

**平成 22 年度 第 1 回 海上技術安全研究所評価委員会
報告書**

平成 21 年度 年度評価

平成 22 年 6 月 15 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 21 年度 年度評価	3
(1) 海上輸送の安全の確保	5
(2) 海洋環境の保全	11
(3) 海洋の開発	17
(4) 海上輸送の高度化	21
参考資料 平成 21 年度業務実績報告書	
(1) 海上輸送の安全の確保	25
(2) 海洋環境の保全	53
(3) 海洋の開発	75
(4) 海上輸送の高度化	91

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 定量評価(5段階) □課題の妥当性 →政策課題 □成果目標の妥当性 →output(研究成果)	内部評価 定量評価(5段階) □課題の妥当性 →政策課題 □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) □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
	終了評価 大綱的指針に準ずる評価	内部評価 外部評価 定量評価(5段階) □成果目標の達成度 →output(研究成果) →outcome(社会効果)	内部評価 外部評価意見聴取 定量評価(5段階) □成果目標の達成度 →output(研究成果(F/S))	内部評価 外部評価意見聴取 定性評価(コメント) □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) □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) □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) □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) □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) □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 22 年 6 月 15 日(火)

(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 海洋システム工学分野 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 熱機関工学研究室 教授
委員	原 寿	社団法人 日本造船工業会 技術委員会 委員長 (三菱重工業株式会社 船舶・海洋事業 本部長)
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 副委員長 (株式会社商船三井 常務執行役員)

(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 21 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 : SS

海洋環境の保全 : SS

海洋の開発 : S

海上輸送の高度化 : S

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 21 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

評価者	海技研評価委員会	日付	平成22年 6月15日
評価対象年度	平成21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】	■SS	□S	□A	□B	□C
評価ポイント	<p>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)</p> <p>◆GBS 確立(安全性、構造強度)という新たなゴールに必要な要素技術について着実な検討の結果年度計画以上の成果が見られる。事故原因分析では、個別の事例に関しては大学等でも実施しているが、データベース作成も含めて総合的な取り扱いは海技研以外に社会の要請に応えられる機関は無い。その観点から2件の特許取得、世界最大の実海域再現水槽の完成を含む再現技術の開発、解析技術の高度化および開発した操船リスクシミュレータの活用は、大いに評価できるものである。構造強度の体系化の一環として従来不十分であった計算法のうち捩じり曲げといった弾性応答への拡張とその実験的評価を可能にする新形式バックボーンモデル(開発済)も大いに評価できる。不法行為に対する船舶の脆弱性の評価も困難な課題であるが社会的要請に応えるべく検討をしており、その成果は評価できる。以上「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。</p> <p>◆各研究課題についてそれぞれの研究目標を達成している。油流出事故のALARP領域を定式化しIMOに提案するなど、当初の研究目標以上の有益で明確な成果を得ている。</p> <p>◆船舶事故の原因分析が一元的に実施できる体制を整え、実際に活用していることは高く評価できる。GBSに対応した研究成果を出し、IMO活動にも貢献していることは高く評価できる。</p> <p>◆全体として、達成されていると認められる。IMOなど、国際機関に積極的に提案を行っていることは高く評価される。実験水槽内に所要の異常波浪を再現する造波技術を開発・実証していることは高く評価される。不規則波中の波浪荷重・構造強度一貫解析プログラムを開発していることは高く評価される。波浪中における船体の曲げ捩じりを精度よく計測できる模型製作手法を開発しているところは高く評価される。「海難事故解析センター」の高い能力が認知されつつあることは、高く評価される。</p> <p>◆海技研でこそ可能なハイレベルな研究テーマが進行中であると高く評価できる。</p> <p>◆リスクベースの安全性評価については、本研究によって分野によっては船舶に対する、リスクベースのアプローチの可能性を強く示唆するものとする。今後は本アプローチがどのくらいの範囲適用可能か探っていくて欲しい。実海域再現水槽の完成は異常波浪下での船舶の事故原因推定の為に大いに貢献する事が期待される。本水槽も含め特に事故原因分析手法などはタイミングを捉えてもっと一般にアピールすべきと考える。腐食の進展に関する経年劣化が強度に与える影響を定量的に捉える研究はその成果が大いに期待される。その研究の途に着き成果を出している事は評価できる。GBSの規則に関して、その基礎となる種々データ・理論の研究は地味であるが将来に向けて継続的に取り組む必要あり、着実に成果を挙げている。GBSの対象となっていないコンテナ船に関しては、その大型化に伴い船級でのルール化の前提となる事象の数値化などに関する研究は必要不可欠であり着実に成果を挙げている。テロの脅威に関する研究は今後更に周囲よりその必要性が高まると考えられ、継続的な研究が期待される。</p>				
特記事項	◆世界的に見ても今まで存在しなかった規模・内容でかつ異常波浪再現も可能な実海域再				

	<p>現水槽は、その企画・工事施行・オペレーションシステム開発等を考えると膨大な作業量であるにも拘わらず、他課題の傍らそれらをこなし、しかも所定の性能を確認したことは特筆に価する。今後はこの新機軸最新鋭設備を駆使して、更に安心安全な海洋施策・イノベーションなど社会のニーズに大いに応えられる成果が期待される。</p> <p>◆実海域再現水槽と操船リスクシミュレータを統合した海難事故分析技術は、今後の海難事故の検討において極めて有効と評価できる。</p> <p>◆新設された実海域再現水槽を有効活用して、これまで解明されていなかった衝撃荷重の発生メカニズムおよび荷重の大きさなど強非線形現象の研究の進展を期待する。</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。

事務局とりまとめ欄

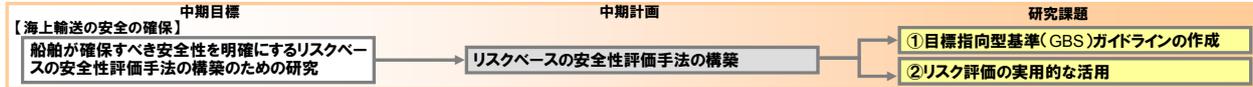
総合評価	各評価委員評点	
SS	SS: 7 人 S : 1 人 A : 0 人 B : 0 人 C : 0 人	



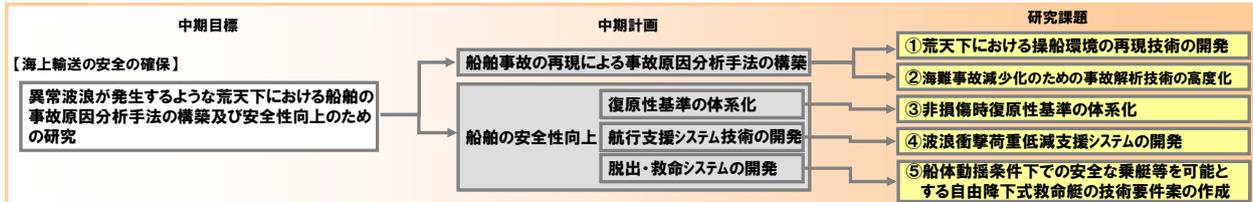
2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題

【海上輸送の安全の確保】

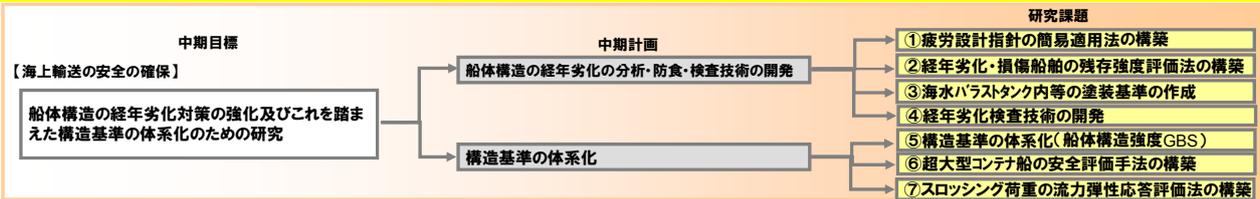
① 船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究



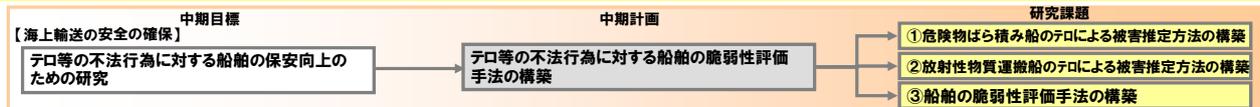
② 異常波浪が発生するような荒天下における船舶の事故原因分析手法の構築及び安全性向上のための研究



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



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】 年度計画を超える顕著な業績実績
迅速かつ的確な事故原因解析の実施

中期目標	中期計画	年度計画
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	□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海難事故減少化のための事故解析技術の高度化 実施事項○迅速かつ的確な事故原因解析の実施

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

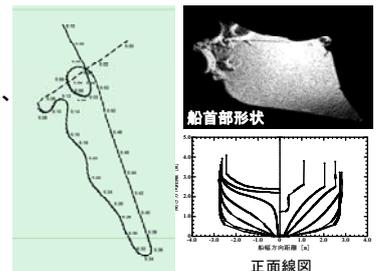
- ✓操船リスクシミュレータ(H20年3月完成)による、海難事故シナリオの忠実な再現並びに操船者の行動分析及び整理データの収集。
- ✓海難事故解析センター設立(H20年9月設立)による、事故情報の収集に係る対応窓口の一本化、事故原因解析における各研究系の連携。

成果目標

- 操船リスクシミュレータにより海難事故シナリオを忠実に再現
- 対応窓口の一本化による、専門的知見に基づく迅速かつ正確な情報を提供
- 各研究系の連携による、迅速かつ的確な、事故原因の分析調査、再発防止策の立案等への支援等
- 安全啓蒙活動への貢献

年度実績

- 事故原因解析手法として、①AISデータから事故船舶航跡図を自動作成、②設計図や写真等から灯火や上部構造物を含む3次元船体形状を再現、③狭隘環境条件下での三次元レーザースキャナによる船型形状計測法、④転覆実験手法の高度化、⑤VDRの音声分析による船橋内の状況再現、⑥得られたデータに基づき操船リスクシミュレータにより臨場感のある事故再現、など海技研の解析ノウハウを高度化し総合的な事故解析システムを構築。多種多様な事故の迅速かつ精緻な解析を実現。例えば、
- 被衝突船が瞬時に沈没し事故状況が不明とされた夜間衝突事故について、①により、事故時の航跡図を迅速に作成するとともに、⑥の操船リスクシミュレータにより臨場感をもった事故再現に成功。
- フェリーの船体大傾斜事故について、事故時の航跡図を作成するとともに、事故時の復原性や荷崩れの状況を解析し、大傾斜に至ったメカニズムを究明。
- 海技研が開発した③の手法により、転覆事故船舶の復原性能推定に要する時間を飛躍的に短縮(2日→2時間)し精度向上も実現。
- 運輸安全委員会から高い解析能力が認められ現場調査にも同行するなど、迅速かつ的確な事故原因の解明に大きく貢献。



AISから作成した航跡図

三次元形状計測システムによる船体形状計測



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】 年度計画を超える顕著な業務実績
超大型コンテナ船の安全評価手法の構築

中期目標	中期計画	年度計画
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	□構造基準の体系化	研究課題⑥超大型コンテナ船の安全評価手法の構築 実施事項○不規則波中船体運動-波浪荷重評価法の確立 ○パラメトリック横揺長期予測法の確立

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、(船級による)船体構造強度基準のための基準 (Goal-Based Standard; GBS) を策定中(現行の国際条約には体系化された基準がない)。
- このGBSは、最終安全目標を掲げた目標指向型の基準である。このため、概念論だけが先行しないように、技術的裏付けに基づく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、情緒的かつ不合理な基準策定が行われないよう、技術的裏付けにもとづく構造基準の体系化が必要。

技術現状

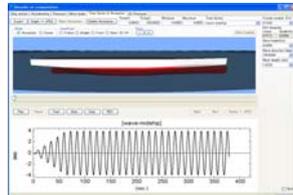
- ✓ 世界的規模で海上輸送量が増大する中、超大型コンテナ船(10,000TEU~12,000TEUクラス)が設計、建造段階
- ✓ 作用外力の増大に伴い、新しい構造設計の開発や高強度極厚鋼板の実用化などが不可欠
- ✓ 向波中でのパラメトリック横揺れの大きさや発生確率を定量的に評価する手法が不可欠

成果目標

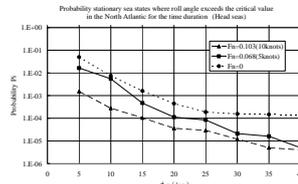
- 構造安全性確保の観点から、解決すべき課題について総合的な検討を行い、大型コンテナ船の合理的な技術要件を策定

年度実績

- 前年度に開発した不規則波中船体運動-波浪荷重評価プログラムに、実波浪状態における荷重状態をより精緻に評価すべく改良を加え、従来の6自由度剛体運動及び縦曲げ振動に加えて、評価対象を拡張し(斜波中における水平曲げ振動、振り振動)、振りについては、曲げ振りの連成成分も含めた評価を可能にした。また、当該プログラムを構造強度解析プログラムと連携させ、不規則波中の波浪荷重-構造強度一貫解析プログラムのプロトタイプを構築。このような曲げ振りの連成成分をも評価し、不規則波中の波浪荷重を直接の入力として構造強度を一貫して解析できるプログラムはこれまでに例はなく、造船所等から注目されているところ。
- さらに、波浪中の曲げ振りの連成荷重を精緻に計測できる新形式のバックボーンモデルを世界で初めて開発した(特許申請準備中)。現在、当該モデルによる水槽試験結果により上記プログラムの有効性を確認しているところ。加えて、入力した船型データの3D表示や計算結果のグラフ表示が可能となるようGUIを整備。
- 当該プログラムは、斜波、横波などの波向きを考慮した船体運動のシミュレーションにも活用が可能なことから、現在、IMOにおいて議論されている新世代非損傷時復原性要件のうちの重要な事象の一つであるパラメトリック横揺れ(波浪中大振幅横揺れ)の評価手法として当該プログラムを応用した横揺角長期予測法を開発。
- この横揺角長期予測法は、我が国からIMOに提案され、パラメトリック横揺れを個船毎に直接評価する手法の一つとして認知されたところ、今後策定される具体的な評価基準の中に我が国提案の方法として組み込まれる見込み。



波浪荷重評価プログラムによる大型コンテナ船の波浪中における船体表面圧力分布を表示するGUI



北大西洋の1年間の海象においてパラメトリック横揺れにより発生する横揺角が閾値(phi_c)を超過する確率(IMO/SLF52/INF.31に記載)



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】 年度計画を超える業務実績

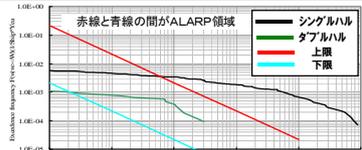
□ 船舶が確保すべき安全性を明確にするリスクベースの安全性評価手法の構築のための研究

研究概要

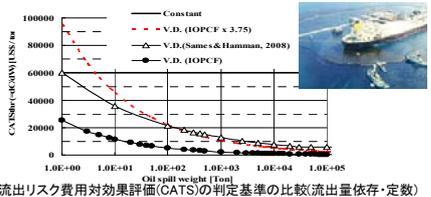
- 船舶の安全基準を合理的かつ効率的に策定するため、安全対策によるリスク減少を定量的に評価する手法(リスクベースの安全性評価手法)の導入が国際的に検討されています。
- 本研究では、リスク評価手法を取り入れた目標指向型基準 (GBS) をすべての基準に適用することを目的とした包括的国際ガイドライン(安全基準で既に利用されているFSAガイドラインの油流出事故防止対策等の環境基準への適用拡張等)、規則改正の費用対効果、新技術適用による安全性への影響等のリスク評価の実用的な活用を行っています。

年度実績~FSA評価の実用的な活用

- 安全分野のALARP領域(リスク許容範囲)理論を油流出事故に適用。タンカーのリスクについて、海難データ等に基づき社会的重要性のみならず事故による環境被害をも考慮した解析を行い、油流出事故のALARP領域を初めて定式化し、IMOに提案。ダブルバルタンカーのリスクが許容範囲内であることを明確化。
- 油流出防止対策の費用対効果評価に安全率を追加した流出量依存方式の基準案を策定し、IMOに提案。これを基本とする旨IMOで合意。
- イナートガス装置の2万DWT未満のタンカーへの適用拡大の欧州提案に対し、流出量依存方式によるFSAに基づき同提案が妥当でないことを明確化し、IMOに提案。各国の理解を得て小型タンカーの過剰規制の排除に貢献。



タンカー油流出事故の頻度・被害のダイアグラムとALARP領域



油流出リスク費用対効果評価(CATS)の判定基準の比較(流出量依存・定数)

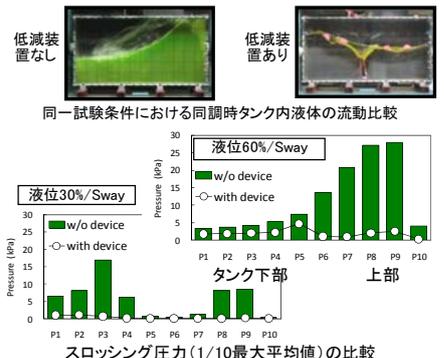
□ スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

研究概要

- LNG船の大型化や洋上LNG生産プラントの開発に伴い、タンク内スロッシング荷重を精度良く評価することが求められている。また、発生するスロッシング荷重そのものを低減させることができれば、LNG船やケミカルタンカー等の液体貨物運搬船の安全性の向上、並びに船体構造の軽量化に資することができる。
- 本研究では、膜材によるスロッシング荷重の低減効果検証のため、タンク模型を用いたスロッシング実験を行う。さらに、スロッシング影響を設計段階で評価できる流力弾性応答評価手法の検討を行う。

年度実績~

- 膜材によるスロッシング低減効果検証
□ 本年度は二次元タンク模型を用いたスロッシング試験を行い、当所で開発した新形式スロッシング防止膜材による荷重の低減効果を検証。タンク内液量に依らず大幅にスロッシング荷重低減の効果を確認。
- 従来問題であった高液面時、タンク肩部に発生する非常に大きなスロッシング衝撃圧に対してもスロッシング防止膜材が有効に機能することを確認。衝撃荷重は1/10程度に減少。
- さらに側壁の弾性影響も含めた3次元衝撃数値計算(有限要素法の拡張)によりスロッシング荷重評価を実施。
- 次年度以降、大型LNGタンク模型を用い、液体流動の三次元影響(渦巻き現象、斜め液面運動)に対する効果検証や流力弾性応答評価法の検討を行う。



スロッシング圧力(1/10最大平均値)の比較

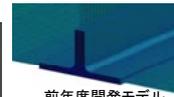
□ 船体構造の経年劣化対策の強化及びこれを踏まえた構造基準の体系化のための研究

研究概要

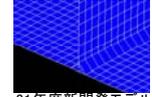
- 船体構造の経年劣化に起因する事故が頻発したことを受け、IMOでは船体構造強度基準の見直しを行っております。この中で、防撓構造の隅肉溶接脚長については腐食予備厚を含め議論されていますが、従来の解析法(shell)では、隅肉溶接部を表現できず、防撓構造の耐力を一律に安全側に評価していました。
- 本研究では、塗装施工・腐食などの経年劣化対策も含んだ船舶のライフサイクルを踏まえた合理的な構造基準が策定されるよう、新たな経年劣化現象の解明と対策技術の研究を行っています。この中で、隅肉溶接部の腐食・疲労強度評価の手法を研究しています。

年度実績～隅肉溶接部の腐食・疲労強度評価

- 前年度は、隅肉溶接部の腐食・疲労等を考慮し連続防撓板の強度を評価するため、**当衰耗影響を精度よく評価できるモデル**を開発。
- 一方、本モデルを別途開発中の最終強度解析法(逐次崩壊解析法)に組み込み、船体桁の最終強度解析を行う場合、連続防撓板の強度解析では、隅肉溶接寸法に加え、防撓板のハネ部及び防撓材の初期撓み、溶接残留応力など最終強度に与える様々な影響を考慮するため、**解析時間に課題が残った。**
- このため、本年度は、**一定の精度を保ちつつ計算時間を短縮可能な新モデル(shell要素隅肉溶接モデル)**を開発。
- 当モデルを用いた連続防撓板の最終強度解析では、解析時間を前年度モデルの**1/50に短縮し**、前年度モデルと同程度の**精度を維持**できており、**衰耗影響を評価する実用的なモデル**として有効。

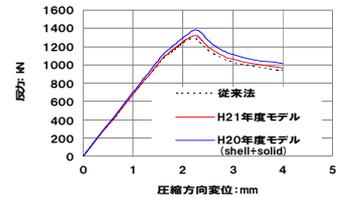


前年度開発モデル (shell-solid-couplingモデル)



21年度新開発モデル (shell要素隅肉溶接モデル)

隅肉溶接寸法を考慮可能なFEモデル



連続防撓板最終強度解析結果 (防撓板試験体C-09)

年度評価シート

評価者	海技研評価委員会	日付	平成22年 6月15日
評価対象年度	平成21年度		
研究分野	海洋環境の保全 ⑤船舶からの二酸化炭素(CO ₂)の排出による地球温暖化の防止に資する研究 ⑤-1 CO ₂ 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CO ₂ の排出量算定手法の構築のための研究 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 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】	■SS	□S	□A	□B	□C
評価ポイント	<p>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)</p> <p>◆地球温暖化防止に資するCO₂・温暖化ガス・粒子状物質(PM)低減研究は、現在社会的ニーズが最も高いものでありイノベーションが求められるが、海技研は本課題に果敢に取り組んでおり、成果は特許13件、論文紹介文115件、開発プログラム15件といったエビデンスに如実に現れている。「年度計画記載事項」を達成したうえで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。</p> <p>◆各研究課題についてそれぞれの研究目標を達成している。GHG排出指標EEDIの算出ガイドライン案の作成およびその国際合意に貢献するなど、当初の研究目標以上の有益で明確な成果を得ている。</p> <p>◆船舶設計時において、CO₂排出量を簡便に推定する方法を確立した点は評価できるが、これが造船所の技術力格差の顕在化に寄与できるのかには疑問が残る。種々の船舶CO₂削減技術の開発に取り組む姿勢は評価できる。</p> <p>◆全体として、達成したと認められる。波浪中の船速低下量を精度よく推定可能な実用的計算法を開発したことは高く評価される。空気潤滑による摩擦抵抗低減の実用化に向けての取り組みは、インパクトも大きく、非常に高く評価される。</p> <p>◆本研究分野は海技研でやるべき事と民間でやるべき事の線引きがやや困難と考える。但し、昨今海事関連の民間企業に研究開発に対する活力不足も否めず、民間での研究を加速させる役割も考えるとある程度の具体的製品に直結する研究も海技研で必要不可欠かも知れぬ。この認識の下、よく成果を挙げたと考える。この中でも、海技研に大きく期待される研究分野は海の10モードの普及である。今後は海外の諸団体とも連携して普及が進む事を期待する。船底塗料に関しては、製品そのものよりも民間で開発された製品の粘性抵抗低減を定量的に把握する手法の確立が期待される。</p>				
特記事項	<p>◆特に再配船や航海計画最適化による航海支援システムの開発、採算性が期待される2軸幅広船の評価可能化、海の10モードの評価高度化および空気潤滑・摩擦抵抗低減塗料の基礎技術開発・PMの計測・評価・船底付着生物制御といった新技術開発は高く評価できる。</p> <p>◆研究成果として得られたCO₂排出量算定手法は、船舶の環境影響の定量的評価法として有効であり、船舶性能の差別化など我が国産業界への貢献が期待できる。</p> <p>◆CO₂排出の削減は、機関の性能向上が本命であろうから、そのための研究にさらに傾注すべきと考えられる。</p> <p>◆個々の要素技術を組み合わせて、船舶全体の性能を総合的に評価できる形に取り纏めた取り組みは評価できる。有効な省エネ技術として注目を集めている空気潤滑法について、先行して取り組み具体的な成果を得ている。</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。

事務局とりまとめ欄

総合評価 SS	各評価委員評点 SS: 6 人 S : 2 人 A : 0 人 B : 0 人 C : 0 人	
-----------------------	--	--

参考添付：評価資料(抜粋)

重点：環境(課題)

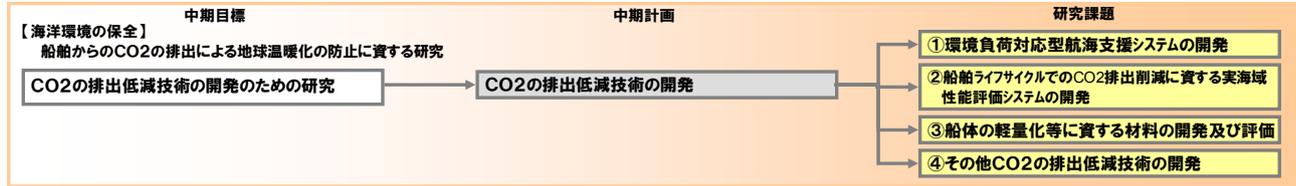


2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題

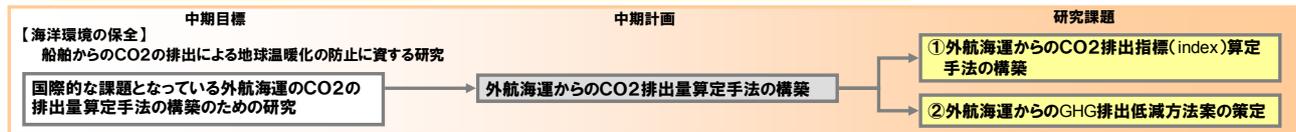
【海洋環境の保全】

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

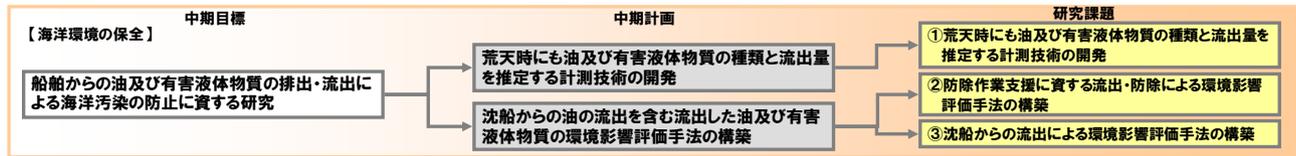
船舶からのCO2の排出低減技術の開発のための研究



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

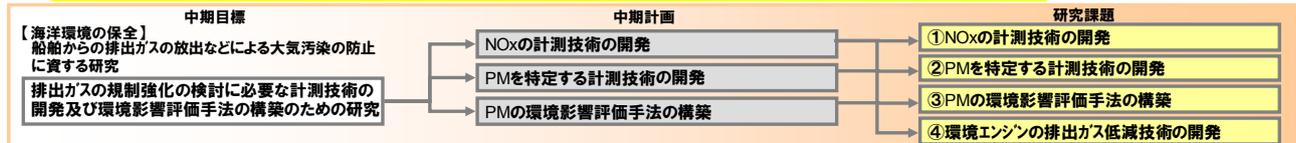


2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題

【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

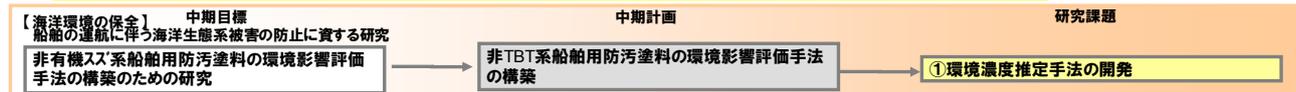


船舶塗装からの揮発性有機溶剤の排出低減技術の開発のための研究

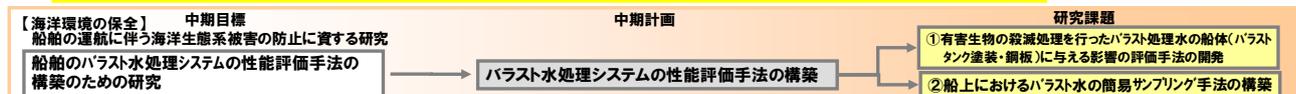


⑧ 船舶の運航に伴う海洋生態系被害の防止に資する研究

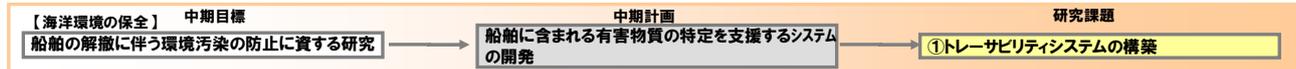
非有機スズ系船舶用防汚塗料の環境影響評価手法の構築のための研究



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 船舶の解撤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】 年度計画を超える顕著な業務実績
CO2の排出低減技術の開発(実海域性能評価システムの開発(海の10モード等))

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747マイルでの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でのCO2排出削減技術の開発

技術現状

- ✓ CO2低減の個々の要素技術は存在するも、当該技術を組み合わせた船舶全体の性能を総合的に評価する指標が存在せず。
- ✓ 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。特に波浪中の抵抗増加の高精度な評価は、非常に困難。

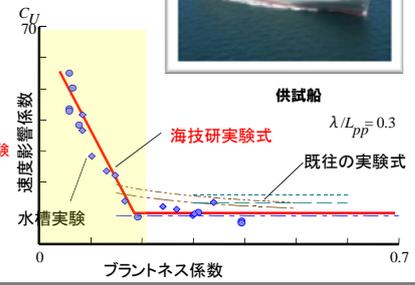
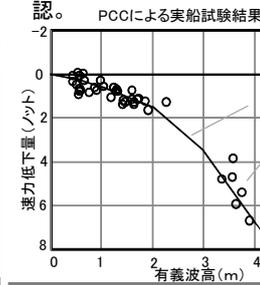
成果目標

- 実運航時の性能指標及び性能評価システムの開発
- 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。

年度実績

- 外航船の実海域性能の算定にあたって、遭遇する波の波長(λ)が船長(L)に比べ短いため、短波長域で波浪中抵抗増加(特に、反射波影響による抵抗増加成分(反射波成分))の精度の高い算定が必要であるが、これまで、実用的な計算法はなし。そこで、速度影響係数(C_U)をパラメータとする反射波成分の半実験式をもとに、今回の研究で明らかになった C_U とプラントネス係数(B_r ; 小さいほど瘠せた船)の関係(「 C_U の海技研実験式」と波浪中試験から算定される C_U をもとに、精度の高い実用的手法を考案(海技研の独自の方法)。また、水槽試験を行うことにより、計算では評価が難しい斧型船首等の水線上形状の改良効果等を取り入れることも可能。PCC、タンカー、バルクキャリア、コンテナ船等を用いた実船試験(計6隻)により、本計算法が高い精度を有することを確認。

- 回流水槽で船型開発が行われる内航船に対しては、 C_U と B_r の実験式から直接求めることができるように改良。波浪中試験を行った場合との比較を行い0.1ノット程度の差に収まることを確認。



