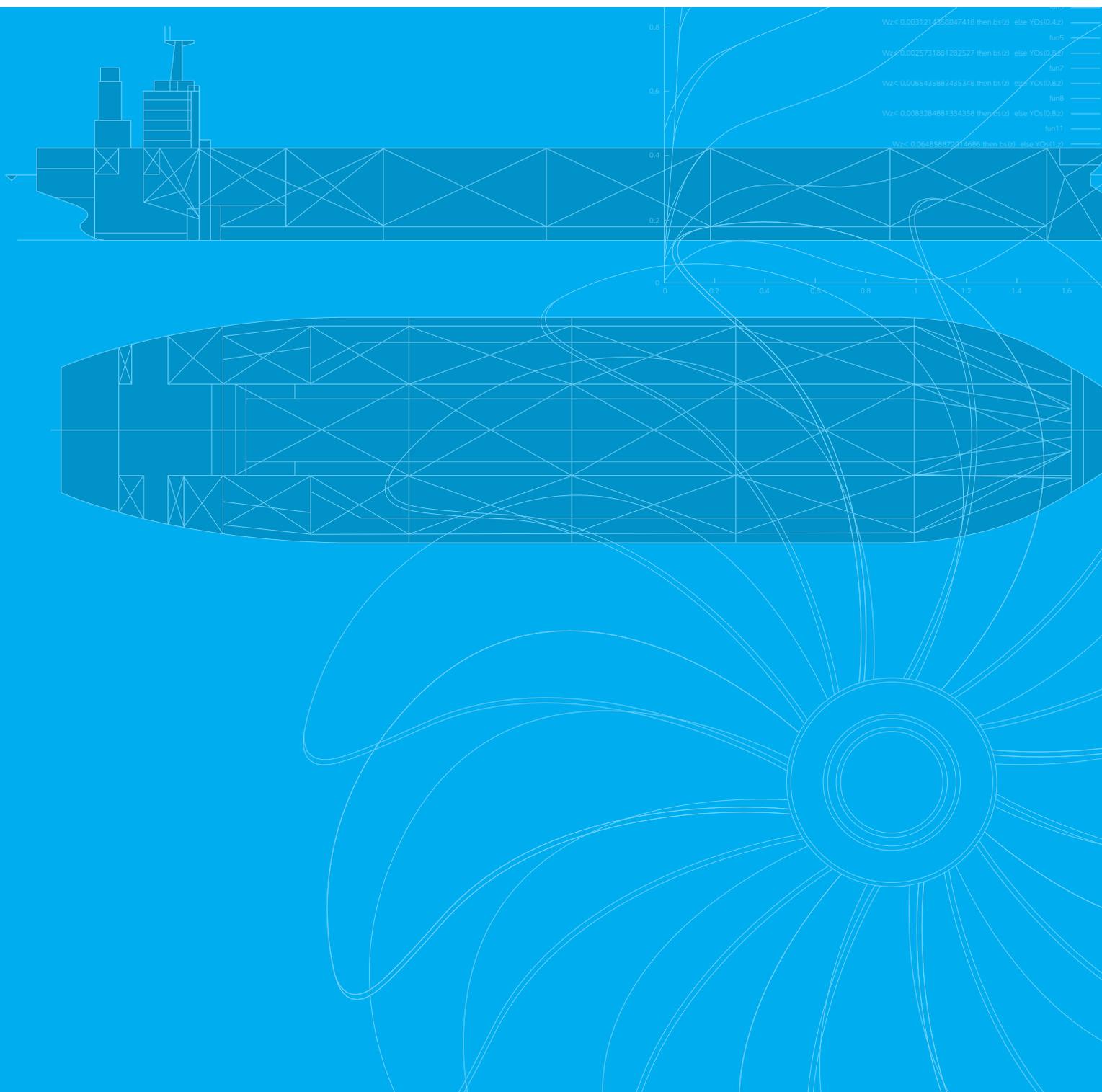


造船の最先端を見つめる技術情報誌

# SRC NEWS

The Shipbuilding Research Centre of Japan

No.91  
DEC 2012



## CONTENTS



ロシア退役原潜の原子炉区画陸上保管施設建設事業  
～機材調達代行業務(その1)～

3



フィリピンにおける  
内航船安全規制の適正化支援事業

6



北方四島交流事業等後継船舶「えとびりか」が就航  
ービザなし交流・自由訪問等で活躍ー

8



SRC資料室(11) 最適船型(その2)

10



逆POTによるプロペラ付加物の性能確認  
(逆POT試験法について)

14



船型性能改善のための省エネ装置(その1)

16

Topics

(財)日本造船技術センター技術セミナー開催

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。

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



# ロシア退役原潜の原子炉区画 陸上保管施設建設事業 ～機材調達代行業務(その1)～

## 1. はじめに

平成24年(2012年)5月18日、ロシア極東地方の沿海州にあるラズボイニク湾で、晴天の下、日露両国の関係者およそ30名が集い、浮きドック1隻、岸壁クレーン2基及びタグボート1隻(総額約45億円)の機材供与完了式典が開催されました。

当日の式典には、日本側から外務省、日露非核化協力委員会技術事務局、在ウラジオストク日本総領事館の関係者、機材を製造・納入した各メーカー幹部、そして当センターからも2名が出席しました。ロシア側からは、ロスアトム(ロシア原子力公社)、同子会社のロスラオ社(放射性廃棄物処理公社)、そして機材の運用を行なうロスラオ社極東支部のグリラオ社の関係者が参加しました。

当センターでは平成21年の10月5日に、本事業の機材調達代行業務を日露非核化協力委員会技術事務局から受注し、平成24年5月10日まで機材調達代行業務を行いました。

以下に、約31ヶ月間にわたる本事業を振り返り、その概要と経緯を紹介致します。



現地で開催された機材供与完了式典

## 2. 本事業の背景

ロシアは1950年代末から冷戦終結までの旧ソ連時代に、250隻近い原潜を建造しました。その3分の2はムルマンスク周辺のコラ半島一帯を基地とする北洋艦隊に配備され、3分の1はウラジオストク周辺やカムチャツカ半島に基地を持つ太平洋艦隊に配備されました。

一般に原潜の耐用年数は約25年といわれ、旧ソ連時代に使用されていた原潜の殆どは、耐用年数が過ぎて、退役しています。ところが、旧ソ連時代にはこうした退役した老朽原潜の具体的な解体計画はなく、そのまま長年にわたり十分な管理がなされないまま埠頭に繋留されてきました。この状況はソ連崩壊後の経済混乱による厳しい資金不足でさらに拍車がかかり、長期繋留されている老朽原潜の中には浸水で沈没の危険が生じ、津波や暴風雨等の海象の影響による事故も懸念されるようになりました。



冷戦時代のソ連の「ヤンキー級」原潜

実際、ロシアで退役した原潜の総数は2003年5月当時、約192隻と報告されており、そのうち116隻が北極海域に、また約76隻が極東海域にあり、原子炉の燃料抜き取りが済んでいるのはそのうちの3分の1に満たない状況にありました。

こうした状況を打開する為、ロシアに対して解体計画支援の動きが欧米で始まり、我が国も日本海の世界保全と国際協力の視点から支援を開始したのでした。これまでに、我が国は、2001年に完成した浮体式の低レベル液体放射性廃棄物処理施設「すずらん」建造事業(約41.5億円)や、2003年6月に日露両政府の間で実施取決めが署名されたロシア極東の退役原潜解体事業「希望の星」に基き、2009年12月までにヴィクターⅢ級原潜3隻、ヴィクターI級1隻、チャーリーI級1隻の解体作業の資金協力支援(総額約58億円。ただし日本国政府が拠出した資金約49.2億円の外、G8グローバル・パートナーシップに参加するオーストラリア、韓国及びニュージーランドからの協力資金約8.8億円を含む)を行なってきました。

本事業は、こうした協力実績を背景に、平成18年4月にロシア政府から日本側に支援要請があったものです。

解体された原潜の原子炉区画は、必要な密閉処理等を施した上で現在海上保管されていますが、ロシア政府は、この原子炉区画をより安全かつ安定的に保管するための陸上保管施設をロシア極東のラズボイニク湾に建設しています。

日露非核化協力委員会は、ロシア政府からの支援要請を受け、平成18年8月、現地に調査団を派遣し、本事業の妥当性及び安全性等についての調査を行い、この調査結果を踏まえ、平成19年1月、日露非核化協力委員会は同施設建設に協力することを正式に決定しました。

平成19年5月、日露非核化協力委員会はロシア連邦原子力局(現ロシア国営会社「ロスアトム」)との間で本件協力事業の枠組みを定める実施取決めの交渉を開始するとともに、平成19年9月から平成20年7月にかけて、同施設で使用される浮きドック、岸壁クレーン及びタグボートについての調査が日本の別のコンサルタントにより行われました。

平成21年5月、プーチン露首相来日の際に日露非核化協力委員会とロシア国営会社「ロスアトム」との間で本件協力のための実施取決めが署名され、日露非核化協力委員会は、同取決めに基づき、同施設で使用される3つの機材の供与を正式に決定したのです。

そして、平成21年9月30日に機材調達代行業務に係る入札が行われ、当センターが落札し、同10月5日に日露非核化協力委員会技術事務局と業務契約を締結しました。

### 3. 調達代行業務

契約後、平成21年11月30日～12月4日にウラジオストク市内にあるダリラオ社本部で、初めて現地協議を行いました。その後、3種類の機材の調達について、技術事務局のアドバイスのもとに、当センター、請負業者、ダリラオ社間の請負契約書と仕様書の内容の詰めを行いました。仕様については、既に基本設計が確定していましたが、実際の調達となると、輸送、通関、現地調整工事、現地検査、試運転など、ロシア側の情報を踏まえた現実的な条件を把握する必要があるため、平成22年2月、4月、6月と現地協議を重ね、国際入札に向けて書類の準備を進めました。

当初は、平成22年3月末までに、3機材とも入札にける予定でしたが、ロシアの場合、極東支部のダリラオ社だけでは物事が決まらず、モスクワとの調整や確認に時間がかかり、入札に向けたゴーサインが取れたのは平成22年6月になりました。

3機材のうち、最も協議に時間をかけたのが岸壁クレーンでした。船舶の場合は、ロシア船級協会(RS)も加盟している国際船級協会連合(IACS)を通じて安全基準の国際的な共通化が図られていますが、クレーンの場合にはそれぞれの国や地方で独自の安全基準を定めているため、それらを事前に詳細に調べて確認を取っておく必要があるため、時間がかかります。ロシアの場合、日本では馴染みのないロシア版JISともいふべき「GOST」という工業標準規格があり、クレーンの場合、日本でも厚労省が安全基準を厳格に定めていますが、ロシアではロステクナゾール(Rostechnadzor:ロシア技術監視局。通称「RTN」と呼称される)が独自の厳しい安全審査基準と手続を定めています。本事業では原子力関連施設に使用されることから、さらに特殊条件が適用されるため、クレーンの仕様書の作成段階から、RTNの事前チェックを求められました。

