



連 携 記 事

次世代の低エミッション自動車運搬船
“DRIVE GREEN HIGHWAY”の紹介

Next-generation Eco-friendly Pure Car / Truck Carrier
"DRIVE GREEN HIGHWAY"

吉川拓郎
Takuro Yoshikawa

ジャパン マリンユナイテッド (株)
商船事業本部 基本計画部
基本計画グループ

1 はじめに

地球環境保護が国際的な重要課題となり、国連の海事専門機関である国際海事機関 (IMO) において、船舶から排出される温室効果ガス (GHG) 及び大気汚染物質に関する規制が段階的に強化されてきており、NO_x、SO_x、CO₂等の排出低減が全方位的に求められている。

このような背景において、川崎汽船では、世界最先端の船舶技術を結集して、究極の省エネと環境保全を迫及するための「DRIVE GREEN PROJECT」を立ち上げ、そのフラッグシップとして、環境性能に特化した機器を搭載した次世代の低エミッション自動車運搬船“DRIVE GREEN HIGHWAY” (2016年2月竣工) が当社ジャパン マリンユナイテッド株式会社有明事業所にて建造された。

本船は、新パナマ運河通航を想定した船型大型化による輸送効率の向上に加え、当社蓄積ノウハウによる船型最適化とメーカー各社の最新環境対応技術の総合最適化設計による低燃費を両立し、現パナマ運河通行可の従来自動車運搬船 (以後、従来船) と比べ輸送車両1台あたりのCO₂排出量を25%以上削減することを可能としており、かつ大気汚染物質 (NO_x、SO_x) を大幅に削減する最新環境対応技術を、国際規制に先駆けて実現させた次世代型自動車運搬船である。

2 CO₂排出量の削減

以下にCO₂排出量削減技術に対しての特徴を記す。

2.1 主要目

従来船と本船の主要目それぞれを図1に示す。

本船の全長は、日本国内主要港湾制限を考慮し、配船の汎

用性維持のため従来船同様に200m以内とした。従い、船型大型化による車両積載の増加は幅広化による。

一般に、幅広化は、物理的スペース増と復原性向上による輸送車両積載効率アップをもたらすが、抵抗増加に伴う推進馬力の増加、即ち燃費悪化の相反する傾向を示す。本船の幅は、新パナマ運河の幅制限160' (約48.8m) 内で船型改良・搭載車両数の最適化を実施し、最終的に37.5mを採用した。

2.2 省エネ船型

本船に採用される省エネ船型は、輸送車両1台あたりのCO₂排出量最小化を目標に、長年培った船型開発技術に基づきCFD (数値流体力学) 計算等を駆使し、徹底的に船幅と船型の最適化を行い、模型水槽試験にて検証している。結果、本船の所要主機関出力は幅広化にも関わらず従来船以下を達成し、輸送車両増大と低燃費化の両立を達成した。

最適化作業の一例として、図2にCFD計算による波高分布の等高線図を示す。自動車運搬船のような瘦せ形で高速運航される船は、全抵抗に占める造波抵抗の割合が大きく、造波

	従来船	本船
全長 (m)	約 200	同左
船幅 (m)	32.26	37.5
呼称搭載車両 (RT 換算) (台)	約 6,200	約 7,500
航海速力 (kt)	20	同左
車両 1 台あたりの燃料消費量 (=CO ₂ 排出量) 削減率	Base	25% 以上

図1 従来船と本船の主要目比較

抵抗の低減は船型開発の重要な要素の1つである。B船型では船体が前進する際に船首部で作られる波が、低減されている事が確認できる。

船型最適化と共に、図3に示す省エネ付加物装置として、舵の前端に当社独自技術のSURF BULB[®]を採用し性能向上を図っている。一般に抵抗は速度の2乗に比例することから、自動車運搬船のような高速運航の船には付加物による抵抗増加と推進性能効率アップが相殺され、その設置効果を得ることは難しい。しかしながら、多くの低速船採用実績によるノウハウを基に、その設置最適位置や形状選定により低速船と同程度の効果を得ることが模型水槽試験で検証されている。

