

1975 Vol.48 / No.9

9

SHIP BUILDING
& BOAT ENGINEERING

昭和49年12月17日国鉄首都特別競争入札第2065号 昭和5年3月20日第3種郵便物認可 昭和50年9月1日発行(毎月1回1日発行)

船舶

First Published in 1928
No.528

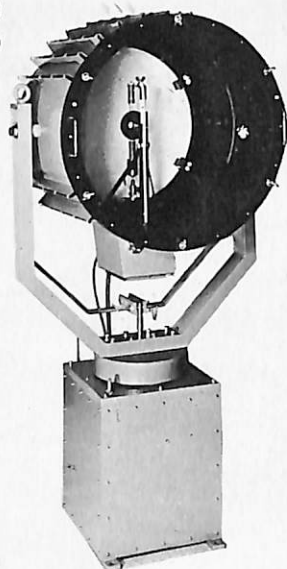


神戸工場で竣工した鉱石兼油運搬船「えるべ丸」



川崎重工

世界的水準をはるかに抜く明るさ!!



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

高性能 **リモコン** キセノン探照燈

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

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



ハロゲンランプ式 ●B・米・英特許および意匠登録出願中

小形 **リモコン** 探照燈

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



三信船舶電具株式会社

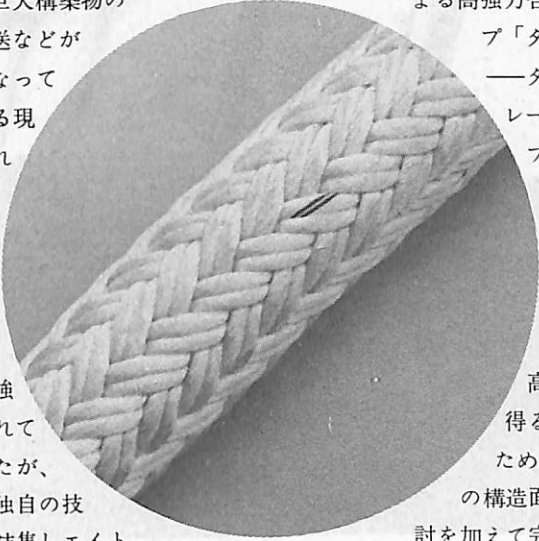
の日本工業規格表示許可工場

三信電具製造株式会社

●本社/東京都千代田区内神田1-16-8 ☎(03) 295-1831(大代)
 ●東京発送センター☎(03) 840-2631代 ☎九州発送センター☎(092) 771-1237代 ☎北陸発送センター☎(0136) 43-1411代 ☎福岡営業所☎(092) 771-1237代
 ●高松営業所☎(0878) 21-4569 ●空襲営業所☎(0143) 22-1618 ●函館営業所☎(0143) 43-1411代 ☎石巻営業所☎(0225) 23-1304 ●工 場☎(03) 848-2111代

高強力 合繊ロープ 「タフレ」 —ダブルブレードロープ—

船舶の大型化、タグボートの高馬力に続いて、ロープ構造面の改良に力化、巨大構築物の海上輸送などが盛んになってきている現在、これに使用される合繊ロープの高強力化が強く望まれていましたが、当社は独自の技術力を結集しエイトロープ編索機 (TOSCO) の考案による高強力合繊ロープ「タフレ」—ダブルブレードロープ—を完成しました。ロープを太くせず高強力を得る目的のため、ロープの構造面から検討を加えて完成したロープが「タフレ」であります。



〈構造〉

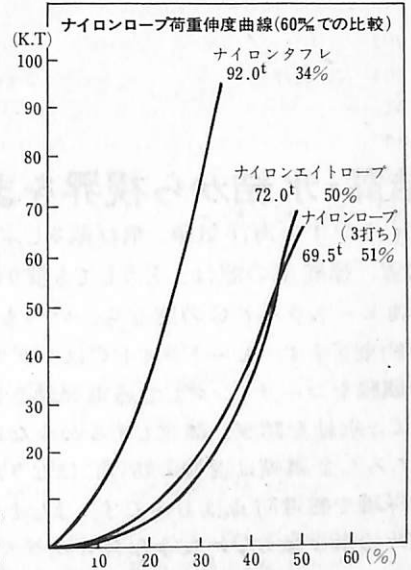
引揃えて編組された内側の芯ロープを外側からさらに編組したロープで包んだ構造。強い引張り強さと適度な伸びを備えた完全な強力体として、一本のロープに設計されています。

〈特長〉

- 1) 引張り強さが著しく向上。ナイロンタフレは3打ちロープ、エイトロープの同分径と比較して約30%向上しました。
- 2) 破断時の伸びが大巾に減少。3打ちロープ、エイトロープにくらべ約3/4に減少、ロープ操作上の不安が減り、特に低荷重の伸びが減少しました。
- 3) キンクが発生しない。ロープの撚り崩れ、型崩れがない。
- 4) 柔軟性、操作性。繰返えし荷重後も硬くならず、操作性にすぐれている。
- 5) 耐摩性。ロープの外面に突起がなく、局部的な摩耗がおこりにくい。
- 6) スプライス加工 (接続加工)。アイスプライス、カットスプライス加工が容易に行えます。

〈用途〉

- 1) 高強力、低伸度の特長を生かして……
係船索 (ホーサー)、曳航索 (タグロープ)、係留索 (アイロープ) その他海上作業索。
- 2) ロープの芯に鉛を挿入し、重量加工が行える構造を生かして……
海上施設用: オイルフェンスの下張り索
水産用: 定置網 (底網) の足綱、垣網のふかれ防止綱、まき綱 (沈子綱) 棒受網 (沈子綱)



〈規格〉

直径	ナイロンタフレ		ナイロンエイトロープ		ナイロンロープ(3打ち)	
	重量/100m	引張り強さ	重量/100m	引張り強さ	重量/100m	引張り強さ
40	104	38.0	96.5	28.1	97	27.8
42	113.5	41.3	105	30.7	107	30.4
45	130.5	46.9	120	34.5	122.5	34.6
50	160	57.0	153	43.5	151.5	42.1
55	193	68.2	185.5	52.0	183.5	50.3
60	229.5	80.3	224	61.5	219.5	59.1
65	269	93.5	261	70.6	261	68.5
70	312	107	302	81.2	300.5	78.7
75	361.5	124	346.5	92.4	346.5	89.5
80	412	140	395	106	394	101
85	462	156	436	115	438	116
90	518.5	175	490.5	128	491.5	126
95	578.5	194	550	142	547.5	139
100	639.5	215	605	157	606.5	153

(注) 引張り強さは、標準引張り強さを表示



東京製綱纜株式会社

カタログご請求お問い合わせは
下記営業所へ……………どうぞ



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の手間がありません。

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
9



目次

シミュレータ特集・その1

操船シミュレータについて.....野本謙作..... 15
荷役シミュレータ.....西山安武・山田猛敏..... 24

豪華客船“SEVEN SEAS”就航..... 30
オメガ航法システム.....海上保安庁燈台部電波標識課..... 38
船用機関故障データの収集システムとその応用.....玉木怒乎..... 47
各国潜水船の事故.....芦野民雄..... 54

連載

海上交通管制<1>.....飯島幸人..... 59
モデル方式による機関室ぎ装設計法の開発<2>.....冨田幸雄..... 67
LNG船—その4 / 材料・溶接および破壊力学<13>.....恵美洋彦・伊東利成..... 73
日本造船研究協会の昭和48年度研究業務について.....日本造船研究協会研究部..... 78

三脚型滑走艇の試作.....尾崎篤志..... 83

連載

モーターボートの船型：滑走面の巾.....丹羽誠..... 89
購座・ディーゼルエンジン<7>.....齊藤善三郎..... 94

日本海事協会造船資料.....100
新材料：アルミニウム・ポリエチレン複合板について.....百島祐忠.....103
竣工船一覧.....110
NKコーナー..... 99
Ship Building & Boat Engineering News.....124
特許解説.....幸長保次郎.....126

海外事情

リール式パイプ敷設船..... 82
ガスタービン推進3題..... 98

表紙.....	“えるべ丸”(鉦石兼油運搬船) 全長289.00m / 長さ(垂線間)275.00m / 幅(型)44.00m / 深さ(型)24.20m / 満載喫水(型)17.92m / 総トン数87,534T / 載貨重量158,593t / 載貨容量油194,676m ³ , 鉦石86,355m ³ / 主機関川崎MAN K8SZ 105/180型ディーゼル機関1基, 連続最大出力 32,000P×106r.p.m. / 試運転最大速力17.037 kn / 定員40名 起工昭和49年9月 / 進水昭和50年3月 / 竣工 昭和50年6月 船主三光汽船 / 造船所川崎重工工業神戸工場
---------	--

安全運航・経済運航に威力を



発揮します。

IBM

船舶搭載用

IBM船用/航海システム

船橋に置かれる装置<ブリッジ・コンソール>

写真は、このシステムの中で、航海士の方々が直接操作される装置——IBM5090ブリッジ・コンソールです。この装置の左側のスクリーンには、レーダーがとらえた16.5海里以内のターゲットが、危険度の高い順に映し出されます。そして、それらのターゲットの距離・方位・速度・進路・最接近距離・最接近時間などが、右側のスクリーンに数字と文字で表示されます。

航海士の方々は、これら2面のスクリーンを監視することにより、一目で障害物の存在と動きを知り、混雑した海域でも衝突を避けることが容易になります。

データの解析・処理は

<IBMシステム/7>が

ブリッジ・コンソールをとおして、航海士の方々にさまざまな情報を提供

するのは、船舶搭載用に補強されたIBMの高性能コンピューター——システム/7です。

システム/7は、船舶に搭載されている各種の計測機器(レーダー、ジャイロコンパス、デッカ、オメガ、スピード・ログ…)と直結し、これらの計器のデータを解析・処理してブリッジ・コンソールに表示します。

この結果、航海士の方々は、ブリッジ・コンソールを操作するだけで、安全運航に必要なさまざまな情報を得ることができるのです。

座礁予防にも… 適応自動操舵にも…

船舶の船位はシステム/7がたえず把握しています。船が

航路帯からはずれかかると、システム/7はブリッジ・コンソールを介して自動的に警報を発し、座礁の危険を回避できるよう航海士の方々に知らせます。また、航路計画に基づいて次の変針点までの距離を計算するのもシステム/7の仕事。航路の変更も、ブリッジ・コンソールのキーを押すだけで簡単にできます。

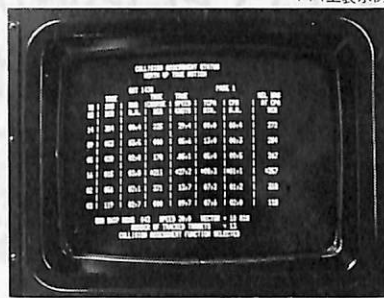
さらに、このシステムは、適応自動操舵の機能も備えていますから、燃料費を節減して経済運航を行うことができます。

プログラムもIBMが提供します

このIBM船用/航海システムには、上記の諸機能を実現するためのプログラムが用意されます。また、システムの維持・保守に万全を期すべく、世界の主要な港にサービス・ポートを設置する予定です。船舶運航の安全性と経済性をさらに一段と高めるために、ぜひ活用をご検討ください。



PPI上表示例



データ・ディスプレイ表示例

燃料報国

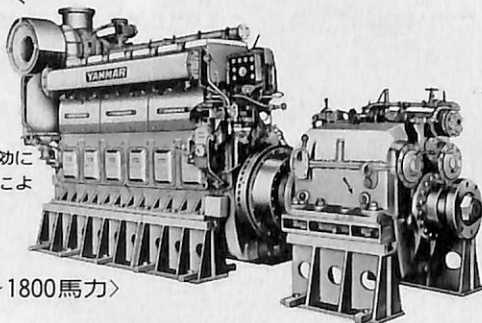
— 海の燃料を生かす確かな技術 —



石油流出事故による海上汚染は、深刻な社会問題となっています。流出事故の防止、迅速な災害処理は防災船「だいおう」の重要な使命です。四日市の石油コンビナートで大形タンカーのエスコート、給油時の監視、船舶火災の消火活動など、海の安全を守っています。ヤンマーディーゼルエンジンは「だいおう」の主・補機関として活躍。緊急出動時にも、つねに最高の性能を発揮します。ヤンマーディーゼルのすぐれた耐久力と高速・高出力が伊勢湾を守る海の男たちの厚い信頼をかち得ています。

●軽量・コンパクト、機関室が広く有効に使えます●ヤンマー独自の燃焼機構により運転費・維持費は安くすみます

船舶主機 6Z形シリーズ〈1400～1800馬力〉
6G形シリーズ〈800～1200馬力〉



いざという時のために……
エンジンの性能は、
ベストでなくっちゃね。

伊勢湾防災(株) 防災船「だいおう」 機関長 中井敏男さん
(43才)

- 船舶主機用 3.0～1800馬力
- 船舶補機用 3.5～2900馬力

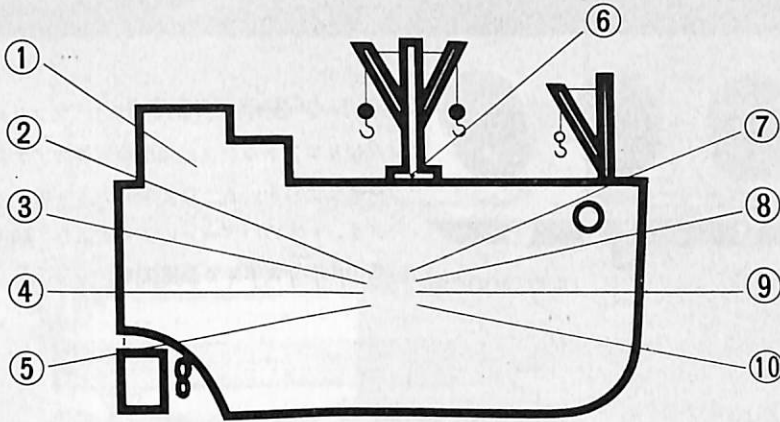
ヤンマー ディーゼル

●お問合せは(阪神ディーゼル事業部・企画部)まで。  ヤンマーディーゼル株式会社

(本社) 大塚市北区高塚町02(〒530) — TEL(06)372-1111 (代)
(阪神ディーゼル事業部) 足利市長野町1-1 TEL(06)488-1111 (代)
(支店) 札幌・東京・名古屋・大阪・横浜・広島・福岡(営業所) 仙台

世界を結ぶ緻密なアフターサービス網
豊富な経験と高度な技術
ご要求に応える価格と納期

船舶の近代化に 三菱電機の確かな総合技術

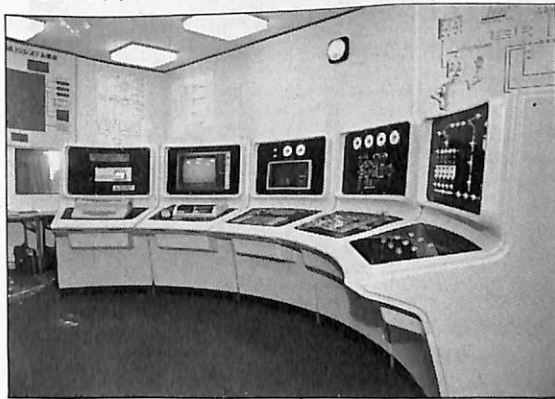


① テレコントロール装置

- 省資源
- 艙装工事の省力化

② MUS監視警報装置

- カセットモニターから情報処理装置のすべて



MCS-9000

③ 遠隔操従装置

- タービンリモコン
- ディーゼルリモコン

④ 各種機関室制御盤

⑤ エレクトロニクス応用製品

- マイクロプロセッサシステム
- モーターコントロールシステム

⑥ 各種甲板機械電機品

- ウィンドラス
- ムアリングウインチ
- デッキクレーン

⑦ 集合起動器盤

⑧ 配電盤

⑨ 交流電動機

⑩ CFC形交流発電機

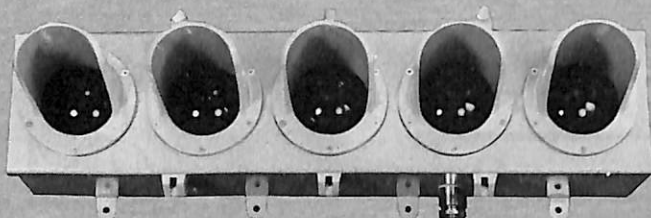
三菱船用電機品

UTSUKI - KEIKI は



傾度計・傾度制御装置の

トップメーカーです。



ULD-300C型

ランプ表示式傾度計は、スプリング型リアトランス式傾度検出器のアナログ電圧出力を、A-D変換し、5ヶのランプを、一定のパターンにより点滅し、船体等の傾度を表示する装置です。



- 傾度検出器は、保守を全く必要とせず、寿命は半永久的です—
- ユニット化されたプリント基盤は、交換が容易です。ランプの点滅制御には双方向性サイリスタを使用しているのでリレーの様に予備品を必要としません—
- バラスト調整用の接点出力信号を送出することが可能です—

- | | |
|---------|---|
| 傾度計シリーズ | 精密機械式傾度計、電気式トリム(ヒール)計、制御出力端子付傾度計、トリム・ヒール自動制御信号装置、船足場自動水平保持装置、他。 |
| 製造品目 | クレーン用計器シリーズ |
| | ブームメーター、アウトリーチメーター(リミッター)、デリッククレーン自動制御装置、他。 |
| | ロガーシリーズ |
| | 時刻装置付データロガー、ロガー用パルスジェネレーター、他。 |
| | 気圧計シリーズ |
| | 船舶用アネロイド型気圧計、電気式気圧計、他。 |
| その他 | 電気式乾舷高計、レベル計、他。 |

船舶の省力化と安全に貢献する

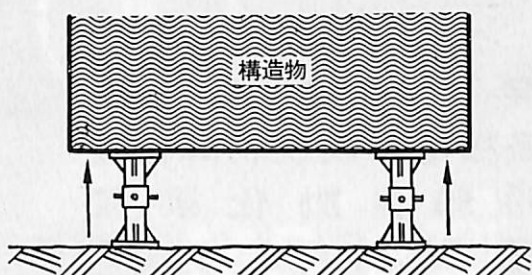
株式会社

宇津木計器

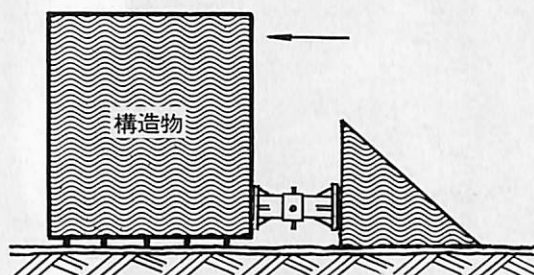
本社・工場 横浜市中区弁天通り6丁目83番地
Tel. (201)0596(代)
大阪営業所 大阪市西区靱本町4-80
第五奥内ビル3階 Tel. (541)6504(代)

現場作業の精度・安全。合理化に！

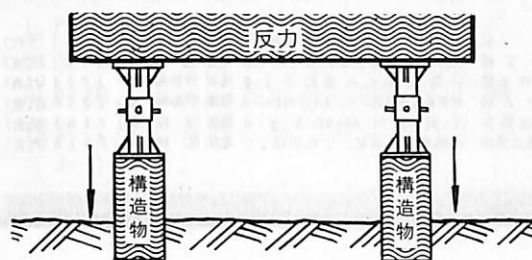
光洋の安全ナット付、ジャッキのリースで



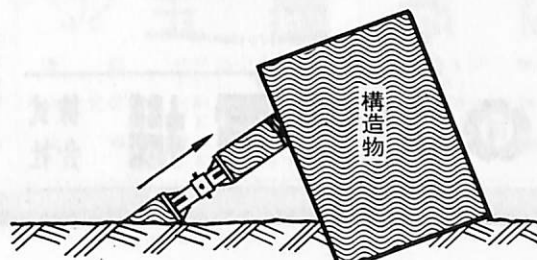
持上げ及びレベル調整に



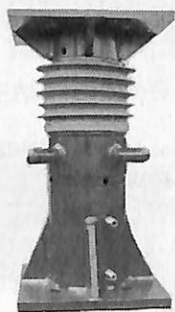
移動に



押込みに



不等沈下矯正に



仕様

型式	能力	ストローク	機械的耐力
KOP-512	50 ton	150	120 ton
KOP-820	80 ton	150	200 ton
KOP-1230	120 ton	150	300 ton
KOP-2040	200 ton	150	400 ton

*リース及び工事請負代理店

●中部及び関東以北

丸藤シートパイル(株)

東京都中央区日本橋小網町1丁目2番3号 TEL 03(668)2091(代)
名古屋支店 052(582)2091(代) 仙台支店 0222(27)2091(代)

●中部及び関西以西四国

株式会社 日 衡

名古屋市中村区十王町3丁目54番 TEL 052(481)8167
大阪営業所 06(841)3127

●関西以西及び九州・四国

太洋建材株式会社

大阪府大東市新田北町1番36号 TEL 0720(72)7521(代)
広島営業所 08242(8)2305(代) 福岡営業所 09293(2)1015(代)

●九州地方

阪急土木株式会社

福岡市博多区博多駅前3丁目2番8号 TEL 092(441)5491(代)

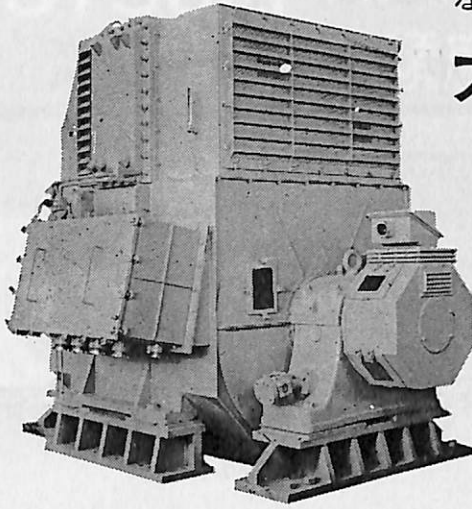
●製造元

光洋工業株式会社

東京都墨田区江東橋1丁目10番8号
TEL 03(635)2227(代)

ながい経験と最新の技術を誇る！

大洋の船用電気機械



交流発電機 1100KVA 450V 600RPM

発 電 機
各種電動機及制御装置
船舶自動化装置
電動ウインチ
配 電 盤



大洋電機

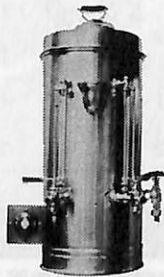
株式会社

本 社 東京都千代田区神田錦町3の16 電話 東京(293) 3061 (大代)
岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18 電話 笠松(7) 4111 (代表)
伊勢崎工場 伊勢崎市八斗島町726 電話 伊勢崎(32) 1234 (代表)
群馬工場 伊勢崎市八斗島町大字東七分川330の5 電話 伊勢崎(32) 1238 (代表)
下関出張所 下関市竹崎町399 電話 下関(23) 7261 (代表)
北海道出張所 札幌市北二条東二丁目浜建ビル 電話 札幌(241) 7316 (代表)

YKK型船舶厨房調理機器

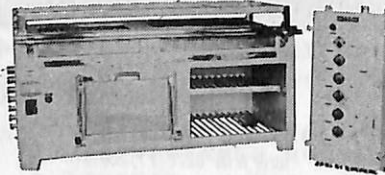
堅牢性、経済性、効率性、安全性抜群。高い信頼納期業界最短、即納主義

ライスボイラー



電気式湯沸器

26kw型多目的電気レンジ



2400型オイルレンジ

営業品目

電気レンジ・オイルレンジ・ライスボイラー・湯沸器
調理機・水濾器・豆腐製造機・アイスクリーム製造機
ハムスライサー・肉挽機・球根皮剥機・炊飯器・ケ-
キミキサー・ガスレンジ・電気式オープン・パン酸酵器
電気式魚焼器・スープボイラー・ディスプレイ-
食器洗浄機・堅型蒸気炊飯器・電気コンロ・電気熱板
ガス魚焼器・その他特殊製品全般

株式会社 横浜機器製作所

本社・工場 横浜市中区新山下1-8-34

電話 横浜045(622)9556(代)5335(代)

第2ビル専用 045(621)1283(代)

電略「ヨコハマ」ワイケイケイ

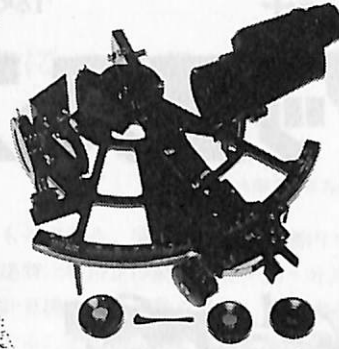
希望条件を指示下さい。即時見積、設計、納品致します。

信頼ある最高精度

このマークが保証する航海用六分儀



636 航海用六分儀
MS-2型



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

株式会社
玉屋商店

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

THOMAS MERCER — ENGLAND —



ESTABLISHED - 1858 -

一世紀にわたる…
輝く伝統を誇る!



マリン・クロック

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

全世界に大きな信用を博す!
英国・トーマス・マーサー製

マリン・クロノメーター

デント式正式クロノメーター

二日巻・八日巻・検定保証書付(温度補正書・等時性能書・日差書付)

総代理店 **村木時計株式会社**

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

油汚過作業の省力化…

特許

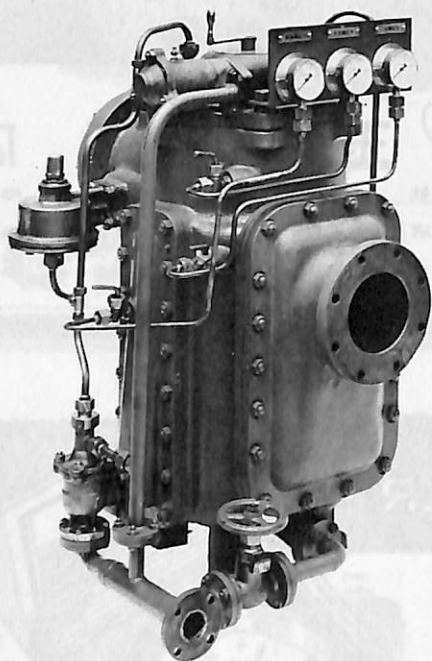
機関室を広くする

マックス・フィルタースシリーズ

日本船用機器開発協会助成品

MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油濾器



LS型の特長

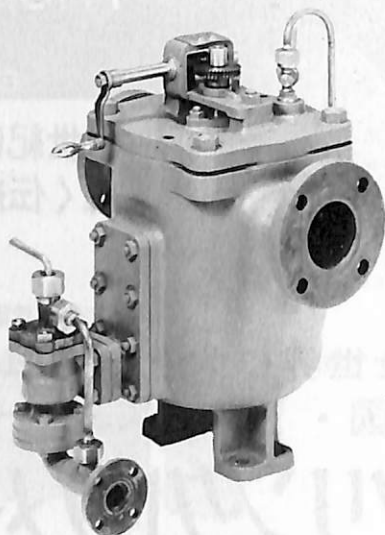
- 動力一切不要
- 設定された差圧になると自動逆洗
- 手動逆洗もワンタッチで可能
- 世界特許・液圧往復運動機・ハイドロレシプロケーターを採用

MAX-FILTER LSM型

手動逆洗式油濾器

LSM型の特長

- 一分間で逆洗終了
- 手をよごさぬワン、ツー、スリー操作でOK



単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

N 新倉工業株式会社

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

操船シミュレータについて

野 本 謙 作

大阪大学工学部造船学教室

はじめに

最近、操船シミュレータがよく話題にのぼる。この着想は一部の専門家の間ではさして新しいものではないが、近年に至って特に注目されるようになった背景としては船舶の巨大化、海上交通の輻輳に伴ない操船制御の問題をより精密に分析、調査し、造船技術、運航技術の両面からその改善を図る必要が認められて来たことが挙げられる。さらにこの数年間のオランダにおける実績¹⁾が世界的に見て一つの大きな刺激になっていることは感じられる。

この装置は船橋における操船の諸動作と、それに伴って起る船の運動状況の変化を実験室内に模擬再現するものである。たとえば大型模型船に人が乗って操舵や推進器回転数を調整しながら実験水槽内の模擬水路を航行する方式とか、あるいは水槽を見下ろす位置に現寸大の船橋装置を設け、そこで行なう操作に応じて無線操縦の模型船が水槽内を運動するものなども操船シミュレータと呼ぶことができよう。

自航模型船を使うこれらの方法は、複雑多様な操船動作を縮尺した形で簡明直截にやってみせてくれる利点はあるけれども、一方操船感覚の模擬という点では若干の不都合がある。一つは模型船の運動の時間的テンポが実船よりも早いことである。このテンポを表わす時間量は L/V 、 L は船長(m)、 V は船速(m/sec.)だから大型模型船といえども運動テンポは実船の数倍程度となる。これは操船感覚に大きい関係をもたざるを得ない。

もう一つは視覚を通じて操船者が感知する操船状況の型式が実船と異なることである。コンパスなどの計器はよいとしても、船橋から眺める水路風景や他船との見合い関係などは模型と実船では視覚的に異質のものとなりがちである。

これらの点を考慮して、船橋における操船者の感覚に忠実な操船シミュレータを作るためには全く別の考え方が出て来る。それはたとえば図1に示すよ

うなものである。実物大の模擬船橋内で行なう操舵や推進器回転設定の動作は時々刻々計算機へ送られ、計算機は船の運動を計算して連続的にアウトプットする。その結果はコンパスその他の計器に表示され、同時に視覚表示用機器に送られて船の運動に応じて変化する水路風景や他船などの目標物の映像が映像幕上に現われる。

最近、操船シミュレータとして話題になっているのは主としてこの形式のものであり、本文でもこの狭義のシミュレータを取扱う。そして、このような設備の用途や意義、その概略の構成、内外の現状などを説明することにしよう。

1. 操船シミュレータ装置の概要

まず装置の概要を図1によって説明する。

中央に模擬船橋がある。実物大と云っても大型船の幅に合やすことは困難だから、船幅方向には実船よりも大分小さくなることが多い。岸壁達着などでウィングまで出て行って下をのぞき込むような場面を想定されると困るが、通常操船の範囲ならこれでまずよろしい。船橋の前後方向寸法や窓の高さなどは視野、視角に関係するから、これは現寸にする必要がある。

船橋内には操舵スタンド、エンジン・テレグラフ(又はブリッジ・コントロール・ユニット)、コンパス、舵角指示器、船速指示器、推進器回転計、レーダー・スタンドなどが、実船と同様に配置してある。

航海士の指示に従って操舵員が操舵スタンドの舵輪を回すと、舵角に応ずる電気信号が計算機に送られる。計算機はあらかじめセットしてある運動方程式に従って、送られて来た舵角の変化に応ずる運動を連続的に計算して、これ亦電気信号の形で送り出す。アナログ計算機を使えばこの操作はそのままでし、デジタル計算機なら適当に短かい時間間隔で順次計算を続けることになる。

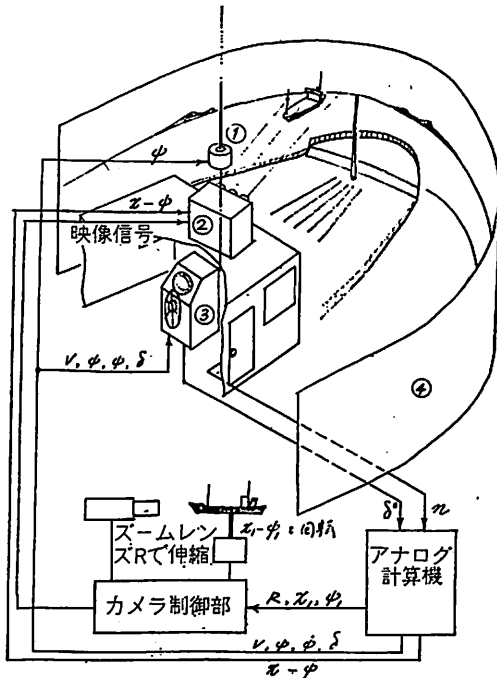


図1 操船シミュレータの例 (SR151 シミュレータ)
 ①点光源回り灯籠式遠方物標投影機, ②近接物標投影用カラーテレビ・プロジェクタ, ③操舵スタンド, ④映像幕

計算された回頭角や船速は船橋内のコンパスや船速指示器 (ログ) に表示される。計算機はさらに計算を続けて自船の位置, 陸岸や行きあい船などの目標物との相対位置を求め, その結果を視界表示装置に送る。

このような計算をするためには操舵に伴う船の回頭運動, 船速の変化などを求める運動の方程式が必要である。基本的には周知の水平面内船体運動方程式, すなわち前進, 横流れ, 回頭三者の連成方程式がある。

$$\left. \begin{aligned} (m+m_x)\ddot{u} - (m+m_y)v\dot{\psi} &= X(u, v, \dot{\psi}, n, \delta) \\ (m+m_y)\ddot{v} + (m+m_x)u\dot{\psi} &= Y(u, v, \dot{\psi}, n, \delta) \\ (I+J)\ddot{\psi} &= N(u, v, \dot{\psi}, n, \delta) \end{aligned} \right\} (1)$$

u, v : 前進および横流れ速度, $\dot{\psi}$: 回頭角速度,
 n : 推進器回転数, δ : 舵角

旋回する船の付加質量 m_x, m_y, J だとか, 船に働く流体力 X, Y, N などを流体力学の計算や PMM (強制ヨーイング) 実験などで求めて, (1)式の諸係数を決め, 計算機にセットしておくことになる。

しかし現実には(1)式を完全な形に書くだけの定量的資料——係数の値——を個々の船について揃える

のは容易なことではない。そこで(1)式をいろいろな形で簡略化したものが一般に使われており, シミュレータの目的に応じてそれらは十分目的に適っていることが多い。実船や自航模型船にある特定の操舵——たとえばZ試験など——を与えてその運動を測定し, 結果を解析して(1)式を簡略化した方程式の係数を求めて, それをシミュレータにセットすることなども実用的である⁴⁾。このような場合, 運動方程式のことを数学モデルと呼ぶことがよくある。船の運動状態を数式でもってモデル化したものという語感であろう。

潮流や風の影響は精密に考えるとこれ亦なかなか難しい問題であるが, 操船シミュレータではこれらを簡略化したものを外乱要素として導入することが多い。代表的なものは(1)様な潮流, (2)低周波域に広いスペクトル分布をもつ不規則風圧外乱などである。

(1)式又はその近似式で自船の運動が求められれば行きあい船や陸岸物標との相対運動の計算は幾何学の問題である。その計算に使う一連の式の例を示すに止める。(図2参照)

$$\left. \begin{aligned} x &= \int_0^t V \cos \psi dt - lp \cos \psi \\ y &= \int_0^t V \sin \psi dt - lp \sin \psi \end{aligned} \right\} \text{自船位置}$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_{01} + V_1 \cos \psi_1 t \\ y_1 &= y_{01} + V_1 \sin \psi_1 t \end{aligned} \right\} \text{他船位置}$$

港湾物標など静止物標の場合は $V_1=0$

$$X_R = X_1 - X, Y_R = Y_1 - Y, R = \sqrt{X_R^2 + Y_R^2}$$

$$x = \sin^{-1} \frac{Y_R}{R}, \quad x - \psi: \text{他船船首方位}$$

$$x_1 - \psi_1 = 180^\circ + x - \psi: \text{他船相対姿勢角}$$

計算機の選択も実際計画では一つの問題点であ

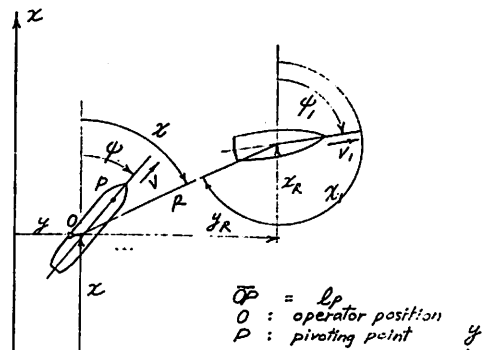


図2 船位計算の座標系と記号

る。後に掲げる資料を見ると意外にアナログ型が多いが、アナログ計算機は本質的に一種のシミュレータ（ある現象を、より取扱い易い他の現象で模擬し、置き換えるもの）なので操船シミュレータにもよく適合する面がある。価格も一般に低廉である。一方、精度や計算機としての融通性（フレキシビリティ）ではデジタル型に及ばない。結局、場合に依りて選択すべきであるが、筆者の印象では操船シミュレータに関してはアナログ型の長所は捨てがたいものがあると思う。

こうして求められた相対運動が船橋から眺める遠景や他船などの映像を作り出す視界表示装置（visual display system）に送られる。この装置は一種の幻灯装置で模擬船橋の周囲に張りめぐらした映写幕の上に水路の風景や行きあい船の姿などを映し出す。

幻灯装置は大別して三つの部分がある。(1)船橋から見える自船の甲板、船首部の映像を作るもの、これはもちろん固定のスライドを投影すればよい。(2)空や海や、十分遠方にある物標の映像を作るもの、これは自船の回頭に応じて左右に回転する。大きさや形は変らないから、あらかじめ用意した遠景のカラーズライドを自船の回頭角だけ左右に移動させる。(3)行きあい船、近接陸岸物標などの映像を作るもの。自船と相手の相対位置によって映像の大きさと形と現われる方位が変化するから、最も複雑な映像投影装置が必要である。

航空機や陸上車両などの運転シミュレータに比べて操船シミュレータが最も技術的に難かしい点はおそらくここであろう。船の操縦はなかでも視覚情報に頼る比重が大きく、特に航海士は非常に広い水平視野内の視覚情報をもとに操船指令を発する。これに対応する近接物標の映像を作るのはそう簡単ではない。

現在使われているものは(1)点光源影絵、(2)工業テレビ、(3)DIP (Dual Image Processing—スライド掛け換え) の3方式に分類できる。

(1)は輝度の高い、発光体の寸法の小さい特殊ランプ（点光源）で港湾などの近接物標の縮尺模型の影絵を映像幕上に作る。点光源と物標模型の相対位置を自船と物標のそれに等しくすると影絵は船橋から眺めた物標のシルエットになる^{1),2),3)}。有名なNSMBの装置では船橋頭上に点光源を固定、その前面においた港湾模型を自船の運動に応じて駆動している²⁾。

(2)は自船の運動に応じて動きまわるテレビカメラで縮尺港湾模型を撮影するもの³⁾、距離の変化はカメラのズームレンズで処理して物標模型には回転だけ与えるもの⁴⁾、さらに物標模型やカメラは使わず、物標の映像信号（テレビのビデオ信号）を自船と物標の相対運動に応じて電子回路で作れ出すもの⁵⁾——電子作像方式——などがある。又、視覚に訴える部分としては船橋前面の窓枠にテレビ受像器を埋めこむ形^{6),7)}と、高輝度テレビとレンズ、反射鏡を使って映像幕上に投影するもの⁸⁾とがある。テレビ・プロジェクタ、EIDOPHOL (商品名)などはこの種の装置である。窓枠テレビ方式は航空機や車輛ではよく使うが、船の場合、見る人の位置がある程度変化するので視差が出て具合が悪い面がある。

(3)は物標の距離、視角によって変化する多数のカラーズライドをストアしておき、自船、物標の相対運動に応じて所要のスライドを計算機制御で抽出、投影する⁹⁾。距離については投影器にズームレンズを使ったり、投影器を幕に近づけたり遠ざけたりするものもある。目標の現われる方位については投影器を振り回すことになる。

以上が操船シミュレータの概要である。このような装置によって、船橋における操船の諸動作と、それに伴って起こる周囲の状況の変化を実験室内に模擬再現することができる。

2. 何故操船シミュレータが必要か

ところで、一見高価な玩具のようなこんな装置が一体何の役に立つのだろうか。それには次のように考えてみるとよいと思う。

われわれは、ある船の操縦性能を表わす指標として旋回圏やアドヴァンス、Z試験を解析して得られるK、T指数、さらには逆スパイラルテストから得られる不安定ループ幅などを使っている。しかし、その船に必要なして十分なる旋回圏は何メートルか、適当と思われるKやTの値いかに、許容し得るループ幅は何度か、ということになると実は明確な基準はない。従来よい具合に運航している船の値と比較して大差ないように、という位の相対的評価しかできない。

このことは問題をさらにさかのぼって、旋回する船の周りの流れの状況を流体力学的に分析して船に作用する力やモーメントを計算し、あるいは強制ヨーイングやXY電車などの実験手段でもって、ある船型が旋回する時作用する力を求めてみても、結局同じ所へ戻って来る。これらの結果からその船の操

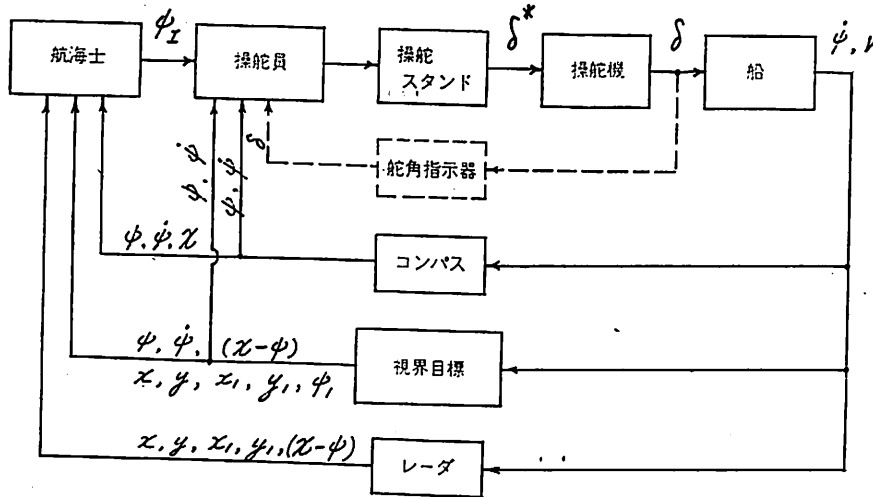


図3 船舶操縦制御系のブロック線図 (簡単のため機関回転数制御は除いて表示, 記号は図2参照)

縦運動の方程式の係数 (いわゆる流力微係数) が決まり、旋回半径だとか、針路安定性の指数は求められるけれども、その船に付与すべき旋回半径いかに、安定性いかにという問題が依然として残るわけである。

当り前の話だけれども、この問題に答えようとするれば、その船が実際にはどのように運航されるのか、その実状に目を向けなければなるまい。

現在の船舶は外洋においてはオートパイロットに操針をまかせているが、沿岸に近ずき水道を通過し、という場面では様子が違って来る。そしてこのような場面が一般的に云って操縦性に対する要求のよりきびしい場面であろう。この状況では航海士は自船と陸岸や他船との相対位置を時々刻々測定し、自船が予定された安全なコースを辿るように次々と進行方向 (場合によっては船速も) を指示する。操舵員は指定の進行方向に向首すべく操舵を繰り返す。

ここで注目すべきことは、航海士および操舵員と船が一つの“閉じた制御系”を構成していることであろう。操舵員は与えた操舵の反応を常に検知し、それに応じて次の操舵を加減している。すなわち自分の操作の結果が、自分の次の操作の原因になってフィードバックされている。航海士にしても同じことで、自ら下した指示の結果が次の指示の原因になって返って来ている。図3はこの事情を制御系ブロック線図の形に示したものである。

こうして船の操縦制御の問題は、操船者と船を一体とする閉じた制御系——いわゆる man-machine 系——の力学だと云うことができる。従って船の操縦制御の性能、挙動を云々するに当っては単に所定の操舵に対する船の運動を計算するに止まらず、こ

の閉じた系全体の挙動を考えねばならない。その性能、挙動は船自体の性質に左右されるばかりでなく人間の応答特性や判断力にも大きく左右される。さらに人間の能力を援助する計器類を付加すれば船自体は変わらなくても全体の性能に大きい改善が期待できる。

このような立場から、いくつかの典型的な操船状態を分析するならば、船自身が備えるべき必要にして十分なる操縦特性、たとえば許容し得る不安定限界などが明らかになるであろう。又、効果の高い計装の開発にも役立つであろう。

そしてこのような分析、調査を行なうに当って、操船者と船を一体とする man-machine 系を実験室内に模擬再現するシミュレータは非常に有用である。特に人間の応答特性、判断力などを単純に数式化することの困難を思うとき、この感が深い。

以上を要約するに次のように云うことができよう。船舶操縦制御の問題は操船者と船を一体とする、閉じた man-machine 制御系の力学である。この立場から分析、調査をすすめるためには、現実の操船者を組込むところの模擬 man-machine 系、すなわち実時間操船シミュレータがほとんど必要不可欠であろう。

3. 操船シミュレータの具体的用途

操船シミュレータの基本的な考え方はこのようなものだが、その具体的な使い方として挙げられているものは

1. 操船訓練
2. 造船者と操船者の対話の道具
3. 操縦性に関する船型要素の評価
4. 操船用計装の評価、開発

5. 港湾、水路等の分析、評価

などである。

1の操船訓練はおそらく最も考え易いシミュレータの用途であって、内外で建設中の設備の約半分は商船大学ないし類似の機関に属する状況だし、又、航空機乗員の訓練、特に着陸操縦の訓練ではこの形の装置の使用はすでに定式化している。ただ、操船の場合の一つの特徴は航海士と操舵員の分業であって、訓練目的にシミュレータを使う時にも航海士の訓練か操舵員の訓練かをはっきりさせておく必要がある。視界表示装置に対する要求は両者のいずれを取るかで大きい差がある。

さらに船の場合には同じ訓練目的とはいいながら、むしろ造船者から操船者に対して、この船の操船性能はこのようなものですよ、と云うことを説明する手段としてシミュレータを使うことの比重が大きいと思う。謂わば取扱説明書の視聴覚版とでも云うところであろうか。この場合、いくつかの典型的操船状況を模擬して操船感覚の把握を期すると共に、若干の起り得る事故、操舵系統の故障などを模擬してその対策の習得に備えることも有益であろう。

今述べたところの取扱説明書視聴覚版の考え方はそのまま2の造船者操船者間の対話につながる。造船屋は旋回半径とか、操縦性指数とかの形で船の操縦性能を表現したが、操船者はより感覚的にこの船の操舵反応はおそいか、舵の据わりが悪いとかいう表現を好む。両者は同じ事柄を異なった言葉で語っているものと解すべきであろうが、この翻訳の道具として操船シミュレータを使うことが考えられる。針路安定性の指数のこの位の減少は操船感覚にどのような影響を与えるものか、又、操舵頻度や舵角の自乗平均値がどれ位増大するものか。又、操船者が不安を感じずような操舵反応のおそさとは、運動方程式の係数で云うとどの係数がどうなることに対応するのか。このような対話は操船シミュレータを使うことによって、より広汎に、よりシステムティックに行なうことができるであろう。

船型要素の評価にシミュレータを使うについては一つ的前提がある。ある船型要素、たとえばL/Bをどれだけ変化すると操縦運動方程式の係数はどの係数がどれだけ変化するか、このことは別に模型実験などで調べておかねばならないことである。方程式の係数、又は操縦性指数の形でよいが、それを与えないことにはシミュレータの計算機は船の運動を計算できない。そして所与の船型要素に応ずるこ

の係数なり指数なりを求めることについてはシミュレータは全く無力である。当り前のことだけれどもこのことは明確にしておく必要があると思う。

こうして、模型実験なり流力計算なり、又は従来実績の統計処理なりから、ある一連の船型要素に応ずる操縦性指数を決めることができたでしょう。それをシミュレータの計算機にセットし、所定の水路の通過とか行き違い船の避航など、若干の典型的操船を模擬してみる。この時、模擬船橋で操船指令を発生し、また直接操舵にたずさわるのは平均的な熟練度を有する本職の操船者が望ましい。彼らは操船感覚についてある判断を示すであろうし、又、模擬操船の記録から針路のフラツキ、操舵頻度、その他を統計的に処理すれば、操船の難易に関する客観的数値を求めることもできる。これらの結果から所与の船型要素の操縦性能にあたる影響を評価することができる。特に、許容し得る針路不安定の限界いかん、そのための最小必要限の舵面積という問題はここに述べた筋道で調査するのが最も妥当な方法ではないかと考える。

操船用計装の開発、評価もこれによく似たプロセスだが対象となる計器をそのまま模擬船橋に装備する点でより直接的かも知れない。計算機のアウトプットする船の運動状態をこの計器に接続するためのインターフェイス装置が必要であるが、これは既存の電子技術でまず問題はない。

すでに述べた man-machine 制御系の立場から操船問題を考えるとき、船の運動に関する情報を操船者に伝える形式を工夫することによって、より適確な判断を、より早期に可能ならしめることは大いに考えられる。その結果、船自体の操縦性能は同じであっても、より手際よく安全な操船ができるはずである。

簡単な例では、ジャイロコンパスの操船用レピータのカードの回転角を十倍程度に拡大することは普通のプラクティスであるが、中型船以下で針路安定の悪い場合にその効果が特に顕著であることがシミュレータの使用で明らかにされている⁴⁾。

さらに回頭角情報の他に回頭角速度計を付加するとどうなるか、又、航跡予測計算器を船橋でずい時使用するとどんな効果があるか、現在の電気テレモータ、パワーユニット、電動油圧操舵機の系統を一体化した、いわゆるシングル・ループ操舵管制を行なうと操船面にもメリットがあるか、などの分析も今述べる範囲の用途となるであろう。

港湾、水路の計画、評価は少し毛色の違った用途

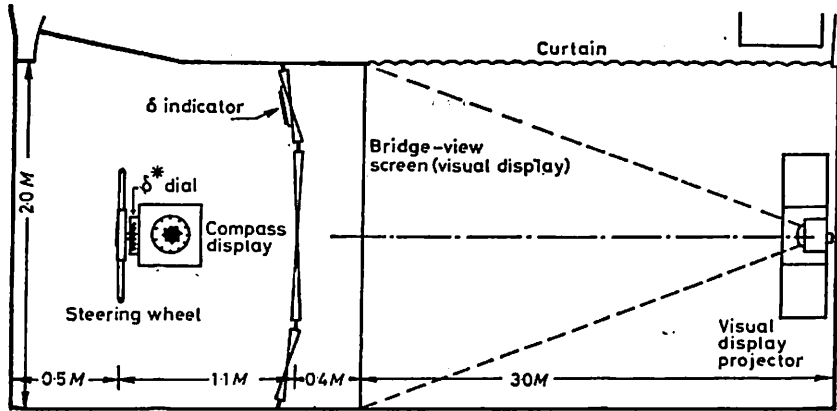


図4 広島大学シミュレータ配置図

だが、基本は別に変らない。瀬戸内海に大型船用の渡瀬水路を計画したとしよう。その幅、屈曲の形などが与えられ、潮流の状況も推定できる。想定される大型船がこの水路を通過する状況をシミュレータで模擬し、水路の形状、その他の計画は適切であるか、途中で漁船の横切りに逢うとどうなるか、そんな問題を取り扱かうことができる。

4. 操船シミュレータの現状

すでに述べたように、この数年来ここに紹介した形の操船シミュレータの設置が内外共に相当活発である。参考のために以下にその概要を列挙してみる。主要なものは一応網羅したつもりであるが、落ちていたら御教示を賜りたい。なお、潜水艦操縦訓練用のものは性格が少し違うことも考慮して割愛した。

- (1)設置機関 日本無線株式会社 1966年
 計算機 400c/s交流サーボ型アナログ計算機
 数学モデル $T\ddot{\psi} + \dot{\psi} = K\delta$
 $m\dot{v} = \text{Thrust} - R$
 自船船首
 遠方物標 } 1/1000縮尺港湾模型を自船の運動に
 近接物標 } 応じ移動するTVカメラで撮影
 映像幕 船橋前面窓枠に埋め込んだTV受像器3箇で表示、水平視界約90°
 関連文献 3)
- (2)設置機関 広島大学・船舶工学科、1968/70年
 計算機 電子管式アナログ計算機
 数学モデル $T_1T_2\ddot{\psi} + (T_1+T_2)\dot{\psi} + \psi + \alpha\dot{\psi}^3$
 $= K\delta + KT_3\dot{\delta}$
 自船船首 painting
 遠方物標 カラー、背面投影、オーバーヘッドプロジェクタ応用、自船回頭に応じ移動

- 近接物標 なし
 映像幕 船橋前面平面、水平視界60°
 関連文献 4)
- (3)設置機関 東京商船大学、1975年
 計算機 デジタル型
 視界表示装置 EIDOPHOL
- (4)設置機関 東京商船大学、1973年
 計算機 ユニットアンプ構成アナログ計算機
 数学モデル (2)に同じ
 自船船首 影絵、背面投影
 遠方物標 点光源影絵、背面投影
 近接物標 サーボ駆動縮尺模型影絵、背面投影
 映像幕 船橋前面平面、水平視界60°
 関連文献 5)
- (5)設置機関 日本造船研究協会 (SR151) 1974/75年 (大阪大学に設置)
 計算機 大型アナログ計算機
 数学モデル $T_1T_2\left(\frac{L}{V}\right)^{2n}\ddot{\psi} + (T_1+T_2)\frac{L}{V}\dot{\psi} + \psi + \alpha\left(\frac{L}{V}\right)^2\dot{\psi}^3$
 $= K^1\left(\frac{V}{L}\right)\delta + K^1T_3\dot{\delta}$
 $T_4\dot{V} + V + K_2\dot{\psi}^2 + K_3\delta^2 = K_4n$
 自船船首 固定幻灯 (又は painting)
 遠方物標 点光源、回り灯籠式 (図1参照)
 近接物標 縮尺模型テレビカメラ撮影、カラー・プロジェクタ投影 (図1参照)
 映像幕 船橋周囲240°、半径4m
 関連文献 6)
- (6)設置機関 石川島播磨重工業、1975年
 計算機 中型デジタル機
 数学モデル $(m+m_x)\dot{v}_x - (m+m_y)v_y\dot{\psi} = E$
 $(m+m_y)\dot{v}_y + (m+m_x)v_x\dot{\psi} = F$
 $(I_x + I_{xx})\dot{\psi} = G$

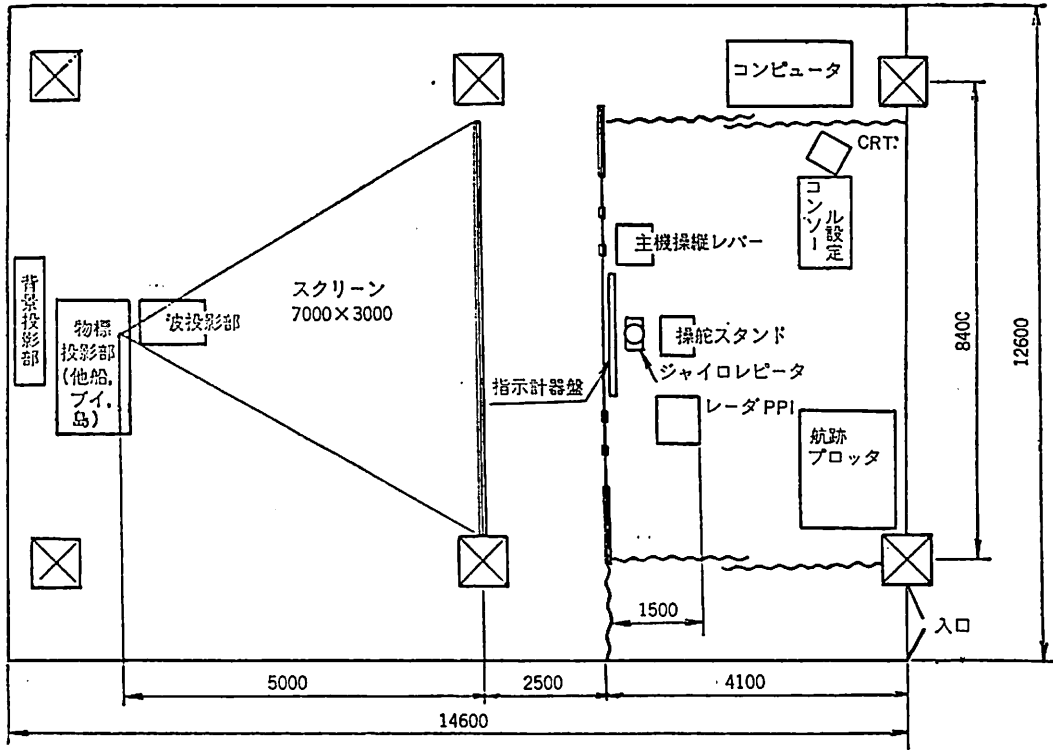


図5 IHIシミュレータ機器配置図

自船船首	固定幻灯, 背面投影ただし航跡波の動き模擬	近接物標	DIP方式 (本稿1節末参照)
遠方物標	カラー背面投影, 自船回頭に応じ移動	映像幕	船橋前面平面, 水平視界約100°
		関連文献	7)

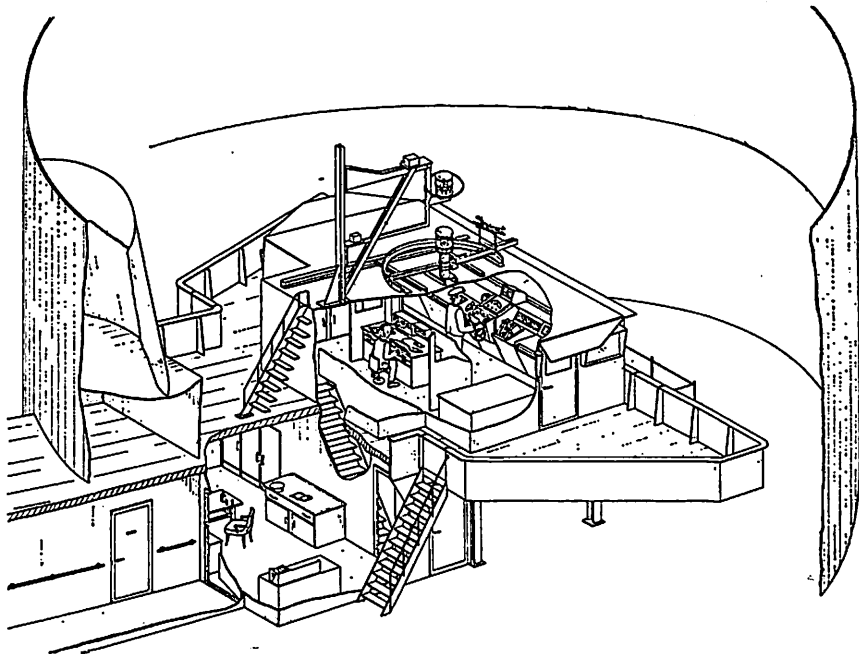


図6 NSMBシミュレータ配置図

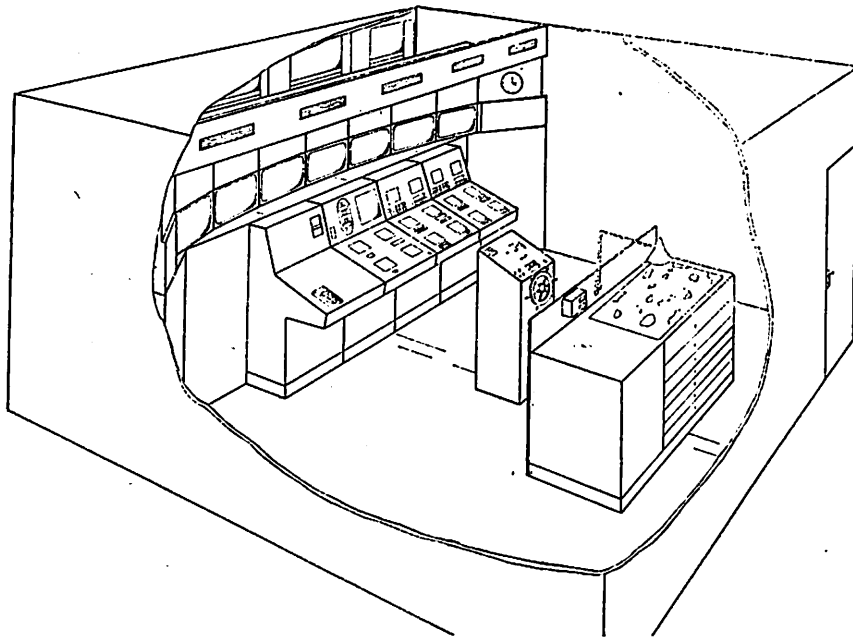


図7 SSPA・シミュレータ船橋配置

(7)設置機関 オランダ造船研究センターTNO, デルフト, オランダ, 1968年
 計算機 大型アナログ計算機
 数学モデル $A\dot{v} + B_1v + B_2v^3 = C\delta + Y_{wave} + Y_{wind}$
 $a\dot{\psi} + b_1\psi + b_2\psi^3 = -c\delta + N_{wave} + N_{wind}$
 自船船首 固定幻灯
 遠方物標 固定幻灯 (空, 海のみ)
 近接物標 点光源影絵, 港湾模型専用
 映像幕 船橋前面平面, 水平視界約100°
 関連文献 1)
 (8)設置機関 NSMB, Wageningen オランダ, 1970年
 計算機 ハイブリッド・アナログ計算機

数学モデル $m_1(\ddot{u} - v\dot{\psi}) = -k_1v^2 - k_2\dot{\psi}^2 + X_R(u, n, \delta)$
 $m_2(\dot{v} + u\dot{\psi}) = -L_1v + L_2\dot{\psi} - L_3v^3 - L_4\dot{\psi}^3 + Y_R(u, n, \delta)$
 $I\ddot{\psi} = -M_1\dot{\psi} - M_2v - M_3\dot{\psi}^3 - M_4v^3 + N_R(u, n, \delta)$

自船船首 } (7)に同じ
 遠方物標 }
 近接物標 }

映像幕 船橋周囲約300°, 半径10m
 関連文献 2)

(9)設置機関 SSPA, Göteborg, スウェーデン 1972/74年

計算機 アナログ計算機

自船船首 写真固定, I TV撮影, 表示

遠方物標 同上, 水平線のみ

近接物標 ブラウン管上に電子作像 (簡単な線描きのみ), I TV撮影表示

映像幕 船橋前面窓枠にテレビ受像器7箇埋込み

関連文献 8)

(10)設置機関

National Maritime Research Centre.U. S. Merchant Marine Academy, Kings Point, N. Y., U. S. A.

