

**平成 21 年度 第 1 回 海上技術安全研究所評価委員会  
報告書**

**平成 20 年度 年度評価**

**平成 21 年 6 月 11 日**

**独立行政法人海上技術安全研究所**

# 目 次

1. はじめに .....	1
2. 評価の概要 .....	2
3. 評価の結果 平成 20 年度 年度評価 .....	3
(1) 海上輸送の安全の確保 .....	4
(2) 海洋環境の保全 .....	8
(3) 海洋の開発 .....	13
(4) 海上輸送の高度化 .....	17
参考資料 平成 20 年度業務実績報告書 .....	21
(1) 海上輸送の安全の確保 .....	22
(2) 海洋環境の保全 .....	56
(3) 海洋の開発 .....	88
(4) 海上輸送の高度化 .....	99

# 1. はじめに

海上技術安全研究所は、実施する研究課題について、以下のように研究評価体制等を整備し評価を実施しています。

## (1) 評価の体制

海上技術安全研究所で実施する研究は、研究の種類などに応じ、「内部評価」と「外部評価」に諮られます。

「内部評価」は、理事長を座長とし、所内職員で構成される研究計画委員会が実施します。

また、「外部評価」は、理事長が選任する外部有識者で構成される海上技術安全研究所評価委員会が実施します。

## (2) 評価の種類

評価は、大きく分けて、「研究評価」と「独立行政法人評価に資するための評価」があります。

「研究評価」は、国の研究開発評価に関する大綱的指針に準じ、研究所が実施する個々の研究の内容を評価するものであり、研究の開始時(事前評価)及び終了時(事後評価)にそれぞれ実施します。

また、「独立行政法人評価に資するための評価」は、独立行政法人評価に準じ研究所が実施する研究業務の実績を評価するものであり、各年度計画の終了時(年度評価)及び中期計画の終了時(事業評価)にそれぞれ実施します。

海上技術安全研究所では、透明かつ厳正な「外部評価」を実施するため、評価要領を「外部評価マニュアル」として策定し、これに従って評価を実施していただいております。

本報告書は海上技術安全研究所評価委員会の評価結果をとりまとめたものであり、評価結果及び指摘事項は、今後の研究活動に反映していきます。

		重点研究	先導研究	基盤研究	外部資金型研究
研究評価	事前評価	大綱的指針に準ずる評価 内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 課題の妥当性 →政策課題 <input type="checkbox"/> 成果目標の妥当性 →output(研究成果)	内部評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 課題の妥当性 →政策課題 <input type="checkbox"/> 成果目標の妥当性 →output(研究成果(F/S))	内部評価 定性評価(コメント) <input type="checkbox"/> 成果目標の妥当性 →技術ポテンシャル(人材)	※国費関係は資金元で評価
	事後評価	大綱的指針に準ずる評価 内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 成果目標の達成度 →output(研究成果) →outcome(社会効果)	内部評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 成果目標の達成度 →output(研究成果(F/S))	内部評価 定性評価(コメント) <input type="checkbox"/> 成果目標の達成度 →技術ポテンシャル(人材)	※国費関係は資金元で評価
独立行政法人評価に資するための評価	年度評価(年度毎)	各事業年度に係る業務実績に関する評価(通則法32条) 内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 年度計画記載の措置事項の進捗度(重点研究に限る)	※該当せず	※該当せず	※該当せず
	事業評価(5年毎)	中期目標に係る業務実績に関する評価(通則法34条) 内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 中期計画記載の成果目標の達成度(業務全般)	内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 中期計画記載の成果目標の達成度(業務全般)	内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 中期計画記載の成果目標の達成度(業務全般)	内部評価 外部評価 独法評価 定量評価(5段階) <input type="checkbox"/> 中期計画記載の成果目標の達成度(業務全般)

## 2. 評価の概要

### (1) 評価の実施日

平成 21 年 6 月 11 日(木)

### (2) 評価の実施者

#### 海上技術安全研究所評価委員会名簿

会務	氏名	所属・役職
会長	平山 次清	国立大学法人 横浜国立大学大学院工学研究院 海洋空間のシステムデザイン教室 教授 (50 音順)
委員	荒井 誠	国立大学法人 横浜国立大学大学院工学研究院 海洋空間のシステムデザイン教室 教授
委員	池田 良穂	公立大学法人 大阪府立大学大学院 工学研究科 海洋システム分野 教授
委員	大津 正樹	社団法人 日本船用工業会 大形機関部会長 (三井造船 株式会社 玉野事業所 機械・システム事業本部 技術理事)
委員	影本 浩	国立大学法人 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境システム学専攻 教授
委員	高崎 講二	国立大学法人 九州大学総合理工学研究院 エネルギー環境共生工学部門 流動熱工学講座 教授
委員	三島 慎次郎	社団法人 日本造船工業会 技術委員会 委員長 (ユニバーサル造船 株式会社 代表取締役社長)
委員	横田 健二	社団法人 日本船主協会 海上安全・環境委員会委員 (株式会社 商船三井 執行役員)

### (3) 評価の種類及び対象

今回の海上技術安全研究所評価委員会の評価の種類及び対象は、以下の通りです。

種類：「独立行政法人評価に資するための評価」の「年度評価」

対象：平成 20 年度に実施した重点研究

(注 1) 重点研究は中期計画に記載の重点的に取り組む研究開発課題です。

(注 2) 「海上輸送の安全の確保」、「海洋環境の保全」、「海洋の開発」及び「海上輸送の高度化」の研究課題の分野毎に評価を実施します。

### (4) 評価の結果

評価の結果として評点は次の通りになりました。

また、研究課題の分野ごとの評価結果の詳細は、第 3 章に掲載しています。

海上輸送の安全の確保 : S

海洋環境の保全 : SS

海洋の開発 : S

海上輸送の高度化 : SS

評価結果及び指摘事項は、今後の研究活動に反映していきます。

### 3. 評価の結果 平成 20 年度 年度評価

- (1) 海上輸送の安全の確保
- (2) 海洋環境の保全
- (3) 海洋の開発
- (4) 海上輸送の高度化

年度評価シート【外部評価結果】

評価者	海上技術安全研究所評価委員会	日付	平成 21 年 6 月 11 日
評価対象年度	平成 20 年度		
研究分野	海上輸送の安全の確保		
	①船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究 ②異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究 ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究 ④テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究		

1. 年度計画記載の実施事項の進捗度					
【評点】	<input type="checkbox"/> SS	<input checked="" type="checkbox"/> S	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
評価ポイント	■①重点研究の各年度の実施事項は、年度計画に記載の重点的に取り組む研究開発課題（重点研究）の実施事項を達成したか（社会ニーズ（政策課題）の変化により、関連する重点研究の課題設定・成果目標を年度内に変更した場合は、当該変更を含む） ■②その他				
特記事項	海上技術安全研究所評価委員会の主なコメント： <input type="checkbox"/> 操船シミュレータをリスク解析シミュレータにまで進化させ、三重衝突事故といった複雑なケースに適用し、その実用性を示し得たことは特筆に価する。IMOへの提言などの活動は、国益といった観点から非常に重要なものであり特記されるものである。また成果には結びつかないものの、新機軸の新水槽建設には、多大な努力が傾注されたはずで、大いなる成果が期待される内容である。超大型コンテナ船の構造安全評価のためのバックボーンモデル開発により、振りモーメントまで計測可能とした点も評価に値する。以上より年度計画を達成した上に追加措置を実施し、極めて有益なる成果を挙げていることから評価ポイントと照らし合わせて SS が妥当と判断した。（A 委員） <input type="checkbox"/> 事故解析シミュレータは、今後の海難事故解析に大きな威力を発揮すると期待できる。（B 委員） <input type="checkbox"/> 明石海峡での事故解析を事例として紹介した事故解析手法の開発研究は、①「リスクベースの安全性評価手法・・・」等の研究課題下で実施する方が、無理がないように思われる。（現状「②荒天下における・・・手法」で実施）操船シミュレータを用いた事故再現、事故分析手法の開発については、今後の海難事故分析においてきわめて有用だと期待される。学術公開文書、マスコミ報道等のリストを作成して評価委員会に出すことが望まれる。（C 委員） <input type="checkbox"/> 公的機関が行うべき研究を満足出来る成果で終了したことを評価する。（D 委員） <input type="checkbox"/> AIS データの詳細解析法を構築し、操船シミュレータを用いて海難事故を忠実に再現できるシステムを作り上げたことは大いに評価される。また、このシステムを開発・運営している海難事故解析センターに対して、実際に起こった海難事故の原因解析の需要が数多くきていることは、社会への貢献という観点からも高く評価できる。（E 委員） <input type="checkbox"/> 操船リスクシミュレーターを用いて海難事故を再現した研究は、事故当事者が置かれていた状態を人間の感覚まで立ち入って事故状態や原因を分析することができ、事故回避対策の検討にも役立つ新しい技術として高く評価できる。リスク評価では、LNG 船における HAZID 会議を開催し、LNG 船のリスク解析を IMO の FSA に基づき詳細に行っており、今後のリスク解析の手法の高度化と共に、リスク評価の実用化を促進するものと大いに期待される。超大型コンテナ船の構造安全性評価では、振り計測が可能な新しいシステムを開発し、コンテナ船の水平曲げ、振りモーメント、ならびにこれらの弾性振動について高精度に計測することを可能にした。これにより衝撃的な荷重の直接計算の検証も高精度に行うことができるようになり、超大型コンテナ船の構造安全性評価に大きく貢献したと				

	<p>考える。当該研究分野の各研究課題においては、IMO への提言等を行っているものが多く、その研究成果は国際的にも評価されていると考えられる。また、海事局、運輸安全委員会等への積極的な対応を通じ、わが国の海上安全の確保に対し、多大なる貢献をしていると認める。(F 委員)</p> <p>□何れの課題も設定された年度計画を達成し、更に目標以上の成果をあげた。「船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築」においては、客観的なデータを元に構築した詳細解析手法により、海難事故を再現、原因を究明し、その回避法を提言できるレベルまで達したことは高く評価される。IMOでは欧州勢を中心に兎角「過剰対応」に走りがちの中で、技術理論に裏づけされた評価法を構築したことは、高く評価される。(G 委員)</p>
--	---

※評点の付け方として、「年度計画記載事項」を全て達成した場合は「A」、「年度計画記載事項」を達成し、それ以外の追加措置等を実施した場合は「S」、加えて極めて有益で明確な成果が出た場合は「SS」と付けて下さい。

※評点について、中間レベルより低い評価をされた場合、その視点又は理由、改善(変更)すべき点を「特記事項」に記載願います。それ以外の評価をされた場合でも、その理由等を記載頂ければ有り難く存じます。

※評価ポイントについて、例示されているもので、評価者の判断の視点に該当するものがあれば、当該視点を選択(レ点 or ■)していただき(複数可)、他方、該当するものがない場合は、「その他」を選択いただき、( )内に具体的に理由等を記述いただけるようお願いします。

#### 事務局とりまとめ欄

<b>総合評価</b>	<b>各評価委員評点</b>	
<b>S</b>	SS : 3 人 S : 5 人 A : 0 人 B : 0 人 C : 0 人	

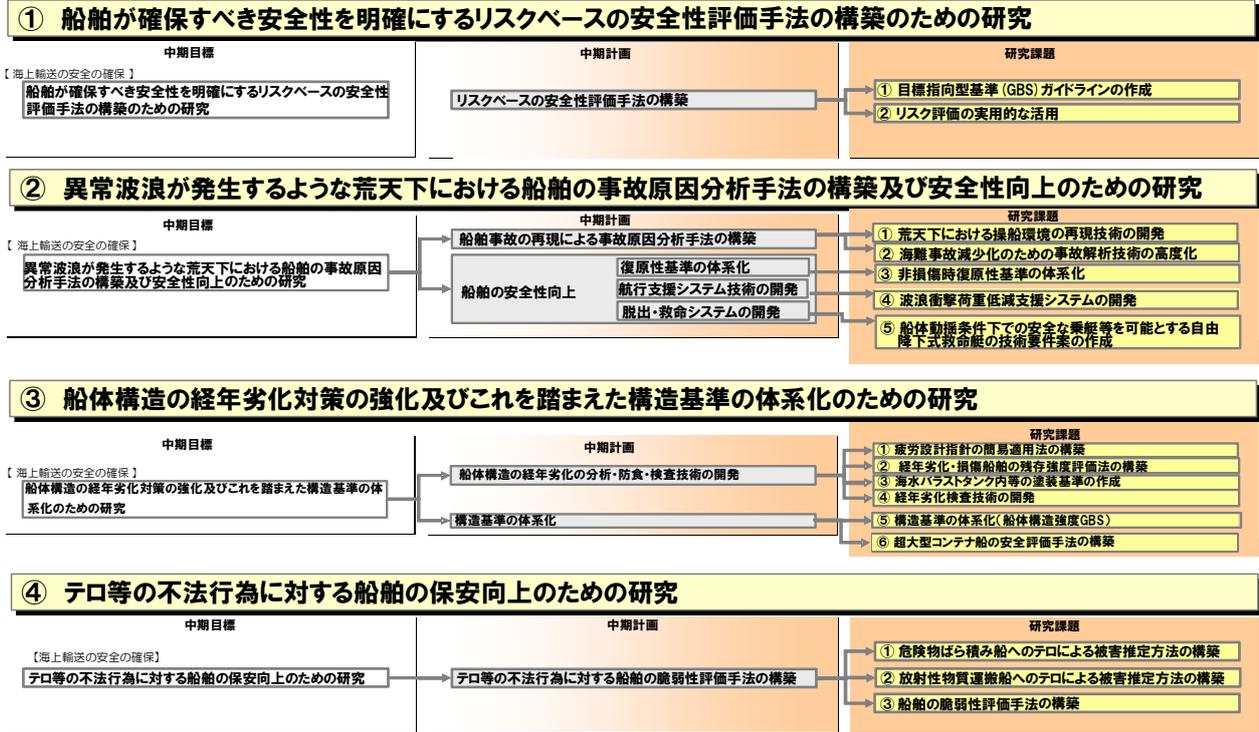
評価の結果に対する当所からの御回答

(C 委員のコメントに対する御回答)

明石海峡で発生した衝突事故の分析は、「事故原因分析手法の構築」との観点から②課題で実施しました。②課題は「異常波浪が発生するような荒天下…」との課題名称となっているため誤解が生じたことと思われませんが、今回取り上げたような具体的事例も含め事故原因分析全般を扱うことで対応させていただいております。

今後は、①課題に関連した衝突事故等のリスク評価を実施するとともに、事故低減の具体的方策を検討する必要があります。そこで当所では、H21年4月から海上安全イニシアティブプロジェクトチームを発足させ、それらの課題に対して重点的な取組を開始しております。

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の安全の確保】



重点：安全(7/16)

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の安全の確保】船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築

中期目標	中期計画	年度計画
② 異常な波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究	□船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築	研究課題②海難事故減少のための事故解析技術の高度化 実施事項○操船リスクシミュレータを用いた海難事故分析技術の高度化

**政策課題**

- 船舶の転覆・沈没等の事故の原因究明及び安全対策の構築に不可欠な事故当時の状況の再現は困難
- 特に、地球温暖化に伴う巨大波浪 (freak wave) の発生等、異常海象による事故の増加が懸念
- 迅速かつ的確な事故原因の究明及び荒天下での安全対策の構築が急務

**技術現状**

- ✓ 海難事故シナリオの再現とその際の行動及び整理データの観測を目的として、操船リスクシミュレータがH20年3月に完成。
- ✓ H20年10月の運輸安全委員会設立により、事故原因の科学的分析に国が積極的に関与。
- ✓ しかしながら、現状は概念が先行し、具体的な内容・方法論は未検討。

**成果目標**

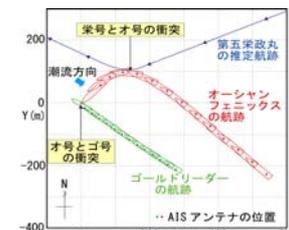
- 最近発生した海難(衝突事故)を詳細に分析して、一般的な事故シナリオ作成に必要な技術の検討を行う。
- 船舶の主要目から操縦運動モデルを推定し、操船リスクシミュレータに組み込み、同シミュレータでの操縦運動再現を行う。
- 再現した事故シナリオを用いて、操船時のヒューマンファクターの評価や人間信頼性からの分析を実施。

**年度実績**

- 重大事故発生時における事故情報の分析及び迅速な情報提供を目的に海難事故解析センターを昨年9月に設置。その解析能力が評価され、既に運輸安全委員会から多数の海難事故解析を受託。さらに、事故の再発防止策を適切に講じるには事故原因の科学的な解明が必須であることに鑑み、客観的な証拠能力を持つデータの解析手法を独自に構築。例えば、衝突事故について、AISアンテナや船の大きさも考慮したAISデータの詳細解析手法を構築し、詳細なシミュレーションに基づき事故船の操船性能や操舵の時間変化を推測することにより、操船リスクシミュレータを用いて海難事故を忠実に再現。これにより、事故原因の解明、事故回避策の検証及び事故再発防止に有効な航行支援機器や情報提供方策などの検討が可能。
- 今後、海難事故解析センターと操船リスクシミュレータによる事故解析と相まって、事故原因究明及び再発防止策策定に大きく貢献。



明石海峡衝突事故での2回目の衝突直前の3隻の様子



明石海峡衝突事故での2隻のAISデータ詳細解析

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の安全の確保】その他の研究成果

資料1-2

3ページ

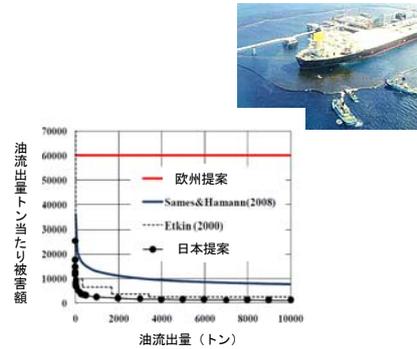
### □ 船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究

#### 研究概要

- 船舶の安全基準を合理的かつ効率的に策定するため、安全対策によるリスク減少を定量的に評価する手法（リスクベースの安全性評価手法）の導入が国際的に検討されています。
- 本研究では、リスク評価手法を取り入れた目標指向型基準（GBS）をすべての基準に適用することを目的とした包括的国際ガイドライン、規則改正の費用対効果をリスク解析により判定するFSAガイドラインの作成とリスク評価の実用的な活用を行っています。

#### 年度実績～FSAガイドラインの作成

- IMOが検討する海難事故による油流出リスクの費用対効果の評価手法（FSA手法の拡張）について、欧州の一律的な評価基準案（油流出量トン当たり被害額6万USドル）に対し、過去の多数の油濁事故の詳細分析により油流出量と被害額の関係を導出して油濁量依存の新たな評価基準案を策定し、IMOに日本案として提案されました。これにより、実態に即した合理的な評価の実施が期待され、例えば、欧州が実施したFSAにより国際規則化が推奨された油タンカーのダブルハル高さの増加等の油流出事故防止対策は過剰な対策であると評価されます。



油流出リスクの費用対効果(CATS)の評価基準の比較

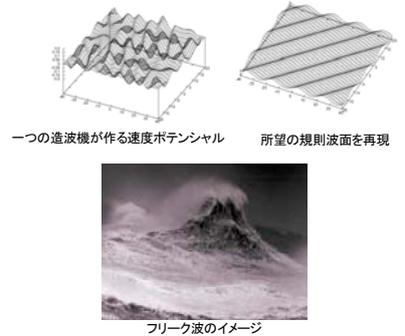
### □ 異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究

#### 研究概要

- 船舶の転覆、沈没等の続発する海難事故に対し、事故原因の分析や安全対策の更なる高度化が求められています。事故原因分析においては、特に、自然界で発生する異常波浪中における船舶の挙動解析が必要です。
- 本研究では、荒天下での安全性向上を目的に、実海域再現水槽と操船リスクシミュレーターをリンクさせた操船環境の再現技術による事故原因分析手法、波浪衝撃予知技術、救命設備の安全基準等の研究を行っています。

#### 年度実績～操船環境の再現技術の開発

- 従来のような波高や波力のフィードバック制御を用いず、各造波板が作る水槽全体の調和振動場を境界要素法によって計算し、水槽の形状にかかわらず、全造波板の動きを最適化して自然界における波浪場などをリアルに再現できるという新しい造波技術を開発しました（特許申請中）。
- さらに、水槽施設制御システム（整備中）に連動し、模型船を目的の波にピンポイントで遭遇させて実験できる計測・解析システムを設計しました。これにより、新実海域再現水槽が完成後にフリーク波を再現した模型実験を実施できる基盤が整いました。



## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の安全の確保】その他の研究成果

資料1-2

4ページ

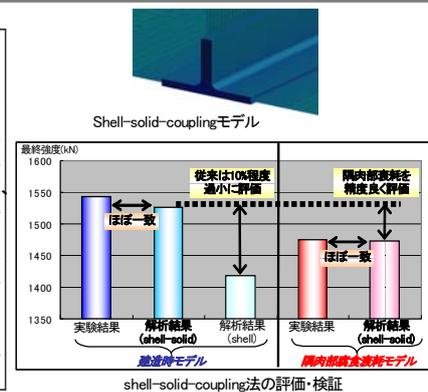
### □ 船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究～その1

#### 研究概要

- 船体構造の経年劣化に起因する事故が続発したことを受け、IMOでは2010年を目途に船体構造強度基準の見直しを行っています。
- 本研究では、(過度な構造設計だけでは過剰な社会負担となるため) 塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準が策定されるよう、新たな経年劣化現象の解明と対策技術の研究を行っています。

#### 年度実績～隅肉溶接部の腐食劣化強度評価

- IMOでは、防撓構造の隅肉溶接脚長について腐食予備厚を含め議論されていますが、従来の解析手法(shell)では、隅肉溶接部を表現できず、防撓構造の耐力を過小評価していました。また、溝状腐食などの局所的な経年劣化の影響も考慮できないため、本研究では、shell-solid-coupling法を応用して、隅肉溶接部を詳細に表現した新モデルを開発し、初期不整や残留応力の影響を考慮しつつ、実態に即して隅肉溶接部の腐食劣化の及ぼす影響を精度よく評価できることを実証しました。今後、これを逐次崩壊解析法に組み込むことにより、局部腐食の影響を考慮可能な強度解析手法の構築に目途をつけました。



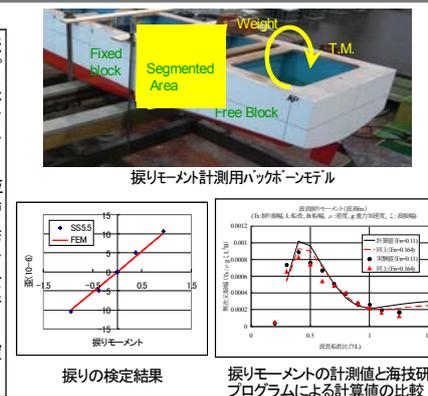
### □ 船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究～その2

#### 研究概要

- 世界的規模で海上輸送量が増大する中、超大型コンテナ船が登場しつつありますが、作用外力の増大に対応した新たな構造設計の開発が求められています。
- 本研究では、超大型コンテナ船の構造安全性確保の観点から、解決すべき技術的課題について総合的に検討するなど、合理的な構造要件の策定に必要な研究を行っています。

#### 年度実績～超大型コンテナ船の構造安全評価手法

- 海技研が開発した6自由度の複合荷重計算プログラムについて、衝撃荷重計算部分を拡張し、従来の船底スラミングに加え、コンテナ船の弾性振動に重要なバウフレア・スラミングの直接計算が可能になりました。
- また、水平曲げ及び波浪振りモーメント並びにこれらの弾性振動について、従来の水槽試験では高精度な計算と比較できるものが無かったことから、今回新形式のバックボーンモデルを当所オリジナルの実験技術として世界で初めて開発し（特許申請中）、計測技術を飛躍的に向上させました。この実験データで上記プログラムの検証を行い、有効性を確認しました。



### 年度評価シート【外部評価結果】

評価者	海上技術安全研究所評価委員会	日付	平成 21 年 6 月 11 日
評価対象年度	平成 20 年度		
研究分野	海洋環境の保全 ⑤船舶からの二酸化炭素(CO2)の排出による地球温暖化の防止に資する研究 ⑤-1 CO2の排出低減技術の開発のための研究 ⑤-2 国際的な課題となっている外航海運のCO2の排出量算定手法の構築のための研究 ⑥船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染の防止に資する研究 ⑦船舶からの排出ガスの放出による大気汚染の防止に資する研究 ⑦-1 排出ガスの規制強化の検討に必要な計測技術の開発及び環境影響評価手法の構築のための研究 ⑦-2 船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究 ⑧船舶の運航に伴う海洋生態系被害の防止に資する研究 ⑧-1 非有機スズ系船舶用防汚塗料の環境影響評価手法の構築のための研究 ⑧-2 船舶のバラスト水処理システムの性能評価手法の構築のための研究 ⑨船舶の解撤に伴う環境汚染の防止に資する研究		

1. 年度計画記載の実施事項の進捗度					
【評点】	<input checked="" type="checkbox"/> SS	<input type="checkbox"/> S	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
評価ポイント	■①重点研究の各年度の実施事項は、年度計画に記載の重点的に取り組む研究開発課題(重点研究)の実施事項を達成したか(社会ニーズ(政策課題)の変化により、関連する重点研究の課題設定・成果目標を年度内に変更した場合は、当該変更を含む) ■②その他				
特記事項	海上技術安全研究所評価委員会の主なコメント: <input type="checkbox"/> 実際の運航状態における船舶の性能について「性能鑑定」の観点からガイドライン(海の10モード)を構築したことは、今後、単に鑑定にとどまらず「運航状態での性能保証」という次のレベルに世界でも先駆けて到達できる段階に到ったということで特筆に値する。その他、速度低下係数新概念のIMOへの提案と導入、空気潤滑による低抵抗船体実現に有効な技術の開発と特許申請、新しいウェザールーチング概念導入によるCO2削減法開発、触媒技術の高度化によるNOx削減法開発、シップリサイクル国際ガイドライン作成への貢献なども特筆され、年度計画記載事項を全て達成した上に追加措置等を実施し、極めて有益で明確な成果を出しているため、評価はSSと判断した。(A委員) <input type="checkbox"/> 低VOC防汚塗料開発は、特筆すべき研究成果である。(B委員) <input type="checkbox"/> 実海域での性能について研究は、阪大の中村教授、内藤教授を中心とする研究グループの長年の研究成果の上に立つ成果と思われるが、そうした先導的研究との関連について示して欲しかった。空気潤滑による抵抗低減効果については、学術的には興味深い、その効果が5%程度に留まっていることは、他の省エネデバイスとの比較における絶対的優位性が見えない。1つのアイデアに執着するだけでなく、さらに広く効果の期待できる手法についても目を向けることが必要にも思われる。この点で、従来船型から大幅に異なる2軸船型によって20%の燃費削減を達成したことは大きく評価したい。学術公開文書、マスコミ報道等のリストを作成して評価委員会に出すことが望まれる。(C委員) <input type="checkbox"/> 国際条約に出される重要な修正を出したという面でもっと高く評価しても良いかもしれません。(D委員) <input type="checkbox"/> 海技研が提案した「海の10モード」の船級協会への採用、新造船のCO2排出設計指標のIMOへの提案、シップリサイクル国際ガイドラインのIMOへの提案など、研究論				

文の発表に留まらず、社会への寄与の大きい多くの活動を行っている点は、大いに評価できる。一方で、船舶からの CO2 排出低減のための研究開発が軽量化や沖待時間の短縮などに留まっているが、CO2 削減は自動車の成功にみられるように、エンジンの性能改善による燃費低減が本命技術であろうから、今後のそのような方向での CO2 排出削減にも取り組むべきと考える。(E 委員)

□CO2 の削減に関して、実海域性能を評価できるプログラムを開発し、実海域での船速低下を高精度で推定できるシステムを開発したことは、大きな成果である。また、新造船の CO2 排出設計指標を IMO に提案し、船速低下係数の概念が IMO の指標案に組み込まれ、CO2 削減の国際的な枠組みづくりに貢献したことは特筆に値する。空気潤滑法については、エンジン過給機の余剰掃気を利用して空気噴出の効率を高める手法を世界で初めて考案した。これにより、実船での摩擦抵抗低減が、初めて実用化されるものと期待され、その独創性が高く評価できる。航海支援システムに関する研究では、実船試験での結果を踏まえ CO2 を 20%以上削減できる見込みであり、CO2 削減に対し大きく貢献できるものと評価する。NOx 排出規制については、尿素 SCR 触媒の適用に目処が立ったことは大いに評価できる。今後は、実機における触媒の機能劣化を防ぐ方法、または再生する方法を確立し、より経済的に NOx の排出量削減目標を達成することを目指して欲しい。いずれの課題も当初設定した年度計画の実施事項を順調に達成している。特に地球温暖化防止については社会的にも注目を集めており、数多くの成果をあげていると認める。(F 委員)

□何れの課題も目標に対し十分な成果を達成した。低VOC塗料の開発においては、作業性を改善、職場環境、効率化を大幅に向上、また、バラスタック用塗料では、熟練技能を有さない作業でも均一な品質を得られる塗料を開発したことは、十分な成果と判断される。真空含浸製造法も作業環境の改善が十分に期待でき、更に、海事産業への人材の確保に貢献していくものと期待される。(G 委員)

※評点の付け方として、「年度計画記載事項」を全て達成した場合は「A」、「年度計画記載事項」を達成し、それ以外の追加措置等を実施した場合は「S」、加えて極めて有益で明確な成果が出た場合は「SS」と付けて下さい。

※評点について、中間レベルより低い評価をされた場合、その視点又は理由、改善(変更)すべき点を「特記事項」に記載願います。それ以外の評価をされた場合でも、その理由等を記載頂ければ有り難く存じます。

※評価ポイントについて、例示されているもので、評価者の判断の視点に該当するものがあれば、当該視点を選択(レ点 or■)していただき(複数可)、他方、該当するものがない場合は、「その他」を選択いただき、( )内に具体的に理由等を記述いただけるようお願いいたします。

#### 事務局とりまとめ欄

総合評価	各評価委員評点
<b>SS</b>	SS : 6 人 S : 2 人 A : 0 人 B : 0 人 C : 0 人

評価の結果に対する当所からの御回答

(C 委員のコメントに対する御回答)

実海域性能の研究に関して、成果報告の中では詳細な記述が省略されておりますが、本研究で得られた成果は、諸先生方の過去に行われた数々の研究成果の上に立脚するものです。従いまして、過去の研究成果との関連は、学術論文等の中で詳細に示させていただいている次第です。

抵抗軽減効果については、空気潤滑以外の省エネデバイスの効果とその評価方法の検討を行っており、今後も引き続き調査・研究を実施予定です。

(E 委員のコメントに対する御回答)

当所におきましても、エンジンによる性能改善・燃費低減は、船舶からの CO2 排出削減に大変重要であるとの認識です。実際の所、コモンレール方式の新形式船用機関の検討も行っております。さらに、次期中期計画では、本課題について重点的に取り組むべく、研究テーマに盛り込む方針で対応しております。

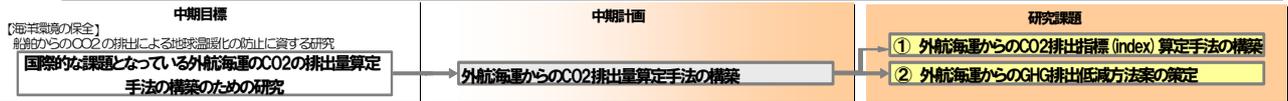
## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題【海洋環境の保全】

### ⑤ 船舶からのCO2の排出による地球温暖化の防止に資する研究

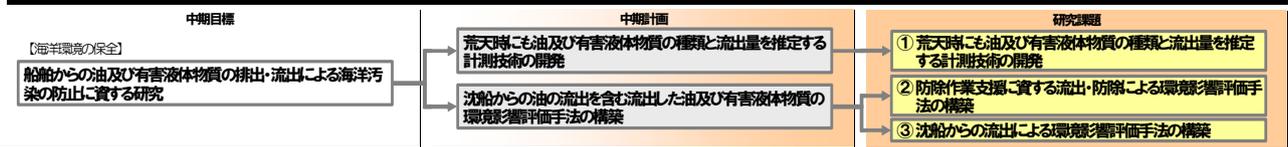
#### 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究



#### 国際的な課題となっている外航海運のCO2の排出量算定手法の構築のための研究



### ⑥ 船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染の防止に資する研究



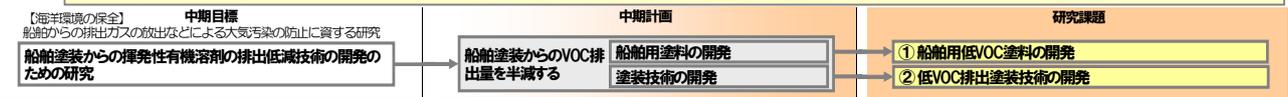
## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題【海洋環境の保全】

### ⑦ 船舶からの排出ガスの放出などによる大気汚染の防止に資する研究

#### 排出ガスの規制強化の検討に必要な計測技術の開発及び環境影響評価手法の構築のための研究

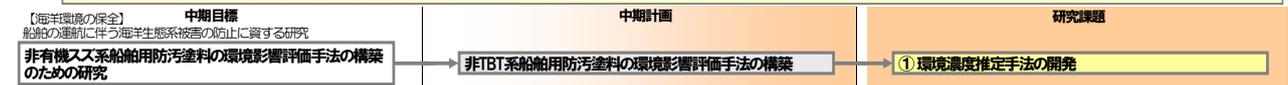


#### 船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究

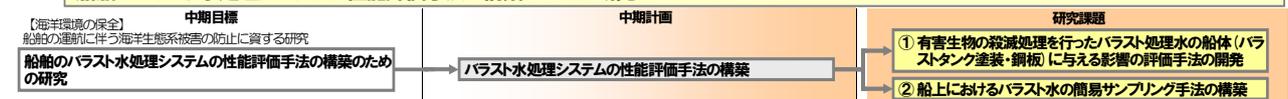


### ⑧ 船舶の運航に伴う海洋生態系被害の防止に資する研究

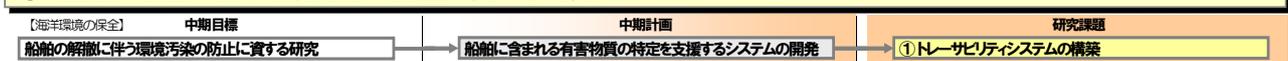
#### 非有機スズ系船舶用防汚塗料の環境影響評価手法の構築のための研究



#### 船舶のバラスト水処理システムの性能評価手法の構築のための研究



### ⑨ 船舶の解体に伴う環境汚染の防止に資する研究



## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海洋環境の保全】CO2の排出低減技術の開発

資料2-2

3ページ

中期目標	中期計画	年度計画
⑤ 船舶からのCO2の排出による地球温暖化の防止に資する研究	□ CO2の排出低減技術の開発及び外航海運からのCO2排出量算定手法の構築	研究課題⑤-1-②船舶イノベーションでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発、⑤-2-①外航海運からのGHG排出指標算定手法の構築 実施事項○実海域性能評価システムの開発（海の10モード）等

### 政策課題

#### □ 京都議定書の発効

➢ 2008年-2012年の間に基準年比6%削減

#### □ ポスト京都議定書の検討

➢ 2013年以降の更なるCO2排出削減

➢ 現行の京都議定書の対象外である外航船のCO2排出削減

### 技術現状

✓ 実運航時の船舶の燃費性能を高精度かつ簡易に評価する手法は存在せず。

✓ 特に、斜波、喫水、速度影響を考慮した波浪中の抵抗増加、風圧力及び斜航流体力・当舵力に関する性能評価は、非常に困難。

✓ 新造船のGHG排出性能を示す設計指標（index）は存在せず。

### 成果目標

□ 実運航時における船型及び推進システムの総合性能を高精度で評価する手法を開発することによる優良船に対するインセンティブ創出。

□ 新造船のCO2排出設計指標算定手法を構築。

□ 国際航海からのCO2排出削減に関する国際的な枠組み作りへの積極的な対応。

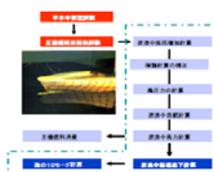
### 年度実績

□ 斜波、喫水、速度影響を考慮し波浪中の抵抗増加、風圧力及び斜航流体力・当舵力を計算できる実海域性能評価プログラムを開発。同プログラムと正面波浪中での水槽試験を組み合わせることにより、実海域での速度低下を高精度で評価できるシステムを開発し、詳細な性能鑑定ガイドラインを作成。一部の船級協会で同ガイドラインに基づく鑑定業務を実施予定（海の10モード）。

□ 新造船のCO2排出設計指標をIMOに提案。本研究の成果である速度低下係数 $f_w$ の概念がIMOの指標案に盛り込まれた。また、開発した手法をもとに、 $f_w$ を求めるガイドラインもIMOに提案。これらにより、国際航海からのCO2排出削減に係る国際的な枠組み作り大きく貢献。

□ 実船（PCC2隻、VLCC1隻）による高精度な実海域性能実験を行い、上記システムが有効であることを立証。

試験と計算を組み合わせた「Mブリッド」計算法



実船試験の模様

$$\text{Attained new ship design CO}_2 \text{ index} = \frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + \left( \prod_{k=1}^L f_k \right) \left( \sum_{i=1}^{NLE} C_{FLEi} SFC_{LEi} P_{LEi} \right)}{\text{Capacity} \times V_{ref} \times f_w}$$

IMO第58回MEPC(20年10月開催)に提出された指標

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海洋環境の保全】その他の研究成果

資料2-2

4ページ

### □ CO2の排出削減技術の開発のための研究～その①

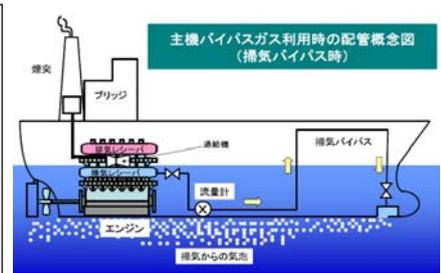
#### 研究概要

➢ 京都議定書の発効により、2008年-2012年の間に基準年比6%削減が求められる中、ポスト京都議定書の検討（IMO）が開始され、議定書対象外の外航船の対策も求められています。

➢ 本研究では、船舶からのCO2排出低減を目的として、大多数の船舶で約80%と大きな割合を占める船舶の摩擦抵抗を低減するために空気潤滑（船底より空気を吐出）を利用する研究を行っています。

#### 年度実績～空気潤滑法による省エネデバイス実用化

□ これまでの研究成果と平成19年に行った実船実験（約5%CO2削減）をもとに、設計を容易にするための支援ツール等の開発を続けています。また、エンジンの過給機の余剰掃気能力を利用して空気噴き出し効率を高める手法を世界で初めて考案し、陸上試験により効果を確認しました。これにより喫水の深い大型船においても空気潤滑法で省エネ効果を高めることが可能となりました。（特許申請中）これらの研究成果を踏まえ、造船・海運会社10社と共同で「空気潤滑法の実用化研究（21～23年度）」を開始しています。



### □ CO2の排出削減技術の開発のための研究～その②

#### 研究概要

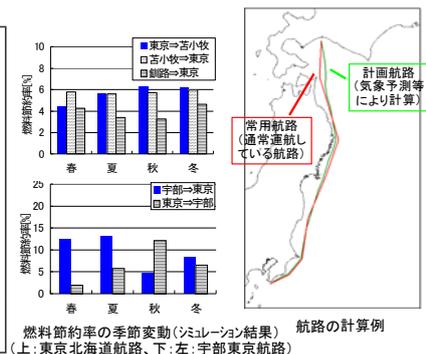
➢ 内航船は、気象・海象による遅延を避けるため予定時間より早く港に到着し沖待ちする状況が常態化していますが、想定される条件下で確実に定時に到着できることが保証できれば、船舶の航海速度を下げる事が可能となり、CO2の低減が可能となります。

➢ 本研究では、遅延リスクを評価する運航計画アルゴリズムの開発及びこれらを組み込んだ運航支援システムの開発に関する研究を行っています。

#### 年度実績～環境負荷対応型航海支援システム

□ 気象・海象・海流等の遅延リスクを評価し回避する確率モデル型航海計画アルゴリズムを開発し、これらを組み込んだ支援システムを作成するとともに、2隻の実船を用いて11回の実証試験を実施し定時性が確保できることを確認しました。また、開発したアルゴリズムを基に4ヶ月間のシミュレーションを行い、最適航路の選択等により5～10%程度、沖待ち時間の解消を行う減速運航を行う場合にはCO2の低減が20%以上であることを確認しました。

□ 本研究成果を踏まえ、21年度より本システムの実用化に向けた研究を進めていくこととしております。



## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海洋環境の保全】その他の研究成果

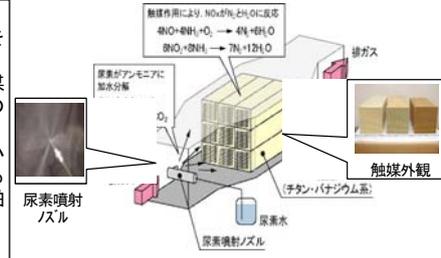
### □ 船舶からの排出ガスの放出などによる大気汚染の防止に資する研究

#### 研究概要

- ▶ 船舶からのNOxの排出については国際的に議論が進められ、当所の研究成果も反映された規制が2008年10月にIMOにおいて採択されました。(2次規制として2011年に現行規制の20%減、3次規制として2016年に80%のNOx排出削減)
- ▶ 本研究では、排出ガス規制強化への対応可能な燃焼技術の改善、触媒を用いた後処理装置の実用化に向けた研究を行っています。

#### 年度実績～NOxの排出低減技術の開発

- 船舶用触媒の基本的な性能について調査研究を行い、3次規制値を満足する内航船舶用の触媒の実用化の目途をつけました。また、触媒の劣化原因を解明するとともに、性能再生の条件を把握しました。劣化予測シミュレーションの開発も行っています。システムの小型化についても研究を行い、小型化に資する尿素噴射ノズルを開発しました。さらに、船舶用触媒の認証ガイドライン案を取りまとめIMOに提案しました。



尿素SCR脱硝システムの原理と構成

### □ 船舶の解撤に伴う環境汚染の防止に資する研究

#### 研究概要

- ▶ 船舶の解撤に伴う有害物質による環境汚染を受け、IMOにおいて有害物質の使用禁止等が規定されるシップリサイクル条約が平成21年5月に採択されました。条約では解撤予定の船舶に使用されている有害物質の種類・量・所在を示すインベントリ(有害物質一覧表)が義務付けられますが、船舶は多くの材料から構成されていることからインベントリ作成には膨大な材料情報が必要であり、材料情報の開示様式の共通化等が求められます。
- ▶ 本研究では、インベントリの作成支援のため、国際ガイドライン、材料情報追跡システム等の作成のための研究を行っています。

#### 年度実績～シップリサイクル国際ガイドライン

- 当所が原案を作成しドイツの意見を取り入れた国際ガイドライン案をIMOに提出しました。平成21年7月にIMOにおいて採択される予定です。また、関連のISO規格(有害物質表示方法等)を作成し、各国に回章中です。さらに、条約の円滑な実施のため、中小事業者(造船業・船用工業)向けのインベントリ作成マニュアル等を作成し、関連業界への周知に努めています。

年度評価シート【外部評価結果】

評価者	海上技術安全研究所評価委員会	日付	平成 21 年 6 月 11 日
評価対象年度	平成 20 年度		
研究分野	海洋の開発 ⑩浮体技術を利用した石油・天然ガス生産システム及び再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究 ⑩-1 大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究 ⑩-2 再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究 ⑪サハリン大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究		

