

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：洋上風力発電の低コスト化プロジェクト
研究開発項目フェーズ1－⑤浮体式洋上風力における共通基盤開発
浮体式洋上風力発電の社会実装及び国際展開に向けた共通基盤技術の開発

実施者名：浮体式洋上風力技術研究組合（FLOWRA）

代表名：理事長 寺崎 正勝



目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

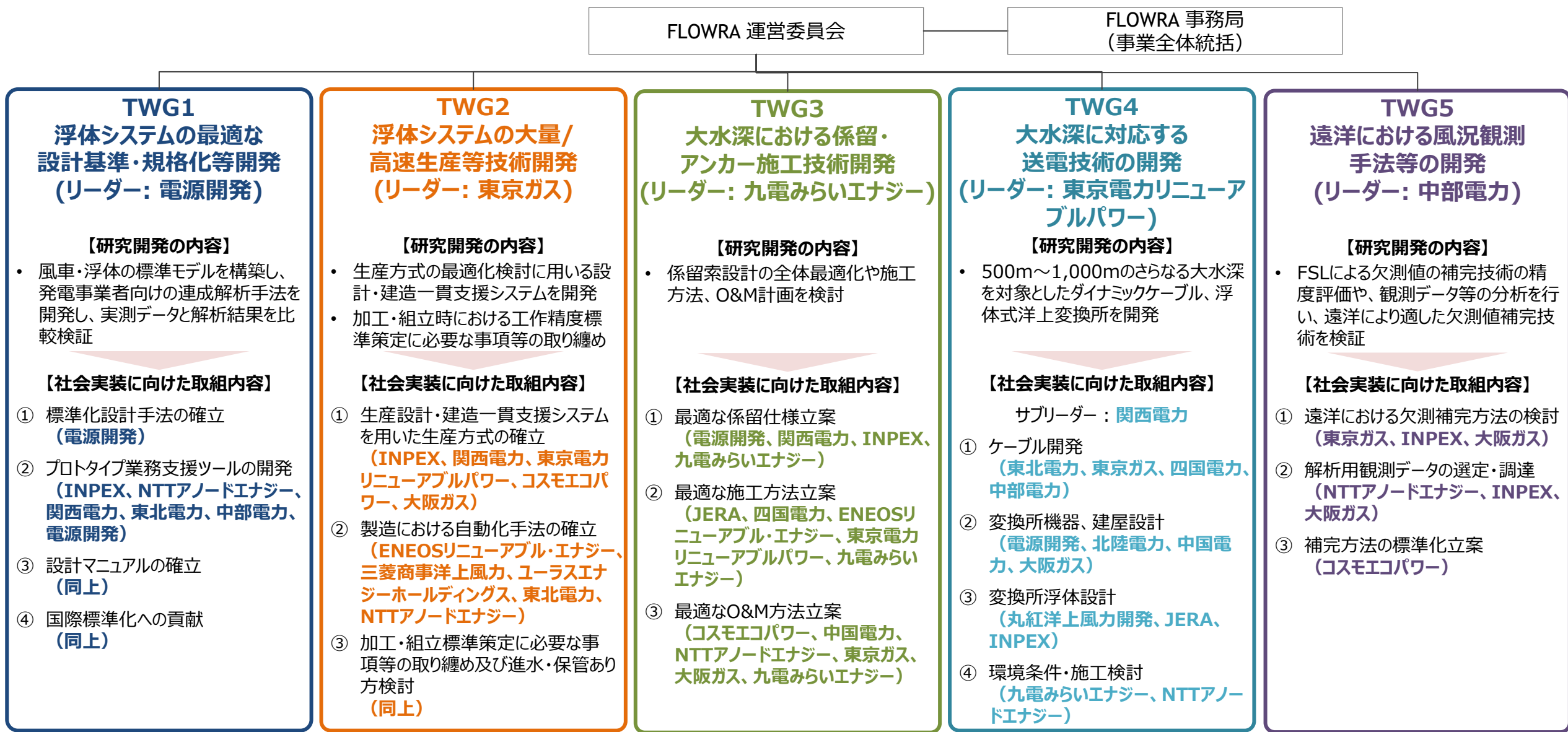
3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担



(2025年4月1日時点)

2030年までに一定条件下で浮体式の社会実装(コスト競争力ある大規模商用プロジェクトの開発・長期運用)を実現するための基盤技術を確立

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

浮体式の拡大と競争力確保には、マーケットプルによるシステム全体最適が不可欠

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会・政策面）

- 2050年カーボンニュートラル・脱炭素化、グリーントランスフォーメーション（GX）の観点、ポテンシャルの観点で、**浮体式洋上風力の導入拡大は必須**

（経済面）

- エネルギー・経済安全保障の観点から、国内産業育成の重要性が増しており、世界的にも拡大期・産業育成期にある浮体式洋上風力分野を中心に、**国際競争に勝ち抜く次世代産業の創造**が求められている

（市場面）

- 海外では2030年前後に数百MW～GW級の商用プロジェクトの運転開始**が予定されており、市場が急速に拡大している
- 今後は日本と同様の自然条件を有する**アジア・米国市場の拡大**も見込まれており、世界に遅滞することなく、国内の取組を進めていくことが重要

（技術面）

- 浮体式洋上風力の商用プロジェクト開発に向けては、**個社では解決が難しい課題が存在**しており、業界が協調して対応・解決していくことが不可欠
- 各国機関との連携**により、技術開発の重複を防ぎ、**技術開発の効率化・スピードアップを実現**する必要がある

