

2010
Winter

海技研ニュース 船と海のサイエンス

NMRI Newsletter Science of Ships and the Sea



ユニマックス・オア

特集 ぎょう鉄を理論解析

IT活用で測地線から「曲率線」展開へ

■海技研の研究紹介 ■新造船紹介 ■エッセー ■新造船写真集



独立行政法人 海上技術安全研究所
www.nmri.go.jp

CONTENTS

年頭のご挨拶 3
理事長 井上 四郎

【特集】
ぎょう鉄を理論解析 4

IT活用で測地線から「曲率線」展開へ
曲率線展開プログラムの現場適用 9
住友重機械マリンエンジニアリング

海技研の研究紹介

粉塵が発生・飛散しないFRPリサイクル製品の開発 13
秋山 繁

「有機溶剤を減らした船用塗料の開発・実用化」 16
村上睦尚

船用ディーゼルエンジンから排出される
多環式芳香族炭化水素 19
小島隆志

新造船紹介

最新鋭の超大型鉱石専用船
「ユニマックス・オア」シリーズ 22
ユニバーサル造船(株) 有明事業所
設計部 計画室 総合調整チーム
庄籠久恭

■エッセー 世界の客船 7

22万総トンの世界最大のクルーズ客船
オアシス・オブ・ザ・シーズ登場 25
池田良穂

新造船写真集 28

丹後/CAPE CANARY/PORT ELIZABETH/SEPANG
EXPRESS/HIGH STRENGTH/GLOBAL BAY/みのみ
ま/よどか

TOPIC

海技研講演会開催 2
航海支援の目視認支援機器のセミナー開催 12
高精度摩擦抵抗計測装置を公開 12

【おしらせ】「スーパークリーンマリンディーゼルの研究開発」
成果発表会について 32



表紙写真
ユニマックス・オア

TOPIC

海技研講演会開催



砂防会館で開催



伊原・トヨタ自動車専務取締役

小野・国土交通省海事局長

都内で2009年11月9日開催

環境関連技術の方向性と視点

第9回海上技術安全研究所講演会を2009年11月9日、東京都千代田区の砂防会館において開催しました。

今回は、「未来を拓く環境技術戦略」と題して、主に船舶からのGHG（温室効果ガス）削減対策、さらに最新の環境関連技術の方向性と環境対策に取り組む視点を紹介しました。

井上四郎理事長はあいさつで、海事産業を取り巻く情勢ではGHG問題への対応が急務であることを指摘したほか、「経済情勢はリーマン・ショック以来、1年間受注はほぼストップしている。あと1年続くとの見方もある」とし、2012～13年納期の市場に対し「技術情報提供でサポートしていくことがわれわれの使命」である考えを表明しました。

特別講演の講師として国土交通省の小野芳清海事局長及びトヨタ自動車株式会社の伊原保守専務取締役をお招きし、小野局長には「海事環境行政の方向性」について、伊原専務には「トヨタの環境経営とは」と題して講演いただきました。

小野局長の講演に対し「行政及びIMO（国際海事機関）の動きがよく整理されてわかりやすかった」、伊原専務の講演では「異業種とはいえ、物流、移動手段に係るものとして、リーダーカンパニーの深い考え方は大変勉強になった」とアンケートの回答ではいずれも好評でした。

講演会には、海外からの入場者が3名にのぼったほか、半数近くが都外からの参加者でした。



理事長 井上 四郎

年頭のご挨拶（平成 22 年の重点事項）

当研究所は、行政・社会・産業から与えられる海事・海洋分野の様々な問題・課題に対して高度な技術ソリューションを提供することが使命です。本年は、当研究所に与えられた中期目標を達成すべき最終年度が始まります。

一方、顕在化する高齢化社会に伴う課題、好転しない景気動向、激化する国際競争、厳しい財政状況と無駄遣いへの批判という環境の中で、当研究所が与えられた使命を果たすためには、細心の注意をもって臨むことが必要です。

以下、本年の業務を執行するに当たり、どのような考えで臨むかについてご説明します。

第一に、当研究所の研究テーマは、温暖化ガス排出性能基準、温暖化ガス低減技術開発、海難事故の分析、EEZ開発、物作り技能伝承等、いずれも行政施策に密着に結びついたものであり、その成果は、政策提言され、基準として提案され、安全対策、国際競争に打ちかつ産業技術等として利用されるものです。

海事・海洋に関する課題解決型の研究所として、様々な課題に高度な技術的成果を提供できることが必要です。このため、研究資源の選択と集中を行い、最大の成果をあげます。また、その研究成果をフォローしその普及まで着実に実施します。

第二に、当研究所は中立性を有する機関ですが、それだけではなく技術が他の機関で得られないほどの独自性と高度なものであることが必要です。「安全・環境のスペシャリスト」「海事イノベーションセンター」として比類ない技術を築き上げるために日々研鑽を積んでいきます。

このため、昨年、コア技術の高度化、蓄積のための組織の編成を行ったところです。与えられる課題に対する研究の中で、成果をあげることと同時に研究所が定めたコア技術の高度化を必ず図ります。研究所がカバーできない分野については、大学や他の機関との連携を構築することにより高次元の技術力を確保し、また、優秀な人材の確保や研修体制の充実により研究能力のポテンシャルアップを図ります。

第三に、予算の大部分を国からいただいている研究機関として、徹底的に無駄をなくし、国民の皆様にも納得いただける業務の進め方を追求しなければなりません。

このため、支出項目の内容、事務の進め方、契約等について自ら進んで点検を行うとともに外部有識者により契約業務の点検をしていただき、必要な見直しを積極的にを行います。その際、これまでの慣習にとらわれることなく、国民の目線で現状を分析し、新たな発想により改革を行い、業務を進めてまいります。

【特集】ぎょう鉄を理論解析

IT活用で測地線から「曲率線」展開へ

工数3割以上削減、造船所の効率化支援

曲線を描く船首、船尾の形状。そこに使われるのは、平らな鋼板をプレス機やガス加熱で曲げた鋼板、曲がり外板である。曲がり外板製造が、造船現場で職人芸の象徴になっている「ぎょう鉄」。何故、職人芸なのか。それは平板の三次元イメージ、作業工程イメージを描くことに加え、具体的な加工が難しいからだ。このぎょう鉄作業を、膨大な計算を瞬時に行うITの発達に加えて、従来の測地線展開とは異なる「曲率線展開」という高精度な展開方法がその姿を変えさせようとしている。曲率線展開法を使用することで、ぎょう鉄作業工数を3割以上削減し造船所の生産効率の大幅な向上が見込まれる。それらは始まったばかりである。

教材作りから始まった

海上技術安全研究所が、ぎょう鉄作業に科学の目を当てたのは、教材作りがその発端だった。日本中小型造船工業会（中小型造工）が技能伝承の一環として、「ぎょう鉄」、「配管」、「機関仕上げ」など、造船現場のビデオ教材作りを開始したのは約10年前。高齢化が進む造船現場において、技能伝承は喫緊の課題となっていたからだ。中小型造工は、日本財団の支援を受けて教材作りを開始し、それに海技研が協力した。

教材作りは、「ぎょう鉄」から始まった。教材は、ガスの使い方、鉄板を加熱すると何故曲がるのか、それに安全確保など、基礎的な知識を提供する初級から始まり、中級、上級編では難しい板の曲げ方の模範を示している。

教材作りのため、海技研の複数の研究者が中小型造工のスタッフとともに20社程度の造船現場でぎょう鉄作業を観察した。設計での三次元の立体を二次元の平面へ展開する方法、現場でのぎょう鉄作業のやり方は造船所によって異なっていた。

作業方法の違いはプレス機の有無、プレス機自体の能力の差など設備の違いによるものだけでなく、ガス加熱のやり方そのものにも違いがあった。

多くの現場を回ると、どの方法が効率的なのか分かってくる。ビデオ教材では、最も効率的と判断できるぎょう鉄のやり方をベースに模範を作ってい



った。

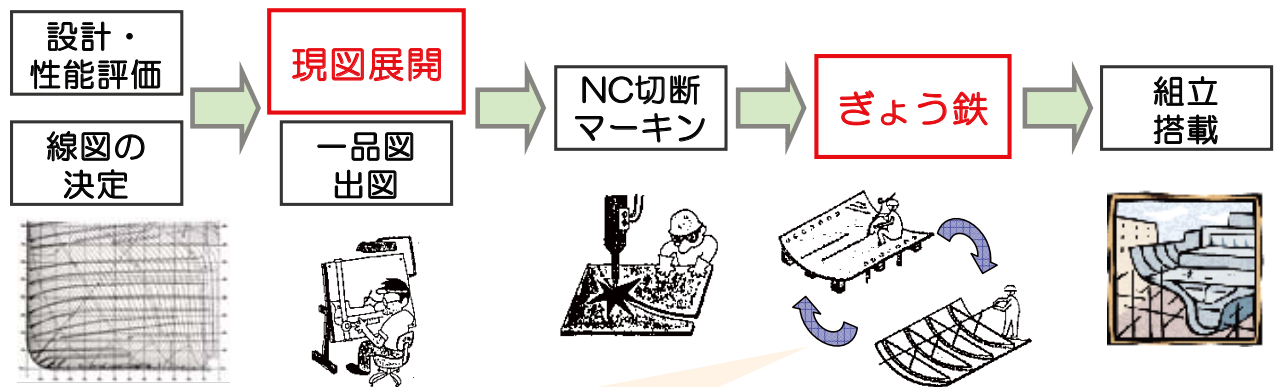
教材作りは、幾何学など数学的な考え方を一部に取り入れたものではあったが、さらに「もっと理論的に、より厳密に、ぎょう鉄を数学的に表現できるのでは」と研究者が考えたのである。そこで生まれたのが「曲率線展開法」である。

展開法、作業法は何種類も

3次元を2次元に展開するのは、当然のことだが曲面のない立体ではやさしい。逆も同じで、平板を溶接で組み立てていくだけでできあがる。

曲面がある3次元でも、円柱、円錐であれば2次元

ぎょう鉄：プレスやガス加熱を駆使して、船の曲り外板を製造する工程。



ぎょう鉄加工は職人芸

ぎょう鉄の難しいところ

3次元
イメージ

曲面形成
手順

思い通りの
加工

ぎょう鉄の問題点

職人
まかせ

経験ベース

加工の
ばらつき

複雑形状への
限界



に展開するのは簡単である。鋼板の厚みの部分だけ外側と内側の長さは異なるが、特に問題はない。

難しいのは、球を縦に割った半球、ひょうたんを縦に割った形、さらに複雑にくねった形の展開。細かく切り刻んで、溶接で貼り絵のように組み合わせれば、3次元を描けるが、現実的ではない。

船体構造の一部は複雑な曲面を描いており、その展開の仕方は難しい。また、展開のやり方は造船所一律ではなく、様々なやり方がある。球面を展開する方法では、世界地図でいうとメルカトル図法などいろいろな展開の仕方がある。造船の曲がり外板の展開もそれは同じである。

当所の研究者はぎょう鉄のやり方を観察し、最も効率の良いやり方を選択した。ぎょう鉄で効率の良いやり方があるとすれば、その逆動作、つまり展開でも効率の良いやり方があることになる。

その結果生まれたのが曲率展開法だが、同法の前にこれまでの展開の仕方を振り返ってみる。

船海洋工学会)の講演会で三田村利武氏が「近似測地線に依る外板展開に就いて」と題して講演し、「測地線」展開法の考案を発表した。それまでの展開法は、外板を一度に展開する「基線法」、小さく区切る「真金送法」、「送返法」、「襟送法」が知られていた。

基線法以外は展開作業に手間隙がかかり、一方、基線法は少ない工数で施工できるが、精度に難があるという問題があった。

三田村氏が考案した「測地線展開」は、基線法に工夫を加え、真金送法、送返法などと同程度の精度まで高めた画期的な展開方法である。

測地線とは、曲面の任意の2点を最も短い距離で結んだ線であり、曲面を平面に展開した場合に直線となる。この直線となる曲面上の曲線が測地線。

測地線展開法は、外板中央付近を通る測地線を精度良く求め、測地線を展開面で直線にして展開形状を求める方法である。

基線法に比べ、精度が格段に上がった展開法であり、以来、造船の曲がり構造を持つ立体の展開はこの「測地線展開法」がスタンダードとなった。

55年前に測地線展開法を考案

昭和29年(1954年)11月の造船協会(現日本船

測地線から曲率線展開へ

55年前に三田村氏が考案した測地線展開は、それ以降、造船所の主流の展開原理となっていた。しかし、測地線展開方法は基線法に比べ格段に精度が向上したとはいえ、仮定と推定が入っている「近似測地線」である。

仮定、推定、近似の測地線をベースに平面を立体にしていく時、どこを何度曲げるかなどの加工の情報は定かでない。この点は、やはり職人芸の世界なのである。測地線展開は、展開精度の向上に大きく貢献したものの、最後は職人の腕に頼らざるを得ないものである。

曲率線展開は、仮定、推定、近似の世界を完全に取り払い、曲面を数学的に取り扱うことにより厳密に展開する方法である。50年前にたとえ同じ考えが

あったとしても、現在のような膨大な計算を瞬時に行うコンピュータはなく、実用はできなかったであろう。

曲率線展開法は、外板の曲面を関数で表現し、曲率線を求める。そして、曲率線を使って曲面を平面に展開する。また、曲率線がそのままぎょう鉄の施工線に利用できる。曲がりを数学的に表す2次微分情報まで連続して表現できる外板の表現方法にノウハウがあり、海技研は日本中小型造船工業会とともにそれらを開発した。測地線展開が定規とコンパスを使った世界とすれば、曲率線展開はITを使ったもので、展開原理を根本から変える方法といえる。

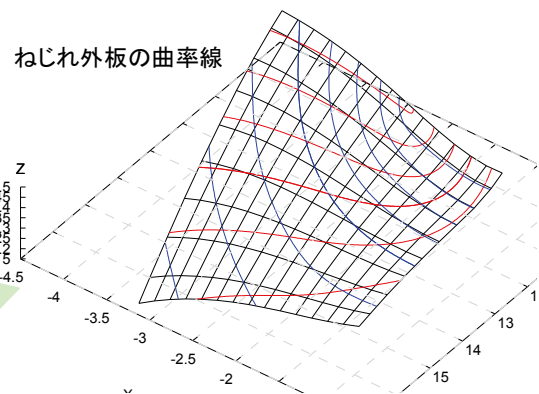
造船現場で展開可能を検証

海技研の研究者は、曲率線展開法の理論を確立した後、この理論が「あらゆる外板に適用できるのか」を実際の造船現場で実証実験を通して確認することになった。また、システム化については、「すべての