計算機 大型デジタル機

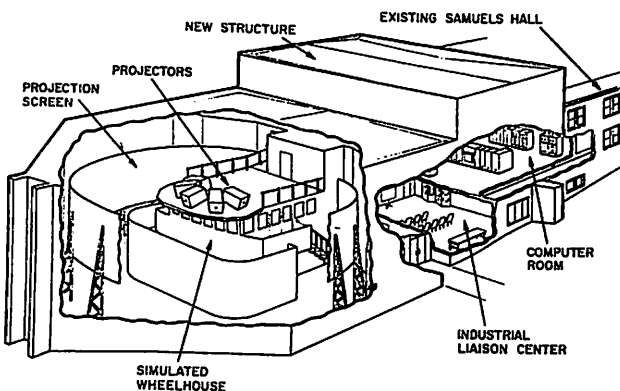


図8 米國NMRCシミュレータ配置図

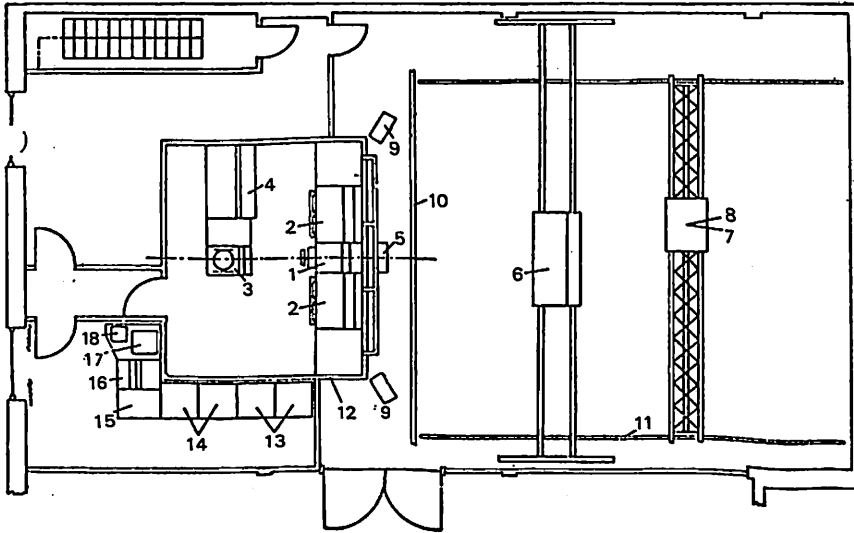


図9 プレーメン・シミュレータ配置図

- ① steering Stand, ② bridge control panel, ③ rader, ④ chart table, ⑤ forebody projector, ⑥ sky projector, ⑦ land mass projector, ⑧ land/seamark projectors, ⑨ sea surface projectors, ⑩ screen, ⑪ guidrail, ⑫ wheelhouse, ⑬ process computer peripherals, ⑭ process computer, ⑮ teletype, ⑯ instructor's desk, ⑰ X-Y plotter, ⑱ 6 channel recorder

遠方物標	} 電子作像 (カラー, モザイク状) 5
近接物標	
映像幕	船橋周囲約240°, 半径10m
(1)設置機関	Hochschule für Nautik, Bremen, 西独, 1975年
計算機	デジタル機
自船船首	固定幻灯, 前面投影, カラー
遠方物標	カラー, 背面投影, 自船回頭に応じ横移動
近接物標	カラー, 背面投影, DIP類似の方式
映像幕	船橋前面平面, 水平視界約100°

は操船シミュレータを上手に使うことが大いに役立つことであろう。

引用文献

- 1) J.B. van den Brug & W.A. Wagenaar : An Experimental Simulator for the Manoeuvring of Surface Ship, Netherlands Ship Research Centre TNO Publication, 1969.
- 2) J.D. van Manen, J.B. van den Brug, W.A. Wagenaar & C. Don: The NSMB Ship Handling and Manoeuvring Simulator, NSMB publication No. 337, 1970
- 3) 津村孝雄, 北山登, 真鍋暉: 操船訓練用シミュレータ 日本無線技報第3号, 1967
- 4) 野本謙作, 小瀬邦治: 人間が操舵する船の操縦運動に関する実験的研究, 造船学会論文集, 1972
- 5) 小瀬邦治, 小林弘明: 避航操縦シミュレータの製作とその応用例, 日本航海学会論文集50号, 1973
- 6) 日本造船研究協会 151 研究部会: 大型化に対応する船舶操縦システムの調査研究昭和49年度報告, 1975
- 7) 森正彦, 田中稔, 宮田秀明, 溝口純敏, 西岡敏孝, 松浦由次: 操船シミュレーターの開発とその応用例, 造船学会1975年10月発表予定
- 8) N.H. Norrbin & Å. Williams: The SSPA Steering and Manoeuvring Simulator, SSPA Allmän Report Nr. 40, 1973

結 言

以上、操船シミュレータのあらましを述べて来た。これからも、いろいろな目的をもって大小の規模のシミュレータが作られるであろうが、そのような計画に当たって大切なことは、その使用目的を明確にしておくことであろう。使用目的に応じて設備の種類、規模、特に設備の要点であるところの視界表示装置の要求仕様には大きい差がある。

船の操縦性能は実は船単独の性能ではない。船と操船者と、操船のための計装を一体とする man-machine 制御系の性能である。船型計画における船型要素の選択にしても、操船用計装の設計、開発にしてもこの立場から行なうべきである。そのために

荷役シミュレータ

西山安武, 山田猛敏

東京商船大学, 船貨論教室

1. まえがき

海運合理化の動きは、船舶の航行形態や貨物の荷役と輸送の形態を著しく改変している。これらがために、船舶乗員の就労体制の変革と技術の専門化の傾向は、ますます加速されているのが昨今のすう勢といえよう。

運送の能率と安全の増進を求めた専用船化については、従来よりみられていた油槽船のみならず、鉱石、木材、穀類その他の原材料物資運送の専用船化にとどまらず、自動車運搬船その他製品物資運送の専用船化、さらにまた、これまでは在来船によりブレイクパルク状態で運送されていた一般雑貨も、ユニット・ロード・システムの開発とともに、コンテナ船で運送されるに至っている。これらはすべて特定航路、特定貨物の運送に専従する船舶のメリット、すなわち、運送の条件である貨物の性状、荷姿、運送量、航行海域の状況その他が特定されるために、船体構造、荷役と積付の方式、航海中の貨物管理その他の適正化が容易となり、したがって運送の安全性確保と能率化や省力化等の実現が、本来船に較べてより容易となるからである。

また一方運送する貨物の実態、たとえば危険物についてみれば、近年化学工業の発達は目覚ましく、品質の多様化や単位運送量の増大の傾向は著しく、一旦事故が発生した場合は大災害となり、公害問題にまで発展して大きな社会問題につながる場合もある。

以上のごとく、最近の海上運送の実状はその合理化を求めて、貨物の荷役、積付、輸送等の方式には、それぞれの特徴をもたせ、安全性の向上と省力化を計り、船舶や荷役設備の内容は極めて高度、精密なものとなっている。しかるに従来船舶による運送方式は、各種貨物の積載を可能とする万能型かつ荷役その他も自己完結的であり、したがって、船舶乗員の機能もまた勢い幅広く奥行の浅いものとならざるを得なかった。しかし新しい運送体制の下で

は、前記した施設、設備を運用する乗員その他の技術レベルは、高度に特殊化され、かつ深い関連知識を所持することが要求されるようになってきた。したがって、従来のごとき万能型の船舶乗員の機能では不十分となり、新しい諸要求に対応した、専門的かつ適切な教育と訓練が乗員等に付与される必要が生じてきた。

教育訓練の方式には、実物によるものとシミュレータによる方法等が考えられる。前者による場合には実施上種々制約があり、後者による場合は各種異常状態への対処や反復訓練その他が可能となり、短時間に熟練度の向上が期待され、前者に較べて有効適切な方策といえよう。また実船訓練に代替できるシミュレータ訓練を期待するには、シミュレータ自体についても、その機能を実船現象に可及的に近似できるようなものの開発が必要となることはいうまでもない。したがって、各種船舶、荷役装置等に関するシミュレータの開発が望ましく、現にタンカや鉱石運搬船その他の荷役シミュレータが開発され、それらによる教育と訓練が国の内外で実施されている。

しかしながら、油槽船荷役に要求される技術的機能は、他の船種に較べて貨物の性状やその荷役条件が厳しいがために危険が多く、また有能な荷役オペレータの不足等のため、シミュレータの開発はタンカ分野に主力が注がれているのが現況である。たとえば、タンカ荷役においては、運送する貨物の引火爆発性、海面汚染性等きわめて危険性ある貨物の短時間大量荷役であり、一旦その操作を誤ると自船のみならず第三者に及ぼす危害も莫大なものとなり、したがってその事故防止には、失敗を可及的に回避せしめる信頼性の高い荷役設備とその操作技術が必要となるからである。荷役中の操作員は、瞬間的判断と正しい応答が要求され、その熟練度は直接荷役の安全と能率を大きく支配することになる。

タンカ荷役シミュレータの開発の現状は、荷役要

員の教育訓練用のもののみならず、能率の増進を計った適正な荷役方式の模索や船内管路網その他の設計、試験等に供するもの、さらにまた荷役を数式モデル化して、計算機制御システムとシミュレータを結合した荷役の全自動化システム開発のためのシミュレータ等が出現している。したがって、荷役シミュレータの中では、タンカ荷役シミュレータの開発が圧倒的な現状であるために、ここではタンカ荷役シミュレータ、とくに教育訓練用のシミュレータに重点をおき述べてみたい。

2. タンカ荷役シミュレータの要求性能

シミュレータの機能は、実船荷役現象に可及的に近似せしめ臨場感も十分に得られるようなものが望ましく、平常荷役操作である積揚荷役作業、バラスト張排水作業、イナートガス操作、ベントライン操作、航海中のバラスト張替え作業、タンククリーニング作業、スロップ処理等の監視、計測、判断、操作等と、荷役中の異常状態に対処した処理操作等を主たるものとし、その他荷役設計画や石油ガスの拡散への安全対策の検討等の訓練が可能なものとする。これらについての要目をあげると次のようになる。

2.1 シミュレータの対象

大型タンカをシミュレーションの対象とし、シミュレータの汎用性をもたせるために、次のような方式のものが望ましい。

i) 自動化レベルの変化

a) 遠隔手動制御方式で、ポンプ室等にローカル・リモートコントロールがあり、ポンプの発停が荷役コントロール室でできる程度のもので、現状の自動化レベルのもの。

b) 主要弁が遠隔集中制御方式であるとともに、ポンプの流量表示、主要データの自動記録ができる程度のもの。

c) 計算機による全自動荷役ができるもの。

ii) 船型の変化

ロード・オン・トップ方式の船型と専用バラスト方式のIMCO型のものに变化可能なもの。たとえばパーマメント・バラストタンクの数を変更できるように、パーマメント・バラスト系統の配管を考える。

iii) ポンプ類

カーゴ・ポンプ、バラスト・ポンプ、自動ストリップング装置、パーマメント・バラスト用エダクタ、同駆動用G.S.ポンプ、ストリッパ・ポンプ等を保持し、またそれらの台数も専用バラスト方式の

船型にも適合するようにする。

iv) 陸上管抵抗

原則として船内作業の模擬に限定するが、揚荷時SBMバースにおける水押しや油廻し系を考慮して、陸上管抵抗を模擬した管系を特定のショア・コネクションに接続して短絡できるようにする。

2.2 一般荷役

i) 回路網

a) 荷役中の判断の分岐点となるような現象
操作上の判断と対応に関する模擬を可能とするようなもの、即ち判断の分岐点となるような現象、たとえば、船体ヒールを生ずる左右舷タンクへの流入、流出量の差、トリムやレベル差による逆流、トッピング・オフ時の液面上昇過大によるオーバー・フロー、揚荷時空気流入による流量の変動、油の粘性によるギャザリングの遅れ、その他の模擬が可能なもの。

b) 管系内の流量配分

系統内の抵抗と流量配分、接点圧力の計算

c) 特殊条件下の水撃作用

ii) バルブ操作

流量調整、弁開度にもとづく弁抵抗の変動、空気吸入現象と流量の変動ならびに空気吸入防止、弁漏洩現象、流出防止のための船外弁開閉速度と順序、水撃現象とその防止のための空気弁の開閉や開閉速度の調節。

iii) ポンプ操作

ポンプ回転速度の調整、ポンプ特性(NPSH)、ポンプタービン、回転数制御用ガバナ特性、空気流入現象とその防止、並列運転時のけんか負け現象とその防止、キャビテーション現象(圧力変動、騒音も含む)とその防止、蒸気圧と回転数の変動とその調整、船体のトリム、喫水にもとづく吸入圧、吐出圧の変動、ノンリターン弁漏洩にもとづく逆流現象。

iv) ストリッピング

メインポンプよりストリップングポンプへの切換時機(セルフ・ストリップング装置も考慮)、メインポンプの低速運転方法、(iii)項であげた諸事項。

v) トッピング・オフ

積切作業時のバルブ調節手順、積荷レートの調節、液面計の連続表示(トリム、ヒールの影響も含)とスティックその他の故障現象。

vi) バラステイング

ダーティバラスト張水時の船底弁開閉の順序、グラビティポンプ張水時期の選定(専用バラストタン

ク方式も考慮)

vii) タンク・クリーニングおよびスロップ処理

タンク内ガス濃度検知, タンク内混合気の爆発限界, 船体周辺のスロップ濃度の予測と検知, タンククリーニング・ラインの温度と圧力の調整, 洗浄水とスロップ処理のバランス, クリーニング・タンクおよびライン順序の選定, 油水分離の計算(実時間)と表示。

viii) イナートガス

積荷中のイナートガス排出と積荷レートのバランス, タンク内圧調整, 揚荷時のガスチャージと揚荷レートのバランス(ボイラ排気ガス装置, ガス洗浄装置, 除湿装置, 送風装置, ウォーターシール, 制御弁, 管路)

ix) ベントラインとタンク内圧計算と表示

オンライン方式またはオフライン方式(バルブ状況, 荷役レート, イナートガス状況)

2.3 荷役中の異常現象

シミュレータ訓練の大きなメリットの一つは, 実船ではきわめて困難な荷役中の異常現象の再現とその対処訓練が可能なことである。したがって, シミュレータの機能には, 異常現象とその対応に関するきめ細やかなシミュレーションを可能とするものが望ましい。その主たるものをあげると下記のようになる。

i) バルブおよび管系

弁の誤操作による油の移動とオーバー・フロー, 操作油圧低下と過昇, イナートガス・システムの異常, ベントライン圧力過昇, ベントライン関係弁の作動不良, 遠隔操作弁動作不良, マニホールド圧力過昇, 漏油, オーバフロ, 混油, 混水の検知。

ii) ポンプ

ポンプ吸入弁閉鎖によるポンプトリップ, 空気吸入によるポンプ吐出圧低下, ポンプ吸入弁閉鎖による回転数の急昇, キャビテーション, 並列運転時のけんか負け, ポンプ吐出温度の上昇, 水撃作用, 操作油圧ポンプのトリップ, ガバナ故障, 蒸気圧の変動, ポンプ軸受温度の上昇。

iii) フロート式液面計

タンク液面の過昇と低下(異常作動), テープの切断, 液面計スティック。

iv) 油圧ユニット

油圧ポンプの圧力変動, タンク油量の過少やアキュムレータの圧力低下。

v) その他

スロップ処理不良によるオーレオメータ警報, ガ

ス濃度上昇, 電子計算機の異常。

2.4 荷役計画

シミュレータでは, 各タンクの油量, 総積高, 船体姿勢, 船体縦強度等は自動的に演算し表示されるものとするが, また一方積付計画に必要な演算が任意にできるようなものとする必要があり, さらに荷役中の船体周辺のスロップ濃度分布の計算や表示も望ましい。

2.5 その他

シミュレーションは実時間で行えるほか, 時間短縮, 時間凍結, 初期状態へのリセット等が可能なものとする。

訓練用シミュレータであれば, 教官用コンソールを設置して訓練生との応答や指示を可能とし, また訓練後の評価するための記録装置その他の設備も必要となる。

3. 荷役シミュレータ開発の現況

先にも述べたように荷役シミュレータの開発の目的は大きくは2つ挙げられる。

一つは荷役の自動化システムおよびその最適化のための研究用として, また一つは荷役オペレータの教育, 訓練用としてである。

昨今の荷役システムの多様化により, 荷役シミュレータの開発および利用範囲の可能性は多岐にわたるのであるが, シミュレータとして現在のところ開発あるいは実用化が進められているのは, そのほとんど総てがオイルタンカ荷役に関するものであり, シミュレータのためのシステム化等の簡便性からしても, また荷役の安全性および効率性の増進, 確保の必要性からしても, タンカ荷役が当面その対象になるものと思われる。

また昨今, すでにコンピュータ制御による自動荷役の大型タンカが活躍しており, たとえば星光丸(1970年就航), 三峰山丸(1971年就航), 鳥取丸(1972年就航)および大津川丸(1972年就航)などがある。これらの自動荷役においては, 荷役オペレータには計器監視, 遠隔操作能力などが必要とされ, またシステム全体のプロセスに関する有機的, 総合的な知識, 判断力および行動力, それに緊急対処の能力など, 高度な技術, 技能とあわせて基本的な技術, 技能をもっていることが必要とされ, 先にも述べたような内容の教育, 訓練がシミュレータによって可能で, かつ有効であると思われる。

タンカ荷役システムシミュレータ開発の現況は, わが国ではすでに試作システムが出現したりあるい

は開発中であるが、一方、外国では荷役教育、訓練システムとして稼働している例がある。

つぎに、それらの開発されたシミュレータの現況について、その一部分を述べる。

3.1 わが国のタンカ荷役シミュレータ

i) メーカーA社開発のもの

大型タンカ荷役システムの自動制御研究および荷役オペレータ訓練用として開発試作されたものであり、つぎのような特徴をそなえている。

(a)目的

- (1)タンカ荷役の数式モデル確立
- (2)制御ロジックの妥当性検討
- (3)実船のプログラムテスト、デバッグの節約
- (4)荷役の自動化システムオペレータの操作訓練
(荷役作業手順の作成、荷役コントロールパネル操作、異常あるいは事故への対処など)

(b)構成

- (1)荷役システムの物理系を数学モデルで表現した演算部であるシミュレーションサブシステムとしてのデジタル電算機とその周辺機器
- (2)研修生が実船の荷役制御室と同様な感覚で接し得る情報表示、操作部であるトレーニングサブシステムとしてのカーゴオイルコントロールコンソール、CRTディスプレイ、キーボード、ラインプリンタ
- (3)指導員が訓練状況を監視したり、訓練課題を与えたり、評価をおこなうモニタリングサブシステムとしての教官監視用コンソールパネル、CRTディスプレイ、キーボード

(c)実行可能なオペレーション

- (1)通常訓練
積荷、揚荷、専用バラスト漲排水
- (2)異常時訓練
メインポンプ故障、弁故障、ストリップングポンプ故障、空気吸込、キャビテーション、サージング、ウォータハンマ、漏油、海洋汚染、異常トリム・ヒール回避
- (3)訓練評価
荷役所要時間、最終船体姿勢、操作上の問題点の指摘

(d)ソフトウェア機能

流量計算、流量積分、キャビテーション診断、管路内非定常流再現モデル、船体姿勢計算、ポンプ起動・停止、入出力制御、モニタ

なお、管路網内の流量分布計算は電気回路網のネットワーク方程式を応用し、ループとブラ

ンチの関連を示すコネクションマトリクス（メイン、ストリップング、バラストの各ラインとバルブ、ポンプ）と各ブランチの抵抗を与えるインピーダンスマトリクスおよび圧力源マトリクス（ポンプ圧および各枝路の重力差圧）を与えて決定し、各タンクへの流入（出）量は積分して算出している。

ii) メーカーB社開発のもの

総合的乗組員訓練用シミュレータシステムのうち、荷役訓練シミュレータとしてN船社と共同開発中のものである。

大綱としては前述i)と同様であるが、つぎのような特徴をそなえている。

(a)訓練対象を荷役制御室のほかに、甲板上およびポンプ室まで拡げ、前者は甲板配管系模擬盤により、後者はポンプ模型を主装置としている。

(b)ポンプ模型については計器表示以外に、擬音による回転音、キャビテーション音の発生、軸受過熱などの模擬を考慮している。

(c)ボイラ蒸気圧変動など機関部シミュレータとの結合が可能である。

(d)演算方式はハイブリッドコンピュータシステムであるが、回路網計算は主として経済的理由によりアナログシステムとしている。すなわち、特定の船を設定し、その配管系統の弁、管抵抗、流量分布、各部圧力などをポテンショメータ、スイッチ、コンデンサ、電流発生器などによって模擬する方式としている。

(e)ウォータハンマ現象などの再現は、現段階では考慮していない。

iii) メーカーC社開発のもの

デジタル電算機のコンパイラであるFORTRANで書かれたタンカ荷役シミュレーションシステムプログラムであり、つぎのような特徴をそなえている。

与えられた積荷状態に対して、いくつかの荷役順序を想定し、それぞれにつき荷役中の各タンクの積荷量、排水量、喫水、トリム、最大曲げモーメントおよびその位置、各隔壁における剪断力などを計算して、推薦できる最適な荷役順序を求め、ローディングスキームと呼ばれる図面にし、船主に提供するための最適荷役システム研究用のシミュレータであり、約148Kバイトのコアスペースを必要とする。

また、荷役中のタンカの時々刻々の積荷状態、応力状態、喫水、トリム等の計算に必要なインプ

ットは、船体要目、配管要目、積付要目、荷役順序、計算用刻み時間その他であり、計算のキーポイントは配管内流量計算法で、各タンクの液面高さトリムの変化によるヘッドの変化を考慮し、かつT字型分岐管を通るときの圧力損失を正確に考慮して計算している。

iv) メーカーD社開発のもの

大型タンカ荷役の自動化システム研究のために開発されたものであり、訓練用としても利用可能なものであり、つぎのような特徴をそなえている。

(a)目的

- (1)タンカ荷役の数式モデル確立
- (2)制御ロジックの確立
- (3)実船の自動化プログラムのデバッグ
- (4)異常状態に対するバックアップ機能の確認
- (5)乗組員に対するシステム操作、異常時処置などの訓練

(b)構成

- (1)各タンク液面計、各部圧力計、喫水計、ヒール計、バルブ開度、パイピングなどの表示・操作部としての荷役コントロールコンソールとリレー回路
- (2)シミュレータとしての配管、ポンプ、タンク、トリム、ヒール、モーメント計算などの模擬演算をする4台のアナログ計算機と制御用の1台のデジタル計算機によるハイブリッドコンピュータシステム

(c)ソフトウェア機能

積・揚荷役、ダーティ/クリーンバラスト滲排水、専用バラスト滲排水作業ともなうタンク液位、ポンプ吸入・吐出圧力、マニホールド圧力、ドラフト、ヒールなどの船体状態を数式モデルによって連続的に、実時間のシミュレーションをし、表示する。

v) メーカーE社開発のもの

船舶の制御システムの開発、乗組員の操作訓練、自動化機器の試験、調整など多目的に役立つものとして開発された船舶システムシミュレータのうちのタンカ荷役シミュレータであり、つぎのような特徴をそなえている。

本システム全体の構成は、全体統括制御用デジタル計算機(2台)と各種周辺装置および個別プラントシミュレータ専用のデジタル電算機および汎用小型アナログ電算機からなっているが、荷役プラントシミュレータは統括用電算機が使わ

れ、シミュレーション専用のコンパイラ言語がリアルタイム処理用およびバッチ処理用の両方に用意されていて、モデルならびに制御プログラムの作成および修正が容易におこなえる。荷役プラントシミュレータは目下開発中でまもなく完成予定であるが、その構成は、実船装備の標準的なものと同じ操作盤、データ設定盤(指導員が各種運転条件や故障状態を設定する)および現場盤からなっており、40万トン型ULCCまでシミュレーションができ、60万トン型まで拡張可能である。

3.2 外国のタンカ荷役シミュレータ

外国における一つの代表例を挙げると、MITAGS (Maritime Institute of Technology and Graduate Studies: アメリカのメリーランド州、バルチモアにあって、海運労使連合組織により運営される研究施設)の荷役シミュレータがある。

これは Cargo Operations Training System (LCOT: Liquid Cargo Operations Training System) と呼ばれ、タンカ荷役訓練システムとして30日間訓練コースで稼働中のものであり、つぎのような特徴をそなえている。

(a)目的

タンカ荷役システムに関して、個々の訓練生には実時間で荷役操作手順の個人訓練をおこなうのと並行して、各種パネル、表示装置により、実習中の制御結果を約30名の訓練生に監視させて集団訓練をおこなう。

(b)構成

- (1)カーゴ制御パネル、バラスト制御パネル
- (2)ポンプ室のバルブ制御パネル
- (3)圧力計コンソール
- (4)大型図式表示盤
- (5)汎用デジタル電算機
- (6)CRTディスプレイ

(c)ソフトウェア機能

- (1)船体の流体静力学的トリムと安全性
- (2)船体のホギング、サギング、曲げモーメント、たわみ
- (3)4種類の異なるカーゴ、バラスト積込
- (4)4台のカーゴポンプ、3台のディーブウエルポンプ、各1台のスロップポンプおよびバラストポンプに関連したバルブ、パイプの特性
- (5)カーゴポンプの出力制御
- (6)タンクごとのカーゴ流出率と量、アレージ、トン数およびAPI度

4. むすび

タンカ荷役シミュレータへの要求性能とその開発現況につき種々述べてきたが、シミュレータはあくまでも模擬装置であり、その機能には自ずと限界があることはいうまでもなく、その内容は限られた範囲の荷役現象をパターン化したもので、実船における荷役現象そのものではないことをわれわれは知る必要がある。現実には貨物、船舶、荷役装置ならびに外界条件その他数多の荷役諸元が複雑に相関したなかで行われるものであり、ケースごとにそれぞれ異なった荷役現象となろう。したがって、シミュレータによる効果にも自ずと限界があることは否めない。

訓練用シミュレータについていえば、いかにきめ細やかな反復訓練を行いそれに習熟しても、それがそのまま実船荷役における経験度とはならないであろう。しかし、実船荷役でのベテラン・オペレータになるまでの時間短縮には、大きな効果が期待できるものと思われる。荷役装置開発用シミュレータについても同等のことがいえよう。その効果には大きな期待がもてるというものの、やはり限界があろう。たとえば、数式モデルで実船荷役の実態をどの程度表現できるか、いろいろと困難がともなうことであろう。しかし、試行錯誤、慎重な研究開発の積み重ねにより、信頼性が高く優秀なシミュレータの出現を期待して止まない。なんとしてもタンカ荷役においては、一旦事故発生をみれば、その災害度は莫大なものとなり、運航者にとっては深刻な問題となるからである。

また一方、タンカが運航の実務面よりみる場合、これはタンカ荷役シミュレータにかぎらず他の分野についても同等のことがいえる問題であるが、海運合理化の波は船舶の航行と荷役のシステムを日進月歩せしめて著しく改善し、そのハード面とともにソフト面にも大きな変革を迫っており、したがって、各種数多の新機種が続出しているのが現況といえよう。

それらの運用面よりみて、機器類の信頼性、故障発生時への対処あるいは要員の技術的熟達度その他種々問題点が認められる。せつかくの省力化、能率化等を目的にした合理化のメリットが減殺され、ときには安全と能率が害される場合もあり得ることを配慮する必要がある。やはり機器類、システム類等の標準化や信頼性の向上その他に努力が注がれる必要がある。

おわりに、筆者等は日本海難防止協会における「海難防止のための船員のシミュレータ利用に関する

調査研究」の荷役シミュレータ部会に参加し、報告書作成に協力した。今回は前記報告書を基礎にして本文をまとめてみた。同委員会のご諒解を願うとともに委員各位にお礼申し上げる。

参考文献

1. 日本海難防止協会：海難防止のための船員のシミュレータ利用に関する調査研究完了報告書、昭和48年度
2. 土井・森本・田倉：タンカーの荷役シミュレータ、三井造船技報第76号、昭和46年
3. 瀬尾・服部・吉海：タンカー荷役のシミュレーションプログラム、日本造船学会誌第529号、昭和48年
4. 伊藤・中川・三隅・和田・浜田：タンカー荷役の実時間シミュレータについて、日本造船学会誌第535号、昭和49年
5. 三菱重工長崎造船所：三菱船舶シミュレータシステム、船舶、昭和50年6月、天然社
6. Singer L. D. : Technical Proposal for Cargo Training Program, 1972
7. MITAGS 案内資料

新製品の紹介

図コンパクトな排水処理装置とビルジ排水用監視装置

近年とみに国際的に厳しくなりつつある船舶から排出する含有油分の規制に対処するため、日本舶用機器開発協会は日本船舶振興会の補助金を受け、みずず精工と昭和48、49年の2年にわたり、完全なビルジ排水処理装置の開発に取り組み、ほぼ完全な装置が完成した。また、東英電子工業とビルジ排水用監視装置をも併せて開発した。

“ビルジ排水処理装置”

従来の油水分離に採用されていない共凝集処理法を装置化したもので共凝集処理過程の前処理として粗粒油滴処理装置、後処理として浮過装置を設けている。本装置の出口側における処理水の油分濃度5 ppm以下。運輸省船舶局制定の油水分離器性能試験基準に示す試験要領に従って行なった実験結果は、処理水出口の含有油分濃度1 ppm以下。

“ビルジ排水用監視装置”

測定油分範囲 0~30ppm、応答 瞬時、測定形式 連続、記録、周囲条件 45℃~5℃、湿度 90%以下、耐振性 エンジンルームの振動に無影響、最大傾斜角度 ±15度、電源 AC100V、110V 60Hz。

豪華客船“SEVEN SEAS”就航

“クィーン・エリザベスII”が3月初め神戸、横浜港に初入港以来、船旅の関心が高まってきた折、商船三井客船は海外クルーズ誘いの第1船として、パナマ船籍の“SEVEN SEAS”(総トン数10,450トン)をチャーター(4年間)、9月初めより香港、マニラ、沖繩航路に就航させた。

同船は1962年ユーゴスラビアのBrodogradilisteで建造、主に南米海岸、アマゾン河にクルーズ船として周航していたもので、8月初めブラジルから回航された。

同船の船客定員はデラックスクラス2室4名、S

クラス24室48名、Aクラス52室156名ら計165室532名で、他にプール、バー、美容室など豪華な設備を揃えている。

SEVEN SEAS号の主要目

総トン数：10,450 t

全長：150 m

巾：20 m

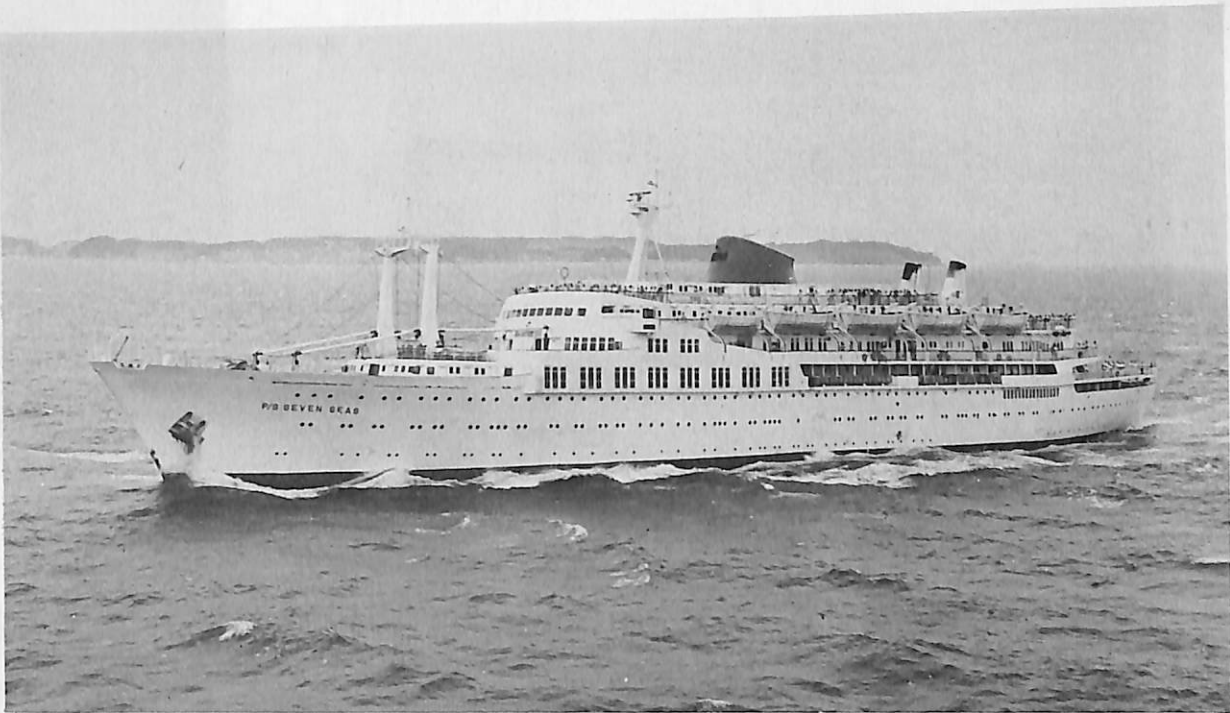
吃水：5.62 m

主機関：B & W 2 × 4,050 BHP

航海速度：16 Kn

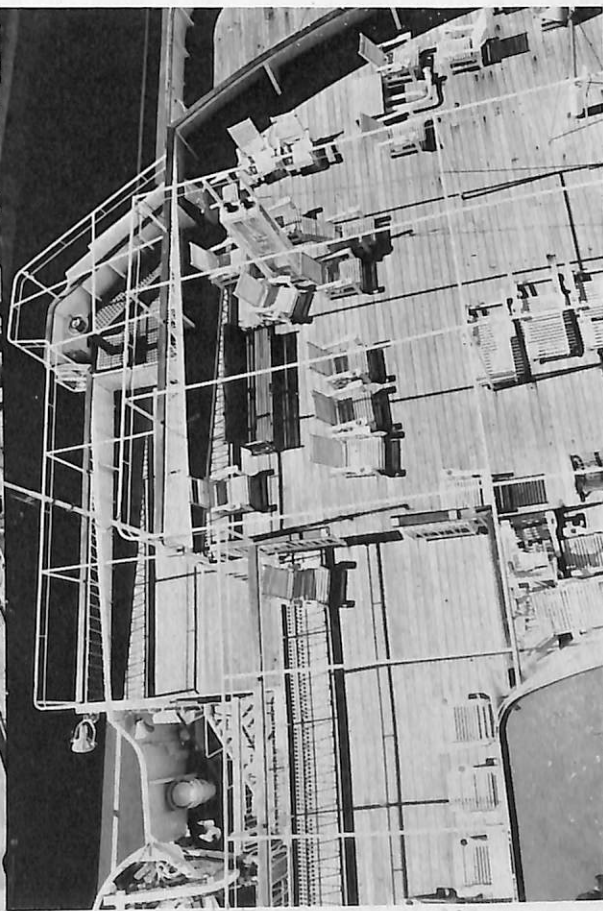
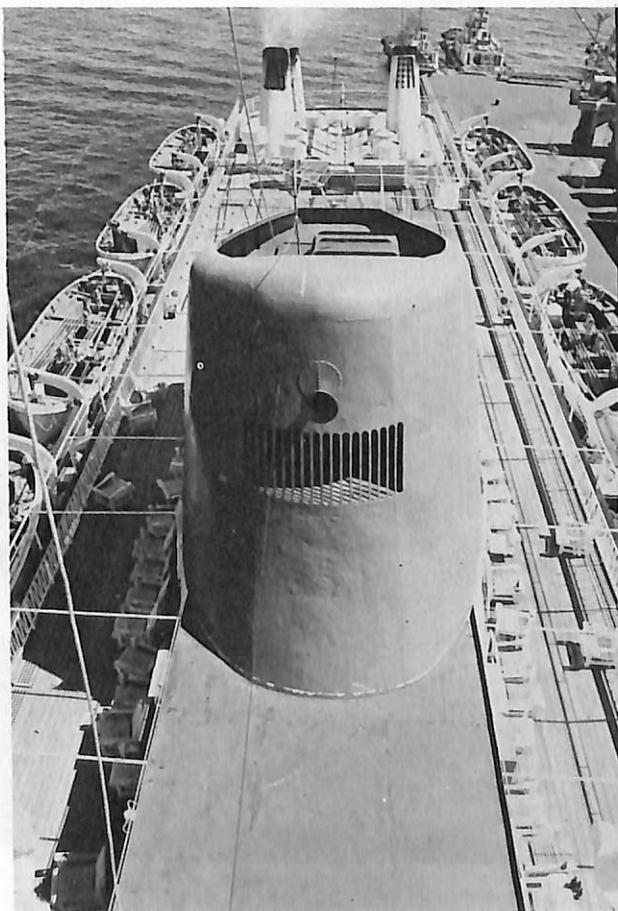
全船冷暖房、スタビライザー完備





観音崎沖を航く“SEVEN SEAS”

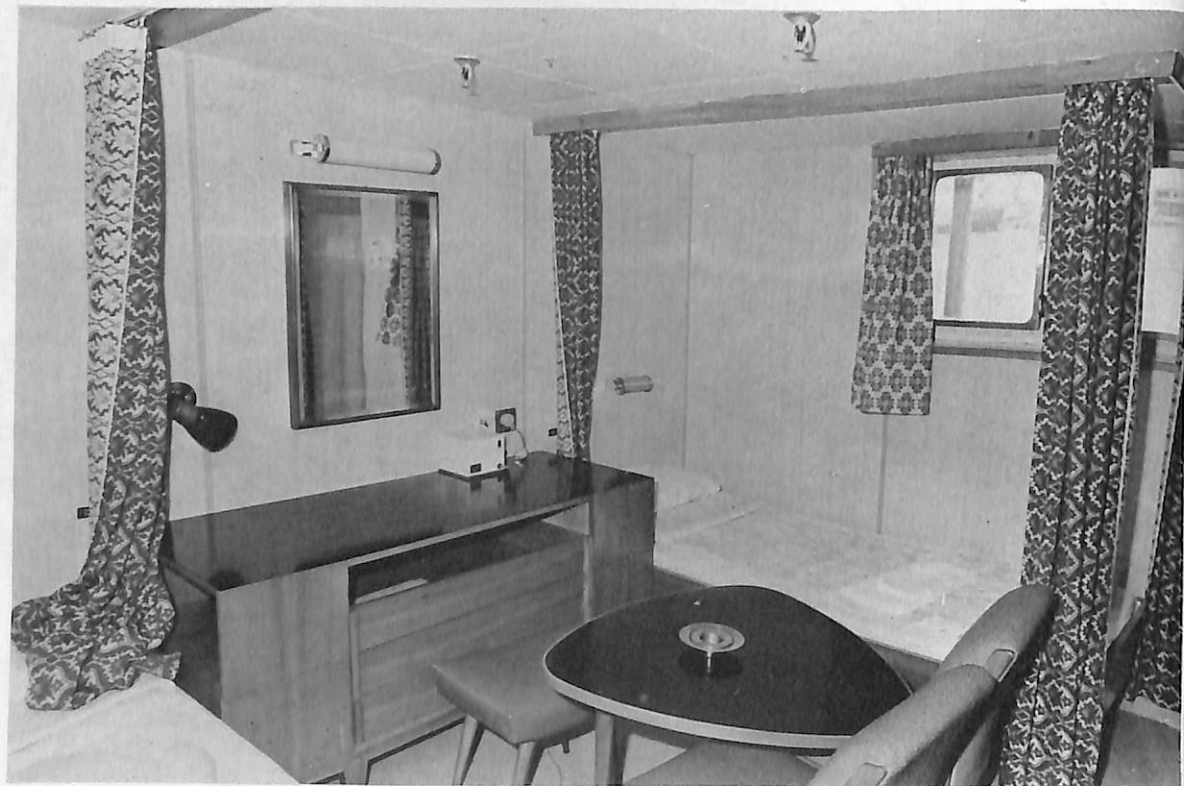
トップデッキ





デラックスクラスのデールーム (右舷)

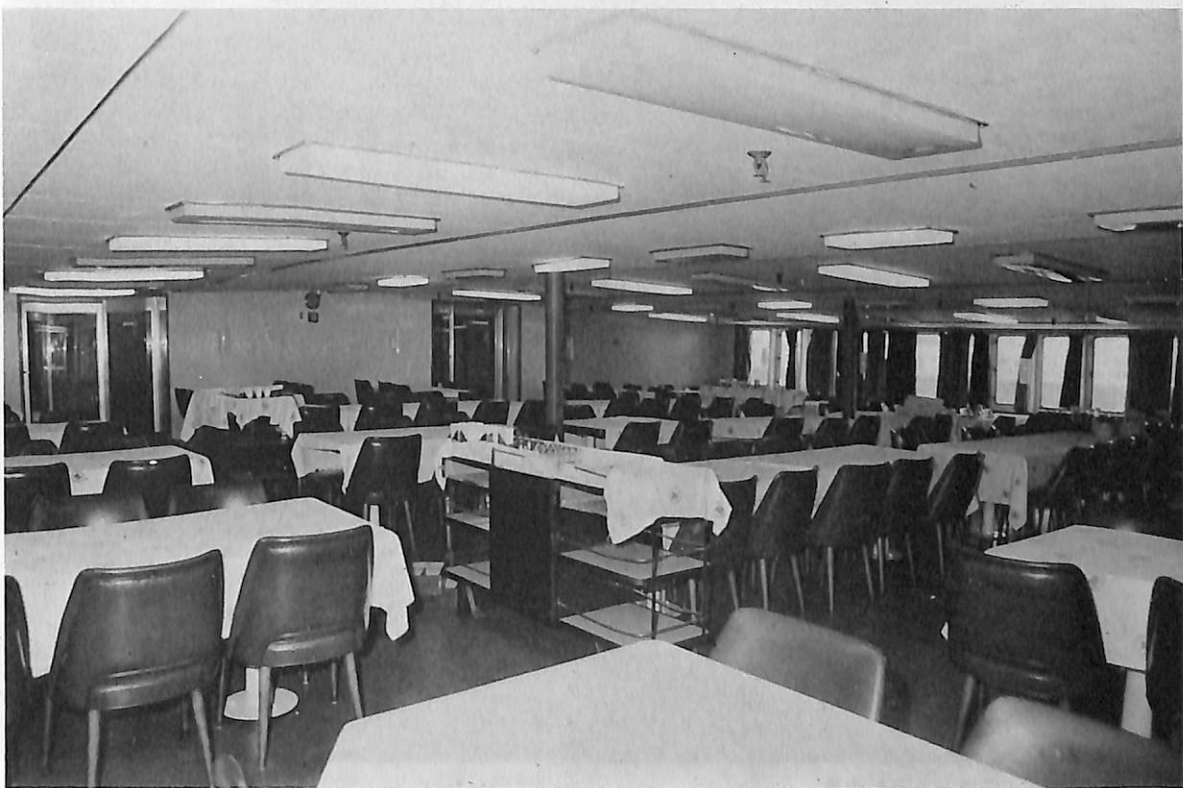
Sクラスのキャビン





落ち着いたムードあるプロムナード・デッキのダイニング・サロン

広々としたAデッキのダイニング・サロン



プロムナード・デッキ。中央がプール



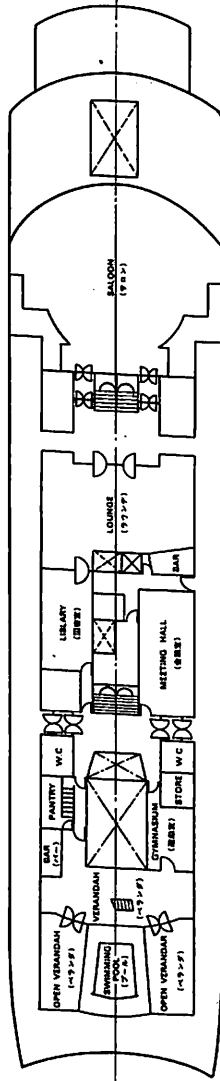
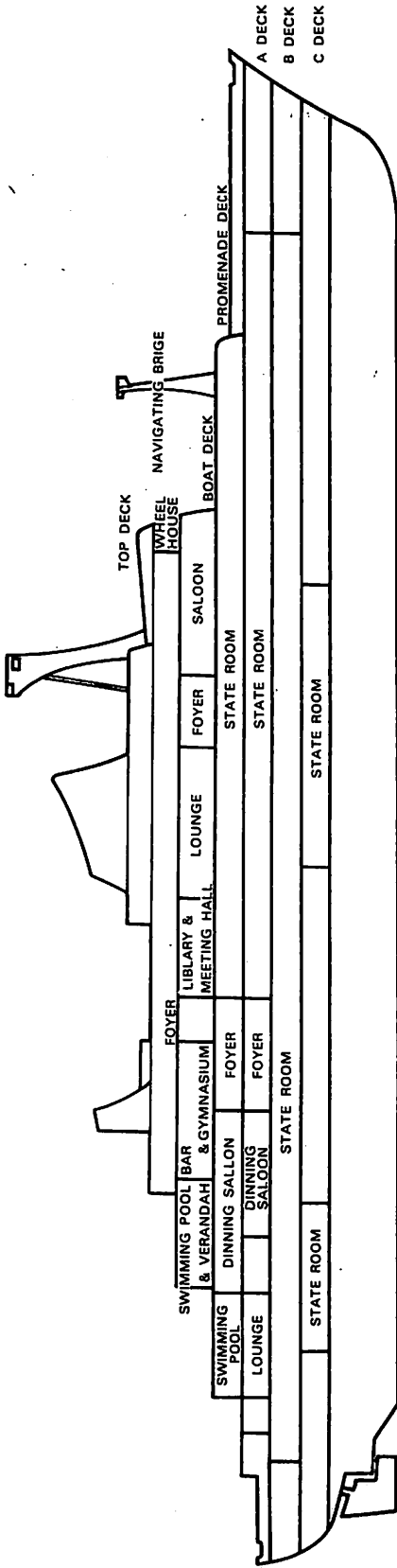
右舷シェードデッキ。巾は2m強もある。

窓が大きいので非常に明るいラウンジ内

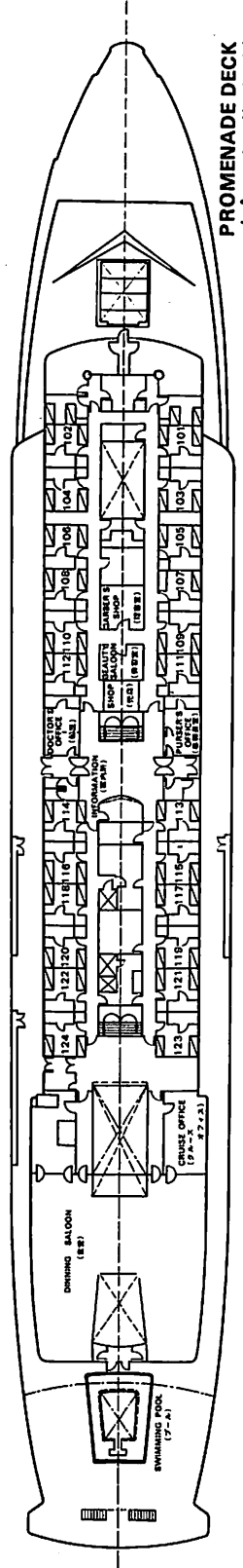


サロン

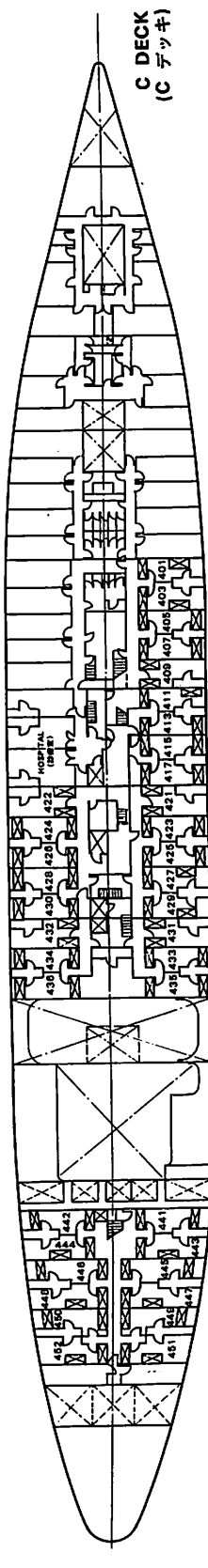
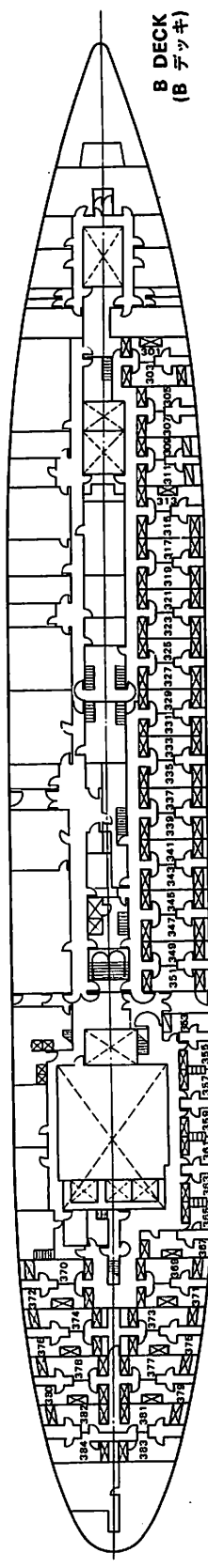
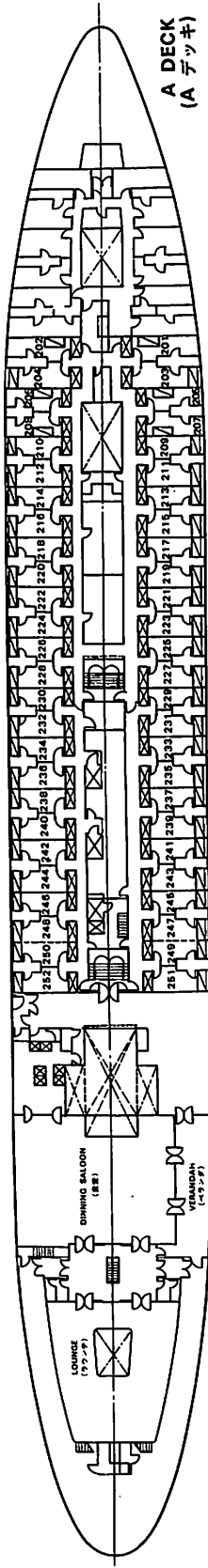
SEVEN SEAS号のキャビン・プラン



BOAT DECK
(ボートデッキ)



PROMENADE DECK
(プロムナードデッキ)



オメガ航法システム

海上保安庁燈台部電波標識課

1. まえがき

海上保安庁が昭和45年より長崎県対馬に建設中であったオメガ局が今年の5月1日より正式に運用を開始した。この結果、世界で運用中のオメガ局は、ノルウェー、トリニダード、ハワイ、ノースダコタの4局に日本が加わり、合計5局となったわけであるが、周知のようにオメガが本来、全世界どこでも、船舶、航空機等の航法に利用できる電波航法システムとして、8局で構成されるべきもので、その局の配置は、双曲線の幾何学的精度や双曲線相互の交角、電界強度等を考慮して、地球上に第1図のように計画されている。このシステムにおいて得られる位置決定精度は、現在のところ昼間約±1海里、夜間約±2海里である。

既設の5局以外では、現在のところ、アルゼンチン局が8月頃より試験電波発射、10月に運用開始、ラ、レユニオン局は11月～12月に試験電波発射、来年1月に運用開始の予定である。オーストラリア局は現地建設について協議中のところである。また、

