

下ノ江造船株式会社 殿

## 水槽による船舶の推進性能試験成績書

依頼者殿船番 ; 9 9 9 8

模型船番号 ; 5 4 9 9 & 5 4 9 9 A



令和4年10月

一般財団法人 日本造船技術センター

東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号

吉祥寺スバルビル3階



1. 依頼者 下ノ江造船株式会社 殿
2. 船の種類 7500m<sup>3</sup>LPG運搬船（依頼者殿船番 9998）
3. 試験の目的 LPG運搬船の推進性能の確認

4. 模型船 M. S. No. 5499 & 5499A

M. S. No. 5499 は、縮尺 1/18.481、垂線間長 6.1900m のパラウッド製模型船である。副部は通常舵、ビルジキールおよびバウスラスターである。

M. S. No. 5499A は M. S. No. 5499 にエコステーターを取り付けたものである。

模型船の主要寸法と諸係数の表を P. 1 に、オフセットを P. 2～6 に示す。船体正面図および船首尾形状図等を P. 56～58 に、ビルジキールの形状図を P. 59、バウスラスター形状・取付図を P. 60 に示す。なおエコステーターは依頼者殿の持ち込みであるため形状・取付図は記載しない。模型船の写真を P. 77～80 に示す。

5. 模型プロペラ M. P. No. 2261R

本試験に使用した模型プロペラは、直径 0.2300m の 4 翼固定ピッチプロペラである。この模型プロペラの要目と単独性能を P. 11 に示す。

6. 試験の種類および載貨状態等

試験の種類と載貨状態等を表 1 に示す。試験は国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所の 400m 曳航水槽で抵抗・自航試験を、150m 曳航水槽で伴流計測試験を実施した。

表 1 試験の種類および載荷状態等

M. S. No.	載貨状態	抵抗試験	自航試験	伴流計測
5499	構造喫水状態	○	—	○
	試運転状態	○	—	—
5499A	構造喫水状態	—	○	—
	試運転状態	—	○	—

試験を行った載貨状態の喫水を P. 7 に示す。セクショナルエリア曲線と水線面曲線の数値表を P. 8 に、図を P. 61 と P. 62 に示す。

抵抗・自航試験の速度範囲は当センター標準の半分の範囲である。

伴流計測は舵を取り外した状態で、上下左右トラバース方式の 5 孔管によりプロペラ面全円を含む範囲について実施した。

7. 水槽試験実施年月 令和4年9月

8. 実船の主要目

(1) 船体

模型試験の対象となった実船の船体主要目は次のとおりである。

$$L_{pp} \times B \times d = 114.40\text{m} \times 19.00\text{m} \times 6.75\text{m}$$

(2) 主機関

実船搭載の主機関はLPG 焚き二元燃料ディーゼル機関1基1軸で、出力は次のとおりである。

連続最大出力	M. C. O.	3,200kW × 154.0 RPM
常用出力	N. C. O.	2,880kW × 149.0 RPM

(3) プロペラ

実船馬力推定用プロペラは、構造喫水状態において依頼者殿指定の条件（連続最大出力において回転数マージン 3.5%を考慮）により設計したMAU型プロペラである。その主要目を表3に示す。なお、プロペラの直径、翼数も依頼者殿の指定である。

表3 実船馬力推定用プロペラ

P. No.	5499A
直径 (m)	4.250
ボス比	0.1800
ピッチ比	0.7131
展開面積比	0.4952
翼数	4

9. 試験結果の解析方法および馬力推定における計算条件等

- (1) 抵抗試験結果の解析は水抵抗を粘性抵抗と造波抵抗に分ける三次元外挿法によった。摩擦抵抗はシェーンヘル摩擦抵抗係数により計算した。
- (2) 抵抗試験の結果として、造波抵抗曲線図のほかに剰余抵抗曲線図を作成した。
- (3) エコステーターは推進器の一部とみなし、M. S. No. 5499A の抵抗試験は実施せず、自航要素等の解析には M. S. No. 5499 の抵抗試験結果を使用した。
- (4) 実船の速力推定に使用した粗度修正係数  $\Delta C_F$ 、模型船—実船間における伴流係数の尺度影響の修正係数  $1-W_S/1-W_M$  と主機—プロペラ間の伝達効率  $\eta_T$  は当センターの標準値である。これらの値を表4に示す。

表4 模型船—実船間の相関係数等の値

M. S. No.	載貨状態	$V_S$ [ノット]	$\Delta C_F \times 10^3$	$1-W_S/1-W_M$	$\eta_T$
5499A	構造喫水状態	14.0	0.131	1.110	1.030
	試運転状態	15.0	0.178	1.155	

注)  $\Delta C_F$  の値は、表中の速力  $V_S$  [ノット] に対応する値である。

- (5) 実船の制動馬力等の計算には、前記8.(3)にて示した実船プロペラの要目とP.14に示すプロペラ単独性能を使用した。

10. 試験結果

(1) 推進性能

抵抗試験結果をP.9とP.10に、図をP.63~65に示す。自航試験結果をP.12とP.13に、図をP.66に示す。抵抗・自航試験時の姿勢変化の図をP.67~70に示す。M. S. No. 5499の抵抗試験時の波形写真をP.81~88に、M. S. No. 5499Aの自航試験時の波形写真をP.89~96に示す。実船の有効馬力と制動馬力等の推定値をP.15~18に、図をP.71とP.72に示す。

