

1 次世代内航船の研究開発について

推進性能部 日野 孝則

1. まえがき

地球環境への負荷の軽減は世界的課題であり、社会のあらゆる分野においてエネルギー効率の向上が求められている。国土交通省はその施策の一つとして、国内物流におけるトラック輸送の分担を減少させ海運や鉄道へ移行させるモーダルシフトの促進を図っている。そのためにも、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。しかし、内航海運業界は長引く景気低迷による経営状態の悪化や高齢化など船員に関する諸問題等により、新たな物流ニーズに対応することは困難である。この閉塞状況を打破して国内物流システムの近代化を図るには、何らかのブレークスルーが必要である。

これらを踏まえ、国土交通省は、革新的技術を採用入れた次世代内航船を開発し、環境負荷の低減、輸送コストの削減、効率的な海上輸送を実現するための研究プロジェクトを企画した。海上技術安全研究所(海技研)は本研究プロジェクトを国土交通省より受託し、実施主体として研究開発を進めている。ここでは、プロジェクトの研究開発項目、スケジュール、実施体制などについて述べるとともに、平成12年度に実施した予備研究の成果の一部を紹介する。

2. 研究プロジェクト

2.1 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、その目標は、以下の3項目である。

- a) 高効率ガスタービンエンジンを搭載し電気推進方式による二重反転式ポッド推進器を装備する次世代内航船の開発、建造、実証
- b) CAD/CFDによる統合設計システムの構築
- c) 次世代内航船による国内海上物流システムの近代化

a)は直接的な目標であり、平成9年度より6年計画で開発が進められているスーパーマリンガスタービンエンジン(SMGT)の技術を利用した高効率の船用ガス

タービンエンジンを採用し、電気推進方式による二重反転式ポッド推進器およびガスタービンとポッド推進器の利点を最大限に活用する船型の開発を行い、次世代内航船“スーパーエコシップ”(図-1)を建造し、実証実験を行う。次世代内航船は、環境面では NO_x 、 SO_x 、 CO_2 の低減を図るとともに、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岸などを実現する。

b)はa)の船型設計、船型開発のために必要な技術を開発し、統合システム化するものであり、現在、国土交通省特別研究「SBDの概念による高速船の船型設計の研究」(平成12年度～16年度)として研究が進められているシミュレーションベースの設計(SBD;Simulation Based Design)の技術も取り込んで新たな設計システムの構築を目指す。

c)は究極の目標であり、本プロジェクトはその一部を分担するに過ぎないが、ここで開発された次世代内航船の実用化、普及を推進することによって、新たな海上物流システムの構築が可能になることを目指す。言葉を変えていえば、海上物流システムの近代化を担うための次世代内航船の船型開発を行うという意味でもある。

2.2 研究項目

2.1の研究目標を達成するために実施すべき研究項目として、現時点で計画されているものは以下の通りである。

(1) 海上輸送システムベースの船型設計

内航物流、内航船の実態・実地調査などから、次世代内航船の研究・開発の対象となる船舶の種類、要目等を設定する。さらに、内航物流シミュレーションと次世代内航船の概念設計の相互フィードバックを通じて、新たな海上物流システムの検討とそれを実現するための次世代内航船の船種、主要目、具備すべき要件などについてケーススタディを行う。

(2) 次世代内航船の設計・建造

(1)における検討を踏まえて、次世代内航船の実証船として最もふさわしい船を選択し、二重反転式ポッド推進器も含めた実証船の設計、建造を行う。また実証試験を行ってその性能を実証し、実用化を促進する。

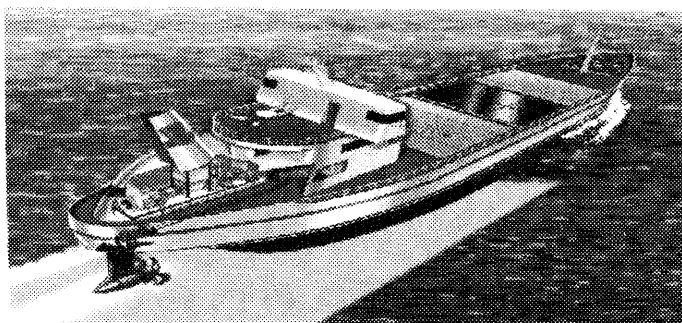


図-1 次世代内航船“スーパーエコシップ”のイメージ

(3) 設計手法および性能評価手法の開発

次世代内航船の設計に用いるため、ポッドを装着した船体のような複雑な形状にも適用可能な CFD(計算流体力学) 手法を開発し、平水中の抵抗・推進性能推定ツールとして整備する。また、CFD を操縦性能や波浪中性能の推定に用いるために必要な技術開発を行う。

ポッド船型の波浪中性能評価手法を開発し、想定される海象条件の下での抵抗・推進性能および欠航率の評価等を行う。また、ポッド船型の操縦性能を評価するための手法を検討し、操縦モデルを構築して操船シミュレータに組み込み、シミュレータ実験によって離着岸性能の評価等を行う。また、これらを併せて船型の総合性能を評価する手法を検討する。