3つの機材はそれぞれ納入までの期間が異なり、現地における調整工事の期間もさまざまなため、入札時期と納期の設定については、事前に十分検討し、ロシア側の陸上施設の工事予定も睨みつつ調整しました。その結果、岸壁クレーンが最も工期が長くかかることがわかり、続いて浮ドック、タグボートの順となりました。

こうして、入札公示日は、最初に岸壁クレーン(平成22年6月23日)、つづいて浮ドック(同6月30日)、最後にタグボート(同7月21日)に設定し、公示から入札までの準備期間を45日確保したうえで、入札日はそれぞれ同8月9日、同16日、同9月6日としました。また、納入期限はそれぞれ平成23年12月15日、同10月15日、同8月15日に設定しました。

入札の結果、岸壁クレーンはIH運搬機械(株)、浮ドックは富士海軍工業(株)、タグボートは北浜造船鉄工(株)が落札し、それぞれウラジオストクのダリラオ社本部で、平成23年8月20日、同27日、同9月17日に日露非核化協力委員会技術事務局立会のもと、当センター、請負業者、ダリラオ社間で各機材の請負契約の署名式が行なわれました。



ダリラオ社本部でのクレーン請負契約署名式

その後、各機材の製造は、それぞれの請負業者により、順調に進みました。そうした中で、平成23年3月11日に発生した東日本大震災で東北地方の太平洋岸に甚大な被害を及ぼしました。幸いにもタグボートを建造した北浜造船鉄工(株)は、青森県の陸奥湾に面していたため、津波の被害を免れましたが、協力業者が八戸など沿岸部で壊滅的な被害を受けた為、工程面で代替措置を余儀なくされました。浮ドック及び岸壁クレーンの建造・製造場所は西日本だったため、震災の影響は直接的には皆無でしたが、調達部品の中には、例えば福島で被災した電線メーカー品などが含まれており、納入時期に多大な影響が出たため、代替品の手配や工程の大幅変更などを余儀なくされました。当センターは建造監理業務を通じて、請負業者とロシア側との間にたち、緊密な調整にあたり、震災による納期遅延の最小限化に努めました。

### 4. 調達機材の概要

本事業で調達された浮きドック、岸壁クレーン2基、タグボートは、それぞれ次の目的に使用されます。

#### (1) 浮きドック

原潜を解体する際、艦体の大部分はスクラップとして処理されますが、内部の残留放射線が多い原子炉区画(艦体の中央部)については、直ちに解体することができないため、長期(約70年)の保管が必要となります。これらの原子炉区画は、放射性物質の流出を防ぐ密閉処理などを施した「3原子炉区画ユニット(3-CRU)」の形でロシア沿海地方のチャジマ湾に現在約54基海上保管されています。しかし海上保管が長期にわたる場合、海水による腐食や、暴風雨等の海象の影響による事故等も懸念され、核・放射性物質の流出や海洋汚染の潜在的リスクが潜在します。

この3-CRUは、原子炉区画及び前後の2区画(海上保管時の浮力確保用)の計3区画を1つのユニットとして、密閉処理等を施したものです。これを、海中から引き揚げ、陸上で安全かつ安定的に長期保管する為の施設が、原子炉区画陸上保管施設です。現在、ロスアトム傘下の放射性廃棄物処理専門のロスラオ社の極東支部であるダリラオ社が、ラズボイニク湾に原潜約100隻分の原子炉区画を保管できる陸上施設を建設中です。施設の土木工事はほぼ終わり、現在は塗装工場や重量物運搬用油圧台車格納庫、汚染水処理施設などを建設中で、2013年以降の本格稼働に向けて着々と整備しています。

浮ドックは、旧ソ連時代を含め最も大きなオスカー級原潜(排水量約18,300トン)の原子炉区画(重量約3,100トン)を浮ドック内に搭載し浮上させることのできる寸法と強度を備える必要があります。さらに、岸壁に横付けされた後、浮ドックの甲板上のレールと陸上側のレールの位置を上下左右方向に一致させる必要があります。なぜなら、3-CRUを陸揚げするために、ドイツ製の重量物運搬用の油圧台車ユニットを3-CRUの下部にセットして、陸上に移送するからです。

そのため、浮ドックを定位置に保持して係留できるように、特殊なガイド装置が船首中央部と左右舷下方に設けられています。また、後方の船底部は、水中に設えられた水中台座の上に着座できるように、接触箇所の外板を増厚してあります。

自航はできないため、移動にはタグボートによる補助が必要ですが、浮ドック本体には大容量のバラストポンプとバルブで各バラストタンクの水面を遠隔制御する装置が付けられていて、精密な喫水調整が可能となっています。すなわち、浮ドックというより、浮体式の“揚重装置”というべき機能を備えています。

なお、冬季、1月から4月にかけて、ラズボイニク湾が凍結するため、この期間は浮ドックの稼働は困難になります。冬季の凍結防止のため、主要な機器類、配管、バルブ類の暖機用、また機関室、電気室、居住区の暖房用として十分な熱量のボイラーを装備しています。船級としてロシア船級協会(RS)認証を適用しています。

浮ドックの主要目は次のとおりです。

主要寸法:全長65.00m、全幅30.10m、全高22.10m、

最大喫水20.80m

最大揚重:約3,500トン

(盤木・油圧台車ユニット・ステー類400トン含む)



海上曳航中の浮ドック

## (2) 岸壁クレーン

陸揚げされた3-CRUは、陸上保管施設に収容される前、前後の浮力区画を切り離し、原子炉区画のみを保管します。その際、切り離された前後の浮力区画を大ブロックのまま隣接の解体ヤードに移動させるために、32トンの岸壁クレーンを使用します。現場での作業性を向上させるために、ブームの中間に5トンのホイストを装備し、大ブロックの吊上げ時の補助作業等に使用できるようになっています。

解体ヤードに移された大ブロックは、スクラップ材として電気炉に投入できる短冊状のサイズ(縦横0.6m程度)にまで分割した後、

小さな容器に入れたり、或いはリフティングマグネットを使ったりして、岸壁に横付けされた運搬船に積み込み、製鉄所に運びます。その際に、10トンの岸壁クレーンを使用します。

二つのクレーンとも、45mのブームを備えて幅10.5mのレール上を走行し、冬季での作業を考慮してマイナス40℃の寒冷仕様に合致した材料と設備及び暖房装置を備えています。また、2基のクレーンが同時に同じ作業エリアで運転した場合、互いにブームが衝突するのを避けるために、どちらか片方のクレーンが稼働中は、もう1台のクレーンは安全な場所に休止させます。さらに、ブーム旋回時に、機械室やカウンターバランスの最後部が3-CRUや輸送船と干渉しないように、機械室やカウンターバランスの後端の最大旋回半径を7.00m以下にしてあります。

岸壁クレーンは現地での据付、組立、調整、試運転が必要になるため、現地での工事期間を短縮して、品質と納期を確保するために、一体型で海上輸送をするように計画しました。

岸壁クレーン2基のそれぞれの主要目は次のとおりです。

### ①32トン岸壁クレーン

定格荷重×半径:32トン×(8~17)m、

(32~16)トン×(17~30)m

巻上速度:0~7m/min、(5トンホイスト:8m/min)

### ②10トン岸壁クレーン

定格荷重×半径:10トン×8m(最小)、10トン×30m(最大)

巻上速度:0~21m/min



32トン(左)と10トン(右)の岸壁クレーン

## (3) タグボート

3-CRUを係留場所から沖合の浮ドック係留ポイントまで曳航する際の補助作業や、係留索のもやい取り、そして沖合の浮ドックへの人員や手荷物の運搬用として、タグボートが計画されました。冬季に結氷するラズボイニク湾の海象を鑑みて、船首喫水部の船体の板厚を増厚しています。船級としてRS認証を適用しています。

タグボートの主要目は次のとおりです。

主要寸法:全長19.00m、全幅6.60m、型深さ3.00m、

計画喫水2.05m

総トン数:92トン

続く (海外協力部 小川 賢)



# フィリピンにおける 内航船安全規制の適正化支援事業

## 1. はじめに

(財)日本造船技術センター(SRC)海外協力部では、国土交通省やJICAから委託を受けて、国際協力に関する調査を行っています。

平成23年度は、国土交通省からの委託に基づき「フィリピンにおける内航船安全規制の適正化調査」を実施しました。

皆さんがご存知の通りフィリピンは、インドネシアと並ぶ世界でも代表的な島嶼国で有人、無人の島々が7100余存在し、米作を基本とする農業が多くの人口を支え、マンゴーを代表とする熱帯フルーツや蟹蝦等魚介類料理をイメージされる方も多いと思います。位置的には、台湾の南方に位置する近隣の島国です。



フィリピン地図

従って、同一の国民としての帰属意識等の共有のためにも日々の生活維持のためにも、海上交通の整備が欠かせないことは想像

に難くありません。よって、国際航海には従事しない、国内だけで運航される、所謂『内航船』と呼ばれる比較的小さな旅客船、旅客フェリー、貨物船、漁船等が多数存在しているのが特徴です。内航船の安全確保は、フィリピンにとって、最重要課題の一つと言えます。

日本とフィリピンは近年、以前にも増して友好関係が深まり、二国間の関係を超えて、地域の課題を協議したりする関係に発展しています。

平成23年10月にフィリピン政府からASEAN事務局に対して、「ASEAN地域における統一的な船舶安全検査システムの改善」及び「ASEAN地域における船舶安全規則及び海洋汚染防止規則の調和」という二つのテーマについて調査協力要請に関する提案がなされました。

## 2. 今回の調査の内容

(1) 調査期間：平成24年2月6日から3月23日

(2) 調査項目：

- ① 船舶安全法(日本)とフィリピン現行規則との比較分析
- ② 航行区域に応じた安全規則の設定の手法、適正な安全規則骨子等の提案
- ③ 船舶チェックリスト(検査補助資料)の作成

などであり、これらを文献調査や現地聞き取り調査を交えて実施しました。

現地聞き取り調査は、海事産業庁(MARINA)やフィリピンコーストガード(PCG)を訪問して行いました。



海事産業庁におけるミーティング

### 3. 日本の内航船安全規制の特徴について

我国は、内航海運の発達に伴い、内航船の適切な安全規制の検討を長年行い、船舶安全法とその諸規則を整備して、内航船の安全を担保するための船舶安全検査を執行してきました。

この過程で特徴的なのは、国内を航行する内航船技術水準が対応すべき航行区域の設定です。国内の水域といっても湖川港内や平水区域のような極めて静穏な水域がある一方で、沿海区域以遠の比較的厳しい海洋環境の区域まで様々です。これらを階級付けするファクターの基本は、海象条件（波高、風速）及び地理的条件です。このため、日本周辺の海域の観測データに基づき、航行区域の区分が設定されています。

