

2024年度NEDO再生可能エネルギー部成果報告会 プログラムNo.11

契約件名

グリーンイノベーション基金事業／

洋上風力発電の低コスト化／

浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業／

早期社会実装に向けたセミサブ型浮体式基礎製造・設置の量産化・低コスト化

発表日： 2024年12月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 東京ガス(株)浮体式洋上風力開発部 田中 将博

団体名 (企業・大学名など) 東京瓦斯(株)

問い合わせ先 TEL: 03-5400-3828

事業概要



1. 目的

浮体式洋上風力発電所の早期社会実装実現に向け、大型風車（15MWクラス）を前提とした、セミサブ型浮体式基礎の低コスト化・量産化技術の開発

2. 期間

2022年4月15日～2024年3月31日

3. 目標

年30基の風車設置を目標に、浮体式基礎・施工コスト低減に向けた技術開発を進める

4. 成果・進捗概要

研究開発内容	成果
①浮体式基礎の最適化	浮体式基礎の基本設計を完了 10MWクラス比で一定の軽量化を達成
②浮体式基礎の量産化	年30基（月5基程度）完成可能な量産化手法を確立 従来製造手法に比べ製造コスト低減を達成
③ハイブリッド係留システムの最適化	合成繊維索を用いたハイブリット係留システムの最適化検討により、重量低減等による施工期間削減を達成
④低コスト施工技術の開発	年30基設置（月5基程度）に向け連続施工方法を確立 従来工法に比べ施工コスト低減を達成

セミサブ型浮体式基礎の低コスト化・量産化の実現に向けた以下の課題を背景に研究開発を実施、年30基の風車設置を実現し浮体式洋上風力の早期社会実装を実現

課題①風車大型化・日本の厳しい気候・環境条件への追従

- 台風、地震、複雑な海底地形等の日本の厳しい気候・環境条件
- 急速に進む風車の大型化



研究開発内容①
浮体式基礎
の最適化

課題②造船ドックに依存しない浮体式基礎製造方法の確立

- 大型浮体式基礎製造に対応可能な造船所ドックの不足
- 量産化を実施可能な港湾内敷地の不足



研究開発内容②
浮体式基礎
の量産化

課題③鋼製係留システムからの脱却

- 風車の大型化に伴う鋼製係留索の長尺化・重量化による施工性の悪化



研究開発内容③
ハイブリッド係
留システムの
最適化

課題④日本の厳しい気候・環境条件における高い施工コスト

- 日本の厳しい気候・環境条件での洋上作業可能期間の制約
- 低コスト化可能な係留システムの施工方法未確立



研究開発内容④
低コスト施工
技術の開発

事業項目	2022年度				2023年度			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
①浮体式基礎の最適化								
1)浮体設計：設計仕様整理	設計条件確定				最適化設計完了			
2)最適化設計								
②浮体式基礎の量産化								
1)ブロック分割・生産方式の検討								
2)モックアップ製作・試験	見積依頼	発注				試験完了		
3)バージ等の設計・検証						設計完了		
③ハイブリッド係留システムの最適化								
1)ハイブリッド係留システムの最適設計	設計条件確定				最適化設計完了			
2)ケーススタディ・合成纖維係留索メーカー調査							ケーススタディ完了	
④低コスト施工技術の開発								
1)連続施工手法の検討								
2)係留システムの施工方法検討					設計結果反映			
3)モックアップ試験等(シミュレーション)						検討完了		
コスト評価・結果まとめ					都度整理			
							結果まとめ	

【目標】

日本の気候・環境条件のデータとした上で、欧州で実績があるPPI社のWindFloat技術をベースとする15MWクラス対応の浮体式基礎を設計する

【実施内容】

1) 浮体設計（設計仕様整理）

- 15MWクラスに適応する浮体式基礎の設計に向け、実海域観測データから、極値条件である50年再現確率における極値風速、極値波浪、極値水流を算定
- 浮体式基礎の設計条件であるエアーギャップや構造喫水線の取り決めや、浮体式基礎の復元力確認から構造設計までの計算フローを整理

