

肥厚船の抵抗・推進性能に関する研究の展望

第200研究部会 第6分科会

昭和56年3月

社団法人
日本造船研究協会

はしがき

本報告書は、日本船舶振興会昭和55年度補助事業「船舶設計資料の作成に関する調査研究」の一部として日本造船研究協会第200研究部会第6分科会において実施した「肥厚船の推進性能に関する研究のとりまとめ」の成果をとりまとめたものである。

第200研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	寺沢一雄（大阪大学）	
委員	秋田好雄（日本海事協会）	大江卓二（日本造船技術センター）
	石井正夫（住友重機械工業）	金沢武（東京大学）
	川上益男（広島大学）	松岡史香（佐世保重工業）
	高橋久雄（石川島播磨重工業）	酒井利夫（日立造船）
	赤津誠章（三菱重工業）	伊藤剛平（日本造船工業会）
	仁瓶廉三（川崎重工業）	渡辺虎年（日本鋼管）
	浜野和夫（三井造船）	藤田譲（東京大学）
	高橋幸伯（東京大学）	元良誠三（東京大学）
	真能創（防衛大学校）	八木順吉（大阪大学）
	山越道郎（九州大学）	山本善之（東京大学）
	佐伯宗治（船舶技術研究所）	岡田弘昭（佐野安船渠）
	田添英士（大阪造船所）	石井信夫（日本郵船）
	磯貝信（三保造船所）	飯田治男（昭和海運）
	三島尚三（名村造船所）	福田淳一（九州大学）
	乾崇夫（東京大学）	矢崎敦生（日本造船振興財団）
	横尾幸一（日本造船技術センター）	

第200研究部会第6分科会委員名簿（敬称略、順不同）

分科会長	矢崎敦生（日本造船振興財団）	
幹事	田中一朗（大阪大学）	
委員	田古里哲夫（東京大学）	仲渡道夫（広島大学）
	田中拓（船舶技術研究所）	田村欣也（三菱重工業）
	並松正明（石川島播磨重工業）	須藤彰一（明石船型研究所）

目 次

1. 緒 言.....	1
2. 船舶技術研究所を中心とした肥大船推進性能共同研究の経緯.....	9
2.1 運輸技術研究所時代.....	9
2.2 船型に関する共同研究会（船型研究会）.....	10
2.3 船舶技術研究所時代.....	11
2.4 おわりに.....	12
3. 日本造船研究協会における肥大船の推進性能関係研究の経緯.....	15
3.1 超大型船の運航性能に関する研究（SR41）及び高経済性船舶の運航性能に関する研究（SR61）.....	15
3.1.1 普通型船首船型（関連シリーズも含む）に関する研究.....	15
3.1.2 Bulbous Bow 船型の研究.....	26
3.2 巨大船の運航性能に関する実験的研究（SR98）.....	35
3.2.1 緒 言.....	35
3.2.2 母型船型の選定.....	35
3.2.3 SR98 研究部会の特色.....	36
3.2.4 SR98 研究部会の実施内容と成果概要.....	36
3.2.5 肥大船型の水槽試験結果の整理.....	44
3.2.6 結 言.....	45
3.3 船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究（SR107）.....	49
3.3.1 緒 言.....	49
3.3.2 対水速度計測の研究.....	50
3.3.3 馬力推定の研究.....	51
3.3.4 おわりに.....	53
3.4 新経済船型開発のための船尾まわりの流場に関する研究（SR159）.....	59
3.4.1 まえがき.....	59
3.4.2 実験した模型船.....	59
3.4.3 実験項目及び不安定現象発生の有無.....	60
3.4.4 不安定現象発生機構.....	61
3.4.5 船型と不安定現象.....	62
3.4.6 尺度影響.....	62
3.4.7 結 言.....	62
3.5 SR41、SR61、SR98で実施された標準試運転（実船と模型船の相関）.....	86
3.5.1 標準試運転の実施	86
3.5.2 標準試運転施行要領.....	86
3.5.3 供 試 船.....	86
3.5.4 試運転成績解析結果.....	87
4. 肥大船の推進性能関係文献の調査.....	104
5. 結 言.....	128

1. 緒 言

本研究委員会第6分科会においては、従来、日本造船研究協会で実施された大型肥大船型に関する推進性能の研究、すなわち、SR41、SR61、SR98、SR107、SR159の研究をレビューし、相互の関連を明らかにするとともに、各研究部会の時代的背景と特色を指摘することによって、これらの研究成果を、造船所の設計において、また試験研究機関において利用する際に、より効果的に活用されるような資料を用意することを目的として、各種の調査、分析を行った。

SR41からSR159に至る研究成果が、船舶の大型肥大化の時代の始めからその一時的な終焉まで、我が国造船界に貢献した点は、関係者のひとしく認めるところであり、特に近年における高経済巨大船型の開発に果した役割は大きいものがある。現在でも、大型肥大船または中型肥大船について、「SR船型」という呼称が造船界において使われているが、これは、前記の研究部会を通じて、開発され、広く実船にも採用されて、多くの実績を有する優良な船型であるとされている。

また、前記の各研究部会が持たれた期間は、船型学が理論船型学の場から実用船型学を含んだ広い船型学へと止揚した時代でもあった。この影響を受けて、当初は船型に関する系統的模型試験を主たる研究内容としていた研究部会(SR41、SR61)は、系統的試験のはかに船首尾形状の開発に船型学的考察を取り入れるようになり(SR98)、やがては系統的試験というよりは、大型肥大船について、対水速度の計測法、抵抗成分分離、伴流の尺度影響(SR107)や船尾流場の不安定現象(SR159)等のような基礎的かつ共通的問題が主題として取りあげられるようになった。従って、これらの研究部会の研究内容を調査することによって、我が国の船型学の船型性能面における発達の過程の一面を知ることができる。

さらに、これらの研究部会を通じて、実船の推進性能の資料が、主として速力試運転データを基に数多く収集され、解析されたことも特色の一つである。これにより、大型肥大船の推進性能上の尺度影響がかなり明らかとなり、船型設計時における実船馬力の推定やプロペラ設計を容易にすることができたとともに、いわゆる高経済船型の開発にも大きく寄与した。

本報告では、このような特色を有する前記研究部会の各研究報告書を利用する際の理解を助け、また、より効果的な活用を願って、次のような内容を盛ることにした。

すなわち、まず「肥大船の推進性能関係研究成果の調査」として、日本造船研究協会とは別個に、国の研究機関として、船舶技術研究所が、また公共の船型試験機関として、日本造船技術センターが、その自主研究、受託試験を通じて果してきた役割について触るとともに、日本造船研究協会における肥大船の推進性能関係研究の経緯を、前記の研究部会毎に調査した。ここでは、各研究部会の相互の関連、研究対象とした船型選定のいきさつや研究成果の概要が述べられている。実船と模型船の相関に関する研究については、やや詳細にレビューした。

つぎに「肥大船の推進性能関係文献の調査」においては、前記研究部会開催中の約20年間に、主として、国内において発表された文献を調査した。これによって、各研究部会報告書の位置づけが判り、またその理解を助けるであろう。

本報告の扱った研究部会の開催年度を下記に示す。

SR41	昭和33、34、35年度
SR61	昭和38、39年度
SR98	昭和41、42、43年度
SR107	昭和44、45、46年度
SR159	昭和50、51、52、53年度

表1-1に示したものは、前記の諸SRが実施された期間における船舶の推進に関する事項やイベント等を年代的に整理したものである。本表によても、過去20年余りの大型肥大船の推進性能面における進歩

と研究者、技術者の格闘の跡を辿ることができるであろう。

最後に、この S R 2 0 0 第 6 分科会は、昭和 5 4 年度に、笠島秀雄氏を分科会長として発足したが、昭和 5 4 年 1 1 月、同分科会長は病を得て逝去されたので、その後を矢崎敦生氏が引継いでとりまとめに当ったことを付記する。

表 1-1 我が國の大型船大船推進性能開発の歩み(昭和 29 年～55 年)

年度	関連研 S R、R R No. 及び 内 容	船研、造技セの共同研究内容	関連施設整備	関連シンポジュ ム等 (関連ニユース)	年間進水量 (千GT) (対世界シェア%)	建造船代表 例 (DW)	関連文献代表例
29 以前	運研「運研シンカーシリーズ」 昭和 29 年 (UT シリーズ) 」 から DW : 3 万トン程度 L : 190 m "	昭和 28 年 MHI 大水槽復旧					昭和 26 年 L.Troost; Open Water Tests Series with Modern Propeller Forms 昭和 29 年 Hughes,G; Friction and Form Resistance in Turbulent Flow
30						828 (15.6) 56,089 t	シンクレア・ ペトロール 56,089 t
31				(第 1 次輸出船 ブーム)		1,746 (26.2) 85,515 t	ユニバース・ リーダー
32				(スエズ動互)		2,432 (28.6)	F.H.Todd; The Effect Upon Resistance and Power of Variation in Ship Proportions
33 S R 41	「超大型船の運航性」 DW : 4 ～ 5 万トン程度 L : 220 m 程度	防衛庁黒水槽 日				20,66 (22.3)	

年度	関連造研 S R, RR No. 及び 内 容	船研、造船セの共同研究内容	関連施設整備	関連シンポジュ ム等 (関連ニュース)	年間進水量 (千GT) (対世界シェア%)	建造船代表 例 (DW)	関連文献代表例
34				#1 試験水槽シ ンボジューム	1,722 (1.97)	ユニバース・ アポロ 114,356 t	
35	35/8	MHI キャビテー ション水槽	MHI キャビテー ション水槽合併	(石川島重工。 播磨造船合併)	1,731 (2.07)		
36	MPC (マンモス・タンカー推進研 究会) 運研、造船2社			海洋波と船舶に 関するシンボジ ューム	1,799 (2.27)		矢崎; A U型プロペラ設計 法の研究
37					2,183 (2.61)	日章丸 132,334 t	乾; Wave-making resistance of ships
38	S R 61 「高経済性船舶の運航性 能」 DW: 7 ~ 8 万トン程度 L: 240 m程度			船研究発足 (第2次輸出船 ブーム) (海運業再建整 備法施行)	2,367 (2.77)		
39		B S (ハルフ付肥大船研究 会) 船研、造船5社		○ IHI 水槽 ○ 三井造、千葉工場 ○ IHI、横浜工場	4,085 (3.98)		○ 土田他; 普通型船首を有 する大型肥大船型の系統 的模型実験 ○ Hess & Smith; Calculat ion of Non-lifting Potential Flow about Arbitrary Three - Dimensional Bodies

年度	関連造研 S R、R R No. 及び 内 容	船研、造抜セの共同研究内容	関連施設整備	関連シンポジューム等 (関連ニュース)	年間進水量 (T-GT) (対世界シェア%)	建造船代表 例 (DW)	関連文献代表例
40	F T C (肥大臣カ一研究会) 船研、造船 5社後に 7社	日立埠工場			5.363 (4.39)	東京丸 151.258t	
41	S R 98 S R 302 「巨大船の運航 「巨大船の既 性能」 DW: 20万トン程度 L : 300m程度	船研 400m水槽	#11 I T T C 東京	6,685 (4.67)	出光丸 209.413t		○谷口他; 船型可分原理に よる肥大船型の新設計法 ○笛島他; 肥大船の洋流分 布
42	S R 304 「50万トン タンカー式 設計」		○N K K、津工場 ○川重、坂出工場 ○九大水槽延長 ○広大水槽	○#1 船用プロ ペラシンポジウム ○造技セ発足 (スエズ運河閉 鎖) (三井造船、藤 永田造船合併)	7,497 (4.75)		別所; 脇骨線に関する考察
43				○#1 抵抗推進 シンポジウム (I H I、吳造 船合併)	8,583 (5.08)	ユニバース ド・アイラン ド 326,000t	田古里他; 肥大船尾ビル ジ渦に関する実験的研究
44	S R 107 R R 1 R R 2 「船舶の速 度計測及び 馬力推定法 の精度向上」 の整備	L I T A C 「ライナー・タンカー 研究会」 船研、抜セ、東大、造船 7社	#1 耐航性シン ポジウム (浦賀重工、住 友機械合併)	9,303 (4.82)			○馬場; A New Component of Viscous Resistance of Ships. ○渡辺; 肥大船の自航試験 に現われる不安定現象に

年度	関連造研 S R、R R No.、及び 内 容	船研、造技セの共同研究内容	関連施設整備	関連シンポジュ ウム等 (関連ニ ュース)	年間進水量 (t-GT) (対世界シェア%)	建造船代表 例 (DW)	関連文献代表例
	DW: 16 万トン						ついで
45				○ I H I 水槽延長 ○ 阪大水槽 (吹田)	104.76 (4.8.3)	ダクト・プロペラ特性解 析法に関する研究 一、ゴラール ・ニチュー	菅井; 船用プロペラ特性解 析法に関する研究
46				#2 船用プロペ ラシンポジウム	11.9.92 (4.8.2)	日石丸 372,698t	波多野他; 三次元境界層 論による船の摩擦抵抗の計 算
47		PRC「推進性能研究会」 船研、技セ、造船 7 社		○ M H I 香焼工場 ○ 住重、追浜工場	12.8.66 (4.8.2)		
48		LSP「模型船自航試験不安 定現象と船尾形状研究会」 技セ、造船 3 社		○ 明石船型研水槽 ○ I H I 知多工場 ○ ICCAS 東京 (第 1 次石油シ ョック)	15.6.73 (4.9.8)	○ クロティク・ トキヨー 483,664t ○ 原子力船 「むつ」 2,973t	
49				○ 技セ、キャビテ ーション水槽 ○ 日立、有明工場	17.6.09 (5.0.9)		
50	S R 159 「新経済船型開発のた めの船尾まわりの流場研究」			○ 船研大型キャビテ ーション水槽	17.9.87 (5.0.1)	日精丸 484,377t	○ 田中一他; 3 次元境界層 の第 1 次近似理論とその

年度	関連造研 S R、R R No. 及び 内 容	船研、造技セの共同研究内容	関連施設整備	関連シンポジュ ウム等 (関連ニュース)	年間造水量 (t-GT) (対世界シェア%)	建造船代表 例 (DW)	関連文献代表例
5.1			横浜国大水槽		1,431.0 (4.6.1)		応用 ○中武他; 肥大型自航試験 の理論的取扱い、
5.2	S R 174 「馬力節減を目的 とした1軸中型船の船尾形 の開発」 DW : 4 ~ 6 万トン程度 L : 210 m程度	N K津試験水槽	○#2 耐航性シ ンボジウム ○PRADS'東京 ○ISFV'東京	9.94.3 (4.11)	エッソ・アト ランティック 508,731t		
5.3		三井造、昭島試験 水槽	国際船用機関 (ISME) シンボ ジウム東京	4.9.2.1 (3.1.9)			
5.4	S R 200-6 「肥厚船の 推進性能に関する研究の とりまとめ」	船研、技セ 造船6社	○IHI新キャビ テーション水槽 ○住重、平塚試験 水槽	4.3.1.7 (3.6.6)	船型設計のため の抵抗推進理論 シンボジウム (第2次石油シ ョック)		
5.5	S R 200-10 「S R 174 研究成 果のとりまとめ」	東大キャビテーション水槽	#13 ONRシ ンボジウム東京			シーウィズ チャイアント 564,763t	

- 註 1) 年間進水量、同シェアは、その年間ににおける値である。
2) 関連施設、シンボジウム、ニュース、建造船、文献等の抽出は、本表作成者の私見も含まれている点に注意。
3) 本報告書で扱っているのは S R 1 5 9 までである。

2. 船舶技術研究所を中心とした肥大船推進性能共同研究の経緯

2.1 運輸技術研究所時代

船舶技術研究所の前身である運輸技術研究所（運研）は、昭和25年4月に各所研究機関を統合して設立されたものであるが、この時、昭和2年以來存続した運輸省船舶試験所（第1部）の目白水槽は、運輸技術研究所の船舶推進部となった。

目白水槽は、当時の唯一の公共大型船型試験水槽として、各造船所、団体から依頼された船型試験、受託試験などの業務を行い、一部で船型試験と関連のある基礎的研究を行っていた。

大型タンカーの研究も当初は日常活動の中で芽ばえたものであるが、記録を調べると、昭和25年度に船型試験を行った日立造船の松島丸（12,000GT）が運研における最初の大型タンカーとして記るされている。当時、タンカーには、すでに大型になるきざしがあって、昭和26年度には川重の「超大型単螺旋油槽船の船型に関する研究」が受託試験として実施され、昭和27年度には日立造船からも類似の研究依頼が出ており、さらに播磨造船で建造された祐邦丸（18,200GT）の船型試験もこの年に行われている。また外ではN.B.C.呉造船所で8万DWTのタンカーが建造されるなど、タンカーの大型化は必至の情勢にあった。

しかし、肥大型タンカーボードの研究の将来に大きな影響を与える、今日の肥大船船型の源流の一つとなつたものは、昭和29年に三井造船の受託試験「単螺旋大型油槽船の肥大船型についての水槽試験」とこれに続く「単螺旋大型油槽船々幅の推進性能に及ぼす影響」（昭和31年度、三井造船）であったと考えられる。当時造船研究協会では、超大型船に関する研究の気運が高く、構造、工作法に関連した研究が先行していたが、昭和33年度からは船型に関する研究（SR41）の実施が決定されていた。このSR41の研究計画は、先の運研、三井の受託研究の成果がベースとなり、これを延長した形ですすめられた。さらにその後に続いたSR61もSR41と関連づけて計画され、SR61の母船型は後のSR159の原型となっている。この一連のシリーズ船型の最初の母型であった運研のM.S.NO.988（SR41ではM.S.NO.1321）模型船は、わが国の肥大型の発達の中で歴史的な役割をはたしたと考えられる。さらにSR41シリーズの不足を補う目的で運研は、日立造船と別のシリーズを作り、さらに三井造船、川重との共同のシリーズも作られた。この結果、運研が担当したSR41および関連した前後の模型船の総数は35隻（UTシリーズ）となつたが、この辺りの事情についてはSR41の説明（3.1.1項）の中で解説されるのでここでは重複を避けることにするが、シリーズの総合成果については2.2船型研究会の末尾の参考文献表、(1)に報告されている。

先に述べたように、目白水槽は（昭和33年に再建された防衛庁第1研究所の目黒水槽を除き）公共的立場にある唯一の大型水槽だったので、各造船所の要望が中心で種々の研究が続けられていた。その一つとして、昭和36年4月に設立され昭和39年度まで活動を継続したMPC（Manmoth Tanker Propulsion Research Committee）の研究には特筆すべきものがあった。MPCは、佐世保および石橋が運研（昭和38年以降船舶技術研究所）と共同研究の形で実施され、委員として参加された阪大（故）笹島教授、広大仲渡助教授（当時）の指導のもとに、主として模型船と超大型船の推進性能のscale effectについて研究したものである。MPCで研究の対象となった船舶は、亜細亜丸（48,000DWT）、日章丸（13,000DWT）、利根川丸（73,000DWT）など、昭和36～39年を代表する当時の超大型船であった。

昭和37年頃からいわゆる造船ブームが定着して、タンカーの大型化も一層促進された。このため、大型水槽の利用も一段と活発になったが、石橋水槽（延長工事前）および船研400m水槽（三鷹第2船舶試験水槽）が完成する昭和41年頃まで目白水槽の立場は変らず繁忙を極めた。特にSR61の頃から肥大船にも船首バルブの有効性が見とめられ、バルブ付タンカーの試験の要望が集中した。

運輸技術研究所船舶推進部は、昭和38年4月に改組されて、船舶技術研究所船型試験部（目白支所）と推進性能部（三鷹）に別れた。これによって、従来の外部依頼、依託業務は船型試験部が引き継ぎ、新たに400m水槽に適した試験および共同研究手続きによるものは推進性能部で実施する体制がとられ、昭和41年10月に400m水槽の建設によってこのシステムが完成した。

2.2 船型に関する共同研究会（船型研究会）

先に述べたように、造船ブームに伴って多数の船型試験の依頼が集中したので、同系統の船型をシリーズ化して研究の効果を上げることが提案され、昭和39年以降船型研究会が組織され今日まで継続されている。船型研究会は、船舶技術研究所（船研）、日本造船技術センター（造技セ）等における肥大船型研究の中でも最も特色のあるものである。これは三菱重工を除く大手造船所が肥大船型（高速船型についても同様な組織がある）について共同研究を計画し、その中の幹事会社が船研と受託研究契約を結んで研究を依託する方式がとられている。この研究会は、当初、試験水槽を持たない造船所の大型水槽の共同利用の効率化を意図したものであったため、自社水槽を持つ三菱重工は独自の研究活動を行い、本研究会には参加していない。

船型研究会は、時折の事情に応じて内容と名称を変えて来たが、その経緯と研究の概要を以下に述べる。

(1) F T C およびその以前

昭和39年、運研は肥大船型について研究要望の多い大手5社（石播、浦賀、川重、呉、日鋼）の計画をまとめて一つの船型試験シリーズを構成し、この計画をB S 6 0 8 0 ($L/B = 6.0, C_B = 0.80$) のバルブ付船型シリーズ・テストと称した。さらに昭和40年にB S 6 5 8 2 を実施し、新たに三井造船の参加を得て研究会の名をF T C (Full Tanker Committee)とした。その後、昭和43年に日立造船、佐世保が参加したが、同年に石播と呉が合併したので参加会社は7社となった。

(2) L I T A C

F T Cとはほぼ同時期に、高速船型に関する船型研究会L C (Liner Committee)があり、昭和40年に石播、浦賀、呉、藤永田の4社で始ったが、昭和43年にはF T Cと同じ7社の共同研究会となった。

また同43年には、船型研究会の中心であった目白水槽が日本造船技術センターとなつたが、造船業界からも船型開発力の強化の要望もあり、船研および東大にも試験研究を依頼することとなつた。このよう拡大した船型研究会の運営効率をよくするために、昭和44年からF T CとL Cをまとめることになり名称をL I T A C (Liner Tanker Committee)とした。

(3) P R C

L I T A Cは、昭和44、45年に活動し多くの成果を残したが、その間に船型開発の主な対象であった、タンカーは50万DWTが計画される程になり高速ライナーもコンテナ船を中心に超高速化していく。また船型開発に関する理論も進歩して、特に造波抵抗理論を応用した船型計画法の実用化が広まつた。

この様な状況の中で、L I T A Cは船型開発を実験を中心とするグループと理論計算を中心とするグループに分れることとなり、前者をP R C (Propulsion Research Committee) 後者をL I N E C (Lines Committee)と名付けた。P R Cは、昭和54年に佐世保が脱会したので、現在は石播、住重、川重、日鋼、三井造船、日立造船の6社で共同研究を行い、船研および造技セに依託研究している。

(4) 研究内容

船型研究会は、上記のように時代の要求に応じて名称および運営の方法を変えたが、研究の内容も変化した。F T Cの頃は、「バルブ付肥大船型」の研究が主要なテーマで、当時のS R 4 1、S R 6 1が普通型船首を中心とした船型設計資料であったので、この不足を補った。このほか、主要寸法、船首形状が推進性能に及ぼす影響ばかりでなく船尾形状についての調査も行われた。

L I T A Cの時代には、船舶の大型化に即応し経済性の向上を目指して L/B の小さい「寸づまり肥大船

型」に対する調査が F T C に統いて行われた。また満載状態ばかりでなくバラスト状態の性能についても研究された。さらに 2 軸肥大船型の船尾形状や主要寸法についても検討された。

P R C の時代に入ると、それまで使っていた“肥大船”を“巨大船”と改め、超大型タンカーのための推進性能上の問題点の解明や船型改良の検討が行われた。

また昭和 48 年頃から幅広浅喫水船にはじまる中速船の研究が上記の巨大船に並行して実施された。さらにその後、研究の範囲が拡大して、2 軸船、3 軸船、オーバラッププロペラ、2 重反転プロペラ、ダクトテッドプロペラの推進法の研究、舵形状、尺度影響、船型試験法、キャビテーション試験、波浪中性試験等に及んだ。

これらの研究に要した模型船数は、約 280 隻（昭和 52 年度研究分までで、高速船型を除く）で、ほとんど船研（400 m 水槽）および造技セで実施された。表 2-1 に主な研究の表題と期間を示した。また同表中には、肥大船型だけでなく中速船型および関連の深い高速船型の研究の表題も参考として示した。

なお同表中の一部は、この船型研究会が直接実施したものではなく、途中参加の造船所が研究会に提出した交換資料の分も含んでいる。本研究会で得られたデータは、一般には公開されていない。しかし研究内容の一部は船研講演会等で逐次報告されており、さらにまとめたものが次の船舶技術研究所報告（船報）に記載されている。

- (1) 普通型船首を有する大型肥大船型に関する系統的模型試験 土田 陽他、船報 1 卷 6 号 (1964)
(UT シリーズ 報告)
- (2) バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 横尾幸一他、船報 4 卷 5 号 (1967)
(BS 6080、BS 6582 報告)
- (3) バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 (第 2 報) 横尾幸一他、船報 6 卷 2 号 (1969)
(F T C 報告)
- (4) バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 — 2 軸船の尺度影響および船尾形状に関する研究 —
横尾幸一他、船報 8 卷 2 号 (1971)
(F T C 報告)
- (5) バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 — 2 軸船の主要寸法比が推進性能におよぼす影響 —
横尾幸一他、船報 11 卷 2 号 (1974)
(F T C、L I T A C、P R C 報告)
- (6) プロペラの回転方向変化が推進性能におよぼす影響について 横尾幸一他、船報 11 卷 3 号
(1974) (L I T A C 報告)
- (7) 推進法の差異が推進性能におよぼす影響について その 1 ; 1 軸、2 軸およびオーバーラッピング・
プロペラの比較 川上善郎、船報 14 卷 2 号 (1977)
(P R C 報告)
- (8) 推進法の差異が推進性能におよぼす影響について その 2 ; ダクトテッド・プロペラ、3 軸プロペラお
よびコントラローティング・プロペラの比較 川上善郎他、船報 16 卷 2 号 (1979)
(P R C 報告)

2.3 船舶技術研究所時代

昭和 43 年 4 月、船研の船型試験部は、日本造船技術センターとして独立し、自白水槽を大改修して近代化した。このため船研の職掌の中には依頼船型試験業務はなくなったが、400 m 試験水槽、中型試験水槽（昭和 46 年完成）および大型キャビテーション水槽（昭和 50 年完成）など船研施設による研究が適当な課題については、船研でも受託または共同研究が行われており、造船研究協会との共同研究もこの例に該当

する。

S R 6 1 以後の造研における肥大船型研究は、S R 9 8、1 0 7 および 1 5 9 と進んだ。この中で日立および三鷹の試験水槽が担当した課題については、3.2 節以後で述べるが、そこに共通した事項をあげると、造船技術センターは、中立の立場の中で多くの情報が集中していることを利用して、例えば供試模型線図の作成を担当した。一方、船研は大型タンカーの研究において大型模型船による計測資料が渴望されていたので、4 0 0 m 水槽を用いてその能力を十分に發揮した。

船舶技術研究所に改組されて以来重要性を増して来た自主研究（船研予算による研究）は、昭和4 0 年代後半に入ると次第にその内容が変化してきた。それは、造船技術センターとの分業体制が明確になり、外部でも石播水槽の延長工事（昭和4 5 年）、明石船型研究所（昭和4 8 年）、日鋼津研究所（昭和5 2 年）の各大水槽が完成して、主要造船所が自社の水槽を利用して研究するようになったことが、一つの原因である。しかしより大きな原因として、大型水槽の使用目的が多岐にわたるようになり、大型水槽が抵抗、自航試験を中心とした船型試験用水槽でなくなったことにもあると思われる。

大型肥大船の研究で、F T C ~ P R C と関連して船研が重視した研究は、昭和4 2 年度までが1 軸船で、それ以後は2 軸船を対象にしたものが多い。想定した実船は、1 軸船では長さ 2 4 0 m、C B = 0.8 ~ 0.8 2、1 2 0 0 0 0 DWT クラスを、2 軸船では長さ 3 6 0 m、C B = 0.8 4、4 5 0 0 0 0 DWT クラスの船型である。これらの研究を通して、船首バルブの最適な大きさ、形状、最適浮心位置、回転方向の影響などについて研究成果を発表して来た。

昭和4 1 年度から4 4 年度まで、特別研究として「巨大船の船型に関する研究」が実施された。この研究の主目的は、船尾形状と推進性能の関係および大型肥大船型の推進性能における尺度影響を調べることになり、後者については2 4 5 m の実船に対して 8 m、1 2 m および 1 4 . 5 m の模型船の試験が行われた。1 4 . 5 m 模型船は排水量が 2 4 . 9 トンあり、4 0 0 m 水槽最大の模型船となった（川重、佐世保共同研究）。

肥大船型の主要目比、船首バルブと推進性能の関係の資料が整ってくると、船型の問題は船尾に集中していく。当初は、船尾形状と抵抗および自航要素の関係が調べられたが、昭和4 2 年から船尾振動の問題が重要な課題となった。船尾振動の理論的な構成が明確になってくると、bearing force は propeller 理論の応用に、surface force は cavitation 現象の研究と結びついて解決の方向へ向った。研究の成果は、タンカーの防振などに関連して役立てており、S R 1 4 2、1 4 4 および 1 8 3 の研究にも応用している。

肥大船の船尾船型と推進性能の関係は、多くの研究者の注目を集めて1 0 年以上たった今日でもなお船舶流体力学の中心課題の一つである。船研がこの分野で行った共同研究に、実船の伴流計測がある。これは昭和4 5 年に佐世保の長さ 1 6 7 m のチップ運搬船について、プロペラ直前の伴流を計測したもので、実船の伴流分布を計測したものとしては最初のものである。この計測の経験は、昭和4 6 年に実施された S R 1 0 7 の実船の伴流計測にも役立った。

昭和3 9 年頃、8 万 DWT クラスの肥大船の一部に著しく不安定な推進性能をもつ船型があることが三菱水槽等で発見された。この現象は、タンカー等の大型化、超肥大化の影で一部の研究者以外では関心が薄れていた所、オイルショック以後に再び多数の中型タンカーが建造されるに及んで、船型研究者はかっての不可思議な現象に直面することになった。この研究の経緯については、S R 1 5 9 研究部会の報告で述べられるが、船研でも、大型模型による不安定現象の計測、船尾の肥大度と不安定現象の解明などに寄与した。この問題はまだ完全な解決に達しないが、この研究を契機として、船尾流れを扱う研究が著しく進歩した。

2.4 おわりに

運研、船研および造技セは、わが国における代表的な公共用船型試験水槽として、タンカー等の大型化に伴う肥大船型の開発に寄与して来た。これらの研究、開発の中には、(A)複数の造船所と共同で実施されたも

の（造研の研究部会、船型研究会を含む）、(B)特定の造船所の要望によるもの、(C)水槽の自主研究として実施されたもの、などがあるが、本項では主として(A)のカテゴリーに属するものについて歴史的な経緯を中心に説明した。この間の状況を総括したものとして、表1-1「大型肥大船推進性能開発の歩み」を参照して頂ければ全体の流れが明確になると思われる。

表2-1 FTC、LITAC、PRC等の主な研究項目

研 究 項 目	実 施 期 間			
	40年	45年	50年	55年
<u>肥大船型関係</u>	BS 6080	FTC LITAC		PRC (巨大船)
主要目 (L/B , B/d , C_B , ℓ_{CB} , P.L., B.C.)	●			
船首形状 (バルブ、 C_p カーブ、F.L.)	●	●		
船尾形状 (F.L., C_p カーブ)		●●		
2軸船型 (主要目、船尾形状、尺度影響)		●●		
3軸船型 (船尾形状)				
オーバーラッププロペラ & 2重反転プロペラ				
ダクトeddプロペラ				
舵形状				
バラスト状態				
船型試験法 & 自航性能のデータ整理等				
キャビテーション				
<u>中速船及び高速船関係</u>	ライナー 56シリーズ	LC LITAC		PRC
主要目 (C_B , L/B , B/d , C_m , ℓ_{CB} , T.K.M.)		●		
船首形状 (C_p カーブ、バルブ、F.L.)	●	●		
船尾形状 (スターンバルブ)		●		
2軸船型 (船尾形状、回転方向、主要目等)				
3軸船型				
キャビテーション & プロペラ設計法				
尺度影響 & 波浪中性能				
抵抗・自航性能のデータの整理				
略語と記号) P.L.: 中央平行部長さ、B.C.: ビルジサークル、F.L.: フレームライン				
――: 研究実施期間、●: 中途参加会社の資料				

3. 日本造船研究協会における肥大船の推進性能関係研究の経緯

3.1 超大型船の運航性能に関する研究 (SR41) 及び高経済性船舶の運航性能に関する研究 (SR61)

3.1.1 普通型船首船型(関連シリーズも含む)に関する研究

(1) 緒言

日本造船研究協会が、研究対象としてはじめて大型油槽船船型をとりあげたのは SR41 であるが、それ以前から、旧運輸技術研究所に於ては、後に運研タンカーシリーズ (UT シリーズ) と呼ばれるようになった広範囲な大型油槽船船型の系統的研究に着手していた(昭29～33)。SR41(昭33～35)はこの UT シリーズを継承し発展したものであるが、更に HT-MK シリーズ、SR61 に継承されて、海運・造船業界に大型バルバスパウ船型が定着するまでの約10年間に、一つの母型から発する同一系列の模型で、総計76隻に達する大シリーズが構成された。しかし実船に於ける普通型船首船型の消滅に伴って、このシリーズも SR61(昭38～41)で完結した。引き続き SR98 が発足したが、この部会は大型バルバスパウ船型を対象とし、かつ研究の眼目が所謂網の目を構成するシリーズテストよりも、肥大船特有の船首船尾の現象に向けられる傾向を示し始めた。この傾向は SR107 にはっきりと現われ、更に SR159 に発展するわけである。

大型肥大船といえばバルバスパウ船型が常識となってしまった今日、上記シリーズは疎かにされがちであるが、これだけの範囲にわたって一貫したシリーズは世界でも数少ないもので、当時としては大いに効用を發揮したものである。このまま時代の流れとともに忘れ去られてしまう懼れもあるので、ここに当時を回顧しつつシリーズ構成の背景や経緯を記録し、同資料の今後の活用の一助となることを期待するものである。

(2) タンカーシリーズ構成の経緯とその背景

イ) UT シリーズ(昭29～33)

昭和24年、戦後はじめて外航船の建造が許可されて、日本の造船海運界も本格的な復興の緒を擱んだわけであるが、世界的にも戦争の荒廃から全般的な復興を見せ始め、それに伴って石油需要の増大を招いたようである。こうして昭和26～28年にわたり、国内船の整備⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾とともに輸出用油槽船も盛んに(今から云えば微々たるものであるが)造られるようになつた。⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

戦前のわが国の油槽船は、有事の際は艦隊に随伴して行動する義務を負っていたので、 $C_B = 0.75 \sim 0.76$ 程度で比較的高速のものが多かった。上記の油槽船も $L_s = 160 \sim 180\text{ m}$ 、載貨重量2万トン(以下 DW20型と略記)前後の標準タンカーが中心であったが、その設計思想は、恐らく戦前の在来船の影響を免れていないのではないだろうか。長さの割に高速で、満載状態で 17 kt 程度を計画していたようである。従って、 $C_B \leq 0.78$ L/B は 7.5 前後ないしそれ以上が普通であった。このような背景のもとに、油槽船の或程度の大型化を見越して計画されたのが UT シリーズである。実際にこの時期でも、国内船では祐邦丸⁽⁷⁾、輸出船では STANVAC JAPAN⁽⁸⁾、PATRICIA⁽⁹⁾等の26～28型が既に出現し、タンカー大型化の兆しを見せ始めていた。

注) (1)(2)……は表 3.1.1-1 に示す船名の参照番号。雑誌船舶、船の科学の新造船紹介、或は関西造船協会誌の新造船要目表から具体例として抽出した。

UT シリーズの誕生した経緯は第2章に、シリーズの内容の詳細は文献[1]に記されているが、この様な背景から推察すると、UT シリーズはタンカー船型の大型化に対応するため、当時の超大型船の趨勢(前記26～28型の実績(参照)から在来船の範囲を出たと思われる $L/B = 7.34$ 、 B/d

= 2.46 に母型を設定して、まず肥大度の実用限界を探る意味で C_B シリーズを構成し、またこれと関連づけて、恐らく当時としては限界を超えると考えられていた $C_B = 0.80$ 及び 0.82 の2点での $L/B - B/d$ 組合せシリーズ（排水量一定）や、 $B - C_B$ 組合せシリーズ（排水量及び d 一定）が組まれて、実用的設計資料とすることを意図したものであろう。実際の線図は当時の目白水槽資料による代表的船型が設計されたものと推察されるが、更に将来の線図設計資料として ℓ_{CB} シリーズやフレームラインシリーズも計画されていた。しかしその後 ℓ_{CB} シリーズの一部とフレームラインシリーズは SR 41 に吸収された。こうして、UT シリーズは $L_s = 190\text{ m}$ 、DW 32 型程度の実船を想定していた。

ロ) SR 41 シリーズ（昭33～35）

造船業界では、昭和29～30年の一時的な落込みはあったが、昭和30年代に入って、所謂第1次造船ブームと云われた時期には、新造される油槽船の中心は一挙に DW 33～48 型に飛躍し、いわゆる Super Tanker が30年代前半の主流を占めるようになった^{10～15}。設計者としてははじめて手掛ける大型船であり、当然主要目的選定や Powering のための資料不足に困惑することになったが、それを補う目的で、はじめて Taylor Chart 的な網の目の構成を目指したのが SR 41 である。従って SR 41 では、想定実船も $L_s = 220\text{ m}$ 、DW 50 型程度のものとなっている。

SR 41 シリーズは、UT シリーズの中の C_B シリーズを横の軸に、 $C_B = 0.80$ 及び $C_B = 0.82$ の2点に於ける V/L^3 シリーズ（後に云う L/B シリーズ）を縦の軸として構成された。当時の実船実績を見ると、 C_B の値はやはり 0.78 付近を中心に計画されていて、0.8 を一つの限界と見ていた感がある。しかし SR 41 は UT シリーズの結果も踏まえて、 $C_B = 0.82$ に母型の一つを持って来た所に大きな意義がある。なお UT - C_B シリーズは、模型船の急激な肥大化と運研目白水槽（当時）に於ける曳引車の衰耗とがからんで、実験は困難を極めたようで、実験点のはらつきは非常に大きかったが、SR 41 の際にはあらためて C_B シリーズの模型船を新造して、再試験が実施されている。

UT シリーズを継承して、SR 41 母型の L/B 及び B/d の値は自ら定まるが、問題は V/L^3 シリーズの構成である。 L/B の実用値を見ると、昭和30年代前半建造の Super Tanker では $L/B = 7.0 \sim 7.4$ 程度が普通であったが、僅かに 7.0 を超える例も現われていた。しかし更に船型の大型化を予測すると、船台やドックの幅制限から L/B の値が再び大きい方に向う懸念もあったので、上限として $L/B = 7.6$ がとられた。結局 $L/B = 7.34$ に母型を置き、 $L/B = 7.0 \sim 7.6$ の範囲に網の目を作るシリーズが構成されたが、これは当時としてはまさに妥当な判断であったと考えられる。

その他、 $C_B = 0.80$ の母型の所でフレームラインシリーズ、 $C_B = 0.82$ の母型の所で ℓ_{CB} シリーズ、両母型の所で C_P カーブシリーズが作られた。また $C_B = 0.82$ の母型及び $C_B = 0.80$ の一船型（UT 船型）について、1軸船と2軸船の性能比較試験（静水中及び波浪中）が実施された。

ハ) HT-MK シリーズ（昭35～37年）

日立造船では、SR 41 シリーズの試験結果を独自の立場で解析整理した結果、実船は益々大型化するという予測のもとに、 C_B および B/d はより大きい方向、 L/B はより小さい方向に重点を置いて SR 41 シリーズの拡張を計画した。その実験を運輸技術研究所船舶推進部に依頼したが、同所の試験処理隻数にも限度があるので、両者協議の結果、漸く供試模型船数を1隻にしばったが、それでもなお実験は昭和35～37年の3年度にわたった。これが日立造船タンカーシリーズ（HT シリーズ）である。このシリーズには対象実船の想定はしなかったが、SR 41 の拡張という意味から、自航試験に於ける SFC 算定には、 $L_s = 220\text{ m}$ をそのまま採用した。

HT シリーズは SR 41 の拡張ではあるが、SR 41 の採用した $B/d = 2.46$ の平面から、 $B/d = 2.76$ の平面に中心を移し（図3.1.1-1 参照）、かつ $L/B < 7.0$ の範囲に主眼を置いた。

$B/d = 2.76$ の意味は、さきの UT シリーズの中の $L/B - B/d$ シリーズで排水量と C_B とが一

定で適当に幅を拡げた結果、 $B/d = 2.76$ 、 $L/B = 6.94$ という船型が導かれている。当時は港湾や通過する運河水道等の整備が追いつかぬ程、急速に船型の大型化が進展したので、喫水制限を受け易い傾向にあった。従って大型化は当然 B/d の値を大きい方に拡げてゆく。HTシリーズは直接的にはむしろSR41を離れて、前記UTシリーズの $B/d = 2.76$ の船型に結ぶために、 $B/d = 2.76$ の平面上に新に網の目を設定した。従ってSR41シリーズとHTシリーズとのそれぞれを適当に補間すれば、与えられたDW（近似的に排水量一定）に対して最適の主要寸法や C_B の選定が可能となる。その意味で $B/d = 2.46$ の平面上にも幅広化の方向に2点の補充をはかったわけである。

なお更に大型化に対応するため、 $B/d = 2.46 \sim 2.76$ と等間隔に $B/d = 3.06$ の平面を設定したが、既に多くの実験点は望めなかつたので、 $C_B = 0.80$ と 0.82 の2点で、 $L/B = 6.5$ の船型を母型として、排水量一定で $B/d = 3.06$ の船型を設計した結果、 $L/B = 6.17$ となつたものである。

一方、三井造船・川崎重工両社が、SR41シリーズそのままの拡張を狙って昭和36～37年に実施したのが三井・川重（MK）シリーズである。図式（図3.1.1-1）の上からは、HTシリーズの網の目の欠けた所を補足するもので、HT-MKシリーズとして一貫するものである。

ニ) SR61シリーズ（昭38～40）

実船の世界でも、昭和30年代後半は益々大型化が進んで、既にDW60～80型が普通になつてゐたが²⁵⁾³⁸⁾、昭和37年10月に完成した日章丸²⁴⁾は世界最大船として注目を集めた。また日章丸は $L/B = 7.0$ を大幅にきることを躊躇していた当時としては（超大型という利点はあるにしても）、一挙に $L/B = 6.4$ を採用した点でも画期的な船といふことができる。確かに昭和37年頃までは、 $L/B = 7.0$ がまだ一つの限界と考えられていた観があり、僅かに7.0をきる例が見られるに過ぎなかつた。しかしDW50～60型にもHTシリーズを具体化した実船²²⁾²³⁾が現われて以来（別の一系列あり²⁵⁾）、実船にも肥大幅広化の傾向が急速に定着した。従って模型船においても、在来資料を更に肥大幅広化の方向に拡張する必要を生じ、構成されたのがSR61シリーズである。このような背景から、SR61の想定実船は、 $L_s = 240\text{m}$ 、DW70～80型程度となっている。

このシリーズは、 $B/d = 2.76$ 及び 3.06 の両平面に於いて、 $C_B = 0.80$ 及び 0.82 、 $L/B = 6.0$ 、 5.5 、 5.0 の網の目構成が主体であり、また $B/d = 2.76$ 、 $L/B = 6.0$ の所で C_B シリーズも構成した。更に $B/d = 2.46$ 、 $C_B = 0.80$ の所で L/B シリーズを加えた。HTシリーズと合わせて、 C_B 及び L/B の値の実用限界を探ろうとする意図が強く現われている。その他 $C_B = 0.80$ の母型の所（ $B/d = 2.76$ 、 $L/B = 6.0$ ）で ℓ_{CB} シリーズ、同じ所で2軸船型の C_B シリーズが構成され、1軸船と2軸船の性能比較もされた。