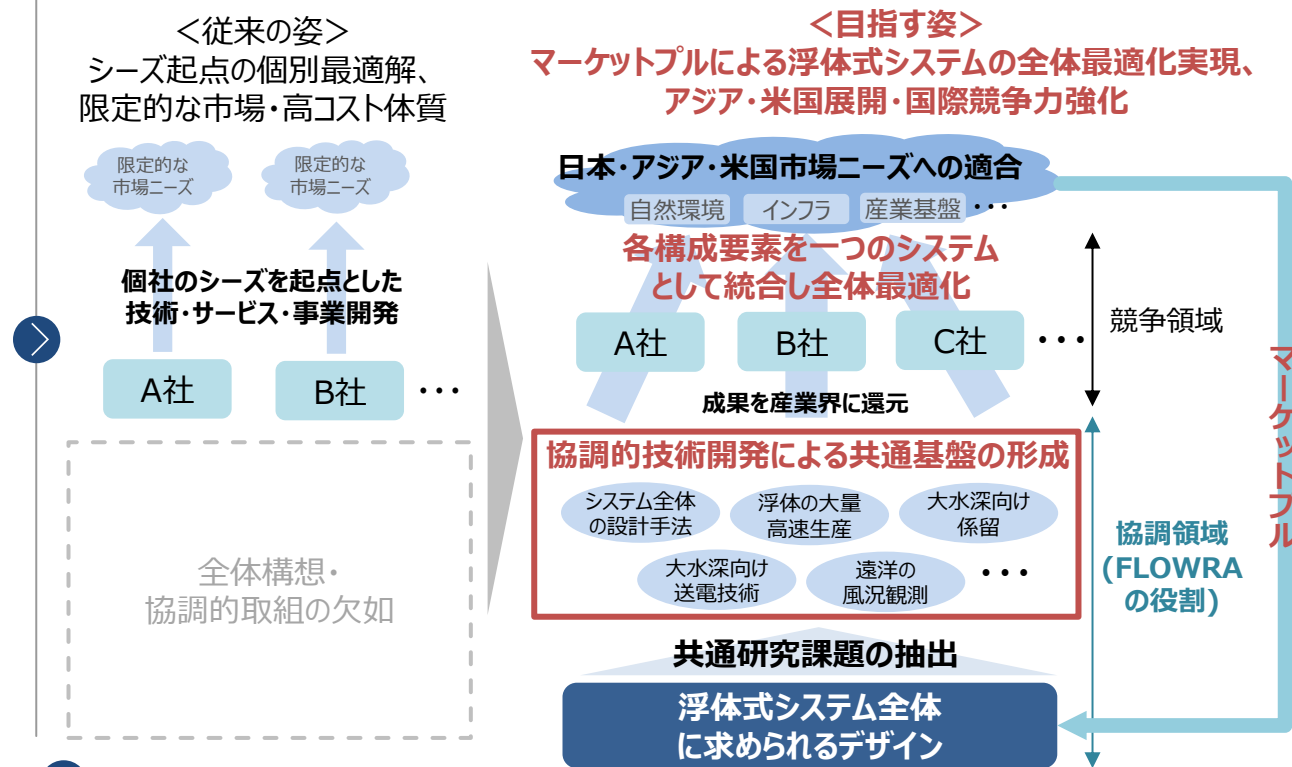
● 市場機会：

産業界に対して協調領域に関する成果を還元することで、**日本産業の国際競争力強化、アジア・米国市場を念頭にしたグローバル市場への展開を実現可能**

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

国際競争力を持つ浮体式洋上風力産業が日本に形成されることにより、**大きな経済波及効果、エネルギー・経済安全保障への貢献**が期待される

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ（産業構造転換）



● 当該変化に対するビジョン：

- ✓ 浮体式洋上風力発電の商用化を推進するにあたり、その**コストとリスクを低減させるテーマや技術開発を促進させるテーマ等に共同で取り組む**ことにより、浮体式洋上風力発電の広域かつ大規模な商用化を実現し、カーボンニュートラル社会の実現に寄与するとともに、**アジア・米国を中心とする海外市場で競争力を有する国内産業の創出に貢献**する

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

FLOWRAの協調的取組により、全体最適化・コスト低減、国内産業育成、国際展開を実現

浮体式洋上風力の社会実装に向けた課題

- ・ 浮体式洋上風力の商用プロジェクト開発は黎明期にあり、**リスク・コストともに高い**状況
- ・ 個社の人的・資金的リソースの制約に加え、サプライヤー等への要求仕様が統一されておらず、**非効率性や市場拡大の限界**が生じている
- ・ これらの課題を**個社で解決するのは困難**

<主要な課題>

① 市場環境整備

- ・ 日本に適した風車の安定的な調達、発電事業者が主導したシステム全体設計の実現
- ・ 規制・許認可制度等の整備や合理化
- ・ 国際連携による技術開発の促進、国際競争力向上
- ・ 市場形成に向けた必要施策・制度へのワンボイスの形成

② サプライチェーン形成

- ・ 船舶・港湾・機材・生産設備・系統等のインフラ整備
- ・ サプライヤー等への要求仕様の統一化・投資意欲創出

③ 基盤的技術・手法・データの構築

- ・ 基盤的要素技術の開発及び共有
- ・ 設計基準・シミュレーション手法の確立・標準化
- ・ 浮体基礎や各部品の規格化・標準化
- ・ 環境・漁業影響調査・モニタリング手法の確立・標準化
- ・ 遠洋の風況・海象データの計測・収集



<FLOWRAの強み>

- 日本市場を代表する**キープレイヤーの参画**
- 発電事業者主体による**“マーケットプル”**の取組
- 課題解決の**共通化・効率化**
- **国際連携及び国内・国際標準化を推進する基盤**
- 上記による**国内産業育成と国際展開**への貢献

<活動内容・目的>

- 市場環境整備、サプライチェーン形成、基盤的技術・手法・データの構築等に係る**共通研究課題の解決**
- 国際連携を通じた、**適時・適切なグローバル市場の技術潮流の把握と浮体式システム全体最適化に必要な国際標準化に係る活動の推進**

