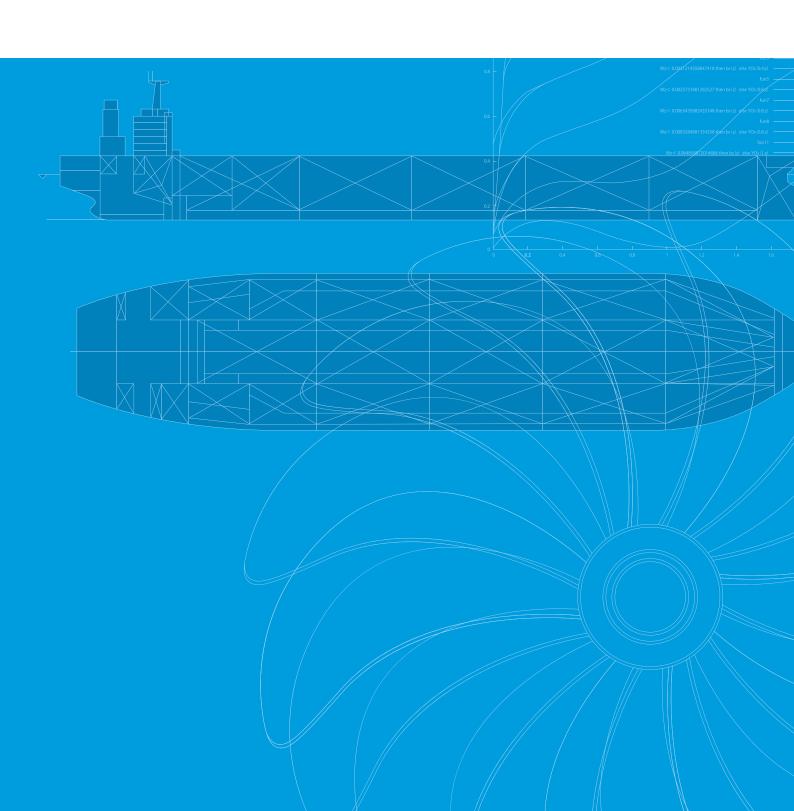
造船の最先端を見つめる技術情報誌

SRCNEWS

No.103 DEC 2018

Shipbuilding Research Centre of Japan



SRCNEWS



Shipbuilding Research Centre of Japan

CONTENTS

	東京都観光汽船株式会社旅客船「エメラルダス」就航	3
2	西アフリカ事情「ギニアの海事セクター」	-6
SHIP	2018 年度 JICA 「船舶安全 Ship Safety」 研修コースについて	9
	2018 年度東京 MOU 「ポートステートコントロール検査官一般研修 (GTC8)」について	-10
	ステレオ PIV による流場計測の実用化について	- m
	造船設計ノート高速艇の復原性と安定性(3)	-15
NEWS	総合コンサルティング事業室の活動事例紹介	
		- 21

一般財団法人 日本造船技術センター

被災地のために 日本のために

〒 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 TEL 0422-40-2820 FAX 0422-40-2827

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。



東京都観光汽船株式会社旅客船 「エメラルダス」就航



1. はじめに

東京都観光汽船株式会社殿は、東京港および隅田川で定期航 路船舶を運航している。隅田川航路を航行する船舶を指して通 称「水上バス(川航路/川船)」、東京港日の出桟橋を起点とす る東京港内航路を航行する船舶を指して通称 「海上バス (海航 路/海船) | という呼称を使用している。

「エメラルダス」は、アニメ界の巨匠・松本零士氏がデザイン した、「ティアドロップ(涙滴)」をイメージに、「子供達が見て 思わず乗ってみたい」と思う船を目指したシリーズ旅客船で、 「ヒミコ」「ホタルナ」に続く第三弾です。

神戸市の金川造船株式会社殿にて、平成30年7月に完成し、 平成30年8月4日から就航している。

当センターでは、新船舶の建造監理を行いました。

船名は松本零士氏の漫画作品の銀河鉄道 999 をはじめとす るいくつかの作品に登場するクイーンエメラルダスから、「エメ ラルダス | と命名されました。

なお、船首両舷の船名表記では、「エメラルダス」ですが、 Queen Emeraldas との英文表記も付されております。

以下に本船の概要と性能を紹介致します。

2. 本船の基本コンセプト

本船の建造に当たり、東京都観光汽船株式会社殿が決定され た要求事項は以下のとおりです。

- (1) 「ヒミコ」と同等クラスの大きさ
- (2) 旅客室は、東京都渋谷区の一級建築士事務所タカトタマガ ミデザイン殿設計の内装により「ヒミコ」と「ホタルナ」よ りも大人のムード漂うものとして、完成され、座席の指定 が出来るコンパートメントを3か所設置
- (3) 離着岸の利便性を考慮し、十分な能力のバウスラスターを 設置



レインボーブリッジ下航行中

3. 本船の概要

(1)一般配置

上甲板下は前より、船首倉庫、スラスター室、タンク室、機 関室、舵機室の5区画としており、機関室には、主機関1基及 び発電機1基、配電盤、空調機用圧縮機等を効率よく配置し、 騒音、振動にも配慮した構造としております。

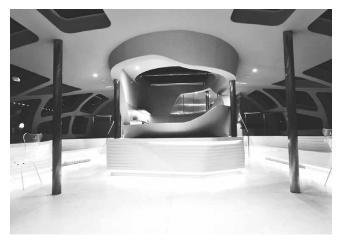
上甲板上には前より、前部客室、売店、後部客室、便所等を 配置しております。

前部客室床面にはセラミック材を、後部客室床面には、滑り 止め加工を施したアルミ材を、遊歩甲板床面にはコルク材をそ れぞれ施工しております。船首部中央に配置された操舵室は、 客室から操船作業等がみられるようにし、子供たちのみならず、 大人であっても乗組員の操船を見て取れるよう、最小限の閉鎖 とした。



客室から操舵室を望む

旅客室の天蓋部分の90%以上にわたり強化ガラスを三次元 に加工し、船体上面の曲線をクイーンエメラルダスの名に恥じ ぬよう、優美な曲線に仕上げている。



客室前方から売店を望む

両舷にガルウイングの出入り口を、船首両舷側にもガルウイ ングの出入り口を設置し、乗船時間が楽しいものになるとの期 待ができるものとなっている。



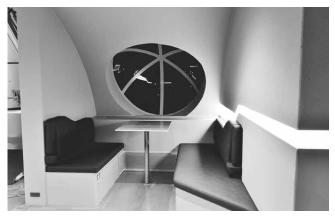
前部客室 LED 照明による色彩変更

バリアフリー席及び車椅子スペースが配置され、後部客室右 舷には多目的トイレ (バリアフリートイレ) が配置されており ます。後部客室左舷には、一般用トイレが設置されており、両 トイレともに、間接照明を採用し落ち着いた雰囲気を醸し出し ている。



バリアフリートイレ

トイレ内の多目的スペース



右舷のコーパートメント

(2) 主要目

用途 旅客船 船質 錙 船型 平甲板型 資格 JG·第2種船

34.50m 主要寸法 全長

登録長さ 32.21m

幅 8.40m 2.30m 深さ 約10/ット 速力

総トン数 132 総トン

河川港内(1.5 時間未満) 航行区域 最大搭載人員 旅客 100 名 乗組員 4 人

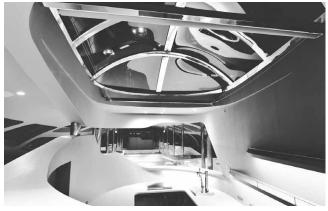
(3) 主要装備

主機関 423kW 1基 主発電機 150kVA] 基 操舵装置 1式 1式 監視カメラ装置

4. 本船の特徴

(1) 船体特徴

本船は、大半を曲面ガラスで囲んだ旅客空間が特徴的であり、 当然のことながら、外気温度の影響を受ける夏場に対する対策 に十分な、静音型の冷房設備を設置し、快適な温度状況を作り 上げることができている。松本零士氏の外観デザインを生かし つつ、内装デザインを行っていただいたタカトタマガミデザイ ン殿のデザイナーにより、初めてのお客様は当然ながら、すで に「ヒミコ|「ホタルナ」に乗船経験のあるお客様にも、新たな 感動を与えることができる、優美な居住空間と船体フォルムと なっています。



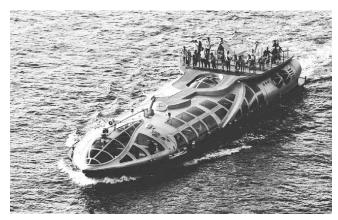
売店後部から船首方向を望む

(2) 船体形状

船体形状は、ティアドロップをイメージした船舶であり、遊 歩甲板上の矢印マーク床面部分に、コルク材を敷き詰め、柔ら かな足元の感触を楽しめる配置し、爽やかな外気に触れること ができる空間も用意されている。

(3) 操船 (離着桟)」性能

離着岸の多い定期航路の運航船であり操船性能の向上が離着 岸時間の短縮につながるため、船首部にバウスラスターを、船 尾部にフラップ付ラダーを装備し、離着岸時の操船性のを向上 を図っている。



遊歩道利用状況

(4) 旅客設備

前部客室は、○○席の立ち席を配置しイベントにも使用でき るよう出力 1000kW のパワードミキサー、DJ 機器、ミュージ シャン持ち込みのギター・ベース・キーボード等の楽器類に対応 できるアンプ類を使用できる演出音響装置を装備し、テーブ ル内部に埋め込みのサブウーハーを含む大型スピーカーを客室 テーブル内にはめ込み設置し、多様なイベントへの対応を考慮 してある。

(5) バリアフリー設備

後部客室には、バリアフリー法を適用して、優先席8席、車 椅子スペース2台、多目的トイレ、乗り込みランプ等も、バリ アフリー基準をクリアーしたものとなっており、高齢者や交通 弱者にも優しい設備となっています。

5. おわりに

本船のような斬新なデザインをしていただいた、松本零士氏 には忠心より感謝申し上げますとともに、船主である東京都観 光汽船株式会社殿には、建造監理を通して終始適切なご支援を 戴き、心よりお礼申し上げます。また、建造に当られた金川造 船株式会社殿には、高度な造船技術とセンス溢れるアイデアを 駆使して本船建造に尽力されましたこと及び内装デザイン担当 のタカトタマガミデザイン殿並びに内装丁事を担当された長崎 船舶装備株式会社殿のご支援に対しても深甚より感謝申し上げ ます。