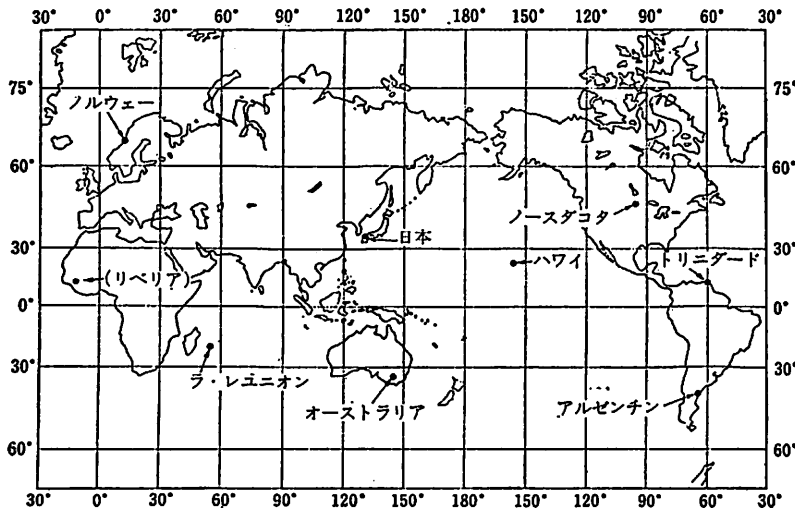
後述のトリニダード局は、現在実験局で、空中線輻射電力約1KW（他の局は10KW）で運用しているが、実用局をアフリカのリベリアに建設中で、この局も来年3月には、トリニダード局に代って運用を開始する予定である。

従って、オメガは今後ますますその有効範囲を広げ、7つの海がほぼオメガの電波でカバーされる日も間近かで、オメガは今後外洋を航行する船舶に対し、その安全と運行能率の向上に大きく貢献していくものと考えられる。以下、オメガについてそのシステムの概要を述べることにする。

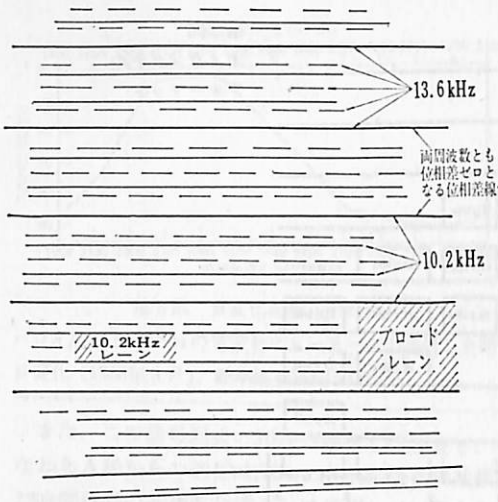
2. オメガの原理、レーン

オメガは正式には、オメガ航法システムといわれ、VLF帯を使った電波航法システムで、原理的にはロラン、デッカと同じ双曲線航法システムである。

この双曲線航法は、2つの定点即ち送信局からの距離の差が一定な点の軌跡が双曲線となることを利



第1図 オメガ局の配置



第2図 レーン識別の原理 (10.2kHz と 13.6kHz によるレーン)

用した方式で、この距離差は2送信局から発射された電波の受信点における到達時間差、あるいは位相差を測定することによって得られる。

ロランは前者の方式によっており、デッカ及びここで述べるオメガは後者の方式をとっている。いま、2つの送信局から同一の電波を互いに同期——同時に、同一位相で——して発射し、受信点でこれらの位相差を求める。この測定位相差は受信地点に相当した 0° から 360° のうちのある値を示すが、受信点が移動すると位相差は $0^\circ \sim 360^\circ$ の値を繰り返す。この繰り返しに相当する距離は両局の基線上では、発射電波の $\frac{1}{2}$ 波長に相当する距離となる。双曲線航法では、位相差が 0° (360°) となる点の軌跡すなわち零等位相差線を示す双曲線相互の間隔をレーン(Lane)と呼んでいる。このレーンは、オメガでは位置測定用として使用されている 10.2kHz を例にとると、基線上で約8海里となる。

オメガ受信機では、レーンの中をその $\frac{1}{100}$ まで読取ることができるので、1レーンの $\frac{1}{100}$ を1センチレーン (Centilane : CEL) あるいは % レーンと呼んでいる。また、位相の単位として、 $0^\circ \sim 360^\circ$ の位相を1サイクル、その $\frac{1}{100}$ (3.6° に相当する) のセンチサイクル (Centicycle : CEC) も使用されている。

3. レーン識別

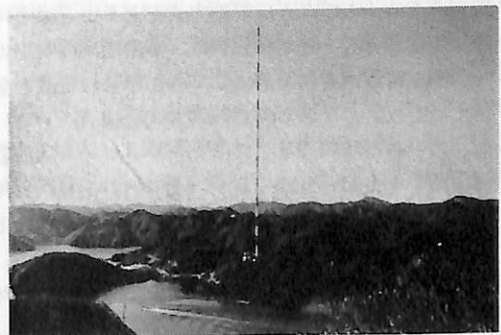
前述のように、測定位相差は、各レーン内では同じように 0° から 360° までの繰り返しをするので、ある位相差に相当する位置の線 (双曲線) は、各レーン内に1つずつ存在することになる。従って、受信点

における特定の位置の線を求めるには、まず受信点を含むレーンがわかっていることが前提条件となる。このことは位相差測定方式による双曲線航法の1つの欠点で、このアンビギュイティ解消の手段として以下に述べる方法が使用される。

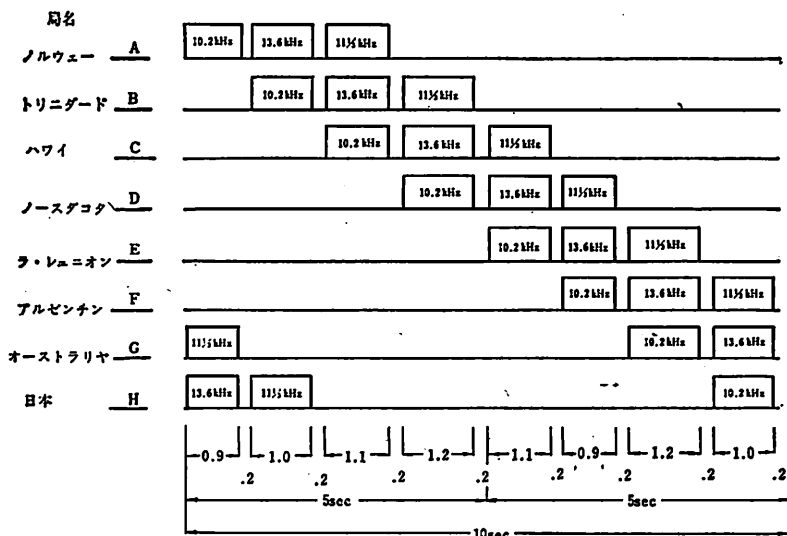
通常このレーン値は、デッカと同様に、既知の点においてオメガチャートからその点を含むレーン番号を読み取って受信機に設定する方法が行われる。こうしておけば、あとは船が移動して受信位相差が変り、そして 100CEL, あるいは0CELとなるごとに受信機内で自動的に判定して受信機のレーン値が増減されるので、受信機は常に船の存在する区域のレーンを示すことになる。

しかし、何らかの原因でレーンが不明確になることも起りうるので、このような場合には、10.2kHzのレーンの ± 0.5 レーン (± 4 海里) 以内の精度をもつ何か別の方法によって求めなければならない。オメガでは、このために 13.6kHz, 11.3kHzの電波を発射して、次に述べるレーン識別方法をとっている。

- (1) 13.6kHzによる識別法 この方法は利用者の位置が ± 12 海里 (最大24海里) の誤差範囲で判明しているときに用いられる。すなわち、10.2kHzと13.6kHzとは3:4の関係にあるので、第2図に示すように10.2kHzのレーンの3番目ごとに13.6kHzのレーンの4番目が一致する。この一致したレーンの相互間は、2つの周波数の差 3.4kHzの $\frac{1}{2}$ 波長 (24海里) に相当するブロードレーンを形成する。また、このブロードレーンは $10.2/3=3.4$ の関係から、このレーンは10.2kHzのレーンを3倍に広げたパターンとなる。従って、あるブロードレーンに利用者があることがわかっていれば、3.4kHzの位相差を測定することによって、10.2kHzの3つのレーンのうちのどのレーンかを識別することができる。



対馬オメガ局



第3図
オメガシグナル
フォーマット

(2) 11.5kHzによる識別法 アンビキュイティを生じない範囲をさらに広げるには11.5kHzの周波数が使用される。この周波数と10.2kHzとの差によるブロードレーン、両波の差の1.133kHzによるレーン(約72海里)となり、かつ、前述の3.4kHzによるブロードレーンの3倍に相当する広い幅をもつ。従って、この周波数により前項よりさらに粗い測定が可能になる。

オメガシステムでは、現在のところ±36海里以下の誤差で位置を求めることは、他の適当な推測航法によって可能であるとして、これ以上のレーン識別は考慮していない。

4. システムの同期

オメガ局の電波は、他の双曲線航法システムと同様、互いに同期して発射している。しかし、ロラン、デッカの場合には、従局は主局の電波に追従同期して電波を発射しているが、オメガの場合には、局間距離が遠く、後述するようなVLF伝搬特有の性質のため、このような同期方式をとることは不可能で、各局ともそれぞれ個別に、高精度、高安定の時間源を持ち、それを基にして各局単独に電波を発射する方式、すなわち独立同期方式を採用している。この基準時間源としてはセシウムビーム周波数標準器が4台用いられており、その内の1台が現用で、その出力は他の3台と常に比較されてドリフトの状態が監視される。

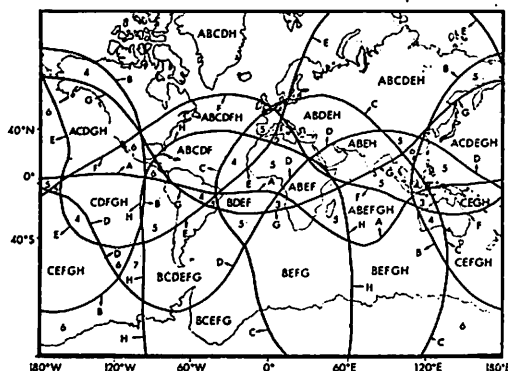
また、それぞれの発振周波数の位相同期保持のため、各局の発振電波の位相を常時モニタしており、これらを解析して、ある時刻における各オメガ局の

現用周波数標準器の出力信号位相(時間)の平均値と合致するよう自局の各周波数標準器のある時刻における修正位相量を決定している。

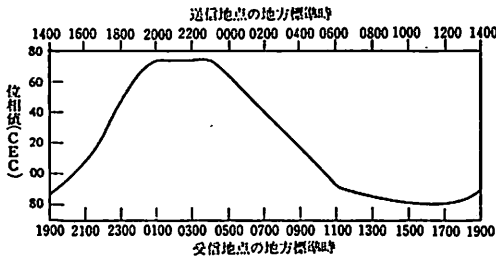
5. 送信信号形式

各送信局から発射される電波は、第3図のような一定のタイムシーケンスとなっている。これをオメガ送信信号形式(Omega signal format)と言っている。この形式で発射される周波数は10.2kHz、13.6kHz、11.5kHzの3波である。

各信号は、局特定のタイムシーケンスで送信され、その繰返し周期は正確に10秒となっている。従って、受信状態さえ良ければ、受信機を10.2kHzに合せれば、A局から順次H局までの信号が受信され、これが10秒ごとに繰り返されることになる。各セグメントの0.2秒の間隔は、地球上の如何なる受信点においても同一周波数による局相互の混信を生じないように考慮された値である。



第4図 オメガの有効範囲



第5図 日変化曲線 (平均値)

ハワイ局の10.2kHzの電波をニューヨークで受信した時の日変化 (1966年5月), 標準偏差は約2CEC

また、この信号形式の10秒の繰返しの始まり、すなわちA局からの送信時刻は、各局が送信周波数及び時間信号の基準信号源として使用しているセシウムビーム周波数標準器によって制御されているので、受信点でどの局からの信号かを識別する場合、この時間関係と標準電波、時報等の時刻とを対比させて局の識別を行うことができ、また逆にこの信号形式から正確な時刻を知ることできる。

6. オメガの有効範囲

第4図は非常にラフではあるが、オメガ8局が完成したときの世界各地における10.2kHzの受信可能予想地域を示したものである。図のアルファベットは、受信可能な局名を示し、数字はこの区域における受信可能な局数を示す。また、S/Nは3月から5月の間のもを1日24時間平均したもので、受信機の周波数帯域幅を100Hzとし、S/N=-20dBが得られる区域として画いたものである。

7. オメガ電波の伝搬特性

VLFは、一般に地表面と下部電離層(D層)との間をちょうどレーダの信号が導波管の中を伝搬するのと同じように伝搬する。オメガはこのような形態で伝搬する空間波を利用する。一般にこのような場合、送信空中線付近には各種の高次のモードの電波が存在するが、伝搬中近距離で消滅し、主として低次のモードの電波が遠距離まで伝搬する。しかし、同一周波数の電波を受信しても2つの異種のモードが同時に存在すると相互の干渉(モード干渉という)によって、2つの信号はベクトル合成され、大きな位相推移とそれに伴う電界強度の不規則な変化を生ずる。それ故、オメガのような伝搬波の位相(差)を測定するシステムでは、単一モードが支配的であることがシステム構成上必要である。幸いなことに、10kHz付近の周波数帯では、送信点の近傍

を除き、1次モードが優勢であり、その位相と振幅は後述するように、ほぼ規則性のある日変化をし、かつ、それが受信地点が一定ならば、再現性、予測性を持っている。

オメガの電波は、このほかいろいろ伝搬上重要な性質を持っているが、紙面の都合上、ここでは位相に関する事項を簡単に述べるに止める。

7.1 日変化

オメガの電波は、前述のとおり導波管内を伝わる電波に似た性質を持っており、自由空間を伝搬する速度と異なる速さ(位相速度という)で伝搬する。この位相速度は、伝搬経路を構成する電離層の高さの変化、地表面の導電率、地磁気等によって変化を受ける。このうち、特に大きなものは電離層の高さの変化によるものである。D層の高さは、その生成、消滅の原因を考えればわかるように、伝搬経路に対する太陽の天頂角の変化によって変り、昼夜間はそれぞれ約70km、約90kmとほぼ安定しているが、日出、日没に伴ない、これらの高さの間にレベル偏移を生ずる。この結果、位相速度は夜間は昼間に比べて遅くなる。この位相速度の変化はそのまま受信位相の変化となって現れるので、受信点における位相値も夜間は昼間に比べて遅れ、昼間はこの反対に進相を示す。このような位相変化を1日の時刻の関数で表したものを日変化(Diurnal variation)曲線といっている。1例を第5図に示す。

図のように日変化は、夜間は平坦でほぼ一定値となるが、日出の線が送信点と受信点を結ぶ経路に入り始める前後よりゆるやかに変化し始め、送信点と受信点とが完全に太陽の照射にさらされたとき、昼間の平坦な部分に到着(日没時はこの反対となる)。日変化は、伝搬経路の季節により、太陽の日照時間の長短、あるいは強弱があるため変化を受ける。このほか、大地の導電率、地磁気、緯度等によって一般に変化をうける。しかし、この日変化は受信場所が決まれば、ほぼその場所に応じた特性を示し、理論式による予測も可能という重要な性質を持っており、この理論式によって計算された日変化値をもとにして、この位相値とオメガチャートの伝搬速度によって計算された一定位相との差を補正值としてまとめたものが後述する伝搬補正表(Propagation correction table: PPC)である。

7.2 異常伝搬

平常状態における伝搬特性は、前述のようにほぼ規則的な日変化を持っているが、太陽の異常活動等によって、受信位相が一定期間大きく変化を受ける

ことがあり、その結果大きな位置決定誤差を生ずるので、オメガを利用する場合充分注意する必要がある。通常、異常伝搬と呼ばれるもののうちよく知られているものには次の現象がある。

(1) 電離層突然じょう乱 (Sudden Ionospheric Disturbance : SID)

太陽のフレアが起っている間に、太陽からX線バーストが突然放射される結果この現象が生ずる。影響を受けるのは、昼間伝搬経路だけに限られ、受信位相は数分間にわたって素早く進み、30分位の回復期が続く。

(2) 極冠帯吸収 (Polar Cap Absorption : PCA)

太陽のフレアは太陽大気中にあるプロトンを加速する。これが、極地方を通る伝搬経路に対し、昼夜とも一般に位相を進める原因となる。低緯度の伝搬経路には通常影響は及ぼさないが、これによって数海里以上の誤差をもたらす、かつ数日から一週間、あるいはそれ以上続くことがある。

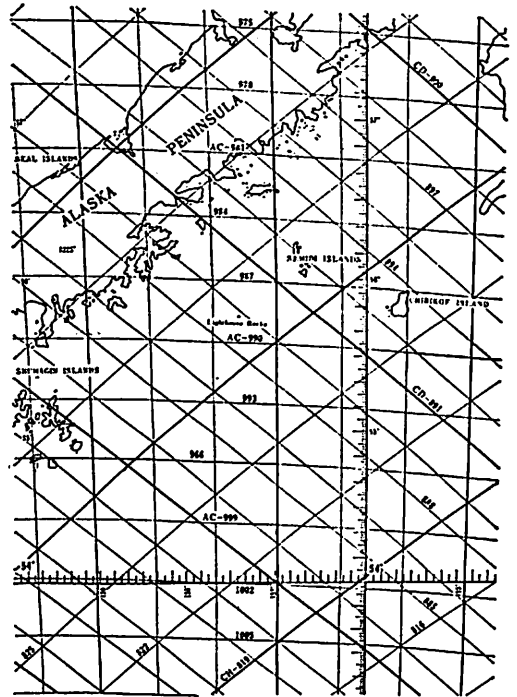
このほか、異常伝搬のはんちゅうではないが、前に述べたようなモード干渉や極地方を通る電波が氷冠高原において著しい減衰を受け、広い範囲にわたる受信困難となる現象等がある。

8. オメガチャート及び伝搬補正表

オメガを利用して位置決定を行う場合、ロラン、デッカと同様な観念でオメガ受信機で読み取った位相差値をそのままオメガチャートにあてはめると大きな誤差を生ずる。これはオメガチャートが伝搬経路における電波の速度を昼夜間ともすべて一定値すなわち、300,574 km/s として作成されているからである。

8.1 オメガチャート

オメガチャートは、チャート(海図)上に10.2 kHzのレーンを表わした双曲線を加刷したものである。現在発行されているチャート(VO30シリーズ)は、アメリカ水路局で作成されているため、日本のチャートと測地系が異なり、Fischer(1960)の回転だ円体にもとづいてレーン計算を行っている。オメガチャートの1例を第6図に示す。チャートに面かれた双曲線には、各局に与えられたA~Hの局符号を使って、アルファベット上位局の下位局に対する位相差を、例えば、AC-987, CD-1002のように表示している。また、ロランでコーディングダイヤレーを挿入して双曲線の時間差が負になることを避けたように、オメガでは2局の基線上の midpoint を通



第6図 オメガチャートの例

る双曲線に900のレーン番号をつけて同様の結果を得ており、その番号はアルファベットの下位局に近づくに従い増加させている。

チャート上から必要な位置の線を求める場合、各双曲線は3レーン間隔で印刷されているので、この間を直線補間する必要がある。また、送信局から450海里以内の双曲線は破線となっているが、局付近ではモード干渉のため位置測定のための信頼度が低いことを表わしており、この範囲では、その送信局の利用は避けなければならない。

このほか、オメガテーブルもアメリカ水路局から、H. O. Pub. 224 シリーズとして発行されている。これは適当なオメガチャートが得られないときに、チャート(海図)によって船位を求める場合などに使用される。オメガチャート、テーブルとも全世界をいくつかの区域に分割し、それぞれ番号を付けて発行している(第7図参照)。

8.2 伝搬補正表

伝搬補正表は、各測定区域における位相の日変化に関する多くのデータを回帰分析によって整理したもので、この補正值を受信測定値に加えることによってオメガチャートから正確な位置が求めることができる。現在発行されている補正表は、アメリカ水路局から航海用として刊行されたもので、送信局

OMEGA PROPAGATION CORRECTIONS FOR 10.2 KHZ.

LOCATION: 16.0 N 40.0 W
STATION A: NORWAY

DATE	GMT																							
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-15 JAN	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-14	-5	-2	-1	0	1	0	-3	-12	-24	-40	-61	-71	-71	-71	-71
16-31 JAN	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-68	-11	-6	-3	-1	0	1	0	-1	-8	-20	-36	-57	-71	-71	-71
1-14 FEB	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-59	-11	-8	-4	-2	0	0	0	-2	-5	-16	-31	-52	-71	-71	-71
15-28 FEB	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-67	-4	-10	-6	-3	0	1	2	1	0	-3	-9	-24	-45	-71	-71	-71
1-15 MAR	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-75	-59	-32	-8	-4	-1	1	3	3	3	1	-2	-5	-17	-39	-70	-71
16-31 MAR	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-64	-48	-18	-6	-3	1	3	5	5	4	2	0	-4	-9	-29	-67	-71
1-15 APR	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-66	-55	-37	-10	-5	-1	2	5	6	6	4	1	-3	-7	-16	-60	-71
16-30 APR	-71	-71	-71	-71	-63	-59	-47	-28	-7	-3	1	4	6	7	8	7	5	2	-2	-6	-10	-41	-71	
1-15 MAY	-71	-71	-71	-69	-62	-53	-41	-22	-6	-2	2	5	7	8	8	8	6	4	1	-3	-7	-16	-60	
16-31 MAY	-71	-71	-69	-65	-58	-49	-37	-18	-5	-1	3	6	8	9	9	8	6	4	0	-4	-8	-12	-62	
1-15 JUN	-69	-69	-66	-62	-56	-47	-34	-16	-4	-1	3	6	8	9	9	9	7	4	1	-3	-7	-11	-50	
16-30 JUN	-68	-66	-66	-61	-55	-47	-34	-16	-5	-1	3	6	8	9	9	9	7	4	1	-3	-7	-10	-45	
1-15 JUL	-69	-69	-66	-61	-55	-45	-31	-12	2	4	6	8	9	10	10	9	7	5	3	0	-2	-43	-66	
16-31 JUL	-71	-71	-69	-65	-58	-48	-35	-15	1	4	6	8	9	10	10	10	9	7	5	3	0	-2	-57	
1-15 AUG	-71	-71	-71	-69	-63	-53	-40	-20	1	3	5	7	9	9	10	9	8	6	4	2	0	-5	-70	
16-31 AUG	-71	-71	-71	-68	-59	-45	-25	0	2	5	7	8	9	9	9	9	7	6	4	1	-1	-34		
1-15 SEP	-71	-71	-71	-71	-65	-52	-32	-1	2	4	6	7	8	8	8	8	7	5	3	0	-13	-65		
16-30 SEP	-71	-71	-71	-71	-71	-70	-59	-39	-3	1	3	5	7	7	7	7	6	4	1	-6	-33			
1-15 OCT	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-69	-48	-7	0	3	4	6	6	6	6	6	4	3	-2	-19			
16-31 OCT	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-69	-48	-7	0	3	4	6	6	6	6	6	4	3	-2	-19			
1-15 NOV	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-69	-33	-1	1	3	4	4	4	4	4	3	2	-5	-19				
16-30 NOV	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-69	-33	-1	1	3	4	4	4	4	4	3	2	-5	-19				
1-15 DEC	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-69	-33	-1	1	2	3	3	3	3	3	2	-2	-12					
16-31 DEC	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-69	-33	-1	1	2	3	3	3	3	2	-2	-12						

LOCATION: 16.0 N 40.0 W
STATION C: HAWAII

DATE	GMT																							
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-15 JAN	-63	-79	-94	-109	-121	-122	-122	-122	-122	-111	-95	-81	-65	-49	-31	-11	1	2	2	1	-3	-25	-45	-63
16-31 JAN	-60	-77	-92	-107	-120	-122	-122	-122	-122	-112	-97	-81	-66	-49	-31	-11	0	2	2	1	-2	-22	-42	-60
1-14 FEB	-58	-74	-90	-104	-116	-122	-122	-122	-122	-111	-95	-81	-65	-48	-30	-11	-1	1	0	0	-3	-20	-40	-58
15-28 FEB	-54	-71	-87	-102	-116	-122	-122	-122	-122	-103	-93	-77	-61	-44	-26	-6	1	3	4	2	-1	-15	-36	-54
1-15 MAR	-51	-68	-84	-99	-114	-122	-122	-122	-121	-105	-89	-73	-56	-39	-21	-2	3	5	6	4	0	-12	-32	-51
16-31 MAR	-48	-65	-81	-97	-112	-122	-122	-122	-116	-101	-85	-68	-51	-33	-15	1	5	7	8	6	2	-9	-29	-48
1-15 APR	-44	-61	-78	-94	-110	-122	-122	-122	-114	-96	-79	-62	-44	-27	-8	4	7	9	9	7	4	-7	-26	-44
16-30 APR	-41	-58	-75	-91	-108	-122	-122	-122	-110	-91	-74	-57	-39	-22	-3	5	9	11	11	9	5	-4	-23	-41
1-15 MAY	-39	-55	-72	-88	-105	-121	-122	-122	-106	-87	-70	-52	-35	-18	0	6	10	12	11	9	6	-2	-21	-39
16-31 MAY	-36	-53	-69	-85	-102	-120	-122	-122	-103	-84	-67	-49	-32	-15	2	7	10	12	12	10	6	0	-18	-36
1-15 JUN	-34	-50	-66	-83	-99	-113	-122	-122	-102	-83	-65	-48	-31	-14	2	7	11	12	12	10	7	1	-16	-34
16-30 JUN	-32	-49	-65	-81	-98	-116	-122	-122	-102	-83	-66	-48	-31	-14	2	7	11	12	12	11	7	2	-15	-32
1-15 JUL	-26	-42	-59	-76	-94	-115	-122	-122	-101	-80	-61	-44	-27	-9	7	11	13	14	14	13	11	8	-8	-26
16-31 JUL	-27	-44	-61	-78	-96	-116	-122	-122	-104	-83	-64	-45	-29	-12	6	11	13	14	14	13	11	8	-9	-27
1-15 AUG	-30	-47	-64	-82	-100	-119	-122	-122	-107	-86	-68	-50	-32	-15	4	10	13	14	14	13	11	6	-12	-30
16-31 AUG	-34	-52	-69	-86	-104	-121	-122	-122	-110	-89	-71	-53	-35	-17	1	10	12	13	13	12	10	3	-17	-34
1-15 SEP	-40	-58	-75	-92	-110	-122	-122	-122	-112	-92	-74	-56	-38	-20	-1	9	11	12	12	11	9	-2	-22	-40
16-30 SEP	-46	-64	-81	-98	-115	-122	-122	-122	-113	-94	-76	-59	-41	-23	-4	8	10	11	11	10	7	-3	-23	-46
1-15 OCT	-52	-69	-86	-103	-120	-122	-122	-122	-114	-95	-79	-62	-44	-26	-7	7	9	10	10	8	6	-14	-34	-52
16-31 OCT	-57	-74	-91	-107	-121	-122	-122	-122	-116	-99	-82	-65	-48	-30	-10	6	8	9	8	7	3	-19	-39	-57
1-15 NOV	-62	-79	-95	-110	-122	-122	-122	-122	-118	-101	-85	-69	-52	-34	-15	4	7	7	7	6	-1	-24	-44	-62
16-30 NOV	-64	-81	-97	-112	-122	-122	-122	-122	-120	-104	-88	-72	-55	-38	-19	2	5	6	6	5	-3	-27	-45	-64
1-15 DEC	-65	-81	-97	-112	-122	-122	-122	-122	-121	-107	-91	-75	-59	-42	-23	-2	5	6	5	4	-3	-27	-47	-65
16-31 DEC	-65	-81	-96	-111	-122	-122	-122	-122	-122	-109	-94	-79	-63	-46	-28	-7	3	4	4	3	-3	-27	-47	-65

第1表 伝搬補正表の1例

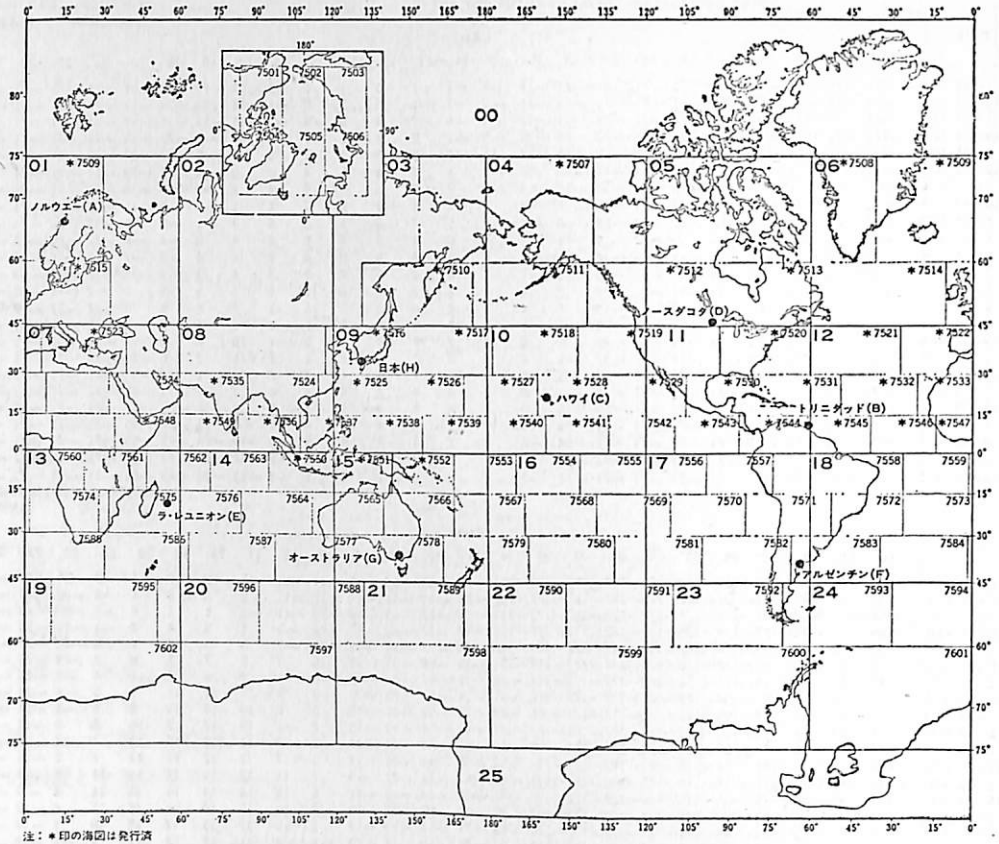
別, 大区域別に分冊になっており, その内容はさらに各頁ごとに小区域に分割されている。この小区域は緯度0°から45°の間は4°おき, 45°から60°の間は6°おき, 60°から90°の間は8°おきに区切られており, その位相補正值はCECの単位で, 1日の時刻(GMT)を横軸に, 1年間を半月ごとに分割したものを縦軸にして記載されている。第1表にその1例を示した。また, 使用周波数別には, 10.2kHzと3.4kHzのものが発行されているが, 一般には位置測定用として10.2kHzの補正表を使用する。3.4kHzの補正表はレーン識別の際あるいは, 13.6kHz単独で位置を測定する場合に使用される。

伝搬補正表は, その性質上オメガの測定精度に与える影響が非常に大きい。大西洋海域については, この補正表は10年以上の実験の成果として, かなり精度の高いものが発行されている。補正表は元来,

理論式で作られ, そしてそれを実測値にもとづいて修正し, 次第に精度の高いものにして行くわけであるが, これから送信局が完成する太平洋, インド洋などは, 送信局が完成次第測定試験が繰返し行われ, 精度の高い補正表に修正されて行くことになるであろう。

補正表(10.2kHz)の使用法としては, まず測定した送信局の組合せに従い, 次の例のとおり位相補正值相互の差を求め, これを受信機の読みに直接加えれば, この値がオメガチャートにそのまま適用できる値となる。

(例) 1月23日16°N, 40°WにおけるA-Cペアの1200GMTにおける補正值を求める。
A局とC局の16°N, 40°Wにおける各補正值は第1表に記載してある。まず, A局の補正表から1月23日に該当する横線の2番目と, 1200GMTを



第7図 オメガチャートおよびテーブルの発行区域と番号

示す12の列から、補正値は-1CECとなる。同様にC局の補正値は-81CECであるから、A-Cの位相差補正値は次のようにして求められる。

$$(-0.01) - (-0.81) = +0.80$$

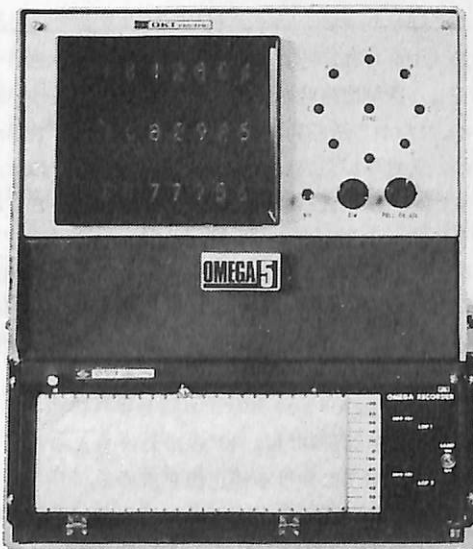
次に、いま受信機のA-Cペアの指示値が720.12レーンであるとすると、チャートに適用可能な位置の線は

$$720.12 + 0.80 = 720.92$$

となる。従って、同じ方法で別の対局からもう1つの位置の線を求めてチャート上にあてはめ、その交点を求めれば、それが求める受信点となる。

9. オメガ受信機、その他

オメガは、数年前よりノールウェイ、トリニダード、ハワイ、ノースダコタ等の局が電波を発射していた関係もあって、すでにかかなりの数の船舶が利用している。わが国における受信機はメーカー10社によって製造され、その販売台数も、現在約1800台とのことで、今後送信局の数が増加するに及び、ます



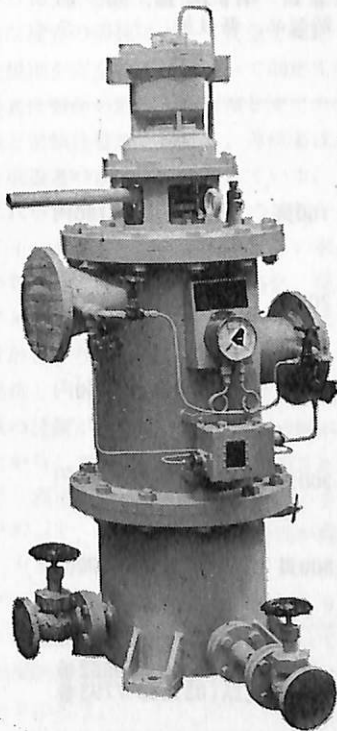
第8図 オメガ受信機の例

まず利用船舶の数は増加するものと考えられる。オメガ受信機の種類には、現在記録計を付属させた10.2kHzのみ受信可能な簡易型の受信機から、小型の電子計算機を持ち、これによって伝搬補正、位置の計算表示等を自動的に行う方式の受信機まで各種のものがある。第8図にオメガ受信機の1例を示す。第2表はその性能の概要である。

オメガ受信機を搭載すれば、前に述べたとおり、一度出港地点でレーン設定を行うだけで、相手国の港につくまでの数千海里の間、天候に関係なく常時船舶の位置情報が得られるので、航海者に与える恩恵ははかり知れないものがあると考えられる。しかしながら、現在のオメガには異常伝搬に対する対策、伝搬補正表の整備と改善、現行オメガチャートよりさらに大縮尺のチャートの発行等の問題がなしとは言えない。これらは今後なるべく早い期間に改善、整備されなければならないが、利用者側においても、航路の日変化特性に対するデータの収集、送信局の選定、受信機付属の記録計データ、水路警報等に注意して、有効かつ適切にオメガを利用し、航海の安全に役立たせていただきたいと思う。

第2表 オメガ受信機の性能概要

受信周波数	10.2kHz, 11.5kHz, 13.6kHz
感度	0.01 μ V
ダイナミックレンジ	手動調整なしで100dB
同期	指定した局に対し自動同期
表示	3LOP同時表示, 5桁デジタル表示器使用
測位精度	昼間 ± 1 哩 (r. m. s.) 以内 夜間 ± 2 哩 (r. m. s.) 以内
LOP測定精度	1/100レーン
基準発振器	安定度 5×10^{-8} /日の基準発振器内蔵
所要電源	AC100V/115V/200V/230V $\pm 10\%$ 50~60 Hz 150VA
非常用電源	停電時内蔵ニッケルカドミウム電池に自動切換
アンテナ	ホイップ形式 4m専用アンテナ(結合器付)
寸法	465H \times 384W \times 545Dmm
重量	本体約40kg(レコーダを含む) アンテナ約4kg




「ケーワン ストレーナー」

スラッジ完全分離

油圧駆動方式完全自動逆洗型 ノッチワイヤー式油汙過機

1. 非常に小型となりました。
2. 非常に安価となりました。
3. 汙過機サイドでスラッジを油から完全分離を致します。
(原液ロス“0”)
4. 油圧駆動により動力源を不要としました。

 神奈川機器工業株式会社

本社・工場 横浜市磯子区岡村町笹塚 1168
TEL (045) 761-0351(代表)

日本図書館協会 1隻1冊必備の書
選定図書

航海辞典

監修 東京商船大学名誉教授 浅井 栄 資
東京商船大学名誉教授 横田 利 雄

A 5判 850頁 布クロス装函入 定価 6,500円 千 280円

- 解説項目1,112項、参照項目5,308項、挿入図400余個、挿入表95個。
- 口絵・付録：天測曆、基本雲形、海図図式、世界主要航路地図(色刷)、航海技術年表、文字旗、世界煙突マーク(アート紙色刷)他
- 地文航法、天文航法、電波航法の理論はもちろん、船のぞ装、整備、操船、載貨を具体的に取上げる等運輸上のあらゆる場合に対処し得る項目が採録されている。
- 執筆は東京商船大学、神戸商船大学、航海訓練所、海技大学校の教官(41名)がこれにあたり、まさに最高の權威者を揃えた執筆陣といえよう。

船用品便覧

編集／小村小一(電子航法研部長) 芹川伊佐男(東海海運局主任検査官)
土川義朗(船舶品質管理協会技師) / 執筆者・船舶技術研究所、
地方海運局、日本海事協会等の担当専門家15氏。

B 5版 300頁 上製箱入 / 定価 5,500円・送料200円

- 内容 ● 第1章 総説 / 第2章 救命器具 / 第3章 信号器具 / 第4章 消防設備と器具 /
第5章 船燈 / 第6章 艀口閉鎖器具 / 第7章 舷窓類 / 第8章 錨、鎖、索 /
第9章 航海器具、航海装置、無線装置 / 第10章 新製品、新技術、トピック /
第11章 諸表 / 第12章 業務資料

■ 船の強度と安定性

東京商船大学教授 野原 威 男 A5・160頁 900円 送料・160円

■ 燃 料・潤 滑

東京商船大学教授 宮 嶋 時 三 A5・200頁 950円 送料・160円

■ 操 船 と 応 急

東京商船大学教授 米田 謹 次 郎 A5・130頁 600円 送料・160円

■ 船舶の写真と要目

(第20集) 1972年版 天然社編 B5・300頁 3,000円 送料・200円

■ 船舶の写真と要目

(第21集) 1973年版 天然社編 B5・300頁 3,500円 送料・200円

東京都中央区銀座5-11-13
ニュー東京ビル

株式 天然社
会社

振替 東京 79562番
電話(03)543-7793番

船用機関故障データの 収集システムとその応用

玉 木 恕 平

船舶技術研究所

1. まえがき

船用機関の信頼性を向上させることは、輸送機関である船舶の安全確保にとって必須の実施項目の一つであり、船用機関に関係している監督官庁、大学・研究機関、検査団体、製造者および運航者が行なっている現在の業務と努力のすべてが、これに結びついていると言っても過言ではなからう。信頼性向上のためにそれぞれの組織で実施している具体的なアプローチを見ると、行政官庁では法、規則、通達などによって安全を規制し、とくに船舶の場合には他国との通航があるため国際的にも各種の条約や協定による規制があり、大学・研究機関では学問的立場から安全の探究と評価を行ない、検査団体では定期的な検査の実施によって安全を確認するとともに検査規則を安全の実状に沿って制定または改正し、製造者は製品の設計から引渡しまでの各段階で品質管理と信頼性管理を徹底し、運航者は品物の保安全管理と取扱者の訓練に力を入れている。

これらすべてのアプローチの基盤をなすのが故障のフィールドデータである。新しい製品と管理法が次から次へと開発されている時に、現用装置の故障のフィールドデータがはたして有効に役立つのであろうかという疑問が生じようが、いくら新製品、新管理法といえども、それが製作され使用されている時代の技術が根底にあってその技術が連続していることからして、信頼性向上に使用されるデータとしては、現在運航中の船舶の故障データがもっとも有用であって、データ集積の必要性が理解されよう。言い方を換えれば、良い故障データは信頼性と安全性プログラムを開発推進する鍵であり、データ無くしては信頼性の解析が不可能となって、正しい決定や効果的な対策と行動をとることができないと言ってもよからう。

このようにデータ収集の必要性があったにもかかわらず、造船と海運を併せた海事産業ではこれまで

信頼性工学の応用が少なく、よって故障データの収集システムは不十分なものしか存在せず、信頼性の統計的解析は不満足なものであった。そこで、海事産業ではあまり一般的でなかったこのシステムについて全般的な解説と必要性を述べ、これまでわが国で実施されてきた故障データ収集システムについて評価を加えながら、システムとして今後のあるべき姿について検討を行なう。なお、その範囲は表題にあるように、船用機関の故障データ収集システムに限っている。

2. システムの目的と機能

データを集めるプログラムを企画する際にまず考慮すべきことは、データ収集システムが求めようとしている目的を明確に設定することである。何のためにデータ収集システムを作るかという目的が一旦設定されると、その目的に応じたデータの要素が決まる。ただし、データ要素は、コンピュータを含めたデータの処理方法、報告を行なう要員とその体制などによって、その内容に影響を受ける。

故障データ収集システムの機能は、装置の信頼性と安全性を評価するのに必要な情報を収集して体系的に整理、蓄積し、それを要求に応じて生あるいは加工した情報として引き出すので、データバンクとも呼ばれる。したがって、データの収集、評価、整理、分類、蓄積、更新、検索、編集、加工、分析がその基本的な機能である。システムからの出力情報を解析することによって、生産部門に対しては製品の設計、製造、検査、保証、改良に必要な情報を、使用部門に対しては運転と保安全管理に有益な情報を、さらに信頼性と安全性を探究する部門に対しては一般的な事故と故障の情報を提供する。

このシステムが作られ設置された後、運営に成功するかどうかは一に生産部門と使用部門の協力にかかっており、システムの機能、報告の要領、情報の

引出し法と利用法をシステムにたずさわる関係者に徹底し、理解してもらうことが必須である。一旦、システムが設置されたならば、信頼性と保全性から明らかなように、継続して運営して行かねばその意義は大いに減少する。

3. システムの効果

故障データ収集システムが設置されて運営された時の効果について、すこし詳細に説明する。本システムは装置の信頼性と保全性に大きく貢献することは既述したとおりであるが、具体的には、製造者に対して現用装置の改良点を指摘し、それもどの機器のどの部品を改良すべきか、どの点を標準化すべきか、など設計についての決定を与えるとともに、生産工程での改善点を定量的に、また経済性をふまえて指摘を行なう。装置の負荷レベル、機器あるいは部品設備の冗長度、フェイルセーフ設計、改良など新製品の開発設計に対する価値評価が、システムから出力という形で求められる。

運航者に対しては、故障した機器の隔離と修復、性能監視、特別な検査、故障診断と予測、予防保全、事後保全など運転面での各種改善技術についての評価を提供する。

とくに近年船舶のシステムが巨大化し、複雑化している動向から見ても、もはや個々の機器や部品の改良では間に合わなくなってきており、全体をふまえた正しい判断を与えるためにも本システムは有効である。とにかく、実船で観察された故障の統計データは、船舶の信頼性と保全性についての何にも勝る有力な情報であり、また改善の手段ともなる。

4. システムの構造

故障データ収集システムの構造は、システムの機能が発揮できることが必要条件となる。したがって、まずデータ収集と蓄積の機能から見て、報告要員、報告書式、報告要領、収集体制、収集データの整理と分類、データのコーディング、データの蓄積法など、システム設計に対する各種の因子の効果がどうなるかを前もって考慮することが必要である。第二には、有効な情報を出力として提供する機能から、必要データの保管と更新、検索、さらには解析の能力などからシステムの構造が左右される。

システムの管理機関として、政府機関、民間会社、諸団体がある。システムの性格上、単独企業による組織内システムを除くと、情報の提供とプライバシーあるいは企業秘密、ノウハウ、経営戦略の保護との問題が必ず出てくる。よって、利用にあたってはこの点に十分留意し、情報の引出しには利用者と情報の範囲に制限を設けることなど配慮が必要であらう。

船用機関の故障データ源としては、製造者、運航者、整備者、検査団体、監督官庁があり、それぞれ機関の故障と保守についての記録を有している。良いデータを得ることとデータの精度を上げるためにも、できるだけ多くの利用可能な情報源からのデータを集積することが望ましい。ただし、無差別にデータを集めるのではなく、十分有益で費用効果のあるデータ源でなければならないことはもちろんである。

データの報告書式は、後述するデータ処理の方法とも直接関連するので、システムの目的に適用よう

表-1 わが国における船用機関の故障データ収集システムの例

システムの番号	システム名		報告者		収集方法		データ形式		備考	
	システム名	対象船舶	収集データの種類	収集方法	データ形式	収集頻度	データ形式	備考	備考	
1	海上保安庁	昭和24年～現在	海難	海難調査	いる	機関部員	おが国が管理する海域で海難を起し、各海上保安本部に届出があったもの	固定せずに報告のあった船舶	海難の原因分析中に機関故障が入っている。	
2	日本海事協会	昭和23年～現在	故障	検査報告書	いる	船舶検査員	日本海事協会船舶検査員(400名程度を含む)	300名(内外航船舶 848名)(昭和19年1月現在)	船舶関係全機部(機関関係部を含む)	
3	日本国有鉄道	昭和23年～現在	事故	船舶事故報告書	いる	機関部員	国鉄連絡船	青函13区、その他	船舶関係全機部	
4	大阪商船会社	昭和23年～現在	故障と事故	調査書、現状報告	いる	機関部員	自社船全船	77名(昭和19年現在)	機関関係機部甲及び関係機部	
5	日本郵船	昭和40年～現在	故障と事故	故障調査書、現状報告	いる	機関部員	自社船全船	約150名(昭和19年現在)	機関関係機部	
6	昭和海運	昭和41年～現在	故障と事故	調査書、現状報告	いる	機関部員	自社船全船(コンテナ、バルク、グープ、自動車船、貨物船)	30名(昭和19年現在)	機関関係機部	
7	山下新日本汽船(日文汽船と一部共同)	昭和42年～現在	故障と事故	故障調査書	いる	機関部員	自社船全船(貨物船15隻、専用船13隻、タンカー14隻)	39名(昭和19年現在)	機関関係機部	
8	ジャパンライン	昭和43年～現在	故障と事故	故障調査書、現状報告	いる	機関部員	自社船全船	約60名(昭和19年現在)	機関関係機部	

○：該システムの詳細または資料に提供されているもの。 △：システムの詳細または資料に提供されていないが、調査より推測可能なもの。
 ×：データとして提供不可なもの。

装置の事故または故障を生じた船舶の要目についてのマスタデータがある。これについては、監督官庁は無論のこと、対象船舶の運航者、製造者、検査団体は、それぞれの詳細なデータを有している。事故あるいは故障を生じた時の船舶の運航と環境に関連するデータは、運航者からの情報が入力となる。肝心の故障についてのデータでは、故障した機器と部品および故障の物理的状況というハードウェアに関する情報と、故障に関連したシステムの要素、例えば時間、故障の原因、モード、対策、影響（時間と費用）、さらに故障を取巻く環境、例えば気象、海象、整備状態等が情報の中に入ることが望ましい。

さらに要望を追加すると、故障の検出者（機器）と検出方法がデータとして入れば、安全を評価する上で有力な情報となる。また、故障データの中に、(1)その故障が種となってより大きな事故または故障に発展するような連鎖反応的な故障か、あるいはその故障した機器または部品だけに局限する種類の故障であるか、(2)重大故障か否かによる故障の重大度判断、(3)一次故障か二次故障か、(4)もしその故障が発見されていなかったらどのような事態になったか、などの分類あるいは予測加工した情報が入っていると、このシステムの出力から船舶の危険を事前評価するような時に良い参考資料となる。故障のデータに加え、整備のデータ（予防保全と事後保全のデータ）も故障に直接関連することから、システムに対して必要な入力である。

6. 収集システムの例

これまでわが国で、船用機関故障のデータ収集を

実施した、あるいは現在も継続して実施しているシステムがいくつかある。その詳細は文献(1)に列举されているので、詳しく知りたい向きはそれを参照されたい。ある目的をもって作られた収集システムは、その目的が達成されると機能を停止してデータ収集は中止され、報告のみが残る。データ収集システムは継続して運営されることに重要な意義があることはすでに述べたとおりであり、そこで、現在もシステムとして活動中の8システムについて文献(1)から主要な部分を再掲して表-1に示す。

8システムを管理している機関の内訳は、監督官庁1、公共企業体（運航をつかさどる）1、検査団体1、海運会社5（その中の1は製造所と共同）となっている。同表には各システムで収録しているデータ要素を一覧表で示しているが、各システムの目的が異なるため要素の内容は各機関によってまちまちである。完備したデータの収集体制とコンピュータを使用した処理体制とが完全に組み合わせられているシステムは、表からわかるようにまだ少ない。会社関係のシステムは、企業秘密もあって情報は組織内利用で、一般へは非公開が多い。収集されるデータ要素の内容充実、収集体制と処理体制の完備、システムの公開化が解決されないと、これら8システムでは一般利用者に対する情報サービスの面で便利さに欠ける。表-1には、一応、システムの間合せ先、利用法およびデータの特長を示す。

7. データ分析の応用例

このようにして収集された故障データを分析することにより、船用機関の故障についていろいろな知

故障データ										設備データ										データの処理・分析								
故障発生状況					故障の取組					設備の取組					設備の取組					コンピュータによるデータ処理	実施しているデータ分析の内容							
作業者	作業者	作業者	作業者	作業者	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻			故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻	故障発生時刻		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	分 隔 機	IDMカード	---	非営利財団発生機、故障件数管理、安全確保対策。
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FACOM 230-40 (他のシステム同義)	カード	磁気テープ	故障の原因分析、M/Oの要領分析、ポンプの故障調査、プロペラ軸、ピストン、リングの検査、軸受等の損傷調査。
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	FACOM 230-40	カード	磁気テープ	各種機器の故障調査分析、故障と故障との相関分析。
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	従 用 せ ず	---	---	異常状態の記録分類、事例分析、故障対策。
O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	IDM 370	IDMカード	磁気テープ	非営利財団の故障分類、作業分析、船舶整備履歴の分析。
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	従 用 せ ず	---	---	事例分析、故障対策。
O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	IDM 370	IDMカード	---	非営利財団については、リング、ピストンの帯び分析、M/Oの統計分析。
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	従 用 せ ず	---	---	事例分析、故障対策。

見がえられ、信頼性向上の手がかりを与える。先に挙げた各システムにおいてもいくつかの分析を実施しており、その内容は表-1に示されている。

ここでは、その1応用例として、表-1のシステムで収録されたデータを統計的に処理し、故障の要因分析を実施した結果の概略を以下に示す。この方法の詳細については文献(2)を参考にされたい。

故障の要因を探究するのに二つの行き方がある。一つは、報告された故障1件1件について故障の現象をミクロな面から観察を推し進める方法であり、もう片方は、故障データ収集システムから得られた情報を統計的に分析し、故障の機構をマクロな面からとらえる方法である。ここでは後者の統計的分析を示す。

故障が発生すると、その故障について各データ要素が報告される。これらのデータ要素は、故障に対しそれぞれ因子となっている。このように多くの影響する因子から成り立っている故障が在る時、どの因子が故障に対して支配的であるか、因子間の相関がどのようになるかを求めることが必要になる。このようにたがいに相関がある多変数の因子による特性を取扱って、構成しているメカニズムを総合的に観察するのが因子分析であり、その手法の一つに主成分分析法がある。この方法は、観察データを基に各変数間の相関を求め、また各変数に含まれる雑音をできるだけ小さくしているので、総合特性の把握が容易である。以下に述べる分析は、表-1の番号1のシステムで収集されたデータを使って実施したものである。

分析に使用したデータは、昭和47年に海上保安庁

へ報告された海難の中で、ディーゼル機関の故障を原因とする447隻の海難である。このデータには、船の種類、大きさ、船令、気象状況等多くの情報が収録されている。本分析では、故障箇所、損傷の程度、故障原因を要因として挙げ、各因子と故障との統計的相関を求めた。表-2に447隻の生データを示す。このデータについて主成分分析を行なった結果を表-3に、因子負荷量の Z_2 と Z_3 に対してプロットし要因別にグルーピングした結果を図-1に示す。これらの表と図から導かれる結論を要約すると、海難に至った機関故障としては、

- (1) 故障箇所は軸系が多い。
- (2) 図-1を見ると、故障箇所で機関まわりに付属している系統はすべて原点のまわりに位置しており、軸系の故障とはきわだった対比を示している。したがって、この兩者では故障の機構が大きく違っていることが判る。
- (3) Z_3 に対する固有ベクトルをみると、損傷の範ちゅうにある重大損傷と軽微損傷は符号が正と負で大きな値となっていることから、 Z_3 軸は損傷の程度を表わす軸である。
- (4) 重大損傷となる故障をグループ化した結果、次頁の図-1よりわかるように、重大損傷を生ずる故障は軸系に多く、その原因としては材質不良が多いことがわかる。したがってこの対策としては、軸系を製作する際の材料検査に力を入れるとともに、定期的な検査では寸法測定を厳密に実施すれば、海難を生ずる頻度を減らすことができる。

調 査 期 間	調 査 機 関	調 査 の 目 的		注 意 事 項
		情報 の 開 示 方 法	調 査 の 内 容	
				システムとデータの特性
公 利 用 可	海上保安庁船舶検査部	統計的安全	海難についてのデータである。海難の原因となった機関故障はその中の一部分(約20%)を占める。小型船の比率が高い。海難時のデータが不足することはある。	沿岸航行発生状況、調査回数など、他のシステムにはないデータが収録されている。
公 利 用 限 定	日本海事協会機関部		機関の故障についての大量のデータが積算よく、また昔からのデータが収録されているので貴重である。最近のデータはコード化されたコンピュータによる処理がされている。運転データと時間のデータが欠けている。	乗数は平均して3件/1機(隻・年)、船級別による情報は船級検査員の報告により収録されるが、船級以外的小型船は報告されない。
部 内 用	日本国有鉄道本社船舶部 または 鉄道技術研究所造船部研究室		対象が運送船であるため、機関のシステムと保守システムは通常の船舶とかなり異なる。データとしても特殊である。スケジュール運転に対する故障の影響を把握できるデータである。	ボーターラフトの機関については別に収集。必要に応じて対照調査を実施。
公 利 用 可	大阪商船三井船舶海務部		自社船を対象としているので機関の構造が知られる。主機関形式は上として、SelslerとBulger、大量の情報が蓄積されている。	平均乗数約1隻/年。取扱いへ情報をフィードバックしている。
社 外 船 公 開 資料 以外 利 用 不 可	日本郵船 海務部		自社船を対象としている。主機関の形式は、Selsler、UEC、タービン機関、MANなど各種にかたまる。大量の各種データが収録されている。	取扱いへ情報をフィードバックしている。データ分析の結果を各船へ適用している。
社 外 船 利 用 不 可	昭和商船 海務部 機関課		自社船を対象としているので機関の構造が知られる。主機関形式はSelslerが多い。社内での保有水準はおおよそ一定している。	取扱いへ情報をフィードバックしている。
社 外 船 利 用 不 可	山下町日本郵船 海務部 (日立造船設備設計部管理)		自社船を対象としているので機関の構造が知られる。主機関形式は上として、日本中で、これについては現在データがコンピュータで処理している。調査回数も専用で3種類あり形式化されている。	10-1よりディーゼル機関45機をシステム(日立造船と共同)へ展開し、システムとして完成した。現在運送中。
一 部 社 外 船 利 用 可	ジャパンライン (海務部機関部) (保 船 部)		自社船を対象としている。主機関の構造が多いのはSelslerとタービン機関である。社内での保有水準はおおよそ一定している。	取扱いへ情報をフィードバックしている。

表-2 機関故障を原因とする海難のデータ (海上保安庁, 昭和47年より抜粋)