1. 年度計画記載の実施事項の進捗度					
【評点】	<input type="checkbox"/> SS	<input checked="" type="checkbox"/> S	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
評価ポイント	■①重点研究の各年度の実施事項は、年度計画に記載の重点的に取り組む研究開発課題（重点研究）の実施事項を達成したか（社会ニーズ（政策課題）の変化により、関連する重点研究の課題設定・成果目標を年度内に変更した場合は、当該変更を含む） ■②その他				
特記事項	海上技術安全研究所評価委員会の主なコメント： <input type="checkbox"/> 年度計画記載事項を達成し、追加措置等を実施した。その中で研究所として AIP（基本承認、Approval in Principle）以上の段階の SOF（上位鑑定書、Statement of Fact）を得たことは当研究所の総合力を国際的にも知らしめたものであり、当初目的を凌駕する快挙であり特筆に価する。また、海洋基本計画に則って海洋空間の高度利用のための高性能・高安全プラットフォームの設計技術の開発（関連特許出願あり）や利用法の提案、サハリン石油・ガス開発に関連した氷海域で必要とされる船舶関連技術の開発、更にはベトロプラスとの連携の重要性も認識し、世界の動向にも注目しつつ、少ないマンパワーで果たした国益にかなう成果は特筆される。また、海洋基本法を制定した我が国にあって、企業の体力は必ずしも海洋に向かう力を有していない状況の中で、我が国の海洋技術を支える中核として、十分その役割を担っている。以上のことから S+（プラス）という評価が妥当であるが、S+というランクが無ければ、SS との評価が妥当である。（A 委員） <input type="checkbox"/> 我が国 EEZ 内の資源開発を進める上で、海技研による海洋資源開発関連の技術研究は、極めて重要である。今回の優れた研究成果を今後も継続的に発展させて頂きたい。（B 委員） <input type="checkbox"/> 日本で立ち遅れている深海資源開発のためのシステムについての技術力を、日本および産油国の関係機関と協力して高めた点は、大いに評価する。各種プラットフォームの設計支援システムの構築も、同種の海洋構造物の建造技術力が低下している日本の造船業が、再び建造に取り組む場合の技術伝承として、大いに機能するものと思われる。学術公開文書、マスコミ報道等のリストを作成して評価委員会に出すことが望まれる。（C 委員） <input type="checkbox"/> MPSO といった日本になじみの少ない装置に関して SOF を得るという事に関しては、もっと高く評価しても良いのではと感じる。（D 委員） <input type="checkbox"/> MPSO の安全性評価手法を構築し、米国船級協会の鑑定書を取得したことは、高く評価される。一方で、外洋上プラットフォームに関する研究の方向性が見えない。（E 委員） <input type="checkbox"/> 石油等生産システムの研究では、世界最深のシステムにおける安全性評価技術を完成させ、同システムの位置制御、係留、荷役、ライザー強度等全般に亘る実験と解析を駆使し、ABS の承認を取得したことは重要な成果である。本成果は、2015 年に稼				

	<p>働を予定している MPSO システムの事業化に大きく貢献するとともに、国内外に対しても安全性評価機関として海技研のプレゼンスを示したと考える。また、上記の MPSO に関わる種々の実験では、海技研の所有する高度な実験設備が効率的に活用され、その面からも海技研の海洋開発に関わる研究ポテンシャルの高さを誇示できたものと考ええる。将来、本研究成果が、多くの外洋プラットフォームに適用され、わが国の海洋空間の利活用や海洋エネルギーの取得に大きく貢献してくれるものと期待している。氷海域における流出油防除システムについては、水中流出油回収装置を改良し、一昨年度に比べて 20%油回収率を向上させたのは、大きな成果である。また、水中流出油の漂流シミュレーションを実施して流出油の拡散面積を求めるとし、流出油の防除対策に確実に貢献しているものと評価する。サハリン大陸棚では石油・天然ガスの本格的開発に伴い、オホーツク海における海上輸送が活発化し、油流出事故の可能性が急速に高まっていると危惧している。このような状況のもと、水中流出油回収装置や漂流シミュレーション技術を発展させ、日本の流出油防除技術を牽引してくれることを強く希望する。(F 委員)</p> <p><input type="checkbox"/>何れの課題も目標を達成している。浮体式生産システムの安全評価システム開発では、SOFをABSより取得できたことは、計画以上の成果を上げたと評価出来る。(G 委員)</p>
--	---

※評点の付け方として、「年度計画記載事項」を全て達成した場合は「A」、「年度計画記載事項」を達成し、それ以外の追加措置等を実施した場合は「S」、加えて極めて有益で明確な成果が出た場合は「SS」と付けて下さい。

※評点について、中間レベルより低い評価をされた場合、その視点又は理由、改善(変更)すべき点を「特記事項」に記載願います。それ以外の評価をされた場合でも、その理由等を記載頂ければ有り難く存じます。

※評価ポイントについて、例示されているもので、評価者の判断の視点に該当するものがあれば、当該視点を選択(レ点 or ■)していただき(複数可)、他方、該当するものがない場合は、「その他」を選択いただき、( )内に具体的に理由等を記述いただけるようお願いします。

**事務局とりまとめ欄**

<p>総合評価</p> <p style="font-size: 2em;"><b>S</b></p>	<p>各評価委員評点</p> <p>SS : 4 人</p> <p>S : 4 人</p> <p>A : 0 人</p> <p>B : 0 人</p> <p>C : 0 人</p>	
---	--	--

評価の結果に対する当所からの御回答

(E 委員のコメントに対する御回答)

海洋基本法が策定され、基本計画によりその方向性が示されているところ、海洋空間の利用を促進し、安全性や経済性に優れた外洋上プラットフォームの技術開発が望まれます。また、海洋上における膨大な空間や自然エネルギー利用は、今後の我が国の海洋新産業を促す一翼を担っているとも言えます。

当所では、国土交通省からの受託も含めて、実用化を目指した外洋上プラットフォームの研究開発を積極的に行ってまいりました。今年度は、昨年までの成果をより発展させ、外洋上プラットフォームの安定性や信頼性の向上、係留技術の高度化、経済性や環境影響も含めた総合的な設計技術の開発に取り組んでいるところです。当所での研究成果が有効に活かされるよう、引き続き対応していきたいと考えております。

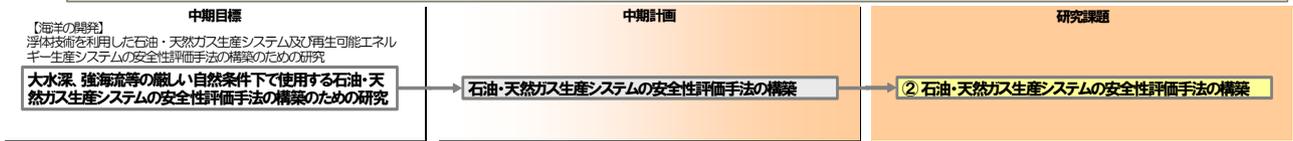
## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海洋の開発】

資料3-2

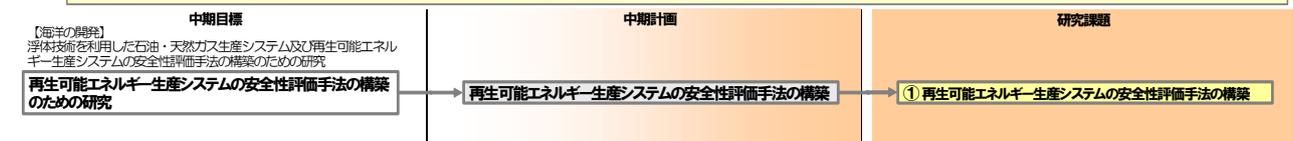
1ページ

### ⑩ 浮体式技術を利用した石油・天然ガス生産システム及び再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究

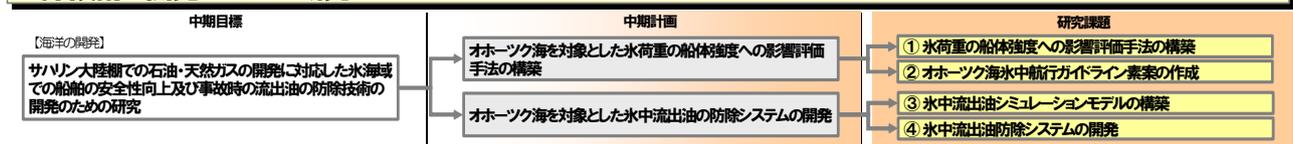
#### 大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究



#### 再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究



### ⑪ サハリン大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究



## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海洋の開発】石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築

資料3-2

2ページ

中期目標	中期計画	年度計画
⑩-1大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究	石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築	研究課題①石油・天然ガス生産システム安全性評価手法の構築 実施事項OMPSOシステムの安全性評価手法の構築

**政策課題**

- 世界的な石油等資源消費の激増等により、新たな資源開発への開発投資が活発化。
- 水深2500mより深い深海域や海流等の強い海域での資源開発を世界各国で計画。
- 大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する浮体式石油・天然ガス生産システムの安全性評価技術の構築が必要。

**技術現状**

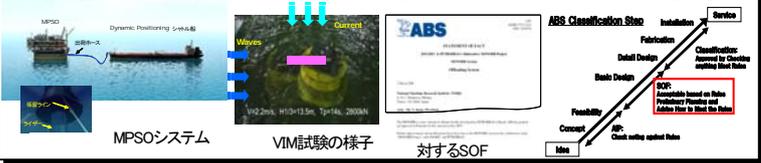
- ✓新コンセプトの生産システムの出現(モノコラム型浮体式生産・貯蔵・出荷システム(MPSO)等)。
- ✓大水深掘削用ライザーの基礎技術は確立しているものの、水深2000mまでが我が国技術の限界点。
- ✓生産用ライザーには固有の技術課題が存在(長期設置・強海流下での疲労影響等)。また、水深2500m以深は世界的にも未経験。

**成果目標**

- 大水深、強海流等の厳しい自然環境に対応可能な浮体式生産システムの安全性評価手法の構築
- 浮体式石油生産システム(MPSO等)の安全性評価
- 生産用ライザーの安全性評価
- FLNG(LNG-FPSO)システムの安全性評価手法の構築

**年度実績**

- 浮体式生産システム(MPSO等)の安全性評価として、①サトル船の出荷時DP(Dynamic Positioning)オペレーション、②MPSO係留システム、③MPSO出荷システム、④生産用ライザーに関する安全性評価を、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)からの委託研究として実施。
- ①について：JOGMECと共同開発したDPアルゴリズムを搭載したサトル船の出荷時DPオペレーションの総合模型試験及びシミュレーションを実施。さらにリスク評価を実施し異常状態での安全性も含めて検証するとともに、サトル船の設計及び出荷オペレーションマニュアルの作成等に寄与。
- ②について：潮流中及び潮流・波浪共存中の渦励起動揺(VIM)に関する実験的評価法を世界で初めて開発。係留システムの安全性を、VIMの影響及び異常状態の安全性も考慮して検証し、係留基準を満足することを確認。
- ③について：サトル船の衝突及びMPSOからのガス漏洩拡散についてシミュレーションを実施し、出荷システムに関するリスク評価に寄与。
- ④について：JOGMECと共同開発した数値水槽等を用いて、生産用ライザーの安全性評価を実施。
- ①～③について、基本設計に近いフェーズまで検討が進んだと米国船級協会に判断され、概念設計段階で発行されるAIP(基本承認)と比べ、より進んだ段階で発行されるSOF(鑑定書)を取得し、MPSOシステムの実用化に必要な技術課題の解決に寄与。当所が開発した安全性評価手法が国際的に認知。



## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海洋の開発】その他の研究成果

資料3-2

3ページ

### □ 再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究

#### 研究概要

- 世界有数の海洋国家である我が国は、膨大かつ未活用の空間・海洋エネルギーが賦存する海洋空間を有し、海洋基本計画（平成20年3月閣議決定）においても、その高度利活用が求められております。
- 本研究では、海洋空間の利活用とその安全確保を目的に、海底熱水鉱床開発やメタンハイドレート試探掘等の多目的に利用可能な外洋上プラットフォームの基盤技術、安全性評価手法の研究を行っています。

#### 年度実績～外洋上プラットフォーム

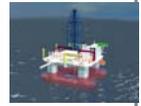
- 安全性・経済性・環境影響等を考慮した設計支援ツール（調和设计法プログラム）の基本計画支援部を開発し、プラットフォームのサイズ、概略建造コスト・運用コスト等を短時間で算出できるようになりました。また、要素技術開発として、新動揺低減技術（特許出願）、5/7潮流下での係留設計法の開発等を実施しました。
- プラットフォームの利活用4分野（海底熱水鉱床開発、メタンハイドレート試探掘、大規模洋上風力発電及び食料・エネルギー複合利用）を選定し、基本計画概略仕様を策定しました。特に、熱水鉱床開発に関しては基本計画まで策定を行い、民間等における本開発の進展に貢献しました。



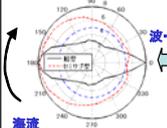
調和设计プログラム基本計画支援部



海底熱水鉱床開発



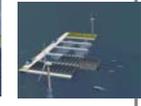
メタンハイドレート試探掘



波・風併存時の海流速度に対する自動位置保持性能



大規模洋上風力発電



食料・エネルギー複合利用

利活用4分野のプラットフォームのイメージ例

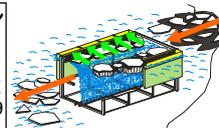
### □ サハラ大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した水海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究

#### 研究概要

- サハラ大陸棚での石油・天然ガス開発の本格化に伴い、オホーツク水海域での海上輸送活動の活性化が今後予想されます。
- 本研究では、オホーツク水海域における事故時の油流出による海洋汚染を目的に、水中流出油防除システムの開発や水中流出油の漂流挙動評価等に関する研究を行っています。

#### 年度実績～流出油防除システム及び漂流シミュレーション

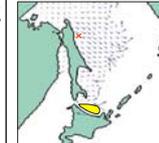
- 水中流出油回収装置（NMRI-ORDICE）に改良（気泡流による水・油分離に対する補助システムとして水面に対して斜め前方に水を吹き付ける水噴射システムを付加）を加え、19年度実験結果と比べ10%～20%の油回収率の向上を確認しました。
- また、水中流出油の漂流挙動評価として、流水の運動解析をベースに流出油の漂流シミュレーションを行うとともに、油拡散についてもその拡散面積をもとめました。
- 本研究の成果は、オホーツク水海域における有効な流出油防除対策に貢献していきます。



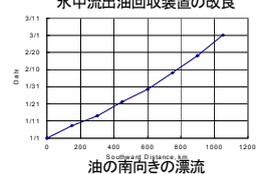
水中流出油回収装置（NMRI-ORDICE）



水中流出油回収装置の改良



仮想流出点と到達海域



年度評価シート【外部評価結果】

評価者	海上技術安全研究所評価委員会	日付	平成 21 年 6 月 11 日
評価対象年度	平成 20 年度		
研究分野	海上輸送の高度化 ⑫モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究 ⑬海事産業における熟練技能を有する人材の減少の対応に必要な基盤技術の開発のための研究 ⑬-1 熟練した技能を有する船員の減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究 ⑬-2 船舶産業の熟練した技能を有する作業者の減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究		

1. 年度計画記載の実施事項の進捗度					
【評点】	<input checked="" type="checkbox"/> SS	<input type="checkbox"/> S	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
評価ポイント	■①重点研究の各年度の実施事項は、年度計画に記載の重点的に取り組む研究開発課題（重点研究）の実施事項を達成したか（社会ニーズ（政策課題）の変化により、関連する重点研究の課題設定・成果目標を年度内に変更した場合は、当該変更を含む） ■②その他				
特記事項	海上技術安全研究所評価委員会の主なコメント： <input type="checkbox"/> 技術の高度化による海上輸送システム（建造から運航まで）全体のレベルアップ、即ち「海上輸送の高度化」は、少子高齢化の時代のわが国にとって急務であり、低揮発性有機溶剤および関連技術の開発（いずれも特許申請あり）による有機溶剤の排出削減、ならびに塗装時間の大幅削減実現は、急務にかなった特筆すべき成果である。また、CFD 計算の効率化と大幅な計算時間短縮実現、更には FRP 船成形時における熟練技能をカバーできるシミュレーション技術の開発、次世代航海設備に関連した技術開発、船型要目最適化プログラム（HOPE）の機能向上も急務にかなう成果であり、「年度計画記載事項」を達成したうえにそれ以外の追加措置等を実施し、加えて極めて有益で明確な成果を出しているため SS と判断した。（A 委員） <input type="checkbox"/> CO2 排出指標を IMO に提案したことは、我が国海事技術のレベルを国際的にアピールした点で評価できる。（B 委員） <input type="checkbox"/> 海上輸送の高度化について、運航システムおよび使用船舶の計画に関する支援システム作りを急速に進めていることは、大いに評価できる。今後は、これらシステムが、実際の社会で活用され、成果が得るための枠組み作りが必要になると考えられる。NAPA などと同様に世界的な標準バージョンとして、あらゆる海事産業で使われるようになることを期待したい。塗料の開発も成果が大きく、今後の展開も期待される。ナノ技術等の先端の研究成果を取り入れる形で、新しい塗料が生まれることに期待したい。学術公開文書等のリストを作成して評価委員会に出すことが望まれる。（C 委員） <input type="checkbox"/> 塗料を開発するという成果は、高く評価出来るが、マーケットに受け入れられるかどうか、現時点では評価出来ない部分がある。（D 委員） <input type="checkbox"/> 新しい低 VOC 塗料の開発は、大いに評価できる。また、技能伝承に関する一連の研究は社会的寄与の大きな研究である。一方で、海上輸送の高度化のためのモーダルシフトの推進は非常に重要なテーマであるが、進展があまり見られないように思われる。海（海運）だけ単独に行うのではなく、陸（トラック、鉄道）、空（航空）と連携して進めるべきテーマと考える。（E 委員） <input type="checkbox"/> 低 VOC 防汚塗料の開発では、二液混合というアイデアを基に VOC 含有量を低減し、環境性能を向上させ、効率化（塗装時間 3 割以上削減）と非熟練者対応という多様な課題を同時に解決するという大きな研究成果を上げた。また、ここで開発した高機				

	<p>能の塗料が一般に市販される予定とのことで、公的研究機関として特筆すべき研究開発・運営能力を発揮したと考える。FRP の真空含浸成形法については、VOC の大気放出の極小化、熟練を要するガス(泡) 抜き作業の省略など、製造環境と作業性を大いに改善しつつ、樹脂厚さの均一性の確保や樹脂内に気泡を残存させない成形が可能になったものと大いに評価する。これにより、現在の熟練作業者の急減という状況において、FRP 船建造の基盤技術が維持されるものと期待する。CFD については、流れの計算パラメータの設定を自動化すると共に、格子生成ソフトと構造・非構造格子の両方のソフトを統合し、操作方法を格段に簡略化できたことは、大いに評価できる。また、計算の並列化も進め、計算時間を従来の 1/4 以下にするなど大きな成果を上げている。これにより、若手船型開発者の育成や、大規模なシリーズ計算などで大いに威力を発揮するものと期待している。(F 委員)</p> <p><input type="checkbox"/>何れの課題も目標に対し、十分な成果を達成した。低VOC塗料の開発においては、作業性を改善、職場環境、効率化を大幅に向上、また、バラストタンク用塗料では熟練技能を有さない作業員でも均一な品質を得られる塗料を開発したことは、十分な成果と判断される。真空含浸製造法も作業環境の改善が十分に期待でき、更に、海事産業への人材の確保に貢献していくものと期待される。(G 委員)</p>
--	---

※評点の付け方として、「年度計画記載事項」を全て達成した場合は「A」、「年度計画記載事項」を達成し、それ以外の追加措置等を実施した場合は「S」、加えて極めて有益で明確な成果が出た場合は「SS」と付けて下さい。

※評点について、中間レベルより低い評価をされた場合、その視点又は理由、改善(変更)すべき点を「特記事項」に記載願います。それ以外の評価をされた場合でも、その理由等を記載頂ければ有り難く存じます。

※評価ポイントについて、例示されているもので、評価者の判断の視点に該当するものがあれば、当該視点を選択(レ点 or ■)していただき(複数可)、他方、該当するものがない場合は、「その他」を選択いただき、( )内に具体的に理由等を記述いただけるようお願いします。

**事務局とりまとめ欄**

<b>総合評価</b>  <b>SS</b>	<b>各評価委員評点</b> SS : 7 人 S : 1 人 A : 0 人 B : 0 人 C : 0 人	
------------------------------	--	--

評価の結果に対する当所からの御回答

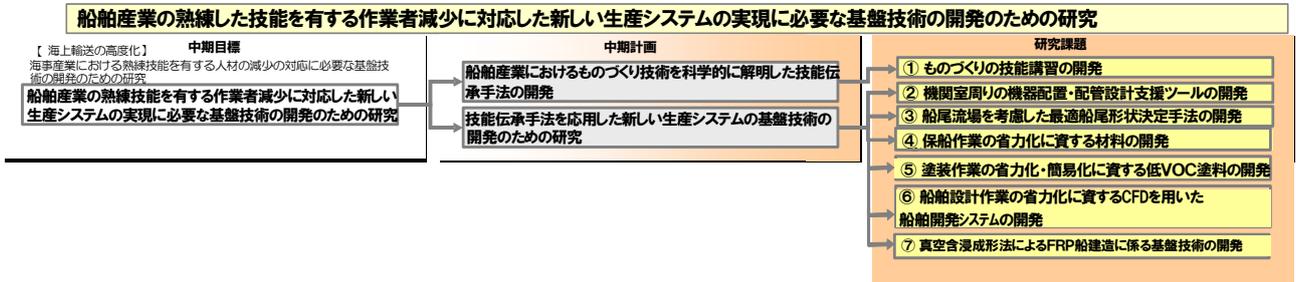
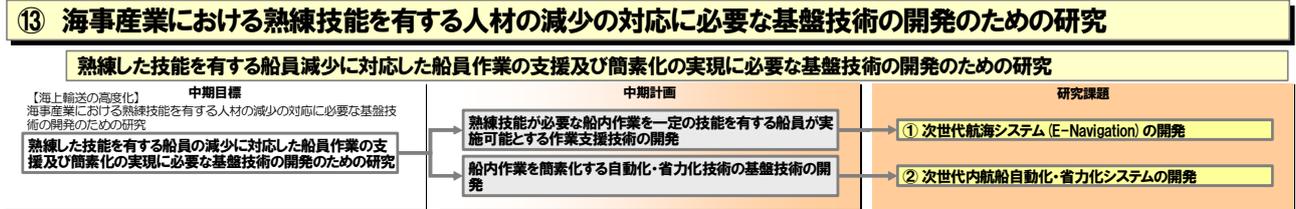
(E 委員のコメントに対する御回答)

モーダルシフトは、CO2 排出削減に有効な手段であると認識しており、昨年度は東アジア海上物流を例に取り、最適船型の検討や物流データベースの構築を行ってまいりました。最終目的とする物流全体に関連した CO2 排出削減方策及び評価は、当然、陸上、航空輸送及び港湾との関係も十分考慮し、検討する必要があります。当所としても直近の課題であると位置づけているところであり、具体的検討を開始したいと考えております。

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の高度化】

資料4-2

1ページ



重点：高度化(ブレン)

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の高度化】技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究

資料4-2

2ページ

中期目標	中期計画	年度計画
⑬-2船舶産業の熟練した技能を有する作業員の減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究	研究課題⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低VOC塗料の開発 実施事項○塗料使用量の削減及び膜厚の可視化

**政策課題**

- 熟練技能者の減少
  - 今後10年で全体の半数(約3万人)が一線を引退
- 生産技術の基盤維持・強化
  - 暗黙知(熟練技能)に依存しない技術の構築
  - 生産現場の生産性・作業性の向上
- VOC(揮発性有機溶剤)排出3割削減
  - VOC排出削減の政府目標(2005年中央環境審議会答申)は、2010年までに3割削減(規制1割+自主的取組2割)。

**技術現状**

- ✓ 船舶の建造や保守管理作業において、塗装作業は多くの工数を要し省力化が強く要請。また、塗料の膜厚の確認には時間がかかり熟練技能が必要。作業環境も良好とは言えず改善が必要。
- ✓ 既存の塗料でVOCを減らすと、粘性が高くなり、従来の塗装機が使用できず。
- ✓ 低VOCで粘性の低い物質(分子の長さが短い)を使用すると塗膜の強度などが不足し船用として不適切。

**成果目標**

- 塗装作業工数が大幅に削減できる低VOC塗料の開発。
- 塗料膜厚を容易に確認できる低VOC塗料の開発。

**年度実績**

- 塗装作業中は粘度が低く良好な作業性を保ち、塗装後に化学反応により長い分子に結合・硬化し従来以上の強度を持つ2液混合型低VOC塗料を開発。
- 低VOC外板用塗料(防汚塗料)の開発
  - ・ VOC含有量を3割減少(既存：400~600g/?、開発：280g/?)、塗料使用量を約3割減少(=塗装時間3割減)、VOC使用量を約5割減少させ、かつ、既存の塗装機で塗装可能な防汚塗料を開発。
  - ・ 職場環境と効率の双方を大幅に向上。
  - ・ 実船実験により、静置防汚性及び寿命等の性能が、既存の塗料以上であることを確認。組成、防汚方法について特許申請。
- 低VOCバラストタンク用塗料(防食塗料)の開発
  - ・ VOC含有量を約6割減少(既存：200~300g/?、開発：85g/?)させ、かつ、既存の塗装機で塗装可能な防食塗料を開発。
  - ・ 所定膜厚に達すると規定色に変化する機能(SI機能)を付加した塗料を開発し、色相から膜厚を特定する手法・装置を開発(特許申請)。熟練技能を有さずとも均一な必要膜厚の確保が容易。
  - ・ 実ブロック塗装実験において塗装時間が約4割減少することを確認。
  - ・ 各種実験により、防食性・耐久性が既存の塗料以上であることを確認。

A液(低分子量樹脂) + B液(反応液) 金属化合物など

低粘度 + 低粘度 → 金属架橋構造が形成された塗膜(高分子量樹脂)

低分子樹脂2液反応型反応機構

## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の高度化】その他の研究成果

### □ 船舶産業の熟練技能者減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究～その1

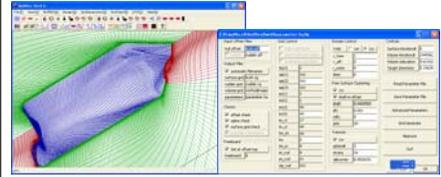
#### 研究概要

▶ 船の船型開発や省エネ技術の開発においては、従来より水槽試験が行われていますが、大規模な水槽が必要なこと、1つの船型を開発するために複数の模型船の製作が必要なこと等、多くの費用及び時間がかかっています。このため、CFD（数値流体力学）も併用されていますが、CFDについても、計算時間の短縮、解析精度等の更なる改良が求められています。なお、設計部門においても熟練者が減少しておりCFDの操作の簡略化が求められています。

▶ 本研究では、使いやすく、安定的で、精度が高く計算時間の短いCFDの研究開発を行っています。

#### 年度実績～CFDの改良(計算時間の高速化等)

- 流れ計算のパラメータ設定を自動化するとともに、格子生成ソフト、流体解析ソフト（構造格子対応及び非構造格子対応）を統合し、一括して取り扱えるようにすることにより、操作方法の大幅に簡略化・効率化を図りました。
- 従来困難であった肥大船の波崩れなどの計算を安定的に計算できるようにしました。
- 計算の並列化を進め、計算時間を1/4以下（8時間から2時間弱）としました。
- 19事業所で使用中。



ワンクリックCFD

### □ 船舶産業の熟練技能者減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究～その2

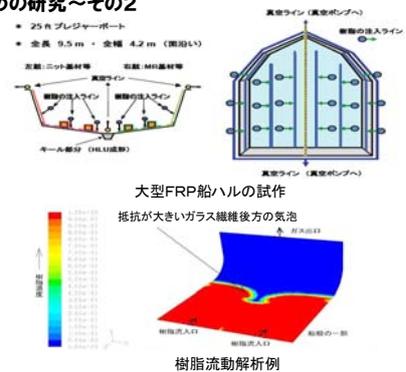
#### 研究概要

▶ FRP船の建造については、現状、作業環境の問題（揮発性有機溶剤使用による臭気）や熟練作業不足の問題等が存在しており、その改善が強く求められています。

▶ 本研究では、FRP船建造における作業環境の改善や熟練技能を補完していくことを目的に、真空浸成形法によるFRP船建造の基盤技術開発のための研究を行っています。

#### 年度実績～真空含浸成形法によるFRP船建造

- 大型FRP船（25ftプレジャーボート）について、真空含浸成形法による成形時の樹脂流動予測シミュレーションを簡易モデルにより実施し流動の阻害要因を特定した後、コア材の加工等に反映させ試作を行った結果、従来法によるものと同等の仕上がりをするハル（船殻）を製作することができました。本工法では、真空技術を利用し成形を行うため、従来熟練技能が必要であった樹脂厚さの均一性の確保や樹脂中に気泡が残らない成形が、非常に容易に行うことができます。
- また、成形時に外気との接触はないため、ステン等臭気はほとんどなく、作業環境でも優れた工法であることを確認しました。



## 2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題 【海上輸送の高度化】その他の研究成果

### □ 熟練船員の減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究

#### 研究概要

▶ 深刻な少子高齢化の中、特に内航海運分野で多くの熟練船員が退くことが予想される一方、国際的には情報技術の活用による次世代航海設備（e-Navigation等）の検討が行われています。

▶ 本研究では、このような環境変化に対応した船員作業の支援・簡素化の実現を目的に、内航船の自動化、省力化システム等の研究を行っています。

#### 年度実績～次世代航海システムの開発

- 操船時の意思疎通の高度化を図る協調型航海支援システムのプロトタイプを開発し、当時の操船リスクシミュレータ等を用いユーザビリティ評価等を行い、システムの概要をIMOに報告しました。
- 目視認識支援装置のプロトタイプによるフィジビリティ調査を操船リスクシミュレータを用い実施し、その結果を反映して実船実験用の試作機を製作しました。
- 簡易型AIS情報にも対応した小型船向け見張り支援装置の試作を行い、我が国で初めて簡易型AIS信号を発信し、実海域実験による有用性評価を行いました。



協調型航行支援システムの実験状況



目視認識支援装置の情報表示の様子

### □ モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究

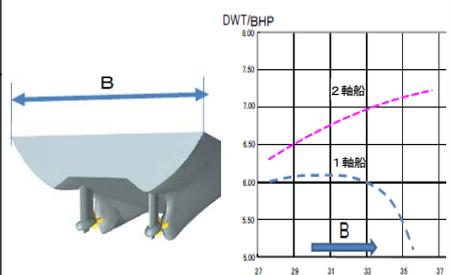
#### 研究概要

▶ 地球温暖化防止等の観点から、海運分野におけるモーダルシフトの推進が求められておりこれに資する高効率海上物流システムに適した船舶の基本設計システムの開発が必要となっております。

▶ 本研究では、船舶の基本設計システムの開発・高度化を促進させることを目的に、これまで当所にて開発しましたHOPE（実海域での性能を含む推進性能とコストを同時に考慮して最適な船体主要目を決定できる計算プログラム）の機能を更に向上させるための研究開発を行っています。

#### 年度実績～船型要目最適化プログラム(HOPE)の機能向上

- 推進性能、操縦性能及び耐航性能をコンクリートな設計手法で最適化した「HOPE」に以下の機能向上を行いました。
  - ・自社データを活かせるユーザーカスタマイズ機能の追加
  - ・将来の省エネ船型として有望な2軸ツインスケグ船型の最適化機能を追加
  - ・海の10モード技術で得られた実海域性能評価技術の一部を利用して主要目からシーマージンを推定する機能を追加
  - ・プロペラ及び舵の設計機能やGUI機能も強化



L(船長)、d(喫水)を維持したままB(幅)を変更した場合の経済性評価(1軸船・2軸船ともDWTは同一の場合)

**参考資料 平成 20 年度業務実績報告書**

**参考資料 平成 20 年度業務実績報告書**

**(1) 海上輸送の安全の確保**

## 研究一覧

(各研究に付されている番号は、研究管理上、所内で便宜的に付したもの)

<b>課題名</b> ①船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究		
研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度		
中期目標	中期計画	研究課題
○船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究	○リスクベースの安全性評価手法の構築	①目標指向型基準(GBS)ガイドラインの作成
		②リスク評価の実用的な活用

<b>課題名</b> ②異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究		
研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度		
中期目標	中期計画	研究課題
○異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究	○船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築	①荒天下における操船環境の再現技術の開発
		②海難事故減少化のための事故解析技術の高度化
	○船舶の安全性向上 復原性基準の体系化	③非損傷時復原性基準の体系化
	○船舶の安全性向上 航行支援システム技術の開発	④波浪衝撃荷重低減支援システムの開発
	○船舶の安全性向上 脱出・救命システムの開発	⑤船体動揺条件下での安全な乗艇を可能とする自由降下式救命艇の技術要件案の作成

<b>課題名</b> ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究		
研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度		
中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築
		②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築
		③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成
		④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)
		⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

<b>課題名</b> ④テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究		
研究期間 平成 18 年度～平成 21 年度		
中期目標	中期計画	研究課題
○テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究	○テロ等の不法行為に対する船舶の脆弱性評価手法の構築	①危険物ばら積み船へのテロによる被害推定方法の構築
		②放射性物質運搬船へのテロによる被害推定方法の構築
		③船舶の脆弱性評価手法の構築

**課題名** ①船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究

**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 現行の安全、環境等の基準は、船舶事故を契機とした整備・見直し(Reactive：事後対策)が行われてきたところ。
- 一方、IMO においては、社会的受容としてのリスク低減目標値を事前に設定し、この目標を達成するための基準(目標指向型基準：Goal Based Standards(GBS))を構築する(Pro-active)方向に動きつつある。
- このため、リスク低減目標値の設定等にリスクベースの安全性評価手法を取り入れた GBS をすべての基準に適用するための手法(GBS ガイドライン)の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究	○リスクベースの安全性評価手法の構築	①目標指向型基準(GBS)ガイドラインの作成
		②リスク評価の実用的な活用

**研究課題** ①目標指向型基準(GBS)ガイドラインの作成

**技術現状**

- 新たな基準構築手法として IMO で GBS が提言された。
- ただし、現状は、概念が先行し、具体的内容は未検討
- また、GBS 確立には新たな技術が必要(個々の想定事象(事故等)に対して個々の設備要件の是非を検証する既存の FSA 技術では対応困難)

**成果目標**

- GBS ガイドラインの作成
  - ・ すべての基準構築に適用可能な methodology の構築
- Safety level アプローチの体系化
  - ・ 船舶の安全目標の設定手法の構築
  - ・ 船舶の安全目標の下での、各システムの基本性能要件のセーフティレベルアプローチによる設定方法の構築

**研究経過**

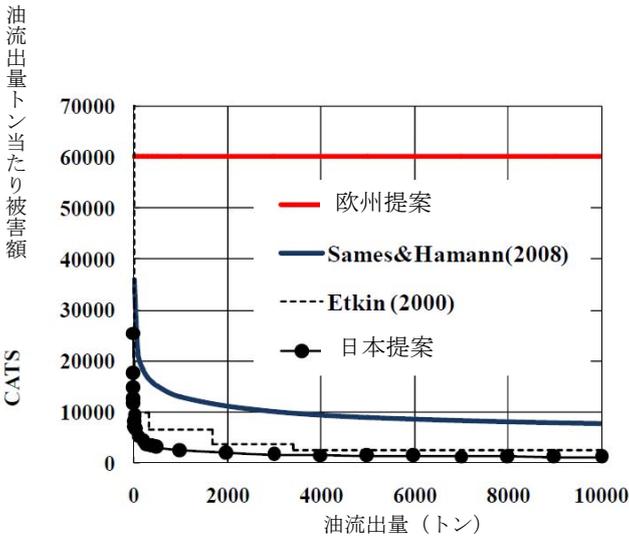
- 年度計画に従い、次を実施
- セーフティレベルアプローチによる安全性評価手法の構築
  - 国際海事機関の審議に対応したガイドライン案の作成
- また、これに加え、次を実施
- IMO で審議中の海難事故による油流出に関する環境リスク評価基準(安全基準で利用の FSA の環境基準への拡張)について、CATS 評価(油流出リスク回避の費用対効果評価)の新たな評価基準(流出量依存の評価基準)を作成
  - IMO に提案された欧州提案に対し FSA の検証を実施(次回 IMO 審議に備えた問題点の抽出)

**研究成果**

- 研究成果
  - ・ IMO が検討する海難事故による油流出リスクの費用対効果の評価手法 (FSA 手法の拡張) について、欧州の一律的な評価基準案 (油流出量トン当たり被害額 6 万 US\$) に対し、過去の多数の油濁事故の詳細分析により油流出量と被害額の関係を導入して、油流出量依存の新たな評価基準案を策定
  - ・ 上記評価基準案を IMO の FSA のコレスポネンスグループ及びワークショップで発表するとともに、IMO に提案 (MEPC59)
  - ・ これにより、実態に即した合理的な評価の実施が期待され、例えば、欧州が実施した FSA により国際規則化が推奨された油タンカーのダブルハル高さの増加等の油流出事故防止対策は過剰な対策であることを科学的に説明
  - ・ また、日本提案の CATS 評価基準の安全率の設定のため、SAFEDOR 実施の FSA の検証で使用したイベントツリーを活用し、基礎解析を実施

参考図

SAFEDOR	$C = 60000 \cdot W$
	$CATS_{cr} = \frac{dC}{dW} = \frac{d}{dW}(60000 \cdot W) = 60000$
	Constant
Present	$C = 38735 \cdot W^{0.66}$
	$CATS_{cr} = \frac{dC}{dW} = \frac{d}{dW}(38735 \cdot W^{0.66}) = 25441 \cdot W^{-0.34}$
	Power function of W



油流出リスクの費用対効果 (CATS) の評価基準の比較

<b>課題名</b>	<b>①船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 現行の安全、環境等の基準は、船舶事故を契機とした整備・見直し(Reactive：事後対策)が行われてきたところ。
- 一方、IMO においては、今後は、社会的受容としてのリスク低減目標値を事前に設定し、この目標を達成するための基準(目標指向型基準：Goal Based Standards)を構築する(Pro-active)方向に動きつつある。
- このため、リスク低減目標値の設定等にリスクベースの安全評価手法を取り入れた GBS をすべての基準に適用するための手法(GBS ガイドライン)の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究	○リスクベースの安全性評価手法の構築	①目標指向型基準(GBS)ガイドラインの作成 ②リスク評価の実用的な活用

<b>研究課題</b>	<b>②リスク評価の実用的な活用</b> <b>LNG 船のリスク評価に関する研究</b> <b>LNG 船推進システムのリスク評価</b> <b>船舶の検査間隔の延長にかかる船舶損傷率及び不具合発生率の算定に関する調査研究</b>
-------------	---

**技術現状**

- Safety level アプローチの framework のためにリスク評価を利用。実用的な適用に未着手
- IGC コード等により規定される BOG 処理設備等の取り扱いには、LNG 船の推進システムを含むプラント全体の信頼性評価が必要となるが、現状において従来型の蒸気タービン推進から DFD による電気推進まで様々な推進方式が提案されている事から、一元的な定量的信頼性評価の実施が求められている。
- RBM 手法について、船舶の維持・管理に取り入れられた適用例は無い。

**成果目標**

- LNG 船の総合安全評価
  - ・将来的な LNG 船のリスク洗い出し
  - ・新しい機関(エンジン)の導入や、BOG 関連装置を導入した場合の、LNG 船信頼性評価モデリングとリスク評価
- RBM 手法の導入による超長期に亘る石油貯蔵船の健全性を維持するための管理方法等の構築

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- IMO の FSA (Formal Safety Assessment) に準じた方法で研究を実施
  - 19 年度に実施した LNG 船の各分野の専門家による HAZID 会議で得られたハザードから、解析の対象を設定(FSA Step1)
  - ハザードについて事故シナリオを作成するとともに、解析に必要な各種統計値、リスク制御措置 (RCO：Risk Control Options) の候補の調査を実施、また統計値等で得られない値は、Delphi 法により専門家判断で決定
  - 作成したシナリオを基にイベントツリー手法で定量的評価を実施、得られたリスクは、許容されるものであるかどうかについて、現在の LNG 船のリスク評価を行った IMO 文書 MSC83/INF.3 で用いられた F-N(Frequency vs. Number of fatalities) 曲線と比較して検討を行った(FSA Step2)。
  - 得られた定量的解析の結果から LNG 船のリスク制御措置の候補及びリスク低減値を検討し、Delphi 法による専門家判断により決定、またリスク制御措置の費用の調査も行い、費用対効果の評価も実施(FSA Step3 及び Step4)
  - 解析・評価の結果を踏まえ勧告の検討を実施(FSA Step5)
  - 従来型蒸気タービン船から DFD 電気推進船など、5 タイプの推進システムのシステム・モデリング。更には、BOG 焼却炉や再液化装置の導入を含めた推進システムの信頼性評価モデリングを実施
  - システム信頼性評価を実施するための FT モデルの構築
  - FTA 手法を用いた定量的な評価を実現するための信頼性データの収集と信頼性評価の実施

**研究成果**

- シナリオ作成から定量的評価に入る際に、前年度実施した HAZID 会議の参加者である LNG に関する各種専門家を訪問し、経過報告及び 20 年度も協力を依頼した。特に、この段階では、専門家として評価シ

ナリオの妥当性の検討の協力を依頼し、シナリオの精査を行うことにより定量的評価の精度の向上を試みた。

- 定量的な評価から、リスク制御措置の評価（Step3 以降）に入る段階で、HAZID 会議の参加者に再度集まっていただき、本研究の検討会を開き、最終報告書に向けて研究の方向性の確認を行うことにより、研究成果の質の向上を試みた。
- BOG 焼却炉や再液化装置の導入を組み合わせた推進システムの信頼性評価モデリングを実施した。
- 個別の研究成果
  - ・ 船舶分野においては日本初と考えられる LNG 船に関する HAZID 会議を開催したことにより、HAZID 会議に関するノウハウ等が得られた。本手法はリスク評価また応用も幅広く期待されるため、貴重なノウハウである。
  - ・ 10 年後の LNG 船を取り巻く環境を想定し、ハザードの同定、リスク解析、リスク制御措置の費用対効果の評価等の IMO の FSA の手順に従いリスク評価を行った結果、検討すべきリスクと有効性が認められるリスク制御措置の候補が得られた。
  - ・ 船用機器故障のフィールド・データの活用や類似機器の評価結果に基づく合理的な推定による信頼性データを導入することによって、LNG 船推進システム FT モデルの定量的リスク評価を達成し、各タイプ別システムの相互評価を可能にした。また、各モデルにおける信頼性や不稼働時間が明らかとなった。
  - ・ 現状から将来展望も含めて、5 タイプの LNG 船推進システム（①従来型蒸気タービン、②2ストロークディーゼル主機、③DFD 発電電気推進、④DFD 主機、⑤ガスタービン発電電気推進）の FT モデルの構築を実現した。更に BOG 焼却炉や再液化装置の導入を組み合わせた推進システムの信頼性評価モデリングを実施したことにより、全体で 9 タイプの FT モデルが構築、提案された。

