

スーパーエコシップ（次世代内航船）の研究開発

スーパーエコシップ PT * 日野 孝則、加納 敏幸、不破 健

1. まえがき

国土交通省は、環境保護のための施策の一つとして、国内物流をトラック輸送から海運や鉄道輸送へ移行させる、モーダルシフトの促進を図っている。このモーダルシフトを実現するためには、物流コストの低減や魅力ある船内環境の提供を通じて内航海運を活性化し、多様化する物流ニーズに確実に適応できる海上輸送システムを構築する必要がある。

このような背景のもと、内航海運の近代化へ向けたブレークスルーをめざし、環境負荷低減および効率的な海上輸送を実現する次世代内航船(スーパーエコシップ)の技術開発が、国土交通省から海上技術研究所への委託研究「次世代内航船の研究開発」(スーパーエコシッププロジェクト)として、平成 13 年度より 5 年計画で開始された。

プロジェクト開始後ほぼ 1 年半が経過したので、本研究プロジェクトの研究開発の現状をレビューするとともに、今後の計画について述べる。

2. プロジェクトの概要

「次世代内航船の研究開発」プロジェクトは、平成 13 年度から 17 年度までの 5 年計画であり、その直接的な目標は、

- ・ 高効率ガスタービンエンジンを搭載し電気推進式二重反転ポッド型推進器を装備する次世代内航船の開発、建造、実証

である。次世代内航船(スーパーエコシップ)のコンセプトを図-1 に示す。

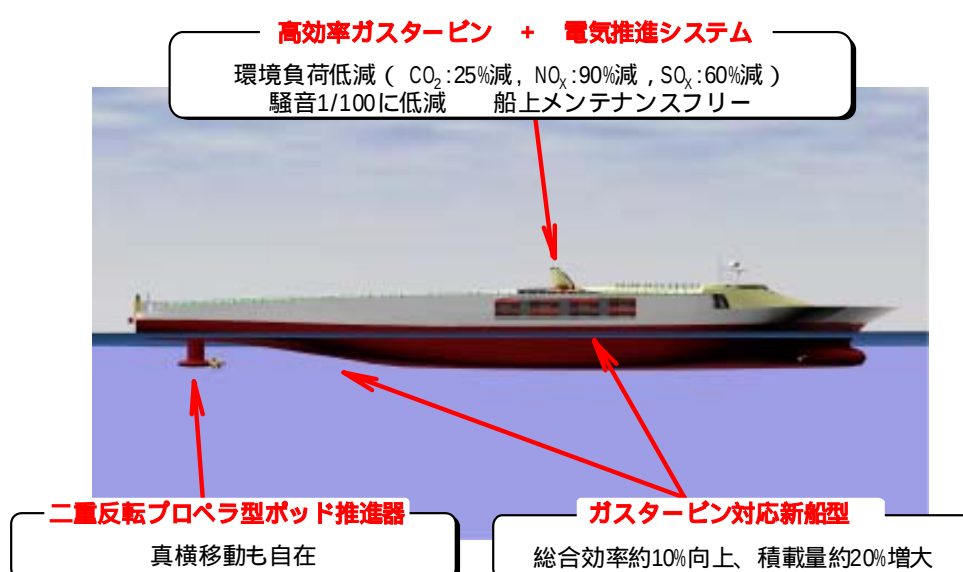


図-1 スーパーエコシップのコンセプト

その特徴は、

- ・ 高効率の船用ガスタービンエンジンの搭載
- ・ 電気推進方式による二重反転式ポッド型推進器の装備
- ・ 上記推進プラントの機器配置の自由度を活用したポッド対応新船型の採用

であり、これらにより

- ・ 環境負荷の低減、すなわち、 NO_x 、 SO_x 、 CO_2 排出量の低減
- ・ カーゴスペースの増大および輸送効率の向上による輸送コストダウン
- ・ 騒音・振動の少ない船内環境
- ・ 良好な操船性能による容易な離着桟

