新形式スーパーエコシップ（SES）の開発*

- 2 軸型 SES の開発の状況と今後の展望

加 戸 正 治**

Development of New Type Super Eco Ship
-Present State and View of Twin-propeller Type SES Development

By Masaharu Kado

Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency (JRJT) has developed three types of SES for domestic coastal ships and promoted their wide use under the support of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. These three types of SES, the Line Shaft CRP type, the Tandem Hybrid type and the Twin POD type were developed in cooperation with shipbuilding companies and marine equipment manufacturing companies. In total, 17 SES type ships have been delivered and currently three more SES ships are under construction. JRJT, research organizations and engineering and manufacturing companies are now jointly promoting the development project of Twin-propeller type SES as a new type of SES in addition to the three existing SES. Twin-propeller type SES is expected to give higher performance and lower building costs in comparison with the other SES and all other similar type of ships.

1. はじめに

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構(以下「鉄道・運輸機構」と略)では、国土交通省の支援のもとに内航船へのスーパーエコシップ(SES)の普及促進を進めてきた。これまでに造船会社、船用機器メーカー等の協力を得て、ラインシャフト2重反転プロペラ(CRP)方式、タンデムハイブリッド方式、ツインポッド方式の3つの推進方式によるSESを開発し、普及促進に努めてきた。既に 17 隻のSESが就航中であり、さらに 3 隻が建造中である。

今回これらの3方式に加え、4番目の方式として新たに図 1. の完成予想図に示すような2軸型SES開発を企画競争入札により実施者に選定されたヤンマー株式会社、(独)海上技術安全研究所(以下「海技研」と略)等の協力を得て進めている。

この2軸型SESは推進器を 2 軸化することによりプロペラ効率の向上やツインスケグ船尾船型の最適化による船型開発などにより主機出力を低減し燃費の改善、CO2 排出量の低減をはかるだけでなく、通常の変ピッチプロペラ(CPP)等の汎用機器を使用することにより、これまでのSESと比べて建造コストやメンテナンス費用を低減し、運航経済性をより改善することを可能としている。

2010 年 10 月に開催したSES技術セミナーにて報告した内容をベースにその後の開発状況を含め報告する。

*原稿受付 平成 23 年 2 月 18 日。

** (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 (横浜市中区本町)

図1 2軸型SESの完成予想図

2. 2軸型SES開発の背景および目的

鉄道・運輸機構は、内航船の船齢が高くなり経済性のみならず安全性が問題になってきていることに鑑み、早期のリプレースを促進するとともに、安全で環境に優しく、より経済性の高い船舶にしていくことを目的に共有船事業を展開してきた。特にそのトップランナーとして、これまでスーパーエコシップ(SES)を提唱し、実用化に向けて推進してきた。これまで 20 隻近くのSESを実用化してきたが、実際に運航されている船主やオペレーター、あるいはまだSESを採用していないが興味を持っている事業者の意見を聞くと、「従来船と比較して船価差がまだ大き

い」という声が多い。従来船とSESの船価を比較すると約20%の違いがあり、それが要因で検討はしたが採用までいたらないケースが多い。鉄道・運輸機構は、SESの普及促進に向けて船舶使用料の金利優遇措置等の助成に取り組んでいるが、予算上の制約もあり、このような助成制度を将来的にも続けられるかは不透明である。

このような経緯から、図2. に示すように、従来船と比べた建造コストを小さく抑えて、出来るだけ多くの船主、オペレーター、荷主に採用しやすいタイプのSESができなかと検討し、ひとつの提案としてこの2軸型SESが出てきたものである。現在のSESに加えて2軸型SESという新形式を加えることで選択肢の幅をさらに広げ、さまざまな船種・用途に使用できるSESとすることで安全で環境に優しく、経済性の高い内航船舶の普及という目的の達成につなげていきたいと考えている。

図2 新形式SESの開発の背景

3. 2軸型SESの特徴

3.1 特徴その1・・・省エネ効果と建造コスト差縮小

現在の3形式のSESにはそれぞれに特徴があり、4 番目の2軸型SESがそれらに置き換わるということではない。タンデムハイブリット方式は比較的大型の船舶に適用しやすく、ポッド方式は狭い航路や港湾への航行が容易であり、これまでに竣工したSESの多くに採用されているCRP方式は燃費性能が一番高い。しかし、推進電動機の制御用インバータや2重反転プロペラのような従来あまり使用しない機器を採用しているため、どうしても従来船との建造コスト差が大きくなってしまいう課題があった。インバータは最近では産業用、家庭用に広く普及しているが、船舶の推進電動機の制御用としてはまだ価格が高いのが現状である。