これらの技術を CAD 技術と統合することにより、シミュレーションをベースにした統合設計システムを構築する。

さらに、ポッド船型に対応した水槽試験法を確立し、性能解析法および馬力推定法を開発する。また、CFD をはじめとする各種流体性能評価手法の検証に用いるためにポッド船型まわりの流場計測を行う。

(4) 二重反転式ポッド推進器の開発研究

二重反転式ポッド推進器を開発するために、以下の研究を行う。二重反転プロペラ (CRP) を理論的に設計する手法を開発するとともに、プロペラのシリーズテストを実施することにより、簡便な設計ツールとしての CRP 設計チャートを作成する。また、ポッド形状の流体力学的性能評価のために、船体、ポッド、プロペラの干渉を考慮した流場解析法を開発する。

ポッド推進器製作のための要素技術を研究し、モデル試験を通じて推進器の性能を確認する。さらに、実証船に搭載する実機の製作のため、基本設計を行い、ミニモデルならびに実物大のモデルによる確認試験を行う。

これらの研究項目を実施する概略のスケジュールを表-1に示す。平成 15 年度までに要素研究の大部分を完了し、平成 16 年度より実証船の設計、建造を開始する

予定としている。さらに平成 17 年度には実証試験を行い、平成 18 年度以降の普及・実用化を目指す。

2.3 研究実施体制

既に述べたように、本研究プロジェクトは国土交通省からの受託研究として海上技術安全研究所が主体となって実施している。しかし、このプロジェクトは、新形式推進器の開発、建造、さらには実証船の設計、建造および実証試験を含む大規模なものであり、海技研が単独で遂行することはできないため、開発の一部は外部に再委託する。さらに、開発期間が長期であることから、複数の外部委託先と調整を行いつつ、スケジュールと予算を管理するプロジェクトマネジメントについても十分な体制で臨むことが重要である。

このような観点から、研究開始時には図-2に示すような研究体制でプロジェクトを実施する。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プロジェクトマネジメントグループを設置し、海技研はこのグループの事務局としてマネジメントを行う。その下には海技研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船の設計建造を含む開発作業を行う。

3. 予備研究

本研究プロジェクトの計画立案作業が進行していた平成 12 年度、船舶技術研究所(当時)では、プロジェクトの予備研究として指定研究「スーパーマリンガスタービン搭載船の船型開発に関する研究」を実施した。ここではその成果の一部について述べる。

まず、開発中のスーパーマリンガスタービンエンジンの出力を 2500kW に想定し、1 機または 2 機搭載とした場合に仕様が適合する内航船の船種および要目を検討した。また、推進システムについても既存のディーゼルエンジンの換装とした場合と電気推進を採用した場合の比較検討、ポッド推進器と従来型プロペラの場合の性能向上の見込みの比較などを行った。

表- 1 研究スケジュール

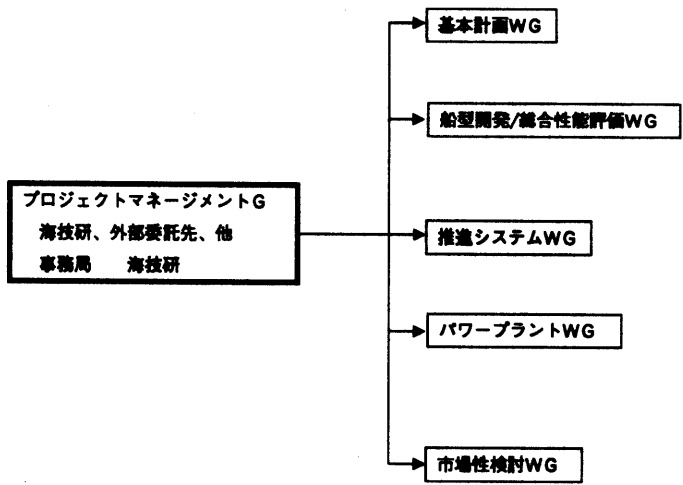
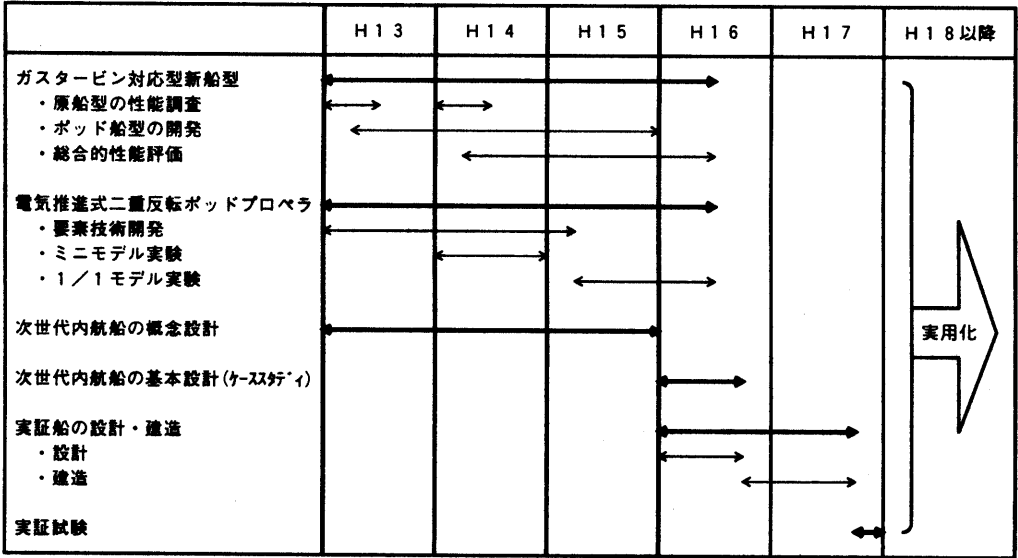


