

# 11

SHIP BUILDING  
& BOAT ENGINEERING

# 船舶

First Published in 1928 No. 542

## 特集・北方資源開発—世界の氷海用船



堺工場で建造されたHI-BULKシリーズ第1船“文光丸”(51,672DWT)

*Dimetecote*® 厚膜型無機亜鉛塗料

# ダイメットコート

鋼構造物を腐食から守る特殊防食塗料

*Amercoat*®

## 小松島特殊塗装工場

新造船、就航船などに最新設備によって工期短縮  
低コスト、精度の高いタンク内塗装施工を行います。

小松島工場：〒773 徳島県小松島市中田町東山 TEL 08853-2-6352

発売元 株式会社 井上商会

製造元 株式会社 日本アマコート

社長 井上正一

〒231  
(本社) 横浜市中区尾上町5-80  
TEL 045-681-1861(代)

〒232  
(工場) 横浜市中区かもめ町23  
TEL 045-622-7509



日本沿海フェリー「えりも丸」



# 安全な航海のために 操舵室の窓は クリヤーに

## 結露・氷結から視界をまもりまます。

変わりやすい海洋気象、飛び散るしぶき、吹きつける  
氷雪、操舵室の窓は、どうしても曇りがちです。

でもヒートライトCの窓なら、いつも快適な視界を  
お約束します。ヒートライトCは、ガラス表面に薄い  
金属膜をコーティングして通電発熱させ、曇りだけで  
なく、氷結を防ぎ、融雪もする安全な窓ガラスです。  
もちろん金属膜は透視の妨げにはなりませんし、被膜  
の保護や感電防止は万全です。またまんいち割れても  
破片の飛び散らない安全な合せガラスです。

## ヒートコントローラー

※あわせて、ヒートライト製品の姉妹品、ヒート  
コントローラーのご使用をおすすめします。

ヒートコントローラーは、自動的に使用適正温度  
を保ちますので、ON・OFFの手間がいりません。

結露・氷結防止作用、融雪作用のある安全ガラス

# ヒートライト® C

## 旭硝子

100 東京都千代田区丸の内2-1-2(千代田ビル)  
☎(03)218-5339(車輛機材営業部)  
支店 = 東京・大阪・福岡・名古屋・札幌・仙台・広島

カタログ請求券  
船  
11

# NIKKO - HÄGGLUNDS

## Electro - hydraulic deck cranes



### 日鋼—ヘグランド電動油圧デッキクレーン

には、シングルタイプとツインタイプがありシングルは8t～25t、ツインは8t×2～25t×2までのものが標準化されています。作動はすべて油圧で行なわれ、油圧サーボ機構をかいして制御を行なうので完全な無段変速が可能で効率のよい荷役ができます。

各ウインチは高圧で作動させるので、クレーン本体は小型軽量でデッキ上の据付面積が小さくできます。安全装置も完備しており、はじめての運転者でも安全に早く荷役ができます。アフターサービスについても、全世界に

ネットワークがあり迅速なサービスを受けることができます。

### その他の船用機器

- 油圧ウインドラス、ムアリングウインチ、その他甲板機械
- カーリフター用油圧機器
- 船内天井走行クレーン用油圧機構
- バウスラスタ用油圧機器
- 電動油圧式グラブ  
バケット型、オレンジピール型、木材用グラブ

 株式会社 日本製鋼所

東京都千代田区有楽町1-1-2 (日比谷三井ビル) 電話 (03) 501-6111  
営業所 大阪 (06) 203-3661・福岡 (092) 721-0561・名古屋 (052) 935-9361  
広島 (0822) 28-6541・札幌 (011) 271-0267・新潟 (0252) 41-6301

## 目次

## 特集・北方資源開発

北海における資源開発と北氷洋航海の将来について……………濱田 昇……	13
世界の氷海用船舶……………矢吹捷一……	19
氷質試験水槽とその実験結果について……………上村 晃……	33
オフショア石油の潜在予測と北海および北極海での掘削現況……………芦野民雄……	44

海洋開発の技術／ジャッキアップ式海底油田掘削装置“EDNASTAR”……………	54
船舶からの排油処理技術について……………波江貞弘……	60
安全公害の話題／航海用レーダーの船舶への備え付けについて……………竹内正敏……	70
技術者の夢／船用ディーゼルおよび蒸気タービン・システムの 省エネルギー対策……………濱田 昇……	72

## 連載

カーフェリーボート設計の周辺〈5〉……………宝田直之助……	73
LNG船—材料・溶接および破壊力学〈24〉……………恵美洋彦・伊東利成……	78

小型船艇のプロペラ設計技法……………森田知治……	87
今後の漁船用ディーゼル機関……………須甲昭平……	98

NKコーナー……………	103
竣工船一覧……………	104
特許解説……………幸長保次郎……	112

## 海外事情

Cutaway Tanker Hull Form……………	32
スカンジナビアの新しい救命艇試作実験……………	53

## 表紙……HI-BULKシリーズの第1船“文光丸”

本船は穀類、鉱石、石炭のほか、鋼材、ホットコイル、パイプおよび長尺物が積み、重量貨物の荷役のため、22tクレーンを3台設けている。また、すべての貨物倉に7封の10tデリックを装備している。

## 〈主要目〉

長さ(垂線間長)／192.98m	主 機 関／日立スルザー 6 RND
幅 ( 型 )／32.20m	90ディーゼル 1 基
深 さ( " )／17.80m	最 大 出 力／16,000馬力
満 載 喫 水／12.40m	速 力(試運転最大)／17.68Kt
総 ト ン 数／30,745.97t	起 工／50年12月 9 日
載 貨 重 量 ト ン 数／51,672t	完 工／51年 9 月 29 日
貨物倉容積(クレーン)／68,764m <sup>3</sup>	建 造／日立造船堺工場

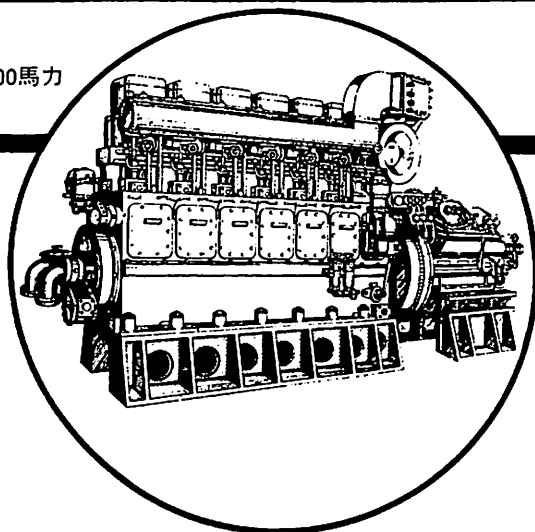
DAIHATSU

DAIHATSU

船舶の自動化・省力化に貢献する

# ダイハツキヤードエンジン

6DSM-26型 1,300馬力



60余年の歴史と技術を誇るダイハツが特に省力化と経済性に重点をおいて製作した高性能船用機関

## ダイハツディーゼル株式会社

本社・本社工場  
守山工場  
東京営業所  
営業所

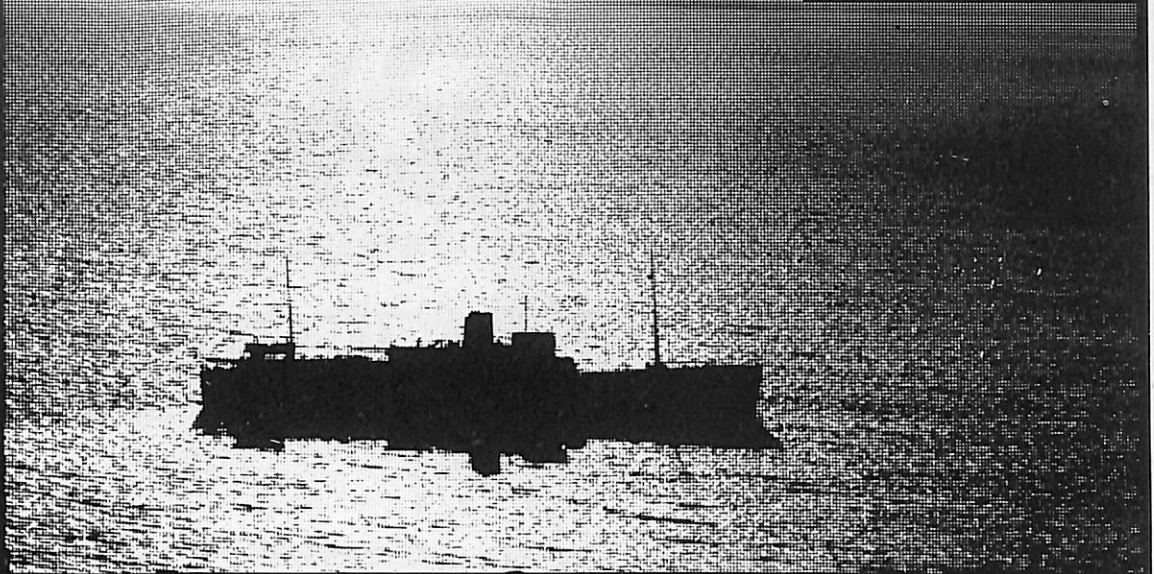
大阪市大淀区大淀町中1-1 (06) 451-2551  
滋賀県守山市阿村町45 (07758) 3-2551  
東京都中央区日本橋本町2-7 (03) 279-0811  
札幌・函館・仙台・名古屋・高松・福岡・下関  
ロンドン・シドニー・ジャカルタ

DAIHATSU

DAIHATSU

# SEIKO

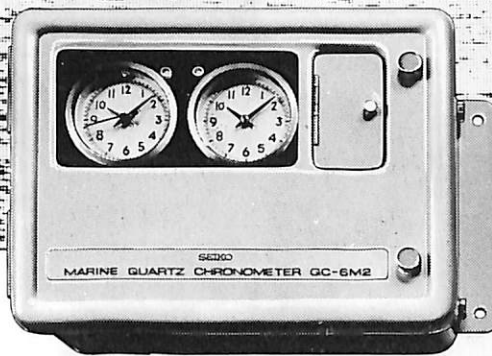
セイコー株式会社 服部時計店



セイコー船舶時計

## 安全航海に、信頼のQC

QCは、水晶発振による、高性能設備時計です。船舶時計は、何よりも高精度なものが要求されます。セイコーなら、まず安心です。環境の変化に強く、抜群の安定性、堅牢な耐久力で定評があります。水晶発振のQCなら、いっそう信頼できます。



船内の子時計を駆動する親時計として

QC-6M2 300×400×186(%) 重量20kg

- パルス駆動で長寿命。正確な0.5秒運針
- 現地時間に簡単に合わせられる、正転・逆転可能
- 前面ワンタッチ操作の自動早送り装置・秒針規正装置
- MOS・IC採用のユニット化による安定性・保守性の向上
- 無休止制の交・直電源自動切換・照明つき

子時計は豊富にそろったデザインからお選びください。

標準時計に、小型・軽量、持ち運び自由な

QC-951-II 200×160×70(%) 重量2.6kg

(マリンクロノメーター)

- 乾電池2個で、約12ヶ月間作動
- 精度保証範囲0°C～40°C
- 平均日差 ±0.1秒

油汙過作業の省力化…

特許

機関室を広くする

# マックス・フィルターシリーズ

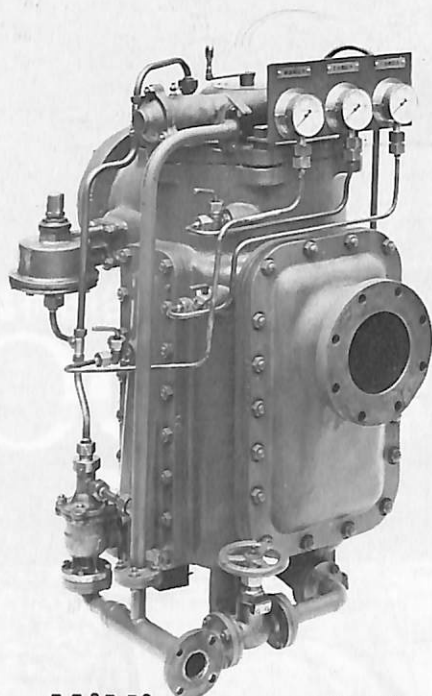
日本船用機器開発協会助成品

## MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油濾器

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・ハイドロシンプロケーターを採用



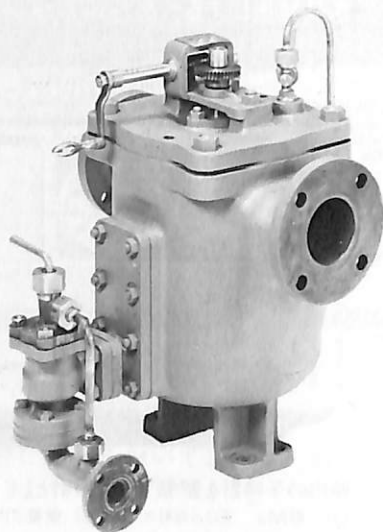
Mini

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



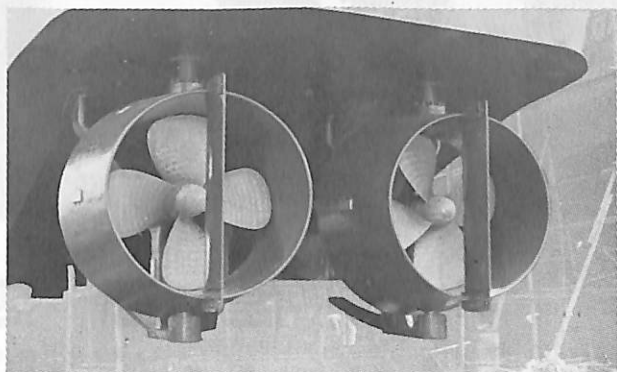
単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

**新倉工業株式会社**

本 部 横浜市戸塚区小菅ヶ谷町1703  
☎ 045 (892) 6 2 7 1 (代)  
東京営業所 東京都品川区東五反田2-14-18  
☎ 03 (443) 6 5 7 1 (代)  
大阪営業所 大阪市北区梅田町34千代田ビル西館  
☎ 06 (345) 7 7 3 1 (代)  
九州営業所 福岡県久留米市日吉町24-20 宝ビル  
☎ 0942 (34) 2 1 8 6 (代)



# PROPELLER NOZZLE SYSTEM ゴイルゴイル



- 推力の増大
- 操船性能が向上
- 装置が簡単・安価
- 浅吃水船に使用できる



(株)マスミ内燃機工業所

本 社 東京都中央区勝どき3-3-12: TEL (532)-1651  
清水営業所 清水市入船町8-16 TEL (53)-6178



— なかいは経験と最新の技術を誇る —

## 大洋の船舶用電気機器

● 発電機 ● 電動機及び制御装置 ● 配電盤 ● 電源自動化装置 ● コンソール・パネル ● ファン

 **大洋電機株式会社**

本 社 / 東京都千代田区神田錦町3の16 電話・03-293-3061(大代)  
工 場 / 岐阜・伊勢崎・群馬工場  
営業所 / 下関・大阪・札幌営業所  
LIAISON OFFICE / NEW YORK・JAKARTA・ABU DHABI

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 TEL 03 (561) 8711 (代表)	☎104
大阪支店	大阪市南区順慶町通4丁目2番地 TEL 06 (251) 9821 (代表)	☎542
工場	東京都大田区池上2丁目14番7号 TEL 03 (752) 3481	☎143

写真特集／ニューヨーク帆船パレード

# Wonderful Tall Ship

大洋の女王「帆船」——それは、人類が海との闘いによって生み出した最高の古典的造型美——

本書は'76 OP'SAIL(アメリカ建国200年祭帆船大パレード)の華麗な場面と参加帆船それぞれの特徴ある姿態を、本誌特約の著名カメラマンを動員して作成した魅力に富む特集号です。

写真家／S. ローゼンフェルド、中島房徳、K. ビーケン、橋本建作、倉品光隆、添畑薫、他

## 主な内容

### カラー・フォト・ハイライト

- ニューヨーク帆船パレード
- 参加各国帆船の華麗な姿態
- 昔の大型帆船

### 読みもの

- 全装帆船の誕生からクリッパーまで/杉浦昭典
- 帆船とその生活/千葉宗雄
- 帆船パレード見たままの記/田辺英藏
- パイプとタバコ/上原一雄 ●Cutty Sarkを訪ねて
- イラスト ■大型帆船の動態/高橋唯美

A4判128頁(カラー64頁)/定価:980円/送料:200円

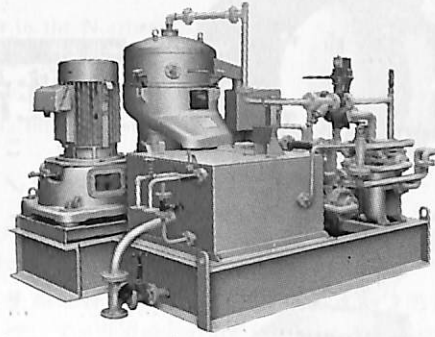
## 発行—株式会社 舵社

☎104 東京都中央区銀座5-11-13 (ニュー東京ビル)  
☎ 03-543-6051 (代表) 振替・東京1-25521番

# SHARPLES®

## 完全連続スラッジ排出形船用油清浄機 シャープレス・グラビトロール

DH-2500	8,000 L/H
DH-2000	6,000 L/H
DH-1500	4,000 L/H
DH-1000	3,300 L/H
DH-750	2,500 L/H
DH-500	1,800 L/H



ペンウォルト コーポレーション  
シャープレス・ストークス機器部 日本総代理店

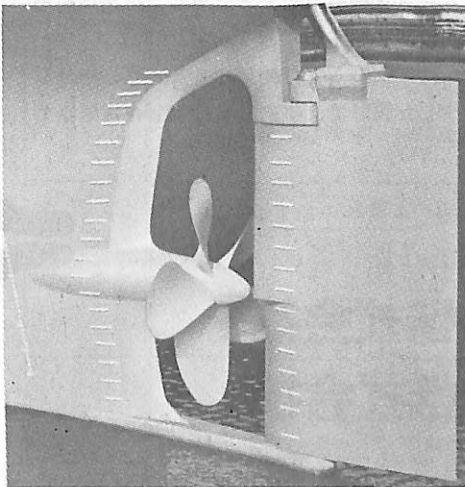
## 巴工業株式会社

本社 東京都中央区日本橋3-9-2(第二丸善ビル) 電話 東京 (271) 4051(大代表)  
大阪支店 大阪市西区立売堀北通1-90(第三富士ビル) 電話 大阪 (532) 2671(代表)

### 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。



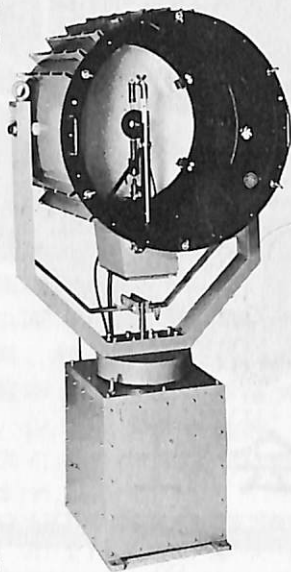
スタンフレーム周囲に取付けたALAP

当社は技術士(金属部門)20名を擁する  
ユニークな防蝕専門会社です。

### 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

# 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

## 高性能リモコン式キセノン探照燈

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)1kW	3000万cd	10km	A.C220V 1φ50/60Hz
RCX-60A	(呼称)1kW	6500万cd	12km	A.C220V 1φ50/60Hz
RCX-60B	(呼称)2kW	8000万cd	13.5km	A.C220V 3φ50/60Hz



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回転放物面形反射鏡と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になっております。

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代 ●九州配送センター☎(092)771-1237代 ●北海道配送センター☎(0138)43-1411代 ●福岡営業所☎(092)771-1237代

●山口営業所☎(0878)21-4969 ●宮城営業所☎(0143)22-1618 ●岩手営業所☎(0143)43-1411代 ●石巻営業所☎(0225)23-1304 ●工 場☎(03)846-2111代

# 特集・北方資源開発

## 北方圏における資源開発と 北氷洋航海の将来について

Resource Development in the Northern Zone  
and Improvements in Arctic Ocean Voyages  
by Noboru Hamada

General Manager, Japan Ships Machinery Development Association

濱 田 昇

(財)日本船用機器開発協会理事

昨年8月、アラスカのフェアバンクスで1週間にわたって討論された北極圏の問題に対する国際会議に参加し、今や諸外国はこの問題を真剣にかつ積極的にとりあげているのを、私はあらためて体験する機会を得た。私自身この問題をいち早くとりあげ、船舶技術研究所長(昨年5月現職)時代に、氷海再現水槽を含む低温船舶海洋研究所の新設を提案し、幸いその芽が認められ、北海道の千歳に17万坪の敷地に新しい機構ができる運びとなったことは、わが国もこの問題にとりくむ糸口となった。今後ともその進展に努める心算である。

### 北極海は今や地中海になりつつある

アメリカのこの道の研究者は、この会議における研究発表に先立って、資源が豊富で世界の交通も開けてきたから、北極海は今や地中海になりつつあり、今こそ海氷工学をシステムチックに解析し検討すべきであると発言して、満場の拍手がしばしばやまなかった。この言のとおり、北極圏は今や世界の資源の豊庫ともいうべきであろう。ことにみるべき資源をほとんどもたないわが国にとっては重大な関心を寄せざるを得ない問題である。(図一参照)

本文はこれに関する解説を試みたものである。

	エネルギー等確保対策		エネルギー等確保度			見越し等
	従来とってきた方法	今後の方法	70年代	80年代	90年代	
石油	(1)中近東等 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     輸送機関の開発                      タンカーの巨大近代化の研究開発                 </div>	(2)北方圏の未開発石油 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     輸送機関の開発                      氷海タンカーの研究開発                 </div> (3)海底(深度300m以上)の未開発石油 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     採取機器の開発                      深海掘削船等の開発                 </div>				制限されることがありうる。  全世界の約即ち2,000億バレルの石油が北方圏だけで埋蔵されているといわれている。
石炭など	(1) 輸送機関の開発	(2)北方圏の未開発原料炭、鉄鉱石等 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     輸送機関の開発                      氷海専用船の研究開発                 </div> (3) 石炭の液化利用開発				
新エネルギー		(1) 原子力利用開発 (2) 太陽エネルギー利用開発 (3) 地熱利用開発				環境による制限あり 日照の制限あり 地域での制限あり

図一 1 エネルギーなど資源のないわが国がこれを確保する道

表—1 北方圏における資源

国名	地 区	埋 蔵 量 推 定							
		石 油 (バレル)	天然ガス (m³)	原料炭 (トン)	螢 石 (トン)	亜鉛・鉛 (トン)	鉄鉱石 (トン)	オイル サンド (トン)	木 材 (m³)
ア ラ ス カ	ノーススロープ	740億	12兆	1300億	2400万				
	NPP	300億	2.5兆						
	コクリク								
	ロストリバー								
カ ナ ダ	カナダ北極群島	720億	73兆			250万			
	マッケンジー河口		1.8兆						
シ ベ リ ア	チュメニ	(年間) 約9億	(年間) 約440億	400億			600億		
	ヤクート		13兆						
	ネリユングラ								
	チュリマン								
	オレニヨク								
	オハ(サハリン)	(年間) 2000万	(1日当 り)1050						
ウグレゴルスカヤ (サハリン)									
カムチャッカ								(年間) 45万	

表—2 国別砕氷船保有量

	1938年		1972年	
	出力総数	隻 数	出力総数	隻 数
ソ 連 邦	71,700	26	310,640	31 (6)
米 国	—	—	135,900	10 (1ほかに建造中1)
カ ナ ダ	16,800	3	115,650	20 (1)
フィンランド	21,100	7	78,360	9 (ほかに建造中2)
スウェーデン	18,800	9	48,300	5 ( " 2)
デンマーク	11,500	6	31,900	5 (0)
西 独	—	—	12,300	3 (0)
日 本	3,000	1	12,000	1 (0)
アルゼンチン	—	—	7,100	1 (0)
ポーランド	—	—	6,280	2 (0)
東 独	—	—	5,400	1 (0)
合 計	141,900	52	763,630	88 (8)

注：1972年隻数欄中 ( ) 内はうち2万馬力以上を示す。

北方圏における資源

シベリア：石油、天然ガス、鉄鉱石、木材、粘結炭

アラスカ：石油、天然ガス、粘結炭、螢石

カナダ：石油、天然ガス、銅鉱石

石油は北方圏全体で全世界の1/5に相当する2,000億バレルが埋蔵されているといわれている。天然ガスも豊富であり、とくに製鉄に必要な鉄鉱石、粘結炭、螢石などの資源は注目に価するものである。

北方圏における資源の推定埋蔵量は表—1、図—2のとおりである。

従来からの北極圏航海

従来、北極圏の航海には砕氷船が活躍し、1972年には建造中のものを含めてその隻数は88隻に急増し、なかんずくソ連が31隻と多く、カナダ20隻、アメリカ10隻、フィンランド9隻と続いている。

これらの砕氷船の主な任務は、北極地区における船隊、空軍基地、救助、その他の軍事施設の活動維持または特別遠征のための利用などである。それゆえ砕氷船は、経済的な面よりむしろその性能に重点がおかれ、特に最近は大出力、高性能の要求が著しい。

開発の概要	1968年	69年	70年	71年	72年	73年	74年	75年	76年	77年
<p>1968年アラスカのノーススロープの石油埋蔵発見と同時に、現地からアメリカ東部海岸または西部海岸までの輸送方法の検討が開始された。</p> <p>輸送方法としては、トラック、鉄道、バージ、タンカー、潜水艇、パイプライン等が考えられたが、当初最も魅力的な方法として砕氷型タンカーが計画された。</p> <p>1969年の在来型タンカー「マンハッタン号」を砕氷船タンカーに改造し各種設計データ入手のため二度にわたる航海の結果、北極海域での商船の使用は夢でなく、この方面の技術開発が急速に進められるに至っている。</p> <p>1968年はこの意味において本格的な北海航行商船の開発の着手期であるといえよう。</p>	<p>北極海環境調査 カナダと共同</p> <p>(マンハッタン号) 115,000重畳タンカー改造試験航海 9.11</p> <p>船型のモデル試験 フィンランドに委託 4.5</p> <p>30万トン型砕氷タンカーの設計概算完成</p> <p>(25万トン型潜水氷バージシステムの開発)</p> <p>船型モデル試験 フィンランドに委託 25万トン型潜水氷バージシステムの設計</p> <p>大型氷海再現水槽</p> <p>小型氷海再現水槽</p>	<p>水海再現水槽</p>	<p>水海再現水槽</p>	<p>試験</p>	<p>試験</p>	<p>設計</p>	<p>設計</p>	<p>設計</p>	<p>試験船の建造</p>	
	<p>カナダの開発計画</p> <p>北極海環境調査 アメリカと共同</p> <p>(砕氷船石船の開発)</p> <p>船型モデル試験ドイツに委託</p> <p>水海再現水槽</p> <p>試験</p> <p>設計</p> <p>2万8千トン砕氷船の建造(10隻)</p>	<p>カナダ</p>	<p>ドイツ</p>	<p>フィンランド</p>	<p>アメリカ</p>	<p>アメリカの開発計画</p>	<p>カナダの開発計画</p>	<p>カナダの開発計画</p>	<p>カナダの開発計画</p>	<p>カナダの開発計画</p>

表-3 アメリカ、カナダにおける低温下輸送機関の開発計画

表—4 世界における“氷海再現水槽”の現状

番号	建設年	設 置 場 所		長さ(m)	幅(m)	深さ(m)	備 考
1	1955	Leningrad U. S. S. R.	Arctic and Antarctic Research Institute	13.4	1.86	1.95	Model Test
2	1958	Hamburg	Hamburgische	8.0	1.8	0.9	Model Test
3	1971	Germany	Schiffbau-Versuchsanstalt	30.0	6.0	1.2	Model Test
4	1960	San Diego	Naval Undersea Center	22.86	9.14	4.88	Ice Properties
5	1975	U. S. A.		33.53	9.14	1.52	Model Test
6	1970	Iowa U. S. A.	Institute of Hydraulic Research, Univ of Iowa	12.19	0.61	0.30	Ice Characteristics
7	1970	Columbia	Arctec Incorporated	18.29	2.44	1.22	Model Test
8	1974	U. S. A.		30.48'	3.66	1.52	Model Test
9	1970	Helsinki Finland	Oy Wärtsilä Ab Helsinki Shipyard	39.0	4.79	1.15	Model Test
10	1958	Hanover N. H. U. S. A.	U.S. Army Cold Regions Research and Engineer- ing Laboratory	6.1	6.1	3.66	Ice Properties
11	計画中			36.6	9.14	1.52	Model Test
12	計画中			36.6	1.22	0.61	Ice Test
13	計画中			42.7	24.4	0.30	Model Test
14	構 想	U. S. A.	U. S. Coast Guard	91.4	9.14	4.88	Model Test
15	構 想			61.0	61.0	3.66	Model Test
16	1976	三 鷹	船 舶 技 術 研 究 所	2.0	2.0	1.2	Ice Properties
17	計画中	千 歳		30.0	6.0	1.2	Model Test

砕氷船の建造はフィンランドが専門としており、自国用のみならず、ソ連、スウェーデン、西独への輸出用として建造しているのが現状である。(表—2参照)

#### 氷海商船の開発

1968年アラスカのノーススロープの石油埋蔵が発見されると同時に、アメリカとカナダは現地からアメリカ東部海岸または西海岸までの輸送方法についての検討をはじめた。トラック、鉄道、パイプライン、船舶ならびにそれらの併用などの輸送方法を検討した結果、パイプラインによる輸送は、石油、ガス運搬のためには有効な手段であるが、北方圏では沼沢地帯、永久凍土地帯が多く、敷設に技術的な困難が伴うので、経済の見地からは、むしろ砕氷能力のあるタンカーにより、直接現地から運搬する方法に魅力があるという結論になった。

そこで、アメリカ、カナダ両国政府は氷海環境の調査を開始し、その結果、北海航行が可能であるこ

とは解ったが、その基礎資料がないので、大型タンカーの氷海テストが必要となった。米国籍の115,000重量トンのマンハッタン号をチャーターし、砕氷のため船首部を改造して、1969年9月～11月と1970年4月～5月の2回、北極海の実験航海を行なった。

この実験を機に、北極海域での商船の使用は夢ではなく、近い将来、大部分氷に覆われた北極海域でも商船の航行は可能となるであろうとし、他の各国も急速に研究開発を開始するにいたっている。

1968年はこの意味において本格的な“氷海商船”開発の起源であるといえよう。(表—3参照)

一方ソ連では、砕氷型貨物船イワン・クラムスコイ号(5,170重量トン、1965年ディーゼル機関電気推進)が、1973年の冬、2月～3月の間、オホーツク海においてナガエボとオホーツク両港間の単独航海に成功した。これまでの海は、冬の航海は砕氷船の援助がなければ不可能とされていたから、この航海はソ連極東航海史上、最近の記録として、海運



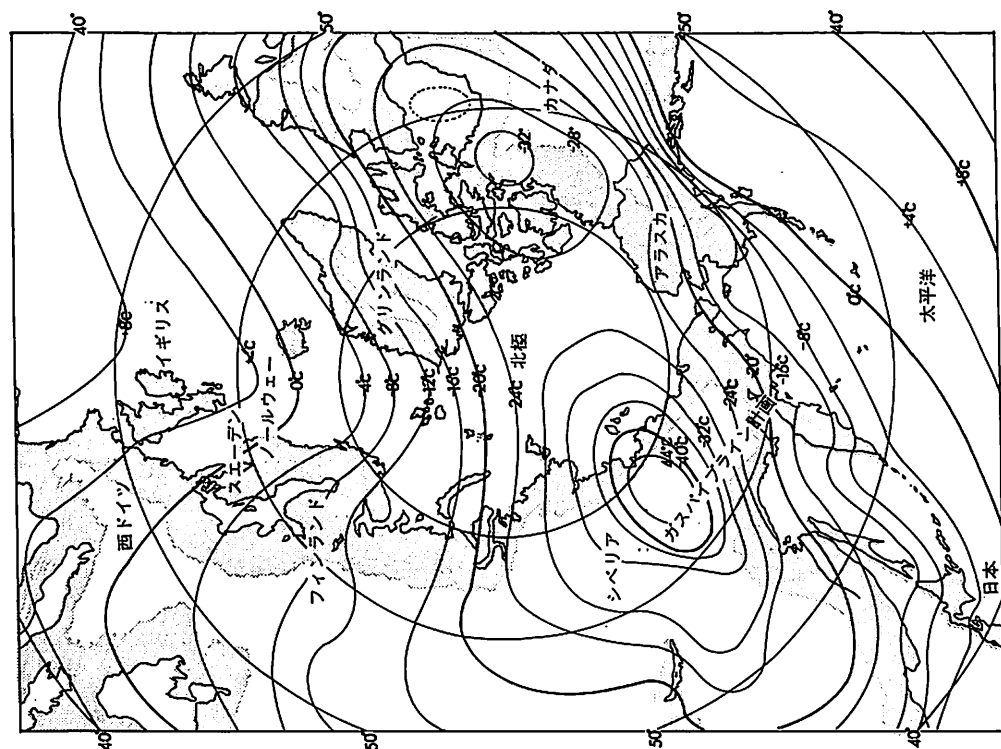


図-3 北方圏における1月平均気温分布

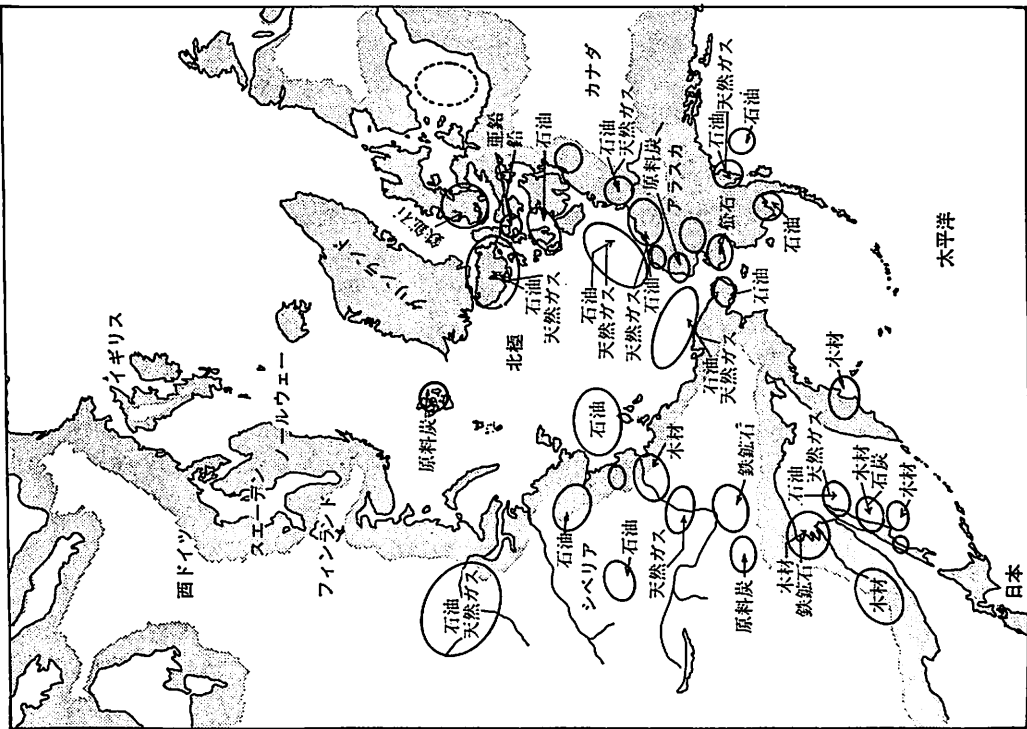
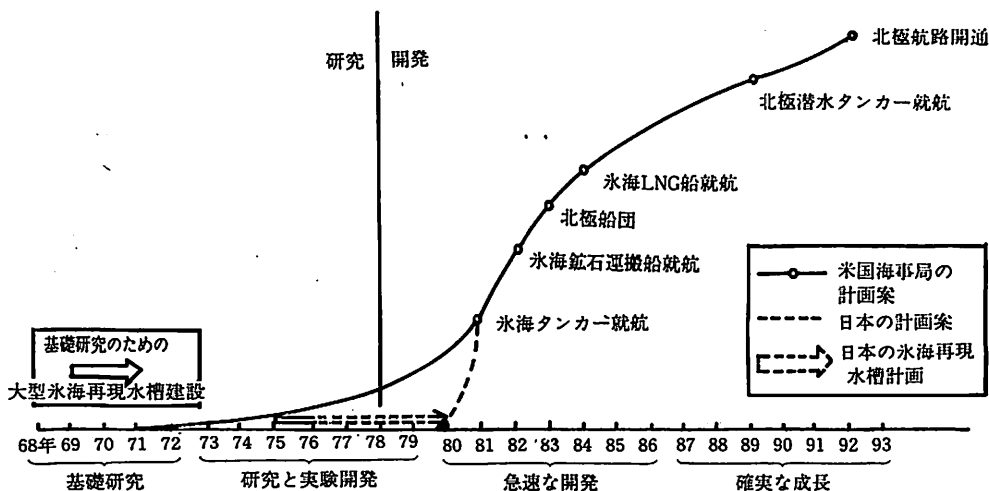


図-2 北方圏における資源



図一四 米海事局発表による北極海の商船開発計画（1974年発表）縦軸は開発の伸びを示す

界で高く評価されている。

### 図大型氷海再現水槽の出現

マンハッタン号の航海の結果、氷海商船を建造するためには、氷に対する基礎的なデータを必要とすることがわかった。

#### ーフィンランドー

長年にわたり砕氷船の建造に世界一の実績があるフィンランドは、マンハッタン計画に参画した貴重な経験をもとに、「砕氷研究センター」を設立し、1970年長さ39m、幅4.79m、深さ1.15m、氷の厚さ4cmを張りつめることのできる氷海再現水槽を建設して、アメリカの委託による砕氷タンカーならびに北極海輸送システムの模型試験に着手した。

#### ードイツー

ついで1971年にはドイツでも、長さ30m、幅6m、深さ1.2m、氷の厚さ4cmの氷海再現水槽を設置し、第一着手としてカナダとの共同開発により7万重量トン型砕氷鉱石船の模型試験を行なっている。

### 図新しい世界海運界の動き（米ソ海運業界の協力）

1974年11月14日付のソ連邦海洋船隊省機関誌によれば、ソ連海軍代表は昨年7月、米国のバルチモア、フィラデルフィアおよびニューヨークを訪れ、米国海運代表と会談した。米国の代表も昨年9月、

ソ連の海洋船隊省をはじめ、黒海、バルト両船舶会社、レニングラード港、ソ連船舶管理庁を歴訪した。

これらの会談の結果、米ソ代表は海運の技術的問題のなかで次の項目について相互に協力してゆくことを申し合わせた。

- (1) 氷海区域でも航行ができる船舶、すなわち、航海区域に制限のない船舶の堅牢を確保するための新しい効果的な基準をつくる。
- (2) このテーマについての共同研究は1975年から1980年までの間にわたって行なう。
- (3) 対象となる船舶は、タンカー、鉱石船、鉱油船、雑貨輸送船、コンテナ専用船。

また、米ソ両国代表は、今後、国際海上輸送の一層の発展が見込まれる海域として、第一に北方海域、第二に大西洋南方海域、第三に太平洋海域であることについて意見の一致をみた。

以上がその報道であるが、氷海商船の開発という大型プロジェクトが世界の問題として急速に進展しつつあることを示すに十分であると思われる。

### 図“船舶”用（1年分12冊綴り）ファイル

定価450円（〒300円、ただし都内発送のみ）  
ご注文は最寄の書店へお申込みののが、ご便利です。

図

株式会社 天然社

## 世界の氷海用船舶

### — 砕氷船をとりまく環境と技術の現状 —

Modern Icebreakers in the World

by Shoichi Yabuki

General Planning Dept. Initial Design Div.

Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.

矢 吹 捷 一

三井造船基本設計本部

氷海を航行する船舶を大別すると、主として砕氷そのものを目的とする砕氷船と、氷海で、輸送もしくはその他の任務を遂行するために、やむを得ず砕氷能力を保有する氷海商船とがある。後者の中には、氷海での活動を、当初より単独で行なうべく計画され、実質的には砕氷船と同じ機能を持つものもあるが、一般には、輸送など、その船に与えられた任務の経済性が重視され、砕氷能力に対する計画条件は、砕氷船のそれとは異なったものと考えられる。

従って、砕氷船の存在する背景には、その存在をあてにした氷海商船との有機的な結びつきがあることが多い。今日までは、主としてバルト海や、特定の河川、港湾、湖などに限られていた、これら氷海用船舶の活躍の場も、最近の北方海域の開発に伴って、在来の耐氷構造商船をはるかに上まわる砕氷能力をもつ氷海商船や、極地用砕氷船が出現し、非常に広範囲に及ぶこととなった。すなわち、在来から砕氷船により冬期航路を確保して来たバルト海沿岸に加えて、北極圏や南極地域も、氷海用船舶の

活躍する舞台となってきた。

#### 1. 主要国の氷海用船舶とその環境

##### 1.1 バルト海沿岸諸国

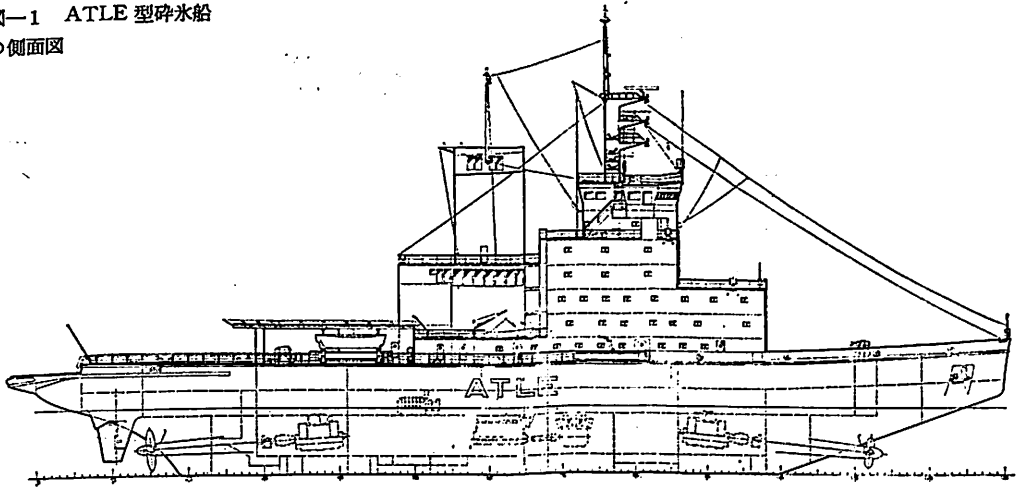
バルト海の一部およびボスニア湾は、真冬になると一面氷で覆われ、古くより砕氷船活躍の舞台となった。今日ではスウェーデン、フィンランド、ソ連、デンマーク、西ドイツなど、沿岸諸国の合計20隻余りの砕氷船の働きにより、バルト海は一年中商船の航行が可能である。特にスウェーデンおよびフィンランドは、冬期の航路確保に多大の熱意を注いでおり、ボスニア湾では、砕氷船の運用を共同して行なっている。

フィンランドは、1954年10,500SHPの砕氷船VOIMAを建造後、1958～60年に7,500SHPのKARHU級3隻、1963～70年に12,000SHPのTARMO級3隻、1975～76年に22,000SHPのURHO級2隻を建造、1966年に西ドイツと共有で建造したKARHU級とほぼ同型のHANSEを含め、現在大型砕氷船10隻を運航している。



スウェーデンの砕氷船 FREJ

図一1 ATLE 型砕氷船  
の側面図



一方、スウェーデンは、1957年フィンランドの VOIMA とほぼ同型の ODEN (10,500SHP) を建造、1964~69年には TARMO とほぼ同型の TOR および NJORD、1974~75年には 22,000 SHP の ATLE および FREJ を建造しており、さらにこのクラス1隻が来年完成の予定である。スウェーデンは、この他に 5,000S HP 以下の小型砕氷船数隻を保有している。

これら、バルト海で使われている砕氷船の特徴として、ATLE の図(図一1)に示されているような船首プロペラの装備が挙げられる。このプロペラは、船首部の氷盤下部の水圧を低下させ、氷を割り易くすると同時に、水流を船体外板に沿って送り込み、割られた氷と船体との摩擦抵抗を減ずる働きもする。また、船首部の氷を削りながら進むこともできるような強度を持っており、一般に、船尾プロペラよりも高い回転数で運転されるよう設計されている。最近のバルト海で使われている砕氷船では、船首プロペラおよび船尾プロペラそれぞれを2基有するものが大半を占めている。スウェーデンの ATLE および FREJ は、全長103m、基準排水量 7,900 トン、出力 22,000 SHP の新鋭砕氷船で、フィンランドの URHO 級2隻とともに、バルト海用の砕氷船として代表的な船である。

スウェーデン、フィンランド両国の海運局は、これらの砕氷船を運用して、航路の啓開と商船の保護を行なうと同時に、冬期に両国の港に入港を希望する商船に対し、耐氷構造の採用を義務づけ、要求に満たない船舶の運航制限を行なっている。この法律は、FINNISH-SWEDISH ICE CLASS RULES と呼ばれ、各国船級協会の耐氷構造規則の基礎とな

ったものである。この役所からは、氷状の変化に応じて、多い時には1週間に1~2回図一2に示すような氷状図が発行され、その時期に、各港に入港する船舶に要求されるアイスクラスの等級が明示される。この図には、各地の氷状、氷厚と同時に、砕氷船の配置状況も示されている。

## 1.2 ソ連

ソ連の北極海に面した海岸線に沿って東西を結ぶ北東航路では、1960年代より商業航海が始められた。最近ソ連では、北極圏でのガス田や石油資源の探査、港湾施設の増強、北方航路や河川の航行可能期間の延長などに力を入れており、1976~1980年の経済5カ年計画では、北東航路の重要性に注目し、砕氷船隊のより一層の増強が示唆されている。

現在、世界第1を誇るソ連の砕氷船隊も、1954年までは、その大部分が1900年から1938年の間に建造された蒸気レシプロ機関搭載の船舶であった。ソ連の近代的砕氷船としてまず登場するのは、1954~56年に建造された KAPITAN 級の3隻である。これらの船は、フィンランドの VOIMA、スウェーデンの ODEN と同型で、船首船尾にそれぞれ2基のプロペラを設けたディーゼル電気推進船であり、最近のバルト海で使われている砕氷船の原形となった。フィンランドのヴェルチラ造船所で建造され、主としてバルト海や白海で使用され、Leningrad, Riga, Arkhangel'sk などの閉港期間延長に寄与している。しかしながら、このクラスの砕氷船は、極地用としては不向きであり、厚い北極海の氷では船首プロペラの損傷が問題となった。

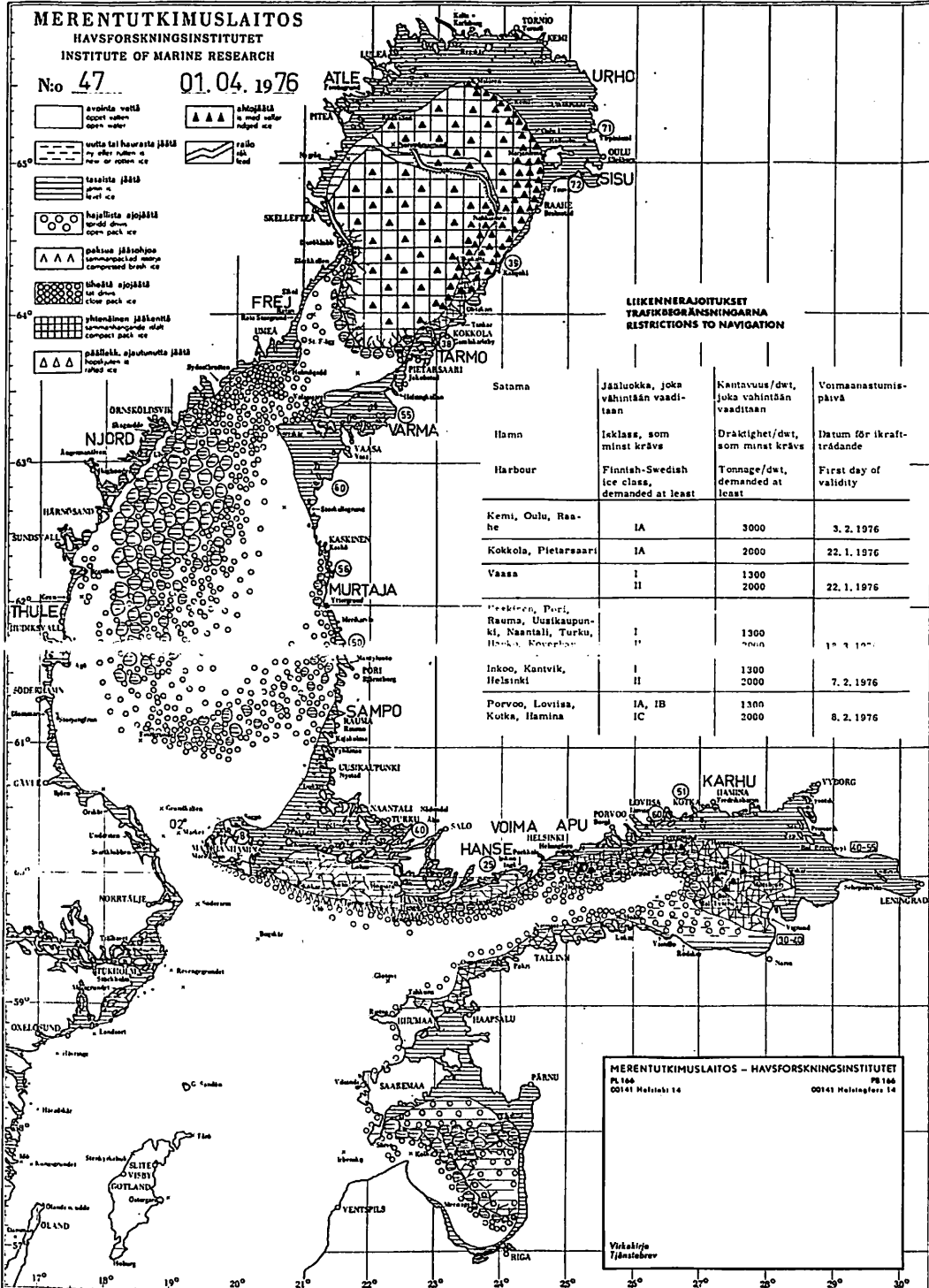
1960~69年の間にヴェルチラ造船所は、22,000 SHPディーゼル電気推進の MOSKVA 級5隻の極地

**MERENTUTKIMUSLAITOS**  
HAVSFORSKNINGSINSTITUTET  
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

N:o 47 01.04.1976

- avoina vettä / open water
- vettä tai haurasta jäätä / ice or rotten ice
- tasainen jäätä / level ice
- hajallista ajojäästä / broken ice
- paksumu jäästä / compressed brash ice
- selkeää ajojäästä / clear pack ice
- tiivistynyt vanha jää / compacted old ice
- jäästä johtoja / ice with leads
- jäästä johtoja / ice with leads
- jäästä johtoja / ice with leads

- ahtojäästä / ice with leads
- raitio / ice with leads



**LIIKENNERAJOTUKSET**  
**TRAFIKBEGRÄNSNINGARNA**  
**RESTRICTIONS TO NAVIGATION**

Satama	Jäsluokka, joka vähintään vaaditaan	Kantavuus/dwt, joka vähintään vaaditaan	Voimaanastumispäivä
Hamn	Isklass, som minst krävs	Dräktighet/dwt, som minst krävs	Datum för ikraftträdande
Harbour	Finnish-Swedish ice class, demanded at least	Tonnage/dwt, demanded at least	First day of validity
Kemi, Oulu, Raah	IA	3000	3.2.1976
Kokkola, Pietarsaari	IA	2000	22.1.1976
Vasa	I II	1300 2000	22.1.1976
Naantali, Rauma, Uusikaupunki, Turku, Hangö, Kouvola	I II	1300 2000	1.3.1976
Inkoo, Kantvik, Helsinki	I II	1300 2000	7.2.1976
Porvoo, Lovisa, Kotka, Hamina	IA, IB IC	1300 2000	8.2.1976

MERENTUTKIMUSLAITOS - HAVSFORSKNINGSINSTITUTET  
PL 166  
00141 Helsinki 14  
PB 166  
00141 Helsingfors 14  
Virkakirje  
Tjänstekv.

