



# 第23回 海上技術安全研究所研究発表会



## 海洋開発のためのマリンオペレーションと 資源開発技術に関する研究への取り組み

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

海上技術安全研究所

海洋開発系

山本 譲司 湯川 和浩 大坪 和久 高野 慧 渡邊 充史

海洋先端技術系

正信 聡太郎

- 海洋開発に係る動向について
- 第1期中長期計画の取り組みと成果について
  - マリンオペレーションに係る取り組み
  - 海洋資源開発技術に係る取り組み
- 第2期中長期計画の取り組みについて
- まとめ

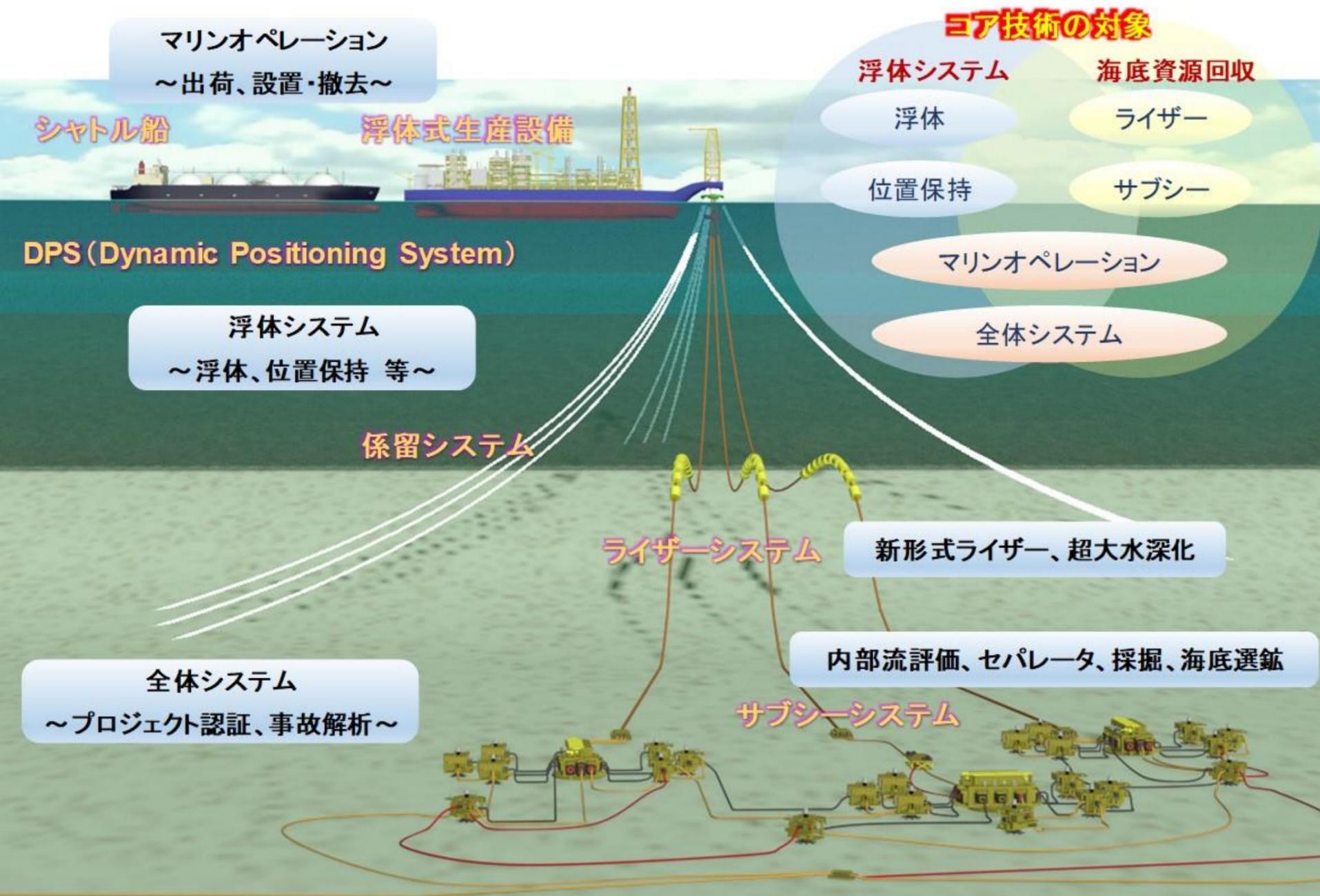
## ● 背景

- ✓ 低炭素・脱炭素を中心とする持続可能な社会を目指す施策が進行
- ✓ 第2期、第3期の海洋基本計画に基づき、海洋再生可能エネルギーの利用促進に係る研究開発、排他的経済水域（EEZ）内における海底鉱物資源の調査及び商業化に向けた技術開発が促進
- ✓ 2023年4月に閣議決定された第4期海洋基本計画においても、総合的な海洋の安全保障に係る取り組みとして、海洋資源開発の推進、持続可能な海洋の構築として、カーボンニュートラルへの貢献が主要な施策

## ● 海洋開発系の研究

- ✓ 2016年度に開始した第1期中長期計画に基づき、海洋エネルギー・鉱物資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究を実施
- ✓ 洋上風力発電施設や液化天然ガス燃料の補給（LNGバンカリング）におけるマリンオペレーションに関する評価技術に関する研究を実施
- ✓ 海底鉱物資源の開発では、ナショナルプロジェクトへの技術支援として安全性評価や計画支援技術に係る研究を実施

## ● 海洋開発システムの全体イメージ



### 第1期中長期計画：

- 期間：2016年度～2022年度（7年間）
- 海洋資源開発に係る基盤技術及び支援技術に関する研究を実施
- 海洋再生可能エネルギー生産システムに係る基盤技術及び安全性評価手法の確立に関する研究
  - 要素技術として、設置・保守オペレーションで使用される作業船に対する安全性・稼働性評価技術
- 海洋エネルギー・鉱物資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究
  - 海底熱水鉱床開発を対象とした全体システムに関する安全性・稼働性評価手法技術



### 第2期中長期計画：

- 期間：2023年度～2029年度（7年間）
- 第1期中長期計画の成果と今後の施策や海洋資源開発の動向を踏まえた研究を実施

- 海洋開発に係る動向について
- 第1期中長期計画の取り組みと成果について
  - マリンオペレーションに係る取り組み
  - 海洋資源開発技術に係る取り組み
- 第2期中長期計画の取り組みについて
- まとめ

## ● マリンオペレーションに係る取り組み

- 海洋空間の利用においては、厳しい海気象条件下での建設作業や維持・管理作業が求められる。
- 海上作業の安全性、効率化のためには、海上作業（マリンオペレーション）の事前評価が必要不可欠になってくる。

## 主に取り組んだテーマ

- 多目的作業船の洋上クレーン作業の安全性評価
- 洋上風力発電アクセス船(Crew Transfer Vessel :CTV)の乗り移り評価
- LNGバンカリングの安全性・稼働性評価

## 研究背景

- 構造物や施設を海底または海上に設置するためには、洋上でのクレーン作業が必要となる。
- 最近では**構造物が大型化**していることから、懸下した吊荷の運動が作業船の運動特性にも影響を与える可能性がある。