そこで、航行する区域に応じた技術水準をそれぞれの船舶に要求することが合理的であるとの認識に基づき、我が国では、技術基準が段階的に特定され、安全規制が実施されています。

即ち、国際航海に従事しない船舶については、SOLAS条約のフル装備が要求されることは稀で、旅客船と非旅客船との間にも明確な差異が設けられています。

### 4. フィリピンにおける船舶安全の実情

フィリピン国籍の船舶安全行政は、主管庁であるMARINAが、船級協会等に権限付与している部分もありますが、全国に101名の船舶検査官を擁して実施しています。

関係規則については、1974SOLAS条約をベースとして、フィリピン商船規則（PMMRR）を制定して、内航船を含めフィリピン船舶が守るべき、19章からなる技術基準を定め、これに基づいて船舶安全検査を実施しています。しかし、全章を通じてみると章間のバランスの悪さや具体的な基準等が内規（MC）に定められたりするなど、使用する上での不便さが散見されるほか、内航船に必要な基準の明示がPMMRRにおいて不十分と思われる部分もありました。

また、船舶の出航前立入り検査、ポートステートコントロール等は、PCGが全国12管区本部に所属する関係職員1500名で実施しています。

しかし、フィリピンでは毎年のように発生する重大海難により、多くの犠牲者が発生しているのも事実です。

2008年6月に、マニラからセブに航行中に台風による荒天により沈没した「プリンセス・オブ・ザ・スターズ」の800名以上の犠牲者発生が記憶に新しいところです。

これらのことが、フィリピン政府に船舶安全の改善を企画させる有意な理由の一つでもあります。

### 5. まとめ

フィリピンの国内水域について、航行区域を区分して、合理的な内航船安全規制を実施することが、今次提案の柱ですが、現在、

フィリピン側も気象・海象データを収集し、検討を進めており、陸地から3海里以内の平水区域等のほか沿岸約15海里までを沿海区域とする案がファイナルドラフトです。しかし、その根拠が曖昧な部分が多いことや、このあと、適切な技術基準の制定に課題を残しています。

また、船舶安全検査行政全般において、その質の向上は、不可欠です。特に、船舶安全検査の厳格な執行、船舶検査官のスキルの向上、将来的には検査の合理化制度の創設とかも、限られた資源を使って、効果的に行うことが、安全規制の履行に不可欠です。

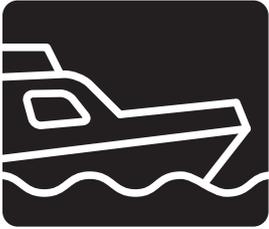
今後、継続的にフィリピンの安全規制の向上を支援して、ASEAN地域における各国の内航船の航行の安全を図ることが重要です。これについては、既にBMPI（ブルネイ、マレーシア、フィリピン、インドネシア）四カ国での協議が開始されているとのこと。



フィリピンコスタガードの船舶

最後に、本調査は、ASEAN諸国への我国の協力強化の一環として、今後とも継続強化することが有益と考えられる重要な課題であることを皆様にご理解いただき、引き続きのご協力とご指導をお願いするものであります。

（海外協力部 井上彰一郎）



# 北方四島交流事業等後継船舶 「えとぴりか」が就航 —ビザなし交流・自由訪問等で活躍—



航走写真

## 1. はじめに

平成4年から実施されている四島交流(ビザなし交流)、墓参及び自由訪問などの四島交流等事業は、昨年度まで、主に民間企業が所有する船舶を傭船して実施されてきました。

しかし、使用船舶の老朽化や周辺海域の特殊性などの事情により、事業を安定的かつ安全に実施するためには、後継船舶の調達が望まれてきました。平成17年度及び18年度に「四島交流等使用船舶基本構想に関する調査研究」が実施され、平成19年12月18日の関係閣僚申合せにより「四島交流等の実施及び後継船舶の確保に関する方針」が示され、これを受けて、後継船舶の望ましい基本仕様や運航形態の検討が行われてきました。

当センターは、平成19年度に内閣府から「北方四島交流事業等後継船舶に関する基本仕様書等の作成業務」を受託し、その後、平成21年度から23年度にかけて、(独)北方領土問題対策協会からの委託による「四島交流等事業使用船舶調達業務に関する進行監理等業務」を実施しましたので、以下に本船の概要を紹介します。なお、船名「えとぴりか」は、日本全国から公募したものを審査して決定されたものです。

## 2. 基本コンセプト

四島港湾設備の状況、四島交流等事業の特殊性、安定性・安全性の確保、元四島島民の高齢化などを考慮して、以下に示す基本コンセプトに基づき基本設計を実施しました。

- 色丹島穴澗湾で安全に運航可能な船舶の長さ及び喫水の決定
- 乗乗時の安定性確保
- 集会スペースの確保(90名程度)
- 上陸時の安全性確保
- 船体の安定性確保(横揺れ制御)
- 乗船時、甲板での安全性確保
- 高齢者に優しい船(バリアフリー)

## 3. 船舶の概要

### 1 工 程

起 工	平成23年 3月23日
進 水	平成23年11月11日
竣 工	平成24年 3月29日

### 2 主 要 目

船 質	鋼	航行区域	沿海区域
全 長	66.51m	航海速度	15ノット
幅(型)	12.80m	最大搭載人員	
深さ(遊歩甲板)	6.80m	乗 組 員	12 名
満載喫水(型)	3.30m	旅 客	84 名
総トン数	1,124トン	合 計	96 名

## 4. 本船の特徴

### 1 主要寸法について

「えとぴりか」の就航海域である北方四島周辺海域は、水深が5~6mと浅い所が多い。特に色丹島穴澗湾は水深が4.5m程度以下であり、過去の交流事業等において全長80m程度以下の船舶しか入港しておらず、また、湾内には沈船も多いとのこと。

一方、定係港である根室港の調査結果からも全長80mを超えるような船舶では着岸時の操船に困難を伴うことが予想されたため、船舶の全長は65～70m程度とすることとし、満載喫水は余裕を見て3.5m以下で計画いたしました。

## ② 旋回性能の向上

根室港や色丹島穴澗湾内などの狭隘な水域での旋回性能を向上させる目的で、本船にはパウスラスターを装備するとともに、舵は高揚舵(フラップラダー又はシングラダー)を採用することとしました。

海上公試運転の旋回試験においても良好な旋回性能を得ました。

## ③ 集会スペースの確保

四島交流等事業等においては、研修会等の船内行事で参加者一同が会することが可能なスペースを確保することが必要となる。このため、遊歩甲板に乗船者全員を収容できる食堂兼集会スペースを配置し、96名が着席できるテーブル席、大型テレビ、プロジェクター及びスクリーンなどを設備しました。



集会スペース

## ④ 減揺対策

参加者の中に高齢者が多いことなどから、これまでの航海で国後水道通過時や荒天時における船体の横揺れに対する不安の意見が出されていました。

横揺れ抑制対策として可変式のアンチローリングタンクを装備し、後述する試験運航においてその効果が確認されました。

## ⑤ 移乗時の安定性確保

北方四島はインフラ整備が遅れていることから、これまでは島側の舳に移乗して上陸する必要がありました。

舳への移乗時に専用のタラップ等の移乗設備が無いことから、高齢者にとって危険を伴い、関係者から強い改善要望がありました。

このような事情を踏まえて、本船より安全に移乗でき、かつ、島側の舳を使用せずに直接上陸できる交通艇「えとぴりかⅡ」を搭載することとしました。「えとぴりかⅡ」は、最大搭載人員30名で、往復2回で参加者の輸送ができることから、これまでに比較して大幅な時間短縮が図られています。

## ⑥ 上陸時の安全性確保

自由訪問や墓参においては砂浜等の不特定場所に上陸する必要があることから、海象状況が悪い場合、上陸時の安全確保が重要な課題でありました。

「えとぴりかⅡ」は、船型的な検討を行い、直接砂浜の水際まで行くことができ、船内に搭載した歩み板を利用して安全に上陸することが可能です。

これまでの方式に比べて移乗回数が少ないことから、安全性の確保と上陸時間の短縮が図られています。

## ⑦ バリアフリー設備

元島民の高齢化に伴い、船内のバリアフリー化は最優先課題の一つでありました。船内通路の段差解消をはじめ、1ST DECK(タンクトップ)の客室から4TH DECK(航海船橋甲板)まで移動可能なエレベーター、車椅子でも乗船可能なリフト、身体障害者が利用可能な多目的トイレ・浴室、バリアフリー旅客室、グループで語り合える休憩室(座席)や旅客室2部屋(8名用、座席)などを設備し、弱者に優しい船舶になっております。



バリアフリー設備

## 5. 試験運航について

5月より始まった四島交流等事業に先立ち、内閣府、外務省、海上保安庁、元島民、(独)北方領土問題対策協会、北方四島交流北海道推進委員会、(社)千島歯舞諸島住居者連盟、ほか関係団体36名が参加して、以下の日程で試験運航が実施されました。

### 4月24日(火)

・根室港出港 ・国後島古釜布(入域手続き、島民への船内公開) ・国後島泊沖投錨

### 4月25日(水)

・国後島泊・ケラムイ 自由訪問上陸試験 ・志発島・カフェノツ 自由訪問上陸試験

### 4月26日(木)

・色丹島能登呂 自由訪問上陸試験 中止(悪天候) ・穴澗沖へ移動(島民への船内公開)

### 4月27日(金)

・択捉島内岡(島民への船内公開) ・択捉島留別 自由訪問上陸試験 中止(悪天候)

### 4月28日(土)

・国後島古釜布(出域手続き) ・根室港帰港

### 試験運航の結果

- 「えとぴりか」への舳の接舷は、国後島、択捉島とも従来どおり接舷ができた。
- 舳のない色丹島では、穴澗湾に新たに建設された岸壁に直接着岸できた。
- 交通艇「えとぴりかⅡ」については、泊、志発にて当初計画通り30人程度が乗船したまま、直接砂浜に上陸することができた。
- 航海速度がアップしたため移動時間が短縮した。
- アンチローリングタンクの設置により、荒天時の船体横揺れがかなり改善された。
- 国後島古釜布、色丹島穴澗、択捉島内岡で実施した船内公開において、各島の代表者から「えとぴりか」の使用に対して期待の言葉が寄せられた。

## 6. おわりに

「えとぴりか」の基本仕様作成から進行監理業務を進めるにあたり、常に積極的なご支援とご高配を賜りました内閣府殿、(独)北方領土問題対策協会殿、検討委員会の方々に対し厚くお礼申し上げます。また、運航会社である(株)マリン・アドベンチャー殿が、豊富な経験に基づく指導力と、誠意をもってご尽力頂いたことを付記します。

(海洋技術部 太田 悟)