などを実現する。

また、実証船は実証試験のための単なる実験船ではなく、試験後はそのまま内航海運市場に投入できる実用性の高い船として計画する。そのため、内航物流、内航船の実態・実地調査などをベースに次世代内航船の船種、仕様等を設定して概念設計を行い、内航物流シミュレーションや船主ヒアリングなどを通じて、次世代内航船実証船の仕様を決定する。

実証船を設計するために必要になるツールの研究としては、CAD/CFD を統合した設計システムによるシミュレーションベースの船型設計手法の開発、および二重反転プロペラおよびポッド型推進器の設計手法の開発があり、これらは海上技術安全研究所の研究ポテンシャルを活用して実施する。

実証船建造に向けた技術開発として、次世代内航船の概念設計および基本設計、電気推進システムの開発設計製造、二重反転式ポッド推進器の開発設計製造およびガスタービンエンジンの開発設計製造などが必要となる。これらの技術開発はそれぞれ民間企業に開発を委託する。ただし、ガスタービンエンジンについては、スーパーマリンガスタービン(SMGT)技術開発組合によって開発されている SMGT(図-2)の実用機を搭載する。SMGT は、低い環境負荷と高い熱効率をあわせ持つ船用のガスタービンとして開発が進められているが、次世代内航船に搭載する実用機は、耐久性および安全性を確認してより信頼性の高いエンジンとし、排熱を有効に利用することで総合エネルギー効率の向上を目指している。

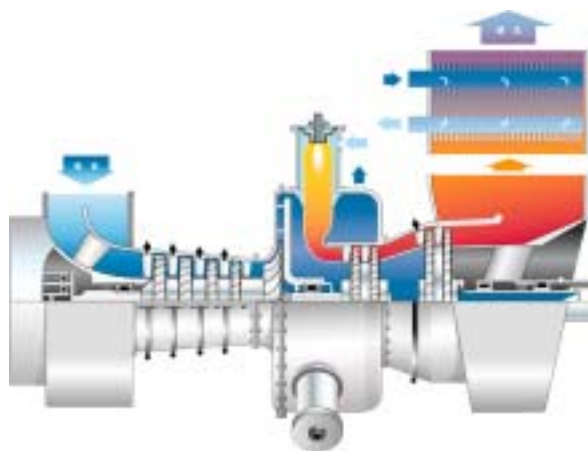


図-2 スーパーマリンガスタービン

次世代内航船の開発スケジュールを図-3に示す。平成14年度までに実証船の船種を決定し、平成15年度より建造へ向けた実証船の基本設計を開始する予定である。その後、平成16年度に建造を開始し、最終年度である平成17年度に実証試験を行う。推進プラント（電気推進システムおよび二重反転式ポッド型推進器）は建造スケジュールに合わせて開発および実証機の製作を行う。また、各種設計手法の開発も実証船開発と並行して行う。実証試験後の平成18年度以降は次世代内航船の普及・実用化をめざす。