また、自動車運搬船は、Bulk CarrierやTankerのような太宗船と異なり喫水線に大きな船体部を有し、水面下の推進性能だけでなく風圧抵抗も推進性能に影響を及ぼす割合が比較的大きい。本船には図4に示す当社技術の船首部風圧抵抗形状を採用し、風圧抵抗の低減を図っている。

その他、省エネ技術として、高効率プロペラ、低摩擦船底塗料、最適運航支援装置Sea-Navi[®]を採用している。運航支援装置は、当社独自技術として水槽試験結果に基づく本船固有の性能特性を基に最適運航航路を算出できる機能を有しており、本船就航後のCO₂排出量削減に寄与する。

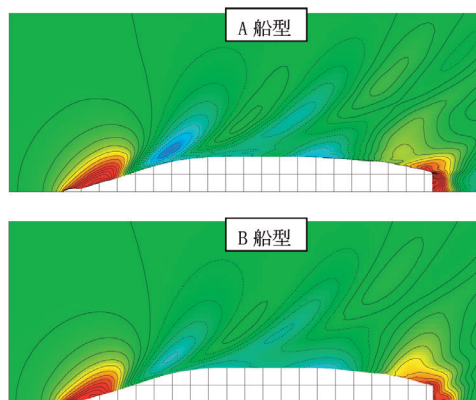


図2 波高等高線図 CFD計算結果

2.3 メーカー各社の省エネ技術の総合設計

本船は2.2記載の船型省エネ技術以外にも機関プラントの省燃費化や節電技術を採用し、CO₂排出削減に寄与している。それに加えて、機関プラント設計においては、大気汚染物質排出削減にも配慮し、後に詳述する主機関の低燃費およびNO_x削減技術やSO_x削減技術と併せて統合的な設計を行っている。そのうち、本項では、CO₂排出削減に寄与する技術について取り上げる。

2.3.1 主機関負荷に応じた省燃費・省エネ技術

主機関においては、減速運航時の燃費最適化を図るため、過給機カットシステム（*次項にて詳述）を採用している。また、推進補機における消費電力削減を目的として、冷却海水ポンプならびに機関室通風機にインバータ制御を採用している。これにより、主機関負荷に応じて、機関プラントの燃費最適化を図ることで、主機関ならびに発電機エンジンからのCO₂排出削減に寄与する。

2.3.2 廃熱エネルギー、自然エネルギー回収技術など

発電機エンジンからの廃熱エネルギー回収を目的として、発電機エンジン排ガスエコノマイザーを採用している。主機関用排ガスエコノマイザーに加えて、発電機エンジンの排

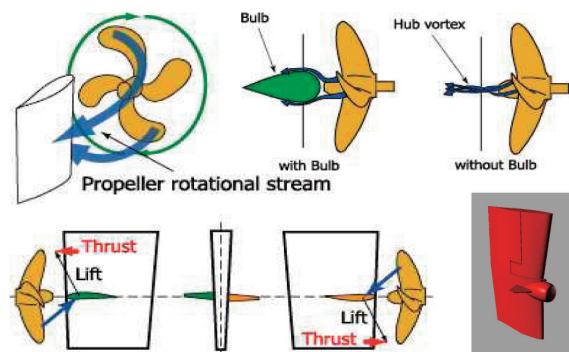


図3 SURF BULB 原理と形状

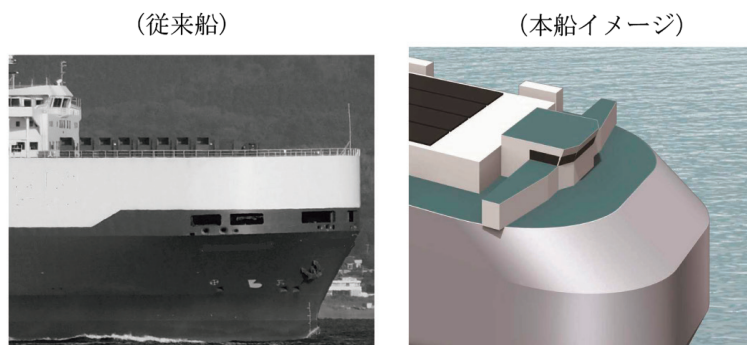


図4 従来船船首形状と本船船首形状

ガスエネルギーを蒸気として回収することで、従来、主機関負荷が低い・蒸気需要が多いなどの運航条件によってはボイラーで消費していた蒸気生成用の燃料が低減可能である。尚、ボイラーの燃焼効率改善にも配慮し、水エマルジョン燃焼装置を設けることで、需要・効率の両面からボイラー燃費の低減を図っている。

