

# 帆装タンカー“新愛徳丸”について

—続々と就航する機主帆従式帆装船—



昭和58年9月

**JAMDA**

財団法人 日本船用機器開発協会

## 目 次

1. 本船が出来るまで	1
2. 本船の特色	3
3. 主要目	3
4. 各部説明	3
4.1 船型	3
4.2 帆装置	4
4.3 主機関	4
4.4 クリーンサーモエコ CTE-80	11
4.5 サーモヒーター (熱媒油ボイラ)	11
4.6 新動力システム	11
4.7 温清水の利用	11
4.8 ホモジナイザー	12
4.9 海洋汚染防止	12
4.10 コンピューター	12
5. 2年目の中間検査	19
5.1 2年間に経験した主なる運航実績と改良のための追加工事	19
5.2 2年目の中間検査の結果	21
6. 運航データ	24
6.1 運航実績	24
6.2 省燃費計算	24
6.3 展縮帆テストによる帆走利得の検討及び帆走利得のまとめ	24
6.4 強風下の航海	32
6.5 経年変化による速力への影響	33
6.6 純帆走	33
6.7 在来型省エネ船との比較航走試験	41
6.8 帆装と非帆装	42
6.9 1本帆と2本帆の違いによる効果の差	45
7. 続々と就航する機主帆従式帆装船	46

7.1	小型帆装船	46
7.2	大型帆装船	46
7.3	大型帆装船の北米航路の帆走利用度の推定	46
8.	在来船の帆装後のC係数の検討	55

付図・付表	新愛徳丸一般配置図及び建造技術開発協力者一覧表	56
-------	-------------------------	----

1	新愛徳丸一般配置図	56
2	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表	57
3	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	58
4	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	59
5	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	60
6	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	61
7	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	62
8	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	63
9	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	64
10	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	65
11	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	66
12	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	67
13	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	68
14	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	69
15	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	70
16	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	71
17	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	72
18	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	73
19	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	74
20	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	75
21	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	76
22	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	77
23	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	78
24	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	79
25	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	80
26	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	81
27	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	82
28	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	83
29	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	84
30	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	85
31	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	86
32	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	87
33	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	88
34	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	89
35	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	90
36	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	91
37	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	92
38	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	93
39	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	94
40	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	95
41	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	96
42	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	97
43	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	98
44	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	99
45	新愛徳丸建造技術開発協力者一覧表(続)	100

## 1. 本船が出来るまで

(財)日本舶用機器開発協会（JAMDA）は日本鋼管㈱に新型帆装置の研究を委託し、昭和53年から風洞実験を開始し、基礎研究が行われ、更に洋上試験船“だいおう”に試作型の帆3種を装備して、帆の最適形状及び操帆の自動化、操縦性並に復原性の研究が行われた。

当協会は船の安全性確認のために、学識経験者からなる「帆装商船安全性検討懇談会」をもうけ、帆船の安全性基準を検討すると共に、日本鋼管㈱に対して、更に研究委託を行った。同社はこの委託をうけて、699 G/T 帆装油送船の精密模型を作成の上、角水槽試験によって、風圧下の波浪中試験を行うことにより、この委託に応えた。(図1, 2)

また、当協会は昭和53年に阪神内燃機工業㈱に対して、低回転数・低燃費の主機関の開発を委託し、同社は昭和54年に6 EL32型を完成し、この要望に応えた。

かねてから船舶技術開発㈱と共に、中小型船の省エネルギーのための種々の研究を行っていた㈱愛徳は、当協会の要請により機主帆従方式の帆装油送船を実用船として建造する決意をし、当協会の指導並びに援助によって、新愛徳丸（699 G/T 油送船）を建造した。

このようにして、新愛徳丸は50%の省燃費を目途として、近海区域を航行しうる船とし、かつ海洋汚染防止に留意した船として開発された。

本船は、㈱今村造船所において昭和55年7月10日に起工し、昭和55年9月10日に完工し、運航者旭タンカー㈱の配船で、日本一周航路並びに近海航路に就航している。

さらに、新愛徳丸の他に“愛徳丸”“日徳丸”“扇容丸”“日産丸”の4隻の帆装船が、就航しており、昭和59年8月には、26,000 DWT型の大型帆装船が竣工する。

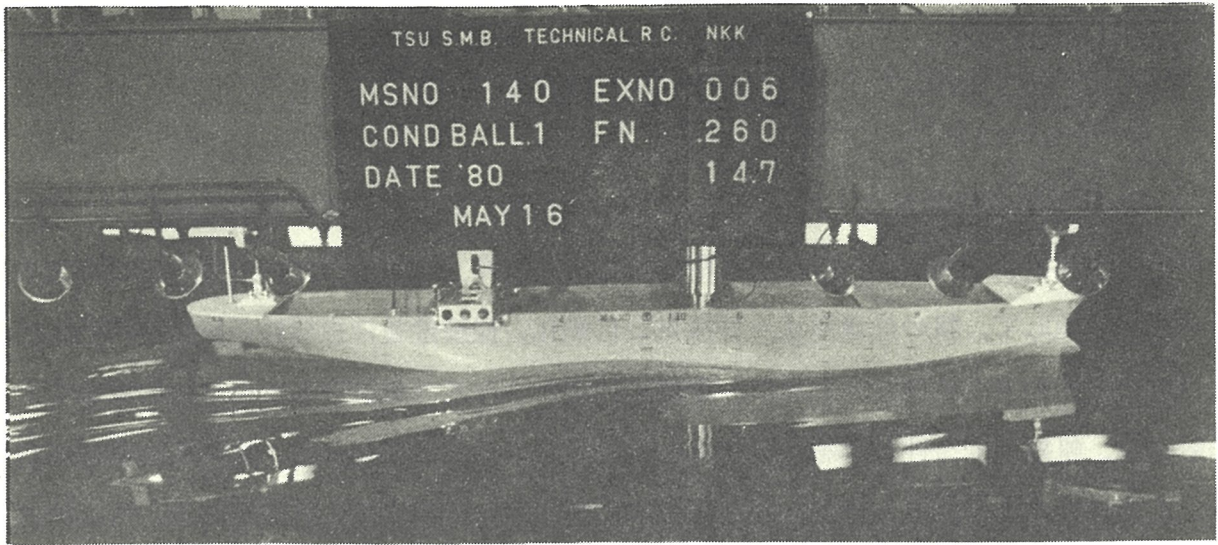


図1 水槽テスト

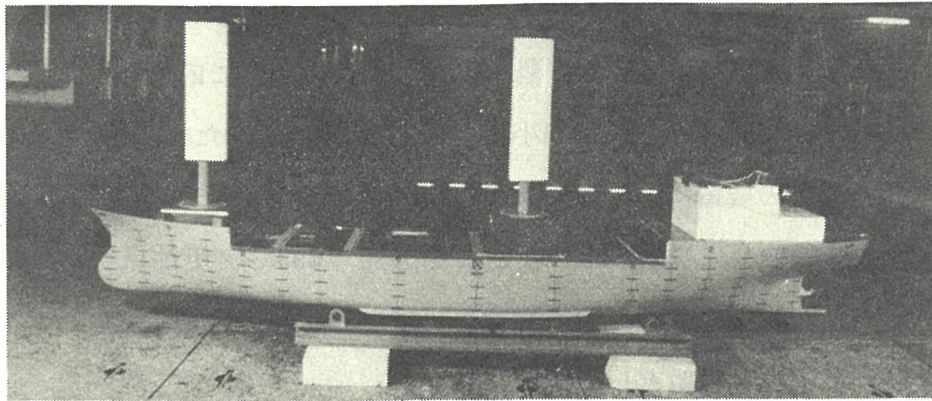


図2 帆装タンカー模型

## 2. 本船の特色

- (1) コンピューター制御システムによる層流矩型硬帆を採用
- (2) 省エネルギー船型の採用
- (3) 省エネルギー推進機関の採用
- (4) 排熱の利用
- (5) 船内電力源の省燃費
  - (a) 新動力システムの採用
  - (b) 停泊用小型発電機の採用
- (6) 補助ボイラーの省燃費
- (7) ホモジナイザーとファインフィルターの併用
- (8) 燃焼式トイレの採用
- (9) 甲板機械の油圧駆動と迅速たるみ取り式ウインドラス、ウインチの採用
- (10) セルフポリッシング型船底塗料の採用により、船底汚損による所要馬力の増大を防ぎ、省燃費に寄与した。
- (11) コンピューターシステムの採用

## 3. 主要目

本船の主要目と共に、在来船の主要目を対比して表1に示した。

## 4. 各部説明

### 4.1 船型

各種水槽テストの結果、新愛徳丸は肥瘠係数  $C_b = 0.68$  のスリムな船型とし、その他ベルジキールの増大 (図3)、プロペラアパラチャーの拡大 (図4) 及び艀部吃水付近より上部のライン修正、また特殊バルバスバウの採用 (図5) 並びに舵面積の増大を行った。馬力と船速の関係図 (図6) の如く、在来船に比べて同一船速確保に要する馬力は驚くほど少なく、船橋を低くするなど船体の風圧抵抗を減らし、耐航性能の向上をはか

った。

## 4.2 帆装置

日本鋼管(株)にて設計し、(株)上田鉄工所にて製作を行った。

帆は前後2基とし高さ12.15 m、幅8.0 m、総面積194.4 m<sup>2</sup>で帆の展帆(stretched)及び縮帆(folded)状態及び各部名称は図7、8に示す。

帆を展帆する条件は、図9の斜線で囲まれた①に示される風向・風速の時に展帆され、自動的に最適帆角をとる。

本船は機主帆従方式を採用しているため展帆によって得られた推力は、船速が一定に制御されているので、図10に示すようにして主機エンジン出力を自動的に低減させるが、C重油使用下限が50%MCRのため、主機関は50%MCR未満に出力減少はさせず、船速ロック制御が自動的に解除され、船速が上昇する。又、さらにA/Cマルチブレンダー使用により、船速一定で出力を低減させることも出来る。

## 4.3 主機関, CPP

阪神内燃機工業(株)が当協会の補助金で開発した6 EL 32型のエンジンは、2000 ps × 280 rpmであったが、これの定格を下げた1600 ps × 250 rpmとして使用した。(図11)

このエンジンの特色は、燃料消費率が低く、C重油を使用してもA重油に比べ増加量が少なく、かつ分力特性が良好な点である。

一例を示すと次の通りである。

	主機出力	A 重油	C 重油
4 / 4	1600 ps	141.0 g/ps・h	146.0 g/ps・h
3 / 4	1200 ps	141.5 g/ps・h	146.5 g/ps・h
1 / 2	800 ps	144.0 g/ps・h	149.0 g/ps・h

更に主機関回転数を250 rpmに下げたので、大口径CPPを採用、荒天時のレーシングなど航行時の諸問題を検討し、当初プロペラ直径2650 mmを選定したが、1年後に直径2700 mmのプロペラに変更した。

CPPの全長を短くする設計を行い、機関室全長を短くすることが可能となり、かつ艤船型の改善に寄与した。

展帆によって利得推力が発生した時には、主機関出力は自動的に低減させられるが、その場合といえども船速は一定であるから、プロペラのスリップ等を変えないようにオーバーピッチ(即ち、トルクリッチ)にするように、ALCコンピューターにより作動

されている。(図13参照)

表1 新愛徳丸と在来船の主要目の比較

主 要 目	新 愛 徳 丸	在 来 船 仕 様
主要寸法等		
長さ(垂線間) (m)	66.00	62.00
幅(型) (m)	10.60	11.20
深さ(型) (m)	5.20	5.00
計画満載喫水(型) (m)	4.40(近海) 4.80(沿海)	4.60(沿海)
方型肥瘠係数	0.68	0.72
総トン数 (t)	699	699
満載排水量 (t)	2 400 (ABT')	2 400 (ABT')
載貨重量 (t)	1 400 (近海) 1 600 (沿海)	1 600
貨物槽, 各種タンク容積		
貨物油槽 (m <sup>3</sup> )	1 300	1 600
燃料油タンク (m <sup>3</sup> )	136	70
清水タンク (m <sup>3</sup> )	37	40
海水バラストタンク (m <sup>3</sup> )	660	450
帆 装 置		
矩形層流型硬帆	2組	
帆面積	約200m <sup>2</sup> (合計)	
展帆時最大風速 (m/s)	20	
速力, 航続距離		
試運転速力 (kt)	13	12
( <sup>4</sup> / <sub>4</sub> 負荷満載状態)		
満載航海速力 (kt)	12	11
航海距離 (海里)	約9 700	約3 000
主 機 関		
型式×台数	単動4サイクル過給機付き ディーゼル機関×1基	同 左



主 要 目	新 愛 徳 丸	在 来 船 仕 様
連続最大出力	1 600 PS × 250 rpm	1 800 PS × 320 rpm
使用燃料油	C重油 (1 500 秒 RW No 1 100°F)	B重油
燃料消費率 (g/PS・h)	141	160
燃料消費量 (t/DAY)	3.6	4.1
プロペラ		
型式×台数	CPP × 1基	FPP × 1基
直径×翼数	2 700 m/m × 4翼	2 300 m/m × 4翼
補助ボイラ		
型式×台数	熱媒油式サーモヒータ × 1基	蒸気式ボイラ × 1基
蒸発量 (kcal/h)	500 000	1 000 000
圧力×温度	230 °C	7 kg/cm <sup>2</sup> × 170 °C
排ガスエコノマイザ		
型式×台数	熱媒油式排ガスエコノマイザ × 1基	な し
蒸発量 (kcal/h)	80 000	
圧力×温度	150 °C	
F O 清浄機	ホモジナイザ及びファインフ ィルタ	遠心式清浄機
発電装置		
主発電機	80 KVA 220 V 60 Hz	100 KVA 220 V 60 Hz
補発電機	主機油圧駆動 80 KVA × 1基 補機駆動 80 KVA × 1基	補機駆動 100 KVA × 2基
停泊用発電機	30 KVA × 1基	な し
コンピュータ		
1. 操 帆	コンピュータによる自動制御 (手動制御及び予備装置付き)	な し
2. 船 速	コンピュータによる主機関及 びCPPの自動制御 (船速計 装備)	な し
3. 運 航 管 理	マイクロコンピュータによる 復原性確認, 消耗品・予備品 管理, 運航管理, データ記録 装置付き	