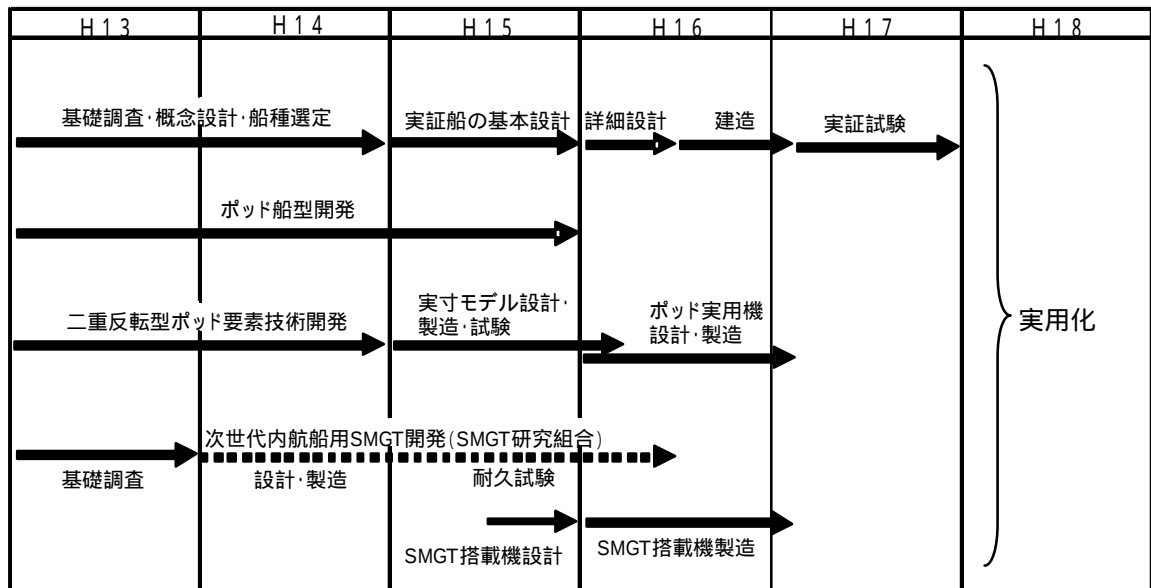


図-3 次世代内航船の研究開発スケジュール

プロジェクト実施体制は以下の通りである。国土交通省からの委託を受ける海上技術安全研究所内の実施主体としてプロジェクトチームが編成されている。このプロジェクトチームは研究グループと企画調整グループからなり、研究グループは研究項目の分担に対応して、いくつかの小グループに分かれている。

一方、上に述べた外部委託先を含めたプロジェクト全体を管理するためにステアリングコミッティを設置する。東京大学宮田教授を座長に委嘱し、その指導の下、海上技術安全研究所が事務局を務める。その下には海上技術安全研究所と外部委託先から構成されるワーキンググループを置き、研究作業および実証機の設計製作を含む開発作業を行う。

3. これまでの研究成果

これまでに得られた主要な研究成果について述べる。

3.1 二重反転式ポッド型推進器の開発

ポッド型推進器は、図-4に示すように、360度回転可能なポッドの中に収められた電動モーターでプロペラを駆動するものであり、新しい形式の推進器として

注目を集めている。その利点は、推進力の方向を制御できることから生まれる高い操縦性能、プロペラシャフトが船尾にないので船型設計の自由度が増し、推進効率の良い船型を採用できることなどである。

本プロジェクトで開発する二重反転式ポッド型推進器の特徴は、図-4にあるように、二重反転プロペラを装備していることである。二重反転プロペラは前プロペラで生じる回転流のエネルギーを後ろプロペラで回収することで、高い効率を得ることができる。

