

19トン型高速いか釣漁船の抵抗試験結果について

誌名	水産工学研究所技報. 漁船工学
ISSN	0388970X
巻/号	10
掲載ページ	p. 23-40
発行年月	1990年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



19トン型高速いか釣漁船の抵抗試験結果について

有路 実*・鈴木 四郎*

目 次

1. まえがき	23	4.4 模型船の全抵抗係数	31
2. 設計船の概要	23	4.5 航走時のトリム変化	33
3. 供試模型船	25	4.6 船側波形	33
3.1 抵抗試験状態	25	5. 船型改良による効果	37
3.2 抵抗試験の解析法	25	5.1 全抵抗係数 $\rho_{\gamma T}$ による比較	37
4. 抵抗試験の結果と考察	27	6. あとがき	39
4.1 模型船の全抵抗	27	参考文献	39
4.2 実船の有効馬力	28	Summary	40
4.3 排水量及びトリム交叉曲線	28		

1. まえがき

我国の漁船漁業をとりまく環境は、200海里規制に伴う漁場の縮小など、日毎にその厳しさを増し、各漁業とも経営危機に直面し、赤字経営も解消できず大きな社会問題にまでなっている。その主な原因は、漁獲量の減少、或は豊漁時における魚価の低迷、なかでも漁船漁業の運営経費に占める燃油代及び漁業資材費等が高んでいるためと思われる。この経営危機を乗り切るためには技術研究を基礎とした新船型の開発により、燃料消費量等の減少化を図り運航経費を極力減ずることが必要となろう。

本研究は、上記の背景のもとに実用面を重視し、各種漁船の中で最も高速化の要望が強い、いか一本釣漁船を対象に選り構造材としてのFRPの利点を十分に活かし船体重量の軽減化と、それに伴う船型改良を行い推進性能を向上させることを第一目標とした。

なお、船体設計については、FRP漁船研究会第6研究分科会において検討を行うと共に、船型改良による性能確認試験は当所で実施し、設計と模型船による抵抗試験結果を踏まえ船型開発を行ったものである。

また、研究実施経過は昭和63年11月に船体形状の設計を完了し、最終線図が完成した後に供試模型船の製作を行い、平成元年5月18日～6月17日の期間内に曳航水槽

(東京)で静水中における抵抗試験を実施し、抵抗性能を確認した。

そこで、一連の研究結果として資料にまとめておくことと併せて、造船関係者に対し建造時の参考資料として載くため、ここに報告する。

2. 設計船の概要

本設計船は、総トン数19トンの枠内で、動力漁船性能基準等の関連法規を満足させるほか、従来の小型漁船の設計概念にこだわらず、最近の技術成果を盛り込むと共に、造船業に携わる人達の豊富な経験を導入し、FRP製高速いか一本釣漁船の船型開発を行った。速力性能については、フルード数($Fn = V/\sqrt{L \cdot g}$) 0.6以上、速力容積係数($F_n \nabla = V/\sqrt{\nabla \cdot g}$)が1.5という高速船型を見いだすことを目的としているが、同時に低速域においても省エネ効果が十分期待し得る優れた推進性能を持たせ、併せて復原性能並びに耐抗性能についても種々の理論計算によって確認し最終的船体形状を決定した。すなわち、船型の特徴としては、船首傾斜型、船尾はトランサム型とし、高速化を図るため、船体後半部をハードチェーンを持つ角型船型とし、船体前半部はできるだけU型に近いフレーム形状を採用したいわゆるハイブリット船型としている。概略一般配置を図1に示す。

以下に設計船線図をもとにした縮尺模型船の試験結果を記す。

*船体構造研究室

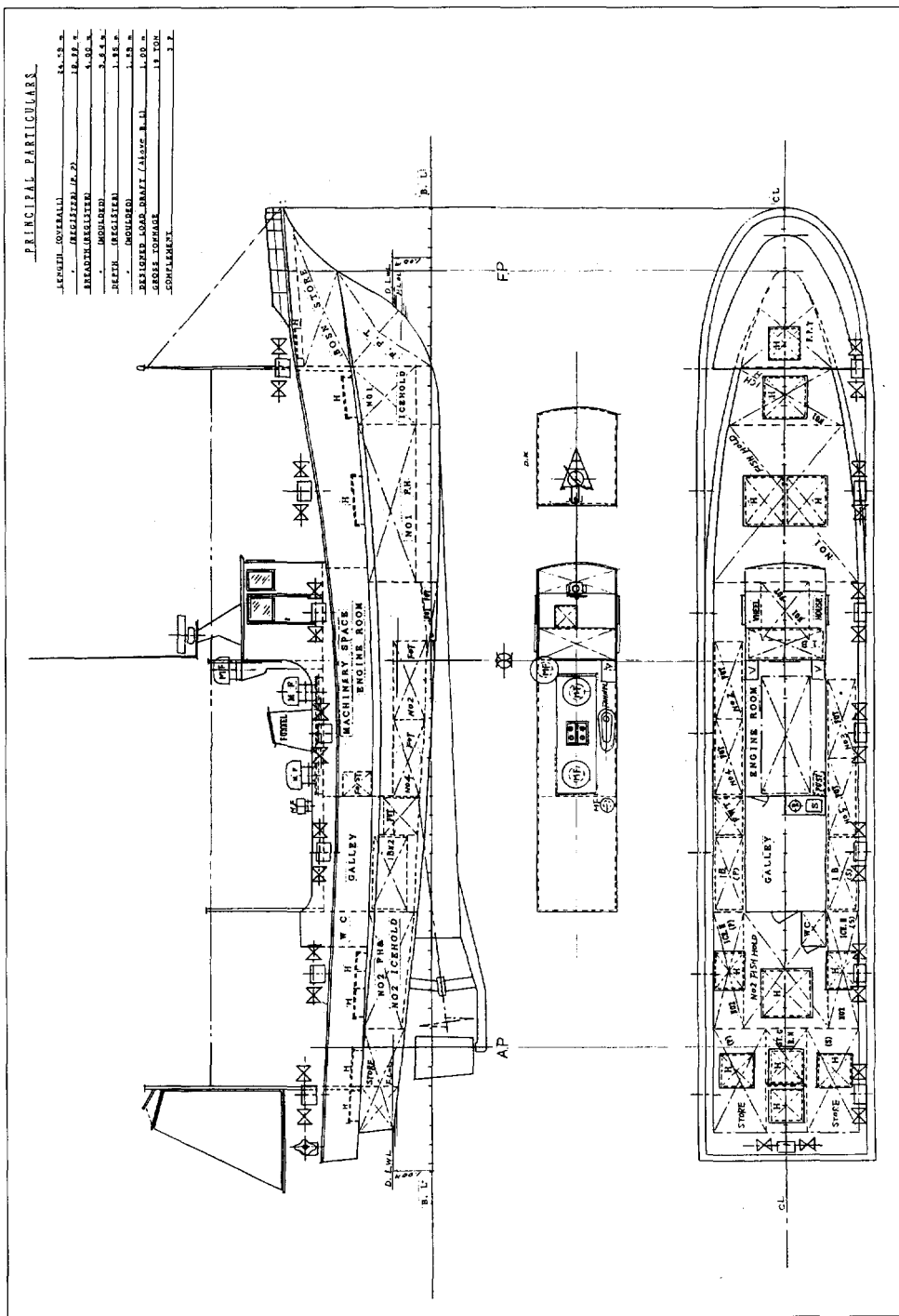


図1 一般配置図

3. 供試模型船

供試模型船の縮率は自航試験を想定し、計画船のプロペラ直径とストックプロペラの直径比 (1480mm/145mm) により実船と模型船の縮率 $\lambda=10.2069$ とした。この両者の船体主要目を表1に示す。また、このクラス

表1 計画船及び模型船の主要寸法

項目	計画船	模型船
全長 (LoA)	24.59 (m)	2.409 (m)
垂線間長さ (Lpp)	19.99 (m)	1.959 (m)
幅 (型) (B)	3.64 (m)	0.357 (m)
深さ (〃) (D)	1.59 (m)	0.156 (m)
計画満載喫水 (d)	1.00 (m)	0.098 (m)
L/B	5.492	
B/D	2.289	
L/D	12.572	
模型船縮率 (λ)	10.2069	
計画速力(計画満載)	16kt	

