



スーパーエコシップの研究開発

－実証船の建造に向けて－

スーパーエコシッププロジェクト

＊加納敏幸、日野孝則、不破健

1. まえがき

国土交通省からの委託を受け、海上技術安全研究所は、スーパーエコシップの研究開発を平成13年度から5カ年計画で進めている。最終年度には実証試験を予定し所用の性能を確認する。

本研究開発では、21世紀に対応した低環境負荷で、経済性を併せ持つ、高効率の海上輸送を目指した内航船を開発し、内航海運の活性化を図ることを目的とする。

本年7月31日に実証船に係る調査研究の共同研究者となる船主（英雄海運株）を決定し、実証船の検討に着手した。スーパーエコシップの研究開発について、実証船の技術開発、普及船の検討、開発手法の検討が行われているが、ここでは実証船の開発・建造に向けてプロジェクトの状況について紹介する。

2. プロジェクトの概要

2. 1 目的

1997年に京都で開催された国際会議で、二酸化炭素などの温暖化ガスの削減目標を定めた京都議定書が採択された。日本政府は、2002年6月議定書を批准した。これにより我が国は将来に向けて地球環境保護の取り組みを再認識すると共に指導的な立場に立つことを示したことになる。

この議定書によると、温暖化ガスの排出に関し1990年当時の排出量を2008年から2012年までの間に6%削減する義務を負うことになる。日本政府は、具体的な行動計画を立てあらゆる分野について目標値を定めている。

内航海運の二酸化炭素消費原単位は、商業用普通トラックの20%であり、国内輸送分野での地球温暖化対策は、環境に優しい内航海運の活用といったモーダルシフトを推進することが重要である。これによりトラック輸送が減少すれば、交通渋滞、大気汚染、高速道路の膨大な建設コスト、ドライバー不足や労働環境等の問題も大幅な改善が期待される。

他方、内航海運は、長引く景気低迷と荷主の物流合理化の影響を受け、運賃収益の低迷、船員の高齢化、若年労働力確保の困難さ、複雑な制度・慣習とが相俟って、我が国内航海運の新しい世紀に向けての活力を失いつつあり、このような社会基盤を担う産業の空洞化は大きな社会的問題となっている。

環境負荷を低減し、効率的な輸送を可能とする高い経済性を併せ持つ内航船の出現が求められる所以である。

2. 2 コンセプトと目標

スーパーエコシップは、ガスタービン、二重反転型ポッド推進器を用いた電気推進船で、船型開発には最先端のCFD（Computational Fluid Dynamics：計算流体力学）技術を用いた手法が適用される。これらの技術を最大限に生かすことにより、図1に示すように20%の貨物積載量の増加に相当するスペースが確保され、1トンの貨物を1km運ぶ際のトン・キロベースでのCO₂排出量では在来船に比較して25%減、従来のディーゼル機関に比較しNO_xでは90%減、SO_xでは60%減を目指したコンセプトとなっている。そしてこの船の普及により輸送コストの低減を図り、内航海運の活性化とトラック輸送から船舶へのモーダルシフトの実現を目指す。