目指す成果

浮体式システムの全体最適化による リスク・コスト低減、量産化の早期実現

業界全体で課題と対応策を共通化することで、個社で対応できないリスク・コストの低減を実現

国際競争力を有する 国内産業育成

市場ニーズの明確化によるサプライヤーの研究・製品開発の効率化、国際展開への貢献

国際市場におけるプレゼンス向上・ グローバル市場展開

主要事業者の連携による発信力強化、アジア・米国市場を念頭にいたグローバル市場展開

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

浮体式の社会実装に必要な、技術面・市場環境面の共通研究課題に取り組む

セグメント分析

- 浮体式洋上風力の社会実装（コスト競争力ある大規模商用プロジェクトの開発・長期運用）に向けては、**技術面と市場環境面（インフラ、産業基盤、規制・制度）の両面を成熟させることが重要**である。
- 欧州では、**発電事業者が共通して直面する課題を協調領域における共通研究課題として抽出**し、複数の発電事業者が共同で取り組むJoint Industry Programme（欧州JIP）が存在し、着床式洋上風力のコスト削減に貢献した実績を有する。
- FLOWRAは、欧州JIPの取組と同様に、**協調領域における技術開発や市場環境整備等の共通研究課題に共同で取り組む**ことにより、**浮体式洋上風力のリスク・コスト低減、量産化、国際競争力を有する国内産業の創出、国際市場におけるプレゼンス向上・アジア/米国市場展開を実現**することを目的とする。

FLOWRAが対象とするセグメント

- 各社が共通して直面する技術開発・市場環境整備上の課題を共通研究課題として抽出し、協調体制で課題解決に取り組む

	市場環境整備	技術開発
協調領域	例) 浮体式導入拡大に向けた必要施策の提言	<FLOWRAのセグメント(共通研究課題)> 技術開発と市場環境整備にまたがるテーマ 例) 開発目標設定のための候補海域ポテンシャル評価、風車産業戦略、大水深海洋工事に必要なインフラの仕様及び確保戦略・・・など 技術開発テーマ 例) 浮体の最適設計・規格化、浮体の大量生産、大水深に対応した係留・アンカー等、大水深に対応した送電技術、遠洋における風況観測手法・・・など
競争領域	—	例) 特定基礎デザインの量産化実現に向けた技術開発

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

3GW/年の導入量実現をターゲットに据え、必要となる基盤技術の確立を目指す

ターゲットの概要と目標

市場概要と目標とするシェア・時期

- 国の導入目標達成や拡大する海外市場への国際展開に向けて、**2030年頃からできる限り早期に、3GW/年程度※(15～20MW風車で約150～200基)の導入量を実現**する。
- 上記目標に向けて、市場環境整備、サプライチェーン形成、基盤的技術・手法・データ構築に係る共通研究課題に取組み、**2030年までに、一定条件下で浮体式の社会実装(コスト競争力ある大規模商用プロジェクトの開発・長期運用)を実現するための基盤技術を確立**する。

※2040年30～45GWの案件形成目標を達成するためには、2030年以降できる限り早期に3GW/年の導入量実現が必要と想定。

需要家	主なプレイヤー	市場規模	課題		想定ニーズ（共通研究課題）	
再エネ由来電力を必要とする電力需要家	電力会社 商社 再エネ事業者 国際エネルギー企業 サプライヤー	【～2030年】 日本：約0.1GW 海外：～最大3GW/年 【2031年～】 日本：3GW/年程度 (15～20MW風車で約150～200基) 海外：7-8GW/年～ 出典：GI基金phase2事業、 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会、 GWEC, Global Offshore Wind 2024より	市場環境整備	- 日本に適した風車の安定的な調達、発電事業者が主導したシステム全体設計の実現 - 規制・許認可制度等の整備や合理化 - 国際連携による技術開発の促進、国際競争力向上 - 市場形成に向けた必要施策・制度へのワンボイスの形成	NEDO 事業テーマ	①浮体システム最適な設計基準・規格化等開発
			サプライチェーン形成	- 船舶・港湾・機材・生産設備・系統等のインフラ整備 - サプライヤー等への要求仕様の統一化・投資意欲創出		②浮体システムの大量/高速生産等技術開発
			基盤的技術・手法・データ構築	- 基盤的要素技術の開発及び共有 - 設計基準・シミュレーション手法の確立・標準化 - 浮体基礎や各部品の規格化・標準化 - 環境・漁業影響調査・モニタリング手法の確立・標準化 - 遠洋の風況・海象データの計測・収集		③大水深における係留・アンカー施工等技術開発
		④大水深に対応する送電技術の開発				
		⑤遠洋における風況観測手法等の開発				
					検討中テーマ	⑥技術開発目標設定のための候補海域ポテンシャル評価
						⑦風車産業戦略(国産風車、海外風車国内拠点、国内技術担保)
						⑧大水深海洋工事に必要なインフラの仕様及び確保戦略
					検討候補テーマ	⑨浮体大量生産工場(スマートファクトリー)の実現に向けた検討
						⑩O&Mの必要インフラ及びO&Mの最適化