の模型船は軽排水量となることが予想され、軽荷状態確保等の制約から船体重量を極力軽量化する必要がある、材質を発泡ウレタン製とし、船体表面は十分研磨した後ラッカー塗装を施し、滑面状態に仕上げている。船体の副部は舵及びキールを設けているが、ビルジキールは考慮していない。なお、主機関搭載に伴うシャフトレーキ確保、或は、重心位置の降下を配慮し、機関下部に設置されているオイルパンのキール内の落とし込みが可能とな

るように取り外しできる幅広キールも製作した。

模型船における Reynolds 数 ($R_{nm}=v_M \cdot L_{pp}/\nu_M$) は実船の航走時より小さく特に船首に近い部分の流れが模型船では層流になり、低速域での計測値が安定しない場合が多く、各試験機関の水槽では、それぞれ施設に適した方式が取り入れられ、模型船の船首部やバルブ位置に乱流促進用のスタッドを設けている。

本船では、スタッド (直径 2 mm, 高さ 1 mm) を計画喫水と SS9/2 の交点から船首材に平行にピッチ間隔を 10mm で打ち込んだ方法を採用している。

上架中の供試模型船を写真1に掲げる。

3.1 抵抗試験状態

平水中における抵抗試験の状態は、表2に示すように軽荷、半載、満載状態に相当する排水量において、夫々トリムに変化を与え、総数 8 状態について試験を実施した。この排水量及びトリム変化の範囲において、任意の状態の抵抗値を推定できるよう配慮している。

また、本船の計画満載状態を基準とし、幅広キールを装着した状態についても追加試験を実施し、抵抗に与える影響についても調べた。

3.2 抵抗試験の解析法

試験水槽における模型船の曳航実験によって計測された抵抗値を実船の有効馬力 (EHP) に換算する方法として通常 2 通りの解析法がある。

その 1 つは、二次元外挿法と呼ばれるもので、全抵抗係数を平板の摩擦抵抗係数と剰余抵抗係数の和として示し、次の(1)~(5)式により有効馬力を求める。

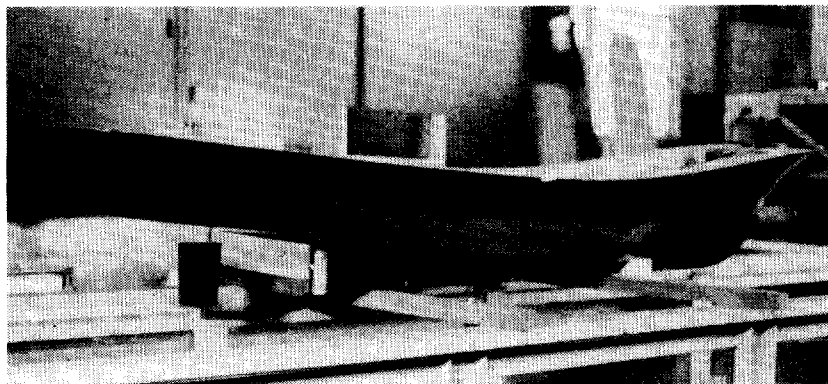


写真1 供試模型船

表2 抵抗試験状態表

高速いか釣漁船(M.NO-146) $L_{PP} \times B \times D=19.99M \times 3.64M \times 1.59M$

T. NO	CONDI-TION	Δ (TON)	TRIM (m)	DRAFT (m)			LWL (m)	W.S (m ²)	CB	CP	CM	MID.B (m)	TEMP (°C)
				dF	dM	dA							
①	LIGHT	30.00	0.60	0.394	0.694	0.994	20.866	95.04	0.5088	0.6433	0.7909	2.200	17.90
②		30.00	0.20	0.654	0.754	0.854	20.990	90.30	0.4692	0.5819	0.8063	1.085	17.80
③	HALF	37.50	526	0.556	0.818	1.081	20.975	100.09	0.5479	0.6679	0.8205	2.244	16.00
④		37.50	0.20	0.769	0.869	0.970	21.077	100.86	0.5164	0.6219	0.8303	1.431	16.00
⑤		37.50	-13	0.973	0.910	0.848	21.186	95.02	0.4928	0.5884	0.8375	0.684	16.00
⑥	FULL	45.00	526	0.673	0.936	1.190	21.057	105.10	0.5878	0.6983	0.8417	2.414	16.20
⑦		45.00	0.20	0.882	0.982	1.082	21.154	106.12	0.5576	0.6570	0.8487	1.712	16.20
⑧		45.00	-13	1.096	1.033	0.970	21.263	106.56	0.5342	0.6242	0.8558	0.990	16.00
⑨	PLAN	44.23	0.00	1.000	1.000	1.000	21.205	106.48	0.5379	0.6319	0.8513	1.234	14.80
⑩	HALF	38.58	0.20	0.769	0.869	0.970	21.077	101.34	0.5212	0.6179	0.8435	1.637	17.20

注: Trim, Draft, の各係数は B.L. 基準
: T.NO ⑩は幅広キール付き

$${}_M C_T = {}_M C_{F0} + {}_M C_R \dots\dots\dots (1)$$

$${}_M C_R = {}_M C_T - {}_M C_{F0} \dots\dots\dots (2)$$

$${}_S C_T = {}_S C_{F0} + {}_M C_R + \Delta C_F \dots\dots\dots (3)$$

$${}_S R_T = {}_S C_T (1/2 \rho_s S_s u_s^2)$$

$$= {}_S C_T \times \{1/2 \rho_s S_s (u_M \times \sqrt{\lambda})^2\} \dots\dots\dots (4)$$

$$EHP = {}_S R_T \times u_s / 75$$

$$= {}_S C_T \times (1/2 \rho_s S_s (u_M \times \sqrt{\lambda})^2) / 75$$

$$= 0.00666 \times {}_S C_T \rho_s S_s u_M^3 \lambda^{3/2} \dots\dots\dots (5)$$

他の一つは三次元外挿法と呼ばれるもので、形状影響係数 (K) を導入し、全抵抗係数を平板の摩擦抵抗と形状抵抗 (粘性圧力抵抗) をまとめて考えた粘性抵抗係数と造波抵抗係数の和として取り扱うものである。

三次元解析を試みられる場合の配慮として以下に式(6)~⑩を連記する。

$${}_M C_T = {}_M C_{F0} (1+K) + {}_M C_W \dots\dots\dots (6)$$

$${}_M C_W = {}_M C_T - {}_M C_{F0} (1+K) \dots\dots\dots (7)$$

$${}_S C_T = {}_S C_{F0} (1+K) + {}_M C_W + \Delta C_F \dots\dots\dots (8)$$

$${}_S R_T = {}_S C_T \{1/2 \rho_s S_s (u_M \times \sqrt{\lambda})^2\} \dots\dots\dots (9)$$

$$EHP = 0.00666 \times {}_S C_T \rho_s S_s u_M^3 \lambda^{3/2} \dots\dots\dots (10)$$

ここに、

R_T : 全抵抗

C_T : 全抵抗係数

C_{F0} : 摩擦抵抗係数

C_R : 剰余抵抗係数

C_W : 造波抵抗係数

K: 形状影響係数

添え字のMは模型船を、Sは実船を示す。

なお、試験結果の解析法としては、三次元外挿法が一般的に使用されているが、今回の実験では本船の船型がトランサム型船尾を有し、しかも低速域において決定した形状影響係数(K)をフルード数(Fn)約0.7の高速域にまで導入する三次元外挿法を適用することは疑義があると判断し、本報告の解析は形状影響係数(K)を導入しない二次元外挿法によって実船の有効馬力(EHP)を算出した。

また、解析に当たっては、次の各項を考慮した。

- (1)、摩擦係数(C_{F0})はSchoenherrの算式を使用。
- (2)、実船に対する粗度修正係数(ΔC_F)は全状態とも0.4×10⁻³とした。
- (3)、浸水面積(S)には舵等の副部を加え、各状態の静止喫水における値を用いた。

- (4)、フルード数(Fn)は垂線長さ(L_{pp})を用いて求めた。また、曳航時の船首尾浮沈量の計測結果は、垂線長さ(L_{pp})の比(%)で表現し、各速力毎の航走姿勢トリム変化曲線として表わすこととした。

4. 抵抗試験の結果と考察

4.1 模型船の全抵抗

模型船の曳航試験で得られた全抵抗(R)の値を縦軸とし、速度(v_M)を横軸にとり、試験番号①～⑧の各試験状態の全抵抗値を曲線群にまとめ図2-1に、併せて、計画満載状態と幅広キールの全抵抗値の試験結果を図2-2に示す。なお、模型船の各試験状態を同図に掲げている。

