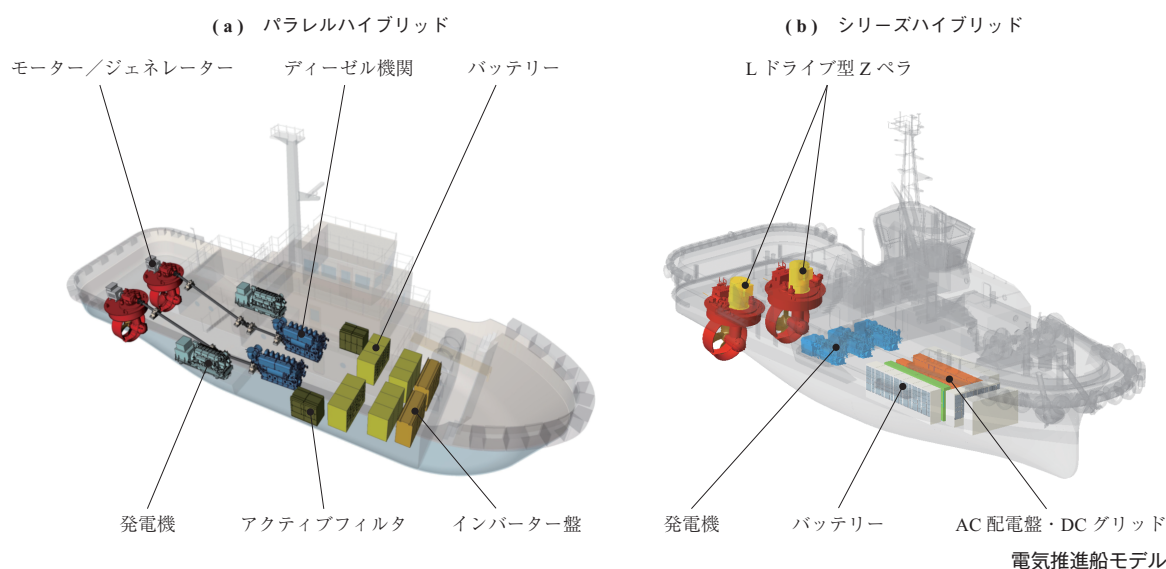


# 環境にやさしい日本初の 次世代電気推進船システム

## CO<sub>2</sub> 排出量を 30%削減できるシステムインテグレーション

株式会社 IHI 原動機は、推進を電動機、電力をバッテリーと発電機のセットで賄うシリーズハイブリッドに DC（直流）電圧グリッド方式を採用することで、従来船と比べて二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量を大幅に削減した。



### 2050 年カーボンニュートラルの実現と 船舶産業の成長戦略

2020 年 10 月、日本政府は「2050 年カーボンニュートラル」を宣言し、地球温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代から国際的な成長の機会と捉える時代に突入したと表明した。

さらに、2021 年 6 月、経済産業省からグリーン成長戦略が発表された。このグリーン成長戦略とは、「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策の意味で、成長が期待される産業（14 分野）において、温室効果ガスの排出を全体でゼロにするための高い目標を設定している。

このなかで、船舶産業においては、燃料電池船、電

気推進船、ガス燃料船が二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量削減への有力な対策とされており、株式会社 IHI 原動機（IPS）でも、持続可能な成長戦略として、特に動力系統を電化した電気推進船とガス燃料船の普及に努めている。

IPS が電気推進船を重視する背景は、得意とする内航船が航行距離の短さにより、バッテリーを用いた電気推進船に向いていることにある。それに加えて、近年では電動機の高効率化、低価格化が進み、それを駆動するインバーターや電気機器も高機能、高効率なものが流通するようになった。その結果、システム構築が容易となり、多種多様な船舶への採用が可能になったことも理由の一つである。

## IPS が手がけた従来の電気推進船

IPS は、現在次世代電気推進システムの開発に取り組んでいる。まず初めに、実際に手がけた船を例に電気推進船について説明する。

これまでに IPS は、多くの船用機関および推進装置の納入実績と経験があり、さらに、機関と推進装置に加え遠隔操縦装置を含んだトータルパッケージとして提供している。その推進装置のなかでも特にアジマススラスト（Z ペラ®）は、国内で 90%、海外でも 30% のシェアがあり、5 000 セット以上の納入実績がある。

IPS が手がけた従来の電気推進船のうち、上記 Z ペラを搭載したタグボートを紹介する。その前に電気推進船の方式呼称を表に整理して示す。

2013 年 3 月に日本初のパラレルハイブリッドタグボート「翼」が横浜港に就航した。本船は陸上から給電ができるプラグイン機能付きパラレルハイブリッドタグボートで、内航船初のリチウムイオン電池をバッテリーとして搭載している。

