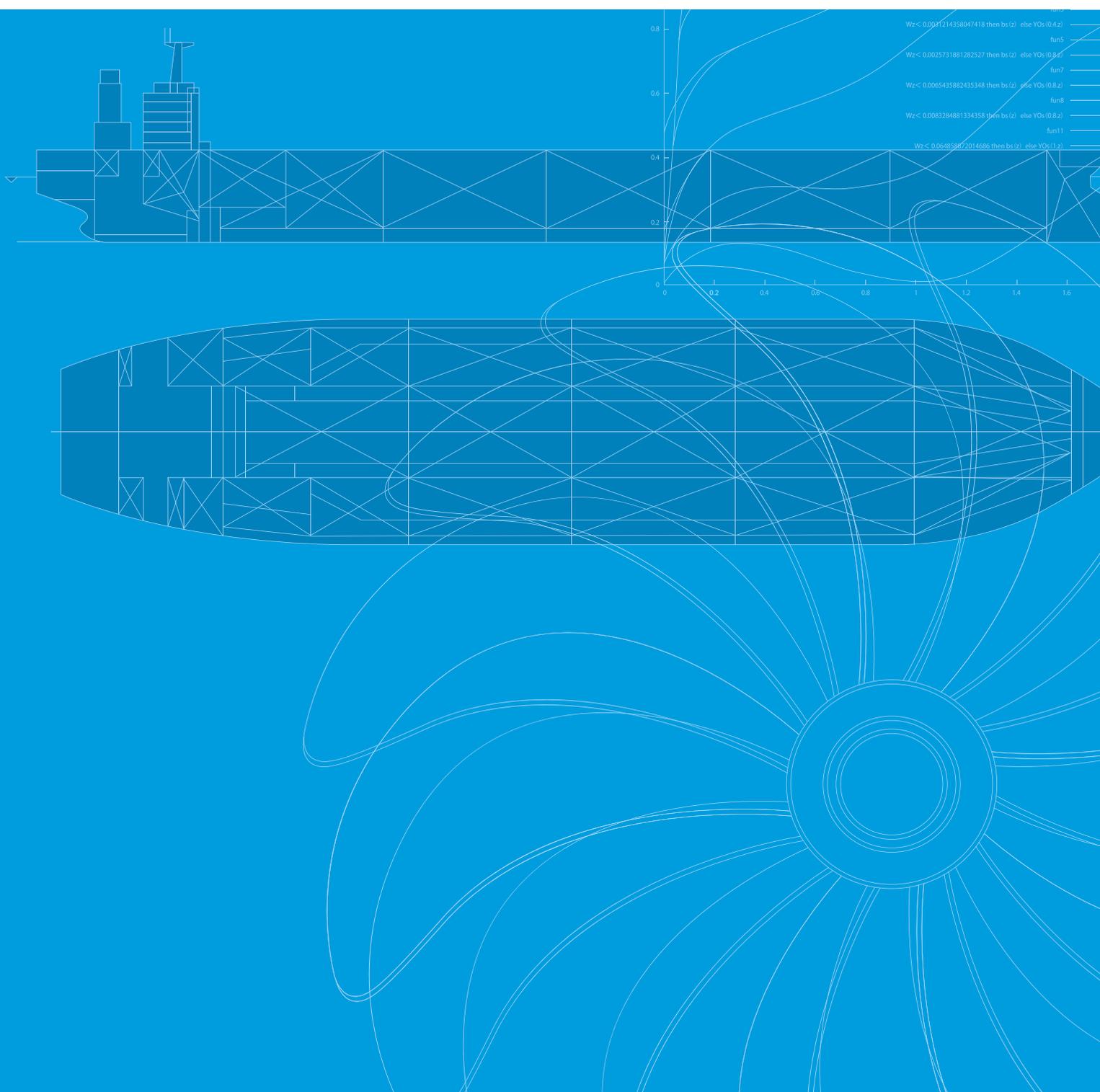


造船の最先端を見つめる技術情報誌

# SRC NEWS

Shipbuilding Research Centre of Japan

No.114  
JUN. 2024



## CONTENTS



志布志国家石油備蓄基地

消防船兼油回収船「はやぶさ」／消防船兼オイルフェンス展張船「みたけ」  
— 新型防災船2隻のご紹介 —

3



気象観測船「凌風丸」

6



シリーズ チュニジア国 (その2)

チュニジア再訪 知られざるイスラム教聖地ケルアン

10



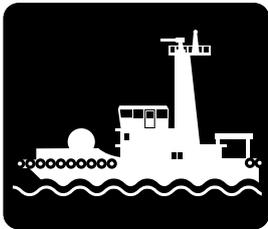
シリーズ キャビテーション試験の解説 (その3)

キャビテーション水槽～観察

13



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。



志布志国家石油備蓄基地

## 消防船兼油回収船「はやぶさ」

## 消防船兼オイルフェンス展張船「みたけ」

—新型防災船2隻のご紹介—



消防船兼油回収船「はやぶさ」

### 1. はじめに

独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）殿が進めている各国家石油備蓄基地の老朽化した防災船の新造代替の第5弾として、志布志国家石油備蓄基地の新型防災船2隻が建造されました。

当センターではこの2隻について平成31年度から令和2年度に基本仕様調査及び基本設計調査を、また、令和3年度から令和5年度にかけての建造監理業務を行いました。

基本設計は、MLC条約に準拠した居住設備を基本として、二層甲板船の条件を満足し、且つ、国土交通省通達「油回収船の検査について（船検第71号S.51.4.28）」の適用を受けるという非常に難しい条件での設計となりました。

以下に、本船の概要と性能を紹介致します。

### 2. 本船の概要

#### 2-1 消防船兼油回収船「はやぶさ」

本船は、消防船兼油回収船として、隣接する他の国家石油備蓄基地への事故災害対応の応援派遣を考慮して、冬場の九州沿岸域の波浪（有義波高2.5m以下の出現率90%）でも航海できるよう船首乾舷5mを確保するような船型とした。前部第2甲板下に油回収タンク、船首楼（又は船首隆起部）にウインドラス兼用の曳航ウインチ、船橋甲板上に油回収装置を装備し、放水塔上に10,000ℓ/minの放水銃を装備している。