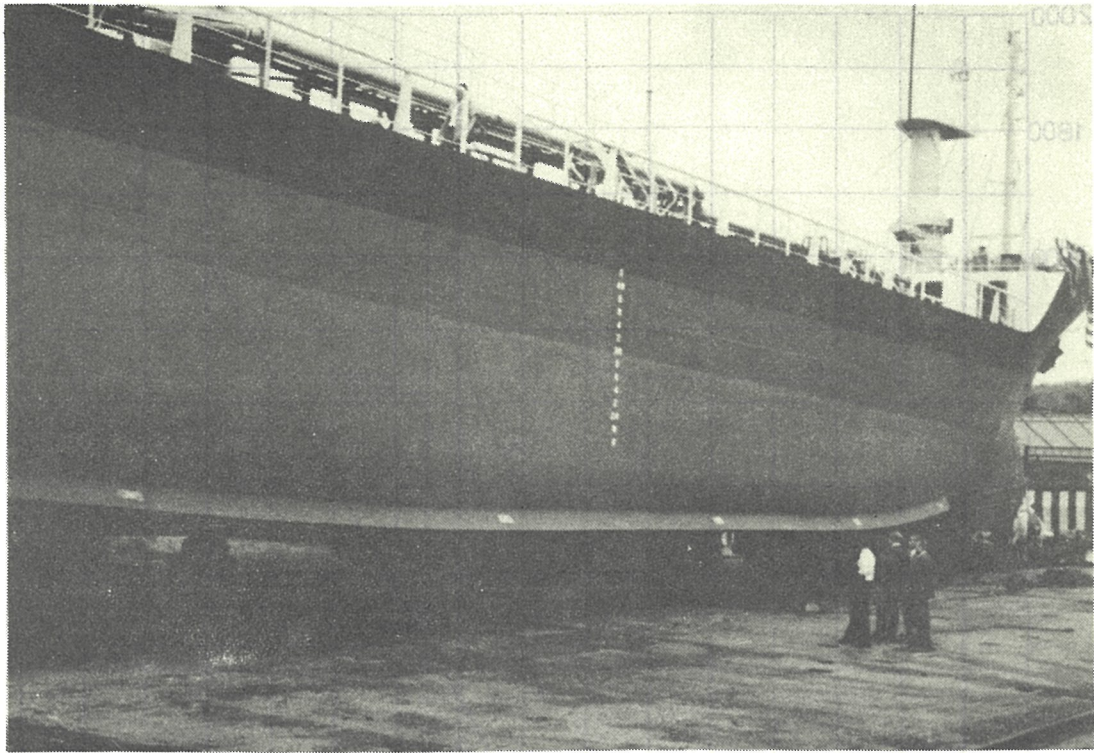


図3 ビルジキール

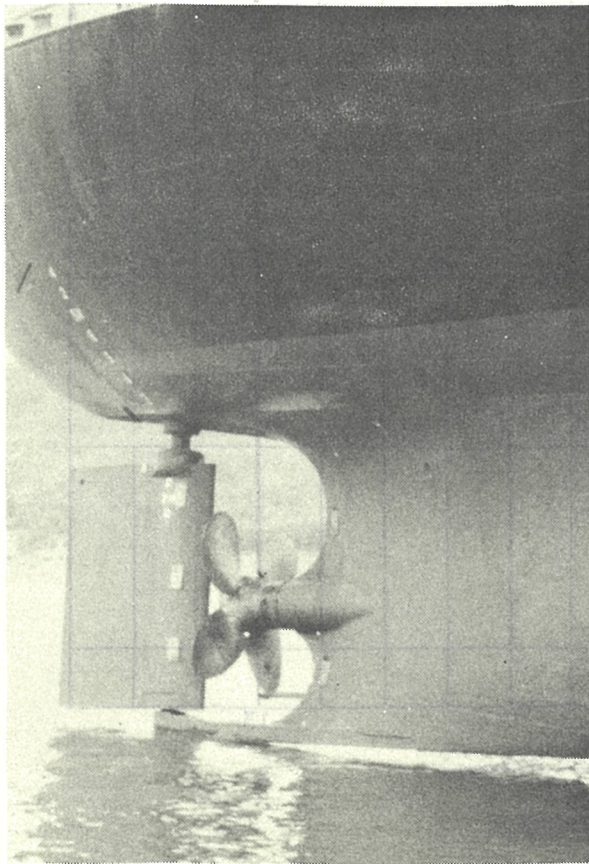


図4 艀部

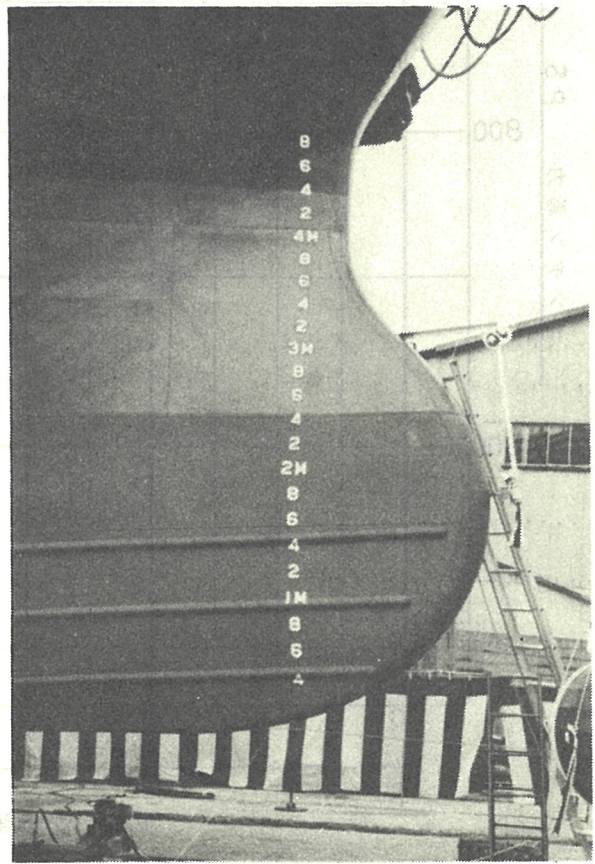


図5 船首部

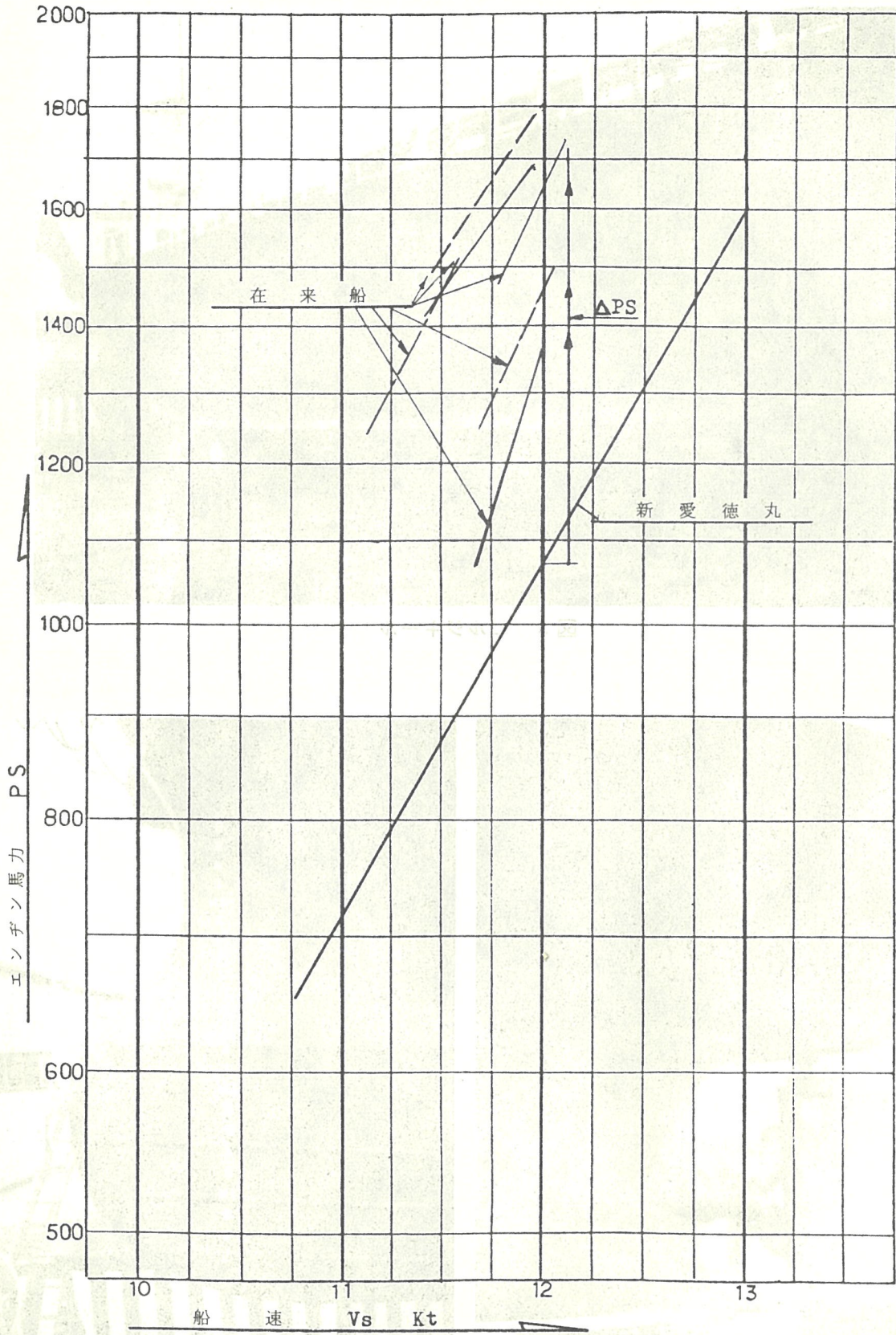


図6 必要馬力比較図

船速比較図

船速比較図

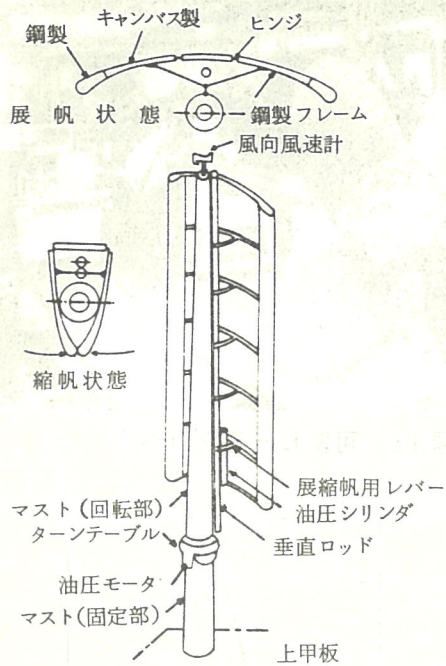


図7 帆装置概略図

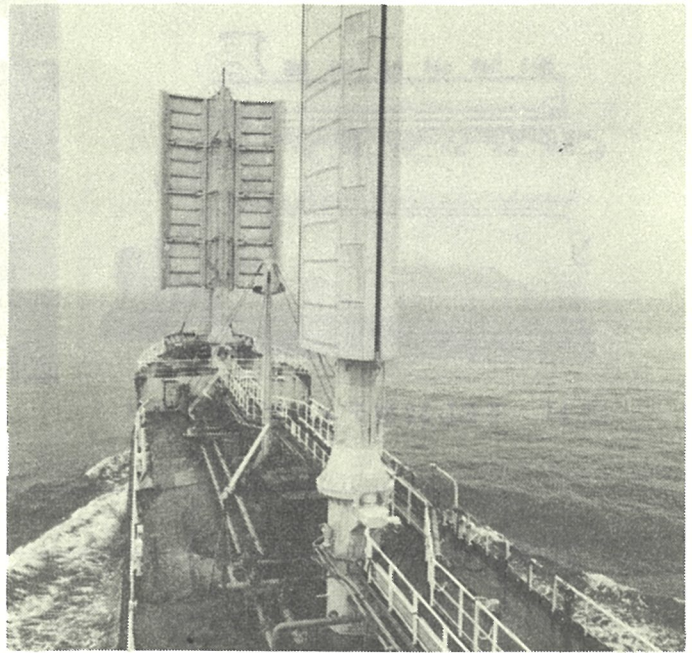


図8 縮・展帆状態

		制御方法		
No.	風の状態	帆の状態	自動	手動
①	順風	展帆	○	○
②	逆風・強風	縮帆	○	○
③	台風等	縮帆	×	○

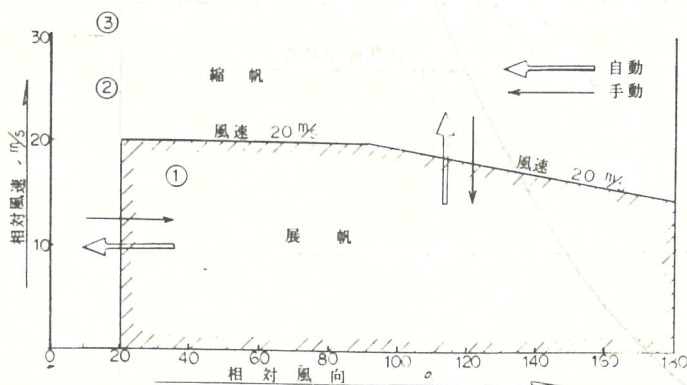


図9 帆装置の自動制御方法

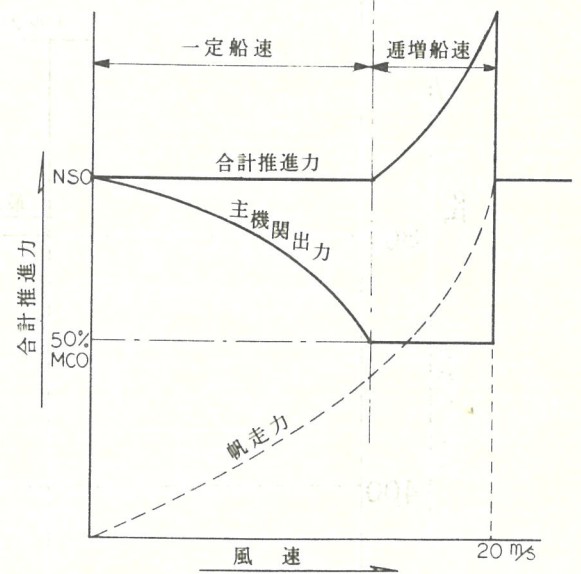


図10 主機出力制御

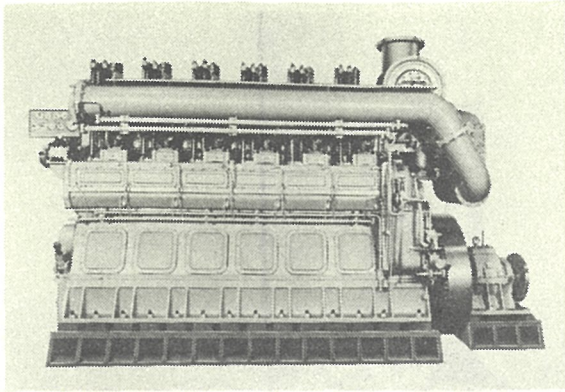


図 11 6 EL 32型ディーゼルエンジン

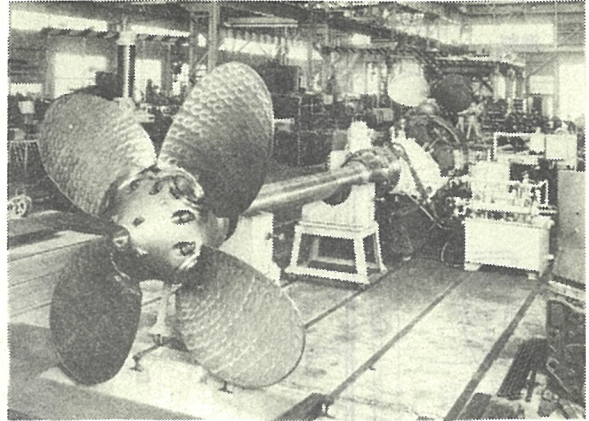


図 12 可変ピッチプロペラ

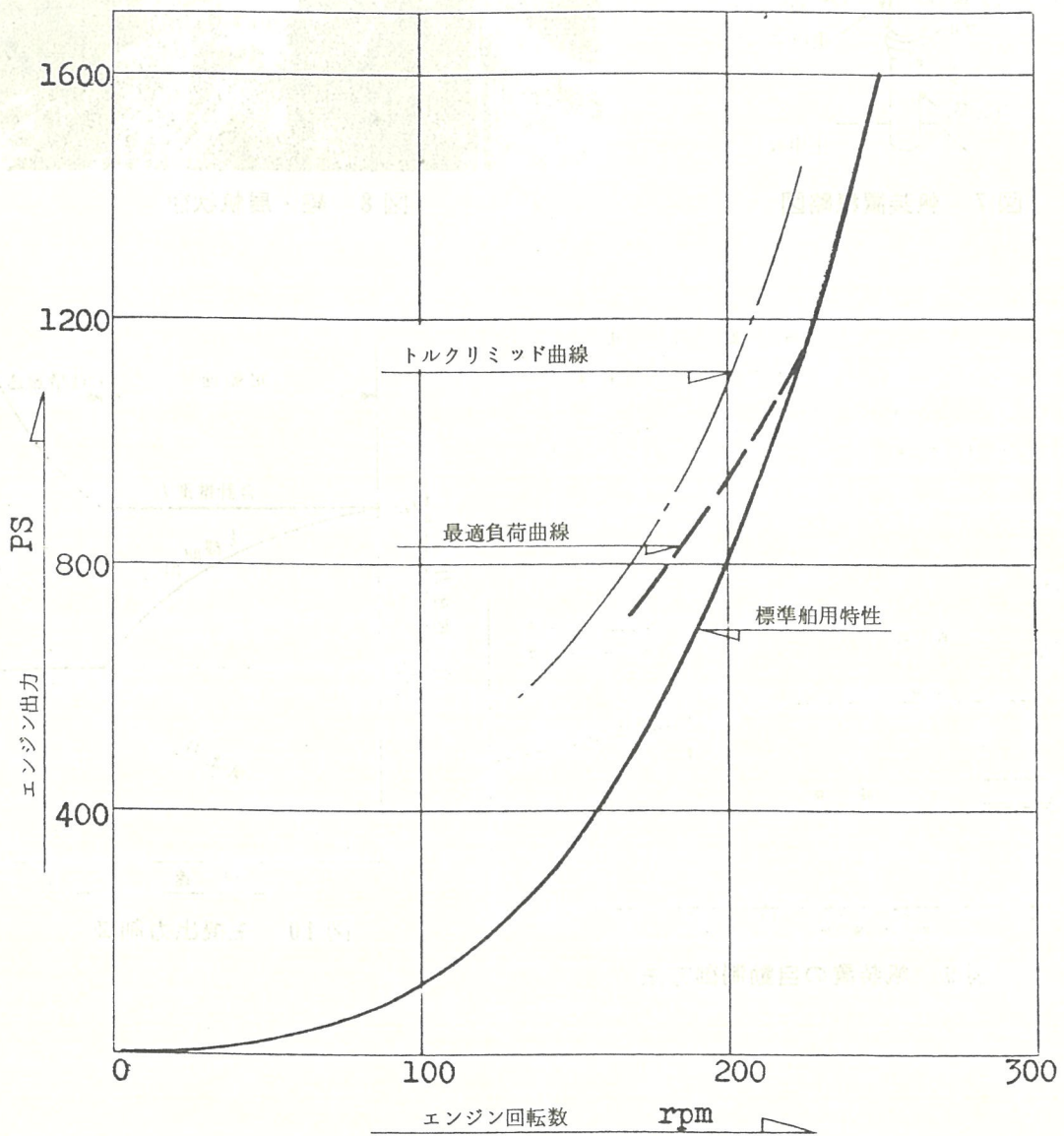


図 13 自動負荷制御

#### 4.4 クリーンサーモエコ CTE-80

(株)タクマと船舶技術開発㈱の開発によるクリーンサーモエコ（熱媒油排ガスエコノマイザー）の採用により航海中の暖房並びに加熱は全て賄われている。

排ガスエコノマイザーとして、腐食問題から解放され、かつ安全性の高い方式を採用し、図14の如く熱移動は、排ガス → 空気 → 熱媒油 → 被加熱体となる。

発生熱量は 80 000 Kcal/h であり、93 kW相当分の熱を供給しており、ファンポンプの駆動馬力を差引いて、85 kWの電力節約をしている。

航海中の暖房はもとより、燃料油・潤滑油の加熱を十分に満足させている。

#### 4.5 サーモヒーター（熱媒油ボイラー）

(株)タクマ製の熱媒油式サーモヒーターにより、在来の補助蒸気ボイラーを廃止した。蒸気ボイラーによる荷油タンク加熱は、ブロー損失・トラップ損失・ドレンクーラー損失及びフラッシュ損失があるため、密閉サイクルを作成出来ないの、密閉サイクルに比べて、22～30%の効率低下となり、航行時蒸気ボイラー缶水の保有が必要となっていたが、密閉サイクルを採用でき、ボイラー缶水の保有が皆無となった効益は大きい。

油の比熱は水に比べて低い、それを補って余りがあるのが出口油温であり、蒸気の150℃に対して230℃である。

#### 4.6 新動力システム

内田油圧機器工業㈱と船舶技術開発㈱が開発した、可変容量型油圧ポンプによる主軸駆動発電システムを採用し、A重油の使用量を減少させた。

甲板機械駆動にはリングメインシステムを採用し、可変容量ポンプ1台（出入港中主機駆動・停泊中補機駆動）により、全ての甲板機械が適宜駆動される。（図15参照）

帆の展縮帆、旋回は可変容量ポンプを使用し、アイドル時には3 psの損失ですませることとした。

ウインチ・ウインドラスには、迅速たるみ取り式ウインチを採用、係船時の操船性を向上した結果、図16の如く、13～15 m/sの強風時の着棧も容易になり、荷主殿より称賛された。この方式の特性は図17に示す。

#### 4.7 温清水の利用

主機関温清水を利用し、燃料油ストレージタンクの加熱を行う。

燃料ストレージタンクには主機の温清水を配管して加熱を行っている。又、多回路式

温水ボイラーを併用することにより、温清水及び熱媒油の追焚が可能である。(このシステムは特許申請中)

温清水の温度が主機出口で約65℃であり、表2に示す通り吸上げ油温も45℃～35℃と適当な範囲に自動的に調整されている。

二重底により本船の如く海面付近にあるストレージタンクは、温度条件としては不利と思われたが、低海水温度水域での実航海で好ましい結果が得られた。

#### 4.8 ホモジナイザー

通常採用されている遠心分離式清浄機とフィルターに替えて、ボルカノ(株)製の小型ホモジナイザーによりスラッジ迄すりつぶし、これを伊藤式ファインフィルターによって金属粉フレットを取除く方式に変更した。

運航試験の結果判明したことは、スラッジは余すところなく燃焼し、かつFOポンプの焼付き、ノズルのつまりも全く発生せず、好調に運航を続けている。

ホモジナイザーの外形図を図18に示す。

#### 4.9 海洋汚染防止

C重油のスラッジ発生はホモジナイザーで皆無とすると共に、当協会とボルカノ(株)とで開発した熱焼式トイレ図19の採用、及び、クリーンバラストの配置と荒天航行に必要な吃水確保で海洋汚染は完全に防止された。

#### 4.10 コンピューター

本船に搭載されているコンピューターは全部で5種類に分れ、担当は次の通りである。

- |                   |                                      |    |
|-------------------|--------------------------------------|----|
| 1. 自動操帆コンピューター    | 日本鋼管(株)                              |    |
| 2. 主機・CPPコンピューター  | 阪神内燃機工業(株)<br>日本造船機械(株)<br>船舶技術開発(株) |    |
| 3. 運航マニュアルコンピューター |                                      | 同上 |
| 4. 復原性確認コンピューター   |                                      |    |
| 5. 電子ロラン          | 日本無線(株)                              |    |

又、その一覧表並びにその情報の流れを表3に示す。

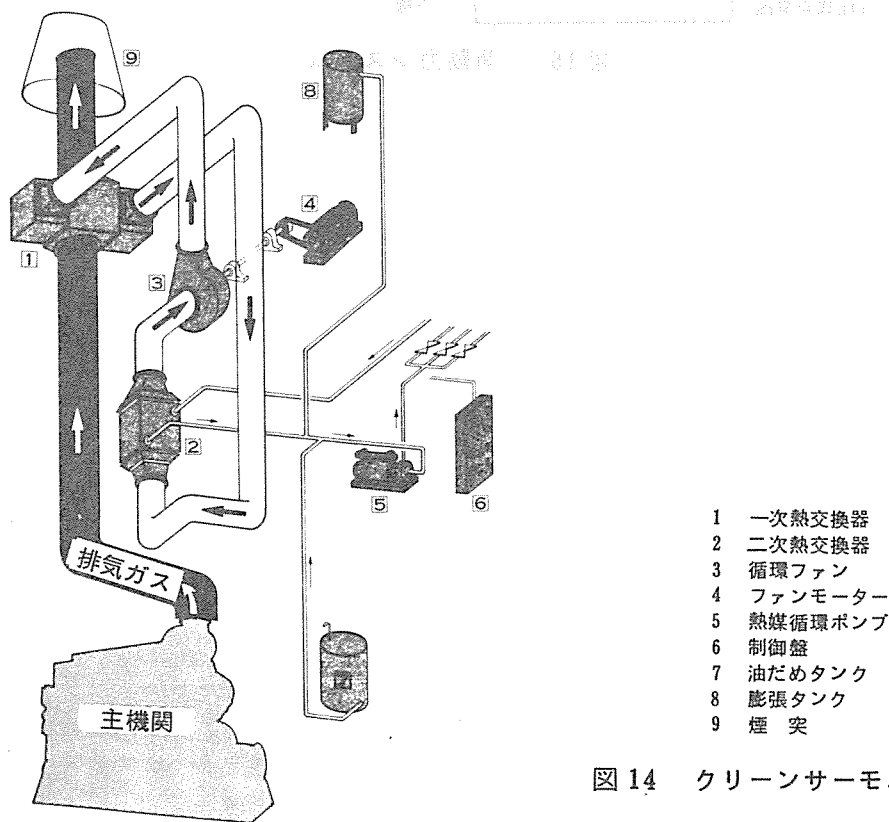
出港直前に船長は各タンク積付け量をインプットし、復原性確認コンピューターにより船の要目を詳しく知る。その中の排水量比によって、運航マニュアルコンピューターの計算の基礎が生まれ、航海距離・所要時間・潮流・風向・風速をインプットすると、所要船速・馬力・到着時刻等がプリントアウトされる。

これらの資料を基にし、海況を考えて船長が船速を決定する。船が巡航に入った時に、先ずエンジンの馬力を調整し、設定船速で巡航に入らせると、船速ロックボタンを押す。その上で展帆が許される条件なら展帆し、操帆コンピューターにより帆走力を得る。

主機 ALC コンピューターは、船速を一定に保つので、帆走力分だけ主機出力を自動的に低減させると共に、船速は同一であるから、CPP のピッチを大きくしてゆく。

電子ロランは現在位置の明示と共に、対地船速を算出するので、対地船速を基にして、対水設定速度を再調整する。

図20、21は操帆コンピューターと ALC コンピューターを示し、図22は運航マニュアル、復原性確認コンピューターを示す。図23は電子ロランを示す。



- 1 一次熱交換器
- 2 二次熱交換器
- 3 循環ファン
- 4 ファンモーター
- 5 熱媒循環ポンプ
- 6 制御盤
- 7 油だめタンク
- 8 膨張タンク
- 9 煙突