洋上クレーン作業時における作業船の安全性・稼働性評価に資するデータの取得が必要

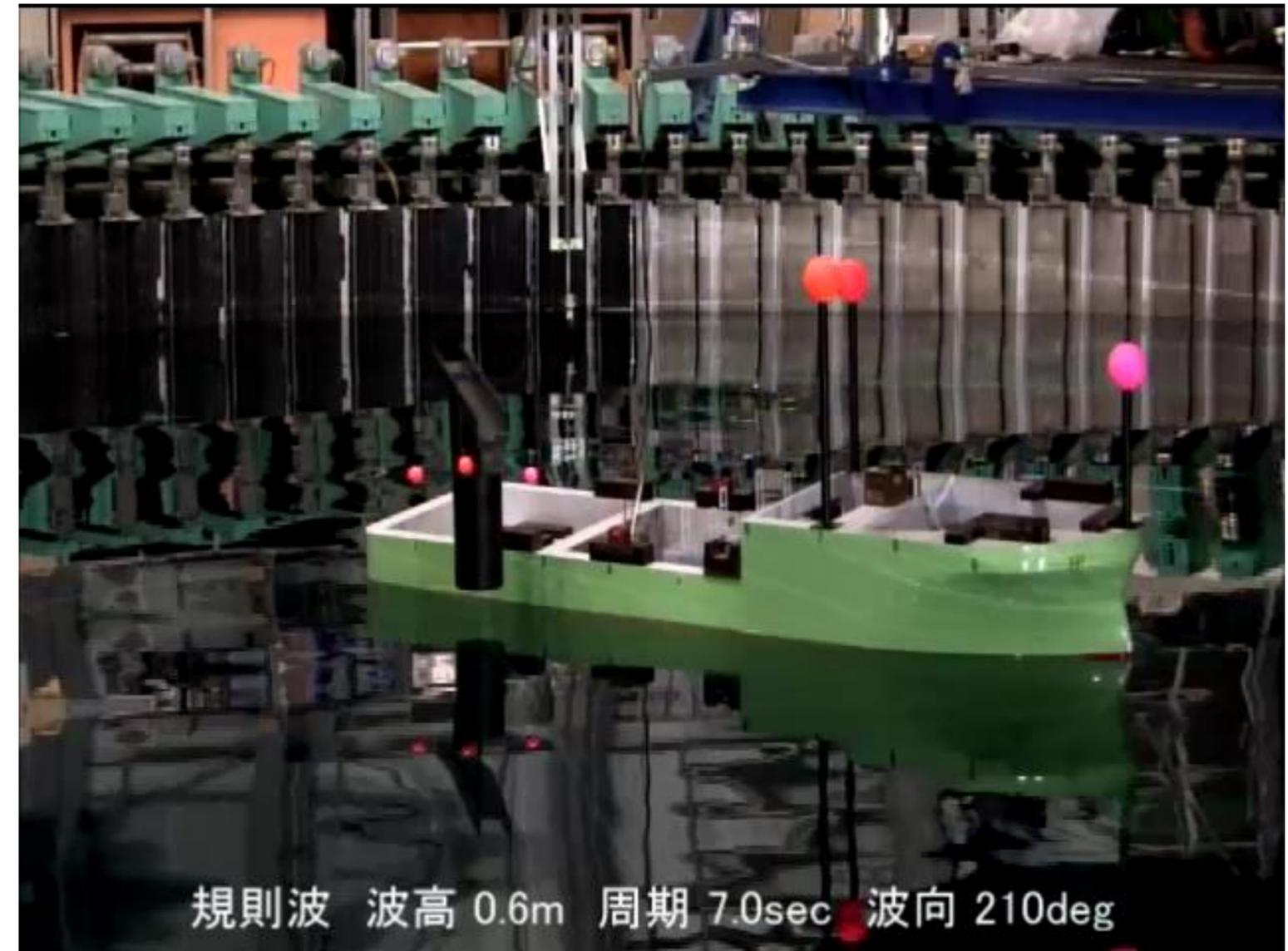
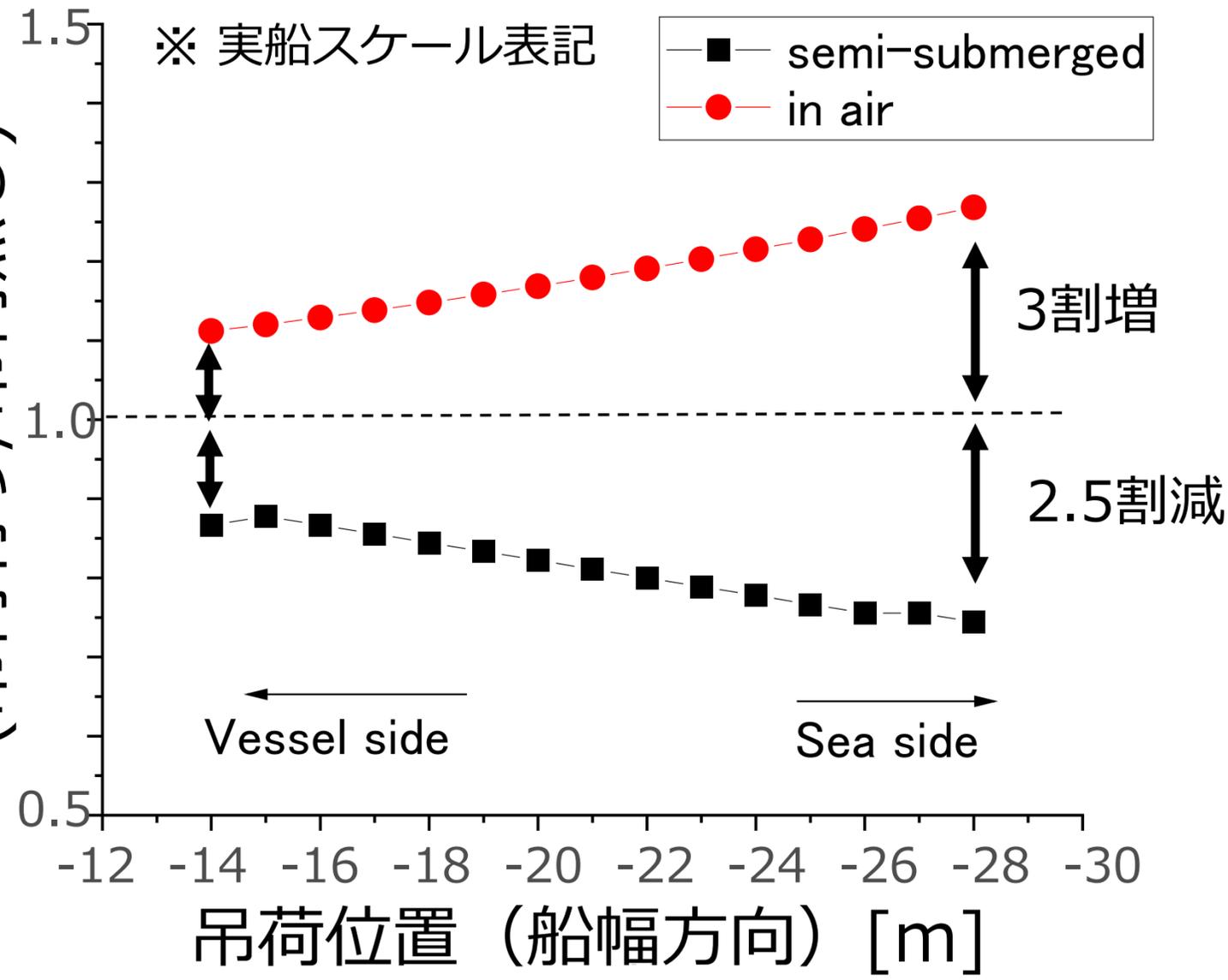
## 研究成果

水槽試験により懸下物による作業船の波浪中における運動評価に資するデータを取得し、作業船と吊荷との波浪中の連成運動評価技術を確立

# 作業船の洋上クレーン作業の安全性評価 (吊荷を懸下した多目的作業船の波浪中動揺試験)



作業船の横揺れ固有周期比  
(吊荷有り/吊荷無し)



■ 吊荷が着水する前後で作業船の固有周期の変動が大きくなることが判明 → 安全性・稼働性の観点で作業マニュアル等への反映に資するデータを取得

## 研究背景

- 洋上風力発電施設では、メンテナンス等のため定期的にCTVにより作業員が風車タワーに移動する必要がある。
- 波浪中の動揺するCTVから風車タワーに作業員が乗り移ることは容易ではない。
- 維持管理コストの中で、CTVに関する経費の占める割合が大きい。

