

# 内航タンカーの波浪中性能に関する模型試験

塚田吉昭\*・柳原 健\*・菅井信夫\*  
塩沢政夫\*・上田隆康\*

Model tests in regular head waves on 699 G. T. coastal tanker

By

Yoshiaki TSUKADA, Tsuyoshi YANAGIHARA, Nobuo SUGAI  
Masao SHIOZAWA and Takayasu UEDA

## Abstract

Recently, as a part of the work for improving the profitability of coastal shipping, a study of hull form has been conducted for 699 G. T. tanker, and about 20 % of power reduction in still water was achieved, making a comparison between a conventional ship and the newly developed one. The authors presented the details of this study in the previous paper.

It is well noticed, however, that the newly developed ship should be examined not only into the performances in still water but in waves. Comparative model tests were then carried out in regular head waves.

On the newly developed ship, heave and pitch motions and vertical acceleration at bow were found to be slightly greater than those of the conventional one.

This suggested that the smaller water plane area in the fore-part of the ship, which was expected to give the lower wave-making resistance, resulted in the greater longitudinal ship motions. The OSM calculation also showed the similar feature.

The advantage in propulsive performance of the newly developed ship will surely overcome the minor defect in the behavior in waves.

In this paper, the results of the model tests in regular head waves are presented.

## 目 次

1. まえがき
2. 供試模型船及び試験状態等
  - 2.1 船型と模型船
  - 2.2 試験の状態, 種類及び方法
3. 模型試験

- 3.1 平水中試験
  - 3.1.1 抵抗試験とプロペラ荷重度変更試験
- 3.2 波浪中試験
  - 3.2.1 船体動揺
  - 3.2.2 抵抗試験とプロペラ荷重度変更試験
  - 3.2.3 自航要素及び推進効率

4. まとめ
- 謝 辞  
参考文献

\* 推進性能部

原稿受付: 平成元年9月1日

1. ま え が き

内航船舶の近代化に関する研究の一環として、船型改良を実施して来た。その一連の研究の中で999G. T. 型タンカー<sup>1)</sup>、699G. T. 型タンカー<sup>2)</sup>の性能改善を行い、省エネルギー効果の高い船舶を開発して来た。

これらの船型改良は、平水域での性能改善を目的に実施して来たが、当該船舶は言うまでもなく波浪海域の航行も少なくないと思われるので、平水域の性能改善に加え、波浪中の性能も調査し、両者併せて性能評価を加える必要があると考えられる。

最近の内航海運では、699G. T. 船の需要が999G. T. 船のそれより増加しており、これはタンカーのみならず、砂利船等の需要増加が反映している模様である。

このような状況に鑑み、699G. T. 船の波浪中模型試験を実施し、上記省エネルギー開発船とその母型の波浪中性能を比較することにした。

本試験は、船型開発時の委員会において、用船側から度々出されていた要望に出来るだけ速くこたえるために実施したものである。さらに、内航船の波浪中模型試験の実施例が少ないので、この種船舶の波浪中性能を把握することも目的の一つであった。

2. 供試模型船及び試験状態等

2.1 船型と模型船

「699G. T. 型内航タンカーの船型改良に関する研究」<sup>2)</sup>において比較基準として用いた在来船(以後、母型)と、一連の船型改良を行った中から満載状態にお