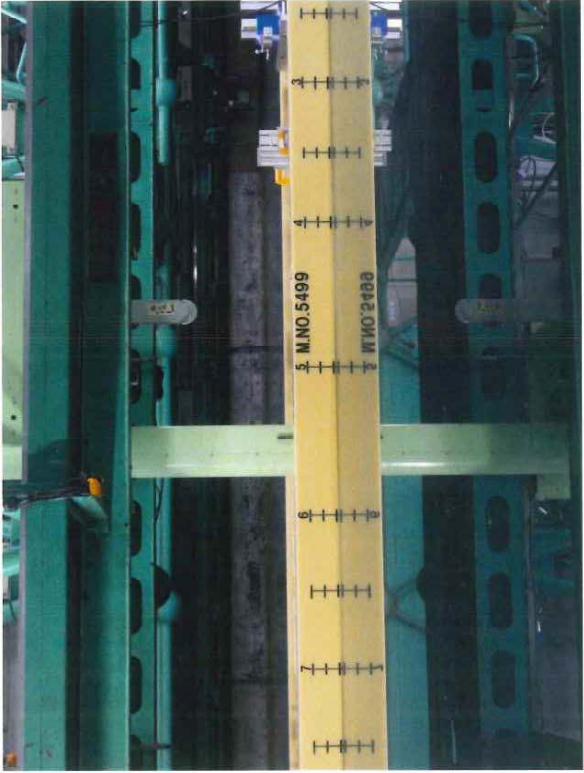
(2) 伴流計測

構造喫水状態における計測結果をP.19~55に、図をP.73~76に示す。

1 1. 実船推進性能の推定等

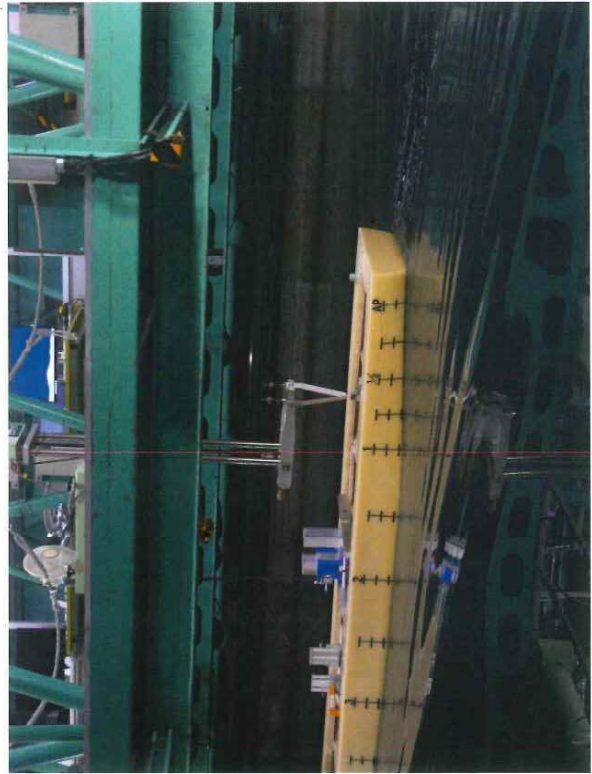
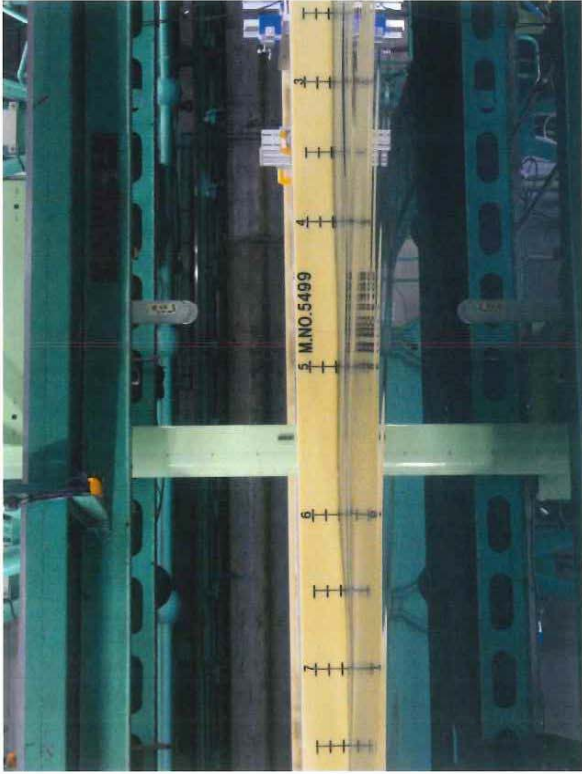
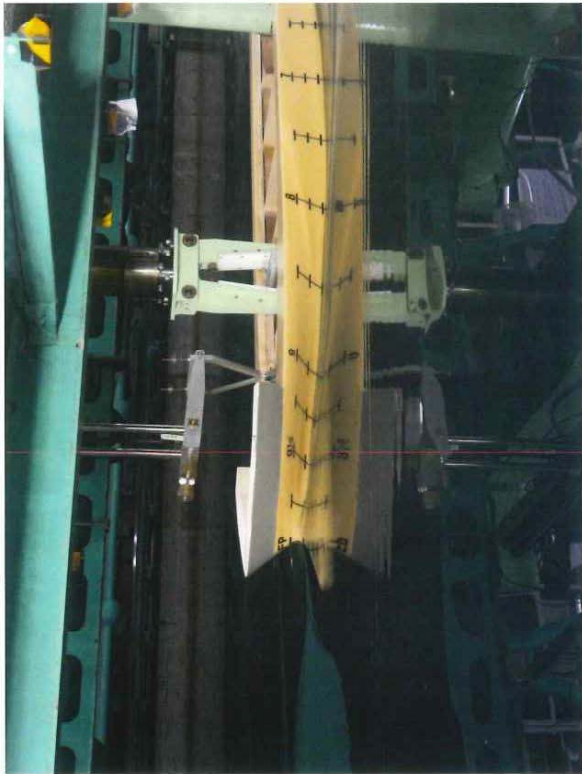
構造喫水状態において、常用出力、15%シーマージンの条件下で推定された到達速力を表5に示す。なお本船の計画速力は同条件下で14.20ノットである。

以上



Model Ship No. 5499  
Condition : Scantling Full  
Test : Resistance Test  
Date : 2022/9/16

$V_s = 0.00$  knots  
 $F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5499  
Condition ; Scantling Full  
Test ; Resistance Test  
Date ; 2022/9/16

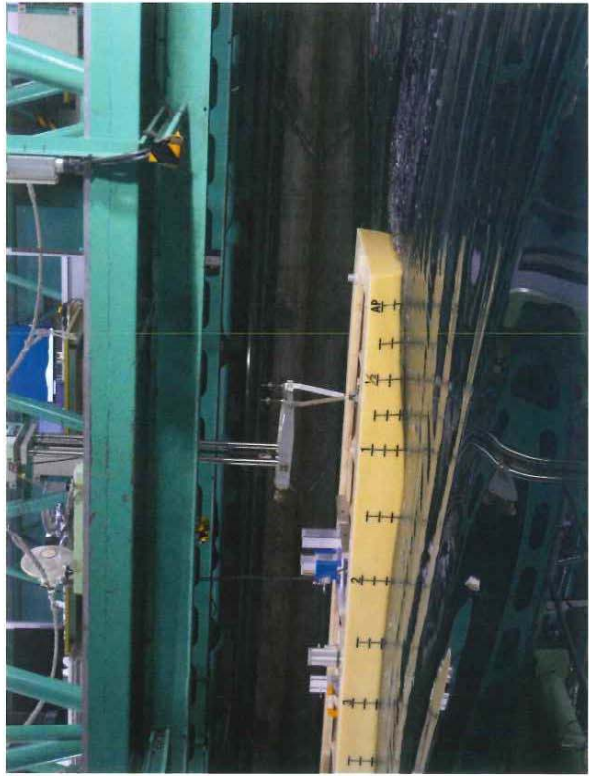
$V_s = 12.01$  knots  
 $F_n = 0.1826$



Model Ship No. 5499  
Condition ; Scantling Full  
Test ; Resistance Test  
Date ; 2022/9/16