(a) 機関損傷箇所		
軸系		155隻
シリンダ系統		54
起動系統		34
燃料系統		45
潤滑系統		38
冷却水系統		52
歯車装置		31
補機		7
その他		22
不明		9
計		447隻

(b) 損傷程度		
重大損傷		163隻
軽微損傷		273
不明		11
計		447隻

(c) 故障原因		
機関整備不良		226隻
取扱不注意		59
不完全修理		18
老朽衰耗		57
材質不良		64
構造上の欠陥		5
不可抗力		3
その他		15
計		447隻

(d) 機関長経験年数		
1年以下		11隻
1年～5年		69
5年以上		220
不明		147
計		447隻

(e) 船令

1～5年	165隻
5～10年	151
10年以上	113
不明	18
計	447隻

(f) 総トン数

0～100t	329隻
100～1000t	108
1000t以上	10
計	447隻

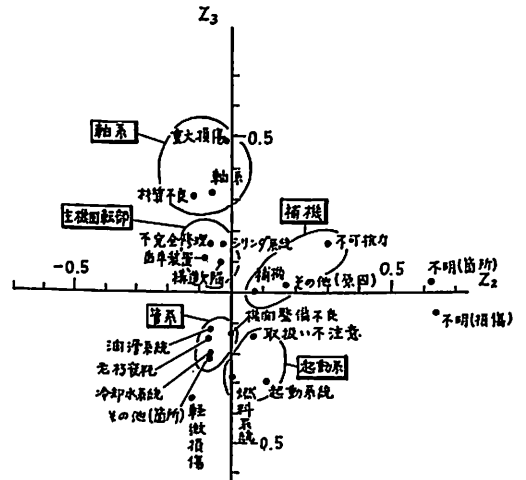


図-1 海難の因となった機関故障のグループ化

8. むすび

船用機関故障データの収集システムについて、その目的や機能などを解説するとともに、現在わが国で実施されているシステムの例を紹介した。一覧表に見られるように、故障の調査自体は古くから行なわれているシステムもあるが、データ収集システムとしてその構造、体制、機能が固まったのはつい最近であり、その外のシステムは数年前に始まったばかりであって歴史はまだ新しい。船舶の系が複雑になるにつれて、この種のデータの必要性が認識されている現状にある。

今後データ収集システムは、説明中に要望事項として触れた方向にますます充実し発展して行くであろう。システムの充実によってえられるデータの分析から、現用の船用機関の信頼性向上が達成されるとともに、新しく開発される船用機関は高信頼性設

表-3 固有値と固有ベクトル

番号	要因	特 性 値 X_i	主 成 分				
			Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
1	機 関 損 傷 箇 所	軸 系	.34	-.06	.35	-.07	.03
2		シリンダ系統	.22	-.03	.16	.17	.18
3		起動系統	.16	.11	-.29	.01	-.05
4		燃料系統	.18	.00	-.27	.46	.24
5		潤滑系統	.16	-.06	-.12	.08	-.49
6		冷却水系統	.19	-.06	-.19	-.25	-.04
7		歯車装置	.15	-.08	.12	-.11	-.17
8		補機	.07	.07	-.00	.11	-.11
9		その他	.12	-.07	-.21	-.38	.34
10		不明	.08	.62	.04	-.71	-.03
11	損傷程度	重大損傷	.35	-.01	.49	.08	.10
12		軽微損傷	.45	-.12	-.35	-.05	-.07
13		不明	.09	.64	-.06	-.06	-.02
14	故 障 原 因	機関整備不良	.41	.00	-.13	.03	-.43
15		取扱不注意	.21	.07	-.14	.45	.43
16		不完全修理	.15	-.07	.16	.16	-.01
17		老朽衰耗	.20	-.07	-.15	-.46	.32
18		材質不良	.21	-.11	.31	-.16	.09
19		構造上の欠陥	.06	-.03	.10	.12	-.13
20		不可抗力	.05	.30	.17	-.10	.12
21		その他	.10	.17	.03	-.10	.05
固 有 値 λ_i			3.06	1.75	1.42	1.23	1.19
果 積 寄 与 率 (%)			14.6	22.9	30.0	35.5	41.2

計となり、船舶の安全確保に大きく寄与することとなろう。本文がこの方面の活動を刺激し、船舶の安全確保に役立つ一助となれば幸いである。

参考文献

- (1) 玉木, 船舶技術研究所報告, 12巻5号(昭和50年7月)
- (2) 玉木, 村山, 黒須, 稻坂, 第24回 船舶技術研究所研究発表会講演集(昭和49年12月)

各国潜水船の事故

芦野民雄

日本船用機器開発協会

小型潜水調査船が海で稼動するとき、支援船（母船）による着水、回収が行われるが、この吊揚げ装置は極めて大切であって、この装置の失敗により思わぬ事故を起こすことがある。また、潜水調査船が厳しい海底環境下で稼動するためには、常に母船によりモニターされておらねばならず、この意味で潜水船だけを建造すべきではなく、必ず潜水調査船の目的を決めたら、潜水母船を含めた全体のプロジェクトを樹てて、その線に沿って計画建造すべきである。

海底は単に視界がきかず高圧下であるだけではなく、水温や温度の異なる層に行き当たる場合は、エアポケットに突入した航空機と同様に浮力を失い、許容深度を超えて落下する。更に危険なのは、海底の潜流と泥流と内部波とである。強力な潜流が海底高地斜面等に突き当たって反射したりする場合生じる内部波は、表面波と著しく異って非常に大きな波長および波高を持っている。また河川が海洋に大量に泥土を搬び、これが大陸棚端部に堆積し、一定期間にわた

って大陸棚斜面に沿い垂直または斜めに移動するものが泥流である。潜水船がこれに突込むとどんどん深海へ押し流される。

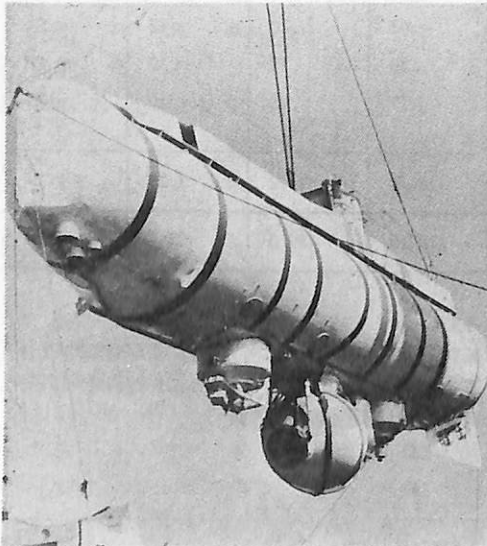
潜水調査船の目的は、海底調査、人命救助、重要物質の回収、データ獲得、現場調査その他であって、かならずしも静かな海底だけではなく、上記の厳しい環境に対して対応する安全措施をあらかじめ講じておく必要がある。

かがやかしい潜水調査船の活躍のかけに起った事故について、次にひろってみよう。

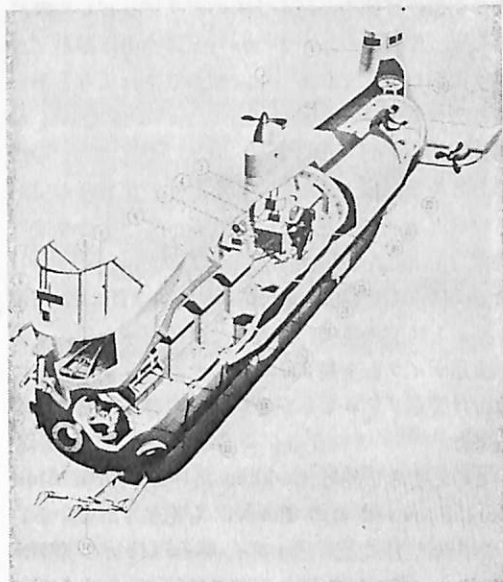
1961年7月ポストン東方 220 miles の大西洋海域で沈没した原子力潜水艦 Thresher 号を探索のためトリエステ (Trieste) が使われた。Thresher 号は上に述べたような海水の密度の大幅な変化により浮力を失って許容深度を超え、圧壊されたものと専門筋は推測している。

Trieste はテルニ球を使用すると 6,000m、クルップ球に換装すると 11,000m まで使用出来るアメリカ海軍の深海調査船で、圧力球換装後使用を急いだため大深度テストを行わなかった。そして水深 2,515 m に達し潜水時間が 7 時間となったとき、メンモーターの回路に短絡が発見された。しかしバッテリーに接続する継電器が故障部の回路を開かなかつたので安定したアークが出来（継電器内の圧力補償油の炭化によって安定が保持されたと推測される）、アークはバッテリーのケーブルを溶解してボデーへの放電を続けた。上昇中にバッテリーが完全に放電しつくしてアークが消えてくれたので惨事には至らなかったが、もしこのアークが、1.2m しか離れていない所にある浮力用の高オクタン価ガソリンタンクに移っていたら、大爆発を起していたと推定される。

1966年スペイン沖に落した水素爆弾の探索に、アメリカの潜水調査船 Aluminaute と Alvin が参加した。両潜水調査船の活躍によって、まず Alvin が海底スロープに妙な跡を見つけて、覗き窓からその



トリエステ



アルミノート

跡を辿ってついに水素爆弾を発見したのだが、その際、Aluminaute は 540m に降下着底した際、Aluminaute の浮力を不正確に算定したため海谷の斜面を 240m も滑り落ち軟泥の中に埋まってしまった。Aluminaute は全パラストを切り離してようやく浮上に成功したが、ポデー上に 1,600kg の軟泥が積っていた。

一方アルビンも潜流に流されて爆弾についている落下傘の索に危うく絡まる寸前に適切な操作によって逃れることが出来た。またこのときアメリカ海軍の所有している無人遠隔操作の深海作業船 CURV

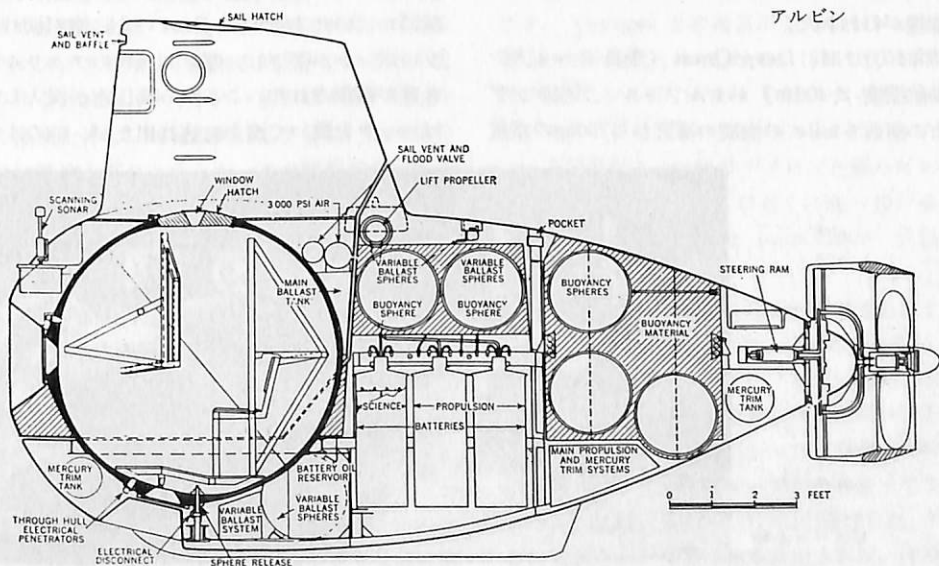
II (Cable Controlled Underwater Research Vehicle) を使用したが、落下傘の索に絡まり、落下傘で水爆を引き揚げざるを得なかった。

1967年には Alvin が大西洋で深度 540m に潜航して地質調査を行っているとき、突然90kgの巨大なばしょかじきが現れて高速でアルビンを襲撃して、その 2.5cm のグラスファイバー製外殻につき刺さって抜けなくなった。アルビンは作業を中止して緊急浮上して調べたが、このときは他に損傷は認められなかった。

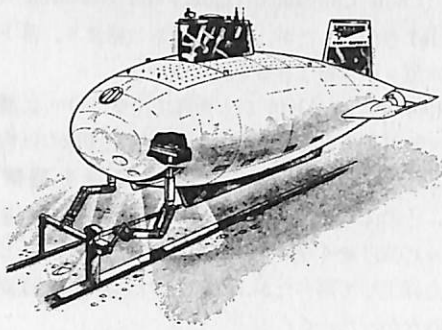
アメリカの調査船 Ben Franklin も同様な襲撃を受けたが、このときは外殻に損傷をうけただけであると、J. ピカール氏が報告している。

同じ1967年に潜水作業を終って浮上した Alvin が双胴型母船 Lulu の傾斜道に收容しようとして牽引中の母船の船尾と衝突して50,000ドルもするマニプレーターを海底に落してしまった。この時、最大波高が 3 m であったという。直ちにソナーで落下海底を探索し、そこへトランスポンダーを設置した。そして Alvin は 3 回目の潜水で海底に落したマニプレーターを特殊なつかみ装置を使って回収することに成功している。これに要した費用はマニプレーターの価格の $\frac{1}{10}$ であった。

1968年10月16日のかなり時化した海上で、索が切れたため Alvin は母船の傾斜台からハッチを開いたまま海中に滑り落ちてしまった。乗員 2 名はようやく海上に逃れ出ることが出来たが、Alvin は 1,530 m (5,051 ft) の海底へ沈んでしまった。Deep Star 4000 (乗員 3 名、潜行深度 1,200m) も着水時に吊



アルビン



ディープクエスト

上げフックを早く開きすぎて海中（浅海）に落したことがある。

Alvin が沈んだ海域はマサチューセッツ州ベッドフォード近くのナンタケット島沖合 90 mile である。1969年の7月に、アメリカ海軍の特殊船MIZAR号と Aluminaute が協力して、まず船体保持装置と特殊な写真装置を持つ MIZAR 号が沈没している Alvin の写真を撮り、それによって特殊な道具を作ってサルベージ計画を樹てた。これによって8月17日に、Aluminaute が強いナイロン索がつながれている T型レバーを開いたままハッチの中に入れようとしたが、12時間連続作業で、耐圧殻内（乗員7名）の炭素ガス含有量の限界にきたので、止むなく作業を中止して緊急浮上した。この際 Aluminaute の油圧駆動電動ポンプのコイルが焼付いたため修理のためボストンへ帰港した。更に8月27日潜水開始後8時間で作業を終了して Alvin の引揚げに成功し、Woods Hole 研究所まで M I Z A R 号で曳航して修理が行われた。

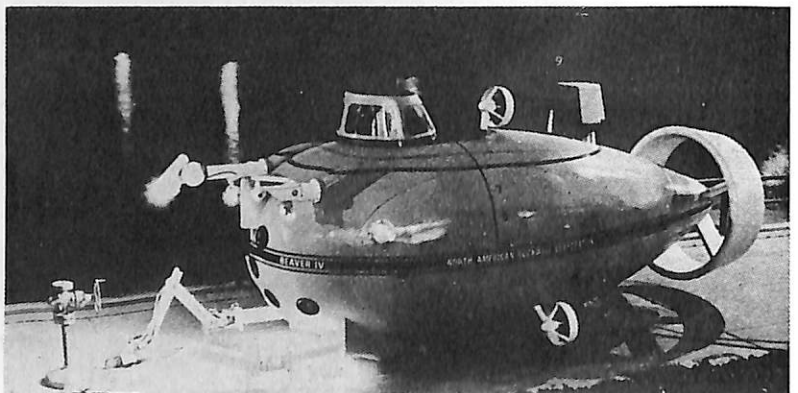
1969年10月7日、Deep Quest（乗員2～4人、最大潜航深度2,400m）がカルフォルニア州サンディエゴ市の南西5 mile の海域の海底から750kgの重量

物の引揚げ訓練中、 $\frac{1}{2}$ インチのポリプロピレン索がからまってしまった。すなわち上昇途中に綱がプロペラにからまってしまった。綱から逃れようとあらゆる努力を試みたが出来なかった。Deep Quest は十分な耐久時間（48時間）があるので、損傷を最少にとどめるため、また水深も130mの位置なのでヘリウムダイバーが容易に近づけるので、そのままの状態待機した。一方 General Oceanographics 社所有の潜水調査船 Neekton Alpha（乗員2名、300m）が8時間後現場に到着してダイバーを使い、潜水夫用ナイフを全長900mmのマニピュレーターに取付けてポリプロピレンを切断して浮上することが出来た。

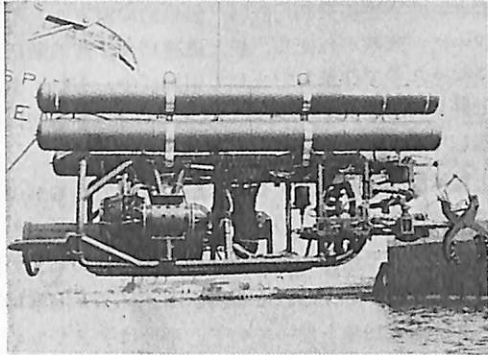
このときちょうど Catalina にいた North American Rockwell 社の Beaver も招集されている。

1970年7月、こんどはダイバーロックイン型潜水船 Beaver MK IV が大西洋で潜行中に火災を起こした。電気のコネクティングボックス内で出火し、炎は小さかったが多量の煙を発生し電線を焼いたが、緊急浮上して大事に至らなかった。Beaver MK IV は全長7.5m、空中重量13.5t、潜行深度600m、ロックアウト深度300mで、乗員5名（ダイバー2名）の潜水船である。

1970年9月21日、サンタカタリーナ島付近で沈没したモーターボートを75m水深の海底から引揚げるために Neekton Alpha および Neekton Beta が使われた。General Oceanographic 社が作った同型3隻の中の2隻で、全長4.6m、空中重量2t、最大深度300m、乗員2名で、生命維持システムは継続48時間の小型潜水船である。この引揚げ作業中、水深55mにいた Neekton Beta の上に索が切れてモーターボートが落下し、厚さ32mmの亚克力製のぞき窓が破損された。ここから高圧水が浸入し、1名はハッチを開いて海上に逃げ出たが、他の1名は本



ビエバー4号



クーブ

船と共に沈没して死亡した。Neckton Beta 号は10日後に引揚げられた。スクーバ型呼吸装置を搭載していたが、取付けるひまもなかった。

1973年6月17日に、フロリダ州 Key West 島沖のアメリカ沈没船 Barry 号のそばに置いた魚獲網を回収するために、Johnson Sea Link 号が 350 ft 深度へ潜航した。潜水後43分頃船内のかすかなこげる臭気に気づき、あらゆる電気サーキットを切って調べたが、原因が分らなかった。更に下降を続け、魚獲網を回収しようとしたとき、潜水船は何かにかからってしまったが、船内からは状況が分らなかった(沈没船の索にかからなかったためである)。潜航後1時間20分経過したときである。知らせを受けた Sea Diver が直ちに Coast Guard に救助を打電した。乗員および支援船の乗員等は、海軍の救助潜水船が間もなく来るだろうし、まだライフサポート時間が48時間もあるので、ロックアウトして、からまった索を外す作業を止めて待機した。

海軍の救助潜水船 Tringa が16:00到着。17日の2205にマスクを使用して船内空気タンクの空気を吸うよう指令された。チャンパー圧力はマスクからの排気で漸次上昇し、18日の0015にチャンパー内圧力は 350 ft 深度と同じとなった。その間数名のヘルメット潜水者達が2回にわたって下降したが、Sea Link を発見出来なかった。海上の潮流は最高2ノットで、この深度ではヘルメット潜水からアプローチすることが困難なことが分った。1240に Perry Oceanographic の PC-8 が海軍の潜水艦上から Sea Link へ向ったが、ソナー故障のためこれも失敗して回収された。

18日の1510に Alcoa Sea Probe 号が到着して掘削ドリル用索回収システムを使って Sea Link を引揚げる準備を始め、調査船 Wood 号 (PC-8 の母船) を Tringa 号に横づけして、そこから遠隔操縦

のTVと引掛けいかりとをおろし、1640 についに Sea Link 上にいかりを引掛けることに成功した。そして約3,000ポンドの力で引いて Sea Link を 1652 に海面まで吊り揚げた。チャンパー内圧力は 345フィートと同じのため、乗員は Tringa 号の減圧室に收容された。Sea Link が完全に母船 Sea Diver まで曳航されたのが18日の1730である。

この事故で前部のアクリルチャンパー内の2名は助かり、後部チャンパー内の2名は事故死した。寒さと CO₂ 発生のためと推定された。

1973年8月29日(水)ピッカーズ社の Pices III はアイルランドの Cork 南西 150 マイルの大西洋上で6時間の稼働から浮上中、索が後部球に引掛かりハッチを開いたため浸水し、水深 1575 ft に着底沈没した。ライフサポートは土曜日の0800まで持つ予想であった。救難に使用出来る潜水船 Pices II は北海で稼働中にピッカーズ社の Venturer の上に在り、Pices V はカナダ西岸に在った。Pices V は空輸され、8月31日(金)0100にピッカーズ社の Voyager 号で Pices II と共に現場に到着した。

0200に Pices II は8インチのポリプロピレンのロープを携えて潜航し海底近くまで行ったが、ロープの浮力を計算し違ったためマンipレーターの所から切れてしまったので再浮上して来、マンipレーターの修理にかかった。この位の水深では往復に1時間はかかる。

0545に Pices V は4インチのポリプロピレンロープを持って潜行し、0615に海底に達したが、探すのに6.5時間かかった。理由は Pices III の深度計に誤差があったり、Pices V ジャイロが良くなかったり、Voyager との通信が近くのトローラーで邪魔されたりしたためである。1244ようやく Pices III を発見し、1307、Pices V はスナップフックと4インチロープを Pices III のフックに引掛けた。

一方特殊な4インチのナイロンを編んだロープが空輸されて、Voyager の近くの海へ投げ落され、また CURV を搭載した John Cabot が現場に到着した。

9月1日(土)0043に Pices V は浮上してバッテリーに充電再潜航に備えた。0940に CURV が6インチの編んだナイロンロープと Toggle(留釘)とを持って潜航に移った。(潜航には1時間かかる)1109作業を終って吊揚げにかかった。途中 CURV を曳航するロープと引揚げロープがからまって1時作業を中止したが、1317 についに引揚げられ Voyager まで曳航され、乗員は無事救出された。沈没から72

時間後に引揚げられたが、ライフサポートは節約して使ったため実に82時間（76時間とその前の時間の稼働を加え）保つことが出来た。

昭和39年（1964年）に日本で建造された潜行深度300mで乗員3名の「よみうり」は、当時唯一の新鋭潜水調査船として輝やかな活躍を続けていたが、昭和45年（1971年）係留中に台風のため沈没（人員に被害はない）、引揚げられたが、そのまま放棄された。昭和49年（1974年）、ケーブル給電式の下半部透明アクリル製の潜水船「うずしお」、潜航深度200mで、千葉県館山沖で訓練中に、火災による有毒ガスのため、乗員2名の窒息死を招いた事故は耳に新しい。

次に無人の遠隔操縦の深海装置の事故であるが、アメリカ海軍所有のCURV-III（Cable Controlled Underwater Research Vehicle）はアルミニウムフレームを持ち、カメラ、照明、テレビ、マニプレーター等を備えて7,000ft~10,000ftの深海で作業が出来るものである。1970年10月に深度1,800mに

設置されたまま紛失した計器（価格約25万ドル）の回収中に、天候が急変し、最大風速15m、波浪階級5になったので作業を中止して引揚げ中、150mまで上昇した所で索が切断してCURV-IIIを海底に取落してしまった事故がある。

上記は海洋調査に関する潜水船の事故であるが、各国の潜水艇の事故について調べてみると、ハルの圧壊深度以内で遭難したものは1920年~1970年までの間で29隻をかぞえる。その内訳はアメリカ海軍10隻、外国海軍19隻となっていて、半分はアメリカの潜水艇である。なおアメリカ海軍の原子力潜水船ThresherおよびScorpionは浮力を失い圧壊深度で圧力殻が破壊されたものと推測され、その破片等はすでに発見されている。

各国遭難潜水艇の詳細は下表の通りである。

参考文献・Safety and operational undersea vehicles book II.・Ocean Industry March, 1970.・Unmanned tethered vehicles.・Oceanographic Submersibles.

年 一 月	国 別	潜 水 船	深 度	遭 難 人 員	救 助	原 因
1920年3月	アメリカ	H-1	50m	4名	不 能	没 水
〃 9月	〃	S-5	194	0	不 能	〃
1921年9月	〃	R-6	32	2		水雷管から没水
〃 11月	〃	S-48	67	0		マンホールから没水
1923年7月	〃	S-38	102	0		トリムタンクから没水
〃 10月	〃	O-5	42	20名中3名		衝 突
1924年	チリ	Rucumilla	100	0		操作ミス
〃 1月	イギリス	L-24	180	41	不 能	衝 突
〃 3月	日本	ろ-25潜	156	45 (全員)		〃
1925年8月	イタリア	Sevastiano Vekiero	300	54 (全員)	不 能	〃
〃 9月	アメリカ	S-51	138	36名中33名		〃
〃 10月	日本	ろ-52潜	48	0		没 水
1926年8月	イギリス	H-29	32	0		〃
1927年12月	アメリカ	S-4	102	40 (全員)		衝 突
1931年6月	イギリス	Poseidin	130	53名中21名	不 能	〃
1932年7月	フランス	Promethee	150	70名中63名	不 能	没 水
〃 7月	スウェーデン	Bavern	50	0		衝 突
1939年5月	アメリカ	Squalus	240	59名中26名		没 水
〃 6月	イギリス	Thetis	120	103名中99名		パイプから没水
〃 6月	フランス	Phenix	390	77 (全員)	不 能	不 明
1940年3月	オランダ		115	3 (全員)		衝 突
1941年7月	イギリス		65	15		〃
1942年1月	アメリカ		300	49名中46名	不 能	〃
〃 11月	イギリス	X-3	114	0		没 水
1943年5月	〃		160	全 員		〃
1945年3月	〃	XE-11	204	3人中1名		〃
1950年1月	〃	Truculent	60	64	---	衝 突
1951年4月	〃	Affray	288	75	不 能	シュノーケルから没水
1953年4月	トルコ	Dumlupinar	228	91 (全員)	不 能	衝 突
1969年3月	フランス	Euridyce	900	57 (全員)		

海上交通管制<1>

飯 島 幸 人

東京商船大学助教授

1. まえがき

第10雄洋丸、祥和丸そして土佐丸と、ここ数か月の間に新聞を賑わし、通常海にうとい日本人のすべてが注目するような大きな海難がたて続けに起っている。しかし人の噂も75日とやら、もう第10雄洋丸事件といっても、横須賀の町が全滅に瀕する可能性があった大事件などということは、人々の脳裏からは全く消え去ろうとしている。だが、海に関係ある人々にとって、これらの海難事故は決して忘れることはできないし、また忘れてはならず、その教訓を生かして事故の起らないような方策を立てなければならない。

近年、海上交通も他の交通と同じく、経済の発展に伴い著しくふくそうの度を強め、特に狭水域における船舶の安全の確保と、運航能率の向上は、緊急に解決しなければならない重要な課題となっている。現在これらの問題に対して研究者の間で検討が行なわれていると同時に、行政面でも対応の仕方を考慮していると聞いているが、このような問題を総称して海上交通管制という言葉を用いるとするならば、海上で働らく航海者はもちろんのこと、行政者としても、研究者としても、また船主としても、海上交通管制こそ共通の場に立って真剣に考えて行かねばならない大きな課題であろうと思われる。

このような観点から、海上交通管制の現状と将来の動向について考察し、解説を試みるつもりであるが、何分にもこの分野は未だ十分熟した研究がなされていないわけではなく、学問的にも実際面でも手さぐりの状態であるので、意の尽せないところもあるかと思われるが、御了解をお願いしたい。

交通管制を行なうためには、その交通の特徴を十分把握しておく必要があるが、海上交通は陸上交通あるいは航空などと比べてきわめて特異な特徴があるので、管制の問題に入る前にまず海上交通の問題点に触れておきたいと思う。

2. 海上交通の特徴

2.1 交通量

1972年7月1日現在の世界の船腹量はロイド統計によると、100総トン以上の全船舶が57,391隻、268,340,000総トンであり、日本の船腹は9,433隻、34,929,000総トンであるという。この間図1⁽¹⁾に示すように船腹量は総トン数にして年7~9%の割合で増加している。一方航行管制の対象となるような日本の主要な狭水道でのここ数年の観測の結果⁽²⁾浦賀水道では770隻/日、伊良湖水道では740隻/日、明石海峡では1,910隻/日、備讃瀬戸東部では1,440隻/日(いずれも昭和45年度)であったが、現在ではこれより1~2割程度は増加していると考えられる。

これらの水道での夜間と昼間との交通量の比率は

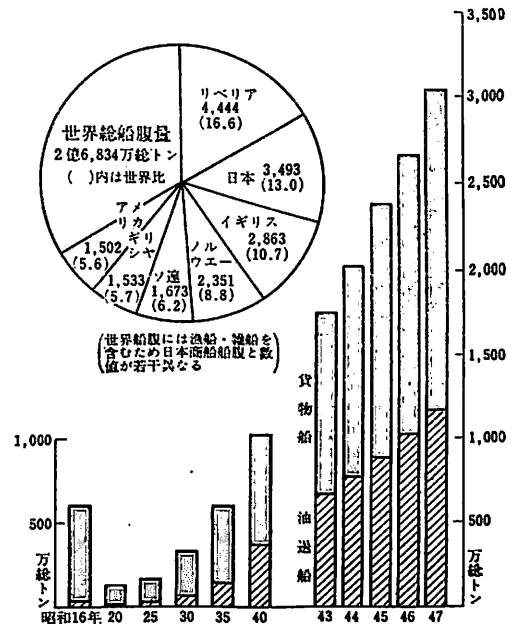


図1 日本商船の推移と世界国別船腹量

約4:6であり、ピーク時はその水域によって異なり、たとえば浦賀水道では北航船については6~7時頃と14時頃に最大交通量を示し、南航船については17~19時の時間帯に最大交通量を示す⁽³⁾。また明石海峡では、東航船については4~5時と11~12時に、西行船については15~18時に最大である⁽⁴⁾。これらはいずれも、入港時刻や、港での荷役時間など社会的な現象と深い関連があるように思われる。このようなピーク時における交通量と1日の1時間

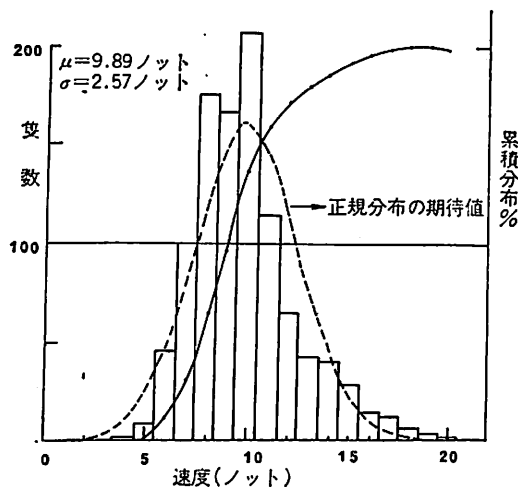


図2 浦賀水道における速度分布

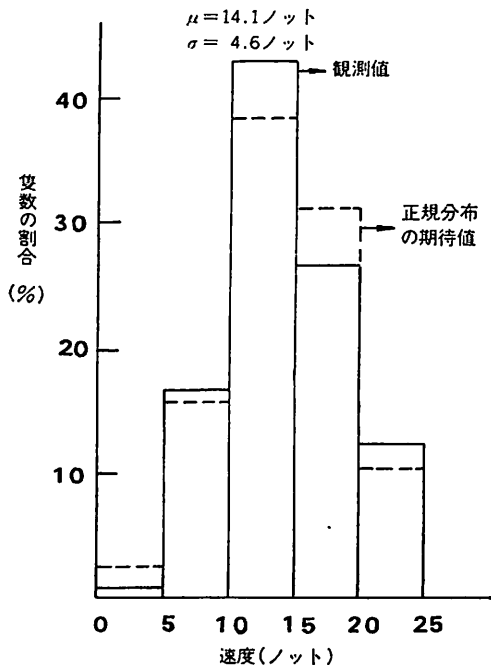


図3 ドーバー海峡における速度分布

当り平均交通量との比をピーク係数と呼んでいるが狭水道ではこれがほぼ1.5~1.7程度であり、京浜運河や隅田川、安治川(大阪)などのように都市内水路ではピーク係数は2.8程度⁽⁵⁾となって、ラッシュ時の混雑は大変なものである。

2.2 交通量と速力および密度

最近重要な狭水道は海上交通安全法によって速力の上限は12ノットに抑えられたが、以前はおおのの船舶は自由の速力で航行していたものである。昭和40年8月~12月に浦賀水道を航行する船舶の速力分布を観測したものが図2である。またドーバー海峡における速力分布を観測したものが図3である⁽⁶⁾、これらを見ると、船舶が自由航行をしている場合は、その分布はほぼ正規分布と見なしてよいことがわかる。このような速力分布は船の混み具合によって異なり、比較的水路が空いていれば船舶は自由に航行できるので、ばらつきは広がる(すなわち、その分散は大きい)が、混雑してくると船は各自が勝手な行動ができなくなり、速力は均一化されてくることになる(すなわち、分散が小さい)。そして平均速力も低下してくる。

これら交通量と速力との関係は陸上交通ではわれわれはしばしば経験するところであり、また観測も十分行なわれているが、海上交通では交通渋滞が生ずるほどの混雑がないので、これらの関係はまだまだ十分究明されているとはいえないが、陸上交通の場合と同様に図4⁽⁷⁾のようになるものと考えられる。

つぎに混雑しているという状態は、ある瞬間にある水域にいる船舶の数、すなわち密度がその尺度となるものと考えてよい。陸上交通に見られるように交通の混雑がひどくなって、すべてのことが停止してしまうような状況では、交通量はほとんど0にな

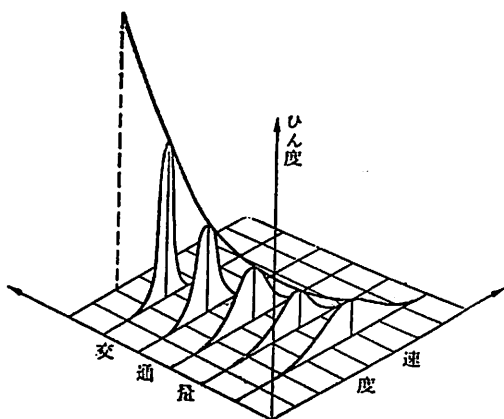


図4 交通量と速度分布の変化

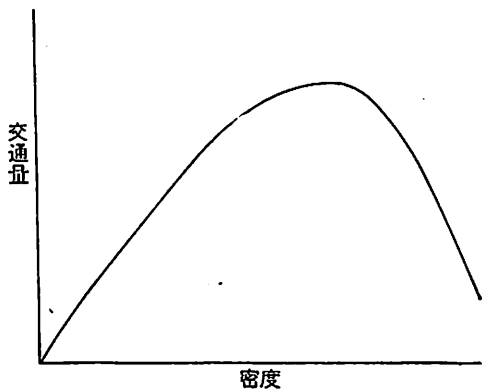


図5 密度と交通量との関係

ってしまうが、密度については、車がぎっしりつまっている状態であるから、飽和しているわけである。このように交通量だけでは交通の量的特性を十分表わすことができないことがわかる。海上交通でも同様であるが、現状ではまだ陸上のように密度が飽和に達するというような状態になることはほとんどないといえるが、一応このような状況を想定して管制を考えておかなければならない。

いますべての船が全く同じ速力で航行しているものとすれば、単位時間当りの通航隻数すなわち交通量 Q は

$$Q = \rho V \quad \dots\dots\dots(1)$$

ただし ρ : 密度
 V : 速力

で与えられる。これは交通の特性を示す最も基本的な式である。しかし一般には船はさまざまな速力で航行しているので、この V のかわりに空間平均速力といわれるものが用いられ、これを \bar{v}_s とすると

$$\bar{v}_s = \frac{Q}{\rho} \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。

前述のように密度が飽和しないうちは交通量はほぼ密度に比例して増大するが、あるところで最大交通量となり、それからは密度が増加するとかえって交通量は減少することになる。この関係の様子を図5に示す。

2.3 到着分布

ある時間内に船が何隻水道を通過するか、あるいは1隻の船が通過してから次の船が通過する時間間隔はどれ位であろうか、というようなことは、交通管制のシステム設計の段階では重要な要素となるものである。

前項で述べたように、狭水道における船の交通量は、1日とか、1か月とか、あるいは1年とかの長い時間について見れば、日出没時や、月末、月始め、あるいは年末などというような社会的な現象と関係あることが確かめられているが、もっと短い1時間とか2時間程度の時間を考えてみれば、そのような人為的な現象には関係なく、1隻の船は他の船やその水道の交通量などには関係なく勝手に入港してくるであろう。すなわち全くランダムに入港してくると考えてよいかも知れない。このようにランダムな現象に対しては、一般にポアソン分布が適用できるというのが統計学の教えるところである。いまこのポアソン分布を船の通航に対して適用してみよう。

1時間についてとか2時間についてとかいう、ある区切られた時間 T を、5分間とか10分間とかいうように Δt で等分に分けるものとする。この Δt の時間内に通過する船の数 k は、次で示されるポアソン分布の式で説明することができる。すなわち Δt 内に k 隻が通航する確率 P_k は

$$P_k = \frac{m^k}{k!} e^{-m} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで m : Δt 内の平均通過船舶数
で与えられる。

これについて昭和40年4月の明石海峡における船

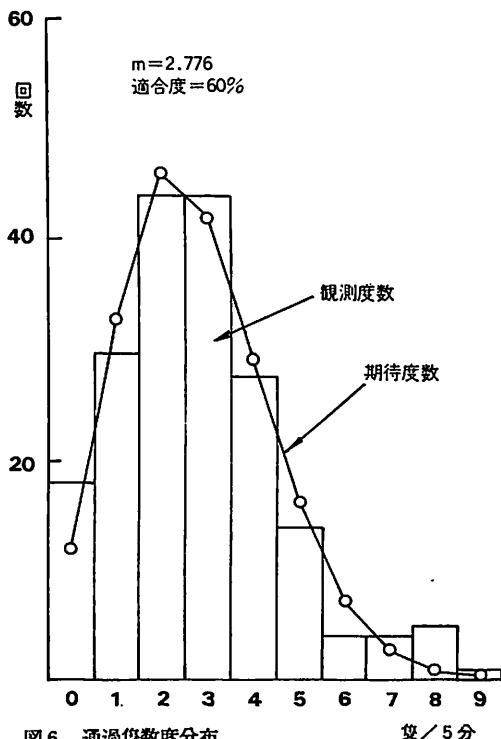


図6 通過隻数度分布

船交通調査の結果からデータを求めてみると、 T を1時間ごと、 Δt を5分とすると、図6が得られた⁽⁸⁾。このときの5分間の平均通航船舶数 m は2,776隻で、通航船舶の総数は900隻であったから、これによって(3)式を用いて、この船舶の通航がポアソン分布であるとして計算した理論値が図中の実線で示した折線である。この図で棒グラフと折線グラフとはよく一致していることがわかる。ということは、短い時間についての船舶の交通についてはポアソン分布であり、船は時間的にランダムに航行しているということが証明されるのである。同様の観測は浦賀水道でも行なわれていて、結果もポアソン分布性が証明されている⁽⁹⁾。

交通問題では1隻の船が通過してから次の船が通過するまでの時間、すなわち船首間隔も重要である。(3)式で Δt を1分間とし、その内の平均通過隻数を m 隻/分とすると、(3)式は次のようになる。

$$P_k = \frac{(mt)^k}{k!} e^{-mt} \dots\dots\dots(4)$$

ここで t 分間全く船の通航しない確率は、 $k=0$ として

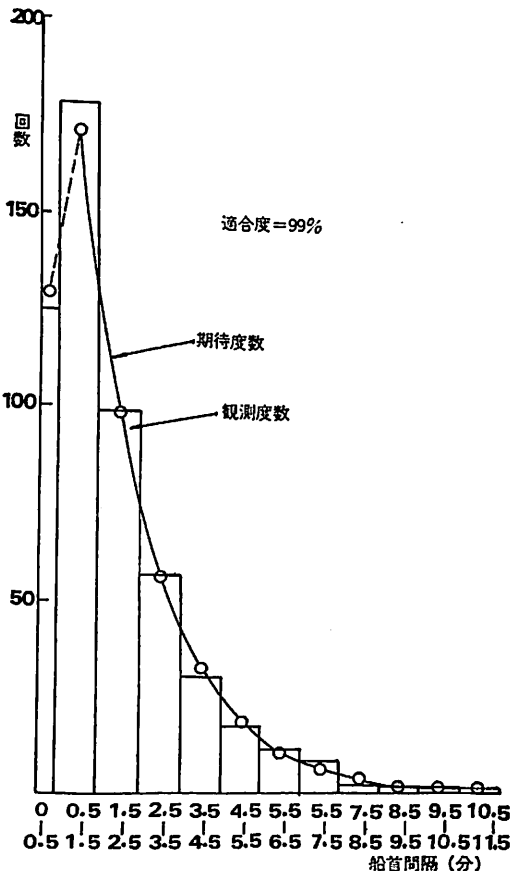


図7 船首間隔と度数分布

$$P_0 = \frac{(mt)^0}{0!} e^{-mt} = e^{-mt} \dots\dots\dots(5)$$

これは t を1分、2分、3分……などとすると、1隻の船が通過してから、次の船が通過するまでの時間間隔が1分、2分、3分……である確率であるから、船首間隔を時間で表わした確率ということになる。したがって船舶の通航時間間隔を観測してその分布を見れば(5)式になるという理論である。図6の観測のとき通航時間間隔を測定して、それをグラフに表わしたものが図7である⁽⁹⁾。棒グラフは実測値、折線は(5)式を用いた理論値であるが、実測値はきわめて理論値と適合していることがわかるであろう。

以上を総合すると、1~2時間というような短い時間内については船舶の交通はポアソン分布となり、船首間隔の分布は指数分布となるということが出来る。実際に浦賀水道などで観測していると、船は一団となってやって来て(船首間隔が小さい)。またしばらくしてから次の一団がやってくるという現象が見られるのは、これの具体例であろう。

2.4 避航領域と交通容量

2.2項で船舶の密度について述べたが、船舶が航行する場合、自動車のようにお互いが接触するほどにぎっしり並ぶことはできないわけで、安全なる間隔が必要である。この安全なる間隔すなわち1隻の船が占めるべき海面がわかれば、その水路に船が何隻入れるのか、いわゆる交通容量や、最大船舶密度が求められる。

航行している船舶が他船を避航する場合、他船がどのような運動をしようとも、常に自船が安全であるような領域を仮定して操船しているであろう。この領域は、船の大きさ、速力、運動性能、他船の大きさ、他船の運動性能、交通密度、操船者の心理的要素などによって決められるものであって、これら総合された結果生ずる領域を船の周囲に持って航行していて、もしこの領域に他船が入ってくると、自らこの領域を確保するような避航動作をとるであろう。いまこのような領域を自船の正横より前方にだけついで考え、この領域を避航領域と呼ぶことにする。(これを閉塞領域と呼ぶ人もいる) 避航領域は相対的なものであるから、大型船対大型船の場合と大型船対小型船の場合とは異なるかも知れないし、また行合い、横切り、追越し、あるいは同航などの場合でも異なるであろうが、従来水道を通るある特定の1隻の船舶について注目し、この船と他船との

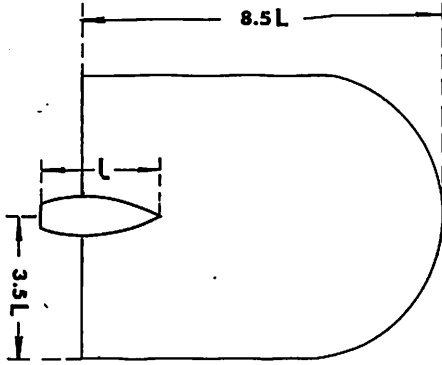


図8 避航領域

間のできる航跡の最大密度をとって、この範囲をもって避航領域を観測している⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

これらによると図8に示すように避航領域は前方8~9L(Lは船の長さ)、横方向に3.5L程度となっている。この避航領域が水路にぎっしりつまった状態が最大密度 ρ_{max} といえる。藤井らは避航領域を長半径 r 、短半径 s の楕円で近似して

$$\rho_{max} = 1.15/r \cdot s \quad \dots\dots\dots(6)$$

を得ている⁽¹¹⁾。

最大密度が得られると、水路幅を W 、平均速力 \bar{V} として、その水路の交通容量 C_{max} は

$$C_{max} = \rho_{max} \cdot \bar{V} \cdot W \quad \dots\dots\dots(7)$$

で与えられる。この式で求められる容量を基本交通容量というが、実際にはこれだけの船舶が通航できるわけではなく、これに実用的な種々の条件を入れて実用交通容量が求められる。したがって実用交通容量は基本交通容量よりはずっと小さくなる。

なお水路の幅は一般にそこを通る最大船舶を対象として決められるが⁽¹²⁾、実際には大小様々の船が航行しているから、これを一義的に計算にのせるために、ある大きさの船を基準にとり、他の船はこの船の何倍の領域を要するかという係数を決めて、まず基準船について容量を計算し、次いでその水路を航行する船舶の大きさの比率によって、先に求めた係数から通航隻数を求める方法が用いられている。

2.5 水路にある障害物とその航過距離

狭水路にある障害物は島や半島

のような陸地であったり、岸壁のような人工構造物であったり、あるいはブイのようなものである場合が多い。これらの障害物に対する船舶の正横航過距離は、水域の広さや水深、その時の船舶密度など多くの条件によるが、航行管制上この航過距離は有効航路幅の決定や船舶の誘導に際して重要な要素となる。

筆者らが昭和41年に浦賀水道で行なった観測において⁽⁹⁾、第2海堡および第3海堡の航過距離、ならびに航路中央浮標に対する最接近距離を測定した。この結果を図9に示すが、大型船(3,000トン以上)については、これら海堡の航過距離は50パーセントイル値で800m程度である。また航路中央ブイについては、平均約290mであるが、230mぐらいの航過距離の船舶の頻度が最も多いことがわかる。

2.6 船の大きさと運動性能

海上交通の大きな特徴の一つは、船の大きさが数トンから数十万トンまで分布していることである。このような広い範囲の分布は他の交通機関では例を見ないところで、ここに海上交通管制の難しさの一つの要因がある。日本船について1972年における大きさ分布を調べたものが表1である。これを便宜上、大型船(3,000トン以上)、中型船(500~3,000トン)、小型船(500トン以下)と別けるとおおよそ61%が小型船、22%が中型船、17%が大型船ということになるが、100トン以下の船舶を加味すると小型船の割合はさらに増えると考えてよい。実際日本の各水域で多くの交通調査が行なわれているが、これら

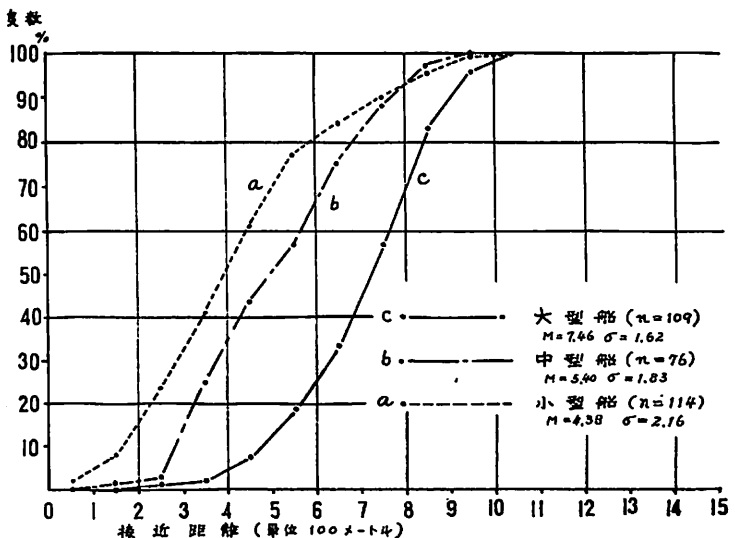


図9(a) 第2海堡(西端)接近距離累積頻度

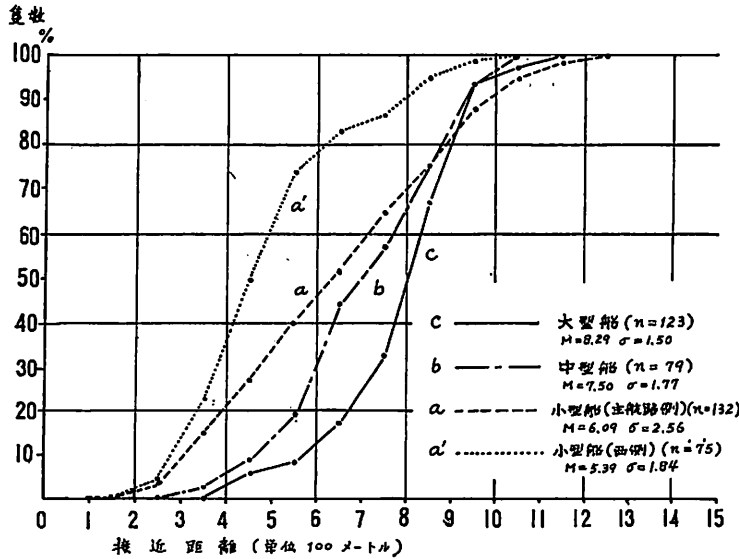
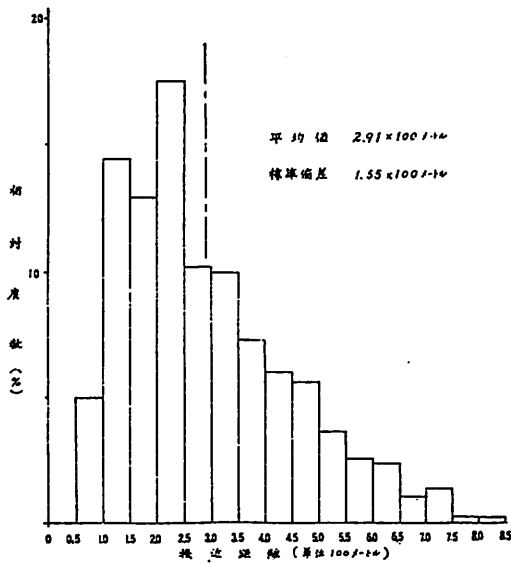


図9(b) 第3海堡(灯台)に対する接近距離累積頻度



主航路中央浮標 (No. 1, No. 5 を除く)
 最接近距離の度数分布 (n=520)

図9(c) 大型船(北航, 南航)

の調査においても上記の割合はほぼ保たれている。大型船と小型船では船の運動性能, 設備, 運航者の能力などすべての点で差異があり, 交通管制上注目しなければならない点である。船の大きさを表わす要素としてトン数, 幅, 満載喫水, 長さなどがあ

るが, これらはいずれも大略長さ L の関数として表わすことができる。藤井はこれらの間の関係を次式で示している⁽¹¹⁾。

$$\begin{aligned} \text{総トン数 } \log T &= 2.81 \log L \\ &\quad -1.81 \pm 0.08 \dots\dots(8) \\ \text{型幅 } \log B &= 0.088 \log L \\ &\quad -0.47 \pm 0.16 \dots\dots(9) \\ \text{型深 } \log D &= 0.97 \log L \\ &\quad -0.99 \pm 0.17 \dots\dots(10) \\ \text{満載喫水 } \log d &= 0.79 \log L \\ &\quad -0.66 \pm 0.15 \dots\dots(11) \end{aligned}$$

ここで後尾の土の項は用いたサンプルの68%が, このLから計算した値の83%から120%の間に(標準偏差)入っていることを示

すものである。

船の運動性能は, 速力, 旋回径, 旋回時間, 後進停止性能などで表わされることは周知のとおりであるが, これら運動性能は船の大きさや密接な関係があり, 藤井は船の長さLをパラメータとして次式を与えている。

$$\begin{aligned} 180^\circ \text{回頭のときの} \\ \text{旋回径 } \log D &= 1.05 \log L + 0.42 \pm 0.12 \dots\dots(12) \\ \text{旋回時間 } \log T &= 0.87 \log L - 0.61 \pm 0.09 \dots\dots(13) \end{aligned}$$

逆転停止について
 逆転停止距離

$$\log D = 1.46 \log L + 0.01 \pm 0.18 \dots\dots(14)$$

逆転停止時間

$$\log T = 1.06 \log L + 0.23 \pm 0.13 \dots\dots(15)$$

また彼は (交通具の長さ) ÷ (速力) を特性時間と定義し, この特性時間によって, 時間に関する運動性能を説明している。船に関する特性時間τは次式で与えられる。

$$\log \tau = 0.71 \log L - 0.23 \pm 0.06 \dots\dots(16)$$

この特性時間を総トン数について上式を用いたものと実際に調査したものを比較してみると, 表2のようになっている。180°旋回に要する時間はおおよそ8τで与えられると考えてよい。逆転停止時間はτを用いた場合, 係数は船の大きさによって異なり, その値もまた表2に示されている。

表1 船の大きさ分布 (日本船主協会調べ, 商船のみ1972年史)

総トン数	100 ~ 500	500 ~ 1,000	1,000 ~ 3,000	3,000 ~ 6,000	6,000 ~ 1万	1万 ~ 2万	2万 ~ 5万	5万 ~ 10万	計
隻数	5,019	930	909	363	392	235	245	102	8,238
%	60.9	11.3	11.0	4.4	4.8	2.9	3.0	1.2	100%

表2 船の大きさと特性時間 (藤井氏 海上交通工学より抜粋)

総トン数	5	~ 20	~ 100	~ 500	~ 3,000	~ 2万	~ 10万	~ 50万
τ秒 (16式による)	2.6	3.9	5.6	9.3	14	23	34	49
τ秒 (実際のもの)	2.7	4.1	6.2	9.0	15	24	36	59
逆転停止時間 (実際のτを用いる)	7τ	6τ	8τ	20τ	16τ	15τ	27τ	34τ

表3 要救助船舶の海域別発生隻数 (48年)

(単位: 隻(%))

海域	東京湾	伊勢湾	瀬戸内海	3海域の計	全海域
衝突	37 (9)	9 (2)	183 (42)	229 (53)	432 (100)
乗揚げ	26 (5)	4 (1)	182 (36)	212 (42)	500 (100)
その他	100 (6)	49 (3)	440 (26)	589 (35)	1,683 (100)
計	163 (6)	62 (2)	805 (31)	1,030 (39)	2,615 (100)

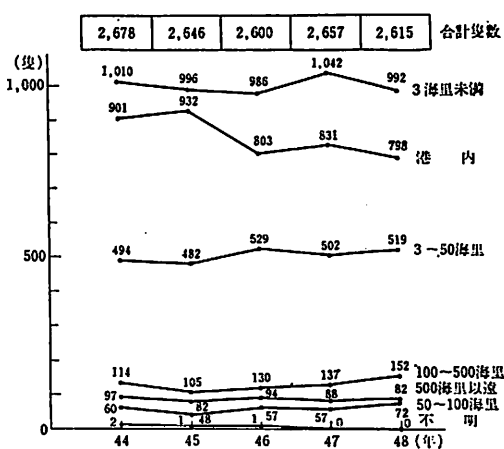


図10 要救助船舶の距岸別発生隻数の推移

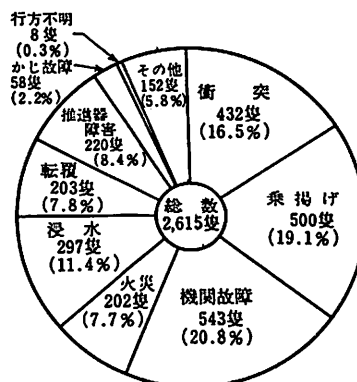


図11 海難の種類別要救助船舶発生隻数 (48年)

2.7 海難について

わが国の海難について要救助海難 (海上保安庁の巡視船が救助のため出動する程度 of 海難) をみると、図10⁽¹³⁾のようにここ数年間大きな変動はなく、年間2,600隻前後である。これらの海難は港内と距岸3海里以内とが70%近くを占め、大部分の海難はこの海域で起っているといっても過言ではない。またこれらの水域内でも特に海難の多いといわれる東京湾、伊勢湾および瀬戸内海での海難が全海難の39%を占め、その内訳は表3のようになっている。衝突と乗揚げがその大部分である。

図11のように、日本の全海難のうち、衝突と乗揚げ隻数は932隻であり、この中の441隻が上記の3海域で起っているのであるから、これらの水域の安全対策がいかに必要で急を要するものであるかが窺われよう。もちろん船が多ければ多いほど衝突は多いわけであるが、衝突はほぼ船の相対速度と両方向の船の密度の積 (同航のときは密度の自乗) に比例することがわかっている⁽¹⁴⁾。そうすると、港や狭