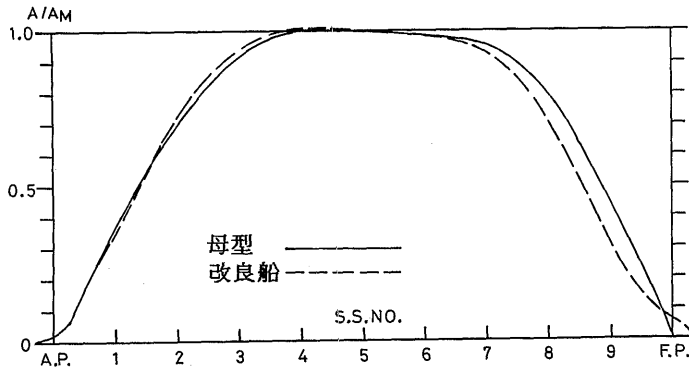


図-1 横断面積曲線

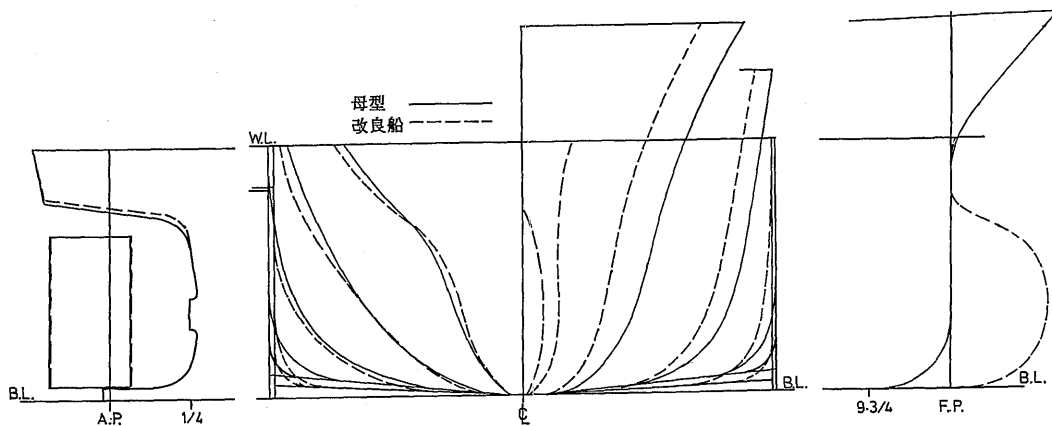


図-2 正面線図及び船首尾形状図

表-1 供試船の要目及び模型プロペラの要目

		母型		改良船	
		MODEL SHIP	ACTUAL SHIP	MODEL SHIP	ACTUAL SHIP
LPP	(M)	4.0000	72.0000	4.0000	72.0000
LDWL	(M)	4.0833	73.5036	4.0837	73.5060
B	(M)	0.6222	11.2000	0.6111	11.0000
D	(M)	0.3333	6.0000	0.3611	6.5000
T	(M)	0.2528	4.5500	0.2583	4.6500
FR	(M)	0.0278	0.5000	0.0139	0.2500
FK	(M)	0.0167	0.3000	0.0167	0.3000
R	(M)	0.0445	0.8000	0.0445	0.8000
CONDITION		FULL LOAD		FULL LOAD	
MODEL SHIP					
TA	(M)	0.27367		0.27729	
TM	(M)	0.25367		0.25729	
TF	(M)	0.23367		0.23729	
TRIM	(M)	0.04000		0.04000	
DISV(N)	(CUB.M)	0.43024		0.42965	
DISV(A)	(CUB.M)	0.43024		0.42965	
SN	(SQ.M)	3.42705		3.49813	
SA	(SQ.M)	3.53599		3.60730	
ACTUAL SHIP					
TA	(M)	4.9260		4.9912	
TM	(M)	4.5660		4.6312	
TF	(M)	4.2060		4.2712	
TRIM	(M)	0.7200		0.7200	
DISV(N)	(CUB.M)	2509.2		2505.7	
DISV(A)	(CUB.M)	2509.2		2505.7	
DISV(A)	(TON)	2571.9		2568.3	
SN	(SQ.M)	1110.4		1133.4	
SA	(SQ.M)	1145.7		1168.8	
COEFFICIENT					
CBA		0.6616		0.6886	
CBF		0.7012		0.6778	
CB		0.6814		0.6832	
CPA		0.7011		0.7101	
CPF		0.7431		0.6990	
CP		0.7221		0.7045	
CM		0.9437		0.9697	
CWA		0.8384		0.8707	
CFW		0.8119		0.7600	
CW		0.8252		0.8153	
CVP		0.8258		0.8379	
LCB	(%)	-1.0477		0.1476	
LPP/B		6.4288		6.5452	
B/T		2.4528		2.3753	
CVOL*(E+3)		6.7226		6.7132	
DISV/(DISV)FULL		1.0000		1.0000	

模型プロペラ番号	103
直径 (m)	0.1667
ボス比	0.180
ピッチ比	0.710
展開面積比	0.550
翼断面形状	MAU
翼数	4

いて最良性能を示した改良船（文献2では第3船）の2隻を本試験の供試験船として採用した。この2船型の対応実船及び模型船の主要目、ならびにプロペラ要目を表-1に、横断面積曲線（ $C_p$ カーブと略称する）を図-1に、正面線図及び船首尾形状図を図-2にそれぞれ示す。

改良船の船型の特徴を母型と比較すると以下の通りである。

- (1)  $L/B$  が大きく、 $B/d$  が小さい。
- (2)  $C_p$ カーブは前肩“落ち”となっており、浮心位置  $L_{cb}$  は後方へずれている。
- (3) フレームラインについては船首部分の船底からビルジ部のやや上方にわたってV型に、船尾部分はU型になっている。
- (4) 水線入角が小さくなっている。
- (5) 縦細長型船首バルブを採用している。

改良船は平水中試験において主に剰余抵抗が改善された船型である。

模型船は2船とも木製で、試験水槽の側壁影響<sup>3)</sup>ならびに、代用模型プロペラの関係から垂線間長さ  $L_{pp} = 4$  mとした。また、縦慣動半径は両船とも一般的な標準値として25%  $L_{pp}$  に調整した。

## 2.2 試験の状態、種類及び方法

試験は三鷹第2船舶試験水槽（長さ400m、幅18m、深さ8m）で実施した。試験項目を表-2に示す。試

表-2 試験項目

試験項目		$F_n$	$H_w/L$	$\lambda/L$
平水	抵抗	0.111 } 0.253		
	荷重量変更	0.192 0.211 0.230		
波浪	抵抗	0.192 0.211 0.230	1/40	0.75 } 2.00
	荷重量変更	0.230	1/40	0.75 } 2.00

験は満載状態とし実際の運航例がもっとも多い1%船尾トリムとした。このトリム状態は性能改善の研究中<sup>2)</sup>で行われたベストトリムの調査においてオープンキールより若干馬力が改善された状態である。波浪中試験は、最も基本的な性能の調査に限定し、正面規則波中試験のみを実施することにした。設定波高  $H_w$  は、実船の航行海域における平均海象をシーステート3と想定したときの有義波高として100mm ( $1/40 \cdot L_{pp}$ ) と

(202)

した。なお、対象船の満載航海速度は12ノット（フルード数  $F_n = 0.230$ ）である。

模型試験は抵抗試験、自航試験ともガイドにて左右揺（スウエイング）と船首揺（ヨーイング）を拘束した。また前後揺（サージング）は抵抗動力計にて拘束されている。抵抗試験では平水中、波浪中とも全量式抵抗動力計を使用した。自航試験は平水中、波浪中とも全量式自航動力計を使用し、プロペラ荷重量変更試験法<sup>4)</sup>によって実施した<sup>5)</sup>。

この自航試験法は、平水中用に開発されたが波浪中の場合にも有効であると報告されている<sup>6),7),8)</sup>。この試験法によれば、波浪中の自航試験においてプロペラ荷重量が広範囲に変化しても自航特性を高い精度で求めることが可能であるとされており、従って本波浪中試験においても船型差に対応する特性の差を求めることが可能であると考えた。なお、荷重量変更試験では、平水中、波浪中とも模型船を抵抗動力計で船速一定に曳引し、プロペラの回転数を変化させることによりプロペラ荷重量を変え、模型船曳引力、スラスト、トルク、回転数を計測し、これから求められる自航特性をプロペラ荷重量の関数として調査するものである。

この方式による波浪中試験では前後揺が常に抵抗動力計によって拘束されているが、正面規則波中において前後揺を拘束した場合、上下揺（ヒービング）、縦揺（ピッチング）に関してはその影響が小さく<sup>9),10)</sup>、抵抗増加に関しては、波長の短い領域において前後揺自由の場合と若干の差が認められると報告<sup>10)</sup>されている。前後揺を自由にすれば既存のサブキャリッジ等の慣性影響が無視出来ない、実験効率も低くなる<sup>6)</sup>などのため、プロペラ荷重量変更法の利点を優位におき前後揺を拘束して試験を行った。

波の出会い周期と波高はサーボ式波高計を曳引車に取り付けて測定したが、本試験に於ける出会い周波数に十分対応できる応答特性がある。

## 3. 模型試験

### 3.1 平水中試験

#### 3.1.1 抵抗試験とプロペラ荷重量変更試験

抵抗試験から得られた剰余抵抗係数  $r_R$  を両船あわせて図-3に示す。図のように改良船は  $F_n = 0.17$  以上で  $r_R$  が減少しており、これは前述したように母型に比べ剰余抵抗が改善されたためである<sup>2)</sup>。

平水中の荷重量変更試験から得られた模型船曳引力  $R_M$  とスラスト  $T$  の和を全抵抗  $R (= R_M + T)$  とする

とき、 $R$  と  $T$  の関係、即ち  $R-T$  線図を図-4 に示す。なお、波浪中においてはスラストが平水中の模型自航点を越えることも予想されたので、過荷重領域（曳引力  $R_M < 0$ ）まで試験を行った。実験値より求めた抵抗増加量  $C_G$  を図-5 に示す。荷重変更法で定義する抵抗増加量は、船速一定で航走しているときの全抵抗  $R$  と、 $T = 0$  の全抵抗  $R_C$  との差であり、これが船体とプロペラの干渉に基づく抵抗増加量  $G(T)$  ( $= R - R_C$ ) を意味する。図における  $C_G$  と  $C_T$  はそれぞれ  $G(T)$  と  $T$  を  $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_P \cdot V^2$  ( $A_P$  はプロペラ全円面積) によって無次元化したものである。

