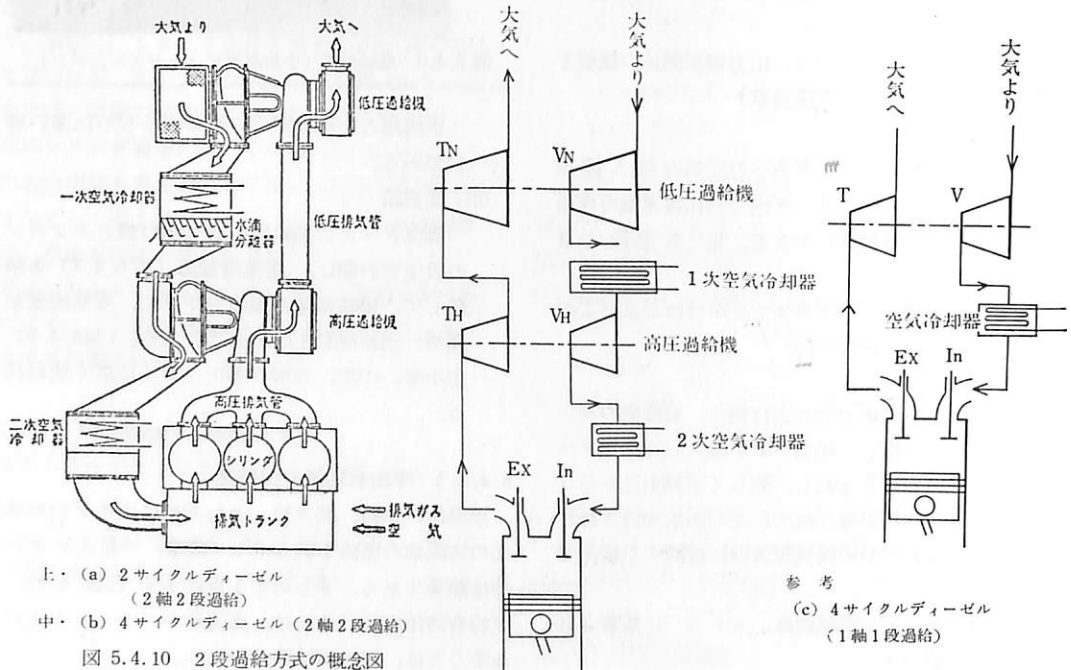
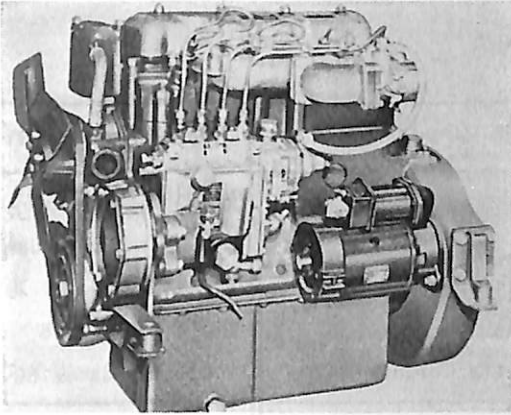


図 5.4.10 2段過給方式の概念図



(注) 形式：三菱4DQ形  
4サイクル水冷ディーゼルエンジン  
シリンダ数：4  
直径×行程：84×94mm  
総行程容積：2.08l  
燃焼方式：渦流室式  
最大出力：73 PS/4200 rpm

図 5.4.11 小形高速ディーゼルエンジンの例

会・富士ディーゼル協同開発の2段過給WM26H形2サイクルディーゼルエンジンで、平均有効圧は25.5kg/cm<sup>2</sup>である。いずれも2軸2段過給方式である。国内外とも高出力化エンジンとして2段過給の採用の発表または研究が増加した。

以上のように、出力増加では、過給度の向上による平均有効圧の増加が主要な方法であるが、特に2段高過給では、著しい高出力化が得られる。

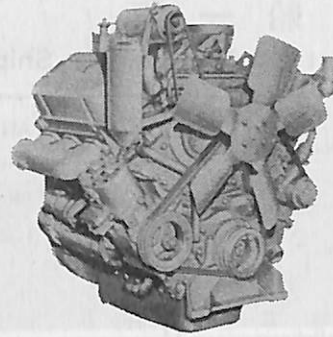
#### 5. 4. 5 回転速度の増加

出力の増加において、図5.4.1にみるように、回転速度の増加すなわち高速化も重要な方法である。小形高速ディーゼルエンジンでは、最高4000rpmを越すものもある。(図5.4.11)

高速化は小形高速ディーゼルエンジンに始まって、中小形、中形ディーゼルエンジンへと波及している。

#### 5. 4. 6 2サイクル方式の採用

図5.4.1の式に見る通り、2サイクルは4サイクルの2倍の出力の増加が期待可能である。実際出力としては、2サイクルの効率の関係で、2倍弱であるが、魅力ある方法である。大形低速ディーゼルエンジンと小形高速ディーゼルエンジンには採用されている。後者の例としては、アメリカのGM社(Detroit)の小形高速2サイクルディーゼルエンジ



(注) 形式：GM社6V53形  
2サイクル水冷ディーゼルエンジン  
出力：185 PS/2500 rpm  
シリンダ数：6  
直径×行程：3<sup>7</sup>/<sub>8</sub>in.×4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>in.