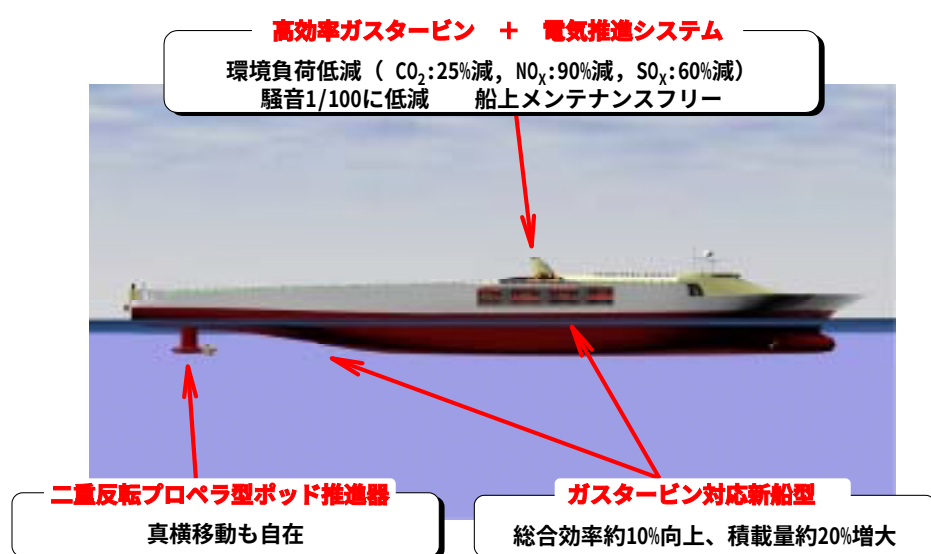


図1 スーパーエコシップの基本コンセプトと目標

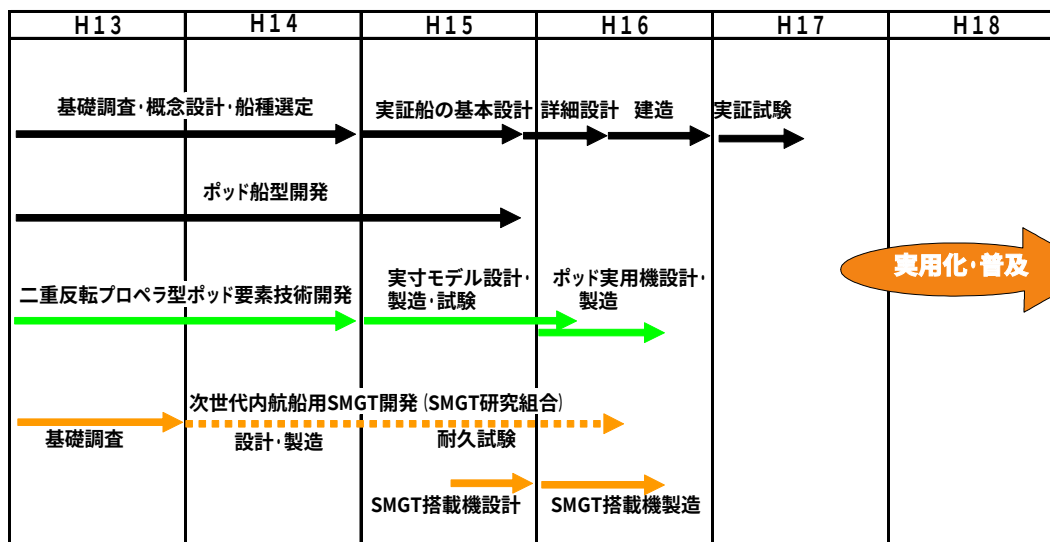
2. 3 スケジュール

表1に示すようにスーパーエコシッププロジェクトは、2001年4月（平成13年度）から開始され、船主等ニーズ調査に基づき、幾つかの船種について概念設計、試設計を行ってきた。開発スケジュールは、次世代内航船の早期実現を目指し普及促進を図るために当初計画より加速されている。2003年度は、実証船の船主が選定されたことに伴い5000DWT型油タンカー建造に向けた基本設計を造船所の協力を得て実施している。今年度末には建造を開始し2005年度に本格的に実証試験を行う。二重反転ポッドプロペラは、実寸モデルの製造を行い2004年度の実海域での試験に備える。ガスタービン機関は、SMGT研究組合の行う耐久試験と呼応して実証機の設計に着手する。また、各種設計手法の開発も実証船の開発と併行して実施する。実証試験後の2006年度以降は、スーパーエコシップの普及を目指す。

この他、実証船の検討に必要な電気推進システムの開発、二重反転式ポッド推進器の開発・設計及びガスタービン機関等の技術開発は、船主、造船所、日本造船技術センター、メーカー等民間企業と協力して行っている。海上技術安全研究所は、この他、実証船の開発に必要なツールとしてCFD/CADを統合した設