図14 クリーンサーモエコ回路図



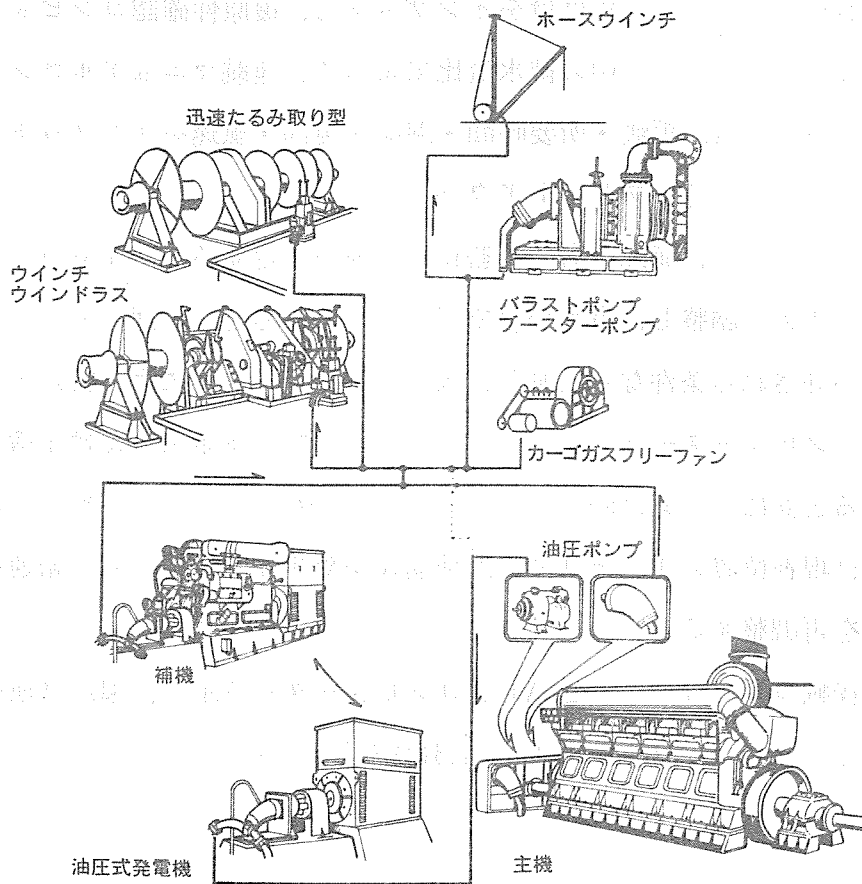


図 15 新動力システム



図 16 強風時の着岸状況

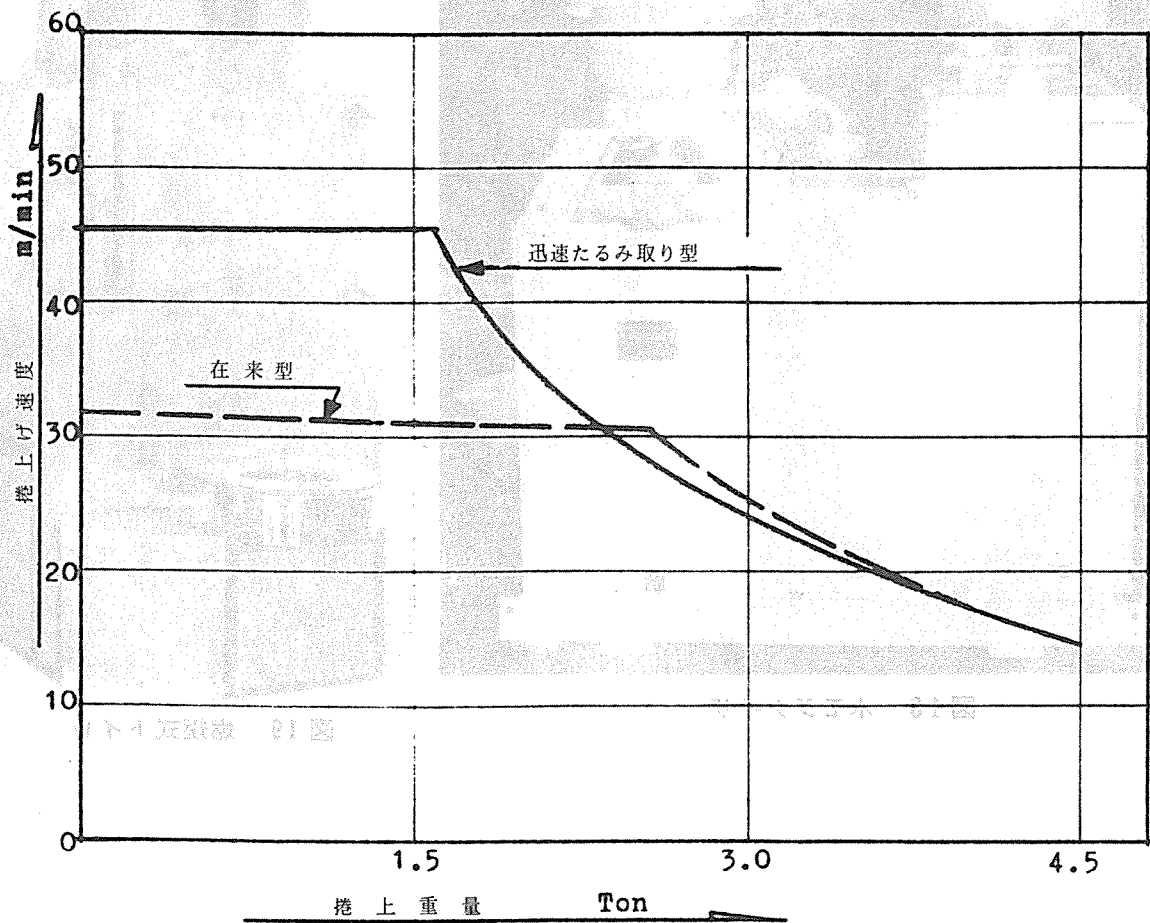


図 17 迅速たるみ取り式ウインチ特性

表 2 温清水加熱の性能

年 月 日	55-12-20	55-12-22
海 水 の 温 度	8-10℃	18-22℃
# 1 ストレージタンクの出口燃料油温	35-38℃	38-43℃

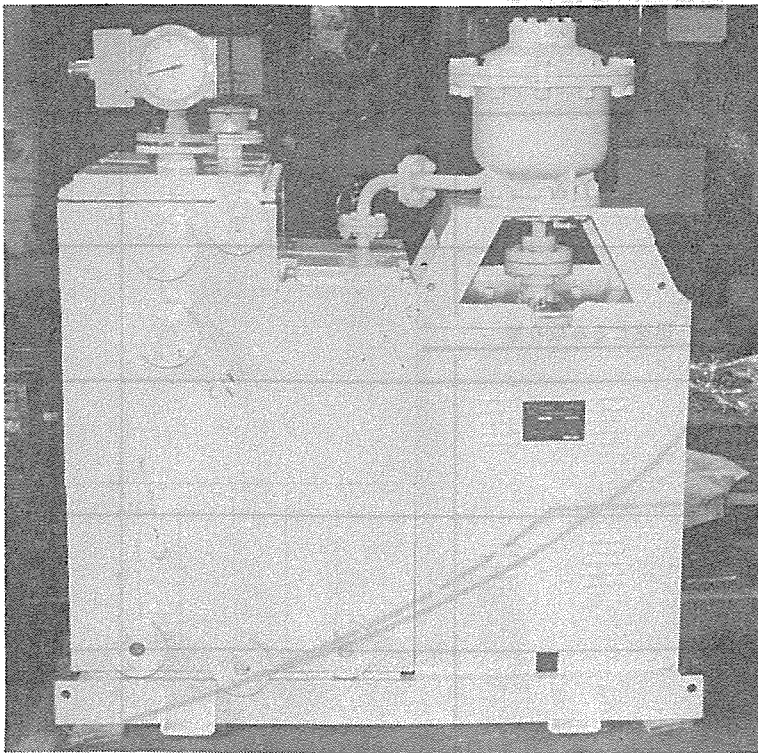


図 18 ホモジナイザー

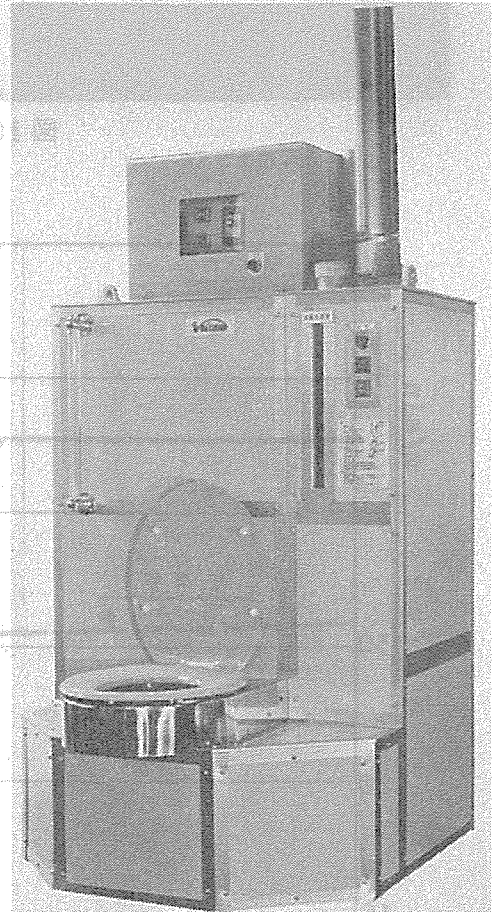


図 19 燃焼式トイレ

表3 新愛徳丸のコンピューターシステム

コンピューターシステム	主たる作動内容等	情報の流れ
復原性確認 コンピューター	○各タンクの積付け重量投入。トリム, 排水量, $G_0M$ 等が自動的に算出され, その数字がプリントされる。	トリム, $G_0M$ , 排水量等の確認
運航マニュアル コンピューター	○コンピューターと省エネの会話を行い, 到着時刻及び Lt/Mile を予定する。	船速の決定 - 主機出力予測 省エネルギーデータのプリント
自動負荷制御 コンピューター	○船速を指定し, 船速一定で航走するように, ロックする。 ○帆走力が得られた時には, 船速一定の条件の下で主機出力を自動的に低減させる。	船速ロック 対水船速の修正 実出力 = 予測出力 - 帆走力
自動操帆 コンピューター	○展帆中は最適帆角を検出して作動させ, 自動的に最大帆走力を得るように制御する。	展帆 → 帆走力
電子ロラン	○本船の現在位置の緯経度表示。 ○対地船速の算出を行う。 ○船長はこの結果により本船の対水船速を修正する。	対地船速

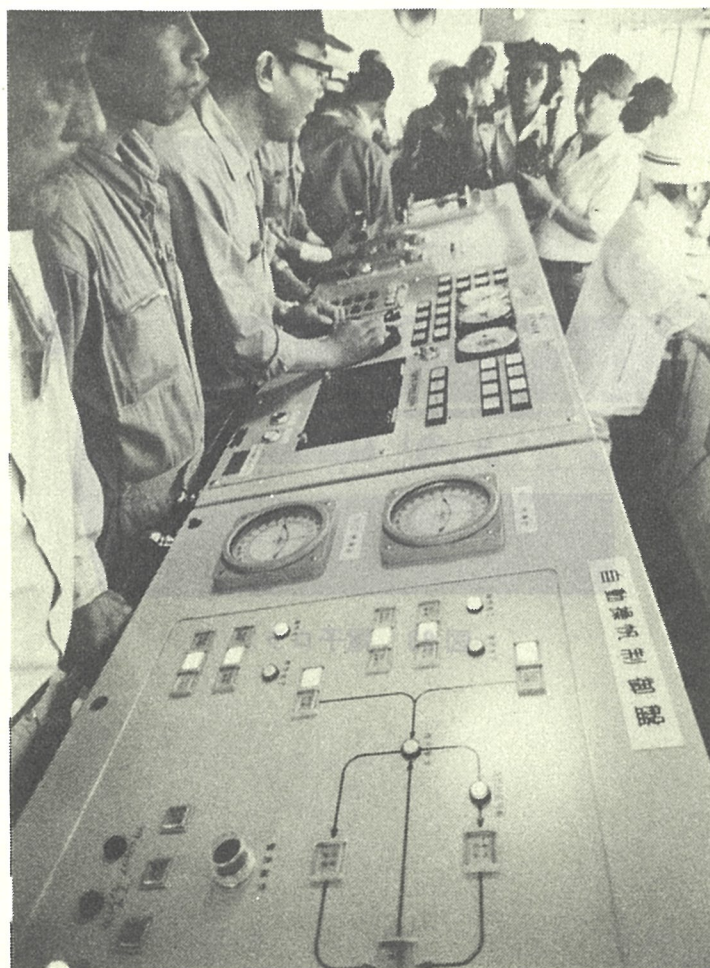


図20 自動操帆コンピューター

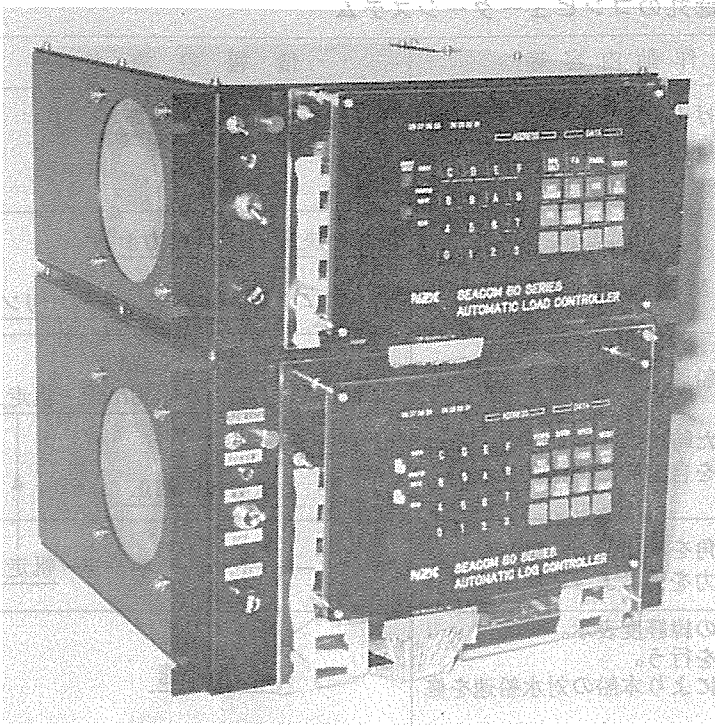


図 21 自動負荷制御コンピューター



図 22 復原性確認及び  
運航マニュアルコンピューター

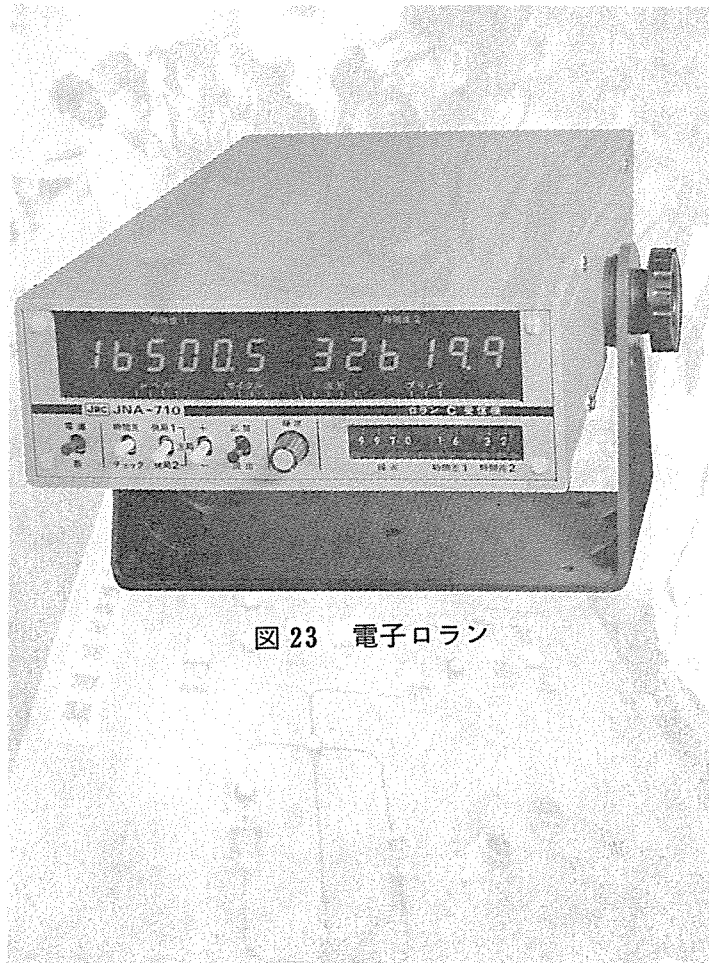


図 23 電子ロラン

## 5. 2年目の中間検査

### 5.1 2年間に経験した主なる運航実績と改良のための追加工事

- (1) 従来この種の小形船舶では運航不可能とされている冬の日本海，しかも風速30 m/sの吹雪の中を無事新潟港に入港した。57年1月6日のことである。また，たまたま57年1月21日風速30 m/sの津軽海峡で安全航行が出た。すなわち極めて本船は安定性がよく，なぜ安定性がよいかは今のところ理論的には解明されていない。
  - (2) 機主帆従船ではあるが，主機関をとめプロペラを停止した純帆走状態で船尾方向から風速6 m/sの微風下で3.75 kt，更に風速25 m/s，波高5～6の環境下で同じく船尾方向から風をうけた場合，実に8 kt以上でかつ2時間にわたって帆走した運航実績，機走時よりも安定していること，乗り心地がよくなっていることも確認された。
  - (3) また，2本の帆装置のうち艀樓上の一本のみ展帆した場合の洋上実験では波高3 m，風向右45°，風速15 m/sのときローリングは左10°，右17°，周期7.9秒のものが縮帆すると，たちまち左15°，右22°，周期7.3秒となり，展帆の場合の方が30%以上ローリング角度が減少される。周期も8秒に近ずき乗り心地もすぐれているとの報告をうけている。
- なお，姉妹船の愛徳丸も同様な成果をあげている。
- (4) なおまた，帆走タンカー新愛徳丸は保針性にもすぐれ，荒天時，在来船と異なって，“あて舵”はわずか5度以内にて可能であり，舵による抵抗は軽減し，このための省エネ効果は2～3%は見込まれる。
  - (5) そのうえ，船長の話によれば1月14日の風速20 m/sの荒天下，16時までに入港しないといふ翌朝8時まで荷役不可能との連絡を30時間前に受け，1月14日14時45分定時より1時間15分前にピッタリ接岸出来たとのこと，極めて安定性ととも定時性のすぐれていることを立証し，日本沿岸では定時運航が可能であった。なお，本船の定時運航性について荷主より高い信頼をうけた。
  - (6) とかく各方面から帆による省エネ効果を尋ねられるが，この種の船では実際に運航している場合，計器読みの推定馬力によっている。本船の燃費130g/ps・h台の低燃費を解析するためコンピューター導入により計算したところ推定馬力900馬力程度でなんと実馬力は40～50馬力小さくなっている。

同型姉妹船の愛徳丸（比較時には帆は装備されず，57年4月20日前帆のみ装備されて

いる)が竣工したので両船冬期の就航実績を比較してみると、帆による省エネ効果は実に30%の実績が確認された。

(7) 1年間の運航実績からすれば、平均12ktで本船では平均馬力が837馬力であり、また14ktで台湾から速く帰国したときでも、実績値は平均1000馬力で最高でも1050馬力であった。

(8) 1年目の入渠時の調査で、プロペラの翼面が帆船のため12kt以上は遊転するためか水研磨され、翼面の表面あさは新造時と変らなかった。この成果と(7)の成果をふまえ、翼の展開面積を減らし、20%軽量化(265kgを217kgに)し、かつ1600馬力用のプロペラを帆装船のための常用使用限界の1200馬力用プロペラに変え、かつ翼面の表面あさを $6\mu$ (普通新しい場合で $12\mu\sim 15\mu$ )に仕上げ、57年1月に本船にとりつけたところ、従来の同じ航路を運航した時と比較してなんと燃料が約5~7%少なくてすむことを確認した。

(9) 従来、船舶には油清浄機がとりつけられており、スラッジを主機関の中に入らないようにしているのが実状であるが、本船にはホモジナイザーを装備したので、スラッジ、水も一緒に燃料になり、本船程度の船で1年間にスラッジが約700ℓ位たまるが、この処理をする費用並びに労力が不要となった。

(10) 従来は入港の際、時間の関係で実験出来なかったが、今村造船にドック入りする際に船長の判断で純帆走力だけで入港を試みた。即ち万一主機関等故障のときでも推進方向左右 $60^\circ$ 以外の風向において純帆走で操舵、操船が可能で、向い風の場合は風速 $8\text{ m/s}$ で、また追風のときは $5\sim 6\text{ m/s}$ で約4ktで航行出来ることが実証された。

停泊中縮帆の場合には、ただ潮流等で流れ、しかも東も西もむかないにも拘らず、ひとたび展帆すると指示する方向に走航する。あたかも非常用の230馬力程度の主機関によって走航するのと同じことになる。

このことは従来考えなかった画期的なことなのである。

(11) 新愛徳丸は帆装によりピッチング、ローリングが荒天時でもきわめて少く、安定性がよく荒天時でも休むことなく走れるため乗組員ばかりでなく搭載機関、機器類にも好影響をきたし、機関部においても、あたかも陸上を走行する自動車のアクセルを踏まないのと同じ様な運転状態(スムースドライビング)を示し、荒天時においても機関の馬力は安定し、このため

a) 燃料ポンプの吐出量は一定

- b) 排気温度は一定
  - c) サーモエコの温度一定
  - d) 油の消費量も一定
- というように、あらゆる機器も安定しているという予想外の成績を得た。

このことは帆を装備して海上を運航する場合に陸上試運転の成績よりもはるかに良い結果を得られることを示している。

すなわち、温度管理、流量管理の諸計器はあるいはなくてもよいのではないかと思われる好結果並びに省燃料という結果を得ることも出来た。

- (12) 自動帆装装置に必要なためにコンピューターを導入したが、2年間に極めて有効に操帆し、勿論これの事故は皆無であった。

なお、コンピューターシステムは運航中につぎつぎに採用され、現在採用されているコンピューターシステムは次のとおりである。

- a) 操帆コンピューター
- b) 主機・CPP用ALCコンピューター(操帆コンピューターと連動)
- c) 定時運航用対地船速ロラン
- d) 運航マニュアルコンピューター(船速設定、燃料費予測、到着時刻予測)
- e) 復原性確認コンピューター(積荷状態によるC係数の計算)
- f) 予備品管理、消耗品管理
- g) 運航報告書の作成

又、乗組員もコンピューター導入などでマニュアルが確立できたため、船長、機関長など相互間の融和がすすんだメリットは大きい。

## 5.2 2年目の中間検査の結果

- (1) スラッジこみの燃料油でも機関部に特別の異常なし
- 機関の燃料油に近い将来燃焼効率をあげるため水を5~10%混合して長期実船実験を行ってもらうためと粗悪油対策に役立たせるためにホモジナイザーの搭載を船主に当初お願いしたところ、船主は心よく承諾して来れた。さらに船主は、ホモジナイザーを搭載するなら水分を含んでいるスラッジを最初から機関部で一緒にたいてしまうことにした。このことは技術的には可能なことではあるが、帆装を含めて本船は省エネになるこ



ととはいえ、はじめてのことであり、機関部の保守維持費がおそらく在来船よりかかるのではないかという意見が出された。しかし、2年目の中間検査ではっきりすると思うが、1日も休みなく走り続けているので、在来船に比較して維持費はかからないと反論していたが、中間検査においてそれが証明された。

機関は開放され、スラッジ混入のままの燃料油にも拘らず、ホモジナイザーの作動は完璧でシリンダーライナーの摩耗等は標準値以下で2ヶ年間の無解放運転が実証でき約1/2負荷での低負荷の障害についての懸念も解消された。シリンダーライナーはそのまましピストンリングのみを在来機関と同様にとりかえるだけにした。

なお、ホモジナイザーの摩耗もなく、硬度についても当初と変化はなかった。

メインスピンドル、上下のベアリングも異常はなかった。

また、スラッジも一緒に燃焼させることにより、輻射熱でカロリーアップするのではということで、今後この解明のための試験をすることにした。

## (2) 過給機性能、特によごれなし、インタークーラーもきれい

また、過給機の洗浄も在来船と同様に乗組員の手で行っていたが、開放時には洗浄する必要もない程度新品同様にきれいであった。勿論インタークーラーもきれいであった。

本船は平均12ktで走行するにも拘らず、1年間の平均馬力は837馬力ですんだので、帆走時の機関のインタークーラーは常用20~30%程度の水量で足りることがわかり、冷却水の管理方法に新しい改良をほどこした。この結果、更に低負荷でもC重油運転が可能になり、本船は今後40%負荷（約640馬力）まで運転し帆走力を出来る限り利用することにした。

帆走が機関部のあり方にも影響し、長期にわたる運航実績は機関の改良につながるもので、引き続き今後の運航実績もまた大きな期待がもたれる。

## (3) 燃料ポンプに異常なし、またノズルチップも異常なしそのまま装備

燃料ポンプの異常はなかった。

また、ノズルチップは普通1年目毎に取り替えていたが、本船ではノズルチップの経年変化を調査する目的で1年目に1本ノズルチップをとりだし半分にかットして調べてみたが異常はなくきれいであったので、あとのものはそのまま使用し2年目のドッグで他の1本も同様にしてみたがきれいであったので、他の4本のノズルチップはそのまま装備しておくことにした。

(4) 燃焼トイレも不具合な点発見されず

本船は8人の乗組員しか居ないにも拘らず配置上の節約ばかりでなく、海洋汚染防止の面からも燃焼トイレを採用し実船実験をかねて搭載したが、検査の結果は機械的にも電氣的にも不具合の個所はなかった。

現実には新潟港における検査は省略とのことで尿尿による海洋汚染防止に大きく貢献することになったのである。

また、万一スラッジのミス処理が行われると海洋汚染源にもなりかねないのであるが、本船は前述の通りスラッジは発生しないようになっているので、これまた海洋汚染防止に役立つものと思われる。