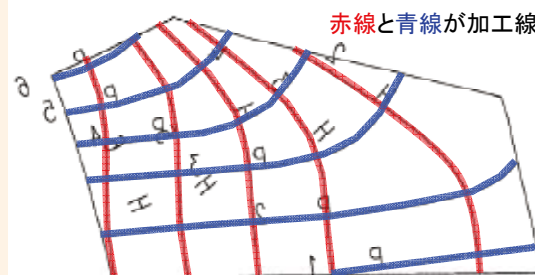
曲率線展開法：曲率線を利用する新しい外板展開手法。

曲率線：法曲率の最大・最小方向をそれぞれ結んだ曲面上の2組の曲線。
 曲率線展開法：曲率線を展開基線に外板を展開する手法。

曲率線は、曲面形成のための曲げ線（プレス線）と絞り線（線状加熱線）に相当。
 曲率線に沿った加工がぎょう鉄加工の最短コース。
 曲率線の様子で、曲がりの様子も直感的にイメージできる。



曲率線展開法による展開図



赤線と青線が加工線

曲がりが複雑な板も、理論的に求められた曲率線による加工で、一気にあわせることが可能！

外板が展開できるようになるまで、数カ月造船所に長期滞在した」(松尾研究員)との通り、実際の造船所の、実際のすべての外板を想定してシステム開発がなされた。

結果はすべての板を展開できた。といっても「ポンとボタンを押せば答が出てくるのはなく、複雑な板の場合、板の形状に合わせてプログラムに入力するデータを作ることにコツが必要」と、データ作成のやり方などクリアすべき課題は残っていた。

それでも、複雑な曲面を持つ板も展開できることを検証できたことは大きかった。理論が、プログラムが、正しいことを実証できたからだ。展開原理を半世紀ぶりに塗り替えられる可能性があることが明確になったのである。

職人さんは「イメージと同じ」

曲率線展開法によって展開した平板には、プレス箇所、ガス加熱箇所をガイドする線が入っている。この線をぎょう鉄の職人さんに見せた時の反応は、「上級の職人さんであるほど“自分のイメージしていた線と同じ”、“この線が欲しかった”などとおっしゃってくれた」(松尾研究員)と、予想外にも好評だった。

曲率線展開法は、職人、匠の世界を、非熟練者でもできる世界にできる可能性があり、職人達から反発されるのではとの危惧があったが、それは杞憂だった。

ぎょう鉄は「名人になるのに20年かかる」といわれるが、20年経験すれば誰でもが名人になれるかといえはそうではない。20年たっても単純な作業しかできない人もいる。経験だけでなく、イメージし、それを具体化できるセンスがなければできない作業である。

曲率線展開法は、イメージを具体的に描き出すガイド的な役割もあり、究極的には匠の世界を単純作業へ切り替えられる可能性がある。

基線展開/測地線展開と曲率線展開の比較

		基線展開/測地線展開	曲率線展開
原理	展開に利用する線	フレームを展開基線で結んでいく	第1曲率線を第2曲率線で結んでいく
	展開	仮フレーム・展開基線は直線に展開	第1曲率線・第2曲率線を測地的展開
	展開(接続方法)	基線・フレーム・シームの実長を保存して展開	最適な第2曲率線を展開基線として結んでいく
	伸ばし	どこに伸ばしが入っているか分からない(近似)	伸ばしの量・位置を把握
運用	展開の手段	製図で求められる造船システムとしてシステム化されている	PCによる数値演算が必要
	必要な情報	線図(FR,WL,BL)の点列データorCADデータ切り直し等を行い、精度を上げる	線図(FR,WL,BL)の点列データ切り直し等を行い、精度を上げる

ぎょう鉄から全体システムの効率化

ぎょう鉄における最も効率的な作業方法とは「プレス機があるところはプレス主体で進め、時間がかかるガス加熱を極力少なくする」ことであり、曲率線展開法を使った作業ではこの方針に則り、作業時間の大幅な短縮や加工精度の向上ができることを実証している。

曲率線展開法の次のステップにはなにがあるのだろうか。

松尾研究員は「造船所の設備に合わせてより具体的な実際の加工線を出すこと」「折り紙のような山線、折れ線、絞りをだすこと」——など、加工線についてもより細かく表現するなど、課題や発展性が残っていることを指摘する。

特に、ぎょう鉄の加工手順を示すことは、作業工数を把握しやすくなり、綿密な生産工程を立てることができるようになる。工数の定量化を図れることでぎょう鉄を含めた工程の生産システム全体の効率化につながる。

海技研の生産システム研究部隊は、造船所の生産システム全体の効率化を進めるのが目的であり、ぎょう鉄作業はその一里塚といえる。曲率線展開のブラッシュアップを含めやるべき課題は多いが、それらをクリアしていくと造船現場の姿が変わっていく可能性が高い。

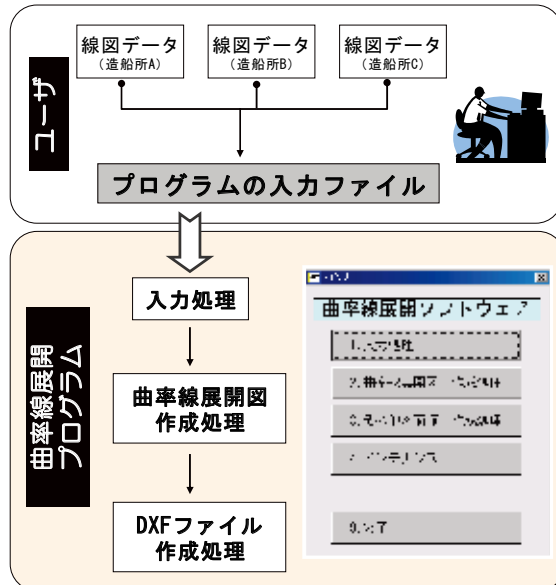
曲率線展開プログラム：曲率線展開法を搭載したプログラム・パッケージ

プログラムの特徴

- Windows PC スタンドアロン
- 既存の造船設計システムと依存なし
- 外板の数値データがあれば、単体で利用可能
- 汎用CADソフト等で利用可能な出図形式
- 造船のほとんどの外板に適用可能

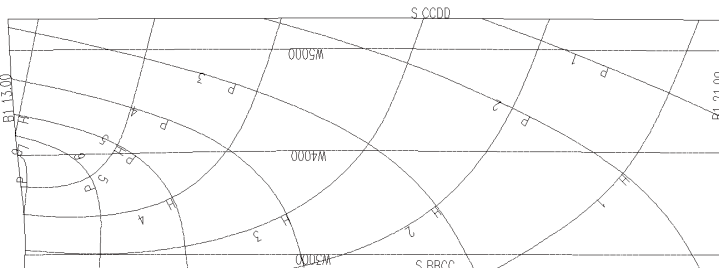
必要な環境

- Windows PC
- 曲率線展開プログラム本体
- AutoCAD LTなど
- 線図の数値データ



出力例

外板展開図：展開図にプレス線と線状加熱線が記載される。



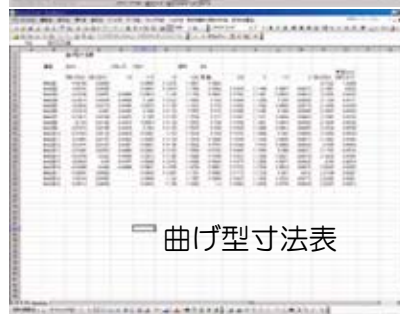
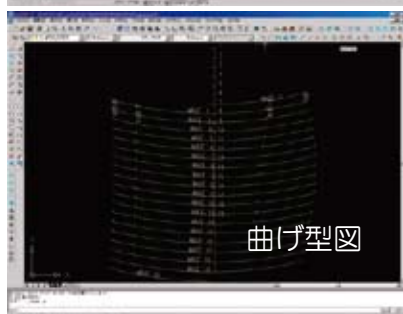
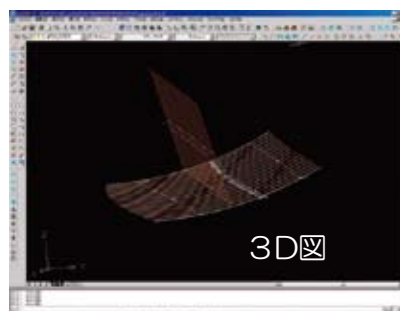
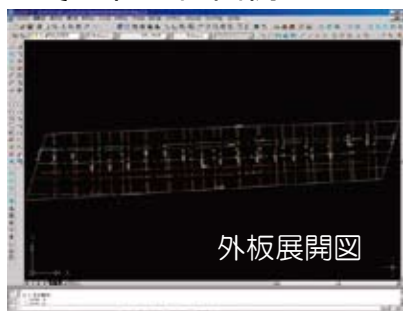
左の図の場合、
青：プレス線
赤：線状加熱線
として、加工する。

ONE POINT

曲がったプレス線も、なるべくそれに合うようにプレスすることを推奨しています。

プレス加工で極力完成形に近づけ、熱間加工を軽減することが、ぎょう鉄加工の効率向上に有効です。

その他の出図例



既存の展開図に
曲率線をトレースする
方法もOK!

曲率線展開プログラムの現場適用

住友重機械マリンエンジニアリング



住友重機械マリンエンジニアリング
株式会社
製造本部 工作部 計画グループ

杉廣 武俊
SUGIHIRO Taketoshi

1. はじめに

船体の船首及び船尾の外板は、優美な曲面形状をしています。この曲面すなわち船型の開発においては、如何に速力・燃費・積載量等のバランスに優れた効率の良い船型にするかという、船としての基本性能が徹底的に追求されます。特に近年、地球温暖化防止（ECO）の観点から、さらなる性能の向上が求められ、複雑で変化に富んだ曲面を有する船型が採用される傾向にあります。

一方、造船の現場では、平らな鉄板から「ぎょう鉄」と呼ばれる曲げ作業によって、その曲面を形作っており、船型開発時には、この曲面を実際に製造する際の作り易さも考慮しています。しかしながら、このぎょう鉄作業は、長年に渡り熟練者の経験や勘、ノウハウといった技能に頼って行われてきました。一般に、形状が複雑になるほど、ぎょう鉄作業の難易度は高くなりますが、製造現場では熟練者の高齢化が進み、作業数不足や技能レベルの低下も相まって、業界としても大きな問題になってきました。

このような環境を打破し、継続的な品質（曲がり形状・外形寸法）改善、生産性の改善を図るため、ぎょう鉄作業の方法そのものを、ハード・ソフトの両面から抜本的に見直す必要性が高まっています。

2. 現状作業の問題点と曲率線展開プログラムの適用

船体外板の設計から現場曲げ作業までの工程を図1に示しますが、プレス曲げと加熱曲げを合わせて「ぎょう鉄」と呼んでいます。造船設計では、昔から幾何学的な近似手法によって曲面を平面に展開し、製造現場では、作業員個別の経験や勘に基づいた作業手順で平面から曲面を作っていました。また、プレス曲げと加熱曲げの間でも、その都度、最適と思われる手順で行っていますが、完成品の品質は安定せず、作業時間も大きくばらついていました。

弊社では、この状況を改善することを目的に、2009年4月に曲率線展開プログラムを導入しました。曲率線展開は、現場のぎょう鉄作業をそのまま逆に辿る形で理論化されており、導入の初期検討段階から、現場施工的には非常に理に適ったものであるという印象がありました。特に、第1曲率線と第2曲率線を、施工線（加熱線・プレス線）として活用できることが魅力で、これらを上手く活用することにより、従来はほとんど作業員任せだった作業手順の標準化が、単なる熟練者のノウハウの最大公約数ではなく、理論的に裏付けられた形で実現できると考えました。

3. 現場施工試験結果

導入に際して実施した、現場施工試験の状況と結果について紹介します。

罫書き指示図への反映は、展開形状は従来法とあまり差異がなかったためそのままとし、曲率線のみをCADデータ上で重ね合わせて、NCマーキングを実施しました（図2参照）。プレス曲げは750tonプレス機にて、第2曲率線に沿って押し歯を合わせ

