

1

SENPAKU

SHIP BUILDING & BOAT ENGINEERING MAGAZINE
First Published in 1928 No. 544

昭和51年11月12日国鉄省都特別執事承認第2952号 昭和5年3月20日第3種郵便物認可 昭和52年1月1日発行 (毎月1回1日発行)

船舶

- 世界初の内面防熱方式LPG船“PIONEER LOUISE”
- フェロセメント船 ●第6回海運造船会議とブラジル造船界の現状



因島工場で竣工したコンテナ船“八州丸”(35,480.90GT)

 **日立造船**

60,000DWTドックも完成して…… 体勢を整えた内海造船・修繕部門

●時代の要請にこたえた新ドック

船舶の修理・改造に、工期の短縮・修繕費の低減など経済面から新設備が要請されていましたが、内海造船ではこれらにこたえ、この春瀬戸田工場に60,000DWTドックを完成。このドックは各種の自動化や省力化装置をとめない時代の要請を満たしたもので、瀬戸田工場(8,000DWT)(7,500DWT)田熊工場(12,000DWT)(2,000DWT)の既存ドックと併せて、各船主の方々のメンテナンス・サービスに十分こたえられる工場がここに完備しました。

〈修繕ドック〉

		長さ×幅×深さ(m)	入渠能力	
			(GT)	(DWT)
瀬戸田工場	No1(新設)	230.0×36.0×9.0	37,000	60,000
	No2(既設)	110.0×17.0×7.4	4,500	7,500
	No3(既設)	119.0×17.0×7.4	5,000	5,000
田熊工場	No1(既設)	74.4×10.6×5.9	1,300	2,000
	No2(既設)	134.7×18.3×8.4	8,500	12,000

●海の要衝・瀬戸内から 各種の新船が船出——

内海造船の新造船部門は、巾広い知識と豊かな技術で、各種新造船に大きな実績を示しています。客船、貨物船、カーフェリー、タンカー、セメント・アンモニア等各種専用船、作業船、タグボート、ドレジャー、漁船、冷凍船、巡視艇、etc.

 **内海造船**
NAIKAI SHIPBUILDING & ENGINEERING CO., LTD.

本社・瀬戸田工場：広島県豊田郡瀬戸田町大字沢226番地の6
〒722-24 電話(瀬戸田)08452(7)2111代
田熊工場：広島県因島市田熊町2517番地の1 〒722-23
電話(因島)08452(2)1411代
事務所：東京・名古屋・大阪・神戸・九州





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
給
約

NIKKO - HÄGGLUNDS

Electro - hydraulic deck cranes



日鋼ー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
じめで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
- 電動油圧式クラブ
バケット型、オレンジピール型、木材用クラブ



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

新造船の紹介

世界初の内面防熱方式LPG船“PIONEER LOUISE”…………… 13

フェロセメント船……………長沢 準… 18

潜水艦環境再現装置について……………三浦 敏… 26

第6回海運造船会議とブラジル造船界の現状……………間野正己／伊藤 弘… 35

ソ連の金属研究, 船舶研究……………在田正義… 44

点火機関の火災構造と化学組成のシミュレーション計算……………山岸 進… 49

技術者の夢／昭和52年の新春を迎えるにあたって……………濱田 昇… 61

安全公害の話題／年末年始輸送に関する安全総点検の実施について…………… 77

連載

LNG船——材料・溶接および破壊力学<26>……………恵美洋彦・伊東利成… 64

連載

小型船艇のプロペラ設計技法<3>……………森田知治… 79

ディーゼルエンジン<21>……………齊藤善三郎… 90

NKコーナー…………… 78

竣工船一覧…………… 96

特許解説……………幸長保次郎… 104

表紙……………	コンテナ専用船“八州丸”	主要目
	全長／245.93m	コンテナ積載数／20ft上甲板578個, 船内492,
	垂線間長／230.00m	40ft船内270, 計20ft換算1,730
	型幅／32.00m	個, 冷凍120個
	型深／19.00m	主機関／日立複気筒クロスバウンド形2段減速タ
	満載吃水／10.581m	タービン1基
	満載排水量／45.413t	出力(運統最大)／48,000PS, 106.5RPM
	総トン数／35,480.90t	速力(試運転最大)／28.58kt
	純トン数／18,963.90t	進水・竣工／51年8月・12月
	載貨重量／28,725t	船主／山下新日本汽船, 川崎汽船, ジャパンライン

油汙過作業の省力化…

特許

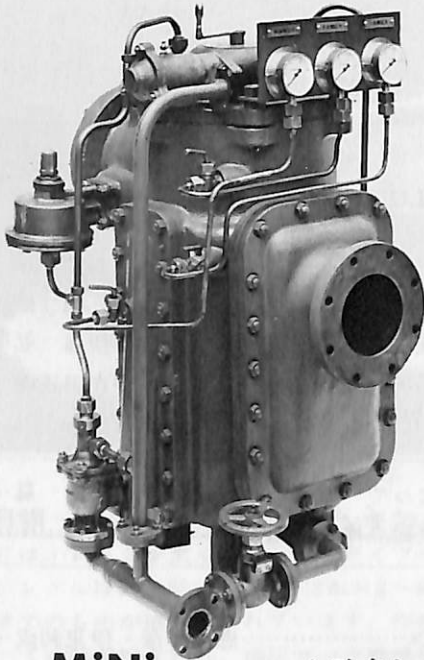
機関室を広くする

マックス・フィルタ―シリーズ

日本船用機器開発協会助成品

MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油濾器



Mini

と改名しました

MAX-FILTER LSM型

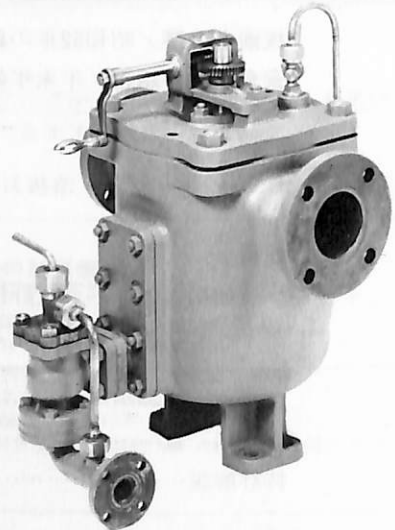
手動逆洗式油濾器

〔特長〕

- 価格 切換型より安い
- 洗滌 簡単で容易
- 据付 場所をとらない

LS型の特長

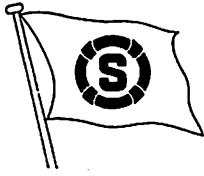
- 動力一切不要
- 設定された差圧になると自動逆洗
- 手動逆洗もワンタッチで可能
- 世界特許・液圧復運動機・ハイドロシプロケーターを採用



単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

㊦ 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)



昭 和 海 運

取締役会長 末 永 俊 治
取締役社長 山 田 総 太 郎

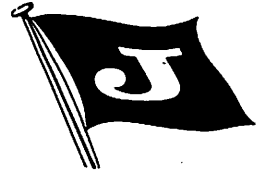
本 社 東 京 都 中 央 区 日 本 橋 室 町 四 一 (室 町 ビル)
電 話 (二 七 〇) 七 二 一 一 (大 代 表)



山 下 新 日 本 汽 船

取締役会長 山 下 三 郎
取締役社長 堀 武 夫

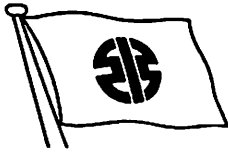
本 社 東 京 都 千 代 田 区 一 ツ 橋 二 丁 目 一 番 一 号 (パ レ ス サ イ ド ビ ル)



ジ ャ パ ン ラ イ ン

取締役社長 松 永 壽

本 社 東 京 都 千 代 田 区 丸 の 内 三 丁 目 一 番 一 号 (国 際 ビ ル)
電 話 東 京 (二 二 二) 八 二 一 一 (代 表)



川 崎 汽 船

取締役社長 岡 田 貢 助

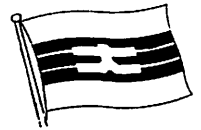
東 京 都 千 代 田 区 内 幸 町 二 一 一 (飯 野 ビ ル)
電 話 東 京 (五 〇 六) 二 〇 〇 〇 (代 表)



日 本 郵 船

取締役会長 有 吉 義 弥
取締役社長 菊 地 庄 次 郎

本 社 東 京 都 港 区 三 田 一 丁 目 四 番 二 八 号 (三 田 国 際 ビ ル)
電 話 東 京 (四 五 四) 五 一 一 一 (大 代 表)



大 阪 商 船 三 井 船 舶

取締役社長 永 井 典 彦

東 京 都 港 区 赤 坂 五 丁 目 三 番 三 号
電 話 (五 八 四) 五 一 一 一 (大 代 表)

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)

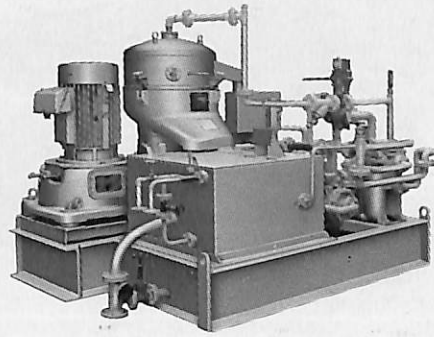
〒232
(工場) 横浜市中区かもめ町23
TEL 045-622-7509

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

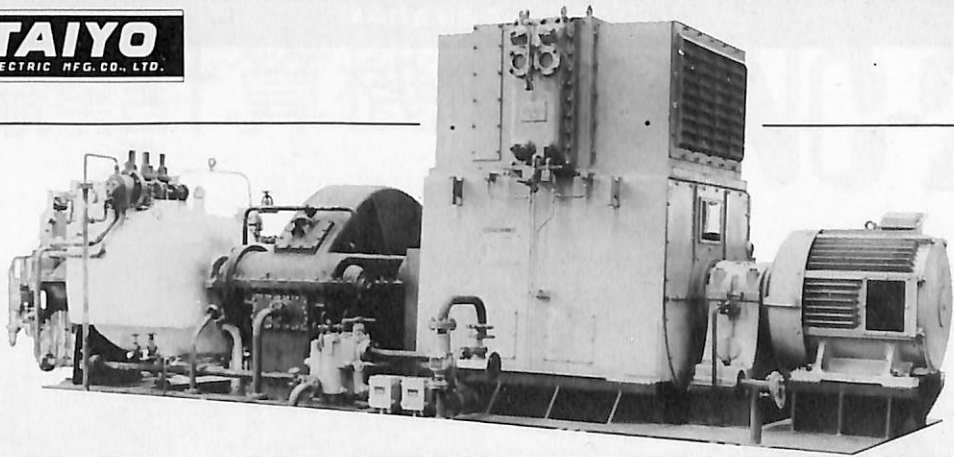


ペンウォルト コーポレーション
シャープレス・ストークス機器部 日本総代理店

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)

TAIYO
ELECTRIC MFG. CO., LTD.



—ながい経験と最新の技術を誇る—

大洋の船舶用電気機器

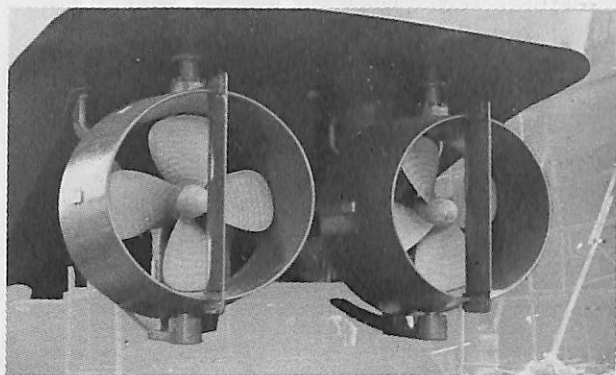
●発電機●電動機及び制御装置●配電盤●電源自動化装置●コンソール・パネル●ファン

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

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

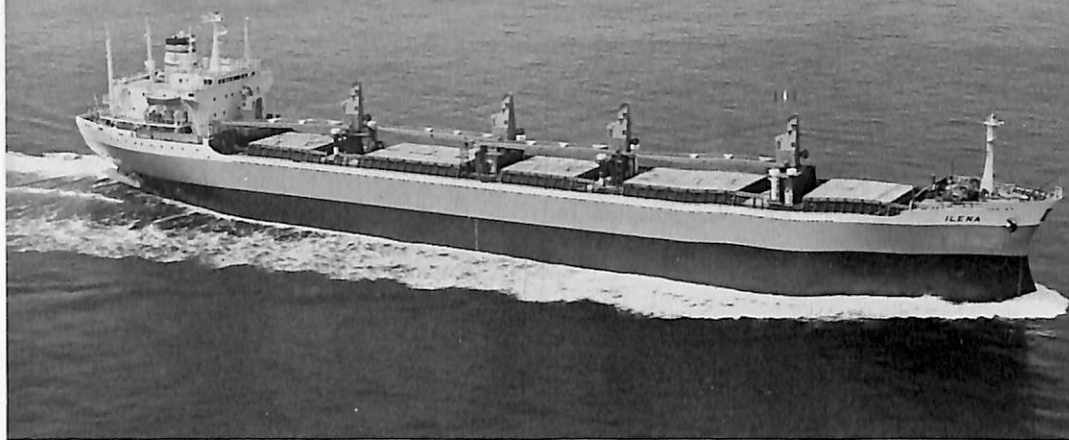
44m 高速捜査救命艇



高速艇・消防艇専門メーカー
墨田川造船株式会社

本社 東京都江東区潮見2-1-6 TEL.647-6111~7

各種船舶の建造並び修理
 船用汽機汽缶の製造並び修理
 各種鉄骨・橋梁鉄塔等製作並び修理



株式会社 名村造船所

本社・工場 大阪市住之江区北加賀屋4-1-55 電話 大阪(681)1121(代)
 東京事務所 東京都千代田区神田鍛冶町3-4-2(神田東洋ビル) 電話 東京(252)4941(代)
 神戸事務所 神戸市生田区海岸通5(商船ビル) 電話 神戸(331)4810
 ロンドン事務所 125, High Holborn, London W.C.1, England.

信頼ある最高精度

TAMAYA 天文航法計算機

新発売

NC-2



「航海用六分儀」のメーカー玉屋商店が、自信をもって製作したこのハンディ・タイプの計算機は、六分儀による天測後の計算と、各種の航法計算プログラムを内蔵したもので、これまでの、天測計算表やトラバース表など、数多くの計算表をくり返し使って行われていた航法計算が、まったく簡単に、速く、しかも正確に算出できる画期的なものです。

これからは、六分儀と合わせて航海士必携の計算機です。

株式会社 玉屋商店

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

余裕のある性能

この探照燈はスエズ運河規則により、スエズ運河を夜間航行する船舶が装備を必要とする探照燈です。三信のスエズ運河探照燈はスエズ運河公社指定仕様をすべて満足し、余裕ある性能を誇っています。

三信の「スエズ」運河探照燈



標準形
SCS60-A/B

- 防止弁)があり、フレキシブルゴムホースもつけられます。
- ⑥常用と予備との電球交換は、外部レバー操作により簡単に切換られます。また安全のため電源スイッチとインターロックが施してあります。
- ⑦燈体の外面には特殊フィンを設けて放熱効果を高め、内部の温度を低くしてあります。また全ての使用材料は良品質な材料を使用しています。
- ⑧標準在庫品にはN.KまたはA.B.Sの検査証明書がついています。なお、他の船級協会の検査も受けられます。
- ⑨SCA60は標準形(ステンレス)でAは床取付形 Bは吊下形、SCA-P60は軽量形(全耐食アルミ)で、全て2000Wと3000Wがあります。

特長

- ①照射距離は大気の透過率74%、照度1ルクスの条件において、約1800m以上あります。
- ②前面ガラスは高級強化ガラスで透過率がよくすぐれた耐熱性があり急冷などにも耐えます。
- ③反射鏡はシングルビームとスプリットビーム(分割ビーム)の使用ができるように2分割したガラス製放物面鏡で、最高の性能を発揮ししかも裏面には特殊金属板により保護がしてありますので長期の使用に耐えます。
- ④ビームはレバーの操作で簡単にシングルビームとスプリットビームにすることができます。なお、スプリットビームの場合、中央の暗黒部は0から10°まで連続的に調節できます。
- ⑤燈体は密閉構造で内部圧力試験0.25kg f/cm²に耐えます。また熱気の排気部には安全弁(逆流



軽量形
SCS-P60



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……………〒101 東京都千代田区内神田1-16-8……………☎東京(03):295-1831(大代)
- 東京発送センター…☎東京(03):840-2631(代)
- 九州配送センター…☎福岡(092):771-1237(代)
- 北海道配送センター…☎函館(0138):43-1411(代)
- 福岡営業所……………☎福岡(092):711-1237(代)
- 室蘭営業所……………☎室蘭(0143):22-1618(代)
- 函館営業所……………☎函館(0138):43-1411(代)
- 高松営業所……………☎高松(0878):21-4969(代)
- 石巻営業所……………☎石巻(0225):23-1304(代)
- 大阪事務所……………☎大阪(06):261-6613(代)
- 工場……………☎東京(03):848-2111(代)

The World's First Internally Insulated LPG Carrier "PIONEER LOUISE"



世界初の内面防熱方式 LPG 船 “PIONEER LOUISE”

三菱重工業横浜造船所

当社が長年にわたって行なってきた内面防熱方式 LPG 船開発研究の成果と、一方すでに数多くの建造実績を有する独立タンク方式 LPG 船での経験とをフルに活用して設計建造された、世界初の内面防熱方式 LPG 船 “PIONEER LOUISE” 号が、このほど竣工した。この機会に本船の概要を紹介し、読者の参考に供したい。なお内面防熱方式 LPG 船の開発経緯およびその特徴などについては、すでに本誌昭和49年5月号で紹介しているので、詳しいことはこれを参照していただきたい。

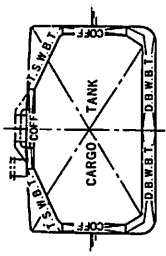
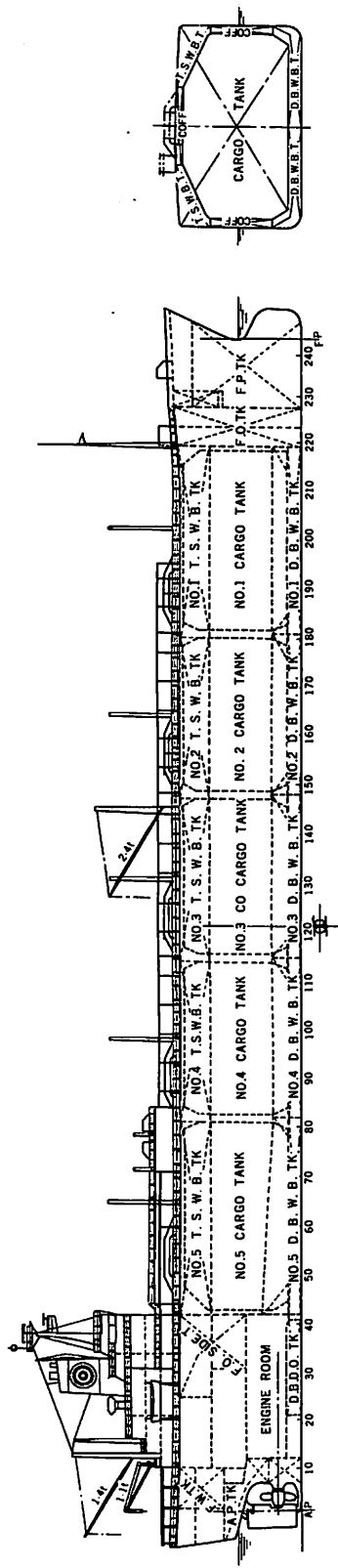
1. 概要

“PIONEER LOUISE” 号は、リベリア国籍 GOLD CUP SHIPPING 社殿の御注文により、当社横浜造船所が建造した大型低温式 LPG 運搬船

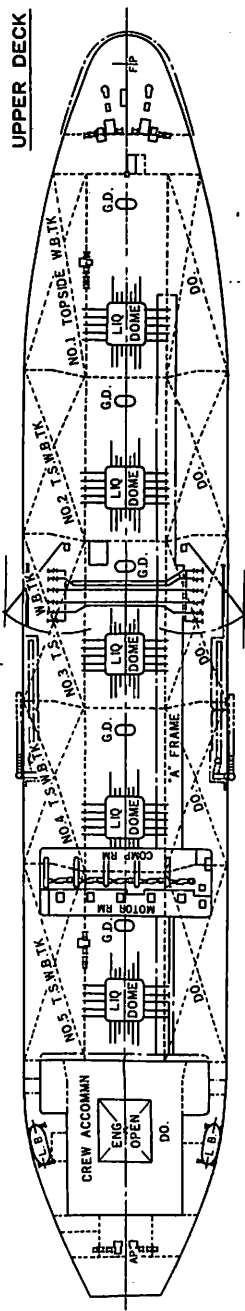
で、その名の通り内面防熱方式 LPG 船のパイオニアであるとともに、当社がこの新しいタンク方式を用いて開発した 77,500m³ 型標準船の第1船である。

本船は、三光汽船株式会社殿の用船で主としてアラビア湾沿岸諸国より日本に低温液化プロパン、ブタン及びそれらの混合液化ガスを運搬する目的で建造されたもので、海上試運転並びに低温 LPG を使用しての貨物取扱設備試験にて優秀な成績をおさめ、昭和51年8月31日船主に引渡された。

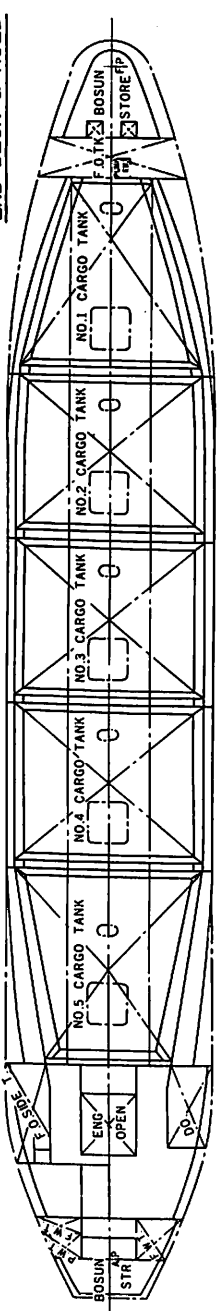
またアラビア湾における第1回の積荷に際しては、船主、日本海事協会の立合のもとに、満載タンクに関し綿密な内観点検が行なわれ、タンク防熱に何ら異常のないことが確認された。なお当社では、本船に引き続き同型船2隻を建造中である。



UPPER DECK



2ND DECK & HOLD



"PIONEER LOUISE" の一般配置図

2. 主要目

適用法規

日本海事協会鋼船規則 NS* (Tanker liquefied flammable gases minimum temperature -45°C) and MNS*

リベリア国海事関係規則

国際満載吃水線条約 (1966)

海上における人命の安全のための国際条約 (1960)

国際電気通信条約

船型 平甲板型船尾機関船

主要寸法

全長	228.00m
垂線間長	216.00m
幅 (型)	36.60m
深さ (型)	22.00m
計画満載吃水 (型)	12.05m
常用満載吃水 (型)	11.45m

トン数 載貨重量

総トン数 (リベリア測定)	42,252トン
純トン数 (リベリア測定)	28,980トン
載貨重量 (吃水12.05mにて)	55.843 t

容積

貨物タンク容積	77,861.8m ³
バラストタンク容積	26,319.7m ³
燃料油タンク容積	4,179.2m ³
消水タンク容積	676.3m ³

主機関等

主機……三菱MAN排気タービン過給, 減速機

つき 4 サイクルV型ディーゼル機関

” 12V52/55×1基

14V52/55×1基

最大出力 (合計)

26,000 PS×430/119 rpm

常用出力 (合計)

23,400 PS×415/115 rpm

補汽罐……船用丸ボイラ×1基

蒸気圧力 10kg/cm²・g (飽和蒸気)

蒸発量 7,300kg/h

推進器……三菱 KaMeWa

4翼可変ピッチプロペラ×1基

材質 ニッケルアルミブロンズ

直径 6.5m

発電機

主機駆動

450V, 2,250kVA(1,800kW)×1基

ディーゼル駆動

450V, 1,250kVA(1,000kW)×2基

速力等

試運転最大速力 20.12 kn

満載航海速力 17.1 kn

航統距離 約 17,000 海里

乗組員

士官 (13名) 部員 (21名)

見習部員 (3名) 予備 (2名)

合計 39名

貨物部主要機器

カーゴポンプ 電動サブマージド型

550m³/h×100mTH×10基

250m³/h×100mTH×5基

再液化圧縮機 電動レシプロ型

1,360m³/h×20kg/cm²g×5基

ショアアース圧縮機 電動遠心渦巻型

2,500m³/h×1kg/cm²g×1基

3. 船型および一般配置

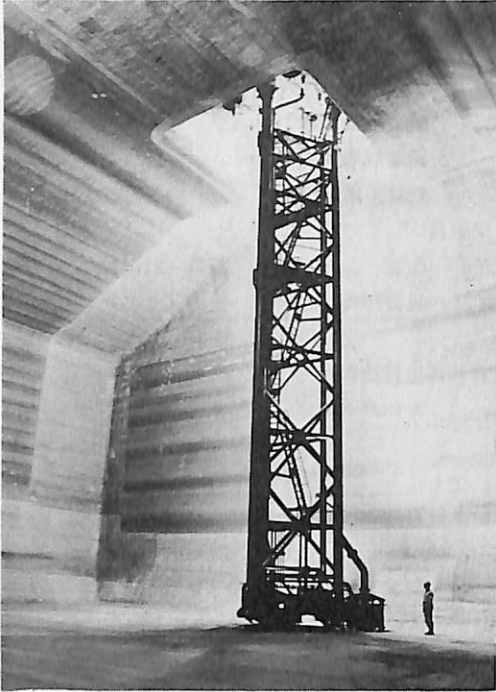
本船は一般配置図に示すように一層の全通甲板を有する平甲板船で、機関室、居住区および航海船橋は船体後部に配置されている。主船体は水密隔壁により、船首空所、前部燃料タンク、5個の貨物倉、機関室、船尾水槽に区切られている。

貨物倉部分は、二重船殻構造となっており、その内殻の内面に直接吹きつけられた防熱層が貨物タンクを形成している。貨物タンク周囲の二重底とトップサイド部にはウォータバラストタンクが配置され、バラスト航海時に充分な吃水のとれるバラスト容量が確保されている。貨物倉部分の上甲板には、再液化装置などの荷役機器を納めた甲板室、陸上接続用クロスオーバを含む荷役用配管、貨物タンクへの管類を接続するドームなどが合理的に配置されている。推進プラントとして2機1軸中速ディーゼル機関を採用することにより、機関室長さを極力短縮し、貨物容積の増大が計られた。

本船の水線下形状は、当社長崎研究所の船型試験水槽で幾多のモデルテストを行なった結果決定されたもので、公試では最高速力20.12ノットを達成し、その優れた性能を実証した。

4. 船殻構造

内面防熱方式の特徴として、貨物タンク部分の船体構造は防熱施工面が防撓部材のない平滑面となるよう完全な二重殻構造となっており、また貨物タンク



貨物タンク内およびトラス

ク間の隔壁にはコファードムタイプが採用されている。

これら二重殻間のスペースは、貨物タンク容積を効率的に確保するためできる限り小さくすることが要求されるが、本船設計にあたっては有限要素法による構造解析を駆使して合理的な構造配置を追求した。

5. 居住設備

居住設備は5層の船尾甲板室内に設けられており、乗組員の居室は見習い士官室を除き各室とも個室、また士官クラス以上には専用ラバトリーを設けている。公室としては船内作業の管理を集中的に行なうための一般事務室、娯楽設備の完備された士官用喫煙室、部員用娯楽室をはじめ船内生活に変化を持たせるためにピンポン室が設備されている。

6. 機関部

本船には、減速装置付三菱MAN V52/55形ディーゼル機関（2基1軸形）、可変ピッチプロペラおよび主機駆動主発電機を組合わせたプラントが装備されているが、これにより操船性能の向上、運航の経済性向上および主機関に対する保守の容易化などが期待される。

機関部は日本海事協会のM0規格に適合してお

り、主機関は空気調和を施した機関制御室より、可変ピッチプロペラは操舵室より、それぞれ遠隔操作される。各部冷却清水および潤滑油系統、補助ボイラ燃料移送系統、燃料および潤滑油清浄装置などには、自動制御装置が備えられている。

主発電機は前述の通り主機により駆動されるが、通常航海中の電力負荷はこの主発電機より給電されるので、高価なディーゼル油を使用する必要がない。なお出入港時、および荷役時はディーゼル発電機2台により給電する。本船には主機関の保守作業を能率よく、かつ短時間でこなせるよう、機関室内に洗浄装置、弁摺合せ装置などの保守用機器を装備したメンテナンススペースが設けられている。

7. 貨物部

(1) 貨物タンク

本船の内面防熱方式貨物タンクは、内面が平滑に作られた貨物倉の内面に直接吹き付け発泡されたポリウレタンフォーム（PUF）防熱層によって形成される。この方式はシェル社により考案され、当社が実船への応用を目指し開発を進めてきたもので、そのすぐれた特徴については、すでに本誌昭和49年5月号には紹介した通りである。

一般配置図中に示すようにタンクの形状は、復原性、船体強度を考慮して定められた八角形断面の形状体を主とし、船体前後部では、外板形状に従い適宜断面が絞られている。

内面防熱方式では一般に防熱施工上タンク内部の突起物は出来るだけ少ないことが望ましい。

本船では貨物積込および揚荷管を主構成部材とするトラスをドームより吊り下げ、貨物タンク内の計装設備、カーゴポンプ等は全てこのトラスに取り付ける方式としている。

(2) 貨物取扱設備

本船の荷役設備は2種の貨物を同時に荷役し、輸送出来るよう設計されており、積荷/揚荷レートは将来予想される陸上設備の拡大にも充分対処できるよう、5,500m³/hと大きく計画されている。

各貨物タンクには揚荷用に2台の電動サブマージ型主カーゴポンプ（550m³/h×100mTH）と1台の同タイプの補助ポンプ（250m³/h×100mTH）が備えられている。積荷中の置換ガスおよび貨物タンクへの浸入熱などによる蒸発ガスは、船に装備された5台の再液化用圧縮機又は1台のショアガス圧縮機で陸送される。勿論これらのガスが陸側の都合で陸送できぬ場合、再液化しながら積荷することも可

能である。

航海中に貨物タンク外部よりの浸入熱や貨物液の運動により発生する蒸発ガスは再液化装置により液化し、各貨物タンクに戻されるが、このために前述の5台の再液化圧縮機が備えられており、その能力は1台を予備機として4台で輸送中の貨物の圧力、温度を、積込時の状態に維持するのに十分なものとなっている。

(3) 貨物制御装置、安全設備

LPG船では貨物が性質上、安全な運航を確保するには荷役中ならびに航海中の貨物の状態、貨物関連機器の作動状況、船体姿勢等を常に集中的に監視

していることが必要である。そのために本船には荷役制御室が後部甲板室内に設けられており、ここに貨物タンク内圧力、温度の遠隔指示計、種々の区画に対する可燃性ガス検知器、各種機器の運転表示および警報装置、貨物タンクおよびバラスタタンの遠隔液面指示計、吃水計などが装備されている。

各貨物タンクにはパイロット操作式安全弁と、ベントライザーが備えられており、万一タンク圧力が過大となった時には、安全上充分な高さにガスが放出される。通常の消火設備に加え、再液化圧縮機室にはCO₂ トータルフラッシング式の消火装置が設けられている。

Ship Building & Boat Engineering News

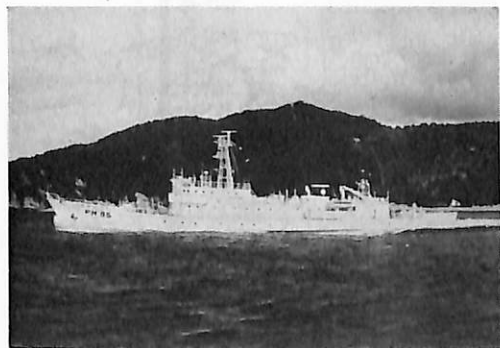
■ 巡視船 PM さがみ、竣工

日立造船受注、内海造船田熊工場で建造中の海上保安庁の51年度改4—350トン型巡視船PM85「さがみ」は、51年11月30日完工引渡された。

本船は、現在就航中の「さがみ」（総トン252.23トン）にかわって、小名浜海上保安部に配属され、警備、救難業務に従事する。（写真）

主要目

全長	63.35m
喫水線	長(喫水2.60mにて) / 60.00m
型幅	7.80m
型深	4.30m
型喫水	(完成常備状態) / 2.56m
排水量	() / 624.769 t
総トン数	499.32 t
航行区域	近海
速力	(常用状態最大出力) / 18.14kt (常用状態常用出力) / 17.5kt
航続距離	(16ノット) / 約3,200浬
主機械	富士ディーゼル 6 S 32F 型 2基



連続最大出力 / 1,500PS × 380 r.p.m × 2

最大搭載人員 / 34名

■ 高速軽量形・船用主機関 三菱ダイヤディーゼル 6 ZDAC-1 新発売

三菱重工業は、このほど船用主機関として高速軽量形エンジン 三菱ダイヤディーゼル「6 ZDAC-1」（定格出力 340PS）の販売を開始した。

1 主な特長

高出力が楽に出せ、軽量化にも成功したので、出力当りの重量は同級エンジンの中でも最も小さく、高速漁船になるほど船速アップの効果が大きい。

2 大容量の回転式海水ポンプを採用していることで冷却に余裕があり、またシリンダジャケットは清水冷却とするなど、冷却系のトラブルが防止されている。

3 燃焼室まわりの熱負荷を軽減するため、熱効率のよい直射方式を採用して各部の温度を低下させるなど、細部にわたり入念な設計。

4 燃料消費はきわめて少く、オイル消費率も低い。また、振動レベルは低く抑えられており、異音も発生しない。

主な仕様

形式	立形水冷 4 サイクル
連続定格出力	340ps/1,800rpm
漁船法馬力数	240
使用燃料	軽油またはA重油
始動方式	電気始動
機関寸法	全長2,400×全幅1,093 ×全高1,500mm

フェロセメント船

On the Construction of Ferrocement Vessel
by Hitoshi Nagasawa

長 沢 準

運輸省船舶技術研究所船体構造部長

まえがき

フェロセメントという名称はセメントの一種のように聞えるが、そうではなくて複数層の金網を組合せて主補強材料としたセメントモルタルの複合材料であり、その名はフランス人の J. L. Lambot が最初に *ferciment* と呼んだことに由来するといわれる。したがって特性は普通のセメントではなく一種の鉄筋コンクリートであり、強度、弾性、水密性、耐衝撃性などに富んだコンクリート構造である。

セメントは人間が造った構造材料のなかで最も古いものといわれている。これはセメントがどんな場所でも供給が容易であり、経済的かつ生産が比較的容易であることである。現代においてはセメントの種類も豊富になり、成分によって著るしく性質の異なったものが出現している。ただし高性能のセメントの生産には高度の品質管理が必要になってきている。

一般の構造材料と大きく異なるのは、コンクリートは普通圧縮強度だけを問題とすることである。したがってこれを補なうために、鉄筋コンクリート、さらにプレストレスコンクリートを使用するのが普通となっている。

最も古い鉄筋コンクリート船の例としては、1848年にフランスの J. L. Lambot が針金により強化したコンクリートによってボートを造ったのが始まりといわれる。この当時は船舶の材料としては木材が一般的であった時代である。

J. L. Lambot が考えた針金により強化したコンクリートは今日のフェロセメントのもとになるものであ

るが、欧米をはじめ世界の各国においては、今日までに多数のフェロセメント船の建造があり、最近においてようやくわが国においてもフェロセメント船に対する認識が高まってきた。(図1参照)

最近におけるコンクリート構造物の見なおしは省資源として鋼材等の代替として活用することのほかに、コンクリート材料の特性を併せて活用しようという考えのものが多く。

最近に至り、次々とプレストレスコンクリートを使用した海上作業船や貯蔵庫などの浮遊式構造物の建造が行なわれ、また計画されていることは、将来においてコンクリートが鋼材に代りうる有力な材料として使用されるであろうことを予測させるものである。

フェロセメント船の実績はわが国においてはまだまだ多くないが、最近に至り大手のセメント会社が建造を開始するなど急速に需要が高まることも予想され、現在早急にフェロセメント船の構造設計基準を設けるべく、運輸省を中心に検討が進められている。

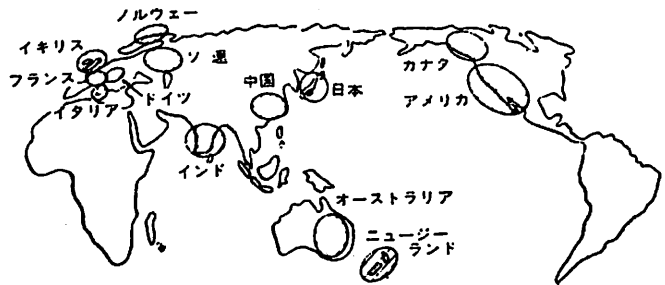


図1 フェロセメント技術分布

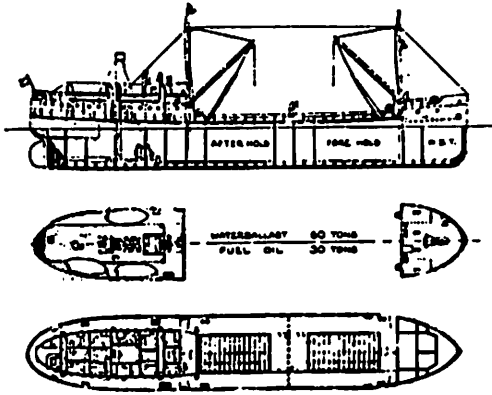


図2 M. S. Askelad 号一般配置

コンクリート船の歴史

前述のように世界的に最も古い強化コンクリート船の例としては、フランスで1848年に J. L. Lambot がボートを製作したのが始まりである。

船体の構造材料として今日までに多く使用されてきたものには木材、鉄、鋼、アルミニウム、FRP およびコンクリートなどがあるが、強化コンクリートが船殻材料として真剣に考えられたのは、第一次世界大戦および第二次世界大戦前後の大正5年および昭和15年頃の各数年間というほんの短い期間に限られている。いうまでもなく、この時代は商船の莫大な損失があり、鋼板の欠乏がコンクリート船殻の需要をおこしたものである。

1917年にノールウェイで Fougner が D. W. 200t, 長さ約 25m の鉄筋コンクリートの貨物船 M. S.

Namsenfjord 号を建造、その後 1920 年頃の間にかけておそらく 100 隻を超えるコンクリート船が建造されたものと思われる。

大きさとしては、載貨重量で数百トンのものから最大 7,500 トンまでのものとなっている。1918年の米国の造船学会に報告されたところによれば、米国で56隻のコンクリート船と34隻のはしけの建造計画が発表されている。

Fougner は M. S. Namsenfjord 号に続いて1918年に、D. W. 1000 t, 寸法が 53.6m (長さ)×9.4m (幅)×5.8m (深さ) の M. S. Askelad 号を建造した。この船の一般配置図を図2に、船体中央断面図とコンクリート強化の方法を図3に示した。

M. S. Askelad 号は北海とバルチック海で数多くの航海を経験し、コンクリート船が十分荒天の海洋を航行できることを実証したといわれる。特に1919年1月にフランス海岸で嵐に遭遇し、半月ほど座礁したまま強い風や高い波に打たれて過したが、その後の船殻の検査で船底のコンクリートに小さい亀裂が発見された程度で大きく水洩れすることはなかったということである。

アメリカにおいては、大型のコンクリート船が1918年にサンフランシスコ造船所で建造されている。この船は D. W. 5,000 t の S. S. Faith 号で船側と船底の外板は 4" および 4.5" の厚さ、甲板は 3" ~ 3.5" の厚さの鉄筋コンクリートを使用している。

この船はバンクーバー、タコマ、ホノルル、チリからパナマを経てニューヨークへと貨物を選び、その間の距離は12,000~15,000マイルといわれる。そ

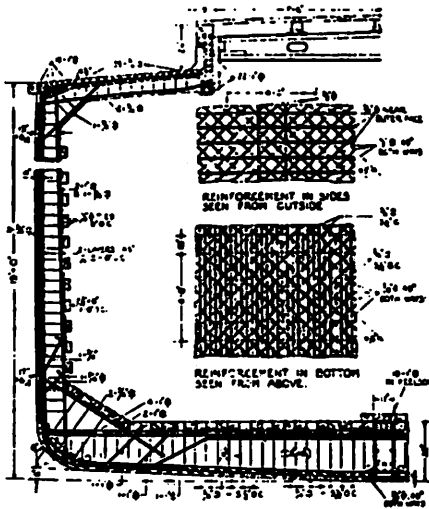


図3 M. S. Askelad 号中央断面図

Table 2. Particulars of the Askelad

	Tons
Weight of reinforced concrete	
hull	733
" equipment	120
" machinery	31
Displacement, light	884
Deadweight, freeboard 2' 6-1/2"	1,036
Displacement, loaded	1,920
Deadweight/Displacement	0.54

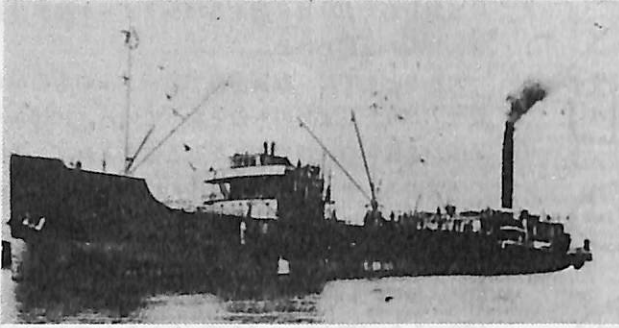


図4 S. S. Faith 号 D. W. 5,000 ton

の後も南アメリカの西海岸とニューヨークの間を航海し、大西洋の横断も行なっている。

この時代に米国ではコンクリートの軽量化の技術が研究され、膨張頁岩や粘土などの人工軽量骨材を用いたコンクリートの開発に成功して、1立方145ポンドのコンクリート重量を115ポンドにまで軽減することができた。この軽量化によって載貨重量7,500 tの船の場合に約1,000 tの載貨重量の増加が可能となった。

このほか、アメリカの Emergency Fleet Corporation が D. W. 3,500 t の2隻のコンクリート船 Cape Fear 号と Sapona 号を建造しているが、Cape Fear 号の運命は短かく、沿岸航路に就航して最初石灰を運んでいたが、その後1920年10月に貨物船に船体中央部に衝突を受け沈没してしまった。一方 Sapona 号は、米国の東海岸で就役したのち海上の浮上倉庫として転用され、1926年に台風で座礁し破壊してしまった。

この他アメリカで比較的活躍したコンクリート船は、1920年に登録された Cuyamaca 号と図5に示した San Pasqual 号がある。Cuyamaca 号はメキシコ湾で Tampico と Baton Rouge 間の石油輸送

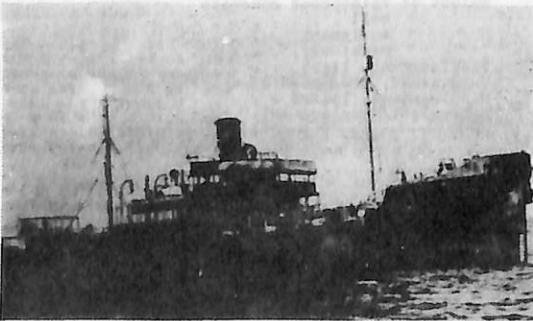


図5 San Pasqual 号 D. W. 7,500 tanker

を行なった後廃船となり、1924年に New Orions で海上石油貯蔵タンクとして転用されている。

これらの船の経歴をみてもわかるように、この時代に建造されたコンクリート船の大部分は寿命が短かく、いずれも廃船となったり競売されたりして船舶以外の用途に転用されていった。

これは船舶が不足していた第一次大戦当時からやや遅れて建造されたことや、さらに戦争の終了によって鋼船でも余剰の時代となってしまったためである。

このようにして数年にわたって行なわれた貴重なコンクリート船の開発努力は終りを告げてしまった。

その後約20年を経て1941年に至り、アメリカにおいては鋼板不足が再び深刻になってきたため、はしけの船殻にコンクリートを使用することが始められた。アメリカが第二次世界大戦に参加してからは、タンカーの運送量を増すためにオイルバージの拡充計画が必要となり、コンクリート船の建造を数十隻に増加した。その後もコンクリート貨物船の発注を続けたが、この時代の第一船の完成は技術上の問題や経験不足などの理由で予定よりかなり遅れてしまった。

これらのコンクリート船の船型は鋼船とほとんど同じ形のものである。

建造された船舶は短かい期間であるが、砂糖、小麦、コーヒー、石油、ガソリンなど種々の貨物の輸送を行なった。その中には冷凍装置を備えて腐り易い貨物を運搬したりしたものもあった。

一部の船は相当の嵐にも耐えて航海を続けていったが、やがて再び戦争が終了し鋼船が増加し始めて、これらのコンクリート船は、相前後して棧橋や堤防として転用されたりして廃船へと追いやられていった。

プレストレスコンクリート船が初めて建造されたのは、第二次世界大戦後において上陸用舟艇とはしけについてであった。これらの上陸用舟艇は荒天中において何回となく上陸を行なって成功してきたといわれる。フィリピンにおいて建造された D. W. 2,000 t の貨物船は、メコン河での水中爆発などいくつかの悪条件に遭遇しているが、これを克服して今日まで約10年間就航を続けているという。特に軍事上の目的で使用する場合は、被害という点でコンクリー

ト船は鋼船よりも有利なことが認められている。このように、プレストレスコンクリートは技術的に十分船舶の材料として耐えられることが証明されている。

最近におけるプレストレスコンクリートの船舶への応用は、船舶そのものというよりも、海上で使用する各種の浮遊構造物について積極的に考えられている。この中には海上橋として使用されているポンツーンや高速道路橋をはじめ、海上のプラント工場、石油貯蔵および生産装置のほか海上港などが含まれている。

最近アメリカの Tacoma の ABAM Engine Inc. によって設計され、Concrete Technology 会社によって建造された海上浮遊式のプラットホームは有名であるが(図6)、この装置は船舶の形態をなしており、長さ140m、幅41.5m、深さ17.4mの大型で排水量は68,000 t もあり、現在ジャワ沖でLPGの加工、貯蔵を目的として使用されている。船内には直径11.6m、長さ51.2mの12個の鋼製のタンクがLPGの貯蔵用にとりつけられており、約35,000 t のLPGが1カ月間に集められ、これを1日でタンカーへと移すことが出来るといわれる。