ホ) シリーズの総括

前記のように、このシリーズの模型船総数は76隻の多数に上るが、そのうちフレームラインシリーズ、 ℓ_{CB} シリーズ、 C_p カーブシリーズ等のいわば枝葉のシリーズを除くと、所謂網の目を構成する模型船は53隻となる。これを基幹シリーズと称することにする。そのシリーズ構成を図3.1.1-1に、個別の詳細を表3.1.1-2に示す。図3.1.1-1は、 L/B をX軸、 C_B をY軸、 B/d をZ軸にとったもので、 $B/d = 2.46$ 或は 2.76 のよう、 B/d の値ごとに $L/B - C_B$ の網の目がX-Y平面上に構成されている。これらは同じ母型から発した同一系列の船型である。即ち、UT- C_B シリーズを基として、 C_B の値を同じくするものは C_p カーブが同じであり、線図の無次元オフセット（喫水を満載喫水を1.0とする無次元値で表わし、各喫水に於ける水線幅は全幅を1.0とする無次元値で表示する）も全く同じであって、 B/d の変化に伴ってBilge Circleが真円となるよう若干の修正をする程度の違いである。更に細かく云えば、UTシリーズ、SR41シリーズ、SR61シリーズと想定実船が順次大きくなっているので、推進器の相対的大きさや船尾骨材付近の形状

の細部については、少しずつ変って来ている。一例として $C_B = 0.80$ の船型について、すべての母型とされた UT シリーズ MS . NO.988 (SR41 - MS . NO.1321) と SR61 シリーズの母型となった MS . NO.1725 との正面線図をそれぞれ図 3.1.1-2 および 3.1.1-3 に示しておこう。

この基幹シリーズに付属するものとして試験の行われたシリーズを総括すると次のとおりである。

- a UT $B - C_B$ 組合わせシリーズ $C_B = 0.82$ の母型 排水量及び d 一定で
 $C_B = 0.78, 0.80, 0.84$
- b UT ℓ_{CB} シリーズ $C_B = 0.80$ の母型 $\ell_{CB} = -(0.5, 2.0, 3.0, 4.0) \%$
- c SR41 ℓ_{CB} シリーズ $C_B = 0.82$ の母型 $\ell_{CB} = -(0.5, 2.5, 3.5) \%$
- d SR41 フレームラインシリーズ $C_B = 0.80$ の母型
 船首 U 型及び V 型、船尾 V 型 の 3 隻
- e SR41 Cp カーブシリーズ $C_B = 0.80$ 及び 0.82 の母型
 それぞれ前部肩落、後部肩張りの 2 隻、計 4 隻
- f SR61 ℓ_{CB} シリーズ $C_B = 0.80$ の母型 $\ell_{CB} = -(2.25, 3.0, 3.75) \%$

これら各シリーズの実験はすべて次の 3 状態で実施されている。

満載状態	E V E N K E E L
半載状態	6.5 %満載排水量 1 %トリム
バラスト状態	4.4 %満載排水量 2 %トリム

基幹シリーズ（ただし SR61 は含まれない）の試験結果は、文献 [9] に総合的にまとめられている。

また、前記一連の系列からはずれる特殊のシリーズとして、次のようなものが扱われている。

- a SR41 バルブ船型シリーズ（次節に詳記）
- b SR41 1 軸型、2 軸型の比較
 $C_B = 0.82$ の母型及び $C_B = 0.80$ の一船型（UT）
- c SR61 2 軸船型 C_B シリーズ
 $L/B = 6.0, B/d = 2.76, \ell_{CB} = -2.25\%$
 $C_B = 0.80, 0.82, 0.84$
- d SR61 1 軸型、2 軸型の比較
 $C_B = 0.80, L/B = 6.0, B/d = 2.76, \ell_{CB} = -2.25\%$

(3) シリーズ使用上の問題点

C_B や L/B を変えると性能変化の激しい肥大船型において、同一系列でこれだけ広範囲にわたって諸元を変化させたシリーズは稀で貴重な資料であるが、その反面、母型を設定した UT シリーズにおいては、母型の Cp カーブ (ℓ_{CB} 位置) やフレームライン形状等が最適であっても、シリーズを拡張するに従って最適線図からはずれて来るのはやむを得ないことである。一例として ℓ_{CB} シリーズの試験結果を見ると、図 3.1.1-4 に示すように SR41 ($C_B = 0.82, L/B = 7.34, B/d = 2.46$) では $\ell_{CB} \approx -1.5\%$ を最適としているが、図 3.1.1-5 に示すように SR61 ($C_B = 0.80, L/B = 6.0, B/d = 2.76$) では $\ell_{CB} = -(2.5 \sim 3.0)\%$ が最適となっている。しかし全シリーズが原型のまま $\ell_{CB} = -1.5\%$ で構成されているわけである。従って、この網の目の中に或る供試船の C_B 、 L/B 、 B/d を設定して馬力推定をする場合には、最適船型からのずれを斟酌する必要がある。

また、与えられた設計条件のもとに C_B 或いは L/B などの影響を調べて最適船型を選定するには、対応する模型実験の形式から云えば、UT シリーズに於ける $B/d = L/B$ シリーズ (Δ, d 一定)、或いは $B - C_B$ シリーズ (Δ, d 一定) などのような形をとるのが普通であろう。これに対して、全シ

リーズの網の目構成の便宜上から、 L/B 、 B/d を一定にした C_B シリーズ、或いは C_B 、 B/d を一定にした L/B シリーズなどの呼び方を探るようになっているが、これらの呼称に迷わされないよう注意を要する。一例をあげれば、図 3.1.1-6 に示すような S R 6 1 - C_B シリーズの試験結果から、単純にこれが C_B の影響を示すものと速断してはならない。この r_R の増加は排水量が増したための抵抗増加（排水量長比の影響）が大きいことを示すもので、設計上 C_B を大きくしたことの対応策がとられれば、或いは排水量当りの抵抗が考えられれば、その差はもっと縮まる筈である。また現行の成績表示法は、長さベースの速度係数 $F_N = V/\sqrt{gL}$ の上に、排水量ベースの抵抗係数 $r_R = R_R / \rho V^2$ などが置点されるので、排水量長比 L/V の影響が加わって C_B などの影響が誇張されて見られる懼れがあるのも一つの問題である^[10]。同じことが L/B シリーズ、或いは B/d シリーズについても云える。その意味から、S R 4 1 に於いて L/B シリーズの呼称をとらず、 V/L シリーズと称したのは、むしろ正しい観点に立つものと云える。要は個別のシリーズの中で単純に C_B の影響、 L/B の影響などと速断せず、シリーズ全体の中で総合的に考察することが必要である。

(4) 結 言

UT シリーズに始まり、S R 6 1 シリーズで完結した一連の大型油槽船船型の系統的模型試験資料は、油槽船が急速に大型化、肥大幅広化して行った時勢に応えて大きな役割を果したが、大型バルブ付船型が主流となるに伴って当面の使命を終えることになった。現在では船型が旧式であるが故に余り顧みられなくなっているが、肥大幅広船の分野でこれだけ広範囲にわたる系統的試験資料は稀であって、貴重な存在であることは変らない。Taylor 図表の船型が、実用船型とはほど遠いにも拘わらず広く利用されていることを思えば、このシリーズに対しても利用の方途を工夫する必要がある。その意味からシリーズの構成とその背景を明らかにした。今後の活用を期待する所である。

参 考 文 献

- [1] 土田 陽；平水中における超大型船の抵抗推進に関する研究 船の科学 Vol.11、No.11、1958
- [2] 第 10 回運輸技術研究所研究発表会資料 1955、11
- [3] 第 12 回運輸技術研究所研究発表会資料 1956、11
- [4] 第 14 回運輸技術研究所研究発表会講演概要 1957、11
- [5] 第 16 回運輸技術研究所研究発表会講演概要 1958、11
- [6] 日本造船研究協会報告 第 31 号 (S R 4 1) 昭 35. 11
- [7] 第 1 回船舶技術研究所研究発表会講演概要 1963、11
- [8] 日本造船研究協会報告 第 67 号 (S R 6 1) 昭 44. 3
- [9] 土田、他；普通型船首を有する大型肥大船型に関する系統的模型試験
船研報告 第 1 卷 6 号 昭 39. 11
- [10] van Lammeren: Resistance, Propulsion and Steering of Ships. 1948 p76 ~ 78

表 3.1.1-1 年代別実船要目表

Ref No.	Name of Ship	Deliv.	DW	Lpp	L/B	B/d	C _B	V _s	Note
1	あらびあ丸	26.3	19	165.0	7.67	2.37	0.776	1.5	外航船建造再開直後（初期）
2	聖邦丸	27.1	20	167.0	7.60	2.35		1.45	
3	光栄丸	28.7	19	163.0	7.55	2.36	0.770	1.45	
4	T I N I	27.5	19	165.0	7.67	2.37	0.776	1.5	
5	A D R I A S	28.2	20	167.5	7.43	2.37		1.45	
6	HELENE MAERSK	28.3	19	161.5	7.55	2.21		1.45	
7	祐邦丸	28.3	28	185.0	7.35	2.47		1.55	
8	STANVAC JAPAN	28.3	27	183.0	7.28	2.56		1.55	
9	PATRICIA	28.5	28	181.0	7.13	2.47	0.777	1.5	
10	T A U R U S	31.12	33	207.0	7.16	2.58		1.65	
11	IMPERIAL ST.LAWRENCE	32.3	36	216.0	7.35	2.56		1.69	昭和30年代・前半 33~48型
12	ANDROS THUNDER	32.4	39	201.2	7.15	2.62	0.816	14 3/4	
13	第5雄洋丸	32.8	33	197.0	7.46	2.50	0.779	1.55	
14	宝栄丸	32.10	33	192.0	7.25	2.54	0.789	1.50	
15	V I O L A N D A	33.2	48	215.0	7.12	2.64	0.799	1.60	
16	えべれすと丸	34.10	47	213.0	6.98	2.68	0.798		
17	ORIENTAL GIANT	34.12	71	245.0	7.45	2.48	0.820		
18	A T T I C A	35.1	47	213.0	6.98	2.68	0.800		
19	CALTEX PLYMOUTH	35.3	46	211.9	6.68	2.81	0.786	1.60	
20	鶴邦丸	35.3	47	213.0	6.98	2.69	0.800	1.54	
21	弘栄丸	37.9	51	210.0	6.90	2.53	0.797	1.59	昭和30年代後半 55~80型
22	CALTEX GREENWICH	37.9	55	220.0	6.63	2.85	0.811	1.57	
23	雄洋丸	37.11	51	207.0	6.75	2.60	0.810	1.58	
24	日章丸	37.10	132	276.0	6.42	2.60			
25	伊勢丸	37.10	71	225.0	6.68	2.44		1.58	
26	あんです丸	37.11	53	214.3	7.00	2.57	0.813	1.60	
27	高峰山丸	38.1	58	213.0	6.67	2.55	0.801	1.54	
28	初島丸	38.7	72	230.0	6.98	2.32	0.810	1.65	
29	竜田山丸	38.9	58	223.0	6.94	2.67	0.808	1.53	
30	DELAWARE GETTY	38.11	70	250.0	7.77	2.33	0.813	1.65	
31	利根川丸	38.12	73	230.0	6.98	2.35	0.810	1.60	
32	NICHOLAS J.GOULANDRIS	39.3	68	224.0	6.33	2.87	0.815	15 3/4	S R 61 時代
33	HALCYON BREEZE	39.4	68	232.0	6.48	2.94	0.810	1.60	
34	天竜川丸	39.6	70	250.0	6.45	3.04	0.804	1.59	
35	OLYMPIC GLORY	39.7	70	233.0	6.37	3.01	0.819	1.60	
36	I N A Y A M A	39.11	81	241.0	6.55	2.81	0.820	1.56	
37	陽邦丸	40.3	88	234.0	6.33	2.55	0.798	1.58	
38	菱洋丸	40.4	91	235.0	6.50	2.41	0.805	1.56	
39	山瑞丸	39.9	100	246.0	6.12	2.76	0.795	1.65	
40	GOLAR NOR	40.7	104	245.0	6.13	2.65	0.810	1.62	昭和30年代末期 100型

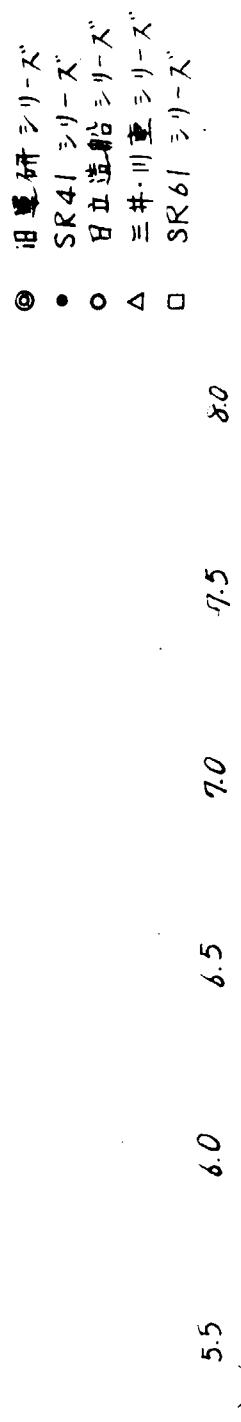


図 3.1.1-1 大型油槽船用系統の模型船群構成図

表 3.1.1-2 大型油槽船型基幹シリーズ一覧表

シリーズ	CB	L/B	B/d	ℓ_{CB}	備考	シリーズ	CB	L/B	B/d	ℓ_{CB}	備考	MS・NO	実施水槽、その他
UT	0.78	7.342	2.463	-1.5%	987 目白水槽	HT	0.80	6.5		2.76	-1.5%	1508	目白水槽
"	0.80	"	"	"	988 M.1321と同じ	MK	"	6.25		"		1555	"
"	0.82	"	"	"	989 M.1324と同じ	SR61	"	6.0		"		1725	長崎M.1592と同じ
"	0.84	"	"	"	990 "	"	"	5.75		"		1727	"
SR41	0.80	7.6	"	"	1190 "	"	"	5.0		"		1729	"
"	"	7.342	"	"	1321 M.988と同じ	UT	0.82	6.935		"		1155	"
"	"	7.2	"	"	1189 "	HT	"	6.75		"		1507	"
"	"	7.0	"	"	1188 "	"	"	6.5		"		1509	"
HT	"	6.75	"	"	1565 "	"	"	6.25		"		1550	"
MK	"	6.25	"	"	1553 "	SR61	"	5.75		"		1660	長崎水槽
SR61	"	6.0	"	"	1755 "	"	"	5.5		"		1658	"
"	"	5.75	"	"	1754 "	HT	0.84	6.5		"		1548	目白水槽
"	"	5.5	"	"	1753 "	"	"	6.25		"		1549	"
SR41	0.82	7.6	"	"	1325 "	SR61	0.78	5.5		"		1938	"
"	"	7.342	"	"	1324 M.989と同じ	"	"	5.5	3.06	"		1939	"
"	"	7.2	"	"	1323 "	HT	0.80	6.17		"		1567	"
"	"	7.0	"	"	1322 "	SR61	"	6.0		"		1726	"
HT	"	6.75	"	"	1564 "	"	"	5.75		"		1728	"
MK	"	6.25	"	"	1552 "	"	"	5.5		"		1730	"
"	0.78	6.5	"	"	1554 "	HT	0.82	6.17		"		1566	"
"	0.84	6.5	"	"	1551 "	SR61	"	6.0		"		1661	"
SR61	0.78	6.0	2.76	"	1591 長崎水槽	"	"	5.75		"		1659	"
"	0.80	"	"	"	1592 M.1925と同じ	"	"	5.5		"		1657	"
"	0.82	"	"	"	1593 "	"	"	"					
"	0.84	"	"	"	1594 "	UT	0.80	7.838	2.16	"		1152	目白水槽
UT	0.80	6.935	"	"	1153 目白水槽	"	0.82	"	"			1154	"
HT	"	6.75	"	"	1506 "	SR61	0.80	6.0	3.36	"		1937	"

UT : 旧運研シリーズ HT : 日立造船タンカーシリーズ MK : 三井川重シリーズ

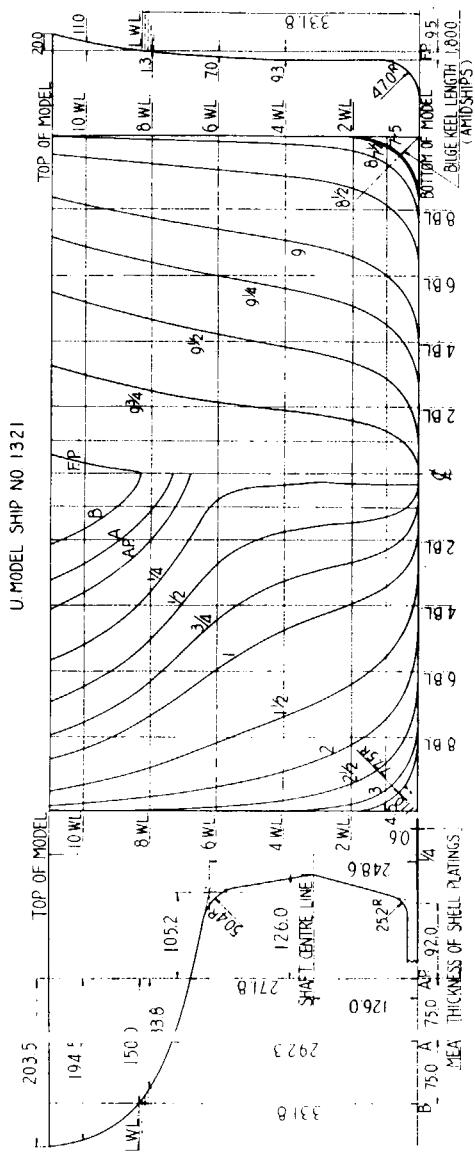


図 3.1.1-2 UT シリーズ母型 ($C_B = 0.80$) $L/B = 7.34$ $B/d = 2.46$

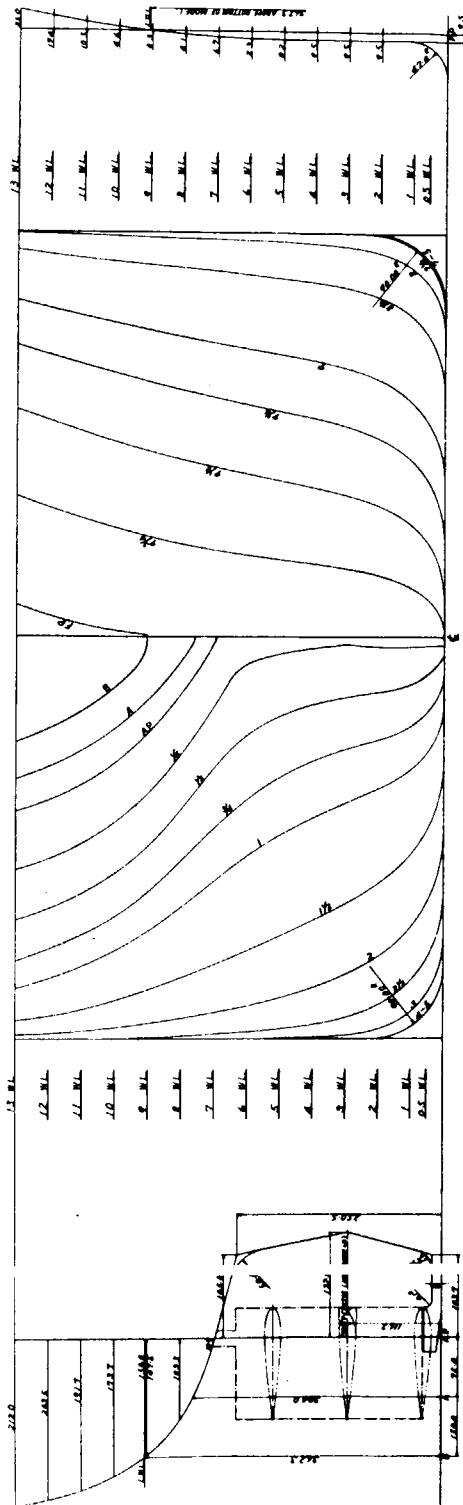


图 3.1.1-3 SR61 母型 ($C_B = 0.80$ $L/B = 6.0$ $B/d = 2.76$)

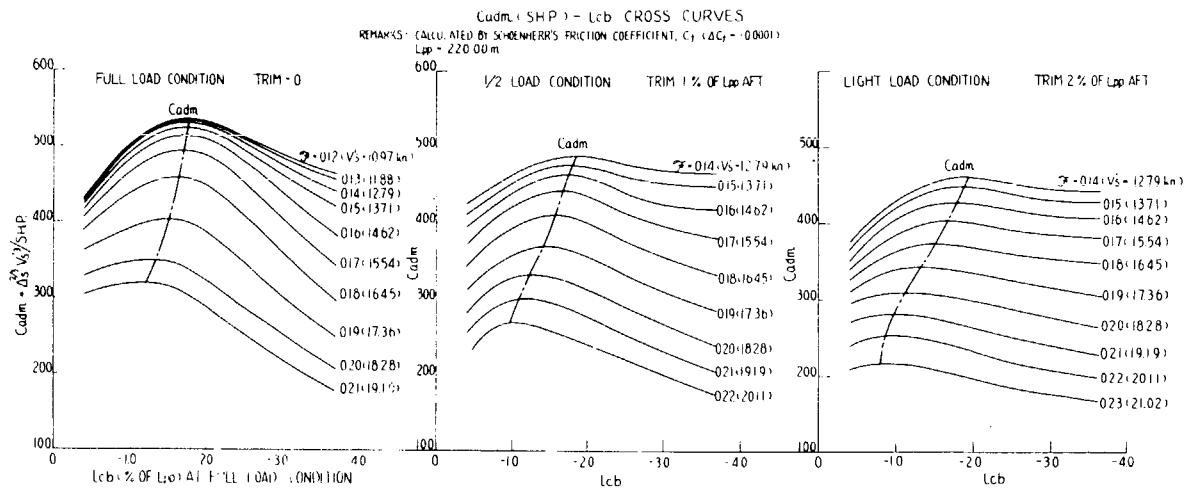


図 3.1.1-4 SR 41 ℓ_{CB} シリーズ

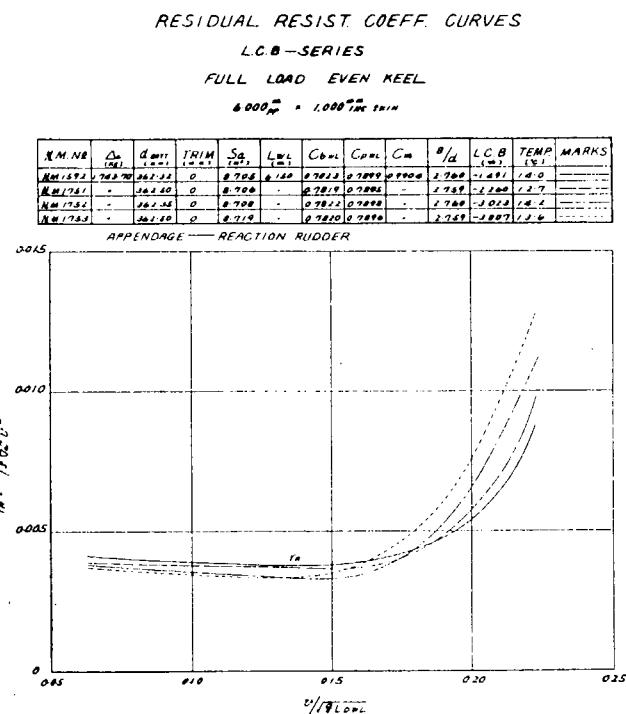


図 3.1.1-5(1) SR 61 ℓ_{CB} シリーズ

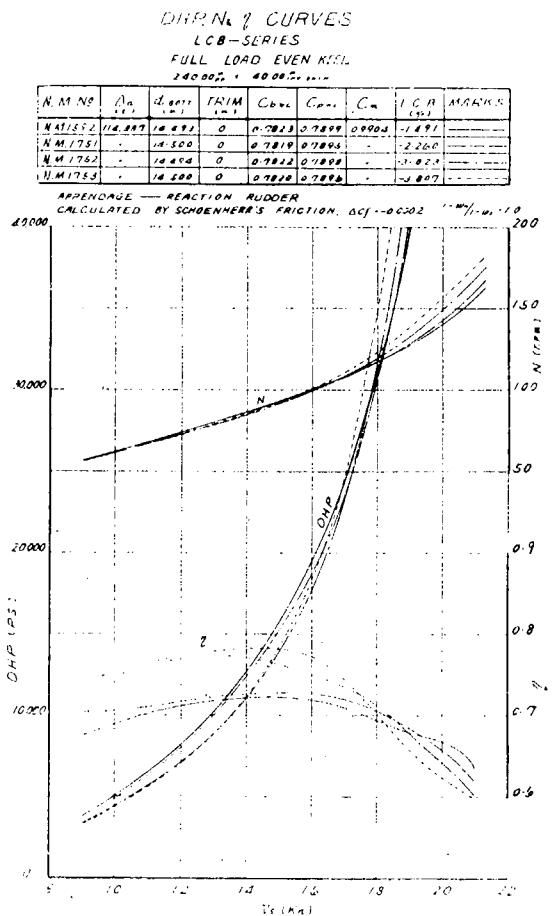


図 3.1.1-5(2) SR 61 LCB シリーズ

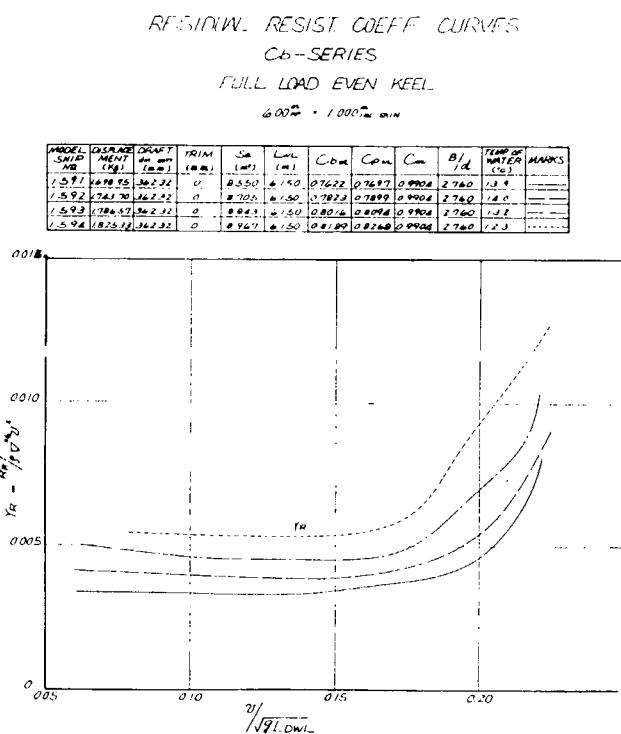


図 3.1.1-6 SR 61 Cb シリーズ

3.1.2 Bulbous Bow 船型の研究

(1) S R 4 1 研究部会でBulbous Bow 船型の研究を実施したいきさつ

日本造船研究協会が研究対象としてはじめて大型油槽船船型をとりあげたのがS R 4 1 研究部会であるが、当時の建造船の主流が普通船首であったため、これを主体とする系統的試験が実施された。

しかし当時から、肥大度の大きい大型油槽船船型には、浮心位置その他を総合的に考えると、Bulbous Bow 船型が好ましいのではないかと云う考え方があり、超大型船建造の初期から、一部の造船所ではBulbous Bow 船型の建造が行われてきた。

当時のBulbous Bow 船型に対する一般的な評価として、速力の低い領域でのBulb による造波抵抗の減少効果は、それほど大きな期待はできないと考えられており、満載状態においては浮心位置の最適化や船首肥大度の相対的な減少によって、或る程度の性能向上が生じ得るとしても、Bulb が水面に露出してくる軽荷状態においては、抵抗増加が大きく、満載、軽荷の平均航海速力で比較する限り、普通船首に比べてあまり効果は見られないのではないかと云うものであった。

したがって S R 4 1 研究部会の実施にあたって、この間の事情を明らかにする目的で、Bulbous Bow 船型に関する系統的模型試験が加えられ、合計 1 2 隻の模型試験が実施された。以下その船型計画および系統試験の組み方、試験結果について概説する。

(2) Bulbous Bow 船型の系統的模型試験の計画

(a) 母形船型の計画

当時の運輸技術研究所では大型油槽船船型に関する一連の系統的模型試験 (UT シリーズ) を実施しており、S R 4 1 の普通船首船型の試験はこの延長として実施されることになった。このため Bulbous Bow 船型も UT シリーズの母形船型 U.No. 988 の主要目と、浮心位置も含めて完全に一致させることとし、この頃三菱長崎造船所で連続建造されていた 4 6 0 0 0 DWT 型タンカー（エベレスト丸型）をもとに、主要目に対する修正を行って母形船型を作成した。

次表に UT シリーズの母形 U.No. 988 と、エベレスト丸の主要目（無次元値）の比較を示す。また、図 3.1.2-1 に、このようにして作成されたBulbous Bow の母形船型 M.1341 の正面線図を示す。

なおエベレスト丸型船型は、S R 4 1 での標準試運転の供試船に採用されているが、さらに三菱船型試験場における尺度影響の調査²⁾や、実験精度³⁾の供試船型にも採用されている。

表 3.1.2-1 U.No. 988 エベレスト丸

C _b / p _p	0.800	0.798
L _{pp} /B	7.342	6.969
B/d	2.463	2.693
10 ² V/L _{pp} ³	0.6025	0.6105
L C B	-1.53%	-1.73%
L _{wL} /L _{pp}	1.025	1.019
D _p /L _{pp}	0.0352	0.0310
D _p /d	0.636	0.582

また、このようにして作成した母形船型 N.No. 1341 を C_b / p_p = 0.82 に引き直したのが、M.1404 で、その正面線図を図 3.1.2-2 に示す。

(b) 試験内容

Bulbous Bow 船型に関する系統試験として、

方形係数 (C_b) 0.80 船型

- (1) 排水量 — 長さ比シリーズ
- (2) C_p カーブシリーズ

方形係数 0.8 2 船型

- (1) C_p カーブシリーズ
- (2) 浮心位置シリーズ

を実施した。表 3.1.2-2 に模型船合計 12 隻の主要目比と、その変化の範囲を示す。

シリーズを上記のように選んだのは、船首の C_p カーブの形状が推進性能に最も大きな影響があると考えられたこと、および Bulbous Bow 船型においては排水量 — 長さ比の影響が普通船首船型より小さいのではないかと考えられたこと、および C_b が大きい程浮心位置の選定が性能上重要であると考えられたためである。なお、本研究を実施した当時は、船の方形係数 (C_b) の実用し得る最大値は 0.8 2 程度と考えられていた。

図 3.1.2-3 および図 3.1.2-4 に夫々 $C_b = 0.80$ および 0.82 における C_p カーブの変化の状況を、また図 3.1.2-5 および図 3.1.2-6 に $C_b = 0.82$ 浮心位置シリーズの正面線図および C_p カーブを夫々示す。

試験状態は

- (1) Full Load Even Keel
- (2) 65% Load 1% A Trim
- (3) 50% Load 2% A Trim (Ballast Condition)
- (4) 44% Load 2% A Trim

の 4 状態で、夫々抵抗、自航試験を実施した。試験はすべて三菱船型試験場で施行された。

(3) 試験結果

試験結果の詳細は S R 報告書¹⁾に収録されているが、以下その一部を抜粋して示す。

1) $C_b = 0.80$ 排水量 — 長さ比シリーズ

図 3.1.2-7 は Full Load の SHP およびアドミラルティ係数 (C_{ad}) を、また図 3.1.2-8 に Ballast Condition (50% Load) のそれを、夫々示す。

SHP は排水量 — 長さ比の増加と共に Full, Ballast 両状態とも増加するが、アドミラルティ係数は Full Load では M.1 3 4 1 と M.1 3 4 2 の間で max となるが、Ballast Condition では排水量 — 長さ比の増加と共に減少する。

普通船首船型の傾向もこれと同一であるが、排水量 — 長さ比が大きい所での SHP の増加は、Bulbous Bow 船型の場合よりも Full, Ballast 両状態とも大きい。

2) $C_b = 0.80, 0.82$ C_p カーブシリーズ

図 3.1.2-9 に $C_b = 0.80$ の SHP を、また図 3.1.2-10 に $C_b = 0.82$ の SHP を夫々示す。

$C_b = 0.80$ では母形上りの C_p カーブの前肩を張らせた M.1 3 7 9 が、また $C_b = 0.82$ では母形船型が最も良い性能を示すが、軽荷において C_p カーブの前肩を張らせることによって、高速性能が改善されているのが注目される。

3) $C_b = 0.82$ 浮心位置シリーズ

図 3.1.2-11 に Full, Ballast 両状態における SHP の比較を示す。使用速力範囲が低速の時は浮心前が良く、高速になるに従って最適浮心位置は後方に移動するが、本船の使用速力範囲に対しては母形の浮心位置が最適となっている。

4) Bulbous Bow と普通船首との比較

$C_b = 0.80$ の Bulbous Bow 船型母形 M.1 3 4 1 と、普通船首船型母形 U.No.1 3 2 1 の剩余抵抗係数の比較を図 3.1.2-12 に、自航要素の比較を図 3.1.2-13 に、SHP の比較を図 3.1.2-

14に示す。SHPの比較では、Full Load は Bulbous Bow 船型がわずかに良く、Ballast Condition では殆んど差が見られない。

なお、Ballast Cond.におけるBulbous Bow 船型の剩余抵抗係数は、普通船首船型のそれよりも、高速域（本船の使用速力範囲を超えた領域）で大幅に減少しており、Bulbous Bow の軽荷状態における特性を示すものとして興味深い。しかしこの時点では、軽荷状態における突出 Bulb の大幅な抵抗減少効果によって、現在のような Bulb 全盛時代が訪れるることは予見することはできなかった。

SRにおいて、本研究部会以後再びBulbous Bow 船型がとりあげられたのは SR98 であるが、その内容については章を改めて概説する。

参考文献

- 1) 「超大型船の運航性能に関する研究（第41研究部会）」、日本造船研究報告第31号（昭和35年11月）
- 2) 谷口 中、Study on Scale Effect of Propulsive Performance by Use of Geosims of a Tanker, 造船学会論文集120号（昭和41年12月）
- 3) 渡辺恭二、Repeated Self-Propulsion Test on a Tanker Model, 造船学会論文集121号（昭和42年6月）

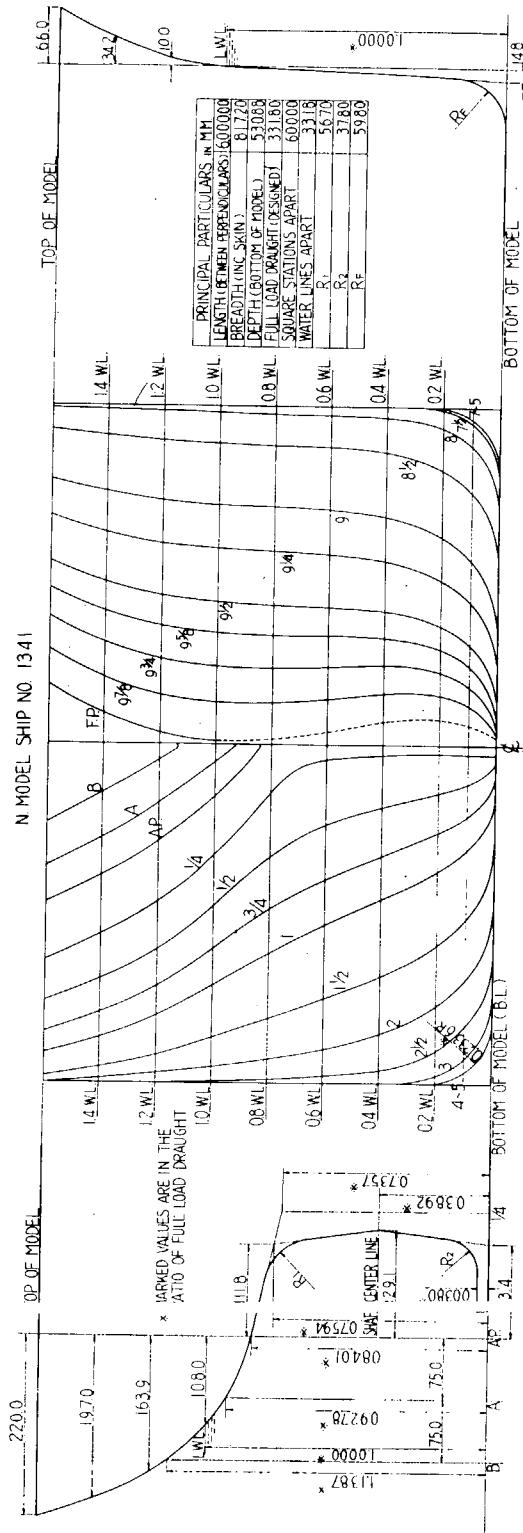


图 3.1.2-1 $C_b = 0.80$ 母型

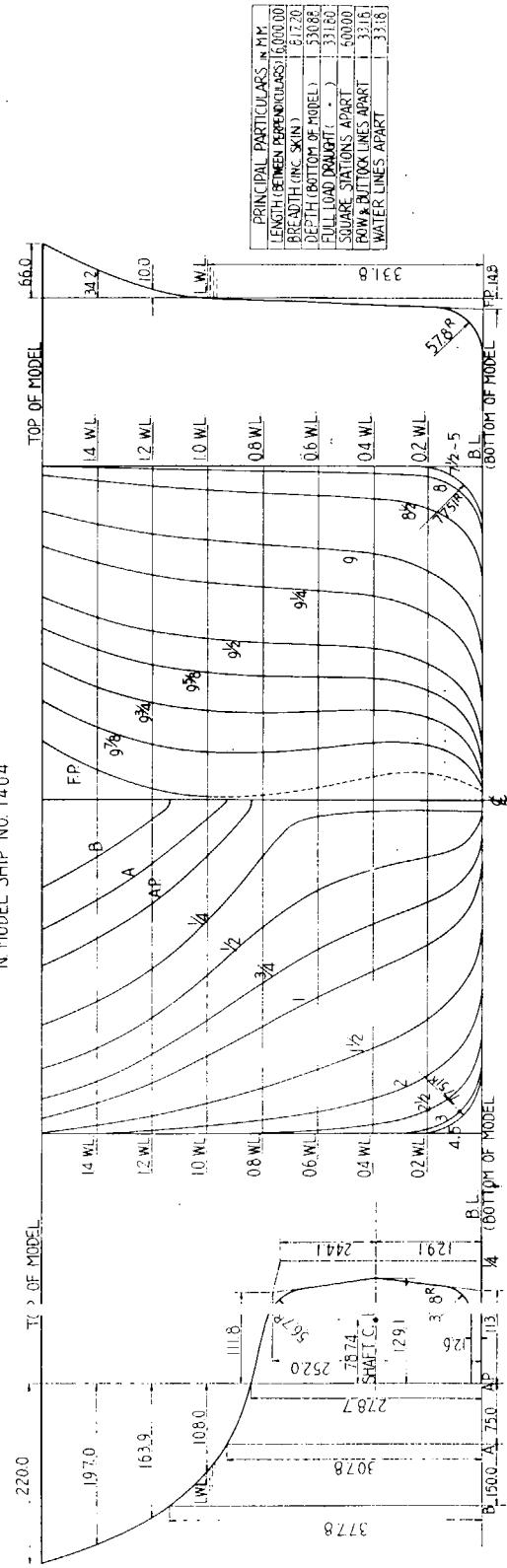


图 3.1.2-2 $C_b = 0.82$ 母型

表 3.1.2-2

Model	C_{BPP}	L_{PP}/B	B/d	$10^2 \frac{V}{L_{PP}^3}$	$\frac{C_{BPP}}{from Midship}$
$C_b = 0.80$ 排水量長比シリーズ (L/B シリーズ)	M.1340	0.80	7.6	2.463	-1.6% of L_{PP}
	M.1341	"	7.342	"	"
	M.1342	"	7.2	"	"
	M.1343	"	7.0	"	0.663
船首 C_p カーブシリーズ (M.1341)	M.1378	0.80	7.342	2.463	0.603
	"	"	"	"	"
	M.1379	"	"	"	"
$C_b = 0.82$ 浮心位置シリーズ	M.1404	0.82	7.342	2.463	0.618
	M.1405	"	"	"	-0.6%
	M.1406	"	"	"	-2.5%
	M.1407	"	"	"	-3.6%
船首 C_p カーブシリーズ M.1404)	M.1408	0.82	7.342	2.463	0.618
	"	"	"	"	"
	M.1409	"	"	"	"

The diagram illustrates six ship hull sections labeled M.1341, M.1378, M.1379, M.1404, M.1408, and M.1409. Each section is shown with a side view and a plan view. M.1341 has a relatively flat bottom. M.1378, M.1379, and M.1408 show a more pronounced V-shaped hull bottom. M.1404 and M.1409 have a very deep V-shaped hull bottom.

