

三井造船・船舶ハイブリッド推進システム 共同研究講座

三井造船・船舶ハイブリッド推進システム
共同研究講座 特任准教授

関 口 秀 紀

1. はじめに

近年、エネルギー資源の消費に伴う CO₂（二酸化炭素）等の温室効果ガスの排出量増加による地球温暖化（世界規模の気温・気候変動）が問題となっています。ICPP（Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）の第4次評価報告書では、「昨今の気温上昇や CO₂ 排出量の増加は、人為的なものが原因である確率が9割を超える」ことが報告されており、この CO₂ 増加は、地球人口の増加や途上国の近代化・経済発展に伴うエネルギー資源消費量の増加に起因するものであると考えられています。世界の一次エネルギーの消費量は年々増加し、この資源をこのまま使い続けると近い将来枯渇されることも多くの研究機関により予想されています。これら地球温暖化問題およびエネルギー資源枯渇問題の顕在化に伴い、あらゆる分野において省エネルギー化と温室効果ガス排出量の削減が国際的な最重要課題の一つとなってきました。

この中で、運輸分野の国際海運では、ドイツ1国分に相当する CO₂ を排出していることがIMO（International Maritime Organization：国際海事機関）の調査により報告されています。このため、IMO では、国際海運船舶の省エネルギー化と温室効果ガス排出量の削減を目的に、2011年7月採択のMALPOL条約附属書VIにおいて、2015年1月着工の新造船の CO₂ 排出量を10%削減、以後段階的に30%まで削減することを目標に掲げています。また各国では、沿岸部の環境保全のため、船舶からの排出ガス中の大気汚染物質〔NO_x（窒素酸化物）、Sox（硫黄酸化物）およびPM（粒子状物質）〕を削減する大気汚染物質放出規制海域（ECA：Emission Control Area）を指定する動きもあります。このため、船舶では航行時の CO₂ 排出量を低減し、指定ECA内において排出ガス中の大気汚染物質を削減する技術が必要になります。

我が国は、世界の主要海運国かつ造船国であるため、新造船に対して『省エネルギーで温室効果ガスおよび

大気汚染物質を抑制した「環境にやさしい船舶」を実現することが求められています。しかしながら、元来船舶は、航空機や自動車に比べてエンジンのエネルギー利用効率が非常に優れており、既存技術の範囲内での大幅な省エネルギー化は難しいと考えられています。このため、異分野技術を導入し、船舶推進システムを抜本的に革新することが必要となっています。

三井造船は、独立行政法人海上技術安全研究所の協力を得て、大阪大学に「三井造船・船舶ハイブリッド推進システム共同研究講座」を2009年10月に設置しました。本共同研究講座では、従来のディーゼルエンジンを主機関とする船舶推進システムに、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する電動機を組み合わせ、ディーゼルエンジンと電動機の2つの動力源を外洋や港湾などの海域に合わせて最適に活用することにより、省エネルギー化、CO₂ 排出量削減、指定ECA内の大気汚染物質の無排出航行を可能にする「環境にやさしい船舶」を実用化するための研究開発を推進しています。

本稿では、本共同研究講座で実用化を目指すディーゼルエンジンと電動機を組み合わせた船舶ハイブリッド推進システムの概要と本共同研究講座の研究体制、およびいくつかの研究テーマについてご紹介します。

2. 船舶ハイブリッド推進システムの概要

本共同研究講座では、近年、自動車の低燃費化や CO₂ 削減に寄与したエンジンと電動機を組み合わせたハイブリッド推進システムと同様の概念を用い、従来のディーゼルエンジンを主機関とする船舶推進システムに代えて、ディーゼルエンジン、電動機、蓄電池を組み合わせた船舶ハイブリッド推進システムの開発を検討しています。この船舶ハイブリッド推進システムの基本構成の一例は、図1に示しますように、エンジンおよび電動機の2つの動力源を用い、片方または両方で船舶の推進動力を得る構成となっています。ま