計システム、二重反転プロペラ及びポッド型推進器の設計手法等の研究開発を行う。

表 1 開発スケジュール



3. これまでの研究成果

3. 1 市場性検討

平成 13 度は、次世代内航船の実証船候補船種を複数選定し、そのうちタンカー 3 種、フェリー 2 種について仕様を設定し概念設計を行った。平成 14 年度年度は、引き続き、船主等のヒアリング調査を基に、セメント船、自動車専用船、7000m³型白油タンカーについて仕様を設定し、概念設計を行った。これらの結果については、東京、四国、中国、神戸等で説明会を開催し、800 名を超える関係者に周知した。試設計例としてセメント船、自動車運搬船を以下に示す。

3. 1. 1 セメント船

セメント船は、6500 トン積みセメント運搬船を対象とした。図 1 に一般配置図を示す。船舶の主要目は、積、揚港の岸壁長さや水深等により制限される。船主に対するヒアリング調査をもとに長さ 110m、喫水 7mとした。航海速力は 12kt、SMGT 及びポッド推進器はそれぞれ 1 基で計画した。セメント船の場合には、専用の電動駆動の荷役装置を備えており、これは船舶の航行に匹敵する電力需要となる。そのため電気推進システムと荷役用の電源を共通化する方針で設計した結果、設備の簡略化が可能となり合理的な設計ができた。

3. 1. 2 自動車専用船

800 台積みの自動車専用船を対象として概念設計を行った。図 3 に一般配置図を示す。港湾等の制約から、長さ 13m、喫水 6mとし、船主の要望から航海速力は 18.0kt で、SMGT 及びポッド推進器は 2 基で計画した。その制約内で搭載車両数をできるだけ多くする方向で設計した。この結果、搭載台数を乗用車ベ

風の
しめ合
こと

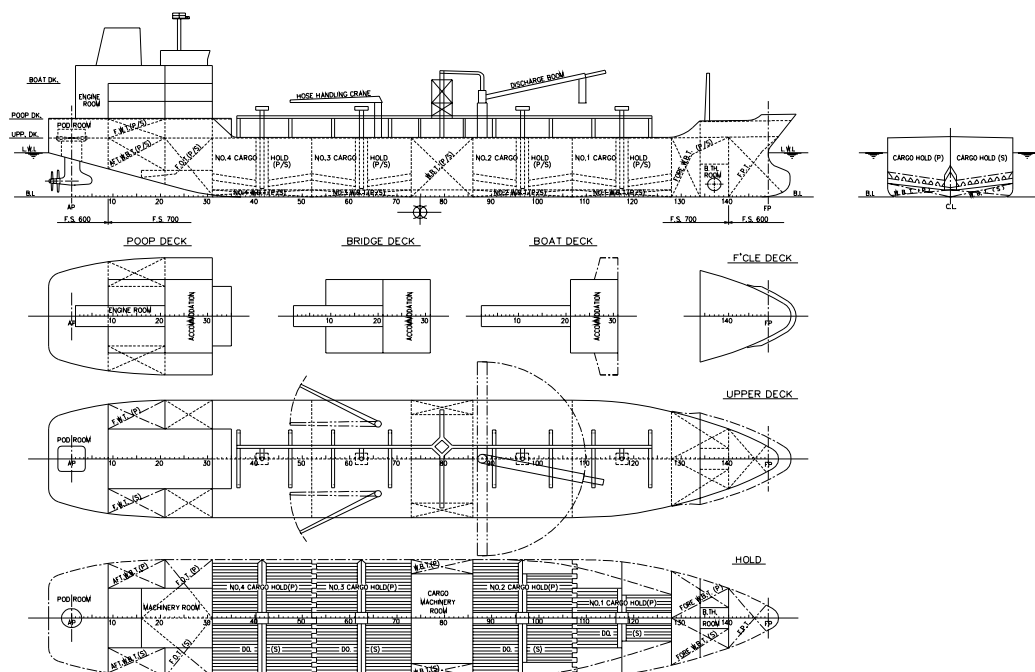
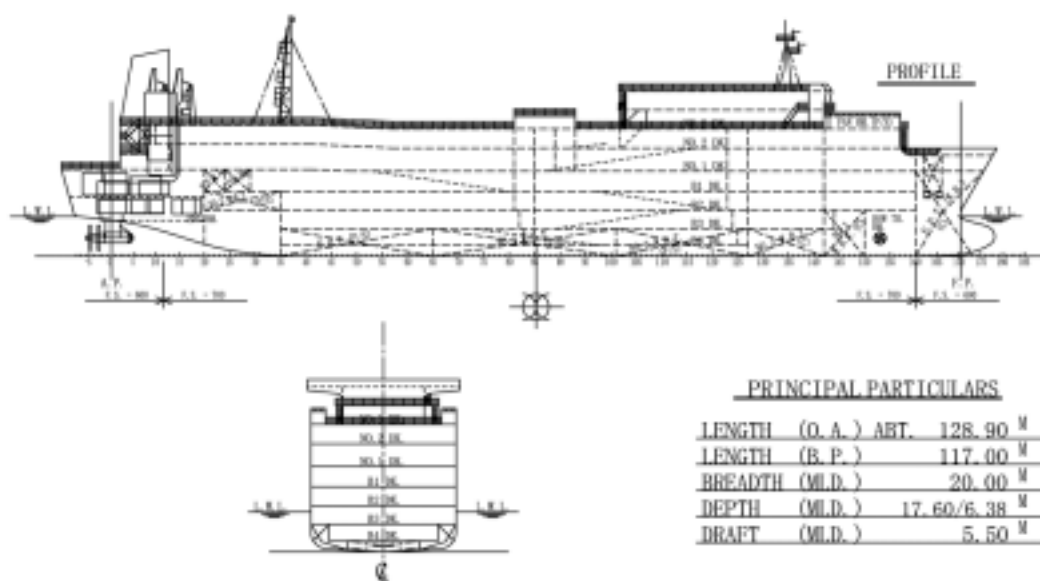