また、同年 10 月には、同形式でバッテリーを未搭載のタグボート「銀河」が横浜港に就航した。タグボートとして当時高価であったバッテリーを使用しないディーゼル電気船は日本初であった。

両船は AC（交流）電圧グリッド方式を採用したことにより、変圧の構成機器が多く、狭い船内への配置に苦労したが、期待どおりの運航性能・環境性能を達成することができた。

IPS は、双方のプロジェクトをとおして、駆動用ディーゼルと電動機を用いた動力の管理システムを統合する知見を得た。



「翼」（提供：株式会社新日本海洋社）



「銀河」（提供：東京汽船株式会社）

## 次世代電気推進船「大河」

IPS がシステムインテグレーター、および発電機・推進装置のサプライヤーとして参画した新方式の電気推進タグボート「大河」が 2023 年 1 月に就航した。本船は、大容量リチウムイオン電池とディーゼル発電機を組み合わせた、シリーズハイブリッド方式の電気推進タグボートである。動力と動力源を管理するシス

推進機動力源	電力源		方式呼称	特徴
	バッテリー	発電機		
電動機	なし	あり	ディーゼル電気船	CO <sub>2</sub> 削減効果：ディーゼル能力に依存
	あり	なし	バッテリー船（電池船）	CO <sub>2</sub> 削減効果：大 運航時間：容量に依存 冗長性：低
	あり	あり	シリーズハイブリッド船	CO <sub>2</sub> 削減効果：バッテリー容量に依存 冗長性：高
ディーゼル+電動機	なし	あり	ディーゼル電気船	CO <sub>2</sub> 削減効果：ディーゼル能力に依存
	あり	なし	パラレルハイブリッド船	CO <sub>2</sub> 削減効果：中
	あり	あり		CO <sub>2</sub> 削減効果：バッテリー容量に依存 冗長性：高

電気推進船の方式呼称



「大河」(提供:東京汽船株式会社)



「あすか」(出典:旭タンカー株式会社 Web サイトより)

テムを統合し、排出される CO<sub>2</sub>、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)、硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>) などの削減を従来のディーゼル駆動船と比較して約 30% 達成した。このように環境負荷を低減するとともに、騒音や振動を抑えることで乗組員の労働環境と港湾周辺的环境に配慮した船舶となっている。

推進装置には IPS が初めて供給する、電動機搭載の L ドライブ型 Z ペラが採用された。L ドライブ型 Z ペラにすることで、電動機から推進装置までの動力伝達装置が不要になり、小型化に加え機械ロスを低減するメリットがある。

また、電気制御システムには、国内で初めて DC グリッドを採用し、大容量リチウムイオン電池と組み合わせることによって、従来の電気推進システムと比較してさらなる高効率を達成している。

## 次世代電気推進船「あすか」

相生バイオエナジー株式会社の相生発電所 2 号機 (相生バイオマス発電所) への燃料輸送において、499G/T 型の内航電気推進船を採用するプロジェクトが立ち上がった。

IPS は、システムインテグレーターとして主発電機関および電気システム一式を受注した。システム制御には、ABB 社が提供する DC グリッド方式の Onboard Microgrid や永久磁石 (PM) 推進電動機などを採用し、コンパクトかつ効率の高いシステムとしている。

本電気推進船は、IPS が提供する小型の主発電機に加えて大容量バッテリーを搭載したシリーズハイブリッド電気推進船である。このため、ディーゼル駆動

船と同等以上の航続距離と速力を確保するとともに、大容量バッテリーからの電力供給によって、入出港および荷役を含む港内ゼロエミッション運航が可能となる。

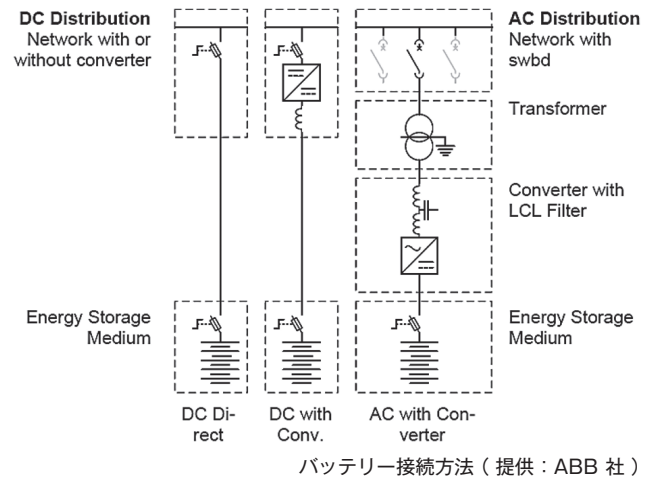
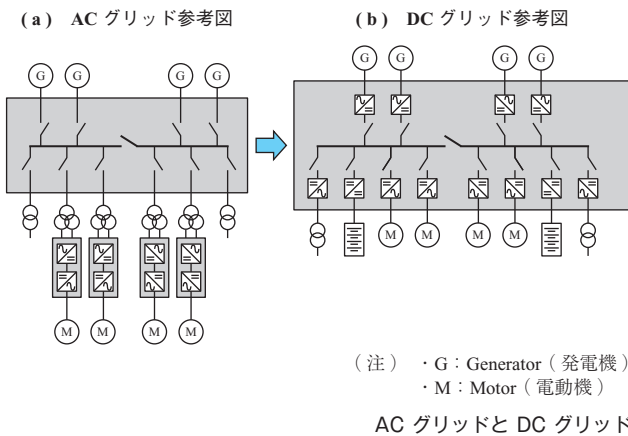
これらの優位性によって従来のディーゼル駆動船と比較し、運航時の CO<sub>2</sub> 排出量は最大 50% 削減可能とする計画であり、次世代電気推進船として今後の内航電気推進船の普及型となることが期待されている。