これに対して2重反転プロペラの代わりに、2軸のプロペラとし、インバータの代わりにCPPを使用する⁸⁾ことにより、従来からの汎用機器を使用して新たなSESを建造できないかと開発したのが2軸型SESである¹⁾²⁾³⁾。図3. に示すようにインバータを必要とせず、従来からあるCPPを

採用することで従来船との建造コスト差を10%以内に抑えるという開発目標を設定した。2軸型SESの特徴は、燃費性能の良さを維持しつつ、建造コストも従来のSESより抑え、採用しやすいSESとしたことである。「従来船との建造コスト差10%以内」という目標は普及促進のためにはまだ高く、さらに一層のコスト低減を図る必要がある。燃料油価格と省エネ効果との見合いで、燃料油価格が上昇すれば船価差が10%程度でも2軸型SES経済的だが、その逆だと採用が難しくなる。将来的に建造コストをさらに低減することができれば、各種補助制度がなくても内航船舶がSESに代替されるものと確信している。

現在のSESも開発した造船会社、機器メーカーを中心に更なる省エネとコストダウンの努力は続けられており、相互に切磋琢磨することにより、さらにSESの特徴を発揮できるようになることが期待される。

図3 2軸型SESの省エネ効果

3.2 特徴その2・・・より高い安全性と操縦性

2軸型SESの開発の目的は船価差を縮小させるところにあるが、その特徴はそれだけではない。2軸型SESでは、万が一事故や故障などで一方の系統にトラブルが発生した場合でも他方の機器で安全な運航が継続できる可能性が高くなる。仮に片軸運転となっても計画速力の約70%の速力を維持できる。発電機から推進モーター、プロペラまで独立分離しているのもより冗長性が高い安全性の高い船だと言える。

また2軸のCPPを独立に翼角を制御して運航できるので、2基の操舵装置とバウスラスタースとの統合的な制御により、航海時、出入港時の操縦性も飛躍的に向上することができる。今後実施する運動性能水槽試験や操船シミュレーターを使用したシミュレーションにより、さらに最終的には実船の試運転により操縦性の良さを定量的に確認する予定である。

3.3 特徴その3・・・メンテナンス性

これまでのSESにはインバータを多く使用しているため船価が高くなるだけでなく、メンテナンス費用がかかるのではと心配されてきた。また半導体や電解コンデンサ

一等を多用しているため温度や塩分等の設置する環境によって寿命にも大きく関わってくるといわれている。一方2軸型SESでは、インバータを使用しないのでメンテナンス費用を削減することができるものと期待された。鉄道・運輸機構では、749 総トン型のSES油タンカーで20年間運用した場合の推進系のメンテナンス費用について、CRP方式のSESと従来船とを比べた比較調査を行った。

SESではインバータやCRPのメンテナンス費用は増加するが、主機および発電機の費用が低減するのでトータルでは低減するとの試算結果を得た。これをもとに2軸型SESの場合のメンテナンス費用を試算した結果を図4に示した。これによるとFPP型従来船を100とすると2軸型SESでは92となりCRP方式のSESと比べても、10%程度のメンテナンス費用の削減が見込まれた。また鉄道・運輸機構では22年度に「インバータの保守整備に関する調査研究」を実施しており、インバータのメンテナンス費用に関する心配も払拭していく計画であり、より精度の高い比較推定を行う予定である。

図4 2軸型SESのメンテナンス費用の推定

3.4 その他の特徴

これまでSESは、省エネ効果とそれに伴うCO2削減にスポットが当てられてきた。しかし、SESの特徴はこれだけではなく、冗長性や操船性、安全性、維持管理などについても従来船と比較して優位性が高い。さらにSESでは機関室における日常点検作業がブリッジなどでモニタリングができるようになっている。また、主機を起振源とする騒音や振動が約10dB小さくなることで船内生活がより快適となり、船員の疲労が軽減されひいては、海難防止につながる効果もある。さらに2軸型SESでは、それらのメリットの中でも特に「操船性の良さ」をクローズアップすることができる。2軸CPPと2舵を有していることから、従来船と比べて効率的な操船が可能になると期待できる。安全面だけでなく、出入港時間の短縮による経済性や、内航船の船員の負担軽減による内航船員問題の解消にもつながってくると期待できる。

