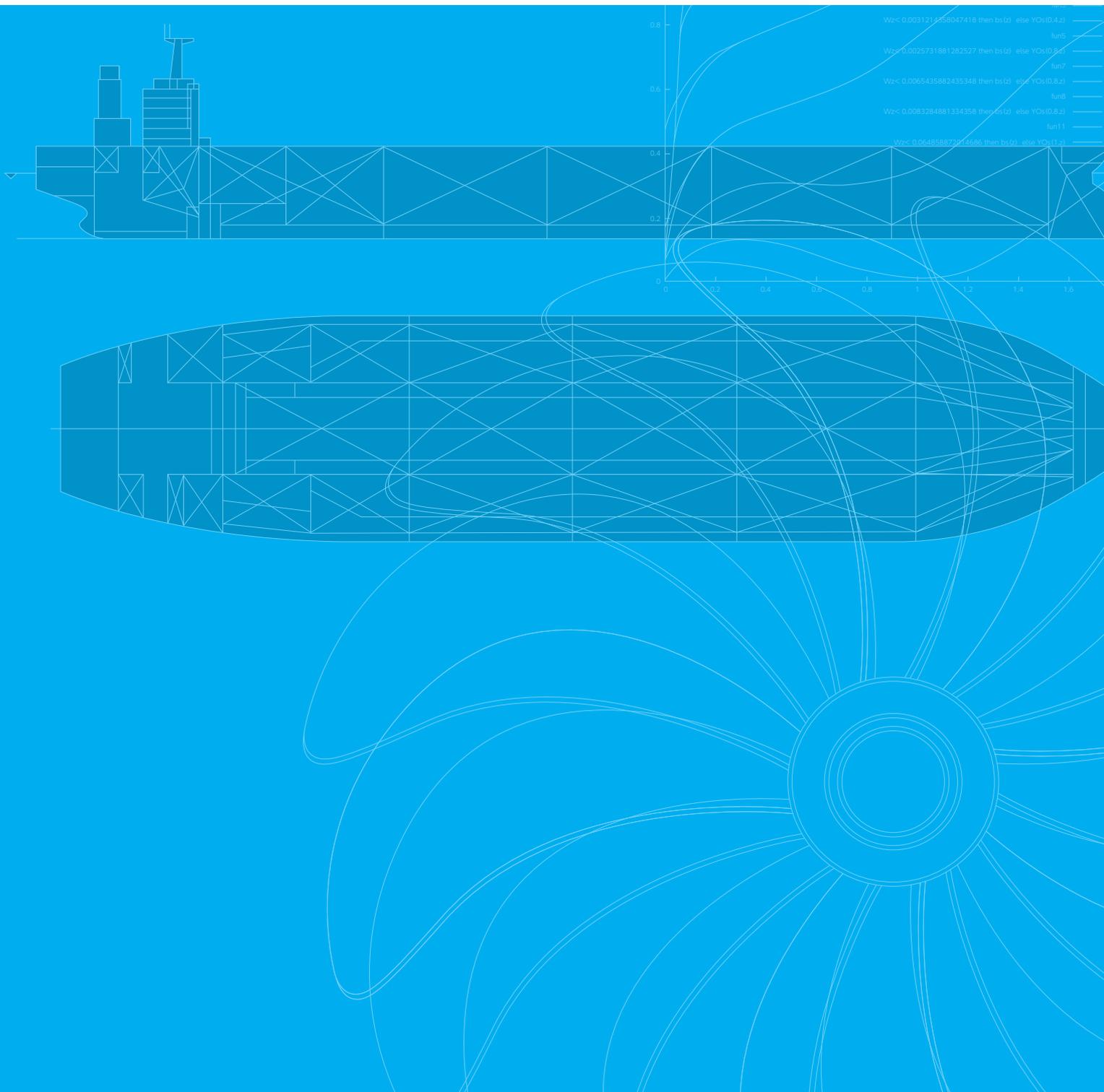


造船の最先端を見つめる技術情報誌

# SRC NEWS

The Shipbuilding Research Centre of Japan

No.93  
DEC 2013



## CONTENTS



萩市「はぎおおしま」  
－萩商港と大島を結ぶ最新フェリー－

3



3Dプリンタの導入

5



水槽試験へのISO9001の導入

7



造船技術センターで実施しているCO<sub>2</sub>削減技術に  
関する共同研究の結果について(その2)

8



サモア国国際海運貨物輸送力増強計画  
プロジェクト発掘・形成調査

12



JICA課題別研修  
「海事国際条約及び船舶安全検査」について

15



SRC資料室(13) 最適船型(その4)

16



肩張り度の定義の比較

17



一般財団法人 日本造船技術センター技術セミナーの開催

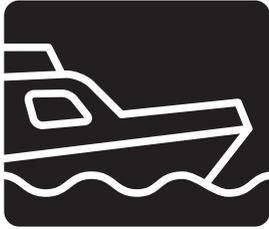
19



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 TEL 0422-40-2820 FAX 0422-40-2827



# 萩市「はぎおおしま」 —萩商港と大島を結ぶ最新フェリー—



航走写真

## 1. はじめに

風光明媚な自然と歴史的遺産を有し、明治維新の傑物を輩出した山口県萩市は、日本海に4つの有人島を有しており、うち3島に定期船が就航しております。この中で、萩商港から北東5マイルに浮かぶ大島は、住民約1,000人の漁業と農業中心の島で、通勤、通学及び通院の生活航路として貨客船「たちばな2」が就航しておりましたが、老朽化に伴って代船の登場が待ち望まれていました。萩市では、平成22年度にフェリー型の代船建造を決定され、公募方式（コンペ方式）にて、同航路にふさわしい船を造船各社に求め、応募者の中からフェリーに多くの実績を持つ三菱重工業株式会社を選定されました。

本船の建造は平成23年～平成24年度の2年に渡って行われました。本船は平成25年3月21日に引渡され、現在萩～大島を結ぶ航路に就役しております。

当センターでは、平成23年4月から2年間に渡って、本船の設計コンペ支援業務及び建造監理業務を担当致しました。

以下に本船の概要を紹介致します。

## 2. 本船の基本コンセプト

本船の建造に当たり、萩市殿が要望された事項は以下のとおりです。

- (1) 旅客は150人とし、椅子席と座席を設けること。  
また、バリアフリー設備を設けること。

- (2) 船尾に閉鎖した車両区画を設け、2トラック4台を搭載できること。
- (3) 船尾の形状は可動橋に合致したものとすること。  
(萩港は現状の棧橋を使用、大島港は新造の棧橋とする。)
- (4) 冬季の日本海の波浪に耐え、安全に運航できる船型であること。
- (5) 離着岸を容易にするためのバウスラスタを装備し、航行中の減揺のためのフィンスタビライザーを設けること。
- (6) 航海速力は14ノット以上とし、デザインは萩市のイメージを考慮したものとすること。

## 3. 本船の概要

### (1) 一般配置等

一般配置は、2甲板（上甲板）下に設けた1甲板に、前部よりバウスラスタ室、空調機室、船員室、客室C、主機室、補機室、空所及び舵取機室を配置し、2甲板上は、前部より、甲板倉庫、油圧ポンプ室、客室A、客室B及び車両区画としています。第3甲板上には操舵室を設け、その後部は展望席としています。

主機室には中速ディーゼル2基を配し、補機室には発電機2基と主配電盤を配置しております。推進方式は2基2軸方式とし、吊下式の舵を2組装備しております。減揺装置としては、非引込式のフィンスタビライザーを補機室に1対設けております。

規則上では、防火構造規則、船舶区画規程等、小型のフェリーとしての厳しい基準を各部の配置を工夫することにより、満足させております。

## (2) 主要目

船 質	鋼	航行区域	限定沿海区域
全 長	45.0 m	航海速度	14 ノット
垂線間長	41.00 m	搭載人員 乗組員	8 名
幅 (型)	9.00 m	旅 客	150 名
深 さ(型)	3.90 m	合 計	158 名
計画満載喫水(型)	2.48 m	車両搭載能力(後部車両区画)	
総トン数	323 トン	2tトラック	4 台
資 格	JG第2種船		

## (3) 主要装備

主機関 中速ディーゼル機関	ITV監視装置	1式
(出力552kW×2) 2基	(各客室、機関室、暴露部)	
発電機 150kVA	航海計器	1式
2基	GPSコンパス	1台
推進器 固定ピッチプロペラ	レーダー	1台
2基	DGPS航法装置	1式
バウスラスタ(推力:3t)	旋回窓	2台
1基	探照灯	1台
フィンスタビライザ	(250W メタルハライド)	
1式		
操舵装置(オートパイロット付)		
1式		
吊下式舵		
2枚		
CO <sub>2</sub> 消火装置(機関室)		
1式		
スプリンクラー消火装置		
1式		
(車両区画)		

## 4. 特徴

### (1) 快適な客室

本船には、第2甲板に客室A及び客室B、第1甲板には客室Cの計3室の客室を配置しています。客層に高齢者が多いことを考慮して、客室Aと客室Cは座席、客室Bはリクライニング付の椅子席とし、後部はバリアフリー席6名分を確保しています。便所は、紳士用、婦人用各1箇所の他、バリアフリー便所を設けています。インテリアとしては、客室3室共、暖色系と寒色系を合わせた落ち着いた内装とし、客室Bの区画の照明はダウンライトを用いて十分な照度を保持しております。また、操舵室の後部は展望室として、好天の日には美しい日本海に浮かぶ島々を眺めることができるようになっています。

### (2) 高速性・利便性

萩～大島間の航路を短時間で結べるように航海速度は14ノットとし、乗客の利便性を高めております。離接岸は、2軸2舵とバウスラスタを用いて短時間で出来るようにしており、車両の迅速な積降しと乗客の速やかな乗下船を可能にしております。

### (3) 車両搭載能力

本船の第2甲板後部は車両区画として、2tトラックを4台搭載できるように係船金物を配置しております。後部のドアは油圧の跳ね上げ式1枚扉として迅速な車両の乗下船を可能にしております。

### (4) その他

本船は、年間のうち約1ヶ月間、萩の沖合26マイルに位置する見島航路に就役するため、冬季の日本海の波浪に耐えられるよう、構造強度に十分配慮し、耐航性に優れた船型を採用しております。