図 5.4.12 2サイクル小形高速ディーゼルエンジンの例

ンが昔からある。(図5.4.12)

#### 5. 4. 7 出力増加の実施

ディーゼルエンジンの出力増加法すなわち高出力化の方法を、JISの軸出力の算式によってその全貌を語った。

船舶の巨大化、建設車両、産業車両等の大形化、エンジンの小形軽量化(省資源)等の用途上のニーズが、ディーゼルエンジンの動向に強い影響を与え、ニーズ対応策としての「出力の増加」が重要課題となる。

出力増加法の話を知ると、そのまま実施すればはなはだ簡明の理であるが、実際にはそれに伴う予想される問題点を研究により解決、改良するとともに、出力性能の他に、耐久性、信頼性、整備性、稼働経済性等の向上確保も必要である。すべての市販のディーゼルエンジンは出力増加のプロセスにおいて、上記の要件を研究、実験により充分満たし玉成済みで高信頼性である。

#### ■ “船舶”用(1年分12冊綴り)ファイル■

定価450円(〒300円、ただし都内発送分のみ)  
ご注文は最寄の書店へお申込まれるのが、便利です。

株式会社 天然社

# 竣工船一覽

## The List of Newly-built Ship

船名 Name of Ship	① MALAYAN BONA	② HAPPUZAN MARU	③ BLUE MERCURY
所有者 Owners	Y.Y Shipping Co.	トーマン(Tomen)	伊藤忠商事(Itochū Shoji)
造船所 Ship builder	西井船渠(Nishii)	下田船渠(Shimoda)	榑崎造船(Narasaki)
船級 Class	NK	NK	NK
進水・竣工 Launching・Delivery	75/9・75/11	75/10・76/1	75/7・75/9
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	貨物(Cargo)・遠洋	貨物(Cargo)・遠洋	貨物(Cargo)・遠洋
G/T・N/T	3,717.21/2,604.64	5,678.06/3,288.44	6,397.41/4,073.80
LOA(全長:m)	104.30	116.05	127.642
LBP(垂線間長:m)	96.00	107.00	119.00
B(型幅:m)	16.20	18.60	18.30
D(型深:m)	8.20	7.60	9.90
d(満載吃水:m)	6.683	7.631	7.815
満載排水量 Full load Displacement	8,195.00	11,791.82	13,239.80
軽貨排水量(約) light Weight	1,906.34	2,851.43	3,047.50
載貨重量 L/T Dead Weight	6,189.34	8,940.39	10,031.40
K/T	6,288.66	—	10,192.30
貨物倉容積 Capacity (ベール/グレーン:m <sup>3</sup> )	7,521.78/7,976.88	10,763.00/11,330.27	13,183.3/13,774.0
主機型式/製造所 Main Engine	神発一単流、掃気式2サイクル過給機付	伊藤鉄工M556HUS型	三菱6UEC52/105D型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	3,800/230	5,200/230	6,200/175
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	3,230/218	4,420/218	5,580/169
燃料消費量 Fuel Consumption	156.6g/bhp/hr	16.97t/d	155.9g/ps/h
航続距離(海里) Cruising Range	12,000	10,300	13,316'
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	15.28	15.54	16.139
航海速度 Service Speed	12.50	12.50	13.50
ボイラー(主/補) Boiler	／再循環式WHO-50、619kg/hr	／バーチクルコクラン コンポジット型	／コクランコンポジット型
発電機(出力×台数) Generator	440V×165KVA×2	AC445V×250KVA×60Hz×2	445V×300KVA×2
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )COT	—	—	—
消水倉容積(m <sup>3</sup> )FWT	334.58	692.02	605.80
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	604.13	795.8	983.00
特殊設備・特徴他	—	—	—

④ EVER HUMANITY

Everhumanity Lines  
S.A.

檣崎造船(Narasaki)