図-2 バルト海の水状図



ソ連砕氷船  
ADMIRAL  
MAKAROV

用砕氷船を引渡した。これらの船は、夏期は北極海、冬はバルト海やオホーツク海で活躍しており、KAPITAN 級に比較して優れた砕氷能力を持つ上に、運航費が割安になると評価されている。

1970年、ソ連はさらに強力な 20,100 トン 36,000 SHP のディーゼル電気推進極地用砕氷船 3 隻をヴェルチラ造船所に発注した。その 1 番船 ERMAK は 1974 年に、2 番船 ADMIRAL MAKAROV は 1975 年、3 番船 KRASIN は本年 6 月に、それぞれ引渡された。

ERMAK 級の砕氷船は、世界で最も強力なディーゼル電気推進の砕氷船である。本船の概要は、全長 135m、垂線間長 130m、全幅 26m、深さ 16.7m、計画吃水 11m、排水量 20,241 トン、主機は Sulzer 12Z40/48 ディーゼル機関 4,600 bhp、380 rpm 9 台を装備し、それぞれ出力 3,080KW、電圧 800V、電流 3,850 A の直流発電機を駆動する。本船は 3 基のプロペラを有し、各軸とも 12,000 SHP の 2 電機子モータ、出力 2×4,410KW、電圧 2×1,200V、電流 3,850A により駆動され、合計 36,000 SHP を発生する。舵は 1 舵で、中央の大きなアイスナイフで保

護されている。ヘリコプタ甲板の両舷に 10 トンクレーンがそれぞれ 1 基設けられている。

また、ERMAK は、氷と船体間の摩擦力を減ずるために、空気泡放出システムを採用している。船底より 2 m 程上った両舷の舷側に、直径 40mm のノズル 24 個が設けられそこから空気を放出する。放出空気は、圧力約 1.1 気圧で、1,200 bhp のエンジンにより駆動される空気圧縮機 2 台により供給される。2 番船および 3 番船には、空気泡放出ノズルや空気圧縮機装備のスペースは確保されているが、空気圧縮機は搭載されておらず、一番船の結果により後日装備するという。本船乗組員数は 120 人で計画されているが、高度の自動化を採用しているため、実際の運航に必要な人員は 90 名程度になろうといわれている。

ヴェルチラ造船所は、現在ソ連から 22,000 SHP の浅吃水型極地用砕氷船 2 隻を、1977 年および 78 年納期で、補助砕氷船として、3,400 SHP の港湾用砕氷船 3 隻を 1976 年納期でさらに 1978 年からの納期で 4,490 SHP の河川用砕氷船 6 隻を受注している。補助砕氷船としては、この他にレニングラードのア

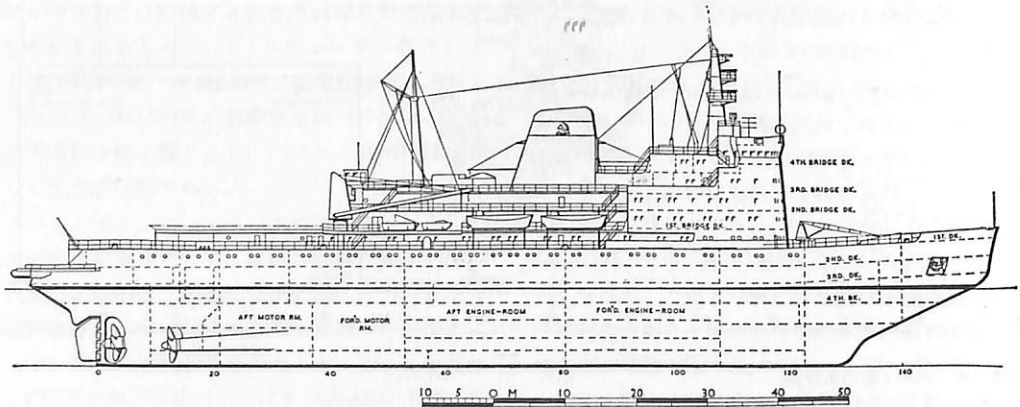


図-3 ERMAK 級砕氷船の側面図

ドミラル・チュイスキー造船所で、1961年以降15隻以上の Vasilij Pronchishchev 級 5,400 SHP の砕氷タグボートが建造され、ソ連のほとんどすべての凍結港で活躍している。

また、1959年世界最初の原子力砕氷船 LENIN号 44,000 SHP が就航し、ソ連にとって北方航路の開発に大きな力となった。LENIN号の成功により、さらに大出力の原子力砕氷船の開発に拍車がかかり、1975年初頭、第2世代の原子力砕氷船 ARKTIKA号 75,000 SHP が北方航路に就航し、その信頼性も確認されたという。ARKTIKAの姉妹船 SIBIRは、本年2月に進水しており、完成後は、やはり北方航路に就航することになる。北方航路での貨物輸送量は、LENIN号就航以来今日までに10倍近くとなっているが、ARKTIKA号や SIBIR号の就航により、さらに増加するであろう。

ソ連のこれらの極地用砕氷船隊は、西側ではムルマンスク、東側ではウラジオストクを基地として、シベリアの鉱物資源の積出しや、産業物資の補給を援護しており、これら砕氷船隊の整備に呼応して、氷海用商船隊の整備も進められるものと思われる。1974~77年にフィンランドで建造される14,500トンの SAMOTLOR 型氷海タンカー 14隻の建造も、この一例と考えられよう。

北東航路は、ソ連の欧州側と極東側を結ぶ航路として、単に距離が短いというだけでなく、その全域がソ連の支配下にあることも重要であり、これら北方航路の確保は、ソ連にとって戦略的にも経済的にも非常に重要な意味を持つであろう。

### 1.3 カナダ

カナダ政府は、現在 10,000 SHP 以上の砕氷船 5隻を保有して、五大湖、セントローレンス水路、および北極圏の海域で行動させている。最も古いものは、1953年に建造された 10,800 SHP 蒸気レシプロ機関搭載の D'IBERVILLE、次の年1954年にはディーゼル電気推進 10,000 SHP の LABRADOR が就役。1960年には、やはりディーゼル電気推進15,000 SHP の JOHN A. MACDONALD、1969年にはカナダ最大の蒸気タービン電気推進 24,000 SHP の LOUIS S ST LAURENT、ディーゼル電気推進とガスタービン電気推進とを併用した 13,200 SHP の NORMAN MCLEOD ROGERS が建造された。

カナダのコーストガードは、この他にも数多くの中型砕氷船や、設標船を保有しており、ソ連に次いで大きな砕氷船隊を保有する国である。カナダの砕氷船隊の特色としては、上述のように、それぞれの船が同型船を持たず、特に推進プラントに種々な方式が採用されていることが挙げられる。

これらの砕氷船隊に加えて、現在R級と呼ばれる排水量 7,716トン出力 13,600 SHP のディーゼル電気推進砕氷船 2隻が発注されており、1978年および79年に就航する予定である。また、米国のポーラセブン級に匹敵する 80,000~90,000 SHP のポーラセブン(POLAR 7)と呼称されている、より強力な砕氷船の建造計画も検討されているようである。

カナダ政府は、上記のように砕氷船隊を整備するかたわら、カナダの北極圏を航行する氷海用船舶に要求される船体構造等に関する法律を作成してい

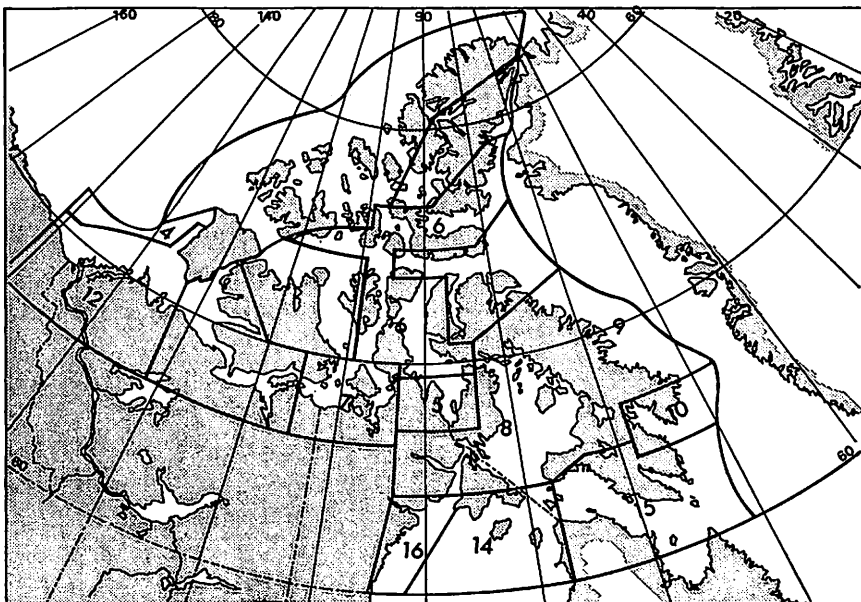
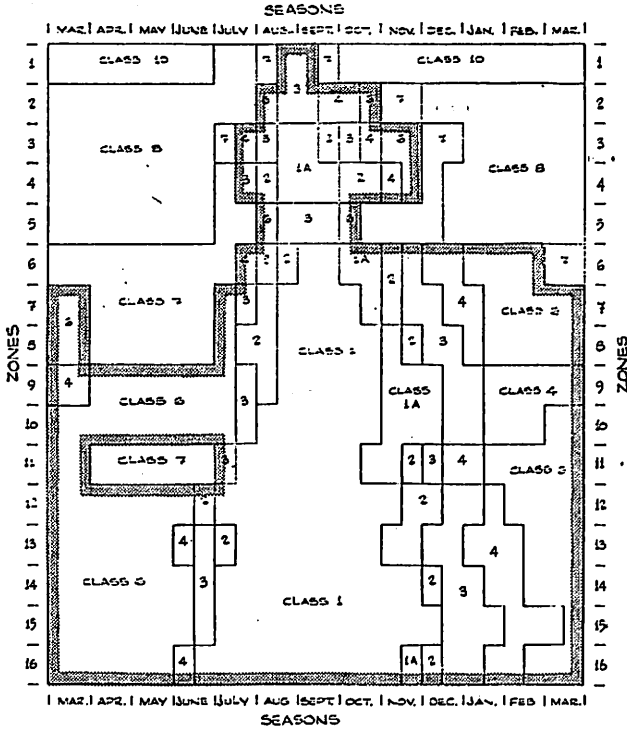


図-4  
カナダ北極圏区分図



図一五 ゾーン別、季節別最低要求アイスクラス

る。これは、1972年に制定された、北極圏航行汚染防止法 Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations で、現在の各国船級協会の耐氷構造規定を上まわる、本格的氷海航行船舶に対する要求を定めた、きわめて特徴ある法規と言えよう。この法規では、クラス1、クラス1A、クラス2～クラス10など9段階の砕氷能力を規定しており、各クラスごとに、船体各部で考慮すべき氷圧などが与えられている。

また、カナダでは図一4に示すように、カナダの北極圏海域を16のゾーンに分割しており、それぞれの砕氷能力クラスごとに、各ゾーンで運航可能な時期が規定されている。図一5は、各ゾーンの各時期ごとにその海域を航行するに最低限要求される砕氷能力クラスを示しており、例えばクラス6の船であ

ばゾーン9および10、12～16は1年中航行可能であるが、ゾーン1では8月15日より9月15日まで、ゾーン2では8月1日から10月31日までしか航行できないことを示している。

このような砕氷船隊と氷海航行船舶に対する法律の整備を背景として、夏期バフィン(Baffin)島からの錳鉱石の輸送を目的とした氷海搬積貨物船が1975年末に発注された。この船は D/W 28,000 トン、全長 207.25m、垂線間長196.58m、幅22.86m、出力 14,770 bhp で、カナダ法規の Arctic class 2 を満足している。天候が穏やかな8月～11月頃、採鉱区域であるバフィン島の北部および北西部に就航し、残りの期間は、セントローレンスおよび五大湖の航路に就航する予定である。図一6は本船の概要を示すものであるが、氷海航行設備として、ダクト付の可変ピッチプロペラおよび空気泡放出システムを装備していることと、砕氷タンカー MANHATTAN 号や、米国の新鋭砕氷船 POLAR STAR 号と同じ指数函数曲線の船首形状を採用している

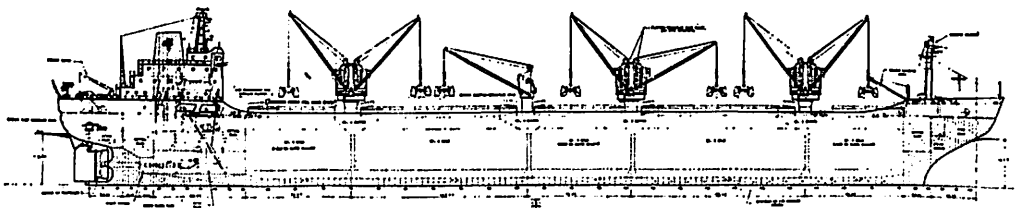
れことが特徴と言えよう。

カナダには、以上の他にも在来から、耐氷構造のフェリーや貨物船、タンカーなどが存在するが、最近マッケンジー河河口での石油開発が進むにつれて、砕氷型サブライボートが建造されたり、砕氷型石油掘削リグが計画されるなど、氷海用海洋開発設備にも関心が寄せられている。

#### 1.4 米国

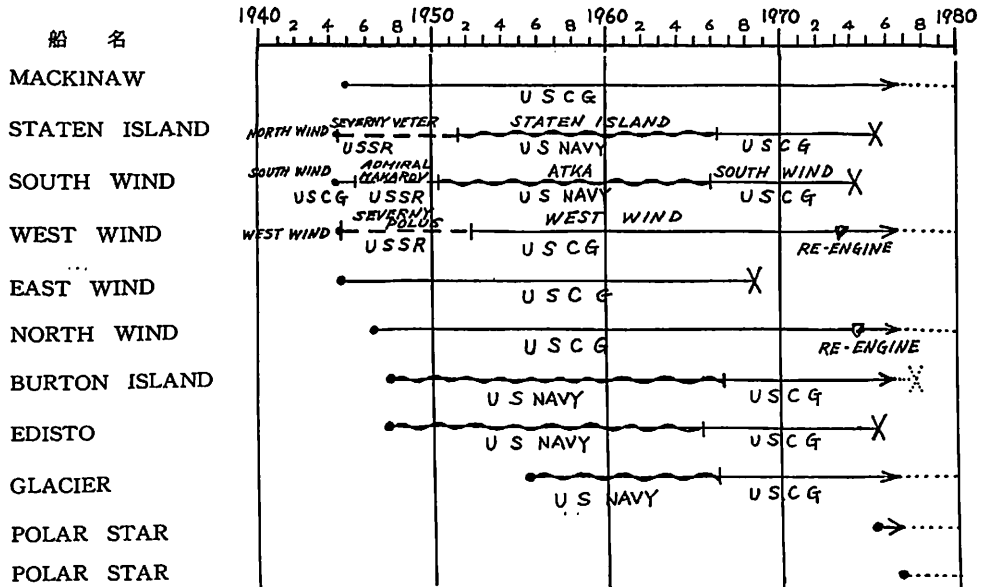
米国の砕氷船の歴史は、1867年のロシア帝国からのアラスカ買収に始まるが、本格的砕氷船を保有するに至ったのは第2次大戦からである。1940年ナチドイツ軍のデンマーク侵攻により、デンマーク領であるグリーンランドの警備を強化する必要性から、WIND 級4隻の建造が急遽決定された。

一方、五大湖では、鉄鋼増産の要求に応えるため



図一六 氷海搬積貨物船の側面図





図一七 米国大型砕氷船の歴史

に、鉄鉱石運搬船の航行可能期間の延長が必要となり、1941年末、砕氷船MACKINAWの建造が決定された。WIND級およびMACKINAWともに10,000 SHPのディーゼル電気推進で、船首プロペラ1、船尾プロペラ2を装備した、基準排水量約5,000トンの砕氷船として計画された。MACKINAWは五大湖で専用に使われるため、吃水が浅いなどWIND級とは異なった設計になっている。WIND級は、その後極地での性能が重視され、船首プロペラは撤去されている。

WIND級4隻の竣工の頃には、軍事情勢は多少変化しており、ソ連の要求によりEAST WINDを除く3隻はソ連に貸与されることとなった。この3隻の代船が、第2次大戦中に発注され、戦後の1946~47年に完成している。1951年には、ソ連に貸与された船も返還され、WIND級合計7隻が図一七に示すように、米国海軍とコスタガードの2つの組織の下に配属された。その後1955年に、海軍の手により、基準排水量8,300トン、21,000 SHPの大型砕氷船GLACIERが建造されている。このようにして、米国では海軍とコスタガードに独立の砕氷船隊が出来つつあった。しかし、1965年に至り、ベトナム戦争の戦局から、海軍に砕氷船運航の余裕が無くなり、砕氷船は全てコスタガードに移管され一元的に運用されることになった。

その以前よりソ連が原子力砕氷船LENI Nを建造

したことなどに刺激され、大型砕氷船建造の提案が度々出されていたが、1966年より砕氷船の運用を全面的に委ねられたコスタガードの手により、新船建造のための系統的な調査検討が行なわれ、35,000 SHPの原子砕氷船が最も有力な候補としてまとめられた。しかしながら、1969年に至り、経費的に実現性の高い実用的砕氷船に重点を移し、老朽化したWIND級の代替船として20,000 SHPのディーゼル電気推進の砕氷船を、1971年度及び1972年度の予算で各1隻、合計2隻建造することに決定した。1969年は、砕氷タンカーMANHATTAN号による北西航路の歴史の実験航海が行なわれた年である。

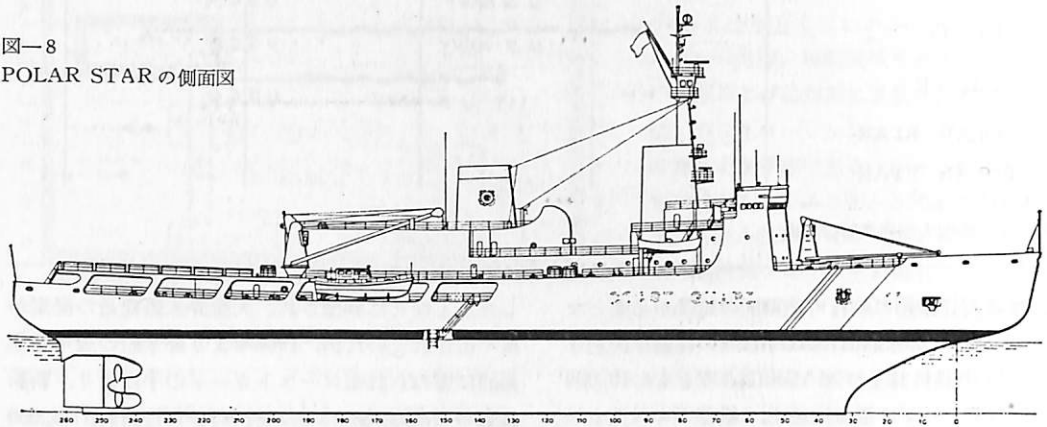
コスタガードは、砕氷船により、この実験航海を援護した結果から、1970年1月、2隻の新造船に対し、より強力な出力を装備するよう設計変更を行なった。この結果、ガスタービンによるブースタプラントを装備したCODOG方式の砕氷船POLAR STARおよびPOLAR SEAが、1971年ロッキード造船所に発注された。

POLAR STARは全長121.6m、満載排水量13,195トン、ディーゼル電気推進による合計軸出力18,000 SHP、ガスタービンによる連続最大出力60,000 SHPを有する、ソ連の原子力砕氷船Arktikaに次ぐ大出力砕氷船である。砕氷能力は、ディーゼル電気推進による連続砕氷で氷厚約1.2m、ガスタービン推進による連続砕氷では1.8m、チャー

米国砕氷船のPOLAR STAR



図-8  
POLAR STARの側面図



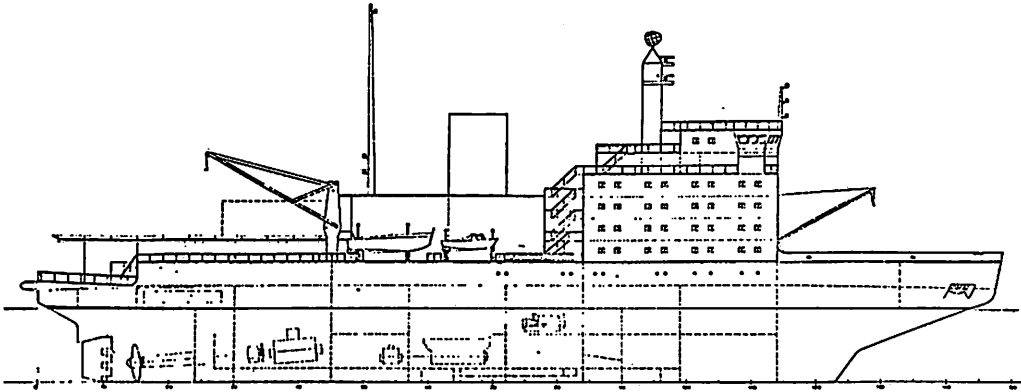
ジングによる最大砕氷能力として、氷厚6.4mと言われている。

本船の船形や船体構造にも、指数関数曲線の船首形状や、横肋骨方式を用いた格子構造などに、多くの新しい設計が織り込まれているが、最も大きな特徴はその推進プラントであろう。まず極地用大型砕氷船として初めて採用されたものに、航空用転用形ガスタービン、減速歯車、ギヤカップリング形嵌脱クラッチ、AC-D C電気推進方式、および可変ピッチプロペラが挙げられる。通常航海時および低力砕氷時は、嵌脱クラッチにより、減速歯車およびガスタービスを軸系から切離し、ディーゼル電気推進により運転する。本格的砕氷行動時は、ガスタービンの出力を減速歯車、嵌脱クラッチ、モータ軸を介してプロペラ軸へ伝える。この際モータのブラシは損耗を防ぐため引上げることが可能である。POLAR STARは、本年4月より、北極圏で砕氷試験が行なわれ、その際可変ピッチプロペラに一部異常が発生したが、本質的なトラブルではないと報告されている。2番船 POLAR SEAも今年秋に就航の予定である。

1968年以降、老朽化した船は次々に除籍され、現在の米国砕氷船隊は GLACIER, WEST WIND, NORTH WIND, BURTON ISLAND, MACKINAW の5隻と新鋭の POLAR STAR になっている。WEST WINDとNORTH WINDは主機換装をも含む大改修を受けており、次期建造船の就航まで、さらに5年程度運航されることになる。この2隻の代替船として、1978年度予算を目標に、2隻の砕氷船建造が考えられている。MACKINAWは五大湖で専用に使われているため、今のところ運航に支障はないが、BURTON ISLANDはPOLAR SEAの就役後除籍されるものと思われる。

米国砕氷船隊の活動地域は、グリーンランド、ベーリング海峡、アラスカなどの北極地域、ロス海などの南極地域と、五大湖が挙げられる。北極海では、アラスカ大陸棚での資源開発事業への補給路の確保や警戒、北極圏のレーダ基地や気象観測基地への補給の任につく。南極では、マクマド基地に対する補給船舶の航路確保のための砕氷活動を行なう。五大湖では、冬期特に氷の密集するスペリオル湖とヒューロン湖、ミシガン湖とヒューロン湖、ヒ

図-9 アルゼンチンの新鋭砕氷船



ューロン湖とエリー湖などを結ぶ狭い水路を重点として、カナダと共同で砕氷船を配置し、商船の通航の度に航路啓開を行なう。

MACKINAW は五大湖専用の砕氷船として使われており、常に五大湖に配置されているが、その他の極地用砕氷船は、計画的に交代させながら、南極に2隻、五大湖に1隻、残りを北極圏に配備している。

#### 1. 5 南極観測参加国

現在南極には、米国、ソ連をはじめ、アルゼンチン、イギリス、オーストラリア、日本など10ヵ国が30余りの越冬基地を開設している。これら基地への人員物資の補給のため、毎年多くの氷海用船舶が南極地域で活動している。これら船舶に要求される性能は、それぞれの基地の任務や自然条件により、大きく左右されるが、大部分の国は、耐氷型貨物船や、比較的小型の極地観測船などを使用している。特に、オーストラリアやフランスなどは、民間の耐氷型貨物船をチャーターして、その任に当らせている。

本格的砕氷船を南極地域で使用している国としては、日本、アメリカ、アルゼンチンが挙げられる。日本については、よく知られているように全長100m、満載排水量8,838トン、出力12,000SHP、ディーゼル電気推進の砕氷艦「ふじ」が毎年、南極観測事業支援のために、昭和基地を往復している。アメリカは、前述のように、マクマード基地への物資輸送のため、ロス海に毎年2~3隻の砕氷船を送り込み、補給任務のタンカーや貨物船の航路啓開を行なっている。

アルゼンチンは、1954年建造の全長84.7m、基準排水量4,854トン、出力7,100SHPの砕氷船GENERAL SAN MARTIN を使用して来たが、今年に入ってから、フィンランドのヴェルチラ造船所に、新鋭砕氷船の建造を発注した。この船は、全長119

m、満載排水量14,000トン、出力16,200SHPで、1978年に完成の予定である。乗船定員は233人で、氷海航行時の抵抗減少のための、空気泡放出システムおよび平氷航行時の居住性向上のための、フィン・スタンバイザを設けている。図9にその側面図を示す。

#### 2. 砕氷船に関する技術の現状

##### 2. 1 砕氷能力の推定

砕氷船の最大能力は、助走して氷盤に衝突し、また後退して助走を繰り返す、いわゆるチャージング砕氷時に発揮される。従って、船が氷に衝突する瞬間の運動エネルギーが大きいほど、すなわち排水量が大きく、衝突する時の船速が大きいほど、砕氷能力は大きいと言える。従って、砕氷船は大型化、高出力化の道をたどって来たわけであるが、衝突時の運動エネルギーを効率的に大きくするには、排水量と出力の組合せに一定の範囲が考えられる。従って、在来の極地用砕氷船では、単位排水量当りの出力に、あまり大きな変化は見られなかった。しかしながら、チャージング砕氷では、平均船速が非常に遅くなり、商業航路の啓開などには効果的でないため、近代的砕氷船では、連続砕氷能力が重視されるようになり、チャージングによる砕氷能力は第2義的なものとなって来た。この連続砕氷能力は、プロペラにより発生する推力と、氷海航行時の船体抵抗とにより定まるので、最近の砕氷船では、排水量増大の傾向よりも出力増加の傾向が、砕氷能力を高める上で必要となって来た。

船舶の氷海航行中の船体抵抗、すなわち全砕氷抵抗は、氷を砕くことによる抵抗、砕かれた氷の潜水、回転に要する力および船体と氷の間の摩擦力による抵抗、砕かれた氷を押しつけて通過する際の抵

抗、および水の抵抗の和として与えられる。連続砕氷能力を検討するには、その船が航行する海域の水の状態を考慮した上で、上記各抵抗要素の推定法を決定しなくてはならない。

現在これらの推定法には、理論的方法、実験的方法および両者を組合せた半実験的方法が考えられている。半実験的方法は、理論解析と模型実験もしくは実船実験の結果を組合せるもので、今日最も実用的と考えられている。現在、砕氷抵抗を模型実験により求めることのできる氷海再現水槽には、次のものがある。

- アークテック・カナダ社
- アークテック社（米国）
- ソ連北極南極科学研究所
- 米国陸軍寒冷地研究所
- ハンブルグ船舶試験水槽（西ドイツ）
- ヴェルチラ氷海試験水槽（フィンランド）

最近の砕氷船建造に際しては、これら研究機関で、砕氷能力や氷海航行時の船体抵抗、氷海での操縦性能などに関して、系統的な試験が行なわれることが一般的となって来た。しかしながら、これらの研究機関で別々に行なわれた砕氷能力に関する検討結果を、定量的に比較できる一般的な理論は、いまだ確立されていない。

### 2-2 船体形状

船体形状でも特に船首形状は、船の氷海航行能力に大きな影響を与える。現在までの標準的船首形状は、水線と約30°の角度をなす直線形船首に、船が氷に乗り上げて安定性を失うのを防止する目的で、キール付近に船首止めと呼ばれる段を設けたものであるが、米国の新鋭砕氷船ポーラスターでは、指数曲線型船首を用いている。この形式の船首形状では、前部の排水量をあまり多く失うことなく、水線での船首角を15°程度とすることができる。

この他に現在提案されている船首形状で、特殊なものとして、上方破砕型船首が挙げられる。この船首形状は、通常の下方向破砕型に比較して、相当大きな抵抗となると言われているが、半没水型船型と組合せることにより利用しようとするもので、ノールウェーのAKERグループの提案している砕氷タンカーには、この形状が考えられている。

### 2.3 推進プラント

砕氷船の推進プラントに要求される第1の特徴は、特殊なトルク回転数特性である。すなわち、船速や前後進に関係なく、また軸回転数の如何にかかわらず、常に最大トルクを出し得ることが必要であ

る。また、プロペラが氷に接した時に生じるような、衝撃的な負荷変動にも耐えられるものでなくてはならない。蒸気レシプロ機関は、このような見地から非常に適したものであったため、砕氷船の主機として広く採用されて来たが、今日では、ディーゼル電気推進にその座を譲り、近代的砕氷船では、カナダに1隻残るのみとなった。

一方、電気推進方式は、主機の回転数トルク特性の変更は、界磁電流を制御することによりほぼ理想的に行なえる上、逆転も容易に行なえ、逆転状態で最大出力を出すことも何ら問題ないため、大部分の砕氷船に採用されることとなった。電気推進方式としては、図-10に示すような5つの方式が考えられるが、一般にはDC発電機とDC電動機を直列に結びつけた方式が採用されている。しかしながら、直流発電機にはブラシがあるため、出力および回転数に制限があること、交流発電機は保守や制御が容易で、機関室の無当直化が行ないやすいことなどの理由から、高出力のダイオードやサイリスタの実績が出るに従って、AC-DCシステムの採用が実現して来た。

米国のPOLAR STAR級およびカナダで建造中のR級、ソ連向けにフィンランドで建造中の浅吃水型極地用砕氷船などは、ダイオード整流装置を用いた、AC-DC直列配置システムであり、ソ連向けにフィンランドで建造中の4,770 SHPの河川用砕氷

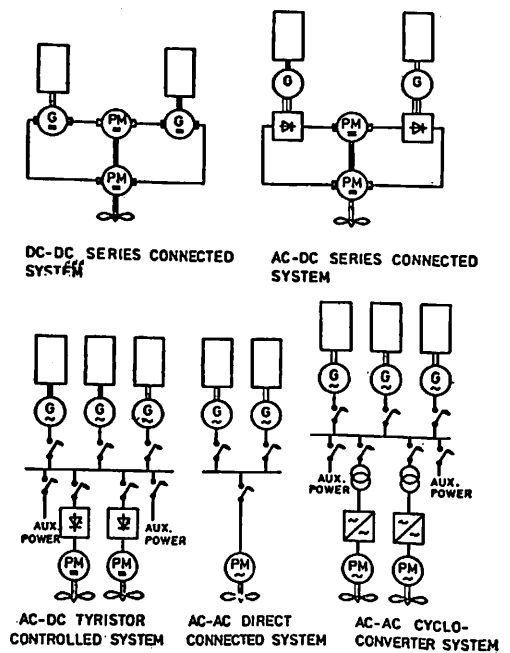


図-10 電気推進方式の種類

船では、A C—D Cサイリスタ制御システムを採用する予定である。

耐氷形商船に可変ピッチプロペラを装備したものは多数存在しているが、ギヤー付ガスタービンとともに可変ピッチプロペラを砕氷船に採用した POLAR STAR 級の推進プラントは、非常にユニークな存在であり、その成果によっては、極地用砕氷船の1つのパターンとなることも十分考えられよう。

また、最近の極地用砕氷船では、その大部分が船尾プロペラ3基を有する3軸船となっている。特にソ連向けに建造されるものでは、出力5,000SHP弱の河川用砕氷船まで3軸方式を採用している。いずれも均等出力配分である。3軸船の利点としては、氷海中での操縦性能の良さ、中央軸の信頼性が非常に高いこと、プロペラディスク面積が大きく採れるので、最大出力を大きくできることなどが挙げられている。

#### 2.4 砕氷船特殊装置

砕氷船の砕氷抵抗を減ずる目的で、種々の検討が行なわれているが、この中で、すでに商品化に成功したのものとして、ヴェルチラ造船所で実用化されている空気泡放出システムがある。この装置は、ソ連の砕氷船エルマク級に採用されたほか、今後同造船所で建造されるアルゼンチン向けやソ連向けの極地用砕氷船、カナダで建造予定の砕氷バルクキャリア

などにも採用される予定である。

この他、氷と船体の摩擦を減ずる特殊コーティングや、回転鋸を用いた機械的砕氷装置、ホーバクラフトを用いた砕氷補助装置などの研究も各国で行なわれている。

#### 参考文献

1. 山川健郎 砕氷船の特質 世界の艦船 No. 220
2. 徳永陽一郎 各国の新型砕氷船 世界の艦船 No. 220
3. SR160 氷海用船舶に関する技術調査報告書
4. V. I. Kashtelyan ICEBREAKERS AD-767-457
5. The Motor Ship Oct. 1973, Jan. 1974, Sept. 1974, March 1976
6. Shipbuilding & Marine Eng. International Jan./Feb. 1976
7. Shipping World & Shipbuilder Jan. 1975, Sept. 1975, Apr. 1976
8. S. T. Mathews Aspects of the Propulsion Power of Arctic Vessels, Considering Their Operating Environment SNAME Ice Tech 1975
9. B. M. Johansson 他 16.2MW Baltic Icebreakers SNAME Ice Tech 1975
10. Canada Gazette Part II. Vol. 106
12. W. R. Nodell Construction of the Polar Star A Shipyard View Society of Automotive Engineers 1975

世界の代表的砕氷船

国名	ソ連				
船名	KAPITAN BELOUSOV KAPITAN VORONIN KAPITAN MELEKHOV	MOSKVA LENINGRAD KIEV MURMANSK VLADIVOSTOK	ERMAK ADMIRAL MA- KAROV KRASIN	LENIN	ARKTIKA (SIBIR)
長さ (m)	83.2	122.1	135.0	134.0	139.9
幅 (m)	19.4	24.5	26.0	27.6	30.0
吃水 (m)	6.2~7.0	7.9~10.5	11.0	9.6	10.4
排水量 (t)	4,500	13,290	20,000	17,280	25,000
船速 (kts)	16.5	18.6	20.0	18.0	25
出力	10,500 SHP	22,000 SHP	36,000 SHP	44,000 SHP	75,000 SHP
主機型式	D-E	D-E	D-E	N-S T-E	N-S T
主機台数	Polar 8cyl. × 6	Sulzer 9MH-51 × 8	Sulzer 12z40/48 × 9		
プロペラ数 (船尾/船首)	2/2	3	3	3	—
出力/幅	541	898	1385	1594	2500
出力/排水量	2.33	1.66	1.80	2.55	3.0
造船所	Wartsila	Wartsila	Wartsila	Admiralty	Baltic
建造年	1954, 55, 56	1960, 61, 65, 68, 69,	1974, 75, 76,	1959	1972, (76)

国名	カナダ				
船名	D'IBERVILLE	LABRADOR	JOHN A. McDONALD	LOUIS ST. LAURENT	NORMAN McLEOD ROGERS
長さ (m)	94.5	88.4	96.0	111.7	90.0
幅 (m)	20.3	19.4	21.3	24.4	19.1
吃水 (m)	9.2	8.9	8.6	9.0	6.2
排水量 (t)	8,700	6,490	9,160	13,300(満載)	6,569
船速 (kts)	15.0	16.0	15.5	17.8	15.5
出力 主機型式, 台数	10,800 I H P 蒸気レシプロ	10,000 S H P D-E Fairbanks-Morse 2000bhp×6	15,000 S H P D-E Fairbanks-Morse 2000bhp×9	24,000 S H P S T-E	13,200 S H P D-E+G T・E Fairbanks-Morse 2000bhp×4 Westinghouse W41×2
プロペラ数 (船尾/船首)	1	2	3	3	2
出力/幅 出力/排水量	532 1.24	515 1.54	704 1.64	984 1.80	691 2.01
造船所 建造年	Davie 1953	Marine Industries 1954	Davie 1960	Canadian Vickers 1969	Canadian Vickers 1969

国名	アメリカ				デンマーク
船名	WEST WIND NORTH WIND BURTON ISLAND	MACKINAW	GLACIER	POLAR STAR POLAR SEA	DANBJORN
長さ (m)	82.0	88.4	94.4	121.6	75.3
幅 (m)	19.4	22.6	22.6	25.5	17.0
吃水 (m)	8.8	5.8	7.8	8.5~10.2	6.0
排水量 (t)	6,500(満載)	5,252	8,300	13,190(満載)	3,685
船速 (kts)	16	18.7	17.6	21	17
出力 主機型式, 台数	10,000 S H P D-E DELAVAL DSR46×4 (BURTON ISLANDを除く)	10,000 S H P D-E	21,000 S H P D-E Fairbanks-Morse ×10	18,000 S H P / 60,000 S H P D-E/G T Alco 16-251F ×6 P & W FT-4A12×3	10,500 S H P D-E B & W×6
プロペラ数 (船尾/船首)	2	2/1	2	3 C P P	2/2
出力/幅 出力/排水量	515 1.89	442 1.90	929 2.53	2,353 4.55	618 2.85
造船所 建造年	Western Pipe and Steel 1944, 46, 47	Toledo 1945	Ingalls 1955	Lockheed 1975, 76	Odense Steel 1965

国名	フィンランド				フィンランド /西独
船名	VOIMA	KARHU MURTAJA SAMPO	TARMO VARMA APU	URHO SISU	HANSE
長さ (m)	83.4	74.1	84.5	103.0	74.1
幅 (m)	19.4	16.7	21.2	23.5	17.4
吃水 (m)	6.7	5.8	6.2	7.5	6.1
排水量 (t)	4,415	3,370	4,890	7,800	3,700
船速 (kts)	16.5	16	17	17	16
出力 主機型式, 台数	10,500 S H P D-E Nahab 2000bhp×6	7,500 S H P D-E	12,000 S H P D-E Sulzer 8MH51×4	22,000 S H P D-E 12PC2-5×5	7,500 S H P D-E
プロペラ数 (船尾/船首)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
出力/幅 出力/排水量	541 2.38	449 2.23	566 2.45	936 2.82	431 2.03
造船所 建造年	Wartsila 1953	Wartsila 1958, 59, 60	Wartsila 1963, 69, 70	Wartsila 1974, 76	Wartsila 1966

国名	スウェーデン			日本	アルゼンチン
船名	ODEN	TOR NJORD	ATLE FREJ (No.413)	ふじ	GENERAAL SAN MARTIN
長さ (m)	83.4	84.5	103.0	100.0	84.7
幅 (m)	19.4	21.2	23.5	22.0	19.0
吃水 (m)	7.0	6.5	7.3	8.0	6.9
排水量 (t)	4,950	4,980	7,900	5,572	4,854
船速 (kts)	17	18	17	17	16
出力 主機型式, 台数	10,500 S H P D-E Polar SN 19-9 cyl.×6	12,000 S H P D-E Sulzer 9MH51×4	22,000 S H P D-E 12PC2-2×5	12,000 S H P D-E MAN V8V30/42×4	7,100 S H P D-E
プロペラ数 (船尾/船首)	2/2	2/2	2/2	2	2
出力/幅 出力/排水量	541 2.12	566 2.41	936 2.78	545 2.15	374 1.46
造船所 建造年	Wartsila 1957	Wartsila 1964, 69	Wartsila 1974, 75, 77	日本鋼管 1965	西独 Seebeck 1954

注：推進プラントの型式

- D-E            ディーゼル電気推進
- N-S T-E      原子力蒸気タービン電気推進
- N-S T        原子力蒸気タービン
- S T-E        蒸気タービン電気推進
- G T-E        ガスタービン電気推進
- G T          ガスタービン

建造計画中の砕氷船

	ソ 連	アルゼンチン	カ ナ ダ	
船名又は呼称	浅吃水型極地用	ALMIRANTE IRIZAR	R 級	POLAR-7
長さ (m)		119.0	98.1	182.0
幅 (m)		25.0	19.5	32.2
吃水 (m)		9.5	6.2~7.2	
排水量 (t)	14,800(満載)	14,000(満載)	7,716	33,000
船速 (kts)	18	16.5	16	16.8
出力 主機型式, 台数	22,000 S H P D E Sulzer 9ZL40/48×6	16,200 S H P D E 8PC2-5L×4	13,600 S H P D E Alco 16-251F×6	90,000 S H P D-E
電気推進方式 プロペラ数	A C-D C 3	2	A C-D C 2	—
出力/幅 出力/排水量	1.49	648 1.16	697 1.76	2,795 2.73
造船所 電気メーカー 備考	Wartsila Stromberg エアバブリング付	Wartsila フィンスタビライザ エアバブリング付	Burrard Canadian G. E. 水ジェット・パウ スラスト付	
建造年(予定)	1977, 78	1978	1978, 79	計 画 中
概算船価	187億円	180億円	2隻で 325億円	

海外事情

■Cutaway Tanker Hull Form

近年の著しいパンカー価格上昇と原油運搬船に対する専用バラストタンク(SBT)設置の動きは、タンカーを所有する船主にとって経済的打撃となるのはもちろんであるが、これらが現存タンカーの経済性に疑問を投げかけさせる誘因となったのも事実である。この二つの問題を同時に解決する“Cutaway Tanker Hull Form”という注目すべき提案を紹介しよう。(The Motor Ship, July, 1976)

\*

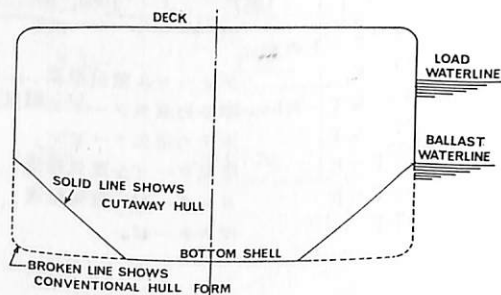
Gulf Trading and Transportation Co., の S. J. Dwyer 氏と M. D. Commens 氏は今年4月に行なわれたSNAMEのタンカーシンポジウムでSBTを設置する場合は“Cutaway Hull Form”を採用すると次の3つの利点がある、と発表した。

- (1)燃料費の上昇なしにバラスト航海でのスピードを増加出来る。
- (2)船殻重量の減少による建造コスト低減
- (3)SBTの縮少による腐蝕対策費の低減

“Cutaway Hull Form”とは右図に示す通り、従

来型タンカーのビルジ部をバラスト吃水以下で斜めに切り落した形状のことであり、ブロック係数、浸水表面積および排水量を減ずれば“Chine”の有無にはこだわらない。つまり小排水量で適正バラストコンディションを得ようとするものである。

両氏はさらに230,000t DW型タンカーの試設計にて“Cutaway Hull Form”と従来型とを比較し、前者の有利性を主張しているが、最も注目されるのは“Cutaway Hull Form”採用のSBT設置タンカーとSBT無しの従来型タンカーとを比較した場合でも、前者は後者に比べディメンジョンはやや大きくなるが、船殻重量はほとんど変わらず、貨物容積も同等にとれ、かつ年間運航コストが約15万ドルも低減することである。





## 氷質試験水槽とその実験結果について

Ice Characteristic Test Tank and its Experimental Results

by Akira Kamimura

Ship Research Institute Ministry of Transport

上 村 晃

船舶技術研究所

### 1. はしがき

世界的なエネルギー危機の深刻化に伴い、これまで長い期末開発のまま残されてきた北方圏の石油、鉱物等豊富な資源の存在が最近急速に注目されるようになってきた。これらの地下、海底資源の開発には採取された天然資源の大量輸送手段が大きなポイントになると思われる。しかし北方圏の低温で、しかも氷におおわれた海域という特殊環境下での大量輸送手段としての船舶は、在来型のものとは異なり、特殊な船型、構造および設備をもつ氷海商船が要求される。

現在、北方圏で活躍している砕氷船の多くは、商船の護衛・救助、科学探査または軍事等の目的で建造され、経済的な面よりもむしろ高性能な面に重点がおかれている。しかしながら、北方圏の天然資源の大量輸送のための氷海商船では、その安全性と経済性に、より重点がおかれる必要がある。すでに米国、ソ連、西ドイツ、フィンランド、カナダ等の諸国では、氷海再現水槽による基礎研究と並んで本格的な氷海商船の実用化が進められている。米国では1969年、マンハッタン計画にもとづき砕氷タンカー(115,000重量トン)によるノースウェスト航路での実験航海が行なわれ、1980年代の初期には実用商船の就役が計画されている。

このような状況下において、わが国でもエネルギー安定確保の施策の一環として、北方資源輸送船舶の研究を積極的に推進する必要が生じてきた。このため船舶技術研究所では、氷海商船の技術開発のための施設として氷海再現水槽、着氷低温試験研究棟などの研究施設の計画が行なわれている。このほど、氷海再現水槽の建設に先立ち、小型の氷質試験水槽が新設され、真水、塩水等の結氷現象、結氷条

件による氷質の性状および氷の塑性的挙動等について調査研究が開始されたので、その概要と、2, 3の実験結果について述べる。

### 2. 氷質試験水槽の設計概要

計画した氷質試験水槽は水槽本体、冷却室および冷却装置から成り、水槽に張られた水をはじめに2℃まで予冷した後、冷却室を-20℃まで冷却して結氷させ、氷質に関する研究を行なうものである。そのため、水槽側壁には結氷挙動を観測するための観測窓が設けてある。図-1に氷質試験水槽の断面図を示す。主要な設計条件は下記のとおりである。

#### (1) 形状寸法

水槽本体：内法寸法 2.0×2.0×1.5 (深) m  
冷却室：外法寸法 4.5×4.5×3.0 (高) m  
観測用窓：有効寸法 600×600mm

#### (2) 水槽本体

水槽は側面400mm、底面500mm厚さの鉄筋コンクリート造りとし、水槽の外側面および底面にはさらに断熱層としてスタイロフォーム(カサ比重0.03)を250mmの厚さに施工した。なお、断熱材の両面にはアスファルトの防湿層が施してある。ただし、水槽底面は、底面より150mmはなれたコンクリート層内に両面に防湿層を施した250mm厚さのスタイロフォームが内装され、断熱層が二重構造となっている。

水槽の内面は厚さ3mmのFRPで仕上げ、外壁面はモルタル刷毛引き仕上げとした。

#### (3) 冷却室

冷却室は鉄骨構造とし、冷却室の壁、天井は心材に90mm厚さの硬質ウレタンフォーム(カサ比重0.045)を使用した断熱パネルで組み立てた。そし

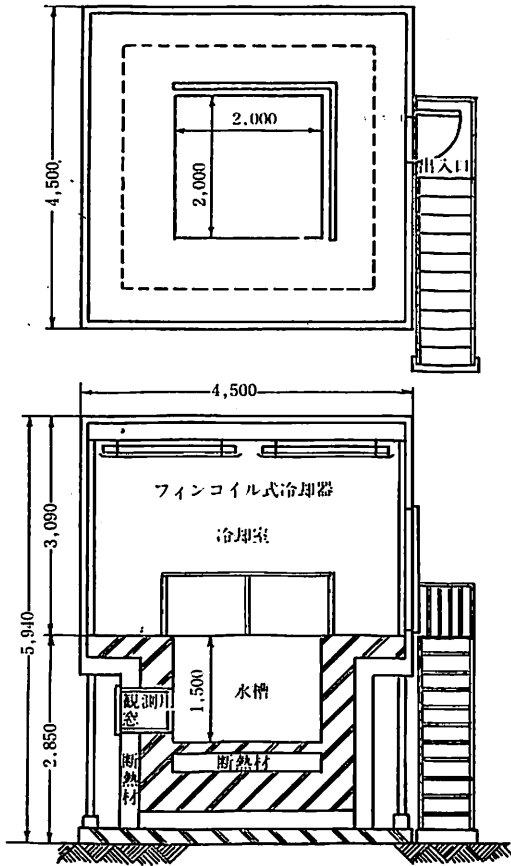


図-1 氷質試験水槽断面図

て、パネルの外板は0.6mm厚のカラー鋼板とし、内面は0.4mm厚のSUS304製とした。

冷却室の屋根はカラー鋼板の上にシート防水を施し、モルタル厚さ30mmの仕上げとした。なお、冷却室天井にあたる鉄骨は、フィンコイル式冷却器を取り付けることを充分考慮した形状、強度としてある。

(4) 観測用窓

観測用窓は600×600mmのSUS304製サッシに厚さ12mmの強化ガラスを用いた。また、観測用窓取付け部の外側には防熱扉を設けてある。

(5) 冷却条件

冷却はブライン方式とし、冷却基準温度は水槽水温および冷却室温をそれぞれ2℃、-20℃とした。そして、冷却手順ははじめに水槽水の子冷を行ない、その後冷却室を自然対流方式によって冷却を行なうこととした。

(6) 冷却系統

冷却装置の冷却系統図は図-2に示すとおりである。

(7) 冷凍機

冷凍能力6.2JRTの水冷式コンデンシングユニットを用い、冷媒にはR-502を使用した。

(8) ブライン冷却タンク

ブラインにはエチレングリコールを用い、ブライン温度を-35℃まで冷却可能とし、冷却タンクの内

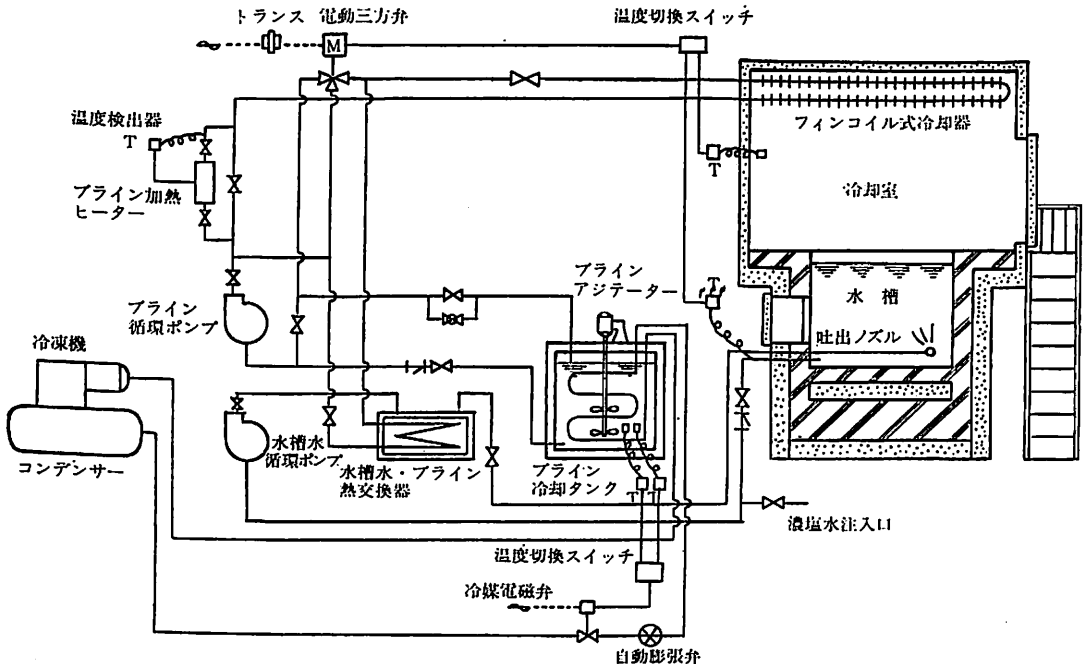
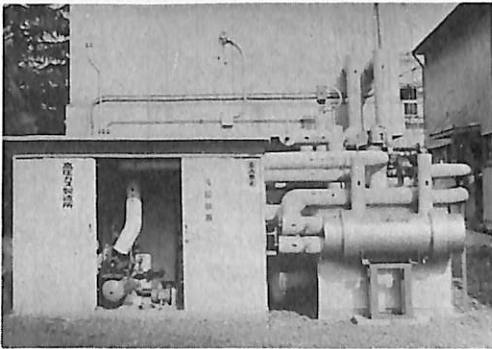
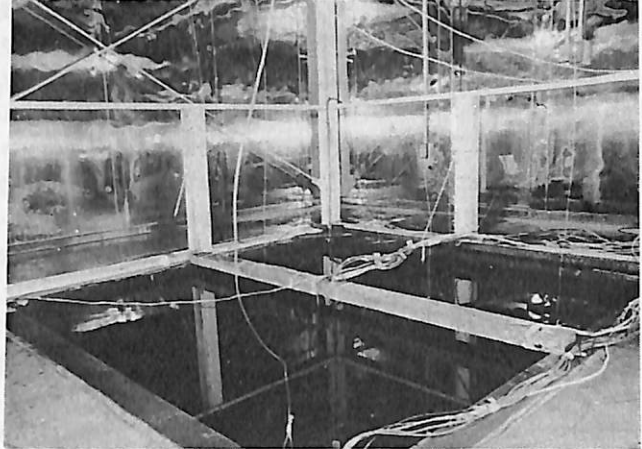


図-2 氷質試験水槽の冷却系統図



写真-1 (上) 氷質試験水槽,  
写真-2 (下) 冷却装置,  
写真-3 (左) 水槽内部



容積を $0.75\text{m}^3$ とした。また、ブライン冷却タンクの上にはブライン温度を均一にするため、 $0.4\text{KW}$ の電動アジテーターを備えている。

#### (9) ブラインの冷却制御

ブラインの温度制御は、ブライン用温度検出器と冷媒電磁弁と自動膨脹弁とを組み合わせる自動的に行なう方式とした。

#### (10) 冷却室の冷却系統

冷却室の天井に伝熱面積 $70\text{m}^2$ のフィンコイル式冷却器を取り付けた。ブラインの循環には流量 $60\text{l}/\text{min}$ のメカニカルシール型ブライン循環ポンプを設備した。また、冷却室の温度制御は温度検出器と流量調節用電動三方弁とを組み合わせる自動的に行なう方式とした。なお、電動三方弁は低温液による障害に対し充分配慮してある。