理論的考察<sup>4</sup>によると、抵抗増加量、伴流係数  $1-w$  はプロペラ荷重  $C_T$  の関数として次式で表現される。

$$C_G = \bar{B}_0 \cdot (-\bar{U}_{a0} + \sqrt{C_T + \bar{U}_{a0}^2}) \quad (3.1)$$

$$1-w = \bar{U}_{a0} + \bar{C}_0 \cdot (-\bar{U}_{a0} + \sqrt{C_T + \bar{U}_{a0}^2}) \quad (3.2)$$

$\bar{B}_0$  は船体とプロペラの干渉係数、 $\bar{U}_{a0}$  は  $C_T = 0$  における伴流係数、 $\bar{C}_0$  は伴流に対するプロペラの干渉を表す係数である。

図-6 にスラスト一致法により求めた伴流係数の実験値を示す。これらの伴流係数と抵抗増加量の実験値から係数  $\bar{B}_0$ 、 $\bar{C}_0$  を最小二乗法により求め表-3 に示した。これらの係数を用いた (3.1)、(3.2) 式による計算結果を図-5、6 中に実線で示したが、プロペラ荷重の広範囲にわたってこれらの式の有効性をよく表現している。

荷重変更試験より、船体とプロペラの干渉に基づく抵抗増加量が求まるので、次式のような推力減少係数 ( $t_r$ ) を定義することができる。

$$t_r = (R - R_C) / T = C_G / C_T \quad (3.3)$$

通常用いられている推力減少係数をここでは  $t_r$  と表現するとすれば、波浪中の推力減少係数を評価する場合には、この  $t_r$  より  $t_r$  の方がより有用であるとされている<sup>7),8)</sup>。図-7 には  $1-t_r$ 、 $1-t_r$  の実験値及び表-3 の諸係数から計算した  $1-t_r$  を実線で示したが、実験値との一致は良好である。

図-8 にプロペラ効率比  $\eta_R$  の実験値を示す。

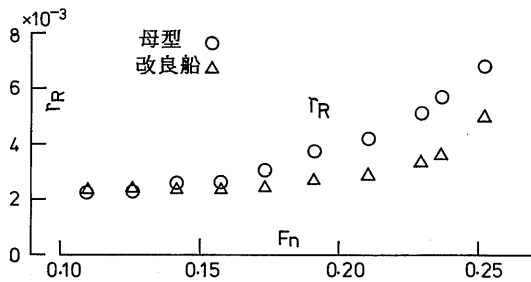


図-3 剰余抵抗係数

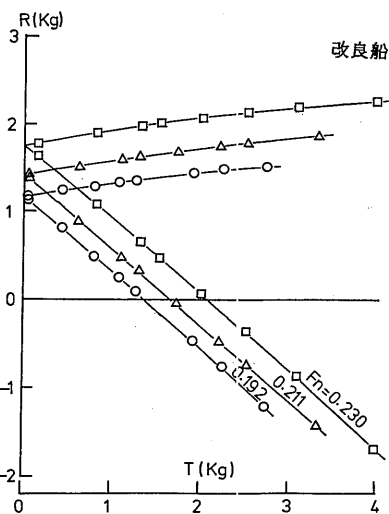
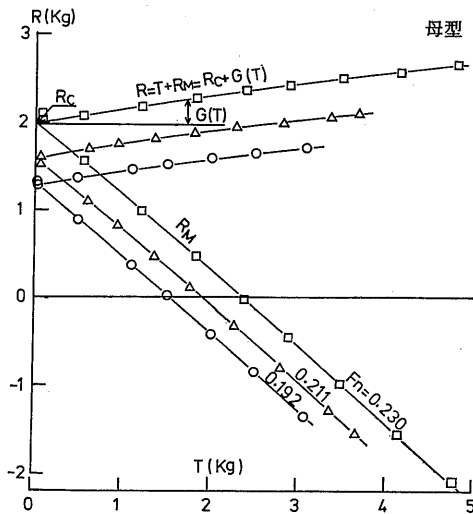


図-4 R-T 線図 (平水中)

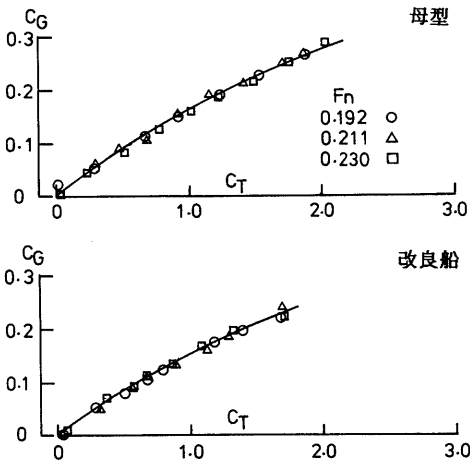


図-5  $C_T$ に対する $C_G$ の関係 (平水中)

表-3 干渉係数, 伴流係数

	母型	改良船
$\bar{B}_0$	0.315	0.295
$\bar{C}_0$	0.020	0.029
$\bar{U}_{ao}$	0.687*	0.692*

\*三速度の平均値

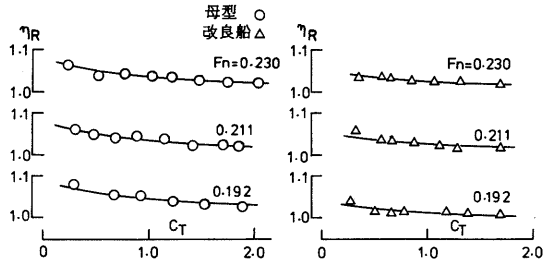


図-8  $C_T$ に対する $\eta_R$ の関係 (平水中)

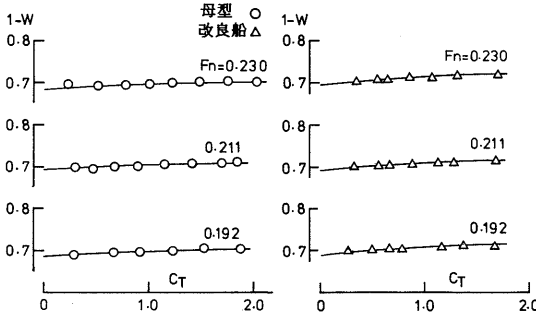


図-6  $C_T$ に対する $1-W$ の関係 (平水中)