NK

75 / 8 · 75 / 11

貨物(Cargo) · 遠洋

10,747.14 / 7,316.42

154.75

142.90

22.50

12.50

9.34

—

—

—

18,695.3

22,992.7 / 23,432.3

日立B&W7K62EF型

9,400 / 144

8,600 / 140

32.6t/d

17,655

17.171

15.00

コクランコンポジット型×1

450V×675KVA×2

—

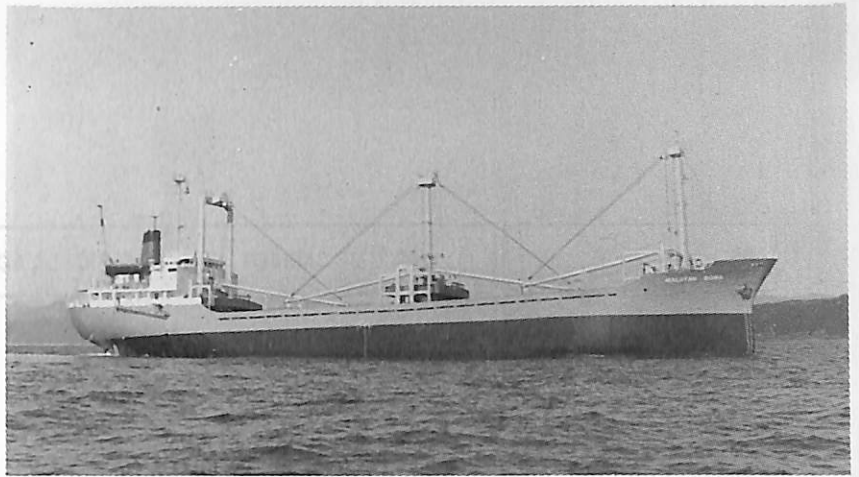
— 520.00

A 140.8

C 1,752.9

—

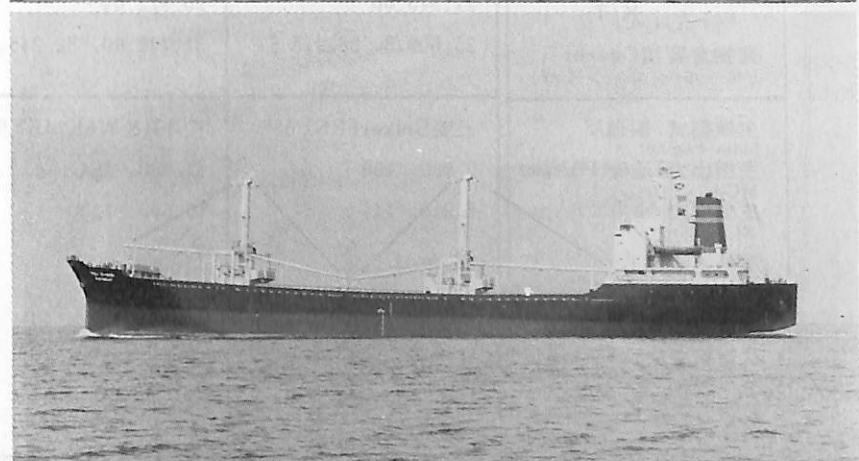
①



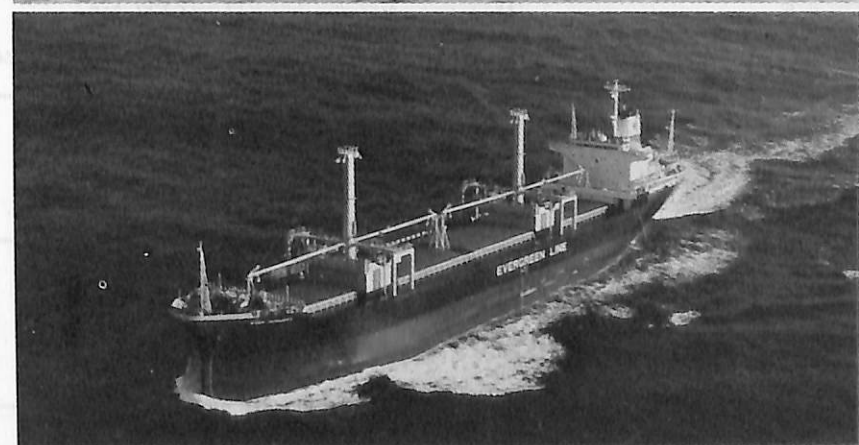
②



③



④



船名 Name of Ship	⑤ MARITIME CARRIER	⑥ PACIFIC LEADER	⑦ JARM
所有者 Owners 造船所 Ship builder 船級 Class 進水・竣工 Launching・Delivery 用途・航行区域 Purpose・Navigation area	Maritime Transport Overseas 三菱下関(Mitsubishi) LR 75/4・75/12 貨物(Cargo)・遠洋	Towa Yusen 幸陽船渠(Koyo) NK 75/10・75/12 貨物(Cargo)・遠洋	Southern Bulk Carriers Corp. 金輪船渠(Kanawa) BV 75/10・76/1 ばら積(Bulk)・遠洋
G/T・N/T	14,051.63/7,511.52	16,420.04/10,910.97	11,688.8/7,908.66
LOA(全長:m) LBP(垂線間長:m) B(型幅:m) D(型深:m) d(満載吃水:m)	162.05 150.00 22.86 14.00 10.581	174.56 164.40 24.80 14.00 10.14	158.00 148.00 23.40 13.00 9.541
満載排水量 Full load Displacement 軽貨排水量(約) light Weight 載貨重量 L/T Dead Weight K/T 貨物倉容積 Capacity (ベール/グレーン:m³)	27,636.00 5,663.00 — 21,973.00 25,609.3/26,915.5	34,294.85 7,372.81 26,496.94 26,922.04 31,749.60/32,245.52	25,767.00 5,578.00 19,871.00 20,189.00 25,081/26,179
主機型式/製造所 Main Engine 主機出力(連続:PS/rpm) MCR 主機出力(常用:PS/rpm) NCR 燃料消費量 Fuel Consumption 航続距離(海里) Cruising Range 試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed 航海速度 Service Speed	三菱Sulzer6RND68型 9,900/150 8,910/145 32.7t/d 13,800 18.43 15.2	三井B&W6K74EF型 11,600/124 10,600/120 39.8t/d 14,300 17.213 14.5	UBE-6UEC65/135D型 10,000 8,000 35.6t/d 14,000 17.54 15.85
ボイラー(主/補) Boiler 発電機(出力×台数) Generator	/1,500kg/h ダイハツ6PSTC-26D型×3	/OEC-312 1,200kg/h×1 370KW×462.5KVA×450V ×2	/コンポジット型 575KVA×2
貨油倉容積(m³)COT 清水倉容積(m³)FWT 燃料油倉容積(m³)FOT	— 382.0 1,385.8	— 255.4 2,155.3	— 988.00 A) 122、C) 1,403
特殊設備・特徴他	—	—	Thomson25t×4gang

⑧ ANTONIS P. LEMOS

Argyros Compania  
Naviera S.A.  
名村(Namura)

