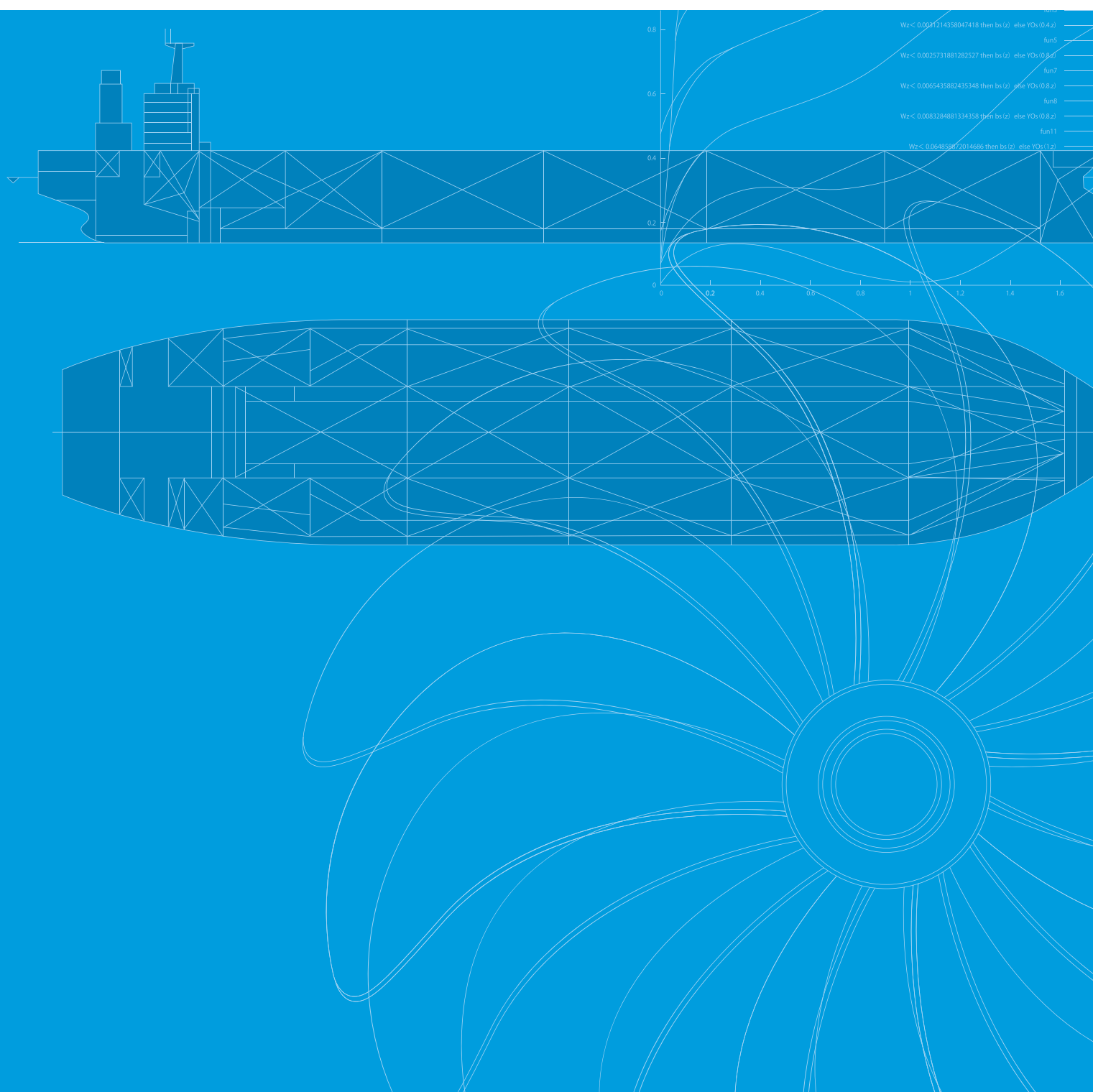


造船の最先端を見つめる技術情報誌

SRC NEWS

Shipbuilding Research Centre of Japan

No.110
JUN. 2022



CONTENTS



静岡県沿岸・沖合漁業指導調査船「駿河丸」が竣工
— 静岡県水産・海洋技術研究所 —

3



2021 年度 JICA
「船舶安全 Ship Safety」研修コース（遠隔研修）について

7



ゼロエミッションに向けた SRC の取り組み

8



シリーズ 曳航水槽における推進性能試験の解説（その2）
各種試験の紹介について

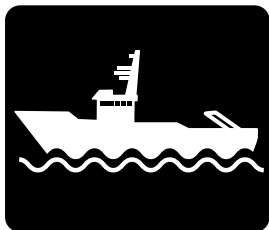
11



当センターは東日本大震災復興キャンペーンを応援しています。

一般財団法人日本造船技術センター

〒180-0003 東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号吉祥寺スバルビル3階 TEL0422-40-2820 FAX0422-40-2827



静岡県沿岸・沖合漁業指導調査船 「駿河丸」が竣工 — 静岡県水産・海洋技術研究所 —



「駿河丸」

1. はじめに

東部に岩礁域の伊豆半島と水深2,500mに達する駿河湾、西部に広大な砂泥域の遠州灘や海水と淡水の混じり合う浜名湖があり、総延長約647kmに及ぶ海岸線を有する静岡県は、沖合に黒潮が流れ豊かな漁場を形成しており、全国有数の水産県であります。

これまで豊かな海洋環境の保持と水産業の一層の発展のために4代目「駿河丸」が活躍してきましたが、老朽化が進んでいたことから、資源調査や海洋環境の調査能力を強化するため、新たに沿岸・沖合漁業指導調査船「5代目駿河丸」(以下「本船」という。)を建造することとなりました。当センターは、静岡県からの委託で同船の基本設計及び建造監理業務を実施しましたので、以下に本船の概要を紹介します。

2. 建造工程

起工年月日 令和3年1月21日
進水年月日 令和3年5月11日
竣工年月日 令和4年2月9日

3. 主要目等

船 型	船首楼付き一層甲板船		
全 長	41.92 m	総トン数	188トン
登 録 長	33.85 m	試運転最大速力	14.2ノット
幅 (型)	7.00 m	航海速力	13.0ノット
深さ(型)	3.00 m	最大搭載人員	20 名
資 格	第3種漁船		

4. 概略配置

<上甲板下>

空所・雑用清水タンク・バウスラスト室・居住区画・機関監視室及び機関室・スタンスラスト室(C)及び清水タンク(P/S)・舵機室及びNO.5燃料タンク(P/S)、船底部諸タンク類等