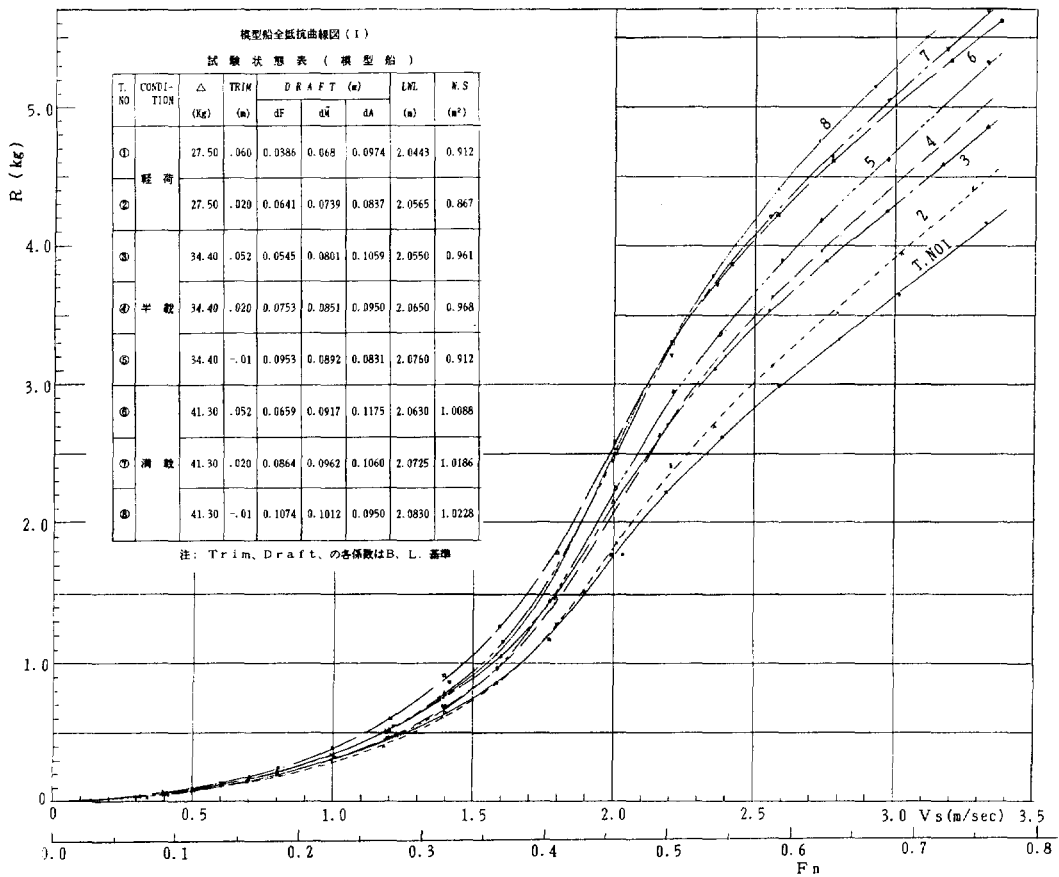


図 2-1 模型船の全抵抗曲線

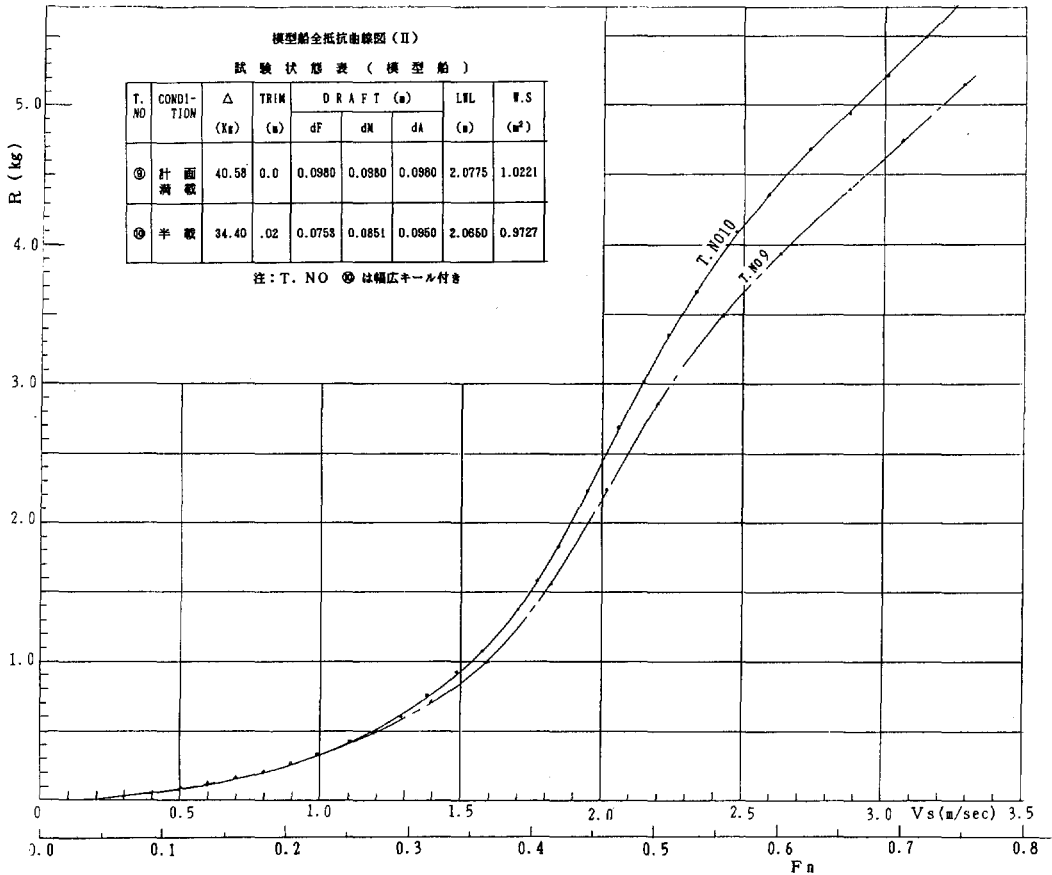


図 2-2 模型船の全抵抗曲線

4.2 実船の有効馬力

試験番号①～④の各試験状態の模型船全抵抗値を二次元外挿法により換算した有効馬力 (EHP) 曲線群を図3-1, 2に示す。同図より本船の計画速度が確保できるか否かを見ると、計画状態 Test No ④が16ktで航走する場合の有効馬力は400馬力となり、推進効率 (η) を0.6と仮定すると軸馬力 (SHP) は約670馬力が得られ、シーマージンを考慮しなければ搭載主機関は約700馬力が必要となる。なお、幅広キールの影響について同一状態で比較した有効馬力曲線を図3-3に示す。同図では排水量差も含まれると思われるがキール形状変化によって10kt以上の高速域で多少差が生じていることが判る。

4.3 排水量及びトリム交叉曲線

前述の有効馬力曲線図を、軽荷、半載、満載の各排水量毎に分け、初期トリムの変化に伴う有効馬力の変動をクロスカーブにし、図4に示す。また、トリムが-0.13m、及び0.60mの場合における排水量変化による有効馬力の変動を前記と同様な方式に整理し、図5に示している。この両図により、排水量及びトリム状態の変化範囲にある任意の状態での有効馬力が推定できる。

なお、両図により有効馬力の影響度を見ると、同一排水量において、軽荷状態では船尾トリムになるほど有効馬力は小さく、併せて、高速になるとその減少率は大きくなっている。しかし、排水量が増加するに従い減少率の差は小さくなり船首トリムを別にすれば、トリム変化があっても、ほとんど有効馬力に影響を与えていないことが判る。