## 5. 本船主要機器写真

本船の主要部の写真を以下に示します。



操舵室



客室A



客室B



客室C



機関室



補機室



車両甲板



車両区画後部扉

## 6. おわりに

本船の設計コンペ、建造監理に当たっては、船主である萩市殿に終始適切なご指導を戴き、運航者である萩海運有限会社殿には使用上の適切なアドバイスを戴きました。心より感謝申し上げます。また、建造に当たられた三菱重工業株式会社下関造船所殿には、フェリー専門ヤードとしての高い設計力と高度な建造能力を駆使して本船建造に尽力されたことを付記いたします。

(海洋技術部 石井哲郎)



# 3Dプリンタの導入

## 1. はじめに

ラピッドプロトタイピング(rapid prototyping)の1種として発展した3Dプリンタは、現在では製造業を中心に教育、先端研究等幅広い分野に普及しています。日本造船技術センター(以下SRC)では、昨年度3Dプリンタを導入し、水槽試験時に使用する省エネ付加物等の製作に活用してまいりました。今回は、3Dプリンタの原理と共に今回SRCで導入した機器と導入事例についてご紹介したいと思います。

## 2. 3Dプリンタの原理

3Dプリンタとは、ラピッドプロトタイピングの中でも小型且つ安価な装置のことを指します。ラピッドプロトタイピングとは、製品開発において、試作品(prototype)を高速(rapid)に製造する技術の総称です。積層造形法と呼ばれ、3次元データを細かな断面間隔でスライスし、スライスした断面形状を積み重ねて製作するという製造手法は共通するものの、使用する材料や断面形状の製作方法により、表1のような様々な装置が開発されています。

表-1 ラピッドプロトタイピングの種類<sup>1)</sup>

光造形法	紫外線を照射することにより硬化する液体樹脂を用いた方法。
粉末焼結法	素材粉末を層状に敷詰め、高出力のレーザービーム等で直接焼結する方法。ナイロン等の樹脂系材料や青銅、銅、ニッケル、チタンといった金属系材料等が利用できる。
粉末固着法	インクジェットプリンタのように微小な接着剤を粉に吹きかけながら造形する方法。澱粉や石膏等の材料が利用されることが多い。
熱溶解積層法	熱可塑性樹脂を高温で溶かし、積層させることで立体形状を作成する方法。ABS樹脂、ポリカーボネート樹脂等が利用できる。
紙積層法	紙を切抜いて積み重ねることでモデルを作る方法。スライスデータに沿って紙を切抜き、熱を加えながら接着剤を使用して押付け積層させる。木材の代わりに用いることもある。
インクジェット法	インクジェットプリンタと同じ要領で、ヘッド部から微小な樹脂、ワックスや接着剤等の液滴を噴射、又は噴射し紫外線を照射して造形する方法。

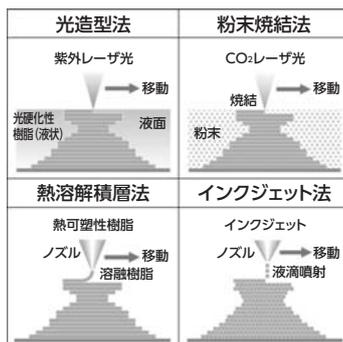


図-1 ラピッドプロトタイピングの造形方法<sup>2)</sup>

## 3. 導入機器の紹介

導入機器は、造形精度や造形後の処理の簡便さ等を考慮し、KEYENCE社製のAGILISTA-3100としました。導入機器の仕様を表2に、外形を図2に示します。

図3の模式図のように造形物と造形ステージの間に空間がある場合、造形物が落下してしまい造形できません。造形時一時的にサポート材で土台を作り、造形していきます。造形終了後、不要になったサポート材を除去します。AGILISTA-3100は水につけるだけでサポート材を除去でき、後処理の手間がかかりません。その様子を図4に示します。また、積層ピッチが15 $\mu$ mと高精細であり、翼形状の端部等の薄肉形状も十分対応可能です。導入検討時に試作造形した翼形状の写真を図5、図6に示します。

表-2 導入機器仕様<sup>3)</sup>

型式	AGILISTA-3100	
造形方式	インクジェット方式	
造形サイズ	297×210×200mm (A4サイズ×200mm)	
解像度	635×400dpi	
Z解像度	高分解能	15 $\mu$ m
	標準	20 $\mu$ m
モデル材	AR-M2 (透明樹脂)	
サポート材	AR-S1 (水溶性樹脂)	
外形寸法	W944×D700×H1360mm	

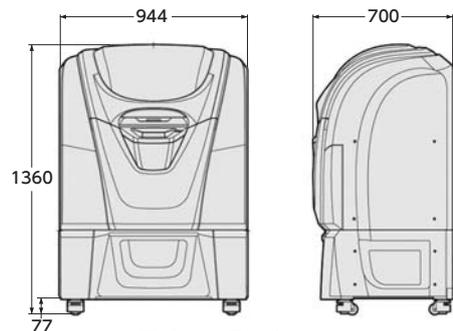


図-2 外形寸法<sup>3)</sup>



図-3 モデル材とサポート材<sup>3)</sup>



図-4 後処理状況(サポート材の除去)<sup>3)</sup>

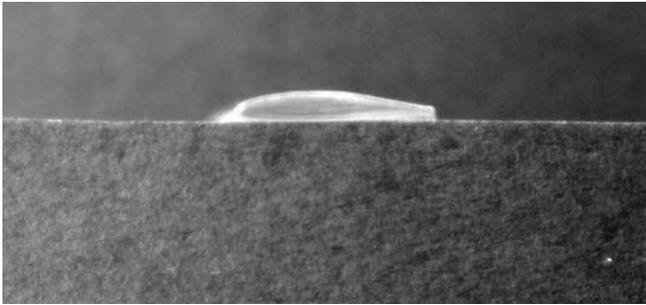


図-5 翼断面形状(上面)

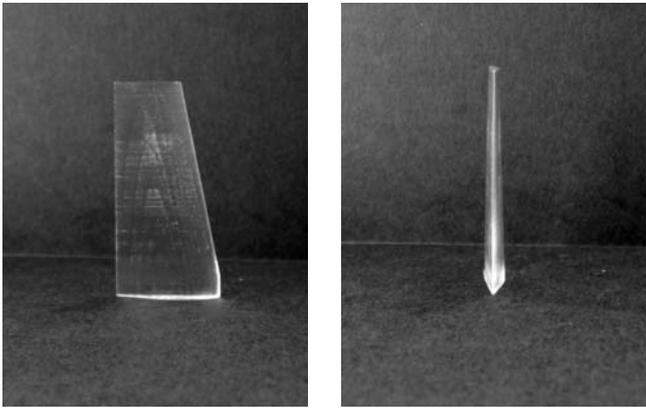


図-6 翼断面形状(側面)

試作品として自航試験用のプロペラを造形してみましたのでご紹介します(写真:図7~図8)。造形サイズは、 $x \times y \times z$ : 約165mm $\times$ 約165mm $\times$ 約23mmです。造形したプロペラは、手で曲げると0.8R付近から翼先端にかけて撓む程度の強度でした。強度と性能確認を目的に、サポート材除去処理後POT試験を行いました。POT試験ではプロペラの破損等はありませんでしたが、POT試験後に行ったボラード試験の際、翼の一部に損傷が見られました。POT試験については問題なく計測できましたので、試験精度については通常使用しているアルミ製の同一プロペラの試験結果との検証を行っていきます。

今後もお客様のあらゆるご要望にお答えしていくべく挑戦を続けていきたいと思います。(試験センター戸谷祐季)

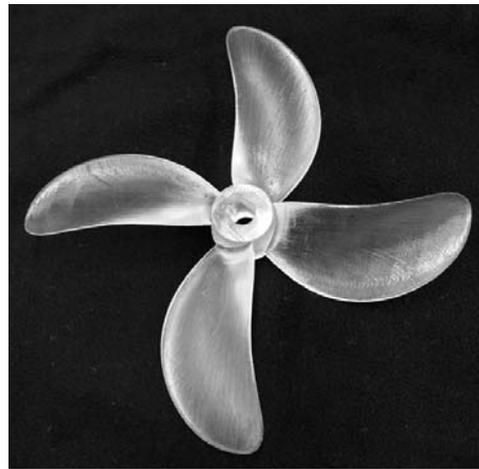


図-7 試作プロペラ全体像

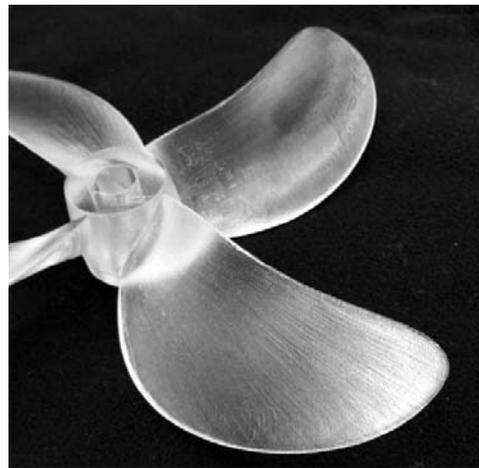


図-8 試作プロペラ翼端部

## 4. 導入事例

3Dプリンタ導入後、試作品を含め90ケース以上を造形し水槽試験に活用してまいりました。造形実績を表3に示します。表中の“その他”とは、ダクト型やステーター型といった船体に取り付けるタイプの省エネ付加物有り無し試験を実施する際、裸殻に戻すために使用するダミーの船体ブロック等を分類しています。

表-3 造形実績

形状タイプ	造形ケース数
バルブ型	14
舵フィン型	4
ステーター型	23
ダクト型	12
船体フィン型	4
試作品	15
その他	21
計	93

### 参考資料

- 1) ICI Design Institute Inc./ラピッドプロトタイプングの種類  
<http://www.ici-design.co.jp/service/RPmodel.html>
- 2) インクル株式会社HP/積層RP モデルの造形方法  
<http://www.incle.co.jp/rpstack2.html>
- 3) KEYENCE 株式会社HP/Agilista  
<http://www.agilista.jp/>
- 4) 株式会社オブジェクト・ジャパン/インクジェットベースの3Dプリンタを活用したラピッドプロトタイプングの新たな前進  
[http://jp.objet.com/Portals/15/PDF/WhitePaper/WTP\\_new%20materials\\_template\\_120610a\\_JP.pdf](http://jp.objet.com/Portals/15/PDF/WhitePaper/WTP_new%20materials_template_120610a_JP.pdf)