参考図

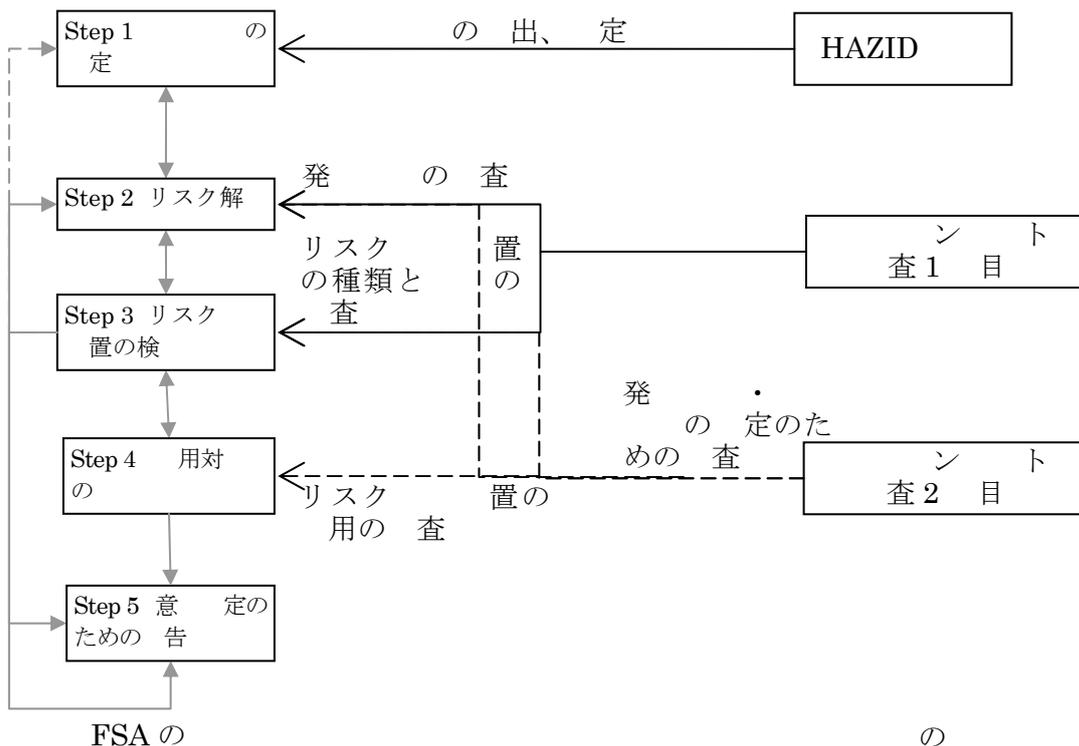


図 1 今回実施したリスク評価手順のフロー

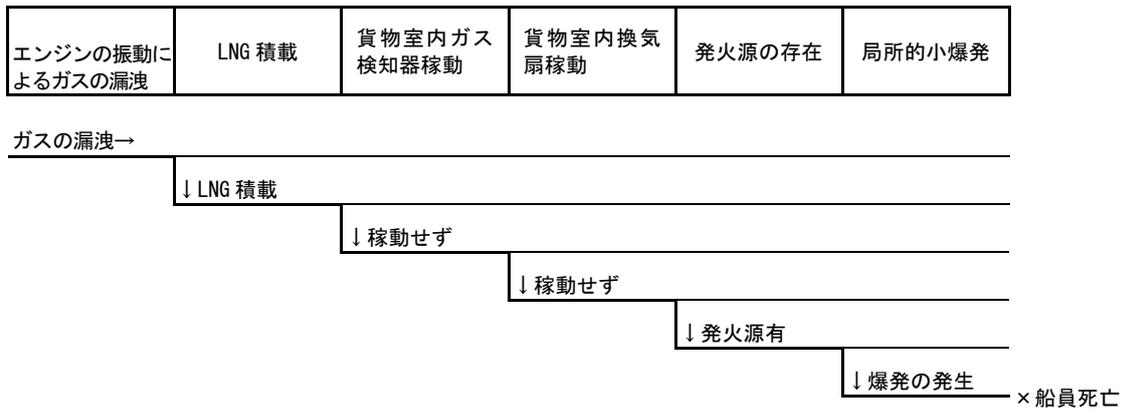
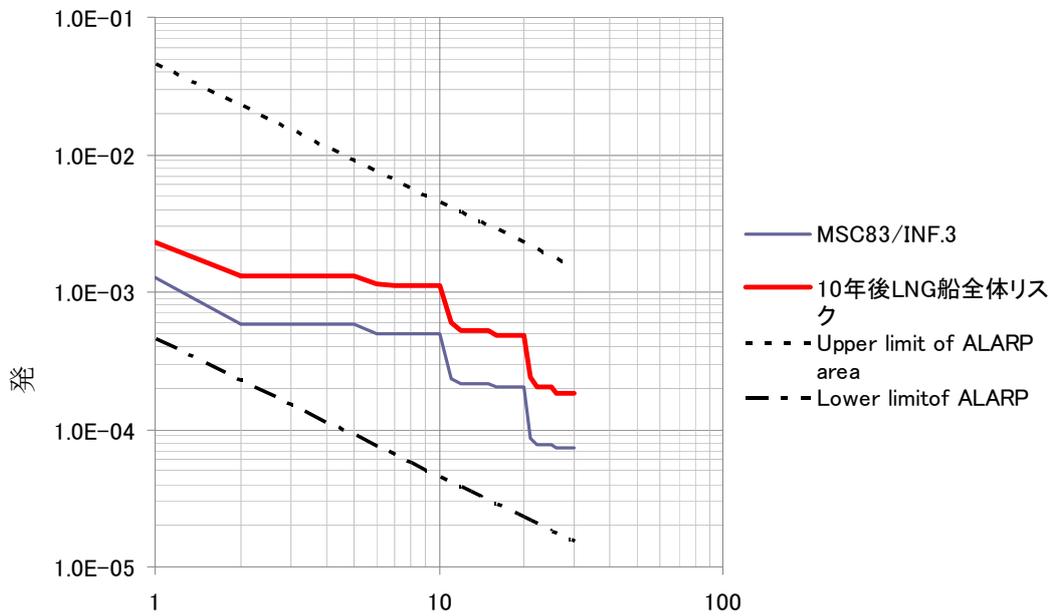


図 2 イベントツリーの例



者 ( )

図 3 死亡者数と発生頻度の関係 (全体)

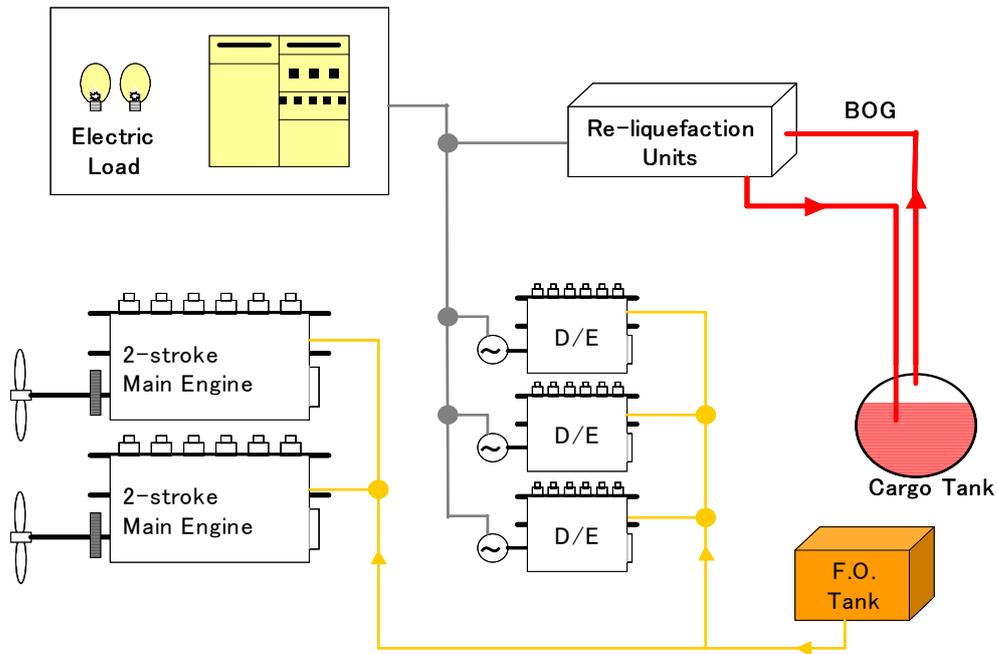


図4 再液化装置付き重油焚き2ストロークディーゼル主機推進システム概要図

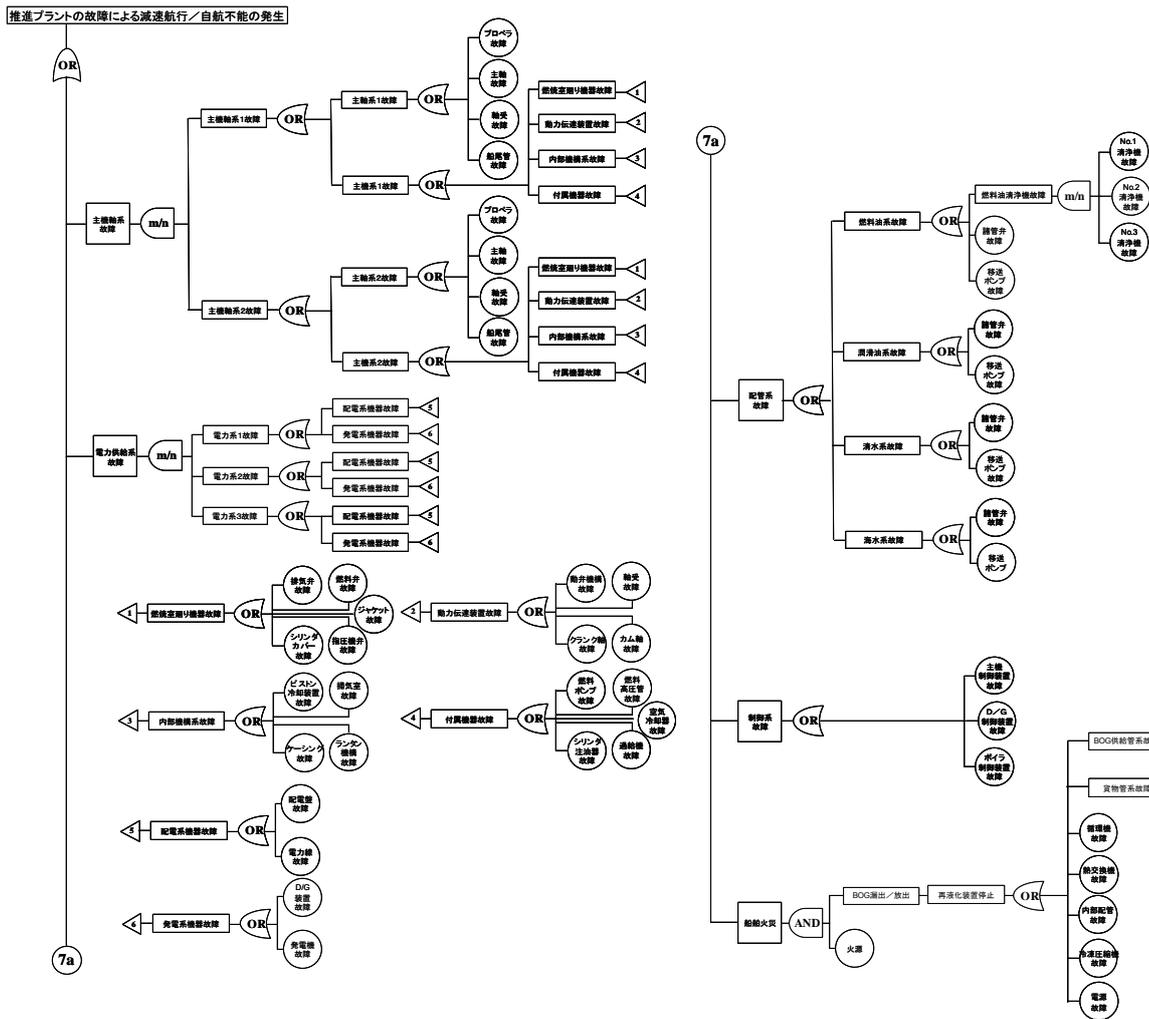


図5 再液化装置付き重油焚き2ストロークディーゼル主機推進システムのFTモデル

<b>課題名</b>	<b>②異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 船舶の転覆・沈没等の事故の原因究明及び安全対策の構築に不可欠な事故当時の状況(実海域での外部環境)の再現は困難
- 特に地球温暖化に伴う巨大波浪(freak wave)の発生等、異常海象による事故の増加が懸念される。
- ますます迅速かつ的確な事故原因の究明及び荒天下での安全対策の構築が求められている。

中期目標	中期計画	研究課題
○異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究	○船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築	①荒天下における操船環境の再現技術の開発
		②海難事故減少化のための事故解析技術の高度化
	○船舶の安全性向上 復原性基準の体系化 ○船舶の安全性向上 航行支援システム技術の開発 ○船舶の安全性向上 脱出・救命システムの開発	③非損傷時復原性基準の体系化 ④波浪衝撃荷重低減支援システムの開発 ⑤船体動揺条件下での安全な乗艇を可能とする自由降下式救命艇の技術要件案の作成

**研究課題 ①荒天下における操船環境の再現技術の開発**

**技術現状**

- 実海域運航時の船体運動・操船環境を正確に再現する施設/手法が我が国には未確立
- 事故を再現する基盤技術として、操船リスクシミュレーターと実海域再現水槽を見込んだ再現実験技術の構築を進めてきたところ。

**成果目標**

- 操船環境の再現技術の開発
  - ・ 水槽実験による事故再現技術の開発(水槽内再現/実験技術等)
  - ・ 水槽を用いた事故再現手法構築のための計測システム等整備

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 実海域海面波形を再現する造波技術の開発
- また、これに加え、次を実施
- 水槽制御連動型計測・解析システムの設計及び実海域再現水槽用 4 自由度模型試験装置の設計・製作

**研究成果**

- 実海域海面波形を再現する造波技術の開発について、規則波・不規則波(規則波の重ね合わせとして)を複雑な形状の実海域再現水槽で再現するための理論を構築し、深海水槽において非線形性の弱い波高・波長の範囲でその有効性を実証した。次年度は非線形波の造波理論の構築と実証実験に取り組む。
- 個別の研究成果
  - ・ 従来のような波高や波力のフィードバック制御を用いずに、各造波板が作る水槽全体の調和振動場を境界要素法によって計算し、水槽の形状にかかわらず、全造波板の動きを最適化して自然界における波浪場などをリアルに再現できるという新しい造波技術を開発（特許申請中）
  - ・ さらに、水槽施設制御システム（整備中）に連動し、模型船を目的に波にピンポイントで遭遇させて実験できる計測・解析システムを設計。これにより、実海域再現水槽が完成後にフリーク波を再現した模型実験を実施できる基盤を整備

参考図

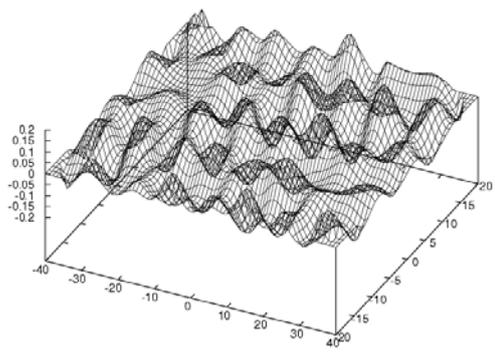


図1 一つの造波機(左上隅)が作る速度ポテンシャルの虚部

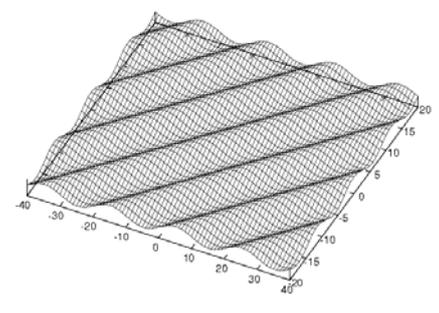


図2 所望の規則波面を再現(波長 2m, 周期 1.13 秒)

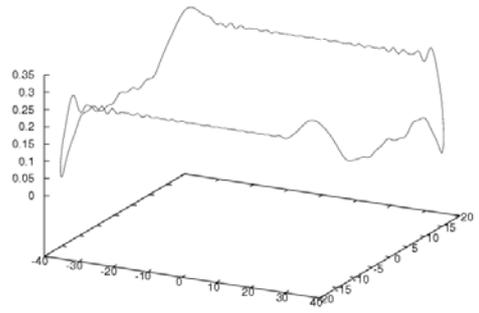


図3 規則波造波時の造波機振幅(理論計算)

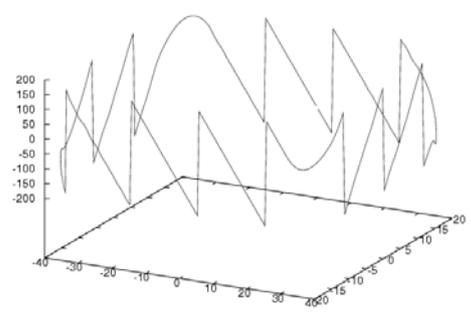


図4 規則波造波時の造波機位相(理論計算)

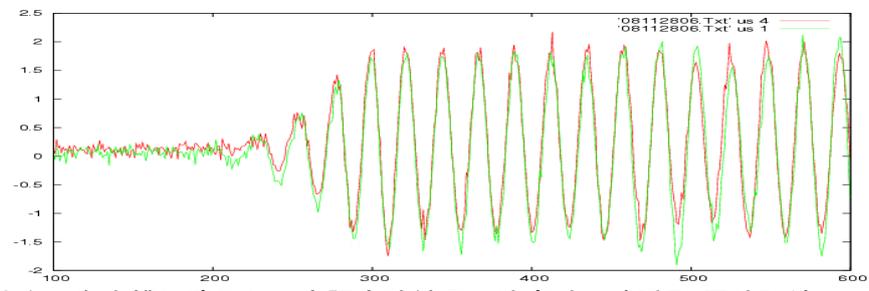


図5 本方法を深海水槽に適用した実証実験結果 (波高計の時系列(同波頂線上の2箇所))

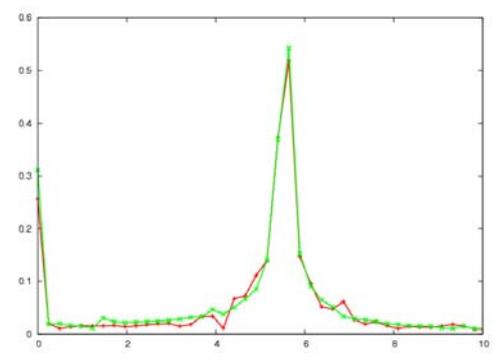


図6 本方法を深海水槽に適用した実証実験結果 (波高のスペクトル解析結果(赤: 本方法, 緑: 制御つきの既成法))

**課題名** ②異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 船舶の転覆・沈没等の事故の原因究明及び安全対策の構築に不可欠な事故当時の状況(実海域での外部環境)の再現は困難
- 特に地球温暖化に伴う巨大波浪(freak wave)の発生等、異常海象による事故の増加が懸念される。
- ますます迅速かつ的確な事故原因の究明及び荒天下での安全対策の構築が求められている。

中期目標	中期計画	研究課題
○異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究	○船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築	①荒天下における操船環境の再現技術の開発
		②海難事故減少化のための事故解析技術の高度化
	○船舶の安全性向上 復原性基準の体系化 ○船舶の安全性向上 航行支援システム技術の開発 ○船舶の安全性向上 脱出・救命システムの開発	③非損傷時復原性基準の体系化 ④波浪衝撃荷重低減支援システムの開発 ⑤船体動揺条件下での安全な乗艇を可能とする自由降下式救命艇の技術要件案の作成

**研究課題** ②海難事故減少化のための事故解析技術の高度化

**技術現状**

- 海難事故シナリオの再現とその際の行動及び整理データの観測を目的として、操船リスクシミュレータが H20 年 3 月に完成
- H20 年 10 月の運輸安全委員会設立により、事故原因の科学的分析に国が積極的に関与する方針
- しかしながら、現状は概念が先行し、具体的な内容・方法論は未検討

**成果目標**

- 最近発生した海難（衝突事件）を詳細に分析して、一般的な事故シナリオ作成に必要な技術の検討を行う。
- 船舶の主要目から操縦運動モデルを推定し、これを操船リスクシミュレータに組み込み、同シミュレータでの操縦運動再現を行う。
- 再現した事故シナリオを用いて、操船時のヒューマンファクターの評価や人間信頼性からの分析を実施

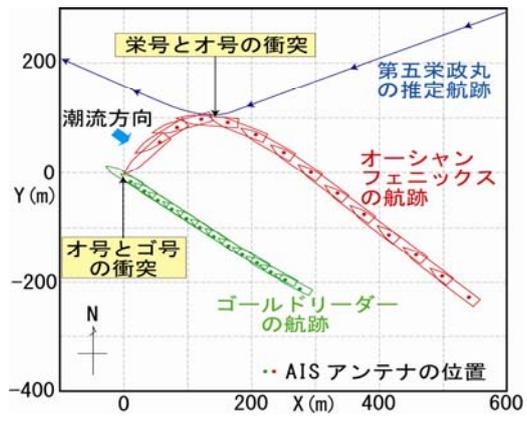
**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- H20 年 3 月に明石海峡で発生した 3 隻の船舶が絡む衝突事故などを操船リスクシミュレータで再現
  - 199 トン型、499 トン型、749 トン型等の代表的内航船の運動を操船リスクシミュレータで再現

**研究成果**

- 重大事故発生時における事故情報の分析及び迅速な情報提供を目的に、海難事故解析センターを 20 年 9 月に設置。事故時の対応について関係当局から高い評価。さらに、その解析能力が評価され、既に運輸安全委員会から多数の海難事故解析を受託
- 事故の再発防止策を適切に講じるには事故原因の科学的な解明が必須であることに鑑み、客観的な証拠能力を持つデータの解析手法を独自に構築。例えば、衝突事故について、AIS アンテナや船の大きさも考慮した AIS データの詳細解析手法を構築
- 詳細なシミュレーションに基づき事故船の操船性能や操舵の時間変化を推測することにより、操船リスクシミュレータを用いて海難事故を忠実に再現。これにより、事故原因の解明、事故回避方策の検証及び事故再発防止に有効な航行支援機器や情報提供方策などの検討が可能

参考図



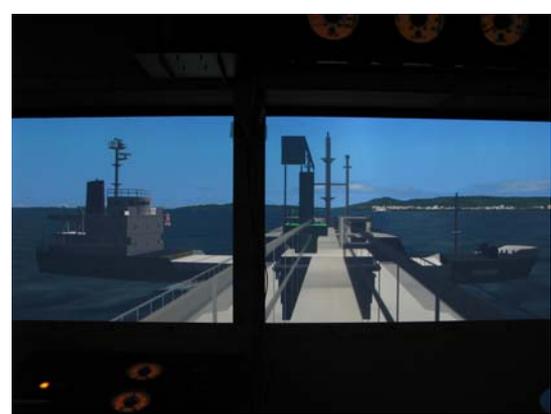
明石衝突事故 AIS データ詳細解析結果



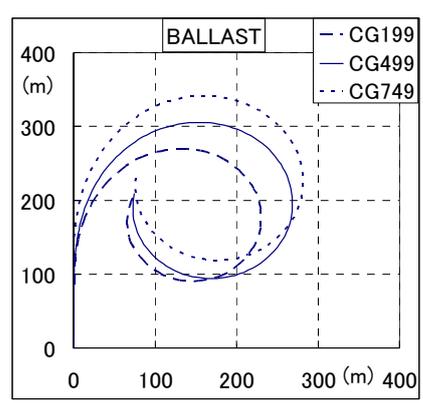
操船リスクシミュレータのブリッジ内



明石衝突事故の鳥瞰映像  
(操船リスクシミュレータ)



明石衝突事故のブリッジからの映像  
(操船リスクシミュレータ)



代表的内航船の運動性能

<b>課題名</b>	<b>②異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 船舶の転覆・沈没等の事故の原因究明及び安全対策の構築に不可欠な事故当時の状況(実海域での外部環境)の再現は困難
- 特に地球温暖化に伴う巨大波浪(freak wave)の発生等、異常海象による事故の増加が懸念される。
- ますます迅速かつ的確な事故原因の究明及び荒天下での安全対策の構築が求められている。

中期目標	中期計画	研究課題
○異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究	○船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築	①荒天下における操船環境の再現技術の開発
		②海難事故減少化のための事故解析技術の高度化
	○船舶の安全性向上 復原性基準の体系化 ○船舶の安全性向上 航行支援システム技術の開発 ○船舶の安全性向上 脱出・救命システムの開発	③非損傷時復原性基準の体系化
		④波浪衝撃荷重低減支援システムの開発
		⑤船体動揺条件下での安全な乗艇を可能とする自由降下式救命艇の技術要件案の作成

**研究課題 ④波浪衝撃荷重低減支援システムの開発**

**技術現状**

- 現状は、操船者経験/技能で荒天時波浪衝撃荷重を回避
- 波浪衝撃予知による衝撃荷重回避システムの開発事例なし。

**成果目標**

- 船首相対水位の予測に基づく波浪衝撃予知技術の開発
- 予知した波浪衝撃を船速制御により低減するシステムの基本原理の開発

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 時系列モデルによる船首相対水位予測モデルを模型試験に用いる計測制御システムに組み込み、動揺水槽で模型実験を実施し、システムの有効性を検証
- また、これに加え、次を実施
- 波浪衝撃低減システムのアルゴリズム部分をプログラム登録

**研究成果**

- 船首相対水位の時系列データから一定時間毎に推定する局所定常 AR モデルとカルマンフィルターを組み合わせた時系列予測モデルを開発した。
- 動揺水槽で模型を用いた波浪衝撃荷重低減システムの検証実験を実施するとともに、波浪衝撃荷重低減支援システムの開発を実施した。検証実験にあたり、不規則波中での自由航走・制御試験システムを開発した。
- 波浪衝撃荷重低減シミュレーションプログラムのアルゴリズムを計測制御用プラットフォームに移植して利用できるように改良した。
- 模型実験では、システム作動の違いによって波浪衝撃のピーク値が3割削減できたケースもあり、システムの有効性が検証できた。船首相対水位の短期的な予測による制御は、電気推進船や小型船に適していると考えられる。また、大型船では、同じ予測アルゴリズムを用いた波浪衝撃発生確率における長期的な予測で航海時における波浪衝撃発生確率を少なくする運航計画（船速計画）で対応することが考えられる。
- 個別の成果
  - ・ 波浪衝撃荷重低減システムのリアルタイム制御用アルゴリズムの開発
  - ・ プログラム登録 1 件

参考図

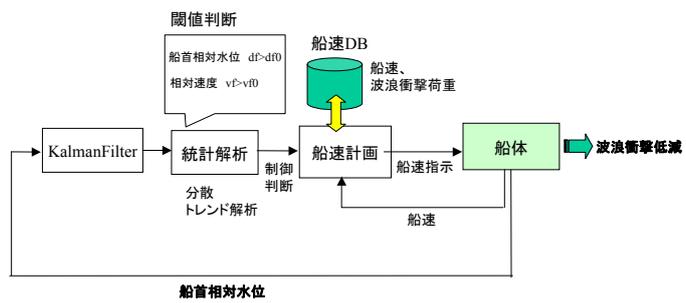


図1 波浪衝撃荷重低減システムフロー

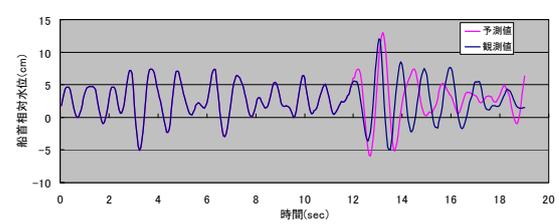


図2 相対水位時系列データの観測値と予測値の比較

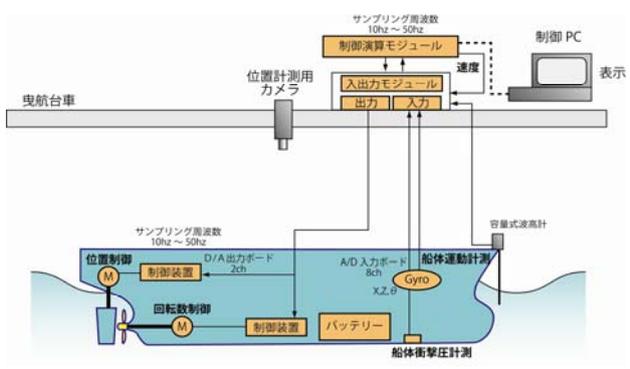


図3 計測制御システム

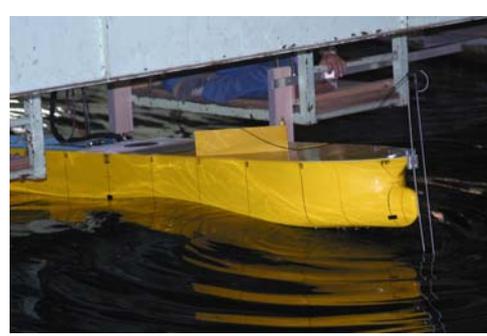
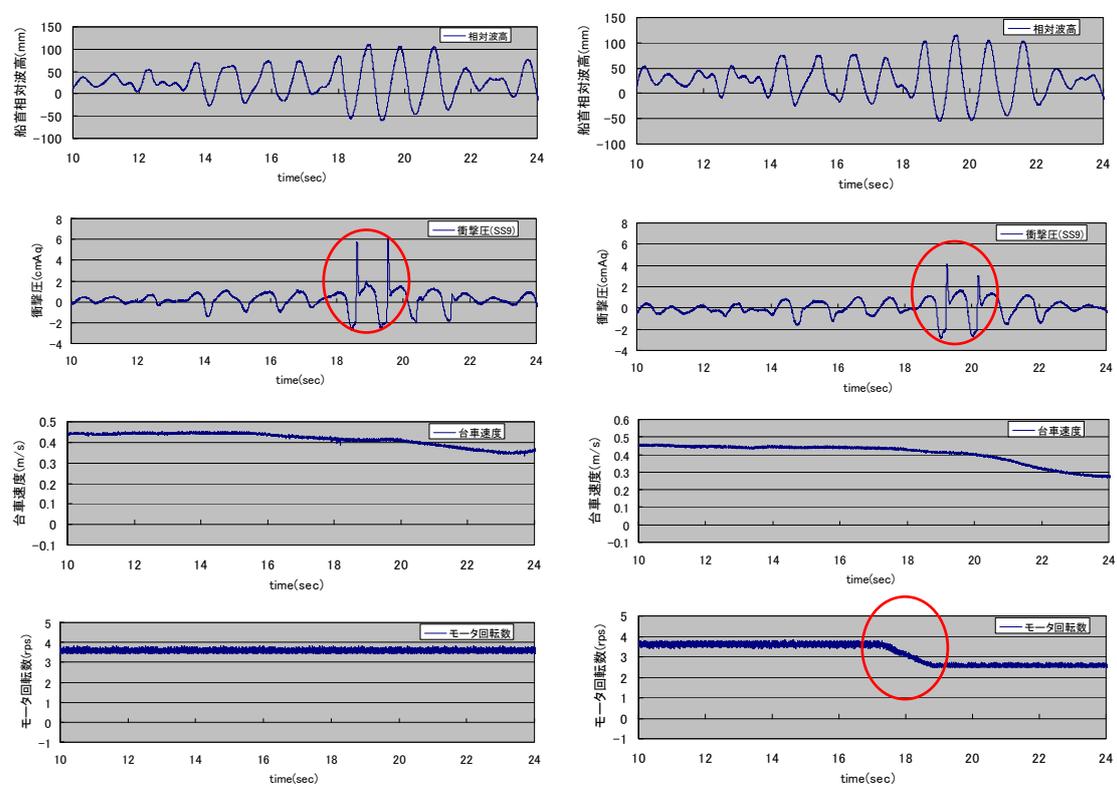


図4 模型試験の風景



a) システムなし      b) システム作

図5 本システムによる波浪衝撃荷重低減の効果

<b>課題名</b>	<b>②異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 船舶の転覆・沈没等の事故の原因究明及び安全対策の構築に不可欠な事故当時の状況(実海域での外部環境)の再現は困難
- 特に地球温暖化に伴う巨大波浪(freak wave)の発生等、異常海象による事故の増加が懸念される。
- ますます迅速かつ的確な事故原因の究明及び荒天下での安全対策の構築が求められている。

中期目標	中期計画	研究課題
○異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究	○船舶事故の再現による事故原因分析手法の構築	①荒天下における操船環境の再現技術の開発
		②海難事故減少化のための事故解析技術の高度化
	○船舶の安全性向上 復原性基準の体系化 ○船舶の安全性向上 航行支援システム技術の開発 ○船舶の安全性向上 脱出・救命システムの開発	③非損傷時復原性基準の体系化
		④波浪衝撃荷重低減支援システムの開発
		⑤船体動揺条件下での安全な乗艇を可能とする自由降下式救命艇の技術要件案の作成

**研究課題 ⑤船体動揺条件下での安全な乗艇を可能とする自由降下式救命艇の技術要件案の作成**

**技術現状**

- 自由降下式救命艇の現行基準は、荒天等で船体(乗艇場所)動揺下での乗艇/着水を厳密に想定せず。

**成果目標**

- 荒天等で船体(乗艇場所)動揺下での安全な乗艇/着水を可能とする自由降下式救命艇の技術要件の作成(IMOの国際基準等)

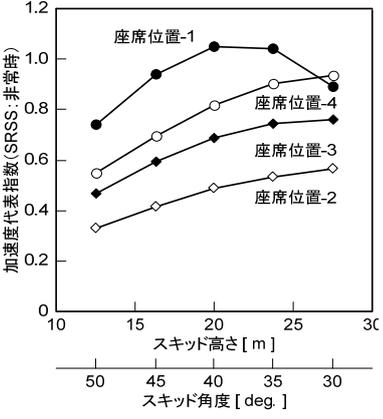
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 船体動揺条件下での安全な退船を可能とする自由降下式救命艇の技術要件作成のため、進水時の衝撃加速度評価プログラムを作成し、各種条件下における試算を実施した。
- 自由降下式救命艇の技術要件のあり方について検討した。
- また、これに加え、次を実施
- IMO DE 52 (2009年3月)において、救命設備に係る審議を担当した。
- ISO/TC 8/SC 1の会議(2008年5月)において、救命設備に係る審議を担当した。

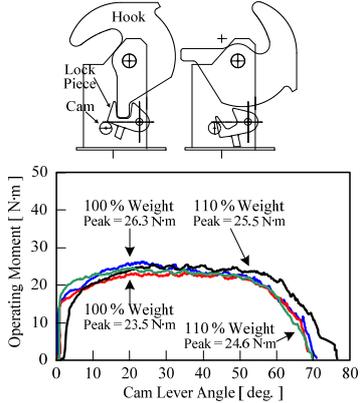
**研究成果**

- 自由降下式救命艇の進水時の衝撃加速度評価プログラムを完成させ、試算を行った。その結果、自由降下式救命艇の場合、単に設置高さの上限を設けて、その高さからの進水について試験するだけでは不十分であること等を明確にした。
- 各種進水高さ及び角度の組み合わせについて、進水時加速度の評価を実施すべきであることを示した。
- 個別の研究成果
  - ・ダビット進水式救命艇の離脱装置の安全性向上を図るための評価試験法の基礎となる試験結果をまとめ、DE 52 提案文書を作成した(DE 52/INF.5)。その他、救命設備に関する DE 52 提案文書の作成に貢献した。

参考図



船の姿勢に応じて、船尾に設置された自由降下式救命艇の進水時の高さや角度が変化する場合、座席位置毎の衝撃加速度の代表値の変化。最も問題となる座席位置-1では、衝撃加速度と進水高さの関係は単調ではない。



下図は、上図の救命艇離脱装置（フック）における、カム角度と、操作に要するモーメントの関係。一般にモーメントがピークを示すカムの角度が大きい程、意図しないフックの開放（救命艇の落下）が起り難い。

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築

**技術現状**

- 疲労/局部腐食等の経年劣化対策技術を開発 (新たな経年劣化現象への対策が今後の課題)
- 老朽船事故のシミュレーションツール (沈没事故)を開発 (損傷時の残存強度の解明が今後の課題)

**成果目標**

- 新たな経年劣化現象の解明と対策技術の開発
  - ・腐食上甲板の隅肉溶接部の喉切れ等
- 損傷時の船体残存強度の評価手法の構築 (H18 年度終了)
- 防食・疲労強度安全管理の対策技術の開発 (H18 年度終了)

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 隅肉溶接部の腐食衰耗を模擬した腐食防撓板による座屈・崩壊試験
- 隅肉溶接部の未溶着部及び喉厚減を考慮可能な shell-solid coupling 法を用いた防撓板の弾塑性座屈・崩壊解析を実施

**研究成果**

- IMO では、防撓構造の隅肉溶接脚長について、腐食予備厚を含め議論されているが、従来の解析手法(shell)では、隅肉溶接部を表現できず、防撓構造の耐荷力を過小評価しており、溝状腐食などの局所的な経年劣化の影響も考慮できないため、本研究では、shell-solid-coupling 法を応用して、隅肉溶接部を詳細に表現した新モデルを開発し、実態に即して隅肉溶接部の腐食衰耗の及ぼす影響を精度良く評価できることを実証
- 今後、本手法を逐次崩壊解析法に組み込むことにより、局部腐食の影響を考慮可能な強度解析手法の構築のための基盤を整備
- 21 年度は、防撓材の形状や板骨間の間隙を変えた腐食防撓板試験体を製作し、座屈・崩壊試験及び shell-solid coupling 法による有限要素解析を実施し、本手法の有効性を確認する。また、これまでの研究成果を取りまとめて、隅肉溶接部の腐食衰耗を考慮可能な逐次崩壊解析手法を構築する。
- 個別の研究成果
  - ・腐食防撓板の座屈・最終強度データ
  - ・日本船舶海洋工学会・成果発表論文 2 件 (うち査読付論文 1 件)

参考図



(a) 体 C-09 (b) 体 C-10

図1 腐食防撓板の座屈・崩壊試験結果

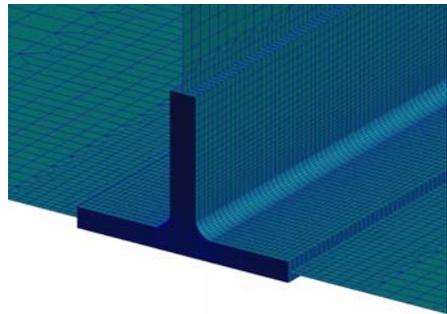


図2 Shell-solid coupling モデル

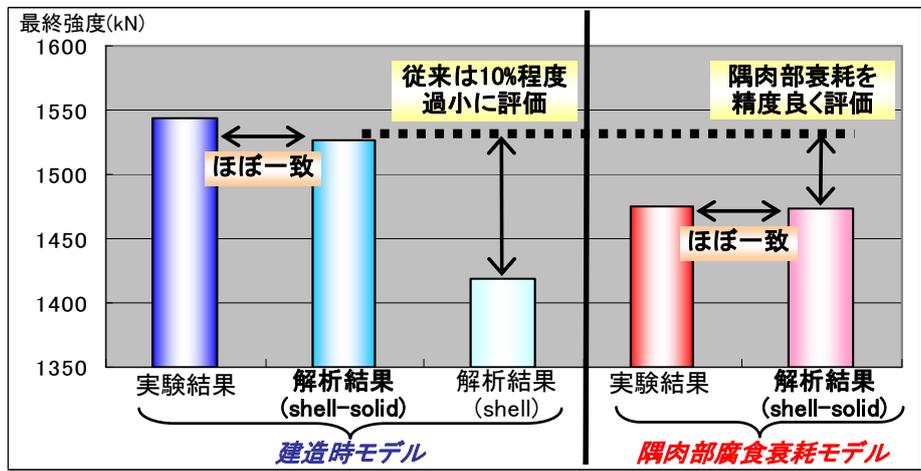


図3 shell-solid-coupling 法の評価・検証

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成

**技術現状**

- IMO のバラストタンク塗装基準を塗装実態に即し合理的な基準となるよう技術検討・試験を実施
- 同基準の成立とその後の認証試験の確立が課題

**成果目標**

- 海水バラストタンク内等の塗装基準の作成
  - ・ IMO の塗装性能基準案の作成
  - ・ 塗装認証試験法の確立

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- カーゴオイルタンク塗装性能基準 (PSPC/COT) の策定に関連し、COT 用塗料の認証試験に関する検討を実施
- また、これに加え、
- 2008 年 7 月に発効したバラスト塗装性能基準 (PSPC/DSWBT) のスムーズな運用に資するため、下地処理グレードの基準適合性を検証する検証試験に関する検討を実施

**研究成果**

- 日本塗料工業会の実施した重油を用いた試験結果を基に、世界塗料印刷インク協議会 (IPPIC) 横浜会議、IACS と関係業界との合同会合 (釜山会議)、IMO DE52 に対する対応策を検討、作成
- PSPC/DSWBT 塗料認証試験の代替試験方法の検討実施し代替試験法として温度差試験法を選定。選定された温度差試験法に関して大阪大学と共同で試験装置の調査を実施し、H21 年度から試験が実施出来るよう試験装置の選定を実施

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築
		②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築
		③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成
		④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)
		⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ④経年劣化検査技術の開発  
**防食・疲労強度安全管理の対策技術の開発**

**技術現状**

- 船舶検査等の現場技術は従前どおり(目視確認等)
- 厳格化する基準を確実にかつ合理的に確認するため、画像処理等の新技術の応用/導入が今後の課題
- 特に、大型外航船を対象とするバラストタンクの検査は、多大な空間を限られた時間で実施する必要がある。そのため、①検査前の情報提供により塗膜劣化箇所の特定を可能とする手法、②効率的な点検・検査法案及び塗膜劣化に対する予防保全措置が必要とされている。

**成果目標**

- 防食効果評価法の確立
- 塗膜劣化予防保全措置法の構築
- 塗膜劣化及び腐食の進展が早い・著しい箇所の特定

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 修繕を対象にタンク内実態調査を実施し、塗膜劣化及び腐食に関する基礎データ(腐食グレード、新造仕様、航行時バラスト条件、タンク位置、部材箇所)を取得
- 経年劣化検査技術(バラストタンク内塗膜劣化・腐食の予防保全手法)の開発
- 船級検査記録の有用性の調査検討

**研究成果**

- 塗膜劣化には、温度、蒸気分圧、膜厚が大きく影響をしていることを確認。このため、これら 3 因子の影響度を実験により明らかにするため、先導研究「保護塗装性能基準の立案に関する研究」にて実施中
- 検査記録データの分析を行い、定性的な知見を得た。例えば、新バラスト塗装基準(PSPC)適用以前の船舶については、塗料の高性能化を鑑みても、15年強で全面或いは広範囲の再塗装が必要であると考えられる。
- 塗膜劣化の進行を抑えるには、修繕時の補修の部位、タイミング、範囲が重要となる。そのため、基盤研究「修繕特有技術に関する基盤調査」を実施し、初期の不具合と運用による不具合に大別された。それぞれについて更に知見を得るため、調査研究先導研究「経年船体構造の診断(検査・修繕の計画)を支援するエキスパートシステムの研究」及び基盤研究「船舶建造時の品質保証方法の開発」を H21 年度から実施

参考図



写真 二重船側内の著しい発錆の様子  
(二重船側上部は太陽光の照射により、内側の温度が 60℃以上になる場合があり、内部の蒸気は飽和状態になることがある。また、夜間には海水温度程度に冷却される。これが繰り返されることにより塗膜の劣化が他の箇所より促進される)



写真 ロンジだけに錆が集中している様子  
(ロンジのような平坦部ではない箇所は、既定の膜厚を均一に確保し難いため、平坦部(写真の錆が出ていない隔壁など)より、早く錆が発生することが多い)

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ⑤構造基準の体系化 (船体構造強度 GBS)

**技術現状**

- IMO の船体構造強度 GBS(目標指向型基準)を実態に即した合理的な基準となるよう技術検討を実施
- 同基準の成立が今後の課題

**成果目標**

- 構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)  
・船体構造 GBS 案の作成(枠組みの構築、目標 (Tier I)、性能要件(Tier. II)、適合性認証 (TierIII) の起草)

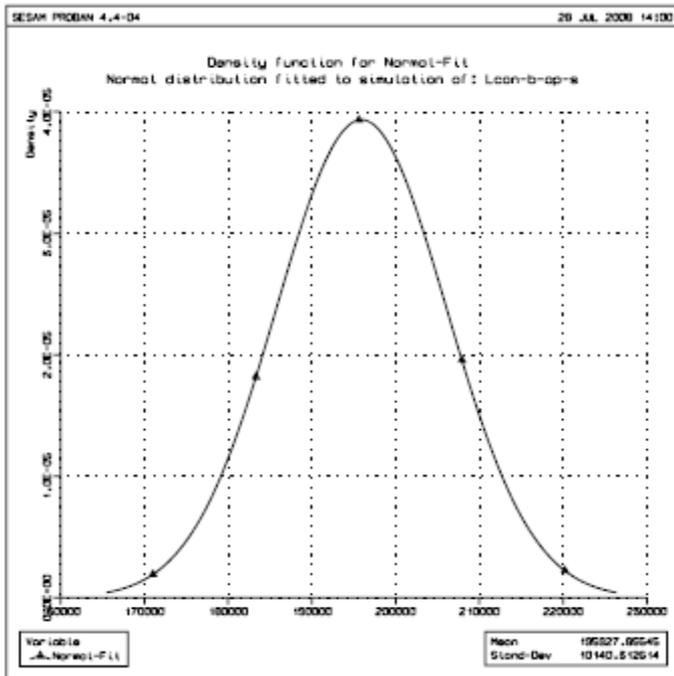
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- タンカー、バルカーの船体構造 GBS に船級規則等が適合しているかどうかを検証するための技術的評価方法について調査検討を実施した。
- また、これに加え、
- 船体縦曲げ最終強度評価を想定した構造信頼性解析を実施した。初めに、工学的なリスク指標を用いた安全性レベルの解析手法について整理を行った。続いて、荷重と強度それぞれに関する不確定因子について整理した。そして、得られた目標安全性レベルを昨年度求めた既存船の安全性レベルと比較した。

**研究成果**

- ・船体構造 GBS に船級規則等が適合しているかどうかを検証するための技術的評価方法について以下の IMO 提案文書を中心となって作成した。  
MSC 85/5/6 Comments on net scantling concept in the report of the Pilot Panel  
・安全性レベルを活用した船体構造基準についての以下の IMO 提案文書 2 文書を中心となって作成した。  
MSC 84/5/5 Comments on the report of the Correspondence Group on GBS  
MSC 85/5/3 Definition of SLA and concept of its introduction into GBS
- 個別の研究成果  
・船体縦曲げ最終強度評価のための目標安全性レベルに関する技術データを取得

参考図



事故時積付け状態を想定した組み合わせ荷重の確率密度関数

解 結

	時 み け 状 の 重 で				準 み け 状 の 重 で			
	建造時		時 (Z/Z_bld=0.72)		建造時		時 (Z/Z_bld=0.72)	
	FORM	SORM	FORM	SORM	FORM	SORM	FORM	SORM
安全	2.59	2.61	-3.36	-3.36	4.84	4.86	1.35	1.32
破 確	$4.84 \times 10^{-3}$	$4.57 \times 10^{-3}$	0.9996	0.9996	$6.35 \times 10^{-7}$	$5.80 \times 10^{-7}$	$8.85 \times 10^{-2}$	$9.29 \times 10^{-2}$