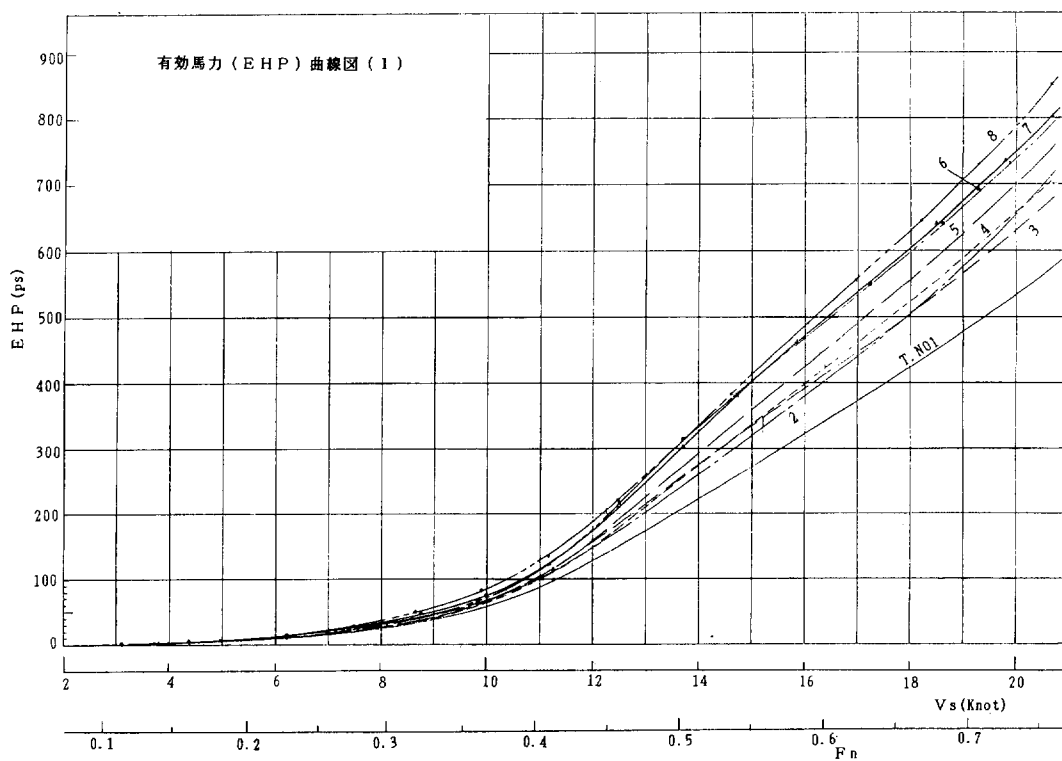


図 3-1 実船の有効馬力曲線

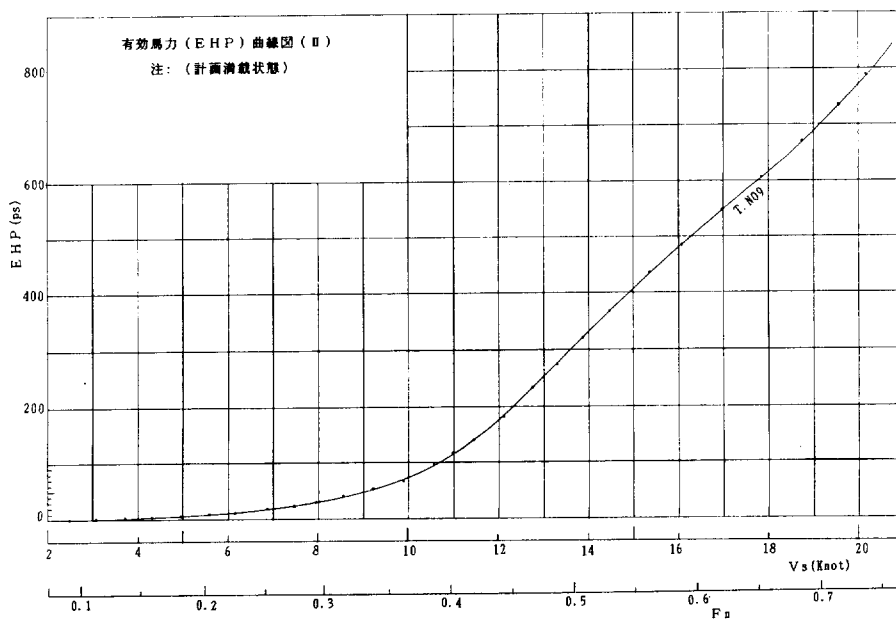


図 3-2 実船の有効馬力曲線

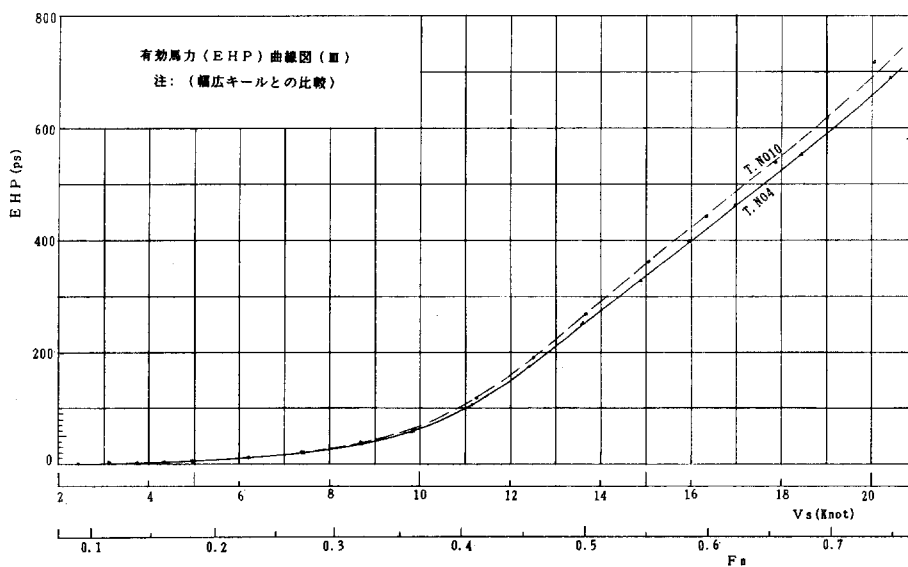


図 3-3 実船の有効馬力曲線 (幅広キールの比較)

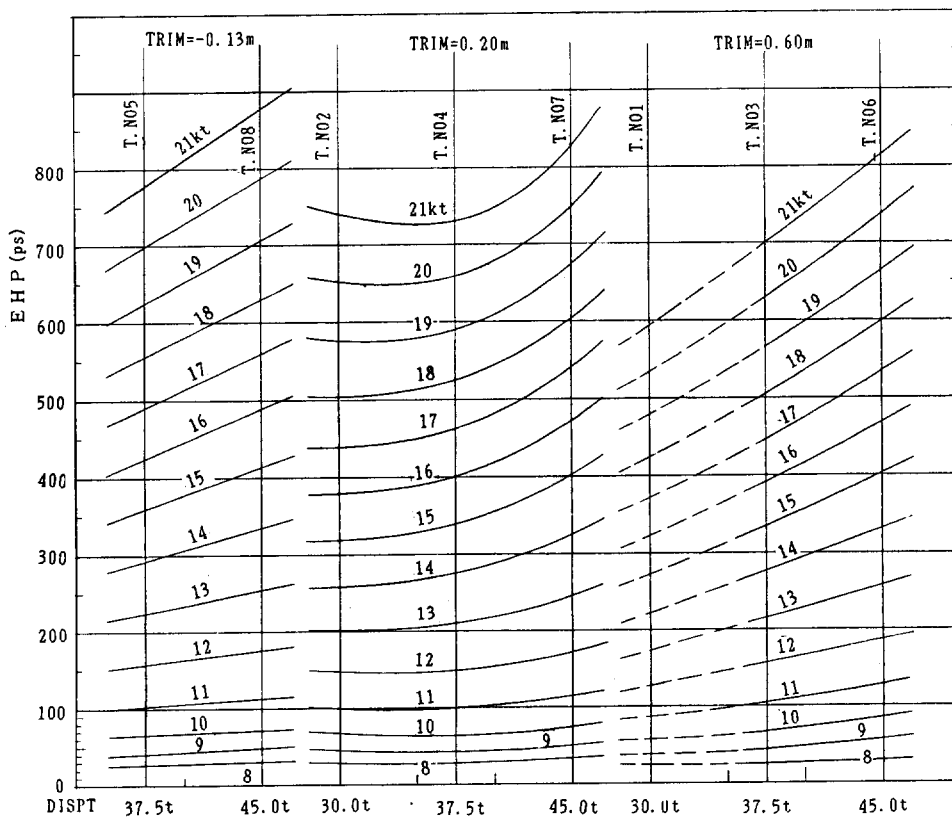


図 4 有効馬力交叉曲線 (排水量変化)