水道は船の衝突する確率が高くなり、危険度が増すことは当然であるが、この危険度を交通事故数と交通量の比で評価する方法がある。

藤井はすべての船をある長さの標準船に換算し (これをL換算と呼ぶ)、その船が、港ならば1回の入港、狭水道ならば1回の通過に対して、どれほどの衝突があったかを各港と狭水道ごとに調べて図12を作成している⁽¹⁵⁾。これによると、おおよそ港については1,000回の入出港に対して1回程度の衝突の確率があり、狭水道では10,000回の航行に対して2回程度の衝突を予想しなければならない。しかしこれはL換算の値であって、船の大きさによってその危険度は異っている。これを関門海峡の例でみると、図13のようになり⁽¹⁶⁾、大きな船ほど危険度は大きい。このことは他の水域でもいえることであって、危険度Yと総トン数Xとの関係で示すと、

$$\log y = 0.398 \log x + 0.648 \dots \dots \dots (17)$$

で与えられる。この原因は定性的には大型船ほど運動性能が悪いこと、大型船の運航に対する人間の感覚の相異と、そのセンサの不足などが考えられる。このようなことから、ただ単に船が大きいため航行

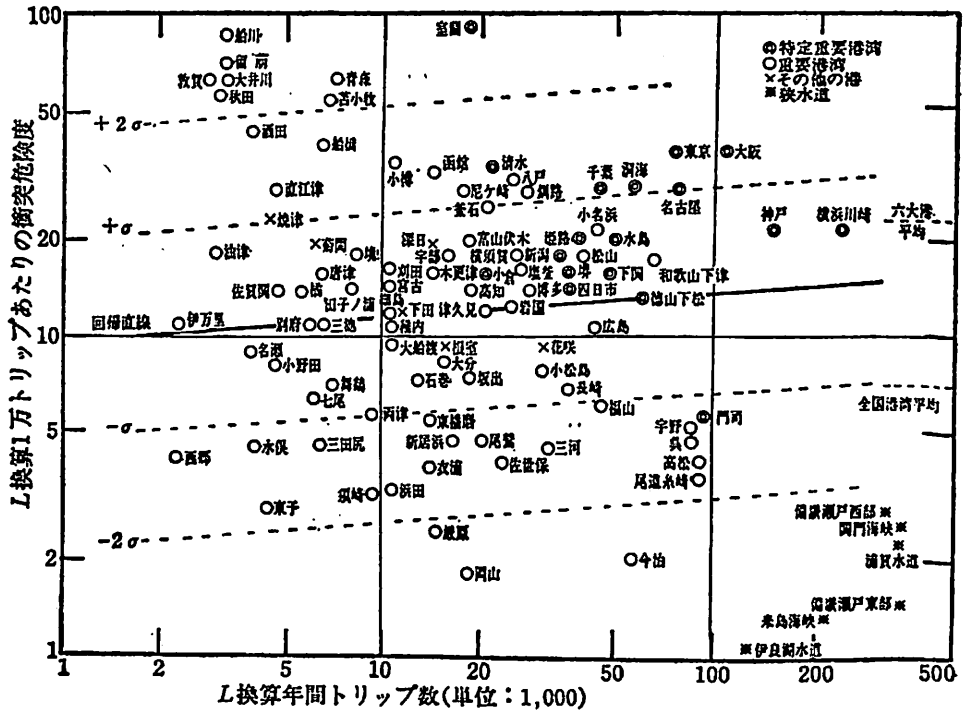


図12 港と狭水道の衝突危険度

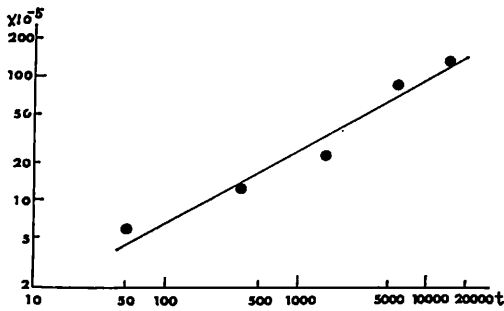


図13 通航船の船型別衝突事故率

に関して優先権を与えたり、特別の注意を払うとかいうことではなくて、大きい船はそれだけ危険であるという観点から、狭水道や港内での安全対策を立てる必要がある。

以上ごく大ざっぱに航行管制の説明に先だち、まず頭の中に入れておかなければならない海上交通の特徴と問題点を概観したわけであるが、これらの基礎的事実に基づき最も適切な航行管制は如何にあるべきかを考えて行かなければならない。(つづく)

- (1) “海運統計要覧1973” 日本船主協会
- (2) “昭和45年度通航船舶実態調査報告書” 日本海難防止協会
- (3) 豊田, 飯島, 外 “浦賀水道における船舶の通

- 航実態” 日本航海学会誌第36号, 昭和42年1月
- (4) 山口, 外 “明石海峡における船舶交通実態調査結果” 日本航海学会誌第32号, 昭和40年1月
- (5) 藤井弥平 “海上交通工学” 海文堂
- (6) D. R. Johnson “Traffic in the English Channel and Dover Strait” The Journal of Institute of Navigation Vol. 26, No. 1, 1973
- (7) “交通工学ハンドブック” 技報堂
- (8) 原潔 “船舶交通の統計的特性—1” 日本航海学会誌第35号, 昭和41年7月
- (9) 豊田, 巻島, 飯島, 外 “浦賀水道船舶交通実態調査報告書” 昭和42年12月, 東京商船大学船舶運航技術研究会
- (10) 藤井弥平, 外 “船舶の閉塞領域について” 日本航海学会誌第35号, 昭和41年7月
- (11) 藤井弥平 “海上交通工学” 海文堂
- (12) 飯島幸人, 本田啓之輔 “港湾水路の幅員について” 日本航海学会論文集第50号, 48年12月
- (13) “海上保安白書, 49年度版”
- (14) 藤井弥平 “避航と衝突の確率について” 日本航海学会創立20周年記念論文集, 1968年
- (15) 神鳥昭 “関門海峡における衝突海難の分析” 日本航海学会誌第45号, 昭和46年8月

モデル方式による機関室 ぎ装設計法の開発 <2>

富田 幸雄

日立造船機基本設計部長

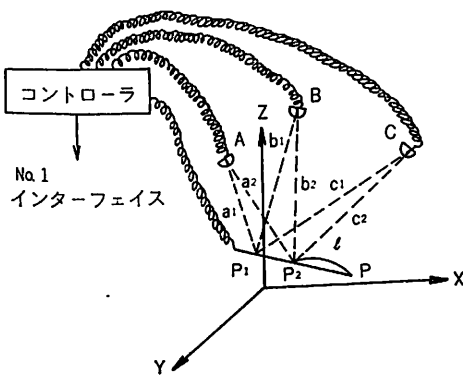
8. 三次元座標解析装置

モデル方式による機関室ぎ装設計法においては、
ぎ装品の一品製作データの作成および取付図への寸
法の記入のために、モデルから寸法情報を抽出しな
ければならない。従来はこれを手計測によっていた
が、非常に手間と時間がかかるうえに、精度的にも
問題があった。とくに錯綜した箇所では手計測は非
常に困難であった。

本開発事業においては、これを容易に、迅速に、
精度高く、機械的に行なえるものとして、超音波原
理に基づくものと、光学原理に基づくものの、2種
類の立体座標解析装置を開発、試作し、それぞれ実
用性を確認した。(外国出願を含み特許および実用
新案出願中)

8.1 超音波式三次元座標解析装置

8.1.1 計測原理



A, B, C: 受信点 (点状マイクロフォン)

P: 計測点 $P(x, y, z)$

P_1, P_2 : 発信点 $P_2P=|$ 一定

a_1, b_1, c_1 : P_1 から受信点 A, B, C までの計測距離

a_2, b_2, c_2 : P_2 から受信点 A, B, C までの計測距離

図 8.1 超音波式三次元座標解析装置の計測原理図

3 個以上の点状の超音波受信マイクを測点空間内
の任意の既知座標点に配置し、2 個の超音波発信点
を有する検出棒の先端を被測定点に接触させ、この
時発信した超音波がそれぞれの受信マイクに捕捉さ
れるまでの到達時間と、音波速度とから発信点と受
信点の間のそれぞれの距離を測定し、これらにより
被測定点の三次元座標値を計算して求めるものであ
る。

図 8.1 にその計測原理を示す。図において、発信
点 P_1 の座標 (x_1, y_1, z_1) はつぎの 3 元 2 次方程式
の解として求めることができる。

$$(x_1 - x_A)^2 + (y_1 - y_A)^2 + (z_1 - z_A)^2 = a_1^2$$

$$(x_1 - x_B)^2 + (y_1 - y_B)^2 + (z_1 - z_B)^2 = b_1^2$$

$$(x_1 - x_C)^2 + (y_1 - y_C)^2 + (z_1 - z_C)^2 = c_1^2$$

全く同様に、発信点 P_2 の座標 (x_2, y_2, z_2)
も求めることができる。かくて、計測点、すなわち
被測定点 P の座標 (x, y, z) は P_1 から P_2 への延
長線上で距離 l の点として求めることができる。

8.1.2 装置の構成

試作した装置のシステム構成を図 8.2 に、立体図
を図 8.3 に、また完成状態の装置一式を写真 8.1 に
示す。

(1) 座標計測器

- (a) 超音波発信体: 従来のものが 1 点発信式で
あるのに対して、本開発品は 2 点発信式とした

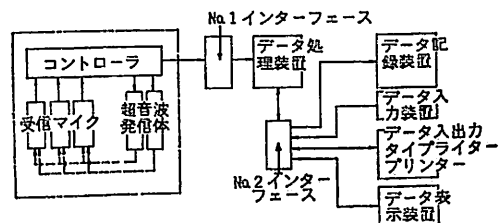


図 8.2 超音波式三次元座標解析装置の構成図

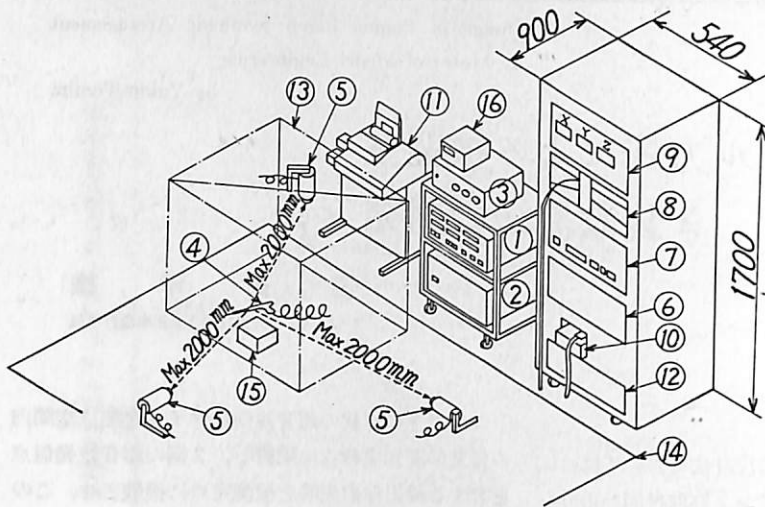


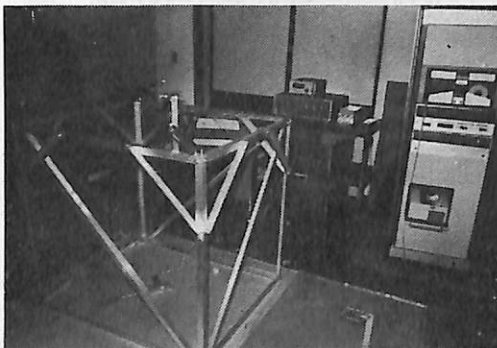
図 8.3 超音波式三次元座標解析装置の立体図

- ① コントローラ本体
- ② コントローラ電源
- ③ マイクセクター
- ④ 発信体
- ⑤ 受信体 (マイク)
- ⑥ インターフェイス
- ⑦ データ処理装置
- ⑧ データ入力装置 (紙テープリーダー)
- ⑨ データ表示装置
- ⑩ データ記録装置 (紙テープパンチ)
- ⑪ データ入出力タイプライター、プリンタ
- ⑫ データ処理装置電源
- ⑬ 計測用架構
- ⑭ 計測台
- ⑮ 計測モデル
- ⑯ デジタル温度計

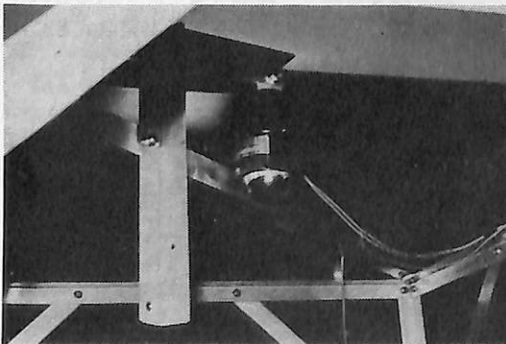
ことが大きな特長である。従来の1点式の場合、計測点と発信点が同一であるから幾何学的な誤差を免れず、補正も困難であるうえに、発信点すなわち被測定点と受信点を結ぶ直線上に障害物があれば測定不可能であるが、本開発の2点発信式のもの、図8.4に示すように、2個の発信点を結ぶ延長線上に接触点を形成する

から、被測定点と接触点との完全な幾何学的一致が得られ、さらに、被測定点と受信点との間に障害物が存在する場合でも、発信点を障害物より導出することによって計測が可能である。円筒形状の物体 (モデルの配管) の中心位置を測定したい場合には、 l の値に半径値 L の修正を加えることにより容易に計測ができる。

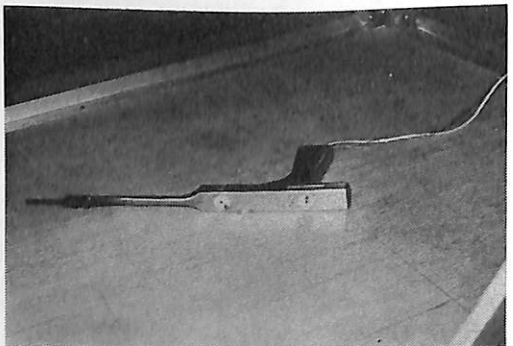
写真 8.1 解析装置



全体装置



受信マイク



発信体

(b) 受信体: 最低限3個設けられ、発信体から出た超音波を捕捉し、信号をコントローラに送る。計測原理からも判るように、受信体も幾何学的に点状でなければならないが、体積ゼロとすることは不可能であるので、図8.5に示すように、電極および振動膜を半径 l_2 の半球面に加工成形し、発信点から受信点 K への音波が常に受信体の中心点 N に向かい、あたかも定点 N に体積ゼロの点状マイクロフォンがあるような機能をもたせることにした。この場合、発信点と受信点との距離 l_1 に常に一定半径 l_2 を加算することにより、発信点から定点 N までの距離として計測することができる。

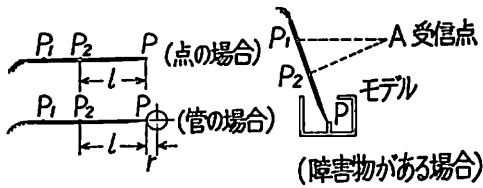


図 8.4 超音波式立体座標解析装置の検出棒上の発信体の位置と検出棒の使用方法

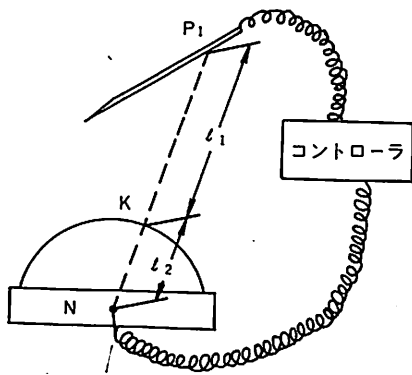


図 8.5 受信体の幾何学的形状と計測の原理

(c) コントローラ：一般の雑音と十分に区別しうる超音波領域の音波について、その発信から受信までの時間をカウントする機能を有し、発信体と受信体とのマッチングによりカウント数を出力する。

(2) データ処理装置

コントローラからのカウント数を音速による距離変換計算により距離値に変換し、これらの計測距離値と受信体の既知座標値とから各発信体の座標値および最終的に被測定点の座標値を演算し、出力する。

(3) 周辺装置

データ入力装置、データ表示装置、データ入出力タイプライタおよびプリンタ、データ記録装置、インタフェイスよりなる。

とくに、データ処理結果の記録は紙テープ装置としており、後続の、予想される種々のコンピュータシステムとの結合を容易にしている。

8.1.3 仕様の概要

- (1) 発信体：2点発信式、長さ約 400mm、測定用先端治具交換可能。
- (2) 受信体：直径55mm、半球面立上りパルス受信特殊コンデンサマイク、測定可能見込角 90°、測定可能最大距離 2,000mm
- (3) コントローラ：カウント表示ディスプレイ・

- 5桁×6データ、カウンタ・13ビット、時計・水晶 1968×10⁶ カウント/S、電源・AC100V
- (4) データ処理装置：CEC-555T, 8Kメモリ
- (5) 周辺装置：

データ入力装置：高速紙テープリーダー
300 CHA/S

データ表示装置：X, Y, Z, 座標表示
各4桁

データ記録装置：紙テープ穿孔 25 CHA/S

データ入出力タイプライタ兼プリンタ：

プリンタ 10 CHA/S, 英数字記号入力鍵盤、

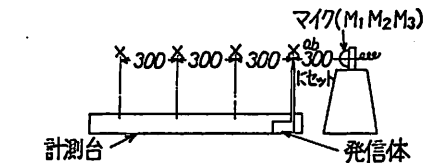
テープリーダーおよびテープパンチ付。

8.1.4 計測結果

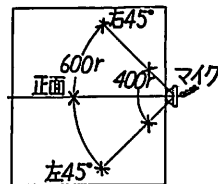
受信体の単独テストとしてのマイクロフォンリニア特性試験および指向特性試験、および座標計測器としての総合精度を計測するための総合特性試験を、図 8.6 に示す方法でそれぞれ行なった。

マイクロフォンリニア特性試験および指向特性試験の結果、各測定位置におけるカウント数の偏差はいずれも 3 カウント (±0.25mm) 以内であり、十分な特性をもっていることを確認した。

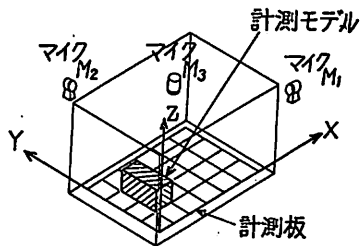
総合特性試験としては、まず架構内空間が可測範囲となるように各マイク M₁, M₂, M₃ を配置固定し、つぎに任意の 3 定点を選定し、これらの点の座標値および計測データから逆に各マイクの座標値を算



(a) マイクロフォンリニア特性試験方法



(b) マイクロフォン指向特性試験方法



(c) 総合特性試験方法

図 8.6 超音波式立体座標解析装置の試験

表 8.1 超音波式立体座標解析装置の総合特性試験結果

計測点	計測点本来の座標 (mm)			計測座標 (mm)			精度 (計測座標-本来の座標) (mm)			
	X	Y	Z	x	y	z	εx	εy	εz	
計測板上の点の測定	1	0	0	0	0.44	-0.22	0.47	0.44	-0.22	0.47
	2	200	0	0	199.56	-0.26	0.48	-0.44	-0.26	0.48
	3	400	0	0	399.82	0.39	0.43	-0.18	0.39	0.43
	4	600	0	0	599.56	0.31	0.33	-0.44	0.31	0.33
	5	0	200	0	0.28	199.79	0.24	0.28	-0.21	0.24
	6	200	200	0	199.99	199.92	0.46	-0.01	-0.08	0.46
	7	400	200	0	400.34	200.22	0.36	0.34	0.22	0.36
	8	600	200	0	599.63	199.98	0.21	-0.37	-0.02	0.21
	9	0	400	0	-0.32	399.57	0.46	-0.32	-0.43	0.46
	10	200	400	0	199.58	399.82	0.01	-0.42	-0.18	0.01
	11	400	400	0	400.12	400.07	0.11	0.12	0.07	0.11
	12	600	400	0	500.33	400.45	0.32	0.33	0.45	0.32
直方体の各頂点の測定	1	100	400	41.5	99.75	400.16	41.88	-0.25	0.16	0.38
	2	100	275.5	41.5	100.09	275.29	41.38	0.09	-0.21	-0.12
	3	169.8	275.5	41.5	169.29	275.75	41.63	-0.51	0.25	0.13
	4	169.8	400	41.5	169.39	399.60	41.15	-0.41	-0.40	-0.35
	5	200	300	69.8	199.64	299.60	70.01	-0.36	-0.40	0.21
	6	200	175.5	69.8	200.30	175.41	70.24	0.30	-0.09	0.44
	7	241.5	175.5	69.8	241.56	175.73	69.75	0.06	0.23	-0.05
	8	241.5	300	69.8	241.81	300.03	69.53	0.31	0.03	-0.27

出した。ついで、計測板上の任意の被測定点および板上に置いた直方体の各頂点を計測した。その結果は表 8.1 に示すとおりであり、測定誤差はマニュアル測定誤差 (±0.5mm) を考慮すれば十分小さく、所期の精度が得られた。

8.2 光学式三次元座標解析装置

8.2.1 計測原理

レーザ発信器と照準器よりなる 2 個の光学的測定器を一定間隔のもとにたて方向に配置し、これらを同時にモデル前面のたて平面内の任意の位置に移動できるようにするとともに、同時にヨーイング、また個々にピッチングできるようにし、これら 2 個の

光学測定器がモデルの被測定点を一致して照準しえたときの両測定器の平面座標およびヨーイング、ピッチングの角度から被測定点の立体座標値を簡単な計算で求められるようにしたものである。

図 8.7 にその関係を示す。被測定点 A を照準するには、通常、ヨーイングは行わず、また照準器 B のピッチングも行わずに、それを行なう。障害物があって照準できない場合に限り、ヨーイングを行ない、さらに照準不能の場合、照準器 B のピッチングを行なって障害物を避ける。

図示の関係において、被測定点 A の 3 次元座標 (X, Y, Z) はつぎの式により求められる。

$$X = \frac{\tan \eta \cdot \tan(\theta + 15)}{\tan \eta - \tan(\theta + 15)} \cdot \sin(\zeta + 45) \cdot S$$

$$Y = y - \frac{X}{\tan(\zeta + 45)}$$

$$Z = z - \frac{\tan(\theta + 15)}{\tan \eta - \tan(\theta + 15)} \cdot X$$

ここで、照準器のピッチングを行なわない場合は

$$X = S \tan(\theta + 15) \cdot \sin(\zeta + 45)$$

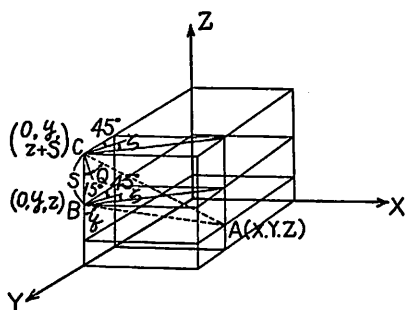
$$Y = y - S \tan(\theta + 15) \cdot \cos(\zeta + 45)$$

$$Z = z$$

8.2.2 装置の構成

試作した装置の概略構成を図 8.8 に、検出器本体の立体図を図 8.9 に、また試作機の外観を写真 8.2 にそれぞれ示す。

(1) 検出器本体



A・パイプ測定点、B・照準器、C・レーザ光線発射点、通常 y は 90° に固定

図 8.7 光学式三次元座標解析の原理

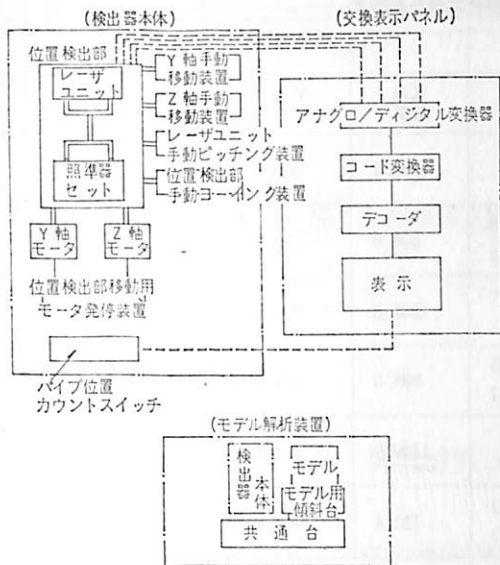


図 8.8 光学式三次元座標解析装置構成図

位置検出部は1本の縦軸で結合されたレーザ発信器と照準器、およびこれらを縦平面(Y-Z平面)内で電動による粗動また手動による微細送りで移動させる機構、および手動によりピッチング、ヨーイングさせる機構よりなる。検出部の水平垂直移動機構にはボールねじを使用している。それぞれの移動量はシンクロの回転角によって検出する。

(2) 交換部および表示部

検出部のシンクロよりのアナログ信号を最終的に平面座標値および角度のデジタル値に変換して表示する部分で、アナログ/デジタル変換器、コード変換器、およびデコーダよりなる。

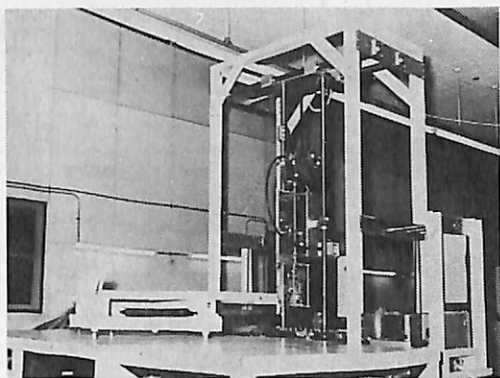


写真 8.2 光学式三次元座標解析装置

(3) モデル台

モデルと解析装置を置く共通台盤、およびモデルを水平に置いた状態では、障害物のため測定不可能な場合にモデルを傾斜させて測定対象点を視認できるようにする小さな傾斜台よりなる。

8.2.3 仕様の概要

- (1) レーザ光線発射ユニット：ネオンレーザビーム
- (2) レーザビーム直径： 0.8mm
- (3) 測定対象モデル寸法：
600mmH×900mmW×650mmD
- (4) 検出器可動範囲：横(Y軸)方向 900mm, 上下(Z軸)方向600mm, ヨーイング90°, レーザユニットピッチング 60°, 照準器ピッチング 30°

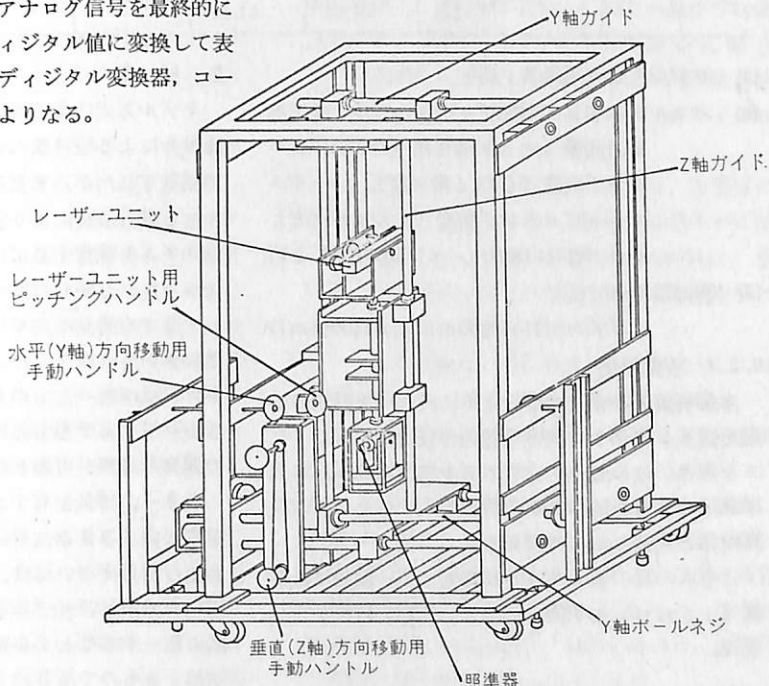


図 8.9 光学式三次元座標解析装置本体の立体図表

表 8.2 光学式三次元座標解析装置計測結果

位 置	規 格 (mm)	測 定			計 算			
			A	A	$\frac{XA}{XB}$	$\frac{YA}{YB}$	$\frac{ZA}{ZB}$	L
1	1-1	Y	637.2	416.6	1382.1	969.8	389.0	997.8
		Z	389.0	117.1				
		θ	39.90	24.78				
	1-2	ζ	58.53	30.14	804.0	203.3	117.1	
		Y	880.6	599.4	1381.6	973.8	389.0	
		Z	389.0	117.1				
θ	39.19	26.95						
2	2-1	ζ	48.86	18.81	805.6	203.1	117.1	
		Y	399.0	667.1	1129.5	112.4	450.5	
		Z	450.5	84.9				
	θ	34.39	22.73					
	2-2	ζ	30.76	66.27	720.4	947.5	84.9	
		Y	195.1	777.8	1129.0	111.8	450.5	
Z		450.5	84.9					
θ	33.57	21.56						
3	3-1	ζ	40.78	58.27	721.1	947.9	84.9	
		Y	417.5	765.5	1320.4	198.7	100.2	
		Z	100.2	393.7				
	θ	38.26	21.85					
	3-2	ζ	35.59	59.23	725.8	949.6	393.7	
		Y	690.8	862.2	1321.4	201.7	104.9	
Z		104.9	398.4					
θ	39.66	21.27						
		ζ	24.69	51.85	727.9	949.6	398.4	

- (5) モデル台最大傾斜角: 15°
 (6) パネル表示項目: 電光デジタル表示, 検出部
 平面座標 (y, z) 各 4 桁 (mm), ヨー
 イング角度 (ζ) 4 桁 (度), レーザユ
 ニットピッチング角度 (θ) 4 桁 (度),
 パイプ番号 12 桁, パイプ測定位置 2 桁
 (7) 検出器本体寸法:
 2730mm H × 2250mm W × 1100mm D

8.2.4 計測結果

本解析装置の精度確認のために行なった計測の結果を表 8.2 に示す。測定空間内の任意の位置にノギスを置き, その起点 A と終点 B を検出器で任意に照準測定し, A B 間の長さを計算し, これをノギスの真の値と比較したものである。

ノギスの真の値 1,000mm に対して, 誤差は計画値 (± 5 mm) を下回っており, 所期の成果が得られた。

9. 結 言

モデル方式による機関室ぎ装設計法は, 従来の図面媒介による設計法の困難さを克服しうるものとして開発されたが, まだその日が浅いために, 長年にわたる試行改良により定着するに至った現行の設計システムを凌駕するにはまだ十分に条件が整っていなかった。しかし, 本文に述べた主としてハードウェア面での開発によって, モデル手法はいちだんと使い易いものになり, よりいっそうの普及のための条件がほぼ整ったものと信ずる。また, 本開発によるハードウェアをもとに, さらにソフトウェア面での開発の進展が可能となった。

数多くの特長を有するこの手法の有効性を今後飛躍的に向上させるためには, さらに, 少なくとも基本的な項目については, ハード, ソフトともに, 標準化を推進し, モデル手法に対する約束ごとを全国的に統一することが必要であり, この体制の確立を切望するものである。(おわり)

LNG 船 (その 4 / 材料・溶接および破壊力学) — 13

恵美洋彦 / 伊東利成

日本海事協会船体部

IMCO 規則 第 6 章 構造材料

6.1 一般

6.1.1 主管庁は、本章の規定の施行と適用の統一を計る適当な手段を講じなければならない*。

* 国際船級協会連合 (IACS) の会員及び準会員が発行する規則、特に IACS 公刊資料 (IACS 統一規則 No.95) を参照すること。

6.1.2 本章は、貨物タンク、貨物プロセス用圧力容器、貨物及びプロセス用管装置、二次防壁及び貨物の輸送用設備に隣接する船体の構造に使用する板、型材、管、鍛造品、鋳物及び溶接に関する規定を与える。圧延材料、鍛造品及び鋳物に関する規定は、6.2 及び表 6.1 ないし表 6.5 に与えられる。溶接に関する規定は、6.3 に与えられる。

6.1.3 製造法、試験、検査及び成績証明書は、認められた基準及び本章に与えられる規定によらなければならない。

6.1.4 (a) 受け入れ試験は、Vノッチシャルピじん性試験を含むものでなければならない。Vノッチシャルピ試験に対する要件は、フルサイズ (10mm×10mm) の 3 個の試験片の最小平均エネルギー値及び個々の試験片に対する単独の最小エネルギー値である。Vノッチシャルピ試験片の寸法及び許容値は、認められた基準による。5mm サイズ試験片より小さい試験片の試験及び要件は、認められた基準による。サブサイズ試験片の最小平均値及び個々の試験片に対する最小値は、次の表に示すところによる。

(b) 全ての場合、材料の厚さにより可能な最大寸法のシャルピ試験片は、表面と板厚の中心間の真中にできるだけ近くに位置した試験片で、表面に垂直にノッチ長さをもつように機械仕上げしなければならない。最初の 3 個の Vノッチシャルピ試

6.1.4 (a) の表

Vノッチシャルピ試験片寸法	3 個の試験片の平均最小値	個々の試験片の最小値
10×10mm	E	$\frac{2}{3}E$
10×7.5mm	$\frac{5}{6}E$	$\frac{5}{9}E$
10×5.0mm	$\frac{2}{3}E$	$\frac{4}{9}E$

ただし、E=表 6.1 及び 6.2 に定めるエネルギー値 (kpm)

試験片が規定に満たない場合、2 個以上の試験片の成績が規定の平均値より低い場合、又は 1 つの試験片が個々の試験片に規定される最小値より低い場合は、同じ材料から採取した追加の 3 個の試験片について試験し、前の試験結果を含めた新しい平均値を得るようにしなければならない。この 6 個の試験片の新しい平均値は、規定の最小平均値未満であってはならない。主管庁が認めた場合は、例えば落重試験のような他のじん性試験を使用できる。このような試験は、Vノッチシャルピ試験に加えて又は代わりに行なう。

6.1.5 引張強さ、降伏応力及び伸びは、主管庁の適当と認めるところによる。降伏点が明らかに示される炭素-マンガン鋼及びその他の材料は、引張強さと降伏応力の比の制限を定める配慮を払わなければならない。

6.1.6 曲げ試験は、材料の受け入れ試験としては省略できるが、溶接の試験では要求される。

6.1.7 他の化学成分又は機械的性質を有する材料は、主管庁の適当と認めるところによる。

6.1.8 溶接後熱処理が規定又は要求される場合、母材の性質は、本章の関連する表の熱処理条件に応じて定め、溶接部の性質は、6.3 に規定する熱処理条件に応じて定めなければならない。溶接後熱処理が行なわれる場合、試験の要件は、主管庁の判断により修正することができる。

6.1.9 本章に示すB, D及びE級船体構造用鋼材は, 認められた基準による船体構造鋼材の級をいう。

6.2 材料に対する規定

表に示す構造用材料の規定は, 次のとおりである。

表 6.1: 0℃より低温でない設計温度の貨物タンク又はプロセス用圧力容器に使用する板, 管(継目無及び溶接), 型材及び鍛造品

表 6.2: 0℃より低く, かつ-55℃までの設計温度

の貨物タンク, プロセス用圧力容器及び二次防壁用の板, 型材及び鍛造品

表 6.3: -55℃より低く-165℃までの設計温度の貨物タンク又はプロセス用圧力容器及び二次防壁用の板, 型材及び鍛造品(合金鋼及びアルミ合金)

表 6.4: 0℃より低く-165℃までの設計温度の貨物及びプロセス用管装置用の管(継目無及び溶接), 鍛造品及び鋳造品

表 6.5: 4.9.1及び4.9.4の規定による船体構造用の板及び型材

表 8.1

設計温度が0℃より低くない貨物タンク及びプロセス用圧力容器用の板, 管(継目無及び溶接)¹⁾, 型材及び鍛造品

化学成分及び熱処理

炭素-マンガン鋼²⁾ キルド鋼

板厚が20mmを超える場合細粒鋼
合金成分を少量加える場合は主管庁の同意による
化学成分の制限は主管庁の承認による
焼ならし³⁾ または焼入れ及び焼戻し

引張及びじん性(衝撃)試験の規定

板 各板毎に試験
型材及び鍛造品 同一溶鋼, 同一熱処理毎
引張特性 規定最小降伏応力は 65 kp/mm² を越えないこと⁴⁾

Vノッチシャルピ試験

板	横方向試験片, 最小平均エネルギー値 (E)	2.8 kp-m
型材及び鍛造品	縦方向試験片, 最小平均エネルギー値 (E)	4.2 kp-m
試験温度	板厚 (mm)	試験温度 (℃)
	t ≤ 20	0
	20 < t ≤ 30	-20
	30 < t ≤ 40	-40

- 注 1) 一般の慣例は, 継目無管及び付着品に適用する。縦シーム及びスパイラル溶接管の使用は, 主管庁によって特別に承認されなければならない。
- 2) 船体構造用鋼の板厚20mmまでのD級鋼, 及びE級鋼は, 独立型タンクタイプB及びC, 及びプロセス用圧力容器を除き, 主管庁の特別承認によって使用できる。この場合, 衝撃試験は各板毎に行なわなければならない。
- 3) 承認された管理の圧延法は, 主管庁の特別承認のもとで焼ならしに代えることができる。
- 4) 規格最小降伏点が 50 kp/mm² を超える場合, 溶接部及び熱影響部の硬度については特別の注意を払わなければならない。

表 8.2

設計温度が0℃より低く-55℃以上の貨物タンク, 二次防壁及びプロセス用圧力容器の板, 型材及び鍛造品¹⁾, 最大板厚 20mm²⁾

化学成分及び熱処理

炭素-マンガン鋼³⁾ キルド鋼, アルミ処理の細粒鋼

化学成分(レードル分析)

C	Mn	Si	S	P
0.16% max ⁴⁾	0.70~1.60%	0.10~0.50%	0.035% max	0.035% max

任意の追加成分：合金及び細粒用成分は、一般的に下記による。

Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V
0.80% max	0.25% max	0.08% max	0.35% max	0.05% max	0.10% max

焼ならしまたは焼入れ焼戻し³⁾

引張及びじん性（衝撃）試験の規定

板	各板毎
型材	同一溶鋼，同一熱処理毎

Vノッチシャルピ試験

試験温度	設計温度より5℃低い温度又は-20℃のうち低い方
板	横方向試験片，最小平均エネルギー値（E） 2.8 kJ-m
型材及鍛造品 ¹⁾	縦方向試験片，最小平均エネルギー値（E） 4.2 kJ-m

- 注 1) Vノッチシャルピ及び化学の規定は、主管庁によって特別に承認されてもよい。
 2) 20mmを超える材料については、Vノッチシャルピ値について主管庁により特別に承認されなければならない。ただし、本表に与えられるもの未満としてはならない。
 3) 独立型タンクタイプB及びC、及びプロセス用圧力容器を除き、船体構造用のD及びE級鋼は、最低温度がD級鋼で-10℃及びE級鋼で-25℃の制限で、主管庁の特別承認のもとに使用できる。この場合、衝撃試験は各板毎に行ない、かつ、6.1.9に示す各級の規定に適合しなければならない。
 4) 設計温度が-40℃より低くない場合、主管庁による特別の承認によって炭素含有量は0.18%まで増加することができる。
 5) 炭素含有量が0.14%を超えない場合、主管庁の特別承認により、焼入れ焼戻し鋼は、より低い設計温度とすることができる。

表 6.3

設計温度が-55℃より低く、-165℃²⁾以上の貨物タンク、二次防壁及びプロセス用圧力容器の板、型材及び鍛造品¹⁾
 最大板厚 20mm³⁾

最低設計温度(℃)	化学成分及び熱処理 ⁴⁾	衝撃試験温度(℃)
-60	1½%ニッケル鋼 焼ならし	-65
-65	2¼%ニッケル鋼 焼ならし，または焼ならし及び焼戻し	-70
-90	3½%ニッケル鋼 焼ならし，または焼ならし及び焼戻し	-95
-105	5%ニッケル鋼 ⁵⁾⁶⁾ 焼ならし，または焼ならし及び焼戻し	-110
-165	9%ニッケル鋼 2回焼ならし及び焼戻し	-196
-165	オーステナイト鋼 ⁷⁾ （例 304, 304L, 316, 316L, 321, 327及び347タイプ）固溶化処理	-196
-165	アルミ合金（例 5083タイプ）焼なまし	要求せず
-165	合金鋼 36%ニッケル鋼	要求せず

引張及びじん性（衝撃）試験規定

板	各板毎
型材及び鍛造品	同一溶解，同一熱処理毎

Vノッチシャルピ試験

板	横方向試験片，最小平均エネルギー値（E） 2.8 kJ-m
型材及び鍛造品	縦方向試験片，最小平均エネルギー値（E） 4.2 kJ-m

- 注 1) 重要部材に使用する鍛造品の衝撃試験の規定は、主管庁によって特別の考慮が払われなければならない。
 2) 設計温度が-165℃より低い場合の規定は、主管庁の特別承認をうけなければならない。
 3) 厚さが20mmを超える材料の場合、Vノッチシャルピ値は主管庁による特別承認をうけなければならない。ただ

- し、本表に与えられるもの未満としてはならない。
- 4) 化学成分の範囲は、主管庁の認めるところによる。
 - 5) 焼入れ焼戻し鋼のより低い最低設計温度は、主管庁によって特別承認される。
 - 6) 特別な熱処理、例えば3回熱処理した5%ニッケル鋼等は、衝撃試験を-196°Cで行ない、主管庁による特別承認があれば、-165°Cまで使用できる。
 - 7) 衝撃試験は、主管庁の同意を得て、省略することができる。

表 6.4

設計温度が0°Cより低く -165°C ⁹⁾ 以上の貨物及びプロセス用管装置の管(継目無及び溶接) ¹⁾ 、鍛造品 ²⁾ 及び鋳造品 ³⁾ 最大板厚 20mm ⁴⁾			
最低設計温度(°C)	化学成分 ⁵⁾ 及び熱処理	衝撃試験	
		試験温度(°C)	最小平均エネルギー(E) kJ-m
-55	炭素-マンガン鋼 細粒キルド 焼ならし、または特別承認	注 5)	2.8
-70	2¼%ニッケル鋼 焼ならし、または焼ならし及び焼戻し ⁷⁾	-75	3.5
-105	3½%ニッケル鋼 焼ならし、または焼ならし及び焼戻し	-110	3.5
-165	9%ニッケル鋼 ⁸⁾ 2回焼ならし及び焼戻し、または焼入れ及び焼戻し	-196	3.5
	オーステナイト鋼 例 304, 304L, 316, 316L, 321, 327及び 347タイプ、固溶化処理	-196 ⁹⁾	4.2 ⁹⁾
	アルミ合金 例 5033タイプ、焼なまし		要求せず

引張及びじん性(衝撃)試験規定

同一溶解、同一熱処理毎に試験

衝撃試験：縦方向試験片

- 注 1) 縦シーム及びスパイラル溶接管の使用は、主管庁によって特別承認されなければならない。
- 2) 鍛造品及び鋳造品に関する規定は、主管庁の特別な考慮が払われて差し支えない。
- 3) -165°Cより低い設計温度の規定は、主管庁の特別な同意を得なければならない。
- 4) 20mmの板厚を超える材料の場合、Vシュルビ値は主管庁の認めるところによるが、本表に与えられる値未満としてはならない。
- 5) 試験温度は、最低設計温度よりさらに5°C低い温度。
- 6) 成分範囲は、主管庁によって承認されなければならない。
- 7) 焼入れ及び焼戻し材では、主管庁の特別な同意を得て、さらに低い設計温度とすることができる。
- 8) この化学成分は、鋳造品については不適當である。
- 9) 衝撃試験は、主管庁の同意を得て省略できる。

表 6.5

4.9.1 及び 4.9.4 に定める船体構造用の板及び型材

船体構造の最低設計温度 (°C)	板 厚 (mm)	鋼 の 級 ²⁾
0 以上		通常どおり
-10	$t \leq 12.5$	B
	$12.5 < t \leq 25.5$	D
	$25.5 < t$	E
-25	$t \leq 12.5$	D
	$12.5 < t$	E
-25 より低い温度		表 6.2 ¹⁾ による

注 1) 表 6.2 の厚さの制限は、船体構造の板及び型材には適用しない。

2) 鋼の級については 6.1.9 による。

海外の新造船

乾舷の高い特異なプロフィールを持つ自動車専用船

オーストラリアのナショナル・ラインは、このほど新造船“Melbourne Trader”の引渡しを受けた。

同船はノルウェーの A/B Frames Mek Vaerksted 社の建造になる RO/RO 式の自動車専用船で、船価は約 3 億 2 千万円。メルボルン～北タスマニア～クィーンズランドのコースタル・サービスに就航する。

写真で見ると乾舷が高く特異なるプロフィールを持ったキャリアーである。

主要目は次の通り。

全長 138m, 最大幅 21m, 載貨重量 5,100 t, 主機関 Pielstick, 巡航速度 18.4kn

(By Courtesy of Australian Information Service, Australian Embassy Tokyo)



メルボンに入港した
“Melbourne Trader”

日本造船研究協会の昭和48年度研究業務について (8)

(社) 日本造船研究協会 研究部

造研が実施せる研究成果の有効な利用方法に関する調査

研究部会：SR200 (部会長 寺沢一雄氏)

日本造船研究協会においては昭和27年度より現在にいたるまで種々の研究課題について多くの研究が実施され、多大の成果をあげてきたが、これらの研究内容についてはたがいに関連のある問題が多く、それぞれの研究成果の間の比較検討が十分なされないまま独立に用いられている場合も少なくない。

そこで、本調査は、実船試験、疲労強度、振動および波浪荷重に関し、それぞれ本会各研究部会で得られた研究成果をとりまとめる他、内外の関係する文献をも参考にして設計に効果的に利用し得るような形で各研究成果のとりまとめを行うため、その第2年度として次の調査を実施した。

(1) 実船試験関係研究成果の調査

47年度に引続き、各社技報、海外文献等にもとづき実船試験関係の成果を試験の種類別に分類し実船試験一覧表を作成した。また、文献を総合し実船試験、強度関係実船試験、耐航性操縦性関係実船試験、推進抵抗関係実船試験に分類した。さらに、実船試験に対する展望、考案を主とするとりまとめ方針を策定した。

(2) 疲労強度関係研究成果の調査

47年度に作成した設計基準案を基に、船体の縦強度部材の疲労強度の検討を行った。その結果、船体の縦強度部材の平滑部および溶接継手部の疲労強度は十分の余裕があり、大きな欠陥等が無ければ、現在の船級協会規則の要求する断面係数を有する船体では、これらの部分に疲労亀裂が発生する可能性がほとんどないことが判明した。

また疲労亀裂の伝播に関する調査検討の結果、表面亀裂の形状の影響としては、初期亀裂の深さが大きく、亀裂の幅の影響は小さいことが判った。また亀裂の板厚貫通寿命に対する板厚の影響は僅かであり、板厚が10mmのもの寿命は30mmのものに比

べて約1割小さい程度であることが判明した。その他溶接部の余盛形状の影響に関しても定量的な関係が求められた。

(3) 振動関係研究成果の調査

47年度に引続き、第94および第112研究部会の成果をはじめとし、内外の振動関係の文献を調査して、局部振動、機関・軸系振動をも含めた船舶の振動全体にわたる船舶振動設計便覧(仮題)の原稿作成作業を続行した。

(4) 波浪荷重関係研究成果の調査

次の2項目を調査研究の対象として48年度より開始した。

(a) 垂直波浪剪断力および曲げモーメントに関する調査研究

最近の10数年間にすでに学会等で公表された研究成果およびSR90でまとめられた研究成果を総合し、さらに若干の補足的な研究を追加して、垂直波浪剪断力および曲げモーメント設計値をどのように設定すべきか、特に船の長さ方向に沿った剪断力および曲げモーメント設計値の分布について十分な検討を行う。

(b) 波浪変動水圧および甲板上水圧荷重に関する調査研究

最近学会等で公表された研究成果、SR131における研究成果を総合し、これに荒海中で甲板が水面下に没入する程度に船体運動が激しい場合の船体表面変動水圧および甲板上水圧荷重に関する新しい研究成果を追加して、横強度および局部強度上の波浪荷重設計値推定を行う。(潮田)

船舶用一体型加圧水炉の概念設計に関する試験研究

研究部会：NSR7 (部会長 入江正彦氏)

この数年来、急激に増大した世界の海上輸送量に伴う船舶の大型化、高馬力化の傾向と、最近ようやくあらわれて来た内外のエネルギー需要の逼迫、さ

らに48年末からの石油価格の異常な上昇を考えるまでもなく、近い将来、必然的に原子力船時代の到来が予想される。これに備えて原子力船の開発を推進することは、世界の造船海運国たるわが国として積極的に取り上げるべき重要課題である。原子力船開発の中核は高経済性の船用炉の開発であり、その効果的な国としての開発計画が早急に確立されることが切望される。

本試験研究は、上記のわが国の船用炉開発計画策定のための指針を得ることを目的として、現在実用化がもっとも進んでいる軽水冷却減速、低濃縮燃料、貫流型蒸気発生器を内装する一体型軽水船用炉の構造、配置、性能、その他の概要をまとめ、この船用炉が技術的に成立することを確認し、今後解明すべき技術的問題を抽出し、また船用としての適応性および経済性の評価、検討の資料を求め、昭和46年度より開始した3カ年計画の研究の最終年度のものである。

(1) 2次系統概念設計

本試験研究の一体型船用炉の概念設計では、炉容器の寸法、構造その他の関係より、蒸気発生器を炉心の側面に配置した。これによる2次系水の放射化を考慮して主蒸気系統、給水復水系統、浄化系統、2次系統遮蔽の4項目の設計を行ない、2次系統の設備、配管とこれらに必要な遮蔽構造をまとめた。

(a) 主蒸気系統

主蒸気系統は、圧力容器の4個のノズルから格納容器、2次遮蔽を貫通して、機関室主機タービンに至る蒸気系統で構成される。2基2軸船のため、2系列の主蒸気管を左、右舷に独立に配管し、安全性を持たせるものとした。また、片舷2個のノズルから出た蒸気管は、1系統にまとめる必要があり、2次遮蔽貫通孔をできるだけ減らすことに着眼すれば、格納容器内ないしは、原子炉室内で1体にまとめることが望ましいが、スペース上の制約も考えられるので、本案においては、機関室内でまとめるものとして系統図を作成した。

主蒸気管より分岐される主要系統すなわち、主発電機タービン、主給水ポンプタービンおよび補助系統は、左右舷主蒸気管よりそれぞれ独立に配管する。

通常崩壊熱除去系統は、左右舷主蒸気管より分岐したのち、共通管を経て、崩壊熱復水器に導入するが、予備系統として主復水器へも導入できる計画とした。なお、大気放出による崩壊熱除去は放射能による影響について、さらに検討を必要とするので、

現段階においては、考慮しないこととしている。

左右舷独立の主蒸気管には、交通管を設け、止弁の操作により、蒸気発生器ないしは主機タービンの故障時に相互の組合せ使用が可能ようにした。また、主蒸気は約30℃の過熱度を有しているの、配管の温度降下を考慮しても、湿分分離器の設置は必要ないので、主蒸気管には設けないこととした。

配管の材質、肉厚、口径については、46年度に実施した熱平衡線図のデータに基づき、計算による算出と、船舶の配管設計標準に適合させて、それぞれ決定した。

(b) 給水、復水系統

給水、復水系統は、2プラントに対し、それぞれ独立ループとするが、給水ポンプ吐出系など、必要部分には共通管を設け、原子炉給水系に多重性を持たせている。

復水系統は主復水器よりデアレータに至る主ラインに、補助復水系統、ドレン系統を合流して構成される。主復水ポンプ吐出側には、2基の脱塩塔を有するバイパス浄化系が装備される。

給水系統は、各プラント2基の主給水ポンプのうち、それぞれ1基を常用として、デアレータより吸引し、高圧給水加熱器を経て、2系統に分け、それぞれ2箇の給水ノズルに接続される。

原子炉の起動、停止ならびに崩壊熱除去時の給水用として、2基の補助ポンプのうち、1台を常用とし、主給水ラインとは独立した補助給水ラインにより給水されるが、2次遮蔽貫通部においては、主、補助ラインは合流させる計画とした。

また、補助給水ポンプは、補助推進時におけるボイラーへの給水ポンプとしても兼用し、ボイラーへの主、補助給水ラインを別々に設けている。

緊急炉心注水系は、1次系にて計画されるので、2次系からの注水系は、設けないものとしている。

1次系への補給水は、デアレータからの補給を建前として計画した。

給水制御系ならびに給水ポンプ自動制御系については、別途、検討のうえ計画する必要がある。

配管の材質、肉厚、口径等については、46年度に実施した熱平衡線図のデータに基づき、計算による算出と、船舶の配管設計標準に適合させて、それぞれに決定した。

(c) 浄化系統

蒸気発生器は炉容器内に設置されており、2次系統の冷却水が炉心外周の側面を通るため、かなり放射化される。冷却水中には、おもに配管の主成分で

ある鉄、銅、ニッケル等がさびとして存在する。これらの成分が放射化されると、冷却水の放射能濃度が増加するだけでなく、水質的にも悪くなり、蒸気発生器の給水として適さなくなる。一方、機関室における被曝線量を極力抑制するために、主蒸気および復水中に含まれる放射性物質を除去する必要がある。そこで、復水器出口の水質、復水脱塩器設置のための要件、イオン交換樹脂の実用寿命、イオン交換樹脂に蓄積する放射能などを調査し、復水脱塩器の概念設計を行なった。

(d) 2次系統遮蔽

昭和47年度に選定した、炉心、SG配置形状について、炉心中性子による2次系水の放射化量をもとめて、2次系統の遮蔽設計計算を実施した。

遮蔽設計の方針として

機関室全体を遮蔽することは考えないで、機関室内部の各機器の遮蔽とする。

各機器の遮蔽に対しても、距離による減衰効果を利用して、できるかぎり遮蔽を施さないものとする。

の2点を考慮した。

さらに、炉心、SG配置形状の再検討により、2次系水の放射化量の低減化がはかられたので、機関室内各機器遮蔽におよぼす効果を検討した。

(2) 計測制御系統概念設計

47年度には、第1次として炉の動特性解析のための制御特性計算および核計装設備、安全保護設備の設計を行なった。本年度はこれに引きつづき炉自動制御設備、プロセス計装設備、制御棒駆動設備、制御盤の4項目の設備を設計し、計測制御系統をまとめた。

なお、計装制御系の設計に当って、特別に付加した条件は次のとおりである。

周囲条件

格納容器内	温度50℃	相対湿度80%以下
格納容器外一般	温度45℃	相対湿度80%以下
制御室	温度22±5℃	相対湿度60%以下
		ただし最高温度は45℃とする。

電源条件

計装用電源	単相115V, 60Hz
	電圧変動率 瞬時±1%以内 漸時±1%以内
	周波数変動 瞬時±5%以内 漸時±1%以内
3相交流	440V, 60Hz
単相交流	100V, 60Hz

(a) 自動制御設備

本設備は、原子炉出力、蒸気発生器への給水、蒸気ダンプの自動制御を行なうものであり、下記の機能を有する。

(i) 原子炉プラント及び2次系プラントの安全かつ安定した運転を維持する。

(ii) 原子炉プラント及び2次系プラント自動(手動も含める)運転中の運転状態に関する必要な情報を運転員に指示およびまたは記録する。

(iii) 自動制御系は必要な場合は手動操作に切換え、適切な安全運転が可能なものとする。

また、本設備は上記機能を満足すると同時に、原子炉プラント及び2次系合体の安全運転を計るため、関連計装制御設備と有機的に結合されるものとする。

自動制御設備に含まれる系統は次のとおりとする。

(i) 原子炉出力自動制御系

(ii) 蒸気発生器給水制御系

(iii) 蒸気ダンプ制御系

(b) プロセス計装設備

本設備は原子炉運転上必要な下記の機能を有するものとする。

(i) 原子炉プラントの安全かつ安定した運転を維持する。

(ii) 原子炉運転中運転状態に関する必要な情報を運転員に指示し、およびまたは記録する。

(iii) 原子炉運転中原子炉設備に異常事態が発生した場合は、迅速に運転員に対する警報表示を発するとともに、手動または自動による適切な安全動作が速かに処置されるようにする。

以上のような機能を満足するために、他の計装制御設備と有機的に関連し、総合的な機能を十分発揮できるよう考慮する。

プロセス計装設備に含まれる系統は次のとおりとする。

浄化系統、体積制御系統、余熱除去系統、補機冷却系統、非常用冷却系統、サンプリング系統、1次冷却系統

(c) 制御棒駆動設備 …

制御棒は、原子炉の起動運転、停止時などの原子炉の反応度を制御するために用いられ、本制御装置により、制御グループ及び停止グループ制御棒の挿入引抜きを制御する。

制御棒駆動装置は電磁ジャック機構で圧力容器、ステーションナリグリップコイル、ムーバブルグリップ

パコイル、リフトコイル及びこれらのコイルのアー
マチャラッチからなる。スティショナルグリッパ、
リフトコイルは圧力容器に固定され、ムーバブルグ
リッパの上下、すなわち各コイルの電流の通電状態
の組み合わせによって駆動軸を上下する。

