

2012 | Autumn

海技研ニュース

船と海のサイエンス

NMRI Newsletter Science of Ships and the Sea



特集

船用動カシステムにおける環境問題と海技研の研究

■海技研の研究紹介 ■青春グラフィティー ■海外だより ■新造船紹介 ■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

C O N T E N T S

■ 理事長室から 3

【特集】

船用動力システムにおける環境問題と
海技研の研究 4

■ 寄稿：海洋再生可能エネルギーを担う 11
荒川 忠一・東京大学大学院工学系研究科教授

海技研の研究紹介

空気潤滑のための掃気バイパス 12
福田 哲吾

主機関の排熱を利用したバラスト水処理装置の開発 15
山根 健次

青春グラフィティ

若手研究者に聞く③ 18
藤本 修平

海外だより

放射性物質輸送の国内外連携 22
近内 亜紀子

新造船紹介

世界初の新造ハイブリッド自動車船
「EMERALD ACE」 23
株式会社商船三井 技術部

新造船写真集

文潮 / FORTE DE SAO FELIPE / CLIFTON BAY /
XIN XIANG HAI 26

TOPIC

7月22日に研究施設を一般公開 2
田村兼吉運航・物流系長が横国大で出前講座 28
三鷹・第六中の生徒5人が2日間の職場体験 28
郵船 / MTIグループの研修受講者が施設見学 29
太田国際連携センター長が都内で出前講座 29
潮流発電用タービン模型の性能実験を公開 30
インターカレッジサークルの学生6名が施設見学 30
JICA研修員9名が「海の10モード」を受講 31
ベルリン工科大学のR・Stark教授が来所 31

【おしらせ】

11月20日、
テクノオーシャン2012オーガナイズドセッションのご案内 32



EMERALD ACE

TOPIC

夏の一般公開



正門前



2年ぶりに公開した400m水槽



大賑わいの物流シミュレーション

7月22日に研究施設を一般公開
来場者2,604人と過去最高更新

「海の月間」行事の一環として7月22日に三鷹本所の研究施設を一般公開しました。当日は、午後3時までの最高気温が22℃と涼しかったこと（昨年は31℃）、また小・中学校が夏休みに入った最初の日曜日だったことなどから来場者は昨年を400人強上回る2,606人を数え、夏の一般公開としては2年連続で過去最高を更新しました。

夏の一般公開は、一般の方々に当研究所の理解を深めていただくとともに、次代を担う子供たちが科学や先端技術への関心を高めることを目的に、毎年、海の月間の7月に開催してきました。今回は、昨年に続き日曜日開催としましたが、天候にも恵まれて大盛況のうちに終えることができました。

当日は正門、東門とも午前10時の開門時刻前に来場者が詰めかけたため、10時を待たずに開門しました。その後も大勢の人々が来場し、午後2時前に2000人を突破。その後も増え続け、午後2時過ぎには昨年の来場者数(2,194人)を上回りました。当日は猛暑を見込み、熱中症対策として救護室や臨時休憩所、熱冷ましシートや氷などを用意していましたが、幸いなことに発症者は一人も出ませんでした。

また、来場者のうち、1800人の方々にアンケート回答を頂戴しました。回答率は約70%に達しました。昨年同様、「日曜日の開催で家族全員が来てよかった」「大人も子供も楽しめた」「ぜひ来年も来たい」などの声が多く寄せられました。また、公開施設のうち、昨年は震災の影響を受けた400m水槽の公開を中止しましたが、今年は2年ぶりに再開し、アンケートでは同施設の公開復活を喜ぶ意見も寄せられました。

なお、大阪支所の一般公開は諸般の事情を踏まえ、開催を見送っています。

3つの実海域試験

理事長 茂里 一紘

実海域試験は予期しない待ったなしの問題に遭遇することが多い。しかし、担当者にとっては成功した時には万歳を叫ばせる“しびれる”場でもある。実海域試験の修羅場は研究者を鍛える。6月以降、海技研がかかわった共同研究開発で3つの実海域試験があった。

(1) 6月中旬、主機掃気バイパス方式による空気潤滑装備船の試運転が行われた。空気潤滑による摩擦抵抗の軽減は、海技研が1995年以来取り組んできた。当初は定説の微小気泡の放出にこだわった。12mの平板(船)で最大50%の抵抗減が確認された。しかし、微小気泡の放出に要する動力が大きく、馬力としては必ずしも大きな利得にはならないこともわかった。種々の実験を繰り返し、気泡が微小でなくとも軽減効果があることを発見した。この発見は、過去の研究者が捕らわれた“定説”からの解放で画期的なものである。海技研ではこの方式を「空気潤滑方式」と称している。

海技研では、さらに主機掃気バイパスによる方法を導入した。これはプロアーによる空気吹き出しに代わって、主機掃気の一部をバイパスにより空気潤滑に利用するものである。バイパスによる主機性能変化及びダクトロスなどを実験室で把握し、実船の試運転が行われた。現場では、「抵抗軽減が実現しなかったら生きて海技研に帰れない」と言いながら試運転にあたったそうだ。深い喫水で4%、浅い喫水で8%の予測通りの馬力軽減が得られ、晴れて“生還”した担当者とは近くの居酒屋で祝杯を挙げた。

(http://www.nyk.com/release/1960/NE_120727.html参照)

(2) 環境省は、平成22年度からスーパー型浮体方式による2MW級洋上風力発電(風車直径80m)の実証事業プロジェクトを進めている。海技研はその事業受託者グループの一員としてかかわっている。6月、その小規模試験機(風車直径22m、定格出力100kW)が長崎県五島市杵島沖に設置された。私は8月末行われた開所式に出席した。折からの台風15号の影響で開催すら危ぶまれたが、市長さんは「台風通過中は倒れていないか心配でならなかった。しかし、立派に立っている姿に日本の技術は何と素晴らしいかと思った」と挨拶をされた。一昼夜以上にわたって、近年にない波と風を目の当たりにした人の言葉には実機試験の興奮と喜びが感じられた。まだ波が荒かったが、関係者だけが近くまで船で行き、風車を間近に見た。波や船の揺れに対して、風車はあたかも着床しているかのようにすくと立っていた。何も担当していない私まで熱いものを感じた。

(<http://www3.city.goto.nagasaki.jp/content.php?id=3593>参照)

(3) 海技研は、石油天然ガス・金属鉱物資源機構のプロジェクトである海底資源掘削のための採掘要素技術試験機の開発にかかわっている。9月上旬、その洋上試験が同機構の調査船「白嶺」を用いて沖縄沖で行われた。担当者から日々私のもとに届く報告には、洋上試験の緊張感が伝わってきた。新たな課題が発生したという報告に対しては、私は、めげることなく最善を尽くすよう指示するだけであった。計画した1,600mの海底での走行と掘削に成功したという知らせがあった。担当者は世界初の快挙にしびれたに違いない。

(http://www.jogmec.go.jp/news/release/docs/2012/newsrelease_120925.pdf 参照)

わが国では実海域試験終了後は装置を完全に撤去してお仕舞となる。欧州では「海洋再生可能エネルギー実海域試験サイト」があり、種々の実海域試験を継続的に行っている。実海域試験前の大型模型実験を担当する研究機関も設置している。その役割は海技研が果たしていくつもりである。



【特集】

船舶動力システムにおける環境問題と海技研の研究

国際海事機関による排ガス規制(NO_x , SO_x , PM)とGHG規制(EEDI規制)に対応する動力システムの環境及び省エネルギー対策として海上技術安全研究所で取り組んでいる、 NO_x 80%減のためのSCR触媒技術、低硫黄燃料の燃焼改善と船上脱硫技術、排熱回収とハイブリッド化による省エネルギー技術等について概要を報告します。
(動力システム系・海洋環境評価系)

1. はじめに

多くの船舶は、石油を原料とする燃料を用いてディーゼルエンジンによりプロペラを駆動して推進力を得ています。また、船内で必要とする電力を確保するために、ディーゼルエンジンで駆動される発電機を搭載しています。このような動力システムはいま、さまざまな環境問題に直面しています。船舶の活動域は海上であり、人の生活域から離れているため、環境への影響は限定的です。しかし、大気環境や海洋環境の保護が進み、その影響を地球規模で考える必要が出てくると、船舶からの環境への排出物への関心が高まってきました。また、温暖化効果があるとされる二酸化炭素の排出は、排出場所に関わりがないことから、海上であっても同様の規制が必要になります。

一方、人々の環境問題への意識の向上とともに、産業のあり方も変化してきます。環境対策を単なるコストと考えるのではなく、環境適合性の高さをアピールすることが営業政策上有利であるとの考え方も出てきています。1970年代以降、さまざまな環境対策技術の研究開発が進みましたが、その多くはコスト上の問題で実用化されることなく眠っていました。しかし、環境規制の強化と企業の環境への積極的取り組みが進むなかで、こうした技術が新たな形で実現しつつあります。本稿では、船舶の動力システムをめぐる環境問題の概要と海上技術安全研究所の取り組みについて紹介いたします。

2. 船舶の動力システムと環境問題

船舶の動力システムの主役であるディーゼルエンジンは、シリンダー内に吸い込んだ空気を圧縮して得られる高温・高圧の場に燃料を噴霧し、着火・爆発させて動力を得ます。ボイラで発生させた蒸気でピストンを駆動する方式やタービンを回す方式と比べると、同じ熱量から得られる動力が大きい、すなわち熱効率が高いのが特徴です。大型船舶に搭載される2ストロークエンジンでは50%程度の熱効率を得られ、単独の熱機関としては最高の値といえます。これは、燃焼室の中で高温・高圧の場が形成されるためです。しかし、その結果として空気中の窒素の酸化(燃焼)により窒素酸化物(NO_x)が生成しやすくなります。熱効率が高いということは、二酸化炭素の発生が少ないことを意味しますが、熱効率が高いほど NO_x の生成量も多くなるので、二酸化炭素と NO_x は相反関係(トレードオフ)にあるといえます。

船舶のディーゼルエンジンのもう一つの特徴は、多様な燃料に対応できることにあります。特に、石油精製の残渣を主成分とするC重油(残渣油)を燃料とすることができるので、低コストで燃料を調達できるし、また、原油の有効利用の観点からも意義が大きいことです。しかし、残渣ですから原油に含まれるさまざまな不純物が残り、それが燃焼ガスとともに大気に排出されます。特に硫黄分は多いもので燃料中に4~5%含まれるといわれます。ただ、現在は規制により最大で3.5%となっています。このほか、バナジウムなどの重金属も微量ですが

含まれることがあります。これらは環境に排出されると有害であるだけでなく、熱効率の向上や NOx 低減機器にも悪影響を及ぼします。

ディーゼル車の公害問題で広く知られるようになった粒子状物質 (PM) は、船舶からも排出されます。燃焼状態がよいときには黒煙の排出は多くありませんが、PM には硫黄分を起源とする粒子や潤滑油に起因する粒子もあり、その排出も環境問題の一つになっています。

3. 動力システムへの環境規制

外航船舶への規制は単独の国ごとの規制では実効性がないため、国際海事機関 (IMO) で条約として定められます。動力システムに関する大気汚染等の問題に関して図1に示すような規制が海洋汚染防止条約 (MARPOL) の第6議定書 (Annex VI) に定められました。

規制はいずれも段階的に強化されることになっています。NOx ではエンジン出力 (kWh) 当りの NOx 排出量 (g) で規制され、全海域において 2000 年の規制値に対して 2011 年以降の新造船で 20% 減とすること、また、特に指定された放出規制海域 (ECA) では 2016 年以降の新造船で 80% 減という規制値が設定されました。SOx・PM 規制としては燃料中の硫黄分規制として設定され、一般海域では 2012 年から 3.5%、2020 年から 0.5% に規制されます。ECA 海域では 2010 年から 1.0%、2015 年から 0.1% となります。一般海域の 0.5% 規制の実施時期は燃料供給事情等のレビューを行い、場合によっては 2025 年に延期することもありうるようになっていきます。

一方、温暖化ガス (GHG) 排出規制では、船の種類と大きさごとに現存船の燃料消費率の平均値から燃費の基準値を定め、段階的に新船の燃費の上限値を下げていき、適用除外はあるものの、2025 年には 30% 減を義務付けるという規制になります。燃費はエネルギー効率設計指標 (EEDI) がトン・マイル (載荷重量 × 船速) 当たりの CO₂ 排出量として定義されます。動力システム側から EEDI を低減させる方法として燃費向上と燃料の転換が考えられます。すなわち、従来の石油燃料に代わって、炭素・水素比が低い天然ガスを用いることや再生可能でいわゆるカーボンニュートラルとみなされるバイオ燃料に転換することも EEDI 低減につながります。

以下では、このような背景のなか、海上技術安全研究所で実施している大気汚染防止 (NOx 低減と低硫黄燃料対応) と省エネルギー (燃料消費量の低減) に関する研究についてご紹介します。

4. NOxの低減

NOx生成は、エンジン燃焼室の中で形成される高温場で起きる空気中の窒素の酸化反応 (燃焼) です。したがって、NOxの発生を抑えるためには燃焼温度を下げる必要があります。このために燃料の噴射タイミングを遅らせる、排ガスの一部をもどして吸気中の酸素濃度を下げる、燃料に水を添加する等の手法があります。しかし、これではNOx 20%減は達成できますが、80%減の達成はかなり困難です。そこで、排気にアンモニアを添加して触媒上でNOxを還元する選択触媒還元法 (SCR) が有力な選択肢になります。