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】 年度計画を超える業務実績

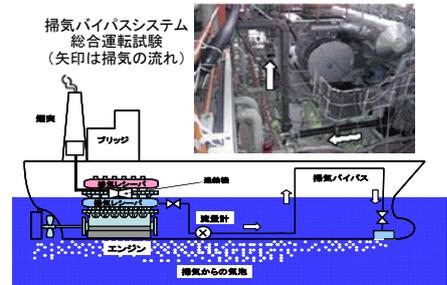
□ CO2の排出削減技術の開発のための研究

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、船舶の抵抗成分の約80%を占める摩擦抵抗を低減するため、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

- 空気潤滑実用化第1号となる小型内航船に対し、シーチェスト等に対する気泡流対策等の実運用時の課題解決に技術的支援。実船計測により、バラスト状態で約3%、満載状態で約1%の省エネ効果(引き続きデータ計測中)。
- 喫水が深い大型船に対し、空気吹き出し方式、吹き出し位置、空気供給方法等に関する設計ツール開発とともに、世界初となる掃気パイパスガス制御システムを開発。制御システムは、燃費悪化等を防ぐため、エンジンに対する掃気パイパス量および掃気圧を適性範囲になるように制御するものであり、大型低速エンジンの陸上試験により有効性を確認。配管系の試設計による管路損失やブロー性能等の検討を行い、実用化に目処。



掃気パイパスシステムの概念図

過給機により圧縮された吸気(掃気)ガスをパイパスガスとして直接船底に吹き込むことでブロー動力の節約を図る方法

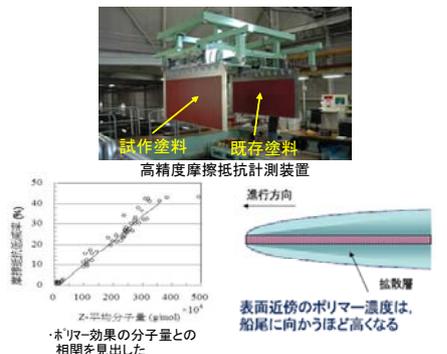
□ CO2の排出削減技術の開発のための研究

研究概要

- ▶ 京都議定書の発効により、CO2排出低減については2008年-2012年の間に基準年比6%削減が求められる中、全体の約2割を占める運輸部門からの排出削減も強く求められています。
- ▶ 本研究では、船舶からのCO2排出低減を目的として、船舶の抵抗成分の約80%を占める摩擦抵抗を低減するため、従来から知られているトムズ効果(ポリマーを添加することにより流体の摩擦抵抗が著しく低減する現象)を利用した船舶用摩擦抵抗低減塗料の開発に関する研究を行っています。

年度実績～摩擦抵抗低減塗料の研究開発

- 摩擦抵抗の低減効果を実証するためには、抵抗低減効果を正確に測定できる装置が必要。このため、試作塗料を塗布した2m平板にかかる抵抗値の差を正確に測定できる装置(0.5%以下の誤差で摩擦抵抗を測定)として、高精度摩擦抵抗計測装置を開発。
- 塗膜表面からポリマーが溶出することによる摩擦抵抗低減効果が最も効果的な塗料を選定するため、ポリマー種、含有量及びベース樹脂などを系統的に変えて塗料を試作。
- 当該装置を用いて試験を実施した結果、この方式の塗料の有効性が確認できる実測値が得られた。ポリマー濃度が船尾に向かうほど増大(抵抗低減効果は船長の増大に伴い増加)することを考慮すると実船では更に大きな効果が期待。今後実用化のための研究を継続。



表面近傍のポリマー濃度は、船尾に向かうほど高くなる

年度評価シート

評価者	海技研評価委員会	日付	平成22年 6月15日
評価対象年度	平成21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	<p>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)</p> <p>◆海洋法・海洋基本計画が策定されたとは言え、わが国の海洋産業はまだ離陸できる状態では無い。一番の問題は海洋開発の現場を殆ど持たないことだと思うが、EEZには将来的に大きな可能性がある。従って、将来に備え技術を蓄えることが重要であり、こういった状況下で設定課題に対して比較的少ないマンパワーで特許5件、プログラム13件、論文29件発表の成果は評価に値する。</p> <p>◆各研究課題についてそれぞれの研究目標を着実に達成している。2 浮体動揺シミュレーションプログラムを開発するなど、当初の研究計画以上の成果を得ている。</p> <p>◆日本の海洋開発技術の開発が停滞している中で、着実に基礎研究を実施していることに敬意を表したい。大学と共に将来のクリーンエネルギーに関する基礎的研究を実施していることを大いに評価する。過去に行われていたメガフロート等の技術の用途開発等の研究も実施して欲しい。</p> <p>◆全体として、達成していると認められる。「調和設計プログラム」なるものの卓越性が明確でない。(「土木計画的な要素を海洋開発の分野に取り入れた画期的なもの」との事であるが。)潮流・海流発電のための固定ピッチ弾性タービンの発想は高く評価される。</p> <p>◆タイムリーなテーマに取り組み順調に進捗している点が評価できる。</p> <p>◆氷海/FLNGの安全性評価手法の確立は将来を見据えて是非とも必要と考えられ、継続的研究を期待する。本研究分野としては再生可能エネルギー、とりわけ洋上プラットフォームの安全規則確立に向け研究を加速させる必要があると考える。</p>				
特記事項	<p>◆今のところ殆ど現場を持たない我が国は、現場を有する国との連携も有効である。その観点から海底石油・ガスの開発現場を有するブラジルなどとの連携(特にライザー管の問題)が見られるのは大いに好ましいことである。これは海技研の他分野には見られないことであり特筆に値する。</p> <p>◆海洋の有効利用は我が国にとって極めて重要な政策課題である。今後も海上技術安全研究所が、我が国の海洋関連技術開発をリードして行くことが大いに期待される。</p> <p>◆海外石油メジャーに大きく水をあけられているといわれる「海洋の石油・天然ガスシステム」に関わる研究を、海技研が行うことの意義(中・長期的にどうしようとしているのか)が明確でないように思われる。我が国にこのような技術が必要なのだろうか。メタンハイドレートやマンガン団塊・コバルトリッチクラストなどの海底資源開発や波力発電等の海洋エネルギー利用にもっと傾注すべきと考える。</p> <p>◆2 浮体の連成シミュレーションについては、欧州の研究機関が先行して開発されているが、海技研において国産のシミュレーションプログラムとして完成させ、日本の海洋開発研究発展の下支えをお願いしたい。</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。

事務局とりまとめ欄

総合評価	各評価委員評点	
S	SS: 1 人 S : 7 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：

(特記事項 3 項コメントに関連し)

今期中期計画において実施している「石油・天然ガスシステム」に関する研究について、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)と締結した連携協力協定を通じ、JOGMECが実施する各種プロジェクトに参画して、我が国の石油・天然ガスに係る技術開発政策に貢献しています。

一方、海底資源開発や海洋エネルギー利用に関しては、現在実施している「外洋上プラットフォームの研究開発」(第3期科学技術基本計画の戦略重点科学技術)の中で、海底熱水鉱床開発用プラットフォームやメタンハイドレート試探掘り掘、浮体式洋上風力発電システムの研究開発を行っております。

参考添付：評価資料(抜粋)

重点：海洋(課題)

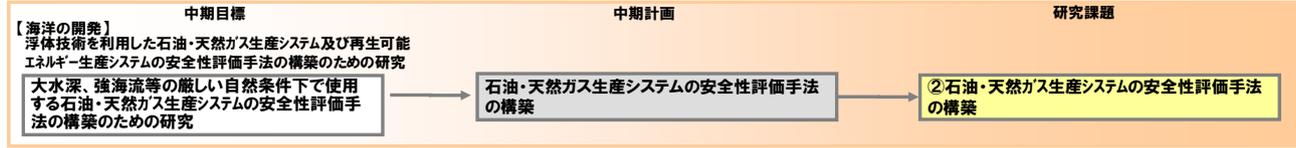


2. 政策課題解決のために重点的に取り組む研究開発課題

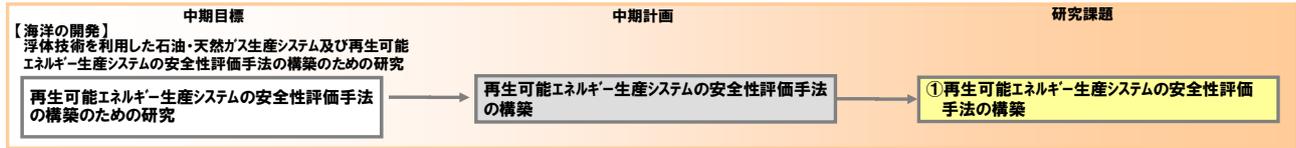
【海洋の開発】

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

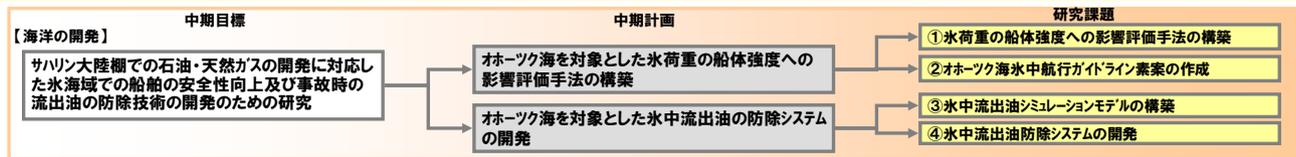
大水深、強海流等の厳しい自然条件下で使用する石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築のための研究



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 サハラ大陸棚での石油・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】 年度計画を超える顕著な業績実績

石油・天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築

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○天然ガス生産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2,500m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。
- 海洋ガス田の開発に向けた動きが加速。
- 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

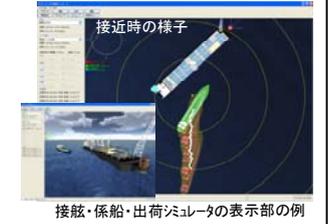
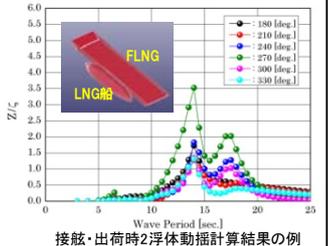
- ✓新コンセプトの生産システムの出現(モノコラム型浮体式生産・貯蔵・出荷システム(MPSO)等)。
- ✓生産用ライザーには固有の技術課題が存在(長期設置・強海流下での疲労影響等)。また、水深2,500m以深は世界的にも未経験。
- ✓まだ実現していないFLNG(LNG-FPSO)に関して、出荷システム、爆発等に対するトップサイドレイアウト等、FLNG事業化検討における重要課題が存在。

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天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築
- FLNGへの接触・係船の安全性評価手法の構築
- 爆発に対する安全性評価手法の構築
- FLNG用出荷ホースの安全性評価手法の構築
- フレキシブルライザーの安全性評価手法の構築

年度実績

- タンDEM方式の荷役が可能な石油FPSOに対し、FLNGはLNG用ローディングホースがないことから、LNG船をFLNGに**接触・横付け係船して出荷作業**を行わねばならず、風、波、潮流により**FLNGとLNG船が衝突**するおそれを生じたり、その防止のために、作業船支援やろく装置等による**LNG船の高度な位置保持**が必要となる等、荷役に伴う一連の作業時の安全性評価が重要課題の一つ。
- その評価ツールとして、風、波、潮流(複合荷重)がある中での**荷役に伴う一連の作業状況を再現できるシミュレータ**を世界に先駆けて開発中であり、これまで当該シミュレータの核となる、海技研独自の複合荷重下における**2浮体動揺シミュレーションプログラム**を開発。特に、横付け係船時に大きな影響を与える波漂流力計算に関しては、高次元境界要素法と直接表面圧力積分法を用い、かつ高速マトリクス演算手法を導入することにより、**精度向上及び高速化を実現**。水槽試験結果との比較により、本プログラムの有効性を確認。
- また、本プログラムの用い、本邦企業が検討中のFLNGに対し、複合荷重下における**出荷時稼働性評価**を行い、実用化に向けた技術支援を実施。同時に、計算結果の表示部を開発しており、これらを合わせシミュレータを完成させる予定。





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】年度計画を超える業務実績

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

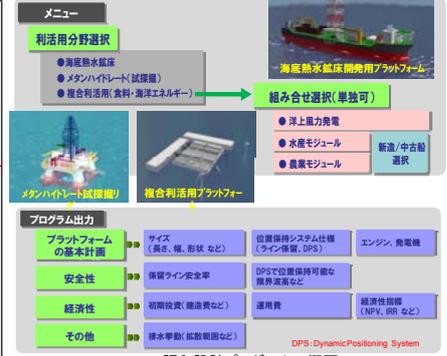
研究概要

- 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

我が国の排他的経済水域の7割をカバーできる外洋上プラットフォームの**設計支援システム**（調和設計プログラム）を開発。即ち、①**基本計画**（サイズ等）、②**位置保持システム計画**（水深5km、海流5ノットまで対応）、③**稼働性評価**（開放型減揺タンクによる稼働率向上評価（特許出願中））、④**船外排水挙動解析**、⑤**ライフサイクルコスト算定**までを、一連で行えるもの（本プログラムについても特許出願中）。

土木計画学的な要素を海洋開発の分野に取り入れた画期的なものであり、海洋開発の高いハードルとなっている**開発リスクを大きく低減させる効果**が期待。海洋関係者から本プログラムの使い勝手等の意見を聴取し、それを反映させることにより最終化。



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

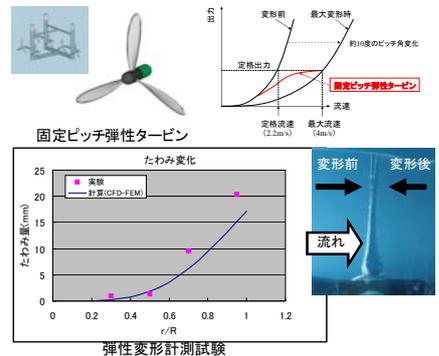
- 世界有数の海洋国家である我が国は、膨大かつ未活用の空間・海洋エネルギーが賦存する海洋空間を有し、海洋基本計画（平成20年3月閣議決定）においても、その高度利活用が求められており、また、地球環境問題に対応していくため、潮力・波力・風力等の自然エネルギーの有効な利用が期待されています。
- 本研究では、海洋空間の自然エネルギー利用とその安全確保を目的に、潮流・海流発電システムに係る設計技術及び安全性評価技術の開発に関する研究を行っています。

年度実績～潮流・海流発電システムの開発

東京大学と連携し、潮流・海流発電の計画・設計・コスト評価を行うシステムを開発中。

コアとなる発電タービンについて、流速に応じ翼を弾性変形させることで、油圧機構等なしにピッチ制御を行う**固定ピッチ弾性タービン**を考案し、その**最適設計手法**を開発。即ち、可変ピッチ機構タービンのように複雑な機構をもたないため、建造・保守費のコストダウンが可能。

同設計手法に基づき固定ピッチ弾性タービンを設計、その水槽試験を通じ**所要のタービン性能が得られることを確認**。あわせて、タービン性能と機器コスト・ターボを組み合わせた**コスト評価システム**を開発し、海外の実証プラントのデータと比較し有効性を検証。今後、これらの成果をもとに試設計を行う予定。



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】年度計画を超える業務実績

サハラ大陸棚での石油・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

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、オホーツク氷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、オホーツク氷海域における船舶の安全性の向上及び事故時の油流出による海洋汚染の防止を目的に、氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築及び氷中流出油防除システムの開発等に関する研究を行っています。

年度実績～氷中流出油回収装置

これまでの水槽試験結果、オホーツク海の氷サイズ（直径が10m以内が卓越）及び油の粘性係数等、NMRI-ORDICEコンセプトに基づく氷中流出油防除システムの性能算定に必要な基礎データ等を整備し、これをもとに、NMRI-ORDICEの概念設計を実施。

即ち、NMRI-ORDICEの実機での油の分離・回収に必要な気泡起因流は既存のエア・コンプレッサーを利用可能。また、油回収性能は、氷密接度により変化するものの、既存の油回収船による実績と比較し、ほぼ同等の性能であることを確認。



年度評価シート

評価者	海技研評価委員会	日付	平成22年 6月15日
評価対象年度	平成21年度		
研究分野	海上輸送の高度化 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 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	<p>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)</p> <p>◆人材減少対応の研究は重要ではあるが困難なものであるにも拘わらずイノベーションを実現し、特許3件、論文や発表など29件、プログラム開発3件の成果は評価できる。特に協調型航行支援システムや全方位センサーの開発だけでなく水中音響利用の試みは、将来的な水中船舶の航法・管制にも寄与するものであると言える。更に、燃料変更から生じた余スペースや余剰廃熱の再利用では、画期的なアイデアの創出があったほか工程管理者用の教材開発などの成果も評価できる。船型開発に資するCFDの高度化・多機能化、更にはHOPE(船型開発ツール)についても、適用可能範囲の拡大についての確認等着実な前進を遂げている。船用プロペラの保守管理性向上といった従来見逃していた観点からの検討も困難な課題ではあるが年度計画以上の成果を挙げている点は評価できる。</p> <p>◆各研究課題についてそれぞれの研究目標を着実に達成している。艤装工程管理者育成用映像教材を作成するなど、当初の計画以上の成果を得ている。</p> <p>◆それぞれの研究が特色を持っており、社会に大きな貢献の出来る成果を出している。船型要目最適化プログラムについては、ユーザーが9社あるという実績を上げているが、他の研究テーマについても実用化に向けた取り組みを実質化することが望まれる。</p> <p>◆新しい高性能の「海上監視システム」を開発したことは、高く評価される。「船型要目最適化プログラム」が広く民間に採用されつつあることは、高く評価される。</p> <p>◆現実的な問題に地道に取り組まれ、順調に進捗している点が評価できる。</p> <p>◆本研究分野は適切な課題設定、成果の評価が困難と考える。特に内航船に於いての“人間の目”を“機械”に置き換える事は安全性の面で実際上適切でない場合が多く、広く意見を取り入れなければ目的を達成困難と考える。</p>				
特記事項	<p>◆社会的ニーズに沿ったCFDの更なる高度化のためには民間運用が欠かせないが対応ロードは大なるものがある。海技研では研究機関としてのマンパワーでこれを実施しているのは大いに評価すべきであるがわが国の将来のためには専門の対応人材増が更に期待される。</p> <p>◆熟練船員、熟練技能者の技術伝承と作業支援のための海上技術安全研究所の取り組みは高く評価できる。</p> <p>◆前年度も指摘したことであるが、「海上輸送の高度化」という大項目と内容が一致しないものがあるように思える(たとえば、技能継承に関わる研究など)。種々の性質のかなり異なる研究を「海上輸送の高度化」の下に無理やり押し込んだ感じあり。「モーダルシフト」や「海陸の結節点におけるスムーズな物流」などが重要なテーマと考えるが、その方向へ向けた研究に傾注すべきと考える。</p> <p>◆熟練者の技術伝承は重要かつ緊急の課題である。非熟練作業者の技能をサポートするシステム開発を通じて技術伝承を支援して頂きたい。</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。

事務局とりまとめ欄

総合評価	各評価委員評点	
S	SS: 1 人 S : 7 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：

(特記事項 3 項コメントに関連し)

モーダルシフトを念頭に置いた物流最適化は、当所においても重要と考えるところであり、陸上・海上物流の一貫解析、評価ができるロジックについて研究(先導研等)を行っている次第です。また、H21 年度には、流通経済大学と物流研究に関して連携協定を締結するとともに、半年間、約 20 回に渡る物流研修(講師は、流通経済大学教授等)を実施し、海技研の研究ポテンシャル向上に努めている状況にあります。

これらの研究を加速させ、第 3 中期に繋げることで海上物流のエキスパートとして先導的役割を担う研究機関を目指しております。

参考添付：評価資料(抜粋)

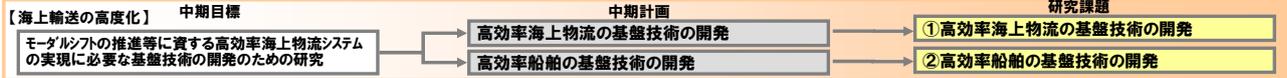
重点：高度化(課題)



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

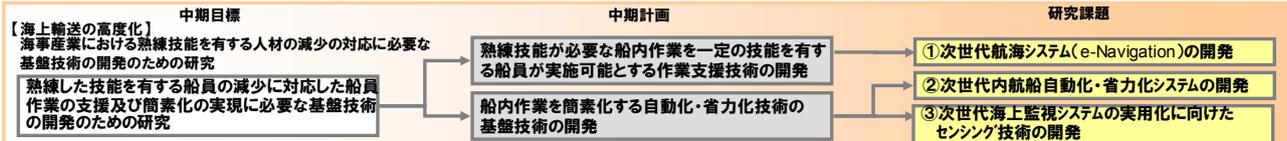
【海上輸送の高度化】

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

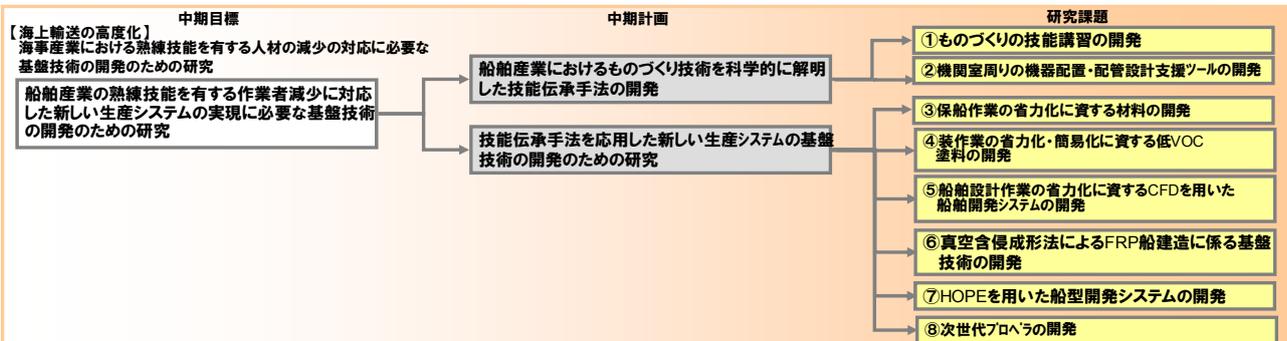


⑬ 海事産業における熟練技能を有する人材の減少の対応に必要な基盤技術の開発のための研究

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



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



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】 年度計画を超える顕著な業務実績

目視認識支援装置及び協調型航行支援システムの開発による航行支援技術の構築

中期目標	中期計画	年度計画
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	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	研究課題①新たな航海支援システムの開発 実施事項②目視認識支援装置及び協調型航行支援システムの開発による航行支援技術の構築

政策課題

- 少子高齢化により、近年、熟練した技術を有する船員の大幅な減少が急速に進展
- 上記問題は、特に内航海運分野において顕著となっており、従来、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・省力化技術の活用が必要。
- また、国際的にも、国際海事機関(IMO)において、情報通信技術の活用による航海に係る船内作業の情報化・ネットワーク化を通じ、航行安全性や利便性の向上に資する次世代航海支援システムに関する検討が行われている。

技術現状

- ✓ 機器単体での航海支援技術はある程度確立。
- ✓ しかしながら、個々の航海支援機器の有機的な結合等を行うことによる操船者への負担軽減と安全性向上を図るために有効なシステム開発は、十分に行われていない状況。

成果目標

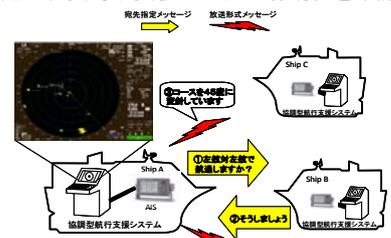
- ICT技術を利用して熟練技能を補完し、かつ安全性向上に資する次世代航海システムの開発

年度実績

- 幅員狭小海域などでの的確な周辺状況認識及び迅速かつ適切な避航判断には、熟練船員の経験に基づく優れた技能が不可欠であるが、最近の船員養成を取り巻く環境変化に対応して、**避航判断を補完し安全航行に寄与する新たな航海支援システムを開発。**
- ◇ 目視認識支援装置の開発
 - ・ レーダー・AISから見張りに必要な情報(見張り作業を省力化して特定)を自動取得し、ヘッドアップディスプレイ上で目視で見える船影と重畳表示することにより、見張り作業に必要な情報をレーダーなどを見ることなく容易かつ誤認識なく得ることが可能。
 - ・ 操船リスクシミュレータや実船試験により、**作業精度を維持しつつ情報取得時間を有意に短縮**(航海科学生→30%減、中堅船員→18%減)できることを確認。
- ◇ 協調型航行支援システムの開発
 - ・ 見合い関係となった相手船が外国船や船名が判然としない場合にも、**意思疎通を明確化し安全な避航操船などを可能とする新たな海上コミュニケーションツール**として、**協調型航行支援システムを開発し、実海域実験でシステムの有効性を確認。**



目視認識支援装置の実海域評価



協調型航行支援システム



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】年度計画を超える業務実績

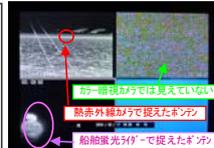
□ 熟練した技能を有する船員減少に対応した船員作業の支援及び簡素化の実現に必要な基盤技術の開発のための研究

研究概要

- ▶ 少子高齢化により、近年、熟練した技術を有する船員の大幅な減少が急速に進展。
- ▶ 上記問題は、特に内航海運分野において顕著となっており、従来、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・省力化技術の活用が必要。
- ▶ 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、目視による海上監視作業を支援するため、海上の漂流物（流木、漁具等）への衝突・接触の可能性を事前に探知して回避する次世代海上監視システムの実用化に係る研究・開発を行っています。

年度実績～次世代海上監視システムの実用化に向けたセンシング技術の開発

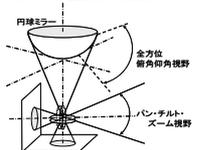
- 海技研が開発した船舶蛍光LiDAR画像処理システム（特許出願中）に熱赤外線カメラ及び可視カメラを組み合わせて、目視やレーダーでも確認が困難であった海上漂流物を昼夜全天候下で監視し、統合画像として漂流物の予測進路とともに表示する**複合海上監視システム**のプロタイプを開発し、海上試験等により有効性を確認。
- 周囲360度を監視し発見した対象物をカメラのパン・チルト・ズーム機構で詳細観測を可能とした**他に例のない暗視機能付きパン・チルト式全方位画像センサ**のプロタイプを開発。船上試験により、船舶の全周画像及び周囲の船舶等の動静監視に成功。
- これら新たな海上監視システムの活用により、操船時における**熟練技術の補完及び見張り作業の負担軽減**が図られ、更なる安全運航が可能。



複合海上監視システムによる夜間の海上漂流物観測例



複合海上監視システムによる海上漂流物進路予測結果



機体画 全方位画像概念図



パノラマ展開海上画像(画角180°)

□ 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

研究概要

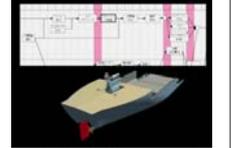
- ▶ 深刻な少子高齢化の中、特に船舶産業分野において、多くの熟練した技能を有する作業者の減少が、今後大きな問題となってくるものと考えられます。
- ▶ 本研究では、このような環境変化に対応した新しい生産システムの実現を目的に、個々の作業員に蓄積される熟練技能（暗黙知）の高度形式知化による技能伝承を科学的かつ確信に行うための手法及びこれに応用した新しい生産システムの基盤技術の開発等の研究を行っています。

年度実績～艦装工程管理者育成用映像教材

- 複数の作業工程が重複し複雑な工程管理が要求される艦装工程では、他の工程に比べて生産性向上の余地が期待できるが、中小企業では熟練者の暗黙知に依存。このため、艦装工程の実態について、造船業だけでなく**造船協力事業者、電装事業者等関連する業界と共同して総合的な調査を実施**。
- 結果、艦装工程の生産性向上促進には、電気艦装、機関艦装等艦装工程の各作業内容と工程を熟知し、各作業間干渉を調整し艦装工程全般を的確に管理できる**工程管理者に係る技能伝承が必須**であることが改めて明確化。
- **技能伝承に係る技術支援**として、各作業内容・工程を整理し、調査の結果得られた工程管理者のノウハウを形式知化して「**艦装工程管理者育成用映像教材**」を作成。H22年度は同映像教材を用いた研修を造船所数カ所で行った。



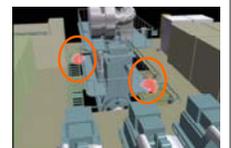
船舶建造の流れ説明



軸系の艦装の工程説明



工程の山谷説明



工程管理の不具合例説明

映像教材中における説明例



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】年度計画を超える業務実績

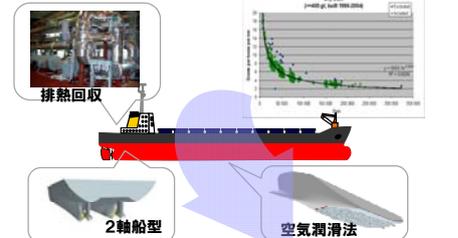
□ 船舶産業の熟練技能者減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究

研究概要

- ▶ 船舶の開発においては、数多く存在する安全及び環境等に関する規制という制約の中で、行われることから、基本計画の段階での要目の最適化に対するニーズが存在します。
- ▶ 設計部門においても熟練者が減少しているという現状を踏まえ、既存の船型最適化プログラムのさらなる利便性の向上を図るため、本研究では、入力を簡素化するとともに、新たな機能追加などを行っています。
- ▶ このプログラムは、民間での基本設計での活用のみならず、IMOにおけるCO₂削減の枠組み作りの検討にも利用されています。

年度実績～船型最適化プログラムの開発

- 省エネルギー対策として期待される2軸船への拡張、波・風による船速低下量及びIMOエネルギー効率設計指標の計算機能の追加、データ入力の操作性向上、計算結果の表示のビジュアル化等、**HOPEの機能を向上**。さらに、水槽試験結果の入力を可能とするなど、カスタマイズに向けた取組みを実施中。契約内定を含めユーザー数は9社。
- HOPEの機能を活用し、国土交通省で行われた国際海運からのCO₂削減の枠組み作りの検討（**新技術導入による新造船からのCO₂削減見直し**等）に利用。その結果は、IMOに対する日本提案文書（MEPC60/4/36）に採用。



- Phaseに応じて新技術を選択
- 技術の相互の干渉を考慮
- 導入コストを考慮
- 6種類の船種、計16隻についてケーススタディを実施

HOPE

Dry cargo carrier

Phase 1 10%...