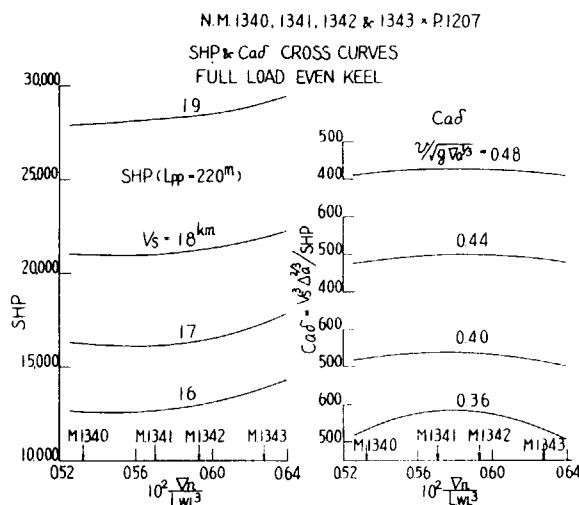


図 3.1.2-7 $C_b = 0.80$ 排水量長比シリーズ

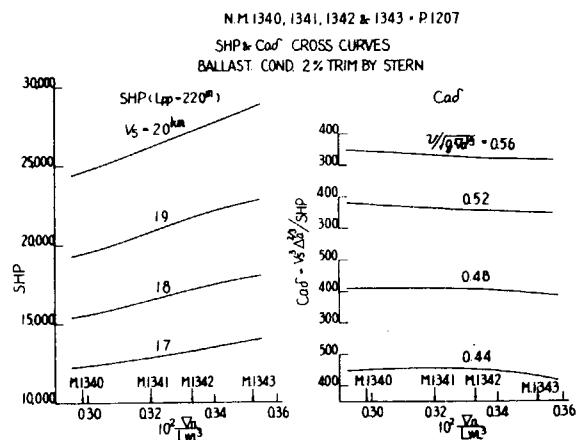


図 3.1.2-8 $C_b = 0.80$ 排水量長比シリーズ

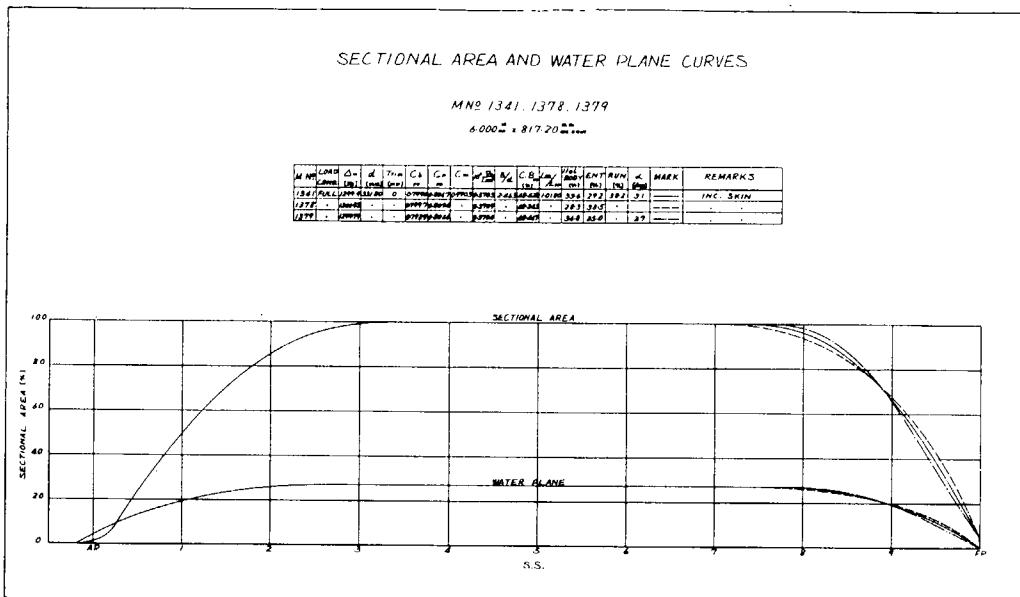


図 3.1.2-3 $C_b = 0.80$ 船首 C_p カーブシリーズ

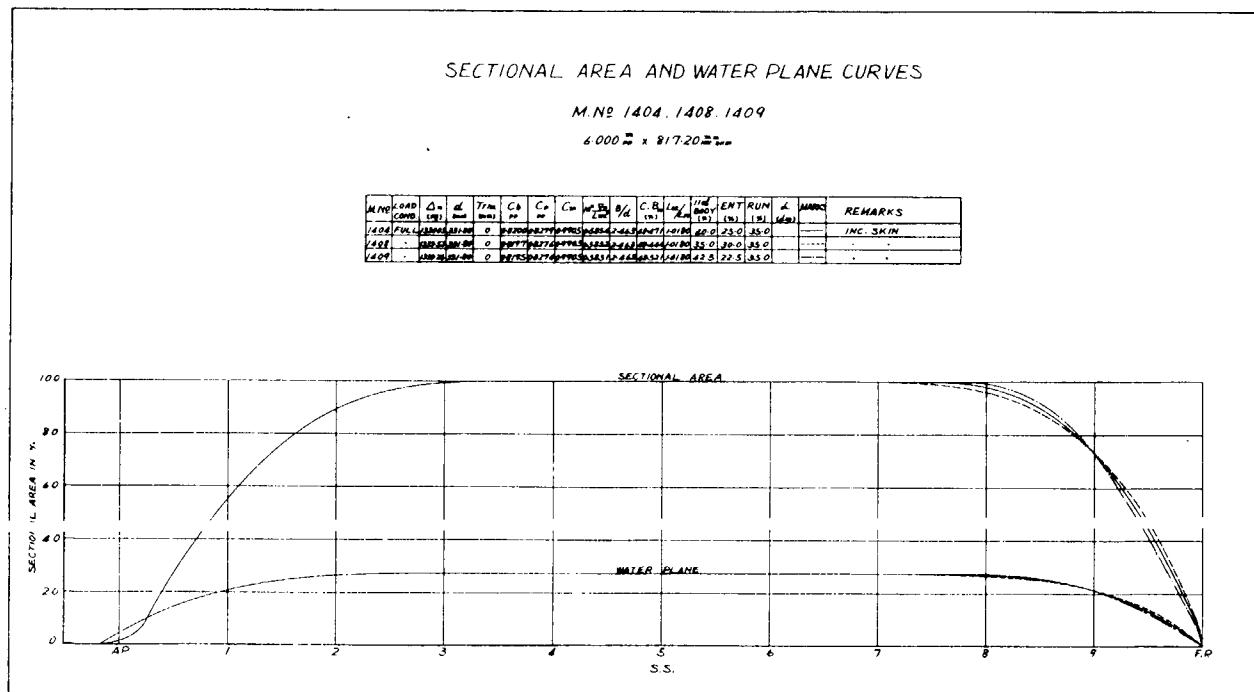


図 3.1.2-4 $C_b = 0.82$ 船首 C_p カーブシリーズ

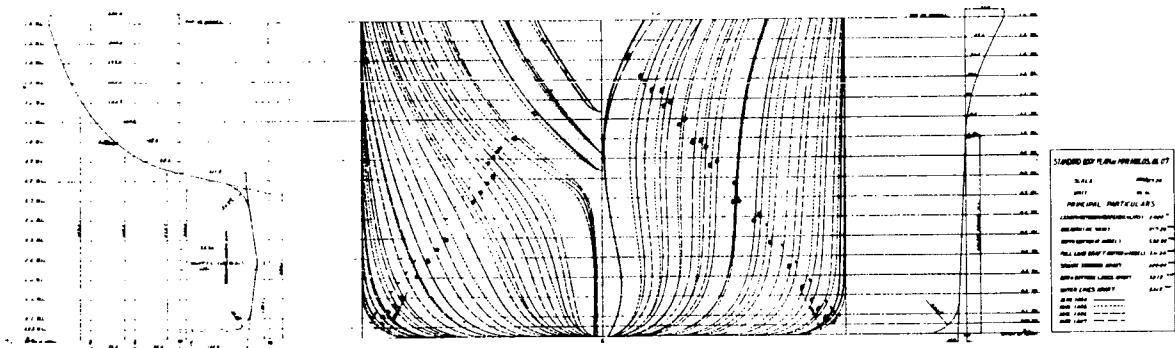


図 3.1.2-5 $C_b = 0.82$ 浮心位置シリーズ

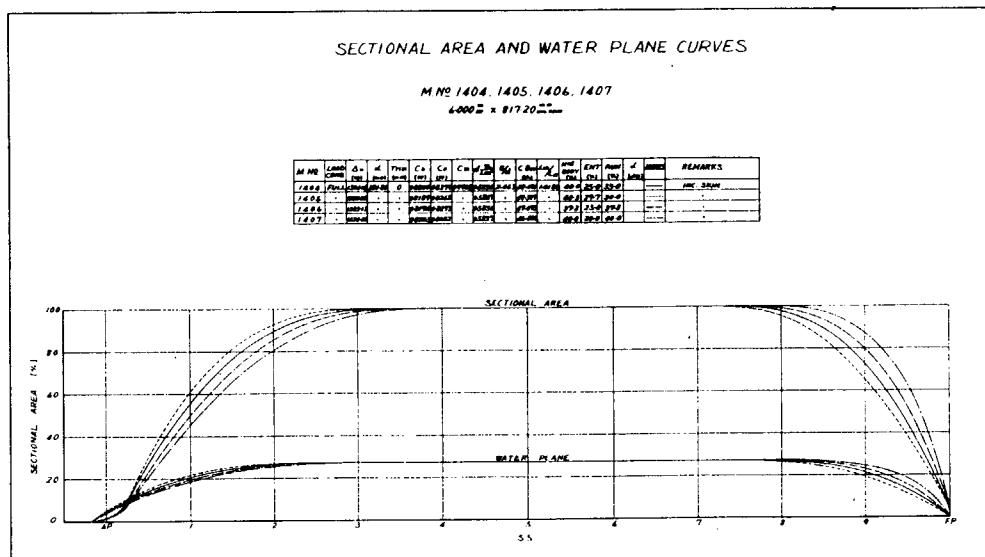


図 3.1.2-6 $C_b = 0.82$ 浮心位置シリーズ

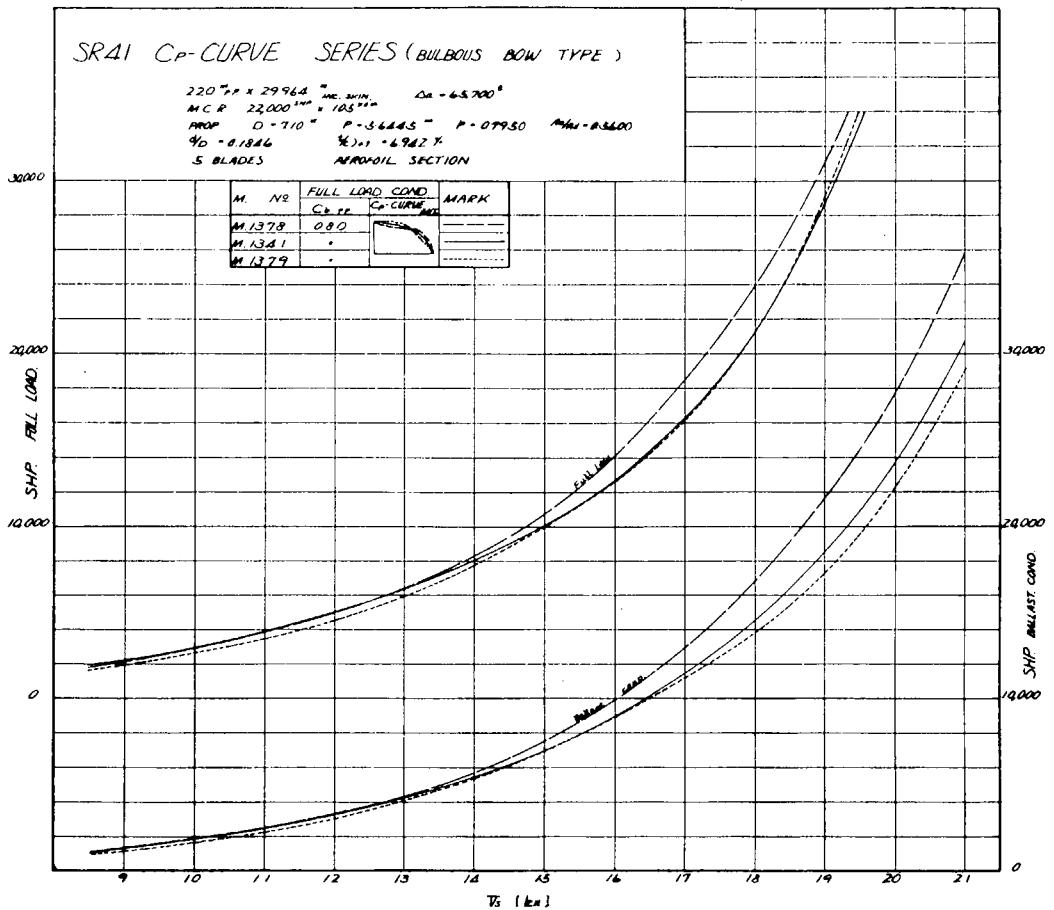


図 3.1.2-9 C_b = 0.80 船首 C_p カーブシリーズ

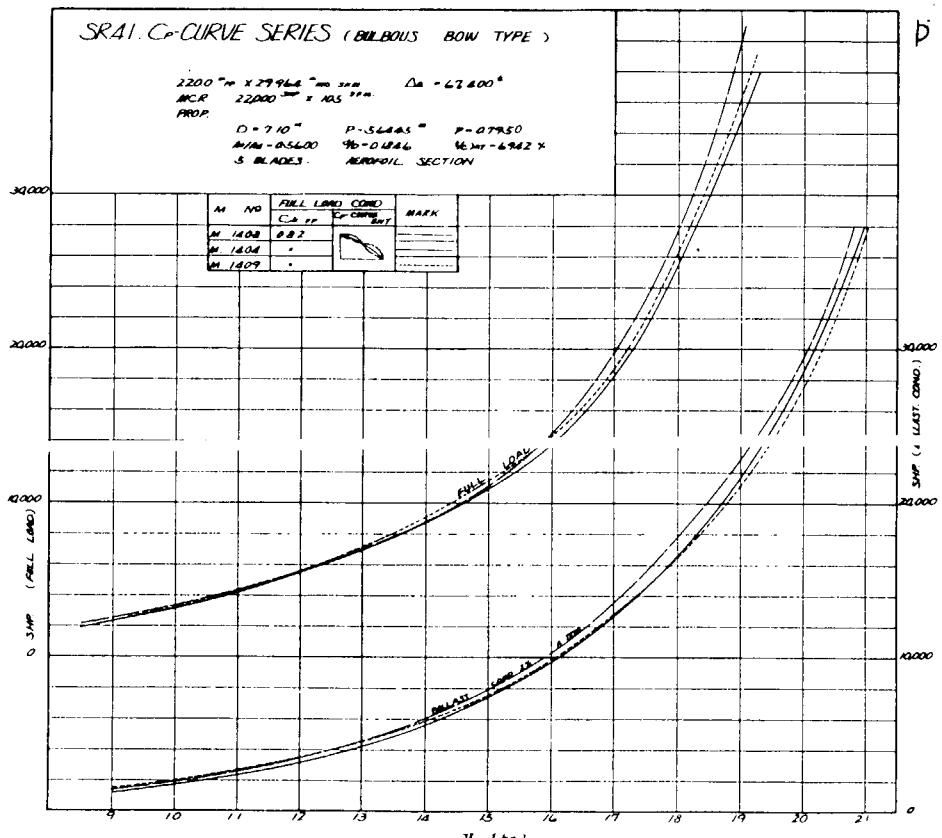


図 3.1.2-10 C_b = 0.82 船首 C_p カーブシリーズ

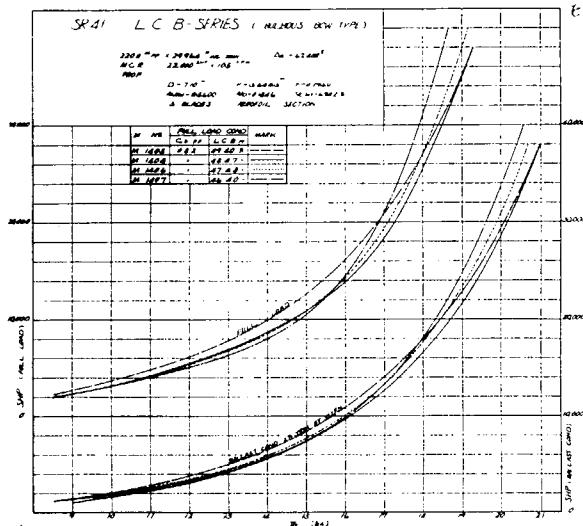


図 3.1.2-11 $C_b = 0.8$ 2 浮心位置シリーズ

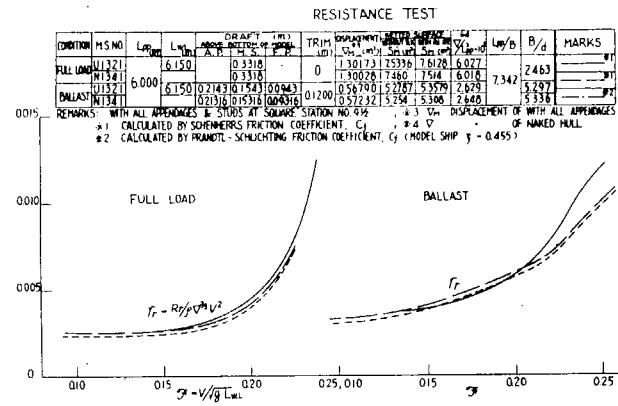


図 3.1.2-12 普通形船首船型母形 (U No. 1321)
Bulbous Bow 船型母形 (N No. 1341)
推進性能比較

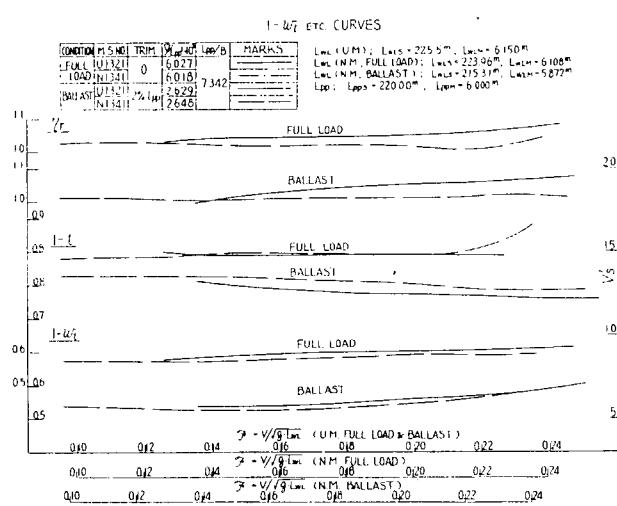


図 3.1.2-13 普通形船首船型母形 (U No. 1321)
Bulbous Bow 船型母形 (N No. 1341)
推進性能比較

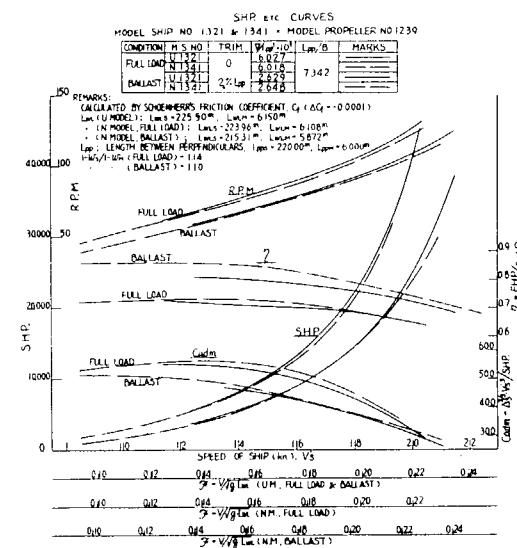


図 3.1.2-14 普通形船首船型母形 (U No. 1321)
Bulbous Bow 船型母形 (N No. 1341)
推進性能比較

3.2 巨大船の運航性能に関する実験的研究 (S R 9 8)

3.2.1 緒 言

S R 4 1、S R 6 1までは、普通型船首形状を有する大型肥大船型を母型として、系統的試験が行われてきたが、その後の急速な船型の大型化、幅広化に応じ、また船首バルブ付船型の実用化に対応して、母型を従来の普通型船首からバルブ付船首に変更して、船型に関する系統的試験を実施するとともに、更にきめ細かな船型問題と抵抗・推進性能との関連についての試験、旋回・操縦性能に関する試験等を実施する目的をもって、この研究部会は発足した。

本研究部会は、昭和41、42、43年の3ヶ年にわたって実施され、その成果は、日本造船研究協会研究資料No.61、No.85、No.95（それぞれ昭和42年3月、43年3月、44年3月発行）に取りまとめられている。

なお、当時の大型油槽船の船型巨大化の傾向に鑑み、対象船舶を巨大船と称することとし、研究部会名称もその名を冠することになった。

母型として選定された船型は、次の船型要素を有するものである。

実船の長さ ; 300 m

主機関 ; 33,000 P s × 90 RPM

満載航海速力 ; 16.5 ノット

長さ幅比 ; 5.5 幅吃水比 ; 3.0 6

方形係数 ; 0.80 縦浮心位置 ; -2.5 %

船首バルブの大きさ ; 10%

3.2.2 母型船型の選定

本研究部会が第1回委員会を開いて発足したのは、昭和41年8月23日であった。

それまでの間、「巨大船の運航性能に関する研究」打合せ会、同幹事会が数回に亘って開催され、母型の選定を含む研究内容の準備が行われた。これに参画した者は、S R 6 1の委員を中心とし、それに実験実施場所及び大手造船所関係者が加わっていた。

母型については、はじめ船首バルブ船型であったが、途中、日本造船研究協会事務局による情勢判断により、普通型船首船型を探りあげることに変更され、その案について、主として大手造船所の希望をきいたところ、船首バルブ船型の採用を大部分が希望していることが判明したので、再び、母型船型は、船首バルブつきと決められた。

対象実船の大きさに関しても、大手造船所の案の平均値を探ることとした。

長さ 300 m

主機関 33,000 P s × 90 RPM

満載航海速力 16.5 ノット

と決められた。

これらを基にして、バルブ形状を含む母型の線図を、船舶技術研究所船型試験部で作成した。この線図は、従来の水槽試験結果及びS R 6 1の船型を勘案の上作成されたもので、

ア 船首バルブ形状は、トックリ型とし、その大きさを10%とした。また、バルブの突出量は、F Pに半径の中心を置いて先端を丸める方法によって定めた。

イ 縦浮心位置を-2.5%とした。

ウ プロペラは5翼とし、直徑8.4 mを想定して、母型の船尾形状を決めた。

エ 長さ幅比は5.5、幅吃水比は3.0 6なる大手造船所希望の平均値を探った。

オ 主船体の肋骨線形状等は、SR61船型にならった。

となっている。

なお、普通型船首船型は、縦浮心位置を-2.5%に変更したほか、SR61船型にならっている。

また、2軸船型については、その前半部形状は、1軸船型と同じとし、後半部は、ボッシングつきとして、防衛庁技術研究所で、線図が作成された。後半部の肋骨線形状も、SR61船型にならい、また、プロペラ軸の高さを6.0m、軸中心間隔を10m、軸傾斜は上下左右ともなしとし、舵は、2枚とした。

本研究部会とほぼ時を同じくして、昭和41年から2ヶ年にわたり、50万トンタンカーの試設計が運輸省の主唱の下に、SR304で行われ、そこでは、方形係数が0.84でL/Bが6.0及び方形係数が0.80でL/Bが5.5の船型設計が実施されたが、両船型とも船首バルブつきであったことを付記する。

3.2.3 SR98研究部会の特色

本研究部会は、当時の船型の大型化、肥大化の傾向を踏まえて、SR41、SR61の延長線上に位置づけられるものとして、3ヶ年にわたり実施された。

本研究部会の特色を挙げれば、次の諸点となろう。

- 1) 母型として採用する船型を、普通型船首のものから、バルブ付船首のものに切替えたこと
 - 2) 従来、この種研究部会における試験研究の主体をなしていた抵抗・推進性能に関する船型シリーズ・テストを必要最小限に留め、その代り、船首形状、船尾形状の開発研究を探り上げ、船型の開発に船型学的アプローチを積極的に試みたこと
 - 3) 2軸船型の推進性能に関し、まとまった試験研究を実施し、将来に備えたこと
 - 4) 当時の急激な船型の大型化、肥大化の趨勢に、研究部会形式による試験研究が追いつかない面もでてきたので、将来を見通した先取り的研究にも多少着手したこと
 - 5) 浅水域中および制限水路中の問題がクローズアップされたこと
 - 6) 船型の巨大化に伴う問題として、旋回操縦性能に関する試験研究が、大きな柱として取りあげられたこと
 - 7) 実船資料の収集と解析に関する有効性の認識が高まり、多数の実船資料が造船所から提供されたこと
- 上記の特色、特に、船型学的アプローチの手法とその成果は、これ以後実施された同種の研究部会の研究内容に大きな影響を与え、近代船型学の実船舶型計画への応用として、我が国造船業の世界的発展に寄与する基となったのである。

3.2.4 SR98研究部会の実施内容と成果概要

本研究部会の試験研究は、大別すると、

- (1) 推進性能に関する研究
- (2) 旋回操縦性能に関する研究

に分れる。

ここでは、前者の研究に主眼を置いて、その実施内容と成果の概要を述べる。

(1) 推進性能に関する研究

本研究にあっては、SR41、SR61と異なり、船型要素を系統的に変えた系統的模型試験のほかに、当時、大型化、肥大化の傾向が顕著に進行中であったことを考慮して、きめ細かい船型改良の研究が実施されたことが一つの特色である。また、本研究の一環として、実船の速力試験運転資料の収集と解析が行われた。

本研究のテーマ及び成果概要は、次の通りである。

(1.1) 1軸船の系統的模型試験

S R 6 1における系統的船型試験の構成内容及び結果を勘案して、次のシリーズ試験が行われた。

1) プリズマチック・カーブ・シリーズ

母型の船体後半部のプリズマチック・カーブの形状を、母型を中心として、肩張り及び肩落ちの3種に変えたシリーズである。

満載状態 (V_F) 及び 50% V_F (1.5% トリム) の2状態について、抵抗試験及び自航試験を行った。

試験結果によれば、

- (i) 両載貨状態とも、肩張り船型の剩余抵抗が大きい、母型と肩落ち船型のそれは略等しい。
- (ii) 両載貨状態とも、肩落ち船型の伴流係数、スラスト減少係数、プロペラ効率比が大きい。
- (iii) 伝達馬力（自航要素に対する尺度影響の修正を行わないものをいう）でみると、満載状態では母型が、50% V_F では肩落ち船型が良好な成績を示した。

2) C_B (方形係数) シリーズ

C_B が 0.80 の母型を挿んで、 C_B の値を 0.78、0.82、0.84 に変えたシリーズである。

試験状態等は、プリズマチック・カーブ・シリーズと同じである。

試験結果によれば、

- (i) 両載貨状態とも、 C_B の増大に伴って剩余抵抗係数の値は大きくなる。
- (ii) 両載貨状態とも、 C_B の変化に対応して、自航要素も変化する。フルード数 (F_n) が、満載状態で 0.155、50% V_F 状態で 0.165 の場合における C_B による自航要素の変化の模様を図 3.2-1 に示した。

3) バルブ付船型と普通型船型の比較試験

S R 4 1、S R 6 1の試験結果との関連性をみるために、母型と同一の船型要素を持ち、船首形状が普通型である船型の水槽試験を行い、母型船型との抵抗・推進性能上の比較を行ったものである。

試験状態等は、前記のシリーズと同じである。

試験結果によれば、

- (i) 抵抗の面からみると、普通型船型はバルブ付船型に比して、満載状態ではやや不利で、高速になる程両者の差は大となり、また 50% V_F 状態では、低速で有利であるが高速では不利である。
- (ii) 自航要素は、両船型とも、両載貨状態で大差がない。

(1.2) 2軸船の系統的模型試験

1) 方形係数 (C_B) シリーズ

1軸船の母型の船型要目と同じ要目を持つ2軸船型 ($C_B = 0.80$) を母型として、 C_B のみを 0.82、0.84 の合計 3 種に変えたシリーズ試験である。なお、これらの 3 船型の船体前半部の形状は、それぞれ C_B の値が対応する 1 軸船の船体前半部の形状に同じである。

試験状態は、満載状態 (V_F) および 50% V_F (1.5% トリム) の 2 種である。

試験結果によれば、

- (i) 両載貨状態とも、 C_B の増加に伴って、剩余抵抗係数は増加する。増加の割合は、高速ほど顕著であり、特に C_B が 0.84 の場合において著しい。
- (ii) 自航要素が C_B の値に伴って変化する模様を、満載状態については、フルード数 (F_n) が 0.155 を、50% V_F 状態については、0.165 を代表速力にとって、図 3.2-2 に示した。

2) 長さ幅比 (L/B) シリーズ

C_B シリーズのうち、 C_B が 0.82 の船型を母型として、その L/B の値を 5.5 から 6.0 および 6.5 の合計 3 種に変えたシリーズ試験である。

試験状態は、 C_B シリーズと同じである。

試験結果によれば、

- (i) 剰余抵抗係数は、満載状態では、 L/B の値の小さい船型で一番大きく、 L/B が大きい船型で一番小さいが、50% V_F 状態では、 L/B が 6.0 の船型が一番大きく、次いで L/B が 5.5、6.5 の順になっている。
- (ii) 自航要素は、満載状態、50% V_F 状態とも、 L/B の値によって、系統的に変化しない。前記と同じ代表速度について、自航要素と L/B の関係を図 3.2-3 に示した。

なお、このシリーズの自航試験では、 L/B の値が变っても、同一の模型プロペラを使用しているので、 L/B が大きくなるにつれて、プロペラ・クリヤランスは小さくなっている。

3) バルブ付船型と普通型船型との比較

C_B が 0.80 の 2 軸船型の母型の船首形状を普通型に変更して、バルブ付船型との比較を行ったものである。

試験状態は、前記のシリーズと同じである。

試験結果によれば、

- (i) 剰余抵抗係数は、満載状態では、広い速度範囲にわたって、バルブ付船型の方が低かった。50% V_F 状態では全般的に僅かながら普通型船型の方が低い値を示した。
- (ii) 自航要素は、両船型で、両載貨状態とも大差ない。

4) 相似模型シリーズ

母型の C_B を 0.82 とした船型について、模型船の長さを、10 m、8 m、6 m、4.5 m 及び 2.8 m に変化させて、抵抗及び推進性能に関する尺度影響を調査したものである。

試験状態は、前記のシリーズと同じである。

試験結果によれば、

- (i) 大型模型船の計測値に対して、側壁影響の修正を行い、長さの異なる模型船による計測値の相互比較の精度を向上させた。
- (ii) F_n 数ベースに、剰余抵抗係数の値をくらべると、満載状態では、10 m と 8 m 模型船では略同じ大きさ。6 m と 4.5 m 模型船では略同じ大きさであるが、後者の模型船グループの方が高い値を示した。50% V_F 状態では、6 m 以上の長さの模型船は、略同じ値を示した。
- (iii) 自航要素のうち、伴流係数は、模型船が大きくなると小さくなり、スラスト減少係数及びプロペラ効率比は、模型船の長さによって殆んど変化しない。
- (iv) 模型船の長さが小さい場合には、抵抗試験の結果も、また自航試験の結果も、計測精度上問題があり、模型船の長さによる系統的变化の傾向に沿わない例もあった。

(1.3) 船首形状改善による馬力節減の研究

従来の研究により、低速・肥大船型に対する球状船首の効果が認められていたが、船首バルブを突出させることによるバラスト状態における効果が著しいことも知られてきた。そこで、本研究部会でも船首形状の改善の研究を、船首バルブの形状に絞って実施することになった。

研究は、理論計算と水槽試験の両面から実施された。

1) 理論計算

- (i) バルブの幾何学的特徴と流体力学的性質に関する予備計算
バルブの形状と流体力学的性質との関連性、たとえばバルブと主船体との結合部の形状の流体力学特性等に関する予備的情報を得ることを目的として、主船体及びバルブを特異点分布で近似して、流線追跡を行った。
- (ii) バルブ船型の数式表示

バルブに関する研究を一層詳細に行うためには、バルブを含めた船型の数式表示ができることが望ましい。

このために、船体表示式を

$$y(x, z) = y_o(x, z) + y_b(x, z)$$

ここに、

$$y_o(x, z) = \text{主船体}$$

$$y_b(x, z) = \text{フェアリング部分を含めたバルブ部分}$$

のように分離して、主船体については、Pien の方法による数式表示を行い、バルブについては、いくつかのバルブの基本型を想定して、数式表示を試みた。

(iii) Secondary Flow の計算

本研究部会の 1 軸船母型について、神中の方法で流線計算を行った。船底に流入する前後での流線に沿う圧力分布を調べると、バルブのない船型では、著しい圧力降下とそれに続く急激な圧力上昇がみられ、船底剝離渦の発生が予測されるが、バルブをつけることにより、圧力勾配が非常に緩和されることがわかった。

2) 水槽試験

(i) 回流水槽における流線観測試験

船底を平坦に修正した理論船型（バルブなし、バルブつき）、母型船型及び母型変形船型について満載状態及びバラスト状態で、船側波形測定及び船側・船底流線観測を行った。

その結果、理論船型については、実験の範囲の船首形状の変更では、船底流線の変化が小さいこと、バラスト状態より満載状態の方が流向の食い違いが大きいことが示され、また母型船型についても、船首部形状の僅かな変更によっては流線の大幅な改善が望めず、船首船底における流線をより改善するためには、大幅に船首部肋骨線形状を変更することが必要であろうと考えられた。

そこで、母型船型につき、プリズマチック曲線を同一に保ち、船首肋骨線形状を、双曲線的形状、円弧的形状、放物線的形状、ラム及びバルジ的形状に大幅に変更した船型を計画し流線及び船側波形の観測を行った。

その結果、肋骨線形状を大幅に変更した船型の方が、母型船型にくらべると、船首船底における流線の交叉は小さいこと、また双曲線的形状の肋骨線形状の船型が、流線、波形ともに良好なことが判った。

さらに、母型の C_B を 0.82 とした船型およびその船型の船首肋骨線形状をラム及びバルジ的形状に変更した船型の 2 種について流線観測と船側波形測定を行った。

その結果、 C_B が 0.82 母型船型より船底における交叉流は減少していることが示されたが、さらに流線を改善するためには、肋骨線形状に一層の工夫を加えるべきことが明らかにされた。

また、バルブ先端の半径を大きくすると流線がやや悪化し、バラスト状態ではバルブ後方の船側波形に深い谷と山が現われることが示された。

母型の C_B を 0.84 とした船型につき、船首部肋骨線形状がバルジ状で FP 断面の形状を変更した船型 3 種を製作し、合計 4 船型について、流線観測と船側波形測定を行った。

その結果、母型の船首流線の状態は悪く、これを改善するためには、肋骨線形状をバルジ状にするのが一法であること、また FP 付近の形状については、FP 断面面積中心位置が上方にあり切り上がった側面形状のものが良いことが判った（図 3.2 - 4 参照）。

なお、回流水槽の試験に使用した模型船の長さは、いずれも 2.0 m である。

(ii) 小型船型試験水槽における抵抗試験

C_B が 0.80 の母型船型及びその C_B を 0.82 と 0.84 とした船型で船首バルブの形状を数種に変更して、抵抗試験等を行った。

まず、 C_B が 0.80 の母型船型については、F.P. におけるバルブ面積比及びバルブ断面形状とバルブ中心位置の値を母型と同一に保ち、バルブ・プロフィル特性とバルブ前方突出量を 4 種に変更し、満載状態及びバラスト状態の抵抗試験及び船側波形測定を実施した。

試験を行ったバルブの組合せは、次表のとおりである。

バルブ記号	プロフィル特性	突出量 (%)
B ₁ (原型)	B 型	1.28
B ₂	B 型	2.56
R ₁	R 型	1.28
R ₂	R 型	2.56

上表中、プロフィル特性 B 型は、母型のプロフィルを、R 型は Raised-up 形状を示し、また、突出量は、バルブの F.P. からの突出長さを船の長さで割った値である。

試験結果によれば、

- ア 満載状態においては、R 型の方が B 型より若干よい。僅差ながら R₂ が一番よい。
- イ バラスト状態では、バルブ形状による抵抗値の差は大きく、突出量の大きい方が良好な成績を示す。船側波形測定の結果でも突出量の大きいバルブ船型の方が波高が明瞭に小さくなっている。
- ウ L/B が 5.5 という幅広肥大船型の最適バルブの大きさは、母型の 10 % より大きいところにある。

つぎに、 C_B が 0.82 の船型については、下表に示すように、バルブの大きさ(f)、突出量(%)、最大突出位置の水面からの距離 (Z_1 : 水面からの距離を満載吃水で割った値) および F.P. におけるバルブプロフィルの F.P. との交点と水線との距離 (h : 水線との距離を満載吃水で割った値) を数種に変更した合計 6 種の模型船により、抵抗試験と船側波形測定を行った。

バルブ記号	f	突出量	Z_1	h
B 1	0.10	1.23	0.700	1.00
R 1	0.12	1.86	0.665	0.95
R 2	0.14	2.48	0.665	0.95
R 3	0.16	3.10	0.665	0.95
R 4	0.10	2.48	0.665	0.95
R 5	0.12	2.48	0.665	0.95

試験結果によれば、

- ア 満載状態では、常用速度範囲で、R₅ 船型が僅少ではあるが、良好である。
 - イ バラスト状態では、常用速度範囲で、R₄ 船型が優れている。
 - ウ 満載、バラスト両状態を総合すると、R₄ 船型がよく、このことから C_B が 0.82 の船型についての最適のバルブの大きさは、満載状態に対して 0.12 以上、バラスト状態に対して 0.10 程度であると判断される。
- さらに、 C_B が 0.84 の船型については、これまでの研究成果を基に、次表の 6 種のバルブ形状に関して、抵抗試験、船側波形測定等を行った。

バルブ番号	f	突出量	Z ₁	h	Z _r
B 1	0.1 1	1.1 6	0.7 0	1.0	0.7
B 2	0.1 2	1.8	0.7 5	1.0	0.6
B 3	0.1 2	2.4	0.7 7 5	1.0	0.5 5
B 4	0.1 2	3.0	0.8 0	1.0	0.5
R 1	0.1 2	1.8	0.6	0.9	0.6
R 2	0.1 2	2.4	0.6	0.9	0.6

上表中、Z_r は、最大バルブ半径の高さで、水線下、最大バルブ半径位置までの距離を満載吃水で割った値である。

試験結果によれば、

ア 満載状態においては、全般的にみて、Bシリーズより、B 2を除けば、Rシリーズの方が若干良好である。

イ 造波抵抗係数の値でくらべても、B 2が一番低かった。

ウ バラスト状態においては、Rシリーズの方がBシリーズより総体的に悪い。

エ Rシリーズが悪い結果を与えたのは、バルブ中心を水面に近づけすぎたことと、バルブ半径が過大になったためと考えられる。

オ 総合的にみると、C_Bが0.8 4の船型に対しては、バルブ形状はB 2が最もよい。すなわち、突出量は1.8 %程度とし、バルブ半径も小さめでおだやかなものがよい。

なお、小型船型試験水槽の試験に使用した模型船の長さは、いずれも2.8 mである。また、C_Bが0.8 0の船型は、1軸船型であるが、C_Bが0.8 2及び0.8 4の船型は、船尾形状が肥大化して抵抗試験における不安定現象を誘引する恐れが考えられたため、船尾形状を2軸船型とした。

(1.4) 船尾形状改善による馬力節減の研究

1軸船型および2軸船型について、肥大船特有の船尾における大きく広い伴流域と渦状流れを改善し、抵抗上ばかりでなく推進性能上も有利な船尾形状に関し、抵抗試験、自航試験、流線観測、表面圧力測定等を実施することにより、主として船尾フレームラインとの関係を調査した。対象とした船型のC_Bの大きさは、0.8 0を主体とした。

1) 1軸船型に関する研究

船尾のフレームラインを水平方向に納める船型の例として双曲線型船尾を採用した場合の性質を主として調査した。

この研究に用いられた模型船とその船尾形状の特徴は、次表のとおりである。

船型番号	船尾形状等	備考
1 6 7	偏平	
1 8 0 - O H	双曲線フレーム、スケグ小	
1 8 0 - B H	" "、スケグ中	
1 8 0 - E H	" "、スケグ大	
2 8 0	2軸近似フレーム	

試験結果によれば、

ア 双曲線フレームを持つ船型は、母型船型にくらべて、一般に抵抗値は低いが、自航要素が劣るという性質を持つ。

イ 抵抗値と自航要素の変化の兼ね合い如何によって改善になりうるが、双曲線フレーム船型のう

ちでは、180-BHが改善となった。

ウ 2軸船近似フレームを持つ船型では、抵抗値は低くなるが、自航試験では、伴流係数の値が2種の値を示すなど船尾流れの不安定が認められ、しかも船体効率の低下が著しい。

エ 1軸船型で船尾形状を改善することが困難な理由は、原形の船尾渦の作用が予想以上に有効であることに帰せられる。このために、双曲線フレームのような低抵抗船型は、もうすこし肥大度の小さい場合に適していると考えられる。

2) 2軸船型に関する研究

次表に示すように、2軸母型船型を含む5種の模型船について試験を実施した。

船型番号	船 尾 形 状 等
184	2軸母型
185	双曲線フレーム・ライン 左右プロペラ軸心を中心線側に寄せたもの
202	双曲線フレーム・ライン プロペラ軸高さを下げ、軸間隔を184と185の中間にしたもの
209	1軸母型のフレーム・ラインで2軸としたもの
229	船体後半部のCBを0.78とし、かつ、クルーザー・スターン部の絞りをゆるめたもの

試験結果によれば、

ア 2軸船型は、母型及びその変形船型とも低抵抗型船型に属する。

イ 抵抗値は、184、202、185の順に低下し、また伝達馬力は、185、184、202の順に値が増加している。

ウ 209は、1軸母型にくらべても、抵抗値及び自航性能ともに劣る。

エ 202では、抵抗値の低下がみられ、また184にくらべて船体効率は若干向上したが、スラスト減少係数の改善が期待した程得られなかった。

3) 船体表面圧力測定結果等

抵抗試験、自航試験以外の試験により、巨大船の船尾周りの現象に関し得られた知見の主なものを探げると次のとおりである。

ア 1軸船型及び2軸船型について、船体表面上の圧力測定を行った結果によると、剩余抵抗のうち圧力抵抗が大部分を占めること、2軸船の船体後半部の圧力抵抗は、1軸船の約1/2程度であること、これは2軸船型の船尾ビルジ渦が弱いためと考えられること等が示された。

イ プロペラの作動の有無による圧力分布の比較によると、プロペラの影響はその近傍に限られていることが確認された。また、スラスト減少のうちには、圧力以外の成分もあることが予想された。

ウ 1軸船母型の伴流分布の特徴は、推進軸高さの両舷に位置する大きな剥離渦の発生にある。この渦のために、抵抗は大きくなるが、伴流利得として得られる利益もすくなくないことが明らかにされた。

エ 剥離渦を発生させないように双曲線フレーム・ラインとすると、抵抗は減少するが、クルーザー・スターン部に全境界層が集中して、剥離が生じ易くなる。特に、プロペラが作動すればクルーザー・スターン部に剥離流が発生する。この現象は、低抵抗をねらう船型においては、1軸船でも、また2軸船でも、十分配慮しなければならないことである。

なお、船尾形状改善の研究に使用した模型船の長さは、いずれも4.5mである。

(1.5) 制限水路中の船体沈下と抵抗増加の研究

・ C_B が 0.80 及び 0.84 の 1 軸船型について、制限水路中の船体沈下量と抵抗増加の計測を行い、制限水路影響及び可航速力について実験的に調査したものである。

1) C_B が 0.80 の 1 軸母型船型の場合

水路の幅を、船幅の 4.4 倍ないし 5.5 倍に変化させ、また水深を満載吃水の 1.1 倍ないし 6.0 倍に変化させて船体沈下量の計測を行うとともに同じ水深・吃水比で水路幅・船幅比が 4.4 及び 7.334において抵抗試験を行った。

載貨状態は、満載状態で、トリム 0 である。

試験結果によれば、

ア 試験の範囲内では、常に船首トリムの傾向にあり、船首から底触する。

イ 船体沈下量に及ぼす水路幅の影響は大きいが、船幅の 1.0 ないし 2.0 倍程度の水路幅があれば、ほぼ広い水路（オープン・シー）と同じとみてよい。

ウ 低い速度では、水路幅の影響はすくない。従って、ごく浅い狭い水路では、浅いために余り速度があがらないうちに底触するため、水路幅の広狭による大きな影響は現われにくい。

エ 浅水になると抵抗が急増する。

オ 水深・吃水比が 1.3 以下のごく浅い水路での底触速力を示したものが、図 3.2-5 であるが、本図により、可航水深または可航速力が求められる。

カ 水路幅・船幅の比を 4.4 に定めて水深を変化させた時の全抵抗係数 C_T ($= R / \frac{1}{2} \rho S v^2$) の値をフルード数 F_n を横軸にとって、図 3.2-6 に示す。

なお、この水槽試験に使用した模型船の長さは、2.5 m 及び 1.5 m である。

2) C_B が 0.84 の 1 軸母型船型の場合

水路幅・船幅比が 7.334 で水深・吃水比を 1.1 ないし 6.0 に変化させて、満載状態で船体沈下量の計測を行った。

試験結果によると、水深が浅くなるに従って沈下量が急激に増加すること、また常に船首トリムの傾向にあること、さらに、図 3.2-7 に示すように、 C_B が 0.80 と 0.84 の船型では、沈下量にみるべき差は生じないこと等が示された。

なお、この水槽試験に使用した模型船の長さは、1.5 m である。

(1.6) 実船速度試運転資料の収集と解析

S R 41 以来、実船の速度試運転の資料を収集し解析する作業は続けられてきたが、急速な船型の大型化に伴い、S R 98 においても更に大型化した実船の速度試運転資料を収集し解析された。

その結果については、3.5 に詳述されているので、ここでは省略する。

(2) 旋回・操縦性能に関する研究

この研究においては、主として、旋回性能等に及ぼす浅水影響に関する実験的研究が実施された。

ここでは、この研究の要点だけを簡単に述べることにする。

(2.1) 浅水中における旋回性能模型試験

C_B が 0.80 及び 0.84 の 1 軸及び 2 軸船型について、水深を変化させて、旋回試験を行ったものである。舵面積の影響も調査された。

(2.2) 浅水中の旋回性相似模型試験

長さの異なる模型船数船型につき、浅水時の旋回試験を行ったものである。

(2.3) 旋回中船体に働く力の研究

浅水時と深水時の旋回性及び針路安定性の相互関係を調査するために、浅水時及び深水時に、旋回腕による旋回試験を行い、旋回中船体に働く力及びモーメントを計測し、その結果、巨大船では、浅

水時に特異現象が現われうることが示された。

(2.4) 実船操縦試験資料の収集と解析

大型肥大船の操縦性能については、特に小舵角において針路不安定となり、安全性の上から検討をするのみならず、模型試験との相関関係にも問題が残されている。これらの問題を調査するために、多くの実船操縦試験の結果を収集し、解析して実船の性能を正確に把握し、また代表的な実船について模型試験を行って、実船と模型船の間の相関性について検討を加えた。収集した実船の資料は、21万DWトンタンカーを含み合計15隻であり、また模型試験は2隻である。