#### (11) デフロスト

冷却コイルのデフロストはブライン加熱ヒーター( $7.5\text{KW}$ )を用い、デフロスト用温度検出器によって自動的に行なう方式とした。そのさい加熱するブライン量を最少限にするため、デフロスト用バイパスを設けている。

#### (12) 水槽水の冷却系統

水槽水の子冷は水槽水ブライン熱交換器を介して行なっている。また、ブライン冷却タンクと水槽水ブライン熱交換器との間のブライン循環は、前述のブライン循環ポンプを共用した。なお、循環ポンプは常時稼働方式とするため、ブライン冷却タンクと熱交換器との間にブライン流量制御用のバイパスを設けた。

水槽水ブライン熱交換器用のブライン流量の制御は、水槽水ブライン熱交換器入口管に温度検出器を取り付け、バイパスの三方弁を作動させている。また、水槽水ブライン熱交換器に水槽水を送る系統には流量 $60\text{l}/\text{min}$ の水槽水循環ポンプを設備した。

#### (13) 塩水試験用設備

塩水試験を行なうため、水槽水循環ポンプ吸入側配管に濃塩水注入口を設けた。また、水槽内には塩分が均一に混合可能な吐出ノズルが設けてある。

#### (14) 制御盤

冷却装置には制御盤を設け、集中的に操作可能とした。

以上が氷質試験水槽の設計の概要であるが、写真で設備の外観および水槽内部を示す。

### 3. 冷却負荷の計算

冷却装置の冷凍能力は冷却室および水槽の最大負荷に見合うように設計する必要がある。温度設定条件を外気温 $33^\circ\text{C}$ 、冷却室温 $-20^\circ\text{C}$ 、水槽水温 $2^\circ\text{C}$ (予冷後)とし、冷却負荷として(1)防熱壁からの侵入熱量、(2)換気による侵入熱量、(3)結氷に必要な熱量を考え、その他については本施設の運営上無視して熱計算を行なった。

#### (1) 防熱壁からの侵入熱量

防熱壁の熱通過率 $K$ は

$$K=1/(1/\alpha_i+l/\lambda+1/\alpha_o) \quad \text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

ただし  $l$  : 防熱厚 m

$\lambda$  : 断熱材の熱伝導率 Kcal/mh°C

$\alpha_i, \alpha_o$  : 内面および外面の熱伝達率  
Kcal/m<sup>2</sup>h°C

より求められるが、 $l$  が大で  $\lambda$  の小さい場合には  $K$  の値は  $l/\lambda$  に支配され、 $1/\alpha_i, 1/\alpha_o$  の影響は少ないので、省略して安全側に計算した。また、各防熱壁の  $K$  が求まれば侵入熱量  $Q_i$  は次式で与えられる。

$$Q_i = \sum KA\Delta t \text{ Kcal/h}$$

ただし  $A$  : 各防熱壁の外表面積 m<sup>2</sup>

$\Delta t$  : 冷却室温と外気温との差 °C

なお、外気温には太陽輻射熱の影響を考慮して、防熱壁の方位により付加温度を加算した。

以上の計算手順で防熱壁からの侵入熱量を求めると 1,296 Kcal/h となる。

#### (2) 換気による侵入熱量

換気による侵入熱量  $Q_i$  を

$$Q_i = E V n / 24 \text{ Kcal/h}$$

ただし  $V$  : 冷却室容積 m<sup>3</sup>

$n$  : 24時間当りの換気回数

$E$  : 外気 1 m<sup>3</sup> 当りの換気熱量  
Kcal/m<sup>3</sup>

の式より計算すると、1,060 Kcal/h となる。

#### (3) 結氷に必要な熱量

結氷に必要な熱量は、水槽に張られた水 (容積 4.8 m<sup>3</sup>, 予冷後の水温 2°C) を 0°C に冷却して、つぎに結氷の潜熱を奪って 0°C の氷 (ただし氷厚 2 cm) とし、さらにこの 0°C の氷を -10°C まで冷却するに要する熱量を計算した。その結果 16,368 Kcal となる。

結氷速度を 2 mm/h と設定すると時間当りの結氷に必要な熱量は 1,637 Kcal/h である。

以上 (1) (2) (3) の総計が冷却負荷となり、その値は 3,994 Kcal/h である。

一方、水槽に張られた水 (4.8 m<sup>3</sup>, 水温 17°C) を 2°C まで予冷するに必要な熱量は 75,500 Kcal であるが、実験手順および経済性を考慮して、冷凍機の容量を 4,600 Kcal/h と決定した。

### 4. 主要機器の諸元

冷却装置の主要機器の諸元は下記のとおりである。

#### (1) 冷凍機

セミハーメティック型レシプロ式

蒸発温度 -40°C, 凝縮温度 38°C, 冷媒 R-502

回転数 1,450 r.p.m 冷却能力 4,600 Kcal/h

電動機 10.7 KW (200V×3φ)

#### (2) ブライン冷却タンク

ブライントーク 1,000×1,000×1,000 (高) mm  
コイル 19φ 銅管×108m 冷却面積 6.46m<sup>2</sup>

#### (3) ブラインアジテーター

回転数 300 r.p.m 電動機 0.4 KW (200V×3φ)

#### (4) フィンコイル式冷却器

16φ 銅管×1,700L×6列×2段×10基  
アルミプレートフィン (フィンピッチ 38mm)  
冷却面積 70m<sup>2</sup>

#### (5) 水槽水ブライン熱交換器

シエルアンドチューブ式  
318.5φ×1,300L (シエル側 S U S 304)  
19φ×1.2t×906L×68本 (チューブ BSTF-3)

#### (6) ブライン循環ポンプ

メカニカルシール型渦巻ポンプ (ステンレス製)  
口径 25φ 流量 60L/min 電動機 1.5KW (200V×3φ)

#### (7) 水槽水循環ポンプ

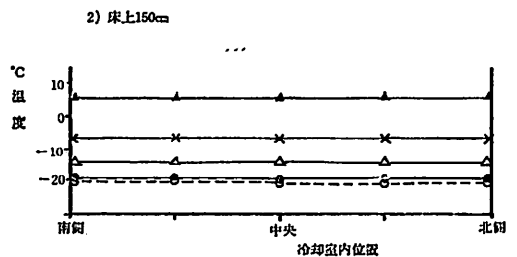
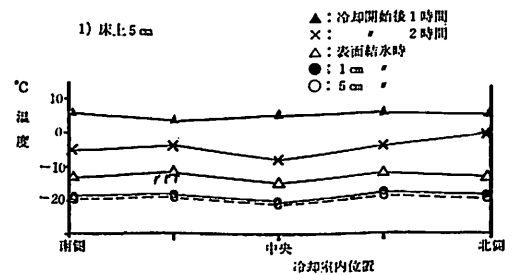
メカニカルシール型渦巻ポンプ (ステンレス製)  
口径 25φ 流量 60L/min 電動機 0.75KW (200V×3φ)

#### (8) ブライン加熱ヒーター

パイプヒーター (フランジ型) 容量 7.5 KW  
(200V×3φ)

#### (9) 電動三方弁 (ブライン用混合弁)

比例式モジュロールモーター  
弁体 25φ ステンレス製



図一三 冷却室内の温度分布

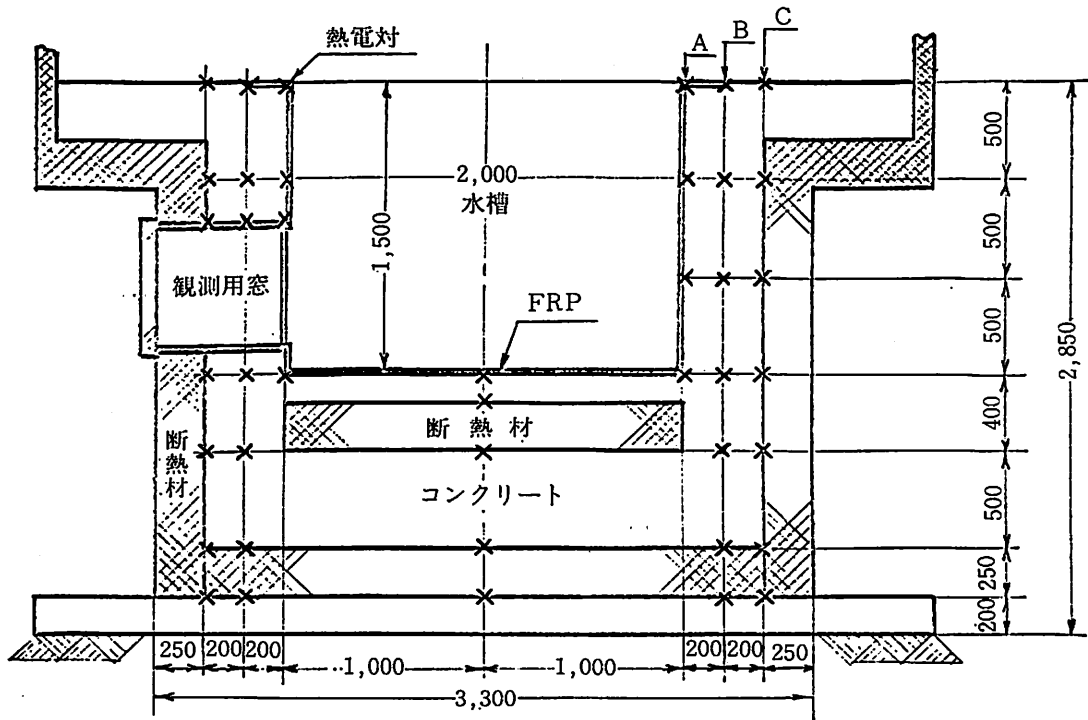


図-4 水槽壁体の温度測定箇所

## 5. 水槽の冷却試験

### 5.1 冷却室内の温度分布

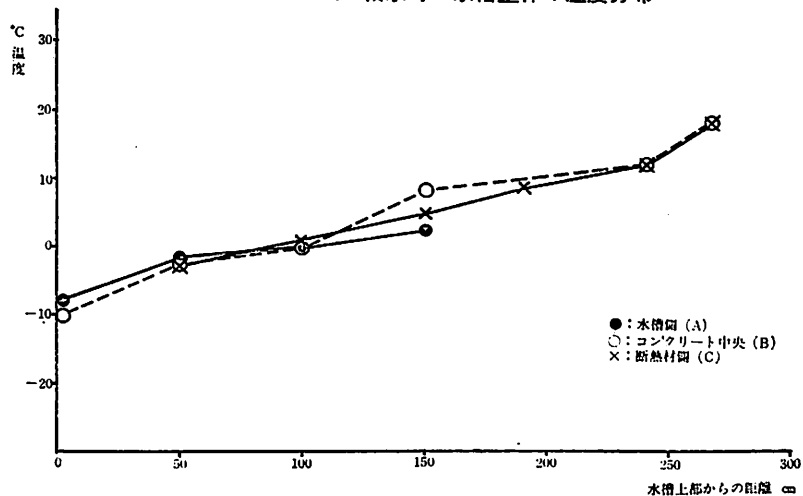
水槽冷却中の冷却室内の温度分布を調べるため、水槽の隅角部および中央付近の床上5cmおよび150cmの高さにそれぞれ1.6mmφのシーチン熱電対を18点取り付けて、室温変化を自動的に記録させた。一例として、水槽中央の南北方向の温度分布を示したものが図-3である。

これによると、床上150cm高さでは温度がほとん

ど一定である。これに対し床上5cmの高さの温度分布は、冷却開始2時間後では±3℃を示しているが、水面より結氷するにしたがいその分布は±1℃としだいに小さくなる傾向を示している。すなわち、冷却室の温度分布は水面が結氷するまでは水温、コンクリート床温度の影響より温度差が若干みられるが、結氷がすすむと水温等の影響がなくなり、ほぼ一定となる。

### 5.2 結氷時の水槽壁体の温度分布

図-5  
水槽壁体の温度分布



本氷質試験水槽は、つぎに計画されている氷海再現水槽の建設のための設計資料を得ることも目的の一つとなっているので、水槽施工時に図-4に示す箇所に0.6mmφの熱電対を41点埋め込んである。そして、結氷試験時に随時水槽壁体の温度分布の測定を行ない、壁体構造の適合性を検討するよう計画されている。図-5は完成後間もなく行なわれた結氷試験時の水槽壁体の温度分布の一例である。これは水槽北側のA、B、C箇所の水槽深さ方向の温度分布であるが、いずれも同様な分布を示し、壁体の防熱効果は有効なものと考えられる。

## 6. 結氷試験

### 6.1 真水の結氷試験

結氷試験は、はじめに真水で行なうこととし、水槽1.5m深さに水道水を張り、水槽南西隅角部、中央部および北東隅角部の3箇所に水面、1、2、3、4、5、50、100、144cm下の深さにそれぞれ1.6mmφのシース熱電対を30点取り付けて、水温を3~5℃まで予冷した後、冷却室温を-19~-22℃まで冷却して行なった。水槽内の冷却曲線の一例を

図-6に示す。予冷停止時は水槽壁体の温度が水温より高いため水温は若干上昇するが、冷却室温が低下するにしたがい表面から結氷が開始する。

真水は4℃のときに密度がもっとも大きいため、結氷点の0℃になった水はまだ0℃にまで冷却されていない水よりも軽いので、結氷は表面から始まる。すなわち、水面が0℃になると微細な円板状の氷の結晶ができ、それがしだいに成長して水面全体を薄い表面氷で覆う。そして、冷却がすすむにつれて徐々に氷厚をましていく。図-7に結氷成長過程における水槽内の温度分布を示す。

同図より水が密度のちがいににより水槽内を対流していることがわかる。水底付近は氷厚がますますつれて最大の密度を呈する温度(4℃)になり、また、水深1/2の付近に等密度の層ができていく。

表-1に真水の結氷試験の実験例を示す。これによると、平均結氷速度は1.4~2.0mm/hであり、設計条件をほぼ満たしている。また、結氷表面は氷厚10cm以下では比較的平滑であったが、10cmをこえると結氷するさいに生ずる水の体積膨脹がしだいに下層の水圧をましてきて、上層の氷の強度では耐え

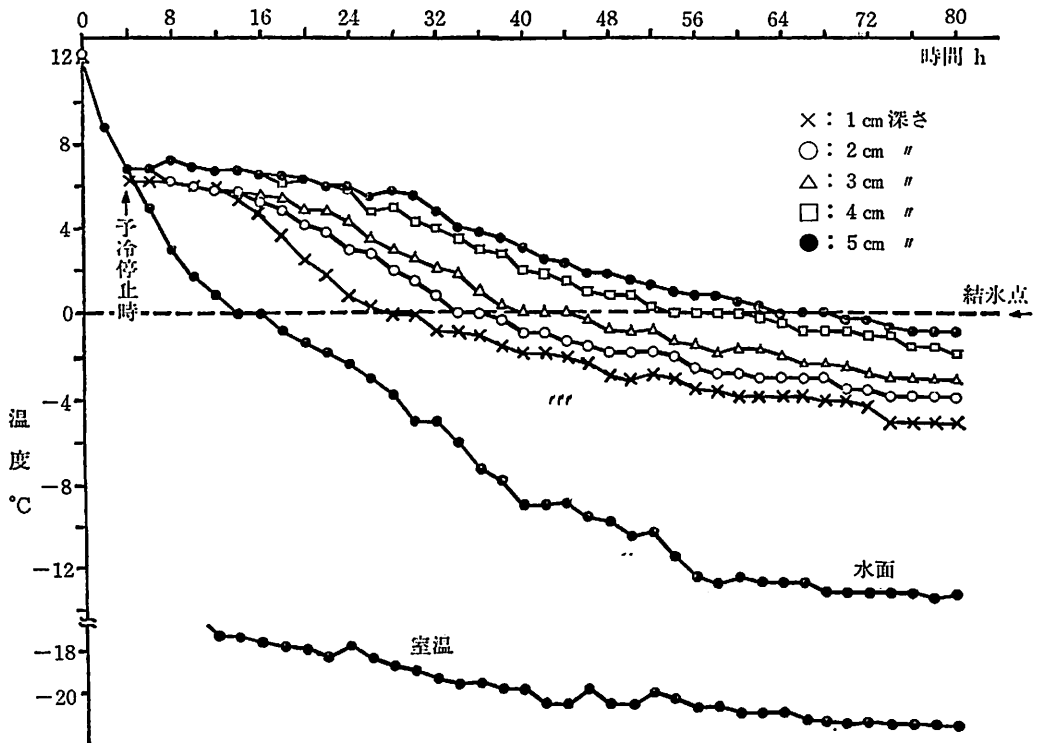
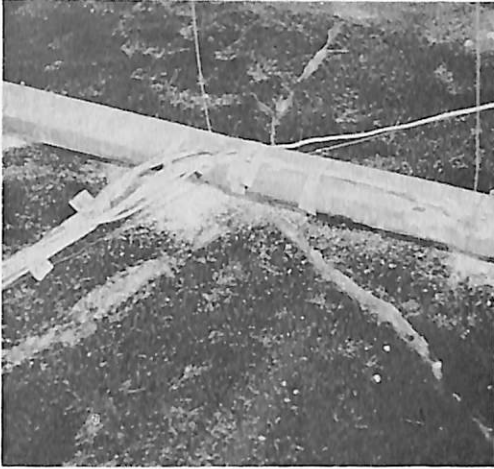


図-6 水槽内の冷却曲線



写真一四 結氷面の亀裂発生状況

られなくなり、氷層に亀裂が発生する。その状況を写真一四に示す。

亀裂は水槽の中央付近から放射状に氷の表面に入り、その後隅角部付近に円弧状に入った。その時の氷の盛り上りは中央付近で約2 cmであった。

## 6. 2 塩水の結氷試験

表一 真水の結氷試験

実験番号	外気温(°C)	本冷開始水温(°C)	冷却室温(°C)	結氷厚(mm)	平均結氷速度(mm/h)	成氷の比重	備考
1	8	3.0	-19	44	1.9	0.90	氷層に亀裂発生
2	5	4.5	-21	47	2.0	—	
3	5	4.0	-21	69	1.7	—	
4	6	5.0	-22	112	1.4	0.89	
5	10	3.5	-19	104	1.6	0.91	

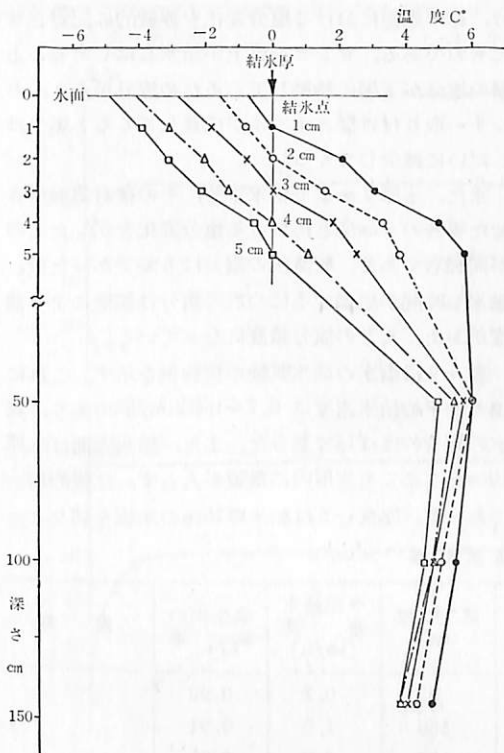
海水中に含まれる塩分は海域によって多少異なるが、普通30%ぐらいである。したがって塩水の結氷試験では、水道水に食塩を溶解して30%程度の水溶液を調整して、真水の場合とほぼ同様に予冷および本冷(結氷)を行なった。結氷点  $t_f$  は

$$t_f = -0.003 - 0.0527S - 0.00004S^2 \text{ (°C)}$$

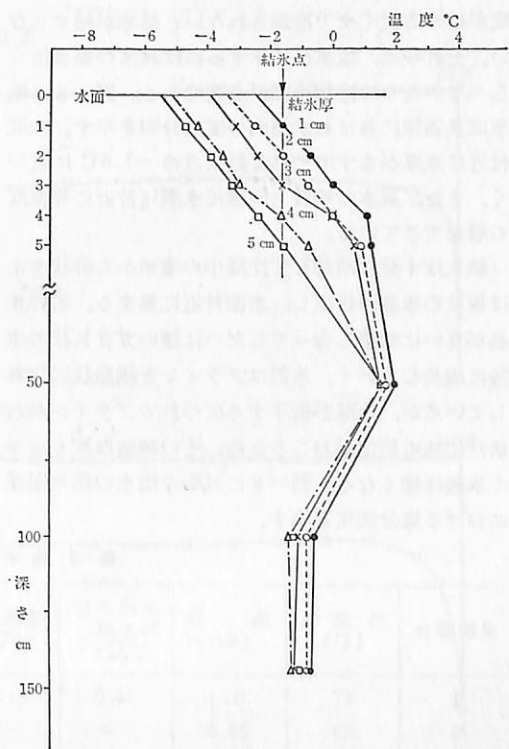
ただし  $S$  : 塩分量 %

の関係により  $-1.6^\circ\text{C}$  となる。

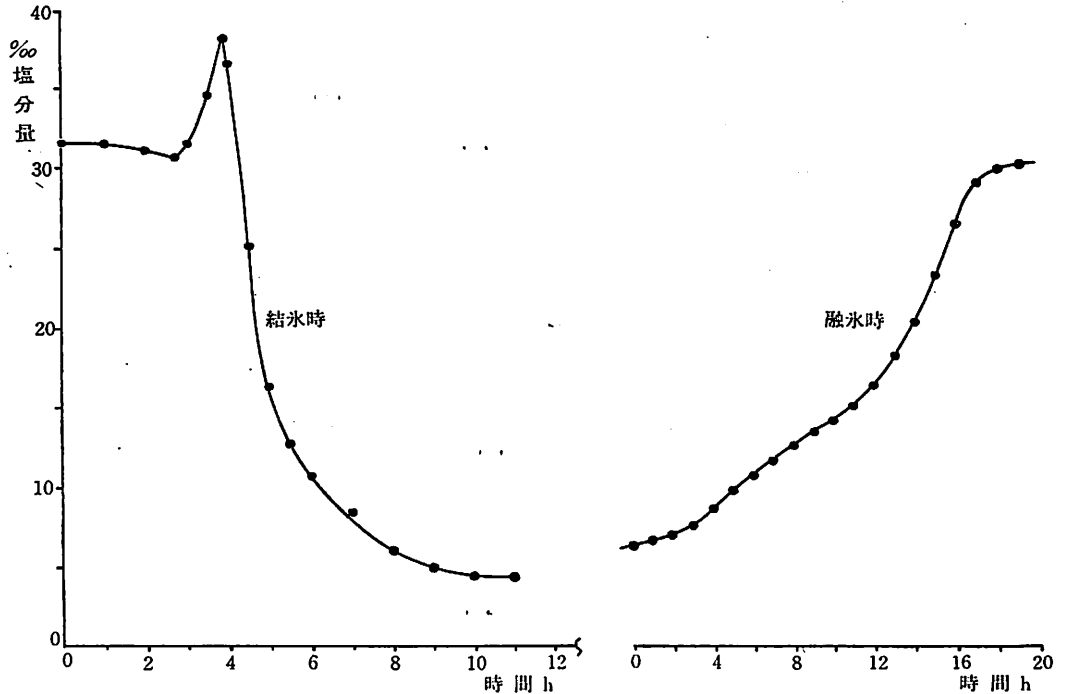
また、最大の密度を呈する温度は  $-2.6^\circ\text{C}$  であり、結氷点より低い。したがって冷却されて結氷点に達した表面付近の塩水は、まだ結氷点に達していない下層の水より重くなって沈降し、かわりに下層



図一七 結氷成長過程における水槽内の温度分布(真水)



図一八 結氷成長過程における水槽内の温度分布(塩水)



図一九 塩水の結氷、融氷時における塩分変化

の水が上昇するようになる。このため水底付近の温度が結氷点近くまで冷却されないと結氷が始まらない。それゆえ、塩水が結氷するには真水の場合にくらべてかなりの冷却時間が必要である。図一八に結氷成長過程における水槽内の温度分布を示す。水底付近は氷厚がますにつれて結氷点の $-1.6^{\circ}\text{C}$ に近づく。また、真水の場合と同様に水深5cm付近に等密度の層ができていく。

結氷は十分に冷却して沈降中の塩水から針状または板状の氷晶が析出し、水面付近に集まる。この氷晶が互いに氷着し合っただけに硬いガラス状の氷殻に成長していく。氷殻はブラインを細胞状に包有しているが、氷温が低下するにつれてブリンから新たに氷の析出がおこるため、その細胞は狭くなって氷殻は硬くなる。図一九に31%の塩水の結氷過程における塩分変化を示す。

これは水面下5cmに塩分計のセンサーを取り付け、結氷過程における塩分変化を連続的に記録させたものである。センサー直上が結氷しはじめると上層の塩分が下層に移動してくるため塩分がふえ、センサー取り付け深さまで氷が成長してくると塩分はしだいに減少してくる。

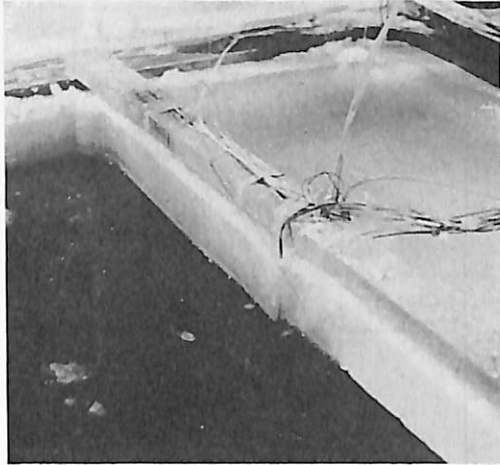
また、氷厚7cmまで結氷させ、その後自然融解させた場合の5cm深さにおける塩分変化を示したものが同図右である。塩水氷の塩分は6%であったが、融氷し時間が経過するにつれて塩分は拡散により濃度がふえ、もとの塩分濃度になっていく。

表一四に塩水の結氷試験の実験例を示す。これによると平均結氷速度は $0.7\sim 1.0\text{ mm/h}$ であり、真水の場合のほぼ同等であった。また、結氷表面は氷厚10cmをこえても氷層内に亀裂が入らず、比較的均一であった。写真一五は結氷厚16cmの氷板を切りとっ

表一四 塩水の結氷試験

実験番号	外気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	塩分 (%)	本冷開始 時水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	冷却室温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	結氷厚 (mm)	平均結氷 速度 (mm/h)	成氷の 比重	備考
1	17	31.1	4.0	-20	52	0.7	0.92	
2	23	28.4	—	-19	160	1.0	0.91	
3	23	30.5	0.4	-20	77	0.7	0.91	
4	31	28.6	0.4	-20	72	1.4	—	再結氷試験





写真一五 塩水の結氷板

た状態である。また、図一10は結氷試験終了後、結氷板を切り出して氷厚をくわしく調べた一例であるが、水槽周縁部以外は比較的一様な厚さ分布を示している。

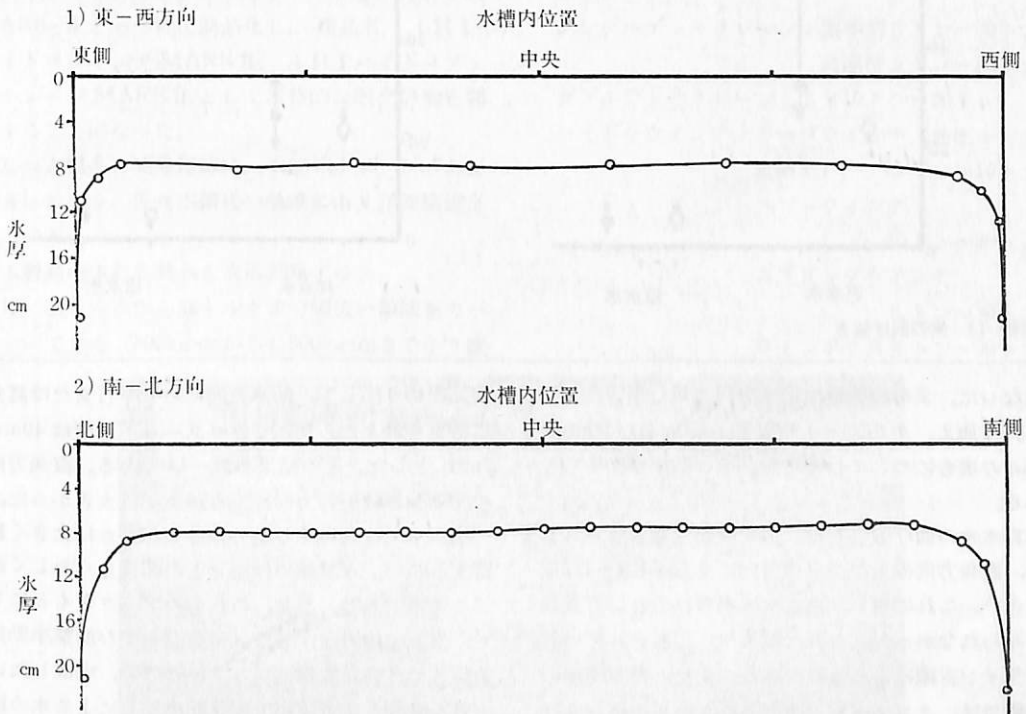
塩水氷の氷質は、真水氷のように同質の硬さにならず、結氷板の表面は硬く、下方にいくにしたがいブ

ラインの影響により比較的軟質となる。図一11に塩水氷中の塩分の分布を示す。これは試料を2~3cmごとに切り出してとかし、その塩分を測定したものであるが、氷厚がますますつれて氷の表面は4%になり、真水氷の構造にちかづいている。

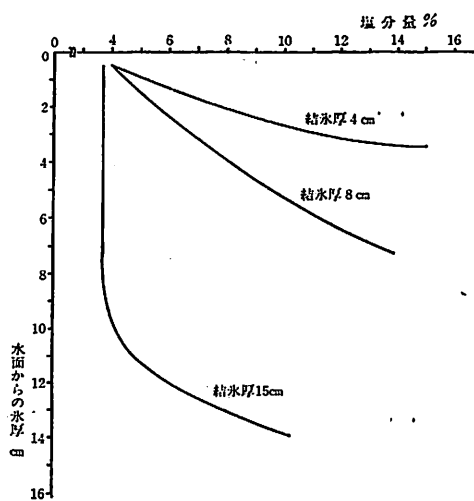
図一12は結氷試験終了後、氷を自然融解させ、2週間経たのち、再び水槽内の水温および塩分の分布を調べたものである。塩分は水面から30cm付近の深さまでは徐々にましているが、それ以下ではほぼ一定であった。これに対し水温は水深が大きくなるにしたがい温度が低下している。これは海洋の塩分と温度との鉛直分布に類似している。また、氷質試験水槽において均一な氷質を得るには水槽内を事前に十分攪拌する必要性を示している。

### 6.3 氷の機械的強度

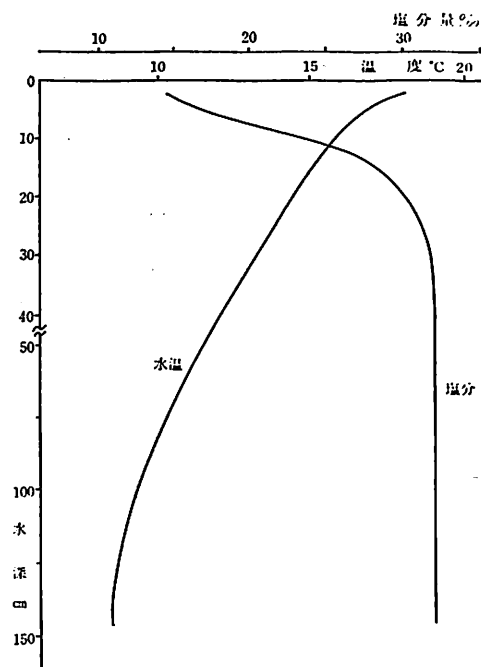
氷の機械的強度の予備試験として、前述の真水氷(比重0.91)および塩水氷(比重0.92)について曲げ試験および圧縮試験を行なったので、その結果について少しふれておく。曲げ試験は各結氷板から250×100×50(高)mmの試験片を切り出して、-20℃の低温室に設置してあるレバー式試験機を用いて



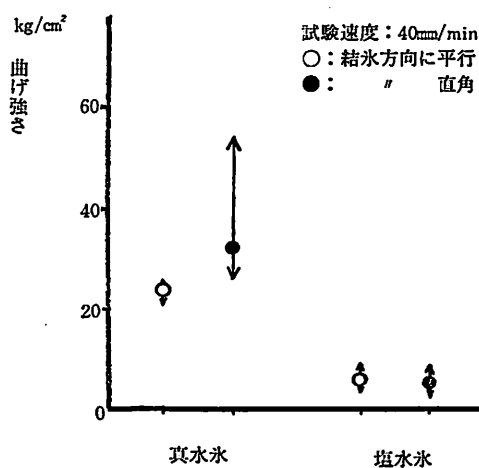
図一10 結氷板の氷厚分布



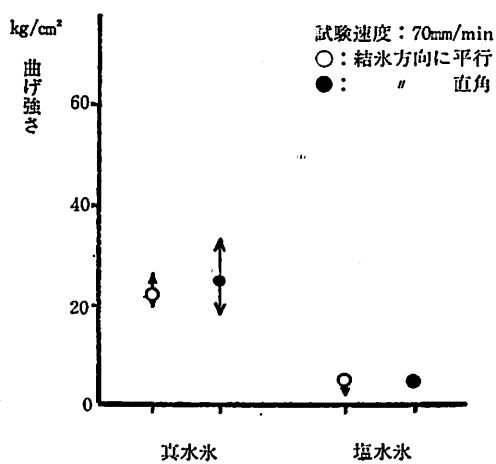
図—11 氷塩水中の塩分の分布



図—12 融氷後の水槽内の水温および塩分の分布



図—13 水の曲げ強さ



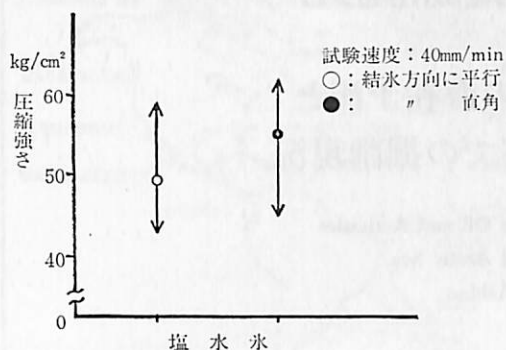
行なった。また、荷重は結氷方向に対し平行または直角に加え、クロスヘッド速度は40および50mm/minの場合について行なった。その結果が図—13である。

真水の曲げ強さでは、方向性がはっきりあられ、直角方向のものが平行方向にくらべ1.1~1.3倍大きい。これに対し、塩水の場合はそれほど差異はみられなかった。これは塩水氷に包有されているブライン組織によるものである。また、荷重速度の影響では、クロスヘッド速度の小さいものほど曲げ強さが大きくなる傾向を示した。

圧縮試験は塩水の結氷から50×50×50mmの試

験片を切り出して、結氷方向に対し平行または直角に荷重を加えた。ただしクロスヘッド速度は40mm/minとした。その結果が図—14である。直角方向の圧縮強さは平行方向にくらべ1.1倍大きかった。

塩水氷では含有する塩分の分布が強さに大きく影響するので、本試験では塩分との関係をくわしく調べる予定である。なお、これらのデータをもとにして、氷試験用の曲げ強度試験装置および衝撃挙動試験装置の設計、製作に当たっているので、完成したい氷質、温度、荷重速度、形状効果などによる氷の機械的強度、破壊挙動の解析等を詳細に行なう計画である。



図—14 氷の圧縮強さ

## 7. あとがき

本氷質試験水槽は、つぎに計画されているわが国初の氷海再現水槽を想定して作ったものであるが、設計、建設のための有益な資料を得ることができた。また、完成間もないが、氷質試験に関する実験手法がある程度確立したので、今後は実海面の海水状況と模型船の縮尺に応じた氷質を生成させるため、結氷条件による氷質の性状および氷の塑性的挙動等について研究をすすめる予定である。

終りに、本水槽の建設に当り、御援助、御協力をいただいた所内および所外の方々、ならびに実験に御協力いただいた共通工学部低温研究室の方々、に厚く謝意を表します。

## Ship Building & Boat Engineering News

### ■新型油圧モータ、ポンプ採用の 船用ウインチ、デッキクレーン MARK II シリーズ

石川島播磨重工は、このほど、従来の定格圧力70 kg/cm<sup>2</sup>を175kg/cm<sup>2</sup>に高圧化した新型の油圧モータ、ポンプを開発（写真）、これらを組みこんだ船用油圧ウインチおよびデッキクレーンを、それぞれMARK-IIと名づけて商品化し、商品名、IHI-ハイドロウインチ MARK II、IHI-ハイドロデッキクレーン MARK IIとして本格的な販売活動を開始することになった。

なお本製品の開発経緯は、本誌Vol 49, No7および8にわたり、佐々木績氏の執筆により詳細論述されている。

本製品の主なる特長を次に列挙すると

1. 低トルクから高トルクまで幅広い領域をカバーできる (300kg-mから4,500kg-mまでを8機

種でカバー)

2. 軽量化、コンパクト化 (中油圧式に比べ約40%軽量化)
3. 汎用性が高い(他の機器とも油圧源の共用化)
4. システム全体の低騒音化 (中圧式に比べ5~10ホン騒音低減)

MARK II シリーズ船用ウインチ、デッキクレーン  
標準シリーズ

シングルデッキクレーン：標準型 5トン~30トン  
高速型 5トン~30トン

ダブルデッキクレーン：2×10トン~30トン

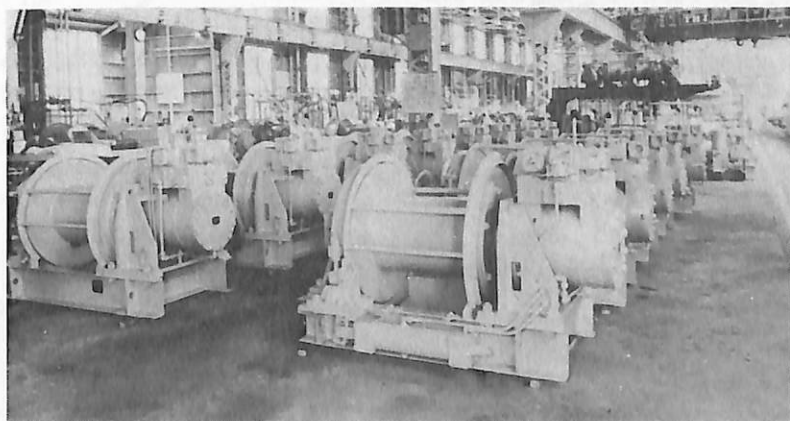
ハイドロウインチ：カーゴウインチ (油圧モータ直結型) 3トン~10トン  
ヘビーウインチ

10トン~30トン

ムアリングウインチ

5トン~30トン

ウインドラス 8トン~50トン



# 特集・北方資源開発

## オフショア石油の潜在予測と 北海および北極海での掘削現況

The Potential of Offshore Oil and Activities  
in North Sea and Arctic Sea  
by Tamio Ashino

芦野民雄

人類の科学技術の目覚ましい発展のため、世界のエネルギー需要は急上昇の一路を辿り、今や燃料資源の枯渇が目に見えて来た。西ドイツESSO社の調べによると、1975年の世界の原油生産量は、前年の6%減で27億Tであるという。陸上資源の枯渇に対処して、資源を海底に求めだしたのは当然であろう。海底石油掘削は1950年頃から盛んになり、1969年には28カ国が掘削を始め、油井の数は1万に増加している。1970年には、全世界の産油量の17%が海底から供給されていたが、1974年には22%となり、今後は飛躍的に増大する見込みである。

1976年現在、海底石油掘削のための大型リグユニット350基内外が、全世界の大陸棚に散らばって活躍している。また、全世界で127基のリグユニットが発注されていて、29基は掘削船、50基はジャッキアップ型そして48基は半潜型である。最近の半潜型リグユニットは、1基当り40億円～45億円と言われていて、日本でも今までに20基を納入し、建造中または手持ちのもの18基をかぞえる。石油資源に恵まれぬ日本は、せめて掘削リグを輸出して、石油生産に貢献していると言うべきであろうか。

日本は、1日当り55万トンの油を輸入していて、毎日、日本のどこかの港に30万t級の大型タンカーが2隻ずつ入港している。換言すれば中近東から日本まで、30万Tタンカーがベルトコンベアのようにつながっていることになる。このベルトコンベアがストップしたら、日本の工業活動は一挙にストップせざるを得ない。われわれとしては、石油資源に関心を持たざるを得ないわけである。

世界の、オフショア石油の潜在見込みについて調べ、将来必ず開発されるであろう北極海の掘削活動と、それにやや似た環境下にある北海での掘削現

況とにスポットを当ててみた。

### 図 オフショア石油の潜在見込み

過去5カ年にわたる海底油田探査の結果を、総合的にまとめてみると、潜在見込みの多い海域は、メキシコ湾北方、北海、ベルシャ湾、ジャワ海、カリマンタンの東北海域、中央西アフリカの大陸棚、スペイン東海岸沖等である。まだ探査が十分には行なわれていないが有望と思われる海域は、カナダ北西部のBeaufort海、LabradorとGreenland西部の大陸棚、メキシコ湾、西アフリカ、アンダマン島南部海域等である。

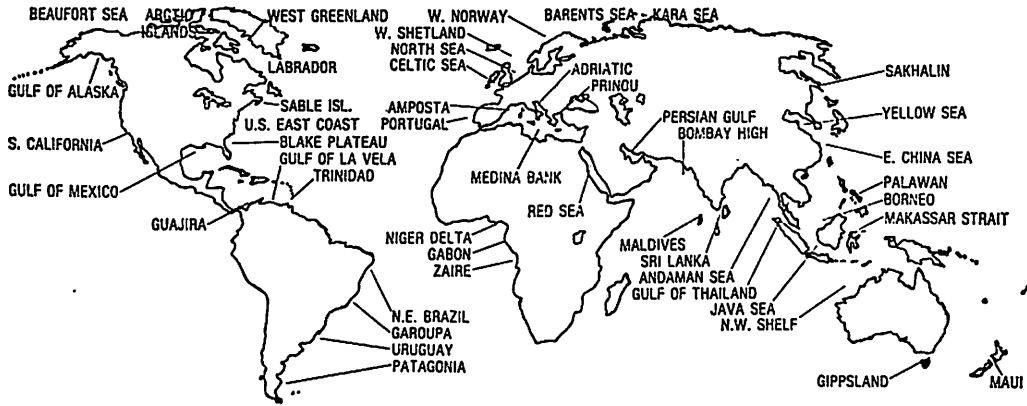
かなり有望であるが未開発海域としては、アメリカ東海岸、アラスカ湾、ベーリング海、ベネズエラ湾、アルゼンチン大陸棚、ノルウェイ中央部西海岸沖、バレンツ海、地中海の一部、東支那海等である。

油よりも天然ガスが多量に埋蔵されていると推定される海域としては、アラスカ湾、アメリカ東海岸、東支那海である。

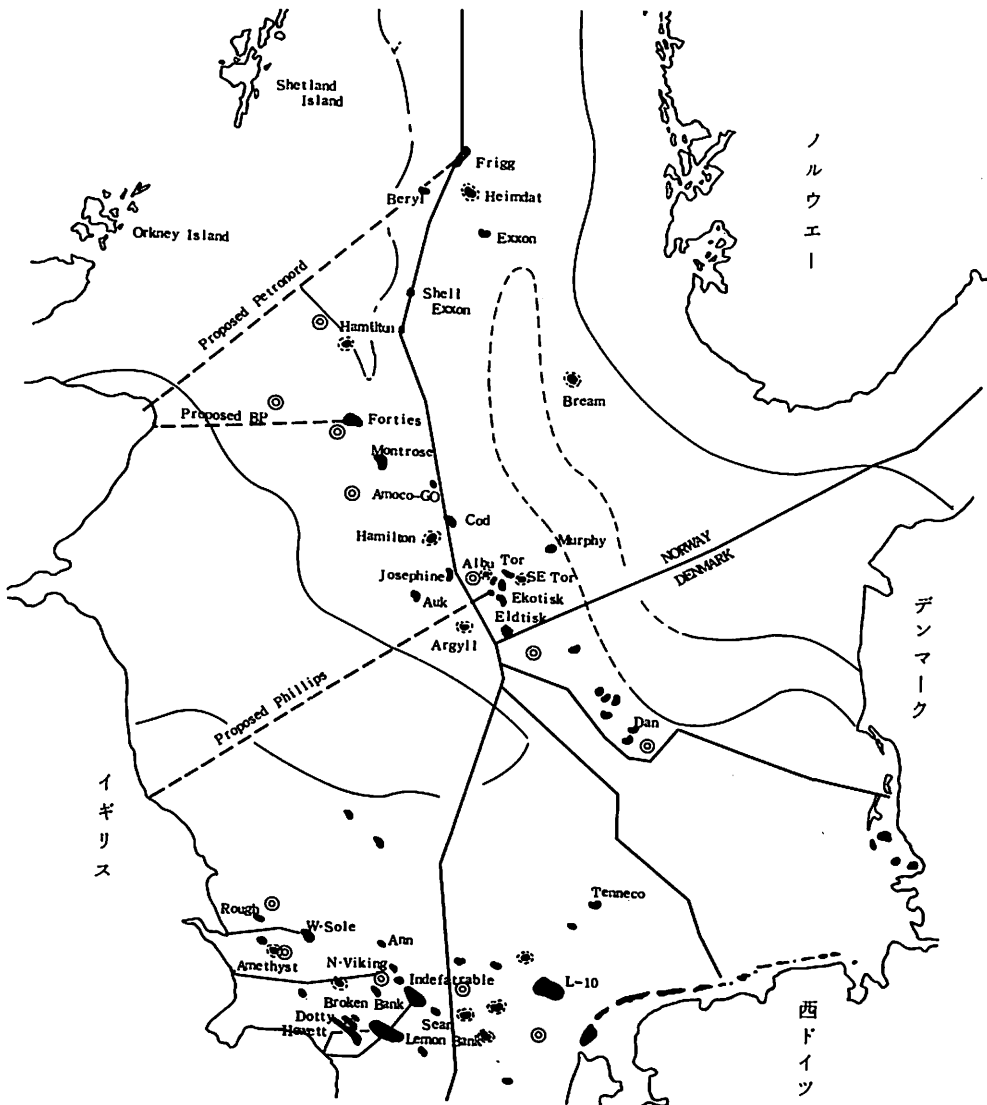
ソ連最大のオフショア石油資源は、カスピ海と黒海とに在るが、ソ連の北極海に接する大陸棚とくに、バレンツ海東部海域とカラ海には、油潜在の可能性が高い。ソ連の太平洋側大陸棚は、サハリン沖を除いては、地質学的に望みが薄い。支那大陸内での石油掘削活動は盛んに行なわれているというが、その詳細については不明である。

### 図 北海における石油掘削の現況

北海における石油掘削は、メキシコ湾に次いで盛んになってきている。1976年の初めには、この海域で稼働している掘削リグユニットが、42基に増えて



オフショア潜在石油の分布



北海大陸棚の国際画定

いる。

北海の大陸棚は、イギリス、ノルウェイ、オランダ、デンマーク、西ドイツの5カ国で、1964年に国際画定を行なって、各セクターに別れて開発を実施している。西ドイツは、自国領海が少いというので、ヘーグの国際法廷に提訴して、北海にくさび型に細く自国領海を増やすことに成功している。

1974年に、巨大油田 Statfjord と Ninican が発見され、今までの油田は小さなものばかりだったが、巨大なものがまだあるということが分り、それ以後も油田が発見されつつある。活動の主分野の中央部59°Nと62°Nとの間の、Viking Graben と言われるところである。ここでは、ジュラ紀の斜め断層から油がでていいる。巨大な Brent 油田、Statfjord 油田もここにあって、1975年における Statfjord の拡張により、埋蔵量の増加は、40億パーレルの油と、5.25兆ft<sup>3</sup>の天然ガスと推定されている。最近さらに発見されたのは、Statfjord の北西の Murchison と、その30 mile 西方の Tern とである。Viking Graben からさらに南方150 mile に在る Brae の Pan Ocean's 16/7-1 油井は、1975年の調べでは、12,000 ft 深度で500 ft 厚さのジュラ紀砂岩から22,000 bpd の噴出をみている。引きつづいて Brae 油井の南西5マイルの浅い所で、暁新生紀砂岩からの油井も発見されている。

スコットランド北方の Moray Firth 海盆は、複雑な無数の断層とジュラ紀の火山岩とできており、地震探床がむつかしい。しかし1972年終りの Piper 油田発見以来、幾多の油井が発見されている。1975年には Buchan 油田の第2油井を掘ったところ1,524 ft の油の柱を掘り当てた。そして394 ft の異質鉱物集合間隔を置いて、油井は18,827 bpd の割で採取できるようになった。油の出る層は主としてジュラ紀地層とその下のデボン紀砂岩からである。

北海油田から陸上に、パイプラインで油が送られたのは1975年の10月が始めてであって、イギリスの Forties 油田から、スコットランドの Peterhead 近くの Cruden 湾へ送られたもので、その年の終りには、60,000 bpd の割合で輸送されている。ノルウェイの Ekofisk 油田では、初めはタンカーに積むだけであったが11月にはイギリスの Teesside、へパイプで送られ、1976年1月には、プラットフォームの火災で切りつめられたが、246,000 bpd の油送量となっている。これに加えるに、イギリスの Argyll 油田からは、22,000 bpd の割で、タンカー群に油を積

込んでいて、1976年には、イギリスの Auk 油田から、最初の油がタンカーに積込まれる予定である。

北海では悪天候その他の関係で、建設、採油等がおくれているが、Brent, Beryl, Piper, Montrose 等の油田が1976年末に産油しだし、その他の油田も1977年から1978年に産油を始める予定である。北海イギリス領の埋蔵量は125億パーレルで、ノルウェイ領65億パーレルと推定されている。天然ガスの方は、イギリス領42兆ft<sup>3</sup>、ノルウェイ領30兆ft<sup>3</sup>、オランダ領12兆ft<sup>3</sup>である。

北海のイギリス領海南部のガス生産はピークに達している。新しいガス田 Amethyst も1975年の終りからガス生産を始めた。イギリスにおける天然ガス需要の増大は、Frigg ガス田からのパイピングが、1977年にスコットランドの St. Fergus まで延ばされ、1979年に Brent ガス田からの供給がうけられるようになって始めて充たされる予想である。

北海オランダ領でも、過去数個の油田が発見された。1975年半ばには、Placid's L/10 ガス田のガスがオランダの陸上ターミナルまでパイプで搬ばれ、その一部は西独に送られ、残りはオランダ国内需要を充たしている。1976年には Pennzoil-Noordwinning の K/13 油田が生産を始め、36in. 直径、75マイルのパイプラインで、Den Helder 近くの海岸ターミナルまで搬ばれる。

1975年現在で、北海で最も深い油井は2つあって水深745ftである。将来はさらに北方に、もっと深い油井が掘られる予想である。この海域のライセンスは、深海掘削技術がもっと進歩するまで発動されず、やるとしてもノルウェイの会社にだけ与えられる予定である。

ノルウェイの北方、バレンツ海の海底は地震探床の結果、無数の都合の良い地質とセジメントとがあることが分った。この海域は、北極圏の遙か上になるが、結氷は少くノルウェイ中部海岸沖よりも深度が浅い。ノルウェイ石油統合本部理事会は、1977年から掘削する深海油井の場所をえらぶため、この海域の地震探床を実施している。バレンツ海以北のこれ以上の開発は、ノルウェイ、スピッツベルゲン、ソ連の大陸棚策定が決まるまで、実施が保留されている。

次に、北海で活躍する機器の詳細について述べると、1975年7月に Beryl Platform A と言われるコンクリート製 Condeep Platform (350,000 ton) がノルウェイの Stavanger から5隻の強力なタグボートで、5日半がかりでイギリス海域の Beryl

油田まで曳航され、そこに据えられた。さらに1ヵ月後には、別のもっと大きなコンクリート構造物が Stavanger から Brent 油田 (Shell/ESSO) へ搬ばれて、水深140mの海域に設置された。

厳しい北海の環境の下で、事故も2件起きている。その1つは1976年3月1日、Aker H-3 Deep Sea Driller の事故で6人の生命が失われた。もう1つは1975年11月1日、EKofisk "Alpha" 生産プラットフォームの火災で3人の生命が失われた2件である。

建造中の最新の掘削船としては、イギリスの Scott Lithgows で建造中で、1976年末完成予定の Ben Ocean Lancer を挙げることができる。本船は Chevron Overseas Petroleum 社へ引渡されるもので、自動船位保持装置を持ち、160ft のピラミッド型掘削デリックを持ち、13ノットで移動できる。特徴としては、-15℃から+35℃までの気候のもとで使用できることで、しかも45~65ノットの突風下で、潮流2ノット、12秒間隔の16ftの波浪中で、水深1,000ftの海底の油井を掘ることができる。

従来、完全な油の輸入国であったノルウェイは、今や北海の石油掘削のおかげで、油の輸出国となっている。ノルウェイが、現在の規模で生産を続けると、10年後には、西ヨーロッパ全使用量の10%をまかなうことができるという。1975年には、26の試掘と拡張を行ない、22井を完成している。1976年には更に20井の試掘を予定している。EKofisk 油田は、1975年に6,900万バレルの油を産出し、1976年には更に増える予想で、ノルウェイ政府は1975年だけで、ロヤリテイ N. Kr 12,500万と、リース料N. Kr 9,400万を得ている。