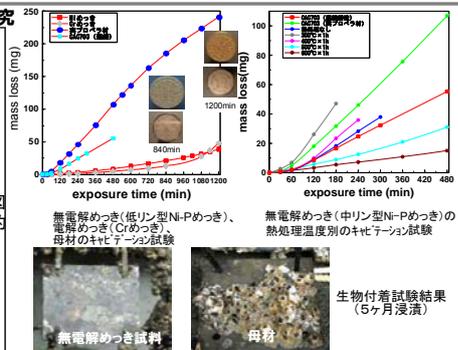
□ 船舶産業の熟練技能者減少に対応した新しい生産システムの実現に必要な基盤技術の開発のための研究

研究概要

- ▶ 船舶産業における熟練技能を有する作業者の減少及び海運産業における熟練船員の減少については、その急激な進展が海運分野での大きな問題となっており、その解決のための技術開発が求められています。
- ▶ 本研究では、複雑な形状であるプロペラの製造及びその保守・管理において、熟練技能を補完するとともに、より耐久性の高いプロペラを開発するための研究を行っています。

年度実績～次世代プロペラの開発

- キヤビテーション壊食による**船用プロペラ性能劣化対策**の一つとして、これまでの溶射皮膜方式に加えてプロペラ表面硬さを増大して耐壊食性を向上させる手法として、複雑な構造物に対して一様な膜厚施工が比較的容易な**無電解ニッケルめっき技術**に着目。
- キヤビテーション試験より、めっき膜の維持に**最適な膜厚及び熱処理温度を抽出し、現行プロペラ母材に比べて耐キヤビテーション壊食性が高水準であることを確認**（右図の例では4倍程度向上。溶射皮膜方式と比較しても約3倍：試験時間300分）。当該めっきによる船用プロペラ表面改質技術の基礎を確立。
- 加えて、生物付着試験では、**母材と比較してフジツボが付着しにくいことを確認し、プロペラの保守・管理作業の軽減及びプロペラ効率の向上にも期待**。今後実用化に向けて研究していく予定。



無電解めっき(低リン型Ni-Pめっき)、電解めっき(Crめっき)、母材のキヤビテーション試験

無電解めっき(中リン型Ni-Pめっき)の熱処理温度別のキヤビテーション試験

無電解めっき試験料

母材

生物付着試験結果(5ヶ月浸漬)

参考資料 平成21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)

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		
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

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		
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書の作成

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		
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
		⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

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 22 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、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

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
- 但し、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)に対する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・環境目標の設定手法の構築

研究経過

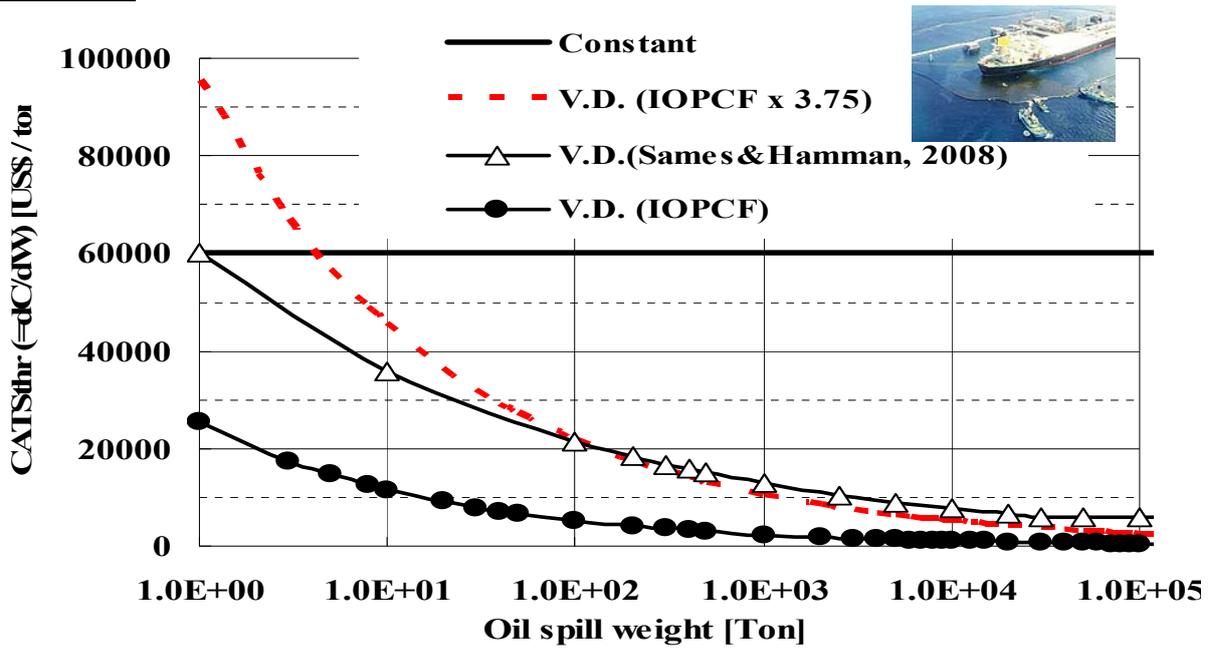
- 21 年度計画に従い、次を実施。
- IMO で審議中の油流出に関する環境リスク評価基準(安全基準で利用の FSA の環境基準への拡張)について、日本が主張する CATS(流出量トン当たり被害額)による費用対効果評価の判定基準(流出量依存方式)の改良案を作成。IMO に提案。
 - また、これに加え、次を実施。
 - 環境リスク評価基準に関する IMO 審議内容の拡張に対応し、油流出リスクに係る FSA 評価手順の見直し案を作成(Step 1:リスクマトリックス等、Step 2 : ALARP 領域等)。IMO に提案。
 - 全船種のリスクレベルの評価を実施。
 - IMO で審議中のイートガス装置(IGS)適用拡大に流出量依存の費用算定式を活用した FSA を実施。IMO に提案。

研究成果

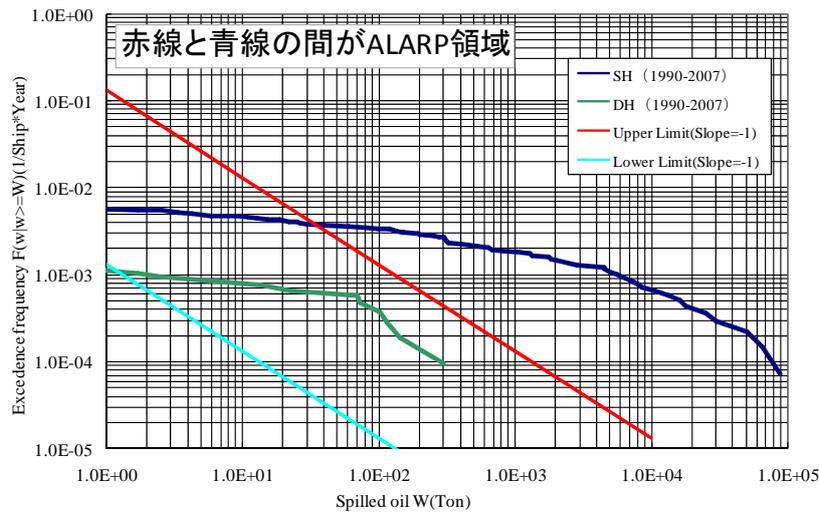
- CATS による費用対効果評価について、流出量と被害額の回帰式による流出量依存の判定基準の妥当性を検証し、新たな基準として 2009 年 7 月の第 59 回海洋環境保護委員会(MEPC 59)に提案(MEPC 59/17/1)。MEPC 59 の審議結果を受け、安全率(Assurance Factor)を考慮した CATS 判定基準の上限値の検証のため、IOPCF(国際油濁補償基金)データの解析を実施し、安全率の取り得る範囲を導出するとともに、安全率の構成等を 2010 年 3 月の MEPC 60 に提案(MEPC 60/17/2)。また、日本提案の流出量依存方式 CATS 判定基準の上限値を用い、複数の油流出シナリオでリスク低減効果のある RCO(リスク制御措置)の費用対効果の上限値の導出方法を開発し、日本船舶海洋工学会と ICCGS2010 に論文を提出。
- 油流出リスクに係る FSA 評価手順について、油流出ハザード特定に使用するリスクマトリックスの作成(FSA step 1)、油流出による被害と発生頻度の関係を示す F-T ダイアグラムの作成及びリスクの許容範囲を示す ALARP 領域の設定(FSA step 2)等の見直し案を作成し、MEPC 60 に提案(MEPC 60/17/2 ,MEPC 60/17/3)。
- 1978 年～2007 年にかけての 500GT 以上の貨物船 7 船種と 100GT 以上の旅客船 3 船種のリスクレベルの歴史の変遷を解析し、現状はすべて ALARP 領域あるいは無視可能領域にあることを確認。当該成果を TEAM2009 に報告。
- IGS の 2 万 DWT 未満の油タンカーへの適用拡大について、日本提案の流出量依存方式 CATS 判定基準での流出量と被害費用の回帰式を活用した IGS 適用に関する FSA を実施し、2010 年 4 月の第 54 回防火小委員会(FP 54)に提案(FP 54/INF.4)。欧州 SAFEDOR 提案の定数方式 CATS 判定基準の流出被害費用算定式(1 トン当たり一律 6 万 US\$)を活用した Norway 提案の FSA で IGS 設置が正当化された小型タンカー(749GT・499GT 級)に費用対効果がないことを証明。

- ◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)
- ・発表論文 7 件 (内 IMO 提案文書 4 件)

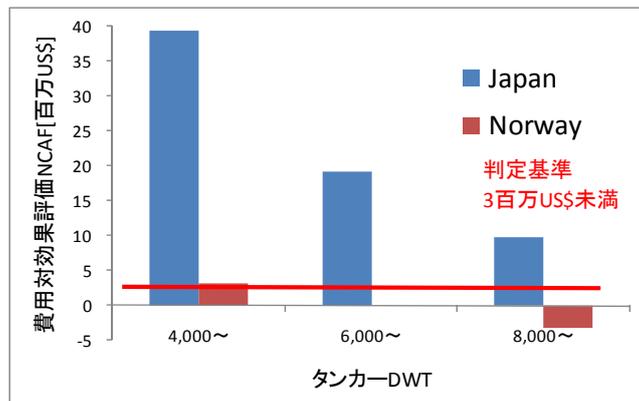
参考図



MEPC 59 に提案した CATS 評価判定基準の流出量依存方式 (日本案) と定数方式 (SAFEDOR 案) の比較



MEPC 60 に提案した 60,000DWT 以上のタンカー油流出事故に関する F-T ダイアグラムと ALARP 領域



FP 54 に提案した 2 万 DWT 未満の油タンカーの IGS 適用の費用対効果の評価 (Norway 提案との比較)

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 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
- 現在、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と実海域再現水槽による再現実験技術を開発してきたところ

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
- 海難事故を類型化し事故再現すべきモデルを構築
- 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波力測定装置等模型試験装置の設計・製作

研究成果

- 一つの造波装置に衝撃的な動きをさせた時、その造波装置からある距離の点で測った波高の時間変化を時間逆転、それを造波装置の動きとして与えることにより所定の点に集中させた波(集中波)を発生させる方法により、実海域再現水槽で一発大波等、任意の波を発生させる造波法を開発した。
- この原理に基づき同水槽の計 382 台の個々の造波装置を制御し、各々の集中波の発生位置・時刻を制御することで水槽面内に任意の波を発生させることを可能にした。
- 水位・速度制御方式による造波法を開発し、個々の造波装置の作った波が他の造波装置に影響を与えないように余分な波を吸収することで造波精度が向上することを実験で確認した。これにより船舶を用いた実験においても境界の影響を抑えながら不規則波や任意の大波高波を組み合わせて長時間実験を続けることが期待できる。(写真 1)
- 時間領域において壁面反射を含めた非定常波動の計算プログラムを開発し実験で有効性を実証した。これにより様々な吸収法の効果が定量的に把握できるようになった。(図 1、2)
- 海洋構造物試験水槽において平水中の操縦流体力を計測するとともに、中水槽において追波状態での船体抵抗や舵力の変動量の計測(写真 2)をおこない、ブローチング現象再現のための数学モデルの検討に必要なデータ整備を行った。
- 沈没事故を対象に平成 2 年から平成 18 年の間の海難審判裁決録を調査し、事故発生パターンを類型化するとともに、各パターン別に浮力喪失につながる区画浸水場所や浸水経路、初期浸水、初期大傾斜の原因を、再現すべき事故モデルの構成要素として抽出・整理した。

◆特許、発表論文等の成果（21年度）

- ・ 特許 2 件「風圧力係数推定プログラム、風圧力係数推定装置および風圧力係数推定利用方法」，「流体作用力測定装置および波力測定装置」
- ・ 発表論文等 4 件（船舶海洋工学会講演会 1 件，同学会研究会 1 件，海技研報告 1 件，プログラム登録 1 件）

参考図

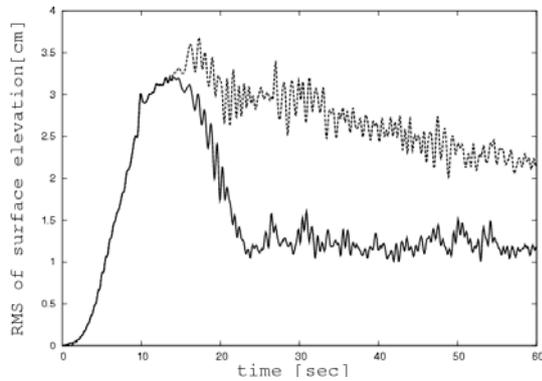


図 1：深海水槽における二次元集中波に対する吸収性能の数値計算による検証。水槽全域での波高の RMS の時系列で評価。実線は吸収を施したものの、点線は吸収動作をしない場合。

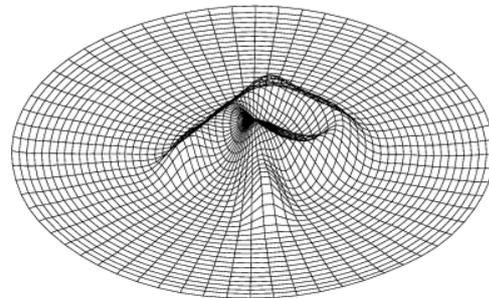


図 2：深海水槽における任意造波の時間領域数値計算による再現。



写真 1：実海域再現水槽における不規則波中の大波高波の造波実験写真。吸収型任意造波法による造波。



写真 4：ばら積み船模型



写真 2：中水槽における追波状態中流体力の計測実験。



写真 3：大型波力測定装置



写真 5：漁船模型(左)とコンテナ船模型(右)

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

- 操船リスクシミュレータ (H20 年 3 月完成) による、海難事故シナリオの忠実な再現並びに操船者の行動分析及び整理データの収集。
- 海難事故解析センター設立 (H20 年 9 月設立) による、事故情報の収集に係る対応窓口の一本化、事故原因解析における各研究系の連携。

成果目標

- 操船リスクシミュレータにより海難事故シナリオを忠実に再現
- 対応窓口の一本化による、専門的知見に基づく迅速かつ正確な情報を提供
- 各研究系の連携による、迅速かつ的確な、事故原因の分析調査、再発防止策の立案等への支援等
- 安全啓蒙活動への貢献

研究経過

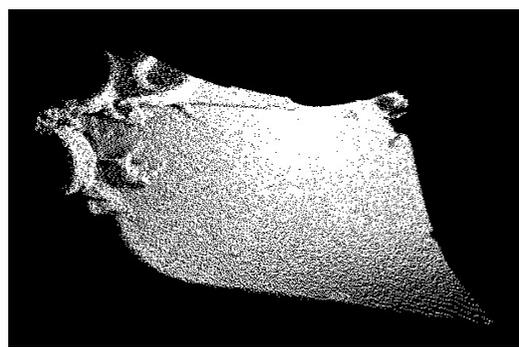
- 年度計画に加え、次を実施。
- 事故初期段階における、過去の事例の当局への情報提供、マスコミからの問い合わせ・取材への対応
- 運輸安全委員会等から多数の事故原因解析調査を請負

研究成果

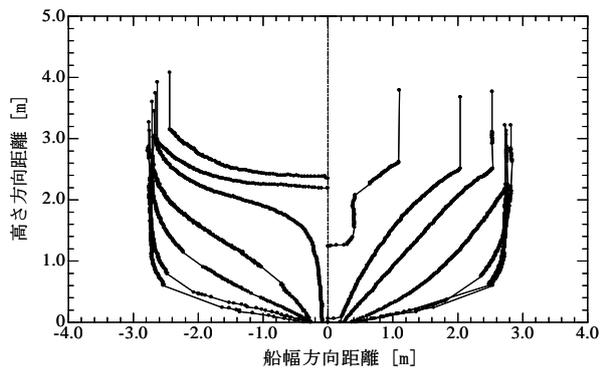
- 事故原因解析手法として、①AISデータから事故船舶航跡図を自動作成、②設計図や写真等から灯火や上部構造物を含む3次元船体形状を再現、③狭隘環境条件下での3次元レーザースキャナーによる船型形状計測法、④転覆実験手法の高度化、⑤VDRの音声分析による船橋内の状況再現、⑥得られたデータに基づき操船リスクシミュレータにより臨場感のある事故再現など、当所の解析ノウハウを高度化し、総合的な事故解析システムを構築。多種多様な事故の迅速かつ精緻な解析を実現。例えば、
 - ・被衝突船が瞬時に沈没し事故状況が不明とされた夜間衝突事故について、操船リスクシミュレータにより臨場感をもった事故再現に成功し、事故原因や瞬時に沈没した状況を解明。
 - ・当所が開発した③の手法により、転覆事故船舶の復原性推定に要する時間を飛躍的に短縮(2日→2時間)し、精度向上も実現。
 - ・通常考えられない斜め向波で漂泊中の漁船転覆事故に関し、水槽実験により生存者証言に沿った転覆状況を再現し、事故原因を明確化。
- 運輸安全委員会から高い解析能力が認められ、現場調査にもオブザーバー参加するなど、迅速かつ的確な事故原因の解明に大きく貢献。

- ◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)
- ・なし

参考図



船首部の3次元計測結果



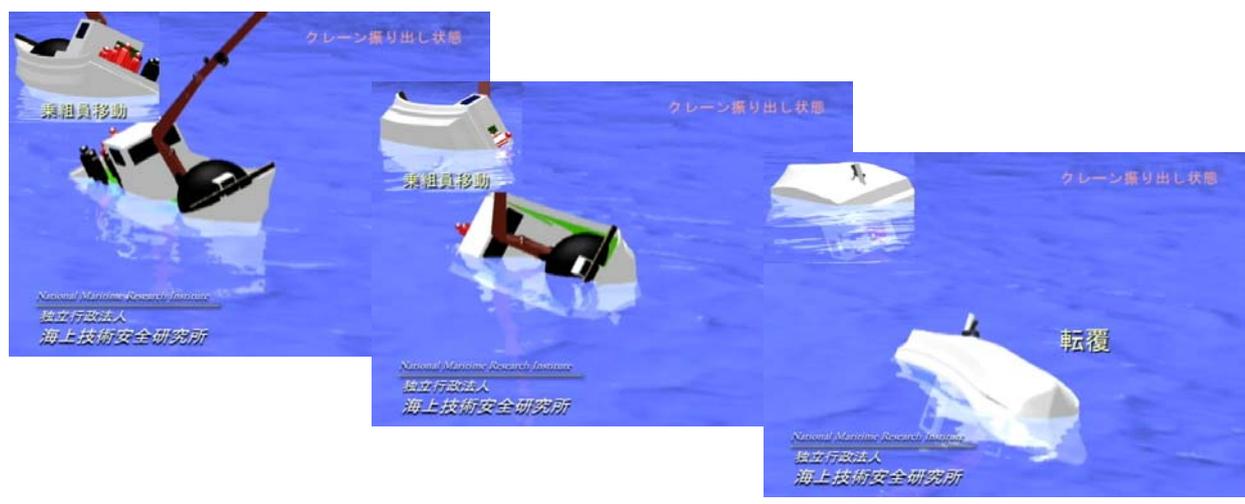
計測結果に基づく正面線図



3次元レーザー
スキャナー装置

船体形状計測風景

三次元形状計測システムによる船体形状計測



漁船転覆事故発生状況の再現 CG

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 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

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。
- 船体構造の経年劣化は、その進展メカニズムが定性的定量的に未解明。

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のど切れ等
- 損傷時の船体残存強度の評価手法の構築
- 防食・疲労強度安全管理の対策技術の開発
- 船体構造の腐食衰耗評価手法の構築
- 経年劣化現象に対する総合的な構造解析モデルの構築

研究経過

- 年度計画に従い、次を実施
- 検査記録を分析し船体構造の腐食衰耗推定法の調査検討
 - 経年劣化を考慮した船体縦強度解析手法の構築
- また、これに加え、次を実施。
- 個別の板厚計測データによる部位・部材別の板厚衰耗量の定量的把握

研究成果

- 検査記録(写真記録)を分析し船体構造の腐食衰耗推定法の調査検討
 - 船齢 10～25 年の SH、DS、DH 船舶 WBT の検査写真記録(約 6,000 枚)を基に、年代別および切替え部位・部材別に集計を行った。その結果の一例を Fig. 1 に示す。どの船種においても、概ね、切替えは DK について SS および LBHD の中央・上部で多く、下部にはほとんど見られないこと、また小骨に比較して大骨の切替え数ピークは遅れて現れる傾向があることを確認した。
- 個船の WBT 板厚計測データによる部位・部材別の板厚衰耗量の定量的把握
 - 上記で分析対象とした船舶の内、3 隻の個船の WBT 板厚計測データにより部位・部材別の板厚衰耗量を定量的に把握した。その結果の一例を Fig. 2 に示す。図から分かるように、電気防食の効果のない DK 並びに SS や LBHD 上部で腐食が著しく、電気防食の効果がある領域では腐食予備厚範囲内の腐食衰耗量であることを確認した。没水部では衰耗量が LBHD>SS であり、板厚内の温度勾配による影響も確認した。これは、部材の元厚を考慮すると、上記の検査写真記録を用いた検討結果と整合性がとれた結果であった。

□経年劣化を考慮した船体縦強度解析手法の構築

21年度は、防撓材の形状や板骨間の間隙(隅肉溶接ギャップ)を変えた腐食防撓板試験体を4体製作し、座屈・崩壊試験に供した。Fig. 3にその一例を示す。

前年度は、隅肉溶接部の腐食衰耗等を考慮し連続防撓板の強度を評価するため、当衰耗影響を精度よく評価できるモデル(Shell-solid coupling: Fig. 4 (a))を開発したが、本モデルを別途開発中の最終強度解析法(逐次崩壊解析法)に組み込み、船体桁の最終強度解析を行う場合、連続防撓板の強度解析では、隅肉溶接寸法に加え、防撓板のパネル部及び防撓材の初期撓み、溶接残留応力など最終強度に与える様々な影響を考慮するため、解析時間に課題が残った。

このため、一定の精度を保ちつつ計算時間を短縮可能な新モデル(shell要素隅肉溶接モデル: Fig. 4 (b))を開発した。

当モデルを用いた連続防撓板の最終強度解析では、解析時間を前年度モデルの1/50に短縮し、前年度モデルと同程度の精度を維持(Fig. 5)できており、衰耗影響を評価する実用的なモデルとして有効であることを検証。

◆特許、発表論文等の成果(21年度)

- ・特許0件
- ・発表論文2件(査読無し)

参考図

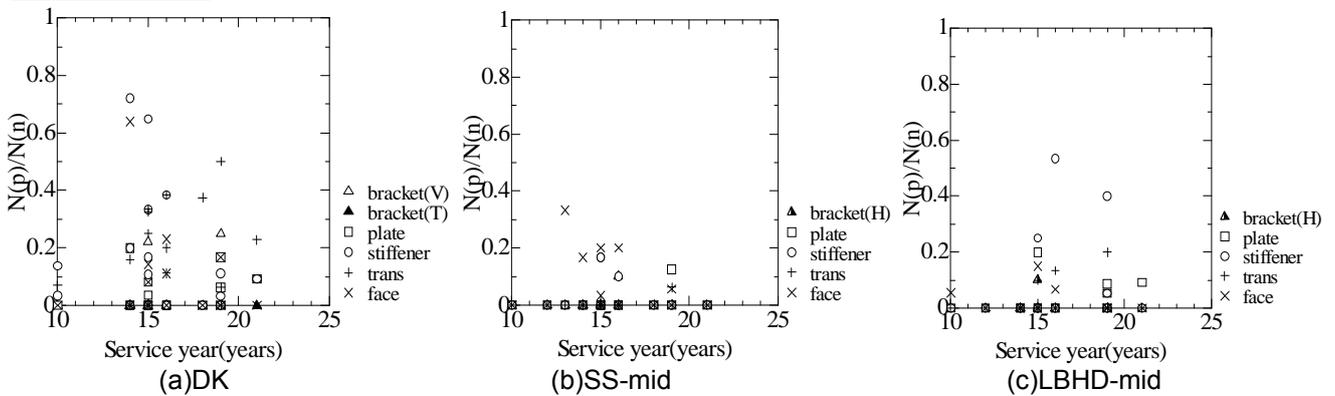


Fig. 1 SH-VLCC バラストタンクに関する船齢による正規化切替数

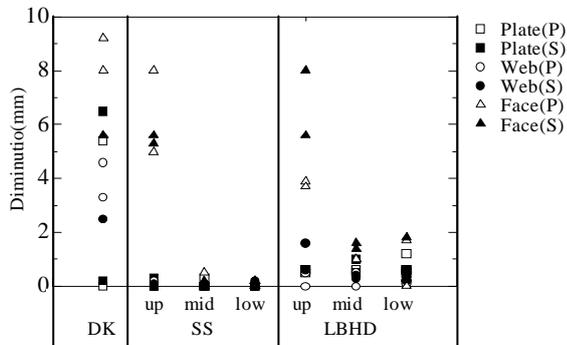


Fig. 2 船齢15年個船のバラストタンク別最大板厚衰耗量の例



Fig. 3 腐食防撓板の座屈・崩壊試験結果

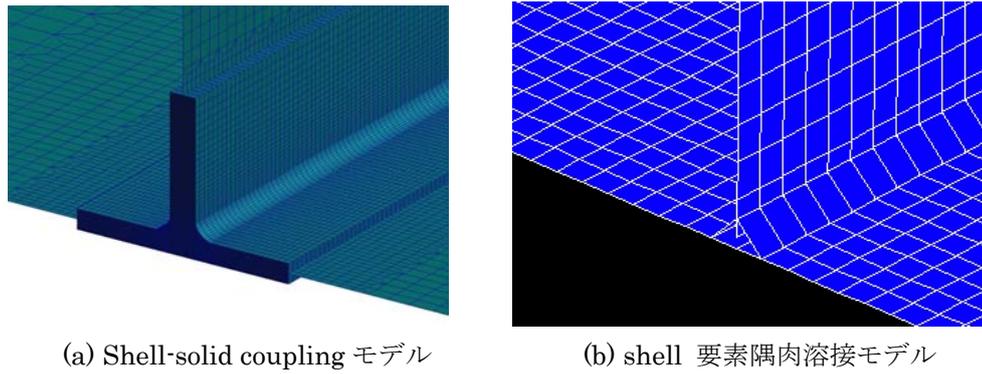


Fig. 4 隅肉溶接寸法を考慮可能な FE モデル

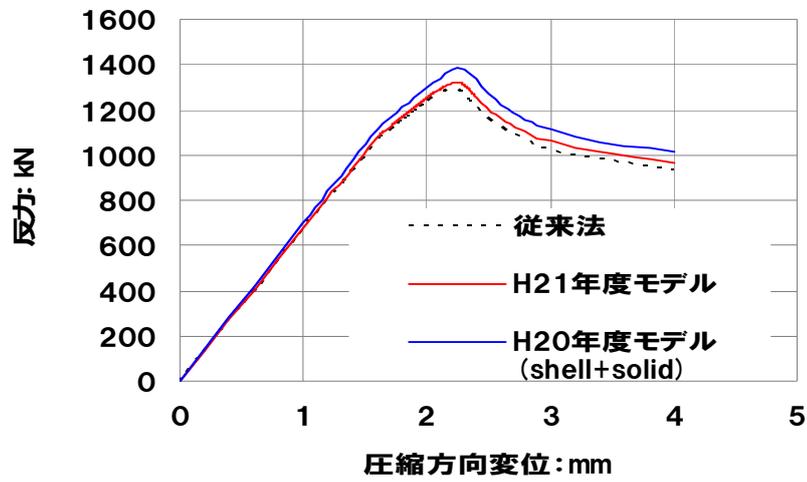


Fig.5 連続防撓板最終強度解析結果 (防撓板試験体 C-09)

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 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

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(Tier III)の起草)

研究経過

- 年度計画に加え、次を実施。
- 構造 GBS に関して、包括的 GBS ガイドライン及び長期作業計画の検討の際に必要な情報の収集、整理及び分析を行った。
- 構造安全性に関するリスク評価に関する技術現状を分析した。

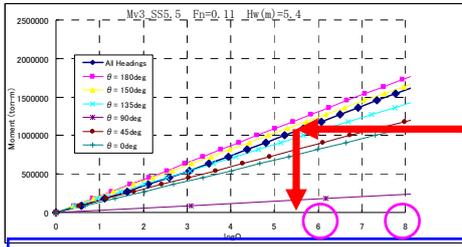
研究成果

- ・現行の船級規則の船体構造 GBS への適合性を検証し、技術的課題について整理を行った。
- ・構造安全性に関するリスク評価の技術現状を分析した。
- ・船舶技術研究協会からの受託研究において、今後 IMO/MSC(国際海事機関/海上安全委員会)における包括的 GBS ガイドライン及び長期作業計画を検討のための技術資料として取りまとめた。

◆特許、発表論文等の成果(21 年度)

- ・特許 0 件
- ・発表論文 1 件

参考図



例：縦曲げモーメント（船体中央部）の長期予測計算

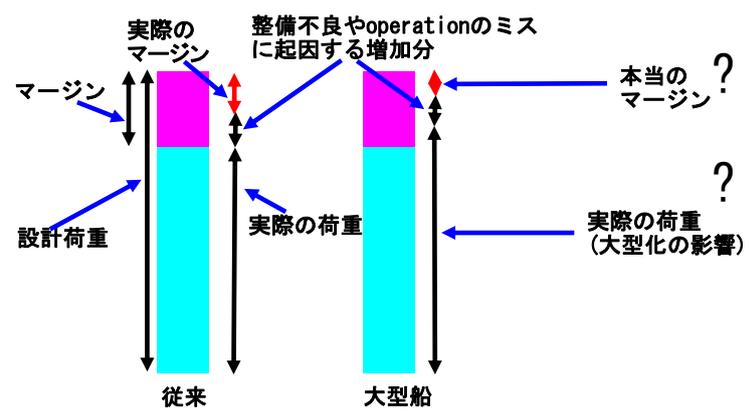
設計荷重

縦軸：波浪縦曲げモーメント、横軸：長期発現確率 (10^{-x})
 25年間に一度 10^{-8} 乗
 ルール荷重：線形理論による長期予測計算では 10^{-6} 乗相当

双方の長期発現確率レベルには違いがある。
 GBS発効により、設計荷重、設計応力に対する一層の説明責任
 新形式船のような実績のない船のための設計値？

非線形影響、操船影響等を更に定量的に評価する必要性

設計荷重の現状を評価するための長期予測計算例



設計荷重とマージンの関係を表わす模式図（従来船と大型船）
 （構造安全性に関するリスク評価を行うためには、設計マージンをより明確にしていく必要がある。）

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 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

研究課題 ⑤構造基準の体系化(船体構造強度 GBS)
 船体桁の複合荷重下における縦最終強度評価法の確立

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

- 年度計画に従い、次を実施
- 構造強度リスク評価のための最終強度評価法の構築

研究成果

- 20 年度までに実施したコンテナ船模型の曲げ振り逐次崩壊試験結果をとりまとめ、ISOPE2009 にて発表。
- 上記の結果をもとに、理想化構造要素法のための ISUM shear plate element を開発し、ISOPE2010 にて発表予定。開発要素による矩形版の最終強度解析結果を FEM と比較して Fig. 1 (面内曲げと剪断が作用する場合)及び Fig. 2 (短辺方向圧縮と剪断が作用する場合)に示す。
- また、開発した ISUM shear plate element を上記のコンテナ船模型の曲げ振り逐次崩壊解析に適用し、解析結果の妥当性を検証し、TEAM2010 にて発表予定。

◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)

- ・特許 0 件
- ・発表論文 1 件 (ISOPE2009)
- ・ただし、上記の他に ISOPE2010 (6 月)、TEAM2010 (11 月)にて論文発表の予定。

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 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

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)

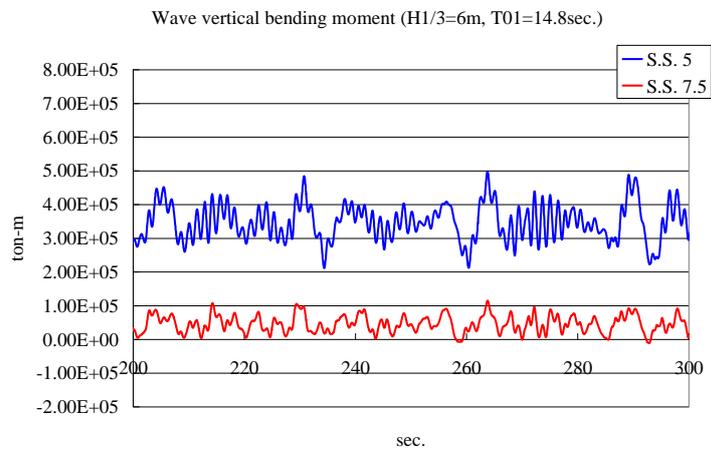
研究経過

- 年度計画に従い、次を実施
- 損傷船舶に働く波浪荷重推定法の検証
また、これに加え、次を実施
- 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

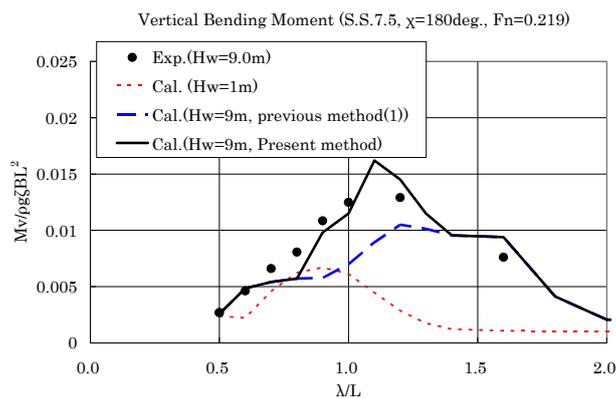
研究成果

- 前年度に開発した非線形ストリップ法と 3 次元ランキンソース法ベースの波浪荷重推定法を、同じく当所で開発したバックボーンモデルによる水槽試験法による水槽試験結果と比較して検証を行った。また、これらの手法を、損傷し姿勢変化した場合でも計算できるように拡張した。
船体の損傷確率モデルと部材の経年劣化の確率モデル及び 1 次信頼性法 (FORM) を用いた損傷船舶の強度評価のモデルの予備的検討と技術的課題の抽出を行った。事故シナリオによって確率モデルが大きく異なることから、事故シナリオの更なる検討が必要である。
- 個別的研究成果
 - ・損傷による姿勢変化と漂流運動を考慮した波浪荷重推定法
 - ・損傷船舶の強度評価のモデル
- ◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)
 - ・特許 0 件
 - ・発表論文 2 件

参考図



損傷による姿勢変化と漂流運動を考慮した波浪荷重推定法による不規則波中での船体縦曲げモーメントの計算例（時系列、縦曲げ振動を含む荷重が計算されている。）



規則波中での船体縦曲げモーメント振幅の計算と実験結果の比較例（黒実線：計算値、黒丸：実験値）

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 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

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

- 年度計画に従い、次を実施
- 構造強度リスク評価のための波浪荷重推定法の構築
- また、これに加え、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
- 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
- IMO における新世代非損傷時復原性基準のための安全性評価

研究成果

- 前年度に開発した不規則波中船体運動-波浪荷重評価プログラムに、実波浪状態における荷重状態をより精緻に評価すべく改良を加え、従来の 6 自由度剛体運動及び縦曲げ振動に加えて、評価対象を拡張し(斜波中における水平曲げ振動、振り振動)、振りについては、曲げ振りも含めた評価を可能にした。また、当該プログラムを構造強度解析プログラムと連携させ、不規則波中の波浪荷重-構造強度一貫解析プログラムのプロトタイプを構築。このような曲げ振りの連成成分をも評価し、不規則波中の波浪荷重を直接の入力として構造強度を一貫して解析できるプログラムはこれまでに例はなく、造船所等から注目されているところ。
- さらに、波浪中の曲げ振り荷重を精緻に計測できる新形式のバックボーンモデルを世界で初めて開発した(特許申請準備中)。現在、当該モデルによる水槽試験結果により上記プログラムの有効性を確認しているところ。
- コンテナ船の構造基準のうち、船級規則における振り荷重の船長方向分布の違いなど、合理的な基準を

策定する上で検討すべき技術課題について整理した。

- 当該プログラムは、斜波などの波向きを考慮した船体運動のシミュレーションにも活用が可能なことから、現在、IMO において議論中の新世代非損傷時復原性基準のうちの重要な事象の一つであるパラメトリック横揺れ（波浪中大振幅横揺れ）の評価手法として当該プログラムを応用した横揺角長期予測法を開発。
- この横揺角長期予測法は、我が国から IMO に提案され、パラメトリック横揺れを個船毎に直接評価する手法の一つとして認知されたところ、今後策定される具体的な評価基準の中に我が国提案の方法として組み込まれる見込み。
- さらに、成果の社会への還元を目的として、波浪荷重推定法の GUI（グラフィック・ユーザー・インターフェイス）を整備した。
- 個別の研究成果
 - ・ 縦曲げ振動に加え、斜波中の水平曲げ振動、振り振動及び振り曲げ連成荷重も計算できる波浪荷重推定法の開発
 - ・ 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
 - ・ 曲げ振り荷重の計測も可能な新形式バックボーンモデルの開発（特許申請準備中）
 - ・ パラメトリック横揺れも考慮した横揺角の長期予測法の開発
 - ・ GUI（グラフィック・ユーザー・インターフェイス）も付与した波浪荷重推定法のパッケージ化
- ◆ 特許、発表論文等の成果（21 年度）
 - ・ 特許 1 件 ・ 発表論文 4 件 ・ IMO 提案文書への貢献 3 件

参考図

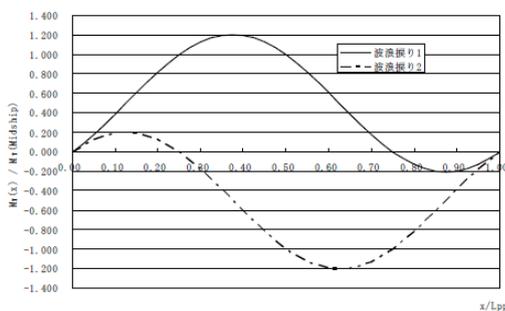


図4.2-15 DNV Container ship 波浪振りモーメント
(Midshipでのモーメントで無次元化したもの)
(静水中振りは、Min. 値が規定されている)

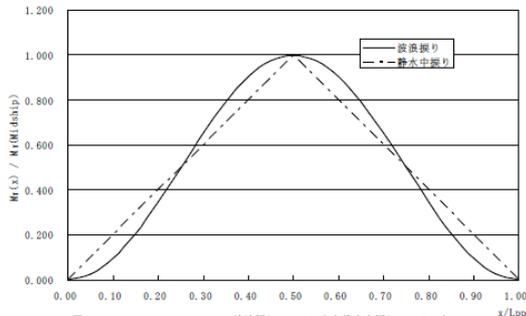
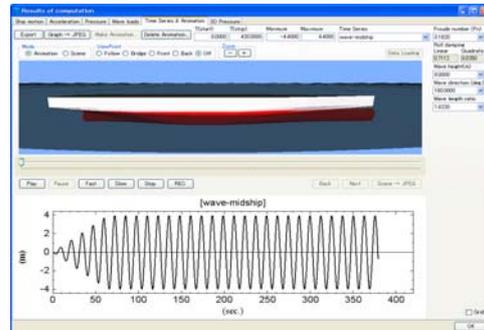
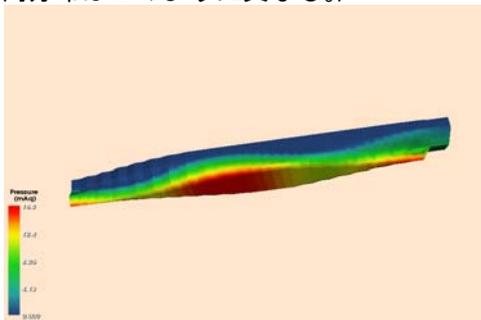


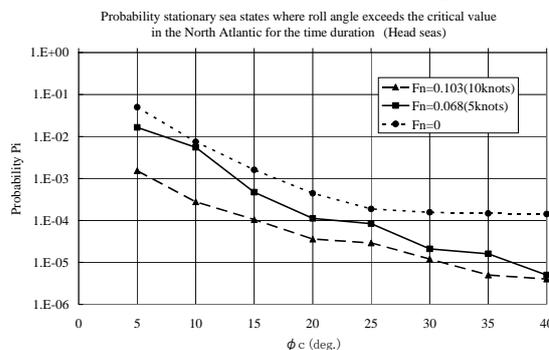
図4.2-13 LR Container ship 波浪振りモーメントと静水中振りモーメント
(Midshipでのモーメントで無次元化したもの)
(真の振りモーメントは、荷重係数で考慮する)

船級規則における振り荷重の船長方向分布例（左：DNV 規則、右：LR 規則）

（最終的な部材寸法は同等になるものの、荷重に不確かさがあるため各船級規則における振り荷重の船長方向分布はこのように異なる。）



開発した波浪荷重推定法による大型コンテナ船の波浪中における船体表面圧力分布の計算例と計算結果を表示する GUI



北大西洋の 1 年間の海象においてパラメトリック横揺れにより発生する横揺角が閾値 (ϕ_c) を超過する確率 (C11 コンテナ船、波向きは正面向波で一定と仮定)
(IMO (国際海事機関) /SLF52/INF.3 に記載)

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 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

研究課題 ⑦スロッシング荷重の流力弾性応答評価法の構築

技術現状

- LNG 船の大型化や洋上 LNG 生産プラントの開発に伴い、タンク内スロッシング荷重を精度良く評価することが求められている。
- また、発生するスロッシング荷重そのものを低減させることができれば、LNG 船やケミカルタンカー等の液体貨物運搬船の安全性の向上、並びに、船体構造の軽量化に資することができる。

成果目標

- 数値目標：スロッシング荷重を 1/2 以下に低減。
- 成果物：査読付き論文(スロッシング荷重低減機構、流力弾性を考慮したスロッシング荷重)、プログラム登録(スロッシング荷重 DB)、特許(スロッシング荷重低減機構)
- 成果の活用：低減機構の実船への適用(造船所等)、ガイドライン等への反映(日本海事協会等)

研究経過

- 年度計画に加え、次を実施。
- 膜材によるスロッシング荷重の低減効果検証のため、二次元タンク模型を用いたスロッシング実験

研究成果

- 膜材を用いたスロッシング低減機構を開発するため、まず初めに、Fig. 1 に示すような膜材と係留ロープを使用した低減装置を製作した。本装置の低減効果を検証するために、二次元矩形タンク模型により比較試験を行った。低減装置の使用有無によるタンク模型のスロッシング圧力分布を Fig. 2 に示す。
- 製作した低減装置の係留ロープに作用する反力を計測し、最適な係留ロープ長を検討した。本研究に繋がる科研費研究では、ガイドワイヤや膜材に作用する力の計測を追加して検証する必要がある。
- 側壁の弾性影響も含めた 3 次元衝撃数値計算(有限要素法の拡張)によりスロッシング荷重評価も実施。
- 次年度以降、大型 LNG タンク模型を用い、新たな膜材配置方法及び液体流動の三次元影響(渦巻き現象、斜め液面運動)に対する効果検証や流力弾性応答評価法の検討を行う。
- ◆特許、発表論文等の成果(21 年度)
 - ・特許 1 件：「スロッシング荷重軽減装置及びスロッシング荷重軽減装置付き船舶」特許 特許願 2010-009394
 - ・発表論文 1 件：The 20th International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE2010)
- 個別の研究成果
 - ・低減機構の効果検証試験を行った結果、本機構を用いることによりタンク壁面に作用する水圧を大幅に低減(1/10 程度)できることが確認された。

参考図

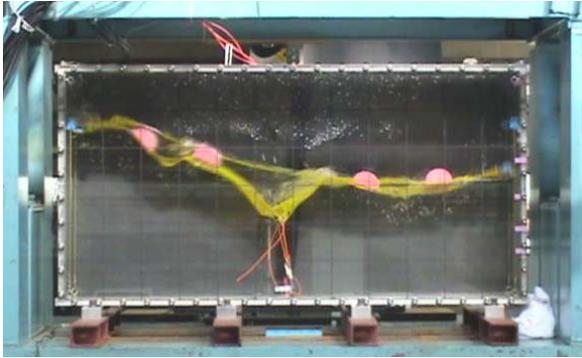


Fig. 1 スロッシング低減装置による流体運動の抑制

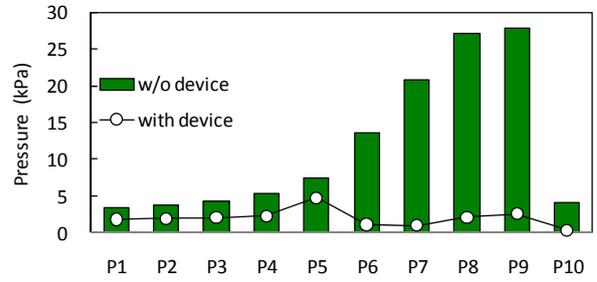


Fig. 2 タンク壁面・上面に作用する水圧の比較 (液位 60%、水平動揺±30mm ; 1/10 最大値による)

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 22 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/爆燃を予測する信頼性の高い実用的解析手法が未確立

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 (特に Flash fire 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
- ばら積み危険物の拡散予測手法の構築及び高度化
 空気より重いガスの大気拡散挙動の素過程 (Dry-bed 問題) に対して数値解法の適用可能性について検討し、その結果を踏まえ、他分野で開発され本課題に応用可能な計算コードを選定した。
 また、これに加え、次を実施
 - LNG 液面火災 (爆燃の一形態) のよる被害影響評価
 最新の大型 LNG 船 (265000m³) からの LNG 漏洩を想定し、米国 Sandia National Laboratories の解析結果との比較検討を実施。

研究成果

- 低温液化ガスのように空気より重いガスの大気拡散挙動を予測するための決定的なモデルは未だ確立されていない。予測精度及び計算時間のバランスを考慮すると、CFD モデル (三次元流体方程式) を使用するよりも Shallow-Layer モデル (地形を考慮できる二次元的モデル) の採用が実用的であると考えられる。しかし、このモデルが基礎に置く浅水方程式の解法に未解決の部分が存在するため、2 つの異なる解法の適用を試み、実用的には、不連続面のある流れに適した解法とされている FCT (Flux-Corrected Transport) 法で対応可能であることを確認した。そこで、FCT 法に基づくコード (火山から出る CO₂ を対象) を低温液化ガスの大気拡散解析に応用し、海面上に流出した低温液化ガスの液面拡大モデルと組み合わせることで、地形を考慮しつつ短時間で結果を得られる予測手法全体 (流出から大気拡散まで) を構築する見通しを得た。
- 液面火災による被害範囲を推定するプログラムをこれまでに開発し、最新の大型 LNG 船 (25 万 m³ 級) から LNG が漏洩した場合の被害影響評価を実施した (JMST, 13-2, 2008)。一方、米国 Sandia National Laboratories においても別途同様の検討が行われ、同時期 (2008 年 5 月) に公表された。当所で採用したモデル及びシナリオとは異なるため、同一条件下で影響解析を実施し、モデル及び解析結果について比較検討した結果を以下のように論文 (1.) として発表した。

◆ 特許、発表論文等の成果 (21 年度)

・ 発表論文 2 件

1. H. Oka, "Consequence Analysis of Pool Fire Hazards from Large-scale Liquefied Natural Gas Spills Over Water", Hydrocarbon World, Vol. 4-1, 90-93, (2009).

2. H. Oka, "Consequence Analysis of Large-scale Liquefied Natural Gas Spills on Water", Natural Gas, (SCIYO, Croatia)、近日投稿.

参考図

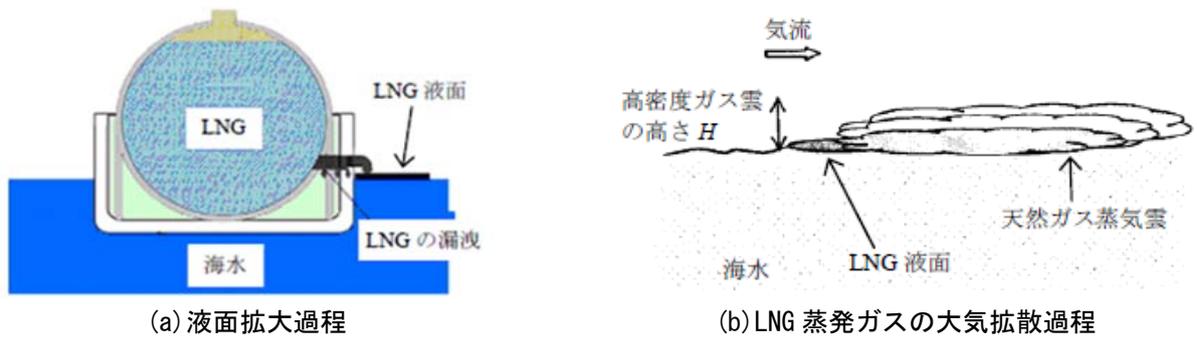


図 1. LNG の海面流出から大気拡散に至る過程の概略図

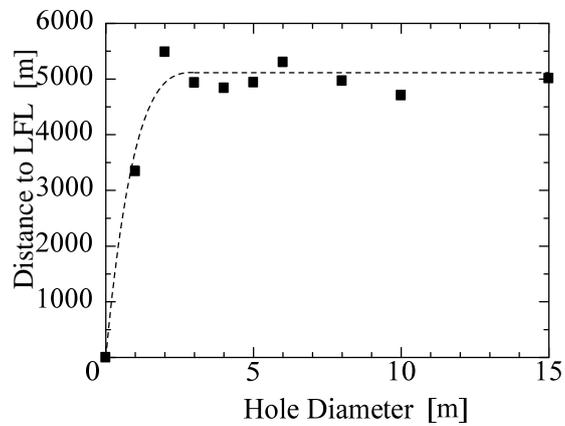


図 2. LNG 蒸発ガスの大気拡散解析結果
(漏洩口の差異が燃焼下限濃度 (LFL, 5 vol%) の最大到達距離の及ぼす影響を示している)

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 22 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

- 放射性物質の拡散予測手法の構築及び高度化
 海洋拡散モデルの高度化にあたり、海底地形の影響を評価するため、まず海流場の鉛直方向成分を算出できるように、昨年度までに作成した変分法による海流場推定プログラムの機能を拡張した。次に、放射性核種拡散モデルに海水中の粒子状物質による吸着除去過程 (スキャベンジング) を追加すると共に、モデル方程式の数値計算手法を高精度化した。

研究成果

- 従来、海流場の予測は観測データの不足等から気象予測に比べて遅れていたが、気象庁数値予報 (GPV) データに相当する海況予測 (JCOPE) データが近年利用可能となった。しかし、JCOPE データは海流場の水平方向成分 (u, v) のみが提供されているため、海水温度及び塩分濃度の空間分布についても考慮した上で連続の式を満足するように鉛直方向流速 w を算出し、JCOPE データの全流速成分 (u, v, w) を質量保存 (MASCAN) モデルにより補間できるようにプログラムを修正した。
- 差分法による実用的な海洋拡散シミュレーションでは、数値安定性が良いことから 1 次精度の風上差分法が移流項の離散化に広く利用されてきた。しかしこのスキームは数値粘性が大きく、設定条件以上に物質濃度が拡散した結果となるため、危険側の評価結果を与えることになる。そこで、高精度の差分スキームとして 2 次精度の ENO (Essentially Non-Oscillatory) スキームを導入することにより、必要以上の数値粘性の導入を避け、また放出源近傍など濃度勾配の大きな箇所での数値振動を防ぐことができるプログラムを作成し、危険側に過ぎない評価を可能にした。また、放射性核種拡散モデルに海水中の粒子状物質による吸着除去過程 (スキャベンジング) を考慮できるようにプログラムを改良し、より現実的な評価を可能にした。

◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)

- ・ プログラム登録 1 件
 名 称 : 放射性核種の海洋拡散解析プログラム
 登録番号 : P 第 9815 号-1

参考図

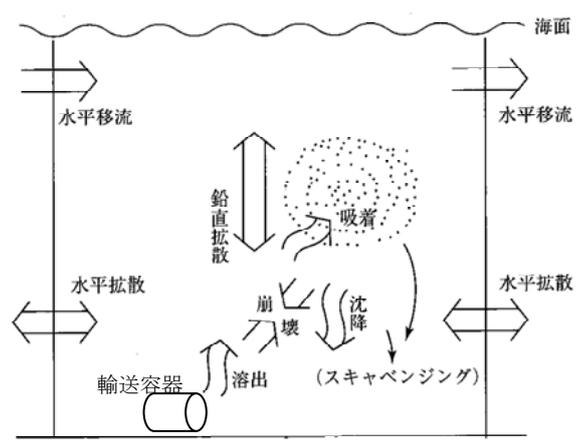


図 1. 放射性核種の海洋中物質移動現象の概要

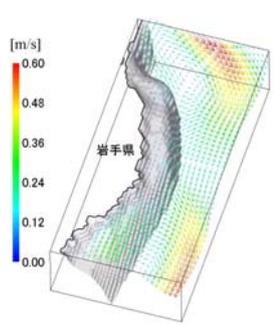


図 2. (a) MASCON モデルにより算出した海流場 (水深 0m)

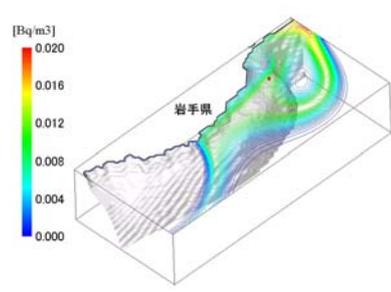


図 2. (b) 漏洩した全核種総和濃度の 20 年後の分布 (水深 0m)

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 22 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 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
- 船舶のテロに対する脆弱性評価の基礎となる海賊情報の収集・分析
- 各国の物流保安対策 (大量破壊兵器密輸防止) に関する情報収集
- 輸送容器に対する破壊の評価方法についてまとめた。
- また、これに加え、次を実施
- IMO MSC 86 議題 4 「海事保安の強化」における各国提案文書の概要をまとめ、我が国の対処の検討に協力した
- サプライチェーンの保安に関する ISO 規格案 (ISO 28000 シリーズ) の検討及び国内意見のとりまとめ
- ISO 28000:2007 「サプライチェーンのためのセキュリティマネジメントシステムの仕様」及び ISO 28001:2007 「サプライチェーンのためのセキュリティマネジメントシステム - サプライチェーンセキュリティ、評価及び計画を実施するための最適実施手順 - 要求事項及び手引き」に基づく JIS 案の校正 (原案：日本船舶技術研究協会)

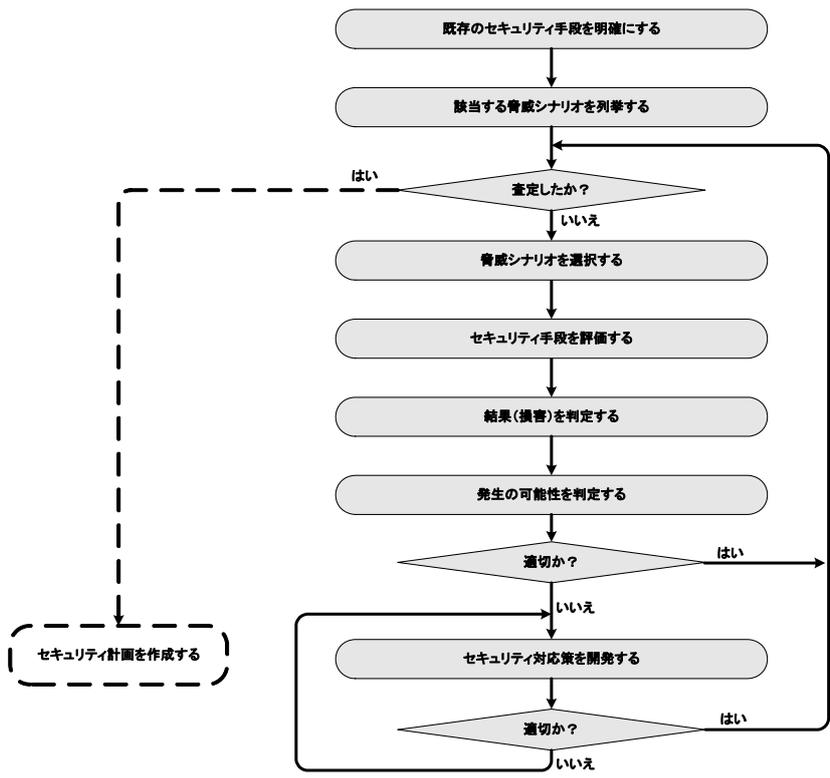
研究成果

- 近年重大な脅威となっている海賊の情報を、地域、時間帯、被害船舶の種類・状態、犯行人数、武器等の観点から分析し、その傾向について日本船舶技術研究協会の委員会で報告した。
- ISO 28000:2007 「サプライチェーンのためのセキュリティマネジメントシステムの仕様」及び ISO 28001:2007 「サプライチェーンのためのセキュリティマネジメントシステム - サプライチェーンセキュリティ、評価及び計画を実施するための最適実施手順 - 要求事項及び手引き」の JIS 案を仕上げた。(JIS の発行については現在国土交通省等で検討中)

◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)

- ・発表論文 2 件
 - 1 海事分野における爆発物を用いた妨害破壊行為の蓋然性に関する考察、澤田 健一、核物質管理学会日本支部、第 30 回核物質管理学会日本支部年次大会論文集
 - 2 爆発衝撃による炭素鋼管の破壊数値シミュレーション、澤田 健一、火薬学会、2009 年度秋季研究発表会講演要旨集

参考図



ISO 28001 対応 JIS 案より
「セキュリティリスクアセスメント及びセキュリティ対応策の開発のためのプロセス」

参考資料 平成 21 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 ①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願が可能に(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

- 年度計画に加え、次を実施
- NEDOの技術検討会(慶応大学教授飯田委員長)により研究の計画、実施計画の承認
 - 学識経験者、ユーザー等から成るアドバイザー委員会を設けてニーズに合致した研究を実施。
 - 海陸一環の輸送計画システムの設計・開発を合わせて進行。
 - 配船計画システムの開発及び実船実験に向けて、船社、荷主、運送事業者等への協力要請

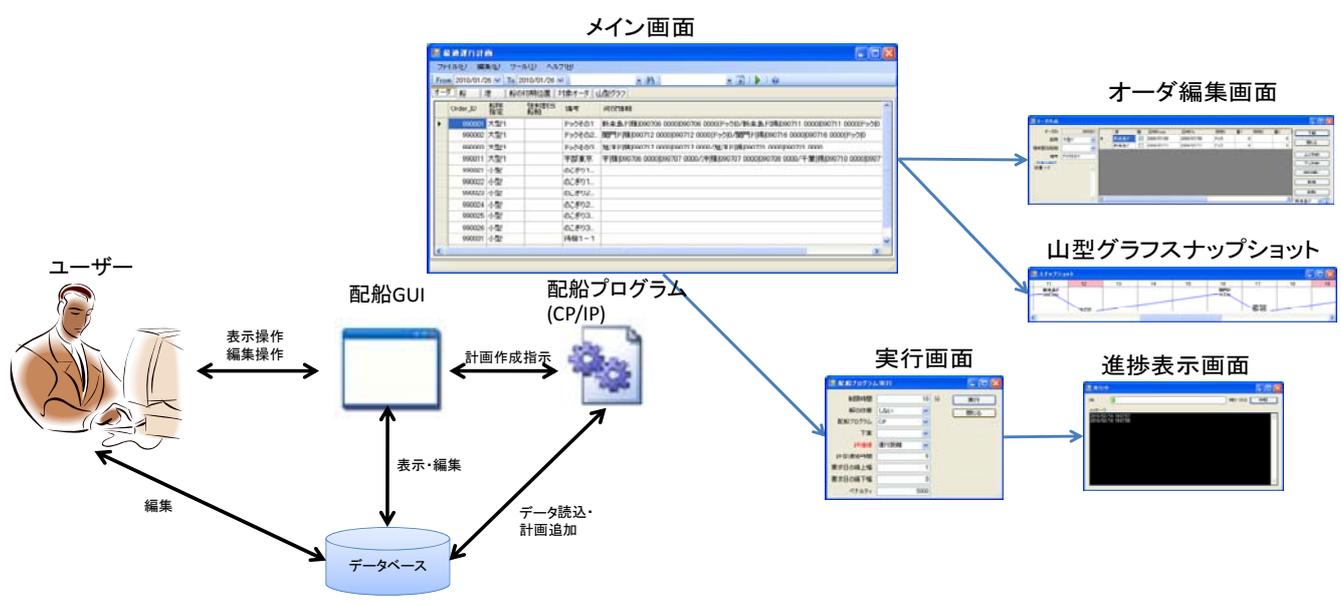
研究成果

- 配船計画システムの実用化に向けて制約条件のデータベース及びユーザーインターフェースの開発を荷主と共同で行った。(配船支援システム構成、ユーザーインターフェース画面遷移参照)
- 最適航海計画支援についてシステム化を図るため、東京海洋大学、日本気象協会と共同で最適航海計画作成プログラムの機能要件、プログラム仕様、入出力ファイル・データファイルの仕様を定義し、頑健性の強化や船載電子海図システムとの結合、動静把握機能の追加等、実用化を前提とした機能の設計を行った。
- 22年度に予定している実船試験(6隻—8隻)を円滑に実施するため、既存船舶の推進性能等計測機器に関し、各船舶に共通な機材をコンパクトにまとめる設計・製作を行うなどの実験準備に着手した。

◆特許、発表論文等の成果(21年度)