新船の就航により、「日本の首都で近未来的な船に乗った。」、 「予約ができる座席に、田舎の親と一緒に乗ることができた。」 と、いわれるような状況になることを期待しております。

(海洋技術部 坂井 正博)



西アフリカ事情 「ギニアの海事セクター」

1. はじめに

国際協力機構 (JICA) では、ODA に係るさまざまな事業が終 了後も相手国の自助努力により事業の成果が維持・発展してい るか継続的にモニタリングし、必要がある場合には側面支援や 補完的な支援を行っています。こうした支援を「フォローアッ プ(FU)協力」と呼び、JICAではこれまでに太平洋島嶼国やア フリカ西岸諸国向けの船舶案件で FU 協力実施例があり、当セ ンターでも、2006年ガンビアの河川フェリーや2010年トン ガのタグボートの FU 協力調査に携わったことがあります。

この度、ギニア向け漁業調査船建造計画 FU 協力調査で 2018 年3月31日から4月21日にかけてギニアとセネガルを訪れ、

現地の海事関係者 らに面談し、関連 施設を視察する機 会がありましたの で、現地事情を報 告します。



船齢 15 年のゼネラル・ランサナ・コンテ号

2. 調査のあらまし

今回の FU 協力事業の対象となるのは、2003 年にギニア政 府に引き渡された漁業調査船です。老朽化等により当初の機 能を維持し得なくなったため、現地調査により最適な改修方法



CNSHB の建物

陽気な乗組員の皆さん

を策定するもので、 先方窓口は漁業養殖 海洋経済省傘下のブ スラ水産センター (CNSHB) です。

本来であればギニ アで改修工事を実施 するのがベストです が、セネガルのダ カール港にある本格 的な船舶修繕会社で の実施も視野に入れ て調査しました。

ギニアではコナク

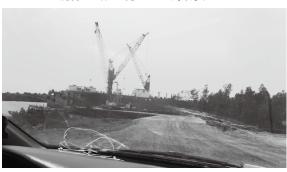
リ港に係留中の漁業調査船やワークショップ等の修繕対応状況 を視察しました。本船の状況は、見た目にはよく手入れをされ ていましたが、部品の調達がネックとなり、電気・電子関係を主 体に故障している機器類が目立っていました。

それでも主機関や発電機、軸系はいちおう機能しており、レー ダーはなけなしの予算を工面して、最近1セットを新調してい ました。エンジンのフィルターやパッキン類は、現地の市場に ある中国人やレバノン人の商店で購入しています。中国や韓国 製「なんちゃって」品ですが、価格の安さと入手のし易さで使 われています。

コナクリ港には海軍の小型の浮ドック (1990年製、能力 1600 トン) があり、漁業調査船もこの浮ドックで毎年船底掃



沈没して頭だけ見せている海軍浮ドック



15t クレーン 2 基を備える中国製浮ドック



ダカール港にある DAKARNAVE 社の修繕ドック

除や点検を行っていました。ところが今年2月に事故で沈没し てしまい、上架作業が困難となりました。

そこで、急遽調べたところ、今年3月に、北部ボケ州カムサー ル地区でギニア政府鉱山省と中国企業との JV (共同企業体) に よるボーキサイト積出港の運用に伴い、沖合に停泊するボーキ サイト運搬船と港の間の輸送のため使われるタグボートやバー ジの点検修理用に中国製の浮ドック(能力5千トン)があり、 ギニア国内での改修工事が可能と判明しました。

一方、セネガルにはポルトガルのリスナベ造船所の子会社 DAKARNAVE 社があり、ここでは 2012 年 11 月にセネガルの 漁業調査船1隻とモーリタニアの調査船2隻の改修工事を実施 した経験があり、実際に設備を視察したところ、浮ドックやシ ンクロリフトを完備しており、あらゆる改修工事が可能である ことを確認できました。

そのため、ダカールに回航して改修工事を行うことも検討し ましたが、自国で改修工事を実施することで、機器類の修理方 法や取扱等の指導による技術移転のメリットも勘案して、ギニ アでの改修を提案しました。

3. ギニアの海事セクター

ギニアでは沿岸・大陸棚漁業が盛んで、漁業調査船は資源量 を把握して外国漁船の入漁料交渉の裏付けとなるデータの取得 が主目的です。こうした漁船も主にコナクリ港に停泊していま すが、コナクリ港ではボーキサイト積出専用埠頭の他、一般貨 物、バルク貨物、燃料やコンテナ専用埠頭もあり、最近はコン テナ取扱量が増加中です。2015年の取扱貨物量は一般・バルク が 138 万トン、コンテナが 16 万 TEU で、2016 年のエボラ出 血熱終息宣言後はさらに増加しており、同年から中国が 7.7 億 ドルを投資してコナクリ港整備工事を進めています。

海運では、ギニア海運会社 (GSC) がボーキサイトなど鉱物 資源の半分を運搬することになっており、鉱石ばら積み船を多 数運用していますが、その隻数は不詳です。また、カムサール 地区のボーキサイト専用河川港からバージで運ばれたボーキサ イトは沖合のケープサイズの輸送船に積み込まれ、全量中国に 輸出されており、船も中国系の船会社が運航しています。

ちなみに当センターでは 1983~1987 年にかけてギニア向 けボーキサイト海上輸送力増強事業 (円借) で、4万 5000DWT 運搬船の基本設計を行いました。この時ギニア側をコーディ ネートしたのが、当時外交官のオスマン・サンコン氏。この事 業が縁で、その後も時々お付き合いがあり、筆者も電話で話を したことがあります。テレビでおなじみの語り口そのものの気 さくなかたです。蛇足ながらつい最近、69歳の同氏は日本人 の演歌歌手を3人目の伴侶にしたばかり。国際結婚だと重婚不 可なので、ご夫人は近々ギニア国籍を取得するのだとか。



コナクリ近郊沿岸漁業の拠点カボロ漁港



カシューナッツ森林を拓いて道路整備が進む

4. ギニアのお国がら

ギニアは人口 1200 万人で日本の本州と同じ大きさです。ギ ニアは肥沃な土地と豊富な水、ボーキサイト、鉄鉱石、金、ダ イヤモンド等の資源国にもかかわらず、一般庶民の暮らしは貧 しく、一人当たりの GDP は 750 ドル前後です。しかも物価が 驚くほど高く、生活はとても厳しいものがあります。他方、以 前は頻繁に停電していましたが、最近は24時間電気がある状 態に変わってきました。

ギニアに住んでいる外国人といえばレバノン人、中国人の商 売人が多く、それ以外は、ほとんど大使館か援助団体の関係者 です。ギニアでは2010・2015年の大統領選挙、2013年の国

民議会選挙を経て、 民主化が定着しつ つあります。他方、 2014-2016年のエ ボラ出血熱流行は、 社会経済にダメージ をもたらしました。

現在は、ポスト・ エボラ復興計画や経 済·社会開発国家計 画に基づき、豊かな 天然資源を背景とし た経済成長と貧困削 減に向けた取組みが



地方でも庶民の足はバイク・タクシー



長さ 1.5 キロにも及ぶボーキサイト運搬列車



コナクリから北へ移動中に見た岩山の景色

進められています。

ギニアは鉱物資源のほか、漁業資源にも恵まれていることか ら、貴重な外貨獲得源にもなる沖合の大陸棚における産業型漁 業者のための資源調査や、貴重な食料源の確保となる沿岸海域 における零細型漁業者のための資源環境調査業務は、CNSHB の重要な役割となっています。

西アフリカの給水塔といわれるギニアは、12月から我々が 調査をした4月まで乾季で、殆ど雨が降りませんが、5月から 11月の雨季、とりわけ6~9月には3500mmを越える雨量が あるそうです。体験した通訳によれば雨季のコナクリの雨はま るで滝の下をくぐっているような様な凄まじさだとか。そのた め、ギニアの内陸部で降った雨はマリ、ニジェール、ナイジェ リアを経てギニア湾にそそぐ大河ニジェール川の水源となり ます。

ところで、世界にはギニアと名のついた場所が各地にありま す。調べてみるとギニアとはベルベル人の言葉で「黒人たちの 土地 | を意味し、かつてはギニア湾沿岸地域を指す地名で「ギ ニア」が使われていました。

15世紀以降のアフリカ黒人奴隷制度は、16世紀に新大陸の 植民地化が進むにつれて、アフリカ黒人を捕獲して植民地の労 働力として売ることで、近代まで続きました。そしてその供給 源となったのがギニア湾沿岸地域でした。

ギニアと呼ばれた地域は、その後、ヨーロッパ諸国の植民地 として分割されました。そのため、ポルトガル領をギニアビサ ウ、スペイン領が赤道ギニア、デンマーク領がガーナ、オラン ダ領もガーナ、ドイツ領はトーゴで。フランス領だったこのギ ニアが今でも本来の地名であるギニアを受け継いでいます。ち なみにアフリカ以外ではパプアニューギニアがあります。

エボラ出血熱で一躍有名になり、その反動でギニアは危険と いうイメージが付きまといます。事実、空港での入国手続きで もトラブルに見舞われ決して愉快な気持ちにはなれませんでし た。腐敗認識係数 (CP) は世界 176 か国中 142 番 (日本は 20 番)の国ですが、ギニア人はサンコン氏のように明るい性格が 特徴で、一度訪れるとその魅力に取りつかれる人も多いようで



市内各所にある中国マーケット

す。現地在住の日本人は政府援助関係者以外ではまだ1桁しか いないようですが、中国の進出はものすごく、多くの中国人を 見かけます。そのため街なかでギニア人に「シノア(フランス 語で中国人の意)」とよく声を掛けられます。いまや田舎でも携 帯電話やバイクが普及していますが、殆ど中国製です。日本製 のバイクは1台も見かけませんでした。

さて、サンコン氏の第3夫人のおかげかどうかわかりません が、外務省の海外安全情報が最近レベル2「不要不急の渡航は 止めてください」からレベル 1「十分注意して下さい」に引き下 げられました。これで漁業調査船の改修工事のため、現地にサー ビスエンジニアの派遣を躊躇していた本邦企業も派遣し易くな ることでしょう。