主船体は6枚の水密隔壁で7区画に分けられ、前方より船首タンク、バラストタンク、回収油タンク、泡原液タンク室、機関室、推進器室となっており、アジマス推進器（全旋回型推進器）を装備した防災船である。大馬力の主機、推進器に対して後ト

リムとならないよう船型及び配置を検討している。

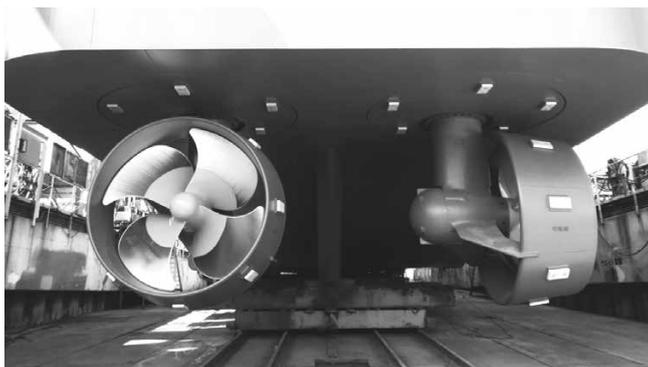
### (1) 主要目等

用途	消防船兼油回収船
船質	鋼
全長	43.42m
垂線間長さ	39.30m
幅(型)	9.40m
深さ(型)	5.30m
総トン数	173トン
航行区域	沿海区域
竣工	令和5年7月



船首係船作業場

主機関	ディーゼル機関 1,618kW × 750min <sup>-1</sup>	2基
推進装置	全旋回ダクト付推進装置 φ 2,200mm	2基
発電用原動機	ディーゼル機関 180kW × 1,800min <sup>-1</sup>	2台



全旋回ダクト付推進装置

発電機	200kVA × AC225V	2台
変圧器	10kVA × AC230-225-200/105V、1φ	3台
無線装置	国際VHF、ナブテックス、EPIRB、レーダートランスポンダ	
警報装置	火災警報装置、ビルジ警報装置、ガス検知警報装置	

### (2) 防災設備要目

油回収装置(スキマーヘッドブラシ式)	1式
集油装置(アウトリガー掃海、B型)	1式
回収油移送ポンプ	1式
揚降装置(伸縮クレーン)	3台
流出油処理剤散布装置	2組
流出油処理剤(乳化剤)	1.2kL
海面浮遊油吸着材曳航装置(折り畳み式)	2式
消防装置(消防コンソール)	1式
消防ポンプ	1台
電動伸縮放水塔	1式
電動放水銃	1基
泡消火装置(泡原液ポンプ×2台)	1式
泡原液	1.2kL
自衛噴霧ノズル	10個



上甲板後部作業場

## 2-2 消防船兼オイルフェンス展張船「みたけ」

本船は、隣接する他の国家石油備蓄基地への応援派遣は考慮していないため、船首乾舷を約3.5mとして基地での作業性を重視した船型とした。消防船兼オイルフェンス展張船として上甲板後部にオイルフェンス巻取機200m×2基を装備しているほかは、回収油タンク、回収油装置、曳航ウインチ、消防設備、揚降装置等は「はやぶさ」と同じ仕様となっている。また、油回収装置は「はやぶさ」に積み替えて作業することもできるように計画されている。

また、主船体の区画は「はやぶさ」と全く同様で水密隔壁により7区画に配置しており、中速機関2基2軸で、全旋回ダクト付推進装置を採用した。

### (1) 主要目等

用途	消防船兼オイルフェンス展張船
船質	鋼
全長	43.42m



消防船兼オイルフェンス展張船「みたけ」

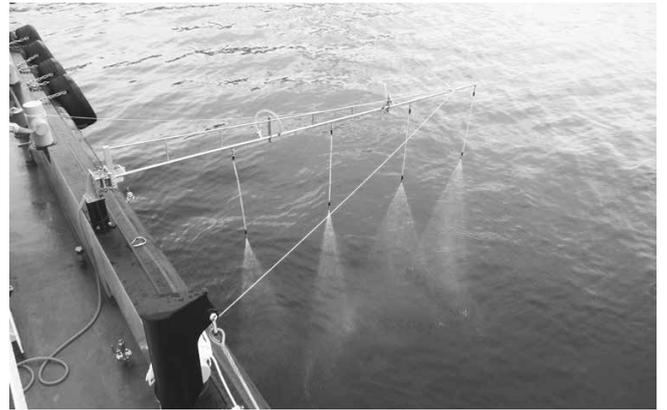
垂線間長さ	39.30m
幅(型)	9.40m
深さ(型)	5.30m
総トン数	173トン
竣工	令和5年7月
主機関	ディーゼル機関 1,618kW × 750min <sup>-1</sup> 2基
推進装置	全回転ダクト付推進装置 φ 2,200mm 2基
発電用原動機	ディーゼル機関 180kW × 1,800min <sup>-1</sup> 2台
発電機	200kVA × AC225V 2台
変圧器	10kVA × AC230-225-200/105V、1φ 3台
無線装置	国際VHF、ナブテックス、EPIRB、 レーダートランスポンダ
警報装置	火災警報装置、ビルジ警報装置、 ガス検知警報装置

## (2) 防災設備要目

オイルフェンス巻取機	2台
充気式オイルフェンスB型	1式
油回収装置(スキマーヘッドブラシ式)	1式
集油装置(アウトリガー掃海、B型)	1式
回収油移送ポンプ	1式
揚降装置(伸縮クレーン)	3台
流出油処理剤散布装置	2組
流出油処理剤(乳化剤)	1.2kL
海面浮遊油吸着材曳航装置(折り畳み式)	2式
消防装置(消防コンソール)	1式
消防ポンプ	1台
電動伸縮放水塔	1式
電動放水銃	1基
泡消火装置(泡原液ポンプ×2台)	1式
泡原液	1.2kL
自衛噴霧ノズル	10個



オイルフェンスおよび巻取機



流出油処理剤散布装置



放水試験の状況

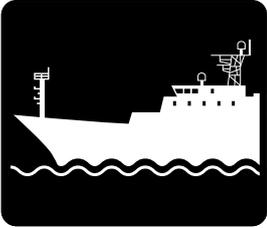
## 3. おわりに

本船の基本設計、建造監理を通して独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構殿、株式会社ネクセライズ殿及び志布志石油備蓄株式会社殿には終始適切なお指導、ご支援を戴きました。