フェロセメント船の歴史

1847年に J. L. Lambot によって始めて造られたフェロセメントはその後長い間ほとんど使用されていなかったが、1940年に至りイタリー人の Pier Luigi Nervi によって復活された。

Nervi は1946年にフェロセメントの造船材料としての適用性を示し、自分の工場で木造の船殻より重量が5%軽い厚さ36mmの船殻をもつ165 t の機帆船 Irene 号を建造した。この船は就航してから2回にわたる厳しい海難事故に遭遇したが、これに耐え、

十分フェロセメント船が船舶として適することを証明した。しかも事故の修繕用に使用した簡単な塗装のほかは、船殻のメンテナンスはほとんど必要がなかったといわれる。

1960年代になると、フェロセメント船は主として英国、ニュージーランド、オーストラリアにおいて普及し始め、1965年にアメリカ人が所有する長さ16 m の Awahnee 号がニュージーランドで建造された。この船は秒速36mの台風に遭遇したり、氷山に衝突したり、鋼製のヨットに突き当てられたりしたけれども、たいした損害もなく世界一周を成し遂げている。

フェロセメント船はさらにノールウェイ、アメリカ、カナダ、中国および東南アジアのいくつかの国々まで建造するようになり、その数は次第に増加を続け、1968年カナダのモントリオールで開催された漁船構造材料会議では、フェロセメント船についての論文がいくつか発表されるようになり、1972年にはニュージーランドでフェロセメント漁船の設計と構造に関する第一回FAOセミナーが開催されるまでになった。

この間において海外で建造されたフェロセメント船の種類としては、レジャー用ヨット、ハウスボート、漁船、貨物船、バージ、作業船、警察パトロール船、タグボート、パイロット船、調査船、上陸用舟艇等があげられ、漁船だけでも最近5カ年間に、英国、ニュージーランド、オーストラリア、カナダ、アメリカ等で約1,000隻にも及び、多くの実績をあげてきている(図7)。

また中国においては水泥船として数百トンの貨物船から種々のバージ、漁船、客船、作業船等に至る数万隻が使用されているという。

このような海外の推移に対して、わが国ではフェ

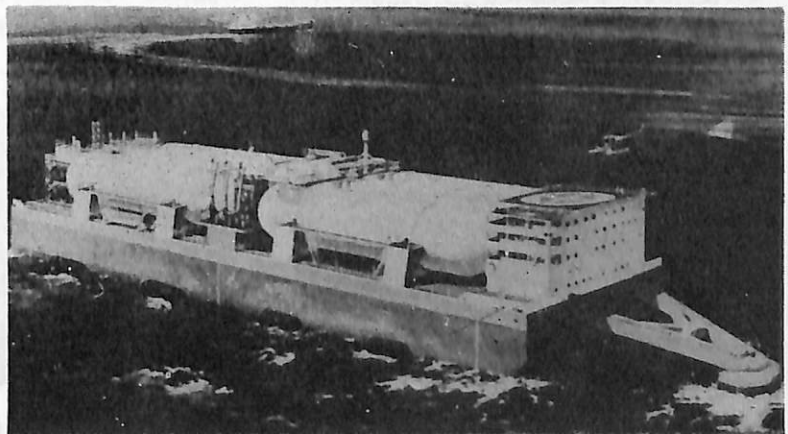


図6
68,000 ton LPG 貯蔵船



図 7-1 フェロセメント船の例 1

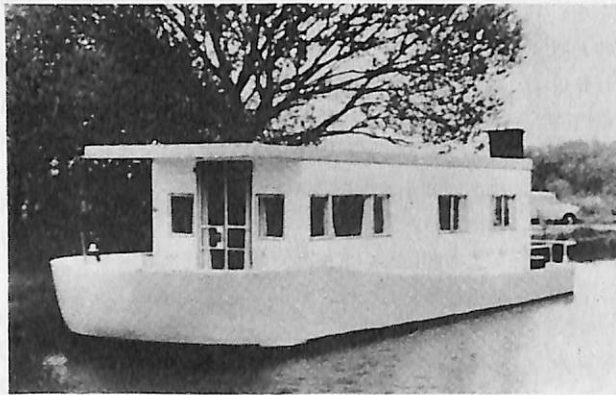


図 7-2 フェロセメント船の例 2

フェロセメント船はほとんど顧みられなかったが、1968年12月にカナダの Samon Marine Design Enterprises 社の設計、指導を受けて素人の手で日本最初のフェロセメント製ヨット秋津川号（長さ11.0m）が建造され、太平洋横断に成功した。

その後少しずつ外国文献などを手引としてレジャー用ヨットの自作が増え、今日までに少なくとも40隻位は建造または建造中といわれている。

最近においては東京国際ポートショーにおいてフェロセメントヨットが展示されるなど、フェロセメ

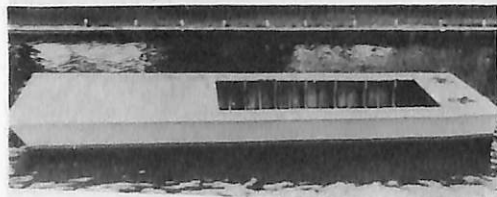


図 7-3 フェロセメント船の例 3

ントの名前が次第に一般に普及し始めている。

今後はヨットをはじめ小型の漁船、貨物船あるいはバージなどへの応用が有望と考えられ、最近日本セメントが八代造船所でわが国初めてのフェロセメント漁船を建造したが（図8）、今日までのところ船主や乗組員から極めて好評をえているようである。

材料の性質

フェロセメントはこれまでに述べたように鉄筋コンクリートの一種で、いわば鉄網モルタルともいうべき材料である。その技術はすでに世界各国に広がっており、主として船舶に应用されている。

この材料の特徴としてあげられることは、

- (1) 破壊に至るまでに大きなエネルギーを吸収する能力がある
- (2) 鉄筋コンクリートよりも粘りがあり、衝撃に対して抵抗力が大きい
- (3) 耐腐蝕性、耐透水性に優れ、維持費が安い
- (4) 船体の重心が低く、外洋においても安定性が高い
- (5) 振動に対して鈍感であり、乗心地が優れている

などがあげられている。

構成材料としては、普通のポルトランドセメントを使用し、これに水密性の点から混和材として、フライアッシュやポゾランをセメント重量10%程度添加することもある。

細骨材は骨材の最大寸法 2.5mm とし、補強材としては JIS G 3112 に合格する丸鋼および金網とし



図 7-4 フェロセメント船の例 4



図8 わが国のフェロセメント漁船

て JIS G 3551 に合格する溶接金網, JIS G 3553 に合格するクリンプ金網, JIS G 3554 に合格するきつ甲金網および JIS G 3555 に合格する織金網等を用いる。

材料の調合はセメント細骨材比が重量で 1; 2, 水セメント比が40%以下のものが多い。

成形された種々の成分のフェロセメントの強度的性質の一例を示すと図9のごとくである。

一般のコンクリートの性質と同様に水セメント比 WC と強度との関係は反比例し, セメント骨材比と強度との関係は比例する傾向にある。

図9において, 水セメント比が一定の場合, セメント砂比が0.66のとき曲げ強度が最大となり, その大きさは約 250 kg/cm² である。

補強材として使用する各種の金網の種類によるフェロセメントの強度の比較を表1および図10に示したが, この結果からみると板の曲げ強度において, ひび割れを生ずる荷重は金網の種類にほとんど無関係に大体近い値を示している。これは金網はひび割れ荷重の増加にほとんど寄与していないことを示す

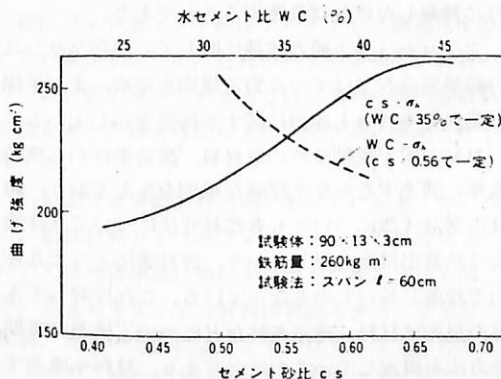


図9 調合条件と曲げ強度

種 網	金 網			試験体		ひびわれ荷重 (kg)	最大荷重 (kg)
	線径 (mm)	間隔 (mm)	層数	鉄筋量 (kg/m ²)	版厚 (cm)		
織金網	1.2	10	4	306	1.62	92	276
	1.6	9	3	506	1.54	73	310
			4	635	1.64	90	375
	クリンプ金網	1.6	12	3	413	1.58	68
4				540	1.60	80	321
1.6		18	4	376	1.56	70	288
			5	450	1.62	63	392
きつ甲金網	1.6	20	3	282	1.58	66	200
			4	365	1.64	71	220
	1.2	10	3	290	1.62	83	172
			4	376	1.67	77	245
0.8	10	3	148	1.58	82	110	
		4	190	1.64	81	150	
	0.8	16	5	148	1.63	78	142
			6	172	1.68	95	178

表1 フェロセメント板の曲げ試験結果

ものとみてよく, ひび割れ荷重は板厚とモルタルの強度からきまるものと考えられる。なお, 表1に示した曲げ試験は巾10cm, 長さ45cmの試験体について, スパン40cmとして5等分載荷試験を行なったものである。

最大荷重はこのひび割れ荷重の小さいもので2倍, 大きいもので6倍程度となっており, 特にクリンプ金網を補強材として使用したものが優れている。

金網の素線間隔をかえてひび割れ応力を求めた結果は図11のごとくなり, 金網の素線間隔が1cm以下であると, ひび割れ応力はプレーンのモルタルに比してかなり高いが, 1cmをこえてくるとプレーンのモルタルに比してほとんどひび割れ応力が增大せず, 補強効果が少ないことを示す。

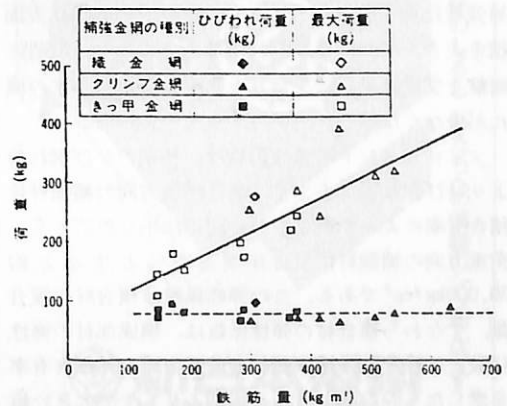


図10 フェロセメント板の曲げ性状

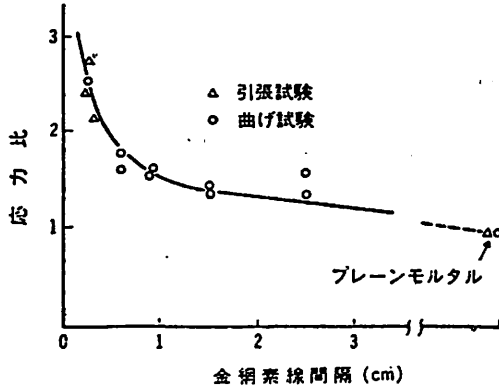


図11 金網素線間隔とひび割れ応力との関係

メッシュの形式、寸法、体積含有率などをかえて行なったフェロセメントの引張試験結果によると、正方形のメッシュを用いた場合の終局荷重は、荷重方向の補強材の耐荷重とほぼ近い値である。

終局荷重時の伸びおよびメッシュ一層あたりの靱性は、メッシュの層数を増すほど大きくなり、メッシュだけの伸びおよび靱性に近づいてゆく。

引張試験を行なうと、その初期にひび割れが生ずるが、このひび割れ応力と、複合材の単位体積当りの軸方向補強材の表面積を示す比表面積との関係は、網目寸法や鋼材の性質にかかわらずほぼ一定であることがわかっている。

すなわち、ひび割れ応力に対しては複合材の単位面積当りの軸方向補強材の表面積が大きく関係しており、このことからフェロセメントのひび割れ挙動には、モルタルと鋼材との付着力が大きく影響することが明らかである。

ひび割れ数は荷重の増加とともに増加するが、ひび割れ数またはひび割れ間隔に最も影響する要因は補強材比表面積であることもわかっている。比表面積を大きくすればひび割れ巾が小さくなり、同時に衝撃を受けた場合にフェロセメント板からの水の洩れが少なくなることが明らかとなっている。

フェロセメントの弾性係数は、初期のひび割れ前よりひび割れ後で小さく、また荷重方向の補強材体積含有率によって異なるが、図12に示したごとく、荷重方向の補強材体積含有率を2%とすると約30,000kg/cm²である。この弾性係数は複合材の複合則、すなわち複合材の弾性係数は、構成部材の弾性係数にそれぞれの構成部材の荷重方向の体積含有率を乗じたものの和と考える法則よりもやや大きい値となっている。

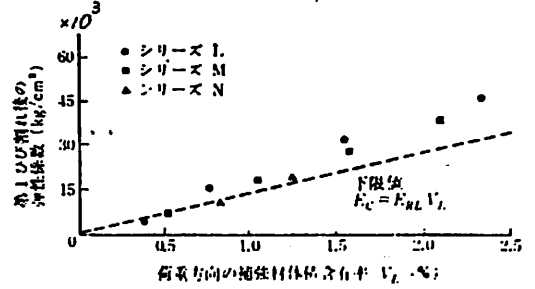


図12 複合体の引張弾性係数

この結果からわかるように、フェロセメントのひび割れ後の弾性係数は荷重方向の補強材体積含有率にほぼ比例して大きくなるとみられる。したがって補強材の含有率によって弾性係数は大きく異なるが、フェロセメントの弾性係数としては一般に2,000kg/mm²程度が標準と考えられているようである。

比較のために他の材質の弾性係数を示すと、鋼材が21,000kg/mm²、アルミ合金が7,400kg/mm²、木材が850kg/mm²、FRPが1,200kg/mm²程度であり、したがってフェロセメントの弾性係数は鋼材の約1/10、木材の3倍、FRPの倍程度となっている。

この他、材料の比重を他の材料と比較すると、鋼材が7.9、木材が0.9、FRPが1.6、アルミ合金が2.7であるのに対し、フェロセメントは2.6となっている。

施工上の問題

フェロセメントが施工上有利とされていることの一つに、セメント、砂、金網、棒鋼などの材料が比較的容易に入手できること、および費用も安いことなどがあげられているが、その反面において、問題点としては素人が安易に取組んでも良いものがないことや、セメント、モルタルの性質について十分に理解しなければ失敗することである。

フェロセメント船の建造に関して、現在フランスの船級協会NVはすでに暫定規則を定め、また米国の船級協会ABも建造に関する指針を示している。

NVの暫定規則は特に原材料、建造条件から構造基準に関連するかなり詳細な規則を与えており、船体の構造寸法についても各部材寸法について具体的な寸法算出根拠を示しており、設計者にとって具体的に理解し易いものとなっている。これに対してABの規則は材料、建造条件などについて検査の時期や方法を規定しているのにとどまり、材料や構造寸法などの詳細については特に基準を示していない。

これらの規則に共通している基準として、建造する技術者の資格、船殻などの建造を行なうに十分満足できる工場設備について基準を定め、協会の承認を受けることを第一にあげている。

建造場所としては直射日光や風にさらされないような十分な覆いを備えるような場所と、モルタルのねり混ぜや塗装時において、最低+10℃に保持できるように気温を制御し、さらに工程期間中、相対湿度を最低50%に保持できることを条件としている。

船体強度の基準は、船体の材料の各種強度試験を行なって、この結果から船体強度が十分であるか否かを認める方法をとっている。この場合、AB規則では、材料の強度試験の結果と必要な船体強度との関係について、定性的な表現にとどめ具体的な数式を示していないのに対し、NV規則ではこの関係について一般的な条件を各部材ごとに数式で与えている。

このように強度基準をNVでは一般的な数式で与えていることに対応して、NV規則では船体の材料に使用するモルタル、補強材とその塗装等について標準寸法を与え、この標準の材料、施工等を行なうことが前提とされており、詳細な規則が示されている。

あとがき

フェロセメント船を含めて今後セメントを船体の主要材料としたコンクリート船が次第に増加するような気配がうかがわれる。

もっともコンクリートは圧縮だけに耐えて引張強度がほとんど0であることから考えて、海洋で大きな波浪外力を受けるような構造には適しておらず、比較的長期間一定の海域に繋留されているような構造か、あるいは比較的平穏な海域で航行する船舶などに適しているものと考えられる。

特にフェロセメント船はプレストレス構造とすることが難かしいため、材料の許容引張強度が材料のひび割れ応力以下におさえられるため、材料の最終強度を考えた場合はかなり安全率が高い構造となってくる。

わが国では実船の建造例が未だそれ程多くないので、船体材料としてのフェロセメントの許容応力については今後早急に検討を行なう必要があると思うが、フェロセメントの材料は種類も多く、補強材の配置、施工の方法によってその性質に大きな差が生ずるので、許容応力はこれら材料の性質に応じて決定する必要があり、難かしい問題が多く残されている。

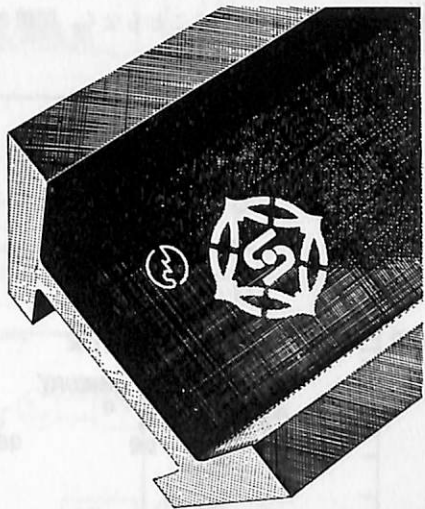
る。

しかし一方では、諸外国では勿論わが国でもフェロセメント船の利点が次第に認識されつつあり、今後わが国で考えられる設計基準などの設定に当たっても前向きな考え方が必要であろう。

参考文献

1. A.E. Naaman and S.P. Shah, Tensile Tests of Ferrocement, Journal of ACI Vol. 68, No. 9. Sep. 1971
2. S.P. Shah, New Materials in Concrete Construction—Mineral, Organic or Metallic Fiber Reinforced Concrete, Proceeding of the Conference Univ. of Illinois, Dec. 1972
3. 西岡思郎, 高羽登, フェロセメントについて, セメント・コンクリート, No. 350, Apr. 1976
4. Arthur R. Anderson, Prestressed Concrete Floating Structures, Spring Meeting of S. NAME, 1975
5. Det Norske Veritas, Tentative Rules for the Construction and Classification of Ferrocement Vessels, 1974.
6. American Bureau of Shipping, Guidance for the Construction of Ferro-Cement Vessels
7. Lloyds Register of Shipping, Tentative Requirements for the Construction of Yachts and Small Craft in Ferro-Cement

マークがすべてを語ります



製品につけられた保証のしるし 私たちへの信頼のシンボルです



新日本製鐵

本社 東京都千代田区大手町2-6-3 新日鐵ビルディング
電話 東京 03 242-4111 大代表 郵便番号100

潜水艦環境再現装置について

Outline of Submarine Atmospheric Simulator

by Satoshi Miura

Naval Ship Design Section Ship Design Dept

Kobe Shipyard & Engine Works of

Mitsubishi Heavy Industry Co., Ltd.

三 浦 敏

三菱重工神戸造船所造船設計部艦艇設計課長

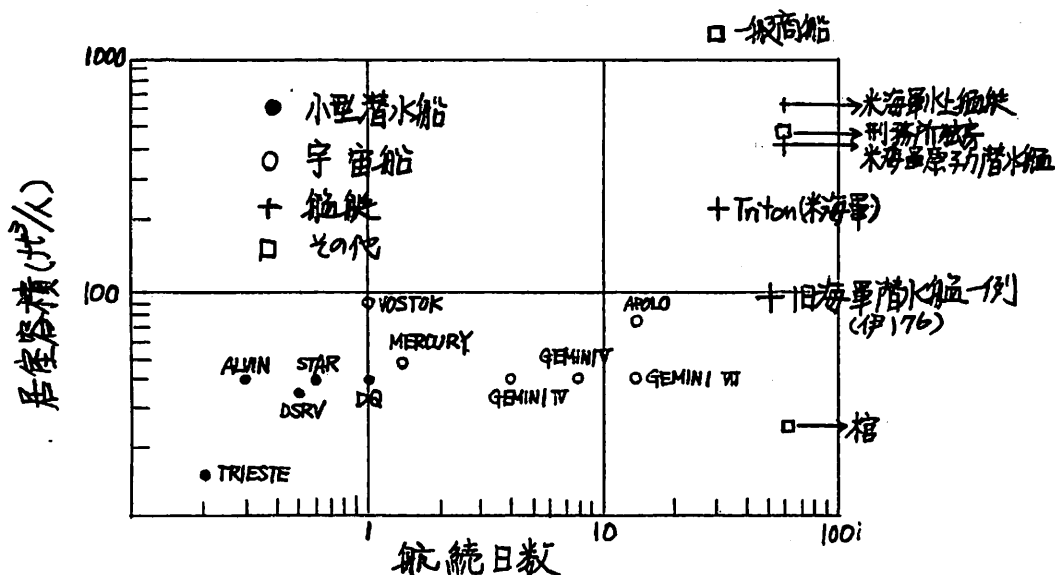
1. はじめに

潜水艦の特長としては、一般にまず隠密行動力があげられ、水中行動力、操縦性、被探知力等の面より、機器の小型高性能化、低騒音化と共に、内部空間を許されるかぎり削減し、全体をコンパクトに纏める努力が払われている。このため乗員の生活のための空間も、通常的生活条件に比べ狭隘となる傾向にある。乗員の生活空間を小型潜水船、宇宙船、一般商船等と比較した例を図一に示した。

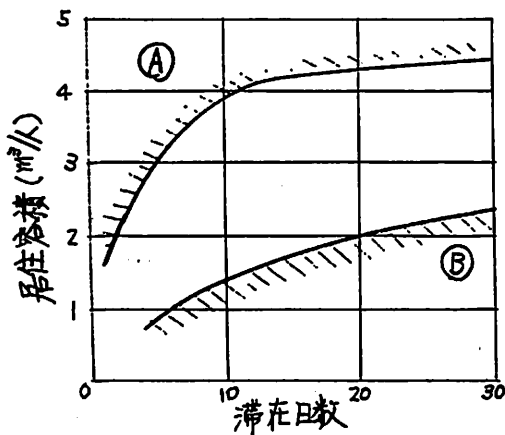
潜水艦の生活空間はその行動日数に比べると決して広いものとは云えず、旧海軍潜水艦の例では、アポロ、ポストーク等の宇宙船とほぼ同程度の容積のものもある。しかも潜水艦の場合、乗員は完全に外界と遮断され、外の景色をみることもなく、閉鎖さ

れた特殊な環境で長期間生活を強いられることになる。

搭載する機器が複雑化するほど、この環境内で乗員の能力を維持することが重要な要素となり、この面からの人間工学的研究もさかんに行われている。この種の閉鎖環境下での生活限界を示すものとして、米国のNASAの研究が発表されており、図一に示した。³⁾ この限界は環境変化の大きさ、早さ、生活する人間の作業密度等種々の要因により当然変わるであろうし、単なる限界ではなく、能力の変化等医学的、心理的研究が必要である。このための研究設備として、特殊な環境を人工的に作り出すシミュレータが多く用いられ、特に航空宇宙工学の発達と共にこの分野で多くの設備がつけられている。そ



図一 行動日数と乗員居室容積¹⁾ (注/伊176, 一般商船は著者追記)



- Ⓐ 一応安全と認められる最低限度線
 - Ⓑ 心身共に確実な障害を発生する線
- 図-2 滞在日数と居住スペース限界一例²⁾

の一例を示すと次のようなものがある^{3,4)}。
 低圧タンク…気圧、気温、湿度等を任意に変化させ、人体の機能変化の研究のための

設備

人工気候室…温度、湿度、気圧、雨、雪、風、空気組成、光量等の環境衛生的要素を変化させ、人体の生活条件の研究、訓練を行う装置

ダイナミック環境シミュレータ…加速度、振動、温度、気圧、ガス組成、騒音および関連する環境ストレスを組合せ発生し、人間の心理、生理等を研究する設備

航空宇宙環境シミュレータ…宇宙空間での宇宙飛行士の行動を連続的にシミュレーションし、研究する設備

ソニックブームシミュレータ…超音速機に関連し、音響と人間の心理、生理学的関連を研究するための設備

以上は航空宇宙に関連するシミュレータの一例であるが、海洋に関連するものとしては
 加圧減圧室…人間を加圧し、ガス組成圧力等と人

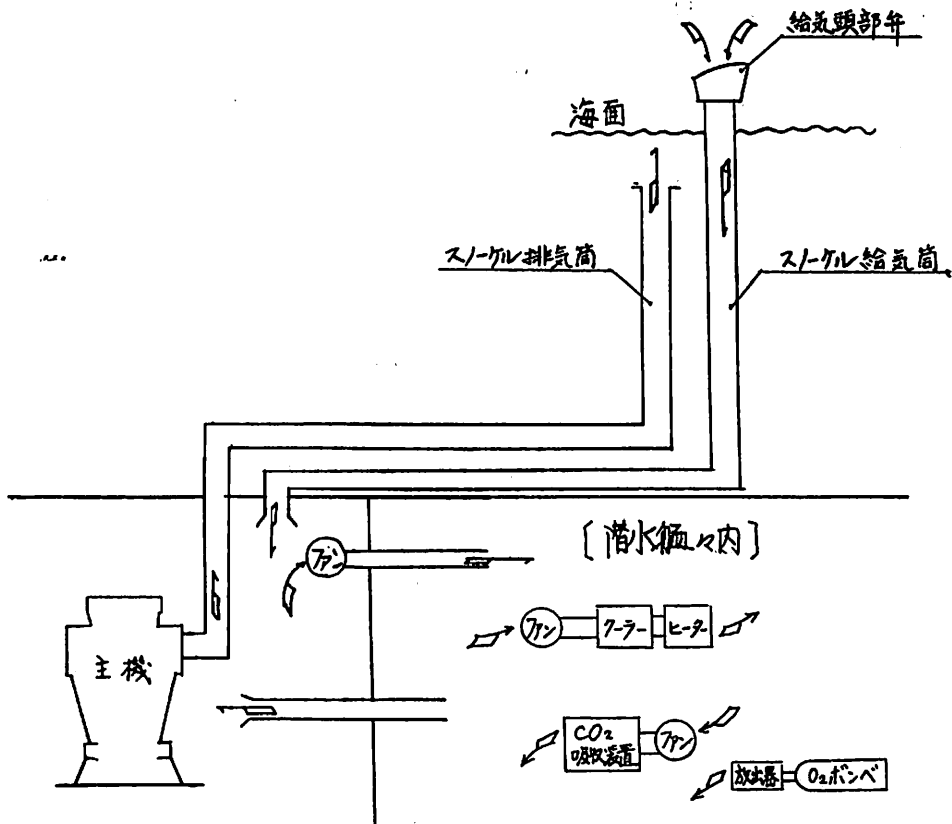


図-3 潜水艇の空気浄化機能図

間の心理、生理に関する研究を行うためのもので、潜水病の治療にも用いられる。

潜水シミュレータ…気体加圧の区画と水槽を持ち、高圧下の人間の心理、生理、潜水具等の研究を行うもので、大圧力になるとヘリウムガスを用いた飽和潜水が用いられている。

海中居住基地…フィールドテストに用いるもので、人間を実環境におき研究するもの、わが国ではシートピアがある。

これらは一例に過ぎないが、実験的手段で生活環境をシミュレーションし、安全にその特殊な環境での人間の心理的、医学的分野の研究および人員の訓練を行うことを目的としたものであり、それぞれの目的に応じ計画し使用されている。そのいくつかはわが国においても防衛庁、海洋科学技術センター、大学、その他研究機関に設置され、研究が進められている。

潜水艦環境再現装置は、潜水艦の生活環境を地上にてシミュレーションし、乗員の心理、医学的研究とか適性調査、訓練等に用いるために、防衛庁にて計画され、三菱重工㈱で製作し、防衛庁横須賀地区病院潜水医学実験部に設置されている。

2. 潜水艦の生活環境

潜水艦の生活環境の制御の手段は、大きく分けると次のようになる。

外気の導入、入換

艦内呼気の浄化（酸素の添加、炭酸ガスの除去）

艦内の冷房、暖房

これらを機能図的に図-3に示した^{5,6)}。図はスノーケル航走状態を示したものであり、水面に突き出たスノーケル給気筒より外部の新鮮空気を吸い込む。この空気は、風路を通して機械室より他区画に送気され換気する。それぞれの区画の空気は排気風路を通り、元の機械室に戻ってくる。

主機械は、機械室の空気を吸入し作動し、主機械排気はスノーケル排気筒を通り艦外に排出される。すなわち、主機械が空気を消費することにより機械室は負圧となり、外気との差圧を利用しスノーケル給気筒より外気を導入している。何等かの原因でスノーケル給気筒が水面下に没した場合には、給気筒は自然に頭部弁が閉鎖するようになっているが、主機械はその状態で連続して作動しており、艦内空気を吸入し、このため艦内の圧力が低下する。

スノーケル装置の使用できない深度では新鮮空気の取入れは出来ず、艦内の空気は循環通風のみとなる。潜航時間が長くなると艦内空気中の酸素が欠乏し、炭酸ガスが増加し、乗員の思考能力を減退させる。酸素の補給は、普通酸素瓶につめられた高圧酸素を放出し、呼気中の酸素濃度を17~20%に保つよう計画されている⁷⁾。また炭酸ガスの除去は、水酸化リチウムを容器に入れ通風系に添加し、化学反応により除去する方式が取られている。この他にも、

表-1 米国原子力潜水艦行動中の艦内温湿度、気圧

	平均	正常範囲	最高	備 考
温度 (°C)	23	20~28	40	温、湿度の最高は冷房装置故障の場合。 気圧の高いのは新鮮空気として高圧気筒内の空気を使用したため。
湿度 (%)	72	62~84	92	
気圧 (mm)	839	713~1013	1013	

表-2 米国原子力潜水艦行動中の艦内空気成分

	最低	平均	最高	正常時 上限	制限 ^{*2}	備 考
二酸化炭素 (%)	0.5	1.04	3.5	1.1	0.5	*1: 調理室にてフライをしている時の値 *2: American Conference of Governmental Hygienistsの8時間労働に対する値
一酸化炭素 (ppm)	5	44	74	3.8	100	
フロン12 (ppm)	—	15	65	70	1,000	
炭化水素 (ppm)	—	—	500 ^{*1}	25	—	
水素 (%)	0	1	2.1	1.75	—	
酸素 (mmHg)	138	150	162	158	—	

モノエタノールアミンが室温にて炭酸ガスを吸収し、高温にてこれを放出する性質を利用した連続して炭酸ガスを除去する方法がある⁷⁾。

他の環境条件としては、一酸化炭素、電池から発生する水素ガス、塗料の揮発成分、食事の調理中に発生する臭い等もあり、潜航時間が長くなればなるほど生活環境条件が悪くなる傾向にあり、通常適当な間隔で艦内空気の換気が行われる。実際の行動中の記録はあまり発表されたものがないが、表一、二に米海軍原子力潜水艦の72日間に亘る長期連続潜航時の記録を示した⁷⁾。

潜水艦の生活環境を良くし、人間の頭脳活動に適し、より快適な休息の場とするために、居住スペー

スの拡大、温湿度調整能力の増強等色々の努力が払われている。図一5は潜水艦の冷房能力を示したものであり、戦後建造された潜水艦は、旧海軍時代のそれに比べ格段に強化されて来ている⁷⁾。潜水艦環境再現装置を用いて生活環境をシミュレーションすることにより、特殊な環境が人体におよぼす色々な影響が、随時調査可能となり、詳細に研究が進められ、更に潜水艦の環境条件がより適したものにされていくであろう。

3. 環境再現装置の概要

潜水艦環境再現装置は、人間を閉鎖環境下におき、次の要素をシミュレーションするよう計画され

表一3 環境再現装置主要要目

居 住 ス ペ ー ス		全長 10.8m×直径 2.8mφ
被 験 者		最高 6 名
連 続 居 住 期 間		最高 2 カ月
環 境 ガ ス		空 気
環 境 シミュレーション	気 圧	0.8 kg/cm ² ~1.3 kg/cm ² abs
	酸 素 分 圧	0.17 kg/cm ² ~0.4 kg/cm ² abs
	炭 酸 ガ ス 分 圧	0.002~0.04 kg/cm ² abs
	加 圧 速 度	0.2~2 kg/cm ² /H
	減 圧 速 度	0.2~2 kg/cm ² /H
	酸 素 添 加 速 度	0.01~0.1 kg/cm ² /H
	炭 酸 ガ ス 添 加 速 度	0.005~0.05 kg/cm ² /H
	ガ ス 分 析 装 置	1 式
	総 合 管 制 盤	1 式
冷 暖 房	冷 凍 機	4200 Kcal/H
	暖 房 機	蒸気式 2500 Kcal/H
通 風	通 風 機	250 mmAq×10m ³ /分
	炭 酸 ガ ス 吸 収 装 置	水酸化リチウム
	脱 臭 器	活性炭
非 常 用 電 源		7.5 KVA ディーゼル発電機
そ の 他	I T V	1 式
	観 察 窓	180φ×5 箇, 120φ×5 箇
	寝 台	6 人分 (内 2 人分はソファー兼用格納式)
	出 入 口 扉	800×1650×2 箇, 600φ×1 箇 (非常用)
	メ ディ カ ル ロ ッ ク	400φ×500×1 組

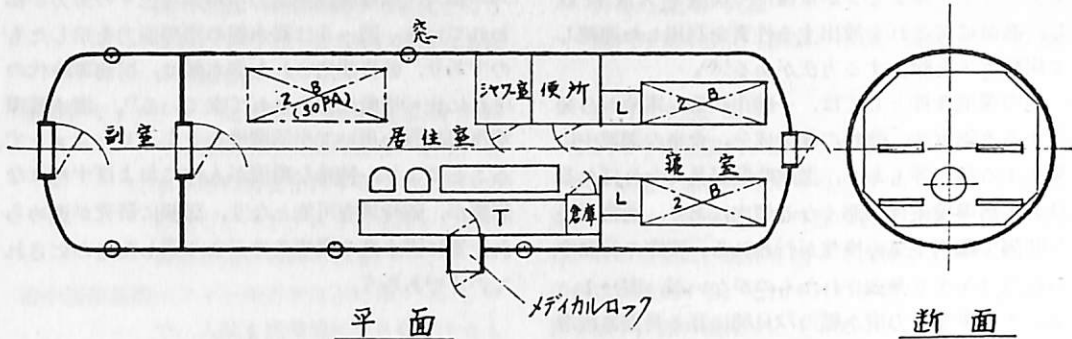


図-4 本体一般配置図

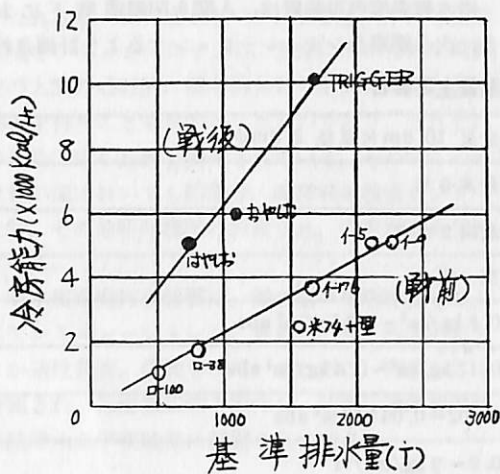


図-5 冷房能力

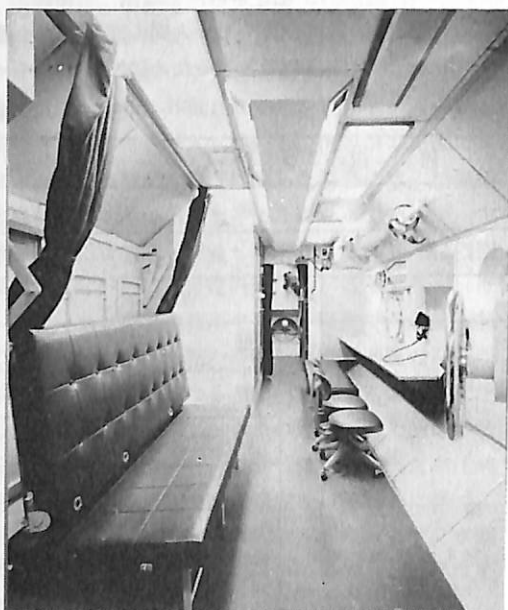


写真-2 装置本体の内部



写真-1 潜水艦環境再現装置本体の外観

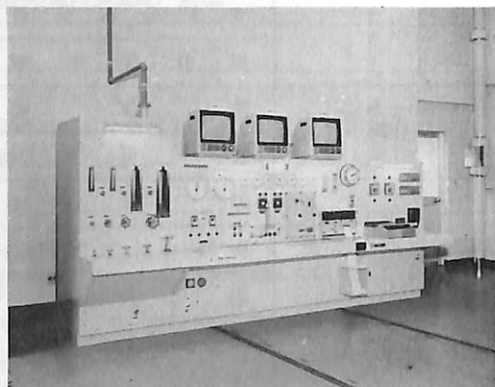


写真-3 総合管制盤

ている。

- (1) 呼吸空気の酸素濃度
- (2) 呼吸空気の炭酸ガス濃度
- (3) スノーケル使用時の船内気圧変動

本装置の主要目を表-3に、本体の一般配置図を図-4、外観および内部写真を写真-1、2に、また総合管制盤を写真-3に示した。

3.1 配置全般

居住スペースは円筒形で、主室および副室に分かれており、主室は全長8.8m、副室は2.0mである。副室は、シミュレーション中の医者の出入等の時に

環境条件をあまり変化させないようにすることを目的としており、シミュレーションは通常主室内にて行うよう計画されている。被験者数は最高6名、居住期間は最高2カ月で計画されている。被験者の出入は通常副室側の大きな扉より行われるが、寝台側に600φのハッチが応急用として用意されている。主室内には6人分の寝台、衛生関係器具他があり、寝台の内2人分は、ソファ兼用で格納しうようになっている。長期間シミュレーション中の被験者の食事、その他必要物品の出入は、400φのメディカルロックを用い行われる。内部の観察およびモニタ用には、I TVと観察用の180φ窓5個があるが、窓は被験者を完全に外部と隔離するために通常遮光ふたが取付けられている。

本装置は居住スペース内で操作するものは一切なく、すべて外部の総合管制盤で制御される。この総合管制盤には、環境の制御に用いる機器の他に、ガス成分、被験者の医学的な状況、動作をモニタするすべての機器が配置されている。

3.2 環境ガス制御装置

表-4 電気式計測器

計測器	仕様
全圧計測	0~1.5 kg/cm ² abs
酸素濃度	0~40%
酸素分圧	0~0.5 kg/cm ² abs
炭酸ガス濃度	0~5%
炭酸ガス分圧	0~0.05 kg/cm ² abs

図-6に環境ガス制御装置のブロック図を示す。本システムは次の4つの系から成り立っている。

(1) 全圧制御系

加圧気体は空気、150 kg/cm²Gから5 kg/cm²Gに減圧して用いている。制御範囲は1~1.3kg/cm² absであり、自動制御され、バックアップとして主動制御を用いる。

居住スペースの圧力を検出し、圧力設定器の設定圧力に対し、本体内部の圧力が下廻っている場合は、加圧系より空気が送られ、設定圧力まで加圧を行う。

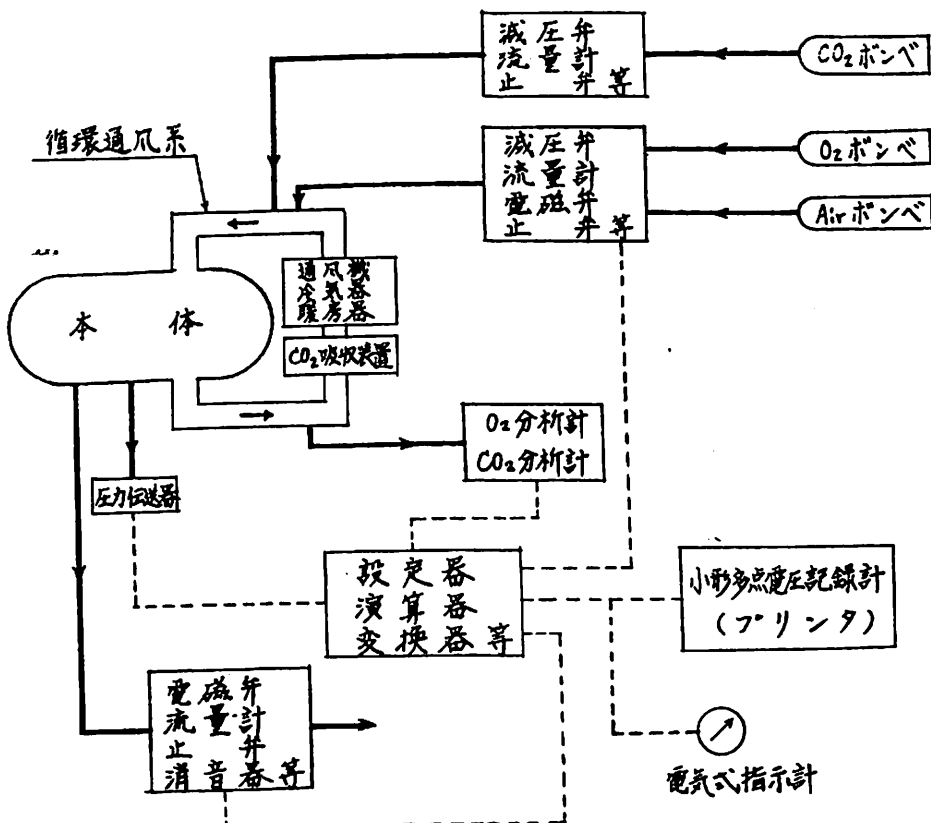


図-6 環境ガス制御装置ブロック図

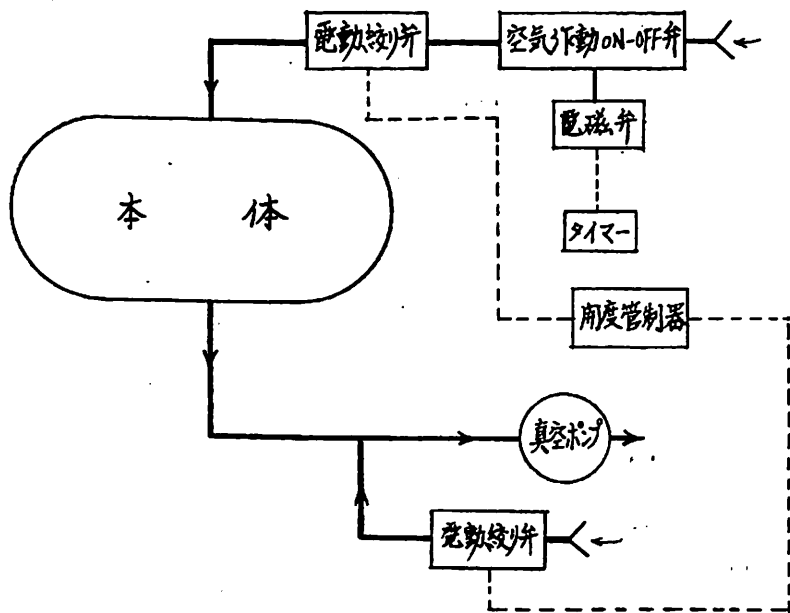


図-7
スノーケル状態再現装置
ブロック図

本体内部の圧力が上廻っている場合は、減圧系より空気を外部に放出し、設定圧力まで減圧が行われる。加減圧速度は手動制御で、制御範囲は $0.2 \sim 2 \text{ kg/cm}^2/\text{h}$ である。なお副室に対しては手動による単独の加減圧系を設け、実験中の主室の圧力を極力変動させないで主室と副室が均圧できるようにしている。

(2) 酸素分圧制御系

$150 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ から $5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ に減圧された酸素により、 $0.17 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$ の範囲で自動制御を行う。

循環通風系の吸込側のガスをサンプリングし、磁気式酸素分析計により本体内部の平均濃度を検出するようにしている。酸素分圧設定器の設定圧力に対し、本体内部の酸素分圧が下廻っている場合は酸素系より酸素が放出され、設定値まで昇圧が行われる。昇圧速度は $0.01 \sim 0.1 \text{ kg/cm}^2/\text{h}$ で手動制御である。

また、後述のスノーケル実験時等に用いるマスクによる酸素呼吸装置へも、本系統から酸素を供給し

ている。

(3) 炭酸ガス添加系

人為的に呼気中の炭酸ガス濃度を高めるためのもので、気蓄器内の炭酸ガス $80 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ から $5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ に減圧されたガスを必要に応じ添加する。

本系統はすべて手動制御であり、 $0.002 \sim 0.04 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$ の範囲の供給が可能で、添加速度は $0.005 \sim 0.05 \text{ kg/cm}^2/\text{h}$ である。

炭酸ガス分圧の検出は、酸素分圧と同様に循環通風系の吸込側のガスをサンプリングしており、赤外線式炭酸ガス分析装置により本体内部の平均濃度をだし分圧を表示する。

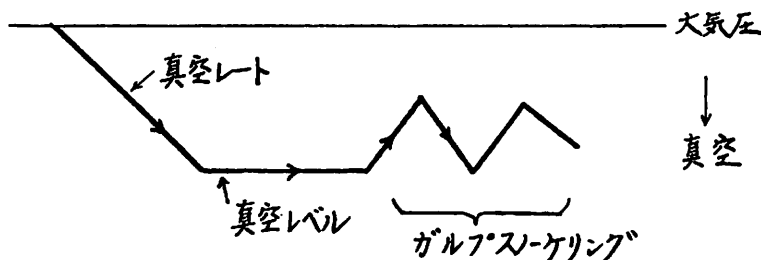
なお、空気、酸素、炭酸ガス共に放出口は循環通風系の吐出側に設け、本体内部に均一に拡散するようにしている。

(4) 計測、記録系

計測系統として電気式計測器およびブルドン管式圧力計等を備えている。電気式計測器を表-4に示す。

記録装置としてはデジタル小形多点電圧記録計

図-8
スノーケル状態再現機能
概念図



(プリンター)をもち、全圧、酸素分圧、炭酸ガス分圧、温度、湿度、時間が選択的に印字打出し可能であり、データ整理の省力化が計られている。

なお、環境ガス制御系には次の警報装置が組込まれている。

全圧異常警報	上限, 下限
酸素分圧異常警報	上限, 下限
炭酸ガス分圧異常警報	上限

警報値の設定は実験の状態に合わせて任意に変えることができる。

3.3 スノーケル状態再現装置

図-7にスノーケル状態再現装置のブロック図を示す。

本装置の機能は真空レート制御、真空レベル制御、間けつ真空度変動制御(ガルブスノーケリング)に分けられる。概念を図-8に示す。

これらの制御はすべて総合管制盤にまとめられており、本体内の抽気は真空ポンプにより行う。

本システムの安全装置として、真空度制限スイッチ(0.8 kg/cm² abs)および全圧警報設定器(環境ガス制御装置と兼用)によりポンプを停止させるようになっている。さらに、本体内外部から抽気系を強制閉鎖できる手動操作弁をもっている。