A B

75/10・76/1

ばら積(Bulk)・遠洋

15,934.22/11,083.00

178.52

167.00

22.90

14.50

10.40

33,490.00

6,515.00

26,550.00

26,975.00

32,595/36,841

住友Sulzer7RND68型

11,550/150

9,820/142

154g/ps-h

18,400

17.21

15.00

1,200kg/h×7kg/cm<sup>2</sup>G

500KVA×3

—

160.6

2,167.5

—

⑤



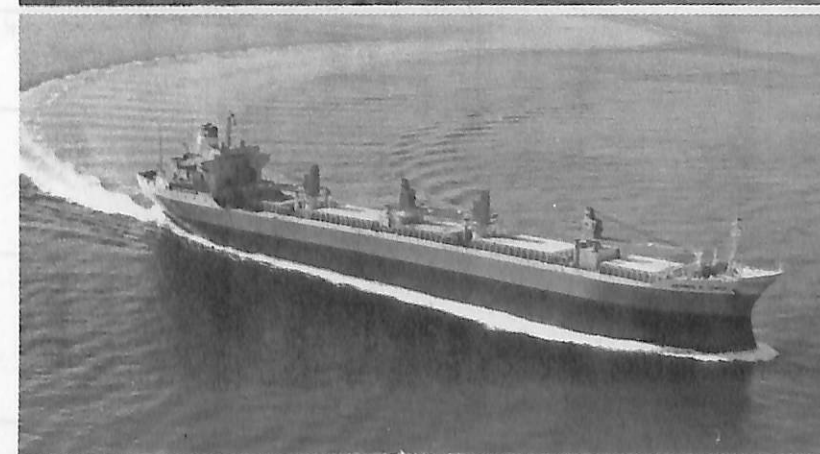
⑥



⑦



⑧



船名 Name of Ship	⑨ SEIAN MARU	⑩ EXCEL TRADER	⑪ GARD
所有者 Owners	協成汽船(Kyosei)	Excelship Navigation S.A.	Rolf Wigands Rederi A.S.
造船所 Ship builder	今治丸亀(Imabari)	今治丸亀(Imabari)	函館ドック函館(Hakodate)
船級 Class	NK	NK	LR
進水・竣工 Launching・Delivery	75/10・76/1	75/9・75/12	75/9・76/1
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	ばら積(Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋
G/T・N/T	20,370.21/13,776.84	20,382.04/14,817.09	35,691.89/22,760.90
LOA(全長:m)	182.30	182.296	219.075
LBP(垂線間長:m)	172.00	172.00	208.000
B(型幅:m)	26.00	26.00	32.250
D(型深:m)	15.70	15.70	18.550
d(満載吃水:m)	11.248	11.248	13.688
満載排水量 Full load Displacement	42,908	42,908	77,022.00
軽貨排水量(約) light Weight	7,864	7,784	11,910.00
載貨重量 L/T Dead Weight	34,491	34,569	65,112.00
K/T	35,044	35,124	66,154.00
貨物倉容積 Capacity (ベール/クレーン:m <sup>3</sup> )	40,683.78/46,517.03	40,852.53/47,167.98	71,707.5/72,789.2
主機型式/製造所 Main Engine	三菱Sulzer7RND68型	三菱Sulzer7RND68型	IHI・Sulzer6RND90型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	11,550/150	11,550/150	17,400/122
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	10,395/145	9,817.5/142	15,660/117.8
燃料消費量 Fuel Consumption	40.745t/d	38.5t/d	C. 59t/d
航続距離(海里) Cruising Range	17,100	15,470	21,900
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	17.025	17.145	17.27
航海速度 Service Speed	14.2	14.2	15.00
ボイラー(主/補) Boiler	／コクランコンポジット型 7.0kg/cm <sup>2</sup>	／コクランコンポジット型 7.0kg/cm <sup>2</sup>	／7kg/cm <sup>2</sup> G×1,600kg/h×1
発電機(出力×台数) Generator	500KVA×2	500KVA×2	AC450V×625KVA×500KW×3
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )COT	12.40	12.40	—
清水倉容積(m <sup>3</sup> )FWT	528.8 7.0kg/cm <sup>2</sup>	528.8	F.W) 143.9、D.W) 149.0
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	2,389.45	2,389.45	C) 3,969.6、A) 358.3
特殊設備・特徴他	—	—	—



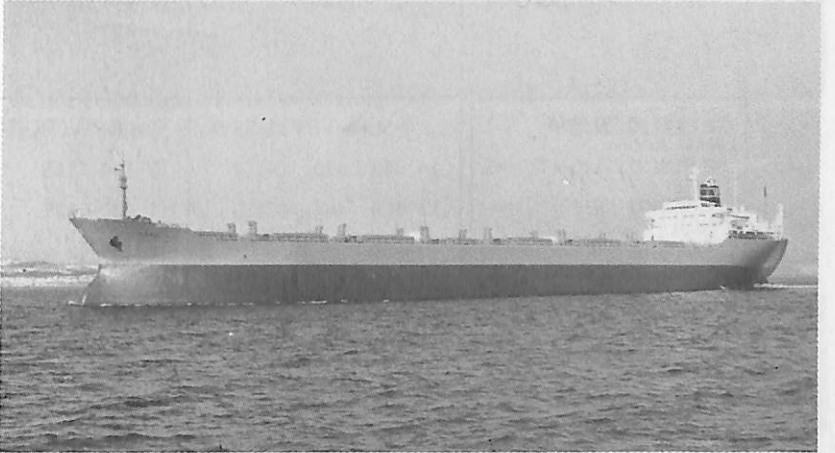
⑨



⑩



⑪



⑫



⑫ VARAMIS

O.Ditlev Simonsen  
JR  
三菱神戸(Mitsubishi Kobe)  
NV  
75 / 8 · 76 / 1  
ばら積(Bulk) · 遠洋