また、二層甲板船目つ油回収船といった規則及び通達に対し、種々のお指導、ご鞭撻を頂いた中国運輸局尾道海事事務所の船舶検査官並び測度官の皆様がこの場を借りて御礼申し上げます。

なお、建造に当られた本瓦造船株式会社殿には高度な造船技術と共に誠意をもって本船建造に尽力されましたことについても深く感謝したいと思います。

(海洋技術部 藤里 宜丸)



# 気象観測船「凌風丸」



## 1. はじめに

令和6年3月1日、4代目となる海洋気象観測船「凌風丸」がジャパン マリンユナイテッド株式会社横浜事業所磯子工場で竣工し、気象庁殿に引き渡されました。

(一財)日本造船技術センターは気象庁殿の委託を受けて、4代目となる凌風丸(以下、「新凌風丸」という。)の概念設計から基本設計・建造監理とその誕生に係る過程の全体にわたってコンサルタント業務を実施しました。気象庁殿の了解のもと新凌風丸の概要について以下に紹介させていただきます。

## 2. 要求性能

新凌風丸で実現すべきことについては気象庁から提案がありました。総トン数(船の大きさ)に制限があるので、新凌風丸の設計を進めるにあたって、予め十分な検討を行い、その収まり具合について見通しをたてておく必要があると思われる要求性能は次の点でした。

- ① 推進方式の選定
- ② 自然環境保護対策
- ③ 居住環境確保対策

新凌風丸の核となる海洋気象観測に関する設備の収まり具合について予め検討をする必要が無かったのか、と不思議に思

うかもしれません。確かに海洋気象観測関係設備についても要求が多くありました。しかし、新凌風丸は現凌風丸の業務を継承し、現凌風丸の使い勝手に基本的な問題はない、ということでした。このため新凌風丸の海洋気象観測関係設備の配置は現凌風丸の配置を踏襲することに早い段階で方針が決まり、新たに細部まで詰め直す必要はありませんでした。

## 3. 要求性能の検討

推進方式については、気象庁より次の方式が指定されました。

- (ア) ディーゼル直結
- (イ) ディーゼル・電気
- (ウ) 1軸
- (エ) 2軸並列
- (オ) 2軸タンDEM

そして、各システムについて次の検討を行うよう要求されました。

- (カ) 自動船位保持装置の優劣
- (キ) 各推進方式の概略建造費
- (ク) 概略年間燃料費
- (ケ) 維持管理費用の傾向

なお、上記の検討にあたっての条件として次のようなことも

掲げられていました。

「ア 推進機関は観測点において観測機器を海中に投下し長時間船位を微調整する操船と、停泊港から観測点までの連続

航走の両方を考慮し、操縦性及び経済性に優れたものとする  
こと。」また、②に関して「MARPOL条約で定める排ガス、排水等の国際海洋汚染防止に関する規制を満たすこと。」

以上のように盛り沢山の条件の下で、新凌風丸についてはどのような推進システムが最適解になるのかを比較検討することになりました。

新凌風丸の主要寸法等を予め設定して、各推進方式について検討した結果が表-1になります。

連続使用可能な負荷率はディーゼル80%、電動機95%とする一方、電動機の場合は入力に対する効率が90%としています。これを見ると、1軸ラインシャフトではディーゼル主機関の出力が大きくなるのが分かります。

表-1 推進システム比較表

推進方式	ラインシャフト				ポッド式				
	1軸		2軸		タンデム2軸		1軸 2軸		
軸数	1軸		2軸		前 後		1軸 2軸		
構造	単純		複雑		単純		複雑		
舵数	1舵	1舵	2舵	特殊舵	なし				
種類	特殊舵		普通舵		特殊舵				
構造	複雑		単純		複雑				
プロペラ出力 (PrpkW)	2000	1800	900 x 2		1350	1200	400	1800	900 x 2
					450				
常用出力 (NORkW)	2400	2160	1080 x 2		1620	1440	480	2160	1080 x 2
					540				
駆動方式	ディーゼル		電動機		ディーゼル		電動機		
駆動装置出力 (DMndkW)	3000	2700	1350 x 2		1705	1800	505	2274	1137 x 2
					568				
駆動装置入力 (DmndkW)	3000	2700	1350 x 2		1895	1800	561	2526	1263 x 2
					632				

常用出力 常用出力=プロペラ出力 x 1.2 シーマージン20%  
 駆動装置出力 ディーゼル 駆動装置出力=常用出力/0.8 電動機 駆動装置出力=常用出力/0.95  
 駆動装置入力 ディーゼル 駆動装置入力=駆動装置出力 電動機 駆動装置入力=駆動装置出力/0.9

ディーゼル主機関の出力が大きいということは、主機関の外形が大きくなるということで、これが②事前環境保護対策に影響することになります。

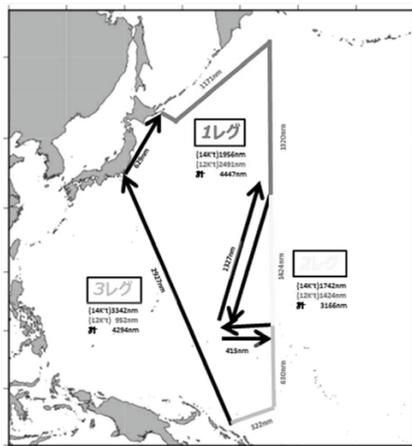


図-1 新凌風丸想定航路(最長の場合)

新凌風丸の航路は図-1のように想定されていて、途中米国

領のグアムに寄港する場合があります。グアムの周辺はECAが設定されているため、排ガス脱硝装置が必要になるわけです。

排ガス脱硝装置の概略は図-2のようになります。SCRは化粧煙突の中に収めるので主要寸法に影響はないのですが、尿素水注水管は主船体内に収めることになるため深さに影響を与えます。図-3は主機関が3000kW級の場合と1800kW級の場合を比較したもので、3000kW級では船の深さが1800kW級に比較して0.80m、現凌風丸との比較では1.10mも深くなるのが分かります。