## 最適船型(その2)

### 2. 排水量=一定で船幅等を変更

本節では、前節(SRC News No.90)に示した2船型について、「排水量=一定」という条件下で、船幅、方形係数、喫水を変更する場合の推進性能を示します。船の長さを変更しませんので、排水量長比 $\nabla/L_{pp}^3$ は一定です。

本節における検討は、「船幅を変更し、その分だけ方形係数も変更した場合の推進性能」という、よく検討されるテーマを含んでいます。また、造波抵抗理論の適用の一つとして、「排水量=一定」の条件下で造波抵抗が極小となる「船幅×柱状係数の組み合わせ」を求め

る問題が研究されましたが、それは、造波抵抗係数のラストランプとフルード数が0.3付近のランプの二つのランプ間の高フルード数領域における極小値問題です。本節で対象とするフルード数は、大型船舶の計画フルード数付近で、より低いフルード数領域です。また、本節では、造波抵抗ではなく、伝達動力の大小を評価の基準とします。ただし、復原性能等の他の性能については対象外とします。

#### (1) 船幅と方形係数を変更

最初は、排水量 $\Delta$ と長さ $L_{pp}$ だけで

はなく、喫水 $d$ と船速も一定の場合を示します。残る船型要素は船幅 $B$ と方形係数 $C_B$ のみです。

(1)式

$$\Delta = \rho \nabla \quad \nabla = L_{pp} B d C_B \quad (1)$$

から「船幅×方形係数=一定」が条件となりますから、船幅を変更すると方形係数も自動的に変化します。これは、前節(前号)の(2)船幅変更および(4)方形係数変更の組み合わせになっています。一般的に、船幅を広くすると推進性能は悪くなりますが、方形係数を小さくすると推進性能は逆に良くなります。船幅の影響と方形係数の影響の大きさの違いが、本項の主題です。

推進性能推定結果を図-9に示します。左側が $\nabla/L_{pp}^3=0.0045$ の痩せ型船の例、右側が $\nabla/L_{pp}^3=0.0085$ の肥大船型の例です(前号の表-1参照)。横軸は船幅としていますが、この変更に対応して方形係数も変化しています。変更幅は使用した回帰式の適用範囲内としました。最上段の図は長さ/幅比と幅/喫水比の変化で、次が方形係数、さらに形状影響係数、造波抵抗係数 $R_w/\rho \nabla^{2/3} V^2$ 、自航要素(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 $1-w_{TS}$ )やプロペラ単独効率 $\eta_0$ 、推進係数 $\eta$ が続き、最下段の図が有効動力 $P_E$ と伝達動力 $P_D$ の変化です。造波抵抗係数、有効動力、伝達動力が最小となる点は○、△、□印で示してあります。

本図から、船幅を狭くして方形係数を大きくすると造波抵抗係数が急増することが分かります。形状影響係数は、方形係数と長さ/幅比の影響の大小によって、船型肥大度によって異なった傾向となっています。推進係数は、船幅を狭くした場合に急激に悪くなっていますが、その主因は抵抗増加によるプロペラ単独効率の低下です。その結果、船幅を狭くして方形係数を大きくすると、伝達動力がより顕著に急増します。運河や港湾施設等による制限のため、船幅を狭くしてその分を方形係数増加で補うような場合は、慎重な検討が必要です。他方、○、△、□印に示す最小値より船幅を大きくしても、所要動力の増加は穏やかです。ただし、これは、いろいろな船型の平均的な傾向で、船型によっては、幅を大きくする場合の性能悪化が大きいこともありますので油断はできません。

船幅を大きくすると船殻重量が増えますから、排水量ではなく載貨重量で評価しますと、□印で示す船幅より狭い船型が最適となりますが、船のトータルコストに占める燃料費の比率が大きくなると□印の船幅に近づくと考えられます。

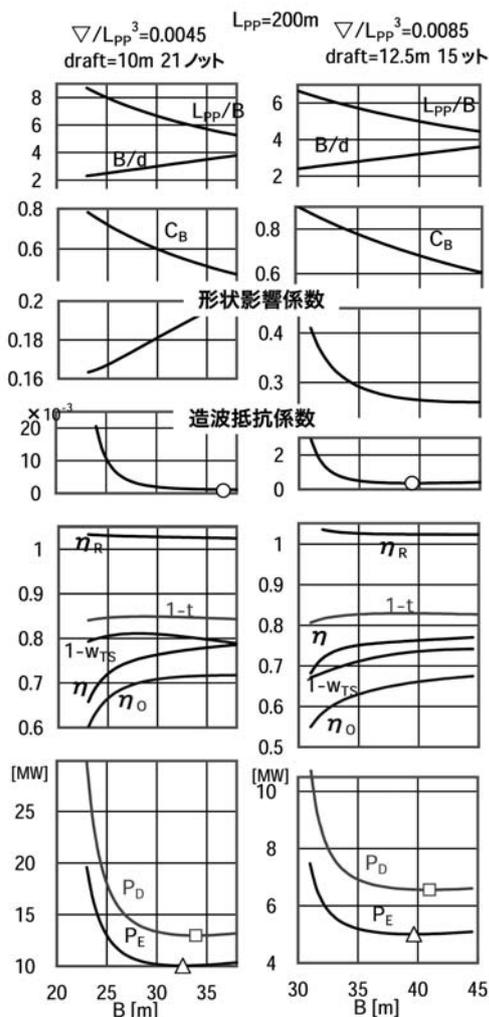


図-9 「船幅×方形係数=一定」の場合の推進性能

## (2) 喫水も変更する場合

次に、計画喫水も変更した場合に、(1)で示したことがどのように変化するかを図-10に示します。喫水も細かく広範囲に変更して(1)と同様の手順で求めた伝達動力を等高線の形式で示しています。横軸は船幅、縦軸は計画喫水ですが、排水量と長さを一定にしていますので、船幅、喫水の変更に伴い方形係数も変更しています。本図には、船幅、喫水の変更に伴う長さ／幅比、幅／喫水比、方形係数の変化も破線で示してあります。また、各喫水において、伝達動力が最小となる船幅(図-9の□印に対応)、すなわち、図中の各等高線で下に凸となる点を□印の点列で示してあります。

本図から、凡その傾向として、伝達動力が最小となる船幅は、喫水が深い船型で狭くなるのが分かります。幅／喫水比がより小さくなる方向です。また、このとき、方形係数も小さくなります。ただし、肥大船型の例では、計画喫水が14mを超えると伝達動力が最小となる船幅は変化が小さくなっています。

なお、図-10から、船幅を一定とする場合は、伝達動力が最小となる喫水は存在しないことが分かります。喫水を深くすると伝達動力は単調に減少することを前節の(3)に示しましたが、ここでは、計画喫水増加に伴い方形係数が小さくなりますので、計画喫水増加による伝達動力減少はより顕著になります。

## (3) 船速も変更する場合

最後に、以上の結論が、計画速度によってどのように変化するかを図-11に示します。表-1(前号)に示した2船型について、排水量と長さを一定として、幾つかの喫水と計画速度に関して、計画速度および船幅と方形係数との組み合わせを変更して伝達動力が最小となる点を求めました。横軸は、船速に換えてフルード数 $F_n$ としました。また、縦軸は方形係数としました。図中には、伝達動力が最小となる方形係数を○、△、□印の点列で示してあります。マークの違いは喫水の違いを示します。

また、本図には2船型の排水量長比 $\nabla/L_{pp}^3$ に近い船型の計

画フルード数と方形係数の実績値の領域も実線で示してあります。また、原油タンカー、ばら積み船、コンテナ船、自動車運搬船について、計画フルード数と方形係数の実績の領域を、各々、破線、点線、一点鎖線、二点差線で示してあります。これらの領域は、(財)日本造船技術センターで水槽試験を実施した船型の計画フルード数と方形係数の分布から求めました。ただし、伝達動力が最小となる船速と方形係数を求める際には、排水量と長さを一定にしましたが、実績の領域は、全ての船型から求めた領域です。

この図から、伝達動力が最小となる方形係数は、計画フルード数が大きい場合に小さくなるのが分かります。すなわち、計画フルード数が大きい船型では、船幅を大きくして方形係数を小さくする方が伝達動力は小さくなることを示しています。また、喫水が深い船型では、方形係数がより小さい船型で伝達動力が極小になるのが分かります。

原油タンカーやばら積み船のような肥大船型では、実際に建造されている船型の方形係数とフルード数の領域は、伝達動力が最小となる組み合わせの上の方にありますから、これら船種では、現状の船型に比べて、船幅を広くしてその分だけ方形係数を小さくする方が伝達動力が少なくなります。前述のように、船幅を広くすると船殻重量が増えますので、伝達動力が極小となる船幅まで広げることはないと考えられますが、燃料費の占める割合が大きくなる場合、建造設備、港湾設備等の許容範囲内なら、現状より船幅を広げて、その分、方形係数を小さくする船型を検討する価値があります。

他方、痩せ型船型の場合は、現状の船型の船幅と方形係数の組み合わせは、伝達動力が極小となる組み合わせに近い所にありますので、船幅と方形係数の組み合わせ変更による性能改善は余り期待できないかも知れません。ただし、図-11に示した結果は、いろいろな船型の平均的傾向を示していますので、個々の船型では結論が異なることもあります。

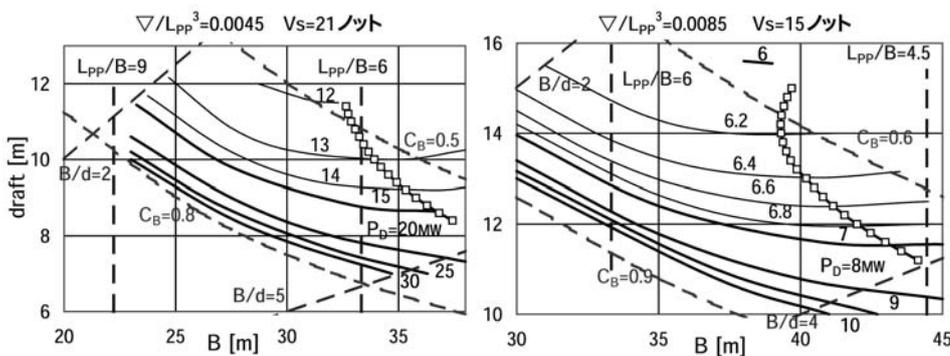


図-10 「喫水×船幅×方形係数=一定」の場合の伝達動力  $L_{pp}=200m$

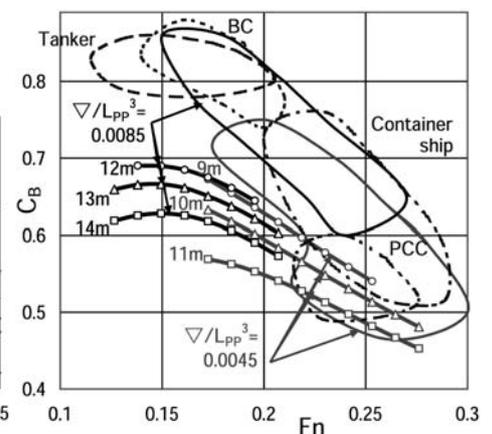


図-11 「船幅×方形係数=一定」の場合に伝達動力が最小となる方形係数  $L_{pp}=200m$

### 3. トン・マイル当りの所要エネルギー

本節では「トン・マイルが与えられたとき、それに要するエネルギーが最小となる載貨重量と航海距離の組み合わせを求める」という問題を扱います。時間当りの航海距離、所要エネルギーは船速、所要動力(馬力)ですから、上記の問題は「載貨重量×船速が与えられたとき、それに要する伝達動力が最小となる載貨重量と船速の組み合わせを求める」という問題になります。輸送量を

$$\text{輸送量 } M[\text{t} \cdot \text{m}/\text{s}] = \text{載貨重量 } DWT \times \text{船速 } V \quad (2)$$