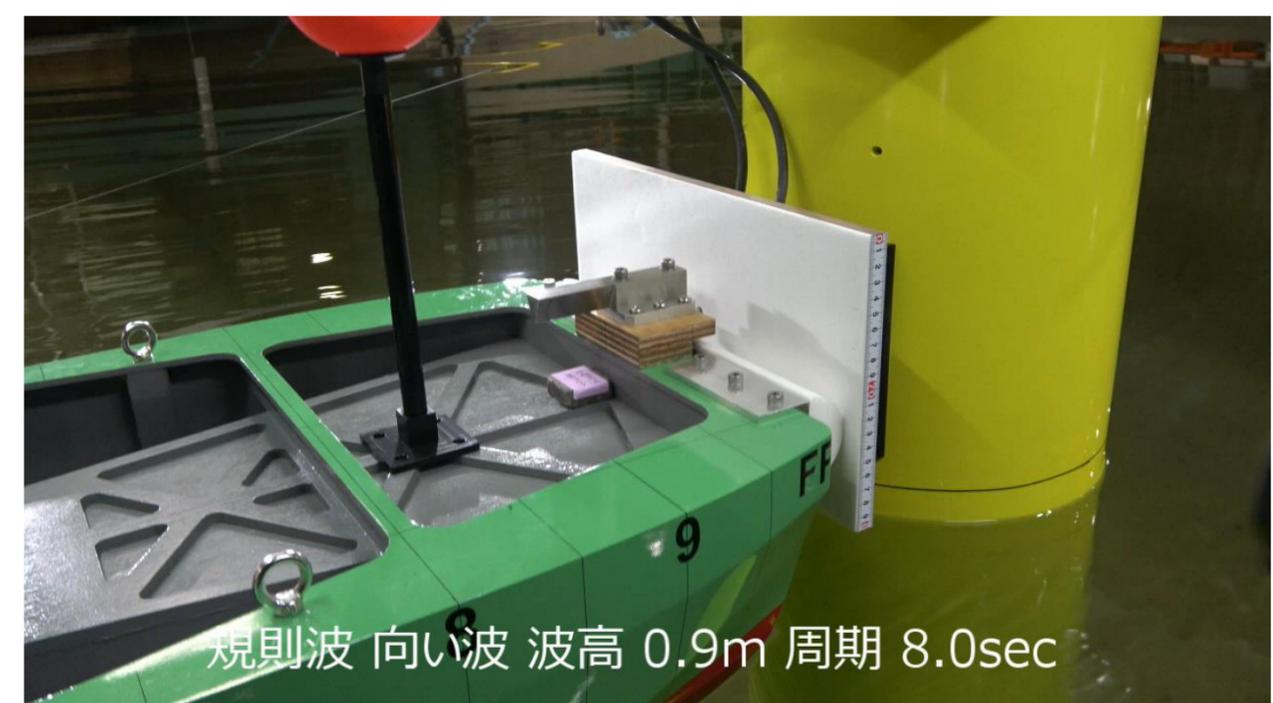
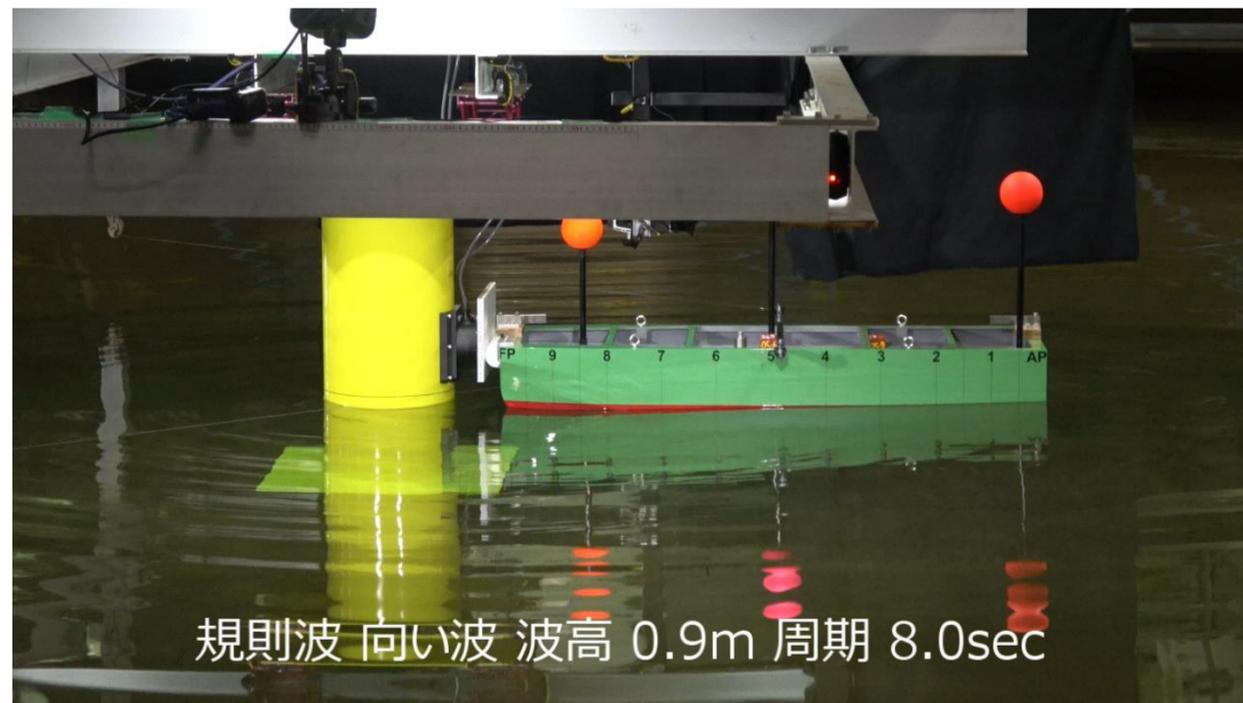
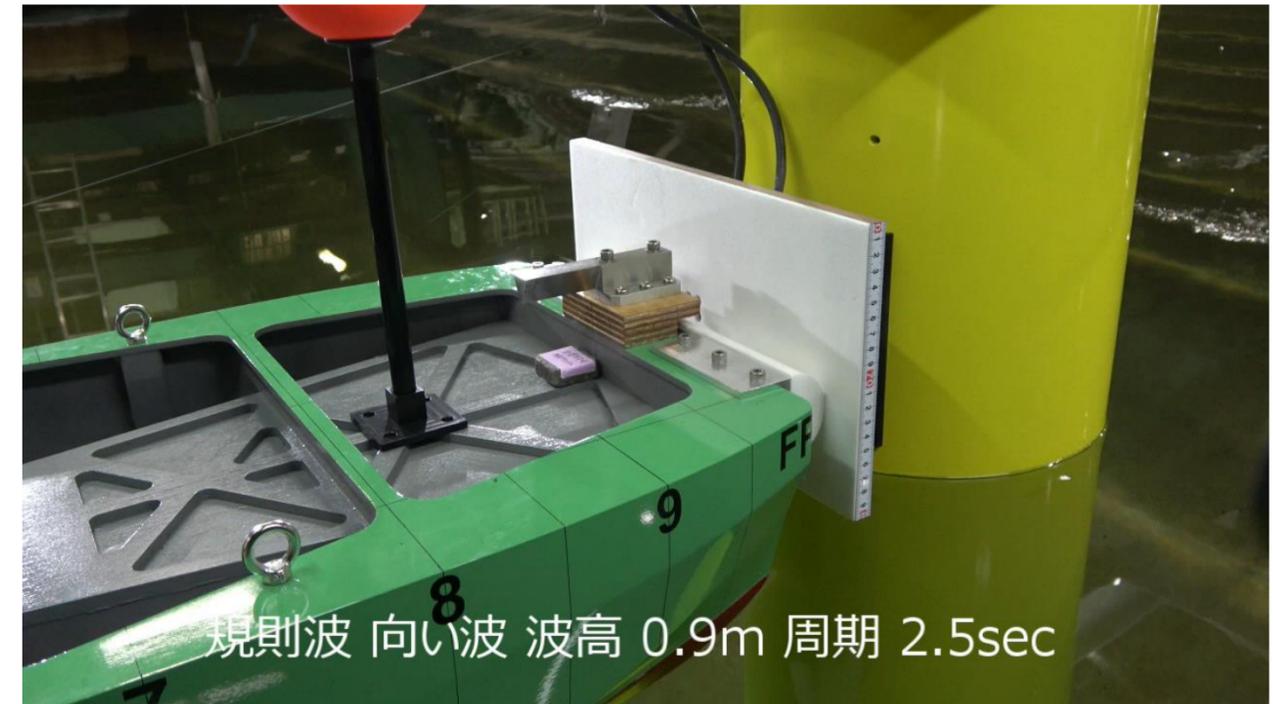
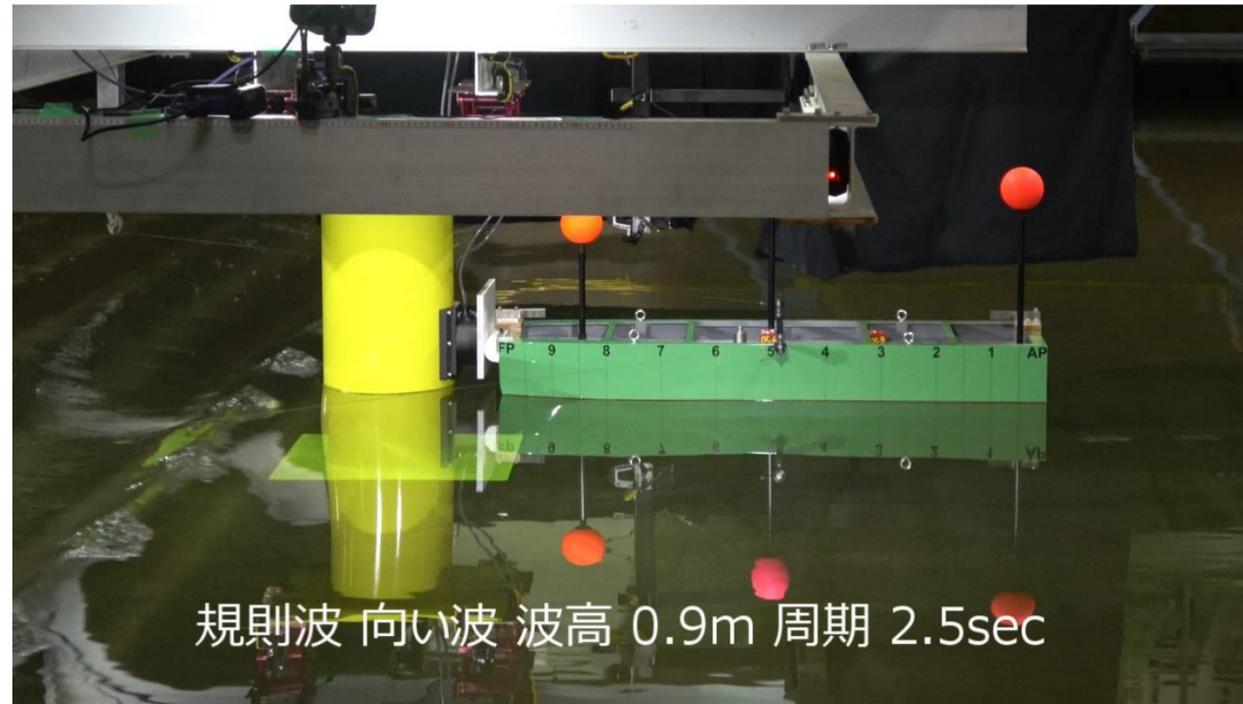