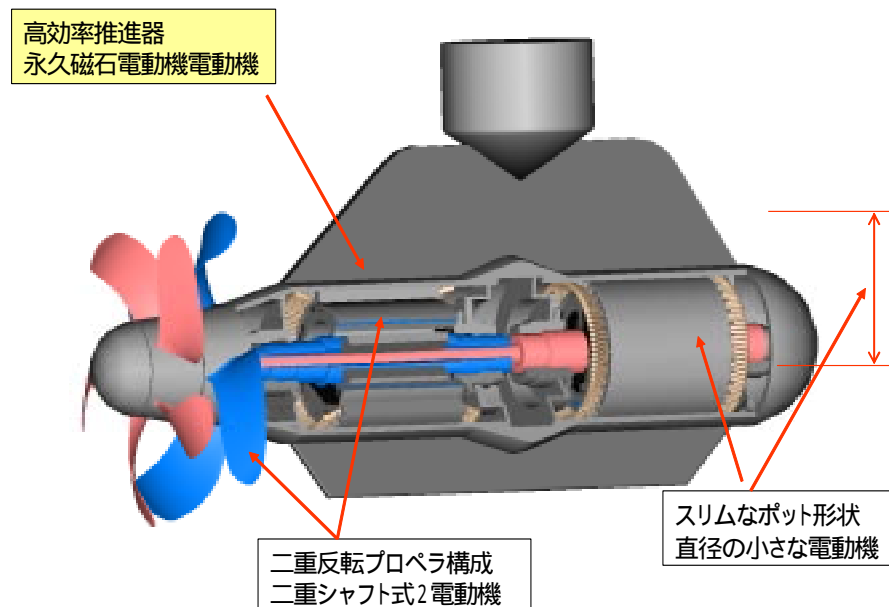


図-4 二重反転式ポッド型推進器

二重反転式ポッド型推進器の開発に関連する研究はいくつかの項目からなる。まず、与えられた条件下で最適の二重反転プロペラを設計する手法を開発するため、既存の設計プログラムを整備して、その特性を把握し改良点を整理した。また、二重反転プロペラの簡易設計法として有効な設計チャート作成のため、チャートの適用範囲を定めてシリーズ試験を計画し、現在実施中である。さらに、ポッドの幾何形状と流力性能との関係を解析するための手法に関して、文献調査を行うとともに、CFD手法によってポッドまわりの流場解析の試計算を行った。

一方、ポッド型推進器の開発については、各種要素技術を検討し、二重反転式ポッド型推進器の仕様を定めて基本設計を行った。

3.2 性能評価・船型開発

CAD/CFDを統合した船型開発手法を開発するために、内航タンカーを対象として、在来船型とポッド対応船型の2つの船型を設計し、水槽試験およびCFD（計算流体力学）による性能評価を実施し、推進性能評価手法を確立した。

水槽試験として、まず在来船型について抵抗・自航試験および伴流計測、船側波形計測を行った。また、CFD手法による流場解析を行い、抵抗値および伴流分

布を水槽試験結果と比較検討した。CFD 結果と水槽試験結果とはよく一致しており、在来船型に対する CFD 手法の有効性が確認された。また、二重反転プロペラを備えたポッド型推進器に対応した動力計を製作し、ポッド型推進器の単独性能試験およびポッド対応船型の自航試験に関する計測法を開発した。さらにこれらの試験法により、ポッド対応船型についても、抵抗・自航試験および伴流計測、船側波形計測を実施した。CFD 解析による抵抗の推定値は水槽試験と同様の傾向を示し、シミュレーションをベースにした船型設計が可能であることが示された。

それを踏まえ、上記と同様に内航タンカーを対象として、CAD/CFD によるポッド対応船型の船型開発を実施した。図-5 に CFD に用いる計算格子および計算された波高分布の比較（在来船型とポッド対応船型）を示す。流れシミュレーションをベースにして高い流体力学的性能を持つ船型が設計された。

船舶の性能は推進性能のみで決定されるものではなく、総合的な性能評価が必要となる。そのための要素技術として、耐航性能および操縦性能の評価手法を検討した。耐航性能評価については、日本近海の波浪データベースを整備して、想定される内航船航路について海象条件を検討した。また、ポッド対応船型について波浪中運動を評価するために水槽試験および数値計算を行った。操縦性能評価については、ポッド対応船型の操縦性能に関する数学モデルの定式化を行うとともに、出入港の実態調査により、離着桟操船時の制約条件の現状を把握した。