# 水槽試験へのISO9001の導入

## 1. はじめに

本年1月に発効したEEDI規制では、個船のEEDI値を計算する過程で、75%MCRにおける速力を水槽試験の結果より推定することが求められています。このとき重要になる水槽試験の品質については、国際海事機関(IMO)の「EEDI検査・認証ガイドライン」において、“ISO9001もしくは同等”の品質管理を行っていることが要求されており、そのため、EEDI認証のための水槽試験を行う試験機関には、ISO9001認証の取得が強く推奨されています。

ISO9001とは国際標準化機構が定める「製品」の品質を保証するための「仕組み」に対する国際規格です。SRCでは従来より水槽試験の品質(=精度)に関わる努力を積み上げており、品質確保は自明のことと自負しています。従って国内の他の多くの水槽と同様に改めてISO9001を取得する必要はありませんでした。しかし以上の情勢に鑑み、水槽試験部門についてもISO9001を取得することにし、この度NKより認定されましたので以下ご紹介いたします。

## 2. ISO9001認証の範囲

SRCでは水槽試験部門のISO9001取得に先立って、海洋技術部および海外協力部がそれぞれ以下の範囲でISO9001の認証を取得しています。

海洋技術部：船舶等の基本設計、建造管理、復原性計算  
および調査研究業務

海外協力部：船舶等に関する経済協力・技術協力プロジェクトの  
技術コンサルティングおよび研修業務

水槽試験部門では、これらに加えて以下の項目を認証範囲に追加しました。

試験センター：抵抗試験、自航試験、プロペラ単独性能試験

これによりEEDI認証に必要な船舶の速力-馬力カーブを推定するために十分な水槽試験について、ISO9001を取得したことになります。

## 3. 経緯

昨年10月にはISO9001取得の方針が正式に示され、主として試験センター職員より選抜された9人からなる推進チームが、活動をはじめました。推進チーム発足から1ヶ月程をISO9001と水槽業務の関わりの調査、先行して取得している2部門のISO文書の調査

などに費やしました。それを受け、12月には品質マニュアルをはじめとしたISO文書の作成に取りかかり、並行して内部監査員の養成、水槽試験担当者への周知などを行っています。その後、取得に必要な一定形式の書類の作成、NKへの申請作業などを経て、3月末にISO9001導入説明会を行い、品質目標、品質方針を公表し、同時に品質管理システムの試行を行うことを宣言しました。4月一杯をかけた数例の試行の後、内部監査、マネージメントレビューを5月末までに終え、6月にはISO9001の審査にこぎつけました。NKによる審査の結果、細かい点でいくつかの是正勧告が行われたものの、それらは認証に対し大きな問題を伴うものではなく、審査後数週間でそれぞれ適正な是正処置を完了しています。この結果7月25日付けで図-1に示すISO9001の登録証書が交付されました。

## 4. おわりに

ISO9001取得のベースになったものはSRCが永年培ってきた水槽試験業務に対する精度管理のノウハウです。ISO9001取得に際しては、それらをISO9001の概念に合う形式の文書に変換し、システム化したに過ぎません。しかしシステム化することにより、SRCの精度管理のノウハウがより有効に機能するであろうことが実感されています。

今後、ISO9001を実際に運用していくことにより、より一層の精度、顧客満足度の向上に努めていきたいと考えています。

(試験センター技術部長 金井 健)

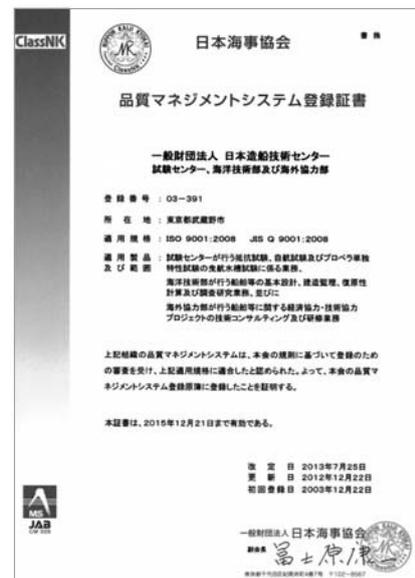
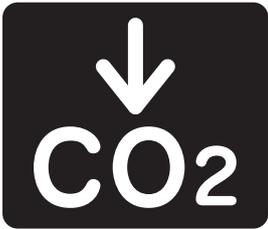


図-1 ISO9001登録証書



# 造船技術センターで実施している CO<sub>2</sub>削減技術に関する共同研究の 結果について(その2)

## 1. はじめに

船舶からのCO<sub>2</sub>排出量の30%削減を目標とする国土交通省の「船舶からのCO<sub>2</sub>削減技術開発支援事業」(平成21年度から4か年実施)において採択された技術開発プロジェクトのうち、当センターが造船所等と共同研究を実施した課題について、前号に引き続き紹介します。

## 2. 空気潤滑法の開発と実船計測による検証

空気潤滑法とは、航行中の船舶の船底から空気を吹き出すことによって船底に気泡流を発生させ、船体と海水間の摩擦抵抗を減らすCO<sub>2</sub>削減技術です。

船舶が航行時に海水から受ける抵抗は、摩擦抵抗の割合が大きく、特に肥大船型(石油を運搬するタンカー、穀物・鉱石・セメントなどを運搬するばら積み貨物船等)では、やせ型船型(コンテナ船や自動車船)より全抵抗に占める摩擦抵抗の割合が大きく、70%以上となります。空気潤滑法は全抵抗の大部分を占める摩擦抵抗を減らす技術であるため、大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できます。当センターでは、造船所等と共同研究により大型外航船舶及び小型外航船舶に空気潤滑システムを搭載し、実船計測を実施しました。

### 2-1 大型外航船舶への適用 (主機掃気バイパス方式空気潤滑法)

共同研究者：(株)大島造船所、日本郵船(株)、(株)MTI



図2-1 石炭運搬船「双洋」

石炭運搬船「双洋」(図2-1、全長235m、船幅43m、満載喫水12.981m、載荷重量91,443トン)に主機掃気バイパス方式空気潤滑システムを搭載し、実航行で効果を確認しました。

### 2-1-1 主機掃気バイパス方式

空気潤滑法によるCO<sub>2</sub>削減の正味の効果は、次の①と②の差となります。

- ①海水と船体間の摩擦抵抗低減による所要出力低減効果
- ②船底に空気を投入する為に必要なエネルギー

これまで空気潤滑法を実船に適用した事例は、船底への空気投入に電動ブロー(送風機)を駆動して船底まで空気を送り出す方式(電動ブロー方式)でした。この方式は、システムがシンプルですが、喫水の深い大型船舶では、船底への空気投入に必要な電力が過大となり、正味の効果を得るのは困難とされていました。

本船では、高効率過給機が作り出す主機掃気(燃焼用圧縮空気)の余剰分を、掃気バイパス管で船底まで導き供給して空気潤滑に利用する、高効率の主機掃気バイパス方式(図2-2)を採用しました。

本船主機の常用運転範囲においては、喫水が最も深い満載状態でも、掃気圧が船底の水圧より高く、取り出した掃気をそのまま船底に投入できます。

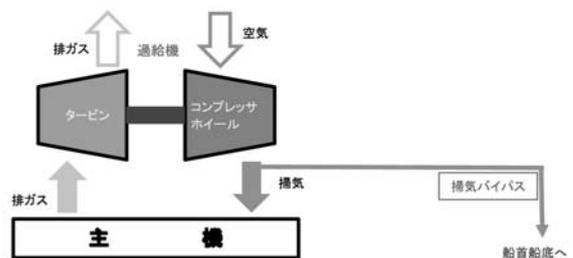


図2-2 主機掃気バイパス方式

### 2-1-2 今回構築した空気潤滑システム

喫水の浅いバラスト状態では、すでに実績のある電動ブロー方式も威力を発揮することから、本船は、主機掃気バイパスシステムに加えて、バラスト状態での使用に特化した小型電動ブローも搭載しました。

喫水の深い満載状態及びヘビーバラスト状態では主機掃気バイパスのみを使用し、喫水の浅いノーマルバラスト状態では主機掃気バイパスと電動ブローを併用して各状態で最大の効果を狙う合理的なハイブリッド型空気潤滑システム(図2-3)を構築しました。

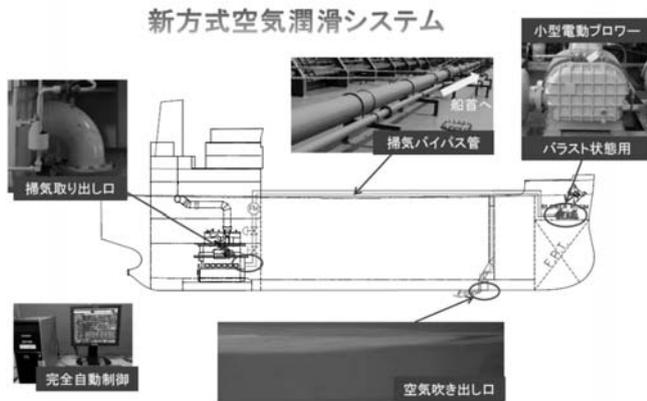


図2-3 構築したハイブリッド型空気潤滑システム

併せて、空気潤滑システムを構成する主要機器の制御、本船の載貨状態に応じた運転モードの切り替え、機関室から船底までの空気配管上にある数十個のバルブの開閉と開度調整など、すべての操作を機関制御室に設置されたコンピュータによって完全自動化することで、実運航を担う本船乗組員の負担軽減を図りました。

### 2-1-3 海上公試での性能評価

空気潤滑システムの本船搭載完了後、2012年6月中旬から下旬にかけて、通常のノーマルバラスト状態および造船所で調整できる最も深いヘビーバラスト状態において、海上試運転(速力試験、図2-4)を実施し、以下の正味の省エネ効果を確認しました。

- ・ 喫水の浅いノーマルバラスト状態では、主機掃気とブローの併用による空気潤滑で約8%
- ・ 喫水の深いヘビーバラスト状態では、主機掃気のみによる空気潤滑で約4%



図2-4 海上試運転の様子

### 2-1-4 実海域性能評価

本船竣工後、日豪間航路における実運航に技師が乗船し、空気潤滑システムの運転をON/OFF繰り返して性能評価のためのモニタリング装置により計測を行い、バラスト航海で約5%、満載航海で約3%の正味の省エネ効果を確認しました。