「2要求性能、③居住環境確保対策」としてMLC-A3.1基準6(a)により居住区天井高さを203cm以上にしなければならなかったため船の深さを10cm程度深くする必要はあったのですが、総トン数に制約がある中110cmも深くするのは論外でした。また、最大搭載人員が多く、居住区を配置するには損傷時復原性能の条件が厳しくなる特殊目的船コードを適用する必要もあったために、深さを1.10mも増加させると、復原性能を改善するために幅の方も必然的に大きくなるという悪循環に陥ることは明白でした。

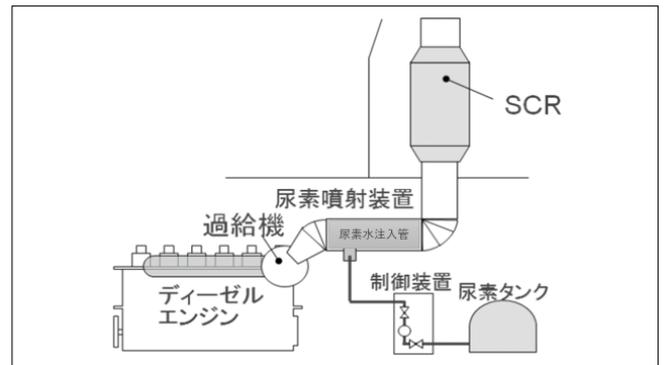


図-2 排ガス脱硝装置

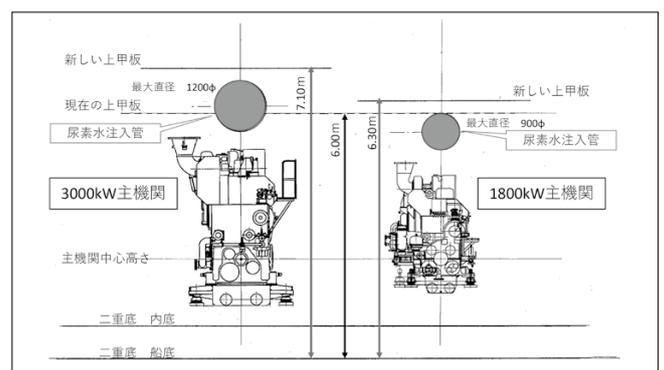


図-3 尿素水注水管の配置

結局、新凌風丸については、与えられた条件の中で船をまとめようとする2軸にして主機関出力を小さくする以外に方法は無かったと言えます。更に、長距離航海も行うことを考えると推進効率の良い2軸タンデム推進が適しており、更に長時間の船位保持が可能で、初期投資や維持費の抑制という条件まで考えると2軸タンデム推進のうち、前方推進器はディーゼル

直結 CPP、後方推進器のみをインバータ制御の電動 FPP アジマス推進器として、これを船尾サイドスラスターと兼用するのが最も合理的であるとの結論になったわけです。

表-2は年間の燃料消費量を推定したものです。推進効率が向上した結果、新凌風丸は現凌風丸に比べて約10%燃料消費量が少なくなるとの結果になりました。なお、表には載せていませんがポッド式2軸・電気推進の場合についても推定をおこないました。発電機効率・電動機効率の低下があるため燃費は低下し燃料消費量は2100KLを超える結果になりました。新凌風丸のように長距離を航海することがある船にはAll電化は燃費の点では向いていないことがわかります。

表-2 年間燃料消費量の比較推定

	タンデム2軸				1軸特殊舵(ベックツイン)			
	往復航 移動	停泊 準備	観測	離接 岸	往復航 移動	停泊 準備	観測	離接 岸
速力 (kt)	14	0	0	4	14	0	0	4
主機関出力 (kW)	1440	0	0	0	2145	0	323	647
主機関燃費 (kg/kWh)	0.215	0.230	0.230	0.230	0.215	0.230	0.230	0.230
主機関燃料消費量 (kg/h)	310	0	0	0	461	0	74	149
発電機出力 (kW)	926	133	602	692	333	133	574	638
発電機燃費 (kg/kWh)	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
発電機燃料消費量 (kg/h)	208	30	135	156	75	30	129	144
年間時間 (h)	2400	1200	1440	20	2400	1200	1440	20
燃料消費量 (t)	1243	36	195	3	1287	36	293	6
年間燃料消費量 (KL)	1698				1864			
燃料単価 (千円/KL)	90				90			
年間燃料費 (千円)	152,803				167,782			

図-4は概念設計時の新凌風丸の推進システム構成概念図です。最終的には主機関1800kWx1、アジマス推進器600kWx1、バウスラスター355kWx1、発電機600kWx3と出力が幾らか変わっていますが、基本的な構成は変わっていません。

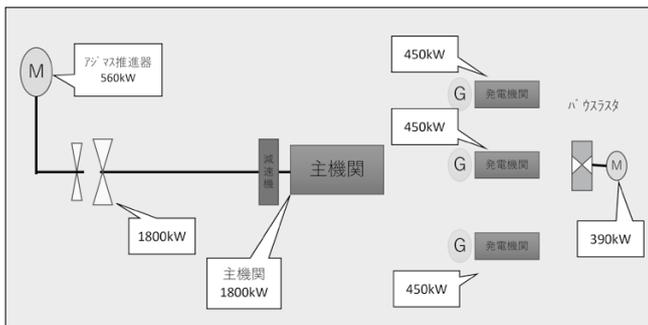


図-4 推進システム構成概念図

## 4. 速力の推定と結果

推進方式の選定に当たっては当然のことですが速力と出力の関係を推定しました。2軸タンデム船のデータが豊富にあれば正攻法で推定が可能になるわけですが、それは難しいので推定は簡単な方法で行うことにしました。2軸タンデムにすることの効果は前プロペラが捨てるエネルギーを後ろプロペラで回収して推進効率の改善を図るということです。基本的な速力推定は前プロペラだけでいい、それに幾らかの効率改善を付加するという方法を採用することにしました。

結果からみるとこうした推定方法でも正確に速力と出力の関係が予想できることがわかりました。図-5はSRCが行った簡単な推定の結果と水槽試験から予想された結果及び試運転結果の3つをグラフにして比較したものです。ほぼ同じ結果になっていることがわかります。

細かく言うと、それぞれ排水量に若干の違いがある他、SRCの推定と水槽試験結果からの推定では1-wや1-t、 $\Delta C_f$ の値が違う等、隅から隅までほぼ同じになっているわけではありませんが、簡単な推定方法でも2軸タンデム推進船の性能推定は出来るということが確認できた点は意味があります。