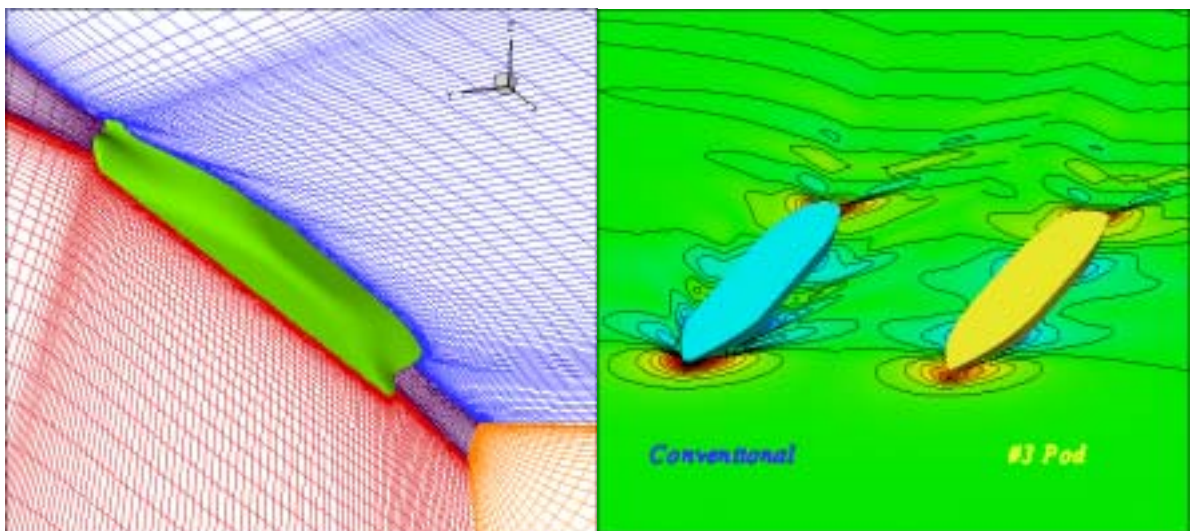


図-5 CFD による船型設計

3.3 市場性検討

内航海運の現状調査として、輸送量の動向、関連法令、船員制度、内航船の動向などを調査した。また、欧州における環境指向の船舶技術開発プロジェクトや環境低負荷船舶の普及支援方策などについても調査した。

さらに、次世代内航船の実証船の候補となる船種を選定するため、種々の内航船について、実態を評価するとともに運航会社へのヒアリングを実施した。それらをもとにいくつかの船種について要求仕様を設定し、物流シミュレーションに

よる検討および次世代内航船のコンセプトによる試設計を行った。また、一部の船種については機関室配置や電気系統の検討も実施した。

ここでは内航タンカーとフェリーに対する試設計例を示す。

内航タンカーとして 4,999DWT の白油タンカーを想定した。主要目のうち、全長と喫水は港湾との関係でそれぞれ 105m と 6.5m 以下という制限がある。また、在来船の場合、貨物油槽容積は最大で 6,500 m³ である。次世代内航船は、ガスタービンエンジン 1 機と二重反転式ポッド型推進器 1 機を装備した電気推進船として計画した。一般配置図を図-6 に示す。この場合、電気推進方式の利点を活かし、機関室を係船甲板上に配置することで、貨物油槽の容積を 7,000m³ まで増加することができた。

フェリーに対する試設計は、2,500GT、全長 115m の小型フェリーを対象とした。所要馬力を供給するためにガスタービンエンジンおよびポッド型推進器をそれぞれ 2 機装備するものとして計画した。一般配置図を図-7 に示す。ここでも電気推進方式の利点を活かし、機関室を遊歩甲板上に配置した。これにより、船底区画に新たな車両甲板を設置することができる。この甲板には乗用車 21 台を搭載することができ、全搭載台数は乗用車換算で 115 台となった。在来船では、乗用車換算で 95 台の搭載台数であったので 22% の搭載量増大となった。フェリーは 1 日当たりの出入港回数が多いため、ポッド型推進器の採用によって離着岸時間の短縮と労力軽減が見込める。また、ガスタービンエンジンの採用によって静粛な船内環境を実現できるという利点もある。