36,232.43 / 24,479.45

224.00  
211.28  
31.80  
18.35  
13.32

75,307.00  
12,074.57  
63,232.43  
—  
— / 81,338.4

三菱Sulzer7RND76型  
14,000 / 122  
12,600 / 118  
46.2t/d  
22,000  
16.58  
14.60

/コクラン1,800kg/h×1、  
排ガス18,000kg/h×1  
AC450V×500KVA×3

—  
581.6  
3,489.0

機関部自動化“EO”採用

船名 Name of Ship	⑬ TOKYO MARU	⑭ SENDAI	⑮ SEA ORIENT
所有者 Owners	日本沿海フェリー、川崎近海汽船 (Nippon Enkai Ferry, Kawasaki kinkai)	Puget Chip Carriers S.A.	Bugge Supply Ships A.S.
造船所 Ship builder	林兼造船下関(Hayashikane)	日本鋼管清水(Nippon Kokan)	寺岡造船(Teraoka)
船級 Class	NK	NK	NV
進水・竣工 Launching-Delivery	75/10・76/1	75/8・76/2	75/10・75/12
用途・航行区域 Purpose-Navigation area	自動車(Car)・遠洋	チップ(Chip)・遠洋	資材運搬(Supply)・遠洋
G/T・N/T	6,737.22/2,289.94	35,428.13/27,055.20	1,371.09/676.38
LOA(全長:m)	147.50	197.00	62.8
LBP(垂線間長:m)	135.00	184.50	58.82
B(型幅:m)	22.60	30.48	13.8
D(型深:m)	9.20	21.50	6.4
d(満載吃水:m)	6.60	11.025	5.467
満載排水量 Full load Displacement	10,666.00	51,565.00	3,237.00
軽貨排水量(約) light Weight	6,259.00	10,426.00	1,133.00
載貨重量 L/T Dead Weight	4,337.00	—	—
K/T	4,407.00	41,139.00	2,104.00
貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m <sup>3</sup> )	—/—	—/83,646.4	—/—
主機型式/製造所 Main Engine	三菱MAN V8V52/55型	三井B&W7K67GF型	WICHMANN7AX型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	16,000/430/181.2	13,100/145	4,200/375
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	13,600/407/171.5	11,100/137	3,360/330
燃料消費量 Fuel Consumption	1.7t/h	47.45t/d	15t/d
航続距離(海里) Cruising Range	3,300	14,100	20,000
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	22.599	16.554	13.805
航海速度 Service Speed	19.50	14.7	13.4
ボイラー(主/補) Boiler	/クレイトンWHO-100 7kg/cm <sup>2</sup> G×1,250Kcal/h	/整型6.5kg/cm <sup>2</sup> 、 1,500kg/h×1	/150,000Kcal/h
発電機(出力×台数) Generator	812.5KVA×3	AC45V×725KVA×3	145KVA×1、105KVA×2
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )COT	—	—	—
清水倉容積(m <sup>3</sup> )FWT	181.00	2,485.8	550.00
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	516.00	700.3	860.00
特殊設備・特徴他	トラック130台、乗用車40台 35tテーブルリフト×1、ホ イスタブルランプ×2、シ ョアランプ×3	Chip Unloading装置	パウスタスター650ps、セメ ントシステム、ベックラダ ー、デッカナビゲータ

⑬



⑩ CYS GUARDIAN

Transocean  
Petroleum Carriers.  
笠戸船渠(Kasado)

A B

75 / 9 · 75 / 12

油槽(Oil) · 遠洋

18,950.73 / 12,216.00

184.75

174.00

28.00

15.00

11.00

44,900

7,400.0

37,410.0

—

— / —

⑭



⑮



三菱8UEC65/135D型

12,800 / 145

10,880 / 137.4

43t/d

17,000

15.9

14.7

/ 16kg/cm<sup>2</sup> × 32,000kg/h × 1

ダイハツAC450V ×

540KW × 840PS × 2

⑯



43,614.65

315.26

2,615.56

—

船名 Name of Ship	⑰ MANHATTAN DUKE	⑱ PENELOPE OF YORK	⑲ GRACIOUS FOUNTAIN
所有者 Owners	Cetus Shipping Ltd.	Beeline Shipping Ltd.	The greate Circle Shipping Corp.
造船所 Ship builder	尾道造船 (Onomichi)	金指豊橋 (Kanasashi)	三菱広島 (Mitsubishi)
船級 Class	NK	NK	LR
進水・竣工 Launching・Delivery	75/9・76/2	75/7・76/1	75/7・75/12
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	油槽(Oil)・遠洋	油槽(Oil)・遠洋	油槽(Oil)・遠洋
G/T・N/T	39,349.30/30,055.12	42,619.65/32,564.03	60,316/43,450
LOA(全長:m)	232.00	246.00	259.10
LBP(垂線間長:m)	220.00	235.00	247.00
B(型幅:m)	36.00	38.30	40.60
D(型深:m)	19.60	18.30	22.30
d(満載吃水:m)	14.628	13.852	16.316
満載排水量 Full load Displacement	97,194.00	104,416.29	143,600.00
軽貨排水量(約) light Weight	14,982.00	16,618.59	19,971.00
載貨重量 L/T Dead Weight	80,914.00	86,415.00	—
K/T	82,212.00	87,798.00	123,629.00
貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m³)	—/—	—/—	—
主機型式/製造所 Main Engine	日立Sulzer7RND90型	川崎MAN-K7SZ	三菱Sulzer9RND90型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	20,300/122	20,300/118	26,100/122
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	18,270/118	18,300/114	23,490/118
燃料消費量 Fuel Consumption	69.1t/d	69.1t/d	86.3t/d
航続距離(海里) Cruising Range	16,160	15,300	17,600
試運転最大速力(kn) Maximum Trial Speed	16.455	16.38	16.75
航海速力 Service Speed	15.4	15.60	15.60
ボイラー(主/補) Boiler	/HZAM-55 55t/h×16kg/cm²	/川崎SM50型23kg/ cm²G×50t/h×1	/三菱CE65t/h×16kg /cm²×1
発電機(出力×台数) Generator	900KW×2	AC445V×88KW×2	AC450V×750KW×3
貨油倉容積(m³)COT	102,047	110,632.63	147,001.9
清水倉容積(m³)FWT	414.9	341.36	398.2
燃料油倉容積(m³)FOT	3,748.2	3,911.56	5,007.7
特殊設備・特徴他	—	I.G.S装備	—

⑰



⑱



⑲



⑳



⑳ DORIS

Doris Compania  
Naviera S.A.  
三井玉野(Mitsui)

L R

75/10・76/1

油槽(Oil)・遠洋

68,566.31/51,977.40

271.00

260.00

44.00

24.40

17.047

162,489.00

23,559.00

136,742.00

138,930.00

—

三井B&WDE8K90GF型

27,300/114

24,800/110

94.78t/d

24,700

17.07

15.75

/三井WTA-40 2胴式水管  
40,000kg/h×16kg/cm<sup>2</sup>G×2  
ダイハツ750KW、1,120ps×720rpm×1  
三井BBC-MTG200 900KW×1