<上甲板上>

甲板長倉庫・船長室・機関長室・女性船員室・女性用衛生区画・調査員室・ウェット研究室・雨具庫・食堂・賄室・洗濯室・浴室・便所等

<船橋甲板上>

操舵室（見張区画・操船区画・漁撈区画・海図台）・ドライ研究室・船尾コントロール室



操船区画



見張区画

<上甲板暴露部>

船尾作業甲板：トロールウインチ、屈折式デッキクレーン
（船尾コントロール室からの遠隔操縦を可能）
船首作業甲板：ラインホーラー・伸縮式デッキクレーン

5. 本船の特徴

(1) 自動船位保持装置（DPS）の装備

ア 同規模の調査船としては国内初となるDPSを装備しており、海上における安定的な船位保持ができ、各種観測や対象魚の捕獲等を正確かつ迅速に行うことが可能です。

本システムは基本的に日本海事協会の定めるDPS Class-Aの規定に倣うシステム構成であり、以下のアクチュエータを統合制御し、常に最適な推力配分を行います。

- バウスラスタ（CPP）
- 主推進器（CPP）
- スターンスラスタ（CPP）
- 舵



DPS

イ DPSが接続する船体運動を計測するセンサ

- 測位センサ
- 水深センサ
- 方位センサ
- 潮流センサ
- 真風向風速計
- 魚群探知センサ
- 船速センサ
- 水中測位システム
- ECDIS

ウ 制御及び機能

- 手動モード
- 方位保持モード
- トラッキングモード
- 定点保持モード
- 個別制御モード
- 方位船速保持モード
- ジョイスティック操船モード
- 機能：表示操作機能、制御設定機能、航路設定機能

(2) 減揺装置（ARG）の搭載

出力トルク 約37,500NmのARG6台を設置し、観測・調査の精度向上を図っており、海上運転においてその効果が十分発揮されていることが確認されました。



ARG

(3) 防音室の設置

上甲板上の船長室、機関長室、女性船員室に防音室（赤阪鐵工所（株）：マーリエ）を採用し、居住環境の向上を図った。

(4) 深海への対応

水深2,000mまでの調査が可能であり、深海域の詳細な状況把握が期待されます。

6. 主要設備等

(1) 甲板装置

揚錨機	マリンハイドロテック	3.0t×15m/min	1台
船首揚貨装置	古河ユニック	0.96t×9m	1台
船尾揚貨装置	ニチモウ	0.90t×7.6m	1台
電動油圧ポンプユニット（船尾）	マリンハイドロテック	132kW	1台
電動油圧ポンプユニット（船首）	マリンハイドロテック	30kW	1台
空調調和装置	日新興業	ACU-150B	1式
シリング舵	ジャパンハムワージ		1基
バウスラスタ	かもめプロペラ	TCB-35DSMA	1式
スターンスラスタ	かもめプロペラ	TCB-35DSMA	1式
減揺装置（ARG）	東明工業	ARG375T	6台
搭載艇	アキレス	HB-385DX	1式

(2) 機関部

主機関	赤阪鐵工所	K28SFD	1,176kW×410min ⁻¹	1台
発電機関	ヤンマー	6HAL2-WHT	265kW×1,800min ⁻¹	2基
発電機	大洋電機	TWY 31B-4	AC225V×300kVA	2基



漁撈区画

(3) 操舵装置及び航海計器

操舵機	東京計器	HSSM-040S	1式
操舵管制装置	東京計器	PR-9190C-E1-HS1	1式
磁気コンパス	東京計器	SM-150B	1台
自動操船装置（DPS）	三井E&S造船	MDPS-1002B	1式
モーターサイレン	伊吹工業	Q100	1式
船橋航海当直警報装置	伊吹工業	iWAS-200	1式
船用気象計	ANEOS	MM-31Wb	1式
航海用レーダー	古野電気	FAR-2258	1式
海鳥レーダー	古野電気	FAR-1467DS	1式
航海用レーダー	古野電気	FAR-2228	1式
船首方位伝達装置	古野電気	SC-130	2式
GPS航法装置	古野電気	GP-170	3式
電子海図情報表示装置	古野電気	FMD-3300	2式
カラープロッター	古野電気	GD-700	2式
国際船舶自動識別装置	古野電気	FA-170	1式
リモートディスプレイ	古野電気	RD-33	7台
マルチファンクションディスプレイ	古野電気	HD24T22-MMD-MA1-FHGP	7台
マルチモニター	古野電気	S1703-TBK/ S1503-AT	3台
プロッターモニター	古野電気	S1703-TBK	1台
映像情報配信/記録システム	古野電気		1式
ワイドLCDディスプレイ	古野電気	HD 26T22 MMD-MA1-FAGA	4台
船内外カメラ装置	古野電気		12台
デジタル水温計	村山電機製作所	DSN-1111	1式
衛星プイ	古野電気		1式
船内指令装置	古野電気	ST-246KN	1式
ドップラースピードログ	古野電気	DS-85	1式
探照灯	湘南工作所	SEC-320XA-2	1式

(4) 漁労装置

大型ビジョンブリッジ統合システム	古野電気	HD55T22 FUD-MA4-COT	1式
2周波カラー魚群探知機	古野電気	FCV-1900	1式
カラー魚群探知機	古野電気	FCV-38	1式
高性能グラフ魚群探知機	古野電気	FCV-2100	1式
カラー潮流計	古野電気	CI-68BB	1式
2周波カラースキャニングソナー	古野電気	FSV-28WL	1式

半周型カラー スキャニングソナー	古野電気	FSV-75-3D	1式
マルチビームソナー	古野電気	WMB-4340	1式
ネットゾンデ	古野電気	FNZ-38	1式
レーダーセンサー	古野電気	DRS4D-NXT	1式
AR航海情報表示 システム	古野電気	AR-100M	1式
漁網監視装置	SIMRAD/ 日本海洋	TV80	1式
漁網位置監視装置	SIMRAD/ 日本海洋	ITI	1式
計量魚群探知機	SIMRAD/ 日本海洋	EK80	1式
魚体長魚群探知機	ソニック	KSE-300	1式
ドローン	DJI/日本海洋	PHANTOM 4 PRO Plus V2.0	1式
低温恒温器	アズワン	1-6767-01-22,03-22	各1台
トロールウインチ	マリンハイド ロテック	トロールW 24.5kN/14.7kN ネットW 24.5kN/14.7kN	1式
測深儀	鶴見精機	TS-2PN	1台
CTDウインチ	鶴見精機	TS-8PV	1台
ラインホーラー	泉井鐵工所	DH21B-ET	1台

(5) 無線通信装置

GMDSS設備	古野電気		1式
一般無線設備	古野電気		1式



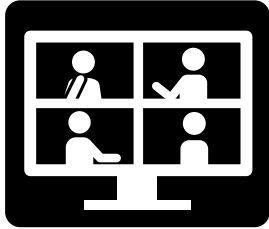
調査機器

7. おわりに

本船の基本設計及び建造監理業務を進めるにあたり、常に積極的なご支援とご高配を賜りました静岡県経済産業部水産・海洋局及び水産業局、静岡県水産・海洋技術研究所の方々に対し厚くお礼申し上げます。

また、建造に当たられた株式会社三保造船所殿が、豊富な経験に基づき誠意をもって尽力されたことを付記します。

(海洋技術部 太田 悟)