(5) 船底塗装も極めて良好

船底塗料は新愛徳丸はセルフポリシング型防汚塗料を、妹の愛徳丸にはロングライフ型防汚塗料を塗装したが、新愛徳丸の塗装は極めて良好であった。

(6) プロペラの軽量化、翼面の粗面度の縮少、省エネに効果大

なお、本船が帆走効果を発揮して12kt以上で航行する際プロペラが遊転し、そのため翼面が水研磨されることに着目し、その結果、直ちに翼の粗面度を小さくすると同時に思い切って1600馬力用のものを1200馬力用の新しい翼型すなわち展開面積を小さく、径を2650mmから2700mmにし固定ペラの翼型にした新しいペラを本船に取りつけ運航してみると、燃料は5～7%少くてすむことになった。しかし思い切った設計の変更によりプロペラにキャビテーションをおこすのではないかと懸念したが、ドッグに入ってこの新発想のプロペラを眺めた時、翼面の粗面度はいうまでもなくキャビテーションどころか新品同様のきれいさであった。

(7) 保守維持費は在来船以下

前述のように、スラッジを含んだ燃料油をたいても機関部は在来船以上に良好で、保守維持費がかからないことが、実証された。

## 6. 運 航 デ ー タ ー

### 6.1 運航実績

新愛徳丸は毎航海終了時に、別表4の様な報告書をコンピューターにて作成し、諸計算完了のものを本部に送付して来る。本部では更に燃料ハンドル目盛(0.5°トビ)回転数(1rpmトビ)の馬力数表をコンピューターで作成させたものにより、馬力の再確認を行い、燃料消費率を計算する。通常、比重については15℃の0.95を採用する場合と燃料油流量計の温度(新愛徳丸の場合は85℃)に対する比重0.905を採用する場合があります、更にカロリー修正する場合がありますので、これらを年間集計したものが別表5の様になる。4.3項主機関、CPPに示した数字に比して914PS=57.1%負荷であるにもかかわらずカロリー換算(A重油相当)で143g/ps・hから131.4g/ps・hと低下している。油量については、タンク残量チェックを併用しているが、どちらかと言えば燃料油は余裕がある。

主機関メーカーとしては過少すぎると反論しているが、同様の現像が妹船の愛徳丸(主機ダイハツディーゼル製)にも見受けられるので、帆船と4サイクルエンジンの組合せにおける特徴としか考えられない。

### 6.2 省燃費計算

本船が在来船に比較して、どの程度の省燃費効果をあげたのか、運航実績をもとに計算したものが別表6である。実に、5,300万円以上、58.5%もの省燃費効果が達成された。(在来船の仕様は、新愛徳丸が竣工した昭和55年9月頃に竣工した標準的船舶の仕様である。)

### 6.3 展縮帆テストによる帆走利得の検討及び帆走利得のまとめ

#### (1) 展縮帆テストによる帆走利得

同じ時期に、同じ海況において、同じ排水量下にて、展帆・縮帆を交互に繰り返すことにより、帆走利得の確認を行った。テストを行ったのは、昭和57年11月17日・18日及び表7に示した昭和57年12月4日～8日の間に、冬の日本海で実施した。

この結果を集計する為に次の手法を使用した。

それぞれの計測推進馬力(所要馬力-発電馬力)に相当する理論馬力(シーマージンが0)の船速を求め、これと計測対水船速との対比を行うことにより、縮帆時の船速下

落率と展帆による船速回復率を求めた。

計算はコンピューターにより行ったが、その集計を表8に示す。この表に示されているように、平均値として縮帆時は、理論船速に対して約10.8%の船速下落率を示しているが、展帆することによりその10.8%のうち6.4%が回復されることが判った。

この船の計測時の排水量に対する馬力の関係式  $P = \alpha \cdot V^\beta$  における  $\beta$  は、 $\beta = 4.86$  であるから

$$\text{船速ベースの帆走利得} = 6.4\%$$

$$\text{馬力ベースの帆走利得} = (0.956^{4.86} - 0.892^{4.86}) \times 100 = 22.9\%$$

と推定することが出来る。

## (2) 帆走利得のまとめ

(1)項において得たデータを基に、相対風向と実船速比の図を作成すると図24の様になる。

この図の実船速の比とは、風波の影響がなくシーマージンが0の状態の理論船速（タンクテスト時の平水状態）に対して7～12m/sの風を受けた時の相対風向による実船速の比を示している。横方向の風は船速低下作用は少ないが、艀艫方向になると船速低下率は大きい。

これに対して展帆すると展帆時の曲線の如く船速が回復する。波が真後ろ方向から来る時は、ヨーイング現象が少ないため船速低下率が少ない。図25～27は、昭和57年3月13日 日立沖において真後ろ方向より風を受けた時のブリッジの計器の写真である。

表4 新愛徳丸運航報告書

船名 シンアイトクマル 船種 フンゴウ 航路 フンゴウシヨ 船番 NO.40 引 引 ヲコカイ DATE-58.3.29  
 \*\* タイシ\* ケイソク \*\*

引	引	KW	ラツク	ヒ*ツチ	RPM	PS	フコク/ソク	センソク	FOT	L/2HR	EXT	フ*スト	ハコク	ヒ*ル	F0.5 P/PS
16	E	35	26	15	205	920	S/35/09	11	104	276	325	0.57	0.51	0.5	880
18	E	40	26	14.8	205	910	S/80/04	11.6	102	269	318	0.5	0.51	0.0	880
20	E	35	26	14.8	205	870	S/100/04	11.8	102	264	320	0.5	0.81	0.0	880
22	E	38	25	15	205	870	S/180/03	12.9	105	266	323	0.5	1.01	0.0	880
24	E	38	25.5	14.8	205	870	S/180/03	11.6	105	260	320	0.5	1.51	0.5	855
02	E	35	25.5	14.8	205	850	P/135/04	11.7	104	262	315	0.5	1.01	0.5	855
04	E	40	25.5	14.8	205	870	P/170/03	11.9	105	260	315	0.5	1.01	0.5	855
06	E	30	25	14.8	205	860	P/160/02	11.8	105	260	320	0.5	1.01	0.5	880
08	E	35	25.5	14.9	205	870	S/150/01	11.8	104	260	320	0.5	1.01	0.0	855
10	E	30	26.2	15.2	205	850	S/40/02	11.6	104	261	325	0.5	0.51	0.5	890
12	E	35	26	15.2	205	870	S/10/02	11.4	104	264	325	0.5	0.51	0.5	880
14	E	35	26	15.2	205	850	P/95/02	12.5	104	270	325	0.5	1.21	0.5	880
16	E	35	26	15.2	205	860	P/175/01	11.5	105	262	322	0.5	1.31	0.5	880
18	E	40	25	15	205	850	P/170/04	11.9	104	263	320	0.5	1.51	0.5	880
20	E	40	26	15	205	870	P/130/03	12.1	104	263	323	0.5	1.01	0.0	880
22	E	42	26	15.2	205	870	S/170/03	11.9	105	266	328	0.5	0.51	1.0	880
24	E	42	26.5	15.2	205	850	S/160/03	11.5	106	266	325	0.5	1.01	0.0	910
02	E	45	26	15.2	205	890	S/150/02	10.9	104	265	330	0.5	1.51	0.5	880
04	E	35	26	15.2	205	850	P/60/02	12	104	263	330	0.5	1.51	0.5	880
06	C	40	27	15.2	205	950	カシモノカイキヨ	11.6	105	274	338	0.52	0.31	0.5	935
08	C	40	27	15.1	205	910	P/20/08	11.1	104	271	327	0.5	0.21	1.5	935
10	C	42	27	15	205	900	00/03	11.6	105	274	328	0.5	1.0	1.0	935
引	引	38	25.9	15	205	875		11.7	104	265	324	0.5			878

引 引 GR/PS/HR(0.95) 143.8 F0.5/P/PSの換算 143.4%ps(0.95) . 136.6%ps(0.905)

\*\* コカイ / カイヨク \*\*

引ソク	引カク	引ソク	引カク	引ソク	引カク
START HR	26.12.00	ARRIV HR	28.13.05	TOTAL HR	49.083
DF	2.5(M)	DA	4(M)	DM	3.25(M)
引ソク	1489(T)	引ソク	0	引ソク/ML	11.38

平均速度 11.6 Kn

OILソク	引ソク	引ソク	A OIL LT	B OIL LT	C OIL LT	引ソク KT
A OIL	2.67	5.7	130			2
B OIL	1	5.6	31	( 103)	72	5.5
C OIL	47.167	559.8			6267	11.8
引ソク	50.837	571.1	161		6339	11.1

\*\* シフト コカイ \*\*

シフト HR	シフトマイル	A OIL/LT	B OIL/LT	C OIL/LT
0	0	0	0	0

\*\* ニヤク ワンテン \*\*

ニヤク HR	ニヤクマイル	A OIL/LT	B OIL/LT	C OIL/LT
0	0	0	0	0

\*\* ハツテンキ / ワンテン \*\*

ハツテンキ	ワンテン KW	ハツテン HR	C OIL/LT	A OIL/LT
NO.1	38	50.83	679	
NO.2	38	3.083		53
NO.3	0	0		0

\*\* テンパシ シカク \*\*

引ソク HR	引ソク HR	引ソク %
49.083	37.5	76

表4 新愛徳丸運航報告書

船名 シンアイトマール フコフ 航路 NO.40 シ コウカイ DATE-58.3.29  
 \*\* タイシ ケイソク \*\*

シ	本	KW	ラツク	ヒツチ	RPM	PS	フコフ/ソク	センソク	FOT	L/2HR	EXT	フスト	ハコク	ヒール	F0.5 P/PS
16	E	35	26	15	205	920	S/35/09	11	104	276	325	0.57	0.51	0.5	880
18	E	40	26	14.8	205	910	S/80/04	11.6	102	269	318	0.5	0.51	0.5	880
20	E	35	26	14.8	205	870	S/100/04	11.8	102	264	320	0.5	0.81	0.5	880
22	E	38	25	15	205	870	S/180/03	12.9	105	266	323	0.5	1.01	0.5	880
24	E	38	25.5	14.8	205	870	S/180/03	11.6	105	260	320	0.5	1.51	0.5	855
02	E	35	25.5	14.8	205	850	P/135/04	11.7	104	262	315	0.5	1.01	0.5	855
04	E	40	25.5	14.8	205	870	P/170/03	11.9	105	260	315	0.5	1.01	0.5	855
06	E	30	25	14.8	205	860	P/160/02	11.8	105	260	320	0.5	1.01	0.5	880
08	E	35	25.5	14.9	205	870	S/150/01	11.8	104	260	320	0.5	1.01	0.5	855
10	E	30	26.2	15.2	205	850	S/40/02	11.6	104	261	325	0.5	0.51	0.5	890
12	E	35	26	15.2	205	870	S/10/02	11.4	104	264	325	0.5	0.51	0.5	880
14	E	35	26	15.2	205	850	P/95/02	12.5	104	270	325	0.5	1.21	0.5	880
16	E	35	26	15.2	205	860	P/175/01	11.5	105	262	322	0.5	1.31	0.5	880
18	E	40	25	15	205	850	P/170/04	11.9	104	263	320	0.5	1.51	0.5	880
20	E	40	26	15	205	870	P/130/03	12.1	104	263	323	0.5	1.01	0.5	880
22	E	42	26	15.2	205	870	S/170/03	11.9	105	266	328	0.5	0.51	1.0	880
24	E	42	26.5	15.2	205	850	S/160/03	11.5	106	266	325	0.5	1.01	0.5	910
02	E	45	26	15.2	205	890	S/150/02	10.9	104	265	330	0.5	1.51	0.5	880
04	E	35	26	15.2	205	850	P/60/02	12	104	263	330	0.5	1.51	0.5	880
06	C	40	27	15.2	205	950	カシコイキヨ	11.6	105	274	338	0.52	0.31	0.5	935
08	C	40	27	15.1	205	910	P/20/08	11.1	104	271	327	0.5	0.21	1.5	935
10	C	42	27	15	205	900	00/03	11.6	105	274	328	0.5	0.0	1.0	935
ケイキ		38	25.9	15	205	875		11.7	104	265	324	0.5			878

ケイキ GR/PS/HR(0.95) 143.8 F0.5/P/PSの換算 143.4%psA(0.95) . 136.6%psA(0.905)

\*\* コウカイ / カイヨク \*\*

シヨクコウチ	ニカク	ニヨクコウチ	ホカイ	ソクコウキヨリ	571.1
START HR	26.12.00	ARRIV HR	28.13.05	TOTAL HR	49.083
DF	2.5(M)	DA	4(M)	DM	3.25(M)
ハイスイヨク	1489(T)	ツキニソク	0	ケイキL/ML	11.38

平均速度 11.6kt

OILシヨク	シヨクシカク	コウシキヨリ	A OIL LT	B OIL LT	C OIL LT	センソク KT
A OIL	2.67	5.7	130			2
B OIL	1	5.6	31	( 103)	72	5.5
C OIL	47.167	559.8			6267	11.8
ゴウカイ	50.837	571.1	161		6339	11.1

\*\* シフト コウカイ \*\*

シフト HR	シフトマイル	A OIL/LT	B OIL/LT	C OIL/LT
0	0	0	0	0

\*\* ニヤク ワンテン \*\*

ニヤク HR	ニヤクソク	A OIL/LT	B OIL/LT	C OIL/LT
0	0	0	0	0

\*\* ハツテンキ / ワンテン \*\*

ハツテンキ	ワンテン KW	ハツテン HR	C OIL/LT	A OIL/LT
NO.1	38	50.83	679	
NO.2	38	3.083		53
NO.3	0	0		0

\*\* テンパシ シカク \*\*

コウシキ HR	テンパシ HR	テンパシ %
49.083	37.5	76

表5 新愛徳丸燃料消費集計

シンアイトフマル / ホンリヨウ シヨウヒ

(シヨウヒ 単位)=57.01.04~57.12.30 (シヨウヒ) =65  
 (シヨウヒ シヨウヒ) =0.95-0.00065\*(85°C-15°C)=0.9045 → 0.905  
 (加圧-シヨウヒ) = (9800Kcal/Kg) / (10200Kcal/Kg)

DATE	シヨウヒ rpm	スピン PS	FOC		加圧シヨウヒ
			gr/PS/Hr	gr/PS/Hr	
シヨウヒ	ヨリ PS		SG=0.95	SG=0.905	
57.01.04	970.5	889.2	149.1	142	136.4
57.01.08	977.4	897.5	147.8	140.8	135.3
57.01.12	978.6	889.7	148.3	141.3	135.8
57.01.14	940.5	864.1	147.4	140.4	134.9
57.01.19	873	796.5	148	141.6	136
57.01.23	888.8	815.5	144.9	138.1	132.7
57.02.01	895	821.5	140.9	137.8	132.4
57.02.04	912.6	833	142.4	139.3	133.8
57.02.09	863.4	792.2	140.1	137.1	131.7
57.02.12	971.1	899.9	140.1	137.7	132.3
57.03.03	905.5	837	148.6	143	137.4
57.03.05	894.8	815.8	147.9	142.4	136.8
57.03.09	886.5	813.4	149.1	142.8	137.2
57.03.13	933.7	829.8	147.2	140.3	134.8
57.03.14	1105	1019	146.8	139.9	134.4
57.04.01	897.1	831.1	147.9	140.9	135.4
57.04.05	904.7	834.7	146	139	133.5
57.04.16	933	839	145.8	138.9	133.5
57.04.20	1072	1002	139.5	132.9	127.7
57.04.24	959.8	884.8	142.7	136	130.7
57.04.27	915.2	853.2	140.4	133.7	128.5
57.05.06	955	881	143.4	136.7	131.3
57.05.21	930.8	862.8	149	142	136.4
57.06.05	895	814	140.6	134	128.7
57.06.08	842	770	140.5	133.8	128.6
57.06.12	863	778	142	135	129.7
57.06.20	1082	1008	146.2	139.3	133.8
57.06.22	885	796	140	133.4	128.2
57.06.28	1051	976	139.6	133	127.8
57.06.30	884	806	139.7	133	127.8
57.07.01	816.9	739.9	139	132.4	127.2
57.07.14	879.2	788.2	139.4	132.8	127.6
57.07.16	812.2	729.2	140.4	133.7	128.5
57.07.19	837.8	758.8	142.3	135.6	130.3
57.08.03	808.5	731.5	138.6	134.9	129.6
57.08.05	859.7	772.7	139.5	135.8	130.5
57.08.10	805.3	720.3	143.2	139.4	133.9
57.08.12	856.5	771.5	139	135.2	129.9
57.08.16	882.3	797.3	140.2	136.4	131.1
57.08.21	867.9	793.9	140.9	137.1	131.7
57.08.24	861.3	776.3	140.4	136.6	131.2
57.08.30	832	747	139.7	136	130.7
57.09.06	886	809	139.9	133	127.8
57.09.09	861.9	787.9	140.5	133.9	128.6
57.09.13	871.2	790.2	142.3	135.6	130.3
57.09.16	1069.2	984.2	140.4	133.7	128.5
57.09.17	1225	1130	140.8	133.8	128.6
57.09.18	873.4	801.4	143	136.3	131
57.09.21	748.2	669.2	139.7	133.1	127.9
57.10.06	842.2	782.2	140.4	133.8	128.6
57.10.11	920.9	854.9	144.4	137.6	132.2
57.10.14	884.4	812.4	144.4	137.6	132.2
57.10.22	823.3	757.3	139.6	133.1	127.9
57.10.23	872.4	804.4	141.6	134.9	129.6
57.10.23	1067.5	993.5	142.8	136.1	130.8
57.10.24	807.7	745.7	140	133.3	128.1
57.11.27	876.9	804.9	144.6	137.8	132.4
57.11.28	824.8	754.8	143.3	136.8	131.4
57.11.28	988.5	897.5	146.6	139.6	134.1
57.12.01	888	809	138.5	132	126.8
57.12.01	1100.6	1021.6	142.8	136.1	130.8
57.12.02	942.4	861.4	141.6	134.9	129.6
57.12.05	939	856	145.7	138.8	133.4
57.12.28	875	809	145.5	138.6	133.2
57.12.30	1088	1016	144.9	138	132.6
合計	914.8	837.4	142.9	136.8	131.4

表6 省燃費メリット計算

		省エネ帆装船	在来船	
運航時間 (時/年)		4500	4500	
燃料油	主機	C重油	B重油	
	補機	(A重油)	A重油	
船速 (kt)		12	12	
必要馬力(推進力) (PS)		837.4	1500	
燃料消費率	主機 (ℓ/PS・h)	0.150 (143 g/PS・h)	0.1772 (163 g/PS・h)	
	補機	-	0.417 ℓ/kW・h	
燃料消費量	主機関		$0.150 \times 837.4 \times 4500 / 1000$ C重油 565.2 kℓ/年	$0.1772 \times 1500 \times 4500 / 1000$ B重油 1196.1 kℓ/年
	熱負荷		クリーンサーモエコ ファン 4.8 kW } 計 8 kW ポンプ 3.2 kW } $\frac{8 \times 0.150 \times 4500}{0.736 \times 0.9 \times 0.73 \times 1000}$ C重油 11.2 kℓ/年	加熱暖房 41.3 kW $\frac{0.417 \times 41.3 \times 4500}{1000}$ A重油 77.5 kℓ/年
	一般電力		47.6 kWとす $\frac{47.6 \times 0.150 \times 4500}{0.736 \times 0.9 \times 0.73 \times 1000}$ C重油 66.4 kℓ/年	47.6 kWとす $\frac{47.6 \times 0.417 \times 4500}{1000}$ A重油 89.3 kℓ/年
	合計	A重油	-	166.8 kℓ/年
		B重油	-	1196.1 kℓ/年
		C重油	642.8 kℓ/年	-
	価格/対C比	A重油	70,000 円/kℓ	1.1966
		B重油	66,000 "	1.1282
		C重油	58,500 "	1
	C重油換算合計 (kℓ/年)		642.8	1549.03
C重油換算比率 (%)		41.5%	100	
省エネメリット金額		53014 千円/年		

※56年9月発行のメリット計算表と数値が異なるのは、表5の57年の運航実績を基にした為である。



表7 展帆縮帆同一ログ船速計測 (新愛徳丸)

月日時	相対風向	① 展帆		② No.1 展帆		③ 全縮帆		④ 縮帆中展帆同一ログ		波高	ヒール	備考
		ログ船速	馬力	ピッチ	ログ船速	馬力	ピッチ	ログ船速	馬力			
12/4 0630 40	左160	11.5	860	15				11.5	890	15.5		○=④でトルクリッチ 舞鶴沖  禄剛崎(能登半島)  佐渡近海  酒田沖 ③ピッチが大きくなる ④ピッチが小さくなる 能代沖(秋田) ③ローリングが大きく最大20~25 尻屋崎 八戸沖  宮古沖 大船渡沖 金華山沖 ①左3° 塩屋崎沖 ⑤よりバラスト排水 鹿島沖
2000~10	右90	11.8	850	15				11.8	970	15.4		
12/5 0030 40	右90	12.3	880	15				12.3	1150	17.4		
0230~40	右110	12.0	800	15				12.0	1030	16.5		
0430~40	右140	12.4	740	15				12.4	1200	17.2		
0630~40	右120	12.5	780	15				12.5	1170	17.1		
0830~50	右120	12.8	780	15	15	870	15	12.8	1200	17.2		
1030~50	右150	12.0	800	15	15	880	15	12.0	1150	16.2		
1200~50	右170	11.5	870	15	15	1000	15	11.5	1020	16.2		
1400~50	右85	11.2	880	15	15	980	15	11.2	1150	17.0		
12/6 2030 50	左70	10.9	950	15	15	1005	15	10.2	1200	17.2		
2330~45	左45	9.8	920	14.6	15	1020	14.6	8.3	1150	15.2		
12/7 0640 0705	左70	10.8	870	15.0	15	1050	15	9.2	1100	15.5		
1100~20	左100	12.8	800	15	15	950	15	11.2	1180	16.0		
1640~1700	左150	13.7	880	16	16	1100	17	13.0	980	16.0		
1920~40	右80	14.0	850	16	16	1150	17	13.0	990	16.0	①左5°	
2100~25	右80	13.5	880	16	16	980	16	13.5	1200	17.0		
2330~50	右90	13.6	870	16	16	980	16	13.6	1180	17.2		
12/8 0030 50	右40	13.0	950	16	16	980	16	13.0	1100	17.0		
0230~50	右60	13.0	1000	16	16	1030	16	13.0	1100	17.0		
0620~50	右70	13.6	920	16	16	1000	16	12.7	1150	17.0		
0840~0910	右55	13.3	920	16	16	980	16	13.3	1060	17.0		
12/8 1400 20	右60	13.3	880	16	16	1000	16	13.0	1160	17.2		
1900~20	右60	13.3	950	16	16	980	16	13.3	1100	17.0		