167,905.00

238.3

6,877.4、D.O.T388.2

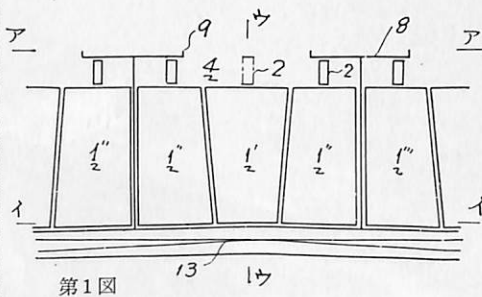
—

# 特許解説

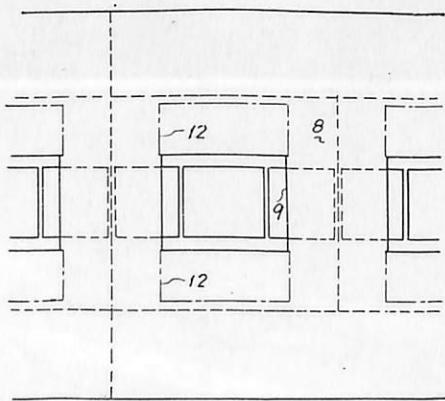
粉粒貨物運搬船〔特公昭51—2183号公報，発明者；福谷光雄，出願人；三菱重工業，神戸製鋼所〕

船艙内にスラリー積荷した微粉鉄鉱石などの粉粒貨物を，グラブ揚荷させる場合，その粉粒貨物が輸送航海中に脱水，圧密化して固く締っているため，従来，荷役用グラブの刃先が粉粒貨物の内部に十分食い込むことができず，グラブの掴み量はその定格量に比較して低下し，能率的な揚荷を行なうことができなかった。本発明は，上記の点を解決するためになされたものであり，船艙内に粉粒貨物を崩壊しやすくするための取り外し式の溝形成用型部材を設