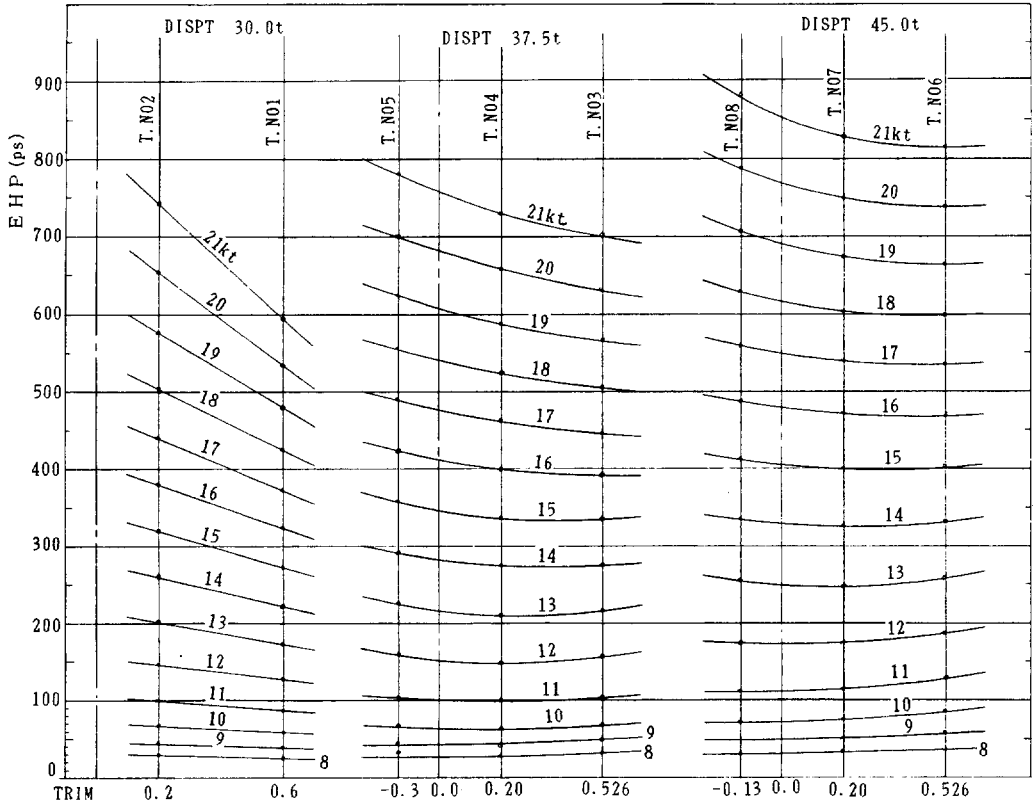


図5 有効馬力交叉曲線（トリム変化）

また、同一トリム状態では、同図で明かな通り、排水量が大きくなるに従い有効馬力は増大する方向にある。このことは搭載積荷量を極力制限し、可能な限り船体重量を軽くする方が有利となることが判る。

4.4 模型船の全抵抗係数

模型船の抵抗特性を調べるため、各状態での模型船の抵抗値を無次元化し、模型船の全抵抗係数 (${}_m C_T$) で表示すると共に、同図に摩擦抵抗係数 (${}_m C_{F0}$) も掲げ全抵抗係数曲線図に整理し、図6-1~5に示す。 ${}_m C_T$ は $({}_m C_T = m R_T / \frac{1}{2} \rho_m S_M v_M^2)$ で定義する。同図で明かなように抵抗特性が前記の全抵抗係数曲線図、或は、有効馬力曲線図より変化状態が明瞭となり、特に高速域において曲線の傾斜がゆるやかになる。なお、 ${}_m C_T$ と ${}_m C_{F0}$ 曲線の間が剰余抵抗係数 ${}_m C_R$ であって $Fn=0.2$ (速力約5kt) の近傍より高速域に向かって造波抵抗と粘性圧力抵抗を含む剰余抵抗が急増している。中でも造波による抵抗が大きき部分を占めているものと考えられる。また、 $Fn=0.5$ (速力約13.5kt) の近傍にラストハンプのピー

クが明瞭に現われており、半滑走状態に入ることが判る。これらの曲線群から本設計船の抵抗特性を判断すると軽荷状態の低速域ではトリム変化による影響は見受けられないが高速域に向かうとトリム量の大きい T. NO ①の方が抵抗値が小さくなる。半載状態では低速域でトリム量の大きい T. NO ③が一番高い値を示しているがラストハンプを超すと逆転し、最も抵抗値が小さくなる。しかし、高速域では T. NO ⑤の船首方向へトリムが付いた時の抵抗値が一番大きい。満載状態での低速域では半載状態とほぼ同一の傾向を示すが、高速域に達しラストハンプを越えると T. NO ⑧の船首沈下のトリムを付けてもその変化量は少ない。このことは、排水量の増加に伴い喫水が深くなり、船尾トランサム沈下量が大きくなり、その影響が現われているためと思われる。

幅広キールの影響に関しては図6-5で明かな通り、従来のキール付きの T. NO ④に比べ抵抗係数も多少高めとなっている。しかし、その差は摩擦抵抗係数 ${}_m C_{F0}$ の上昇量に相当しており形状変化による増加量ではないことが判断される。

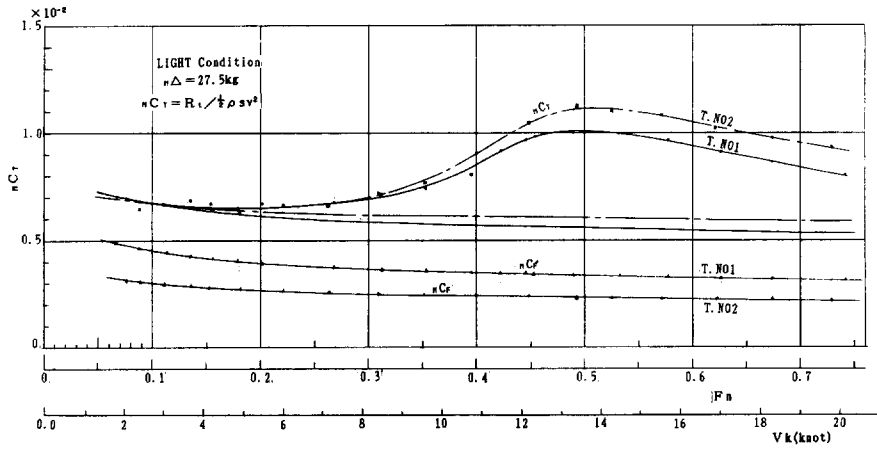


図 6-1 模型船の全抵抗係数曲線 (軽荷状態)

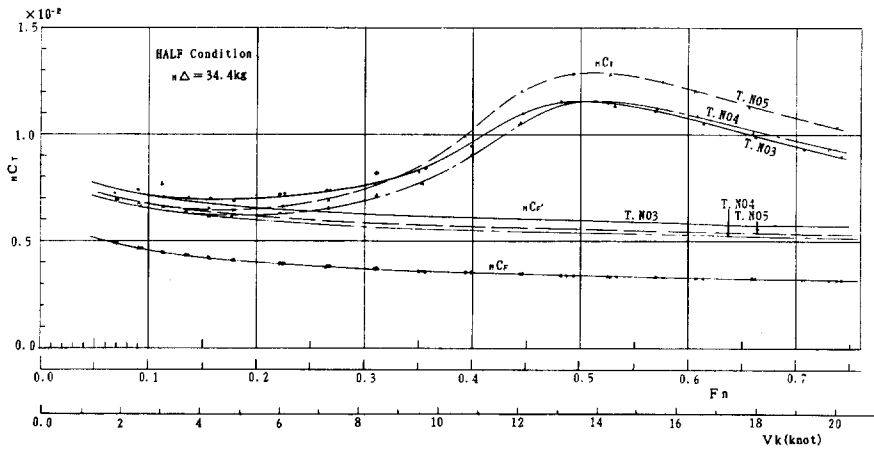


図 6-2 模型船の全抵抗係数曲線 (半載状態)