3.2.5 肥大船型の水槽試験結果の整理

本研究部会終了後、SR41、SR61及び本SR98において行われた大型肥大船型に関する総計約60隻に達する水槽試験を、一つのシリーズ・テストとみなして、これらの抵抗及び自航性能を統一的に整理する試みが、笠島らにより行われた（関西造船協会誌、第139号、昭和46年3月）。

その要点を述べると、次のとおりである。

まず、この試みの対象とした模型船は、長さが6mのもので、船型主要目の範囲は、下表のようになっている。

Lpp	6 m
船首形状	普通型及びバルブ付
長さ幅比 (L/B)	5.5、5.75、6.0、7.0、7.2、7.34 7.6
幅吃水比 (B/d)	2.46、2.76、3.06、3.36
方形係数 (C_B)	0.78、0.80、0.82、0.84
縦浮心位置 (l_C_B)	-0.5～-3.8%

試験結果の整理に当っては、肥大船の推進性能は、造波抵抗を除き、主として船尾肥大度に左右されると考えられるので、粘性抵抗及び自航性能を、次式で表わされる船尾肥大度 r によって整理した。

$$r = \frac{B/L}{1.3(1 - C_B) + 3.1 l_{CB}}$$

上式で、 l_{CB} の値は、船体中央部より前方を正とする。

その結果によれば、 r が 0.4 ～ 0.65 の範囲で、

- (1) 形状影響係数 K を、 r 、 B/d 、 T/L の関数として次式で表わすと、載貨状態にかかわらず、1個の式で求めることができる。ただし、 T は、トリム量で船尾トリムを正とし、またトリム状態に対する d は船体中央の値とする。

$$K = 3r^5 - 0.035\frac{B}{d} + 0.5\frac{T}{L} \cdot \frac{B}{d} + 0.30$$

上式を使用する場合の摩擦抵抗算式は、シェーンヘルの式による。

- (2) 肥大船では、造波抵抗の占める割合が小さいので、

$$r_w = \frac{R_w}{\frac{1}{2}\rho V^2} = \alpha F_n^m$$

で近似すると、載貨状態に対応して α と m の値は、次のようになる。

満載状態 (V_F) $m = 6, \alpha = 6.0$

半載状態 (65% V_F) $m = 5, \alpha = 1.9$

バラスト状態 (44% V_F 及び 50% V_F) $m = 4, \alpha = 5.2$

(3) 伴流係数 (w) は、次式で近似できる。

載貨状態	船 型	近 似 式
満載	S R 6 1、9 8	$w = 0.75 r + 0.14$
	S R 4 1	$w = 0.75 r + 0.08$
半載、バラスト	S R 6 1、9 8	$w = 0.75 r + 0.20$
	S R 4 1	$w = 0.75 r + 0.14$

なお、伴流係数に対するプロペラ直徑の影響は、図3.2-8で与えられる。

(4) スラスト減少係数 (t) は、各載貨状態を通じて、次の直線で表わされる。

$$t = 0.15 r + 0.14$$

3.2.6 結 言

S R 9 8 の特色と概要を主として推進性能に関する研究を中心として述べた。旋回・操縦性能に関する研究については、要点だけを記載するに留めた。

また、同種の研究に属する S R 4 1、S R 6 1 も含めた統一的な、抵抗・推進性能の整理の方法とその結果も示した。

はじめにも述べたように、S R 9 8 では、従来と異なり、船型学的基礎研究や船型改良の研究が、船型要素を系統的に変えて行うシリーズ・テストと併行して、かつ同じ程度の重点を払って行われたことに大きな特徴があり、大がかりな系統的模型試験は、本研究部会が実質上最後となった。

以後の研究部会においては、よりきめ細かな理論的実験的研究が指向されるようになった。

理論船型学が実用船型学の分野へ歩を進めて行った丁度その時期に S R 9 8 は位置したといえるかもしれない。

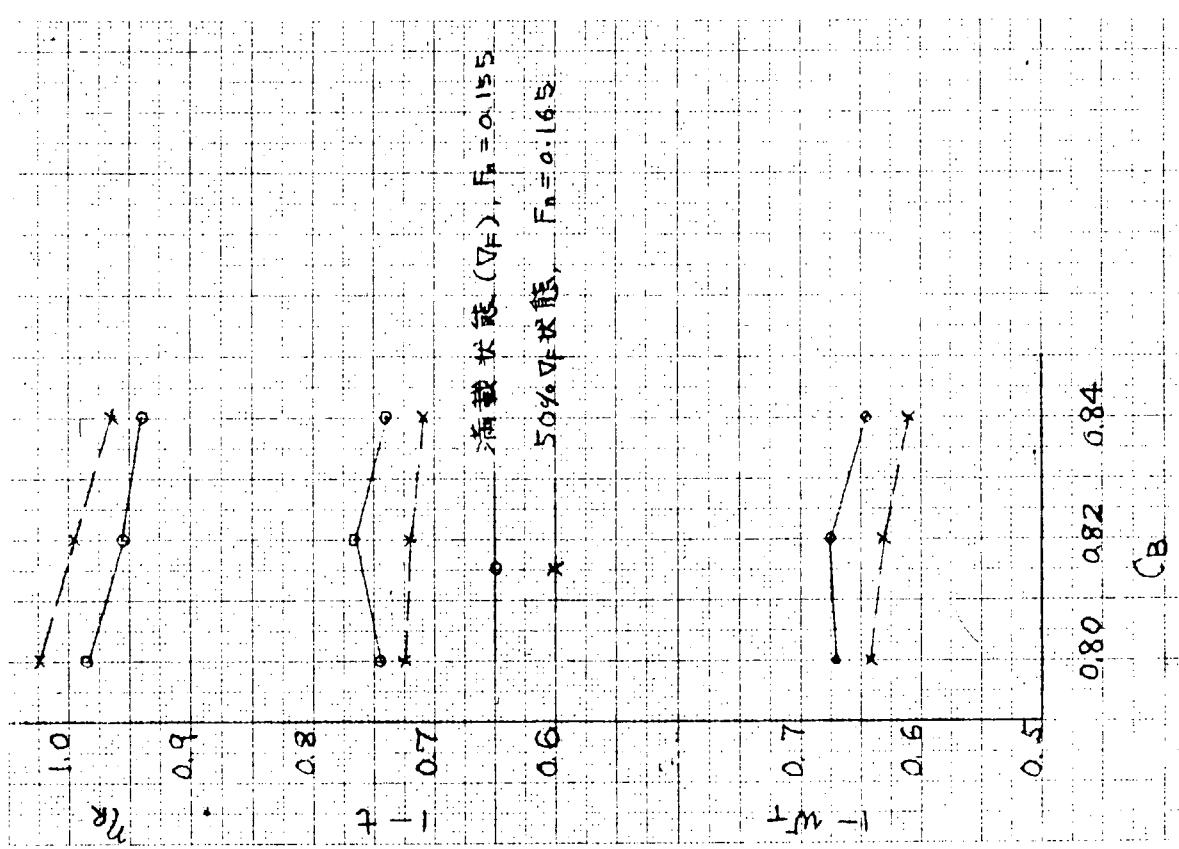
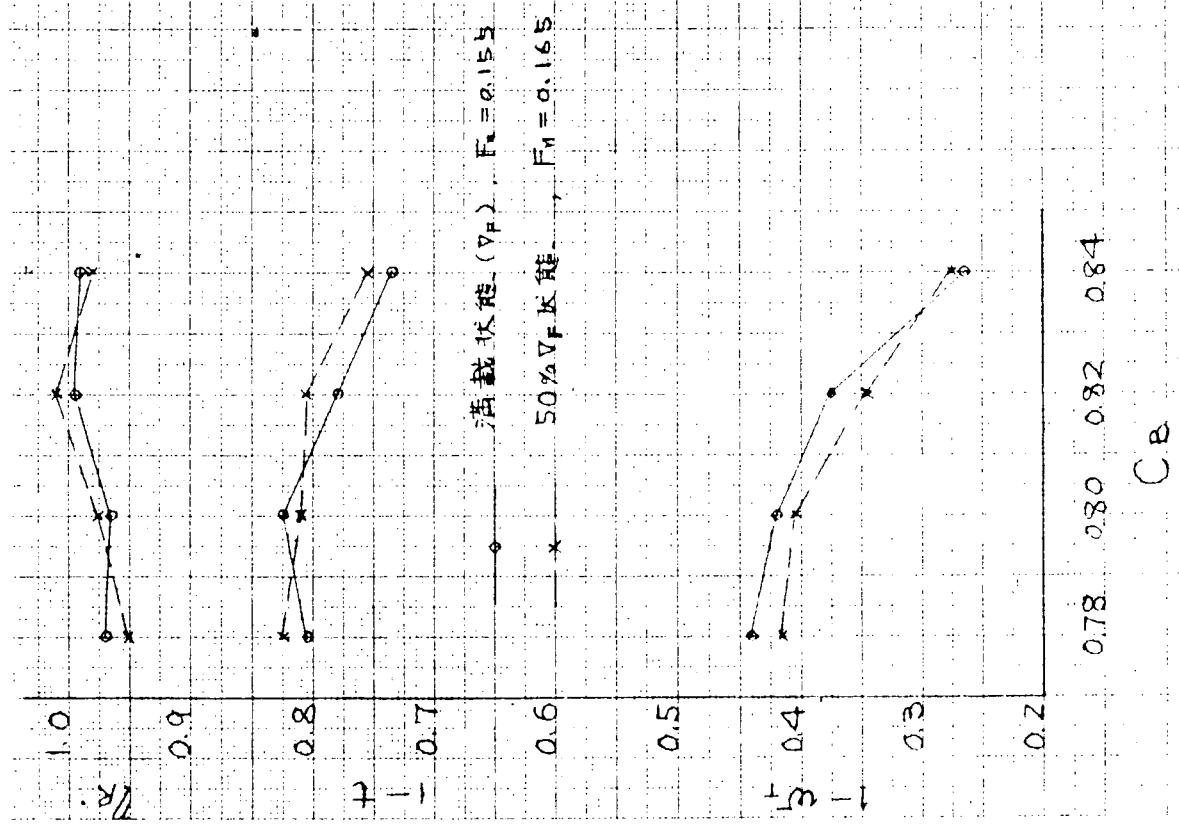
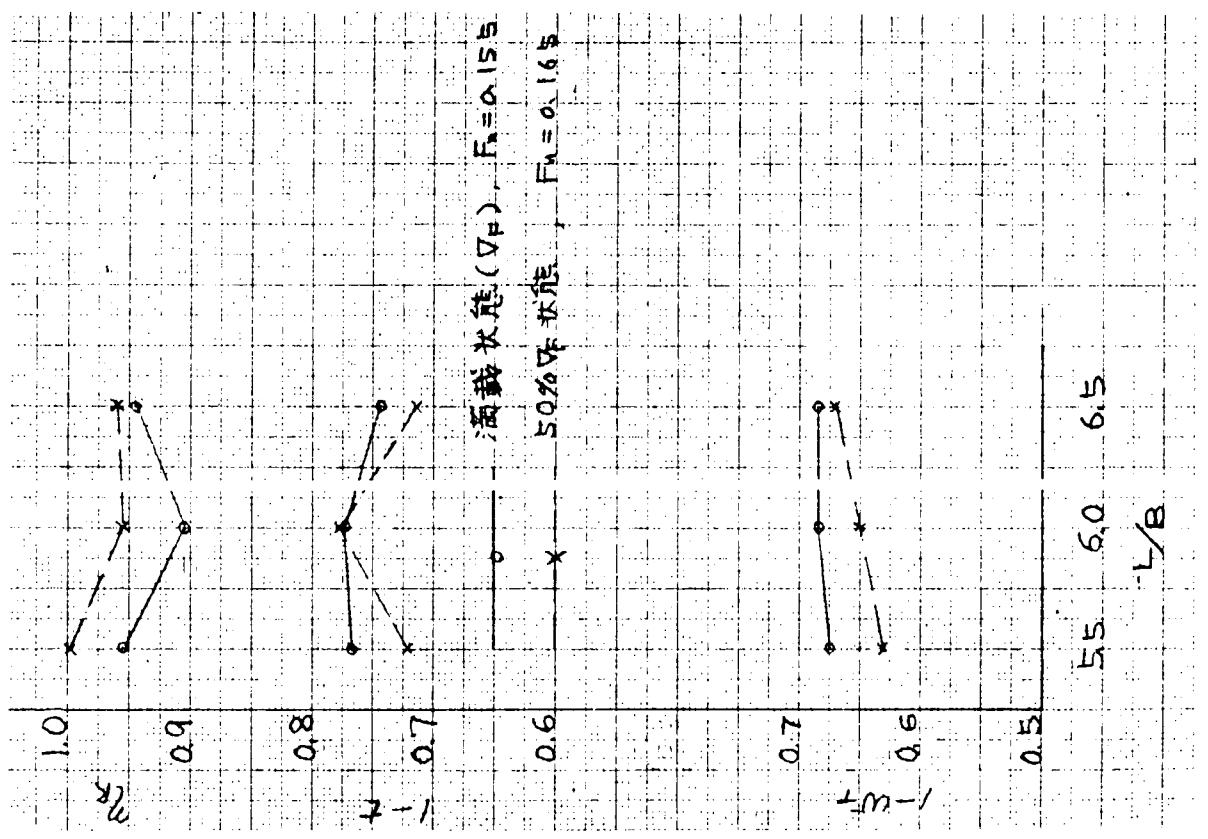


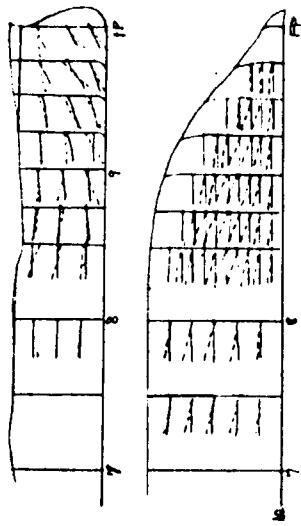
図 3.2-1 自航要素に及ぼす C_B の影響 (1 軸船型)

図 3.2-2 自航要素に及ぼす C_B の影響 (2 軸船型)



- 47 -

高さ 10mm のタフト



母型船型

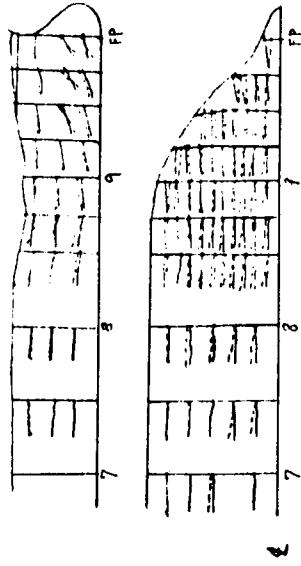


図 3.2-4 $C_B = 0.84$ の船型における流線計測結果の例

(満載状態, $F_n = 0.155$)

図 3.2-3 自航要素に依る L/B の影響 (2 軸船型)

H ; 水深
 W ; 水路幅
 B ; 船幅
 d ; 満載吃水

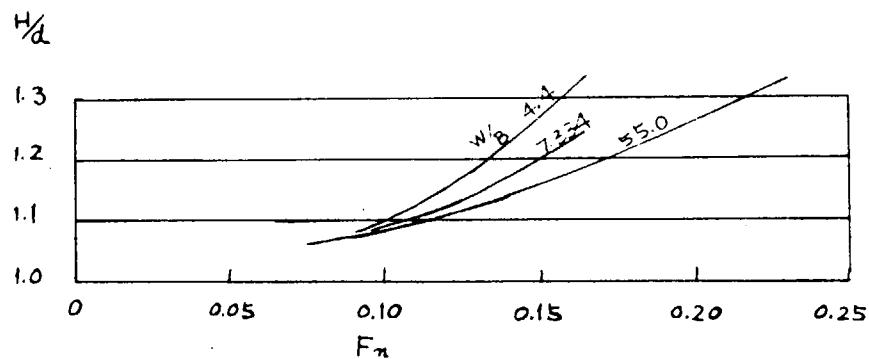


図 3.2-5 船首底触速力

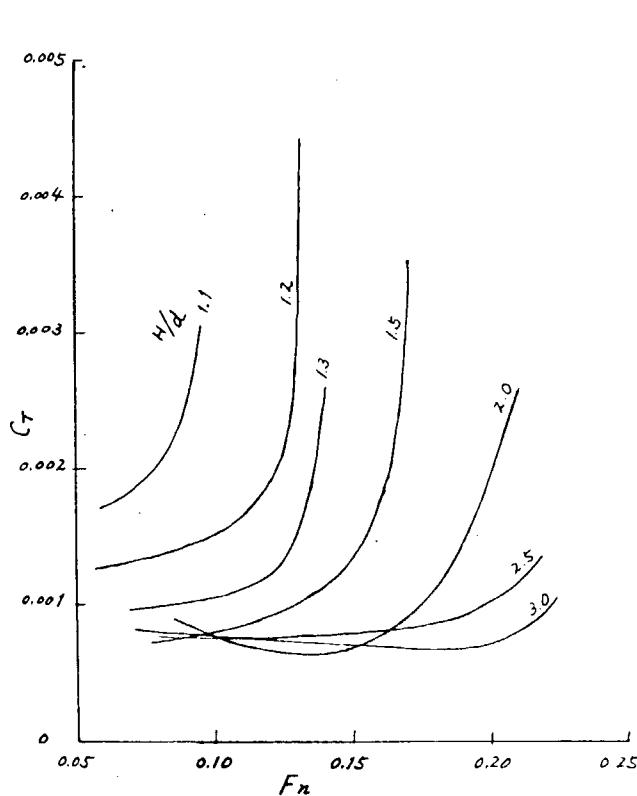


図 3.2-6 抵抗試験結果 ($W/B = 4.4$)

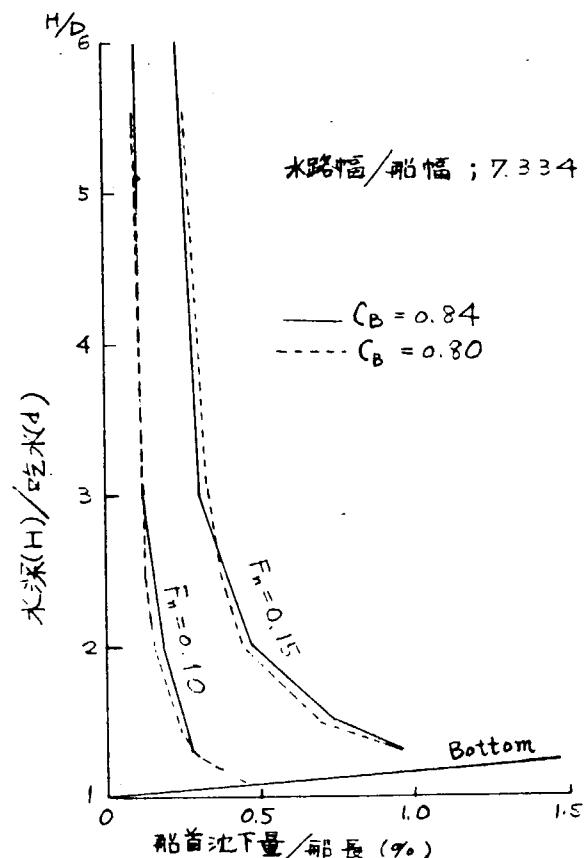


図 3.2-7 船首沈下量に及ぼす C_B の影響

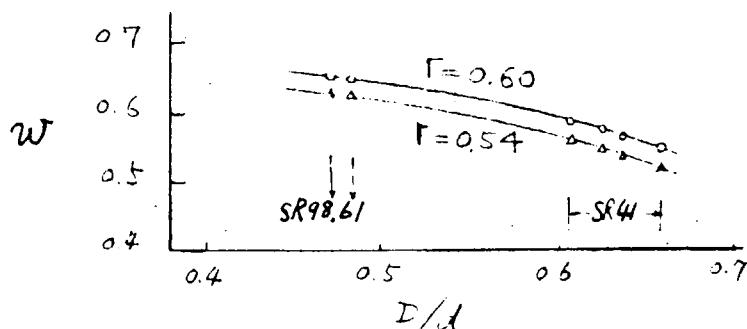


図 3.2-8 プロペラ直徑(D)の伴流係数へ及ぼす影響

3.3 船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究 (SR107)

3.3.1 緒 言

わが国のタンカー船型の研究は、昭和20年代の後半にすでに大型肥大化の方向が示されている。昭和30年代から40年代前半にかけての肥大船型の研究は、タンカー等の巨大化に伴う L/B 、 B/d 、 C_B 等の船体主要目比の変化に対応して新しい船型の開発に追われた。このため、研究の方法としては、主要目比変化および船首バルブと推進性能の関係を追求した系統的模型試験（シリーズ・テスト）が研究の中心となっている。

造船研究協会の場で実施されたものとしては、すでに説明のあったSR41、61および98が上記に該当したと考えられる。シリーズ・テストの研究の方法は、今日でもなお重要な場合が多いが、造研ではSR98以降肥大船型についてはこの方法を用いていない。この一つの原因是、造船各社に船型試験水槽が順次完成したこと、船研を中心とした船型研究会（FTC他）が設計データの提供を続けたことなど社会状況の変化にある。この他に重要なのは、これまでデータ集約的傾向にあった船型設計に、船舶流体力学研究の成果を積極的に応用する傾向が芽生えた変化も見逃すことができない。

SR107研究部会は、SR98終了直後に始まったもので、造研の船型研究が知識集約的な内容のものに移行した最初の研究部会と言うことができる。すなわち、肥大船の主要目比と推進性能の関係の概略が明らかになり、実船の馬力推定が一応可能となった段階でもなお模型船と実船（特に巨大船）のデータの相関の問題などに解決されていない課題が多数あり、船型設計上も重要な関心を持たれるようになってきた。

造研では、これらをまとめて次の重要な課題として、「馬力推定法の精度向上」の解決の方策が検討された。SR107の研究課題は2部に分れていて、第1部では、模型試験によって仮に正しく実船馬力の推定ができるとしても、実船の速力試験で馬力計測および対水速度計測が誤っていたのでは無意味であるから、まず対水速度計測法について研究が行われた。第2部は、馬力推定法に係る諸問題についての研究で、特に4隻の相似模型および対応実船の推進性能の研究に重点が置かれている。

SR107の研究期間は、昭和44年4月から47年3月までの3年間で、この間に次の3冊の研究資料とこれらを総括した研究報告が出ている。

- 船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究報告書、造研、研究資料46109、124および142号（昭和45年～47年）
- 船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究、造研報告第73号（昭和48年1月）

また、SR107は、研究の規模が大きく、構成が複雑なので、最初に研究経過の概要について説明しておく。

年度	小委員会名	内 容
44	速度計測	◦ 船の対水速度計測法の調査 ◦ 船体まわりの流速分布の調査
45	速度計測	◦ 電磁式および超音波式対水速度計の実用化試験の準備
45	抵抗成分	◦ 実船（新鶴丸）の相似模型船 ($L = 2, 4, 8\text{ m}$) による抵抗成分の分離計測試験
46	速度計測	◦ はんぶとん丸による対水速度計の実用化試験
46	抵抗成分	◦ 相似大型模型 ($L = 1.2\text{ m}$) による抵抗成分の分離計測試験 ◦ 実船試験の実施
46	伴流計測	◦ 実船（新鶴丸）による伴流分布計測 ◦ 模型船と実船の伴流分布尺度影響のまとめ

3.3.2 対水速度計測の研究

(1) 研究の目的

船舶の対水速度の計測は、これまで標柱間試運転によって行われていた。しかし船舶の大型化に伴い、次第に速力試運転に必要な最小の水深および助走距離が増加して、従来の標柱間試運転航路は巨大船に適さなくなってしまった。このため、巨大船は広い海面上で往復航走を行い、船速はドップラ・レーダを用いた電波式速度計で対地速度を求め、対水速度に換算する方法がとられていた。

ところが、このような外洋に近い海面では、海流、潮流の複雑な流れがあつて時間的にも変化するため、往復に長時間を要する巨大船の場合は、単純な平均処理で対水平均速力を求めることが出来ない。もし船の対水速度を確実に計測する方法が開発されるならば、上記の問題が解決されるだけでなく、風の影響が少ない場合には一方向のみの航走だけで速力試験をすることが可能になり、大きな利益を受けることになる。

(2) 対水速度計の調査および仕様

対水速度計は、当時使用中のものの性能から将来実現の可能性のあるものまで、21種類の候補について詳細な調査が行われてその中から次の2種類のものが選定された。

a 船底装備の電磁式速度計

船底から突出した測定桿の先端に電磁式の受感部を取り付け、対水速度を計測する。船体の影響を修正するためには、境界層外のボテンシャル流速を計測する必要があり、このために船底取付位置、境界層の厚さ、トリムの影響などの調査が必要となる。また海中浮遊物、ごみの影響を除くため、船底から出し入れする必要もあるので、このための設計、特に船底構造との取合いを検討が重要である。

b 船首船底装備の超音波ドップラ・ソーナー速度計

船首バルブ先端に取り付け、船首から十分遠い前方の水塊に対する船の速度を計測する。この方法によると、水温、海流、潮流が水深で変化するための誤差が入りにくいので、精度の向上が期待できる。

c 試作対水流速計の仕様

対水速度計に必要な仕様の主なものを示すと、

計測速度範囲：巨大船試運転用として10～18.5 kn

計測精度 ； 1/300 (相対誤差)、±0.05 kn (±0.026 m/s)

(3) 試験結果および考察

対水速度計実用化実船試験船の主要目を次に示す。

試験船、住友重機械工業(株)建造、第一中央汽船(株)所属、はんぶとん丸、撒積兼油運搬船

DW 168,859 K T、28,000 P S (Max)

L pp × B × D × d = 28.5 × 47.4 × 24.8 × 17.6 15 m

C_B = 0.82 Vs = 15.40 kn (Full)

対水速度計 a) SS 6 の船底に電磁式速度計設置

b) 船首バルブ船端の水深 11.5 m に超音波速度計設置

速度計配置図を図 3.3-1 に示す。

a 電磁式速度計の計測結果

試験前の調査で予測された計測位置の境界層厚さは 0.7 m であった。船底構造などの関係で、測定桿の最大突出量を 1 m としたが、図 3.3-2 に示す流速分布図から分るように、突出量が不足で十分な目的を達しなかった。この位置での境界層の厚さは 1.1 ～ 1.3 m と想像される。なお、図 3.3-2 の 0.3 ～ 0.5 m 付近にある分布上の凹みは、船首船底渦の影響と考えられるなど、本方式の実用化にはなお検討する事項のあることが分った。

b 超音波式速度計の計測結果

超音波に対する水面の影響を除くために満載状態で計測の予定であったが、公試出港前に受感部が破損したので目的を達しなかった。しかしバラスト状態の予備テストでは若干のデータを得ている。この結果では、サンプリング距離（50～75m使用）が大きくなる場合はほぼ仕様の精度を満足しているが、実用化のためには、今後波の影響などを把握する必要がある。

c 考 察

公試対地速度計測時の計測値を図3.3-3に示した。図3.3-3によると、電磁式、超音波式速度計および圧力式ログのカーブが平行していることから、対水速度は正しく計測され図示のように変化していたものと思われる。電波ログを用いて対地速度から対水速度を推定した結果は、傾向がバラスト状態では対水速度計のものと似ているが、満載では余り一致せず（○印）むしろ風を修正しない値（△印）とよく一致していることが分る。

総合して検討すると、速度試運転用対水速度計の実用化は可能であると考えられる。将来の実用化については、設計に必要な注意事項が報告第73号の付録に記載されている。

3.3.3 馬力推定の研究

本研究では、模型船の水槽試験結果から対応実船の推進性能を推定する方法、すなわち模型実船間の相関が研究の主課題になっている。

研究の内容としては、当時漸く定着して新しい研究の手法になってきた抵抗成分の分離計測法を相似模型群に適用して肥大船型における抵抗の相似則に新しい観点を拡げること、また肥大船型で最も尺度影響の著しい伴流分布について相似模型および実船の計測値を比較検討して馬力推定に応用することなどが中心となっている。

研究の対象とした実船の主要目を次に示す。

日立造船㈱因島工場建造、山下新日本汽船㈱所属 新鶴丸 鉱石運搬船

DW 162,400 KTon, 3,0900 PS (114 rpm)

L_{pp} × B × D × d = 30.2 × 4.4.2 × 2.4.2 × 1.7.0 m

C_B = 0.827 C_P = 0.832

(1) 相似模型船による研究

模型船の大きさは、長さ12m、8m、4mおよび2mの4種である。試験の種類は抵抗試験、自航試験、プロペラ単独試験、伴流速度分布計測、後流速度分布計測、後続波形計測および流線計測の7種で、各模型船の担当計測項目を、表3.3-1に示した。

試験結果を要約して次に述べる。

a 抵抗、波形解析、後流計測結果

2m模型船は計測値が小さく、他の模型船と傾向が異なるため、2m模型船のデータを除くと次の結果が得られる。

抵抗計測では、満載状態の場合に大きな模型船程剩余抵抗が小さくなってしまい、バラスト状態の場合にも同様な傾向が見られるが満載程には明確でない（図3.3-4）。

波形解析法による波形造波抵抗計測結果は、Hughesの方法で求めた造波抵抗値にくらべてかなり低い値になっている。さらに小さな模型船程低い波形造波抵抗値を与える傾向も見られる（図3.3-5）。なお後続波形の計測法は、Y = 0.25 L_{pp} の縦切り法である。

後流計測法による伴流粘性抵抗計測結果は、総圧損失法で求めたものであるが、小さな模型船程大きな伴流粘性抵抗が得られている。また総圧損失の喫水方向分布は模型船の大きさに係わらず、分布形状が等しく、上下に分れた形をしているが下方のピークは縦渦によって形成されたものである。

5隻の相似模型船の抵抗計測値 (C_T) の関連を調べるために、Hughes の摩擦抵抗係数 (C_fH) を用いて ($C_T - C_fH$) 線図を Froude 数毎に画く解析の方法を試みた。この結果、図 3.3-6 に示すように満載状態では、通常の抵抗相似則をほぼ裏付ける成果を得ている。バラスト状態 (図 3.3-7) では、相似模型船相互の相関が悪く、ここでは form factor 一定の仮定は成立していない。このような結果は、他の相似模型船群の場合にも見られて、例えばその後に実施された S R 138 (1軸コンテナ船模型、 $L_{pp} = 2, 4, 7, 10$) でも⁽¹⁾、Trial Condition における抵抗相似則をこの方法で説明することはできなかった。

b 自航試験結果

通常の自航試験のはか、プロペラ荷重変更試験を行った。荷重試験の結果は、図 3.3-8 に示す通りであるが、バラスト状態、満載状態とも各大きさの模型船ではほぼまとまった結果を得ているが、模型船相互の傾向は異っている。S R 107 の報告 (第 73 号) では、満載の場合 4 m 模型船の船尾流れを S タイプ (separated type)、8 m および 12 m の模型船の流れは F タイプ (fickle type) の状態にあったと説明している。現在では、船尾流れの不安定現象についての認識が広がっており、非対称流場その他を含めて統一的に説明しようとしているが、まだ十分な成果を得ていない (S R 159 の章参照)。

c プロペラ位置伴流速度分布計測結果

満載状態 (16 KT) およびバラスト状態 (17 KT) に 5 孔ピトー管を用いたプロペラ位置の伴流計測が行われた。分布図を比較すると模型船が大きくなるに従い、伴流分布の幅が狭くなる様子が明瞭にわかる。しかし報告書 (76 号) によると、ベクトル図の比較から渦の中心位置および大きさは模型船の大きさとは独立で、流速のみ変化しているとしている。しかし近年の研究によると (Huse⁽²⁾、田中他⁽³⁾) 渦核の幅および渦の中心は、伴流分布の幅がせまくなるに従って同様にせまり、渦中心も移動することが明らかになっている。

d 流線観測

2 m および 4 m 模型船の流線観測がおこなわれた。この結果、船首船底の交叉流が船首で発生して後方に移動する様子と、船底交叉流とビルジ渦との関連を示す資料を得た。

e 考 察

相似模型船の試験結果から本船型について次の結論を得ている。

船体抵抗の外挿法として、満載状態では Hughes の方法による 3 次元外挿法がほぼ妥当であることが認められた。しかしバラスト状態に関しては、Hughes の方法は成り立たないものと判断される。form factor の決定法として相似模型船群を用いる方法も、これによって実船試運転の解析を行うと、満載、バラスト両状態の ΔC_f がはなれる傾向にあり、なお問題は解決されていない。

(2) 実船の速力試運転

速力試運転は計画通り、新鶴丸で実施され、造船学会の「速力試運転成績標準解析法試案」に谷口・田村の風修正法を加えて解析報告された。ただし新鶴丸は、鉱石運搬船なのでバラスト状態のみ実施されたので、姉妹船のタンカー A 丸の試運転資料が付録として提出された。相似模型船群データを用いた実船馬力の推定などは行われていない。

(3) 実船の伴流分布計測

抵抗の相似則については、古くから研究されており一応定説と見做せる論理ができている。一方自航性能では、最大の尺度影響を受ける伴流の相関について、基本となる理論だけでなくデータもほとんどない。このため実船の船尾流場研究の要望は極めて高いが、船尾縦渦の存在のため流場の性質が複雑なのと実船の船尾流場の計測法が未開発なため研究の進展がおそかった。

本研究では、新鶴丸の試運転に先だって、A P より 9.75 m (3.23% L_{pp}) 前の断面の流速分布を

計測した。計測の方法は、外板に外径140mmのsteel pipeでトラスを組み、空気式5孔ピトー管19箇を中心に、電気式5孔ピトー管、超音波式流速計、超音波ノイズマイクロフォンなどを取り付けたものである。この実船計測の実施に至る過程で検討された船尾流速分布計測についてのknow-howには、極めて貴重なものが多く、報告にも詳述されているので、今後同種の試験の重要な足掛りとなると思われる。

計測された伴流分布図の例を図3.3-9に示す。この図からも実船に船尾渦の存在が認められる。プロペラ負荷と伴流の間には明確な関係は見られない。ただしプロペラ遊転時の結果と作動中の結果にはかなりの差があるが、曳航時と自航時の伴流分布の差と考えるには未だかなりの検討事項を残している。

実船の船尾縦渦の性質について若干の推論が可能となった。その主なものを示すと、模型船でも実船でも渦の中心位置には大きな違いはないが、渦の幅は伴流域と同様に C_f にはば比例して縮小する、また第1近似としては、循環 F は一定と考えてよい。

さらに、いわゆる笠島の方法による伴流域推定の方法は、相似模型船の間ではよく成り立っているが、実船については縮率比が過大であると説明しているが、この理由は明らかにされていない。

このように公称伴流係数の模型船と実船の相関について法則を求めるることは出来なかったが、実船試運転解析結果を用いた本船型の有効伴流係数については、明確な結論を得ている。図3.3-10に示すように、有効伴流係数 (w) を粘性抵抗係数 (C_v) をベースにプロットすると、実船を含めて $w - C_v$ の関係は一直線上に集約され、しかも $C_v = 0$ では満載とバラストの両状態で一致して $w = 0.25$ となっている。これについて、図3.3-10の説明では、伴流が船体の大きさに無関係な一定値と、粘性抵抗に比例する部分との和として与えられ、前者は載貨状態にかかわらず一定でポテンシャル伴流に対応するものと推論している。

有効伴流係数の相関則についての上記の研究の結果は、興味深いものであり、この研究終了後10年近くを経た今日でも、研究の規模においてこれを凌ぐものがないことを考えると極めて貴重なものである。しかし現在の観点で考えると、図3.3-10については、次の検討を加える必要があると思われる。

その一つは、報告書(73号、184P)にも述べられているように、図3.3-10の評価には、実船の有効伴流係数は、実船のプロペラ単独性能の推定精度に左右されるため、現在では十分な精度で確定することは出来ない。また、相似模型船の自航試験結果の説明でも述べたように、肥大船の船尾流れの状態は一種類でないことが明らかになっている。この問題はなお研究の途上にあるが、本船型の場合でも図3.3-8に示すように、模型船の大きさによって船尾流れの状態が異っており、有効伴流係数にも影響している。図3.3-10の評価では、大きさの異なる模型船のデータについてこの問題を考慮していない。同様に、実船に対するプロペラ荷重度の推定が完全でないため、実船の有効伴流はこの意味でも誤差を含むことが考えられる。しかしながら、有効伴流係数の相関に関するSR107の研究は、貴重な示唆を含んでおり、この資料の再検討は現在でもなお重要な研究課題と言うことができよう。

3.3.4 おわりに

SR107研究部会の活動の時期は、緒言で述べたように、わが国の船型研究の中心がデータ集約的なものから知識集約的なものに移行する過程の中にあった。造研の活動としても、SR98からSR159を継ぐ位置にあって、技術史的観点からも重要な一環を占めている。

それだけでなく、本研究はわが国の造船工業の最も隆盛した一時期にあって、多くの大型実船の協力を得ながらこれまでに類のない活力のある研究を展開している。さらに本研究では、共同研究の利点がよく生かされており、わが国の造船研究の特色をよく發揮した研究であったと考えられる。

表 3.3-1 Items of Tank Tests

Item of Test	Length of Model			
	12 m	8 m	4 m	2 m
Resistance Test	○	○	○	○
Self-propulsion Test	○	○	○	-
Prop. Open Test	○	○	○	-
Wake Survey at Down Stream	○	○	○	○
Wake Survey at Prop. Position	○	○	○	○
Measurement of Wave Profile	○	○	○	○
Measurement of Stream Line	-	-	○	○
Laboratory	Ship Research Institute	Nagasaki Experimental Tank MHI.	Hiroshima Univ., Nagasaki Experimental Tank, MHI.	Yokohama National Univ., Tokyo Univ.