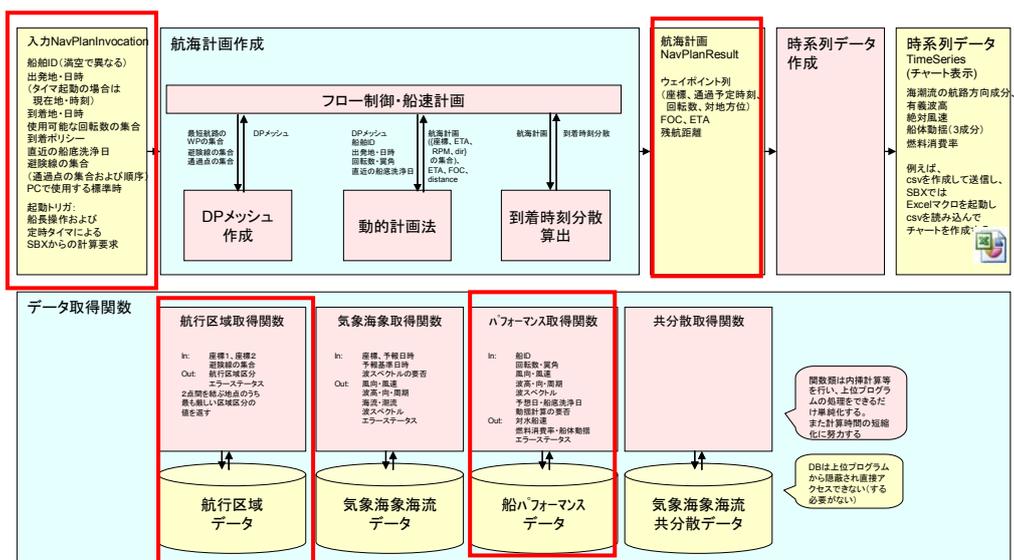
- ・ 特許0件
- ・ 発表論文14件

参考図

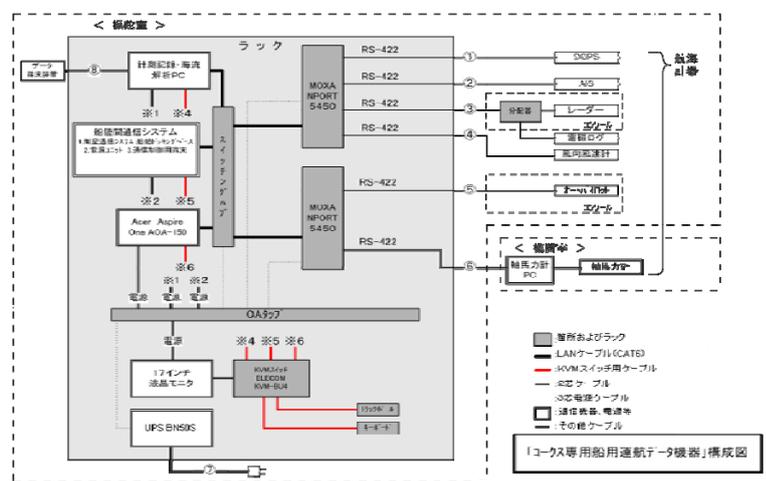


配船支援システム構成図・ユーザーインターフェイス画面遷移

実験対象船の例



最適航海計画最適化のプログラム構成概略図 は海技研担当部分



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 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
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軸船型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

- 年度計画に従い、次を実施。
- 省エネ装置評価プログラムの開発及びその評価模型実験・検証
- また、これに加え、次を実施
- 要目最適化プログラムに2軸船計算機能を追加
- 2軸船のCFD計算に適した格子生成法を開発
- コンテナ船とバルクキャリア2船型に対して試設計を実施

研究成果

- 要目最適化プログラムに2軸船計算機能を追加し、さらに波浪中での性能も1軸船と同様な方法で計算できることを模型試験で確認した。これにより、超幅広な2軸双胴型船尾の最適化が可能となった。また、開発したプログラムは船社や造船所などの民間6社および船技協で活用されている。
- 上記のプログラムを利用してCO2削減量の大きいと考えられる大馬力のコンテナ船と建造ニーズの高いバルクキャリアの2船型を設計、コンテナ船については実験および解析作業を終了し、そのトンマイルあたりのCO2削減効果が幅広化が容易なコンテナ船の場合に30%にもなることが確認できた。

- ◆ 特許、発表論文等の成果(21年度)
 - ・ 特許3件
 - ・ 発表論文6件

参考図

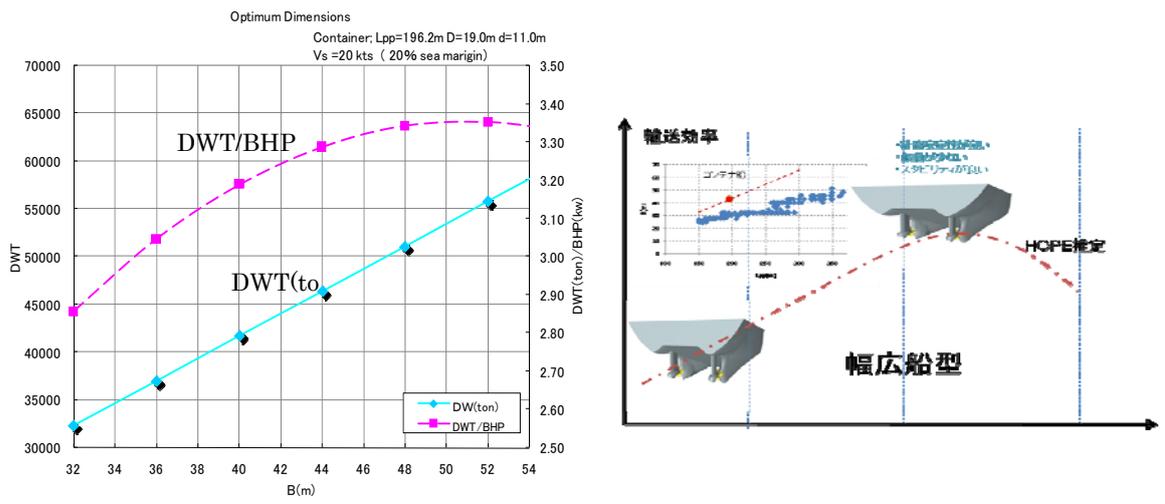


図1 要目最適化プログラムによる2軸船の検討

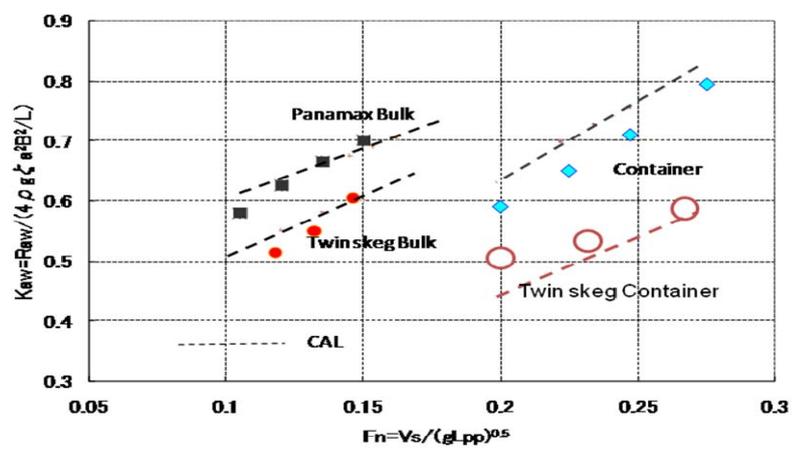


図2 2軸ツインスケグ船型に対する波浪中の抵抗増加計算 (HOPE LIGHT)

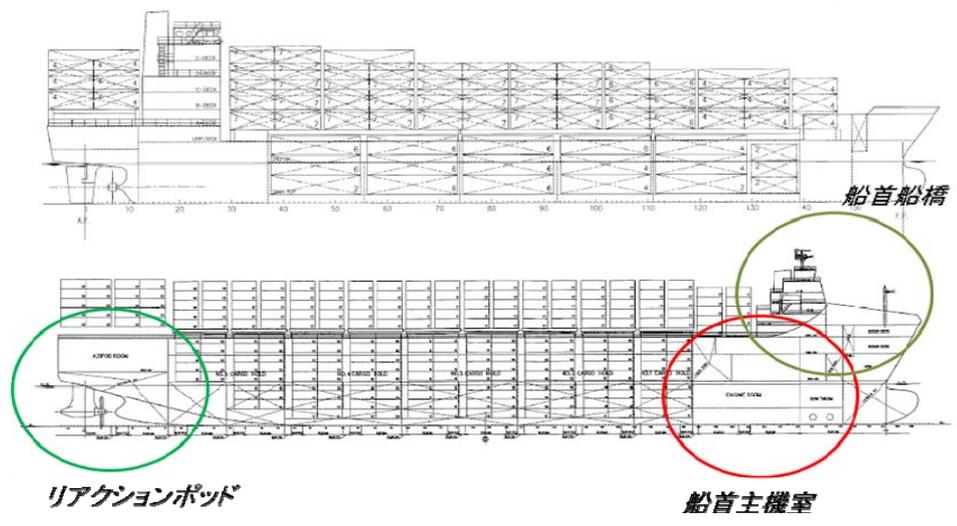


図3 従来型コンテナ船と超幅広2軸船の比較

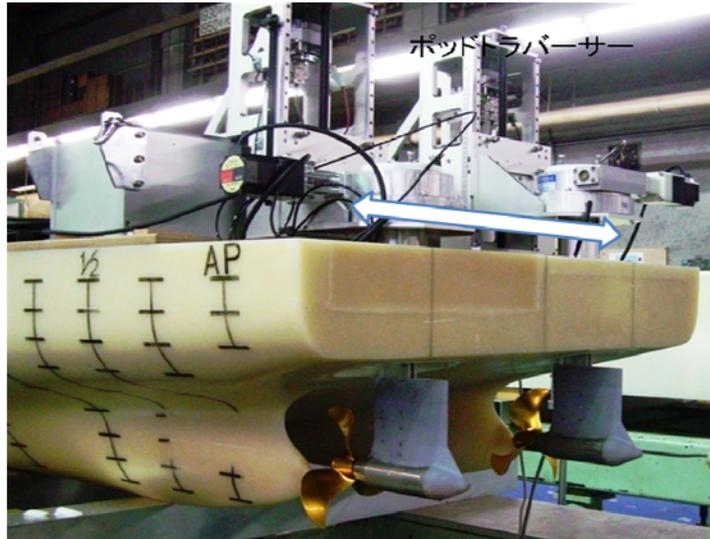
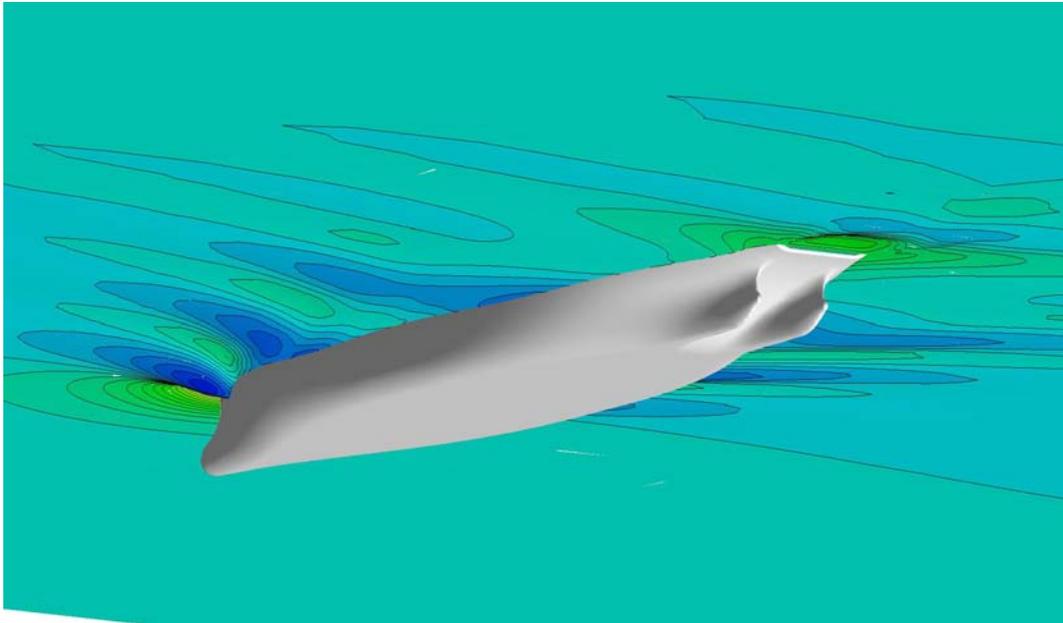


図4 トラバーサによるポッド推進器最適位置調査



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 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
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

- CO2低減の個々の要素技術は存在
- しかしながら、各要素技術を組み合わせ船舶全体の性能を総合的に評価する手法が存在せず

成果目標

- 総合性能評価システムの開発
 - ・ 船型/推進システムの総合性能を評価する手法の開発(コンテナ船運航中CO2排出量15%以上低減を目標)
 - ・ 実海域における性能指標および性能評価システムの開発
 - ・ 実海域における性能改善法に関する研究
 - ・ 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。
 - 速度低下指標の検証
 - 指標の中小型船舶への適用評価
- また、これに加え、次を実施
 - 実海域性能評価計算手法の開発
 - 波浪中抵抗増加を軽減する船首形状の開発
 - 省エネ付加物の波浪中性能の調査および付加物対応のCFD格子生成プログラムの開発

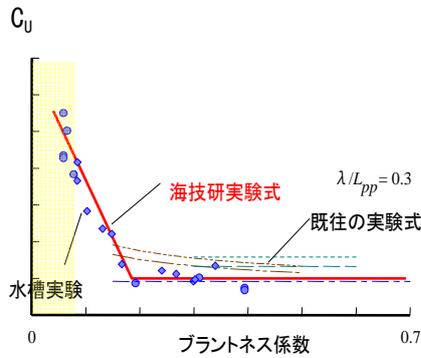
研究成果

- 遭遇する波の波長が船長に対し短い外航船について、速度影響係数(C_D)とブラントネス係数(B_f)の関係を明らかにし、この関係と波浪中試験から算定される C_D とを用い、実海域性能算定において重要な短波長域での抵抗増加を高精度で算定する実用的な手法を考案し、速力低下量算定プログラムSPICAを開発。水槽試験により、計算では評価が難しい水線上形状の改良効果等を取り入れることも可能となった。
- PCC、タンカー、バルクキャリア、コンテナ船等計6隻の実船での試験により、SPICAが高い精度を有することを確認。
- 内航船について、 C_D と B_f の実験式から直接求めることができるように実海域性能算定手法を改良し、波浪中試験を行った場合との比較を行い、0.1ノット程度の差に収まることを確認
- 内航船の成果は、国土交通省が行った鋼材運搬船のモデル船型開発にあたっての性能評価ツールとして使われ、本成果を受け創設された(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の船舶共有建造精度「先進二酸化炭素低減化船」の判定ツールとして利用される予定。
- 波浪中抵抗増加を低減する船首形状STEPを開発し、その性能確認を行う実船試験の計画立案を支援
- 船尾に装備する省エネ付加物の波浪中性能調査を実施し、波浪中での性能改善を確認
- 船尾に装備する省エネ付加物の平水中性能計算用CFD格子の開発

◆特許、発表論文等の成果（21年度）

- ・特許 6 件
- ・プログラム登録 14 件
- ・発表論文 31 件

参考図



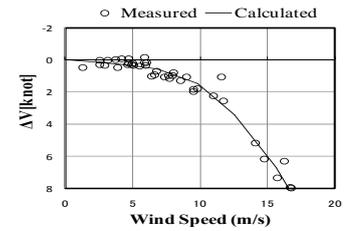
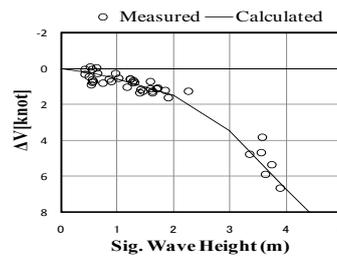
C_Uの海技研実験式



速力低下量算定プログラム SPICA



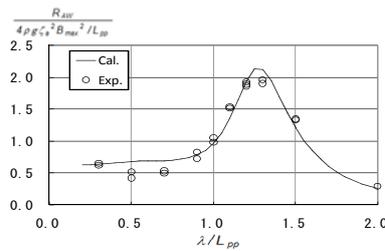
実船試験供試船（PCC）



PCCによる実船試験結果



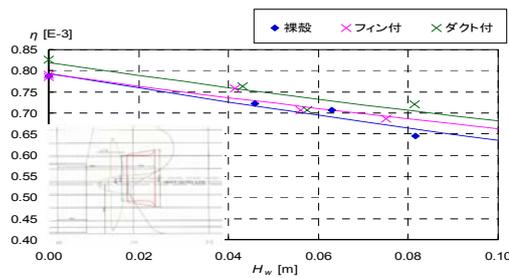
内航船の波浪中試験



規則波抵抗増加試験結果



船首部波浪抵抗低減装置（STEP）



省エネ装置（ダクト）の波浪中での推進効率

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 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調査研究

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3%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課題を整理し、造船所を交えて対応策を検討する。
- 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して対策を検討する。
- これらの成果を纏め、空気潤滑法を船舶に適用する際の汎用的な設計ツール等を開発し実用化への道筋をつける。
- 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に向けて、制御システムの要件の整理、大型船用主機関での総合運転試験を通じて、実用化のための課題の抽出を行う。

研究経過

- 年度計画に加え、次を実施。
- 内航船に対し空気潤滑システムを恒久設備として装備するための共同研究を実施(実船に搭載)
- 喫水の深い外航船を含め幅広い船舶を対象に空気潤滑法を実用化するため、民間企業10社との間で3年間の共同研究契約を締結し、空気潤滑法の実船適用に関する基本技術の確立(成果目標に掲げた課題の解決)に向けた研究開発に着手。
- これらの研究開発の実施と平行して、外航船2隻(電動プロアにより対処可能な比較的小型の船舶、主機掃気バイパスシステムとの組み合わせが不可欠な大型の船舶)について、それぞれ造船所と受託研究契約を締結し、空気潤滑法を実際の船舶に適用する際の課題の抽出とその解決に向けた研究に着手。

研究成果

- 空気潤滑実用化第一号となる小型内航船に対し、シーチェスト等に対する気泡流対策等の実用時の課題解決に技術的支援を行い、空気潤滑法を恒久的なシステムとして適用するための研究開発を完了。実船計測により、効果の検証を実施中。バラスト状態で約3%、満載状態で約1%の省エネ効果を確認し、引き続きデータ取得中。
- 空気潤滑法の実船適用に必要な設計ツールの原案を作成
- 喫水が深い大型船に対し、空気吹き出し方式、吹き出し位置、空気供給方法等に関する設計ツール開発とともに、世界初となる掃気バイパスガス制御システム等を開発。制御システムは、燃費悪化等を防ぐため、エンジンに対する掃気バイパス量および掃気圧を適正範囲になるように制御するものであり、これと船舶の大型低速エンジン(10000KW級)を組み合わせ、陸上試験により有効性を確認。
- 掃気バイパスガス制御システムについて、配管系の試設計による管路損失やブロー性能等の検討を行い、実用化の目処を立てた。

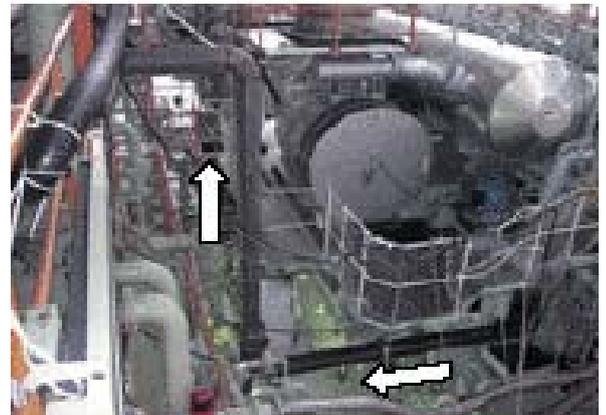
- GHG に関する新造船の環境性能を示す指標である「エネルギー効率設計指標 (EEDI)」(MEPC Circ. 681) の強化及び指標の目標値の合理的且つ継続的な引き上げに係る MEPC60 回会合 (3 月) での審議において、空気潤滑法は EEDI の目標値引き上げに寄与する技術として紹介され、船舶の環境性能向上に寄与。

◆特許、発表論文等の成果 (21 年度) : 特許 1 件、プログラム登録 1 件、発表論文 2 件

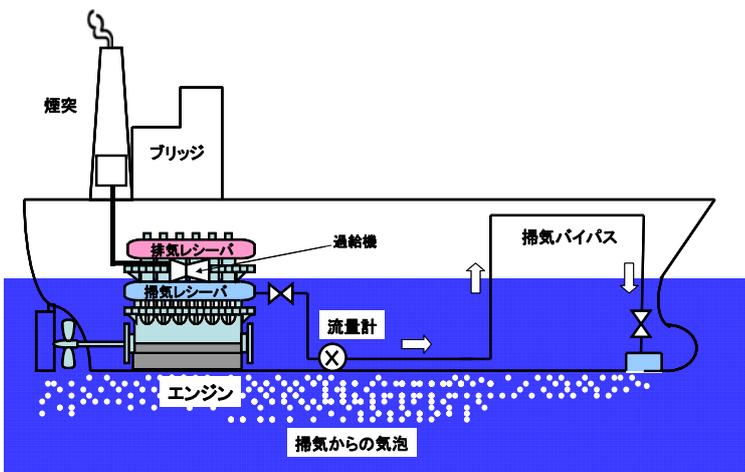
参考図



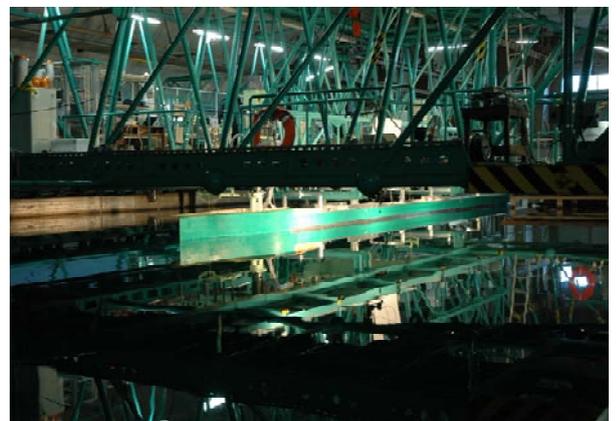
空気潤滑システム概念図



掃気バイパスシステム総合試験装置
(矢印は抽気した空気の流れ)



掃気バイパスガスシステム概念図



長尺模型による水槽試験風景

過給機により圧縮された吸気 (掃気) ガスをバイパスガスとして直接船底に吹き込むことでブロー動力の節約を図るシステム

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 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低減塗料の開発

研究経過

- 年度計画に従い、次を実施。
- ポリマー溶出量を制御した塗料の開発及びその評価モデル実験・検証等。

研究成果

- 塗膜表面よりポリマーが滲出することによる壁面近傍の摩擦抵抗低減の原理を検証するため、壁面滲出実験において壁面近傍の速度分布を測定。この結果、壁面近傍の速度変動が小さく、乱れが抑制されて摩擦力の主成分であるレイノルズ応力が減少していることを確認。また、壁面滲出実験を模擬したCFD計算により、滲出試験結果がよく再現され、乱流中のポリマーの挙動を解明。
- 抵抗低減効果が長期的に維持できる塗料を選定するため、ポリマー種、ポリマー含有量、ベース樹脂などを系統的に変えることにより、塗膜表面粗度が低く維持でき、かつポリマーの分子量低下が抑制されつつ溶出速度が制御できる塗料を試作。
- 当該装置を用いて試験を実施した結果、この種の方式の塗料の有効性が確認できる実測値が得られた。ポリマー濃度が船尾に向かうほど増大（抵抗低減効果は船長の増大に伴い増加）することを考慮すると実船では更に大きな効果が期待。今後実用化のための研究を継続。

◆特許、発表論文等の成果（21年度）

- ・ 特許1件（申請手続き中）
- ・ 発表論文14件

参考図

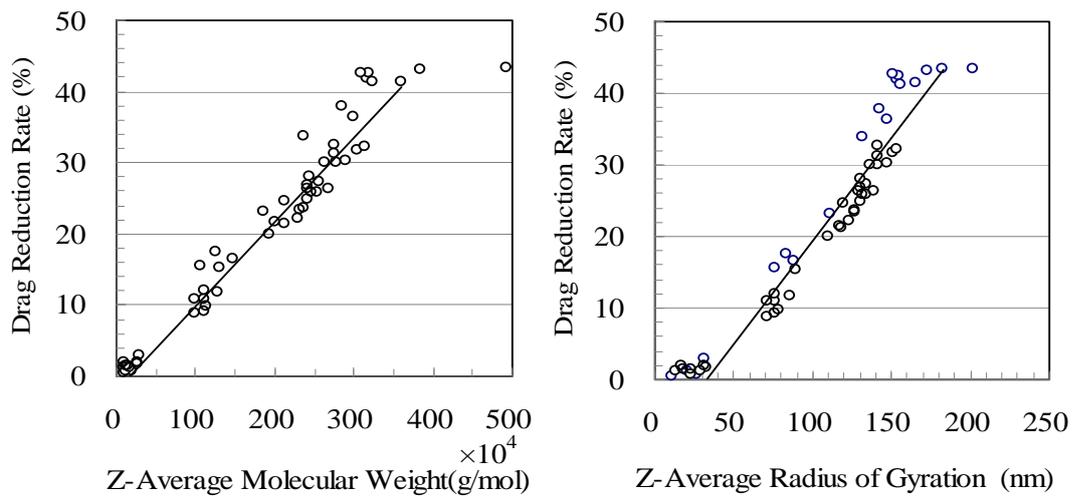


図1 ポリマー分子量及び慣性半径（Z平均）と低減効果の関係



図2 市販塗料と試作塗料の摩擦抵抗の差を0.5%の精度で計測可能な高精度摩擦抵抗計測装置

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

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。
- 京都議定書の約束期間 (~2012 年) 終了後の GHG 排出抑制のための世界的枠組み構築については UNFCCC 締約国会議 COP15 (2009 年 12 月) で決定されることとなっていたが、審議の結果最終決着は COP16 (2010 年 12 月) に持ち越された。この COP15 に向けた準備会合において、欧州等より外航海運からの GHG 排出低減について具体的な低減目標を定めるべきとの提案がなされている。
- IMO では、2007 年より京都議定書の約束期間終了後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、新造船の GHG 排出指標 (index) の算定や既存船に対する代替措置 (SEEMP; 船舶エネルギー効率管理計画) の構築等を進めると共に、これらの強制化やその他の経済的手法を用いた GHG 排出量抑制案の審議を進めることとしている。

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 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。
- 個別の船舶 (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。
- 個別の船舶 (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。
- 設計指標 (index) 等を用いた外航海運からの 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
- 国際海事機関の審議に対応した国際基準案の調査検討
- 外航海運からの GHG 排出削減手法 (新造船及び既存船に対する対策) 及び効果に関する調査検討
これらに加え
- 外航海運における GHG 排出削減手法の費用対効果 (限界削減費用曲線) 等に関する基礎調査等を実施

研究成果

- 国際海事機関が実施した外航海運からの GHG 排出量の現状及び将来予測調査 (IMO GHG Study2009) の一部を受託し、作成に貢献
- 我が国における新造船の GHG 排出指標 (EEDI; エネルギー効率設計指標) の検討、EEDI 算出ガイドライン案の作成、EEDI 算出ガイドライン案の検証作業 (実船適用による課題抽出作業) に参画。これらを通じて国際海事機関 MEPC59 回会合 (7 月)、同 60 回会合 (3 月) に対する我が国提案文書の作成に貢献すると共に、会合に出席して我が国提案の実現に努め、EEDI、EEDI 算出ガイドライン等の国際合意 (MEPC Circ. 681, 682) に貢献。
- 同じく標準的な既存船の EEDI 値について調査すると共に、各種省エネ技術を適用することにより 2024 年までに期待される EEDI 値の向上幅、これらの EEDI 規制の導入により外航海運から排出される GHG 量の抑制見込み等について推定。これらについては、今後の EEDI 強制化を含む外航海運からの GHG 排出低減方法案の策定に関する我が国提案文書の中に取り入れられた。

◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)
 発表論文 0 件

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

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) 触媒等の舶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) 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
 - PM を特定する計測技術の開発
 - また、これに加え、次を実施
 - 凝縮法でのサルフェート濃度計測により排気希釈装置の捕集損失 (サルフェート分) の定量化
 - 熱重量分析による PM の有機溶媒可溶分 (SOF) の由来割合 (燃料油と潤滑油) の定量化
 - 計測精度を改善した煤塵計測を行い、排気サンプリング時の非等速吸引誤差、吸引方向による捕集量の差異の定量化

- 排気、希釈排気の THC 濃度の比較より、PM として捕集されない炭化水素の割合を把握
- ③PM の環境影響評価手法の構築
 - 年度計画に従い、次を実施
 - 拡散、気象、地理的制限を勘案した環境影響評価モデルの改良
 - また、これに加え、次を実施
 - 外航船、内航船、及び、漁船の排出量マップ（2005 年版）の作成
 - 日本の陸上排出源による排出量マップ（2005 年版）の作成
 - 産業連関表と 3EID による日本の産業別大気汚染物質の排出量解析システム（2005 年版）の構築
 - 船舶航行頻度の解析システムの構築
- 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
 - また、これに加え、次を実施
 - SCR 脱硝システムに用いる尿素水噴射ノズルなどの要素開発
 - 触媒の劣化・再生に関する基礎性能評価試験
 - 実エンジンおよび複数の排ガス分析計を用いた計測手法に関する調査検討

研究成果

- 既存の PM 計測の公定法（JIS）は、硫黄分が 0.8%以下までの燃料に有効であるとされているが、これを超えることが多い船用ディーゼル機関において JIS に準じた方法（図 1）を用いて PM 計測を行い、適用上の問題点を具体的に把握。
- 計測ガス自体の性状を把握するため、燃料性状、運転条件等による排気 PM の排出特性を把握。燃料中の硫黄分の増加に伴いサルフェート及びその結合水が大幅に増加することが判明。
- PM 計測用排気希釈システムの捕集損失（サルフェート分）の定量化手法を案出（論文投稿）、サルフェートは測定系内に沈着し、捕集フィルタまでの沈着率は数 10%程度。測定管への吸引方向、吸引速度、希釈条件、サンプリング方法等を変えて実験を行い、捕集量の差異の定量化を行うなど、船用機関排ガス用計測方法の策定に向けて有益なデータを取得。
- PM の有機溶媒可溶分の由来割合（燃料油と潤滑油）の熱重量分析による簡易的な定量化手法を案出（論文投稿）
- 船舶（外航船、内航船）、漁船からの排出量データに加え、日本の陸上排出源などの排出量マップを作成。日本の周辺海域での放出規制海域（ECA）設定の検討に必要な大気拡散シミュレーションに用いる排出量データを整備（図 2 参照）
- 気象モデル（WRF）、大気質モデル（CMAQ）で構成する大気拡散シミュレーションシステムを構築。
- 船用 SCR 脱硝システムについて、これまでの触媒に関する基礎研究及び陸上エンジン運転試験による知見を踏まえ、実船の補機用のシステムを設計・製作し、実船に搭載（図 3）して長時間運転試験を実施。触媒の劣化対策等実用化に向けた技術的知見を得ると共に課題を明確化。
- 開発した多穴式の尿素水噴射ノズル（図 4）の効果や尿素水制御システムによる自動制御の性能を確認。
- 燃料中の硫黄分による触媒の劣化については、マイクロリアクターによる劣化・再生試験の結果を踏まえて、劣化・再生シミュレーションを開発（図 5）。シミュレーションによる劣化・再生予測を実施し、排ガス温度や硫黄濃度の影響を評価。今後、スート対策も含め、実機運転データによる検証等により劣化特性及びその対策の詳細化を実施。