図2 セメント船

800台積自動車運搬船 一般配置図
SCALE 1/400



PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH (O.A.)	ABT.	128.90	M
LENGTH (B.P.)		117.00	M
BREADTH (M.L.D.)		20.00	M
DEPTH (M.L.D.)		17.60/6.38	M
DRAFT (M.L.D.)		5.50	M

図3 自動車専用船

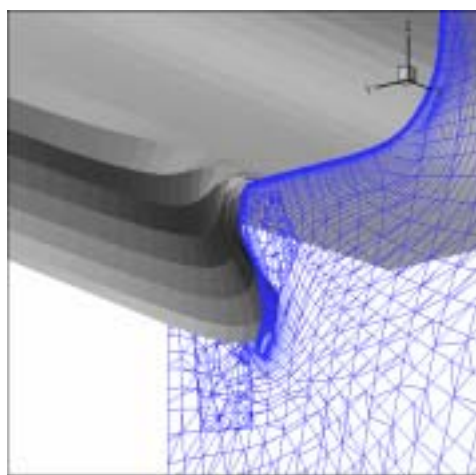
これらの試設計等の結果に関し、経済性・環境影響評価を行う必要がある。そのため、昨年度に引き続き評価手法を船主等の協力を得て開発している。また、具体的な船種毎に、シーマージンの理論的検討、操船シミュレーション、係船に関連する水槽実験、物流シミュレーションも実施する。

3. 2 性能評価・船型開発

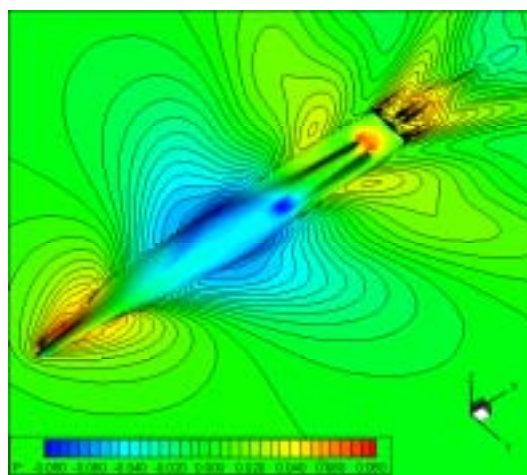
平成 13 年度は、次世代内航船として想定するポッド船型の基本的な流体力学的特性である抵抗・推進性能を把握するため、一例として 4999GWT 1 軸タンカーの在来船型をポッド船型に改良し、両船型に対する水槽試験や CFD 計算を実施し、抵抗・推進性能を推定した。平成 14 年度は、抵抗・推進性能に加え、耐航性能の向上を目標に掲げ、4999GWT 1 軸タンカーと 2500GWT 2 軸フェリーの 2 船種に対して、C A D / C F D ベースの新しい船型設計手法によりポッド船型を開発し、それらポッド船の抵抗・推進・耐航・操縦性能を検証するため、各種の水槽試験を実施した。図 4 に 2 軸フェリーの C F D 計算例を示す。