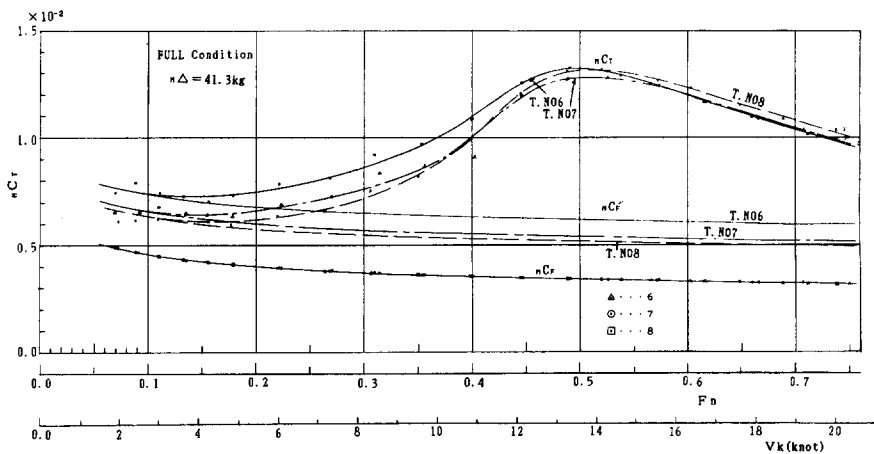


図 6-3 模型船の全抵抗係数曲線 (満載状態)

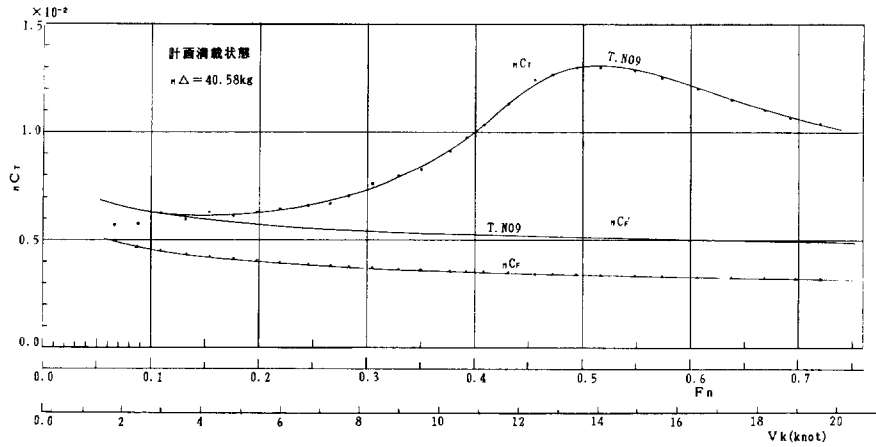


図 6-4 模型船の全抵抗係数曲線 (計画満載状態)

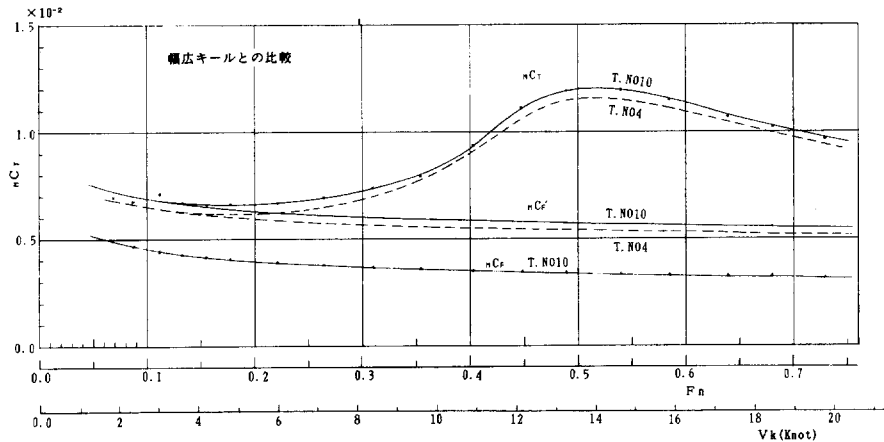


図 6-5 模型船の全抵抗係数曲線 (幅広キールの比較)

4.5 航走時のトリム変化

各試験状態における静止時の船首尾喫水を基準とし、曳航時の F.P. 及び A.P. 位置での沈下、浮上量の計測値を L_{PP} に対する比率として図7-1, 2に示す。

同図で明かな通り、全ての状態で低速域において船首尾とも沈下する方向にあり、速力が11~12ktを境にその傾向は大きく変化し、船首は沈下状態から浮上へと、船尾は一層沈下する方向にある。しかし、速力が増し、16ktを過ぎると船尾の沈下は納まり半滑走状態に入ったことが判る。なお、各排水量に応じた計測範囲にあっては初期トリムが大きいほど船首尾の沈下及び浮上量の変動幅が大きく、同時に船首の浮上量が増大する傾向にある。

また、船首尾の曲線が大きく変化する位置はフルード数 (Fn) 0.4の近傍にあり、前記の全抵抗係数曲線図、

或は有効馬力曲線図の抵抗値が大きく増大する Fn と良く一致している。T.NO ④を一例として同曲線を見ると船首浮上量約 $2.2\% \times L_{PP}$ 、船尾沈下量約 $2.1\% \times L_{PP}$ となっており、この両者より、トリム変化量 $4.3\% \times L_{PP}$ が得られる。これを整理し航走トリム変化曲線 (船体航走姿勢) として図8-1~4に示す。この曲線でも明かな通り、11ktを境に航走姿勢が大きく変化していることが判る。併せて、同図上覧に船体中央位置のシンケージを掲げた。

4.6 船側波形

抵抗試験時に航走姿勢及び船首造波を調べるため、各速力毎の船側波形を35mmカメラで撮影している。その一例として計画満載時における航走中の船側波形を写真2-1, 2-2に示す。