CTVの安全で効率的な運用方法の検討が必要

## 研究成果

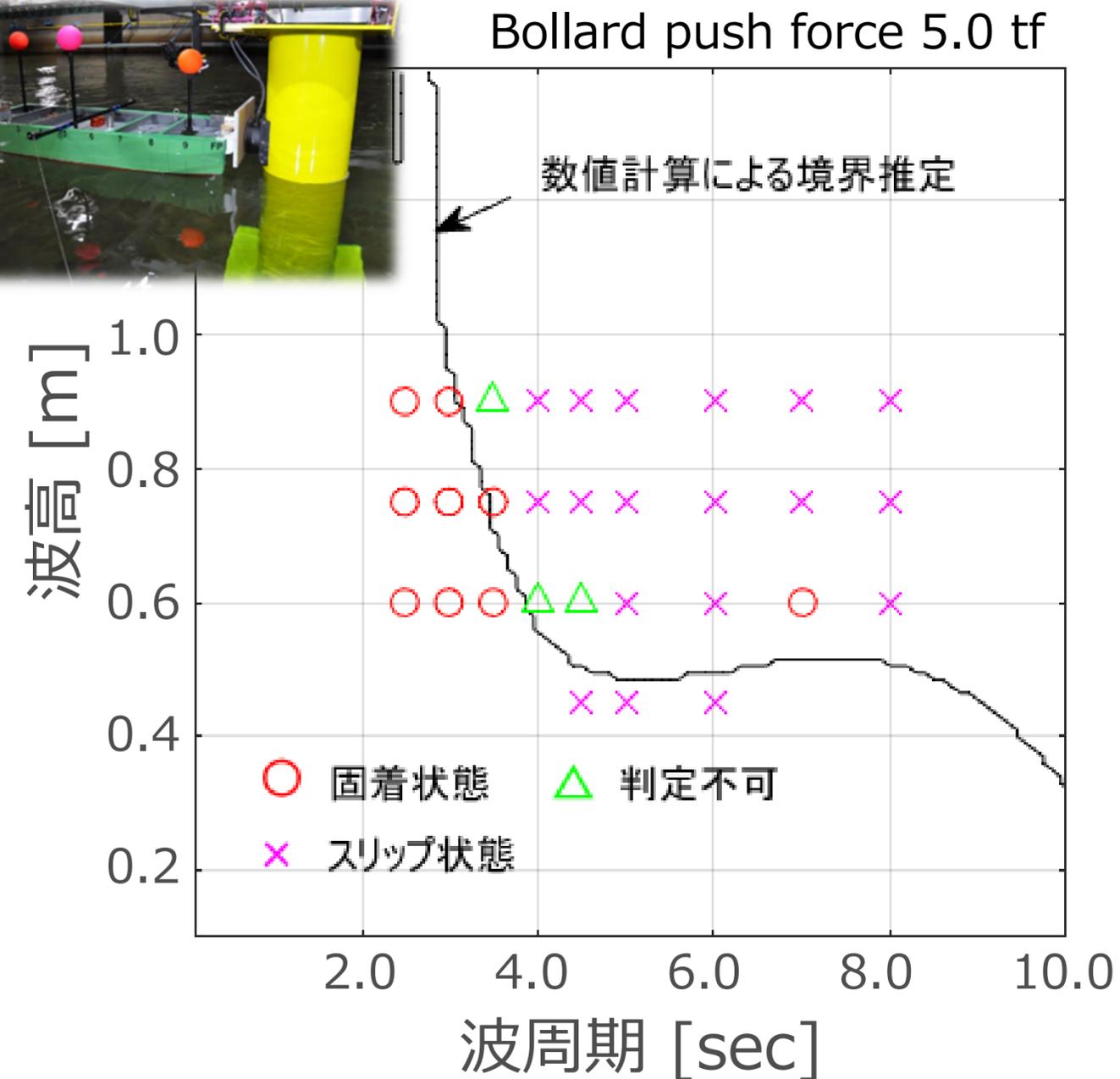
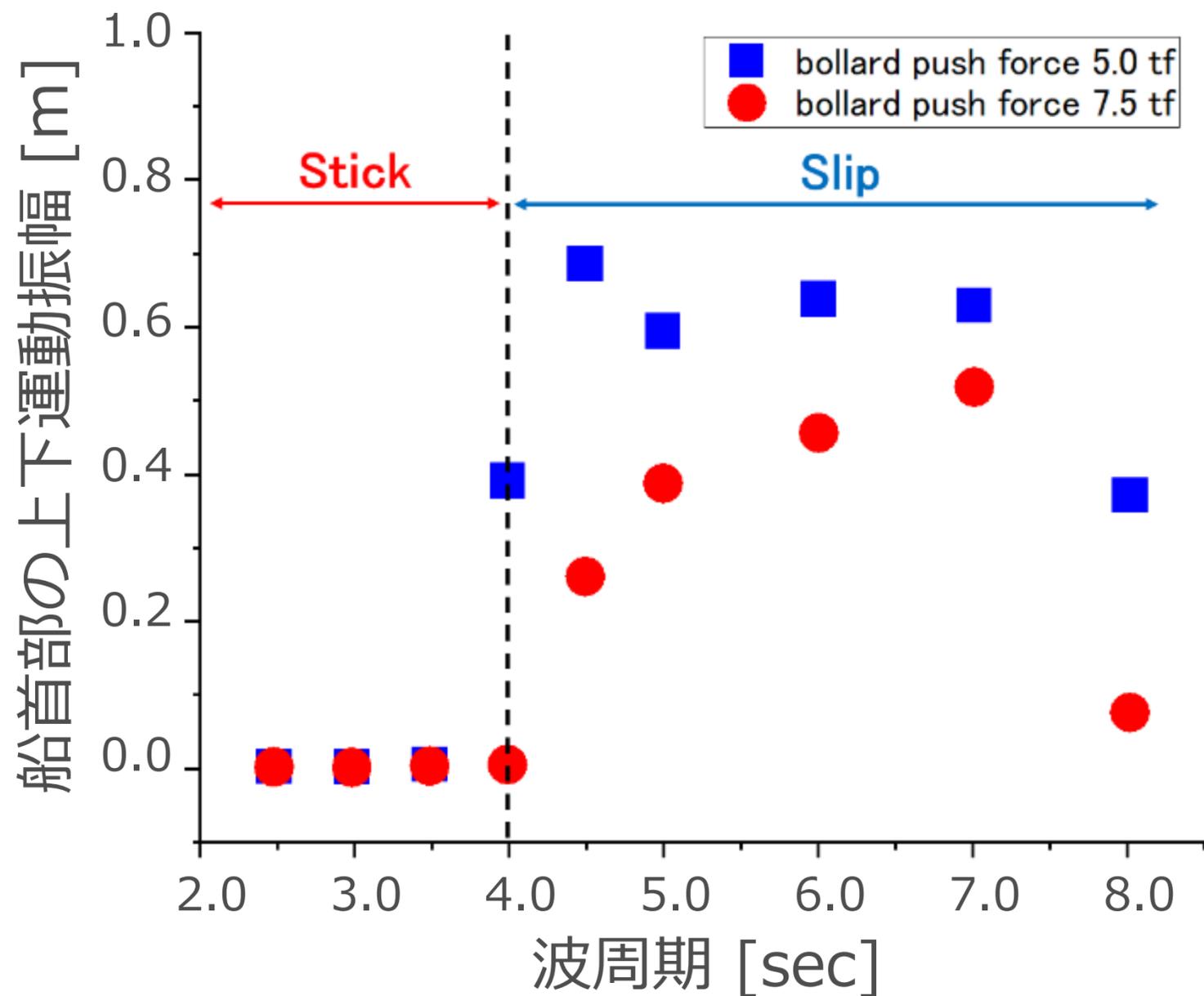
水槽試験により、双胴型高速船（カタマラン）を対象に、船首部から風車タワーへの作業員の乗り移りにおける安全性評価に資するデータの取得し、新しい乗り移り評価法を開発