制御棒の制御は運転員または原子炉出力自動制御
装置及び原子炉保護装置よりの信号により行なわれ
る。

運転員により手動で動作される場合には、任意の
バンクを選択した手動レバーにより一定速度で挿入
引抜を行なう。

自動動作の場合には制御グループのみ原子炉出力
自動制御装置よりの信号に従って可変速度で挿入引
抜が行なわれる。

また、原子炉保護装置より保護信号が出た場合に
は、制御棒挿入(セツバック)、またはスクラム
等の保護動作が行なわれる。

上記3つのコイル(スティショナルグリッパコイ
ル、ムーバブルグリッパコイルおよびリフトコイ
ル)以外に引抜き防止コイル及びラッチを設け、船
体転覆時の制御棒引抜き防止を行なう。

(d) 制御盤

原子炉部中央制御盤の概略盤寸法の算定を目的と
した概念設計を下記に示す。

盤設置場所	中央制御室
盤形式	ベンチ型閉鎖配電盤とする。
盤寸法	幅(前面) 7,750mm
	高さ 2,900mm
	(チャンネルベース含む)
奥行	1,500mm(垂直部)

(3) 配置の検討

(a) 原子炉室配置

47年度の炉補助系および廃棄物処理設備の概念設
計による仕様および要目を基にして原子炉室内に配
置しなければならない機器を選別した。また、当然
必要となる保健物理室・管理区域換気通風系統・補
給水系統については適当なスペースを設けた。補給
水系統・補機冷却系統は機関室配置とする方がよい
と考え、原子炉室には入れなかった。

原子炉室は船体からくる制限(耐衝突構造で両舷
7,500mmとられる)から幅8,200×長さ15,500×高
さ17,000mmの大きさとなった。このうち11,000×
11,000mmは1次遮蔽で囲まれた区画を有する。そ
こには格納容器があるが、格納容器と1次遮蔽の間
に最も放射能度の高い廃棄物処理系の濃縮廃液タン
ク4基およびビルジポンプ2台を配置した。

1次遮蔽外の区画に他の機器を配置したが、その
際下記のような点を考慮した。

- (i) 温態な機器と冷態な機器を分類して配置した。
そのうち Hot な機器は遮蔽を施した室を設け配
置した。その系は体積制御系、余熱除去系および
液体廃棄物処理系である。
- (ii) 配管を考慮し各系統が同一区画にくるよう系統
別に配置した。
- (iii) 耐衝突構造は衝突の際原子炉室を完全に保護す
る構造になっている。
- (iv) 各機器のサイズは設計未了のものについてはタン
ク類はその容量から、熱交換器類は交換熱量と
伝熱面積からサイズを適当に決めしたが、ポンプ類
は適当なスペースを割り当てた。

(b) 機関室配置

機関室の位置は、艀側に原子炉室を配置すること
を考慮して、原子炉室が他船との衝突および座礁な
どの事故に対してできるだけ安全度の高い位置であ
るとともに、船体運動による加速度がもっとも小さ
くなる位置であることを考慮して決める必要がある。
これらの条件を満足する原子炉位置は、0.375
L~0.5Lと検討され、これをベースとして、機関
室位置を検討した。

すなわち、主機タービンを主体とする2次系機器
ならびにプラント艀装に必要なスペースを検討し、
さらに想定船の主機タービンに比べ、飽和蒸気ター
ビンのために大型になっている本船用主機が、想定
船の船幅に納め得る位置等を総合的に検討した結
果、F-96~139間を機関室スペースとすることに
した。想定船に比べ、主ボイラーを装備しないの
で、3フレーム短縮されている。

上記により機関室は凡そ0.26L~0.38L間とな
り、艀側に配置する原子炉室は前記振動加速度等の
条件を満足し得る位置に配置できることになる。

(4) 事故解析(第2次)

47年度には設計炉について次の5項目の事故解析
を行なった。

制御棒引抜き事故、1次系破断事故、冷却材流量喪
失事故、起動事故、主循環ポンプ起動事故

本年度はこれに引きつづき次の4項目の事故解析
を実施し、また重大事故および仮想事故をとりあげ
設計炉の安全性を評価した。

蒸気需要過大事故、蒸気発生器細管破断事故、燃
料取扱事故、船体事故

(a) 蒸気需要過大事故解析

蒸気需要過大となる原因としては種々あるが、そ

のうち主として、2系列ある主蒸気管の一方がギリチン破断をした場合を取上げ、この時に原子炉に加わる正の反応度による原子炉の安全性および機室内にいる船員が受ける外部被曝線量を概念的に求めた。なお、インプットデータとしてある程度の仮定値を用いなければならなかったこと、現有の計算コードまたは手法にある程度の修正をほどこして利用したため解析精度的には充分なものではないが、概念設計研究として、見通しを得る目的のためには役立つものと考えている。

(b) 蒸気発生器細管破断事故解析

蒸気発生器の細管1本が両端破断した場合の1次系の温度・圧力変化を求め、2次蒸気中への1次冷却水の放出量を求めた。

そして、それに伴う船内および船外の線量分布と環境へ放出される放射エネルギーを求めた。

(c) 燃料取扱事故解析

燃料取扱事故のうち、燃料集合体の落下に伴う燃料被覆材の機械的損傷事故について解析し、以下の各項目の評価を行なった。

- (i) 燃料集合体の落下事故に伴う作業員の被ばく線量を求め、あわせて遮断設計、フィルター効率および換気率への要求事項を求める。
- (ii) 燃料集合体の落下事故に伴うスタッフからの放射線量を求め、公衆への影響を評価する。

(d) 船体事故

一体型原子炉を搭載した高速コンテナ船の海難事故について検討を加え、これにより原子炉装置に環境に放射性物質を放出するような損傷を与えるような事態に発展するか否かについて考察すると共に、設計上及び今後検討を要する問題点を抽出した。

(e) 安全評価

安全評価の対象として、重大事故および仮想事故を取りあげ、これらの事故に伴う乗組員および一般公衆の被曝する線量を求めた。これらの事故の結果生ずる被ばくには、甲状腺被ばく、外部全身被ばく等がある。被ばくに至る経路を考えると、スタックから放出された放射性雲によるもの、格納容器及びフィルターからの直接被ばくによるものになる。ただし、ここでは、フィルターに蓄積される放射線量の計算は行なったが、そこからの直接被ばくは、フィルター位置および遮蔽条件が未定のため行なわなかった。これは、大衆の被ばく線量にはほとんど影響しないが、乗組員の被ばくについては場所により問題となるので、今後の検討が必要である。

以上より求めた被ばく線量により、事故時に設定

すべき管理地帯の範囲、隔離距離の決定等を行なった。さらに、被ばく線量に影響を及ぼす因子として、格納容器のリーク率、フィルター効率等をパラメータとして解析を行なった。

(5) 要目等の整理、検討

本設計炉の1次系について、各機器、装置、設備等の性能、寸法、重量その他を整理し、要目表および重量表を作成し、また、燃料交換計画を検討、方式を選定した交換装置および必要とする遮蔽の概要をまとめた。(本篇未完、次号へつづく)

海外事情

■ リール式パイプ敷設船

世界的な同時景気停滞で、石油は需給が緩んだままであり、オイルショックで最高の利益を上げたさすがのメジャーも新油田開発に対する投資意欲を低下させられている。これに伴いオフショア石油開発産業も新規のリグに対する投資をひかえつつあり、日本の造船界が期待したリグ・ブームも一瞬で去った感がある昨今ではあるが、この時期こそ海洋開発の問題点を冷静にふり返り、新しい視点からデマンドを掘り起す、新しい技術開発が必要ではなからうか。本稿は SANTA FE 社のリール式パイプ敷設船の紹介である。(Ocean Industry, 6月号)

リール式パイプレイヤー“APACHE”は、次のような特長を持っている。

- 1 水深3,000フィートまで操業可能(在来のものは、普通1,000フィートまで)。
- 2 スプールには、最大7,500トンの完成したパイプラインを収納可能で、タグボートのアシストなしで0.5~2ノット速さで自航しながら、パイプ敷設作業を行なう。24インチ径で7.2マイル、18インチで16マイル、6 $\frac{1}{2}$ インチで99マイルの敷設可能である。なお船位の保持は、2,000PSのサイドスラスタ4基で行なう。
- 3 最大波高15フィート。最大風速50ノットまで操業可能である。

パイプは陸上で熔接、検査、塗装の工程を消化した上、スプールに巻き取られ、敷設現場では、このやっかいな作業がないので、きわめて高い能率が期待されている。本船の要目は次の通りである。全長・569ft. 9in. 幅・104ft. 深さ・45ft., 吃水27ft. 10in, 航続距離・13,000マイル, 航海速度・16ノット, 主発電機・40,000BHP

三脚型滑走艇の試作

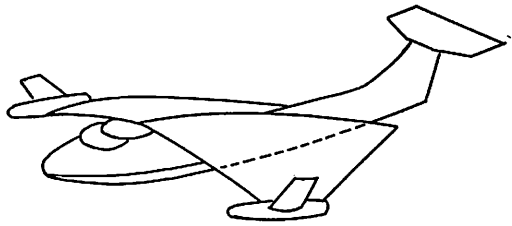
尾崎 篤志

新明和工業航空機製作所設計部

まえがき

昭和47年中頃であったか、西独で下図のスケッチ（第1図）に示すような有翼滑走艇が製作され、新聞、雑誌等で紹介された。ご存知の方も多と思われるが、この有翼滑走艇は西独国防省の依頼でアレクサンダー・リビッシュ氏が設計したもので、艇体は全長4m、翼長5.9m、重量250kgで、48馬力のエンジンで空中プロペラを駆動し、時速63哩で航走したといわれる。

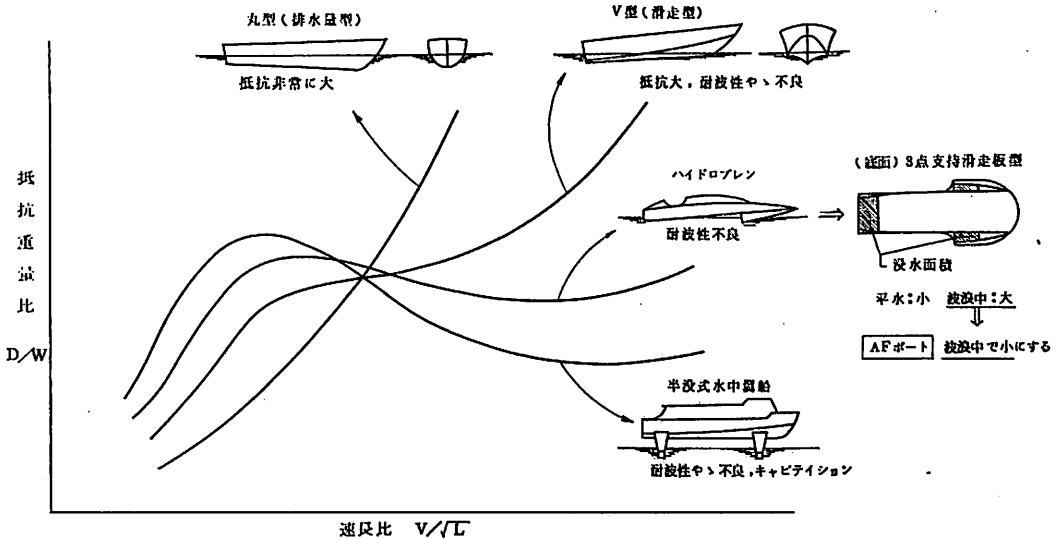
当社でも当時このことが話題になり、とうとう、これと似たもので楽しいボートが出来ないかという



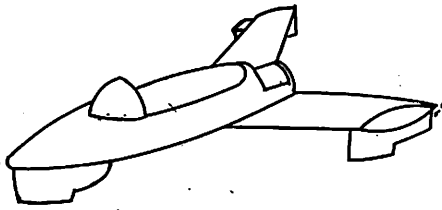
第1図

ことになった。そこでいろいろ検討してみると、抵抗重量比0.1以下の乗物とすることは容易で、非常に効率の良い乗物が出来そうであるがラムウイング特有の縦の動安定、下反角翼のもつ方向不安定性に問題があり、これらは勿論、安定板（尾翼）をつけることによって解決出来るであろうけれども、相当精密な風洞および水槽試験をやってからでないとい試作に入るのは無理であろう。またホパークラフトはスカートが波に叩かれることや、エアークッション内に波が入ることによる圧力変化を敏感に艇体が感ずるため、乗り心地があまり良くないといわれるが、有翼滑走艇も水上を航走する以上同様の問題が生ずるのではないかとにかくスピードは出るが安全で乗り心地のよい乗物にするには大変なことになりそうである。

“乗りかかった船”で、その他雑誌等に発表されたものや、商社のもってくる“変り種”について検討してみたが、それぞれの適応分野はあるうけれど、一長一短があってもうも気に入らない。



第2図 各種高速船の水抵抗



第3図

三脚への着想

“新規なもの”を考えたいのだが、正攻法で行くなら舟艇である以上、高速性と耐波性を兼ね備えたものが望ましい。従来の船型の抵抗重量比は、大きさに対する重量の割合や重心の位置によって大きく変わるけれども、大体第2図のようなものと考えてよいであろう。水中翼船は抵抗重量比にすぐれているが、“新規性”がなく、高速域で厄介なキャピテーション問題がある。そこで水中翼船に次いで抵抗重量比のよいドロップレンに目をつけて、これに何とかして耐波性をつけようと考えた。

一般に滑走艇やドロップレンの耐波性が良好といえないのは、船体を支える揚力を発生する滑走面の浸水面積が、波浪を受けると急増して、従って揚力が急増してはね上るのであるとの観点に立って、滑走板の面積を高速滑走に必要なだけの大きさに制限してみよう、というのが第一の発想である。そうしてこの滑走板の上方は支柱状浮舟で覆い、この支柱状浮舟を左右一対設け、静止より浮上に至る途中や、波浪中で被水して滑走板が水没状態にある時に、浮力による横安定をもたせる。さらに滑走板を前後に配置して、高速滑走時の取付角が最適トリム角になるよう設置する。

この最適トリム角とは滑走板が最小抵抗を示すトリム角で、これよりトリム角が増しても減っても抵抗は増大する。一般にV型滑走艇の水抵抗がフルード数約1.5以上の速度で急増し、いわゆる速度の三乗側につぶかかるのは、これ以上の速度になると滑走板としては面積が大きすぎ、必要揚力を発生するのに釣合うトリム角が小さくなり、抵抗重量比の悪い低いトリム角で滑走しなければならない状態になるからで、前述のようにすれば高速域で効率のよい乗物になるに違いない……。

さて簡単なためには4本脚より3本脚の方がよい、また横安定を取る一対の脚を前におくか後におくかであるが、船外機のため後が重くなるから後に2本脚をもってこようと決める。試作艇には当社製品の落下タンク（飛行機の翼下につける補助燃料タ

ンク）を利用しようと考えをめぐらし、第3図のスケッチに示すアメンボーのようなイメージが出来上がった。

基本設計

発想のきっかけは有翼滑走艇（Aerofoil Boat）であるからこの略語を取って、試作艇の名称をAF-XSとし、一応次のように諸元を定める。

長さ	4.0m
乗員	前後2名
使用船外機	ヤマハ450P（25PS/5, 200rpm）
速力	60 km/h 以上
艇体重量	100kg
全備重量	300kg（性能計算用）

まず耐波性を目標とするのだからと、水中翼船のように追い波に突込んででは困ると簡単な計算をしてみると、前脚の滑走板の取付角が予想外に大きくせねばならぬのに驚く。また大体の重量計算をすると後から艇長の大体巧の所に重心が来るので、各脚の揚力分担を同じ100kgときめ、抵抗見積りをはじめると、支柱状浮舟をあまり大きなものにする、滑走板が必要揚力を得る速度になる前に、支柱状浮舟の抵抗が大きくなり過ぎて浮上出来ないことがわかった。

そこで横の安定を取る一対の浮舟間隔を2mと大きくして、支柱状浮舟の水線面積を小さくし、かつ滑走板の面積を“高速滑走に必要な大きさ”よりやや大きめにし、早く浮上させて支柱状浮舟の抵抗増加より逃げることにした。

その他性能・強度上の幾つかの計算をして、基本設計の3面図は第4図に示すようなものとなった。

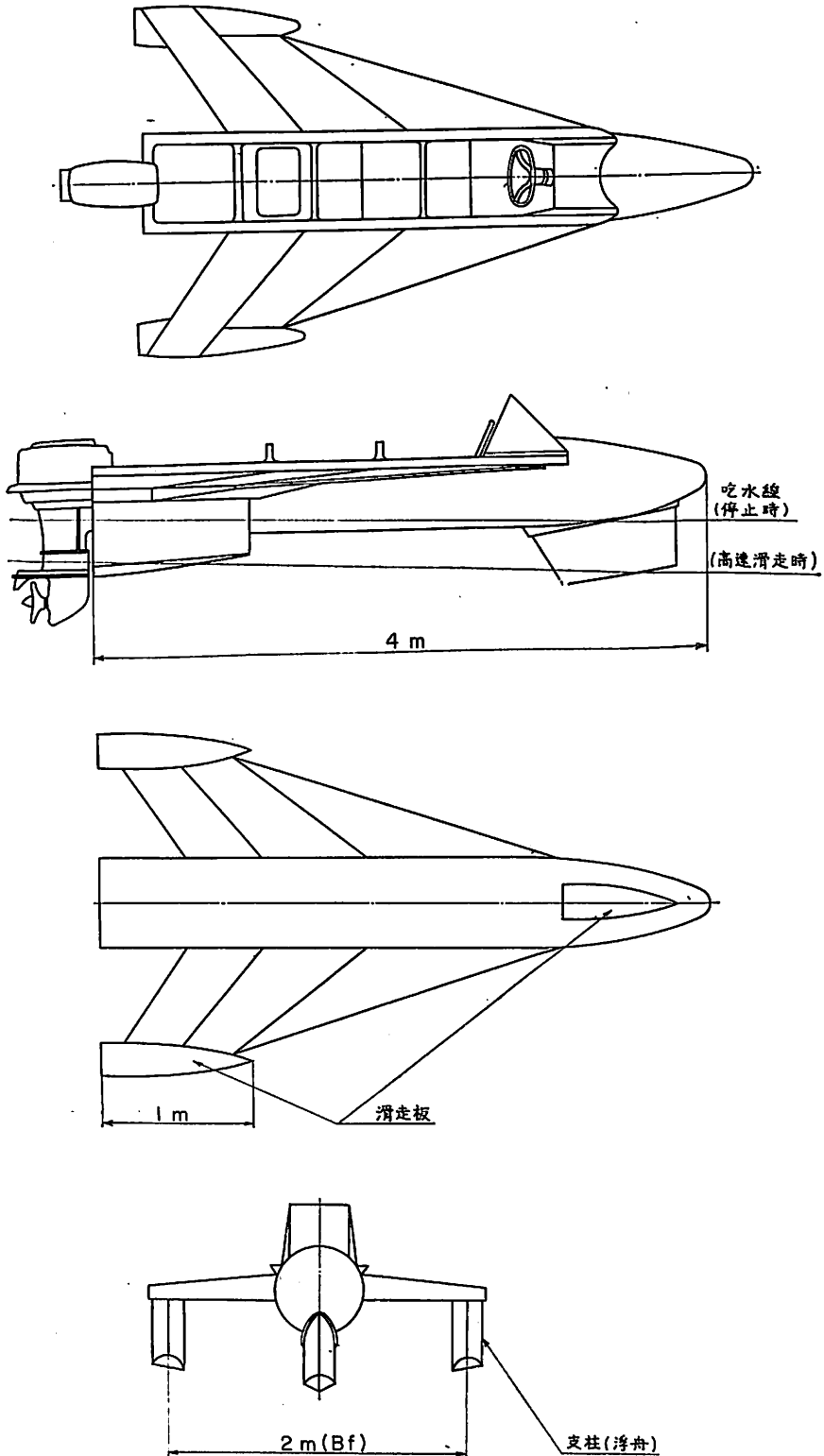
この試作艇はドロップタンクが軽合金製なので、これに合わせて支柱状浮舟や滑走板は軽合金で製作した。操縦系統・燃料タンクその他の艤装品は、すべて市販品で間に合わせてある。

航走テスト

テストは48年1月の雪の降りそうな日から始まった。次々といろいろな問題が出て悩ませられたのでそれらを列記すると、

まずぶつかったのはおそろしく旋回半径が大きく、また直進でいくらパワーをあげても艇体が離水しないことであった。旋回半径が大きいのは船外機が前過ぎて、支柱状浮舟の横腹を押しているような格好になっているからであり、艇体が離水しないのは艇体断面が丸いから水に吸いつくのだと見当をつ

第4図 AF-XSの3面図



けて底の平らな尻尾を追加して艇尾を延ばし、船外機を後にもっていった。これで旋回半径はますますということになったが、低速から増速すると次第に前脚が浮上し始めるが、完全浮上する前に前脚が突然沈む。この時は後脚も浮き始めているので、オジギしたような格好で艇首を水面に突込み、乗員が頭から飛沫を浴びた。乗員は何とかして浮上しようとするものであるが、何回やってもこれを繰り返す。冬の寒い日であり、人道問題ではあった。

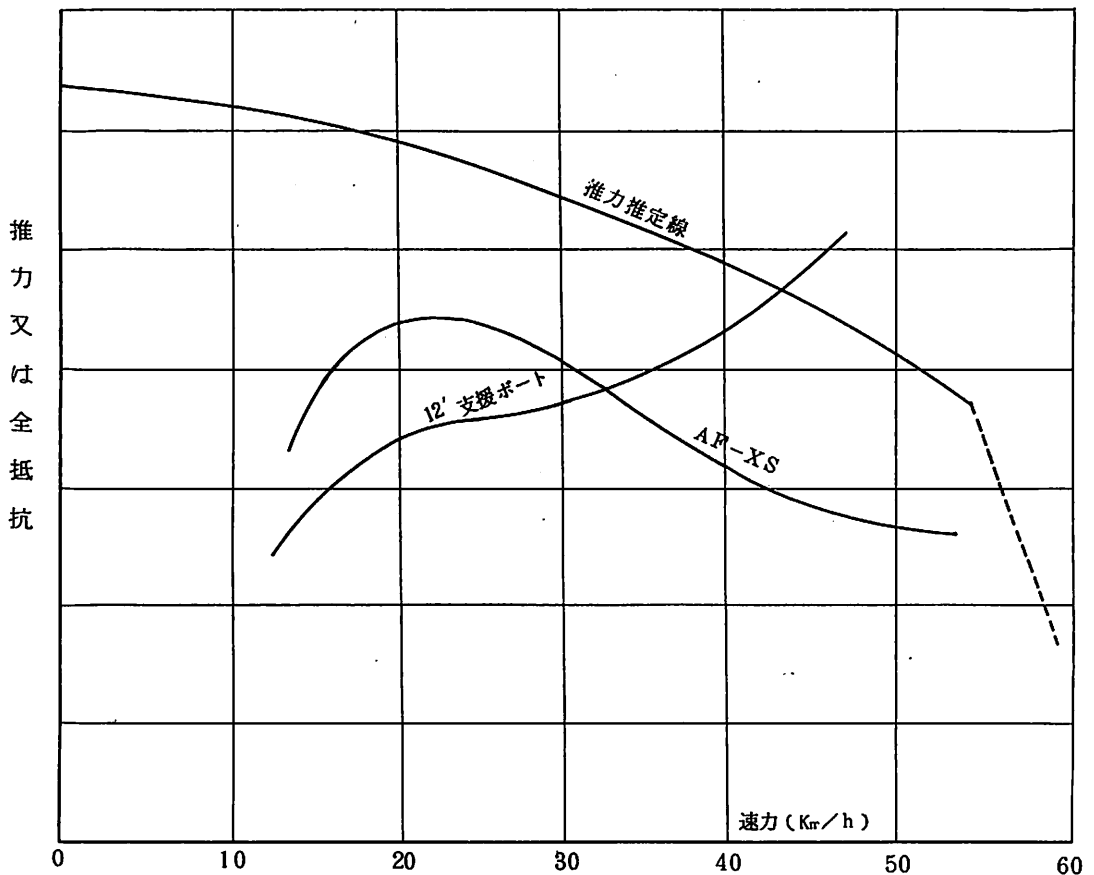
実はこれと同じような現象が水中翼船にもあり、水中翼船のは水中翼の上面を流れる水が、空気の吸い込みで突然削られる失速現象である。われわれは滑走板にもあるいはこれと似た現象が起るかも知れないと予想していたので、あらかじめ考えていた対策を実施して解決した。この他、プロペラの空気の吸込みが比較的早く起ったり、前脚が艇首を左右に振る不安定運動を起したり、波浪中で横波を受けると後脚が横滑りして尻を振ったり、ハンプ抵抗が大きくて2人乗りで浮上しなかったり、滑走板面積を

大きくしてこれを解決したと思ったら、風があると前方滑走板の発生する飛沫が後方の乗員をびしょ濡れにしたり……という具合であった。

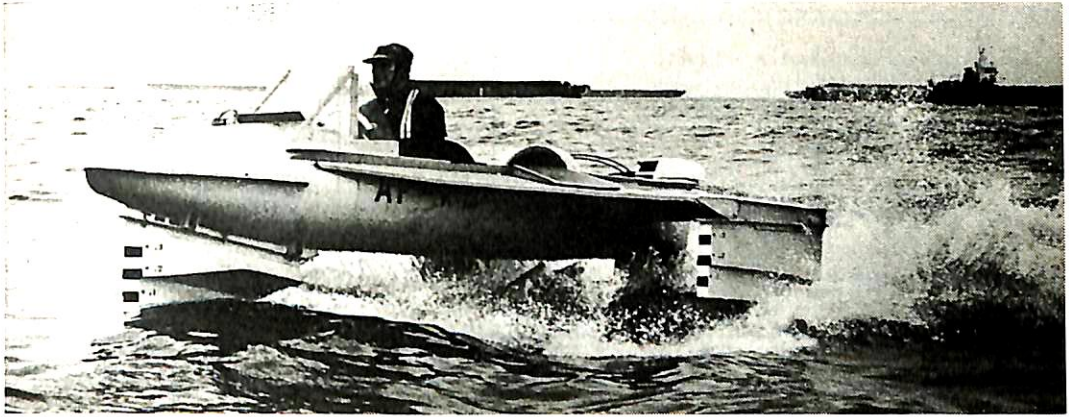
これらを1つ1つ解決しながら滑走板の形状や面積、上反角（デッドライズ・アングル）等をいろいろ変えて調査し、艇体に“にせフレーム”をつけて艇体幅を拡げてみたり、大型浮舟をつけて、艇体が浮上しないのを確認したりして、3本脚の性質を大体知り得て、試験を終了したのは49年7月であった。

試験成績

試験は使用しているプロペラについて、あらかじめ推力—速力—エンジン回転数曲線を作成しておき、これに試験時のエンジン回転数と速度の測定結果をプロットして、抵抗の傾向を知ることにした。比較のため某社の12フィートボートを支援艇に選び、これに同じエンジン、同じプロペラをつけて使用したが、抵抗の傾向の一例を示すと第5図のごと



第5図 AF-XS 4m実験艇海上試験結果



曳き波での航走

きものである。

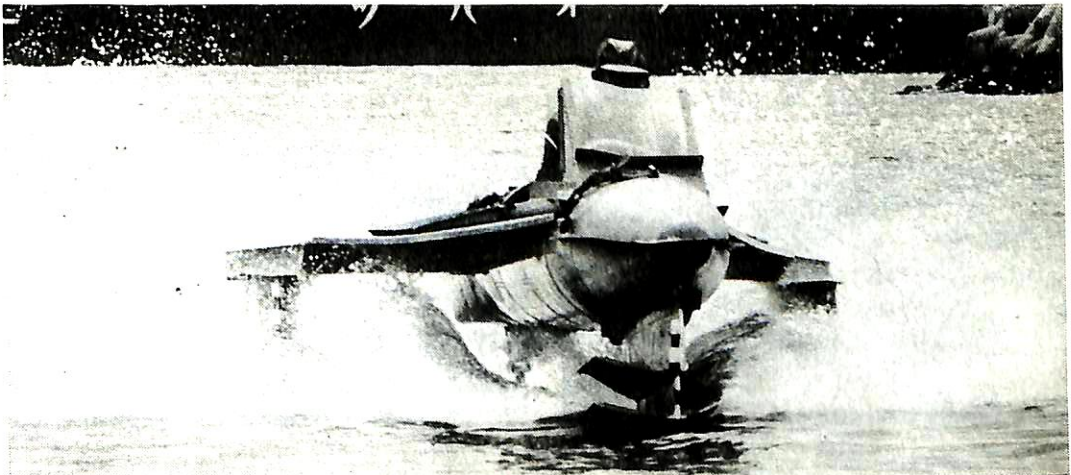
ハンプ抵抗の大きさは相当なものである。重量が予定よりかなりオーバーしたこともあって、最高速度は1人乗りで53 km/h、2人乗りで51 km/hで目標値を割ったが、支援艇の1人乗り43 km/hよりはかかなり大きい。支援艇はピッチの小さなプロペラに換えてミーティングさせてやると46 km/hを出す。

図に示す通り高速時の抵抗が少く、最高速度時にフルパワーを使っていないことになるので、エンジンがオーバーレボを起すかと思ったが、フルスロットルでもそのようなことはなかった。最高制限回転数近くになると、伝達機構その他の損失が増して、エンジンの性能表通りのトルクがプロペラに伝わらないのかも知れない。あとで大型クルーザーを使って曳航試験を行ない、水抵抗の絶対値を測定したが、計器の指針の振動がかなりあり、また試作艇の

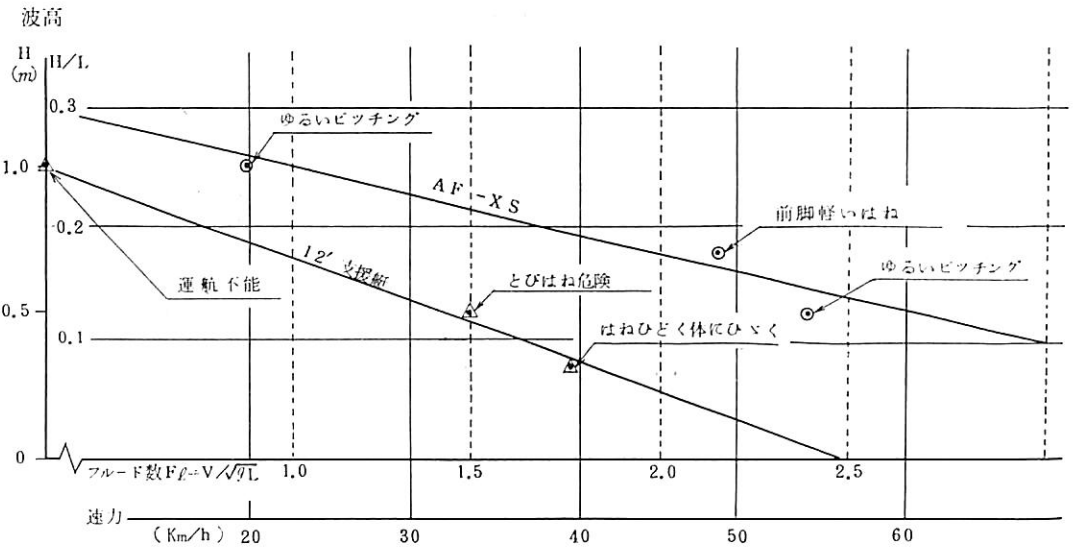
艇首の曳航位置の高さによって異なった値が出たので、はっきりわからないが、プロペラの性能曲線を使った抵抗値は、これらの中に納まるので大体合っているように思われる。

耐波性は予期したように良好であった。0.3~0.5 mの波高の中で支援艇と併走したが、支援艇は30 km/h上の速力では上下のショックが大きく、身体がもたないと感じたのに対し、試作艇は45 km/h程度の速力では波を全然気にしないで走れる。大きな波に出会うと前脚が軽くなるだけで、後脚が飛び出すようなことはなく、はねた前脚の着水もソフトである。

耐波性の定義も明らかでなく、また体感なので厳密なものとは到底言えないが、支援艇と乗り心地から来る耐波性を比較すると、第6図のような感じである。支援艇のこの耐波性の限界が、主として身体がとてもたぬと感ずる上下ショックなのに対し、



最高速力50キロでの航走



第6図 支援ボートとの耐波性比較

試作艇のそれは、大きな追い波を追い起す時に前脚が波頭に突込み、支柱状浮舟に波をかぶるが、この時の急ブレーキがかかったような前後加速度と、横波を受けた時、ときどき起る後脚の横滑り（尻振り）である。体力と危険感の組合せであり、慣れによって、この結果はかなり異なってこようし、旅客船等の耐波性（乗り心地）とはレベルが異なる。けり波には非常に強い。大型貨物船等が通った後の、かなり大きなけり波でもふわりと乗りこえて行く。支援艇がそう大きくないけり波でも簡単に飛び出すのと較べると、典型的な相異の1つでもある。

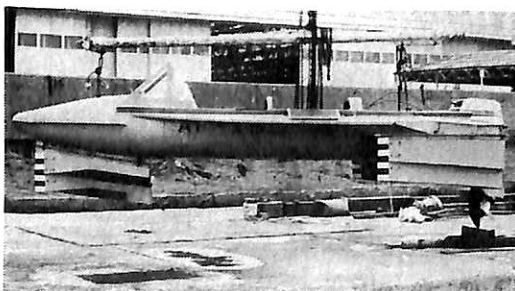
ハンプ抵抗が大きいにもかかわらず加速性は思ったより良好で、停止時は逆にハンプが効いて最高速でも簡単に停止する。かなりの減速度を受けるが、後脚が先に沈むこともあって危険感はない。

中低速における旋回は後脚の内側の脚が水面に食

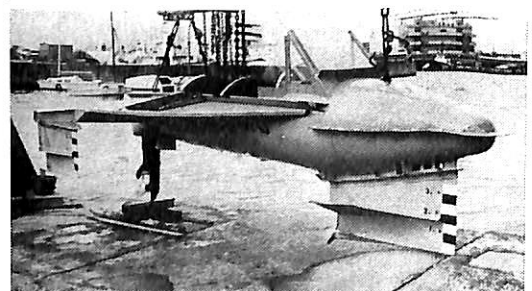
い込み、適度に内傾して旋回するが、高速滑走のまま旋回すると、かなり強い遠心力を受け、身体が外に押し出されるのでこわい。これを心得ておかないと危険でもある。

おわりに

以上がこの奇妙な形をした滑走艇の着想と試験結果であるが、先日(財)舟艇協会理事の丹羽誠一氏がお見えになり試乗された。氏は筆者の大先輩でもあるが、「マニアならこのままでも乗りこなせるであろうが、気持ちのよい安心して乗れる艇にするには、まだまだ勉強せねばなるまい。波浪中は楽ではある」となかなか点が辛い。やはり高速旋回時の遠心力を指摘されておられた。この改良については腹案もあり、他の性能向上案もあるので、そのうち折りを見て改造し、テストして見ようと思っている。



AF-XSの滑走板の詳細を見る



モーターボートの船型(2) : 滑走面の巾

丹 羽 誠 一

ディープV系の实用高速艇の船型を考えると、船型試験の成績から抵抗に対する滑走面巾の影響と、船底傾斜の影響とを分離して求めることはむづかしい。スポーツ用モーターボートの船型が静止状態をそれほど気にしないで自由に決められるのに反し、半滑走までの範囲で使用される实用高速艇の船型は、静止状態で代表される低速時の安定性、凌波性、運動性に都合のよい船型でなくてはならない。ディープV型の船型であれば、船体中央付近でチャ

イン高さが静止水面よりやや高く、船尾では水面よりやや低いということが条件となり、滑走面巾の広い艇とは船底傾斜の小さい艇のことであり、滑走面巾のせまい艇とは船底傾斜の大きい艇のことになる。

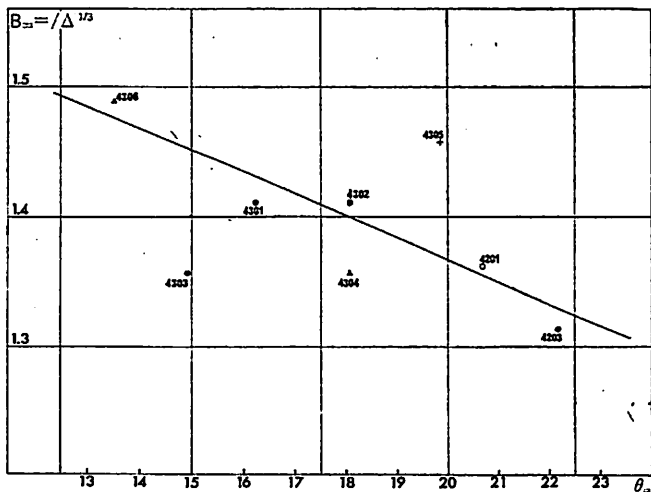
ここにとりあげたのは、防衛庁の魚雷艇等の船型を開発するために行なわれたシリーズ試験のうち、各模型の標準状態のものであり、排水量に対し、全長および重心位置を一定とし、横断面形状を変えた

第 1 表

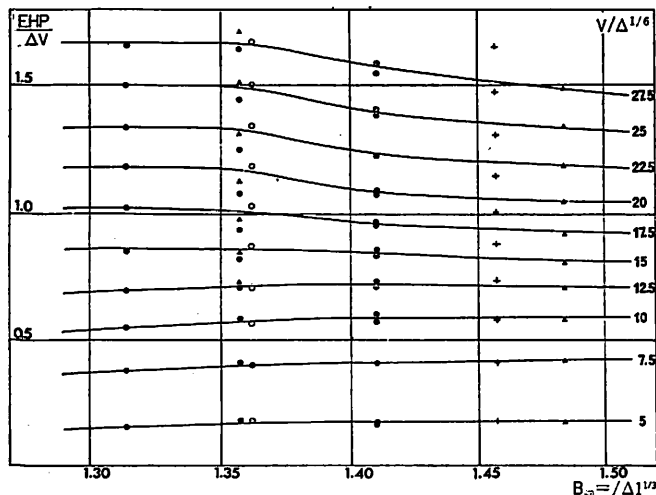
船型番号	Δ, L, L_G	B_c	B_{ct}	B_{cm}	$B_c/\Delta^{1/3}$	$B_{ct}/\Delta^{1/3}$	$B_{cm}/\Delta^{1/3}$	θ	θ_t	θ_m	
4201	$\Delta=105$ $L=32.0$ $L_G=12.60$	6.60	6.25	6.425	1.399	1.325	1.362	25.301	16.066	20.683	
4203		"	5.80	6.20	"	1.229	1.314	"	19.026	22.164	
4301		"	7.50	"	6.65	1.590	"	1.410	20.740	11.689	16.215
4302		"	"	"	"	"	"	"	"	15.422	18.081
4303		"	"	5.30	6.40	"	1.123	1.357	"	9.111	14.926
4304		"	"	"	"	"	"	"	"	15.401	18.071
4305		"	"	6.25	6.875	"	1.325	1.457	"	18.967	19.854
4306		"	8.20	5.80	7.00	1.738	1.229	1.484	17.909	9.110	13.510

第 2 表

$V/\Delta^{1/6}$	V	4201	4203	4301	4302	4303	4304	4305	4306
5	10.860	.175	.158	.175	.167	.175	.175	.175	.175
7.5	16.290	.403	.383	.409	.410	.409	.410	.409	.421
10	21.720	.570	.557	.605	.575	.579	.588	.583	.588
12.5	27.150	.712	.702	.737	.715	.716	.734	.740	.712
15	32.580	.874	.856	.859	.842	.824	.854	.883	.816
17.5	38.010	1.030	1.027	.972	.957	.942	.982	1.010	.925
20	43.441	1.184	1.179	1.093	1.079	1.079	1.128	1.149	1.052
22.5	48.871	1.341	1.331	1.228	1.230	1.249	1.310	1.308	1.190
25	54.301	1.501	1.494	1.386	1.405	1.443	1.508	1.477	1.338
27.5	59.731	1.673	1.658	1.550	1.590	1.645	1.712	1.650	1.489



第1図



第2図

8隻のシリーズである。これらは前号のモーターボートのように滑走面巾、船底傾斜の一方を固定して他を独立して変えたシリーズではない。第1表にそれらの船型要素を、第2表に速力係数 $V/\Delta^{1/6}$ ごとの有効馬力係数 $EHP/\Delta V$ を示す。

それらの滑走面巾と船底傾斜との関係は第1図に示すように、ほぼ直線上にある5隻と、直線からはなれた3隻とに分けられる。

平均滑走面巾 $B_{cm}/\Delta^{1/3}$ をベースに、各船型の有効馬力係数をプロットすると第2図が得られる。速力係数15あたりから高速では船型4305が他からかけはなれて高い値を示し、船型4303が低い値を示すことが認められる。4305は滑走面巾に比べて船底傾斜

の特に大きい艇であり、4303は滑走面巾に比べて船底傾斜の特に小さい艇である。

第2図を要約すると次のことが言える。

(1) 半滑走状態の抵抗に影響するのは、中央部チェーン巾 B_c と船尾チェーン巾 B_{ct} とを平均した B_{cm} と考えてよい。

(2) 速力係数17.5程度以上の速力では $B_{cm}/\Delta^{1/3}=1.35$ より滑走面巾が広くなると急速に抵抗は小さくなるが、それより狭くなっても特に抵抗が大きくなるとは言えない。

(3) 速力係数12.5程度以下の速力では $B_{cm}/\Delta^{1/3}=1.35$ より滑走面巾が狭くなると抵抗は小さくなるが、それより広くなっても抵抗はさほど大きくなる。

船底傾斜 θ_m (中央部船底傾斜 θ と船尾船底傾斜 θ_t との平均) をベースに有効馬力係数をプロットすると第3図となる。速力係数22.5あたりから船型4303、4304が特に高い抵抗値を示すことが認められる。これらの船型はそれぞれの船底傾斜に比べて滑走面巾の特に狭い船型である。この場合、船底傾斜に対して滑走面巾の特に広い船型4305が良好であるとは認められない。

E. Clement の計算図表

前号に引用した E. Clement の計算図表により、排水量105トンに対し、船底傾斜 15° として平均滑走面巾を変えたもの(第4図)および、平均滑走面巾7mとして船底傾斜を変えたもの(第5図)につき、有効馬力係数 $EHP/\Delta V$ を計算した。

この計算図表はNASAが行なったデッドライズ・アングルと滑走面巾を変えた一連の滑走面の実験結果を米海軍テラー水槽の E. Clement が滑走艇の性能推定に便利のように図表化したものであるが、計算図表の成り立ちと使用法を述べないと読者としてはその評価に苦しむであろう。ここに全文を引用することはできないので、実例により計算法の

概略を述べて理解の一助とする。

計算に使用した船型要素, 各係数 (カッコ内は原文の記号および単位)

排水量 $\Delta = 105,000 \text{ kg (lbs)}$

重心位置

$L_G = 12.60 \text{ m (} l_{ep} \text{ ft)}$

平均チャイン巾

$B_{cm} = 5.727 \text{ m (b ft)}$

平均船底傾斜 $\theta_m = 15^\circ (\beta)$

航走トリム τ

平均浸水長 $(l_m \text{ ft})$

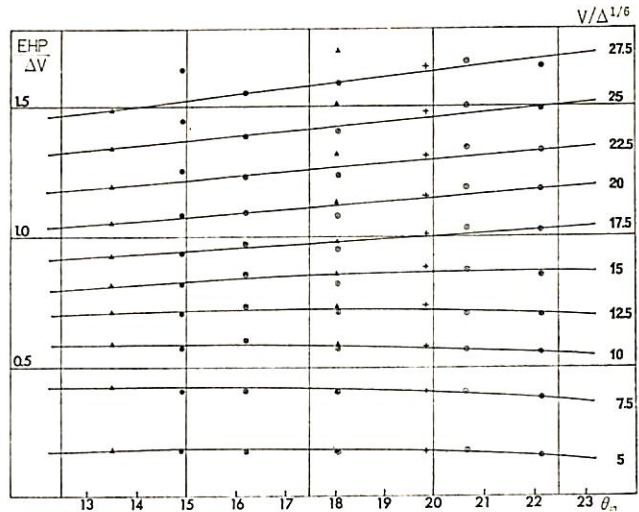
アスペクト比 $A (A = b/l_m)$

揚力係数 $C_L (C_{LS})$

浸水面積 $S \text{ m}^2 \text{ (ft}^2\text{)}$

速力 $v \text{ m/s (ft/s)}$

$V \text{ kts}$

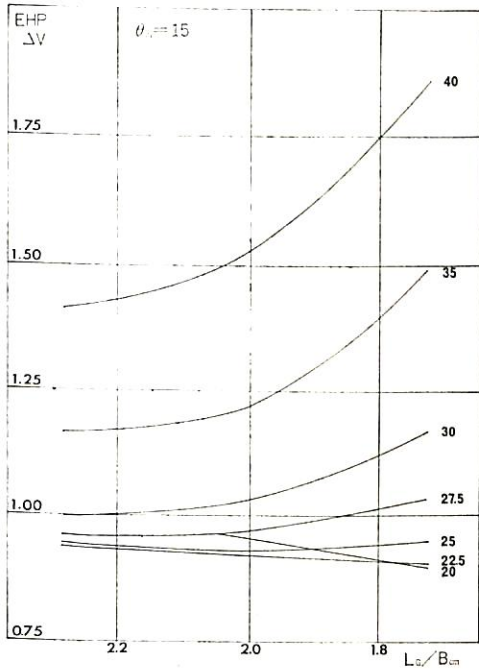


第3図

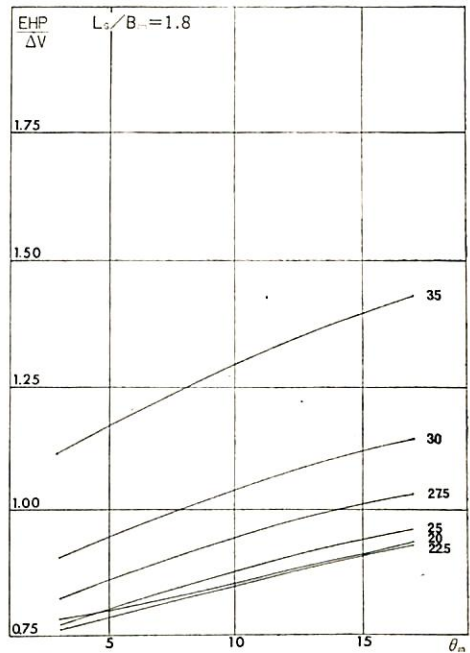
第3表に計算例を示す。その手順は次の通りである。(カッコ内は原文の図番)

1. 航走トリムを仮定する。
2. $\beta = 15^\circ$ に対する, τ をパラメーターとした $l_{cp}/l_m - l_{cp}/b$ 図表 (Fig. 2 c) より与えられた $l_{cp}/b = 2.2$ に対する各航走トリムの l_{cp}/l_m を求める。

3. l_{cp}/l_m を l_{cp}/b で除してアスペクト比 $b/l_m = A$ を求める。
4. $\beta = 15^\circ$ に対する, A をパラメーターとした $C_{LS}/\tau - \tau$ 図表 (Fig. 1 c) より各航走トリムに対する C_{LS}/τ を求める。
5. 第4行より C_{LS} を求める。
6. $S = B_{cm}^2/A$ の計算により S を求める。
7. 揚力は排水量に等しいので, $\Delta = \frac{1}{2} \rho v^2 S C_L$,



第4図



第5図

第 3 表

τ	l_{cp}/l_m	A	C_L/τ	C_L	S	v	V	R/ Δ	EHP/ ΔV	V/ $\Delta^{1/6}$
1.5	.839	.381	.0061	.0092	86.09	50.35	97.88	.257	1.762	45.06
2.0	.828	.376	.00625	.0125	87.23	42.91	83.42	.195	1.337	38.41
2.5	.818	.372	.0064	.0160	88.17	37.73	73.34	.161	1.106	33.77
3.0	.808	.367	.0065	.0195	89.37	33.94	65.99	.147	1.007	30.38
3.5	.799	.363	.00665	.0233	90.35	30.88	60.04	.141	.964	27.64
4.0	.790	.359	.0068	.0272	91.36	28.42	55.26	.137	.942	25.44
4.5	.782	.355	.0070	.0315	92.39	26.26	51.06	.133	.925	23.51
5.0	.774	.352	.0072	.0360	93.18	24.47	47.56	.136	.935	21.90

$\frac{1}{2}\rho=52.3$ したがって $\frac{2,008}{SC_L}=v^2$, v を求める。

- v/0.5144 により kts に換算する。
- $\beta=15^\circ$ に対する, A をパラメーターとした R/ Δ - τ 図表 (Fig. 3 c) より各航走トリムに対する R/ Δ を求める。これは $\Delta=10,000$ lbs に対する値であるから排水量に対する修正図表 ($\beta=15^\circ$ のもの Fig. 6 a~6 c) により105トンの値に修正する。
- R/ Δ に $1,000 \times 0.5144/75$ を乗じて EHP/ ΔV に換算する。(注: EHP/ ΔV の Δ はトン)
- V/ $\Delta^{1/6}$ (注: Δ はトン) を求める。

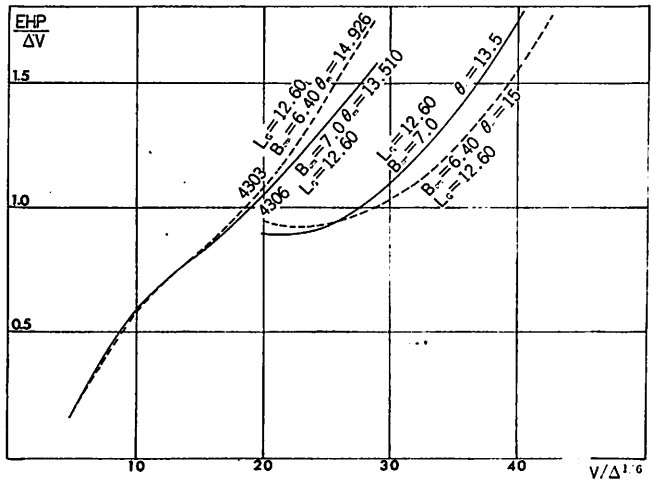
このようにして求めた第4図および第5図から $B_{cm}=7.0$, $\theta_m=13.5$ および $B_{cm}=6.4$, $\theta_m=15$ に対する有効馬力係数曲線を求め、4306, 4303の模型試験成績と比較すると第6図のようになる。

Clement は計算によって得られた抵抗曲線の極小値よりやや高速側以上は信頼し得るが、それ以下の速力に対しては半滑走状態の静的浮力の影響が大きく信頼し得ないと述べている。この場合はそれよりさらに高速においても両者の間にかかなりな差がある。

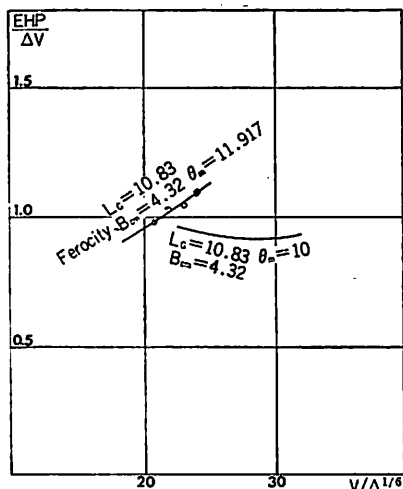
計算上の極小値付近として速力係数25をとって比較する。この速力は100トン、55ノットに相当し、現在の魚雷艇の最高速のものに相当する。この速力に対する滑走面の迎角は $B_{cm}=7.0$, $\theta_m=13.5$ では約 3° , 4306の模型ではキールの迎角とチェーンの迎角との平均で約 2.8° 。滑走面迎角の差による滑数 R/ Δ の比は Clement の図表によれば 2.8° のものは 3° のものに対し約 1.04 倍であ

る。 $B_{cm}=6.4$, $\theta_m=15^\circ$ では約 3.5° , 4303の模型試験では約 2.22° 。滑走面迎角差による滑数比は約 1.17倍に相当する。キール浸水長はチェーン浸水長よりかなり長く、したがって滑走面全体の有効迎角はキールとチェーンとの平均値より小さい。仮にチェーン浸水長が0となったとき、キールから半巾の均にあるバトックの迎角を有効迎角と考えても4306で約 2.3° , 滑数修正比約 1.22倍。4303で約 2° , 修正比約 1.45倍となり、これを使って修正しても模型試験成績よりかなり低い値になる。このように計算と模型との差は静的浮力による航走トリムの差のみでは説明し得ないものがあり、計算の抵抗極小値をかなり超えた速力で、計算と模型との有効迎角が近づいても抵抗値にかかなりな差があることが認められ、これはまた船型相互の優劣比較にまで影響していることが認められる。

現在までのところ速力係数20程度以下において大型模型による抵抗試験成績と、実船の馬力計測値とはかなり良好なコリレーションを得られている。



第6図



第7図

在来船型の高速艇の例として英国 Vosper 社の試作魚雷艇 Ferocity の信頼すべき軸馬力が得られたので、 $PC=0.5$ と仮定して計算値と比較して第7図を得た。速力係数20以上において第6図と本質的に同様な傾向が認められる。

以上から次のことが明らかとなる。E. Clement の計算図表は、実用艇の極限速度と考えられる速力係数20~30程度の速力において、模型試験に代り得るものではないし、船型優劣の見通しをつけるにも問題がある。この範囲までの速力に対しては在来行なわれた模型試験成績を統計処理することにより、抵抗計算式を求めることが最も実際的な方法である。

それより高速域においては大型模型による信頼できる試験成績が無いので、本計算図表による予測法によらざるを得ないが、実艇試験計測を充実してその裏づけを求めることが重要である。

模型試験成績を統計処理して抵抗計算式を得る方法は、さきに水産庁漁船研究室の土屋氏が開発しているが、高速艇船型についても、最近、防衛庁技研の研究結果が発表された⁽¹⁾。この方法によるとある限られた範囲の船型につき、与えられた船型の抵抗値をかなり正確に求めることができるが、これを使って積極的に船型を改善してゆこうとする場合には問題点が残っている。同グループはこの方法の改良発展について努力を続けているので、近い将来、実用的な優れた計算式が発表されることと期待している。

注(1) 永井・田中・吉田：高速艇に関する平水中水槽試験結果の統計解析：日本造船学会論文集第137号，昭和50年6月

図“船舶”用(1年分12冊綴り)ファイル画

定価 450 円 (〒250 円ただし都内発送のみ)
小包となりますので、ご注文は最寄の書店へお申込まれた方が、ご便利です。

株式会社 天然社

第8回『舟艇技術ゼミナール』

講義演題：FRP船の品質と作業管理

講師：丹羽誠一

日時：昭和50年9月26日(金) 10.00~16.00

会場：本州ビル5階階堂/東京都中央区銀座5丁目12-8

定員：30名(新たに造船設計を始められる方も可)

受講料：1名 2万円(資料・昼食費を含む)

申込：東京都中央区銀座5-11-13

ニュー東京ビル 財団法人舟艇協会
電話 03-543-6018

申込締切：50年9月13日

◇申込は住所、氏名、年令、勤務先、電話番号を明記の上、当会あてお送り下さい。

◇なお、申込と同時に受講料をお払込み下さい。

◇受講料は現金書留または第一勧業銀行西銀座支店(財)舟艇協会普通預金口座へ

▶受付次第、聴講券と受領書をお送りいたします。

ディーゼルエンジン - 7 -

齋藤善三郎

三菱重工業相模原製作所設計部主査

4.8.4 軸出力について

出力と言えば、普通一般には「軸出力」のことである。「エンジンの動力軸端で実際に使用できる馬力」を指す。本節では、軸出力の測定法や、図示出力との関係、軸出力の算出等について述べて、その本質を明かにしてみよう。

4.8.4.1 軸トルク

トルクとは回転力のこと、その単位は、回転軸の中心から1mのところ、1kgの切線力が働いている時、その軸のトルクは、1kg・mであると言う。即ちトルクの単位は1kg・mである。

エンジンで言う「軸トルク」とは何か？

「軸トルクとは、動力取出し軸におけるトルク」である。

エンジンの場合は、クランク軸の中心からアームの長さの所にあるクランクピンに、ピストンよりの力がかかり、トルクを生じる。

これら各シリンダのトルクが累積されて、エンジン後端の動力取出し軸部に、軸トルクを発生するわけである。(図4.8.6参照)