(1) 真空レート制御

抽気系のパイプラインに設けられた遠隔操作電動絞り弁の開度を総合管制盤から遠隔制御して、本体からの抽気量をコントロールすることにより、所望の真空度に達するまでの落下速度(時間)を変える。

(2) 真空レベル制御

給気系の電動絞り弁の開度を総合管制盤から遠隔制御して、本体への給気量をコントロールすることによって、本体内の真空レベル(真空度)を変える。

(3) 間けつ真空度変動制御(ガルブスノーケリング)

給気系に設けられた遠隔操作空気作動 ON-OFF 弁を、総合管制盤のタイマー設定により周期的に ON-OFF させて、真空度を間けつ的に変動させる。

以上の各モードは任意に組合せて調整できる。

なお、真空ポンプの最大排気量は 11m³/min. であり、主室のみの容積(約51m³)から考えると、ほぼ潜水艦のスノーケル状態と近似された真空レートが得られるよう考慮されている。

3.4 循環通風装置

実験中の再現装置本体は密閉区画となるため、完

全循環方式の通風系統とし、気密保持のため送風機、冷気器、暖房器は系統内に設けられた気密構造のチェンパに収納している。

循環通風系には水酸化リチウム(LiOH)を使った炭酸ガス吸収装置ユニットを設け、発生するCO₂を除去している。またユニットの入口側に風量計を、入口、出口側にガスサンプリング口を設けて、異なった吸収剤を使った供試品の性能、評価試験ができるよう考慮されている。

3.5 冷暖房装置

(1) 冷房装置

本装置はR-22の単段開放形冷凍機を使用したコンデンシングユニットと、循環通風系のチェンパ内に装置された直接膨張式の空気冷却器により、本体内部を冷房する。温度制御範囲は最高が外部温度マイナス5℃(ただし、内部温度20~30℃の範囲)で、総合管制盤に組込の温度調節器の設定により行う。

(2) 暖房装置

高温に対する適応度を把握するために設けられた装置で、循環通風系のチェンパ内に装備された蒸気式の空気加熱器により、本体内部の暖房を行う。

温度制御範囲は最高が外部温度プラス20℃で、総合管制盤に組込の温度調節器の設定により行う。

温度調節器のセンサーは循環通風系の吸込側にあって、本体内部の平均温度を検出しており、冷房装置と兼用である。

3.6 配電、照明、非常発電装置

(1) 配電、照明装置

配電盤は動力、照明、通信、計装用を一体としたデッドフロント形で、全体装置に必要な全電源を給電している。給電系統は2系統に分けてある。通常は商用電源をすべての回路に給電しているが、商用電源が停電した場合、非常発電機による電源を一部の回路に選択給電している。

供給先電源は基本的に次のとおりである。

動力用	200V 3φ 50Hz
照明用	100V 1φ 50Hz
通信、計装制御用	100V 1φ 50Hz

照明装置は床面平均照度が300ルクス以上になるよう蛍光灯を天井に配置している。各天井灯の点滅は総合管制盤のスイッチパネルから行うことができる。また、乾電池式応急灯を2個装備し、100V電源が無電圧になったとき応急灯内の乾電池により点灯され、電源が復旧すると消灯する。そのほかに

赤灯が装備されていて、照明に関する実験も可能である。

(2) 非常発電装置

商用電源が停電その他の原因で無電圧状態になると自動的に非常発電機が起動され、商用電源側から非常発電機側に切り替り、商用電源が復旧すれば自動的に非常発電機が停止する。

非常発電機による給電は、実験の安全上不可欠な装置のみに限定している。

3. 7 通信監視装置

主室と総合管制盤間の交話用として交話装置一式を設けている。主室内のマイクは常時作動状態であり、無操作で総合管制盤と交話が可能である。

非常時の通信用としてトランジスタプザを主室および総合管制盤にそれぞれ1個、押ボタンスイッチを主室に2個、総合管制盤に1個装備している。なお、非常通信用電源は乾電池を用いている。

監視装置としては撮像機を主室に2台装備し、総合管制盤に受像機、切換器、ビデオコーダを設けて常時本体内部を監視すると共に、必要に応じて再生することができる。

3. 8 居住設備

長期居住に必要な真水は水道圧による直接送水方式とし、シャワー、洗面器には温水が供給できるよう本体外部に蒸気式温水器を装備している。本体内で発生した汚水（洗面、シャワー、便所）は、外部のピット内に設けた汚水タンクに一旦溜めて空気ブローにより浄化槽へ放出する。

汚水タンクのペント管は活性炭を使用した脱臭器を介して本体内に導かれている。

その他の居住設備は前述のとおり、寝台、仮設寝台兼ソファ、ロッカ、食卓等で構成されている。

4. むすび

本再現装置はすべての諸試験を完了し、51年3月横須賀地区病院に引渡された。

今後潜水艦の増勢と連続行動期間の増大により、閉鎖環境における適性問題、健康管理ならびに医学上の諸問題を解明することはますます重要になると考えられる。

本装置がこの分野の研究用シミュレータとして、また乗員の訓練装置として、大いに活用されることを期待するものである。

最後に本装置の設計、建造、現地工事をともし御指導御協力を頂いた防衛庁調達実施本部、海幕衛生部、横須賀地区病院、横浜防衛施設局等関係各位に

対し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Wesley C. Blair : Human Factors in Deep Submergence Vehicles, MTS JOURNAL Vol. 3, No. 5, Sept.~Oct. 1969
- 2) 寺田明 : これからの潜水艦の課題—海上自衛隊の場合を中心に、世界の艦船 3月号, 1976年, No. 224
- 3) 大川雅司 : 環境シミュレータ, エレクトロニクス 昭和49年10月号
- 4) 大村泰司, 川俣瑞男, 大島正光 : 宇宙医学
- 5) The Submarine, NAVPERS 16160-B
- 6) 堀元 英 : 潜水艦—その回顧と展望
- 7) 筒井為雄 : 潜水艦あれこれ, 船舶 1963年, Vol. 36
- 8) William E. McConnaughey : Atmosphere Control on Submarines Bureau of Ships, JOURNAL May 1960

Ship Building & Boat Engineering News

英国海洋・沿岸開発機器展, 2月に開催

—14項目の技術セミナー同時開催—

英国海洋開発産業協会 (Association of British Ocean Industries) は、今年2月1日~5日、東京南青山の英国トレードセンターで「英国海洋・沿岸機器展」を開催する。出展企業は、海洋開発分野、特に北海の石油掘削装置を中心とした海上、海面作業用機器、海上気象研究、開発調査企業等の、計19社が参加する。

出展製品は、熱交換器、水中溶接システム、電気防食装置、焼鈍器、位置測定システム、衛星計測受信機、油圧作動ナットボルト、消音器、ベアリング、水路・水深測量システム、海上クレーン、ガスタービン、ガス検知器等多業種にわたっている。

なお、展示会と同時に、4日間同センターにて14の技術セミナーを開催、併せて、ロンドン大学A. J. スミス博士の「英国の海洋開発の地質学的背景」、英国エネルギー省のH. R. ジョージ氏が石油開発の安全性について、主に立法、行政面からの講演が行なわれる。

なお、技術セミナーの聴講には事前登録が必要なので、英国トレードセンターに予約（電話 03-402-6121）申しこみされたい。

第6回海運造船会議とブラジル造船界の現状

間野正己／伊藤弘武

世界各国の造船所が、受注量不足で操業度低下を強いられている現在、ひとりブラジルの造船所が、数年先までの仕事量を持ち、フル操業を続けている。この背景のもとに、9月27日から10月1日の間、ブラジルで第6回海運造船会議が盛大に行なわれた。

リオデジャネイロ大学の間野正己、伊藤弘武 (ISHITEC) 両氏から、会議の状況およびブラジル造船界の現状のあらましについて報告を得たので、ここにまとめて紹介する。

なお間野氏は石川島播磨重工業株式会社技術研究所船体強度部長、現在、リオデジャネイロ大学に客員教授として招かれて船体振動の講義をされている。(編集部)

*

ブラジルに来て、ブラジルの造船界の活況を目のあたりにし、また、ちょうど第6回海運造船会議に出席する機会を得たので、会議の状況およびブラジ

ル造船界の現状を、日本の皆様を紹介したい。

なお、この報告をまとめるにあたり、ISHIBRASのナミオ・ミヤコシ氏の協力を得たことを付記して感謝の意を表する。

注 ISHITEC：ブラジル・リオデジャネイロにある設計会社

I. 第6回海運造船会議

(6TH CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARITIMOS E CONSTRUÇÃO NAVAL)

ブラジル造船学会(SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA NAVAL-SOBENA)の主催で、9月27日から10月1日まで、リオデジャネイロで開催されたこの会議は、第1回が1963年に開かれ、次いで1967年、1970年、1972年、1974年と、最



運輸大臣(中央)の特別講演

近では2年の一度の割合で開催されている。

今回は第6回到相当し、ブラジル造船業の好況を反映し、ただにブラジルだけでなく、中南米はもちろん、アメリカ、ヨーロッパ、また遠く日本からの参加者もあり、盛会であった。

この会議には、9つの技術委員会（船舶設計、建造修理、漁業、海上および河川輸送、機関と艀装、OFF-SHORE、港湾、標準、教育）があり、それぞれに論文が提出され、発表されている。

発表された論文の数は、第1回が37編、第2回が25編、つづいて18編、32編、37編、第6回が72編と、今回は従来の2倍にも達し、ブラジル造船界の発展ぶりがうかがえる。

9つの技術委員会のそれぞれに対する論文の数を表1に示した。船舶設計に関するものが圧倒的に多い。この中には、構造力学、流体力学等の学問的論文も含まれている。

ブラジルの大学で、船舶工学科のあるところは、サンパウロ大学とリオデジャネイロ大学である。サンパウロには、大学の他に、海洋工学研究所（IOUSP）と技術研究所（IPT）がある。論文を著者の所属機関別にしたのが表2である。大学関係が過半数を占めている。なお、論文の標題集を付録1として添付した。

会議は、9月27日17時、運輸大臣 DIRCEU NOGUEIRA 氏の挨拶で始まった。大臣は、次のように国産化を強調した。

「ブラジルの各造船所は、国の方針に従って設備、能力の拡張計画をすすめて、すでに大半が完成した。今や、建造能力は1973年の30万TDWから、1980年には130万TDWになる見込みである。また、各社はそれぞれに応じた同型船をシリーズ建造することにより、生産性を向上させることができた。今後は、国産化の国の方針に沿って、技術面、資材面の国産化を進めてほしい。」

次いで、SINAVAL（SINDICADO INDUSTRIAL NAVAL 造船工業会）の会長 PAULO FERAZ 氏の「ブラジル造船界の現状と中期展望」と題する講演があった。内容は次の通りである。



カクテルパーティ/左から伊藤善一、間野正己、カミカワ、フクチ（ISHIBRAS）の諸氏

「ブラジルと外国との貿易に必要な船舶を自国船でまかなうには、まだまだ船を造らねばならない。第2次造船計画が完了しても、1980年には、必要船腹量の50%を満たすにすぎない。

現在、ブラジルの船舶のDWT総計の3/4が、CRUDE TANKER と ORE/OIL で占められている。しかし、この比率は、ブラジル国内の石油の産出が増すに従って変わってくるであろう。ブラジルの第3次造船計画、すなわち、1980年からの新造船は、CHEMICAL TANKER、CONTAINER、PRODUCT CARRIER、RO-RO 等の専用船が主となるものと思われる。

ブラジル造船界の将来の発展のためには、輸出にもっと努力しなければならない。国際マーケットで争うためには、各造船所とも、それぞれに見合った船を開発し、技術力、管理能力を高め、生産性をあげる必要がある。」

他に、ブラジル保険協会会長、外航船舶主協会会長、商船管理局（SNAMAM）局長等、海運造船界のリーダーに相当する人達が、それぞれの分野で展望を述べた。

外航船舶主協会会長 FERNANDO FROTA 氏が、ブラジル海運界について次のように述べたことは興味をひいた。

「現在のブラジル海運界における最大の問題は、乗組員の質である。ブラジル人は、本質的には船乗りにもついていないように思われる。商船学校を出ても、70%は船に乗ろうとしない。船に乗っても長続きしない。乗組員の回転率が高いので、経験を積むひまがなくて、船員の質は低下する傾向にある。このため、保船修理費が外国船に比べて、20%~100%

表1 技術委員会別論文数

船舶設計	建造修理	漁業	輸送	機関および 艦装	OFF-SHORE	港湾	標準	教育	計
39	13	7	5	4	3	1	—	—	72

表2 著者の所属別論文数

サンパウロ 大学	リオデ ジャネイロ 大学	ブラジルの造船所		ポルトガル	アルゼン チン	ドイツ	日本	他	計
		ISHIBRAS	他						
26	14	4	5	4	4	2	1	12	72

注 サンパウロ大学には IOUSP, IPT を含む。

も多くかかっている状況である。このような状況を解決するためには、ある程度外国の船員を採用するのがよいのではないかと考えられる。」

以上の講演会には、約400名が参加した。

会議は、リオデジャネイロのホテルであるホテルグローリアで行なわれたが、このホテルの大広間を仕切って海運造船関係各社が展示場をつくった。海運会社では、DOCENAVE, FROTA-OCEÂNICA, LLOYD BRASILEIRO, ALIANÇA, 造船所では ISHIBRAS, VEROLME, CCN, CANECO, EBINS Ô, EMAQ, ARSENAL DA MARINHA, メーカーでは、USIMINAS, SIEMENS, THYSSEN, SPE-RRY-RAND, B & W 等が出品していた。

講演会のあと、この展示場で懇親会が開かれた。運輸大臣、造船学会会長をはじめ、海運造船界の名士が多数集まった。

9月28日から9月30日の3日間、論文の発表が行なわれた。一人当たり20分の持時間は、提出論文数が多かったためとはいえ、短かすぎる感じであった。質問が活発であったのが印象的であった。ブラジル人の議論好きなためであろう。

9月30日21時から24時まで、リオデジャネイロの最高のクラブといわれているヨットクラブで宴会が行なわれ、約150名の紳士淑女が懇談と食事を楽しんだ。

論文の発表会と併行して、造船所の見学が行なわれた。ARSENAL DA MARINHA, DOCAS DO RIO DE JANEIRO, ISHIBRAS, VEROLME, CCN, EMAQ, CANECO, いずれもリオデジャネイロ市内または近郊にあるブラジルの主要造船所である。ブラジルでは、SOを除きすべての主要造船所がリオデジャネイロ、またはその近くに集中している。

付録1 第6回海運造船会議で発表された論文の
標題

1. NITERÓI 級フリゲート艦と近代艦船の発達
2. BARÉM の大造船所 ASRY
3. 建造ドックに代わるプラットフォーム
4. 修繕工場の位置決定に関する研究
5. 大型造船所建造の技術的、経済的研究
6. T及びL型型網の製作
7. タンカーのタンククリーニングシステムの ORE/OIL への適用
8. 造船用網板の公差
9. ISHIBRAS における工場安全対策
10. 気象の影響による海面高さの変動
11. スーパーエレメントを用いるためのメッシュ分割
12. 球状船首をもった船の造波抵抗の近似解析
13. 船の運動に対する質量と減衰係数の近似決定法
14. 造波抵抗計算におけるポテンシャル理論の適用例
15. 設計波高の選択
16. 船体構造解析の簡易化のためのスーパーエレメント手法
17. 船体構造作図法
18. 平面パネル解析による船体構造の合理化
19. Cb の小さい船の横強度
20. ポテンシャル流出に対する FEM法の応用例
21. 船体振動に対するスペクトル解析の応用
22. 構造物の FEMによる総合解析
23. 高速曳航システムの流体力学的解析と評価
24. 船体構造の強度と振動の実験的解析
25. 調査船の機関部計画
26. サントス港のエビ漁船の仕様
27. 船の操縦性試験におけるカルマンフィルターの使用
28. 船の自動操縦
29. タンカーの世界市場
30. 国産車の流通総合システム

西暦年	1955	1960	1965
大統領	クビチェック	77-075 ゴザラール	ブランコ シルバ
政策等	開発5年計画 ブラジリア建設	左翼政権 産業界依存 インフレ急進, スト, サホ	革命軍事政権 健全財政 海運造船の計画化強
SHIP YARD	ISHIBRAS	5600TDW CARGO X 5 12700TDW CARGO X 6	12750TDW CARGO X 2 10500TDW TFX1 12 18000TDW B.X1 8700TDW REF X1 2500 BX2 11000TDW B.X1 120
	VEROLME	10500TDW C.X2 10500TDW TANKER X 3 12000TDW CARGO X 1.2	5350 6000TD 12700TDW CX2 6650TDWC X4
	C.C.N	1550TDW CX4 6175TDW CX2 6300TDW CX2 10500TDW TANKER X 3 18110TDW BULK X 5	4300TDW REF X4 3700TDW REF X 12000TD
	EMAQ	3040TDW CARGO X 9	5100TD
	CANECO	3040TDW CARGO X 4	1100TDW CARGO X 1 2500TDW T.X 5100TDW 36
	SO	3040TDW CARGO X 3	5100

図1 ブラジル近代造船業の発展 (政策と6大造船所の建造状況)

1970	1975		
メデイシ	ガイゼル		
権海運造船政策の 化 拡大 石油 シヤツ	国産優先主義 輸入制限		
24800 TDW B.x1 100 TDW T.x1 25000 TDW B.x3 44500 TDW B.x2 00 TDW CARGO X8	131.000 TDW % x 7 277000 TDW TANKER X4		
20 TDW B.x1 44800 TDW B.x1 12100 TDW T.x2 5300 TDW B.x2 26400 TDW TANKER X8	135000 TDW % x 6 116500 TDW TANKER X3 170000 TDW BULK X6		
20 TDW CARGO X8 12100 TDW T.x3 15000 TDW CARGO X 56	26500 TDW BULK X22 現 時 点		
20 TDW CARGO X5 5350 TDW CARGO X4 3500 TDW C.x4 3500 TDW B.x2 7600 TDW REF.X2 CARGO X3 00 TDW T.X2	8000 TDW CARGO X5 7000 TDW CARGO X3 35000 TDW BULK X 16 5200 TDW CARGO X4 37000 TDW BULK X3.		
3500 TDW C.x4 3500 TDW B.x2 7600 TDW REF.X2 CARGO X3 00 TDW T.X2	37500 TDW BULK X 15 5400 TDW C.x6 15000 TDW BULK X 16		
TDW CARGO X3 1500 TDW C.x1 1250 TDW B.X17	5200 TDW C.x9 8100 TDW C.x4 7200 TDW CARGO X10	注 同型船の建造期間 一番船の契約 最終船の引渡	

31. サンパウロ州の漁船の技術
32. トロール漁船の復原性基準
33. 鋼板の特性に関する製造法の影響
34. 長船楼の強度
35. 船体主要部の構造解析
36. 平板の変形解析
37. 液体または液化ガスを満たした容器のFEMによる解析
38. 大型船の応力決定法
39. BULK CARRIERの構強度解析に対するFEMの利用
40. 構造強度とプロペラキャピテーションの総合検討法
41. 無線操縦モデルによる操縦性試験
42. 自航試験用動力計の製作
43. 舵の系統的試験
44. アマゾン河下流における貨客輸送システム
45. SUPPLY BOAT に対する考察
46. 造船業における技術情報システム
47. ダクトプロペラ
48. 水深の船の抵抗に及ぼす影響
49. IPTの水槽における一点係留の研究
50. 水面の変動が大きい場合の岸壁の橋の構造解析
51. 8,100 Tの船のマリーナ型舵の固有振動数の決定
52. カタマランのプラットフォームに生ずる波による応力の解析
53. OFF-SHORE 構造物の疲労問題
54. 船体の表面処理
55. 片面溶接の採用
56. 造船所の活動状況測定の実験的手法
57. 調査船の機関部計画
58. 港湾運用のシミュレーションモデル
59. LONG STROKE ENGINE (L-GF)の設計とK-GFの実績
60. 造船業におけるPERT手法
61. 造船所における総合計画システム
62. 小舟(SUPPLY BOAT等)の馬力推定法
63. ブラジル及びアルゼンチンにおけるディーゼル機関の製造

64. 航海灯の位置
65. 漁船の復原性
66. イワシ漁業の技術
67. 漁船に関する種々の計算式
68. 船会社のコンピュータによる管理
69. デジタルコンピュータによる TUG/SUPPLY BOAT の最適寸法の決定
70. 船のディーゼル主機のシリンダトップの修理法
71. OFF-SHORE PLATFORM に対する設計荷重と波浪スペクトラム
72. 船体振動の予防と治療

II. ブラジル造船界の現状

1956年、クビチェック氏が大統領に就任し、ブラジルの近代国家への脱皮のため、開発5カ年計画を立案し、ブラジル建設計画等と共に実行にうつした。

ブラジルにおける造船業の近代化も、この計画によりスタートした。ISHIBRAS, VEROLME 造船所が、それぞれ日本およびオランダの援助により発足し、CCN, EMAQ 等の造船所も本格的に船の建造を開始した。

サンパウロ大学、リオデジャネイロ大学に船舶工学科が新設されたのも、1956年である。

それ以来20年、一時低迷期はあったが、順調に発展をつづけて現在に到っている。主要造船所の建造状況を図1に示す。ブラジルの造船の特徴は、同型船の大量建造が多いことである。図1においても、同型船の最初の船の契約時期と最終船の引渡時期を示した。

また、図2には、契約、進水、引渡しの各年における累計を示した。

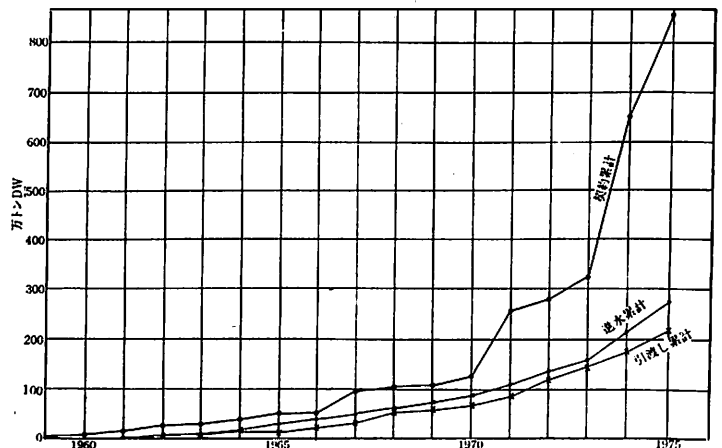


図2 新造船の累計重量トン

現在、ブラジルの主要造船所は、図1、図2に示す通り、各社とも1980年頃まではかなりの手持ち工事をかかえており、他の国の造船業とはかなり違った様相を呈している。それは一つには、国としての「自国籍船を持つために、ある程度の政府補助をする」という政策と、ブラジル国内造船所の能力、設備の上昇とが合致した結果であると考えられる。

ブラジルの造船の一つの大きな特徴として考えられることは、同型船の大量建造であろう。これは、第一次および第二次の政府主導型の計画造船によるもので、一定の船型ごとに大量建造をして、自国籍船隊の拡充をはかるといふ姿勢がうかがわれる。

1974年8月に発表された、1975~1979年の第二次造船計画を一例として表3に示した。同型船の多いことがよくわかる。また、表3のうち、15,000TDWのバルクキャリアーと、7,200TDWの定期船を除き、すべて外航船であり、外航船に力を入れていることがうかがわれる。

これらの計画造船に大いに関連のある政府機関にスマナン (SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE MARINHA MERCANTE) がある。これは運輸省の一機関であり、ブラジル船籍の船舶については、国の内外の建造を問わず、ここの許可をとる必要がある。

ブラジル国内建造船に対しては、船主より国際船価に相当する金額を入金し、造船所に支払う国内船価との差額をスマナンが負担するという形で助成して、外貨の流出を防ぐとともに、国内造船所のレベルアップに力をつくして来た。

「ブラジルの貨物は、自国籍の商船隊で運ぶ」という方針のもとに、自国籍船隊の計画的な建造を行なって来たので、各造船所は国の政策によって、人員養成、設備拡張を計画実施し、また設計、管理面

表3 第2次造船計画の船型と隻数
(国内建造船)

船種	TDW	隻数
タンカー	277,000	4
オア・オイル	135,000	9
	131,000	2
バルク	35,000	14
	37,000	11
	26,500	16
	15,000	11
ライナー	16,000	13
	15,000	8
	(SD14)15,000	21
	12,000	2
	5,350	2
	22,000	2
	7,200	14
	4,893,550	129

の能力を向上し、生産性の上昇につとめてきた。

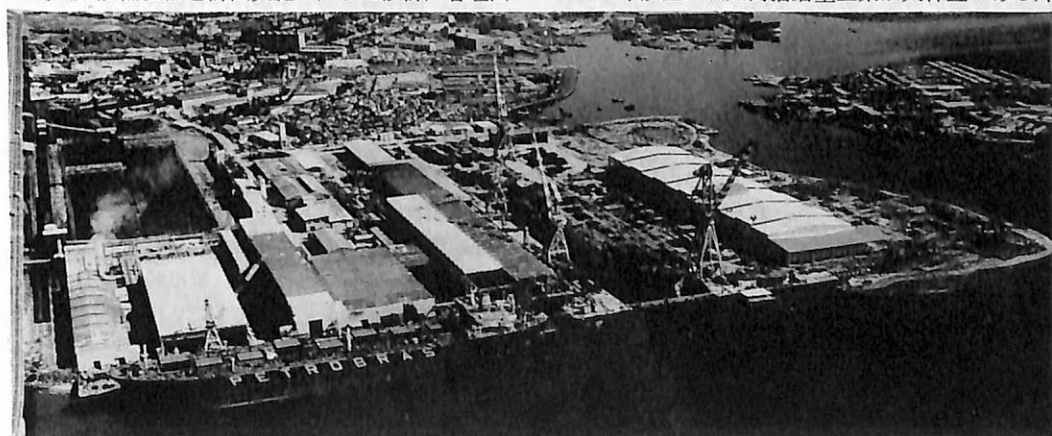
このことは、単に自国籍船建造に寄与するのみでなく、輸出競争力の上昇につながり、最近では外貨獲得の国の方針に沿うべく、輸出船の受注、建造も行なわれている。現在までに108,760TDWの船舶を輸出し、583,300TDWの手持工事をかかえている。

また計画造船の遂行にあたっては、関連国内産業の振興もはかられ、輸入品は極力制限され、外貨の流出防止につとめている。

次に、ブラジルにおける主要造船所の概要を紹介する。

ISHIBRAS

1959年設立。石川島播磨重工業が大株主である外



ISHIBRAS 造船所

表4 ブラジル主要造船所の建造能力

造船所 ()内は略呼名	所在地	船台・ドック能力	最大建造 可能船型	その他
(ISHIBRAS) ISHIKAWAJIMA DO BRAZIL ESTALEIROS S. A.	リオ・デ・ ジャネイロ	160m×25m ドック 350m×65m ドック	2.6万トン 40万トン	従業員約 3,200人
(VEROLME) VEROLME ESTALEIROS REUNIDOS DO BRASIL S. A.	ジャガカン ガ	175m×30m 船台 290m×45m 船台	4万トン 15万トン	従業員約 3,800人
(CCN) COMPANHIA COMMERCIO E NAVIGACAO	ニテロイ (リオ・デ・ ジャネイロ)	250m×42m 船台 30.5m幅 ドック	8万トン	従業員約 2,600人
(EMAQ) ENGINHARIA E MAQUINAS S. A.	リオ・デ・ ジャネイロ	250m×40m 横スベリ式船台 160m×22m 横スベリ式船台	8万トン 0.8万トン	従業員約 1,500人
(CANECO) INDUSTRIAS REUNIDAS CANECO S. A.	リオ・デ・ ジャネイロ	200m×28.5m 船台 168m×34m 横スベリ式船台	4万トン 2.6万トン	従業員約 1,500人
(SO/EBIN) ESTALEIROS SO/EBIN	ポートル グレ + ニテロイ (リオ・デ・ ジャネイロ)	145m×24m 船台 210m×50m (80m ×12mの横スベリ式 船台の拡張) 95m×16m 船台	1.5万トン 3.5万トン 0.55万トン	従業員約 1,100人

資系の会社である。

敷地面積 450,000m² で、26,000 TDW と 400,000 TDW の二つの建造ドックを備え、あらゆる種類の船舶の建造が可能である。また、ディーゼルエンジンも SULZER, DAIHATSU, SEMT-PIELSTICK 製作が可能であり、他の造船所へエンジンの供給もしている。

さらに、1975年以降、リオデジャネイロより40km 離れたカンポグランジェに、600,000m² の広さの重機工場を建設中であり、総合重工業会社への発展の途上にある。

VEROLME

1959年設立。オランダよりの外資系の会社。

リオデジャネイロから100km あまり離れたところに、450,000m² の敷地をもち、40,000 TDW と 150,000 TDW の二つの船台を備えている。

51,000TDW, 53,000TDWバルク, 26,400TDW

のプロダクト船を第1船台で、116,500 TDW のタンカーと 135,000 TDW のオア、オイルを第2船台で、連続建造してきた。

また、海洋構造物も手がけ、自航式のオイルリグの開発をすすめており、船台を新たに追加し、リグの建造にかかる計画を持っている。

CCN

1905年設立、民族資本系の会社である。

SD-14 (15,000TDW 型貨物船), PRI-121(15,100 TDW型ライナー), PRI₂₆/1⁸(26,500TDW型バルク)の連続建造で有名で、国内船のみならず、輸出船にも力を注いでいる。その結果、輸出船14隻を含め、1981年までの工事量をかかえている。SD-14についていえば、1971年に第1船を引渡して以来、1976年初めには26隻目の建造に入っている。

EMAQ

1944年設立。民族資本系の会社である。

1971年に敷地を40,000m²より140,000m²に拡張した結果、80,000TDW用と8,000TDW用の二つの横すべり式船台を備え、またN-Cマシンを持つ近代の工場となった。また、ディーゼル電気機関車、クレーン、ドレッジャー、モーターボート等も製作している。

1978年末までは、主として35,000TDWのバルクを連続建造する。また、5,200TDW型輸出貨物船の商談を成立させた。

CANECO

1886年設立、民族資本系の会社である。

過去11年間に、15,000TDWバルク、37,500TDWバルク、タグボート、漁船、カーフェリー等を含め、60隻を引渡している。

現在は、26,000TDWまでの横すべり式船台と40,000TDWの船台をもつ工場に拡張された。また、隣接地に、海洋構造物用の敷地を購入するよう考慮中のようである。

SO/EBIN

1973年に、ポートアレグレにあるSOと、リオデ

ジャネイロにあるEBINが合併して、SO/EBINとなった。どちらも民族資本系の会社である。

SO造船所は、近年船台を8,000TDWから15,000TDWに、また横すべり船台も80m×12mから210m×50mに拡大される。また、EBIN造船所の方には5,500TDW用の船台があるが、加工量を大幅に増大させようという計画がある。

以上をとりまとめて表4に示した。いずれも生産量増大のために努力していることがうかがえる。

以上みてきたように、ブラジルの主要造船所は充分の工事量をもち、設備も近代化、拡大をはかっている。さらに、同型船の連続建造という恵まれた環境で生産性の向上に努力しており、今後ますます力をつけてくるものと予想される。

一方、政府主導型という体質的に脆い面をもっており、国際競争力の面からみると、関連産業も含め、さらに一層の努力が必要と思われる。その弱点を克服することにより、ブラジルの造船業は将来ますます発展していくことが期待できる。

昭和52年度科学技術試験研究補助金被交付者募集のお知らせ(船舶部門、海洋開発部門)

運輸省は企業合理化促進法第3条に基づき運輸に関する試験研究に対し毎年補助金を交付し、運輸に関する技術の向上促進助成に務めているが、昭和52年度試験研究補助金(船舶部門、海洋開発部門)の被交付者を下記の要領で募集しています。補助金の交付を受けたい方は運輸省船舶局技術課(千代田区霞ヶ関2-1-3、電話(03)580-3111)までご連絡ください。

1. 応募資格 試験研究を完遂するに足る経済力、技術力を有する法人又は個人。
2. 研究内容 船舶関連技術、海洋開発技術の向上

に資するもの。

3. 補助金額 補助金額は当該研究に必須な主要材料、補助材料、部分品及び消耗工具器具備品につきその予定額の50%を上限とします。参考のために昭和51年度の補助金交付実績を載せておきます。(表1)
4. 申請手続 最寄りの地方海運局及び運輸省船舶局技術課にて申請手続きの説明を行なっております。
5. 申請手続期限 昭和52年3月31日

表1 昭和51年度科学技術試験研究補助金交付先一覧(船舶局関係)

被 交 付 者	研 究 題 目	研究費総額(円)	補助金額(円)
㈱大 阪 造 船 所	浸漬ヘドロ含水率低下装置の開発に関する特殊乾燥方式の研究	34,345,500	9,060,000
同 上	ヘドロ浸漬船のヘドロ吸引格子装置の研究	6,847,000	988,000
川 崎 重 工 業㈱	船舶上部構造の製作時における溶接変形の防止に関する研究	65,000,000	12,933,000
住 友 電 気 工 業㈱	オイルタンカー用隔膜の中型モデルシステムによる試験研究	29,967,000	11,126,000
日 本 本 鋼 管 ㈱	造船用溶接ロボットの開発	66,448,000	10,651,000
日本ビストンリング㈱	スターリングエンジン用シール部品の開発研究	35,331,942	6,973,000
日 立 造 船 ㈱	船側曲面用自動塗装システムの開発	25,594,480	3,614,000
三 井 造 船 ㈱	大型構造物基準面芯出し省力化装置の開発	25,120,000	8,179,000
三 菱 重 工 業㈱	動シール、シームトラッキング電子ビーム溶接の品質保証システム装置の開発研究	29,518,000	3,887,000
計	9 件	318,171,922	67,411,000

ソ連の金属研究, 船舶研究 <1>

—モスクワ留学記—

On the Research of Strength of Metal and
Ship Structure in U.S.S.R.
by Masayoshi Arita
Ship Research Institute Ship Structure Division

在 田 正 義

船舶技術研究所船体構造部

1. モスクワ到着

午後3時半モスクワ着。

羽田を午前11時にたって約10時間である。東京—モスクワ間には時差が6時間ある。「遠い隣国」の首都までも飛行機に乗ってしまえば近い。ビザの検査でひっかかる。「サディテシ(坐っていて下さい)」と係官。あきらめて坐り待つことしばし。科学アカデミーからの依頼で迎えに来てくれたモスクワ大学の女学生ナターシャに救われる。待たされた理由は不明。

シェレメティエボ国際空港からモスクワの中心街までは、白樺の林、牧場など点在するのんびりした風景が続く。中心街に近づき次第に高層のアパートが見え出す。「偉大なロシア人民万才」などのスローガンがビルにつけてある。「運転手よ、市内の制限速度は60キロ」の看板も。市内に個人住宅は全くない。個人住宅を希望するものは少し郊外に住み、郊外電車で通うが、これは一般的ではない。市内の自動車はなかなか多く、環状道路ではよく渋滞を起こす。が、外国の元首などの国賓がプヌーコボ空港からクレムリンへと導かれるレーニン通りのような放射通りはまだすいており、車が猛烈なスピードで走っている。大通りの横断は容易ではない。横断歩道に人がいても車はほとんどスピードを落さない。数年前の日本の「車最優先」の時代を思わせる。市民の車に対する憧れも強い。

空港を出て40分、「科学アカデミーホテル」に到着。サドボエ環状道路とレーニン通りの交叉点近くに位置するこのホテルは、ソ連科学アカデミーのモスクワ宿泊所である。モスクワの中心クレムリンへ約2キロ、近くに環状地下鉄の「アクチャープリスカヤ(十月)駅」があり、交通の便はいい。

到着の日、通訳のナターシャは「明朝10時科学アカデミーから迎えが来ます」といって帰る。すっかり心細くなり、夕食もとらずベットに入る。30時間の長い1日を終る。

翌日日本大使館に電話すると、この科学アカデミーホテルには「日ソ学者、研究員交流」で滞在している日本人が、私を含めて5人もいるとのこと。

2. 百万人規模の科学アカデミー

ソ連科学アカデミーという組織は、日本人には少々わかりにくい。日本の科学技術庁とは全く違う。科学アカデミーが招待している外国の学者のため催されたモスクワ郊外への小旅行の途中、「科学アカデミーには1,000人規模の研究所在り、1,000くらいある」と係員の説明にあった。日本でいえば、民間会社の研究所と国の研究機関を合わせ、さらに、科学技術庁、学術会議、学士院、学術振興会などを合わせたようなものだろうか。百万人規模! ソ連における自然、社会、人文科学の全分野を含む研究全体を統轄し、各々の分野の研究所をもつ。

ソ連邦は15の共和国からなる。各共和国には共和国科学アカデミーがあるが、ソ連邦科学アカデミーが、そのすべてを統轄している。シベリア開発のため総合的研究を進めている研究学園都市「アカデミゴロド(アカデミー都市)」は、科学アカデミーのシベリア支部が管轄している。シベリアの中心都市ノボシビルスクにある。

モスクワの科学アカデミー所属の研究所の多くは、私の通った「パイコフ冶金研究所」を含めて、レーニン通り沿いにある。

華々しく展開された宇宙開発は、科学アカデミーが中心になって実施された。国際学会の多くも主催

する。総合大学、単科大学は教育機関として位置づけられ、科学アカデミー所属の研究所は研究機関として位置づけられている。科学アカデミーは研究生をとり、学位を授ける権限をもつ。したがって研究所にも教授がいる。学者としての最高位、アカデミー会員がいる。

ここでソ連における学位について説明してみよう。第一の学位は「博士候補(KTN)」である。彼等によると、この学位は西欧の「博士」に相当する。一定年数の研究をし、学位論文を発表し防衛する、審査員の攻撃を撃退する必要がある。第二の学位は「博士(Doctor)」である。KTN取得後の引き続き研究と総合的な第二の学位論文が要求される。一般に日本の大学教授クラスの人に授けられる。第三の学位は「教授」である。Doctor とほぼ同時に取得される場合が多いようだ。更に「準アカデミー会員」「アカデミー会員」と続く。教授以上の学位の数は極めて限定されている。研究所に在籍する教授、準、正アカデミー会員の数で、その研究所の格が想像できる。

ソ連における「科学アカデミー」の比重の大きさは、滞ソ十カ月にかなり実感できた。これは、研究そのものに対する国家としての期待の大きさを示すものかもしれない。

3. バイコフ冶金研究所¹⁾

ソ連には多数の冶金関係の研究所、大学がある。そのなかで最も有名なのがモスクワにあるこのバイコフ冶金研究所である。市中心から約4キロ。所員は約1,500人。所長は軽金属の物理科学の専門家で準アカデミー会準 E. M. SAVITSKII である。2人のアカデミー会員、3人の準会員、36人の博士(Doctor)、200人以上の博士候補がここで働いている。敷地はかなり広く、初夏には林で「きのこ狩り」をする姿も見られる。因みにロシア人はきのこ



写真1 バイコフ冶金研究所の立派な講堂

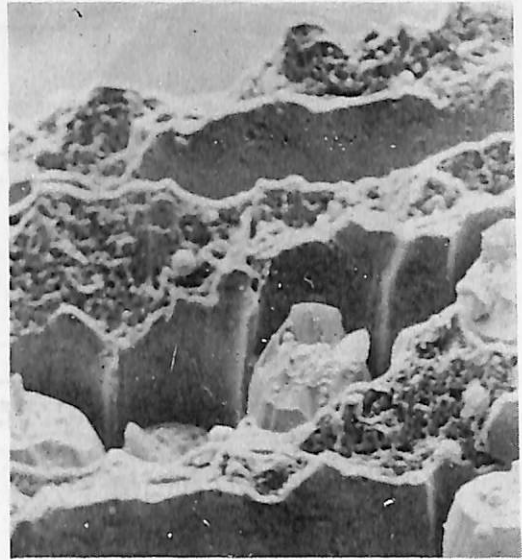


写真2 複合材料破断面(一部分)の顕微鏡写真

が大好きである。

講堂は立派だが、建物はあまり立派とはいえない。研究室も狭い。しかし実験施設は内外の最新鋭のものを据えている。日本のものでは、日本電子の加速電圧百万ボルトの巨大な電子顕微鏡と、金属表面の直接観察に便利な走査型電子顕微鏡、島津の引張試験機などが目についた。

この研究所の研究方向は三つある。一つは鉄鋼、軽金属産業での冶金過程を物理、化学的に研究すること。第二は、金属の加工、処理での物理、化学的性質の研究。特に高温、高压材料について。第三は、新金属材料の開発である。チタン、ニッケル合金、東ドイツと共同の各種複合材料の研究などが注目される。

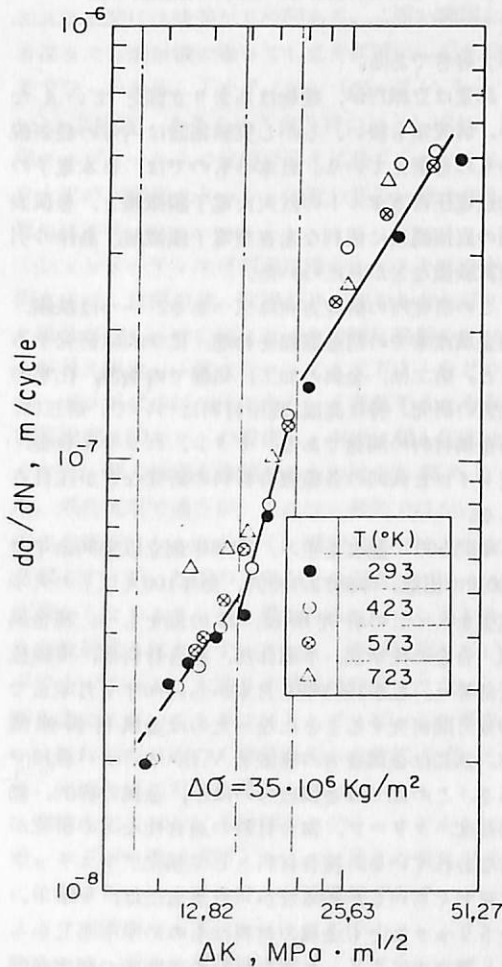
年間500の論文を生み、1938年創立以来30余年で500冊の出版、年間75の特許、毎年100人以上の大学院生をもつこの研究所は、21の部をもつ。純金属部、合金の化学部、半導体部、複合材料部、実験技術部等々。私が1975年9月末から1976年7月末まで10カ月間研究することになったのは金属材料強度部。部長は金属疲労の権威者 V. S. イバノバ教授である。この部では金属疲労のほか、金属の静的、動的強度、クリープ、複合材料の適合性などの研究が行なわれている。複合材料として強化プラスチック FRP ぐらいしか知らなかった筆者には、マット、マトリックスとも金属の材料はものめざらずしかった。滞在中にもらった複合材料の破断面の顕微鏡写真を示そう。



写真3 回転曲げ疲労破壊の破断面

丸棒の回転曲げ疲労²³⁾

イバノバ教授の最近の研究方向にふれながら、筆者のパイコフ冶金研究所での研究内容を簡単に紹介しよう⁴⁾⁵⁾。



材料の破壊強度は、同じ材料でも試験片、試験条件に左右される。空気中で切欠付き平板を引張れば、薄板であれば平面応力条件で、厚板であれば平面歪条件で破壊が起り、後者からの強度は前者からに比しかなり低い。安全性のテストには平面歪条件の試験が要求され、試験片も大型となる。こうした条件によってバラツキの生ずる破壊強度を統一的に取扱う試みがイバノバ教授らによって行なわれている。

ここで疲労による破壊過程を考えてみよう。キレツが発生し、その寸法の小さいうちは、きわめて低応力で伝播する。キレツ先端は次第に高い応力を受け、伝播速度も速くなる。最終的には、高応力による破断となる。

この破壊の過程は、キレツ先端の活性化容積 (Activation Volume) γ によって規定されると考える。疲労キレツの伝播にしたがい、 γ は連続的にではなく、階段状に変化する。個々の γ に対し、荷重密度係数 (Load Density Factor) q が対応し、 q も階段状に変化する。

N 段階での q である q_N は、その前の段階の q_{N-1}

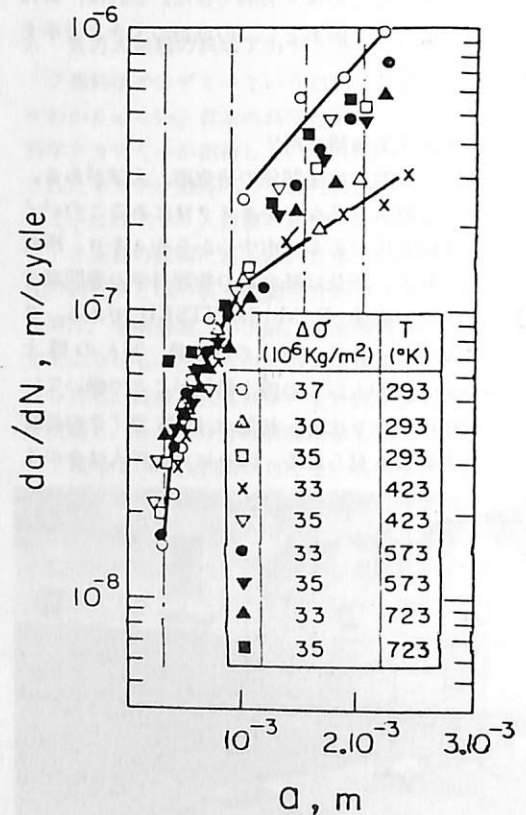


図1 軟鋼の疲労き裂伝播 (左) 1 a 応力拡大係数—伝播速度, (右) 1 b き裂長さ—伝播速度

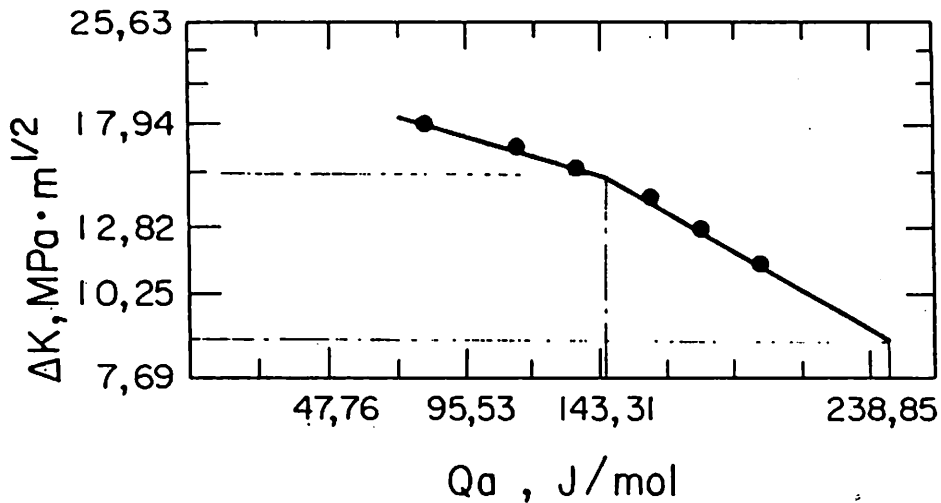


図2 活性化エネルギーと応力拡大係数の関係(軟鋼)