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

FLOWRAの取組は、量産化、コスト低減、市場拡大、サプライチェーン形成に貢献する

社会・顧客に対する提供価値

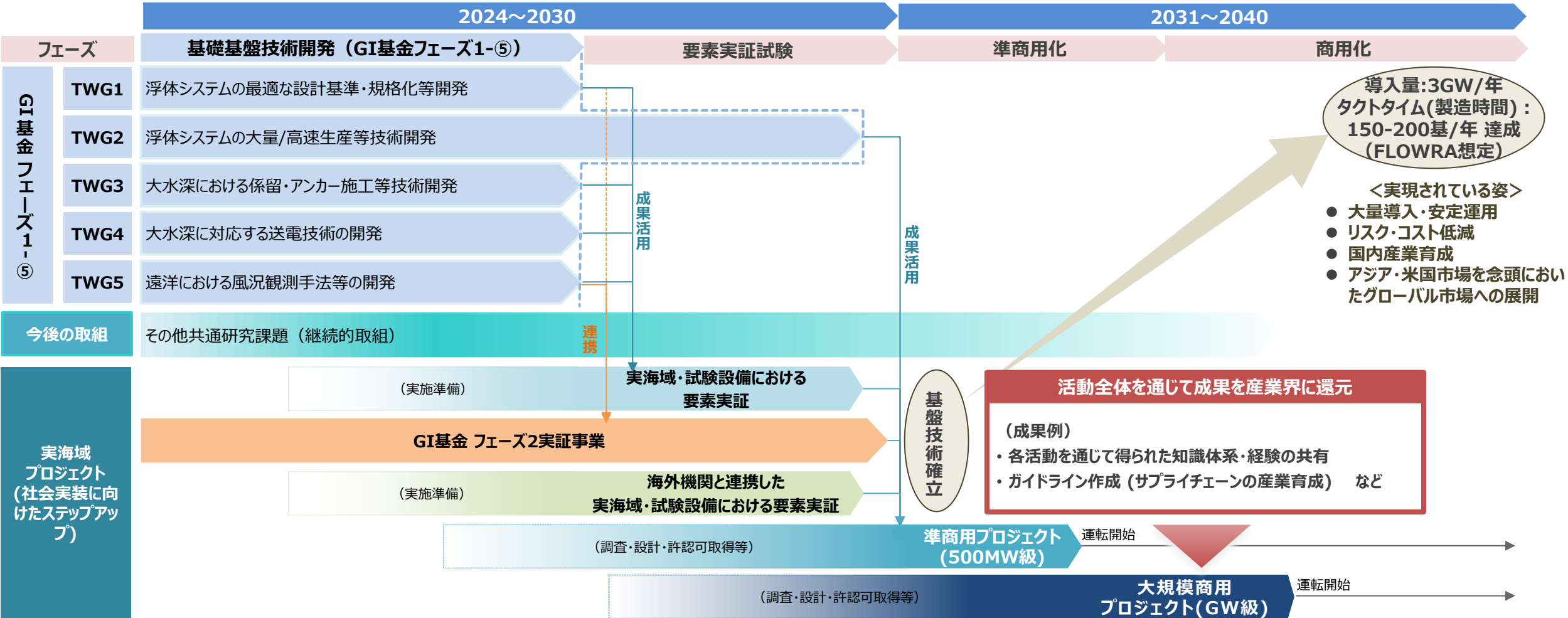
共通研究課題			得られる効果			
			量産化・タクトタイム削減	コスト低減	市場拡大	サプライチェーン形成
NEDO事業で取り組むテーマ	①浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発	浮体システムの全体最適化に資する共通基盤を構築	○	○		○
	②浮体システムの大量／高速生産等技術開発	年間150-200基を国内生産するために必要な共通基盤技術を開発	○	○	○	○
	③大水深における係留・アンカー施工等技術開発	GW級のウインドファームで係留システム・アンカー施工を経済的・効率的に実施可能とするために、必要となる共通基盤技術を開発	○	○	○	○
	④大水深に対応する送電技術の開発	国際競争力のある価格で浮体式を商用化するために、必要となる大水深に対応した送電技術の開発		○	○	○
	⑤遠洋における風況観測手法等の開発	浮体式が設置される遠洋の過酷な気象・海象条件における低コストで信頼性の高い風況観測手法の確立		○	○	
現在検討中のテーマ	⑥技術開発目標設定のための候補海域ポテンシャル評価	EEZへの展開に向けた技術開発目標設定（水深・離岸距離・海底土質等）のための候補海域ポテンシャル評価			○	
	⑦風車産業戦略（国産風車、海外風車国内拠点、国内技術担保）	国産風車の復活、海外風車国内拠点の可能性、国内技術担保・蓄積等の風車産業戦略		○		○
	⑧大水深海洋工事に必要なインフラの仕様及び確保戦略	大水深における工事に必要なインフラ仕様、それらを確保するための方策についての検討	○	○	○	○
候補今後の検討テーマ	⑨浮体大量生産工場(スマートファクトリー)の実現に向けた検討	浮体大量生産工場の立地及び生産量、物流システム等工場のあり方検討	○	○	○	○
	⑩O&Mの必要インフラ及びO&Mの最適化	遠洋、大水深におけるO&Mインフラの仕様、及び、リモートセンシング、ROV等を組み込んだO&Mの最適化、コストmin化検討		○		○