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)  
 波浪中における損傷船舶の残余強度の研究

**技術現状**

- IMO の船体構造強度 GBS(目標指向型基準)を実態に即した合理的な基準となるよう技術検討を実施
- 同基準の成立が今後の課題

**成果目標**

- 構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)
  - ・ 船体構造 GBS 案の作成(枠組みの構築、目標(Tier I)、性能要件(Tier. II)、適合性認証(Tier III)の起草)

**研究経過**

- 船体構造 GBS で規定されているが船級規則では明確に規定されていない残余強度について、現行のタンカー及びバルカーの船級規則で関連する要件の整理と残余強度要件を評価するうえでの技術的評価方法について調査検討を実施した。
- 年度計画に加え、
- 残余強度要件を考える上で必要となる事故シナリオについての検討
- 漂流運動を考慮し、縦、横及び振りの複合荷重や弾性応答を考慮した耐航性能推定法の開発と荒天中水槽試験を通じた検証を実施した。

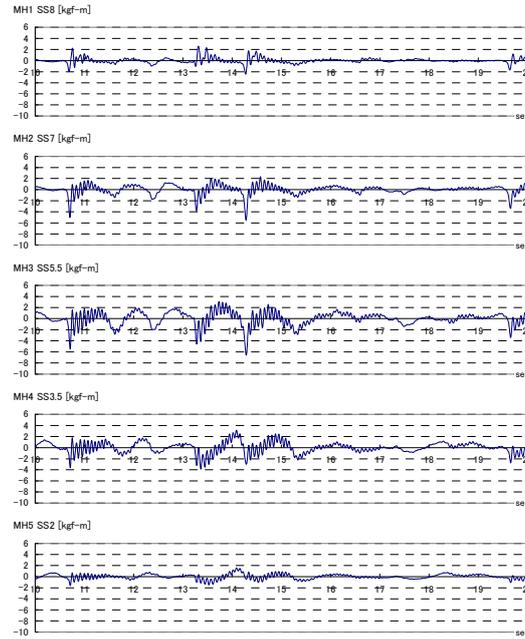
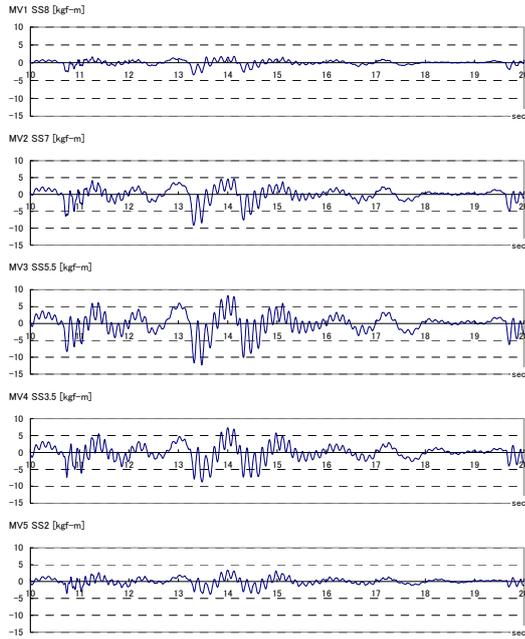
**研究成果**

- 当所が開発した非線形ストリップ法をベースに、船体運動の(形状)非線形性だけでなく縦運動と横運動の連成、弾性振動、漂流運動も考慮した損傷船舶の船体運動・波浪荷重の時系列計算法を開発した。また、波浪中ランキンソース法についても開発を行い、向波中での縦運動の計算を可能にした。
- 個別の研究成果
  - ・ 当所の耐航性能推定法を漂流運動を考慮したうえで縦、横及び振りの複合荷重や弾性振動を反映できるものに拡張した。
  - ・ 荒天中水槽試験を通じた波浪荷重(縦及び横ならびに振り)についての基礎データを取得。

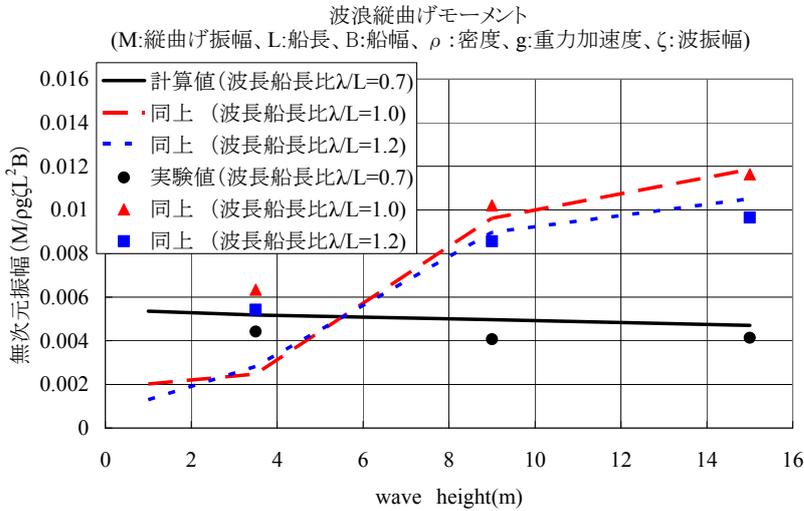
参考図

430	$F_n = 0.110$	$V(\text{model}) = 0.595 \text{ m/s}$
	$H1/3 = 10.26 \text{ cm}(\text{set})$	$11.64 \text{ cm}(\text{meas})$
	$\chi = 150 \text{ deg}$	
	$T01 = 1.017 \text{ sec}$	

430	$F_n = 0.110$	$V(\text{model}) = 0.595 \text{ m/s}$
	$H1/3 = 10.26 \text{ cm}(\text{set})$	$11.64 \text{ cm}(\text{meas})$
	$\chi = 150 \text{ deg}$	
	$T01 = 1.017 \text{ sec}$	



荒天中水槽試験で取得した弾性振動も含む波浪荷重（左：縦曲げ、右：水平曲げ）の時系列（荒天中において、弾性振動を含む縦及び横荷重が計測されている。）



弾性振動も含む縦曲げモーメント実験値と計算値の比較（横軸：波高）

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)のうち、  
(科研費) 船体桁の複合荷重下における縦最終強度評価法の確立に関する研究

**技術現状**

- IMO の船体構造強度 GBS(目標指向型基準)を実態に即した合理的な基準となるよう技術検討を実施
- 同基準の成立が今後の課題

**成果目標**

- 構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)  
・ 船体構造強度 GBS 案の作成(枠組みの構築、目標(Tier.1)、性能要件(Tier.2)、適合性認証(Tier.3)の起草)

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- コンテナ船の縮小試験体を 2 体製作し、曲げ及び振りモーメントの比率を変えた逐次崩壊試験を実施
- 縮小試験体の fine mesh model を作成し、有限要素解析プログラム LS-DYNA を用いた弾塑性崩壊解析を実施

**研究成果**

- 今年度は、昨年度に引き続き、ポストパナマックス型 (5,250TEU) コンテナ船を模擬した約 1/13 の縮小試験体 (長さ 6.6m, 幅 3.0m, 高さ 1.8m) を 2 体製作した。これらの試験体を振りモーメントのみ (固着部曲げモーメント  $M=0$ )、曲げモーメントのみ (振りモーメント  $T=0$ ) の初期荷重条件で逐次崩壊試験に供した。また、これらの試験体の初期撓みを計測するとともに、部分モデルを別途製作し、機械切断によるひずみ解放法により縮小試験体の残留応力を推定した。  
一方、縮小試験体の fine mesh model を作成し、陽解法有限要素解析プログラム LS-DYNA による弾塑性崩壊解析を種々の初期荷重条件に対して実施した。弾塑性崩壊解析結果から縮小試験体の最終強度に対する鉛直曲げ／振り相関関係、及び、水平曲げ／振り相関関係が得られた。
- 来年度は、これまでに得られた逐次崩壊試験結果、及び、LS-DYNA による弾塑性崩壊解析結果をもとに、warping stress (ねじりによる縦方向応力) の影響を考慮可能な逐次崩壊簡易解析法を構築する。また、LS-DYNA による弾塑性崩壊解析に溶接初期不整 (初期撓み及び残留応力) の影響を考慮可能な有限要素モデルを構築する。
- 個別の研究成果
  - ・ ダブルハル構造試験体の設計製作ノウハウ
  - ・ LS-DYNA を用いた船体構造の弾塑性崩壊解析手法の構築
  - ・ 国際会議での研究成果発表 2 件 (TEAM2008、ISOPE2009)

参考図

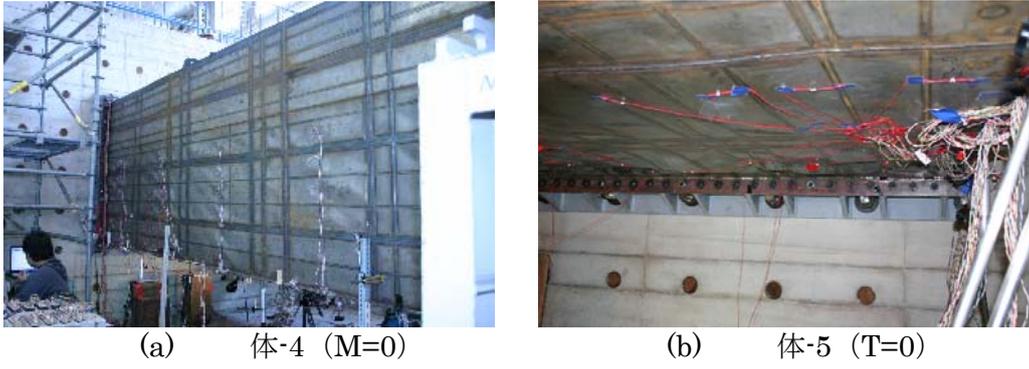


図1 縮小試験体の逐次崩壊試験結果

$$(T/T_U)^2 + (M/M_U)^2 = 1 \text{ or } (T/T_U)^2 + (M_H/M_{H_U})^2 = 1 \text{ Eq.(1)}$$

$T_U=2,550\text{kNm}$ ,  $M_U=6,940\text{kNm}$ ,  $M_{H_U}=10,700\text{kNm}$  by LS-DYNA

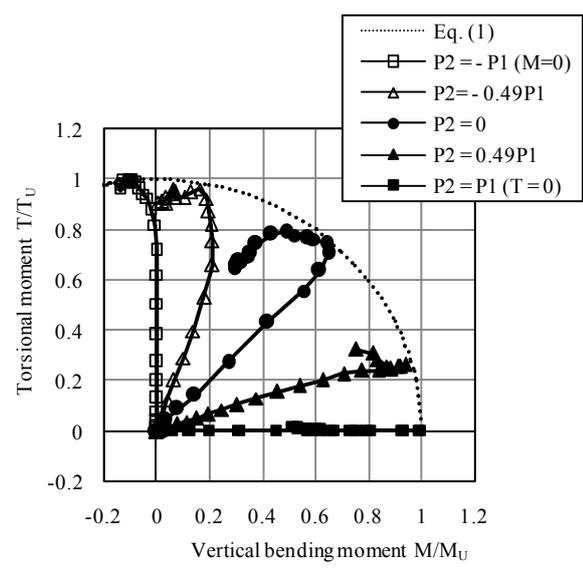


図2 鉛直曲げ／捩り相関関係 (LS-DYNA)

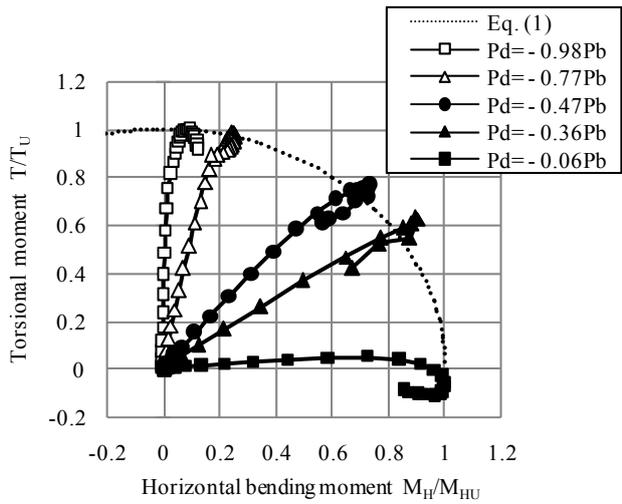


図3 水平曲げ／捩り相関関係 (LS-DYNA)

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築  
 溶接部の脆性亀裂の発生と防止に関する研究及び超音波探傷による欠陥検出精度確認試験

**技術現状**

- 世界的規模で海上輸送量が増大する中、超大型コンテナ船 (10,000TEU～12,000TEU クラス) が設計、建造段階であり、作用外力の増大に伴い、新しい構造設計の開発や高強度極厚鋼板の実用化などが不可欠
- 超大型コンテナ船に適用される極厚板鋼板は脆性亀裂伝搬と停止性能に関して従来知見と異なる特性を有しており、超大型コンテナ船の構造安全対策が必要とされている。
- 表面き裂ならびに板厚貫通き裂に対しては実験結果と非常に良く一致した結果を与えることが確認されている FLARP (繰返引張塑性域疲労寿命評価) 解析コードではあるが、極厚鋼板内の埋没き裂に対して妥当な結果を与えるか否かこれまで検討がなされていない。
- 厚板鋼板溶接部に存在する内部欠陥及びにそれを起点として成長した疲労き裂のき裂深さを確実に検知できるか不明であり、脆性破壊の発生を防止するために許容される欠陥サイズ以上の欠陥が、どの程度の精度で検知できるかを明らかにする必要がある。

**成果目標**

- 構造安全性確保の観点から、解決すべき課題について総合的な検討を行い、大型コンテナ船の合理的な技術要件を策定
- 内在欠陥の超音波探傷法による検知精度検証のため、内在欠陥の位置・高さの X 線 CT 探傷・実測
- TOFD (Time of Flight Diffraction : 伝搬時間回折波) 法及び端部エコー法による疲労き裂の評価能力の調査
- FLARP 解析コードの埋没き裂欠陥成長解析への適用可能性の実験的検証
- 極厚板溶接部の脆性破壊問題の潜在的波及範囲の特定及び脆性破壊発生の可能性の把握、並びに就航船及び新造船の脆性破壊発生防止対策の提案。(共同研究全体の成果目標)

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 極厚鋼板脆性破壊寿命推定法の精度向上及び定量的妥当性の検証のため、極厚鋼板突合わせ溶接継ぎ手部内の人工欠陥の成長に関する基礎データ (形状・位置) を取得し、推定法の妥当性に関する評価を行った。
  - 疲労試験により疲労き裂を進展させ、き裂深さに関する情報について、TOFD 法と端部エコー法による超音波探傷試験結果を、ピーチマークの結果と比較することにより疲労き裂探傷の評価能力の調査を行った。

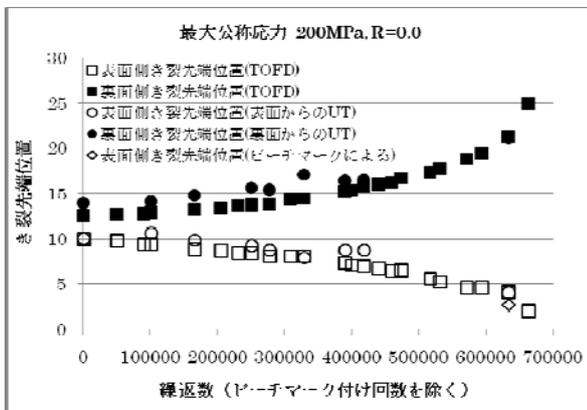
**研究成果**

- 造船各社の超音波探傷法による内在欠陥の検知精度検証のため、内在欠陥の位置・高さの X 線 CT 探傷・実測を行った。
- 検証結果から、端部エコー法を用いた超音波探傷による非破壊検査精度の過小値判定誤差基準 5mm を得

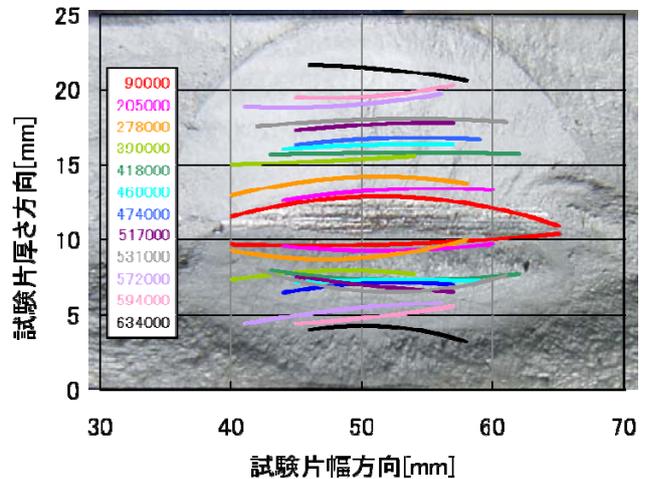
た。(共同研究成果)

- 過小値判定誤差基準 5mm は、本研究で実施した TOFD 法及び端部エコー法による疲労き裂の評価能力の調査により、負荷が小さい場合の端部エコー法による場合を除いて、疲労き裂の検知精度にも適用可能であることがわかった。
- 本研究では埋没き裂が成長する際の形状のアスペクト比変化とき裂位置変化の実験データを取得し、FLARP 解析コードの与える結果が実験値とよく一致しており、本コードが埋没き裂の欠陥成長解析に対しても適用可能であることを確認した。
- 埋没き裂形状はアスペクト比が 1 に近づく（き裂深さがき裂長さに近づく）ものの 1 を超えて（き裂深さがき裂長さを超えて）成長しないという解析結果が妥当であり、埋没き裂をき裂長さで管理し手直し基準を設ければ、これを超えるき裂深さの埋没き裂の存在を許容しないことを実験的に確認した。
- 個別の研究成果
  - ・今回提案する就航船及び新造船の脆性破壊発生防止対策の提言中、超音波探傷試験により発見された埋没き裂の手直し基準として、非破壊検査精度の過小値判定誤差 5mm を考慮して溶接線方向 25mm 超とした。これにより、溶接継手部破壊靱性値  $3000\text{N}/\text{mm}^{3/2}$  が求められる新造船については 10 年毎の非破壊検査で、現存船については 5 年毎の非破壊検査で、適切な溶接継手の管理を行うことで、想定就航年数 25 年を通じて脆性き裂の発生が生じないことを確保した。(共同研究成果)

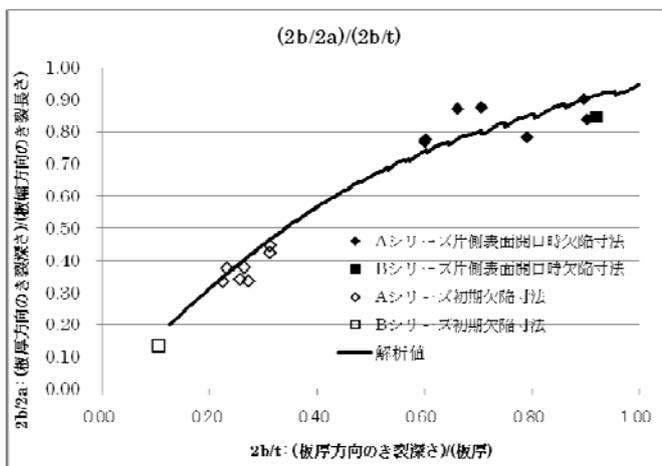
参考図



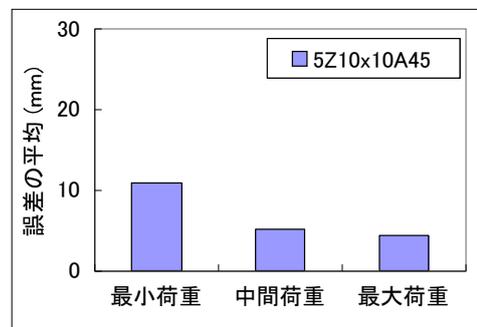
TOFD・UT 計測によるき裂先端位置の推移例



TOFD 計測による板厚方向のき裂形状の推移例



き裂形状のアスペクト比  $2b/2a$  と  $2b/t$  の関係



端部エコー法による亀裂高さ測定誤差の統計量 (測定不能ケースの含めた場合)

**課題名** ③船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 老朽船(バルク、タンカー等)の崩壊等の船体構造の経年劣化起因の事故の続発を受け、IMO が、2010 年までに船体構造強度基準の見直し(現行の国際条約には体系化された基準がない)を検討中
- 見直しは、最終安全目標を掲げ、さらに詳細基準を導く、目標指向型の新船構造強度基準(Goal-Based Standard for New Ship)を構築する方向で検討がなされており、その適切な対応が求められているところ。
- 特に我が国は、構造設計だけでなく、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準の構築を提案しているところ(構造設計のみでは過剰な社会負担が発生)。
- このため、船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化(IMO の目標指向型の新船構造強度基準への対応)が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究	○船体構造の経年劣化の分析・防食・検査技術の開発	①疲労設計指針の簡易適用法の構築 ②経年劣化・損傷船舶の強度評価法の構築 ③海水バラストタンク内等の塗装基準の作成 ④経年劣化検査技術の開発
	○構造基準の体系化	⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS) ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

**研究課題** ⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築  
 超大型コンテナ船の構造安全評価に関する研究  
 向波中での船体弾性応答の計測

**技術現状**

- 世界的規模で海上輸送量が増大する中、超大型コンテナ船（10,000TEU～12,000TEU クラス）が設計、建造段階
- 作用外力の増大に伴い、新しい構造設計の開発や高強度極厚鋼板の実用化などが不可欠

**成果目標**

- 構造安全性確保の観点から、解決すべき課題について総合的な検討を行い、大型コンテナ船の合理的な技術要件を策定

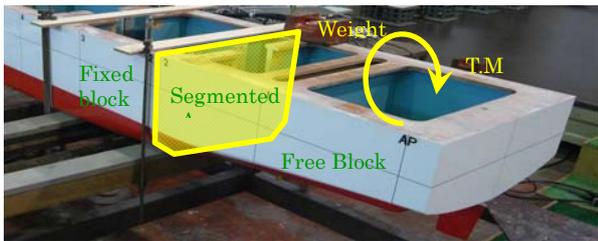
**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 超大型コンテナ船の構造基準に関する技術的課題の洗い出し
- 弾性応答及び実海域での構造強度評価を目的とした非線形ストリップ法の拡張作業と検証
- 斜波中における弾性振動も含む超大型コンテナ船の船体応答の計測

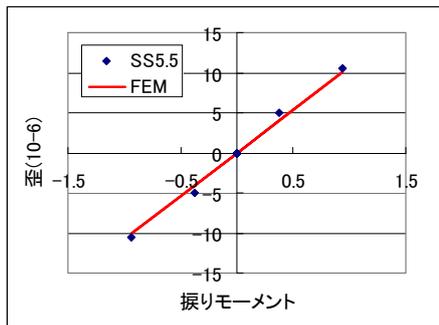
**研究成果**

- 超大型コンテナ船の構造基準を想定した場合、波浪中振り荷重については、船級によってその考え方が異なるなど技術的に様々な課題があることを再確認するとともに、大波高中における縦荷重については、出会い波周波数成分はもとより弾性振動も重畳して比較的大きな荷重が発生することを確認した。このことから操船（波向、船速）の影響を考慮して更に検討を進める必要性が明らかになった。
- 当所が開発した 6 自由度の複合荷重計算プログラムについて、衝撃荷重計算部分を拡張し、従来の船底スラミングに加え、コンテナ船の弾性振動に重要なバウフレア・スラミングの直接計算が可能となった。
- また、水平曲げ及び波浪振りモーメント並びにこれらの弾性振動について、従来の水槽試験では高精度な計算と比較できるものが無かったことから、今般新形式のバックボーンモデルを当所オリジナルの実験技術として世界で初めて開発し（特許申請中）、計測技術を飛躍的に向上させ、この実験データで上記プログラムの検証を行い、有効性を確認
- 個別の研究成果
  - ・ 斜波中水槽試験を通じた超大型コンテナ船の波浪荷重の実態把握
  - ・ 振り計測が可能な新形式バックボーンモデルの開発・大型コンテナ船の弾性応答評価を目的とした非線形ストリップ法への衝撃圧推定法（変位ポテンシャル法）の組み込み、荷重のリスクモデル推定法の開発及び弾性応答計測システムを用いた検証実験を実施
  - ・ 向波中での水槽試験（日本海事協会からの請負研究）によるスプリング等の弾性振動の現象把握

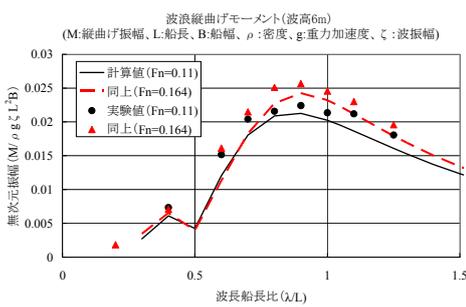
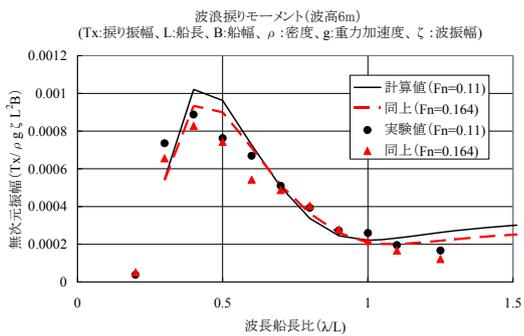
参考図



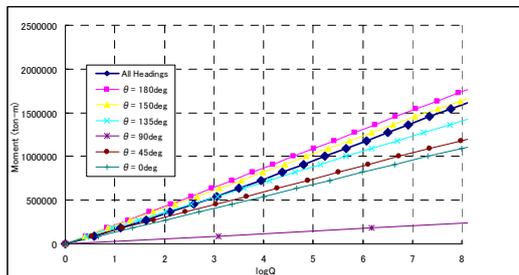
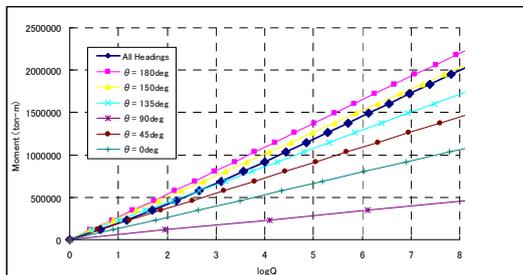
振りモーメント計測用パックボーンモデル



振りの検定結果



超大型コンテナ船の波浪振り曲げモーメント(左)及び波浪縦曲げモーメント (右) の周波数応答関数 (計算値と実験値の比較)



水槽試験結果を用いた超大型コンテナ船の縦曲げモーメントの長期予測値 (左:フルード数 0.219 (航海速力)、右:フルード数 0.11)

**課題名** ④テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 21 年度

**政策課題**

- 海事分野の保安を目的とした国際条約(SOLAS 条約)の改正が発効(2004 年)。国際航海に従事する船舶は、保安計画に定める保安対策を講ずることが義務づけられているところ。
- 船舶の保安対策は、テロ等の不法行為に対する脆弱性の評価を通じ決定。しかしながら、国際条約上、これら脆弱性の評価の明確な基準は、存在せず(非強制のガイドラインにおいて評価の概念のみを提示)。
- 特に、脆弱性の評価の基礎となるテロ等の不法行為による被害推定(優先すべき脆弱性の特定)については、確立された手法が存在しないところ(具体的な個船毎の検証がなされていない状況)。
- このため、特にテロ等の不法行為の発生により甚大な周辺被害が予測されるケミカルタンカー、ガス運搬船、放射性物質運搬船等についての保安対策の基礎である船舶の脆弱性評価手法(被害推定法)の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究	○テロ等の不法行為に対する船舶の脆弱性評価手法の構築	①危険物ばら積み船へのテロによる被害推定方法の構築 ②放射性物質運搬船へのテロによる被害推定方法の構築 ③船舶の脆弱性評価手法の構築

**研究課題** ①危険物ばら積み船へのテロによる被害推定方法の構築

**技術現状**

- テロ等の結果生ずる大規模な低温液化ガスの海面漏洩/大気拡散濃度/爆燃を予測する実用的な手法が未確立

**成果目標**

- 大気拡散モデルと海面拡大モデルを組合せ、その影響評価モデルを基に実用解析プログラムを開発
- 爆燃被害モデルと大気拡散モデルを組合せ、その影響評価モデルを基に実用解析プログラムを開発
- 脆弱性評価は、IMO 動向等を踏まえ、検討

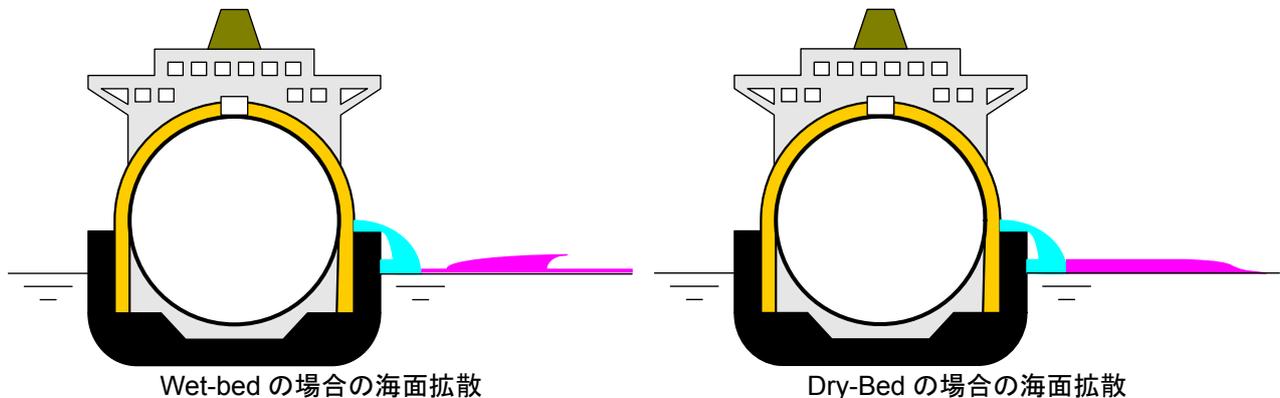
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 危険物ばら積み船へのテロによる被害推定方法の構築  
 具体的には、海面上における流体の拡散について、モデル (Wet-bed (海面が予め同じ流体で覆われている場合: 仮想的状態) と Dry-bed (実際の状態)) による計算結果の差異を確認した。

**研究成果**

- 空気より重いガスの海面上における拡散を予測するモデルを選定した。具体的には、浅水方程式 (Dry-bed) を空気より重いガスに適用することにした。これにより、海面拡散から大気拡散に至る予測手法全体を構築する見通しを得た。
- 周辺環境条件 (風の影響及び海面からの伝熱の影響等) の取り入れを残し、プログラムを構築した。

**参考図**



**課題名** ④テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 21 年度

**政策課題**

- 海事分野の保安を目的とした国際条約(SOLAS 条約)の改正が発効(2004 年)。国際航海に従事する船舶は、保安計画に定める保安対策を講ずることが義務づけられているところ。
- 船舶の保安対策は、テロ等の不法行為に対する脆弱性の評価を通じ決定。しかしながら、国際条約上、これら脆弱性の評価の明確な基準は、存在せず(非強制のガイドラインにおいて評価の概念のみを提示)。
- 特に、脆弱性の評価の基礎となるテロ等の不法行為による被害推定(優先すべき脆弱性の特定)については、確立された手法が存在しないところ(具体的な個船毎の検証がなされていない状況)。
- このため、特にテロ等の不法行為の発生により甚大な周辺被害が予測されるケミカルタンカー、ガス運搬船、放射性物質運搬船等についての保安対策の基礎である船舶の脆弱性評価手法(被害推定法)の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究	○テロ等の不法行為に対する船舶の脆弱性評価手法の構築	①危険物ばら積み船へのテロによる被害推定方法の構築
		②放射性物質運搬船へのテロによる被害推定方法の構築
		③船舶の脆弱性評価手法の構築

**研究課題** ②放射性物質運搬船へのテロによる被害推定方法の構築

**技術現状**

- 放射性物質漏洩量の定量的評価、比較的狭い範囲(海上輸送)を対象とした陸側への放射性物質の放出を考慮した環境影響予測の実用的な手法が未確立

**成果目標**

- 放射性物質漏洩量を定量的に評価する手法を構築
- 比較的狭い範囲(海上輸送)を対象とした陸側への放射性物質の放出を考慮した環境影響予測手法を構築
- 陸上輸送で用いられている脆弱性評価手法の海上輸送への適用

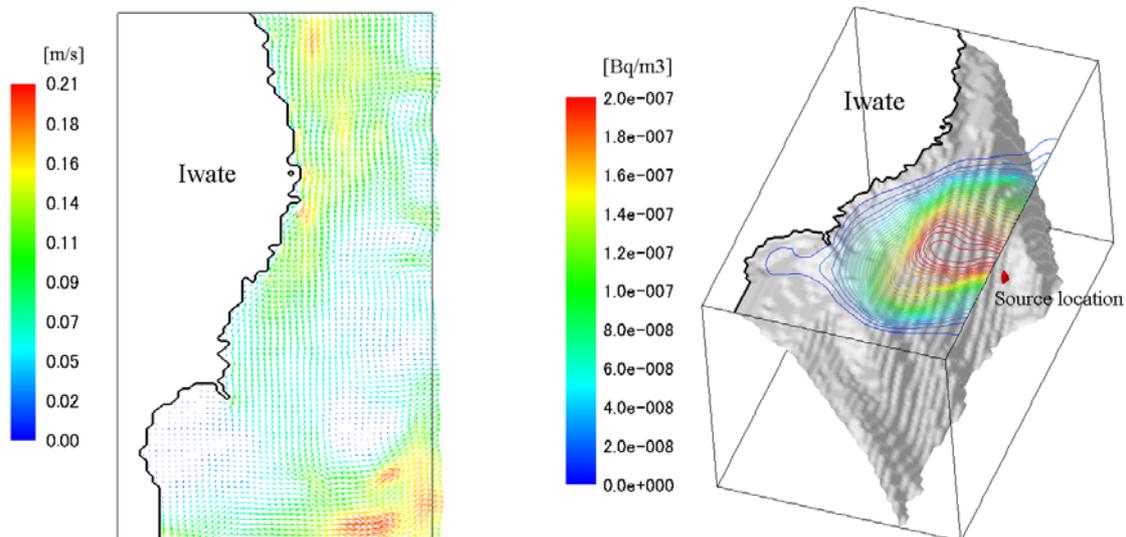
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 放射性物質運搬船へのテロによる被害推定方法の構築  
 具体的には、海底地形を考慮した質量保存則に基づく海流補間プログラムを開発した。その上で、現時点で最も精度が良いと考えられる我が国近海の海流データ(JCOPE2)を補間し、この海流データを組み合わせて物質移流拡散方程式を解くことにより、放射性物質の海洋拡散予測の精度を向上させた。

**研究成果**

- 質量保存則に基づく海流データの補間プログラムを開発した。
- 海流を考慮した放射性物質の海洋拡散予測プログラムを開発した。

**参考図**



左図：表層海流場のベクトル図，右図：漏洩した放射性物質(Pu-241)の5年後の表層濃度分布

**課題名** ④テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 20 年度

**政策課題**

- 海事分野の保安を目的とした国際条約(SOLAS 条約)の改正が発効(2004 年)。国際航海に従事する船舶は、保安計画に定める保安対策を講ずることが義務づけられているところ。
- 船舶の保安対策は、テロ等の不法行為に対する脆弱性の評価を通じ決定。しかしながら、国際条約上、これら脆弱性の評価の明確な基準は、存在せず(非強制的ガイドラインにおいて評価の概念のみを提示)。
- 特に、脆弱性の評価の基礎となるテロ等の不法行為による被害推定(優先すべき脆弱性の特定)については、確立された手法が存在しないところ(具体的な個船毎の検証がなされていない状況)。
- このため、特にテロ等の不法行為の発生により甚大な周辺被害が予測されるケミカルタンカー、ガス運搬船、放射性物質運搬船等についての保安対策の基礎である船舶の脆弱性評価手法(被害推定法)の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○テロ等の不法行為に対する船舶の保安向上のための研究	○テロ等の不法行為に対する船舶の脆弱性評価手法の構築	①危険物ばら積み船へのテロによる被害推定方法の構築 ②放射性物質運搬船へのテロによる被害推定方法の構築 ③船舶の脆弱性評価手法の構築

**研究課題** ③船舶の脆弱性評価手法の構築

**技術現状**

- 危険物ばら積み運搬船：研究課題①参照
- 放射性物質運搬船：研究課題②参照

**成果目標**

- 危険物ばら積み運搬船：研究課題①参照
- 放射性物質運搬船：研究課題②参照

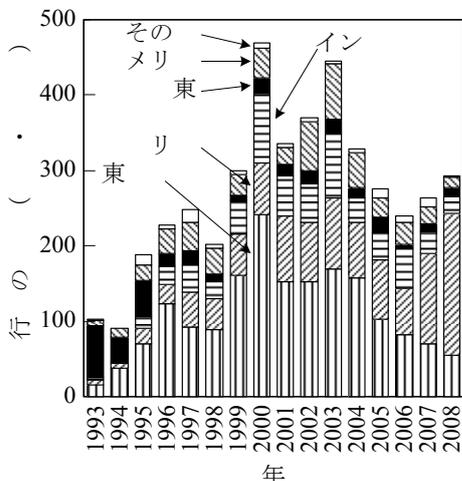
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- テロシナリオ設定・蓋然性評価手法の調査
- 保安評価・計画策定指針の作成
- 年度計画に加え次を実施
- IMO-MSC 下に設置された「SOALS 条約非対象船舶の保安」に関する通信グループのコーディネータを英国・米国とともに努め、報告をまとめた。また、MSC85 に出席し、本件に係る指針策定に貢献した。

**研究成果**

- 海上技術安全研究所報告特集号の小論文「海事保安に係るリスク評価」に評価手法の骨子をまとめた。
- 船舶の保安評価・計画策定指針案を、ISO 規格案の形でまとめた。
- 英国・米国と共同で MSC85 に報告(MSC 85/4/1)を提出し、「SOLAS 条約第 XI-2 章及び国際船舶港湾施設保安コード非対象船舶の保安に関する非強制指針(MSC.1/Circ.1283)」の作成に貢献した。

**参考図**



地域別海賊行為件数の推移 (アフリカ地域急増)

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION  
 4 ALBERT EMBANKMENT  
 LONDON SE1 7SR  
 Telephone: 020 7735 7611  
 Fax: 020 7597 3210



E

Ref. T2-MSS/2.11.1

MSC.1/Circ.1283  
 22 December 2008

**NON-MANDATORY GUIDELINES ON SECURITY ASPECTS OF THE OPERATION OF VESSELS WHICH DO NOT FALL WITHIN THE SCOPE OF SOLAS CHAPTER XI-2 AND THE ISPS CODE**

1 The Maritime Safety Committee, at its eighty-first session (10 to 19 May 2006), recalling the request of the Tokyo Ministerial Conference on International Transport Security, held on 12 and 13 January 2006, for the Organization to undertake a study and make, as necessary, recommendations to enhance the security of ships other than those already covered by SOLAS chapter XI-2 and the ISPS Code, agreed that the development of recommendations aimed at enhancing the security of those ships would be desirable and would contribute to the efforts of the Organization to enhance maritime security and that such recommendations would need to be practical, sustainable and proportionate to the risks and threats involved.