また、タンカーのポッド船型について自航模型船による操縦性試験を行い、その操縦性能を調査した。今回の実験では当該船型での操縦性試験に加え、その針路安定性能改善を目的にスケグを付けた状態での試験を行った。I M O の操縦性能暫定基準との比較結果からは、旋回性能、初期旋回性能、停止性能については在来船と比べて極めて良い結果を得た。一方、針路安定性は在来船と比べて劣る結果となった。従って、今後、針路安定性の改善を行う。

さらに、実船の船尾振動を推定するため、タンカー在来船とポッド単体のキャビテーション試験も実施した。



格子生成



波紋/Bottom View

図 4 ツインスケグ付きフェリー船型の C F D 計算例

3. 3 二重反転ポッド型推進器の開発

二重反転ポッド推進器の研究開発は、設計手法、理論解析及び各種要素技術開発の段階を経て実施されておりその流れを図5に示す。

3. 3. 1 設計手法

二重反転ポッド型推進器の設計手法に関し、二重反転式プロペラの理論設計法の改良を行った。二重反転プロペラの簡易設計法である二重反転プロペラ設計チャートの作成するための二重反転プロペラ模型を製作して試験を行った。

3. 3. 2 理論解析

船体、ポッド及びプロペラの干渉を考慮した計算プログラムの開発に着手した。まず、ポッド型推進器の流力性能解析において、プロペラの効果を体積力で表した計算モデルの精度検討を行うため、通常プロペラを付けた場合のポッド単独状態におけるポッド周り流場計算を行い、計算結果と実験結果との比較を行った。

3. 3. 3 各種要素技術開発

二重反転式ポッド推進器にとって課題となる要素技術に関し、電動機冷却部要素モデル、軸系要素モデル、旋回装置要素モデル及びシール部の耐久性能の各要素モデル試験を実施し性能確認、信頼性及び耐久性等のデータを取得した。