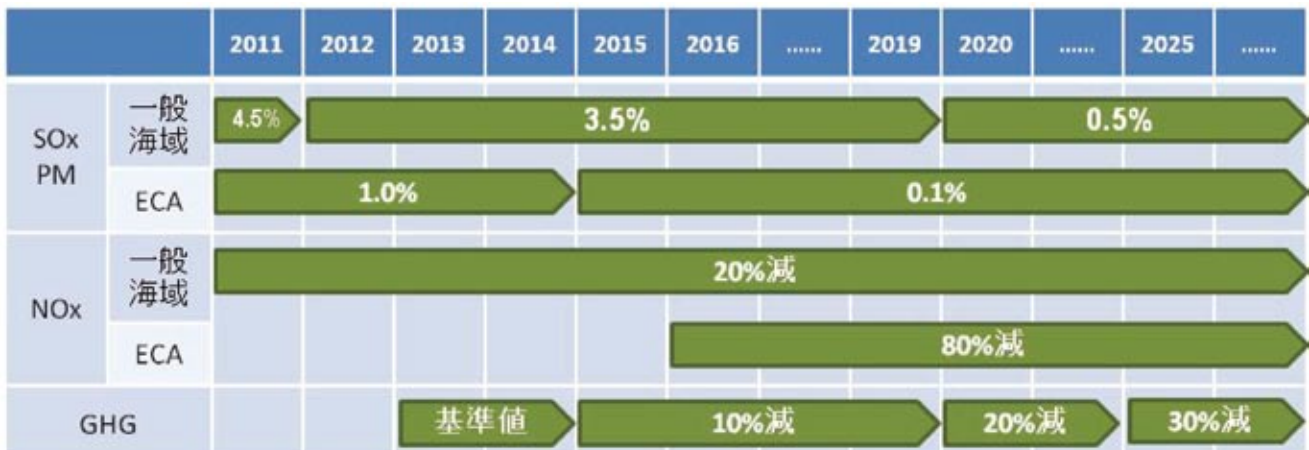


図1 MARPOL条約 Annex VI に規定された排ガスと GHG 排出規制

SCR は陸上の発電所や自動車で既に実用化されていますから、触媒等の基本的な要素は確立しています。しかし、船舶に適用する場合には燃料に含まれる硫黄分が触媒に対して有害である問題の解決と限られた機関室スペースに設置するための小型化が必要です。硫黄分は ECA の 0.1% であっても ppm オーダーの自動車燃料と比べると高い含有量です。燃料に含まれる硫黄分から生成される亜硫酸ガス (SO₂) がアンモニアと反応すると硫酸水素アンモニウムを生成し、触媒表面に付着して活性を阻害します。この物質は温度が高い (350℃ 以上) 状態では気体になるので、高温ガスを通すことで触媒を回復させることができます。

海上技術安全研究所では、中速エンジン (回転数 1000rpm) への SCR の適用に関する研究を実施しました。脱硝反応に関与するのはアンモニアですが、アンモニアは可燃性で有毒のため、船上では尿素水で供給します。排気管に噴霧された尿素水が排ガス中でアンモニアに転換し、ハニカム構造のチタニア-バナジウム系のセラミックスの触媒上で NO_x を窒素ガスに還元します。

小型化のためには尿素水の噴霧が一つのキーです。すなわち、できるだけ短い距離で排ガスと混合させ、かつアンモニア (あるいは中間生成物のイソシアン酸) への転換を完了させなければなりません。そのため、噴霧ノズルや配管形状に工夫が必要です。現在は、こうした問題を克服して、図 2 の写真のようにプロトタイプを実船に搭載して、長時間の試験運転を行っています。既にエンジンの運転時間 (排ガス流通時間) で 11,000 時間を超え、そのうち、SCR 運転で 2,500 時間以上という実績があります。触媒の汚れは観察されますが、順調に運転されています。



図 2 実船搭載された SCR 装置

5. SO_x, PMの低減

現在の船舶の燃料は、石油精製の残渣を主成分とする C 重油 (残渣油) です。燃料中の硫黄分は燃焼して硫酸化物 (SO_x) を生成するほか、粒子状物質 (PM) となる硫酸塩を生成します。このため、MARPOL 条約 Annex VI では、燃料の硫黄分を一般海域で 0.5%、排出規制海域 (ECA) で 0.1% に規制することになっています。

硫黄分 0.1% の燃料は、現在の低硫黄 A 重油に相当します。ECA 海域だけであれば使用量も限定的であり、残渣油から 0.1% までの脱硫が困難であることから燃料転換が主流になると考えられています。一方、対象が全海域となる硫黄分 0.5% の燃料は通常の A 重油に相当しますが、石油業界では、使用量が膨大であるため、残渣油から軽油留分 (A 重油相当) への転換は困難であるとしています。また、残渣成分の精製や分解を進めると、芳香族を多量に含む成分が得られ、これらの蒸留温度からいえば軽油留分であるが着火性・燃焼性が悪いライトサイクル油 (LCO) 等は、用途が限定されます。

船用のディーゼルエンジンでもこれらの成分が多量に

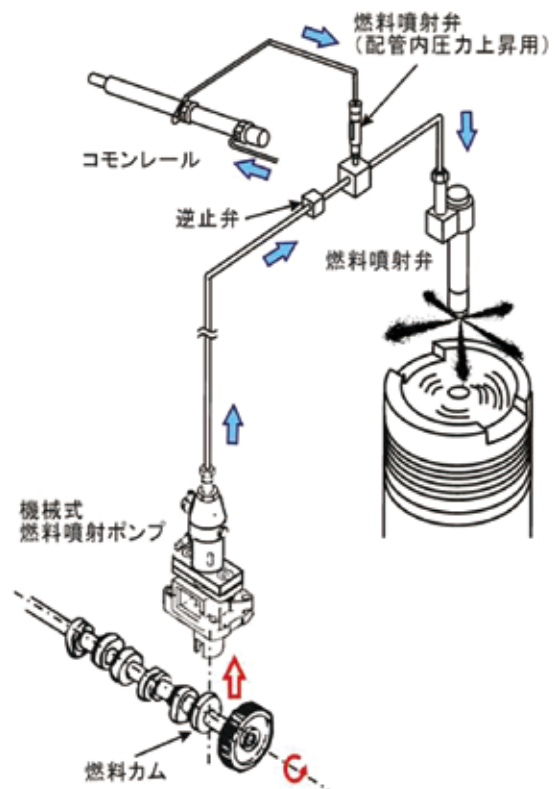


図 3 ハイブリッド・インジェクション・システム (HIS) : 既設の燃料供給系に、小型電子制御噴射系を付加することで、パイロット噴射等の制御を可能とする。

れることにより、着火性の低下によるトラブルを生じます。海上技術安全研究所では、燃焼トラブルと燃料組成の関係を明らかにするとともに、難燃性燃料でもトラブルを起こすことなく、利用するための技術を開発しています。図3は海上技術安全研究所が開発してハイブリッド・インジェクション・システムとよぶ補助燃料噴射系です。通常のカム式の燃料噴射系に小型（自動車用の量産品）コモンレールを付加し、パイロット噴射等の補助噴射を電子制御で行うものです。これにより、着火性の低い燃料でもトラブルなく燃焼させられることを示しています。

このような0.5%規制に対して船上脱硫装置による対応は条約上の「同等手段」に相当すると考えられ、従来の高硫黄の残渣油を使用できることから、重要なオプションの一つといえます。残渣油から低硫黄の留出油への転換は、現在のC重油とA重油の価格差（30～50%高）程度の差が見込まれます。石油会社の見積もりでもコーカー設備や直接脱硫装置等によるコスト上昇はほぼこの程度になるとしています。船上脱硫では装置の初期投資が必要ですが、燃料の価格差を前提にすると数年で償却できると予測されています。

精油所で残渣油を脱硫するためには、高温高压の炉に大量の水素を投入して硫黄を水素に置換する操作が行われますが、これには大きなエネルギーを必要とする

プロセスです。燃焼させて生成する硫黄酸化物を除去する方がトータルの消費エネルギーは低くなります（ある石油会社の試算では、C重油燃焼に対してA重油<硫黄分0.5%未満>への転換で約18%、海水スクラバによる脱硫で4%程度のCO₂排出増加となるとされます）。さらに、脱硫装置では通常粒子状物質も捕獲・除去されるため、PM排出削減にも効果があると考えられます。

船上の脱硫装置には湿式と乾式があります。湿式はタンカーのイナータガスシステムで実績がある海水スクラバとよばれるシステムで、排ガスと海水を接触させることでガスを冷却し、硫酸分を水に溶解させて除去します。一方、乾式脱硫はカルシウム系の脱硫剤と反応させてSO_xを除去するもので、温度の高い排ガスを処理するのが特徴です。このため、SCRや排熱回収装置等の後処理装置の上流側に設置できるため、クリーンな排ガスがこれらの機器に供給されます。陸上の発電所やゴミ焼却場等で使われる技術ですが、船舶用に小型化することが課題になります。生成する硫酸カルシウム（石膏）は有価物で売却が可能とされます。

海上技術安全研究所では、排ガスを高温のまま脱硫することのできる乾式脱硫にメリットが大きいと考えてその研究に着手しています。小型化のために反応炉に流動層式を採用し、また、反応性の高い脱硫剤の開発を進めています。図4は、開発した脱硫剤では径の大きな空孔容積が増したため反応性が向上したことを示しています。

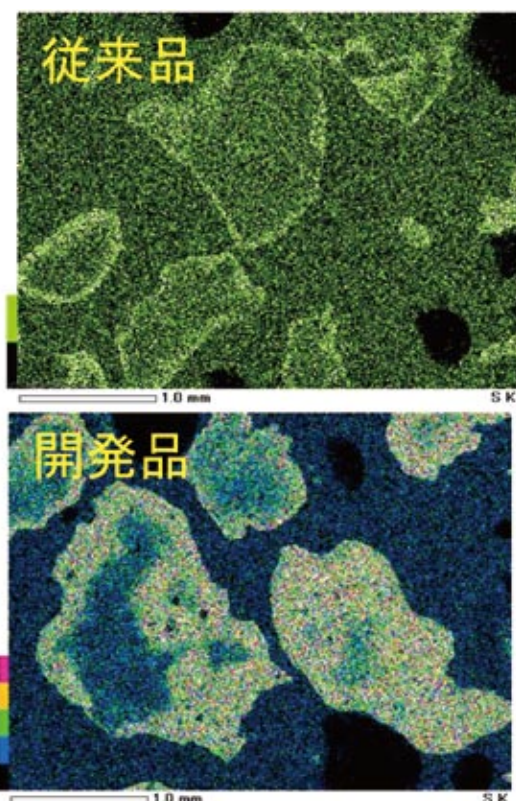


図4 脱硫剤の開発。従来品と比較して反応性が向上。

6. 省エネルギー（GHG排出低減）

温暖化ガス（GHG）削減には省エネルギーが有効な手段ですが、省エネルギーは低コスト化にも結び付くことから、本来は技術開発意欲の高い課題です。当面、2025年までに30%減を達成する必要があるため、このために造船所や海運会社はさまざまな省エネルギー船舶のコンセプトを発表しています。そのなかで動力システムでの省エネルギーは数%（最大で10%）が見込まれています。既に十分高い効率を達成しているディーゼルエンジン本体には熱効率向上の余地がなく、動力システムで数%の省エネは妥当な数字です。海上技術安全研究所では、さまざまな余剰エネルギーを使って動力を補助する技術についての研究開発を進めています。

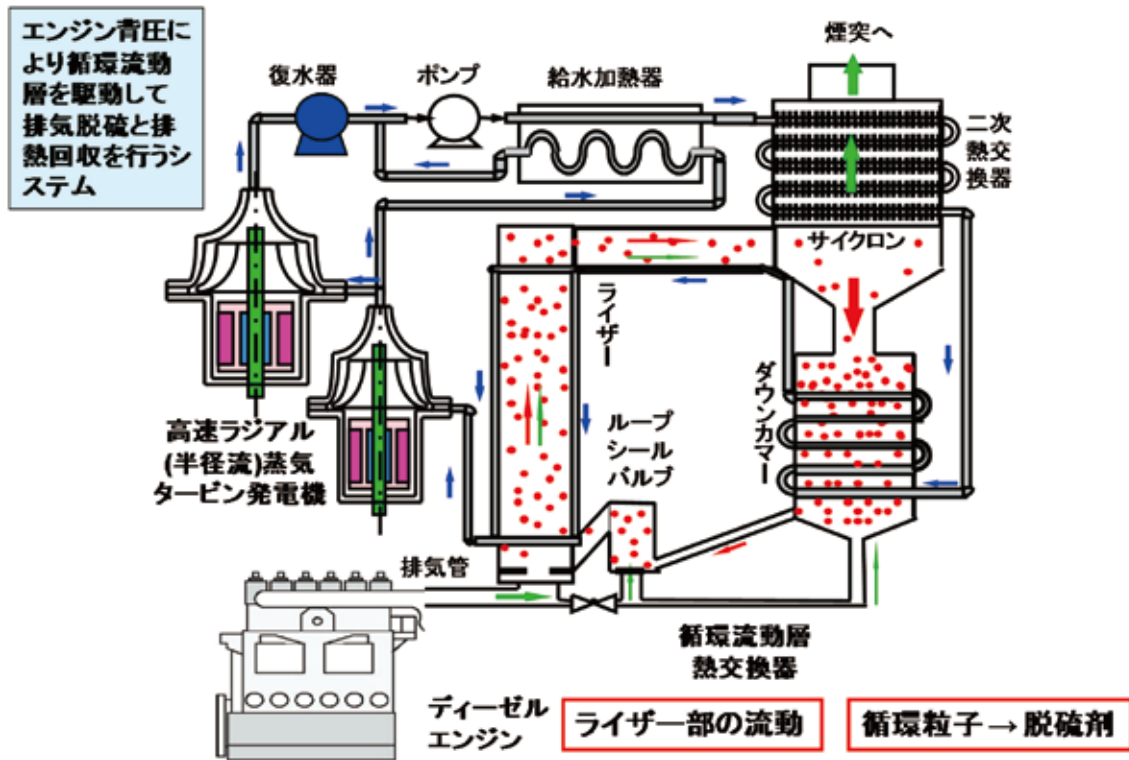


図5 流動床を用いた高効率排熱回収システムの概念図

6.1 排熱回収

未利用の余剰エネルギーでもっとも量的に大きいのは、排ガスや冷却水が持つ排熱です。排熱回収では、これまでスターリングエンジンを用いたシステムや熱交換器を流動層化して伝熱効率の向上を図るシステムの研究を実施してきました。図5は、海上技術安全研究所が提案したもので、流動床式の熱交換器とラジアルタービンを用いることで高効率の動力回収をはかり、ケーススタディで主機の8.5%の動力が得られると試算されたシ

ステムです。

スターリングエンジンについては、基礎的な研究を経て、2011年に実船（749GTの電気推進船）に搭載され、2012年8月現在で1,500時間以上、大きなトラブルなく運転されています。図6は搭載されたスターリングエンジンの外観です。また、近年、排ガス対策やGHG排出低減への対応の観点から注目されているLNG燃料船では、気化器の冷熱利用も検討しています。一般に熱機関は高温熱源と低温熱源の温度差が大きいほど効率が高くなりますから、低温源に通常の大気・海水ではなく