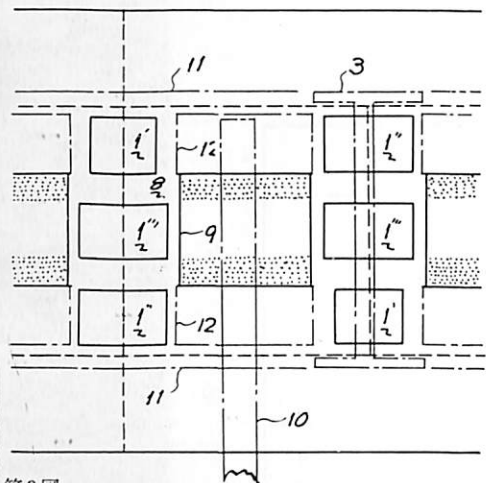
粉粒貨物運搬船



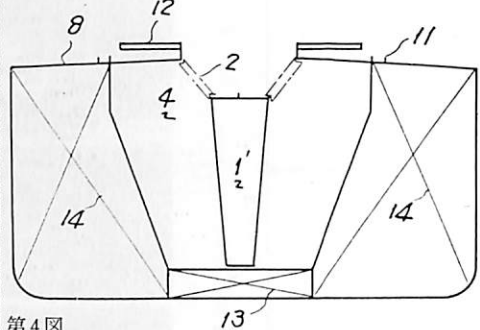
第1図



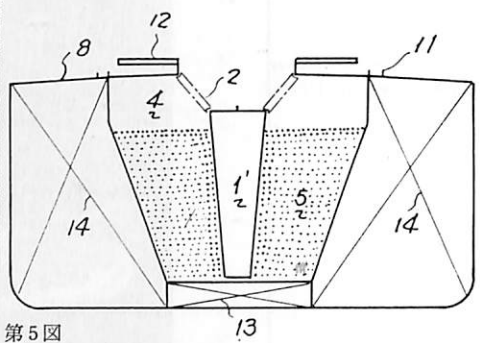
第2図



第3図



第4図

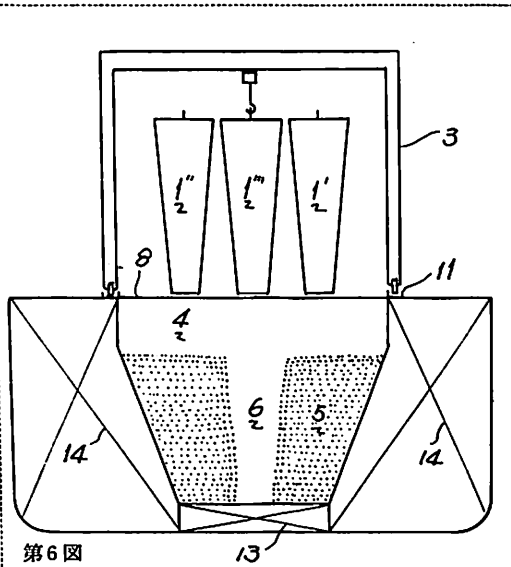


第5図

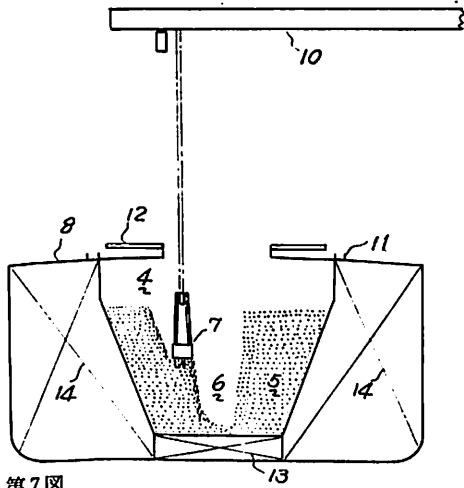
けることを特徴とするものである。

図面を用いて，その使用を説明する。

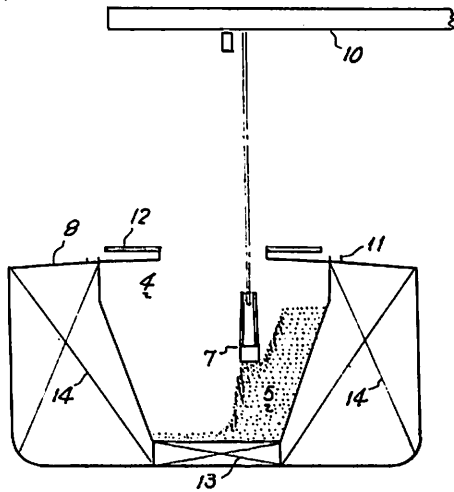
1. 溝形成用型部材の取り付け（第1，2，4図）  
子じめ船艙4内に押え部材2により溝形成用型部材1が取付けられる。型部材1は，船艙内への搬出入の便を考慮して，ひとつの船艙につき，船の長手方向に3個，またくさび状の断面をそれぞれ有している。
2. スラリー積荷（第5図）  
溝形成用型部材1が，船艙4内に，押え部材2（例えばジャッキ）で固定された後，粉粒貨物はス



第6図



第7図



第8図

ラリー積荷される。

### 3. 型部材の抜き取り (第3, 6図)

目的地に着いた後、揚荷に先立ち、溝形成用型部材1の抜き取りが行なわれる。押え部材2を外し、クレーン3により、それぞれの型部材は、後の揚荷の妨げとならないよう、上甲板8上に搬出される。

### 4. グラブ揚荷 (第7, 8図)

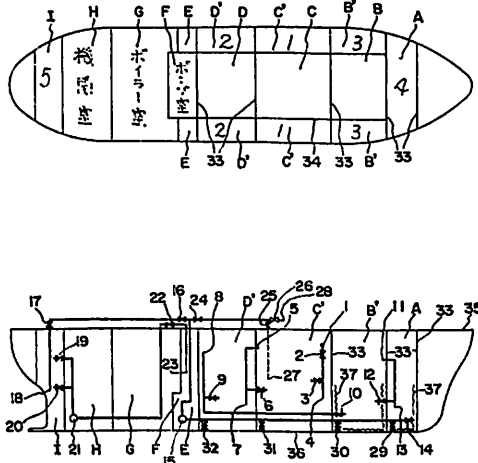
グラブ7を粉粒貨物5の中央にできた溝6の付近に落下させることにより、固く締った粉粒貨物を崩しながら能率よく揚荷する。

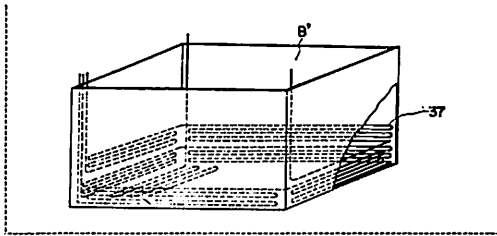
油水混合水より補機類等の燃料を得られるタンククリーニング船〔特公昭51-2193号公報、発明者；原田忠、出願人；日本郵船〕

従来、タンカーのタンククリーニングで生じた油水混合水は海上投棄を行なうか、あるいは、油水分離可能なバージに揚げていた。しかし、近い将来において海水汚濁防止の面から、海水混合水の海上投棄は不可能となることが予想される。また、タンカーのタンククリーニングを行なった油水混合水を分離し、その油分を有効に利用することについて、あまり考えられていない。

本発明は、上記のような背景のもとになされたタンククリーニング船に関するものであり、図のC'、D'、B'、Aはそれぞれ油水混合水から比重差により油分のみを取り出す第1～4油分離タンクを示し、C、B、Dはそれぞれ油水混合水から海水分を取り出す第1～3海水分離タンクを示す。Iは最終

タンククリーニング船





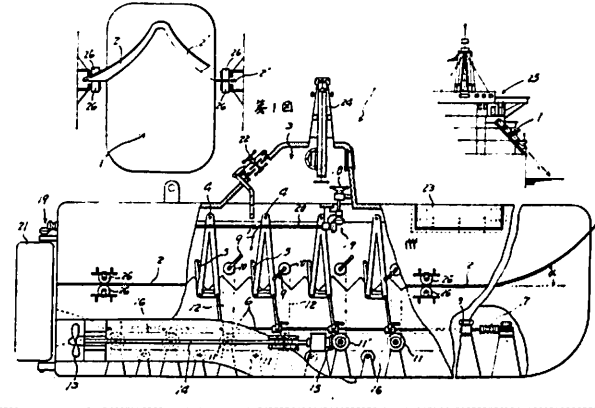
油分離タンク、Eは分離された油のセッティングタンク、Fはポンプ室、Gはボイラー室、Hは機関室である。

油水混合水はまずタンクCに入れられ、比重差により、上部の海水分を含んだ油は、流入口1よりタンクC'に流入する。タンクC'の油面が流入口5の高さになると流入口5より、上部の油分がタンクD'に流入する。同様にしてタンクD'の油分は流入口8よりタンクB'に流入し、タンクB'に設けられているヒーティングコイル37により温度をあげ、さらに海水分を分離するとともに、油分の純度を高める。タンクB'から次にタンクAに移され、さらにタンクIに移されて、それぞれ油水分離が行なわれる。最終的にセッティングタンクEに集められて、クリーニング船の補機類に使用される。各タンクでの海水は、タンクの底からパイプにより集められて、船外に排出される。