本研究では、主機掃気バイパスを利用した新方式の空気潤滑システムを世界で初めて実船に装備して、海上試運転及び実運航時において所期のCO<sub>2</sub>削減効果を実証し、喫水が深い大型船舶に対する空気潤滑法の実用化に成功しました。本船は、平成24年シップオブザイヤーに選ばれ、他にも本技術に関する表彰を受けました。この成功は、国土交通省、(独)海上技術安全研究所をはじめとする研究機関、造船所、大学、船用機器メーカーなどが参画し、積み重ねてきた基礎研究や実験の知見と努力が実ったものであります。関係の方々はこの場を借りて感謝申し上げます。

## 2.2 28,000DWT型のばら積み貨物船への適用

共同研究者: 今治造船所(株)



Lpp(m)	160.4
B(m)	27.2
d(design full)(m)	9.7

図2-5 28000DWT ばら積み貨物船

独立行政法人海上技術安全研究所の協力のもと、28,000DWT型のばら積み貨物船(図2-5)を対象とした空気潤滑法の開発と実船試験による効果確認を実施しました。

本開発では、システム本体のみならず、空気吹き出しにより懸念させる振動問題、シーチェストへの泡の混入の問題などについても検討を実施しました。本稿では吹き出し部形状の選定と省エネ効果推定と起振力変化についてご説明します。

## 2-2-1 空気吹き出し部形状選定と省エネ効果推定

実用的な吹き出し部形状を選定するため、開口の形や数を変えた複数のケースについて50m長尺模型試験を(独)海上技術安全研究所の400m水槽にて実施し、吹き出し部形状と抵抗低減効果の関係を把握しました(図2-6)。ここで、横軸tbは単位時間当たりの吹き出し空気量を空気の被覆幅と船速で除した値で、厚さの単位を持つものであり、縦軸は摩擦抵抗低減量を示しています。

これらの結果を総合的に評価し、実機では船底面に複数の円形吹き出し開口を開けたチャンバー方式の吹き出し部を船首船底部に設けることとしました。

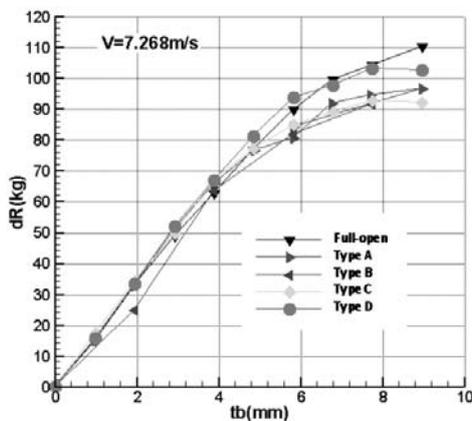


図2-6 吹き出し部型式毎の抵抗低減量 - 噴出し空気量

tb=6mmの摩擦抵抗低減量を使って省エネ率を推定した結果、空気潤滑による推進馬力の低減効果である名目の省エネ効果は、満載、バラスト状態とも約8%、空気吹き出しに必要なブロー電力を加算した正味の省エネ効果は満載状態3%、バラスト状態6%程度であると推定しました。

## 2-2-2 プロペラ起振力の推定

空気潤滑法のために注入した泡によるプロペラ起振力への影響を調べるため、海上技術安全研究所のキャビテーション水槽において、実船に設置した位置に空気吹き出し部を設けた模型船を用い、tbが縮尺比になるように空気量を設定して船尾変動圧試験を行いました。その結果、空気を吹き出した状態で、もっとも条件が厳しいバラスト状態のMCRにおいて実船換算で4.5kPa程度、NORでは3kPa以下となり振動問題が発生する可能性は低いと判断しました。

## 2-2-3 海上試験における効果確認

海上試験は、針路を180度変えて一往復し、同じ位置で計測して潮流の影響を修正する速力試運転方式を厳密に適用し実施しました。

実船において、ブロー1台あたりの吹き出し量3200kg/h(バラスト状態、ブロー2台駆動でtb=6mm相当)と4440kg/h(同じく

tb=8mm相当)の2ケースで省エネ効果の比較を行い、正味の省エネ効果の高い、吹き出し量3200kg/hとすることにしました。

## 2-2-4 省エネ計測結果

2010年6月、2-2-3の「速力試運転方式」により航走・計測を行い、風及び潮流の修正を行った結果(図2-7)、船速15ktにおいて、主機馬力の比較である名目の省エネ効果で約8%、ブロー電力を加算した正味の省エネ効果で約6%が得られました。また、振動問題が生じないことを確認しました。

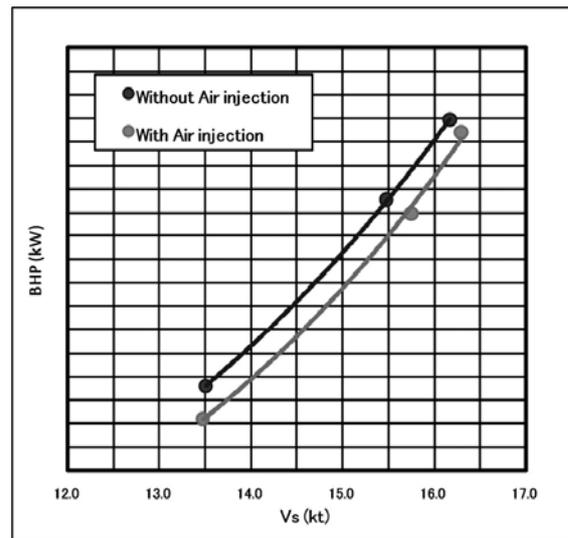


図2-7 速力試運転結果

## 2-2-5 満載状態における効果確認

本試験にて吹き出し空気流量によっては、船側から空気塊が漏れる現象が確認されました。この現象は試運転では起きておらず、载荷状態によって吹き出し後の空気分布に相違があると推測されます。なお、適切な流量設定にする事で本現象を抑制出来ることも検証されています。

省エネ効果については計画通りに全吹き出し位置から空気を吹き出す試験が困難であったため、船底の気泡被覆量が目減りし、その分、名目の省エネ効果は期待値を下回りました。現在、詳細な解析作業を進めている最中です。また、本試験にて吹き出し方法と省エネ効果の関係が把握でき、さらなる省エネ効果改善のための貴重な知見を得ることもできました。

本研究にて空気潤滑法によるバラスト状態及び満載状態で抵抗低減効果を確認し、また、空気吹き出しによる振動増加、海水冷却系への悪影響は無く、航海に支障を与えないことが確認されました。

本船は、外航船に初めて搭載された空気潤滑法のプロトタイプであり、今後更なる高効率化を目指した改良を目指します。本研究の海上試験の実施にあたり正栄汽船株式会社殿のご協力を頂きましたことに謝意を表します。

### 3. 高性能、高機能帆を用いた次世代帆走商船の研究開発

共同研究者：ユニバーサル造船(株)

(現ジャパンマリンユナイテッド株式会社)

本研究は、高性能・高機能な帆の推進力を商船の補助動力として用いるとともに、ウェザールーティングシステムを活用して最適な運航を実現することにより、航行時に排出されるCO<sub>2</sub>の削減を目指すものです。

#### 3-1 高性能帆の開発

大型商船に搭載する帆の機構は、強度・重量・保守・費用の点で大きな制約を受けるため、単純ではあるが実装が容易と考えられる帆形式が最も現実的と判断し、失速角が大であり広い迎角の範囲で比較的に高揚力が得られる弓型断面を持つ単葉帆形式を採用しました。そして、数値計算により空力特性を確認した上で、帆単独の風洞試験を実施して性能を検証しました。

さらに複数帆を大型商船に装備することを想定し、帆相互あるいは帆・船体の干渉を考慮した帆配置を、数値計算および風洞試験により探索して決定しました。図3-1はアフラマックスタンカーに弓型断面帆10基を装備した状態の風洞試験の様相です。船体に装備した帆の推力は、大半の相対風向角において単独での帆の推力を下回りますが、遭遇する相対風速・風向を考慮すると、実海域における平均的な帆の推力は単独での帆の推力の70%程度を得ることができました。

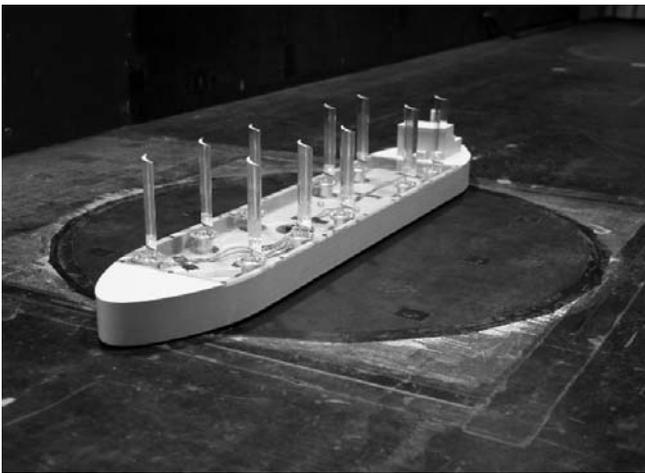


図3-1 高性能帆装備船体の風洞試験

#### 3-2 帆格納機構の開発

帆の格納機構としては、図3-2に示す起倒式を採用し、帆の強度・軽量化方法・制御機構を検討した上で、基本設計を行い、さらにコストダウン・強度向上・軽量化を図るために、詳細な構造検討を実施しています。

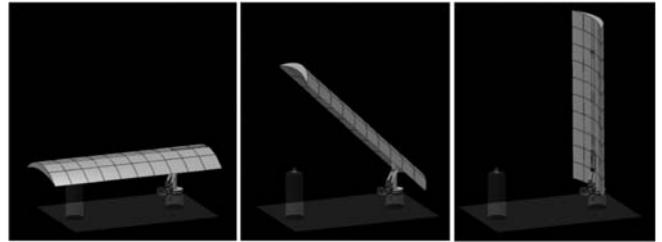


図3-2 実用的な大型単葉帆(起倒式)

#### 3-3 帆走航路の最適化

ジャパンマリンユナイテッドではウェザールーティングによる運航最適化システム"SEA-NAVI"を開発しており(開発時はユニバーサル造船)、帆走商船にもこの技術を適用しました。図3-3のような北大西洋航路では、気象および海象を考慮して搬送に最適化した航路をSEA-NAVIで探索すると、最適航路を求めることができます。