と次の関係で結ばれる。

$$q_{N-1}/q_N = \Delta^{1/n} \quad \dots\dots(1)$$

ここで Δ は、材料定数で、鋼では0.11、ニッケル合金では0.13、チタン合金では0.12などとなる。 $n=2, 4, 8, \dots\dots$ と幾何級数である。

疲労キレツの進展様式も当然 γ , q_N により規定されると考える。すなわち、

$$\Delta K^{N-1}/\Delta K^N = q_{N-1}/q_N = \Delta^{1/n} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 ΔK^N はキレツの進展様式が $N-1$ 番目のものから N 番目に飛び移った時点でキレツ先端がうける応力拡大係数範囲である。

写真2は丸棒の回転曲げ疲労での破断面を示す。巨視的にも、破断面が層状に区別されている。電子顕微鏡の観察によっても破断面が、層状に変化していることが示される。疲労キレツの進展速度を計測すると、このことが一層ははっきりする。図1aは軟鋼について、キレツの伝播速度をキレツ長に対し、図1bは応力拡大係数範囲について示している。キレツの進展の様相が幾つかの区間ごとに変化することが示されている。

(2)式から ΔK^N を求めるには基準となる値を1つ知る必要がある。これに関しては、次式が提案されている。

$$\Delta K \parallel = \sigma_e \sqrt{\pi l_s} \quad \dots\dots(3)$$

ここで、 σ_e は疲労限、 l_s は疲労キレツが安定伝播する限界長さである。 l_s は写真2での第一層目にほぼ相当するが、詳しくは顕微鏡による破面写真フランクグラフィーより判定することになる。

(3)式で $\Delta K \parallel$ が求まると、あとは(2)式より ΔK^1

および $\Delta K \parallel$, ΔK^N と次々に ΔK^N が求まる。図1aからわかるように、計算から求められた ΔK^N のいくつかに対応して、疲労キレツの伝播様式が変化することが実験的に示される。

これに関連して活性化エネルギーについても考察してみよう。見掛けの活性化エネルギー Q_a は次式から計算できる。

$$Q_a = \frac{R \{ (\ln da/dN)_{T=T_1} - (\ln da/dN)_{T=T_2} \}}{1/T_2 - 1/T_1} \quad \dots\dots(4)$$

ここで

da/dN はキレツの伝播速度

T_1, T_2 は絶対温度

R はガス定数

例えば室温150, 300, 450℃で疲労試験をし、キレツの伝播速度を求めることによって、活性化エネルギーが計算できる。軟鋼について示したのが図-2である。応力拡大係数の減少と共に活性化エネルギーは増加するが、この増大傾向が大きく変化する応力拡大係数の値は図-1aで、キレツ伝播速度が跳躍的に変化する応力拡大係数の一つに対応している。

材料の破壊、キレツの伝播を(2)式で示される跳躍性の面から、また(4)式で示されるエネルギーの面から見ることも、将来の研究方向として興味あるのではあるまいか。

4. 第3回国際チタン会議⁷⁾

5月のモスクワ。

木の芽がふき街路には春がどっと訪れる。1月始めの日の出9時、日没4時が、5月1日ともなると日の出4時45分、日没8時10分となる。短い日照時間と、雪が一面に広がる生活から、戸外の散策を楽しむ季節となる。

第3回国際チタン会議は、1976年5月18日から21日まで4日間、モスクワ大学で開かれた。日本からは、金属材料研究所の木村博士を団長に十数名が参加。筆者も現地参加した。

ここで、会議の開かれたモスクワ大学について概観してみよう。創立は1755年、ロシアの科学と教育の開拓者といわれる農民出身の大学者ロマノソフによる。現在学生数27,000人。大学院生4,000人。ソ連邦内の15の共和国から70に及ぶ民族が集まっている。17学部、260学科、2つの教育研修所と4つの研究所をもつ。教授等7,000人。学者の最高峰アカデミー会員、準会員合わせて106人。ノーベル賞受賞者5人。

ソ連の場合、「大学(Universitet)」とは総合大学を意味し、またこの「大学」には応用部門の学部は含まれない。そこで、モスクワ大学には、工学部や医学部はない。授業料もない。写真などでおなじみのレーニン丘にそびえる壮大な大学の建物内には、9,000人の学生を収容する寮を含め数百の教室、数十の講堂、図書室、博物館、ホール、食堂、売店がある。

250ヘクタールある構内には、各学部の建物が点在する。レーニン丘は、ナポレオンがモスクワに進攻した時、馬上からモスクワ市を一望したところ。モスクワ川をはさんで対岸には、1980年のオリンピックでも使用されるであろうレーニン競技場があり、クレムリンをはじめ、市内すべてを見渡せる。モスクワの名勝地である。新婚さんが記念撮影に立ち寄る名所ともなっている。

会議中に、化学学部、一般化学科主任教授のソコロフスカヤ女史の案内で大学内を見る。女史の部屋では「習慣」に従ってウォッカで乾杯。実験室での見学では、化学に馴染みの薄いため、何がユニークなのかはわからなかった。因みに会議に提出されている彼女の論文は、シリコンカーバイドの繊維を補強材とした複合材の研究であった。

さて、チタン国際会議の話題は、チタン冶金、強度、腐蝕、溶接、熱処理、工業への応用、粉体冶金、複合材と多岐にわたり、論文数も龐大で、テーマごとにレポーターがまとめて発表する形式をとった。「ミグ25」で一般にも話題となったチタンの研

究は、米ソと日本、英国が進んでいる。多くのチタン資源を持つソ連の研究熱を示してか、会議提出論文の半数以上はソ連の学者のものであった。軽くて強い、耐熱性に秀れたチタン、反面、鑄造のむづかしさ、スクラップ利用の困難さがある。造船への利用は、かなり先のことも知れない。

チタン研究所、軽金属研究所を持ち、5カ年計画に沿って着々と研究を進めるソ連の底力を会議を通して感ずることができた。特に、会議組織会委員長が所長である「全ソ軽金属研究所」で、整った実験施設を見学した時は、その感を強くした。

会議の詳しい内容は省略するが、会議周辺の裏話についてふれておく。普段見学のむづかしい種々研究所の見学もこうした国際会議の機会なら易しい。

「鉄鋼合金大学」なども見学する。説明も英語なので、好都合であった。ポリショイ劇場のパレーなどの券も会場で売られる。こうした超一流劇場の券そのものは値段は安いのだが、町ではちょっと入手できないものである。会議後の夕食会は、モスクワで一番広いレストラン「アルパート」で開かれた。モスクワで最もモダンなフロア・ショーを見ながら乾杯が繰り返された。筆者は日本からの参加者とロシア人との通訳をつとめることができた。(つづく)

参考文献

- 1) バンフレット「パイコフ研究所の概要」モスクワ 1975年 ロシア語
- 2) Arita, M. Maslov, L.N, 「丸棒の回転曲げ疲労による亀裂伝播の測定」ソ連の「強度の諸問題」誌 1977年掲載予定 ロシア語
- 3) Arita, M. Maslov, L. I. "Kinetics of Fatigue Crack Propagation" 4th International Conference on Fracture, Waterloo, Canada June 1977
- 4) イバノバ「金属の疲労破壊」丸善 1970年
- 5) イバノバ, テレンティエフ「金属疲労の本質」モスクワの金属出版社 1975年 ロシア語
- 6) Academy of Science, USSR "3rd International Conference on Titanium, "Abstracts, May 1976
- 7) 福原義浩, 西村考「ソ連におけるチタン合金の現状」『金属』1976年11月号 アグネ社

■「船舶」用(1年分12冊綴り)ファイル■

定価450円(〒300円, ただし都内発送分のみ)
ご注文は最寄りの書店へお申込まれるのが、ご便利です。



株式会社 天然社

点火機関の火炎構造と 化学組成のシミュレーション計算

A Simulation for Chemical Constituents and
Flame Structures of Ignition Engine
by Susumu Yamagishi
Ship Research Institute

山 岸 進
船舶技術研究所

1. まえがき

内燃機関の燃費改善と排気浄化の厳しい要求に伴って、シリンダー内燃焼過程研究が欠くべからざるものとなった。特に NO_x の生成に関しては従来サイクル性能的には十分といわれていた平衡論的化学反应の扱いでは説明できなく、反応速度の比較的遅い場合非平衡計算の導入が必要となってきた。燃焼ガス組成には極めて局所的なガス状態が大きな影響を与える事が、発光分光¹⁾、局所サンプリング法等で実験的に裏付けられている。

シリンダー内ガス組成予測のために、ガスの熱力学過程と化学反応を組み合わせた解析モデルを使い、シミュレーションで計算する方法が多数試みられている²⁾³⁾。エンジン・シミュレーションは

1. 多数の要因がエンジン性能に及ぼす影響の把握
2. 従来の実験データの系統的把握
3. 知識、データの不備な点の明確化
4. 設計指針データの短期獲得
5. 実測困難なデータ、例えば化学種の多くの中間生成物の予想

等のために欠く事のできないものとなりつつある。燃焼シミュレーション解析モデル化には、熱力学過程を解析し、システム化に必要な仮定を明確にし、データを集録して方程式群を解かねばならない。しかし現在の所、実機の状態把握のためには、多くの未解明問題が残されている。熱発生率、燃焼ガスのシリンダー内での放熱、ガス流動、燃料のクラッキング、煙の発生、クエンチングゾーンといわれるいわゆる化学境界層、吸排気ガスの混合、各種の漏れ、摩擦損失等、いずれも難しく十分信頼のおけるデータの乏しいものばかりである。さらにデ

ィーゼル機関においては、間欠噴霧燃焼という未解明な問題が含まれる。これ等の多くの問題点の内から本稿では熱発生率の問題に関して火炎構造と燃焼速度からシリンダー内火炎伝播を空間的にとらえることにより、燃焼過程をより忠実にシミュレートしようと試みた結果を述べる。

従来熱発生率に関しては、火炎伝播を燃焼室全体の現象として巨視的に考え、実験的に指圧線図から得られる熱発生率を基に計算する手法が多く使われていた。この手法は熱発生率算出において、放熱を推定しなければならない。ところが放熱における非定常熱伝達の問題が未解決の研究テーマの一つである現在、燃焼解析にあたって上記の手法は十分その目的を果すとはいえない。

以下シリンダー内燃焼ガス組成解析の熱力学過程⁴⁾と解離を含んだ化学計算法⁵⁾とその結果について述べるが、このモデルは11成分の平衡計算とNOについてのZeldovich機構¹⁰⁾による非平衡計算を含むものであり、各クランクアングルに対してガス組成の変化を示す事ができ、火炎構造の相異に対してこれ等がどのような影響を受けるか計算できるものである。

2. 解析モデル

推定される火炎構造を基にシリンダー内混合気を適宜区分し、各々が逐時燃焼した場合の混合気及び燃焼ガスの状態量と組成変化を計算する。計算には火炎構造と共に燃焼速度を知る必要がある。このためにはシミュレーションで求めた火炎前縁の動きを、観測で得られる結果と対比して逆算を行う。火炎伝播の観測実験は撮影やイオンプローブ等の方法により多く行われており、これ等のデータと計算

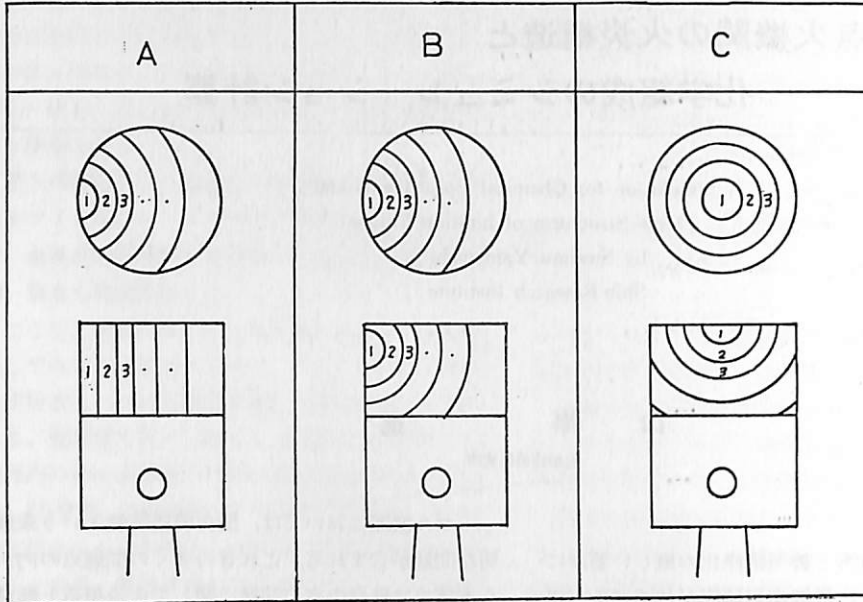
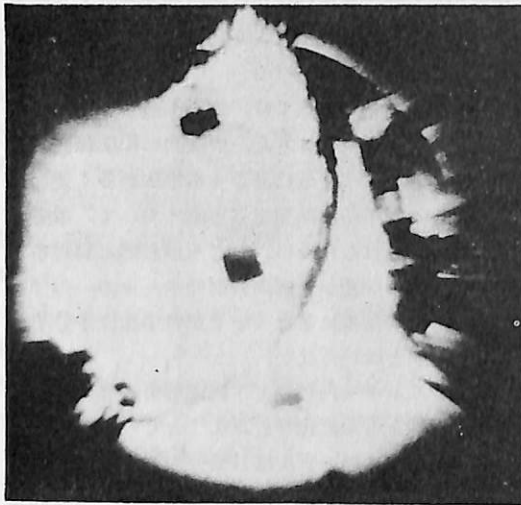


Fig. 1
Flame Structure



a 側壁着火

b 中心着火

Fig. 2 火炎伝播 実験エンジンによりシュリーレン撮影

値の対応をつける事は、より直接的にかつ基本的な燃焼過程解明に資するものと考えられる。各過程の計算は次のように行う。

((a)) 熱力学過程

シリンダー内ガスを未燃ガスと既燃ガスに区分して考え、既燃ガスの部分は計算単位時間毎に区分して Fig. 1 のように扱う。Fig. 3 はその状態変化過程を T-S 線図に示したものである。未燃混合気は圧縮初めの状態 A (T_{in}, P_{in}) から着火直前状態 B (T_1, P_1) までピストンにより圧縮される。まず部分①で燃焼が始まるとすれば、この部分は他の未燃

部分を圧縮すると同時にピストン仕事をして状態 E (T_2, P_2) になる。その後①の既燃ガスは②~⑩までの各部分が燃焼するたびに断熱圧縮されて状態 F になる。次に燃焼は②に伝播する。②は初期状態 A から未燃混合気のまま断熱圧縮されて状態 C になり、燃焼して状態 G に移行する。燃焼期間中①の燃焼ガス及び②~⑩の未燃混合気を圧縮すると同時にピストン仕事を行う。その後部分②は①同様に他の未燃部分が燃焼する度に断熱圧縮を繰返されて状態 H になる。以上の過程を全区分について計算する。計算には次の仮定を行う。

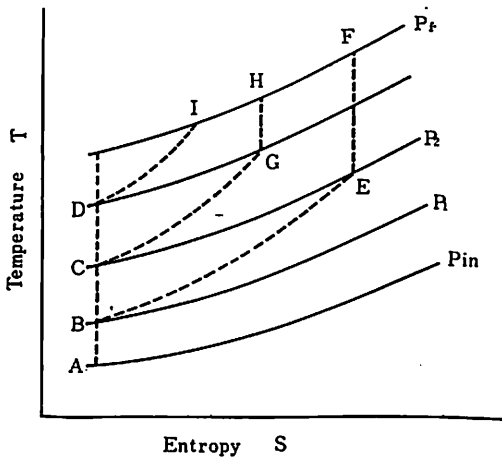


Fig. 3 T-S diagram

(i) 混合気は一区分内で瞬時完全混合する、そして区分境界の移動は膨張圧縮のみによって行われ、流れによる移動は考えない。

(ii) 燃焼反応は十分速く、反応帯で化学平衡が保たれるものとする。未燃混合気中では温度が低く反応は遅く、無視できるものとする。

(iii) 未燃ガス、燃焼ガスは半理想気体混合物と考える。

(iv) 圧力伝播は燃焼速度に比して十分速く、シリンダー内一様と考える。

(v) 火炎構造の相異による熱伝達の変化は少ないとしてここでは考えない。放熱は重要な問題であるが、現在種々提案されている熱伝達係数の時間的変化を表わす式⁽⁶⁾⁽⁷⁾は火炎伝播パターンの相異という空間分布を考慮できているものがない。火炎構造に関連した熱伝達の問題は、火炎及びガスからの輻射と対流の項に関し詳しい検討を必要とする。

(vi) 火炎構造は予想される3種類の形について計算する。計算に使用する燃焼速度は半実験的方法で求めた速度パターンを用いる。

(b) 膨張、圧縮過程

ガスはピストン運動と燃焼過程に伴う気体の膨張により状態変化する。ここでは断熱変化として扱い、計算には次の基礎式が成立する。

$$\text{状態方程式； } Pv = nRT \quad (1)$$

ガスは半理想気体混合物として扱い、各成分に対して状態方程式が成立するものとする。

$$\text{分圧式； } P = \sum_i P_i \quad (2)$$

i 成分の分圧はそのモル分率に比例し、全分圧の和は全圧に等しい。

$$\text{エントロピーの式； } \Delta S(T) = 0 \quad (3)$$

未燃ガスの場合エントロピーはヌッセルト関数 $F(T)$ を使用して計算する。

$$S = F(T) + R \ln V + S_0 \quad (4)$$

$F(T)$ の関数形は次式で表わされる。

$$F(T) = \sum X_i F_i(T) \quad (5)$$

X_i は i 成分のモル分率を表わし、 $F_i(T)$ は次の多項式で与える。

$$F_i(T) = a_{i1} \ln(T) + a_{i2} T + \frac{a_{i3}}{2} T^2 + \frac{a_{i4}}{3} T^3 \quad (6)$$

係数 a_{in} は次表の値を使用する。

$i \backslash n$	1	2	3	4
O ₂	6.085	3.63×10^{-3}	1.71×10^{-6}	3.13×10^{-10}
N ₂	6.903	3.75×10^{-4}	1.93×10^{-6}	6.86×10^{-10}
C ₃ H ₈	-9.96×10^{-1}	7.28×10^{-2}	-3.76×10^{-6}	7.58×10^{-9}

燃焼ガスの場合、逐時組成計算を行って各成分のモル分率を求め、それに対応するエントロピーを計算して次式で求める。

$$S = \sum_i X_i S_i \quad (7)$$

平衡組成式； X_i

未燃ガスの反応は無視するので組成変化は無く、区分内一様一定である。

燃焼ガスの場合は逐時平衡計算を行い、各々の状態におけるガス組成を算出する。一平衡計算

$$\text{質量保存則； } M_i = \sum_j M_{uj} + \sum_j M_{bi} \quad (8)$$

M_i ；全質量、 M_{uj} ； i 成分未燃ガス質量、 M_{bi} ； i 成分燃焼ガス質量

シリンダーからの漏れは無く、変化過程を通じて質量保存則が成立するものとする。

$$\text{体積条件式； } V_{cyl} = \sum_j V_{uj} + \sum_j V_{bi} M_{bi} \quad (9)$$

V_{cyl} ；シリンダー容積、 V_{uj} ；成分未燃ガスの比容積、 V_{bi} ； i 成分燃焼ガスの比容積

ガス状態が変る度に各区分の体積変化があるが、その合計は常にピストン運動によって定まるシリンダー容積と一致していなければならない。

(c) 燃焼過程

燃焼過程では(1)、(2)、(8)、(9)式が成立すると同時にエネルギー保存則を考える。

$$\text{エネルギー保存則； } W_{tot} + \Delta U = 0 \quad (10)$$

各区分の燃焼は常に定容燃焼のもので行われ、エネルギー保存則が成立する。今 i から $i+1$ への変化を考えると、燃焼している区分の外部に対する仕

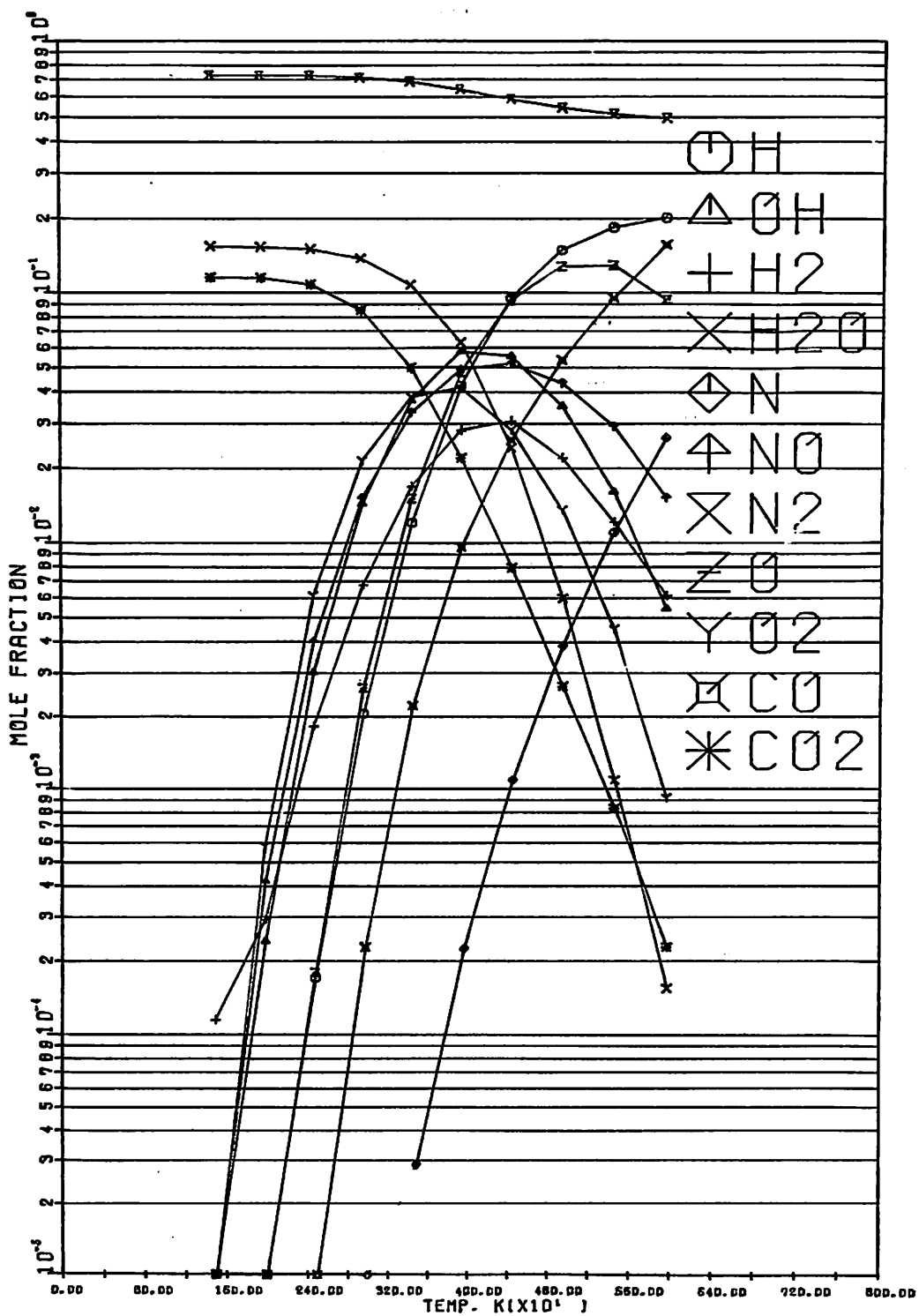


Fig. 4 Equilibrium Mole Fraction PHE=0.999 P=40 atm

事は他区分の未燃ガス、燃焼ガスを圧縮して内部エネルギーを増加させる事とピストン仕事である。

$$W_{tot} = M_u(U_{t+1} - U_t) + M_b(U_{t+1} - U_t) + \int_{V_t}^{V_{t+1}} p dV \quad (11)$$

((d)) 火炎構造

Fig. 1 にある 3 種類の火炎構造を想定して、それぞれが組成にどのような影響を及ぼすかを計算した。

A は側壁に着火点がある場合で火炎構造を円筒形に近似しているもので、燃焼が上死点近くの燃焼室容積変化が小さい所で終了すると考えたものである。これによると計算時間は少し短縮されるが、燃焼初期の熱発生を B, C よりかなり大きく見積ることになる。

B は側壁に着火点があることは A と同様であるが、火炎構造をピストンとシリンダー壁で切られた球として扱っており、A より実際に近いと考えられる。

C は中心着火の場合を半球の拡がりとして扱ったものである。Fig. 2 は火炎伝播の観測例である。

各区分の体積は燃焼速度と火炎構造によって定まるものだが、これを反応速度論と運動方程式から導びくことは現在の所ほとんど不可能である。そこでこれ等を半実験的に定める多くの提案がある。しかしどれも一般的なものではなく、実験装置によって著しく異なる定数を含むものが多く、その適用範囲に注意しなければならない。ここでは層流燃焼実験を基にして乱れの効果をレイノルズ数の形で取り入れた半実験式を使用する。

$$B_{vel} = 5.09 + 0.043\theta + 0.00383\theta^2 \quad (12)$$

θ ; 着火時からのクランクアングル

((e)) 組成計算

組成計算に際して、化学反応速度は非常に速く、燃焼区分内で平衡組成が瞬時に達成されて濃度は、区分内で一樣になるものとする。この計算法はサイクル性能に関しては妥当とされているが、問題にされている NO の反応は他の成分に比べて遅く、火炎の後流でも反応が進行しており、非平衡計算を取り入れねばならないとされている。

<平衡計算>²⁾

炭化水素燃焼に関与する成分を H, OH, H₂, H₂O, N, NO, N₂, O, O₂, CO, CO₂ の 11 種類とする。平衡計算は次の式を連立して解く。

$$\text{濃度式 ; } A(C_w H_x O_y N_z) = \sum_i^{11} n_i \quad (13)$$

燃料混合気的全モル数を n^0 とすると $A = \frac{1}{n^0}$ である。

原子数の式 ; 各原子数は反応の前後で変化しないから次の式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} A_w &= n_{CO_2} + n_{CO} \\ A_x &= 2n_{H_2O} + 2n_{H_2} + n_{OH} + n_H \\ A_y &= n_{H_2O} + n_{OH} + 2n_{CO_2} + n_{NO} + 2n_{O_2} \\ &\quad + n_O \\ A_z &= 2n_{N_2} + n_{NO} + n_N \end{aligned} \right\} (14)$$

質量作用則 ;

一般的に反応が次式で表わされるとする。

$$n_A \cdot A + n_B \cdot B + \dots \rightleftharpoons n_E \cdot E + n_F \cdot F + \dots \quad (15)$$

但し n_A, n_B, \dots はモル数, A, B, \dots は成分を表わす。

モル数 n_A, n_B, \dots と分圧 P_A, P_B, \dots が比例するので平衡係数 K_p は分圧を使うと次式で表わされる。

$$K_p = \frac{P_E^{n_E} \cdot P_F^{n_F} \dots}{P_A^{n_A} \cdot P_B^{n_B} \dots} \quad (16)$$

しかも平衡係数 K_p は次の熱力学関係式を満たす。

$$\Delta G^0 = \Delta H_f^0 - T \Delta S_f^0 \quad (17)$$

$$RT \ln K_p = -\Delta G^0 \quad (18)$$

但し ΔG^0 ; 生成ギッポの自由エネルギー

ΔH_f^0 ; 生成エンタルピー

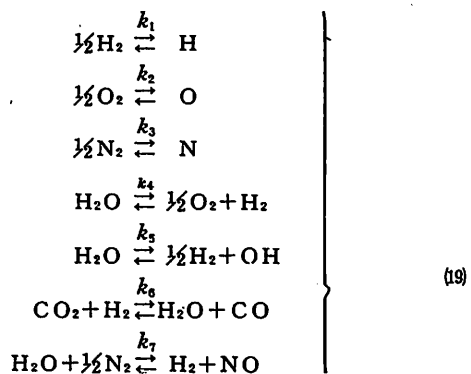
ΔS_f^0 ; 生成エントロピー

各成分の K_p 値は $\log K_p$ の形で JANAF⁴⁾ のデータに与えられている。しかし反応式中にはそのデータから直接求まらないものがある。この場合は (17), (18) の関係式から計算する。Fig. 4 は $\log K_p$ の値を T に関する多項式の形に近似して計算用のデータとしたものである。

グラフ中の K-1, K-2, ... は次の解離式中の記号 K_1, K_2, \dots と一致する。

解離式 ;

計算に使用した解離式は以下の 11 である。



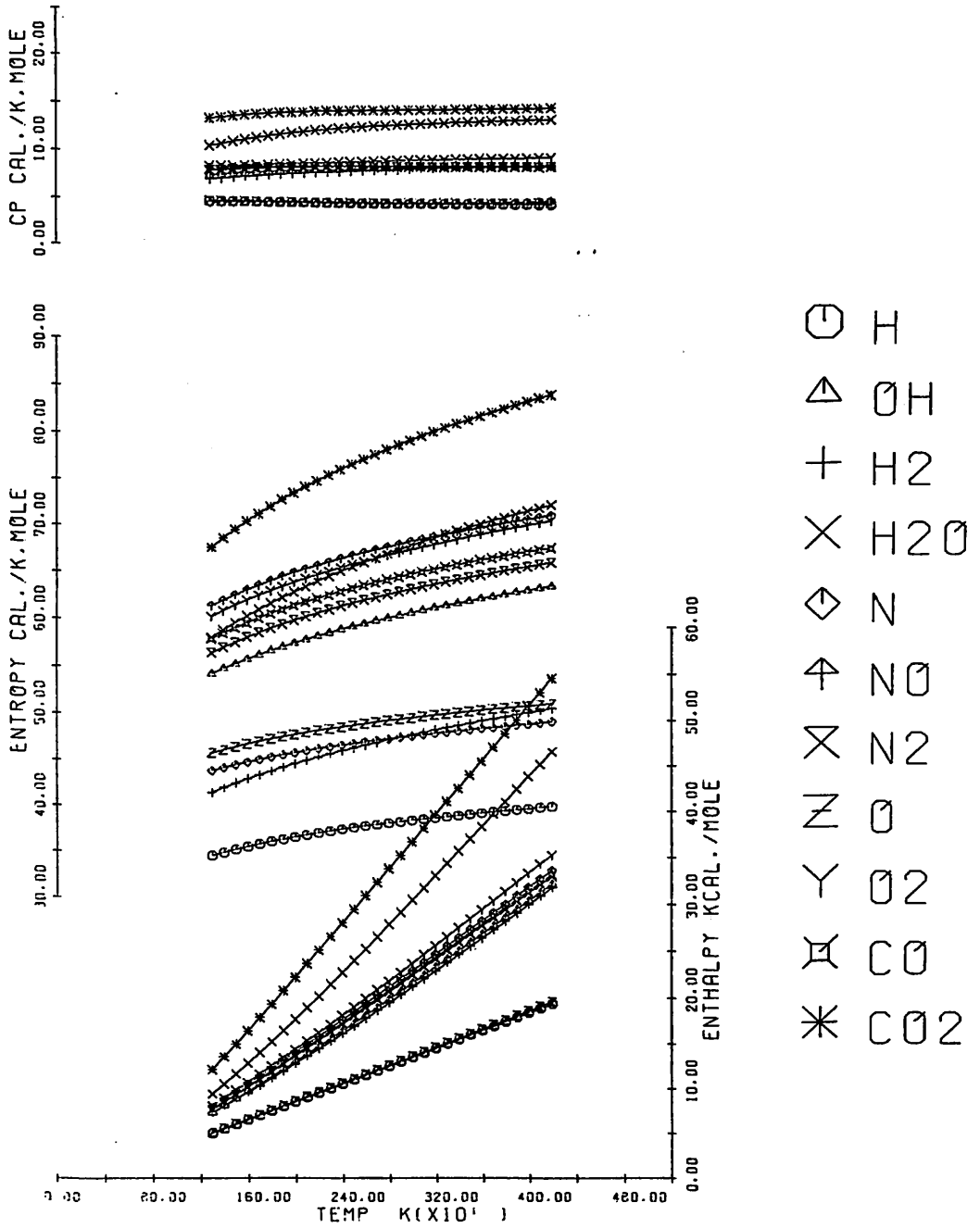


Fig. 5 Cp=si, hi diagram

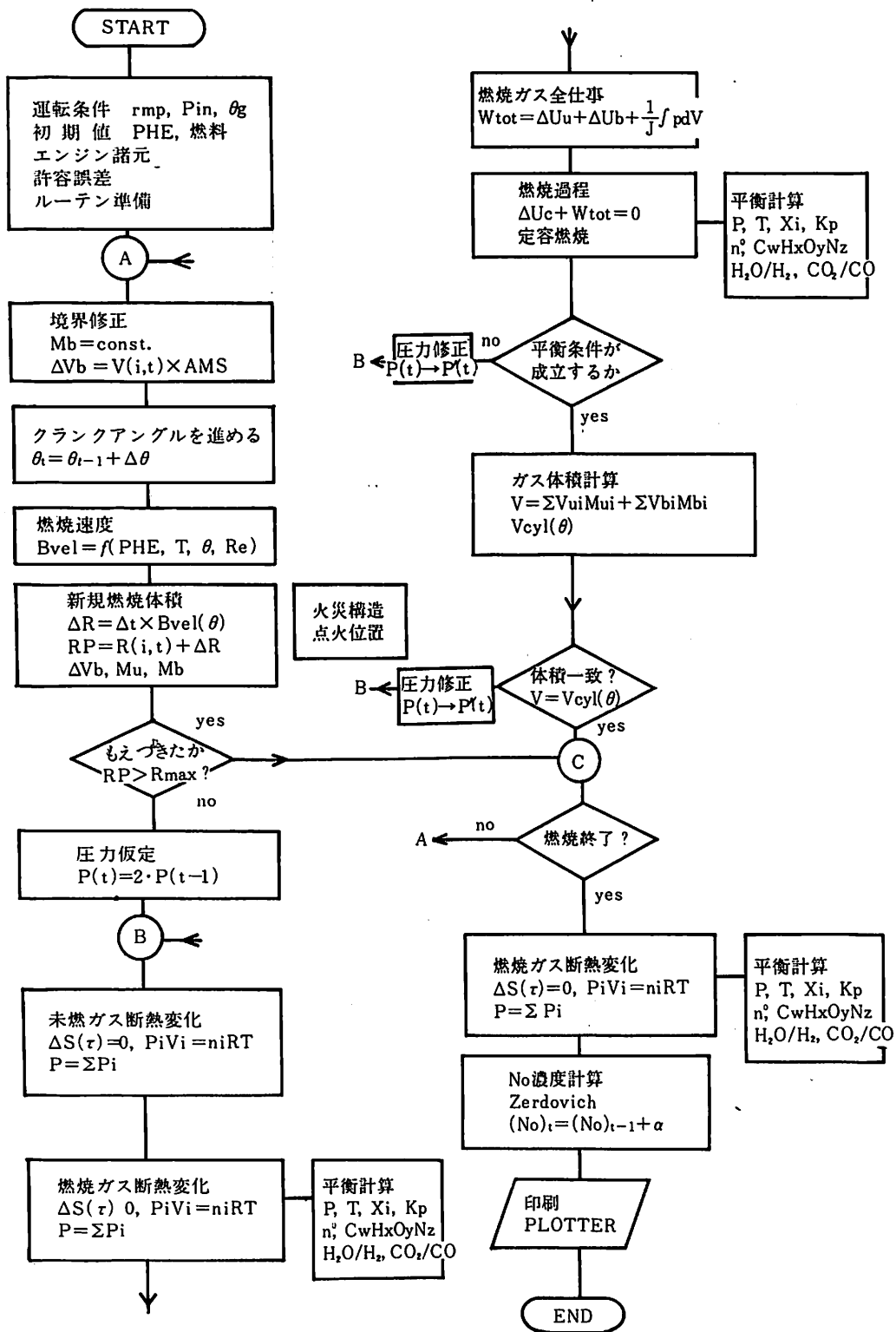
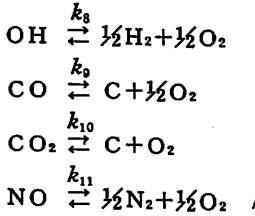


Fig. 6 Flow Chart



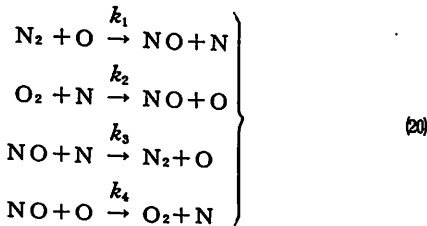
この解離式中、後の4式は k_5, k_6, k_7 の計算のために使用したものである。

以上の関係式を連立させて解き、各成分濃度を算出する。

<NOの非平衡計算>

NO, Nの化学反応速度は比較的遅く、火炎後流においても反応が進行する。NOの生成機構については $\text{PHE} < 1$ (空気過剰側) では Zeldovich 機構により説明できるとされている。その後の精しい研究により、火炎の酸素濃度の小さい部分ではOHの関与する拡大 Zeldovich 機構及び Prompt NO 生成機構によるNOがあると指摘されているが、特に Prompt NO については不明な点が多い。しかし燃料濃度が高く、酸素濃度の低い $\text{PHE} > 1$ の部分ではNOの生成に関与する成分の平衡濃度自体が小さいため、これ等の生成機構により説明されるNOの寄与は少なく、ピストン行程により排気されるまでに生ずるNO量を問題とする場合は、Zeldovich 機構で近似できると考えて計算する。したがって部分的にはNOの生成量を低く見積ることとなる。計算の初期値とし各成分の平衡濃度を使い、Nの生成についても準定常として平衡濃度を使用した。NOの生成に関与するN, Oは全て N_2, O_2 から供給されるものとした。

反応式は次の4式である。



各々の反応速度定数は次の通りである。

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= 7.0 \times 10^{13} \exp(-75000/RT) \\ k_2 &= 13.3 \times 10^9 \exp(-7080/RT) \\ k_3 &= 1.55 \times 10^{13} \\ k_4 &= 3.2 \times 10^9 T \exp(-39100/RT) \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

X_i° を各濃度の基準値とし α をNOのモル分率変化部分とする。

$$\alpha = X_{\text{NO}} - X_{\text{NO}}^\circ \quad (22)$$

の4つの式と

(23): 4 (22)を連立させて α について解くと次式で表わされる。

$$\alpha = \left(\frac{\eta}{\xi} \right) \{ 1 - \exp(-\xi \Gamma \Delta t) \} \quad (23)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{但し } \eta &= k_1 X_{\text{N}_2}^\circ X_{\text{O}}^\circ + k_2 X_{\text{O}_2}^\circ X_{\text{N}}^\circ \\ &\quad - k_3 X_{\text{NO}}^\circ X_{\text{N}}^\circ - k_4 X_{\text{NO}}^\circ X_{\text{O}}^\circ \\ \xi &= \frac{1}{2}(k_1 X_{\text{O}}^\circ + k_2 X_{\text{N}}^\circ) + k_3 X_{\text{N}}^\circ + k_4 X_{\text{O}}^\circ \\ \Gamma &= \rho / MW \\ \Delta t &: \text{積分時間} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

従って t 時のNOモル分率は次式で表わされる。

$$(X_{\text{NO}})_t = (X_{\text{NO}})_{t-1} + \alpha_t \quad (25)$$

((f)) 状態量 C_p, C_v, H, S の計算

ガスは半理想気体混合物とみなし、各成分の状態量 C_{pi}, C_{vi}, h_i, S_i にモル分率を掛けて、その和を求める。

$$\left. \begin{aligned} C_p &= \sum_i X_i C_{pi} \\ C_v &= \sum_i X_i C_{vi} \\ H &= \sum_i X_i h_i \\ S &= \sum_i X_i S_i \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

C_{pi}, C_{vi}, h_i, S_i は JANAF のデーターを基に多項式近似して計算する。

((g)) 計算法

燃焼が終了するまでの計算手順をのフローチャートに示し、その手順について以下述べる。

- ① 入力データーとして運転条件、初期条件、エンジン諸元を与えてルーチンに入るための準備計算をする。
- ② クランクアングルが進む度に燃焼ガスの体積区分を修正計算する。ここでは状態がそれぞれ変化しても各区分毎の燃焼ガスの質量は一定に保たれるものとする。
- ③ クランクアングルを進める。
- ④ 1区分燃焼終了時の圧力を仮定する。
- ⑤ 燃焼速度式と火炎構造から新規燃焼体積を計算する。増加分が大きすぎる時は、クランク角の進み方を小さくしてこの部分をやり直す。
- ⑥ 未燃部分のあるときは、その部分の断熱変化を求めて新たな状態量を定める。
- ⑦ 燃焼ガスについては各区分毎に組成計算をやり直し、各々が断熱変化して新たな状態になっている。
- ⑧ 1区分の燃焼終了時の外部仕事を計算する。
- ⑨ 定容燃焼過程計算。エネルギー保存則が成立するように、外部仕事分だけ内部エネルギーが新規

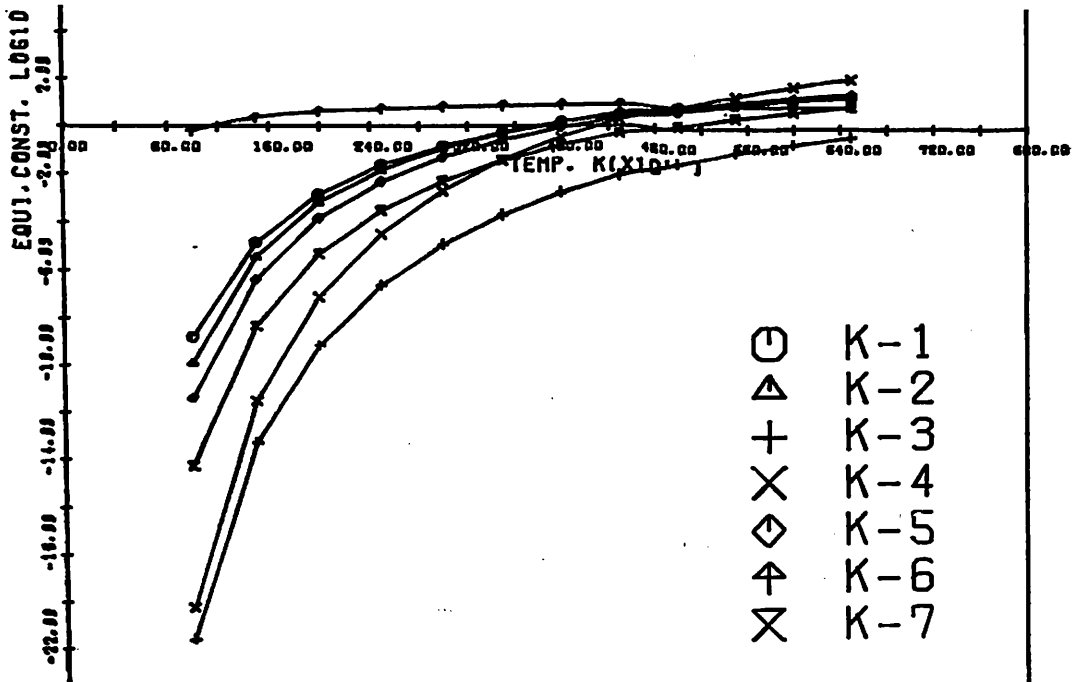


Fig. 7 Equilibrium Constant Calculated from JANAF DATA

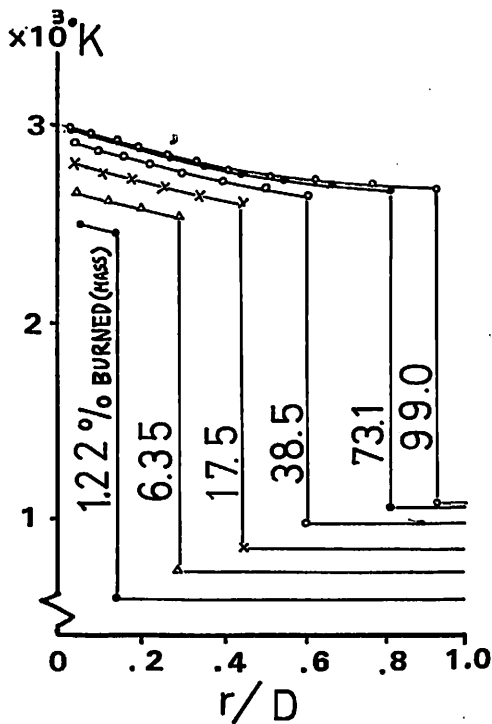


Fig. 8 Temperature of Each Part

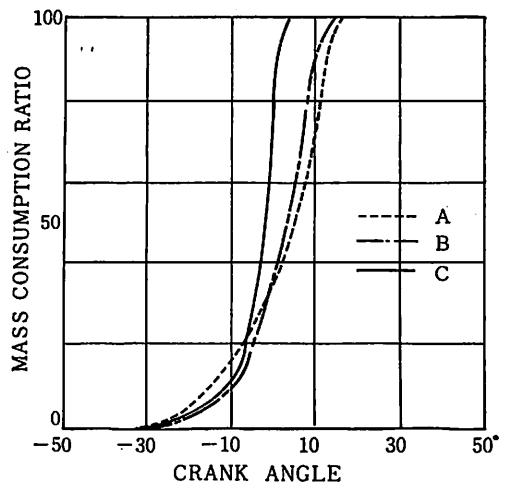


Fig. 9 Mass Consumption Ratio

燃焼区分より減ずる。

- ⑩ 平衡計算結果, その条件式が不成立の場合仮定圧力を修正してルーチンを繰り返す。
- ⑪ ガスの状態方程式から求まる各区分の体積の和とシリンダー容積を比較し, この一致精度が悪い場合は圧力を修正してルーチンを繰り返す。
- ⑫ 燃焼終了後の燃焼ガスの断熱変化。
- ⑬ 燃焼過程計算終了後NOの非平衡計算を, 平衡計算値を初期値として実行する。