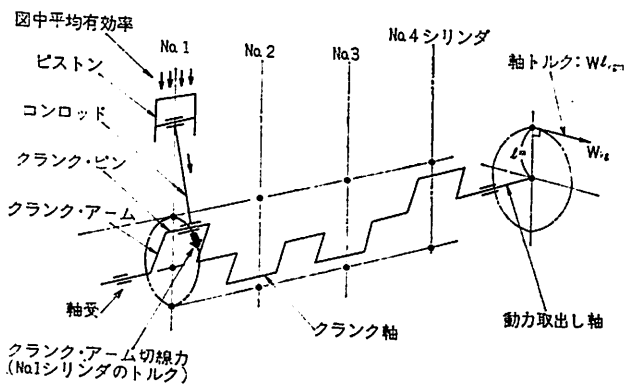


図 4.8.6 クランク軸の軸トルク

4.8.4.2 軸出力と測定法

軸出力の定義は、「軸出力とは、動力取出し軸における出力」である。

記号は P_e 、単位はPSを用いる。従来から

軸馬力、制動馬力、正味馬力

などと呼ばれたが、JISにより、軸出力に統一された。

軸出力の種類は、前号の図4.8.5を参照されたい。本節では、軸出力の測定方法の詳細を述べる。

4.8.4.2~1 動力計の概念

エンジンの軸出力の測定は、動力計を用いて行うが、動力計の目盛は、荷重(又はトルク)を表示しているのであって、馬力の値を直接に示していない。秤の目盛の値より馬力の値を計算して算出しなければならない。

動力計と言うが、本質は、トルク計であり、秤である。これが動力計の基礎概念である。(図4.8.7)

4.8.4.2~2 軸出力の測定

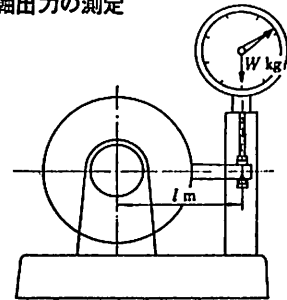


図 4.8.7 動力計の概念図

- (1) 計測：トルク T (kg・m)
 動力計の腕の長さ l (m)
 動力計の秤の読み W (kg)
 $T = Wl$
- (2) 計算：動力計回転速度 (rpm)
 軸出力 P_e (PS)

$$P_e = \frac{Wln}{716}$$

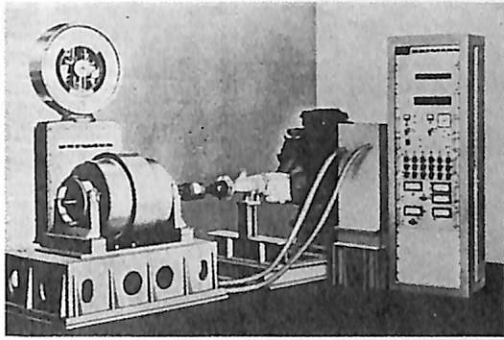


図 4.8.8 電気動力計を使った動力測定装置

軸出力は、軸トルクの測定から始まる。
軸トルクの式は下記の通り。(図 4.8.8)

公式 [4.8.4]

$$T = Wl$$

ここに

- T : 軸トルク (kg・m)
- W : 動力計の秤の読み (kg) ……実測
- l : 動力計の腕の長さ (m) ……仕様書

図 4.8.6 を参照のこと。

次に、計測した秤の目盛から、下記により軸出力を計算する。

公式 [4.8.5]

$$P_e = \frac{Wln}{716}$$

ここに

- P_e : 軸出力 (PS)
- W : 動力計の秤の読み (kg) ……実測
- l : 動力計の腕の長さ (m) ……動力計の仕様書
- n : 動力計の回転速度 (rpm) ……実測

動力計で測定した時は、上式を使って計算するのだが、この計算を簡単にするために、 l の値を71.62 cmとすると、公式 [4.8.5] は下記のようなとなり、便利である。

公式 [4.8.6]

$$P_e = \frac{nW}{1000}$$

ここに

- P_e : 軸出力 (PS)
- W : 動力計の秤の読み (kg) ……実測
- n : 動力計の回転速度 (rpm) ……実測

実際の動力計では、公式 [4.8.6] のような計算

式になるように、動力計の腕の長さを決めた構造が多い。

場合によっては、公式 [4.8.6] の分母を500とするような腕の長さの動力計もある。従って、動力計を使う時は、その動力計の腕の長さをたしかめ、動力の計算式を調べて確認しておくことが必要である。ふつう、動力計には、動力計算式が銘板で貼付してある。

公式 [4.8.5] の軸出力 P_e の式に、公式 [4.8.4] の軸トルク T の式を代入すると下記となる。この式は動力測定時には直接は使わずに、主に、エンジンの出力算定後に、エンジンの軸トルクを算出する時に使われる。

公式 [4.8.7]

$$P_e = \frac{Tn}{716}$$

ここに

- P_e : 軸出力 (PS)
- T : 軸トルク (kg・m) ……実測
- n : 動力計の回転速度 (rpm) ……実測

4.8.4.2~3 動力計の種類

現在使用されている動力計は、約10種ある。大きく分けると、吸収形と伝達形に2分される。(図 4.8.9)

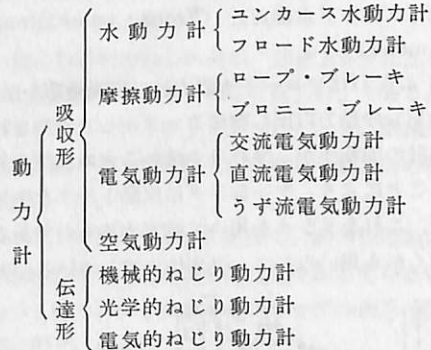


図 4.8.9 動力計の種類

吸収形動力計は、出力軸の回転を、水、電気、空気などで制動し、吸収トルクを測定するものである。水動力計、電気動力計、空気動力計、摩擦動力計の4種が主なものである。一般に、吸収形が、エンジンの大小、型式、目的に応じて使用される。

使用動力計を選定する重要な事項としては、「測定しようとするエンジンの軸出力をみるのに、適正な容量の動力計かどうか」を確認することである。小さい動力計で、大馬力のエンジンの出力は測定で

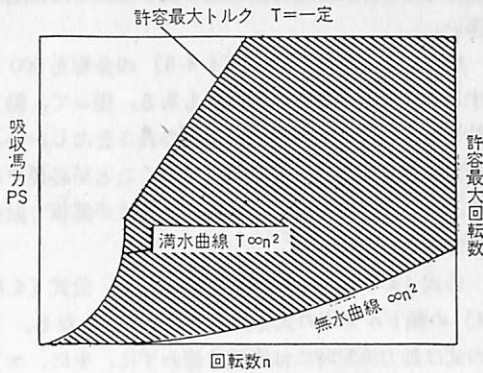


図 4.8.10 水動力計の使用範囲

きないし、反対に大きすぎる動力計で、小馬力のエンジンの出力を測定すると、精確な値が読めないからである。

実際には動力計には、トルク特性線図で、使用範囲が示されているので、これを利用して、使用動力計のサイズを決めればよい。

たとえば、水動力計の場合であれば、図にみるような使用範囲が斜線でカタログに示されているので、この範囲の出力のエンジンのみ、動力測定可能なのである。(図 4.8.10)

この中で、世界に共通して、エンジン用として使用されるのは、フロート水動力計、うず流電気動力計等のタイプが多い。

(1) フロード水動力計 (Froude water dynamometer) :

図 4.8.11 はフロード水動力計の断面構造を示す。エンジンの動力取出し軸にカップルしてまわされる動力計の回転子が、まわりを流れる水の渦流を剪断することにより、ケーシングに反動トルクを生じるので、これをリンクを用いて測定するものである。

古くから用いられて、汎用性に富んでいる。大容

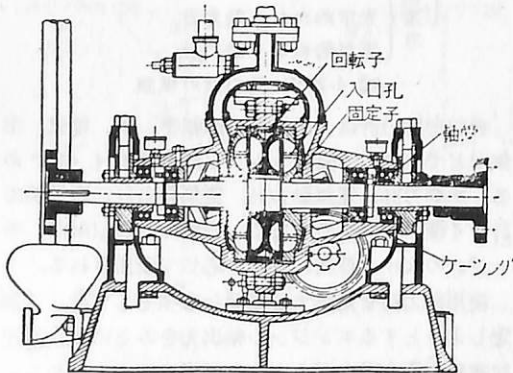


図 4.8.11 フロード水動力計

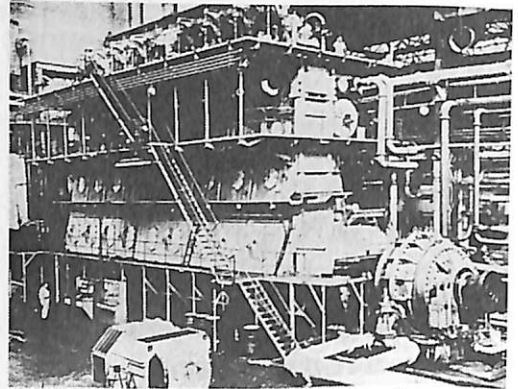


図 4.8.12 フロード水動力計(大型)による軸出力測定例
注) 容量 : 62,800 PS/110~250 rpm

動力計 : Froude FA21 型水動力計

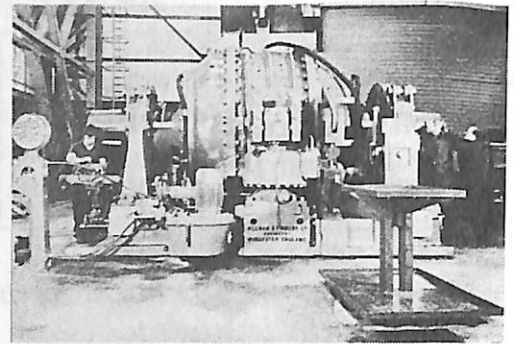


図 4.8.13 大型のフロード水動力計 (Froude FA21型)

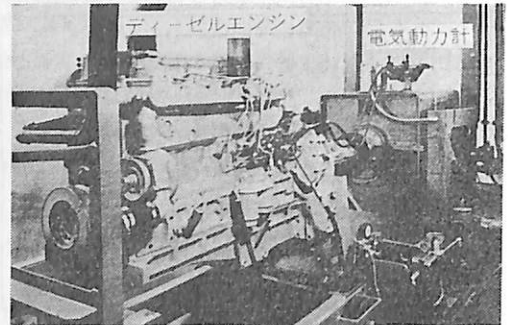


図 4.8.14 うず流電気動力計による軸出力の測定例

量のものには、75,000 PS/200 rpm もあり、高速形としては 25,000 PS/20,000 rpm という仕様をもつものも作られている。(図 4.8.12) (図 4.8.13)

(2) うず流電気動力計 :

うず流電気動力計は、原理的にはうず電流によるブレーキであって、測定動力を動力計内でうず電流~熱交換を行って消費する。

したがって、電気動力計と言っても、動力の吸収専用であって、他の電気動力計のようにエンジンを駆動運転することは出来ない。(図 4.8.14)

うず流電気動力計の構造を 図 4.8.15 に示す。継

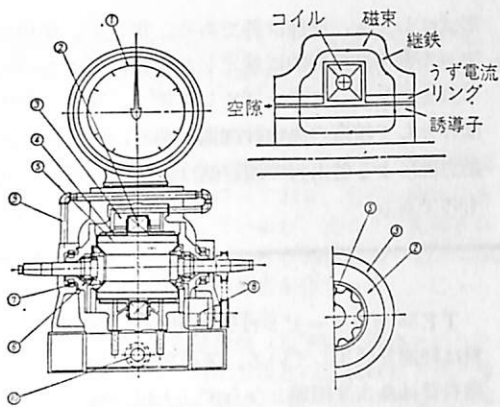


図 4.8.15 うず電流電気動力計の構造

①振子式自動はかり ②励磁コイル ③継鉄 ④うず電流リング ⑤誘導子 ⑥回転部軸受 ⑦揺動部軸受 ⑧回転計発電機 ⑨冷却水入口 ⑩冷却水出力

鉄、うず電流吸引リング、励磁コイルなどからなる固定子及び誘導子と、軸から出来た回転子よりなる。固定子がゆれ動くようにささえられ、それに伝えられる反動トルクを固定子から出したトルクアームで計測するようになっている。

うず流電気動力計は、最大わずか数アンペアの励磁電流だけを変化させることで、比較的容易かつ安価に自動制御することが可能という特長がある。エンジンの耐久試験用無人運転装置や、スケジュール運転などに適合する。一般の計測にも多く使用される。(図 4.8.16)

うず流電気動力計は、大容量用としては、4,000PS/700~2,000 rpm というものもあり、高速形では、0.3 PS/25,000 rpm~800 PS/12,000 rpm 等の仕様を持つものも作られている。

(3) 摩擦動力計：

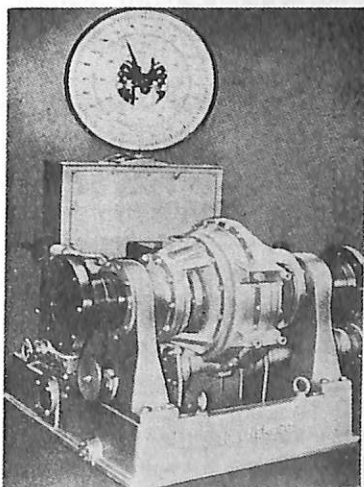


図 4.8.16 うず流電気動力計の外観

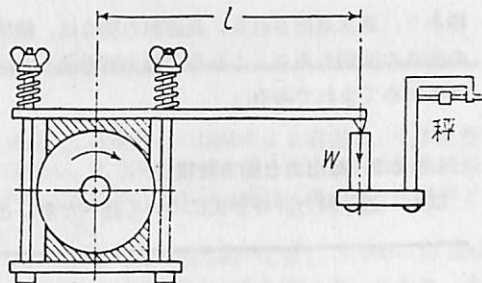


図 4.8.17 プロニー・ブレーキ

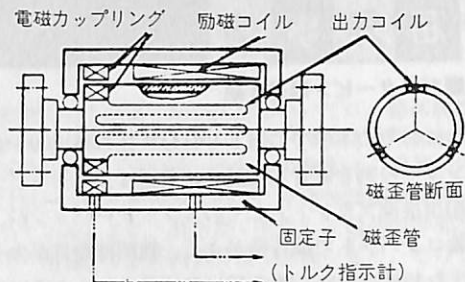


図 4.8.18 電気的ねじり動力計のピックアップ例

エンジンに制動車を連結し、その外周に摩擦抵抗を与えながら回転できるようにした最も簡単な動力計である。代表的なものとして、プロニー・ブレーキを示す。(図 4.8.17)

制動車の外周に木製の下駄をしめつける形のものである。動力計の原理そのものである。

摩擦面に生ずる熱を分散することがむずかしいために、大馬力エンジンには使用できない。

(4) ねじり動力計：

一般に伝達軸のねじれ角が、伝達トルクに比例することを利用するのが「ねじり動力計」である。このねじれ角のリードアップ方式として、機械的とか、光学的とか、電気的とかのねじり動力計の種類がある。

エンジンの出すトルクに応じて、動力伝達軸に生ずる弾性的ねじれ角を電気的に取り出してみる電気的ねじり動力計のトルクピックアップの例を図 4.8.18に示す。

ねじり動力計は、船用エンジンを船に装備した場合に、エンジンとプロペラの間の軸部に設置して、実際運転時の出力測定に主として使用されている。

実際に使用される型には、光学式と電気式が多い。光学式ではホブキンソン式、研野式ねじり計がある。

電気的ねじり動力計では、スリップリングを使用の接触式には、東芝式、シーメンス式、マイリック式、共和電式があり、無接触式には三菱パルス式、三井造船式、NEC式、ハンスホッペ式など多種多

様あり、適宜選択される。高速艇の場合は、艦装上の狭さの問題もあり、これらの動力計を使うケースはきわめてまれである。

4.8.4.3 軸出力と動力計精度

以上一通り動力計の形式について述べたが、どの

形式にしても、原理は秤である。従って、使用に先立って常に度量衡的に検定した状態にしておいて、これをエンジンとカップルして使う。事実、動力計は秤として精度の高い計測器である。従って、この動力計による軸出力の測定値は、精度の高い正確なものである。(つづく)

海外事情

■ガスタービン推進3題

4月号の本項でCHEVRON社の35,000トンタンカーの例を紹介した通り、最近ではガスタービンの船用推進プラントとしてのアプリケーションが、軽量コンパクトで操作性がよく、機関部要員が少なくて済む特性を生かし得る船に多く見られるようになった。今月は、ガスタービン推進の3ケースを紹介しよう。

その1・1,000トン型40ノット水中翼船 (Hovering Craft & Hydrofoil 3月号)

アメリカ海軍の委託により、ロールス・ロイス社は“MARINE SPEY”2基搭載の1,000トン型水中翼船が、40ノットを越える最高速度を出し得る研究を完成した。“MARINE SPEY”は、出力15,000PS、燃費率200gr/ps/hrの船用ガスタービンで、近い将来実用化が予定されているが、各国においても400トンから500トンの半没水型水中翼船用として、軍用および商用高速艇のマーケットポテンシャルが高いと思われる。

その2・サンフランシスコ市のガスタービン/ウォータージェット推進フェリーポート (Shipbuilding & Marine Engineering International 4月号)

航空転用型ガスタービンとウォータージェットを組合せることにより、コンパクトにまとめた推進装置が可能となり、機械室容積が減少するため、ディーゼルエンジンに比べて大きな旅客スペースが得られるが、サンフランシスコ市交通局では、現在、この推進方式のフェリーを就航させている。

このフェリーポートは750人乗り、256トンの全アルミ製(全長50.29m、全巾10.44m)、最大巡航速度25ノットで、船体の最後部にウォータージェット・ポンプの上にLycoming TF35ガスタービンを重ねた構造の推進装置を3セット搭載している。

TF35ガスタービンは連続出力2,800shpで、燃料は軽油を使用している。運航距離の短いことから燃料費はあまり問題とならず、大抵の修理は船内でガスタービン主要ユニットのモジュール交換で済む。発電セットとしてもSolar Titanガスタービン(90kw)2台が搭載されている。

フェリーターミナルが完成する1976年までには、後続の2隻も就航する予定である。

その3・LNGキャリアー (The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 5月号)

従来のLNGキャリアーでは、主機として低速ディーゼルエンジンが多く使用されていたが、効力の向上、保守整備費の低減および重油/ボイルオフLNGの同時焚き可能というメリットに、船主Hilman社の意向からMoss-Rosenberg造船所で建造され、昨年12月に就航した2,900m³LNG船“LUCIAN”には20,000HPのGE社製再生式重構造型ガスタービンが搭載された。

Hilman Rekstern社では、低速ディーゼルエンジン駆動の同型船をすでに就航させているが、今回のガスタービン船では、設計変更をできるだけ少なくするために、機関室の配置は同じであるが、ディーゼル船と比べて船価はほぼ同じ、重量は約500トン軽減されている。

試運転時の手動危急制御での試験中、かなりの燃料が流れ、タービン入口温度が異常に上昇するという事故に見舞れたが、制御装置の結線不良と第1段タービンパケットの損傷が判明し、タービンパケットは作業員のガスタービンに対する経験不足にもかかわらず、米国から部品の輸送も含め、6日間で修復され、その後、順調に運転されている。

この事故によって逆にガスタービンの保守整備の容易なことが立証された結果となった。

船体における海難損傷の現状

NKでは、船級船の海難損傷について、電算機処理による統計的調査を行っており、その一部は日本海事協会会誌に発表しているが、去る5月開催された技術委員会で、船体における海難損傷の現状について、次のような要旨の報告を行なった。

1. 海難損傷の全般的な傾向

1973年1年間に海難損傷（以下単に損傷という）を起こした船舶は、同年末現在全船級船3,033隻の44%に当たる1,321隻で、延べ発生件数は2,176件に達し、船級船1隻当たり0.7件の損傷が発生したことになる。

これを総トン数別にみると、3,000GT未満の船舶の海難が786件と全体の3分の1を占め、50,000GTを超える大型船の海難は154件で、全体のわずか7%にすぎない。また、総トン数別発生ひん度（調査上便宜区分したある総トン数範囲の船舶に発生した全損傷件数と、その総トン数範囲の全隻数との比）は、5,000~10,000GTの船舶において最も高く、1隻当たり0.9件で、3,000GT未満の小型船に比べ、5,000~50,000GTの大型船の方が発生ひん度が高くなっている。

一方、海難の発生原因についてみると、岸壁接触によるものが947件で全体の4割強を占め、船級船1隻当たり0.3件となっており、発生した海難の9割が他物との接触に起因している。

船体のどの位置に損傷が多いかについて、船体各部の損傷数を調べた結果によると、全損傷件数4,114件の4割強に当たる1,747件が、船体前半部（船首隔壁から船体中央部まで）に発生しており、最も多いのが船体前半部水線下におけるもので、全体の4分の1に当たる1,073件に達し、しかもその8割が4~5枚の取り替えを要する損傷である。

次いで、船体中央部（船体中央から機関室前壁まで）水線下が633件、船体前半部水線上が616件で、ともに全体の15%となっており、船尾部は最も少ない。

損傷の形態は、板のみの損傷と板と骨が同時に損傷を受けたものがそれぞれ2,171件、1,943件となっており、同程度に起こっていると考えてよい。

2. 座礁及び船底接触による損傷

座礁又は船底接触のため損傷のあった船舶は、全船級船の1割に当たる309隻、332件となっている。すなわち、全船級船における発生ひん度は0.11件で船の大きさ（総トン数）による差はほとんど認められない。

この座礁又は船底接触によって生じた船体損傷の、船の長さ方向の分布状況についてみると、船体前半部に生じたものが全体の半数近くを占め最も多い。船体前半部における損傷の6割強は船底外板の損傷であるが、その8割が船底外板4~5枚の取り替えを要するものとなっている。

3. 岸壁又は他船等との接触による損傷

岸壁又は他船等との接触による損傷は、1,105隻に発生し、1,709件に達している。これは全船級船の36%に当たり、発生ひん度は1隻当たり0.56件となっている。

この発生ひん度の最も高いのは、5,000~10,000GTの船舶で、1隻当たり0.74件となっており、次いで10,000~50,000GTの船舶が0.67件、続いて50,000GT以上の船舶の順で、中型船や大型船の発生ひん度は、小型船に比べやや高い傾向になっている。

接触による損傷の発生位置については、船体前半部水線下が23%で最も多く、次いで船体前半部水線上が19%となっている。これらの損傷は、船体中央部付近の区画に集中しており、全接触損傷の65%を占めている。また、最も多く発生した船体前半部水線下の損傷の8割が船側外板の凹損などで、その5割が板2~3枚の取り替えを必要とするものであり、板4~5枚の取り替えを要するものは39%となっている。また当然のことながら、損傷範囲が広くなるに従って、内部材を含む損傷が多くなっている。

バングラデシュ政府NKを承認

最近我が国で、バングラデシュ向け船舶の建造が行われるようになり、これに対応してNKは、同国政府の承認を受け、必要な代行権限を取得するため、本年3月ダッカに exclusive office を開設するなどして、努力を続けてきた。その結果、6月13日付けで承認され、同国籍船舶の検査を行い、証書を発行する権限を与えられた。

これにより、NKを承認している外国政府は、アルジェリア、アルゼンティン、オーストリア、ベルギー、カナダ、キプロス、エクアドル、ギリシャ、インド、イラン、クウェイト、レバノン、リベリア、パキスタン、パナマ、パプアニューギニア、フィリピン、ポルトガル、サウジアラビア、シンガポール、ソマリア、南ベトナム、スペイン、スリランカ、タンザニア及びバングラデシュの合計26箇国となった。

ピレウス事務所業務開始

ピレウス事務所の開設については、専任検査員が4月末現地赴任以来準備を進めていたが、実質的な業務を開始した。今後ギリシャ国内での本会活動は、検査を含めすべて同事務所を通じて行われる。

NIPPON KAIJI KYOKAI PIRAEUS OFFICE

117 Notara Street,
Piraeus, GREECE

▲

▲

日本海事協会造船状況資料

表1 昭和50年6月末現在の建造中および
建造契約済の般船総括表

〔国内船〕				
	貨物船	油槽船	その他	計
100 ~	* 23	10	54	87
499未満	** 7,780	4,390	14,538	26,708
500 ~	8	5	6	19
999	6,492	4,395	5,085	15,972
1,000 ~	5		2	7
1,999	9,097		2,600	11,697
2,000 ~	4		1	5
2,999	10,700		2,990	13,690
3,000 ~	33	1	2	36
4,999	132,860	4,700	7,800	145,360
5,000 ~	36	8	6	50
9,999	244,606	69,800	41,700	356,100
10,000 ~	31	7	1	39
19,999	422,050	123,000	11,000	556,050
20,000 ~	26	10		36
39,999	788,300	204,400		992,700
40,000 ~	5	2		7
59,999	267,200	104,000		371,200
60,000 ~	11	12		23
99,999	800,700	852,400		1,653,100
100,000 ~	2	24		26
149,999	238,900	2,963,450		3,202,350
150,000 ~				
199,999				
200,000 ~		3		3
		621,000		621,000
計	184	82	72	338
	2,928,679	4,951,535	85,713	7,965,927

〔輸出船〕				
100 ~			33	33
499未満			8,188	8,188
500 ~	4	6	16	26
999	2,750	5,120	10,099	17,969
1,000 ~	2		19	21
1,999	2,890		28,350	31,240
2,000 ~	3	1	4	8
2,999	6,410	2,999	8,800	18,209
3,000 ~	61	1	2	64
4,999	241,948	4,500	6,600	253,048
5,000 ~	58	3	4	65
9,999	374,160	24,200	31,100	429,460
10,000 ~	107	14		121
19,999	1,687,890	260,900		1,948,790
20,000 ~	69	25		94
39,999	1,919,532	661,100		2,580,632
40,000 ~	11	88		99
59,999	484,500	4,276,550		4,761,050
60,000 ~	20	55		75
99,999	1,358,300	3,936,400		5,294,700
100,000 ~		63		63
149,999		7,988,534		7,988,534
150,000 ~		22		22
199,000		4,201,000		4,201,000
200,000 ~		20		20
		4,187,000		4,187,000
計	335	298	78	711
	6,078,380	25,548,303	93,137	31,719,820
総計	519	380	150	1,049
	9,007,059	30,499,838	178,850	39,685,747

表2 昭和50年1月～6月末に竣工した船
船総括表

〔国内船〕				
	貨物船	油槽船	その他	計
100 ~	16	11	69	96
499未満	6,765	4,258	19,879	30,902
500 ~	6	6	5	17
999	4,494	5,071	3,654	13,219
1,000 ~	4	4	2	10
1,999	5,694	6,630	2,776	15,100
2,000 ~	4	2	3	9
2,999	9,277	5,790	7,914	22,981
3,000 ~	7	2	3	12
4,999	30,265	7,499	10,685	48,449
5,000 ~	10	3	5	18
9,999	75,750	24,743	33,505	133,998
10,000 ~	4	3	1	8
19,999	64,525	46,064	11,300	121,889
20,000 ~		1		1
39,999		20,395		20,395
40,000 ~				
59,999				
60,000 ~	1			1
99,999	87,533			87,533
100,000 ~		5		5
149,999		621,837		621,837
150,000 ~				
199,999				
200,000 ~		1		1
		238,517		238,517
計	52	38	88	178
	284,303	980,804	89,713	1,354,820

〔輸出船〕				
100 ~			27	27
499未満			9,529	9,529
500 ~	4	2	10	16
999	3,581	1,328	6,897	11,806
1,000 ~	3		3	6
1,999	4,908		5,201	10,109
2,000 ~	3	1		4
2,999	7,460	2,200		9,660
3,000 ~	44	1	3	48
4,999	181,266	3,564	12,650	197,480
5,000 ~	25	3		28
9,999	162,324	25,500		187,824
10,000 ~	30	3		33
19,999	449,602	54,471		504,073
20,000 ~	20	5		25
39,999	544,668	177,550		722,218
40,000 ~	2	20		22
59,999	84,200	919,451		1,003,651
60,000 ~	3	14		17
99,999	219,800	938,843		1,158,643
100,000 ~		26		26
149,999		3,222,799		3,222,799
150,000 ~				
199,999				
200,000 ~				
計	134	75	43	252
	1,657,809	5,345,706	34,277	7,037,792
総計	186	113	131	430
	1,942,112	6,326,510	123,990	8,392,612

備考 *...隻数 **...トン数

表3 表1による建造中船舶の建造工場別表 (昭和50年6月末現在)

造 船 所	隻数	総トン数	造 船 所	隻数	総トン数	造 船 所	隻数	総トン数
浅川造船	7	26,000	鹿児島ドック	7	30,899	三菱・横浜	14	678,300
福岡造船	7	44,670	金川造船	4	930	三井・千葉	22	2,648,400
福島造船	1	235	金指・本社	7	141,406	三井・藤永田	18	294,420
芸備造船	2	8,600	金指・貝島	5	4,882	三井・玉野	20	806,800
五幸造船	2	1,398	金指・豊橋	7	237,100	三浦船渠	3	597
強力造船	2	635	金輪船渠	3	36,900	三好造船	2	7,299
伯方造船	1	1,999	神田造船	10	137,900	向井船渠	3	436
函館ドック(函館)	15	1,046,600	関門造船	1	699	向島造船	1	499
函館ドック(室蘭)	6	96,400	笠戸船渠	11	375,400	村上造船所	2	452
波止浜造船	15	309,700	川重・神戸	11	620,000	村上秀造船	5	10,688
橋本造船(本社)	2	1,895	川重・坂出	18	2,885,650	内海・瀬戸田	3	21,200
林兼・長崎	8	227,200	警固屋船渠	4	7,145	内海・田熊	1	3,500
林兼・下関	6	78,500	木村造船	1	199	中村造船・柳井	2	1,998
檜垣造船	5	19,777	岸上造船	2	3,109	波方造船	1	199
日立・有明	9	1,679,500	高知重工	13	54,756	名村・伊万里	8	407,000
日立・因島	11	739,200	高知県造船	8	48,400	名村・大阪	14	229,800
日立・舞鶴	8	282,400	幸陽船渠	33	1,442,400	橋崎造船	14	114,348
日立・向島	11	128,300	栗之浦ドック	2	8,650	新潟鉄工	12	11,478
日立・堺	16	1,199,700	来島・波止浜	3	17,640	日本海重工	7	148,150
本田造船	5	13,099	来島・大西	15	471,600	鋼管・清水	13	266,700
市川船渠	1	255	来島・宇和島	5	23,000	鋼管・津	6	759,000
今治・本社	24	156,000	共栄造船	2	998	鋼管・鶴見	15	757,600
今治・丸亀	11	396,100	旭洋造船	5	27,399	日本造船	1	499
今井造船	4	30,990	前畑造船	2	445	西造船	7	26,900
今井製作所	4	3,548	増井造船	1	270	西井造船	5	19,570
今村造船	6	4,596	松浦鉄工	4	1,958	西日本造船	1	150
石幡・相生	21	1,159,044	松浦造船	1	499	小門造船	2	998
石幡・知多	4	512,900	三重造船	6	37,200	大島ドック	2	8,600
石幡・呉	15	2,201,000	三保造船	18	50,100	大島造船	9	447,600
石幡・東京	13	270,620	南日本造船	3	17,400	大浦船渠	2	849
石幡・横浜	8	625,900	三菱・広島	17	1,041,000	岡山船渠	2	7,980
石川島化工機	6	12,900	三菱・神戸	13	791,232	大三島ドック	1	999
石村造船	2	220	三菱・長崎	36	4,807,534	尾道造船	15	464,300
伊東鉄工造船	2	830	三菱・下関	14	201,410	大阪造船	14	269,800

相模造船	2	394	住友・追浜	14	2,041,000	浦共同造船所	1	199
佐野安船渠	18	383,500	住友・浦賀	15	692,506	白杵・佐伯	14	262,900
佐野安・水島	10	542,900	鈴木造船	3	1,897	白杵・白杵	10	16,238
讃岐造船	5	2,180	大平工業	4	32,200	宇和島造船	6	25,160
山陽造船	8	3,798	寺岡造船	2	2,650	若松造船	2	2,299
佐々木造船	4	2,396	東北造船	4	47,450	和歌山造船	3	2,299
佐世保重工	15	1,601,000	徳島造船	3	396	渡辺造船	3	14,600
瀬戸内造船	7	38,000	徳島造船鉄工	1	2,990	山中造船	2	1,198
四国ドック	8	26,640	東亜造船	18	8,070	山西造船	13	25,280
下田船渠	7	28,098	常石造船	16	507,350	横浜ヨット	2	320
新浜造船	9	30,000	宇部船渠	2	1,850	横浜造船	4	3,600
新日光造船	3	1,003	宇野造船	1	699	総計	1,049	39,685,747
新山本造船	4	70,700	宇品造船所	4	27,000			

表4 主機関の国内製造工場別表

(昭和50年6月末現在)

〔ディーゼル〕

工場名	台数	馬力
赤坂鉄工	61	268,550
キャタピラー三菱	2	850
ダイハツディーゼル	50	109,140
富士ディーゼル	12	25,900
阪神内燃機	69	196,100
日立因島	19	113,180
日立舞鶴	18	192,200
日立桜島	39	699,800
池貝鉄工	2	2,200
石幡相生	136	2,191,680
伊藤鉄工	9	47,100
川重神戸	42	801,200
神戸発動機	77	458,600
楨田鉄工	15	43,450
松井鉄工所	3	2,000
三菱神戸	80	1,510,486
三菱長崎	5	90,600
三菱横浜	16	242,250

三井玉野	106	1,694,800
新潟鉄工	99	239,910
鋼管鶴見	11	105,180
大塚鉄工	1	1,000
住友玉島	62	1,157,400
宇部鉄工	6	65,600
ヤンマーディーゼル	27	37,850
合計	967	10,297,026

〔タービン〕

日立桜島	17	639,800
石幡相生	2	72,000
石幡東京	29	1,089,000
川重神戸	22	862,000
三菱長崎	37	1,399,000
三菱名古屋	4	166,000
三菱東京	4	175,000
三菱横浜	2	56,000
三井玉野	3	135,000
住友玉島	12	516,000
東洋タービン	7	288,000
合計	139	5,397,800

新材料：アルミニウム・ポリエチレン 複合板について

百 島 祐 忠

コムボジット・システム研究所

1. 複合材料の普遍化

材料の分野に複合材料の進出が著しくなってきた。
いる。

いわゆる COMPOSITE MATERIALS と総称される複合材料の構成は無機材料、金属材料、有機天然・人工各材料のあらゆる分野を対称としてきている。

最も身近な複合材料として、驚異的な進歩と発展をみたFRP（ガラス繊維強化プラスチック）は、1965年当時、2～3万トンの生産実績であったが、約10年後の今日、120万トンの大台に迫る急成長を遂げている。

船舶、舟艇の分野のみに限ってみても、1967年以降毎年、前年比200%を上廻り、2万5千トンの生産量を維持しつづけていることは注目に値する現象と言わねばならない。

米国のFRP総生産量（1973年度）約70万トンのうち、船舶関係が約16万トンという膨大な値を持ち、FRP需要のトップにある。造船国のスカンジナビア諸国も同様、生産量は少ないが、船舶関係が第1位を占めている。

わが国はFRP生産国として米国に次ぎ世界第2位にありながら、1人当りのFRP消費量は、米国、スカンジナビアに比して約半分の実績しか出ていない。ずばぬけて世界一の造船国たるわが国としては、これらの材料面で若干、後進性があるとみられる半面が無いとは言えない。

船舶用構造材として無機複合材であるフェロセメントが同様に着目され、オーストラリア、ニュージーランド、米国、特に中国では工業生産の域に達しているとみてよい。

さてここで複合材とは何か？という素朴な疑問があるわけであるが、ここでいう複合材とは「異種の材質の組合せで、それぞれの持つ特性以外の特性を発揮する材料」と筆者は解釈している。

この一応の定義から期待するものは、在来材質にない性質、在来欠点とされている性能の矯正ないしは克服という事項にしばられて来るように思う。

ガラス、ボロン、グラファイト、ホイスカーなど繊維系強化材による複合材のみならず、中空球体充填材による複合材（深海用耐圧浮力材として用いられるシタクティックフォームなど）マトリックスを媒体とする複合方式によるものの他に、一方では構造材として板状の複合板が、著しい進歩と実用化が進んでいる。

2. 板状複合材

異種材質を組合せて積層した複合材は、概ねサンドイッチ構造を取ることによって、その機能に附加価値を見出すこととなる可能性が高まる。

サンドイッチ構造を採用することによって、板面剛性の保持向上を図るのみならず在来の単一素材の板の持つ、重量、強度、弾性率などの機械的性能、腐蝕、発錆、耐水、耐薬品性、遮音、電気的諸特性などの、物理化学的性質の改質に貢献する度合が大きくなるのが一般である。

そこでこのような複合材で問題となるのはコスト、加工方法、耐久性の3点が主なものである。

コストについては、複合材はあくまで素材に二次加工が行なわれているので、同一単位ではコストアップがやむを得ない場合が多発することになる。しかしながら、その機能、性能、更にハンドリング、加工性と構造体全体に及ぼす効果を含めたトータルパフォーマンスを算出すると、その附加価値によって、全体のコストメリットに連なるケースが出てくるのが通常である。

加工性、耐久性については当然これら複合材には複合材なりの加工法が適用され、耐久性についても加工を含めた適正な使用方法があり、適材適所の大原則は、そのまま当てはまることになる。

複合材というと、新しい万能の素材と考えがちで、ひいきのひき倒しにより、その性能を逆に殺すことが多い。また在来使い馴れた材質に信頼を置き、複合材の弱点に頭が集中して、あたら有効な素材を眠らせるケースもまた多いことも事実である。

複合板の一例としてFRP海上コンテナのパネルについて見れば、合板をコア材とし、FRPを面材としたサンドイッチ状の複合板で、剛性と耐蝕性を両立させた面材を金属の構造フレームにより組立てられたものである。

在来複合板は、コア材としてエンドクレインバルサ、硬質ウレタンフォーム、ビニールフォーム、ペーパーハニカム、金属ハニカムなどが常用され、面材も有機材、金属材、無機材いずれも適用されているが、実用性と価格のバランスしたメリットを算出し易い形態が望まれている。

3. アルミニウム・ポリエチレン複合板

前記した通り実用性と価格が比較的良好にバランスされた複合板として、最近アルミニウム・ポリエチレン複合板が注目され、わが国の代表的な大手ポリエチレン樹脂メーカーから数銘柄販売されている。

この複合板は他の複合板に比べて若干ニュアンスの異なる材料で、それなりの特長を備えて実用性の領域を拡げているように思われる。

しかし、登場してから他の華々しい複合材の間であって、センセーショナルな話題が少なかったところもある。

現在、建材を中心として陸上輸送機器、工業資材、雑貨等に伸びる傾向が強いが、船舶、舟艇関係内装材としての将来性が着目されつつあり、日本海事協会の認定も得られているので、概要を紹介しよう。

3.1 アルミニウム・ポリエチレン複合板 (Al-PE 複合板) の構成

現在市販されている Al-PE 複合板は図-1 に示す構成をとっている。

アルミニウム材は、現在のところは

J I S A 1100,

一部に、

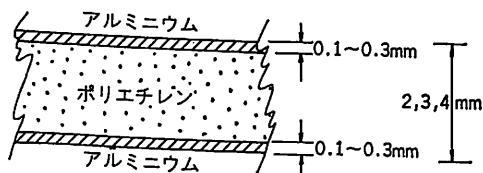


図-1

J I S A 3003

J I S A 5052

に相当するものが使われている。

ポリエチレンは、主として中低圧ポリエチレン（高密度ポリエチレン）で、剛性の高いグレードのものである。

標準サイズは 1000mm×2000mm
1200mm×2400mm

メーカーによっては、その前後の寸法もあり、長尺物も可能である。

アルミニウム板の表面は、アルマイト加工、エンボス加工、塗装、印刷等各種の二次加工ができる。市販品には二次加工された状態のものが用意されている。また、コア材のポリエチレンの変性により、耐熱、難燃化を向上せしめたグレードもある。なお、市販されている Al-PE 複合板は次のものがある。

プラニウム	三井石油化学工業
アルポリック	三菱化成工業
エクサール	昭和電工

3.2 Al-PE 複合板の特長の要点

Al-PE 複合板は数多くのメリットを持っている。以下、現在シエアの最も大きい“プラニウム”（三井石油化学工業製造販売の Al-PE 板）について、その使用実績から記述してみたい。

i) 重量と剛性

サンドイッチ構造の期待するところは剛性と重量にある。例えば、プラニウム #4200（厚み 4mm）の剛性に等しい鋼板を選ぶと 1.9mm の厚みとなり、アルミ板では 2.6mm が等しい剛性を持っている。ここでそれぞれの材料の重量をみると、プラニウムは約 4kg、鋼板は約 15kg、アルミ板で約 7kg となる。

FRP と比較すると約 5mm に相当する重量は約 6kg 以上になる。要するに剛性のある比較的厚みの少ない板材であることが判る。図-2 に示す。

ii) 曲げ弾性率と曲げ加工

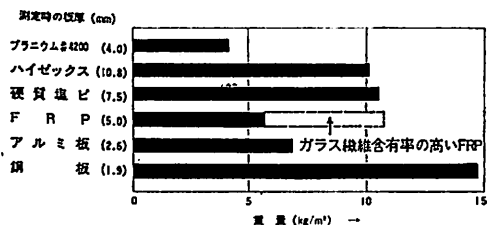


図-2

一般にサンドイッチ構造をとることは、曲げ弾性率の向上にはきわめて有効な手段である。プラニウムの場合、図-3に示すように、いわゆるエンジニアリング・プラスチックといわれる弾性率の比較的高い有機材料に比べて、数倍以上の値を示しているが、鋼板、アルミ板等の金属材料よりは小さい。

ラワン合板やFRP板よりも大きいので金属とこれらの中間に位置する板材であるとみてよい。

また、サンドイッチ構成材は在来、複合された後の二次加工、たとえば曲げ、絞り、はきわめて不得手な材料であった。曲げ加工は破壊または破断を伴うという観念がある。

プラニウムの場合は冷間の曲げ加工ができる。また絞りもあまり深くない絞りであれば、可能なところが特長である。

なお、法定の不燃材料、準不燃材料は概ね無機系の材料であるために（金属板を除き）、曲げ加工が不可能である。準不燃材の中で唯一の曲げ加工ができる板材であると言われる。

iii) 耐燃焼、断熱、遮音

プラニウムは表面材にアルミニウムを持つために、準不燃材、難燃材の認定を受けている。またコア材のお蔭で、熱伝導率がアルミニウムの1/800~1/1000という数値であり、木材並みの断熱性であるため、結露が防止できる。

コア材がポリエチレンであるため、遮音性と振動減衰性が他の単一板材に比し優れているなどの特長が生れている。

iv) 加工性

アルミ表面の厚み、ポリエチレンの軟らかさから、切断、穿孔、曲げ、エンボス、エッチング、絞りなどに、大きな動力や特別な専用の工具を要しない。接合も在来の方法が用いられる。

特にボルト、リベット締めは、ポリエチレンの弾性もプラスされて強固に締めつけられるのみならず、締め孔のガタツキ、ゆるみが出てこないのは、きわめて大きな特長である。

v) 表面処理と端末処理

面材のアルミニウムは、塗装、

アルマイト加工等の処理が出来るのは、通常通りである。

切断面については、在来のサンドイッチコアと異り、吸水性もなく耐薬品性も強い。かつアルミ面材と強固に融着しているので端面ははがれ難い。従って原則として切り放しの端面の線を整える程度でよい。

あえて端面をかくす必要がある場合は、アルミやビニールの押出材をはめたり、ジョイナーで処理することも有効であるが、端面を設計段階でかくれるような配慮をした方がよい。

3.3 Al-PE 複合板の一般的性質

プラニウムの一般的性質を表-1に示す。

3.4 Al-PE 複合板と他材料の比較データ

前述の特長を他の材料と比較すると、この複合板の全貌が把握されると思う。

- i) 各種材料の引張り強さの比較を図-3に示す。
- ii) 同一剛性を有する材質の重量および厚み比較を図-4に示す。
- iii) アルミニウム板と各種材料の接着強さの比較。ポリエチレンと他材質は元来接着力がきわめて弱い

名 称 項 目	単 位	試験法 (ASTM)	プ ラ ニ ウ ム						
			2100ADH	2200ADH	3100ADH	3200ADH	4100ADH	4200ADH	
重 量	kg/m ³		2.25	2.60	3.18	3.54	4.15	4.50	
引 張 強 度	kg/cm ²	D-638	314	427	280	342	268	306	
引 張 伸 び	%	D-638	9	8	10	8	12	11	
曲 げ 剛 性	kg-cm ² /cm	O-393	133	233	326	565	587	1067	
曲 げ 初 期 弾 性 率	kg/cm ²	O-393	2.0×10 ⁴	3.5×10 ⁴	1.5×10 ⁴	2.5×10 ⁴	1.1×10 ⁴	2.0×10 ⁴	
耐 熱 強 度	kg/Inch	D-903	10	14	11	15	12	16	
熱 変 形 温 度	°C	D-648	132	134	132	134	130	132	
線 膨 張 係 数	mm/mm/°C		35.0×10 ⁻⁶	29.2×10 ⁻⁶	40.0×10 ⁻⁶	32.2×10 ⁻⁶	44.6×10 ⁻⁶	35.0×10 ⁻⁶	
熱 伝 導 率	Kcal/m-hr-°C		0.170	0.178	0.186	0.205	0.210	0.220	
熱 貫 透 係 数 (熱 流 速 度 試 験 曲 線 図 面)	m ² -hr-°C/Kcal		0.480	0.489	0.494	0.493	0.497	0.486	
遮 音 率	5000/S	dB	ISO R-140	15	17	18	19	21	22
	110/S	dB	ISO R-140	20	21	23	23	25	26
最 小 曲 げ 半 径 (サニタリ管等参照) (アルミ板等参照) に対し	直 角 方 向	mm		8	10	11	13	14	16
	平 行 方 向	mm		19	22	24	27	28	34

表-1

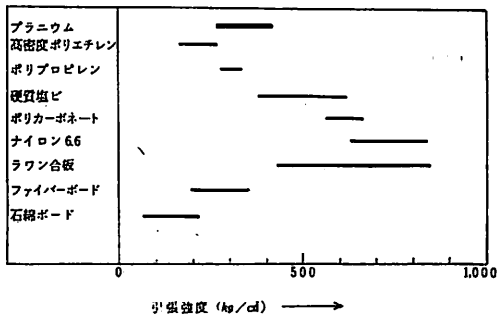


図-3

とされていた。Al-PE 複合板はこの問題の解決により、実用性が高く評価されて来たもので、在来の「剥れ易いのではないか」という懸念について、このデータは有効である。図-5 に示す。

- iv) 各種材料の熱伝導率比較を表-2 に示す。
- v) 各種内壁の熱貫流抵抗比較を表-3 に示す。
- vi) 各種材料の熱変形温度比較を図-6 に示す。
- vii) 各種材料の遮音性能比較を図-7 に示す。
- viii) 各種材料の結露性比較を図-8 に示す。
- ix) 各種材料の燃焼比較を表-4 に示す。

3.5 Al-PE 複合板の短所およびその対策

Al-PE 複合板は在来の材料にない特長を備えた素材であるが、いかなる素材も万能ではない。実用面からはいくつかの短所も明らかになっている。

i) 厚み

コア材のポリエチレンの厚みが数ミリメートルであるため、大きな板面では自重でたわみを生ずる。厚いサンドイッチ複合板を作るためには、この複合板を面材とし、他のコア材または棧を入れたフラッシュ構造をとらねばならない。

現在のところ経済性と技術面のバランスから数ミリの厚みの複合板になっていると解釈される。

なおアルミの面材が 0.2~0.3 mm で薄いという批判もあるが、これは表面の塗装や化学的処理で解決する方が、現在のところは良策と思われる。

各種材料	熱伝導率	各種材料	熱伝導率
アルミニウム	0.170	コンクリート	1.3
高密度ポリエチレン	0.178	スレート	1.1
ポリプロピレン	0.210	レンガ	0.24
硬質塩ビ	0.220	タイル	0.76
ポリカーボネート		板ガラス	0.68
ナイロン66		花崗岩	2.5~3.0
ラワン合板		大理石	2.4
ファイバーボード		漆喰	0.6
石綿ボード		石綿保温材	0.053
ゴム・プラスチック	0.1~0.2	気体材料	
塩ビ	0.11~0.18	ユリアフォーム	0.028
FRP	0.36~0.59	塩ビフォーム	0.03~0.05
ポリプロピレン	0.07~0.14	ウレタンフォーム	0.016~0.03
天然木材	0.10~0.17	中空気	0.022
合板	0.13	水	0.52
パーティクルボード	0.05~0.12	氷	1.9
逆貫流板	0.10		
金属材			
鋼板	320		
亜鉛鉄板	38		
アルミニウム板	175		

(単位 kcal/m.hr °C)

表-2

ii) 曲げ加工の限界

前述した通り準不燃材中唯一の曲げ加工が可能な

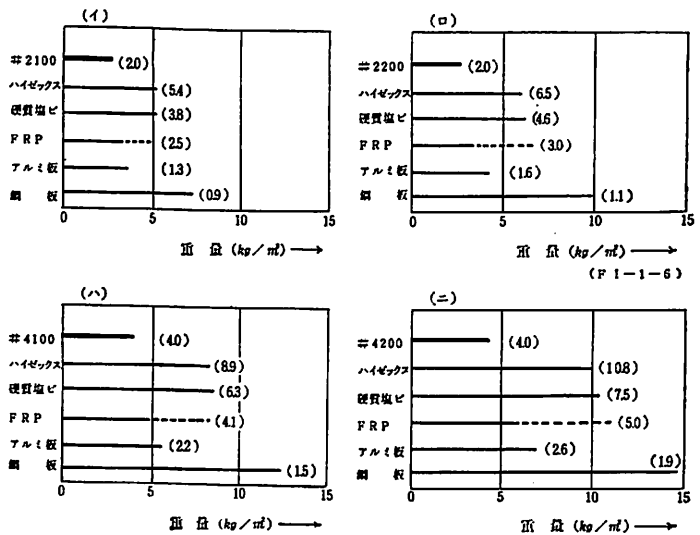


図-4

各種材料	法 君 別	せん断破壊強度 (kg/cm²)
高密度ポリエチレン	三石法プロセス	~140
ベニヤ合板	合成ゴム系	~100
硬質塩ビ板	・	~80
スチロール板	・	~60
鉄板	エポキシ系 1	~50
・	・ 2	~40
亜鉛鉄板	・ 1	~30
・	・ 2	~20
アルミニウム板	・ 2	~10

図-5

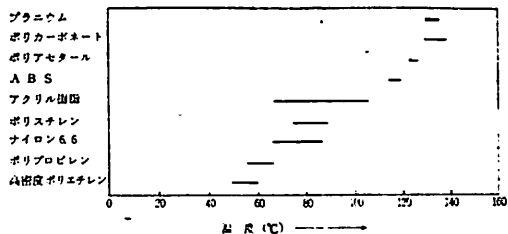


図-6

材質ではあるが、サンドイッチ構造であるために、単一金属板のように折りまげを含む曲げ加工に制限が生ずる。最小曲げ半径は表-1に示された限界がある。

iii) 耐熱性

コア材にポリエチレンを持つために常用 130℃までが実用限界であろう。要するに Al-PE 複合板のコア材が熱可塑性樹脂であるところから、すべて強度に関しては温度依存性がつきまとう傾向が出るので、温度により数値が変化することになる。実用上は差支えない範囲にあるが、クリティカルな使用には、この点は頭に入れて設計を行なう必要があるわけである。

3.6 Al-PE 板の用途および船舶用内外装材への可能性

Al-PE 板は現在建材として建築土木関係を中心

材 料	構 造	厚 み d mm	熱伝導率 Kcal/m ² hr°C	熱貫流抵抗 m ² hr°C/Kcal
コンクリート		100	1.3	0.343
		150	1.3	0.381
軽量コンクリート		100	0.58	0.438
		150	0.58	0.525
プaster モルタル 軽量コンクリート モルタル プaster		3	0.52	0.511
		15	1.2	
		120	0.58	
		15	1.2	
軽量ブロック		100	0.44	0.496
		150	0.44	0.546
ベニヤ合板		30	0.13	0.497
		6	0.13	0.312
		4	0.13	0.297

表-3

本表に記載した熱貫流抵抗計算の基準として

- 1) 壁面は垂直とする(熱流方各は水平)
- 2) 壁両面の伝達率 $\alpha=7.5 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

に用途の進展がみられる。主用途を分類列記すると次の通りである。

i) 建築材料用として一般内装および外装材。間仕切りパネル、ドア・天井パネル、屋根、アーケードパネル、プレハブ住宅用各種材料、レジャーハウス、シエルター、浴室壁、天井、ユニットバスルーム、パネル材、厨房壁・天井、キッチンユニットパネル、ベランダユニットショップ外装など。

ii) 家具用として厨房流し台、吊り戸棚、各種整理箱、棚など。

iii) 容器・コンテナ用として一般容器類輸送用大型および小型コンテナ、保温、冷凍用コンテナ類、旅行用トランク、スーツケース類など。

iv) 車輛用、輸送機器用として車輛用内装材、冷凍車がデーの内外装材、航空機部材、洗車機パネル。

v) 看板・ディスプレイ用として各種看板パネル、室内装飾パネル、店舗内外装、博覧会パビリオン構成パネルなど。

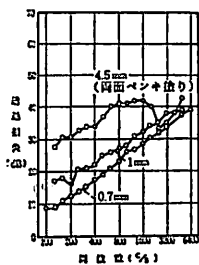
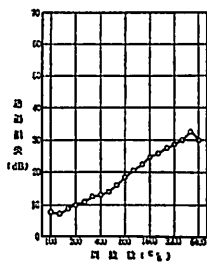
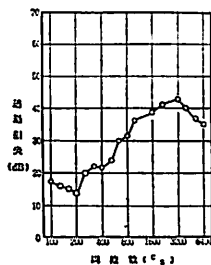
vi) 標識用として交通標識、交通案内板、その他の標識類。

vii) 土木用としてトンネル内装、歩道橋側板など。

i) プラニウム
4200 + 空間75% + # 2200
面密度 7.1 kg/m²

ii) アルミニウム板
厚み 1.2%
面密度 3.2 kg/m²

iii) 鉄板
厚み 1%, 4.5%
面密度 8.2 kg/m², 36.9 kg/m²



iv) 鉛板
厚み 0.3%, 0.5%
面密度 3.3 kg/m², 5.7 kg/m²

v) ベーライトボード
厚み 12%

vi) スレート
厚み 6%

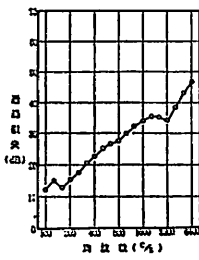
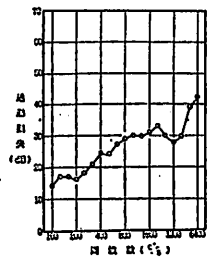
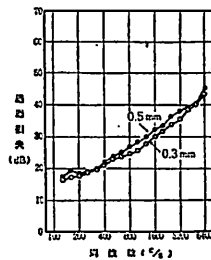


図-7

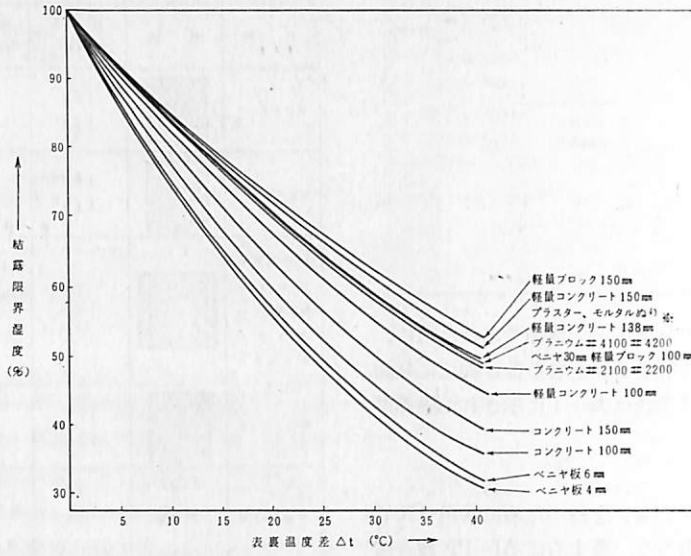
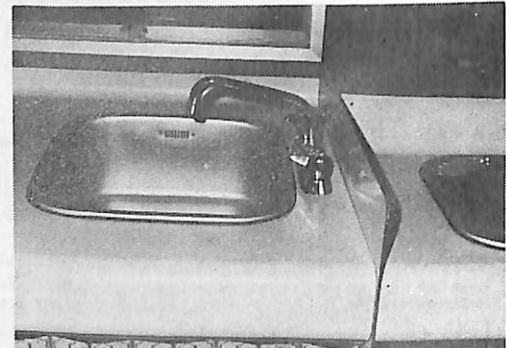