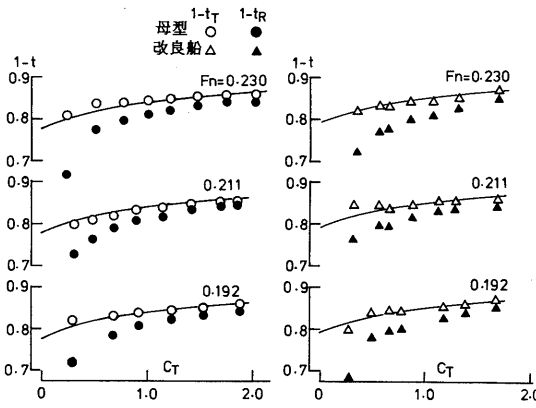


図-7  $C_T$ に対する $1-t_T, 1-t_R$ の関係 (平水中)

本実験では舵付模型船で試験を行っているので求めた諸係数は舵の影響を含むものである。

3.2 波浪中試験

3.2.1 船体動揺

波浪中抵抗試験から得られた上下揺, 縦揺, F.P.位置での上下加速度の振幅(無次元値), ならびに出会い波に対する上下揺, 縦揺の位相差を, O. S. M.による理論計算と合わせて図-9~11に示す。

これらの試験結果によると三速度とも各動揺の振幅は $\lambda/L > 1.0$ で改良船の方が大きくなっており, 理論計算からも同様な傾向が示された。なお, 荷重度変更試験時の船体動揺は抵抗試験時のそれと殆ど差が現れなかったので荷重度変更試験時の船体動揺結果については図示を省略した。同様の結果が文献7), 8)にも報告されている。以下, 各動揺別に説明を加える。

(1) 上下揺 (図-9)

改良船の上下揺は母型のそれに比べて $\lambda/L$ が1.0以上の範囲で大きい結果となった。また, 改良船は応答関数のピークが明瞭に現れているのに対し, 母型にはそのような傾向は見当たらない。計算については, 改良船の方が比較的良く推定され, 母型についてはやや過大推定となった。

位相差は波頂が船体の重心位置に来たときを基準にとり, 位相遅れを負にとった。また, 本試験は前後揺を拘束しているのので, 前後揺自由の場合と幾分異なることも予想される。 $\lambda/L = 0.75$ は計測精度が不十分だ

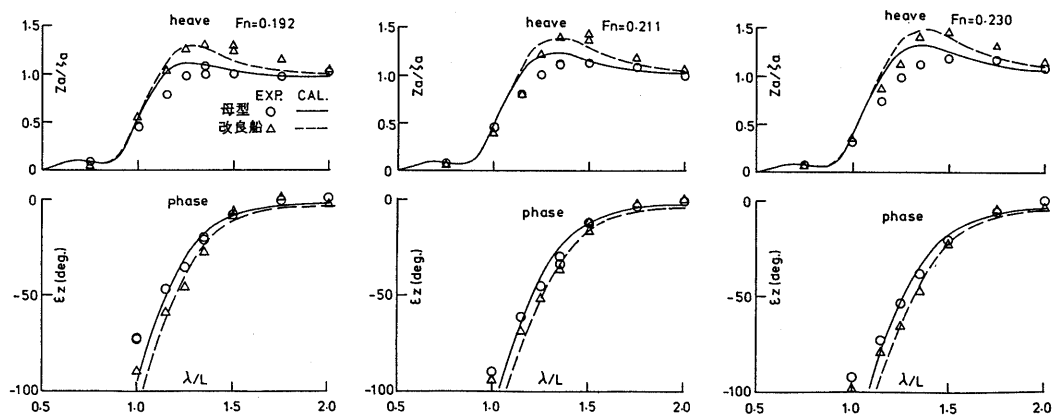


图-9 上下摇

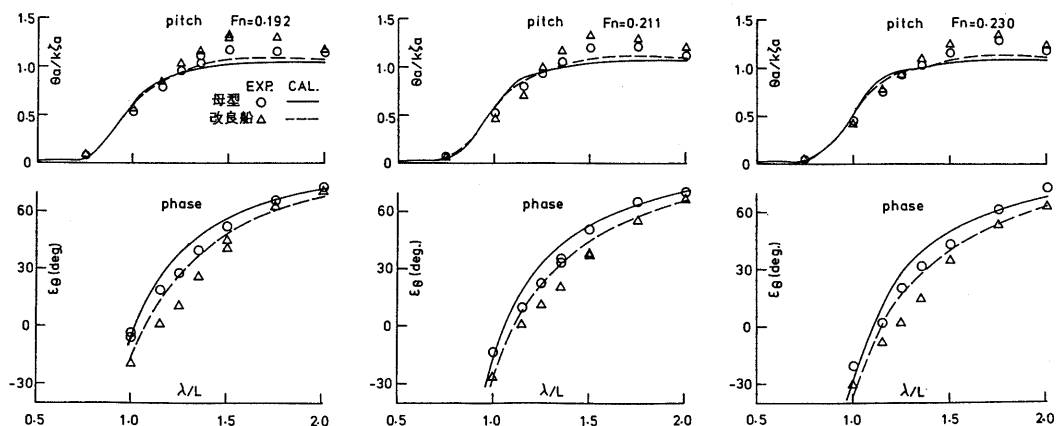


图-10 縱揺

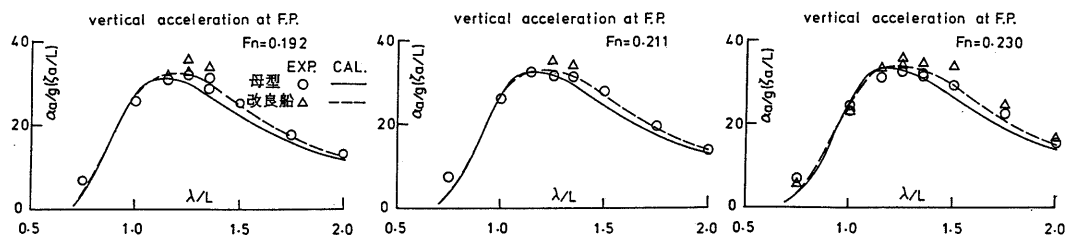


图-11 船首上下加速度 (F.P.)