# CTVの風車タワーへの乗り移り評価 (双胴型CTVの乗り移り評価試験～規則波～)



YouTubeにて動画公開中 : <https://www.youtube.com/watch?v=BRiPrItpmpA>

# CTVの風車タワーへの乗り移り評価 (風車タワーへ押し付けによるCTV運動評価)



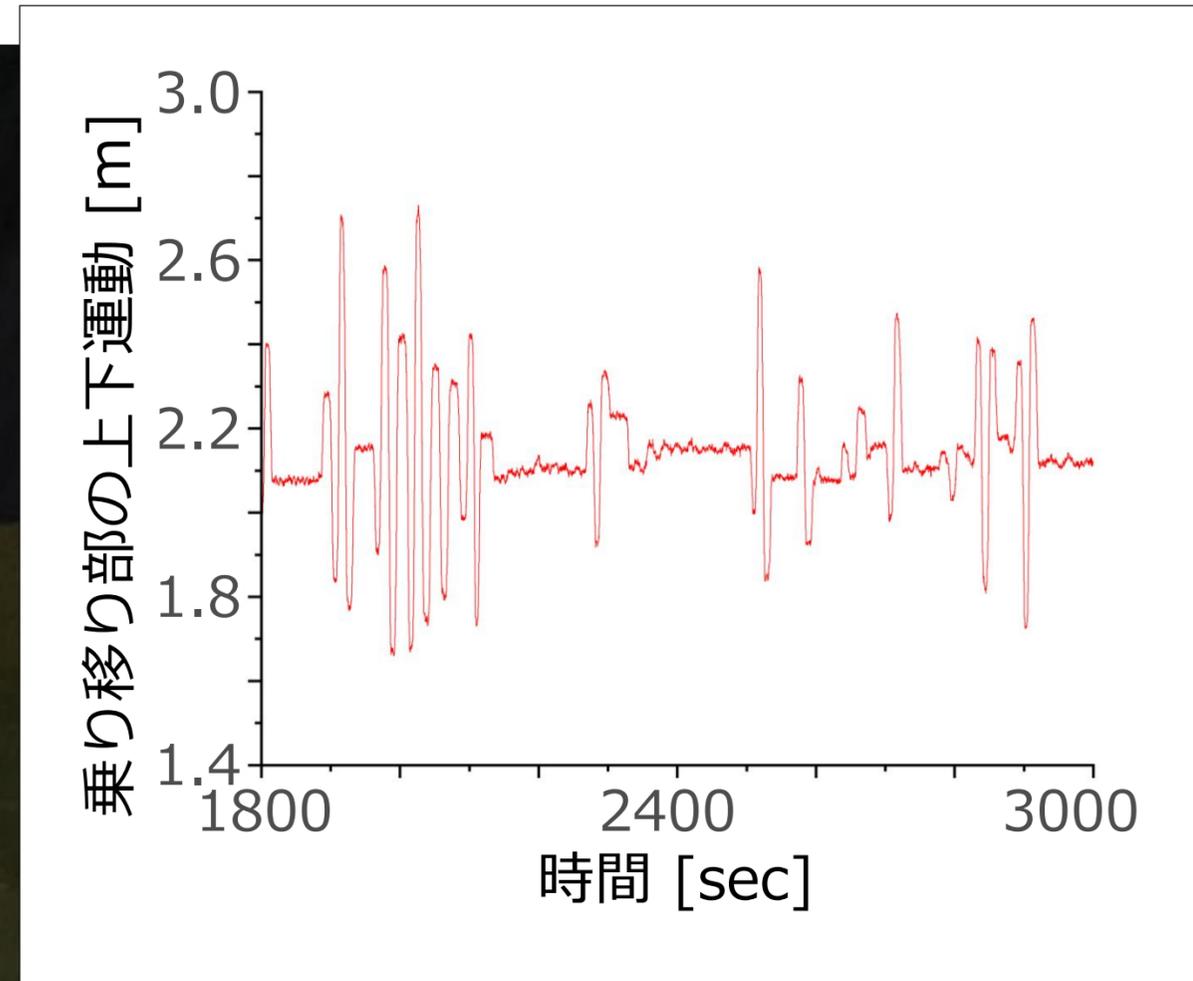
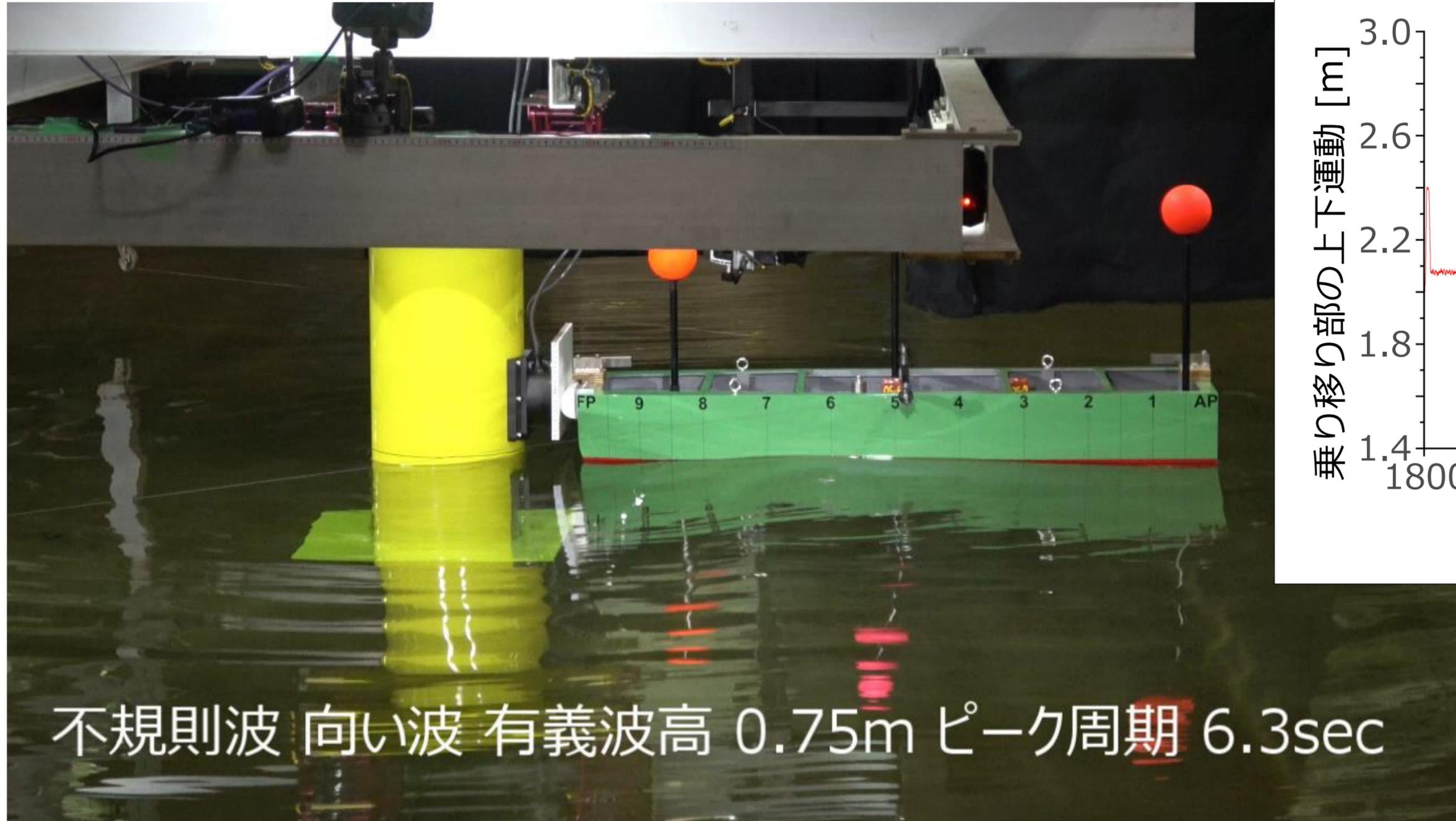
船首乗り移り部の上下運動振幅 (押し付け力影響)

押し付けによって発生する固着/スリップ境界

■ 規則波中でのCTVから風車タワーへの乗り移りに係る評価手法 (数値計算) を開発

➡ 安全性評価・運用方法の検討が可能

# CTVの風車タワーへの乗り移り評価 (CTVの乗り移り評価試験～不規則波～)



不規則波 向い波 有義波高 0.75m ピーク周期 6.3sec

## 研究背景

- 国際海事機関による環境規制が進められる中、CO<sub>2</sub>排出削減に貢献する次世代船用燃料に向けた検討が加速している。
- 国土交通省の平成24年度事業「天然ガス燃料船の普及促進に向けた総合対策」において、天然ガス燃料船とバンカー船間のLNG燃料移送に係る運用ガイドラインとオペレーションマニュアルを策定した。



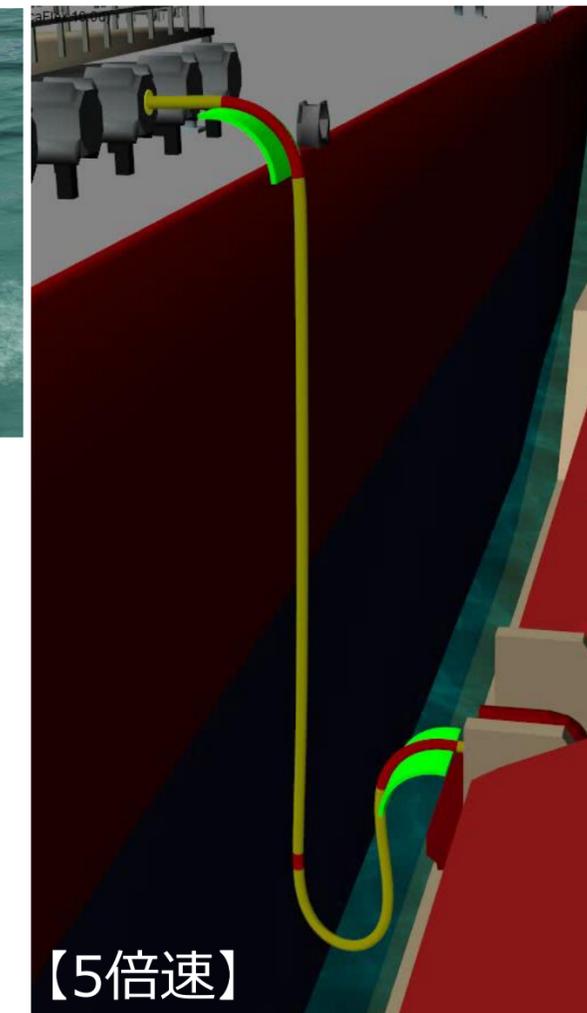
Ship to Ship方式のバンカリングについて  
水槽試験及び数値計算により技術検討を分担

## 研究成果

Ship to Ship方式によるLNG移送作業に対する稼働限界条件や安全性・稼働性評価を実施し、ガイドラインに反映



波向 90deg.  
有義波高 0.56m  
ピーク波周期  
5.95s  
風向 90deg.  
風速8m/s  
8inchホース  
極低温状態  
管内流速 5m/s