さらに、船内のほぼすべてに省エネ型LED照明を採用するとともに、上甲板のほぼ全面に太陽光発電モジュールを設置することで、車両甲板用LED照明の電力供給を、太陽光を起因とする再生可能エネルギーで賄い、発電機エンジンからのCO₂排出削減に寄与している。

3 NOx排出量の削減(*1)

総合的なNOxとCO₂の排出低減を達成する為、本船の主機関には、川崎重工業が開発した世界初となる水エマルジョン燃料と排ガス再循環装置の複合システムK-ECOS (Kawasaki Economy & Ecology System) を付加した主機関を採用した。

K-ECOSは、①過給機カット運転、②重油に水を混合した「水エマルジョン燃料 (本来混ざらない水と油を乳化で混合した燃料)」、③燃焼後の排気ガスを再び燃焼に使用するシステム「EGR (Exhaust Gas Recirculation) = 排ガス再循環」、を組み合わせたシステムである。

今までの通常の船用2サイクル主機関は、常用負荷で最適性能となるように調整されており、減速運航時に主機関をそのまま部分負荷で運転すると主機関に搭載された過給機に入る排気エネルギーが低下するので掃気圧力が低下、これに伴い主機関の効率が悪化し、単位出力当たりの燃料消費率は悪化する。これを改善する技術として、過給機カット運転があり、これは部分負荷において複数台の過給機のうちの1台のガスの流れを遮断して停止させ、残りの過給機に投入する排

気エネルギーを高い状態で使用し、高い掃気圧、高い燃焼圧を得て、主機関の効率、すなわち燃料消費率を大幅に改善するものである。しかし、通常の過給機カット運転ではNOxの排出が増加することから、これが制限となってしまう主機関の構造上許容される燃焼最高圧を部分負荷で得ることができない。そこで、燃料消費率に影響なく、NOxを低減できる水エマルジョン燃料 (WEF) を過給機カット運転と組み合わせることで、最大限の燃料消費率改善を得るシステムとしたのがK-ECOSである。

また、IMO NOx 3次規制が開始され、排ガス規制海域ではさらなるNOxの低減が求められている。そこで、前述のシステムに排気再循環 (EGR) によるNOx削減技術を組み合わせたシステムとした (図5)。

EGRは排気ガスの一部を吸気として再びエンジンに戻すことにより燃焼時の酸素を減らしてNOx生成を抑制する。EGRは排ガスの再循環率を大きくするとNOx生成量は抑制できるが、その分燃費が悪化する。そこでEGRの再循環率を小さくするためにNOxの生成量の抑制をアシストするのが水エマルジョン燃料である。水エマルジョン燃料は、水分の蒸発潜熱が燃焼ピーク温度を下げる効果でNOx発生量の削減をアシストする。

K-ECOSは、これらの技術の組み合わせにより、一般海域において、従来エンジンと比較して約4%の燃費改善、及び排ガス規制海域において、NOxを80%以上削減しながら、一般海域における従来エンジンと同等の燃費を得ることができる。

4 SOx排出量の削減(*2)

本船はSOx排出量削減のため、三菱ハイブリッドSOxスクラバー (排ガス脱硫装置) システムを採用した。同装置は、陸上用排煙脱硫装置メーカーとして多数の建設実績を有する