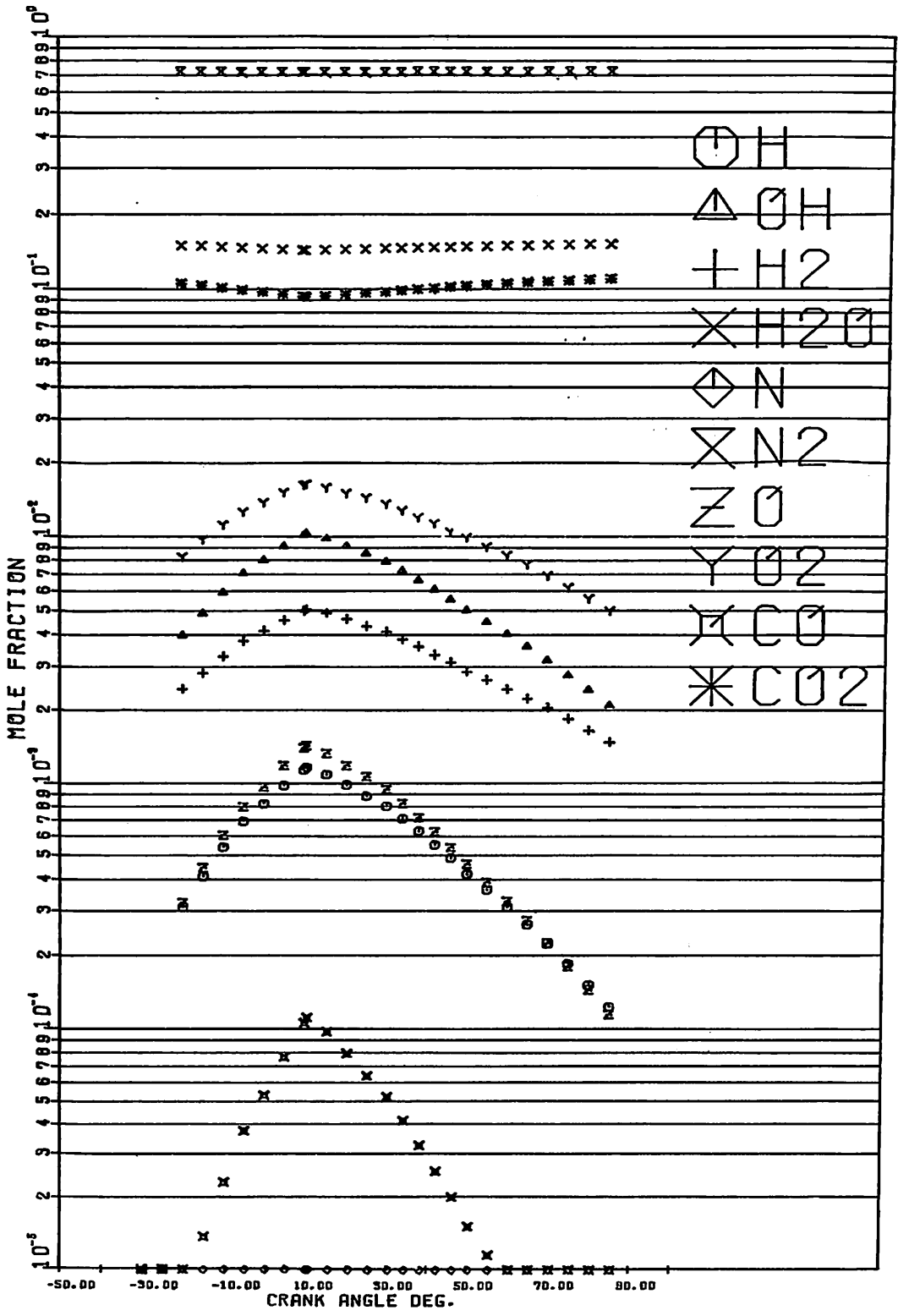


Fig. 11 Equilibrium Mole Fraction

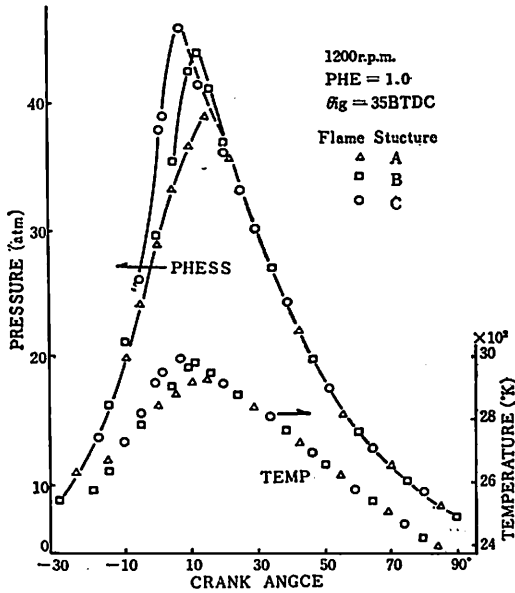


Fig. 10 P, T diagram

1,200 rpm
PHE=1.0
 θ_{ig} 35°BTDC

3. 計算結果

次の例について計算した結果を示す。

((運転条件と初期値))

エンジン回転数	1200 rpm
着火時期	35°BTDC
ボア×ストローク	100×70mm
圧縮比	5.3
全容積	682cm ³
燃料	C ₃ H ₈
空気組成	N ₂ 79.04%, O ₂ 20.96%
混合気組成	C _w H _x O _y N _z =C ₃ H ₈ O ₁₀ N _{37.3}

PHE (当量比)=1.0

((平衡組成計算))

Fig. 7 は温度を横軸にして縦軸に燃焼ガス組成モル分率をとって示したものである。各成分の分解が温度の上昇と共に進んでいることが分る、なお圧力の上昇に伴って分解は高温側にずれることになる。

((火炎構造))

Fig. 8 はシリンダー内の温度が燃焼の進行に従って変化する様子をそれぞれの区分について示したものである。急激な温度上昇の見られる位置が燃焼※である。早期に燃焼した部分は、圧縮仕事をされて

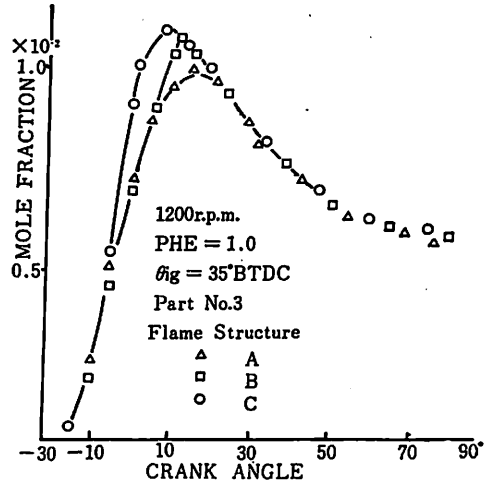


Fig. 12 Variation of NO Mole Fraction

1,200 rpm
PHE=1.0
 θ_{ig} 35°BTDC
Part No. 3

高温になっていることが分る。

先の Fig. 1 にあげた A, B, C について計算した結果を述べる。燃焼速度は図のものを使用する。

A, B, C それぞれの場合の質量燃焼率は Fig. 9 のようになる。Fig. 10 は温度、圧力が各クランクアングルに対してどのように変化するかを示したものである。

Fig. 11 は各平衡組成成分がクランクアングルに対してどのように変るかを示している。

Fig. 12 は NO の非平衡計算結果を示す。A, B, C 各火炎構造について、空間分布の最高値を示す区分の NO モル分率をクランクアングルに対して表示したものである。

以上の結果、火炎構造の相異はシリンダー内の温度、圧力に大きな影響を与えており、NO の生成にも影響が及んでいる。その傾向は上死点直前に急激な質量燃焼増加をする C 形が最も高い NO 濃度を示し、比較的ならかに燃焼する A 形が最も低い値を示している。この傾向は火炎から放熱を考慮すればさらに助長される。

4. あとがき

本報のシミュレーション計算により、この解析モデルは、エンジンの排気測定値と比較して、その傾向は把握できていると思われるが、ガス流動や放熱等の大きな問題が残されているため、燃焼過程だけ

をとっても不十分なものである。しかし、この解析モデルによる計算は時間的及び空間的組成濃度の把握が一応可能であり、火炎構造の相異による燃焼ガス組成変化への指針も得られる。

更に実験によるデータとの比較検討を重ねて、解析モデルの評価と改良を進めなければならない。

参考文献

1. Eyzart, P. and Guibet, J.C., "A New Look at Nitrogen Oxides Formation in Internal Combustion Engines" SAE Paper 680124
2. Huff, V. N., Gordon, S., and Morrel, V. E., "General Method and Thermodynamic Tables for Computation of Equilibrium Composition and Temperature of Chemical Reactions" NACA Report 1037
3. 八田桂三・佐野妙子, "点火機関の燃焼および性能に関する数値実験的研究第一報" 東大宇宙研報告 第10巻 4号
4. JANAF Thermochemical Data, The Dow Chemical Company Midland, Michigan (1965)
5. Lavie, G. A., Heywood, J. B. and Keck, J. C. "Experimental and Theoretical Study of Nitric Oxides Formation in Internal Combustion Engines" Combustion Science and Technology, 1970. vol. 1
6. Lichty, L. C., "Combustion Engine Processes" McGraw-Hill, 1967
7. Muzio, L. J., "Theoretical and Experimental Investigation of Temperature and Concentration during Combustion in a Closed System" Ph. D. Thesis, University of California, Berkeley.
8. Wewis, B. and Von Elbe, G., "Combustion, Flames and Explosions of Gases" Academic Press.
9. Woschni, G., A Universally Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in the Internal Combustion Engine" SAE Trans. 670931.
10. Zeldovich, Y. B., "The Oxidation of Nitrogen in Combustion Explosions" Acta Physicochimica, USSR, 21, 537-628.

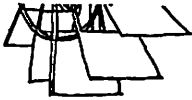


株式 大阪造船所 株會社

本社 大阪市港区福崎3丁目1-201
電話 大阪 大代表 (571) 5701
東京事務所 東京都中央区日本橋本町1-6
電話 東京 (241) 1181・7162・7163・7167



技術者の夢

背景の変化にともなう
新技術開発

昭和52年の新春を迎えるにあたって

—新技術開発並びに新市場 開拓で不況を乗り切ろう—

濱 田 昇

(財)日本船用機器開発協会理事

1. わが国造船業はじめて操短勧告

オイルショックを機に、世界的な不況は海上輸送量の伸びの低下をまねき、海運、造船業界は深刻な不況に見舞われている。

このため昨年末運輸省は造船業の操短勧告を出し、わが国造船業界の経営維持への努力を求めている。

この操短勧告は造船業の低操業体制に対応した船価維持、雇用への万全な対策を計るものである。

更に原油値上げがOPECの総会の結果で予想され、値上げが決まれば海運マーケットも下がればなしで、新造船の発注に全く結びつきにくいものとなり、わが国造船業界は操短勧告を下回るほどの厳しい情勢下におかれることになろう。

2. EC、貿易不均衡の是正としてわが国造船業を指摘

そのうえ昨年末以来EC（欧州共同体）との貿易不均衡の是正という新しい問題が起こり、わが国造船業界は、本年はまことに困難な道を歩かねばならず、いかにして乗り越えるかは官民の協力が何よりも大切なことである。わが国の造船業界がこのような情勢下におかれると、それに支配される造船関連工業界もまた同じ道を歩かねばならない。

3. 急がれる造船、造船関連工業界の体制整備

わが国は特に昭和31年以来、船舶の建造量においても、主機関の製造量においても、世界のトップの座にあり、かつその建造の主力が石油に縁の深いタンカーであり、かつ巨大船に重点がおかれてきたので、設備をはじめ装備並びに船用機器にいたるまで、この線にそって整備されてきた。このために、今後のわが国の造船並びに造船関連工業界を新輸送方式に対処する体制を整備することは、まことに大

変なことといえよう。

4. 今こそ新技術開発の時

従来ややもすれば、その日の仕事に追われがちで、新市場開拓や新技術開発に目が届かなかったきらいも多く、産業界全般の不況の中の今日の造船界は、不況を乗り切るために官民協力して新市場の開拓、新技術開発を行なわねばならず、また、これを行なう絶好の機会であり、この面において大いに努力しなければならないときといえよう。

5. 開発協会、調査に全力投球

私は一昨年5月に開発協会に着任してすぐ開発協会の主たる事業として、果たして数年後は、今までのような海運、造船業が再現するものであろうかという点に主眼をおいて調査に重点をおき、この方面の方向づけに全力を投入してきた。

今までは当開発協会は主として皆様方から提出される技術開発課題をフォローしてゆくことが主なる仕事であったが、同時に自ら将来の海運、造船業界の新市場、技術のあり方、姿、特にシステムとして取り上げる方向を見出し、当協会として、どのような開発を行なってゆくべきかを検討し、努力している。

6. 加工情報として“夢”のシリーズ作成

—世界各国の海運造船の新技術について—

“世界各国の海運造船の新技術について”のわかりやすい加工情報として“夢”シリーズを作成し、幸い17号を発刊するまでになった。本資料が海運造船並びに造船関連工業界の経営者の技術の発想のお役にたてばと、本年も大いにがんばってゆくつもりである。

7. 調査（夢のシリーズ）早くも実を結ぶ

本年（52年度）開発協会が取りあげた開発課題は

31件で、この中で“夢”のシリーズがヒントとなって生まれてきたプロジェクトはなんと7件もあり、このうちには昨年からはじまったものもあり、早くも調査の成果が現われてきたことは、私としてはまことにうれしく、努力のしがいがあったと、深く感謝している次第である。

なおこれらのプロジェクトは

- (1) no engine room の開発
- (2) 高性能半没水型船舶の開発
- (3) 造水プラント船の開発
- (4) 波力発電装置の開発
- (5) 無給電、定点航路標識の開発
- (6) 省エネルギー船舶の開発
- (7) 小形水中作業艇の建造

である。

これらのプロジェクトの実用化については、他の開発課題とともに、当協会としては大いに頑張ってゆきたいと思っている。

造船、造船関連工業界の不況を乗り切るために、調査に全力を投球するとともに、その実用化を促進し、皆様方とともに、なんとしても本年は明るい、よい年にしたいものである。

8. 夢のシリーズがヒントになって生まれてきた開発課題の概要について

(1) no engine room の開発

新しい電気推進プラントとして、立体的に発電機を甲板上に置くことによって推進機関室の長さを大幅に減少しうる。本年は、no engine room システムの開発の実用化として、7,000 t のセメントタンカー用電気推進プラントの製作を4社の共同で開始する。

この最大の利点は、カーゴスペースが10%増加することである。

なおまた、造船所は現在の設備の中で建造スケジュール（特に機関部）の最適化が可能で、これによる船価の低減も考える。そのうえ、乗組員の減少、燃料費の節約等からの運航面の経済性を増すことができ、この no engine room システムの採用こそ広範囲の種類の船に対し、理想的船用推進プラントの向かうべき方向を示すものといえよう。

この応用として現在実用化が検討されているものに、750 t の漁船が計画されている。機関室の合理的な配置により、作業スペースが20%以上広くなり、極めて経済的な漁船が可能となる。

更に近い将来、タンカーとかプロダクトキャリア等の公害防止の見地から、船体構造を強化するためダブルハルの採用が余儀なくされた場合、このためカーゴスペースが約10%減少するが、これを補うため、この no engine room システムは最適な方法である。

(2) 高性能半没水型船舶の開発

半没水型船舶の最重要要素は、2基の魚雷型没水体とこれに連絡する貨載用水上部構造であり、没水体には造波抵抗が生じないため、同じ寸法の一般船と比較すると半分の燃料費ですむことになる。また単胴型船に比べ、波浪中の運動が一けた小さく、更に甲板面積及び内部容積がより大きい設計となりうる。

全く新しい船型船種なので、去年は水槽実験を行ない、本年は、水槽実験だけでは不十分なので、更に海上広範囲な試験を行なう必要がある。そのため海上実験の最小のサイズのものを建造し、各種の実験を行なうものである。

船の大きさは約10m、排水量は約17 t としている。

半没水型船舶は荒天時においても運航が可能で、作業も安全かつ効果的に行なうよう波浪中の運動、推進が良好で、作業スペースも十分広く取れるため、海洋開発用船舶、すなわち、海洋作業船、海洋開発用支撈船として広く使用が予定され、さらにフェリー、輸送用船舶、漁船をはじめ、ヘリコプター搭載用の海上保安庁、防衛庁用にも広く使用可能であり、外国では第4世代のコンテナ船として、この高性能半没水型船舶の開発が企画されている。わが国としても早急にこの新形式船舶の開発を行なう必要がある。

(3) 造水プラント船の開発

係船タンカーの数を減らし、かつ水不足で造水施設を造るのに製作場所、工員の確保が困難な国に、タンカーを移動可能な造水プラントに改造するものである。

造水プラント船については、当開発協会に中近東から昨年来引き合いがきており、清水供給が十分でない所や観光用地にも適している。

また油掘削リグへの清水供給のため、メキシコ湾や北海の油掘削海域にも需要があろう。

また災害地の緊急用等にも最適であろう。

(4) 波力発電装置の開発

新しいエネルギー源の開発は、世界的に強く要望されているが、資源に乏しいわが国では特に急務である。四面海に囲まれたわが国として、波力の利用が最も有望と考えられ、波力はまた太陽エネルギー等と同様自然の膨大かつクリーンな無公害エネルギーなのである。

波力の利用について、従来どこにもなかった全く新しい方式、すなわち垂直振動式波力発電装置を開発し、エネルギー問題解決の一助としたい。

ここに開発せんとする波力発電は円筒状、浮体を垂直に浮揚させ、その垂直方向の固有振動周期を波周期に一致させて浮体を共振状態に置き、波高の数倍ないし10数倍する上下振動を起こさせ、浮体下部に設けたプロペラとその周囲の水との間に相対的な速度差を生ぜしめプロペラに回転力を発生させて、このプロペラと連絡する発電機により電気的エネルギーを取り出さんとするものである。

従来も波力発電方式はいろいろ実用化に供されているが、100W出力程度のものだけで、今回の実験装置では少くとも2KW以上の出力は可能であり、この方式は大いに期待されるものである。

(5) 無給電、定点航路標識の開発

船舶の高速化、大形化、航路のふくそう、新しい航路の開発等の事情から、航路標識の位置の正確さが要請され、また保守の容易さが求められている。そこで定位置に直立し、標識部が海面上の一定の高さを保ち、長寿命重量の無給電灯火を装備する優れた航路標識を開発し、安全性、経済性の向上を図る。

無給電、定点という二つの特質により航海の安全を図る最良の標識として、また位置精度が向上することによって航路のしゅんせつ費用を大きく節減することが出来る。更に無給電のため、標識の保守維持の費用が大幅に減少する。

またこの航路標識の構造の応用としては、1点係留用シーベースとして、またラッシュ船等の係船用にも利用されるもので、輸送体制システムとして、この構造の応用も近い将来の課題となるものである。

(6) 省エネルギー船舶の開発

オイルショック以来、省エネルギーの問題がクローズアップされてきた。船舶における省エネルギーの取りあえぬ対策は、スピードを落とすことであるが、効率の点からみればあまり感心できる方法

ではない。同じ速度を維持しながら、省エネルギーを考えねばならぬので、その最もよい対策としては、プロペラの回転数を落として推進効率を上げることである。

プロペラの回転数を落とす装置としては、私どもが10年前に運輸省時代の大型プロジェクトとして開発し、現在主機関用の減速装置として沢山使用されている遊星歯車が、この場合も主役として大いに役だつことであろう。

なおプロペラ回転数を落とすとプロペラの径が40~50%大きくなるので、このシステムは同時に船体の船尾形状とも関連するものである。すなわち船尾形状の開発もまた重要なことなのである。

当協会としては、昨年、船舶技術研究所の応援をえて独特な船尾形状(特許申請中)について回流水槽の試験を行ない、予想外の好成績を納め、目下実用化のための準備中である。

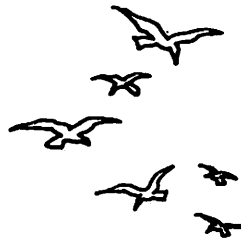
(7) 小形水中作業艇の建造

海洋開発の作業は年々大規模、複雑化、大深度化の傾向をたどっている。本四架橋の工事等も本格化してきた現在、大陸棚以浅の調査作業は今後ますます増加する傾向にある。

当開発協会として先の試験艇につづいて、実用に適する深度300m以浅の無人、有人の小形水中作業艇を建造し、これからの新市場の開拓として海洋土木、水産等の開発その他に広く貢献することを期待している。

小形無人水中作業艇としては使用深度300m、重量1.5t、最大速力3kt、TV装置、マニピュレーター、ソナー等を装備している。

小形有人潜水調査艇としては、重量5.6t、使用深度200m、乗員2名、マニピュレータを備え、下半部が透明なため視野が広く観察が便利になっている。



恵美洋彦 / 伊東利成

日本海事協会船体部

10-4-2 アルミニウム合金の溶接

3. 溶接部の機械的性質

(1) 一般

低温溶接構造用として使用されている 5083-O 材は、軟質材であるので、所定の溶接材料を用いれば、溶接後の継手強度は母材と変わらないものとする事ができる。また、低温引張性質も同様に母材と比較して同等の強度のものとする事ができる。図 10-150 及び 151 は、5083-O 材に 5183 溶接材料を用いて溶接した継手の各温度における引張特性を母材と比較する意味で挙げたものである。

表 10-65 には、10-4-2 の 2 項で示した各種低温

用アルミ合金のミグ溶接継手の引張特性の 1 例を示す。

(2) 溶接材料の組成と溶接部の機械的性質

アルミ合金 5083-O 材を 5183 の溶接材料で溶接する場合、継手強度は化学組成及び溶接凝固組織の影響を受ける。5083 の強化成分は Mg, Mn, Cr 等で、中でも主成分の Mg 及び Mn の影響が大きい。すなわち溶接継手の引張強さは、母材及び溶加材中の Mg 及び Mn で決まり、継手強度を上げるためには、Mg を、それも溶接材料中の Mg よりも母材の Mg 量を増やすことが有効である。これらの関係を示す実験式として次式¹⁾が示されている。

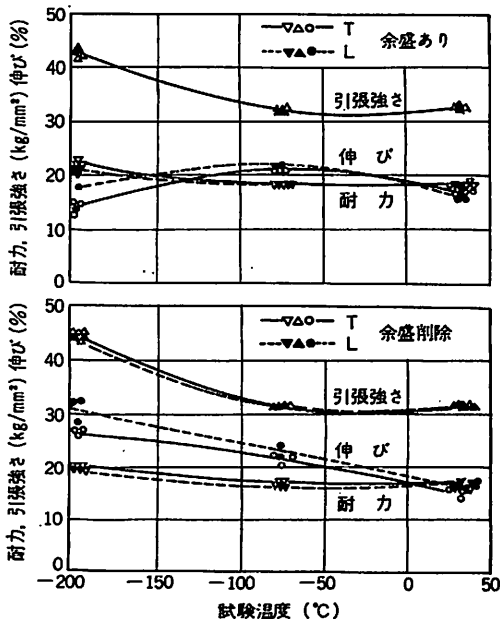


図 10-150 5083 合金 (10 mm) MIG 溶接継手 (溶加材 5183) の低温引張性質 (平滑材)

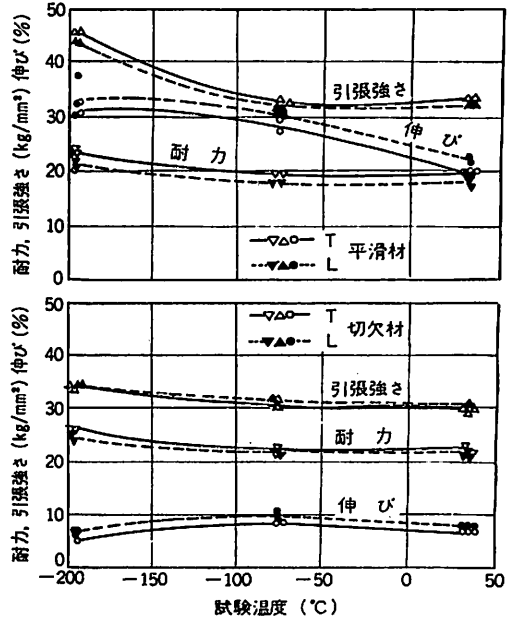


図 10-151 5083 合金 (10 mm) 板 (母材) の低温引張性質

表10-65 各種低温用アルミ合金とミグ溶接継手の機械的性質

アルミ合金名	母材最小値			母材(代表値)					ミグ溶接断手の横引張強さ(余盛削除断面縮小試験片)			
	引張強さ (kg/mm ²)	0.2%耐力 (kg/mm ²)	伸び (%)	せん断強さ (kg/mm ²)	疲れ強さ 5×10 ⁸ (kg/mm ²)	引張試験			ワイヤ	引張強さ (kg/mm ²)	0.2%耐力 (kg/mm ²)	伸び (%)
						引張強さ (kg/mm ²)	0.2%耐力 (kg/mm ²)	伸び (%)				
2014-0	22.5	11.2	16	12.7	9.1	19.0	9.8	21	4043	20.4	9.8	18
									5356	21.1	10.5	17
-T 3	41.5	25.3	14	—	—	44.3	28.1	20				
-T 4				26.7	14.1	43.6	29.5	22	4043	24.6	14.1	4
-T 6				29.5	12.7	49.2	42.2	11	2014	29.5	28.1	2
									2014(T6)	49.2	44.3	2
2024-0	22.5	11.2	16	12.7	9.1	19.0	7.7	20	4043	21.1	11.2	15
									5356	21.1	11.2	15
-T 3	45.0	29.5	15	28.8	14.1	49.2	35.2	18				
-T 4	43.6	28.1	15	28.8	14.1	47.8	33.0	20	4043	28.5	20.5	3.1
									5356	30.1	19.8	3.9
									2024	29.5	28.1	4.0
									2024(T4)	37.9	—	4.0
-T36	48.5	36.6	9	29.5	12.7	50.6	40.1	15				
2219-0	22.5	11.2	12	—	—	17.6	7.7	18	2319(T62)	39.4	28.1	7.0
-T62	38.0	25.3	6	—	10.5	42.2	22.5	10	2319	25.3	13.7	4.0
-T81	42.9	30.9	6	—	10.5	46.4	39.6	10	2316	26.7	18.3	3.0
									2319(T87)	28.8	23.9	2.0
3003-0, 3203-0	9.8	3.5	25	7.7	4.9	11.2	4.2	35	1100	9.1	4.2	20
									4043	9.3	4.9	17
									5183	9.8	5.6	14
-H 12	12.0	8.4	8	8.4	5.6	13.5	12.7	10	1100	11.2	—	—
-H 14	14.1	12.0	5	9.8	6.3	15.5	14.8	8	1100	11.2	6.0	25
-H 16	16.9	14.8	4	10.5	7.0	18.3	17.6	5				
-H 18	19.0	16.9	4	11.2	7.0	20.4	19.0	4	1100	11.2	6.0	15
5083-0	28.1	12.7	16	17.6	—	29.5	14.8	22	5183	30.2	14.8	26
									5356	28.8	14.8	17
-H321	30.9	21.8	12	—	16.2	32.3	23.0	16	5183	30.6	15.5	12
									5356	28.1	14.8	16
									5556	30.2	14.8	14
6061-0	15.5	8.4	16	8.4	6.3	12.7	5.6	25	4043	12.7	6.3	32
									5356	12.7	6.3	5
-T 4	21.1	11.2	16	16.9	9.8	24.6	14.8	22	4043(T6)	31.5	—	—
									4043	18.0	—	7.6
									4043(T6)	27.4	—	3.4
-T 6	29.5	24.6	10	21.1	9.8	31.6	28.1	12	4034	19.0	12.7	8.5
									5356	21.2	14.1	15
									5154	21.1	8.4	15
									4043(T6)	30.9	28.1	2
									5356(T6)	30.3	21.5	1
7039-T61	28.7	31.6	10	27.4	—	42.2	35.2	14	5039	35.2	21.1	10
									5183	33.0	22.5	10
									5356	31.6	20.8	11
7075-0	28.1	16.9	10	15.5	—	23.2	10.5	17	4043	23.2	14.8	12
									5356	22.8	14.6	14
									4043	26.0	20.4	2
-T 6	54.8	49.2	7	33.7	33.7	16.2	58.3	11	4043(T6)	31.5	20.4	3.7
									5356	21.7	20.5	2
									5183	28.1	21.4	4

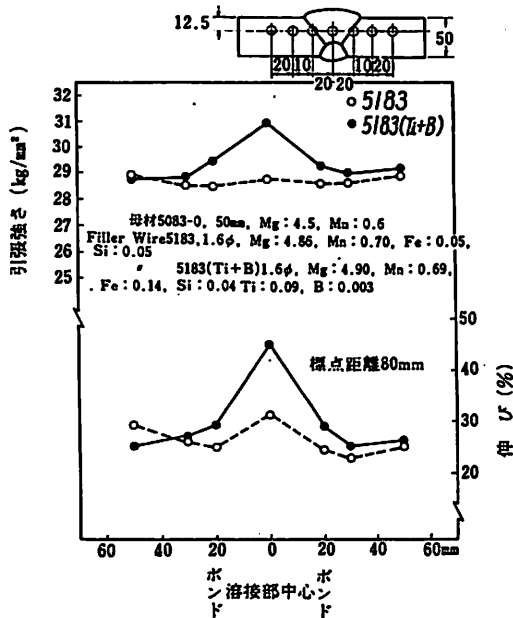


図10-152 溶接継手各部の微小引張試験結果⁴¹⁾

(Cassie らの式)

$$U. T. S \text{ (kg/mm}^2\text{)} = 7.97 + 3.10Mg(p) + 2.20Mn(p) + 0.99Mg(f) + 1.12Mn(f)$$

ただし,

Mg(p), Mn(p); 母材中の Mg, Mn 量

Mg(f), Mn(f); 溶接材料中の Mg, Mn 量

この式は、通常の TIG, MIG 溶接法を用いた標準的な条件で行なわれた溶接継手に対してはその強度をよく表わしている。

厚板の場合、溶接継手強度を確保するため Mg や Mn を規格値の上限に近い値でコントロールすることが必要であるが、これらの成分が増加すると相対的に溶接金属の延性やじん性を減少することになる。そこで、溶接継手強度の向上を主成分以外の微量添加成分、あるいは不純物のコントロールで調整することが考えられる。

微量元素では、溶接材料に Ti-B を微量添加したり、または母材自身を Ti-B または Zr 処理することは、溶接微小割れ防止に有効であるばかりでなく、溶接金属の粗大柱状晶または羽毛状晶の発生を防止し、溶接金属の強度及び溶接部の曲げ延性の向上にも有効である。ただし、B の添加は、必要以上に多いとじん性の低下を招くので注意を要する。図 10-152 に微量成分の影響の例を示す。

不純物元素については、Fe, Si 量が増加するとじ

ん性が低下するので、最近では、Fe, Si を制限した 5183 溶接材料が選定され、使用されている。Fe, Si はある程度溶接金属の静的引張強さを高めるのに寄与しているが、現在の一般的規格の 5183 溶接材料の Fe, Si の上限量 0.4% は大きすぎ、それぞれ 0.1% 以下程度にすることが望ましいとされている⁴¹⁾。

(3) 溶接入熱と溶接金属の機械的性質

5083-O 材のような非熱処理合金の軟質材は、他の熱処理合金または加工硬化材に比較して、溶接熱影響による強度低下は通常受けないとされているが、最近の溶接技術の進歩とともに、厚板では各種の高効率自動溶接が採用され、大入熱溶接が用いられるようになり、熱影響の問題が無視できなくなった。

図 10-153 は 5083/5183 継手の全溶接金属の強度と溶接入熱の関係を示す例で、入熱の増加と共に引張強さは低下の傾向を示している。この機械的性質の低下の原因として、強化成分である Mg の母材による希釈及び、溶接時における蒸発損失等の組成に

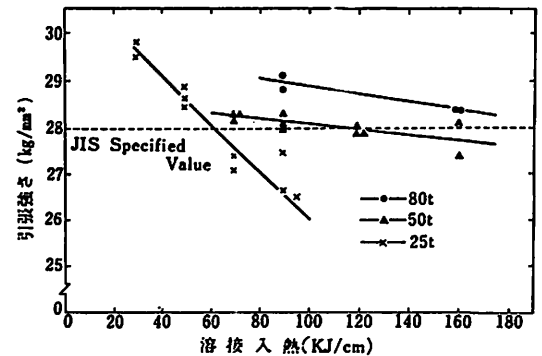


図10-153 全溶接金属の引張強度に及ぼす入熱の影響⁴¹⁾

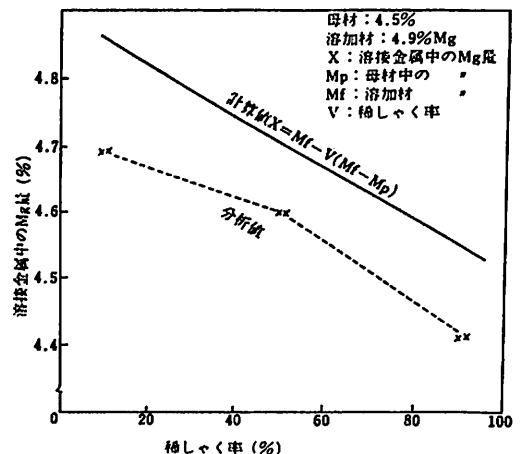


図10-154 溶接による Mg 量の移行⁴¹⁾

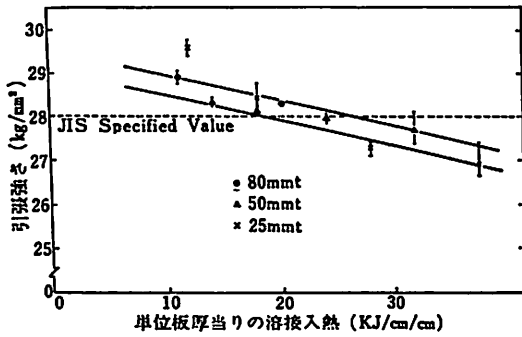


図10-155 全溶接金属の引張強さに及ぼす単位板厚当りの入熱の影響⁴¹⁾

起因すること、デントライトセルサイズの粗大化を主とする溶接凝固組織に起因することの両者が考えられている。また図10-154及び155に溶接によるMgの移行を示す。

ランドライトセルの大きさについては、溶接金属の凝固速度の影響を受けるので冷却速度すなわち板厚が関係するとされている。図10-155は、板厚を異にした継手の全溶接金属の強度を単位板厚当りの入熱で整理した例で、入熱を考慮して溶接金属の強度(母材規格値 $\sigma_B \geq 28 \text{ kg/mm}^2$)を確保するためには、材料面で、母材及び溶接材料中の主成分コントロール、施工面では入熱制限を行なうことが必要という結果が得られている。

これらの結果、通常の市販母材(4.6Mg程度)と溶接材料(4.8ないし4.9%Mg程度)の組み合わせでは、単位板厚当りの入熱; 20 KJ/cm/cmが安全側の入熱の上限となる。

(4) 角変形、目違いの影響

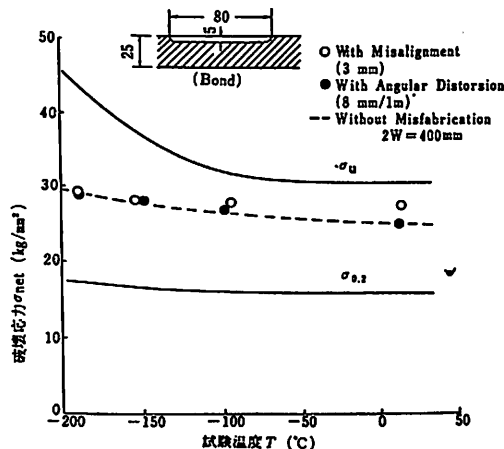


図10-156 工作誤差が破壊応力に及ぼす影響⁴¹⁾

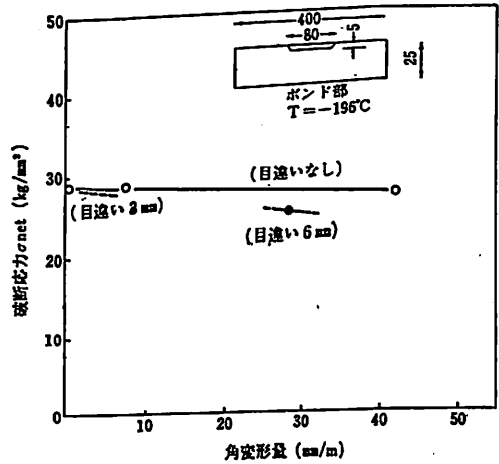


図10-157 工作誤差が破壊応力に及ぼす影響⁴¹⁾

図10-156及び157に工作誤差を有する継手の表面切欠付引張試験の結果を示す。これによれば、8/1000程度の角変形、3mm程度の目違い量では母材の規格値を満足しており、さらに角変形、目違い量を増加させても破壊応力は耐力よりはるかに高く、急激な応力の低下は認められない。したがって、5083/5183 溶接継手のように延性に富む材料は、工作誤差に対して鈍感であり、溶接継手としては比較的 안전한材料であることが分る。

(5) 溶接欠陥の強度に対する影響

静的引張強度は10-4-3、疲労強度は10-4-4参照。

(6) 溶接部の軟化

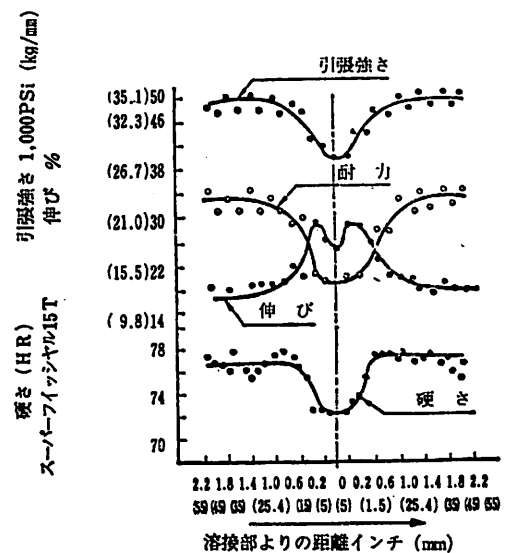


図10-158 5083-HI113材の溶接継手付近の機械的性質—板厚 6.3mm, 溶加材は5083—

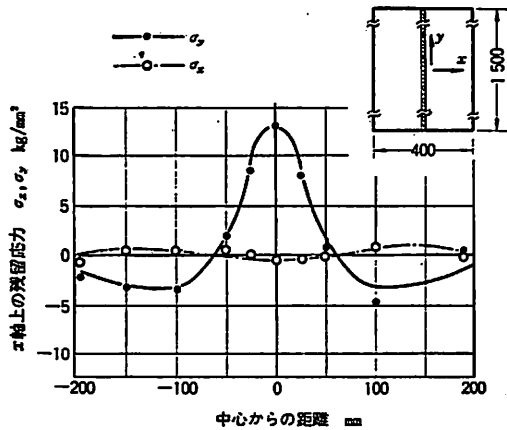


図10-159 たて継手の残留応力分布 (x 軸上の σ_x, σ_y)⁴⁸⁾

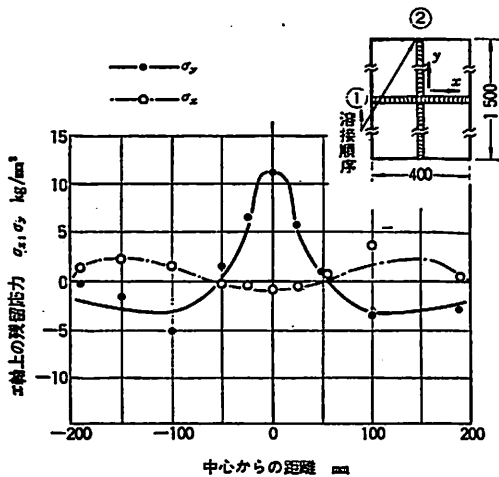


図10-160 十字継手の残留応力分布 (x 軸上の σ_x, σ_y)⁴⁸⁾

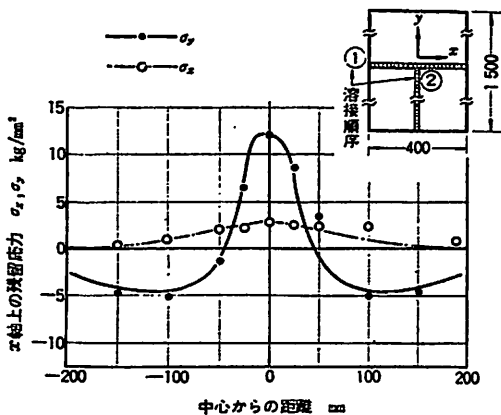


図10-161 T形継手の残留応力分布 (x 軸上の σ_x, σ_y)⁴⁸⁾

LNGタンクには、これまで述べてきたように焼なまし材が用いられ、特に強度は低下しないが、防撓材等に使用する型材には、5083-H113材等加工硬化材が用いられる。この場合、溶接部は図10-158に示すように、アーク熱の影響を受けて軟化して軟質材の強度と同じようになる。

4. 溶接部の残留応力

RR812委員会⁴⁹⁾は5083-O材のT形、十字及び縦シーム溶接継手の3種類の継手形状に溶接された試験片について溶接残留応力分布を計測している。その結果は図10-159ないし161に示され、これには、板厚25mmの試験片に2.4mmφ中のA5183-WY (Ti, B入り)電極ワイヤでMIG溶接された試験片が用いられている。

σ_x 及び σ_y は図に示した座標軸のそれぞれ x 方向及び y 方向の残留応力である。 σ_x の分布は、継手の形状により異なるが、 σ_y は継手の形状が異なってあまり影響をうけず各継手とも同様な分布をしており、引張の最大残留応力は、いずれの継手形状の場合も約12kg/mm²であり、0.2%耐力にほぼ等しい。

このような残留応力が存在するときのじん性についても同委員会で試験されているが、これについては、10-4-3で紹介する。

10-4-3 アルミ合金及びその溶接部の破壊強度

1. 各種じん性試験による評価

アルミニウム合金は、その結晶構造が面心立方格子であるために低温ぜい性を示さない。しかし、そのじん性を評価するために各種のじん性試験が行なわれている。以下、アルミ合金のじん性評価試験として用いられている主な試験によつたじん性評価の例を示す。

(1) 小型衝撃試験

鋼材等で行なわれている小型衝撃試験 (Vノッチシャルビ等)によるじん性評価は、アルミ合金及びその溶接部では、低温域の衝撃値は常温より徐々に連続的に低下し、これらの試験方法で求められるぜい性域に移る遷移温度は認められない。

したがってこのような衝撃試験は、遷移点がなくじん性の高いアルミニウム合金には、10-2でも紹介したように液化ガスばら積船の各規則、APIやASME等の陸上タンク規格でも、この種の試験を除外している。

しかし、鋼との比較、試験が簡単にできること等の理由で2mmVノッチシャルビ試験は、アルミニ

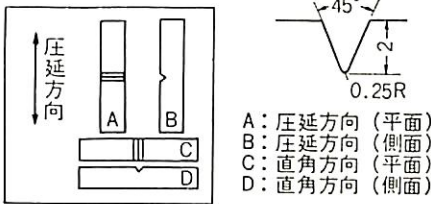
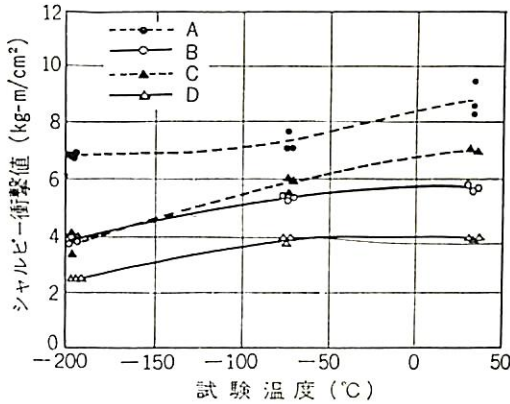


図10-162 低温におけるシャルピ衝撃値 (5083-O材)

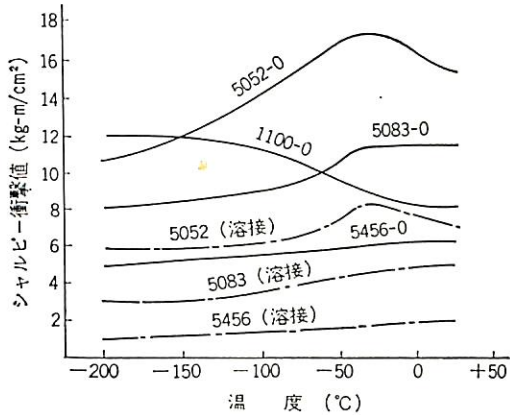


図10-163 Al-Mg 合金およびその溶接部の各温度におけるVノッチシャルピ衝撃試験結果

ウム合金及びその溶接部に対して比較的多く行なわれているが、材料のじん性を定量的に判定することはむづかしい。

図10-162ないし165にアルミニウム合金及びその溶接に対する2mmVノッチシャルピ試験の例を示す。

(2) 小型切欠き引張試験

アルミニウム合金のじん性を評価する試験方法の1つとして、切欠き引張試験がある。この試験では、材料が負荷応力の増加に伴って瞬間的に破壊するか否かの指標として切欠き耐力比(Notch yield

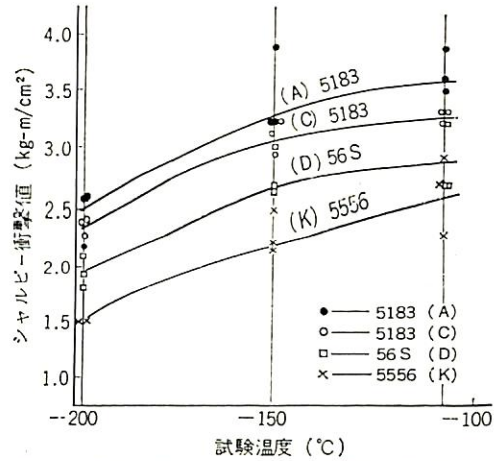


図10-164 溶着金属のVノッチシャルピ衝撃試験結果

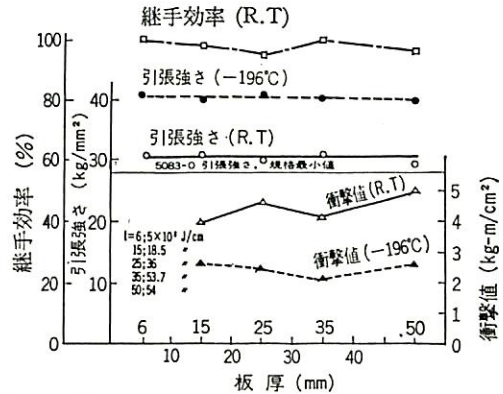


図10-165 5083-O 材のMIG 接溶における板厚と継手強度および溶接金属の衝撃値の関係(板厚6mmは通常のMIG, 密厚15, 25, 35および50mmは大電流MIG)

ratio), または切欠き降伏比が用いられる。すなわち、

$$\text{切欠き耐力比} = \frac{\text{切欠き付試験片の破壊応力}}{\text{平滑試験片の耐力値}}$$

で切欠き耐力比が与えられ、この比が1.0より大きい場合は、切欠き先端及びその近傍にかなりの塑性変化形を伴って破壊することを意味し、瞬間的な破壊をしないことが予想される。したがって、切欠き耐力比>1.0がこの試験のじん性判断の1つの目安となる。