5. セネガルのお国柄

最後にセネガルのことも少し触れておきます。4月のダカー ルは結構涼しく、とくに朝晩は長袖の着用が必要なほどの肌寒 さを感じました。これは沿岸を寒流が流れているためだとか。 パリ・ダカール・ラリー(今はマリなど内陸部の治安悪化で南米 にて開催) のゴールで知られるダカールは、かつてはパリから コンコルドが就航していました。資源は豊かではありませんが、

過ごしやすい国です。 サッカーが盛んで W 杯ロシア大会で日本 の2試合目の対戦相 手としても知られて います。



ダカール西端の丘に建つ北朝鮮製モニュメント

6. おわりに

「カオス(混沌)」という言葉が似つかわしいギニアですが、 逆に言えば、いまでもアフリカらしさを残す数少ない国と言え ましょう。当センターとしては前身の OSCC から 30 年ぶりに 調査で足を踏み入れた国ですが、このフォローアップ事業を通 じて、現地の産業振興に貢献できれば、望外の喜びです。

(海外協力部 小川 賢)



2018 年度 JICA 「船舶安全 Ship Safety」 研修コースについて

先日、NHKのスペシャル番組で、「船乗りたちの戦争」と題 して、先の戦争において、軍に徴用され、敵の来襲を見張る「哨 戒」や物資の輸送任務につき、犠牲になった商船や漁船の船員 が6万人に及んだことが放映されました。

海上における大惨事として、海上人命安全条約創設の契機と なった、あのタイタニック号沈没による犠牲者が、凡そ 1500 人であったことを考えると、戦争による犠牲者数は桁外れで、 改めて、戦争の不条理と悲惨さ、そして、平和の大切さを痛感 した次第です。

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、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2004年までの第1期コー ス、2005年から2009年までの第2期コース、2010年から 2012年までの第3期コース、2013年から2015年までの第 4期コース、そして、2016年度からの第5期コースは、名を 「船舶安全 Ship Safety」と改め、2018 年度は今期最終年度とし て開講されました。(次年度からは第6期コースが始まります。)

本研修は、国土交通省によるご指導のもと、海上保安庁、横 浜市などの行政機関のみならず、多くの事業者の方々のご協力 を頂き、実施されております。この場を借りて、ご支援頂いた 関係の皆さまに改めてお礼申し上げます。

2018 年度コースでは、ASEAN 加盟国のインドネシア、カン ボジア、フィリピン、ミャンマー、南太平洋島嶼国のフィジー、 ツバル、アフリカのジブチ、ナイジェリアから合計8名の研修 員を受け入れました。研修期間は、6月4日から8月1日の間 で、座学 6 週間、実習 1 週間、初日のカントリーレポート(自 国の検査制度等の紹介)と最終日のアクションプラン (帰国後、 当研修で学んだ知見を活かしての行動計画) の発表および舶用 機器メーカー等の関連施設の視察に1週間、合計2か月間です。

各研修員の出身国の背景は様々ですが、研修員は各国からの 期待を背負って派遣されており、日々の研修でも、その熱意が 伝わります。

座学では、主に海上人命安全条約、海洋汚染防止条約、満載 喫水線条約、バラスト水管理条約等の海事国際条約と、これ らの基準に基づいた新造船及び現存船の安全検査要領(旗国検 査)、外国船舶に対する検査(ポートステートコントロール:

PSC*) の要領と、条約の適用のない内航船の安全を確保するた めの諸制度(第4期コースから追加)についても、講義を行っ ています。

また、本研修は IMO との共催となっており、ロンドンの IMO 本部と JICA 横浜とを TV 会議システムで結んで講義も行います。 IMO が取組む課題や最近のホットなトピックにつき、IMO 本部 職員が直接、講義を行ない、講義後は質疑応答やディスカッショ ンにより相互交流を深める良い機会になっています。因みに今 年度は、①地球温暖化対策、②自律化(超自動化)船対応、③内 航旅客船の安全基準がテーマとして採りあげられました。



研修員と関係者の皆さん

これらの講義の大半は当センター内部講師が担当しています が、国土交通省海事局、関東運輸局、東京 MOU 事務局、日本 海事協会、日本海事検定協会等の専門家にもお願いしています。

本研修では、講義の理解度を深めるため実習も実施していま す。船舶の安全検査の実習として、例年、今治市の造船所2か 所(㈱山中造船、㈱矢野造船)を訪問しており、今年度も、7月 9日に、これを予定していましたが、先の西日本豪雨の影響で、 交通機関が寸断され、今回は断念せざるを得ませんでした。受 入れ準備をして頂いた両造船所の皆様には、多大なるご迷惑を おかけしました。この場を借りて、あらためて、お詫び申し上 げます。

一方、上記以外の実習は例年通り、内燃機関の製造過程、運転、 解放検査の実習をヤンマーエンジニアリング(株)尼崎工場で 行いました。

なお、これらの技術研修に加え、日本の文化にも可能な限り 触れることを目的として、実習旅行の合間に大阪の道頓堀も訪 問しました。

また、横浜市港湾局のご協力により、船舶を手配頂き、横浜

港の歴史、港湾係留施設等の実態について説明を受けつつ、海 上から実地見学をすることが出来ました。

続いて、PSC 関連では関東運輸局の外国船舶監督官が実施す る PSC 検査に同行して船上実習を行ない、内航船プログラム では同局船舶検査官とともに海技教育機構所属練習船「青雲丸」 にて、機器の取扱いや検査要領の説明を行いました。

さらに、かもめプロペラ(株)(プロペラ製造:横浜市)、(株) 信貴造船所(救命艇製造:堺市)、(株)マリン・インターナショ ナル(救命いかだ整備:横浜市)、兵神機械工業(株)(油水分離 器製造:兵庫県加古郡)等、本研修に深く関わりのある事業所や、 国立研究開発法人海上·港湾·航空技術研究所、東京湾海上交通 センター(第三管区海上保安部)、国立研究開発法人海洋研究 開発機構への見学も行いました。

当センターの実施する本研修の履修者は、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。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)



2018 年度東京 MOU 「ポートステートコントロール検査官 一般研修(GTC8)」について

当センターでは、東京 MOU 事務局*からの委託を受け、 PSC 検査官の一般研修 (General Training Course) を実施して います。本研修は、PSC 検査官の能力向上や検査手順の調和を 図るため、PSC 職員が最低限有するべき知識に関する座学およ び実船訓練を内容とし、4週間、実施するものです。この度は、 8月20日から9月14日までの間、東京 MOU 域内の14か国 (中国、インドネシア、韓国、マカオ(中国)、マレーシア、マーシャ ル諸島、パナマ、パプアニューギニア(2)、フィリピン、ロシ ア、ソロモン諸島、タイ、トンガ及びベトナム)と、IMO の技 術協力プログラム等を通じて世界中の MOU から派遣された 9 か国(ギニア、ジョージア、セントルシア、インド、セイシェル、 ヨルダン、オマーン、サウジアラビア及びチリ)の PSC 検査官、 合計24名が参加しました。

前半の2週間は、横浜にてPSC関連の各条約の規定や検 査実施の手順について、国土交通省の外国船舶監督官、東京 MOU 事務局および当センター内部講師による講義と救命いか だ整備事業場のマリン・インターナショナル (横浜市) での技術 視察および本研修への経済的支援を頂いている(公財)日本財 団への表敬訪問、そして、後半の2週間は各地方運輸局に移動 し、現地の外国船舶監督官が実施する PSC 検査に同行する形で 現場実習を行いました。

また、研修最終日には、研修員より各地方局で実施した現場 実習のプレゼンテーションを行うとともに、地方運輸局の外国



乗船実習中の研修員

船舶監督官も交えて、確認した欠陥の内容や是正の方法等につ いて、ディスカッションを行いました。

海上における安全と環境保全のため、サブスタンダード船の 撲滅を目的とする PSC の社会的意義は益々高まっており、今後 も、当センターは東京 MOU 事務局及び国土交通省とともに効 果的な PSC 検査官の研修を実施して行きたいと考えています。 本研修を受講した PSC 検査官の益々の活躍が期待されます。

*東京 MOU 事務局

PSCの実施は地域的に取り組むことが有効であることから、IMOにおいて1991 年に「PSC に関する地域協力の促進に関する総会決議」が採択され、これを踏まえ、 1993年12月、東京にて、アジア太平洋地域における PSC の地域協力に関する合 意 (東京 MOU) がなされ、事務局は東京に置かれている。

(研修·技術支援室 能田 卓二)



ステレオ PIV による 流場計測の実用化について

1. はじめに

船体周囲の流速・流向を計測、可視化し、その流場を把握す ることは、船型開発およびプロペラ設計において重要な作業の 1 つです。当センター(以下 SRC)では依頼者のニーズに対応 するために、5 孔ピトー管を用いた流場計測を行ってきました。 しかしながら、5 孔ピトー管は接触式の計測装置であり、物体 近傍の流速を計測する場合、5 孔ピトー管そのものを物体に近 づける必要があるため、物体と5孔ピトー管の干渉により、流 速が変化し計測精度が悪化するという問題があります。また、 物体が複雑な形状である場合、5 孔ピトー管が物理的に接触し てしまうため、計測が困難または不可能な領域が生じます。加 えて広い範囲で計測を行おうとする場合、少しずつ移動させな がら計測するため多くの時間が必要になります。

一方、近年ではダクトやステータ、舵フィン等の流力学的な 省エネ装置 (ESD) の開発が盛んに行われています。SRC で水 槽試験を行う船も例外ではなく、その大半に ESD が装備されて います。ESD は船体、舵、プロペラ前後に取り付けられ流体力 学的な相互干渉が強いため、その周囲の詳細な流場を把握する ことが、高性能な ESD の開発には必要だと考えています。

そこで SRC では新たに非接触式の流速計測装置である、ス テレオ PIV (Particle Image Velocimetry) を導入することで前述 の問題を解決し、ESD 周囲の流場計測を行える態勢を整えまし た。本稿ではステレオ PIV 計測法の技術的な概要と、SRC にお ける実用化に向けた取り組みについて紹介致します。