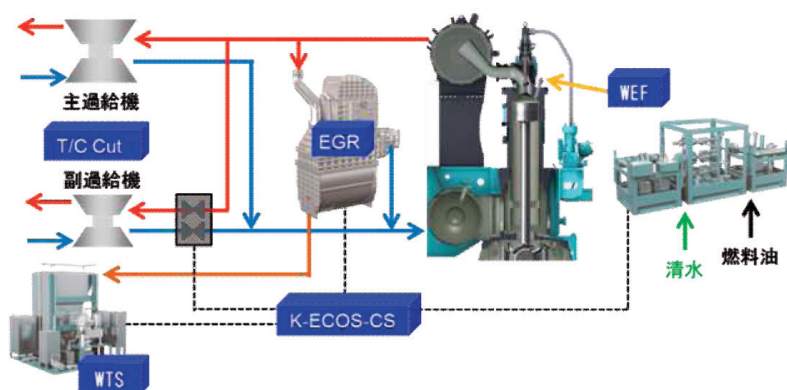


図5 K-ECOS 概略系統図

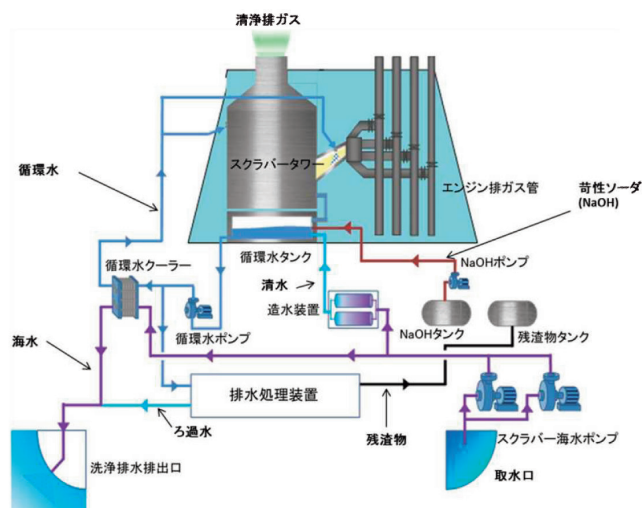


図6 清水循環モード

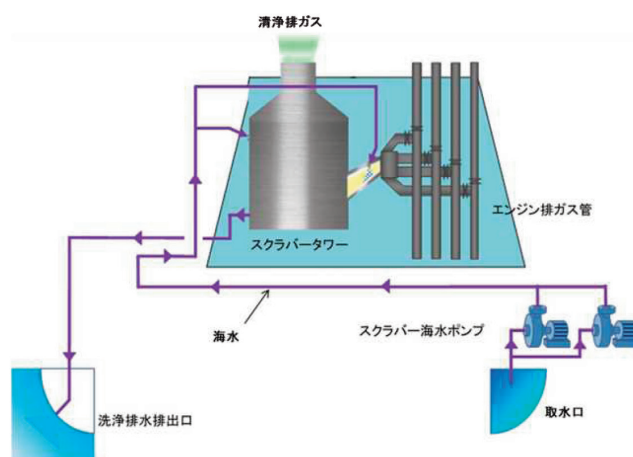


図7 海水1パスモード

三菱化工機と船用機器開発能力を有する三菱重工業により共同開発された製品であり、従来の高硫黄を使用しながらも排ガス中に含まれる硫黄分の量を95%以上削減可能にした。

本システムは排ガス洗浄水を苛性ソーダで中和処理して再度排ガスに散布する清水循環モード（図6）と取水した海水を直接排ガスに散布する海水1パスモード（図7）という2つの排ガス洗浄方法を有する“ハイブリッド型”であり、大洋、河川、港内等すべての航行海域での排ガス洗浄が可能である。

5 おわりに

船舶に対する環境規制が年々強化されていく中、本船はCO₂排出、かつ大気汚染物質（NO_x、SO_x）の排出を大幅に

削減する最新環境対応技術を、国際規制に先駆けて実現させた。

これらの研究開発等は国土交通省の「次世代海洋環境関連技術開発支援事業」(*1に係る部分)、及び、一般財団法人日本海事協会の共同研究テーマ(*1及び*2に係る部分)に採択され、実施しました。本船の設計・建造に際し多大なご指導とご協力いただいた船主関係者、船級協会、関係メーカー並びにその他多くの関係者の方々に誌上をお借りして厚く御礼申し上げます。

(2017年11月1日受付)