この切欠き耐力比の値は、試験片の形状によって差がある。小寸法板状、丸棒試験片に対してASTMでは、図10-166に示すような形状を規定している。

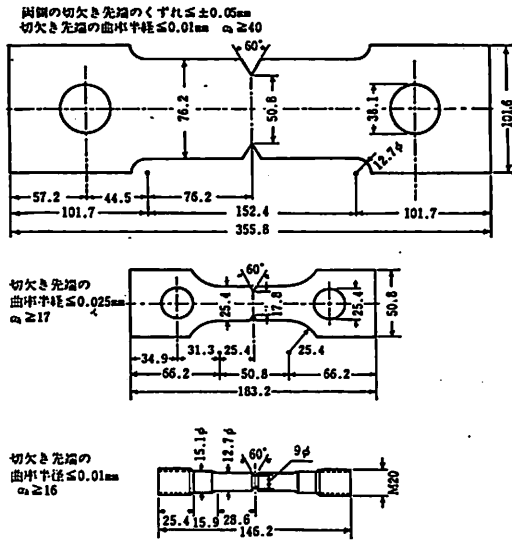


図10-166 切欠き引張試験片の代表的形状⁴¹⁾

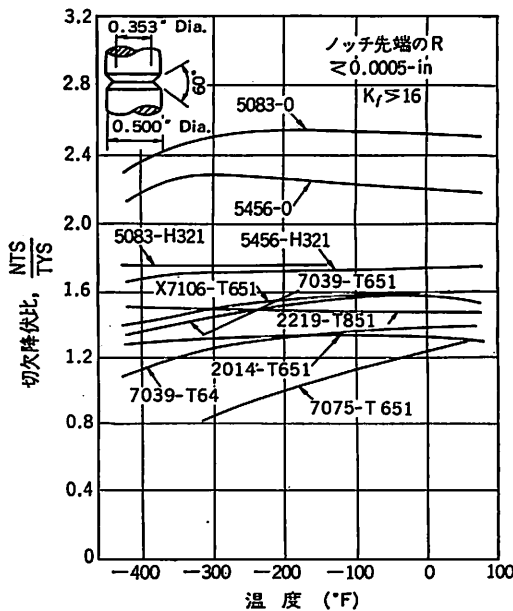


図10-167 切欠き耐力比と温度の関係

図10-167は、各種アルミニウム合金の切欠き耐力比と温度との関係である。5083-O材は、超低温に至っても切欠き耐力比が常温とほとんどかわらない。しかし、熱処理のアルミ合金では、低温になるにつれて切欠き耐力比が低下するものがある。

RR812委員会⁴¹⁾が各種の文献で調査した結果では、5083-O板材の母材及び溶接材の切欠き耐力比は、室温及び-196℃のいずれにおいても1.0以上で

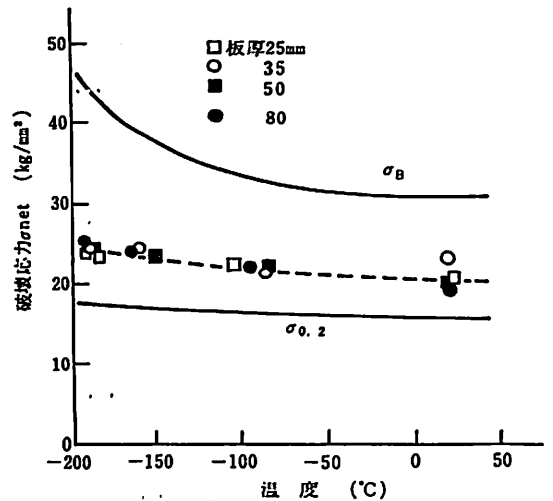


図10-168 ディープノッチ試験の結果と試験温度の関係⁴¹⁾

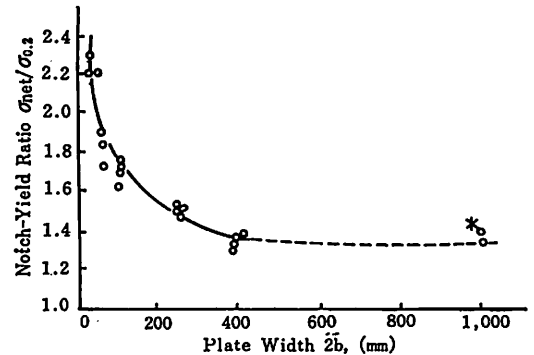


図10-169 板幅の影響⁴¹⁾

あり、母材の室温における値は、1.5ないし2.2、-196℃における値は約2.0であった。(b/B=0.65~0.7, b; 切欠き深さ, B; 試験片平行部幅または径)

(3) ディープノッチ試験

わが国の各種鋼材のじん性試験として行なわれているディープノッチ試験(両側切欠きまたは中央切欠き付)も、アルミニウム合金及びその溶接部のじん性試験として多く用いられている。

RR812委員会⁴¹⁾は、各種形状のディープノッチ試験を行っており、図10-168は、両側切欠き付きディープノッチ試験の1例である。

試験片板幅の破壊応力値に及ぼす影響を調べるために図10-170の試験片において、c/bの値を0.6と一定にして、板幅26を30, 60, 100, 250及び400mmに変化させた結果(図10-169参照)では、板幅の増加に対して切欠き耐力比は減少するが、板幅

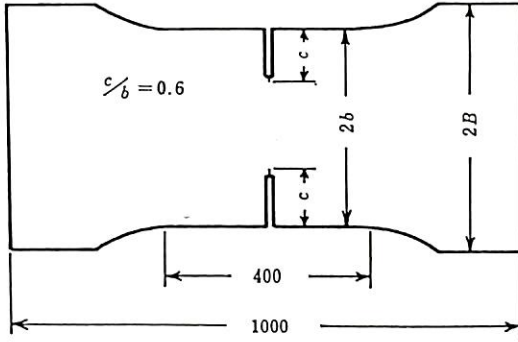


図10-170 両側切欠きディープノッチ試験片⁴¹⁾

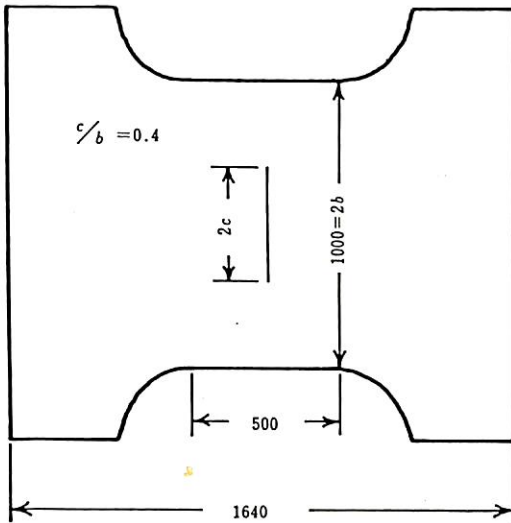


図10-171 中央切欠き付ディープノッチ試験片⁴¹⁾

400mm 以上では切欠き先端の塑性変形の板縁への開放が生じなくなり、ほぼ無限板の板と考えられる状態になり、切欠き耐力比は、1.3 ないし 1.4 に収束する（板厚は全て 25mm）。そしてこの値は、図 10-171 に示すような板幅 1,000mm の中央切欠き付きディープノッチ試験（ $c/b=0.4$ ）の結果にも一

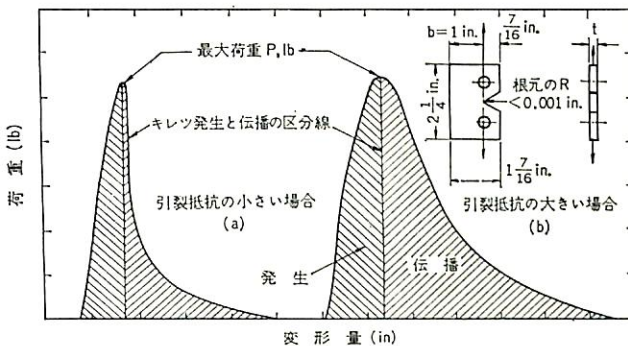


図10-172 引裂試験における荷重-変形量曲線

表10-66 5083-O 板材の UPE 値⁴¹⁾

(kg·mm/mm²)

試験温度		20℃	-196℃
母材	L	21.7	21.3
	T	19.5	21.4
溶接材 (5183)		15.9~17.5	12.9~16.6

致している。溶接継手についても母材と同様板幅 400mm 以上において、破壊応力値は一定値となる。いずれの場合でも、破壊は最大荷重後に発生し、き裂先端は全面降伏状態である⁴¹⁾。

板厚の破壊応力値に及ぼす影響は、図 10-168 に示すとおりほとんど認められない。また、切欠き比と破壊応力値の関係は、 $c/b=0.3\sim 0.6$ の範囲で実験的に研究されている。いずれの場合にも破壊は切欠き先端の全面降伏後に生じており、破壊応力値はあまり変化しない。切欠き比と限界 COD 値の関係は c/b が 0.3 ないし 0.6 の範囲において一定であり、COD 値が 5083-O 材のような延性材料の全面降伏後の基準として有効であることを示唆している。

(4) 引裂き試験

第 9 章で紹介したように引裂き試験は、アルミ合金のじん性評価方法としてかなり行なわれている。これは、片側切欠きを有する板状試験片に引裂きき裂を発生させ、き裂の伝播過程において材料の有する変形エネルギーを求める試験である。

アルミ合金の引裂き試験には、U. S. Navy Tear

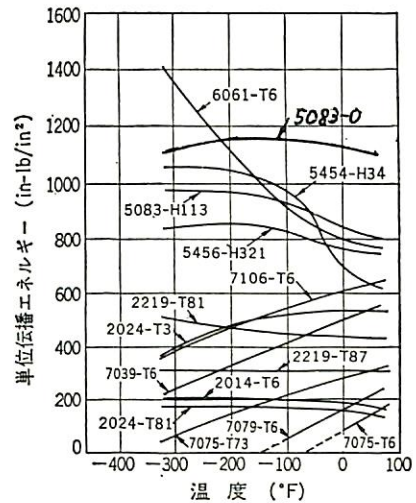


図10-173 各種アルミニウム合金の単位伝播エネルギーと温度の関係

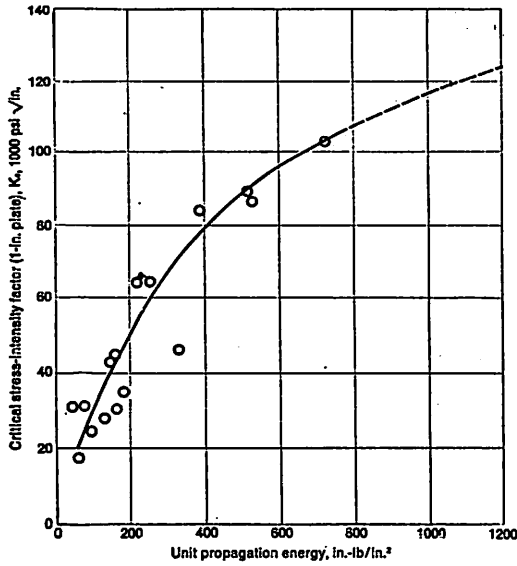


図10-174 25.4mm厚さのアルミ合金の破壊じん性値 K_c と単伝ばエネルギーとの相関⁴⁹⁾

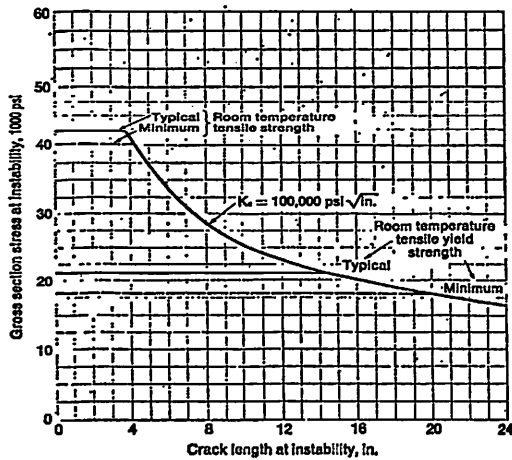


図10-175 5083/5183材の破壊じん性⁴⁹⁾

Test といわれる方法と、Alcoa によって行なわれた V型切欠き付きの引裂き試験の2つの試験方法が行なわれている。ここでは、Alcoa がシリーズで試験を行なっていること⁴⁹⁾及びR R812委員会⁴⁹⁾でも行なっていることと理由で、V型切欠き付き引裂き試験によるじん性評価の例について述べる。

これは図10-172に示すような試験片(ただし、試験片寸法は、板厚2.54mm及び15.24mmの2種で大きさが異なる。図は、2.54mm厚さで小さいものの形状寸法)を引張って、荷重-変形量曲線を求め、それを積分してき裂の伝ばに要したエネルギーを求めるものである。このエネルギーを試験片の断面積

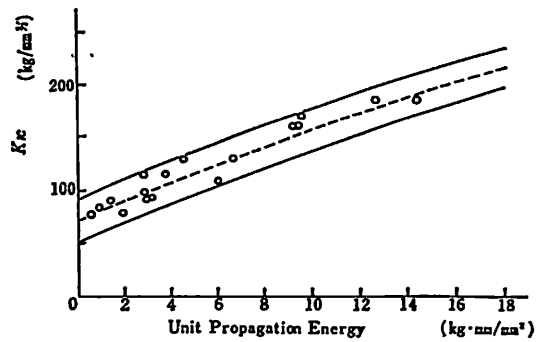


図10-176 K_c 値と UPE 値との相関⁴⁹⁾

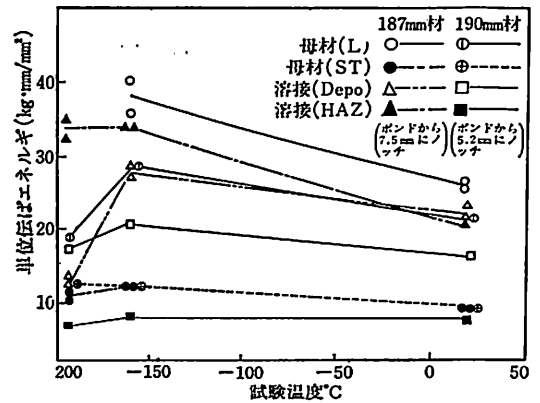


図10-177 超厚板のV型引裂き試験⁴⁹⁾

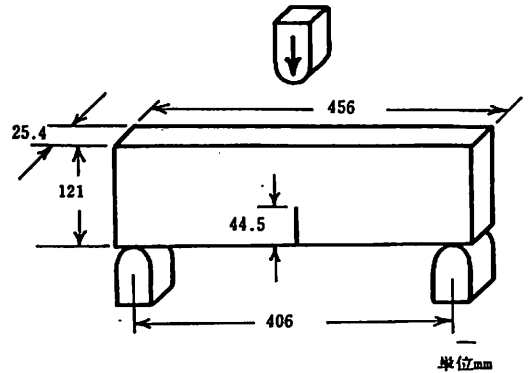


図10-178 D.T 試験片⁴¹⁾

で除したものを単位伝ばエネルギー (Unit Propagation Energy ; UPE) と呼び、じん性を表わす指標とする。

表10-66にこのV型切欠き付引裂き試験の1例を示す。

また、図10-173にこのV型切欠き付引裂き試験により各種のアルミ合金の UPE を求めたものを示

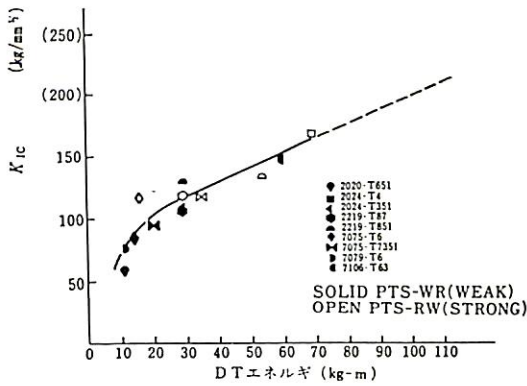


図10-179 K_{Ic} と D.T エネルギーとの相関

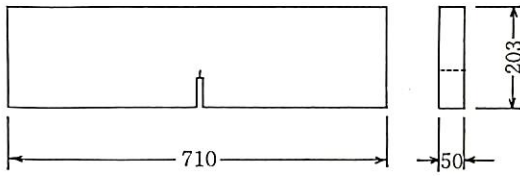


図10-180 D.T 試験片

すが、5083-O 材は低温でも UPE が下がらないことを示している。また、5083-O 材及びその溶接部は、じん性が大きいので線形破壊力学でいう破壊じん性値の K_{Ic} を求めることができないため、Alcoa では、5083-O 及び溶接部の UPE と、K_{Ic} 値を求めることができる他のアルミ合金の UPE の相関を実験的に図10-174 のように求め、これから、25.4 mm 厚さのアルミ合金 5083-O 及び 5083-O/5183 溶接継手の (1 inch) K_{Ic} 値を 100 ksi $\sqrt{\text{in}}$ (=355 kg \cdot mm^{-3/2}) 以上の値になると推定している。また、この推定から不安定破壊を引き起こすおそれのあるき裂長さとお応力の関係を示したものが図10-175 である。

また、同じように直接 K_{Ic} が求められる合金で求めた K_{Ic} 値とこの引裂き試験による UPE 値との相

関を求めたものが、図10-176 である。これからは、アルミ合金 5083-O 材の K_{Ic} 値は、45 ksi $\sqrt{\text{in}}$ (160 kg \cdot mm^{-3/2}) と推定される。

また、RR812 委員会では、5083-O 材の 187 及び 190 mm の超厚板の母材及び溶接継手について V 型切欠き付き引裂き試験を行なっている。それを図10-177 に示す。図中、L は、圧延方向に平行な試験片 (き裂が板厚方向に伝ば)、S T は、板厚方向に平行な試験片 (き裂が圧延直角方向で表面に平行に伝ば) を意味するもので、溶接は 1.6 mm ϕ A5183-WY の立向き多層盛り MIG で行なわれている。

(5) 大型衝撃試験 (Dynamic Tear Test ; DT)

DT は、第 9 章でも紹介したように大型シャルピ試験ともいべきものである。

Alcoa では、図10-178 に示すような試験片で各種アルミ合金の DT を行ない、その結果、実験的に K_{Ic} との相関を図10-179 のように与えている。

また、RR812 委員会⁴¹⁾では、5083-O の母材 (75 mm 厚さ) のものについて図10-180 に示すような試験片で DT を行ない、表10-67 のような結果を得ている。この DT 衝撃試験は、L 方向・T 方向共、低温になるに従って徐々に低下しているが、明確な遷移現象は認められていない。また、試験片採取方向の影響が現われており、T 方向の衝撃値は、L 方向のその約 70% ぐらいである。

(6) 小型切欠き曲げ試験 (COD 試験)

ディープノッチ試験の項で紹介したように RR812 委員会の 1,000 mm 幅のディープノッチ試験から 5083-O 材のじん性評価手段として COD 値が有効であるとの考えから、同委員会では COD 値の簡易試験として静的切欠き曲げ試験を行なっている。母材及び A5183-WY 3.2 mm ϕ による溶接継手 (大電流 MIG) で、各種板厚の材料について試験を行なっており、結果は、き裂の明確な発生点でのき裂先端の開口変位で整理され、図10-181 及び 182 に示

表10-67 D. T. 試験結果⁴¹⁾

切欠位置	試験温度 (°C)	角 度 (°)		吸収エネルギー (kg \cdot m)	
		動 振 子	静 振 子		
母 材	R T (+14)	83.5	3.5	1411	
		92.5	2.7	1188	
		92.5	2.5	1183	
	T 方 向	R T (+14)	101	2	891
		-162	111.7	1.2	635
		-196	—	—	750

表10-68 切欠き曲げじん性試験⁴³⁾

板 厚	試 験 片	切欠きき裂位置	試 験 温 度 (°C)	K _{max} (kg·mm ^{-3/2})
178mm	母 材	T-S	R T	182
"	"	"	-162	238
"	"	"	-196	238
"	溶 接	CNT	R T	165
"	"	"	-196	202
"	"	FNT	R T	179
"	"	"	-196	219
196mm	母 材	T-L	R T	157
"	"	"	-196	198
"	"	T-S	R T	170
"	"	"	-196	210
"	溶 接	FNT	R T	175
"	"	"	"	176
"	"	"	-196	222
"	"	"	"	201

記号 T-S ; 切欠きが母材T方向に直角でき裂進行が厚さ方向に平行
 T-L ; 切欠きが母材T方向に直角でき裂進行がL方向
 CNT ; 溶接中心に切欠き
 FNT ; 溶接境界部に切欠き

表10-69 A5083-O材エッソ試験結果⁴¹⁾

材料又は溶接条件	母 材	5083/5183 継 手	母 材	5083/5183 継手		
板 厚 (mm)	25	25	35	35	35	35
ノ ッ チ 位 置	母 材	溶接金属	母 材	溶接金属	ボンド	HA Z
温 度 (°C)	温度勾配型 -70~0	温度勾配型 -160~0	一様温度型 -196	一様温度型 -196	一様温度型 -196	一様温度型 -196
衝撃エネルギー (kg·m)	100	100	175	175	175	175
応 力 状 態 (kg/mm ²)	17.4	17.6	17.0 22.0	15.0 17.0	17.0	17.3
き裂伝ば長さ (mm)	90	55	0 30	0 30	0	30

表10-70 压力容器破壊試験結果⁴⁴⁾

試験 番号	材料	切 欠 き 詳 細			深 さ (mm)	板 厚 ¹⁾ (mm)	切欠き 温 度 (°C)	破壊圧力 (kg/cm ² G)	破壊応力 (kg/mm ²)	破壊速度 (m/sec)	Kc (kg·mm ^{-3/2})
		位 置	種 類	長 さ (mm)							
2	5083	母材	貫通切欠	304.8	25.4	25.4	-142	68.9	12.0	146	586
3	5183	溶接	貫通切欠	304.8	25.4	25.4	-140	53.4	9.35	165	437
6	5083	母材	表面切欠	381	17.5	24.9	-142	66.1	11.76	152	*
1	7039	母材	貫通切欠	120.7	19.05	19.05	-133	71.7	16.87	357	316
5	5039	溶接	貫通切欠	120.7	19.05	19.05	-134	56.2	13.16	421	252
4	7039	母材	表面切欠	152.4	14.2	19.2	-141	82.6	19.26	366	**

* 実際の破壊応力より13%高い74.7kg/cm²Gで Kc=586kg·mm^{-3/2}

** 実際の破壊応力より13%低い72kg/cm²Gで Kc=316kg·mm^{-3/2}

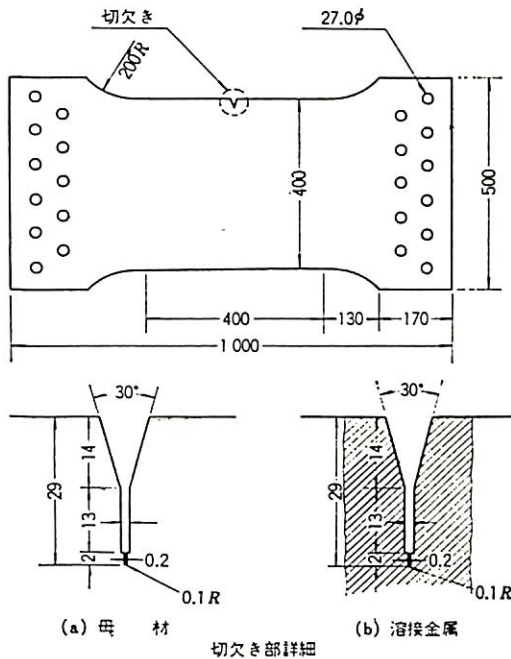
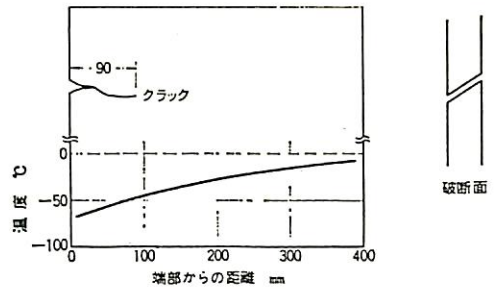
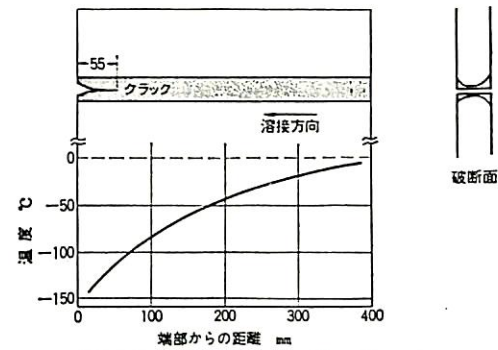


図10-184 エッソ試験片^{4B)}

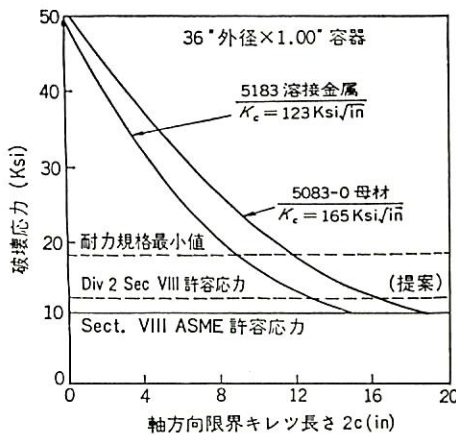


(a) 母材 ($\sigma=17.4 \text{ kg/mm}^2$, $W=100 \text{ kg}\cdot\text{m}$)

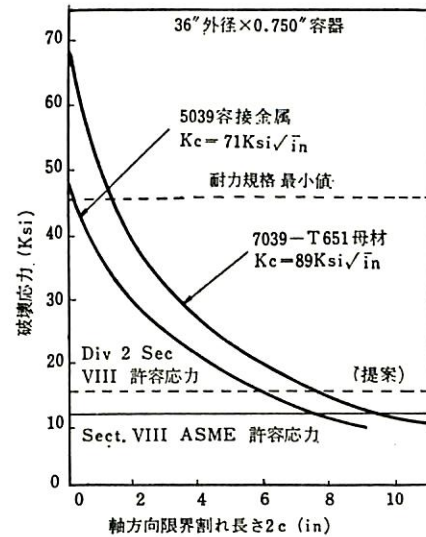


(b) 溶接金属 ($\sigma=17.6 \text{ kg/mm}^2$, $W=100 \text{ kg}\cdot\text{m}$)

図10-185 温度勾配形エッソ試験の温度分布と伝播経路^{4B)}



(a) 5083-O



(b) 7039-T 651

図10-186 破壊応力と限界割れ長さの関係

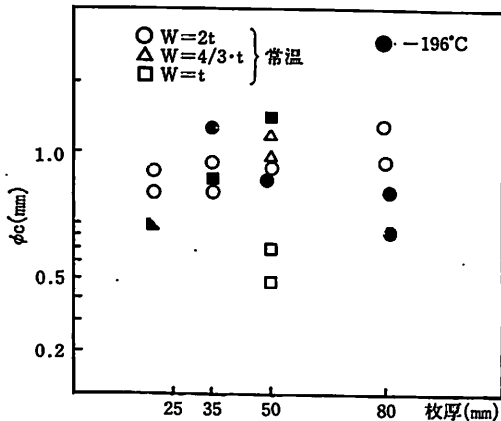


図10-181 COD曲げ試験 (母材)⁴¹⁾

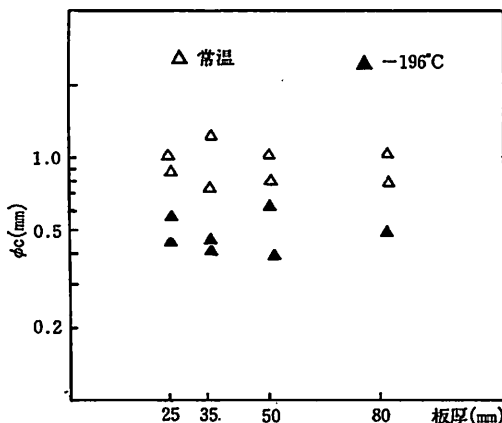


図10-182 COD曲げ試験 (大電流溶接継手)⁴¹⁾

すものが得られている。なお、試験片は、ASTM E399 に従って作成されている。母材の試験では、試験片の幅 (W) を2倍板厚とせず種々にかえた試験も行なわれている。この結果、曲げCOD値は、1,000mm幅のディープノッチ試験で測定されたものと同様であり、曲げCODのばらつきはあるが、今後、数多くのデータの集積を行なって回転因子 (rotation factor) 等の基準を確定すれば、大型ディープノッチ試験に代って簡易なじん性測定法となり得るといわれている⁴¹⁾。

(7) 引裂きじん性試験 (WOL試験)

第9章で紹介したように鋼の破壊じん性 (K_{Ic} または K_{Ic}) を直接求めることができる ASTM-E399 引裂きじん性試験を行なってアルミ合金 5083-O材の破壊じん性を求めようとする試みは、あちこちで行なわれている。

いずれもじん性が高いので有効な K_{Ic} 値は得られていないが、試験時の最大荷重を用いて求めた K_{max} 値を K_{Ic} 値として計算したものは、例えば、

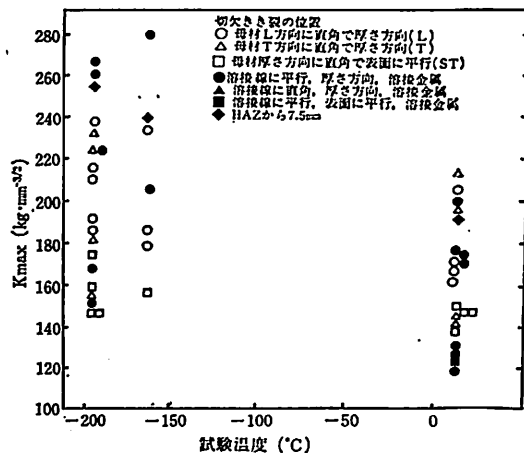


図10-183 引裂きじん性試験による超厚板 (187mm⁴¹⁾, 190mm⁴¹⁾ 及び 196mm⁴³⁾ 5083-O 材及びその溶接の K_{max} 値

図10-183のような結果になる。図中、引裂きじん性試験の引裂き切欠きは、L (圧延方向)、T (圧延に直角方向) 及びST (板厚方向) の方向に直交するように採取されている。また、HAZは、K型開先溶接試験片によっている。この図では、3種類の異なる材料としての母材のじん性にはあまり差はみられないが、溶接金属のじん性値には、溶接条件の違いもあり、かなりのバラツキがみられる。

(8) 切欠き曲げじん性試験

前(7)と同じく ASTM E399の切欠き曲げじん性試験によるじん性試験例を表10-68に示す。

(9) エッソ試験

表10-69に RR812 委員会⁴¹⁾が 5083-O 材及び溶接継手に対して行なったエッソ試験の結果を示す。また、そのうち、温度勾配型の試験片及び試験結果を図10-184及び185に示す。

エッソ試験の結果、5083-O 材及び溶接部は、極低温における動的なき裂伝ば阻止に関し極めて良好な性質をもっていることが分る。

(10) 切欠き付き压力容器破壊試験

切欠き付き压力容器破壊試験としては、Kaiser と Battelle による破壊試験がある⁴¹⁾。この試験の方法、この試験結果から K_{Ic} を求める方法は、9-3-4 で引用紹介しているので省略する。

この試験は、5083-O 母材と5183溶接、及び7039-T6151母材と5039溶接について行なわれている。その結果は、表10-70のとおりである。また、この結果の K_{Ic} を用いて、5083-O材及び7039-T651材とこれらの溶接継手の破壊応力と限界き裂長さの関係を描いたのが図10-186である。(つづく)

年末年始輸送に関する安全総点検の実施について

自動車、鉄道、船舶、航空機等のいわゆる交通機関は我が国の経済活動をささえる基底であるのみならず、私たちが日常生活を送るうえで必要不可欠なものとなっており、それが安全に運行（航）されなければならないことは、今更言うまでもないことである。

輸送をあずかる交通関係事業者は、自らが安全輸送の責任を有するという自覚のもとに乗客等の輸送の安全に努めているところであるが、年末年始においては、特に帰省客、レジャー客による列車等の混雑をはじめ、正月用品の大量輸送等により各交通機関は非常に繁忙期を迎えることになり、もし、この時期に交通事故が発生するならばその被害は人的、経済的に多大な損失を被ることとなる。

このため運輸省は昭和42年より毎年12月10日から翌年の1月10日までの1か月間を「年末年始輸送に関する安全総点検」の期間と定め、船舶、車両、航空機その他の交通関係施設、それらの安全かつ適正な運行（航）管理等について総点検を実施しており、実施主体は交通関係事業者ではあるが、運輸本省及び地方海運局、陸運局、地方航空局等の地方支分部局は積極的に事業者に対する立入検査、実施の指導等を行なうとともに、自ら管理している航空保安施設、航路標識等の保安施設及びこれらに関する保安業務について総点検を実施し、年末年始における輸送に関する事故の未然防止を図り、輸送の安全に万全を期すこととしている。

本年も「年末年始輸送に関する安全総点検」を実施するが、今回は運輸省が定めた実施要綱により各交通機関別に重点実施事項を定め、交通関係事業者は重点事項と定められた事項に特に力を入れ精力的に総点検を実施することとしているが、以下に海上交通に関する事項について、その概略を記す。

○海上交通

旅客船に重点を置いて、船舶又は事業場ごとに運輸省で作成した点検表を使用し、地方海運局職員あるいは事業者がチェックする。点検の結果、改善指示事項があった場合には早急に改善措置を命ずることとし、その措置状況の報告徴収あるいは再度の点検を行なうこととしている。

重点事項

(1) 旅客定員の遵守

輸送繁忙期といえども旅客定員の厳守は当然のことであり、その徹底を期す。

(2) 発航前検査及び船内巡視の完全実施

発航前検査実施担当者を定め発航前検査を実施し、その結果を検査簿に記録しているかどうか、また、船内巡視者を定め巡視を行ない、その結果を巡視記録簿に記録しているかどうかを点検する。

(3) 救命設備及び消防設備の点検並びに操練の徹底

救命艇、救命いかだ等の救命設備は直ちに使用できる状態にあるかどうか、また、消火器、固定式消火装置、火災探知装置等の消防設備の現状は良好かどうか点検する。更に非常配置表の掲示、防火操練、防水操練は厳正に実施しているかどうかを点検する。

(4) 旅客航路事業における運航管理の徹底

旅客船の運航は運航管理規程及び運航基準に基づき適正になされているか、陸上の運航管理者との連絡体制は良好か、カーフェリーにおいては車両の管理は適当かどうか点検する。更に旅客の遵守すべき事項について掲示、船内放送等によりその周知徹底がなされているかを点検する。

(5) ターミナルにおける旅客の安全確保

ターミナルにおいては旅客の乗降施設、可動橋等が安全に使用可能かどうか、旅客の整理、誘導方法、消火器の配置、非常口の開閉状態等について点検する。

運輸省は交通関係事業者に対し、総点検の実施にあたっては、単に現場機関の点検にまかせることなく、事業者自らが総点検最高責任者となり事前に十分な計画を定めて実施し、その効果が上がるよう指導するとともに、海上保安庁においても交通関係法令の遵守を確保するため、海上取締りを行なうこととしている。

運輸省大臣官房安全公害課 鈴木 隆

NK 75年史できる

NK創立75周年に当たる昭和49年以降、記念事業の一環として編さんを進めてきた「日本海事協会75年史」が昨51年10月末によりやく完成、関係各方面へ贈呈された。

この年史は、A4変型版、418ページから成り、単にNK75年の歩みのみならず、日本の海運・造船業の歩みを知る上でも貴重なものと贈呈先から好評を得ている。

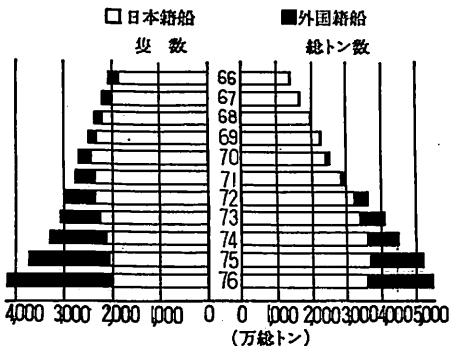
創立77周年を迎う

51年11月15日、NKは人間でいえば喜寿に当たる創立77周年の記念日を迎えた。

かえりみれば明治32年(1899)の創立以来、NKは必ずしも坦々たる道をたどってきたわけではなく、特に第二次大戦による打撃は大きかった。すなわち戦時中(昭和18年)の956隻、335万総トンというNK船級船が、終戦時(昭和20年)には、409隻、85万総トンに激減、それはまさに壊滅的ともいえる打撃であった。

しかしその後、業界の復興と相まってNKも着々と業績を高め、昭和29年ごろにはおおむね戦前の水準まで回復、さらに高度成長経済の波に乗る業界に支えられて国際船級協会へと体質改善をはかりつつ今日に及んでいる。

最近10年間のNK船級船量の伸びを示せば下図のとおりであるが、51年10月末現在の詳細数字は、全船級船4,201隻、約5,526万総トンで、これは、LR



協会、AB協会に次いで世界第三位の船級船量である。また、この10月末現在におけるNK船級の外国船は隻数で全船級船の約52%の2,162隻、総トン数で同じく約34%の1,892万総トンに達し、国籍別では46カ国の多きに及んでいるなど、国際船級協会として恥ずかしからぬ船級船構成といえよう。

リベリアほか2カ国政府からIMCO Chemical Code等による“Certificate of Fitness”の発行権限を付与さる

NKはこのほど、リベリア、パナマおよびギリシャの各政府から次のような権限を付与された。

- (1) リベリア政府：IMCO Res. A212 “Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IMCO Chemical Code) および同 Code の改正に従い、リベリア政府に代って同国籍船を検査し、“Certificate of Fitness”を発行する権限。
- (2) パナマ政府：IMCO Chemical Code および同 Code の改正ならびに IMCO Res. A328 “Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk” (IMCO Gas Code) に従い、パナマ政府に代って “Certificate of Fitness” を発行する権限。
- (3) ギリシャ政府：IMCO Chemical Code および同 Code の改正に従い、ギリシャ政府に代って同国籍船を検査し、“Certificate of Fitness”を発行する権限。

Maldives 共和国から権限を付与さる

Maldives 共和国というのは、スリランカ南方インド洋上に浮かぶ群島の国であるが、NKは1976年9月29日付けで同国政府から次の権限を付与された。

すなわち、NKは、同国政府に代り、IMCO条約(現時点ではSOLAS1960およびILLC1966)に従って同国籍船舶の検査をし、条約証書を発行することができる、という権限で、これによりNKを承認している国は、35カ国となった。

小型船艇のプロペラ設計技法 <3>

Practical Design Method of Screw Propeller

for Small Ships and Crafts <3>

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

4. 中速艇のプロペラ設計

モーターボート型のいわゆる“艇”と呼ばれる船のプロペラを設計するに当たっての陸路は次のようなものである。

- 1) EHP算定について排水量型船のように研究が進んでいないので、公表された抵抗算定用図表がなく、計算手法が確立されていない。
- 2) 同様に自航要素の推定法もほとんどない。
- 3) 翼面積の大きいプロペラチャートで公表されているのはガウンの K_T , K_Q チャート⁽¹⁾のみである。
- 4) キャビテーションが発生しやすく、防止が難しい。

このため、艇のプロペラ設計者は各自が出来るだけの資料を集め、運転成績を整理して苦心を重ねている。初心者の手引となる適切な参考書もないので、筆者の知り得た中速艇に関する資料、手法につき、使用の簡便さを主眼として以下に述べる。

4.1 中速艇のEHPおよびプロペラの設計

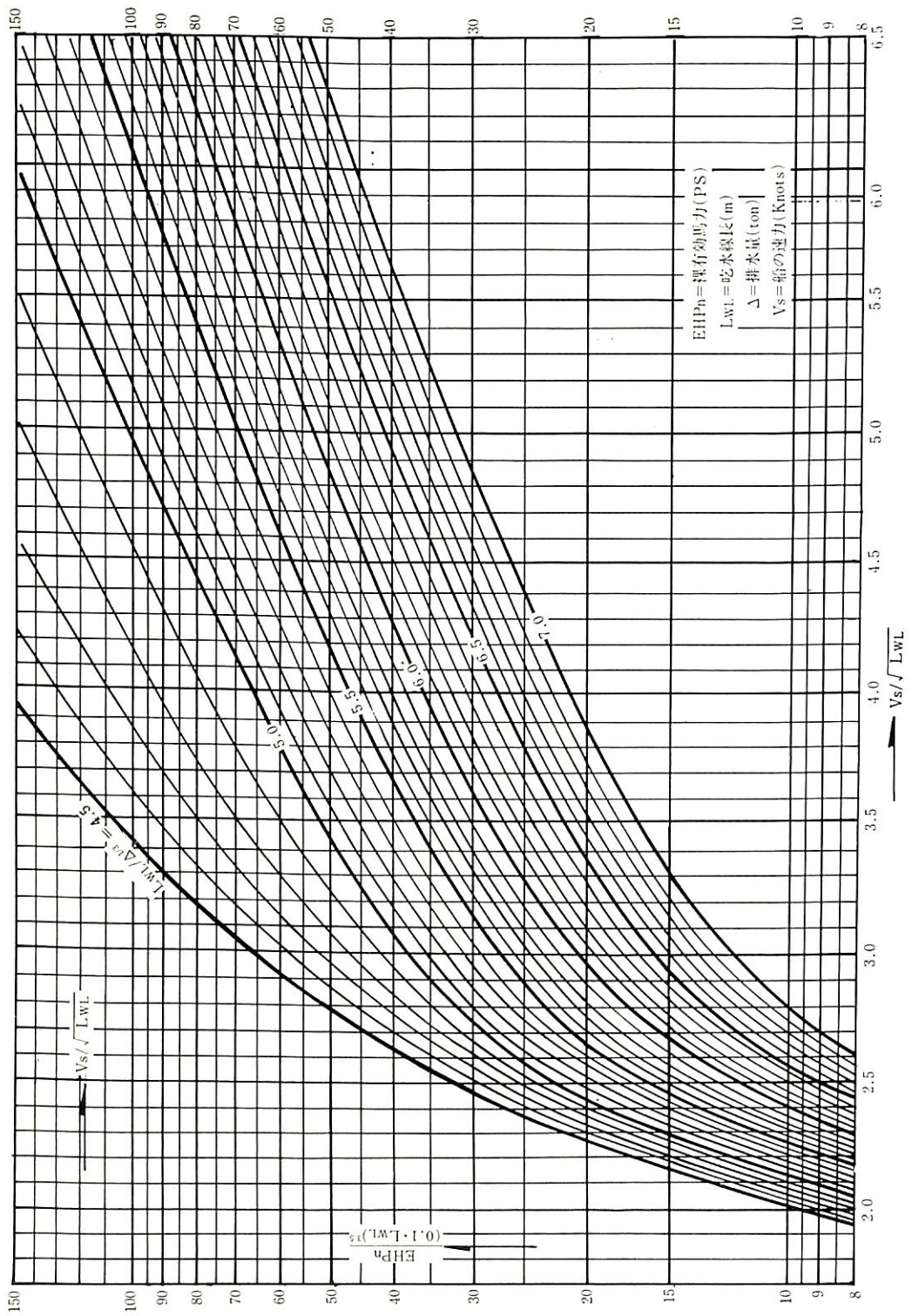
4.1.1 中速艇のEHP

第4.1図に示すものは、ステップなしのV型中速艇に適用できる裸殻有効馬力、 EHP_n の推定用曲線である。これは前号第3.5図のBHP推定曲線とともに、筆者の海上保安庁船舶技術部時代の上司であられた大隅三彦氏の苦心の作^{(2),(3)}であり、現在我国ではおそらく唯一の艇に関する EHP_n 推定図表であろう。ただし、これは EHP_n そのものの推定が目的ではなく、次の第4.2図に示す自航要素推定図と組合せてプロペラを設計し、推定した推進性能——主機出力、回転数、速力の相互関係——が実船の運転結果となるべくよく合うことを目的としたも

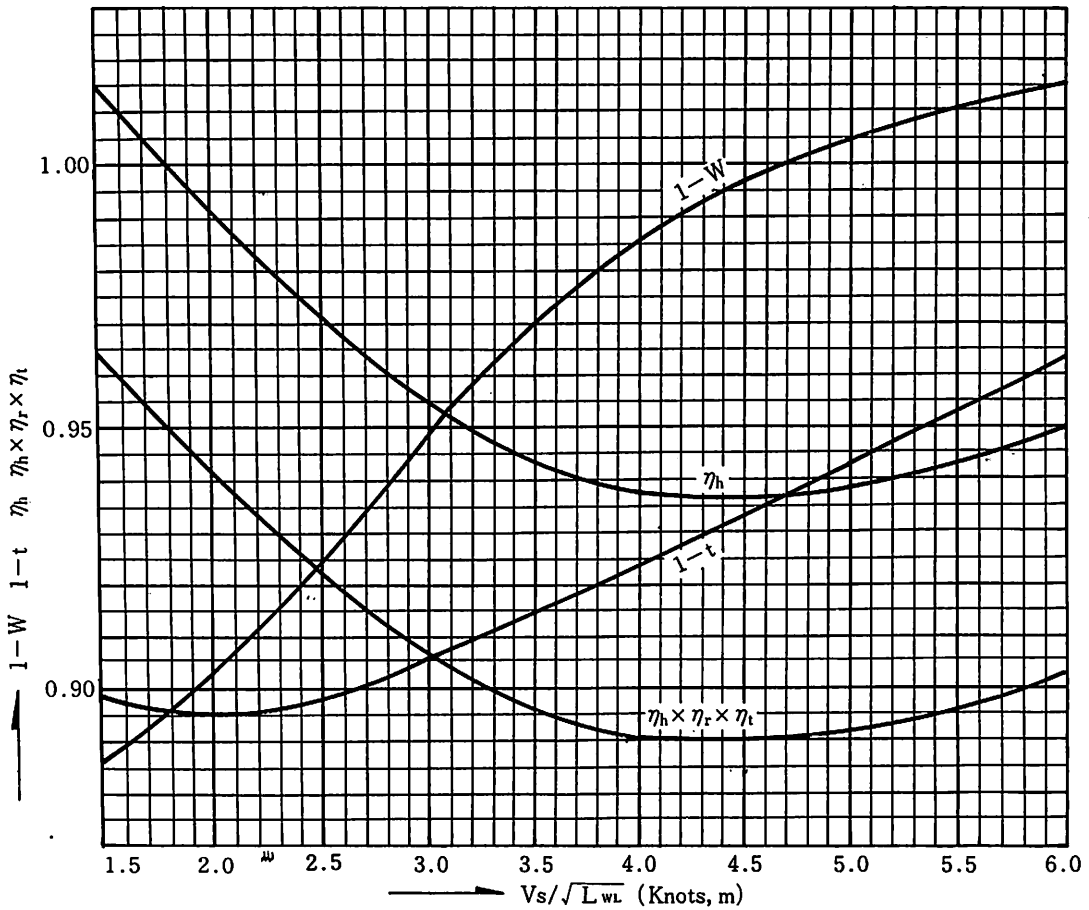
のである。従って第4.1図による EHP_n 、または第4.2図による自航要素の推定値をそれぞれ単独にとり出してみれば真の値（たとえば模型試験結果）とは差が大きいこともあり得る。この点、系統的模型試験に基づく排水量型船の抵抗算定用図は、抵抗値、自航要素なども単独でなるべく正確に推定できるよう作成されているので、本図の応用を誤らぬようにしたい。