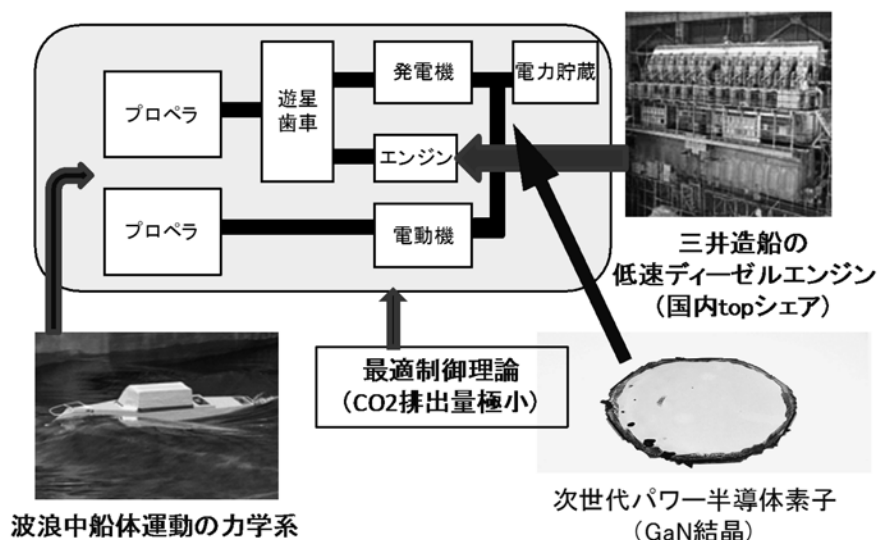


図1 船舶ハイブリッド推進システムの基本構成の一例

た、船内に電力を貯蔵するため、単体で高い熱効率を有する船舶用大型低速ディーゼルエンジンの推進動力以外の余剰動力を使い、発電機を用いて電力を発生し蓄電します。さらに、ディーゼルエンジンの排熱を電気エネルギーとして回収して蓄電すると共に、船舶の接岸時には陸からの電力供給により蓄電し、船内に十分な電力を貯蔵します。船舶航行時には、必要に応じて蓄電池に貯蔵した電力を使い、電動機を用いて推進動力を得ます。このように船内の電力を効率的かつ合理的に蓄電・使用し、ディーゼルエンジンと電動機により協調的に船舶の推進動力を得ることにより、省エネルギー化、CO₂排出量削減、指定 ECA 内の大気汚染物質の無排出航行を可能にする「環境にやさしい船舶」の構築を目指しています。

具体的には、本船舶ハイブリッド推進システムは、ディーゼルエンジン、ターボチャージャ、発電機、電動機、蓄電池、電力変換システム、プロペラ、船体といった各要素をモデル化し統合したシステムとなります。従いまして、各要素のモデル化について研究を進めると共に、統合したシステムと省エネルギー化および CO₂ 排出量削減効果との関係性を評価し、システム全体を数理的に最適化することが必要となります。そこで、本共同研究講座では、本船舶ハイブリッド推進システムの実現に向け、各要素から体系的な分野まで幅広いテーマを設定し、研究開発を推進しています。

3. 三井造船・船舶ハイブリッド推進システム共同研究講座の研究体制

三井造船は、大阪大学および独立行政法人海上技術

安全研究所の産学官連携により船舶ハイブリッド推進システムの研究開発を推進するため、大阪大学に「三井造船・船舶ハイブリッド推進システム共同研究講座」を設置しました。また、船舶ハイブリッド推進システムを実用化するためには、造船業界、船舶機器業界、電機業界との協力が不可欠です。このため、これらの業界の専門家の方々にもアドバイザーとして本共同研究講座にご参加いただき、活発な議論を進めています。

本共同研究講座では、省エネルギー化、CO₂ 排出量削減、指定 ECA 内の大気汚染物質の無排出航行を可能にする「環境にやさしい船舶」を実現するため、本共同研究講座の代表者として大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門船舶設計学領域の梅田直哉准教授、電気分野から電気電子情報工学専攻量子電子デバイス工学部門機能性材料創製領域の森勇介教授、電気電子情報工学専攻電気電子システム工学部門パワーシステム領域の舟木剛教授を兼任教員として迎え、三井造船からは三宅慎一招へい准教授、また専任教員として、関口秀紀特任准教授および今出完特任助教の体制で研究を推進しています。大阪大学内においても専攻を横断した異分野技術を連携・融合することにより、船舶推進システムに対して抜本的な技術革新を推進する研究体制を構築しています。

本共同研究講座では、これら多くの研究者および専門家の方々のご協力の下、図2に示しますような研究体制を構築し、船舶ハイブリッド推進システムの実用化に向け研究開発を進めています。