2021 年度 JICA

「船舶安全 Ship Safety」研修コース (遠隔研修) について

本稿執筆中も続くウクライナへの侵攻は、これまで国際社会が築きあげてきた国際秩序を維持するための基盤のもろさを露呈しました。

国際条約は、各加盟国が自らこれに縛られる事に合意し、条約が志向した法目的を達成するものであり、自国の都合によりこの規定を恣意的に解釈し行動するのであれば、条約はもはや画餅に帰すと言わざるをえません。

当センターでは、我が国が実施する政府開発援助 (ODA) の一環として、発展途上国における船舶の建造と保守に必要な安全 (環境関連を含む) 検査に関わる人的育成を支援するため、国際協力機構 (JICA) から「海事国際条約及び船舶安全検査」研修コースの実施を委託され、2000年から2015年までの間に第1期から第4期コースを、その後、2016年度からは、名を「船舶安全 Ship Safety」と改め、2019年度まで引続き第5期及び第6期コースを実施してきました。

しかしながら、2020年度は、COVID-19 のパンデミックにより研修の開催を見送り、2021年度についても、コロナ終息の目途は立たず、これまで通りの「来日研修」を断念し、インターネットを利用して「遠隔研修」を実施しました。

この研修は、2021年11月22日から2022年2月17日までの間、インドネシア、イラン、ケニア、フィリピン、サモア、バヌアツの合計9名の研修員を対象に、実施事務局を当センター本部 (吉祥寺) に置き、JICA横浜センターと各担当講師及び研修員とをインターネットで結んで実施したものです。

本研修は国土交通省によるご指導のもと、当センター内部講師に加え、海事局、関東運輸局、運輸安全委員会、国際海事機関 (IMO)、東京エムオウユウ事務局、日本海事協会および日本海事検定協会等の専門家の方々にリモート講義をお願いし実現したものです。ご協力頂いた関係先の皆様にこの場を借りて改めてお礼申し上げます。

この研修は2部で構成され、前期 (11月22日～12月9日) は予習用教材による自習形式 (+ 質疑応答) とし、後期 (12月13日～2月17日) は担当講師によるオンライン講義とケーススタディーなどの演習を行いました。講義時間は、参加国間の時差13時間 (西はロンドンから東はサモアまで) を考慮し、毎日2時間に制限するとともに、宗教的配慮から金曜日～日曜日は休講としました。



遠隔研修開講式に出席された皆様

開講前には、関係者全員にウェブ会議アプリの取扱いに習熟して頂くとともに、講師の方々にはリモート講義や質疑応答の試行をお願いするなど十分な準備を行いました。各参加者のインターネットの通信状況も日々異なり、言語、時差、参加者それぞれが担務する日常業務遂行の問題など、来日研修では日常茶飯事であった自由闊達な意見交換も容易には実現出来ませんでした。

しかしながら、各研修員は、これらの障壁を乗り越え、開講中、新たなコロナ感染者の発生によるロックダウンやトンガ付近での海底火山の爆発等の天災にも遭遇しましたが、予定したカントリートレポート (自国の検査制度等の紹介)、各条約や検査手順、我が国の船舶安全に関わる行政、海難事故調査、IMOの人材育成制度及びPSC*制度等に係る講義や演習、そして、アクションプラン (当研修で学んだ知見を活かしての行動計画) の発表など、全てのプログラムを見事に修了しました。

本研修の履修者は、IMO本部を始め各国の海事当局においてさまざまな分野で活躍されており、本研修は各方面から高い評価を受けています。コロナ禍にあって海外からの研修員の招へいも厳しい状況が続いていますが、一日も早くもとの状態に戻り、今後も、研修を受講した研修員が学んだ知識と経験を活かし、海上安全の促進に貢献されることを願っています。

* ポートステートコントロール:PSC

寄港国が自国に入港した外国船舶に対し、人命の安全や環境の保全を目的とした立入検査により基準適合性を確認する制度で、重大な欠陥が確認された場合には出港前にこれを是正させるなど旗国政府の機能を補完するもの。

(研修・技術支援室 能田 卓二)



ゼロエミッションに向けたSRCの取り組み

1. はじめに

2018年に国際海事機関（IMO）において、国際海運における温室効果ガス（GHG）の削減目標が次のように合意されています。^{1), 2)}

目標は2008年に対しての数値で以下のようになっています。（図1参照）

- 2030年までに輸送効率を40%改善
- 2050年までに輸送効率を70%改善
- 2050年までにGHG総排出量を50%削減
- 今世紀中にGHG排出ゼロ

このような大きな目標の達成は、従来の燃費改善の延長線上ではなく、燃料の脱炭素化や再生可能エネルギーの使用が必須です。実際に開始されている検討や研究は燃料に関するものがほとんどですが、次のような課題があります。

- 新燃料を船舶推進エネルギーに変換するシステムの開発
- 大容量が必要になる燃料タンク等のスペースの確保
- 新燃料の品質基準の整備（均質化）、供給網の整備
- 新燃料対応システムの初期コスト及び燃料コスト増加対策

IMOによる国際海運からのGHG削減戦略(2/2) ClassNK

1. ビジョン(最終目標)

- 最終的な目標：GHGゼロ排出(到達時期：今世紀中出来る限り早期)

2. 基本指針/目標レベル

- IMOが行うレビュー次第で改正することを前提に、初期戦略では、技術革新並びに国際海運への代替燃料及び代替エネルギー源の国際的導入が全般的な目標を達成する上で不可欠となる点に留意しつつ国際海運業界における野心水準を定める
- 輸送効率(単位輸送当たりのCO₂排出量)の改善目標(2008年比)
2030年までに40%改善、更に2050年までに70%改善
- GHG総排出量目標(2008年比)
2050年までに50%削減、今世紀中に排出ゼロへ努力

3. 短期・中期・長期における削減策の候補(継続して検討)

- 短期的な削減策：燃費効率の改善、低炭素燃料供給設備や陸上電源設備の整備等
- 中期的な削減策：低炭素燃料の利用、運航効率の改善、経済的インセンティブ制度等
- 長期的な削減策：技術革新(代替燃料など)の実現等

図1 IMOにおける国際海運からのGHG削減戦略²⁾

GHG対策として先行するEEDI規制が成功した理由として、EEDI規制による省エネルギーが同時に省燃費であり、環境対策であるとともに運航経費削減にもなることが挙げられています。一方で新燃料は一般的にエネルギー単価が高いことが分かっています。すなわちEEDIの成功例を参考にすると、新燃料の利用は燃料費用の上昇を最小限に抑える対策とセットで行うことが成功のカギを握ると考えられます。



図2 ゼロエミッションに向けた研究開発³⁾

2. 燃料コストの削減

上記のように燃料コストの増加を最小化するためには、船舶の推進効率や原動機システムの効率向上が望まれますが、これまでの関係者の努力の結果、これらは理想効率に近いレベル*に到達しており、今後の大幅な向上は望めません。