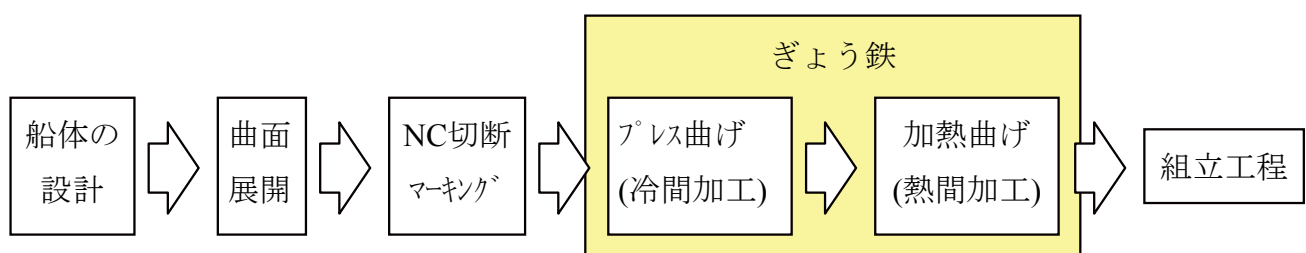


図1: 船体外板の曲げ作業工程

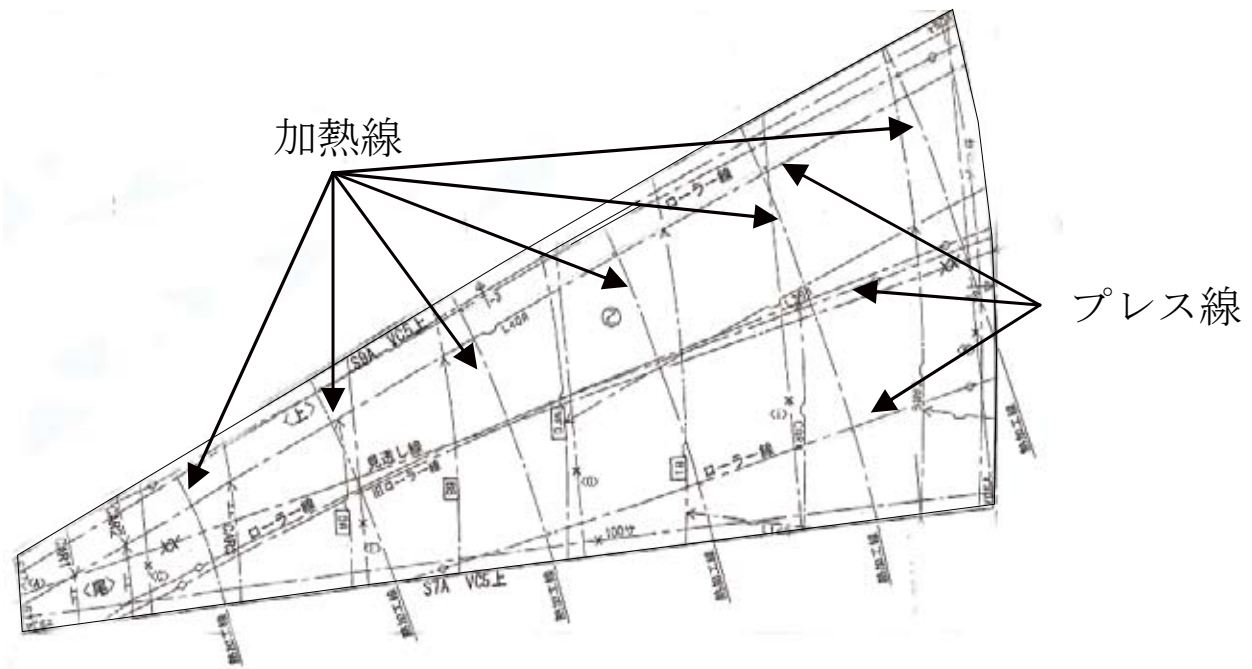


図2：野書き指示図の一例

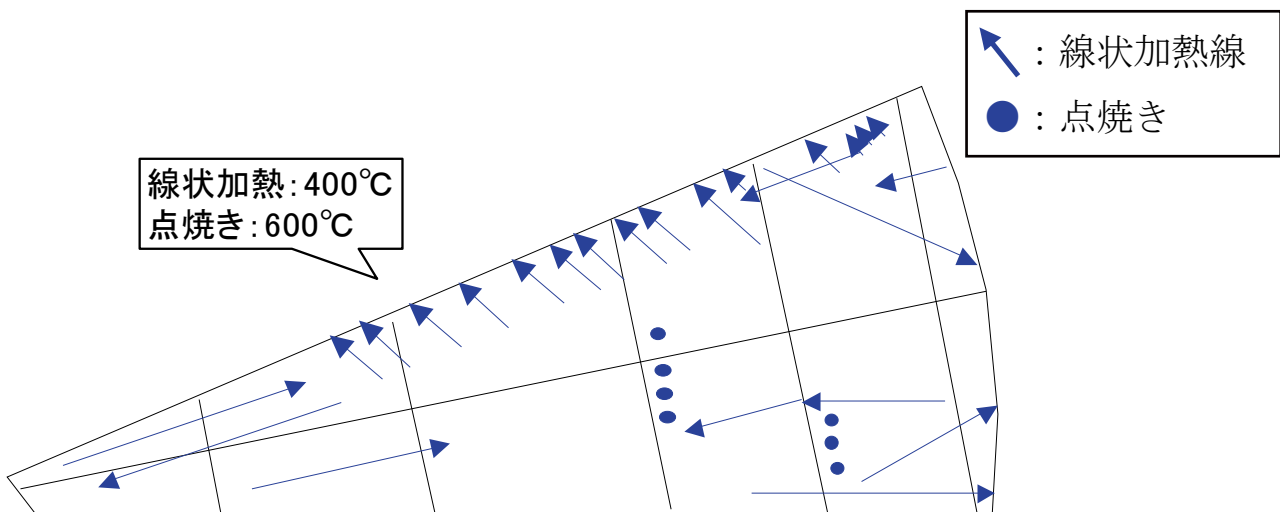


図3：ガス加熱位置(実績)

てプレスし、縦曲がりをつけます。加熱曲げは第1曲率線を目安としながら、かつプレスの仕上がり状態から位置を決定し、加熱を行い、曲げ型と見透しで最終チェックを行いました。仕上がり形状は何れの板も良好で、別途行った三次元計測でも、仕上がり形状精度でほぼ10mm以内と基準内に収まっています。

曲げ作業完了までの加熱位置(実績)を図3に示しますが、図中の矢印は線状加熱の方向を表し、●印は点焼きを表します。従来法に比較して、明らかに焼き線の数が少なくなることが確認できました。また、従来法との施工時間の比較を表1と図4に示

します。プレス曲げは従来比：約20%、加熱曲げは従来比：約40%の工数削減が確認できました。これらの試験によって曲率線展開の有効性が確認でき、特に振れの大きな外板に対して効果が大きいことが分かりました。

総合的な評価は、下記の様にまとめられます。

- ①従来、熟練作業者の技量にのみ頼っていたぎょう鉄作業に、1つの標準形を与えるものであることが確認できた。
- ②プレス曲げ終了時点から振れが合っているため、加熱曲げ時の手直し作業がミニマムとなり、最短距離で目的曲面に到達することが可能となる。



写真1:プレス曲げ



写真2:加熱曲げ

4. 今後の課題

導入後、徐々に曲率線展開の適用範囲を拡大し、現在では、建造船の曲がり外板の約3割に適用しています。現場からも作業性が良くなったと好評です。今後は更に適用枚数を増やすと同時に、その有効性を最大限に活用するために、熟練作業者の技能と曲率線の考え方を融合した格好で、ぎょう鉄作業の標準化を進める所存です。

また、曲がり外板（部品）の品質向上を、後工程である組立品質の向上、さらにはドックでの船体建造品質の向上に繋げ、造船所全体の生産効率改善へと効果を広げたいと考えています。

ブロック	施工工数(hr)						合計
	プレス曲げ			加熱曲げ			
	P	S	小計	P	S	小計	

従来平均	2.0	2.0	4.0	7.0	8.0	15.0	19.0
試験材	1.8	1.5	3.3	4.3	4.5	8.8	12.1
工数比	0.88	0.75	0.81	0.61	0.56	0.59	0.63

表1:施工時間の比較

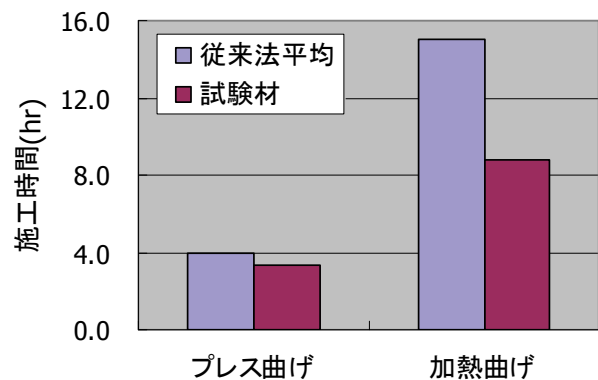


図4:施工時間の比較

住友重機械マリンエンジニアリング株式会社は、2009年4月に曲率線展開プログラムを導入し、現場での使用を進められてきました。同社に同プログラムの使用に関する感想、意見を忌憚なく記していただくことを要請しました。それに対して快諾していただいたものです。



航海支援の目視認識支援機器のセミナー開催

シミュレータでデモンストレーション実施

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 (J R T T)、古野電気株式会社、宇部興産海運株式会社との共同研究である「目視によるレーダーターゲット捕捉・認識支援機器の開発に関するセミナー」を三鷹本所で2009年12月15日、開催しました。海運会社、造船所、海上保安庁、航海機器メーカー、船級協会などから46名の方に参加いただきました。

機器性能や実船評価の説明後に、所内にある操船リスクシミュレータにより、今回開発した目視認識支援装置についてのデモンストレーションを実施しました。

参加者からは、今後の実用化への期待、e-Navigation戦略における位置づけと国際的な結果の公表の進め方、情報統合におけるAIS (船舶自動識別装置) 情報の扱い等に関して意見をいただきました。

海技研は、こうした航海支援機器の開発を通して航行安全に貢献していく方針です。

セミナーで配布した資料をホームページからダウンロードできます。



機器性能や実船評価を説明



操船リスクシミュレータに設置された目視認識支援装置のデモ

高精度摩擦抵抗計測装置を公開

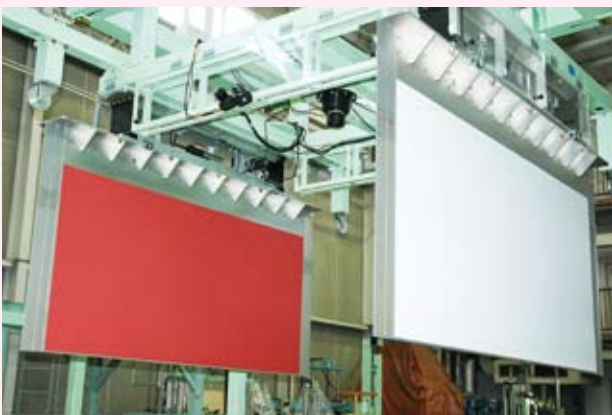
曳航水槽使用し高精度な計測可能に

当所は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (N E D O) による「海水摩擦抵抗を低減する船舶用塗料の基礎技術の研究開発」の研究の一環として「高精度摩擦抵抗計測装置」を開発し、2009年12月17日に公開実験を開催しました。塗料を塗布した2枚の平板を平行に吊り下げ、当所の曳航水槽を使用し摩擦抵抗を高精度に計測する装置です。平板には実際の船舶と同じように乱流境界層を発達させるような工夫を施しています。

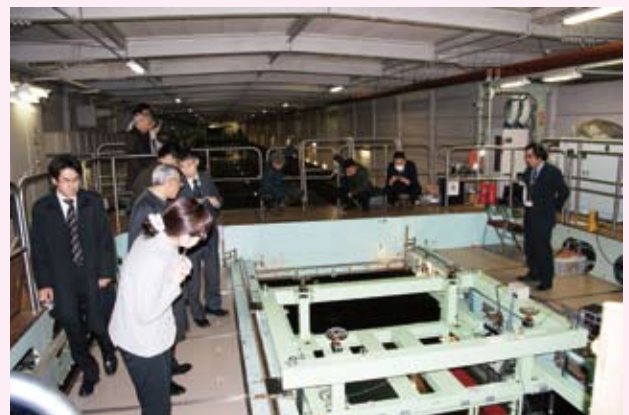
船舶の全抵抗に対する摩擦抵抗の割合は、50～80%程度を占めます。そのため、船体に塗布する塗料等の性状の

違いにより摩擦抵抗が生じるのであれば、摩擦抵抗の小さい塗料を塗布することで、船舶の航行に必要な馬力が小さくなり、船舶の省エネ化を図ることができます。

高精度摩擦抵抗計測装置は、装置下部に平行に吊り下げられた2枚の平板の抵抗を同時に計測する装置です。試験用平板は、前後の板バネを介してブランコ式に吊り下げられ、横方向の相対運動が拘束されます。各平板にかかる抵抗は、平板を吊り下げる2枚の板バネの間に設置した検力計により計測します。



高精度摩擦抵抗計測装置



曳航水槽で試験中

粉塵が発生・飛散しないFRPリサイクル製品の開発

国内では、FRP 船の海洋・港湾・河川等への放置や不法投棄が多発し、沈没船化等の社会的な問題が発生しました。そのため、セメント工場でFRP を焼却して、セメントの原料と燃料としてリサイクルする方法(セメント焼成方法)が開発されました。しかし、FRP を処理する工程で粉塵が飛散する問題が解決していません。本報では、FRP を粉にしてから粉塵が発生・飛散しないセメント焼成用のリサイクル製品を製造する方法をご紹介します。



秋山 繁 AKIYAMA Shigeru
生産システム系 生産技術研究グループ
構造材料の強度評価研究を行ってきました。現在は、プロペラのキャビテーション
壊食の研究を行っています
akiyama@nmri.go.jp

はじめに

プレジャーボートやヨットなどの船体構造材料であるFRP (Fiber Reinforced Plastics、繊維強化プラスチック) は、ガラス繊維で強化されているため、解体が難しく処理費用が高くつきます。国内では、FRP 船の海洋・港湾・河川等への放置や不法投棄が多発し、沈没船化等の社会的な問題となっており、法律の整備を含めて国土交通省・環境省等でFRP 廃船処理の検討が行われてきました。また、FRP 廃船から排出されるFRP 廃材の廃棄処理は、ほとんど埋立てによって行われてきましたが、FRP は腐らないため、ほぼ永久的に地中に残ることとなり、環境的に問題があります。さらに、国内の埋立て処分場の枯渇化が大きな問題となっております。

船用のFRP は、不飽和ポリエステル樹脂約60wt%とガラス繊維約40wt%で作られており、FRP 船の解体時やFRP 破材の破碎時に多量の粉塵が発生・飛散します。そして、FRP の粉(写真1)が人の皮膚に付着するとチクチクと痛がゆい症状となり、作業員から敬遠される原因となっております。

当所では、国土交通省の委託を受けて、2000年度から2003年度にかけて、FRP 廃船の収集、運搬、解体、中間処理の工程を経て、最終的にFRP 破砕片をセメント焼成するリサイクルシステムを構築しました。この方法は、FRP 廃材を約20mm以下の小片に粉碎し、FRP 単体、あるいは廃油(再生油)を混合した製品をセメント焼成に利用し、樹脂を予熱燃料に、ガラス成分をセメントの原料としてリサイクル処理する方法です。しかし、FRP 廃船の破碎から

最終のセメント焼成に至るまでの過程で、FRP の粉塵が飛散する問題は解決されていません。

■法律の整備

法律的な整備としては、2001年7月4日に「小型船舶の登録等に関する法律」が公布され、2002年4月1日から小型船舶登録制度が開始され、放置船や不法投棄船の船主を特定する対策が確立されました。また、FRP 製の廃小型船舶は、2005年11月29日に環境大臣から廃棄物処理法に基づく広域認定制度の対象品目として追加認定されました。当所の研究を引き継いだ(社)日本舟艇工業会は、このリサイクルシステムを全国展開し、現在、各地でFRP 廃船のリサイクルが行われております。

■研究の目的: 粉塵対策

このような現状を鑑みますと、FRP 粉塵の飛散防止対策は、今後ますます重要になってくると考えられます。そこで我々は、FRP を粉体化してバインダーで固化することにより、粉塵が発生・飛散しないセメント焼成用のリサイクル製品を開発しました。この方法により、FRP 破材を破碎機に投入してからセメント焼成までの工程において、粉塵が発生・飛散する問題はほぼ解決されました。