◆特許、発表論文等の成果（21 年度）

- ・特許 2 件
- ・発表論文（誌上）2 件
 - 1) 「熱重量分析法による PM 成分（SOF）の由来の検討」、日本マリンエンジニアリング学会誌（査読完了、掲載待ち）
 - 2) 排気希釈システム内のサルフェート損失の定量評価、日本マリンエンジニアリング学会誌 第 45 巻 3 号（2010 年 5 月掲載）
- その他、講演発表 16 件、セミナー講義 1 件

参考図

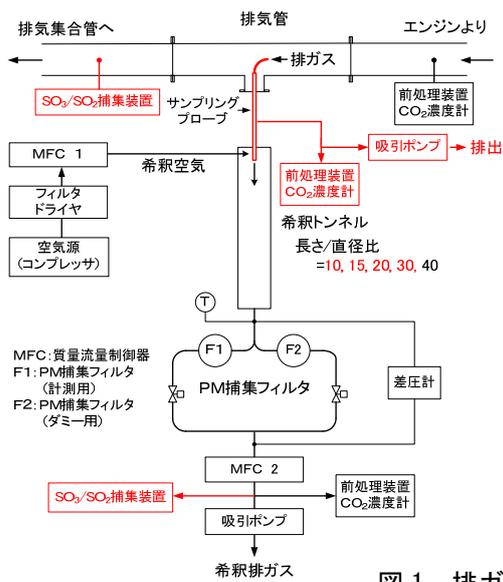


図1 排ガス希釈システムの概要

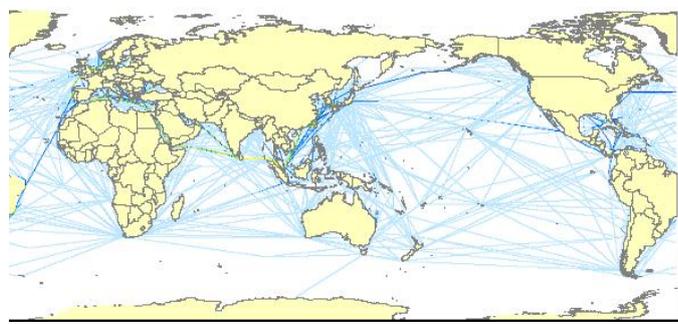


図2 船舶 (外航船、内航船) からの排ガスの排出量マップ (2005年)



図3 セメント運搬船に搭載したSCR脱硝システム



図4 開発した多穴ノズル

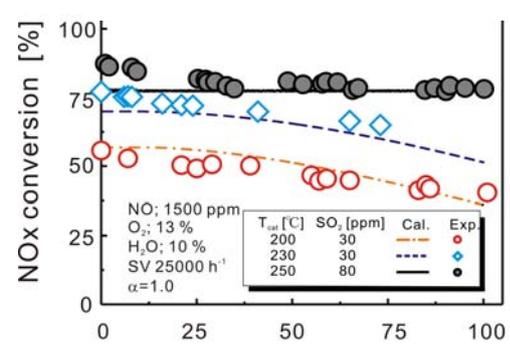


図5 シミュレーション結果と実験結果との触媒劣化特性の比較

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、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。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。
- 国際航海に従事する船舶の船底に付着した生物の大部分は、航海中の塗料の溶出とともに剥がれ落ちるが、船尾のよどみのような部分の塗料は溶出しにくく、付着した生物がそのまま寄港地に持ち込まれ、海洋生態系攪乱の要因の一つと考えられている。そのため、ポストバラスト水処理の課題として注目されつつある。

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 ③加水分解塗料による船底付着生物移動防止法の開発

研究課題 ③加水分解塗料による船底付着生物移動防止法の開発

技術現状

- 船底防汚塗料により船底付着生物の制御は行われていない。
- これまでの低 VOC 塗料の開発の過程で、基礎樹脂へのロジンの配合等によって、塗料の溶出速度を制御できることが判明。

成果目標

- 船底付着生物の越境移動を防止する塗料の開発。

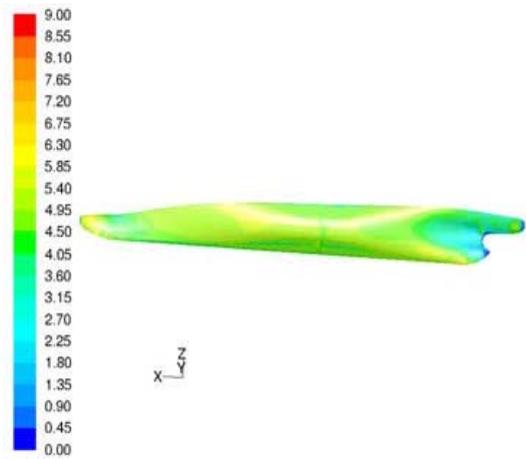
研究経過

- 年度計画に従い、次を実施
- 塗料消耗量に及ぼす流場因子の特定
- バイオフィルムが剥離する塗料消耗速度(溶解性能)の決定
- 実証実験

研究成果

- 塗料消耗量に及ぼす流場因子の特定のため、数値シミュレーション環境を整えた。
 - ・弓削丸(弓削商船)を対象とした、船体周りの数値流場解析(CFD)を実施。〈H22 へ継続〉
 - ・数値シミュレーションの操作マニュアルを作成した。
 - ・H22 年度の解析(斜航角、速度等を変化)対象項目を検討した。
- バイオフィルムの剥離因子を特定するための実船船底塗膜状態の観測を行った。
 - ・弓削丸(開発防汚塗料)を対象とした、船底の各部位における汚損状態の観察。〈H22 も実施〉
 - ・対象船を拡大。はつぎく(保安庁、現用塗料)を対象とした、汚損状態の観察。
- 弓削丸を対象とした、速力試験による船体抵抗の評価を行った。〈H22 へ継続〉
 - ・速力試験データ収集。解析方法の検討。塗膜の汚損及び表面粗度増大により船体抵抗が増加する傾向を解析結果より得られた。ただし、解析方法に改良、或いは、再検討の余地あり。
- ◆特許、発表論文等の成果(21 年度)
 - ・特許 0 件
 - ・発表論文 1 件 ①「低 VOC 船底塗料の開発・実用化」、日本マリンエンジニアリング学会(WS「船底塗料と海洋開発に関する最新の話題」、2009 年 11 月 5 日)。

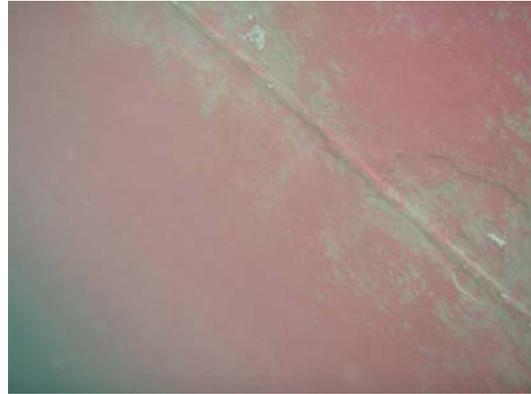
参考図



速度分布（船体表面から距離 0.001m の面、単位：m/s）



入渠時塗膜状態の観測



バイオフィーム剥離水中観測（左：8月の1ヶ月運航無し出港前、右：約3時間速力試験後帰港時）

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イスの向上等)、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
- 船舶に含まれる有害物質を特定するインベントリリストの作成を支援するトレーサビリティシステムの構築

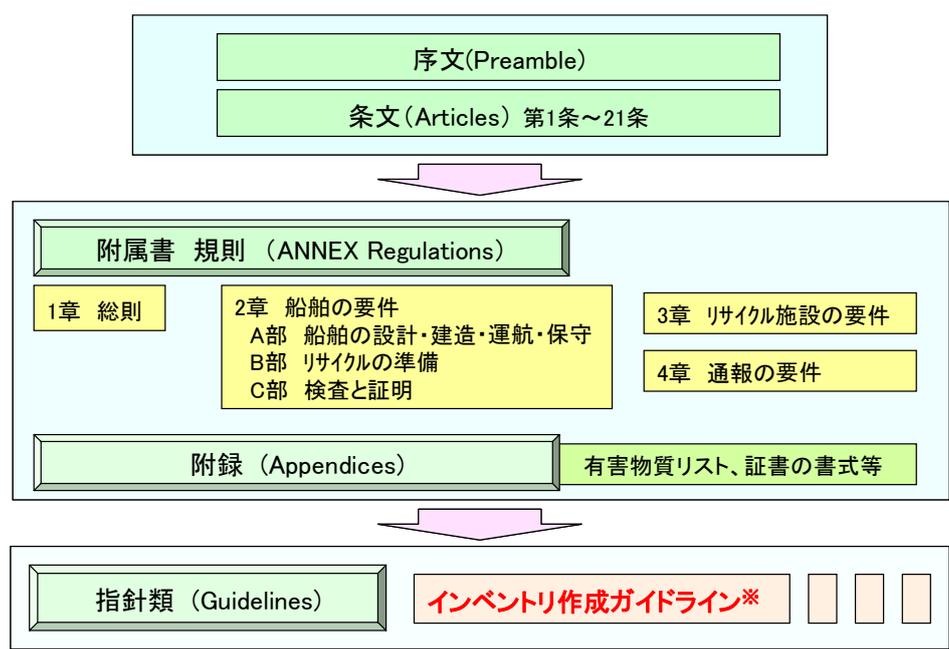
研究成果

- 21 年 5 月に香港で開催された IMO 外交会議において、海技研が策定作業に貢献していた「シップリサイクル条約」が採択された。
- 21 年 7 月に開催された IMO/MEPC59 において、海技研が原案を作成し、日本およびドイツの共同提案として IMO に提出されていた「インベントリ作成ガイドライン」が採択された。
- 海技研が原案を作成した ISO30006「船舶における有害物質の位置特定のための表示方法」が投票の結果 CD(委員会案)として 21 年 7 月に可決され PAS(公開仕様書)として公開された。また、ドイツが原案を作成し、日本が協力して検討を進めている ISO30005「サプライチェーンにおける有害物質データ交換」について、日本意見が反映した形で CD として、22 年 3 月に可決され PAS として公開された。
- 中小造船業向けのインベントリ作成マニュアル(電線及び溶融亜鉛メッキに含有する有害物質の算出方法を含む)を整備した。
- 船用機器メーカー等 2 社において、シップリサイクル条約に対応するための化学物質管理システムのモデルを構築。

◆特許、発表論文等の成果(21 年度)

- ・特許 0 件
- ・発表論文 2 件
- ・寄稿(KANRIN 26)

参考図



※インベントリ作成ガイドラインは、IMO海洋環境保護委員会(MEPC)の決議として2009年7月に採択。

図1 シップリサイクル条約の構成とインベントリ作成ガイドラインの関係

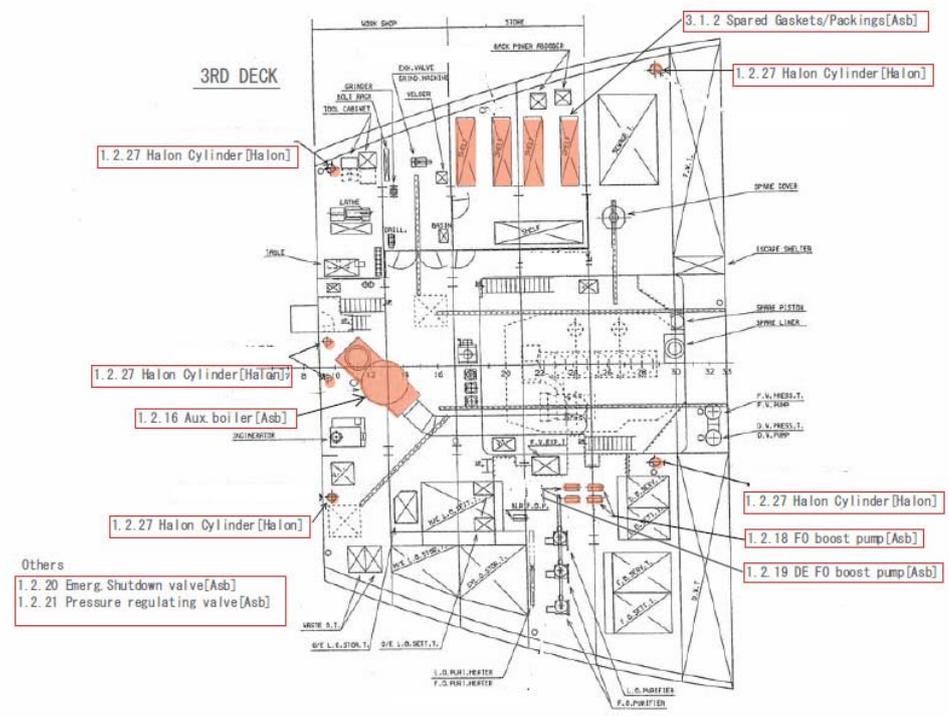


図2 ISO30006 「船舶における有害物質の位置特定のための表示方法」

参考資料 平成 21 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)

課題名	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
------------	--

課題名	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
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

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

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

課題名	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
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オホーツク海水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

課題名	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
研究期間	平成 18 年度～平成 22 年度

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 2,500m 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、ライザー管、運搬船等から構成)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(浮体式モノコラム型生産/貯蔵/出荷システム(MPSO)等)
- 大水深掘削用ライザー管の基礎技術は確立。但し、水深 2,000m 迄が我が国技術の限界点。(模型実験での原理解明のみ。実機検証は未だ)
- 一方、生産用ライザー管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 2,500m 以遠は世界的にも未経験
- 大水深フレキシブルライザーに関しては、平成 25 年を目処に商業化を検討
- FLNG(LNG-FPSO)を用いて本邦企業が、2015 年に世界で初めてインドネシア海域でガス生産を開始する予定
- まだ実現されていない FLNG に関して、出荷システム、出荷オペレーション、爆発等に対するトップサイドレイアウト等、FLNG 事業化検討における重要課題が存在
- タンデム方式の出荷が可能な石油 FPSO に対して FLNG は、LNG 用フローティングホースがないことから、LNG 船を FLNG に接舷・横付係船して出荷オペレーションを行わねばならず、衝突防止等のための作業船支援やスラスト装置等による LNG 船の高度な位置保持が必要

成果目標

- 大水深 2,500m 対応の安全性評価手法の構築
- 浮体式生産システム(MPSO 等)の安全性評価
 - ・総合安全性評価法(衝突・爆発による構造被害度評価、係留・DP(Dynamic Positioning)システムのロバスト性評価)の開発
 - ・基本承認(船級 AIP)取得に対する支援
- 生産用ライザー管の安全性評価
 - ・実機大鋼製ライザー管の渦励振(Vortex Induced Vibration :VIV)流体力計測&挙動予測プログラム開発
 - ・鋼製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管、係留ライン、浮体生産システムを一体とした挙動・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
 - ・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
 - ・フレキシブルライザーの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
- FLNG-LNG 船の接舷・係船・出荷シミュレーションプログラムの開発
 - ガス漏洩・拡散・爆発・被害度評価シミュレーション技術の開発
 - フレキシブルライザーの挙動解析プログラムの開発
- また、これに加え、次を実施
- FLNG 用フローティングホースの構造特性評価法

研究成果

平成 20 年度までに、(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ペトロブラス

との共同研究に係る JOGMEC からの委託研究の一環で、水深 2,500m で稼働する浮体式生産システム (MPSO 等) を対象として、波・風・流れが共存する複合環境条件下での係留システムの安全性評価手法を開発し、さらに MPSO から DP シャトル船への出荷システムに関し、MPSO からのガス漏洩による影響評価、DP シャトル船の DP システム single failure 時の安全性評価、衝突による油漏洩等評価を実施し、米国船級協会から、係留システム、MPSO 出荷システム、シャトル船 DP システムに対する鑑定書 (SOF: Statement of Fact) を取得した。これをもって石油生産システムの安全性評価手法の構築の成果目標は達成した。平成 21 年度からは、まだ実現されていない天然ガス生産システムの安全性評価手法の構築を目指し、研究を開始。平成 21 年度の成果は以下の通り。

□FLNG-LNG 船の接舷・係船・出荷シミュレーションプログラムの開発

FLNG-LNG 船の接舷・横付係船・出荷オペレーションの安全性を評価するために、風、波、潮流(複合荷重)がある中での出荷に伴う一連のオペレーション状況を再現できる世界初のシミュレータを開発中である。具体的には、当該シミュレータの核となる、海技研独自の複合荷重下における 2 浮体動揺シミュレーションプログラムを開発(図-1)。特に、横付係船時に大きな影響を与える波漂流力計算に関しては、高次元境界要素法と直接表面圧力積分法を用い、かつ高速マトリクス演算手法を導入することにより、精度向上及び高速化を実現。水槽試験結果との比較により、本プログラムの有効性を確認。また、本プログラムを用い、本邦企業が検討中の FLNG に対し、複合荷重下における出荷時稼働性評価を行い、実用化に向けた技術支援を実施。さらに、シミュレータの GUI と表示部の整備を行うとともに、LNG 船の接近シミュレーションプログラムを開発し、シミュレータへの組み込みを行った(図-2)。

□ガス漏洩・拡散・爆発・被害度評価シミュレーション技術の開発

FLNG プラントレイアウト配置の設計に資する総合安全性評価を行うために必要なツール整備等を行った。具体的には、現行の規格等で要求されている爆圧設計値を調査して、合理的な事故シナリオに沿った数値計算を実施する必要があることを確認した。また、ガス漏洩・拡散については最終結果に大きな影響を及ぼすことから、計算の妥当性を確認するために、実機相当のガス漏洩・拡散を模擬できる風洞試験技術を開発するとともに、FLNG プラントからの漏洩ガスの拡散シミュレーションを実施して風洞試験結果と比較検証した(図-3)。さらにガス拡散、爆発、構造解析の各ソフト間のインターフェイス整備を行い、ガス漏洩・拡散・爆発・被害度評価まで一連評価できる環境を整えた。

□フレキシブルライザーの挙動解析プログラムの開発

フレキシブルライザーの疲労評価でキーとなる VIV 挙動を適切に評価するために、構造減衰特性等の機械的特性を考慮することにより、フレキシブルライザーの VIV 挙動を解析するプログラムを整備した。当所の深海水槽において実施した模型試験結果と比較することにより、プログラムの精度が良好であることを確認した(図-4)。

□FLNG 用フローティングホースの構造特性評価法

横付係船より安全性・稼働性が高いタンデム係船による出荷を可能とする FLNG 用フローティングホースの開発に向けた基盤技術を確立した。具体的には、当所の施設・機器を用いて積層管及び構成部材の曲げ試験、引張試験等、各種の試験計測を実施した。その結果得られたデータと、別途実施した FE 解析結果(図-5)等を勘案し、フローティングホースの構造設計に適用可能な、積層管の機械特性(曲げ剛性、軸剛性、振り剛性)を簡易的に推定する手法を構築した。さらに、ホース等の可撓管の曲げ剛性の制御法を開発し、特許を出願した。

◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)

- ・特許出願 1 件
- ・プログラム登録 3 件
- ・発表論文 4 件

参考図

研究内容	H21年度実施内容	最終成果イメージ	
出荷システム、 出荷オペレーション (横付係船、タンデム係船)	FLNG-LNG船の接舷・係船シミュレーションPGM開発	・接近シミュレーションPGM ・シミュレータ用ビューア、GUI整備	接舷・係船シミュレータを用いた安全性評価、出荷オペレーション支援 世界初となるFLNG用FHの開発
	FLNG用フローティングホース(FH)の開発	・FH構造特性評価法	
プラントレイアウト設計	ガス漏洩・拡散・爆発・被害度評価シミュレーション技術開発	・ガス拡散風洞試験技術 ・一連評価ツール整備	FLNGプラントレイアウト設計ガイドライン
大水深フレキシブルライザー	フレキシブルライザー(FR)の挙動解析PGM開発	・VIV挙動評価技術 ・大水深対応FR挙動評価技術	FR疲労評価

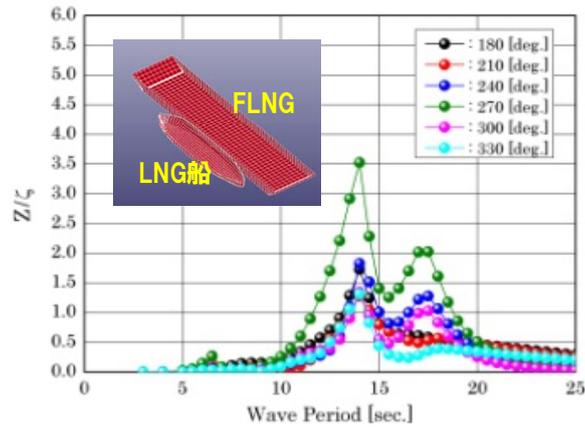


図-1 接舷・出荷時 2 浮体動揺計算結果の例

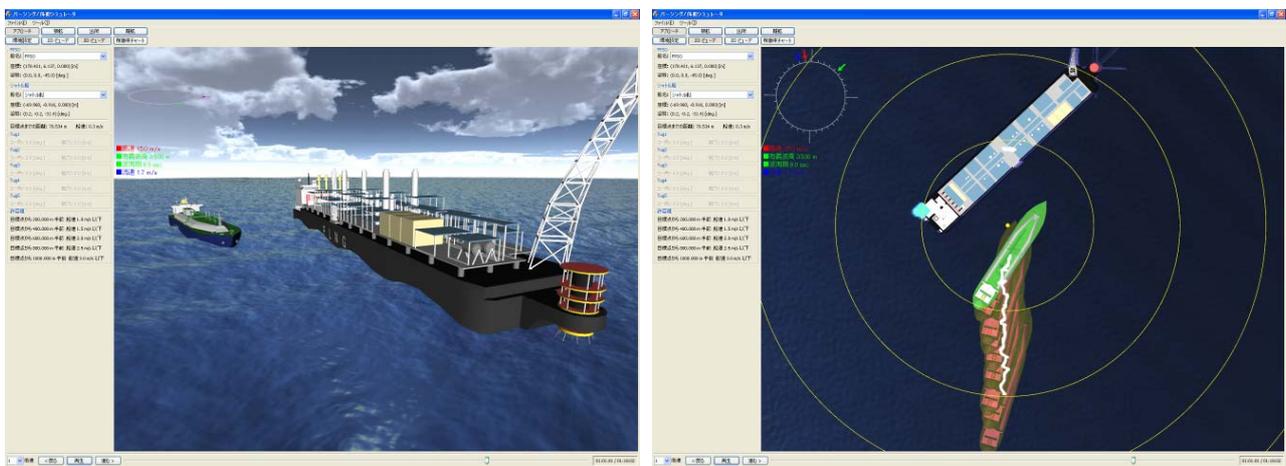
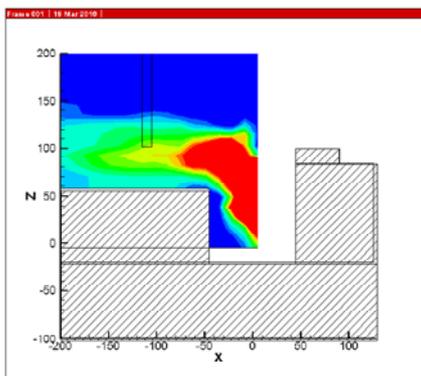


図-2 接舷・係船・出荷シミュレータの表示部の例(接近時の様子)

(a) 風洞試験結果



(b) シミュレーション結果

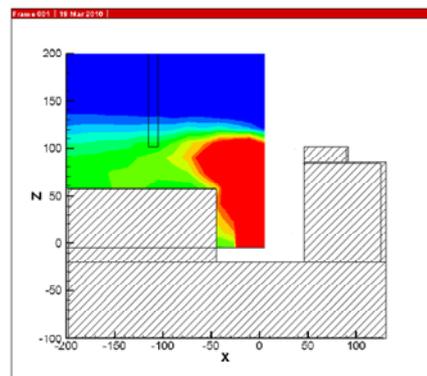


図-3 FLNG プラントからの漏洩ガスの拡散状況

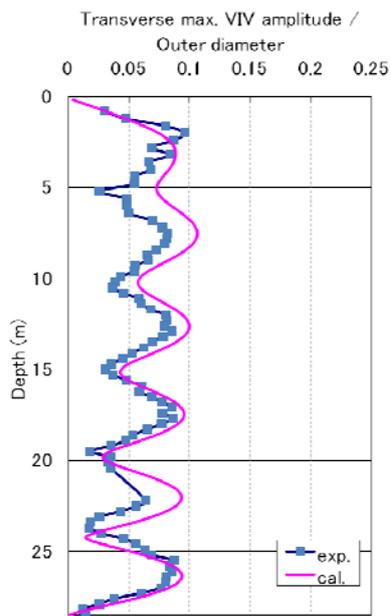


図-4 フレキシブルライザーのVIV挙動解析結果(模型試験結果との比較)

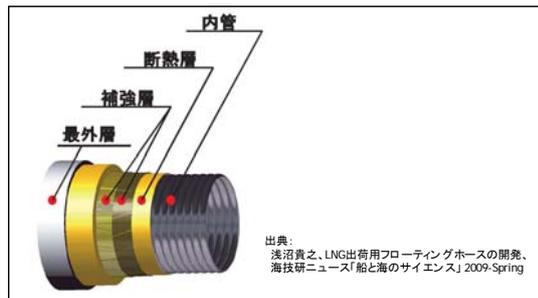
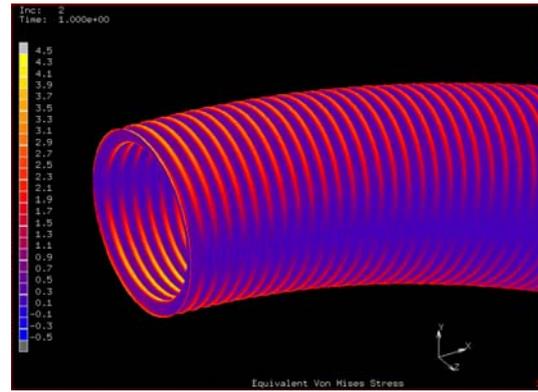


図-5 曲げを受けるFH内部波付鋼管のFE応力解析結果(上図)
FLNG用フローティングホースのイメージ(下図)

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。
- 自然エネルギーの大規模利用には、「膨大かつ未活用の空間・自然エネルギー」が賦存する海洋空間(陸域12倍のEEZ)の高度利活用が期待。また、陸域の資源に恵まれない我が国では他の資源についてもEEZの利活用が期待される。
- 海洋空間の高度利活用には、その基盤となる浮体技術の確立が必要なことから、「外洋上プラットフォーム」に関する研究開発が行われている。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(外洋上プラットフォーム)

技術現状

- EEZの70%をカバーするには水深5,000mまでの係留技術が必要だが現状の技術は2,500mまで。
- 黒潮域では流速5ノットに達するが現状の位置保持技術は3ノット程度まで。
- 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無い。
- 海洋における自然エネルギーとして有望な浮体式風力発電システムの設計技術や安全性評価技術が確立されていない。
- 利活用目的に応じ、従来の設計法に増してプラットフォームの安全性・経済性等を総合的に考慮できる設計支援システム(調和設計法)の開発が必要。

成果目標

- 要素技術の確立(係留、稼働性、排水挙動等)
- 洋上プラットフォームの安全性評価手法の構築
- 利活用目的に応じた設計支援システム(調和設計法)の開発

研究経過

- 年度計画に従い、次を実施
- 位置保持システム(係留及びDynamic Positioning System)の安全性評価手法を開発。船型及びセミサブ型プラットフォームを用いた水槽実験により精度検証、プログラム改良。
 - 減揺タンクによる動揺低減法及び稼働性評価手法を開発。船型プラットフォームを用いた水槽実験により精度検証、プログラム改良。
 - 保守を考慮した経済性評価手法を開発。
 - プラットフォームからの排水挙動解析手法(排水中の粒子の拡散及び再堆積シミュレーション手法)を開発。
 - 上記安全性評価手法、経済性評価手法等を調和設計プログラムに組み込み。同プログラムを下記の利活用3分野及び洋上風力発電に適用可能に。
 - 海底熱水鉱床開発プラットフォームの試設計を実施、メタンハイドレート試探掘及び食料・海洋エネルギー複合利活用プラットフォームの基本計画を策定。結果を調和設計法の精度検証・改良に活用。

研究成果

- 21年度の以下に掲げる研究が終了したことにより、第3期科学技術基本計画の戦略重点科学技術「洋上プラットフォーム」の研究開発目標である「2010年度までに浮体構造の安全性・信頼性向上技術、係留技術等の要素技術の確立」を高い技術レベルで達成した。
- ①EEZの70%をカバーする水深5,000m、地球深部探査船「ちきゅう」の性能を上回る潮・海流5ノットに適用可能な位置保持システムの設計法・安全性評価法を開発、水槽試験により検証。(図1、2)
- ②開放型減揺タンクによる動揺低減及び稼働性評価法を開発(減揺タンクは特許申請中)。(図3)
- ③ライフサイクルコスト評価法及びプラットフォームからの排水挙動解析法を開発。
- ④①～③の要素技術を組み込み外洋上プラットフォームの基本計画から、安全性評価、コスト評価等が実施可能な設計支援ツール(調和設計プログラム)を開発(特許申請中)。プログラムが適用できるプラットフォームは、熱水鉱床開発用プラットフォーム、メタンハイドレート試探掘り格、食料・海洋エネルギー複合利活用プラットフォーム及び洋上風力発電用プラットフォーム。(図4、5)
- ⑤本邦造船所等が実施した試設計に基づくコスト試算の結果と比較し、建造コストに関し6%以内の精度であることを確認。