4. 2軸型SESの船型開発

4.1 ツインスケグ2軸型の採用

従来から主として中高速船で用いられてきた2軸船の軸は、主にシャフトブラケット方式が使用されてきた。シャフトブラケット方式は船外のプロペラ軸とそれを支える大きなブラケットが船外に露出しているため、船尾部の流場に付加物があることで抵抗増加と推進効率を悪化させてしまう問題があり、またベアリング部分が水中部分に露出しているため、メンテナンスや浮遊物の衝突によるトラブルなども考えられる⁵⁾⁶⁾。

一方ツインスケグ型は、プロペラ軸を囲い込む様に船尾形状を構成し、その形状を最適化することにより抵抗低減と推進効率向上を図っている⁴⁾。従来からいろいろ研究されては来たが、採用された事例が少ないのは船尾形状の複雑化に伴う機関室の配置の成立性にある。特に小型船であればあるほど機関室の配置が困難となり、成立しなかったことによる。しかしSESにおいては、電気推進とすることで推進軸系、減速機、推進電動機の配置にスペースの余裕ができ、またディーゼル発電機との自由度の高い配置が可能となり、ツインスケグ2軸型が成立できるようになった。この為に船体の浮心位置を従来船ではトリムの関係から船体中央より船首寄りであったものを、船尾側に移動し、従来船に比べ船首肥大度を緩和し、造波抵抗を減少させることが可能となった。これらの意味からも、ツインスケグ船型は電気推進の良さを最大限に活用した2軸型SESのための船型だともいえる。

図5 2軸型SESのパワーカーブの比較

4.2 船型改良

一部に電気推進にすると省エネになるとの誤解があるが、ディーゼル機関直結と比較すると、電気変換ロス分だけ効率低下する。その率は約15%にもなりそのままでは省エネ率は悪化する。電気推進化による配置の自由度を生かして船型改良を行い、船体抵抗の低減と推進効率の向上をはかり、電気変換ロス分をリカバーし、さらに

良くすることにより省エネが達成されるものである。

749 総トン型タンカーの例でごく大まかにその省エネ効果を表現すれば、同クラスの従来船と比べて船型改良による効果は+10%、2軸による推進効率の効果は+15%であり、一方電気推進化による効果低下-15%であり、トータルで約10%の省エネ効果となると予想している。

図5. に従来船とSESの比較パワーカーブを示す。これは最近の従来船の試運転結果を海技研の性能計算プログラム「HOPE」を用いて再評価し、同じベースでSESの性能推定を行ったものである。

この性能の確認、評価と更なる船型改良のため図6. の写真の如く海技研の試験水槽において現在水槽試験を繰り返し実施中である。さらにCFDを用いたスケア形状の最適化の研究も併せてすすめている⁷⁾²⁾。スケア形状はトンネル部とともに性能上重要な要因であり、特に推進効率への影響が大きいことがわかっている。以前より効率改善のため配置、形状、傾斜角、附加物等いろいろな工夫が研究されてきた²⁾。しかし小型内航船への適用に際しては建造しやすさも考慮して検討をすすめている。

図6 水槽試験状況(於:海上技術安全研究所)

5. 2軸型SESの推進システム

5.1 推進システムの要目

2軸型SESの開発船として、現在表1. 主に示す主要目の白油タンカー、ケミカル船、セメント船の3船種をマーケットの状況から実現性が高いと判断して、その基本計画をすすめている。これらの要目は今後の開発の進展により変更される可能性がある。また今後マーケットの状況に応じて船種、船型を増やしていく計画である。