◎ 上記計測記入に多少の誤差が有ると思いますので査定願います

S57年12月9日  
新愛徳丸  
船長 嶋本 敦 男

表 8 展縮帆時の速度変化率

	理論船速に対する比率		縮帆時の船速低下率	展帆による船速回復率
	A 展帆時	B 縮帆時		
展帆 全縮帆	0.95	0.91	0.09	0.04
	0.93	0.89	0.11	0.04
	0.89	0.82	0.18	0.03
展帆 全縮帆	0.92	0.86	0.14	0.06
	0.97	0.86	0.14	0.11
	1.02	0.93	0.07	0.05
展帆 全縮帆	0.93	0.89	0.11	0.04
	0.97	0.89	0.11	0.08
	増速して同一VSへ	1.02	0.98	0.02
平均	0.956	0.892	0.108	0.064

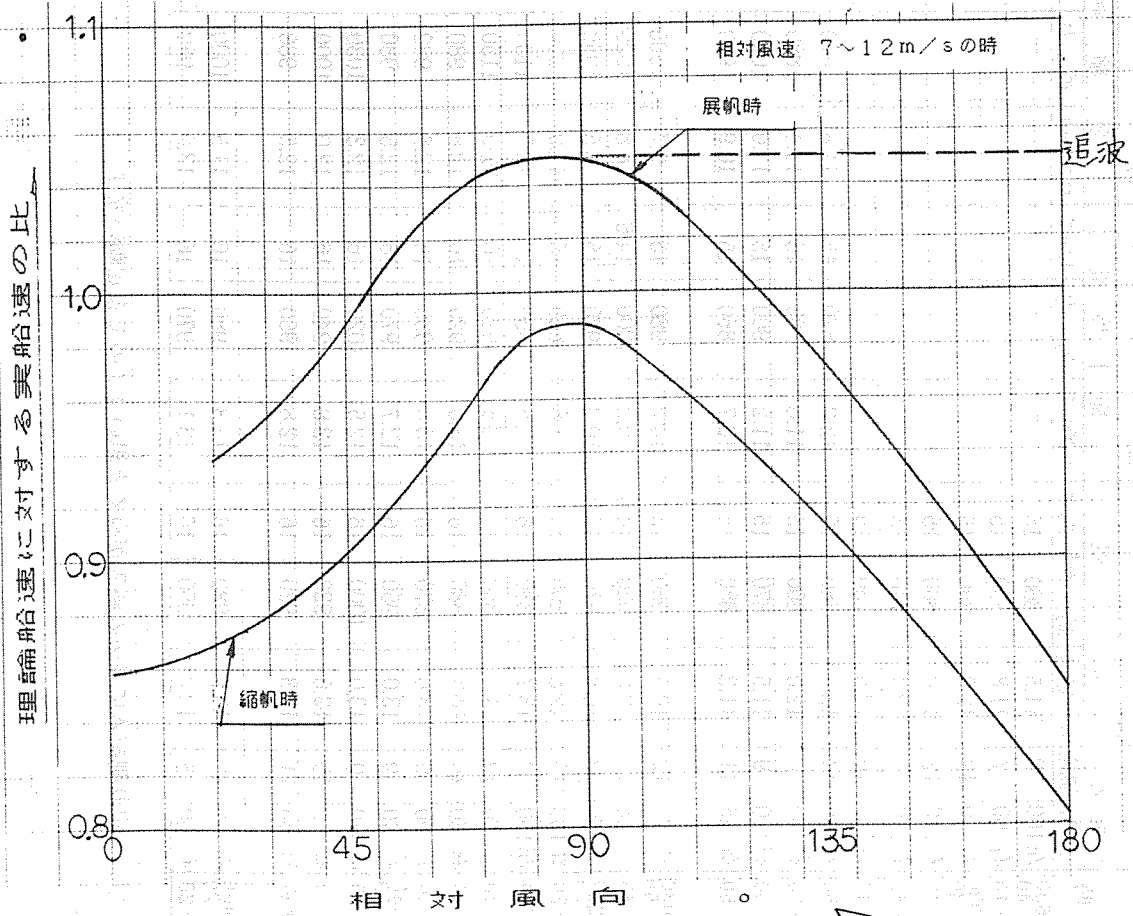


図 24 帆の基本特性図 (機主帆従航走時)

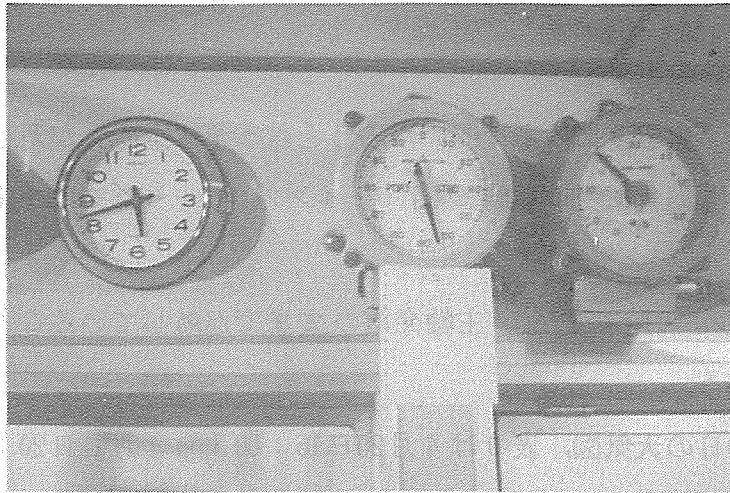


図 25 相対風向 165°, 風速 20 m/s

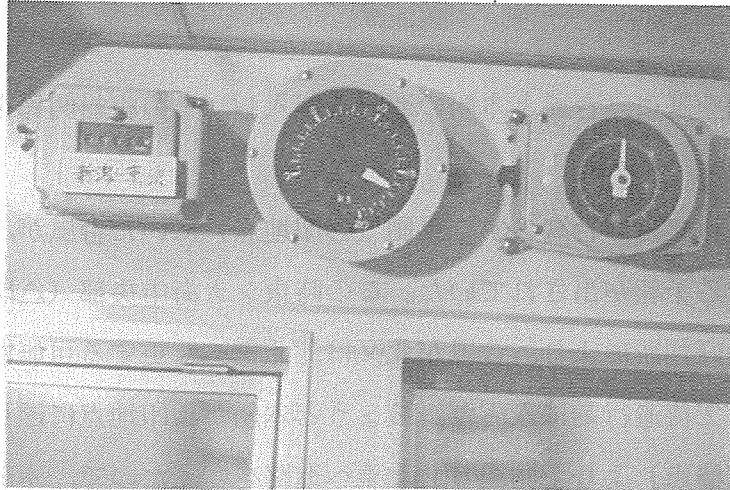


図 26 船速 16.5 Kt

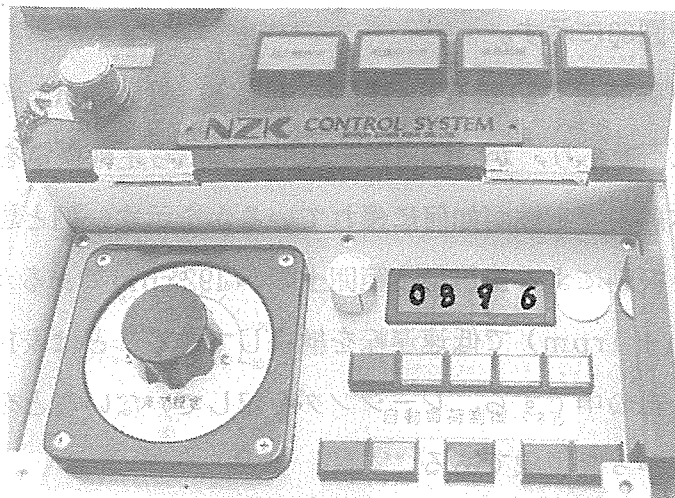


図 27 主機馬力 896 ps

## 6.4 強風下の航海

### (1) 空船時の航海

帆があるから、強風下ではさぞ弱いだらうと言う予想をくつがえして、この船は風に向かって行く時でも、背に受ける時でも、ヨーイング、ローリングは勿論ピッチングも少ないことが証明された。

風速20～25 m/sの時ですら、主軸発電のままで巡航していることは、ピッチングの少ない証明となろう。

図28は4月20日の天気図、表9は4月20日16:00より4月21日20:00迄の計測直を示す。

### (2) 満船時の航海 — 台風に遭遇しても安定していた —

昭和56年6月下旬中華民国高雄港及び基隆港を訪問したが、その往路において台風遭遇した。

当時の天気図を基に、台風と本船の進路を記入し、その相対関係を図29に示して説明する。

当時の台風情報では、台湾のすぐ東側（○印地点）にいた台風が、台北を通過して中国大陸に上陸する予報が出されていた。この時東シナ海中央部（△印地点）にいた本船は、島本船長の好判断により、台風が北又は北北東へ変更する可能性大として南東（▲印地点）へ向けて待避行動に入った。ちょうど本船が▲印地点に達した項に、台風は台北の北西海上（●点）より予測通り北北東へ進路を変えたので、本船の進路を再び変更し、基隆へ向けて進路をとった。この時の本船の計測値を表10に、又その時の本船のブリッジからの写真を図30に示す。

風速23 m/s以上（瞬間最大30 m/s）、波高6 m以上（最大8 m）の大嵐の中でも本船はヒール角が2.5°以下であり、かつC重油を使用しながら主軸発電を行い安定した航走が出来たことは、本船の安定性が如何に優れているかを示す一例と思われる。

本船主機関の振り振動による使用禁止範囲上限が192 rpmであるが、台風の中で常に193 rpm（192 rpm + 1 rpm）で低速運転を継続していることは表10に示されている。この状態は本船が台風の中ですら、レーシングを起していないことを示し、在来の一般船では考えても見なかった現象である。

台風通過直後の強風下の高雄港へ入港したが、港口が狭く、かつS字航走の要求される進入航路でも展帆した状態で入港したことは、現地の方々より驚異の目をもって迎え

られた。

### 6.5 経年変化による速力への影響

就航後は船底外板の劣化と海中生物附着による汚損並びに主機関の性能劣化により速力は減少するが、本船は新型長期防汚船底塗料を使用し、船首形状など船型との組合せで船速の向上を計った。

運航者より基隆港からの復路、川崎港到着日時短縮を要請されたが、通常対地速度平均12ノットのところ、14ノットで航行できた。

本船は、進水後約11ヶ月を経過しているが、経年による船速の減少は避けられた。

航海実績、都井岬 → 潮岬間の海図を図31に示す。

### 6.6 純帆走

下記の5回に亘る純帆走のデータを表11に示す。

年 月 日	海 域	排水量
57. 8. 24	舞 鶴 沖	1 100 t
57. 10. 9	安 房 鴨 川 沖	2 096 t
57. 10. 14	津 軽 海 峡	1 165 t
57. 10. 23	隠 岐 海 峡	1 100 t
57. 11. 23	津 軽 海 峡	1 396 t

この中で津軽海峡を純帆走で横断した記録を表12と図32に示す。津軽海峡を機力なしで純帆走したことは特筆に価する。船速は風速が6 m/sで3.0 kt, 10 m/sで6.5 ktが得られている。これを図33に示す。

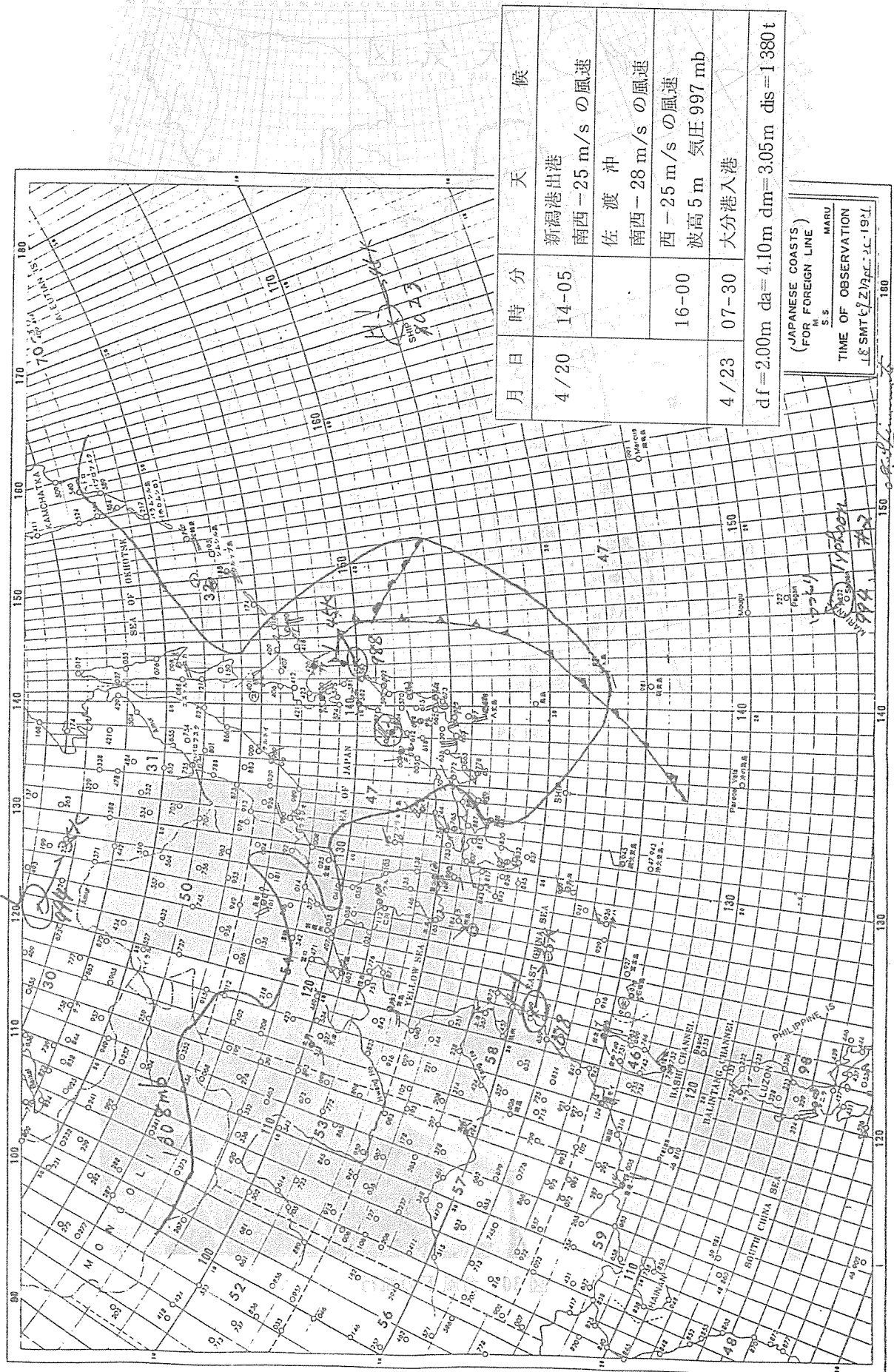
表9 運航実績

月日	時分	エンジン				発電 KW	風		波高 m	ヒール角 °	船速 Vs
		馬力	発電	推進	rpm		風向	風速			
4-20	16-00	857 ps	89 ps	768 ps	220	43	0°	25 m/s	5 m	0°	8.0 Kt
	18-00	850 "	79 "	771 "	218	38	0°	20 "	5 "	右-0.5°	4.3 "
	20-00	857 "	101 "	756 "	220	49	左-15°	24 "	5 "	左-0.5°	4.55 "
	22-00	728 "	97 "	631 "	205	47	左-15°	22 "	5 "	左-2°	4.25 "
	24-00	795 "	89 "	706 "	210	43	右-15°	20 "	5 "	左-2°	3.45 "
4-21	02-00	845 "	83 "	762 "	222	40	右-20°	20 "	5 "	左-1°	3.50 "
	04-00	865 "	83 "	782 "	220	40	右-15°	20 "	5 "	左-1°	4.00 "
	06-00	755 "	93 "	662 "	220	45	右-15°	17 "	4 "	左-1°	5.05 "
	08-00	742 "	89 "	653 "	220	43	右-10°	14 "	4 "	左-1°	6.25 "
	10-00	930 "	79 "	851 "	197	38	右-20°	11 "	1½ "	左-2°	8.85 "
	12-00	930 "	83 "	847 "	197	40	左-15°	13 "	2 "	左-1°	8.70 "
	14-00	896 "	72 "	824 "	195	35	左-10°	13 "	2 "	右-2°	10.00 "
	16-00	875 "	87 "	788 "	196	42	左-5°	13 "	1½ "	右-1°	10.55 "
	18-00	875 "	87 "	788 "	196	42	左-5°	13 "	1½ "	右-0.5°	11.10 "
	20-00	825 "	83 "	742 "	196	40	左-10°	12 "	1 "	右-1°	10.80 "

表10 台風遭遇時の計測値 (1981.6.21 - 22)

日 / 時		21/10	21/12	21/14	21/16	21/18	21/20	21/22	22/00	22/02
主機	rpm	193	193	193	193	193	193	193	193	193
主機	PS	860	880	800	800	810	800	820	950	870
発電機	KW	52	48	47	47	35	35	42	40	35
風速	m/s	18	24	23	20	23	22	23	20	17
風向	°	-20	-30	-30	-40	-45	-40	-40	-60	-40
波高	m	5	6			6	6	6	6	5
船速	対水 Kt	4.75	4.75	4.75	2.9	4.7	5.25	4.7	4.7	5.75
	対地 Kt	10.4	3.5			3.0	2.2	4.3	6.8	8.0
ヒール角	°	-4				-2.5	-2.0			-5
排ガス温度	°C	319	331	311	313	307	303	295	335	332
燃料油		C	C	C	C	C	C	C	C	C

(注) 縮帆時



月日	時分	天候
4/20	14-05	新碼頭出港 南西-25 m/s の風速
		佐渡沖 南西-28 m/s の風速
	16-00	西-25 m/s の風速 被高5 m 氣圧997 mb
4/23	07-30	大分港入港

df=2.00m da=4.10m dm=3.05m dis=1380t  
 (JAPANESE COASTS)  
 (FOR FOREIGN LINE)  
 S S  
 MARU  
 TIME OF OBSERVATION  
 1941年4月20日 14時05分

図28 天氣圖

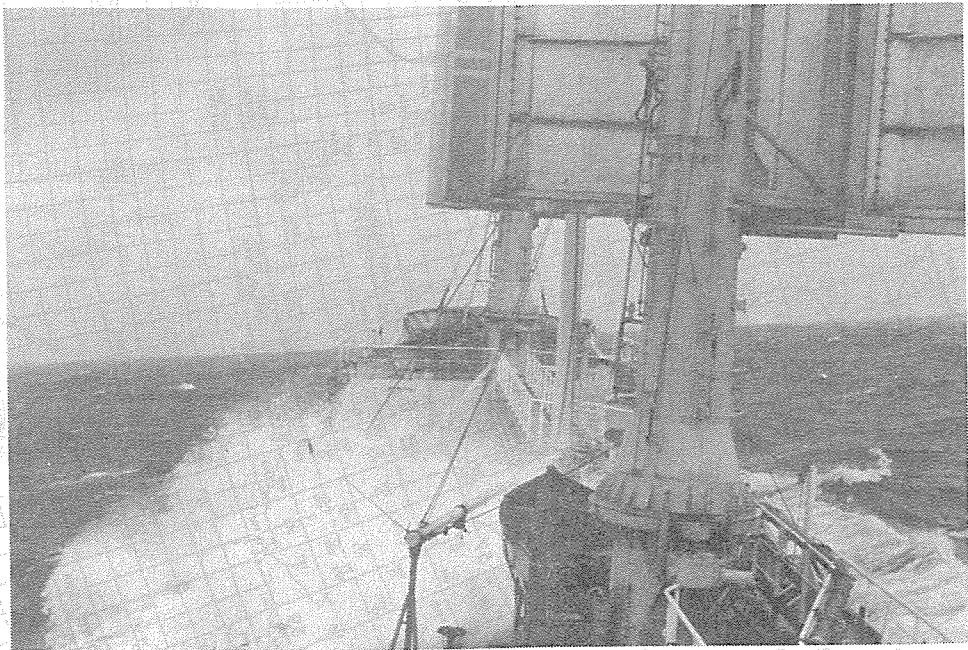
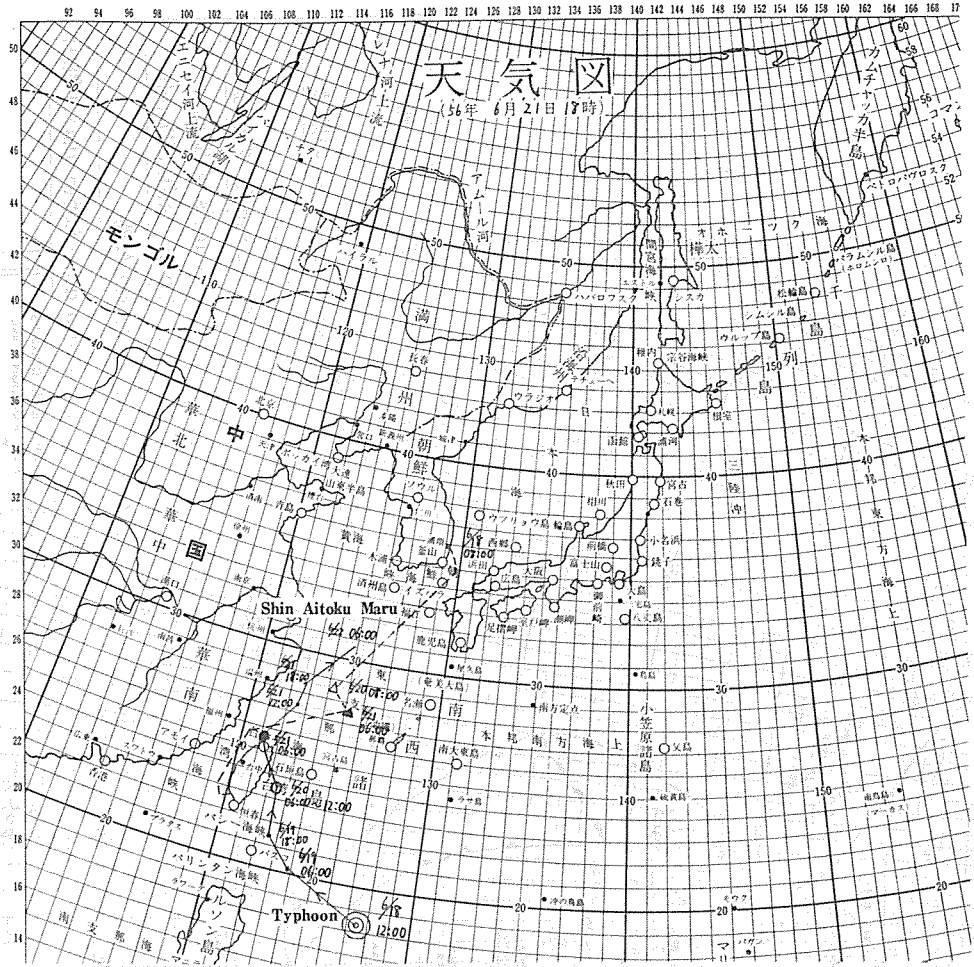