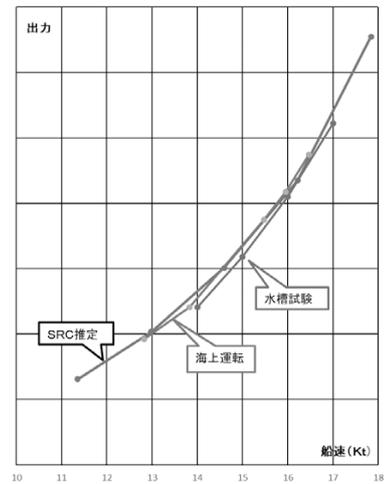


図-5 速力推定結果の比較

## 5. 主要目

実際に出来上がった新凌風丸について簡単に紹介します。最初は主要目です。これは次のとおりです。

船の種類	第3種船	海洋気象観測船
航行区域	遠洋国際	
GMDSS	A3	
船質	鋼	
船型	長船首楼付平甲板型	
主要寸法	全長	85.63m
	幅	14.00m
	深さ	6.40m
	喫水	4.50m
主機関(前部)	ディーゼル	1800kW×1
(後部)	電動M	600kW×1
速力	試運転最大	16.46Kt
	航海速力	14Kt
航続距離	10,000浬/14Kt	
総トン数	1986トン	
最大搭載人員	船員30名、その他18名	

## 6. 一般配置

一般配置は図-6のようになっています。

初期に描いた側面図では船橋が普通の船と同じで前の方に寄っていたのですが、船内の階段を同じ場所から縦に通すためには後方に配置する方が良かったので現在のような配置になりました。乗員は前方視界の関係でブリッジが前の方にあることを好む場合が多いので、この配置に対してはいろいろと意見が出るかなと心配したのですが、特に議論もなく受け入れられたのには少しびっくりしました。SCRを収納した化粧煙突が大型化したため、ブリッジを前に出すとその大きさが目立つ恐れもあったところ、後方にずらしたブリッジとの一体感ができた結果、上手く調和してバランスの良いスタイルになったと思うのは、所謂「個人の感想」かもしれませんが、褒めすぎでしょうか。

新凌風丸の心臓部である海洋気象観測設備は上甲板暴露部と船首楼内左舷側に配置されています。この配置は現凌風丸の配置をそのまま引き継いでいます。CTDを左舷に配置して作業動線を考えるとこのような配置にするのが最も合理的になるわけです。それ故、2. 要求性能、のところで海洋気象観測設備の収まり具合については初期段階で細かい検討を行う必要がなかったわけです。

新凌風丸で少しでも変更したところがあるとすればCTD格納庫の床です。船上に引き上げたCTDからは格納庫内に水が流れ出ます。その水を効率よく排水するためにCTD格納庫は上甲板を切り取り、床面を0.3m低くしています。CTD格納庫の反対側(右舷側)は排ガス管を抜くための開口があるため、この部分は縦強度に寄与する上甲板の幅が狭くなっています。当然のことながら縦強度上の問題が心配されたので、後で問題が起きないように設計時の強度検討は慎重に行いました。

## 7. 調査観測機器

本船に搭載された主要な観測機器を以下に列挙します。

- 観測データ統合解析装置

- 総合海上気象観測装置
- 高層気象観測装置
- 温室効果ガス連続観測装置
- 海面海水連続観測総合システム
- 自記電気伝導度水温水深計 (CTD)
- 深海用精密音響測深儀 (PDR)
- 表層海流計 (ADCP)
- 航走型表層水温塩分観測装置
- 投下式水温塩分連続観測装置 (XBT)
- 全炭酸アルカリ度測定装置
- 水素イオン濃度測定装置
- フロン分析装置
- 電気伝導度塩分計
- 酸素滴定装置
- 各層植物色素測定装置
- 自動化学分析装置
- 船用波高計
- CTD クレーンウインチ
- CTD 搬送装置
- Aフレーム

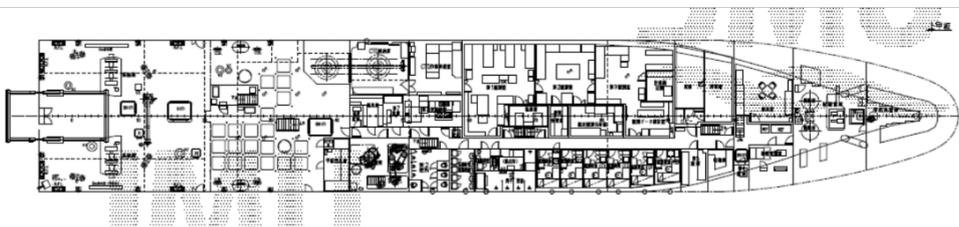
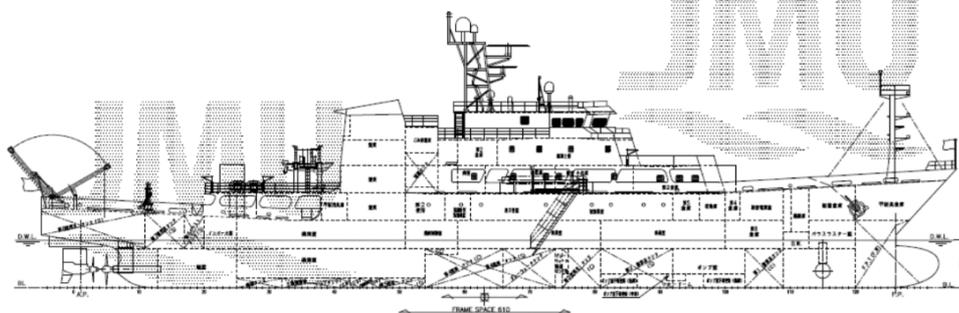
## 8. おわりに

本船の基本設計・建造監理を通して船主である気象庁殿には終始適切なアドバイスとご支援を頂きました。心より御礼申し上げます。

また、本船の建造に当たられたジャパン マリンユナイテッド株式会社殿は、国内トップメーカーとして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を付記します。