2. PIV (粒子画像流速測定法) とは

PIV (粒子画像流速測定法)とは、流体中に混入したトレーサ 粒子の粒子画像により、2次元平面内の速度および方向を非接 触で求めることができる流体計測手法です。流れの定常的把握 にすぐれ、非定常流れ場の2次元、3次元解析に用いられる手 法です¹⁾。

PIV は連続する 2 画像間の粒子の移動量より流速を計測する 原理としては簡単なものですが、空間的なデータを得るには高 度な演算処理を高速で実施できる PC や、高解像度のカメラ等 が必要となり、ハードウェア的なハードルが高いものでした。 PC や計測機器類の発達とともに、高精度な計測が比較的手軽 に行えるようになり、近年様々な分野への導入・開発が行われ ています。

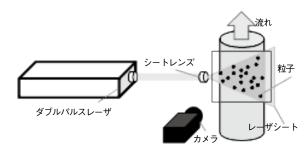


図-1 動作原理(1)

動作原理としては、流体中に追従性のよい微小な粒子を混 入し、レーザをシート状に放射して流れ場を可視化し、高解 像度カメラで記録します。短い時間間隔 (△t) で 2 回照射して Δt の間の、粒子の移動量 (Δs) から速度 (V(t)) を求めます (図-1、図-2)。複数台のカメラを用いれば、速度の3方向成 分を求めることができ、SRCでは精度とコストを勘案し、2台 のカメラを用いたステレオ PIV 計測法を選定しました。

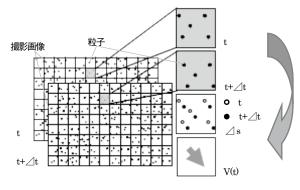


図-2 動作原理(2)

3. ステレオ PIV システム

3.1 計測装置

ステレオ PIV 装置として計測制御から解析まで一体のシステ ムとなっている LaVision 社の装置を導入しました。主な仕様を 表-1、表-2に、カメラとレーザ部分を図-3に示します。内 部のカメラは図-4に示します。



図-3 カメラ、レーザ部分





図-4 カメラ

図-5 レーザ電源

表-1 ダブルパルス YAG レーザ

モデル	DPIV-L200S	
出力	200mJ/Pulse	
最大繰り返し	15Hz	
波長	532nm	
ビーム径	7mm	

汞

モデル	Imager Pro SX 5M			
センサ	CCD			
有効画素数	2448 × 2050pixel			
ダイナミックレンジ	12bit			
ピクセルサイズ	3.45μm×3.45μm			

ステレオ PIV の計測時のイメージを図-6、図-7 に示します。 SRC の計測は Under Water での PIV 計測となり、風洞や管内 の計測と異なり計測する流れ場の中にカメラやレーザを配置し ています。なので、流れ場への影響が小さくなるように考慮し た配置となっています。

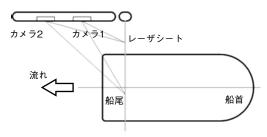


図-6 ステレオ PIV の計測システム

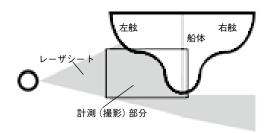


図-7 ステレオ PIV の計測システム

カメラとレーザは進行方向に向かって左側に設置しており、 船体であれば左舷側からの計測となり、レーザシート面が計測 面となります。レーザシートに反射した粒子をカメラで撮影し 解析することで流場がわかります。撮影カメラは魚雷のような 筒に入っており、進行方向に対して前後に2台設置され、ミラー を通してレーザシート後方から撮影しています。SRC のステ レオ PIV 装置には冶具に三方向にトラバース機構 (図-8) が付 いているため、一断面取り終えたらすぐに別断面の計測が可能 です。

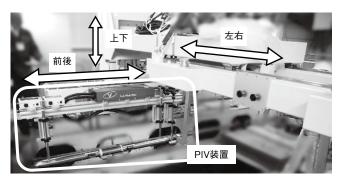


図-8 ステレオ PIV の計測システム

3.2 キャリブレーション

キャリブレーションには 300mm×300mm の奥行の異なる 2面を交互に配列したプレートを使用しています。プレートに は等間隔で印が印字されています。このプレート(図-9)を計 測面上に置き、カメラで撮影します。等間隔に配置された印を 撮影し解析することでキャリブレーションを行います。

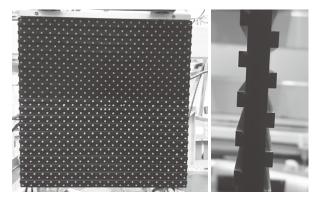


図-9 キャリブレーションプレート

プレートを計測面に正しく設置出来ているかどうかが、誤差 に直結するので、その設置には細心の注意を払う必要がありま す。しかし完全に一致させることは非常に難しいため、粒子画 像からシート面の位置を検出するセルフキャリブレーション手 法も用いています。プレートを用いて実施した後さらにセルフ キャリブレーションを行うことで、さらなる精度向上が見込ま れます。

SRC ではキャリブレーション後に一様流計測を実施し確認を 行っています。

3.3 トレーサ粒子・散布方法

トレーサ粒子は PIV 計測において重要な要素となります。ト レーサ粒子は作動流体に対する追従性が重要な条件となりま す。また 1 画素の中に粒子像が埋没してしまう様な粒径である と PIV の解析には適しません。

SRC では、比重が 1.0 に近いナイロンパウダー(粒径 4.1 µm) および反射率が高く粒径の大きな銀でコーティングされた中空 ガラス粒子 (粒径 $10.0~\mu$ m) を使用しています。後述する反射 光対策でカメラにレンズフィルターを取り付ける際には後者の 銀粒子を使用しています。

また、PIV 計測を行うには、計測を行う流体中に粒子を散布 しておく必要があります。しかしながら、水槽内すべてに粒子 を満たすのは難しいため、計測を行う範囲に限って粒子を散布 しています。粒子の散布は曳引車の前方に冶具(図-10)を設 置して散布しています。SRC では流れ場に影響がないように、 水面より少し上から水で溶いた粒子を散布しています。粒子が なければ計測精度が著しく悪化するため、毎航走散布して確認 しながら計測を行っています。



図-10 散布冶具

3.4 計測方法

PIV で計測精度を向上するには撮影画像を増やし平均値を求 めます。SRCでは1航走当たり約250枚の画像を撮影し、数 航走分の画像データ(約1000枚)を解析して、流速を求めて います。なお、5 孔ピトー管で PIV と同じ範囲の流場計測を行 うと、十数航走する必要があり、それを考えると PIV は時間効 率にも優れた計測装置であることがわかります。

ここで、画像を撮影する時間間隔 (△t) の設定には注意が必 要です。 △t が大きいと大半の 粒子がレーザシート幅を突き 抜けてしまい、全く別の粒子での解析となり大きな誤差の要因 となります。一方⊿t を短くしすぎれば粒子の移動量が小さく なり、これも誤差の要因にもなるため、試験速度に適した値に 設定する必要があります。

PIV の解析、粒子移動量の算出において代表的な手法、注意 点について下記に示します。

1) サブピクセル補間

PIV の画像解析では整数画素数単位の移動量を推定している ので精度は画像の画素分解能にも依存してしまいます。画素数 にも限界があるため、画素間を補間し二次元正規分布として連 続関数にした上で変位ベクトルを求めることで、誤差を減少さ せる手法 (サブピクセル補間) がとられます。

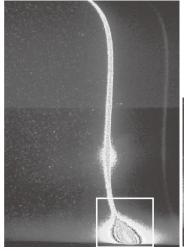
2) ピークロッキング

粒子像の径が1画素未満であると整数値でしか移動量を検出 することが出来ず、誤差の要因となってしまう。これをピーク ロッキングといい、粒子像の径は3画素以上であることが望ま れます。

3.5 反射抑制方法

PIV では強力なレーザ光をシート状に流場に照射して、粒子 を撮影します。その際、レーザシートの先に物体が存在すると レーザ光が物体表面で反射して、反射光として画像に映り込み、 解析の際の粒子の解像が困難になります。反射光が多く映り込 んだ船体断面計測時の撮影画像を図-11 に示します。船体下部 において大きく反射し、このような場合粒子が識別出来ず反射 している周囲の解析は正しく出来ません。船体や ESD、舵等の 物体を含む断面において PIV 計測を行おうとする場合、物体に レーザ光を照射する必要があり、避けられない問題となります。

反射光への対策としては、物体に黒色塗料を塗布して反射量 そのものを減らす方法と、蛍光塗料を塗布し、反射光に特定の 波長を持たせてカメラのレンズフィルターにより減衰させる方 法があります。SRC では両方の方式で比較試験を行った結果、 蛍光塗料を塗布する方法を用いています。



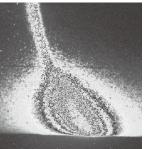


図-11 撮影画像

ただし、減衰はさせるものの、図-12に示すように、反射光 の影響は完全に除去出来ないため、物体表面のごく近傍(10mm 程度) の流速は計測出来ないという状況は原理的に不可避な部 分として残っています。

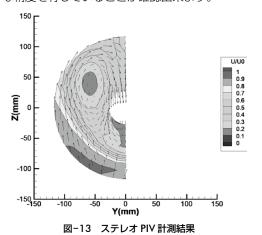


図-12 船体画像

4. 計測事例

1) 肥大船におけるプロペラ伴流分布計測

計測事例として、まず曳航状態における肥大船のプロペラ伴 流分布を PIV と 5 孔ピトー管で計測した例を紹介します。図-13 にステレオ PIV の結果を、図-14 に 5 孔ピトー管の計測結 果を示します。両者は概ね一致しており、ステレオ PIV は実用 上十分な精度を有していることが確認出来ます。



150 100 U/U0 1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 50 Z(mm) -100 -150 -150 Y(mm) 図-14 5 孔ピトー管計測結果

2) 舵断面計測結果

次に PIV による自航状態における舵まわりの流場計測結果を 図-15と図-16に示します。図-15は舵のみ、図-16は舵に 省エネ付加物が付いた状態の計測結果です。なお、右舷側は逆 ピッチのプロペラ、左右反転した舵付加物を用いて、左舷側に 右舷側の流れを再現し計測しています。計測プロペラ回転流に よる、左舷と右舷における流場の非対称性と舵フィンにより流 れが上下に分離されている様子が良くわかります。