で定義します。輸送量が同じということは、たとえば、3万トンの貨物を20ノットで輸送することは、4万トンの貨物を15ノットで輸送することや6万トンの貨物を10ノットで輸送することと等価ということです。そして、何れの組み合わせで所要動力が最小となるか、という問題です。

なお、ここでは、載貨重量は

$$DWT = \rho L_{pp} B d (C_B - C_L) \quad (3)$$

で表しました。簡単のため  $C_L$  を一定値(0.15)としましたが、このとき、載貨重量の排水量に対する比率は、方形係数が  $C_B = 0.6$  の船型で0.75、 $C_B = 0.8$  の船型で0.81となります。

#### (1) 相似船型

最初に、船型を相似に保ちつつ大きさを変更する場合の伝達動力を示します。表-1に示した2船型の大きさを変更した場合の船速、伝達動力を図-12に示します。(2)式に示す輸送量を一定にしていますので、中段図に示すように船が大きくなると船速が低下します。伝達動力の無次元値(馬力係数)が船速(フルード数)に依らないと仮定しますと、所要動力は載貨重量の7/3乗にほぼ反比例して減

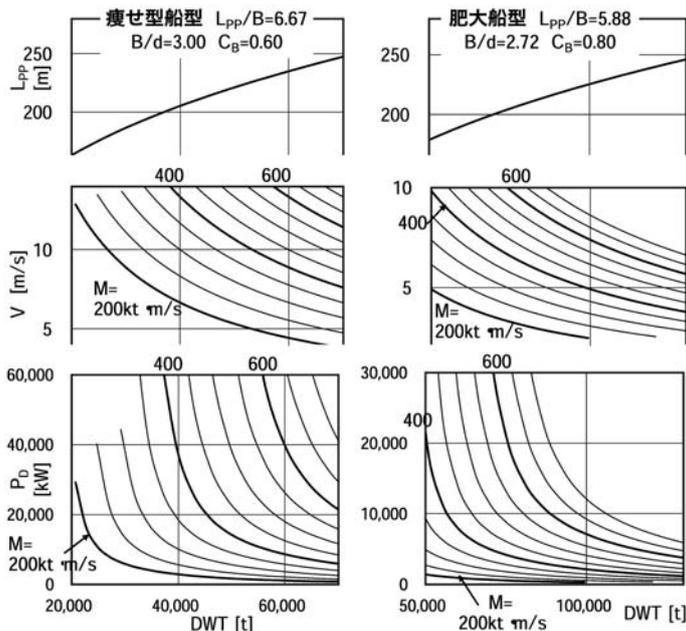


図-12 相似船型の載貨重量と伝達動力等

少しですが、図-12でも、船速が小さい領域では、ほぼ7/3乗に反比例しています。

相似船型では、伝達動力が最小となる大きさは存在せず、「輸送量が同一の場合、大きい船の伝達動力が小さい」ということとなります。船の建造費は載貨重量に比例するとしても、大きな船の優位性は揺るぎません。

#### (2) 方形係数のみ変更

次は、船の長さ、幅、喫水を変更せず、方形係数のみ変更するケースです。(3)式で方形係数のみを変えることによって載貨重量を変更し、その分、船速を変更して(2)式に示す輸送量を一定に保ちます。計算対象とする船の主要寸法(比)は、 $L_{pp} = 200\text{m}$ 、 $L_{pp}/B = 6.0$ 、 $B/d = 3.0$ です。伝達動力  $P_D$  を載貨重量ベースで図-13下段に示します。太線は、載貨重量ベースで、伝達動力が最小になる点を繋いだ線です。上段図は横軸を載貨重量、縦軸を船速として示す伝達動力の等高線で、輸送量の等高線も併記してあります。太線は、下段図と同じく載貨重量ベースで伝達動力が最小になる点を繋いだ線ですが、ここでは、伝達動力の等高線と輸送量の等高線が接する点を繋いだ線となります。

次に、載貨重量を方形係数、船速をフルード数に換えた図を図-14に示します。本図には、図-13に示した太線も変換して示す( $R=1.0$ )とともに、同一の輸送量で伝達動力が1.5倍、2.0倍、3.0倍、4.0倍、5.0倍となる点を結んだ線も示してあります。また、原油タンカー、ばら積み船、コンテナ船、自動車運搬船の実績の範囲(図-11と同じ)も破線で併記してありますが、低速肥大船型(原油タンカー、ばら積み船)の実績の輸送量は  $M = 280 \sim 460 \text{kt} \cdot \text{m}/\text{s}$ 、コンテナ船では  $M = 320 \sim 480 \text{kt} \cdot \text{m}/\text{s}$  で、大して変わらない値となっていることが分かります。

図-13、14の○印、△印を例に採りますと、方形係数が0.6、載貨重量が34,170t、船速が11.7m/s(22.7ノット)の船型と、方形係数が0.8、載貨重量が49,350t、船速が8.1m/s(15.8ノット)の船型とは、輸送量が同等( $M = 400 \times 10^3 \text{t} \cdot \text{m}/\text{s}$ )で、伝達動力は前者が20,780kW、後者が7,680kWとなり3倍近い違いがあります。この輸送量では、方形係数が0.867、載貨重量が54,460t、船速が7.4m/s(14.3ノット)の船型で伝達動力が最低値6,850kWとなります。

図-14に示すように、実績船の方形係数とフルード数の組み合わせは、伝達動力が最低となる組み合わせ( $R=1$ )に対して、方形係数が小さい領域にあります。低速肥大船型の実績は伝達動力が最低となる方形係数に近い領域にありますが、コンテナ船の実績はかなり離れた領域にあり、同一輸送量での伝達動力の最小値に比べて1.5~5倍の領域で運行されています。

ここでは、予め輸送量  $M$  が与えられているとして、その上で、伝達動力が最小となる載貨重量、船速の組み合わせを求めました。実際には、船の運航費に対する燃料費と建造費の構成比率によって輸送

量が与えられ、その上で、伝達動力が最小となる載貨重量、船速の組み合わせが求められるものと考えられます。

なお、主要寸法(比)を変更しても、伝達動力が最小となる方形係数とフルード数の組み合わせは余り変化しません。

### (3) 船速を重視

(2) 式の輸送量の代わりに次式を使用した例を示します。

$$M(N) = DWT \times V^N \quad (4)$$

本式では船速VをN乗しています。N $\geq$ 1.0としますが、(2) 式はN=1.0の場合に相当します。これは、(2) 式に比べて船速をより

重視した評価法です。「速いことは、それ自体が良いこと」という評価法です。たとえば、(2) 式では船速の1%増と載貨重量の1%増は等価ですが、(4) 式では、船速の1%増と載貨重量のN%増が等価です。

図-15に、図-13と同じ形式で、N=3の例を示します。上段図の伝達動力は図-13と同じものです。M(3)=50 $\times$ 10<sup>6</sup>t(m/s)<sup>3</sup>で方形係数が0.6、0.8の場合を○印、△印で示しますが、N=3では、方形係数が0.6の船型の伝達動力の方が小さくなっています。伝達動力が最小となる組み合わせは、図-13に示したN=1の場合に比べて、載貨重量の小さい方向に移動しています。

図-16には、N=1.0、2.0、...、6.0に関して、伝達動力が最小となる方形係数とフルード数(載貨重量と船速から変換)の組み合わせ、および図-14と同じ実績船の分布を示します。本図によると、Nを大きくするに伴い、同一フルード数では、方形係数のより小さい方向に移動していることが分かります。原油タンカーやばら積み船の実績はN=1~3となっていますので、(2) 式に示した輸送量に比べて船速を重視した選択となっていること、および、コンテナ船の実績はN=2~5に対応していますので、かなりの船速重視となっていることが分かります。

なお、自動車運搬船の実績はN=4~7の領域にあります。自動車運搬船の貨物は低比重ですから、載貨重量に比べて貨物容積が重要となりますので、(2) 式や(4) 式による載貨重量を使用する評価は馴染まないものと考えられます。また、RO/RO船はより瘦せ型、より高速の領域が選択されますが、2軸船となることも多いので検討の対象外としました。

(技術顧問 佐藤和範)