■FRP の粉塵

写真1にFRP の粉の走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope) 写真を示します。白っぽい物の内、棒状の物がガラス繊維で、不定形状の物が樹脂です。ガラス繊維は、直径が約10.5~12 μmですが、樹脂の大きさは様々で、10 μm以下のものが多量に存在します。大気中に浮遊する粒子状物質でその粒径が10 μm以下のものは、浮遊粒子状物質(SPM: Suspended Particulate Matter) と呼ばれ、環境基本法の大気汚染に関する環境基準で規定されています。近年、アスベスト被害の間

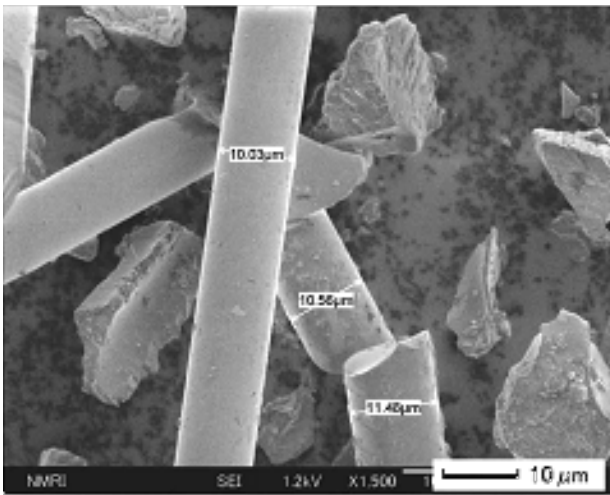


写真1 FRPの粉のSEM写真

題もあり、FRP粉塵も継続して人体内に吸引することは、避ける方が無難であると考えます。

■バインダーの選定

現在、日本のセメント工場における廃棄物の受入れ条件として、工場によって異なりますが、塩素濃度500ppm以下あるいは1000ppm以下、発熱量5000kcal/kg以上という条件（目安）があります。この条件を重視して、FRP粉体を固化するためのバインダーの第一候補として使用済み農業用ポリエチレンシート（以下、農ポリと称す）を選定しました。

農ポリの主成分は、低密度ポリエチレンで、一般的な特性は、発熱量約11000kcal/kg、融点約120℃、塩素濃度約200ppm以下です。また、FRP粉体との固化物は、水分で分解しません。

現在、使用済み農ポリは、毎年大量に廃棄物として排出されており、大量に入手することが可能です。また、単に破碎したままの姿でセメント焼成処理が行われています。

■FRPリサイクル製品製造システム

(1) FRPの粉体化

従来、FRPを粉体にすることは、粉塵の飛散はもちろんのこと、セメント工場の輸送管が詰まる問題、輸送中の自然発火の問題等があり、避けられていました。しかし、粉塵発生が避けられないならば、逆に全て粉体にして処理ができないだろうかと考えました。そして、本研究では、FRP破材を粉体状に破碎して、水中で処理をすることによって粉塵が飛散しない方法を考案し、FRP粉体化処理装置（図1）を製作しました。FRPの粉体化処理の方法は、以下の通りです。

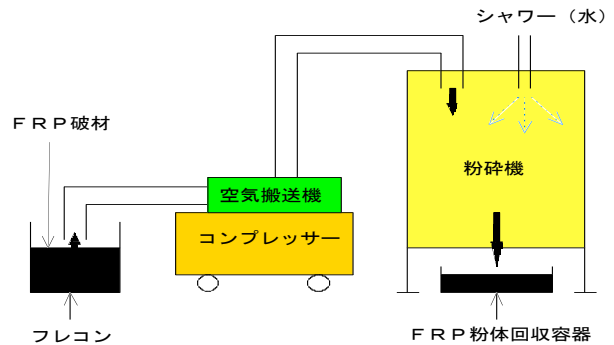


図1 SCRシステムの構成

- ①約20mm角以下のFRPを、空気搬送機を用いてフレキシブルコンテナ（以下、フレコンと称す）から粉砕機へ投入します。
- ②FRP粉砕機を用いて粉砕し、φ3mmのスクリーンを通して約3mm以下の粉体にします。
- ③粉砕機の上部に水シャワーを設置し、FRP粉体は底部から回収容器に排出させます。
- ④ウレタンフォーム分離装置（図2）を用いて、FRP粉体からウレタンフォーム等の浮遊物を分離します。

(2) FRPリサイクル製品製造装置

本研究で製造したFRPリサイクル製品製造装置を写真2に示します。この装置は、FRP粉体と農ポリを混合し、熔融・固化する装置です。粉体化したFRPは、粉砕機で粉砕した農ポリと1:9の重量比で混合し、スクリーコンベヤーへ投入します。混合物は、ツイストミルへ送り、摩擦熱を利用して熔融・固化します。その固化物は、粉砕機を用いて寸法約8mm以下に粉砕し、振動ふるい機（スクリーン径3mm）を用いて3mm以下の粉体を除去し、約3～8mmのリサイクル製品（写真3）を回収します。なお、回収した3mm以下の粉体は、スクリーコンベヤーへ投入して再利用します。

FRPリサイクル製品の製造条件を実験的に検討し、最適設定値として、製品取り出し口温度95℃、FRP粉体の寸法3mm以下、FRP粉体の使用済み農ポリに対する重量混合比1:9が得られました。

■塩素濃度及び発熱量の測定結果

製造したFRPリサイクル製品の成分分析は、蛍光X線分析装置を用いて行い、発熱量は、熱量計を用いて計測しました。

製造したリサイクル製品の塩素濃度は、使用した農ポリによって大きく異なり、600～3600ppmの範囲となりました。この原因は、農ポリに付着した土壌や農薬などの影響と考えられ、農ポリからこれらの付着物を取り除けば、未使用の農ポリとほぼ同じ塩素濃度となり、セメント焼成には問題なく使用することが可能となります。なお、使用したFRP粉体の塩素濃度は、700ppm以下でした。

また、リサイクル製品の発熱量は、いずれの測定結果も9000kcal/kgを超えており、非常に良い燃料になると考えられます。

■セメント焼成実証試験

セメント工場において約4.56トンのFRPリサイクル製品を用いてセメント焼成実証試験を行いました。

セメント焼成実証試験の結果、燃焼効率が少し低下するため、キルン系において石炭の100%代替は困難ですが、カロリー面から判断して、一部石炭の代替になり得ることが分かりました。また、処理工程での粉塵飛散は発生しないこと、ハンドリング面で問題が無いこと、及び塩素濃度の悪影響は無かったことが確認され、本FRPリサイクル製品の有効性が確認されました。

おわりに

FRP廃船から排出されるFRPのリサイクル方法の一つであるセメント焼成方法において、非粉塵飛散型リサイクル製品の製造技術を開発し、セメント焼成実証試験を実施して、その有効性を確認しました。ただし、現在の法規制では、FRP廃船の広域処理の条件は、FRP単体で許可されています。従って、本手法を実用化するには、他の廃棄物と混合・加工した本リサイクル製品が、広域処理の条件として公的に承認される必要があります。

なお、本研究は、独立行政法人日本学術振興会の科学研究費補助金の交付を受けて行った研究であります。

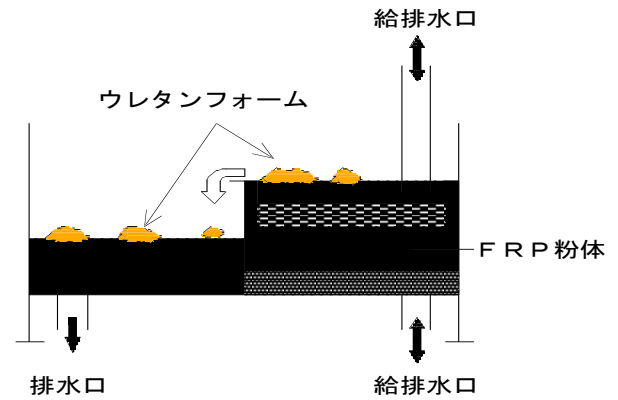


図2 ウレタンフォーム分離装置

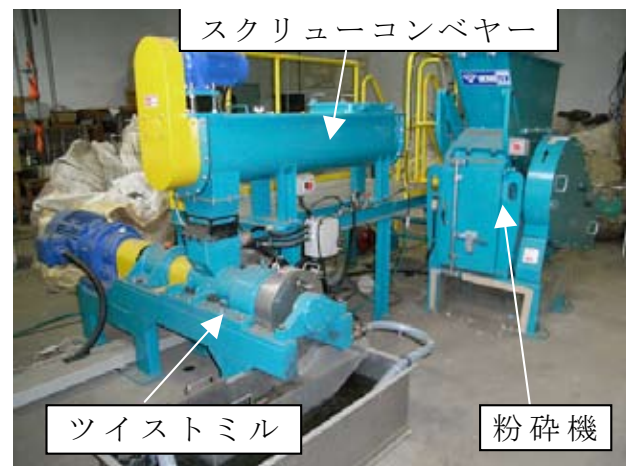


写真2 FRPリサイクル製品製造装置

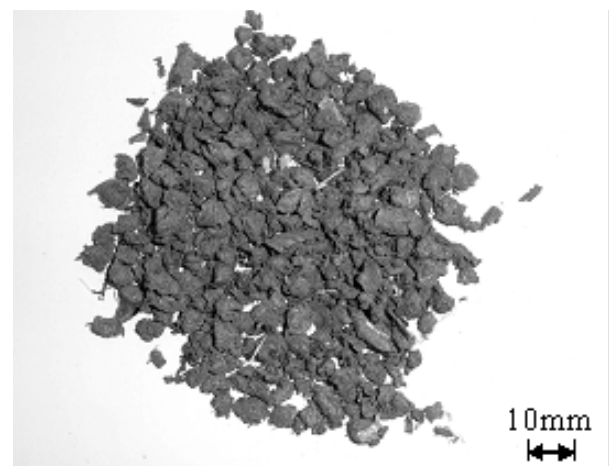


写真3 FRPリサイクル製品

「有機溶剤を減らした船用塗料の開発・実用化」

生産技術研究グループでは、造船所における船舶の建造、修繕、解体の様々な作業を対象に技術向上、効率化、省エネ、環境対策に資する研究を行っています。その一環で、塗装作業の環境改善、省力化を図るため低VOC塗料の開発・実用化を行いました。



村上陸尚 MURAKAMI Chikahisa

生産システム系(併任:構造系)

造船特殊技能の技能伝承・研修用構材開発、艦装工程における生産性向上のための技術開、船舶用低VOC塗料(防汚・防食)の開発、構造解析などに従事。

c_murak@nmri.go.jp

はじめに

VOC(揮発性有機化合物; Volatile Organic Compounds)はトルエン、キシレンなどで、溶剤や塗料として、産業界で幅広く使用されています。しかし、大気や水質などへ放出されると、光化学スモッグや浮遊粒状物質などの公害、アレルギーなどの健康被害を引き起こします。

一方で、近年、地球温暖化、大気汚染などの環境問題が注目されるようになり、VOCについては、2004年5月に大気汚染防止法が改正され、2006年4月より具体的な排出規制が施行されています。その内容は、事業者の自主的取り組みとVOCの排出規制を合わせたベストミックスにより推進され、2010年までにVOCの排出総量を2000年比で30%抑制することを目標としています。このような状況のなかで、船舶用塗料においても、高性能化と同時に省エネ・省力化、環境対策が重要視されるようになり、塗装使用の簡素化、VOC低減が図られています。特に、船舶の外板への塗装は屋外作業となることが多く、屋内塗装のようにVOCを回収することは難しいので、塗料の低VOC化がより重要となります。

■研究の概要

海上技術安全研究所では、2006年度から2008年度の3年間で、バラスタック用防食塗料と船底用防汚塗料を対象に低VOC化を実現した。今回は、写真1に示す船の赤い部分であるフジツボや藻類など海棲生物の付着を防ぐために船体外板に塗られる船底用防汚塗料の開発について、紹介させていただきます。

船底用防汚塗料は、竣工時に一度塗装すればよい



写真1 修繕時の塗装

というのではなく、船の一生において2年半または5年毎に塗り直さなければならないものであり、船舶用塗料の中でも最も使用量が多い塗料です。その中でも、現在、最も使用されている船底防汚塗料は加水分解型防汚塗料です。その理由としては、長期間、優れた防汚性能を維持できること、凸部で選択的に塗膜の更新をし、抵抗低減に寄与することなどがあります。また、従来品のVOC含有量は400-600g/Lです。先に述べた大気汚染防止法の30%抑制を実現するためには、従来品の中でVOC含有量が最低レベルの400g/Lを30%低減させた280g/L以下を達成すればよいと考えました。

そこで、開発目標を次のようにしました。

- ① 種類:加水分解型防汚塗料
- ② VOC量:280g/L以下
- ③ 耐久性:一般商船(15ノット)で60カ月の防汚性能維持
- ④ 塗装性:現用塗装機を用いて、40℃以下の環境下で塗布可能。一回塗りドライ270μm(ウエット400μm)
- ⑤ その他:従来品より低廉かつ高性能

■加水分解型防汚塗料のメカニズム

塗料は造船所で塗られて、乾いて塗膜になった時点では、塗膜は図1の左側のように疎水性の樹脂(金属ポリマー)で形成されています。それが、海水に浸かることによって、図2の左側のように、親水性樹

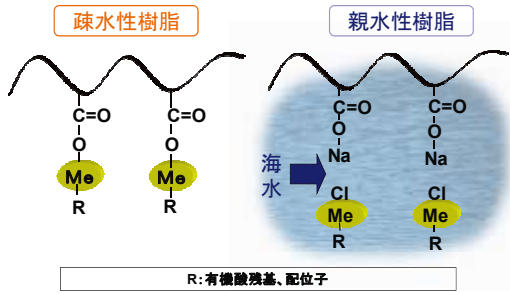


図1 加水分解のメカニズム

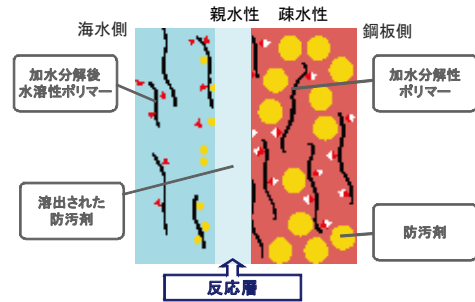


図2 塗膜の溶け出すイメージ

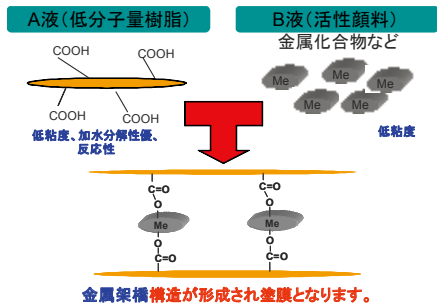


図3 2液反応型塗料の仕組み

	開発 低VOC塗料	ハイブリッド型 ハイブリッド タイプ	加水分解 ハイブリッド タイプ	現用 加水分解	現用 水和分解
乾燥 2日後					
乾燥 4日後					
乾燥 7日後					