5. 今後の課題

今後の技術的な課題の一つに反射の抑制があげられます。物 体近傍のおよそ 10mm は計測出来ていません。ESD の開発の ことを考慮すれば、より物体近傍まで計測出来るようにするこ とが課題となります。解決方法の一つに透明素材の導入があり

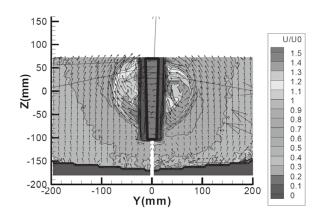


図-15 舵断面計測結果(舵)

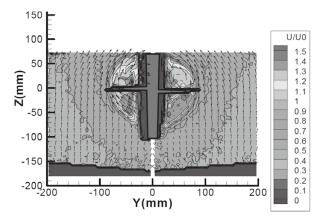


図-16 舵断面計測結果(舵 + 舵付加物)

ます²⁾。計測する船、プロペラ、ESD等を水に屈折率の近い素 材で製作できれば大きな反射の抑制につながるため、SRC でも 透明素材の導入を目指し検討しています。また、現状では平均 流場しか計測することが出来ず、乱れの大きい流場において、 瞬時の流れの変化を捉えることなどは困難です。調査検討を行 い、今後幅広いニーズに対応出来るようにと考えています。

SRC で装置を導入してから計測方法の確立や、他の計測方法 との比較を行い計測結果の妥当性等について主に行ってきまし た。今後は標準的な流場計測法の一つとなるように、準備時間 の短縮など、よりスムーズな計測も目指して開発を進めていき たいと考えています。

ここでご紹介したような PIV による流場計測にご興味のある 方は、是非ご連絡をいただければと思います。

参考資料

- 1) 第 14 回可視化フロンティア [PIV 講習会 2013] 可視化学 会資料
- 2) 「屈折率整合技術の水槽試験への応用―省エネダクト内部の 詳細流場計測法の開発-|濱田達也、平成30年度(第18回) 海上技術安全研究所研究発表会講演集

(試験センター技術部 白倉 浬)



造船設計ノート 高速艇の復原性と安定性(3)

はじめに

読者の対象を若手と考えているが、本論を含めこのまえがき も続けて読みたいという仁が居るので、改めて個人的な感想や 経験談を語ることが、これからの問題解決に際して少しでも役 立てば幸いかと思い、書くことにした。

私が造船に関わるようになってからかれこれ既に50年の月 日が流れている。学生の頃そういう先輩は仰ぎ見る存在に思え、 また、Naval Architect (NA) として大成したいと思って造船所 に就職し長い時間が過ぎたが、ここに至っても次々に新たな問 題が生じて尽きることを知らない。

本紙の発行は年末であるので、7年半前の3.11の東日本大 震災と原発事故、そして本年7月に起きた西日本の豪雨災害、 9月に関空などに被害をもたらした台風、続いて起こった北海 道の激甚地震はひょっとして読者の記憶から既に遠ざかってい るかもしれない。

自然災害は、年中日本のどこかで起こっているが、今年の大 惨事も身につまされるものがあった。そこで思い出すのは大学 時代に地学の先生が、「日本の地形を見てみれば毎年の自然災害 のなんと多い事か、それなのにこの現実をじっくりとみること なく、ろくに対策もせずに目先のことに囚われて人命を失って いる。諸君はこの事実を忘れないように…」と情熱をこめて言 われたことである。明治時代に日本にやってきた外国人が日本 の地形を見て、「日本の河川は欧州に比べればまるで滝のようだ … | という逸話も語り継がれている。

人生80年と言われる私たちの時空にこうした大惨事が起 きる度に、まるで天から降ってきた偶然の不幸のように感じ てしまうが、災害列島としてこの規模の自然災害はずっと繰 り返されてきたのであり、ある程度の予見とそれなりの対策 ができることでもあった。歴史にその記録は残り、大惨事を 経験した人々が後世へ警鐘を鳴らすことは、その都度行われ てきている。造船についての記憶にしても「ぼりばあ丸」、「か りふぉるにあ丸」の沈没や数年前の大型コンテナ船の折損事 故は先輩たちの問題で、遠い昔に起こったことだと思ってい るのかもしれないが、NAとしては総括した上で真の原因が どこにあったかを反芻することを怠ってはならない。

しかし、私達は朝三暮四を地で行き、米百俵の教えを忘れて いる。翻って災害に拘わらず戦後の日本の社会、組織は多かれ 少なかれ同じ状況で、起こった事実を総括せず、目前の生産と 利益追求ばかりで先達の教訓に倣って着実に未来に布石を打っ ていく気概など、端からなかったように思える。自戒を含めて 真面目に頑張ってきたつもりでも目先の生産に追われて時が進 み、定年を目前にして気が付けば NA はおろか自分がどういう 存在になり得たのか疑問を抱く仁も多いのではないだろうか。

人生の中で自己の職業をどう位置付けるかなどは人それぞ れの勝手であってチャンスと偶然がつきものであるが、組織 や体制に囚われず志を持って臨むものがあるならば、それな りのやり方もあるのではないだろうか。いつも思うのは、楽 にこなせたり、幸せを感じることができたりするのは父母を 始めとする先達のお陰であり、その逆はそのツケが回された のだと感じる。だから自分がこの世にある限り問題を先送り することなく後に続くものにはツケを回してならないと思っ て過ごしてきた。

こんな思いを抱きつつ、目前に与えられた仕事をこなすこと は当然のことながら、流れていく時間を自分のものとして、決 してなされるがまま受け身の対応に甘んぜず、その仕事の全体 スキームを理解し、誰がどういう意図で、目的でそれをやろう としているのかを把握して、ついでに周辺技術の理解と習得に 努めてきた。そしてその都度参考文献を含め自分なりのノート を作り、NA たらんとしてきた。既に手元に溢れた文献は後続 部隊のために全て寄贈しているので活用して欲しい。

実を言うとこの本論の内容である高速艇に対する実務は、若 き頃20代からのほんの数年しかないのだが、船種によらず現 在に至るまで折に触れ、NA としての興味を満たすため関連文 献を読み漁り、世の動向に歩調を合わせてきた。結果、造船現 場での経験も手伝い、どんな内容の仕事でも広く浅いかもしれ ないが、勘所を掴んでおよその命題には恐れなく見渡せるよう になったように思える。

仕事とは問題解決の連続であり、人材は受け身的に育成され るのを待つのではなく何事も自己啓発的に俯瞰的な視点をもっ てことに当たることが肝要で、対象は船であれ、車であれ、職 業が医者であれ商人であれ、政治家であろうとも人間が対象で ある以上対応方法は変わらないということではないだろうか。

要するに周辺の環境が少々悪くてもその気になって精進して いけばそれなりの成果は得られるのではないかと思うし、逆に 組織体としては将来を見据えた育成システムに対してもっと目 を向けることを考えるべきではないかと思う。解きやすい命題 ばかり追いかけて論文にして満足しているようでは先は暗い。 前回に記した BMT などは対象物を俯瞰して取りまとめができ る NA としての人材が育成されている。

既存の技術だけを駆使して生産量を上げてその手間賃を得る ような仕事に甘んぜず、常に先を見越していかなければならな い。世のニーズをキャッチし、シーズを蒔いて次の世代の開発 につなぐことを日頃から目指してもらいたいと思う。

セキュリティの高い社会を見るにつけ思うことは、業績をエ ビデンスで示せなくとも顕彰されなくとも、たとえ組織からゼ 口査定を受けようとも、各人が自己評価を高め、アンサングヒー ロー(Unsung Hero) たることに甘んじる心掛けを集団的に共 有されている社会が基本的にリスクを最小限に抑えることに繋 がるのではないかということである。日本の将来を考える時、 消極的に見えても先達が培ったこの国の良き伝統、文化を失っ てはならない。

隣国の中国は、既にスパコン、量子コンや 5G で世界をリー ドし、挙句は世界のデータベースを手中に収めようとしている ようにみえる。データを制する者は世界を制することを見通し ているようである。米国の GAFA+Mの5社の金融上の実力は、 日本のトップ5社の数倍にも達していることにも目を向けて無 視することは危険である。中国のアリババ、テンセントなども 同様である。一帯一路構想を見るにつけ鄭和を思い出すのは私 だけであろうか。国際ルールに倣う企業であるならば、その逆 手も考えておかねばならない。

10年以上前に当時の日本の最大の ODA 支援国に JICA の一 員として行った際に、先方の高官が言うには、「日本は金持ちで 助かるが支援に時間と手間がかかって困る、中国は希望の半分 も叶えてくれないがすぐに対応して何がしかを持ってくる。日 本は世界の、アジアの中でどういう理念と哲学をもって進もう としているのか見えない、そういう意味で存在感を感じない。 金が尽きれば『杜子春』(とは言わなかったが) と同じ運命を辿 るのではないかしと心配してくれた。

NA として生きようと考えている読者の皆さんも同じで、日 本が古来培ってきた倫理観や文化観に基づくものをベースに世 界を概観して理念と哲学を意識して存在感を示してもらいたい と思う。

組織的、行政的対応と個人的創意の調和を大切にして施策規 則、定説や発表された論文などは鵜呑みにせず疑問を持って検 証していくこと、常に目前のものだけでなく周辺をも把握して いく目を持つこと、そうすれば 10 年もせずに一流の NA にな ること間違いない。ヴィジョンを持ち、リテラシーを磨き存在 感を示していってもらいたい。

そこで今回は、ルール通り復原性が満足されているものでも、

航走時に不安定現象をきたす内容についてその検証結果を具体 的に紹介していこう。

1. 高速艇船型の航走時横不安定現象

1.1 不安定現象の概要

高速艇が、停止時に十分な復原性を有している場合でも、あ る船速以上になると横不安定現象を引き起こすことがあること は、古くは19世紀末にも既に経験されている[1]。近年、主と して欧米で、大型の実用艇に、より大型で高速化が要求されて 来るにつれ、この現象に対しての理解と対応策が従来以上に必 要とされるようになってきている。