本船の就役により、日本の気象予報の精度向上や、気候変動・異常気象の解明が進展することを期待します。

(技術顧問 梁矢 隆一)





## シリーズ チュニジア国 (その2)

# チュニジア再訪 知られざるイスラム教聖地ケルアン

## 1. ケルアンへの道

本文は2019年12月のSRC NEWS No.105号に掲載のチュニジア国 漁業資源管理機材整備計画に係る現地事情の続編として作成しておりますので、本文と合わせてお読み下さい。前回はプロジェクト概要についても記載しております。同号の時点から、約5年が経過し当初の目的であった漁業資源管理指導船2隻の引渡しがいよいよ完了したため、予約した帰国便まで空いている日曜日に、前回行かなかった内陸部のケルアンというイスラム教の聖地である都市にチュニジア観光の締めくくりとして観光客があまりいかないうところに行ってみましたので、ご紹介します。

案内役として仲良くなったカウンターパートのお役人とその娘さんと共に、3月3日(日)の09:15にチュニスを出発しました。

まずはA1-P2高速道路を南下しエンフィダ村付近を通過したときに見かけた送電線の上に巣を作るコウノトリの写真です。道路沿いの送電線に並んで巣が掛けてありました。



コウノトリが載った送電線 人工的?な巣の上に立つ2羽のコウノトリ

また、この道路を走る軽トラックの荷台には文字通り山ほどのフランスパン(バゲット)が積んであり、パンが主食のこの国では日常的にこのような光景が繰り返されているのかと思うと驚きでした。

2時間半ほどでケルアンの観光案内所兼入場券売り場に到着しイスラム教徒以外は12TND(600円)払って市内全域の観光施設に立ち入り可能になります。とりあえずは観光案内所の屋上に上がって隣接する円



軽トラの荷台に山積みバゲット。荷台の後端部中央付近に裸で刺さっている。

形の貯水池を見学しました。カウンターパートの説明によると9世紀にアグラブ朝のイスラム教徒がケルアンを占領した際に14個の貯水池を作ったそうです。現在大小合わせて4か所が残されているそうです。水源はケルアンの西36Kmにある丘の上で、そこから水道が引かれているとのこと。



アグラブ朝の貯水池

## 2. ケルアンの歴史

西暦670年にマグレブで最初に建設されたイスラム都市であるケルアンが、ユネスコの世界遺産に登録されるに値する理由はひとつではなく、当時はまだビザンチン帝国が支配していた海からは歩いて1日のところにあり、もう一方はアラブ人に敵対するベルベル人の山々が後方に控えている、という立地条件がありました。このような位置のおかげで、半世紀もの間、大西洋の海岸までイスラム勢力の西進を含む歴史の中で、両軍に抵抗することができたのです。

しかし、ケルアンは9世紀、800年からアグラビデス朝の首都となり、その影響力はイフィキヤの範囲を超え、マグレブと地中海沿岸流域の大部分に及びました。当時は人口約10万人の都市で、堅固な城壁に守られ、繁栄し、スーク(市場)には地元で作られた工芸品(ガラス製品、陶器、布など)や遠い国(エジプト、シリア、イラク、中国、アンダルシアなど)から輸入された工芸品が豊富に並んでいました。

### シディ・サハブ霊廟

この霊廟にはムハンマド(イスラム教の開祖)の友人であり専属の理髪師でもあった聖者「アブ・ザマ・エル・ベラウィ」が

眠っています。建物はもともと7世紀に建てられましたが、17世紀にオスマントルク帝国により改修されモスクやミナレット（尖塔）、マドラサ（神学校）などが加えられ現在の形となりました。

ムハンマドの友人であるアブ・ザマ・エル・ベラウィが眠っている部屋には彼の棺が置いてあり、イスラム教徒は拝観することができます。棺の部屋の隣の部屋には警備員のベッドがあり遺体の隣で休んでいるのかと思うと気になります。もちろん写真などは撮る気になりませんでした。



中央が霊廟への入り口



霊廟の中庭部分

### 3. ケルアンの見どころ

#### グランド・モスク

ケルアンは、670年北アフリカを征服するためウマイヤ朝から派遣された総督ウクバ・イブン・ナーフィによって建設され、建立者の名前にちなんで、シディ・ウクバ・モスクとも呼ばれています。現在ある建物の原型は、9世紀のアグラブ朝期に再建されたものです。その後も幾度となく改修が行われ、現在に至っています。四方を土色のレンガで強化された要塞を思わせる外壁。内部への門は9つありますが、イスラム教徒以外が入場できる門はメインゲートのみ限定されています。



グランド・モスクがあるメジナの案内図



グランド・モスクのメインゲートに向かう観光客

ゲートをくぐると現れるのは、大理石が一面に敷き詰められた中庭です。中央部の取水口に向かい緩やかに傾斜し、地下には貯水槽があり、雨水がそこに貯められる仕組みになっています。



グランド・モスク中庭に立つ筆者（筆者左側の地面には地下貯水槽への取り入れ口、著者の右側の白い台はお祈りの時間を知らせる日時計）

中庭を取り囲む回廊には、ローマ・ビザンチンの遺跡から流用された列柱が並びローマの遺跡を思い出させます。



礼拝堂の内部（色や模様の違う大理石の列柱で飾られている）



メジナの城壁の上にあるレストランの入り口（右側）



礼拝堂を覗くイスラム教徒以外の観光客  
（日本を含む東アジア圏からの観光客も多い）



手前は牛すね肉のクスクス、奥がチキンの照り焼き



左はメジナの城壁、道路を挟んで右側がメジナの内側  
中央のレストランはメジナの北東の角にあたる。

#### 4. ケルアンでのお食事

ケルアンでの昼食は奮発して、Google Mapにも掲載されている、レストラン エル・ブリジャにしました。

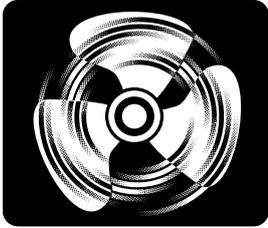
このレストラン エル・ブリジャは内装も綺麗で高級感漂う良い感じのお店でした。クスクスを頼みましたが、クスクスは