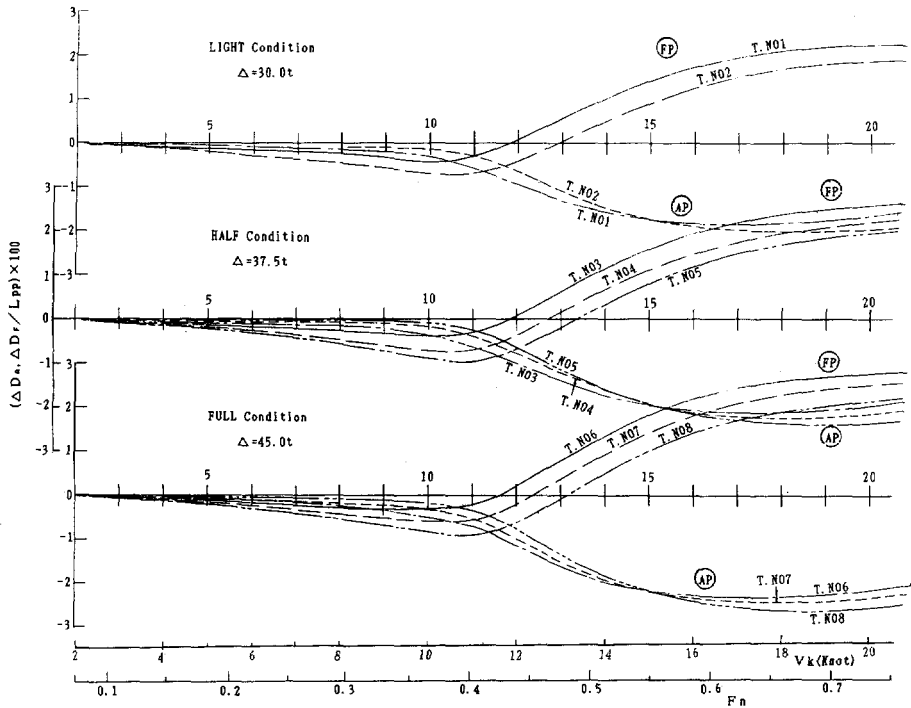


図 7-1 トリム変化曲線

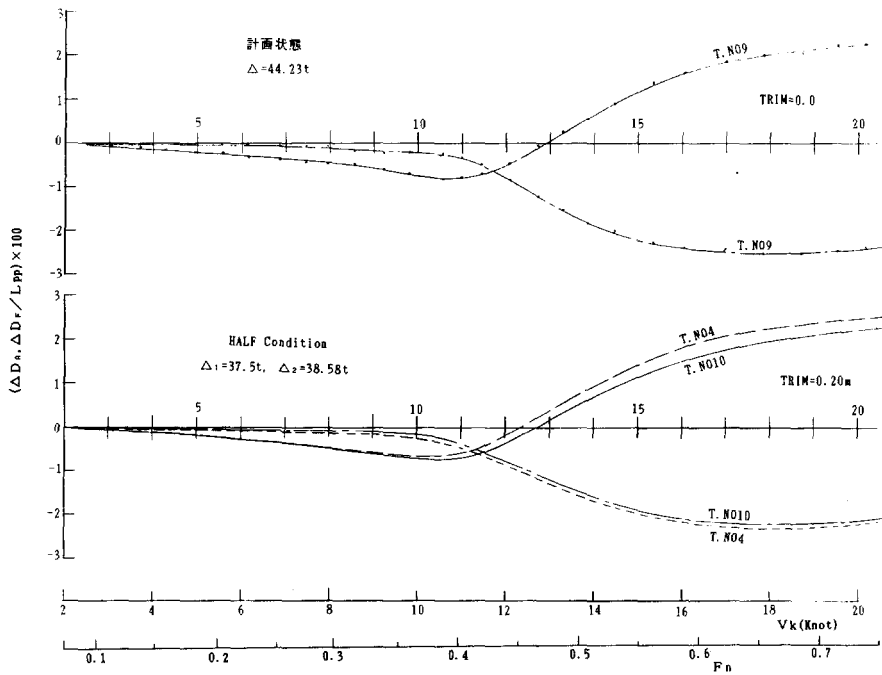


図 7-2 トリム変化曲線

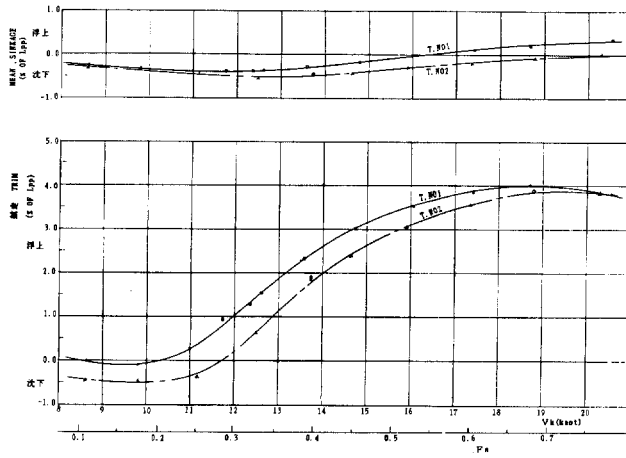


図 8-1 航走トリム変化曲線 (軽荷状態)

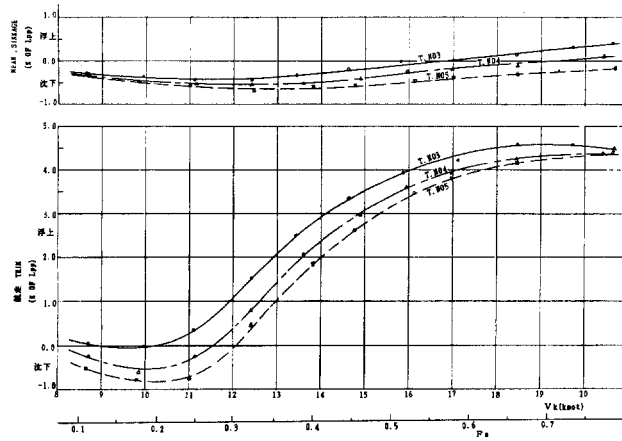


図 8-2 航走トリム変化曲線 (半載状態)

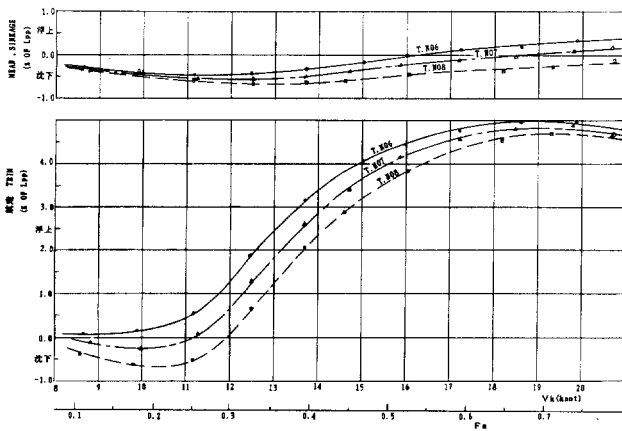


図 8-3 航走トリム変化曲線 (満載状態)

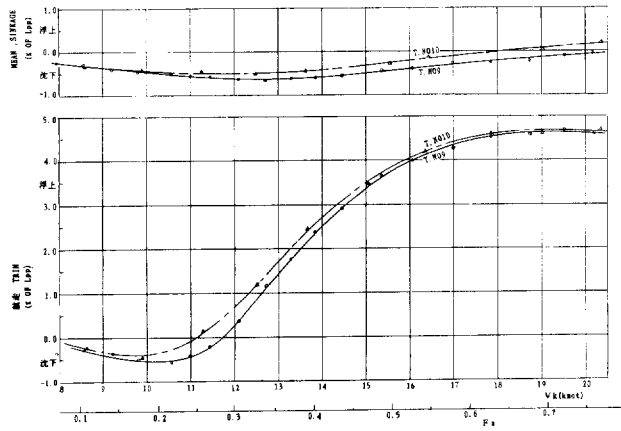


図 8-4 航走トリム変化曲線 (計画満載及び幅広キール)

船側写真

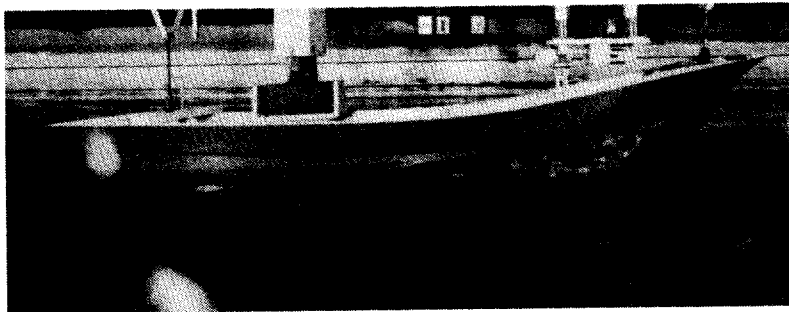


写真 2-1 船側波形 (計画満載) 速度16.0ノット



写真 2-2 船側波形 (計画満載) 速度20.0ノット

5. 船型改良による効果

5.1 全抵抗係数 $_{10}r_T$ による比較

本設計船の船体構造をFRPにすることによるメリットの第一目標として掲げた船体重量の軽量化に伴う抵抗推進性能の向上と、併せて船体改良による性能の向上が今回の設計によって、どの程度果たせたかを知るため既存船との比較検討を行った。比較検討は、類似模型船の水槽試験例がないため、その一例として比較的船型改良が進んでいる本設計船に近いと思われる船型の灯船（小型まき網）の実験結果を選出し、今回の設計船と排水量を同一にした全抵抗係数（ r_T ）で相互比較を行った。その結果を図9-1～3に示す。図9-1は設計船 T.NO④（排水量37.5t）の実験値を排水量10tと22.5tにした

場合の全抵抗係数を比較している。この結果低速域で $\gamma_r=0.002$ 、高速域で $\gamma_r=0.001$ と微少差であり、本方式を使い、他船の実験値と比較し船型の改良効果を確認しても何ら問題がないと判断した。従って、図9-2は本設計船（M-146）の計画満載状態、図9-3は、旋網灯船（M-145）の $_{10}r_T$ 曲線を掲げ改良効果を比較する。この両図を比較すると、本設計船は灯船に比べ排水量が約3.6トン増加しているが、 $Fn \nabla \approx 1.25$ の位置で、わずかに減少しており、併せて低速性能の向上が図られたことがわかる。なお、図10には、船型は異なるが全抵抗係数 $_{10}r_T$ で整理した資料を基に比較している。同図からも本設計船、M-146-⑨（計画満載出港状態）、-④（半載状態）は、ほぼ中間位置にあるものの、灯船、M-145-③（満載出港状態）より下方に有り、船型改良が果されたものと思われる。