Ekofisk 油田は開発の最終段階を進めており、その計画は、西 EKofisk, Tor, Cod, Edda, Eldfisk, Albuskjell 等の油とガスとを、EKofisk センターに集めて、必要な方面にパイプを送ろうとするものである。そのため、12脚の生産プラットフォーム2基が設置され、残りの4基は、オランダ、ノルウェイ、フランスで建造中で、1976年秋に据付けられる予定である。

ノルウェイ工業相の発表によると、EKofisk, Statfjord, Frigg だけで、1980年には7,200万トン相当の石油とガスを生産し、1984年にはそれが7,800万トンに増産される予想であるという。

1976年6月現在、北海で稼働している5カ国の掘削リグユニットは41基あって、右表に示す通りである。

リグ名称	会社名	ブロック
○西ドイツ・セクター		
Chapparal	Brigitta	A/6
○ノルウェイ・セクター		
Deep Sea Saga	Amco	2/8
Norskald	Mobil	33/12
Ocean Victory	Deminex	8/9
Ocean Viking	Phillips	2/10
Chris Chenery	Shell	1/6
Palyglomar Driller	Norsk Hydro	30/7
Ross Rig	Statoll-ESSO	15/12
○オランダ・セクター		
Penrod 58	Placid	L/10
Penrod 64	Placid	L/10
Penrod 65	Kewanee	P/6
Transocean I	NAM	K/14
Transocean II	Petroland	L/7
Zapata Explorer	NAM	K/8
Zapata Nordic	NAM	K/4
○デンマーク・セクター		
Maersk Explorer	Dansk Underground Conсор.	DNV-1
Orion	Dansk Underground Conсор.	Dan field
○イギリス・セクター		
Sea Quest	BP	23/26
Deep Sea Driller	ELF	10/1
Venture One	Placid	29/2
Dyvi Alpha	Mobil	9/13
Pentagone 82	Conoco	211/19
Norjarl	Conoco	211/19
Dundee Kingsnorth	Conoco	16/23
Drill Master	Texaco	15/29
Ocean Kokuei	Chevron	3/3
Ocean Rover	Phillips	15/27
Ocean Voyager	Shell	210/25
Zephyr I	Texaco	16/16
Odin Drill	Pan Ocean	16/17
Penrod 71	Trans Ocean	15/18
Stadrill	Shell	211/21
Sedneth 701	Ranger	23/27
SEDCO 135F	Amco	211/27
SEDCO 700	Shell	211/21
SEDCO 703	BP	211/12
SEDCO 704	Mobil	9/13

Western			
Pacesetter I	Slebens		2/10
Zapata Uglund	Total		3/9
Guittide	Phillips		49/11
Britannia	Conoco		49/12

上記以外に、Neptune 7, Transworld 58 等10基は生産プラットフォームに改造、メンテナンス等のため北海々域にある。

### 図北極海における石油掘削活動の現況

その厳しい気候と結氷のため、海底石油掘削等を夢にも考えていなかった北極海も、エネルギー需要の急増に伴い、この数年来本格的に取り組まれるようになった。

北極海は、一番手をつけられていなかった海で、19世紀の終りになって、始めてその輪郭地図が出来上っているが、人跡未踏の所が多い。1949年の終りまで、北極海は一つの大きな深い海盆であると考えられていた。

1968年に、アメリカ北極海のノーススロープに石油が発見されてから、始めて地質学者達が、北極海についての研究調査をやり出した。

北極圏は特異な所である。その70%が海で、その3/4に大陸棚がある。北極海の下は海床は、泥土と細い亀裂とでてきているが、後期中世代と第三期砂岩のあるところは、上まで砂がある。

北極海に埋蔵されている油は、既に分っているものだけで、中近東よりも4,000億パーレル多い。シベリア、プルドホエ湾、ノーススロープ、カナダ北極諸島等での今後発見されるものを除いての数字である。

ちょっと想像しただけでも、北アメリカの北極海だけでも、推定最大量は1,600億パーレルの油と、750億 ft<sup>3</sup>の天然ガスがある。カナダ北極海は、アメリカの未開発保有量(9,000万パーレルの油、230兆 ft<sup>3</sup>の天然ガス)よりも多い。

北極を取巻くアメリカ、カナダ、ソ連、ノルウェイ、デンマーク(グリーンランド)各国別にその埋蔵資源と開発現況を調べてみる。

#### アメリカ

アラスカのノーススロープは Chukchi 海から西へ、ポフォート海から北へ伸びている。チュクチ海の大陸棚は広く平坦で、シベリアへ向って伸びている。ポフォート海のポイントバローから、大陸棚は

東方へ48km、西方へ80kmも広がっている。

北極海々岸に沿っての地勢は変化に富んでいる。海岸近くは浅く無数の砂の島が散在し、岸から24kmほど離れた、これらの島々のあるところは、水深の深い所で6~9m程度で、沖にゆくと深くなる。ポフォート海の大陸棚は、更新世の海岸平原と新しい砂利、砂、亀裂などでできているのに対して、チュクチ海の大陸棚は準平原タイプで、大きな特徴は、波浪と氷によって造られたものである。

アメリカの地質調査班のしらべによると、チュクチ海は恐らく3,000m厚さのたい積岩よりなる第3紀層セジメント海盆であろうとしている。従って52,000km<sup>2</sup>の広い断層たい積岩で覆れているという。従って第一番目の開発目標である。

何百万ドルに値する海域が、プルドホエ湾で見つかった。ノーススロープ埋蔵の3/4はプルドホエ湾に在ると言われている。専門家筋では、さらに、3,500~4,000パーレルの油がプルドホエ湾に在ると見ている。

昨年1月に、Arco はプルドホエ湾の海中の島を試掘したが、9,994~11,815 ft の間で、油、水、ガスを掘り当てている。ある場所では78 ftの厚さに1,350 bpdの油と7MMcfdの天然ガスを発見している。

ガス埋蔵は、当初予想を遙かに上回り、北アラスカの場合は、陸上よりオフショアの方が多。

ポフォート海の探床をした地質学者達は、多量の資源を埋蔵している砂層を発見しているが、アラスカ北極海の探査には、もう3~4年が必要であるという。

これら北極海にねむる油資源を採取するためには、厳しい環境下で幾多の新しい技術開発を先行せしめねばならない。まず海上輸送のコストを下げるための技術開発として、Humble Oil & Refining社では、プルドホエ湾からアメリカ東海岸へ、砕氷タンカーを使ってトン当り8ドル以下で搬ぶ案を出している。General Dynamics社では、潜水タンカーによる方法を研究中である。

次に油を搬ぶための深海ターミナルを考えねばならぬ。固定した Cook Inlet 型や、パイとパイラインを組合せて全没させて結氷に応じて、上下することができるもの等が考えられている。カナダ北方経由で河川を利用する輸送法もあるが、結氷時期もあるので、ホーパークラフト輸送も考えられている。

次に大切な研究開発は、環境保全と気候の変化に



対応する技術開発であろう。ツンドラに対する研究もその1つである。また、紀元2,000年にどう気候が変わるかについての2つの意見がある。その1つは、二酸化炭素がどんどん空気中に増え、地球の大気が暖まり、両極の氷がとけだすという意見と、他の一つは、120年周期の両極熱冷サイクルに加えて、文明が大気を汚すため、太陽熱の地球到着を阻み、その割合は過去100年間分を、今後の20年間で行なうという説とである。私はむしろ、紀元2000年には極北アラスカは冷えて来て、19世紀後半に起きたような氷に閉ざされるのではないかと思う。

また、北極の踏査をはばむものは、塩水が28°F(-2.1°C)という低い温度で結氷するからである。そこに耐氷船や耐氷ターミナルを造るむずかしさが在るようだ。

耐氷船の船首は Southwest Research Institute で考えているような、上向下向に繰返し破碎するものか、ソ連が使っているような水キャノン方式で行けるであろうと想像される。これらの研究をアメリカは鋭意行なっているのが現状である。

#### カナダ

1960年代に入ってから、カナダ領北極海の石油と天然ガスの開発活動は漸次、増加して来た。1968年のアラスカのブルードホエ湾における石油の発見が刺激となって、さらに中近東からの油の供給が不確実になったことがそれに拍車をかけて、油の探査にますます力を入れることになって来た。カナダ領では、石油埋蔵の有望な場所として、(1)マッケンジデルタとポフォート海、(2)北極諸島とである。

陸上における石油掘削が、油井1本当たり200万ドルかかるのに対し、マッケンジデルタに人工島を造って掘削する場合は500万ドルかかる。

現在のところ、上記海域ではまだ僅かの油とガスとしか発見されていないが、石油探査活動と一緒に、輸送方法についての調査活動がすでに行なわれている。2つの方法が競争して計画されていて、その1つはブルードホエのガスをパイプでアラスカを横断して、LNGタンカーでアメリカ西海岸へ輸送するという El Paso Natural Gas 社の計画と、もう1つは、マッケンジデルタから南カナダへパイプ輸送する Albert Gas Trunk 社の計画とがある。これと同時に Polar Gas 社は、北極諸島から、パイプまたはLNGタンカーあるいは両方を併用して搬ぶ計画を検討している。

カナダの大陸棚は広く、東西海岸、北極側、ハドソン湾を合計して大略4,000平方キロメートルあ

る。しかしこれら海域での開発には、従来の方法や機器を使うと著しく不利である。カナダを取巻く大陸棚は、氷山と定着氷が流れ、強風、荒海、零下の寒気のもとに補給基地も遠い。

油掘削者達に、氷山通りと呼ばれているラブラドル海岸に沿った海面には、2,500万トンと推定される氷山が流れる。そして80ノットの強風下20mの波浪の中でも作業せねばならぬときもある。

東部海岸沖合では氷山、小氷山、流氷があって、掘削できる期間も、1カ年の中4~5カ月だけである。

氷山の多くは非常に大きく、海底にスコアリングにより大きな、時には300ftも深い切欠きを作る。この切欠きは何キロメートルという長さにもおおよぶ。風や海象や波浪の高さは、北海の場合と同様である。

カナダ北極海は、油資源採取の重要な所で、寒気と氷とは、北極海側海岸にはつきものであり、最北方地方は1年中氷で覆われている。北西航路の回廊である Lancaster とか Jones Sands は、1年の中2カ月は解氷する。北極海でも南東海域の一部は、年により解氷する部分があり、南西の Severdrup では1年中氷結している。

ポフォート海は、あまり荒れない。というのは、解氷している所が一部しかないからで、波浪の発生がまれにしかないからである。秋に起る嵐は、ポフォート海に流氷を起す。

内陸には定着氷があるので、これが流氷となることがあり、最も大きな流氷はパフィン湾とポフォート海で見られる。普通パフィン湾では、流氷と小氷山とは西へ向かって流れる。

北極海の水深は、1,500~3,000ftである。海床のスコアリング(洗掘り)は、ラブラドル海ほど大きく、ひどくはないが、スコアリングがあるとすれば、島のまわりにせまい条痕を造って起る。ポフォート海西部海域でのスコアリングは、海岸から25哩の所で起る。深度160ftの海床には大きなスコアリングが起り、深度240ftの海床に起ることもある。

掘削者達は、氷山が、寒気、風、海象、波浪などよりも一番おそろしいことを知っていて、現在掘削、輸送上の最大問題点となっている。掘削中に来る氷山に対しては2つの方法しかない。小さな氷山なら、衝突する大部前に方向を変えさせることができる。大きな氷山に対しては、こちらが逃げるより方法がない。大氷山を破壊したり、方向を変えさせ

る方法、または氷山の衝撃に耐えうる機器は、今のところない。

氷山が襲ってくる前に逃げ出さねばならないので、半潜没型やジャッキアップ型よりも掘削船型の方が良い。大氷山が“安全圏”内に入ってきたら、掘削軸を切離して、その位置をすばやく移動せねばならない。掘削船なら自動船位保持装置を持っているので、掘削軸の切離し再結合が楽にできる。

カナダ領北極海の環境は厳しく、カナダ政府は環境調査だけに450万ドル～500万ドルの投資が必要である。何故なら、知らねばならぬ基礎データがいっぱいある、たとえば潮流、潮汐、風、氷、生物資源等が一切分っていない。

マッケンジデルタはミシシッピデルタに似て、多量の水が流れていて、石油埋蔵のポテンシャルが高い。デルタには浅い入江が多く、濁って塩分が低く、深さが2～60ftで、低い一次、二次生産性を持っている。住んでいるのはインディアンとエスキモーとで、多数のあざらし、北極きつね、北極ぐま、しろいか等にかこまれていて、彼等の生活の資となっている。北極氷の下の海についてはまだ何も分っていない。氷山こそないが北極氷の割れた氷盤がポフォート海に流れている。永久凍土地帯は、陸上だけでなくオフショアから海底まで延びている。その特性についてもまだわかっていない。

北極地方では地球表面のすぐ下に高圧層があるので、油の噴出は容易である。何十年も氷板の下にとじこめられた漏洩油の、海洋生物に対する影響についてもわかっていない。

マッケンジデルタの浅海では、掘削のために人工島が造られる。Imperial Oil社によって造られたものは、海底または地上からの砂利と土壌を盛上げて安定性を持たせたものである。しかし試作第1の人工プラットフォームは、異状に高い地圧のため放棄せざるを得なかった(Immerk)。第2の人工島(Adgo)から油が発見された。造り方によって違いますが、こういう人工島は、500万ドルから1,000万ドルもかかり、掘削が終ると、波と潮汐で崩されるままに放棄される。

ポフォート海の深い所では、掘削船が必要である。現在カナダ政府が認可している掘削システムは4隻の砕氷船を配した2隻の耐氷掘削船とヘリコプターとを使うシステムで、1億ドルはかかるといわれている。4隻の砕氷船は、氷盤を邪魔にならぬよう排除する役目を持つものである。

北極諸島沖では、氷盤上からの掘削が行なわれて

成功している。この辺の氷盤は、1年中ほとんど移動せず非常に安定しているからである。

次に油がみつかったら、それを北極海域から南方のマーケットへ輸送せねばならない。現在島と島との間をパイプでつなく研究等が行なわれているが、ルートの一つは537マイル、実に10回にわたって水深900ftまでの氷海をパイプで横切らねばならない。この海域の海は氷の厚さ10～12ftで、1年中凍結している。そのため砕氷型のパイプ敷設バージが考えられているが、パイプは42～48in.直径で、水深600～900ftなので、技術的にも経済的にもレイバージを使うことは出来ない。レイバージの代りに、溝掘り機で氷に溝を掘ることが考えられていて、そのため海底または海底近くの輪郭を調べる調査が行なわれている。

砕氷タンカーも輸送方法として考えられている。またLNG処理プラントも北極諸島の東側は、タンカーが近寄りやすいので、そこに設置する計画が検討されている。上記いずれも検討、調査中で、まだ実施には至っていない。

マッケンジデルタからの横断パイプラインは、政府の許可が下りるとすれば、50億ドルという世界最大のプライベート・プロジェクトとなる。また北極諸島からのパイプラインは60億ドルとなるが、カナダ政府としては、上記いずれか1つだけを許可する方針であるが、いずれにせよ一番問題となるのは、48in.直径のパイプを2,500マイル、または3,000マイル分確保することであろう。

上記述べたプロジェクト以外に、Athabaska Tar Sandsの開発があり、ハドソン湾、ノバスコチアの石油開発プロジェクトもある。これらを総計すると350億ドルになる。そして1970年代の終りでも、カナダの国家総生産は1,700億ドルにしかならない。従って1つのパイプライン・プロジェクト500万ドルでさえ、“カナダの財政負担に深刻な影響をもたらすことになる。

一方、マッケンジデルタと北極諸島に住む原住民との間の社会問題についての考慮もある。この45万平方マイルにはインディアンとエスキモーとが住んでいて、狩猟、漁獲を営んでいる。彼等の權益を奪わず、彼等の労働力を使って開発を進めねばならない。

1980年代には、カナダもアメリカも天然ガス需要が不足することは明らかである。従って出費はかかるが、カナダ領北極海の油と天然ガスの開発は進めねばならない。

## ソ連

ソ連は、最大の燃料資源が、西部シベリアとユーラシア北方の北極海の下に埋蔵されているという確信を持っている。これは推測ではあるが、カラ海、バレンツ海の岸近い陸上での採油成功からみて、その埋蔵が現実視されている。

カラ海、バレンツ海とも夏季を除いて結氷しているが、ソ連としては、北極海で一番とりつき易いところで、ムルマンクス近くのノルウェイ国境から、東方ベーリング海峡まで 3,500 mile 延びている海域である。この海域は深いところでも200m以内で、その70%特に北極寄りのところは水深100m以内で、有望な大陸棚の面積は 2500万km<sup>2</sup> (965,000mile<sup>2</sup>) ある。

ソ連の北極海開発は、次の理由で遅れている。

1. ソ連はカスピ海以外にはどこにもリグがない
2. ソ連のオフショア技術は、自由諸国のそれより遙かに立ちおくれている。
3. ソ連は陸上の石油開発（とくに西部シベリア）に全力をあげていて、多くの陸上油井がまだ残っている。
4. ソ連の北極海—西部海岸沿いの大陸棚—は、ガス埋蔵は多いが、ソ連のほしいものはむしろ

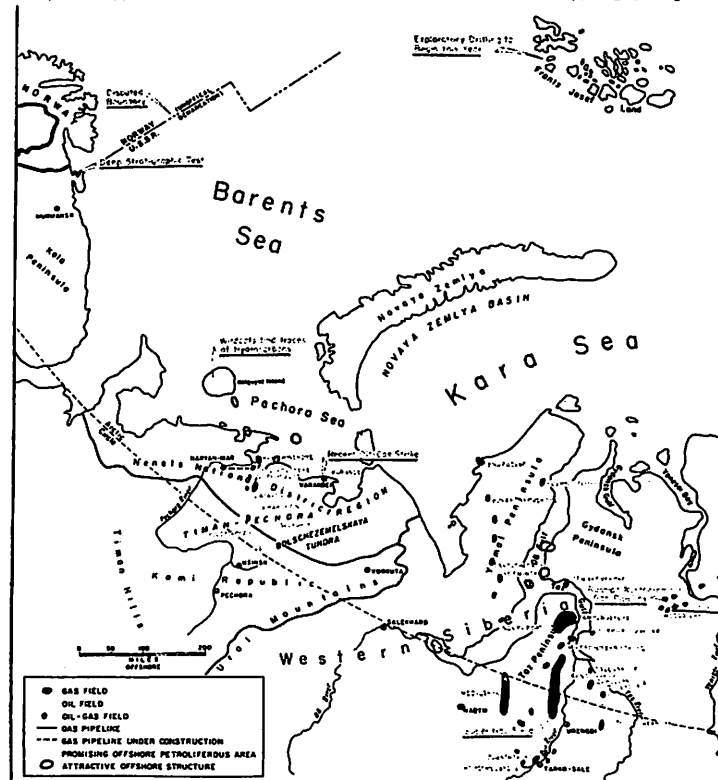
石油である。

今年の初め、ソ連のガス保有量の半分は大陸棚にあると発表した。石油については何等言及していない。大陸棚埋蔵の石油は、ガスよりは少ないと推測される。

1960年代にソ連の地質学者達は、2,000年までにはソ連大陸棚のガス埋蔵量が 800兆ft<sup>3</sup> あることが調査してわかるだろうと発表している。その中の388兆ft<sup>3</sup> つまり48.4%は、西シベリアのカラ海大陸棚にあるという。ユーラシア北部のバレンツ海にも106兆ft<sup>3</sup>、つまり13.2%が埋蔵されている。カラ海とバレンツ海の大大陸棚には、全ソ埋蔵量の61.6%が埋蔵されていることになる。

ソ連東部北極海—ラフテフ、東シベリア、チックク海—については言及されていないが、埋蔵見込みの多いところである。いずれにせよ、これら海域は、ソ連の工業センターから遙かに遠く離れているので、探査も今世紀の終り頃となると推測される。

1970年代に、西部シベリアとユーラシア北東端の陸上を試掘した結果、その大陸棚に膨大な天然ガスがあることがわかった。カラ海、バレンツ海の海岸を試掘したら、油が海底の下に拡がっていることも確められた。



西部シベリア、ユーラシア上方のソ連北極海

カラ海における最大の発見は、1974年5月に、ヤマール半島西岸の北極圏から北に300mileの所、カラサベイという所の半分陸上半分オフショアの場所に、1兆m<sup>3</sup> (35.3兆ft<sup>3</sup>)のガス田が発見されたことである。最初の油井は海から僅か100mの所に掘られた。しかしその後一向開発を進めようとしていない所を見ると、本格的に開発するのは十年後にする模様である。

ヤマール半島は、北極圏から北に450mile突き出ている、全地域ツンドラが覆っているパーマフロストの場所である。ソ連の発表によると、この半島全部と浅いカラ海とオビ湾の東部にはガスが埋蔵されているという。カラ海は1年の中9カ月は氷結していて、平均深さ400ftで、一番深いところは2,000ftある。

カラ海の全海域は340,000mile<sup>2</sup>

で、ソ連オフショアオイルとガスの99%を生産しているカスピ海の広さのちょうど2倍ある。有望な海床は、ヤマール半島から西北部のノバヤゼムリア島南側のノバヤゼムリア海溝まで200 mile にわたって拡がっている。ヤマール半島では、現在までに少くとも9カ所のガス田が発見されている。本格生産には入っていないが、生産を始めようとするれば容易であろう。というのは、これらガス田は280マイルの長さで一直線に並んでいるからである。

1976年に北極圏から1,000 mile 北の Franz Josef 島の試掘を開始した。世界で最も北に在る島である。

#### ノルウェイ

ノルウェイにおける北極海の石油開発は、来年ノルウェイ北端の Finnmarks 台地の北東での試掘が始められてから、漸次ははっきりしてくる予定である。今日まで集められた資料によると、エネルギー資源の埋蔵が裏づけられている。セジメントは海岸を離れるに従って厚みを増し、古世代の後期中世代前期のものと思像される。

ノルウェイからスバルパード島へつづく大陸棚は、世界中で一番広くかつ浅いので、開発するには便利である。スバルパード島沖合での探床では、岩石の層が非常に密で掘削しにくく、多孔性は5~6%と非常に小さな値である。

このスバルバル諸島へ対するノルウェイの管轄権はスバルバル協定で制約されていて、島とその周囲の海域の経済活動に対しては、署名した40カ国が同等の権利を持っている。ノルウェイ政府は、スバルバル諸島とノルウェイ間の大陸棚は、ノルウェイの管轄権があると主張している。すなわち、スバルバル諸島それ自身の大陸棚というものではなく、従って200mileの経済水域もないと主張している。

ノルウェイの北極海石油開発には、もう1つの主権問題がからんでいる。それは、バレンツ海におけるソ連との国境線の問題である。両国代表が1975年の終りに2カ月にわたって合議したが、意見の一致がみられなかった。

ノルウェイは1958年のジュネーブ会議で決まった両国中間線を国境とする提案をしたが、ソ連は、各種特殊条件があるから、もっと西へもってゆくべきだと主張して、物別れとなっている。

ジュネーブ会議の決論は、両国をつなぐ大陸棚の境界が決まっていなるときは、両国相互理解のもとに決めるとしている。もし両者に協定がなく、別な原則を決める特殊条件がなければ、中間線を境界と

すべきであるとしている。

ソ連は、国境線をはるか西方に持ってゆき、自国大陸棚を150,000 m<sup>2</sup> (58,000 mile<sup>2</sup>) 増大すべきであると主張する。理由は、バレンツ海は、コラ半島のソ連軍基地から、1年中出入りできる唯一の海域である。南東バレンツ海の特徴は、ノルウェイに属するというよりソ連にだけ属するものである。ソ連地質学者に言わせると、この大陸棚はソ連大陸の延長であると主張しているが、ノルウェイは、それを認めていない。

#### デンマーク、グリーンランド

調査の結果は、Davis 海峡とグリーンランド南西海岸沖にエネルギー資源があることがわかった。今最大の焦点は Holsteinsborg を基地とする Sondre Stromfjord 沖合にむけられている。

1975年に、デンマーク政府は、グリーンランド西部の Davis 海峡の石油掘削権を、石油会社20社で作っている6つのグループに与えたと発表している。ここのオフショアで面白いのは、白亜紀から鮮新紀の黒いれきせい泥板岩が露出していることである。Disko 島および西グリーンランドの Nugsuaq 岬で、1976年夏、岸から75マイル離れた水深600フィートの所を、Gulf および Aquitaine グループが、最初のワイルドカットを行なっている。ここから北極へかけての調査は、今後行なわれる予定である。

グリーンランド沖合については、まだ確定度が多くないが、デンマーク政府から10年契約でライセンスをとったグループ達は、最初の3年間に9,000万ドルを費し、残りの7年間に18,000万ドルを使って探査試掘を行う予定を組んでいる。この10年間で発見できたら、探掘権は30年間延ばしうることになっている。問題は、グループ達が、こんな苛酷な天候下で、経済的に引合ぐ油を開発することができるか、またオランダ政府とライセンス条件を変えるように交渉するか、の2点にあるようだ。

いずれにせよ、Total-Gulf-Aquitaine グループは、掘削船ペリカンを借りて、1976年5月から Davis 海峡で掘削を始めた。最初はハドソン湾近くのパツフィン島沖180m深度の海底を3,600mまで掘削する予定である。さらに6月には、Cie. Francaise des Petroles 社がグリーンランドの他のブロックの試掘を始める。他のグループも、本年中に始めるが、石油は早くても1980年前に出ることはむずかしいようである。

## 海外事情

### ■海上における安全：スカンジナビアの新しい救命艇試作実験

LNGだ、Chemical Tanker だ、と不況にあえぐ造船界は高付価々値船に注目はするが、未だに耐火救命艇について研究投資を行なったというレポートを知らない。

ついこの前まで、世界の造船の半分を建造し、わが世の春を謳歌した日本造船界も、こと技術開発力に関しては問題があるようである。

本稿は同じく不況にあえぎながらも、IMCOと密接に連絡をとりながら、新しい救命艇を試作研究するノルウェー造船研究協会等の活躍を紹介するペーパーである。(Shipping World & Shipbuilder July 1976)

既存の救命設備を改良し、新しい救命システムを開発するために、スカンジナビアで2組の研究が行なわれた。その1は、NMD (Norwegian Maritime Directorate)の後援で、ノルウェー造船研究協会がIMCOと密接に連絡をとりながら研究を進めているもので、試作研究の対象となった救命システムはいずれも次の目的を前提に検討された。

(1)乗艇のチャンスを最大にし、進水前に乗艇完了を

目標とする。

(2)本船沈没時、格納位置にて救命艇内部からレリーズ装置を操作して浮上せしめ、一定深度から自動的に浮上し、または高速で1本のフォールで降下させるか、20メートルの高さからヒール30度、トリム15度の状態で自由落下させ得ること。

(3) 寒冷、酷暑、火焰から保護されていること。

実物大のモデルによる20メートル高さからの落下実験では、艇体と乗員に致命的な損害はなかった。

もう一つの興味ある安全カプセルは、NVを中心に開発された方法で、その3つのファンクションは、

(1)本船に残っているクルーに、耐火居住区を与えること。

(2)本船沈没時には、キャビンは自動的に開放切り離されて浮上する。

(3)火勢はなほだしいときは、自由落下によりキャビンごと脱出する。

というものである。40人を収容する長さ6.8m×巾6.2m×深さ5.8mのこのカプセルは、やはり実物大モデルが20m高さから自由落下テストされた。

いずれの方法も鋼製カプセルの自由落下または浮上脱出をアイデアとしているが、前者は救命艇からの発展、後者はアコモデーションカプセル切り離しを狙った興味ある研究であり、未だにFRP製耐火救命艇一つ満足にできないわが国の開発姿勢には、好個の反省材料ではなからうか。

### ■北極海今後の開発

このすさまじい北極への挑戦は経済的に成り立つようである。48in.直径のパイプを800 mile 敷設し200万bpdの油をブルードホエ湾からバルデッツに運搬するパイプラインだけで70億ドルの費用がかかる。

カナダ北極海の開発は、パイプラインも含めて200億ドルかかる。

今後10年間の、アメリカ北極海(グリーンランドは除く)の開発には、多分400~500億ドル掛る見込みである。その半分位の出費が、今後10年間にノルウェイおよびイギリス領北海で費されるであろう。

石油の専門家達は、北極海資源の開発に一步踏み出した。そして上記のような活躍にもかかわらず、まだ石油は本質的に生産されていない。しかしエネルギー不足がいよいよ深刻化するので、北極海の開

発は、今後疑いもなく、加速度を増しつつ進められるであろう。

#### 参考文献

Ocean Industry, April, 1976

Ocean Industry, Feb, 1976

Ocean Industry Oct, 1975

Fairly International Shipping Weekly, 1st April, 1976

MTS Journal Dec, 1974

Offshore April, 1976

#### ▶理化電機工業(株)、本社移転

理化電機工業株式会社は、このほど本社を下記のところに移転した。

移転先 〒152 東京都目黒区柿ノ木坂1-17-11  
理化電機ビル 電話03-724-5411

海洋開発の技術

ジャッキアップ式  
海底油田掘削装置  
“EDNASTAR”

日立造船

石油掘削装置の第一番機である“EDNASTAR”は、一名 ROBRAY-300 とも言われ、当社の有力顧客である。ロビンロー氏が、米国の設計会社 E. T. A. (ENGINEERING TECHNOLOGY ANALYSTS, INC.) に設計させた稼働水深 300 フィートのジャッキアップ式リグである。

本リグは昭和49年9月、東洋海洋開発と日立造船とが共同受注し、昭和51年5月完成された。本リグの最大の特徴はレグの構造で、レグの各部材の連結部に高張力鋳鋼を使用したことであり、世界に類を見ない最初のものである。この鋳鋼連結部材の製造技術については、全てが未経験、未知のものであり、当社の築港工場および桜島工場が全力を投入して完成した。

以下、本装置の概要について述べる。

主要目

プラットフォーム

全長 (型)	213 ft (64.92m)
最大幅 (型)	212 ft (64.62m)
深さ (型)	27 ft (8.23m)
キャンパー (全幅)	1.1 ft (0.34m)
二重底高さ	6.0 ft (1.83m)

ドリリングスロット

50ft×55ft (15.24m×15.24m)

満載吃水 (型) 15ft (4.57m)

レグ

数 3組

全長 (スパッドタンク含む)

417'-4" (127.2m)

スパッドタンク直径 54ft (16.46m)

ヘリポート 75ft×75ft (22.86m×22.86m)

デリック高さ	147 ft (44.81m)
タンク容積	
バルクマッド	6,216ft <sup>3</sup> (176m <sup>3</sup> )
バルクセメント	6,216ft <sup>3</sup> (176m <sup>3</sup> )
ドリル水	36,474ft <sup>3</sup> (1,033m <sup>3</sup> )
清水	3,632ft <sup>3</sup> (103m <sup>3</sup> )
燃料油	29,474ft <sup>3</sup> (835m <sup>3</sup> )
プレロードタンク	203,444ft <sup>3</sup> (5,761m <sup>3</sup> )
定員	108名
総トン数	5,396.12トン
船級	A B

構造, 性能等

(1) 設計基準

本機は次のような設計基準で、ETA社において基本設計がなされている。

作動水深 (ft)	300	250
最大風速 (kts)	125	125
最大波高 (ft)	50	56
波周期 (sec)	10	11
エア・ギャップ (ft)	38	46
フーティング陥入深さ (ft)	26	26

(2) 構造・設備等

一般船舶と異なる点および特長について下記に述べる。

① プラットフォーム

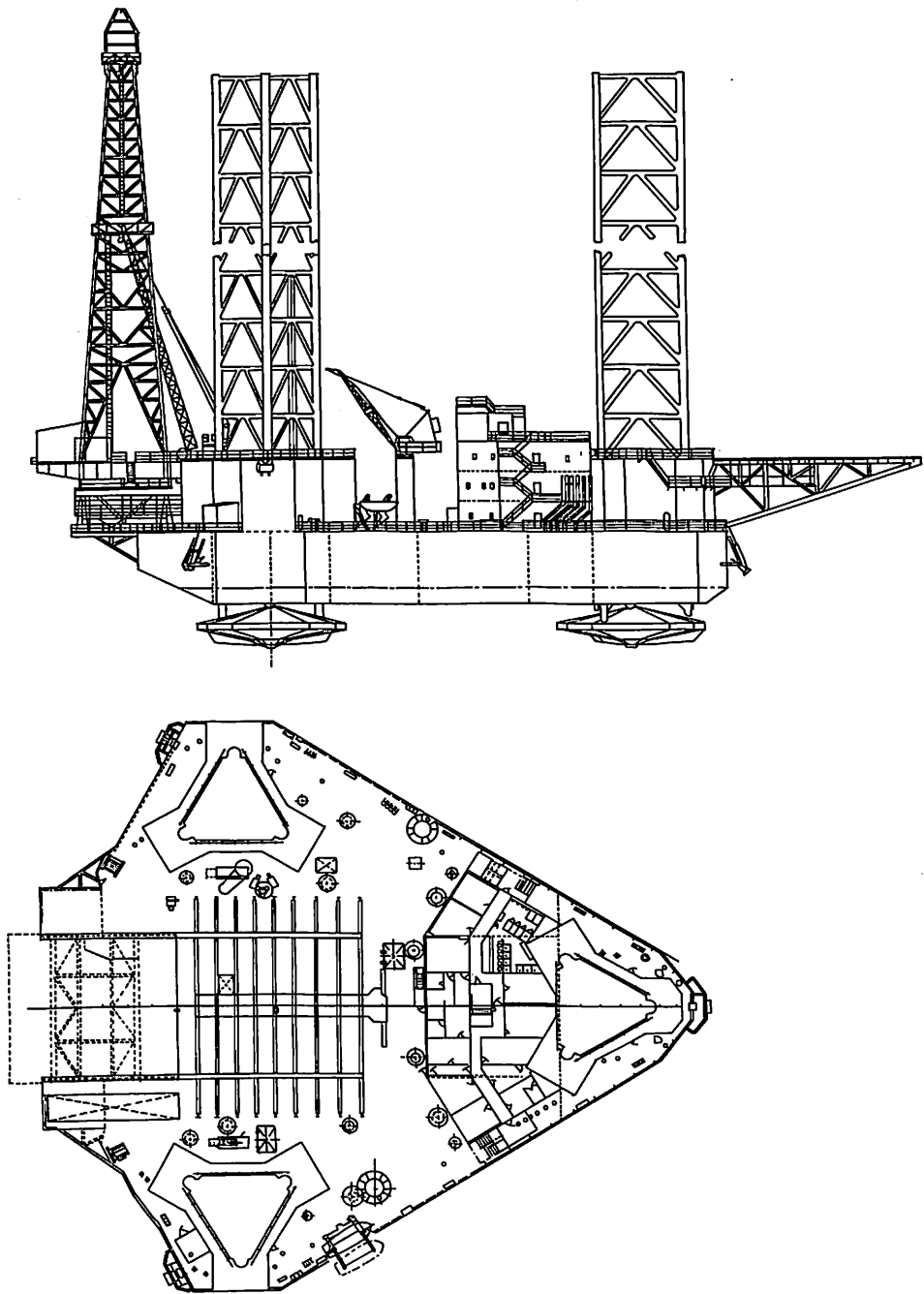
曳航中損傷による一区画浸水が生じても十分な安定性が確保出来るように、周囲を二重構造としている。周囲の区画は24に仕切られ、プレロードタンクとして使用される。内部は二重底構造となっており、下部は燃料、清水およびドリルウォーターのタンクとして、また二重底上はマシーナリースペース、バルクタンクスペース、サックストレージルーム、マッドピット等に使用されている。強度面ではレグウェル周囲、特に上甲板上のジャッキングユニット設置部およびジャッキハウスとの接合部の剛性に十分な配慮がなされている。

② ジャッキハウス

ジャッキングユニット3台が各ジャッキハウス内に格納されている。ジャッキアップ時には全ての荷重がジャッキングユニット頂部のショックパットを介してジャッキハウス頂部へ加わる。そのため頂部は高張力鋼を使用し、剛性を十分に考慮した構造となっている。

③ レグ

図-2に示すようなK型三角トラスのパイプ構造である。柱はコードプレートで結合したラックを半



図一 1 外観図（上）とメインデッキ配置図

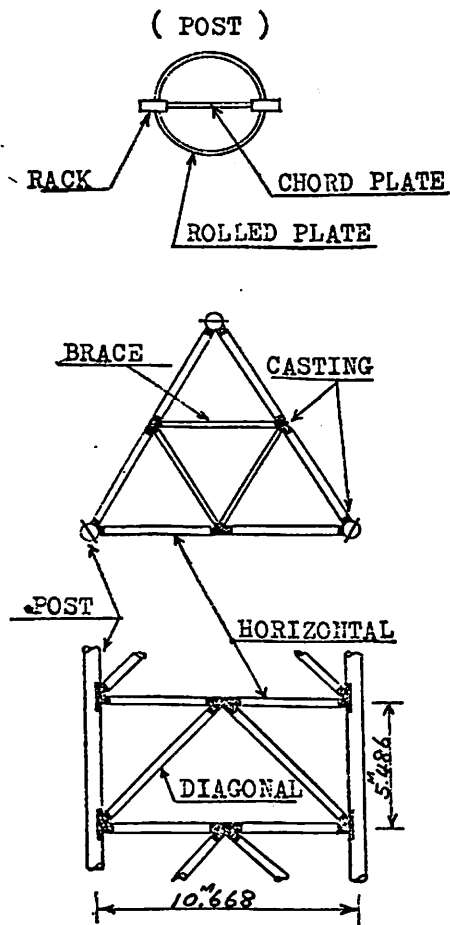


図-2 K型三角トラスのパイプ構造のレグ

丸型のロールドプレート2つではさみつけた格好になっている。

重量軽減のため、柱材には ASTM-A514-TYPE “F” の80キロ高張力鋼を、水平材および斜材には80キロと60キロの高張力鋼を使用している。

また、レグの損傷は部材連結部に発生するクラック等が最も多いと言われ、これを防止するために80キロ級および60キロ級の高張力鋼鋼を採用し、応力集中の低減、溶接割れの減少を図っている。

しかしながら、この鋼鋼連結部材は薄肉のパイプ構造で複雑な形状をしていること、接合す

る高張力圧延鋼板と同等の材質を確保する必要があること等のために、製造にあたっては、鋳造要領、化学成分、熱処理方法、溶接方法等の問題点について研究調査し、内外の鋳造界が至難であるとした諸問題点も、解決して製造された。

④ スパッドタンク

レグの下部には直径54フィートのスパッドタンクが取り付けられ、レグ着地時の全荷重を支える。ブロード時の最大荷重は 4,350 t/LEG にも及ぶため剛構造となっており、ボトムプレートおよびトッププレートには高張力鋼を使用している。タンクには注排水装置があり、レグ着地時には船外弁により注水を行ない、曳航時はエダクターにより内部の水を排水できるようになっている。

レグ（スパッドタンク）の引抜時を考え、スパッドタンクの底部には12個のジェット噴出ノズルがある。

⑤ ヘリポート

ほぼ22.9m×22.9mの正方形に近い八角形のヘリポートがプラットホーム前端にジャッキハウスの頂部と同じ高さで取り付けられている。

これは Sikorsky S61 の発着を想定して設計されたものである。

⑥ 継装

危険ガス発生可能区画の電気製品は全て防爆型が採用されている。

[ジャッキアップ装置]

1レグに3個のジャッキングユニットがあり、各ユニットには2対(4個)のクライミングピニオンがあり、レグに溶接されたラックをはさみ込む構造となっている。(図-3)

ピニオンはそれぞれ独立した電動モーターで駆動

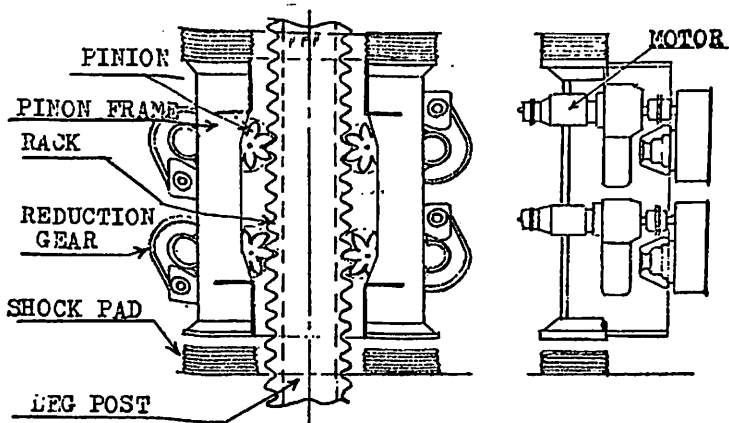
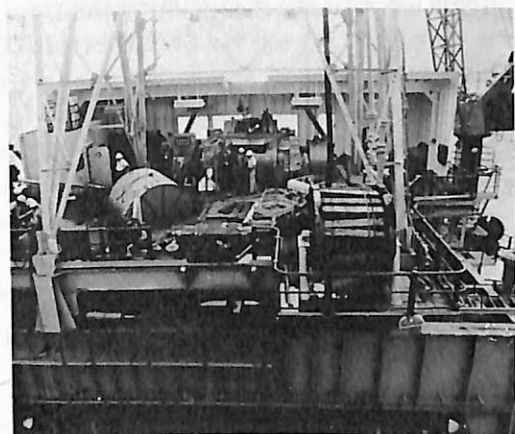
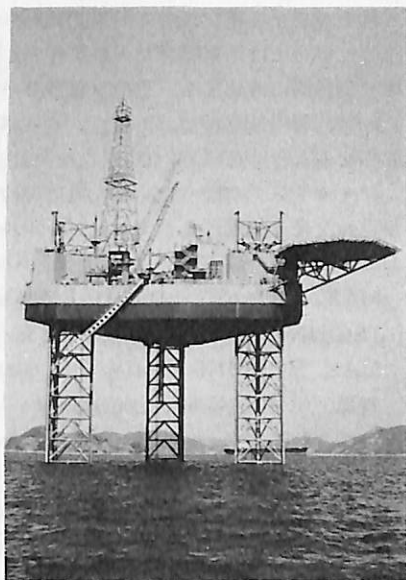


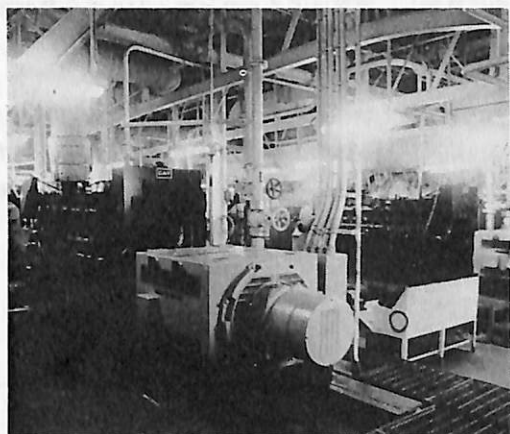
図-3 ジャッキアップユニット



小豆島沖でテスト中の  
ジャッキアップ



サブストラクチャー



エンジンルーム（発電機室）



コントロールルーム



居住区

される。ジャッキング中に給電関係のトラブルが発生した場合には、電磁ブレーキが作動して、その位置で自動的に停止する。また、電動モーターには、それぞれ警報装置がついており、オーバーロードを知らせるようになっている。

ジャッキングの指令は、居住区頂部の3本のレグが見わたせる位置にあるコントロールルームで行なわれる。

MAX. JACKING LOAD : 6,534 ton/リグ  
 JACKING SPEED : 0.3 m/分  
 MAX. HOLDING CAPA. : 13,068 ton/リグ  
 電源……………AC460V, 60Hz×3φ

〔サブストラクチャー〕

上下2段の構造となっており、下部はメインデッキ上のスキッドウェイを前後に移動し、曳航時にはプラットフォームの中央部に、また掘削時には後部のドリリングスロット上部にセットされる。上部は下部サブストラクチャーのスキッドウェイ上を横方向に移動し、頂部はドリルフロアとして各種の機器が設置されている。

〔サブストラクチャー主要装備品〕

○スキッピング装置

油圧ジャッキおよびクローベースを使ってサブストラクチャーを移動させる。これにより9点掘が可能となる。

ユニット；油圧ポンプ2台（上部）  
 “ 2台（下部）  
 シリンダー径=285mm  
 ピストンロッド径=140mm  
 ストローク=685mm  
 パワー=125t (Push)/100t (Pull)

パワーポンピングユニット 1台  
 $40/82(l/min) \times 350/140(kg/cm^2)$

○デリック (PYRAMID) 1基  
 45m (高さ)×9.14m (ベース)

Rated static hook load=300 L. T.

- ドローワークス 1台 National 1,320-UE
- ロータリー 1台 National C-375
- KOOMY B. O. P. コントロールユニット 1台
- LAMB TONG ユニット 1台

〔ウォータータワー〕

全長34.75mで頂部にディーブウェルポンプが取り付けられ、電動モーター駆動のピニオン・ラック式昇降装置により短時間で上下可能となっている。プラットフォームが水面上にジャッキアップされている間は、このウォータータワーを通して冷却水お

よびプレロードを取り入れる。

ディーブウェルポンプ；340m<sup>3</sup>/hr×45m×3台  
 〔発電装置〕

AC3台、DC8台の発電機を装備している。停泊時には1台、ジャッキアップ時には2台のAC発電機を作動させて船内の給電を行なう。DC発電機はドローワークス、マッドポンプ、ロータリー等ドリリング用にだけ使用される。

ブラックアウト時に備え、ACの非常用発電機も備えている。

発電機要目

AC Generator (3台)

1,162.5KVA, 930KW 480V×60Hz×3φ

DC Generator (8台) 750HP at 1,200R/M

発電機駆動用エンジン (ディーゼル5台)

1,325HP×1,300R/M

非常用発電機 (1台) 312.5KVA 800W×115V

〔サンドラップ〕

上甲板上サブストラクチャーの横にサンドトラップエリアを設けてリターンマッドの処理を行なう。

主要機器

○シェールシェーカー (1台)

Hutchison-Hayes "Rumba" 4860-DU

○デガッサー (1台)

Swaco Total Mud Degasser

○デサンダー (1台) Demco Model 123

○デシルター (1台) Demco 412-H

〔リキッド/バルクマッドおよびセメンティング装置〕

次のような主要機器から構成されている。

○マッドポンプ NATIONAL 10-P-130 2台

(Triplex Single Acting Slush Pump)

○スーパーチャージングポンプ MISSION 6×8R

2台 (Centrifugal Supercharging Pump)

○マッドミキシングポンプ 6×8R 2台

(Centrifugal Mud Mixing Pump)

○セメントユニット Dowell R621 1台

○マッドサージタンク；6.2m<sup>3</sup>×1台

○セメントサージダシク；2.0m<sup>3</sup>×1台

○バルクタンク

Mud Storage Tk.……42.5m<sup>3</sup>×4台

Cement Storage Tk.……42.5m<sup>3</sup>×4台

〔清・海水および燃料ポンプ等〕

○BILGE & FIRE PUMP (2台)

11.4/86(m<sup>3</sup>/hr)×58/30(m)

○DRILL WATER PUMP (2台) 27m<sup>3</sup>/hr×30m

- F.O. TRANSFER PUMP (2台)  
11.4m<sup>3</sup>/hr×35m
- POTABLE WATER PUMP (2台)  
9.5m<sup>3</sup>/hr×26m
- SANITARY PUMP (2台) 9.5m<sup>3</sup>/h×26m  
〔タンクサウンディングシステム〕  
各タンクの漲込量が一目で解るように PNEUMATIC GAUGE がコントロールルームおよびポンプルームに設置されている。  
〔デッキクレーン〕  
上甲板中央部両舷に65トンクレーン各1台とサブストラクチャー横へ25tクレーン1台が設置しており、リグ上の機器類等の移動やサプライボートからの品物積込に備えている。
- 65トンクレーン；NATIONAL H-65-A (2台)
- 25トンクレーン；  
MARATHON LETOURNEAU PCM-80 (1台)  
〔係船関係〕  
レグ着底時には3本のアンカー・ワイヤーにより位置決めを行なう。
- ウインチ；LeTourneau W-1500-TS (3台)  
Electric Motor……22.7t×6m/min
- アンカー；5,440kg Baldt Anchor (3個)  
〔救命設備〕
- 救命艇 5.95m×2.0m×0.8m×1隻  
定員10名 SPEED 4ノット
- 膨張式救命いかだ

定員20名×8個

〔居住区〕

プラットフォームの前部ジャッキハウスの後ろに位置し、3層からなる。うち2層は主として108名の作業者の居住区に、他の1層は賄室、食堂、娯楽室、食糧庫にあてられている。

◦ 空調装置

対象区画を7系統に分け、各系統ごとにエアーハンドリングユニットを設け、温度調整された空気を各室にダクトで導く「ファンコイルユニット方式」を採用している。

夏期……室内温度 24℃ (外気 37.8℃)

冬期…… " 21℃ ( " -6.7℃)

エアーハンドリングユニット

45,360kcal/hr (冷房), 30KW (ヒーター)

…………… 3台

30,240kcal/hr (冷房), 20KW (ヒーター)

…………… 4台

結 び

本リグの建造は、当社の船舶、陸機両事業本部および五工場にまたがるプロジェクトであり、因島工場で最終艀装および各装置のテストを終了し、小豆島沖にてレグの接合を行ない、ジャッキアップテストを行ない、満足な成績をおさめ完成されたものである。

LONDON REPORT

■新設のパイロット沿岸ステーション

英国では、このほど、75万ポンドの工費をかけ、東部ハンバー河口にパイロット用の沿岸ステーションを建設した。

このステーションの中核は、写真で見られるように電子機器を駆使したコントロールタワーで、パイロットはレーダーとVHFテレビにより24時間体制で、船舶とのコミュニケーションを保つことができるようになってきている。

船舶からの連絡により、パイロットを送り込むため、同ステーションには、4隻の高速ランチが用意されており、最大半径12マイルまで外洋へ出動可能となっている。

なお、このハンバー河水域のパイロット・サービ

スは、ロンドン付近では、最も頻度が高く、昨年の統計では、年間2万5千件のパイロットサービスが行なわれている。

(By Courtesy of British Embassy, Tokyo)



# 船舶からの排油処理技術について

Prevention of oil discharged from ships  
by Sadahiro Namie  
Ship Research Institute Marine Engine Division

波 江 貞 弘

船舶技術研究所機関性能部

## 1. まえがき

海洋汚染の急激な拡大につれて、その防止対策に対する国際的な関心は近年著しい高まりを見せ、よく知られるように国連の政府間海事機構（IMCO）を中心に海洋汚染物の排出防止に関する国際的規制への努力がなされている。具体的には、汚染源のうちで主要となる船舶ならびに海洋施設からの油の排出について、IMCOは1969年に国際条約の改正を行ない、総量規制を含む排出基準を定め、これを受けてわが国では海洋汚染防止法が昭和45年12月に制定された。一方IMCOでは1973年に有害物質等に対する規制を加えると同時に、油の排出に対しても一層強化された内容の規制が国際条約として決議された。この改正条約は現在のところわが国ではまだ批准されていないが、いずれ上記海洋汚染防止法改正の対象になるものと思われる。

これらの国際条約ならびにわが国の海洋汚染防止法の関連、今後の課題等については本誌上にも紹介されているので（谷野龍一郎、「1973年海洋汚染防止条約について」、49巻4号（1976年））、ここでは本稿の内容と直接関連のある項目についてのみ記すことにする。現在の海洋汚染防止法によると、すべてのタンカーおよび300トン以上の一般船舶はあらゆる海域で油分の排出が禁止されており、油としては原油、重油、潤滑油が対象となっている。ただ例外として、機関室ビルジ水の排出の場合を例にとると、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瞬間排出率が60l/mile以下であること、のすべての条件が満足された時のみ排出可能であるとされている。

これに対し、IMCOの1973年条約では規制の対

象となる油が、ガソリン、灯油、軽油等の軽質油を含むすべての石油類となり、上記の規制除外のための条件も、①陸岸から12海里以内では15ppm以下であること、②油排出監視・制御システムが作動中であること（1万トン以上の船舶）等の項目が新たに加わったより厳しい条件になっている。

このような規制強化の方向に伴ない、それを実現するためには多くの技術的課題が残されており、今後各方面で検討されると思われるが、本稿ではこのうちの排出油処理技術について、最近行なった研究を中心に、いくつかの問題をトピックス的に取り上げ若干考察してみたい。

## 2. 油水分離器入口条件の問題

IMCOの国際条約における改正点は、前項で述べたように沿岸12海里以内で15ppm以下という濃度規制強化と軽質油に対するものであり、油水分離器の高性能化に対する要求はかなり厳しいものになるわけであるが、これと並行して、分離器開発の目標値となる試験仕様についても、現実の使用状況に即した検討がなされなければならない。

これらの課題に関連して技術的に問題となるものに、まず乳化油分を含む微細化された油分の検討が考えられる。微細油分の存在はタンククリーニング水中にも機関室ビルジ水中においても観察され、その生成原因は色々であろうが、一般的には油洗淨剤、潤滑油添加剤などの界面活性物質の存在と同時に、クリーニング水の再使用、各種装置可動部における油水の激しい機械的攪拌などによって生成されると考えられる。これら微細化された油分の存在量および技術的に可能な分離性能によって出口濃度が決定されるといってよい。極微細油分の分離は陸上