ったため省略した。

上下揺の位相差は改良船の方が母型より遅れている。計算は両船ともよく実験値と一致している。

### (2) 縦揺 (図-10)

改良船の縦揺も  $\lambda/L$  が1.2以上の範囲で母型より大きくなった。速度変化が振幅に与える影響は両船ともあまりない。計算値は、同調点付近で実験値より振幅は低く推定されている。

位相差は改良船が母型より遅れており、上下揺における両船の位相差より大きくなっている。計算値は  $\lambda/L < 1.75$  の範囲で両船とも実験値より位相進みに推定されている。

### (3) 船首上下加速度 (図-11)

改良船の加速度計測は実験中のデータ取り込みに不具合が生じた。また再試験時にも欠測があり、結局、一部のデータのみが有効となった。 $F_n = 0.230$  の速度については荷重量変更試験時のスラスト  $T = 0$  付近の試験データを用いた。

加速度振幅のピーク値は速度によりあまり変わらなかった。計算は同調点付近で振幅が低く推定されている。これらは縦揺とほぼ同じ傾向である。

以上の結果について若干の考察を加えると次の通りである。船体動揺の振幅は改良船が母型に比べて大きくなり、位相はやや遅れる結果が得られた。この理由として、船の幅及び喫水の違いもあるが、主に水線面積比の違いが考えられる。両船の水線面積曲線を図-12に示すが、図のように改良船の前半部分の水線面積が母型のそれより小さくなっており、これが船首部のフレアーの差にもなっている(図-2参照)。文献11によれば前半部分の水線面積を増やすことは動揺性能の

改善に大きく寄与すると示されており、水線面積の大きいほうが強い波強制力を受けるが、同時に造波減衰も大きいのでどちらかと言えば動揺が小さくなるとされている。改良船の前半部分の水線面積は母型に比べてかなり小さいので、造波減衰が小さく、従って船体動揺が大きくなったものと思われる。また、改良船の各動揺の位相が母型より遅れているのも、上記の理由からと考えられる。

母型がバルブ無し船型であるのに対し、改良船には縦細長形状の船首バルブが取り付けられている(図-2参照)。改良船の船首バルブが船体動揺に与える影響は、バルブの形状、寸法を考えると、おそらく少なかったものと思われる。

ここで取り扱った内航船の波浪中データを比較する他の適当なデータが見出せなかったが、当該供試船は、痩せ型船と肥大船の中間当りの船型であり、そして、同調周波数付近で航行するため動揺振幅は大きい部類に入るのではないかと思われる。

### 3. 2. 2 抵抗試験とプロペラ荷重量変更試験

波浪中抵抗試験から得られた抵抗増加  $R_{AW}$  の無次元値を、理論計算<sup>12)</sup>の結果とともに図-13に示す。

これらの実験結果によると、両船とも抵抗増加のピーク値は船速の変化にたいしてもあまり変わらない。計算値のピーク位置は実験値に比べ短波長側へ僅かにずれており、ピーク値はやや高く推定されている。実験値、計算値とも速度が増すに従って最大ピーク位置は長波長側へ移動する。

母型と改良船の抵抗増加量を直接比較するため、抵抗増加量を排水量を用いて無次元化した(図-14)。本図によると、低い速度( $F_n = 0.192$ )では改良船の抵抗

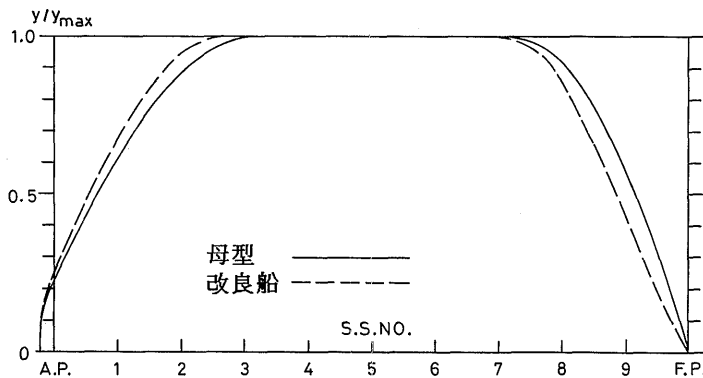


図-12 水線面積曲線



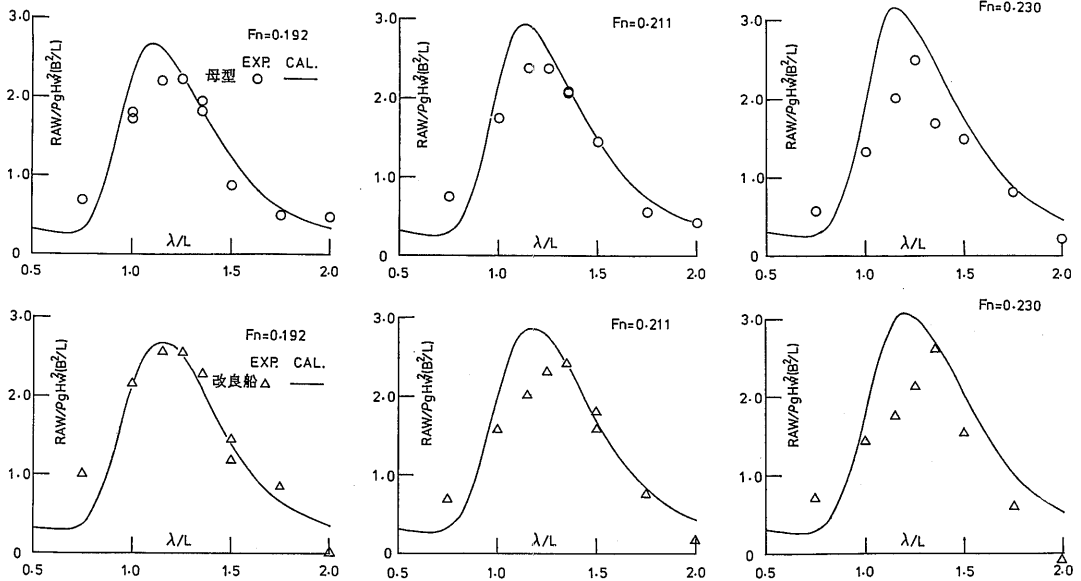


図-13 波浪中抵抗増加 (その1)

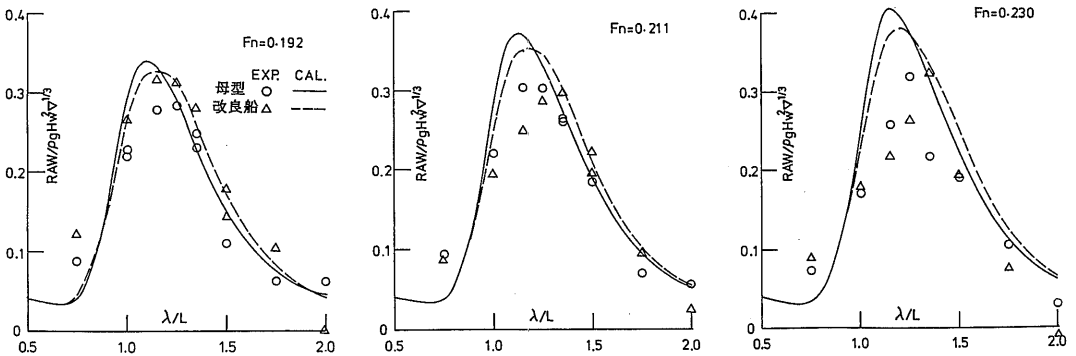


図-14 波浪中抵抗増加 (その2)

増加量の方が大きくなっているが、その他の速度では実験点のばらつきが大きいものの、母型と改良船の最大ピーク値にはあまり差がない様である。一方、計算では三速度とも改良船の方が僅かに低く推定されている。また、改良船の抵抗増加の最大ピーク位置は母型に比べ長波長側にあり、実験値についても同様の傾向を示しているように見える。