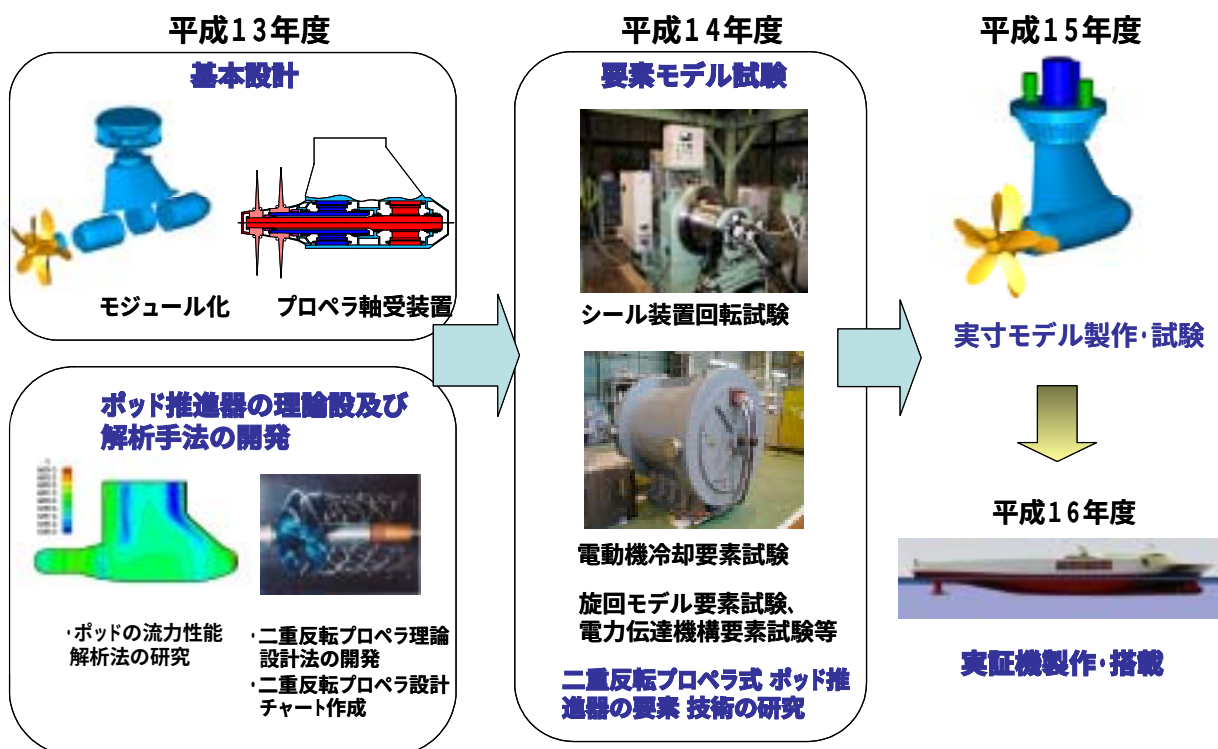


図5 二重反転プロペラの開発

3. 4 操船制御に関する研究

港内操縦運動用の計算モデルを構築するとともに、ポッド船の利点を生かした操船方法を確立する。ポッド船の利点、制御アルゴリズム、ポッド推進器等の動特性や制御限界性能を明示し、港内操船制御システムを開発する。第1ステップとして、簡易操縦運動モデルを導入し、シミュレータ実験により概括的に特性を把握する。

操船方法としては、ポッド推進器の特徴を生かす後進操船も検討対象としている。図6にはそのイメージが示されているが、後進操船では、ポッドの向いた方向に船尾が進み、船首がこれに追従するので、自動車の運転とよく似ている。また、針路安定性はきわめて良好となる。

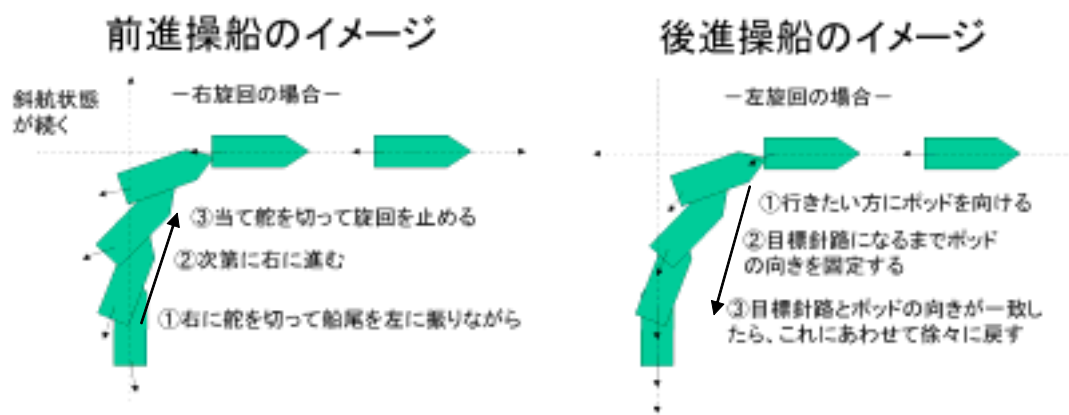


図6 ポッド船操船のイメージ

4. 実証船の開発

4. 1 船主決定

海上技術安全研究所が、2003年7月1日～14日の間に公募した「スーパーエコシップ実証船に係る調査研究」の共同研究に対し、2件の応募があり、同31日英雄海運（株が国土交通省により選定された。

4. 2 体制

英雄海運(株)との共同研究により実証船の検討を行うため、海上技術研究所に、船主、造船所、国交省、関連企業から構成される実証船検討委員会（座長：中西理事長）を設置する。その下に技術的な検討を実施する基本計画、性能等の分科会を設けている。さらに、単に革新的な船舶の提供だけではなく、配乗等の制度面については国土交通省と連携をとりつつ検討を行う体制を整えることとしている。