図 30 台風下の航行



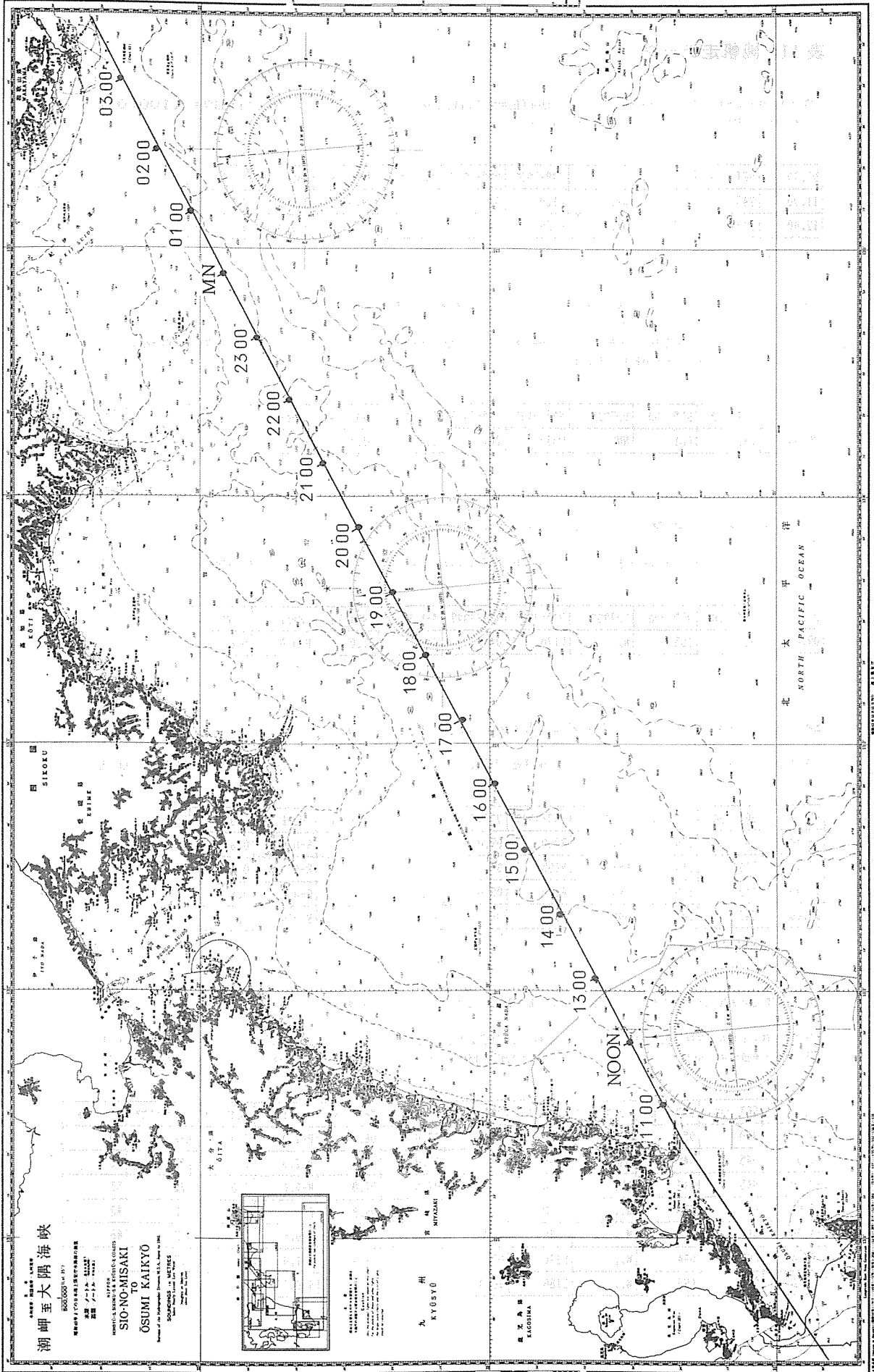


图 31 航行图

表 11 純帆走データ

コウソウ カイイキ= マイスルオキ  
トクキ シ"コウ= 12.00(ND.1)ノミテンハン

DATE=57.8.24

ハイスイロウ= 1100.0 t

シ"カ	SET 300	シ"カ 300	307200	77847200	77847200	744 Vt	7424 Vs	Heel	ハコ
11.00	243	243	NW.	L120	07.5	03.7	04.0	R-0.0	1.5
12.00	243	243	NW.	L120	07.5	03.0	03.0	R-0.0	1.0

シ" ユンハンソウ (57.10.9) 407

コウソウ カイイキ= アワカモカワオキ  
トクキ シ"コウ= ニホクマル(4K7)オイコシ

DATE=57.10.09

ハイスイロウ= 2096.0 t

シ"カ	SET 300	シ"カ 300	307200	77847200	77847200	744 Vt	7424 Vs	Heel	ハコ
20.00	061	061	NNE	L030	20.0	08.5	05.5	R-2.0	3.5

シ" ユンハンソウ (57.10.14) 407

コウソウ カイイキ= ツカ"ルカイキヨウ

DATE=57.10.14

ハイスイロウ= 1165.0 t

シ"カ	SET 300	シ"カ 300	307200	77847200	77847200	744 Vt	7424 Vs	Heel	ハコ
09.00	055	055	N..	L170	04.5	06.0	02.8	R-0.0	0.8

シ" ユンハンソウ (57.10.23) 407

コウソウ カイイキ= オキカイキヨウ

DATE=57.10.23

ハイスイロウ= 1100.0 t

シ"カ	SET 300	シ"カ 300	307200	77847200	77847200	744 Vt	7424 Vs	Heel	ハコ
16.10	240	230	NNW	R060	09.0	02.9	01.7	R-0.0	0.6
17.10	256	240	NNW	R055	07.0	01.3	01.0	R-0.0	0.6
17.40	135	135	NNW	R120	05.0	03.8	03.0	R-0.0	0.6
20.00	242	242	NNW	R.35	09.0	11.8	11.9	R-0.0	1.0

シ" ユンハンソウ (57.11.23) 407

コウソウ カイイキ= ツカ"ルカイキヨウ  
ソウコウカイキヨウ= 60.5

DATE=57.11.23

ハイスイロウ= 1396.0 t

ソウコウカイキヨウ Hr= 6.67

744 Vt ヴィン Vt= 9.07

シ"カ	SET 300	シ"カ 300	307200	77847200	77847200	744 Vt	7424 Vs	Heel	ハコ	744 Vt	744 rpm
10.00	050	050	NW.	L115	10.0	08.0	06.8	R-1.0	2.0	22	50
11.00	045	048	NNW	L090	09.0	10.0	04.0	R-2.0	1.5	22	23
12.00	045	043	NW.	L110	11.0	07.5	07.0	R-2.0	2.0	22	53
13.00	095	095	N..	L155	07.0	08.6	06.8	R-1.0	2.0	22	48
14.00	095	095	N..	L180	09.0	09.2	06.0	R-0.0	2.0	22	46
15.00	095	094	N..	L170	07.5	09.6	06.0	R-1.0	1.8	22	51
16.00	095	093	N..	L180	10.0	09.0	06.3	R-0.0	3.0	22	49

表 12 新愛徳丸の純帆走計測記録

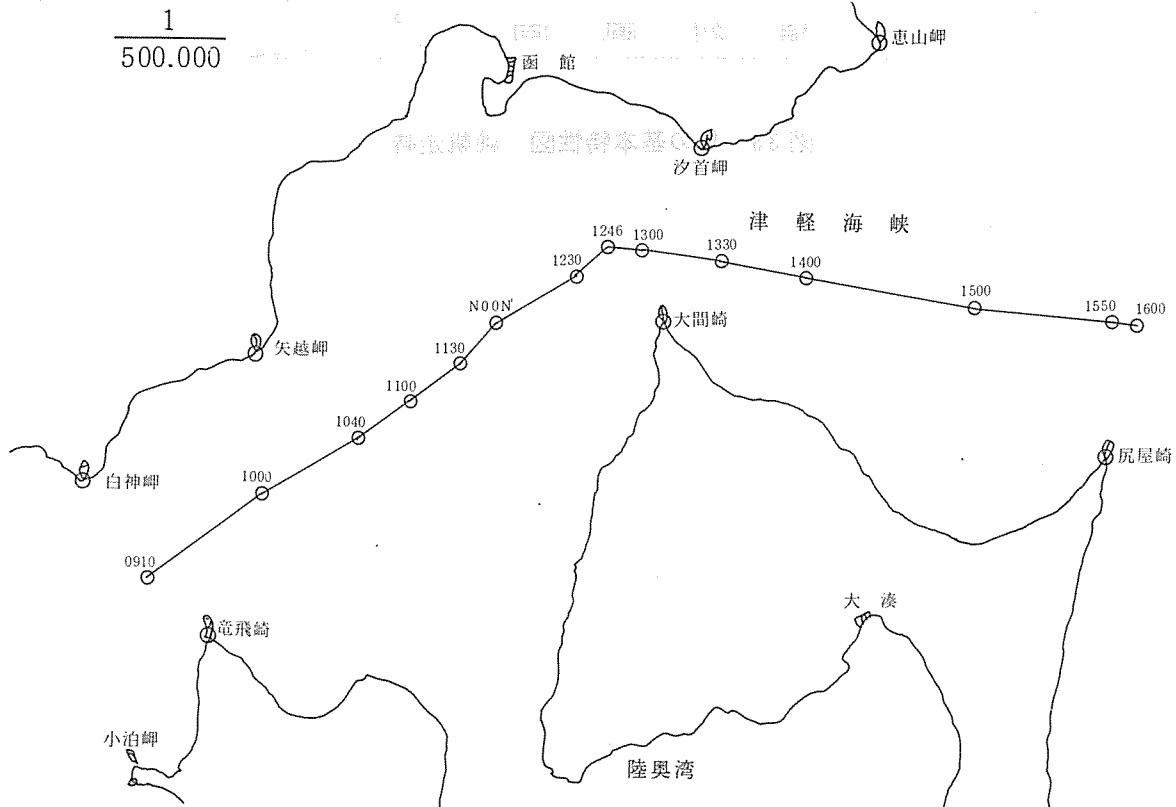
(津軽海峡にて) S. 57年11月23日

月日時	針路		真風向	相 对		船 速 kt		展 縮	ヒ ル	波 高	プロペラ		備 考
	SET	実		風 向	風力米	実	ロ グ				ピッチ	回 転	
11/23													0900 機関停止 0910 計測
09 10	050	050	NW	左 110	15		6.5	展	右1	4.0	22		
10 00	050	050	NW	左 115	10	8.0	6.8	γ-		2.0	γ-	50	0910 竜飛崎
10 00	050	050	NW	左 115	10		6.8	γ-		2.0			
11 00	045	048	NNW	左 70 <sub>90</sub>	9	10.0kt	4.0	γ-	右2	1.5	γ-	23	
11 00			NNW	左 90	9		4.0	γ-		1.5			
NOON	045	43	NW	左 110	10 11	7.5kt	5.0 7.0	γ-	右2	2.0	γ-	53	1246 大間崎
NOON													
13 00	095	095	W	左 155	7.	8.6kt	6.8	γ-	右1	2.0	γ-	58 48	
13 00													
14 00	095	095	W	180	9.	9.2kt	6.0	γ-	0	2.0	γ-	46	
14 00													
15 00	095	094	W	左 170	7.5	9.6kt	6.0	γ-	右1	1.8	γ-	51	
15 00													1550 尻屋崎
16 00	095	093	W	180	10	9.0kt	6.3	γ-		3.0	γ-	49	1600 計測終了 1605 機関前進

所見 ◎ 津軽海峡 0910~1550 航程 60.5 mil 所要時間 6時間40分 平均 Speed 9.07kt  
 今回新潟出港11月22日 1620時化の為バラスト, F.P.T. No.1.2.3. W.B.T. Full S. 57年11月25日  
 計測条件に恵まれ津軽海峡を完走する事が出来ました。 新愛徳丸 船長 嶋 本 敦 男

図 32 新愛徳丸の純帆走計測図

57年11月23日



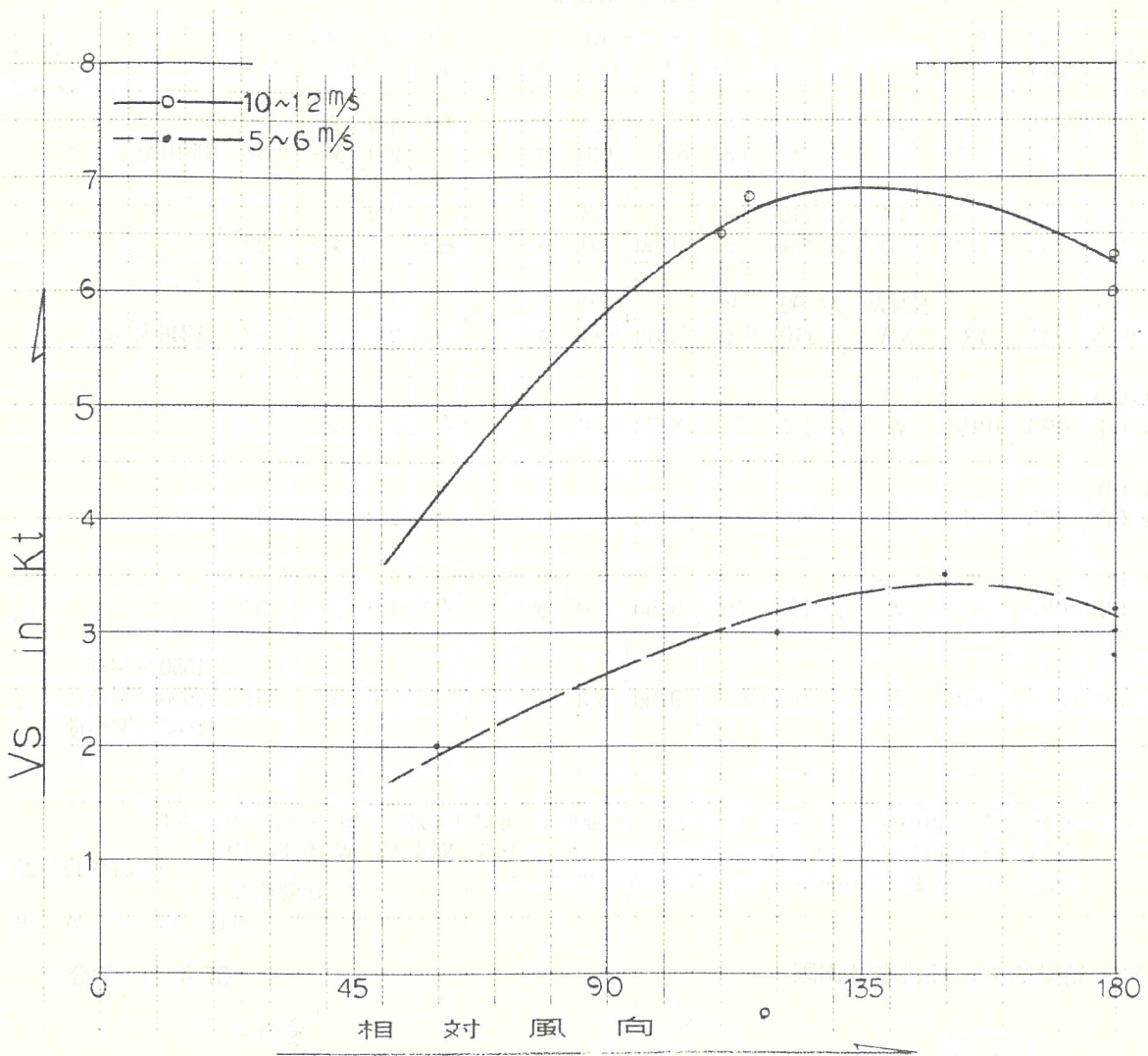


図 33 帆の基本特性図 (純帆走時)

## 6.7 在来型省エネ船との比較航走試験

昭和58年1月～2月にかけ、NHKが新愛徳丸の特徴の一つである「何故、揺れが少ないのか。」を解明するため、新愛徳丸と同じ大きさのH丸とで日本海において比較航走試験を行い、各種データを取って解析した。両船の主要目を表13に示す。H丸は、新愛徳丸より1年半後に出来た省エネ船であるが、比較航走中は横揺れが大きく、新愛徳丸にどんどん離され30分後には1 km以上の差がついた。九州-新潟間航路における両船の差は、新愛徳丸が8時間速く目的地に着き、なおかつ33%も燃料が少なくて済む結果を得た。両船は、スタート時船速を10.5 kt に設定したが、新愛徳丸は帆を展帆すると前方向30°からの風を受けた時に船速が11.1 kt に、前方向60°からの風向 になった時は11.7 kt に船速が増加した。これを馬力と船速の関係より比較すると、スタート時H丸が10.5 kt で約1200 PS、新愛徳丸は約1050 PS であった。新愛徳丸が展帆してからの帆走における利得馬力をH丸の船速10.5 kt 時の馬力に換算すると、前方向30°の風向の時約850 PS、60°の風向の時は約660 PS で済む。つまりH丸とは、前者で350 PS、後方で540 PS の差がついた。

このように大きな差がついた原因については、次のような事が考えられる。

新愛徳丸の帆に受ける風だけを単純に馬力換算しただけでは、このような差はつかない。この原因が、帆装した事による減揺の為で、6.3 項に述べたように、波浪により失われるシーマージンの馬力が少なくて済む為である。通常の船舶が波浪中で影響を受けるのは、船首が左右に揺れるヨーイング及び縦揺れのピッチングで、これが波浪中で失うエネルギーの大部分の原因であるので、これが少なくなることは、通常船舶より馬力が少なくて済む事である。

表13 新愛徳丸とH丸の主要目

項目	船名	新愛徳丸	H丸
竣工年月		昭和55年9月	昭和57年3月
長さ (bp) m		66.00	65.00
巾 m		10.60	11.00
深 m		5.20	5.00
吃水 m		沿海 4.76 近海 4.40	沿海 4.621
方形系数 Cb		沿海 0.69 近海 0.68	沿海 0.7318
総トン数 (t)		699.19	699.26
主機 (PS)		1600	1800
C P P (mm)		4翼 2700φ ※ (2650φ)	4翼 2450φ
公試船速 (kt)		12.895	11.447

※ 竣工後2700φに変更

## 6.8 帆装と非帆装

### (1) 帆装と非帆装

新愛徳丸の妹船「愛徳丸」(図37参照)は、新愛徳丸とは同一線図の同型船で、機器類、コンピュータ類も同様のものを搭載しており、竣工後約半年間は、帆装・非帆装の効果を調査する為に帆無しで航海した。帆装前後の運航データの比較を表14に示す。帆装前が昭和57年1月2日より4月2日まで、帆装後が昭和57年4月20日より7月31日までのデータで各航海とも2時間毎に計測した。帆装後の所要馬力を、船速及び排水量の差による修正を加えて帆装前の所要馬力にすると634 PSで済む事が判明した。よって馬力比としては  $634 / 847.5 = 0.748$  つまり  $(1 - 0.748) \times 100 = 25.2\%$  で、帆装した事により25.2%も馬力が減少している。

### (2) 帆装前と帆装後の船速の比較

最初に、水槽実験と海上公試より求めた性能曲線を基にして、排水量比10%毎の曲

線を求めた。図34は、愛徳丸の排水量—馬力—船速の関係図である。この性能曲線を基に、実際の航海時の排水量と推進馬力よりシーマージン=0の時の船速（理論船速）を求めた。これらを集計して、実船速と理論船速の比と相対風向の関係（風速7~12m/s時）を図にすると第35図のようになる。例えば、破線のように帆装前の船速比で見ると、船首方向40°以内からの風に於ては、船速は0.85に低下している。即ち15%も船速が低下している事が判る。又船尾方向からの風に対しても僅かではあるが、低下を示している。この現象は非帆装船は船首船尾方向からの風や波には弱いことが示されている。

これに対して帆装すると実線のように船速が回復している。意外なことに、縮帆状態においても、船速で5%程度回復している。これは誠に驚くべき現象である。帆装装置は真向いの風の時、その風圧抵抗の為に船速は低下するであろうと考えられていた。然し2年余の実績により嬉しい誤解をしていたことが判明した。船長も「帆走後は、真向いの風にも強くなった。」と証言している。

一方展帆状態においても、展帆は風向が船首方向左右20°以上の時であるが、展帆による利得は、船速ベースにて5~9%もの大差が生じた。

### (3) 帆装前と帆装後の有効馬力の比較

第35図の船速の低下率を、第34図の性能曲線に照合し、推進馬力を求め、さらに航海の実推進馬力がその何%であるかを帆装前・後それぞれについて求めて、有効馬力の比較を行った。これを図にすると第36図のようになる。この図で注目すべきことは、真向いの風に対し有効馬力の割合は、帆装前が45%で、帆装後は15%回復して60%になっている事である。帆装装置は馬力の有効利用にも貢献していることになる。

一般に言われるシーマージンは、馬力ベースでは  $100\% - (\text{推進馬力の有効利用度}) = (\text{シーマージン})$  となり、シーマージン15%に含まれるのは、風速7~12m/s時、相対風向90°~180°の範囲に過ぎないことが判った。これ以外の風向では、シーマージンが、15%以上となる。