すなわち、4隻の模型船抵抗試験結果と21m型巡視艇の自航試験結果をベースに、実船の試運転結果に合うよう、トライアンドエラーで EHP_n や自航要素を少しずつ変化させてみて両図をフェアリングし、また使用範囲を模型試験結果より多少拡張したものである。 EHP_n 自体、または自航要素自体が真実に近いように、という努力は二次的なものとされている。従って、 EHP_n のみを第4.1図から計算し、 $(1-w)$ 等の自航要素を他の文献からの資料で推定したり、逆に第4.2図の自航要素と設計船の抵抗試験によるEHPとを組合せたりしてプロペラを設計しても、どの程度実際と合うかは不明である。

第4.1図は前号の第3.5図と全く同型式であり、その使用法は詳述するまでもないであろう。 V_s/\sqrt{LWL} を適当な間隔で計算し、 $LWL/\Delta\%$ を用いて縦軸の $EHP_n/(0.1 \cdot LWL)^{2.5}$ 値を読み取り、これに $(0.1 \cdot LWL)^{2.5}$ の値を乗ずればよい。こうして得られた EHP_n は裸殻EHPであり、これに対して、舵、シャフトブラケット、シャフト、スケグ等、普通的水中突起物による水抵抗および通常の試運転時程度の風、波による抵抗をふくむ有効馬力を EHP_{ap} とすれば、これは



第 4.1 図 中速艇の EHP_a 推定曲線



第 4.2 図 中速艇の自航要素

$$EHP_{ap} = r \cdot (1 + \alpha) \cdot EHP_n$$

で与えられる。(そうなるように実績を解析した結果が第 4.1 図である。)

$$\alpha = \text{付加物抵抗係数} = \{7 \times (\text{軸数}) + 3\} / 100$$

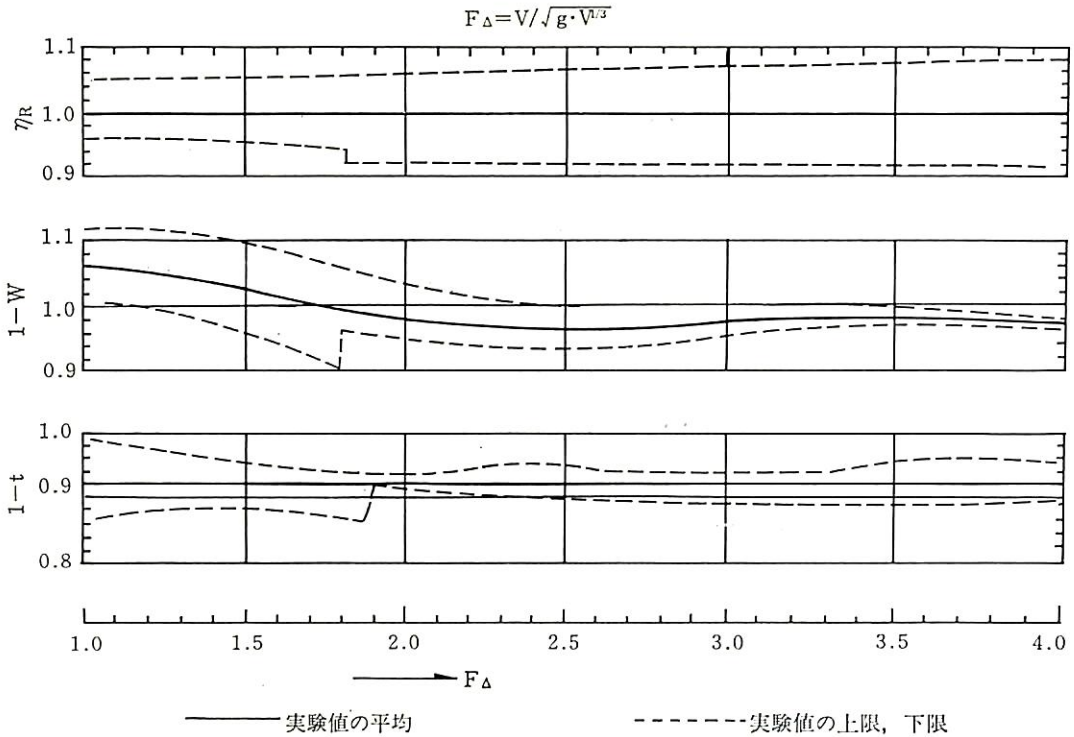
$$r = \text{スケグ抵抗係数} = \frac{\text{スケグを含む浸水面積}}{\text{スケグなしの浸水面積}}$$

である。スケグのない艇では $r=1$ 、1 軸艇では $\alpha=0.1$ 、2 軸艇では $\alpha=0.17$ ……等となる。この α 、 r 、についても単独に用いた場合の結果は、 V_s 等の推定精度が落ちるかも知れない。

上で得られる EHP_{ap} カーブと、第 4.2 図から得られる自航要素からプロペラチャートを用いて、11 月号に述べた手続きでプロペラを設計すればよいことになる。第 4.1~2 の両図は、いわゆる“XYチャート”と呼ばれる旧海軍時代に、八代準氏によって研究されたプロペラチャートを用いて解析、作成

されているのであるが、ガウンの 3 翼チャートを用いても大差はないことが確認されている。これらの図表による推定値は、多くの艇で同一速度に対する BHP, RPM で $\pm 3\%$ 誤差範囲におさまっている。なお、文献(3)には大隅氏が具体例を多くあげて応用法を述べておられるので参照されたい。

これ以外の艇に関する EHP 推定手段としては、いわゆるオメガブレン型延べ 78 隻の水槽試験結果を統計的に解析して重回帰式を求めたもの(4)、および米国の SNAME で発表された諸論文(5)、(6)が参考となる。前者は回帰式の項数が多いので、手計算ではややおっくうである。文献(6)は航走中のトリム角変化の推定をも含めた EHP の推定法およびキャピテーション数を考慮したプロペラ設計法まで述べたもので、艇のパワーリング集大成の感がある興味深いものである。しかし、これも超越方程式を解かねば



第 4.3 図 艇の自航要素

ならぬ部分もあったりして、「電卓程度の簡単さとその割には精度の良いもの」という本講の範囲をはずれる。いずれの手法も、中速艇から滑走艇までの速度範囲をカバーしているが、我々の中速艇について運転成績との突き合せを余り数多く行っていないので、どの位よく合うか報告できないのが残念である。

4. 1. 2 中速艇の自航要素

これについても排水量型船に較べて推定用資料が極めて少い。前掲の第 4. 2 図は第 4. 1 図と組合せて使用すべきものであり、単独で自航要素を推定した時の信頼性は、前述のように不明である。これをチェックすべき“艇”の自航試験データもなかなか数多くは見当たらない。自航要素の中で最も関心の寄せられる w は 0 に極めて近い値（マイナスの場合もある）のため、実際 $w = 0$ で設計しても実用上大したトラブルもないようであるが、どうもすっきりしない。たまたま文献(5)に多数の模型による自航試験結果のカーブがみられたので、参考のため第 4. 3 図にこれを引用しておく。

自航試験結果から伴流係数 W を求めるのにトルクの計測値に基づくもの (torque wake factor) とスラ

ストの計測値に基づくもの (thrust wake factor) があり、原論文には両者が示されているが、両者間に大差はないので、ここではトルクに基づくものを示しておく。同図は横軸の F_{Δ} により各自航要素を整理してあるが、この F_{Δ} は排水容積を用いて定義されたフルード数であり、次式で与えられる。

$$F_{\Delta} = \text{volume Froude number} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \nabla^{1/3}}}$$

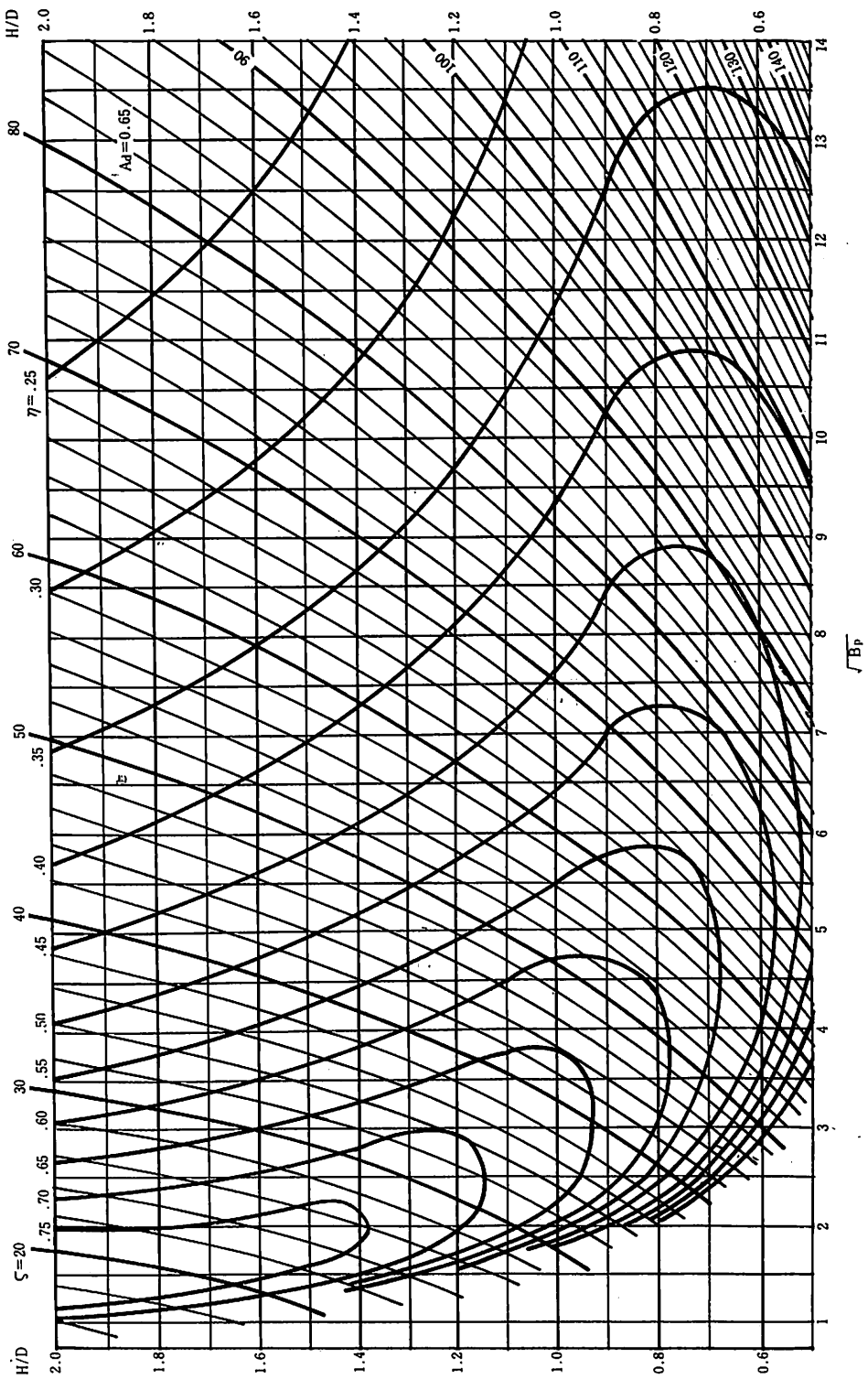
g = 重力の加速度 = 9. 8 m/sec

∇ = 排水容積 (m³)

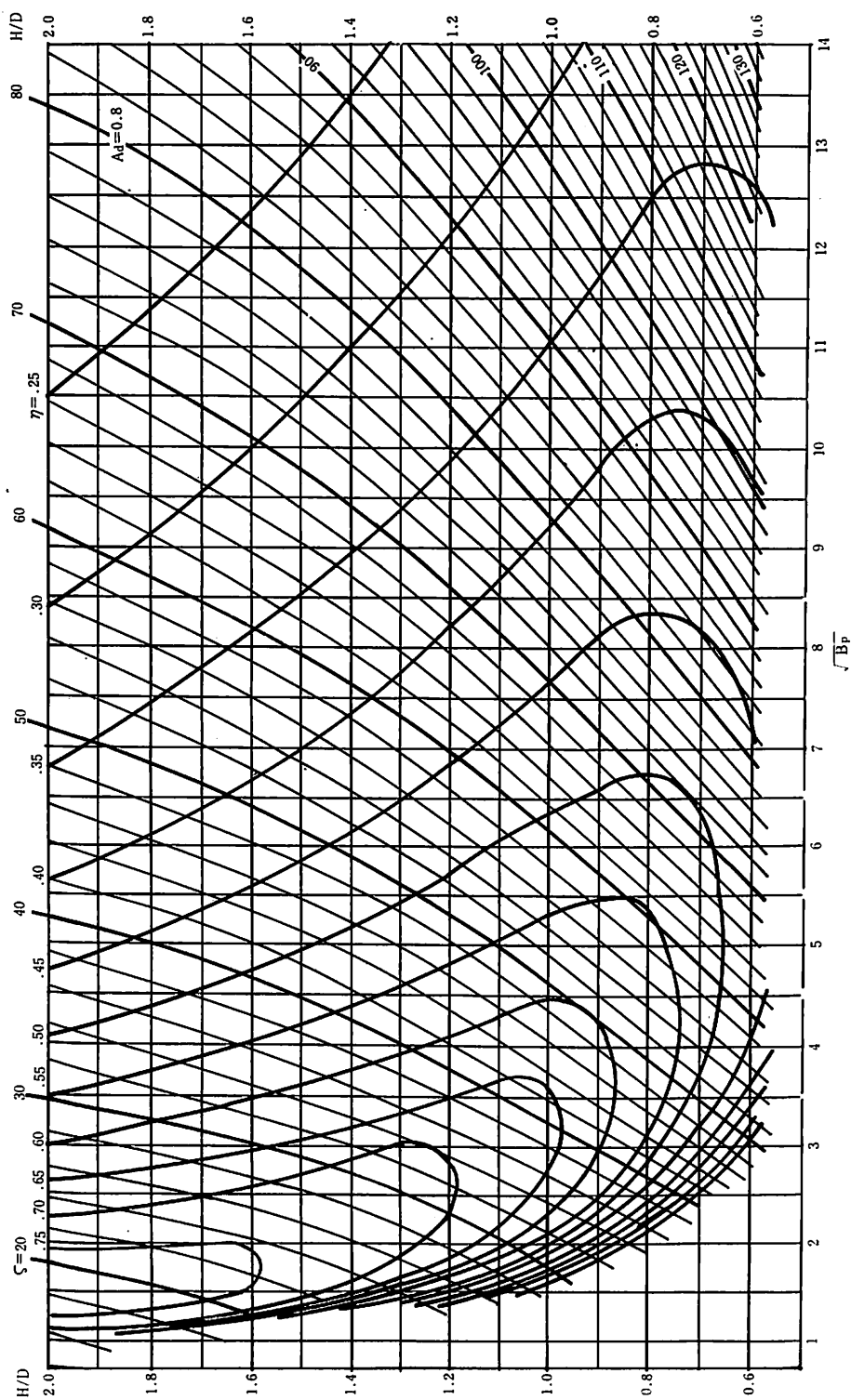
v = 船速 (m/sec)

4. 1. 3 ガウンのデータによる $\sqrt{B_p}$ チャート

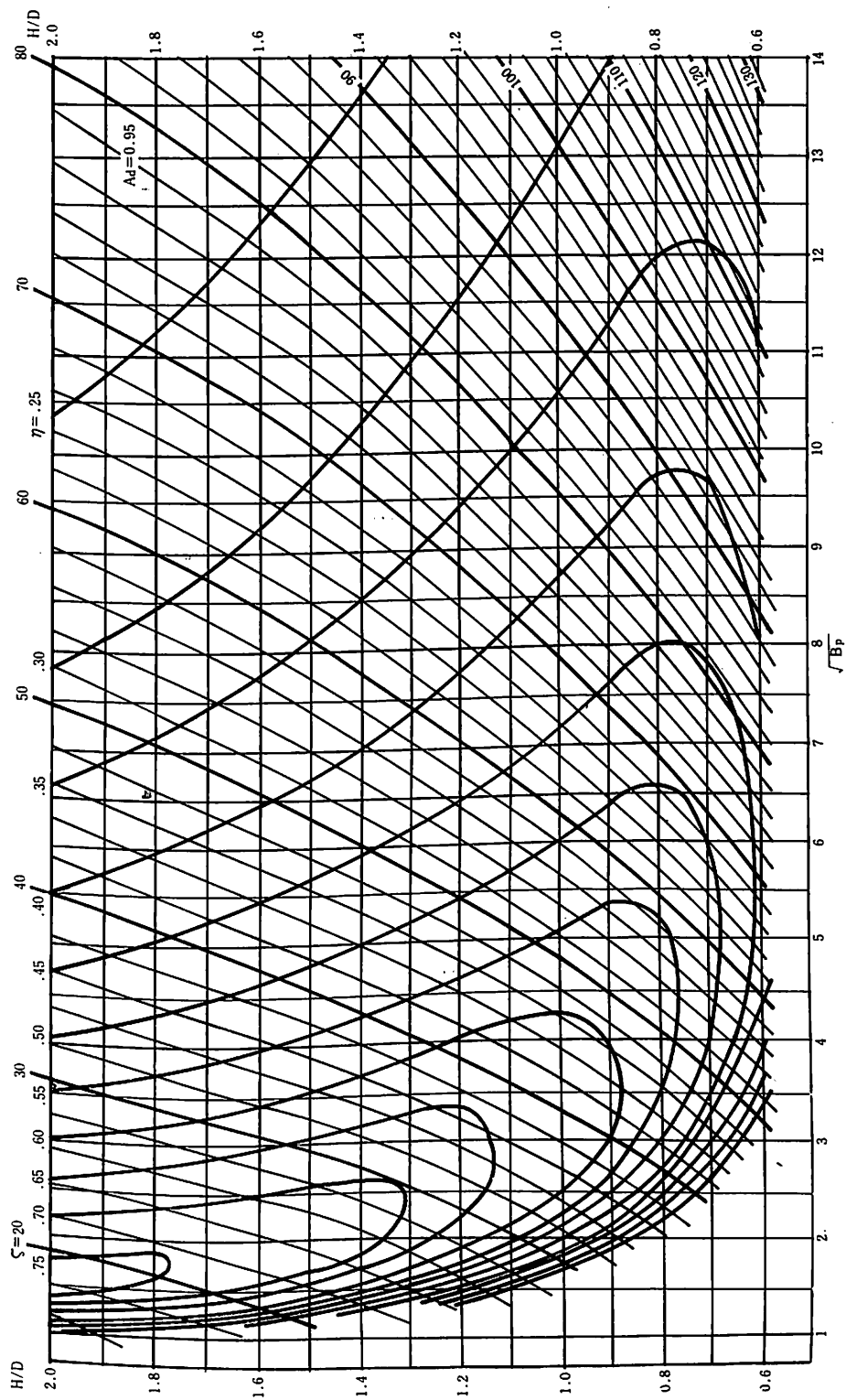
中速艇や滑走艇のプロペラはピッチ比の高い 3 翼プロペラが適しており、しかも後に述べるキャビテーション防止上から翼面積の大きいものが必要になるが、これらに適したプロペラ設計用チャートは、これまで時折言及したガウンの K_T , K_Q チャート⁽¹⁾しか一般に利用できるものはない。しかし、設計実務上は $\sqrt{B_p}$ チャートの方が便利であるので、海上保安庁船舶技術部ではガウンの原論文にある



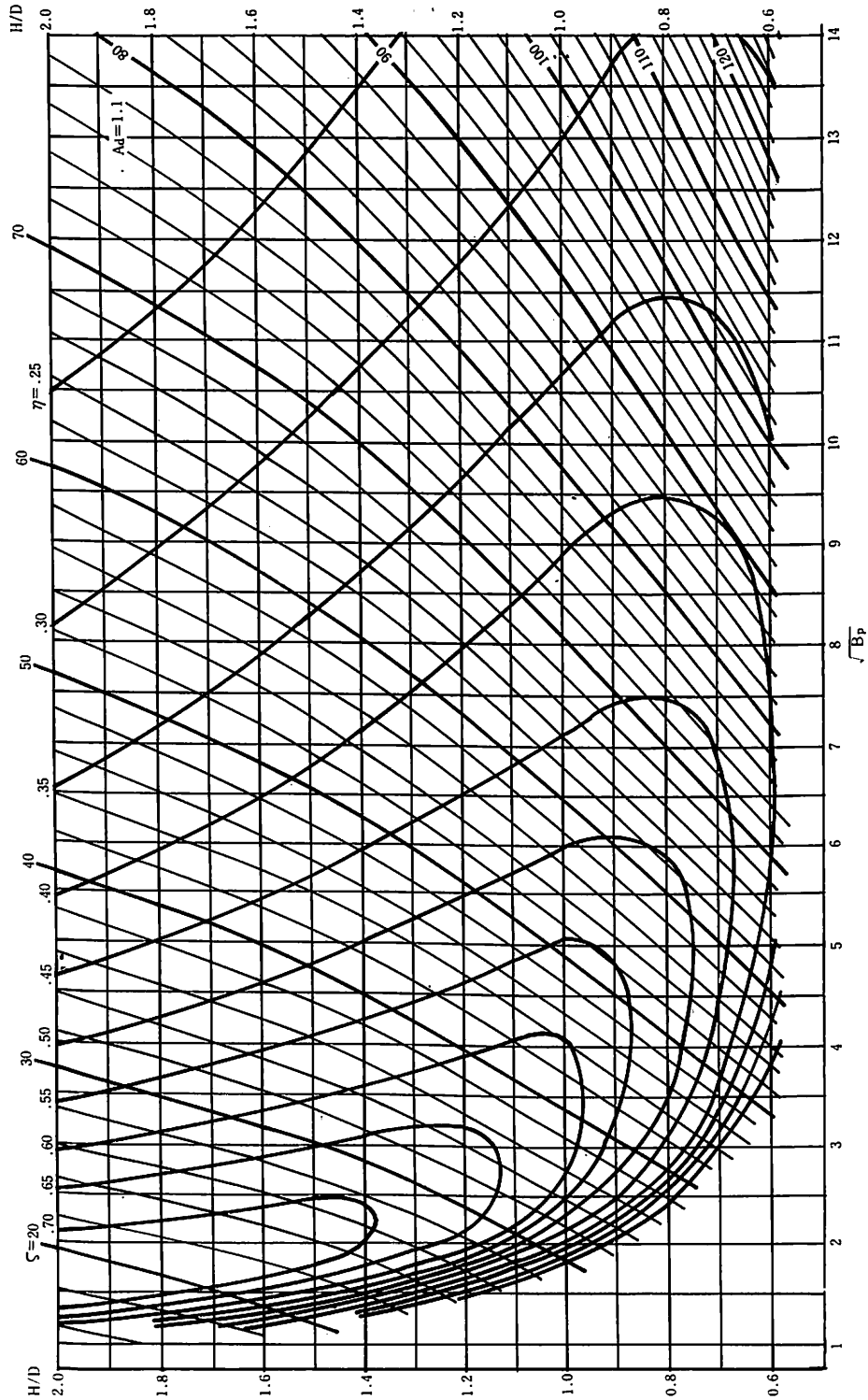
第 4.4 図 ガウンのデータによる $\sqrt{B_p}$ チャート 伸張面積比 $A_d = 0.65$



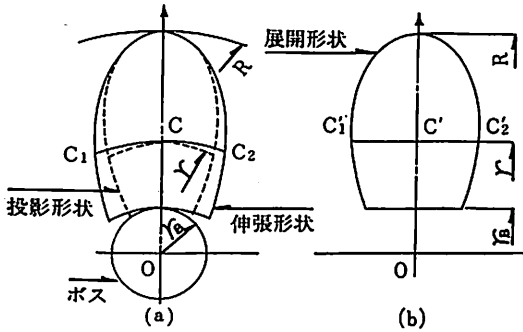
第 4.5 図 ガウンのデータによる $\sqrt{B_p}$ チャート 伸張面積比 $Ad=0.8$



第4.6図 ガウンのデータによる $\sqrt{B/P}$ チャート 伸張面積比 $Ad=0.95$



第4.7図 ガウンのデータによる \sqrt{Bp} チャート 伸張面積比Ad=1.1



第 4.8 図 プロペラ翼の各種外形図

K_T, K_Q チャートを $\sqrt{B_p}$ 表現に計算しなおしたものを使用してきた。貴重なデータであると思われるので、これを第 4.4~4.7 図に示す。

原論文の実験が清水中で行なわれ、かつ馬力の単位に英馬力 (1 馬力 = 76 kg·m/sec) が使用されていると推定されるためか、本図使用に当ってはこれに対する修正として、メートル制 DHP の数値に 75 / (76 × 1.025) = 0.963 を乗じて使用している例を見た。 K_T, K_Q は無次元表示であるが、 $\sqrt{B_p}$ は有次元であるから、この修正の要否は K_T, K_Q から $\sqrt{B_p}$ への換算に当り、密度と馬力にどの位を用いたかによって決まる。このチャートは約 15 年前頃作成され、上の点が不明であったので本誌を草するに当りチェック計算を行なったところ、密度は海水に対する 104.5 kg·sec²/m⁴、馬力は 75 kg·m/sec を使用していることが判明したので、上記修正は不要である。

これまで翼面積あるいは翼面積比について触れなかったが、次にこれにつき簡単に説明を加えておく。
投影面積 (projected area), A_P

プロペラ軸に平行な光を当てて投影した場合の翼面積 (ボス部は含まない、以下同様) である。
伸張面積 (developed area), A_D

投影翼面の形状が第 4.8 図 (a) の点線とすると、翼面 (水をける面) と半径 r の円筒との交線は、同図 (a) の矢印 r で示す円弧に投影される。この交線は空間では振れを伴うツル巻線であるが、この実形を近似的に平面上に伸ばしたものを c_1c_2 とする。この c_1 点、 c_2 点をそれぞれ結んだ外形が伸張形状であり、この面積が A_D である。

展開面積 (expanded area), A_E

上の c_1c_2 を (b) 図の $c_1'c_2'$ のように直線にのばしたものの外形が展開形状で、その面積が A_E である。これら各面積と、プロペラ円盤の面積 $A = \pi D^2/4$ との比を、それぞれの面積比と呼ぶ。

$$\text{投影面積比 } a_p = A_P/A$$

$$\text{伸張面積比 } a_d = A_D/A$$

$$\text{展開面積比 } a_e = A_E/A$$

船舶技術研究所のプロペラチャートはすべて展開面積比 a_e ごとに整理されているが、ガウンの成績は伸張面積比 a_d ごとに整理されている。一般に $a_d < a_e$ であるが、面積比が小さい場合は両者の差は僅かである。文献 (7) では a_d と a_e の関係を、

$$a_d/Z < 0.2 \text{ では } a_e = a_d$$

$$0.2 < a_d/Z < 0.4 \text{ では } a_e = 0.34a_d(2.75 + a_d/Z)$$

のように与えているが (Z は翼数)、我国の艇に使用されているプロペラにこの式があてはまるかどうか、プロペラメーカーから実績を発表されんことを希望する。

すなわち、 $a_d=1, z=3$ で計算すると、 $a_e=1.048a_d$ になるから約 5% の差がある。 $a_e=a_d$ とした場合、または a_e と a_d を混同した場合、 $a_d=1$ のガウンチャートで設計したプロペラを $a_e=1$ で製作すると (上式が正しいとすれば、 $a_e=1.048$ で作るべきであるから)、設計より約 5% 翼面積の小さいプロペラとなってしまう。ガウンの原論文では翼面積比を B. A. R. (Blade Area Ratio) としか表示していないために a_d と a_e を混同しがちである。

また、この $\sqrt{B_p}$ チャートは水槽専門家の手によったものではないため、フェアリングのゆきとどかぬ部分もある。特に $\eta_0=0.65$ 以上の部分は最大効率を与える H/D を読むのに苦勞する部分であり、フェアリングが多少あやしい線もある。この辺が設計ポイントになった場合、慎重を期したい読者は、本図で求めた $\eta_0, H/D, \delta$ などの関係を K_Q, K_T チャートでチェックするとよい。これらの間の関係は、1 馬力 = 75 kg·m/sec、海水密度 = 104.5 kg·sec²/m⁴ を用いた場合次の通りである。

$$B_p = 33.70 \sqrt{\frac{K_Q}{J^3}}, \quad \delta = \frac{30.87}{J}$$

なお、このプロペラは翼の伸張外形はだ円、断面は円弧型、翼厚比 = 0.06、ボス比 = 0.2 である。(本誌 50 年 10, 11 月号および 51 年 7 月号 — Fig. 4, 5 — Fig. 9 は $a_d=0.2, 0.35 \dots 0.95$ のものである。— 参照)

4.1.4 中速艇のシーマージン

前号で述べたシーマージンの考え方は中速艇につ

いてもそのままあてはまるが、次の点で排水量型船の場合とは多少趣きを異にする。

1) 中速艇の主機はほとんどすべて回転数の高い高速ディーゼルであり、これは規定の出力を得る上で回転数の確保ということが、他の中・低速エンジン以上に大切である。従ってシーマージンのとり方が悪く、いわゆる重いプロペラとなってしまうと回転が上らず速力低下が著しい。

2) 艇体が小さいので、気象、海象の影響や排水量変化の影響を強く受ける。天候が悪化した時など非常な荒海を乗り切ることになるし、一方あまり外洋へは出ないから、鏡のような海面を走ることも多い。また、旅客が10人の時と100人の時の排水量変化は相当な抵抗の変化となる。このように、排水量型船に比べ外部条件による影響の幅が大きい。

この1)と2)を組合せると、どんな状態を標準とするかが難しく、また常に主機を適正運転範囲におさめるためには多くの条件を考えねばならない。このため、中速艇のシーマージンは回転マージンで考える方が設計しやすい。大体の目安としては、満載状態の EHP_{ap} を用い、主機メーカーが指定または推奨する常用出力を5~10%減とし、回転数は減らさずにそのままとしてプロペラを設計する……程度であろうか。すなわち回転マージン約2~4%となる。

以上でEHPを用いて中速艇のプロペラが設計できるわけであるが、下の例題で具体的計算を示す。

この問題は本誌50年5月号(P96)に紹介されたイラク向け21m旅客艇にそくして作ったものである。高速ディーゼルメーカーからはMCRより大きい出力を最大出力(上のMAX)と称して提示され

例題4 L_{oa} (全長)が21m、スケグ無しのハードチェーンV型艇で満載排水量が約55tと推定された。しかし、保証速力は「燃料、潤滑油、清水半載の状態において、出力がMCRの90%で24ノットを確保する」というものであった。主機はMTU 12V 331 TC71の2機2軸推進として最適プロペラの要目を求めよ。ただし、 L_{WL} (水線長)=20.5m、満載で燃料6.5 m^3 、清水2.3 m^3 を積むものとし、主機出力等は次の通りである。

MAX	1,225 P S / 2,100 R P M
MCR	1,135 P S / 2,055 R P M
90% MCR	1,025 P S / 2,000 R P M
減速比	1 : 1.51

ることが多いが、この出力で何時間位運転できるものか、よくメーカーに確かめるべきである。試運転時程度のごく短時間しか使えないものと考えておいた方が安全である。

上の問題の保証速力条件はほぼ実用状態と考えられるから、90%MCR出力を用いて設計する。燃料等の重量は

燃料重量=6.5 m^3 ×0.83 t/ m^3 =5.4 t
 清水重量=2.3 m^3 ×1 t/ m^3 =2.3 t
 潤滑油重量=0.3 t (推定)

で、合計8 tの半分を55 tから引いて51 tがEHPを計算する排水量である。 $V_S=24$ ノットで $V_S/\sqrt{L_{WL}}=0.53$ となるから、 $V_S/\sqrt{L_{WL}}=0.50$, 0.53, 0.55 で第4.1図を引くこととする。

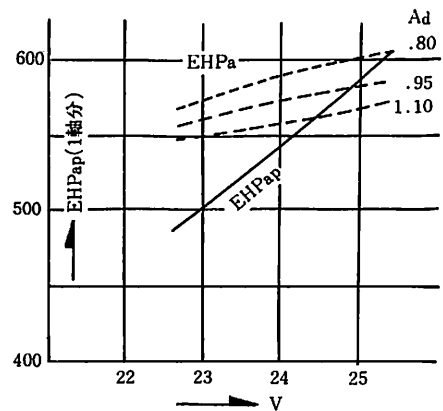
$L_{WL}/\Delta^{1/3}=5.53$, $(0.1 \cdot L_{WL})^{2.5}=12.33$
 $\gamma=1$ (スケグ無し), $\alpha=0.17$ (2軸)

などを用いて次のようになる。

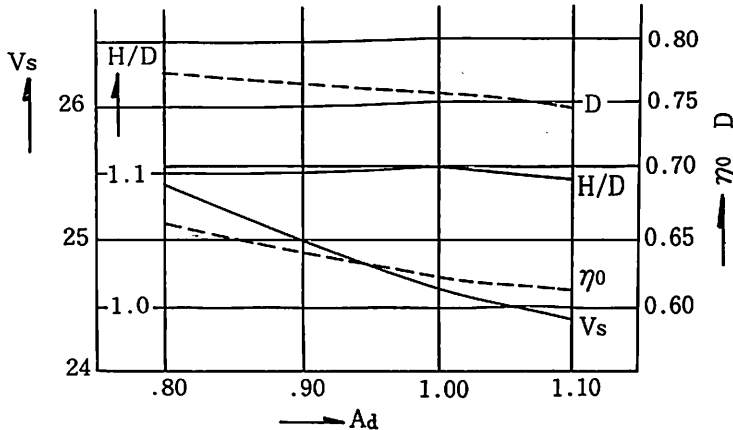
$V/\sqrt{L_{WL}}$	5.0	5.3	5.6
$EHP_n/(0.1 \cdot L_{WL})^{2.5}$	67.5	75	84
EHP_n	832	925	1,036
$EHP_{ap}(1.17 EHP_n)$	973	1,082	1,212
0.5 EHP_{ap} (1軸分)	487	541	606
V	22.64	24.0	25.36

となる。

この段階でスピードが出せるかどうかの見当をつけておく。すなわち、中速艇の η_{pc} はほぼ0.5程度であるから、 $V=24$ ノットでの $EHP_{ap}=1,082$ P Sが1基分の設計出力であればよいわけで、90%MCRが1,025 P Sであるから、まず良さそうである。(先月号の第3.5図によりBHP=2×1,025を用いてVを出してみてもよい。)



第4.9図 例題4の図式解



第 4.10 図 a_a を変えた時の最適プロペラ

さて、シーマージンであるが、第 4.1 図は試運転データの解析によるものであるから、上に得られた EHP_{ap} は普通の公試時程度の風、波の影響をすでに含んだ値である。燃料等半載で EHP を算出したから、これ以上のシーマージンをとる必要はないであろう。従って、1,025 P S と $2,000/1.51=1,325$ R P M を設計ポイントとする。

第 4.9 図のように EHP_{ap} カーブを描き、フェアに通るかをみて計算のチェックを兼ねておく。第 4.2 図は $(\eta_h \cdot \eta_R \cdot \eta_t)$ カーブを η_h カーブで割ってみればわかるように w $\eta_R \cdot \eta_t$ を 0.95 にとっている。本主機の提示馬力は主機後端のものとし、逆転減速機損失 2%、船尾管他の損失を 3% と見込めば、 $\eta_R=1$ としたことになる。先月号で述べた V を仮定する図式解法を用いるため、

$$B_p = \frac{N \sqrt{\eta_t \eta_R BHP}}{V_A^{2.5}} = \frac{1325 \sqrt{0.95 \times 1025}}{V_A^{2.5}} = \frac{41350}{V_A^{2.5}}$$

$$\therefore \sqrt{B_p} = 203.3 / V_A^{1.25}$$

を計算しておいて、次表の計算にはいる。チャートは $a_a=0.95$ の $\sqrt{B_p}$ チャートである。

V	22.64	24	25.36
$V/\sqrt{L_{WL}}$	5.0	5.3	5.6
$1-w$ (第 4.2 図より)	1.004	1.008	1.012
$V_a=(1-w)V$	22.73	24.19	25.66
$V_a^{1.25}$	49.63	53.65	57.76
$\sqrt{B_p}=203.3/V_a^{1.25}$	4.10	3.79	3.52
H/D	1.00	1.05	1.14
η_0	.607	.623	.640
δ	45	42	39

$\eta_h \cdot \eta_R \cdot \eta_t$ (第 4.2 図より)

	.892	.894	.897
$EHP_a=555$	571	588	

この EHP_a を第 4.9 図にプロットして ($a_a=0.95$ の点線)、 EHP_{ap} との交点を求めれば

$$V_s=24.8 \text{ ノット}$$

を得る。別に V_s ベースで H/D 、 δ 、 η_0 、 V_a のカーブを描いて、

$$V=24.8 \text{ に対応する値を読んで}$$

$H/D=1.10$	$\delta=40.2$
$\eta_0=0.633$	$V_a=25.05$

を得た。故に

$$D = \delta V A / N = 40.2 \times 25.05 / 1,325 = 0.760 \text{ (m)}$$

$$H = 0.760 \times 1.1 = 0.836 \text{ (m)}$$

上と全く同じ計算を $a_a=0.80$ 、1.10 のチャートについて行ない、次の値を得た。

	V_s	H/D	η_0	δ	D
$a_a=0.80$	25.4	1.10	.66	40	.776
$a_a=1.10$	24.4	1.09	.614	40.1	.745

これらを a_a ベースにプロットすると第 4.10 図となる。これをみると、 a_a が小さい程効率が良いスピードが出るから、 a_a の小さいプロペラにしたいが、 a_a が小さい程キャビテーションの危険が出てくる。後に述べる方法でキャビテーション防止上充分な a_a 値を求めて、これに対応する要目をもって最適プロペラとするのである。(つづく)

参考文献

- 1) R, W, L. Gawn, "Effect of Pitch and Blade Width on Propeller Performance", TRINA., Vol. 95, 1953
- 2) 大隅三彦, 中速艇の所要推進馬力の推定法, 海上保安庁船舶技術部資料, 昭和33年
- 3) 同, 中速艇の一設計法, 日本舟艇工業会報, 昭和51年3月号, 4月号
- 4) 永井 保 他, 高速艇に関する平水中水槽試験結果の統計的解析, 造船学会論文集, 第137号, 昭和50年6月
- 5) Donald L. Blount and David L. Fox, "Small-Craft Power Prediction", Marine Technology, Vol. 13, No. 1, JAN. 1976
- 6) Daniel Savitsky, "Hydrodynamic Design of Planing Hulls", Marine Technology, Vol. 1, No. 1, Oct. 1964 など
- 7) T, P, O'Brien, "The Design of Marine Screw Propellers" (p.314), Hutchinson & Co Ltd., London

Engineering Course : Diesel Engine <21>
by Zenzaburo Saito

齋藤善三郎
三菱重工業

第6章 高速ディーゼルエンジン (つづき)

6.3 速度区別の尺度

高速ディーゼルエンジンは、高速度ディーゼルエンジンの略であって、一般に回転速度の早いエンジンという意味で用いられる場合が多い。しかし、高速で動くのは軸の回転だけではないので、不十分である。たとえば、中形ディーゼルエンジンのピストンの動きは、小形高速ディーゼルエンジンにくらべて、必ずしも低速ではない。

しからば、どのような標準によって、高速、中速、低速の区別をすればよいのであろうか？

このような理由により、高速エンジンを定義しようとする試みが古くから行なわれている。今までに教科書的に紹介されている速度区別の尺度を、高速度の理解の資料として、以下に説明する。(図6.3.1)

		(構成エレメント)
尺度	{	回転速度 n
		平均ピストン速度 v_{pm}
		Maleev 速度係数 n, v_{pm}
		Schultz 速度係数 $n, P_e, (v_{pm})$
		Kamm 速度係数 $n, P_e, (v_{pm})$
		$S/D \cdot (nD)^2$ 速度係数 n, P_e, v_{pm}
		注 n : 回転速度 (rpm)
		v_{pm} : 平均ピストン速度 (m/s)
		P_e : 軸出力 (PS)

図 6.3.1 速度区別の尺度

6.3.1 Maleev 速度係数

エンジンの回転速度をもって高速、低速を区別する一般的方法に対して、エンジンの寸法をも考慮に入れて、平均ピストン速度と回転速度との相乗積で

判別しようとするもので、式で示すと下記となる。

式 [6.3.1.1]

$$C_M = v_{pm} \cdot \frac{n}{60}$$

但し ここに

C_M : Maleev の速度係数 (m/sec²)

v_{pm} : 平均ピストン速度 (m/sec)

n : 回転速度 (rpm)

Maleev は、速度係数 C_s によりエンジンを、高、中、低速と分類している。すなわち C_s の値について

7~23	低速
23~70	中速
70~210	高速
210~640	超高速

として、エンジンを分類している。現在のエンジンにあてはめると、現在言われている高速エンジンは Maleev では超高速と呼んだ分類に入り、現在はそれだけ高速化しているわけである。(図6.3.2参照)

6.3.2 Schultz 速度係数

一定馬力の範囲内において、速度係数の大小によって低速、高速を区分しようとするものである。式は下記の通りである。

式 [6.3.2.1]

$$C_s = P_e \cdot n^2$$

ここに C_s : Schultz 速度係数

P_e : 軸出力 (PS)

n : 回転速度 (rpm)

上式を回転速度区分曲線(ここでは省略)で区分している。

同じ回転速度でも、馬力によって、低速エンジンの範囲になったり、中速エンジン範囲になったりするの、複雑さはまぬがれない。

6.3.3 Kamm 速度係数

Kamm は、エンジンの機械的高速度の標準として、前記の Schultz 速度係数の平方根に相当する $n \sqrt{P_e}$ の形を用いている。すなわち式は下記の通り。

$$\text{式 [6.3.3.1]}$$

$$C_k = n \cdot \sqrt{P_{cyl}}$$

ここに C_k : Kamm 速度係数
 n : 回転速度 (rpm)
 P_{cyl} : 1 シリンダ当り軸出力 (PS/cyl)

Kamm 速度係数は、「馬力係数」、または「高速度率」と称する人もいる。

式 [6.3.3.1] を、公式 [4.8.8] 軸出力の関係を代入してみると、結局、Kamm 速度係数 C_k は、

$$(p_e^{1/2} \cdot v_{pm}^{1/2} \cdot D \cdot S^{-1})$$

ここに p_e : 正味平均有効圧 (kg/cm²)
 v_{pm} : 平均ピストン速度 (m/sec)
 D : シリンダ内径 (mm)
 S : 行程 (mm)

により決められる理である。

この係数は、現在でも設計などの際の資料値として用いられているが、いわゆる、専門的範囲のものである。各種エンジンの高速度性を割合簡潔に示している。

6.3.4 速度係数 $S/D \cdot (nD)^2$

近来比較的多く使用される尺度である。一般的に速度係数と呼ぶ時は、この式を指している。Schultz 速度係数、Kamm 速度係数と同じ考えで、機械的高速度の考えに基づいており、式は下記による。

$$\text{式 [6.3.4.1]}$$

$$C = S/D \cdot (nD)^2 \cdot 10^{-3}$$

ここに

C : $S/D(nD)^2$ 速度係数 (m²/min²)

S : 行程 (m)

D : シリンダ内径 (m)

S/D : 行程内径比

n : 回転速度 (rpm)

式は、

$$(\text{行程内径比}) \times (\text{回転速度})^2 \times (\text{シリンダ内径})^2$$

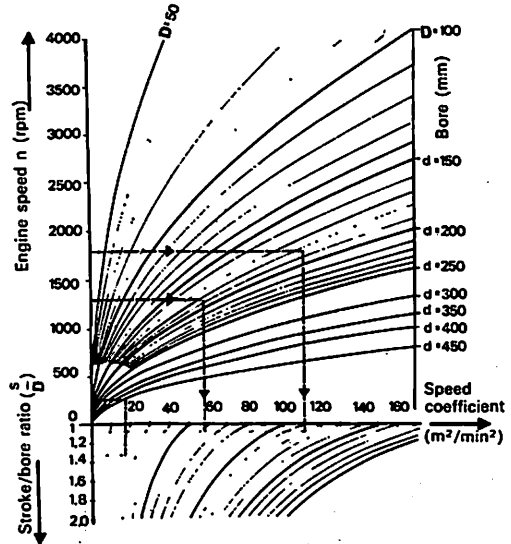


図6.3.2 低、中、高速各エンジンの速度係数比較図

の相乗積であるが、これはそれぞれ

(ピストン速度) × (回転速度) × (ピストン負荷)
 の相乗積と同義である。

従って、エンジンの高速度性とこれをサポートする機械的特性も合わせて表現することになるので、便利な尺度である。信頼性ある実績と結びついた最高速度係数を持ったエンジンは、最も合理的設計の高速度ディーゼルエンジンである。すなわち、速度係数 (Speed coefficient) は、エンジンの高速度能力特性の1つを示す重要な尺度である。

以下に実際について述べる。

速度係数は、 D : シリンダ内径 (mm)

S/D : 行程内径比

n : 回転速度 (rpm)

に関係があるので、これらに基づいた図 6.3.2 において、

$D=450$ mm, $S=600$ mm, $n=250$ rpm

の低速エンジン (図左端)

$D=185$ mm, $S=200$ mm, $n=1300$ rpm

の中速エンジン (図中央)

$D=185$ mm, $S=200$ mm, $n=1900$ rpm

の高速エンジン (図右端)