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

将来ビジョン: 共通基盤技術開発の成果を産業界に還元し、社会実装・国際展開を実現

ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性

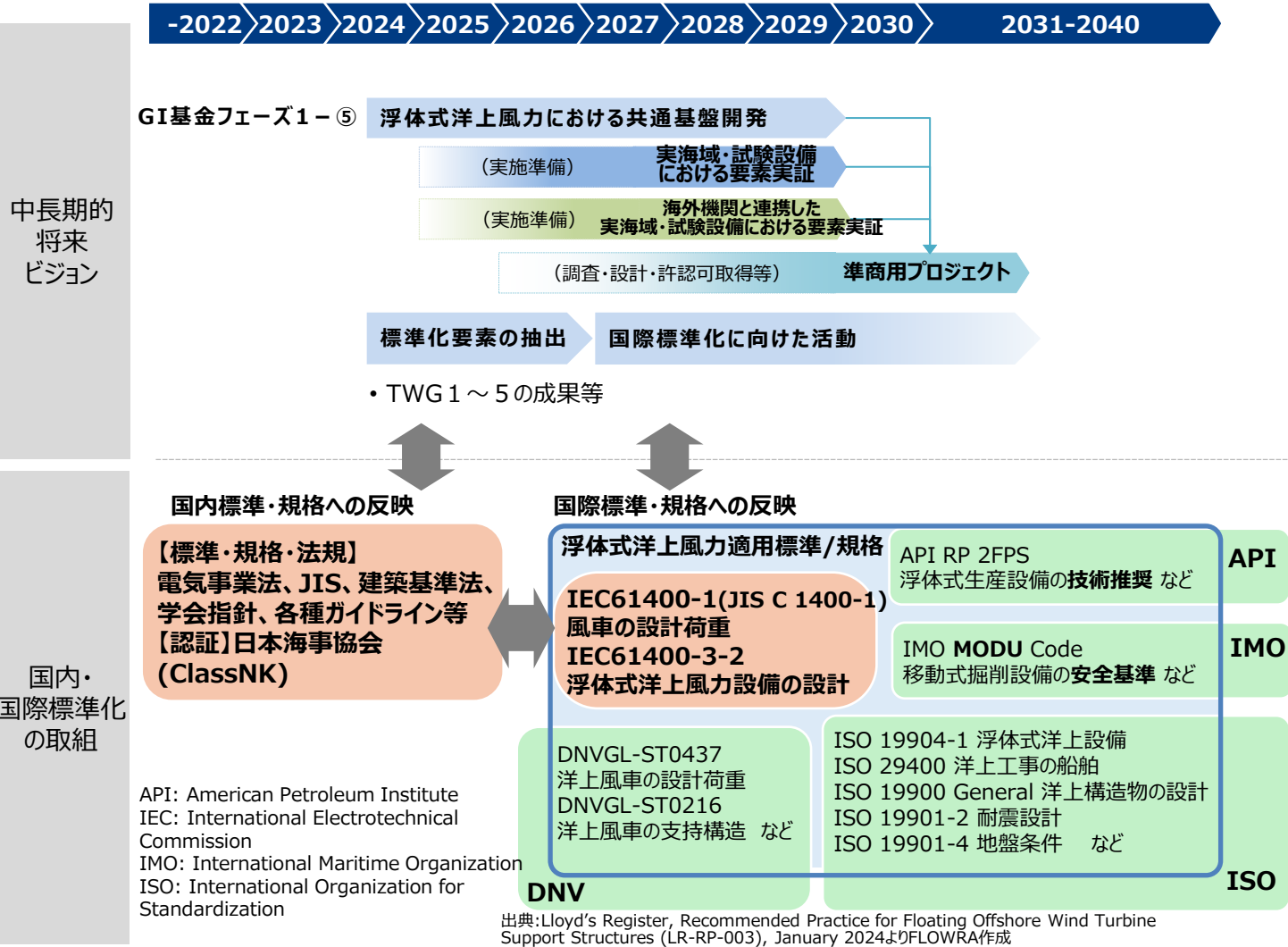
- ・ 本事業期間のできる限り早期に机上検討の成果を取りまとめ、**実海域・試験設備における要素実証及び準商用プロジェクトの実現**を目指す。
- ・ **これらの成果を産業界に還元**し、浮体式洋上風力の社会実装（コスト競争力ある大規模商用プロジェクト開発・長期運用）と国内産業育成を実現する。



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

国際展開を見据えた取組を進め、国際標準化の議論においてイニシアティブを発揮する

標準化戦略の前提となる市場導入に向けての取組み方針・考え方



本事業を含む中長期的な将来ビジョン

- 急速に拡大する国際市場の中で**国内産業振興を図る**ために、各国機関と連携して国際標準化の議論に参画、**将来的なIEC等国际標準への日本からの要望事項を反映させることで日本の競争力強化につなげていく**
- 浮体式洋上風力発電のリスクを低減させコストを削減するために、**英国、デンマーク、ノルウェー**等の各国機関と連携した要素技術開発や実証等に取り組み、**国際標準の範囲を拡大させ、それら個別に存在する各種国際標準の連携強化に貢献しつつ、同時に各種手続自体の迅速化・簡素化を加速させる議論に参画する**
- また、DNV、ABS、BV、LR、Class NKといった**有力認証機関とも連携し**、上述国際標準化を拡大し加速させる議論との連動を進める

本事業期間における具体的な取組内容

オープン戦略（外部との連携戦略）

- 各国機関との連携により、**海外市場（＝アジア・米国市場を念頭にいたグローバルな浮体式市場）**においても**意義・互換性があり展開可能な共通研究課題**を理解する
- 上記課題を勘案し、各TWGの領域における標準化要素を抽出、**国内及び国際標準・規格に反映すべき標準化内容を具体化し、提案する**

クローズ戦略（内部資源活用戦略）

- 本事業の成果を基盤とし、**FLOWRA参加各社及び関連サプライチェーンが競争力を強化し**、個別技術・製品を開発することで、**国内外における浮体式洋上風力の社会実装の取組へ発展**させる形を目指す

FLOWRA・日本市場の強みを生かして、国際的な浮体式導入促進の一翼を担う

FLOWRA・日本市場の強み、弱み及び対応

浮体式洋上風力産業に対する提供価値

- 国内市場・海外市場の双方にとって意義・互換性のある成果を提供し、浮体式洋上風力の社会実装（大規模商用プロジェクト開発・長期運用、コスト低減）と国内産業育成を実現



FLOWRA・日本市場の強み

- 福島沖浮体式実証等を通じた複雑な海底地形や日本の海象への対応等に関する生きた知見
- ものづくり力やエンジニアリング力、プラント建設力
- 豊富な浮体式ポテンシャルと長期安定的な市場の存在
- 日本を代表するキープレイヤーの参画
- 政府間レベル含む、浮体式分野での国際連携の素地