SOLAS 条約第 XI-2 章及び国際船舶港湾施設保安コード非対象船舶の保安に関する非強制指針 (抜粋)

参考資料 平成 20 年度業務実績報告書  
(2) 海洋環境の保全

研究一覧

(各研究に付されている番号は、研究管理上、所内で便宜的に付したもの)

**課題名 ⑤ 船舶からのCO2の排出による地球温暖化の防止に資する研究**

**課題名 ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究**  
**研究期間 平成18年度～平成22年度**

中期目標	中期計画	研究課題
○CO2の排出低減技術の開発のための研究	○CO2の排出低減技術の開発	①気象予測等の不確実性を取り入れた船舶の到着時間の最適化による環境負荷対応型航海支援システムの開発
		②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発
		③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミニウム合金等)の開発及び評価
		④その他CO2の排出低減技術の開発

**課題名 ⑤-2 国際的な課題となっている外航海運のGHGの排出量算定手法の構築のための研究**  
**研究期間 平成18年度～平成21年度**

中期目標	中期計画	研究課題
○国際的な課題となっている外航海運のGHGの排出量算定手法の構築のための研究	○外航海運からのGHG排出量算定手法の構築	①外航海運からのGHG排出指標(index)算定手法の構築
		②外航海運からのGHG排出低減方法案の策定

**課題名 ⑥ 船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染の防止に資する研究**  
**研究期間 平成18年度～平成20年度**

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染の防止に資する研究	○荒天時にも油及び有害液体物質の種類と流出量を推定する計測技術の開発	①荒天時にも油及び有害液体物質の種類と流出量を推定する計測技術の開発
	○沈船からの油の流出を含む流出した油及び有害液体物質の環境影響評価手法の構築	②防除作業支援に資する流出・防除による環境影響評価手法の構築
		③沈船からの流出による環境影響評価手法の構築

**課題名** ⑦ 船舶からの排出ガスの放出などによる大気汚染の防止に資する研究

**課題名** ⑦-1 排出ガスの規制強化の検討に必要な計測技術の開発及び環境影響評価手法の構築のための研究

研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度

中期目標	中期計画	研究課題
○排出ガスの規制強化の検討に必要な計測技術の開発及び環境影響評価手法の構築のための研究	○NOx の計測技術の開発	①NOx の計測技術の開発
	○PM を特定する計測技術の開発	②PM を特定する計測技術の開発
	○PM の環境影響評価手法の構築	③PM の環境影響評価手法の構築
	※上記すべてに係る事項	④環境エンジンの排出ガス低減技術の開発

**課題名** ⑦-2 船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究

研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究	○船舶塗装からの VOC 排出量を半減する船舶用塗料の開発	①船舶用低 VOC 塗料の開発
	○船舶塗装からの VOC 排出量を半減する塗装技術の開発	②低 VOC 排出塗装技術の開発

**課題名** ⑧ 船舶の運航に伴う海洋生態系被害の防止に資する研究

**課題名** ⑧-1 非有機スズ系船舶用防汚塗料の環境影響評価手法の構築のための研究

研究期間 平成 18 年度～平成 19 年度

中期目標	中期計画	研究課題
○非有機スズ系船舶用防汚塗料の環境影響評価手法の構築のための研究	○非 TBT 系船舶用防汚塗料の環境影響評価手法の構築	①環境濃度推定手法の開発

**課題名** ⑧-2 船舶のバラスト水処理システムの性能評価手法の構築のための研究

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶のバラスト水処理システムの性能評価手法の構築のための研究（船舶の運航に伴う海洋生態系被害の防止に資する研究）	○バラスト水処理システムの性能評価手法の構築	①活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法の構築
		②船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法の構築

**課題名** ⑨ 船舶の解撤に伴う環境汚染の防止に資する研究

研究期間 平成 18 年度～平成 21 年度

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶の解撤に伴う環境汚染の防止に資する研究	○船舶に含まれる有害物質の特定を支援するシステムの開発	①トレーサビリティシステムの構築

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
CO2の排出低減技術の開発のための研究	CO2の排出低減技術の開発	①環境負荷対応型航海支援システムの開発 ②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発 ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミウム合金等)の開発及び評価 ④その他CO2の排出低減技術の開発

**研究課題** ①気象予測等の不確実性を取り入れた船舶の到着時間の最適化による環境負荷対応型航海支援システムの開発

**技術現状**

- 気象/海象による遅延回避のための沖待ち時間の航海時間への還元(減速運航)がCO2低減に効果
- 気象/海象予測精度の向上により、航海計画の最適化の実現が可能に(但し、システム化はされておらず)

**成果目標**

- 環境負荷対応型航海支援システムの開発
  - ・ 気象/海象下での最適な推進性能推定法の開発
  - ・ 気象/海象等の遅延リスクを評価(回避)する確率モデル型航海計画アルゴリズムの開発
  - ・ これらを組み込んだ支援システムの開発(実船実験)

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 東京-苫小牧-釧路間を航行するRORO船及び宇部-千葉-東京間を航行するセメント船を対象に、定時性維持航海と気象・海象予測データに基づいた最適航路計画による実証実験を船主の協力を得て実施
  - また、これに加え、次を実施
  - 気象・海象データの予測精度向上に関し、観測値によるデータ同化を用いた改良
  - 実運航・気象予測データによる船舶性能推定
  - 確率モデル型運航シミュレーション手法の開発
  - 予測データ、運航シミュレーション、船陸間通信、船上での乗組員への情報提供システムを統合
  - ユーザー、学識経験者からなるアドバイザー検討会によりユーザー・オリエンティッドな研究開発を実施

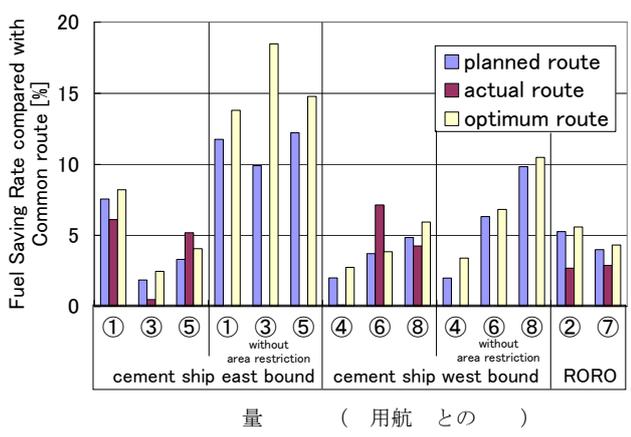
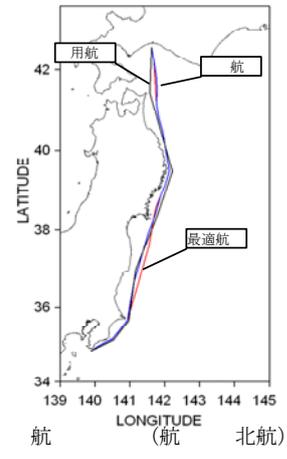
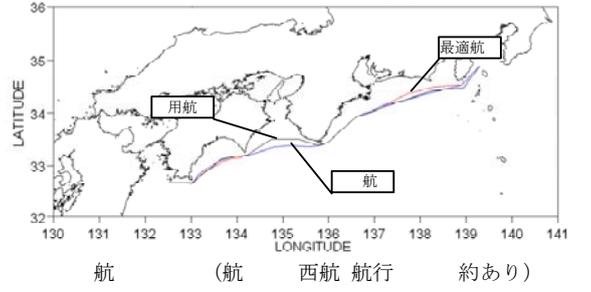
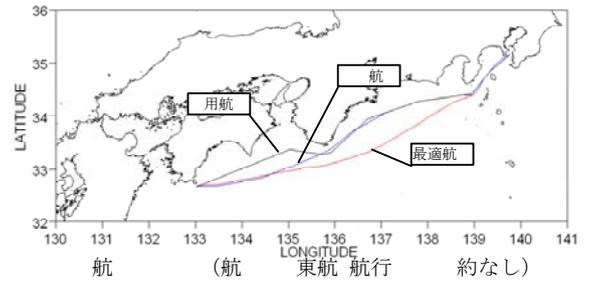
**研究成果**

- 気象・海象・海流等の遅延リスクを評価し回避する確率モデル型航海計画アルゴリズムを開発。これらを組み込んだ支援システムを作成するとともに、2隻の実船を用いて11回の実証実験を実施し定時性が確保できることを確認
- 開発したアルゴリズムを基に4ヶ月間のシミュレーションを行い、最適航路の選択等により5～10%程度、沖待ち時間の解消を行う減速運航を行う場合にはCO2の低減が20%以上であることを確認
- 本研究成果を踏まえ、21年度より本システムの実用化に向けた研究を進めていく予定
- 個別の研究成果
  - ・ 気象・海象データの予測精度の改善を図った。
  - ・ 気象/海象下での推進性能推定法を開発
  - ・ ウェイポイント間の省エネ操船法について実船試験を実施
  - ・ 船陸間通信について無線LANによる通信の可能性について検討

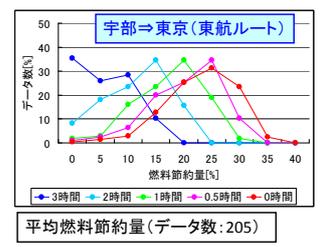
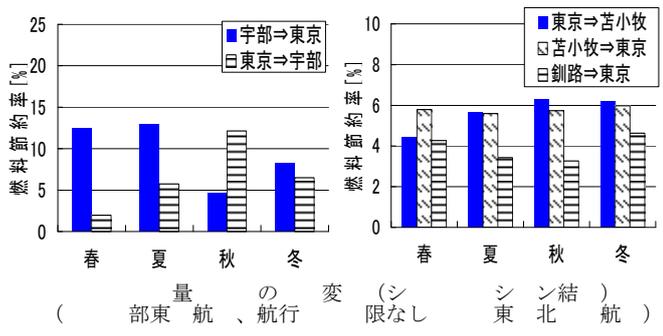
参考図

試験結果

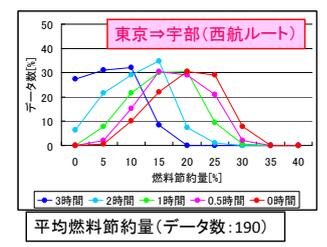
航	日	量(ton)				
		用航	航	航	最適航	
セメント船東航・載貨	08/7/29 20:21 -7/30 17:24	8.75	8.09	8.22	8.03	
		(約なし)	7.6	6.1	8.2	
			7.72		7.54	
	08/11/3 20:09 -11/5 3:24	14.17	13.91	14.10	13.82	
		(約なし)	12.77	0.5	2.5	
			9.9		18.5	
	08/12/8 18:44 -12/10 4:38	18.13	17.53	17.19	17.40	
		(約なし)	15.92	5.2	4.1	
			12.2		14.8	
	セメント船西航・空貨	08/11/28 16:40 -11/30 4:41	24.26	23.77	24.23	23.59
			(約なし)	23.77	0.1	2.7
				2.0		3.4
08/12/17 18:52 -12/19 1:28		23.58	22.71	21.90	22.67	
		(約なし)	22.09	3.7	7.1	
			6.3		6.8	
09/1/13 19:56 -1/15 3:18		22.27	21.19	21.33	20.95	
		(約なし)	20.08	4.8	4.3	
			9.8		10.5	
船北航		08/9/17 0:16 -9/18 4:44	31.21	29.57	30.37	29.47
				5.3	2.7	5.6
			29.87	28.67	29.01	28.57
RORO	08/12/20 23:41 -12/22 5:06		4.0	2.9	4.3	
			4.6	2.8	5.0	



船 航 航 航  
( 航、09/1/16 時の航 航、09/2/18)



3時間沖待ち	7.7 %
2時間沖待ち	14.1 %
1時間沖待ち	20.2 %
30分沖待ち	23.0 %
定時到着	25.6 %



3時間沖待ち	8.2 %
2時間沖待ち	13.4 %
1時間沖待ち	18.2 %
30分沖待ち	20.4 %
定時到着	22.6 %

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
CO2の排出低減技術の開発のための研究	CO2の排出低減技術の開発	①環境負荷対応型航海支援システムの開発 ②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発 ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミウム合金等)の開発及び評価 ④その他CO2の排出低減技術の開発

**研究課題** ②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発  
 低速肥大船の2軸船型の諸性能に関する研究

**技術現状**

- VLCC等の低速肥大船について、2軸船型の採用と主機de-ratingの組合せにより、大幅な燃費削減の可能性が判明
- 船舶の安全運航への要請の高まり、中国経済の成長に伴う物流の変化等、外航海運に対する環境変化が著しい中、海運業界において2軸船型に対し強い関心が顕在

**成果目標**

- 1軸船に比較し15%以上、経済性に優れた2軸超幅広船型の開発(1軸肥大船に対して採算性を重視した超幅広浅喫水の2軸船を開発)
- 要目最適化プログラムを改良し2軸船への適用性を拡張する

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 大型バルクキャリアーの2軸超幅広船型の設計および水槽試験による性能確認
  - 要目最適化プログラム(HOPE)に2軸幅広船型の性能推定機能を追加
  - 大型バルクの加え、中型バルクの設計も追加

**研究成果**

- ツインスケグ船型の最適要目設計法を確立し、それを用いた2船型のシミュレーションを実施した。
- 長さ300mの27万トン型バルクキャリアーを設計し、水槽実験により、同じ長さ・喫水を持つ従来船1軸船より23%の燃費(トンマイルベース)削減できることを確認した。
- 長さ217mの8万6千トン型バルクキャリアーを設計し、やはり水槽試験により、同じ長さ・喫水を持つ従来船1軸船より20%の燃費(トンマイルベース)削減できることを確認した。
- 個別の研究成果
  - ・ ツインスケグ船型の馬力推定プログラムの開発

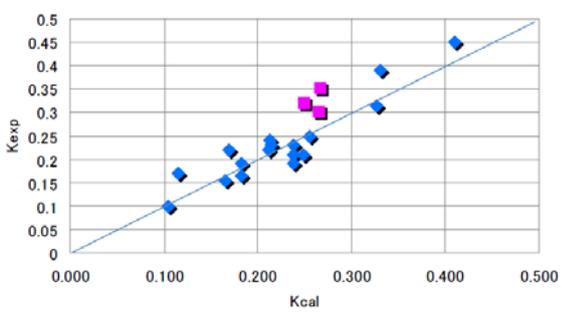
参考図

ツインスケグ船型の形状影響係数(K)の推定式

$$K_{CAL} = 2.25 * (\frac{1}{2} p) + 0.05 + \Delta K_{\theta}$$

$$\Delta K_{\theta} = 0.223 * \ln(\theta) - 0.518 (\theta > 10 \text{ deg.})$$

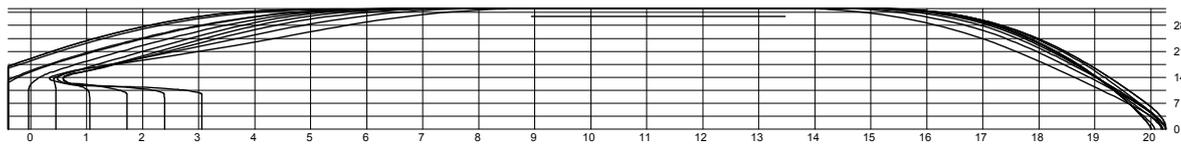
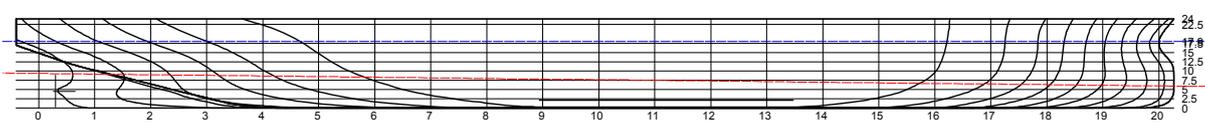
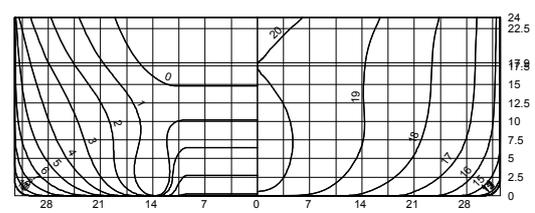
$$\Delta K_{\theta} = 0 (\theta \leq 10)$$



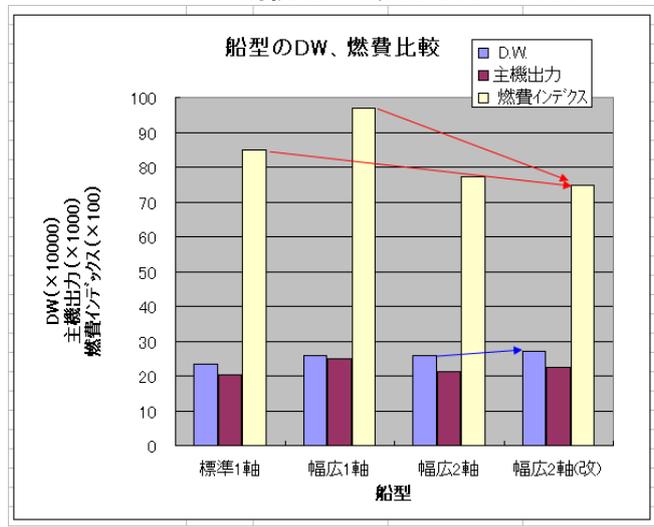
ツインスケグ船型の性能推定 (Kの推定)

プログラムによる要目最適化機能

- Loa = 310.00 m
- Lwl = 306.00 m
- Lpp = 300.00 m
- Bmax = 65.00 m
- Bwl = 65.00 m
- Tdwl = 17.90 m
- Lwl/Bwl = 4.71
- Lwl/Tdwl = 17.10
- Bwl/Tdwl = 3.63
- KMT = 28.00 m



海技研にて設計した27万トン型・超幅広2軸ツインスケグ船型



燃費比較 (トンマイルベース)

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO<sub>2</sub>の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO<sub>2</sub>排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
CO <sub>2</sub> の排出低減技術の開発のための研究	CO <sub>2</sub> の排出低減技術の開発	①環境負荷対応型航海支援システムの開発
		②船舶ライフサイクルでのCO <sub>2</sub> 排出削減に資する実海域性能評価システムの開発
		③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミウム合金等)の開発及び評価
		④その他CO <sub>2</sub> の排出低減技術の開発

**研究課題** ②船舶ライフサイクルでのCO<sub>2</sub>排出削減に資する実海域性能評価システムの開発  
**実海域性能評価システムの開発(海の10モード等)**

**技術現状**

- CO<sub>2</sub>を低減する個々の要素技術は存在
- しかしながら、実運航時の船舶の燃費性能を高精度かつ簡易に評価する手法は存在せず。
- 特に、斜波、喫水、速度影響を考慮した波浪中の抵抗増加、風圧力及び斜航流体力・当舵力に関する性能評価は、非常に困難
- 新造船のGHG排出性能を示す設計指標(index)は存在せず。

**成果目標**

- 実運航時における船型及び推進システムの総合性能を評価する手法を開発することによる優良船に対するインセンティブ創出
- 新造船のCO<sub>2</sub>排出設計指標算定手法を構築
- 付加物を含む複雑形状船体周りの流れを高速かつ高精度に解析するCFDプログラムの開発

**研究経過**

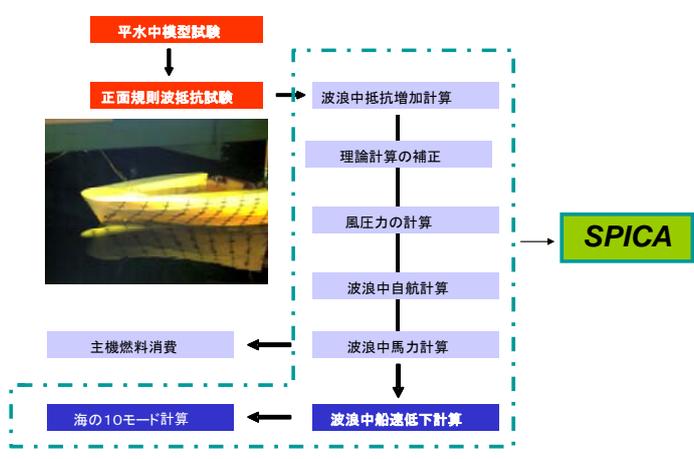
- 年度計画に従い、次を実施。
- 速度低下指標の開発
  - 実船計測による指標の評価
  - 長期期性能予測プログラム(ESPASS)の改良
- また、これに加え、次を実施
- 船尾付加物周りの流状と尺度影響調査

**研究成果**

- 斜波、喫水、速度影響を考慮し波浪中の抵抗増加、風圧力及び斜航流体力・当舵力を計算できる実海域性能評価プログラムを開発
- 上記プログラムと正面波浪中での水槽試験を組み合わせることにより、実海域での速度低下を高精度で評価できるシステムを開発し、詳細な性能鑑定ガイドラインを作成。一部の船級協会と同ガイドラインに基づく鑑定業務を実施予定(海の10モード)
- 新造船のCO<sub>2</sub>排出設計指標をIMOに提案し、本研究の成果である速度低下係数の概念がIMOの指標案に盛り込まれた。また、開発した手法をもとに、速度低下係数を求めるガイドラインもIMOに提案
- 実船(PCC2隻、VLCC1隻)による高精度な実海域性能実験を行い、上記システムが有効であることを立証
- 個別の研究成果
  - ・ 発表論文(国内15編、海外6編、うち査読付7編)
  - ・ 特許3件
  - ・ プログラム(9件)

参考図

ハイブリッド計算法のフロー



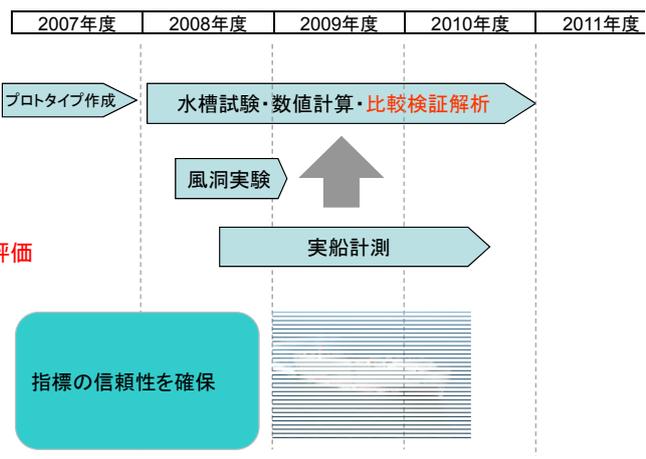
とを組み合わせたイリッ

海の10モードの決定

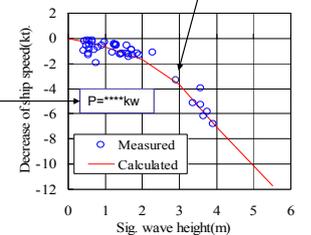
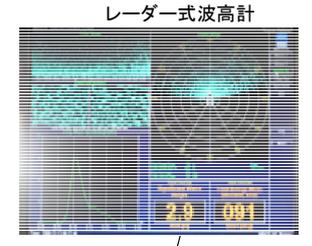
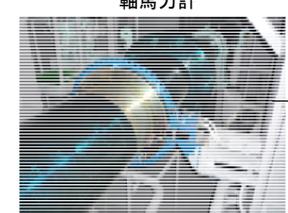
	平均風速	平均風向, 主波向	有義波高	平均波周期
	$U_{wind}(m/s)$	$\gamma, \theta(deg)$	$H(m)$	$T(s)$
B F 0	0	-	0	-
B F 3	4.4	全方位, 0方位	0.6	3.0
B F 4	6.9	全方位, 0方位	1.0	3.9
B F 5	9.8	全方位, 0方位	2.0	5.5
B F 6	12.6	全方位, 0方位	3.0	6.7
B F 7	15.7	全方位, 0方位	4.0	7.7

10個の指標計算モードを決定した

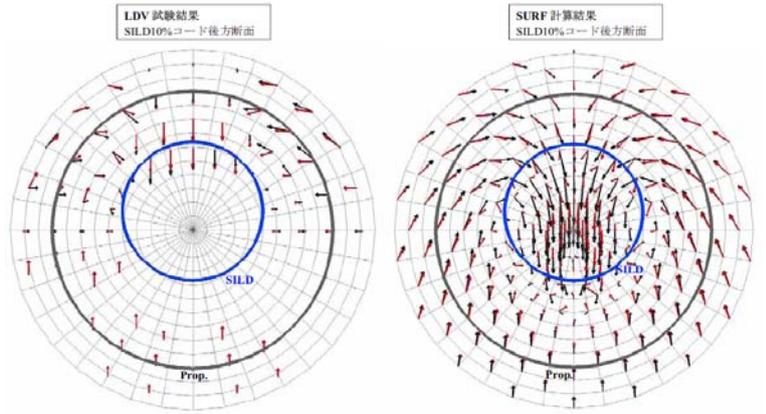
研究開発のロードマップ



計測の目玉



船尾付加物周りの流状計測



CFDと計測値の比較

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
CO2の排出低減技術の開発のための研究	CO2の排出低減技術の開発	①環境負荷対応型航海支援システムの開発 ②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発 ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミニウム合金等)の開発及び評価 ④その他CO2の排出低減技術の開発

**課題名** ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミニウム合金等)の開発及び評価  
 ナノテクノロジーを活用したアルミニウム合金の研究開発

**技術現状**

- 現状では、押出加工性に優れたアルミニウム合金は耐食性に乏しく(結晶粒界の腐食を起こしやすい)、耐食性に優れたアルミニウム合金は押出加工性に乏しい。
- 各種材料の基礎技術を開発
  - 船舶適用のための性能/作業性の向上が今後の課題

**成果目標**

- 押出加工性と耐食性に優れたアルミニウム合金の開発。
- アルミニウム合金の開発
    - ・ 加工技術の開発、合金試作

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 船体の軽量化等に資する材料(アルミニウム合金、微細組織制御による推進システム用耐壊食・防汚皮膜等)の開発及び評価

**研究成果**

- 平成19年度には押出加工によって耐食性の高いアルミニウム合金を作製する「分割界面導入押出加工法」を開発した。この加工法では押出用合金材を押出方向に平行に2分割して押出すが、分割界面に塗布する潤滑・離型剤の選定が非常に重要であることが判明したので、潤滑・離型剤の最適化を行った。また、押出用合金材の結晶組織が、押出した材料の組織やひいては腐食特性に影響することが予想されるので、この影響を調べた。
- 個別の研究成果
  - ・ 分割界面に塗布する潤滑・離型剤に含まれる固体潤滑材として微細なコロイダルグラファイトを用いた場合に、押出材の分割界面が最も平滑となった。コロイダルグラファイトを含む潤滑・離型剤が最適である。
  - ・ ランダムな方位を持つ結晶粒から成る押出用合金材から作った押出材が「分割界面導入押出加工法」に適している。
  - ・ 「分割界面導入押出加工法」で作製した押出材は、優れた耐食性を持つ(結晶粒界の腐食が軽減される)。微量元素である鉄が結晶粒界の腐食に及ぼす影響は見られない。
  - ・ 「分割界面導入押出加工法」で作製した押出材の機械的性質(引張強さ、伸び)は規準を満たす。

参考図

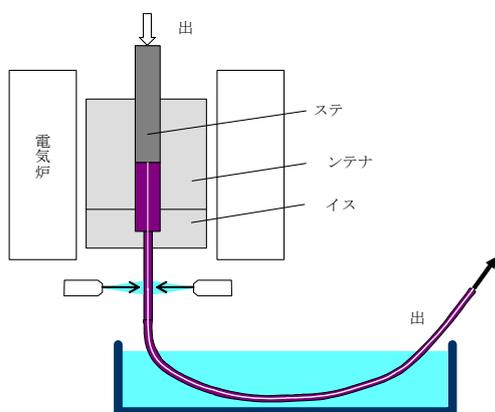


図1 押出後に水冷を施す分割界面導入  
押出加工法の模式図

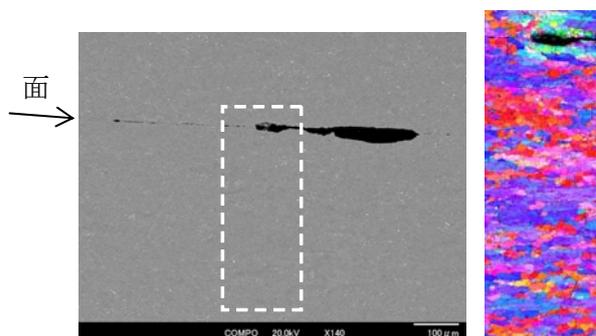


図2 押出材の分割界面付近の走査型電子顕  
微鏡写真（左）及び四角で囲った領域の結晶  
方位を示す後方電子線散乱図形（右）分割界  
面のごく近傍を除く領域では結晶方位が比較  
的揃った「集合組織」が形成されている。



図3 人工海水で腐食させた押出材の断面  
結晶粒界での腐食が軽減されている。

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○CO2の排出低減技術の開発のための研究	○CO2の排出低減技術の開発	①環境負荷対応型航海支援システムの開発 ②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発 ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミニウム合金等)の開発及び評価 ④その他CO2の排出低減技術の開発

**研究課題** ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミニウム合金等)の開発及び評価  
 微細組織制御による推進システム用耐壊食・防汚皮膜に関する研究

**技術現状**

- 各種材料の基礎技術を開発
- 船舶適用のための性能/作業性の向上が今後の課題

**成果目標**

- 新防食・防汚コーティングの開発
  - ・ プロペラ効率低下及び保守経済的負担の軽減技術の開発

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 船体の軽量化等に資する材料(アルミニウム合金、微細組織制御による推進システム用耐壊食・防汚皮膜等)の開発及び評価
- また、これに加え、次を実施
- ・ 耐壊食性では、実運航において、比較的短時間で翼ルート部に壊食が生じていた高速艇(40ft長、プロペラ径740mm、機関出力420PS)を実験船に選び、実証実験を実施
  - ・ 耐防汚対策では、実船で用いたものと同じステライト材料を銅合金母材に部分的に被覆し、その防汚性を確認する実験を実施

**研究成果**

- 実証実験により、本溶射皮膜が十分な耐壊食性を持つことを確認し、耐壊食性溶射プロペラの開発の目処が立った。
- 耐防汚対策実験では、皮膜箇所に生物付着(フジツボ)が見受けられたものの、皮膜への侵食をなされておらず、また、高圧水洗浄により皮膜を損傷させることなく容易に除去できることを確認した。
- 耐壊食と防汚を同時に満足する皮膜の組み合わせを見だし、耐壊食・防汚皮膜形成法として特許申請準備中である。

参考図

高速艇による溶射プロペラのキャビテーションエロージョン特性実験

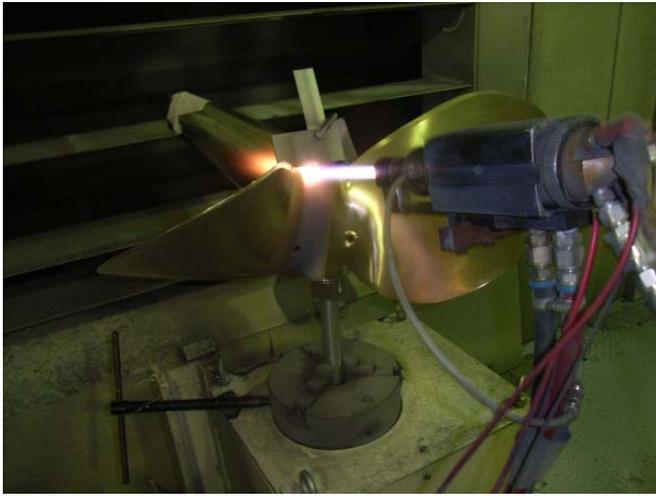


図1 溶射処理中の直径 740mm の高速艇用プロペラ

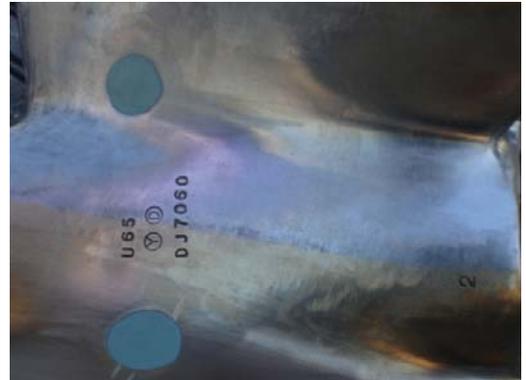


図2 溶射後、研磨処理したプロペラ表面



図3 実験に使用した高速船



図4 観察窓からキャビテーションの発生状態を観察

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○CO2の排出低減技術の開発のための研究	○CO2の排出低減技術の開発	① 気象予測等の不確実性を取り入れた船舶の到着時間の最適化による環境負荷対応型航海支援システムの開発 ② 船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する総合性能評価システムの開発 ③ 船体の軽量化に資する材料(複合材料・アルミニウム合金等)の開発及び評価 ④ その他CO2の排出低減技術の開発

**研究課題** ④その他CO2の排出低減技術の開発  
**環境調和型高性能ハイブリッド熱交換器による高効率船用排熱回収システムの研究開発**

**技術現状**

- 大型船用排ガスエコマイザーは実用に供されているものの、内航船舶用コンパクト排熱回収システムの実用化が課題

**成果目標**

- ハイブリッド熱交換器排熱回収システムの開発  
 ・ハイブリッド熱交換器の開発と性能評価(排気ガス 80以上, 8%目)

**研究経過**

- 年次計画に加え、次を実施
- ・循環式流動層の伝熱特性への船体動揺影響の検討
  - ・脱硫用粒子の開発
  - ・循環式流動層排熱回収システムの構築及び実証試験

**研究成果**

- 船体動揺が循環流動層のライザー一部ダウンフローに影響を与え、熱伝達性能を大きく向上させることを確認
- Ca(OH)<sub>2</sub>ベースの脱硫剤を新たに開発。約90%の脱硫を確認
- 循環式流動層排熱回収システムを構築し、実証試験を実施
- エンジン低負荷時における燃費8%減が可能な熱回収を確認。高負荷時には熱回収量が目標値に達せず。試験装置の圧力損失および粒子循環に問題があることを確認し、小型流動層試験装置の設計に関する知見を得た。

参考図

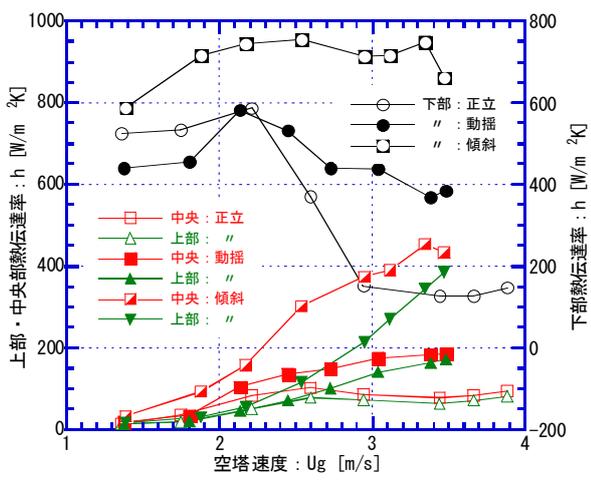


図1 熱伝達率が動揺や傾斜で大幅に増加



図2 実証試験用流動層ボイラー

サイクロンへの流路  
 サイクロン  
 気を行う機構は下しイ部にる。  
 ライザー部  
 下部からガスが流入。とーになって上する。は。上するにスらのとを行う

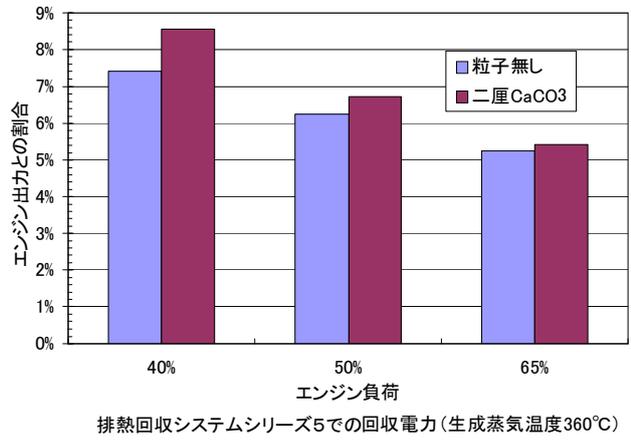


図3 主機出力に対する動力生成割合 (システム解析結果)

ンンがい場合はい。たし、置のにするンンの悪もする。の利得は図ら45%下した値となる。40%の場合のみ、が対的にきくしているため、しの場合のがきくなっている

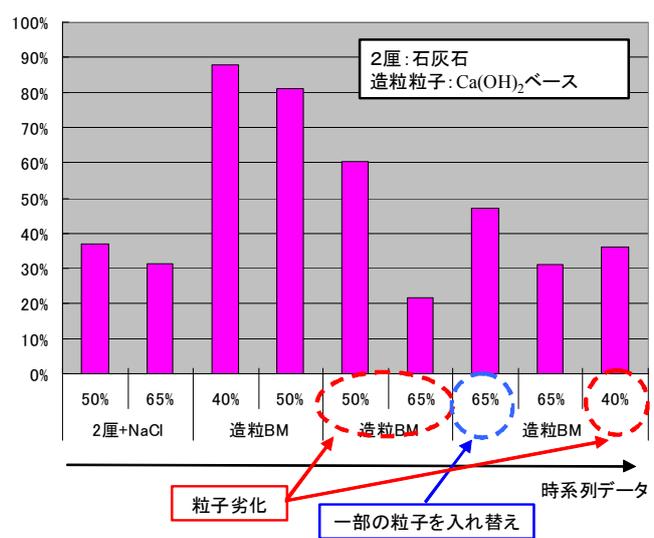


図4 脱硫試験結果

環量のなさをすると、造はにいをしたとえる。また、でも、NaClを入することで30%のが現できた。

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○CO2の排出低減技術の開発のための研究	○CO2の排出低減技術の開発	① 気象予測等の不確実性を取り入れた船舶の到着時間の最適化による環境負荷対応型航海支援システムの開発 ② 船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発 ③ 船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミウム合金等)の開発及び評価 ④ その他CO2の排出低減技術の開発

**課題名** ④その他CO2の排出低減技術の開発  
**海水摩擦抵抗を低減する船舶用塗料の基礎技術の研究開発**

**技術現状**

- 防汚塗料の海水摩擦抵抗は評価自体が困難で、摩擦抵抗低減技術も未熟
- トムズ効果として、ポリマー等による摩擦抵抗低減効果の存在は既知であるが、効果のメカニズムが不明

**成果目標**

- 摩擦抵抗低減塗料の開発
  - ・ ポリマー効果による摩擦抵抗低減塗料の開発(摩擦抵抗10%低減目標)

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 摩擦抵抗低減塗料の効果が現実的であるかを検証するために壁面滲出実験装置により壁面からある一定条件でポリマー溶液を滲出させることで、抵抗低減が生じることの確認実験及び壁面滲出実験を模擬したCFD計算を実施
- 摩擦抵抗を10%低減するために必要なポリマー条件を抵抗計測実験(1パス装置)と分子量等分析(GPC-MALS)より探索、及び効果の発現形態を調べるために、水溶液中のポリマーを位相差顕微鏡、Wet-STEM等で観察
- ポリマー溶出量を制御できる試作塗料を作製するためにベース塗料を変えた試作塗料12種類を作製
- 高精度摩擦抵抗計測装置の精度向上(乱流促進一体型整流、検力計の分解能向上等)のための改造を実施

**研究成果**

- 表面からポリマー溶液を滲出させることにより抵抗低減効果が生じることを壁面滲出実験結果及びCFDの計算結果より検証。これにより摩擦抵抗低減塗料の有効性を確認
- 10%低減効果のあるポリマー条件を検証。また、分子量-抵抗低減効果に強い相関関係があることを検証。
- 塗装面が平滑で、ポリマー溶出量を制御可能な試作塗料を開発。既存製品と比較して抵抗低減効果があることを検証
- 高精度摩擦抵抗計測装置の測定誤差1%以下の精度を更に向上。また、8m模型船の作製を完了し、水槽試験法の見通しがついた。

参考図

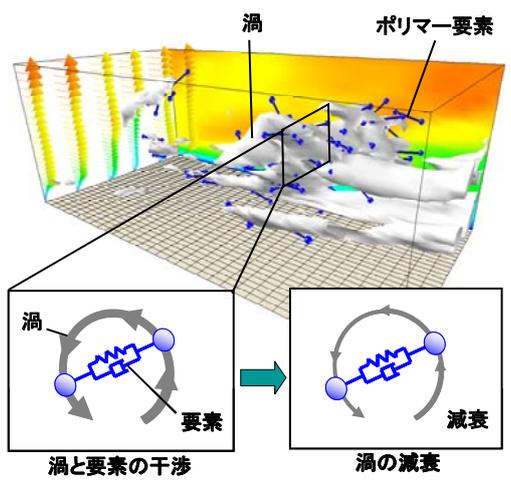


図1 船体表面にポリマーが存在する場合の流れのCFD計算結果  
( - スで した リ が 流 と して が していることを している) 東 提供



図2 高精度塗膜摩擦抵抗計測装置  
(2 の 行 の を 定することに より で が できる)



図3 高精度塗膜摩擦抵抗計測装置の

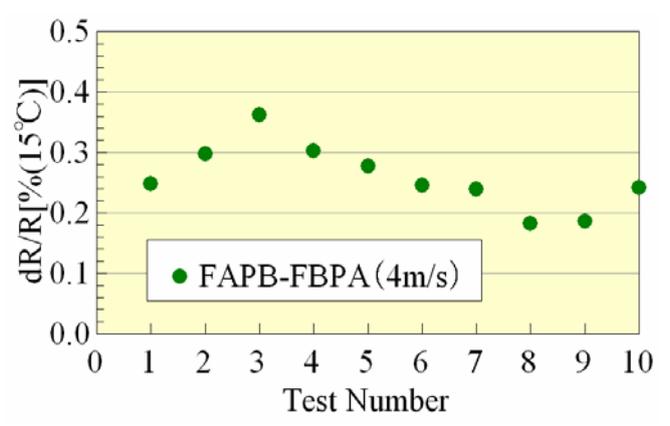


図4 平板抵抗差の繰り返しによる変化の測定例  
(抵抗が0.5%未満のパラツキで計測されている)

**課題名** ⑤-1 船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成18年度～平成22年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 一方、「ポスト京都議定書」(2013年以降の更なる削減)の検討が開始(2005年締約国会議)。また、IMOが、京都議定書の枠外である外航海運からの削減の検討も開始(2004年IMO総会)
- このため、温室効果ガスに係る将来の国内外の動向にも対応可能な船舶単体からのCO2排出低減技術(船体抵抗の低減・推進システムの効率化・船体の軽量化・運航方法の改善)の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○CO2の排出低減技術の開発のための研究	○CO2の排出低減技術の開発	①環境負荷対応型航海支援システムの開発 ②船舶ライフサイクルでのCO2排出削減に資する実海域性能評価システムの開発 ③船体の軽量化等に資する材料(複合材料・アルミウム合金等)の開発及び評価 ④その他CO2の排出低減技術の開発

**課題名** ④その他CO2の排出低減技術の開発  
**空気潤滑法による省エネデバイス実用化のための研究開発**

**技術現状**

- 空気潤滑法を既存の内航船舶に適用した場合の実証実験を実施し平均で約5%の省エネ効果を確認した。

**成果目標**

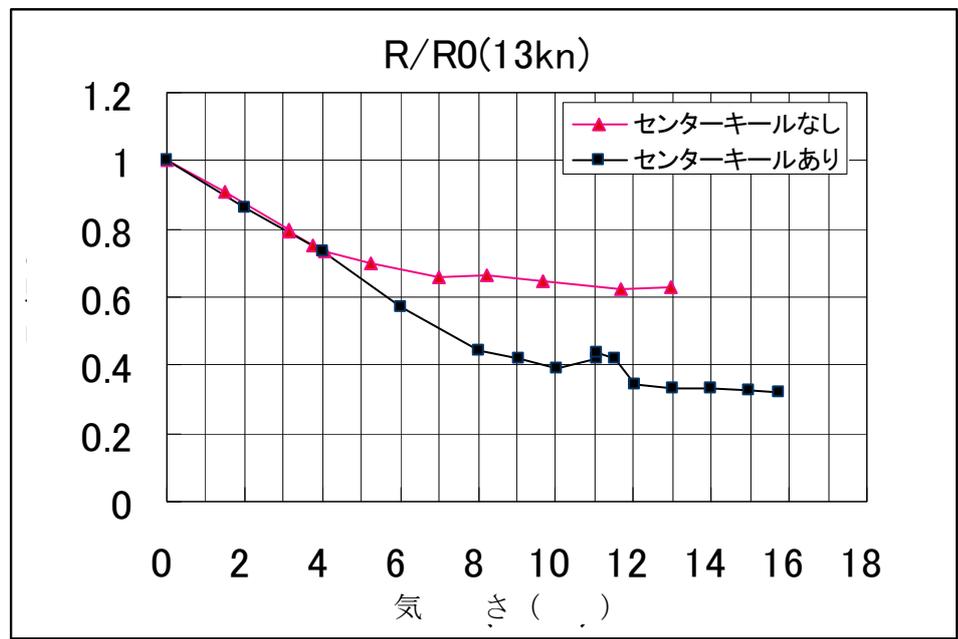
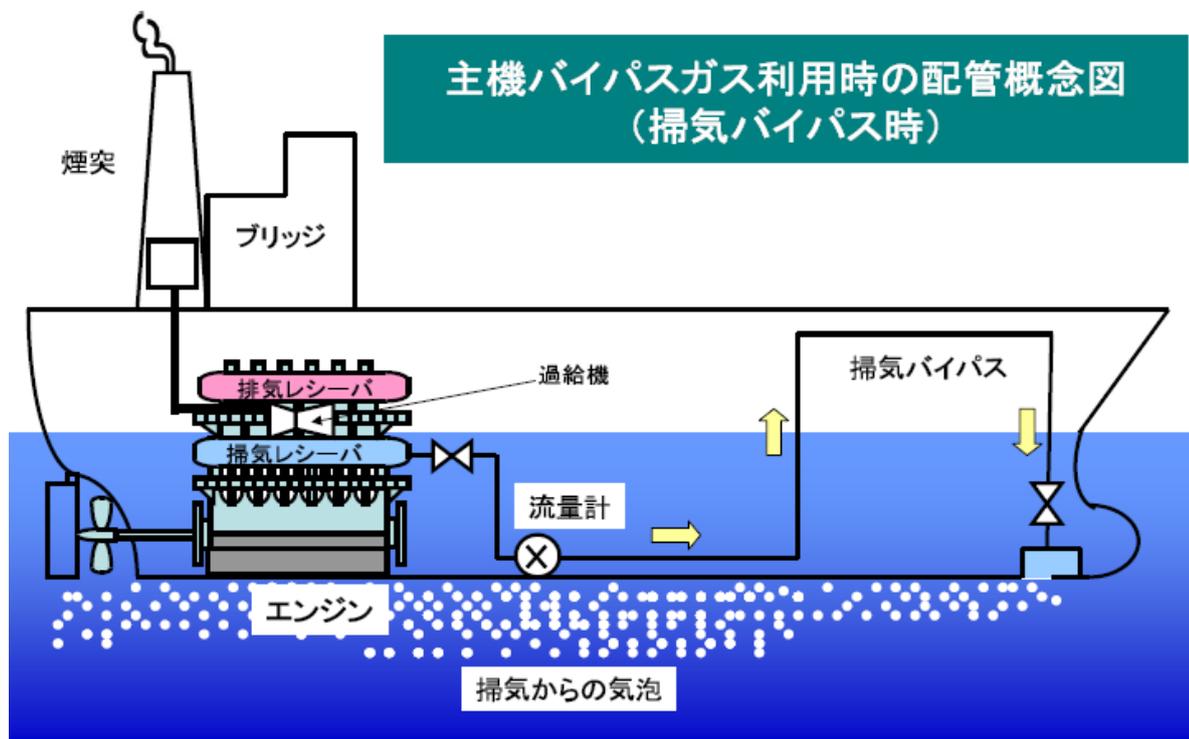
- 空気潤滑法を実用化するにあたっての問題点を整理し、造船所を交えて対応策を検討し、実用化への道筋をつける。
- 実船適用に適した空気吹き出し方法の検討を行うとともに、シーチェストへの空気巻き込み対策について検討する。
- 気泡流中で作動するプロペラが発生する船尾変動圧について調査する。
- 大型船において効率的に空気を吹き出すための主機掃気バイパスの実現可能性を実験的に確認し、課題の抽出を行う。

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 実用化に向けての対応策、技術的に整備しておくべき要素技術について、造船所を交え調査を実施した。
- 空気吹き出し部の形状と吹き出し空気の挙動、及び、シーチェストへの空気巻き込み対策について予備的に検討を実施した。
- 気泡流中におけるプロペラキャビテーション変動圧試験を実施した。
- 主機のタービンブロアとして活用する掃気バイパスシステムにつき検討を実施した。

**研究成果**

- 実用化に向けての課題(設計を容易にするための支援ツールの要件、シミュレータの内容)につき整理
- エンジンの過給機の余剰掃気能力を利用して空気噴き出し効率を高める手法を世界で初めて考案し、陸上試験により効果を確認。これにより、喫水の深い大型船においても空気潤滑法で省エネ効果を高めることが可能
- 空気潤滑法の抵抗低減効果の推定精度向上のため、気泡の偏りの少ない長尺模型(センターキール付き)試験を実施し、基礎的データを収集
- シーチェストへの空気巻き込み対策を進めるため、シーチェスト模型試験の詳細を決定
- 変動圧試験の結果、船尾変動圧増加の原因は、プロペラ翼端渦に気泡が取り込まれることによることが判明
- これらの研究結果を踏まえ、造船所・海運会社10社と共同で実施する「空気潤滑法の実用化研究(平成21年度～平成23年度)」の研究を開始



同一空気量に対する抵抗低減効果の増大 (センターキールの効果)

<b>課題名</b>	<b>⑤-2 国際的な課題となっている外航海運の GHG の排出量算定手法の構築のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 21 年度</b>