図6 実船搭載された排熱回収スターリングエンジン

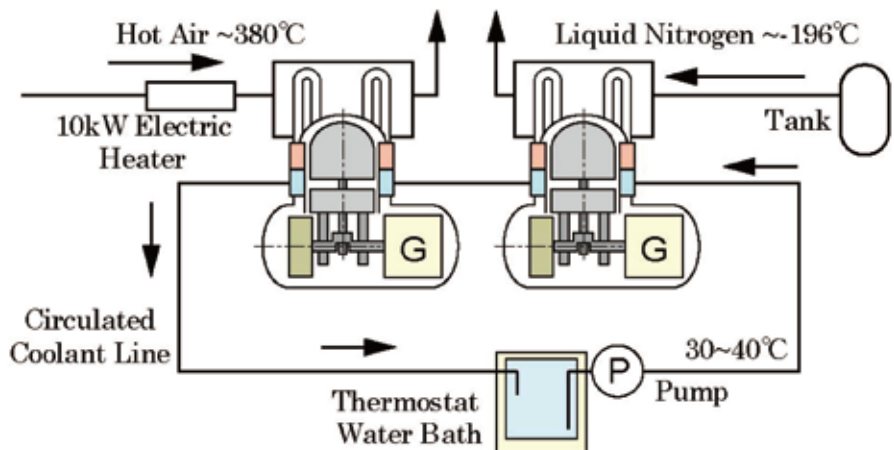


図7 LNG冷熱を利用した排熱回収スターリングエンジンシステム

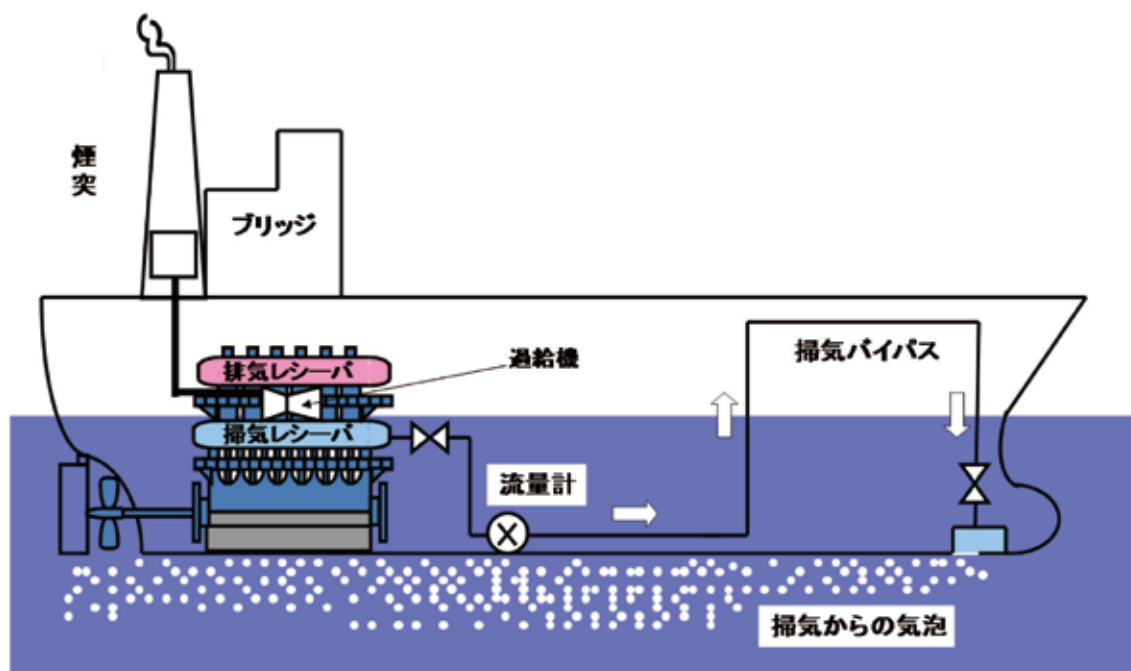


図8 主機の過給機から空気潤滑システムに空気を供給するシステム(掃気バイパスシステム)

-160℃のLNG 気化熱を用いれば、熱効率向上をはかることができます。図7はガスエンジンの排ガスを高温熱源とし、LNG 気化器を低温熱源とするシステムで、スターリングエンジンは高温用と低温用の2台を協調させて運転します。

排熱回収では、このほかに静的な(可動部のない)熱電気変換ができる熱電素子を用いたシステムやランキンサイクル(蒸気タービンサイクル)を用いた動力生成についても研究を進めています。また、エンジンの過給機の性能向上に伴い、掃気(エンジンに供給する高圧空気)

の余剰が生じることから、図8に示すように、これを空気潤滑の空気源に用いる技術を提案してきました。これにより、空気潤滑の問題の一つであったプロペラ動力の低減をはかることができますが、これも排熱利用の一つの形態です。

6.2 ハイブリッド化

船舶の動力システムの省エネルギーを実現する方法として、エンジンの排熱等の様々なエネルギー源を利用し、これらをうまく制御することで数%の省エネルギーを達成できると考えています。ハイブリッド自動車と異なり、制動時のエネルギー回収を期待することはできませんが、電気動力を主機の機械的な動力と組み合わせるハイブリッド化により、エネルギーの有効利用が可能となります。

実海域の航行で風や波の影響を受けて変動するプロペラの負荷のため、エンジンの最適効率の条件で使用できないことで生じる無駄があります。たとえば、図9は、波浪中の船舶のプロペラ軸トルクの時間変化を計測した結果ですが、このプロットでも数%から10%程度の変動が計測されています。エンジンの出力をもっとも効率の良い負荷に固定し、これらの変動分を蓄電デバイスで吸収・付加することで効率向上をはかります。

このようにハイブリッド化では余剰のエネルギーを蓄え、必要ときに主機を補助する蓄電デバイスの技術が重要です。このため、鉛蓄電池やリチウムイオン電池等の2次電池やキャパシタ(たとえば大容量化に適する

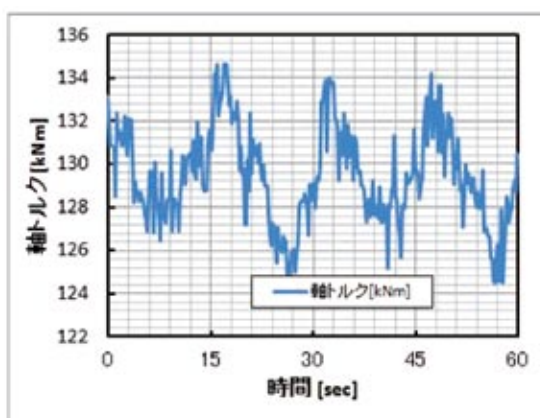


図9 波浪中航行における軸トルクの時間変動の計測例(上)と計測に用いた船舶(下)

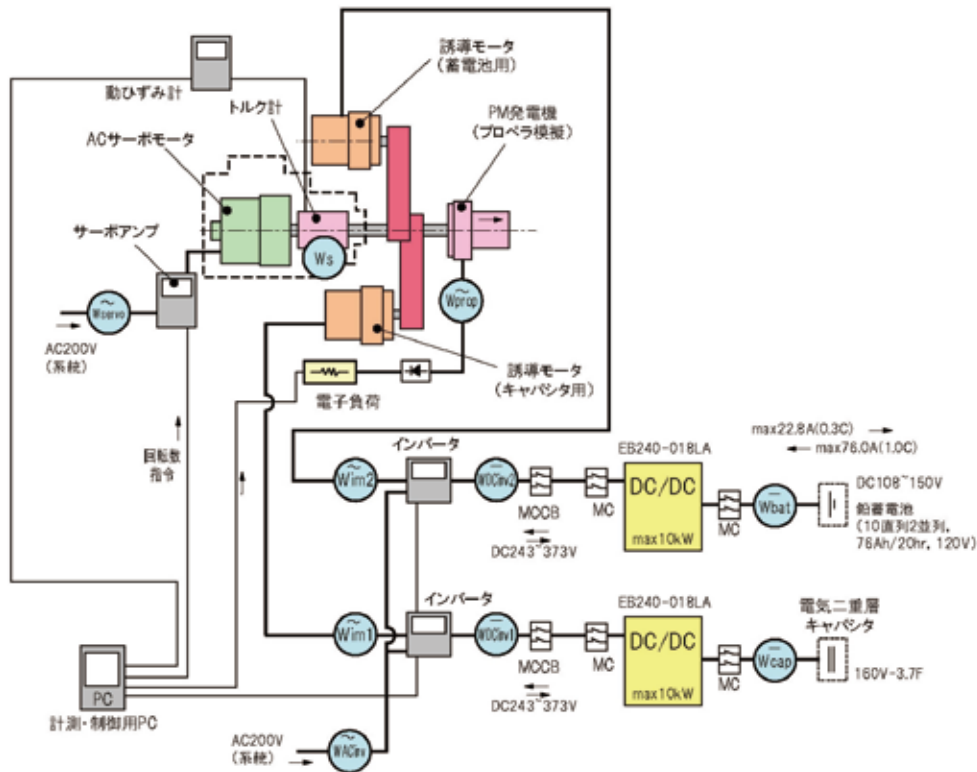


図10 負荷変動平滑化のための蓄電デバイス性能評価システムの構成

電気二重層キャパシタ)を用いて、充放電の基本特性や耐久性、安全性等、システムの研究開発を実施しています。図10にその試験システムの概念図を示します。

ハイブリッド化の一つのケーススタディとして小型高速船の省エネルギー化の検討を行いました。省エネルギーの方法として発電機エンジンではなく、熱効率の高い主機により発電することで0.8%、排熱回収で3.4%程度の省エネルギーが可能であるという試算をしています。

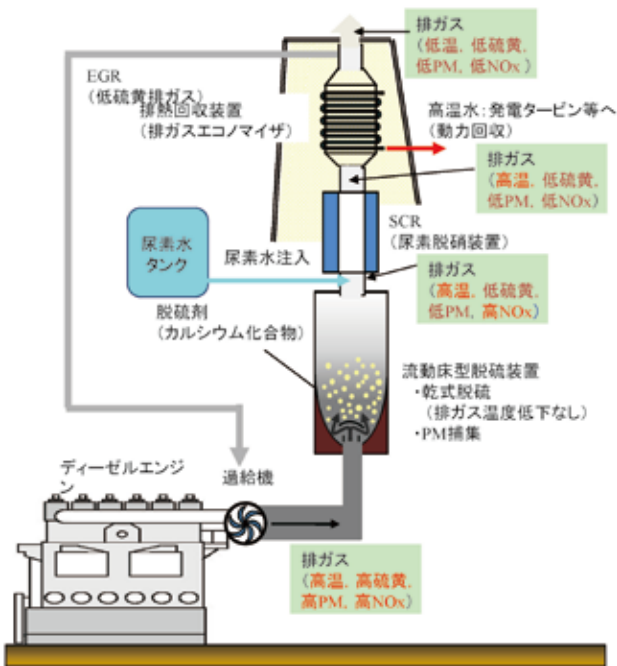


図11 流動床型乾式脱硫装置を組み込んだ排ガス後処理最適化の概念図

7. おわりに

これまで述べてきたように、大気汚染防止や省エネルギーといった動力システムが求められる環境対策を進めていくと、船舶の機関室にはさまざまな目的の機器が多数設置されることになります。これらは互いに協調して運転されなければならない、また全体としての省スペースも必要です。そこで海上技術安全研究所では図11のような排ガス処理システムを提案しています。

NOx低減のためのSCRも排熱回収のための熱交換器も硫黄分を含む排ガスの影響を受けます。そこで排ガスの最上流に脱硫装置を設置し、以降の後処理装置にクリーンな排ガスを供給するものです。この場合、SCRも熱交換器も高温排ガスを必要としますから、脱硫は乾式です。全海域用0.5%硫黄の燃料を使用しつつ、脱硫脱硝によりECA海域も航行することもC重油で一般海域を航行する(この場合、SCRは不要です)ことも可能です。

これは一例ですが、多様な環境対策に対応するためには広い視野をもって総合的な設計が必要になると考えられます。海上技術安全研究所では、引き続き動力システムの環境対応技術の発展のために努力したいと考えています。

東京大学大学院工学系研究科教授
荒川 忠一氏



(c) WWEA - www.wwindea.org

去る9月1日、ノルウェー・スタヴァンゲルの沖合に浮かぶ浮体式洋上風力発電装置をノルウェー大使館が組織した視察旅行で見学した。筆者らが乗っている見学船は3mを超す波の中で大揺れになっているものの、風車は微動だにしないように見える。水深200mの海域に直径82mの2.3MWの大型風車があたかも着底しているかのように凜と立っている。スパーク型と呼ばれる、縦向きの円筒形の浮体構造物をカテナリー係留で繋ぎ止めた装置であり、通常であれば、波に対応し相応な大ききで揺れるはずである。しかしながら、風車回転翼のピッチ制御を効果的に行うことにより、浮体構造物の揺動を抑えることに成功していた。また、定格運転を常時続けたと仮定したときの発電量に対する、実際の発電量の比である設備利用率は、風車としては驚異的な大きな数値である50%を昨年記録していた。ちなみに、日本の陸上風車の設備利用率はおおよそ20%である。

2年前から海技研と筆者らは文部科学省の科学研究補助金などを利用し、浮体式洋上風車の基礎研究を共同で行っている。海技研の世界に誇る実験施設を利用し、風洞による模型風車の空力試験を実施した後、風と波を起こす大型水槽を用いて、風車回転翼のピッチ制御による風力発電システムの動的解析を進めている。海技研を主体とするこれらの研究成果は、日本の浮体式洋上風車の安定制御に大きな役割を果たし、さらに国際的な発展を期待できるものである。

現在、国内では政府のエネルギー・環境会議において、2030年のエネルギー・ミックスを議論しているが、原子力エネルギーの数値目標はさておき、再生可能エネルギーは電力の35%を担うことが期待されている。