図の中で、帆装後に有効利用度が100%以上になるところは、同一馬力の場合、船速が増加していることであり、同一船速の場合、馬力が遥かに少なくてよいことになる。

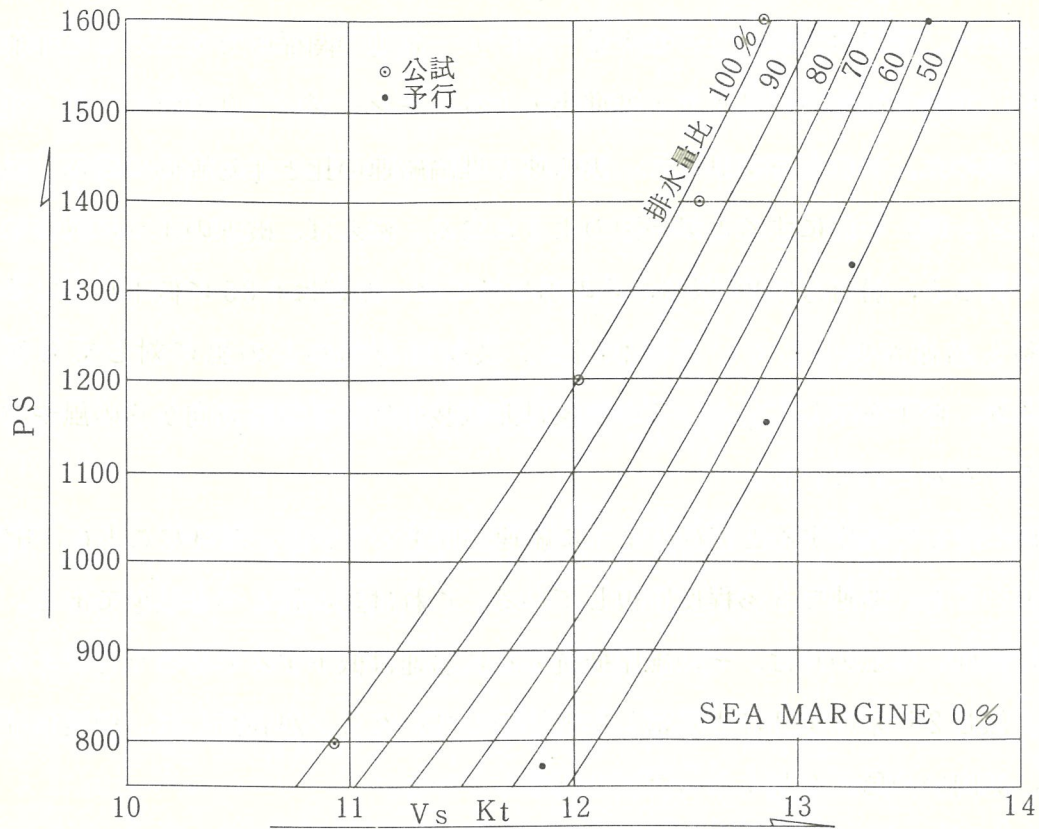


図 34 愛徳丸の排水量 - 馬力 - 船速の関係

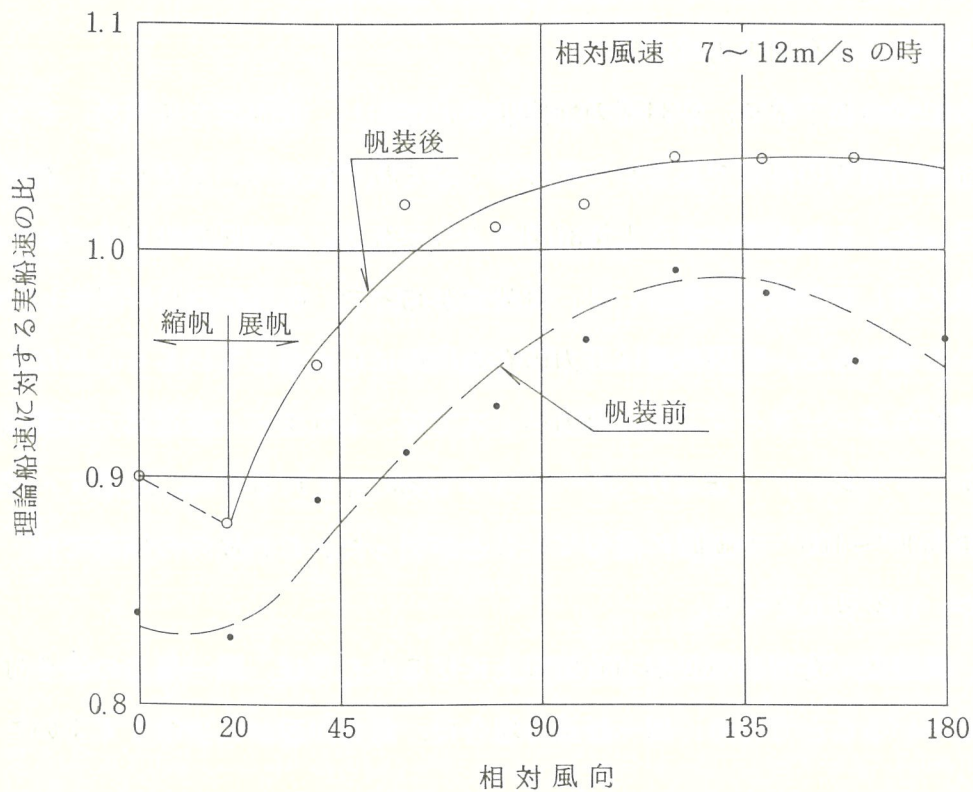


図 35 愛徳丸の帆装前後の船速比の比較



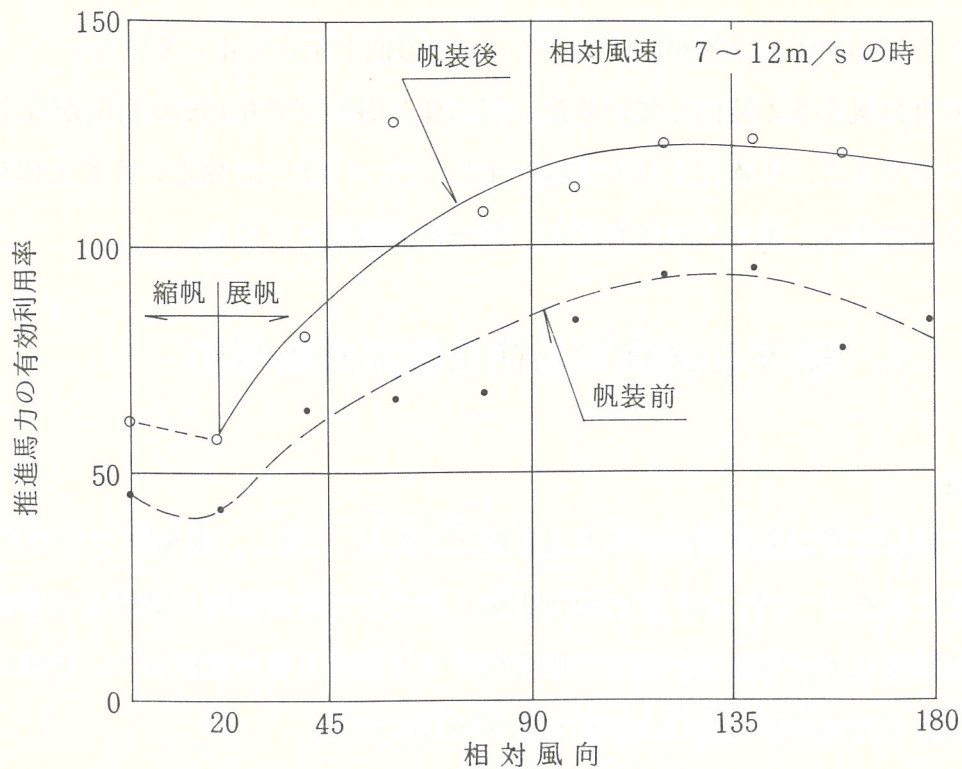


図 36 愛徳丸の帆装前後の有効馬力の比較

表 14 帆装前後の長期平均

項 目	① 帆装前	② 帆装後	② を ① に 修正
排水量 t	1,406.5	1,368.7	
排水量比率 %	59.6	58.0	
所要馬力 BHP	847.5	819.7	634.0
船速 kt	10.46	11.05	
燃料 Lt/h	150.86	145.56	
Lt/漕	14.3	13.0	
主機 g/PS・h	168.85	168.6	

### 6.9 1本帆と2本帆の違いによる効果の差

愛徳丸は、新愛徳丸の2本帆に対し帆は1本のみ装備している。この1本帆と2本帆の差について、両船が、帆の展帆・縮帆によって生ずる差異を計測して、それに基づいて比較を行った。

愛徳丸が縮帆して風速6.5m/sec～12m/secの海況を航海すると、平穏な海況を航海するときの、その馬力により得られる船速（これを理論船速という）に対して、船速で $(1 - 0.925) \times 100 = 7.5\%$ 低下するが、これに対し展帆すると、理論船速に対して

失われていた7.5%の内、4.3%が回復されて、3.2%低下するに止っていた。

因に新愛徳丸は帆を2本装備している為、同じ様な海況下で6.0%の回復がなされていた。これからすると、1本と2本の差は、 $4.3 / 6.0 = 0.73, 73\%$ ということになる。帆が1本と2本の差は、半分とはならず、70~80%程度といえる。

## 7. 続々と就航する機主帆従式帆装船

### 7.1 小型帆装船

新愛徳丸に続いて愛徳丸が昭和56年9月に竣工したが、(但し、帆を取り付けたのは昭和57年4月である。)これら2隻の運航実績、取り分け新愛徳丸の2年目の検査が終了してから帆装船に対する認識が高まり昭和58年9月現在5隻が就航した。愛徳丸、日徳丸、扇蓉丸、日産丸の写真及び主要目を図37~42に示す。

なお図39, 40は日徳丸に装備した最新式の帆で、上下に2分割(風速20~25m/sのとき上部のみ縮帆, 25m/s以上のときは、上下とも縮帆)するうえ、橋桁の下も通過出来る様に起到式としており、3点ヒンヂ式でウインドラスの巻取りにより起到する。

### 7.2 大型帆装船

当協会では、此の度大型帆装バルクキャリアの開発を始めた。船の主要目を表15に、完成予想模型を図43に示す。この新造船の省燃費は、通常この種船舶の燃料消費が30~37t/日であるのに対し、今回は燃料消費を15t/日以下に目標値を置いている。新愛徳丸の結果から、この目標値を十分下まわる省燃費を達成出来るものと思われる。

また、この船に装備する帆は、新愛徳丸を基準にして考えると、排水量の比較では1140m<sup>2</sup>の帆面積が必要であるが、帆のコストと帆による利得を計算すると800m<sup>2</sup>(400m<sup>2</sup>×2本)で十分であると思われるが、さらに水槽実験等で最終確認を行い、昭和59年8月の竣工を目指して開発を行う。なお、最新の帆装商船の帆面積の比較を表16に示す。

### 7.3 大型帆装船の北米航路の帆走利用度の推定

(社)日本造船研究協会SR-163部会“気象海象および船舶の波浪中応答に関する統計解析ならびに実船計測”の統計資料を基に、図44の横浜↔バンクーバー航路における風向・風速の頻度を積算した。その頻度表を表17に、頻度分布を図45・46に示す。これらの結果を基に、下記の展帆・縮帆の条件下で帆走利用度の推定を行った。

展帆・縮帆の条件

① 相対風向左右 20°以内は縮帆

② 風速 0 - 10kt の間は縮帆

(実質的には10ktの風があれば、展帆も可能であるが0 - 10ktの内容が明らかでないので、全部縮帆とした。)

③ 風速20m/s を越えると縮帆

④ Calm 1.5%は縮帆

帆走利用度の推定結果

横浜→バンクーバ	縮帆	26.416 %	展帆	73.584 %
バンクーバ→横浜	縮帆	32.482 %	展帆	67.518 %
往復の平均	縮帆	29.449 %	展帆	70.551 %

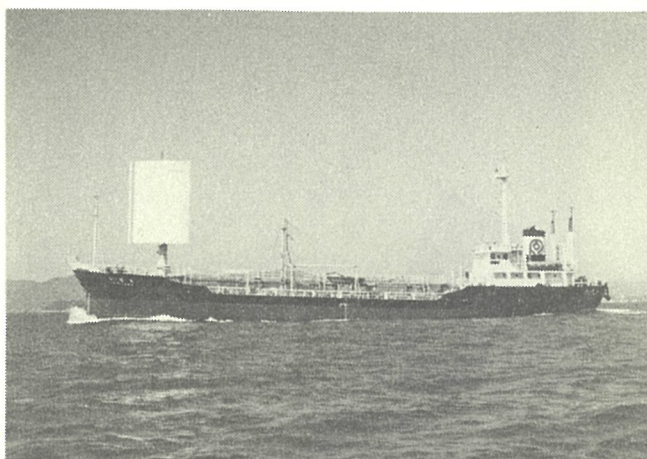
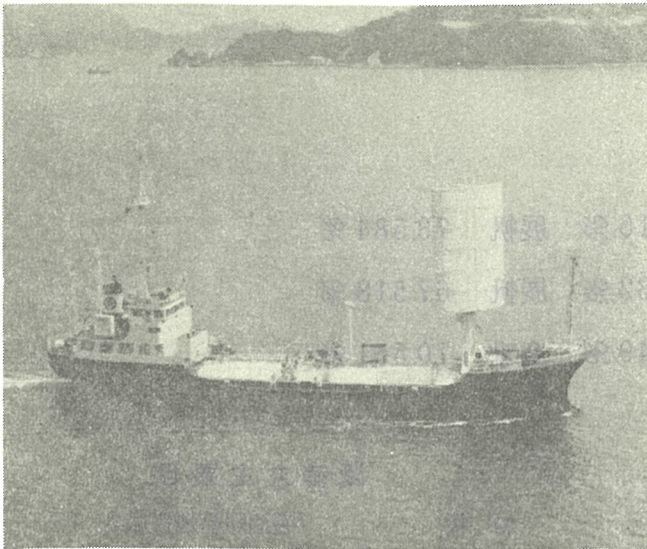


図 37 愛 徳 丸

#### 愛徳丸主要目

船 種	石油製品運搬船
船 主	㈱愛 徳
造船所	㈱今村造船所
長さ (bp)	66.0 m
巾 (型)	10.6 m
深 さ	5.2 m
吃 水	4.76 m
総トン数	697 T
載貨重量	1 680 T
主 機	
最 大	1 600 ps 500/240 rpm
常 用	1 360 ps 462/222 rpm
航海速力	12.514 kt
帆装システム	
矩形硬帆スラット付	1基
船首部	12m (高さ) × 8m (幅)

すばる地球容納の1401-0 収るます鋪印と脚製法



船主 主 (M)  
 船種 PO運搬船  
 図38 日 徳 丸  
 m 0.00 (qd) 5.00

日 徳 丸 主 要 目

船 種	P O 運 搬 船
船 主	懶 愛 徳
造船所	懶 今 村 造 船 所
長さ (bp)	52.5 m
巾 (型)	10.0 m
深さ (型)	4.5 m
吃 水	3.6 m
総トン数	478 t
載貨容量	500 m <sup>3</sup>
主 機	
最 大	1 050 ps 400/203 rpm
常 用	950 ps 365/218 rpm
航海速力	10.5 kt
帆装システム	
	起倒式・上下分割式矩形硬帆 1基

船首部 12m (高さ) × 8 m (幅)

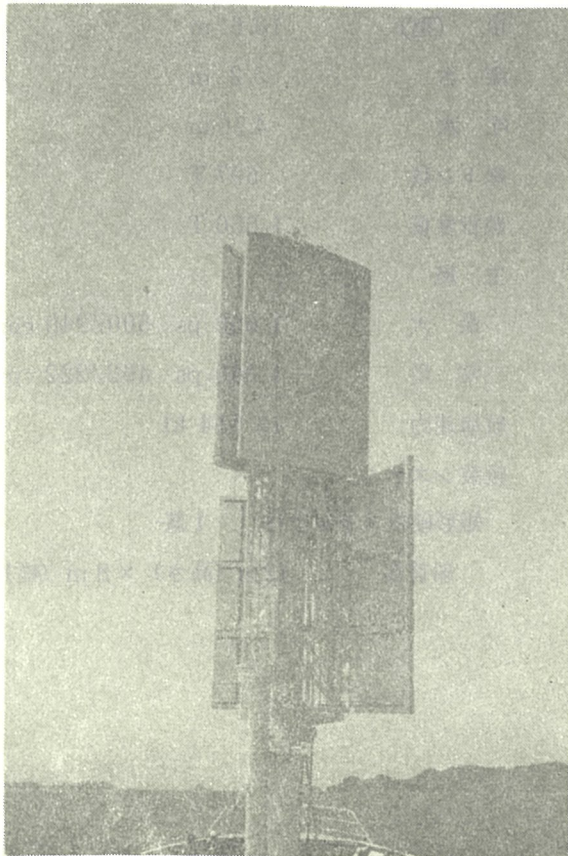


図39 上下分割作動状況

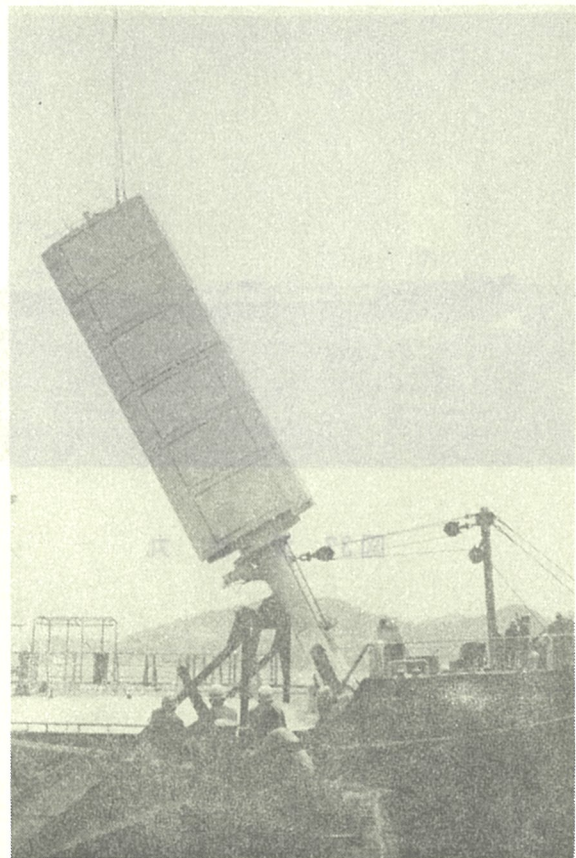


図40 起倒試験状況

扇蓉丸主要目

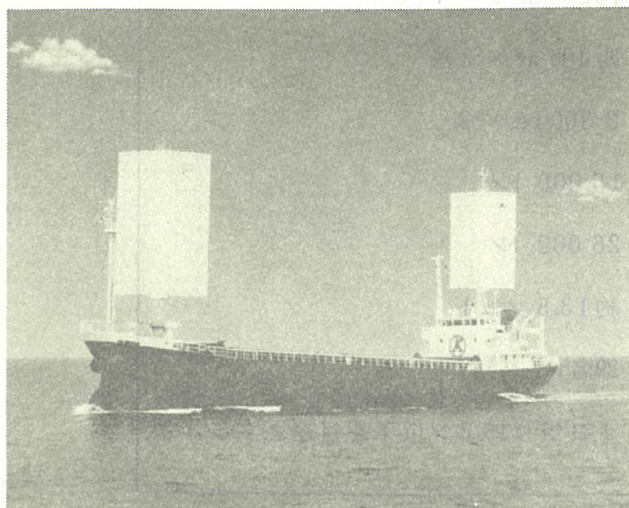


図 41 扇蓉丸

船種	鋼材運搬船
船主	芙蓉海運(株)
造船所	檜崎造船(株)
長さ (bp)	72.0 m
巾 (型)	12.6 m
深さ (型)	6.9 m
吃水	4.72 m
総トン数	699 T
載貨重量	2,081 T
主機	
最大	1 550 ps 730/190rpm
常用	1 318 ps 692/180rpm
航海速力	11 kt
帆装システム	
矩形硬帆	2基
No.1 (船首部)	
	14.5m(高さ) × 9.5m(幅)
No.2 (船橋上部)	
	12 m(高さ) × 8 m(幅)

日産丸主要目

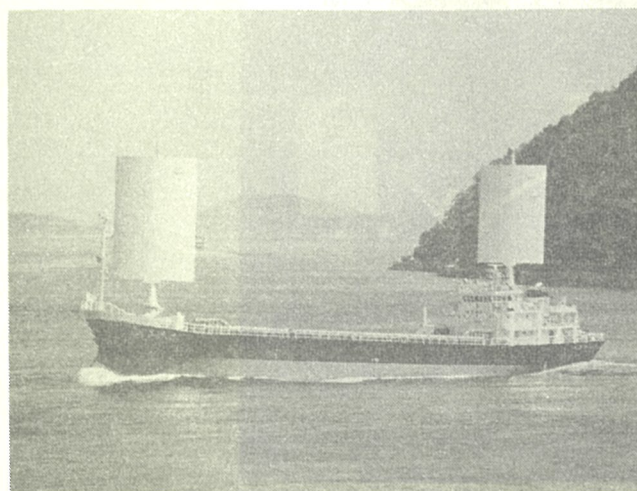


図 42 日産丸

船種	原料専用船
船主	日産船舶(株)
造船所	佐々木造船(株)
長さ (bp)	72.0 m
巾 (型)	12.6 m
深さ (型)	6.9 m
吃水	4.72 m
総トン数	699 T
載貨重量	2,098 T
主機	
最大	1 550 ps 730/190rpm
常用	1 318 ps 692/180rpm
航海速力	11 kt
帆装システム	
矩形硬帆	2基
No.1 (船首部)	
	14.5m(高さ) × 9.5m(幅)
No.2 (船橋上部)	
	12 m(高さ) × 8 m(幅)

表15 大型帆装バルクキャリアの主要目

船種	26型バルクキャリア
L×B×D	152×25.2×14.8 m
帆面積	約400 m <sup>2</sup> × 2基
主機関	3 300 ps × 2
総屯数	15 000 トン
載荷重量	26 000 トン
速力	約13.5 ノット
乗組員数	29名
燃料消費量	1日当り15トン以下を目途とする。