船舶から水上への人員急速送り出し用艇体〔特公昭51-2197号公報、発明者；堀川喜一、出願人；日立造船、舞鶴重工業〕

本発明は、非常時に離船するために船舶に搭載されている、急速脱出用に適する艇体に関するものである。脱出用艇体は、船舶に事故が発生して、例えばタンカーに火災が発生し爆発の危険が迫った場合などに使用されるものであることから、母船から迅速に水上へ移行できるもの

船舶から水上への人員急速送り出し用艇体



であると同時に、すみやかに遠方へ移動できるものでなければならない。

図面を参照して説明すると、脱出用の艇体の両舷に、艇体全長にわたって翼板2が突設されるとともに、艇首部では角度 $\alpha$ 上方に向かって配置されている。艇体1の内部には密閉空間3が形成され、ピン4により前後方向揺動自在に枢支された座席5が複数個並設される。各座席5の下部は、連結桿6に連結され、すべての座席が同じ動きをするよう構成されている。連結桿の端部はパネ7を介して艇体に取り付けられている。各座席の前には、ハンドル9が設けられ、スプロケット11、ベベルギヤ15によりスクリュ-13が駆動される。18は舵21の操作ハンドルを示す。

艇体1は、母船に海水面に対して約 $45^\circ$ の下向き傾斜で取付けられる。艇体1の翼板2はローラ26で挟持されて、艇体1が母船から突出する時のガイドの役目をしている。水中に飛び出した艇体は、その勢いで水中に潜るとともに、艇首部の仰角 $\alpha$ を有する翼板2'により、逆戻り浮上することなく、前方に浮上していく。座席部は全体として揺動自在に構成され、またパネ7により艇体に取り付けられているために、水中への突入の際の衝撃が軽減される。

(特許庁審査第1部分類審査室 幸長保次郎)

船 船 第49巻第4号 昭和51年4月1日発行  
4月号・定価800円(送料46円)  
本誌掲載記事の無断転載・複写複製をお断りします。  
編集兼発行人 土肥勝由  
発行所 株式会社天然社  
〒104 東京都中央区銀座5-11-13 ニュー東京ビル  
電話・(03) 643-7793 振替・東京 6-79562

船 船・購読料

1カ月 800円(送料別46円)  
6カ月 4,800円(送料別270円)  
1カ年 9,600円(送料共)

\*本誌のご注文は書店または当社へ。  
\*なるべくご予約ご購入ください。

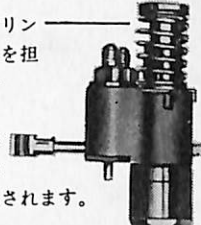


# GM・ビッグパワーエンジン

耐久性と経済性を巧みにマッチさせた高性能ディーゼルエンジン。

インジェクターを始め、あらゆる構成部品に数多くのデザイン上のノーハウとテストの結果が生かされています。

このホロー戻りスプリングでさえも重要な役目を担っています。最大1分間2800回のサイクルクロードに耐え得る特殊スプリング鋼が、素材段階から厳密に検査されます。



例えば、プランジャーブッシング燃料噴射のタイミングと規定量をコントロールし、最大限の燃料節約ときれいな排気を可能にする為極精密仕上げが要求されます。

チップオリフィスの噴射口径は、 $\frac{55}{10000}$ インチ。電子精密加工に依り人為的ミスが入り込むチャンスは皆無。最適の爆発・燃焼状態を可能にします。

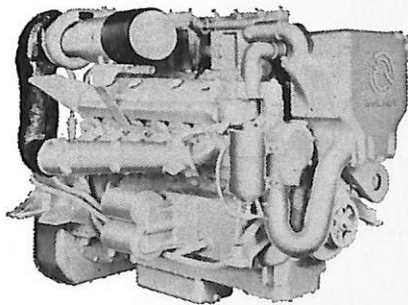
燃料消費率向上と公害対策の為、ニードルバルブチップは最も大切な役目を果たしています。チップオリフィスの数・サイズ・位置等は完全燃焼に適した燃料の噴霧状態を最善にする様設計されています。



用途と必要な馬力に見合うインジェクターサイズを御使用下さい

# BIG ECONOMY POWER

ユニットインジェクターシステム。この言葉は多くのユーザーによってGMデトロイトディーゼルの優れた特徴の一つとして認められています。現在殆どどのGMエンジンに使用されているクリーンチップN-インジェクターは、GM技術チームのたゆまぬ研究・改良の結果燃料消費節約またはパワーアップの為完全燃焼を可能にしています。



GM12V-71TI型船用エンジン



ゼネラルモーターズ・コーポレーション  
ディーゼルエンジン日本総代理店

**富永物産株式会社**

東京都中央区日本橋小舟町2の5伊場仙ビル  
電話 東京(03) 662-1851  
大阪市北区細笠町50堂ビル  
電話 大阪(06) 361-3836

あなたのそばに信頼の技術



太平洋の激しい風浪に直撃される

FRP製 **25.1m**  
定期旅客船

江島汽船有限公司殿納入「第八江宝丸」

わが国でたったひとつの純漁村、宮城県江島<sup>えのしま</sup>。人口 800 の風光明媚なこの島の、唯一の交通機関です。激しい太平洋の風浪に直撃され、濃霧におびやかされるこの定期離島航路では、特に安定性にすぐれ、欠航を最少限にすることが必要でした。現地岸壁に対応した接岸、旅客定員を最大限に、生活物資や海産物の変動重量などを考慮した復原性の高い、常に適当な範囲内にトリムを保持した定期旅客船です。

材 質：FRP(強化プラスチック)  
全 長：25.1m  
幅 　：4.8m  
深 　：2.0m  
総噸数：67.76t  
主機関：船用ディーゼル400ps×1基  
速 　力：約12kt  
定 員：旅客65名 乗員4名 合計69名



石川島播磨重工業株式会社

船舶事業本部 新造船営業室 舟艇グループ

東京都千代田区大手町2丁目2番1号(新大手町ビル)

☎100 電話 東京(03)244-5642