

TLP型ハイブリッド浮体式洋上風車支持構造物の開発

風力発電等技術研究開発

/洋上風力発電等技術研究開発/次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究
(浮体式洋上風力発電の導入促進に資する次世代技術の開発)

発表：2026年7月21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：古荘 伸一郎

団体名：(株)大林組，再委託先(国)長崎大学，(国)香川大学

問い合わせ先 株式会社大林組 URL:<https://www.obayashi.co.jp/>

1. 事業概要

1. 事業概要

◆事業の目的

TLP型浮体の実用化に向けて、想定される要素技術の課題を解決
実証フェーズでの実海域実証計画、実機スケールでのTLP型浮体の
安全性/信頼性/経済性の評価

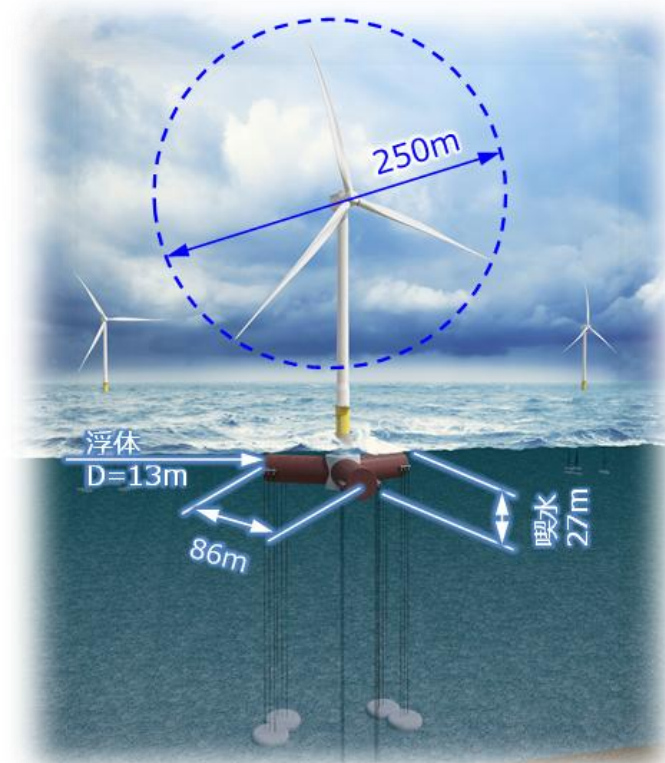
◆浮体式洋上風力の課題

- ①高発電効率・低コスト化
- ②大量生産
- ③地元産業と人材育成への貢献
- ④海洋利用者の受容性

◆課題の解決

『TLP型ハイブリッド浮体』の採用

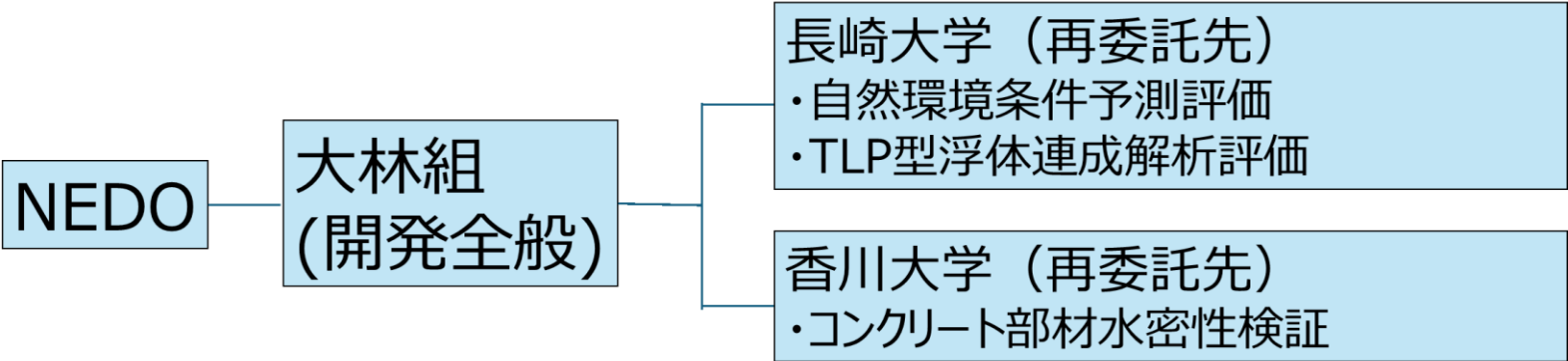
- 動揺安定性高→高発電効率
- 占用面積小→漁業への影響小
- ハイブリッド→低コスト・大量生産・地元貢献



15MW風車搭載TLP型ハイブリッド浮体

1. 事業概要

◆実施体制



◆実施スケジュール

研究開発項目	2024/3Q	4Q	2025/1Q	2Q	3Q	4Q
1.要素技術の開発	条件設定	実験・解析・机上検討			検証・まとめ	
2.実海域実証計画	条件設定	基本設計・連成解析			基本設計認証(AiP)	
			施工計画・コスト算出			まとめ
3.15MW風車搭載浮体概略検討	条件設定	概略設計				
			施工計画・コスト算出・連成解析			まとめ

2. 開発内容と成果

2. 実施項目

研究開発項目 1 TLP型ハイブリッド浮体の 要素技術開発

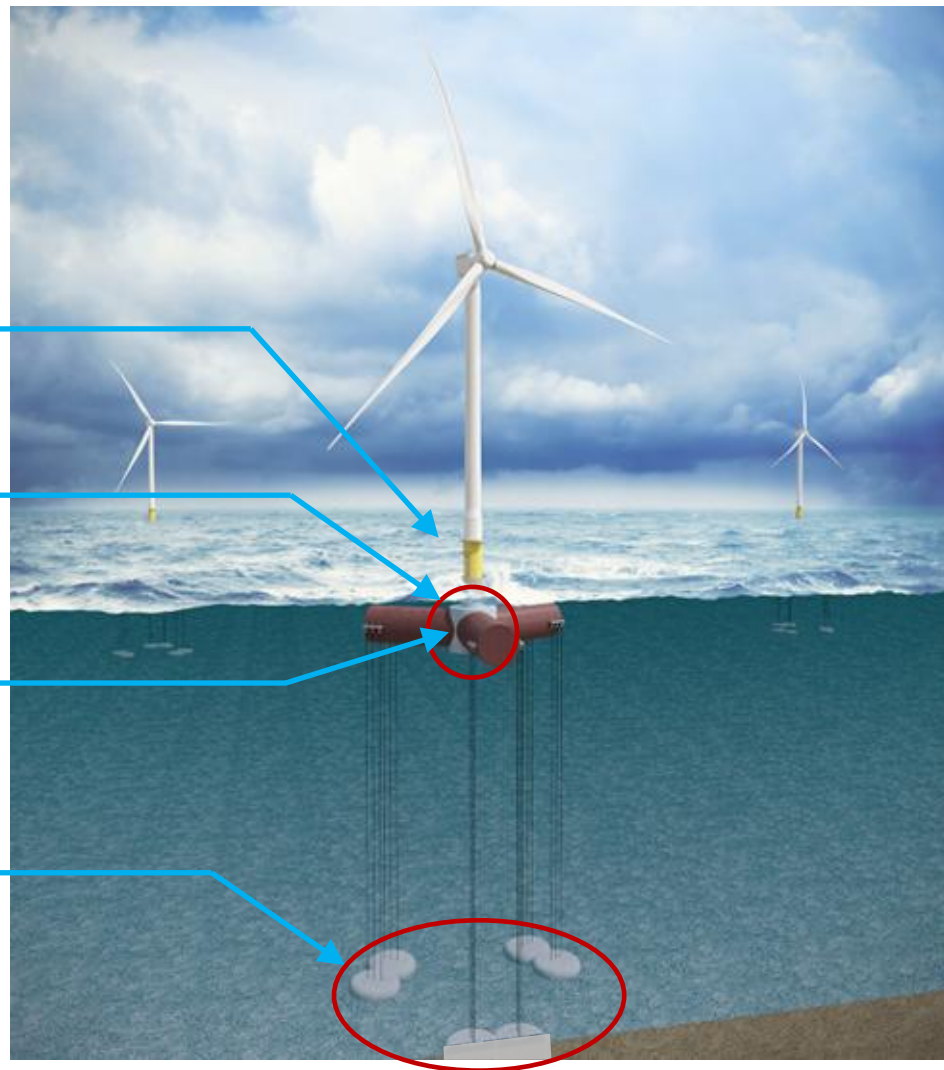
①自然環境条件予測評価

②ハイブリッド接合部の
設計妥当性確認

コンクリートシャフト
③水密性検証手法の開発
④プレキャスト化急速施工

⑤大水深無人化施工技術開発

⑥地元産業と人材育成への貢献



研究開発項目 2 ⑦実海域実証計画

- ・ 実証海域選定
- ・ 基本コンセプト
- ・ 1MW風車選定
- ・ 基本設計・設計認証
- ・ 概略施工計画
- ・ 概略コスト算出

研究開発項目 3 ⑧15MW風車搭載浮体検討

- ・ 想定海域選定
- ・ 浮体概略設計
- ・ アンカー基礎・テンドンの検討
- ・ 概略施工計画
- ・ TLP型浮体優位性・コスト評価
- ・ 安全性・信頼性・経済性評価