□H22年度は、開発した調和設計プログラムの更なる検証を行い、各利活用分野にご利用いただく予定。

◆特許、発表論文等の成果（21年度）

- ・特許：2件
- ・発表論文：12件
- ・プログラム登録：10件

参考図

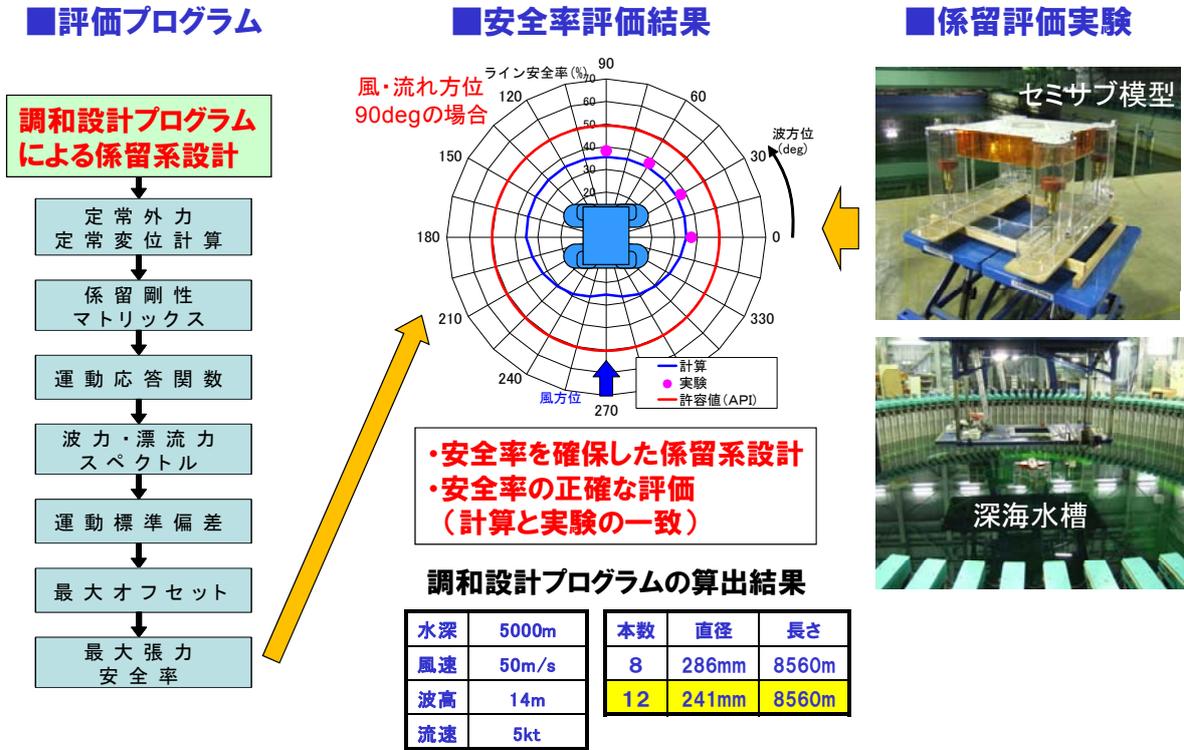
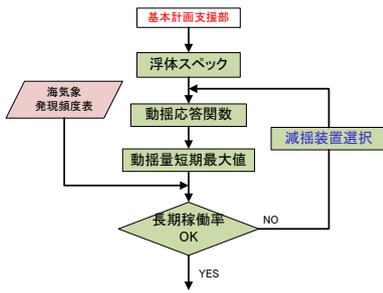


図1 水深5000m、5kt強潮流下での係留ラインの設計・安全性評価手法の開発

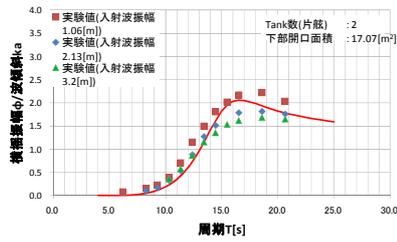


図2 5kt強潮流下でのDPシステムのアクチュエーターサイジング手法と安全性評価手法の開発

■ 評価プログラム

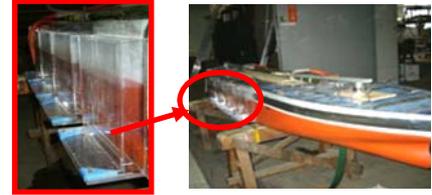


■ 稼働性能評価結果

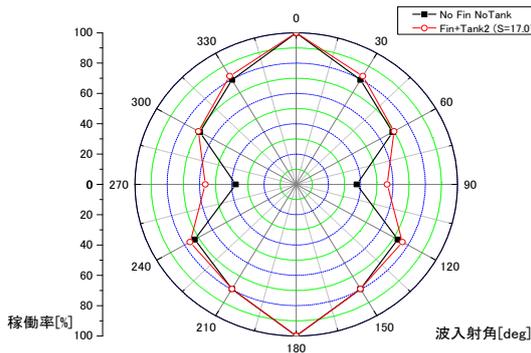


Roll運動のRAOの例

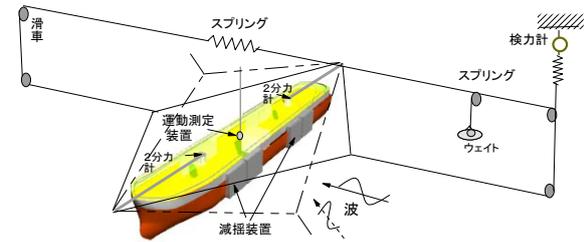
■ 動揺低減模型試験



開放型減揺タンクと取付状況



長期稼働性能の評価例



実験状態

図3 開放型減揺装置と長期動揺稼働性評価手法の開発

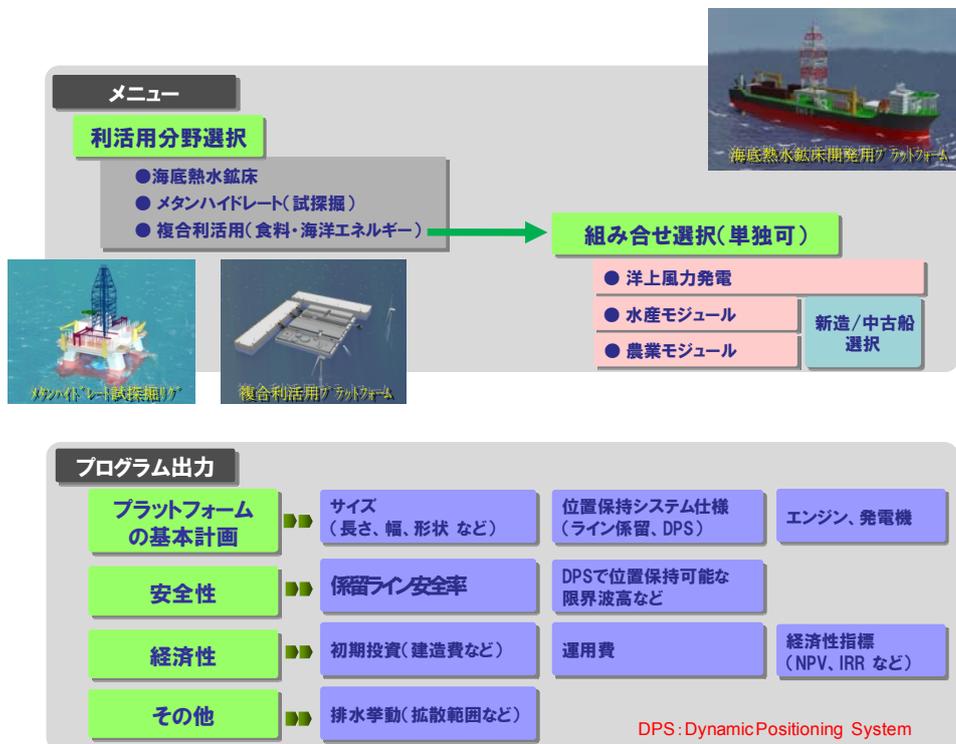


図4 調和設計プログラムの概要



図5 調和設計プログラムの概略フローと表示画面(海底熱水鉱床開発用プラットフォームの例)

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。
- 自然エネルギーの大規模利用には、「膨大かつ未活用の空間・自然エネルギー」が賦存する海洋空間(陸域 12 倍の EEZ)の高度利活用が期待。また、陸域の資源に恵まれない我が国では他の資源についても EEZ の利活用が期待される。
- 海洋空間の高度利活用には、その基盤となる浮体技術の確立が必要なことから、「外洋上プラットフォーム」に関する研究開発が行われている。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(潮流・海流発電システムの開発)

技術現状

- 海洋エネルギーとして潮流・海流発電は有望であるが、設計技術や安全性評価技術が確立されていない。
- 海外で実証プロジェクトが進んでいるが、国内ではほとんど実用化例はなく模型実験レベルの研究例まで。
- 実用化されている潮流・海流発電装置におけるタービンは、風力発電と同様に可変ピッチ機構が使用されているものが多く、建設費やメンテナンスコストが高い。
- 潮流・海流発電では、風力発電と異なり適地マップが整備されていない。設置海域の潮流、海流及び海底地形が分かっておらず、今後詳細な調査が必要。
- 潮流・海流が速い海域は船舶などが輻輳する狭い海峡や水深が深い沖合になるために設置技術が難しく、水中工事になるために建設コストが増大。
- 海中に設置されるため海洋生物付着や材料腐食が問題。

成果目標

- 潮流・海流発電に適した低コストタービンシステムの設計技術開発
- 潮流・海流発電のコスト評価システムの開発
- これらを統合した潮流・海流発電装置の設計支援システムの開発とプロトタイプシステム設計

研究経過

- 年度計画に加え、次を実施
- 流速に応じて弾性変形して受動的にピッチ制御を可能にする固定ピッチ弾性タービンの開発。
 - 弾性タービン性能評価試験法の開発。
 - メーカーへのヒアリング結果等に基づき、潮流・海流発電システムの経済性評価。
 - 送電ケーブルを使わないコンテナ型蓄電装置によるエネルギー伝達システムの提案(特許出願済み)。
 - 弾性タービンを用いた潮流・海流発電システムのプロトタイプのシステム設計。

研究成果

- ①以下の要素技術を開発
 - カットイン流速、過渡状態、定格流速のフェーズに分け、各フェーズで翼素運動量理論に基づいた弾性タービンの最適設計手法を開発した。(図 1～3)
 - 弾性タービンの性能評価を実施するために、曳航水槽で弾性変形を計測できる変位計測システムを開発した。計測結果をもとに弾性タービンの有効性を検証した。(図 4～6)
 - タービン性能及び機器コストデータベースを組み合わせたコスト評価システムを構築した。(図 7)
- ②上記要素技術を組み合わせて
 - 潮流・海流発電システムのケーススタディーを実施した。
 - 結果を海外の実証プラントのデータと比較して、コスト評価システムの有効性を検証した。(図 8)
 - 伊豆諸島沖を想定し、タービン設計を実施した。可変ピッチ機構を用いたシステムと比較して、当該システムが有効であることを確認した。
- ◆特許、発表論文等の成果(21 年度)
 - ・特許出願: 2 件
 - ・発表論文: 5 件(内 東京大学との共著 2 件)

参考図

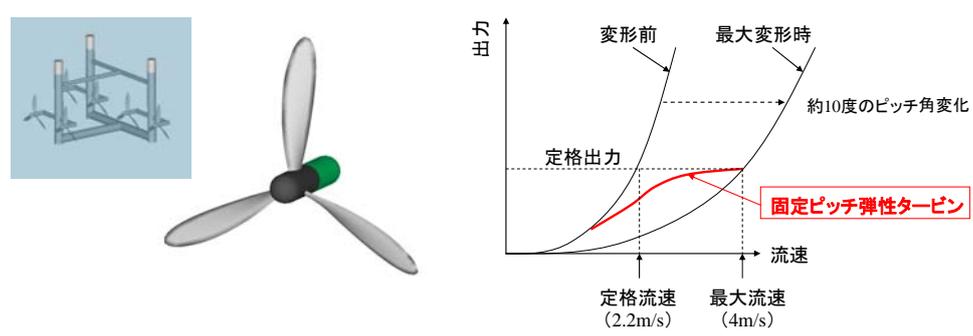


図1 固定ピッチ弾性タービン

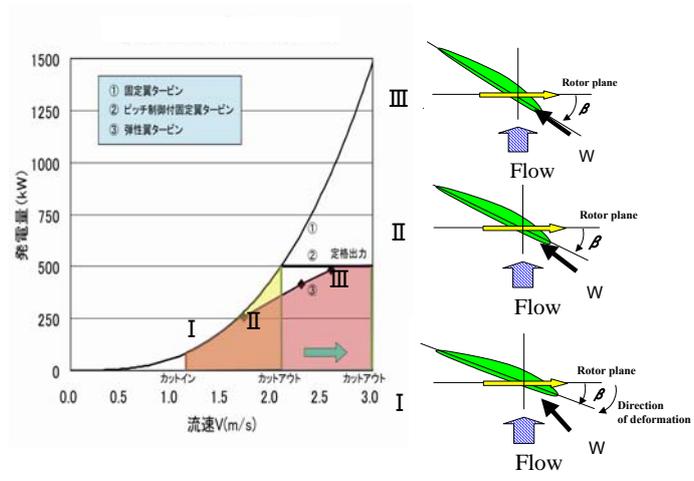


図2 フェーズ毎の弾性タービン設計のイメージ図

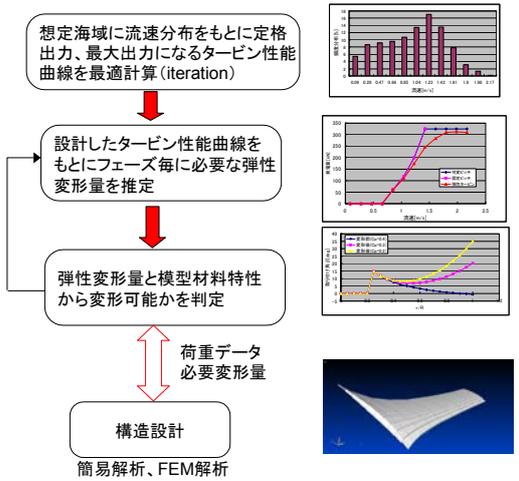


図3 弾性タービン設計フロー図

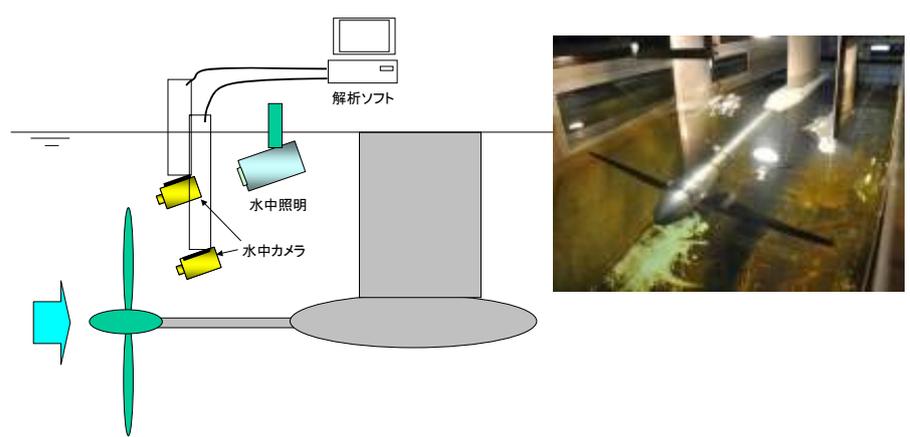


図4 弾性タービン性能評価試験の概要

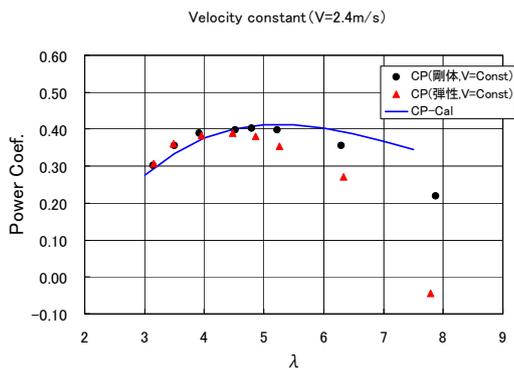


図5 弾性タービンにおける流体力変化

$$C_p = \frac{Q\Omega}{0.5\rho AV^3}$$

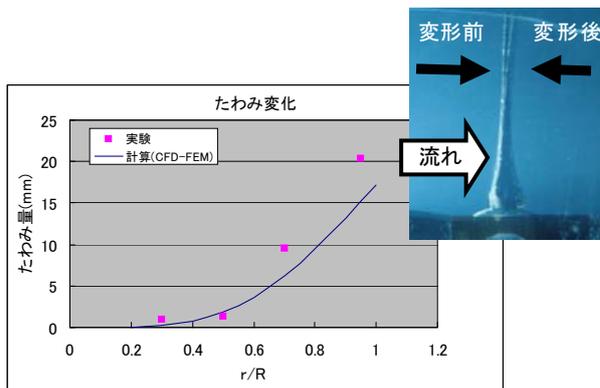


図6 弾性変形の計測結果

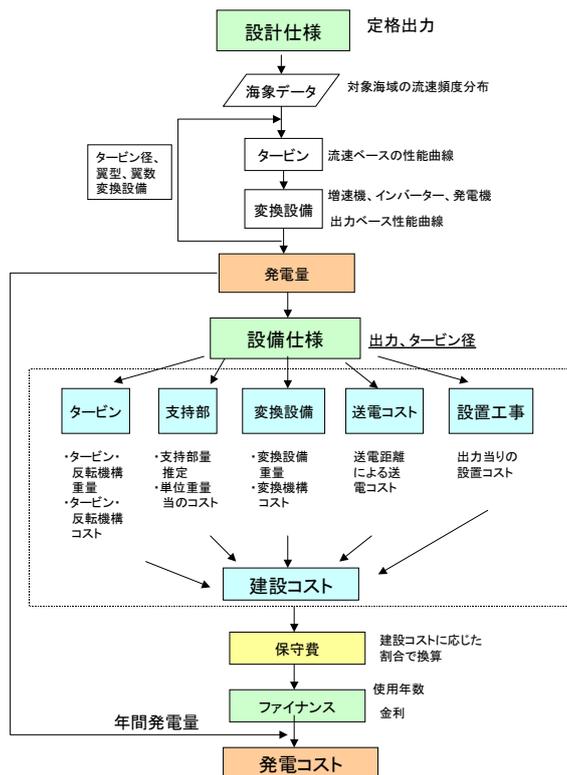


図7 コスト評価フロー図

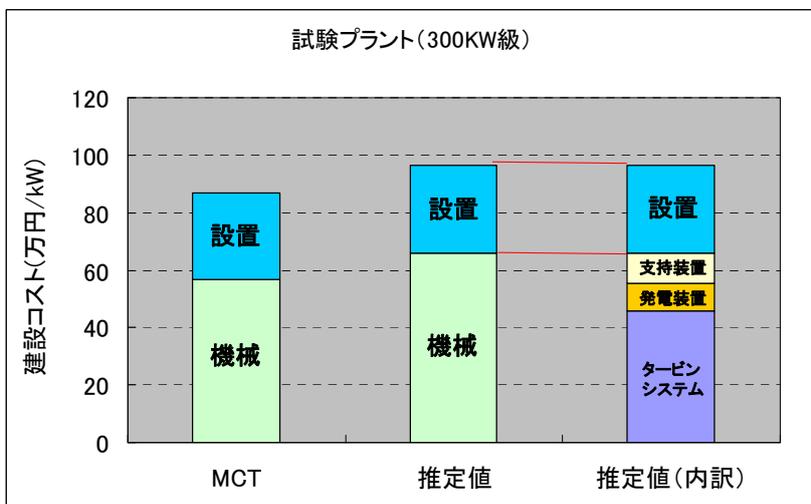


図8 コスト評価例(既存プラントとの比較)

課題名 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

研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度

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
○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オホーツク海水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

研究課題 ①氷荷重の船体強度への影響評価手法の構築

④氷中流出油防除システムの開発

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
- オホーツク海水中航行安全基準が未整備
- 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)
- 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
- 南極観測船「しらせ」による実船計測
- また、これに加え、次を実施
 - ・オホーツク海における5年間の船体氷荷重計測結果の総合解析
- ④氷中流出油防除システムの開発
- 年度計画に従い、次を実施
- 氷中流出油防除システムの開発

研究成果

- ①船体氷荷重
 - 新南極観測船「しらせ」による実船計測
 - 第51次南極観測隊に参加し、「しらせ」における実船計測を実施し、その結果を氷荷重の船体強度への影響評価に活用予定。

□オホーツク海における実船計測結果の総合解析

巡視船「そうや」における、冬季オホーツク海での5年間にわたる実船実験結果を基に、氷況と船体氷荷重の関係の総合解析を行い、船体氷荷重、氷厚、航路上の氷の存在率の変化を明らかにした。

④水中流出油防除システム

□気泡流油回収装置「NMRI-ORDICE」の開発

これまでの水槽試験結果、オホーツク海の氷サイズ（直径 10m 以内が卓越）及び油の粘性係数等、「NMRI-ORDICE」コンセプトに基づく水中流出油防除システムの性能算定に必要な基礎データ等を整備し、これをもとに、「NMRI-ORDICE」の概念設計を実施。

開発した「NMRI-ORDICE」について、実機としての性能を検討・実験を実施（図1）。同実験により、回収経過時間と回収率の関係（図2）及び連続回収モードにおける氷密接度と回収率の関係（図3）を示した。

評価の結果、油回収性能は、氷密接度により変化（図4）するものの、既存の油回収船による実績（名古屋港湾事務所が公開している旧清龍丸による回収実績による油回収性能：60～1700L/h）と比較し、ほぼ同等の性能であることを確認（表1）。

◆特許、発表論文等の成果（21年度）

- ・特許 0 件
- ・発表論文 8 件

参考図

図1 NMRI-ORDICE による回収実験
(水噴射システムが可動式となり回収効率が向上)

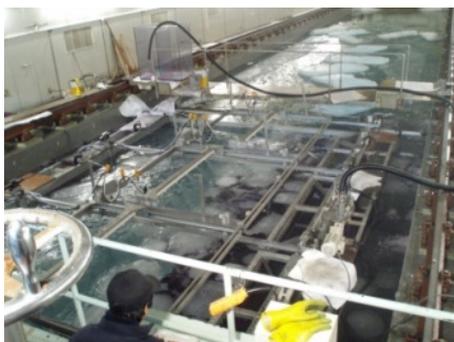


図2 回収の経過時間と回収率の関係

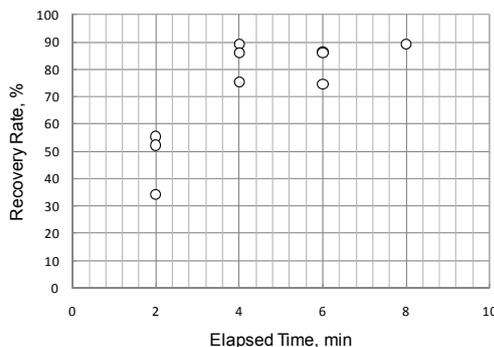


図3 回収装置を船側に設置した状態について的水槽実験

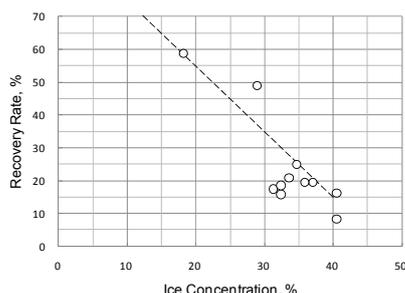


図4 NMRI-ORDICE の油回収性能計算結果

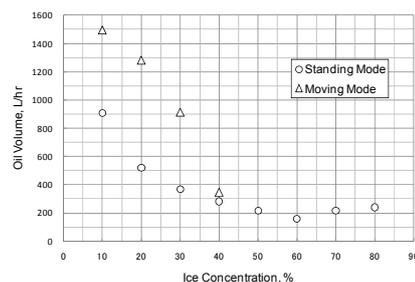


表1 旧清龍丸による回収実績（名古屋港港湾事務所データ）

船名	全回収量, kL	日数	回収率, L/hr
降洋丸	5	5	100.0
マリタイムガーデニア号	20	26	76.9
ナホトカ号	938	54	1737.0
オーソンNo.3号	8	13	61.5
ダイヤモンドグレース号	28	5	560.0

参考資料 平成 21 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)

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		
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

課題名 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		
---	--	--

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		
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 ③次世代海上監視システムの実用化に向けたセンシング技術の開発

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		
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保船作業の省力化に資する材料の開発
		④塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑤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
		⑥真空含浸成形法による FRP 船建造に係る基盤技術の開発
		⑦HOPE を用いた船型開発システムの開発
		⑧次世代プロペラの開発

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

- 熟練した技術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
		③ 次世代海上監視システムの実用化に向けたセンシング基盤技術の開発

研究課題 ① 次世代航海システム(e-Navigation等)の開発

技術現状

- ICT 技術を利用して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開始
- 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

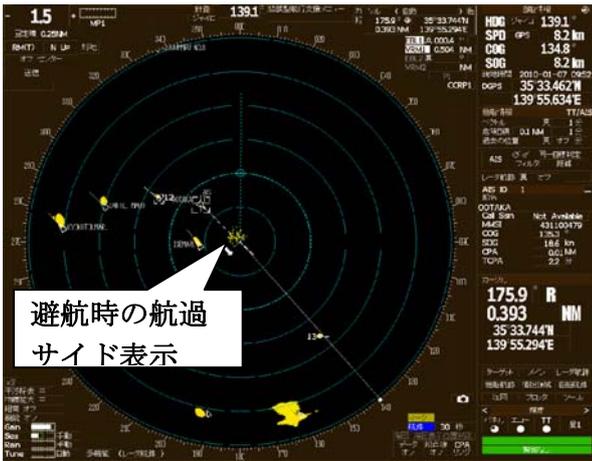
- 年度計画に従い、次を実施
- 協調型航行支援システムの実海域実験・評価
 - 目視認識支援装置の実海域実験・評価
 - 衝突乗揚げ事故の類型化及びモデルの構築
- また、これに加え、次を実施
- 航海機器のユーザビリティの評価ガイドラインを構築

研究成果

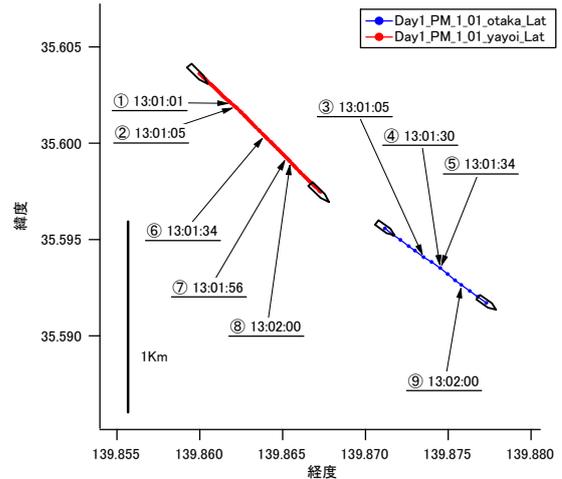
- 輻輳海域などでの適切な避航判断には、熟練船員の経験に基づく優れた技能が不可欠であるが、最近の船員養成を取り巻く環境変化に対応して、避航判断を補完し安全航行に寄与する新たな航海支援システムを開発。
- 目視認識支援装置の開発：
 - ・ レーダー、AIS から見張りに必要な情報(見張り作業をモデル化して特定)を自動取得し、ヘッドアップディスプレイ上で目視で見える船影と重畳表示することにより、見張り作業に必要な情報をレーダーなどを見ることなく容易かつ誤認識なく得ることが可能。
 - ・ 操船リスクシミュレータや実船試験により、作業精度を維持しつつ情報取得時間を有意に短縮(航海科学生→30%減、中堅船員→18%減)できることを確認。
- 協調型航行支援システムの開発：
 - ・ 船舶間意思疎通を明確化し、安全な避航操船などを可能とする新たな海上コミュニケーションツールとして、協調型航行支援システムを開発し、実海域実験でシステムの有効性を確認。
- 航海機器のユーザビリティの評価法について、協調型航行支援システムに対する評価結果等を利用して検討を行い、ガイドラインの策定に協力。ユーザビリティの評価法に必要性について、IMO NAV56(22年7月)に文書提出予定。
- ◆ 特許、発表論文等の成果(21年度)
 - ・ 特許 2 件、発表論文 16 件(内査読付き 6 件)

参考図

協調型航行支援システムの実海域実験



協調型航行支援システムレーダ表示例



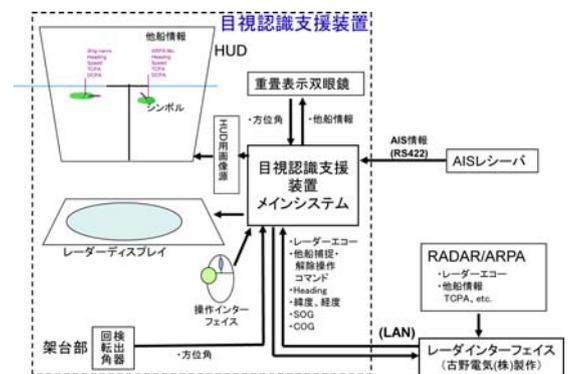
実験時の航跡と通信記録

番号	時刻	船名	動作	コード	メッセージ内容	メッセージ詳細
①	13:01:01	やよい	送信	ABM	避航希望	左舷側通過
②	13:01:05	やよい	送信	6	避航希望	左舷側通過
③	13:01:05	おおたか	受信	6	避航希望	左舷側通過
④	13:01:30	おおたか	送信	ABM	避航希望返答	拒否
⑤	13:01:34	おおたか	送信	6	避航希望返答	拒否
⑥	13:01:34	やよい	受信	6	避航希望返答	拒否
⑦	13:01:56	やよい	送信	ABM	音声通信希望	
⑧	13:02:00	やよい	送信	6	音声通信希望	
⑨	13:02:00	おおたか	受信	6	音声通信希望	

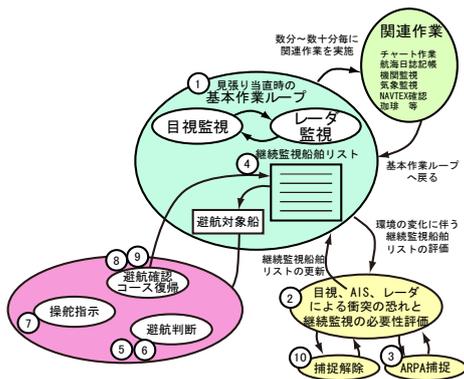
目視認識支援装置の構成



目視認識支援装置の実海域実験



システム構成図と乗船調査の様子



見張り作業モデル



乗船調査の様子

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。
- また、海上の漂流物(流木、漁具等)は、船舶の航行の妨げとなるばかりでなく重大な事故の原因となるため、これらの漂流物への衝突・接触の可能性を事前に探知して回避する海上監視システムの実用化に資する基盤技術の開発が望まれるところ。

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
		③ 次世代海上監視システムの実用化に向けたセンシング基盤技術の開発

研究課題 ③ 次世代海上監視システムの実用化に向けたセンシング技術の開発

技術現状

- 移動体や障害物の検知に係るセンシング技術に関する研究・開発は進んでいるが、荒気象・海象下など海上特有の使用環境下において船舶上で利用できる有効なセンシング技術に係る研究・開発は十分進んでいない。

成果目標

- 海上における衝突・接触の可能性を事前に探知して回避する海上安全システムの実用化に資するため、先端のセンシング技術の開発・評価を以下のとおり実施する。
 - ・ 船舶特有の使用環境下で有効な、かつ、観測対象物の観測に適切なセンサを試作する。
 - ・ 海上観測実験等によりデータを収集し、センシング技術の有効性を評価する。
- 開発した様々なセンシング技術を用いた複合型海上安全システムを構築する。
- センシング情報の統合、利用者の操作性の向上を目的するインターフェースを開発する。
- また、すでに開発済みの4波長蛍光計測装置による海上漂流物の蛍光強度観測技術を開発するとともに、4波長蛍光強度に基づく漂流物のRGBカラー分類を行い、データベースを構築する。
- 音源分離技術を水中音観測に採り入れるため、水中音に見合った音源分離抽出技術を構築し、水中音による航行船舶の識別を行う。