## バンカリング時における2船体波浪中動揺試験

## LNG移送ホースの挙動評価

YouTubeにて動画公開中：<https://www.youtube.com/watch?v=1kiqv1VQEfw>

- LNGバンカリングの稼働限界条件を決定
- LNGバンカリングの安全性評価手法や水槽試験法を構築



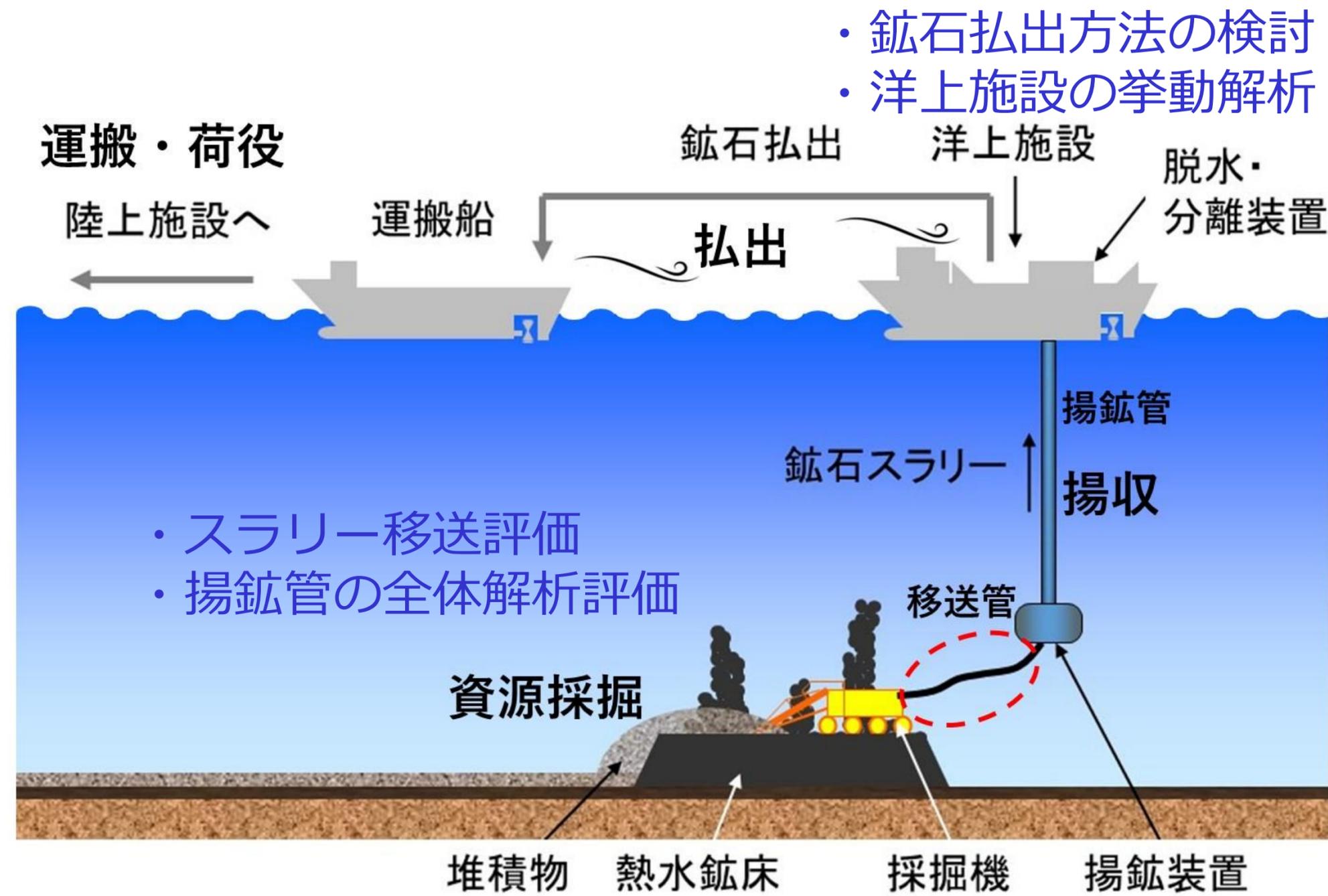
- ガイドラインに反映
- アンモニアや水素燃料等のバンカリングにも活用可能な基盤技術を構築

## ● 海洋資源開発技術に係る取り組み

- 海洋基本計画に基づき、排他的経済水域（EEZ）内における海底鉱物資源の調査及び商業化に向けた技術開発が進められている。
- 海洋鉱物資源開発のナショナルプロジェクトへの技術支援として安全性評価や計画支援技術に係る研究を実施した。

## 主に取り組んだテーマ

- 海底鉱物資源開発に係る評価技術
- 計画支援ツールの開発



- ・ 鉍石払出方法の検討
- ・ 洋上施設の挙動解析

- ・ スラリー移送評価
- ・ 揚鉍管の全体解析評価

- ・ 稼働性評価の検討
- ・ 安全性評価の検討
- ・ 経済性評価の検討

- ・ 採掘時の濁り影響低減の検討
- ・ 海底選鉍技術の検討

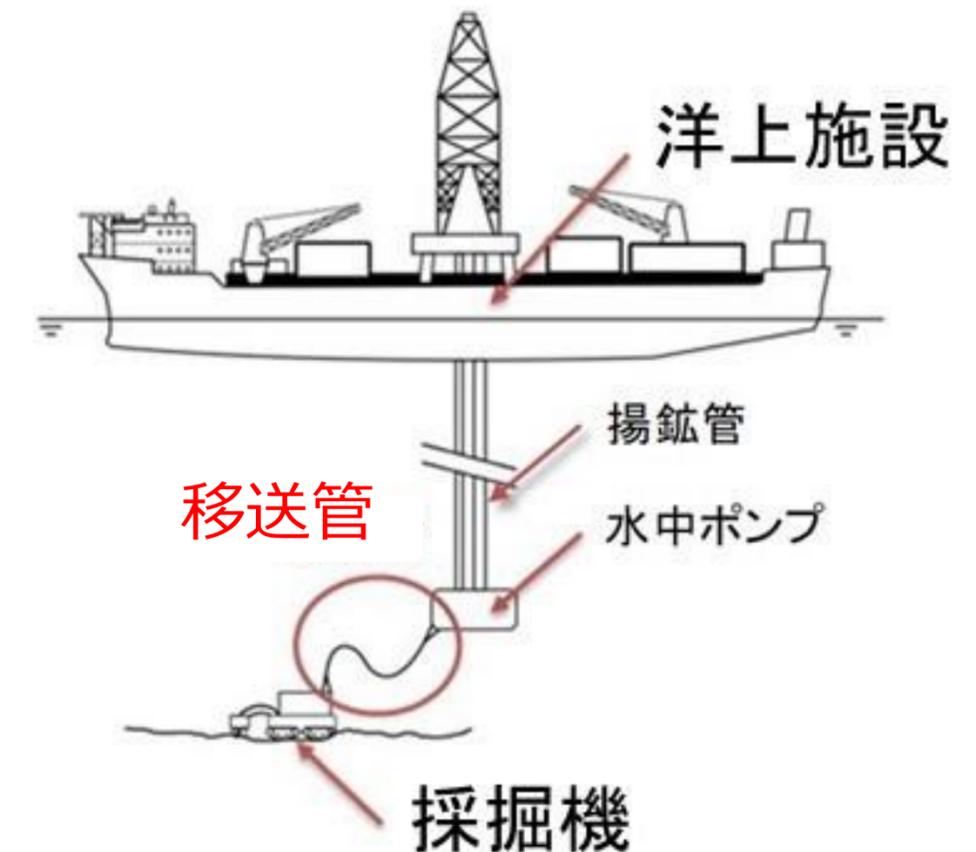
- ・ 移送管の挙動検討

## 研究背景

- 移送管は、海象による外的な影響と他のシステムとの連動影響、鉍物を移送することによる挙動影響など複数の動的な影響要因の中で使用される。
- 外部環境と内部流により形状を変化させ、海底面への接触や管内閉塞が生じる危険性がある。