FLOWRA・日本市場の弱み・対応

- 商用プロジェクトが不在
- 風車メーカー含むサプライチェーンが不足
- 港湾インフラが不足
- 浮体式の施工に適した船舶が不足

業界全体で連携し、
個社で対応できない
共通課題の解決を
実現

FLOWRA・日本市場の比較優位性を踏まえた将来の展開ビジョン

技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
現状の強み			
- 福島沖浮体式実証等を通じ、日本の海象条件や海底地形に対応する技術の知見を獲得 - 世界に誇るものづくり力やエンジニアリング力、プラント建設力を有する企業が多数参画	日本には豊富な浮体式ポテンシャルがあり、日本を含むアジア・米国には有望な浮体式市場が存在	- 国内各技術分野のキープレイヤーが協力予定 - FLOWRAメンバー間で協定を締結し、強固な連携体制を構築	政府間レベルでの連携や民間部門の協業等を通じ、浮体式分野での国際連携の素地を保有



将来の展開ビジョン

- 各国機関と連携し、日本の強みを生かした海外市場・プレイヤーにおいても意義・互換性のある共通研究課題において成果を上げ、国際標準化の議論に参画し、国内産業振興を図る
- 共通研究課題から得られた成果を業界全体に還元し、日本を含む各国の浮体式市場で協調利用される基盤技術・インフラの開発につなげ、国際競争力ある国内産業育成を実現する
- 上記活動を通じたPDCAにより、常に国内外市場の動向を適時・適切に捉えた共通研究課題の抽出と解決に取組み、継続的に浮体式洋上風力市場・産業の発展に貢献する

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

2024年技術研究組合（FLOWRA）を設立、共通基盤研究開発を6年間で実施

投資計画（本事業期間）

（単位：億円・税抜）

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	計
研究開発費							
TWG1	－	約6億円					
TWG2	－	約15億円					
TWG3	－	約12億円					
TWG4	－	約15億円					
TWG5	－	約 3 億円					
小計	0	約52億円					
一般管理費							
管理費用等	－	－	－	－	－	－	0
小計	0	0	0	0	0	0	0
営業利益							
営業利益	－	－	－	－	－	－	0
小計	0	0	0	0	0	0	0
計	0	約52億円					

1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装を見据えた計画を推進する

取組方針

研究開発・実証

- 本事業期間のできる限り早期に机上検討の成果を取りまとめ**実海域における要素実証及び準商用プロジェクトの実現を目指し、当該成果を広く業界に還元**する
- グローバルな浮体式市場においても意義・互換性があり展開可能な共通研究課題を理解、各国機関と連携して**国際標準化の議論に参画**、国内産業振興を図る
- 上記により、浮体式のコスト及びリスクを低減し、できる限り早期の大規模商用ファーム開発・運用に繋げる



国際競争上の優位性

- 福島沖浮体式実証等を通じ、**実海域における海象条件や海底地形に対応した技術の知見**を獲得
- **世界に誇るものづくり力やエンジニアリング力、プラント建設力**を有する企業が参画
- 政府間レベルでの連携（英国・デンマーク・ノルウェー等）や民間部門での国際的な協業を通じ、**浮体式分野での国際連携の素地**を有する

設備投資

- **船舶・港湾・機材・生産設備等への要求仕様を業界横断的に検討、標準化を図ること**で、国内サプライヤーにおける技術開発の効率化・設備投資意欲の向上に貢献する
- また、共通基盤技術開発の**成果を広く業界に還元することにより、個社・コンソの商品開発・事業開発への応用、業界全体の発展に貢献**する
- FLOWRAとして特定技術・サービスの設備投資は行わない



- 日本は豊富は浮体式ポテンシャルを有し、また、太平洋を介して接するアジア・米国地域において有望な浮体式市場が存在する
- 日本に形成される共通基盤的なサプライチェーンは、**アジア太平洋地域においても協調利用されるハブとなる可能性**がある

マーケティング

- 共通研究課題から得られた成果を業界全体に還元し、**グローバルな浮体式市場で協調利用される共通基盤技術やインフラの開発**につなげることにより、**国際的競争力ある国内産業振興に貢献**する
- FLOWRAとして特定技術・サービスのマーケティングは行わない



- **FLOWRAは日本を代表する電力会社・発電事業者**で構成されており、FLOWRAの発信は国内外市場において影響力がある
- 各国機関との連携により、**国際標準化の議論に参画、国内産業振興を図る**ことが可能

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

資金需要は国の支援に加えて、組合賦課金にて賄う

資金計画

（単位：億円・税抜）

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	計
事業全体の資金需要 （研究開発費）	－	約 5 2 億円					
国費負担 （2/3補助）	－	約 3 5 億円					
自己負担（A+B）	－	約 1 7 億円					
A：自己資金	－	約 1 7 億円					
B：外部調達	－	0 億円					

2. 研究開発計画

研究開発計画の全体像

2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

技術開発チーム（TWG）の構成と研究開発内容の概要

- 本事業では、一定条件下で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術確立するため、**浮体システム全体の最適設計や大量生産、大水深への展開等に資する下記5つの研究開発項目**に取り組む。研究開発項目ごとに**テクニカル・ワーキンググループ（以下、TWG）**を組成する。
- 福島沖浮体式実証やGI基金事業等で培った専門的な技術力、豊富な資金・人的リソースを有する組合メンバーが**TWG1～5間で強固な連携体制を構築し、国内外の浮体式洋上風力産業のキープレイヤー（産官学）と協働**することにより、各TWGのアウトプット目標を達成することが可能。

研究開発項目

TWG1	浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発
TWG2	浮体システムの大量/高速生産等技術開発
TWG3	大水深における係留・アンカー施工等技術開発
TWG4	大水深に対応する送電技術の開発
TWG5	遠洋における風況観測手法等の開発