## 革新的技術 DC グリッドシステム

「大河」と「あすか」は、駆動用ディーゼルを使用せず、シリーズハイブリッド電気推進船とした。また、従来の電気推進船の AC グリッド、交流同期発電機方式とは異なる本格的な DC グリッドシステムを採用した。これにより、従来の方式では、電力制御のためのグリッド盤が大きすぎて内航船のように船体が小さく限られたスペースでは配置が困難であった船でも、容易に配置が可能となった。

DC グリッド参考図に示す DC グリッド (着色部) は、AC 電圧に代わり DC 電圧で電力配分を行うことで、より効率の良い次世代船舶に必要とされる基幹システムとなり、インバーター・コンバーターなどの電力変換器や遮断器などは DC グリッド盤に収容されている。また、DC グリッドへコンバーターを介して、誘導発電機がつながるため、それぞれの発電機同士で同期をとる必要がないことも挙げられる。この発電機とバッテリーの負荷分担制御も DC グリッド上で電圧を変えることで容易に行える。

さらにバッテリーシステムは、DC/DC コンバー



ターを介するか、または直接接続で DC グリッドへ連結することが可能となるため、よりコンパクトにできる。DC グリッド上の DC 電圧から AC 電圧へのインバーターは、推進用 AC 電動機に使われる可変周波数、船内電力などの固定周波数に変換することができる。

これらの機能と数百のパラメーターを上位で制御・監視して、動力源と動力のマネジメントを行っている PEMS ( Power and Energy Management System ) と呼ばれる制御システムがある。これに IPS の船の操縦制御に関する知識をパラメーターとして落とし込んでいく。

### バッテリーシステム

バッテリー接続方法には、バッテリーを DC グリッドへ結合する方法と AC グリッドへ結合する方法がある。バッテリーはエネルギー貯蔵方式が直流ベースであるため DC グリッドへの結合は、AC グリッドへの結合より簡易である。

DC グリッド方式は一般的に、必要機器が少なく、AC グリッド方式よりもコンパクト化される。短絡保護機能や給電・受電制御が考慮されていない汎用機能のコンバーターで比較した場合、交流コンバーター方式では同等の直流方式よりグリッド盤の全長が 2 倍となる。短絡保護機能、および給電・受電制御を考慮した場合は、バッテリー接続方法の図に示すように、グリッド盤の全長が 4 倍近くにもなる。

DC グリッド方式には、DC グリッドに直接接続する方法と DC/DC コンバーターを経由して接続する方

方 式	DC 直結	DC/DC コンバーター
母線接続方法	直 結	コンバーター ( 内部チョークコイル ) を介する間接接続
応 答 性	良	優
自 律 性	一 部	全 部
機 能 性	制限あり	制限なし
装 置 寸 法	無	ピーク出力比例
優 位 な 点	効率性	制御性

バッテリーの DC グリッド接続方法の比較

法とがある。「大河」は、直結方式であり、「大河」のように出力が大きく、バッテリー容量が大きい場合は、どのバッテリーでも共有して使える点有利である。「あすか」は、コンバーター方式であり、「あすか」のように出力が小さく、バッテリー容量が小さい場合は、左右独立して使える点有利である。

### 今後の取り組み

次世代電気推進システムは、大容量バッテリーを用いることに適しており、配置が従来方式に比べ容易なことから、現在多くの引き合いをいただいている。一番船で DC グリッドシステムの冷却水システムによるコンパクト化、誘導発電機を用いた非同期発電による個別制御、本稿で紹介した技術などが得られた。そのなかでも特に PEMS による動力源と動力を管理するロジック、現地で行った電磁ノイズ対策は、価値の高い技術である。このような次世代電気推進船システムの技術により脱炭素社会、カーボンニュートラルの実現に貢献していきたいと考える。