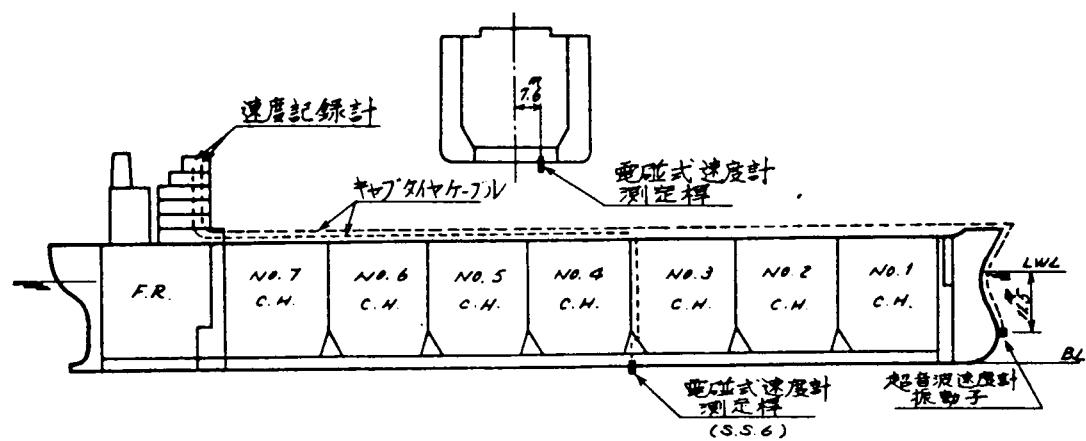


図 3.3-1 Arrangement of Speedmeters

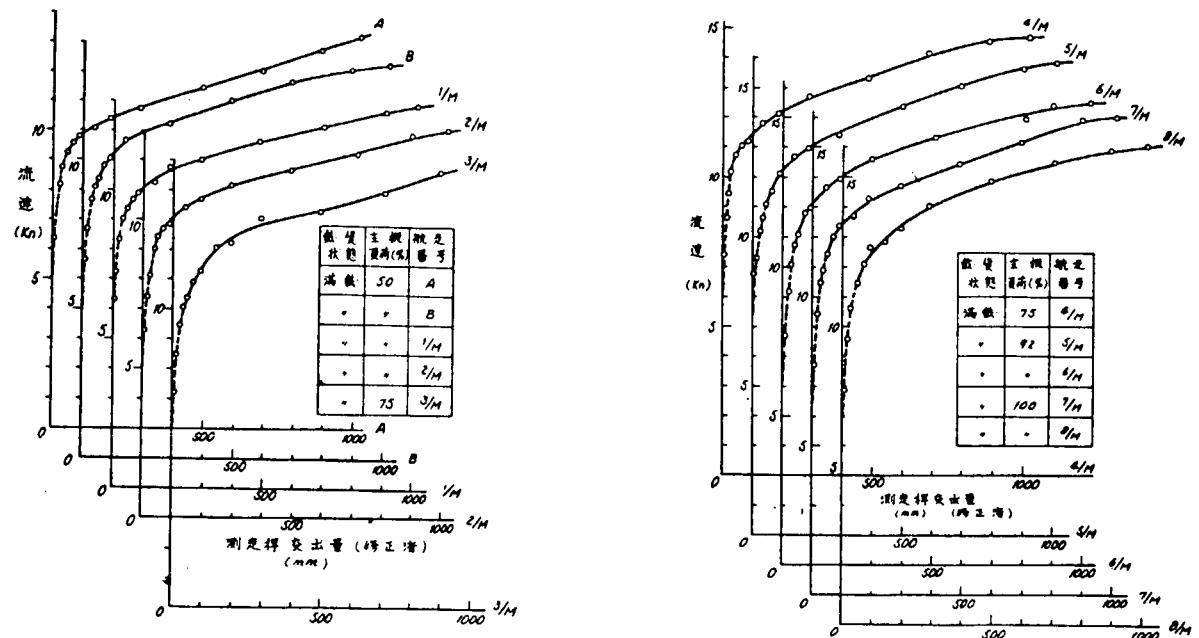


図 3.3-2 Velocity Distribution of Boundary Layer

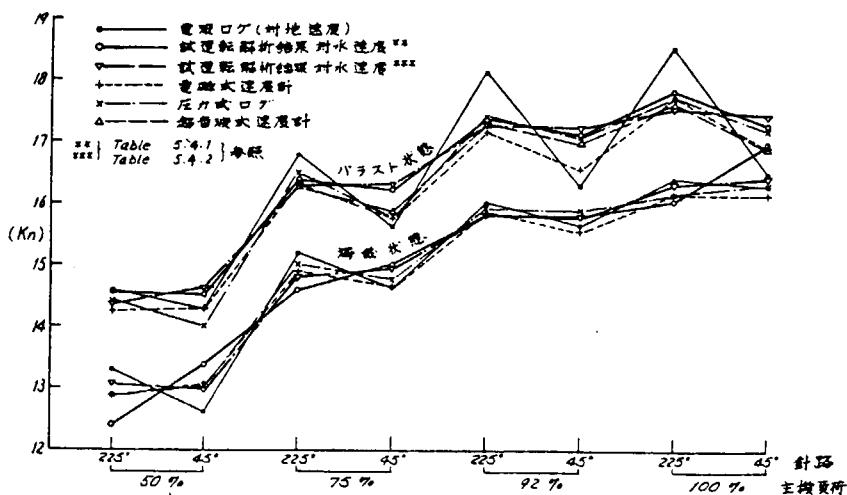


図 3.3-3(a) Average Speed by Various Speedometers of Official Trial

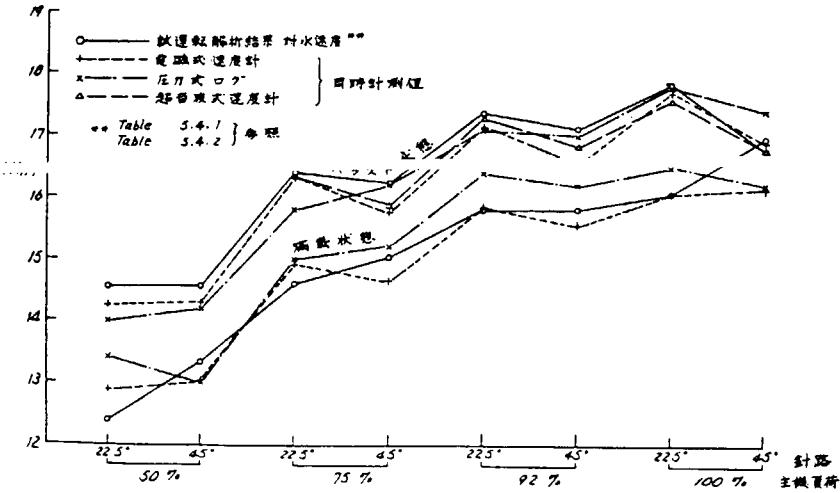


図 3.3-3(b) Results of Simultaneous Measurements of Various Speedometers

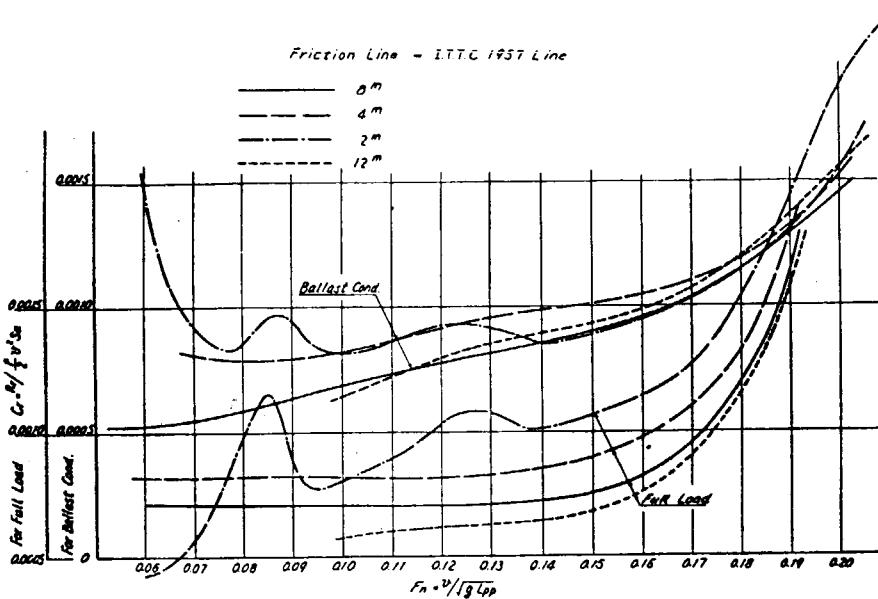


図 3.3-4 Comparison of Residual Resistance Coefficient Curves

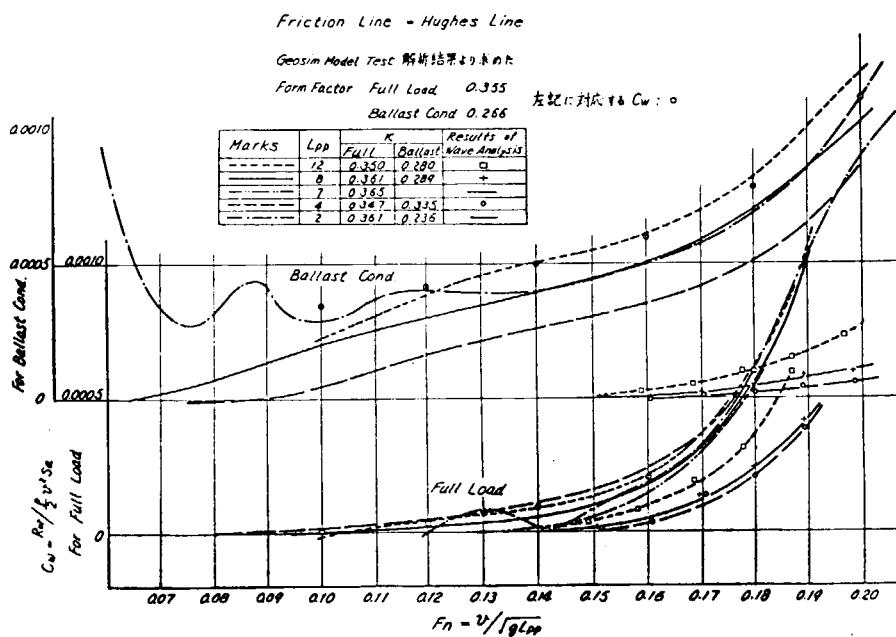


図 3.3-5 Comparison of Wave Making Resistance Coefficient Curves

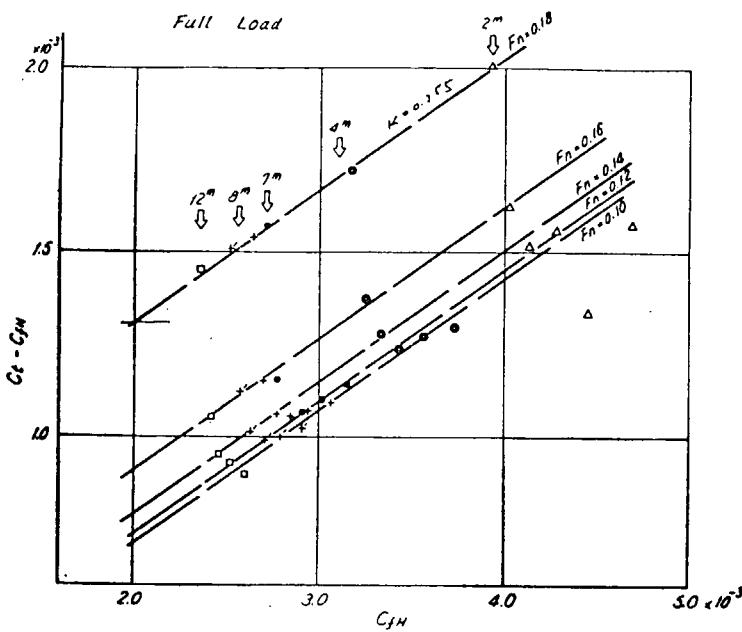


図 3.3-6 Plot of $C_t - C_{fH}$ Based on C_{fH}

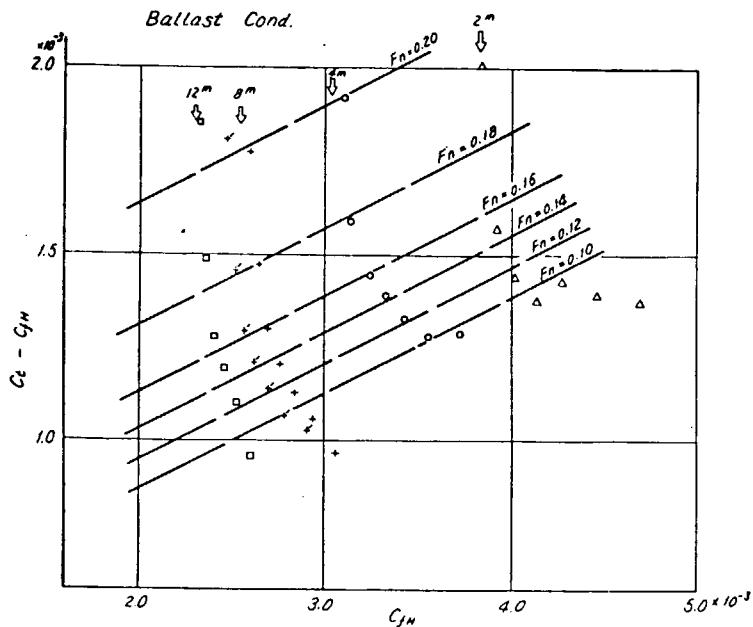


図 3.3-7 Plot of $C_t - C_{fH}$ Based on C_{fH}

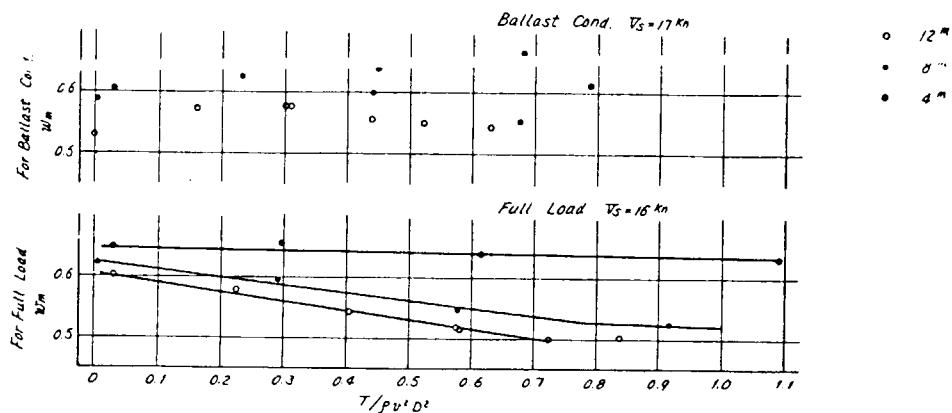


図 3.3-8 Effect of Propeller Loading on Effective Wake

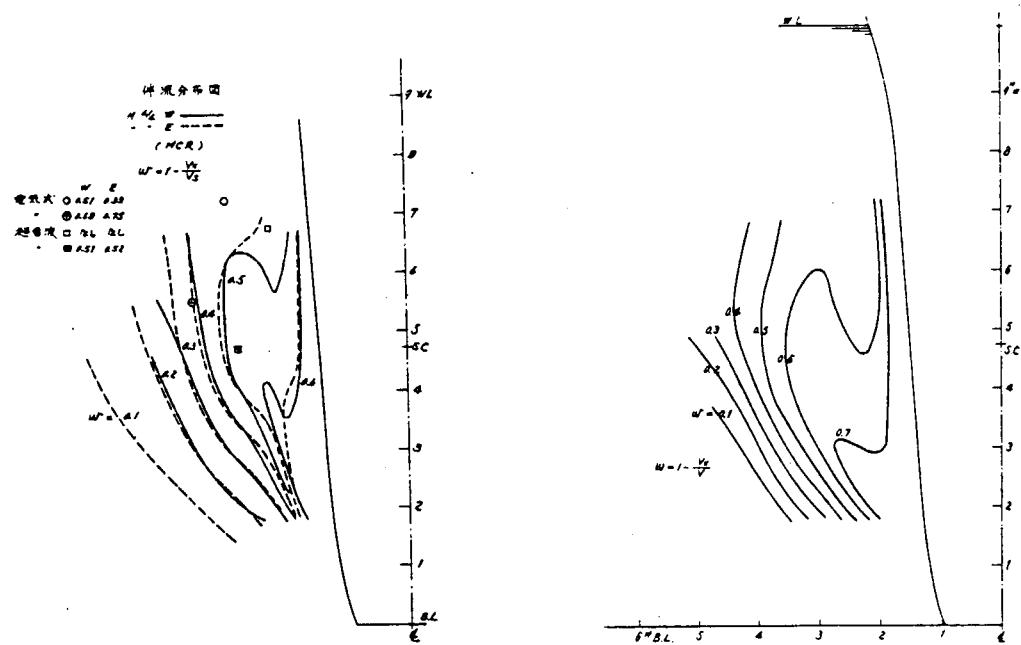


図 3.3-9 Wake Distribution

(4 / 4 Engine Load)

(Near-Zero Engine Load)

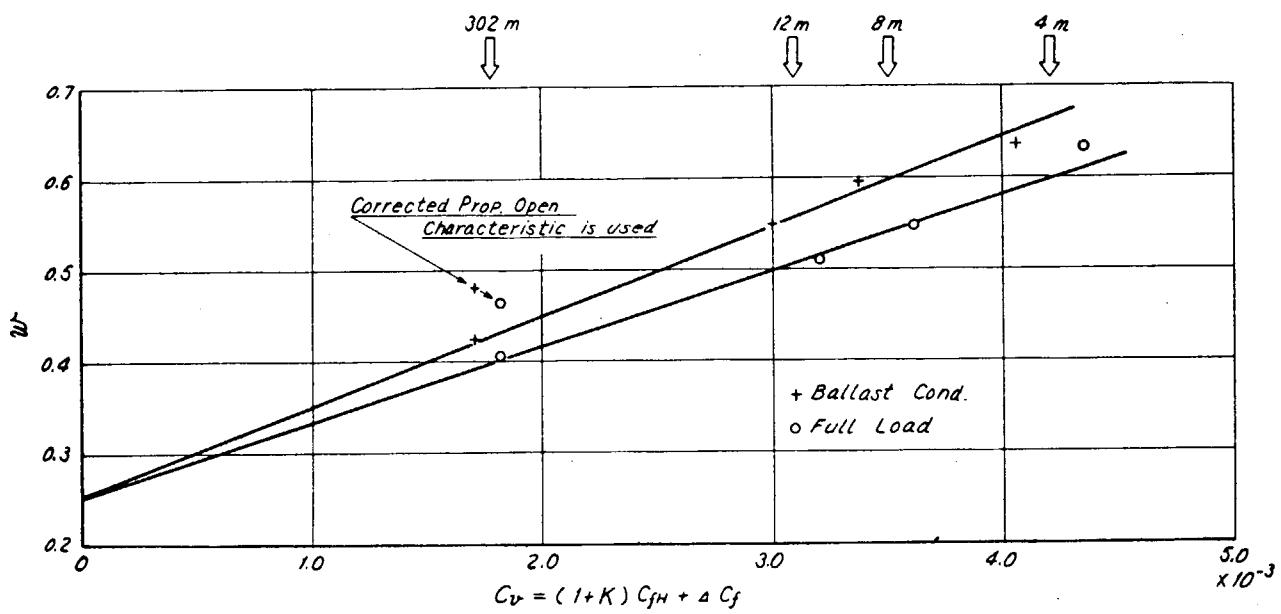


図 3.3-10 Plot of W Based on C_{fH}

3.4 新経済船型開発のための船尾まわりの流場に関する研究 (SR159)

3.4.1 まえがき

近年石油価格の高騰を契機として省エネルギーの思想に基づく再検討の機運が高まり、船型にもこの思想がとり入れられるようになった。このような見地からの望ましい船型は、基本的には船尾肥厚化の方向に従うものであり、これに適当なフレームライン形状を組合わせることにより最適形状のものが得られると考えられる。この際まず考慮すべき点としては勿論肥大化に伴う粘性抵抗増加の特性を把握することであり、これにより船尾肥大限界を合理的に決定することがはじめて可能になる。ところが最近、肥大限界に近づくにつれて新しい問題が発生してきた。それは、船尾流場が時間的に定常でなく、不規則、不安定に変動する現象である。これは又、プロペラ発生推力並びにそれに伴う推進性能の不規則変動をもたらし、この問題の解明なしには最適船尾乃至最適船型の開発、設計は不可能であることが明確になってきた。この問題は從来全く認識されていなかっただけに、解決すべき最も緊急なものとして大きくクローズアップされてきた。そこで、このテーマを研究課題として昭和50年4月より4年間標記SR159が実施された。その成果は造研資料No.255、273、289、309の4冊にまとめられており、以下はその概要である。

研究の端緒になったものは、渡辺¹⁾による肥大船の自航試験の推力、トルクの計測値のばらつきに関する報告で、その後、船尾の肥厚した船型では模型自航試験の結果が一意に確定せず、同一状態に対し2種の性能が現れたり、時には一航走中には計測値の急変がおこる現象がしばしば発生して模型実験の信頼性が問われるようになったことから、この自航不安定現象を解明することを目的として研究がはじめられた。

研究組織の構成としては、最初の2年間は、第1小委員会が大型模型船による自航試験法を、第2小委員会が船尾まわりの流場の構造を、第3小委員会が実船実験関係の調査を担当した。3年目と4年目は第3小委員会が解散して、二つの委員会のみで研究を続行した。

以下において研究の経過とその結果の概要をまとめるが、主として次の6点に焦点をしづり、他の研究内容については簡単に言及するにとどめる。

- (i) 実験した模型船の船型
- (ii) 実験項目
- (iii) 不安定現象がその船型で発生したか否か
- (iv) 不安定現象発生機構の考察
- (v) 船型と不安定現象との関係
- (vi) 同上の尺度影響

3.4.2 実験した模型船

- (i) 母型 (=初年度模型 = 50年度模型)

SR61の母型 (M.No.1592、6m) と同じ船型とし、Lpp = 7m、4m、2mのものを製作実験する。7mのもののM.No.は3330(造技セのNo.) (船研でも製作、実験したが、そのNo.は0248及び0249)で、この主要目及び実験状態を表3.4-1、プロペラ要目を表3.4-2、線図を図3.4-1、プロペラの図を図3.4-2に示す。また同じ船型の4m、2m模型の主要目、実験状態を表3.4-3に示す。

- (ii) 51年度模型 (4m、2m)

主要目、Cpカーブ、前半部形状、船尾骨材と舵の形状は母型と同一とし、後半部の肥大度を変えることなく、フレーム・ラインを上半部が肥え、下半部のやせたものにしたもの。その主要目を表3.4-

4に、線図を図3.4-3に、また実験状態を表3.4-5に示す。

(iii) 52年度模型 (7m)

- ・M.S. 0252 (船研No.)

船首部は50年度母型と同じ。船尾部はSR61の $C_B = 0.84$ のもの。

- ・M.S. 0253 (船研No.)

船首部は50年度母型と同じ。船尾部はSR61の $C_B = 0.78$ のもの。

両船型の主要目及びオフセットを表3.4-6に、プロペラ要目を表3.4-7、線図を図3.4-4に、横截面積曲線を図3.4-5、水線面積曲線を図3.4-6に示す。ただしこれらの図表の中でM.S. 0248は母型(50年度船型)の7mのものの船研におけるM.No.である。なお、M.S. 0248の実験終了後再び同一模型を製作し、これを0249と称する。

- ・YT-1 (2m模型船) (東大)

本研究部会の船型シリーズとは若干異なる肥大船模型で、船尾水線の広い、不安定現象のおこることを予期して設計した船型。ディフューザ流れの安定度との類推から作成した安定判定図(図3.4-12)のヒステリシス領域にSS1より後方の流れが入るよう設計したもの。

船体主要目を表3.4-9に、プロペラ主要目を表3.4-10、実験状態を表3.4-11、線図を図3.4-7、水線形状を図3.4-8に示す。

(iv) 53年度模型

- ・M.S. 0255 (船研No.、7m) ($=\theta_L(2m)$)

母型(50年度船型)と主要目及び前半部の形状を同一とし、流場がディフューザ流れ判定図のヒステリシス領域に入るよう65%満載排水量状態での後半部水線傾斜角をSS1から後方で母型よりも大きくしたもの。ただしYT-1より弱い。

- ・M.S. 0254 (船研No.、7m) (同型船で4mのものも作ったが、これは53年度模型船とも称する)

M.S. 0255の下半部を削り50年度船型と横截面積曲線が同じになるようにしたもの。

両船型の主要目及びオフセットを表3.4-12に、実験状態及びプロペラ要目を表3.4-13、線図を図3.4-9に示す。なおプロペラは母型と同一である(4mのものの船体主要目及び実験状態を表3.4-14、プロペラ主要目を表3.4-15に示す)。

- ・別の相似模型船 (6m、2.5m、実船)

実船の主要目(軽荷時)を表3.4-16、プロペラ主要目を表3.4-17、線図を図3.4-10に示す。

- ・ θ_s (2m)

65%状態の水線傾斜角がディフューザ流れ判定図のヒステリシス領域に入らないようゆるやかにしたもの。

- ・RBs (2m)

船尾部ビルジ半径を51年度船型の約1/2にしたもの。

両船型に θ_L 、51年度模型を加え4隻の船型の主要目を表3.4-18、プロペラ主要目を表3.4-19、実験状態を表3.4-20、線図を図3.4-11に示す。

以上が各年度に製作された模型船である。他にも実用船型、数学船型で基礎的実験が行われているが、省略する。

3.4.3 実験項目及び不安定現象発生の有無

第1小委員会は同一大型模型(7m)を持ち回って不安定現象を示す模型の自航特性を調査し、自航試

験法を検討することを目的としたため、原則として、抵抗、自航要素、横力、表面圧力、船尾波紋（潮目）などの基本量（基本項目）を計測した。これに対し、4 m、2 mの模型を使用する第2小委員会では、曳航水槽の外に回流水槽を使用し、不安定現象そのものの特性を流場構造の観点から詳細に調査することを目的とし、抵抗、自航両状態の流向、流速分布、流場中の圧力変動などを計測した。また種々の方法で流場の可視化を行って流れの構造の把握につとめている。実験項目がこのように多種類にわたり、期間も4ヶ年と長く、その上実験がわが国のはほとんど大部分の水槽で実施されたため、規模、内容とも膨大なものになっている。そのため、詳細は各年度報告にゆずり、ここでは一括したものと表にして表3.4-21に示す。表中、調査項目を○印で、又不安定現象発生の有無を●印で示した。不安定現象の判定は必ずしも単純ではないが、ここでは推力または伴流係数に2値あるいは不連続が生じたときを発生とした。

表から明らかなように、不安定現象はほとんど65%、又は44%状態に限られていることが最も顕著な特徴である。又プロペラ荷重度変更試験によって、自航状態では安定であった流場が不安定になることも明らかになっている。更に模型では不安定であった流場が、実船では安定であることも示されているが、模型の大きさの差異による不安定度の傾向については、この表のような示し方ではそれほど明確な結論が得られない。より詳細なデータは4年目（昭53年度）報告5.1節に記述がある。又同じ報告の3.7節前半にも概要がまとめてある。ここではそれより不安定現象の特徴を簡単に記しておく。

- (i) 1軸肥大船模型の船尾では自航時に左右舷で非対称な流場を生ずることがあり、これがある頻度で不安定に入れ変わる。一般に軽荷状態で発生し易い。
- (ii) 非対称流場は次の2種に分類される。

種類	プロペラ回転方向	推力及びトルク	w	船尾横力	潮目
A	右	大	大	左舷から右舷方向へ	左舷側
B	右	小	小	右舷から左舷方向又はほとんどゼロ	右舷側か中心より

- (iii) 横力の生ずると対応して主にSS1後方の船体表面圧力は左右舷で差があり、この合力は横力の存在をほぼ説明する。

3.4.4 不安定現象発生機構

53年度の報告第5章に総括的考察が示されている。これによると、(i)何故左右非対称流場が生ずるか、(ii)その流場が左右不規則に入れかわるのは何故か、の2点について種々の考察がなされているが、大要は次のようにであろう。

まず(i)については多くの理由が考察されているが、元々剝離に近い不安定な流場になっている所に、プロペラにより左舷向きの流れが誘発されることによるものと考えるのが最もたしからしい。プロペラにより左舷向きの流れが誘起される理由は、船体中心線近くのプロペラ上半分は伴流が大きく発生推力があり、プロペラ誘導速度が大であるためである。当初は左右舷のビルジ渦の存在により、プロペラ発生推力が左右舷でちがうと考え、これが不安定現象の原因と想像されたりしたがこれはあまり大きな影響を持たないようである。

(ii)についても多くの考え方が提案されている。詳細は原報告にゆづるが、要約すれば次のようになろう。すなわち、船尾肥大度とプロペラ吸引作用との合成効果で、流場がディフューザ内の流場と同類の過渡的不安定、ヒステリシス的不安定領域になり、剝離が非対称的に発生するものと考えられる。この流場は何らかの外乱が加われば左右が容易に不規則に入れかわる性質がありこれが不安定現象の特徴である。その他流場の細かい機構については53年度報告に考察が加えてあるが、それらの中にはまだ検証が不十分のものも多く、この現象の完全な解明のためには更に研究が必要である。

3.4.5 船型と不安定現象

一般に肥大度がます程不安定現象の発生頻度が増大するようである。特に水面付近のSS1より後方の水線傾斜角が重要であるらしく、これをディフューザ内の流れの安定度と関連づけると、定性的にはかなり良く自航不安定の発生を予測することができる。その例を図3.4-12に示す。図中 θ_s (2m)には不安定がおこらなかったが、水線傾斜角も一番小さくなっている。

船尾フレーム・ラインの形状の影響はそれほど明確ではないが、下部を削り込んでV型にしたものは不安定現象がおこりにくいという結果がある。

船尾喫水についてはアパチャーが水に沈む位の喫水で最も発生し易いようであるが、船尾肥大度が相当大きい場合、あるいは局部的に剝離がおこり易い船尾状の場合、満載でもおこるようである。

3.4.6 尺度影響

不安定現象の尺度影響は、実船の性能を予測する上で最も重要な項目であるが、流場の機構がまだ完全に把握されていないため、模型で不安定現象が発生した場合実船でも発生するか否か、又発生しないとすればその流場は模型のどの流場に対応しているのかという肝心の点にはまだ明確に答えられていない。今までに得られている結果はほぼ次のとおりである。

まず実船にも不安定現象が発生するかどうかの問題であるが、表3.4-21にも記したように、2.5m、6mの相似模型船に現われた不安定現象は実船では認められなかっこと、又他の船型でも同様に実船試運転では潮目の烈しい変化やこれに対応するトルク、回転数の変化などが認められていないことから、実船では模型でみられたような明確な不安定現象はおこっていないと考えられる。このことは日本造船技術センターに蓄積されている多数の試運転成績を統計解析した結果からもほぼ推察でき、実船の船尾流場はほぼ一種類か、又は不安定が存在するとしてもその差異は小さいと結論できる。もっともこれは本研究部会で実船試験を実施したもの、あるいは日本造船技術センターに蓄積された資料からの結論であって、中小型で肥厚した船型、例えば漁船、漁業調査船などの中には不安定現象の発生が観測されているものもある（例えば仲渡ほか²⁾）。これらの例ではその発見の発端は操縦性の不安定あるいは異常であったが、これが直進時の推進性能不安定と密接に関係づけられるということが報告されている。今後の研究の発展により他の実船にこのような現象、又はこれに近い現象が発見される可能性も残されているので、上述の結論が現時点の一般的結論であると考えるのは時期尚早であろう。

一方軽荷状態の実船試運転成績の解析結果から得られた伴流は、模型で得られる2種のwの内、値の大きい方によく関係づけられることが示されている。しかしこれから直ちに実船の伴流はwの大きい方に対応していると結論するのはまだ早計と考えられる。何故ならば、この結論は従来の模型——実船相関資料に基づいて導かれたものであり、従来の資料が模型で現れ易いwの大きい値を基礎にしているからである。

いずれにしても不安定現象の尺度影響に関する結論はまだ推測の域を出ないものであり、事柄が重大であるだけに今後なお十分な調査研究が必要とされる。

3.4.7 結 言

以上、SR159の4年間の報告書を概括したが、この大規模な研究を総合評価すれば次のように述べることができるのでなかろうか。

肥大船の自航不安定の問題は、その発見自体極めて重要な出来事であったが、その現象の本質が完全に理解され、実際の設計において何らの問題も生じない状態になるまでには、複雑微妙な現象の機構の解明が何より不可欠であった。このためには大学、研究所、造船所の有機的協同研究による理論的かつ実験的研究が最も効果的であることは明らかであり、4年間の研究は評価するにたる結論を導いたと考えられる。特に当初全く不明であった船尾流場の構造が、定性的にも定量的にもほぼ明白になったことは大きな成果

と考えられる。ただ船型との関係と、模型実船の相関の問題については、推論はあっても確認が不足していることは事実であり、この点今後更に研究が続けられることが期待される。

参考文献

- 1) 渡辺恭二：肥大船の自航試験に現われる不安定現象について、日本造船学会論文集、126号
昭和44年
- 2) 仲渡道夫外：漁船舶型の特異な操縦性能とその改善について、日本造船学会論文集、143号
昭和53年

表 3.4-1 Test Condition e.t.c., M.S.No 3330

Item	Load Condition	Full Load	65% Load	44% Load	
Lpp (m)		7.0000			
B (m)		1.1667			
Draft(m)	F.P.	0.4227	0.2489	0.1280	
	D		0.2839	0.1980	
	A.P.		0.3189	0.2680	
Displacement(m ³)	2.7680		1.7992	1.2179	
Trim (% Lpp)	0		1.0	2.0	
Lpp / B		6.0000			
B / d _m	2.7601		4.1095	5.8924	
C _B	0.8017		0.7760	0.7533	
C _P	0.8096		0.7873	0.7690	
C _M	0.9903		0.9857	0.9795	
C _W	0.8750		0.8317	0.8118	
l _{CB} (% Lpp)	1.4802F		0.4565F	2.1349A	
Range of Speed Fn	R.T.	0.06 ~ 0.21	0.06 ~ 0.22	0.06 ~ 0.235	
	S.P.T.	0.10 ~ 0.21	0.10 ~ 0.22	0.10 ~ 0.22	
	P.L.T.		0.18		
Temp. of Water(°C)	17.7		17.6	17.6	

Remark : R.T. Resistance Test
 S.P.T. Self-Propulsion Test
 P.L.T. Propeller Load Test

表 3.4-2 Model Propeller, M.P.No. 2171

Diameter	(mm)	204.2
Pitch Hatio (Const.)		0.7143
Boss Ratio		0.180
Expanded Area Ratio		0.665
Max. Blade Width Ratio		0.301
Blade Thickness Ratio		0.050
Angle of Rake (degree)		10.0
Number of Blades		5
Blade Section		MAU-Type
Direction of Turning		Right-Handed

表 3.4-3 Principal Particulars

Model	Load condition	4m Model			2m Model		
		Full load	65% Full load	44% Full load	Full load	65% Full load	44% Full load
L _{PP} (m)		4.000				2.000	
L _{DWL} (m)		4.100				2.050	
B (m)		0.6666				0.3333	
d _m (m)	0.2416	0.1622	0.1131	0.1208	0.08112	0.05657	
trim (%)	0	1.00	2.00	0	1.00	2.00	
△ a (K f)	516.60	335.84	226.24	64.58	41.98	28.28	
S _a (m ²)	3.829	3.154	2.752	0.9573	0.7885	0.6880	
C _{bpp}	0.8018	0.7760	0.7494	0.8018	0.7760	0.7494	
C _{ppp}	0.8096	0.7878	0.7651	0.8096	0.7873	0.7651	
C _m	0.9904	0.9857	0.9795	0.9904	0.9857	0.9795	
L _{c_b} (%)	48.52	49.54 (E.K)	52.14 (E.K)	48.52	49.54 (E.K)	52.14 (E.K)	

表 3.4-4 Principal Particulars of Models

Model	4m Model			2m Model		
	Full load	65% Full load	44% Full load	Full load	65% Full load	44% Full load
L _{pp} (m)	4.000				2.000	
L _{DWL} (m)	4.100				2.050	
B (m)	0.6667				0.3333	
d _m (m)	0.2416	0.1626	0.1137	0.1208	0.08131	0.05686
trim (%)	0	1.00	2.00	0	1.00	2.00
Δa (kg)	516.75	335.93	227.44	64.59	41.99	28.43
S _a (m ²)	3.834	3.161	2.758	0.9585	0.7903	0.6895
C _B	0.8019	0.7743	0.7496	0.8019	0.7743	0.7496
C _P	0.8098	0.7855	0.7652	0.8098	0.7855	0.7652
C _M	0.9903	0.9857	0.9797	0.9904	0.9857	0.9797
l _{cb} (%)	48.53	49.45(E.K.)	51.94(E.K.)	48.53	49.45(E.K.)	51.94(E.K.)

表 3.4-5 Test condition etc.

Model	50 年度船型			51 年度船型		
	Condition	FULL	65%	44%	FULL	65%
C_B	0.8017	0.7760	0.7533	0.8019	0.7743	0.7496
C_{BA}	0.7694	0.7762	0.8243	0.7699	0.7725	0.8163
C_P	0.8096	0.7873	0.7690	0.8098	0.7855	0.7652
C_{PA}	0.7769	0.7875	0.8416	0.7774	0.7838	0.8332
C_W	0.8750	0.8317	0.8118	0.8807	0.8369	0.8149
C_{WA}	0.8824	0.8132	0.7861	0.8939	0.8235	0.7922
C_M	0.9903	0.9857	0.9795	0.9903	0.9857	0.9797
$\lambda_{CB} (%)$	-1.4802	-0.4565	2.1349	-1.4724	-0.5489	1.9377
d_A (m)	0.4227	0.3189	0.2680	0.4227	0.3196	0.2690
d_F (m)	0.4227	0.2489	0.1280	0.4227	0.2496	0.1290

d_A & d_F correspond to Lpp = 7 m

表 3.4-6 Office of Models

OFFSETS OF PLATED HULL

PARTICULARS

LENGTH (BETWEEN PERPENDICULARS)	7.0000m
LENGTH (ON L.W.L.)	7.1750m
BREADTH	1.1667m
DRAFT, DESIGNED FULL LOAD	0.4227m
RISE OF FLOOR	0m
STARTING POINT OF RISE OF FLOOR FROM CENTER LINE	0m
RADIUS OF BILGE CIRCLE	0.1050m
WATERLINES, BOW AND BUTTOCK LINES APART	0.0467m
SQUARE STATIONS APART	0.7000m

M.S.NO. 0253

HALF BREADTH (m.m.)															
W.L	B.L	0.5W.L	1W.L	2W.L	3W.L	4W.L	5W.L	6W.L	7W.L	B.W.L	9W.L	10W.L	11W.L	12W.L	13W.L
SS	0	23.3	46.7	93.3	140.4	186.7	233.3	280.0	326.7	373.3	420.0	466.7	513.3	560.0	606.7
B															
A															
A.P.															
1/4	15.4	12.6	11.4	11.9	11.0	14.3	21.2	36.5	92.4	160.2	217.8	258.8	288.3	309.4	324.4
1/2	15.4	44.2	55.9	66.8	74.4	84.9	101.8	128.8	174.9	236.5	290.1	332.3	362.6	384.8	401.3
3/4	28.2	84.8	103.4	124.4	138.0	157.0	181.5	213.7	256.2	307.8	354.9	392.9	422.1	444.4	461.8
1	66.1	130.7	154.0	185.8	208.8	231.9	259.3	292.1	331.1	372.7	411.6	443.6	468.3	498.8	507.3
1 1/2	111.2	226.6	263.9	312.9	348.0	377.6	404.9	430.7	455.6	478.1	498.4	515.9	531.3	544.6	556.5
2	213.8	332.8	378.5	431.7	464.7	489.1	508.3	523.6	535.1	544.6	552.6	559.2	565.1	570.5	575.4
2 1/2	325.1	430.3	468.8	513.0	536.5	550.8	560.0	566.2	571.0	574.5	577.5	579.0	580.1	580.8	581.6
3	415.9	499.1	527.6	557.1	570.3	576.1	579.1	581.0	582.0	582.6	583.1	583.3	583.3	583.3	583.3
4	478.3	544.4	565.6	582.6	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	
5															
6															
7	478.3	544.4	565.6	582.6											
7 1/2	469.6	541.3	563.0	580.7	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	
8	431.0	510.0	533.0	555.4	564.1	568.1	570.5	572.2	573.7	575.1	576.7	578.1	579.9	581.2	582.2
8 1/2	352.5	436.2	462.6	491.1	504.6	512.4	518.3	523.6	528.5	533.0	537.3	541.5	546.5	552.1	558.2
9	213.3	310.5	339.5	371.1	388.4	399.6	408.2	416.4	425.0	434.0	444.0	453.9	464.2	475.0	486.5
9 1/4	103.0	225.6	255.2	286.7	304.7	316.0	326.0	335.9	345.6	356.3	368.4	381.1	394.4	407.6	422.4
9 1/2	39.1	135.1	161.2	188.6	204.0	215.6	225.7	235.4	245.5	256.5	268.4	282.0	296.9	312.6	329.1
9 3/4	6.0	53.4	69.9	88.5	98.5	106.0	111.7	117.7	125.4	134.0	144.6	157.5	171.4	186.4	203.1
F.P.															

M.S.NO. 0248

HALF BREADTH (m.m.)															
W.L	B.L	0.5W.L	1W.L	2W.L	3W.L	4W.L	5W.L	6W.L	7W.L	B.W.L	9W.L	10W.L	11W.L	12W.L	13W.L
SS	0	23.3	46.7	93.3	140.0	186.7	233.3	280.0	326.7	373.3	420.0	466.7	513.3	560.0	606.7
B															
A															
A.P.															
1/4	8.5	13.0	15.2	14.4	11.9	17.1	24.4	38.9	100.4	170.0	227.0	268.9	300.0	322.2	338.2
1/2	27.0	54.9	68.8	80.7	87.5	98.7	115.8	142.6	190.5	251.3	303.5	343.5	372.5	394.3	411.2
3/4	52.1	106.0	129.1	150.7	165.9	183.7	206.9	236.4	277.5	326.2	370.9	406.5	432.9	452.6	468.5
1	87.9	163.1	192.5	222.5	244.6	267.5	293.0	320.9	355.4	393.1	427.9	456.0	478.5	496.0	510.2
1 1/2	177.6	280.0	315.6	357.6	387.4	411.5	433.6	455.0	475.5	494.5	512.4	527.8	540.4	550.0	557.0
2	274.5	384.4	420.6	463.4	490.0	509.2	523.9	535.9	545.6	554.0	561.1	567.0	572.0	575.7	577.5
2 1/2	366.5	465.3	497.9	533.9	552.4	562.5	568.6	572.9	576.1	578.9	581.3	582.8	583.3	583.3	583.3
3	435.4	516.3	544.0	569.0	578.1	580.8	582.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3

Remark; Figures from S.S.4 to F.P. are the same values as in M.S.NO.0253

M.S.NO. 0252

HALF BREADTH (m.m.)																
W.L	B.L	0.5W.L	1W.L	2W.L	3W.L	4W.L	5W.L	6W.L	7W.L	B.W.L	9W.L	10W.L	11W.L	12W.L	13W.L	
SS	0	23.3	46.7	93.3	140.0	186.7	233.3	280.0	326.7	373.3	420.0	466.7	513.3	560.0	606.7	
B																
A																
A.P.																
1/4	13.3	18.3	20.4	18.5	14.3	20.4	28.0	43.2	114.6	188.8	247.0	290.8	323.5	348.1	367.0	
1/2	31.8	78.0	93.8	107.6	115.6	125.6	141.5	170.6	221.9	280.6	322.0	364.9	402.3	430.1	450.9	466.3
3/4	78.3	150.7	175.8	200.9	215.4	228.7	249.3	280.6	322.0	384.9	427.9	461.0	497.2	508.4	516.9	
1	143.7	230.1	259.9	290.7	308.2	323.5	344.0	371.3	403.3	433.1	459.4	481.0				
1 1/2	286.6	377.8	405.4	436.9	456.4	471.0	483.7	497.6	512.0	525.9	538.6	548.7	556.1	562.1	565.8	
2	399.8	477.7	503.1	529.3	542.5	550.4	556.3	561.0	565.6	570.7	573.6	576.2	578.3	580.1	581.8	
2 1/2	461.6	529.4	551.6	570.5	576.6	577.0	580.8	582.0	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	
3	478.3	544.4	565.6	582.6	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	

Remark; Figures from S.S.4 to F.P. are the same values as in MS.NO.0253

表 3.4-7 Principal Particulars of Model Propeller

DIAMETER (mm)	204.2
PITCH RATIO (CONST)	0.7143
BOSS RATIO	0.180
EXPANDED AREA RATIO	0.665
MAX. BLADE WIDTH RATIO	0.301
BLADE THICKNESS RATIO	0.050
ANGLE OF RAKE (DEGREE)	10.0
NUMBER OF BLADES	5
BLADE SECTION	MAU-TYPE
DIRECTION OF TURNING	RIGHT HANDED

表 3.4-8 Test Conditions etc.

PARTICULARS OF THE MODEL SHIP

M.S.NO.	0.253			0.248			0.252		
CONDITION	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD
L _{PP} (m)	7.000								
B	1.1667								
L _{PP} /B	6.000								
B/d	2.7601	4.0951	5.8452	2.7601	4.1095	5.8924	2.7601	4.1358	5.9769
C _B	0.7913	0.7632	0.7374	0.8017	0.7760	0.7533	0.8202	0.7988	0.7816
C _P	0.7990	0.7743	0.7527	0.8096	0.7873	0.7690	0.8282	0.8105	0.7982
C _M	0.9903	0.9857	0.9797	0.9903	0.9857	0.9795	0.9903	0.9856	0.9792
C _W	0.8697	0.8249	0.8038	0.8750	0.8317	0.8118	0.8844	0.8441	0.8259
λ _{CB} (% of L _{PP})	-1.9510	-1.0436	1.4092	-1.4802	-0.4565	2.1349	-0.6601	0.5532	3.3722

TEST CONDITION

M.S.NO.	0.253			0.248			0.252		
CONDITION	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD
d(m)	0.4227	0.2499	0.1296	0.4227	0.2489	0.1280	0.4227	0.2471	0.1252
		0.2849	0.1996		0.2839	0.1980		0.2821	0.1952
		0.3199	0.2696		0.3189	0.2679		0.3171	0.2652
TRIM (m)	0	0.0700	0.1400	0	0.0700	0.1400	0	0.0700	0.1400
V (m ³)	2.7320	1.7758	1.2021	2.7680	1.7943	1.2179	2.8318	1.8407	1.2460
S (m ²)	11.5411	9.4827	8.2587	11.7256	9.6560	8.4124	11.8420	9.7527	8.5135
TEMP of WATER(°C)	24.6	24.6	24.0	12.0	12.4	12.3	23.0	23.0	22.7

表3.4-9 Principal Particulars
of Ship Model YT-1

L_{PP} (m)	2.0000
B (m)	0.3333
d (m)	0.1355
C_B	0.83
L_{PP}/B	6.0
B/d	2.46

表3.4-10 Principal Particulars
of Model Propeller

Diameter (m)	0.0531
Boss Ratio	0.18
Pitch Ratio	0.89
No. of Blades	5
Section of Blade	MAU

表3.4-11 Experimental Condition

No.	Condition	∇ (m^3)	Trim (%)	d_A (m)	d_m (m)	d_F (m)
1	Full Load	0.0755	0		0.1355	
2	80% Load	0.0604	0		0.1085	
3	65% Load	0.0491	0		0.0925	
4	65% Load	0.0491	1.0	0.1025	0.0925	0.0825
5	45% Load	0.0340	1.5	0.0805	0.0655	0.0505

表 3.4-12 Offsets of Models (Aft Body)

OFFSETS OF PLATED HULL

PARTICULARS

LENGTH (BETWEEN PERPENDICULARS)	7.0000m
LENGTH (ON L.W.L)	7.1750m
BREADTH	1.1667m
DRAFT, DESIGNED FULL LOAD	0.4227m
RISE OF FLOOR	0m
STARTING POINT OF RISE OF FLOOR FROM CENTER LINE	0m
RADIUS OF BILGE CIRCLE	0.1050m
WATERLINES, BOW AND BUTTOCK LINES APART	0.0467m
SQUARE STATIONS APART	0.7000m

M.S.NO. 0254

HALF BREADTH (mm)															
W.L S.S.	B.L	0.5W.L	1W.L	2W.L	3W.L	4W.L	5W.L	6W.L	7W.L	8W.L	9W.L	10W.L	11W.L	12W.L	13W.L
	0	23.3	46.7	93.3	140.0	186.7	233.3	280.0	326.7	373.3	420.0	466.7	513.3	560.0	606.7
B													69.5	102.7	126.9 145.7
A												32.7	83.8	124.5	158.0 183.5 201.3
A.P												7.3	77.0	132.7	177.0 211.5 236.6 255.5
1/4	7.1	9.4	10.5	9.8	7.5	11.9	18.0	34.4	106.0	181.8	238.8	281.0	314.0	338.4	355.1
1/2	24.2	39.6	47.4	53.7	59.6	69.5	90.7	149.6	234.8	300.2	347.5	382.5	410.1	430.0	443.7
3/4	47.2	72.2	85.7	98.8	111.1	134.3	185.5	276.4	355.8	408.7	445.5	472.1	491.3	505.5	515.8
1	80.0	117.5	133.8	150.7	170.5	212.5	293.4	382.0	446.0	487.5	515.2	534.5	548.0	557.2	564.5
1 1/2	165.3	226.5	252.1	285.2	324.0	392.8	460.2	508.0	541.2	564.4	578.0	582.6	583.1	583.3	583.3
2	266.3	345.6	380.4	426.5	472.7	514.0	543.3	562.6	575.3	581.8	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3
2 1/2	367.0	449.7	485.0	527.6	551.8	567.5	577.0	581.9	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3
3	445.3	512.8	540.6	568.5	579.0	582.2	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3

Remark; Figures from S.S.4 to F.P. are the same values as in M.S. NO. 0253

M.S.NO. 0255

HALF BREADTH (mm)															
W.L S.S.	B.L	0.5W.L	1W.L	2W.L	3W.L	4W.L	5W.L	6W.L	7W.L	8W.L	9W.L	10W.L	11W.L	12W.L	13W.L
	0	23.3	46.7	93.3	140.0	186.7	233.3	280.0	326.7	373.3	420.0	466.7	513.3	560.0	606.7
B													69.5	102.7	126.9 145.7
A												32.7	83.8	124.5	158.0 183.5 201.3
A.P												7.3	77.0	132.7	177.0 211.5 236.6 255.5
1/4	24.8	50.2	64.1	77.3	85.4	98.8	123.7	168.8	235.7	300.2	347.5	382.5	410.1	430.0	443.7
3/4	44.6	95.0	116.7	142.1	159.3	182.7	224.1	285.6	356.0	408.7	445.5	472.1	491.3	505.5	515.8
1	77.2	143.6	177.4	208.3	234.3	265.7	315.7	384.5	446.0	487.5	515.2	534.5	548.0	557.2	564.5
1 1/2	165.3	250.8	287.5	336.0	375.7	415.9	463.0	508.0	541.2	564.4	578.0	582.6	583.1	583.3	583.3
2	262.8	363.4	398.4	446.1	482.3	515.5	543.3	562.6	575.3	581.8	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3
2 1/2	355.5	453.3	487.2	527.8	551.8	567.5	577.0	581.9	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3
3	436.3	517.2	543.9	570.2	579.0	582.2	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3	583.3

Remark; Figures from S.S.4 to F.P. are the same values as in M.S. NO. 0253

表3.4-13 Principal Particulars of
Model Propeller

DIAMETER (mm)	204.2
PITCH RATIO (CONST)	0.7143
BOSS RATIO	0.180
EXPANDED AREA RATIO	0.665
MAX. BLADE WIDTH RATIO	0.301
BLADE THICKNESS RATIO	0.050
ANGLE OF RAKE (DEGREE)	10.0
NUMBER OF BLADES	5
BLADE SECTION	MAU-TYPE
DIRECTION OF TURNING	RIGHT HANDED

Test Conditions etc.