2) 最適化設計

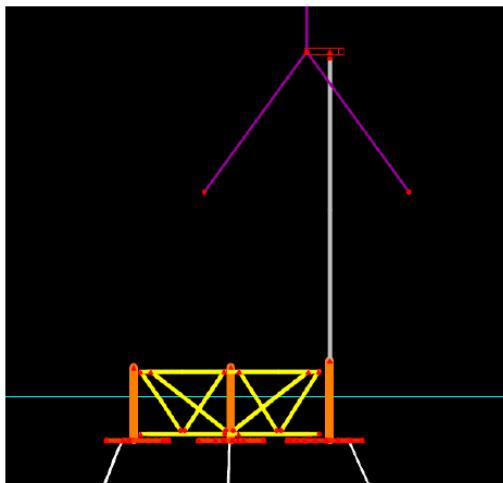
- 浮体式基礎の設計仕様が整理できた段階で、サイト条件を基に概算の浮体式基礎の形状にて復元力の計算確認を実施し、基本設計図面を作成
- 量産化を考慮した浮体式基礎のブロック分割位置について検討の上、再度動搖解析、構造計算を実施
- 動搖解析においては、設計断面算定において重要な設計荷重ケースを選定し、解析を実施



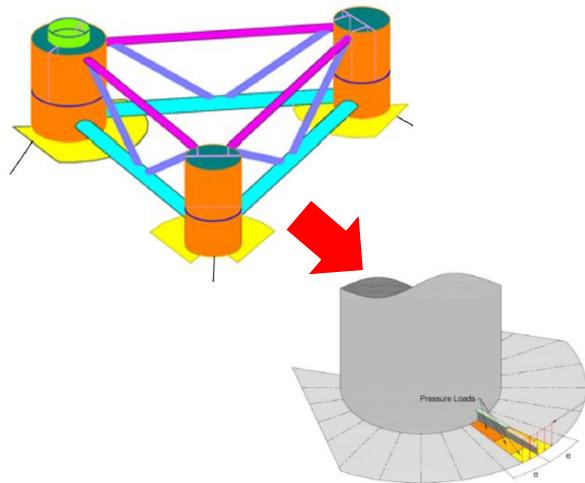
【成果詳細】

- 10MWクラス風車用浮体式基礎と比べ、浮体式基礎の主要部材であるカラムやビーム等を軽量化でき、MWあたりの全体重量の軽量化を達成
 - 想定される最大曲げモーメントを安全側で検討し、全ての部材に対する断面力の裕度を確保した上で構造計算を実施しており、これらの安全性に対する裕度を考慮した上で浮体式基礎の軽量化を達成。今後より詳細な連成解析を風車メーカーを含めて実施することで、更なるMW当たり重量の軽量化が可能