施設でも比較的難しいとされており、まして船舶上という限られた条件で処理することはかなり困難と考えられるが、現実には即した処理法の検討が必要であると同時に、船舶上においてそれらの発生・混入経路および混入量の定量的検討、あるいは洗剤など界面活性剤の種類を選択、使用の制限といった対策が極力なされるべきと思われる。

第二は排水中に含まれるスラッジ（固体不純物）の問題である。すなわち、現在の油水分離器はそのほとんどが重力による静置分離方式と汜過方式を用いており、それぞれの方式に対して、油粒に付着することによる見掛けの比重差の減少、目づまりによる流動抵抗の増加や分離性能への影響、あるいは油粒表面に不純物が存在することにより油粒同志の接触の際合体が行なわれにくくなり、動揺や流体力によって再分散されるといった悪影響が考えられる。

実船上における含油排水中の固体不純物について調査した例はそれほど数多くはないが、知り得る二、三の資料および実船調査の結果によると、成分的にはタンカータンク洗浄水の場合、タンク腐食による鉄錆や輸送原油中に含まれる砂や粘土が多く、

また機関室ビルジ水ではやはりタンク腐食による錆のほか、潤滑油中のカーボン分、各種塵埃あるいはビルジ水中で成長する生物といったものが考えられている。量的には船舶の種類、発生場所、作業条件によって様々であろうが、いずれの場合もかなり多いのが特長的で、油分濃度の10%~数倍といった値が観察されている。

これらスラッジによる影響のうち、静置浮上分離に及ぼす効果について多少述べてみたい。まず図1は水中に浮遊する油粒の浮上速度を各油粒径に対して示したもので、油水分離器で問題となる油粒はストークス則が成立する範囲（図中約300ミクロン以下）内の粒径のものである。純粋な油分の場合と異なり、油水中に固体不純物が混入した後、さらに機械的攪拌を受けた状態の油粒はどうなるであろうか？

図2は不純物として酸化鉄、ケイ砂、カオリナイト（粘土の主成分）等の微粉末を試料中に混入させ、攪拌した場合の油粒径分布を示したものである。縦軸は各粒径以下の油分が全濃度に対して占める割合を示しているが、これから明らかなように各粉末を油中に混合した後攪拌した場合は、一般に

純粋の油分の場合に比べて、油粒が微粉末を媒体として粗大化する傾向にある。また微粉末を水中に混合した後攪拌すると粒径自体はそれほど変化しないが、顕微鏡観察によると複数個の油粒がスラッジに付着している様子が見られた。このような状況では油粒に付着する微粉末の重量のため油粒の浮上速度は低下する。

図3はその様子を示したもので、縦軸は粉体が付着したことによる浮上速度の低下率、横軸は粉末と油分の混合重量比であり、粉末の種類により10%ないし20%の付着率によって油粒浮上速度がゼロとなり、それ以上の付着率では沈降し始めることを示している。点線は酸化鉄粉による実験点で、計算値の傾向とある程度一致している。この結果から明らかなように油水混合物中に多量の固体不純物が共存し、それらが油粒に何らかの形で付着すると、浮上分離式の油水分離器は性能がかなり低下することもあり得るわけで、性能改善に際して十分考慮されるべきと考えられる。

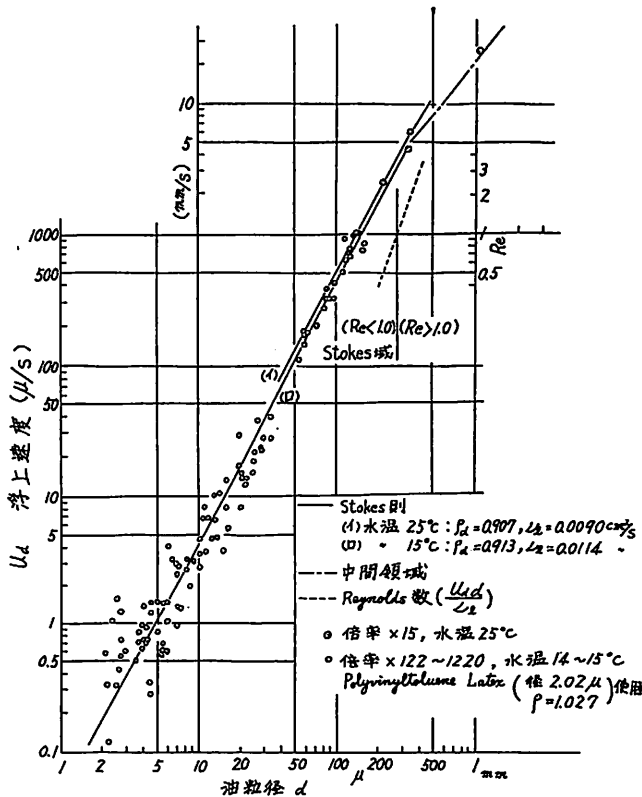


図1 油粒浮上速度

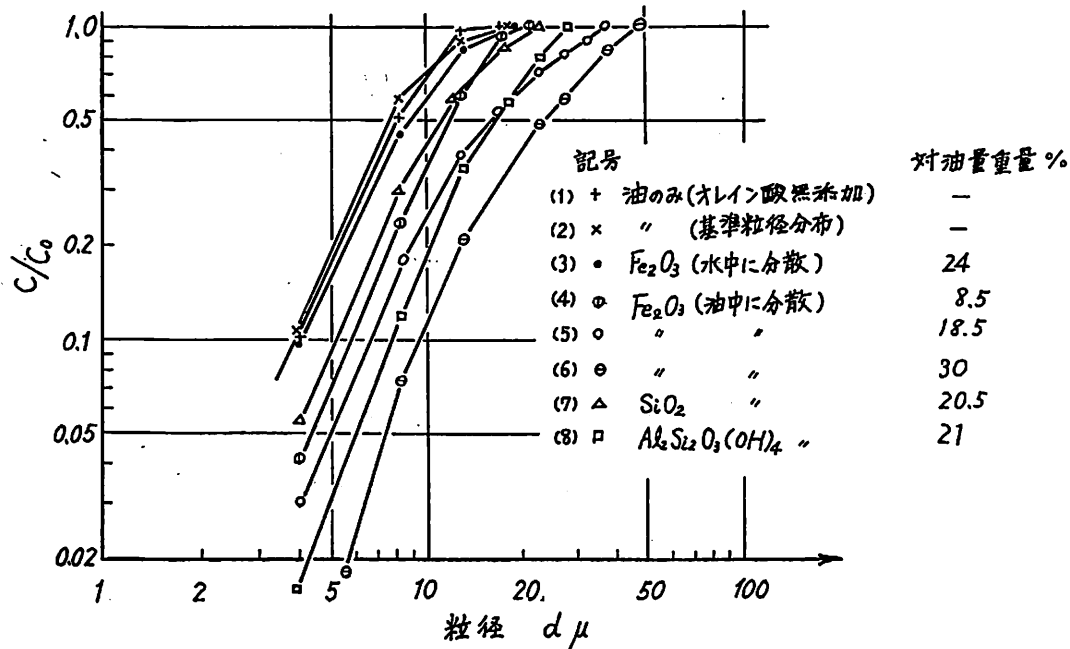


図2 油粒径分布

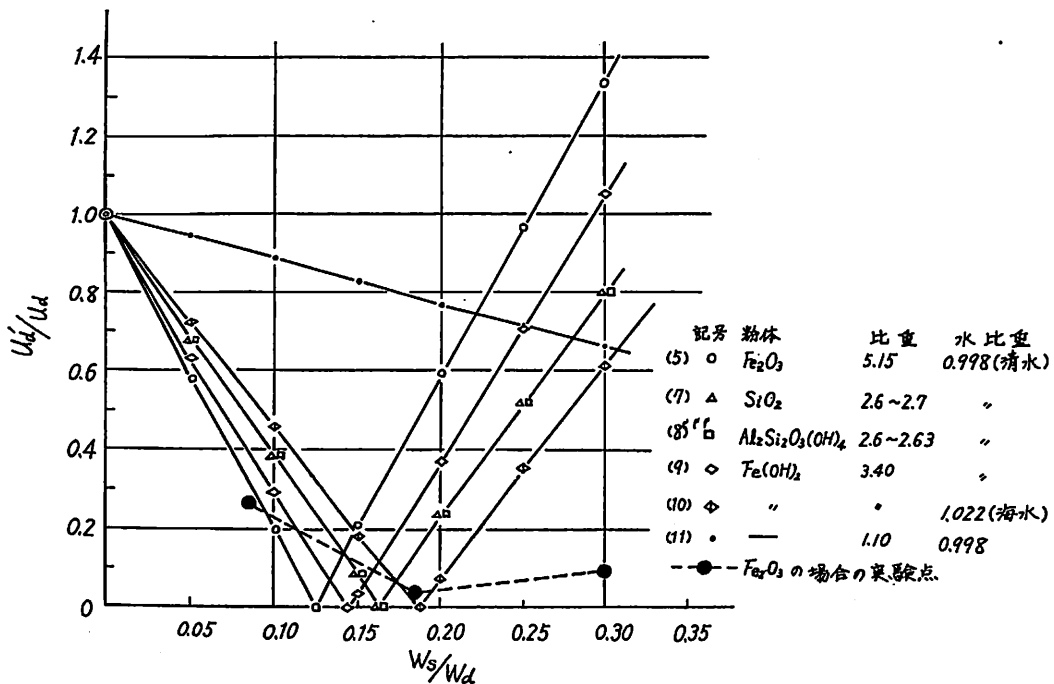


図3 浮上速度 (浮遊物の影響)

油分濃度 1%

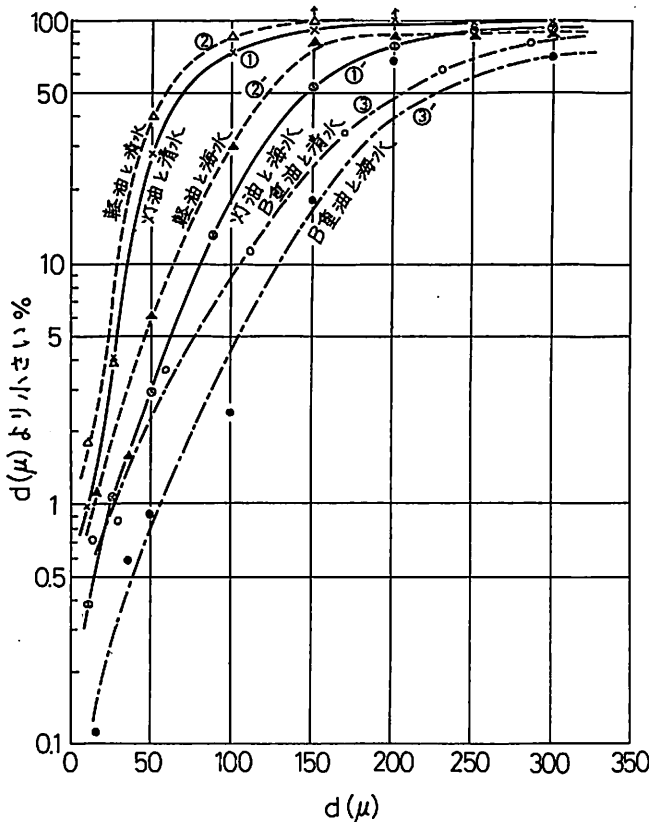


図4 油と水の組合せによる粒度分布

3. 軽質油処理の問題

第三の問題は1973年国際条約で取上げられた軽質油についてである。従来の油水分離器は主に重油、潤滑油を対象としており、ガソリン、灯油、軽油といった軽質精製油についてはその分離性能は十分検討されていなかった。油種の違いが分離器の性能に及ぼす影響としてまず第一に考えられるのは、入口条件としての粒径分布によるものであろう。図4は同一条件で各油種と水（清水および海水）を攪拌した場合に得られる油粒径分布を比較した一例である。測定は静置浮上法（静置分離曲線とストークス則による）で行なったものであり、図の縦軸、横軸は図2と同様である。この図から明らかなように、

軽油および灯油はB重油と比較してかなり微粒化されやすいことがわかる。この理由としては、軽質油は粘性が低く、また水との界面張力が小さいため、機械的攪拌に対して抗力が小さいためと考えられる。

表1は種々の油について比重、粘性係数、海水に対する界面張力の数値例を示したもので、図4で用いたものと同一の試料でないため厳密な比較は出来ないが、軽油および使用済潤滑油では界面張力、軽油および灯油では粘性が、それぞれかなり小さい値であることを示している。軽油、灯油等の軽質油は水に対する比重差が大きく、この点からは分離されやすいはずであるが、上記のように微粒化傾向が強いため分離器の性能は一般に悪くなると考えられる。図5は各種モデル分離器に同一条件で攪拌した一定濃度の油水混合物を流した場合の出口濃度を比較したものであり、いずれの形式でも軽質油に対する性能は悪く、特に軽油は分離されにくいことがわかる。

ところで、本題の処理技術とは多少

離れるが、軽質油を規制対象とすることと関連して、海洋に流出した軽質油膜の経時拡散ならびに油膜の光学的特性について一言ふれてみたい。従来、原油あるいは重質油については流出油膜の拡がり、蒸発速度、成分変化、水中混合・溶解などについていくつか研究がなされている。もちろん、原油や重油についても経時拡散の状況が十分明らかになっているわけではなく、特に長期的な変化、環境への影響などは今後の問題と思われるが、軽質油については原油などに比較して非持続性（蒸発速度が速い）であること、量的に少ないと考えられること等の理由によりほとんど研究がなされておらず、軽質油の排出処理とも関連して検討しておく必要があろう。

表1 各油種の物性値（例）

物性	油種				潤滑油		
	灯油	軽油	B重油	C重油	無添加	添加剤	使用油
比重 (15/4℃)	0.79	0.83	0.92	0.95	0.89	0.89	0.91
粘性 (cSt, 37.8℃)	1.7(30℃)	3.7(30℃)	15.2	270	109	111	112
界面張力 (対海水) dyne/cm	22	4	20	27	27	16	10

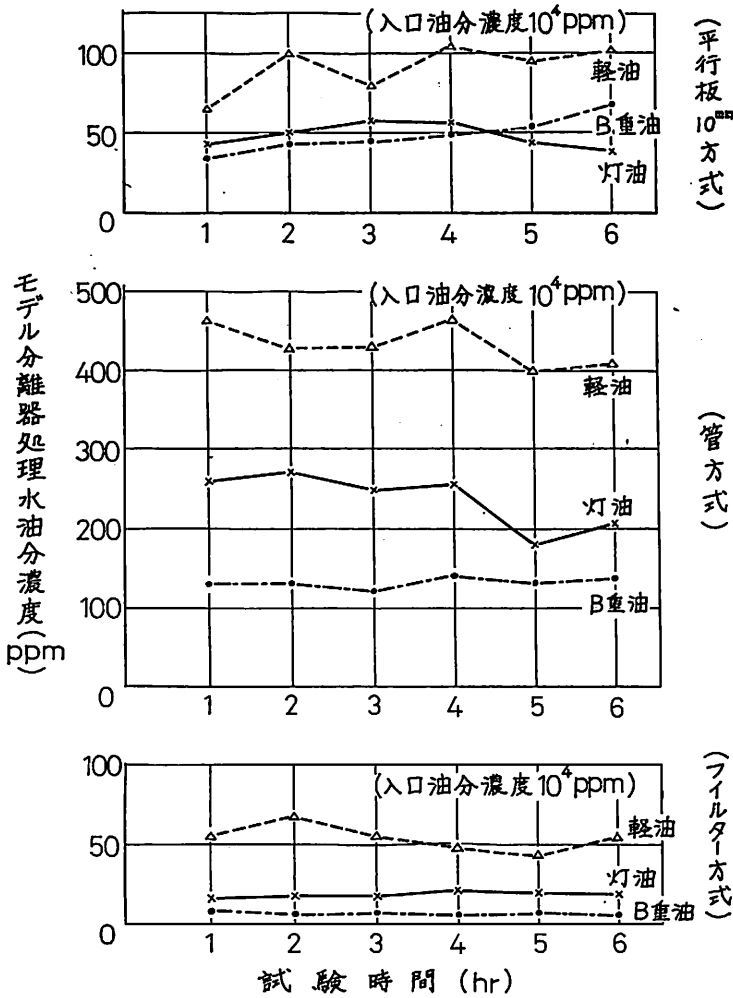


図5 油水分離装置モデルの分離性能

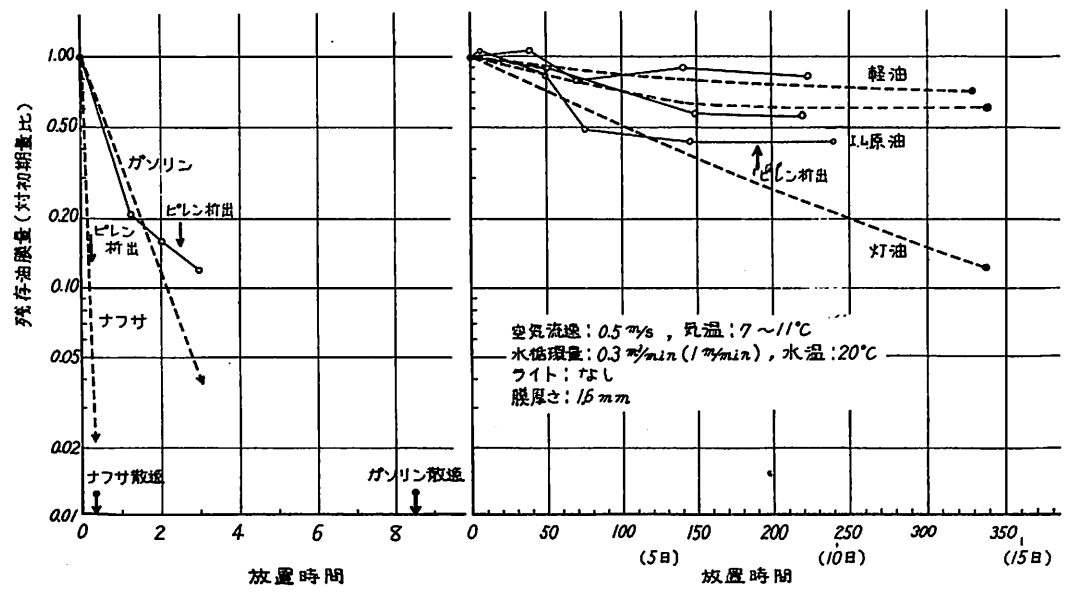


図6 油膜蒸発曲線 (油種の比較)



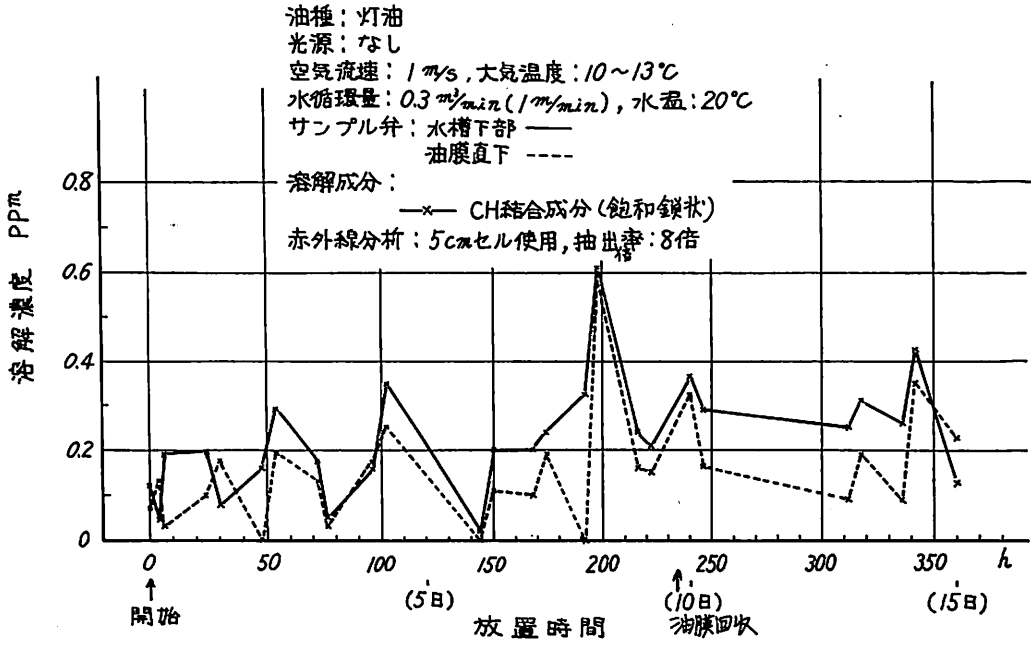


図7 水中溶解濃度(灯油, ランプなし)

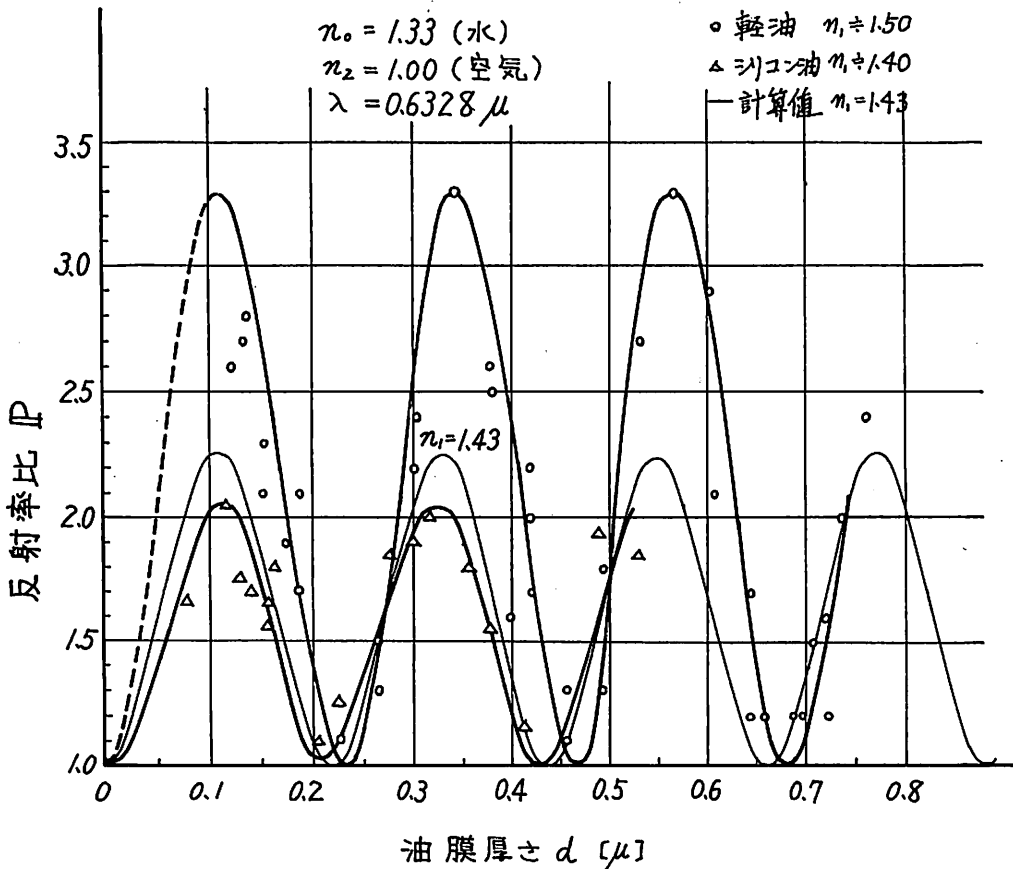


図8 反射率比の比較

表 2

油膜厚 $\mu$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	.....	1.0	
目視色	白 色	明 白 色	黄 色	黄 赤 色	赤 紫 色	青 緑 色	青 緑 色	黄 赤 色	黄 赤 色	赤 紫 色	青 緑 色	青 緑 色	赤 色
A.P. I. のデータ		(11) 「Sheen」 状付開始											色の鈍化

図6は水槽・風洞装置内の水面上に拡げた各軽質油膜の蒸発速度を原油の場合と比較したものであり、縦軸は初期油膜（厚さ 1.6mm）の量に対する各時刻における値の比で、残存油膜量を表わしたものである。風速が 0.5 m/s 程度の場合、ナフサ、ガソリンは蒸発速度が非常に速く、それぞれ20分、8時間半程度で散逸してしまうが、灯油、軽油は2週間後にそれぞれ初期量の12%および70%まで減少することがわかる。軽油の場合は原油の60%より蒸発による減少量が少なく、またかなり曲線が飽和していることから、必ずしも非持続性であるとは限らない。

図7は灯油について水槽水中への溶解濃度の変化の1例を示したもので、濃度値が小さいためバラツキが大きい、ほぼ傾向がわかる。ガソリン、原油の場合も全体的にほぼ同程度の油分濃度が観察されており、ガソリンでは油膜の散逸にともなって溶解濃度も減少している。成分的には石油成分の中でも生物に対する毒性が高いと考えられている成分が検出されており、濃度値としてそれほど高くはないにしても、長期的な環境に対する影響も含め今後検討する必要がある。なお、以上は水槽風洞による開放された系（海面上を想定）における結果であるが、容器内に密閉された条件では溶解濃度がかなり高くなるのが予備実験で確かめられており、たとえば軽質油タンカーのタンククリーニング水のような場合には十分検討されるべきである。

一方、油膜の光学的特性は排出・流出油の検出と関連して重要なものであり、このうち非常に薄い油膜の目視による検出の定量化を目的として、膜面における干渉光の反射光量および目視による色調と膜厚との関係を調べた。図8は反射光量を、油膜が存在しない状態を1.0とした比の形で表示したものである。白色光源（蛍光灯）で油膜を目視観察した場

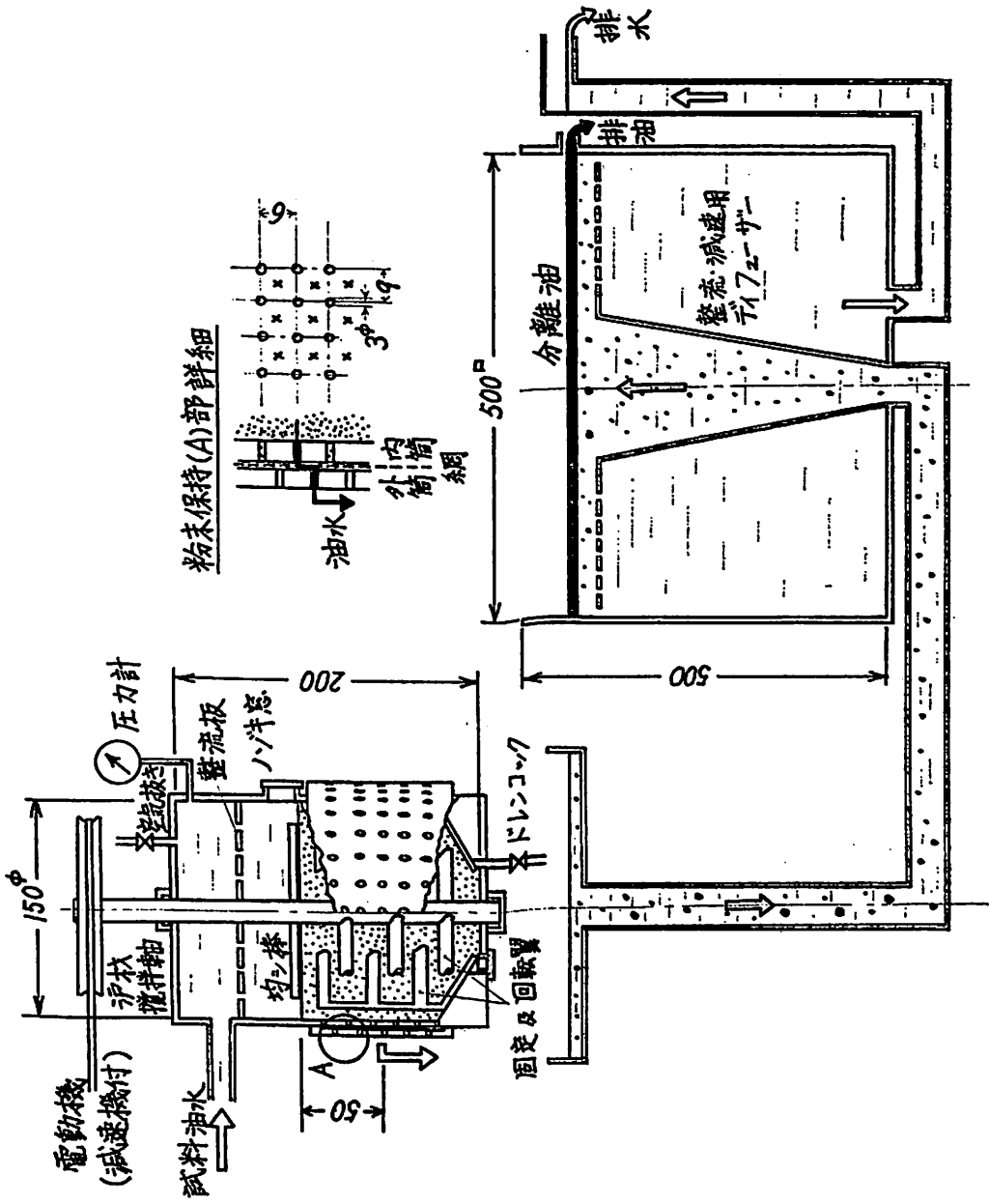
合、各油膜厚さに対して反射光量のピーク値をもつ波長の光が強く反射され、その他の波長の光は油膜を通過する部分が多くなるため、結果として表2に示すようなカラーバンドが観察されるわけである。油膜が最初に明白色に観察される膜厚さは表中に示されるように 0.06~0.08 ミクロンで、これを通常「silvery sheen」と呼んでおり、物理的には可視光のうち最も短波長の青紫色（3800~4400Å）の干渉が最大となり、反射光量がピーク値をとることに対応している。なお、黒色油（原油、重油）の場合には油膜内で吸収があるため、上記の軽質油と多少異なるが、吸収がそれほど大きくなければ、傾向としてはそれほど変わらないものと推定される。

#### 4. 油水分離方式の検討

前項までは主に対象となる油水の状況あるいは軽質油の特性について述べてきたが、最後に油水分離方式について記すことにする。従来、船舶用油水分離に使用されている分離方式は、油水の比重差による静置分離を主体として、これに濾過材、細管または平行板等の狭い通路における油粒の合体効果を加味したもの、また主に最終段として吸着を目的とした濾過材を使用したものがあり、これらを組合せたいくつかの型式の実用分離器が開発されている。そのほか、化学凝集を用いたもの（共凝集法）、気泡表面による吸着分離（気泡会合法）等が試みられており、後者についてはタンカーのダーティパラスト水処理用として提案されている。

これらの分離方式で技術的に問題となるのは、前項までで述べたように乳化油分、軽質油を含む微細油粒（10~20ミクロン以下）の除去、固体浮遊物の影響などであり、また、現存の処理技術で船舶用の小型のものを考える場合には濾過材の使用が増加す

図9  
油水分離方式（固体粉末による油粒  
進塊式）



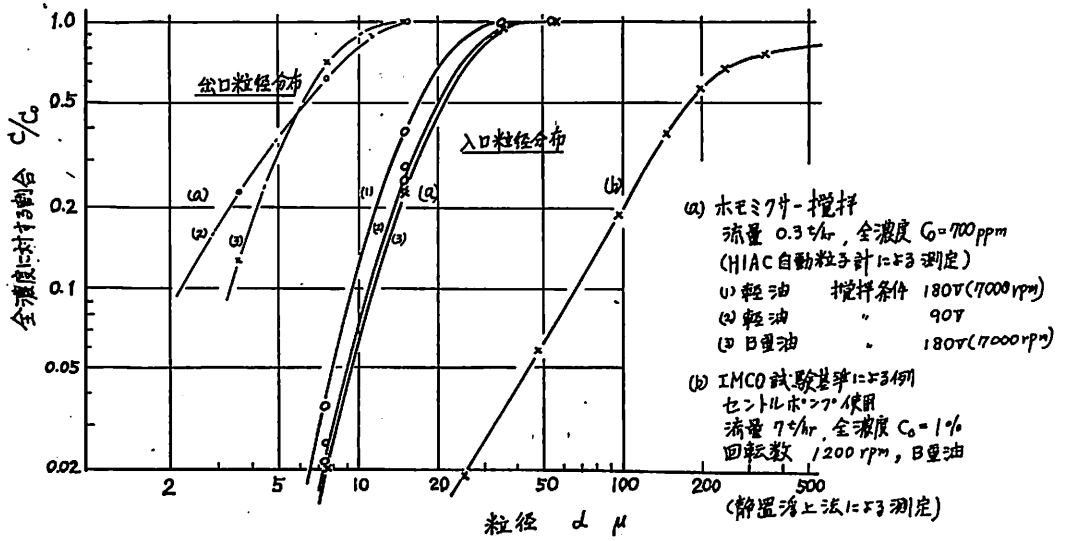


図10 油粒径分布

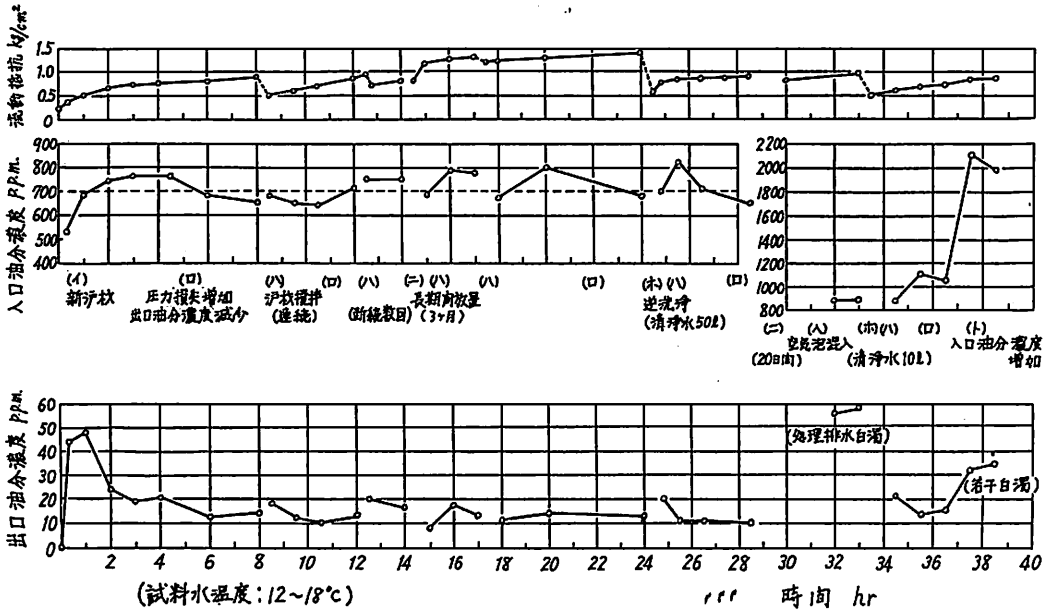


図11-1 流動抵抗および油水分離性能 (B重油の場合)

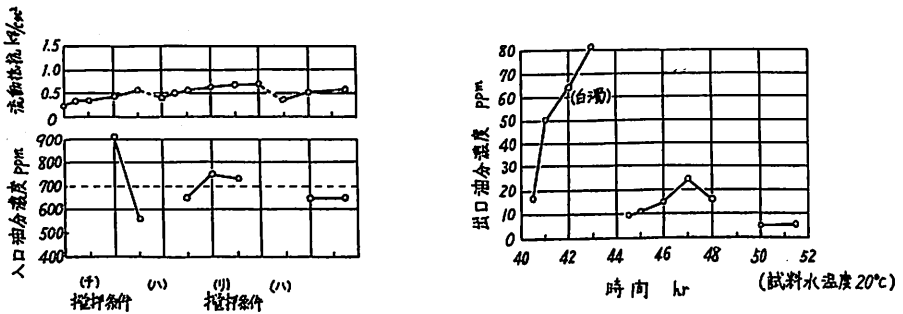


図11-2 軽油の場合

るため目づまりの問題が無視しえなくなると考えられる。濃度規制の強化にともなってさらに高い分離性能を有する分離方式の開発のためには、これらの問題点を考慮した基礎的な検討が必要であり、今後いろいろと試みがなされると思われる。

その一例として、固体粉末層を油粒造塊材とし、この粉末層を機械的に攪拌しうる機構を備えた装置によって微小油粒を粗粒化する方式について、粗粒化の傾向ならびに目づまりの除去効果を調べ、軽質油に対する分離性能についても検討してみた。図9はこの目的で試作した装置の概要を示したもので、固体粉末をつめた油粒粗大化タンクと粗大化された油粒を分離する静置タンクからなっている。固体粉末としては60メッシュと100メッシュのカーボランダム(SiC)を半々の割合で混合したものを使用し、これらの粉末を油粒粗大化タンク中に保持する方法としては、逆洗浄を考慮して図中に示されるような多孔二重円筒の孔の位置をずらせたものを用いた。なお、粉末層は攪拌軸によって低速回転で攪拌できるようにになっている。試料油水の供給にはタービン型ミキサー(1.1KW, 7000rpm)を用い、油・水の流量をそれぞれ計測しつつ、油分濃度をほぼ一定に保って長時間供給した。

図10は供給試料水中の油粒の粒径分布を示したものであり、本試料中の油分はほぼその50%が10~20ミクロン以下の粒径であることがわかる。油としてB重油と軽油を対象としているが、軽油は前項で図4中に示したと同様、やはり微粒化傾向が強いことが示されている。

図11は同一の汚過材を交換することなく、濃度700ppm(一部2000ppm)の油水を処理量5l/minで計50時間流した場合の流動抵抗の増加および出口濃度の変化を示したものであり、出口排水中の油粒径分布(自動粒子径測定計による)は図10中に記している。種々の実験条件については、図11中に符号をつけて示したとおりであるが、これらの結果から上記装置によって10ミクロン以下の油粒も一部除去されており、かなりの時間出口濃度を10~20ppmに保つことができ、また逆洗浄による効果も比較的良好な結果が得られた。しかし、気泡が多量に混入した場合、入口濃度が高くなる場合、軽油をB重油と同一条件で攪拌し粒径が小さくなった場合には、やはり分離性能が悪化している。粉末層の保持、逆洗浄の方法も検討の余地がありそうである。

上記の試作例を含め、汚過方式の場合には、分離器入口条件と汚材のつまり具合や材質との関係、固

体不純物による目づまりの影響、粗粒化および吸着の機構など今後さらに検討する必要がある、また汚過に限らず新形式の、特に微細油粒の分離を目的とした分離方式の研究が必要になると考えられる。

## 5. あとがき

船舶からの排出油処理技術に関連する問題をいくつか取り上げ、若干の考察を行なった。本文中にも記したように排出規制を実現するためには多くの問題が残されており、今後処理技術改善のため一層の努力が必要と思われる。最近の研究結果をもとに問題点を羅列したため、纏まりが悪く、また若干偏った内容になったかとも思われるが、この方面に関心を持たれる方々のご批判をいただければ幸甚である。なお、参考文献をまとめて下記に示す。本文中の各項目の詳細は文献(9)~(11)をご参照いただきたい。

### 参考文献

- (1) 谷野, 船舶, Vol. 49, No. 4 (1976), p. 24
- (2) 岡田, 日本船用機関学会誌, Vol. 11, No. 8 (1976), p. 101
- (3) 松本ほか, 三井造船技報, Vol. 69, (1970), p. 50
- (4) 植田, 日本船用機関学会誌, Vol. 9, No. 10 (1974), p. 1
- (5) 近藤, 橋本, 同上, Vol. 7, No. 8 (1972), p. 6
- (6) 柴田ほか, 日本造船学会論文集, No. 219 (1971), p. 313
- (7) Manual on Disposal of Refinery Waste, Vol. on Liquid Wastes, American Petroleum Institute, (1969, 1st Ed.), p. 20-6
- (8) 近藤, 日本船用機関学会誌, Vol. 7, No. 11 (1972), p. 25
- (9) 植田, 渡辺, 波江ほか, 環境保全研究成果集(昭和50年), p. 72-1, 環境庁編
- (10) 波江, 日本船用機関学会誌, Vol. 11, No. (1976)
- (11) 波江ほか, 船舶技術研究所研究報告, Vol. 13, No. 5, (1976)

## 住友重工業, 合弁会社M. S. Eを竣工

住友重機械工業と、マレーシア政府その他による合弁会社 Malaysia Shipyard and Engineering SDM, BHD (略称M.S.E)が竣工した。

1974年9月着工, 1976年9月完成した。主たる工場施設はつぎのとおり。

第1ドック	L×B×D	385m×80m×14m
第2ドック	"	270m×46m×12.5m
クレーン	80t×1, 15t×2	

住友重機械工業はM.S.E.と技術援助契約を結び、100名以上の技術者を派遣、運営に協力している。

# 安全公害の話題

## 航海用レーダーの船舶への備え付けについて

竹内正敏

昨年11月18日「船舶設備規程等の一部を改正する省令」が公布された。

それは、海上交通の輻湊する狭水道等において船舶の衝突を予防すること等のため、一定規模以上の船舶に航海用レーダーの装備を義務付けることを主な内容とするものであり、近く本年11月18日から施行されることとなっている。

航海用レーダーは、今日では、船舶にとって船位測定、他船との衝突予防等の手段の一つとして一般航行はもとより特に霧中航行、夜間航行には欠かすことのできない存在となっている。

今回の法制化は、国際的に船舶へ航海用レーダーの装備を義務付けることとしている「1974年の海上における人命の安全のための国際条約」が発効していない現在、世界に先がけた措置といえよう。

今月はこれについて記述することとする。

### 1. 経緯

一般商船に航海用レーダーが備え付けられ、通常の航行用に使用されることになったのは戦後であるが、船舶の航海設備としてこれの船舶への備え付けを義務化しようとした国際的な最初の動きは、1960年の海上における人命の安全のための国際会議においてであった。

その会議において、国際航海に従事する一定総トン数以上の船舶に航海用レーダーを装備すべく、勧告がなされた。

そして1968年IMCO（政府間海事協議機関）の第4回臨時総会において「1960年の海上の人命の安全のための国際条約の一部改正」（現在未発効、本改正は、その後現在未発効である「1974年の海上の人命の安全のための国際条約」の中に取り入れられている）が決議され、国際航海に従事する総トン数1,600トン以上の船舶に航海用レーダーの装備を義務づけることが規定されることとなった。

また、船舶の航行中において航海用レーダーに関する使用方法等の規定については、1960年の海上における人命の安全のための国際会議において、模範法典としての国際海上衝突予防規則に基づいて、わ

が国においては、海上衝突予防法（昭和28年法律第151号）に基づく「レーダー情報の使用について勧告すべき事項を勧告する件」によっており、その内容には特に船舶の航行中において航海用レーダーの使用義務はなく、航海用レーダーはあくまで消極的な航行援助手段であるという認識であったが、1972年に新たに海上衝突予防条約（昭和52年7月15日発効予定、わが国は現在未批准）が採択され、それにより航海用レーダーに関する規定について、航行中における使用義務、プロットングの励行等が初めて規定され、航海用レーダーは、船舶にとって積極的な航行援助手段であるという認識になった。

海上交通の輻湊する狭水道等においては、従来から衝突、乗揚げ等の海難が頻発していたが、昭和45年10月30日浦賀水道におけるリベリア籍タンカー「コリントス号」（30,705総トン）と中田海運所属タンカー「第一新風丸」（388総トン）との衝突事故を契機に、運輸省は、同年11月6日「浦賀水道における海上交通に関する緊急安全対策」（昭和45年11月6日付、抜萃後掲）を決定した。

その対策の一環として海運局長、船舶局長は総トン数500トン以上の船舶（危険物積載船等）にあっては総トン数300トン以上の船舶）についてはレーダー1台、船舶の長さが200メートル以上の大型船舶についてはレーダー2台を備え付けさせるよう、船舶所有者及び関係者に指導した。

これを更に強化し、船舶の衝突防止対策等に資するため、本改正となったものである。

### 2. 船舶設備規程等の一部改正の概要

「船舶設備規程等の一部を改正する省令」（昭和50年運輸省令第47号）の概要は次のとおりである。

#### (1) 船舶設備規程の一部改正

- (イ) 長さ200メートル未満の船舶であって総トン数500トン以上のもの（旅客船、危険物ばら積船その他これに類似する船舶にあっては総トン数300トン以上のもの）にあっては1台、長さ200メートル以上の船舶にあっては2台の航海用レーダーを装備しなければならないこととす

る。

- (ロ) 航海用レーダーの技術基準は、国際航海に従事する総トン数1,600トン以上の船舶であって沿海区域を航行区域とするもの以外のものに装備する航海用レーダーにあつては1971年のIMCO（政府間海事機関）第7回総会において採択された勧告に、それ以外の船舶に装備する航海用レーダーにあつては1960年の海上における人命の安全のための国際会議において採択された勧告に、それぞれ準じて定めることとする。
- (イ) 沿海区域を航行区域とする船舶であつて適切な航海用レーダーを有するものは、管海官庁がさしつかえないと認めるときは、法定器具の測程機械を備えつけることを要しないこととする。
- (2) 船舶安全法施行規則（昭和38年運輸省令第41号）の一部改正  
航海用レーダーを予備検査の対象物件に加えることとする。
- (3) 船舶等型式承認規則（昭和48年運輸省令第50号）の一部改正  
航海用レーダーを型式承認の対象物件に加えることとする。
- (4) 施行期日  
この省令は、公布の日（昭和50年11月18日）から施行する。ただし、1(1)の規定は、公布の日から起算して1年を経過した日（昭和51年11月18日）から施行する。
- (5) 経過措置
- (イ) 1(1)の規定の施行前（昭和51年11月17日以前）に建造され、又は建造に着手された船舶については、同規定は、当該船舶が同規定の施行後最初に受ける定期検査又は第1種中間検査の時期までは、適用しない。
- (ロ) 1(1)の規定の施行前に建造され又は建造に着手された船舶に同規定の施行の際現に備え付けられている航海用レーダー（同規定の施行の際現に建造又は改造中の船舶にあつては、備え付けられる予定のものを含む）については、これを引き続き当該船舶に備え付ける場合に限り、1(2)の規定は、適用しない。

## 参 考

浦賀水道における海上交通に関する  
緊急安全対策（抜粋）

(45. 11. 6) 運輸省

去る10月30日夕刻、浦賀水道において発生したり

ベリアタンカー「コリントス号」（30,705総トン、40人乗組み）と「第一新風丸」（388総トン、7人乗組み）の衝突事故にかんがみ、この種の事故の再発を防止するため、特に次の緊急対策を実施するものとする。

なお、抜本的な対策としては、長期的見通しに立った湾口航路の整備、海上交通情報システムの確立、海上安全交通法（仮称）の制定\*、原油のパイプライン輸送と原油タンカーの入湾禁止等の「東京湾の総合安全対策」を強力に推進する。

### 1. 船舶におけるレーダーの装備

500総トン以上の一般船舶および300総トン以上の原油、重油、ガソリン、液化ガス等のタンカー等に対してレーダー装備を指導し、将来これを義務づける。

とくに、長さ200メートル（約2万総トン）以上の大型船舶に対しては、2台のレーダー装備を義務づける。

\* 昭和47年海上交通安全法として制定された。

---

## Ship Building & Boat Engineering News

---

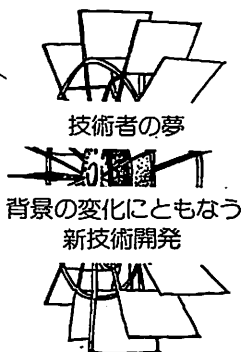
### ■パーキンス、フランスの組立工場を買収

ディーゼル・エンジン・メーカーであるパーキンス・エンジン・グループはこのほど、フランスのGroup d'Industries de Seine et Oise (GISO社) がパリ近郊ジェネヴィールにもつエンジン組立工場を買収すると同時に同工場運営のための新会社パーキンス・インダストリーズS.A. を設立した、と発表した。

今度の買収は、主要マーケットに近接して生産部門を置くという同社の経営姿勢の具体的な現われで、ジェネヴィール工場は、各種エンジンを年間約2万台生産する能力をもっているため、欧州共同体市場におけるシェア拡大を狙ったものである。

同工場では主に輸出用パーキンス4318型4気筒を年間7千台生産し、残りの生産能力を自社用およびGISO社の従来からの取引先であるクライスラー向けエンジン補修に振向ける一方、エンジン補修部門については、現体制で欧州共同体の需要動向に対抗できる力を目下検討中とのこと。

なお同社の昨年1カ年間で、全世界での生産台数は50万台を越えたが、今後の需要増に対処するため、さらに海外数カ国に生産設備を整える同時に、現有工場の拡張をも行なう方針であるという。



## 船用ディーゼルおよび蒸気タービンシステムの省エネルギー対策

濱 田 昇

(財)日本船用機器開発協会理事長

### 船舶の運航費(燃費, 運転, 保守費)を節約するためのシステムの開発

船舶の機関部の運転・保守の面からコンピュータを使用し, 技術的な管制が最近行なわれてきていることはすでに知られており, 実用化されているが, この技術的な管制はまた燃料消費量の節減システムとしても考慮されるものであり, この点について, ノールウェーにおいて積極的に諸研究組織が共同で, この開発に従事している。

#### (1) 第2世代のディーゼル機関の管制システムの開発——燃料費2%の節減——

船用ディーゼル機関の技術的狀態管制についての最新の経験に基づいて, コンピュータを使用した第2世代のディーゼル機関管制システム(Data Trendシステム)をノールウェーで開発した。このシステムを船用ディーゼル機関で使用すれば, 次のようにして燃料の節約が可能になるといわれている。

1) 機関の作動条件及び燃料系の状態, 燃焼状態に応じて綿密に燃料使用量が調節されるために燃料が節約できる。

2) 最小燃料使用量によって最大効果を得るための各シリンダの燃焼調節器として, このシステムを利用すれば燃料が節約できる。

このシステムを採用したデータによれば, 少なくとも燃料節約量は2%であるといわれている。

なおこのシステムによれば, シリンダの熱負荷やターボ過給機付シリンダの吹き出しシステム, 燃料の流量, 若干の冷却機の管制, 燃料噴射・燃焼プロセスの管制を行なうことができるということである。

第1世代の Data Trend システムは低速2サイクルディーゼル機関のためだけのものであったが, 第2世代のシステムは回転数 750 rpm 未満のすべてのディーゼル機関で用いることができる。

この Data Trend システムはディーゼル機関のシリンダ内の爆発荷重を測定し, その平均値を計算

でき, シリンダ及び燃料噴射システムの中の圧力測定のために圧電センサを用いるとよく, このシステム搭載船の大部分の船舶は, 1週間間隔でディーゼル機関の諸計器の全示度を記録しうるものである。たとえば, 8気筒ディーゼル機関のすべてのシリンダの内圧と燃料の噴射圧力の指示は30分以内で可能であるとのことである。

#### (2) 第2世代の蒸気タービン機関の管制システムの開発

コンピュータを使った蒸気ボイラの制御によってつぎのことが可能になる。

- 1) 調整の動特性が改善できる。
- 2) 蒸気タービンの燃料特性の最適化が, 蒸気ボイラ外においても実施できる。

調整システムは燃料ポンプと蒸気ボイラ, 蒸気タービンの調整によって, 次のような燃料消費量が節約できるといわれている。

	(節減率%)
(a) 燃料ポンプ出口の最低圧	0.08%
(b) 安定した燃焼調整	0.12%
(c) 燃料・空気混合物中の酸素含有率の長時間調整	0.15%
(d) 空気的最適余剰率	0.15%
(e) 負荷率50%時の制御バルブ役の最適パラメータとタービンの最小絞り損失	1.5%
(f) 不完全負荷時の燃料の総節減可能率	2.0%

上記の数字は標準型蒸気タービンについて計算されたもので, 前記諸措置またはそれに近い措置を採ることによって, 燃料節約率は1~4%に達するといわれている。

このことは標準VLCCタンカーでかりに2%の燃料使用量の節減は年間約1,500万円の節約を意味し, Data Boiler システム装置費は2カ年間で償却できることになろう。



# カーフェリーボート設計の周辺

< 5 >

Some incidental factors for Basic Design of Car Ferry Boat < 5 >

by Naonosuke Takarada

宝 田 直 之 助

住友重設機工業船舶本部技師長

## 5. 新しい型式のカーフェリーボート

新しい型式のカーフェリーボートを模索するために、設計そのものではなくその周辺の考慮すべき要素と若干の手段について述べたが、本章では現在既に出現しているものを含めて新しい型式について紹介することにする。

### 5. 1 カーフェリーボートに決定版はあるか

既に述べた通り、交易量あるいは交易物は地域間の特徴に支配され一定のものではない。従ってカーフェリーボートは旅客を搭載し、車を搭載するので、船首、船尾にランプを持ち、多くは船内斜路を設備し高速力であると決めてかかることは禁物である。このことは第3章において欧州のフェリーボートの種類が多いことで、既に述べた通りである。

リフトオンリフトオフも車を搭載してフェリーサービスに従事する船はカーフェリーボートであるわけで、固定観念で考えてはいけない。現在のところRO/ROが荷役時間を短縮することができるし、車両甲板を確保する手段として中速内燃機が好都合であるに過ぎない。条件が変わればこれらを変更して