風力エネルギーに対する期待は大きく、10%を賄うことが望まれている。しかし、陸上風力のみで対応すると、現在も問題になっている騒音、景観問題などが拡大することは必定である。筆者は、洋上風車20GW、陸上風車30GWの設備容量で総電力量の10%を分担できると提案している。なお、1GWは原子力発電のおおよそ1基の設備容量に相当する。「洋上風車20GWは大きすぎて非現実的」との批判も聞こえてくるが、将来の20MW風車なら1000機あれば十分であり、100機を10X10の矩形配置したウィンドファーム10施設で対応できる。つまり、風資源の豊かな北海道、東北などのそれぞれの都道府県にウィンドファーム1施設配置すると、十分に対応できることになる。さらに、排他的経済水域（EEZ）の大きさが世界6位である日本では、波力、海流、潮流などに恵まれ、それらの展開がさらに期待できる。

海洋は再生可能エネルギーの宝庫であり、それらの研究・開発は緒に就いたばかりである。つまり、科学技術の力を得て海を制したものがエネルギーを制することになる。これまでの伝統的なエネルギー政策ではなく、海洋を中心としたエネルギー政策を、漁業者を含む多くの国民と議論することが重要となってきている。いわゆる漁業協調である。海技研は、科学技術の視点から海洋の再生可能エネルギーを発展させることはもちろんのこと、さらに広い視点に立って、漁業協調を含む海洋に纏わる社会基盤の整備にも尽力し、これからの日本のエネルギー問題の解決に大きな貢献をいただくことを熱望している。

【略歴】（あらかわ ちゅういち）

1951年宮城県生まれ。74年東大機械工学科卒業、80年同博士課程修了、工学博士。東大工学部講師、助教授を経て、96年東京大学大学院工学系研究科教授、現在に至る。その間、85-86年カールスルーエ大学客員研究員、2000-06年東大情報学環教授、01-02年総長補佐、06-現在 世界風力エネルギー学会(WWEA) 副会長を務める。

空気潤滑のための掃気バイパス

船底に空気を流し船舶の摩擦抵抗を低減する空気潤滑は、最近実用化に向けた動きが活発化していますが、船底への空気投入に要するエネルギー消費の抑制が大型船への空気潤滑適用のキーテクノロジーです。本稿では、この課題を乗り越えるための有望な技術であるエンジンの排気エネルギーを利用した掃気バイパスについて紹介します。



福田 哲吾 FUKUDA Tetsugo

動力システム系

船用大型低速機関を専門とし、SCR脱硝装置や排熱利用の研究に従事

tfukuda@nmri.go.jp

はじめに

船底に空気を流し船舶の摩擦抵抗を低減する空気潤滑は、最近実用化に向けた動きが活発化しています。当所では、空気潤滑を対象として気泡投入による摩擦抵抗低減効果の確認、長尺平板模型船を用いた摩擦抵抗低減効果と気泡量との関係の明確化、内航セメント船での実船テスト等の基礎から実用に結びつく研究までを幅広く実施してきました¹⁾。

その中で、空気潤滑を適用する場合の課題として、特に大型船の場合に船底への空気投入エネルギーが大きくなり、摩擦抵抗低減効果による省エネを相殺してしまうことが明確になってきました。大型外航船舶は、内航船に比べ喫水が深いため船底水圧が大きくなります。つまり、船底の圧力に抗してある質量の空気を吹き出すためにコンプレッサー（ブロウ）が行う仕事が、喫水が深くなると大きくなります。さらに、摩擦抵抗の低減効果は船底に吹き出した条件での空気体積量で決まり、喫水が深くなればなるほど空気が圧縮されるので、同じ抵抗低減効果を得ようとするならば多くの空気を投入する必要があります。つまり、船の喫水増加は、喫水が浅い場合と同等の抵抗低減効果を得ようとするならば、ブロウ吐出圧増加と大気圧下での空気吸い込み量増加というふたつの投入エネルギー増加要因を招いてしまいます。このブロウが行う仕事の増大が抵抗低減効果を打ち消し、正味の省エネ効果を減じる大きな原因となるのです。空気投入技術の改善が大型外航船への空気潤滑適用にとって最

重要課題であると言えるでしょう。

この課題を解決する方法が以下で紹介する掃気バイパスです。これは、図1に示すように主機ディーゼル機関の掃気（排気ガスの熱エネルギーを利用して過給機が作る高圧空気。本来、燃料の燃焼用にエンジンに供給される）の一部を抽気し、これを空気潤滑法に利用する方法です。この方法は世界でも例が無い新たな技術開発です。

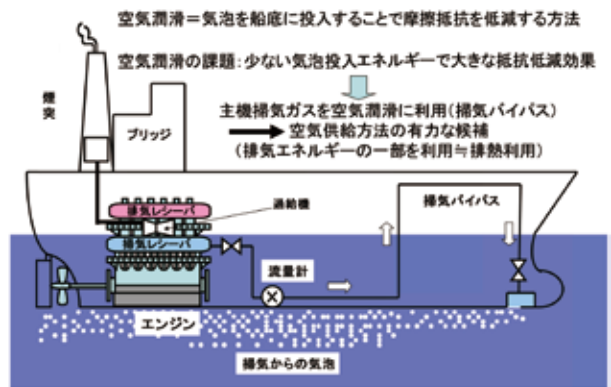


図1 空気潤滑用掃気バイパス

掃気バイパスシステムの概要

船の推進のためのエンジンを主機関と呼び、大型船ではほとんどの場合、低速ディーゼル機関です。主機関の熱効率（燃料の燃焼により発生する熱エネルギーの内のどれだけを動力として取り出すことができるかという値）は50%を超えるところまで高められており、理論的に得られる最高の熱効率に近く、さらなる効率改善は難しくなっています。一方、燃料燃焼用の高圧空気を作り出す排気ガス過給機の進歩は目覚ましく、その効率は主機関が必要とする以上に高められています。このため、排気ガスの熱エネルギーを利用して得られる動力をすべて過給機のコンプレッサーの駆動に利用する必要は無くなってきています。そこで、例えば排気ガスの一部を、過給機を通さずバイパスしてパワータービン（発電用タービン）を駆動する例や、ハイブリッド過給機と呼ばれる過給機でコンプレッサーを

駆動すると同時に直接高速発電機を駆動する例等、圧縮空気の生成以外に排ガスエネルギーを利用するターボコンパウンドシステムが各種提案されています。これらは、いずれも排気ガスの余剰エネルギーを利用する点では同じです。掃気バイパスシステムもターボコンパウンドシステムの一つと呼べます。図2に掃気バイパス概念図を示します。過給機のタービンが排気ガスで回り、軸でつながっているコンプレッサーを駆動し、空気を吸い込んで圧縮します。圧縮された空気の一部をバイパスし、船底に投入します。

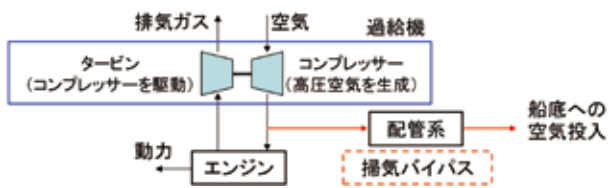


図2 掃気バイパスの概念図

掃気バイパス量（抽気する空気量）は多ければ多いほど空気潤滑による摩擦抵抗低減量が増え、省エネ効果が大きくなります。しかし、掃気バイパス量を増やしすぎると、本来主機関が必要としていた空気が供給されなくなり、その効率が低下（燃費悪化）してしまいます。結果的に、燃料消費量が増え、省エネ効果が阻害されるというトレードオフの関係があります（図3）。

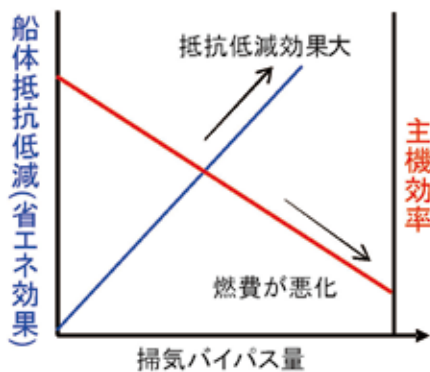


図3 抵抗低減効果と燃費悪化のトレードオフ

図では直線でおおよその傾向を示していますが、実際にはバイパス量がある程度以上に増えると主機の燃焼悪化が著しく、加えて、排ガス温度の上昇、主機の信頼性低下を招くので、掃気バイパス量（あるいは、バイパス率=掃気バイパス量/掃気ガス量）は厳密にコントロールされる必要があります。また、主機関は船の運航状態（船速、載貨条件、海象・気象条件）でその出力は決まりますが、掃気ガス量や掃気圧もそれに応じて変化し、出力が高いときはガス量や掃気圧も

大きく、出力が低くなると小さくなります。特に、主機出力が50%負荷以下程度の低負荷の運転条件下では、掃気圧（正確には配管の圧力損失を差し引いた値）が喫水圧よりも低くなり、船底に空気を送り込むことができず、掃気バイパスは使えなくなります。

掃気バイパス制御システム

空気潤滑は船舶の省エネ実現の有望な方法として実用化が進みつつありますが、一方で、空気潤滑のシステムが船の運航を阻害したり、機関の信頼性を損なうようなことにはなりません。このため、空気潤滑あるいは掃気バイパスの作動・不作動の判断や、船の運航状態に応じた掃気バイパス量の制御を行う必要があります。具体的には、船の喫水・主機の出力に応じて掃気バイパス作動・不作動（場合によっては空気潤滑そのものの作動・不作動も）を決める必要があります。さらに、掃気バイパス作動時には、主機負荷の変化に応じてバイパス量を制御し、同時に、エンジンに負担がかからないよう燃料の燃焼に必要な空気を確保するために掃気圧を適正な範囲に保つことが重要です。また、緊急時用の掃気バイパスを緊急停止機能や、緊急停止時等に掃気圧が急上昇するといったトラブルを防止する機能を備え、機関の保全を図ることが必要です。

この基本的な掃気バイパス制御システムの概念図を図4に示します。

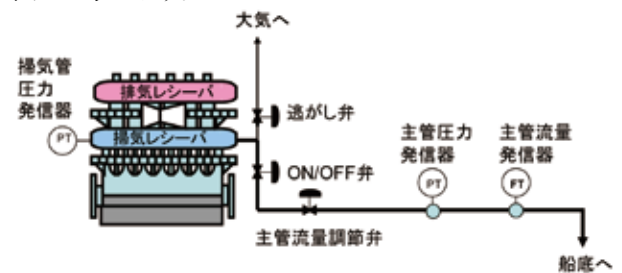


図4 掃気バイパス制御システム

空気潤滑に必要な空気量とエンジンに必要な空気量を同時に確保するために、船底への投入空気量を制御する「主管流量調節弁」があります。このバルブは「主管流量発信器」の信号を見ながらバイパス流量を調節します。ですから、掃気圧が一定（つまりエンジン負荷が一定）の条件下では、喫水が浅いときはバルブは流れすぎを防ぐために閉まり気味になり、深いときは流れやすくするために開き気味になります。これがもっとも重要な機器ですが、システム異常（例えば主管

流量調節がうまくいかなくなる等) の場合のために、システム緊急遮断用の ON/OFF 弁や、エンジンの出力の急上昇に流量調節が追いつかずに掃気圧が上がりすぎた場合等のための逃がし弁といった、システムの安全を確保するための機器も併設されています。

船によっては喫水が深くない軽荷のときなど、エンジンの燃費の変化も考慮して決められた掃気バイパス量に加えて、コンプレッサー(ブロワ)を併用し、空気量を十分確保し空気潤滑の効果を高めることが有効な場合もあります。あるいは、ブロワだけで空気を供給するような場面もあるでしょう。こういった掃気バイパスとブロワを併用するようなシステムでは、ブロワの運転切り替え等も含めた統合制御が必要となります。

配管圧力損失の解析

ここまで、掃気バイパスシステムの概要を述べてきましたが、システムを構築するためにはあらかじめ知っておくべき事があります。それが、配管系の圧力損失です。圧力損失は、流れが管壁との摩擦や曲がりや分岐の時の乱れ等によってエネルギーを失い、圧力が低下することです。

掃気バイパスでは主機関の掃気を使うため、図1に示したように、エンジンルームから船首船底まで配管が長くなり、圧力損失が大きくなる可能性があります。さらに配管には曲がりや分岐、各種バルブ、センサー等があり、これらは配管系全体の圧力損失を増加させます。上述の通り、配管圧力損失は掃気圧を実質的に目減りさせる(エンジンから出たところでは掃気圧でも、船底の空気吹き出し部では、配管系の圧力損失により圧力は低下している)ので、これを正確に見積もることが必要です。図5には、圧力損失の見積もりがエンジン負荷に応じた掃気バイパス使用可・不可の判定にどう生かされるかを示します。

図5の「出口圧力+管路圧力損失」は船底の空気吹き出し部の圧力(喫水圧)と見積もられた圧力損失の合計です。つまり、掃気圧がこの値より高い圧力であれば掃気バイパスは使えると言うことになります。エンジンが決まりエンジン負荷ごとの掃気圧が分かり、さらに船の喫水がわかれば、圧力損失の見積もりにより、どのエンジン負荷の範囲で掃気バイパスを使用できるかの目安が得られることになります。

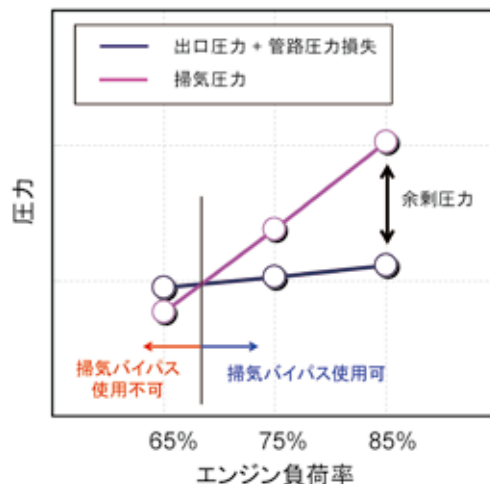


図5 掃気バイパスの使用可能条件例

おわりに

ここでは、様々な船舶に空気潤滑を適用可能にすると期待される掃気バイパスについて簡単に紹介しました。ここでは述べませんでした。ここでは述べませんでした。掃気バイパスシステムを大型のディーゼルエンジンに繋ぎ、陸上試験等も実施しています。

さて、昨今の大型外航船の運航は減速航行による燃料消費量の低減が主流となっていますが、空気潤滑は減速航行においても必要な空気量は少なく済み、掃気バイパスとブロワを併用して更なる省エネ効果を発揮できるものと考えています。

