

大型カーフェリーの省エネ化への取り組み

Approaches of the Energy-Saving Large-Size Ropax Ferry



恩塚 政憲*¹ 植村 洋毅*²
Masanori Onzuka Yoki Uemura

大和 邦昭*³ 土井 明*⁴
Kuniaki Yamato Akira Doi

森 哲也*⁴
Testuya Mori

当社はこれまでに数多くのカーフェリーを建造してきたが、燃料油価格や国内物流の変動といったカーフェリー船社を取り巻く社会経済的な背景により、従来にも増して、集客力・集荷力に優れた省エネカーフェリーのニーズが高まっている。本報では、燃料消費量低減という観点にスポットを当て、新しい推進プラントを有する省エネカーフェリーの開発における当社の取り組みについて述べる。

1. はじめに

2005 年度を境に始まった燃料油価格の高騰は、リーマンショック直後の 2008 年度後半に落ち着きを取り戻すかに見えたが、翌 2009 年度から再び上昇に転じ、2014 年度の半ばまで 10 年近くに渡ってカーフェリー船社を悩ませてきた(図1)。高齢化した既存船隊の燃料空費と相まって、カーフェリー船社にとって燃料消費量の低減が喫緊の課題であることは論をまたない。

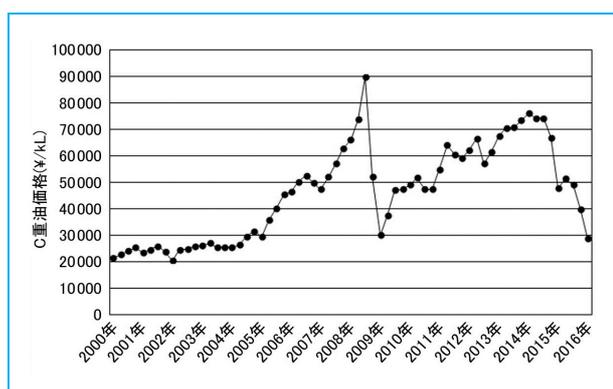


図1 C重油価格の推移

また、長距離カーフェリーが生き残っていく上では、新幹線・LCC(格安航空会社)・高速バス・高速道路との旅客輸送競争に打ち勝ち、社会構造変化や少子高齢化による慢性的な長距離トラックドライバー不足の受け皿としてモーダルシフトを促進していくために、集客力・集荷力の向上が必要不可欠となっている。

このような背景の下、当社は、大型化と省エネ化という相反する要素の両立を図るべく、次世代カーフェリーの開発に取り組んできた。本報では、まず、当社が開発に取り組んできた次世代カ

*1 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部

*2 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部 次長

*3 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部 課長

*4 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部 首席技師

カーフェリーの推進プラントのコンセプトについて紹介する。次に、実際の採用事例として、2015年に新門司～泉大津航路、大阪～新門司航路に相次いで投入された、最新鋭大型カーフェリーについて紹介する。最後に、今後の取り組みについて総括する。

2. 次世代型推進プラント

一般的にカーフェリーでは、通常の商船と比べて高速で推進馬力が大きく、利用する岸壁の喫水制限からプロペラ直径が制約され、1つのプロペラでは所要の推進馬力を吸収することが困難となるため、従来は独立した2組の推進系統を左右対称に配置した2機2軸ディーゼル推進方式が採用されてきた。2軸推進方式は、所要の推進馬力が2分割されることでプロペラ起振力が低減され、振動や騒音が抑えられる事や、一方の推進系統や操縦装置が故障しても残った方で航行を継続出来るといった冗長性を有しており信頼性・安全性に優れているが、喫水線下に軸系の支持構造物であるシャフトブラケットやボッシングが必要になり、付加物抵抗が1軸船と比べて大きくなってしまふという問題があった。

そこで、当社では、推進プラントの冗長性を維持しつつも、良好なる燃費性能が得られるような次世代型推進プラントの開発に取り組んできた。図2に次世代型推進プラント⁽¹⁾のコンセプトを示す。