**政策課題**

- 外航海運からの温室効果ガス（GHG）排出低減に向けた取り組みについては、便宜置籍制度、第三国間輸送等の外航海運の特殊性に鑑み、気候変動枠組条約（UNFCCC）京都議定書の対象外となっており、京都議定書第 2 条第 2 項に基づき国際海事機関（IMO）で国際的に検討が行われている。
- 2007 年インドネシアのバリで開催された UNFCCC 第 13 回締約国会議（COP13）において、京都議定書の約束期間（2008 年～2012 年）以降の新たな枠組みについて、2009 年 12 月に開催される COP15 までに決定することが合意されている。
- これを受け、IMO においても、同約束期間以降を念頭に置いた外航海運からの GHG 排出低減の方策の検討を本格的に開始し、外航海運からの GHG 排出量の現状把握及び将来予測、個船の船舶（新造船）の GHG 排出性能（燃費性能）を示す設計指標（index）算定手法の構築等の課題に取り組んでいる。

中期目標	中期計画	研究課題
○国際的な課題となっている外航海運の GHG の排出量算定手法の構築のための研究	○外航海運からの GHG 排出量算定手法の構築	①外航海運からの GHG 排出指標 (index)算定手法の構築 ②外航海運からの GHG 排出低減方法案の策定

**研究課題**      **①外航海運からの GHG 排出指標 (index) 算定手法の構築**  
**②外航海運からの GHG 排出低減方法案の策定**

**技術現状**

- 外航海運からの GHG 排出量の現状及び将来予測等について正確に把握できていない。
- 個船の船舶（新造船）の GHG 排出性能（燃費性能）を示す設計指標（index）が存在していない。
- 外航海運からの GHG 排出低減に有効な手法が存在していない。

**成果目標**

- 外航海運からの GHG 排出量の現状及び将来予測等についての正確な把握
- 個船の船舶（新造船）の GHG 排出性能（燃費性能）を示す設計指標（index）算定手法の構築
- 外航海運からの GHG 排出低減に有効な手法の構築

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 外航海運からの GHG 排出量（現状及び将来予測）を算定
- index 算定に際し必要となる船舶の速度低下等の基礎データを収集し、船種別、サイズ別等の整理・分類作業を実施し、更に、シミュレーション値と実測値の比較・分析を実施
- また、これに加え、次を実施
- 外航海運からの GHG 排出低減に有効な手法について、諸外国に於ける諸制度等を調査

**研究成果**

- 外航船舶の航路、航続距離等に基づいた船舶燃料消費量を精査することにより、外航海運からの GHG 排出量を算定するとともに、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）のシナリオに基づき、2020 年の GHG 排出量予測範囲についても算定し、IMO に報告し了承された。
- 排出量予測をベースに経年的な変化が予測可能な造船需要予測モデルを構築し、様々なシナリオを設定することにより、いつ、どのような政策を採れば、どの程度の GHG 排出低減が可能となるのかについての検証を実施した。
- index のうち、速度低下係数の算定方法ガイドラインを策定し IMO に提案することにより、index 算定手法に係る国際的な枠組み作りに貢献した。
- index のうち、実運航時の主機、補機、省エネ設備等に着目した性能に関する部分の算定手順を策定し IMO に提案することにより、index 算定手法に係る国際的な枠組み作りに貢献した。
- index が達成すべき基準（ベースライン）の検討に資するべく、現在運航に供している船舶の index 値を船種毎に算定した。
- 諸外国における GHG 排出低減に係る技術的な取組（建造時の省エネ技術、運航時の省エネ技術）及びシステマ的な取組（補助金、優遇税制、排出権取引、燃料油課金等）について調査し、整理・分析を実施した。

新造船用のCO<sub>2</sub> 出 (Annex 5 to MEPC 58/4)

$$Attained\ new\ ship\ design\ CO_2\ index = \frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + \left( \prod_{k=1}^L f_k \right) \left( \sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi} \right)}{Capacity \times V_{ref} \times f_W}$$

図1 海洋環境保護委員会第58回会合（平成20年10月開催）に対して提出された指標

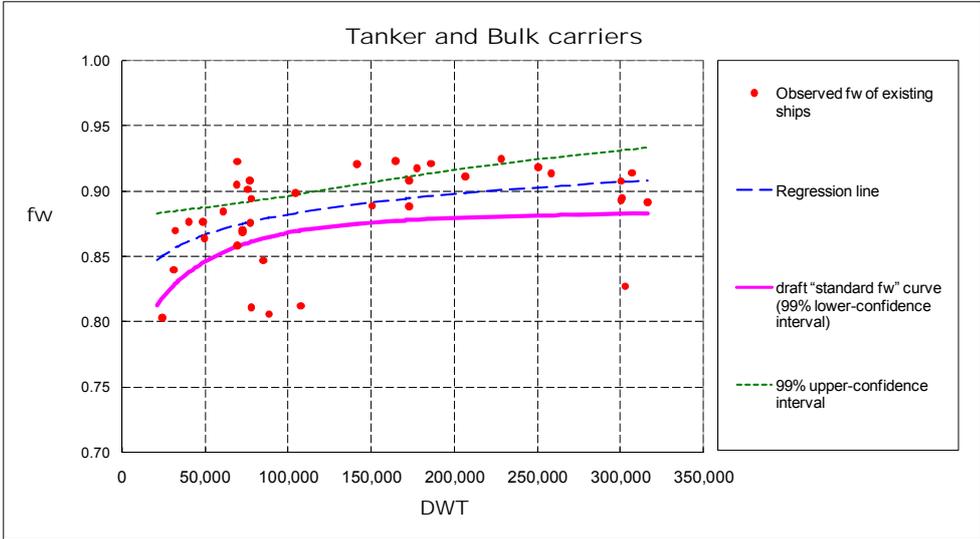


図2 運航データを用いて算出した標準的な速度低下係数 “f<sub>w</sub>” カーブ

**課題名** ⑥ 船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染の防止に資する研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 20 年度

**政策課題**

- 昨今の油流出事故の発生を踏まえ、対策技術の更なる高度化が求められる一方、有害物質の流出事故対策を目的とする国際条約(OPRC 条約 HNS 議定書)の発効(2006 年)を踏まえ、対策技術の確立が求められている。
- また、沈船に積載される油等の海域への流出についても、潜在的な危険性として認識されつつある。
- 特に、流出事故については、事前の対応(危険性の把握・排除のための評価)・事故時の初動対応(監視計測・防除)が重要であり、これら社会動向の変化に的確に対応した既存の技術の改善が求められている。
- このため、荒天時にも油及び有害液体物質の種類と流出量を推定する計測技術の開発のための研究並びに沈船からの油の流出を含む流出した油及び有害液体物質の環境影響評価手法の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○ 船舶からの油及び有害液体物質の排出・流出による海洋汚染の防止に資する研究	○ 荒天時にも油及び有害液体物質の種類と流出量を推定する計測技術の開発	① 荒天時にも油及び有害液体物質の種類と流出量を推定する計測技術の開発
	○ 沈船からの油の流出を含む流出した油及び有害液体物質の環境影響評価手法の構築	② 防除作業支援に資する流出・防除による環境影響評価手法の構築
		③ 沈船からの流出による環境影響評価手法の構築

**研究課題** ② 防除作業支援に資する流出・防除による環境影響評価手法の構築  
 ③ 沈船からの流出による環境影響評価手法の構築

**技術現状**

- ② 防除作業支援に資する流出・防除による環境影響評価手法の構築
  - 油処理剤の早期散布の判断に資する科学的データ(環境影響の程度等)が存在せず
  - 特に、油処理剤・油の混合物の毒性が新たな危険性として認識(油分濃度と毒性の時間変化が異なる)
- ③ 沈船からの流出による環境影響評価手法の構築
  - 沈船からの流出が新たな危険性として認識
  - 具体的な対策技術は全くの未確立(流出/被害可能性を予測する科学的データが不足)

**成果目標**

- ② 防除作業支援に資する流出・防除による環境影響評価手法の構築
  - 油処理剤混合物の環境影響評価手法の構築
    - ・ 環境への影響を経済性及び生態系回復度で評価
  - 油処理剤散布の判断を支援するツールの開発
    - ・ 評価手法を応用した汚染地域シミュレーションツールの開発
- ③ 沈船からの流出による環境影響評価手法の構築
  - 沈船処理に資する沈船危険度評価手法の確立
    - ・ 腐食や船体崩壊による沈船危険度評価法の構築
    - ・ 沈船の残存油量推定法の開発
    - ・ 沈船ハザードマップ(日本近海)の作成

**研究経過**

- ② 防除作業支援に資する流出・防除による環境影響評価手法の構築
  - 年度計画に従い、次を実施
    - 油/処理剤混合物の挙動及びシミュレーション
    - 油風化現象のシミュレーション
    - 流出油・有害液体物質の 3D 挙動モデルの実海域シミュレーション (東京湾・大阪湾)
    - 毒性影響評価と生態系モデルを用いた漁業被害予測モデルの構築
  - また、これに加え、次を実施
    - マダイ卵、仔魚及び動物プランクトン (フサゲモクズ) による A 重油、油処理剤/A 重油との混合物に対する毒性試験を実施、A 重油、油処理剤/A 重油の生物毒性データベースを構築 (鹿児島大学との共同研究)
    - 油及び油処理剤の影響を受けた低次生態系が回復するまでの時間を予測するためのモデルの構築 (大阪府立大学との共同研究)
    - 上記の 3 次元挙動モデル、生物毒性データベース、低次生態系油影響 (回復) モデル、漁業被害予測モデルの連携による流出油防除支援ツール (DOG) (東京湾・大阪湾・伊勢湾) の開発

- モデル検証のための海難事故データ調査
- 流出油及び有害液体物質（スチレン・ベンゼン等 4 種類）の海上及び大気拡散挙動予測のための海上保安庁専用コード（東京湾・大阪湾・伊勢湾）の開発（海上保安庁との共同研究）
- ③沈船からの流出による環境影響評価手法の構築
  - 年度計画に従い、次を実施
    - 日本近海の沈船データベースの構築
    - ハザードマップを利用した流出危険度評価法の開発
  - また、これに加え、次を実施
    - 鹿児島開聞沖における実海域腐食試験の実施、回収試験片からの腐食速度の推定（鹿児島大学との共同研究）
    - 沈船の船長、建造時板厚、稼働期間中の腐食衰耗、沈没期間中の腐食衰耗の検討結果等に基づく、沈船データベースの各沈船からの油流出時期の推定
    - 油流出確率が相対的に高い船を検索するための沈船ハザードマップの構築

**研究成果**

- 拡散及び風化を考慮した流出油・有害液体物質の 3D 挙動モデルを構築した。毒性影響評価と生態系モデルを用いた漁業被害予測モデルを構築した。
- 上記モデルを連携させ、東京湾、大阪湾、伊勢湾を対象とした流出油防除支援ツール（DOG）を開発した。
- 流出油及び有害液体物質（スチレン・ベンゼン等 4 種類）の海上及び大気拡散挙動予測のための海上保安庁専用コード（東京湾・大阪湾・伊勢湾）を開発した。
- 日本近海の沈船データベースを完成させた。腐食や船体崩壊による沈船危険度評価法を開発し、油流出確率が相対的に高い船が検索可能な沈船ハザードマップを作成した。

**参考図**



図 1 東京湾海上に A 重油 100t が流出した場合の 24 時間後の流出油計算結果例（海表面の油を●、海中の油を●で表示。水色の線は水温等高線）

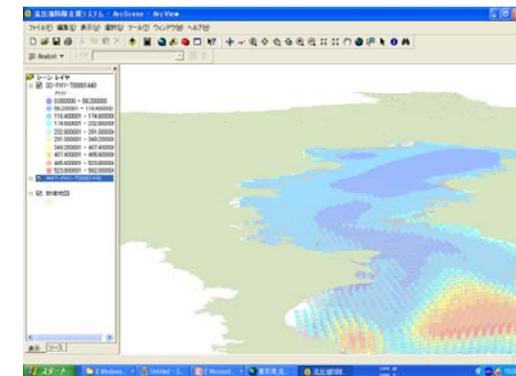


図 2 低次生態系油影響モデルによる計算結果例（油流出後 60 日後の植物プランクトンの分布）

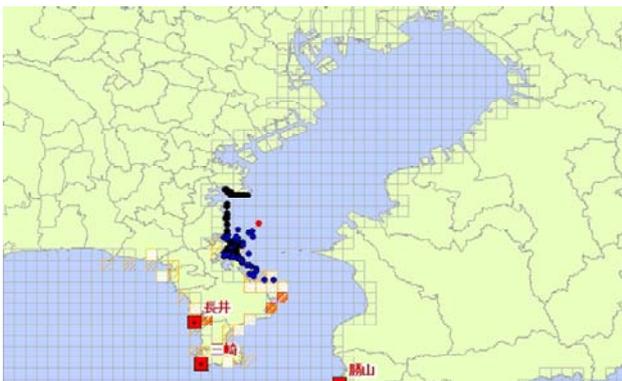


図 3 東京湾海上に A 重油 100t が流出した場合の 24 時間後の油粒子分布及び海苔養殖メッシュの例



図 4 沈船ハザードマップの表示例（油保有量を○のサイズ、油流出時期を●の濃淡で表示）

<b>課題名</b>	<b>⑦-1 排出ガスの規制強化の検討に必要な計測技術の開発及び環境影響評価手法の構築のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 大気汚染に係る国際条約(MARPOL 附属書VI)の発効に伴い、NOx 規制が開始(2005 年)。更なる規制の強化のため、2010 年までに NOx 規制値の見直しを行うことが国際的に合意(現在検討中)  
強化される規制の実効性確保には、正確な NOx 計測が重要。但し、船上計測については、現行の計測手法(国際ガイドラインに規定)は、測定誤差が大きく、また、計測に多大な時間・労力を要すところ。  
このため、精度が高く、かつ、容易に計測が可能な実用的な船上での NOx 計測技術の開発が必要
- また、環境対策の要請を踏まえ、NOx 規制の見直しの中で PM 対策を検討することが国際的に合意(2005/7:IMO MEPC 53)。但し、船舶 PM の特性(二次生成物等)から、排出実態が解明されていない状況  
このため、船舶 PM を特定する計測技術の開発及び(計測により特定された)PM による被害を把握する環境影響評価手法の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○排出ガスの規制強化の検討に必要な計測技術の開発及び環境影響評価手法の構築のための研究	○NOx の計測技術の開発	①NOx の計測技術の開発
	○PM を特定する計測技術の開発	②PM を特定する計測技術の開発
	○PM の環境影響評価手法の構築	③PM の環境影響評価手法の構築
	※上記すべてに係る事項	④環境エンジンの排出ガス低減技術の開発

- 研究課題**
- ②PM を特定する計測技術の開発**
  - ③PM の環境影響評価手法の構築**
  - ④環境エンジンの排出ガス低減技術の開発**

**技術現状**

- ②PM を特定する計測技術の開発
  - PM に起因する環境影響が問題化(特に自動車)
  - 一方、船舶の PM は、自動車の PM と組成が大きく異なる(燃料の硫黄分/二次粒子となる気体成分)
  - 自動車の手法が適用できず、船舶 PM の排出特性の把握(PM の特定)
- ③PM の環境影響評価手法の構築
  - PM 影響範囲の特定が未解明の状態
- ④環境エンジンの排出ガス低減技術の開発
  - 海洋汚染防止条約附属書VI(NOx/SOx)の規制強化が、IMO で開始される見込み
  - これを受け、我が国でも本格的な環境規制の強化を前に、規制をリードする環境負荷低減技術を確立し、国際競争力の強化が必要

**成果目標**

- ②PM を特定する計測技術の開発
  - PM を特定する計測技術の開発
    - ・ PM 排出特性の解明(成分毎の粒径分布/排出量)
    - ・ 簡易手法を含む PM を特定する計測手法の開発(IMO に PM 測定ガイドラインを提出)
- ③PM の環境影響評価手法の構築
  - PM の環境影響評価手法の構築
- ④環境エンジンの排出ガス低減技術の開発
  - 新造船対策として実用化に向けた技術の確立
    - ・ SCR(選択接触還元)触媒等の船用化に向けた調査研究
  - 現存船エンジンの NOx 排出低減技術の確立
    - ・ 燃料噴射系(噴射弁、噴射ポンプ等)改良による燃焼改善

**研究経過**

- ②PM を特定する計測技術の開発
  - 年度計画に従い、次を実施
    - 水—間接冷却法による排ガス中のサルフェート濃度の計測、及びフィルタ重量法による PM のサルフェート分の捕集特性の検討
    - PM の簡易質量計測手法としての光吸収式黒煙濃度計、ベータ線吸収法の可能性の調査
    - PM の SOF (有機溶媒可溶分) と燃料、潤滑油の熱重量分析と SOF の発生由来の検討
- ③PM の環境影響評価手法の構築
  - 年度計画に従い、次を実施
    - 環境影響評価モデルによる東京湾の被害実態評価

また、これに加え、次を実施

□内航及び外航船舶の航路データの整備・改良。船舶の大気汚染物質の排出量データの改良

#### ④環境エンジンの排出ガス低減技術の開発

年度計画に従い、次を実施

□船用ディーゼル機関から排出される排ガスの高効率脱硝実現のための SCR 触媒の調査検討

□ディーゼル機関の NOx 低減のための燃焼改善技術の調査検討

□SCR 触媒システムの搭載船舶の省スペース化と省エネルギー方策の調査検討

□船舶の排ガス及びエネルギーバランス測定・評価方法の調査検討

また、これに加え、次を実施

□実船上に触媒装置を搭載、実用上の問題点を調査

□種々の計測器によるアンモニアリーク計測法の比較調査、適用範囲、精度について整理

□触媒システムの小型化の検討

### 研究成果

□PM 計測については船舶特有の硫酸塩（サルフェート）分の実態について解明できた。環境影響評価手法についてはデータ整備が進み大気拡散モデルの第 1 次計算が可能となった。窒素酸化物（NOx）除去では、初期性能として目標脱硝率が達成され、排ガスによる触媒劣化の特性を評価した。

□個別の研究成果

#### ②関連

・排ガス脈動対策を施した排ガス希釈システムにより、燃料中硫黄分の PM 及びサルフェート排出率に及ぼす影響を把握（図 1）

・排ガス中のサルフェート濃度を把握、希釈システム内のサルフェート沈着損失の定量化

・SOF と燃料、潤滑油の熱重量分析による SOF 中の燃料由来と潤滑油由来成分を分離

#### ③関連（図 2）

・環境影響評価モデルによる陸上排出源を含めた PM の拡散解析と住民への健康被害量解析の試行

#### ④関連（図 3）

・模擬排気ガスにより触媒の劣化原因を解明するとともに、短時間（4 時間）と長時間（100 時間）で劣化しない条件を把握。劣化予測シミュレーションの開発も実施

・システムの小型化に資する尿素噴射ノズルを開発。また、エンジンの実排ガスを用いた脱硝装置を製作、初期性能として目標脱硝率を達成

・船用触媒の認証ガイドライン案を取りまとめ IMO に提案

・急速圧縮装置でミラーサイクルと EGR の効果確認：NOx 低減技術と燃料消費率の悪化は両者で同程度

### 参考図

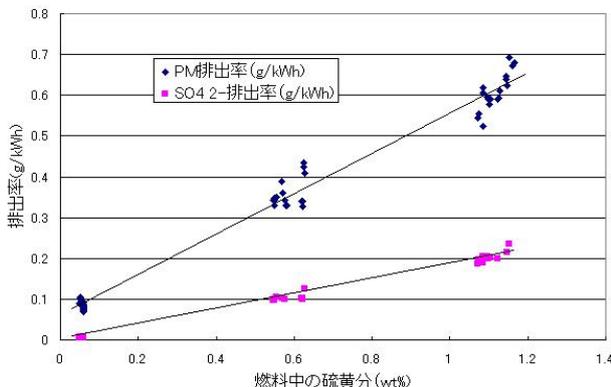


図 1 PM 総量及びサルフェート(SO<sub>4</sub>)の排出率は燃料中硫黄分にほぼ比例して増加する（負荷率 75%、低硫黄 A 重油に硫黄分添加

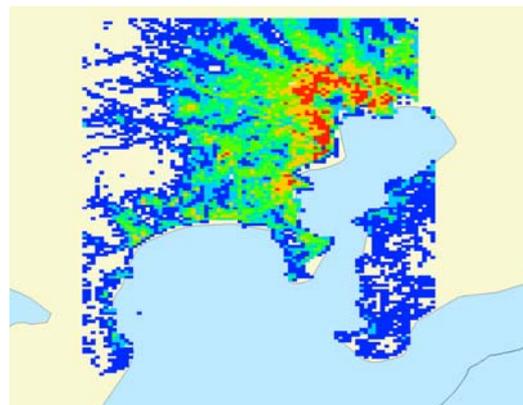


図 2 PM の拡散計算の一例

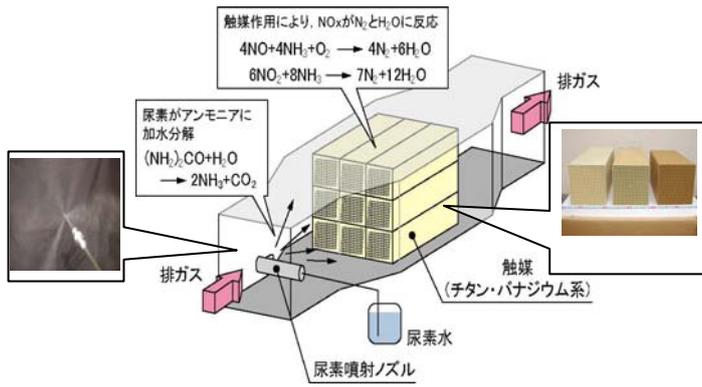


図 3 尿素 SCR 脱硝システムの原理と構成

**課題名** ⑦-2 船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- VOC 排出の政府目標が決定(2005 年中央環境審議会答申)。法規制と自主的取り組みのベストミックスにより、2010 年までに 3 割削減(規制 1 割+自主的取り組み 2 割)。
- しかしながら、屋内塗装と異なり、屋外塗装(排出量の約 3 割)の VOC 排出削減は、技術的に困難(飛散 VOC の回収が困難)。特に、船舶分野は、殆どが屋外塗装であり、中小事業者の屋内塗装化(家屋化)は、実体上困難。
- また、船舶塗装の使用実態(5-3 年の塗装間隔、船底防汚等)にも即した性能と経済性の確保も不可欠。
- このため、政府目標値をクリアし、船舶の特殊性を踏まえた合理的な VOC 排出削減技術(VOC を半減する塗装及び塗装技術)の開発が必要。

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究	○船舶塗装からの VOC 排出量を半減する船舶用塗料の開発	①船舶用低 VOC 塗料の開発
	○船舶塗装からの VOC 排出量を半減する塗装技術の開発	②低 VOC 排出塗装技術の開発

**研究課題** ①船舶用低 VOC 塗料の開発  
②低 VOC 排出塗装技術の開発

**技術現状**

- ①船舶用低 VOC 塗料の開発
  - プロトタイプ塗料を試作(VOC1/8・性能 30 ヶ月)
  - 塗料使用実態(ドック間隔)に即した更なる性能高度化と低廉化が必要
  - 塗料と塗装のマッチングに課題有り(性能向上のため高粘度にした場合、作業性に影響)
- ②低 VOC 排出塗装技術の開発
  - 塗装技術での VOC 対策技術は未開発

**成果目標**

- ①船舶用低 VOC 塗料の開発
  - VOC1/3 の防食塗料の耐久性向上
  - 性能 60 ヶ月の船底塗料の開発(自主目標は同性能で VOC30%減)
  - 船底の各部位に付着した生物が航行中(意図的な斜航も含む)に全て剥がれ落ちるような塗料及び塗布方法の開発
- ②低 VOC 排出塗装技術の開発
  - 低 VOC 排出塗装技術の開発
  - 高度塗装システムの開発
    - ・ 塗装ツールの開発
    - ・ 評価手法の構築(劣化対象の評価)
    - ・ 低環境負荷型防食手法の開発(塗料、塗装技術)

**研究経過**

- ①船舶用低 VOC 塗料の開発
  - 年度計画に従い、次を実施
  - 開発した防食塗料の耐久性評価試験
  - H19 年度開発した船底用防汚塗料の実船塗布(一部)による長期性能評価試験
  - 当該低 VOC 塗料の低廉化のための試作塗料の性能評価
  - 基礎樹脂の改良
  - また、これに加え、次を実施
  - H20 年度開発した船底用防汚塗料の実船塗布(全面)による塗装性能評価
- ②低 VOC 排出塗装技術の開発
  - 年度計画に従い、次を実施
  - 塗装技術の開発
  - また、これに加え、次を実施
  - SI(self indicating)塗料によるエッジ部及び溶接ビード部の防食性能の評価

**研究成果**

- 塗装作業中は粘度が低く、塗装後に塗料が化学反応し長い分子に結合し硬化する 2 液混合型の低 VOC 塗料を開発
- 低 VOC 外板用塗料(防汚塗料)の開発

- ・ VOC 含有量を 3 割減少（既存：400～600g/l、開発：280g/l）、塗料使用量を約 3 割減少（＝塗装時間 3 割減）、VOC 使用量を約 5 割減少させ、かつ、既存の塗装機で塗装可能な防汚塗料を開発
  - ・ 職場環境と効率の双方を大幅に向上
  - ・ 実船実験により、静置防汚性及び寿命等の性能が、既存の塗料以上であることを確認
  - ・ 組成、防汚方法について特許申請
- 低 VOC 防食塗料の開発
- ・ VOC 含有量を約 6 割減少（既存：200～300g/l、開発：85g/l）させ、かつ、既存の塗装機で塗装可能な防食塗料を開発
  - ・ 所定膜厚に達すると規定色に変化する機能（SI 機能）を付加した塗料を開発し、色相から膜厚を特定する手法・装置について特許申請
  - ・ 塗装しながら膜厚の確認が容易となり、熟練技能を有さずとも均一な必要膜厚を確保し易い。
  - ・ 従来の塗装と比べ、膜厚計測の必要がないことやスプレー塗装が 1 回のみですむ（従来は 2 回必要）ことにより、実ブロック塗装実験において、塗装時間が約 4 割減少することを確認
  - ・ 各種実験により、防食性・耐久性が既存の塗料以上であることを確認

参考図



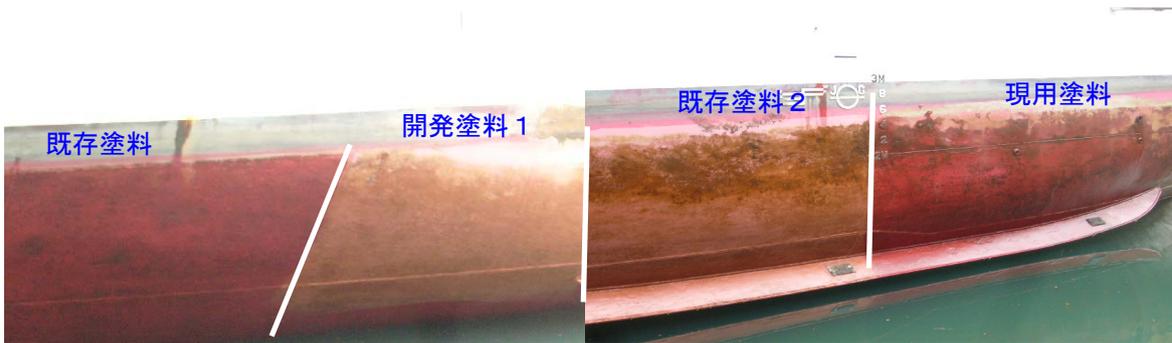
バラストタンクに塗布した VOC 量 50g/L の防食塗料の 2 年後の状況

- ・ 平坦部及びエッジ部共に良好な状態



劣化促進試験 6 ヶ月経過ごの試験片の付着力試験結果

- ・ 高温高湿試験（左写真）は乾湿交番試験（写真右）と比べ明らかに劣化が早い



入渠直後の状態

- ・ 開発塗料 1 は既存塗料以上の防汚性能を有する。
- ・ 開発塗料 2 は既存塗料相当の防汚性能を有する。

**課題名** ⑧-2 船舶のバラスト水処理システムの性能評価手法の構築のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 20 年度

**政策課題**

- バラスト水を規制する国際条約が成立(2004年)。現在、IMOにて、条約の実施に必要なガイドライン等の検討がなされているところ。
- 検討中ガイドラインにて、バラスト水処理システムの適合確認のための船上におけるバラスト水のサンプリング手法が課題となっているところ(検査対象・精度、要す時間・時間、これらを踏まえた実現可能性)。
- また、薬剤処理(活性酸素処理)されたバラスト水による船体腐食の発生等のバラスト水処理システムの新たな課題も提示されているところ。  
 このため、これら課題を解決するバラスト水処理システムの性能評価手法(船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法・活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法)の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶のバラスト水処理システムの性能評価手法の構築のための研究(船舶の運航に伴う海洋生態系被害の防止に資する研究)	○バラスト水処理システムの性能評価手法の構築	①活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法の構築 ②船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法の構築

**研究課題** ①活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法の構築  
 ②船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法の構築

**技術現状**

- ①活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法の構築
  - バラスト水管理条約のD2基準を満たす排出バラスト水処理には水生生物殺滅に活性化物(薬剤)が必要
  - 活性化物混入バラスト水によるタンク内塗装劣化/鋼板腐食等が懸念
  - IMOが検討中のバラストタンク内塗装基準では、耐水性に優れたタールエポキシが禁止予定
  - 先のIMO動向も踏まえた、処理バラスト水の船体影響は、未検証(対策も未確立)
- ②船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法の構築
  - 現行は、多量のサンプル水を必要とし、船上検査に多大な時間と手間を要するのが課題
  - また、有効なサンプル検査手法である蛍光染色法にも、技術的課題が存在

**成果目標**

- ①活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法の構築
  - 各種試験(劣化/耐久性等)による船体影響の把握
  - 処理バラスト水の船体影響評価手法の確立
- ②船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法の構築
  - 実用的な(短時間/正確)船上におけるバラスト水簡易サンプリング手法の構築

**研究経過**

- ①活性化物を使用したバラスト水の船体影響評価手法の構築
  - 年度計画に従い、次を実施
  - 生物殺菌用活性化物審査ガイドライン(G9)において申請された濃度の次亜塩素、過酢酸、オゾンについて、バラストタンク新塗装基準(PSPC)型式承認済み塗料4種類での耐久試験(180日)を実施
  - 無塗装鋼板について劣化促進試験(海水及び3種類の活性化物質添加海水が流水状態、(180日間連続))を実施
- ②船上におけるバラスト水の簡易サンプリング手法の構築
  - 年度計画に従い、次を実施
  - 簡易サンプル装置(観察型)による動物性プランクトンの生死判定実験を実施
  - 簡易サンプル装置(ATP発光)による、植物性プランクトン濃度と発光強度の実験

**研究成果**

- 15年航海相当の活性化物を与えた耐久試験の結果、船体影響は限定的なものであることが判明した。
- 無塗装鋼板への活性化物質影響実験ではオゾンの影響が最も少なく、酸化被膜の影響と考えられる。
- 動物性プランクトンの生死判定にもニュートラルレッドで染める方法が有効であることが分かった。
- バクテリアを含む水性生物全般の生死判定にATP発光強度を調べる方法が有効であることが分かった。

参考図		6ヶ月経過試験片			
仕様		オゾン	過酢酸	次亜塩素酸塩	自然海水
		1	2	3	4
A	200m				
B					
C					

図1 活性化物の塗膜への影響例



全量:ポンプ式注射器をストロークさせ、任意の量の水をろ過する。濾過量はストローク回数、もしくはろ液の量の測定による。

フィルター部拡大

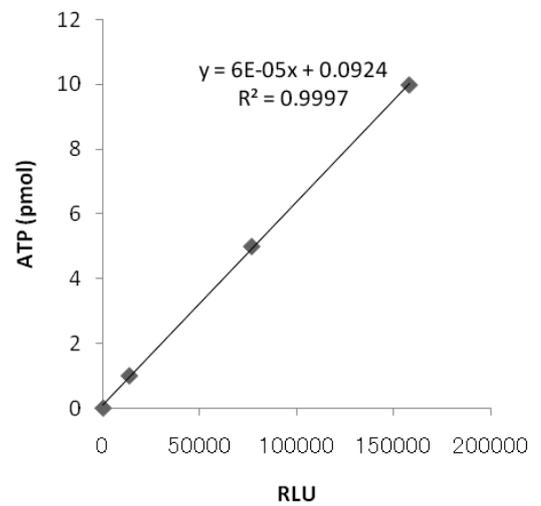


図2 ATP法の簡易サンプリング

**課題名** ⑨ 船舶の解撤に伴う環境汚染の防止に資する研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 21 年度

**政策課題**

- IMO が、船舶のリサイクルに関するガイドライン(2003 年採択)の要件の一部を強制化する新たな国際条約について、2008-9 年の成立を目標に検討を開始(2005 年)
- 解撤予定の船舶に使用されている有害物質の種類、量及び所在を示すインベントリの船主携帯等の要件が強化される予定
- インベントリ作成には、膨大な材料情報が必要であり、係る要件の円滑な実施の観点から、メーカー等による材料・部品情報の開示様式の共通化等が求められているところ。
- このため、造船サプライチェーンの中で材料データを交換するための標準様式、船舶に含まれる有害物質の特定を支援するシステムの開発等の検討が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶の解撤に伴う環境汚染の防止に資する研究	○船舶に含まれる有害物質の特定を支援するシステムの開発	①トレーサビリティシステムの構築

**研究課題** ①トレーサビリティシステムの構築

**技術現状**

- 材料情報データの集計プログラムのプロトタイプ(基本モデル)は完成
- IMO でのインベントリガイドラインの検討動向・メーカー等での実際使用を踏まえたプログラムの改良(ユーザーインターフェースの向上等)、データ交換の標準様式の作成等が課題として存在

**成果目標**

- インベントリ作成に関するガイドラインの作成
- インベントリ作成マニュアル(業界向け)の作成
- 材料情報データ集計プログラムの開発(実用モデル)

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 中小造船業のインベントリ作成マニュアルの実証実験による評価
- 有害物質インベントリに関する IMO ガイドライン修正案の作成
- 有害物質インベントリに関する ISO 提案文書の作成
- また、これに加え、次を実施
- 鉄資源等の最適な物質循環を考慮した先進国型の船舶リサイクルモデルについて検討

**研究成果**

- IMO/MEPC58(20 年 10 月)に、条約に附属する「インベントリ作成ガイドライン」の原案を作成しドイツの意見を取り入れ IMO へ提出。また、MEPC59(21 年 7 月)に向けたコレスポネンスグループにおいて、インベントリガイドライン案の更なる修正および最終化に向けた作業に貢献
- 船内における有害物質の図示方法を標準化するための ISO 規格(ISO30006)の原案を作成し、CD(コミッティ・ドラフト)案として各国に回章中
- 中小事業者(造船業・船用工業)向けのインベントリ作成マニュアル等を作成。電線等に含まれる鉛等の公開データを整備
- 鉄資源等の最適な物質循環を考慮した先進国型の船舶リサイクルモデルについて F S を実施

参考図

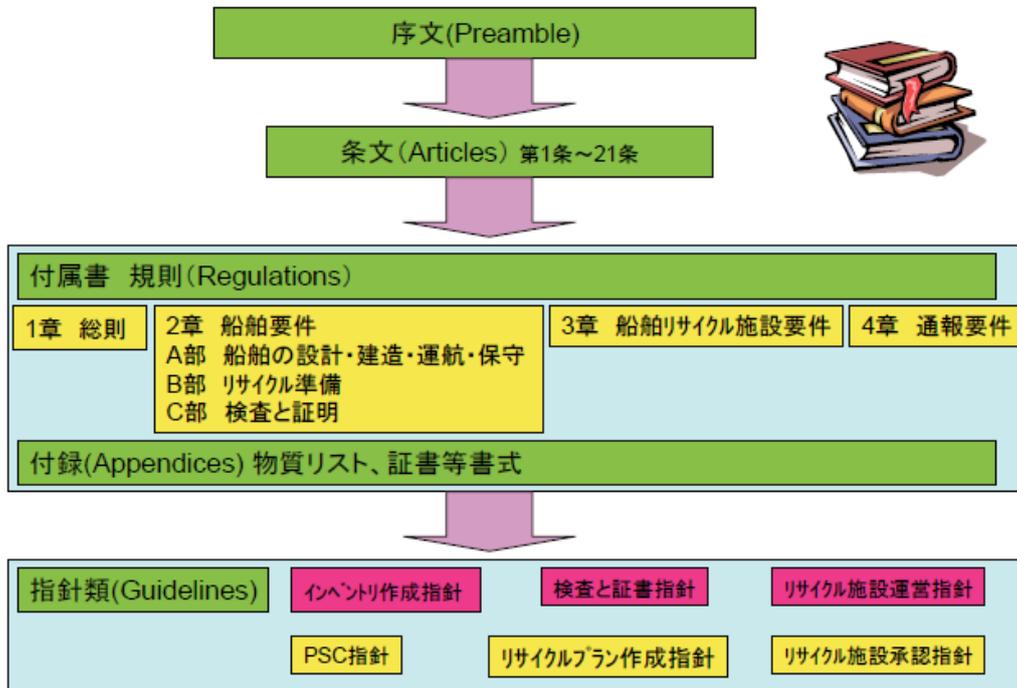


図1 シップリサイクル条約の構成

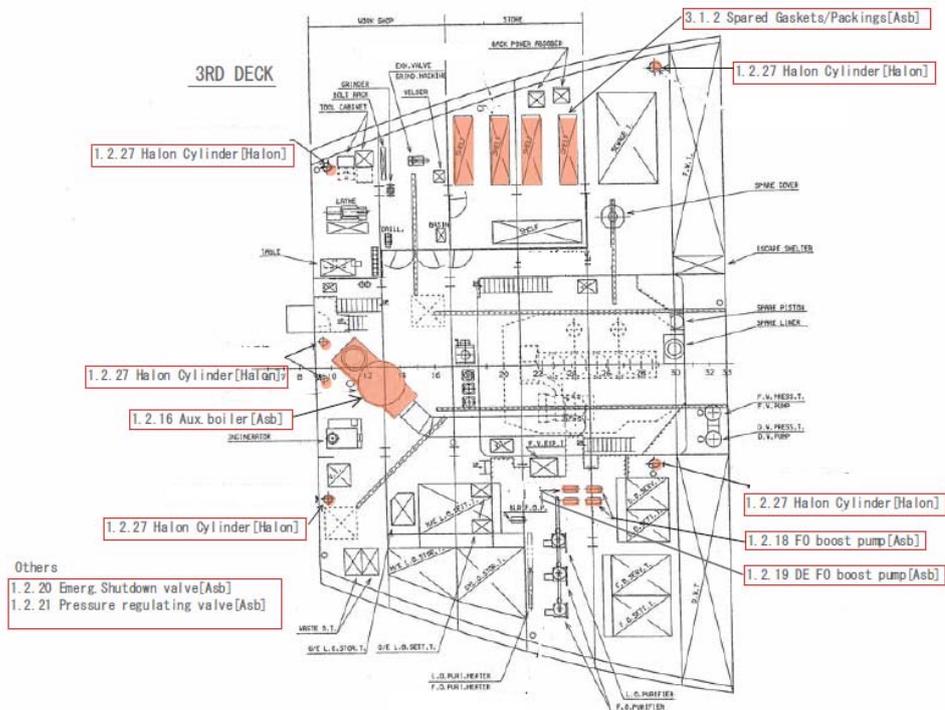


図2 船内における有害物質位置表示方法の標準化への取り組み (ISO30006 原案より抜粋)

参考資料 平成 20 年度業務実績報告書  
(3) 海洋の開発

## 研究一覧

(各研究に付されている番号は、研究管理上、所内で便宜的に付したもの)

<b>課題名</b>	<b>⑩ 浮体技術を利用した石油・天然ガス生産システム及び再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究</b>
------------	---

<b>課題名</b>	<b>⑩-1 大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究</b>
------------	---

研究期間	平成 18 年度～平成 22 年度
------	-------------------

中期目標	中期計画	研究課題
○大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究	○石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築	①石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築

<b>課題名</b>	<b>⑩-2 再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究</b>
------------	---

研究期間	平成 18 年度～平成 22 年度
------	-------------------

中期目標	中期計画	研究課題
○再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究	○再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築	①再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築

<b>課題名</b>	<b>⑪ サハリン大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究</b>
------------	---

研究期間	平成 18 年度～平成 22 年度
------	-------------------

中期目標	中期計画	研究課題
○サハリン大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究	○オホーツク海を対象とした氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築	①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築
		②オホーツク海氷中航行ガイドライン素案の作成
	○オホーツク海を対象とした氷中流出油の防除システムの開発	③氷中流出油シミュレーションモデルの構築
		④氷中流出油防除システムの開発

<b>課題名</b>	<b>⑩-1 大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 世界的な石油消費増加・価格高騰、既存産油域の不安定性・資源枯渇等から新たな資源開発への開発投資が活発化
- この様な中、現在迄未開の水深 2500m より深い深海域や海流等の強い海域での資源開発が世界各国で計画
- これら深海域での石油・天然ガス生産に対応するため浮体式の生産システム(浮体構造、ライザー、シャトル船等から構成)の技術開発が求められているところ。
- このため、技術開発の基盤となるこれら大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する浮体式石油・天然ガス生産システムの安全性評価技術の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究	○石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築	①石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築

**研究課題 ①石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築**

**技術現状**

- 大水深対応の新コンセプトの生産システムの出現(モノコラムハル型浮体式生産/貯蔵/出荷システム(MPSO)等)
- 大水深掘削用ライザーの基礎技術は確立。ただし、水深 2000m 迄が我が国技術の限界点(模型実験での原理解明のみであり実機検証は未実施)
- 一方、生産用ライザーには固有の課題が存在(長期設置・強海流下での疲労影響等)。また、水深 2500m 以深は世界的にも未経験
- FLNG (LNG-FPSO) を用いた海洋天然ガス生産システムの実用化に関する検討が活発。出荷システム・生産プラントの安全性評価技術の確立が急務

**成果目標**

- 大水深、強海流等の厳しい自然環境に対応可能な石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築
- 浮体式石油生産システム(MPSO 等)の安全性評価
  - ・総合安全性評価法(出荷時安全性評価、係留安全性評価、DP(Dynamic Positioning)システムのロバスト性評価)の開発
  - ・MPSO システムの基本承認(AIP : Approval in Principle)取得に対する支援
- 生産用ライザーの安全性評価
  - ・実機大ライザー管の渦励起振動(Vortex Induced Vibration ;VIV)流体力計測&挙動予測プログラム開発
  - ・ライザー管の安全性(疲労被害度)評価
  - ・数値水槽(複合環境条件下におけるライザー、係留ライン、生産用浮体構造物からなる一体システムの挙動・安全性評価シミュレータ)の開発
- FLNG システムの安全性評価手法の開発
  - ・フレキシブルホースの安全性評価手法の構築
  - ・FLNG への接舷・係船の安全性評価手法の構築
  - ・ガス漏洩・拡散・爆発に対する安全性評価手法の構築

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 模型による DP オペレーション及びモノコラム型浮体式生産システム係留の検証試験と安全性評価
- シャトル船の出荷時衝突の安全性評価
- モノコラム型浮体式生産システムの運動性能評価
- また、これに加え、次を実施
- MPSO ライザーシステムの安全性評価
- 海外船級協会による MPSO 出荷システム、係留システム、シャトル船 DP システムの設計レビュー

**研究成果**

- 各種模型試験結果、シミュレーション結果(19 年度までの成果等を含む)に基づき、MPSO システム(図-1)の安全性評価を行うとともに、MPSO の運動性能評価を実施
- さらに、MPSO 出荷システム、係留システム、シャトル船 DP システムに対して米国船級協会による設計レビューを実施。これらのシステムに対して、当初、概念設計段階で発行される AIP 取得を予定していたが、基本設計に近いフェーズまで検討が進んでいると米国船級協会が判断したことから、AIP と比べ、よ

り進んだ段階で発行される鑑定書(SOF : Statement of Fact)を取得(図-2)。当所が開発した安全性評価手法が国際的に認知

□個別の研究成果

(1)浮体式生産システム(MPSO 等)の安全性評価 :

- ・ DP シャトル船の出荷時安全性評価  
JOGMEC と共同開発した相対位置保持制御アルゴリズムを搭載した DP シャトル船の出荷時 DP オペレーションの総合模型試験及びシミュレーションを実施(図-3)。さらにリスク評価を実施し異常状態での安全性も含めて検証するとともに、DP シャトル船の設計及び出荷オペレーションマニュアルの作成等に寄与
- ・ MPSO 係留システムの安全性評価  
潮流中及び潮流・波浪共存中の渦励起動揺 (VIM) に関する実験的評価法を世界で初めて開発(図-4)。深海係留模擬試験法、Indoor GPS 等を用いたケーブルレス試験法による係留システムの安全性検証試験を異常状態も考慮して実施。さらに VIM の影響及び異常状態の安全性も考慮した係留システムの安全性評価を行い、係留基準を満足することを確認
- ・ MPSO 出荷システムに関する安全性評価シミュレーション  
接近時・出荷時の衝突シミュレーションを実施するとともに、出荷時に MPSO から漏洩したガスの拡散シミュレーションを実施して、出荷システムのリスク評価に寄与
- ・ 基本設計承認(AIP)に対する支援  
MPSO 出荷システム、係留システム、シャトル船 DP システムに対する米国船級協会の鑑定書(SOF)を取得