(* 船体とプロペラの総合推進効率は約70%、船用低速主機のエネルギー効率は単独でも50%になっています。)

そのため、国土交通省の「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」(図2参照)³⁾にも研究開発課題の一つとして取り上げられている低速運航は、ゼロエミッションの実用化に向けて避けて通れないのが現実です。

単純化した計算では所要出力は船速の3乗に比例しますので、例えば14.5ノットで運航している撤積貨物船が10.0ノットに減速すれば所要出力は1/3になり、原動機の効率が変わらなくても燃料の消費量も1/3(66%改善)になります。

3. 輸送量の確保

燃料コストの増加抑制のために減速運航すると、時間当たりの輸送量が減少します。この対策の為に船の隻数を増加すると、建造費、船員費をはじめとする運航コストが大幅に増加します。他方、「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」³⁾に簡単な記載がありますが、船型の大型化や肥大化で輸送量を確保することも対策の一つで、今後の重要な検討課題になります。

このうち、船の大型化は港湾、運河、海峡、河川など多くの制約条件があり、これらの制約条件が変わるには新燃料の補給設備の整備以上に時間がかかるかもしれません。

以上を考慮すると、少なくとも今後10年から20年の目標達成に向けた現実的な対応策は、新燃料の普及とセットでの、低速運航と船型の肥大化と言わざるを得ません。

4. 低速運航を行う船の設計の課題

先に述べた10ノット程度の運航については、すでに一部の船舶と航路で実施されていると思われますが、定時性を確保できる新造船の設計のためには、次のような課題があります。

(1) EEDI 予備認証試験のための水槽試験の課題

- 低速時の水槽試験精度の確保
- 水槽試験結果に基づく低速域実船馬力推定法の見直し

これらについては、今後のSRC Newsに記事を掲載予定です。

(2) 低速運航時の波浪中性能

運航の定時性確保のため、低速時実海域性能の推定法を確立する必要があります。これには低速時の波浪中水槽試

験が必要になるかも知れません。

(3) 低速運航時の操縦性能

運航の安全性確保のため、低速時の操縦性能推定法の確立が必要です。現在は曳航水槽でのPMM試験結果から推定している操縦性を、低速時に適した別の方法で実施することが必要になるかも知れません。

(4) 輸送量確保のための載貨重量の増大

減速運航にともなう輸送量減少対策としての船型の肥大化については、2020年に行われた推進・運動性能研究会シンポジウム⁴⁾でも、第7章で取り上げられています。

低速運航に対応する船舶の設計では、これらの個々の課題を技術的に検討するとともに、その成果を総合して実現可能な船舶にまとめなければなりません。

5. SRCの取り組み

SRCでは上記のような課題に取り組み、その結果を公表するとともに、関連する水槽試験を受託しています。また、以下に示すような技術支援の相談も承っています。

(1) EEXI 値確定のための性能推定

既存船のEEXIの認証には夏期満載喫水の性能を、EEXI計算ガイドライン⁵⁾(図3に原文を示す)に則った適切な方法で推定する必要があります。実際には次のようなケースが考えられます。

()内の数字はガイドラインの項目番号です。

- 海上試運転時に夏期満載喫水での速力試験を行ってれば、その結果から、EEXIの速力を求められる。(2.2.3.3)
- 海上試運転時に計画満載喫水での速力試験を行ってれば、その結果を使って夏期満載喫水の速力を推定する。(2.2.3.4)
- 満載喫水の海上試運転を実施していないが水槽試験結果がある場合には、水槽試験結果を利用して、海上試運転速力を夏期満載喫水の速力に変換する。(2.2.3.2)
- 満載喫水の海上試運転も水槽試験結果もない場合には、認証機関と相談の上、適切な方法を提案する。

なお、船速算出に適切な方法が見つけれない場合には、EEXI計算ガイドライン⁵⁾2.2.3.5項に記載の略算式を使用することになりますが、略算式ではかなり保守的な(低い)船速が算出されますので、2.2.3.2を適用するために水槽試験を実施することが考えられます。

以上の結果に基づく船速を使ったEEXIの数値が目標に達しなければ、省エネ対策を講じる、あるいは主機の出力制限⁶⁾を実施することになります。

(2) 推進性能向上のための技術サポート

SRCでは、上記以外にも、推進性能向上のための支援、

助言や提案を行っています。

(2-1) 船型改良の技術支援

- SRC Tipsによる現有船の性能評価（改善可能性の判定）
- SRC Tipsを活用した性能改善策の提案
- 性能改善案に基づく概略線図の作成
- CFDによる性能評価（改善量の推定）
- 水槽試験による性能評価（改善量の把握）

(2-2) 省エネ付加物の採用に関する助言

- CFDによる採用予定付加物の性能評価
- 水槽試験による採用予定付加物の性能評価
- 海上技術安全研究所保有特許の省エネ付加物の採用検討

(2-3) その他、船舶技術に関する相談

- EEDIやEEXIに関する技術的なご相談
- 省エネ船、ゼロエミッション船の建造計画等のご相談

2.2.3 V_{ref} ; Ship speed

2.2.3.1 For ships falling into the scope of the EEDI requirement, the ship speed V_{ref} should be obtained from an approved speed-power curve as defined in the 2014 Guidelines on survey and certification of the Energy Efficiency Design Index (EEDI), as amended (resolution MEPC.254(67), as amended).

2.2.3.2 For ships not falling into the scope of the EEDI requirement, the ship speed V_{ref} should be obtained from an estimated speed-power curve as defined in the 2021 Guidelines on survey and certification of the attained EEXI (resolution MEPC.334(76)).

2.2.3.3 For ships not falling into the scope of the EEDI requirement but whose sea trial results, which may have been calibrated by the tank test, under the EEDI draught and the sea condition as specified in paragraph 2.2.2 of the EEDI Calculation Guidelines are included in the sea trial report, the ship speed V_{ref} may be obtained from the sea trial report:

$$V_{ref} = V_{S,EEDI} \times \left[\frac{P_{ME}}{P_{S,EEDI}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{knot}]$$

where,

$V_{S,EEDI}$ is the sea trial service speed under the EEDI draught; and

$P_{S,EEDI}$ is power of the main engine corresponding to $V_{S,EEDI}$.