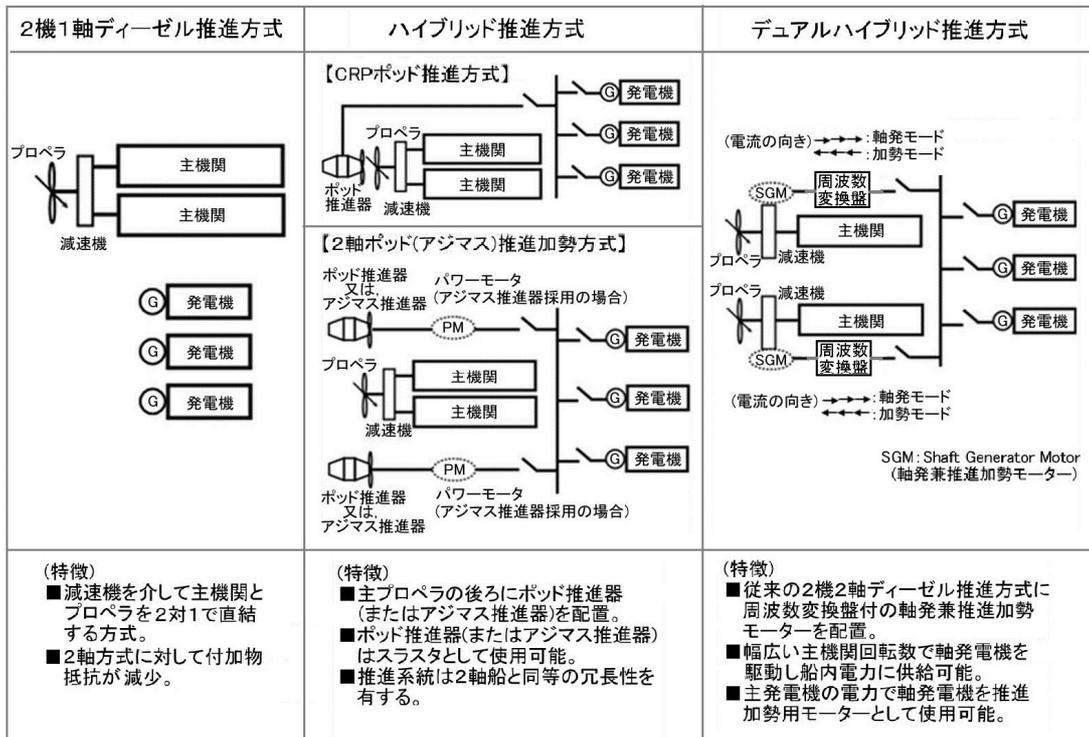


図2 次世代型推進プラント

2機1軸ディーゼル推進方式は、1軸船型を採用する事でシャフトブラケットを無くし、ボッシングの数を減らすことで2軸船から推進性能向上を図っている。2台の主機関を採用することで主機関の故障に対しても冗長性を確保しているが、軸系や操舵装置に対しては2軸より冗長性に劣るため、採用にあたっては信頼性確保が重要となる。また、プロペラ直径を大きくしてプロペラ効率の向上を図る際は、プロペラ起振力の影響を抑えるため喫水下のプロペラと船底外板との適切なクリアランスを確保する必要がある。

ハイブリッド推進方式は、ポッド状の容器の中にモーターが組み込まれたポッド推進器や船内に配置されたパワーモーターにより駆動されるアジマス推進器などの電気駆動推進器と主機関駆動の主プロペラを組み合わせた方式で、1軸船型の良好な推進性能を生かしつつ、主機関駆動の推進系統と電気駆動の推進系統を独立させることで、2軸船と同等の冗長性を確保している。