図4 乾燥性・造膜性試験

脂と金属塩に分解されます。そして、この金属塩の金属(図中のMe)が銅や亜鉛であると、船底への海棲生物付着を防ぎます。この化学的反応を塗膜の溶けだすイメージでみると、図2のようになります。右側が船の鋼板で、左側が海水になります。疎水性である塗膜が、海水に接することにより親水性の反応層ができ、海水に水溶性ポリマーと防汚剤が溶け出す仕組みになっています。これを繰り返すことにより、塗膜表面に生物が付着しなくなり、また、付着したとしても、船が進むことによって、塗膜表面が溶け出し、更新され、付着した生物が剥がれることになります。

■低VOC化への挑戦

従来の防汚塗料を低VOC化するのが困難な理由は、安定した塗膜更新性を得るためには、従来の防汚塗料に使用されている基礎樹脂の粘度が高く、塗料化するためには溶剤(VOC)を多量に使用する必要があるからです。溶剤を使用することにより、塗料を塗るときの粘度を低くすることができ塗装性を向上でき、また、溶剤が揮発することで、乾燥性・造膜性を容易に得ることができます。なので、塗料化の際には、塗膜更新性を維持するために、樹脂の加水分解性の向上に注力すればよかったのです。しかし、低VOC化、即ち、溶剤使用量を削減することは、塗装性、乾燥性・造膜性を得ることができないことになります。

そこで、図3に示すように、低粘度(低分子量、

反応性、加水分解性)の基礎樹脂と活性顔料(金属化合物)による金属架橋反応を利用した2液化を検討しました。金属架橋反応の反応速度が速いと塗る前に固まってしまう塗れなくなり、遅いと、塗膜を形成し難くなります。そのため、金属架橋反応の反応速度の調整で試行錯誤を繰り返しました。その結果、今まで防汚塗料に使用されていない基礎樹脂を開発し、それを用いて、開発目標を満たす2液型の加水分解型防汚塗料の開発に成功しました。

■検証実験

実用化・製品化に向けては、様々な試験、評価による検証が必要です。次に、それらを幾つか紹介しましょう。

「乾燥性・造膜性試験」は、具体的には耐盤木性試験という3cm×3cmの角材を40kgf/cm²の力で20分間押し当てて評価します。図4の一番左が開発塗料です。他の4つは従来の樹脂を使用した塗料です。一番右の現用の加水分解型防汚塗料と同様に良好な乾燥性を有していることを確認しました。

「塗膜更新性・防汚性能」は、回転円筒試験を用いて海水温度25℃、速度15ノットで塗膜の消耗量を計測します。図5に示すように現用の加水分解塗料と同様に良好であることを確認しました。

「静置防汚性能」は、写真2に示すように、塗装した試験片を実海に設置し、観測をします。伊勢湾での夏季は日本で最も海棲生物が付着し易い環境と言

われています。写真からもわかるように、フジツボの付着もなく、現用防汚塗料よりもよい性能を確認しました。

「塗装性能試験」は、写真3に示すように弓削商船高等専門学校の弓削丸に実船塗装実験を12月に行いました。外気温度6℃/湿度80%の環境で、スプレー性、作業性、タレ・ピンホール、乾燥性、ワレの確認を行い十分な塗装性を有することを確認しました。

「バイオフィーム剥離実験」として、8月の1カ月間停泊していた弓削丸で速力試験航行を行い、約2時間航行後のバイオフィームの剥離の状況を観測しました。写真4に示されるように、非常に良好であることを確認しました。

■塗装作業の省力化・環境改善

5,500トンのバルクキャリアを対象に30カ月耐用の仕様（表1に示される塗装仕様）で塗装した場合の開発塗料と現用塗料の塗料使用量とVOC量の理論値の比較を行いました。その結果、塗料使用量は約30%減少、VOC量は60%減少することがわかりました。

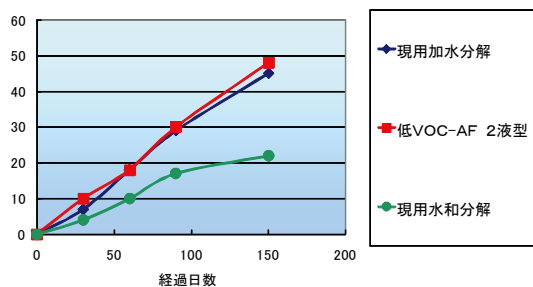


図5 塗膜更新性・防汚性



写真3 実船塗装実験

対象船:55K、BC、30ヶ月耐用
立上り部 - 4,000㎡、平底部 - 5,500㎡
【塗装仕様】エポキシAC 150μm+100μm
AF 立上り部 100μm×2
平底部 130μm×1

	開発低VOC-AF (2液型) V/S 67% VOC 280g/L	現用加水分解 V/S 46% VOC 480g/L
V/B使用量	60缶×20L	87缶×20L
F/B使用量	54缶×20L	78缶×20L
合計数量	114缶×20L	165缶×20L
総VOC量(kg)	639 Kg	1584 Kg

塗料使用量:約30%減少 VOC:約60%減少

表1 使用塗料比較(理論値)

■まとめ

以上、説明してきました基礎樹脂の開発、塗料の設計、検証実験を行い、2液型の低VOC加水分解型防汚塗料を開発・実用化し中国塗料(株)から製品化されました。開発防汚塗料の特長は以下の通りです。

- ① VOC量の大幅低減・環境対策
- ② 塗料使用料低減による省力化
- ③ 低臭気、低ダスト、低ミスト
- ④ 優れた塗膜更新性による長期耐久性
- ⑤ 優れた静置防汚性
- ⑥ 海棲生物付着による抵抗増加、越境問題の改善に大きく寄与する。

謝辞

本開発研究は日本財団の援助のもと、(社)日本中小型造船工業会との共同研究として実施されたものであり、中国塗料(株)、日立化成工業(株)、(独)弓削商船高等学校の関係者のご協力に感謝申し上げます。

浸漬場所:伊勢湾 2008年、夏季

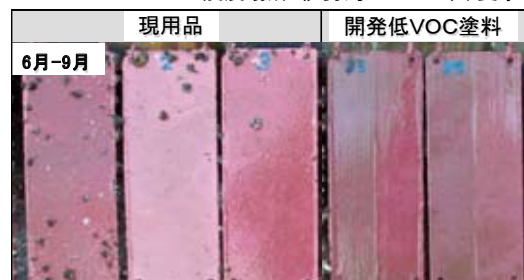


写真2 静置防汚性



写真4 バイオフィームの剥離状況(左:出港前、右:帰港後)



開発塗料パンフレット(中国塗料)

船用ディーゼルエンジンから排出される多環式芳香族炭化水素

海上技術安全研究所では、船用ディーゼルエンジンから排出される多環式芳香族炭化水素 (PAHs) についての、定性および定量分析について研究を行っています。本稿では、燃料と船用エンジンの運転条件から、PAHsの排出量についてガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS) により、予備的な調査を行いましたので紹介します。

小島隆志 KOJIMA Ryuji

海洋環境評価系 環境影響評価研究グループ

環境化学を専門とし、船体付着生物の越境移動最小化対策や船底防汚剤の環境影響評価研究に従事
kojima@nmri.go.jp

はじめに

多環式芳香族炭化水素 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) は、多くの種類を含む化合物であり、有機物質の不完全燃焼または熱分解によって、何百種類もの化学物質を放出することがあります。例えば、石炭燃焼による放出、自動車の排気ガス、たばこの副流煙のように、大気環境に関連した種々のマトリックスの研究から、これらの化合物中のPAHsは、発ガン性物質であると疑われている主要因となっています。

PAHsは、通常殆どが混合物として存在しています。このような混合物の組成は、大変複雑であり発生過程が変遷しますので、PAHsを含む全ての混合物を詳細に扱うことはできませんでした。そこで、暴露および毒性学に基づいて、現在自動車の排ガスにおいて研究されている入手可能なデータに基づいて、環境分野において測定対象となる16成分のPAHsが候補となっています (図1)。このため、これらの物質を評価の対象としました。環境におけるPAHsの発生、分布と変化、および生態毒性学的・毒性学的作用に関しては、多くの報文と総説が出版されています。

■ PAHsの毒性

PAHsが人体に取り込まれた場合、最も問題になるのはその毒性です。PAHsの毒性は、古くから発ガン性を有することが知られています。また最近では、生体内で営まれている正常なホルモン作用に影響を与える性質 (外因性内分泌攪乱作用) を有することがわかりました。このように、PAHsの発ガン性

は、急性毒性や慢性毒性と並んで最も重要な毒性の一つとして考えられてきました。世界保健機関 (World Health Organization : WHO) の機関である国際がん研究機関 (International Agency for Research on Cancer : IARC) は、発ガン性の疑いのある化学物質を優先的に調査しています。その中でPAHsについての発ガン性評価をまとめています。図1に示すPAHsのうち、5種類がGroup2B (発ガン性に疑われる) 以上に該当します。(図の番号で、2Aは9,14,16、2Bは11,12が相当します。)

■ 測定対象となるPAHs

環境試料中のPAHs測定法は、米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency; EPA) の分析方法が広く用いられています。そのEPAが人為的に有害と推測される特定汚染物質として指定した中に、

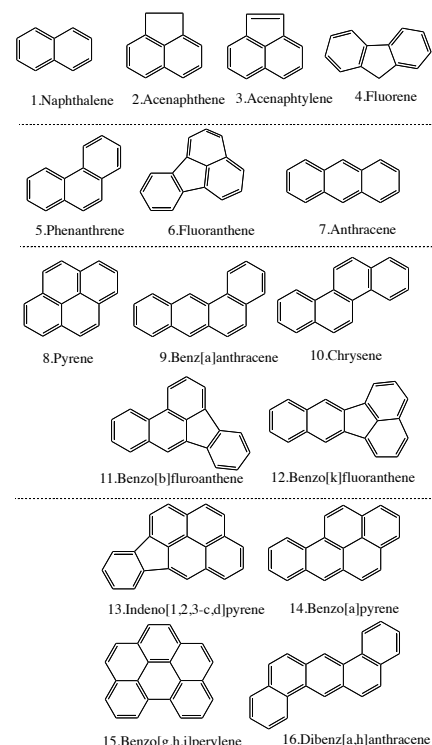


図1 米国EPAにより指定された16成分のPAHsの構造

16種類(1999年のEPA/625/R-96からは17物質となりました。)のPAHsが含まれています。従って多くの場合、これら16種類のPAHsが分析の対象とされることが多くなっています。これらのPAHsは、類似した構造を持ちますが、その物理的および化学的な性質は、構成するベンゼン環の数により、大きく異なります。本報告では、測定対象となるPAHsの分析用標準試料として、SUPELCO社のEPA TCL Polynuclear Aromatic Hydrocarbons Mix (2000 μ g/mL each component in methylene chloride: benzene (1:1))を用い、検量線作成およびGC/MS分析での確認用イオンに用いました。

■ PAHsの採取、抽出および分析方法

排ガス中からのPAHsの採取は、SCR触媒前後で排ガス採取用のプローブを取り付けた排ガス採取装置と、定流量機能付きディーゼル微粒サンプラー（いずれも、東京ダイレック株式会社）の組み合わせにより、吸着剤（アンバーライトXAD-2樹脂、オルガノ社）注入カートリッジをフィルター下流側へ設置してPAHsを捕集しました。その装置を図2に示めます。不揮発性のPAHsは、テフロン繊維フィルターで採取できます。しかし揮発性のPAHs成分については、テフロンフィルターを通過して吸着剤で採

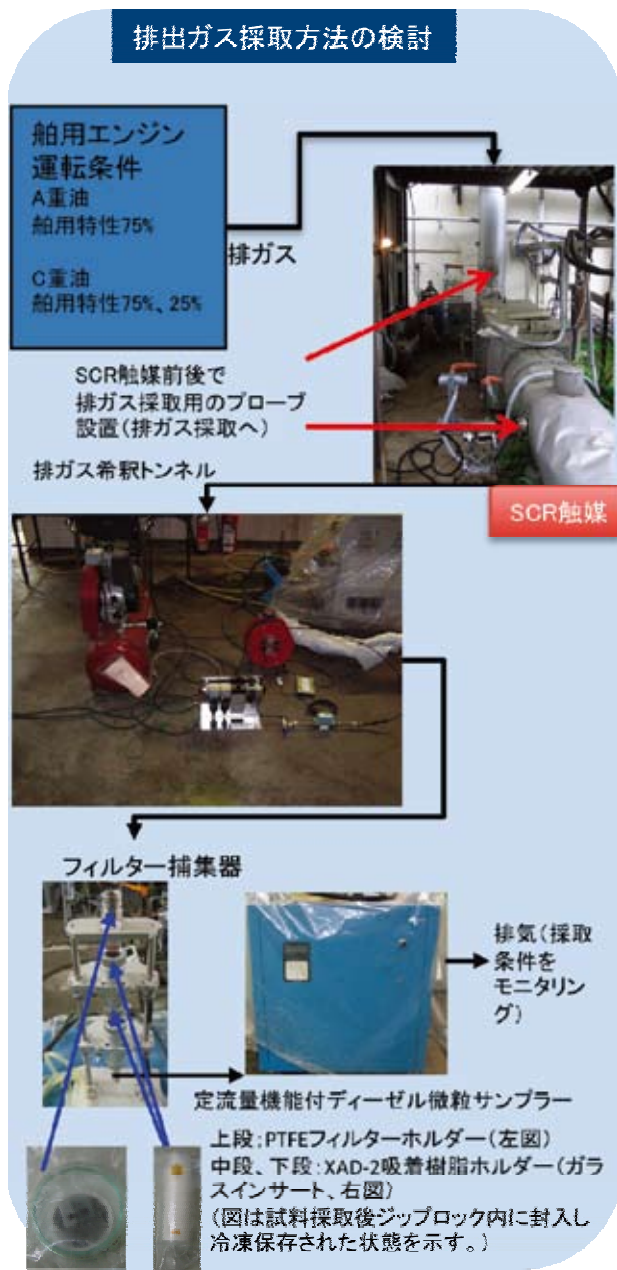


図2 ディーゼル排出ガスからのPAHs採取法



図3 PAHsの抽出、分析方法

取されます。次に、フィルターおよび吸着剤からPAHsを抽出しなければなりません。まずフィルターからの抽出方法は、高速溶媒抽出法（Accelerated Solvent Extraction: ASE法）を用います。吸着剤の場合には、樹脂が溶けてしまうので、ASE法は使えません。