波浪中の抵抗増加に与える船体動揺の影響は、特に上下揺と縦揺が支配的と思われるが、改良船の船体動揺が母型より大きいにもかかわらず実験から得られた両船の抵抗増加量にはあまり差がなく、計算値では改

良船の方がむしろ、僅かながら小さくなっている。この理由として、船体動揺のところでは記述したように改良船の方が造波減衰が小さかったことがあげられる。従って、それに伴う散乱波エネルギーもあまり大きくなく、よって、船体動揺は大きい抵抗増加量は母型と変わらなかったのであろう。

波浪中の自航解析は次のように解析した。実船の波浪中航行ではプロペラ回転数は通常、波浪影響に伴って変動していると予想されるが、模型試験では回転数一定制御のもとでプロペラ荷重量変更試験が実施された。従って、厳密な意味では、両者のプロペラ作動条

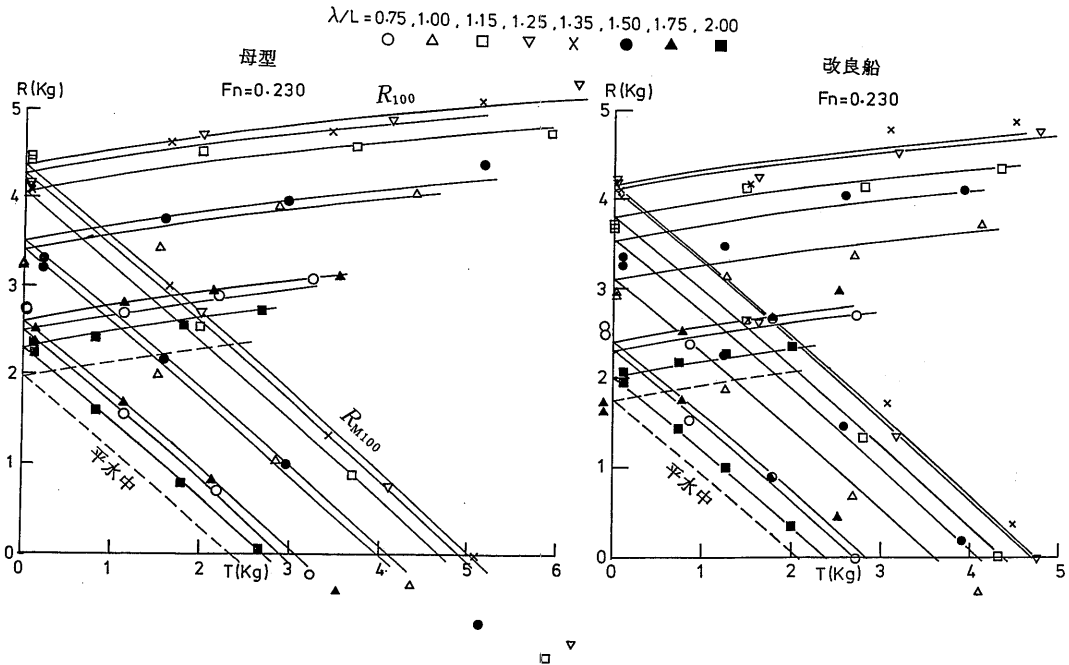


図-15 R-T 線図 (波浪中)

件，単独特性は異なっているが，微小波高時の正面規則波中のプロペラ単独特性は，時間平均値及び時々刻々の変動値ともスラスト一致法により平水中の単独特性を用いて表現できると報告<sup>7)</sup>されているため，今回の波浪中試験の解析は平水中のプロペラ単独特性を用いて行った。なお，実験観測では，プロペラレーシングは観測されなかった。

波浪中プロペラ荷重度変更試験結果から得られた R-T 線図を図-15に示す。正面規則波中の一航走中に荷重度を4回変化させたが，一航走中の波高  $H_w = 100\text{mm}$  が一定に保てず変化してしまうので波高一定の R-T 線図が描けない。このため全抵抗を次式で修正した。

$$R_{100} = (R_M + T) - r_{AW} \cdot (H_w^2 - 100^2) \cdot \rho \cdot g \cdot (B^2/L)$$

$$R_{M100} = R_{100} - T \quad (3.4)$$

$r_{AW}$  は荷重度変更試験時と同じ船速，波長における波浪中抵抗試験結果（無次元値）の fairing 値， $H_w$  は波浪中荷重度変更試験時の測定波高である。

(3.4) 式で修正した結果，抵抗増加率の大きい波長領域でなおばらつきがあるものの，平水中の R-T 線図とはほぼ，同一傾斜の R-T 線図が得られた。また，

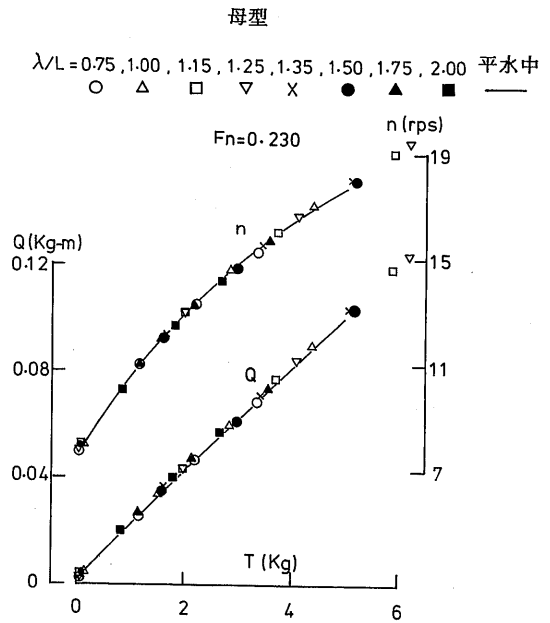


図-16 T に対する n, Q 曲線の波浪中，平水中の比較 (母型)

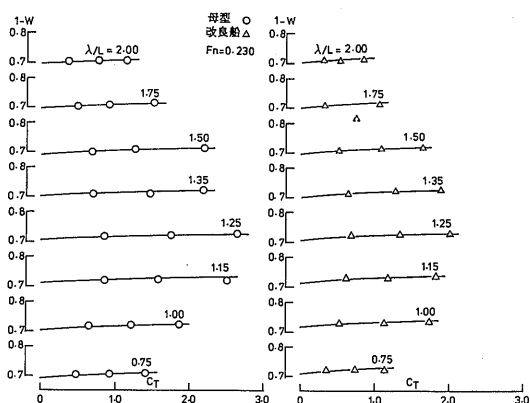


図-17  $C_T$  に対する  $1-W$  の関係 (波浪中)