研究経過

- 年度計画に加え、以下を実施した。
 - 暗視機能付きパンチルト式全方位画像センサを開発し、海上観測実験を行い航行船舶等の固有情報抽出や動静に係るデータを取得し、センサの有効性を評価した。
 - 船舶蛍光ライダー(紫外パルスレーザーを用いたイメージング蛍光レーザーレーダー装置)及び船用水平安定旋回台を開発し、熱赤外線カメラ、カラー暗視カメラと組み合わせた昼夜全天候型海上監視複合カメラを試作し、海上観測試験等によりその有効性を評価した。また、熱赤外線カメラを利用した海上漂流物進路予測システム(アルゴリズム)を開発し、海上観測試験においてその有効性を評価した。
 - 蛍光スペクトル分析については、4波長蛍光計測装置による海上漂流物の観測を行うため、装置に装着する4波長のバンドパスフィルタのスペックを明らかにするとともに、当該計測装置で海上漂流物試料の蛍光強度値を計測し、RGBカラー分類を行った。
 - 水中音観測については、より遠方の航行船舶の水中音を検知可能とするため、受波感度が高くノイズを強調しない水中マイクを製作した。

- 水中音観測データの収集を行い、音源方位観測のための計測・解析システムを試作、その有効性を評価した。
- 水中音解析に見合った音源分離抽出技術に関するアルゴリズムを開発し、その有効性を評価した。

研究成果

- 暗視機能付きパンチルト式全方位画像センサについて。
 - ・周囲 360 度を監視し、発見した対象物をカメラのパン・チルト・ズーム機構で詳細に観測すること可能とした暗視機能付きパンチルト式全方位画像センサのプロトタイプを開発し、船上試験により船舶の全周画像及び周囲の船舶等の動静監視に成功し、センサの有効性を確認（図 1）。
 - ・センサで撮影した全方位画像をパノラマ展開するアルゴリズムを開発した。
- 低解像度画像センサによる観測において内挿法による画像処理アルゴリズムを構築することによって、これまで困難であった画素数の少ない画像において、画像情報の処理が可能であることを確認した。
- 昼夜全天候型複合海上監視システム及び海上漂流物進路予測システムについては、プロトタイプを開発し、以下のとおり性能評価を行ない、システムに係る基盤技術を確立した（図 2）。
 - ・地上性能評価実験を実施し、晴雨における複合カメラの観測感度変化がほとんどないことを実証した。
 - ・海岸性能評価実験を実施し、目標値である距離が 2km 離れた海上ターゲットを蛍光ライダーで観測することに成功した。
 - ・海岸性能評価試験を実施し、目標値である距離 2km、幅約 1km の範囲において海上ターゲットを熱赤外線カメラ及びカラー暗視カメラで観測することに成功した。
 - ・海上性能評価実験を実施し、船用水平安定旋回台が目標値である 0.5 度以内の水平安定度を保てることを確認した。
 - ・海上前方監視映像を長時間取得し、海上漂流物進路予測システムがリアルタイムで動作すること確認した。
- 蛍光スペクトル分析について。
 - ・分光蛍光光度計により、海上漂流物として想定される、救命具、衣類、樹木、合成ゴム、プラスチック、塗装鋼板、油、海水、海面着色溶液等 113 種の蛍光スペクトルを取得（図 3 及び図 4）し、当該蛍光スペクトルから 4 波長蛍光計測装置に使用する 4 波長のバンドパスフィルタのスペック（400nm、450nm、500nm、550nm、各バンド幅 40nm）を決定した。
 - ・また、蛍光スペクトルが光度計のスケールをオーバーする試料に対しては、光度計の受光側に ND フィルタを装着する必要があるため、紫外可視吸光分光計により ND フィルタの吸収スペクトル（透過率）を計測し、蛍光スペクトルを補正するための数値データを取得した。
 - ・4 波長蛍光計測装置により、32 種の試料に関する 4 波長の蛍光強度を取得し、また、蛍光強度値に基づいて海上漂流物質を RGB 値（0~255）で分類するためのスケールファクタを確定し、RGB カラー分類を行った（図 5）。
- 水中音観測について。
 - ・試験水槽において、水中マイク 2 台を利用したパルス波（単発音）の位相差観測実験を実施し、波形の立ち上がり時間差と音源方位との関係を確認した（図 6）。また、水中マイク 2 台を用いて観測地点周辺を巡回航行する船舶の音源追跡を実施（図 7）し、船舶に搭載した GPS データとの相対方位から妥当性を確認し、音源方位観測のための計測手法および時間差から音源方位を算出するための解析手法を確立した。
 - ・水中の環境雑音の混入に対して、後処理に雑音除去処理の導入による目的音の抽出に成功した。
 - ・音響特性に基づく識別方法のひとつとして線形予測法による音響解析のアルゴリズムを開発し、観測データにより当該アルゴリズムが有効であることを確認した。

◆特許、発表論文等の成果（21 年度）

- ・プログラム登録 3 件
- ・発表論文 5 件、論文発表予定 2 件
- ・共同研究 1 件

参考図

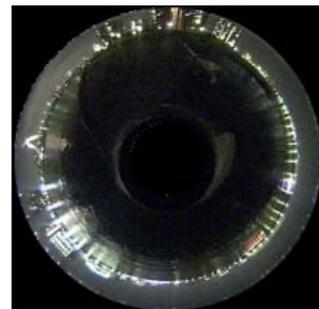


図 1 暗視機能付き全方位画像センサ(左)

センサにより記録された夜間の海上画像(右)



図2 複合海上監視システムの観測例

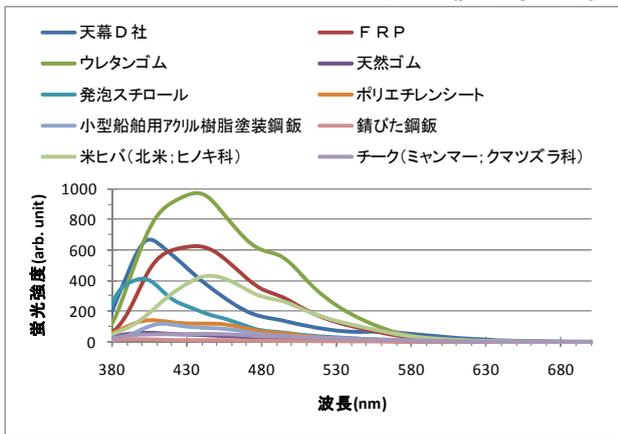


図3 蛍光スペクトル (固体試料)

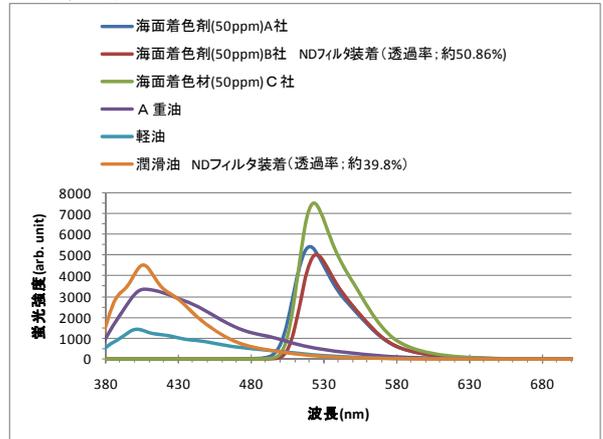


図4 蛍光スペクトル (液体試料)

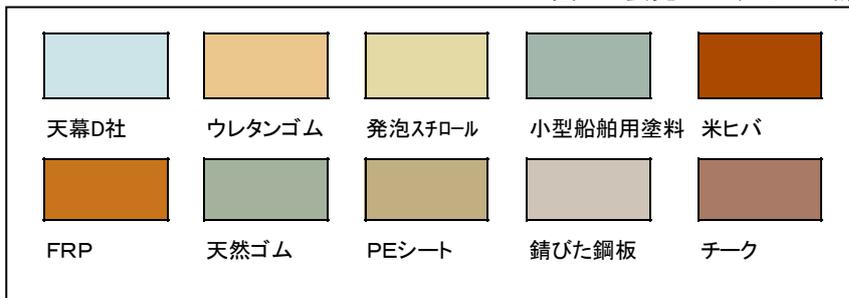


図5 RGB カラー分類の例

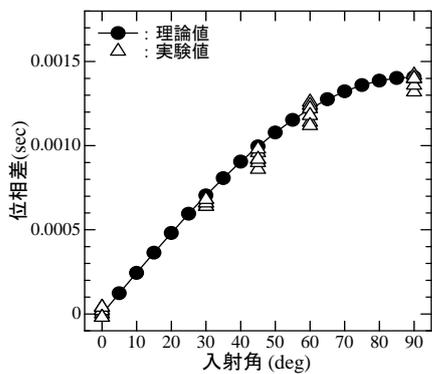


図6 水中マイク2台の観測データより求めた位相差と入射角の関係

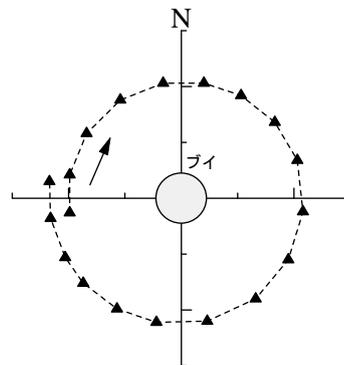


図7 水中マイク2台より求めた位相差評価による音源方位推定結果

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保船作業の省力化に資する材料の開発
		④塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑤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
		⑥真空含浸成形法による FRP 船建造りに係る基盤技術の開発
		⑦HOPE を用いた船型開発システムの開発
		⑧次世代プロペラの開発

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・機関/修繕の技能講習教材を作成。その他(配管等)の技能講習教材作成が今後の課題
- 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

- 年度計画に従い、次を実施
- 機関・電気・船体艙装の協働化のための工法・設計の調査検討
- 燃料変更による機器・配管等の省略から生じたスペース及び余剰排熱利用の調査検討
- また、これに加え、次を実施
- 教材(工程管理者用)を作成

研究成果

- 複数の作業工程が重複し複雑な工程管理が要求される艙装工程においては、他の工程に比べて生産性向上の余地が期待できるが、中小企業では熟練者の暗黙知に依存。このため、艙装工程の実態について、造船業だけでなく造船協力事業者、電装事業者等関連する業界と共同して総合的な実態調査を実施。
- その結果、艙装工程の生産性向上促進には、電気艙装、機関艙装等艙装工程の各作業内容と工程を熟知し、各作業間干渉を調整し艙装工程全般を的確に管理できる工程管理者に係る技能伝承が必須であることが改めて明確化。
- 技能伝承に係る技術支援として、各作業内容・工程を整理し、調査の結果得られた工程管理者のノウハウを形式知化し、艙装工程管理者育成用映像教材「艙装工程管理・計画」を作成。H22 年度は同映像教材を用いた研修を造船所数力所で実施予定。
- また、実態調査の結果、艙装作業のボトルネックが電装作業と判明。H22 年度は技能映像教材を作成する予定である。
- 反応硬化型の低 VOC 塗料を用いた実船塗装実験(対象:弓削丸(弓削商船)、はつぎく(保安庁))を行い、塗料使用量削減による塗装工数減少だけでなく、現用の塗装機で WET+WET の塗装が可能であり塗装工期短縮を実証した。

□造船メーカーと共同で、バルクキャリアを対象として、機関室システム変更（燃料をC重油からA重油に変更。蒸気系統省略。加熱関係機器を電化。）により、設計ベースで機関室艙装のコストが約8%減（内訳：工数は約20%、資材費は約5%）となることを確認した。

□空きスペースの利用検討として、脱硝装置の設置可能であることを確認した。また、排熱利用の検討として、接水面の加熱による摩擦抵抗低減実験を実施し、実験の範囲内では全抵抗の最高5%の低減効果を得ること確認した。ただし、効率性や経済性の面で課題が残った。また、本効果の利用に関して特許出願。

◆特許、発表論文等の成果（21年度）

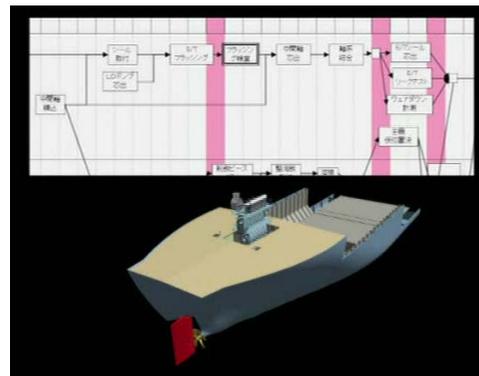
- ・特許1件 「流体抵抗低減装置（特願2009-217088）」特許出願、2009年9月18日。
- ・発表論文1件 「電装実態調査報告」、日本船舶電装協会第196回理事会、2009年10月1日。

参考図

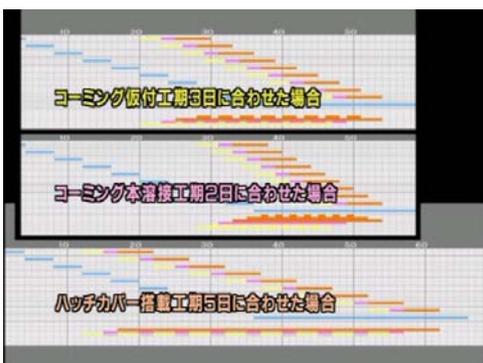
【映像教材代表シーン】



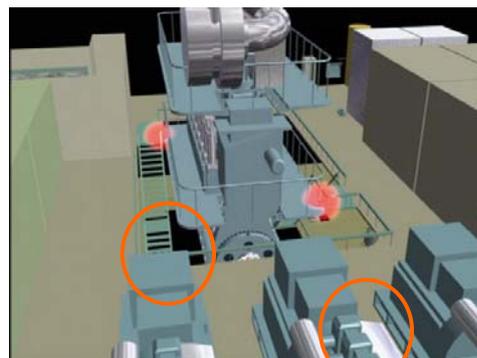
船舶建造の流れの説明



軸系の艙装の工程説明

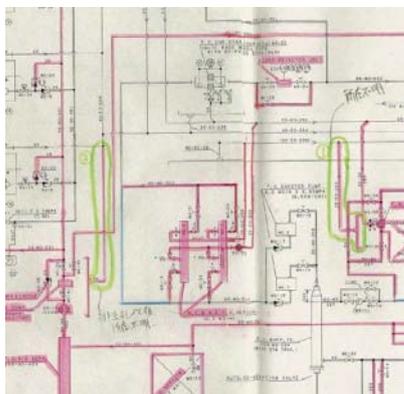


工程の山谷の説明

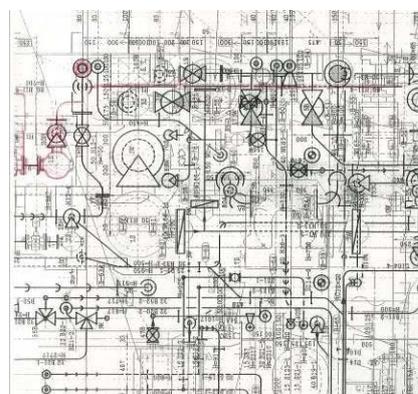


工程管理の不具合例説明

【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保船作業の省力化に資する材料の開発
		④塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑤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
		⑥真空含浸成形法による FRP 船建造りに係る基盤技術の開発
		⑦HOPE を用いた船型開発システムの開発
		⑧次世代プロペラの開発

研究課題 ⑤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、従来より水槽試験を実施。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がかかっている状況。
- 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、解析精度向上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精度を向上するとともに、ロバスト性と計算効率を改良する。
 - ・実用船型や複雑な船体付加物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
- 構造・非構造ハイブリッドソルバーの設計及びコーディングを行う。
- 重合格子モジュールと重合格子生成法を開発する。
- また、次世代 CFD の開発について、
 - ・組み込むべき要素モデル(波浪モデル、船体運動モデルなど)を検討する。
 - ・次世代 CFD の有効活用のための利用技術(最適化手法、非定常計算など)を検討する。

研究成果

- これまでに開発した構造格子ソルバー及び非構造格子ソルバー並びに構造格子生成技術を活用し、構造・非構造ハイブリッドソルバー及び重合格子生成技術の開発を行った。
- また、構造・非構造ハイブリッド格子における格子重合技術を開発した(図 1)。
- 開発したこれらの要素技術を活用した CFD 新コードのプロトタイプを開発し試計算を行った。当該コードの開発によって、構造格子・非構造格子を複合的に組み合わせることで複雑形状まわりの流れ解析を効率的

に行うことが可能となる。また、船体にフィンなどの省エネ付加物が付いた形状を容易に取り扱うために、複数の格子ブロックを重ね合わせる重合格子技術の基礎を確立した。(図 2)。

□次世代 CFD のための要素モデルとして、波浪中の船舶性能を評価するための波浪モデルおよび船体運動モデルをソルバーに組み込むための検討を行った。具体的には CFD 上で水面波を発生させる手法を確立し、船体運動モデルの基礎となる 6 自由度運動方程式を CFD 計算における移動座標系として組み込んだプログラムを作成し、試計算を行った(図 3)。

□また、CFD による船型最適化を行う上で重要な CAD と CFD の連携におけるインターフェイスを試作した。さらに、非定常流れを効率よく計算するための並列計算アルゴリズムの有効性を確認した(図 4)。

- ◆特許、発表論文等の成果(21 年度)
- ・発表論文 3 件

参考図

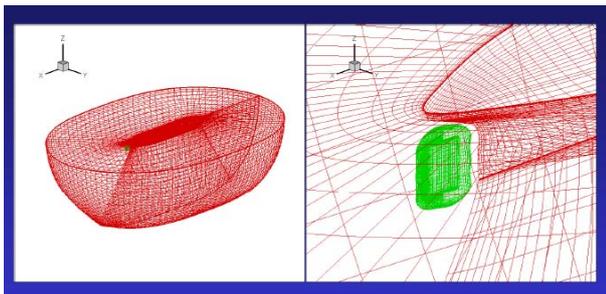


図 1 船体+舵の重合格子

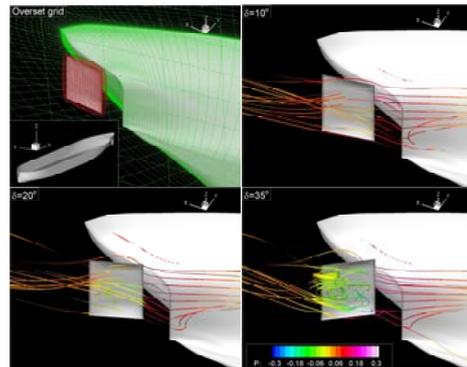


図 2 重合格子による計算例

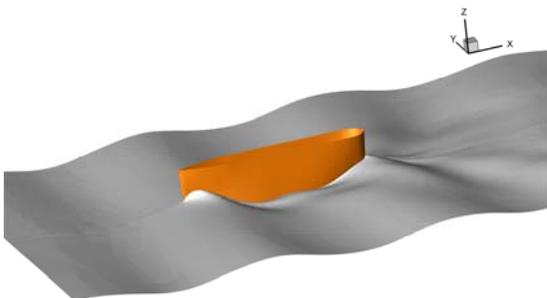


図 3 向かい波中を航行する船体まわりの流れ

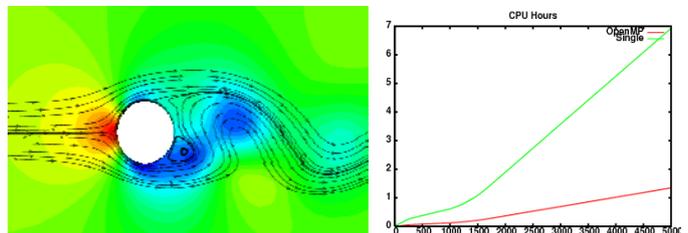


図 4 円柱まわりの非定常流れと並列計算例による高速化

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保船作業の省力化に資する材料の開発
		④塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑤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
		⑥真空含浸成形法による FRP 船建造りにかかる基盤技術の開発
		⑦HOPE を用いた船型開発システムの開発
		⑧次世代プロペラの開発

研究課題 ⑦船舶設計作業の省力化に資する HOPE を用いた船型開発システムの開発

技術現状

- 船型の開発や省エネ技術の開発等においては、設計した船等の性能を確認するための水槽試験を実施するのが通例となっている。しかしながら、同試験には大規模な水槽が必要な上、1つの船型開発を行うために複数の模型船の製作及び模型船を使った水槽試験が必要であり、多くのコスト及び時間がかかっている状況。また、造船学科を有する大学の大型化の進展等により、船舶の設計実務者が質量ともに減少傾向にある。
- このため、船の基本設計及び性能等の確認を簡易に実施できるソフトに対するニーズが存在している。

成果目標

- 船舶設計作業の省力化に資する船型開発システムの開発
 - ・船型開発のツールである HOPE の機能向上、利便性向上
 - ・ユーザーの個別ニーズに対応したカスタマイズの推進

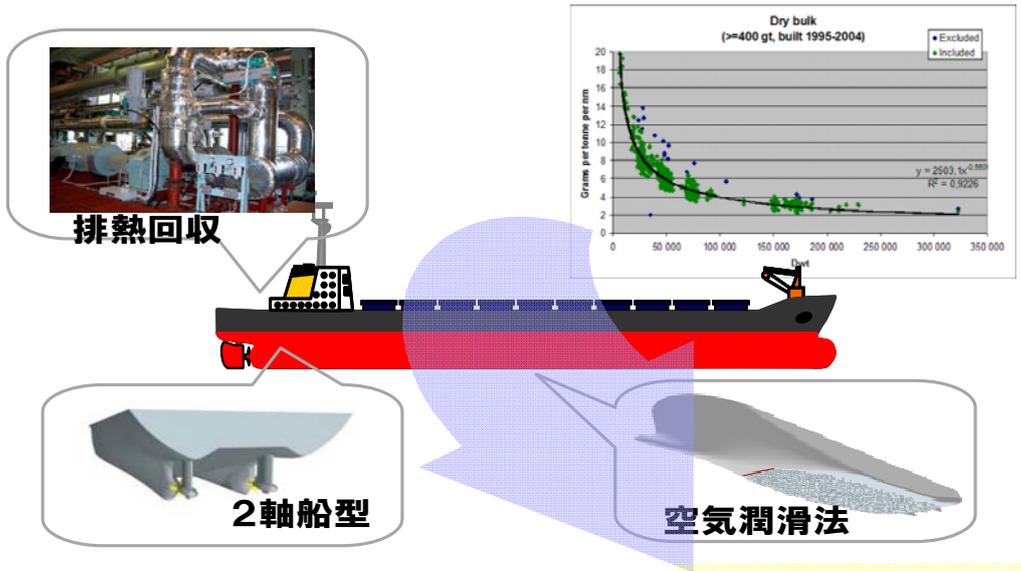
研究経過

- 年度計画に加え、次を実施
- HOPE の改良により、省エネルギー対策として期待される 2 軸船に適用を拡張
- 波風による船速低下量、IMO で強制化が議論されているエネルギー効率設計指標 (EEDI) 等の計算機能を追加
- データ入力の操作性向上、計算結果の表示のビジュアル化を実施。

研究成果

- HOPE の機能向上として、以下を実施。
 - ・省エネルギー対策として期待されている 2 軸船に適用を拡張
 - ・波及風による船速の低下量、IMO で強制化が議論されているエネルギー効率設計指標の計算機能を追加
 - ・データ入力の操作性を向上させるとともに、計算機能の表示のビジュアル化を実施。
 - ・水槽試験の結果の入力を可能とするよう利便性向上を実施。
- 上記に加え、ユーザーの個別ニーズにより的確に対応できるよう、カスタマイズを実施。
 - 現在、契約内定を含めユーザー数は 9 社
- ◆特許、発表論文等の成果 (21 年度)
 - ・HOPE セミナーの開催

参考図



HOPE

- Phaseに応じて新技術を選択
 - 技術の相互の干渉を考慮
 - 導入コストを考慮
 - 6種類の船種、計16隻についてケーススタディを実施
- Dry cargo carrier
Phase 1 10%...

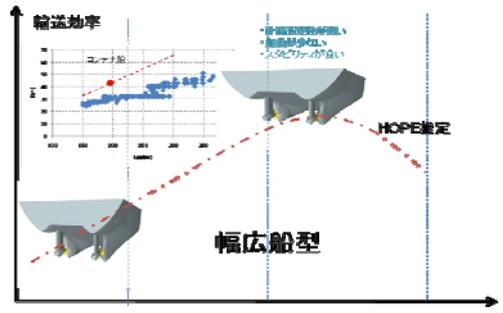
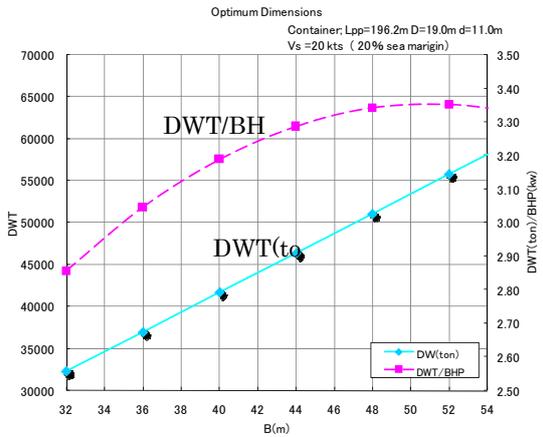
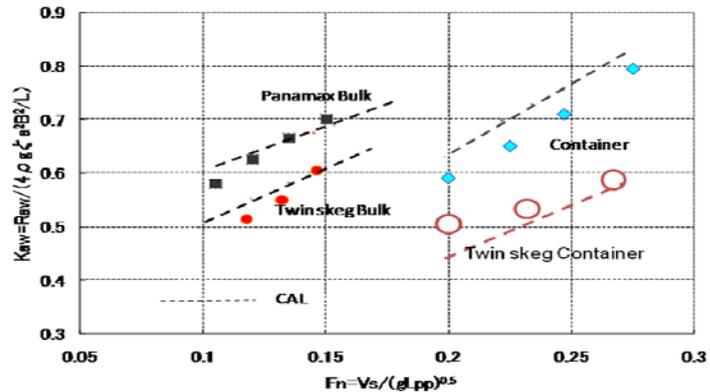


図 要目最適化プログラムによる2軸船の検討



2軸ツインスケグ船型に対する波浪中の抵抗増加計算

課題名 ⑬-2 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
研究期間 平成 18 年度～平成 22 年度

政策課題

- 熟練した技術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。
- また、海上の漂流物(流木、漁具等)は、船舶の航行の妨げとなるばかりでなく重大な事故の原因となるため、これらの漂流物への衝突・接触の可能性を事前に探知して回避する海上監視システムの実用化に資する基盤技術の開発が望まれるところ。

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保船作業の省力化に資する材料の開発
		④塗装作業の省力化・簡易化に資する低 VOC 塗料の開発
		⑤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
		⑥真空含浸成形法による FRP 船建造りに係る基盤技術の開発
		⑦HOPE を用いた船型開発システムの開発
		⑧次世代プロペラの開発

研究課題 ⑧次世代プロペラの開発

技術現状

□ 船用プロペラの保守・管理作業の軽減技術の開発については必ずしも進んでいない。

成果目標

□ 船用プロペラの耐キャビテーション壊食性能・防汚性能を向上させる技術を開発し、あわせて、プロペラの保守・管理作業の軽減を図る。

研究経過

年度計画に加え、以下を実施した。

□ キャビテーション壊食による船用プロペラ性能劣化対策の一つとして、これまでに開発した溶射皮膜方式に加えて、プロペラ表面硬さを増大して耐壊食性を向上させる手法として、複雑な構造物に対して一様な膜厚施工が比較的容易な無電解ニッケルーリンめっき技術に着目。無電解ニッケルーリンめっきによる皮膜生成に関する研究を行い、キャビテーション壊食に強い皮膜生成の条件を明確化。

研究成果

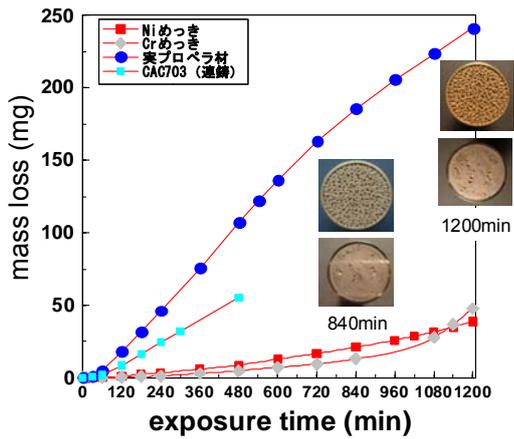
□ キャビテーション試験より、めっき膜の維持に最適な膜厚及び熱処理温度を抽出し、現行プロペラ母材に比べて耐キャビテーション壊食性能が高い水準であることを確認(右図の例では4倍程度向上。溶射皮膜方式と比較しても約3倍:試験時間300分)。当該めっきによる船用プロペラ表面改質技術の基礎を確立。

□ 加えて、耐コロージョン試験を兼ねる生物付着試験を越中島、館山、清水折戸にて実施。試験では、母材と比較してフジツボが付着しにくいことを確認し、プロペラの保守・管理作業の軽減及びプロペラ効率の向上にも期待。今後実用化に向けて研究していく予定。

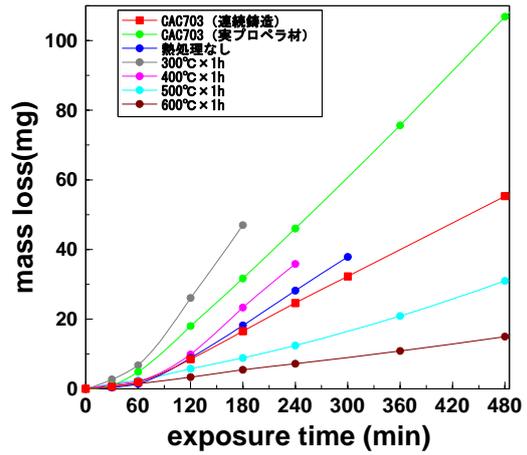
◆ 特許、発表論文等の成果(21年度)

- ・ 発表論文予定 2 件
- ・ 共同研究 1 件

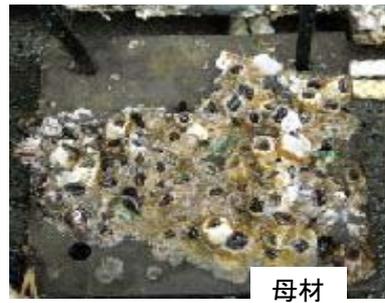
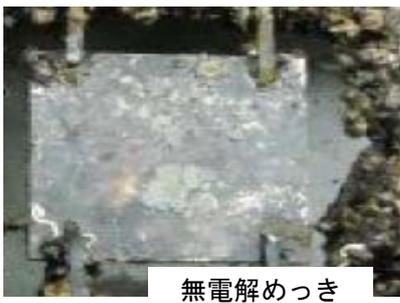
参考図



無電解めっき（低リン型 Ni-P めっき）、電解めっき（Cr めっき）、母材のキャビテーション試験



無電解めっき（中リン型 Ni-P めっき）の熱処理温度別のキャビテーション試験



生物付着試験結果（5ヶ月浸漬）