2.2.3.4 For container ships, bulk carriers or tankers not falling into the scope of the EEDI requirement but whose sea trial results, which may have been calibrated by the tank test, under the design load draught and sea condition as specified in paragraph 2.2.2 of the EEDI Calculation Guidelines are included in the sea trial report, the ship speed V_{ref} may be obtained from the sea trial report:

$$V_{ref} = k^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{DWT_{S,service}}{Capacity} \right)^{\frac{2}{3}} \times V_{S,service} \times \left[\frac{P_{ME}}{P_{S,service}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{knot}]$$

where,

$V_{S,service}$ is the sea trial service speed under the design load draught;

$DWT_{S,service}$ is the deadweight under the design load draught;

$P_{S,service}$ is the power of the main engine corresponding to $V_{S,service}$;

k is the scale coefficient, which should be:

- | | |
|----|--|
| .1 | 0.95 for container ships with 120,000 DWT or less; |
| .2 | 0.93 for container ships with more than 120,000 DWT; |
| .3 | 0.97 for bulk carrier with 200,000 DWT or less; |
| .4 | 1.00 for bulk carrier with more than 200,000 DWT; |
| .5 | 0.97 for tanker with 100,000 DWT or less; and |
| .6 | 1.00 for tanker with more than 100,000 DWT. |

2.2.3.5 In cases where the speed-power curve is not available or the sea trial report does not contain the EEDI or design load draught condition, the ship speed V_{ref} can be approximated by $V_{ref,app}$ to be obtained from statistical mean of distribution of ship speed and engine power, as defined below:

$$V_{ref,app} = (V_{ref,avg} - m_V) \times \left[\frac{\sum P_{ME}}{0.75 \times MCR_{avg}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{knot}]$$

For LNG carriers having diesel electric propulsion system and cruise passenger ship having non-conventional propulsion,

$$V_{ref,app} = (V_{ref,avg} - m_V) \times \left[\frac{\sum MPP_{Motion}}{MPP_{avg}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{knot}]$$

図3 EEXIの計算に用いる船速 V_{ref} に関する原文⁵⁾

6. おわりに

本稿が皆さまのお手元に届くころには、6月上旬に開催されるIMO MEPC78での議論についても、様々な形で取り上げられていることと思います。

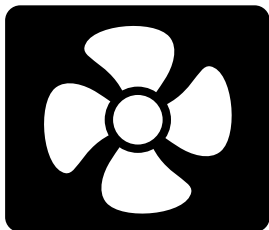
本文にも記載のとおり、IMOのGHG削減戦略では、中期削減目標として輸送効率を2008年比で最低40%改善及びGHG総排出量を50%削減すること、並びに長期削減目標として今世紀中にGHG排出量ゼロが掲げられています。CO₂削減は待たなしの状況であり、2050年のネットゼロ目標に到達するためには人類の不退転の決意が求められます。SRCとしてはこれまで培ってきた技術・ノウハウを皆さまのお役に立つ方法で提供していくことを常に考えていきたいと思っています。また、MEPCでの議論はあくまでも国際海運を対象としています。日本国内でも「内航船省エネルギー格付制度」が設立され、昨年には「内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会」が開催されるなど、カーボンニュートラルの波は、国際海運のみならず内航船・内航海運にも及んでいます。水素などのカーボンフリー燃料や、電気・電池を用いた推進システムを採用する船は、内航船の航続距離や船の大きさの観点から、外航船より早いタイミングで設計・建造されているように感じます。SRCとしては、こうした取り組みから得られる知見を活かしつつ、少しずつではあっても着実にカーボンニュートラルの未来に近づくためのお手伝いが出来ればと考えています。本文に記載されたEEXI取得に関わることなども含め、どんなことでもご相談いただければ、対応させていただきます。どうぞお気軽にお声がけください。

参考文献

- 1) 今井新、国際海運分野におけるGHG削減対策～最近の国際動向と日本の方針～、国土交通省 令和元年8月
- 2) 日本海事協会船体部EEDI部門、国際海運からの温暖効果ガス（GHG）排出削減の動向について、2020年12月16日
- 3) 国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ、国土交通省2020-3 https://www.mlit.go.jp/maritime/GHG_roadmap.html
- 4) GHG排出量ゼロに向けた船舶流体力学の現状と展望、推進・運動性能研究会シンポジウム、2020年、P144～P148
- 5) MEPC 76/WP.4 Annex 1, 2021 GUIDELINES ON THE METHOD OF CALCULATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY EXISTING SHIP INDEX (EEXI)
- 6) MEPC 76/WP.4 Annex 3, 2021 GUIDELINES ON THE SHAFT / ENGINE POWER LIMITATION SYSTEM TO COMPLY WITH THE EEXI REQUIREMENTS AND USE OF A POWER RESERVE

（総合コンサルティング事業室 鈴木 直樹）

（技術顧問 岸本 雅裕）



シリーズ 曳航水槽における推進性能試験の解説（その2） 各種試験の紹介について

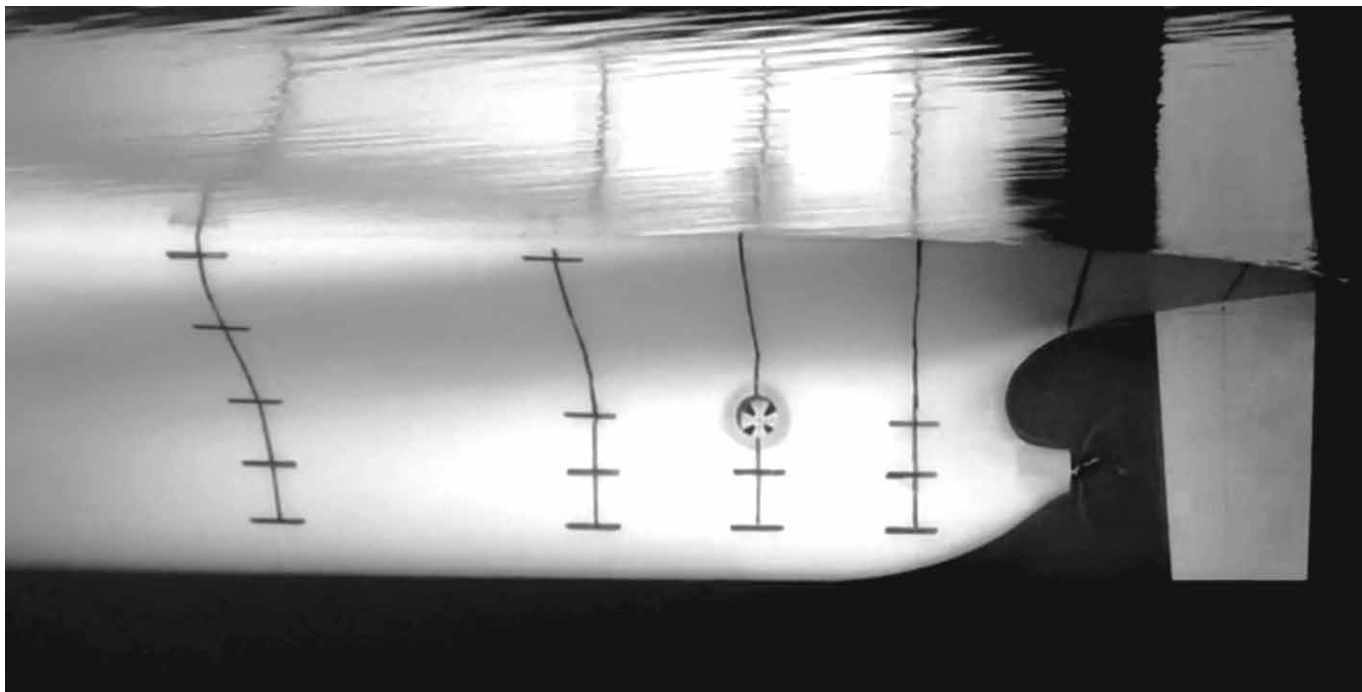


図1 自航試験時の水中の様子（水中の様子はなかなかお目にかかれませんが）

1. はじめに

前回のSRC NEWS No.109では船に働く抵抗と、それを計測するための各種試験の概要を紹介しました。今回は抵抗試験、自航試験、プロペラ単独試験の3つの試験の目的や内容を説明します。