も一向に支障はないというより当然変わるべきものである。

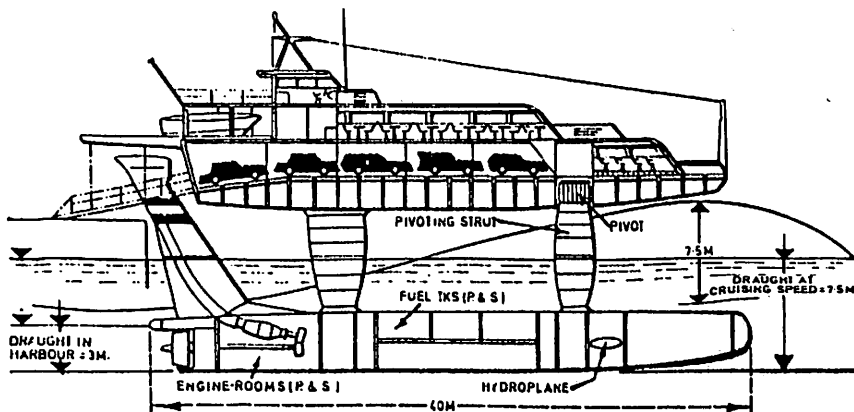
#### 5. 1. 1 より速く

省エネルギーの観点からは第1章に述べた考え方はあるが、交通機関としての夢はより速くであることには変わりはない。この夢を果すために、ホーバークラフトがPA、PA/C、PA/C/Vの分野に進出していることはよく知られている。カタマラン船型も目新しいものではなくはなっているが、次には半潜水式のものが出現しよう。

図5.1は“Sea Sulky”と呼ばれる半潜水式のカーフェリーボートの構想であるが、旅客数300、乗用車30台の搭載能力をもつものである。主機はガスタービンであるが、ディーゼル機関搭載も考慮されている。この構想は1970年頃から発表され、逐次改善案が出されている。米海軍でも研究されていると報告されている。わが国では船舶技術研究所が半潜水船の基礎研究を終り、実用化研究を開始したが、高速、容量の点で“Sea Sulky” projectを遙かに凌駕しているので期待されている。

#### 5. 1. 2 大型化と貨物フェリー化

図 5. 1  
“Sea Sulky”  
Concept



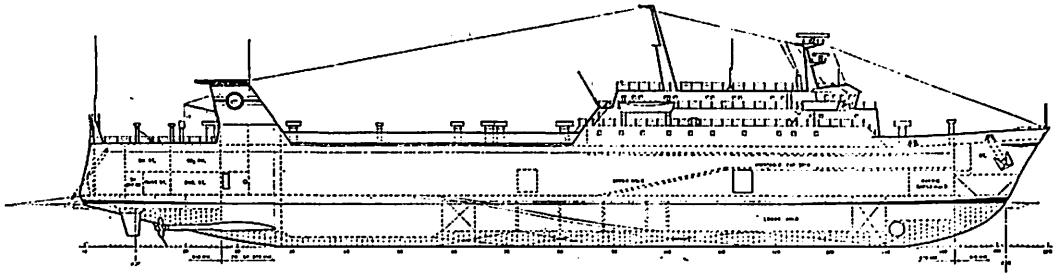


図 5.2 貨物フェリー“DERNA”の側面図

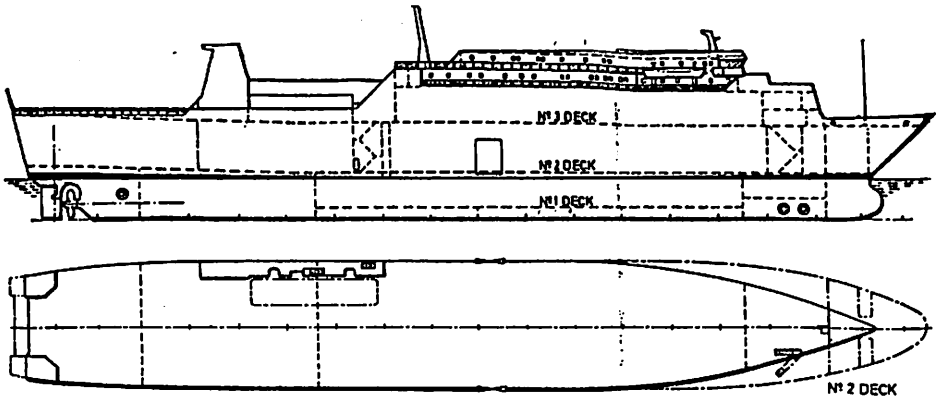


図 5.3 貨物フェリー“Sea Speed Dana”概要

PA/C, PA/C/V などの大型化はよく知られている。これらより船型は小さいが、D.W.を主とした貨物フェリーの大型化が進んでいる。この背景には中近東地域の港湾混雑を RO/RO で解決しようとの計画が続出し、就航距離が飛躍的に長距離化したための要因が大きい。図 5.2 は“DERNA”で、就航航路はリビア～フランスまたはイタリア地中海岸、長/巾/深/喫水は 106.6m/16.0m/12.67m/5.55 m, D.W.; 約 3,000t, 試運転速度 19.5kts, 1974年完成であるが、従来の欧州型貨物フェリーの延長である。図 5.3 は Seaspeed Ferries 所属の D.W. 5,400T の新鋭貨物フェリー 3 隻のうちの第 1 船“Seaspeed Dana”である。

この船は D.W. その他従来のフェリーボートの固定観念を打破した船といえよう。単螺旋、可変ピッチプロペラ, Sulzer 16ZV40/48 10,400BPS 1 基, 煙突は左舷側に 1 本, サイドスラスタは船首部 400 PS×2, 船尾部 400PS×1, 甲板荷重は軸重 45T の他に 350T のプラント輸出に耐えられるものとなっている。本船は Seaspeed Ferries が、欧州～中東(紅海, ジェッダ等)に“Seaspeed Challenger” “Seaspeed Master” の 2 隻を就航させた経験から発展させたものと言われており、更に D.W.21,700T

の RO/RO 船を 2 隻発注している。(川崎重工建造)

この傾向をみると貨物フェリーはますます RO/RO Cargo Ship の性格が強くなり、RO/RO Ship でフェリーサービスを行うものが貨物フェリーといっても過言ではなくなる。

### 5.1.3 鉄道連絡船も大型化

1975年初頭に G/T 6,000T の鉄道連絡船“Railship 1”が独逸 Travemunde～フィンランド Hanko 間に就航したが、本船は図 5.4 に示した通り 3 段の鉄道車両甲板をもつ船で、長さ 20m の車両 60 両或いは 27m の車両 37 両を搭載する。この甲板間操車は Wagon Lifter と Switch で行われる。就航時間が 27 Hrs. では、このように積付効率を向上する必要があるものと考えられる。

本年初め、ソ連が黒海で使用する目的で、D.W. 12,160T の鉄道連絡船をユーゴスラビアの造船所へ 2 隻発注すると報ぜられ、“Railship 1”に似た形式で、暴露甲板にも鉄道車両を搭載するといわれている。わが国では 2 段積みものが計画されたことがあるが、陸側ランプを 2 段にして船側を簡単にした形式であった。

“Railship 1”では欧州側とフィンランド側のレールゲージの相違を処理する簡単な方法がとられてい

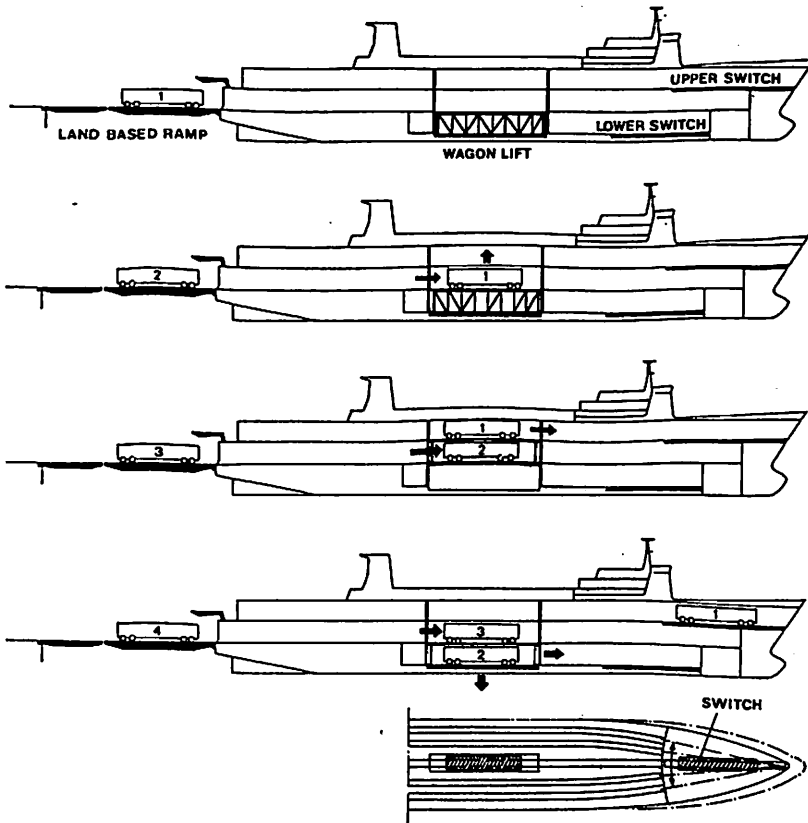


図 5.4 Fairroad Ferry "Railship 1" の Wagon Flow

るといふ。これなども大陸と離島を結ぶ大きな発展であり、今後の参考にならう。以上のような鉄道連絡船も従来の国内、地区内の連絡だけでなく、国際交易の増大にしたがって長距離、大型化の傾向をたどっているといえる。

## 5.2 Roll-on Roll-off Ship

さて RO/RO を荷役手段とする船の大宗は RO/RO Ship であり、カーフェリー、殊に貨物フェリーは運航がフェリーサービスであるに過ぎないとなれば、RO/RO Ship の近況を述べなければなるまい。ここ数年 RO/RO Ship の新型が続々と発表あるいは就航している。この背景は

- (1)1980 年にはドーバ海峡を横断する貨物の 75% が RO/RO によるものになると予想されていること
- (2)北欧のフェリーサービス需要に山谷があり、夏期休暇の前後のピークを如何に満たすか
- (3)アフリカ、中近東などの遠距離航路が開設されたなどが挙げられる。

(1)は船型は大型化しないが貨物及び荷姿に影響があり、(2)は荷姿及び船型に若干関係し、(3)は船型及

び荷姿に大いに関係があるといえよう。これらの代表的なものを図 5.5 に紹介する。

"Dona Futura" は1975年末に完成した DFDS 所属の船で、明らかに北海以外の区域を想定されたと思われるが、最初の航海は Esbjerg-Harwich 間に "Dona Regina" "Winston Churchill の定検中の代船として就航した。この航路は "Bacon and Butter" として知られており、有名な Bacon フェリー M/V "Somerset" が就航しているので、新形式船の試験投入と考えられる。

"Dona Futura" の主要目

Length overall .....	144.00m
Length b. p. ....	131.00m
Breadth, moulded.....	23.00m
Depth, to upper trailer deck .....	12.80m
Maximum draught .....	7.00m
Deadweight.....	7,000tons
Gross register .....	5,990tons
Total cargo carrying capacity (equivalent).....	406 20ft. units

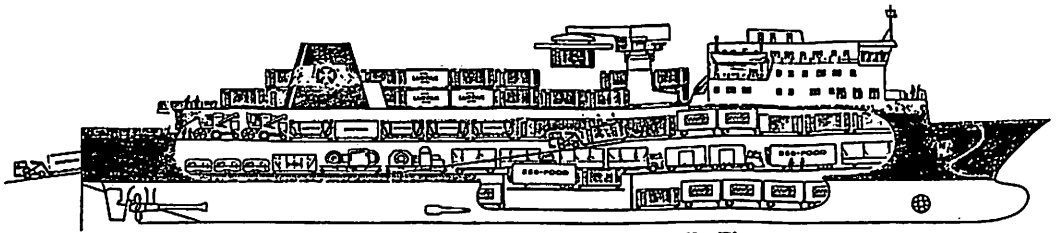


図 5.5.1 “Dona Futura” の縦断面 (上) と Traffic Flow (下)

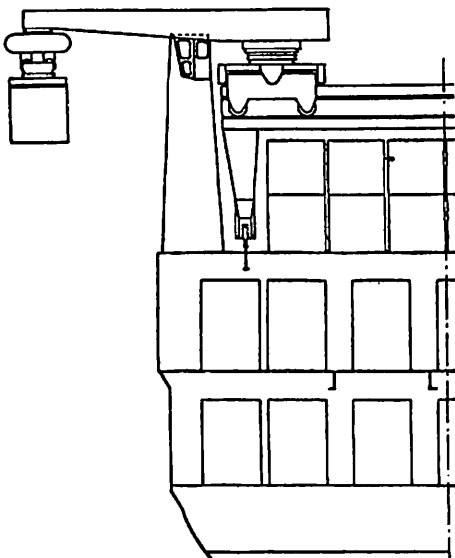
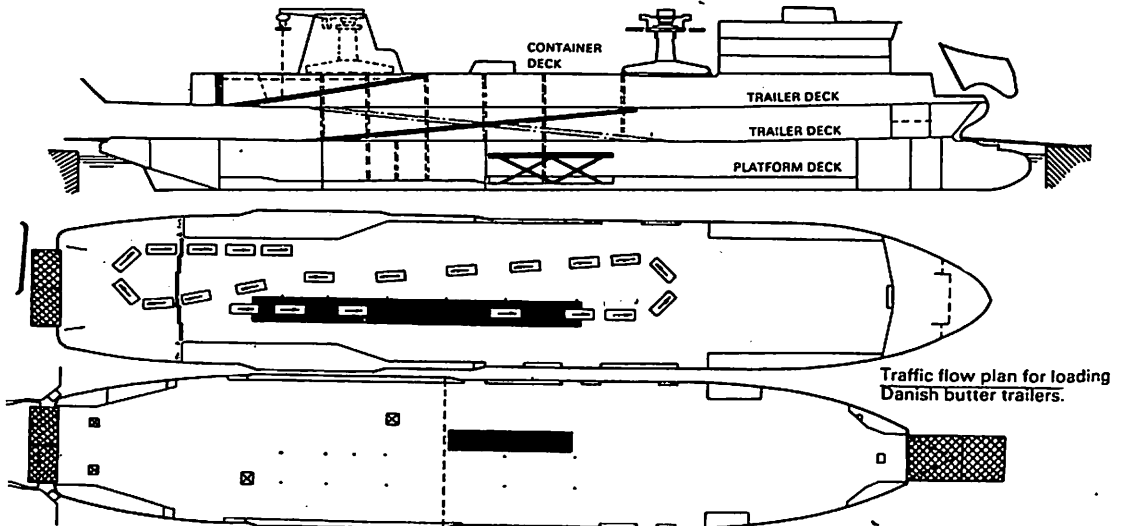


図5.5.2 “Dona Futura” の25Tガントリークレーン

Primary power.....27,540b. h. p.  
Service speed.....23knots

事実欧州海運界では North Sea Service の New Generation といった迎え方をしている。積付面積

は 406 TEU (20ft equivalent unit) であるが、Container deck は 2 段で 144TEU の搭載能力があり、25T のトラベリングクレーンを装備し、船倉内には 19.2m×3.56m、50T の Lifting Platform を持ち、全荷役を 6 Hrs. で完了する。本船は RO/RO SHIP と報告されているが、貨物フェリーの新型式と考えてよからう。

これらの発展により、本年 6 月ロンドンにおいて RO/RO 76 なる 国際会議が開催され数多くの論文が発表されており、運航、設計、施設、保険など各方面にわたる絶好の参考が得られた。以下これらの話題を中心に RO/RO Ship の種類や特徴を述べてみよう。

### 5.2.1 RO/RO Ship の分類

- 文献(1)においては RO/RO Ship を 4 つに分類し
- Category I : Cellular with RO-RO Capability
  - Category II : RO-RO with Cellular Capability
  - Category III : RO-RO with Unitised/Break-bulk Capability
  - Category IV : Cellular/RO-RO/Conventional Carrier ie, a multi-purpose Ship
  - Category V : Cellular/RO-RO/Float-on Float-
- としているが、筆者の分類では

off Capability

Category VI : Floating Link Span

を追加したい。特にV, VIは port congestion の解消に大きな意味をもつと思われる以下各分類の特

徴を述べよう。(つづく)

文献(1) The design of Multi-purpose Ships incorporating RO-RO Facilities: D.E. Turnbull, RO/RO 76 Conference papers

## Ship Building & Boat Engineering News

### ■日立造船 ディーゼル船機関部の新システムを開発

日立造船は省エネルギーをねらったディーゼル船機関部のシステムを開発、試作機の製造に着手することとなった。

新システムは下図のように①ツインバンク型ディーゼル機関推進装置②低圧蒸気ターボ発電装置③シングルループ式舵取装置から構成され、これによって在来型にくらべ30%という大巾な燃料費減のほか機関重量でも30%低減ができるというものである。

同社が発表した上記システムの概要は

#### ① ツインバンク型ディーゼル機関推進装置

従来の低速エンジンでは採用されていなかった歯車減速式ツインバンク型ディーゼル機関を採用し、プロペラ回転数減少による推進効率向上をはかるとともに、機関全体としての寸法及び重量の低減をはかる。そのため燃料節減はもとより船の載荷スペースが増加することになり、あらたに生じた余剰空間を有効的に利用できるとともに、居住区に対する騒音防止にも効果がある。

また、本装置には在来ディーゼル機関の主機関として実績のある低速2サイクルクロスヘッド型ディーゼル機関と同じ機構部品を使用するため、低質燃料油が使える、かつ高価な潤滑油の消費量を低減することができる。

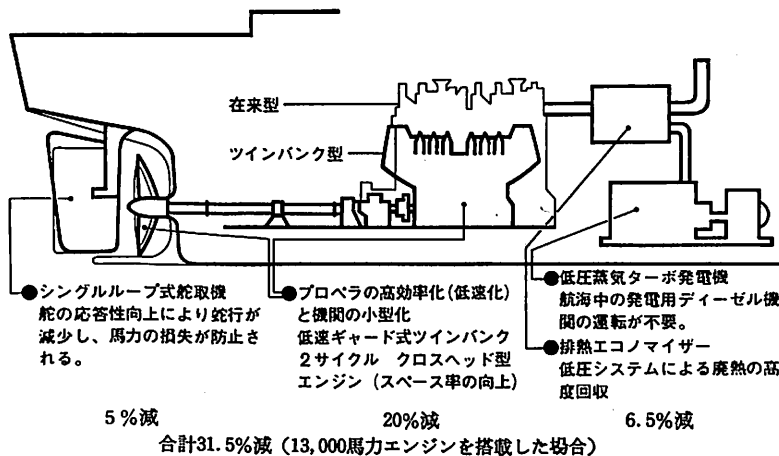
なお、当装置は同社のアイディアにより技術提携先であるB&W社とプロジェクトチームを編成して開発したもので13,000 HP, 145 rpm の日立B&Wの「K45GF」が仮定される。

#### ② 低圧蒸気ターボ発電装置

同装置は船舶の省エネルギーを徹底的に追求するため開発したもので、ディーゼル主機関の排熱を最大限に利用することを目的とし、主機冷却水、過給空気からの熱回収とあわせて排ガスからの熱回収を高めた低圧蒸気システムである。このため、従来、中小型船では排ガスによる発生蒸気で駆動することが不可能とされていた蒸気ターボ発電機の採用が可能となり、常用航行中はディーゼル発電機の運転は必要としないため、省エネルギーに大きく貢献できる。

#### ③ シングルループ式舵取機装置

本装置は、同社が今年6月に英国のジョン・ヘステイ社と技術提携した舵取装置で、従来の製品に比べ、舵取機の操縦制御機構を合理化、即ち従来の油圧パワーユニット制御のかわりにトルクモータによる直接制御を採用し、実用上、舵のオーバーシュートおよび操舵不感帯をなくし、船の蛇行を減少することにより、推進馬力損失の減少と燃料消費の節減をはかった舵取装置である。



恵美洋彦 / 伊東利成

日本海事協会船体部

10-4 アルミニウム合金及びその溶接

10-4-1 アルミニウム合金一般

1. アルミニウム合金の種類及び規格 (つづき)

また, Al-Mg 系の 5000 番で, Mg 量の多い 5083 が主体をなすが, これは次の理由によるものである。

すなわち, Al の一般的通性として純 Al に Mg, Si が増加すると割れ (高温ワレ) やすくなるが, ある一定量を越えると逆に耐割れ性が向上する (図 10-132, 図 10-133)。Al-Mg 系では 1~2% の Mg 量のとき最も割れやすくなり, これを越えると Mg 量の多いほど耐割れ性は向上するので, Mg を多量 (4% 以上) 含む 5083 が一番よく使用されている。

各船級協会等の規定は, 先に 10-2 で紹介したとおりであるが, 5083-O 材のアルミ合金 LNG タンク材を対象とした規則の 1 例として, 次に NK, LNG 船規準附録 A 及び A S T M の 5083-O 材に対する規格を示す。

〔NK 溶接構造用アルミニウム合金の規定〕

注: A S T M の関連規格 B 209 及び 221 は, NK 規定と余り違わないので, 成分規格及び機械的性質の NK との相異点のみを [ ] に示す。

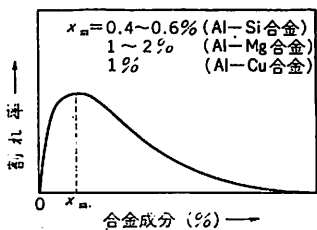


図 10-132 アルミニウム合金溶着金属の割れ率と合金成分

第 9 章 溶接構造用アルミニウム合金

A 9100 通 則

A 9101 適 用

1. 本章の規定は, 主として低温用に使用されるアルミニウム合金の板および押出し形材に適用する。
2. 本章に規定されていないアルミニウム合金の板および押出し形材は, 設計に関連して本会の承認を得なければならない。

A 9102 製 造 法

製造者は, 製造法 (造塊, 圧延, 押出し, 熱処理等) に関し, あらかじめ本会の承認を得なければならない。

A 9103 化 学 成 分

化学成分は, 表 9-1 による。

A 9104 熱 処 理

熱処理は, 特に承認された場合を除き, 焼きなましとしなければならない。

A 9105 検 査 証 明 書

製造者は, 試験に合格したものについて, 鋼船規則第三十編第四章第四条の規定に準じた検査証明書 3 通 (正 1 通, 写 2 通) を作成し, 検査員の署名を得なければならない。

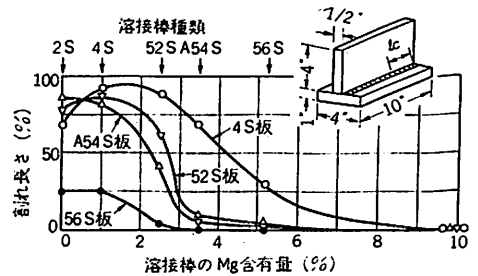


図 10-133 耐食アルミニウム溶着金属 (Al-Mg 系) の溶接割れにおよぼす Mg 含有量の影響 (TIG 溶接)

A9106 標 示

1. すべての製品は、少なくとも1箇所に本会の合格印とともに、次の各号に示す事項を、明らかに標示しなければならない。

- (1) 材料記号
- (2) 製造者名またはその記号
- (3) 製品番号またはその記号
- (4) 発注者名またはその記号 (発注者から要求のあった場合)

(5) 寸 法

2. 寸法が小さいために前1による標示ができない場合、本会の承認を得て一括して表示して差しつかえない。

A9200 板

A9201 機械的性質

機械的性質は、表9-2による。

A9202 試験の種類および試験片の採取

1. 本会が特に指定した場合を除き、試験の種類

は、引張り試験のみとする。

2. 試験片は、本会が特に指定した場合を除き、同一溶解に属し、同一板厚、同一熱処理を施したもから、1個を採取する。

3. 試験片の採取方向は、特に本会が指定した場合のほかは、圧延方向に平行とし、採取位置は、板厚が20mmを越え39mm未満では板厚の中心部から、39mmを越えるものは、板の表面と板厚の中心部との中央部から採取する。

A9203 引張り試験

引張り試験の結果は、表9-2の規定に適合しなければならない。

A9204 厚さの許容差

板の厚さの許容差は、本会の適当と認めるところによる。

A9300 押し形材

A9301 機械的性質

機械的性質は、表9-3による。

A9302 試験の種類および試験片の採取

1. 本会が特に指定した場合を除き、試験の種類は、引張り試験のみとする。

2. 試験片は、本会が特に指定した場合のほかは、同一溶解に属し、同一形状および同一熱処理を施したもから、1個を採取する。

3. 試験片は、本会が特に指定した場合を除き、

表9-1 化学成分

(単位%)										
Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	その他		Al
								各	合計	
0.10	0.40	0.40	0.40	4.00	0.25	0.05	0.15	0.05	0.15	残部
以下	以下	以下	0.40 [0.35]	1.00	4.90	以下	0.25	以下	以下	

注：〔 〕は、ASTM B209および221のAlloy 5083、特に示していないところはNKと同じ。

表9-2 板の機械的性質

材料記号	試験箇所の厚さ (mm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	0.2%耐力 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張り強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	試験片		
						採取箇所の厚さ (mm)		
K5083S-O [Alloy 5083-O]	130以下 [127]	200以下 [207]	12以上 [11.2]	28-36 [27.4 ~35.9]	14以上	20以下	5号	[ASTM E-8 による]
						20を越える	4号	

備考 1. 本表を越える寸法のものに対する機械的性質は本会の適当と認めるところによる。

2. 試験片の号数は、鋼船規則第三十編第三章第二条の規定による。

注：〔 〕内はASTM B221の値。

表9-3 押し形材の機械的性質

材料記号	板厚t (mm)	0.2%耐力 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張り強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	試験片
K5083P-O [Alloy 5083-O]	t ≤ 39 [38.1]	13-20 [12.7-20.4]	28-36 [28.1-35.9]	16以上	5号または4号
	39 < t < 77 [38.2-76.2]	12-20 [12.0-29.0]	28-36 [27.4-35.2]	16以上	4号
	77 < t ≤ 102 [76.3-101.6]	12以上 [11.2]	27以上 [26.7]	16以上	4号
	102 < t ≤ 127 [101.7-127]	12以上 [11.2]	27以上 [26.7]	14以上	4号
	127 < t ≤ 178 [127.1-177.8]	11以上 [10.5]	26以上 [26.0]	14以上	4号
	178 < t ≤ 204 [177.9-203.2]	10以上 [9.8]	26以上 [25.3]	12以上	4号

備考 1. 板厚が204mmを越えるものは、本会の適当と認めるところによる。

2. 試験片の号数は、鋼船規則第三十編第三章第二条の規定による。

注：〔 〕はASTM B209の値、特に示していないところはNKと同じ。

その長さ方向を押し出し方向に平行に採取する。形材の厚さが、20mmを越え40mm未満の場合、試験片は、その軸が形材の主部または最大肉厚部の中央となる位置から採取する。また、形材の厚さが、40mm以上の場合、試験片は、その軸が形材の表面とその中心との中央となる位置から、あるいは主部または最大肉厚部の縁と中心との中央となる位置から採取する。

#### A9303 引張り試験

引張り試験の結果は、表9-3の規定に適合しなければならない。

#### A9304 断面寸法の許容差

押し出し形材の断面寸法の許容差は、本会の適当と認めるところによる。

#### A9305 再試験

引張り試験の結果が規定に適合しない場合、再試験を行なうことができる。この場合、さらに2個の試験を採取して再試験を行ない、2個とも規格値を満足すれば、合格とすることができる。

以上、アルミニウム合金のNK規格の概要を紹介してきたが、材料検査としては、表面検査、寸法検査等の詳細は規定されていない。ASTM B209は圧力容器用のアルミニウム合金を対象としているので、寸法許容差もB209のTable 5に規定されている。タイプCタンクは、圧力容器と同じく、出来上り厚さがマイナスの許容差（規定算式値を下廻ってはならない）という規定がNKを含めて一般的である。タイプCタンクを除くタンクは、特に明記されていないが、一般船体構造の寸法許容差より厳しくしているのが現状である。中には、タイプB圧力容器方式タンクはタイプCタンクと同じくマイナス許容差を認めないという船級協会もあるが、NKでは、材料としての寸法許容差は、B209のTable 5程度とし、出来上り寸法は、曲げ加工等によりこの材料寸法より著しく減らなければよいという取扱いはある。

ASTM B209のTable 5には、板幅、厚さに応じて厚さの正及び負の許容値が定められているが、液化ガス用タンクのマイナス許容値は、0.25mmと考えてよい。（アルミ合金タンクの最小厚さ6mmとすると6mm厚さ×900mm板幅以上の板のマイナス許容値が0.25mmとなる。これより大きい板幅または厚い板幅のマイナス許容値は0.25mmと一定である。）

表面検査、材料の非破壊試験については、特に定

められた基準はない。これらは、現在、メーカーの基準によっているようである。

## 2. 超低温材料としてのアルミニウム合金

現在就航中のLNG船（兼用船含む）のうち、タンクにアルミ合金を用いたものは、コンチ独立方形タンク（Methane Princess ほか1隻）、エッソ独立方形二重殻（Esso Brega ほか3隻）、ハインリッヒブランド円筒形及び双胴円筒形タンク（Anna Shulte ほか4隻）、モス球方式タンク（Venator ほか1隻）で、このほか、エチレン船（例、日立-CB & I球形タンク）等でも多くの使用実績がある。また、現在のところ建造中LNG船の独立型タンク（モス球形及びコンチ独立方形）のほとんどはアルミ合金製であり、建造中のものを含めるとLNG船のタンクでは最も使用実績が多い。

これらのLNG船さらにアルミ製陸上LNGタンクは、5083-Oアルミ合金（4.5%Mgアルミ合金表10-46及び48参照）を使用しており、現在のところ、LNGタンク用材料のアルミ合金といえ、5083-O材と考えて間違いない。なお、防撓材等に使用する型材には、5083-H113等の加工硬化材が用いられるが、溶接部は、焼なまし材と同じ強度となると考えてよい。

5083-O材のアルミ合金は、単純な成形加工が容易で、溶接性も良く、軟質材としては比較的強度も高く、かつ低温じん性もすぐれていること等の特性を有するため、もっとも広範囲にわたって超低温用構造材料として使用されているものである。

なお、5083-O材以外では、Al-Zn-Mg系の7000シリーズ（8月号の表10-46及び48参照）の熱処理材が、アルミ合金では最高の強度を示しており、表10-46の7N01または表10-48の7039相当材は、必要な低温じん性もあり、米国の液体酸素のタンク材として使用された例があるので、将来、LNG船のタンク材としての使用が考えられるかも知れない。

しかし、現在のところ、LNG船として建造中、開発中のアルミ合金製タンクは、すべて5083-O材を使用する計画であり、また、各種の試験研究も5083-O材のみを対象として行なわれている現状である。したがって、本節（10-4）では、5083-Oアルミ合金を主対象として説明することとする。

なお、参考までに超低温用材料として表10-46及び48に示す各シリーズのアルミ合金を使用した例を次に示す<sup>42)</sup>。



表10—50 アルミニウムの物理的性質

性 質	高純度アルミニウム(99.996%)	普通純度アルミニウム(99.5%)
原 子 番 号	13	—
原 子 量	26.9815	—
格子定数(面心立方格子) 20°C(A)	a=4.0413	a=4.04
比 重 (g/cm <sup>3</sup> ) 20°C	2.689	2.71
700°C	—	2.373
溶 融 点 (°C)	660.2	~665
沸 点 (°C)	2060	—
線膨張係数 20°C~100°C(10 <sup>-4</sup> /°C)	24.58	23.5
100°C~300°C(10 <sup>-4</sup> /°C)	25.45	25.6
凝固収縮(体積)(%)	—	6.6
比 熱 100°C (cal/g)	0.2226	0.2297
溶 融 潜 熱 (cal/g)	94.6	93.0
燃 燒 熱 (cal/g)	7389	7400
熱 伝 導 度 25°C (CGS)	—	0.53
導 電 率 (標準銅に対し)(%)	64.94	59(軟質)
比 抵 抗 20°C (μΩ-cm)	2.6548	2.922
抵抗の温度係数 (10 <sup>-4</sup> /°C)	4.2	4.0
磁 気 係 数 (CGS)	0.677	0.650
λ=2,500Å	—	87
反 射 率 (%) λ=5,000Å	—	90
λ=20,000Å	—	97
屈 折 率 <sup>(1)</sup> (白色光)	—	0.78~1.48
吸 収 率 <sup>(1)</sup> (白色光)	—	2.85~3.92
輻 射 能 <sup>(1)</sup> (25°C, 大気中)	—	0.035~0.06

注(1) 表面状態によって変化するので、おおよその範囲を示す。

表10—51 5083アルミ合金の物理的性質

Al (5083)	
熱膨脹係数 (cm/cm, °C) (温度間の平均値)	-100~17°C 19.9×10 <sup>-6</sup>
熱 伝 導 度 (cal/cm, sec, °C)	25°C 0.28 -150°C 0.165 -200°C 0.127
比 熱 (cal/g °C)	0~100°C 0.23 -100°C 0.173 -200°C 0.069
弾 性 係 数 (kg/mm <sup>2</sup> )	24°C 7000 -196°C 7900
比 重 (g/cc)	2.66
結 晶 構 造	面 心 立 方

2014—T6; サタンS11とSIVB推進用タンク(LH<sub>2</sub>, LOX), タイタンI用推進用タンク(LOX)

2024—T4; 溶接構造物の使用には制限あり

2219—T87; サタンSIC推進用タンクと配管, ルナ月面車のシャーシ(2219—T81, 2"×3" 押出角管), チーズ, エルボ等

3003—H14; 比強度のあまり要求されない一般用合金で, 管, 継手部品等に使用, 押出材はその有用性と溶接が容易な理由でペーパーライザ等, ま

た, プレージングした熱交換器用材としても使用される。

5083—O; 軟質材のほか 5083—H111, H113 及び H321 とも使用。超低温の液体貯蔵用として最も広く使用される。LNG船, LMG貯蔵タンク, 配管, 移動用二重殻設備, ヘリウム, アルゴン, 水素及びメタン等の液化装置の熱交換器, ガス分離装置のタンク及び附属金具

6061—T6; 管, 管付着品等

7039—T61; 固定及び移動用二重殻装置, 超低温熱交換器, 宇宙用から一般用までの溶接構造用として今後期待される材料

7075—T6; 溶接構造物以外に使用。サタン SIC の衝撃防止装置等

### 3. 物理的性質

表10—50にアルミニウムの物理的諸性質を示す。

また, 表10—51に5083アルミ合金の物理的諸性質を示す。

これらの表から分るようにアルミニウムまたはアルミニウム合金のおもな特性は, 次のとおりとなる。

- 1) 結晶が面心立方格子で, 銅やオーステナイト系ステンレス鋼と同じ
- 2) 比重は, 鋼の約2/3
- 3) 熱膨脹係数は鋼の約2倍
- 4) 熱, 電気の良い良導体で, 熱伝導率は鋼の約2/3であるが, 鋼の約3倍である。また, 電気伝導度も鋼の約60%あり, 他の工業用金属材料に比べてはるかに高い
- 5) 高度の熱(光)反射性がある

このような特性は超低温域における物性としても重要で, アルミ合金の結晶格子が面心立方格子であることは, ヘリウム(沸点 -268.9°C)のような超低温でもすべり面が多いためすべりやすく容易に塑性変形するため, ぜい性を示さず, 超低温材料として使用できることを示している。もちろん, LNG(約 -160°C), 液体窒素(-196°C)の貯蔵容器材料としても使用できる。

図10—134ないし137に5083—O材の低温域における熱膨脹係数, 弾性係数, 熱伝導率及び比熱を示す。このうち, 熱膨脹係数は, 表10—52に示す算式によるものである。

なお, 図10—138に示すように他の材料(9%Ni鋼, オーステナイトステンレス鋼等)に比べて熱伝導率が高いことは, 温度勾配が少なく熱応力が発生

表10-52 熱膨脹係数の算式

温度範囲	t°Cにおける長さ
-196°C~0°C	$L_t = L_0[1 + C(1 + C(20.83t - 0.0177t^2 - 0.0001446t^3) \times 10^{-6})]$
0°C~500°C	$L_t = L_0[1 + C(22.29t + 0.01009t^2) \times 10^{-6}]$
-60°C~100°C	$L_t = L_0[1 + C(22.16t + 0.01219t^2) \times 10^{-6}]$

Cの値 5083 ; 1.010, 7075 ; 0.990, 7N01 ; 1.00

表10-53 腐食した試験片の引張性質<sup>41)</sup>

材 料	放置期間 (年)	屋外大気中腐食		
		0.2% 耐力 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)
A5083-O	1	19.8	36.9	17
	2	19.6	37.6	17

表10-54 腐食孔の最大値<sup>41)</sup>

材 料	放置期間 (年)	屋外大気中腐食			
		深 (mm) さ	長 (mm) さ	幅 (mm)	1 cm <sup>2</sup> 当たりの孔食数
A5083-O	1	0.06	0.07	0.06	6
	2	0.08	0.14	0.10	8

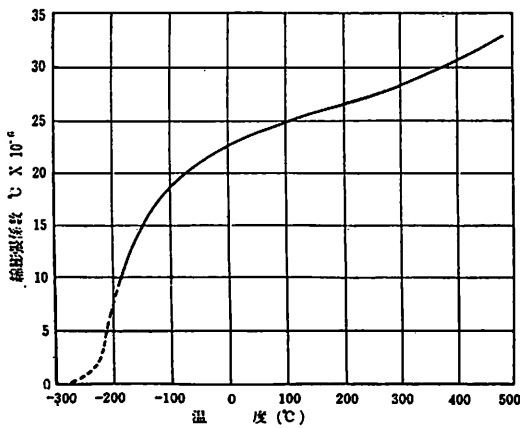


図10-134 アルミニウム合金5083の熱膨脹係数<sup>42)</sup>

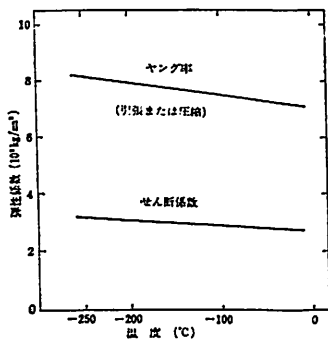


図10-135 低温域での5083-O材の弾性係数<sup>41)</sup>

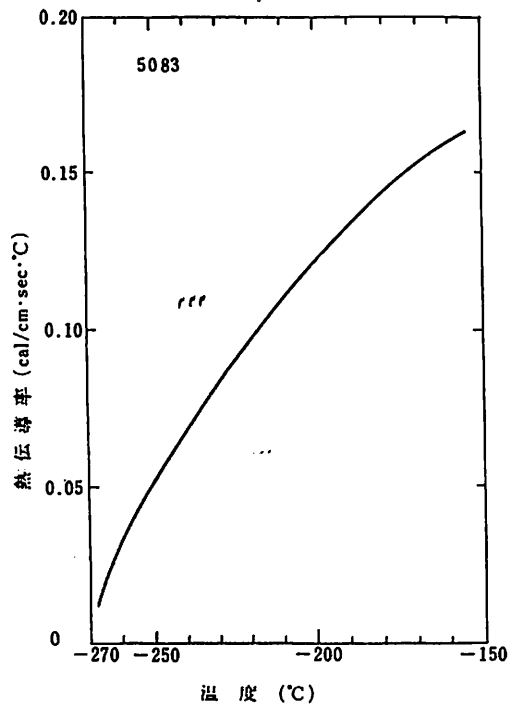


図10-136 アルミ合金5083の熱伝導率<sup>41)</sup>

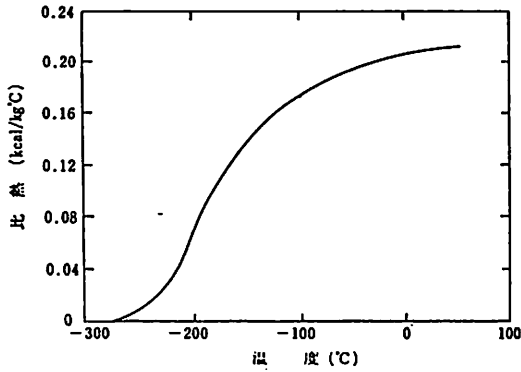


図10-137 アルミ合金の比熱<sup>41)</sup>

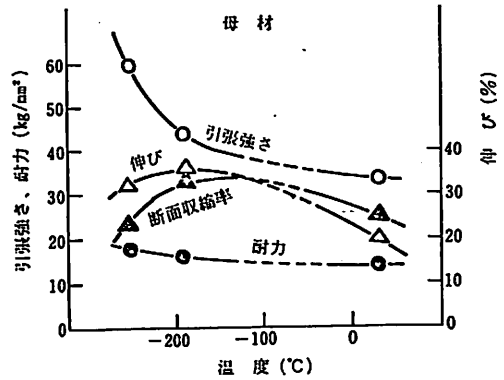


図10-140 5083-O材の低温引張強度<sup>41)</sup>

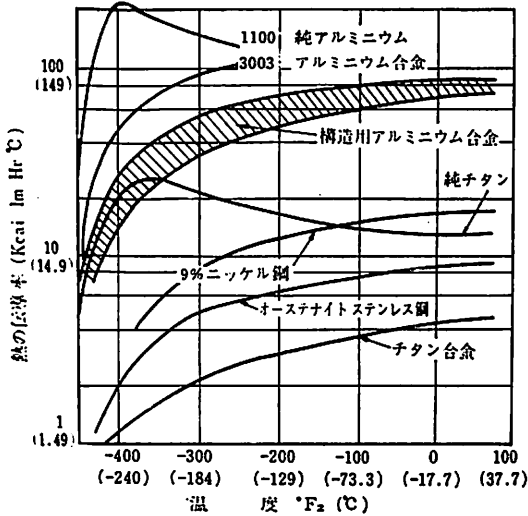


図10-138 超低温用材の熱伝導率比較<sup>42)</sup>

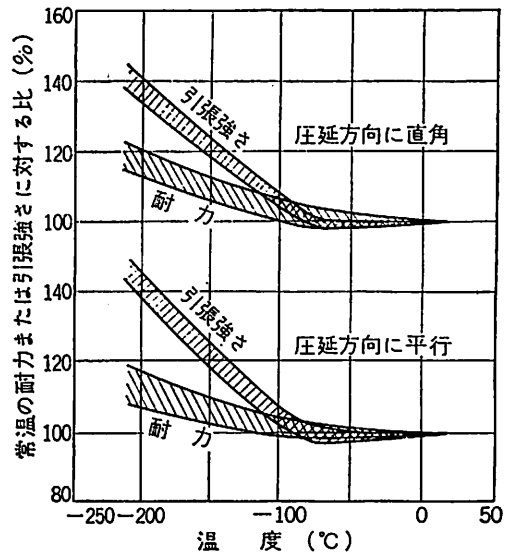


図10-141 軟質板の低温引張強度 (厚さ4~35mm) (5083-O)

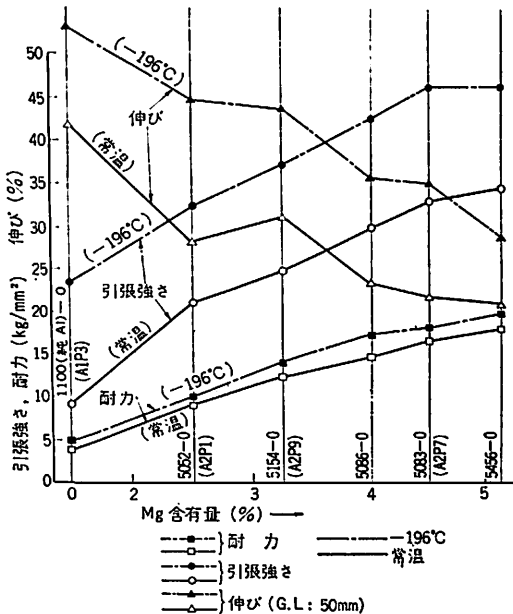


図10-139 Al-Mg合金(軟質材)の常温と-196°Cにおける機械的性質

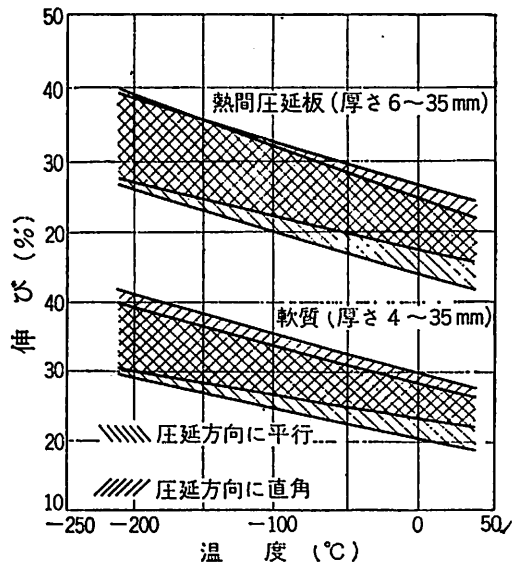


図10-142 板材の低温における伸び (5083-O)

表10-55 アルミ合金製タンクの許容応力

	IMCO案1975	IACS1974	NK1973	NV1973	USCG1973	備考
独立型方形方式タンク タイプA	桁; $0.75\sigma_Y$ 又は $0.38\sigma_B$ ただし, 計算精度に よってこの値より高 い値とすること可	同 左	桁; $0.79\sigma_Y$ 又は $0.42\sigma_B$		主応力 $0.75\sigma_Y$ 又は $0.38\sigma_B$	
独立型方形方式タンク タイプB	独立型圧力方式タンク タイプBによるか 又は主管弁による別 の基準	桁; $0.75\sigma_Y$ 又は $0.35\sigma_B$	桁; $0.75\sigma_Y$ 又は $0.40\sigma_B$	桁; $0.75\sigma_Y$ 又は $0.35\sigma_B$ 防塊材; $0.80\sigma_Y$ 又は $0.375\sigma_B$ タンク板; $0.85\sigma_Y$ 又は $0.40\sigma_B$	膜応力; $0.67\sigma_Y$ 又は $0.25\sigma_B$ 局部膜応力; $1.0\sigma_Y$ 又は $0.38\sigma_B$ 曲げ応力; $1.0\sigma_Y$ 又は $0.50\sigma_B$	
独立型圧力容器方式 タンクタイプB	膜応力; $0.67\sigma_Y$ 又は $0.25\sigma_B$ 局部膜応力; $1.0\sigma_Y$ 又は $0.375\sigma_B$ 曲げ応力; $1.0\sigma_Y$ 又は $0.50\sigma_B$	膜応力; $0.63\sigma_Y$ 又は $0.25\sigma_B$ 曲げ, 局部膜応力; $0.94\sigma_Y$ 又は $0.38\sigma_B$	同 左	同 左	同 上	
独立型圧力容器方式 タンクタイプC	膜応力; $0.67\sigma_Y$ 又は $0.25\sigma_B$	同 上	同 上	同 上	同 上	
セミメンブレン方式 タンクタイプA	規定なし	規定なし	膜応力; $0.63\sigma_Y$ 又は $0.25\sigma_B$ 曲げ, 局部膜応力; $0.94\sigma_Y$ 又は $0.38\sigma_B$	規定なし	規定なし	セミメンブレン 方式タンクのN Kの規定は, 計 算精度によって この値を増減す る旨の追記あり
セミメンブレン方式 タンクタイプB	規定なし	規定なし	膜応力; $0.60\sigma_Y$ 又は $0.24\sigma_B$ 曲げ, 局部膜応力; $0.89\sigma_Y$ 又は $0.36\sigma_B$	規定なし	規定なし	

注 (1)  $\sigma_Y$  は, 0.2% 耐力規格値 (常温)  
 (2)  $\sigma_B$  は, 引張強さ規格値 (常温)  
 (3) (1)(2)何れも低温においてこの値を増加できる旨の規定あり, USCGは表10-56参照

表10-56 5083-O 板材の低温における最大引張許容応力<sup>47)</sup> USCG (ASME案も同じ)

規格番号	合金	質別	板厚 inch (mm)	引張強さ (最低)		(注)	各温度における最大許容応力 ksi (kg/mm <sup>2</sup> ) F (°C)											
				引張強さ ksi (kg/mm <sup>2</sup> )	耐力 ksi (kg/mm <sup>2</sup> )		-320	-200	-250	-250	-200	-150	-100	-50	0	100		
							(-196°C)	(-144°C)	(-142°C)	(-157°C)	(-129°C)	(-101°C)	(-73°C)	(-44°C)	(-12°C)	(32°C)		
SB-209		0	0.051-1.500 (1.275-38.10)	400 (28.1)	18.0 (12.7)	(4)	13.4 (9.42)	13.2 (9.35)	12.3 (8.65)	12.0 (8.44)	11.0 (7.73)	10.4 (7.31)	10.1 (7.10)	10.0 (7.03)	10.0 (7.03)	10.0 (7.03)		
			1.501-3.000 (3.815-76.20)	30.0 (21.4)	17.0 (12.0)	(4)	12.6 (8.96)	12.5 (8.79)	12.0 (8.44)	11.8 (8.30)	10.7 (7.52)	10.1 (7.10)	9.8 (6.95)	9.8 (6.95)	9.7 (6.82)	9.7 (6.82)		
			3.000-5.000 (76.23-127.0)	28.0 (20.7)	16.0 (11.3)	(4)	11.9 (8.36)	11.7 (8.22)	11.5 (8.06)	11.4 (8.01)	10.4 (7.31)	9.8 (6.95)	9.5 (6.75)	9.5 (6.80)	9.5 (6.82)	9.5 (6.82)		
			5.001-7.000 (127.03-177.8)	27.0 (20.0)	15.0 (10.5)	(4)	11.1 (7.80)	11.0 (7.72)	10.7 (7.52)	10.7 (7.52)	10.1 (7.10)	9.6 (6.75)	9.4 (6.61)	9.3 (6.54)	9.2 (6.47)	9.2 (6.47)		
			7.001-8.000 (177.83-203.2)	26.0 (18.5)	14.0 (9.8)	(4)	10.4 (7.31)	10.3 (7.24)	10.1 (7.10)	10.0 (7.03)	9.7 (6.82)	9.3 (6.54)	9.1 (6.40)	9.0 (6.32)	9.0 (6.32)	9.0 (6.32)		

(4) NF13 (b) 参照

表10-57 5083-O 材の低温における許容応力 (軽金属協会提案)<sup>47)</sup>

規格	種別	質別	記号	厚さ又は内厚mm	引張強さ kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	許容引張応力 kg/mm <sup>2</sup>									
							-196	-175	-150	-125	-100	-75	-50	-25	0	
JIS H4000 (1970)	5083	0	A5083P-O	40未満	28	13	9.4	9.0	8.3	7.7	7.3	7.1	7.0	7.0	7.0	
				40以上 75 "	28	12	9.4	9.0	8.3	7.7	7.3	7.1	7.0	7.0	7.0	
				75 " 127 "	26.7	11.2	8.4	8.1	7.9	7.3	6.9	6.7	6.7	6.7	6.7	
				127 " 178 "	26.0	10.5	7.8	7.6	7.4	7.1	6.7	6.6	6.5	6.5	6.5	
				178 " 203 "	25.3	9.8	7.3	7.2	7.0	6.8	6.5	6.4	6.3	6.3		

(注) 中間の温度は挿入法による

してもその応力集中度は比較的小さいことを意味する。しかし、半面、タンク支持台等に使用する場合は、熱伝導度の高い方が、船体構造に熱が伝わりやすいことを示し、この点では不利である。

#### 4. 耐食性

アルミニウム合金5083-O材の常温付近における耐食性の試験結果の1例を表10-53及び54に示す。

低温域におけるアルミ合金の耐食性については、超低温体、例えば、液体水素、酸素、メタン、エタン等は、ガス状または液状とにかかわらず、常温から超低温域の広範囲にわたり侵食されないという文献も紹介<sup>41)</sup>されている。また、10年以上の就航実績のあるLNG船でも腐食はないとの報告<sup>40)</sup>もあるが、世界最初のLNG船メタンパイオニア号で軽微な局部的な電気的腐食があったとの報告<sup>40)</sup>もある。

イナートガスによる腐食の実験でもSO<sub>2</sub>ガスがたまると腐食を起こすが、現在LNG船等に実際に使用されている性状のイナートガスであれば腐食は問題ないと報告<sup>41)</sup>されている。

応力腐食割れについて NaCl-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 水溶液、NaCl 溶液、海水については、応力腐食割れを起こす環境にあるといわれるが、天然ガスはアルミニウムの腐食媒体にならないということからみて、低温における天然ガスによる応力腐食の発生する危険性

は少ない。

このようにLNGして船として就航中の腐食はあまり問題とならないが、材料保管時等長時間裸のまま重ねておいた場合、すき間から水分が浸透し、放置すると白い花模様の腐食を生ずることがあるので、材料加工前の保管には、注意を払う必要がある。

#### 5. 機械的性質

アルミ合金の機械的性質に関する規則または規格は、前1項または10-2-2に示すとおりである。

低温における機械的性質の変化の1例を図10-139に示す。また、5083-O材の温度による機械的性質の変化の1例を図10-140ないし142に示す。これらの図から5083-O材の低温における機械的性質がすぐれていることが分る。