一般に高速艇船型は高速時に船底からの揚力を活用する目 的が優先された結果、長さ/幅比は、一般に3から6程度の ものがその大半を占めており、コンテナ船、フェリー、客船 など通常の排水量型船型の船に比べて小さい。同時に、喫水 は浅く、乾舷は一般の排水量型船型に比して高く、なおかつ 軽量に造られている為、一般的にタイプシップに沿って寸法 を決定して行けば、ほとんどの場合に初期 GM は大きな値が 得られる。従って設計に際して、過去この点に注目する必要 は無かった。

しかし、停止時の復原性になんら問題の無い場合でも、ある 船速以上では、横傾斜を生じ左右に回頭したり、あるいは横傾 斜が増大してついには横転する危険性を生じたりする不安定現 象を呈することがあると指摘されている。また同じ船速であっ ても重心が上昇して、ある GM 値以下になると同じ現象が出現 することも指摘されている。このことは、最近になってより大 型化、高速化が進む中で特に問題点として浮上してきた。欧州 中心に建造が顕著な大型の高速カーフェリーや高速軍用艇など はその検討対象として考えられる。フルード数が低い場合でも、 旅客カーフェリーなどで上部構造物が大きく、船型が細長いば かりでなく、重心が高くなるため、GM 値が相対的に小さくな るようなものも対象となる。

こういう艇がある条件下では航走中不安定な現象を示すこと については、ある程度知られているものの、その研究成果の公 表された例はとても少なく、日本ではほとんど見当たらない。 近年、特にビルジ部分に丸みのある、いわゆる丸型船型の高速 艇において、同一船型で従来以上の高速域での試験や、あるい は上部構造物等の付加などの理由で重心が上昇した場合に経 験されており、未経験範囲での実艇を計画する場合に着目する べき点として指摘されている。しかし、個々の船型について試 験されているだけで、未だ汎用的な研究に至っているとは言え ないので、以下この問題について海外中心に公表されている文 献の内容や、私自身が研究したことも含めて紹介していくこと にする。

1.2 欧州での状況や日本の対応

復原性のチェックは、ルールにも規定されているように停 止時の GM や動的復原性を計算することで行われている。一 般に高速艇船型は排水量型の船型に比べ喫水が浅く、乾舷が 大きく所謂 I/ ▽が大きく必然的に GM も大きいため、ルー ルに示された内容を淡々とチェックすることだけで、初期復 原力にあまり気を遣うことはなく、航走時に不安定になるこ とがあることなどまるで無頓着に済ませていたのではないだ ろうか。

大型の高速艇で停止時には十分な復原力を有している場合で も船型によって定まるある船速以上の高速域で横不安定現象が 起こることを私が知ったのは海外の文献によってであった。モ ノハル型の高速艇船型において、安定航走が可能な船速に於い ても重心が上昇して値が小さくなると同じように横不安定を生 じることが報告されていた。

海外では1968年になってMarwood.W.J. and Baileyにより、 NPL の丸型シリーズ船型に対して L/B=5.41 のものが半滑走 域の高フルード数において横不安定を示すことが報告されてお り、既に模型実験によって設計上の限界値を示すチャートが提 案されている [2]。(Fig.1)

その後1978年にベルリン水槽においてMuller-Graf他 が、丸型の半排水量型高速艇模型を使用してまず L/B>6.5、 Fn>1.0 における実験を行い、ヒールを起こさない限界速力を 示すチャートを提案している [3]。(Fig.2)

また、Suhrbier、K.R. は 1978 年の RINA のシンポジウムに おいて同じく丸型の模型を使用して曳航試験だけでなくラジコ ンによる自航試験を実施し、ブローチング現象の観察を行い、 同時に航走時における GM 値の減少割合を示し、航走時のヒー ル増加対策としてスプレイレールの付加が有効であることを示 している。ここでの説明では、Fig.3の中央に示すスプレイレー ルは安定性に効果はなく、右に示す配置にすることで Fn>0.8 で効果があるとされている [4]。(Fig.3、4)

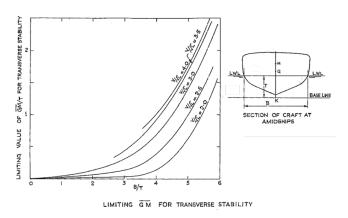


Fig.1 NPL 船型に対する安定性限界チャート [2]

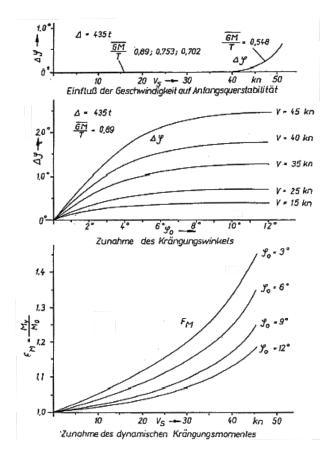


Fig.2 ベルリン水槽における安定性実験結果[3]

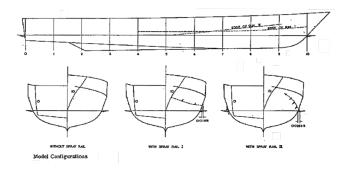
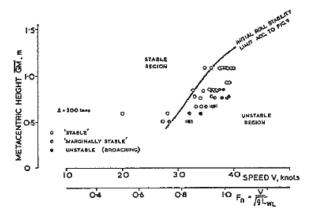


Fig.3 欧州での供試船型 [4]



Results of Stability Experiments with Radio-Controlled Model, without Spray Rails

Fig.4 ラジコンモデルによる安定性試験結果[4]

その他、Millward、A. 他は模型試験により航走時に不安定現 象を示す船底の圧力分布を計測し復原性曲線に及ぼす影響につ いて報告しており、Shao Shiming、Wang Yuncai は丸型、角 型の両船型に対して特にスプレイストリップの影響について実 験を行うなどのいくつかの報告がなされている[5]。手元に判 定するデータがない時はこれらの文献や図表でまずチェックし てみることも有効である。

国内でも、手がけていた大型の高速艇の計画を実行に移すに 際して、これらの海外の文献を参考に水槽試験によって航走時 の不安定現象の発現についての検証を行った。結果として停止 時に十分な復原力を有するとして設計された船型でも、あるフ ルード数以上の高速域では不安定現象を生じてついには転覆に 至る恐れがあることが分ったのである [6]。(Fig.5、6)

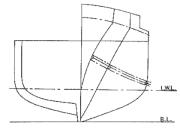
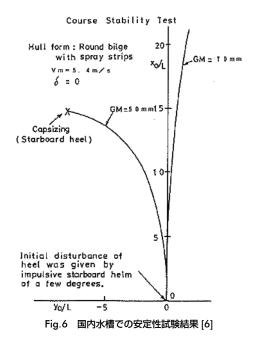


Fig.5 国内での共試船型 [6]



このように過去数十年余りの間に主として欧米での大型実用 艇に、より大型で高速化が要求されて来るにつれ、航走時の特 に横不安定現象問題についての関心が高まり、高速艇に対する 一般問題としての理解と対応策が従来以上に必要とされるよう になってきた。

但し、それぞれの対象とする船型に対して実験的、ないしは 理論的研究がなされつつあるが、基本設計段階で船型改良をな し得る設計指針が提案されているわけではない。

前述のように私も新しい丸型船型の実用艇を計画し、模型試 験を行っていく中でこのことを経験しているが、国内の大型実 用艇に適用されている角型船型を供試模型船にして速度、およ びGMの値を変化させて航走時の横不安定現象を検証し、その 上で供試模型船を母船型として船型の改良を試みた。次にその 概要を紹介しよう。

2. 水槽試験による航走時横不安定現象の再現例

2.1 横安定性試験結果

模型船の船型は Fig.7 に示す通りで、要目は、長さ:3.8m、幅: 0.63m、喫水:0.14m で、実船に対し縮尺は、1/12.3 のもの を使用した。なおこの船は Twin Screw で計画したものであり、 模型船には Shaft Bracket と舵は付けているがプロペラは装備 していない。

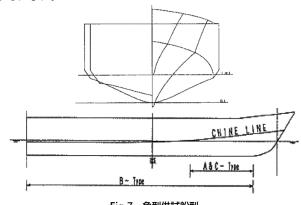


Fig.7 角型供試船型

採用した母船型は、高速での安定性は従来の高速艇船型に比 べて優れているが、当初の計画速度以上に速度を上げていくと、 本試験によって横不安定現象が現れることが確かめられた。

欧州では、水中フィンやアウトリガーなどを装備することで解 決を図ろうとするものも多いが、ここでは角型のモノハルの特性 を生かしたままで、スプレイストリップ (先に紹介した論文では スプレイレールと表現されているが、国内ではこの表現法の方が 一般的かもしれない) を付加し、さらに Fig.8 に示すように新た に考案したフラップチャインと称する波返し材の有無による効果 も確認することにして模型による水槽試験を実施した。試験は、 母船型をベースに GM を変化させ、速力を変化させてその変化 を見ることにした。

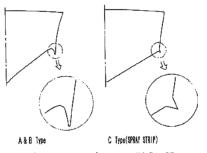


Fig.8 フラップチャイン形式3種

結果としてある速力以上では横傾斜していき、ついには横転し て、最終的には転覆に至るが、ヒール角がある一定値に整定した ものをまとめると Fig.9 のようになった。GM=60mm の時の船 体の浮上量、姿勢変化の時刻歴を示すと Fig. 10 のようになった。

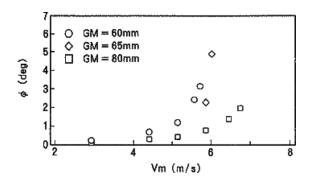


Fig.9 GM の大きさとヒール角の度合い

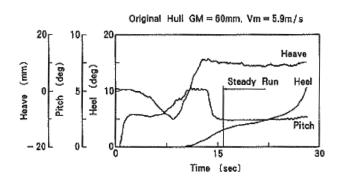


Fig.10 船体の浮上量と姿勢変化の時刻歴

上図を見ると、浮上量と姿勢角は定常航走状態になると一定 値に整定するが、ヒール角は徐々に増加してついには横転する ことが分る。本船型についての具体的な数値は以上のもので あったが、要するに船速が高いほど、GM が小さいほど起こり やすいことが判明した。