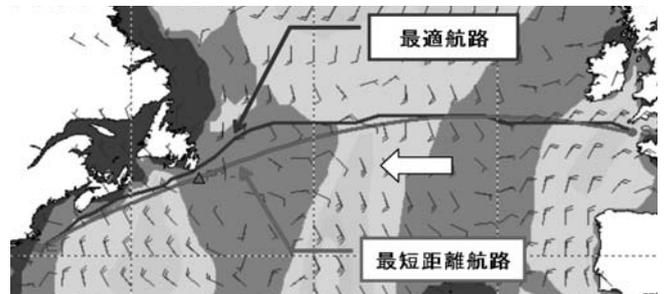


図3-3 北大西洋における帆走最適航路の例

図3-4は北大西洋航路における燃費削減効果を推定した例です。帆装アフラマックス型タンカーの航路を帆走について最適化することにより、通常船体が最短距離航路を航海する場合に比べて、年間平均で10%以上の燃費削減効果が得られる見通しです。

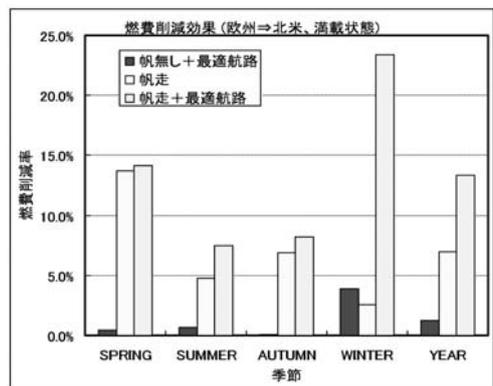
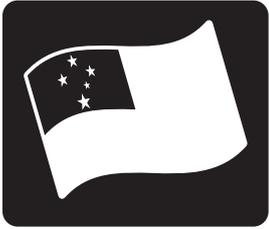


図3-4 帆走最適航路における燃費削減効果の例

### 4. 謝辞

本事業は、国土交通省の補助金により実施いたしました。また、空気潤滑法開発に係る平成21年度事業は、(一財)日本海事協会及び日本財団、次世代帆走商船に係る平成21年度事業は、日本財団のご支援を受けて実施しました。



# サモア国国際海運貨物輸送力増強計画 プロジェクト発掘・形成調査

## 1. はじめに

赤道の南1,200km、南太平洋の中心に位置するサモア諸島は、日付変更線を挟んで、西側のサモア独立国(以下「サモア」という)と東側のアメリカ合衆国領サモアに分かれています。1962年の独立当時は西サモアと呼ばれていましたが、1997年にサモアに変更されました。

サモアは、ウポル島とその西側約20kmのサバイイ島の2つの大きな火山島で構成されています。面積2831km<sup>2</sup>で人口18万5千人、首都アピアの人口は38,800人です。面積199km<sup>2</sup>で人口6万5千人の米領サモアは、かなり米国依存になっていますが、サモアは素朴で伝統的なポリネシアの慣習を守って生活しています。

この伝統豊かな常夏の島国で今ホットになっている海運事情について海外運輸協力協会(JTCA)の支援を受けて2012年9月29日から10月6日にかけて現地を調査しましたので、その概要を報告します。



首都アピアの町並み

## 2. サモア海運の現状

サモアの内航海運は政府企業体であるサモア船舶公社(SSC)が担当し国内の2つの島間を4~5隻の船舶を起用して運航されています。主にウポル島のムリファヌアとサバイイ島のサレロロガの間を人と車のフェリーによる輸送業務を行っています。また、SSCはアピアと米領サモアのパゴパゴ間の貨客輸送にも従事しています。

SSCが保有する主要な船舶3隻は、日本の無償援助で供与されたものであり、運航状況は船舶数も十分で、メンテナンスも良好なことから、順調に機能しています。内航海運では民間企業との競争体制が制度的には開かれているものの、現状ではSSCの競争相手は現れていません。

他方、サモアの外航海運については同国のみならず他の南太平洋諸国にとっても大きな問題を抱えています。南太平洋の海運サービスは、ネプチューン・パシフィック・ライン(Neptune)、パシフィック・フォーラム・ライン(PFL)、パシフィック・ダイレクト・ライン(PDL)、リーフ・ SHIPPING (Reef)、ソフラナ・ SHIPPING (Sofrana)、ザ・チャイナ・ナビゲーション・カンパニー(CNCo)傘下のスワイヤー・ SHIPPING (Swire)の6社による同盟が構成されており、豪州を基点とする巡回航路をAUSPAC、ニュージーランドを起点とする巡回航路をSOUTH PACと呼んでいます。

この同盟に基き、毎月2隻の船舶が2航海をしています。最近、シンガポールに拠点を置くPDLと、ニュージーランドに拠点を持つReef及びSofranaは共同で豪州にRhia Australia Limitedという海運会社を設立して、1~2隻の船舶を起用して運航を始めたため市場に攪乱を提起しています。

この背景としてオセアニア経済のアジア・シフトが進んでおり、南太平洋の海上物流でも、アジア起点の配送が主流となりつつあり、必然的に海上運賃もアジア市場の国際競争力を反映した価格に左右され易い環境となっています。そのため、自前の輸送手段のない島嶼国は、価格交渉力を持つことができず、大手海運会社間で決定される運賃体系を甘受しなければならなくなっています。こうした状況下、サモア政府は、太平洋諸国12カ国が共同で設立したPFLが、次第に多国間、それも大株主の大国の都合に左右されてしまい、サモア自身の都合による運航スケジュールが組み難くなってきたため、運航計画を自らコントロールするためPFLを買収する方針を立て、周到な根回しの結果、2012年9月28日に実行したのでした。そしてこれを契機に新しいコンテナ輸送船の導入の機運が一気に高まっています。

## 3. サモア海運公社とPFL

このPFL買収劇の裏に隠れているのがサモア海運公社(SSS)です。SSSと一体になってサモアの外航海運を担うPFLについても以下に概括します。

### ① サモア海運公社(Samoa Shipping Services Ltd:SSS)

サモア政府100%保有の国営会社法人でPFLの設立と共に1977年に設立されました。SSSは、労働運輸インフラ省(MWTI)から派生した政府公共企業体ですが、MWTIと同格の独立した政府組織と看做されておりSSSの担当大臣は、副首

相が兼務しています。海運管理者、代理人、交渉、ブローカーおよびディーラー、船社としての事業を行っています。

また、SSSは、船舶運航事業のみならずMSC等の国外船社に対して船員を派遣する配乗サービスを提供しています。客船、貨物船、コンテナ船、クルーズ船などの乗組員として現在250名分の船員を提供しています。SSSは、またCOSCO、Sofrana、Baikowski（インド）、Hemisphere Freight（UK）などの代理店業務も行っていきます。

同国の貿易外収支の大部分を占める海外出稼ぎ労働者からの送金のなかでも、国外船社で働くサモア人船員の貢献度は特に重要です。世界的な海運大手のMSCを筆頭に、今後もさらにサモア人船員の受入増が見込まれています。そのため、国を挙げて、船員養成に注力しており、SSSは同国船員養成機関であるNUS（サモア国立大学）傘下のPolytechnic（職業訓練校）のMaritime School（海事訓練学校：SMS）と協働して、新コンテナ船導入の際にも20名の訓練生が収容できる機能を希望しています。



サモア海運公社（SSS）幹部の皆さんと

## 2 パシフィック・フォーラム・ライン（Pacific Forum Line：PFL）

PFLは南太平洋12カ国が株主となって1977年にアピアで設立され運営されている外航船舶を運航するための海運会社です。株式の持分比率は、パプアニューギニア（PNG）28.92%、ニュージールランド（NZ）23.15%、フィジー22.97%、サモア7.43%、トンガ6.08%、マーシャル諸島3.69%、キリバス3.51%、ツバル2.34%、クック諸島0.61%、ソロモン諸島0.6%、ナウル0.35%、ニウエ0.35%でした。本社はNZでしたが、2012年10月以降はSSSと同じくアピアに移りました。

## 4. 船舶維持の重要性

サモアは貿易依存型経済であり競争力ある海運サービスが欠かせません。貿易取引はGDPに大きく貢献しています（64.4%：2010年世界銀行）。NZ、豪州、アジア等の主要な貿易パートナーとの供給チェーンとのコネクションをいかに確保するかは、関連する運賃やサービスのレベルによって変化しサモア経済の目標達成に大きな影響を与えています。

サモアに寄港する船舶はいずれも600～1,150TEU積で、港の岸壁にコンテナ荷役用のクレーン設備がないため40t規模のジブクレーンを本船に搭載しているフィーダー型と呼ばれる小型のコンテナ船が主体です。総トン数では6,000～18,000GT規模、載貨重量

トン数では5,300～18,000DWT規模となります。新コンテナ船もこのクラスが想定されています。

アピア港における船舶の寄航数および貨物の輸出入の推移データについては、2009年には、201隻が寄航し、輸入貨物は207,166MT、輸出貨物は45,635MTでした。

## 5. サモア海事訓練教育

サモア政府は1978年以降海外市場向けに自国船員を教育するサモア海事訓練学校（SMS）を設立しています。SMSは現在サモア・ポリテク（職業訓練校）と共にサモア国立大学（NUS）の管理下となっています。この船員教育校舎の建物は2006年に日本の援助でPolytechnic（職業訓練部門）としてLe papa I Galagalaと命名されました。然し立地が海から数キロ離れた内陸部であるため、座学の場合問題はないものの、実習を重視して新キャンパスを海沿いのオーシャン・キャンパスとして、アピア市内のムリヌウ半島に海洋研究所を兼ねた船員学校の建設を計画しています。2015年から高級船員養成コースも発定させる予定ですが、キャンパスの建設は中国の援助で実施される予定です。中国は、この新コンテナ船の計画にも関心を示しているはずで

## 6. 財務省の情報

SSSでは、新コンテナ船の導入に際して円借款等の有償資金協力を期待しています。サモア政府の意向と財務状況を確認するために、財務省を訪問し面談しました。ある幹部は、サモアは今後2年以内にLDC（後発途上国）を卒業する計画であり、2014年以降借入れ条件を緩める予定だとしています。LDCを卒業すれば国際金融市場における同国の与信枠が著しく増加し、一方で現在の債務の返還も順調に推移していることから、新たなソフトローンの借入れには問題ないと認識しており、今から必要な案件を賄うためのタイドローン締結する用意があり、債務超過問題（対外債務のGDP比が50%を超えるという現状）については、とくに問題はないとしています。