5083-O材を用いたタンクの設計上の許容応力は、後述するように溶接継手の引張強さ及び0.2%耐力も母体と変わらないものとしてすることができ、かつ、低温における疲労及びじん性も常温に比べて優るとも劣らないため、低温使用温度において常温より高い許容応力を与えることができる規定となっている。

表10-55に代表的な規則によるアルミ合金製タンクの許容応力を、表10-56及び57に低温における許

厚さ (mm)	切断速度 (mm/min)	オリフィスの直径 (mm)	電流 (A)	ガス量 <sup>(1)</sup> l/min
6.4	7,620	3.2	300	36A—18H <sub>2</sub> 60N <sub>2</sub> —14H <sub>2</sub>
12.7	5,080	3.2	300	30A—16H <sub>2</sub> 64N <sub>2</sub> —28H <sub>2</sub>
25.4	2,280	4.0	400	30A—16H <sub>2</sub> 64N <sub>2</sub> —28H <sub>2</sub>
50.8	500	4.0	400	30A—16H <sub>2</sub> 64N <sub>2</sub> —28H <sub>2</sub>
76	380	4.8	450	60A—32H <sub>2</sub> 64N <sub>2</sub> —28H <sub>2</sub>
100	300	4.8	450	60A—32H <sub>2</sub> 64N <sub>2</sub> —28H <sub>2</sub>

注(1) 36A—18H<sub>2</sub> はアルゴンと水素の混合ガス  
60N<sub>2</sub>—14H<sub>2</sub> は窒素と水素の混合ガスの割合をそれぞれ示す。

表10—58 アルミニウムのプラズマ切断条件例<sup>(2)</sup>

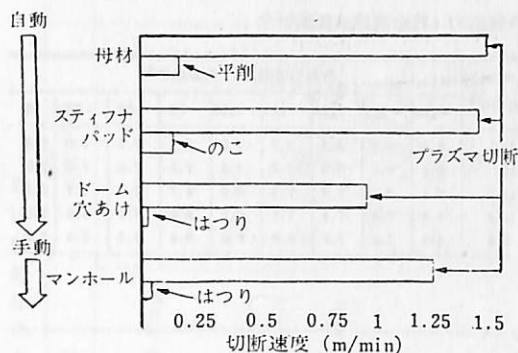


図10—143 プラズマ切断法と他の切断法との切断速度の比較<sup>(2)</sup>

容応力の増加基準の例を示す。後者の低温における許容応力の増加を考慮した例は、何れも5083—O材を対象とし、かつ一次一般膜応力に対して定められたものである。

## 6. 加工及び切断

アルミニウム合金は、成形加工が容易であるということは容易に類推できる。その成形加工（曲げ、絞り等）は、材質により多少の難易はあるが、他の金属に比べて容易である。また、冷間加工等による材質の劣化も必配ない。しかし、大型構造物の製作に関してプレス加工等を行なう場合には、傷が入りやすいため、十分に注意する必要がある。

アルミニウム合金のガス切断は、材質が劣化したり、切断面がきれいにならないため、使用されない。したがって、アーク切断（プラズマアーク、ミグアーク、ティグアーク等）、及び機械的切断（ソー切断機、バンドソー、のこ、シヤ、丸ソー、かな等）が用いられる。

アーク切断のうち、厚板の5083—O材の切断に最もよく用いられるのは、プラズマ切断である。この切断法は、アルゴン—水素あるいは水素—窒素の混合ガスを使用して、10,000ないし50,000℃のプラ

等級	1	2	3
素因			
平滑度	モデルの写真		
	状態	表面のざらざらの程度は極めて細かく、ドラグ・ラインがほとんど識別できないもの	表面は1級よりもざらざらしており、ドラグ・ラインもやや明りょうであるがドラグの角度は30°以下のもの
ドロスの付着度D	モデルの写真		
	状態	ドロスがほとんど付着していないが、付着していても簡単に除去できて残らないもの	簡単に除去できない微量のドロスが付着して残っているもの
直角度	モデルの写真		
	状態	モデルの角度は板表面に対して約3°（角度3°以内）	モデルの角度は板表面に対して約6°（角度4~6°）

図10—144 プラズマ切断面品質の等級モデル

ズマアークまたはプラズマジェットを利用して切断するものである。プラズマ切断は、切断速度が著しく速く（表10—58及び図10—143参照）、曲線切りも比較的容易に行なえるが、切断条件、すなわち、電流、電圧、切断速度、オリフィス径、トーチ高さ、使用ガスの種類、被切断材の厚さ等は、切断品質に影響するので、十分注意して選定する必要がある。図10—144に軽金属溶接技術会が定めたプラズマ切断面の品質等級を示すが、これは、純アルミニウム（1100材）の厚さ20mmに対する等級であるが、厚さ30mm以下の5083も切断条件の選定についてはこの基準を適用できることが確認されている。

プラズマ切断もある程度厚板（50mm以上）になると切断条件の選定がむづかしく、超厚板に対しては、ソー切断機を用いるのが普通のものである。

開先加工には、一般の工作機械のプレーナ、シヤ、ミリング、旋盤のほか、エッジミル、ラウタをはじめ開先専用のジグソー、プルマック開先機ベバラ、カッタ等の手動、電動の工具が使用されている。（つづく）

# 小型船舶のプロペラ設計技法 <1>

Practical Design Method of Screw Propeller  
for Small Ships and Crafts  
by Tomoharu Morita  
Professor, Tokyo University of Mercantile Marine

森 田 知 治

東京商船大学商船学部航海学科教授

## はじめに

小型船艇についてはプロペラに限らず、抵抗、運動性能などあらゆる分野での研究が大型船ほどに進んでいない。このため、小型船艇設計者が利用できるデータや標準的設計手法は極めて限られており、与えられた要求性能に応じて入手可能な実船資料をかき集めて実績との比較に頼り、無理を承知で大幅なインタ・ポレーションやアウト・ポレーションを行なうこともままある。

筆者が海上保安庁船舶技術部技術課に勤務していた頃も、前後通算して約10年間のうち、このような問題に忙殺された時間がずいぶん多かったせいか、過日舟艇協会の技術ゼミナールにおいて、小型船艇のプロペラ設計に関してお話する機会を得た。今回本誌編集部からこの時の話について書くようにのご依頼があったので、プロペラチャートの使い方の初歩から運転成績の簡単な整理、解析法までを、なるべく具体的事例に基づいて述べてみたい。少しでも関係者のお役に立てば幸である。

プロペラ設計について参考書などに述べられている標準的手法は、主機出力に対応する船速が予め推定可能との前提に立っている。これは同型船の正確かつ詳細な運転データがある場合は可能であるが、適切なタイプシップは稀にしか得られない、というのが小型船艇の場合の第1の隘路である。従って  $EHP$  の計算が必須となるが、これは排水量型船については諸種の抵抗算定用チャートがあるが“艇”については確立された手法がない。また、“艇”に関する自航要素推定資料も極めて少ない。これが艇のプロペラ設計についての泣き処である。排水量型船についても最近の小型フェリーボートに見られる

ように、特異な船形で速力もフルード数で0.4に近いような速長比の高い設計を強いられるようになると、何とか計算した  $EHP$  にも自信が持てなくなる。

このような事情のため、小型船艇のプロペラ設計に際しては、従来の運転実績を解析してこれを新設計に利用するという実績比較法を大幅に採用せざるを得ない。ところが、この点でもまた計測データの種類が少ない、精度が悪い、主機出力が計測されていないなどの悪条件があるため、実績を解析したもの、解釈に苦しむ場合がしばしばある。これらの困難さを切り抜けるための実際の側面に主眼をおいて述べる心算であるが、自らデータを集めプロットして行く道程こそが大切であり、その間に様々な疑問が生じ、これを解決してこそ新設計に適用できるものであること、そのためには学会論文集、雑誌、諸団体の報告などに時折発表される関連研究成果、資料などを小まめに収集、整理しておき活用をはかることが唯一の途であるを強調しておきたい。

ここで扱う小型船とは特別の区分はないが、長さにしておおよそ70~80m以下、排水量で3,000~4,000トン以下位のものに頭に描いている。また、小型艇については半滑走状態以下のもの、すなわち  $V/\sqrt{L}$  (ノット, m単位) が2.5~6程度のもをを対象とし、高速レジャーボートや競走艇のように艇体の大半が浮上し、完成滑走状態に入るものは除外する。この意味でここで扱う“艇”を中速艇と記すことがある。

## 1. プロペラチャートの使い方

船体抵抗については勿論、プロペラの模型試験な

ど望むべくもない我々にとって、プロペラの設計は全面的にプロペラチャートに頼ることとなる。排水量型船に必要なプロペラチャートの殆んどすべてが末尾記載の文献(1), (2), (3)に収録されている。文献(1) (51年3月改訂版)の $\sqrt{B_P}$ チャートには試運転データから伴流係数を計算するのに便利な $\lambda = \delta^{2.5} / B_P$ の線まで記入されているが、惜しむらくは図版が小さくてそのままでは読み取りに苦勞する。最近では写真技術が発達しているから、自家用には3倍ぐらいに拡大して使用すべきである。文献(2), (3)のものはやや大きい、これでも3桁までの読み取りは楽ではない。以上の中には、“艇”のプロペラに多く用いられる“ガウン・チャート”(W. L. GAWNによる三翼プロペラのチャート)が収録されていない

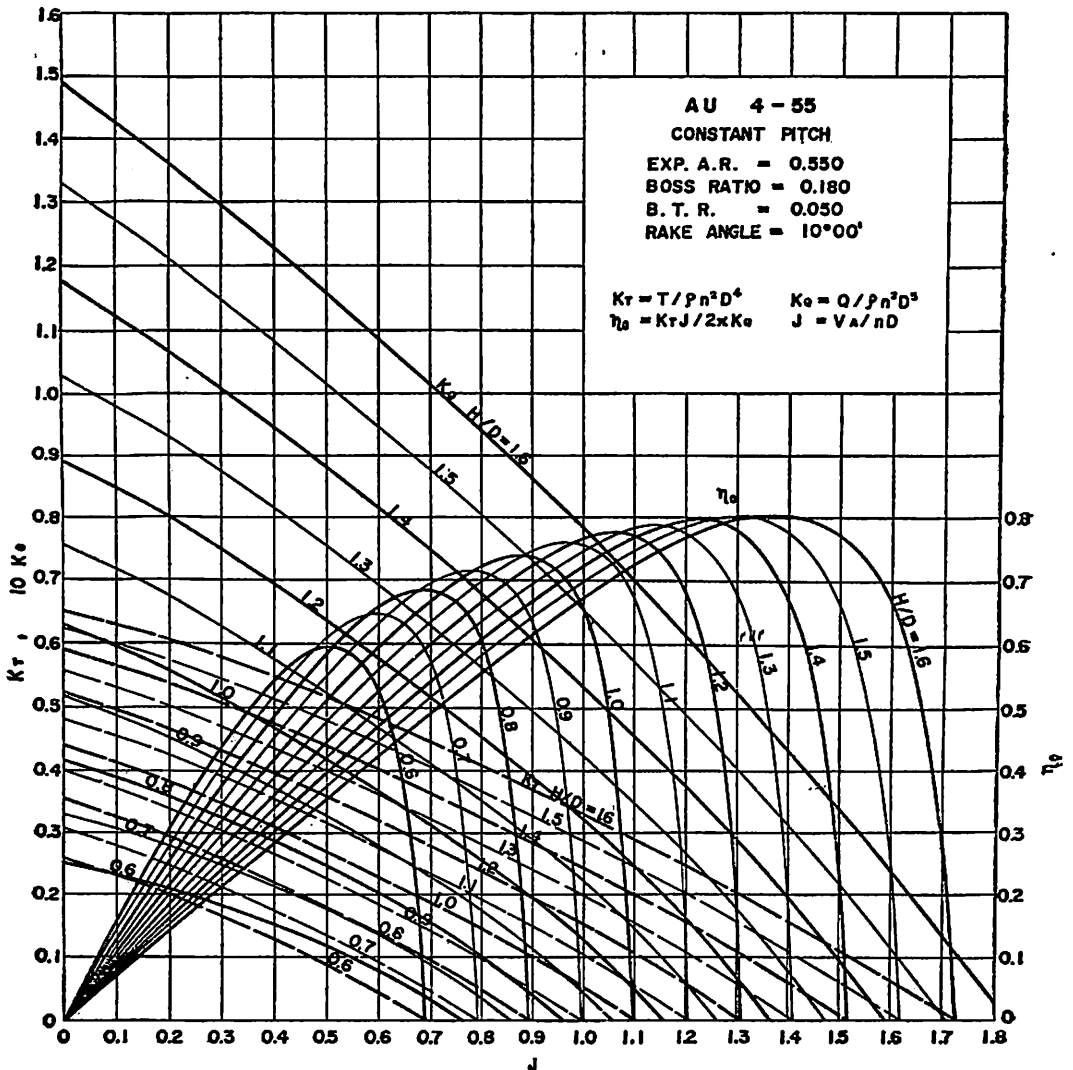
が、これは本誌1975年11月号、および1976年7月号または文献(4)に収録されている。ちなみに、文献(3)は設計実務者向けの最良の参考書であり、初歩から相当高度な内容をわかり易く述べてある。非売品のため入手困難であろうが、造船関係の学科のある大学、高専などの図書館あるいは先輩の蔵書など機会をとらえて参照されたい。

### 1.1 $K_T, K_Q$ チャートの使い方

系統的模型プロペラの水槽試験結果を第1.1図の形式にとりまとめたものが、このチャートである。

$$K_T = \text{スラスト係数} = \frac{T_0}{\rho n^2 D^4} \dots\dots(1.1)$$

$$K_Q = \text{トルク係数} = \frac{Q_0}{\rho n^2 D^5} \dots\dots(1.2)$$



第1.1図 AU4-55  $K_T, K_Q$  チャート: 文献(1)より



$$J = \text{前進係数} = \frac{v_A}{nD} \quad \dots\dots(1.3)$$

ここに、

- $T_0$  = スラスト (kg)
- $Q_0$  = トルク (kg·m)
- $\rho$  = 密度 (kg·sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)
- $n$  = 回転数 (回/sec)
- $D$  = プロペラ直径 (m)
- $v_A$  = プロペラの対水速度 (m/sec)

である。 $\rho$  は密度であるが工学単位系では比重量 (海水は1025kg/m<sup>3</sup>, 淡水は1000kg/m<sup>3</sup>) を重力の加速度 = 9.807m/sec<sup>2</sup> で割ったものと定義されるから、それぞれ 104.5, 102.0 の値を持つ。抵抗の計算その他でよく使うから、CGS単位系での数値と混同せぬよう注意する必要がある。また、 $v_A$  は前進速度とも言う。

この図は横軸の  $J$  に対応する  $K_T, K_Q$  およびプロペラ単独効率,  $\eta_0$  をそれぞれピッチ比,  $H/D$  毎に描いた3種の曲線群より成っているが、これらの間には

$$\eta_0 = \frac{K_T J}{2\pi K_Q} \quad \dots\dots(1.4)$$

なる関係がある。この図の意味する処は次の通りである。

たとえば、 $D=2.57\text{m}, H/D=0.6$  の実船大のプロペラを単独で (船尾に装備することなく) 毎分 240 回でまわした時、海水中を10ノットの対水速度で進んだとすれば、

$$n = 240/60 = 4 \text{ 回/sec}$$

$$v_A = 10 \text{ ノット} = 10 \times 0.5144 = 5.144 \text{ m/sec}$$

$$J = \frac{5.144}{4 \times 2.57} = 0.500$$

となるから、第1.1図の  $J=0.5$  を通る垂直線上で  $H/D=0.6$  に相当する  $K_T, K_Q$  を読めば

$$K_T = 0.09$$

$$K_Q = 0.012$$

となる。(1.2) 式より

$$Q_0 = \rho n^2 D^5 K_Q = 104.5 \times 4^2 \times 2.57^5 \times 0.012 = 2249 \text{ kg·m}$$

となって、この時プロペラを回しているトルクは 2249 kg·m であることがわかる。このトルクを発生するのに必要な馬力を  $P_0$  とすれば、トルクと馬力の関係

$$P_0 = 2\pi n Q_0 \text{ (kg·m/sec)} \quad \dots\dots(1.5)$$

より

$$P_0 = 2\pi \times 4 \times 2249 = 56520 \text{ kg·m/sec}$$

$$= (56520/75) \text{ PS} = 754 \text{ PS}$$

であることがわかる。また、(1.1) 式から

$$T_0 = \rho n^2 D^4 K_T = 104.5 \times 4^2 \times 2.57^4 \times 0.09 = 6565 \text{ kg}$$

となり、この時プロペラが発生している推力は6.57トンである。また、 $H/D=0.6$  の  $\eta_0$  カーブと  $J=0.5$  を通る縦線との交点から  $\eta_0$  を読めば、 $\eta_0=0.59$  を得るが、(1.4) 式によれば

$$\eta_0 = \frac{K_T J}{2\pi K_Q} = \frac{0.09 \times 0.5}{2\pi \times 0.012} = 0.597$$

となり読み取り値と多少異なるが、これは  $K_T, K_Q, \eta_0$  などの読み取り誤差によるものである。この単独効率はプロペラが船体の影響を受けない水流中で作動している時の効率である。

このチャートを用いてプロペラを設計する手続きを次の例題により説明する。これは、予め船速と必要馬力の関係が精度よく推定できている場合の例である。

例題1 主機出力1500PS, 回転数260rpmの時、ある船の到達船速が11ノットと推定された。1軸推進とするとき、第1.1図を用いて効率最大となるプロペラの直径、ピッチ比、および効率を求めよ。

主機出力はプロペラに伝えられる間に軸受、船尾管の摩擦あるいは減速装置などにより僅かながら損失を受ける。この間の効率を伝達効率と言ひ、 $\eta_T$  とし、主機出力を  $BHP$ 、プロペラに実際に供給される馬力を伝達馬力、 $DHP$  とすれば、

$$\eta_T = \frac{DHP}{BHP}$$

であり、この値は普通の排水量型船では0.95~0.99程度である。今、 $\eta_T=0.97$  と仮定すれば

$$DHP = \eta_T BHP = 0.97 \times 1500 = 1455 \text{ PS}$$

この伝達馬力が(1.5)式の  $P_0$  に等しいと考えれば、これを kg·m/sec 単位に換算し、

$$Q_0 = \frac{1455 \times 75}{2\pi \times 260/60} = 4008 \text{ kg·m}$$

となる。これを(1.2)式に代入すれば

$$K_Q = \frac{Q_0}{\rho n^2 D^5} = \frac{4008}{104.5(260/60)^2 D^5} = \frac{2.043}{D^5} \quad \dots\dots(1.6)$$

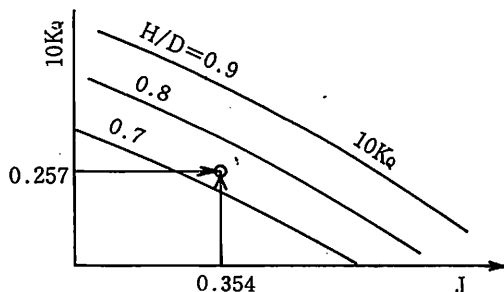
となる。また、プロペラの対水速度を  $V_A$  (ノット) とすれば、これは一般に船速、 $V_S$  (ノット) とは異なり  $V_A$  と  $V_S$  の関係は

$$V_A = (1-w)V_S \quad \dots\dots(1.7)$$

で表わされる。ここに、 $w$  は伴流係数と呼ばれるも

第1.1表  $\eta_0$  などの計算

	仮定 1	仮定 2	仮定 3	仮定 4	備 考
$D$	2.2	2.4	2.6	2.8	単位m, 適当に仮定する。
$K_Q$	.0397	.0257	.0172	.0119	(1.6) 式による。
$J$	.386	.354	.327	.303	(1.8) 式による。
$H/D$	.91	.73	.60	.51	$K_Q, J$ の交点を図上で読む。
$K_T$	.275	.21	.155	.125	$H/D$ から図上で読む。
$\eta_0$	.426	.460	.469	.466	(1.4) 式, 又は図上で読む。



第1.2図  $K_Q$ の求め方

のであり、この推定法は後述するが、ここでは $w=0.35$ と仮定して話を進める。

$$V_A = (1 - 0.35) \times 11 = 7.15 \text{ ノット}$$

$$v_A = 0.5144 V_A = 3.68 \text{ m/sec}$$

これを $J$ の式、(1.3)に代入すれば

$$J = \frac{3.68}{(260/60)D} = \frac{0.8492}{D} \quad \dots\dots(1.8)$$

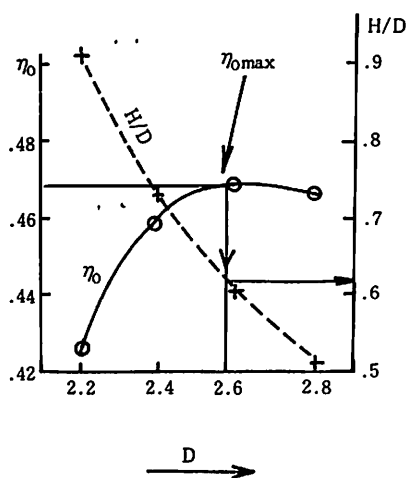
となる。今、この船にたとえば $D=2.4\text{m}$ のプロペラを装備したら11ノットで走ったと仮定してみる。すなわち、求める最適直径を $2.4\text{m}$ と仮定すれば、(1.6)、(1.8)式より

$$K_Q = 2.043 / 2.4^5 = 0.0257$$

$$J = 0.8492 / 2.4 = 0.354$$

これにより、第1.2図のごとく $J=0.354$ 、 $10K_Q=0.257$ から出発して○印の交点を求めると、この点は $K_Q$ カーブ群の中で $H/D=0.7$ と $0.8$ の間にある。この点に対応する $H/D$ の値をインタポレーションにより読めば $0.73$ が得られる。この $H/D=0.73$ と前の $J=0.354$ から $K_T$ カーブを読めば $K_T=0.21$ であり、 $K_T$ と $K_Q$ より $\eta_0$ を計算すれば $0.460$ となる。(または、 $\eta_0$ カーブを読んでもよい。)

このように予想される最適直径の前後に3~4の直径を仮定して上の計算を繰り返すと第1.1表に示す各値が得られる。これにより第1.3図のように $D$ を横軸にとり、 $\eta_0$ および $H/D$ をプロットすれば仮定直径に対するそれぞれのカーブが得られる。この



第1.3図 最適直径の求め方

図から $\eta_0$ を最大にする直径、および $H/D$ を読み取れば、これが求めるプロペラの要目である。この場合は、

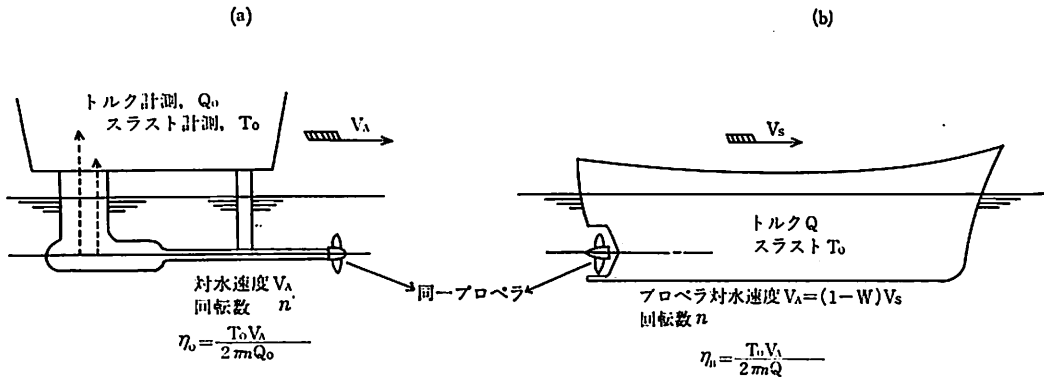
$$D = 2.58 \text{ m}$$

$$H/D = 0.62$$

$$\eta_0 = 0.468$$

となった。

以上の計算の中で誤解をまねきやすいのは、「この船に $D=2.2, 2.4, 2.6, 2.8$ というようにどんな直径のプロペラをつけても $1,500\text{PS} \times 260\text{rpm}$ の条件下で、ピッチ比や効率が変るだけで11ノットが出せるのか」という点である。「そうならば」真径やピッチ比の選定に頭を悩ます必要はなく、なるべく小さい直径と、それに見合ったピッチ比を選べばよい筈である。「そうではない」のであって、実は問題の提示が不完全であり、「到達船速が11ノットと推定された」という裏には、「本船と類似のタイプシップがあって、そのタイプシップは効率最大となるような直径と、それに見合ったピッチ比のプロペラを装備していた」という前提があるから、上述



第1.4図 単独プロペラと船後のプロペラ

の設計手続きが正しいのである。タイプシップで喫水が充分とれないなどの理由で最適直径より小さな直径のプロペラを採用していたとするならば、別の工夫が必要となる。

ともあれ、伝達馬力を吸収してプロペラが発生する推力と船体抵抗（伴流などの影響を加味したもの）が釣り合うような船速で船は走るのであり、この辺の関係は後に述べるEHPに基づく設計計算をみればよく納得できる。プロペラ要目を決める前に船速がわかっている、というのは理論的に矛盾した話であり、小型船艇ではそんなに都合のよいタイプシップがある場合は殆んどない。

#### 伴流と伴流係数について

プロペラの対水速度は、一見船速に等しいように思えるが船速よりおそいのが普通である。これは伴流の存在によるのであり、伴流とは簡単には粘性のために船体表面に近い水が船に引っぱられて生ずる流れ、と考えてよい。船尾付近のプロペラが作動する位置では、船体が覆いかぶさるようになっているので伴流が相当大きくなりプロペラの対水速度が落ちる。もし船が“水飴の海”の中を進むとすれば、船尾付近の“水飴”は殆んど全部船体にくっついて動くから、プロペラは対水速度0で作動することになる。

この伴流速度を  $V_w$  (ノット)、船速を  $V_s$  (ノット) とすれば、プロペラの対水速度  $V_A$  (ノット) は

$$V_A = V_s - V_w$$

である。伴流と船速の比が伴流係数  $w$  であるから

$$w = \frac{V_w}{V_s} = \frac{V_s - V_A}{V_s}$$

$$\therefore V_A = (1 - w)V_s$$

となり、前に用いた(1.7)式が得られる。

#### 推進器効率比について

推進器効率比、 $\eta_R$  はプロペラ単独効率とプロペラを船尾水流中で作動させた時の効率、 $\eta_B$  との比、すなわち

$$\eta_R = \frac{\eta_B}{\eta_0} \quad \dots\dots(1.9)$$

と定義されるが、この物理的意味はなかなかわかりにくいので、以下に説明を加えておく。

プロペラチャートの基となる模型プロペラの単独試験は第1.4図(a)に示したような装置によって全く乱れない水流中で行なわれる。この状態で或るプロペラが回転数  $n$ 、対水速度  $v_A$  で作動している時に計測された推力が  $T_0$ 、トルクが  $Q_0$  であったとする。この時の効率が単独効率  $\eta_0$  で、これは発生した馬力  $= T_0 \text{ (kg)} \times v_0 \text{ (m/sec)} = T_0 v_A \text{ (kg} \cdot \text{m/sec)}$  と、供給された馬力、 $2\pi n Q_0 \text{ (kg} \cdot \text{m/sec)}$  との比であるから、

$$\eta_0 = \frac{T_0 v_A}{2\pi n Q_0}$$

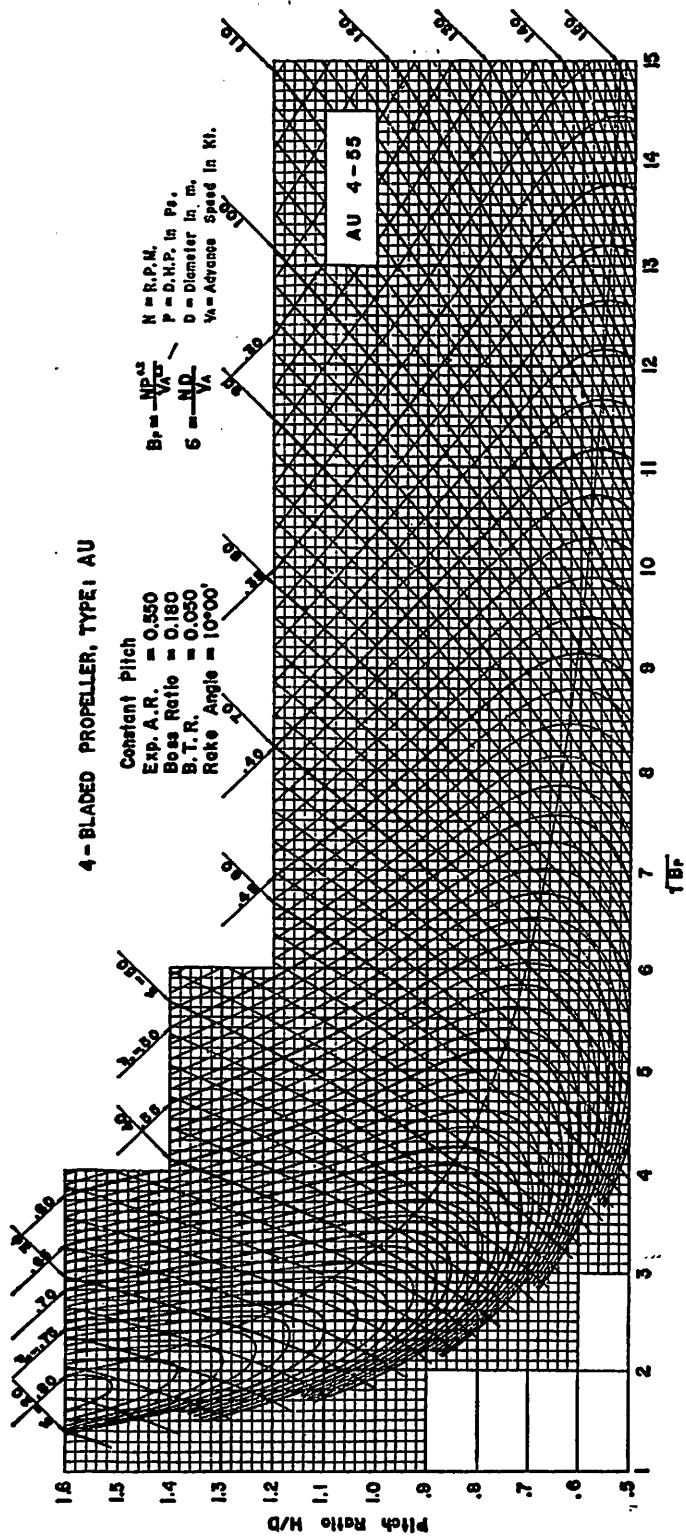
である。

これと同じプロペラを(b)図のように船尾で作動させた場合を考える。回転数、対水速度が(a)と同じ  $n$ 、 $v_A$  であれば発生する推力も前と同じ  $T_0$  である。しかしながら、この状態をつくるために供給すべきトルクは  $Q_0$  と同じではなく、多少異なった値をとるのが普通である。これは、(b)のプロペラは船体によって乱された複雑な水流中で作動しているからである。この時のプロペラ効率が船後効率、 $\eta_B$  である。供給トルクを  $Q$  と書けば、

$$\eta_B = \frac{T_0 v_A}{2\pi n Q}$$

となる。 $\eta_0$ 、 $\eta_B$  を(1.9)式に代入すれば

$$\eta_R = \frac{\eta_B}{\eta_0} = \frac{T_0 v_A}{2\pi n Q} \bigg/ \frac{T_0 v_A}{2\pi n Q_0} = \frac{Q_0}{Q}$$



第 1.5 図 AU4-55 $\sqrt{B_p}$  チャート : 文献(2)より

$$\therefore Q_0 = \eta_R Q \quad \dots\dots(1.10)$$

となる。この  $\eta_R$  は排水量型の 1 軸船で 1.0~1.10, 2 軸船で 1.0~0.95 程度の値をとることがわかっている。即ち、1 軸船では単独プロペラより効率が良く、2 軸船では悪い。

ところで、我々の問題は  $v_A$ ,  $n$  に基づいて、船尾で作動するプロペラの要目をチャートにより決定することである。ところがチャートは(b)の  $Q$  ではなく(a)の  $Q_0$  を用いて作られているから、チャートによる計算には  $Q_0$  を用いなければならない。(a)と(b)のプロペラは同一で、回転数、前進速度、推力が全く同じであるから、(b)のプロペラを設計するのに  $Q_0 = \eta_R Q$  を用いてチャートを使い、(a)のプロペラ要目を求めるのである。

例題の解では説明の煩雑さをさけるために

$$Q = \frac{DHP}{2\pi n} = \frac{\eta_T BHP}{2\pi n}$$

を計算に用いたが、正しくは

$$Q_0 = \eta_R Q = \frac{\eta_R \eta_T BHP}{2\pi n}$$

を用いるべきである。しかし前述のように  $\eta_R$  が 1 に近い値のため、 $Q \approx Q_0$  であるからどちらを用いて計算しても結果は殆んど変わらない。従って設計実務上は  $Q$  と  $Q_0$  の差異に気をつかう必要はないが、物理的には上のような差がある。

### 1.2 $\sqrt{B_P}$ チャートの使い方

$\sqrt{B_P}$  チャートとは第 1.5 図に示す様式のもので横軸に  $\sqrt{B_P}$ , 縦軸にピッチ比を目盛り、 $\eta_0$  と  $\delta$  のコンタカーブ (等高線) を記入したものである。表現様式は  $K_T$ ,  $K_Q$  チャートと全く異なるが内容は全く同一のものであって、 $K_T$ ,  $K_Q$  チャートを書き直したものと思えばよい。各定数はノット、毎分回転数など設計時に直接扱うような単位の数により次のように定義されている。

$$B_P = \text{出力係数} = \frac{N \sqrt{P}}{V_A^{2.5}} \quad \dots\dots(1.11)$$

$$\delta = \text{直径係数} = \frac{ND}{V_A} \quad \dots\dots(1.12)$$

ここに、

$N$  = プロペラ毎分回転数 (sec<sup>-1</sup>)

$P$  = 伝達馬力 (PS)

$V_A$  = 前進速度 (ノット)

$D$  = プロペラ直径 (m)

である。 $P$  は単独試験時の伝達馬力を表わすものであり、「推進器効率比について」の項での  $Q_0$  に対応するものであるから、船後プロペラの計算ではプロペラに伝えられた伝達馬力、 $DHP = \eta_T BHP$

に  $\eta_R$  を乗じた値とすべきものである。すなわち、

$$P = \eta_R DHP$$

である。 $P$  も  $DHP$  も通常伝達馬力と呼ばれるが、 $P$  は「チャートを引く時を用いる伝達馬力」と解されたい。

第 1.5 図を用いて例題 1 を解いてみよう。 $\eta_R = 1$  とすれば

$$B_P = N \sqrt{P} / V_A^{2.5} = 260 \sqrt{1455} / 7.15^{2.5} \\ = 72.55$$

$$\therefore \sqrt{B_P} = 8.52$$

第 1.5 図において  $\sqrt{B_P} = 8.52$  で  $\eta_0$  が最大になるような  $\eta_0$ ,  $\delta$ ,  $H/D$  を読みとればよい。すなわち、 $\eta_0$  のコンタカーブの中から、右方への凸出部が  $\sqrt{B_P} = 8.52$  を通る縦線に接するようなものを選び出すと、 $\eta_0 = 0.469$  に相当する。この図では  $\eta_0$  が最大となる点を結んだ曲線が記入されているから、この曲線と縦線の交点を求めればよい。また、同じ点で  $H/D$ ,  $\delta$  を読むと

$$H/D = 0.62$$

$$\delta = 93$$

(1.12) 式より

$$D = \delta V_A / N = 93 \times 7.15 / 260 = 2.58 \text{ m}$$

となり、さきの解 ( $D = 2.58 \text{ m}$ ,  $\eta_0 = 0.47$ ) と殆んど同じ値を得た。僅かな差はチャートの読取誤差によるものである。

$\eta_R$  が 1 と異なる場合、たとえば 1.02 なら結果はどの位異なるであろうか。

$$B_P = 260 \sqrt{1455 \times 1.02} / 7.15^{2.5} = 73.27$$

$$\sqrt{B_P} = 8.56$$

から図を読むと

$$\eta_0 = 0.468 \quad \delta = 93.5$$

位であり、チャートが大きくないと読取誤差の範囲程度の差しかない。

### 2. 排水量型船のプロペラ設計

プロペラ効率を知らないで主機出力  $BHP$  (または  $DHP$ ) と船速  $V_S$  の関係を精度よく推定できるのは、船体形状、主機、装備すべきプロペラなどがきわめて類似したタイプシップの運転成績が利用できる場合に限られるから、そうでない一般の場合は主機が決っても到達船速は未知数である。この場合は  $EHP$  カーブを用いてプロペラを設計することとなる。 $EHP$  と  $BHP$  の関係は次の通りである。

$$EHP = \eta_T \cdot \eta_R \cdot \eta_H \cdot \eta_0 \cdot BHP \quad \dots\dots(2.1)$$

$\eta_T$ ,  $\eta_R$ ,  $\eta_0$  はすでに説明したが、 $\eta_H$  は船殻効率であり

第2.1表 逐次近似法の計算手順

		第 1 回 目	第 2 回 目	第 3 回 目
①	$\eta_{0a}$ (仮定する)	0.55	0.582	0.586
②	$\eta_{PC}$ ( $1.055\eta_{0a}$ )	.580	.614	.618
③	$EHP_a$ ( $3000 \times \eta_{PC}$ )	1740	1842	1855
④	$V_S$ (2.1 図より)	16.0	16.2	16.25
⑤	$V_a$ ( $0.758V_S$ )	12.1	12.28	12.32
⑥	$V_a^{2.5}$	512	528	533
⑦	$B_P$ ( $16020/V_a^{2.5}$ )	31.3	30.3	30.1
⑧	$\sqrt{B_P}$	5.59	5.51	5.48
⑨	$\eta_0$ (チャートより)	0.582	0.586	0.586

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$$

で定義される。この式中の  $t$  は推力減少係数と言い、プロペラにより水が加速されるために付近の水の圧力が低下して船体抵抗が増加する割合を示す係数である。これら係数—— $\eta_T$ ,  $\eta_R$ ,  $t$ ,  $w$ ——の推定法は後述することとし、まず  $\sqrt{B_P}$  チャートによる設計手順を示す。到達船速が未知数では  $B_P$  が計算できないので、設計手法として  $\eta_0$  を仮定する逐次近似法と  $V_S$  を仮定する図式解法がある。

### 2.1 $\eta_0$ を仮定する逐次近似法

具体的数字を追ってゆく方が解り易いので例題の解法を示しながら説明する。

例題2 第2.1 図中の  $EHP$  カーブが与えられたものとし、この船を  $BHP=3000PS$ ,  $N=300RPM$  の主機で1軸推進する時、最大効率を与えるプロペラの直径、ピッチ、効率およびこれによる到達船速を第1.5 図を用いて求めよ。ただし、

$$\eta_T=0.95 \quad \eta_R=1.0$$

$$t=0.159 \quad w=0.242$$

と推定されたものとする。

まず、次の準備計算をしておく。

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} = \frac{1-0.159}{1-0.242} = 1.11$$

$$\eta_{PC} = \eta_T \times \eta_R \times \eta_H \times \eta_0 = 0.95 \times 1 \times 1.11 \times \eta_0 = 1.055\eta_0$$

$$V_A = (1-w)V_S = 0.758V_S$$

$$B_P = \frac{N \sqrt{P}}{V_A^{2.5}} = \frac{300 \sqrt{0.95 \times 1 \times 3000}}{V_A^{2.5}} = \frac{16020}{V_A^{2.5}}$$

$\eta_0$  の仮定値を  $\eta_{0a}$  (assumed  $\eta_0$  の意) と書き、またこれと  $BHP$  から計算される  $EHP$  を  $EHP_a$

と書くこととする。計算は第2.1 表のように表にしておくとうわりやすい。この表の計算手順は次の通りである。

#### 第1 回目計算

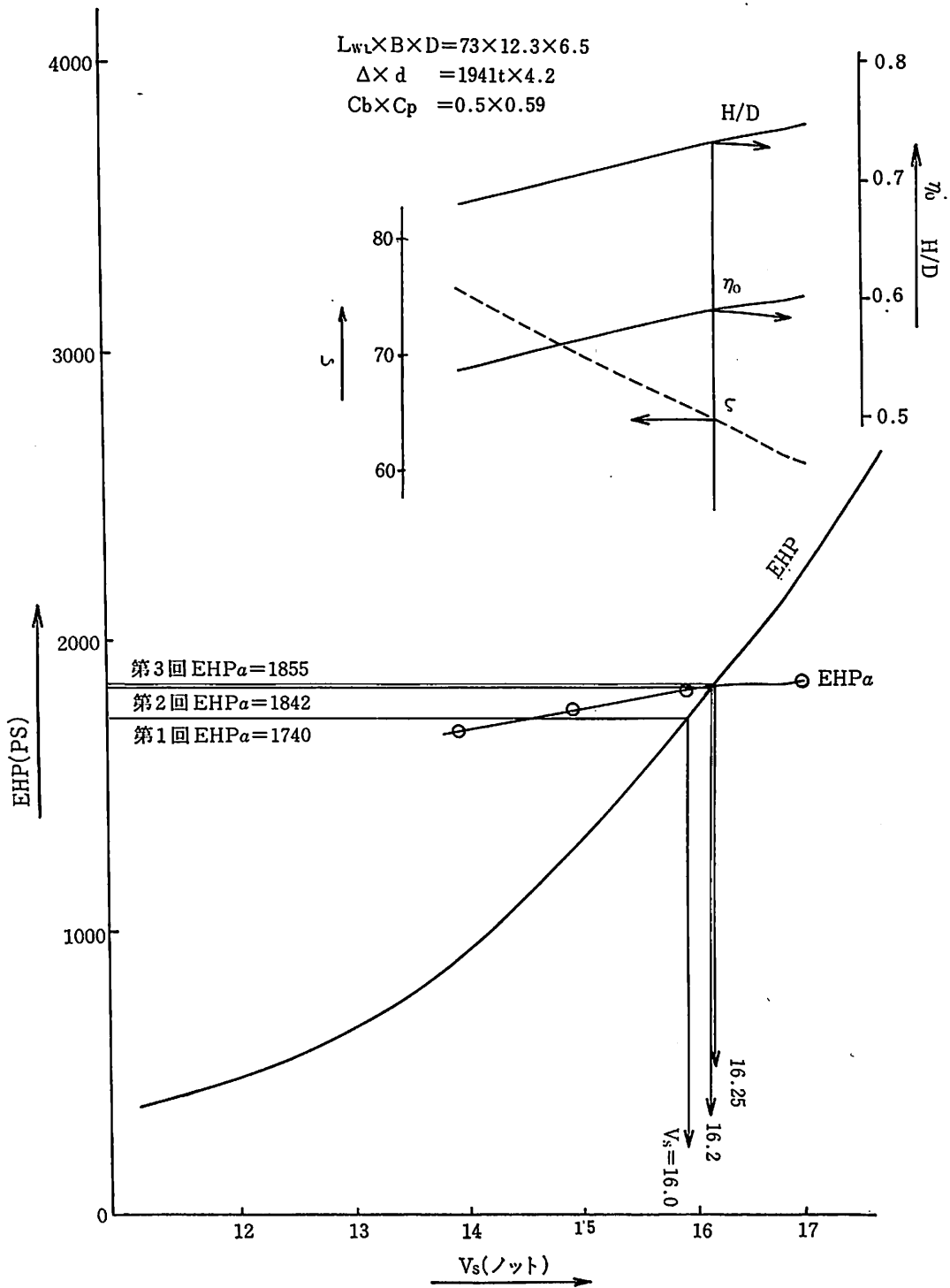
- ①  $\eta_{0a}$  を任意の値に決める。この例では0.55から出発した。なるべく予想される解に近い値をえらぶ。
- ②  $\eta_{PC} = \eta_T \eta_R \eta_H \eta_0 = 1.055 \eta_{0a}$  を計算する。  $\eta_{PC} = 0.580$
- ③  $EHP_a = \eta_{PC} BHP$  を計算する。  $EHP_a = 1740$
- ④  $EHP$  カーブから  $EHP_a = 1740$  に相当する  $V_S$  を読む。  $V_S = 16.0$
- ⑤  $V_a = (1-w)V_S = 0.758V_S$  を計算する。  $V_a = 12.1$
- ⑥⑦  $B_P = N \sqrt{P} / V_A^{2.5} = 16020 / V_A^{2.5}$  を計算する。  $B_P = 31.3$
- ⑧⑨  $\sqrt{B_P} = 5.59$  からチャートを用いて最大効率を与える  $\eta_0$  を読む。  $\eta_0 = 0.582$

#### 第2 回目以降の計算

⑨で得られた  $\eta_0 = 0.582$  が始めの仮定値  $\eta_{0a} = 0.55$  に等しければ計算は一回ですむが、今はより大きな値が得られたので、このままの値または少し大きく修正した値を第2 回目の  $\eta_{0a}$  の仮定値として同じ計算を繰り返す。

第1 回目に  $\eta_0$  が始めの仮定値より小さくでたら、第2 回目の  $\eta_{0a}$  は  $\eta_0$  と同じかまたは少し小さく修正した値を用いる。第2 回目の計算では  $\eta_0 = 0.586$  と仮定値に殆んど等しい値が得られたから、ここで計算を打切っても実用上は差支えないが、念のため第3 回目の計算を行なうと、 $\eta_{0a} = \eta_0 = 0.586$  となって収斂した。チャート上の  $\eta_0 = 0.586$ ,  $\sqrt{B_P} = 5.48$  の点で

$$H/D = 0.733 \quad \delta = 64.5$$



第 2.1 図 有効馬力曲線

第2.2表 図式解法のための計算手順

	仮定1	仮定2	仮定3	仮定4	備 考
$V_S$	14	15	16	17	仮定する
$V_a$	10.61	11.37	12.13	12.89	$V_a = (1-w)V_S = 0.758V_S$
$V_a^{2.5}$	366.7	435.9	512.5	596.5	
$B_P$	43.69	36.75	31.26	26.86	$B_P = N \sqrt{DHP} / V_a^{2.5} = 16020 / V_a^{2.5}$
$\sqrt{B_P}$	6.61	6.06	5.59	5.18	
$\eta_0$	.536	.561	.582	.602	チャートより読取る
$H/D$	.680	.703	.725	.750	
$\delta$	75.0	70.0	65.6	61.3	
$D$	2.65	2.65	2.65	2.63	
$\eta_{PC}$	.565	.597	.614	.635	$\eta_{PC} = \eta_T \cdot \eta_X \cdot \eta_H \cdot \eta_0 = 1.055\eta_0$
$EHP_a$	1696	1775	1842	1905	$EHP_a = \eta_{PC} \times 3000$

第2.3表 2軸船の場合

	仮定1	仮定2	仮定3	仮定4
$V$	14	15	16	17
$V_a$	13.10	14.04	14.98	15.91
$V_a^{2.5}$	621.1	738.6	868.5	1010
$B_P$	22.86	19.22	16.35	14.06
$\sqrt{B_P}$	4.78	4.38	4.04	3.75
$\eta_0$	0.622	0.644	0.663	0.678
$H/D$	0.78	0.818	0.858	0.892
$\delta$	57.5	53.3	49.5	46.2
$D$	1.99	1.97	1.95	1.93
$\eta_{PC}$	.5685	.5886	.6060	.6200
$EHP_a$	853	883	909	930
$2 \times EHP_a$	1706	1766	1818	1859

を読み取って

$$D = \delta V_a / N = 64.5 \times 12.32 / 300 = 2.65$$

$$H = 0.733 \times 2.65 = 1.94$$

を得る。このプロペラで得られる船速はすでに表中に得られており、16.25ノットである。第2.1図中には第1回～第3回の  $EHP_a$  から  $V_S$  の読み取りを矢印で示してある。

### 2.2 $V_S$ を仮定する図式解法

この方法は主機が300RPMで3000PSを出している時に到達するであろう船速を三つか四つ仮定する。そうすれば  $\sqrt{B_P}$  が計算できるから、それぞれの仮定船速を正しいとみなした時の最適プロペラを1.2と全く同じ手順で求める。

これらのプロペラの効率を用いて(2.1)式から  $EHP$  が計算できる(これを  $EHP_a$  と書く)からこの主機馬力から assume した  $EHP_a$  と、船体要目から計算された  $EHP$  (第2.1図中の  $EHP$  カーブ) が等しくなるような速度が到達船速となる。

仮定速力を14, 15, 16, 17ノットとした計算例を第2.2表に示す。計算手順は備考欄に示してあり、前と同じ式が多く、説明するまでもないであろう。

こうして得られた各  $EHP_a$ 、たとえば  $V_S = 14$  ノットと1696PSを第2.1図にプロットし  $EHP_a$  カーブを描き、船体固有の  $EHP$  カーブとの交点を求めれば、 $V_S = 16.25$  ノットと前と同じ到達船速を得る。同時に、第2.1図上方に示してあるように、第2.2表中の各  $\eta_0, H/D, \delta$  を  $V_S$  ベースにプロットし、 $V_S = 16.25$  ノットに相当するところを読み取れば、それぞれ

$$\eta_0 = 0.585 \quad H/D = 0.73 \quad \delta = 64.2$$

となって、これより

$$D = 64.2 \times 16.25 \times 0.758 / 300 = 2.64$$

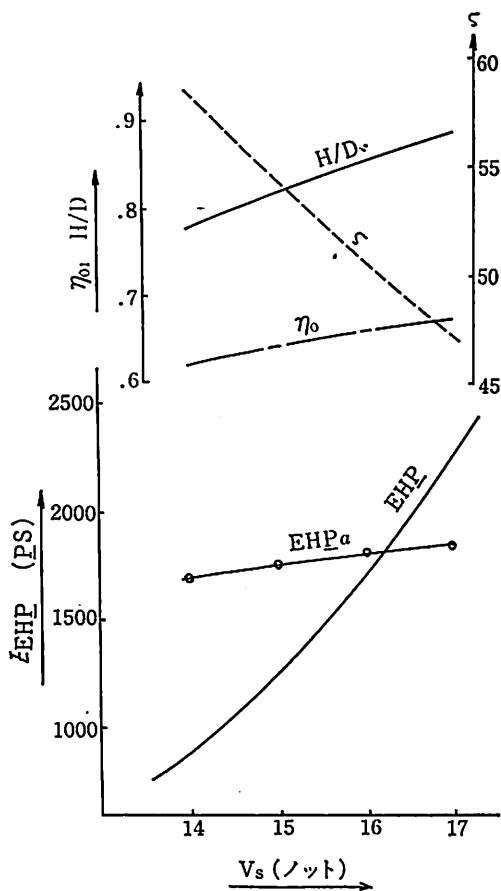
$$H = 0.73 \times 2.64 = 1.93$$

が得られる。前の結果と多少異なるのは読み取りや作図の誤差である。表中に  $D$  が計算されているから、 $\delta$  の代りに  $D$  をプロットした方がよいが、たまたま  $V_S = 14, 15, 16$  ノットで  $D$  が2.65という同じ数値になったので、本例では  $\delta$  の読み取り精度を確かめる意味で  $\delta$  をプロットしてみたまでである。

次に上と同じ船を半分の馬力の主機2台を用いて2軸で駆動する問題を考えてみよう。主要寸法が同じでも2軸船となれば船尾形状や付加物が変わり、 $EHP$  カーブも当然変わってくるが、簡単のため  $EHP$  カーブはそのままとする。

例題3 例題2と同じ  $EHP$  カーブの船を1500BHP, 380RPMの主機2台で2軸推進とする場合のプロペラを設計せよ。ただし、 $\eta_R = 0.98$ ,  $w = 0.064$ ,  $t = 0.081$  とし、 $\eta_T$  は変らぬものとする。





第2.2図 2軸船の場合

準備計算

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} = \frac{1-0.081}{1-0.064} = 0.982$$

$$\eta_{PC} = 0.95 \times 0.98 \times 0.982 \times \eta_0 = 0.914\eta_0$$

$$V_A = (1-0.064)V_S = 0.936V_S$$

$$P = \eta_R DHP = 0.98 \times 0.95 \times 1500 = 1397$$

(1軸分)

$$B_P = \frac{N\sqrt{P}}{V_A^{2.5}} = \frac{380\sqrt{1397}}{V_A^{2.5}} = \frac{14200}{V_A^{2.5}}$$

これらを用いて前と同様の計算をすれば、第2.3表および第2.2図を得る。これより、

$$V_S = 16.2 \text{ ノット} \quad \eta_0 = 0.665$$

$$H/D = 0.863 \quad \delta = 48.9$$

$$D = 48.9 \times 16.2 \times 0.936 / 380 = 1.95$$

$$H = 0.863 \times 1.95 = 1.68$$

となる。到達船速は殆んど変わらないが、プロペラ要目は、直径が小さくなりピッチ比が大きくなっている。また、単独効率は少し良くなっているが、 $\eta_H$ 、

$\eta_R$  が小さくなってしまったので到達船速は変わらない、という結果である。

以上、 $EHP$ カーブと $\sqrt{B_P}$ チャートを用いてプロペラを設計する2方法をのべたが、どちらを用いるかは設計者の好みによる。しかし、 $V_S$ を仮定する図式解法には次のような利点がある。