そこで吸着樹脂からの抽出は、ソックスレー抽出法により行います。ソックスレー抽出法は、牛乳中の脂肪分を抽出する方法として開発され、最もオーソドックスな抽出方法です。現在の装置は完全自動化されています。

PAHsの同定および定量は、GC/MSを用いました。GC/MSで分離できる化合物群は、通常300℃（一般的なGC/MSの温度測定可能な上限値）以下で気化できるPAHsに限られる。GC/MSにより、分子量が同じである異性体、特に難揮発性のPAHs（環構成の多いもの）を分離・定量することができます。そのため標準試料試料として、前述のSUPELCO製標準物質を用いてPAHsを定量しました。GC/MSの分析条件の検討では、EPAの定めるカラムの極性について注目し、極性を下げることでPAHsの分離条件、分析時間の短縮化を検討しました。これら抽出、分析に用いた装置について図3に示します。

■排ガス中のPAHsの定量分析結果

SCRの前後での排ガス中に含まれるPAHsの定量を目的として、排ガス採取時の船用ディーゼル機関の運転条件、用いた燃料、排ガス流量および排ガス採取時間について表4にまとめました。

エントリー1-4のA重油に比べ、C重油を用いた運転では、フィルター吸着物が多く、特にエントリー10,12での運転条件では、フィルターが目詰まりを生じたので、十分な採取時間が取れませんでした。また、A重油と比べ、C重油運転では、タール状の吸着物がフィルター捕集面に多く付着していることが分かりました。フィルターおよびXAD-2吸着樹脂から抽出したPAHsのGC/MSによる定量分析の結果、SCR前後でのPAHsの定量結果の比較について次のようなことが分かりました。

(1) A重油からの排ガスフィルター捕集では、4員環（ベンゼン環が4つ）以上でSCRの後方から採取した場合に多く定量されました。XRD-2吸着樹脂では、フィルター通過のPAHsは低次の化合物が吸着されていました。

(2) C重油の排ガスフィルター捕集では、エンジンの負荷によって、排出されるPAHsの種類、量が大きく異なります。XRD-2吸着樹脂では、負荷に関

Entry	採取位置	燃料	船用特性[%]	流量[m ³]	採取時間 [min]
1	Front	A	75	1.1	20
2		A		1.1	
3	Rear	A		0.9	
4		A		0.9	
5	Front	C	75	0.5	10
6		C		0.5	
7	Rear	C		0.5	
8		C		0.5	
9	Front	C	25	0.3	10
10		C		0.3	5
11	Rear	C		0.5	10
12		C		0.3	5

表1 排ガス捕集時の運転条件

わらず、PAHsの種類、量は同じような傾向を示めました。

(3) 重油の種類により、排出されるPAHsの種類は異なることが分かりました。

(4) IARCで指定されているGroup2Aについて、A重油およびC重油ともにGroup 2Aの排出量が多いことが分かりました。

しかしながら、今回の実験では以下の事項について今後検討する必要が生じました。

(1) ナフタレン、アセナフチレン、アセナフテン等の低次のPAHsの定量では、夾雑成分の影響でピークが隠れてしまったために、うまく定量ができていなかったこと。

(6) XRD-2吸着樹脂の場合、いずれの実験系ではフェナンスレンの排出量が多く検出されていることがわかりましたが、この排出機構については、不明であること。

■今後の予定

夾雑成分の除去を目的とした分析前処理の方法を構築する必要があります。さらに、PAHsの高精度な定量を目的として、ディーゼルエンジンの種類、エンジン運転条件、および分析前処理法の検討などについて、今後実験が実施されます。近年では、高速液体クロマトグラフィー分析装置(HPLC)での蛍光検出器と紫外可視検出器を併せ持つHPLC-大気圧光イオン化(Atmospheric Pressurized Photo Ionization)-MS(HPLC-APPI-MS)測定装置が開発されており、これまでイオン化が困難であったPAHsに対してもHPLC/MS測定ができますので、今後重要な測定法となるでしょう。

謝辞

本研究は「排出ガス成分等計測方法の確立に関する調査研究」(H20年度国土交通省技術研究開発委託費)により実施しました。

最新鋭の超大型鉱石専用船 「ユニマックス・オア」シリーズ

これまでわずか数隻であった超大型鉱石専用船(オアキャリア)市場でベストセラーとなり、鉱石専用船の歴史を塗り替えたユニバーサル造船の29万7千トン型「ユニマックス・オア」シリーズを紹介いたします。



庄籠久恭 SHOGOMORI Hisayasu

ユニバーサル造船(株) 有明事業所
設計部 計画室 総合調整チーム

誕生のきっかけ

話は2003年までさかのぼります。弊社の営業部門をはじめとした商品企画部門は、いまやグローバルスタンダードとなった20万トン型のケープサイズバルクキャリア(通称 瀬戸内マックス)に匹敵する商品コンセプトを探していました。その中で目を向けたのが中国です。

2003年当時、中国は北京オリンピックに向けて走り出していました。中国国内の経済成長とともに、各地で今へと続く建設ラッシュがおき、資機材が高騰したことは記憶に新しいと思います。鋼材需要の上昇にともない、中国の粗鋼生産量は右肩上がりで

伸びていました。

これにともなって急速に拡大のきざしがあった鉄鉱石の海上輸送、特にブラジルから極東への鉄鉱石の流れを上手く捉えることができないか。この問題に対して弊社が導き出した答えが、超大型鉱石専用船によるブラジル-極東間のシャトル輸送でした。

■なぜベストセラーと成り得たのか

鉄鉱石輸送においては、石炭なども運べて汎用性の高いケープサイズバルクキャリアが用いられることも多く、大型の鉱石専用船(16万トン以上)は、当時わずかに30隻ほどでした。

また、その内訳では、水深の浅いオーストラリア-日本航路に就航している26万トン以下が大半を占め、30万トンクラスの超大型船はわずか数隻でした。

船の運航採算性を上げて汎用性の高いケープサイズバルクキャリアと競争するには、船を大型化して荷物(重量)あたりのコストを下げる必要があります。しかし、やみくもに大型化しても(特定のお客様だけならともかく)市場に広く受け入れられないことは、



記念すべき第1番船『GRANDE PROGRESSO』

全長	327.00 m
幅	55.00 m
深さ	29.25 m
喫水	21.40 m
載貨重量	約297,000 t

それまでの隻数が物語っていました。

ではなぜ、その後に複数の造船会社が参入することになった超大型鉱石船市場において、ユニマックスオアシシリーズはベストセラーとなったのか。

ここでは本船の主な特長について、紹介したいと思います。

■世界各地の主要港に入港できる船型

それまで就航していた30万トンクラスの超大型鉱石船は、その大きさゆえに入れる港が限られ、ブラジルからヨーロッパの一部の大型港湾を結ぶ航路に使用されるのみでした。

そこで、載貨重量を極限まで大きくしつつ、これまでの超大型船になかった汎用性を持たせ、様々なトレードに柔軟に対応できる船にする。このコンセプトを軸として、弊社では通常は大型船が入港しない中規模港湾も含め、20を超える鉄鉱石の主要港を調査しました。積み地では、メインターゲットのブラジルは勿論のこと、オーストラリアや南アフリカも必要に応じ現地を訪れて調査しています。揚げ地では、新日本製鐵殿、JFE殿の国内各製鉄所の港湾をはじめ、中国、ヨーロッパの港を調査しました。こうした念密な調査を基にした本船の主要目(寸法)は、30万トンクラスであるにも関わらず、世界各地の主要港へ入港が可能な、非常に汎用性が高いものとなっています。

また、主要目を最大化しているため、エアドラフト(空荷で喫水が浅い時の鉱石ローダーとカーゴハッチなどの艀装品との干渉)対策やバラストシステムにも最大限の工夫を凝らしています。

■様々なオペレーションを可能とするカーゴホールド

カーゴホールド(船倉)の数は、これまでの大型鉱石船では使われ方によって多種多様ありましたが、国内外のお客様からヒアリングをおこない、様々な使い方に対応できるよう、ほぼ同じサイズを6ホールド配置しています。

また、ホールドごとに荷主が異なる場合などに発生する、各ホールドで積み地や揚げ地が異なるオペ



ハッチよりホールド内を望む(建造中)

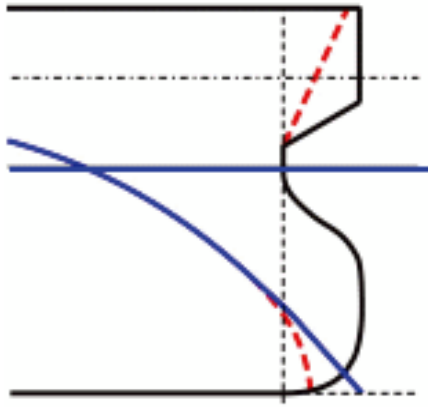
レーション(多港積み・多港揚げ)も行なえるようにしました。各港で全ホールドが均等になるように積んだり降ろしたりするのであれば船体にかかる応力はそれほど大きくなりませんが、ホールドごとに荷物の積み降ろしを行なうと積み荷のアンバランスによって船体に大きな応力と変形が発生します。本船では一定の多港積み・多港揚げを可能とするよう従来の鉱石船に比べて船体強度を高め、柔軟なオペレーションを可能にしています。

■荷役効率をあげる大型ハッチカバー

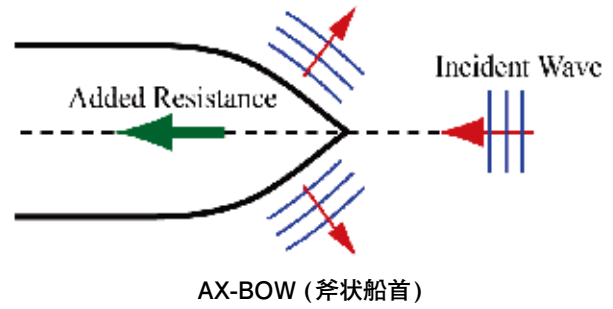
鉱石船では、1ホールドに2ハッチある船も多くありますが、本船では、1ホールド・1ラージハッチを採用しています。大きなハッチ開口からホールド底のほとんどを覗き込めるため、荷を積み際はもちろんのこと、荷揚げの際も、ベルトコンベア方式の連続式アンローダーにしても、UFOキャッチャーゲームのようなグラブ式アンローダーにしても、ブルドーザーでホールド底の荷を1か所に寄せ集める「さらい」にしても、従来の船に比べてより効率的に作業できるものと考えています。

■高い輸送効率を生み出す推進性能

本船では弊社技術研究所が新たに開発した超肥大船型を採用しており、燃料消費量を抑えつつ、限られた寸法内で載貨重量を最大化しています。一般的に肥大度が大きくなると荒天時の推進性能が悪化すると言われていますが、本船では弊社独自技術であ



Diffraction Wave



るAX-BOWにより実航海での波浪による抵抗を低減しています。

また、同じく弊社独自の省エネ技術であるSSD(プロペラ前ダクト) & SURF-BULB(バルブ付フィン)も採用し、トータルとして高い推進性能を実現しています。

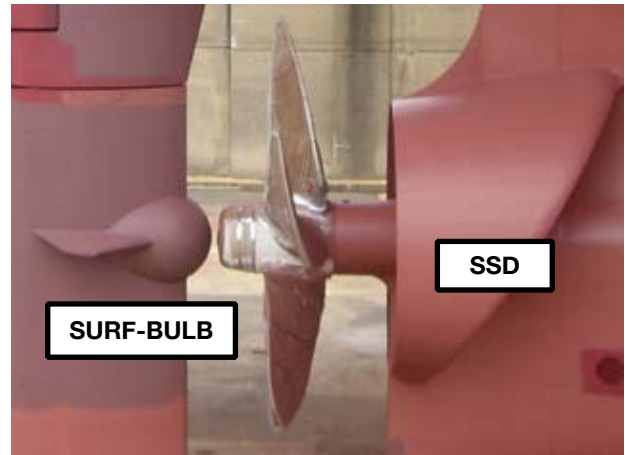
■その他(新規則対応)

開発当時にIMO(国際海事機関)で決定したばかりであったバルクキャリアの安全強化策を本船でも適用しています。例えば、ハッチカバーをはじめとした船首部艤装品の青波対策や、船首を波に突っ込んだ際の浮力確保を目的とした船首楼設置など、安全性を高めた設計となっています。船首楼は規則によりサイズが決められていますが、長くしてホールドエリアにせり出せばカーゴの積み降ろしの邪魔になりますし、高くすればブリッジからの前方の見通しを悪化させますので、極力コンパクトになるように工夫しています。

さいごに

中国による鉄鉱石輸入の拡大を見据えた2003年の弊社の思惑は、その後、予想以上の大型鉄鉱石船ブームとなりました。その中でユニマックス・オアは、バルクキャリアメーカーとしての経験や技術を生かした製品として国内外のお客様より高く評価いただき、執筆時点で9隻が就航し、ブラジル-極東のみならず様々な航路に投入されています。

本船の企画・開発・建造にあたって、お客様をはじめ、多くの関係企業の方々より貴重なアドバイスをいただいたことも、成功の大きな要因だと思っております。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。



省エネデバイス SSD & SURF-BULB



コンパクトな船首楼



22万総トンの世界最大のクルーズ客船 オアシス・オブ・ザ・シーズ登場

池田良穂 IKEDA Yoshiho

大阪府立大学大学院 工学研究科 海洋システム工学分野教授
ikeda@marine.osakafu-u.ac.jp



はじめに

本連載の第1回目で、世界最大のクルーズ客船「フリーダム・オブ・ザ・シーズ」を紹介しました。この船は2006年建造の16万総トンの巨大船で、全長は338m。乗客は最大4375人で、姉妹船が毎年建造されました。そして、昨年末、このシリーズ船を60%余りも上回る22万総トンのクルーズ客船「オアシス・オブ・ザ・シーズ」(写真1)が登場して、世界最大の客船の座に着きました。運航するのは、「フリーダム」と同じロイヤル・カリビアン・インターナショナル(RCI)で、フロリダ半島起点の1週間定点定期クルーズに昨年末から就航し、ほぼ半年先まで満席の便が続出し、リーマンショックや新インフルエンザで元気がなくなっていた北米クルーズマーケットを一気に活性化しています。