シーズ面からはセメント船の例のようなL/Bの小さい幅広船型は従来船と比べて2軸船の特徴をより生かしたものであり、今後ニーズが出てくることを期待している。

図7. に3船種の中でも先行して進めている749 総トン型白油タンカーの配置図を示す。機関室の長さをできる

だけ短縮し、貨物の重心位置を船尾側なるようにタンクを配置した。

表1 主要目表

船種	749総トン型タンカー	499総トン型ケミカル船	749総トン型セメント船
総トン数	749トン	499トン	749トン
Loa	73.2m	65.3m	79.9m
Lpp	69.9m	62.2m	74.4m
B	11.5m	10.2m	13.8m
D	5.2m	4.6m	7.8m
d	4.7m	4.2m	4.7m
DW	1,700 t	1,200 t	2,150 t
速力(計画満載)	12.0 kt	10.5 kt	12.5 kt
推進装置	CPP×2軸	CPP×2軸	CPP×2軸
推進電動機出力	500 kw×2基	300 kw×2基	630 kw×2基
発電機出力	600 kw×3基	480 kw×2基	800 kw×3基
燃料	A重油・C重油	A重油	A重油・C重油
荷役システム	電動	電動	電動

図7 749 総トン型白油タンカーの配置図

749 総トン型白油タンカーの基本計画において採用した2軸型SESの推進システムの主要な構成機器の例は下記のとおりである。

- ①推進用電動機.....2基
高効率三相かご型誘導電動機
AC450V、60Hz、500kw×720min⁻¹
- ②CPP.....2基
4翼CPP、約2.4m径×約200min⁻¹
- ③減速機.....2基
500kw×720min⁻¹/約200min⁻¹
- ④主発電機関.....2基または3基
立型水冷4サイクルディーゼル機関
660kw~800kw×900min⁻¹
全閉防沫型水冷三相同期発電機
600kw~750kw×8P×450V
- ⑤主配電盤および推進電動機始動器盤.....1式

推進用電動機はCRP型SESではIGBTインバータを用いた速度制御を行っているが、ツインポッド型SESと同様に2軸型SESでは1速としCPPによる翼角制御で速度制御を行うものとした。インバータとCPPの制御方式には一長一短があるが、将来インバータのコストが普及に伴

い、さらに下がればインバータ制御とする可能性もある。電動機の起動は減電圧起動方式とし起動電流を出来るだけ抑さえ、発電機1基または2基で起動できるように計画している。

SESの省エネ効果は単に満載状態、計画速力での燃費が小さいだけでなく、バラスト状態や計画速力以下の速力で運航する場合の燃費削減にもパワーマネジメントによりその有効性を発揮することができる。推進電動機の負荷に応じた必要電力量を3基ある発電機の運転台数を切り替えて、常に燃費率の良い90%~70%負荷で運転することにより得られる。発電機の台数を3基にすれば細かなパワーマネジメントが可能である。発電機台数を2台としてパワーマネジメント効果を少しさげることにより、建造コストを下げることも可能である。

発電機の原動機としては中速ディーゼル機関を使用する。コンパクトな配置が可能となり、騒音振動も低減することができる。一般には低速機関と比べ燃費率が低下し、C重油対応が困難となる場合もあるが、本計画ではそれらに十分対応できる最新の中速機関を計画している。

このほかにSESにすることにより高度船舶安全管理システムのより容易に導入することが可能となり、メンテナンスの合理化につなげることが可能である。

5.2 2軸型SESの機関室配置の検討、評価

図8に機関室下段の平面図を、また図9に機関室後部の断面図を示す。ツインスケグ船型は2軸のプロペラ軸を囲むツインスケグ部とその間のトンネル部から構成される。ツインスケグ部は船尾に向かって細くなっており、従来のディーゼル機関直結方式では、ツインスケグ部に配置しようとする、中間軸を長く伸ばして原動機に直結する必要がある配置上有効でない。2軸型SESでは中間軸に推進電動機と減速機を直結させるので、狭いツインスケグ内に有効に配置することができた。また図9に示すように大きなディーゼル機関は機関室の上段に配置し、機関室全体の効果的な配置として小型化することができたものである。

それでも小型船では狭いツインスケグ部に配置することは容易ではない。さらにトンネル部の傾斜角度は性能上重要な要因であるが、機関室、ポンプ室および貨物タンク後端部の配置上から制約を受ける。当初の初期線図では減速機や推進電動機が機関室に入らず、機関室の長さを延長し、トンネル部のスロープの起点を調整するなど、性能面への影響を考慮しつつ、線図を何度も作成し直して機関室の配置を成立させることができたものである。