1) 設計の初期段階には排水量の変更や、船体要目の修正がよくあるが、予定主機が変わらぬ限り表で示した計算はやり直す必要はない。すなわち船体関係の変更に伴う新しい $EHP$ カーブさえできれば、これと $EHP_a$ カーブとの新しい交点が解を与える。

2) 多軸船で各軸の主機が同一機種の場合は例題3のようにして解けるが、2.1の方法でも別に困難はない。しかし、たとえば3軸船の中央機が出力、回転数とも両舷機と異なるような場合は、2.1の方法では困難である。このような例は排水量型船ではまず無いであろうが、特殊な目的の“艇”では考えられる設計である。本誌1974年8月号に紹介されている海上保安庁の消防艇は、1,100BHPの中央機と250BHPの両舷機を持つ3軸艇である。

この場合は、例題3と同様に両舷機の $EHP_a$ を求め、別途、同じ仮定 $V_S$ に対して中央機の $EHP_a$ を計算する。そこで

$$EHP_a(\text{中央機分}) + 2 \times EHP_a(\text{片舷機分})$$

を求めて、この合計 $EHP_a$ カーブと船体の $EHP$ カーブの交点を求めればよい。これにより、中央機、両舷機がそれぞれ異なる設計出力、設計回転数で作動した時に各軸が過不足なく馬力を吸収して最大効率を出すプロペラ要目が得られる。勿論、各軸に対する $\eta_R$ 、 $w$ 、 $t$ などの推定が正しくなければアンバランスが生ずることは言うまでもない。

本講はプロペラチャートの使い方、計算手順を中心に述べたので小型船艇特有の話題は殆んどなかった。もともとチャートの使い方それ自体は小型船艇についても大型船についても差異はないのであって、その周辺条件の設定なり推定計算なりに小型船艇特有の問題が伏在するのである。号を追ってこれらの点に触れてゆく心算である。(つづく)

#### 参考文献

- (1) 関西造船協会編 造船設計便覧
- (2) 横尾幸一 矢崎敏生, 中小型船/プロペラ設計法と参考図面集
- (3) ナカシマプロペラKK編 マリンプロペラ
- (4) 丹羽誠一 高速艇工学

# 今後の漁船用ディーゼル機関

Diesel Engine for Fishing-Boat in Future  
by Shohei Sukou

須 甲 昭 平

新潟鉄工所内燃機事業本部技術研究室

## はじめに

1973年のオイルショック以来、すべての産業界は、その影響に即応するための厳しい変革を余儀なくされ、このことは漁業界においても例外ではなかった。

一方、近年来世界的なすう勢として、天然資源の保護、確保のための国際的な漁業規制、および経済水域の主張が高まり、ついに1976年3月に、国連海洋法会議がニューヨークで開かれるに至り、200カイリ漁業専管水域などが提案され、各国が自国海域の漁場を確保する動きが広がって来た。このような世界情勢の変化により、特に遠洋漁業は大きな影響を受け、現状のままでは経営危機におちいる状態にまで追いこまれており、抜本的な見直しによる早急な改革の必要にせまられている。

ここで、日本国内の食糧源という観点から考えてみると、日本人の1人1日当りの動物性たん白質の摂取量は平均約35グラムであるが、そのうちの約半分を魚に頼っており、また遠洋漁業では、わが国の総漁獲量の約半分の量を確保しているのが現状である。したがって日本人の食生活に大きな影響を及ぼしてくることは必須であり、遠洋漁業のみならず近海および沿岸漁業をも含めて、改革、合理化が必要となってくる。

ここに、漁獲資源の確保と、経済的にみた場合の魚価の安定が解決しなければならない重要課題であるが、このなかでのディーゼル機関の役割と、今後の方向について考えてみることにする。

## 1. ディーゼル機関の役割

漁獲資源の確保と魚価の安定が急務であるが、これらの2条件に影響する要因は、社会的、経済的にみて幾多の複雑な諸要因がからみあっており、その解決には、関連する各専門分野における努力の結集が必要である。

広くは、国際的に、各漁業生産国との協調体制の促進、一方、国内的には、沿岸および近海漁業の合理化、ならびに養殖産業の開発促進など、諸方面にわたる大幅な改善、改革が要求されてくる。これらの改善、改革項目のなかの一つとして、漁船の主、補機関用として使用されているディーゼル機関があげられるが、このディーゼル機関について、まず漁業全体のなかでの、その分担あるいは役割の分野について、その概要を考察してみることにする。

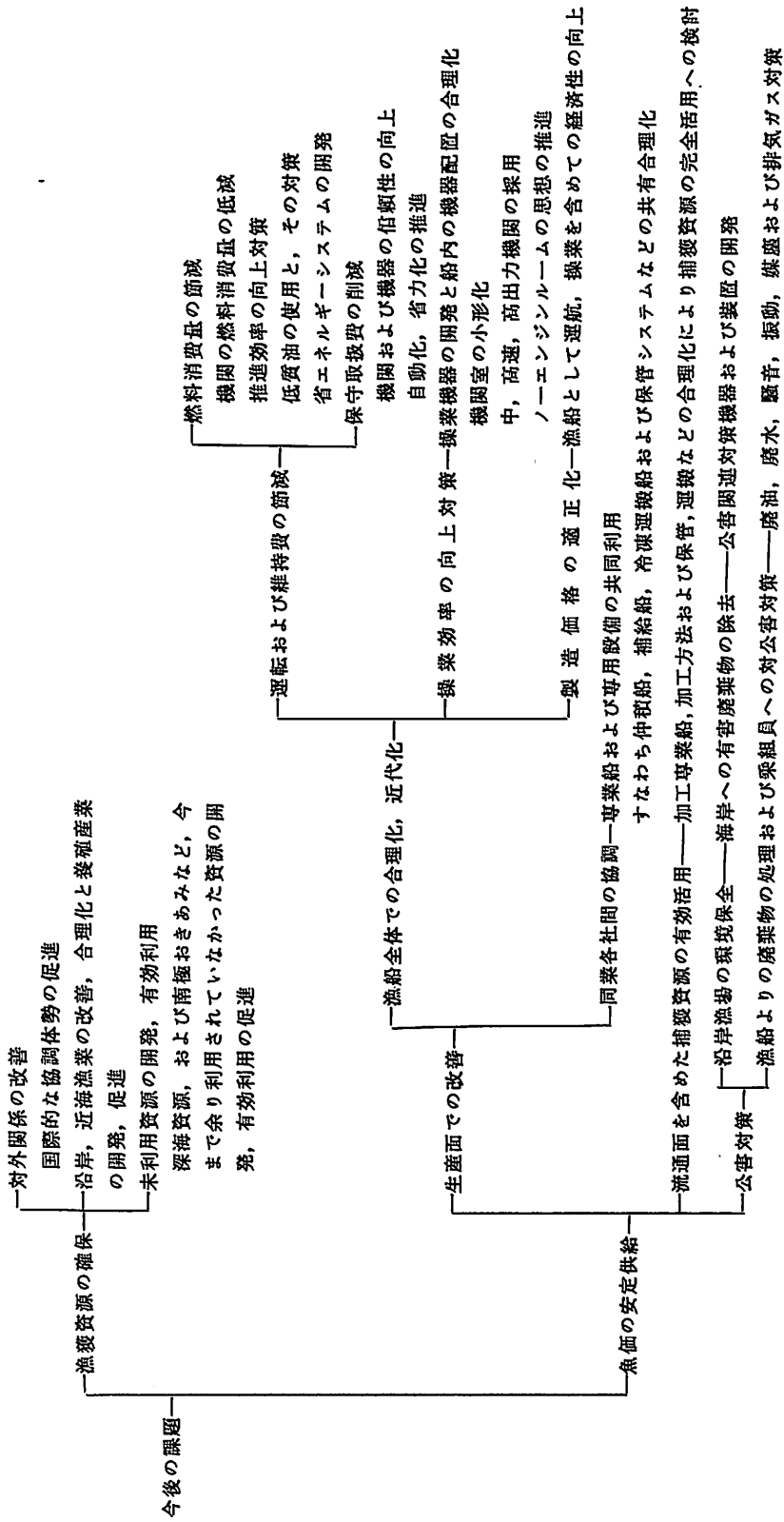
図-1からわかるように、われわれ生産者の急務は、魚を各消費者にいかにか安定して供給することであるが、生産、加工、運搬の諸方面において、ディーゼル機関の果たす役割は大きい。特にディーゼル機関としての専門分野から見た場合、漁船全体としての合理化、近代化、および高度の社会的見地からの公害対策などが、重点課題としてあげられる。これらについて、今後の方向の概要を考察してみる。

## 2. 漁船全体としての合理化、近代化

1973年のオイルショックにより、燃料油の価格は約4倍にも跳ね上がり、すべての物価は高騰し、省エネルギー時代へと突入した。したがって、漁業界へもその影響は波及して、使用燃料費をはじめとして、漁具、漁網にいたるまで、その価格は大幅にアップした。

これに対処するためには、燃料費の節減をはかることはもちろんのこと、運転費および保守、維持費の節減、さらには採集効率の向上を図っていかねばならない。しかし、このような対策を実施することは、一般に製造費を、すなわちイニシャルコストをアップすることにつながる傾向になる。ここで、ただいたずらにイニシャルコストの低減のみを図ることは得策ではない。社会の情勢の変化に適應した諸設備と工夫をこらすことが、すなわち船全体

図 1



としての経済性の向上を図ることになり、結果としてプラスを生むことになる。

この意味においての運転費および維持費の節減対策、ならびに操業効率の向上対策が積極的に開発実施されることが、今後の合理化、近代化の姿といえるであろう。

### (1) 燃料消費量の節減

#### (a) 機関の燃料消費量の低減

従来、中速機関は低速機関より燃料消費率は悪いものであるとの通念であったが、最照は過給機の効率向上とともに、過給方式の適正化、および燃料圧力の上昇による熱効率の向上などにより、低燃費化が図られている。従来の機関では燃料最高圧力が $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下におさえられていたが、関連部品の適切な改造と、その実績が確認され、現在では $130\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度の機関も多くなって来た。

一方、低速機関は燃焼効率の向上が図りやすいという点から、新規開発が続けられている。

今後、さらに低燃費化を図るためには、機関の高出力化と、燃焼効率をあげるための不断の努力の成果が期待される。

#### (b) 推進効率の向上対策

推進効率を上げるには、プロペラ効率を上げる船体構造にしなければならない。したがって、燃料消費の節減を図るには、この場合の推進機関の出力、回転数は、最低の燃料消費率の状態になるように選定されねばならない。

すなわち、推進機関、プロペラ、および船型の総合的なマッチングが必要となってくる。この対策として、中速機関、歯車減速機、可変ピッチプロペラの組み合わせが使用され、適切な連動制御により大幅な燃料節減を図っているものがある。しかし、従来の漁船のなかには、当面の操業効率を上げるため過重装備となり、船型をふくめて推進効率を低下させる結果となっている例が多い。

このような事態に対して改善の動きが活発化し、日本中型造船工業会においても、これからの漁船の在り方というものを考えて、まぐろ船での省エネルギー形漁船の計画がすすめられている。

#### (c) 低質油の使用

燃料油の種類によってその価格差は3割程度までのひらきがあって、採算性に大きな影響を及ぼす。しかし、安価な低質油を使用する場合は、それに適応する清浄装置としての処理設備が必要である。このための費用の増加は、燃料の価格差で償却されなければならない。この採算計画では、予定された使

用時間を経過した後はプラスになっていくことになる。

また、低質油を使用する場合は、一般に関連部品の寿命を縮め、したがって、メンテナンス費用も増加する傾向にあることを忘れてはならない。すなわち、部品費およびメンテナンス費があまり増加しないように、使用燃料の性状を機関特性によって選択するとともに、使用潤滑油の種類、ならびに管理の適正化が必要である。

さらに使用燃料油の性状が低下してくれば、その処理設備の容量、規模も大きくなって来る。したがって、小型の船に極端な低質油を使用することは、設備的に困難であって得策ではない。言いかえれば、機関の容量、特性、および船の大きさにもっとも適した燃料油の種類、もっとも適した処理装置を装備することが好ましい結果を生むことになる。

このような観点からみた場合、低速機関はその本来の特性から、中速機関に比較して比較的容易に低質油を使用することができる。しかし、機関室内の合理化、ならびに操船性の向上などを図る場合は、低速機関の特性および大きさなどにより、ある程度までの制限がともなうという欠点が残る。したがって、今後は中速機関に対しても、さらに安定して低質油が使用できるような研究、改良が実施されることが切望される。

#### (d) 省エネルギーシステムの開発

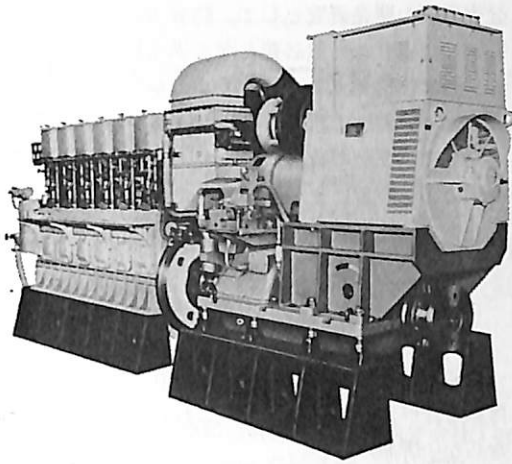
ディーゼル機関で消費される燃料エネルギーのうち約60%は、排気ガス、冷却水および自然放熱などにより捨て去られる。この排気ガスの熱を、排気ガスボイラーによって蒸気に変換し利用することは、多く適用されている。また、この蒸気を利用して蒸気タービンを廻し、動力回収をする方法もある。

新潟鉄工所でも、昭和45年に日本船用機器開発協会との共同研究で、フレオンガスタービンにより排気ガスの回収を行ない、動力に変換するという研究がなされている。

一方、これからの機関として、熱効率のよい外燃機関であるスターリング機関もさかんに研究されている。また、排気ガス、排水の燃回収式の冷暖房装置、ならびに造水装置なども、必要に応じ利用されている。

いずれの場合も、効率のよい、したがって採算のとれる熱交換器が必要であり、これらの研究、開発が、省エネルギーシステムを進展させるための一つの重要課題と言える。

### (2) 保守、取扱費の削減



新潟式MEG形減速機

自動化、省力化という言葉がよく使われているが、この言葉の意味についてすこし考えてみることにする。

省力化とは、人手による作業を省略することであるが、ディーゼル機関について一例をあげてみると、排気弁を摺り合せする場合、専用器具を使用して楽に仕事ができるようにすること、または自動化することにより人手を削減するか、あるいは完全自動化によってゼロにすることも、省力化の一面である。ディーゼル機関を長期に運転する場合、定期的に人間による監視が必要であるが、これに監視装置を設けることにより自動化する。または警報装置により事故の事前防止をはかるなど、いずれも自動化と言われることであり、省力化の一つであると言える。

すなわち、人間の五感により判断すること、または人間の経験と労働によって実行されることを、最新の機械的または電気的メカニズムによって置きかえることが、いわゆる自動化、ひいては省力化の一部であると考えられる。

一般に自動化を実施する場合には、それに相当した設備が必要であり、したがってその費用が発生す

る。この発生費用が人件費の削減などによって、計画された期間を経過して償却されるようであれば、その省力化、自動化計画は効果がないことになる。

また、別の考え方からの省力化の意味は、本質的にその機械または装置に対し、保守、取扱作業が省略されるということである。言い換えれば、その機械、または装置の保守、点検期間の延長であり、信頼性である。機械または装置の耐久性、信頼性がなければ、省力化、自動化は成立しないといって過言ではないであろう。

ディーゼル機関について、前例と同じく排気弁をとりあげてみると、その摺合せ期間の延長が、使用者側の保守期間の延長とマッチすることが、本質的な省力化といえる。

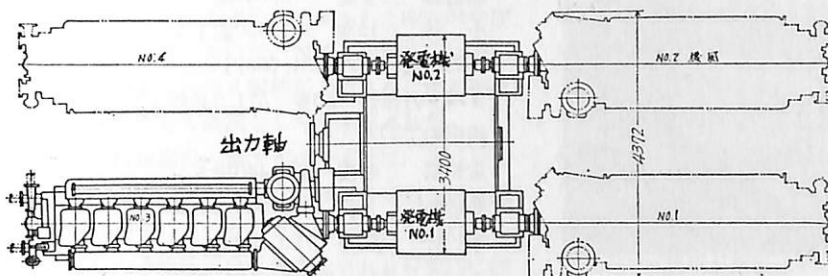
このような意味において、ディーゼル機関のインシヤルコストを下げるために、信頼性を無視していたずらに高出力化をねらうことは好ましくない。しかしながら、この信頼性、言い換えれば部品の耐久性は、機関の出力率、使用条件および使用燃料の油の質などによって左右されるが、これらの諸条件を向上させるための機関の構造、材質などの改善を図っていくことが、今後の重要課題の一つである。

### (3) 操業効率の向上

操業効率といっても、漁獲、加工、運搬にいたるまでの広範囲の問題であるが、ここでは推進動力としての主機関、および機関室の合理化に関して述べてみる。

まず、船全体としての有効容積の増加をはかるには、機関室を小形化しなければならない。そのためには、中、高速の機関が寸法的には有利となる。

歯車減速機付のこれらの機関は、機関室内の機器配置の自由度がとれるとともに、操縦性の点でも有利である。また、減速機付であるため、船体に最適なプロペラ回転数を撰定できるという利点もある。さらに可変ピッチプロペラを使用した場合は、主機関の回転数が自由に選べるため、補助発電機を減速



水産庁漁業取締船「東光丸」用4機1軸式主機関

機と組み合わせたいわゆる新潟式MEG形減速機も、合理化の一例である。補助発電機のスペースが1台分節減され、焼料消費の節約にもつながる。

2機1軸、2機2軸、4機1軸などのマルチプル機関は、さらに合理化の自由度をましたものといえる。

最近では、2段過給方式による超高出力機関の研究もさかんにおこなわれており、現有機関出力より30~40%出力を増大した機関も試用されている。これも小形化の一つであり、一般に実用化される時期も遠くない。

さらに、小形軽量であるガスタービン、または高速高出力機関を使用し、電気推進方式を利用したノーエンジンルームの考え方は、今後の進むべき方向として、その成果が期待される。

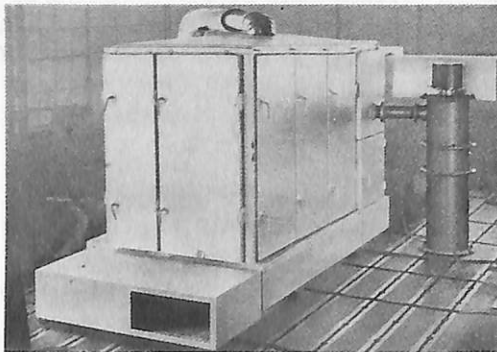
### 3. 公害対策

時代の変せんにより、公害対策が要求されてきている。それは、廃油、廃水、騒音、振動、煤塵、およびNOx対策があげられる。

廃油、廃水対策については、以前より船用の小形化された処理装置が研究されているが、ディーゼル機関についていえば、漏油、漏水をなるべく最小限に止めることが大切である。大量の廃油処理については、港における回収処理装置の完備も必要であろう。

騒音、振動については、防音、防振付の運転、監視室の設備が理想的であるが、一般的には、防音カバー、排気サイレンサーおよび防振装置の対策が個々に施される。

新潟鉄工所では、日本舶用機器開発協会との共同研究として、昭和49年に低負荷時の性能改善の研究を実施し、低負荷時の排気色悪化と給排気系および過給機の汚水の防止を図った。また昭和50年には低



防音カバー

公害機関の開発研究として、防音カバーとカバーを装置した場合に当然必要となる異常検出装置の試験、および排気ガス中のNOxの解析研究などを実施した。新潟鉄工所のNCCS機関では、機関内部の燃焼関連部品の改善によって、NOx量を従来形機関の30%の量にまで低減されている。

公害対策は、環境保全ならびに労働条件の改善策として、今後の重要課題の一つといえる。

### おわりに

漁船用ディーゼル機関の今後の在り方としての一考察を述べたにすぎないが、これ以外にもやらねばならない課題は多い。

すでに、運輸省船舶局の通達により、船舶の安全確保のため排気装置の防火対策、ならびに遠隔操縦装置の改正などがなされ、さらに試験方法などの改正が内示されている。

また水産庁においても、各関係団体などに呼びかけて、これからの漁船のあり方について見直しをはじめており、これら諸官庁、団体の指導のもとに、将来の漁船の姿を求めて努力を続けることが、今後の大きな課題であろう。

---

## 短 信

---

### ■船舶局 9月建造許可隻数66隻89万2千総トン

運輸省船舶局は9月中の建造許可実績をまとめた。それによると9月に66隻89万2千総トン、契約船価1,854億7,829万6千円を建造許可。この結果、4月からの累計上半期実績は288隻376万5,830総トンになる。

9月中の許可実績はつぎの通り。

#### 〔国内船〕

貨物船	12隻	138,650総トン
油送船	1隻	3,000総トン
小計	13隻	141,650総トン
契約船価		28,831,000円

(4~9月累計・50隻 571,540総トン)

#### 〔輸出船〕

貨物船	48隻	634,440総トン
油送船	5隻	116,000総トン
小計	53隻	750,440総トン

(4~9月累計・238隻 194,290総トン)

# NKコーナー

## サウジ・アラビア籍 NK新造第1船完成

売船などによってサウジ・アラビア籍となっているNK船級船は現在、十数隻あるが、去る8月31日、三井造船㈱・千葉造船所でNK新造船としては第1号のサウジ・アラビア籍船が誕生した。

本船は27万DWT型タンカーで、船主はサウジ・アラビアのファイサル国王の第一王子、アブドゥラ王子と日本の大阪商船三井船舶㈱との合弁会社The Saudi Arabian Shipping Co., Ltd.である。

引渡式当日は、船主代表としてはるばる来日したファイサル国王の孫、モハメッド王子が本船を“Bacca”と命名、「聖なる水」を注いで本船の前途を祝福した。ちなみに、“Bacca”とは、「メッカ」の旧名の由。

本船は、ペルシャ湾～欧州間に就航することになっており、引渡し当日の午後、前記モハメッド王子以下大勢の見送り（写真）を受けつつ母国へ向けて出港した。



## 耐氷構造、バージ規則等を承認

### —51年度 第3回技術委員会—

9月13日、日本工業倶楽部で開かれた昭和51年度第3回技術委員会において、NKの規則及び検査要領の改正にかかる次の4案件が上提され、慎重審議の結果、4案件とも異議なく可決承認された。

(1) 耐氷構造規則の一部改正：一本件は、北バルト海に入る船舶がフィンランド政府の定める耐氷構造規則に適合していないと不利な扱いを受けることに対し、各船級協会と歩調を合わせ同規則に従って耐氷構造規則の一部を改正したものである。

(2) 甲板荷重の改正に伴う船体構造規則の一部改正：一本件は、甲板荷重“h”の値を暴露甲板の船首からの位置に応じて四つの区分に分け、それぞれに規定したもので、梁、梁柱、桁などの寸法に影響を与えるものである。

(3) 電気設備規則の検査要領一部改正：一前回の電気設備規則の全面改正に対応してその検査要領を一部改正したもので、今回は検査方法の合理化も盛り込まれている。

(4) バージ規則とその検査要領の新設：一本件は、最近のバージ建造のすう勢に対応するための案件で、今回の規則改正の目玉商品である。すなわち、はしけの用途は従来、ほぼ沿海用に限られていたが、次第に航洋の大型バージが建造される気運にあることに伴って本件が作成された。内容の主な特徴としては、①バージは自航船と異なるので、その艀装品は船主のオプションとし得ること、②推進機関の規定がないこと、③使用鋼材は、必ずしも鋼船規則適合のものでなくともよいこと、などが挙げられる。

## 大分地区常駐事務所とマレーシア事務所の開設

NK北九州支管内の大分地区は、最近とみに検査件数が増えたことと支部事務所からかなりの距離にあることとにかんがみ、去る8月1日、検査員2名による常駐制度を開始した。常駐事務所の住所などは次のとおり。

〒875 大分県臼杵市板知屋1番地

(㈱臼杵鉄工所臼杵造船所内、日本海事協会北九州支部分大分地区常駐事務所（専用電話 09726—3—1391）

なお、同事務所の管轄区域は、大分市、臼杵市、津久見市、佐伯市及びこれら各市の周辺、となっている。

一方、マレーシアのジョーホールでは、日本の住友重工業㈱と現地法人による合弁の船舶修理ヤード（能力：40万総トン及び14万総トン）が9月から稼働することに伴い、同地域におけるNK船の検査の増大が予想されるに至った。

この事態に対処するため、NKでは同国の首都クアラルンプールに事務所を開設することを決定、初代所長として船級管理部の村井謙二技師が起用された。同技師は9月末現在、マレーシア入国の手続きのためシンガポールに滞在中で、実際にクアラルンプールの事務所が開設されるのは、いま少し先になる見込みである。

# 竣工船一覽

## The List of Newly-built Ship

船名 Name of Ship	① ALLEMAGNA EXPRESS	② BLUE PLUTO	③ MARIBOR
所有者 Owners	Societa Mototraghetti Mediterranea 林兼造船下関 (Hayashikane)	Nissei Kaiun 三重造船(Mie)	Splosna Plovba 三井造船藤永田(Mitsui)
造船所 Ship builder			
船級 Class	L R	N K	L R
進水・竣工 Launching・Delivery	76/6・76/8	76/6・76/8	76/6・76/9
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	貨(Cargo)・遠洋	貨(Cargo)・遠洋	貨(Cargo)・遠洋
G/T・N/T	6,700/2,300	9,842.73/7,103.97	11,915.92/7,419.16
LOA(全長:m)	147.60	145.00	147.00
LBP(垂線間長:m)	135.00	136.00	140.00
B(型幅:m)	22.60	21.80	22.86
D(型深:m)	9.20	12.40	13.00
d(満載吃水:m)	6.60	9.2695	9.607
満載排水量 Full load Displacement	10,668	—	24,435
軽貨排水量(約) light Weight	6,322	—	5,948
載貨重量 L/T Dead Weight	4,278	—	18,196
K/T	4,346	16,044.30	18,487
貨物倉容積Capacity (ペール/グレーン:m <sup>3</sup> )	—	20,844/22,534	23,737/25,627
主機型式/製造所 Main Engine	三菱MAN-16V52/55型	鋼管14PC2-5V型	三井B&W7K62EF型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	16,000×430/194.9	9,100×515	9,400×144
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	13,600×407/184.6	—	8,600×140
燃料消費量 Fuel Consumption	49t/d	149g/ps/h	A) 2.0t/d C) 34.7t/d
航続距離(海里) Cruising Range	3,600	—	14,400
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	23.233	18.663	18.51
航海速度 Service Speed	19.50	15.2	15.00
ボイラー(主/補) Boiler	7kg/cm <sup>2</sup> G×1, 250kg/h	1,000kg/h	vert.oil fired boiler×1 exh.gas economizer×1
発電機(出力×台数) Generator	812.5KVA×3	375KVA×3	AC450V×500KVA×3
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )COT	—	—	—
清水倉容積(m <sup>3</sup> )FWT	180	663.34	387.7
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	476	1,282.51	1,526.1
特殊設備・特徴他	—	twin decker	stuelcken heavy derrick 80t×1 40t×1



④ SUCCESSFUL VENTURE

Daiiamond Carriers Inc.  
林兼造船下関 (Hayashikane)

A B

76 / 3 · 76 / 7

货 (Cargo) · 遠洋

16,232.80 / 10,831.00

176.95

165.00

22.50

14.20

10.25

35,551

7,736

27,377

27,815

35,249 / 36,172

IHI-Sulzer7RND68型

11,500 / 150

10,400 / 144.8

35t/d

14,500

17.636

14.75

7kg/cm<sup>2</sup>G × 1,500kg/h

500KVA × 3

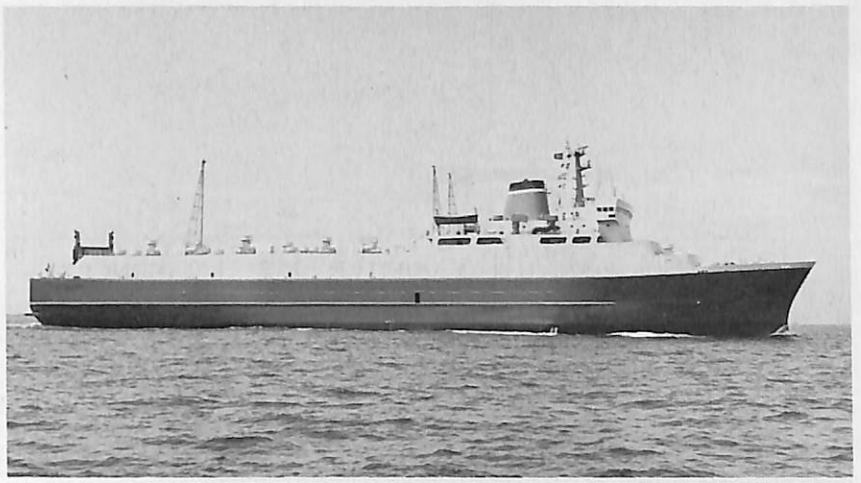
—

244

1,982

—

①



②



③



④



船名 Name of Ship	⑤ JUPITER GAS	⑥ HONESTY	⑦ GOLDEN PANAGIA
所有者 Owners	Far Eastean Shipping Ltd	Orient Lease	Golden Panagia Steamship Inc.
造船所 Ship builder	白杵鉄工所白杵(Uzuki)	今治造船丸亀(Imabari)	日本鋼管清水 (Nippon Kokan)
船級 Class	NK	NK	A B
進水・竣工 Launching・Delivery	76/6・76/9	76/5・76/8	76/5・76/8
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	ばら積, LPG(Bulk, LPG)	ばら積(Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋
G/T・N/T	2,494.27/1,229.52	14,049.37/9,181.64	13,027.49/8,705.00
LOA(全長:m)	93.375	159.826	155.70
LBP(垂線間長:m)	87.00	150.00	145.70
B(型幅:m)	14.40	24.60	22.86
D(型深:m)	6.50	13.60	13.60
d(満載吃水:m)	5.00	9.932	9.909
満載排水量 Full load Displacement	—	29,684	26,481.8
軽貨排水量(約) light Weight	—	5,737	—
載貨重量 L/T Dead Weight	—	—	—
K/T	2,978.94	23,947	22,040
貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m <sup>3</sup> )	—	29,594.78/30,906.75	25,124/29,158
主機型式/製造所 Main Engine	赤阪鉄工DM-46型	三菱Sulzer6RND68型	住友Sulzer6RND68型
主機出力(連続:PS/rpm)	3,200/265	9,900×150	9,000/137
MCR	—	8,910×145	7,650/130
主機出力(常用:PS/rpm)	—	—	—
NCR	—	—	—
燃料消費量 Fuel Consumption	—	33.274t/d	29.66t/d
航続距離(海里) Cruising Range	—	11,700	28,200
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	15.511	16.777	16.877
航海速度 Service Speed	13.3	14.5	15.1
ボイラー(主/補) Boiler	—	コ克蘭コンポジット 7kg/cm <sup>2</sup> , 油焚800kg/h	Aalborgコンポジット 1,700kg/h
発電機(出力×台数) Generator	西芝445V×220KVA×2	400KVA×2	AC450V×330KW×2
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )COT	LPGタンク1,250	—	—
清水倉容積(m <sup>3</sup> )FWT	157.51, 潤滑油槽21.62	440.70	97.0
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	589.02	1,422.88	2,404
特殊設備・特徴他	—	—	—

⑧ GRACE BOEING

Carina Maritime  
Corp.  
住友重機械浦賀(Ūraga)

L R

76 / 6 · 76 / 9

ばら積(Bulk) · 遠洋

18,953.43 / 12,771.12

180.00  
170.00  
28.40  
15.00  
10.896

—

—

33,950

34,494

42,902 / 44,659

住友Sulzer6RND76型

12,000 / 122

10,800 / 118

40.8t/d

15,000

16.822

15.5

1,200kg/h × 7kg/cm<sup>2</sup>G × 1  
AC450V × 750KW × 2

—

284.7

1,840.9

—

⑤



⑥



⑦



⑧



船名 Name of Ship	⑨ RHEIN MARU	⑩ PRINCESS-1	⑪ ORCO TRADER
所有者 Owners	Shinko Kaiun	Princess Maritime (Panama)	Orco Green Corporation
造船所 Ship builder	佐野安船渠水島(Sanoyasu)	佐世保重工(Sasebo)	三菱重工広島(Mitsubishi)
船級 Class	NK	AB	AB
進水・竣工 Launching・Delivery	76/6・76/9	75/12・76/8	76/4・76/8
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	木, ばら積 (Log & Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋
G/T・N/T	23,982.87/16,044.05	33,407.85/23,476.00	62,565.14/47,829.00
LOA(全長:m)	183.675	208.00	261.00
LBP(垂線間長:m)	173.00	199.00	247.00
B(型幅:m)	27.60	32.20	40.60
D(型深:m)	17.00	18.20	24.00
d(満載吃水:m)	12.00	12.205	17.577
満載排水量 Full load Displacement	49,110	—	150,565
軽貨排水量(約) light Weight	8,586	—	—
載貨重量 L/T Dead Weight	—	—	—
K/T	40,524	55,749	129,870
貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m <sup>3</sup> )	45,319.3/54,054.5	—/69,929	—/140,212
主機型式/製造所 Main Engine	住友Sulzer7RND76型	IHI-Sulzer7RND76型	三菱Sulzer9RND90型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	14,000×122	14,000/122	26,100/122
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	12,600×118	12,600/117.8	23,490/118
燃料消費量 Fuel Consumption	47.7t/d	153g/ps/h	86.3t/d
航続距離(海里) Cruising Range	15,500	19,800	27,600
試運転最大速力(kn) Maximum Trial Speed	17.80	16.68	18.16
航海速力 Service Speed	15.00	—	15.60
ボイラー(主/補) Boiler	1,500kg/h×7kg/cm <sup>2</sup> G	horizontal smoke tube 6,700kg/h	コクラン型×1
発電機(出力×台数) Generator	AC525KVA×3	900KVA×2	AC450V×770KW×3
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )CO T	—	—	—
清水倉容積(m <sup>3</sup> )FW T	341	745.6	552.0
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	2,606	A) 284.9 C) 2,944.6	7,272.4
特殊設備・特徴他	25tトムソン型デリック ブーム×5 木材積用起倒式スタン ション	—	—

⑨



## ⑫ WORLD WING

United Car  
Transport Co.  
佐野安(Sanoyasu)

BV

76 / 5 · 76 / 8

自動車, ばら積  
(Car, Bulk) · 遠洋

20,705.13 / 14,249.02

180.68

170.00

27.60

17.00

12.00

48,064

10,461

37,603

40,037.3 / 41,166.4

住友Sulzer7RND76型

14,000 × 122

11,900 × 116

45.1t/d

15,000

17.43

14.90

1,500kg/h × 7kg/cm<sup>2</sup>G

AC550KVA × 3

344.00

2,788.00

川崎B.V.カーデッキシ  
ステム, 電動油圧サイ  
ドポート×2, BHDド  
ア×4

⑩



⑪



⑫



船名 Name of Ship	⑬ SEVENSEAS CONQUEROR	⑭ PIONEER LOUISE	⑮ PHILLIPS AMERICA
所有者 Owners	Seven Seas Transport Inc.	Goldcup Shipping Inc.	Philtankers Inc.
造船所 Ship builder	三井造船玉野(Mitsui)	三菱重工横浜(Mitsubishi)	佐世保重工(Sasebo)
船級 Class	B V	N K	A B
進水・竣工 Launching・Delivery	76/4・76/7	75/7・76/8	76/5・76/8
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	鉱石(Ore)・遠洋	LPG(Carrier)・遠洋	油(Oil)・遠洋
G/T・N/T	33,972.57/21,099.11	42,252.06/28,980.43	123,165.21/99,374
LOA(全長:m)	259.31	228.00	339.15
LBP(垂線間長:m)	249.00	216.00	324.00
B(型幅:m)	39.00	36.60	53.50
D(型深:m)	22.00	22.00	26.60
d(満載吃水:m)	16.145	12.078	20.731
満載排水量 Full load Displacement	136,269	73,493	305,559
軽貨排水量(約) light Weight	20,292	17,650	37,927
載貨重量 L/T Dead Weight	114,145	—	—
K/T	115,977	55,843	267,632
貨物倉容積Capacity (ベール/グリーン:m <sup>3</sup> )	—/66,054.1	—	—
主機型式/製造所 Main Engine	三井B&WDE7K90GF型	三菱MANV6V52/55型×1 " V7V52/55型×1	IHIクロスコンパウン ド船用タービン
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	23,900/114	26,000×430/119	36,000/84
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	20,300/108	23,400×415/115	34,000/82.4
燃料消費量 Fuel Consumption	80.5t/d	80.7t/d	168.8t/d
航続距離(海里) Cruising Range	27,900	17,000	27,000
試運転最大速力(kn) Maximum Trial Speed	17.65	20.12	16.51
航海速力 Service Speed	15.25	17.10	15.58
ボイラー(主/補) Boiler	11,000kg/h, 8.5kg/cm <sup>2</sup> ディーゼル ダイハツ6PSH-26D 560KW×2, ターボ 三井-BB, MTG-300 1,100KW×1	船用丸ボイラ(OE-3型)×1 排ガスエコノマイザー×1 (主機駆動) 450V×1,800KW×1 (ディーゼル駆動)450V×1,000KW×2	サセホMDM型77t/h×2 450V×1,900KW×1, 450V×950 KW×1, 450V×160KW×1
発電機(出力×台数) Generator	—	—	—
貨油倉容積(m <sup>3</sup> )COT	—	77,861.8	317,190.4
淡水倉容積(m <sup>3</sup> )FWT	307.9	676.3	404.0
燃料油倉容積(m <sup>3</sup> )FOT	6,920.9	4,179.2	14,364.9
特殊設備・特徴他	—	—	—

⑬ SPIO

Sao Financing and  
Trading S.A.  
日立造船界(Hitachi)

A B

76 / 4 · 76 / 8

油(Oil) · 遠洋

132,913.79 / 111,863.00

343.00

325.00

53.00

28.30

22.091

324,368

40,507

279,378

283,861

—

日立UA-320/80型タービン

32,000 / 80

32,000 / 80

—

31,200

15.846

15.1

日立UNG72/51型  
62kg/cm<sup>2</sup>G×72t/h×2  
タービン AC450V×1,800KW×2  
ディーゼルAC450V×760KV×1

341,274.5

450.6

14,873.3

—

⑬



⑭



⑮



⑯



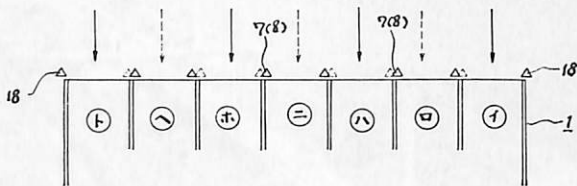
# 特許解説

コンテナ船のコンテナガイド装置〔特公昭51-19216号公報，発明者；中井康雄，出願人；日立造船㈱〕

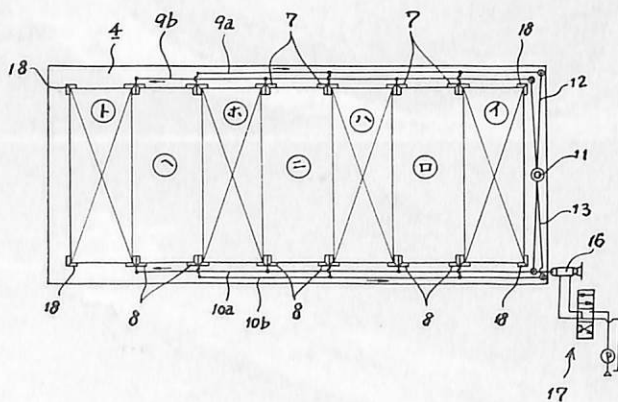
従来セル構造のコンテナ船ではコンテナを艙内のコンテナ収納部に対して容易に導入できるように，ガイドレールの頂部に導入の役目をする導入ガイドを設けているが，このコンテナガイドを各コンテナ列数に対して取り付けることから，またコンテナ導入ガイドの受口を傾斜構造とすることから，デッドスペースが生じ，コンテナ船の経済性がよくなかった。

本発明はこのような欠点を解消するためになされたものである。

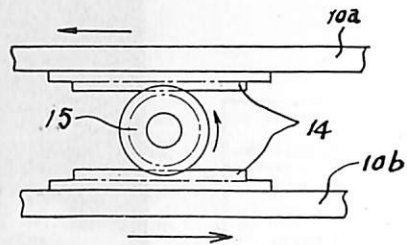
図面を参照して説明すると，コンテナ収納区画3上に，この区画3を囲む枠体4を設ける。枠体4の収納区画並設方向に沿って，それぞれ対応する位置



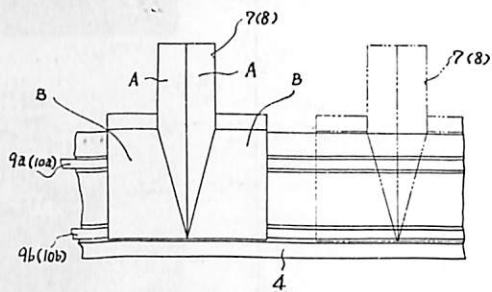
第1図



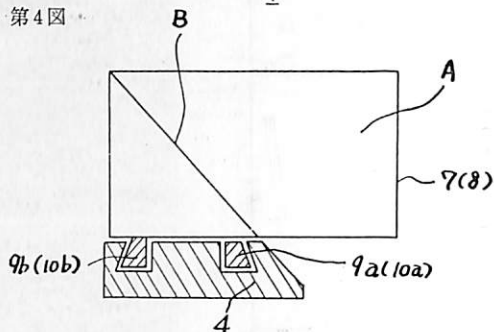
第2図



第3図



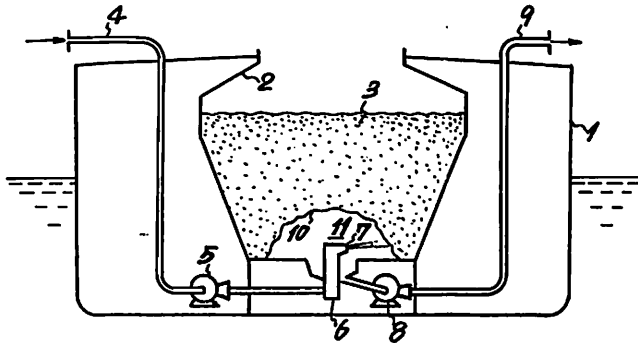
第4図



第5図

にコンテナ導入ガイド7，8が摺動自在に取付けられる。この導入ガイド7，8を移動させる手段として，第4，5図に示されているようにロッド9<sub>a</sub>，9<sub>b</sub>及び10<sub>a</sub>，10<sub>b</sub>が用いられる。これらロッドには，9<sub>a</sub>，10<sub>a</sub>及び9<sub>b</sub>，10<sub>b</sub>にそれぞれ対応する導入ガイド7，8が1つおきに連結される。コンテナ収納区画並設方向と直角方向で相対する導入ガイド7，8とが同じ方向に移動するように，そして隣り合う導入ガイド7，7及び8，8は逆方向にそれぞれ移動するよう構成されている。16，17は導入ガイド7，8を移動させるロッド9<sub>a</sub>，9<sub>b</sub>，10<sub>a</sub>，10<sub>b</sub>の駆動手段を示す。ロッド9と10の間はその任意の位置で，ラック14及びピニオン15を介して係合され，たとえば，図面に示されているように10<sub>a</sub>を移動させることにより，他のロッド9<sub>a</sub>，9<sub>b</sub>，10<sub>b</sub>を移動させ





鉱石輸送船における再スラリー化装置 第1図

る。

このガイド装置を用いて、コンテナを搭載するに当たっては、さきに述べた摺動自在なガイドをもつ枠体4をコンテナ搭載区画3の上に置き、ガイドを適時移動させて行なう。

鉱石輸送船における再スラリー化装置〔特公昭51—19218号公報，発明者；永森茂外3名，出願人；三井造船㈱〕

スラリー状態で積荷された鉱石等を目的地で揚荷する場合には、再スラリー化の必要がある。そのため高圧噴射装置を取り付けた再スラリー化装置が設けられている。

従来の高圧水噴射装置のみによる場合その揚荷初期の段階においては、鉱石等の下部に空洞が形成され、その空洞内はスラリー液で充填されている。(第1図)その結果ノズルより噴射した高圧水は、空洞内のスラリー液を攪拌するだけで、鉱石等を有効に破碎しないことになる。また逆に鉱石等が急激に崩壊すると、噴射ノズルが埋没状態となったり、スラリーポンプに通ずる流路が閉塞されることになる。これらの結果、従来のものでは再スラリー処理時間が過大になる欠点をもっていた。

本発明は上記の背景のもとになされたもので、図面を用いて説明すると、供給管4を通じ高圧ポンプ5で加圧された高圧清水は、噴射ノズル7より噴射され鉱石等を破碎してスラリー液となり、スラリーポンプ8により揚荷される。

荷揚初期の時点で、鉱石等3の下部に

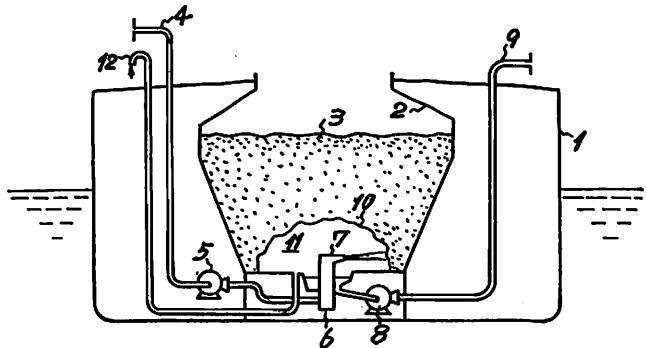
形成された空洞10内の圧力が大気圧より充分低い時には、空気吸引管12を通じて外部空気を吸引して、空洞10内を大気圧に近づけつつ、空洞10内のスラリー液を揚荷する。空洞10内のスラリー液が排出されると、空洞10内にはスラリー液が充填しなくなり、効率よく揚荷を行なうことができる。

多量の鉱石等が落下して、ノズル7及びスラリーポンプに通じる流路が閉塞された時には、空気吸引管12の途中の圧縮機13により加圧された圧縮空気を供給す

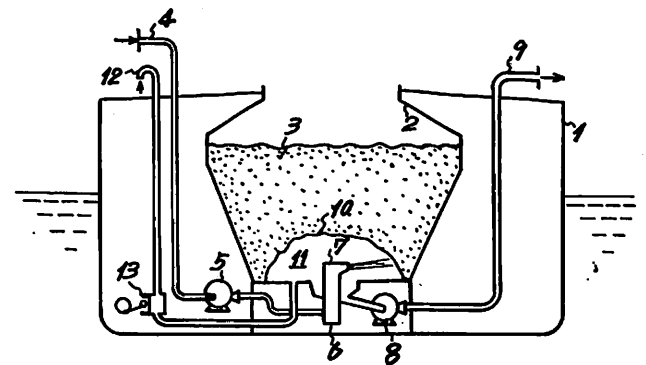
ることにより、閉塞している多量の鉱石等を一時的に取除くことにより、揚荷の効率化を図る。

廃油処理船〔特公昭51—19229号公報，発明者；志垣政信，出願人；㈱タクマ〕

工場からの含油排水、タンカーの廃油などによる河川や港湾の汚染が問題になっているが、これらを陸上で焼却処分する場合には排出される燃焼ガスの処理が容易でなく、また海上投棄は厳しく規制されているのが現状である。

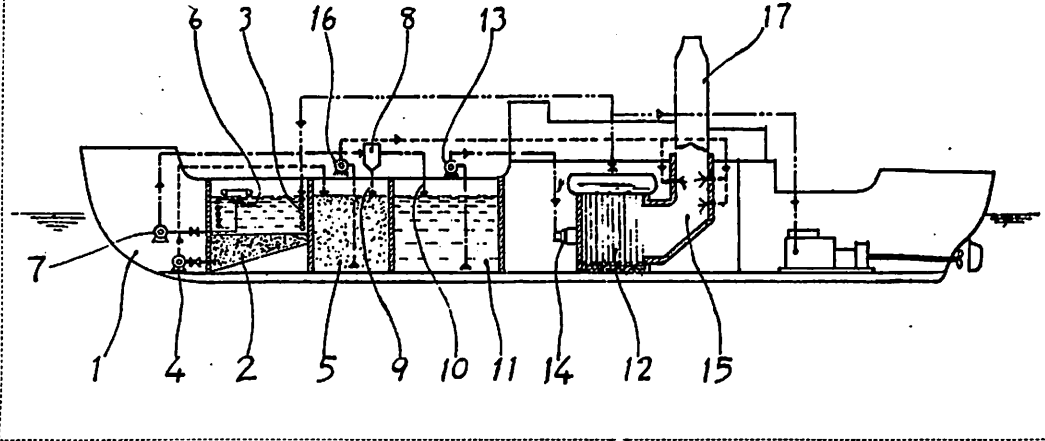


第2図



第3図

廃油処理船



本発明は沿岸にある各工場からの廃油およびタンカーの廃油などを船に集積して、船内で焼却しようとするものである。

図面を参照して説明すると、沿岸を回航して各工場からの廃油を油水分離槽2に集積し、加熱コイル3で加温して油分と水分とに重力分離する。下層部の水分は送水ポンプ4で汚水貯槽5に送水し、上層部の油分は吸入管6、送油ポンプ7で送油され、必要に応じて遠心分離器8で更に分離され、水分は管9により汚水貯槽5に、油分は管10で油貯槽11に送られる。

12はボイラ付焼却炉で、油貯槽11中の油分を噴射ポンプ13でバーナ14へ送給して燃焼させる。汚水貯槽5の汚水は水噴射ポンプ16で減温室15内に噴霧してガス化し、減温された燃焼ガスとともに煙突の排煙噴出ノズル17より大気へ放出される。

ボイラーで発生した蒸気は油水分離槽2の加熱コイル3に供給され、また船の駆動タービンにも供給

して推進に利用する。

(特許庁審査第一部 分類審査室 幸長保次郎)

現場の強化プラスチック船の工法と応用

■田中勲著/価2300円(送200円)

FRP船の正しい工法と応用作業の実際を巨細にわたり平易に解説。現場技術者必携書

高速艇工学

■丹羽誠一著/価3000円(送240円)

体系的モーターボート工学 ■基本設計/船型/運動性能/構造強度/副部, 機関部設計/他

強化プラスチックボート

■戸田孝昭著/価1200円(送200円)

実験データを基にFRPボートの設計・製造技術を解説。関係技術者、製造従事者必携の書

発行/株式会社船社

〒104 東京都中央銀座5-11-13

振替・東京1-25521番

発売/株式会社天然社

船舶 第49巻 第11号 昭和51年11月1日発行

11月号・定価800円(送料45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) 543-7793 振替・東京6-79562

船舶・購読料

1カ月 800円(送料別45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。

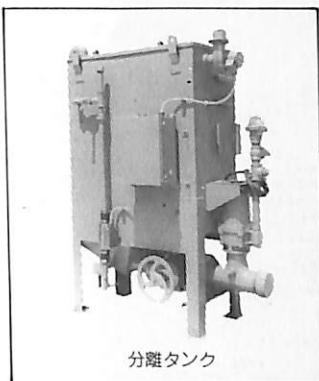
\*なるべくご予約ご購入ください。

THE NO WATER  
NO DISCHARGE  
SYSTEM.

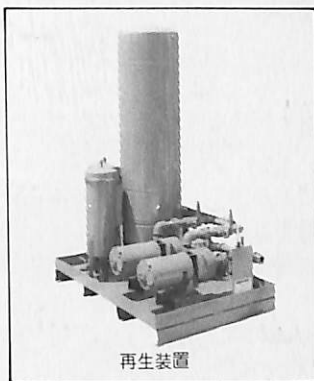
技術提携▶クライスラーコーポレーション宇宙開発事業部

# 無廃水し尿処理装置

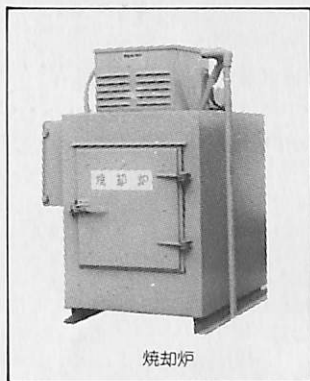
## 船舶用 Aquasans アクアサンス



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。水の代わ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〉



株式会社 **タクマ**

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  
 名古屋支店 (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〉



日精株式会社

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

あなたのそばに信頼の技術



日向灘の漁場を守る

FRP製 **21m**  
漁業取締艇

宮崎県殿納入「たかちほ」

日豊海岸国定公園から、いっきに南下して志布志湾へ。多くの海岸美を誇る宮崎県の約半分は海につながる。日向灘を経て太平洋へと、漁場は近年とくに船足が速くなった。

漁業取締艇「たかちほ」は、速力26.7KTと、県下の漁業取締艇にふさわしい快速で活躍している。

材質：FRP(強化プラスチック)

全長：21.00 m

幅：4.70 m

深さ：2.30 m

総吨数：49.5GT

主機関：船用高速ディーゼル900ps×2基

速力：26.7KT

定員：10名

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