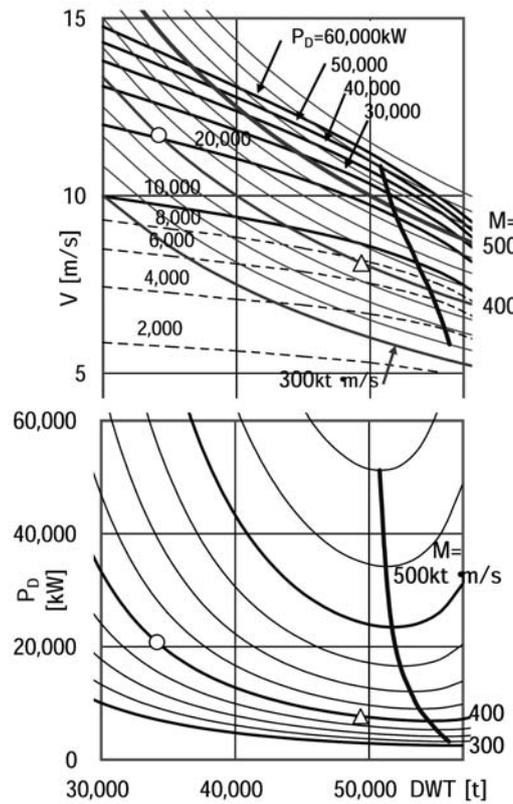


図-13 方形係数のみ変更

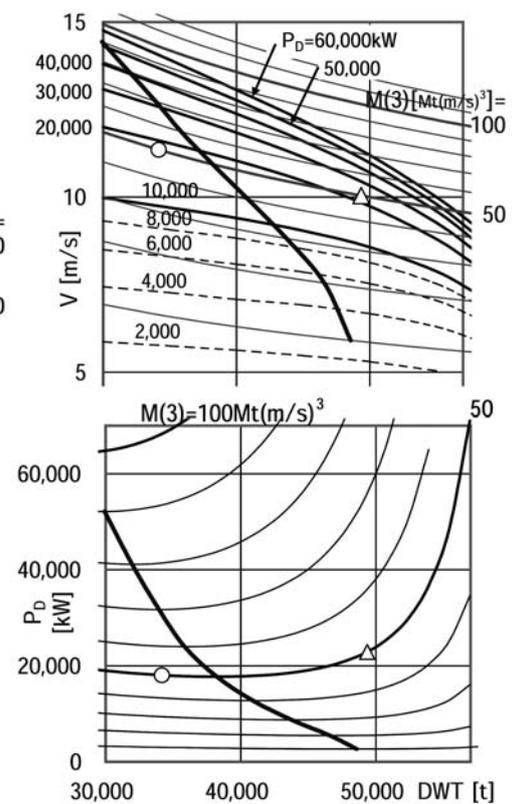


図-15 N=3の例

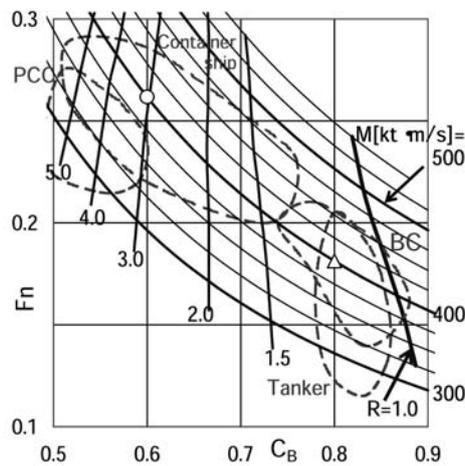


図-14 実績との比較

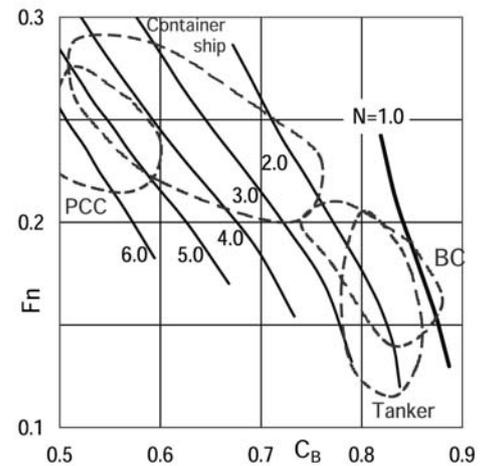
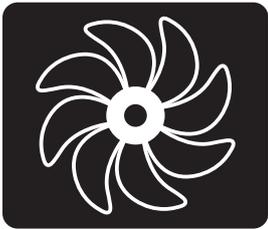


図-16 指数Nとの比較



# 逆POTによる プロペラ付加物の性能確認 (逆POT試験法について)

## 1. はじめに

船舶の省エネルギーのため、推進効率の高い新しい船型やプロペラを開発するための水槽試験が日夜行われています。また、最近では船体、舵やプロペラに取り付ける省エネデバイスの開発を目的とした試験も増える傾向にあります。プロペラキャップにフィンを取り付けた省エネデバイスを試験する場合、通常のプロペラ単独試験(Propeller Open water Test 以下POT)では評価が難しく、逆POTという手法を用いて性能を評価しなければなりません。本稿ではその試験、解析法を紹介します。

## 2. 逆POTの概要

図-1に通常のプロペラと逆POTの試験状態を示します。通常のプロペラでは、プロペラに一樣流が流れ込むようにプロペラ駆動装置の先端にプロペラを取り付けます。この方式でプロペラ後方に装備する省エネデバイスの性能を評価しようとする、プロペラキャップの位置にプロペラ駆動軸があるため、プロペラ、駆動軸と省エネデバイスの相互干渉により正確な評価が困難です。逆POTは、後端にプロペラと省エネデバイスを取り付けることができるようにプロペラ駆動装置を前方に設置する試験です。これによりプロペラ本体より後方に取り付ける省エネデバイスの影響を評価することが可能となります。

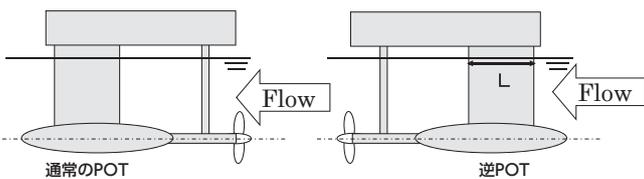


図-1 POTと逆POTの試験状態の違い

## 3. 逆POTの問題点

逆POTにおける最大の課題はプロペラ上流に配置されたプロペラ駆動装置の後流影響をいかに排除するかにあります。

図-2に同じプロペラで回転数が異なる3つの逆POTの試験結果をフルード数ベースで示します。フルード数には、図-1に示すLと航走速度を用いています。これによると、同じフルード数で $K_T$ 、 $K_Q$ カーブに山谷が発生しています。これは、プロペラ前方にあるプロペラ駆動装置から発生する伴流や波により、プロペラへ流入する水の流れが一樣でなくなる影響であると考えられます。

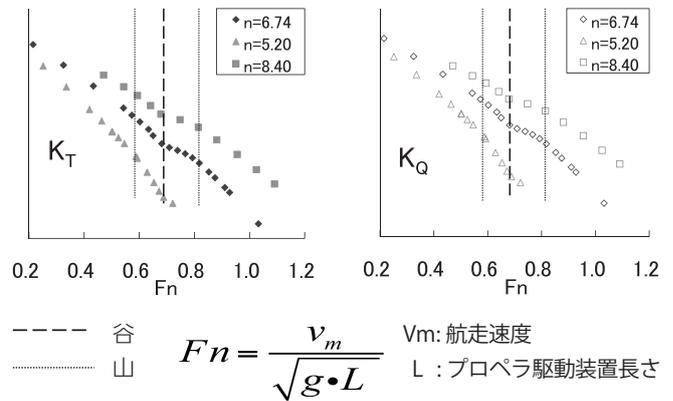


図-2 逆POT試験結果

## 4. 水面の影響

プロペラ駆動装置による造波が計測に及ぼす影響を小さくするため、プロペラ駆動装置を可能な限り ( $l/D_p = 1.00 \rightarrow 1.30$ ) 下げて試験を行なった例を図-3に示します。

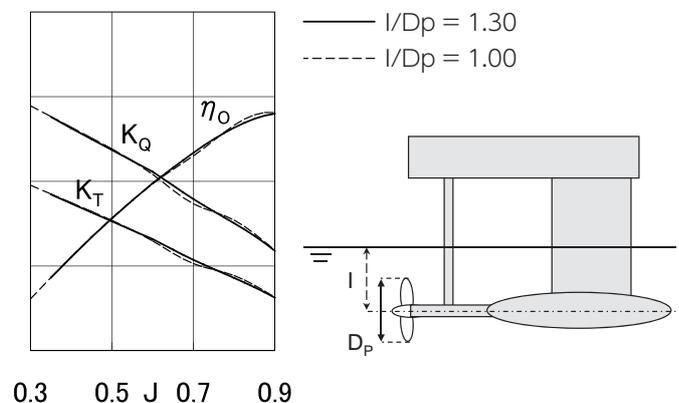


図-3 没水深度の影響調査

この図から $K_T$ と $K_Q$ の山谷が若干小さくなっていることがわかります。しかしながら、通常のプロペラ単独性能で見られるような滑らかさにはなっていないことがわかりました。また、この方法では、駆動装置による造波の影響を小さくすることは出来ませんが、プロペラ駆動装置の没水深度には限りがあるため、プロペラ直径が大きい場合は対応できない可能性があります。

この結果を踏まえて、水面下数cm程度の位置に制波板を設置して試験を行ないました。制波板を取り付けた逆POTの概略図を図-4に、この状態で試験を行なった結果を図-5に示します。

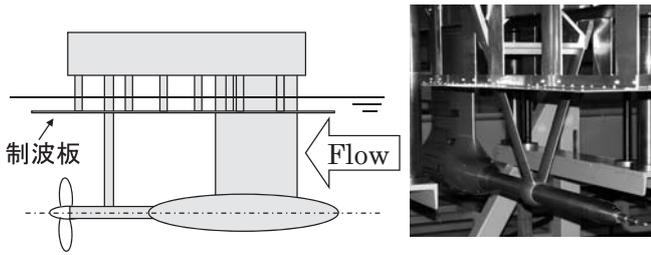


図-4 制波板をつけた逆POTの概略図

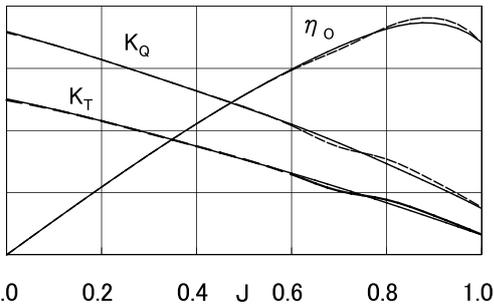


図-5 制波板有無による影響調査

制波板を取り付けた結果、造波の影響によると考えられる $K_T$ と $K_Q$ の山谷がほぼ解消されていることがわかります。SRCでは、プロペラ直径の制限を受けないことから、制波板をつけた試験を逆POTの標準としています。図-6に通常のPOTと制波板を取り付けた状態の逆POTの試験結果の比較図を示します。逆POTの結果は、通常のPOTの結果に幾分に近づいていますが、 $K_T$ 、 $K_Q$ カーブの傾きに違いが残る結果となりました。

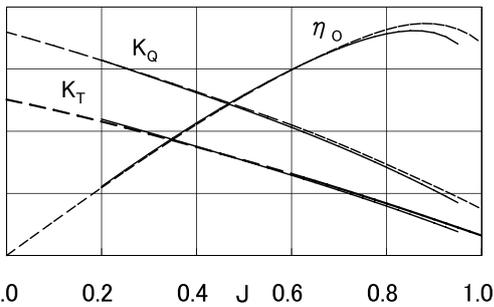


図-6 POTと制波板付き逆POTの比較図

## 5. 伴流の影響

逆POTでは、前述の水面の影響のほかにプロペラ駆動装置の伴流の影響があります。図-7に示すように省エネデバイス無しの場合に、同一の $K_T$ に対して、逆POTの結果と通常のPOTの結果から、プロペラ前進率 $J$ と $J_r$ を求めます。この $J$ と $J_r$ の違いが伴流影響となります。