DNAはイノベーション

私が乗船したのは、営業航海の前に3回実施した、報道陣と旅行代理店への3泊のお披露目クルーズでした。毎回5000人近くを招待したので、世界中からの15000人もの人々に世界最大のクルーズ客船の魅力を伝えたこととなります。RCIの会長以下首脳陣が経営から技術まで様々な面からのプレゼンテーションを行い、報道陣の質問に答えていたのもたいへん参考になりました。特に造船担当副社長のクロバラ氏とは、彼がシルヤラインで斬新的なクルーズフェリー(本連載⑤で紹介)を開発・建造した頃に、ストックホルムで会って以来の再会となりました。

RCIの首脳陣は、会見で幾度か「RCIのDNAはイノベーション」と発言し、「新しいイノベティブな船が新しいマーケットを切り開く」ことを強調していました。

今回の「オアシス」のイノベーションは、20万総トンを超えるという史上最大の客船であるというこ

とだけではありません。これまでにない船内の楽しみの多様性はもちろんですが、「環境」と「安全」が2つのキーワードになっているように感じました。

まず環境面では、16万総トンの「フリーダム」に比べると、乗客1人あたり20%以上のCO₂削減を達成しています。これは大型化による1人当たりのエネルギー効率の向上が大きいのですが、窓付きのインサイドキャビンの増加、天窓からの積極的な太陽光の利用、LEDライトの大量使用などの成果だと言えます。

次に「安全」です。欧州では、10年ほど前からDesign for Safety、すなわち「安全のための設計」というコンセプトが海事世界に浸透してきています。私も、この考え方には大いに賛成で、3年前に国際会議Design for Safetyを大阪に誘致して、世界各国から150人余りの人々に参加してもらい、船舶の安全のあり方についての議論をしました。こうした流れを「オアシス」は具現化をしていました。IMOで導入されたSafe Return to Portの要件である機関室や推進機能の2重化はもちろんのこと、ブリッジの一面において、船内の全ての安全管理が一元的にできるコントロール・ルーム(写真2)が稼動していました。



写真1 オアシス・オブ・ザ・シーズ



写真2 セーフティコントロール室

ここでは、火災、浸水だけでなく、乗客・乗員の乗下船、避難訓練への参加者等がリアルタイムで把握でき、さらに船内に1000個以上取り付けられたCCDカメラによって船内での事故などの状況が把握できるようになっていました。コンピュータ画面が、3台のプロジェクターで壁の大きなスクリーンに映し出され、船長以下の士官と安全担当士官が瞬時に対策を立てることができます。

総合パワーステーション

クルーズ客船の運航は、乗客の満足度をベースに企画されますので、毎日のようにそのスピードが変わります。私が乗船した航海では、速い時で20ノット、遅いときは5ノット程度で航海をしていました。着岸時には船首の4基の巨大なサイドスラスターが稼働しますが、1基当たり7,500馬力ですので、最大出力は3万馬力です。このように時間によって使用するパワーが大きく変動しますので、「オアシス」には電気推進が採用されています。

電気は6機のディーゼル発電機で起こされ、全部で97,000kWの出力です。推進器は360度回転で全方位に推力の出せる20メガワットのポッド推進器が3基です。14ノットでの後進、5ノットでの横移動が可能とのことでした。

船型は、抵抗の小さいバトックフロー船型を採用し、スケグをつけて針路安定性を確保しています。バルバスバウはグースネック型の巨大なもので、形状最適化によって「フリーダム」クラスより造波抵抗を1%減らすことができたといえます。また、抵抗を少しでも減らすように、表面上の溶接線をはつて、船体表面を滑らかにしています。

大型化の原動力

この連載の中でも幾度か紹介したようにクルーズ客船の大型化の原動力は、乗客1人当たりのコストを下げて、クルーズ料金を下げることにありました。「オアシス」の料金は、変動相場制でクルーズごとに毎週料金が変わり、インターネットで相場を確認することができます。「オアシス」の1週間クルーズの料金は、最低が約8万円からですので、1日当たり約1万円からとなります。これで、全食事、移動費、イベント参加費が全て込み済みですので、ずいぶん安いと思いませんか。

もちろん、これはインサイドの一番小さなキャビンでの値段ですから、窓もあって、ベランダも付いた部屋を選べば、料金は高くなります。しかし、船内でサービスに関する等級差はありません。この平等というのがアメリカのお客さんには受けています。船が大型化されて料金が下がり、これが乗客の数を増加させるというよい循環が北米のクルーズ産業では定着をしています。

多様なキャビンの品揃え

「オアシス」が、「フリーダム」級と違うのは、ベランダ付キャビン、ロフト付キャビン、家族用キャビン、2室連結して使えるキャビンなど多様なキャビンを揃えたことにあります。

クルーズの基本は、これまでは夫婦等のカップルであったのですが、次第に家族連れに変わりつつあることへの対応のようです。最近のクルーズは「3世代船」と呼ばれるようになってきました。お祖父さんから孫まで一緒に乗る人々が増え始めているのです。

一番料金の安い部屋はインサイドで16m²。トイレもシャワーも付いていますので、キャビンは寝るだけ、と割り切っている人にとっては最もコストパフォーマンスがよくてお買い得です。一方、最も高いロフト付キャビンの中でも最も大きな部屋は、140m²の広さがあり、さらに78m²のベランダ付という豪華版です。

全員を楽しませるための多様な施設

「オアシス」には、これまでにクルーズ客船になかった施設もあります。1つは緑の木々が風になびくセントラルパークです。専属の庭師も乗船して、植物の世話にあたっています。このガーデンの周りには、



写真3 船尾のアクアシアターとメリーゴーランド。周りにはベランダ付インサイドルームが並ぶ。

スペシャル・レストランやビンテージワインバーが軒を連ね、緑を楽しみながらの飲食が楽しめます。このセントラルガーデンに面して、両側には6層のベランダ付キャビンがまるで都会のホテルのように聳えています。

船尾には、プールのある野外劇場(写真3)があり、飛び込み、シンクロナイズスイミング、空中サーカスなどの出し物が演じられます。

この外、ロックライミング、アイススケート、ミュージカル、空中遊泳など多彩な楽しみを満載していますが、この紙面内ではとても紹介しきれません。

最後に

こうしてまた巨大で斬新なクルーズ客船がカリブ海に登場しました。建造はフィンランドで、船価は1300億円といます。こうした新しい客船が、新しい海事マーケットを成長させるという「よい循環」が、クルーズの世界では確立しつつあります。

このように北米のクルーズ客船は巨大化して、余った7～14万トン級の小型船(?)が、世界各地のクルーズマーケットを開拓しています。中国を基点とした東アジアクルーズにも、現在は7万トン型が就航していますが、近々14万総トン型が投入される予定とのこと。東アジアのクルーズマーケットの爆発も時間の問題になりつつあります。



写真4 緑溢れるセントラルパーク

丹後		Oil Tanker 油槽船	
Builder 建造所	(株)アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド呉工場		
Owner 船主	TREK MARITIMA S.A.		
Operator 運航者			
国籍	PANAMA	船番	3244
Keel laid 起工年月日	2006.12.20		
Launched 進水年月日	2009.6.12		
Delivered 竣工年月日	2009.10.30		
Class 船級等	NK		
Nav. Area 航行区域	Ocean Going		
L _{oa} 全長 m	333.00		
L _{pp} 垂線間長 m	324.00		
Breadth 型幅 m	60.00		
Depth 型深 m	29.00		
Draft (d _{max} (design)) 満載喫水 (計画) m			
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	20.635		
GT 総トン数(国際) T	159,927		
NT 純トン数 T	97,999	Deadweight 載貨重量 (計画) t	
		Deadweight 載貨重量 (夏期) t	301,662
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレーン) m ³	349,737	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	7,658.33
		Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	757
Max. Trial Speed 試運転最大速力 kn	16.9	Sea Speed 航海速力 kn	15.7
		Endurance 航続距離 SM	23,000
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day	97.3	Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	DU-Wartsila 7RT-flex84T-D × 1
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹	27,160 × 74.0	Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW × min ⁻¹	23,090 × 70.1
Propeller プロペラ 翼数×軸数	5 × 1	(CPP etc) プロペラの種類	SOLID KEYLESS TYPE
		Main Aux. Boiler 主補缶 形式×台数	MAC-90B × 1
Electric Generator 発電機	Engine 原動機 (メーカー形式×出力×台数)		
	Generator 発電機 (メーカー形式×出力×台数)		T/G:1,100kWx1, D/G:1,100kWx2
Type of Ship 船型	Single continuous deck with seven (7) tiers of deck house		Officer & Crew No. 乗組員数
Same Ship 同型船	34		
特記事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本船は、マラッカ海峡を航行可能な喫水で載貨重量30万トンを実現したマラッカ通行最大型VLCCで同シリーズ16番船である。 2. 弊社VLCCのPMA (Permanent Means of Access)初適用船である。 3. 燃料タンクの二重化適用船である。衝突等による油の流出を防ぐため、燃料油タンクの外舷側にバラストタンクまたはVOID区画を配置している。 4. 荷役時に発生するVaporを大気に放出することなく荷役を行うことのできるVapor Emission Control Systemを採用している。 5. 推進省エネ装置であるLV FinおよびRBSFを装備している。 		



ケーブルキャナリー		CAPE CANARY	
Bulk Carrier ばら積み運搬船			
Builder 建造所	株式会社川崎造船		
Owner 船主	"K" Line Bulk Shipping (UK) Limited		
Operator 運航者			
国籍	PANAMA	船番	1634
Keel laid 起工年月日	2009.6.8		
Launched 進水年月日	2009.8.7		
Delivered 竣工年月日	2009.11.10		
Class 船級等	NK		
Nav. Area 航行区域	Ocean Going		
L _{oa} 全長 m	292.00		
L _{pp} 垂線間長 m	288.00		
Breadth 型幅 m	45.00		
Depth 型深 m	24.70		
Draft (d _{max} (design)) 満載喫水 (計画) m	16.50		
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	18.225		
GT 総トン数(国際) T	93,235		
NT 純トン数 T	60,396	Deadweight 載貨重量 (計画) t	161,617
		Deadweight 載貨重量 (夏期) t	182,577
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレーン) m ³	203,236	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	4,700
		Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	513
Max. Trial Speed 試運転最大速力 kn	17.35	Sea Speed 航海速力 kn	約 15.3
		Endurance 航続距離 SM	約 22,700 nm
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day	約 61.4	Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	川崎-MAN B&W 6S70MC-C Mk7 x 1 基
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹	17,780 kW × 87 rpm	Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW × min ⁻¹	15,110 × 約 82
Propeller プロペラ 翼数×軸数	5 翼 × 1 軸	(CPP etc) プロペラの種類	Main Aux. Boiler 主補缶 形式×台数
			Composite type Aux. Boiler x 1
Electric Generator 発電機	Engine 原動機 (メーカー形式×出力×台数)		DAIHATSU, 660kW × 900rpm × 3 台
	Generator 発電機 (メーカー形式×出力×台数)		NISHISHIBA, 600kW × AC450V × 3 台
Type of Ship 船型	Flush decker		Officer & Crew No. 乗組員数
Same Ship 同型船	28		
特記事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. フランスのダンケルク港に入港可能な最大船型として、当社が新規開発した最新鋭のばら積み運搬船です。 2. ばら積み運搬船の船体強度に関する新規則 (共通構造規則: CSR) を適用し、安全性を向上させています。 3. 省燃費型ディーゼル主機関および高効率タイプのプロペラ、さらに当社で開発したコントラフィン付セミダクトおよび川崎フィン付ラダーバルブなど最新の技術を採用し、推進性能を向上させることにより燃料消費量を低減させています。 4. 燃料油タンクの二重船殻構造化および甲板機器の電動化を採用することにより、万一の際の海洋汚染防止対策を施しています。 5. バラストタンクの腐食防止対策として定められた新塗装基準 (P S P C) を適用し、塗装の高品質化を達成しています。 		



ポート エリザベス PORT ELISABETH Bulk Carrier ばら積み運搬船					
Builder 建造所	三井造船株式会社 玉野事業所				
Owner 船主	NORDEN Shipping (Singapore) Pte. Ltd.				
Operator 運航者					
国籍	SINGAPORE	船番	S1736		
Keel laid 起工年月日	2009.5.22				
Launched 進水年月日	2009.9.2				
Delivered 竣工年月日	2009.11.9				
Class 船級等	LR				
Nav. Area 航行区域	Ocean Going				
L _{oa} 全長 m	189.99				
L _{sp} 垂線間長 m	182.00				
Breadth 型幅 m	32.26				
Depth 型深 m	17.90				
Draft (d _{mid} (design)) 満載喫水 (計画) m					
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	12.55				
GT 総トン数(国際) T	31,271				
NT 純トン数 T	18,526	Deadweight 載貨重量 (計画) t		Deadweight 載貨重量 (夏期) t	55,701 metric tons
Cargo Tank Capacity 貨物槽容積 m ³		Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³		Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	
Max. Trial Speed 試運転最大速度 kn		Sea Speed 航海速度 kn	14.5	Endurance 航続距離 SM	
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day		Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	MITSUI-MAN B&W 6S50MC-C × 1 set		
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹	9,480 × 127	Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW × min ⁻¹			
Propeller プロペラ 翼数×軸数		(CPP etc) プロペラの種類	FPP	Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数	
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式×出力×台数)				
	Generator 発電機(メーカー形式×出力×台数)				
Type of Ship 船型	Flush deck type with F'cle		Officer & Crew No. 乗組員数	26	
Same Ship 同型船					
特記事項	1. 5つの貨物艙を持ち、本船自身の荷役設備として4基のクレーンを装備している。 2. 本船は、荷役効率を重視するとともに、多種多様な貨物を積めるよう強度・配置を計画している。ハッチオープニングに関しては、長さ/巾ともこのクラスでは、最大級である。貨物艙は、長尺パイプを余裕持って積載できる様、十分な長さ有している。また、貨物艙強度もホットコイル等の重量物に対応できるよう十分に配慮している。 3. IACSのUR S25に沿って設計され、オペレーションの自由度と構造安全性向上の両立を実現している。 4. 海洋環境保護のため、航海中のバラスト水の交換を可能としている。				