また、ポッド推進器とアジマス推進器は360度回転させる事が出来るので舵やスタンスラストとして使用することにより、航海時や港内操船時の操縦性向上が期待出来る。ハイブリッド推進方式の内、CRPポッド推進方式は、ポッド推進器を主機関駆動の主プロペラの同軸心延長上の直後に近接して配置した方式で、主プロペラとポッドプロペラを1組の二重反転型推進器(CRP: Contra Rotating Propeller)としている。主プロペラの生み出した回転流をポッドプロペラが回収することで、プロペラ効率の向上が図られている。2軸ポッド(アジマス)推進加勢方式は、主機関駆動の主プロペラの両サイドに電気駆動のアジマス推進器を配置した方式で、万一の駆動系・軸系のトラブルに対する冗長性と高い操船性を有している。

デュアルハイブリッド推進方式は、従来の2機2軸方式に対して軸発による推進加勢というアイデアを付加した方式で、2機2軸方式の長所を生かしつつ、主機馬力の低減が図られている。従来の2機2軸ディーゼル推進方式では、港内操船時にサイドラストの電力を賄うため、減速機を介して主機関で駆動する軸発電機(Shaft Generator)を採用するケースが一般的であった。このタイプの軸発電機は、コンビネータ制御による増減速中や荒天時に主機回転数が変動している状態では、軸発電機で発生する電源周波数が変化するので船内電力には使用出来なかった。デュアルハイブリッド推進方式では、軸発電機の周波数を船内給電に適した周波数に調整する周波数変換盤を採用することで、主機関の駆動回転数に関係なく通常航海中も燃費効率に優れた主機関のエネルギーを船内電力として供給することが出来る。さらに、主発電機からの給電により、軸発電機を推進加勢用モーターとして使用することを可能としており、所要船速に合わせて軸発兼推進加勢モーター(SGM: Shaft Generator Motor)の機能を使い分けることで、運航モードに自由度が増す。

3. 最近の採用事例

2章で述べた次世代型推進プラントの内、2015年に新門司～泉大津航路に就航した阪九フェリー(株)の“いずみ/ひびき”にデュアルハイブリッド推進方式を採用した。また、同年、大阪～新門司航路に就航した、鉄道建設・運輸施設整備支援機構と(株)名門大洋フェリーの共有船“フェリーおおさかII/きたきゅうしゅうII”にハイブリッド推進方式(2軸アジマス推進加勢方式)を採用した。両船が就航する瀬戸内航路は島嶼(とうしょ)群があり船舶の往来が多く、狭水域での追い越し制限もあり、高い操船性が要求される。両船の推進プラントの選定にあたっては、省エネ性能はもちろんのこと、これら航路事情や推進系故障時の冗長性、乗員の使い勝手、メンテナンスなどのライフサイクルコストも加味し、最適な推進プラントを選定した。さらに両船の推進プラントに合わせた省エネ船型を開発し、当社独自の省エネ技術である三菱空気潤滑システム(MALS: Mitsubishi Air Lubrication System)⁽²⁾との組み合わせにより燃費性能の向上を図った。次節に両船の推進プラントの概要を示す。

3.1 デュアルハイブリッド推進方式

“いずみ/ひびき”の推進プラント計画では、所要推進馬力の面からCRPポッド推進方式の採用も視野に入れて検討が進められたが、最終的に従来から実績があり乗員が操船に慣熟している中速機関2機2軸推進方式をベースにしたデュアルハイブリッド推進方式が採用された。図3に本船のプラント構成を示す。本プラントは周波数変換盤と同期調相機、及び、軸発電機で構成されたサイリスタ軸発システムを備えている。軸発給電モードでは軸発電機の交流電力は周波数変換盤内のサイリスタコンバータで一旦直流電力に変換され、その後同期調相機とサイリスタインバータで一定周波数の交流に変換されて主配電盤へ供給される。また、主配電盤による自動負荷分担制御により主発電機との並列運転も可能としている。推進加勢モードでは、主発電機の余剰電力を軸発電機に供給し、モーターとして推進加勢することで、主機関が燃費効率の良い出力域を維持したまま推進出力を上げることが出来る。このように本船に要求される推進出力と船内電力の需要状況に応じて主機関と発電機のエネルギーを柔軟に使用出来るといった特徴を持つ。