一方、別の幹部は、借入れ枠を意識してか、更なる円借款案件にかかる困難性に言及し非公式ではあるが基本インフラは出来るだけ無償案件にしたい旨の希望がありました。SSSの船舶の案件は確かに重要案件であることは認識しているが、他の省庁からもTop Priorityとして上がってくる案件が多くあるので、今の時点で本案件を円借款の対象とするかどうかは、何ともいえないとの見解です。対外債務の超過レベルについても認識しており、世銀のマルチファンドの貸付指標が重要であり当該国の経済に反映されるため、津波被害の復旧コストも評価に影響しておりサモアの経済指標がどう評価されるかがポイントであると指摘した上で、SSSがこの案件を遂行する能力があることは十分承知しているが、慎重な計画と協議が必要でありまずは閣議の承認を得ることが最優先であるとしています。

## 7. SSSの描くビジネスプラン

今回の調査で、SSSから聴取した情報をもとに、彼らが現在描いているビジネスプランを想定してみると概ね次のとおりとなります。

1

Freightは現在のレートを基準とする。すなわち20ftコンテナ1個のニュージーランドからの運賃が現状では3600NZD(約23万円。2012年10月末現在1NZD=66円)なので、これを持続的に維持できることを目標とする。

2

SSSは、PFLの他社による買収を阻止できたことで、サモアはもとより、太平洋諸国での海運市場のシェア47%を維持できると見込んでいる。

3

現在、アピア港でのコンテナ年間取扱高は約2万TEUなので、このうち47%を確保する場合、例えば仮に全量約1万TEUをニュージーランドとの間で輸送したとすれば、約3500万NZドル(=約23億円)が運賃相当分となる。

4

一方、新船のチャーター料について、船価約22億円として、20年平均返済(実際には10年据置)の場合、金利を無視すれば年間約1.1億円であること、また、主機関の燃料消費が1時間あたり1キロリットルとし、重油代を600USD(約5万円)/1kLとすれば、年間5000時間の稼働で年間約2.5億円、さらに発電機や潤滑油等を約0.5億円と見込み、船員費を16人×300万円=約0.5億円、港費を10%、一般管理費を10%程度見込み、その他、維持費、減価償却費等を考慮して、年間邦貨換算約7億円と設定する。

5

経営採算上、必要な貨物量は年間必要チャーター料を競争上必要な輸送料金で除することで得られることから、約7億円/約23万円=約3,330TEUとなる。新船の搭載能力は650TEUだが、この半分は空コンテナと仮定すると実際の輸送能力は325TEUとなる。ニュージーランドとアピアとの間を月2往復運航すると仮定すると、年間3900TEUが運べる事になり、必要な貨物量を17%上回ることができる。

6

実際には、新船は、サモア以外の太平洋諸国の港湾を巡り多港揚げ・多港降ろしをすることになるため、単純な計算では予測が

つかない場面が多い。いずれにしても、如何に貨物を安定的に集められるか、また、顧客サービスで最も大切な定時運航がきちんと実施できるかどうかによって、採算が大きく左右されることになる。

## 8. おわりに

サモア政府にとって海運の振興は国家経済の重要ファクターであり2012年9月のサモア政府によるPFLの買収は、南太平洋の運輸セクターにおける大きな動きとして捉えられています。津波の被害後、世界経済の低迷の影響もありサモア経済が活性化していないことから観光と輸出を促進することに活路を見出すべく港湾や空港のインフラ整備の必要性が注視されています。経済と社会の発展に欠かせないツールである外航海運の存在は、さらに重要です。最近の南太平洋諸国の荷動きに及ぼすアジア経済の台頭は同国海運政策にも影響を与えており、自前の外航海運手段の構築が急務となっています。その為SSSは日本からの支援で新コンテナ船の導入に強い期待を示しています。



サモア政府庁舎(ガバメント・ハウス)

同国の経済の中核の一つに、日本の矢崎総業による自動車用のワイヤーハーネスの組立があります。手先が器用で根気強いサモア人を1000人以上も雇用の機会を与えてくれる矢崎の工場はサモア政府も非常に重視しています。この大切な工場が国外に出て行かないように、原料と製品の安くて安定した輸送手段の確保は急務であり、この観点からも新コンテナ船導入の緊急性と重要性についてSSSは力説していました。

津波の被害から立ち直る為に、効果があると判断すれば、右側通行を左側通行に直ちにシフトし、さらには経済圏であるNZや豪州とのビジネス環境を重視して、あっさり日付変更線を国の西側から東側にシフトしてしまうサモア人の合理性には感心させられます。

今回の調査がこうした関係者の期待を実現する一助になれば幸いです。

(海外協力部 小川賢)



# JICA課題別研修 「海事国際条約及び船舶安全検査」 について

JICAから委託され2000年(平成12年)から実施している課題別研修「海事国際条約及び船舶安全検査」は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期コースに引き続き、2013年から2015年までの第4期コースが始まりました。

2013年度コースにはインドネシア、マーシャル諸島、ミャンマー、パラオ、フィリピン(3名)、サモアから8名のASEAN及び大洋州内島嶼国地域で船舶検査業務に携わっている政府機関の職員が参加しました。

研修期間は、座学6週間、実習1週間、初日のカントリーレポートと最終日のアクションプラン発表及び関連施設の視察に1週間、計2か月です。

座学では、主にSOLAS、MARPOL、満載喫水線条約、新造船及び現存船の安全検査要領について夫々の専門家が講義を行っています。

SOLASは、タイタニックの遭難事故を契機に採択された1914年の海上人命安全条約が発効して以来、改正と追加が繰り返され、現在は1974年条約と1988年議定書を基に12章から構成され、毎年部分改正が行われています。

MARPOLは、1954年の油汚濁防止条約から引き継いで、1973年海洋汚染防止条約と1978年の議定書に毎年改正、追加が加えられ、現在は6章から構成されています。

満載喫水線条約は、1930年に制定され、その後、非損傷時復原性に関する国際規則を取り入れ1966年に現在の規則の原型が制定され2003年に全面的に改正されています。

研修カリキュラムの大半を占める座学は、SOLASとその実行面を支えるコード、例えば非損傷時復原性コード、火災安全設備コード、救命設備コード、国際固定ばら積み貨物コード、国際海上危険物運送コード、国際危険化学薬品ばら積み運送コード、国際液化ガスばら積み運送コード、国際安全管理コード、船舶及び港湾保安国際コード、バルクキャリアー及びタンカーに対する強化検査プログラム、バルクキャリアーの安全措置等及びMARPOL、満載喫水線条約、国際トン数規則、国際衝突予防規則、国際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要領(寄港国検査)が含まれています。

2013年度から非条約船(内航船)に対する安全検査の制度、基準、検査要領の講義が導入され、日本の船舶安全法をベースにしたカリキュラムが加わりました。

講義の大半はSRC内部講師が担当していますが、1部は外部の講師(NK)をお願いしています。

研修カリキュラムのもう一つの要件として実習が課せられています。新造船の建造中検査及び現存船の年次検査等、船の安全検査の実習を今治の波止浜地区の造船所2か所(山中造船、矢野造船)で行っています。内燃機関の製造過程、運転、解放検査の実習をヤンマー尼崎工場で行っています。寄港国検査(PSC)は、関東運輸局のPSC検査官に同行して船上実習を行っています。



救命艇の信貴造船所(堺)、救命いかだの整備工場のマリニ・インターナショナル(横浜)、油水分離器の兵神ポンプ(加古川)等、この研修に深く関わりのある事業所訪問も行っています。

2008年(平成20年)にIMOとの共催研修に移行するに当たり、IMOが提示して来た7つの研修モデルコース(船体構造検査、防火・消火設備検査、救命装置検査、航海機器検査、機関検査、電気設備検査、PSC検査)をクリアするために、国土交通省の依頼でJICA/IMO共催研修コース用シラバスをSRCで作成し、IMOで承認されました。

以来、この研修はJICA研修の中で唯一、国際機関との共催研修として位置づけられておりJICA内で高く評価されています。

2000年にブラジルのサンパウロ大学から参加した研修員は、現在IMOの国際満載喫水船部門の責任者として活躍しており、この研修で学んだことが今も役に立っていると感謝しています。2011年にパナマの国際海事大学から参加した研修員は、帰国後このコースのカリキュラムをそっくり大学の課題に導入した所、学生から高く評価されたと学長から感謝状が届きました。その他、この研修を受けた沢山の帰国研修員から夫々の国で活躍している様子を頻りに連絡があり、帰国研修員に対してきめ細かくフォローアップしていることに対してもJICAから高く評価されています。

この研修を受講した研修員が帰国後、自国の海難事故の撲滅に貢献されるよう願っています。

(研修・技術支援室 降矢勢三)



# 最適船型(その4)

## 6. 最適浮心前後位置と最適肩張り度

本節では所要馬力が最小となる $c_p$ カーブについて検討します。ただし、カーブそのものではなくそれを積分した値である浮心前後位置、肩張り度と所要馬力との関係についての検討です。

### 6.1 肩張り度の定義

最初に肩張り度を定義します。 $c_p$ カーブの肩張り度(肩張り、肩落ち)は、浮心前後位置と共に推進性能に影響する重要なパラメータですが、その絶対評価が無いと不便なので、次式にて定義します。(コラム参照)

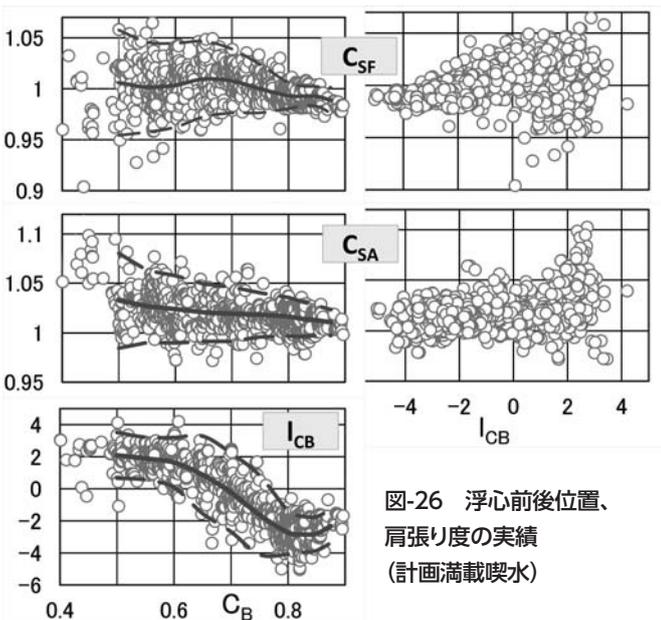


図-26 浮心前後位置、肩張り度の実績(計画満載喫水)

$$C_s = \int P(x)^2 dx / \{ \int P(x) dx \}^{1.5} \quad (18)$$

ここに、 $P(x)$ ;  $c_p$ カーブ A.P.;  $x=0$  F.P.;  $x=1.0$   
船体後半部肩張り度  $C_{SA}$  積分範囲; 船尾端~0.5  
船体前半部肩張り度  $C_{SF}$  積分範囲; 0.5~船首端