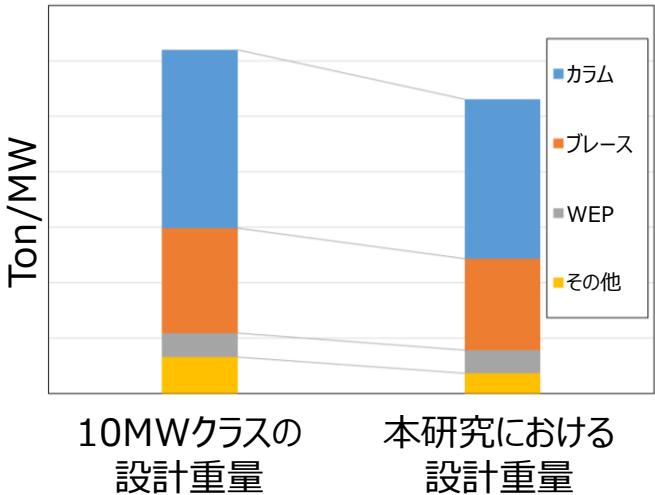
Orcaflexによる動搖解析



動揺解析に基づく構造計算



MWあたりの重量(ton)の比較



【目標】

年30基設置（月5基程度）を目標に浮体式基礎の生産方式・ブロック分割を検討、組立拠点港における※現地集合型タクト方式※による浮体式基礎量産化技術を開発

【実施内容】

1) ブロック分割・生産方式の検討

必ずしも造船所ドックに依存しない浮体式基礎の量産化手法として、現地集合型タクト方式による浮体式基礎量産化技術を検討

2) モックアップ製作・試験

15MWクラス風車を想定した浮体式基礎の実スケールのモックアップを製作。製作過程では検証のための各種試験を実施

3) バージ等の設計・検証

組立拠点で組立が完了した浮体式基礎を進水させるために必要となる進水用バージの設計を含む、仕様検討・水槽試験を実施

※現地集合型タクト方式



①各製造会社でブロック化した基礎を組立拠点に集約

②上部・下部のブロックおよびブレース等を一体化

③一体化ブロックの結合、塗装、艤装品取付、検査等の最終組立

④進水用バージを用いた浮体式基礎の進水

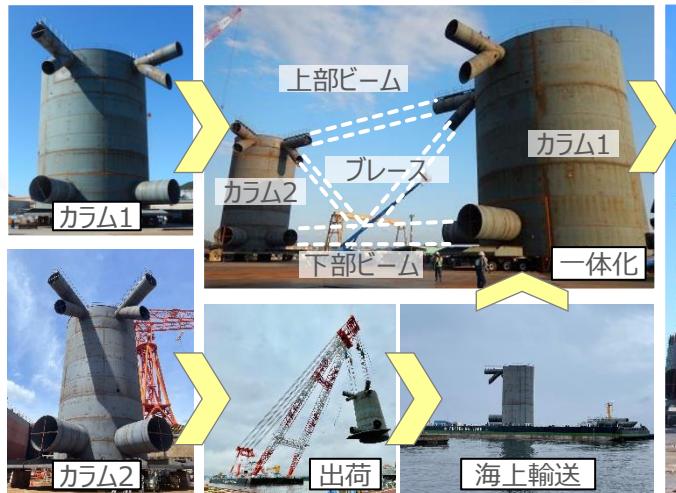
【成果詳細】

- 年間30基設置に向け、10haの敷地を想定した現地集合型タクト方式での量産化技術を開発
- 実スケールのモックアップ製作を通じ、量産時の作業性および品質管理要領の検証等を行い、量産化手法の妥当性を確認
- 進水バージについても、水槽試験と基本設計承認取得により設計の妥当性を確認