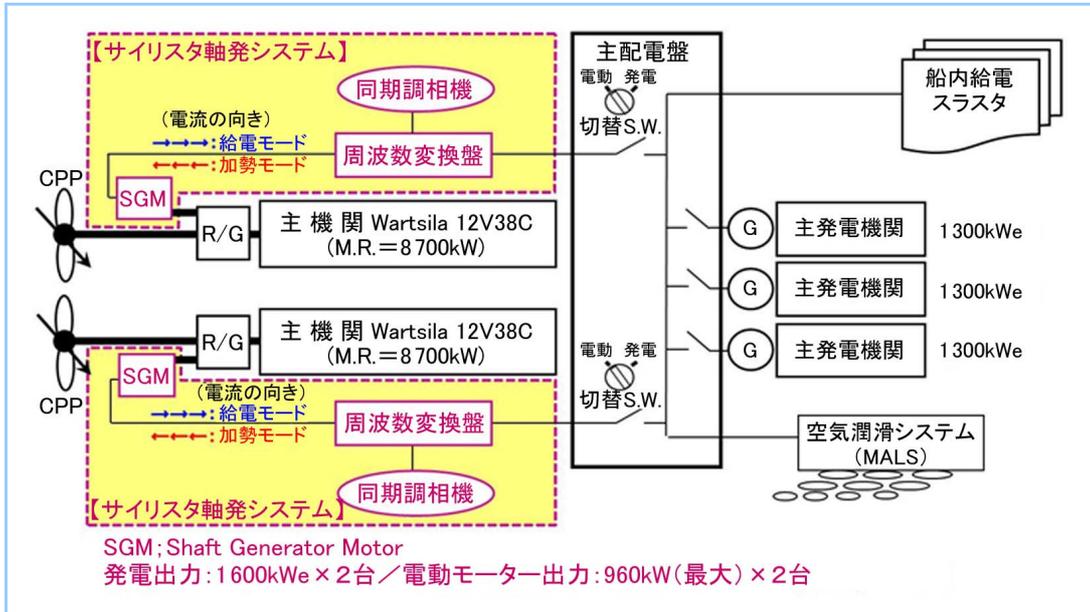


図3 デュアルハイブリッド推進方式

表1に本船の主要目を被代替船と比較して示す。本船は8レーンから9レーンへの大型化により車両搭載能力を増強しつつも、当社独自の省エネ技術との組合せにより燃費性能が向上しており、トラック1台当たりの輸送燃費は被代替船から約 35%の改善を達成している。

表1 “いずみ/ひびき”主要目比較表

船名		被代替船	“いずみ/ひびき”
主寸法	全長	189.0m	195.0m
	船幅/レーン数	27.0m / 8レーン	29.6m / 9レーン
	総トン数	15188	15897
車両搭載台数	8.5mトラック	219 台	277 台
	乗用車	77 台	188 台
旅客定員		810 名	643 名
航海速力		23 kt	23.5 kt
推進・操縦プラント		2機2軸 CPP	2機2軸 CPP + 軸発兼用推進モーター
主機関	最大出力×数	11915kW×2	8700kW×2
	軸発兼推進加勢モーター	—	960kW×2
プロペラ	型式×数	可変ピッチプロペラ×2	可変ピッチプロペラ(HVFC 付)×2
その他		—	MALS 装備

HVFC: Hub Vortex Free Cap

3.2. ハイブリッド推進方式(2軸アジマス推進加勢方式)