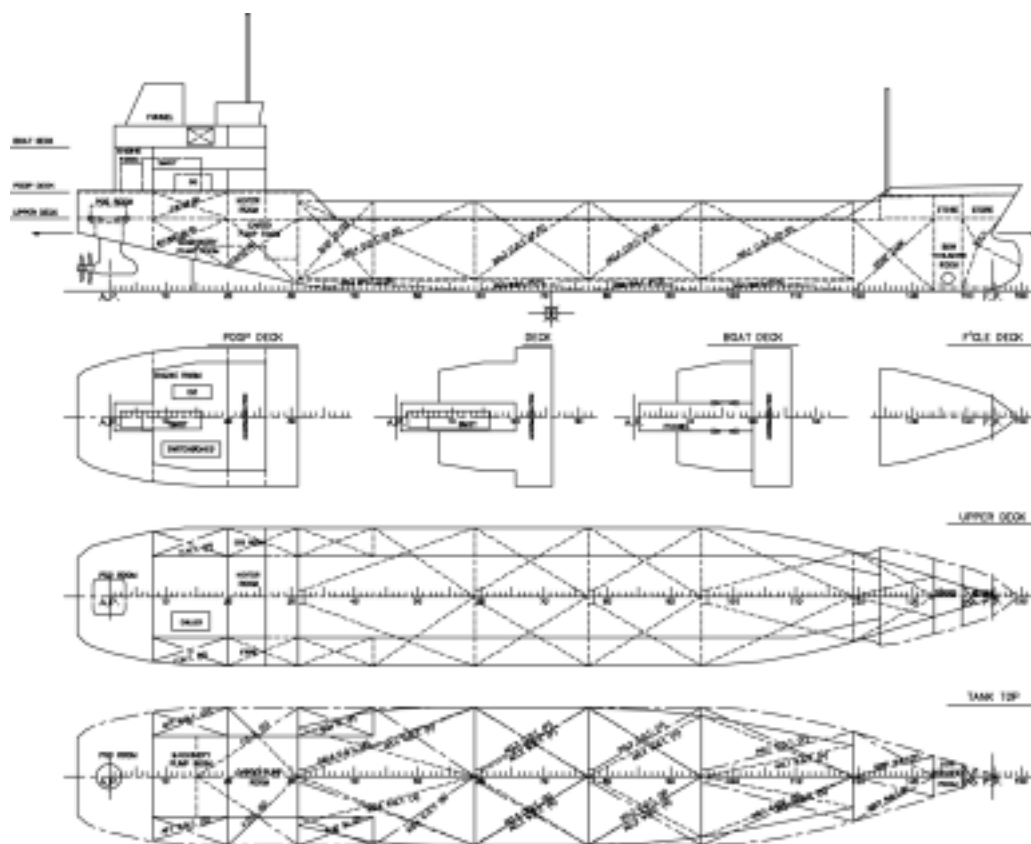


図-6 スーパーエコシップ試設計例 1（内航タンカー）

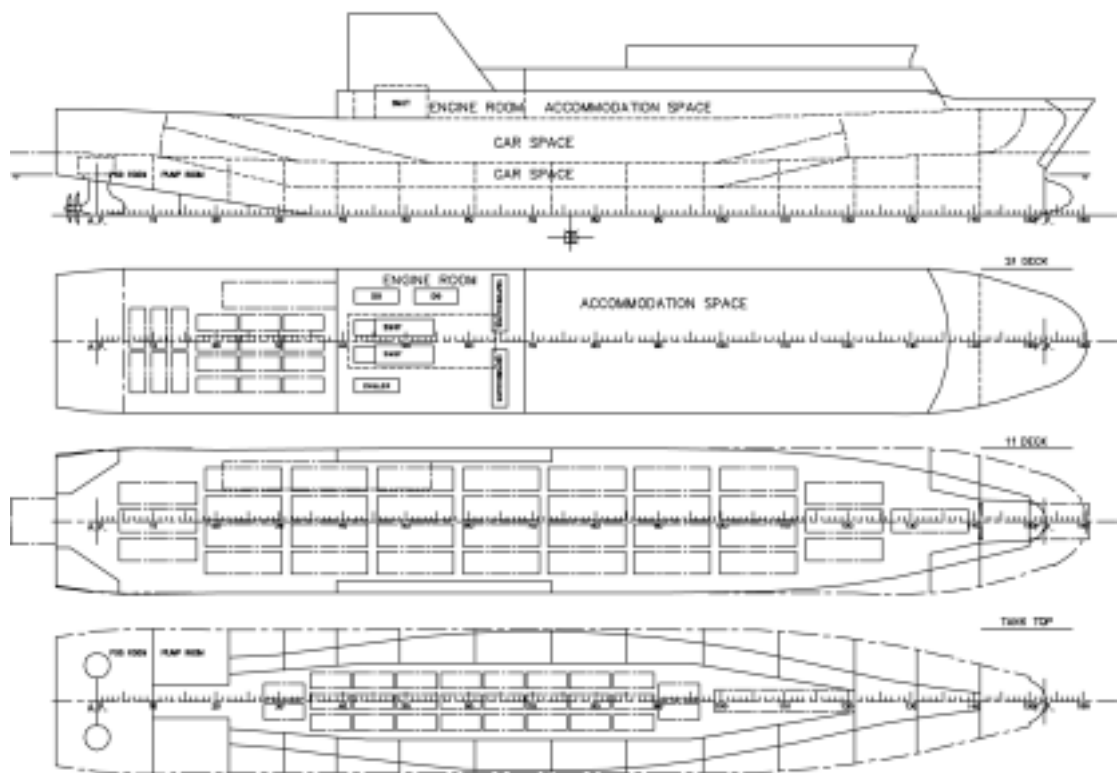


図-7 スーパーエコシップ試設計例 2（フェリー）

これらの試設計例については、今後種々のデータを整備して経済性評価および環境影響評価を行い、在来船との比較を行っていく予定である。スーパーエコシップの普及・実用化のためには優れた経済性が必須であり、その実現に向けて研究開発を進めていく必要がある。

4. 今後の研究計画

本年度は、2年目の研究年度であり基本的には前年度の成果を踏まえ、研究開発を継続していく。以下に本年度の研究計画の概要を述べる。

4.1 市場性検討

今年度も国内外における技術開発動向調査を継続する。また、実証船の船種を選択するための船主等のニーズ調査を基にした試設計例を追加し、環境影響および経済性を評価する。

さらに、船社等を対象としたセミナーなどを開催し、次世代内航船コンセプトの周知を図るとともに、実証船の候補および船主の候補を検討する。

4.2 性能評価・船型開発

CADとCFDおよび水槽試験の組み合わせにより、ポッド推進器の特性を活かし、在来船より優れた性能を持つ次世代内航船の船型開発を行う。

次世代内航船の設計手法構築のため、操縦性、耐航性、推進性能などの性能

評価法を開発する。また、CFD ツールの開発および設計システムの開発を継続する。

4.3 二重反転式ポッド型推進器の開発

二重反転プロペラの設計手法および設計チャート作成およびポッドの性能解析法を開発を継続する。また、ポッド型推進器を開発するための要素技術の研究も継続する。

4.4 操船・制御に関する研究

次世代内航船の開発において操船・制御性能は重要な課題であるので、今年度より新たな研究項目として操船・制御に関する研究を設定し、プロジェクトチーム内に研究チームを設けた。ここでは、次世代内航船の操縦モデルおよび制御モデルのプロトタイプを開発し、シミュレータ実験によってその性能を評価する。

5. あとがき

平成 13 年度より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。図-8 のようなスーパーエコシップの実用化をめざし、今後も研究開発を進めていく予定である。



図-8 スーパーエコシップのイメージ