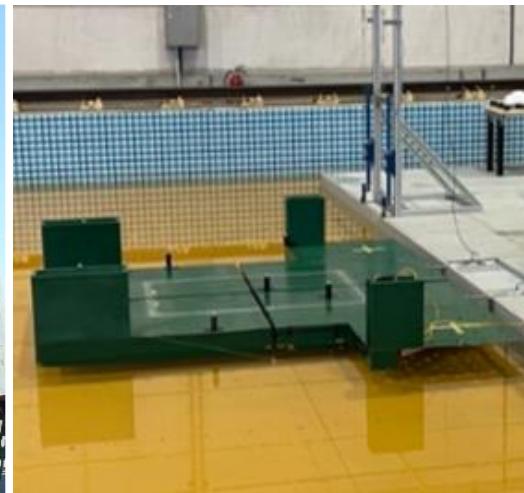
量産化手法イメージ



浮体式基礎モックアップ製作



水槽試験の様子



【目標】

欧州で施工実績のある合成纖維係留索と係留コネクタの組み合わせをベースに、日本の気候・環境条件下においてハイブリッド係留システムの最適設計を実施

【実施内容】

1) ハイブリッド係留システム最適設計

浮体式基礎最適化の結果を前提に、ハイブリッド係留システムの仕様を決定するため、浮体式基礎と係留システムを合わせた設計を実施

2) ケーススタディー・合成纖維係留索メーカー調査

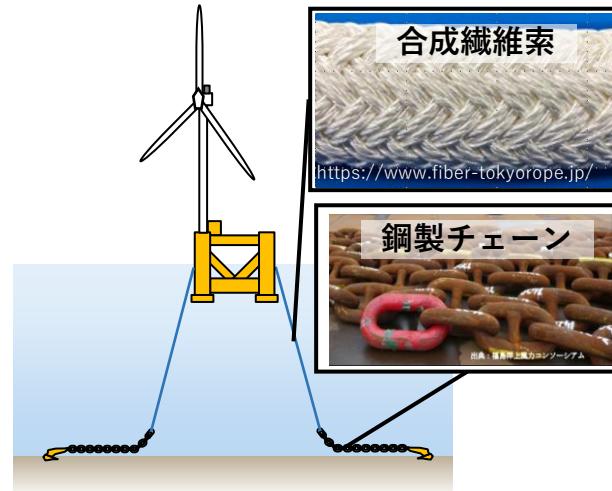
ハイブリッド係留システムについて、日本の気象海象条件下における係留仕様、係留施工日数、調達・施工コストを比較検討。鋼製係留を用いた従来手法と、ハイブリッド係留かつAHTSVによる敷設ケースの施工時間も比較

【成果詳細】

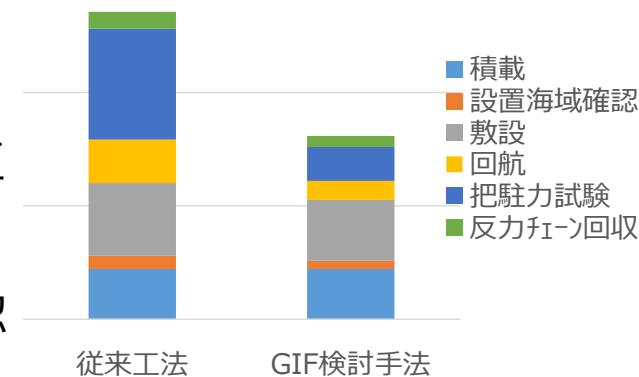
※AHTSV: Anchor Handling Tug Supply Vessel

ハイブリッド係留（3・4・6本）と鋼製係留4本の4ケースで、係留径・長さ・重量、施工日数、係留システムコスト（資材・施工コスト）を比較し、ハイブリッド係留4本ケースがコストミニマムで最適と結論付けた。従来手法の比較により、ハイブリッド係留かつAHTSVによる敷設ケースで施工時間が削減できることを確認

ハイブリッド係留イメージ



作業時間比較



【目標】

大型陸上クレーンやジャッキアップ作業構台を使用した風車組立作業を複数ケースで比較検討するとともに、係留システム施工を含めた、風車組立～海域における風車設置までの全体コストを低減可能な施工手法を確立する

【実施内容】

1) 連続施工方法の検討

風車組立に必要な重機（大型陸上クレーン、ジャッキアップ作業構台等）、風車組立場所、風車組立時の浮体仮固定方法を変数とし、保管方法等も考慮したケーススタディーを実施の上、低成本連続施工技術を考案

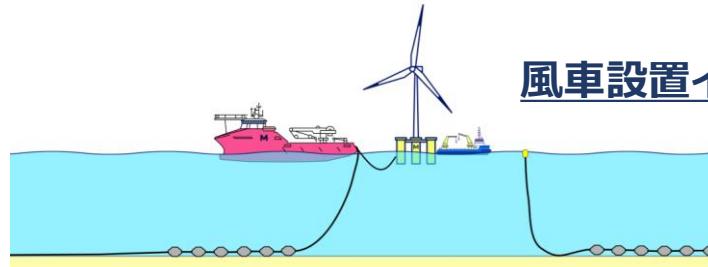
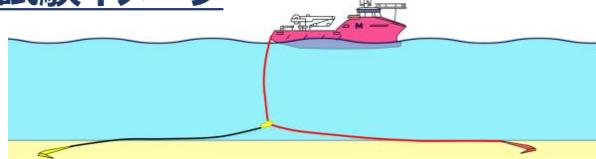
2) 係留システムの施工方法の検討