なお、最近、ここで紹介しました掃気バイパスシステムを搭載した大型船が実運航を始めています²⁾。

謝辞

本研究は、造船等10社(IHIMU, 今治造船、MTI, 大島造船所、川崎重工、住友重機械、常石造船、三井造船、三菱重工およびユニバーサル造船)との共同研究の一部として実施しました。当該造船等10社は、国土交通省及び日本財団の支援を受けて、財団法人日本海事協会と共同研究を行ったものです。関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日夏: 空気潤滑法による船舶の省エネルギー技術について、解説記事、日本マリンエンジニアリング学会誌 第46巻第6号(2011) p 68 ~ p 71
- 2) プレスリリース:
http://www.nyk.com/release/1960/NE_120727.html

主機関の排熱を利用したバラスト水処理装置の開発

現在、船舶によって年間約100億トンのバラスト水が国際移動しているといわれています。このようなバラスト水の移動に伴って、荷降ろしする港の水域の生物が荷積みする港の水域まで運ばれる生物越境が起こっています。この生物越境を防止するためにバラスト水管理条約が2004年に採択されました。バラスト水管理条約の求める基準を達成可能な種々のバラスト水処理装置が各国で開発されています。

本研究では、熱処理方式の装置のランニングコストをゼロとすることを目標にシステムの検討を行いました。



山根 健次 YAMANE Kenji

大阪支所

静電気防災研究、船舶EMC研究、CO₂深海
隔離研究、バラスト水処理研究に従事
yamane@nmri.go.jp

1. はじめに

現在、船舶によって年間約100億トンのバラスト水が国際移動しているといわれています。このような状況の中、IMO（国際海事機関）は海棲生物の越境移動を防止するために、バラスト水管理条約（バラスト水及び沈殿物の管制及び管理のための国際条約）を2004年に採択しました。この条約は30カ国の批准及びその合計船腹量が世界中の商船全体の35%を超えた日から12カ月後に発効することになっています。2012年9月末時点で36カ国が批准し、その合計船腹量は約29%になっており、条約発効が現実的となっています。

バラスト水管理条約の発効に向けて、この条約の求める基準を達成可能なバラスト水処理装置が加盟各国で必要であり、日本国内でも様々なシステムが開発されています。著者等は、バラスト水の処理に化学的活性物質を使用しなくても処理が可能な熱処理方式に注目しました。そして、熱処理方式で問題となる大量の熱エネルギー需要への解決策として、処理済バラスト水と未処理バラスト水の間で熱交換を行う熱回収型バラスト水処理装置であるTAF（Thermal Aqua Filtration）Systemの開発を進めています。このTAF Systemでは、回収できない熱エネルギー分を補うためにボイラなどによる補助加熱が必要となりますが、そのボイラの代わりに、航行中の船舶主機関の排熱を蓄熱し、バラスト水処理時に利用することによってランニングコストをゼロにするシステムを考案しました。

2. システム構成

図1に本バラスト水処理装置の概要を示します。バラストタンクの一部に断熱材を施工して蓄熱タンクとし、バラスト水排水までの航海中に主機関の排熱を利用して蓄熱タンク内の海水を90℃程度に加熱し、貯めておきます。20℃の未処理バラスト水を70℃の処理済バラスト水と熱交換し、68℃まで加熱することができます。これにより96%の熱エネルギーを回収したことになります。回収できなかった4%、即ち、2℃分の熱エネルギーの補充が必要となり、これを蓄熱タンクからの足し湯によってまかないます。そして、バラスト水の処理は70℃になった殺滅タンクで行われ、処理済バラスト水はプレート式熱交換器を通り、未処理バラスト水と熱交換した後に排水されます。

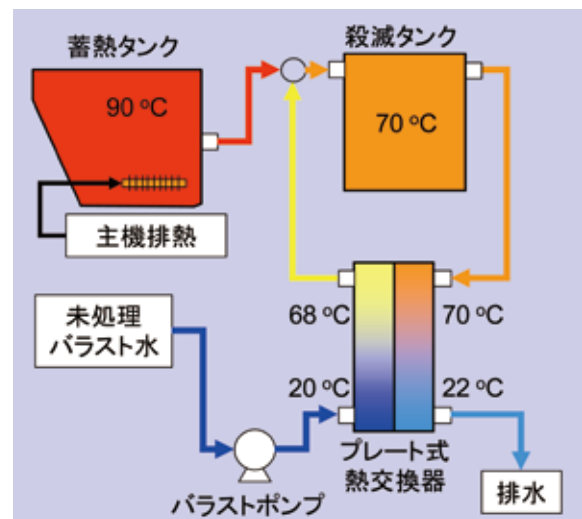


図1 主機排熱を利用した熱回収型バラスト水処理装置

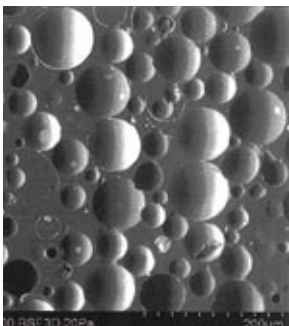
3. 断熱材の開発

本システムは、港湾でのバラスト水処理の際に蓄熱タンク内の海水温度が高温に保たれ、また、その量が十分であることが大前提です。このため、蓄熱タンク

クが十分な保温性能を有していることが必要です。また、バラスタンクの一部を使用する都合上、内部に断熱材を張り付ける内断熱方式を取らざるを得ず、船体構造の補強材を含めて断熱材を施工する必要があります。対応策として耐海水性のある断熱材を開発し、パネル状に加工し、これをタンク内に取付ける方法を検討しました。

3.1 断熱材開発及び成型

蓄熱タンク用断熱材に求められる要件は低熱伝導率のほか、海水圧力、高温(90℃程度)環境下での耐久性です。これらを満たす材料としてマイクロバルーンを樹脂に混練した断熱パネル材を考案しました(図2参照)。パネル成型工程を図3に示します。特に、既存船のバラスタンクへ施工する際には、マンホールを通して断熱材を搬入する必要があること、及び船殻補強材への取り付けを考慮してパネル材は500mm×500mm×t50mm程度の寸法とし、これをタンク内に敷き詰める方法を想定しています。



電子顕微鏡写真



外観

図2 断熱パネル



①材樹脂



②マイクロバルーンと樹脂を混練



③枠へ注型



④脱泡・硬化

図3 断熱パネルの成型工程

3.2 断熱材の熱伝導率及び耐久性

3.1に示した方法により製作した断熱パネルの断熱性能の評価を行いました。図4に示すように板厚50mmのパネル6枚を組み合わせてタンクを作り、内部に温度センサ及びヒーターを設置し、温度調整器に接続しました。タンク上面及び側面に熱流束センサを設置し、タンク内海水温度を90℃に保つ時の外気への散逸熱流束を測定し、断熱パネルの熱伝導率を算出しました。表1に結果を示します。約16,500時間以上経過しても十分な断熱性能(0.15(W/mK)以下)を維持しており、変形等も少なく、実用可能な耐久を有していることを確認しました。

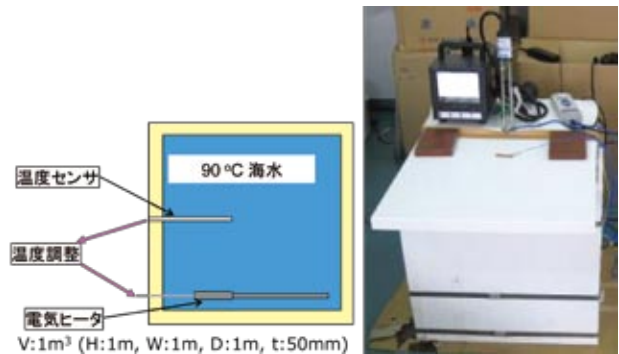
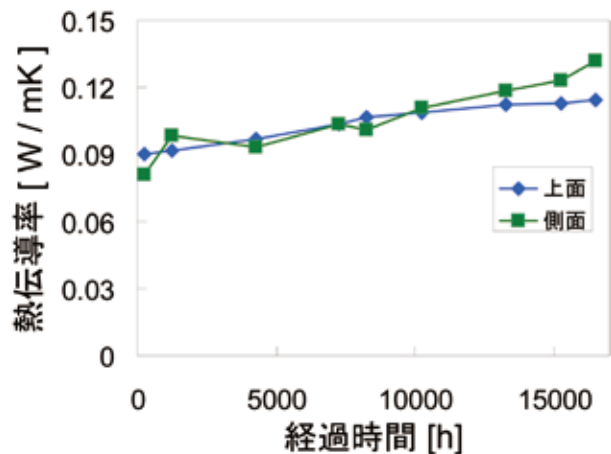


図4 断熱パネルを組合せて製作したタンク

表1 90℃の海水を対象にした長期耐久性



3.3 断熱材の施工方法

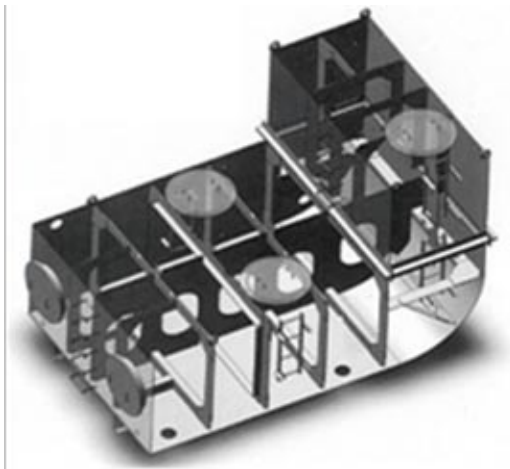
船体構造においてバラスタンクには様々な形状の補強材や開口部、通行のためのマンホールや梯子などが設けられており、さらに接合のために各所に溶接余盛が出っ張っています。そのため、実用化に際し、断熱材の施工について予め検討を行い、施工指針を定めておくことが必要でした。そこで、図5に示すように

バラストタンクの構造を模した容量 20 m³で、5 mの水頭を与えることのできるバラストタンク蓄熱模擬装置を製作し、その内側に断熱材を施工しました(図6参照)。断熱材の取り付けには溶接部に応じて断熱材の角を切り落とし、平坦な構造に密着するようにしました。また、平坦部以外は次に挙げる8の部位にわけて施工方法を検討しました。

- ①ロンジ②ロンジ同士の取り合い③ドレン④ブラケット⑤水抜き穴⑥その他の穴⑦マンホール蓋⑧梯子



外観



内部構造

図5 バラストタンク蓄熱模擬装置



図6 断熱材及び加熱チューブの施工

4. 加熱方法の開発

航海中の主機排熱エコマイザーから得られる熱エネルギーによりバラスト水の一部を 90℃まで加熱する方法として、蓄熱タンク内にフィン付き加熱チューブ(図6参照)を設置する方法及び蓄熱タンク外にプレート式熱交換器を設置する方法について設計・実験を行い、スケール付着がなく十分な加熱性能を有することを確認しました。

5. システム総合実験

図7に示す陸上装置を用いて、図1に示す本システムの成立性を確認しました。蓄熱タンク内の蓄熱水の足し湯流量をインバータ制御することにより、熱交換器を出てきた処理前水の温度及び流量が変化しても殺滅タンク内を 70℃の維持できることを検証しました。



図7 総合実験

6. おわりに

主機関の排熱を利用した熱回収型バラスト水処理装置を考案し、断熱材を開発し、その断熱性能、耐久性、加工性、施工性を確認しました。また、スケール付着のない海水加熱方法の開発、システム総合実験を行い、本システムの成立性を実証しました。

謝 辞

本研究は(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構「運輸分野における基礎的研究推進制度」により実施しました。(株) 大晃産業、スターライト工業(株)、日本海事協会、日本中小型造船工業会、広島大学、佐賀大学をはじめ、関係各位に感謝申し上げます。

青春
グラフィティー

若手研究者に聞く③

藤本 修平さん

構造系構造解析・加工研究グループ



【略歴】(ふじもと しゅうへい)

2005年(平成17年)3月山形大学工学部機械システム工学科卒業、
2007年(平成19年)3月北海道大学大学院工学研究科エネルギー
環境システム専攻修士課程修了、2010年(平成22年)3月同博士
課程修了。同年4月海上技術安全研究所に任期付き研究員として入所、
2012年(平成24年)4月から正規研究員。1982年(昭和57年)2
月生まれ。福島県出身。

海上技術安全研究所の若手研究者たちをシリーズで紹介する本欄は今回で3回目となります。今回、登場していただくのは、構造系構造解析・加工研究グループの藤本修平さんです。現在の元気な姿からは想像もできませんが、「小学生のころは体が弱い子供でした」とか。海技研に入ったのは2010年4月。リーマン・ショック後の不況で就職戦線が厳しくなる中、海技研の第2次募集に応募し、任期付き研究員として入所しましたが、今年4月から正規研究員として塗装のためのスプレー噴霧の研究や画像解析による船底生物付着状況の調査手法の開発などに携わっています。

(聞き手:石井亜弥広報係長)

食べるのが遅いのろまな子

—藤本さんはどんな子供でしたか。

藤本 3、4歳のころはのろまな子供だったようですね(笑)。話すのが遅い、食べるのも遅いというような。幼稚園ではお弁当を食べるのに午後2時ぐらまでかかっていましたから。小学校に上がると、その辺は改善したとは思いますが、もともと体は虚弱だったんです。入

院していて小学校の遠足に行けずに悔しい思いをしたりとか……。

—勉強のほうはどうでしたか。

藤本 勉強好きな子でした、と言いたいところですが、そんなことはありませんでした。なにしろ、田舎ですから、小学生から有名進学塾に通ってよい学校を目指すという環境にもありませんでしたし……。自慢にはなりませんが、高校生までは特に勉強することもなく、ごく普通の

目立たない子供だったと思います。

——体が弱かったということですが、そうすると、小中学時代はスポーツはやりたくてもできなかったのですか。

藤本 中学校に上がると、剣道部に入りました。はっきりした目的意識があって入部したわけではなく、どちらかと言えば「なんとなく入った」という感じです(笑)。体が弱かったことと直接関係はないのですが、球技が苦手な剣道部を選んだというような。退部もせず、ちゃんと3年間やりましたが、しかし、実力的には小学生の時から剣道をやってきた連中にはかないませんでしたね。