①自然環境条件予測評価 背景と目的

■ 背景

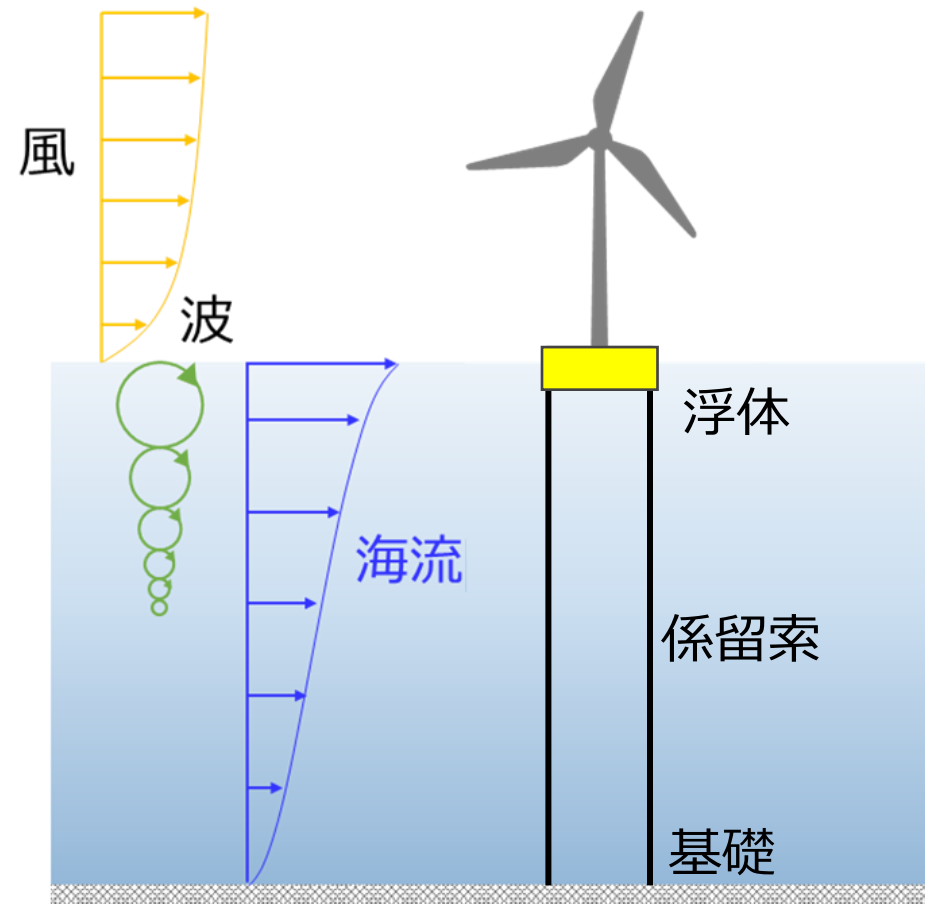
- ・ 浮体式洋上風力は沖合・大水深海域（>50m）に立地
- ・ 風・波浪・海潮流の長期観測データが不足
- ・ 数値モデルにも不確実性が存在

■ 当初の課題

- ・ 外力（波浪・海潮流）精度が設計合理性に直結
- ・ 過大安全率 → コスト増の要因
- ・ 高精度なサイト条件設定が必要
→ 本検討では、長期気象・海象解析により
合理的設計条件を設定

TLP型ハイブリッド浮体システムの基本設定条件

項目	想定条件
風車定格出力	15.0MW
風車ハブ高さ	MSL+150m
風車ロータ直径	240m
設置水深	DL-100m



サイト条件（風・波・流れ）の概念図

① 自然環境条件予測評価

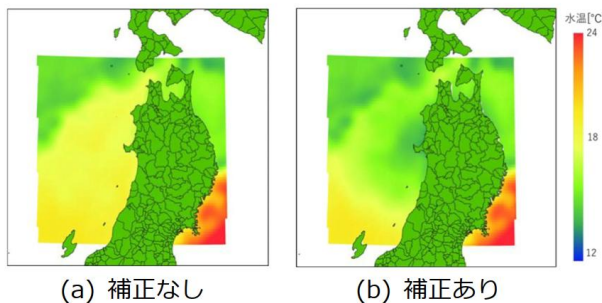
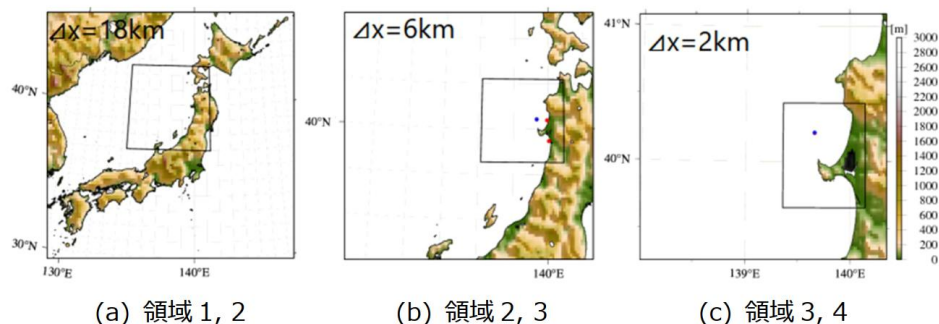
長期の気象解析・波浪解析

■ 気象解析

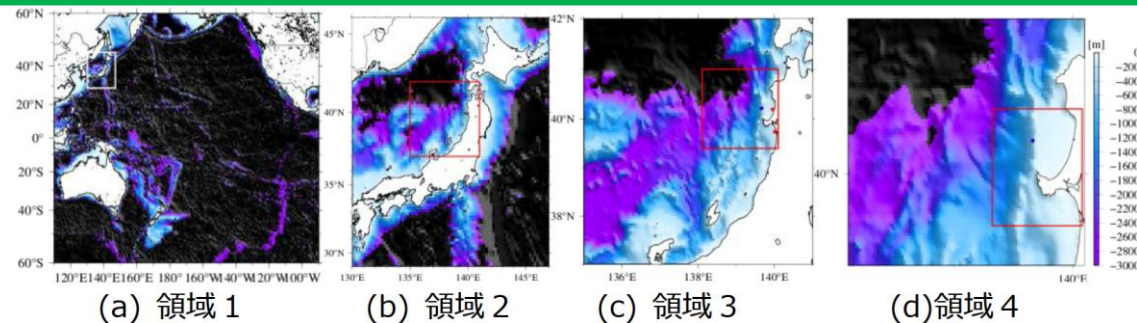
- ・ WRFにより30年間の海上風を推定
- ・ 台風時海上風の高精度化・海面水温(SST)補正により精度向上