図-8 ※120mm厚の軽量コンクリートの両面に15mmのモルタル、3mmのプラスターをぬったもの

試料	燃焼方向	着火までの時間	消火までの時間	状況
ブラニウム	中央	5分で着火せず	—	5分ではわずかに変形。しかし、滴下なし
2200 ADH	下端	1分54秒	即時	燃焼を始めても、ガス炎よりはならずすぐ消える
メラミン化粧板	中央	16秒	即時	メラミン表面が破壊される。変形あり。
1.2mm厚	下端	15秒	2秒	メチルパチ音を立てて燃える。
ベニヤ板	中央	22秒	即時	表面が焦がすく燃える。
4mm厚	下端	35秒	2秒	表面が炭化
FRP板	中央	16秒	消えず	着火すると炎から離しても消火しない。
0.8mm厚	下端	5秒	消えず	異常発生。ガラス繊維は燃えない。
ポリエチレン板	中央	2分	消えず	1分35秒でとけ始め滴下
3.5mm厚	下端	15秒	消えず	滴下しながら燃焼

表一 試料表面におけるバーナー炎温度750°C。試料面とバーナー間距離200mm



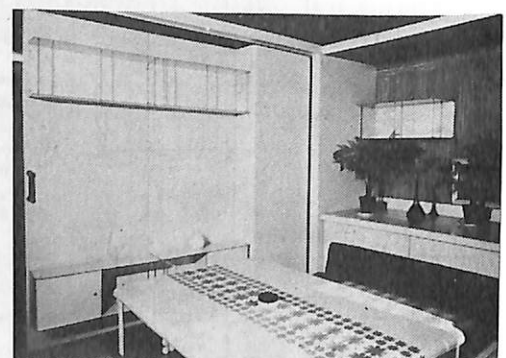
キッチン・カウンターとして(ポストフォームが容易)

viii) 船舶・舟艇用途としては、一部内装材として用いられた例はあるが、今後に期待される分野が多い。

NKの認定も得られているので内装材として、軽やかかつ剛性が適当であること、振動減衰性が良好で遮音性があるため、この方面の用途が期待できると思われる。かつ塗装、模様づけ、エンボス加工等で装飾性がある。

船舶用浴室ユニット構成材としても適当であろう。ドア、ハッチなどの材料としても設計に際して考慮すべき材質ではないかと考えられる。

また小型舟艇用としてFRP漁船、外洋ヨット、クルーザーなどのキッチン、ダイネット周辺の家火や、食品を扱う場所の内装材として、FRPや木材



室内居室の内装として

に変わり、この種の準不燃材が用いられることが望ましい。(おわり)

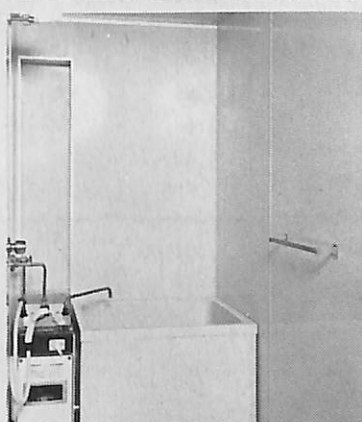
注・資料提供 三井石油化学工業。図4~6は騒音対策ハンドブック(技報堂)より引用。

新しい船内内装複合材

フ・ラ・ニ・ウ・ム[®]



フェリーのダイニング・サロンの壁材として



バスルームのユニット（壁・天井、内装）として

フ・ラ・ニ・ウ・ムは、三井石油化学が独自の技術で開発した複合材で、高密度ポリエチレン（HI-Zex）を芯材とし、アルミニウムシートを表面材としたサンドイッチ構造の積層板で連続法で製造されます。

フ・ラ・ニ・ウ・ムの芯材と表面材は、新しい方法で強固に固着されているので、アルミニウムやプラスチック単板では得られなかった特性があります。

フ・ラ・ニ・ウ・ムの特長として、軽量、準不燃性、加工性、耐水性、遮音性、振動減衰性などがあげられます。

フ・ラ・ニ・ウ・ムの用途は広く、一般内装および外装材（間仕切り板、ドア、天井）として、また浴室、厨房材として、船内居住区を美しく快適に装うことができます。



三井石油化学工業株式会社

東京都千代田区霞が関三丁目2番5号（霞が関ビルディング） 千100 ☎東京03(580)3611（代表）

竣工船一覽

The List of Newly-built Ship

船名 Name of Ship	① HAI 224	② KAKUYO MARU	③ GLORIA TAKESHI
所有者 Owners	China Machinery Import & Export	長崎大学水産学部	Zafiro Grande Naviera
造船所 Ship builder	日立造船向島	林兼造船横須賀	西造船
船級 Class	NK	JG	NK
進水・竣工 Launching・Delivery	75/4・75/6	75/4・75/6	75/5・75/6
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	Oil Rig Supply Vessel 遠洋	調査・練習船	貨物船
G/T・N/T	664.65/305.98	1,044.38/352.72	3,974.61/2,797.42
LOA(全長:m)	51.53	63.65	107.33
LBP(垂線間長:m)	46.94	58.00	99.00
B(型幅:m)	11.58	11.85	16.50
D(型深:m)	4.42	7.60	8.50
d(満載吃水:m)	3.896	4.80	6.92
満載排水量 Full load Displacement	1,501.00	1,971.49	8,794.00
軽貨排水量(約) light Weight	742.95	1,113.04	1,980.00
載貨重量 L/T Dead Weight	—	—	—
K/T	758.05	858.45	6,813.01
貨物倉容積Capacity (ベール/グレーン:m³)	—	80.0/92.0	8,491.01/9,028.37
主機型式/製造所 Main Engine	ダイハツ6DSM-26型×2	ゲイハツ8DSM-32型 ディーゼル	神発6UET45/75C
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	1,300/272	2,800/600	3,800/230
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	1,105/258	2,380/568	3,230/218
燃料消費量 Fuel Consumption	9.7	—	13.0
航続距離(海里) Cruising Range	1,150	—	11,820
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	13.5	16.017	15.647
航海速度 Service Speed	11.7	14.00	12.50
ボイラー(主/補) Boiler	—	/424kg/h	/WHO-50型
発電機(出力×台数) Generator	AC380V×170KW×2	AC450V×450KVA×2	180KVA×2
貨油倉容積(m³)COT	267.68	—	—
清水倉容積(m³)FWT	19.56	80.26	159.34
燃料油倉容積(m³)FOT	50.45	571.41	581.67
特殊設備・特徴他			

①



④ ASIA LUNA

Sagittarius Line

波止浜造船

NK

75 / 4 · 75 / 6

貨物船 · 遠洋

6,020.44 / 4,168.87

127.97

119.00

18.30

9.90

7.757

13,152.00

2,981.00

10,171.00

12,857.00 / 13,332.92

神発6UET52-90D型

6,000 / 198

5,100 / 187.5

C 21.4

A 1.3

12,000

16.744

13.30

／コンポジット型
6,000/700kg/h×1
300KVA×2

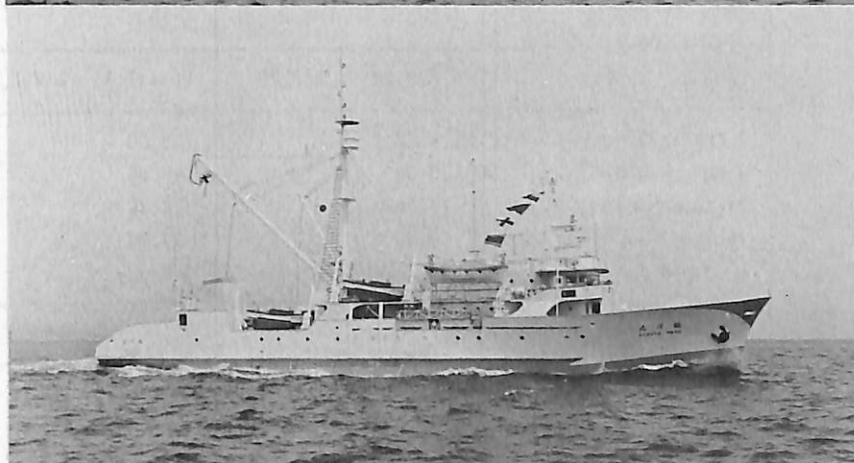
—

750.92

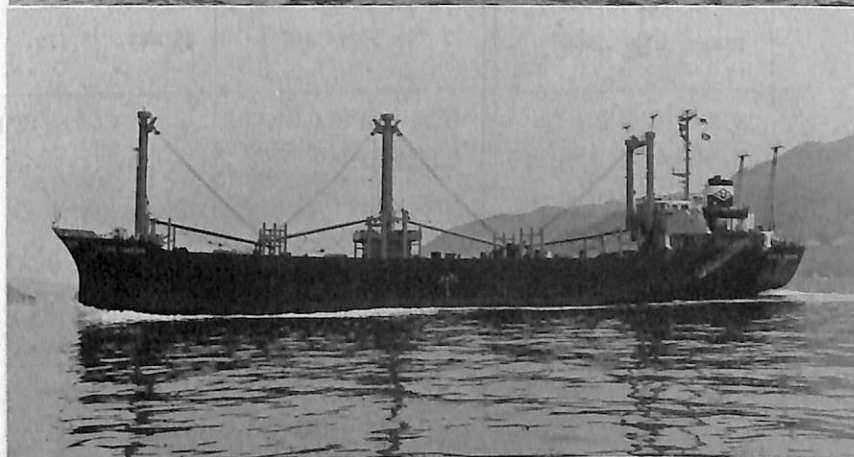
C 1,056.90

A 174.39

②



③



④



船名 Name of Ship	⑤ SUN ORION	⑥ SUNNY PIONEER	⑦ TATIANA L
所有者 Owners	Sun Azalea Marine S.A.	Denson Shipping Lines	Elprogreso Inc.
造船所 Ship builder	宇品造船所	金輪船渠	函館ドック室蘭
船級 Class	NK	NK	A B
進水・竣工 Launching・Delivery	75/4・75/6	75/3・75/6	75/4・75/6
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	貨物船	貨物船	ばら積貨物船・遠洋
G/T・N/T	6,623.24/4,365.79	11,441.81/7,996.42	14,784.78/9,636.00
LOA(全長:m)	128.77	158.00	182.00
LBP(垂線間長:m)	120.00	148.00	167.80
B(型幅:m)	19.60	23.40	22.86
D(型深:m)	10.50	13.00	14.71
d(満載吃水:m)	8.252	9.539	10.756
満載排水量 Full load Displacement	15,250	25,761.00	33,246
軽貨排水量(約) light Weight	3,198	5,557.00	5,825
載貨重量 L/T Dead Weight	—	—	26,989
K/T	12,052	20,204.00	27,421
貨物倉容積 Capacity (ベール/グレーン: m³)	13,746.5/14,107.8	25,081/26,179	32,416/32,722
主機型式/製造所 Main Engine	日立B&W7K45GF	宇部6UEC65/135D	IHIスルザー6RND76型
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	6,150/227	10,000/145	12,000/122
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	5,600/220	8,500/137	10,800/117.8
燃料消費量 Fuel Consumption	12.11	35.6	40.62
航続距離(海里) Cruising Range	16,000	14,000	18,000
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	16.19	18.26	17.819
航海速度 Service Speed	13.5	15.30	15.20
ボイラー(主/補) Boiler	／ 縦型コンポジット型	／ 縦型コンポジット型	／ spanner N24-H
発電機(出力×台数) Generator	AC445V×300KVA×2	AC450V×575KVA×2	AC450V×350KW×3
貨油倉容積(m³)COT	—	—	—
清水倉容積(m³)FWT	910.4	987.9	133.0
燃料油倉容積(m³)FOT	A 194.2 C 1,155.8	A 121.5 C 1,403.0	2,664.0
特殊設備・特徴他			

⑧ VELOS

Velos Navigation

名村造船所

A B

75 / 3 · 75 / 7

ばら積貨物船・遠洋

15,980.75 / 10,958.00

177.03

160.00

22.90

14.50

10.493

33,493

6,984

26,509

32,890 / 34,247

住友スルザー7RND68型

11,550 / 150

9,820 / 142

36.42

17,000

17.75

15.00

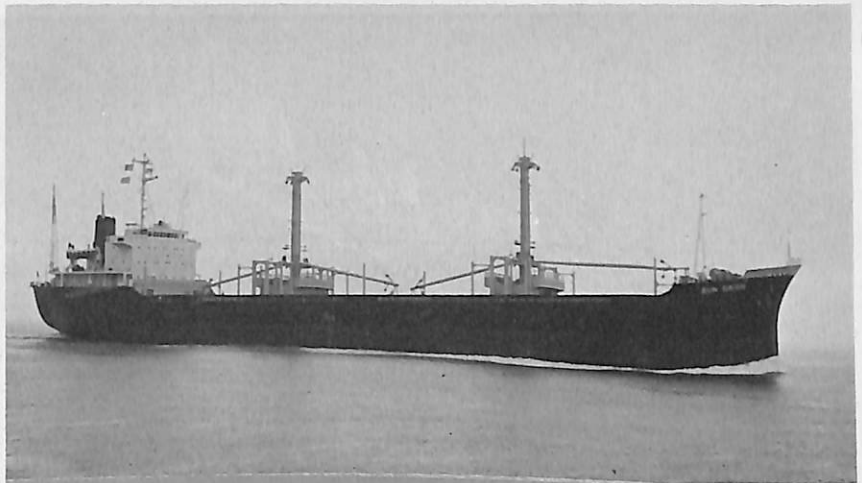
／コクラン型

AC450V×475KVA×3

100.7

1,815.8

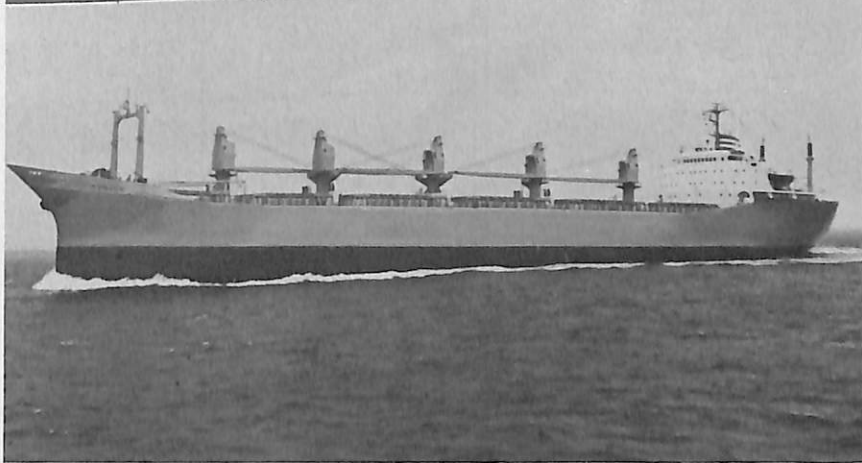
⑤



⑥



⑦



⑧



船名 Name of Ship	⑨ DIAVOLEZZA	⑩ SUBARU MARU	⑪ GRAND ZODIAC
所有者 Owners	Oceana Shipping AG.	関兵精麥	Grand Zodiac Inc
造船所 Ship builder	大阪造船所	常石造船	三井造船藤永田
船級 Class	A B	N K	N K
進水・竣工 Launching・Delivery	75/4・75/6	75/2・75/6	75/4・75/7
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	ばら積貨物船・遠洋	自動車・ばら積貨物船 遠洋	チップ運搬船・遠洋
G/T・N/T	20,796.80/13,889.00	19,133.56/13,486.43	25,525.60/19,258.96
LOA(全長:m)	185.50	179.00	182.60
LBP(垂線間長:m)	175.00	170.00	174.00
B(型幅:m)	26.00	25.40	27.80
D(型深:m)	15.50	15.50	18.50
d(満載吃水:m)	11.158	11.124	10.00
満載排水量 Full load Displacement	41,793	39,455	40,062
軽貨排水量(約) light Weight	7,623	9,370	9,095
載貨重量 L/T Dead Weight	33,630	—	—
K/T	34,170	30,085	30,967
貨物倉容積Capacity (ペール/グレーン:m ³)	41,360/46,140	33,980.0/35,191.4	56,296/59,871
主機型式/製造所 Main Engine	三菱スルザ-6RND76型	NKK-SEMT-Pielstic 18PC-5V	三井B&W-DE6K74EF
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	12,000/122	11,700/522	11,600/124
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	10,800/117.8	9,940/118.4	10,600/120
燃料消費量 Fuel Consumption	40.8	35.5	38.58
航続距離(海里) Cruising Range	20,520	18,400	14,000
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	18.817	17.03	16.644
航海速度 Service Speed	15.00	14.7	15.0
ボイラー(主/補) Boiler	/コクラン型	/ガデリウス-サンロッド型	/サンロッドCPDB-15
発電機(出力×台数) Generator	AC450V×500KW×3	AC450×600KW×2	AC450V×625KVA×3
貨物倉容積(m ³)COT	—	—	—
清水倉容積(m ³)FWT	430.4	322.6	513.3
燃料油倉容積(m ³)FOT	2,572.8	2,071.1	1,811.7
特殊設備・特徴他			

⑨



⑫ EVER SPRING

Ever Spring Lines

林兼造船長崎

NK

75 / 4 · 75 / 7

コンテナ運搬・遠洋

10,165.46 / 5,989.20

160.80

150.00

24.00

13.30

9.821

21,054.44

6,162.29

14,892.15

三井B&W-8K67GF

15,000 / 145

13,600 / 140

51.7

33,000

22.417

20.00

／煙管式×1

AC445V×635KVA×2

464.62

4,083.08

4D' コンテナ 294箇

⑩



⑪



⑫



船名 Name of Ship	⑬ ROSE ACACIA	⑭ ELBE MARU	⑮ ESSO CORAL GABLES
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	Canopus Carriers 四国ドック NK 75/4・75/7 冷蔵運搬船・遠洋	三光汽船 川崎重工神戸 NK 75/3・75/6 鉱兼油槽船・遠洋	Esso Tankers 石川島播磨東京 A B 75/4・75/7 油槽船・遠洋
G/T・N/T	3,699.25/2,156.25	87,533.71/62,470.01	19,568.49/11,976
LOA(全長:m) LBP(垂線間長:m) B(型幅:m) D(型深:m) d(満載吃水:m)	131.48 122.95 18.00 10.60 6.987	289.00 275.00 44.00 24.20 17.951	191.50 182.00 27.40 15.10 11.457
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/グレーン:m³)	9,591.9 3,535.1 — 6,056.8 7,951.0/—	187,264 28,671 — 158,593 鉱 86,355.3	— — 38,080 38,619 —
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	赤阪9UEC52/105D型 9,300/175 7,900/166 35.6 12,150 20.37 17.50	川崎MAN K85Z150/180型 32,000/106 28,800/102 105.5 30,500 17.037 15.70	IHIスルザー6RND76型 12,000/122 10,000/177.8 41.7 15,000 16.09 15.45
ボイラー(主/補) Boiler 発電機(出力×台数) Generator	／川崎バーチカル型 AC445V×520KW×3	川崎2胴水管式×1/ 1,250KVA×3	／IHI2胴水管式×1 AC450V×720KW×3
貨油倉容積(m³)COT 消水倉容積(m³)FWT 燃料油倉容積(m³)FOT	— 207.7 1,416.5	194,675.5 484.5 10,252.6	43,183.6 290.3 2,889.3
特殊設備・特徴他			

⑬ MAJESTIC PRIDE

Majestic Tanker

日立造船舞鶴

A B

75 / 4 · 75 / 7

油槽船 · 遠洋

40,632.65 / 29,656

243.50

232.00

34.40

18.70

14.0555

95,201

—

80,298

—

—

日立B&W8K84EF型

20,000 / 114

18,200 / 110

67.6

20,900

16.34

15.40

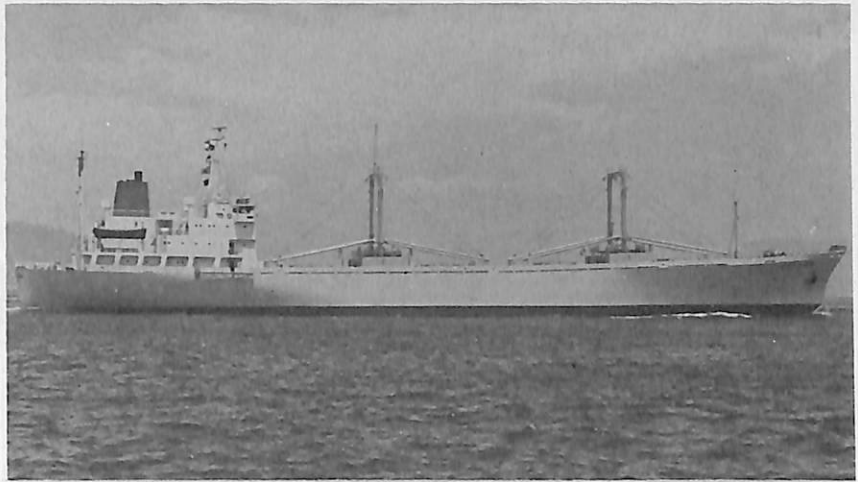
／日立HZA30S型×2
AC450V×1, 125KVA×1
AC450V×600KVA×2

100,813.36

518.02

4,547.12

⑬



⑭



⑮



⑯



船名 Name of Ship	⑰ MANHATTAN BARON	⑱ MANTINIA	⑲ SOLFONN
所有者 Owners	Persian Oil Tanker Corp	Metropolitan Ocean Carriers	Kommandittselskapet
造船所 Ship builder	佐野安船渠水島	日立造船因島	川崎重工神戸
船級 Class	NK	AB	NV
進水・竣工 Launching・Delivery	75/4・75/7	75/4・75/7	74/12・75/3
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	油槽船・遠洋	油槽船・遠洋	油槽船・遠洋
G/T・N/T	44,061.82/—	61,171.57/46,332	68,931.36/50,925.52
LOA(全長:m)	245.53	266.70	273.00
LBP(垂線間長:m)	234.00	255.00	260.00
B(型幅:m)	38.00	41.40	44.00
D(型深:m)	18.20	22.20	20.60
d(満載吃水:m)	13.70	16.876	15.704
満載排水量 Full load Displacement	—	149,669	—
軽貨排水量(約) light Weight	—	—	—
載貨重量 L/T Dead Weight	—	128,289	—
K/T	87,076	—	131,664
貨物倉容積 Capacity (ベール/グリーン:m ³)	—	—	—
主機型式/製造所 Main Engine	住友スルザー7RND90型	日立B&W9K84EF型	川崎UA型タービン
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	20,300/122	23,200/114	24,500/105
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	—	21,100/110	24,500/105
燃料消費量 Fuel Consumption	—	77.50	129.2
航続距離(海里) Cruising Range	16,000	21,000	21,600
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	16.74	15.75	17.047
航海速度 Service Speed	15.60	14.60	16.95
ボイラー(主/補) Boiler	/50t/h×24kg/cm ² ×1	80,000kg/h×15.5kg/cm ² ×1	川崎UME型×2/
発電機(出力×台数) Generator	AC450V×1,100KVA×2	AC450V×1,125KVA×1 AC450V×600KVA×2	1,875KVA×2 325KVA×1
貨油倉容積(m ³)COT	111,476.7	153,871.03	165,791.6
清水倉容積(m ³)FWT	—	489.80	1,027.1
燃料油倉容積(m ³)FOT	—	4,934.15	7,843.3
特殊設備・特徴他			

⑰



⑳ WORLD
AMBASSADOR

Liberian Wisteria
Transports

日立造船有明

BV

75 / 1 · 75 / 5

油槽船 · 遠洋

106,298.55/89,347.74

324.00

310.00

53.00

25.00

19.458

267.851

—

233,723

—

—

日立UA-360型タービン

36,000 / 90

35,000 / 89

173.1

17,420

16.408

15.70

日立BD-72/55-UA型×1

AC450V×1,500KVA×1

AC450V×740KVA×2

282,576.7

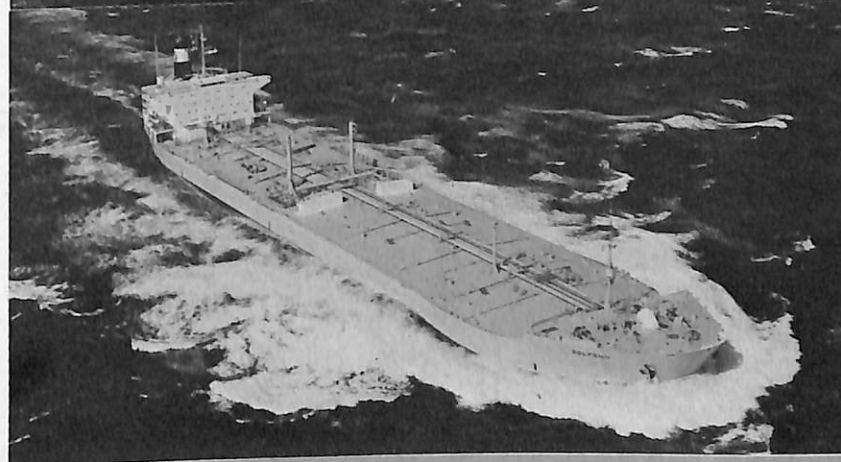
609.2

9,011.3

⑱



⑲



⑳



船名 Name of Ship	㉑ WORLD DUKE	㉒ WORLD KNIGHT	㉓ NAFKRATIS
所有者 Owners	Paramount Shipping	Liberian Argo Transports	Intrepid Marine Invesments
造船所 Ship builder	三井造船千葉	佐世保重工	日本鋼管津
船級 Class	NK	NK	L R
進水・竣工 Launching・Delivery	75/1・75/6	75/2・75/7	75/3・75/7
用途・航行区域 Purpose・Navigation area	油槽船・遠洋	油槽船・遠洋	油槽船・遠洋
G/T・N/T	111,406.84/90,026.00	114,573.58/94,645.89	115,206.93/97,755.44
LOA(全長:m)	324.00	339.50	338.10
LBP(垂線間長:m)	310.00	324.00	320.00
B(型幅:m)	54.00	53.50	51.80
D(型深:m)	24.00	25.70	26.70
d(満載吃水:m)	20.029	20.00	20.895
満載排水量 Full load Displacement	276,766	295,971	294,469
軽貨排水量(約) light Weight	35,469	—	—
載貨重量 L/T Dead Weight	—	254,367	256,951
K/T	241,297	—	—
貨物倉容積 Capacity (ベール/グレーン: m ³)	—	—	—
主機型式/製造所 Main Engine	三井Stal Laval タービン	三菱クロスコンパウン ド型タービン	三菱MS-32型タービン
主機出力(連続:PS/rpm) MCR	36,000/85	36,000/90	31,000/85
主機出力(常用:PS/rpm) NCR	36,000/85	33,000/87.4	31,000/85
燃料消費量 Fuel Consumption	180.6	212.5	147.4
航続距離(海里) Cruising Range	13,960	19,500	24,600
試運転最大速度(kn) Maximum Trial Speed	17.095	16.44	15.57
航海速度 Service Speed	16.23	15.25	14.80
ボイラー(主/補) Boiler	三井MSD型×2/	79t/h×62kg/cm ² G ×515°C×1	65,000kg/h×61.5kg/cm ² G/ ×515°C×1
発電機(出力×台数) Generator	1,900KW×1 950KW×2	AC450V×2,500KVA	AC450×1,360KW×2 AC450×335KW×1
貨油倉容積(m ³)COT	296,125.7	311,366.7	313,034.6
清水倉容積(m ³)FWT	622.7	408.0	650.2
燃料油倉容積(m ³)FOT	8,970.8	9,973.1	11,191.03
特殊設備・特徴他			

②1



②2



②3



②4



②4 TAISHO MARU

海祥海運
石川島播磨横浜
NK

75 / 2 · 75 / 5

油槽船 · 遠洋

117,143.04 / 85,844.89

317.00
300.00
50.00
27.00
20.733

—
—
228,752
232,423
—

IHI クロスコンパウン
ド型タービン
33,000 / 82.4
33,000 / 82.4

15,500
16.83
16.00

IHI-MDM型 × 2 /
1,600KW × 2

278,882.82
663.19
8,360.32

船名 Name of Ship	②⑤ AZARPAD	②⑥ CHEVRON PERTH	②⑦ WORLD DIGNITY
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	National Iranian Tanker Co. 石川島播磨横浜 BV 74/11・75/3 油槽船・遠洋	Chevron Navigation Corp 三菱重工長崎 AB 75/2・75/6 油槽船・遠洋	Liberian Conquest Transports 三菱重工長崎 AB 75/2・75/6 油槽船・遠洋
G/T・N/T	121,970.50/87,986.79	122,626.52/104,038	123,993.42/275,398
LOA(全長:m) LBP(垂線間長:m) B(型幅:m) D(型深:m) d(満載吃水:m)	317.00 300.00 50.00 27.00 20.789	338.793 320.00 53.60 27.30 69'-7½"	337.731 322.00 53.60 27.10 21.075
満載排水量 Full load Displacement 軽貨排水量(約) light Weight 載貨重量 L/T Dead Weight K/T 貨物倉容積 Capacity (ベール/グレーン: m³)	— — 231,079 233,787 —	— — 272,466 — —	— — 275,398 — —
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	IHIクロスコンパウン ド型タービン 33,000/80 33,000/80 168.0 18,415 16.62 16.00	三菱2段減速機付タービン 36,000/90 36,000/90 175.0 25,000 16.06 15.4	三菱2段減速機付タービン 38,000/85 38,000/85 185.0 20,300 16.8 16.0
ボイラー(主/補) Boiler 発電機(出力×台数) Generator	IHI-MDM型×2/ 1,890KW×1 900KW×2	三菱CE-V2M-8型/ AC450V×1,800KW×1	三菱CE-V2M8W型/ AC450V×1,800KW×1
貨油倉容積(m³)CO'T 清水倉容積(m³)FWT 燃料油倉容積(m³)FOT	278,882.98 663.17 8,509.15	331,538.20 486.2 12,986.1	338,127.00 878.6 10,824.4
特殊設備・特徴他			

②5



②6



②7



②8



②8 NISSEI MARU

東京タンカー・TIS海運

石川島播磨重工業

NK

74/12・75/6

油槽船・遠洋

238,517.49/184,884.35

378.85

360.00

62.00

36.00

28.202

—

—

—

484,337

—

IHIノンリヒートター
ビン×1

45,000/90

45,000/90

233.6

20,670

15.55

14.70

IHI-FW-MDM型/
タービン×2

AC450V×1,600KW×2

585,046.8

922.7

14,190.8

Ship Building & Boat Engineering News

■ 双胴型高速旅客艇三井スーパーマランMV-C P20型1号艇就航

三井造船千葉造船所スーパーマラン工場で建造の三井スーパーマランMV-C P20型“ぶるーほうく”は各種試運転も無事終了しは去る6月17日船主昭和

海運（今治市片岡町）に引渡された（下写真）。本艇はノルウェーの Westermoen & Hydrofoil 社のウェストマランW86型を原型に、三井造船の技術を加えて開発されたもので、主艇体前後方向に全通するトンネル部を有する独特の双胴型高速旅客艇である。

本艇独特の船体形状により、特に波浪衝撃は緩和され、従来の双胴型あるいは単胴高速艇に比べ、凌波性能、スピード等の性能が格段に改善されている。従って、乗心地の向上とともに、双胴型による大きな船幅により、客室、乗組員控室、手荷物置場等ゆとりある船内配置がなされている。

“ぶるーほうく”は7月1日より瀬戸内海三原—今治間を就航しているが、約40kmを55分で完航し、山陽新幹線と四国を結ぶ新しい足として反響をよんでいる。

主要目

全長 26.47m

全幅 8.8m

深さ 2.49m

総トン数 191.65トン

乗客席数 162,

乗員 3～4名



主機 MTU331 型船用4サイクル過給機付12気筒ディーゼル機関×2

連続最大出力 1,125 PS×2, 200 rpm×2

推進プロペラ 直径 0.8m, 3翼固定ピッチ式×2

最高速力 28.5ノット, 燃料 軽油

航続時間 約9時間

■ 船用ディーゼル機関（1,200トン）を一括搭載
石川島播磨重工相生工場は日本水産向け156,000 DWT 型鉦油船の主機スルザー8 RND105型（重量1,200トン）の完体一括搭載に成功した。（上写真）

従来は陸上運転終了後、空気溜、シリンダジャケット、架構、クランク軸、台板等各ブロックに解体して、それらを船内にて再組立した作業に比べ、大幅な作業の省略化等格段に利点が多い。

作業時間は、吊上げから海上運搬（約1.5km）、搭載完了まで約4時間であった。

■世界最大自航式海底石油掘削船の引渡し

三井造船藤永田造船所にて建造中のパナマ国、ディープ・オーシャン・ドリリング社向け世界最大の自航式海底石油掘削船「ディスカバラ-534号」は、このほど玉野造船所でのデリックタワーの搭載を終え、船主に引渡された（下写真）。

本船は、さきに同社が建造した Discoverer II 号およびⅢ号を一段と大型化した最新鋭石油掘削船で、掘削能力は作業水深約3,000フィートにおいて海面下深度約25,000フィートまでの掘削が可能なるよう設計されている。

本船の最大の特長は、船首を常に風上あるいは潮の上流に向けるよう船位を保持するための装置として、ムアリング・プラグによるセントラル・ムアリング方式およびハニウエル社のコンピュータ制御によるASK式ダイナミックポジショニングシステムが設けられて、海中800フィートまで潜水可能な潜水球、掘削時の船体上下運動を補整するヒープ・コンペンセータなどの最新設備を有し、作業の効率化と安全性が図られている。

〔主要目〕全長/162.680m、長さ（垂線間）/148.400m、幅（型）/24.384m、深さ（型）/9.754m、満載吃水/7.315m、総屯数/12,010.81トン（パナマ籍にて）、載貨重量屯数/7,286ロングトン、発電機/交流2,500KW 6基、1,050KW 1基、550KW 1基、90KW 1基、プロペラ/2基、推進用電動機/直流電動機2,000 P S 計 8 基（16,000 P S）、スラ

スター/可変ピッチプロペラ 2,500 P S 船首 3 基、船尾 3 基合計 6 基（15,000 P S）、速力/約14ノット、乗組員/104名

■中東アブダビ向け石油開発用バージタイプ水攻設備完成

三菱重工は、広島造船所において、世界最初のバージタイプの水攻設備が完成し、中東アブダビのアドマ社にこのほど引渡しを終えた。本装置はタグボートに曳航され、9月はじめに現地到着の予定である。

中東の油田には、貯油量の20%前後の採集を過ぎるところから自噴圧が低下する。この場合、生産井と別の場所に圧入井を設け、貯油層に水を圧入し、原油を押上げて増産をはかる。この圧入する海水は、貯油層にダメージを与えないように抜気・フィルタリングなどの処理が、水攻設備によって行なわれるのである。

本装置は、総重量5,000トン、現地においてエアによりジャッキアップし、海底から10本の脚柱によって支えられ、海面上、約10mの波浪を受けない高さに固定される。

バージ寸法 全長68.0m、全幅38.0m、高さ4.5m

設備全体の高さ 約20m

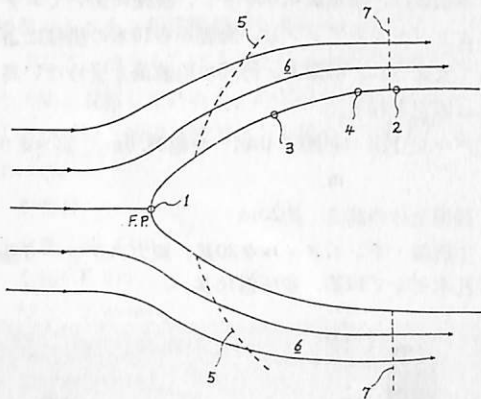
主機器 サンドフィルタ20基、脱ガスタワー5基、注水ポンプ14基、変圧器10基



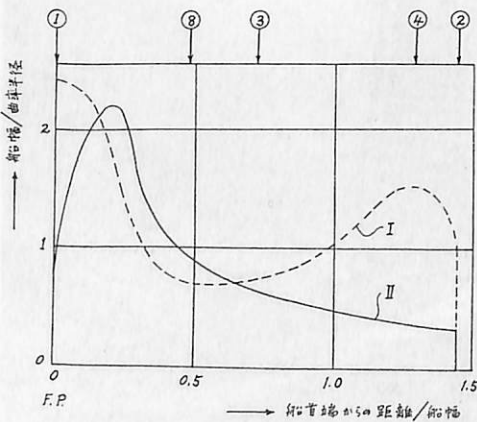
特許解説

肥大船型〔特公昭49—47394号公報，発明者；武隈克義，出願人；三菱重工業㈱〕

肥大船型船首部の抵抗には，次のものが考えられる。(1)船首端部1の近くでの水面上昇による造波抵抗，(2)上昇水面が崩れて乱れとなり，後方へ運ばれることによる抵抗，(3)船首端部1と前肩2の間での，相対的に流速が大になり，乱れが生じることによる抵抗，(4)前肩2の付近での，相対的に遅い流速



第1図

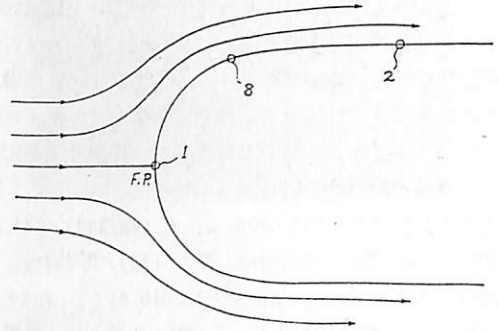


第2図

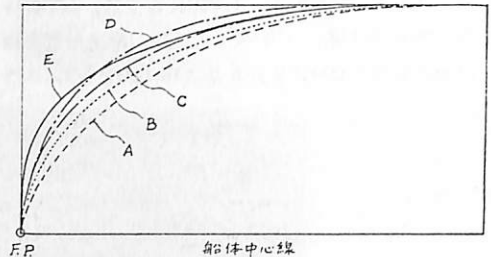
が急激に常流の状態に戻ることによる水面上昇の造波抵抗およびそれが後方へ伝わる抵抗がそれぞれ考えられる。

上記抵抗の中で，(1)，(2)は船速と関係するが，(3)(4)は船速が遅いときも大であり，最近の研究では，船首部前肩4付近の曲率に関係することが知られている。

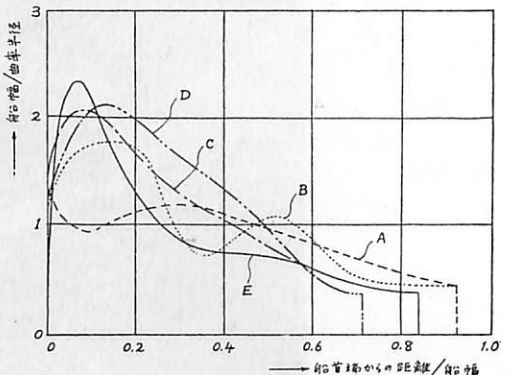
従来の肥大船型の船首端部の水線形状は第1図に示されているように，端部1が細く，以後直線的に幅を増し，前肩2で平行部に接している。これを曲率分布でみると，第2図に示すように，端部1と前肩4の中央点3の曲率が小さく，前肩4付近の曲率が犬になっている。最近の肥大船の船首端部の形状は，その大型化により，ますます短かく，肥えていく傾向にあり，第2図の前肩付近の極大値がますます



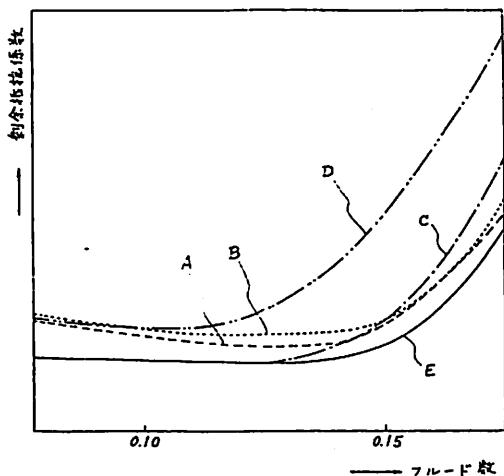
第3図



第4図



第5図



第6図

す大きくなっていく。それにつれて、前記(3)(4)の抵抗が増大し、これが従来ある程度以上肥えた船型の実現を阻む主たる原因となっていた。

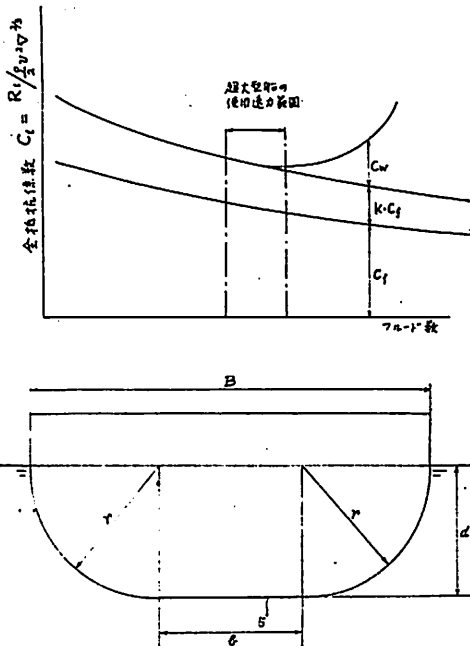
本発明は、上記問題点を改良したもので、第4図に示すように、船首端部の長さは船幅の1.5倍以下であり、船首端部において符号8で示す点すなわち船首端部の長さの1/2だけ船首端より後方にある点と、前肩2との間の水線の曲率半径は船幅より大きく、後方に向かって単調に増加している。その曲率分布を第2図曲線IIで、また他の諸元を同一にし、船首部の形状のみを変化させた船型の性能図表を第4～6図に示す。

超大型船型〔実公昭50—6158号公報、考案者：谷口中、出願人：三菱重工業㈱〕

超大型船では船体が大きくなったにもかかわらず、航海速力はほとんど在来の船と変わらないため、フルード数は相対的に低下して0.13～0.16程度となっている。したがって肥大度が増加しているにもかかわらず、使用速力付近では造波抵抗は非常に少なくなっており、船体抵抗の大部分は粘性抵抗（摩擦抵抗+形状抵抗）となっている。（第1図）

そのため、超大型船において抵抗減少をはかるためには、摩擦抵抗と形状抵抗を減少させることが必要である。摩擦抵抗の減少は船体表面の浸水面積を減少することによって達成できる。

本考案は以上の点からなされたものであり、第2図に示されるように、特に船体平行部の形状に注目してなされたものである。すなわち、船体平行部の左右のビルジ部曲率半径を満載喫水とほぼ等しい大きさにとり、船体平行部の横断面形状を、左右のビ



第1(上)、第2図

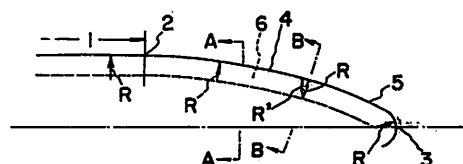
ルジ部を接続する船底の直線部分と、上記曲率半径をもつ船側の円弧部分とで形成したことを特徴とする。このような形状を採用することにより、船倉容積を減少させることなく、船体表面積を減少させることができ、またビルジ部曲率半径を増大させることにより、船底より船側にまわり込む流れによる渦の発生を防止することも可能になり、形状抵抗の減少もはかることができる。

バルブを有する垂直舷側船型〔特公昭50—11672号公報、発明者：山崎芳嗣、出願人：佐世保重工業㈱〕

従来の船型は、船体平行部を除いて船首部、船尾部とも船体の長さ方向、深さ方向にそれぞれある曲率をもった二重曲面をもっている。そのため、工作上、多数の工数を要する仕事となっていた。

本発明は、船首部工作の工程の単純化をはかるための船体形状を提供するものである。

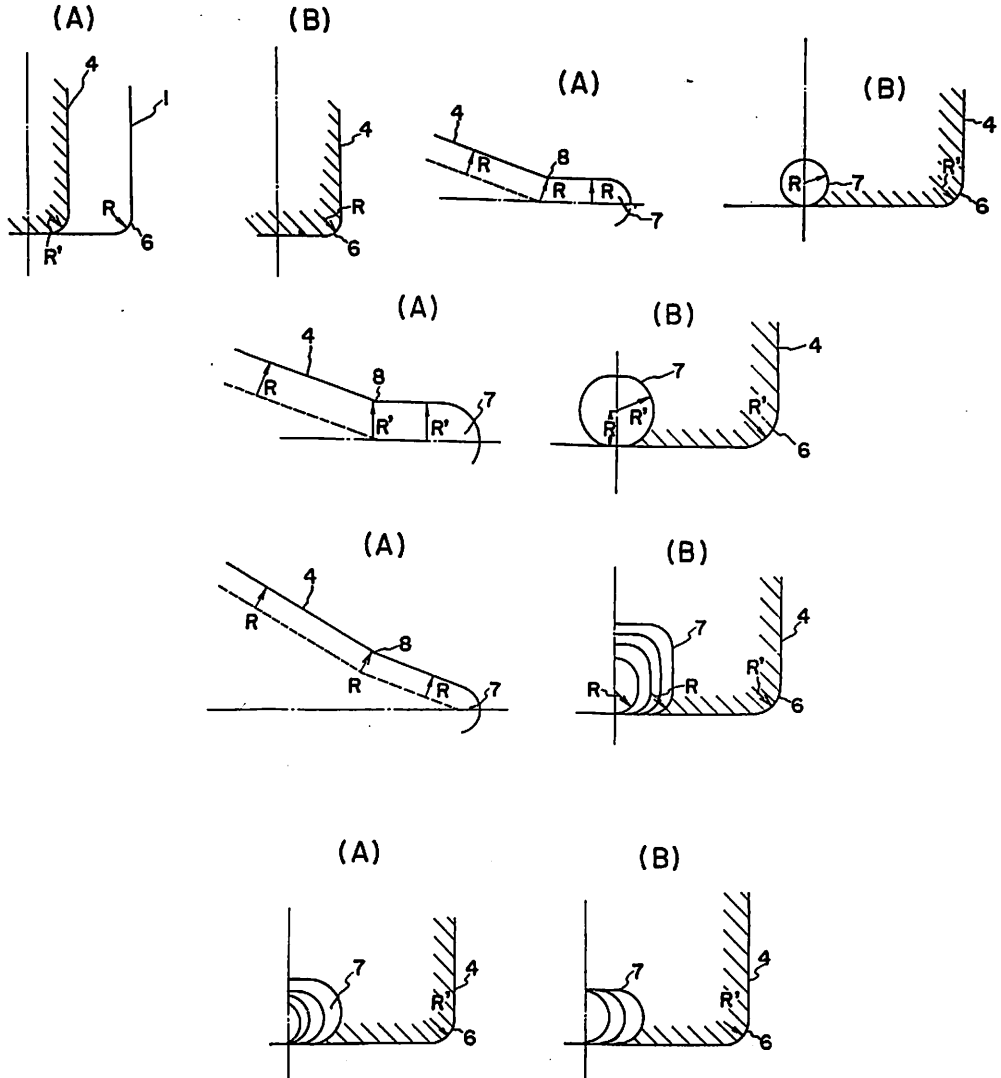
下図を参照すると、船体平行部1の前端2より船



首端3までの船体形状が船体の深さ方向は垂直面4で形成し、長さ方向のみある曲率で形成される。ビルジ部6は、船体平行部1のビルジ部6と同じ曲率で船首端3付近まで構成される。バルブを船首部に設ける場合は、バルブ7の下部断面形状を、船体平

行部1のビルジ部と同じ(R)にするか、あるいは、ビルジ部との接続部1の下部断面形状(R')と同一にすることも可能である。バルブ上部断面形状は、下半部と対称にすることも、また異なった形状とすることも可能である。

(特許庁第1部分類審査室/幸長保次郎)



船 船 第48巻第9号 昭和60年9月1日発行
 9月号・定価800円(送料40円)
 本誌掲載記事の無断転載・複写複製をお断りします。
 編集兼発行人 土肥勝由
 発行所 株式会社天然社
 〒104 東京都中央区銀座5-11-13 ニュー東京ビル
 電話・(03) 543-7793 振替・東京 79562

船 船・購読料

1ヵ月 800円(送料別 40円)
 6ヵ月 4,800円(送料別 240円)
 1ヵ年 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。

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稼動開始

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

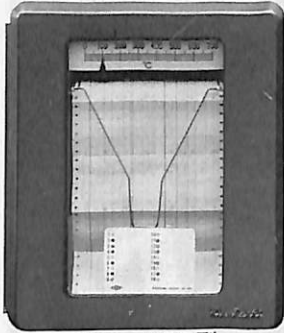
社長 井上正一

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

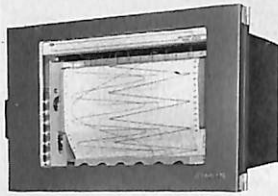
〒232
(工場) 横浜市中区かもめ町23
TEL 045-622-7509

船舶自動化(MO)を推進する

記録計 検塩計



PBR・TBR型



B-108~608型
B-1081~6081型

電子式自動平衡型記録計で電位差計式と電橋式とがあります。温度・圧力は諸現象の連続記録に用いられます。

1点用、実線ペン書き記録、6.12.18点用・色別打点記録式。記録紙・150mm巾折畳式。この型で2ペン3ペンの実線ペン書きがあります。

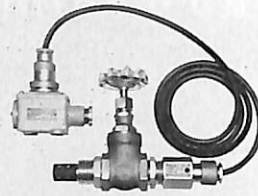
ラック型多ペンレコーダ
同時刻に起った異相現象を250mmの記録紙巾一杯に交叉して色別実線ペン書きによる同時記録ができます。1~6ペンがあります。



指示計



操作盤



セル

本器はボイラー・スチームタービンの安全運転の監視と制御に用いられます。当社の検塩計は船舶用としては国内唯一の製品で世界の公海で今日も寄興して居ります。

1、2、4、6、8、10、12点用の指示、警報、調節型があります。パネル埋込のセパレート型と壁掛型とがあります。

電極(セル)は直入型温度補償付で一般用(130℃)、高温用(150℃)耐水圧で一般用(10kg/cm²)、高圧用(150kg/cm²)とあります。

ZERO SCAN SYSTEM[®]

本SYSTEMは当社が船舶自動化用として他に先駆けて開発した全く新しい理想的なSYSTEMであります。

本器は主として船舶のディーゼル機関或いはタービン・ボイラー運転関係の諸現象の自動監視にデータロガー、マルチモニターとして内外の船舶に利用されております。又、一般工業用としても自動化・消力化に使用されております。

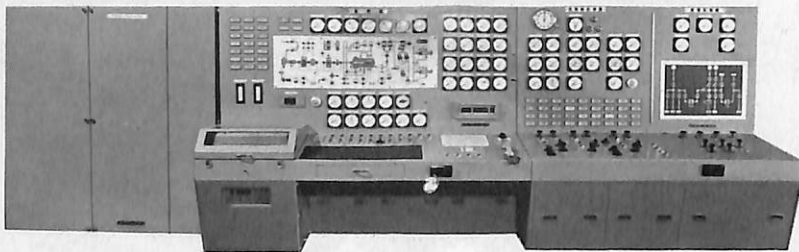
実績5万点以上

特長

- すべての発信器と受信器が、1:1の常時監視方式であります。
- 完全にユニット化、ブロック化され回路がごく簡単です。
- 万一故障した場合でも処置が簡単です。
- MO適用船の推奨規則に最適のものであります。
- ユーザー各位の経済性を主眼として製作されております。



ZSC-160型, 170型
温度多箇所自動監視盤



理化電機工業株式会社

本社・工場：東京都目黒区中央町1-9-1
 本社営業部：東京都目黒区柿ノ木坂1-17-11
 大阪営業所：大阪市東区本町1-18 山甚ビル内
 小倉営業所：北九州市小倉区北米町1-1-5 小倉朝日三井ビル内
 横浜工場：神奈川県横浜市緑区青砥町3-4-2

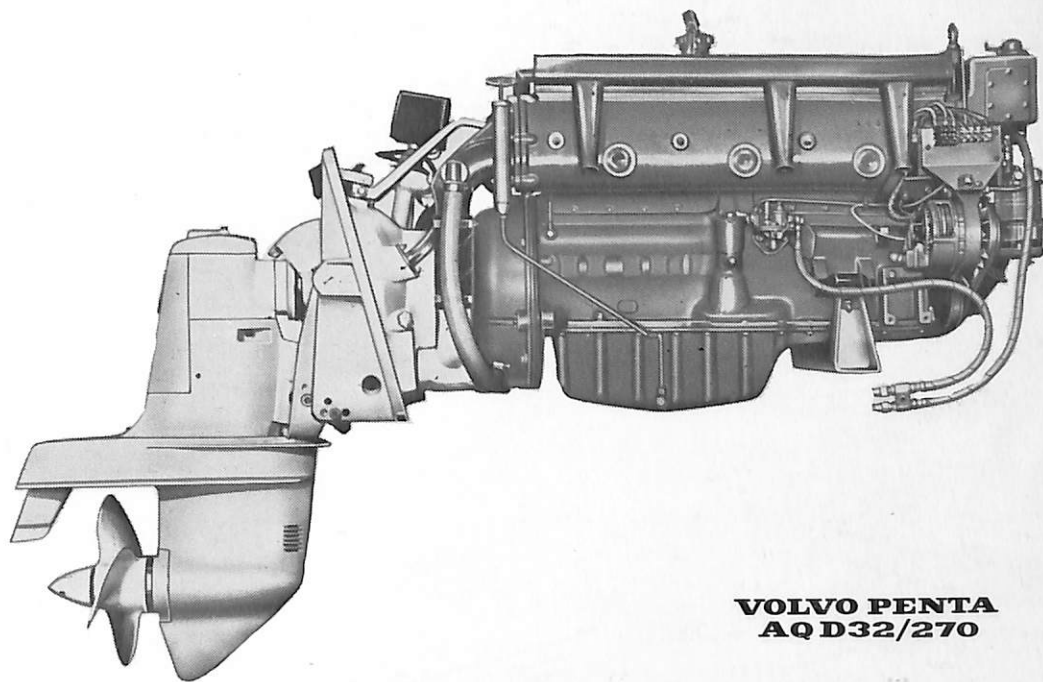
TELEX：246-6184 〒152
 TEL：03(723)3431(代)〒152
 TEL：06(261)7161(代)〒541
 TEL：093(551)0288(代)〒802
 〒226

VOLVO PENTA AQUAMATIC

AQD

ボルボペンタ アクアマチックディーゼル船内外機

106馬力



VOLVO PENTA
AQD32/270



ボルボペンタ アクアマチック日本総代理店

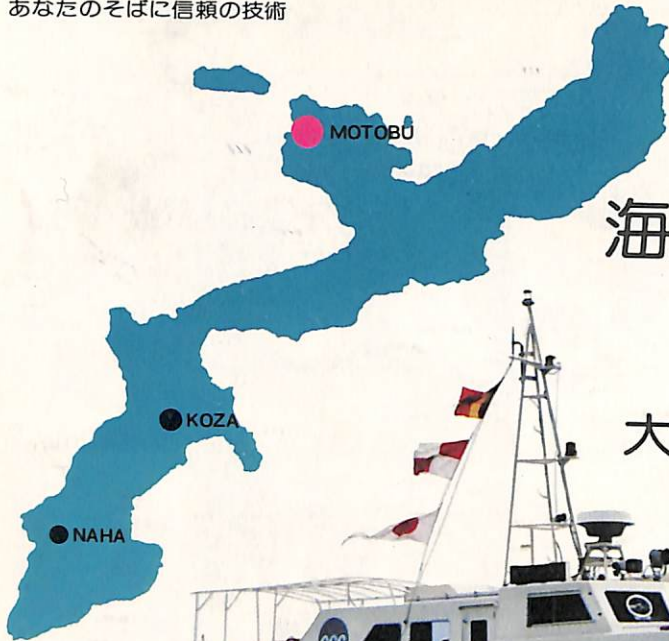
西武自動車販売株式会社

マリンセンター 東京都豊島区南池袋2-8-13 TEL 03(981)1261-5

ショールーム 東京都豊島区東池袋4-6-3 TEL 03(983)0161(内)3766

直通 03(984)5811

あなたのそばに信頼の技術



珊瑚礁と 蒼い海の祭典 海洋博での活躍が 期待される 大型警備艇“守礼”



当社が建造した“守礼”は、沖縄海洋博の警備、救難に当たる主力艇でその他、多目的の業務にも従事し、海洋博が楽しいイベントとして内外から大きな評価を得るためにも、本船の活躍が期待されています。

“守礼”は18M型FRP製大型警備艇で、主な業務は、

- 会場海域における関係船以外の航行警備
- VIP、救急資器材などの海上輸送
- 会場海域において発生する船舶の火災、浸水、座礁などの、海難事故に対する救難業務
- 海上諸行事であるパレード、ペーロン競技、ヨットレースなどに際し、事故の未然防止と発生時の処理業務

海洋博警備艇“守礼”の主要目

長	さ	: 18.00m
幅		: 4.80m
深	さ	: 2.30m
総トン数		: 57トン
速	力	: 巡航21ノット 最大22ノット
主 機	関	: GM製船用ディーゼル GM12V-71TI 540ps×2基
搭 載 人 員		: 乗客20名, 乗員4名, 計24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