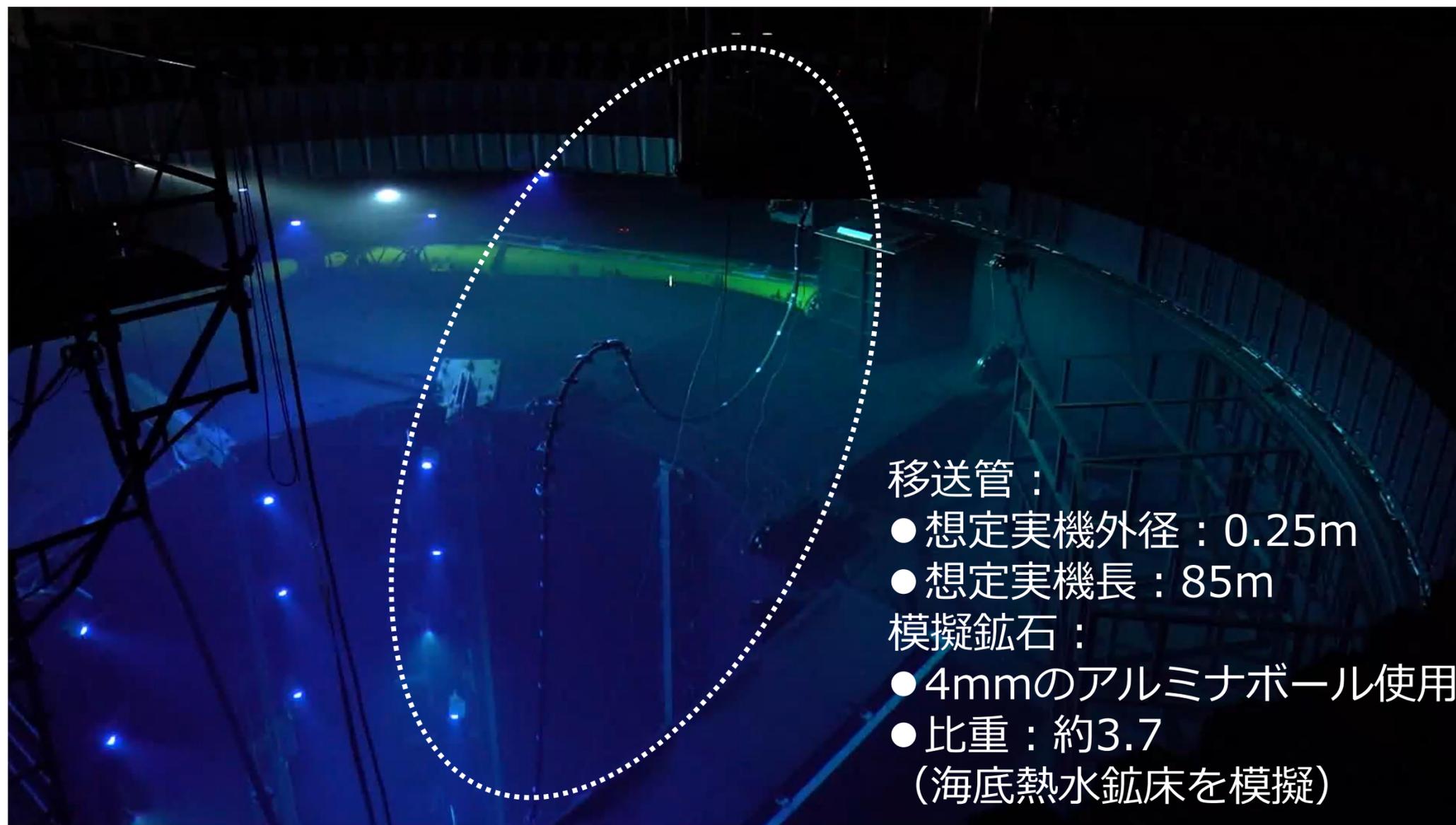
移送管の形状変化を評価可能なモデルが必要



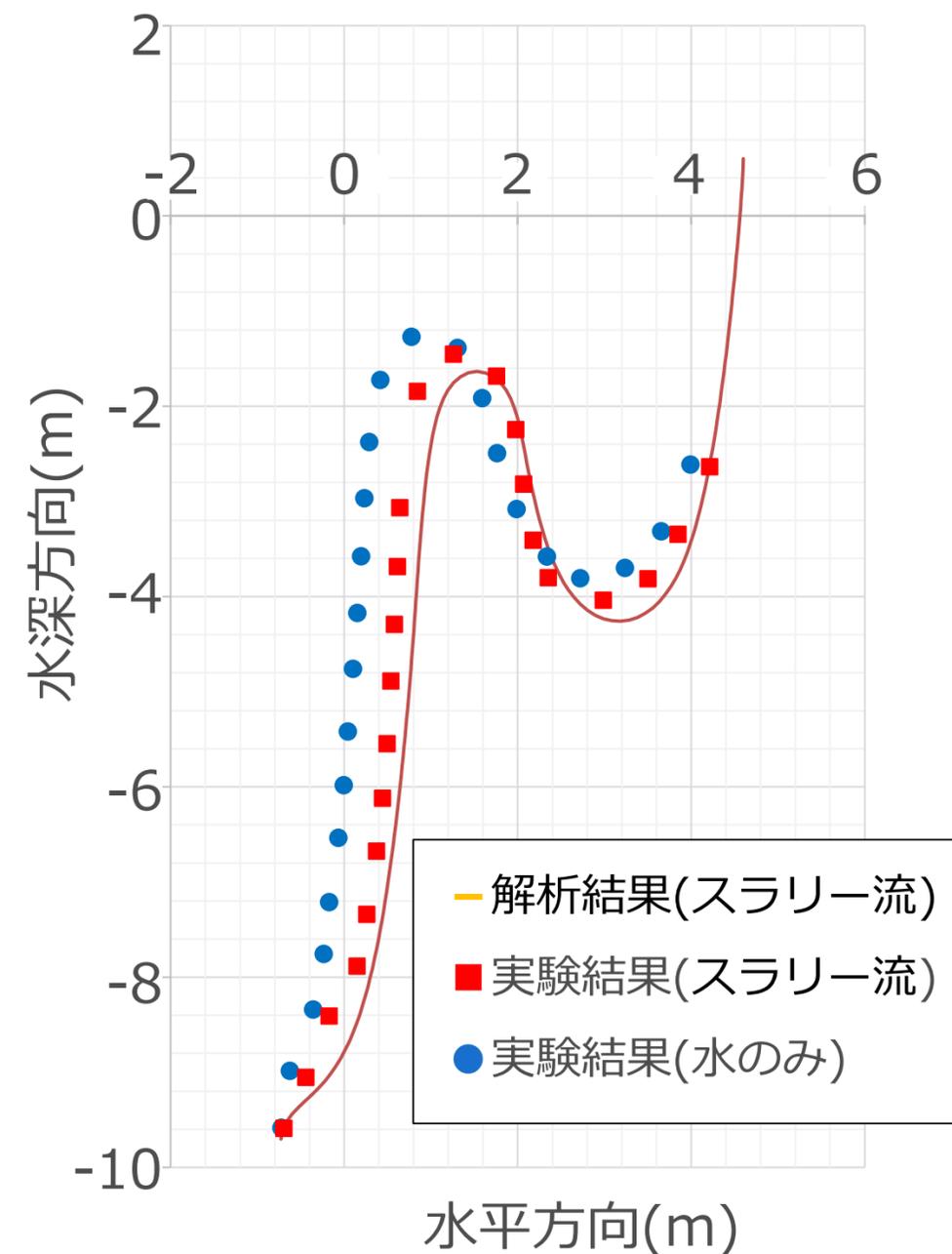
## 研究成果

フレキシブル管の使用を想定し、内部流による移送管の形状変化に係る水槽試験を実施し、評価モデルを開発

## 水槽試験



## 数値解析 & 評価



■ 内部流による移送管の形状変化に係る試験を実施し、評価モデルを開発



安全性・稼働性評価に資する評価手法を構築

## 研究背景

- 開発事業を行うためには、経済性の検討が必要不可欠である。
- 新たな分野の開発では、初期検討として、事業に必要なシステム（設備）の構成に関する検討が行われる。
- システムの構成や経済性の検討では、稼働性の検討も必要となる。



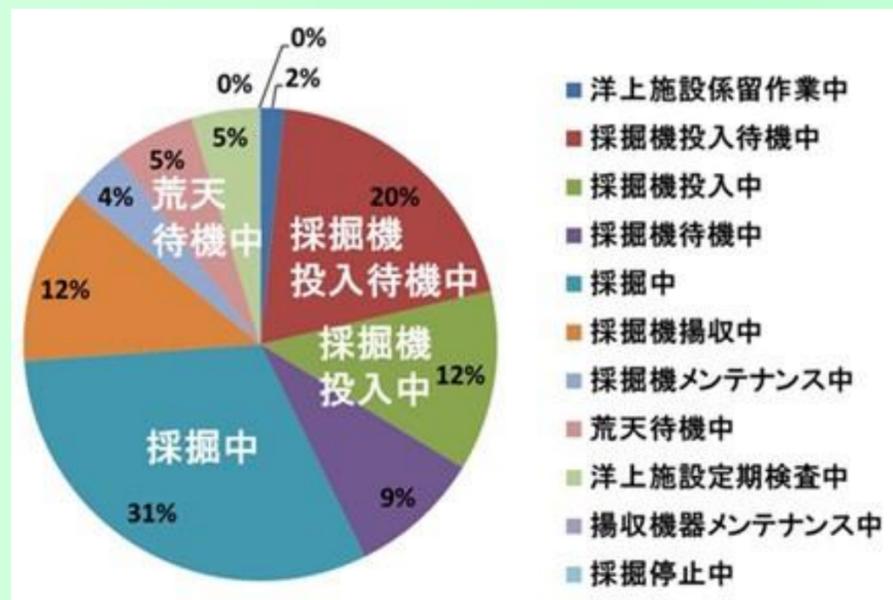
システム検討も含めた初期検討に資する  
事業計画を支援するツールが必要

## 研究成果

開発事業の初期検討を使用目的とし、簡易的な運用で稼働性・経済性を検討可能なツールを開発

## 稼働性評価プログラムの開発：

- 採掘から陸上での荷役までを評価可能なプログラムを開発



- 何年で採掘が完了するのか
- どの作業にどれくらいの時間を要しているのか



効率向上のための改善検討が可能

## 統合

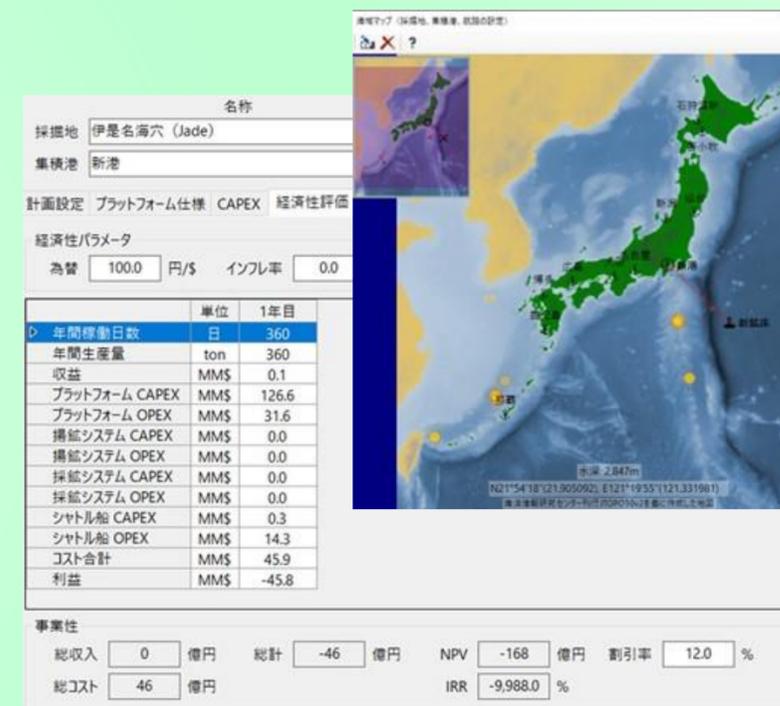
### 計画支援システム (対象：海底熱水鉱床)