■ 波浪解析

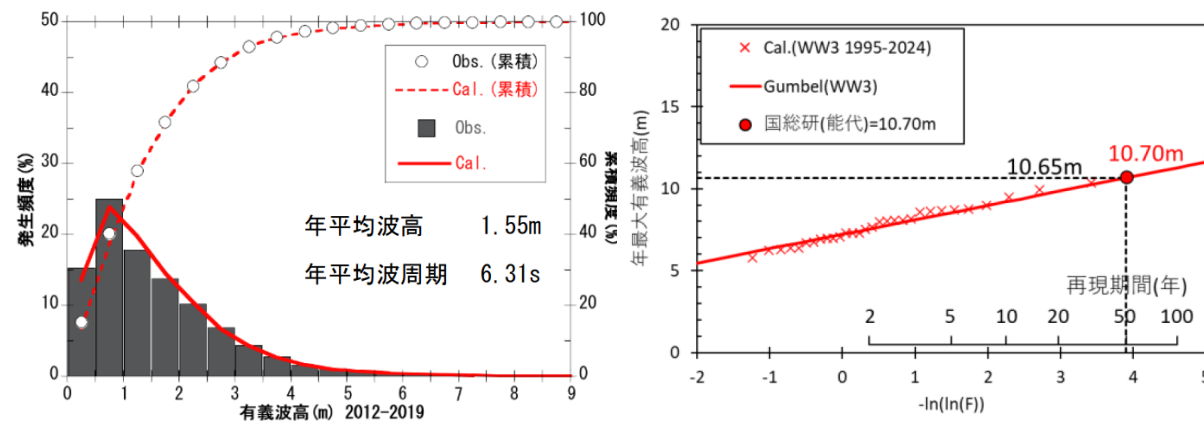
- ・ WW3(Wave Watch 3)で長期波浪解析を実施
- ・ 観測（ナウファス）と比較検証
- ・ 通常波浪（NSS）・極値波浪（ESS）条件等を算定



WRF の解析領域
(上段) と SST の
補正 (下段)



WW3波浪の解析領域



(a) 有義波高の階級別出現頻度と累積頻度

ナウファスにおける
波浪解析結果の検証

浮体設置位置における
極値波浪の算定

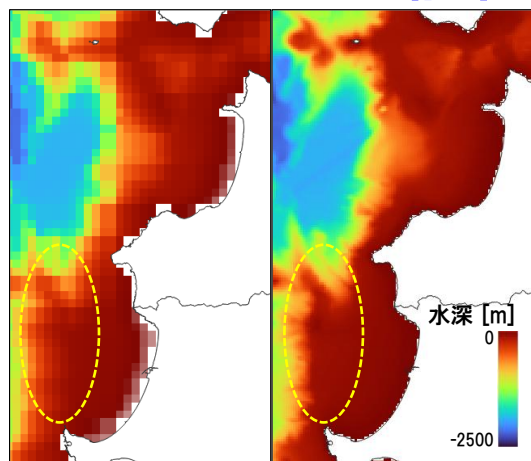
① 自然環境条件予測評価

海潮流条件

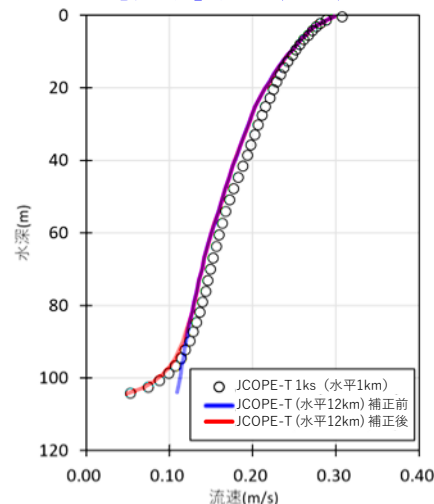
■ 海潮流解析

- ・ JCOPE-T + WRFで長期流況データ構築
 - ・ IECモデル課題に対し新モデルを提案
 - ・ 福島沖観測で検証し，想定サイトに適用
 - ・ 想定サイトでは海底地形影響の補正方法を追加
- 検討、極値流速・鉛直分布を評価

→ 高精度かつ長期気象・海象データの
構築手法を提案・適用

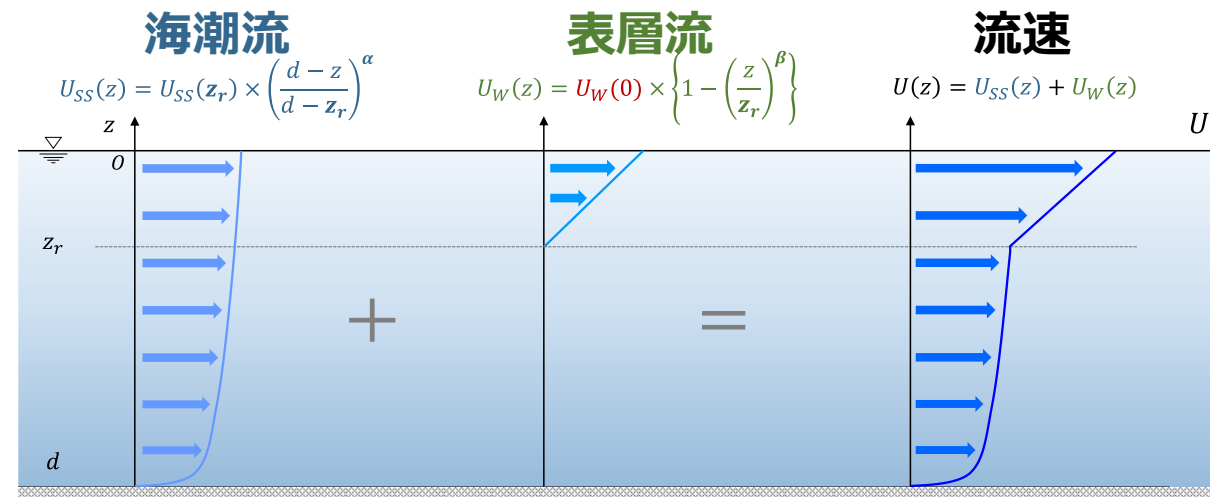


a) JCOPE-T 水平解像度12km
b) JCOPE-T 1ks 水平解像度1km

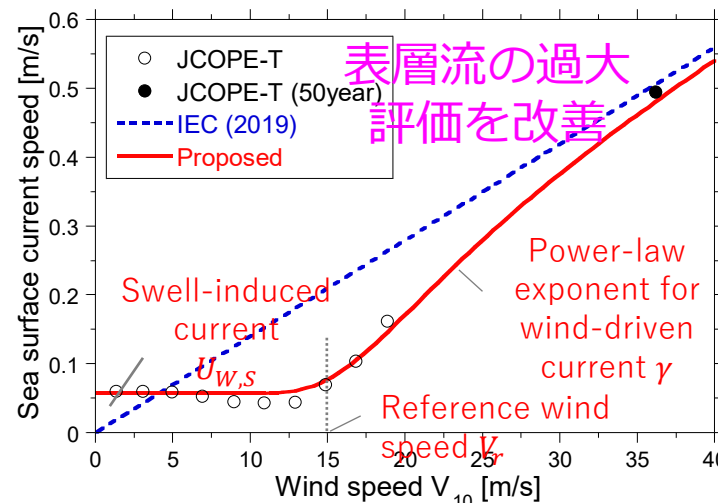


c) 海底地形影響の補正

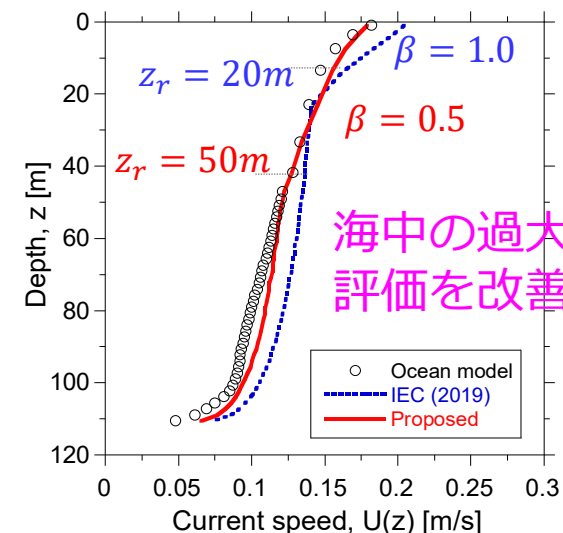
数値海洋モデルの水平解像度による海底地形再現性(a,b)と予測値の補正(c) (想定サイト)



表層流と海潮流のモデル化



表層流モデルの提案
(福島沖)



提案海潮流モデルの適用
(福島沖)

① 自然環境条件予測評価 設計条件の設定

■ サイト条件の設定

- ・ 風・波・流れの設計条件を設定 (概算・詳細)
- ・ 概算設計条件：既存の参考資料を活用し国交省ガイドラインに基づき設定
- ・ 詳細設計条件：長期の気象・海象解析に基づき設定

→ 各条件の妥当性を確認

概算設計条件の主な算定方法

	通常条件	極値条件
風	気象庁再解析値 (水平解像度 5km, 10年間)	建築物荷重指針のサイトにおける極値風速を援用し, 算定
波浪	波浪推算 (水平解像度 5km, 10年間)	国総研資料No.88の沖波に基づき, 算定
水流	海流推算 (JCOPE-T)	潮流推算 (JCOPE-T) の極値統計に基づき, 算定