M.S.NO.	0.254			0.255		
CONDITION	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD
L_{PP} (m)	7.0000					
B (m)	1.1667					
L_{PP}/B	6.00					
B/d	2.76	4.07	5.79	2.76	4.09	5.83
C_B	0.802	0.769	0.740	0.808	0.778	0.751
C_P	0.810	0.781	0.755	0.816	0.789	0.767
C_M	0.990	0.986	0.980	0.990	0.986	0.980
C_W	0.894	0.582	0.822	0.894	0.851	0.824
λ_{CB} (% of L_{pp})	-1.464	-0.816	1.381	-1.168	-0.376	1.998

M.S.NO.	0.254			0.255		
CONDITION	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD	FULL LOAD	65% LOAD	44% LOAD
d (m)	F.P. M.S. A.P.	0.2514	0.1316	0.4227	0.2504	0.1300
		0.2864	0.2016		0.2854	0.2000
		0.3214	0.2716		0.3204	0.2700
TRIM (m)	0	0.070	0.140	0	0.070	0.140
∇ (m^3)	2.7689	1.7998	1.2183	2.7895	1.8132	1.2274
S (m^2)	11.9162	9.8835	9.5930	11.9134	9.8661	8.5872
TEMP of WATER ($^{\circ}C$)	18.2	17.2	17.0	21.6	20.8	20 8

表 3.4-14 Principal Particulars of Model Ship

PRINCIPAL PARTICULARS OF MODEL SHIP

L_{PP}	4.0000 (M)
L_{DWL}	4.1000 (M)
B	0.6667 (M)
D	0.3467 (M)
d(DESIGN)	0.2415 (M)
RISE OF FLOOR	0.000 (M)
STARTING POINT OF RISE OF FLOOR	0.000 (M)
RADIUS OF BILGE CIRCLE	0.0600 (M)
MEAN THICKNESS OF SHELL PLATE	0. (M)
WATER LINE APART	0.0267 (M)
SQUARE STATION APART	0.4000 (M)
C_b	0.8000
L/B	6.0000
B/d	2.7607

TEST CONDITION

FULL LOAD (EVEN KEEL)	DISPLACEMENT	0.5166 (M^3)
	d (DRAFT)	F 0.2415 (M)
		M 0.2415 (M)
		A 0.2415 (M)
65% LOAD (1% TRIM BY STERN)	DISPLACEMENT	0.3358 (M)
	d (DRAFT)	F 0.1437 (M)
		M 0.1637 (M)
		A 0.1837 (M)
44% LOAD (2% TRIM BY STERN)	DISPLACEMENT	0.2273 (M^3)
	d (DRAFT)	F 0.0752 (M)
		M 0.1152 (M)
		A 0.1552 (M)

表 3.4-15 Principal Particulars of Model Propeller

PRINCIPAL PARTICULARS OF MODEL PROPELLER

DIAMETER	0.1167 (M)
PITCH RATIO (CONST.)	0.7143
BOSS RATIO	0.1800
EXPANDED AREA RATIO	0.6649
MAX. BLADE WIDTH RATIO	0.3008
BLADE THICKNESS RATIO	0.0500
ANGLE OF RAKE	10.00 (DEG)
NUMBER OF BLADES	5
BLADE SECTION	MAU-TYPE
DIRECTION OF TURNING	RIGHT HANDED

表 3.4-16 Principal Particulars of
Ship (Ballast Condition)

L_{PP}	184.5 M
B	30.4 M
d_A	7.40 M
d_M	6.42 M
d_F	5.44 M
C_P	0.7760
C_b	0.7705
C_m	0.9930
C_w	0.8381
l.c.b.	3.220 M (FORE)

表 3.4-17 Principal Particulars of Propeller

DIAMETER	5.5 M
PITCH (CONST.)	3.41 M
PITCH RATIO	0.6200
EXP. AREA RATIO	0.580
BOSS RATIO	0.1673
BL. THICKNESS RATIO	0.0547
NO. OF BLADE	4
BLADE SECTION	MAU-MS
RAKE ANGLE	8.0°
DIRECTION OF ROTATION	RIGHT-HANDED

表3.4-18 Principal Particulars of Ship Models

SHIP MODEL	SR159-51 MODEL	θ_L	θ_S	RBs
L_{PP} (m)	2.000	2.000	2.000	2.000
B (m)	0.333	0.333	0.333	0.333
d (Full Load) (m)	0.1208	0.1208	0.1208	0.1208
∇ (Full Load) (m^3)	0.0646	0.0651	0.0642	0.0647
C_B (Full Load)	0.802	0.808	0.797	0.803
L/B	6.0	6.0	6.0	6.0
B/d	2.76	2.76	2.76	2.76

表3.4-19 Principal Particulars of Propeller Model

Diameter (mm)	58.3
Pitch (mm)	41.6
Pitch Ratio	0.7143
Expanded Area Ratio	0.665
Number of Blade	5
Boss Ratio	0.18
Angle of Rake	10°
Blade Thickness Ratio	0.050
Direction of Revolution	Right
Type	MAU

表3.4-20 Test Condition

Model Condition	SR-159-51 Model				Θ_L				Θ_S				RBS	
	Full Load	65% Load	44% Load	Full Load	65% Load	44% Load	Full Load	65% Load	44% Load	Full Load	65% Load	44% Load	Full Load	65% Load
d_A (m)	0.1208	0.0913	0.0769	0.1208	0.0913	0.0769	0.1208	0.0913	0.0769	0.1208	0.0913	0.0769	0.1208	0.0913
d_m (m)	0.1208	0.0813	0.0569	0.1208	0.0813	0.0569	0.1208	0.0813	0.0569	0.1208	0.0813	0.0569	0.1208	0.0813
d_f (m)	0.1208	0.0713	0.0369	0.1208	0.0713	0.0369	0.1208	0.0713	0.0369	0.1208	0.0713	0.0369	0.1208	0.0713
Trim (%LPP)	0	1.0	2.0	0	1.0	2.0	0	1.0	2.0	0	1.0	2.0	0	1.0
V (m^3)	0.0646	0.0420	0.0284	0.0651	0.0421	0.0285	0.0642	0.0419	0.0284	0.0647	0.0421	0.0285	0.0647	0.0421

表 3.4-21-(2) 実験内容一覧表

(○印: 調査項目、●印: 不安定現象発生^{*})

船 型	5 m 標型 船による調査				7 m 標型 船による調査				5 年度船型				M.No. 253 (C _B =.79)				M.No. 252 (C _B =.82)				M.No. 254				M.No. 255				G E O S I Mによる調査			
	船 研				I H I				船 研				I H I				船 研				A S M B (49)				N K K							
試験担当	船研、造技セシタード I H I、A S M B、M H I	Fu II 6.5% 4.4%	その他	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	Fu II 6.5% 4.4%	その他	G E O S I Mによる調査													
試験項目																																
抵抗試験	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○					
自重変更試験	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ● ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○					
木船尾部圧力計測	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○					
船首尾横力計測	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○					
ト リ ム 变 化																																
目 潮 目 觀 制	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○					
流場計測、プロペラ面	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○					
”、プロペラ前方																																
流場観測、流化アンモン																																
”、2段ダフト																																
”、タフグリッド																																
そ し																																
流場計測、仕切板																																
の																																
”、境界層吸込																																
他																																
”、斜 航																																
”、斜 目 板																																
”、ローテー																																
”、プロペラ面吸込																																
舵 の 橫 力																																
舵 貨 状 態 更 変																																
プロペラ直 径 変 更																																
舵 の 有 無																																
新 し い 自 航 試 験 法																																
渦 度 计 に よ る 計 画																																

〔+++ : 4 m、5 3 年度船型と同型〕

表 3.4-21-(1) 実験内容一覧表 **

〔○印：調査項目、●印：不安定現象発生 *〕

試験項目	4 m模型船による調査										2 m模型船による調査										θ _L		θ _s		RB _s		YT-1		wall sided						
	5.0年度船型					5.1年度船型 +					5.0年度船型					5.1年度船型					θ _L		θ _s		RB _s		YT-1		wall sided						
船種	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他	Full	65%	44%	その他			
航 試 験	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
航重度変更試験	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●		
船尾部圧力計測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
船首尾機力計測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
自トリム変化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
目録測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
流場計測、プロペラ面	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
"プロペラ前方	○	○(S.S.1/4)	○(S.S.1/2)																																
流場観測、トーナー・新日航化アンモニア																																			
"2段タフト																																			
モータ、タフトグリッド																																			
"油膜法																																			
の流場制御、仕切板																																			
他																																			
の																																			
項目																																			
載貨状態変更	91.25	82.5	73.75	46																															
プロペラ直徑変更	○(D _p =101.08)																																		
舵の有無	○																																		
新しい自航試験法	○																																		
漏度計による計測	○																																		

〔* : スラスト又は伴流係数に2倍又は不連続が生じた時〕

〔** : S.R.1.5.9、4年目報告に一部加筆〕

〔+ : 7 m、M.No.2.5.4と同型〕

〔++ : 7 m、M.No.2.5.5と同型〕

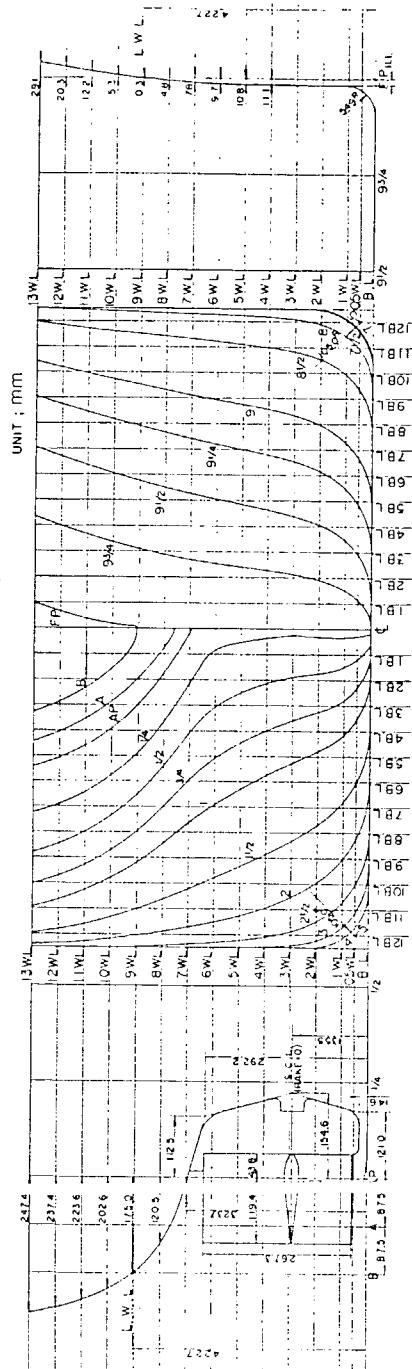


图 3.4-1 Model Ship No.3330

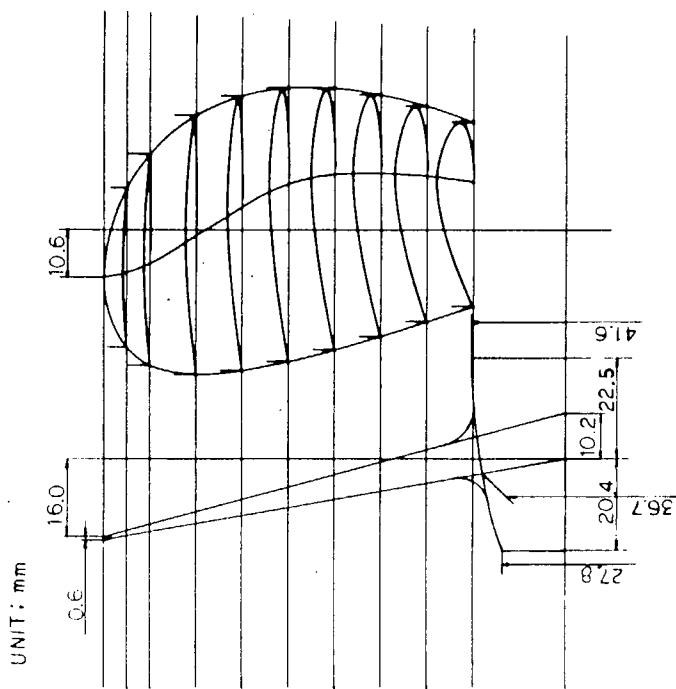


图 3.4-2 Model Propeller No.2171

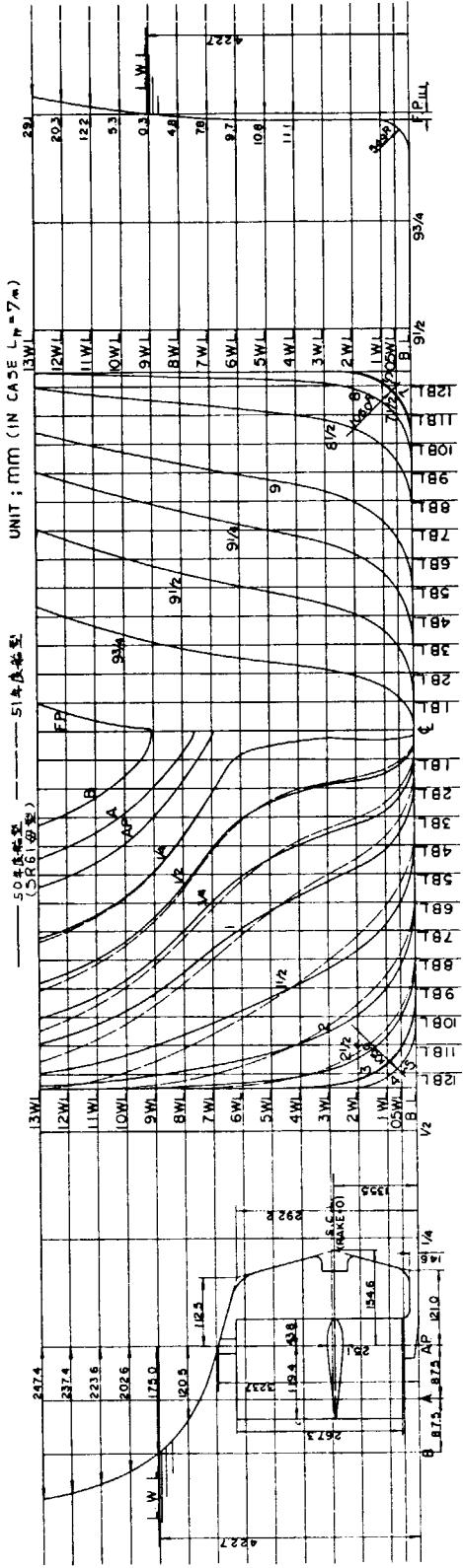


图 3.4-3 Model Ship

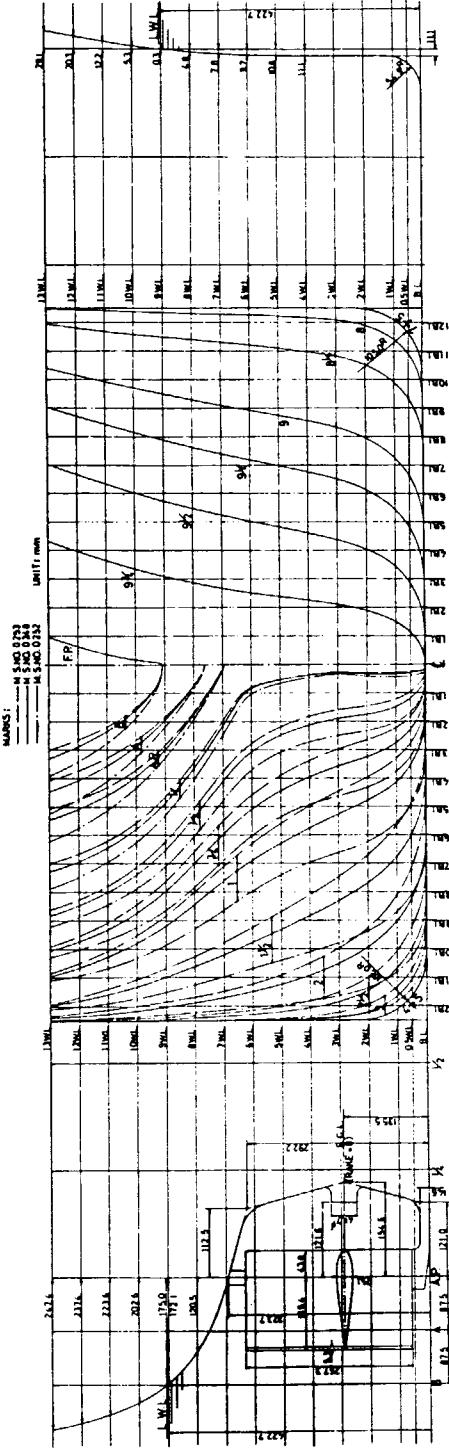


图 3.4-4 Model Ship

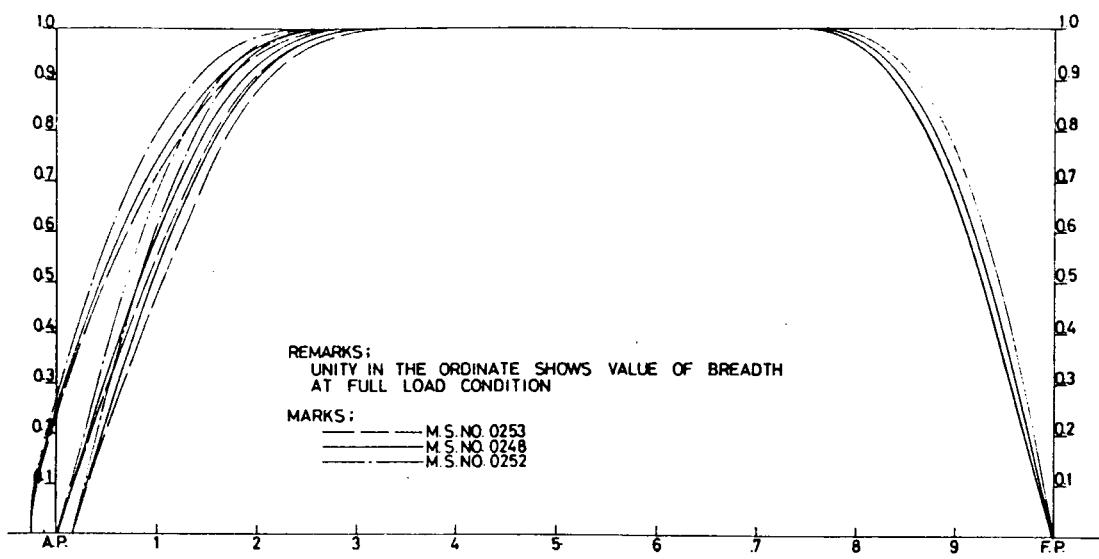


図 3.4-5 Sectional Area Curve

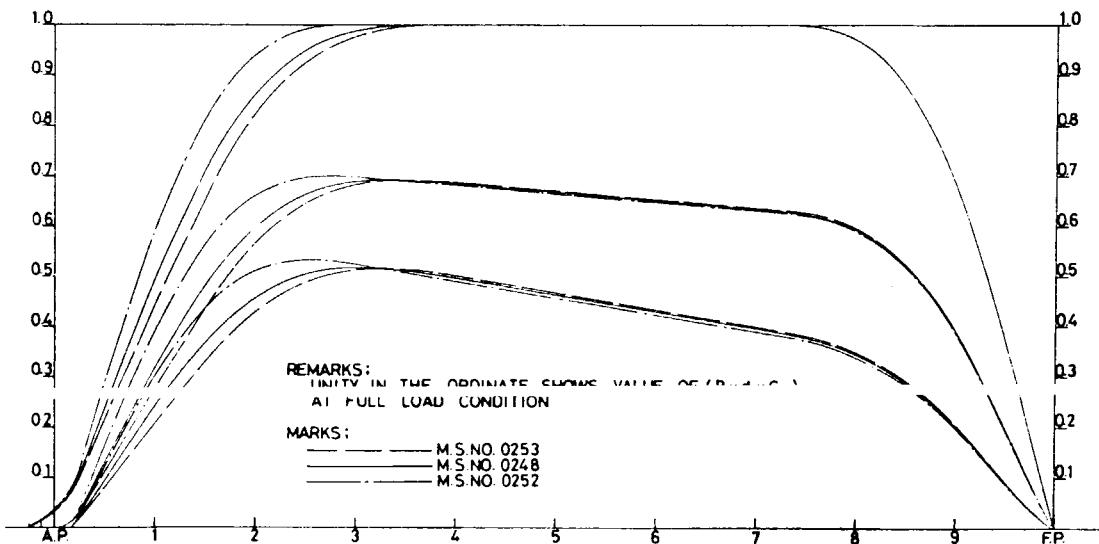


図 3.4-6 Water-Plane Area Curve

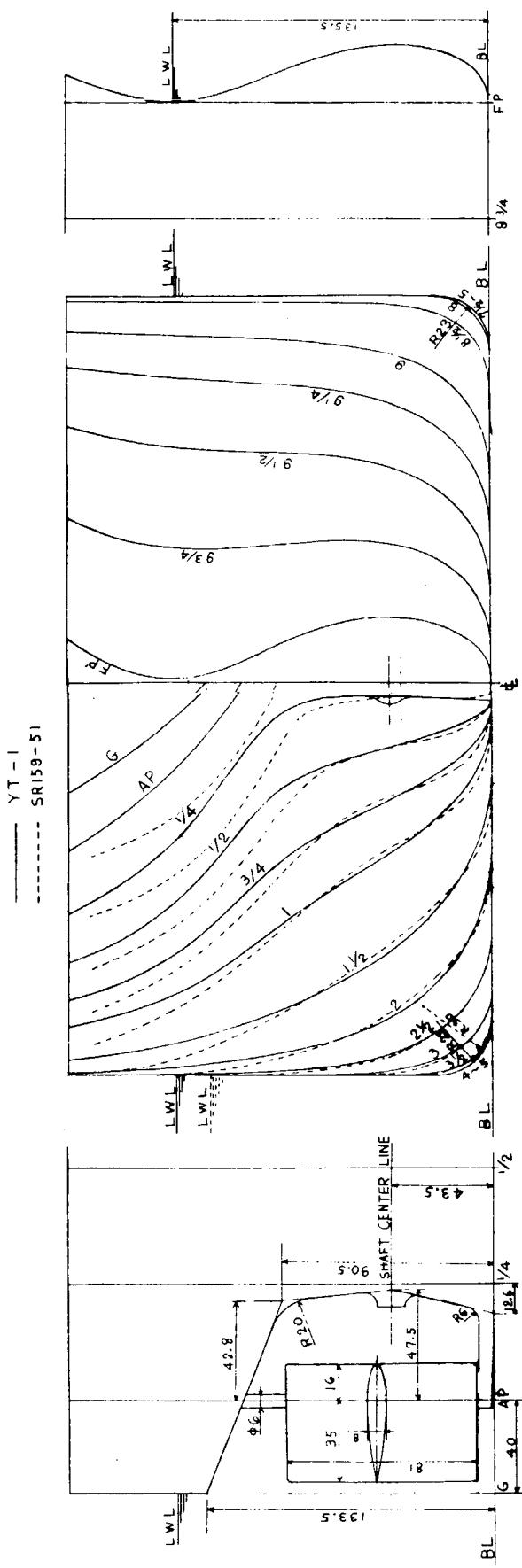


图 3.4-7 Line of Ship Model YT-1

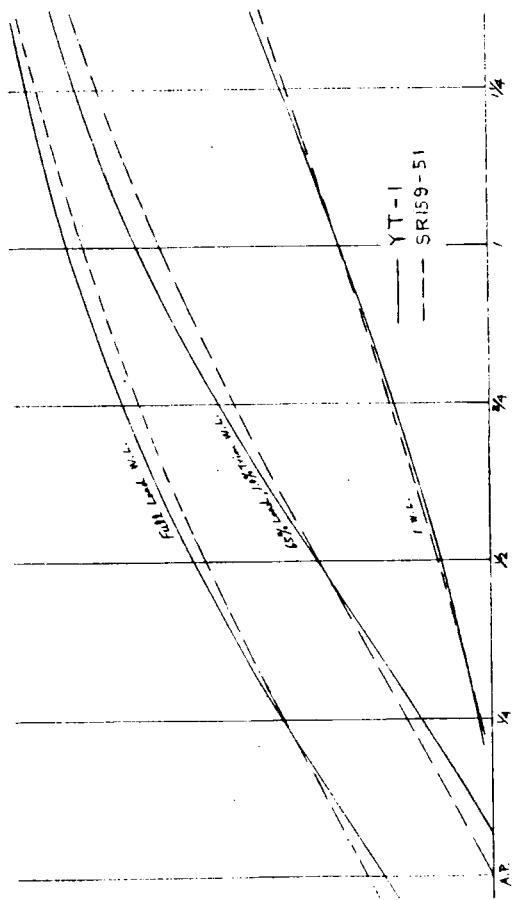


图 3.4-8 Waterlines of Ship Model YT-1

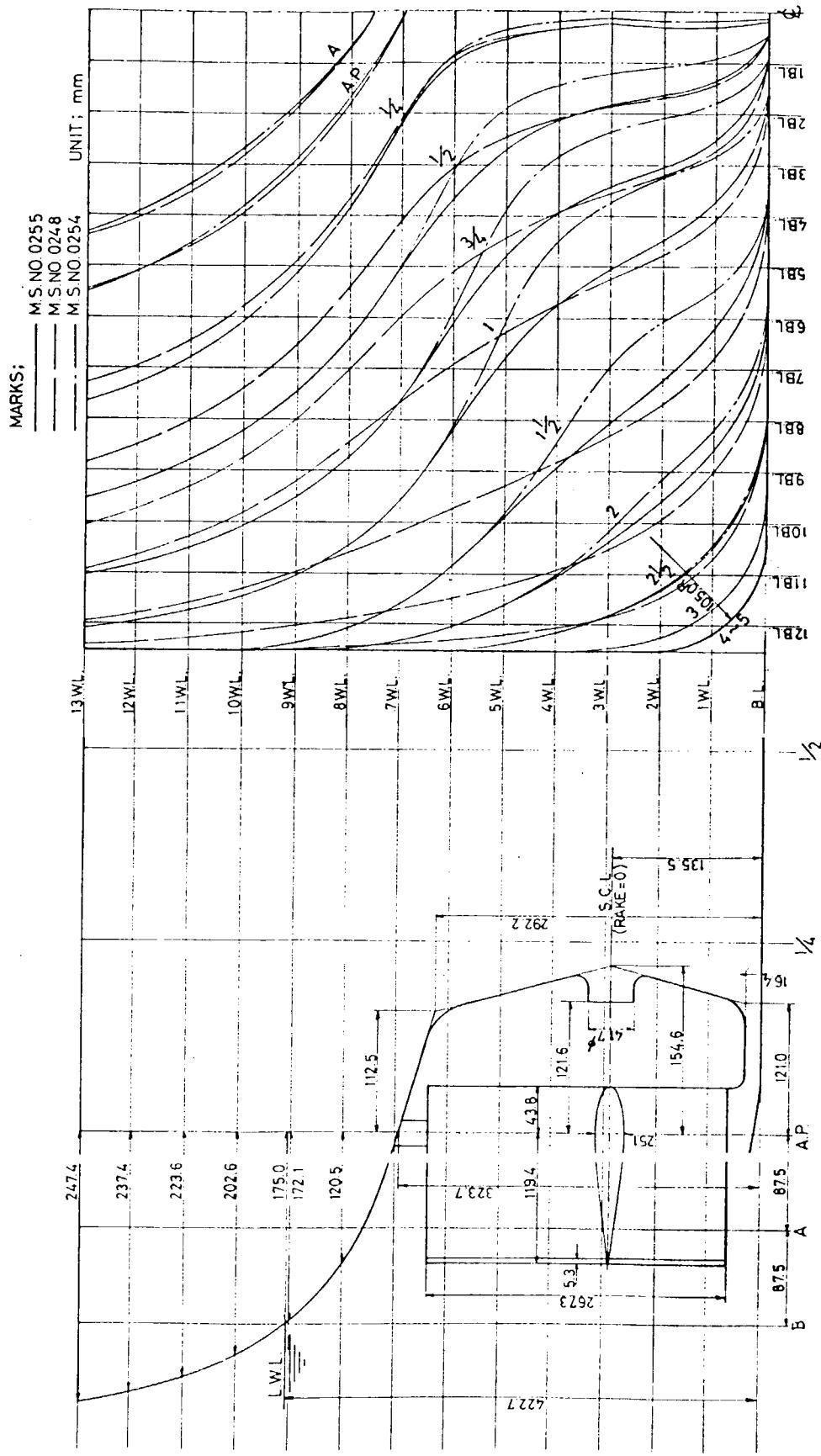


图 3.4-9 Model Ship (Aft Body)

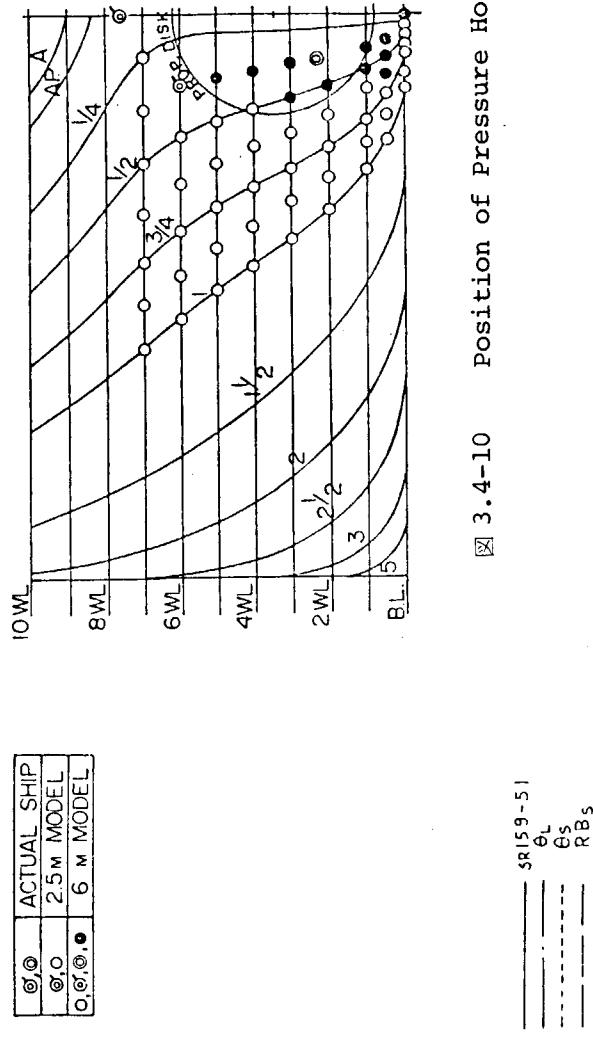


図 3.4-10 Position of Pressure Holes

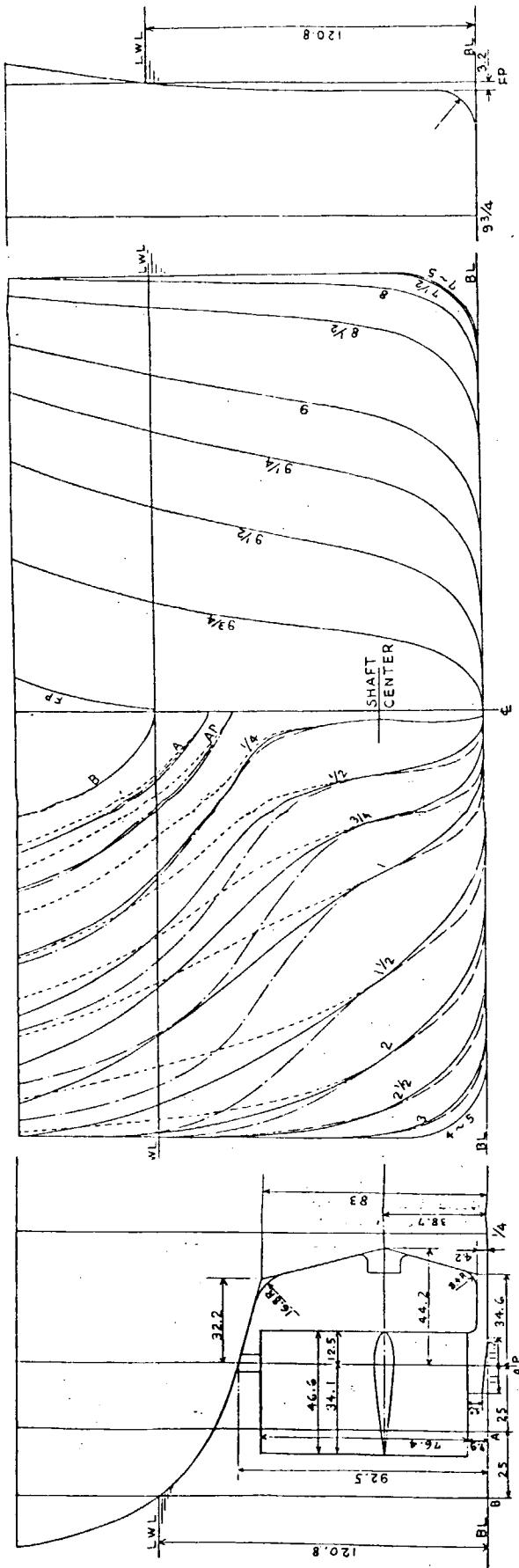


図 3.4-11 Lines of Ship Models

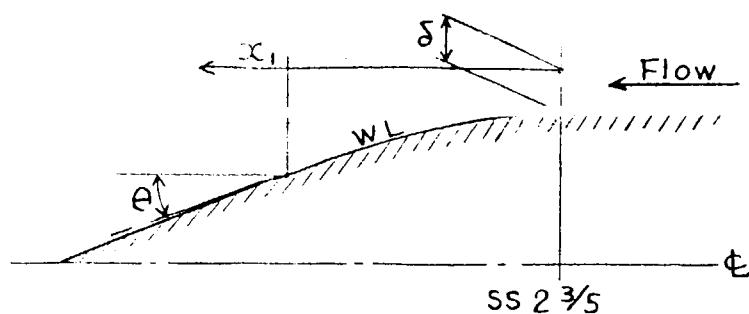
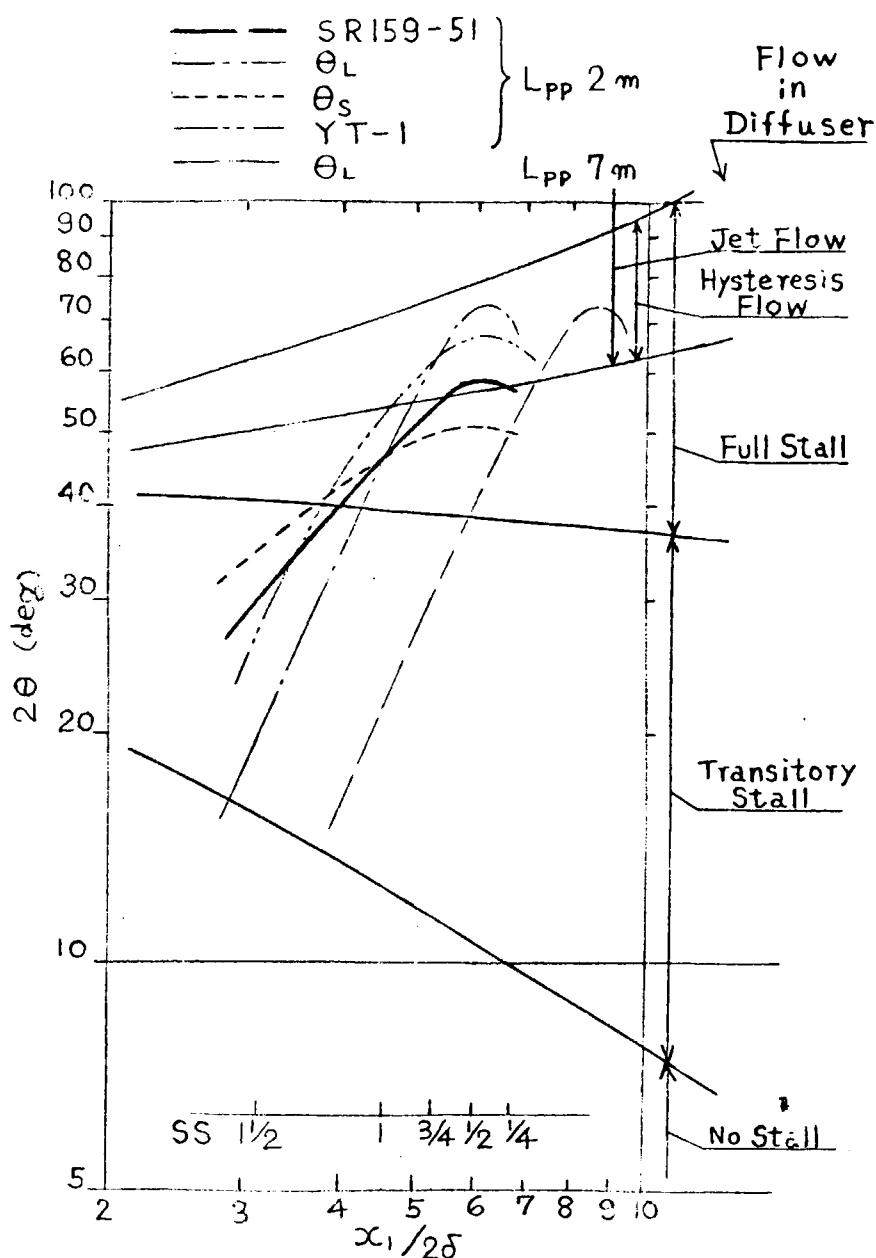


図 3.4-12 Run Angle Diagram, δ : Assumed 35 mm
at SS $2 \frac{3}{5}$ of L_{PP} 2 m Models

3.5 SR41、SR61、SR98で実施された標準試運転（実船と模型船の相関）

3.5.1 標準試運転の実施

油送船、鉱石運搬船などの大型化、肥大化に対処し、その船型要素が運航性能におよぼす影響を調査するため、SR41、SR61およびSR98の研究が実施された。その主体は船型要素を系統的に変化させた模型船の水槽試験を行って、その性能を調査することにあったが、同時にこのような肥大船型の模型船と実船の相関係数（Model-Ship Correlation Factors）をどのように選定すべきかも重要な問題であるため、その調査が実施された。

すなわち、夫々の研究を実施した時期に選定された超大型肥大船について、新たに設定した標準試運転方案に従って夫々の造船所において試運転を実施し、その成績を水槽試験結果と対比、解析して相関係数を求めたものである。これらの結果は、当時の急速な船型の大型化の中にあって、超大型肥大船の基本計画の有益な基礎資料となった。

夫々の研究部会で標準試運転が実施された供試船の数および大きさの範囲は次の通りである。

S R	期 間	L _{pp} の範囲	D W T の範囲	供試船数
4 1	S 3 3～S 3 5	2 1 3 m～2 4 5 m	4 6,0 0 0 t～7 1,0 0 0 t	7
6 1	S 3 8～S 3 9	2 1 6 m～2 4 9 m	約 5 万 t ～ 約 1 0 万 t	1 2
9 8	S 4 1～S 4 3	2 3 2 m～3 1 3 m	7 4,0 0 0 t～2 1 0,0 0 0 t	1 5

試運転成績は風および潮流に対する修正を施したのち、Schoenherr式による $\triangle C_F$ および $(1-W_s) / (1-W_m)$ の相関係数を求めたが、一部ITTC1957 Lineを使用した場合およびForm Factorを適用し、かつHughes式およびSchoenherr式を使用した場合の $\triangle C_F$ を求めた。以下その概要を報告する。

3.5.2 標準試運転施行要領

超大型肥大船の標準試運転成績の収集、解析を行うにあたり、その資料の精度を同一レベルに保つため、標準試運転の施行要領を統一しておく必要がある。このような観点から、SR41においては小委員会を組織して試運転方案の立案、審議を行い、「第41部会標準試運転施行要領」を決定した。この詳細は、SR41報告書¹⁾に記載されているが、通常の試運転状態、航走数、航路および航走要領、諸計測の実施要領のはか、潮流計を使用した試運転海面で潮流の計測や、船体表面の構造粗度や外板表面の粗度計測などを規定している。

このように、本施行要領は通常の建造船引渡時に実施される試運転にくらべて学術的な内容となっているため、この要領に従って実施する標準試運転には多大の人員、経費、および日数が必要とされている。したがって、本施行要領にもとづいて標準試運転を実施した供試船は、SR41においても合計3隻にとどまり、他はその計測の一部が省略された。

その後、船がさらに大型化されるに伴い、本施行要領も水深、助走距離をはじめ種々の不具点が生じたので、SR61の標準試運転においては、これらの不具点の補正や、試運転成績の精度を本質的にそこなわない範囲での簡略化を行った上で適用された。さらに、巨大船の海上試運転に関して造船工業会の依頼を受け、造船学会試験水槽委員会において試運転方案（試案）⁶⁾の作成を行ったので、SR98においてはこれに準拠して標準試運転が実施された。

3.5.3 供試船

SR41の供試船7隻の主要目および試運転状態を表3.5-1に、SR61の供試船12隻のそれを表

3.5-3に、又 S R 9 8 の供試船 15隻の主要目を表 3.5-5、表 3.5-6、表 3.5-7 に、試運転状態を表 3.5-8、表 3.5-9、表 3.5-10 に夫々示す。

その記載内容は夫々の研究部会によって異っており、S R 9 8 関係が最も詳しく、S R 6 1 が最も少ない。ただし供試船の船名が示されているのは S R 4 1 のみである。

3.5.4 試運転成績解析結果

供試船の速力試運転成績に対し夫々風、潮流の影響を修正したのち、模型試験結果を用いて模型船と実船との相関係数を求めた。S R 4 1 の報告書¹⁾にはこの算出の過程が詳細に報告されているが、S R 6 1²⁾および S R 9 8^{3) 4) 5)}の報告書においてはその結果のみが報告されている。

S R 4 1 で求められた相関係数を表 3.5-2 および図 3.5-1、図 3.5-2、図 3.5-3 に、S R 6 1 で求められたものを図 3.5-5、図 3.5-6 に、又 S R 9 8 で求められたものを表 3.5-11 および図 3.5-7、図 3.5-8 に夫々示す。図 3.5-7、図 3.5-8 には S R 4 1、S R 6 1 で得られた相関係数も夫々記載されている。

当時の実船有効馬力は平板の摩擦算式と剩余抵抗を使用して算出する方式が主流であったため、相関係数も Schoenherr の摩擦算式を使用した場合の ΔC_F が主体で、一部 ITTC 1957 Line および Hughes の基本式と Form Factor を用いた場合の ΔC_F が報告されている。また伴流の相関係数は $(1 - W_s) / (1 - W_m)$ 乃至その逆数で示されている。なお上記の図においては、相関係数はいずれも Reynolds 数ベースに表示されている。

肥大船において平板の摩擦算式および剩余抵抗を使用した場合、 ΔC_F が負となることが指摘されているが、今回の S R 4 1、S R 6 1、S R 9 8 の資料によても、図 3.5-7 より明らかなように、Schoenherr 式の場合には ΔC_p がすべて負の値となっている。これに対して、フューズの基本式および Form Factor を適用して解析した場合は、9例中1例を除き ΔC_F は正となっている。 ΔC_F が負になることは物理現象として不具合であるから、このことは、少なくとも肥大船においては、何らかの意味で 3 次元影響を加味して実船の有効馬力を算出する必要があることを示している。

図 3.5-7、図 3.5-8 の相関係数は、相当広い範囲に散布しているが、この原因は船の大きさや船型の相違に起因するよりも、試運転実施海面や実施要領、計測方法の相違、水槽試験実施場所の相違、解析に使用したプロペラ単独特性の算出法の相違などが積重なって生じたと考えるのが妥当のようである。ちなみに、S R 9 8 で報告された ΔC_F (Schoenherr 式) および $(1 - W_s) / (1 - W_m)$ の値を、DW および $\frac{L}{B} (1 - C_p)$ ベースに整理してみたが、図 3.5-9、図 3.5-10 に示す通り、一定の傾向を得ることは出来なかった。

また、S R 4 1、S R 6 1 では Bulbous Bow 船型が 60% を占め、S R 9 8 では全部が Bulbous Bow 船型になっているが、船首形状の相違による相関係数への影響もあまり明瞭ではない (S R 6 1 報告書²⁾ では Bulbous Bow が ΔC_F 、 $(1 - W_s) / (1 - W_m)$ 共に小さいとしている)。

これらのことから、肥大船の相関係数 ΔC_F 、 $(1 - W_s) / (1 - W_m)$ は、船の大きさや船型とは無関係に図 3.5-7、図 3.5-8 の平均値を用いれば良いことになるが、精度を上げるためにには、これらの資料の中から試運転海面や水槽試験実施場所などが合致するものを抜き出して使用するのが良いと思われる。

参考文献

- 1) S R 4 1、日本造船研究協会報告第 31 号、昭 35 年 1 月
- 2) S R 6 1、日本造船研究協会報告第 67 号、昭 40 年 3 月
- 3) S R 9 8 (41 年度)、日本造船研究協会研究資料 No. 61、昭 42 年 3 月

- 4) SR 98 (42年度)、日本造船研究協会研究資料No.85、昭43年3月
 5) SR 98 (43年度)、日本造船研究協会研究資料No.95、昭44年3月
 6) 試験水槽委員会、巨大船の海上試運転施行方案の試案作成について、造船協会誌第442号、
 昭41年5月

表 3.5-2 Model Ship Correlation Factor ($\Delta C_F \times 10^3$)

Ship Basic Line	Euerest Maru	Kakuho Maru	Caltex Plymouth	Attica	X	Oriental Giant	Chōei Maru
シェンヘル式		-0.168	-0.211		-0.460	-0.275	-0.051
ITTC1957 Line	-0.235	-0.096	-0.129	-0.243			
フューズ式	0.057 (K=0.330)	0.225 (K=0.350)	0.159 (K=0.330)	0.092 (K=0.366)	-0.032 (K=0.350)	0.209 (K=0.420)	
$\frac{1-W_s}{1-W_m}$	1.180	1.287	1.212	1.275	1.528	1.188	1.202
$\frac{L}{B} (1-C_p)$	1.3688	1.3618	1.3900	1.3339	1.3513	1.2660	1.3758
DW (t)	47,274	47,252	46,757	47,369	46,415	71,490	47,783

平均値	$\Delta C_F \times 10^3$			$\frac{1-W_s}{1-W_m}$
	シェンヘル式	ITTC1957式	フューズ式	
	-0.233 (-0.176)	-0.176	0.118 (0.148)	1.267 (1.224)

()はX号を除いた値を示す。

表 3.5-1 Principal Particulars and Trial Conditions of the Ships tested.