## 情報の共有

- 位置情報
- 構成
- メンテナンス頻度
- 稼働率 など

## 経済性評価プログラムの開発：

- 資源情報、開発システムの情報、海象等の情報をもとに経済性評価が可能なプログラムを開発



CAPEX、OPEX：洋上施設価格総計、シャトル船価格、プラットフォーム等の運営費  
 経済性評価：稼働期間の年次別収支  
 事業性評価：全稼働期間の総収入・総コスト・総利益、NPV、IRR

経済的に成り立つかを確認

- 海洋開発に係る動向について
- 第1期中長期計画の取り組みと成果について
  - マリンオペレーションに係る取り組み
  - 海洋資源開発技術に係る取り組み
- 第2期中長期計画の取り組みについて
- まとめ

## ● マリンオペレーションに係る取り組み

### 今後の研究

- 海洋再生可能エネルギー等の地球環境問題の解決に資する技術



- 化石燃料に代わるエネルギーとしての洋上風力発電事業に係る研究
- 二酸化炭素の回収や海底下貯留(CCS事業)に係る研究
- 次世代船用燃料船へのバンカリングに係る研究

### 洋上風力発電施設の設置及び維持・管理

洋上風力発電施設を設置、維持・管理に関する技術研究を実施し、今後、**商業化等で必要となる評価・支援ツール等を開発**

- CTVの最適船数計画、他の船型への適応
- 浮体式風力発電施設の最適設置法
- SEP船(自己昇降式作業台船)の稼働性評価法



出典：東京汽船(株)HP,国土交通省HP  
(CTVガイドライン資料抜粋)

## ● マリンオペレーションに係る取り組み

### 海洋CCS

浮体式圧入設備と液体CO<sub>2</sub>輸送船、液体CO<sub>2</sub>移送管を含めた**CCS全体システムの評価手法**を構築

- 移送中の液体CO<sub>2</sub>流動評価
- 内部流と移送管の連成挙動評価
- 圧入設備と液体CO<sub>2</sub>輸送船との2浮体連成運動評価
- 上記を組み合わせたCCS全体システム評価

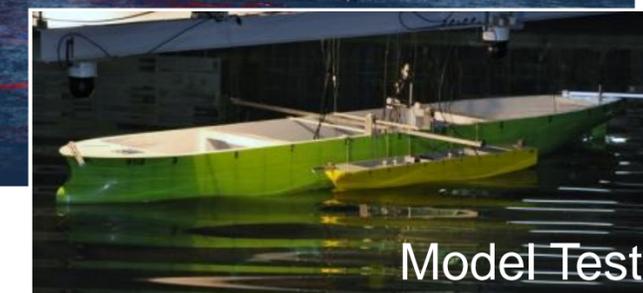
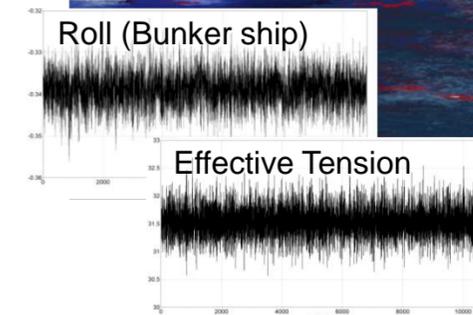
### 次世代燃料バンカリング

マリンオペレーションの評価精度を向上させるため、**時間領域における2船体連成運動の推定手法**を構築

- 風荷重や流れ荷重に対する2船体相互干渉の評価
- タンク内遊動水影響を考慮した2船体連成運動評価
- オペレーション限界条件等の評価



Numerical Simulation



Model Test

### バンカリングの安全性評価

マリンオペレーションに対する**安全性・稼働性評価に適用可能な評価技術を構築**

## ● 海洋資源開発技術に係る取り組み

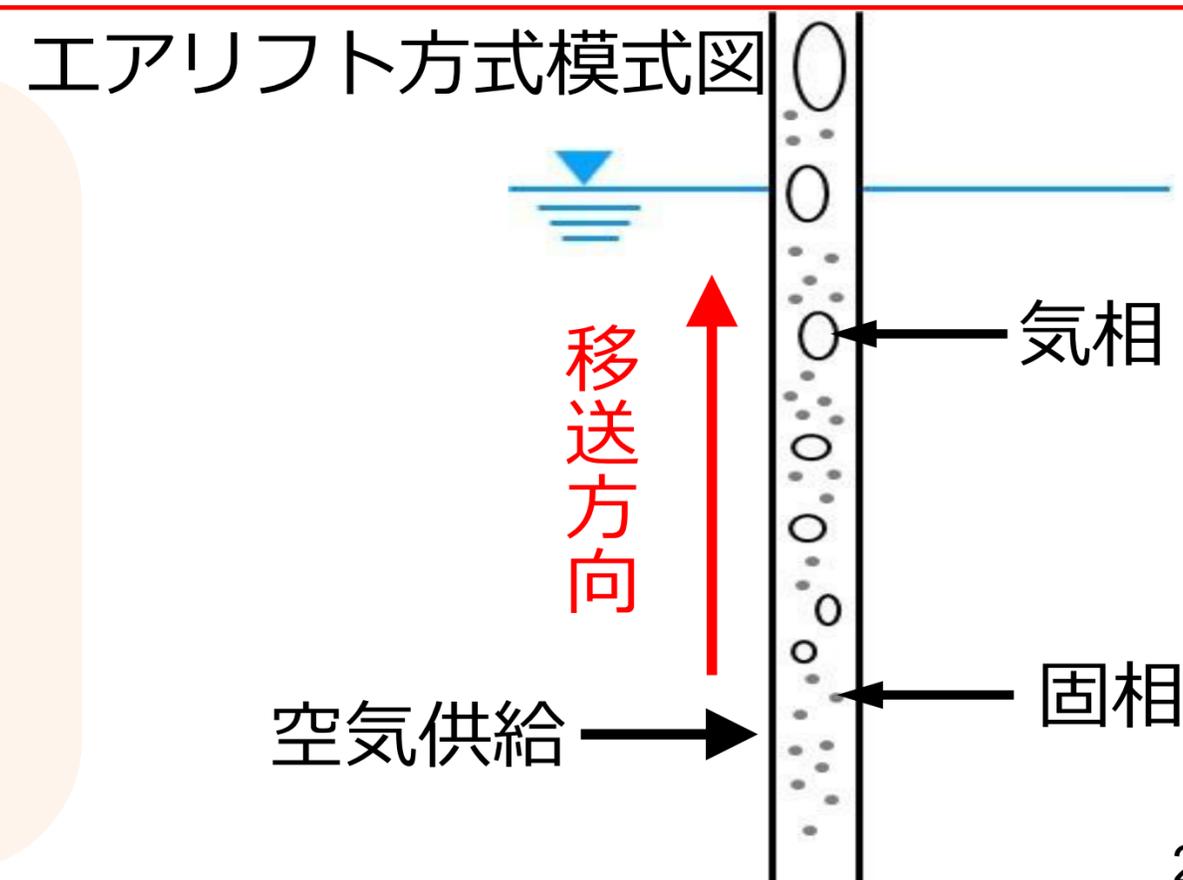
### 今後の研究

- 今後、マンガン団塊やレアアース泥など水深4,000m以深の大水深での開発へと進む
- ↓
- 揚鉦手法に係る研究
  - 計画支援に係る研究

### 揚鉦技術

過年度より実施している洋上施設、揚鉦管・移送管の安全性評価技術に加え、揚鉦技術の検討として内部流影響を含めたエアリフト方式による評価技術に係る研究を実施

併せて、超音波を利用した管内多相流計測技術を開発



## ● 海洋資源開発技術に係る取り組み

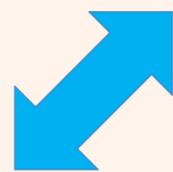
### 計画支援技術

評価対象を本邦EEZ内で開発予定の海底熱水鉱床以外の海底鉱物資源にまで拡充



全体システム最適化の自動化（初期設定の自動化）

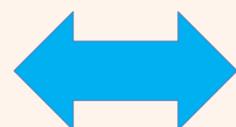
- 洋上施設：船型 or セミサブ
- 位置保持：DPS or 係留
- 輸送方法：自航式 or シャトル船
- 海底貯鉱施設の有無
- 複数船使用？
- 揚鉱方法と揚鉱システムは？ 等



稼働性評価



経済性評価



## コア技術の研究成果を集約



- 2016年度より開始した第1期中長期計画に基づき、海洋エネルギー・鉱物資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究を実施
- 主な研究として、マリンオペレーション及び海洋鉱物資源開発における安全性・稼働性評価に係る研究を行い、本邦企業及びナショナルプロジェクトへの技術支援として貢献
- 2023年度から開始する第2期中長期計画では、開発事業の商業化に資する評価・解析技術の高度化を図り、引き続き本邦企業及びナショナルプロジェクトへ貢献すべく研究を実施

ご清聴ありがとうございました



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所  
**海上技術安全研究所**  
National Maritime Research Institute