分母の{ }内は柱状係数( $C_{PA}$ 、 $C_{PF}$ )です。なお、参考のため、浮心前後位置 $l_{CB}$ を同一形式で示すと

$$l_{CB} = \int xP(x) dx / \int P(x) dx \quad (19)$$

となります(積分範囲は船尾端~船首端)。これは、浮心位置のA.P.からの距離を表しますが、通常は、船体中央からの距離を垂線間長 $L_{pp}$ に対する百分率[%]で表しています。本稿では、浮心が船尾側にある場合をプラスとしています。

図-26に肩張り度 $C_{SF}$ 、 $C_{SA}$ の実績を示します。左側の図は方形係数ベースの肩張り度ですが、参考のため、浮心前後位置の実績も示します。また、右側には、浮心前後位置との相関も示します。本図から、上式で定義した肩張り度は1.0付近の値を有すること、方形係数や浮心前後位置との相関が小さいことが分かります。また、肩張り度の値域は、方形係数の小さい船型で大きく、方形係数の大きい船型で小さくなっていること、その程度は船体前半部肩張り度で著しいことが分かります。これは、肩張り度の定義式にも依りますが、方形係数の大きい船型では $c_p$ カーブの形に関する自由度が少ないことに依ると考えられます。

### 6.2 ステーション移動法

本稿では所要馬力等が最小となる浮心前後位置と肩張り度を求めるため、或る船型(原型)の浮心前後位置、肩張り度を系統的に変更し、その推進性能を求めます。浮心前後位置、肩張り度の変更にはステーション移動法を用いました。ステーション移動法とは、一定の規則に従ってフレームラインを前後に移動する方法で、図-27(1)に示す△印、◇印におけるフレームライン形状は原型の○印におけるそれと同じです。ステーション移動法としては、「1-CP法」がポピュラーですが、ここでは次式によりステーション(フレームライン)を移動しました。

$$\delta x = \epsilon x^M (x_E - x)^N (x_C - x)^C \quad (20)$$

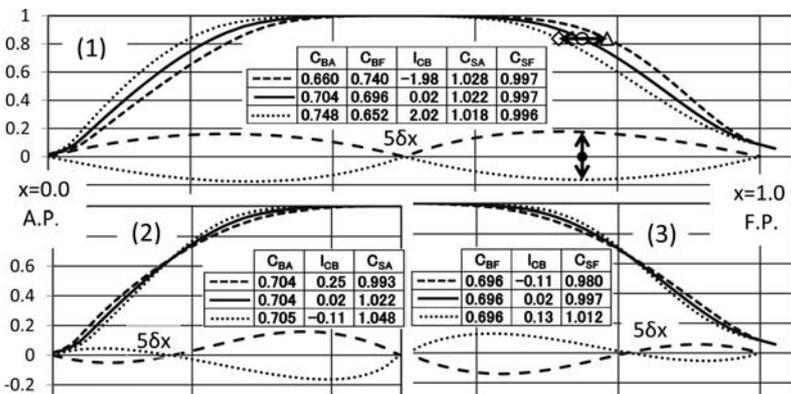


図-27 ステーション移動の例(M=1,N=1)

ここに、 $\delta x$  ; ステーション移動量

$x$  ; 移動前の前後方向位置  $x=0 \sim x_E$

$x=0$  ; A.P.またはF.P.

$x=x_E$  ; 船体中央 or 船体平行部端

$C=0$  主に浮心前後位置を変更

$C=1$  主に肩張り度を変更

$x_C$  ;  $C_p$ カーブの交点を制御

ステーションの移動量は、上式の $\varepsilon$ の大きさを変えることや上式を繰り返し適用することによって調整できます。 $M, N$ は移動量の形を制御する係数で、 $M > 0, N \geq 0$ が条件となります。 $M, N$ 等を変えると、浮心前後位置や肩張り度が同じであっても異なる $C_p$ カーブが得られます。整数である必要はありませんが、本稿では $M=1, N=1$ としました。なお、 $M=1, N=0$ とすると1-CP法となります。

図-27に上式にてステーションを移動した例を示します。(1)は $C=0$ として浮心前後位置変更を目論んだ例で、実線が原型、破線、点線が変更船型の $C_p$ カーブです。図中には肩張り度も示していますが、少し変化しています。(2)、(3)は $C=1.0$ として上式を船体後半部、船体前半部に適用した例です。図中には浮心前後位置も示していますが、少し変化しています。浮心前後位置のみを変えるステーション移動法、肩張り度のみを変えるステーション移動法が望ましいのですが、難しいようです。

### Column 肩張り度の定義の比較

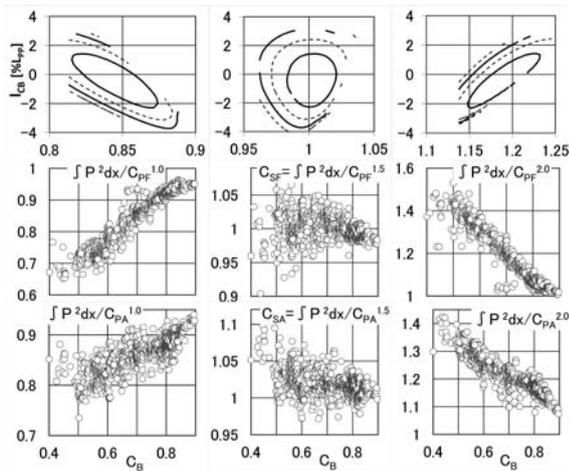


図-28 肩張り度の定義

図-28は肩張り度の定義式の分母にある柱状係数 $C_{PA}$ 、 $C_{PF}$ の累乗を1.0、1.5、2.0と変えた例です。1.0や2.0の定義では、実績データを示した中段図、下段図に示すように、方形係数との相関が大きくなります。また、上段図に示すように船体前半部肩張り度、浮心前後位置を横軸、縦軸とした馬力係数の等高線が傾いた楕円となってしまう、不便です。このことから、本稿では1.5としました。

## 6.3 浮心前後位置、肩張り度と推進性能

船体前半部肩張り度、浮心前後位置、船体後半部肩張り度を変更したときの推進性能(形状影響係数 $k$ 、造波抵抗係数 $r_w$ 、船後プロペラ効率比 $\eta_R$ 、スラスト減少係数 $1-t$ 、有効伴流係数 $1-w_{TS}$ 、馬力係数 $p'$ )を等高線の形式で、図-29( $C_B=0.60$ )、30( $C_B=0.80$ )に示します。(1)は船体後半部肩張り度を一定( $C_B=0.60$ の船型では $C_{SA}=1.02$ 、 $C_B=0.80$ の船型では $C_{SA}=1.01$ )に保った上で、船体前半部肩張り度と浮心前後位置を変えた場合の推進性能です。馬力係数には最小値 $\min. p'$ があります、それを2重線の交点で示してあります。この交点の座標を( $\min. C_{SF}, \min. l_{CB}$ )と称することにします。(2)は $C_{SF} = \min. C_{SF}$ として船体後半部肩張り度と浮心前後位置を変えたときの推進性能、(3)は $l_{CB} = \min. l_{CB}$ として船体前半部、船体後半部の肩張り度を変えたときの推進性能です。

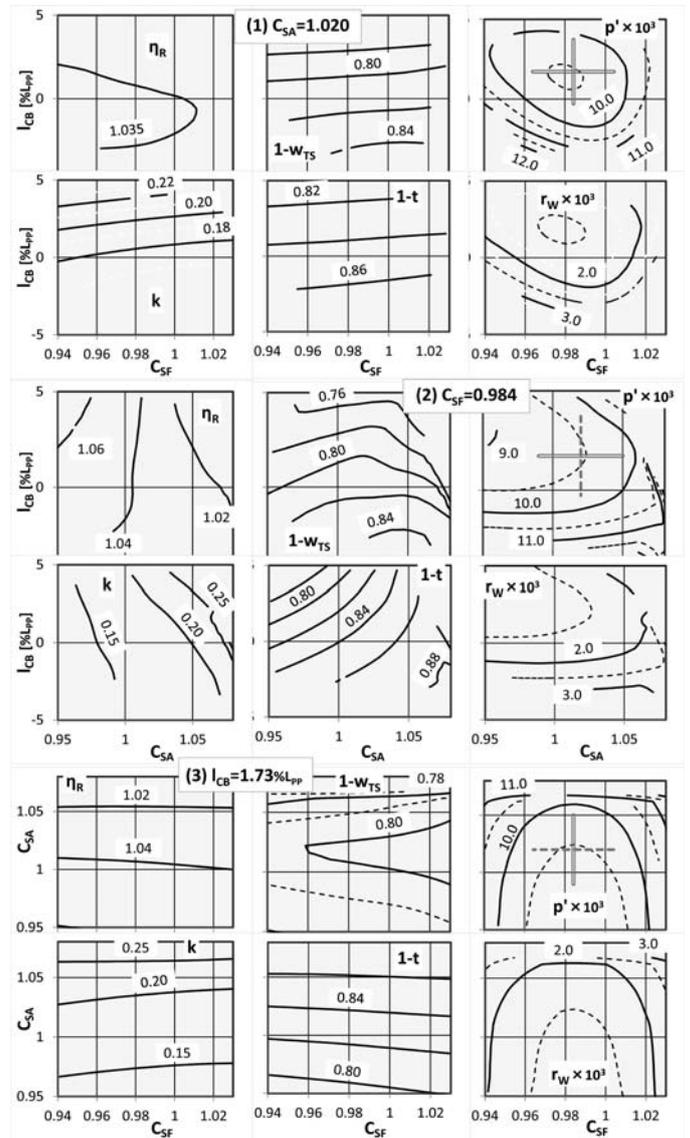


図-29 浮心前後位置、肩張り度と推進性能要素  
 $C_B=0.60 F_n=0.25$

なお、対象とした船型は $L_{pp}/B=6.0$ 、 $B/d=3.0$ の各方形係数における平均的な船型です。載貨状態は計画満載喫水で、フルード数は各方形係数における平均的な設計フルード数です。特に断らない限り、以下の計算例でも同様です。また、本節に示す推進性能は、日本造船技術センターで実施した水槽試験結果から求めた回帰式による推定値で、直接的な試験結果ではありません。この回帰式の適用範囲外の領域に対しては、等高線等の計算結果を示していません。