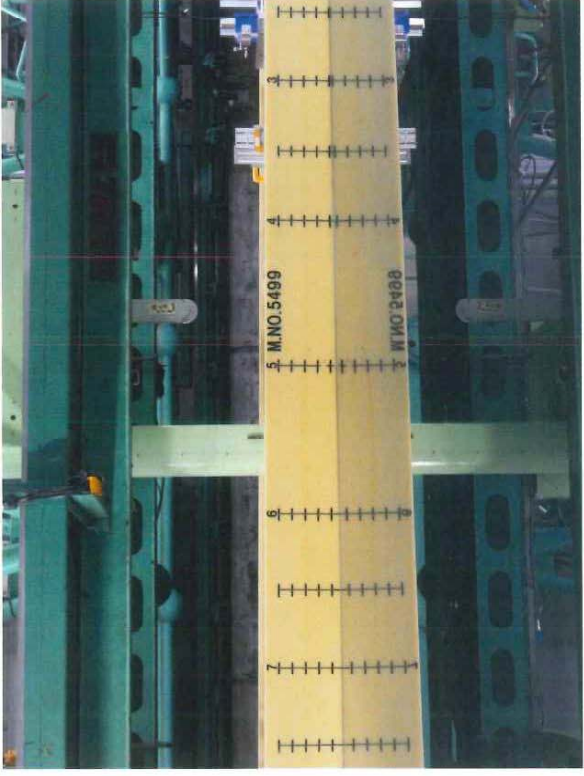
$V_s = 14.19$  knots  
 $F_n = 0.2158$





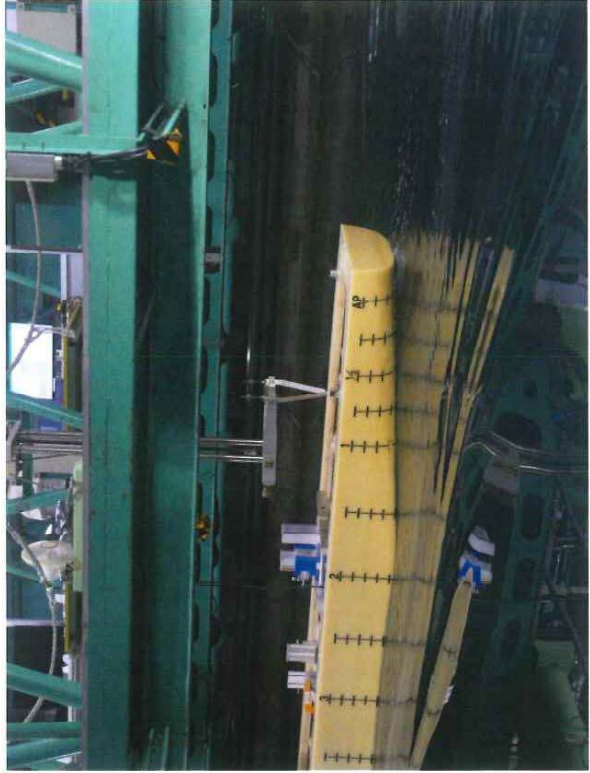
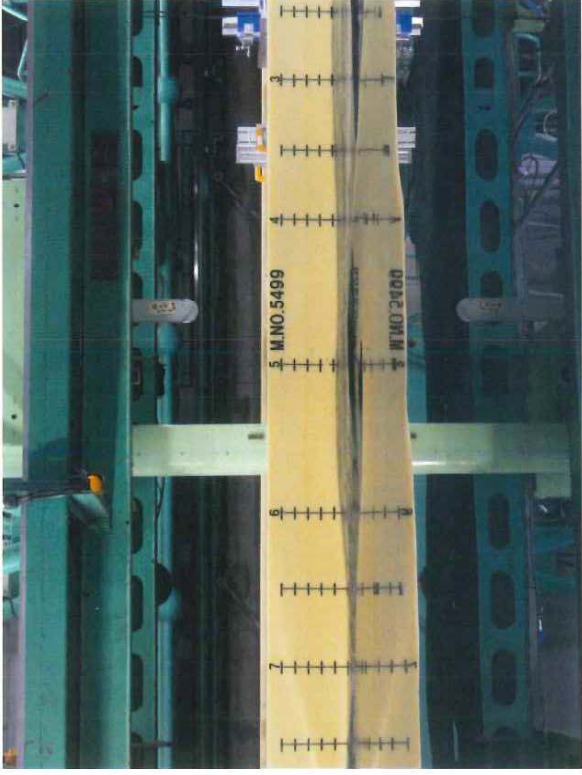
Model Ship No. 5499  
Condition ; Scantling Full  
Test ; Resistance Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 15.11$  knots  
 $F_n = 0.2297$



Model Ship No. 5499  
Condition ; Trial Cond.  
Test ; Resistance Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 0.00$  knots  
 $F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5499