次に Fig.8 に示す 3 種のフラップチャインなるものを考案し て装備し、同様に試験を実施したところ、Fig.11 に示すように この不安定現象の発現を遅らせることができた。

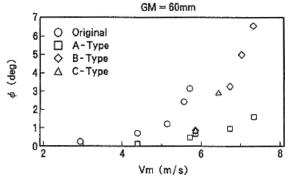


Fig.11 フラップチャインの効果

安定性に対する効果は A-Type が最も大きく、時刻歴をみて もヒールの増加は起こらず安定していることが分る。(Fig. 12)

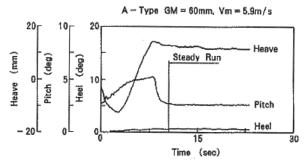


Fig.12 A-Type フラップチャイン装備の時刻歴

フラップチャインの装備により高速で船首部船底から這い上 がってくる水流がフラップチャインに当たった後、斜め下方に 返される反力により船体に上向きの力が生じていることが分っ た。横傾斜した場合、傾斜した側の反力の方が反対側より大き いため復原力が増大することになる。

次にこの結果から全自由度を拘束した模型で母船型と A-Type フラップチャインを装備した船型により横傾斜角を変化させな がらヒールモーメントとスウェイカの変化について試験した。 結果は、母船型では Fig.13 と Fig.15、A-type 船型では Fig.14 と Fig.16 の結果が得られた。

母船型では、不安定現象が起きていない速力でも横傾斜が増し た場合にヒールモーメントの変化はなく、何らかの外乱が生じた 場合の復原力がないことが伺え、速力を上げると傾斜する方向へ のヒールモーメントが増大しているので結果として横転すること になることが分る。A-Type 船型では傾斜と逆のヒールモーメント が働いており、傾斜に応じた復原力が生じていることが分る。

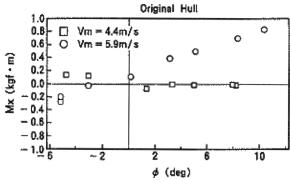


Fig.13 母船型のヒールモーメントの変化

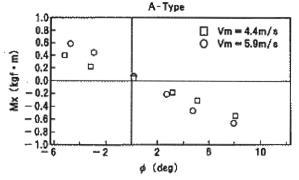


Fig.14 A-Type 船型のヒールモーメントの変化

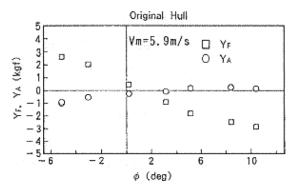


Fig.15 母船型のスウェイ力の変化

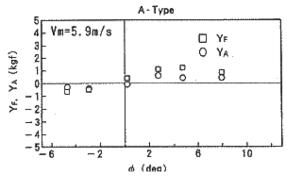


Fig.16 A-Type 船型のスウェイ力の変化

次にスウェイカについて観てみると、母船型では、横傾斜角 $\phi > 0$ (右傾斜) の場合、船首部スウェイカ YF は負 (右舷から 左舷向きの力)、船尾部 YA は殆どゼロであり、艇は左旋回する流体力が働いていることになる。 $\phi < 0$ の場合はその逆で ϕ が大きくなると旋回径が小さくなって艇に働く遠心力が大きくなって横傾斜はますます大きくなることになる。A-Type の場合はスウェイカは船首尾とも小さいが、多少横滑りするが、 ϕ を小さくする方向に旋回するので結果として安定航走が期待できることになる。

結果として、航走時不安定な母船型であっても A-Type のフラップチャインを装備することで高速時の横不安定現象の改善が期待できることが分ったのである。

2.2 抵抗試験結果

A-Type のフラップチャインにより、横安定性が改善されることが確認されたので、これが抵抗性能に及ぼす影響を調べると Fig. 17 が得られ、母船型にこのフラップチャインを付加しても抵抗性能はほとんど変化していないことが分った。

おわりに

以上、静止時に十分な復原力を有していてもある船速以上の高速域で横不安定現象を生じてついには転覆に至ることがあることを見てきた。逆に高速時に安定していても重心が上昇してGMが小さくなると同様に不安定となることも分かった。船首部に適当な波返し材を装備すると効果があることも分かった。

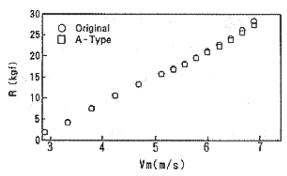


Fig.17 母船型と A-Type 船型との抵抗試験の差

それではどうしてこういう現象が生じるのか、次回はそのメ カニズムについて考えてみたいと思う。

参考文献:

- [1] Thornycroft, J.I., and Barnaby, S.W., "Torpedo-Boat Destroyers" Proc. Inst. Civil Engrs., 1895, Vol. 122.
- [2] W.J.Marwood and D.Bailey, "Transverse Stability of Round-Bottomed High Speed Craft Underway", NPL report 98, Oct. 1968
- [3] Muller-Graf, B., "Untersuchung der Querstabilitat schneller Rundspantboote bei Fahrt" (Investigation of the dynamic transverse stability of semi-displacement round bilge hulls at forward speed), Mitteilungen der Versuchsanstalt fur Wasserbau und Schiffbau, Heft Nr. 54, Nov. 1978, Berlin, pages 102-104
- [4] Suhribier, K.R., "An Experimental Investigation on the Roll Stability of Semi-Displacement Craft at Forward Speed", Symposium on Small Fast Warships and Security Vessels, RINA (1978)
- [5] Shao Shiming, Wang Yuncai, "The Influence of Chine Strips on Resistance and Motions of High-Speed Displacement Hull Forms", High Speed Surface Craft Vol. No. 20, January-February 1981, pages 46-51
- [6] Baba, E., Asai, S. and Toki, N., "A Simulation Study in Sway-Roll-Yaw Coupled Instability of Semi-Displacement Type High Speed Craft", Proceedings of the 2nd International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Part IV, The Society of Naval Architects of Japan, Tokyo Japan, 1982
- [7] 鷲尾祐秀、永松哲郎、貴島勝郎、"高速艇の横安定性の改良 に関する研究"、西武造船会会報第86号(平成5年8月)

(技術顧問 兼総合コンサルティング事業室長 鷲尾 祐秀)



総合コンサルティング事業室の 活動事例紹介

1. まえがき

当センターは、国内の海運・造船業界の現状に鑑み、及ばず ながら昨年総合コンサルティング事業室(総コン室)を発足さ せた (SRC ニュース No.100、2017/6)。その後、NK (NKCS) 殿とコラボする形で活動を展開している。

現在まで当センターの主力業務である船型関係の業務を中心 に、業界の各方面の方々からの様々なご相談に応じる形で体制 を構築しているところである。最近の活動の事例を紹介すると、 新たな船型開発業務を筆頭に、水槽試験全体に関する技術指導 業務、モジュールプラントの輸送に関するプロジェクトシッピ ングコーディネーション業務や、海運・造船業界の幹部候補生 対象のセミナー講師を始め各種委員会における委員の委嘱業務 なども請け負っている。また個別には、新規開発の船舶の方向 性やトラブルなどのご相談もお受けしている。加えてルール改 正に伴う、EEDIフェーズ3以降の対応船型の開発、SOx規制 対応のスクラバーレトロフィット関係業務の FS などについて も前向きに対応を始めているところである。

ここでは、実施中の新たな船型の改良業務の方法と事例につ いて以下ご紹介したい。

2. 実施中の船型改良の紹介

当センターでは、永年蓄積してきた船型試験の経験を造船業 界に還元するため、CFD 等の理論計算手法やニューラルネット ワーク等の研究成果を利用した船型改良のコンサルティングを 行ってきた。以下にその最新の例についてご紹介したい。

2.1 船型改良の手法

船型改良は、主に以下の二つの手法を用いて行う。

まずは SRC Tips (Tools for Initial Planning System) である。 SRC Tips は、SRC が独自に開発した船型初期設計システム

で、船舶の初期設計の 段階で有効な5つの ツールで構成されてい る。船型改良に主に使 われるのは、Sp (Ship Performance) および Op (Optimize) という 二つのツールである。

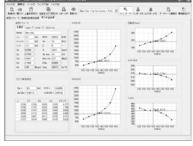


Fig.1 Tips Sp による馬力推定例

Sp はニューラルネッ トワークを使用して推 進性能と船体形状の関 係を結び付けたツール で、主要目、Cp、Cw カーブなどのパラメー 夕(ここでは船型パラ メータと呼ぶ)を利用

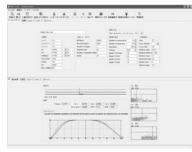


Fig.2 Tips Op による Cp カーブ最適化例

して、精度よくかつ効率的に船舶の推進性能を推定することが可 能である。Fig.1 は Sp の馬力推定画面の一例で、船型パラメータ を入力すればワンクリックでこのような馬力推定を行うことが可 能である。

Opは Sp で開発された性能推定法を用い、遺伝的アルゴリ ズムにより馬力が最小となるように船型パラメータを最適化す るツールである。Fig.2には、排水量一定の条件の元でのCpカー ブの最適化例を示している。原型の Cp カーブパラメータを入 力し最適化を開始すると、条件にもよるが 10 分程度で最適化 が終了し、最適 Cp カーブが表示される。

一方、Tips ではフレームラインの評価を行うことはできない。 このため、Tips で最適化された船型を用いてラフラインを作成 し、CFD により評価する。当センターでは LES 法による研究を進 める一方、海上技術安全研究所により開発された RANS 法による CFD Solver (NEPTUNE、SURF、NAGISA) を主に利用している。

以上のように豊富な水槽試験結果を用いて、これらのソルバー の計算結果を検証し、標準的な格子分割法、計算手法を定め、 それに基づいて計算された結果と水槽試験結果の相関を検討し、 より正確に船型を評価できるシステムを構築している。Fig.3 は 船型改良の過程で得られた船体表面圧力と船尾流線である。

船型改良に際しては、CFD 計算結果により得られる推進性能 (抵抗係数、自航要素、馬力) と合わせ、以上のような流場の情 報も貴重な資料となる。CFD 計算により与えられる流場情報を 参考に船型改良のポイントと方向を把握し、それに基づいて船