(2)生産用ライザーの安全性評価 :

- ・ JOGMEC と共同開発した数値水槽等を用いて、MPSO 生産性ライザーシステムの安全性評価を実施

上記研究は、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)とブラジル国営石油公社(PETROBRAS)との共同研究に係る JOGMEC からの委託研究として実施

また(2)の生産用ライザーの安全性評価の最初の 2 項目については、JOGMEC 公募研究「大水深海洋石油生産システムのライザー挙動予測技術及び数値水槽の開発」として実施

参考図

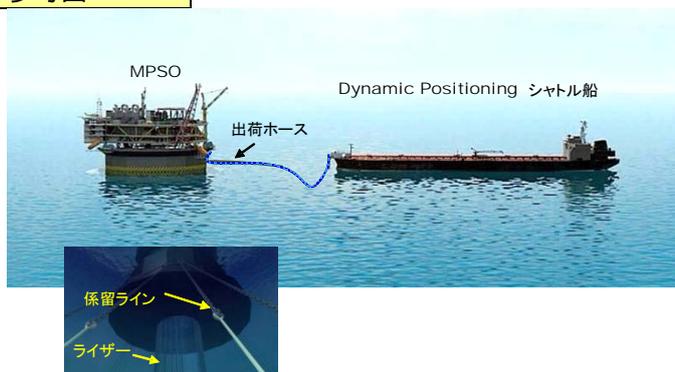


図-1 MPSO システム

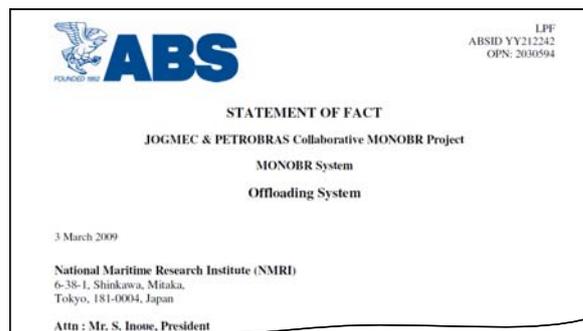


図-2 出荷システムに対する鑑定書(SOF)



図-3 DP オペレーション検証試験の様子

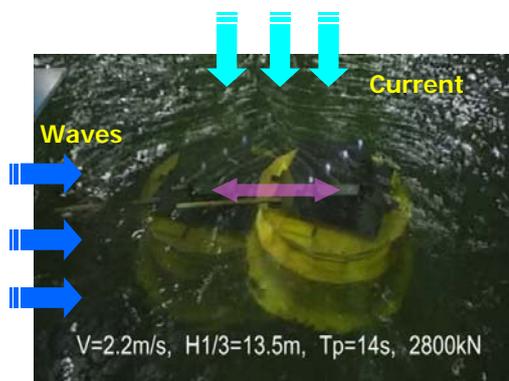


図-4 潮流・波浪中 VIM 試験の様子

**課題名** ⑩-2 再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 資源・エネルギー問題、地球温暖化等の環境問題などに対応し、長期的な経済/社会の持続的発展の観点から、風力・太陽光・潮力・波力等の自然エネルギーの利用は必要不可欠
- EEZ（排他的経済水域）等の定着に伴い、我が国周辺海域（世界第 6 位／陸域の 12 倍の広大な EEZ）での水産・鉱物・資源等の適切な保全及び管理並びに持続可能な利用の重要性が増大しており、陸域の資源に恵まれず、四方を海に囲まれた我が国にとって、海洋資源、海洋空間・機能の利用に関して、研究開発を進める必要がある。
- 第 3 期科学技術基本計画においても、海洋に賦在している膨大な未活用の空間及び自然エネルギーの利活用を長期的に推進するためには、海上空間利活用の基盤となる浮体技術の確立が急務となっており、外洋上プラットフォームの研究開発に集中的に取り組むことが必要（戦略重点課題）であるとされている。また、海洋基本計画においても、新たな海洋産業の創出として、海洋空間利用に向けた取り組みの推進に、安全性や経済性に優れた外洋上プラットフォームの技術の確立が挙げられている。
- このため、外洋上プラットフォームの実用化に向けた要素技術の開発とともに、プラットフォームの安全性評価手法等の構築が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築のための研究	○再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築	①再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築

**研究課題** ①再生可能エネルギー生産システムの安全性評価手法の構築

**技術現状**

- 現状の係留技術は、水深 2500m までが限界
- 強潮流下で位置保持可能な技術は存在せず。（最先端技術である大深度科学掘削船「ちきゅう」でも稼働条件は 2.5 ノットまで。）
- 航行船舶に対する減揺技術はあるが、不特定海域で定点保持しながらオペレートする浮体の稼働性向上のための減揺技術は存在せず。
- プラットフォームを用いて利活用する場合、海洋環境影響評価、ライフサイクルコスト評価等経済性評価は避けて通れず、従来の設計法に増して経済性・安全性・環境影響評価を適切に考慮した設計法（調和設計法）が不可欠

**成果目標**

- 調和設計法プログラムの開発  
要素技術の確立(深海係留法、動揺低減法、ライフサイクルコスト評価等)
- 利活用分野に応じた安全性評価手法の確立
- 利活用分野に応じた試設計
- 利活用分野に応じた制度・法規

**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 調和設計法の全体イメージ構築と基本計画支援部の開発
  - 深海係留法の開発（自動位置保持システムを含む）
  - 動揺低減法の開発
  - 保守管理手法のためのライフサイクルコスト評価法のイメージ構築
  - 海洋環境影響評価法のイメージ構築
  - 利活用毎のニーズ、経済性、技術課題等の整理
  - 次年度以降に試設計を行う利活用分野の絞り込み、単独利活用 3 分野（海底熱水鉱床開発、メタンハイドレート掘削、大規模洋上風力発電）及び複合利活用 1 分野（食料・エネルギー複合）の選定
  - 同プラットフォームの基本計画概略仕様を策定

**研究成果**

- プラットフォームの機能性に加えて安全性、経済性等を総合評価する調和設計法の全体イメージを構築するとともに、その中で上流に位置する基本計画支援部を開発（図 1）し精度検証も行った。
- また、水深 5000m 域まで利活用範囲を拡大するための要素技術として動揺低減(図 3)及び大水深係留技術の設計法（図 2）を開発するとともに、環境影響評価手法及びライフサイクルコスト評価法の検討を実施した。
- 利活用毎のプラットフォームの仕様マップを作成した。本マップをもとに、21 年度以降に試設計を行う利活用分野の絞り込み、単独利活用 3 分野（海底熱水鉱床開発、メタンハイドレート試探掘、大規模洋

- 上風力発電) 及び複合利活用 1 分野 (食料・エネルギー複合) を選定した。
- これらについて基本計画概略仕様を策定 (図 4) した。
  - 個別の研究成果
    - ・ 調和設計法の全体イメージを構築するとともに基本計画支援部を開発した。
    - ・ 大水深係留技術の開発では深海・強潮流下での位置保持システム (ライン係留、DPS) 設計プログラムを開発
    - ・ 動揺低減法の開発では有望な技術として開放型減揺タンク及びダンピングフィンを選択し、性能算定プログラムを開発、さらに特許を出願した。
    - ・ 保守管理手法の開発では、建造時及び運用時のコスト並びに CO2 排出量を算定するツールを開発するとともに試算を実施した。また、運用・保守計画に基づくライフサイクルコスト評価手法の全体イメージ構築を行った。
    - ・ 環境影響評価法の検討では無機懸濁態粒子の海中拡散シミュレーションプログラムを開発した。本シミュレーションにより排水放出位置・放出量と海底沈降堆積量の関係が見出され、海洋環境影響評価の一助となる可能性が見いだされた。
    - ・ 利活用 4 分野の基本計画概略仕様を策定するとともに、海底熱水鉱床開発用プラットフォームについては基本計画の策定まで実施。開発された調和設計法の基本計画支援部プログラムと比較した結果、主要目や建造費に関して概ね 10% の誤差範囲内で妥当な結果を得た。

**参考図**



図-1 調和設計プログラムの 1 画面

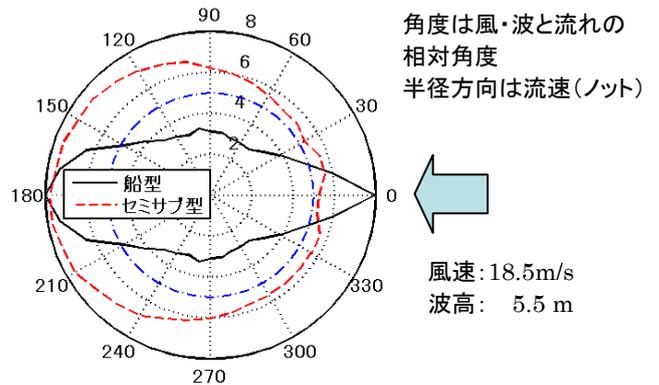


図-2 強潮流中位置保持性能評価例

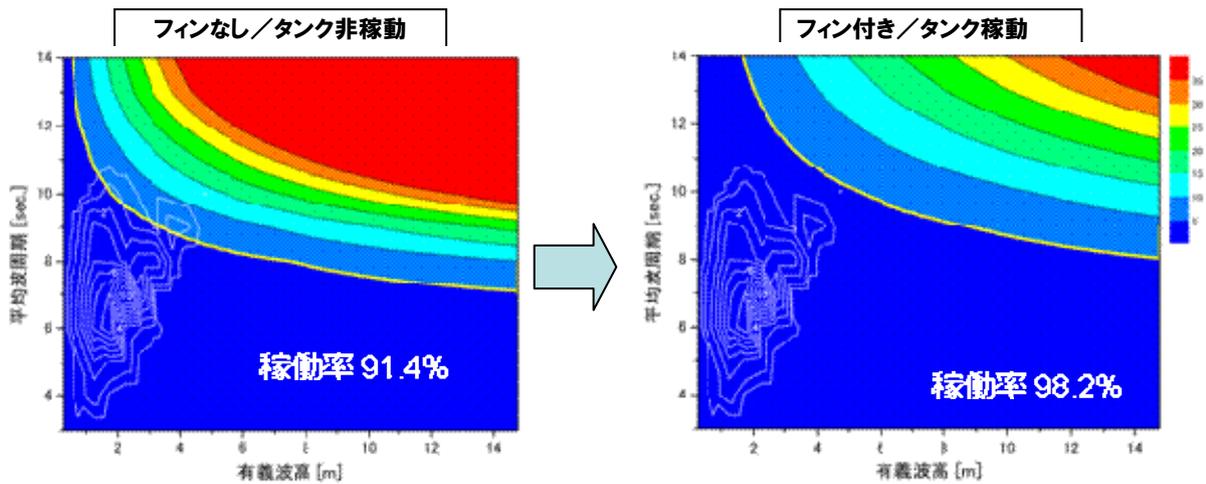
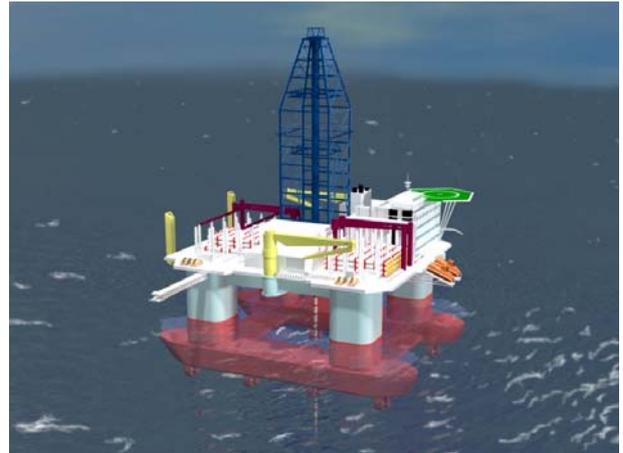


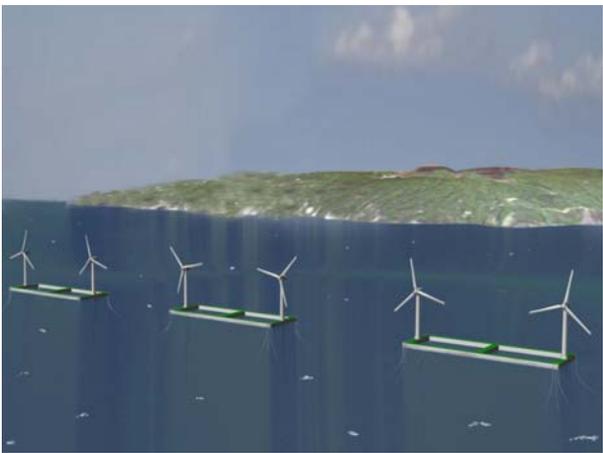
図 3 開放型減揺タンク及びフィンによる稼働率の向上



海底熱水鉱床開発



メタンハイドレート試探掘



大規模洋上風力発電



食料エネルギー複合利用

図4 基本計画概略仕様に基づいた利活用4分野のプラットフォームのイメージ

<b>課題名</b>	<b>①サハリン大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 22 年度</b>

**政策課題**

- 世界的な石油消費増加・価格高騰、既存産油域の不安定性・資源枯渇等から新たな資源開発への開発投資が活発化
- このような中、サハリン大陸棚での石油・天然ガス開発が本格化(サハリンプロジェクト)。今後、オホーツク海での石油等の海上輸送が活発化
- 冬期オホーツク海の氷海域での輸送、砕氷タンカーによる輸送(砕氷船随行せず)等の従来にない石油等の海上輸送形態も踏まえ、その安全対策の検討が求められている。
- また、氷海域の環境汚染に対する脆弱性(生物分解能が低い等)を踏まえ、海上輸送事故時の防除対策の検討が求められている。
- このため、これらサハリン大陸棚での石油・天然ガス開発の特殊性に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
<input type="checkbox"/> サハリン大陸棚での石油・天然ガスの開発に対応した氷海域での船舶の安全性向上及び事故時の流出油の防除技術の開発のための研究	<input type="checkbox"/> オホーツク海を対象とした氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築	<input type="checkbox"/> ①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築
		<input type="checkbox"/> ②オホーツク海氷中航行ガイドライン素案の作成
	<input type="checkbox"/> オホーツク海を対象とした氷中流出油の防除システムの開発	<input type="checkbox"/> ③氷中流出油シミュレーションモデルの構築
		<input type="checkbox"/> ④氷中流出油防除システムの開発

<b>研究課題</b>	<b>①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築</b> <b>③氷中流出油シミュレーションモデルの構築</b> <b>④氷中流出油防除システムの開発</b>
-------------	--

**技術現状**

- ①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築
- オホーツク海の船体氷荷重の実態が未解明
  - ・氷厚計測/推定の精度向上・氷荷重計測法の開発を行い、氷荷重の基礎データを収集/解析
- オホーツク海氷中航行安全基準が未整備
  - ・基準検討のため、他海域既存氷中規則の調査を実施
- ③氷中流出油シミュレーションモデルの構築
- 氷盤下流出油の挙動(拡散等)の基礎原理は解明
- 低温下での流出油の物性変化、油と氷の干渉現象等の実態に即した流出油の挙動の解明が今後の課題
- ④氷中流出油防除システムの開発
- 回収システムの基礎原理(気泡流回収)の構築と検証
- 実使用に即したシステムの開発が今後の課題

**成果目標**

- ①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築
- 氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築
  - ・各種操船時の氷荷重のモデル化
  - ・耐氷基準案の作成(他海域既存規則/氷荷重モデル比較)
- 北極海を含めた氷海域に対応した安全航行ガイドラインの作成
- ③氷中流出油シミュレーションモデルの構築
- 氷中流出油シミュレーションモデルの構築
  - ・流出油の物性変化・氷油干渉現象の把握/解明
  - ・氷中流出油シミュレーションモデルの開発
- ④氷中流出油防除システムの開発
- 氷中流出油防除システムの開発
  - ・気泡流油回収装置の開発(模型実験、油水分離等)
  - ・氷中流出油防除システムの開発(要素技術評価等)

**研究経過**

- ①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築
- 年度計画に従い、次を実施
- オホーツク海を対象とした氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築

また、これに加え、次を実施

□中規模スケール実験による氷荷重挙動の評価

③水中流出油シミュレーションモデルの構築

年度計画に従い、次を実施

□オホーツク海における水中流出油の漂流挙動の計算

④水中流出油防除システムの開発

年度計画に従い、次を実施

□気泡流型水中流出油回収装置の概念設計

□水中流出油防除システムの各種技術改良・評価

## 研究成果

### ①船体氷荷重

□冬季オホーツク海での船体氷荷重計測実験を実施（図1）。本実験により蓄積された船体氷荷重のデータは、世界的に最も充実したデータセットと考えられ、さらに連続的かつ客観性が高い電磁誘導センサーによる氷厚計測結果を伴うものであり、非常に有用性が高い。

□前年度に実施した中規模スケール実験結果の詳細解析を実施。この結果、平坦氷中において船首部に発生する荷重は、船首尾方向に長く伸びた線状の領域にわたって発生するケースと、比較的短い領域に集中するケースがあることを示した（

図2）。また、荷重分布の長さや荷重強度を比較したところ、荷重長さの減少に従って荷重強度が増加する結果が得られた。同様の結果はこれまでのオホーツク海及び南極における実船試験結果の解析からも得られている。

□一般に船体構造設計に用いる氷荷重は、比較的長い領域に分布する荷重としてモデル化されるが、近年 IACS で採択された北極海用ルールでは、このような分布荷重に加えて局所的に集中した荷重についての考慮も求めている。本研究の結果は、このような局所集中荷重の重要性を確認するものである。

### ③水中流出油シミュレーション

□オホーツク海における流氷の運動解析をベースに流出油の漂流シミュレーションを実施。本評価は、流出した油が氷とともに移動するという過去の知見に基づき実施。また、油の拡散についても同様に、氷の密接度の関数として油の厚さが決まるという過去の知見に基づき、油の拡散面積を求めた（図3）。

□漂流計算の例として、サハリン北東沖の石油開発現場において油の流出を想定し、北海道沿岸域への油の漂流を計算した（図4、図5）。この計算では、2004年1月1日に流出が発生したと想定しているが、油は2か月の期間をかけて約1000km南の北海道沿岸域に達している。

### ④水中流出油防除システム

□水中流出油回収装置（NMRI-ORDICE）に改良（気泡流による氷・油分離に対する補助システムとして水面に対して斜め前方に水を吹き付ける水噴射システムを付加）を加えると同時に、この改良を反映した模型を用いた水槽実験を行い、19年度実験結果と比べ10%～20%の油回収率の向上を確認した（図6）。

□一方、油の機械的回収において問題とされることの多い油の粘度に対しても実験に基づく検討を加えた。NMRI-ORDICEにおいては、水面に設けた格子構造により氷をとどめ油を通過させることにより両者の分離を図る。この格子間隔が狭いほど細かな氷の流入を防止できて回収油のポンプ輸送に有利であるが、狭すぎると高粘度油の流入を阻害する。このため、実機程度の寸法（格子の円柱直径が30mm）を有する格子構造の模型を水面に浮いた油層中を運動させ、どの程度の油が格子を通過するかを計測した。

参考図

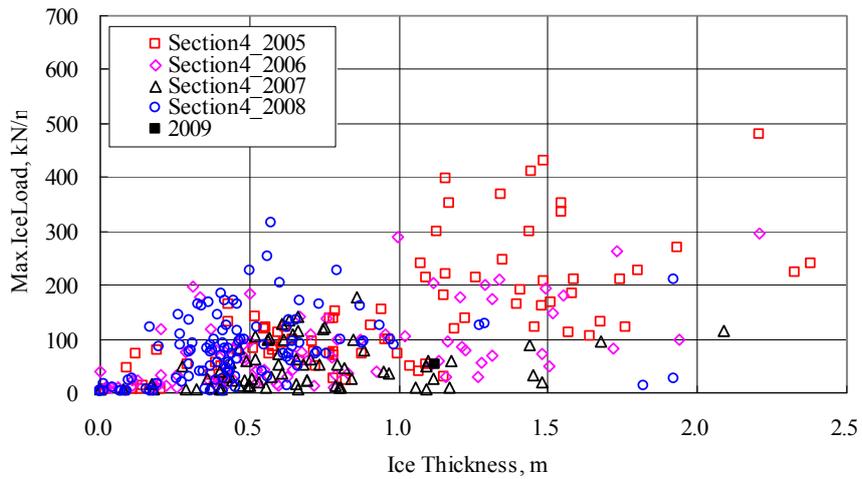


図1 「そや」実船実験により得られた船体氷荷重データ

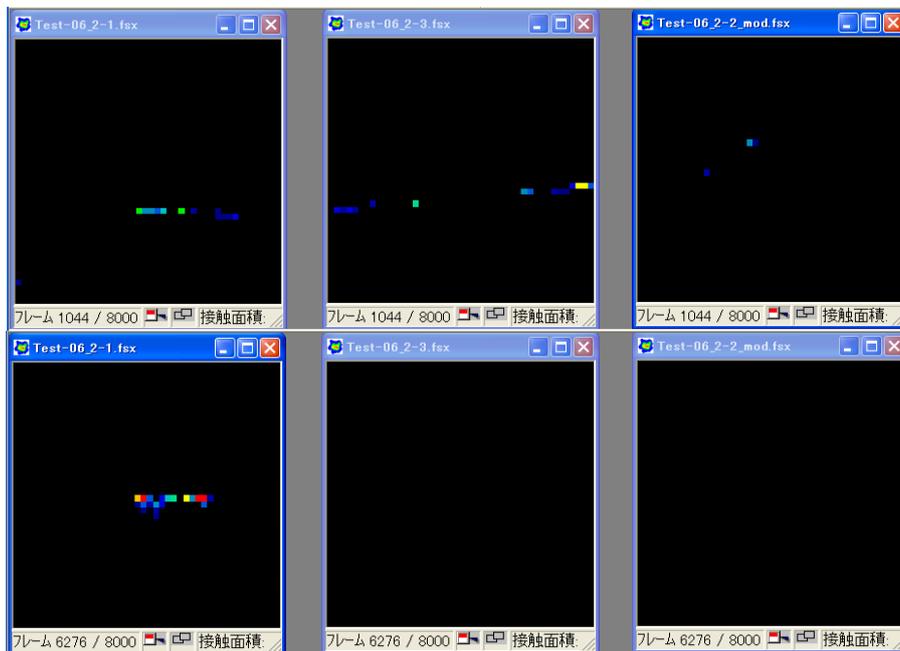


図2 氷荷重分布の例（上：線状型、下：集中型）

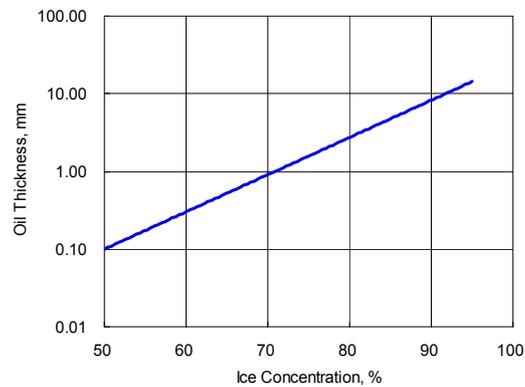


図3 油層厚さと氷密接度との関係

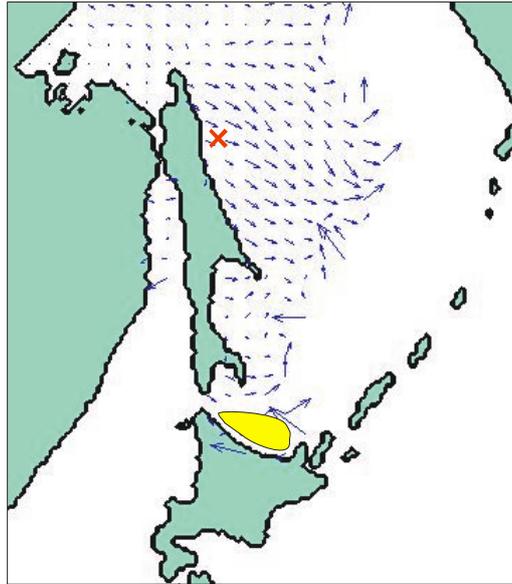


図4 仮想流出点と到達海域

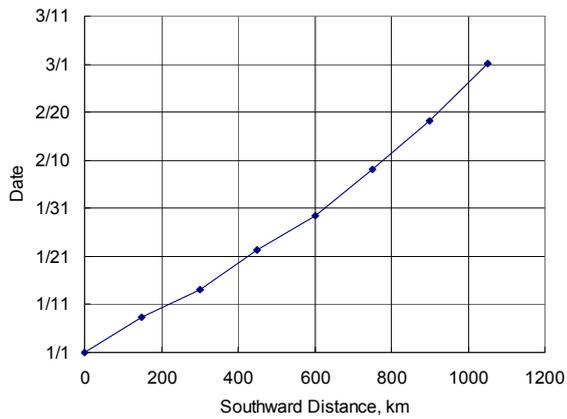


図5 油の南向きの漂流

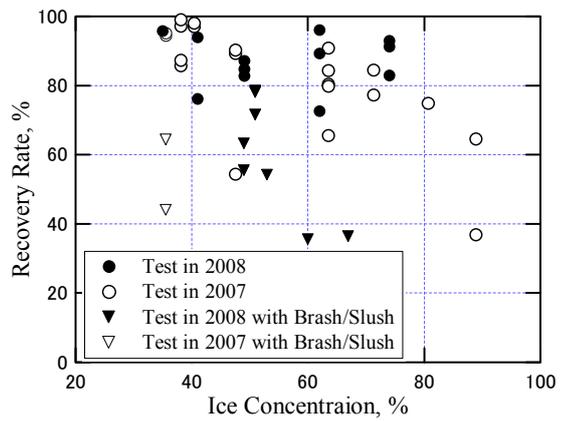


図6 水中油回収実験結果

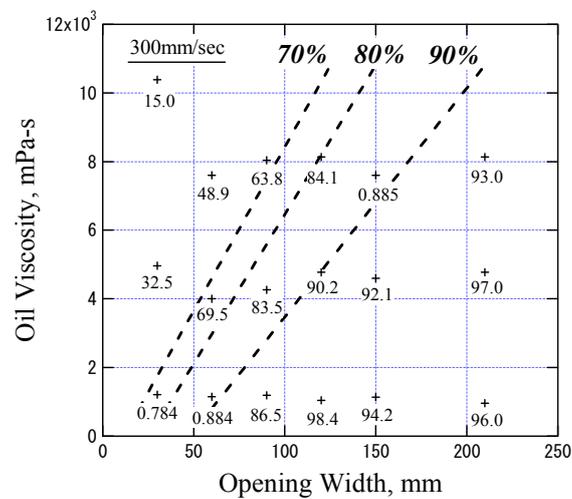


図7 格子部における油の通過率

参考資料 平成 20 年度業務実績報告書  
(4) 海上輸送の高度化

## 研究一覧

(各研究に付されている番号は、研究管理上、所内で便宜的に付したもの)

<b>課題名</b>	<b>⑫ モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究</b>	
<b>研究期間</b>	平成 18 年度～平成 20 年度	
<b>中期目標</b>	<b>中期計画</b>	<b>研究課題</b>
○モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○高効率海上物流の基盤技術の開発	①高効率海上物流の基盤技術の開発
	○高効率船舶の基盤技術の開発	②高効率船舶の基盤技術の開発

<b>課題名</b>	<b>⑬ 海事産業における熟練技能を有する人材の減少の対応に必要な基盤技術の開発のための研究</b>
------------	--

<b>課題名</b>	<b>⑬-1 熟練した技能を有する船員減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究</b>	
<b>研究期間</b>	平成 18 年度～平成 22 年度	
<b>中期目標</b>	<b>中期計画</b>	<b>研究課題</b>
○熟練した技能を有する船員の減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○熟練技能が必要な船内作業を一定の技能を有する船員が実施可能とする作業支援技術の開発	① 次世代航海システム (e-Navigation 等)の開発
	○船内作業を簡素化する自動化・省力化技術の基盤技術の開発	②次世代内航船自動化・省力化システムの開発

<b>課題名</b>	<b>⑬-2 船舶産業の熟練した技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究</b>	
<b>研究期間</b>	平成 18 年度～平成 22 年度	
<b>中期目標</b>	<b>中期計画</b>	<b>研究課題</b>
○船舶産業の熟練技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法の開発	①ものづくりの技能講習の開発 ②機関室周りの機器配置・配管設計支援ツールの開発 ③船尾流場を考慮した最適船尾形状決定手法の開発
	○技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究	④保船作業の省力化に資する材料の開発 ⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発 ⑥船舶設計作業の省力化に資する CFD を用いた船型開発システムの開発 ⑦真空含浸成形法による FRP 船建造に係る基盤技術の開発

<b>課題名</b>	<b>⑫モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 20 年度</b>

#### 政策課題

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008 年-2012 年の間に基準年比 6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 海運分野は、物流システム面において、モーダルシフト推進により、2010 年迄に 140 万トンの CO2 削減を政府目標として設定(上記計画)しており、効率的な海上物流システムの構築が求められているところ。
- 一方、産業立地のグローバル化の進展等により我が国と東アジア域と経済的な補完関係が強まる中、海上物流システムの構築に際しては、東アジア域内物流と国内基幹物流の調和を考慮することが求められている。
- このため、モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システム(高効率海上物流及び高効率船舶)の基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○高効率海上物流の基盤技術の開発	①高効率海上物流の基盤技術の開発
	○高効率船舶の基盤技術の開発	②高効率船舶の基盤技術の開発

#### 研究課題 ①高効率海上物流の基盤技術の開発

##### 技術現状

- 東アジア物流の詳細データが不足(貿易統計の金額等のデータは入手できるが、船舶仕様決定データが不足)このため、物流の実態把握・需要予測も困難(現状は、国レベルの総量予測が限界)
- 東アジア物流データ整備の基盤技術を開発(「金額」を「重量・TEU」に変換する手法)

##### 成果目標

- 東アジア/国内物流需要動向の把握
  - ・ 物流データ変換技術の向上(各国データ対応)
  - ・ 物流データベースの開発(各港湾レベルでの実態把握・需要動向の推定)
- 高効率物流システムの設計
  - ・ 東アジア海上輸送ネットワークの解析
  - ・ 船舶仕様の決定・ボトルネック整理(代表例による試解析)

##### 研究経過

- 年度計画に従い、次を韓国海洋水産院 (KMI) と共同で実施
- 東アジア海上輸送ネットワークを形成し、海上輸送の環境負荷について解析 等
- また、これに加え、次を実施
- 東アジアの物流動向について、海上技術安全研究所、韓国海洋水産院 (KMI) 及び中国政府機関係研究機関である水運科学研究院 (WTI) 3 機関間で包括研究協力契約を締結
- 日中韓物流大臣会合の行動計画 4 (北東アジアにおける物流に関する情報の交換) を担当

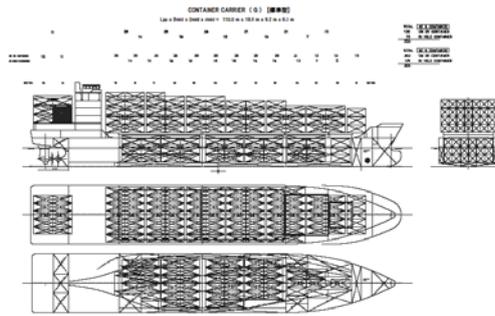
##### 研究成果

- アジア域内の国間物流動データに変換、日・中・韓の港間(取扱い量 10 万 TEU 以上)物流データに変換
- 全世界を含む海上輸送最短路ネットワークを構築し、船舶(コンテナ船、バラ積み、油タンカー)からの CO2 排出量(1995 年、2000 年及び 2005 年)について解析
- 船主の協力(運航実態と事業者の意向を踏まえるため)を得て配船スケジュールを考慮した船舶仕様を検討した。
- 個別の研究成果
  - ・ 船主の協力を得て国内コンテナフィーダーとの連携を前提とした東アジア海上輸送に供する船舶仕様を提案、船主はこれを基に船舶詳細仕様を計画中
  - ・ 韓国及び中国政府系研究機関である KMI 及び WTI との物流に関する包括的な協力協定に基づき東アジア物流に関する workshop を 5 回開催
  - ・ この成果を、セミナー「東アジアの効率的物流ネットワークの構築を目指して」(東大との共催)により公表

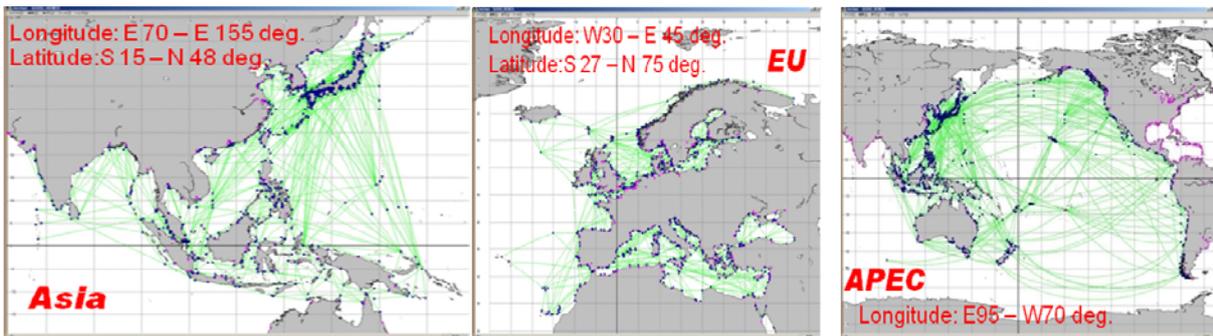
参考図



セミナー「東アジアの効率的物流ネットワークの構築を目指して」の開催



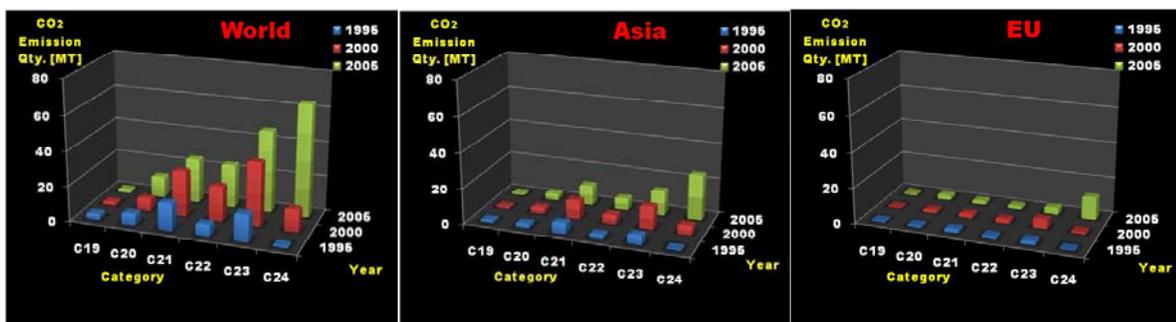
提案仕様に基づいて検討中のコンテナ船



Link# : 6,785 Node# : 3,893 (1,352ports) 地域別海上輸送ネットワーク

Ship Type	Ship #	(Capture Rate)	CO <sub>2</sub> Emission (MT)		
			Asia	EU	World
Container	4,445	(92%)	61 (35%)	24 (14%)	176
Bulk Carrier	6,617	(85%)	21 (34%)	7 (11%)	63
Crude Oil Tanker	1,602	(82%)	8 (32%)	4 (16%)	25
<b>Total</b>			<b>90 (34%)</b>	<b>35 (13%)</b>	<b>264</b>

2005年の地域別・船種別CO<sub>2</sub>排出量



コンテナ船、地域別船種別CO<sub>2</sub>排出量(1995年、2000年、2005年)

Category	TEU	World			Asia		
		1995	2000	2005	1995	2000	2005
C19	< 500	3.3	1.8	1.5	1.3	1.0	0.8
C20	500-1,000	6.5	6.8	12	2.4	3.4	3.7
C21	1,000-2,000	15	26	26	6.1	10	11
C22	2,000-3,000	6.6	20	25	2.7	5.0	6.5
C23	3,000-5,000	15	36	47	5.4	13	14
C24	5,000-10,000	0.9	13	65	0.4	5.3	26
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>103</b>	<b>176</b>	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>61</b>

コンテナ船・船型区分

<b>課題名</b>	<b>⑫モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究</b>
<b>研究期間</b>	<b>平成 18 年度～平成 20 年度</b>

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008年-2012年の間に基準年比6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 海運分野は、物流システム面において、モーダルシフト推進により、2010年迄に140万トンのCO2削減を政府目標として設定(上記計画)しており、効率的な海上物流システムの構築が求められているところ。
- 一方、産業立地のグローバル化の進展等により我が国と東アジア域と経済的な補完関係が強まる中、海上物流システムの構築に際しては、東アジア域内物流と国内基幹物流の調和を考慮することが求められている。
- このため、モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システム(高効率海上物流及び高効率船舶)の基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○高効率海上物流の基盤技術の開発	①高効率海上物流の基盤技術の開発
	○高効率船舶の基盤技術の開発	②高効率船舶の基盤技術の開発

<b>研究課題</b>	<b>②高効率船舶の基盤技術の開発 高効率輸送システムに適した船舶の基本設計システムの開発</b>
-------------	---

**技術現状**

- 船舶性能に係る各種要素技術(耐航性、操縦性、復原性、CFD解析等)は、研究所として保持
- 要素技術の統合による実船舶への応用(評価、設計ツール整備等)が研究所の今後の課題(基盤の強化)
- また、実海域性能評価は、今後の大きな課題

**成果目標**

- 高効率輸送システムに適した船舶の基本設計システムの開発
  - ・物流解析に基づき決定した船舶の性能評価技術の整備/評価(流体性能/運航性能)

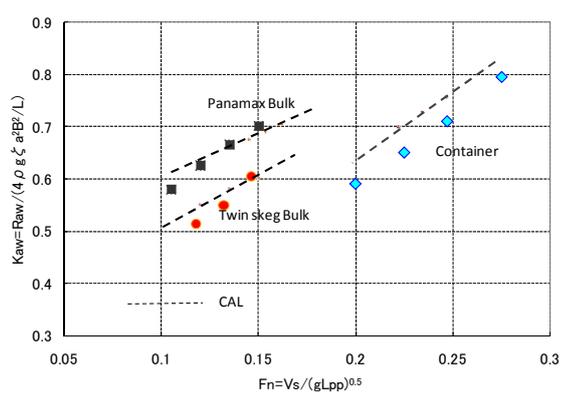
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 決定された仕様に基づく物流に最適な船舶(高効率船舶)の基本計画を行う基盤技術の開発
- また、これに加え、次を実施
- HOPEの機能を向上

**研究成果**

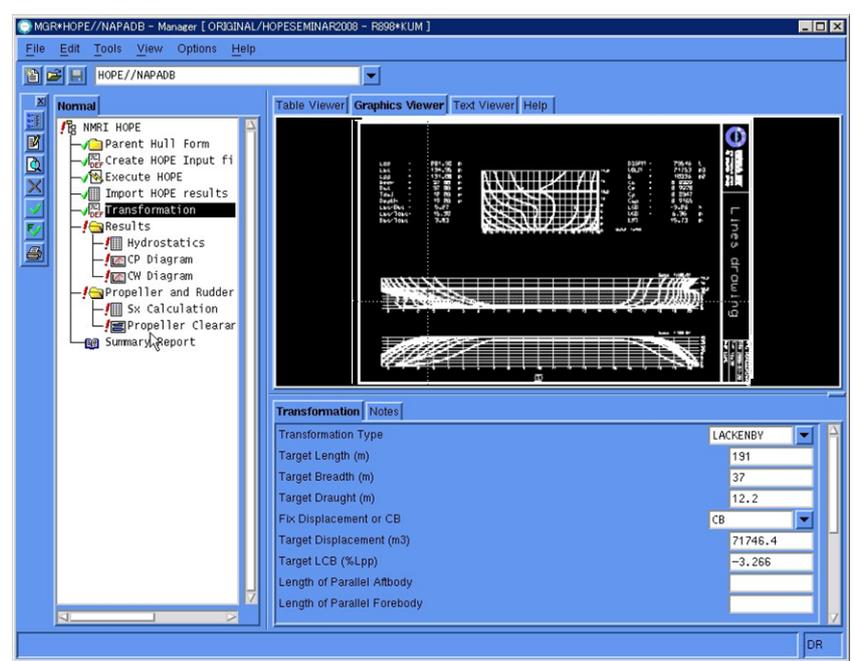
- 推進性能、操縦性能及び耐航性能をコンカレントな設計手法で最適化するHOPEに、以下の機能向上を実施
  - ・自社データを活かせるユーザーカスタマイズ機能の追加
  - ・将来の省エネ船型として有望な2軸ツインスケグ船型の最適化機能を追加
  - ・海の10モード技術で得られた実海域性能評価技術の一部を利用して主要目からシーマージンを推定する機能を追加
  - ・プロペラ及び舵の設計機能やG U I (Graphical User Interface) 機能を強化
  - ・汎用CADシステムNAPAとのリンクを行い、HOPEマネージャーを作成
- 個別の研究成果
  - ・外部発表(4件)
  - ・HOPEセミナーの開催

参考図

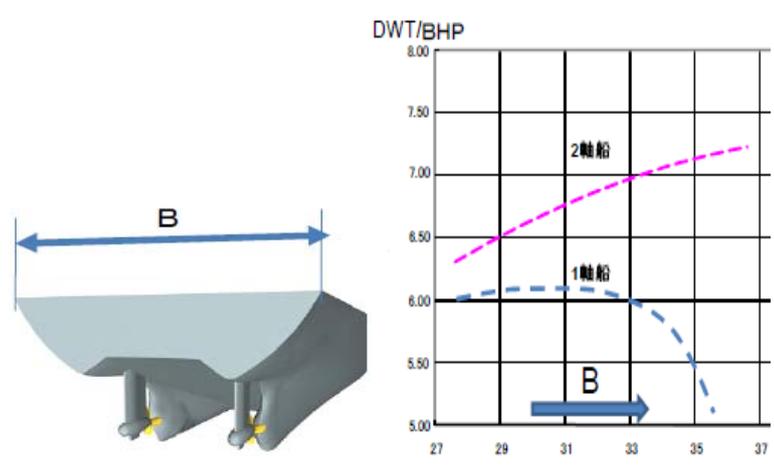


Kind of Ship	Container	Panamax Bulk	Twin skeg Bulk
Lpp(m)	300.0	217.0	300.0
B(m)	40.0	32.26	65.0
D(m)	24.0	19.2	24.0
d(m)	14.0	14.0	17.9
Cb	0.65	0.84	0.809
Lpp/B	7.50	6.73	4.61
Prop.Dia	8.8	7.1	8.5
Bfcp	0.034	0.422	0.311

種々の船型に対する波浪中抵抗増加の推定精度



NAPA とのリンク (HOPE マネージャー)



L (船長)、d (喫水) を維持したままで B (幅) を変更した場合の経済性評価 (1 軸船・2 軸船とも DWT は同一の場合)

**課題名** ⑫モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 20 年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008 年-2012 年の間に基準年比 6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 海運分野は、物流システム面において、モーダルシフト推進により、2010 年迄に 140 万トンの CO2 削減を政府目標として設定(上記計画)しており、効率的な海上物流システムの構築が求められているところ。
- 一方、産業立地のグローバル化の進展等により我が国と東アジア域と経済的な補完関係が強まる中、海上物流システムの構築に際しては、東アジア域内物流と国内基幹物流の調和を考慮することが求められている。
- このため、モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システム(高効率海上物流及び高効率船舶)の基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○高効率海上物流の基盤技術の開発	①高効率海上物流の基盤技術の開発
	○高効率船舶の基盤技術の開発	②高効率船舶の基盤技術の開発

**研究課題** ②高効率船舶の基盤技術の開発  
**実海域長期性能評価技術の開発**

**技術現状**

- 船舶性能に係る各種要素技術(耐航性、操縦性、復原性、CFD 解析等)は、研究所として保持
- 要素技術の統合による実船舶への応用(評価、設計ツール整備等)が研究所の今後の課題(基盤の強化)
- また、実海域性能評価は、今後の大きな課題