これらの図から、形状影響係数は、浮心前後位置と船体後半部肩張り度の影響が大きいことが分かります。ただし、船体前半部肩張り度の影響が皆無という訳ではなく、 $C_{SF}$ が大きくなるに伴い、形状影響係数は少し減少しています。

造波抵抗係数は、それが最小となる船体前半部肩張り度と浮心前後位置との組み合わせが有ります。また、方形係数が0.80の船型では、船体前半部肩張り度が大きく浮心前後位置が小さい領域で等高線が密になっており、造波抵抗係数が急増しています。船体後半部肩張り度に関しては、造波抵抗係数に及ぼす影響が比較的小さくなっています。図-31に船体前半部肩張り度と浮心前後位置を $\min.C_{SF}$ 、 $\min.l_{CB}$ として船体後半部肩張り度を変えた場合の造波抵抗係数と馬力係数を示します。造波抵抗係数は船体後半部肩張り度が小さくなるに伴い小さくなる傾向が見られますが、最小値は存在していません。本図に示した領域の左側に最小値が存在する可能性はありますが、それは、推進性能推定に使用した回帰式の適用範囲外であり、対応する $C_p$ カーブも不自然な形となる可能性があります。

スラスト減少係数、有効伴流係数も、形状影響係数の場合と同様、浮心前後位置や船体後半部肩張り度の影響が大きく、船体前半部肩張り度の影響が小さくなっています。ただし、有効伴流係数と船体後半部肩張り度との関係は少し複雑で、極大値があるように見えます。船後プロペラ効率比では、船体後半部肩張り度の影響が大きく、肩が張ると小さくなる傾向があります。

形状影響係数や自航要素との関連でいうと、船体前半部を肩張りにすると、形状影響係数が少し減少し、スラスト減少係数が少し増加します。浮心位置を後方にすると、船後プロペラ効率比が増加し、有効伴流係数が減少しますが、形状影響係数が増加し、スラスト減少係数が減少してしまいます。船体後半部を肩張りにすると、スラスト減少係数が増加しますが、形状影響係数が増加し船後プロペラ効率比が減少してしまいます。

馬力係数については、造波抵抗係数の場合と同様、それが最小となる船体前半部肩張り度と浮心前後位置との組み合わせが有ります。馬力係数に対しては造波抵抗係数の影響が最も大きいのですが、形状影響係数や自航要素の影響で等高線の深さがより顕著になっています。また、船体前半部肩張り度が大きく浮心前後位置が小さい領域で馬力係数が急増していますが、これは前述の造波抵抗係数の急増に起因します。

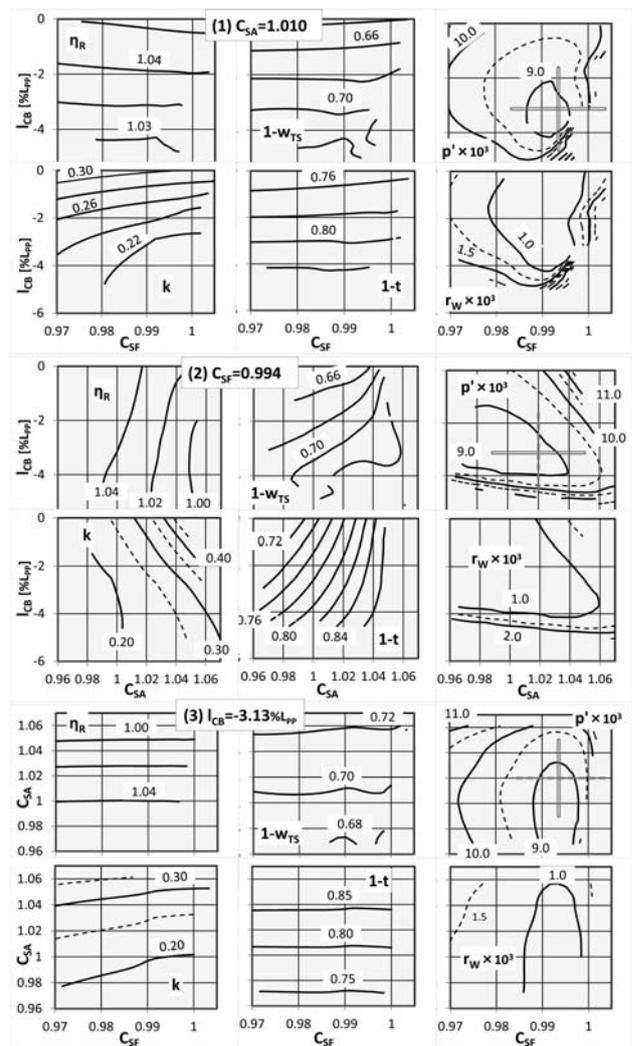


図-30 浮心前後位置、肩張り度と推進性能要素  
 $C_B=0.80$   $F_n=0.18$

なお、図-31に示すように、方形係数が0.80の船型では馬力係数が最小となる船体後半部肩張り度が存在しています。これは、船体後半部を肩落ちにした場合のスラスト減少係数の悪化に起因しますが、造波抵抗係数が最小となる船体後半部肩張り度が存在しない場合でも馬力係数ベースでは最小値が存在することがあります。しかし、馬力係数の最小値も存在しないことが多く、本稿では馬力係数が最小となる船体後半部肩張り度は追及せず、船体後半部肩張り度を予め与えて、馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度と浮心前後位置の組み合わせを求めることとします。

次回は、最適浮心前後位置と最適肩張り度に関する続きです。

(技術顧問 佐藤和範)

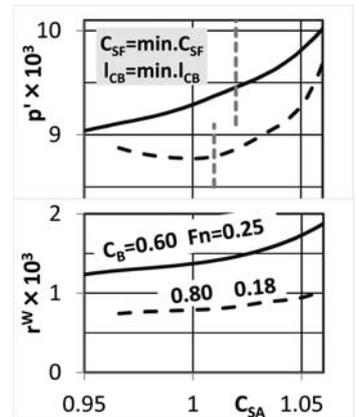


図-31 船体後半部肩張り度と造波抵抗係数、馬力係数

## 一般財団法人 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25日(月)、広島市内において平成25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、造船会社、船用機器メーカーなどから約80人が参加しました。

本年のセミナーは、環境保全を中心とした造船関連技術に関する講演で構成し、当センターからは、EEDI対応など船の性能向上に向けた船型開発に係る技術的コンサルティングやスーパーコンピュータ「京」を利用した高精度のCFD技術の開発などの説明を行いました。また、国土交通省海事局の大坪新一郎船舶産業課長より、造船技術開発政策について、独立行政法人海上技術安全研究所環境・動力系の

春海一佳系長より、環境規制と船用動力プラントについて、九州大学大学院安東潤教授より、プロペラ性能向上に関する研究、大阪大学大学院戸田保幸教授より、ステレオPIVによる模型船周りの流れの計測について、ご講演いただきました。

本セミナーの開催にあたり、中国運輸局殿のご協力をいただきましたことに感謝申し上げます。(企画室 田中)



### 委員会等

#### ●第1回 SPCG委員会(平成25年度)

平成25年6月21日  
日本造船技術センター大会議室

#### ●第122回 HRC委員会

平成25年6月21日  
日本造船技術センター大会議室

#### ●第2回 評議員会

平成25年6月24日  
日本造船技術センター役員会議室

#### ●第3回 理事会

平成25年6月24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25年度)

平成25年10月18日  
日本造船技術センター大会議室

#### ●第123回 HRC委員会

平成25年10月18日  
日本造船技術センター大会議室

## 編集後記

今年の流行語大賞として、「アベノミクス」、「今でしょ」や「じぇいじぇい」に加え「おもてなし」が有力候補にあがってきているそうです。(※)2020年五輪招致の最終プレゼンのスピーチの効果でしょうか?

美人招致アンバサダーの「お・も・て・な・し」の言葉や合掌だけでなく、他のプレゼンターのこわもて風笑顔やぎこちなさの残るジェスチャー、あふれすぎる笑顔やオーバーアクションなどに「ホスピタリティー」を感じて、つい「TOKYO」と書いてしまったIOC委員もいたのではないかと考えてしまいます。

その後の報道では、ロンドン・リオデジャネイロの五輪招致を成功させたコンサルタントのアドバイスの下に、①英語で話す、②感情をこめる、③ジョークを交える、④笑顔を見せる、ことをポイントとして、各プレゼンターが完璧に行えるようになるまで1ヶ月以上練習・リハーサルを繰り返していたとのこと。

“入念な準備、練習と完璧な実行・・・”何か仕事のやり方にも通じるところがありそうですね。

ところで、日本は2020年の東京開催を含めると、戦後のオリンピック開催回数は4回(1964・2020年(東京)、1972年(札幌)、1998年(長野))となり、米国(5回)に次いで第2位になるそうです。政府では選手の強化や施設整備の推進のために「スポーツ庁」を設置することも検討しているとのことですが、開催回数だけでなく内容的にも世界に胸を張れるような2020東京五輪の開催準備を進めていって欲しいものです。また、我々自身も個人レベルでできることとして、まずは、身近な人への「おもてなし」の練習などから始めては如何でしょうか。

(M.T)

※その後発表された流行語大賞には、「今でしょ」、「じぇいじぇい」、「おもてなし」、「倍返し」の4つが同時受賞しています。

## 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。

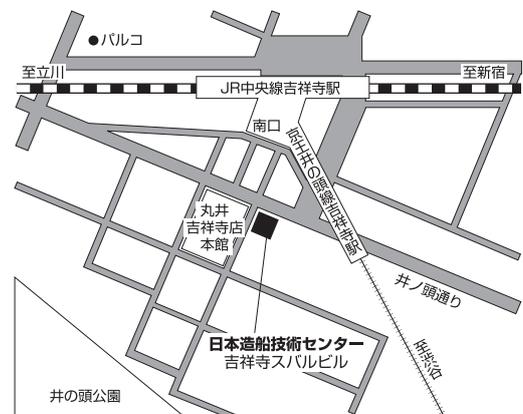
〒180-0003

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





The 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>