一般に推進用電動機の回転数は 720 min^{-1} 、 900 min^{-1} 、 1200 min^{-1} から選択される。回転数を上げれば電動機の形状は小さくなるが、減速機は減速比が大きくなり、その

分大きくなる。トータルでコンパクトな機器配置となるよう繰り返し比較検討して決定した。

機関室全長を短くしたこともあり、上部にディーゼル機関、発電機の配置もかなり厳しくなっている。日常の監視、メンテナンスに必要な機器の最も多いのもこの区画である。作業スペース等も考慮した上でギリギリまでつめる必要がある。従来船からすると機関室が狭いという批判がでてくるかもしれないが、2軸型SESは新しいコンセプトの船であり、従来船のごとく運航中に頻繁に点検する必要がない船であることの理解を船主、乗組員から得ることも重要であることを考慮してすすめた。

図8 機関室配置図の検討例(平面)

図9 機関室配置図の検討例(断面)

6. 建造コスト差と経済性評価

6.1 建造コスト差の推定

従来型との建造コスト差を10%以内に縮小することを開発の目標にしたが、これを確認するため多く建造されている黒油タンカーと白油タンカーについて鉄道・運輸機構の積算基準に準拠して概算比較見積を行った。その結果を図10に示す。

- ①2軸型SES方式の749総トン黒油タンカー
- ②通常型749総トン黒油タンカー(実績船)

- ③2軸型SES方式の749 総トン白油タンカー
④通常型749 総トン白油タンカー(実績船)

①と②の黒油タンカーの比較では②の実績船とほぼ同仕様でこれを2軸型SESとした場合の比較を行い、その建造コスト差は約11%であった。また③と④の白油タンカーの比較でも同様に④の実績船に合わせた仕様で8%の差となった。コスト差の大小は主発電機の基数やAまたはC重油仕様等による効果が大きく、一概に結論付けできないがいずれの場合も約10%となり、目標とする10%以内という目標達成に目途がついた。

この建造コストにはSESに対する鉄道・運輸機構の金利優遇差やNEDOの助成金は含まれていないので、これらの助成策を考慮すると10%の差は実質的にはほとんど差が無いところまで近づくものと思われる。将来SESに対する助成策がなくなっても普及拡大を続けられるものと期待される。

ただし、建造コストは船の仕様や造船所、そのときの資材価格状況により、また造船マーケットにより実船価は大きく変動するのでこれだけで船価を論じるのはリスクが大きい。SES開発の達成度の目安として使用すべきと考える。

図10 建造コスト差の比較例

6. 2 経済性評価

運航採算計算を下記の条件にて行った。

- ①1 隻のみを保有し、運航する船社として計算
- ②14 年で定額減価償却を行う
- ③共有船とし、15%を銀行借入れ、5%を自己資金
- ④特定の省エネ助成等は考慮しないで計算する
- ⑤2軸型SESと従来船との相対比較評価する
- ⑥C 重油価格と運賃をパラメータとして計算する

その他条件は公表されている内航海運のコスト分析報告書等²⁾¹⁰⁾に倣った。計算結果をグラフにした1例を図11. に示す。年間の損益と累積損益の経過年度ごとの変化を示したもので、C重油価格が50,000 円/kL、運賃が2,000 円/tの場合の計算をグラフにした例を示す。この

例では最初の14 年間は収支トントン状態が続き、定検で修繕費用のかさむ年には一時的に赤字になり、14 年後の累積損益で6,900 万円の利益となる。しかし当初の5% 自己資金を回収ができていない。その後は償却完了し、共有船使用料もなくなり、年間5,000 万円の利益が発生し、20 年後の累積損益では4 億5,000 万円の利益となることを示している。

C 重油価格と運賃をパラメータにして、このような計算を繰り返し行いその影響を比較評価した。C 重油価格が上昇すると収益が低下し、運賃が上昇しても収益確保は困難となる。現状は50,000 円程度で推移しているが、過去に90,000 円まで高騰した時期もあった。