図-8に通常のPOTと修正後の逆POTの結果の比較図を示します。水面、伴流の影響を修正すると逆POTの結果は通常のPOTの結果とほぼ同じ結果となりました。

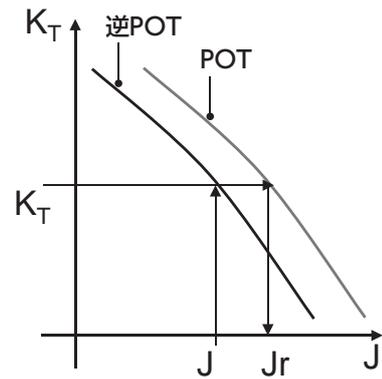


図-7 逆POTの修正方法

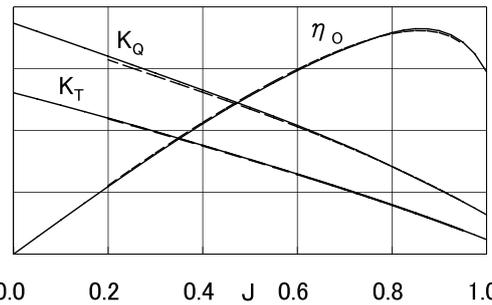


図-8 通常のPOTと伴流影響修正後の逆POTの比較図

## 6. 省エネデバイスの性能評価

図-9に通常のプロペラの逆POTと省エネデバイス付きプロペラの逆POTの結果を比較した例を示します。ともに、上記の修正をしてあります。省エネデバイスを取り付けた状態では、取り付けていないときに比べ $K_Q$ が下がって $\eta_o$ が高くなり、性能が向上していることがわかります。

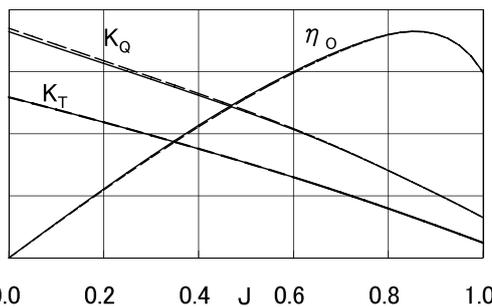


図-9 省エネデバイスの有無による性能の違い

## 7. 終わりに

本稿では、具体的な例を挙げて逆POTの試験法と解析法を紹介しました。今後のプロペラ付加物開発に微力ながら貢献できればと思います。

(試験センター技術部 福島寛司)



# 船型性能改善のための 省エネ装置(その1)

## 1. はじめに

近年の燃料高騰への対処もさることながら、環境問題への観点から、地球温暖化防止や大気汚染防止等が産業分野を問わず最重要課題となっています。船舶に対してもエネルギー効率の向上や温室効果ガスの排出削減が強く求められてきており、各造船所においても省エネルギー化を目指す優れた船体形状や省エネ装置の開発が行われてきています。日本造船技術センター(以下SRC)でも、多くの省エネ装置に関する水槽試験を実施してきました。

本稿では、SRCで実施された省エネ装置に関わる最近の結果(105隻)を整理し、省エネ装置の形状や性能改善等について概観したいと思います。

## 2. はじめに

一言で省エネ装置といっても船体抵抗や粘性抵抗の低減、推進効率やプロペラ効率の改善等目的によって様々なものが開発されています。主たる改善目的によって省エネ装置を分類し、表-1にまとめました。また、表-1の右欄に対象隻数及び载荷状態を示します。尚、本稿は推進効率の改善を目的とした省エネ装置を対象に水槽試験結果を整理しており、プロペラ効率改善型の結果については含まれていません。

表-1 省エネ装置の種類

改善目的	省エネ装置	隻数	载荷状態
推進効率	船体フィン型	72	321
	ステーター型	12	83
	ダクト型	7	25
	舵フィン型	34	166
	バルブ型	27	149
プロペラ効率	二重反転プロペラ		
	プロペラハブ渦回収装置		
	ポッド推進装置		

※但し、複数の省エネ装置を装備している場合は重複してカウント

### 2.1 推進効率改善型

推進効率改善型の省エネ装置は、取付け位置によって大きく二つに分類することができます。一つはプロペラの前方の船体に取り付けられるもので、主としてプロペラに流入する流れを制御して推進効率を改善しようとするものです。このタイプには船体フィン型、ステーター型、ダクト型等があります。

船体フィン型(図-1)は平板又は楔形の細長状のフィン(翼)を船体外板に取り付けた省エネ装置で、主に伴流利得の改善を目的としています。

ステーター型(図-2)はプロペラ前方の船尾に数枚のフィン(翼)を放射状に取り付けた形状の省エネ装置で、プロペラ回転方向と反対方向の回転流を与えることにより、プロペラ後流の回転エネルギー損失を回収することを目的としています。ダクト型(図-3)は、円形またはそれに類した形状のダクトをプロペラ直前に取付け、船尾流場の整流化及びプロペラ前方へ流入する流れを加速する効果があります。

他方のプロペラ後方に取り付けられる省エネ装置は、主に舵に取り付けられます。図-4の舵フィン型は、舵のプロペラシャフトセンターラインの延長線上付近に翼型のフィンを取付けたもので、プロペラ後方の回転流エネルギーを回収し、推力に変換する効果を目的として取付けられます。図-5のバルブ型は舵のプロペラシャフトセンターラインの延長線上、またはその付近にバルブを取付け、プロペラの回転流やハブ渦による損失を回収して推進効率を向上させる狙いがあります。

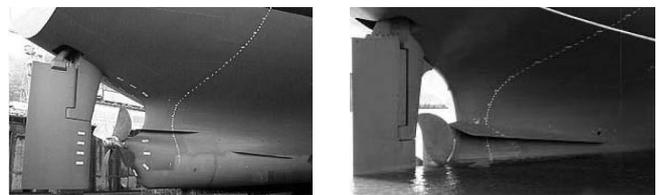


図-1 船体フィン型<sup>1) 2)</sup>

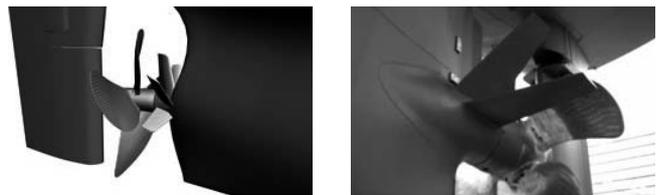


図-2 ステーター型<sup>3) 4)</sup>



図-3 ダクト型<sup>5) 6)</sup>

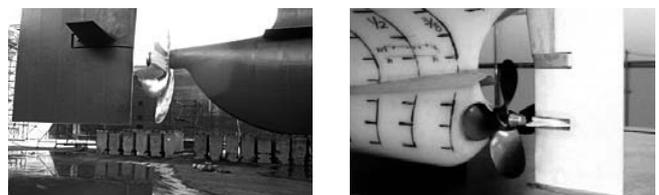


図-4 舵フィン型<sup>7) 8)</sup>

## 2.2 プロペラ効率改善型

プロペラ効率の改善を目的とした省エネ装置には、二重反転プロペラ、プロペラハブ渦回収装置、ポッド推進装置等があります。

図-6の二重反転プロペラは、同軸上の二つのプロペラを相互に逆回転させることにより、前方のプロペラで発生した回転エネルギーを後方のプロペラで回収するものです。図-7に例を示すプロペラハブ渦回収装置は、プロペラボスキャップに取付け、プロペラ後方に発生するハブ渦によるエネルギー損失を回収する装置です。図-8に例を示すポッド推進装置は、繭型をした容器に取付けられたプロペラを電動モーターにより回転させる推進システムです。

## 3. 水槽試験結果

図-9～15に2.1節で紹介した省エネ装置の有無による水槽試験結果を示します。

左側のグラフは、横軸は省エネ装置を取付けない場合の性能を、縦軸は省エネ装置を取付けた場合の性能を示しています。省エネ装置の効果がない場合は、図中の45度の線上にプロットされます。右側のグラフは省エネ装置有無の性能差(省エネ装置有-省エネ装置無)のヒストグラムを示しています。

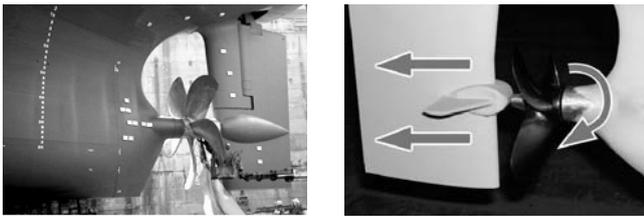


図-5 バルブ型<sup>9) 10)</sup>



図-6 二重反転プロペラ<sup>11) 12)</sup>

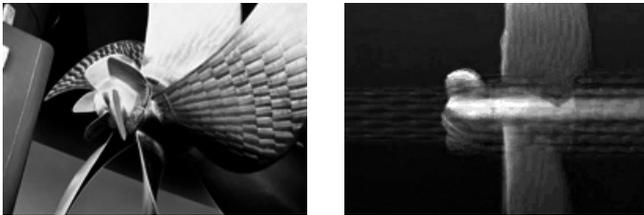


図-7 プロペラハブ渦回収装置<sup>13)</sup>

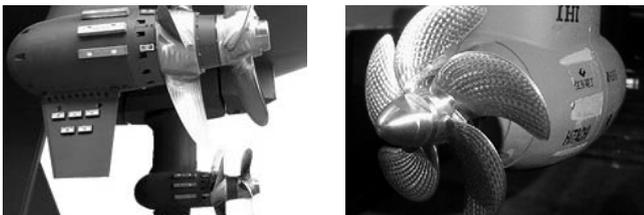


図-8 ポッド推進装置<sup>14) 15)</sup>

形状影響係数(1+K)、造波抵抗係数( $r_w$ )は45度のライン上にプロットが集まっており、省エネ装置を取付けたことによる性能変化は殆どみられません。ヒストグラムをみると造波抵抗係数( $r_w$ )で僅かに大きくなる傾向がうかがえます。自航要素では、スラスト減少係数(1-t)はバラツキが大きく、良きにつけ悪きにつけ性能変化が大きいことが分かります。ヒストグラムでは、性能変化が大きいながらもスラスト減少係数(1-t)が大きくなる傾向にあることが確認できます。有効伴流係数(1- $W_{TM}$ )では概ね45度のライン上かそれより下側にプロットされており、省エネ装置を取付けたことによる性能悪化は殆どありません。ヒストグラムでもグラフ中央より左側に分布が集まっていることが確認できます。これは推進効率( $\eta_s$ )、船殻効率(1-t/1- $W_{TM}$ )でも同様の傾向を示しています。アドミラルティ係数( $C_{ADM}$ )は、形状影響係数(1+K)、造波抵抗係数( $r_w$ )等、省エネ装置を取付けたことによる改善効果がみられない性能がある反面、有効伴流係数(1- $W_{TM}$ )、推進効率( $\eta_s$ )、船殻効率(1-t/1- $W_{TM}$ )等には性能悪化が殆どみられず、試験結果の8割弱が省エネ装置を取付けない場合に比べて推進性能が向上する結果となっています。

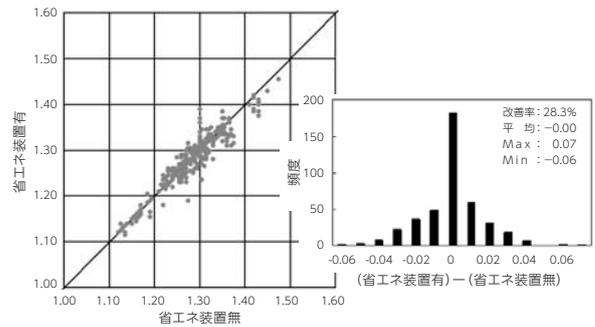


図-9 形状影響係数(1+K)