◆ 本研究の詳細手法の効果

① 不確かさの考慮 ② 過小・過大評価の解消 (高精度化) ③ 波浪に関する太平洋・日本海での検証

概算設計条件と本研究での詳細設計条件の比較

	通常発電時			極値条件		
	設計条件項目	概算検討	詳細検討	設計条件項目	概算検討	詳細検討
風	年平均風速	8.37 m/s	-	50年極値10分平均風速	50.2 m/s	-
波浪	年平均有義波高	1.53 m	1.55 m	50年有義波高	10.6 m	10.65m
	年平均ピーク周期	6.41 s	6.31 s	1年有義波高	8.5 m	7.27m
海流	年平均流速	0.4 m/s	0.43 m/s	50年極値流速	1.58m/s	1.61m/s

②ハイブリッド接合部の設計妥当性の確認

■背景・目的

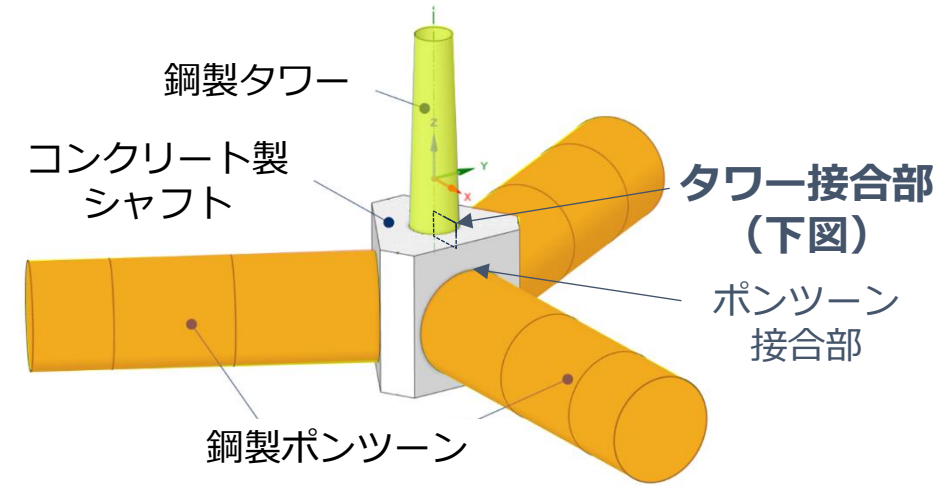
- 岸壁上での施工のため、鋼製部材とコンクリート製部材を簡易な方法で一体化する接合技術が求められる
- 一方、浮体軽量化のため、シャフト部材厚のなかで、コンパクトな接合方法とする
- 新たな接合方法を開発 ⇒ 接合部の妥当性を確認**

■当初の課題

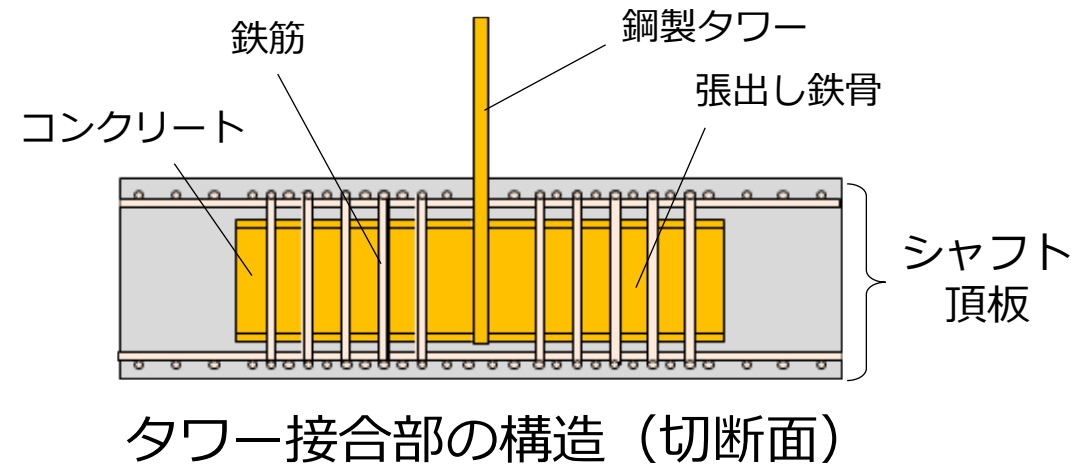
- 薄い部材厚内で確実に力を伝達可能な接合方式
- 接合部の安全性、疲労耐久性、水密性の確保

■実施内容

- 合理的な部材接合方法の考案
- 模型載荷実験による疲労を含めた接合部耐力の検証
- 非線形FEMによる実験結果の再現解析



ハイブリッド浮体



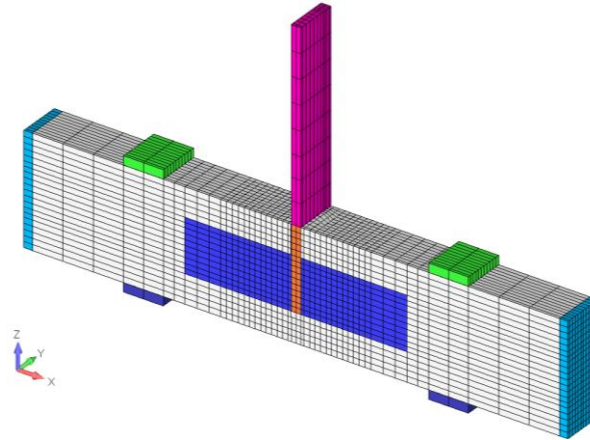
②ハイブリッド接合部の設計妥当性の確認

■研究成果

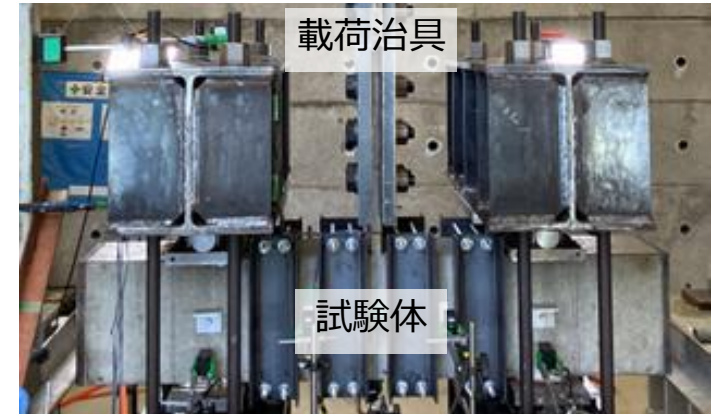
- 薄いシャフト版厚でも力を伝達可能な接合方式を開発
- **設計荷重に対し、十分な耐力、疲労強度、水密性を有することを確認**
- **接合部を再現可能なFEM解析手法を確立**

■今後の課題

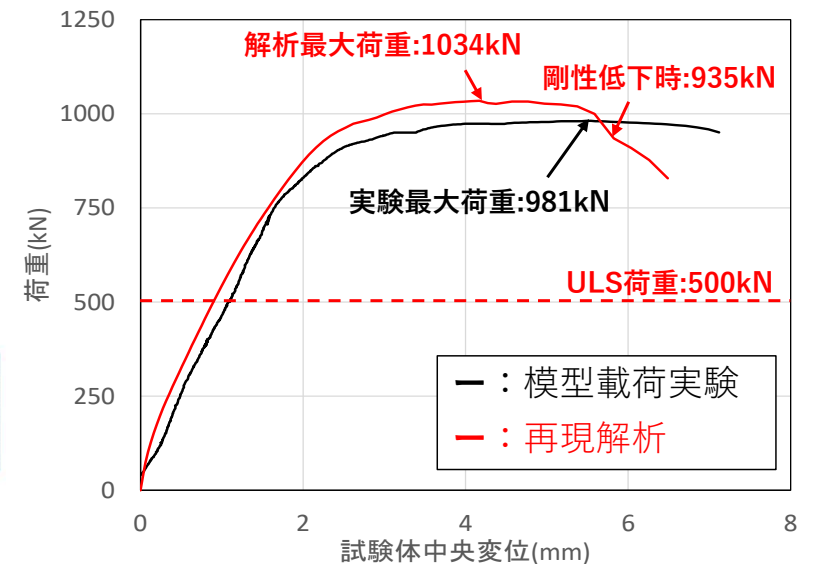
- 接合部構造の更なる合理化
- 実施工に向けた施工性確認
- 接合部設計方法の合理化