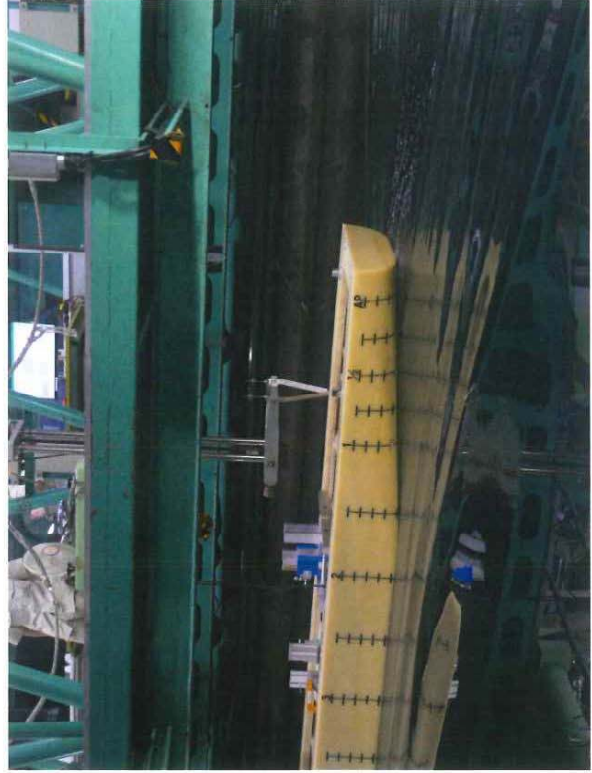
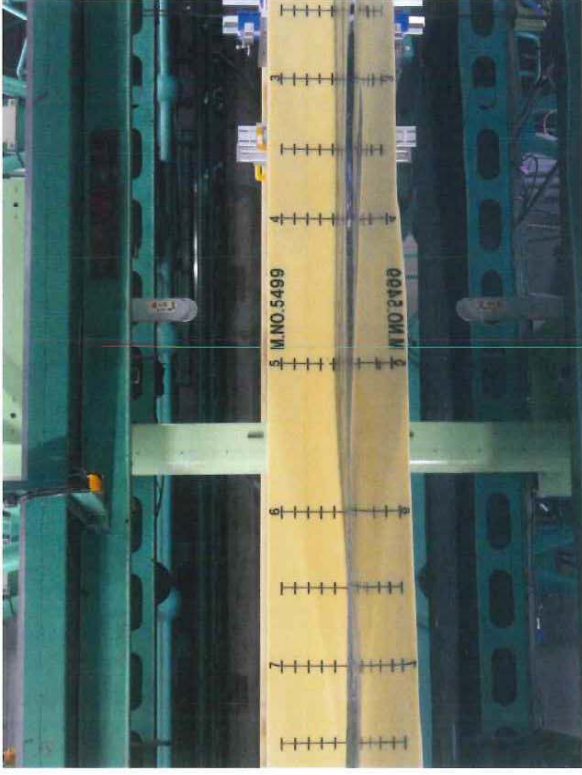
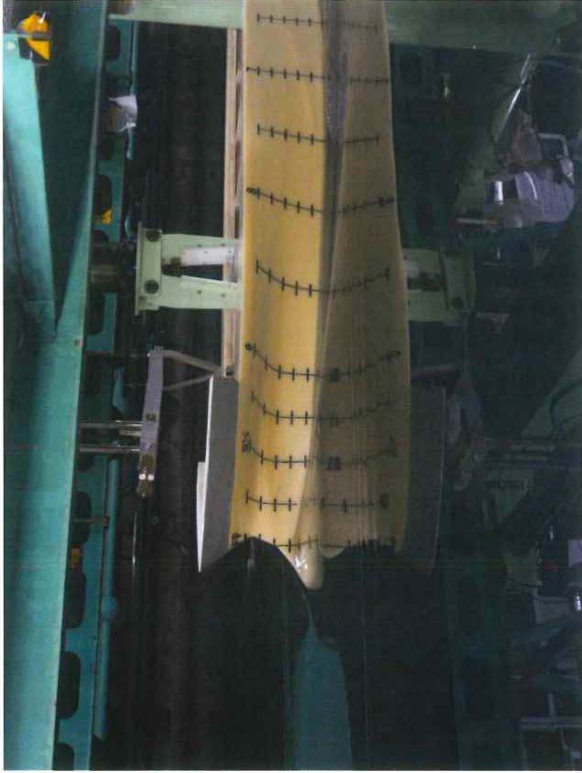
Condition ; Trial Cond.

Test ; Resistance Test

Date ; 2022/9/16

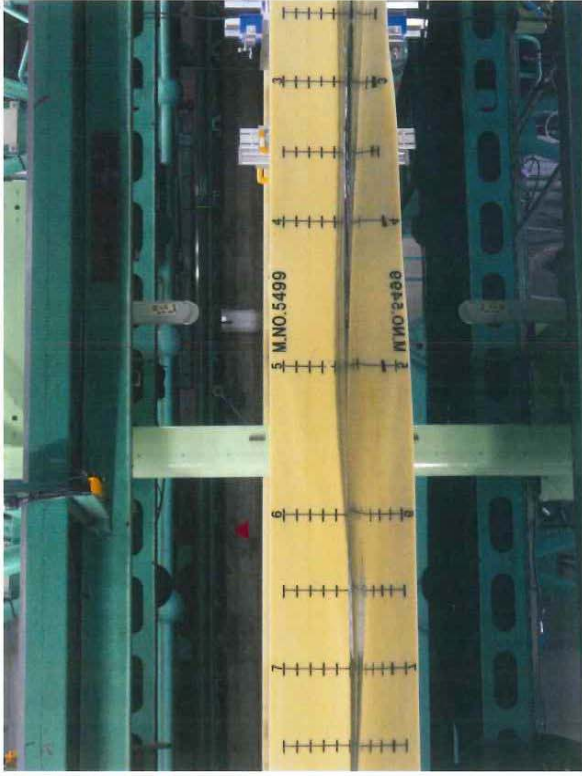
$V_s = 13.23$  knots

$F_n = 0.2011$



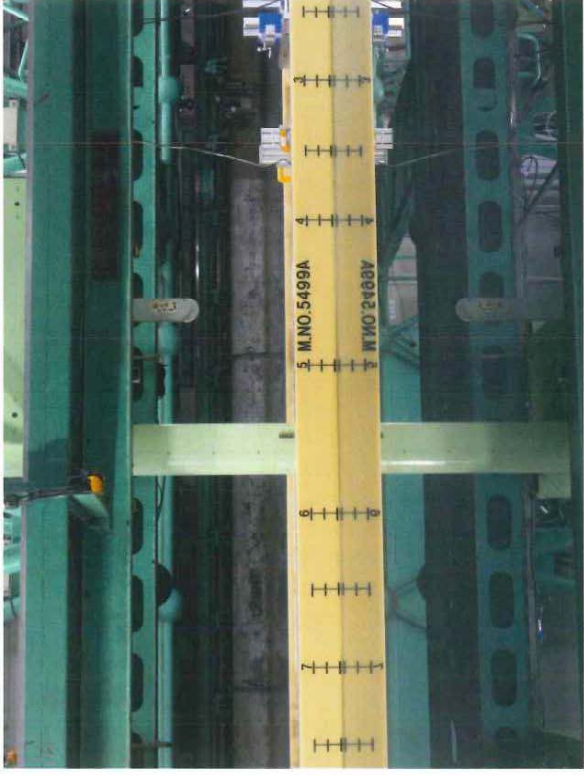
Model Ship No. 5499  
Condition ; Trial Cond.  
Test ; Resistance Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 15.21$  knots  
 $F_n = 0.2313$



Model Ship No. 5499  
Condition ; Trial Cond.  
Test ; Resistance Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 16.26$  knots  
 $F_n = 0.2473$