Name of Ship		Everest M. ru	Kakuho Maru	Caltex Plymouth	Attica	Oriental Giant	Choei Maru	"X"
Owner	Daido-Kaiun	Iino-Kaiun	Cal. Texas Oil Corp.	Liberian trans-Atlantic Corp.	Island Navigation Corp.	Nitto-Shosen	Somerfin Corp.	
Shipyard	Mitsubishi Nagasaki	Iino-Maizuru	Hitachi	Harima	Sasebo	Kure	Uraga	
Length	213.0 m	213.0 m	211.84 m	213.0 m	245.0 m	213.0 m	213.0 m	
B	30.5 m	30.5 m	31.70 m	30.5 m	32.9 m	30.5 m	30.5 m	
D	15.2 m	15.2 m	15.14 m	15.2 m	18.5 m	15.6 m	15.2 m	
d ₁	11.360 m	11.33 m	11.23 m	11.35 m	13.26 m	11.394 m	11.367 m	
C _b	0.800	0.800	0.786	0.800	0.820	0.795	0.800	
C _p	0.804	0.805	0.791	0.808	0.830	0.803	0.806	
C _s	0.995	0.994	0.994	0.900	0.942	0.900	0.992	
A.C.b	1.73%F	1.65%F	1.37%F	3.86%F	1.54%F	1.77%F	1.92%F	
Gross Ton	29,216	29,409 t	31,109 t	29,741 t	43,423 t	29,063 t	28,851 t	
Dead Wt.	47,274	47,252 t	46,757 t	47,369 t	71,490 t	47,783 t	46,415 t	
Type of Bow	Bulbous Bow	Raked Stern	Bulbous Bow	Bulbous Bow	Raked Stern	Bulbous Bow	Bulbous Bow	
Type of Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	
Rudder	Reaction Rider	Stream Lined, reaction Type, Semi-Balanced	Stream Lined, re-action Type, Semi-Balanced Rudder	Stream Lined	Stream Lined	Reaction Rudder	Stream Lined Balanced Rudder	
Type x No.	Turbine x 1	Turbine x 1	Turbine x 1	Turbine x 1	Turbine x 1	Turbine x 1	Turbine x 1	
Engg.	Max. Output	17,600 SHP x 11 RPM	16,000 SHP x 119 RPM	17,500 SHP x 105 RPM	17,600 SHP x 105 RPM	22,000 SHP x 105 RPM	17,600 SHP x 105 RPM	
Type	Solid Type, SBL	Solid Type, SBL	Solid Type, SBL	Solid Type, SBL	Solid Type, SBL	Solid Type, SBL	Solid Type, SBL	
Diapx.Ratio	6.600 x 0.67	6.200 x 0.716	6.605 x 0.785	6.604 x 0.792	7.200 x 0.722	6.700 x 0.748	6.800 x 0.715	
Boss Ratio	0.1818	0.200	0.2173	0.1862	0.1806	0.188	0.1853	
E.A.R.	0.560	0.645	0.555	0.5724	0.600	0.602	0.601	
BL.Th.Fr.	0.0737	0.0569	0.046	0.0526	0.0583	0.056	0.0492	
Shape of Section	Aerofoil	Aerofoil	Aerofoil	Aerofoil	Aerofoil	Aerofoil	Aerofoil	
Date	Oct. 23, 1959	Mar. 3, 1960	Mar. 8, 1960	Jan. 14, 1960	Dec. 8, 1959	Dec. 2, 1949	June 4, 1960	
Mile Post Used	Miye Mile Post	Araiaki-Nomuro Mile Post	Aoshima-Kominasejima Mile Post	Awaji Mile Post	Miye Mile Post	Aoshima-Kominasejima Mile Post	Tatsushima-Iwabukuro Mile Post	
Weather	Cloudy	Cloudy	Cloudy	Fine	Fine	Cloudy	Cloudy	
Sea Condition	Smooth	Rough	Slight	Smooth	Slight	Slight	Slight	
Depth of Sea	55 ~ 60 m	90 m	50 ~ 60 m	40 ~ 50 m	60 ~ 70 m	50 ~ 60 m	230 m	
Temp. of Water	22.4°C	9.5°C	11.7°C	9.5°C	17.8°C	19.0°C	19.0°C	
Spec.gr. of Water	1.0228	1.0254	1.025	1.025	1.024	1.0238	1.025	
d _A	11.233 m	11.320 m	11.176 m	11.261 m	13.294 m	11.27 m	11.388 m	
d _B	11.322 m	11.400 m	11.379 m	11.412 m	13.339 m	11.43 m	11.565 m	
d _F	11.410 m	11.320 m	11.240 m	11.372 m	13.192 m	11.32 m	11.388 m	
Trim	0.177 m by Stern	0	0.064 m by Stern	0.111 m by Stern	0.102 m by Stern	0.05 m by Stern	0	
Displacement	60,515 t	60,705 t	61,470 t	60,870 t	60,350 t	60,419 t	61,420 t	
C _b	0.783	0.800	0.787	0.801	0.820	0.795	0.801	
C _p	0.789	0.805	0.792	0.809	0.830	0.803	0.8065	
C _s	0.992	0.994	0.994	0.990	0.992	0.990	0.9925	
Imm.of Prop. (I/D)	1.083	0.716	1.051	1.026	1.246	1.055	1.040	
Date, out of Dock	Oct. 21, 1959	Feb. 29, 1960	Mar. 2, 1960	Dec. 31, 1959	Nov. 26, 1959	Oct. 22, 1959	May 5, 1960	

ΔC_f Value (Schoenherr)

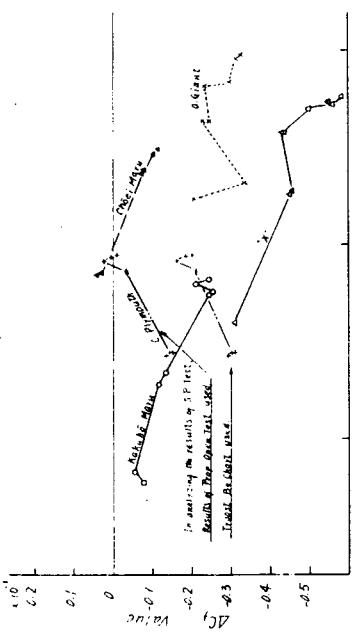


图 3.5-1

ΔC_f Value (ITTC 1957 M-S Correlation Line)

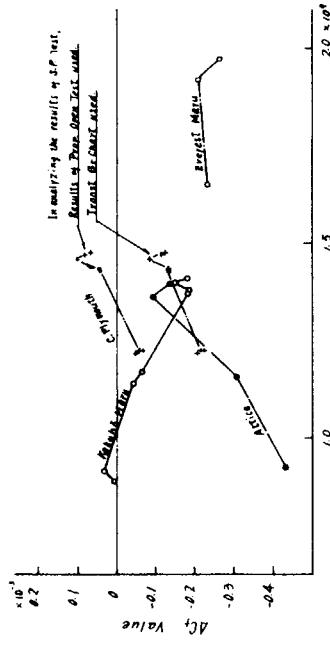


图 3.5-3

Wake Fraction

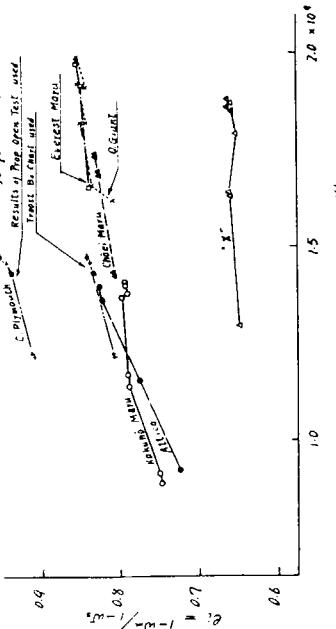


图 3.5-2

ΔC_f Value (Hughes)

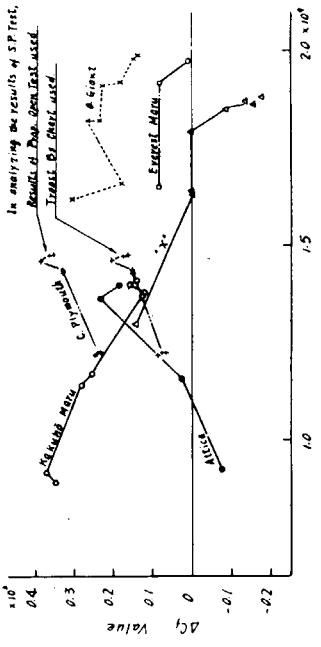


图 3.5-4

表 3.5-3

船名		A丸	B号	C丸	D号	E号	F号	G丸	H号	I号	J号	K号	L丸
船所	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	J社	K社	L社	
I.P.P B D	225.00 3.280 1)	24'20.0 37.20	24'9.00 4.04.0	24'8.41 38.10	24'1.00 3.68.0	22'8.00 3.58.0	24'6.00 4.02.0	21'6.00 3.34.0	22'5.00 3.22.0	24'3.20 4.00.0	24'3.20 3.72.0	22'3.00 3.72.0	
主機出力 (PS)	18.50.0	24.00.0	27.60.0	26.50.0	20.70.0	20.70.0	23.00.0	18.40.0	16.00.0	24.00.0	24.3.35	20.70.0	
主機R P M	1.14	1.05	1.19	1.10	1.14	1.19	1.14	1.14	1.19	1.16.3	1.10	1.08.5	
直進比	6.60.4 0.69.4	7.20.0 0.73.6	6.90.0 0.69.6	7.5.0 0.65.0	6.65.0 0.72.2	6.4.00 0.75.8	6.8.0 0.72.1	6.3.0 0.72.7	6.3.0 0.70.6	6.9.0 0.72.1	7.0.0 0.75.7	6.4.0 0.75.5	
平均吃水 (m、船尾へ)	1.20.5	1.46.3	1.47.95	1.42.7	1.21.69	1.4.9.0	1.15.6	1.15.5	1.51.7	1.31.9	1.25.5		
試運転状態 (満載)	△(t) C.B C.P C.M	7.2.26.8 0.81.3 0.81.9 0.91.93	11.0.1.6.1 0.81.2 0.81.7 0.91.94	1.20.8.06 0.78.6 0.79.1 0.99.5	10.90.4.0 0.79.8 0.79.1 0.99.5	8.3.32.7 0.81.9 0.80.3 0.99.3	1.21.7.6.8 0.79.8 0.81.0 0.99.4	6.93.36.0 0.82.0 0.82.7 0.99.2	7.07.6.0 0.82.0 0.82.7 0.99.3	1.23.1.2.1 1.00.0.25	1.00.0.25 87.1.0.2		
海水象	白波全部	Smooth	Moderate	Smooth	Slight	9.5	7.0	1.00	>1.00	Smooth	Smooth		
海水深度 (m)	Trial Courses	佐田岬	佐田岬	佐田岬	佐田岬	2	3	1.9	1.9	5.5	7.0		
平均吃水 (m、船頭へ)	△(t) C.B C.P C.M					9.3.6.9	6.1.9	2.1.7					
試運転状態 (満載)	海水象					20.8.7 6.8.8.6.0 0.80.1	4.6.1.5.0 0.74.9 0.76.3	0.9.8.2 5.0 1.7 1					
海水象	海水深度 (m)	Trial Courses				Slight	Slight	青島～ミニナセ					
海水象	海水深度 (m)												
備考	満載 $\epsilon_{CB} = 1.8\%$	-2.51%	-1.68%	-1.54%	$C_B - 0.820$	-1.76%						水槽試験をワシで行った。	
満載状態, $\frac{L}{B} (1 - C_p)$	1.241.6	1.190.5	1.288.1	1.291*	1.127*	1.205.5	1.202.9	1.208.9	1.118.7	1.150.6	1.072*	注 *はCm = 0.995と仮定。	

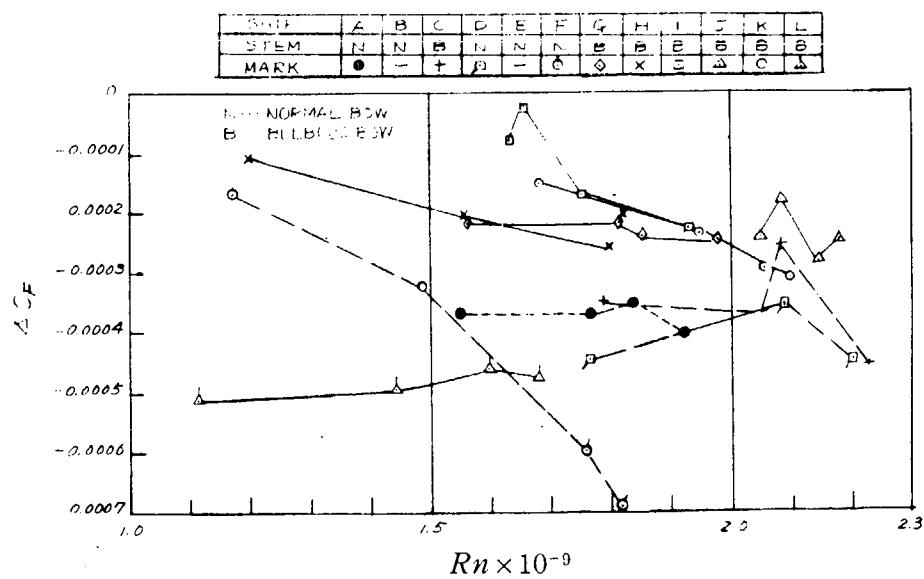


図 3.5-5 $\triangle C_R$

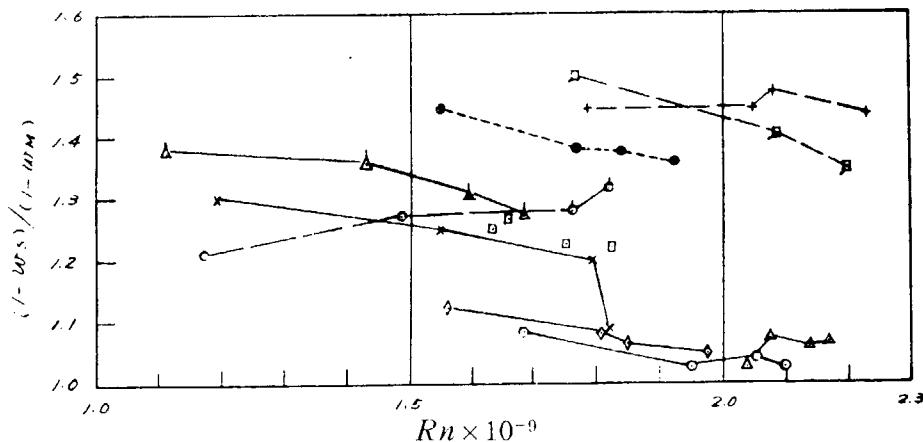


図 3.5-6 $(1 - W_S) / (1 - W_M)$

表 3.5-4 Lists of Ships

(41年度)

船名	D.W. (t)	建造所	$\frac{L}{B} (1-C_p)$
"A"	84,000	佐世保重工	1.1028
"B"	77,000	浦賀重工	1.0688
"C"	124,000	三菱重工	1.1325
"D"	74,000	三井造船	1.2017
"E"	150,000	石川島播磨重工	1.1538
"F"	122,000	日立造船	1.0431
"G"	119,000	川崎重工	1.1575

(42年度)

船名	D.W. (t)	建造所	$\frac{L}{B} (1-C_p)$
"A"	153,140	佐世保重工	1.0887
"B"	80,545	石川島播磨重工	1.1507
"C"	106,900	三井造船	1.1427
"D"	124,851	川崎重工	1.1292
"E"	209,100	三菱重工	1.0122

船名	Lpp	D.W.	建造所	$\frac{L}{B} (1-C_p)$
"A"	313m	210,826LT	佐世保重工	1.0780
"B"	290m	195,570 t	日立造船	0.9635
"C"	241...	15,025	...	1.0903

表 3.5-5 Principal Particulars of the Ships Tested(41 年度)

Name of Ship	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"
Ship Yard	Sasebo	Uraga	Mitsubishi Nagasaki	Mitsui	IHI Negishi	Hitachi Inoshima	Kawasaki
LPP (mld)	237.0	232.0	256.0	242.621.	290.0	265.0	260.0
B (mld)	38.9	37.12	42.5	31.699	47.5	44.2	42.0
D (mld)	18.0	18.0	22.0	18.847	24.0	23.0	23.3
Load Draft (mld)	13.02	12.46	15.8	12.6	16.0	16.75	15.468
C _B	0.813	0.825	0.808	0.838	0.805	0.822	0.807
C _P	0.819	0.829	0.812	0.843	0.810	0.826	0.813
C _M	0.993	0.995	0.994	0.994	0.994	0.996	0.993
C _{A.C.B.}	2.85°F	3.13°F	3.18°F	1.72°F	2.54°F	2.64°F	2.47°F
LPP/B	6.09	6.25	6.024	7.65	6.11	6.022	6.19
B/d	2.99	2.80	2.69	2.61	2.97	2.64	2.72
Gross Ton.	46,696t	44,406t	67,484t	42,825t	94,633t	78,785t	71,576t
Dead. Wt.	83 582t	76,931t	123,886t	73,855t	153,685t	121,750t	118,823t
Type of Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow
Type of Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern
Rudder	Mariner Type	Stream Lined, Balanced Rudder	Stream Lined, Reaction Type, Balanced	Stream Lined, Semi-Balanced	Stream Lined, Balanced	Stream Lined, Balanced	Stream Lined, Reaction Type, Balanced
Type x no.	Diesel x 1	Turbine x 1	Diesel x 1	Turbine x 1	Diesel x 1	Diesel x 1	Diesel x 1
Eng.	21,600 BHP x119 RPM	20,700 BHP x119 RPM	24,000 SHP x105 RPM	20,700 BHP x114 RPM	30,000 SHP x 97 RPM	27,600 BHP x114 RPM	24,750 BHP x114 RPM
Max. Output							
Type	Solid, 6 BL	Solid, 5 BL	Solid, 5 BL	Solid, 6 BL	Solid, 5 BL	Solid, 5 BL	Solid, 6 BL
Dia.	6.60	6.40	7.20	6.60	7.800	7.100	6,700
P. Ratio	0.676	0.7305	0.7361	0.717	0.740	0.667	0.745
Boss Ratio	0.188	0.175	0.1736	0.195	0.182	0.1944	0.191
E.A.R.	0.616	0.7107	0.5895	0.650	0.619	0.650	0.635
Bl.Th.Fr.	0.0597	0.0537	0.0566	0.0550	0.0572	0.0641	0.0541
Shape of section	Aerofoil	Aerofoil	Aerofoil	MAU w	MAU	Aerofoil	aerofoil

Principal Particulars

表3.5-6 Principal Particulars of the Ships (42年度)

Name of Ship	A	B	C	D	E
Kind of Ship	Tanker	Tanker	Tanker	Tanker	Tanker
Ship yard	Sasebo	IHI Aioi	Mitsui Tanano	Kawasaki	Mitsubishi Nagasaki
L _{PP} (mld)	28. ^m 10	243. ^m 20	246. ^m 00	255. ^m 00	310. ^m 0
B (mld)	46. ^m 2	37. ^m 20	39. ^m 40	42. ^m 00	47. ^m 16
D (mld)	25. ^m 0	17. ^m 50	22. ^m 40	24. ^m 20	24. ^m 50
d (mld)	16. ^m 60	13. ^m 06	15. ^m 50	16. ^m 47	18. ^m 86
Design Drafted at Design Load	CB	0.817	0.818	0.813	0.808
CP	0.819	0.822	0.816	0.814	
CM	0.998	0.995	0.996	0.993	
2.C.B	2.91%L _{PPF}	2.20%L _{PPF}	2.89%L _{PPF}	2.36%L _{PPF}	
L _{PP/B}	6.08	6.54	6.24	6.07	6.57
B/d	2.78	2.85	2.54	2.55	2.50
Gross Ton.	96,230t	48,222t	62,500t	72,394t	102,000t
Dead Wt.	153,140t	80,545t	106,900t	124,851t	209,100t
Type of Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow
Rudder	Stream Lined Balanced Rudder	Stream Lined Balanced Rudder	G-Type	Balanced Reaction	Normal Rudder
Type x no.	Turbine x 1	Turbine x 1	Diesel x 1	Diesel x 1	Turbine x 1
Max. Output	28,000 SHP x 65 RPM	24,335 SHP x 108.5 RPM	23,000 BHP x 114 RPM	23,000 BHP x 115 RPM	28,000 SHP x 85 RPM
Propeller	Solid, 5BL	Solid, 5BL	5BL	Solid, 6BL	Solid, 4BL
Dia.	8. ^m 20	7. ^m 000	6. ^m 90	6. ^m 350	8. ^m 800
P. Ratio	0.779	0.757	0.671	0.703	0.700
B. Ratio	0.1805	0.183	0.180	0.1925	0.1568
E.A.R.	0.570	0.671	0.610	0.630	0.5143
Bl.Th.Fr.	0.0598	0.0551	0.055	0.0515	0.0495
Shape of Section	MAU	Aero foil	MAU	Aero foil	Aero foil

注) Type of Stern : 全般 Cruiser Stern

表3.5-7 Principal Particulars of the Ships (43年度)

Name of Ship		"A"	"B"	"C"
Kind of Ship			Tanker	
Ship Yard		Sasebo	Hitachi Sakai	Kawasaki
Hull at Designed Load Draft	Lpp (mld)	313 ^m 00	290 ^m 00	244 ^m 00
	B (mld)	48. ^m 20	48 ^m .16	38 ^m .94
	D (mld)	24 ^m .40	24 ^m .00	20. ^m 90
	d (mld)	19. ^m 089	18 ^m .52	14. ^m 30
	C _B	0.8356	0.8347	0.8208
	C _P	0.842	0.8399	0.8255
	C _M	0.993	0.9938	0.9943
	λ.C.B	2.51%LppF	2.67%LppF	2.41%LppF
	Lpp/B	6.494	6.022	6.266
	B/d	2.525	2.467	2.723
Eng.	Gross Ton	105,095LT	86,520t	56,809t
	Dead Wt	210,326LT	195,570t	95,926t
	Type of Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow	Bulb. Bow
	Type of Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern	Cruiser Stern
	Rudder	Balanced Rudder	Stream Lined Balanced Rudder	Balanced Reaction
	Type x no	Turbine x1	Turbine x 1	Diesel x 1
	Max. Output	28,000 ^{SHP} x90 ^{RPM}	29,000 ^{SHP} x90 ^{RPM}	20,700 ^{BHP} x115 ^{RPM}
	Type	Solid x 6BL	Solid x 5BL	Soild x 6BL
	Dia.	8. ^m 100	8. ^m 100	6.500
	P. Ratio	0.715	0.7148	0.7076
Propeller	B. Ratio	0.1815	0.1802	0.1846
	E.A.R.	0.580	0.5475	0.660
	Bl.Th.Fr.	0.060	0.05459	0.04928
Shape of Section		MAU	Aero Foil	Aero Foil

表 3.5-8 Trial Condition of the Ships (41 年度)

Name of Ship	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"
Date	No. 28, 1966	Aug. 25, 1966	Aug. 11, 12, 1966	Oct. 18, 1966	Jan. 21, 22, 1966	Feb. 8, 1966	Jan. 6, 7, 1967
Mile Post	Off Mie	Tatsumiwaibukuro Mile Post	Off Tomie	Off Shimotsu	Sagamiwan	Off Cape Sata	Off Hinomisaki Radio log
Weather	C1-uday	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine
Sea Condition		Smooth	Smooth	Smooth	Moderate	Calm	Smooth
Depth of Sea	ab. 70 m	abt. 300 m	abt. 120 m	abt. 60 m	abt. 700~1000 m	90 m	Over 1,000 m
Temp. of Water	2.0°C	27.2°C	29.4°C	22°C	15°C	9°C	10.4°C
Spec.Gr. of Water	.026	.0225	.0225	.0226	.0226	.0226	.0223
Final Condition	d _A	1.945	1.2460	1.5779	1.214	1.590	1.550
	d _N	1.100	1.2565	1.5944	1.227	1.605	1.67 *
	d _F	1.887	1.2420	1.5768	1.219	1.620	1.555
Trim	0m 58 by Stern	0m 040 by Stern	0m 011 by Stern	0m 05 by Stern	0m 30 by Stern	0m 05 by Stern	0m 05 by Stern
Displacement	101,408 t	91,207 t	143,110 t	80,820 t	183,200 t	166,400 t	140,320 t
C _B	.813	.826	.808	.838	.806	.822	.807
C _P	.819	.829	.812	.843	.811	.826	.813
C _M	.993	.995	.994	.994	.994	.996	.993
Imm.of Prop. (I/D)		1.276	1.504	1.192	1.35		1.582
Date out of Dock	Nov. 25, 1966	Aug. 19, 1966	Aug. 6, 1966	Dec. 18, 1966	Feb. 6, 1966	Dec. 28, 1966	

* mean draft

表 3.5-9 Trial Conditions of the Ships (42年度)

Name of Ship	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"
Date	Aug. 31, 1967	Oct. 25, 1965	Dec. 5, 1967	Dec. 13, 14, 1967	Jan. 12, 1968
Mile Post	Off Tomie	Off Wakayama	Sada cape	Off Hinomisaki	Off Goto
Weather	Fine	Fine	Cloudy	Fine	Cloudy
Sea Condition	Smooth	Very Smooth	Very Smooth	Smooth	Smooth-Slight
Depth of Sea	abt. 150m	abt. 55m	abt. 90m	abt. 500m	abt. 120m
Temp. of Water	27.7°C	6.5°C	19°C	14°C	17°C
Spec.Gr.of Water	1.023	1.025	1.023	1.0239	1.0261
d_A	16.55	13.152	15.50	16.460	16.367
d_M	16.55 *	13.203	15.575	16.505	16.366 *
d_F	16.55	13.017	15.50	16.510	16.364
Trim	0	0.014 by stern	0	0.050 by Bow	0.003 by Stern
Displacement	181,097t	98,522LT	125,640t	146,420t	207,747t
C_B	0.817	0.818	0.813	0.808	0.841
C_P	0.821	0.824	0.817	0.814	0.846
C_M	0.997	0.993	0.996	0.993	0.993
Imm.of Prof.(I/D)	1.36	1.75	1.59	1.74	1.15
Date out of Dock	Aug. 26, 1967	不明	Dec. 4, 1967	Dec. 10, 1967	Jan. 8, 1968

* mean draft

表3.5-10 Trial Conditions of the Ships(43年度)

Name of Ship	'A'		'B'		'C'	
Trial Condition	Date	June 7, 1967		May 22. 1968		Aug. 3. 1968
	Mile Post	Off Tomie		Off Hinomisaki		Off Hinomisaki (by Ratio Log)
	Weather			Fine		Fine
	Sea Condition	Smooth		Calm		Smooth
	Depth of Sea	150 m		100 m		1,000 m
	Temp. of Water	19°C		20°C		25.5°C
	Spec. Gr. of Water			1.0248		1.0235
	Draft	d_A	16 ^m .59	18 ^m .428		14 ^m .405
		d_M	16 ^m .54 *	18 ^m .555		14 ^m .430
		d_F	16 ^m .48	18 ^m .466		14 ^m .340
	Trim	0 ^m .11 by the stern	0 ^m .038 by the stern	0 ^m .065 by the stern		
	Displacement	208,713LT		221,666t		115,261t
	C_B	0.826		0.835		0.8211
	C_P	0.834		0.840		0.8259
	C_M	0.990		0.994		0.9943
	Imm. of Prop. (I/D)	1.36				1.52
	Date out of Dock	May 21, 1967		Mar. 25, 1968		Aug. 2, 1968

表 3.5-11 Model-SHIP Correlation Factors

(4 1 年度)

船名	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"
$\triangle C_F \times 10^3$ (Schoenherr式によるもの)	-0.216	-0.216	-0.344	-0.117	-0.305	-0.178	-0.404
$\triangle C_F \times 10^3$ (Hughes式によるもの)	-	-	-	-	-	+0.300 K=0.30	+0.109
$(1-W_s) / (1-W_m)$	1.264	1.340	1.200	1.341	1.278	1.169	1.197

(4 2 年度)

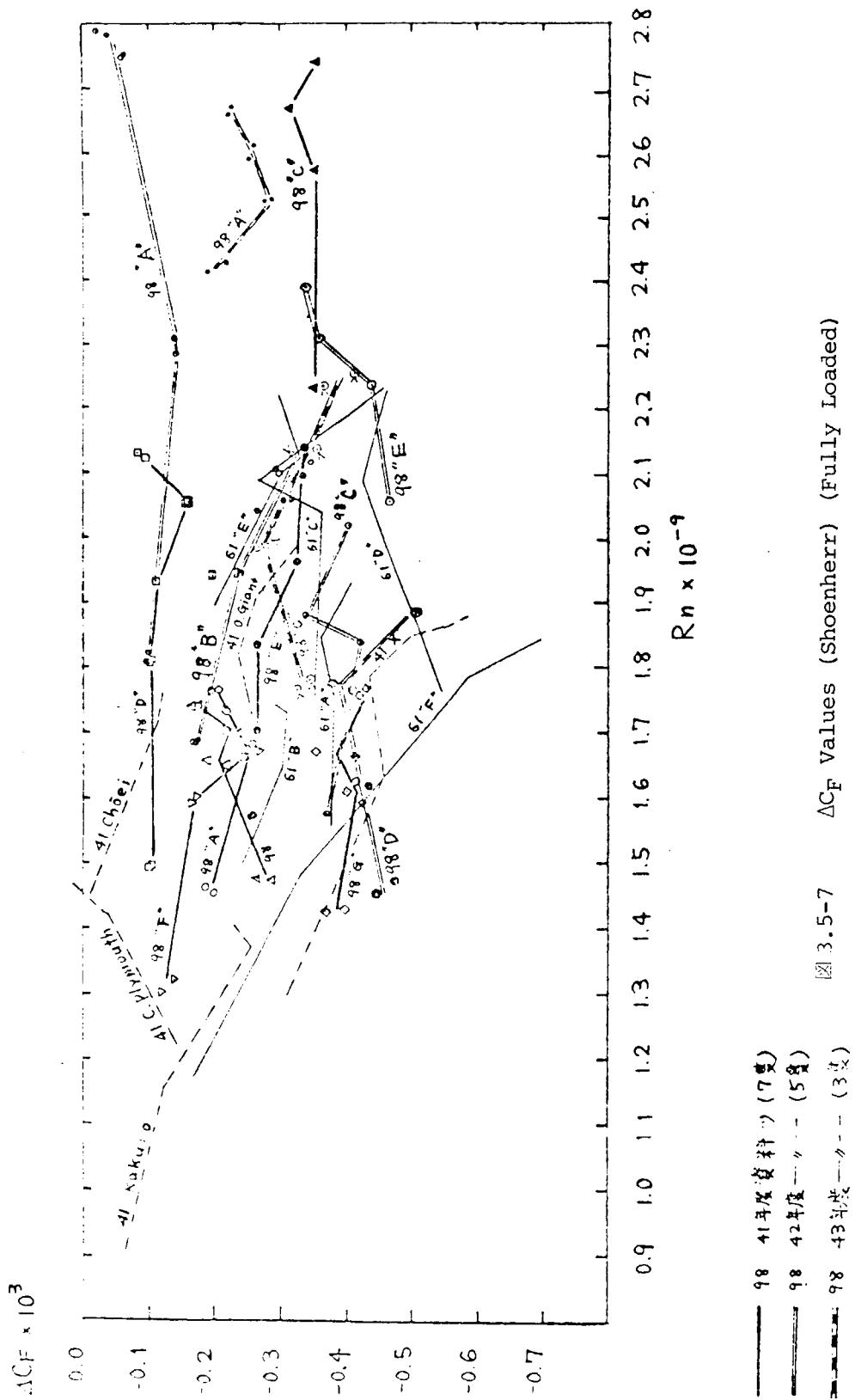
船名	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"
$\triangle C_F \times 10^3$ (Schoenherr式による)	-0.10	-0.22	-0.39	-0.445	-0.397
$(1-W_s) / (1-W_m)$	1.26	1.06	1.42	1.50	1.15

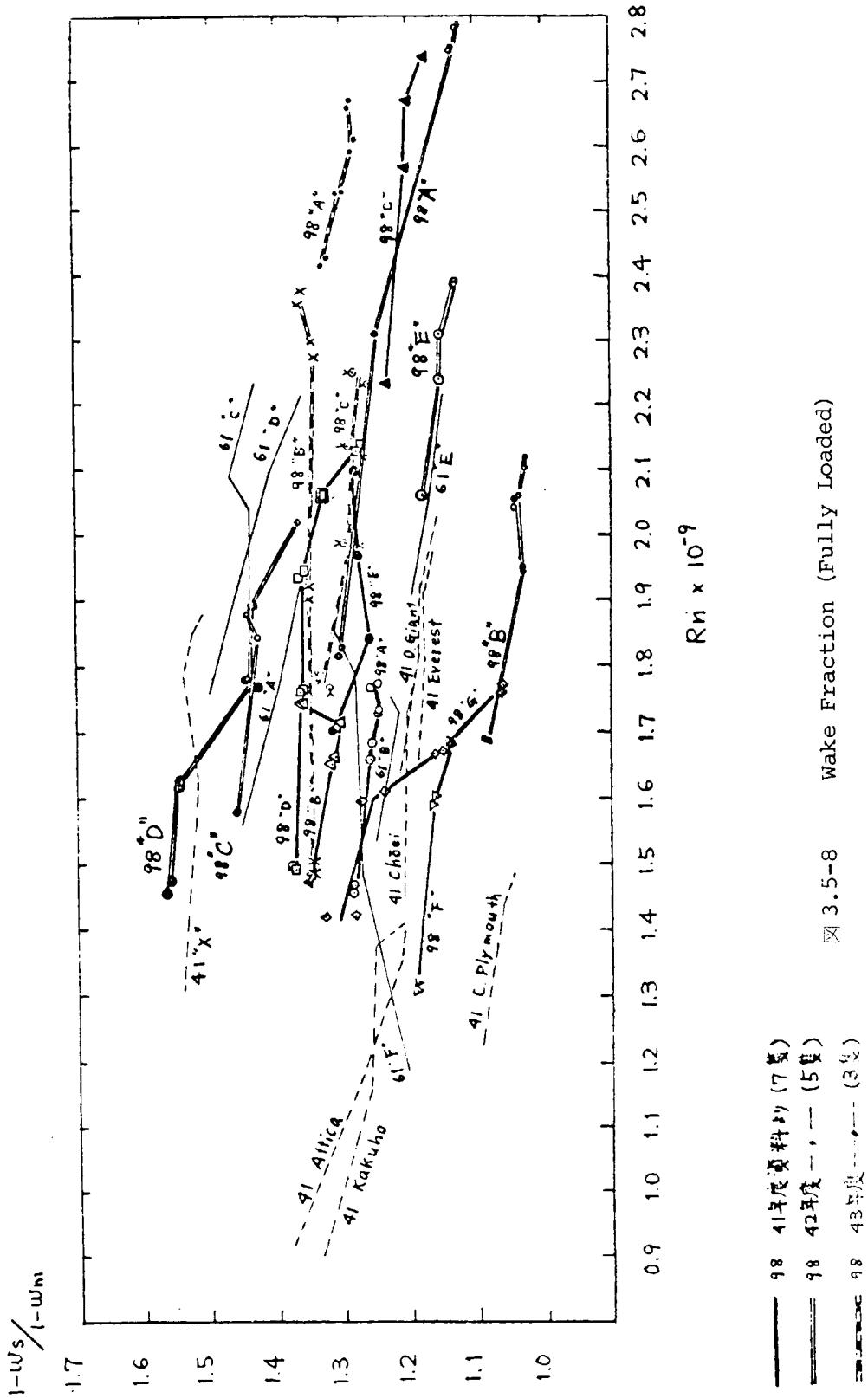
(4 3 年度)

船名	"A"	"B"	"C"
$\triangle C_F \times 10^3$ (Schoenherr式による)	-0.240		-0.333
$\triangle C_F \times 10^3$ (Schoenherr式及びForm Factor)		0.142 K=0.33	
$\triangle C_F \times 10^3$ (Hughes式によるもの)	0.181 K=0.360		
$(1-W_s) / (1-W_m)$	1.299	1.353	1.295

平均値 (4 1.4 2.4 3 年度)

$\triangle C_F \times 10^3$ Schoenherr式による	$\triangle C_F \times 10^3$ Hughes式による	$(1-W_s) / (1-W_m)$
-0.279	0.197	1.275





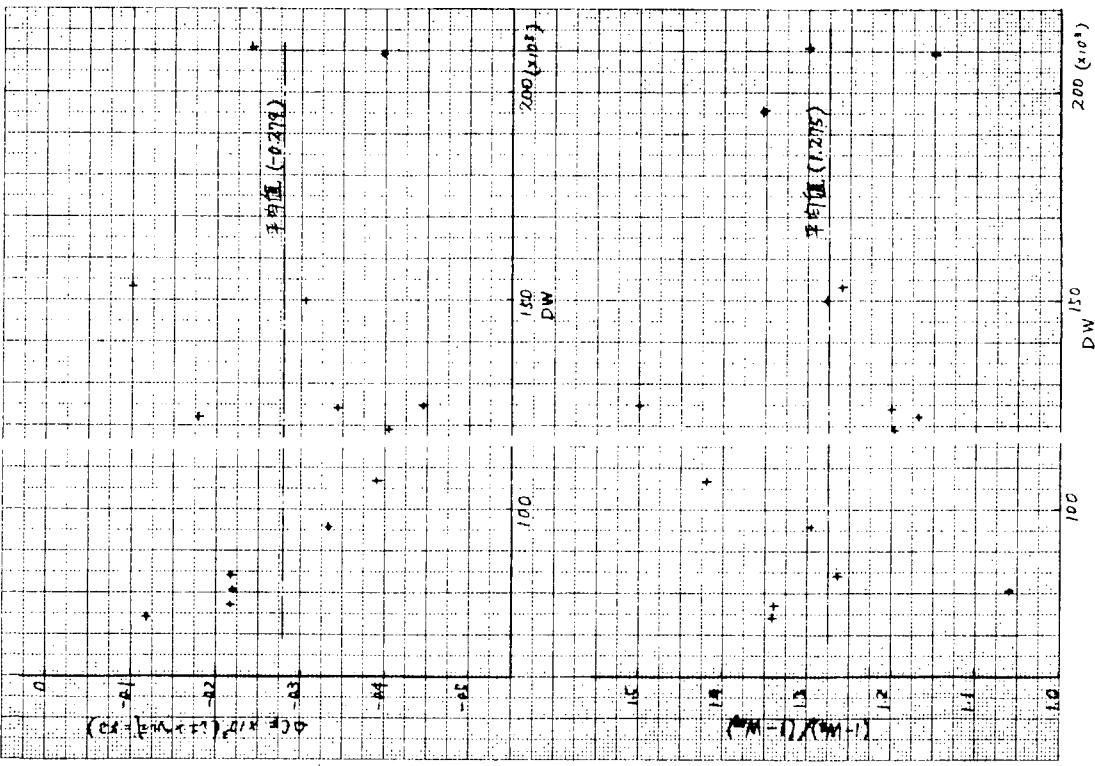


图 3.5-9 Correlation Factors

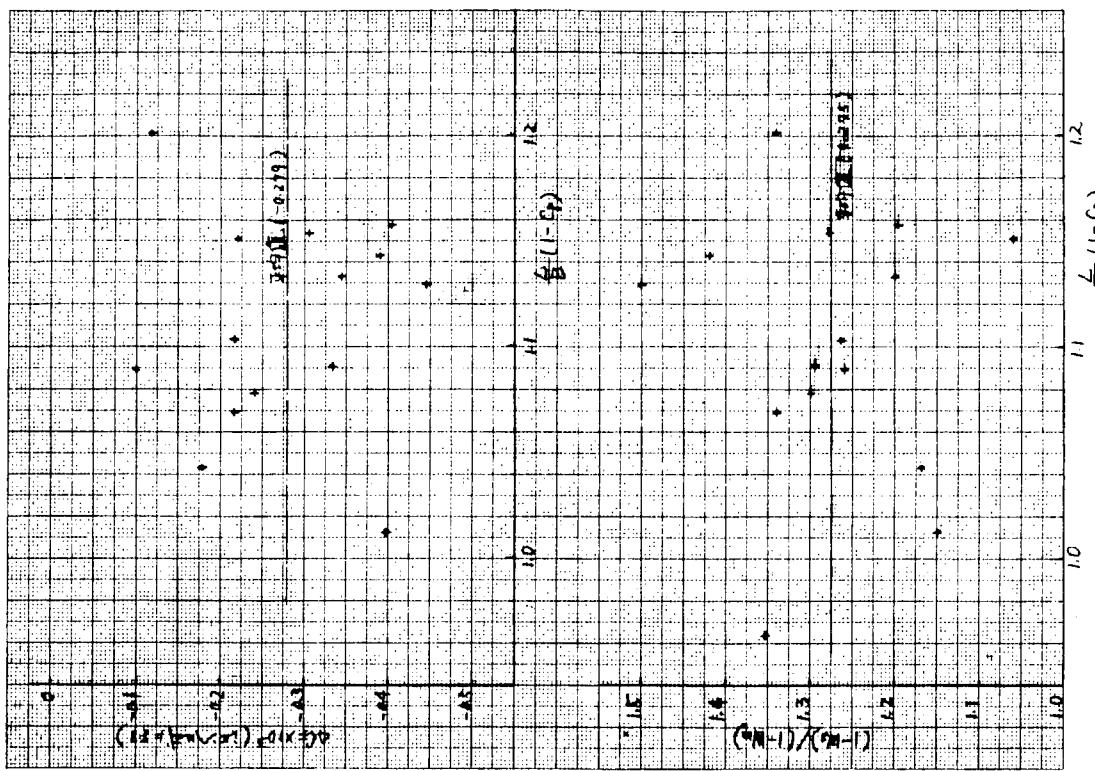


图 3.5-10 Correlation Factors

4. 肥大船の推進性能関係文献の調査

本分科会の活動に関連して肥大船の推進性能に関する過去約20年間〔昭和34年(1959)～昭和55年(1980)〕の国内文献の調査を行った。

今回の調査の範囲は下記の文献に限られており、不充分の感をまぬがれえないが一応のまとめを行った。なお、リスト・アップする際、困難を感じたことは、“肥大船”という限定をどこまで考慮すべきか、ということである。推進性能に関する一般的な文献で、肥大船にとっても有用なものは数多いのでそれらはなるべく取り上げたつもりである。今一つの困難は分類欄への記入である。分類が困難ということで記入しないより、多少粗雑でも記入のある方が良いであろうと項目も統一していないが記入してある。なお実験的(E)、理論的(T)についても同様である。また非常に簡単な報告については(簡)と記しておく。