セパン エクスプレス SEPANG EXPRESS PCTC 自動車運搬船					
Builder 建造所	三菱重工(株)下関造船所				
Owner 船主	VROON B.V.				
Operator 運航者					
国籍	PHILIPPINES	船番	1134		
Keel laid 起工年月日	2008.12.25				
Launched 進水年月日	2009.7.9				
Delivered 竣工年月日	2009.12.3				
Class 船級等	NK				
Nav. Area 航行区域	Ocean Going				
L _{oa} 全長 m	180.00				
L _{sp} 垂線間長 m	171.70				
Breadth 型幅 m	30.00				
Depth 型深 m	13.10				
Draft (d _{mid} (design)) 満載喫水 (計画) m	8.20				
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	9.22				
GT 総トン数(国際) T	43,810				
NT 純トン数 T	13,143	Deadweight 載貨重量 (計画) t	10,993	Deadweight 載貨重量 (夏期) t	15,154
Cargo Tank Capacity 貨物槽容積 m ³		Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	2,340.6	Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	471.5
Max. Trial Speed 試運転最大速度 kn	21.50	Sea Speed 航海速度 kn	19.9	Endurance 航続距離 SM	21,100
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day		Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	Mitsubishi-UE 8UEC 50LSII × 1 set		
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹	11,560 × 127	Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW × min ⁻¹	9,826 × 120.3		
Propeller プロペラ 翼数×軸数	5 × 1	(CPP etc) プロペラの種類	FPP	Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数	Vertical, cylindrical composite type × 1
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式×出力×台数)		Daihatsu Diesel Nishinoh Co., Ltd. × 960 kW × 3		
	Generator 発電機(メーカー形式×出力×台数)		Nishishiba Electric Co., Ltd. × 900kW × 3		
Type of Ship 船型	Twin decker		Officer & Crew No. 乗組員数	24	
Same Ship 同型船	SILVERSTONE EXPRESS、SEBRING EXPRESS				
特記事項	10層の車両甲板を備え、乗用車以外にも建設機械やトラック等の大型車両の積載が可能となっている。また、多種多様な車両の積載を柔軟に行えるよう、一部の車両甲板は可動式(リフトアップデッキ)となっている。				

ハイ ストレNGTH
HIGH STRENGTH
プロダクトタンカー



Builder 建造所	内海造船株式会社		
Owner 船主	DM SHIPPING LIMITED		
Operator 運航者			
国籍	PANAMA	船番	S.No.725
Keel laid 起工年月日	2009.2.13		
Launched 進水年月日	2009.5.24		
Delivered 竣工年月日	2009.10.30		
Class 船級等	NK		
Nav. Area 航行区域	Ocean Going		
L _{oa} 全長 m	179.90		
L _{pp} 垂線間長 m	172.00		
Breadth 型幅 m	32.20		
Depth 型深 m	19.25		
Draft (d _{nd} (design)) 満載喫水 (計画) m	11.65		
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	12.798		
GT 総トン数(国際) T	28,231		
NT 純トン数 T	12,822	Deadweight 載貨重量 (計画) t	40,999
		Deadweight 載貨重量 (夏期) t	46,592
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレーン) m ³	55,032.1	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	2,090.09
		Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	307.68
Max. Trial Speed 試運転最大速力 kn	16.620	Sea Speed 航海速力 kn	abt. 15.70
		Endurance 航続距離 SM	abt. 18,700
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day	abt. 39.4	Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	HITACHI-MAN B&W 6S50MC-C type diesel engine × 1set
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹	9,480 × 127	Output (N.O.R.) 出力(常用) kW × min ⁻¹	8,530 × 123
Propeller プロペラ 翼数×軸数	4B × 1	(CPP etc) プロペラの種類	FPP
		Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数	Vertical, forced draft, steam atomizing, water tube type × 1set
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式×出力×台数) Generator 発電機(メーカー形式×出力×台数)	YANMAR (6N21AL-EV) × 970kW × 3sets TAIYO (FE547C-8) × 850kW × 3sets	
Type of Ship 船型	Flush Decker with Forecastle, Bulbous Bow,	Officer & Crew No. 乗組員数	25
Same Ship 同型船	HIGH EFFICIENCY		
特記事項	<p>1. 本船は船型をスリム化することで高速化を図り、特殊舵の採用で操縦性能を向上させ、波の打ち込みの少ない耐航性の優れた船型とした。</p> <p>2. パナマ運河を航行できる最大幅で、二重底・二重船側構造を持ち、石油精製品、原油を積載運搬するプロダクトタンカーである。</p> <p>3. 貨物油タンクは14タンクに区画され、4種類(4グループ)の貨物を同時に容積の約25%ずつ積載可能とする。</p> <p>4. 本船は居住区とエンジンケーシングを完全分離させることにより、騒音・振動を従来船よりも減少させ、居住区環境を向上させている。</p>		

グローバル ベイ
GLOBAL BAY
LOG BULK CARRIER 木材兼ばら積み運搬船



Builder 建造所	四国ドック株式会社		
Owner 船主	Green Spanker Shipping S.A.		
Operator 運航者			
国籍	PANAMA	船番	1059
Keel laid 起工年月日	2006.6.21		
Launched 進水年月日	2009.5.26		
Delivered 竣工年月日	2009.7.24		
Class 船級等	NK		
Nav. Area 航行区域	Ocean Going		
L _{oa} 全長 m	170.70		
L _{pp} 垂線間長 m	163.50		
Breadth 型幅 m	27.00		
Depth 型深 m	13.80		
Draft (d _{nd} (design)) 満載喫水 (計画) m	9.50		
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	9.716		
GT 総トン数(国際) T	17,976		
NT 純トン数 T	10,748	Deadweight 載貨重量 (計画) t	29,567
		Deadweight 載貨重量 (夏期) t	29,567
Cargo Tank Capacity 貨物艙容積 m ³	40,031.40	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	1,701.92
		Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	315.98
Max. Trial Speed 試運転最大速力 kn	16.17	Sea Speed 航海速力 kn	14.25
		Endurance 航続距離 SM	
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day		Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	MITUSI-MAN B&W 6S42MC
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹	6,150kW × 136rpm	Output (N.O.R.) 出力(常用) kW × min ⁻¹	5,230 × 128.8
Propeller プロペラ 翼数×軸数	4翼×1軸	(CPP etc) プロペラの種類	FPP
		Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数	MIURA COMPOSITE 1set
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式×出力×台数) Generator 発電機(メーカー形式×出力×台数)	YANMER 6EYAL 3set	
Type of Ship 船型	LOG BULK CARRIER	Officer & Crew No. 乗組員数	24
Same Ship 同型船			
特記事項	<p>29,300トン型木材兼ばら積運搬船「グローバル ベイ」(1059番船)竣工・引渡し[7月24日]当社建造26隻目の29BCとなります。本船は木材積載兼用船であり、木材兼用29BCとしては17隻目となる。上甲板両舷上には木材を上甲板上に積むためのログスタクションが設備されている。</p>		

みのしま		貨客船	
Builder 建造所	石田造船建設株式会社		
Owner 船主	住鉱物流株		
Operator 運航者			
国籍	日本	船番	S.NO 802
Keel laid 起工年月日	2009.4.10		
Launched 進水年月日	2009.10.23		
Delivered 竣工年月日	2009.11.18		
Class 船級等	JG		
Nav. Area 航行区域	平水		
L _{oa} 全長 m	56.010		
L _{wp} 垂線間長 m	49.560		
Breadth 型幅 m	10.00		
Depth 型深 m	4.60		
Draft (d _{max} (design)) 満載喫水 (計画) m	3.20		
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m			
JG 総トン数 (JG) T	459G/T		
NT 純トン数 T		Deadweight 載貨重量 (計画) t	694.49
Car & Truck No. 車輛搭載台数		Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	48.0
Max. Trial Speed 試運転最大速度 kn	14.9	Sea Speed 航海速度 kn	14.3
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day	378 ℓ /h	Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	Daihatsu Diesel 6DKM-26F 1,618KW(2200PS) × 750RPM × 1基
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹		Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW × min ⁻¹	
Propeller プロペラ 翼数×軸数	5翼(ハイスキュー)×1 (CPP etc) プロペラの種類		固定ピッチプロペラ
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式×出力×台数) Generator 発電機(メーカー形式×出力×台数)		YANMAR 6CHL 60KVA(54.4KW)74PS × 2基
Type of Ship 船型	全通一層凹甲板船・船尾機関型・トランサム型船尾		Officer & Crew No. 乗組員数 8
Same Ship 同型船			Passengers 旅客数 151
	Route 航路		新居浜港⇄四阪島
特記事項	(1) 本船は住友鉱山株の四阪島へ従業員と清水を同時に運ぶ事が出来る自家用旅客船として建造した。 (2) 旅客は上甲板・遊歩甲板それぞれに旅客室を設け、リクライニングシートを配置した。(座席定員 151名)。 (3) 乗客の昇降装置として両舷に上甲板・遊歩甲板・航海甲板の3ヶ所にそれぞれ電動式タラップを設置した。 (干満の差があっても3ヶ所のどこかで乗降できるシステムとした。) (4) 清水タンクを6タンク配置し、合計で600トンの清水を供給出来る旅客船である。 (5) 船首に推力3トンのスラスターを設備し、舵はフラップ付としたため横移動できるタイプとした。 (6) 航海計器として、レーダー2台、サテライトコンパス、自動操舵、VHF無線電話、GPSをそれぞれ装備した。		



よどかわ		パトロール艇	
Builder 建造所	石田造船建設株式会社		
Owner 船主	警察庁		
Operator 運航者			
国籍	日本	船番	S.No.805
Keel laid 起工年月日	2009.8.8		
Launched 進水年月日	2009.11.24		
Delivered 竣工年月日	2009.11.27		
Class 船級等	JCI		
Nav. Area 航行区域	沿海		
L _{oa} 全長 m	13.98		
L _{wp} 垂線間長 m	13.33		
Breadth 型幅 m	3.45		
Depth 型深 m	1.77		
Draft (d _{max} (design)) 満載喫水 (計画) m	0.70		
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m			
JG 総トン数 (JG) T	10		
NT 純トン数 T		Deadweight 載貨重量 (計画) t	
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレイン) m ³		Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	1.6
Max. Trial Speed 試運転最大速度 kn	44.0	Sea Speed 航海速度 kn	38.0
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day	75 ℓ /h	Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	コマツディーゼル (株) 6M125AP-3 × 2基 421KW(570PS) × 2229RPM
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW × min ⁻¹		Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW × min ⁻¹	
Propeller プロペラ 翼数×軸数	3翼 × 2軸 (CPP etc) プロペラの種類		固定ピッチプロペラ
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式×出力×台数) Generator 発電機(メーカー形式×出力×台数)		Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数
Type of Ship 船型	Single screw motor driven single deck type product tanker		Officer & Crew No. 乗組員数 2
Same Ship 同型船	みうら		
特記事項	・警察庁より受注し、大阪府警(大阪水上署)に配備される予定で建造したパトロール艇である。 ・小型ながら最大スピードを40ノット以上要求され試運転最大速度で42ノットを確保した。 ・船名は大阪水上署は「よどかわ」と地元の名にちなんで命名された。 ・定員は14名となっている。 ・同型でS.NO.806として同時に建造・納入した神奈川県警(横浜水上署)に配備された「みうら」がある。		



「スーパークリーンマリンディーゼルの研究開発」 成果発表会について

国際海事機関(IMO)におけるNOx 3次規制では、指定海域において現行規制に対し80%削減が要求されます。国土交通省は平成19年度から「船舶からのNOx低減プロジェクト」を推進中です。その一環として、日本船用工業会は日本財団の助成を受け、「スーパークリーンマリンディーゼルの研究開発」、海上技術安全研究所は「NOx低減に関する基盤的な研究開発」を実施しています。

海上技術安全研究所と日本船用工業会は合同で中間成果発表会を下記のとおり開催します。

参加ご希望の方は、1月21日(木)までにFAX又はメールにて連絡をお願いします。

日時：平成22年1月27日(水) 14:00~17:00

場所：海上技術安全研究所 本館1階 講堂

プログラム

基調講演

「船舶からのNOx低減のための研究プロジェクト」の概要
(国土交通省 海事局 船舶産業課 専門官 江頭 博之)

成果発表

●「スーパークリーンマリンディーゼル」の研究開発

小形高速ディーゼル機関における開発状況について

(ヤンマー(株) 特機エンジン事業本部 開発部 部長 高畑 泰幸)

中速ディーゼル機関における開発状況について

(新潟原動機(株) 執行役員 技術センター長 川上 雅由)

低速ディーゼル機関における開発状況について

(三菱重工業(株) 原動機事業本部 産業エネルギー部 部長代理 藤田 勝也)

●海上技術安全研究所における研究開発の概要

「海技研における船用SCR脱硝システムの研究」

((独)海上技術安全研究所 動力システム系次世代動力システムセンター長 平田 宏一)

[申し込み及び問合せ先]

日本船用工業会 技術部 神内
TEL: 03-3502-2041 FAX: 03-3591-2206
Mail: jinnai@jsmea.or.jp

[問合せ先]

海上技術安全研究所
次世代動力システムセンター 村岡
TEL: 0422-41-3137

PRESENT★プレゼント 綴じ込みハガキにてご応募下さい。

「船と海のサイエンス」オリジナルファイル(10名様)



「船と海のサイエンス」2009-Autumn プレゼント当選者

「船と海のサイエンス」オリジナルファイル

彦根市 林 様 船橋市 米田様 南相馬市 上原様 知多郡 萩原様
小樽市 松本様 岩国市 川崎様 気仙沼市 岡本様
岡崎市 守山様 松阪市 今西様 横須賀市 大原様

海技研ニュース「船と海のサイエンス」2010-WINTER

発行日:2010年1月15日 発行人:井上四郎 編集責任:知的財産・情報センター

■問い合わせ先

独立行政法人海上技術安全研究所企画部
知的財産・情報センター広報・国際係
ホームページアドレス: <http://www.nmri.go.jp/>
E-mail: info2@nmri.go.jp
TEL: 0422-41-3005 FAX: 0422-41-3247

独立行政法人 海上技術安全研究所

本 所: 〒181-0004
東京都三鷹市新川 6-38-1
大阪支所: 〒576-0034
大阪府交野市天野が原町 3-5-10

*本誌は、グリーン購入法(国等による環境物品等の調達に関する法律)に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

*リサイクル適正の表示:紙リサイクル可

本誌はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[Aランク]のみを用いて作製しています。