FEM解析モデル



模型載荷実験



実験・解析結果（荷重変位関係）

③コンクリートシャフトの水密性検証手法の開発

■背景・目的

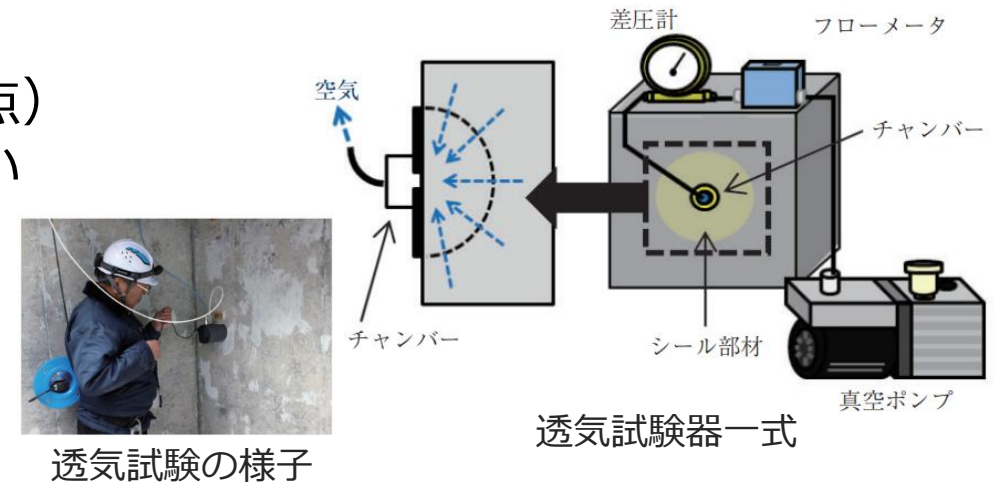
- ・コンクリートシャフトは高水密性が必須（打継部が弱点）
- ・鋼製を対象とした既存の水密性検査方法は適用が難しい
- ・**簡便かつ定量的な検証手法が求められる**
⇒**透気試験を活用**

■当初の課題

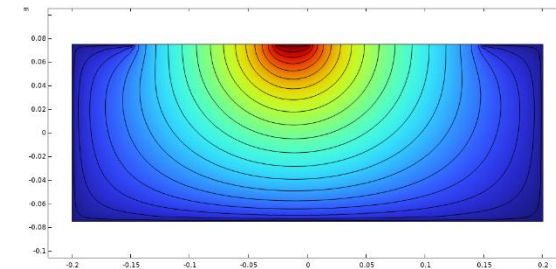
- ・複雑形状のコンクリートシャフトの透気領域算定手法
- ・コンクリート打継部の透気－透水関係を明らかにし、水密性判定基準の明確化

■実施内容

- ・真空試験＋透気試験による検査手法の開発
- ・3DFEM透気解析により透気領域・圧力分布を評価
- ・打継部の透気試験・透水試験を実施



シール法透気試験



3DFEM透気解析

3DFEMモデルより
切り出した圧力分布

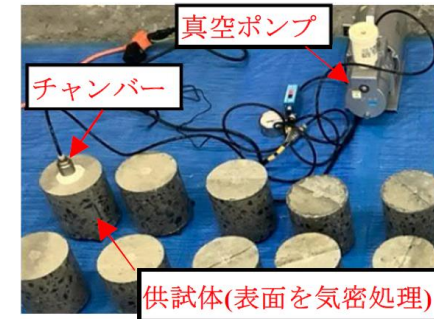
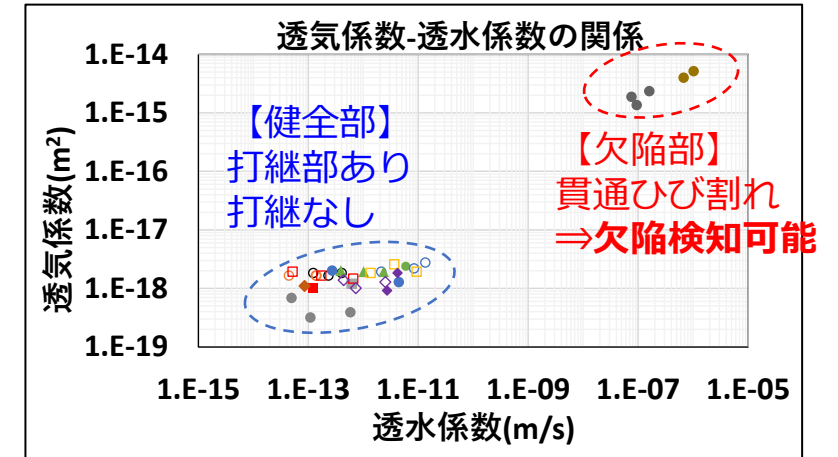
③コンクリートシャフトの水密性検証手法の開発

■研究成果

- 透気試験で貫通欠陥は確実に検出可能
- 打継部は適切施工で一般部と同等の水密性能確保可能
- 実機においても水密性は十分に満足できる見通し

■今後の課題

- 実構造物での水密性計測データ蓄積
- 透気試験装置の高度化による試験時間の短縮
- 水密性検査方法及び判定基準の規準化



打継供試体の透気試験



透水試験

④プレキャスト化による急速施工技術の開発

■背景・目的

- ・ コンクリートシャフト製作が**工程のボトルネック**
- ・ 浮体量産に向けた**短工期化・品質安定化**が必要
- ・ **コンクリートシャフトのプレキャスト化による量産化技術**（30基/年）を検討