テンショナーやAHTSVを用いた係留システム施工の効率化を検討するとともに、ハイブリッド係留システムの施工仕様の検討を実施

3) 施工シミュレーション

把駐力試験に使用されるテンショナーの日本の気象海象条件下での有効性を確認するため、数値解析シミュレーションを実施

把駐力試験イメージ



風車設置イメージ



【成果詳細】

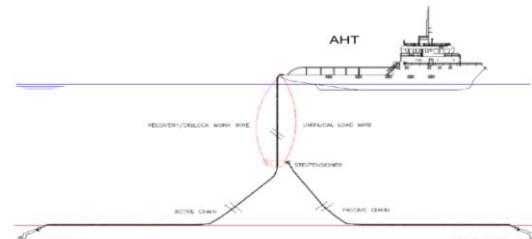
- ・ケーススタディーの結果、岸壁で浮体式基礎を係留し、ジャッキアップ作業構台で風車組立を行うケースで最もコストが低いことを確認。ただし、ケース間で大きなコスト差はなく、条件により値差解消の可能性有
- ・日本の気候・環境条件、船舶仕様（台船・AHTSV）、係留仕様（鋼製チェーン・ハイブリッド）等を前提にシミュレーションを実施。テンショナーを使用することで、施工期間の短縮や、把駐力試験時のワインチ能力や主機出力などの必要船舶能力の低減が可能となり、テンショナーの有効性を確認

ケーススタディー条件

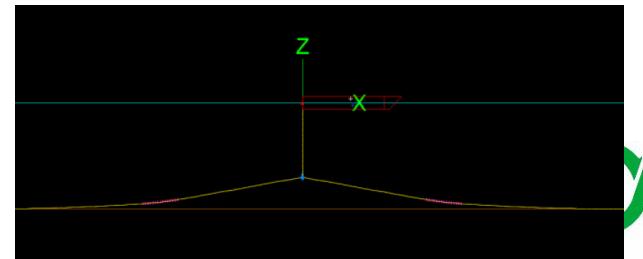
コスト比較



係留システムシミュレーション（把注力試験時）



実施工状況を
シミュレーションで再現



- 浮体式基礎・施工コストの低減に向け、①～④の研究開発を実施。浮体式基礎・ハイブリッド係留システムの最適化による各重量の低減を達成し、年30基の風車設置を実現する浮体式基礎量産化手法・連続施工手法を確立
- 本検討の成果や現時点での量産効果を見込んだGIF検討LCOE、将来のイノベーションやサプライチェーン拡充等も考慮した将来予測LCOEを算定。検討開始時点の従来LCOEに比して大幅低減を実現し、商用化を見据えた競争力のある単価となることを確認



【主な成果と今後に向けた提言】

研究開発内容	成果	今後に向けた提言
①浮体式基礎の最適化	浮体式基礎の基本設計を完了 10MWクラス比で一定の軽量化を達成	今後の詳細設計により更なる軽量化が可能
②浮体式基礎の量産化	年30基（月5基程度）完成可能な量産化手法確立と、従来製造手法に比べ製造コスト低減を達成	量産化実現に向け、港湾整備や進水バージ等インフラ投資が必要
③ハイブリッド係留システムの最適化	合成纖維索を用いたハイブリット係留システムの最適化検討により、重量低減等による施工期間削減を達成	大規模商用化に向けサプライヤー側の設備投資が必要
④低成本施工技術の開発	年30基設置（月5基程度）に向けた連続施工方法確立と、従来工法に比べ施工コスト低減を達成	最適工法はサイト条件に依存。サイト毎に最適解を見出すことが必要

ご清聴ありがとうございました