調　　査　　文　　獻

- 日本造船学会論文集(造論)、関西造船協会誌(関西)
- 西部造船会々報(西部)、船舶技術研究所報告(船報)(運研報告)
- 船舶技術研究所研究発表会講演概要(船発)(運発)又は(船講)
- 日本造船技術センター技報(造技セ技報)、日立造船技報(日立技)
- 川崎重工技報(川崎技)、日本鋼管技報(日鋼技)
- 三井造船技報(三井技)、Mitsubishi Technical Bulletin(MTB)
- 三菱重工技報(三菱技)、浦賀技報(浦技)、その他

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
船、造波 艇、抵抗	E 高橋、梶谷、金井 E 宮田、土屋、足達 E 宮田、乾、樋口 TE 桑原、津田、保、蓑野	Characteristics of Free Surface Shock Wave around Wedge Models. Resistance Reduction by Stern-End-Bulb. (1st Rept.) Free Surface Shock Waves around Ships and Their Effects on Ship Resistance. 波形解析データに基いた船型計画法について	造船論 " " 147 " " " "	148 " " 147 " " " "	\$55 " " "
船、造波 造波	T 永井 T 村田	Calculation of Viscous Pressure Resistance of Ship Based on a Higher Order Boundary Layer Theory. Examination of a 2-Equation Model of Turbulence for Calculating the Viscous Flow around ships.	" " " "	" " " "	" " "
粘性抵抗 船の境界層	E 木下、丸尾、又野 E 乾、堀谷、鶴岡 T 下村、北沢、乾、梶谷	薄い船の造波に及ぼす粘性の影響について（その2）— 自由表面のある粘性流体中の船の抵抗について（その2）— Non-Linear Properties of Wave Making Resistance of Wide-Beam Ships. 船体表面条件を厳密化した低速造波抵抗理論	" " " "	146 " " " "	\$54 " " "
造波、粘性影響 幅広船、造波	E 宮田、鈴木 T 永井	A Method for Predicting Ship Wake from Model Wake. Scale Effects on Wake Distribution and Viscous Pressure Resistance of Ships.	" " " "	" " " "	" " "
伴流	T 田中(一)	幅広模型水船の推進性能とプロペラ起振力への船尾形状およびハイスクュープロペラの影響	" " " "	" " " "	" " "
粘性抵抗、伴流 幅広船、推進	E 斎藤、増本、木下、田中陽 T 副島	Calculation of Thick Boundary Layers Around Ship Stern. A Study on Local Roughness Effect on Ship Resistance.	西部 " 59	60 " "	\$55 " "
境界層 粗度、抵抗	E 德川、馬場				

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
伴流計測	E 藤田	On the flow measurement in high wake region at the propeller plane.	造船論	145	S 54
解波、抵抗、推進	E 乾、宮田	船の総合性能の最適化に関する研究(第2報)	"	"	"
造波抵抗	T 中村、乾、梶谷	船体各部から発生する素成波の伝播特性におよぼす局所流の影響	"	"	"
"	T.E 堤	An application of wave resistance theory to hull form design.	"	144	S 53
艉流場	T.E 茂里、土井	Approximate prediction of flow field around ship stern by asymptotic expansion method.	"	"	"
艉不安定流場	E 瀬尾、永島、須藤、芦立、藤本、小野木	船尾不安定流場の尺度影響に関する実験的研究	"	"	"
大模型プロペラ	E 山崎健	On some tank test results with a large model propeller -0.95 in diameter.	"	"	"
流力、FEM	T 渡辺祐、川井	流体力学諸問題の一離散化解析(その2)	"	143	"
流力、渦の安定	T.E 松村、田中(一)	縦渦対を伴う円筒噴流の安定性	"	"	"
艉流場、剝離	T.E 林田、姫野	3次元剝離を伴う限界流線について	"	"	"
回転体、伴流	E 永松、徳永	Prediction of effective wake distribution for a body of revolution.	"	"	"
造波	T 丸尾、鈴木和須藤、須藤、山口善	Wave resistance of a ship of finite beam predicted by the low speed theory.	"	142	S 52
抵抗、推進	E 成田、仲渡、川上善	試験船だいおうによる抵抗推進性能の実験	"	"	"
流力、FEM	T 川井、渡辺正	流体力学諸問題の一離散化解析	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
造波	T.E. 丸尾、笠原、畠田 波多野、茂里 田中川、畠田 鶴鉢	極小造波抵抗論による高速実用船型選定の試み 船の伴流内速度分布の計算（続報）	造船論	141	S 5.2
伴流内速度 抵抗（粘性）	E.T. 木下 T 加藤、乾、 梶谷	自由表面のある粘性流体中の船の抵抗について（その1） 肥大船船尾流場の解析（その1）——船型の渦等価特異点分布——	"	"	"
船型の渦分布表示 伴流計測基礎	T 加藤 E 奥野 並根	Wake survey results of a submerged wake generator. 船体表面の摩擦応力分布および境界層内の2次流れに関する研究 船体圧力抵抗の計測法とその応用	"	"	"
摩擦応力分布 圧力抵抗	E.T. 森幸、丸尾 T 加藤 丸尾、笠原、河原 鶴鉢	On the propagation of surface wave across a uniform wake. 船首ハルブ付極小造波抵抗船型について 自由表面条件を考慮した船型の等価特異点分布とくに線積分効果について 船の主要目と造波抵抗（Ⅲ）	"	139	"
伴流中の波 造波抵抗	T.E. 木下、乾、 梶谷 " " " "	局部流を考慮した航走波の解析 船骨線が垂直な肥大船の船尾渦に関する実験 船の伴流内速度分布の計算	"	138	S 5.0
船尾渦	T.E. 波多野、茂里 福島、山崎 速度分布	"	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名巻号	年
船の境界層 摩擦応力	T.E 田中(一)、姫野 E 堀田	3次元乱流境界層の第1近似理論とその応用 A new skin friction meter of floating element type and the measurements of local shear stress.	造船論 " "	S50 138
自航試験	T 中武、山崎	肥大船自航試験の理論的取扱い	" "	" "
設計（統計）	T 平本、小山、 森谷、新井、 佐藤	多変量解析による船の分類について	" "	" "
造波	T.E 馬場、武賀 堤、荻原	A study on free-surface flow around bow of slowly moving full forms.	137 " "	S50
造波抵抗	T.E 堤、荻原	船の主要目と造波抵抗（Ⅰ）	" "	" "
抵抗、伴流内漏度	E 田中哲	扁平な没水体の浅深度抵抗について	" "	136 S49
造波抵抗	E.T 堤、荻原、 神中	船の主要目と造波抵抗(2)	" "	" "
自航要素	T 石田	推力減少の計算についての一つの試み	" "	" "
境界層摩擦	E 堀田	On the difference between developments of two-and three-dimensional turbulent boundary layers.	" "	" "
造波抵抗	T.E 北沢、乾、 樋谷	高次船型の流場解析	" 135 "	" "
	" 丸尾、笠原、 宮沢	Ship forms of minimum wave resistance.	" "	" "
造波、船	" 馬場	Analysis of bow near field of flat ship.	" "	" "
造波	T 足達	長い中央平行部による船首波の干渉について	" "	" "

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
流力、粘性流	T.木丸	二次元柱体及び軸対称物体のまわりのOseen流れについて	造論	134	S48
粘性考慮造波	T.丸山、松村	粘性流体における船の波及び造波抵抗	"	"	"
伴流	E.並木、村瀬、久志	肥大型における実船と模型船の伴流分布	"	"	"
造波抵抗	E.乾、桜谷、久保、大越	高次船型の造波機構に対する平底影響	"	133	"
船造波	T.E.武田	Study on the non-linear free surface problem around bow.	"	132	S47
造波抵抗	T.E.茂野、乾、江口	船側波形による造波特性解析とその船型計画への応用	"	"	"
"	T.馬場	An application of wave pattern analysis to ship form improvement.	"	"	"
"	E.山田、乾、桜谷	高次船型の造波機構に対する平底影響	"	"	"
伴流中の波	T.E.丸尾、早崎	一様な伴流による波の変形について	"	"	"
抵抗	E.矢野、大橋、菅原	肥大型のハラスト状態における抵抗とトリムの関係について	"	131	"
抵抗、推進	E.渡辺、横尾、藤田、北川	Study on flow pattern around the stern of full ship form by use of the Geosims.	"	"	"
水槽試験	T.E.田中	Study on the blockage correction.	"	"	"
摩擦抵抗	T.波多野、仲度、堀田、松井	三次元境界層理論による船の摩擦抵抗の計算	"	130	S46
造波抵抗	T.鈴木	造波抵抗理論における境界条件について	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
造波抵抗	T 姫野、高木	粘性流体における造波抵抗	造船論	130	S 46
"	T 丸尾、山越	有限吃水をもつ極小造波抵抗船型の計算	"	"	"
伴流、M-S、相関	E 橫尾、高橋、仲源、山崎、上田	実船と模型船における伴流分布の比較	"	"	"
伴流、プロペラ性能	E.T 池畠、湯浅	模型船後流乱れとプロペラの影響	"	"	"
ボテンシャル流	T 菅	浅水域における船体まわりのボテンシャル流れの計算	"	129	"
造波抵抗	T.E 小林、池畠	船体の吹出し分布に関する考察	"	128	S 45
"	E 乾、桜谷、茂里	単純船型の波形解析	"	"	"
"	E 成田、足達、田中、尾股	I N U I D 相似模型による波形解析の研究	"	"	"
流力	T 姫野	高レイノルム数における肥大物体のまわりの流れ	"	"	"
尾流場、渦	E 笹島、田中、秋野	肥大船々尾流場と縦渦による誘導抵抗（その1）	"	"	"
抵抗、推進	E 橫尾、高橋、川上	船尾形状を異にする巨大船の尺度影響について	"	"	"
流力	T 菅	船体まわりの流れの計算	"	"	"
船の境界層	E 谷口、藤田	Comparison of velocity distribution in the boundary layer of ship and model.	"	127	"
流力	T 姫野、高木	肥大物体まわりの粘性流について	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
流力	T 荻原、丸尾、 池田	船体表面上吹出分布の近似計算法	造論	126	S44
造波抵抗	E 田中、山崎、 家木、足達、 小倉、尾股	造波抵抗直接計測の船型試験への応用	"	"	"
"	E 大橋	単純船型の波形解析 — 幅の影響 (その1) —	"	"	"
"	E 乾、尾谷、 成田、茂里	" — 肋骨線形状の影響 (その1) —	"	"	"
自航試験	E 渡辺 梅	肥大船の自航試験に現れる不安定現象について	"	"	"
造波抵抗	T.E 丸尾、池畠	波形解析による造波抵抗の算定 (第3報)	"	125	"
抵抗成分	T.E 馬場	Study on separation of ship resistance.	"	"	"
"	E "	A new component of viscous resistance of ships.	"	"	"
自航要素	T 中武	自航推進性能の尺度影響について	"	"	"
		以下幅広・肥大船の論文とそれに関連あるものにする。			
ビルジ渦	E 田古、尾永、 岡本、馬場	肥大船船尾ビルジ渦に関する実験的研究	"	123	S43
抵抗、推進	E 渡辺、坂尾、 小丸	Buttock Flow 船尾の研究	"	122	S42
流力、船型	T 別所	肋骨線に関する考察	"	"	"
自航	E 渡辺	Repeated self-propulsion test on a tanker model.	"	121	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
伴流	E.T 笠島、田中(一) 谷口	肥大船の伴流分布 Study on scale effect of propulsive performance by use of geosim of a tanker.	造船論	120	S 41
抵抗、自航	E 田村	船型可分原理による肥大船型の新設計法	"	"	"
船型	E.T 神中	船体まわりの流線の計算法について	"	118	S 40
流力、船型	T 田中(一)	船の粘性抵抗に関する形状影響について(その2)	"	114	S 38
粘性抵抗	T "	" (その1)	"	113	"
自航要素	E 横尾	Some experiments and considerations upon the scale effect on the propeller and self-propulsion factors.	"	109	S 36
抵抗	E 佐藤、岡田、 須藤、高木	Effect of sinkage and trim on form factor of resistance. Effect of a Bulbous Bow upon the Resistance of Ships with Small Length-Beam Ratio and Large CB.	"	108	S 35
船形状	T.E 高辯	肥大船型に対する球状船首の設計	"	118	S 40
抵抗	E 須藤	大型油槽船の船体抵抗に及ぼす浅水影響について	"	119	S 41
舵、造波	T 坂尾、下山	トランサム・スタン船型の船尾波	"	108	S 35
抵抗成分	E 川村、梶谷、 官田、土屋	Experimental Investigation on the Resistance Component Due to Free Surface Shock Waves on Series Ship Models.	"	"	"
解設計	E 林、梶谷、 官田、金井	On the Optimization of the Aft-Part of Fine Hull Forms (Second Rept.)	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
船設計	T.E. 宮[山]、林、藤田 日昇、田辺里、岡本	On the Optimization of the Aft-Part of Fine Hull Forms (First Rep.)	関西	177	S 55
潮流場	E. 田辺里、岡本	自航試験不安定現象発生機構に関する実験的研究	"	176	"
模型実船相関	E. 藤井、小林	小型F.R.P漁船船型と実船との相関に関する一考察	"	"	"
伴流	T. 杉原、下山	境界層近似による伴流分布の計算	"	"	"
抵抗	E. 三月、平野、片桐 穢日、浅野、津田、小川	統計解析による形状影響係数の推定	"	"	"
乱流促進	E. 浅野、奥野	低速肥大模型船の乱流促進法について	"	175	"
境界層	T. 姫野、奥野	船体まわりの境界層内圧力分布および排除影響について	"	174	"
"	T. 浅野	船体横断面内2次流れの運動エネルギーに関する一考察	"	"	"
造波抵抗	E. 乾、梶谷、富田	Experimental Investigations on the Wave Making in the Near-Field of Ships.	"	173	S 54
船型	T. 林、乾、梶谷 土屋、金井	Guilloton法による船型改良法	"	172	"
自航要素	T.E. 足道、菅井信	推力減少率について — 荷重変更法による考察 —	"	171	S 53
船尾渦	E.T. 吳、田中(一)、馬場、林	肥大船まわりに発生する剝離渦に関する研究	"	"	"
"	E.T. 鈴木、塙本	乱流境界層の継渦による変形について(第3報)	"	170	"
境界層	T. 田中(一)	三次元境界層理論とその応用	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
船尾渦	E.T 岩	長方形断面まわりに発生する剥離渦に関する研究	関西	168	S 53
自航要素	T 高木、北沢	伴流中におけるプロペラ効率に関する二・三の考察	"	167	S 52
船尾渦	E.T 鈴木	乱流境界層の縦構による変形について(続報)	"	166	"
"	E 岩	肥大船粘性流場の速度分布に関する実験的研究	"	"	"
境界層	E 奥野、姫野	船体表面の摩擦応力分布および境界層内の2次流れに関する研究(第2報)	"	165	"
自航要素	T 池畠	流場データを用いた船の推進性能推定法	"	163	S 51
境界層	T 姫野、小松、奥野、田中	境界層理論による船尾後流の計算と排除影響について	"	"	"
船尾渦	E.T 鈴木、松村、山田	乱流境界層の縦構による変形について	"	162	"
境界層	E Nabil	An experimental study of the turbulent boundary layer on the after body of a tanker model.	"	"	"
"	T 姫野、田中	厳密な積分法に基づく3次元乱流境界層方程式の解法	"	159	S 50
推力計測	E 笹島、田中、仲薄、鈴木、岸本	実船用推力計の試作ならびに計測例	"	158	"
自航要素	T.E 小寺山、田中	推力減少率に関する基礎的研究(第3報)	"	"	"
水槽試験	T 狩原	Blockage Effect	"	157	"
"	E 乾、大越、久住、梶谷	5孔管による小模型まわりの流場計測	"	154	S 49

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
自航要素 抵抗	T.E 小山 仲尾、山崎、砂原、 松井	推力減少率に関する基礎的研究（第2報） 粘性抵抗の小さいU型船尾形状の実験	関西	153	S49
伴流	E 田中、姫野、 松井	船体まわりの粘性流場の計算 — 主として伴流について —	"	151	S48
自航要素 表面圧力	T.E 笹島、田中 小山、引野 奥野、姫野	推力減少率に関する基礎的研究 漁船の船体表面圧力分布に関する研究	"	150	"
境界層 粘性抵抗	T 姫野、田中 多賀野	船体まわりの3次元乱流境界層の計算 肥大型の粘性抵抗に対する形状影響に関する研究	"	149	"
境界層 粘性抵抗	T.E 多賀野 田中、姫野	渦動粘性係数を使った2次元乱流境界層の計算 回転船体の粘性抵抗に関する風洞実験	"	147	"
粘性抵抗	E 田中、多賀野 姫野 水野、下山	没水体の形状抵抗について（その3）	"	143	"
水槽試験	E 笹島、吳 田嶋、北川、岡本 " " "	肥大型の水槽試験結果の整理に関する一つの試み — 主として形状影響係数 — 試験水槽における残留流れについて 翼車型流速計の動作特性について	"	139	S46
粘性抵抗	E 水野、大平	没水体の形状抵抗について（その1）抵抗試験	"	135	S45
			"	133	S44

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
粘性抵抗	E 水野、鈴木	没水体の形状抵抗について（その2）流場の観察と考察	実験	133	S 44
境界層	T 田中、姫野	主力勾配のある二次元乱流境界層の速度分布の一解法	"	132	"
摩擦抵抗	E 渡辺、永松、横尾、川上	Slimeによる摩擦抵抗増加について	"	131	"
粘性抵抗	E 仲慶、山田、イドト	回流水槽における船尾形状の系統的実験	"	126	S 42
抵抗	E 別所、水野	肥大船型の研究（続報）	"	121	"
"	T.E "	肥大船型の研究（続報）	"	117	S 40
抵抗、自航	E 笹島、田中、仲慶、森崎、金子、百海、	球状船尾船の一実験	"	111	S 38
舵流場（差分法）	T 村岡	Calculation of viscous flow around ship stern.	西部	58	S 54
境界層	E 渡多野、茂里、堀田	船の境界層流れの実験および境界層計算の諸仮定に関する考察	"	56	S 53
"	E 永松	Experimental study on three-dimensional turbulent boundary layer of a fine ship form expressed by means of conformal mapping.	"	55	"
"	E 副島、山崎隆	Calculation of three-dimensional boundary layer on ship hull forms.	"	"	"
試運転、抵抗	E.T 高橋、塚本	肥大船の速力試運転成績に及ぼす波浪の影響について	"	54	S 52
自航要素	T 中恵、山崎隆	肥大船推進性能の尺度影響	"	"	"
境界層	T.E 波多野、堀田	3次元境界層の第2近似計算例	"	53	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
伴流、造波 船流場	E.T 波野、茂里 高林、上田、山崎、 仲介、横尾、 小毛、 田中、 山峰、中武、 上日	伴流の造波抵抗におよぼす影響について 実船における船尾流速分布の計測	西部	4.9	S 5.0
自航要素	T	静水中の船の推進理論について—薄い船の場合—(その2)	"	4.2	S 4.6
	T	"	"	4.1	"
境界層、計測	E	(その1)	"	4.0	S 4.5
計測	E	実船における境界層の計測(Ⅱ)	"	"	"
抵抗	E	5孔ビトーメ特性について	"	3.9	"
自航要素	T	シーマージンについて	"	"	"
境界層	E	船体とプロペラの相互干渉について(第3報)	"	3.7	S 4.4
自航要素	T	実船における境界層の計測(1)	"	3.6	S 4.3
	T	船体とプロペラの相互干渉について(続報)	"	"	"
抵抗、自航	T	中西、土田、 山峰、 中正	プロペラと舵との干渉について	"	3.4
自航要素	E	山峰	静水中における船舶の推進性能に関する序論	"	3.3
				関西	1.25
			A Consideration of Model-Ship Correlation on Wake Friction (1st Rept.)		"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
自航要素	E 須藤、谷本 須藤、外谷、 木村、城野、 横尾、高橋、 上田	A Consideration of Model-Ship Correlation of Wake Fraction (2nd Rept.)	関西	127	S 43
"	E 矢崎、倉持	プロペラ荷重変化の自航要素に及ぼす影響について — シーアンカーを使用した実船実験 —	"	152	S 49
抵抗、推進	E 土田、横尾、 矢崎、森山、 大橋	水深が超大型タンカーの抵抗および推進性能におよぼす影響に関する水槽試験	運研報告 船報	9-8	1959
抵抗	E 土田、横尾、 矢崎、森山、 大橋	普通型船首を有する大型肥大船に関する系統的模型試験	船報	1-6	1964
推進	E 土田、矢崎、 森山、大橋	船型試験資料、抵抗篇 16.1	船報 別	No. 1	1965
"	E 土田、矢崎、 森山、大橋	单螺旋大型油槽船の肥瘦係数が推進性能に及ぼす影響に関する水槽試験（簡）	運発	第10回	1955
"	E 横尾、矢崎、 森山、大橋	单螺旋大型油槽船の船幅が推進性能に及ぼす影響に関する水槽試験（簡）	"	第12回	1956
"	E 伊藤、田崎	单螺旋大型油槽船の波浪中水槽試験結果について（船幅の影響）（簡）	"	"	"
推進、船尾形状	E 森山、大橋	单螺旋大型油槽船の船尾形状と推進器直径について（簡）	"	"	"
伴流	E 矢崎、倉持	大型肥大船における伴流係数と載貨状態の関係について（簡）	"	第14回	1957
推進	E 横尾、森山、 大橋	单螺旋大型油槽船と单螺旋高速貨物船の球状船首が推進性能におよぼす影響についての水槽試験	"	"	"
"	E 土田、横尾、 大橋	单螺旋大型油槽船の船幅と吃水の変化が推進性能に及ぼす影響に関する水槽試験（簡）	"	"	"
"	E 土田、渡辺、 大橋	单螺旋大型油槽船の推進性能に関する研究（浮力中心位置の影響）（簡）	"	第16回	1958
"	E 矢崎、森山、 倉持	超大型船の推進性能に関する研究（浅水影響）（簡）	"	"	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
推進	E 小川、佐々木 E 川上、奥本 " " "	超大型船の推進性能に関する研究 (1軸および2軸の比較) (AU型5枚羽根プロペラの後進試験)	運発	第16回	1958
	E 渡辺、高橋 " " "	" " "	"	"	"
	E 伊東、田嶋、 西	(Face Cavitation) (波浪中試験) (筒)	"	"	"
	E 田嶋、土田、 伊藤、西 " " "	大型油槽船の波浪中試験 (排水量、長さ比影響) (筒)	"	第18回	1959
	E 土田、矢崎、 斎藤 横尾、矢崎 森山、佐々木 " " "	超大型油槽船の推進性能はおよぼす浮心位置の影響に関する水槽試験 (第2報) 超大型タンカーオのL/BおよびC _B が推進性能におよぼす影響	"	第20回	1960
	E 矢崎、塙洋、 藤井、清水 横尾、森山、 寒河江 市原、岡本 " " "	シリンドリカル船首船型に関する水槽試験 肥大船型におけるバルブサイズと浮心位置が推進性能におよぼす影響に関する水槽試験	船	第3回	1964
	E 横尾、大橋 横尾、矢崎 市原、森山 " " "	超大型船の系統的模型試験 バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究	船	第5回	1965
	E 横尾、矢崎 (外7名) 横尾、矢崎 市原、森山 " " "	バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 バルブ付肥大船の推進性能に関する系統的模型試験 —— 船首形状等に関する研究 —	船	"	"
	E 関田、大橋、 山崎、市原 " " "	超大型タンカー (C _B =0.82) の ℓ_{cb} の変化が推進性能におよぼす影響に関する模型試験	船	第7回	"

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
推進	E 横尾、市原、森山 矢崎、大橋、 鶴岡、齊藤、 津田	バルブ付肥大船の推進性能に関する系統的研究 — 第2報、船体主要部と浮心位置の関係に関する研究 — 超大型油槽船の2軸船型に関する水槽試験	船発	第9回	1967
"	E 岩田、大橋 (他2) 佐々木	超大型肥大船型の水槽試験例	"	"	"
"	E 横尾、市原、 矢崎	バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 — 第3報、方形係数0.82の船型についての船遊バルブ等 —	第12回	1968	
"	E 川上、市原、 大橋、須藤、 高橋、川上	巨大船の船首尾形状に関する一実験	"	"	"
"	E 小出、菅井、 横尾	船尾ハルプ形状変化の推進性能におよぼす影響	"	"	"
"	E 横尾、高橋、 岡木、 上田、 横尾、高橋、 川上、市原、 矢崎	肥大船の尺度影響について	第14回	1969	
"	E 横尾、高橋、 川上	バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 (F.T.C.4.2) 1軸船の船尾形状および2軸船の尺度影響 —	"	"	"
"	E 横尾、高橋、 川上	バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 第5報 — 2軸船の船尾形状の研究 —	第16回	1970	
"	E " "	船尾形状を異にする巨大船の尺度影響について	Vol.7	7—7	"
"	E 横尾、川上、 小出、柳原、 横尾、川上、 小出、菅井、 横尾、高橋、 川上、山崎、 坂本	バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 — 2軸船の尺度影響および船尾形状に関する研究 — — 2軸船の主要寸法比が推進性能におよぼす影響 — — 第6報、2軸船のB/dおよびL/Bの影響 — タンカーのScale Effectについて — 実船試験結果との比較 —	"	8—2	S46
"	E 横尾、川上、 小出、柳原、 横尾、川上、 小出、菅井、 横尾、高橋、 川上、山崎、 坂本	"	11—2	S49	
"	"	船講	第18回	S46	

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
推進	E 高橋、田中、北川 E 横尾、川上、小出、塩沢、柳原 " " " " " " " "	超大型船の馬力推定の精度向上に関する研究 — 抵抗分離ならびに伴流に関する 2、3 の考察 — バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究 — 第 7 報、2 軸船の L_c/B および ℓ_{cb} の影響 — ダクト付プロペラ付きタンカーの推進性能 浅水影響について（予備実験）	船講 " " " " " " " "	第 20 回 S 47 第 24 回 S 49 " " " " " " " "	
不安定現象	E 川上、横尾 E 田中、石坂 " " " " " " " "	2 軸肥大船の主要目が推進性能に及ぼす影響について（続） 変動抵抗動力計の設計と不安定現象の計測 船尾伴流の変動現象に関する研究（第 1 報）	船舶 " " " " " " " "	vol. 47-1 S 51 第 26 回 S 50 " " " " " " " "	
推進	E 脇井、足達 E 北川、塩沢、山口 E 松田、田中 " " " " " " " "	推力変動の激しい肥型模型船々尾流れの観察 推力減少率に関する研究（第 3 報） — プロペラ直径変化と肥大船の自航要素との関連 — 浅水影響に関する研究（第 4 報） — 1 軸肥大船の抵抗および自航試験 — 船尾渦の研究	船舶 " " " " " " " "	第 28 回 S 52 " " " " " " " "	
船首流場 船尾肥大度	E 富山 E 松村 " " " " " " " "	肥大船の船首形状に関する研究 — 25 万 t 型の船首まわりの流れについて — 肥大船船尾肥大度に関する研究	钢管技報 " " " " " " " "	No. 51 60 " " " " " " " "	1971 1973

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
船首形状	E 富山、山口	肥大船々首形状の研究 — 船首ブランケットネスの影響について —	鋼管技報	6 6	1975
船首バルブ	安部、大楠	大型油槽船を対象とした球状船首に関する研究	三井造船技術報	664 9	S 4 0
船型	大楠 船尾流場	大型油槽船の船形に関する研究 肥大船船尾付近の水流	"	5 3	S 4 1
試運転成績	安部、田村	巨大船の試運転実績の一例	"	5 6	"
浸水影響	E 須藤	大型タンカーの船体抵抗に及ぼす浅水影響について	日立造船技術報	vol 22-2	1961
Form Factor	E 津田、高木	風洞試験による摩擦抵抗形状影響係数の系統的計測	"	2 9-3	1968
Bulb	E 岡本	肥大船の船型改良研究 — 大型球状錨の採用 —	川崎技報	662 8	1966
Buttock Flow	E 渡辺、坂尾 小丸、西	超大型船型としての Buttock Flow 船型	"	3 1	1967
船尾流場	E 木村、杉本、 増本	大型船の船尾流れ	"	5 2	1974
堤	T 国安、並松	船の肋骨線形状が抵抗に及ぼす影響 Optimization of Principal Dimensions of Ships by Parametric Study with Computer.	IHI 技報	vol 9-4	S 4 4
造波抵抗	山崎、荻原	IHI 試験水槽における造波抵抗直接計測の方法	IHI Eng. Review	" 2-2	1969
艉流場	並松	肥大船の船尾流れ	IHI 技 (別)	4 号	S 4 5
			IHI 技報	vol 14-1	S 4 9

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
波形解析	荻原、森、越智、藤重	船型試験における波形解析法の実用化に関する研究	IHI 技報	14-3	S49
伴流分布	森、越智、	伴流分布の一整理法	"	18-3	S53
推進	並木、越智、森	船の推進性能に関する総合電算システム	"	19-4	S54
抵抗成分と離	E.T 馬場	船の抵抗成分分離に関する研究と新しい抵抗成分の発見	三菱重工技報 vol 6-3	1969	
船尾形状	E 田中	超大型一軸船舶の新船尾形状	"	6-5	"
船流場	E 谷口、田村	肥大船船尾流れに関する研究	"	7-4	1970
破波抵抗	E 谷口、田村、馬場	MHI - Bowによる Wave-Breaking Resist. の減少	"	8-1	1971
造波抵抗	E.T 多野	統計解析による実用船型の造波抵抗推定法	"	11-1	1974
船流場	T.E 武隈	船首付近の自由流線の非線型運動に関する研究	"	11-3	"
馬力推定	E 田村	Transom Sternに対する馬力推定法	"	12-5	1975
船型	E "	近接2軸1舵船型の開発	"	13-1	1976
船尾形状	T 馬場 富沢	船尾波の少ないトランサムスターントン形状に関する研究	"	14-1	1977
Prop 舵、干涉	田村	推進性能から見た舵とプロペラの干涉の効果	"	14-6	"
境界層	E.T 永松	船体周りの境界層の理論計算と実験との比較	"	16-2	1979

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
潮流場	E 藤田、徳永	1軸船プロペラ位置におけるWake Peakに関する研究	三菱重工報	16-4	1979
推進	E 普井、足達	肥大船尾を持つ回転体の自航試験（その2）	船研報告	vol 16-5	S 54
抵抗、推進	E 平井、林 佐藤	模型船と実船の相関等についての調査（第2報） 広幅肥大型船の船首形状及び船尾形状の推進性能に及ぼす影響に関する試験例	造船技術	8	S 55
推進	E 大橋、長谷、 寒河江	"	"	"	"
模型－実船相關	E K. Tani guchi	Model-Ship Correlation Method in the Mitsubishi Experimental Tank	Mitsubishi Technical Bulletin	12	' 63
抵抗試験	E "	The Resistance Tests on the ITTC Standard Model	"	14	' 64
G E O S I M	E "	Study on Scale Effect of Propulsive Performance by Use of Geosims of a Tanker	"	39	' 66
抵抗成分	E.T E. Baba	Study on Separation of Ship Resistance Components	"	59	' 69
船型と抵抗	E.T H. Tagano	Prediction of the Wave Resistance of Ships by Statistical Analysis	"	90	' 74
船首流場	T E. Baba	Analysis of Bow Near Field of Flat Ship	"	97	' 75
肥大船性能	E K. Tamura	Speed and Power Prediction Techniques for High Block Ships Applied in Nagasaki Experimental Tank	Mitsubishi Technical Bulletin	103	' 76
低速造波抵抗	T E. Baba	Wave Resistance of Ships in Low Speed	"	106	' 76
碎波抵抗	E.T E. Baba	Wave Breaking Resistance of Ships	"	107	' 76
トランサムスターの抵抗	E K. Tamura	A Power Prediction Method for High Block Coefficient Ships with Transom Stern	"	115	' 76

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
自航要素とプロペラ単独性能	K. Tamura T. Sasa jima	Some Investigations on Propeller Open-Water Characteristics for Analysis of Self-Propulsion Factors.	Mitsubishi Technical Bulletin	No.119 No.125	'77 '78
低速造波抵抗	T.E. Baba M. Hara	Numerical Evaluation of a Wave-Resistance Theory for Slow Ships			
肥大船の異常現象	E. H. Tagano S. Asai	On the Unusual Phenomena in Manoeuvring Motions of a Full Ship Mode.		No.116	'76
船体寸要寸法	富安哲郎 弘光弘	大型油槽船主要寸法の経済性に及ぼす影響	三井造船技報	4.3	S38
球状船首、抵抗	E.T. 安田昌彦	大型油槽船を対象とした球状船首に関する研究	"	4.9	S40
造波抵抗	E. 大曾舟	大型油槽船の船型に関する研究	"	5.3	S41
船尾流場	E. "	肥大船船尾付近の水流	"	5.6	"
抵抗	T. "	船形の主要目と抵抗性能	"	6.8	S44
船首流場	E. 富士義洋 松原安雄	肥大船の船首形状に関する研究 —— 25万噸船型の船首まわりの流れについて ——	日本鋼管報	5.1	S46
船尾流場、抵抗	E. 松原安雄	肥大船船尾肥大度に関する研究	"	6.0	S48
抵抗、船首流場	E. 富山誠之	肥大船船首形状の研究 —— 船首ブラントルネスの影響について ——	"	6.6	S50
船尾流場	E. 芦屋木繁裕	自航試験における不安定現象の研究(1)	"	7.5	S52
抵抗推進	E. 小澤憲洋 神崎紀夫 安井次郎 石井正夫	実船馬力の実験的予測法の開発	"	8.0	1979
C B		単螺旋貨物船の経済的肥瘦係数について	浦賀技報	3	S33

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
推進効率	安井次郎 牛島秀利	単螺旋船の推進効率の近似式	浦賀技報	4	S 3.4
有効馬力	安井次郎 蒲田純	アドミラルティ係数による単螺旋商船の有効馬力概略推定法	"	5	"
船型	E 北島泰藏	肥大型の船型要素など	造技報	1	S 4.8
推進	E 太田悟	大型鉱石運搬船、油送船等における載貨状態と速力およびプロペラ回転数の関係	"	2	S 4.9
形状抵抗	E 住吉弘己	水槽試験結果の統計解析による1軸船の満載状態における形状影響係数の推定	"	2	"
推進、不安定現象	E 菅原一幸 田中広司 小沢勲	船尾ファンによるプロペララストおよびトルク変動の騒音効果に関する模型試験(第1報)	"	2	"
プロペラ、推進	E 鈴木勲	プロペラの乱流促進装置が単独試験および自航試験に及ぼす影響	"	2	"
推進	E 月野良久 佐藤和範	大型肥大型などの自航試験に関する新しい計測シーケンスについて	"	2	"
船型	E 大野勝利	最近の水槽試験資料を整理して得られた主要船種別の船型要素と抵抗・推進性能に関する資料	"	3	S 5.0
不安定現象	E 島田秀三	肥大型船の自航試験における不安定現象発生時の記録のタイプについて	"	3	"
	E 月野良久	船尾付近の船型と不安定現象の発生の関係についての一調査	"	3	"
推進	E 塩原修 塩原昭男 大橋邦夫 矢崎三 大橋三 矢崎南 菅原千葉	短いダクトを装備した肥大型に関する模型試験	"	3	"
ダクトプロペラ、推進	E	Ducted Propellerを装備する肥大型の水槽試験とその解析法	"	3	"
推進、不安定現象	E	船尾ファンまたは船尾ダクトによるプロペラおよびトルク変動の騒減効果に関する模型試験(第2報)	"	4	S 5.1

分類	著者	論文題目	誌名	巻号	年
不安定現象 伴流	E 新井 明実 E 佐長 和範 E 吉澤 公一 “	自航試験時のサイドフォースの計測と大型船における伴流係数との関係について 有効伴流と公称伴流 肥大船型におけるプロペラ直徑の変化と公称伴流の関係	造船技術報	4 4 4	S 51 “ “ “
推進	E 佐野 和範	自航要素等の船型要素等による回帰分析	“	4	“
船型	E 大庭 勝利 E 太田 善則 E 住友 弘己 E 佐久間 善則 E 佐久間 善則 E 佐久間 善則 E 佐久間 善則 E 平野 順 E 矢野 成一 E 天賀 誠三	目白水槽で水槽試験を実施した建造船の主要目等に関する調査 模型船と実船の相関等についての調査 過去10年間の船型の変遷と近年の特徴 ダクトプロペラに関する系統的試験 最近目白水槽で試験を実施した対象船舶の主要目等の傾向	“ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “	5 5 6 6 7	S 52 “ S 53 “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “ “
尺度影響					
船型					
プロペラ					
船型					

5. 結 言

本報は、昭和54、55両年度にわたる第6分科会の報告書である。

船舶の大型化、肥大化が著しかった期間の大型肥大船の推進性能関係の研究の歴史とその中に占める日本造船研究協会の関係研究部会の占める位置づけが理解できるであろうし、また、これらの研究部会の報告書を活用するうえでの時代背景やいきさつ等を知ることができるであろう。

さらに、過去約30年間の関係文献を見ることによって、大型肥大船に関連した推進性能研究の歩みを伺い知ることができる。

図5-1に、建造されたタンカーの大型化の傾向と、その時代に実施された研究部会との関係を示したが、研究部会発足時、すなわち研究計画立案時には、研究対象とする船型や船の大きさ等は、当時の建造船のそれに対応しているが、数年にわたる研究部会の実施中においても、建造船の大型化のテンポの方が急激であるために、研究対象船型と建造船型とのへだたりが大きなものとなっていることが判るし、そのような繰り返しが数ヶの研究部会で起きていることを知ることができる。

これは、この期間における建造船の大型化の歩調が如何に急激であったかを示すとともに、数ヶ年にわたる研究計画をあらかじめ立案して発足し、途中の大幅な計画変更が困難な研究部会の性格にも因るところがあるように思われる。

このために、これらの研究部会の研究内容と現実の建造船のギャップを埋めるための研究が、造船各社単独で、また数社共同して行われたことも忘れてはならない。

船舶技術研究所および日本造船技術センターと造船数社で実施された船型に関する共同研究会（FTC、LITAC、PRC等）も、この一環として理解できよう。

日本造船研究協会における研究部会でも、この時代の後半においては、船型の大きさにはそれ程左右されず、しかも大型肥大船の推進性能に関して、共通的な問題を扱うように、研究内容が修正されている。

S R 1 0 7、S R 1 5 9等がこれである。

海運界に大型肥大船が初めて出現し、それが急速に育ちつつある時代には、何はともあれ船型計画に直ぐ役立つ資料、たとえば系統的船型試験データが要求され、その資料の一通り整備された後では、設計の質を向上し、キメ細かな設計を行うための前の資料が要求されるようになってきたと解されよう。

現在は、過去のような賑やかな大型肥大船建造の話は聞かないが、大型船の需要がなくなってしまったわけではない。

我が国が、大型船、巨大船建造のはなやかなりし時代に、世界の造船界をリードし続けることができたのは、本報告書に述べた多くの研究成果がその基礎となっていたことは確かである。

これから造船界においても、我が国が従来のリーダ・シップを維持していくためには、海運界等のニーズを先取りした開発研究のほかに、地味な基礎研究の絶えまない継続が必要であり、またそのための共同研究体制の維持発展も大切であろう。

本報告書を終るに当たり、多くの研究部会を指導され、また試験研究を実施された諸先輩、諸研究者・技術者の方々の先見と努力に深い敬意を、あらためて払う次第である。

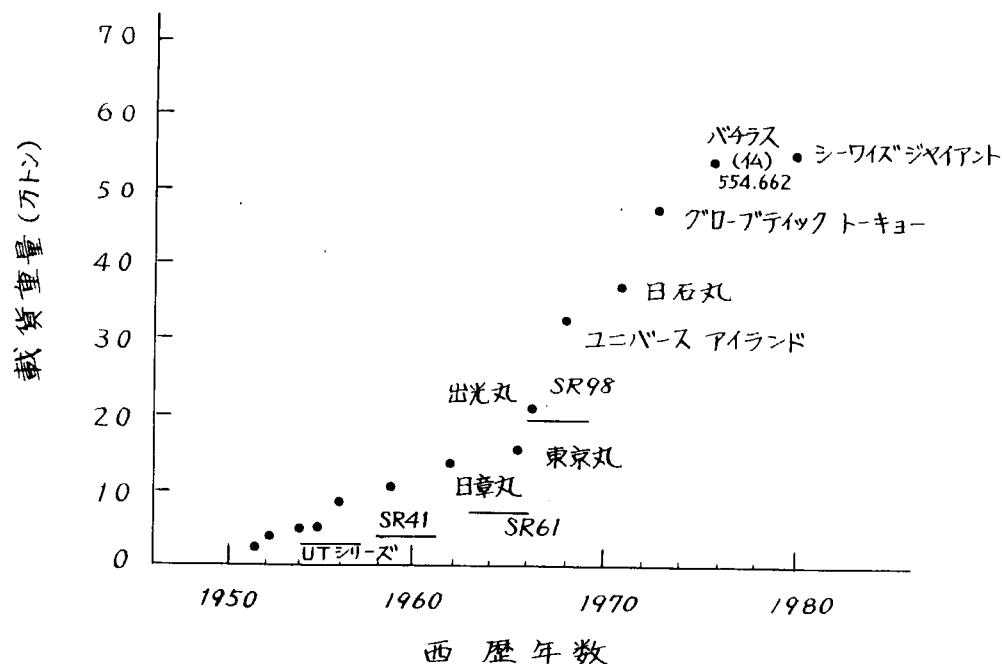


図5-1 タンカーの大型化
 (間野正己: 設計者によるこび
 造船学会誌 No. 613, 55.7)