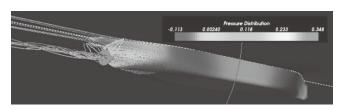


Fig.3 肥大船の船体表面圧力と船尾流線

型変更を進め、再度 CFD 計算を行う、という過程を繰り返し、 目標性能の達成を目指している。

SRC Tips は短時間で様々な検討が可能な非常に効率の高い 船型初期設計システムである。他方 CFD は、準備作業を含め ると日単位の時間はかかるが、船型改良に有益な詳細な流場情 報を可視化できるという特徴を持っている。このように当セン ターではそれぞれの性能推定手法の特徴を生かし、効率的に船 型改良を進める体制を整えている。

2.2 船型改良の手順

標準的な船型改良手順を以下に示す。

(1) 母船型、開発船型の情報入手

依頼者殿より、Type Shipとなる船型の情報(主要目、GA、 線図、現状性能等)を入手し、同時に開発船型の制約条件、目 標性能等をご提供いただく。

(2) 船型改良の可能性の検討

(1) の情報を元に、Tips Sp、Op 等を使用して、提供された 目標性能の実現可能性を判断する。また、パラメータスタディ、 最適化を行うことにより、最適な主要目等の提案、制約条件に ついてのアドバイス等を行う。

(3) 開発目標の設定

以上の検討を元に依頼者殿と協議の上、当該プロジェクトの 目標性能、制約条件(主要目、燃費、EEDI値、保証速力等々) を設定する。

(4) 船型改良と実用性の確認

Type Ship のデータと与えられた制約条件を用いて Tips Op に より、目標性能を満たす船型を数隻設計する。これらの船型の 性能を Tips Sp、CFD により確認し、最良のものを依頼者殿に提 供し、機関室、Tank や Hold の配置、容積等をチェックいただい た結果のフィードバックを受け、必要な船型の変更、改良を重ね ていく。このプロセスを数回繰り返し、最終船型を決定する。

(5) 水槽試験による性能確認

依頼者殿に確認していただいた最終船型により模型船を製作 し、水槽試験を行う。水槽試験結果より実船の性能を推定し、 要求性能を満たしているか確認するとともに、EEDIを計算す るために必要なデータを確定する。模型船-実船間の性能の相 関を表わす係数 (Δ CF、Wake Ratio)、実船プロペラ性能等は 依頼者殿より指定することが可能である。ご指定が無い場合は SRC 標準の手法で計算し、実船の性能を推定することになる。

EEDI認証を行うためには、EEDI状態で試運転を行う船を除き、 最低2載貨状態(EEDI状態、試運転状態)の抵抗・自航試験を行 う必要がある。この他にプロペラ設計を行うために役立つプロ ペラ面の流場を計測する試験(伴流計測)を行うこともある。

2.3 船型改良例

船型改良の最近での主な実績を Fig.4 に示す。

船種	長さ	改善率
貨物船	約 140m	約 13%
コンテナ船	約 150m	約11%
プロダクト船	約 170m	約 13%
貨物船	約 100m	約 8%
バラ積み船	約 180m	約 12%
ガス船	約 100m	約 32%
バラ積み船	約 180m	約 2%
ケミカル船	約 130m	約 2%
ケミカル船	約 120m	進行中

Fig.4 船型改良の実績

ここに示した実績は全て平水中の推進性能を改良したもので ある。個々の船型では制約条件は異なるため、厳しい条件から 比較的緩やかなものまでさまざまなものがある。このため改善 率は最小2%から最大30%以上までかなりのバラツキがあるが、 平均すると約12%の改善が実現されていることが分る。但し、 改善率が低いものは、ベースとした船型そのものが元々改良さ れた優秀船型によったものであることに起因する。このように主 要目やプロペラ直径、主機の変更がある程度許されるような柔 軟な制約条件であれば、現在運航している船型でも 10% 以上の 推進性能改善は十分可能であると考えている。今後は平水中の みならず、波浪中性能の改善を合わせ、より実海域での運航条 件に近い状態での船型改良を進めていきたいと考えている。

3. 今後の活動

日本の造船業界は、この10年で国内の他の業種に比べて世 代間ギャップがとても大きくなり、多種多様な船型に対する経 験者も乏しくなっており、次世代への引継ぎに困難な問題を抱 えている。元より総コン室は、開発・設計を中心として業界に おいて補完的な役割を果たしていきたいと考えている。それに はまず蓄積されたデータを後続部隊が即使える形で整備してお かねばならないと考えている。

幸いなことに日本の業界には多くの先達によって既に輝かし い実績データが山ほど存在するが、これらビッグデータともい える蓄積された遺産を容易に活用できる形で次世代を引き継ぐ 若者たちへ引き継いでいくことが肝要ではないかと考えている。

船型データについては上記で示されたように当センターで実 船として建造された実績のある船型群約 4,000 隻に及ぶデータ を無次元化して線図創生をはじめとしたシステムを構築して活 用できている。このシステムにリンクする形で、次世代を担う 者たちが、性能計算から、構造設計、船体、機関、電気の各部 艤装設計が一貫してこなせるシステムを構築しておくべきでは ないかと検討を進めている。ご要請に応じて各方面の出張講義 などの準備も進めているので是非お声をかけて頂きたい。

(技術顧問 兼総合コンサルティング事業室長 鷲尾 祐秀 試験センター技術部長 金井 健)

Topics

・般財団法人 日本造船技術センター 技術セミナーの開催

一般財団法人日本造船技術センターは、11月12日(月)広島市内において、「平成30年 度 一般財団法人日本造船技術センター 技術セミナー」を開催し、全国各地の造船会社、舶 用機器メーカー、海運事業者などから、約160人の参加を頂きました。

本年のセミナーでは、外部講師の方々に以下とおりご講演を頂きました。また、当センター からは、船型開発に関する支援の取組等について紹介致しました。

(1) IMO の海洋環境規制の動向

国際海事機関 (IMO) 海洋環境保護委員会 (MEPC) 議長 国土交通省海事局 斎藤船舶産業課長

代理: 国土交诵省海事局海洋·環境政策課 今井環境渉外室長

(2) EEDI 予備認証試験に関する国際機関の動向

ITTC/AC (国際試験水槽会議 / 評議会) 副議長

ジャパンマリンユナイテッド (株) 技術研究所流体研究グループ 大森主幹

(3) 2020 年からの SOx 規制の強化

国土交通省海事局海洋·環境政策課 今井環境渉外室長



(4) 新たな動力システムの開発

(国研)海上·港湾·航空技術研究所 海上技術安全研究所 平田環境:動力系長

(5) 産業車両分野への FC (水素燃料電池) の展開

(株)豊田自動織機技術・開発本部開発第二部 鈴木グループ長 代理:(株)豊田自動織機 トヨタ L&F カンパニ 産車用 FC プロジェクト 吉川主査

(6) 造船作業を支援する AR (拡張現実) 技術の開発

(国研)海上·港湾·航空技術研究所 海上技術安全研究所構造基盤技術系 松尾主任研究員

会場は満席となり、参加者の皆様には講演に熱心に耳を傾け、積極的に質疑にも参加頂き、盛況裡にセミナーを終了することができましたこと感謝申 し上げます。更に、本セミナーの開催にあたり、ご多忙中にもかかわらず、ご講演を頂きました講師の皆様方、そして、ご協力を賜りました中国運輸局 殿に心より感謝申し上げます。 (企画室 田中 信行)

委員会等

● 第20回 理事会(通常)

平成30年6月5日 日本造船技術センター役員会議室

第1回SPCG委員会

平成30年6月13日 日本造船技術センター大会議室

● 第142回HRC委員会

平成30年6月13日 日本造船技術センター大会議室

● 第13回 評議員会(定時)

平成30年6月27日 日本造船技術センター役員会議室

● 第2回SPCG委員会

平成30年10月11日 日本造船技術センター大会議室

第143回HRC委員会

平成30年10月11日 日本造船技術センター大会議室

編集後記

今年は自然災害が多かったような気がしたので、ネットで調べてみました。 そして、実際にその通りであったあったことを再認識しました。特に、地震 と台風による災害が多くありました。

地震で言うと、4月9日に島根県西部地震、6月18日に大阪府北部地震、 9月6日には北海道胆振東部地震が発生していました。特に、胆振東部地震 の被害は甚大で41名もの方が亡くなっています。

しかし、台風の被害はもっと甚大でした。台風 7 号の影響により 6 月下旬 から7月上旬に西日本では記録的な豪雨となり、広島県を中心に200名を超 える犠牲者が出たのをはじめ、7月28日には逆走台風の影響で伊豆半島の東 海岸で被害が発生、ホテルの海に面したガラスが波で割れてしまったことは ニュースで取り上げられました。更に9月4日には紀伊水道を北上した台風 の影響で高潮が発生し、関空が水浸しになってしまったりしました。

地震の方は分かりませんが、台風の方は近年言われている地球温暖化との関 係があるのかもしれません。「温暖化の影響で海水温が高くなったために、台 風が発達しやすく、しかも長い時間強い勢力を維持できる。」と説明されると、 なるほどと、素直に納得してしまいます。

温室効果ガスに対する排出規制として船舶の場合には EEDI 規制が行われて います。2025年に始まる基準値からの30%削減という目標は、規制が議論 されていた頃は途方もない目標のように思われていましたが、こうした自然 災害の続発を目のあたりにすると、改めて、自分自身の事として真剣に取り 組まなければならないと考えるようになりました。

今年は本当に自然災害が多い年でした。ネットを見ると、戌年は自然災害 が多い年になる傾向があるということをお正月にウエザーニュースが流して いたようです。残念ながら、実際、この予想記事のとおりになってしまった わけです。そして、この編集後記を書いている時点では未だ1か月が残され ているので、できれば残された 1 か月は自然災害がなく、無事に今年の終わ りを迎えることができることを祈るばかりです。

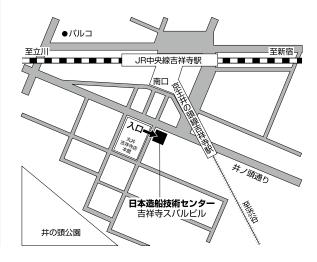
申し込みの受付

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。

〒 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 TEL 0422-40-2820

地図





Shipbuilding Research Centre of Japan

一般財団法人 日本造船技術センター

http://www.srcj.or.jp