2 軸型SESと従来船とを比較すると2 軸型SESは船価10%程度高い分だけ運航採算上不利になる。C 重油価格の上昇に伴いこの差は小さくなるが、まだ大きな差がある。年間の総支出の中で燃料費の占める割合は20%程度であり、2 軸型SESにより10%の燃費を削減したとしても、総支出に対する効果は2%程度である。一方償却費、支払い利息は年間総支出の約35%を占め、この影響のほうが2 倍大きい。従って燃料費低減10%の効果に見合う、船価上昇許容値は5%程度であり、今回の目標の建造コスト差の設定では、まだ十分ではない可能性がある。

図11 運航採算計算例

749 総トンの従来船とこれより船価が10%高い2 軸型SESの経済性比較を行った結果、鉄道・運輸機構やNEDO等の助成制度が無い場合には、2 軸型SESの燃費削減効果10%では、単純な運航採算計算による経済性比較では従来船を代替するには不十分である。建造コスト差をさらに縮小するか、更なる性能改善による燃費削減が必要である。

以上の検討は年間の実航海時間(主機の運転実時間)の割合を33%程度とした場合であり、これより実航海時間が長ければ、2 軸型SESは優位になり、逆に短くなれば不利になることを留意することが必要である。

7. 2軸型SESの開発状況

船の建造段階は、主に①基本計画 ②基本設計 ③詳細設計 ④建造に分けられるが、現在は749総トンのタンカーについて2軸型SESの基本計画が完了し、この結果を受けて基本設計を展開している段階であり、構造設計、諸計算、詳細配置、艤装仕様検討をすすめている。さらに749総トンのセメント船や499総トンのケミカル船の基本計画に着手した段階であり、今後マーケット調査をすすめるニーズがあれば他の船型船種を広げていく予定である。図12.に示すように2011年9月までにこれらの基本設計を完了する予定であり、実船の建造に向けての準備も併行してすすめている。

これまでは鉄道・運輸機構が中心となって基本計画を進めてきたが、今後は企画競争入札により選定されたヤンマー株式会社を中心とする開発グループに基本設計以降の展開を委託することとしている。研究委員会を設置し、その中で水槽試験を含めて船型開発や基本設計、推進システムなどシステム設計を進めていく。水槽試験や船型開発については、海技研等の協力を得ながら進めている。今後水槽試験と船尾のCFD解析を実施し、その性能が計画どおりであることの確認、評価を行う。

これら一連の2軸型SESの開発の結果をもとに、実船建造の拡大をすすめて行く方策として、この2軸型SESを共有船として建造したいと考えているオペレーター、船主や造船所に対して、計画仕様書や基本設計図、計算書などの2軸型SESの技術資料を無償で提供し、技術支援していく予定である。

図12 開発スケジュール

8. 更なる展開へ

8.1 一般貨物船への展開

2010年10月に開催した「SES技術セミナー」において、

参加者から「一般貨物船で2軸型SESはできないか?」という問い合わせがあった。また実際に隻数は極く少数ではあるが電気推進の499型鋼材運搬船も運航されている。

これまでのSESはタンカーやセメント船を中心に普及してきたが、これらの船種は電動荷役装置があり、このために発電機等の電気設備を従来船でも有していた。従ってSESにして大きな発電設備が追加となってもその船価差を軽減出来たことが大きな理由である。一般貨物船のSESは技術的には十分可能であるが、経済的な成立性には大きなハードルがある。しかし内航船の50%を占める一般貨物船まで広げていくことができれば、本当の意味で内航海運の環境・安全対策につなげることができる。そのためには、船価差を埋めるための更なる工夫が必要である。

8.2 幅広2軸型SESへの展開

4形式のSESが出揃うことになるので、それぞれの特徴をうまく使い分けて普及させていきたい。タンデム型は大型船、ツインポッド型は狭い港に出入りする船などに有効で、CRP型と2軸型はお互いに競争して燃費向上と船価差低減の面で切磋琢磨していくことになる。

さらに2軸型SESには、幅広船型を生かせるという大きなメリットがある。これまでのSESでも「安鷹」や「海光丸」という749総トン型セメント船で幅広船型を採用し、従来船と比べて十分に大きいDWを確保してきたが、幅広2軸型SESにはその傾向をさらに進めることができる。船種によってはひと回り大きな船を建造することもでき、経済性がさらに向上する可能性がある。