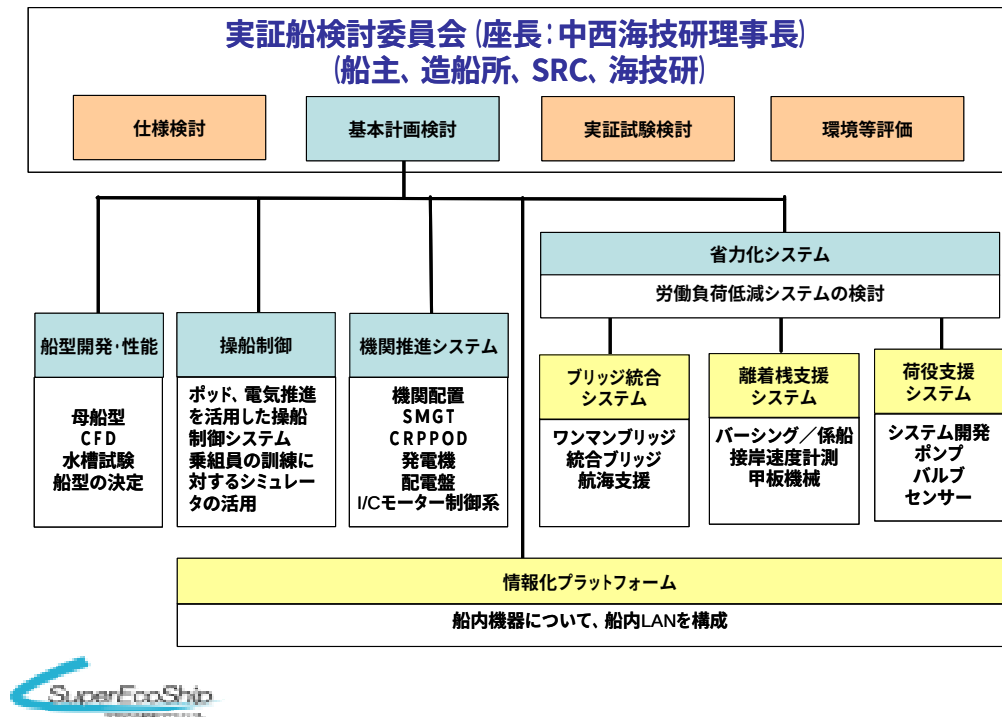


図 7 実証船検討体制（案）

4. 3 実証船の基本仕様と特徴

実証船は、5000DWT 型油タンカーで白油・黒油兼用船として検討し、平成 17 年度に本格的な実証試験を予定している。

実証船の基本仕様は、港の制約条件から全長 105m と喫水 6.2m で計画している。推進性能も、2300kw 級の S M G T により船内電力を供給するとともに 13.5kt（15% S.M. を含む）の航海スピードを確保する

この制約条件の下、機関室の配置の自由度を活用し、白油輸送の場合には 6700m³ のタンク容積を確保し、ライトナフサなどの最近需要の増加している比重の軽い油種にも対応する。荒天時にも船首部に安全に移動できるよう従来のタンク区画に船首への連絡通路が設けられ、油輸送配管も防錆、保守の観点から通路内に収容している。この約 700m³ のスペースを貨物槽に利用すると 7400m³ のタンク容積の確保も可能である。黒油輸送の場合には、排熱エコノマイザーによりガスタービンからの排熱を回収し貨物油の保温に充当する。これにより総合熱効率の向上を図る。これらにより輸送量あたりの CO₂ 排出等環境負荷の低減を図る。

また、海洋汚染、エコロジーにも配慮し、現在強制規制とはなっていないが、二重船殻構造を採用した。

内航海運における船員総数は、近年、減少の一途をたどっている。(図 8) また、図 9 に示す船員構成からは高齢化の進行と若年層の職員数の減少が顕著で、近い将来に配乗体制の維持が困難になることが懸念される。内航海運