もともとモロッコやチュニジアなど、北アフリカに住むベルベル人の主食でした。その後、北アフリカがフランス領となったためフランス以外のヨーロッパ各地にも広がって変化していったそうですが、今回のクスクスは本家の料理ということで期待半分でしたが、おいしいものが食べたいと思って食べるものではない、というのが感想でした。クスクスとは何かという探求心がある方は一度試していただければと思います。

以上、チュニジア国漁業資源管理指導船建造計画に係る現地事情その2ということでお届けしました。カルタゴ・ローマの遺跡については前回の報告をご覧ください。

今回引き渡した監視船2隻を活用して頂き、チュニジア国がIUU（違法・無報告・無規制）漁業の取り締まりに成果を上げることがを祈念いたします。

（海外協力部 寺田 尚）



# シリーズ キャビテーション試験の解説 (その3)

## キャビテーション水槽～観察

### 1. はじめに

今回はキャビテーション試験における高速度カメラ撮影やスケッチについて紹介しました。今回は変動圧力計測やペイント試験等の前回は紹介できなかった試験について説明します。

### 2. キャビテーション試験 (続)

#### ● 変動圧力計測

船尾振動の原因になりうる変動圧力の大きさを把握することはキャビテーション試験において重要な項目の一つです。変動圧力はプロペラ直上に設置された平板に埋め込まれた圧力センサにより計測されます。圧力計測平板には12個の圧力センサが図1に示すように十字に配置されています。

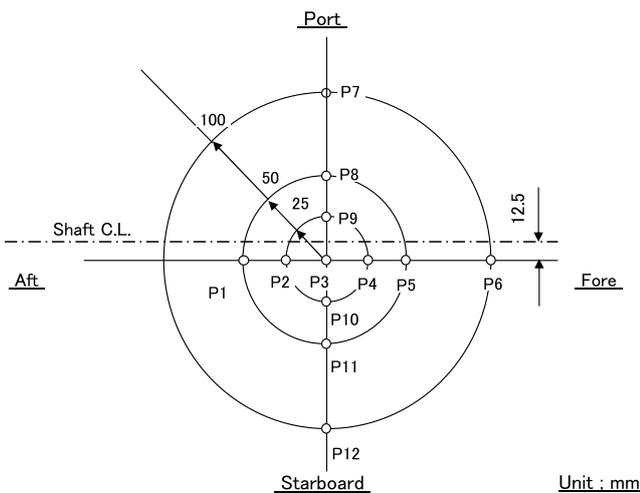


図1 圧力センサ配置図

変動圧力計測ではプロペラが50回転する間の圧力波形を計測し、平均化して1回転分の波形にします。この方法による波形を強化波形と呼んでいます。センサ位置P3における強化波形を図2に示します。この例は5翼のプロペラの強化波形ですので、プロペラ1回転中に類似の波形が5回繰り返しているのが確認できます。

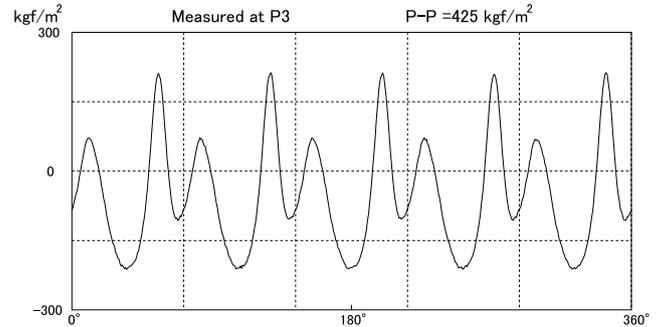


図2 変動圧力の強化波形の例

この強化波形は模型試験の結果であり、データとして利用するためには無次元値にする必要があります。変動圧力は強化波形の圧力値を $\Delta P$ として次式にて無次元化されます。

$$K_p = \frac{\Delta P}{\rho(nD)^2}$$

波形そのままでは利用しにくいので、調和解析をして翼周波数 (回転数×プロペラ翼数) の1～8次成分を求めます。この結果を実船換算することで、変動圧力の良否 (許容範囲内の大きさか) を判断することができます。

また、変動圧力計測と高速度カメラ (前号にて紹介) の同期撮影も可能です。圧力波形をキャビテーションの様子と対応付けて判断することが可能となるので、プロペラ設計の参考になります。図3に同期計測のキャプチャ画像を示します。左側に高速度カメラ動画、右側に変動圧力の波形が並んで表示されています。図では見えませんが、右の変動圧力の波形の中に、左側に表示されている動画の位置 (時点) が示されます。従来は写真や高速度カメラの動画と圧力波形を見比べるしかなかったのですが、同期計測により両方を一画面で見られるようになりました。是非ご利用ください。

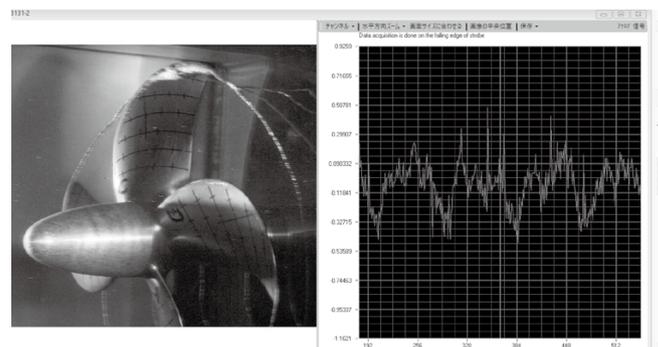


図3 変動圧力と高速度カメラとの同期計測

## ● ペイント試験

キャビテーションの種類や崩壊の様子によってはプロペラ翼面に大きな衝撃が加わる可能性があり、エロージョンリスクの有無を把握する必要があります。

エロージョンリスクは簡易的には観察を通して評価しますが、観察だけでは評価が難しいときもあります。よりはっきりした根拠が欲しい時にはペイント試験を実施します。ペイント試験ではプロペラを塗料につけこみ、翼面上に塗料の被膜をつくり試験を実施します。エロージョンリスクを把握したい試験条件を30分程度、試験条件を維持し、キャビテーションの崩壊時の衝撃によって塗料の被膜が剥離するか否かでエロージョンリスクを判定します。

図4の右図で白くなっている箇所が塗料の剥離があった部分で、エロージョンリスクがあると判断されます。図の例では前縁と後縁に塗料の剥離がありますが、実際には、プロペラに流れ込む伴流の分布やプロペラ形状によって翼面中央部や翼根部に剥離が発生することもあります。