Model Ship No. 5499A

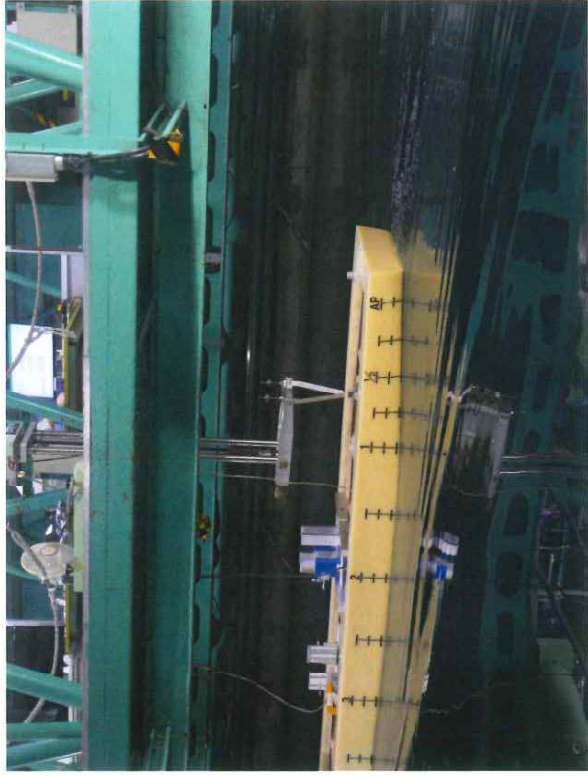
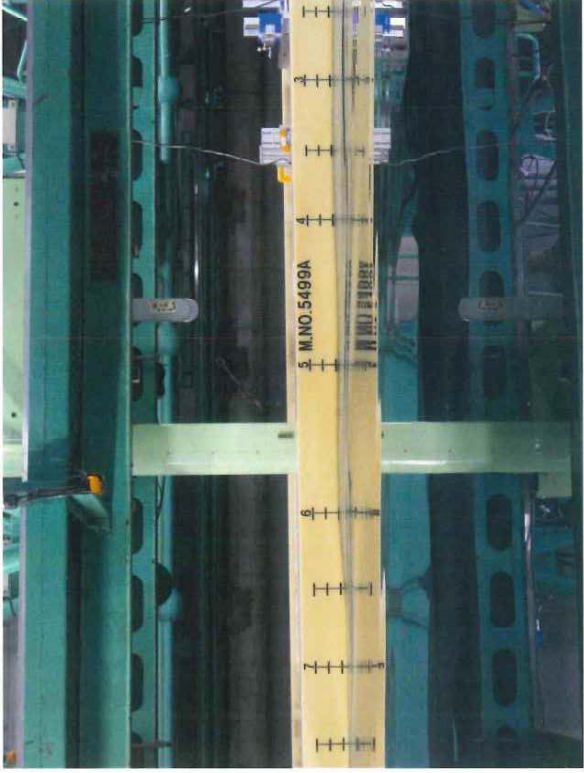
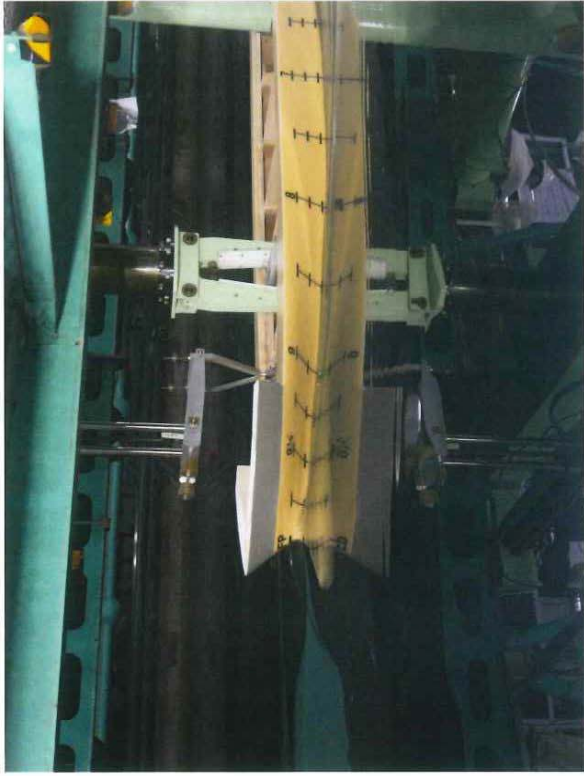
Condition ; Scantling Full

Test ; Self Propulsion Test

Date ; 2022/9/16

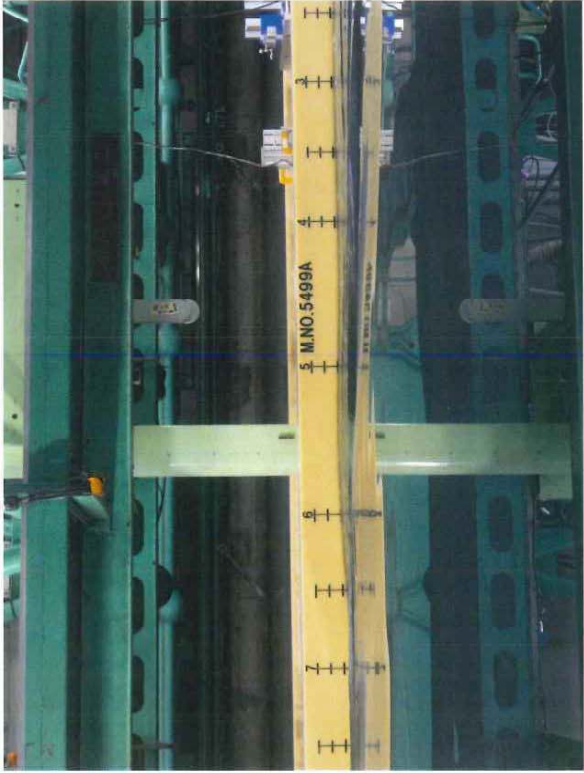
$V_s = 0.00$  knots

$F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5499A  
Condition ; Scantling Full  
Test ; Self Propulsion Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 12.07$  knots  
 $F_n = 0.1835$

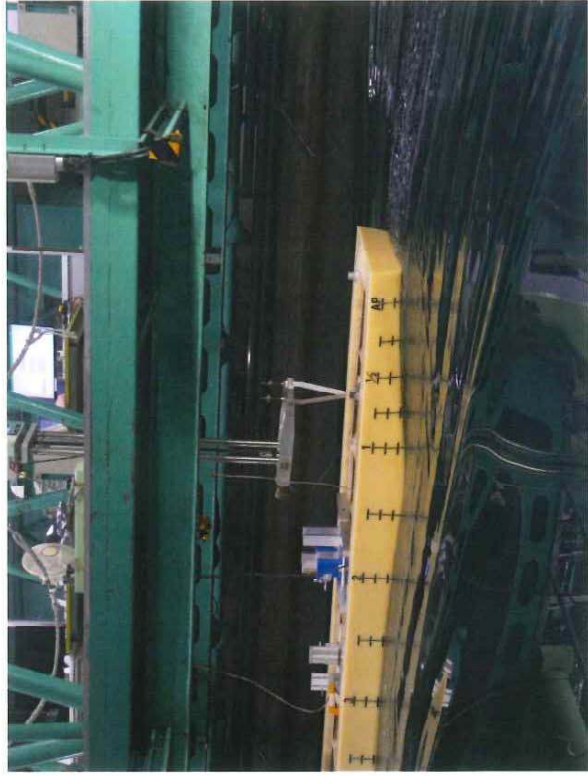


Model Ship No. 5499A  
Condition ; Scantling Full  
Test ; Self Propulsion Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 14.13$  knots