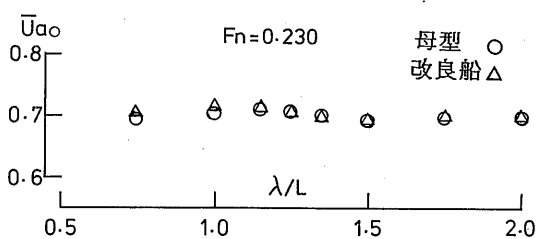


図-18 波長に対する  $\bar{U}_{a0}$  の関係

一例として母型試験時のプロペラ回転数  $n$ 、トルク  $Q$  を図-16に示すが、それぞれ平水中 (実線) と同じ曲線上に分布している。

図-17に  $1-w$  の実験値を示す。実線は平水中と同じ  $\bar{C}_0$  を用いて実験値にフィットするように  $\bar{U}_{a0}$  を求めて計算した値であるが、平水時の  $\bar{C}_0$  を用いて、ほぼ表現することが可能である。求めた  $\bar{U}_{a0}$  の値を図-18に示すが、船体動揺の激しい波長付近で僅かに増加している。

図-19に抵抗増加量の無次元値  $C_G$  を示す。図中の実線は平水中試験から求めた  $\bar{B}_0$  と  $\bar{U}_{a0}$  (表-3) を用いて計算した値である。試験結果は実線の周りにばらついているが、傾向的には平水中とほぼ同様とみなせる。

図-20には3.3式による推力減少係数の実験値を示す。実線は各波長の  $\bar{U}_{a0}$  (図-18) と平水中試験から求めた  $\bar{B}_0$  を用いて計算した値であるが、低い荷重度での実験点のばらつきが大きく (特に改良船)、 $C_T$  の変化に対する  $1-t_r$  の傾向を把握することがむづかしい。しかし、各波長とも高い荷重度の実験値は、ほぼ実線上にある。今回の波浪中試験では  $1-t_r$  と  $C_T$  との関係関数があまりはっきりつかめなかったが、荷重度の高い

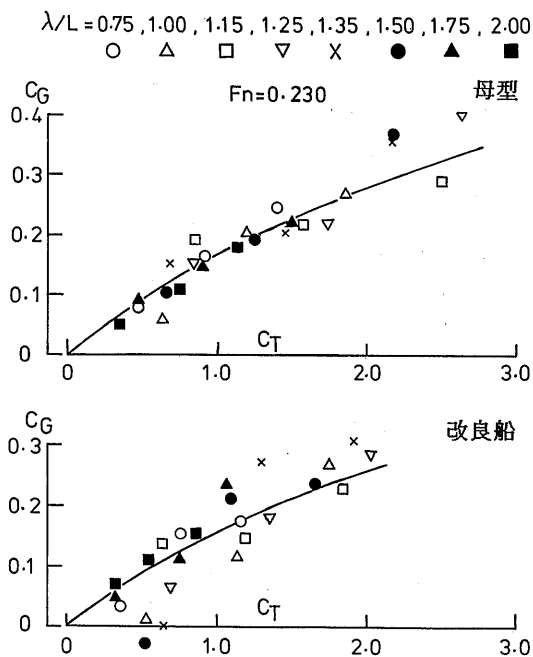


図-19  $C_T$  に対する  $C_G$  の関係 (波浪中)

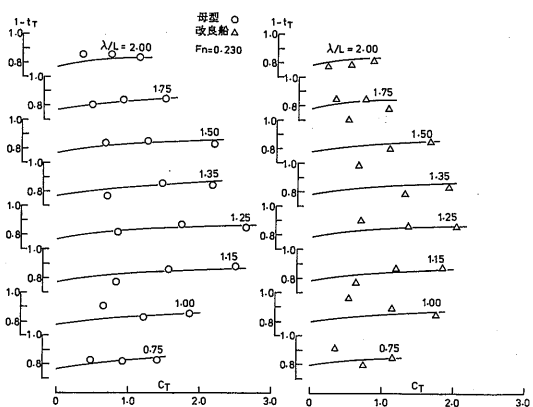


図-20  $C_T$  に対する  $1-t_r$  の関係 (波浪中)

実船自航点での  $1-t_r$  は、上記の諸係数を用いた計算で概略表現できると思われる。

図-21にプロペラ効率比  $\eta_r$  の実験値を示すが、実線は同じ船速 ( $F_n = 0.230$ ) の平水中の値である。一部にばらつきはあるが、 $\eta_r$  の波長影響は小さく平水中の値との差も小さい。

実船自航点でのスラスト、トルク、回転数の波浪中

増加量を図-22に示すが、船の幅  $B$  を用いて無次元化されているため、ピークの値は改良船が大きくなっている。

3.2.3 自航要素及び推進効率

荷重量変更試験から得られた実船自航点での自航要素、ならびに推進効率  $\eta$ 、船殻効率  $\eta_H$  を図-23に示す。また、平水中の値も図中に示してある。ただし、推力減少係数は (3.3) 式で定義した値  $(1 - t_p)$  であり、平水中、波浪中とも対応する荷重量へ実験値を内挿して求めたのではなく、表-3の  $\bar{B}_0$  とそれぞれに求めた  $\bar{U}_{a0}$  (表-3ならびに図-18) を用いて計算した値である。

船体動揺の同調付近において抵抗が著しく増加することによりプロペラ荷重量が増加し、従って、プロペラ単独効率がかなり低下している。また、伴流係数、推力減少係数は、僅かに増加しているが、プロペラ効

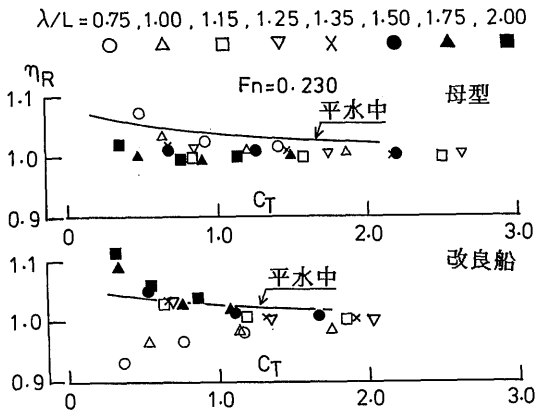


図-21  $C_T$  に対する  $\eta_R$  の関係 (波浪中)

率は波長の影響を殆ど受けなかった。対象とした内航タンカーでは船体動揺の自航要素に及ぼす影響は少なかった。

船殻効率は、伴流係数、推力減少係数とも波長に対して同じ傾向に変化しているため波長変化に対して大きな変化をみせず、しかも平水中の値と殆ど変わらない結果となった。波浪中の推進効率の低下は、主にプロペラ荷重量の増加に伴うプロペラ単独効率の低下によるものであった。