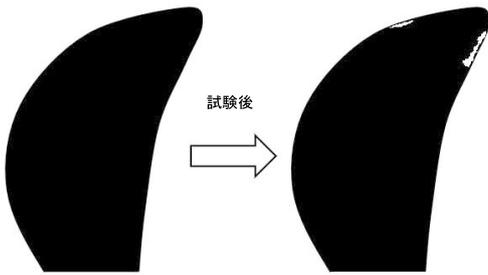


図4 ペイント試験

## ● その他の試験

その他、各種のキャビテーションが発生し始める作動条件を調査する試験もあります。この試験ではある $K_T$ または $K_Q$ においてキャビテーション非発生状態から少しずつキャビテーション数を下げていき、種々のキャビテーションパターンが初めて発生した作動点(初生点)をプロットします。 $K_T$ または $K_Q$ を変更してこれを繰り返すことにより、図5に示すようなバケツのような形状のカーブが作成されます。これをバケツカーブと呼びます。バケツカーブにより、キャビテーション初生点および作動点におけるキャビテーションパターンの把握が可能となります。

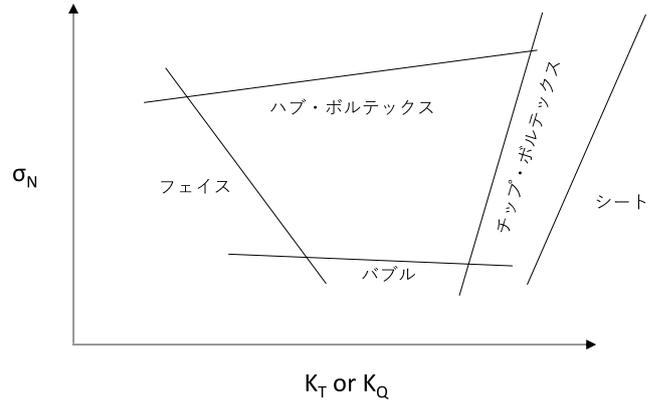


図5 バケツカーブの例

ここまで紹介したのはプロペラ単体で実施するキャビテーション試験です。この他に前方にステーターを設置し、旋回流を与えた試験や、後方に舵を設置し舵の影響を考慮したプロペラキャビテーションを観察したり、舵に発生するキャビテーションを観察することも可能です。通常の試験とは異なるセッティングになるため、今まで紹介した計測項目に制限が課される可能性はありますがご要望があれば、是非ご相談ください。

## 3. さいごに

3回にわたってキャビテーション試験について紹介しました。各内容ともに概要説明に終始してしまい、既にご存知の内容も多かったかもしれません。一方で本記事にてキャビテーション試験について興味を持ってくださった方がいらっしゃれば幸いです。また、記載した試験内容以外にもプロペラキャビテーションに関わるご質問やご相談がありましたらお問い合わせください。

(試験センター技術部計測課 滝口 祥大)

日本最大の国際海事展である『SEA JAPAN 2024』が、2024年4月10日から12日までの3日間、東京ビッグサイトで開催されました。当センターは国土交通省などと協力し、『SEA JAPAN 2024』を後援し、日本の船用工業、造船関連団体、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」に展示ブースを出展しました。

展示ブースには、当センターが開発した船型開発ソフト「SRC Tips (SRC Tools for Initial Planning of Ship)」を使用した船型開発・改良コーナーを設け、来場者に船舶の性能推定や最適化を体験していただいたほか、光ファイバーを用いたFBG (Fiber Bragg Grating) 圧力センサを展示し、来場者に実際に多点で同時に圧力を計測する様子を見てもらい、触れていただくと共に実際に体感していただきました。また、船尾カットモデルを用

いたセンサの利用例、実船における圧力計測、大容量のFBG圧力センサの紹介など、SRCの業務にかかわりの深い光学計測技術の応用例をご説明させていただきました。

開催期間中、当センターのブースには国内外から200名を超える多くの方々が訪れ、展示パネルや当センターの業務紹介ビデオをご覧いただくとともに、商品に関する説明も熱心に聞いていただき、また、多くの来場者から質問が寄せられました。

当センターは、海事分野に関わる総合的な技術コンサルタントとして、船舶の設計から建造、修繕に至るまで、様々なシーンで皆さまのご相談に対応して参ります。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)

## 委員会等の記録

第164回HRC	2023年12月21日
第6期第9回SPCG (Basic Group)	2024年2月 2日
第35回理事会 (通常)	2024年3月 4日
第23回評議員会 (臨時)	2024年3月25日
第165回HRC	2024年3月27日
第6期第10回SPCG (Basic Group)	2024年3月28日
第6期第6回SPCG (Advanced Group)	2024年3月28日

※ HRC: 船型研究会 (Hull form Research Committee)

SPCG: 共同研究会 (Ship Performance Calculation Group)

## 編集後記

本号では、当センターが設計・建造監理に携わった「新造船のご紹介」、出張先の現地の様子をお伝える「海外紀行」として、チュニジアのイスラム教聖地ケルアンの訪問記、そしてシリーズでお届けしている「技術解説」の3本立てで構成させていただきました。新造船の紹介では、本船の設計でこういった点に留意して検討をしたのかなど、設計者目線を交えて解説させていただきますので、是非ご一読いただければと思います。

さて、今年はオリンピックイヤーです。コロナ禍で異例づくしの開催となった東京オリンピックから早3年が経ち、今回はパリでの開催。開幕をまじかに控える中で、東京オリンピックに続く日本選手の活躍に益々期待も高まっていくことでしょう。「頑張れ、ニッポン！」皆さんとともに日本選手の活躍に熱いエールを送りつつ、暑い夏を乗り切っていければと思います。

## 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

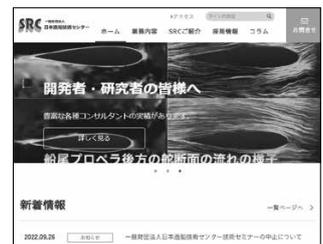
〒180-0003  
東京都武蔵野市  
吉祥寺南町1丁目6番1号  
吉祥寺スバルビル3階  
TEL 0422-40-2820  
FAX0422-40-2827



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いただけ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/>