の速度係数の比較を示した。

このグラフから得られた速度係数は、それぞれ

低速エンジン (図左端) 16.8 m²/min²

中速エンジン (図中央) 62.5 m²/min²

高速エンジン (図右端) 133 m²/min²

である。

もしこれらのエンジンを比較するならば、低速エ

図 6.3.3 実際エンジンの速度係数例

記号	名称	低 速			中 速		高 速			備 考
		Sulzer RND105	三菱 JET 52/90	阪神 LUS28	MAN V52/55	ダイハツ DV-26	SEMT PA4V -185	三菱 S16N	三菱 6DS70A	
		×	▲	●	△	○	X	Y	□	
<i>D</i>	シリンダ内径 (mm)	1050	520	280	520	260	185	160	98	
<i>S</i>	行程 (mm)	1800	900	400	550	320	210	180	210	
* <i>n</i>	回転速度 (rpm)	108	204	380	450	750	1500	1800	3100	
<i>P_e</i>	軸出力 (PS)	48000	9000	1200	18990	3600	3300	1600	135	
<i>N</i>	シリンダ数	12	9	6	18	16	18	16	6	
<i>P_{cyl}</i>	シリンダ当り出力 (PS/cyl)	4000	1000	200	1055	225	183	100	22	
* <i>v_{pm}</i>	平均ピストン速度 (m/s)	6.5	6.1	5.6	7.8	8.0	10.5	10.8	12.4	式[4.14.1]
* <i>C_M</i>	Maleev 速度係数	12	21	36	59	100	263	324	640	式[6.3.1.1]
* <i>C_S</i>	Schultz 速度係数	560×10 ⁶	375×10 ⁶	173×10 ⁶	3850 ×10 ⁶	2030 ×10 ⁶	7430 ×10 ⁶	5180 ×10 ⁶	1300 ×10 ⁶	式[6.3.2.1]
* <i>C_K</i>	Kamm 速度係数	6830	8450	5370	14600	11300	20300	18000	14500	式[6.3.3.1]
* <i>C</i>	<i>S/D(nD)²</i> 速度係数	220	20	19	58	47	87	93	113	式[6.3.4.1]

(注) * は高速性の表示尺度

ンジンよりも高い速度係数を持つ高速エンジンの方が効率がすぐれている。

なお、各種エンジンについて、それぞれの速度係数を求めて見ると、低速、中速、高速の各エンジンの層別が明瞭にあらわれてくる。(後述)

6.3.5 平均ピストン速度

高速度を区別するのに、一般に古くから広く用いられる尺度で、下式による。(既述)

公式 [4.14.1]

$$v_{pm} = \frac{S \times n}{30 \times 1000}$$

ここに

v_{pm} : 平均ピストン速度 (m/s)

S : 行程 (mm)

n : 回転速度 (rpm)

しかしながら、実用上の問題点は、最近、どの範囲のエンジンも、ピストン速度は高速化し、特に中速エンジンは高速エンジンの速度に接近しており、これのみの使用では不十分で、やはり他の尺度の併

用が、高速性を見る上で、現在では必要である。

6.3.6 高速度の尺度

前節まで述べた速度係数を実際のエンジンについて、参考までに計算した事例を、図 6.3.3 に示した。

ここでまとめてみるならば、高速性を示すには、

回転速度によるもの

ピストン速度によるもの

回転速度とピストン速度によるもの (Maleev)

回転速度と出力とを合わせたもの

(Schultz, Kamm)

等があり、それぞれ特色を持っていると言える。

図 6.3.2 の数値表を見ればわかるように、高速性を示す尺度(*)の中で、やはり古典的ではあるが、親しまれてきた

回転速度: n (rpm)

平均ピストン速度: v_{pm} (m/sec)

がベーシックな表現であり、更に機械性を加味した高速性を示す尺度として

図 6.3.4 高速機関の J I S 用語

番号	用語	読み方	参 考	
			これまで一部で使われていた用語または慣用語	英・独用語
1070	高速機関	こうそくきかん	原則として、同一種類の機関において、クランク軸が比較的高速で回転する機関	high-speed engine, Schnellaufender Motor (m)

以上は J I S B0108—1968 (日本規格協会発行) による

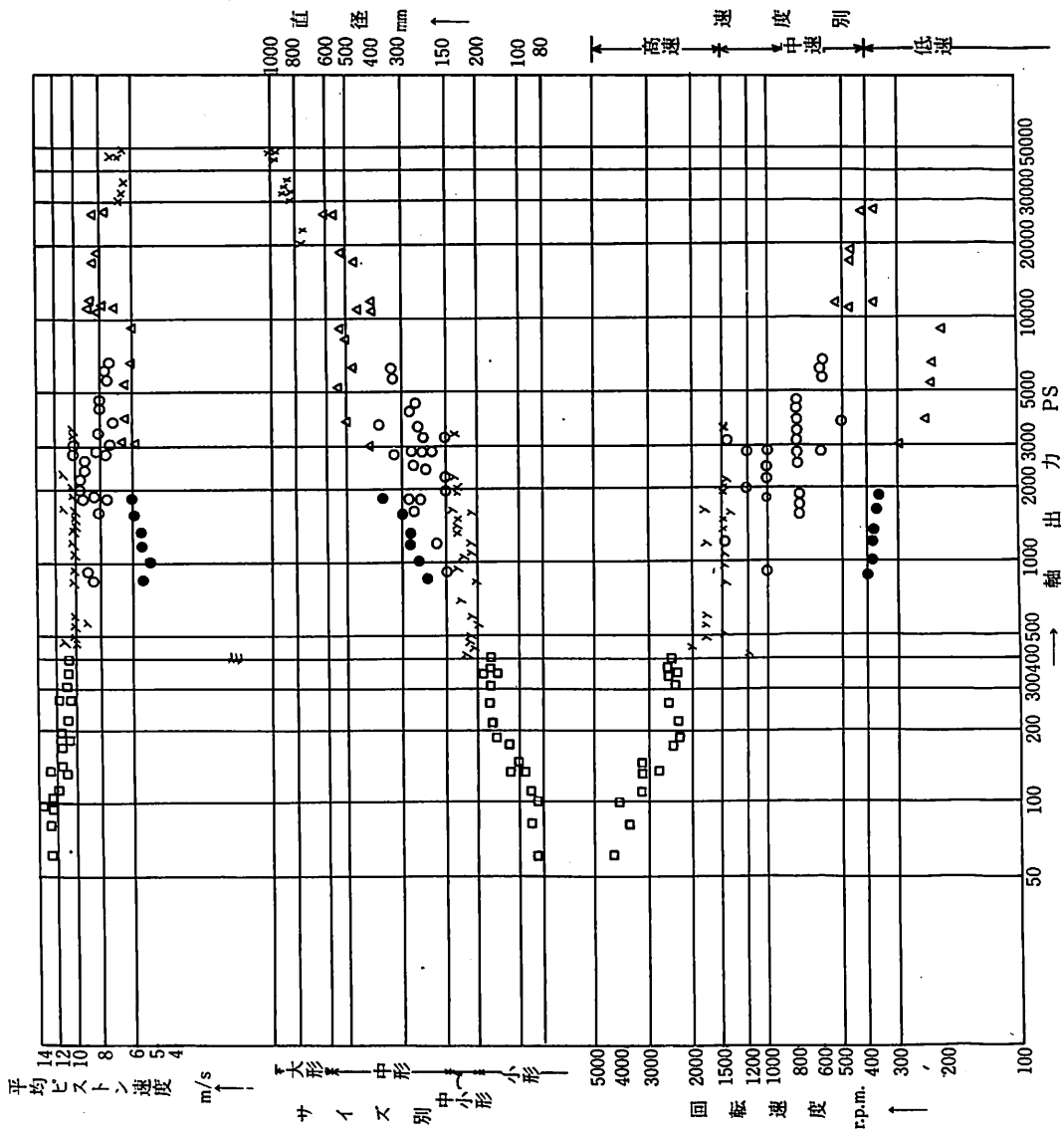
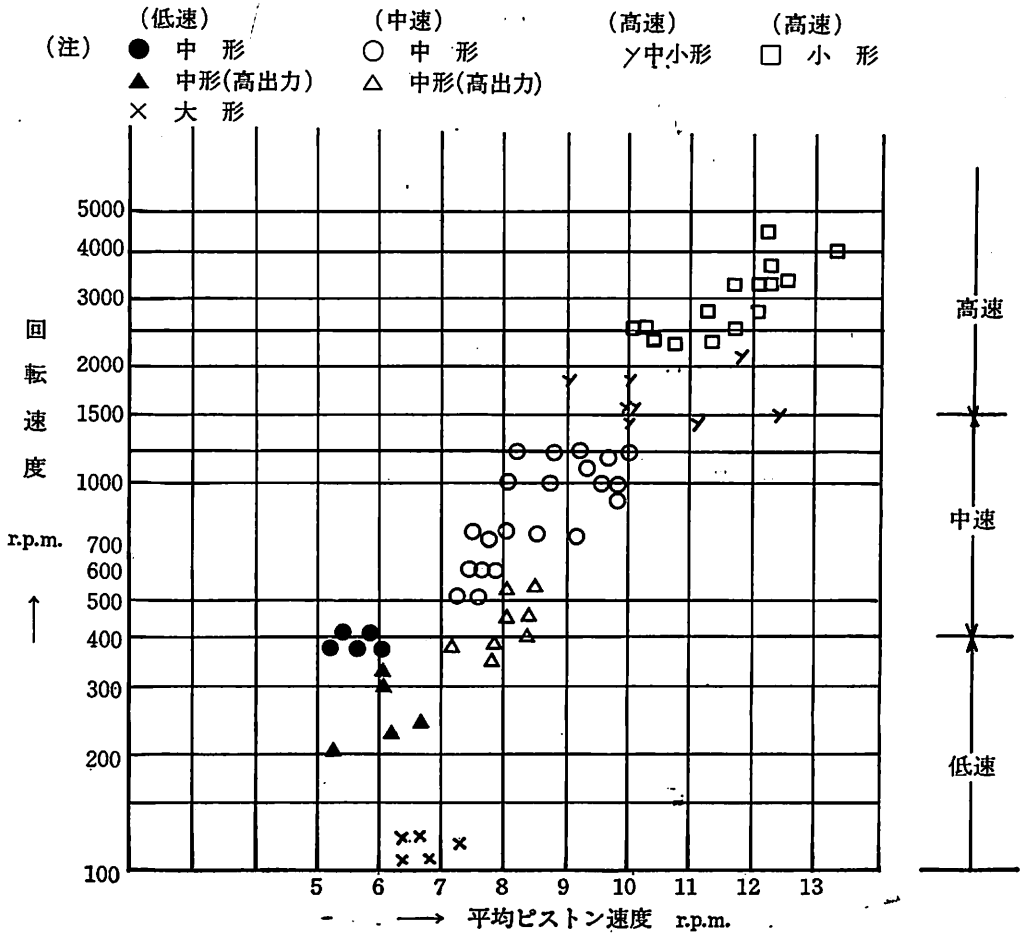


図6.4.1 平均ピストン速度 v_{pm} (m/s) の比較

図 6.4.2 平均ピストン速度・回転速度の比較



$S/D(nD)^2$ 速度係数: C

があり、この3つが実用的であると言える。実際の場面でも、3つが用いられることが多い。

この尺度の中で、速度係数の値のみは、高速性の明示尺度としての役目の他に、エンジンの計画段階で用いられることも多い。すなわち、与えられた軸出力に対して、予定の回転数が得られるかどうかを見る場合に利用されることも多い。また、高性能でしかも小形軽量化を重視するか、または耐久性を主とするのかというエンジンの使用目的によって、この値は選定される。

速度係数はどちらかという、専門的尺度として理解しておけば充分である。

高速性の尺度は、各種ある点からみてもわかるように、一律に定義づけるには困難な問題である。また、かりに厳密に行なってみても、技術の進歩によって時と共にその基準が変化し、また、活用する分

野により意味があったりなかったりすると思われるので、一般的常識に従って、現状に適合した形で区別することにする。

すなわち、回転速度、ピストン平均速度、速度係数の3つの尺度で、高速エンジンをとらえる。

なお、参考までに、同エンジンについてのJIS用語の解説を図6.3.4に示した。

6.4 ピストン速度の比較

図5.3.1「ディーゼルエンジンの主な比較評価尺度」の図に示した尺度の1つとして、ここでは高速ディーゼルエンジンに関連して、ピストン速度をとりあげて述べる。図6.4.1に平均ピストン速度 v_{pm} の比較に詳細を示す。大形、中形、小形、各種エンジンを含めての国産ディーゼルエンジンをプロットしたものである。エンジン出力を横軸に、縦軸にピストン速度を示し、併せて回転速度、直径を併記した。

Schultz 速度係数的な見方である。

図 6.4.2 に、平均ピストン速度と回転速度の関係をプロットした。図 6.4.1 と同じ国産ディーゼルエンジンである。Maleev 速度係数的な見方である。

図 6.4.3 はピストン速度をパラメータにして、回転速度と行程の関係プロットした図である。

一般に行程内径比 S/D はほぼ一定の関係にある。従って、横軸に行程の目盛があるが、これをシリンダ内径とみても、概略推定には使える。

図 6.4.1, 図 6.4.2, 図 6.4.3 に国産ディーゼルエンジンを小形から大形までとりあげて、ピストン速度を中心に図にならべてみた。この諸図を通じて高速ディーゼルエンジンの占める位置を認識し、かつ他のエンジンとの比較を留意されたい。

諸図のプロットから高速ディーゼルエンジンを見ると、まずピストン速度は、10m/s 以上が境界線である。

あり、従来の常識ラインであり、妥当である。

しかし、従来、高速ディーゼルエンジンと称していたエンジンの回転速度は、一般的に 1,000rpm であったが、これらエンジンの回転速度は、今はほとんどモデルチェンジと共に年々増速され、現在では、1,500 rpm 以上に上昇している。厳密に言うと、1,300~1,500 rpm がボーダラインのようである。

従って、現在において高速ディーゼルエンジンとして呼ばれる一応の実際範囲は、回転速度と平均ピストン速度の上からは、下記が常識ラインとみなされる。

回転速度	1,500 rpm 以上
平均ピストン速度	10m/s 以上

(つづく)

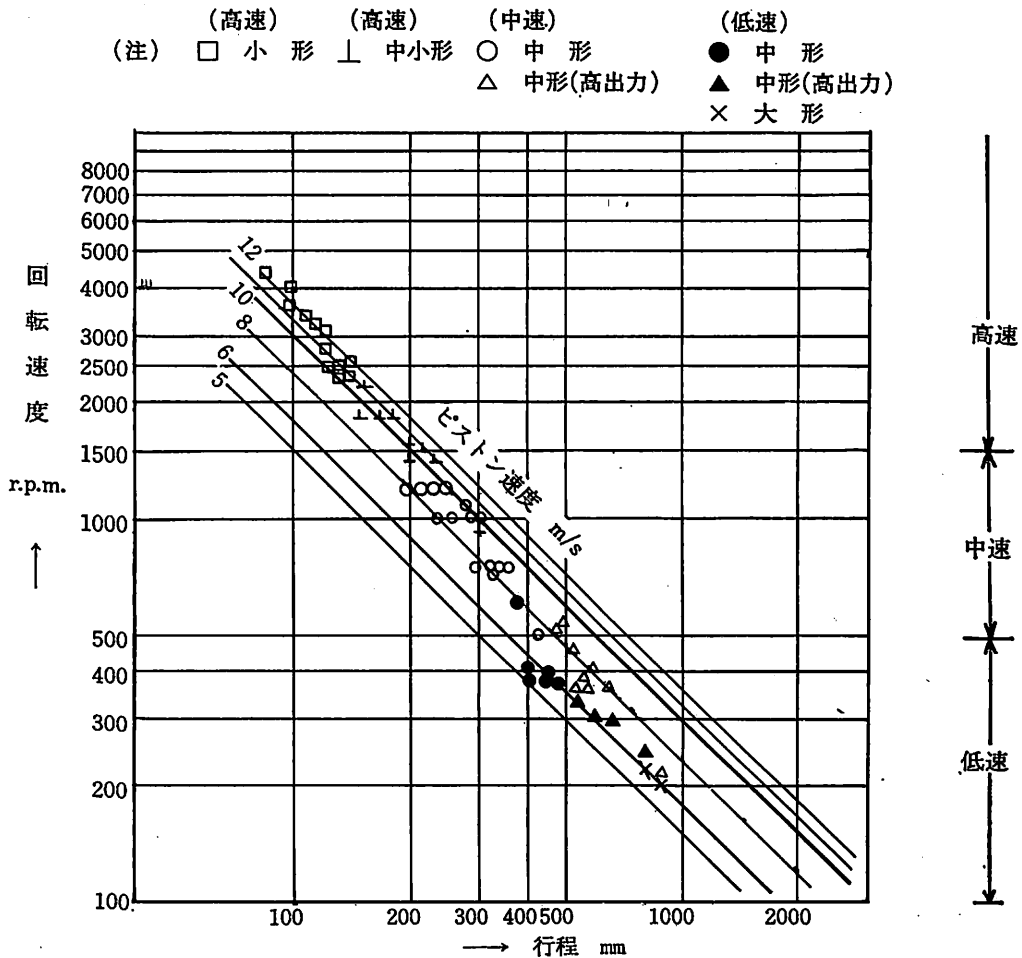


図6.4.3 行程・回転速度・ピストン速度の比較

竣工船一覽

The List of Newly-built Ship

船名 Name of Ship	① LINA V	② KOKUSHU MARU No.2	③ BRAVE PIONEER
所有者 Owners	Galf Ro Ro Survices S.A.	Kokka Sangyo, Sempaku Seibi Kodan	Brave Transport S.A.
造船所 Ship builder	寺岡造船(Teraoka)	内海造船瀬戸田(Naikai)	三井造船玉野(Mitsui)
船級 Class	BV	NK	NK
進水・竣工 Launching・Delivery	76/8・76/11	51/4・51/10	76/7・76/10
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	Ro-Ro	液化アンモニア(LAG)・沿海	貨(Cargo)・遠洋
G/T・N/T	597.70/151.85	1,588.97/755.49	11,722.69/7,160.57
LOA(全長:m)	77.3	75.16	148.394
LBP(垂線間長:m)	69.6	69.00	140.00
B(型幅:m)	15.22	12.00	22.60
D(型深:m)	4.075	5.80	13.50
d(満載吃水:m)	3.2	5.19	10.02
満載排水量 Full load Displacement	2,166	3,073.00	24,952
軽貨排水量(約) light Weight	866	1,325.33	5,747
載貨重量 L/T Load Weight	—	—	18,901
K/T	1,300	1,747.64	19,205
貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m ³)	—	No.1タンク861.944 No.2 862.221	22,659.1/24,028
主機型式/製造所 Main Engine	ダイハツ8PSHTCM26ES型	ヤンマー8Z-ST型	三井B&W7K62EF型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	1,000×720×2	1,900×680/265	9,400×144
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	850×680×2	1,710×656/256	7,990×136.5
燃料消費量 Fuel Consumption	9.354t/d	7.8t/d	30t/d
航続距離(海里) Cruising Range	11,000	7,533	13,200
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	14.02	13.687	18.57
航海速度 Service Speed	12.5	11.8	14.90
ボイラー(主/補) Boiler	—	タクマRHOB-30型	7kg/cm ² ×1,500kg/h×1
発電機(出力×台数) Generator	ダイハツ180KVA×3	15KVA×445V×2	ダイハツ6PSHT-26D, 420KW×3
貨油倉容積(m ³)CO-T	—	—	—
清水倉容積(m ³)FWT	361.5	115.22	351.6
燃料油倉容積(m ³)FOT	307.0	261.72	FO1,490, DO176.7
特殊設備・特徴他	コンテナトレーナー22台 またはコンテナ94個積載	装備, 構造は近海 LAG揚荷用ポンプ ディーブウエル型 180m ³ /h×120m×2	

※は編集部調べ

④ KASUGA MARU

Hinode Kisen
尾道造船
(Onomichi)

NK

76/7・76/10

貨(Cargo)・遠洋

11,831.97/7,473.81

154.40

142.50

23.60

13.00

9.574

25,119

6,505

18,320

18,614

21,619.47/22,665.46

鋼管S.E.M.T.16PC2-5V型

10,400×519

8,840×492

32.9t/d

11,790

18.06

15.5

ガデリウスサンセット
型1,200kg/h×7kg/cm²
AC450V×320KW×3

—

566.25

1,469.19

川崎式ガイレス360°旋回型
450トンヘビーデリック×1
装備

①



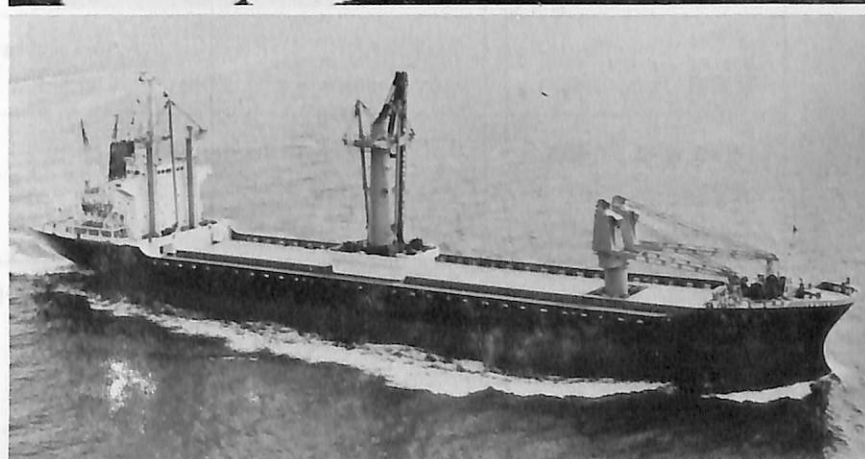
②



③



④



船名 Name of Ship	⑤ ASTRA PEAK	⑥ VERBENA	⑦ GOLDEN SHIMIZU
所有者 Owners 造船所 Ship builder 船級 Class 進水・竣工 Launching・Delivery 用途・航行区域 Purpose・Navigation area	Astra Maritime Enterprise 日本鋼管鶴見 (Nippon Kokan) NK 76/6・76/9 貨(Cargo)・遠洋	Valiant Co.Ltd. 三菱重工長崎 (Mitsubishi) NK 76/6・76/10 貨(Cargo)・遠洋	Golden Shimizu Steamship Inc. 日本鋼管清水 (Nippon Kokan) A B 76/8・76/10 ばら積(Bulk)・遠洋
G/T・N/T	12,816.23/7,666.15	13,267.97/7,819.29	13,027.49/8,705
LOA(全長:m) LBP(垂線間長:m) B(型幅:m) D(型深:m) d(満載吃水:m)	161.00 153.00 23.70 13.85 10.375	167.80 155.00 22.86 13.85 10.20	155.7 145.7 22.86 13.6 9.909
満載排水量 Full load Displacement 軽貨排水量(約) light Weight 載貨重量 L/T Dead Weight K/T 貨物倉容積Capacity (ペール/グリーン:m ³)	— — — 20,425 25,327/26,944	※27,495 ※6,977 — 20,518 —/26,519.1	— — — 22,031 25,124/29,158
主機型式/製造所 Main Engine 主機出力(連続:PS/rpm) MCR 主機出力(常用:PS/rpm) NCR 燃料消費量 Fuel Consumption 航続距離(海里) Cruising Range 試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed 航海速度 Service Speed	住友スルザー7RND68型 11,550×150 9,810×142 37.7t/d 13,000 19.58 16.80	三菱8UEC65/135D型 12,800×145 10,900×137 40t/d 15,000 19.55 16.80	住友スルザー6RND68型 9,000×137 7,650×130 29.66t/d 27,900 16.501 15.1
ボイラー(主/補) Boiler 発電機(出力×台数) Generator	堅煙管式コクラン型1,500kg/h 450V×560KW×3	コクラン型1,500kg/h AC450V×550KW×3	7kg/cm ² ×1,700kg/h AC450V×330KW×2
貨油倉容積(m ³)COT 清水倉容積(m ³)FWT 燃料油倉容積(m ³)FOT	— 312 1,791	— 503.8 2,154.2	— 152 2,404
特殊設備・特徴他		多目的船, 重量物搭載 可能な重構造	

⑧ SEVEN SEAS

Eishin Kaiun

今治丸亀 (Imabari)

NK

76/7 · 76/9

ばら積 (Bulk) · 遠洋

14,064.26 / 9,236.17

159.826

150.00

24.60

13.60

9.932

29,684

5,833

23,851

29,689.16 / 31,000.20

三菱スルザー6RND68型

9,900 × 150

8,910 × 145

33t/d

11,700

17.153

14.5

コクランコンポジット型

7kg/cm² × 800kg/h

400KVA × 2

440.70

1,422.88

⑤



⑥



⑦



⑧



船名 Name of Ship	⑨ LOS ANDES	⑩ FORT KAMLOOPS	⑪ MOSRIVER
所有者 Owners	Arbella S.A.	Canadian Pacific Bermuda Ltd.	Mosvold Shipping Company
造船所 Ship builder	三井造船玉野(Mitsui)	佐野安船渠(Sanoyasu)	住友重機械重工追浜 (Sumitomo)
船級 Class	LR	LR	A B
進水・竣工 Launching・Delivery	76/5・76/10	76/7・76/10	76/8・76/10
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	ばら積(Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋	ばら積(Bulk)・遠洋
G/T・N/T	16,920.87/10,711.59	17,281.07/10,743.25	17,945.63/10,536.77
LOA(全長:m)	179.7	172.83	170.00
LBP(垂線間長:m)	171.0	163.00	160.00
B(型幅:m)	25.0	25.40	26.40
D(型深:m)	13.7	14.40	14.40
d(満載吃水:m)	9.766	10.406	10.262
満載排水量 Full load Displacement	35,798	35,143	—
軽貨排水量(約) light Weight	7,492	6,820	—
載貨重量 L/T Dead Weight	27,853	27,876	—
K/T	28,306	28,323	29,117
貨物倉容積Capacity (ペール/グレーン:m ³)	—/37,828	31,352.2/37,062.5	—/37,022
主機型式/製造所 Main Engine	三井B&W7K67GF型	三井B&W7K67GF	住友スルザー7RND68型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	13,100×145	13,100×145	11,550×150
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	11,900×140	11,750×140	10,050×143
燃料消費量 Fuel Consumption	45.8t/d	46.6t/d	38.9t/d
航続距離(海里) Cruising Range	13,000	13,500	24,700
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	16.96	18.29	16.54
航海速度 Service Speed	15.44	15.5	14.85
ボイラー(主/補) Boiler	7kg/cm ² ×1,400kg/h×1	立型水管式7kg/cm ² ×1	
発電機(出力×台数) Generator	ダイハツ6PSHT-26D 560KW×3	AC450V×635KVA×3	AC450V×480KW
貨物倉容積(m ³)CO T	—	—	—
清水倉容積(m ³)FW T	204.3	482.8	412
燃料油倉容積(m ³)FO T	F.O.1,801.6, DO182.1	2,153.2	3,008
特殊設備・特徴他	—		

⑨



⑫ SHINSHO MARU

Shinwa Kaiun

三菱重工横浜(Mitsubishi)

NK

76/8・76/10

ばら積(Bulk)・遠洋

68,148.78/44,231.72

260.86

247.00

40.60

24.00

16.029

※135,904

※19,943

—

115,961

—/140,194.2

三菱スルザー8RND90型

23,200×122

19,720×116

72.5t/d

28,600

17.62

14.95

7,300kg/h×1

1,650kg/h×1

450V×812.5KVA×2

—

511.0

6,842.1

M0船

⑩



⑪



⑫



船名 Name of Ship	⑬ DYNAMICE ACE	⑭ IRISH ROWAN	⑮ HAKUKO MARU
所有者 Owners 造船所 Ship builder 船級 Class 進水・竣工 Launching・Delivery 用途・航行区域 Purpose・Navigation area	Colleen Maritime (Panama) S.A. 三保造船(Miho) NK 76/4・46/9 コンテナ(Container)・遠洋	Irish Shipping Ltd. 林兼造船下関 (Hayashikane) LR 76/6・76/9 木材(Lumber)・ ばら(Bulk)・遠洋	Sanko Kisen 尾道造船(Onomichi) NK 76/6・76/9 自動車/ばら (Car, Bulk)・遠洋
G/T・N/T	4,779.85/3,287.48	17,418.31/11,329.50	20,456.15/12,441.75
LOA(全長:m) LBP(垂線間長:m) B(型幅:m) D(型深:m) d(満載吃水:m)	118.1 109.0 18.0 8.25 6.15	176.885 165.00 25.00 14.20 10.339	179.90 170.00 28.40 15.15 10.977
満載排水量 Full load Displacement 軽貨排水量(約) light Weight 載貨重量 L/T Dead Weight K/T 貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m ³)	— — — 5,842.97 —	35,577 8,045 27,098.2 27,531.8 35,291/36,104	42,675 10,080 32,082 32,595 35,514.73/36,127.36
主機型式/製造所 Main Engine 主機出力(連続:PS/rpm) MCR 主機出力(常用:PS/rpm) NCR 燃料消費量 Fuel Consumption 航続距離(海里) Cruising Range 試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed 航海速度 Service Speed	神発6UET52/90D型 6,000×198 5,100×188 19.5t/d 13,000 17.38 14.70	三井B&W6K74EF型 11,600×124 10,600×120 41t/d 14,500 16.667 14.9	日立B&W6K74EF型 11,600×124 10,600×120 44.2t/d 15,170 17.062 14.7
ボイラー(主/補) Boiler 発電機(出力×台数) Generator	クレイトンWHO-50 736kg/h×1 排ガスエコノマイザー400kg/h×1 300KVA×2	7kg/cm ² G×1,500kg/h×1 450V×712.5KVA×3	コクランコンポジット型 8kg/cm ² ×1,500kg/h. AC450V×400KW×3
貨油倉容積(m ³)COT 清水倉容積(m ³)FWT 燃料油倉容積(m ³)FOT	— 403.00 936.00	— 237 2,215	— 855.54 2,387.42
特殊設備・特徴他			川崎B&V式カーデッキ 自動車走行用油圧式サ イドポート×2 油圧開閉式バルクヘッ ドドア×4

⑬



⑬ GOLAR PATRICIA

Ocean Oil Commerce Inc.

川崎重工坂出
(Kawasaki)

N V

76/1 · 76/9

油(Oil) · 遠洋

194,687.70/171,041.71

378.00

360.00

69.00

28.70

22.986

481,790

57,367

417,718

424,423

川崎UR-450タービン

45,000×80

45,000×80

202.4t/d

30,700

16.186

15.63

主川崎UTR140/114型

川崎SM45G型

2,000KVA×450V×2

1,000KVA×450V×1

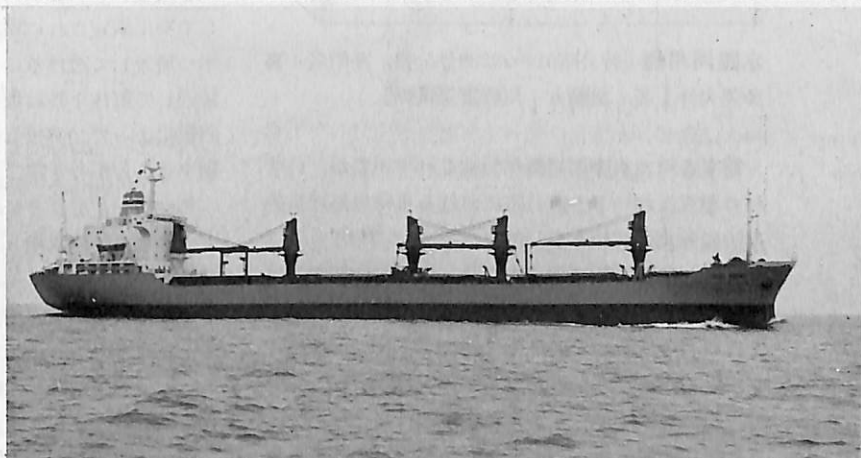
523,220.8

899.2

17,971

ダクトプロペラ

⑭



⑮



⑯



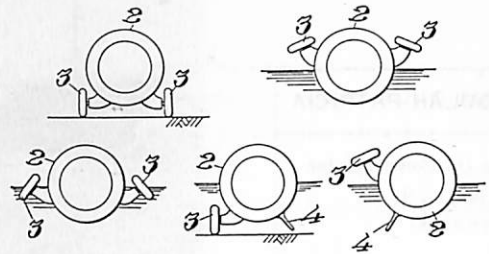
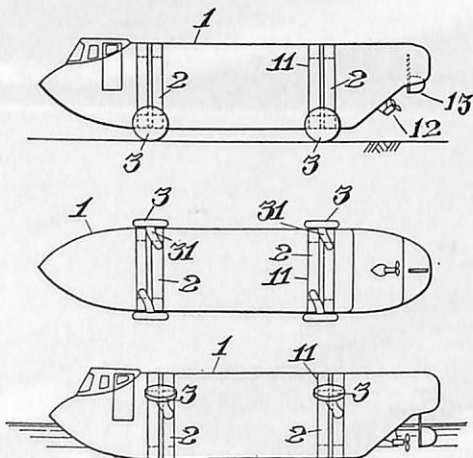
特許解説

水陸両用艇〔特公昭51—19228号公報，発明者；喜多英夫外1名，出願人；川崎重工業㈱〕

従来各種の水陸両用艇が製造されているが、いずれの形式においても航行時における車輪の処理格納方法に多くの問題を有していた。

すなわち航行時に陸上走行時と同様の状態で車輪を保持しては水中抵抗が増大することから、多くは航行中に車輪を艇体内に格納する構造が採用されているが、この構造では格納用の切欠部によって、艇体容積が減少し、また切欠部に生じる渦流により航行中の抵抗が増大する。切欠部に密閉蓋板を設ける構造もあるが、そのための複雑な機構を必要とする。

本発明は以上の点に着目してなされたもので、図面を参照して説明すると、1は水陸両用艇の艇体であり、内部に機関室、操舵室等を設け、水中推進に適切な形状をしている。艇体1の外周には、環状に設けられた環状溝11に回転リング2が複数取付けられ、自由に環状に回転することができる。



各回転リング2には1個ずつの車輪3が脚31を介して突出固定され、環状溝11を艇体1の外周に2条ずつ接近して設けることにより、車輪3は一对毎に接近して艇体1外に取付けられる。回転リング2の回転によって、突出した車輪3は艇体1の外周を回転することができる。

この回転リング2には、水中推進中の安定性を向上するために、車輪3とは別に安定ひれ4が取付けられる。

以上の構造において、陸上または浅瀬では、車輪3を艇体1の下側になるように回転して走行し、水上においては車輪3を艇体1の上側に回転して航行する。波浪の激しい時には、車輪3の位置を水面に一致させることにより安全性を増すことができる。

*

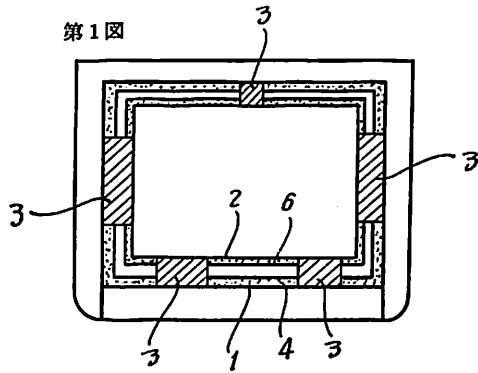
液化ガス運搬船におけるタンク支持装置〔特公昭51—19221号公報，発明者，岡本富保外1名，出願人；日立造船㈱〕

液化ガス運搬船において、タンクが破損してその部分から液化ガスが流出した場合、タンク断熱部及び支持台の接合部から流出した液化ガスが浸入することがある。特に支持台と断熱部とにおいて、熱膨脹係数の差による相対移動のため、接合部に隙間が生じる場合、流出液化ガスの浸入は大となる。

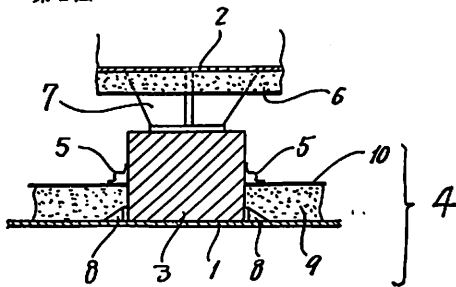
本発明は、上記の点についてなされたものであり、タンク破損部から流出した液化ガスの侵入を防止するよう液密を保持するとともに、その構成、組立が容易な液化ガスタンク支持装置に関する。

図面を参照して説明すると、低温液体不透過性断熱材などを用いた液密性断熱支持台3を船体内殻1に取付用ピース8を介して取付ける。支持台3は、ステー7を介してタンク2を支持する。各支持台3の間は、ポリウレタンなどの防熱材9及びその表面のプライウッドなどの合板から成るセカンダリバリア10などの防熱層が設けられる。

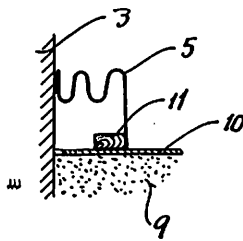
以上の構成をもつ支持部において、さらに支持台3の周壁と各支持台3を取り囲むように設けた防熱



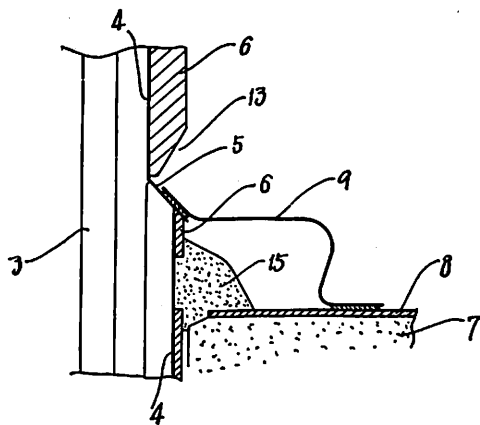
第1図



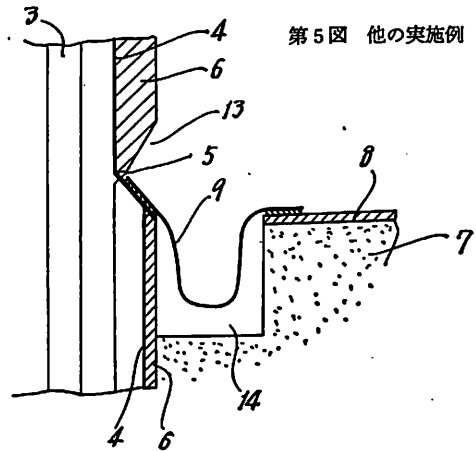
第2図



第3図



第4図



第5図 他の実施例

層4との間を液密用ベローズ5によって閉塞している。この液密用ベローズは、耐低温材料、例えばアルミニウム、ステンレス鋼、銅板などの金属薄板で構成することができ、その形状として、第3図に示すようなものを用いる。支持台3の水平横断方向の熱収縮及び傾斜変位、あるいはベローズ5自体の熱収縮を吸収する。

なお、このベローズ部を中心としたタンク支持装置の詳細について、同出願人による別の出願（特公昭51-19222号公報）がなされているので、参考に主要部の図面（第4、5図）を示す。

*

薄膜式タンクを具えた低温液化ガス輸送船の建造方法〔特公昭51-19234号公報、発明者；山本勝郎、出願人；プリヂストン液化ガス㈱〕

従来この種の輸送船の建造法においては、その期間を短縮するため薄膜式タンクと船体を別個に建造して、最後に両者を組み合わせることが提案されているが、薄膜式タンクはそれ自体では剛性に欠け、船内への吊りおろし作業が困難であり、また船体へのタンク嵌入後に、タンクの上方を覆う船体甲板構造を取付けなければならず、工期が長期化するという問題があった。

本発明は以上の背景のもとになされたもので、同時に、荷役管等の諸装置の取付けをも短縮しようとするものである。

図面を参照して説明すると、薄膜式タンク7の外面に、耐圧縮性の断熱層12を介して支持部8を設ける。支持部8は、鋼構造の外箱9の内面に木枠10、断熱材11より成る断熱層12をもち、さらに底壁13と外箱9全体の形状を保持することができるが、タンク内圧は支持できない側壁14とタンク内圧を十分に支持できる剛構造の頂壁15とで構成される。またこ

の頂壁15には、荷役管18、バルブ20、21等の荷役用操作装置を具えたドーム16が設けられる。

以上の構成よりなる薄膜式タンクユニット6を、船殻建造とは別個に行ない、船殻完了後、タンクユニット6を船体の所内に嵌入した後、剛構造の頂壁15を船体に固着する。

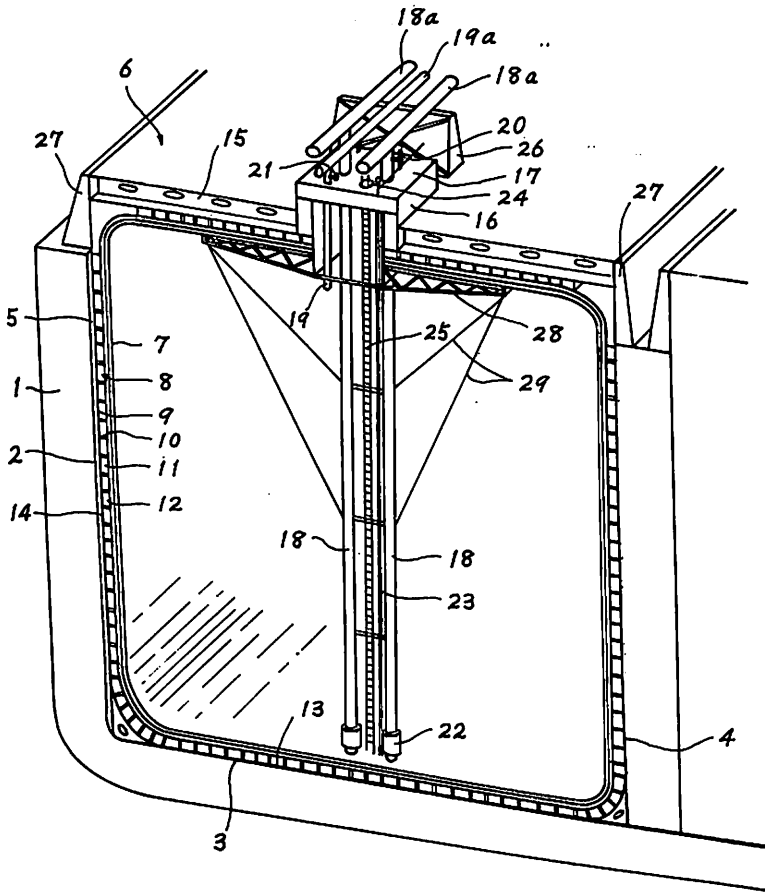
頂壁15は、船体に取付けられると、船体甲板構造としての機能をも持つものである。

(特許庁審査第一部 分類審査室 幸長保次郎)

謹賀新年

昭和52年元旦

株式会社 天然社



船舶 第50巻第1号 昭和52年1月1日発行
1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。

発行人 土肥勝由

編集人 長谷川栄夫

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 6-79662

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)

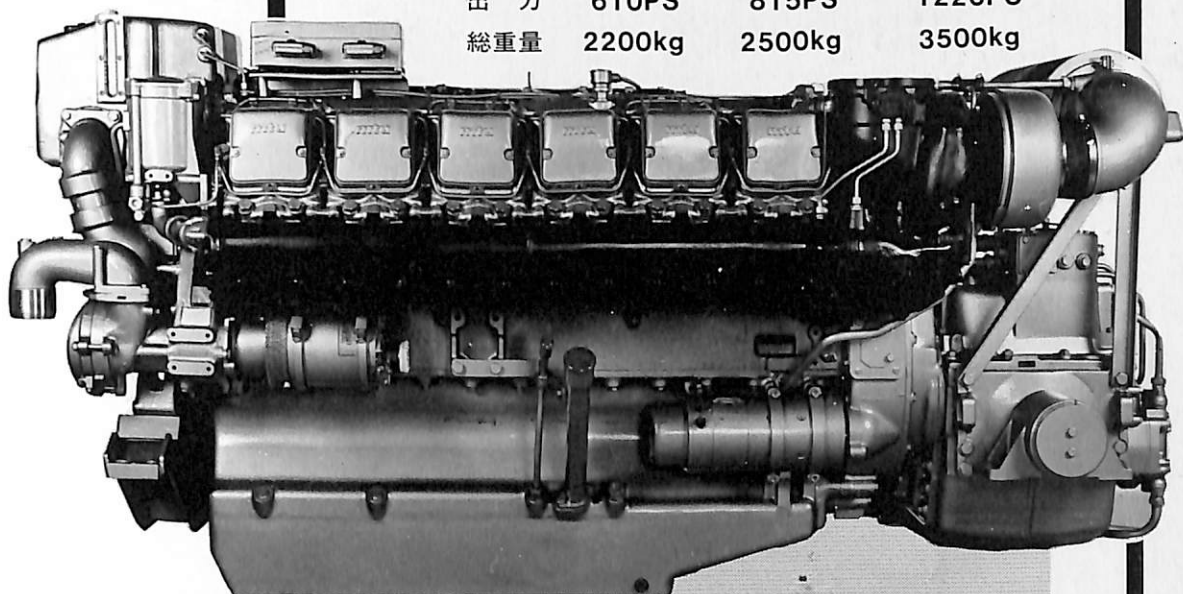
*本誌のご注文は書店または当社へ。

*なるべくご予約ご購読ください。

軽量・コンパクト

mtu

エンジン タイプ	6V331	8V331	12V331
出力	610PS	815PS	1220PS
総重量	2200kg	2500kg	3500kg



MTU代理店

技術コンサルタント

機関輸入販売

アフターサービス・パーツ倉庫/東京・大阪

M·A·N (JAPAN) LTD.

〒100 東京都千代田区有楽町1-10-1

☎03(214)5931

あなたのそばに信頼の技術



三宅島海域で活躍する
FRP製 **16.99m**
漁業調査指導船

東京都殿納入「やしお」

三宅島離島海域で漁業に関する調査・試験・指導・取締りのほか、海洋観測も行う「やしお」はFRP製単板構造の漁船タイプ。

海洋観測の迅速化・海況把握のためのG E K観測装置・電気水温計を備え、漁撈装置として漁群探知機、延縄・底刺網用ホーラー、肉摺機、底釣用巻上機、活魚倉などを備えた多目的船。

漁業資源の安定確保をめざす、沿海漁業の見直しから、「やしお」の活躍が期待される。

材 質：FRP(強化プラスチック)

全 長：16.99m

全 幅：3.88m

深 さ：1.60m

総屯数：28.58t

主機関：船用高速ディーゼル365ps×1基

速 力：13.5kt

定 員：乗員7名その他3名



石川島播磨重工業株式会社

船舶事業本部 新造船営業室 舟艇グループ

東京都千代田区大手町2丁目2番1号(新大手町ビル) 〒100 電話東京(03)244-5642