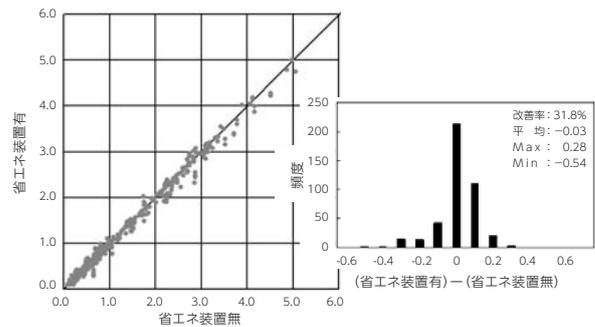


図-10 造波抵抗係数( $r_w$ )

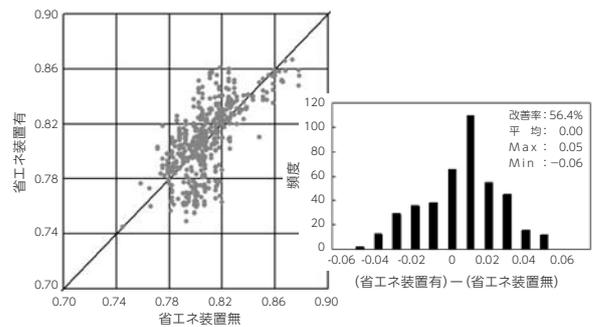


図-11 スラスト減少係数(1-t)

## 4. まとめ

本稿では、省エネ装置を取付けたことによる推進性能への影響について、最近の水槽試験結果を整理し、省エネ装置を取付けたことによる性能改善について概観しました。形状影響係数(1+K)、造波抵抗係数( $r_w$ )等、抵抗性能では省エネ装置を取付けたことによる性能改善効果がみられない反面、有効伴流係数(1- $W_{TM}$ )、推進効率( $\eta_s$ )、船殻効率(1-t/1- $W_{TM}$ )等の性能が悪化することは殆どなく、総合的な性能としては、試験結果の8割弱が省エネ装置を取付けない場合に比べて推進性能が向上する傾向にあることが確認できました。

今後も、船型や肥大度等と省エネ装置による性能向上との関係等引き続き解析していこうと考えています。

(試験センター技術部 内田麻木)

### 参考資料

- 1) 西部造船会メールマガジン第22号
- 2) サノヤス造船株式会社HP/事業紹介/技術開発/STF紹介  
<http://www.sanoyas.co.jp/shipbuilding/business/technology/stf.html>
- 3) 常石造船株式会社HP/プレスルーム/プレスリリース  
<http://www.tsuneishi.co.jp/release/20080213.shtml>
- 4) 東ソー株式会社HP/物流サービス  
<http://www.tosoh-logi.co.jp/service/sea/index.html>
- 5) JFEホールディングス株式会社HP/ CSR (社会・環境)  
<http://www.jfe-holdings.co.jp/environment/special/ecoship.html>
- 6) 石川島播磨技報 Vol.46 No.4 (2006-12)
- 7) 出光タンカー株式会社HP/出光タンカーレポート  
<http://www.idemitsu.co.jp/tanker/know/report/no001/003.html>
- 8) 日本造船工業会 Japan Shipbuilding Digest No.17
- 9) 株式会社商船三井HP  
<http://www.mol.co.jp/ishin/engine/present/p-characteristic02.html>
- 10) 日本造船工業会 Japan Shipbuilding Digest No.6
- 11) 株式会社アイ・エイチ・アイ マリン HP/ニュースリリース  
[http://www.ihico.jp/imc/News027\\_j.htm](http://www.ihico.jp/imc/News027_j.htm)
- 12) 海洋政策研究財団HP/事業概要  
<http://www.sof.or.jp/jp/outline/index4.php>
- 13) 商船三井テクノトレード株式会社HP/事業内容  
[http://www.motech.co.jp/jp/business/ship\\_pbcf.html](http://www.motech.co.jp/jp/business/ship_pbcf.html)
- 14) 独立行政法人 海上技術安全研究所HP  
<http://www.nmri.go.jp/main/etc/kaisetsu/0009.html>
- 15) ナカシマプロペラ株式会社HP/製品ラインナップ  
<http://www.nakashima.co.jp/product/electric.html>
- 16) 公益財団法人 日本海事センター/船の省エネ技術開発
- 17) 公益社団法人 日本海難防止協会/海と安全 No.550

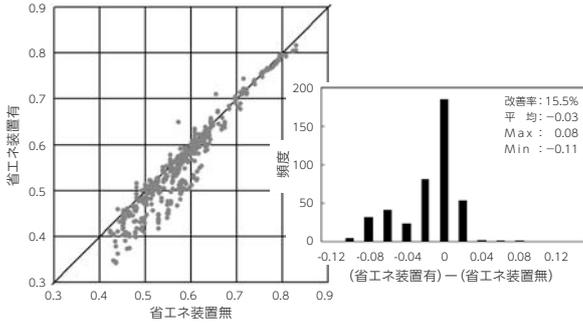


図-12 有効伴流係数(1- $W_{TM}$ )

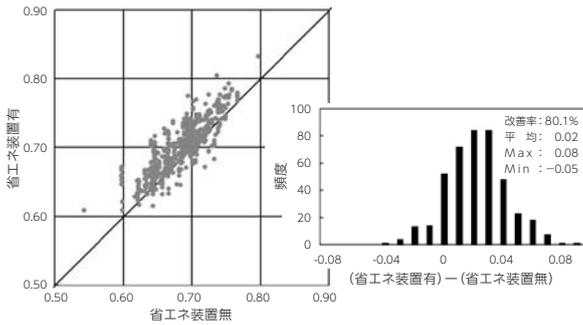


図-13 推進効率( $\eta_s$ )

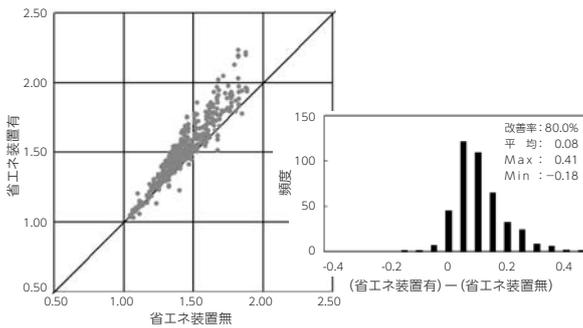


図-14 船殻効率(1-t/1- $W_{TM}$ )

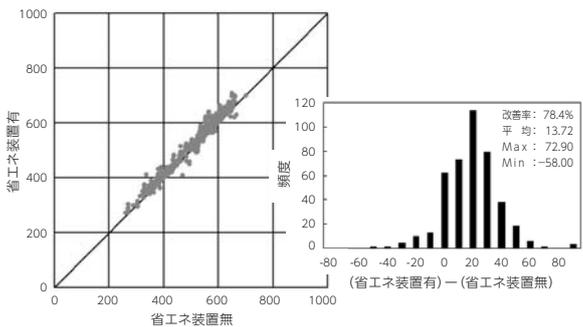


図-15 アドミラルティ係数( $C_{ADM}$ )

## (財)日本造船技術センター技術セミナー開催

去る11月26日(月)、27日(火)、28日(水)の3日間、福岡、広島、今治の各会場において、平成24年度財団法人日本造船技術センター技術セミナーを開催しました。

今年の技術セミナーでは、EEDI規制を始めとする船舶に対する新たな社会ニーズに船型開発でいかに応えていくのか、船型開発や設計の実務に即した実例を挙げながらその可能性についてご理解いただくことを目指し、当センター職員からの講演に加え、国土交通省海事局安全基準課の松井環境基準室長からEEDI規制の国内法制化等に関するご説明をいただくとともに、外部講師として九州大学の中武名誉教授(福岡会場)と広島大学の小瀬名誉教授(広島会場、今治会場)をお招きし、それぞれ、船舶推進性能向上法の

試案、小型船造船業の現状と課題について貴重なご講演をいただきました。

開催にあたっては、国土交通省各地方運輸局殿からの一方ならぬお力添えをもあり、3会場合計で約140名もの参加者をお迎えし盛況のうちに終了いたしました。

当センターでは来年度以降も、今回の参加者アンケートで頂戴した貴重なご意見等も踏まえつつ、皆さまのお役に立てるテーマでの技術セミナーの開催を企画して参ります。

(企画室 井上)



### 委員会等

第119回 HRC委員会 平成24年9月25日(火)  
(財)日本造船技術センター大会議室

### 編集後記

今年は、各地で真夏日の連続記録が更新されるほどの猛暑に襲われ、一方、過去に経験したことのなかったレベルの集中豪雨や竜巻も多発するなど、地球温暖化の影響ではないかと疑いたくなる異常気象が続きました。

また、「北極海の氷水面積が、北半球の気温上昇により2012年の夏に過去最低を記録し、20世紀末に比べておよそ半分の面積となった」といったニュースも流れました。

幸いなことに、「北極海の海水の融解」による海面上昇への影響は、「海水の熱膨張」や「南極・グリーンランドの陸上部の氷床の融解」による影響に比べて小さいとのことですが、現状レベルの温室効果ガスの放出が続くと地球温暖化により今世紀半ばにも南極陸上部等の氷床の融解が始まる可能性が高いといわれています。

震災以降、温室効果ガス削減の動きは、原発の稼働などエネルギー需給問題の陰に隠れてしまった感がありますが、まずは、自分自身の問題として、日々の節電など身近でできることを一つ一つ積み重ねていく必要があるものと思います。

また、当センターでも、船舶分野における温室効果ガス排出削減技術の開発、EEDI基準(エネルギー効率設計指標)を満足する船型開発などを行っておりますが、これらの業務を通じて少しでも地球温暖化防止に寄与していければと思っています。

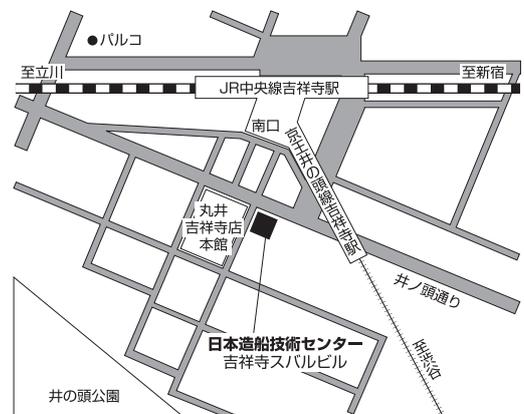
(M.T.)

### 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  
財団法人 日本造船技術センター

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