実施概要

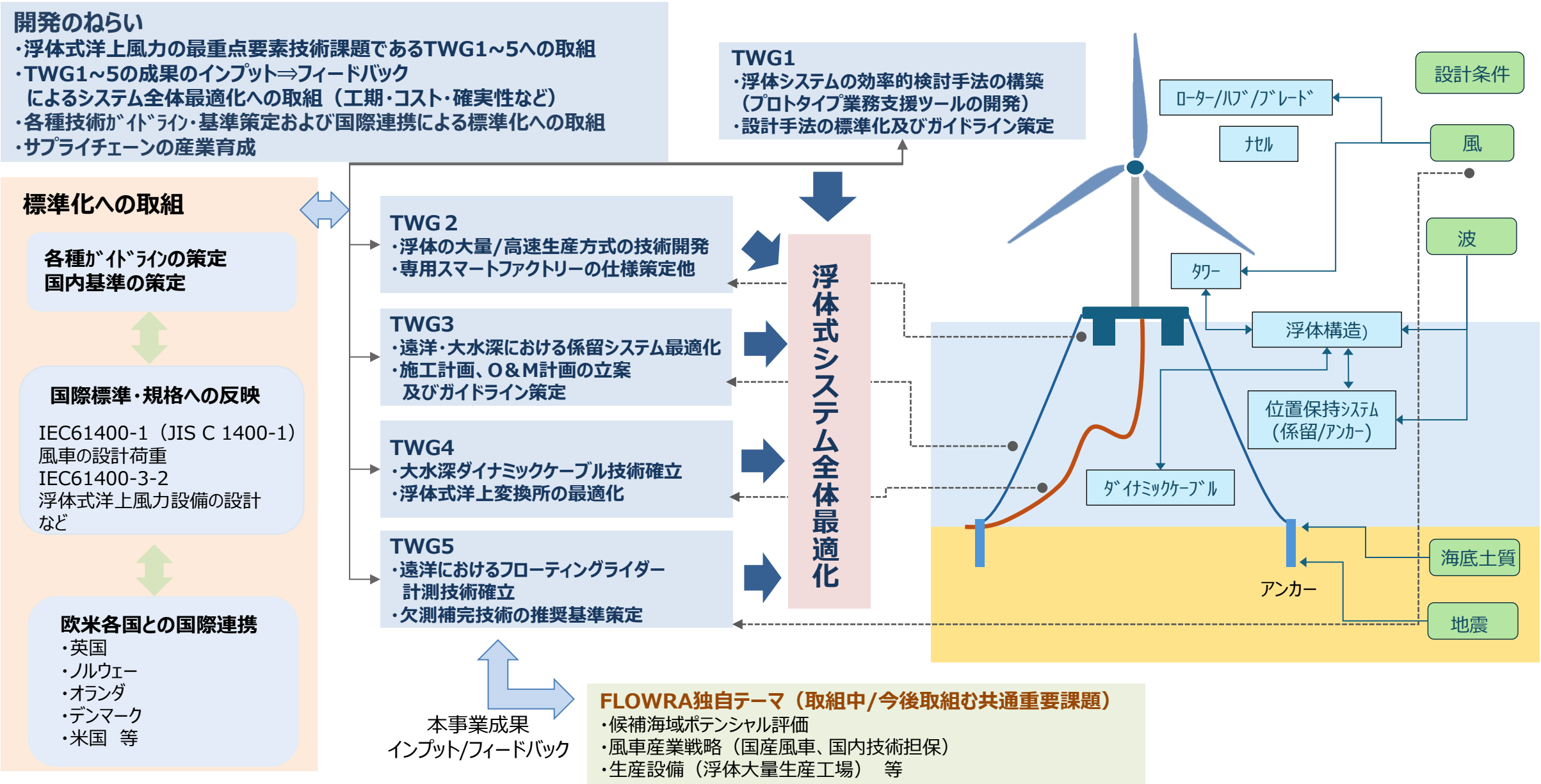
・風車・浮体の標準モデルを構築し、発電事業者向けの連成解析手法を開発し、実測データと解析結果を比較検証する
・生産方式の最適化検討に用いる生産設計・建造一貫支援システムを開発し、大量製造に特化した専用工場・ヤードの仕様策定 ・加工・組立時における標準策定に必要な事項等を等を取り纏める
・遠洋・大水深における係留索設計の全体最適化や施工方法、O&M計画を検討する
・500m～1,000mのさらなる大水深を対象としたダイナミックケーブル、浮体式洋上変換所の開発に取り組む
・遠洋におけるFLSによる欠測値の補完技術の精度評価や、観測データ等の分析を行い、遠洋により適した欠測値補完技術を検証する

アウトプット目標

・浮体式洋上風力 システム全体設計の合理化・効率化 を実現するために必要な 手法の構築並びに本手法の標準化 を実現し、 国内産業育成の契機とする
・2030年頃からできる限り早期に 150～200基/年・国内 を達成可能とするために必要となる浮体システム大量/高速生産の共通基盤技術を開発
・2030年度までに 1GW級ウィンドファームの係留工及びアンカー施工を経済的かつ効率的に達成 可能とするために必要となる共通基盤技術を開発
・2030年度までに 大水深に対応したダイナミックケーブル及び浮体式洋上変換所を開発
・フローティングライダー（FLS）による 遠洋での風況観測 において、実務に適用できる 低コストで合理的な欠測値補完方法を提案

2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

浮体式システム全体最適化の考え方



2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

各TWGの取組は、浮体式洋上風力の社会実装に向けた主要要素をカバー

社会実装に向けた主要要素 (FLOWRA分析)		● 各TWGの貢献要素				
		TWG 1 浮体システムの最 適な設計基準・規 格化等開発	TWG 2 浮体システムの大量/高速生産等技 術開発	TWG 3 大水深における係 留・アンカー施工等 技術開発	TWG 4 大水深に対応する 送電技術の開発	TWG 5 遠洋における風況 観測手法等の開発
技術革新	システム全体設計技術高度化	●	●	●	●	●
	浮体基礎最適化	●				
	浮体基礎量産化		●			
	係留システム技術高度化	●		●		
	ダイナミックケーブル設計高度化				●	
	施工技術高度化			●	●	
	メンテナンス技術高度化			●		
	遠洋の好風況域開拓			●	●	●
	リードタイム短縮	●	●	●	●	●
	国際連携・標準化	●	●	●	●	●
サプライ チェーン形成	港湾・機材整備		●	●		
	船舶整備			●	●	
	国内産業育成・習熟化	●	●	●	●	
スケール化	市場規模拡大		●	●	●	●
	プロジェクト規模拡大		●	●	●	●