の将来を担う若年船員の確保の観点からも職場環境の改善は重要である。

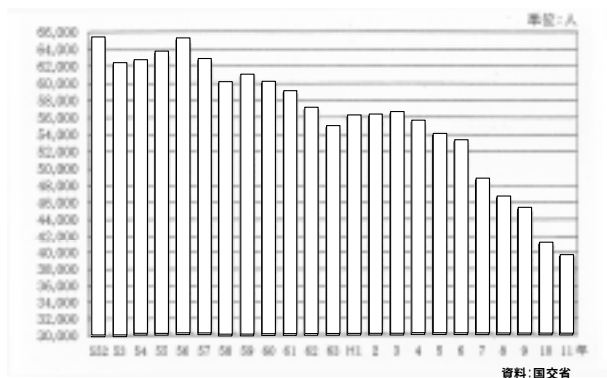


図8 内航船の船員数の推移



図9 内航船の船員の年齢別構成

ガスタービン機関の採用は、 NO_x 排出量 1/10 など環境負荷の低減だけではなく、ガスタービンは船上のメンテナンスを前提としない、また、補機類の数も大幅に減ることから、船内でのメンテナンスが激減され労働負荷の軽減に寄与する。また、騒音と振動を低減することができより快適な船内環境が実現できる。居住区域での騒音を70dB程度に抑えることを目指す。

ポッド船の最大のメリットは、容易な離着桟操船である。出入港、離着桟操船は、船長にとって航海のハイライトといって良い。ここに全神経が集約され、如何に短時間で安全に離着桟操船を行えるかが腕のみせどころとなる。離着桟時間の短縮、風波浪限界の緩和は、燃料消費量の低減と欠航率を減少させ経済性の向上にもつながる。

この他、油輸送配管や甲板機械類を閉囲された区画に収納する等設計の段階より、保守作業の軽減にも配慮している。実証船には、労働負荷の低減を図るコンセプトが数多く盛り込まれる。幾つかの例を以下に示す。

1) ブリッジシステム

1人でも運航可能な情報統合型ブリッジのコンセプトに基づき、マルチファンクションディスプレイ等の採用により必要な情報の一元化を図り集中管理を可能とする。また、情報統合化システムを船内LANにより構成し、ブリッジで機関、甲板機器、荷役機器等の監視・制御が行えるものとしている。

また、ガスタービンについては故障診断装置を備え事故につながる前に異常が発見できるよう予防策を講じる。また、船・陸間通信システムにより船舶の機器等に関する所要の情報を陸上に送信することができ陸上の支援を得る。

2) 離着桟システム

ポッド船の利点を生かした操船方法を提案することとした。そのため、ポッド船の港内操縦運動モデルを構築する。これを操船制御アルゴリズムに展

開するためには、ポッド推進器等の動特性や制御限界への要求性能を明らかにする必要がある。

このように離着岸時の流体力モデルに基づき特性を反映し合理的に設計された操船制御システムが期待される他、接岸速度を精度良く計測する光学系計測装置やロープワークを軽減するためロープの繰り出し装置も開発する。

3) 荷役システム

荷役システムについても、電気推進の機能を最大限活用するようにバルブ操作等を従来の油圧制御システムから電気制御システムとし、最新の荷役作業管理システムを導入する予定である。これにより、メンテナンス作業の軽減等副次的な効果もある。

5. おわりに

平成 13 年度から開始した国土交通省委託研究「次世代内航船の研究開発」の現状および今後の計画を紹介した。スーパーエコシップの実用化をめざし実証試験の共同研究実施者として英雄海運(株)が選定された。内航船の太宗である 5000DWT のタンカーについて実証船の検討ができることは、その波及効果に鑑み今後の普及にも好都合と考える。

また、実証船は、平成 17 年度に実証試験を実施した後、商業運航されることになっている。

スーパーエコシップは、環境に優しい次世代の内航船として、また、モーダルシフト政策や内航海運の近代化と構造・制度改革の推進施策の担い手として位置づけられる。ここで紹介したように、実証船に関する基本計画が検討され、さらに詳細設計を行い実証船が建造される。実証試験により所期の環境負荷と経済性等の性能や安全性を確認するとともに実際の運航における操作性、あるいは、問題点や信頼性を把握すると共に採算性を含めた総合的な評価が行われる。

海上技術安全研究所としては、この 21 世紀にふさわしい革新的な内航船が市場に受け入れられ普及・定着することにより、我が国の海運分野での環境負荷低減が図られることを念願している。そのための実用的な研究開発を今後とも進めていく予定である。