4. ま と め

699 G. T. 型内航タンカーの在来船 (母型) と新しい改良船の両模型船を使用し、平水中及び、正面規則波中における水槽試験を行った。これらの試験結果に理論計算も加えて両船の波浪中での性能比較を行った。以下得られた主な結論を記す。

- 1) 船体動揺の実験結果と理論計算結果を比較すると、計算結果では上下揺が若干高めに推定され、縦揺については、同調点付近では低く推定された。
- 2) 母型と改良船の船体動揺は改良船の方が幾分大きかった。この主な理由として前半部の水線面積の違いがあげられる。
- 3) 両船の最大抵抗増加係数はほぼ同じであった。また、実験と理論計算との比較では増加係数のピーク位置は実験値よりも僅か短波長側にあり、抵抗増加量はやや、大きく推定された。
- 4) 改良船の船体動揺が幾分大きいにもかかわらず抵抗増加係数は母型とあまり変わらなかった。
- 5) 波浪による船体動揺が自航要素に与える影響は少なく、船殻効率、プロペラ効率比は平水時とほぼ等しい値を示した。

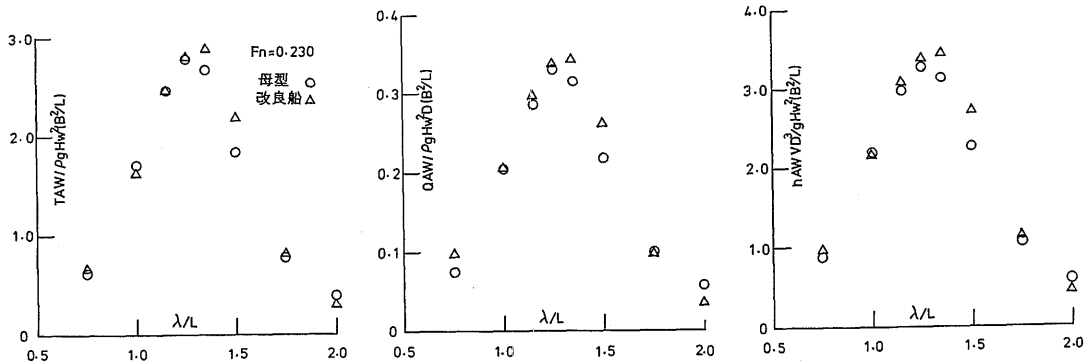


図-22 波長に対するスラスト増加、トルク増加、回転数増加

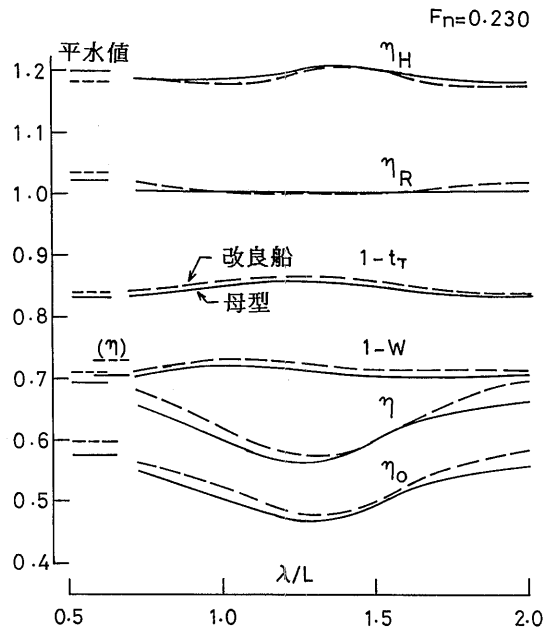


図-23 波長に対する自航要素, 推進効率, 船殻効率

- 6) 波浪中において推進効率の低下する主な原因として, 船体動揺の激しい波長領域でプロペラ荷重量が増加し, プロペラ単独効率の低下が支配的に働くためである。
- 7) この種の船舶は, 平水中の推進性能が良好であれば波浪中の推進性能もほぼ良好とみてよいであろう。
- 8) この種の内航船舶は中間的な船体肥せき係数を有しており, また, 同調周波数付近で運行されるため, 波浪による船体動揺, 抵抗増加量は, いずれも大きいようだ。

以上の結論は'正面規則波中'の, しかも前後揺を拘束した実験結果から得たものであり, 広範囲の波浪中性能の極一局面の知見にすぎない。

内航船舶の運航状況は, 航路, 季節, 貨物積載量, 定時性等によって様々に異なるのは当然であるが, 一説によれば冬季日本海側の一時期を別にすれば, 本試験で対象とした波高海域の航行頻度はかなり少ない模様である。以上述べたように, 改良船の波浪中船体動揺は, 母型に比べて幾分大きいものの, 平穏海域での省エネルギーを重視する立場からは改良船の性能はかなり良好と言えるのではないかと。

## 謝 辞

船舶整備公団からは, 本試験実施の動機を与えて頂きました。また, 当所 運動性能部 上野道雄技官からは波浪中抵抗増加の理論計算について, 推進性能部 堀 利文技官からは波浪中試験技術についてそれぞれ指導して頂きました。そして推進性能部職員の方々には実験の実施等に関し大変お世話になりました。

本報告を終るに当たり, 上述の方々から心からお礼を申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 上田隆康他:「高経済性内航船舶の船型開発に関する研究」, 船舶技術研究所報告 第23巻 第4号 (1986), pp37-72。
- 2) 菅井信夫他:「699 G. T.型内航タンカーの船型改良に関する研究」, 船舶技術研究所報告 第26巻 第1号 (1989), pp 1-23。
- 3) 高橋 雄他:「波浪中抵抗増加, 推進性能に関する実験技術」, 運動性能研究委員会 第1回シンポジウム (1984), pp17-18。

- 4) 足達宏之：「荷重度変更法の基礎とその応用について」, 日本造船学会論文集 第154号 (1983), pp109-117。
- 5) 堀 利文他：「プロペラ荷重度変更法による波浪中船型試験システム」, 船舶技術研究所第44回講演概要 (1983), pp54-57。
- 6) 菅 信他：「荷重度変更法による肥大船の波浪中自航試験」 船舶技術研究所第42回講演概要 (1983), pp56-59。
- 7) 門井弘行他：「自動車運搬船の波浪中における推進性能に関する模型試験」, 船舶技術研究所報告第23巻 第4号 (1986), pp15-35。
- 8) 溝口純敏他：「荷重度変更法による波浪中推進性能の研究」, 関西造船協会誌 第190号 (1983), pp121-129。
- 9) 中村彰一他：「波浪中の推進性能に関する研究」, 関西造船協会誌 第134号 (1969), pp23-32。
- 10) 中村彰一他：「コンテナ船の波浪中推進性能に関する研究 (第2報)」, 関西造船協会誌 第157号 (1975), pp45-55。
- 11) 別所正利他：「縦揺れ制止ひれによる船の動揺軽減について(続報)」, 日本造船学会論文集 第155号 (1984), pp84-92。
- 12) 上野道雄他：「多関節船の波浪中抵抗増加に関する比較計算」, 船舶技術研究所第52回講演概要 (1988), pp69-72。