——高校でも剣道はやられたのですか。

藤本 いや、剣道は高校に入るとやめてしまいました。勉強一筋というわけでもないですが。

山形大学から北大大学院に

——高校では文系、理系のクラス編制がありますが、当然、理系を選んだわけですね。

藤本 そうですね。確か中学生の時だったと思うのですが、本を読んでいて研究職に憧れを抱いたんです。ただし、動機は立派なものじゃなくて、例えばメーカーの研究職はフレックスタイム制が敷かれていて、勤務が比較的自由だ、みたいな印象を持っていました。また、祖父が藤本竹亭という雅号を持つ書道家で、地元の福島大学教育学部(書道科)で教えていたのですが、週に3日大学に行って教えていけばいいというような感じだったものですから、そんな生活もいいな、と思っていたのもありますけれど(笑)。

——高校を終えて山形大学の工学部に進まれるわけですが。

藤本 地元の福島大学に工学部があれば、たぶん、そっちに行っていたのではないかと思います。実家からも通学できますし。ところが、当時は福島大学には経済学部と教育学部しかなかったものですから、隣の米沢市にキャンパスがある山形大学工学部に進んだわけです。

——そこでの居心地はどうだったのですか。

藤本 私は機械システム工学科に進みました。卒業生は研究職よりも設計・開発、あるいは生産管理などに就くことが多いので、山形大学では一種の実学重視というか、実際に手を動かすような必修科目があったんです。例えば旋盤、鋳造、溶接などの機械加工技術を実習形式で学んだり、ドラフターで機械の設計図を手描きしたりしました。そういう面で学生として良い勉強ができたと思っています。

——大学院は山形大学ではなく、北海道大学。どうして北海道大学だったのですか。

藤本 そうですね。一つは卒業研究のために所属していた研究所の先生が「とにかく外に出る」という方針だったことがあります。そこでは形状記憶合金の構成方程式や弾性波動論などを学んでいたのですが、大学院では流体力学を専攻したいと思い、いろいろ調べてみると、北海道大学のある先生が面白そうな分野の研究をされていることを知りました。大学院の試験日程がたまたま山形大学大学院と同じ日だったのですが、結局、北海道の方を選びました。

——大学院では希望通りの研究ができたのですか。

藤本 大学院での専攻はエネルギー環境システムだったのですが、そこに川の流れを研究している先生がいました。世間の人々が想像するような、典型的な博士のイメージっていいですか、白髪でいつも白衣を着ているような、それこそ絵に描いたような先生でした。その先生の所で、「不混和二層流の界面不安定」という、水と油が入った容器内の流れを研究しました。しかし、修士課程の1年が終わると先生は退官され、大学の近くに自分の研究所を設立されました。それで修士2年目は週1ペースぐらいでその研究所に伺い、先生に指導してもらったりしました。

先生から「やめた方がいいよ」

——既に修士から博士課程に進学しようと決めていたのですか。

藤本 わたしが所属していた研究室の学生が博士課程に進むケースは少なく、修士課程修了後は重工系を中心としたメーカーに就職するのがほとんどでした。修士

2年になると、わたしもポンプやタービンを製作する大手メーカーを受けて内定をいただき、6、7月には内定者のための研修会や懇親会のような場にも参加したんです。しかし、一方で8月に行われた博士課程の試験も受け、合格しました。そこで9月になって内定をいただいていたメーカーさんには進学を伝えてお断りしました。

——「就職すべきか、進学すべきか、それが問題だ」というような、ハムレット的な迷いはその時、なかったのですか(笑)。

藤本 子供の頃、研究職っていいな、と素朴に憧れていた気持ちはもうなくて、純粹に自分の研究能力を高めたい、という気持ちが強かったですね。ただし、内定をいただいたメーカーさんも就職するのであれば、ここしかないって思っていましたから、それは悩みました(笑)。そこで研究所の先生にも相談したんですが、あっさり「(博士課程への進学は)見込みがないのでやめた方がいいよ」って言われたんです。そんなことを言われるなんて予想もしていませんでしたから(笑)、逆にすごいことをいう人だな、と驚きました。結局、自分でじっくり考えて、進学しようと決めたわけなんです。進学後は思うような成果が出ない期間が長かったのですが、何とか3年間で博士号を取ることが出来ました。博士号取得後の3月、雪の中を研究所へ挨拶に伺うと、先生はケーキと紅茶で祝って下さいました。

——博士課程に進んだのは、藤本さんを含めて何人いたのですか。

藤本 当時、機械工学系の修士は60人ぐらいだったと思いますが、そのうち、博士課程に進んだのは2、3人ぐらいでした。

——1割にも満たないのですね。

藤本 北海道大学は博士課程に進む学生を増やそうとしていて、わたしが進学する少し前から博士課程の年間授業料を実質無料にする制度を設けていました。就職せずに進学を選んだ決め手の一つに実はそれもあったんです。逆に言うと、その制度がなければ、就職していたかもしれません。

——博士課程に進まれたのが2007年4月。それからの

3年間で就職に対する考え方というのは変わりましたか。

藤本 博士課程3年目に入った2009年4月時点では、その年度内に自分がほんとうに修了できるかどうか、見通しが立たない状況でした。一方、民間企業の学生採用状況は、ひどいことになっていました。というのは、リーマン・ショック後の世界的な不況の影響でどこも業績が悪化して、新卒採用者の規模が激減したからです。修士のときに内定をいただいたメーカーさんもそうで、新卒者の採用計画はゼロでした。

「ちょっと返事が早すぎる」

——当時はよく、「百年に一度の不況」といわれていましたし、学生の内定が取り消されることも頻発しましたね。

藤本 ええ、そうでした。それで博士課程を無事修了できそうだと、という見通しが立ったのが9月頃です。しかし、それから本格的に就職活動を始めても状況は4月頃よりもさらに悪くなっていましたから、その時点では採用してくれるところがあれば、会社、職種を問わず「どこへでも行きます」という心境でした(笑)。ただし、博士課程修了者に対する門戸は非常に狭く、さらに厳しい状況でした。そんな時期に海技研が第2次募集を行っていることを知って応募しました。試験を受けて北海道に戻ったところへ、松岡一祥理事からメールをいただきました。

——採用のメールですか。

藤本 いや、そうではありませんでした(笑)。正規研究員ではなくて、2年間の任期付き、しかも研究領域も専門の流体力学ではなく、銅板の曲げ加工の研究であれば採用する、というものでした。メールをいただいて、すぐに「ぜひお願いします」と返事を出すと、松岡理事から「ちょっと(返事が)早すぎる。もう少し考えてから決めなさい」とたしなめられました(笑)。そこで曲げ銅板の研究に従事していた研究員の松尾宏平さんを紹介していただきました。そこでまず松尾さんとお話することになりました。

——それは東京で会って話されたのですか。

藤本 いや、電話でお話をうかがいました。わたしはそれほど話すことが得意な人間というわけでもなかった



ので、うまく話せるだろうかとちょっと不安でしたが、結局、30分近く話し込むことになりました。

——その結果、海技研に行きたい、という思いがますます強くなった？

藤本 研究分野が異なっていましたし、船のこともほとんど知らなかったものですから、正直に言うと、あまりピンと来なかったですね(笑)。ただ、海技研に行けなければ研究職はあきらめようと思っていましたから、松岡理事に「あらためてお願いします」と返事をさせていただきました。

社会に役立つものを

——実際に海技研の研究者として入られてどうでしたか。

藤本 わたしがいった構造系は、それが田中義照系長の方針でもあると思うのですが、研究計画の立て方とか、どのように研究を進めるかという面で、ある程度、研究者の自由裁量に任せてくれましたから、自分に合っていたように思います。また、大学で学んできた知識やノウハウがそれまで未知だった造船分野にも生かせることがわかりましたから、任期付きの2年はあっという間に過ぎました。

——現在は正規研究員としてどんな研究に携わっているのですか。

藤本 一つは先ほど話した鋼板の曲げ(ぎょう鉄)。これは一種の職人技ですが、それを分析・解明してマニュアル化しようとしています。二つ目は塗装のためのスプレー噴霧の研究。これはわたしの専門分野である流体力学を生かすことができるものです。三つ目は船底に付着した貝殻や海藻などの生物の付着量を画像解析によって調査する手法を開発しています。画像解析も大学で学んできた技術ですから、それを生かして取り組んでいます。

——最後に抱負を聞かせてください。

藤本 月並みな言い方になってしまうかもしれませんが、新しいものに取り組んで世の中に少しでも役に立つものを開発していきたいと思っています。

——きょうはありがとうございました。



放射性物質輸送の国内外連携

近内 亜紀子（IAEA原子力安全保安局輸送安全室所属）

日本は残暑厳しいと聞いていますが、9月に入ってからウィーンはすっかり秋模様です。ウィーンに赴任してから半年以上が経ちました。その間、いくつかのIAEA主催会議を担当し、また別機関の会議にも参加させていただいたので、国際機関から見た放射性物質輸送の基準作成について、感じたことをお伝えしてみたいと思います。

危険物というと、どのような物を想像されるでしょうか。空港の手荷物検査場前で持ち込み禁止物品一覧——花火（火薬）、カセットコンロ用ガス（高圧ガス）など——のポスターをご覧になったことがある方は多いと思いますが、それらが国連で定められている危険物の分類です。放射性物質もそのような危険物の一つとして国連の危険物輸送の枠組みの中で取り扱われており、IAEAでは、国連からの委託で放射性物質をどのように梱包するか、規則の言葉で言うと、輸送物設計についての要件を主に定めています。

国際機関の規則と聞くと、科学的にも絶対に正しいと思われるかもしれませんが、しかし、実際は加盟国の国内事情や利害関係、理解不足等から、科学的根拠のない提案がされることもありますし、それが多数決で採択される場合もあります。また、危険物輸送規則については輸送方法を担当する国際機関ごとに加盟国の提案を踏まえて策定されているので、輸送方法ごとに多少ずつ違いがあります。

私の仕事は、IAEAで開催される放射性物質輸送に関連した会議の準備 / 開催をすることですが、特に国連危険物輸送勧告とIAEA輸送規則との整合性について担当しています。また、他の国際機関の会議に出席し、加盟国の放射性物質輸送代表が出席するIAEA輸送安全基準委員会（TRANSSC）の意見を伝えることも仕事です。

国連危険物輸送勧告はジュネーブで開催される危険物輸送専門家委員会において改訂採択が行われています。私は6月に開催された小委員会に参加しましたが、その準備として国連危険物輸送勧告案とIAEA輸送規則改訂版の入念な比較・検討を行いました。単純な修正については事務局間で調整することとしましたが、加盟



英国出身 Unit Head お気に入りの Fish & Chips 屋さんにて
(IMO 出張の際)

国による検討が必要と判断した部分が意外と多くあり、IAEA輸送安全基準委員会の下に整合性検討WGを設置する提案を提出しました。

その翌月には、IAEAで第24回輸送安全基準委員会が開催されましたが、そこでは国連危険物輸送勧告とIAEA輸送規則間に存在する不整合について発表を行い、具体的に要件の解釈等が異なっている点、例えばIAEA輸送規則では輸送物の設計のみ承認を必要としているところ、危険物輸送勧告においては輸送物作成後にも承認が必要と解釈される用語が使われていることなどを紹介しました。現在は、継続的な検討が必要と思われる相違点を整理しながら、国連危険物輸送勧告の事務局と協力し、次回12月のジュネーブでの会議に向けて共同提案と修正文書の作成をしているところです。

危険物に限らずですが、一般的に輸送は一連の輸送に関して複数の輸送方法が用いられます。安全で合理的な輸送のためには、輸送方法毎に定めている国際規則の整合性が必須であり、そのためには国際機関同士の連携が大切です。しかし、それ以上に重要と感じているのが、各加盟国内における危険物輸送に関しての担当者同士の相互理解と協力です。海技研では特に国際海事機関における規則策定に関して貢献が行われていますが、帰国後は私も危険物輸送規則について国内連携の一端を担えれば、と思っています。

世界初の新造ハイブリッド自動車船 「EMERALD ACE」

商船三井の“停泊中ゼロエミッション”を目指したハイブリッド自動車船「EMERALD ACE」。同船は太陽光発電システムと、リチウムイオン電池を組み合わせたハイブリッド給電システムを搭載。商船三井が三菱重工業株式会社、パナソニックグループエナジー社と共同で開発し、2012年6月29日に三菱重工業神戸造船所で竣工した同船を紹介する。

株式会社商船三井
技術部

■はじめに

商船三井は2009年から2010年にかけて『船舶維新』と題し、『未来への鍵は歴史に』をキーワードに、これまで開発・採用してきた技術を最大限に進化させ、近い将来、技術的に実用可能な次世代船の構想をまとめました。

その第一弾として『ISHIN-I』と名付けた環境負荷軽減型の次世代自動車船の構想を発表しました。

この船名には「Innovation in Sustainability backed by Historically Proven, Integrated Technologies」と「どんな経済環境にあっても企業の成長持続と地球環境保護との両立を目指す当社の、歴史に裏付けられた技術革新」との意味を込めています。

『ISHIN-I』の大きな特徴の一つとして『港内航行及

び荷役中:自然エネルギー利用によりゼロエミッション(排ガスゼロ)を実現』があります。EMERALD ACEでは『ISHIN-I』の大きな特徴である「太陽光パネルで発電し、その電力を蓄電池に蓄えて利用する」ことを具現化することを目的としています。

■開発計画

地球温暖化防止、CO2削減への取り組みとして、太陽光発電を利用した船用電力システムは既に一部の航船に取り入れられ、その効果が大きいと期待されています。

しかし、太陽光発電の本質的な問題として日中のみ発電、しかも天候に左右されることから、安定的な電



写真1 EMERALD ACE 全景

力供給に課題があり、従来のディーゼル発電機の代替手段とはなり得ませんでした。

そこで、今回の研究開発では、既存の太陽光発電技術と二次電池による余剰電力の効率的な充電・放電技術を組み合わせた「ハイブリッド船」を実際に設計・建造し、技術を確認するとともに、運航を通じて充電された電力の有効利用とディーゼル発電機の最適負荷連続運転による燃費削減効果を合わせ、より効果的に地球温暖化ガス・環境汚染物質を削減できる技術を確認することとしました。

対象船種は船体形状と運航形態から自動車運搬船としました。(自動車運搬船はその船体形状から甲板上への大規模な太陽光発電パネルの設置環境に優れ、また、復原性確保のため、常にバラストを保持している。これを重量物であるリチウムイオン電池に置き換えることで復原性・積載量に影響を与えない。)