2. どうして水槽試験が必要なのか

世の中では様々な船が働いています。例えば全長約20mの釣り船や今回のSRC NEWSでも紹介される水産資源を調査する漁業調査船、さらには優雅なクルージングをする300m超えのクルーズ客船、東京タワーより大きいタンカーなど大きさや用途、船の形まで多岐にわたります。

もちろんどのような船であろうと海に浮かんでいる限り、前に進もうとする船を後ろに引っ張る力、すなわち水の抵抗を大なり小なり受けてしまいます。

前回簡単に説明しました造波抵抗や自航要素と呼ばれる船の推進性能を左右する各要素は上記の抵抗に大きく関係し、船の形や速度によって全く違うものとなります。

船が前に進むためにはスクリーブロペラを回転させる原動機（エンジンやモーター）が必要です。もちろん船の形や速度が異なれば船の周りを流れる水の流れも変わってきます。この流れは船を見ただけで簡単に見積もれるようなものではありません。大人が子供用の小さい靴を履いてうまく走れないように、300mを超えるような大きな船に手のひら大の小さなプロペラや原付バイクのエンジンを付けるわけにはいきません。

ちょうどいいエンジンを見積もるためには水槽試験を行い正確に船の性能を知る必要があります。

3. 水槽試験の種類と計測される要素

前回簡単に説明しましたとおり水槽試験には主に次の3つがあります。1つめは船本体に働く抵抗を計測する抵抗試験です。2つめは船にプロペラを付け、実船しながらプロペラを回し船とプロペラの流れの干渉具合を計測する自航試験です。3つめはプロペラを船に付けず、プロペラ単体の性能を計測するプロペラ単独試験です。

(1) 抵抗試験

抵抗試験はプロペラのついていない船自体に働く抵抗を計測

することを目的とします。水槽試験の中でも最もわかりやすく、かつその後の自航試験やエンジン馬力の推定にまで関係するとても重要で基礎となる試験です。

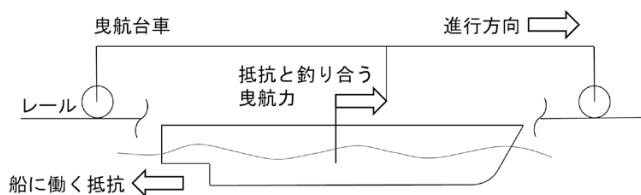


図2 抵抗試験の模式図

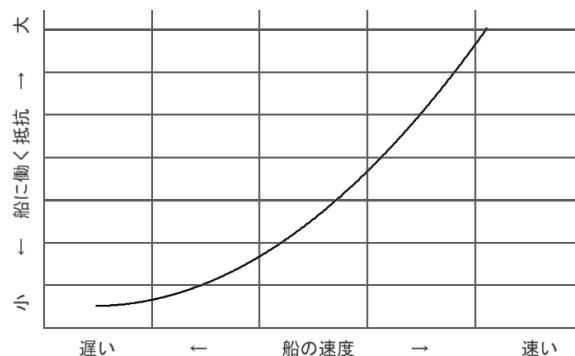


図4 速度と抵抗の関係

抵抗試験では曳航台車により模型船をとめてゆっくりとした速度から船の最大速力まで様々な速度で曳航し、船自体に働く抵抗を計測します。

ごく低速で航行する船では波はほとんど立たないため、波を作る造波抵抗がゼロとなります。すなわち船と水との摩擦抵抗と船の形状による形状抵抗のみを計測できます。ここから速度を上げていくと波が起こるようになり、造波抵抗を含む各抵抗を計測できます。

ここで船に働く抵抗がどのような要因で増減するか簡単にご紹介します。

i. 船の大小

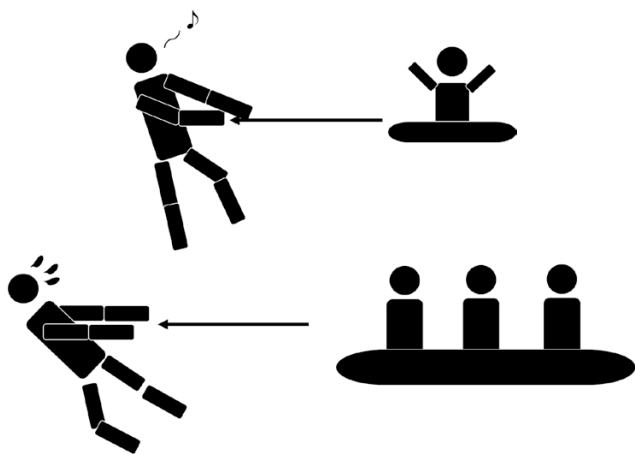


図3 大きな船と小さな船（大人を引っ張るのは大変）

同じ形の船であれば、より大きく重い方が抵抗は大きくなります。図3のように大人が乗った大きなゴムボートより子供が乗った小さな浮輪を引っ張る方が楽なことと同じです。

ii. 船の速さ

図4は船の速さと抵抗の関係の模式図です。

同じ船でも早く進むにつれ大きな波を作るようになり、波の抵抗である造波抵抗は大きくなります。

一般的に造波抵抗を含む船に働く抵抗は速度の2乗に比例して大きくなります。

iii. 船の形

それでは船の抵抗を小さくするにはどうしたらよいでしょうか。

一般に造波抵抗は船の形を細長くすることで減少します。一方で細長くすると船内空間は狭くなり、荷物スペースや居住空間が狭くなってしまいます。さらには船の転覆を防ぐための復原性能が悪化してしまいます。

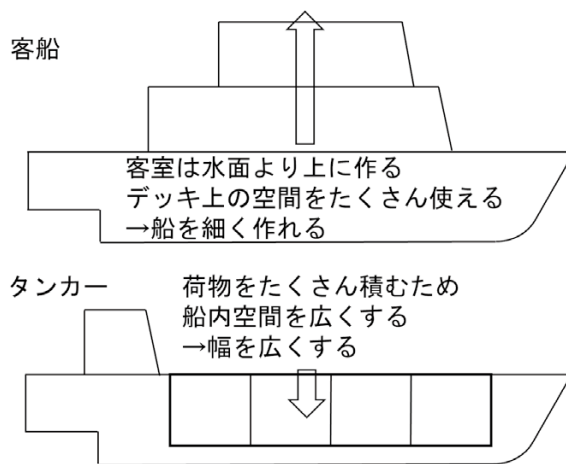


図5 船の形と用途

実際の船ではどうでしょうか。タンカーのようにデッキの下に大量の荷物を積む船ではスペースが小さくなることは死活問題です。一方でクルーズ客船のようなデッキより上がメインとなる船の場合、船自体を細長くし、より抵抗が小さく速く航行できるようにします。