**成果目標**

- 実海域長期性能評価技術の開発

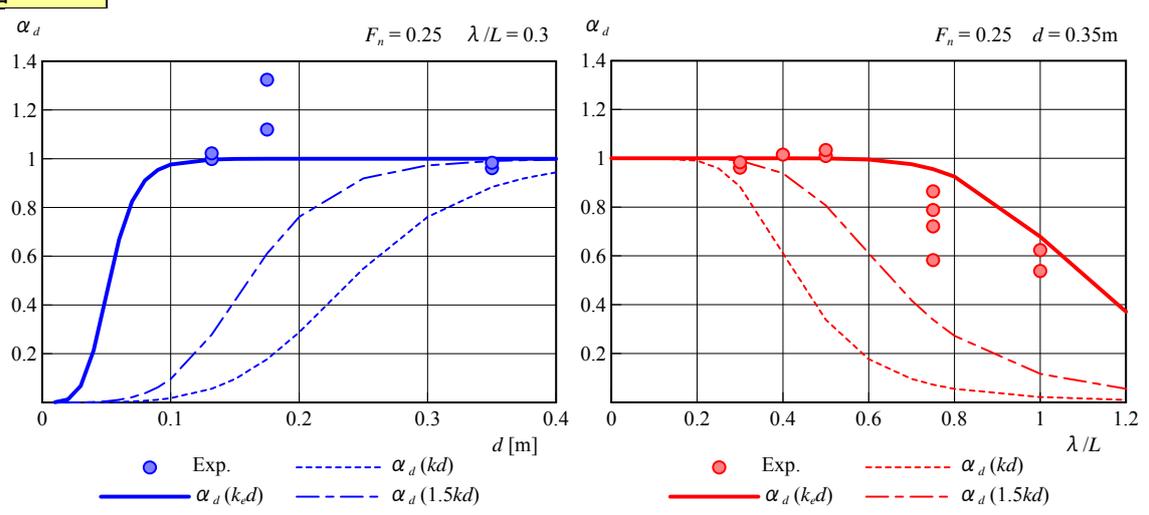
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 実海域性能評価システムの開発を行い、大型コンテナ船の就航実績等により検証した。

**研究成果**

- 実海域性能推定法に関する知見は、20 年度に並行して実施した環境省(実船計測)及び国土交通省(ハイブリッド計算法の検証等)からの受託事業の遂行に貢献している。
- 個別の研究成果
  - ・短波長域の波浪中抵抗増加推定法の改良
  - ・開発した実海域性能評価システムによる大型コンテナ船の就航実績評価の実施
  - ・水槽試験による波浪中抵抗増加推定法の検証

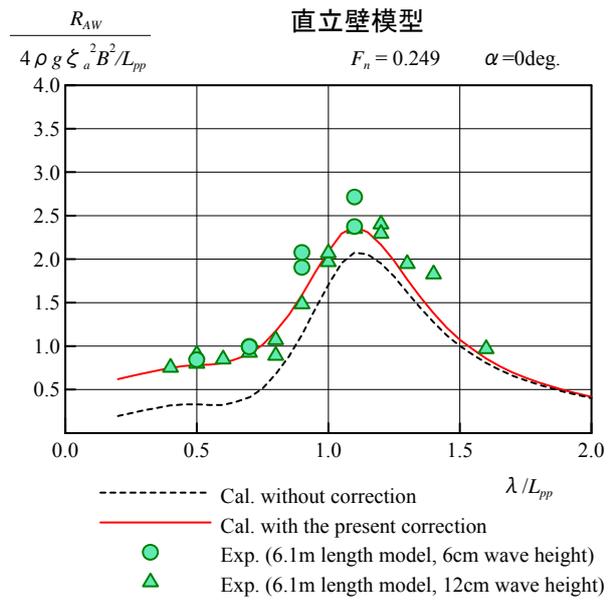
参考図



直立壁模型による喫水・周波数影響の検討



自動車運搬船



水槽試験による波浪中抵抗増加推定法の検証 (自動車運搬船)

**課題名** ⑫モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 20 年度

**政策課題**

- 京都議定書の発効を受け、温室効果ガスの削減は喫緊の課題(2008 年-2012 年の間に基準年比 6%削減)。運輸部門では、機器単体・物流システム全体での削減が求められているところ(京都議定書目標達成計画)。
- 海運分野は、物流システム面において、モーダルシフト推進により、2010 年迄に 140 万トンの CO2 削減を政府目標として設定(上記計画)しており、効率的な海上物流システムの構築が求められているところ。
- 一方、産業立地のグローバル化の進展等により我が国と東アジア域と経済的な補完関係が強まる中、海上物流システムの構築に際しては、東アジア域内物流と国内基幹物流の調和を考慮することが求められている。
- このため、モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システム(高効率海上物流及び高効率船舶)の基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○モーダルシフトの推進等に資する高効率海上物流システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○高効率海上物流の基盤技術の開発	①高効率海上物流の基盤技術の開発
	○高効率船舶の基盤技術の開発	②高効率船舶の基盤技術の開発

**研究課題** ②高効率船舶の基盤技術の開発  
**最適運航計画法の開発**

**技術現状**

- 船舶性能に係る各種要素技術(耐航性、操縦性、復原性、CFD 解析等)は、研究所として保持
- 要素技術の統合による実船舶への応用(評価、設計ツール整備等)が研究所の今後の課題(基盤の強化)
- また、実海域性能評価は、今後の大きな課題

**成果目標**

- 最適運航計画法の開発

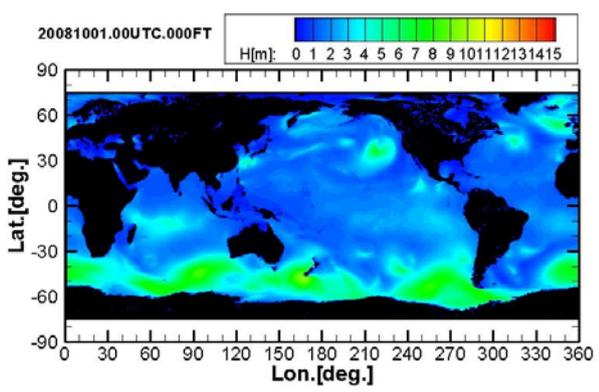
**研究経過**

- 年度計画に従い、次を実施
- 最適運航計画法 (WAN) サービスの設計とサービス形態の提案を行い、国際シンポジウムで発表
- また、これに加え、次を実施
- 気象海象に関する知見を活用し、実海域性能評価システムの検証のための実船データ解析に貢献した。

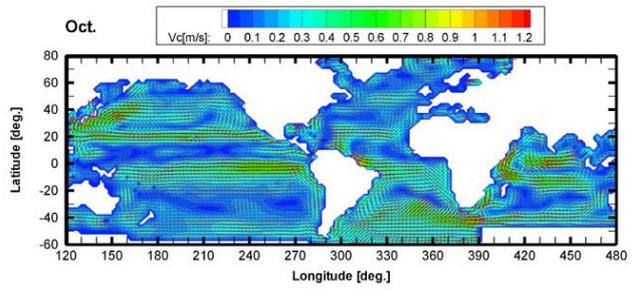
**研究成果**

- 最適運航計画法 (WAN) サービスの設計とサービス形態の提案を行い、国際シンポジウムで発表
- 気象海象及び実海域での船速低下計算法に関する知見は、20 年度に並行して実施した環境省 (実船計測) 及び国土交通省 (ハイブリッド計算法の検証等) 等からの受託事業の遂行に貢献している。
- 個別の研究成果
  - ・ 運航の安全性の観点から、海象適応航法 (WAN) への耐航性能評価モジュールの組み込み
  - ・ 全球海流データベースの作成
  - ・ 気象庁 GPV フォーマット読込モジュールを作成し、プログラム登録 2 件 (気象庁 GPV (GRIB フォーマット) 解析プログラム、気象庁 GPV (GRIB2 フォーマット) 解析プログラム)
  - ・ WAN 成果の国内及び国際シンポジウムでの発表

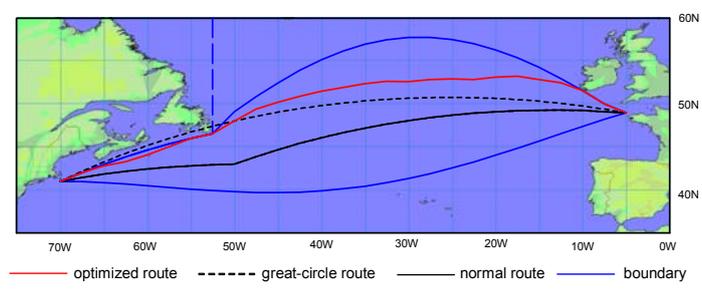
参考図



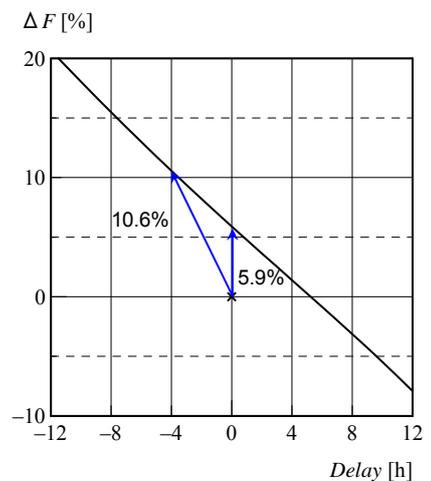
有義波高の分布 (2008年10月1日00UTC)



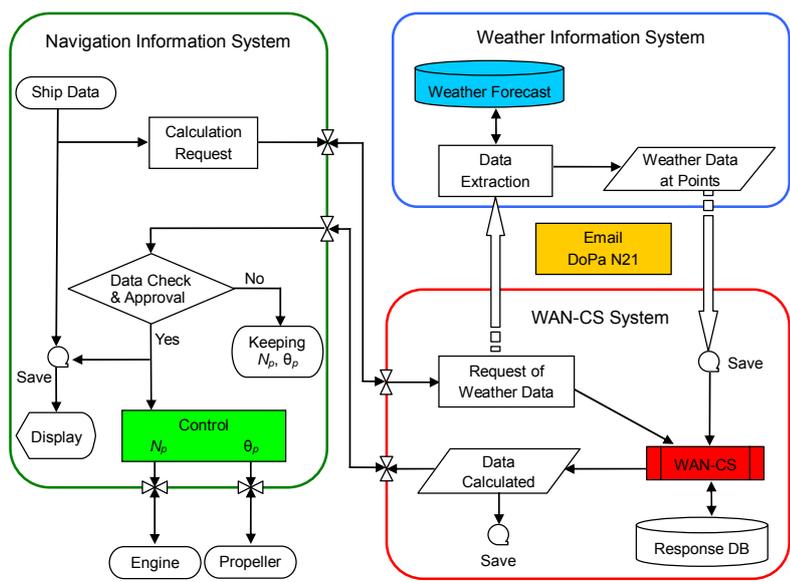
海流速の分布 (10月)



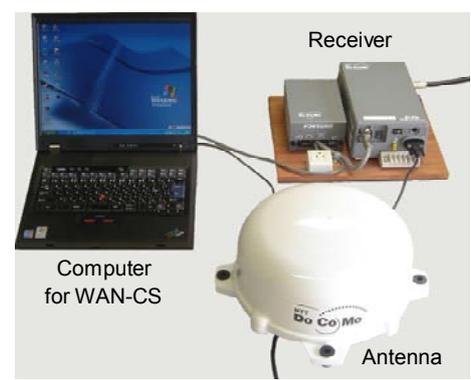
海象適応航法 (WAN) による最適航路



海象適応航法 (WAN) による燃料削減効果



WAN を組み込んだ航海支援システム図



船陸間通信システム

**課題名** ⑬-1 熟練した技能を有する船員減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 熟練した技能を有する船員の大幅な減少が急速に進展(特に内航海運分野)
- 内航海運分野では、熟練技術でカバーしていた操船、荷役、機関等の船内作業を軽減する自動化・省力化技術による社会規制の見直し(船員の乗組み体制、各種設備の安全基準等)が行われているところ。
- 一方、国際分野では、日欧各国の協力の下、情報技術の活用による航海に係る船内作業の自動化・省力化を通じ、安全確保・環境保全の向上(事故回避等)を目的とした次世代航海設備(E-navigation)の検討が開始
- このため、熟練技能が必要な船内作業を一定の技能を有する船員が実施可能とする作業支援技術及び船内作業を軽減する自動化・省力化技術の基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○ 熟練した技能を有する船員の減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○ 熟練技能が必要な船内作業を一定の技能を有する船員が実施可能とする作業支援技術の開発	① 次世代航海システム(E-NAVIGATION 等)の開発
	○ 船内作業を簡素化する自動化・省力化技術の基盤技術の開発	② 次世代内航船自動化・省力化システムの開発

**研究課題** ①次世代航海システム(E-NAVIGATION 等)の開発

**技術現状**

- IT 技術利用の様々な航海機器を統合して、操船者への負担低減と安全性向上を図る避航操船支援システムの開発(INT-NAV 等)
- 海事分野の情報化を進め、安全性と効率を向上する国際プロジェクト「次世代航海システム(e-NAVIGATION)」の戦略プランの策定
- 機器単体での支援技術は確立しているが、有機的な組み合わせの高付加価値支援技術が必要
- 衝突乗揚事故のヒューマンファクタ分析・ユーザーニーズ把握が不十分のため事故防止に必要な機能が不明確

**成果目標**

- 情報化による安全性の向上のための技術開発
- 衝突座礁海難防止システムの開発・評価(簡易型 AIS(Class B AIS)等)
- 航行支援システムの機能要件の構築

**研究経過**

- 20年度計画に従い、次を実施
- 協調型航行支援システムのシミュレータによるフィジビリティ評価
- 目視認識支援装置のシミュレータによる有効性評価
- E-NAVIGATION の構築のための戦略プランの構築とサービス導入の検討
- また、これに加え、次を実施
- 小型船用見張り支援システムの実海域実験によるフィジビリティ評価
- 協調型航行支援システムを対象としたユーザビリティ評価

**研究成果**

- 今年度は、平成 19 年度にシステムを設計しプロトタイプを作成した、協調型航行支援システム、目視認識支援装置及び小型船用見張り支援システムについて、実海域及びシミュレータ実験により、その実現性の評価を行った。また、平成 20 年度に IMO で策定された E-NAVIGATION 戦略に基づき今後 4 年間で実施される E-NAVIGATION サービスの導入に向けた情報収集と行動計画の検討を行った。
- 個別の研究成果
  - ・ 協調型航行支援システムのシミュレータによるフィジビリティ評価及びユーザビリティ評価を行い、システムの改良を行うとともに、その成果を IMO NAV54 等へ公表した。
  - ・ IMO NAV54 (H20 年 7 月) 及び AIS バイナリーメッセージの国際利用に関するコレスポンスグループを通じて、協調型航行支援システムのための AIS バイナリーメッセージの利用を働きかけた。
  - ・ 目視認識支援装置のプロトタイプによるフィジビリティ評価を実施した。これにより、目視認識支援装置で支援できる見張りタスクを明確にし、実船実験用の試作機の製作を行った。
  - ・ 日本船舶技術研究協会と共同で、クラス B AIS 情報にも対応した小型船向け見張り支援装置を試作、実海域実験を実施した。この際、日本で初めて、クラス B AIS の信号を発信し、これに基づく衝突警報の有用性の評価を行った。
  - ・ E-NAVIGATION に関するシステムの導入を主導的に検討している IALA や英国航海学会に参加し、E-NAVIGATION サービス導入の検討、特にユーザーニーズの把握の再調査及びアーキテクチャ構築の動向を調査した。また、IMO NAV54 へ実行計画策定の際のロードマップを提案した。

参考図



図 1 協調型航行支援システムの実験状況

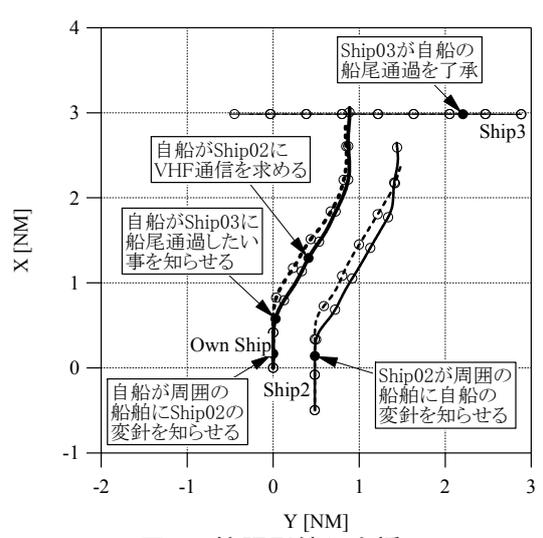


図 2 協調型航行支援システムでの避航操船時の航跡と通信記録  
点線：NIESS 不使用時



図 3 目視認識支援装置の情報表示の様子  
赤い表示が警報対象船

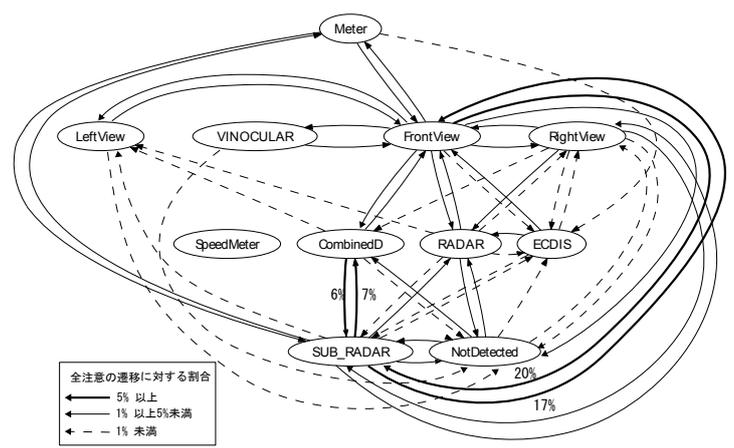


図 4 シミュレータ実験時の注意の遷移図  
重畳表示画面と景観遷移が多い

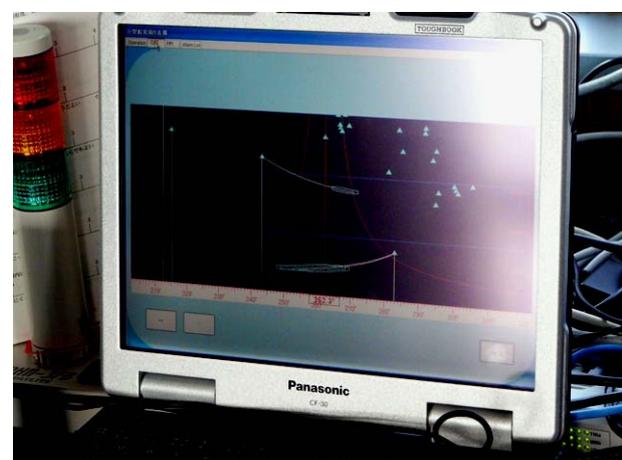


図 5 小型船向け見張り支援装置

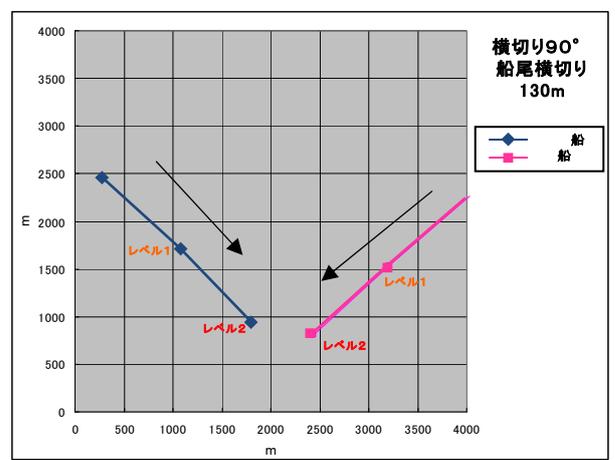


図 6 小型船向け見張り支援装置の航跡と警報の発生状況  
レベル 1：注意報 レベル 2：警報

**課題名** ⑬-1 熟練した技能を有する船員減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 熟練した技能を有する船員の大幅な減少が急速に進展(特に内航海運分野)
- 内航海運分野では、熟練技術でカバーしていた操船、荷役、機関等の船内作業を軽減する自動化・省力化技術による社会規制の見直し(船員の乗組み体制、各種設備の安全基準等)が行われているところ。
- 一方、国際分野では、日欧各国の協力の下、情報技術の活用による航海に係る船内作業の自動化・省力化を通じ、安全確保・環境保全の向上(事故回避等)を目的とした次世代航海設備(E-navigation)の検討が開始
- このため、熟練技能が必要な船内作業を一定の技能を有する船員が実施可能とする作業支援技術及び船内作業を軽減する自動化・省力化技術の基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○熟練した技能を有する船員の減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○熟練技能が必要な船内作業を一定の技能を有する船員が実施可能とする作業支援技術の開発	① 次世代航海システム(e-Navigation 等)の開発
	○船内作業を簡素化する自動化・省力化技術の基盤技術の開発	②次世代内航船自動化・省力化システムの開発

**研究課題** ②次世代内航船自動化・省力化システムの開発

**技術現状**

- 船上作業として拘束時間の長い船橋航海当直、人手の多くかかる離着棧、係船及びタンカー荷役を選定し、安全性を担保しつつ省力化を実現するための機能要件を設定し、これに基づく概念設計を実施
- スーパーエコシップフェーズ 2 船(SES フェーズ 2 船)の船員 7 名体制による運航が計画
- 中核技術である自動化・省力化システム(航海/係船/離着棧/荷役)の要素技術を開発

**成果目標**

- 省力化支援システム(航海支援システム、離着棧システム、係船支援システム、係留支援システム、操錨支援システム、荷役支援システム、機関部省力化システム及びシステム統合)の機能・設備要件の明確化
- 省力化支援システムの評価手法(効果及び安全性)の開発
- 省力化支援システムの有効性を検証するための実証実験方案の策定

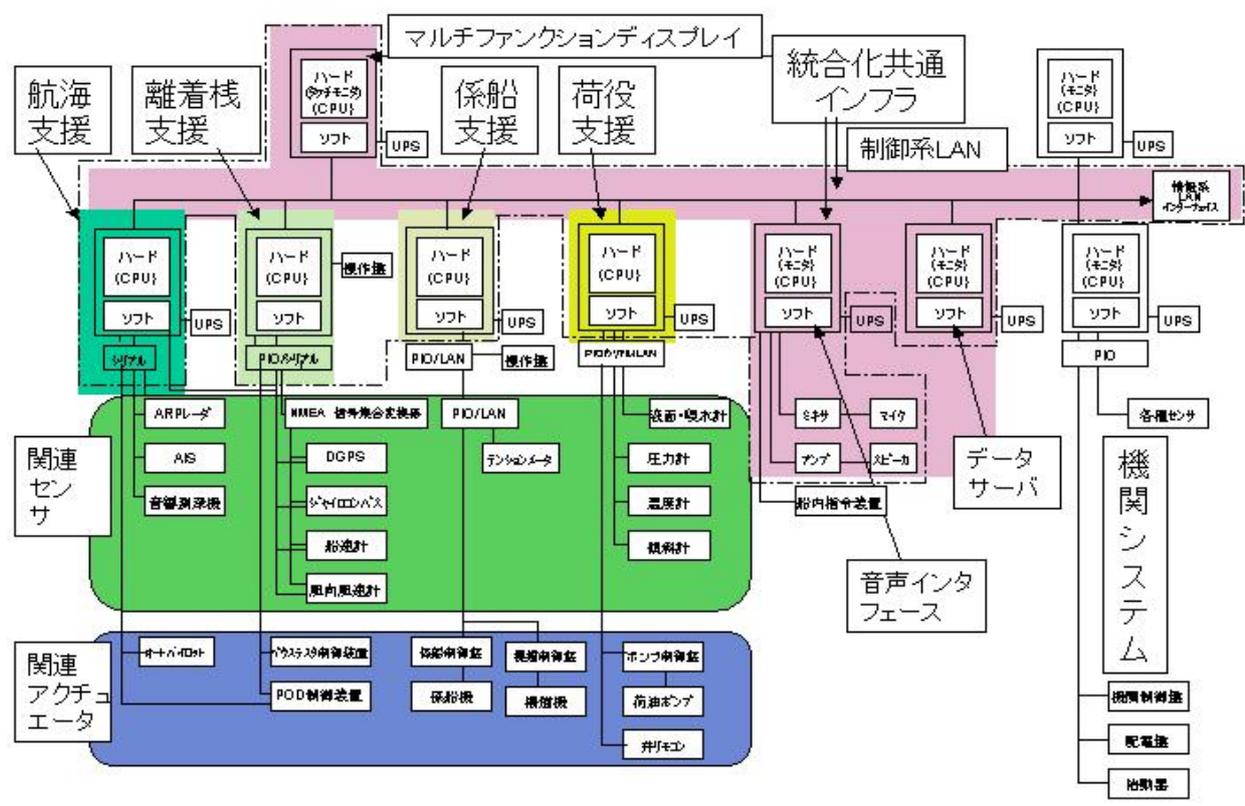
**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 省力化支援システムの設備・機能要件、評価手法及び実証実験方案を再評価

**研究成果**

- 省力化支援システムの設備・機能要件、評価手法及び実証実験方案の再評価を実施し、その結果を受け、報告書として取りまとめを行った。

参考図



省力化支援システム構成図

・離着岸

・航海



・係船

・荷役

マルチファンクションディスプレイ

**課題名** ⑬-2 船舶産業の熟練した技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 船舶産業の熟練した技能を有する作業員の減少が、今後の予想
- 急速な人材減少が進む中、個々の作業員に蓄積される暗黙知(熟練技能)の高度形式知化による技能伝承、生産現場の作業性の向上等の生産技術の基盤維持・強化が求められている。
- このため、船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法及びこれを応用した新しい生産システムの基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶産業の熟練技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法の開発	①ものづくりの技能講習の開発
		②機関室周りの機器配置・配管設計支援ツールの開発
	○技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究	③船尾流場を考慮した最適船尾形状決定手法の開発
		④保船作業の省力化に資する材料の開発
		⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑥船舶設計作業の省力化に資する CFD を用いた船型開発システムの開発
		⑦真空含浸成形法による FRP 船建造に係る基盤技術の開発

**研究課題** ②機関室周りの機器配置・配管設計支援ツールの開発

**技術現状**

- 技能伝承を目的とした生産現場の暗黙知(熟練技能)の高度形式知化が課題
- ぎょう鉄シリーズ・配管シリーズ・機関/修繕・機関/新造・歪取りの技能講習教材を作成
- 技能伝承手法の応用により新生産システムの開発が可能

**成果目標**

- 技能伝承手法(設計)応用の新生産システムの開発  
 ・機関室周り機器配置・配管設計支援ツールの開発

**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 造船所、工作協力事業所、電装メーカーを主対象とし、主に配管・電装の工作・設計の効率化、工程管理、多能工・設計者育成について実態調査
- 造船所と協働で機関室最適機器配置の調査・検討
- 上記調査・検討より余剰排熱有効利用の実験準備

**研究成果**

- 艙装に関する実態調査を行った結果、造船所の工作現場を管理するスタッフの能力・知識低下及び人数不足のため工程調整は、下請け会社に丸投げしている場合が多いことが判明。これに対し、H 2 1 年度は艙装工程管理者用教材作を予定
- 艙装工数削減を目的とした機関室最適機器配置のプラットフォームとして、主燃料を C 重油から A 重油に変更した場合の機関室システム変更に伴う、資材量・工数・工費の削減、空きスペースの算出を実施。具体的には、諸管系統図、機関室装置図(機関室総合配置図)から本変更により不要となる装置、機器、配管等の消し込みを行った。
- これにより、空きスペース及び大量の余剰排熱が発生することが判明し、その有効利用を H 2 1 年度検討することとした。
- 個別の研究成果  
 ・余剰排熱有効利用観点から、新規研究提案(NEDO、先導、JRTT)

参考図

【艙装効率化の対象候補】



管路と電路が平行しているが金物は別



ハッチカバー脇の配管

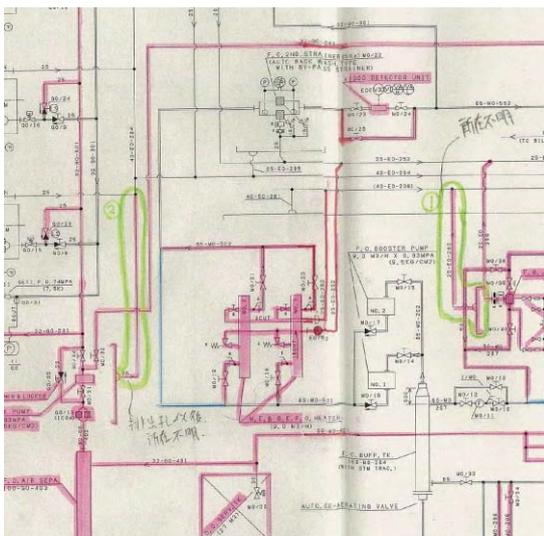


ブロックを跨ぐ配線の場合、片方はバンド留めまでし、逆側や上下に行く線は束ねておく。

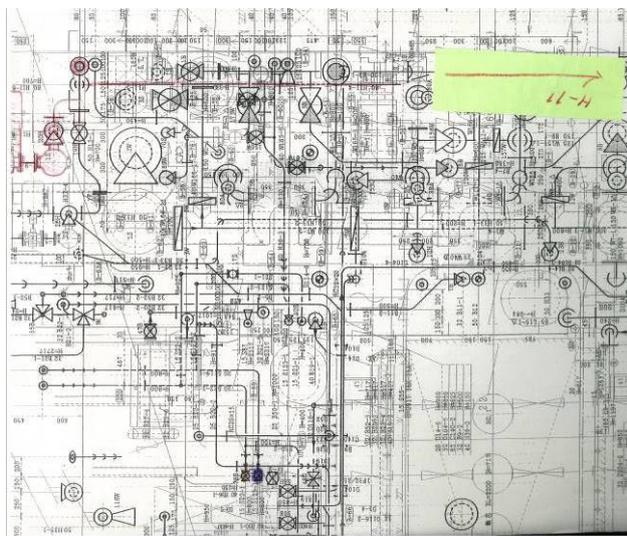


甲板機器の鋼製ライナによる固定

【機関室システム変更作業】



諸管系統図の消し込みマーキング



機関室装置図の消し込みマーキング

**課題名** ⑬-2 船舶産業の熟練した技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 船舶産業の熟練した技能を有する作業員の減少が、今後予想
- 急速な人材減少が進む中、個々の作業員に蓄積される暗黙知(熟練技能)の高度形式知化による技能伝承、生産現場の作業性の向上等の生産技術の基盤維持・強化が求められている。
- このため、船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法及びこれを応用した新しい生産システムの基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○船舶産業の熟練技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法の開発	①ものづくりの技能講習の開発
		②機関室周りの機器配置・配管設計支援ツールの開発
	○技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究	③船尾流場を考慮した最適船尾形状決定手法の開発
		④保船作業の省力化に資する材料の開発
		⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑥船舶設計作業の省力化に資する CFD を用いた船型開発システムの開発
		⑦真空含浸成形法による FRP 船建造に係る基盤技術の開発

**研究課題** ⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発

**技術現状**

- 船舶の建造及び既存船の保守管理における塗装作業は工数が多くかかり、その省力化が強く求められている。また、均一な必要膜厚を確保するには熟練技能を要し、塗装後に膜厚計測による確認が必要
- 既存の塗料で VOC (揮発性有機溶剤) を減らすと、粘性が高くなり、既存の塗装機が使用できない。
- 低 VOC で粘性の低い物質 (分子の長さが短い) を使用すると塗膜の強度などが不足し船用として不適切

**成果目標**

- 塗装作業工数が大幅に削減できる低 VOC 塗料の開発
- 塗料膜厚を容易に確認できる低 VOC 塗料の開発

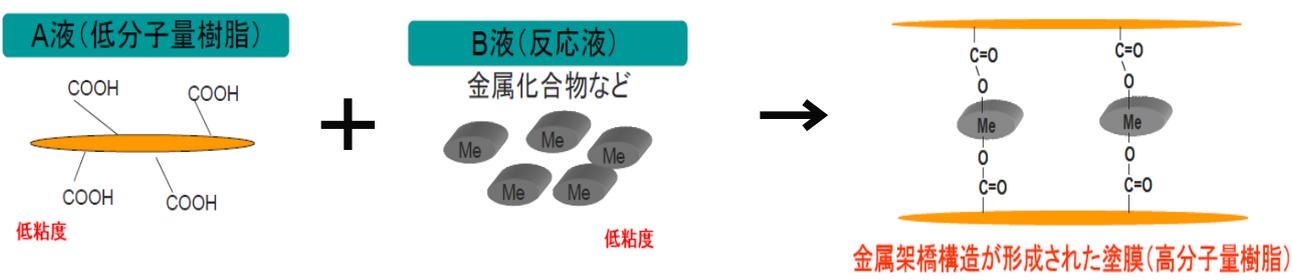
**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発

**研究成果**

- 塗装作業中は粘度が低く、塗装後に塗料が化学反応し長い分子に結合し硬化する 2 液混合型の低 VOC 塗料を開発
- 低 VOC 外板用塗料 (防汚塗料) の開発
  - ・ VOC 含有量を 3 割減少 (既存 : 400~600g/l、開発 : 280g/l)、塗料使用量を約 3 割減少 (= 塗装時間 3 割減)、VOC 使用量を約 5 割減少させ、かつ、既存の塗装機で塗装可能な防汚塗料を開発
  - ・ 職場環境と効率の双方を大幅に向上
  - ・ 実船実験により、静置防汚性及び寿命等の性能が、既存の塗料以上であることを確認
  - ・ 組成、防汚方法について特許申請
- 低 VOC バラストタンク用塗料 (防食塗料) の開発
  - ・ VOC 含有量を約 6 割減少 (既存 : 200~300g/l、開発 : 85g/l) させ、かつ、既存の塗装機で塗装可能な防食塗料を開発
  - ・ 所定膜厚に達すると規定色に変化する機能 (SI 機能) を付加した塗料を開発し、色相から膜厚を特定する手法・装置について特許申請
  - ・ 塗装しながら膜厚の確認が容易となり、熟練技能を有さずとも均一な必要膜厚を確保し易い。
  - ・ 従来の塗装と比べ、膜厚計測の必要がないことやスプレー塗装が 1 回のみですむ (従来は 2 回必要) ことにより、実ブロック塗装実験において、塗装時間が約 4 割減少することを確認
  - ・ 各種実験により、防食性・耐久性が既存の塗料以上であることを確認

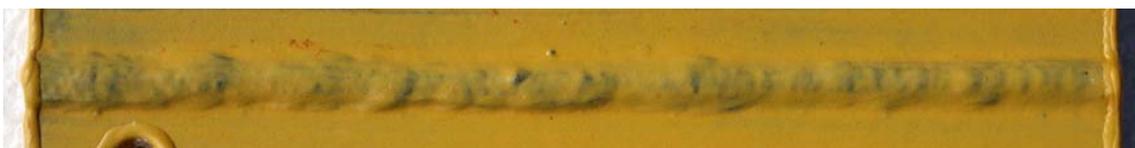
参考図



低分子樹脂 2 液反応型反応機構



平坦部膜厚 : 380 μm



平坦部膜厚 : 180 μm

溶接線上に S I (所定膜厚に達すると規定色に変化する機能) を有する防食塗料を塗布した試験片



平坦部膜厚 : 380 μm



平坦部膜厚 : 180 μm

溶接線上に既存の防食塗料を塗布した試験片

**課題名** ⑬-2 船舶産業の熟練した技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 船舶産業の熟練した技能を有する作業員の減少が、今後予想
- 急速な人材減少が進む中、個々の作業員に蓄積される暗黙知(熟練技能)の高度形式知化による技能伝承、生産現場の作業性の向上等の生産技術の基盤維持・強化が求められている。
- このため、船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法及びこれを応用した新しい生産システムの基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○ 船舶産業の熟練技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○ 船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法の開発	①ものづくりの技能講習の開発
		②機関室周りの機器配置・配管設計支援ツールの開発
	○ 技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究	③船尾流場を考慮した最適船尾形状決定手法の開発
		④保船作業の省力化に資する材料の開発
		⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑥船舶設計作業の省力化に資する CFD を用いた船型開発システムの開発
		⑦真空含浸成形法による FRP 船建造に係る基盤技術の開発

**研究課題** ⑥船舶設計作業の省力化に資する CFD を用いた船型開発システムの開発

**技術現状**

- 船の船型開発や省エネ技術の開発においては、従来、水槽試験を実施。しかしながら、同試験には大規模な水槽が必要なこと、1つの船型開発を行うために複数の模型船の製作が必要であり、多くのコスト及び時間を要している状況
- このため、CFD (数値流体力学) も併用されているが、CFD についても、計算時間の短縮、解析精度等の更なる改良が求められているところ。

**成果目標**

- CFD 計算手法及び格子生成手法について
  - ・ 推進性能評価及び操縦性能評価などの機能を強化するとともに、ロバスト性と計算効率を改良する。
  - ・ 実用船型を容易に扱うための機能強化を行う。
  - ・ これらにより、CFD 手法の実用性を向上させる。
- また、複雑な流体现象を解析するために、
  - ・ 船体まわりの大きな剥離を伴う流れの解析
  - ・ キャビテーションや砕波のような水と気体の多相流の解析
  - ・ これらの解析を可能にする数値モデリング技術を開発する。

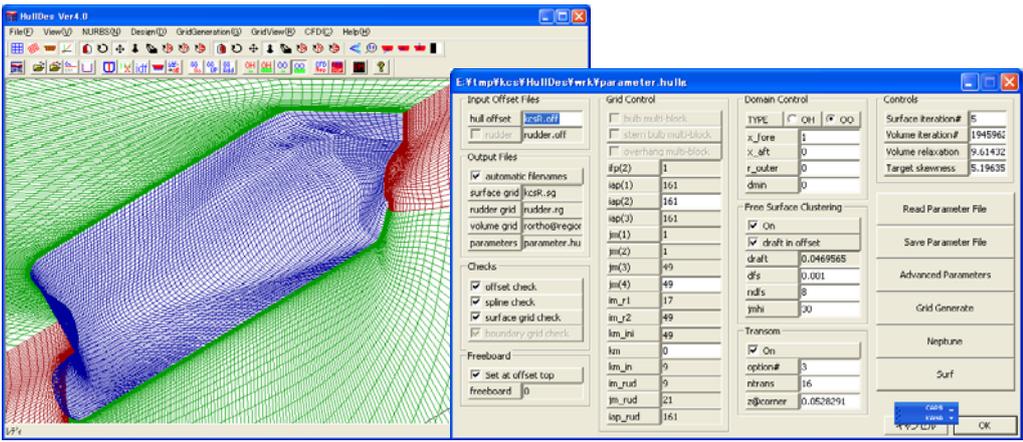
**研究経過**

- 年度計画に加え、次を実施
- 使いやすく、安定的で、精度が高く計算時間の短い CFD を開発

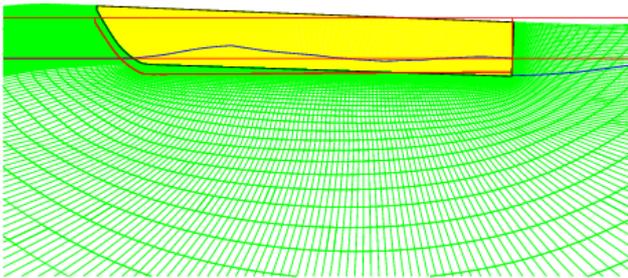
**研究成果**

- 流れ計算のパラメータ設定を自動化するとともに、格子生成ソフト、流体解析ソフト (構造格子対応及び非構造格子対応) を統合し、一括して取り扱えるようにすることにより、操作方法の大幅な簡略化・効率化を図った。
- 従来困難であった肥大船の波崩れなどについて、安定的計算を可能とした。
- 計算の並列化を進め、計算時間を 1/4 以下 (8 時間から 2 時間弱) とした。
- 現在、19 事業所で使用中

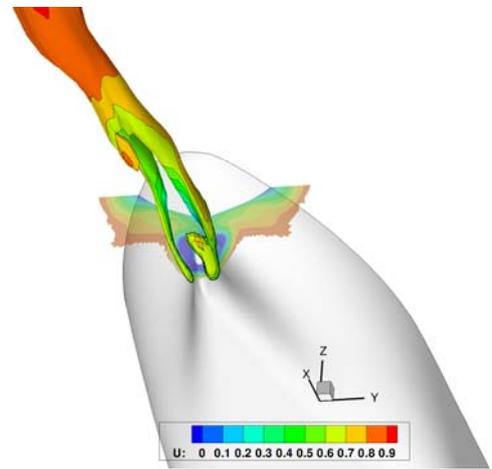
参考図



HullDes による自動格子生成 (ワンクリック CFD)



姿勢変化を考慮した CFD 計算 (SURF)



肥大船後方の剥離流場 (DES)

**課題名** ⑬-2 船舶産業の熟練した技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究  
**研究期間** 平成 18 年度～平成 22 年度

**政策課題**

- 船舶産業の熟練した技能を有する作業員の減少が、今後の予想
- 急速な人材減少が進む中、個々の作業員に蓄積される暗黙知(熟練技能)の高度形式知化による技能伝承、生産現場の作業性の向上等の生産技術の基盤維持・強化が求められている。
- このため、船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法及びこれを応用した新しい生産システムの基盤技術の開発が必要

中期目標	中期計画	研究課題
○ 船舶産業の熟練技能を有する作業員減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究	○ 船舶産業におけるものづくり技術を科学的に解明した技能伝承手法の開発	①ものづくりの技能講習の開発
		②機関室周りの機器配置・配管設計支援ツールの開発
	○ 技能伝承手法を応用した新しい生産システムの基盤技術の開発のための研究	③船尾流場を考慮した最適船尾形状決定手法の開発
		④保船作業の省力化に資する材料の開発
		⑤塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑥船舶設計作業の省力化に資する CFD を用いた船型開発システムの開発
		⑦真空含浸成形法による FRP 船建造に係る基盤技術の開発

**研究課題** ⑦真空含浸成形法によるFRP船建造に係る基盤技術の開発

**技術現状**

- FRP 船の建造については、作業環境の問題（揮発性有機溶剤使用による臭気）や熟練作業員不足の問題等が存在
- このため、上記問題を改善するための FRP 船建造に係る基盤技術の開発が必要

**成果目標**

- 真空含浸成形法による厚物成形、複雑形状部位の成形等の要素技術を習得
- また、バギングシステム（真空を維持するシステム）等の改良を経て、実用船の一体成形技術を習得。併せて、二次接着性の改善に取り組む。

**研究経過**

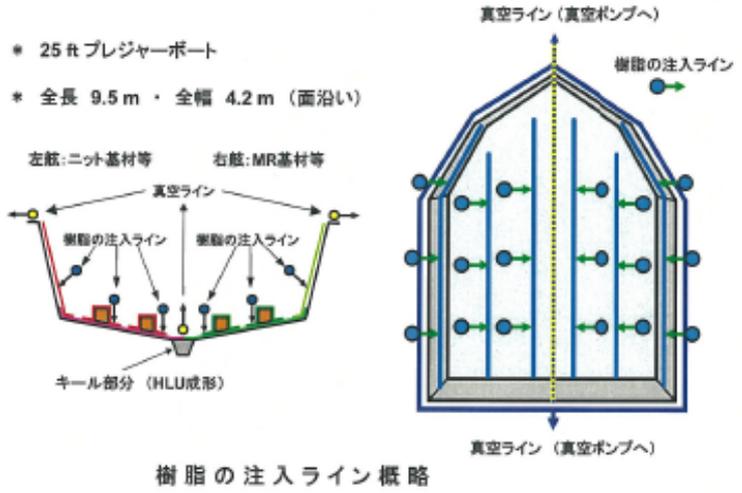
- 年度計画に加え、次を実施
- 真空含浸成形法による大型 FRP 船（25ft プレジャーボート）建造に係る基盤技術を開発

**研究成果**

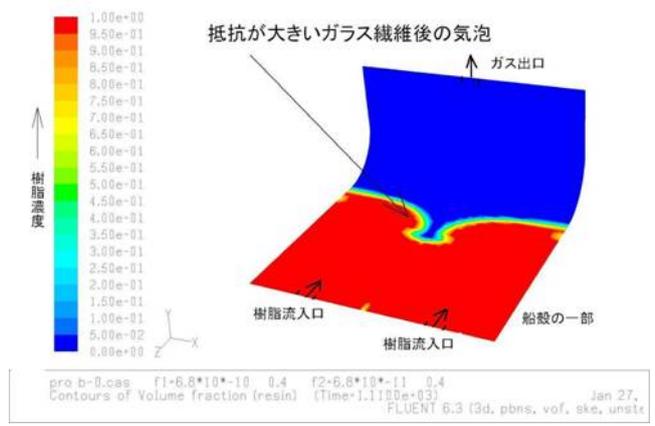
- 大型 FRP 船（25ft プレジャーボート）について、真空含浸成形法による成形時の樹脂流動を予測するため簡易船型モデルによるシミュレーション解析を実施し流動阻害要因を特定し、円滑な流動が行えるようコア材の加工等に反映させ実際に試作し、従来法によるものと同等の仕上がりを有するハル（船殻）を製作
- 本成形法では、真空技術を利用し成形を行うため、従来熟練技能が必要であった樹脂厚さの均一性の確保や樹脂中の気泡が残らない成形が容易
- 成形時に外気との接触はないため、スチレン等の臭気はほとんどなく、作業環境面でも優れた工法であることを確認

参考図

ハルの試作



真空含浸成形実験



樹脂流動解析例