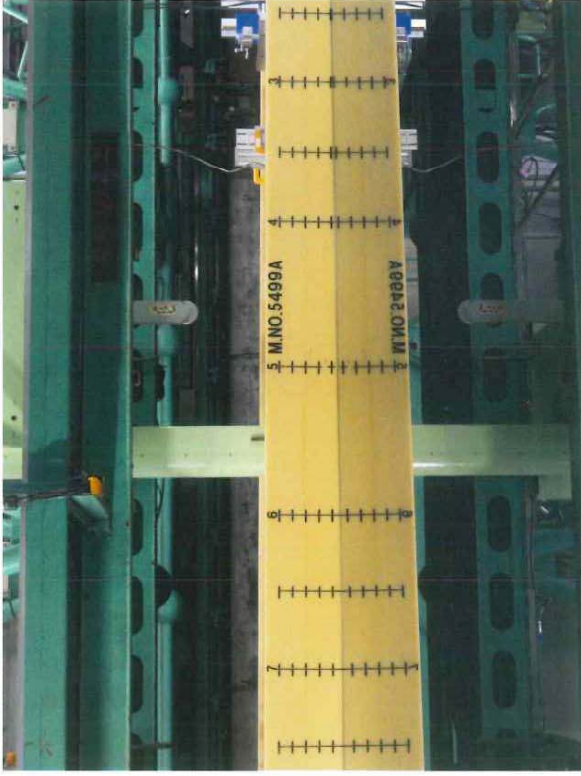
$F_n = 0.2149$





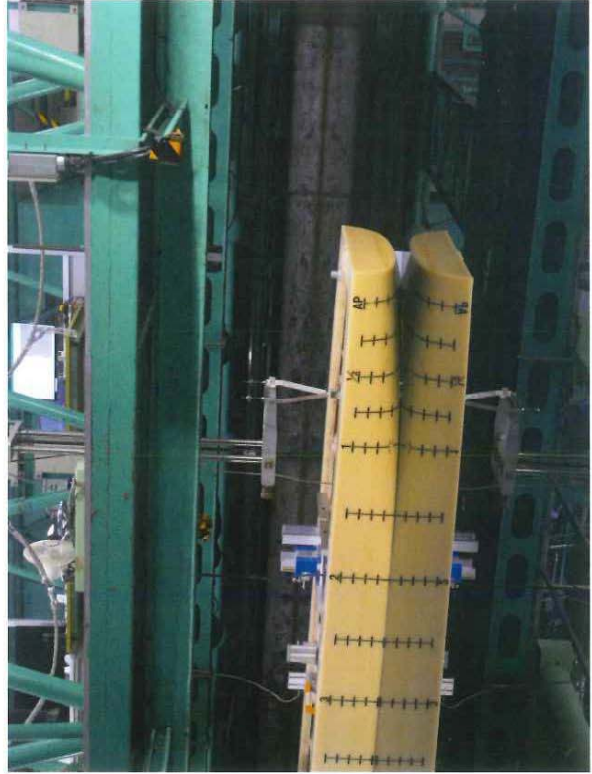
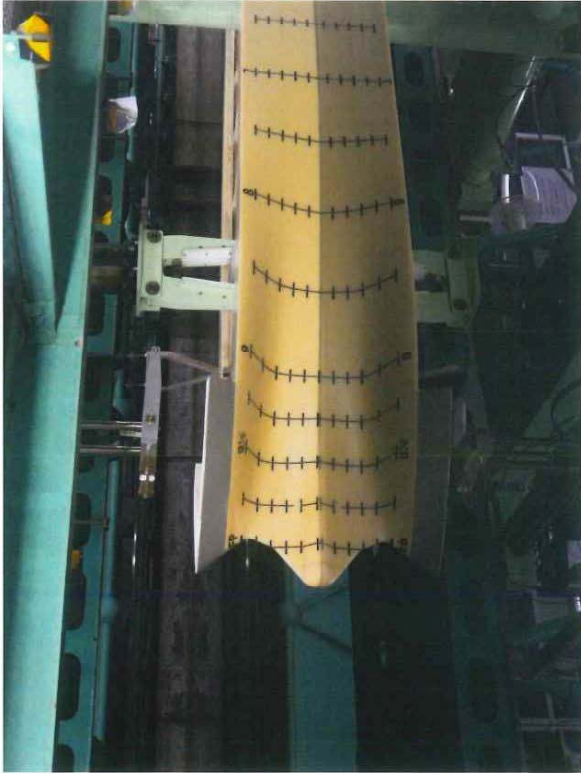
Model Ship No. 5499A  
Condition ; Scantling Full  
Test ; Self Propulsion Test  
Date ; 2022/9/16

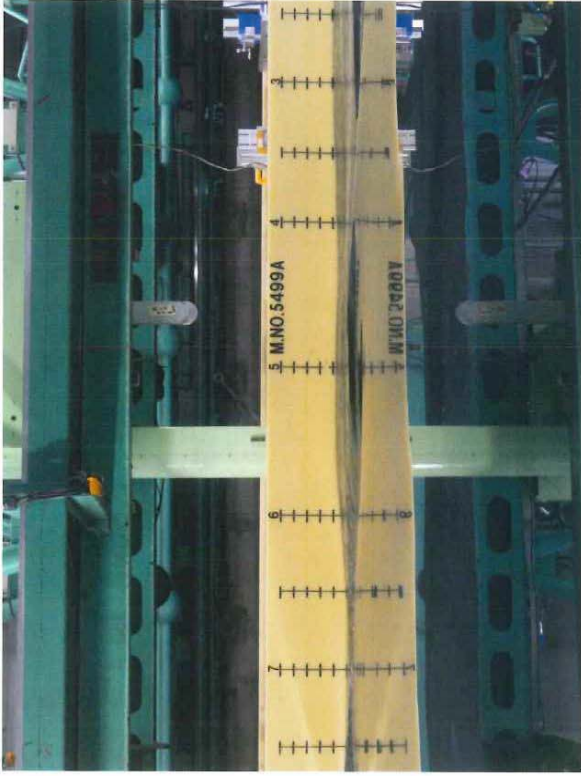
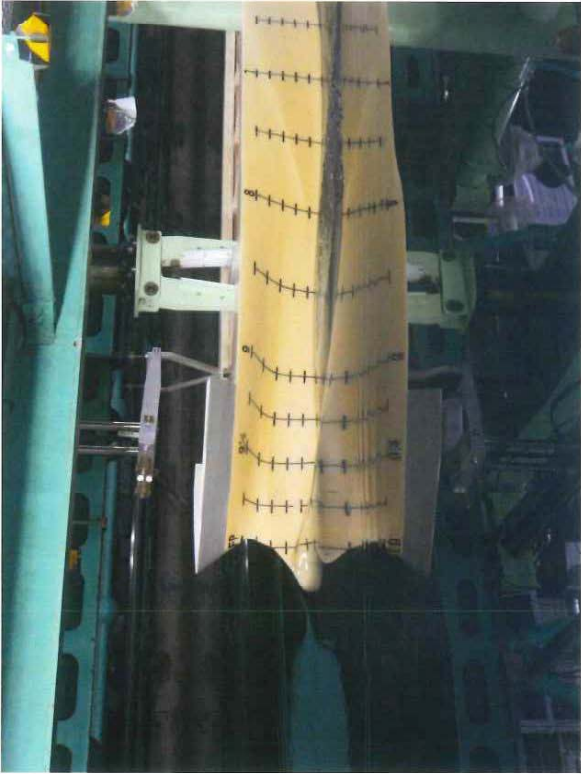
$V_s = 14.87$  knots  
 $F_n = 0.2261$