(2) 自航試験

自航試験はプロペラや船尾の形状、舵や燃費向上を狙って船尾周辺に装着される省エネ装置などと水の流れの干渉具合を計

測し、次に紹介する自航要素と呼ばれる船の推進性能に関する要素を求めることを目的とします。

自航試験では実際の船の航行状態と同じように、船にプロペラを付け、回転させながら抵抗試験と同様に様々な速度でプロペラが船を押す力のスラスト、プロペラを回すトルク、船を引く力の曳航力の3つを計測します。

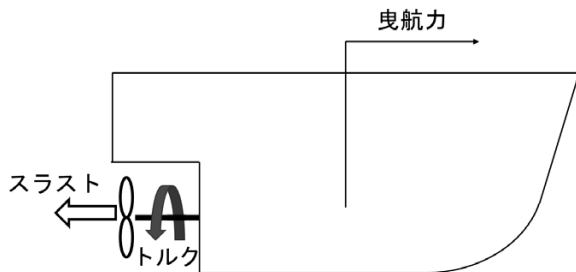


図6 船の曳航力とスラスト・トルク

i. 伴流係数

自航要素の1つめは伴流係数です。船尾にあるプロペラは速い流れを加速させるより、ゆっくりとした流れを加速させる方が効率的なため、船尾のプロペラの前ではなるべくゆっくりとした流れを目指します。プロペラの前には船体があるため周りの流れに比べたらゆっくりではありますが、船の形によってゆっくりさも様々に変わります。

プロペラはネジと同様に全く滑らなければ1回転で決まった距離進みます。例えば1回転で1m進むプロペラが毎秒10回転したら1秒で10m進みます。これをプロペラの前進速度といいます。実際には水中を進むため滑りが発生します。

船によって船尾の流れのゆっくりさは異なり、どれだけ流れがゆっくりであるかをプロペラの前進速度と船の速度の比で表したものを伴流係数といいます。

ii. スラスト減少係数

2つめはスラスト減少係数です。プロペラが推進力を生み出すために水を押し出すと反対側ではプロペラが水を吸い込むため吸引力が働き後ろに引っ張られ、船の抵抗となります。このため抵抗試験で計測した船自体の抵抗に加え、船にはみかけ上の抵抗が増えます。するとプロペラは余計に船を押す力であるスラストを発生させる必要があります。この余計に発生させるスラストの指標をスラスト減少係数といい、船や速度によって異なるプロペラと船体の干渉具合がわかります。

iii. プロペラ効率比

3つめの自航要素はプロペラ効率比です。まず自航試験でプロペラにかかるトルクや回転数などを計測し、プロペラが船尾

にある状態のプロペラの効率を求めます。上記の船尾のプロペラ効率と後述しますプロペラ単独試験の結果より求めるプロペラ単体の効率の比を計算したものをプロペラ効率比といいます。

これらの自航要素と抵抗試験の結果から実際の船の速度とエンジンの出力が計算されます。

(3) プロペラ単独試験

様々な用途の船があるようにプロペラにも様々な形状や用途があります。例えば競艇のボートについているプロペラの翼の枚数は2枚ですが、潜水艦では7枚も翼がついています。



図7 呉駅前のプロペラモニュメント

図7の写真は呉駅前の直径4mを超えるプロペラのモニュメントです。後ろに写る車と比べると大きさがよくわかります。実際の船では写真のプロペラの倍以上大きい直径10mを超えるプロペラを装備することもあります。

このようにプロペラには様々な種類があります。同様に模型船に装着するプロペラも様々な種類を揃える必要があり、プロ

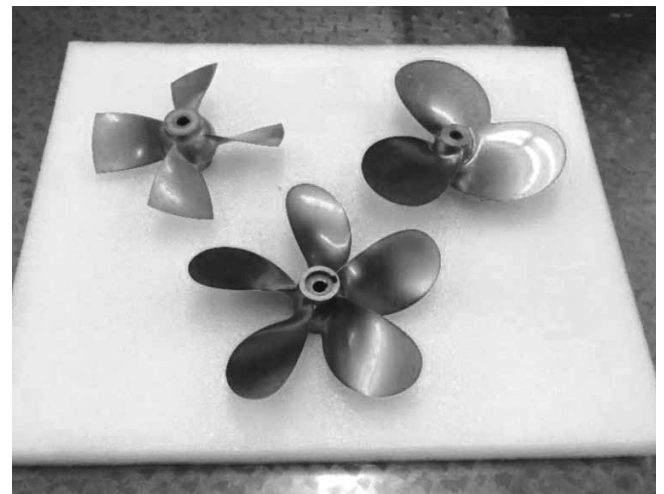


図8 SRCの模型プロペラ

ペラ単独試験ではそれぞれ異なるプロペラの単独性能を調べることを目的としています。

図8はSRCが試験で使用する模型プロペラのうち、ごく一部をピックアップした写真です。それぞれ翼の枚数や形状、大きさ、さらには翼のねじれている向き、つまり回転方向まで異なります。

特に図8中央の5翼のプロペラはSRCの標準プロペラで、30年以上も定期的に試験を行い継続的なデータを蓄積し続けている歴史あるプロペラです。

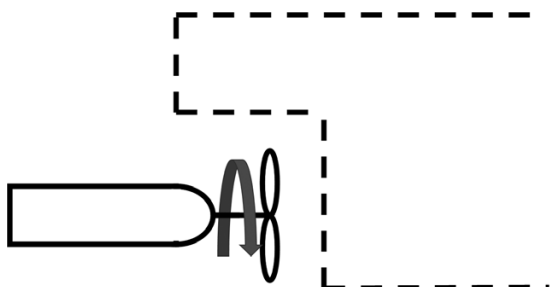


図9 プロペラ単独試験のイメージ

図9にプロペラ単独試験のイメージを記します。図10の写真のようなプロペラ単独試験機にプロペラを装着し、船体はないものの、あたかも船尾にプロペラがあるかのように回転させながら前進しプロペラの回転数やスラスト、トルクを計測します。

図11は実際の試験中の写真で、中央ではプロペラが回転しています。プロペラ周辺(写真中央)ではプロペラの前後で流れが変化している様子が見て取れます。数あるプロペラの中には直径250mm程度の模型プロペラでありながら100kgf以上のスラストが発生することもあります。