■ハイブリッド電力システムの概要

本船 EMERALD ACE には、約 160kW の太陽光発電システムと容量約 2.2MWh (実力値) のリチウムイオン電池を組み合わせたハイブリッド給電システムを搭載しています。

約 160kW の太陽光発電システムは一般家庭のおおよそ 50 軒分強に相当し、約 2.2MWh のリチウムイオン

電池は電気自動車約 100 台分に相当する規模です。

従来の発電システムでは、停泊中の船内への電力供給にディーゼル発電機を利用しますが、本船では、航海中に太陽光発電システムから発生した電力をリチウムイオン電池に蓄え、その電力を使用することで停泊中にディーゼル発電機を停止することが可能です。

また、本船の竣工から 2 カ月間の実績では電力消費量の約 4.8%、56MWh の電力をハイブリッドシステムが担っていることが確認されたことから、ディーゼル発電機の負荷減少に伴い、2 カ月間で約 30ton の CO2 削減効果が認められています。

■システムの詳細

約 160kW の太陽光発電システムは甲板上に 768 枚、約 1080 m² の太陽光パネルを設置し、太陽光パネルの DC 出力をパワーコンディショナーで本船の電圧仕様である AC440V に変換し、メインスイッチボードに接続しています。

また、2.2MWh のリチウムイオン電池は船首近くのバラストタンクの一部を電池室に改装し、重量物であるリチウムイオン電池を搭載することで自動車の積み台数に影響を与えない配置としました。

充電は AC440V から充電器を介して行い、太陽光発

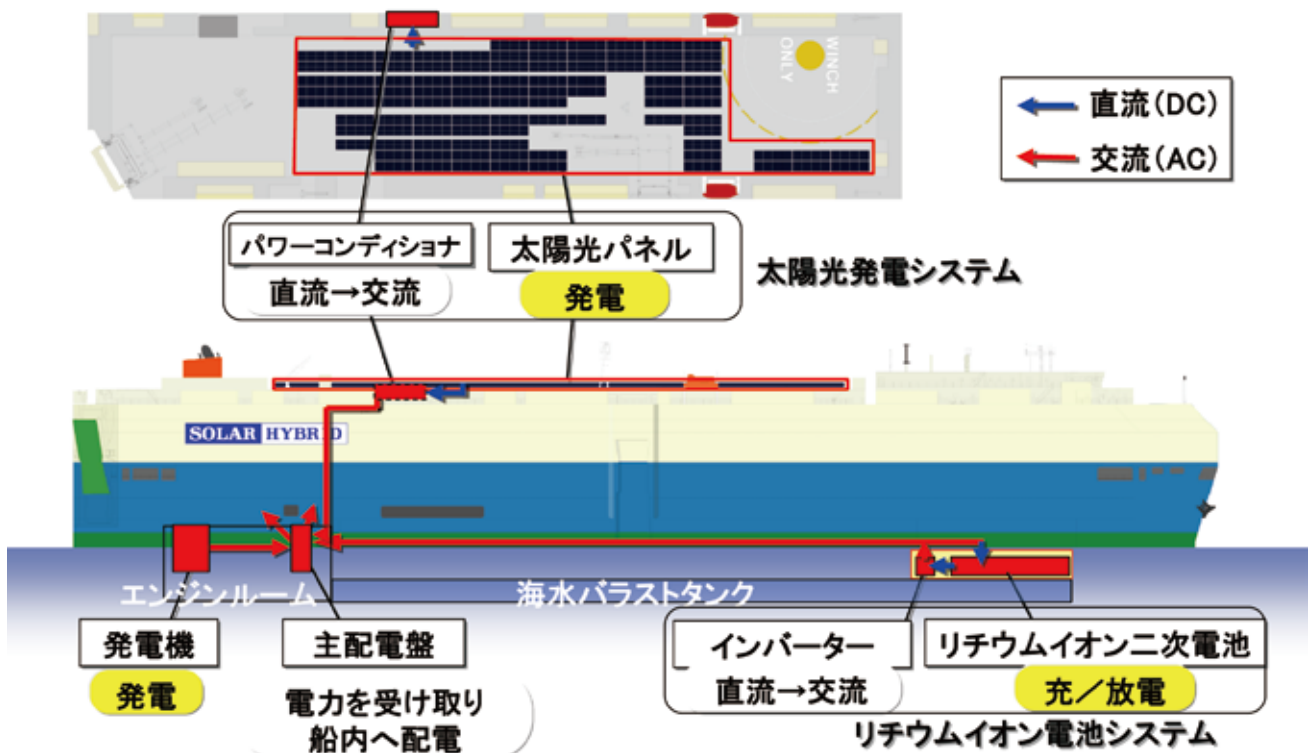


図1 ハイブリッドシステム電力系統

電追従充電モードを設けることで自然エネルギー由来の電力のみを充電します。放電は容量 480kW のインバーターを介して AC450V を出力します。ヒューマンインターフェースはディーゼル発電機と極力同等とし、乗組員が運用するにあたり違和感がないよう配慮しています。

インバーターを含む電池システムは、船級が要求する発電機としての性能要件を満たしているため、船内負荷が少ない時（純停泊等）にはディーゼル発電機を完全停止することが可能です（ゼロエミッション）。

また、荷役中やバウスラスタ使用中には、従来はディーゼル発電機複数台の平行運転であったものを、ハイブリッドシステムとディーゼル発電機の平行運転とすることで、ディーゼル発電機の運転台数削減が可能です。（エミッションリダクション）



写真2 甲板上の太陽光パネル



写真3 蓄電池室の電池盤

■終わりに

本船のハイブリッドシステムは、「ISHIN-I」自動車船の実現に向けたステップの一つであり、当社は引き続き

き、船舶の環境負荷低減に向けた技術開発に積極的に取り組んでいきます。

今回、EMERALD ACE を設計・建造したことで、様々な制約条件がクリアできることを実証し、太陽光パネルと二次電池のコストが低下したあかつきには、ハイブリッド電力の技術が船舶からの地球温暖化ガス・環境汚染物質削減技術の一つの解となり得ることを証明しました。

仮に太陽光発電パネル、二次電池の性能を現在のままとして、船型を大幅に変更した自動車船に太陽光発電パネル 600kW、リチウムイオン電池 21MWh を搭載したと仮定すると、港内ではリチウムイオン電池による電力供給で電気推進システムを駆動、荷役中の電力も全てリチウムイオン電池から給電することができます。よって港内では主機、ディーゼル発電機ともに停止し、完全な港内ゼロエミッションが実現可能となります。

最後になりますが、本船の計画・設計・建造・品質確保には、本船建造造船所たる三菱重工業殿、ハイブリッド電力システムの開発製造を担って頂いたパナソニックグループエナジー社殿をはじめ、多くの関係者の方々にご協力頂きました。

今回の研究開発に当っては国土交通省の「船舶からのCO2削減技術開発支援事業」の補助対象事業として、また一般財団法人日本海事協会の「国際海運における温室効果ガス削減技術に関する研究開発」の共同研究テーマとして採択され、ご支援をいただいたことに関し、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

【EMERALD ACE 要目表】

船種	PCC
航路	WORLD WIDE
全長	199.99M
垂線間長	192M
幅(型)	32.26M
深さ(型)	14.70 / 34.52M
満載喫水(型)	9.7M
総トン数	60,154
航海速力	約20knot
車両積載台数	6400 台
主機	14,315KW
発電機	1,170KW x 3sets

丈潮
TAKESHIO
GENERAL CARGO SHIP 一般貨物船

Builder 建造所	内海造船株式会社		
Owner 船主	PEONY SHIPHOLDING S.A.		
Operator 運航者	MUR SHIPPING B.V.		
国籍	PANAMA	船番	S.No.752
Keel laid 起工年月日	2010.12.16		
Launched 進水年月日	2012.4.23		
Delivered 竣工年月日	2012.6.28		
Class 船級等	Nippon Kaiji Kyokai (NK)		
Nav. Area 航行区域	Ocean Going		
L _{oa} 全長 m	184.75		
L _{bp} 垂線間長 m	177.00		
Breadth 型幅 m	30.60		
Depth 型深 m	14.50		



Draft (d _{mid} (design)) 満載喫水 (計画) m	9.55				
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	10.02				
GT 総トン数 (国際) T	23,855				
NT 純トン数 T	11,814	Deadweight 載貨重量 (計画) t	36,190	Deadweight 載貨重量 (夏期) t	38,494
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレイン) m ³	47,235.9	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	2,082	Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	270.5
Max. Trial Speed 試運転最大速力 kn	16.012	Sea Speed 航海速力 kn	14.3	Endurance 航続距離 SM	23,600
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day		Main Engine 主機関 メーカー形式×基数	HITACHI-MAN B&W 6S46MC-C (Mark 7)×1		
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW×min ⁻¹	6,780kW×111.0min ⁻¹	Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW×min ⁻¹	6,100kW×107.2min ⁻¹		
Propeller プロペラ 翼数×軸数	4 翼×1	(CPP etc) プロペラの種類	FPP	Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数	Vertical composite type × 1
Electric Generator 発電機	Engine 原動機 (メーカー形式×出力×台数)	Vertical 4-cycle, single acting, trunk piston type × 550kW × 2			
	Generator 発電機 (メーカー形式×出力×台数)	Drip-proof, self-ventilated and brushless type × 480kW × 2			
Type of Ship 船型	Single screw motor driven general cargo ship with a forecastle			Officer & Crew No. 乗組員数	25 persons
Same Ship 同型船	S.No.747 "HANJIN MIMITSU"				

特記事項

- 1) 本船は、全ての貨物倉を二重船側構造とし、当社従来船に比べ、船体強度向上と船側損傷時の貨物倉の損傷確率を下げる配置とした。また、貨物倉内のメンテナンスを容易にし、かつ外部損傷を受けても貨物の流出を防ぎ品質を守ることができる。
- 2) 燃料油においても二重船側構造により保護し、環境に考慮している。
- 3) 本船は、浅い港にも対応した幅広浅喫水船型を採用した。
- 4) 貨物倉はボックスシェイプ型とし、かつハッチウェイをワイド化することで、荷役効率を向上している。
- 5) 省エネ付加物として SSD, Surf-Bulb, また、波浪中抵抗増加を低減する Ax-Bow を採用することにより、低燃費化を実現した。

フォルテ デ サオ フェリペ
FORTE DE SAO FELIPE
Bulk Carrier ばら積み貨物船

Builder 建造所	サノヤス造船株式会社 水島製造所		
Owner 船主			
Operator 運航者			
国籍	PANAMA	船番	1304
Keel laid 起工年月日	2010.11.25		
Launched 進水年月日	2012.4.18		
Delivered 竣工年月日	2012.7.12		
Class 船級等	NK		
Nav. Area 航行区域	Ocean going		
L _{oa} 全長 m	229		
L _{bp} 垂線間長 m			
Breadth 型幅 m	32.24		
Depth 型深 m	20.20		



Draft (d _{mid} (design)) 満載喫水 (計画) m					
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	14.598				
GT 総トン数 (国際) T	44,367				
NT 純トン数 T	27,213	Deadweight 載貨重量 (計画) t		Deadweight 載貨重量 (夏期) t	83,486
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレイン) m ³	96,121	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	2,907	Fresh Water Tank 清水槽 (含む、飲料水) m ³	586
Max. Trial Speed 試運転最大速力 kn	16.22	Sea Speed 航海速力 kn	abt. 14.0	Endurance 航続距離 SM	abt. 20000
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 6S60MC-C × 1		
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW×min ⁻¹	10,740 × 95.0	Output (N.O.R.) 出力 (常用) kW×min ⁻¹			
Propeller プロペラ 翼数×軸数	4 × 1	(CPP etc) プロペラの種類		Main Aux. Boiler 主補汽缶 形式×台数	Composite type × 1
Electric Generator 発電機	Engine 原動機 (メーカー形式×出力×台数)	YANMAR 6EY18AL 500kW × 3			
	Generator 発電機 (メーカー形式×出力×台数)	TAIYO ELECTRIC FE541C-8 440kW × 3			
Type of Ship 船型	Flush decker with forecastle			Officer & Crew No. 乗組員数	24
Same Ship 同型船	S.No.1299 "IKAN BAWAL"				

特記事項

本船の船型は、国際船級協会連合の共通構造規則 (CSR) を適用しており、「サノヤスパナマックス」シリーズとしては、83,000 トン型の第30番船となります。省エネルギー対策として、低回転・大直径プロペラの採用や当社が独自に開発したシンプルな平板構造で費用対効果に優れた STF (サノヤスタンデムフィン:最大で6%の省エネ効果) を装備し、推進効率の向上並びに低燃料消費率を実現し、その結果として CO2 の排出削減にも貢献しております。

クリフトン ベイ CLIFTON BAY		Bulk Carrier ばら積み運搬船			
Builder 建造所	川崎重工株式会社				
Owner 船主	"K" LINE BULK SHIPPING (UK) LIMITED				
Operator 運航者					
国籍	PANAMA	船番	S.NO.1691		
Keel laid 起工年月日	2011.12.23				
Launched 進水年月日	2012.4.27				
Delivered 竣工年月日	2012.7.13				
Class 船級等	NK				
Nav. Area 航行区域	Ocean going				
L _{oa} 全長 m	197.00				
L _{pp} 垂線間長 m	194.00				
Breadth 型幅 m	32.26				
Depth 型深 m	18.10				
Draft (d _{mid} (design)) 満載喫水 (計画) m	12.65				
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m	12.676				
GT 総トン数(国際) T	33,126				
NT 純トン数 T	19,142	Deadweight 載貨重量 (計画) t	50,613	Deadweight 載貨重量 (夏期) t	58,628
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレーン) m ³	73,614	Fuel Oil Tank 燃料油槽 m ³	2,036	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	about 14.5	Endurance 航続距離 SM	about 18,600
Fuel Consumption 燃料消費量 t/day		Main Engine 主機関 メーカー形式 × 基数	KAWASAKI-MAN B&W 6S50MC-C7 × 1		
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW×min ⁻¹	8,630 × 116	Output (N.O.R.) 出力(常用) kW×min ⁻¹	7,340 × abt. 110		
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 composit type × 1
Electric Generator 発電機	Engine 原動機(メーカー形式 × 出力 × 台数)		550kW × 3		
	Generator 発電機(メーカー形式 × 出力 × 台数)		500kW × 3		
Type of Ship 船型	Flush decker with f'cle		Officer & Crew No. 乗組員数		28
特記事項	1) 船首楼付き平甲板型で、穀類、石炭、鉱石、鋼材などの貨物が積載可能な5艙を有しています。又、各ハッチカバー間の船体中心線上に4基の30トンデッキクレーンを装備しており、荷役設備の無い港湾でも荷役作業が可能です。 2) 省燃費型ディーゼル主機関及び高効率タイプのプロペラ、さらに当社が開発したカワサキフィン付ラダーバルブ及び抵抗の少ない滑らかな船首形状を採用し、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。 3) 主機関及び発電機用エンジンは、海洋汚染防止条約によるNOx排出量二次規制に対応しています。				