Model Ship No. 5499A  
 Condition ; Trial Cond.  
 Test ; Self Propulsion Test  
 Date ; 2022/9/16

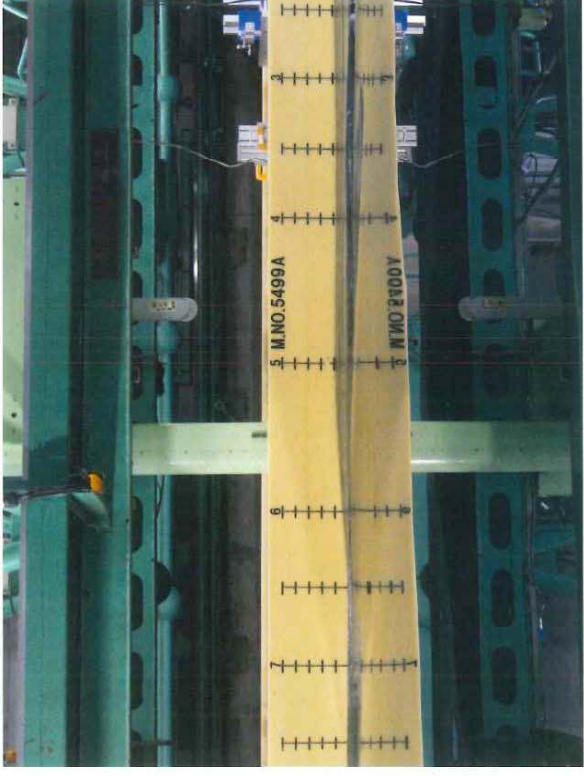
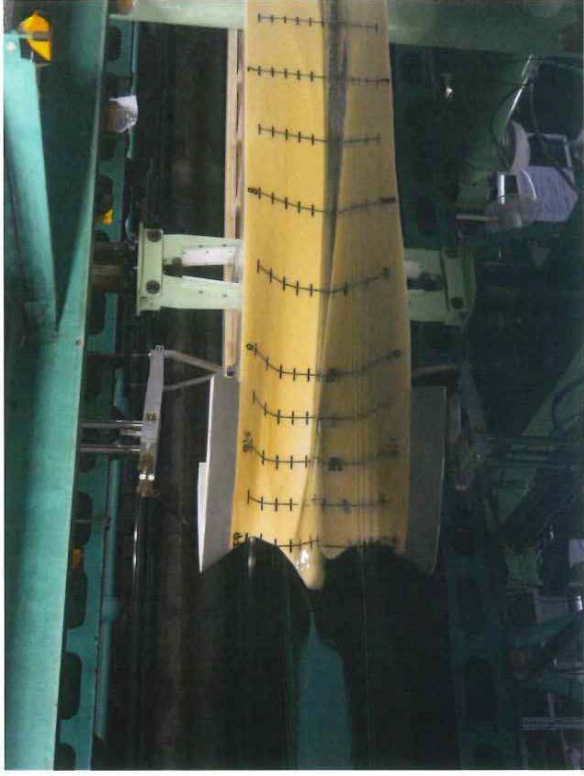
$V_s = 0.00$  knots  
 $F_n = 0.0000$





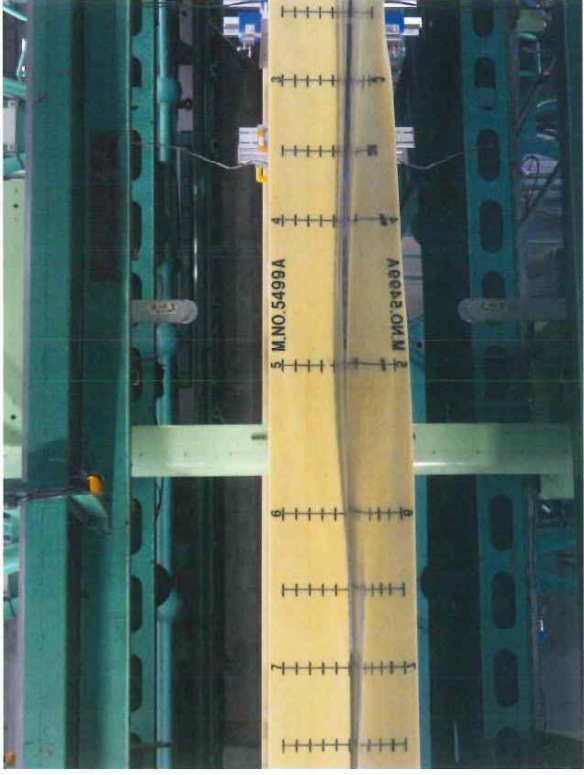
Model Ship No. 5499A  
Condition ; Trial Cond.  
Test ; Self Propulsion Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 13.44$  knots  
 $F_n = 0.2043$



Model Ship No. 5499A  
Condition ; Trial Cond.  
Test ; Self Propulsion Test  
Date ; 2022/9/16

$V_s = 15.37$  knots  
 $F_n = 0.2337$



Model Ship No. 5499A

Condition ; Trial Cond.