図- 2 研究実施体制

これらを踏まえたケーススタディとして、内航貨物船型を検討対象に設定し、ポッド推進器を装備した船型に対する CFD 手法の適用可能性の評価、および同船型に対する水槽試験技術の確認を目的として、ポッド船型を試設計した。設計方針は、

- 船体前半部は原型から変えない。
- 後半部はポッド推進器を想定してバトックフロータイプの船型とする。
- 排水量の維持にはこだわらない。
- 抵抗性能は原型よりやや良好であればよく、最適化は行わない。

簡単のため、後半部の frameline は直線と円弧で構成されるものとした。舷側は鉛直とし、また、船底はキール幅を一定として船尾端まで延長し midship での rise-of-floor を踏襲して勾配をもたせ bilge circle と接続した。CFD による抵抗性能推定をベースにいくつかの船型を評価し、最終的に図-3 に示すような船型を決定した。排水量は原型から約 2.4% 減少し、浸水表面積も約 1.4% 減となった。

原型およびポッド船型の模型を作成し水槽試験を行った。試験結果は別稿¹⁾で紹介しているので、ここでは CFD 解析の結果を述べる。

用いた計算コードは NEPTUNE²⁾ である。計算格子は $129 \times 33 \times 81$ であり、レイノルズ数は模型試験時に合わせ 1.25×10^7 とし、フルード数は設計速度である 0.223 とした。

CFD では、全抵抗係数の低減率は約 14%、造波抵抗係数の低減率は約 32% という結果を得た。有効馬力 EHP では約 14% の低減となる。一方、水槽試験では、EHP の低減率で約 15% であり CFD 計算とほぼ対応する。船体後半部の船体表面圧力の比較を図-4 に示す。ポッド船型の船体後半部の圧力はガス方向に均一に分布し、バトックフロー船型にした効果が現れている。

図-5 はポッドを装着した状態における圧力分布である。この例では、複雑形状を扱うために非構造格子法による流れ解析手法³⁾を適用した。プロペラの影響は考慮していない。プロペラモデルの導入は今後の課題である。ポッドおよびストラットの影響により、圧力の分布形状が複雑に変化している様子が分かる。

この予備研究の成果は、ポッド船型による性能向上の見通しが得られたこと、さらに、水槽試験法および CFD 手法の基本的性能が確認され、今後の開発課題が明確になったことである。

4. あとがき

平成 13 年度より開始する国土交通省委託研究「次世代内航船の研究開発」の概要を紹介した。今後、研究の進捗に合わせて成果を報告していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 右近 他:ポッド・プロパルサ船型の自航試験とその解析、平成 13 年度 (第 1 回) 海技研発表会、2001.
- 2) Hirata, N. and Hino, T.: An Efficient Algorithm for Simulating Free-Surface Turbulent Flows around an Advancing Ship, 造学論、185, 1999.
- 3) Hino T.: Navier-Stokes Computations of Ship Flows on Unstructured Grids, Proc. of the 22nd Symp. on Naval Hydro., 1998.

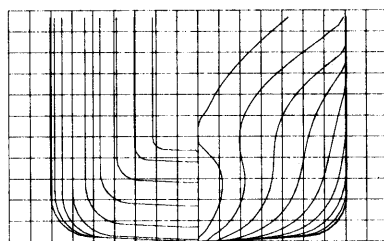


図-3 ポッド船型正面線図

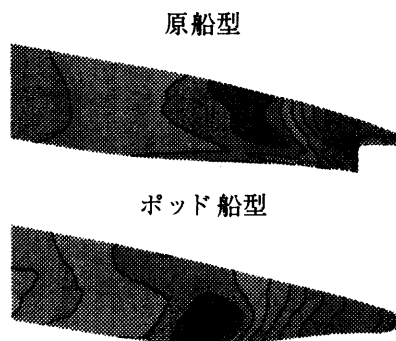


図-4 船体表面圧力分布 (後半部)

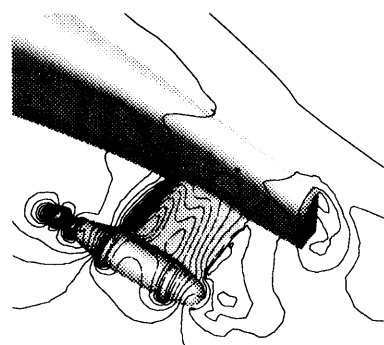


図-5 ポッドを装着した船体まわりの圧力分布 (後半部)