シン シャン ハイ XIN XIANG HAI		DWT 56,000 MT Type Single Screw Motor Bulk Carrier 56,000 重量トン型ばら積み貨物運搬船			
Builder 建造所	三井造船株式会社				
Owner 船主					
Operator 運航者					
国籍	Panama	船番	1833		
Keel laid 起工年月日					
Launched 進水年月日					
Delivered 竣工年月日	2012.7.24				
Class 船級等	NK				
Nav. Area 航行区域					
L _{oa} 全長 m	189.90				
L _{pp} 垂線間長 m	182.00				
Breadth 型幅 m	32.25				
Depth 型深 m	18.10				
Draft (d _{mid} (design)) 満載喫水 (計画) m					
Draft (d _{ext}) 満載喫水 (夏期) m					
GT 総トン数(国際) T	31,754				
NT 純トン数 T		Deadweight 載貨重量 (計画) t	56,111	Deadweight 載貨重量 (夏期) t	
Cargo Hold Capacity (Grain) 貨物艙容積 (グレーン) m ³	70,000	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	MITSUBISHI-MAN B&W Diesel Engine 6S50MC-C 1x1set		
Output (M.C.R.) 出力 (連続最大) kW×min ⁻¹	9,070 × 125.0	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		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			Officer & Crew No. 乗組員数		24
特記事項	1. 新しい規則である国際船級協会連合 (IACS) 共通構造規則 (CSR) を適用することにより、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。以下の「56BC」の特長を引き継いで設計されている。 ① 扱いやすいサイズの載貨重量 56,000 トン ② 国内外の港湾に配慮した全長及び喫水がもたらす汎用性 ③ 優れた推進性能に基づく低燃費性能 2. 5つのホール(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。 3. 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。 ① ハッチオープニングに関しては、長さ/幅ともこのクラスでは、最大級である。② 貨物艙は、長尺パイプを余裕を持って積載できる様、十分な長さを有している。 ③ 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。 4. 主機関には軽量・コンパクト・高出力で MARPOL NOx 排出規制を満たした三井-MAN B & W ディーゼル機関 6S50MC-C を搭載し、運航スケジュールにフレキシブルに対応できる余裕のある馬力設定(常用出力=約75%最大出力)としながら、常用出力にて低燃費を実現するために最適なマッチングとしている。 5. 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。 6. 発電機も MARPOL NOx 排出規制を満たしている。				



田村兼吉運航・物流系長が横国大で出前講座

当研究所運航・物流系の田村兼吉系長が7月3日、横浜国立大学の依頼により出前講座を行いました。小澤宏臣特任教授が担当している海洋産業特論という授業の1コマで、「海洋開発リスク管理概論及び深海艇実務総論」という内容です。大学院生がメインですが、学部学生、教師を含め20名以上が参加し、熱心に聴講しました。



聴講する学生たち

授業は、COSATA CONCORDIA号の事故、深海掘削の現状、メキシコ湾での石油流出事故、なぜ海洋開発にリスク評価が必要か、リスクとリスクマネジメントといった内容で、1時間半行われました。講義終了後には前週の講師を務めた海洋工学研究所の佐尾邦久所長も参加して学生との懇親会も開かれました。



田村系長

三鷹・第六中の生徒5人が2日間の職場体験

三鷹市立第六中学校の生徒5人が7月3、4日の2日間にわたり、当研究所で職場体験学習を行いました。当研究所が今年度、職場体験学習の生徒たちを受け入れるのは、6月の三鷹市立第二中學生(10人)に続いて二回目となりました。

生徒5人は女子生徒1人と男子生徒4人という組み合わせ。学習プログラムは前回と同様、1日2コマ(午前・午後)、2日間で計4コマの学習および実習で構成。プログラムは船と海のガイダンス(企画部広報)、「海と風が創り出すエネルギーの新時代」(洋上再生エネルギー開発系)、「船を操って目的地に向かおう一船の現在位置の求め方と海の交通ルール」(運航・物流系)の3コマに加え、今回は新たに「シミュレーションで解き明かす船の流れ」(流



授業風景

体設計系)という一コマを作り、その一環として氷海水槽ならびに400m水槽の見学を盛り込みました。

生徒たちは船舶・海洋にかかわる工学知識を学ぶだけでなく、実際にさまざまな研究施設に触れる機会がありました。「難しいところもあったけれど、先生がみな楽しく話をしてくれた」「二日間、科学技術の世界に触れただけでなく、いろんな施設を見ることができたのがよかった」という感想が聞かれました。

当研究所は、三鷹市をはじめとする近隣の自治体などと連携を進めており、各種研究施設や技術を生かした形で地域社会に貢献できるよう活動を展開しています。体験学習生徒の受け入れもその一環です。



生徒の皆さん

郵船／MTIグループの研修受講者が施設見学

日本郵船／MTIグループの研修受講者 16 名ならびに講師の方々が7月10日、水槽施設を中心に当研究所の施設を見学しました。

同グループは同日午前には本館1階会議室でMTI主催による「モノはこび新技術研修～船舶技術編」を開催、MTI技術戦略グループ船舶技術ユニットの井上知己さんと上野周作さんが講師となり、MTIと当研究所との共同研究事例などを紹介しました。研修に参加したのは、日本郵船をはじめ、旭運輸、NYKビジネスシステムズの社員の方々です。



技術研修風景

施設見学は同研修の一環として行われたもので、午後から深海水槽、400 m試験水槽、実海域再現水槽の3つの水槽施設とディーゼルエンジンを見学しました。事務局のMTI技術戦略グループならびに人材育成グループからは「受講者一同、今まで見たこともないスケールの大きな実験設備を見学でき、大変充実した研修となりました」「見学ルートも午前中の講義と関連のある施設を中心に組んでくださり、より理解が深まったのでは、と感じています」との言葉をいただきました。



10号館実験棟で

太田国際連携センター長が都内で出前講座

当研究所の太田進・国際連携センター長が7月23日、ホテルオークラ（エメラルドルーム）で「銅精鉱の運送に係る国際基準」（International regulations for carriage of copper concentrate in bulk）と題し、海洋汚染防止条約附属書第5章、船舶の防火要件及び危険物を運送する際の要件、国際海上固体ばら積み貨物コード等についてプレゼンテーションを行いました。

これは、国際銅協会（International Copper Association）の依頼により、銅鉱石及び精鉱に関する化学品の分類・表示に関する世界調和システム－分類・表示の方法、計算・適用・国際海事機関の鉱石及び精鉱の輸送に関するポリシー会議で講演したものです。正式名称はGlobal Harmonization System for Hazard Classification (GHS) of Copper Ores and Concentrates – Methods, Calculations, and Application to Classification and Labeling (CL) and the International Maritime

Organization' s (IMO) policy on transport of ores and concentrates on the high seas. というものです。

同会議には約 10 カ国から約 40 人が参加し、活発な質疑応答が行われました。



潮流発電用タービン模型の性能実験を公開

当研究所は、再生可能エネルギーの一つである潮流海流発電に関する研究を進めていますが、7月27日、開発している発電用タービン模型を用いて、タービンの発電効率に係るトルク性能、及び全体システムの安定性・安全性に影響を及ぼす抵抗性能を計測する実験を公開しました。同日は厳しい暑さとなりましたが、21名の方々が訪れ、中水槽を使った公開実験に参加されました。

同日の公開実験でお見せしたのは、斜流状態でのマルチ



公開実験の様子

ロータ模型の性能試験。実際の海では潮流が一様に流れているとは限らず、地形影響や波の影響で潮流の流向は変化することがありますが、その場合に当該システムがどの程度影響を受けるのかを調べることを目的としたものです。マルチロータ模型の要目は直径が0.5m、翼数は2翼×2セット、翼型はNACA4409を使用しました。

公開実験では、曳引台車からマルチロータ模型の様子を見てもらうため、2班に分けて台車に搭乗していただき、



マルチロータ模型

その後、質疑応答へ。参加者の関心も高く、活発な質疑応答となりました。

インターカレッジサークルの学生6名が施設見学

インターカレッジサークルの学生6名が8月27日、当研究所の施設を見学するとともに、浮体構造物に関する講義を聴講しました。

このインターカレッジサークルは「未来企画部」と称し、代表者の木田七海子さん（聖心女子大学史学科2年生）によれば、「さまざまな社会的課題の中から将来性のあるテーマを設定し、フィールドワークを実施する活動を展開している」とのこと。今回は「浮体構造物」をテーマに選び、それに関連した研究施設を見学するために当研究所を訪れました。当日、

参加した学生の皆さんの所属大学は聖心女子大学、早稲田大学、成蹊大学、東海大学、ルーテル学院大学。変動風水洞をはじめ、実海域再現水槽、400m水槽の3施設を見学し、併せて浮体構造物に関する講義を受講しました。講義を担当したのは、洋上再生エネルギー開発系・海洋エネルギー研究グループの國分健太郎主任研究員。

なお、同日の見学会には7名のインターンシップ生も参加しました。



浮体構造物の講義



実海域再現水槽の見学

JICA 研修員 9 名が「海の 10 モード」を受講

JICA（独立行政法人国際協力機構）研修員 9 名が 8 月 28 日、当研究所を訪れ、400m 水槽などの研究施設を見学するとともに、海の 10 モード等に関する講義を聴講しました。

JICA による研修は 2009 年 12 月に承認された「日 ASEAN 交通分野における環境に関する行動計画」（AJ-APEIT）に基づく国別実施計画の策定に必要な知識の付与と AJ-APEIT のドラフト策定支援を行うのが目的で、今年度は 3 カ年の研修の最終年となります。同研修は 8 月 27 日にス

タートし、9 月 21 日まで執り行われました。

同日、当研究所を訪れた研修員はカンボジア、ラオス、ミャンマー、フィリピン、タイ、ベトナムの各国省庁等で交通分野における環境対策を担当している職員の皆さん。400m 水槽をはじめ、実海域再現水槽、操船リスクシミュレータの 3 施設を見学した後、当研究所の宇都正太郎・流体設計系長が行う海の 10 モード指標の導入を中心とした講義を受講しました。



宇都系長（前列中央）と研修員の皆さん



「海の 10 モード」の講義風景

ベルリン工科大学の R・Stark 教授が来所

ベルリン工科大学の Rainer Stark 教授が 8 月 30 日、当研究所を訪れ、茂里一紘理事長と懇談するとともに、実海域再現水槽などの研究施設を見学しました。

Stark 教授は 1964 年生まれ。専門領域は機械工学。特に設計工学、設計情報技術としてプロダクトデータ利用、製品表現、3次元 CAD 利用、バーチャル技術などを専門としています。また、米自動車メーカーであるフォード・モーターで製品開発におけるバーチャル・プロダクト利用のテクニカル・ディレ

クターとして勤務した経験もあります。2008 年よりベルリン工科大学の教授に就任し、現在は同大学の Departments of Machine Tools and Factory Management 学部長。また、ブラウンフォーファー研究機構教授を兼任しています。

Stark 教授は茂里理事長と当研究所の近年の研究・開発動向を中心に活発かつ和やかに意見交換した後、深海水槽をはじめ、操船リスクシミュレータ、実海域再現水槽の 3 つの研究施設を見学しました。



Stark 教授（中央）と茂里理事長（左）



深海水槽で

11月20日、テクノオーシャン 2012 オーガナイズドセッションのご案内

独立行政法人 海上技術安全研究所（理事長：茂里一紘）は来る11月20日、「テクノオーシャン 2012」オーガナイズドセッションとして一般社団法人 海洋エネルギー資源利用推進機構（会長：木下 健）と共同で神戸において海洋再生可能エネルギーをテーマに講演会を開催します。いま注目を浴びるこのテーマについて、最前線の政策や開発動向をご紹介します。また、当研究所は18日から3日間、「テクノオーシャン 2012」展示会にも出展し、洋上風力発電システム等の安全性評価に関するパネル展示を行う予定です。

■日時/11月20日（火） 15時00分～17時30分

■会場/神戸国際会議場4階 401・402

（神戸市中央区港島中町 6-9-1 神戸ポートアイランド内 ※ 展示ブースは5階No.5-36）

■講演プログラム

(1) 海洋再生エネルギーの世界と日本の現状と課題（15：00～15：25）

東京大学教授 木下 健

(2) 海洋再生可能エネルギー利用に関する今後の取組方針について（15：25～15：50）

内閣官房総合海洋政策本部事務局内閣参事官 阿部 聡

(3) 洋上再生可能エネルギー利用における安全性および性能の評価について（15：50～16：15）

海上技術安全研究所洋上再生エネルギー開発系長 井上 俊司

(4) 潮流発電システムの開発（16：15～16：40）

川崎重工業（株）技術開発本部技術研究所主席研究員 佐藤 栄治

(5) 国内外の先導的海洋温度差発電の動向（16：40～17：05）

佐賀大学海洋エネルギー研究センター准教授 池上 康之

(6) IECにおける海洋エネルギー変換装置の規格化活動（TC-114）の紹介（17：05～17：30）

電源開発（株）水力発電部部長 和田 俊郎・課長代理 笹川 剛

なお、参加申し込みは以下のテクノオーシャン 2012 の Web サイト からお願いいたします。

<<http://www.techno-ocean2012.com>>

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」2012-Summer 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

三島郡 中江様 函館市 吉田様 取手市 鎌倉様 横浜市 山口様
岡崎市 守山様 彦根市 林 様 長崎市 中川様 新宿区 村瀬様
綾部市 笹井様 町田市 大石様

海技研ニュース「船と海のサイエンス」2012-Autumn

発行日：2012年11月1日 発行人：茂里 一紘 編集責任：企画部広報係

■問い合わせ先

独立行政法人海上技術安全研究所
企画部広報係
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：0422-41-3258

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