Test ; Self Propulsion Test

Date ; 2022/9/16

$V_s = 16.32$  knots

$F_n = 0.2482$

## S Y M B O L S

### (1) HULL GEOMETRY

$L_{PP}$	LPP	Length between perpendiculars [m]	
$L_{D. W. L.}$	LDWL	Length of designed load waterline [m]	
B	B	Breadth moulded [m]	
d	H, d	Draft moulded [m]	
$C_B$	CB	Block coefficient	$C_B = \nabla / L_{PP} B d$
$C_P$	CP	Prismatic coefficient	$C_P = \nabla / L_{PP} B d C_M$
$C_M$	CM	Midship section coefficient	$C_M = A_M / B d$
		(Where $A_M$ is area of midship section)	
$C_W$	CW	Waterplane coefficient	$C_W = A_W / L_{PP} B$
		(Where $A_W$ is waterplane area)	
$L_{CB}$	L. C. B.	Longitudinal center of buoyancy from midship in percent of $L_{PP}$ (for fore from midship (-) aft (+))	
$\nabla$	DISP	Displacement volume [m <sup>3</sup> ]	
$\Delta$		Displacement weight [t]	1t = 1,000 kgf
S	S	Wetted surface with all appendages [m <sup>2</sup> ]	
$S_1$	S1	Wetted surface without bilge keel [m <sup>2</sup> ]	

### (2) RESISTANCE & PROPULSION

v	V	Speed of ship [m/sec]	
$v_A$	$V_A$	Speed of advance of propeller [m/sec]	
$v_S$	VS	Speed of ship [knots]	
D	D	Diameter of propeller [m]	
n	N	Rate of revolution per second	
N	N	Rate of revolution per minute	
J	J	Advance coefficient of propeller	$J = v_A / nD$
$J_T$	JT	Advance coefficient of propeller determined by thrust identity	
$R_T$	R	Total resistance [kgf] [kN]	
$R_R$		Residual resistance [kgf] [kN]	
$R_W$		Wave-making resistance [kgf] [kN]	
$R_F$		Frictional resistance [kgf] [kN]	
$R_V$		Viscous resistance [kgf] [kN]	
T	T	Thrust [kgf] [kN]	
Q	Q	Torque [kgfm] [kNm]	

$C_T, r_T$	CT, RT	Total resistance coefficient	$C_T = R_T/1/2 \rho S V^2$ $r_T = R_T/\rho \nabla^{2/3} V^2$
$C_R, r_R$	CR, RR	Residual resistance coefficient	$C_R = R_R/1/2 \rho S V^2$ $r_R = R_R/\rho \nabla^{2/3} V^2$
$C_W, r_W$	CW, RW	Wave-making resistance coefficient	$C_W = R_W/1/2 \rho S V^2$ $r_W = R_W/\rho \nabla^{2/3} V^2$
$C_F, r_F$	CF, RF	Frictional resistance coefficient	$C_F = R_F/1/2 \rho S V^2$ $r_F = R_F/\rho \nabla^{2/3} V^2$
$C_V, r_V$	CV, RV	Viscous resistance coefficient	$C_V = R_V/1/2 \rho S V^2$ $r_V = R_V/\rho \nabla^{2/3} V^2$
K	K	Form factor	$1 + K = C_V/C_F$
$\Delta C_F$	DELFCF	Roughness allowance coefficient for the Schoenherr's basic line in general.	
$\rho$		Density of water [kgfsec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] [kg/m <sup>3</sup> ]	Salt water 104.51 1025.0 Fresh water 101.96 1000.0
$\nu$		Coefficient of kinematic viscosity [m <sup>2</sup> /sec]	Salt water (15°C) $1.187 \times 10^{-6}$ Fresh water (15°C) $1.139 \times 10^{-6}$
g		Acceleration due to gravity [m/sec <sup>2</sup> ]	9.8
$F_n$	FN	Froude number	$F_n = V/(gL_{D.W.L.})^{1/2}$
$R_n$	RN	Reynolds number	$R_n$ (for ship) = $L_{D.W.L.} V/\nu$ $R_n$ (for propeller) = $nD^2/\nu$
KQ	KQ	Torque coefficient	$K_Q = Q/\rho n^2 D^5$
KT	KT	Thrust coefficient	$K_T = T/\rho n^2 D^4$
wT	WT	Wake fraction determined by thrust identity	$w_T = (v - v_A)/v$ $v_A = J_T n D$
$w_S$	WS	Estimated wake fraction of ship	
F		Towing force in a self-propulsion test [kgf]	
f		Towing force coefficient	$f = F/\rho \nabla^{2/3} V^2$
t	T	Thrust deduction ratio	$t' = T/\rho \nabla^{2/3} V^2$ $1 - t = (r_{TM} - f)/t'$
l	L	Load factor	$l = (r_{TM} - f)/r_{TS}$
$\eta_0$	ETA. 0	Propeller efficiency measured in open-water test	$\eta_0 = T v_A / 2 \pi n Q$
$\eta_B$	ETA. B	Propeller efficiency measured behind ship	$\eta_B = \eta_0 \eta_R$

$\eta_R$	ETA. R	Relative rotative efficiency	$\eta_R = \eta_B / \eta_0$
$\eta$	ETA	Propulsive coefficient	$\eta = (1-t) \eta_B / (1-w_T)$
$\eta_T$	ETA. T	Transmission efficiency	
EHP	EHP	Effective horse power [ps] [kW]	EHP = $R_{TS}V/75$ $R_{TS} = R_{RS} + R_{FS} + \Delta R_{FS}$ $R_{TS} = R_{WS} + \{ (1+K) R_{FS} + \Delta R_{FS} \}$ $\Delta R_{FS} = \Delta C_F 1/2 \rho S V^2$
DHP	DHP	Delivered horse power [ps] [kW]	DHP = EHP / $\eta$
SHP	SHP	Shaft horse power [ps] [kW]	SHP = DHP / $\eta_T$
BHP	BHP	Brake horse power [ps] [kW]	BHP = DHP / $\eta_T$
$C_{ADM}$	CADM	Admiralty constant	$C_{ADM} = \Delta S^{2/3} V_S^3 / DHP$

### (3) WAKE MEASUREMENT BY FIVE-HOLE PITOT TUBE

$V_X$		Axial component of velocity [m/sec]	
$V_Y$		Horizontal component of velocity [m/sec]	
$V_Z$		Vertical component of velocity [m/sec]	
$V_R$		Radial component of velocity [m/sec]	
$V_T$		Tangential component of velocity [m/sec]	
$w$		Wake fraction	$W = 1 - w_x$
$w_x$	WX	Axial velocity fraction	$w_x = v_x / v_M$
$w_y$	WY	Horizontal velocity fraction	$w_y = v_y / v_M$
$w_z$	WZ	Vertical velocity fraction	$w_z = v_z / v_M$
$w_r$	WR	Radial velocity fraction	$w_r = v_r / v_M$
$w_t$	WT	Tangential velocity fraction	$w_t = v_t / v_M$
$B_H$	BH	Flow direction on horizontal plane [deg.]	
$B_V$	BV	Flow direction on vertical plane [deg.]	

Remarks; Suffix M for model ship

S for actual ship