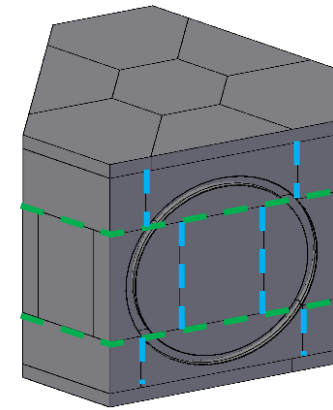
■当初の課題

- ・ 分割形状、接合方法、止水方法など**技術確立**
- ・ 施工サイクル、製作および組立ヤード配置の最適化

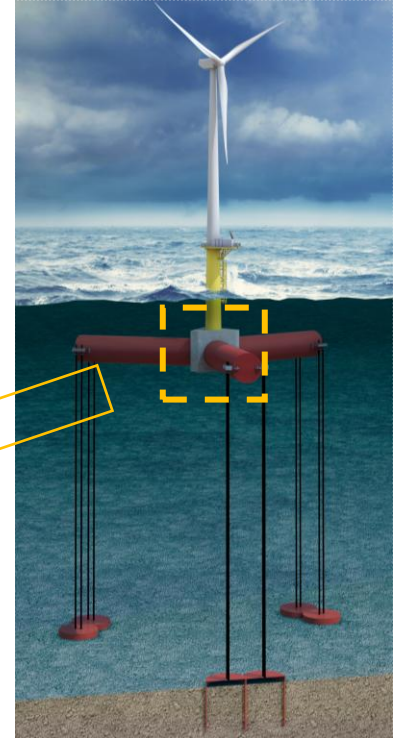
■実施内容

- ・ 部材分割、部材間の接手手法の確立
- ・ 製造ヤード、組立ヤード、施工設備を体系化
- ・ 年間30基製造を想定した施工計画構築

コンクリートシャフト



水平面：機械式継手
鉛直面：コッター継手



TLP型ハイブリッド浮体

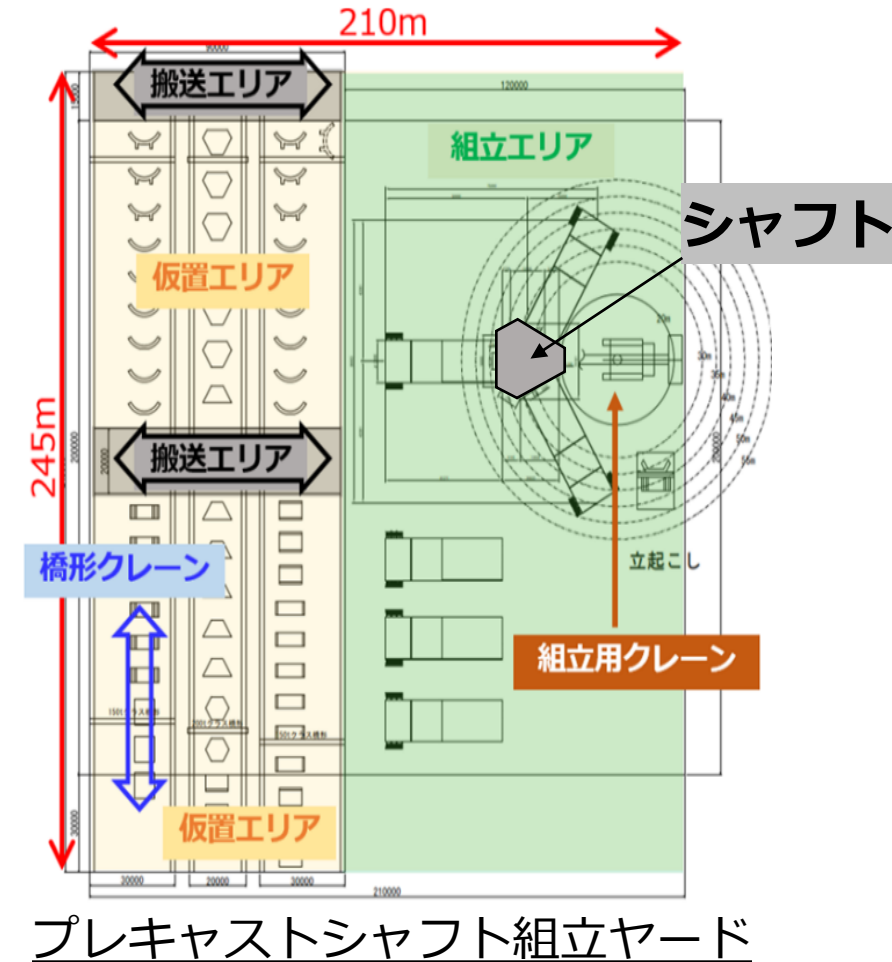
④プレキャスト化による急速施工技術の開発

■研究成果

- コンクリートシャフトのプレキャスト化により、急速施工技術の成立性を確認
- プレキャスト工法と現場打ち施工法との比較を実施、現場打ち施工に対して約40%まで短縮
- 年間30基の量産体制を想定した施工モデルを確立

■今後の課題

- 接合方法の性能試験、試験施工
- 施工シミュレーション
(製作精度、組立精度、ヤード動線の検証等)
- コスト低減
(製作、組立、設備の効率化)



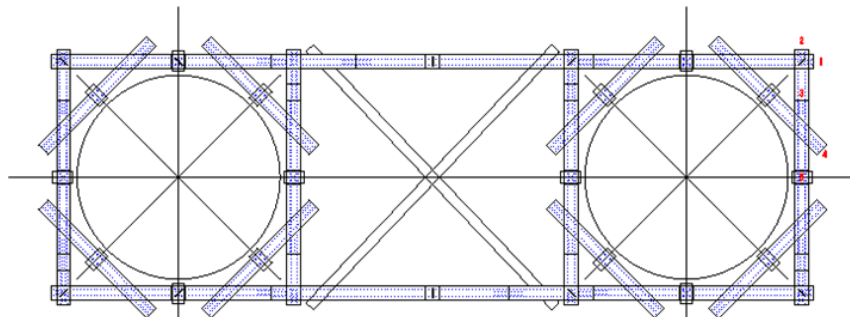
⑤大水深での無人化施工技術の開発

■背景・目的

- 大水深で係留索/アンカーを、無人で経済的・効率的に設置する高精度測位技術および姿勢制御・位置保持技術の開発

■実施内容

- 大水深における高精度水中測位手法の机上検討
- 大水深での係留アンカー用テンプレート（下図参照）設置時の姿勢制御/位置保持に必要な機器の能力を調査
- 最適な機器や計測器の配置・個数等を机上検討



アンカー用テンプレート例



大水深無人化施工
(アンカー施工を対象)

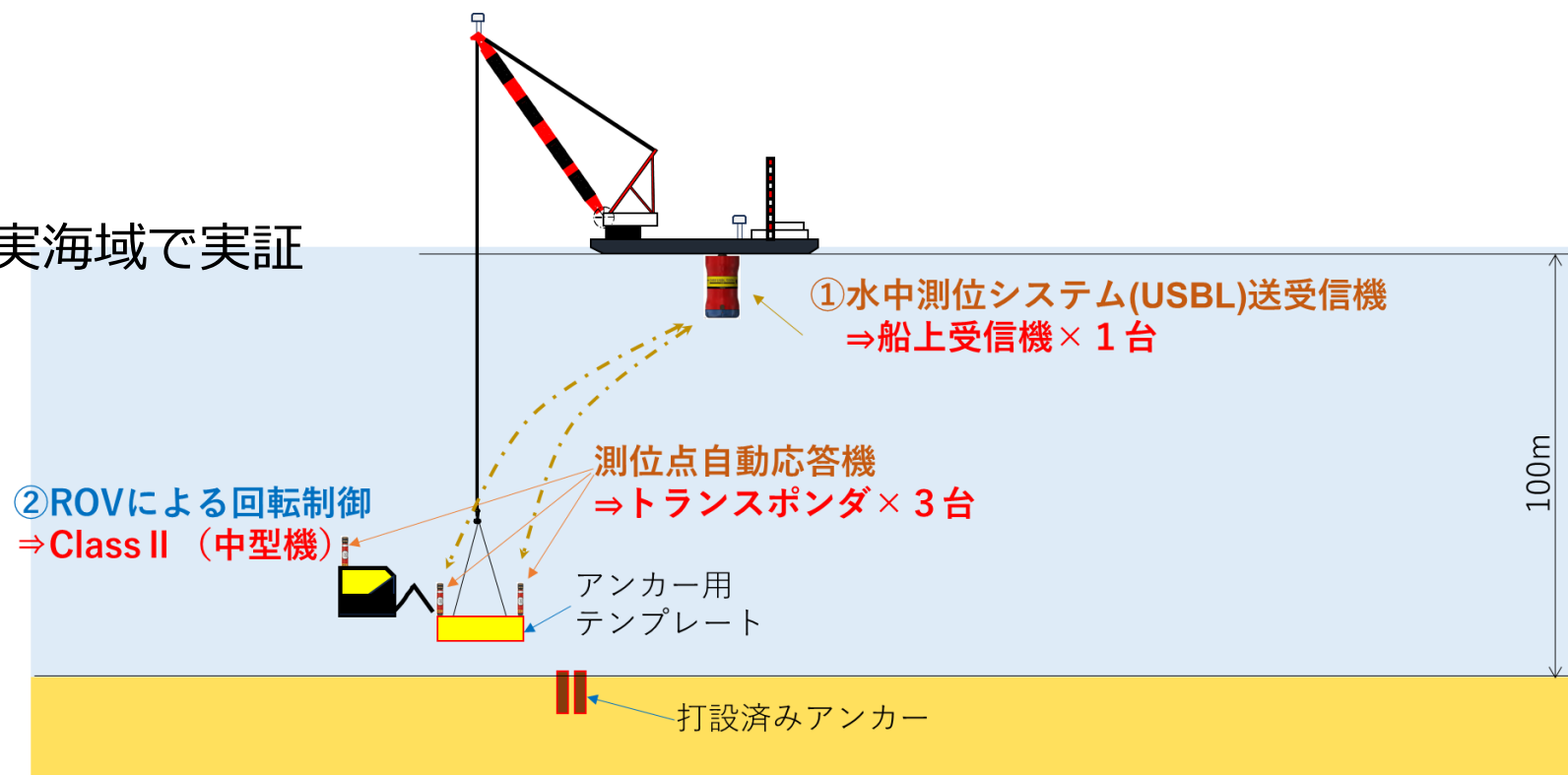
⑤大水深での無人化施工技術の開発

■研究成果

- 各種水中測位システムの調査、精度・施工性・コスト等の比較検討を実施、無人化施工に適応可能なシステムを選定
- アンカー用テンプレートの姿勢制御に適したROVを選定
- 必要な設置精度以内で誘導設置可能な水中測位システムを提案（右図参照）