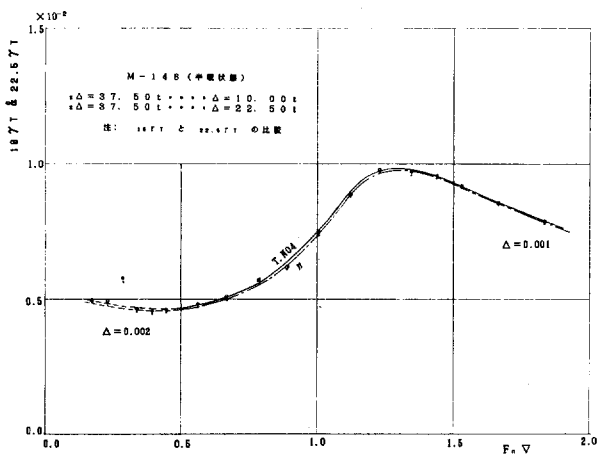


図 9-1 全抵抗係数 $_{10}r_T$ と $_{22.5}r_T$ の比較曲線

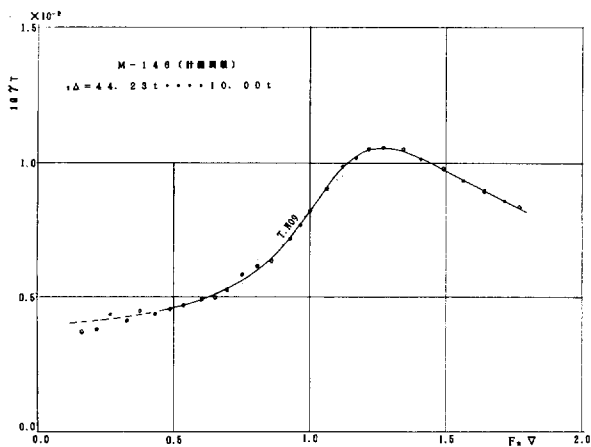


図 9-2 全抵抗係数 $_{10}r_T$ 曲線 (M-146)

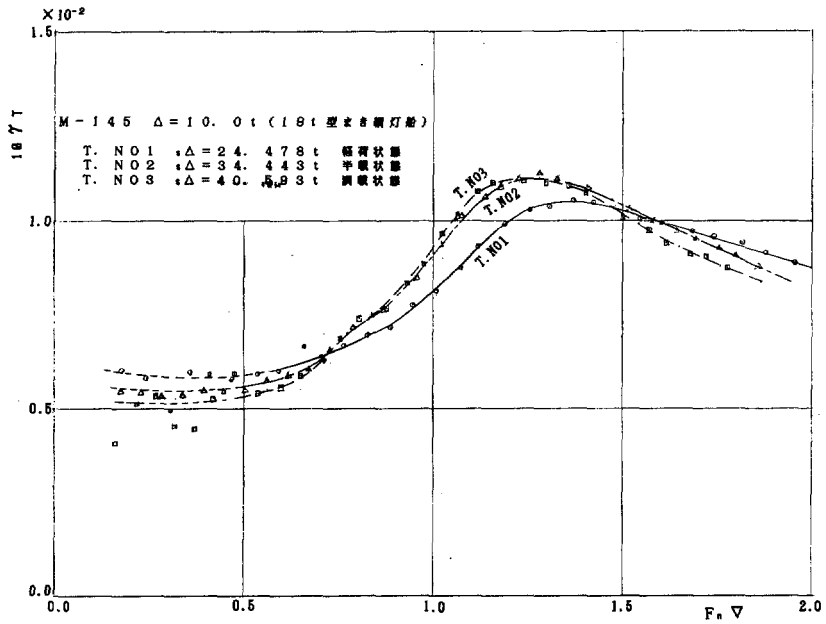


図 9-3 全抵抗係数 $10\gamma_T$ 曲線 (M-145)

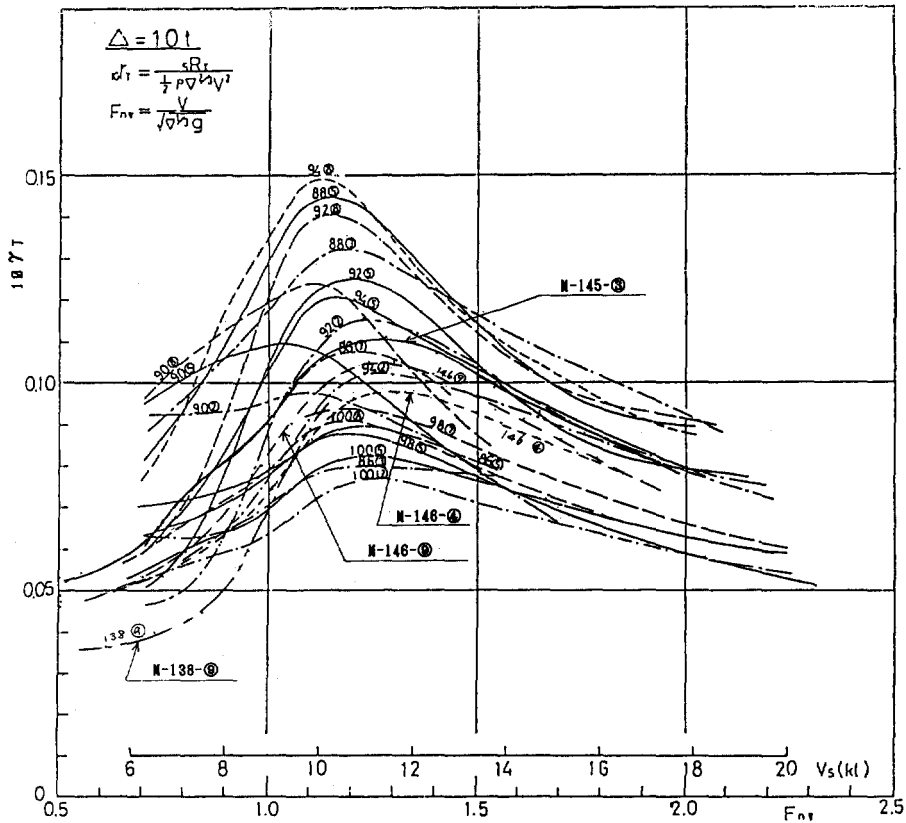


図10 全抵抗係数 $10\gamma_T$ による相互比較曲線

6. あとがき

本設計船は、従来船に比べ船型的に著しく相違しており、船首部はV型、船尾部はハードチャイントランサム、船体中央部のビルジ部を多少丸めた船型である。

この船尾形状のため航走時のトリム変化曲線図等で判るように、初期トリムの変化の影響を受け易く適切な初期トリムを選択することが大切であることが判る。逆に適切な初期トリムの選択により船体抵抗を減少させることも可能となる。

ただし、今回の報告は静水中での抵抗試験のみの結果であり、プロペラを装着した自航状態では、航走時におけるトリム角はこれと相違することが考えられる。

従って、これらの点を解決するため追加試験として自航試験を予定している。

また、今後の研究課題として、更に大幅な馬力削減を図るため、推進性能の向上化を進めると共に、各種の技術手法を用い推進効率を高めるための船尾局部形状の詳細検討を行う必要がある。

高速小型船型の船型開発結果とその抵抗性能についての資料は数少ないことから、この様な研究結果は有意義と考え報告した。この研究成果を小型船設計に活用されれば幸いである。

おわりに、本報告を纏める上で便宜を図って頂いたFRP漁船研究会、第6研究分科会の小林委員長はじめ、各委員に謝意を表わすと共に、図面等の整理に協力戴いた佐藤なみ子事務官に感謝致します。

参考文献

- 1) 土屋孟・小林務：FRP漁船講座（第3回）FRP漁船の設計について、漁船協会、漁船、第205号、10、1976
- 2) 小林・有路・鈴木：FRP製小型漁船の抵抗試験成績について、漁船研究技報、第31巻（通巻第70号）、3、1978
- 3) 小林務：FRP製小型漁船の推進性能について、漁船研究発表討論会、漁船協会、漁船、第221号、6、1979
- 4) 鈴木四郎・小林務：高速沿岸漁船の船尾形状について、水産工学研究所報告、第2号、3、1981
- 5) 有路実：沿岸小型漁船の実態調査について、漁船研究発表討論会、漁船協会、漁船、第242号、12、1982
- 6) 有路実・鈴木四郎：沿岸小型漁船の抵抗試験成績について、水工研報告、第4号、3、1983
- 7) 小林務：高速沿岸漁船の速力性能に関する研究、水工研報告、第5号（別冊）、3、1984
- 8) 有路実：14.9トン型底曳網漁船（改良船）の設計と実験結果について、漁船研究発表討論会、漁船協会、漁船、第255号、2、1985

Results of the Resistance Test of the 19. GT High-Speed Squid-line Fishing Boat

By

Minoru ARIJI and Shiro SUZUKI

Summary

Development of a energy-saving boat, the 19. GT squid-line fishing boat, which can operated along the Japanese coast.

The hull structure was improved and a resistance test was carried out in stillwater to confirm the efficiency.