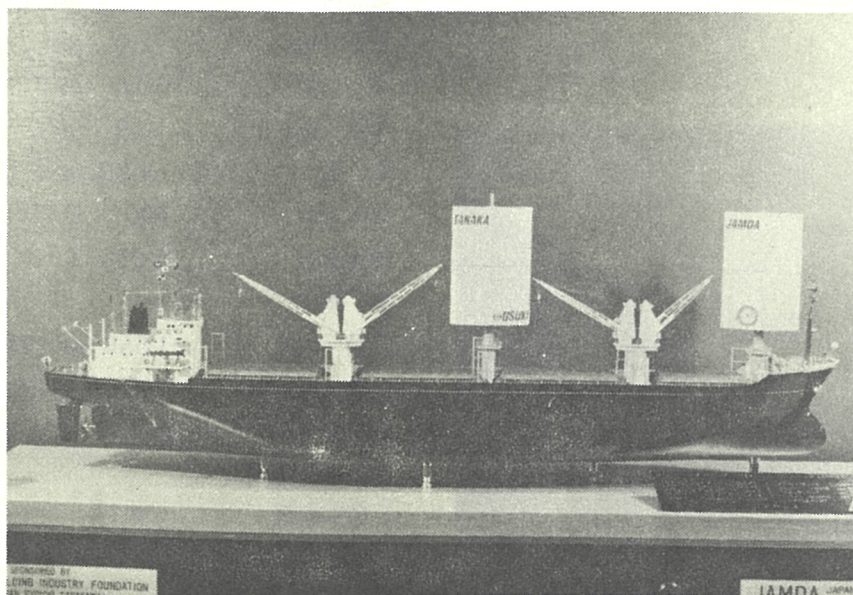


図43 大型帆装バルクキャリア横型

表 16 帆装商船の帆面積の比較

	計画又は竣工	船名	所属	計画担当	船種	DWT	L × B × d (m)	帆の数	帆の合計面積(m <sup>2</sup> )		建造造船所	
									計画又は 実施	換算面積 <sup>※</sup>		
小型帆船	(1) 計画のみ (在来船)	旧愛徳丸	徳愛	N K K	タンカー	3 200	82.5 × 12.8 × 5.9	2	442	320	今村造船	
	(2) 新造船 (80. 8)	新愛徳丸	徳愛	N K K JAMDA	タンカー	1 600	66 × 10.6 × 4.76	2	200		今村造船	
	(3) 新造船 (82. 4)	愛徳丸	徳愛	JAMDA	タンカー	1 680	66 × 10.6 × 4.76	1	85		今村造船	
	(4) 新造船 (83. 6)	日徳丸	徳愛	JAMDA	タンカー (L. P. G)	633	52 × 10 × 3.6	1 可倒式	96	130		今村造船
	(5) 新造船 (83. 4)	扇蓉丸	芙蓉海運	N K K	バルクキャリア	2 081	72 × 12.6 × 4.72	2	233	236	榑崎造船	
	(6) 新造船 (83. 5)	日産丸	日産船舶	N K K	バルクキャリア	2 098	72 × 12.6 × 4.72	2	233	236	佐々木造船	
	(7) 新造船 (84. 12)			英 国	タンカー	1 600		2	200			
	(8) 計 画 船			西 独	タンカー	1 472	64 × 12.0 × 4.6	3	1 700	210		
大型帆船	(1) 計 画 船			N K K	バルクキャリア	34 550	167 × 29.5 × 10.5	6	2 600	1 300		
	(2) 計 画 船			西 独	バルクキャリア	12 000	160 × 22 × 10	5	8 000			
	(3) 計 画 船			ベルギー	バルクキャリア	30 000	167.5 × 27 × 10	5	12 160			
	(4) 計 画 船			ソ 連	バルクキャリア	50 000		7	14 000			
	(5) 計 画 船			米 国	バルクキャリア	28 000	156 × 24.4 × 9.7	5	2 680	1 080		
	(6) 新造船 (84. 8)		田中産業	JAMDA	バルクキャリア	26 000 (a) 22 000 (b)	152 × 25.2 × 1	2	800	1 140	臼杵鉄工	

※ 換算面積とは新愛徳丸を基準としたときの面積である。その換算方法としては  $R \propto (\text{排水量})^{\frac{2}{3}}$  を適用して比較した。

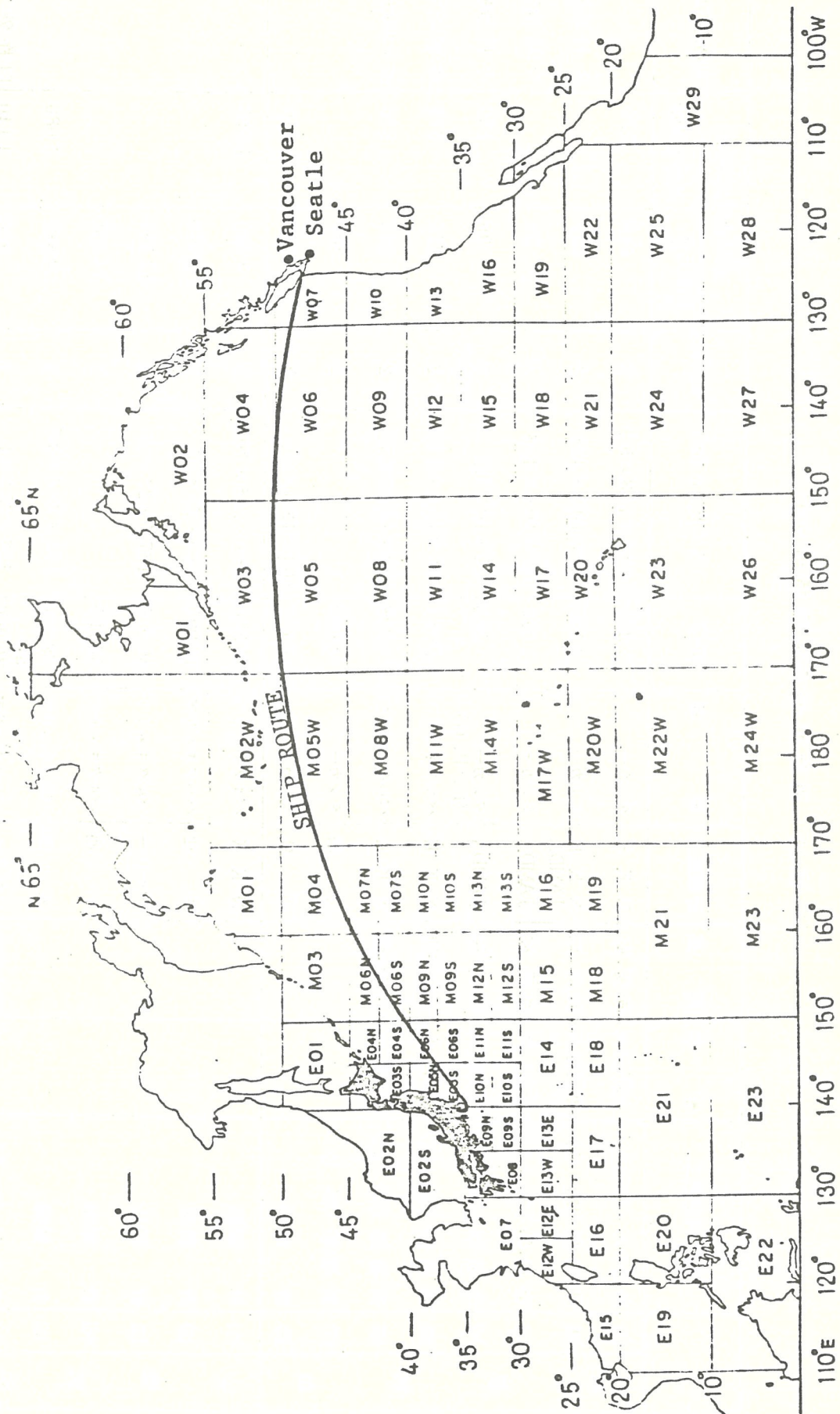


図 44 横浜 ↔ バンクーバー



表 17 風向：風速頻度表

(Yokohama to Vancouver)

縮帆合計 26.416 %

Wind speed (knot) Wind direction (°)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	Total
0 (Head)	1.213	2.317	1.202	0.358	0.070	0.013	0.004	0.000	5.178
30	1.267	2.489	1.349	0.429	0.105	0.019	0.001	0.000	5.680
60	1.384	3.043	1.794	0.636	0.151	0.016	0.004	0.000	7.029
90 (Beam)	1.608	3.596	2.057	0.693	0.138	0.014	0.003	0.000	8.109
120	1.705	4.107	2.382	0.728	0.147	0.020	0.001	0.001	9.091
150	1.866	4.974	2.967	0.896	0.198	0.035	0.007	0.000	10.943
180 (Follow)	2.058	5.313	3.442	1.188	0.298	0.056	0.006	0.002	12.364
210	1.975	5.099	3.617	1.436	0.356	0.059	0.007	0.001	12.550
240	1.767	4.523	3.165	1.217	0.267	0.042	0.005	0.000	10.987
270 (Beam)	1.467	3.112	1.805	0.557	0.119	0.019	0.001	0.000	7.080
300	1.211	2.214	1.082	0.305	0.066	0.011	0.001	0.000	4.890
330	1.177	2.092	0.996	0.271	0.064	0.009	0.004	0.000	4.613
Total	18.698	42.879	25.961	8.735	1.978	0.314	0.043	0.005	98.513

(Calm: 1.5%)

縮帆合計 32.482 %

(Vancouver to Yokohama)

Wind speed (knot) Wind direction (°)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	Total
0 (Head)	2.058	5.313	3.442	1.188	0.298	0.056	0.006	0.002	12.364
30	1.975	5.099	3.617	1.436	0.356	0.059	0.007	0.001	12.550
60	1.767	4.523	3.165	1.217	0.267	0.042	0.005	0.000	10.987
90 (Beam)	1.467	3.112	1.805	0.557	0.119	0.019	0.001	0.000	7.080
120	1.211	2.214	1.082	0.305	0.066	0.011	0.001	0.000	4.890
150	1.177	2.092	0.996	0.271	0.064	0.009	0.004	0.000	4.613
180 (Follow)	1.213	2.317	1.202	0.358	0.070	0.013	0.004	0.000	5.178
210	1.267	2.489	1.349	0.449	0.105	0.019	0.001	0.000	5.680
240	1.384	3.043	1.794	0.636	0.151	0.016	0.004	0.000	7.029
270 (Beam)	1.608	3.596	2.057	0.693	0.138	0.014	0.003	0.000	8.109
300	1.705	4.107	2.382	0.728	0.147	0.020	0.001	0.001	9.091
330	1.866	4.874	2.967	0.896	0.198	0.035	0.007	0.000	10.943
Total	18.698	42.879	25.961	8.735	1.978	0.314	0.043	0.005	98.513

(Calm: 1.5%)

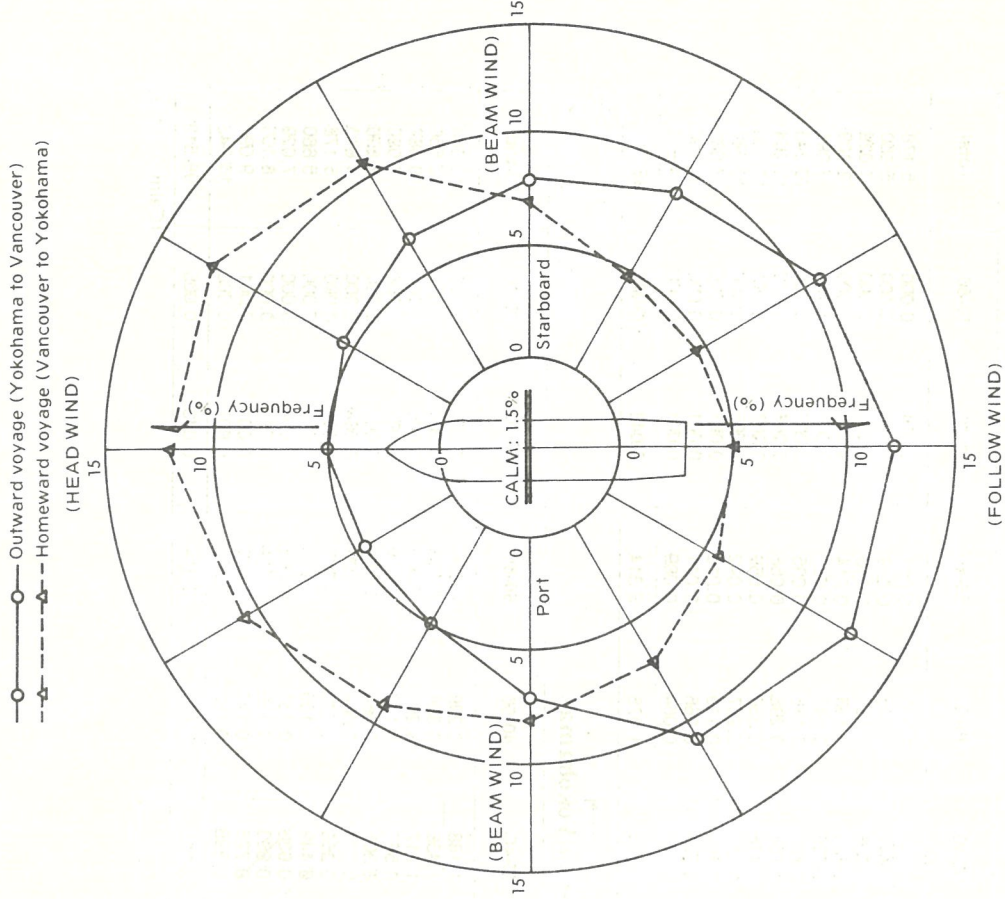


図 46 風向の頻度分布

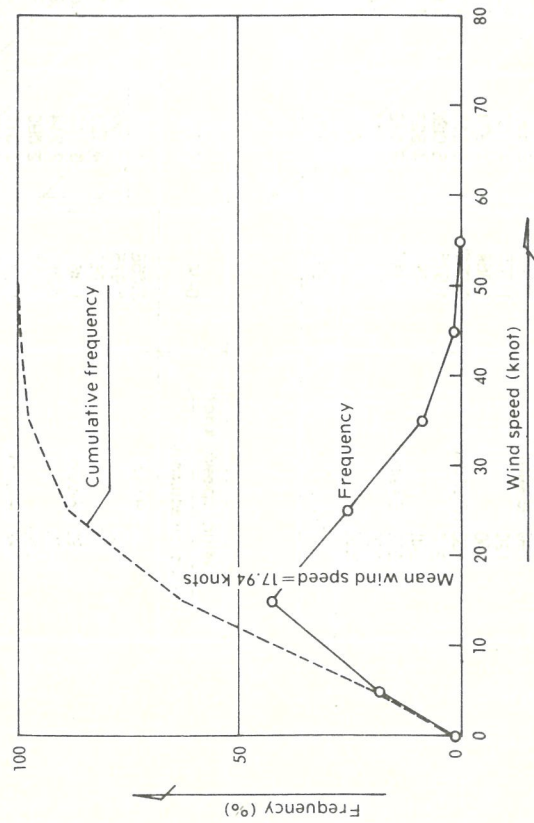


図 45 風速の頻度分布

## 8. 在来船の帆装後のC係数の検討

在来船に帆装装置を装備する時に、帆装後のC係数がどのようになるかと言うことが問題になります。

JAMDA及び船舶技術開発㈱では、下記の資料受取後10日間にてC係数の推定値を算出して報告します。

必要な資料（全て帆装前のもの）

- (1) 重心トリム及び復原性計算書  
(液体の自由表面の影響の資料も含む)
- (2) 環動半径書式に基く計算書
- (3) 復原性基準第4号様式に基く計算書
- (4) GZテーブル
- (5) 一般配置図

問い合わせ先

(財)日本船用機器開発協会

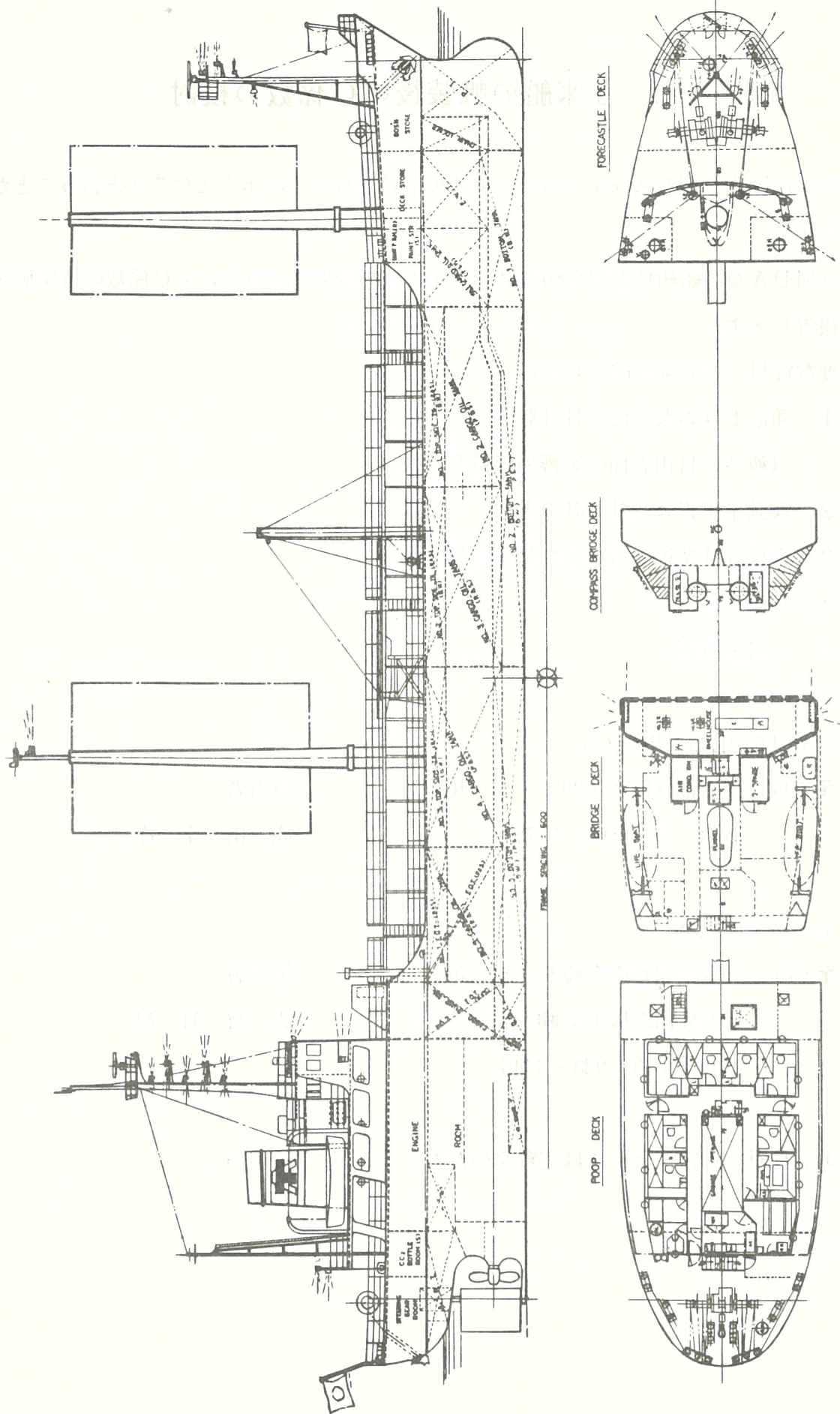
〒105 東京都港区虎ノ門1-15-16 担当者  
TEL 03-502-2076 成田幸洋

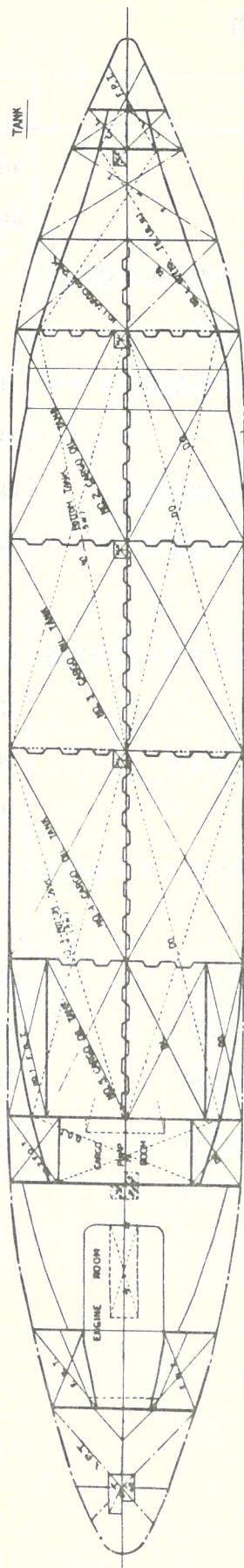
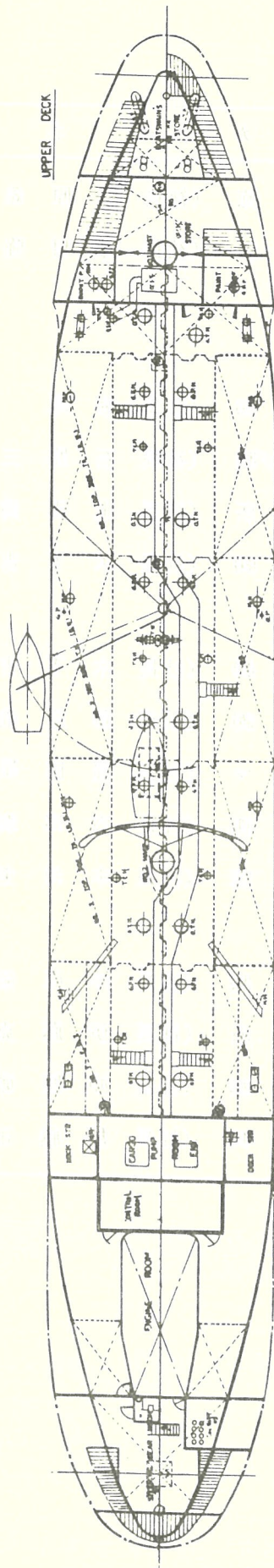
船舶技術開発㈱

〒673 兵庫県明石市貴崎5-8-70 担当者  
阪神内燃機工業㈱気付 志賀竹磨  
TFL 078-923-3446

なお、検討の内容によっては実費をいただくことがございます。

付図 新愛徳丸一般配置図





## 建造技術開発協力者

項 目	メ ー カ ー 名
1. 船 主	(株) 愛 徳 (社長 藤 原 義 則)
2. 建造造船所	(株) 今 村 造 船 所 (社長 今 村 隆 明)
3. 基本計画並びに新型操帆自動制御システム及び帆の製作	
(1) 基本計画並びに新型帆装システム	日 本 鋼 管 (株) (社長 金 尾 實) 日本マリンエンジニアリング(株) (社長 石 原 三 雄)
(2) 帆の製作並びに帆の艤装	(株) 上 田 鉄 工 所 (社長 上 田 満 弘)
4. 省エネ主機関及び可変ピッチプロペラ	阪 神 内 燃 機 工 業 (株) (社長 木 下 吉 治 郎)
5. 省エネ機関艤装システム並びに各機器の基本計画	阪 神 内 燃 機 工 業 (株) (社長 木 下 吉 治 郎) 船 舶 技 術 開 発 (株) (社長 藤 原 義 則)
(1) 排ガスエコノマイザ	(株) タ ク マ (社長 福 田 順 吉)
(2) 油圧システム	内 田 油 圧 機 器 工 業 (株) (社長 内 田 泰 男)
(3) コンピュータコントロールシステム	日 本 造 船 機 械 (株) (社長 本 田 圭 佑)
(4) ホモジナイザ	ボ ル カ ノ (株) (社長 沖 原 徹 哉)
(5) ファインフィルタ	(株) 伊 藤 鉄 工 所 (社長 伊 藤 克 哉)
6. 焼却式汚物処理装置	ボ ル カ ノ (株) (社長 沖 原 徹 哉)
7. 長期防汚型船底塗料	中 国 塗 料 (株) (社長 加 藤 正 二)