■今後の課題・展望

- 今回実施した机上検討成果を実海域で実証



⑥地元産業と人材育成への貢献

■背景・目的

- TLP型ハイブリッド浮体は材料にコンクリートを使用するため地元調達が可能、地元産業に貢献
- 将来の洋上風力業界の発展のためには新しい技術者の参画が不可欠であり、人材育成が重要とされる

■実施内容

- 概略施工計画および概算コスト算定により地元貢献の対象となる項目をリストアップ
- 調達コストを地元貢献の指標として評価
- 人材育成の一環として、洋上風力に関する取組みの発信



地元調達可能な資機材例

⑥地元産業と人材育成への貢献

■研究成果

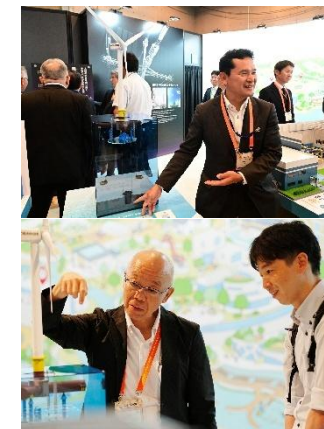
- コンクリート、鉄筋、労務、重機械調達等により、**数百億円規模の雇用・調達機会**が見込まれる
- 人材育成の一環として、洋上風力セミナー等でのプレゼン・論文発表等により洋上風力の情報発信

■今後の課題・展望

- 地元からの調達可能な工法，重機機械，材料，施工方法の検討
- 人材育成を目的とした洋上風力に関する情報発信継続

項目	数量
コンクリート数量	約13万m3
鉄筋数量	約4万トン
労務作業員	延べ12,000人
クレーン、高所作業車等重機械調達	
↓	
数百億円/PJ規模の雇用・材料調達機会	

地元産業への貢献評価



洋上風力セミナー・見学会

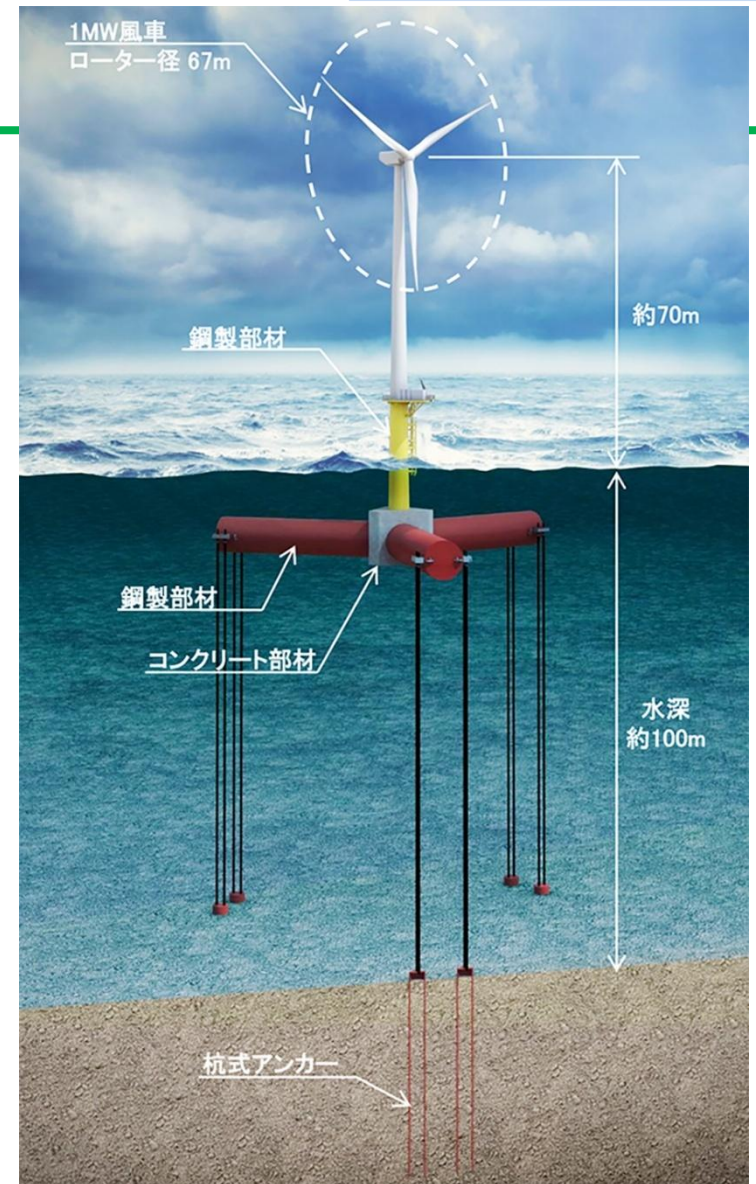
⑦実海域実証計画

■背景・目的

- TLP型浮体実用化に向けた段階的な開発・実証
- 実海域実証フェーズに向けた計画策定
- 実証成立性の検証

■実施内容

- 風車-浮体-係留連成解析
- TLP型浮体基本設計
- 想定実海域条件を踏まえた施工計画の立案
- 施工計画を踏まえた施工コスト算出



1MW風車搭載TLP型ハイブリッド浮体

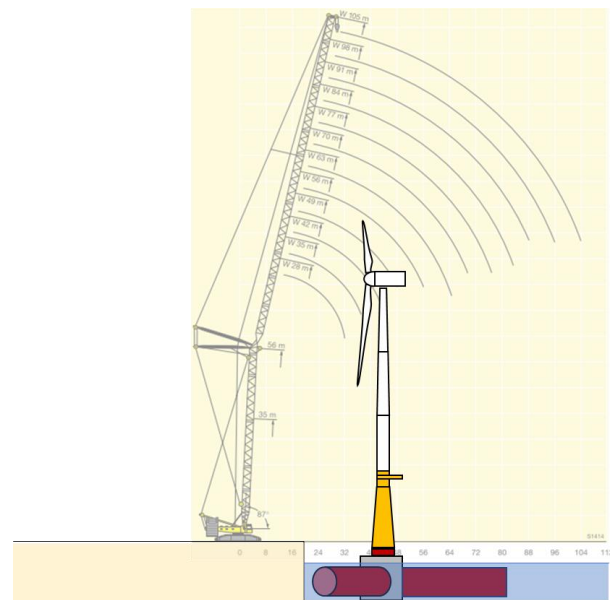
⑦実海域実証計画

■研究成果

- 1MW風車搭載TLP型ハイブリッド浮体の基本設計を実施し、日本海事協会より基本設計承認（AiP）取得
- 基本設計に則した施工計画の立案、施工コストの算出、実海域実証の成立性を確認

■今後の課題・展望

- 実証実施を見据えたコストダウン
- 浮体構造の更なる合理化
- 風車搭載浮体実海域実証に向け事業者、風車メーカーとの連携



風車組立状況

ClassNK

一般財団法人 日本海事協会
NIPPON KAIJI KYOKAI

Approval in Principle

TSWP-0041-AIP-26RE0141

この基本設計承認に係る証明書は、次の者に対して
This statement for approval in principle is issued to

株式会社大林組
東京都港区港南2丁目15番2号 品川インターシティB棟
OBAYASHI CORPORATION
Shinagawa Intercity Tower B, 2-15-2, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-8502, JAPAN

次の浮体式海上風力発電設備に対して発行された。
for the following floating offshore wind turbine unit

1MW 風車を搭載した TLP 型ハイブリッド浮体式海上風力発電施設
TLP-Type, Hybrid Floating Offshore Wind Turbine Unit with a 1MW Wind Turbine

この浮体式海上風力発電設備の設計評価は、以下の引用規格に基づいて実施された。この設備の安全・強度に係る技術について、申請者から提出された図書を用いて、引用規格の要求事項に照らして評価を行った。
This floating offshore wind turbine unit was evaluated concerning safety / strength aspects of its design in accordance with the normative reference stated below. The technology related to the safety and strength of this equipment was assessed against the requirements of the normative reference, using the documents submitted by the applicant.

引用規格
Normative reference:
NKRE-GL-FOWT01: 浮体式海上風力発電設備に関するガイドライン（一般財団法人 日本海事協会 2021 年 12 月）
Guidelines for Offshore Floating Wind Turbine Structures, NIPPON KAIJI KYOKAI, December 2021

この浮体式海上風力発電設備の概要及び審査対象図書については、付属書 1 に記載する。また、本証明書発行に際する付帯事項及び今後の開発において留意すべき事項については、付属書 2 に記載する。
The outline of the floating offshore wind turbine unit and its reviewed document are stated in Annex 1 of this statement. In addition, the conditions on issuing this statement and the items for special attention in its further development are stated in Annex 2.