“フェリーおおさかII/きたきゅうしゅうII”の推進プラント計画では、燃費低減を第一義としつつ、瀬戸内海航路ならではの操縦性も追求した。図4に本船の推進器の配置を示す。主プロペラは可変ピッチ式で、クラッチ付き減速機を介して2台の中速ディーゼル主機関により直接駆動される。その両サイドに位置するアジマスプロペラも可変ピッチ式で、主発電機からの電力により、アジマス推進器直上の船内に据え付けられた推進電動機で駆動される。本船では2機1軸ディーゼル推進方式のメリットを生かすべく、アジマス推進器は敢えて小型とし、高効率かつ機械駆動の大直径プロペラを主推進器とすることで、燃料消費量低減を図っている。アジマス推進器は 360度旋回式で、離着岸時にはスタンスラスタとして、低速航行時には舵および推進装置として、高速航行時には推進加勢装置として、それぞれの機能を最大限に発揮できるよう、3つの制御モードを構築している。2基のアジマス推進器は小型ながらも、港内や島嶼群といった低速航行区域での操船性向上に寄与しており、瀬戸内海航路に適した推進プラントと言える。

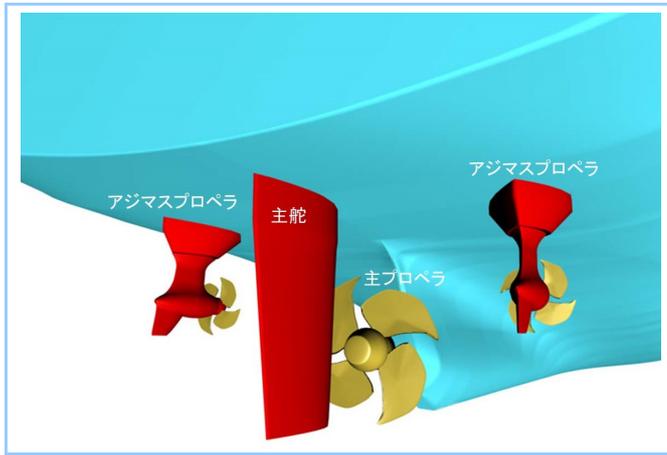


図4 “フェリーおおさかII/きたきゅうしゅうII”の推進器配置

表2に本船と被代替船の主要目を比較して示す。車両搭載台数とホテルエリアを増強するため、総トン数ベースで約 1.5 倍の大型化が図られているにもかかわらず、推進プラントの総出力が大幅に低減されていることが分かる。トラック1台当たりの燃費低減率は約 30%で、運航コスト改善に大きく貢献している。

表2 “フェリーおおさかII/きたきゅうしゅうII”主要目比較表

船名		被代替船	“フェリーおおさかII/ きたきゅうしゅうII”
主寸法	全長	160.0m	183.0m
	船幅/レーン数	25.0m / 7レーン	27.0m / 8レーン
	総トン数	9479	14920
車両搭載台数	12mトラック	110 台	146 台
	乗用車	100 台	105 台
旅客定員		713 名	713 名
航海速力		22.9kt	23.2kt
推進・操縦プラント		2機2軸 CPP	2機1軸 CPP +アジマス推進加勢
主機関	最大出力×数	9930kW×2	7000kW×2
推進電動機	最大出力×数	—	1000kW×2
主プロペラ	型式×数	可変ピッチプロペラ×2	可変ピッチプロペラ×1
アジマスプロペラ	型式×数	—	可変ピッチプロペラ×2
その他		—	MALS 装備

4. まとめ

当社は、リーマンショック以降、長らく低迷してきた国内経済の中で、内航海運によるモーダルシフトの促進とカーフェリー船社の経営革新に貢献すべく、トラック輸送効率に優れた省エネカーフェリーを開発してきた。今後、クリーンなエネルギーとして注目を集める LNG 焚き推進プラントといった次世代型プラントの開発も視野に入れ、省エネ推進プラントのラインナップ拡充を図り、カーフェリー船社のニーズに応じていく所存である。また、一般のカーフェリーユーザーに対しても船旅を満喫してもらえるような付加価値を提供していく事が当社の責務であると考えます。

参考文献

- (1) 森 哲也ほか、次世代カーフェリーの省エネ化への取り組み、三菱重工技報 Vol.44 No.3 (2007) p.34～38
- (2) 溝上 宗二ほか、船舶の省エネ運航を実現する三菱空気潤滑システム、三菱重工技報 Vol.50 No.2 (2013) p.59～64