4. 各種研究テーマ（抜粋）

本共同研究講座では、船舶ハイブリッド推進システムの実現に向け、各要素から体系的な分野まで幅広いテーマを設定し研究開発を推進していますが、本稿ではそのいくつかの研究テーマをご紹介します。

(1) 本船舶ハイブリッド推進システムにより効率的に船舶の推進動力を得るため、図3に示します波浪中における前後方向の船体運動に対する力学系の解析を用いて、ディーゼルエンジンへの燃料投入量やピッチプロペラを装備した場合のピッチ角の制御に伴う船速制御から燃費の改善を検討しています。

(2) 本船舶ハイブリッド推進システムにおける発電機から蓄電池、および蓄電池から電動機への電力変換では、電力変換システム内のパワースイッチングデバイスの低損失化がその効率向上に大きく寄与します。このため、電力変換システムの効率を飛躍的に向上させる新型半導体結晶 GaN（Gallium nitride: 窒化ガリウム）を用いたパワースイッチングデバイスの開発を進めています。

(3) 本船舶ハイブリッド推進システムの電力変換システムにおいて、パワースイッチングデバイスおよび回路構成に起因する電力変換効率を評価し、負荷制御と合わせた電力変換システムの効率的な利用について、

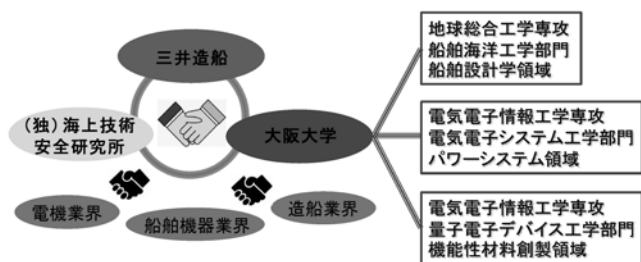


図2 三井造船・船舶ハイブリッド推進システム共同研究講座の研究体制

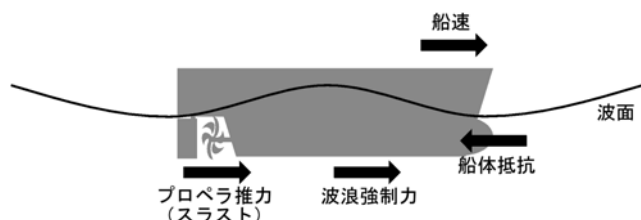


図3 波浪中の船体運動における前後方向の力学系

解析的・実験的な検討を進めています。

(4) 本船舶ハイブリッド推進システムでは、従来型のディーゼルエンジン推進システムと比較し、制御回路を含む数多くの電気機器が導入されることとなります。このため、各電気機器から生じるノイズが他の電気機器に影響を与えないようにするための電磁両立性（EMC: Electromagnetic Compatibility）が重要になります。特に、大電力を扱う電力変換システムは、EMC対策を施さないと非常に強いノイズを発生することが予想されるため、電力変換システムにおけるEMC設計技術の開発を進めています。

5. おわりに

地球温暖化問題やエネルギー資源枯渇問題の顕在化に伴い、国際海運船舶においても、省エネルギー化やCO₂排出量削減が強く求められてきています。また各国は、沿岸部の環境保全のため、指定ECA内の船舶からの排出ガス中の大気汚染物質を削減することを求めています。三井造船では、このような世の中のニーズを踏まえ、2009年10月に本共同研究講座を設置しました。本共同研究講座では、ディーゼルエンジン、電動機、蓄電池を組み合わせた船舶ハイブリッド推進システムの研究開発を推進し、「環境にやさしい船舶」の実用化を目指しています。このハイブリッド船舶推進システムでは、外洋や港湾などの海域に合わせてディーゼルエンジンと電動機の二つの動力源を最適に活用し、省エネルギー化、CO₂排出量削減、指定ECA内の大気汚染物質の無排出航行を可能にすることを目標としています。近い将来、本ハイブリッド船舶推進システムを搭載した船舶を実用化し、環境対応船という新造船市場で世界をリードしていけるよう研究開発を推進していきます。今後も、共同研究講座として、「環境にやさしい船舶」の実現に向けて多くの技術的な可能性を見極める学術的な研究を推進すると共に、基礎から実用化まで幅広い視野を持つ人材育成活動を進めていきたいと思ひます。

（学界）