なお、設計に係る何らかの変更が行われた場合、一般財団法人日本海事協会の承認を受けなければならない。変更についての承認を受けなければ、本証明書は効力を失う。
Any changes in the design are to be approved by NIPPON KAIJI KYOKAI. This approval in principle would otherwise become invalid.

Tokyo, 16 March 2026

Toshiya Iwashita
General Manager of Renewable Energy Department
NIPPON KAIJI KYOKAI

RENEWABLE ENERGY

Page 1 of 7

AiP証明書

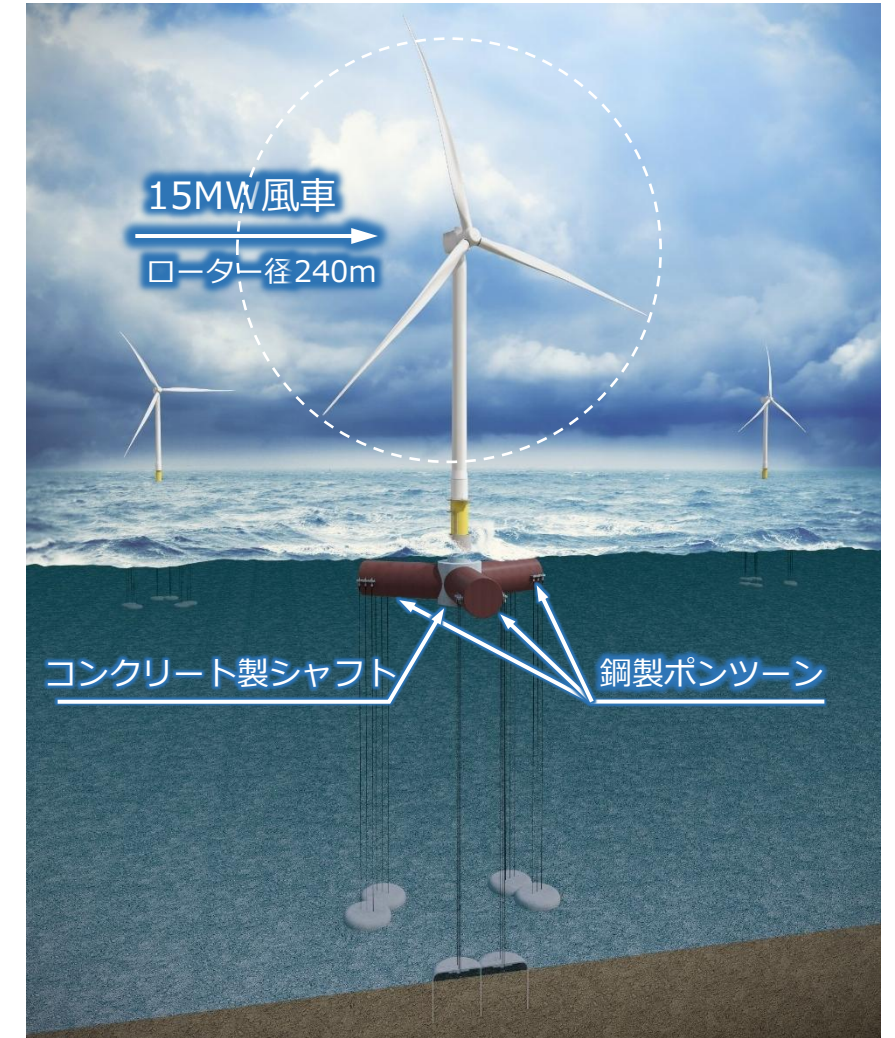
⑧ 15MW風車搭載浮体検討

■背景・目的

- TLP型ハイブリッド浮体の安全性・信頼性・経済性の評価
- 他の浮体形式との比較検討
- 低コストかつ大量生産基本コンセプトの成立性検証

■実施内容

- 15MW風車搭載浮体の概略浮体設計および概略施工計画
- 施工計画を踏まえた概算コスト算定
- 連成解析によるTLP型浮体とセミサブ浮体の比較



15MW風車搭載TLP型ハイブリッド浮体

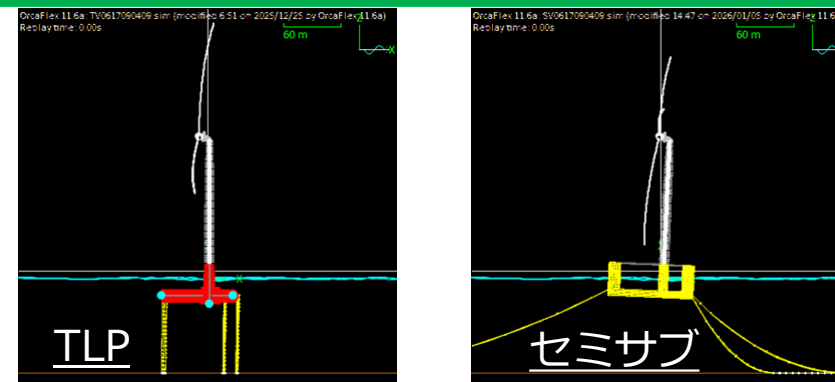
⑧ 15MW風車搭載浮体検討

■研究成果

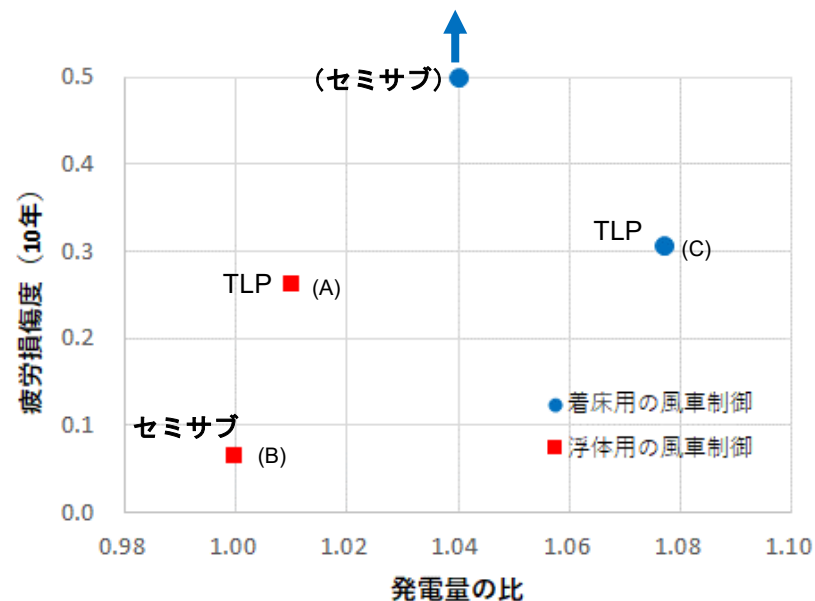
- TLP型ハイブリッド浮体、および鋼製セミサブ浮体のコストを比較、TLP型の優位性を確認
- TLP型浮体は傾斜および回転運動が小さく、風車制御の工夫により、発電量が増加する
- TLP型浮体により建設コストを抑え、発電量を大きくすることで、LCOEを低く抑えられる

■今後の課題・展望

- 係留設計高度化による施工性改善
- TLP型浮体実機の構造最適化



連成解析モデル



発電量とタワー基部疲労損傷度試算例

3. 今後の取り組み

3. 今後の取り組み

- **鋼・コンクリート部材接合部：**
接合部設計手法を体系化⇒技術認証の取得
- **大水深無人化施工：**
机上検討した測位技術・姿勢制御技術⇒大深度実海域で実証
- **コンクリート部材の水密性検証：**
提案する水密性検証方法⇒実用化および標準化に向けた課題解決
- **実海域実証に向けて：**
浮体設計・施工方法のさらなる合理化、コスト低減
⇒実海域実証を確実に実施

4. 実用化・事業化

4. 実用化・事業化の見通し

- ① **要素技術検証**：更なる低コスト化に向け、本FS事業で検証されていない要素技術の検証、実海域実証等次の段階に向けた検討実施
- ② **1MW風車搭載実海域実証**：小型1MW級風車搭載浮体の詳細設計、NK船級取得、施工時の課題解決
- ③ **大型風車搭載実海域実証**：実機相当の15MW級風車搭載浮体の詳細設計、NK船級取得、実海域での設置・挙動観測