従来の1軸船では幅広船型を採用すると保針性が悪くなるが、2軸型SESでは船尾のツインスケグにより保針性を高めることができる。また2軸の効果により推進性能の低下を防止することができ、DWあたりの燃費向上をはかることができる。内航船では総トン数の制約があり、単純には幅広船と出来ない場合もあるが、749総トン型セメントのように今後新しい船型が生まれる可能性があり、SESがその有効な手段となる。

8.3 旅客船への適用

内航フェリーや離島航路の旅客船に適用できる可能性は十分にある。ただし、旅客を輸送する船種にとって、「何をSESのメリットとするか?」という部分は貨物船とは大きく違ってくる。貨物船では燃費が大きなウエートを占める一方、旅客船では燃費だけでなく、騒音や振動など居住性の高さもウエートが大きい。そういった観点から、旅客船への適用には居住性を向上させるような設計が必要である。電気推進にするメリットを最大限に生かすための工夫をする過程において、貨物船とは少し違った視点

からの2軸型SESになる可能性もある。

9. おわりに

船舶のディーゼルエンジンをただ単に電動機に置き換えただけのものはSESとはいわない。電動機化による機器の小型化、配置の自由度を活用して船内の機器配置を大幅に変更し、船型を改良して性能向上をはかってこそSESだと定義することができる。さらに関連する甲板機械等の船内電化をすすめることに、よりSESが生きてくると思う。

誘導電動機はかなり古くから産業用に用いられてきたが、最近さらにこれを高効率化したものも規格化されている¹¹⁾。インバータの制御技術や2次バッテリーの大容量化も日進月歩である。船用として安く良い製品が量産されるようになれば、これらを組み合わせてさらに改良をすすめることも十分に考えられる。

SESのEはEcologicalのEである共にEconomicalのEでなければならない。このEを達成するための手段がElectricの特徴を活用したEpoch-makingな配置によって得られるExcellentな船型である。

開発には関係する多くの研究機関や造船所、船用機器メーカーの協力が不可欠であり、実船への採用に際しては船主、オペレーター、荷主の理解と協力を得ることが何よりも重要である。今後セミナー等の機会を通じて開発状況の説明と関係者の意見の聴取に努め、実用性の高いものにしていきたい。

またこれらの成果は建造造船所に無償にて提供することになっているが、造船所によりさらに新たな工夫が加えられて、より一層性能の良い、経済性の高い、安全で環境に優しいSESに進化していくことを切に希望している。

2軸型SESの開発の一連の活動が、単に新形式SESを提案しただけでなく、環境問題や新船型開発に関してはやや保守的な内航船の業界に新しい息吹を与えることを期待している。

参考文献

- 1) 低速肥大船の二軸船型に関する研究Ⅰ 成果報告書 (2008) 日本船舶技術研究協会
- 2) 低速肥大船の二軸船型に関する研究Ⅱ 成果報告書 (2009-2010) 日本船舶技術研究協会
- 3) 船尾双胴型6000KL積み電気推進タンカーに関する研究 (2008) 中谷造船株式会社
- 4) 高効率船舶の基盤技術の開発 佐々木他 (2010) 海上技術安全研究所報告 第10巻第3号
- 5) 中小型2軸船の船尾船型等に関する研究 塚田他

- (1993) 船舶技術研究所報告 第30巻第5号
- 6) 大型カーフェリーのシャフトブラケットに関する調査研究 (1993) 船舶整備公団
- 7) 道具としてのCFD(計算流体力学) 日野孝則 (2004) 海上技術安全研究所 SEA JAPAN
- 8) 可変ピッチプロペラによる安全運航と省エネルギー 栗林物流システム 松坂
- 9) ボット推進システム 佐々木紀幸 (2010) 海上技術安全研究所
- 10) 内航海運市場の実態調査 報告書 (2006) 日本海運振興会
- 11) Energy Efficiency in Motor Driven Systems 2007 (2007) 日本電気工業界 小西圭

著者紹介

加戸 正治

- ・ 日本船舶海洋工学会 正会員
- ・ 1947 年生。
- ・ 鉄道建設・運輸施設整備機構 理事
- ・ 横浜国立大学大学院工学研究科 造船工学専攻修了
- ・ 専門分野：造船基本計画
- ・ 技術士（総合技術監理部門）