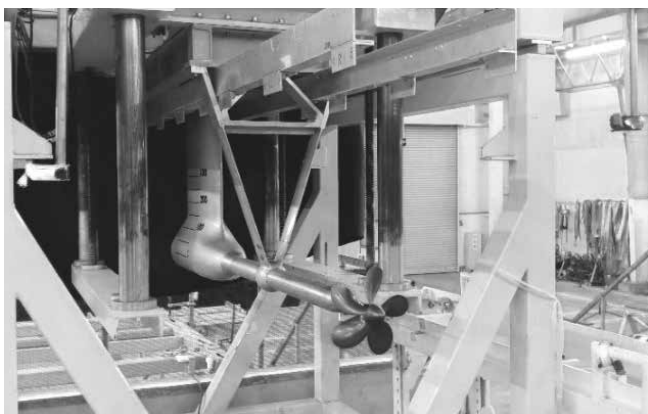


図10 プロペラ単独試験機

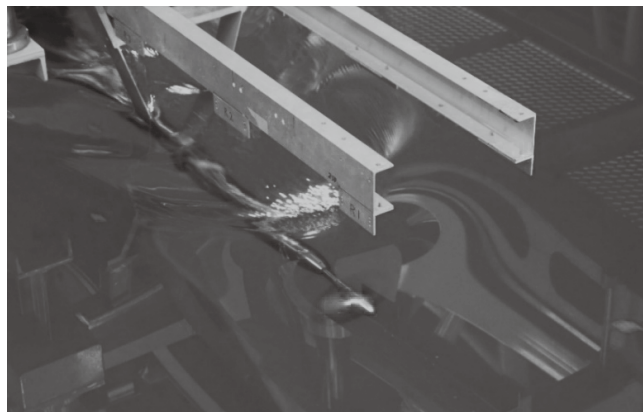


図11 プロペラ単独試験の様子

このプロペラ単独試験によりプロペラが前進する速度ごとのプロペラが発生するスラスト、回転のためのトルク、プロペラ単体でどれだけ効率よく水を掻きだせるかの指標である単独効率がわかります。これらすべてを含めてプロペラ性能と呼びます。

ここまで紹介しました試験を行うことで、船の推進性能に大きくかわる各種の抵抗が抵抗試験から、自航要素が自航試験から、プロペラ性能がプロペラ単独試験から求められます。

4. さいごに

前回、今回で船に働く抵抗の種類、船の推進性能を表す要素、水槽試験の種類を説明しました。

今回は抵抗や自航要素、プロペラ性能からどのように実船の馬力を推定するかをご紹介します。

(試験センター 技術部計測課 清水 佑樹)

Topics

国際海事展

「SEA JAPAN 2022」に出展

当センターは、4年ぶりに2022年4月20日から22日まで東京ビッグサイトで開催された「SEA JAPAN 2022」に出展し、国土交通省などの後援のもと、日本の船用工業、造船関係団体、研究機関等により構成されたテーマゾーン「ジャパンパビリオン」に出展しました。

展示ブースには、SRCが基本設計/建造監理を行い、シップオペレーター 2020の作業船・特殊船舶部門賞を受賞した川崎市消防艇「かわさき」のパネルを展示したほか、SRCの業務をビデオで紹介するとともに、船型開発・改良コーナーでは、豊富な水槽試験データを用いた船型開発ソフト「SRC Tips」や光ファイバーを用いた実船での計測にも対応したFBG圧力センサー（FBG: Fiber Bragg Grating）を体験して頂きました。また、21日は、スパコン「富岳」を使った流場解析やFBG圧力センサーを紹介するプレゼンテーションも行いました。

開催期間中、多くの皆様が当センターの展示ブースにもご来場し、展示したパネルをご覧いただくとともに、商品に関するご質問をいただきました。

当センターは、海事に関わる総合技術コンサルタントとして、船舶の設計から建造、修繕まで様々なシーンで皆様からのご相談に対応いたします。どうぞ、お気軽にお問い合わせください。

（総合コンサルティング事業室）



ショートプレゼンテーション
「FBG圧力センサー」



SRC展示ブース
手前はFBG圧力センサーを
取付けた船底模型

編集後記



今年のゴールデンウィークは、久々の行動制限のない大型連休となり、空港や駅なども帰省や旅行を楽しむ人々でにぎわいを見せていました。感染対策を行いつつではありますがイベントなども通常に開催されるようになってきており、4月20日～22日には東京ビッグサイトで日本最大の海事産業の展示会である「SEA JAPAN 2022」が4年ぶりに開催されました。コロナの中で対面での会合等が制限されてきたこともあり、会場では多くの方と「お久しぶり」という挨拶を交わすことができました。リモート会議などに慣れてくると便利なところがありますが、昭和世代の私にとっては物を見て人と直接話をして、という方がしっくりきます。

「ゼロとデジタルの時代へ」をメインテーマにした今年のSEA JAPANは、コロナ対策を行いつつ開催ではありましたが、主催者発表では18,000人を超える業界関係者が参加したとのこと。SRCもジャパンパビリオンに出展し、SRCの業務や実績の紹介、船型開発・改良に役立つ船型開発ソフトなどの体験コーナーの設置、スパコン「富岳」を使った解析などを紹介するプレゼンテーションなどを行いました。SRCのブースを訪れていただきました皆様、プレゼンテーションに参加いただきました皆様、本当にありがとうございました。

また、SRCではSEA JAPANの開催前にホームページをリニューアルしています。SRCの情報をしっかり発信し、またホームページを訪れた皆様に使っていただきやすく役に立つものとなるよう、情報更新等を行っていきたくと思っています。是非一度、新しいホームページをご覧ください。

さて、SRCニュースは今回で110号となりました。SRCのホームページでは1988年4月発行の第1号から全てのSRCニュースを見ることができますので、SRCのホームページを訪れていただいた際には昔のSRCニュースも覗いてみていただければと思います。今号では、SRCが基本設計、建造監督を行い、本年2月に竣工いたしました静岡県・沖合漁業指導調査船「駿河丸」の紹介をさせていただきます。また、ゼロエミッションに向けたSRCの取り組みも紹介しておりますが、SRCでは関連する水槽試験や技術支援相談を行っておりますので、お気軽にお声がけいただければと思います。

最後になりますが、これから本格的な出水期を迎えることとなります。ここ数年、毎年のように大雨等の自然災害による甚大な被害が発生をしていますが、今年はそのような被害が出ないよう切に祈りながら筆を置きたいと思っています。

委員会等

第156回 HRC 2022年1月31日（Web会議）
2021年度第2回 SPCG 2022年2月3日（Web会議）
第30回理事会（通常） 2022年3月3日

第19回評議員会（臨時） 2022年3月28日
2021年度第3回 SPCG 2022年3月28日（Web会議）
第157回 HRC 2022年3月29日（Web会議）

試験等の申し込み、問い合わせは下記までご連絡をお願いいたします。

申し込みの受付 ☎ 180-0003

東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号
吉祥寺スバルビル3階

☎ 0422-40-2820

今後も皆様のお役に立てるような最新情報を積極的に発信してまいりますので、SRCのウェブサイトを活用してご利用いただきますようお願い申し上げます。

▶ <https://www.srcj.or.jp/>





Shipbuilding Research Centre of Japan
一般財団法人 日本造船技術センター

<https://www.srcj.or.jp/>