2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

各TWGの研究開発概要（1/3） ※各TWG毎の詳細な課題・解決方法・KPIは2章にて記載

研究開発項目・内容		解決方法	KPI/達成目標
①浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発 (TWG1)	①-1 標準化設計手法の確立	- プロトタイプ業務支援ツールを基本とする検討のワークフローを構築 - 上記手法を取り込んだ設計ガイドラインの取りまとめ	標準化した設計手法の確立のため、設計に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。
	①-2 プロトタイプ業務支援ツールの開発	- プロトタイプ業務支援ツール設計と開発 - 活用可能な風車標準モデル構築／作成と解析 - 浮体標準モデルの構築／作成 - スーパーコンピューター/仮想PCによる連成解析 - ベンチマーク連成解析 - 計測計画立案	プロトタイプ業務支援ツールを開発し、想定使用環境下の有効性確認を完了させる。
	①-3 設計マニュアルの確立	- プロトタイプ業務支援ツールをベースに、関係する認証機関、各設備機器メーカー、サプライヤーとの連携・調整 - サプライヤー等による検証 - 将来のガイドライン・基準・規格等に資するワークフローを策定	ガイドライン・基準・規格等の策定に資するワークフロー（設計マニュアル）を確立する。
	①-4 国際標準化への貢献	- ガイドライン・基準・規格等に資するワークフローを基に、我が国の強みを活かすことが可能な分野の国際標準化を選定 - 国際学会等の場を通じた提案	我が国として国際標準化を目指す項目を抽出し、国際会議等にて提案する。
②浮体システムの大量/高速生産等技術開発 (TWG2)	②-1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立	生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式を確立する	- スマートファクトリー(専用工場/(ヤード))の仕様策定 - リードタイム短縮
	②-2 製造における各種自動化手法の確立	- 加工・組立工程における自動化手法を確立する - 計測・検査工程における自動化手法を確立する - 設計-工場間での情報共有手法を確立する	自動化手法の適用による工数低減
	②-3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討	- 加工・組立における標準策定に必要な事項等の取り纏め - 進水・保管におけるあり方の検討	浮体式基礎の型式に応じた加工・組立作業の標準策定に必要な事項等の取り纏め

2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

各TWGの研究開発概要（2/3） ※各TWG毎の詳細な課題・解決方法・KPIは2章にて記載

研究開発項目・内容	解決方法	KPI/達成目標
③大水深における係留・アンカー施工等技術開発 (TWG3)	③-1 遠距離・大水深における係留システム設計最適化	- 日本の大水深1,000m時における最適な係留索・アンカー仕様の立案 - 係留設計に関するガイドライン・基準・規格等を認証機関等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整し取り纏め - 係留仕様がLevelized Cost Of Electricity(以下、LCOE)へ与えるインパクトについて評価
	③-2遠距離・大水深における施工計画の立案	- 日本の大水深1,000m及び離岸距離80km時における実行性の高い施工方法の立案 - 係留施工計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整し取り纏め - 係留施工計画がLCOEへ与えるインパクトについて評価
	③-3 遠距離・大水深におけるO&M計画の立案	- 日本の大水深1,000m及び離岸距離80km時における実行性の高いO&M方法の立案 - O&M計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整し取り纏め - O&M計画がLCOEへ与えるインパクトについて評価

2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

各TWGの研究開発概要（3/3） ※各TWG毎の詳細な課題・解決方法・KPIは2章にて記載

研究開発項目・内容	解決方法		KPI/達成目標
④大水深に対応する送電技術の開発 (TWG4)	④-1 大水深に対応したダイナミックケーブル開発	- 水深500m級に対応したダイナミックケーブルの基本設計を実施する - 水深1,000m級に対応したダイナミックケーブルの概念設計を実施し、その成果をもとにLCOEへのインパクト評価を行う - 関係する認証機関等と連携・調整しつつダイナミックケーブルの基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の策定に必要な事項を取りまとめる	- 水深500mに対応したダイナミックケーブルの基本設計完了 - 水深1,000mに対応したダイナミックケーブルの概念設計完了およびLCOEへのインパクト評価 - 基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の立案
	④-2 大水深に対応した浮体式洋上変換所開発	- 洋上変電所の基本設計（建屋、浮体）および建造・施工・O&M・撤去の各工程の検討を実施し、その成果をもとにLCOEへのインパクト評価を行う - 関係する認証機関等と連携・調整しつつ浮体式変換所の基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の策定に必要な事項を取りまとめる	- 水深1,000mに対応したセミサブ型・TLP型の浮体式洋上変換所の基本設計完了およびLCOEへのインパクト評価 - 基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の立案
⑤遠洋における風況観測手法等の開発 (TWG5)	⑤-1 遠洋におけるフローティングライダーの欠測値補完方法の確立	- 文献調査を実施する - 基本的な補完技術の精度評価を行う（STEP1） - FLS（Floating Lidar systems）観測データ等の分析を行う - 遠洋により適した欠測値補完技術を検証する（STEP2）	- MCP法として4種類以上、補完元データとして3種類以上を比較検証し、実務に適用できる低コストで合理的な欠測補完技術の発電事業者としての推奨基準を策定する。 - 成果のうち必要な要素をNEDOガイドブックに提案する。

2. 研究開発計画／研究開発計画の全体像

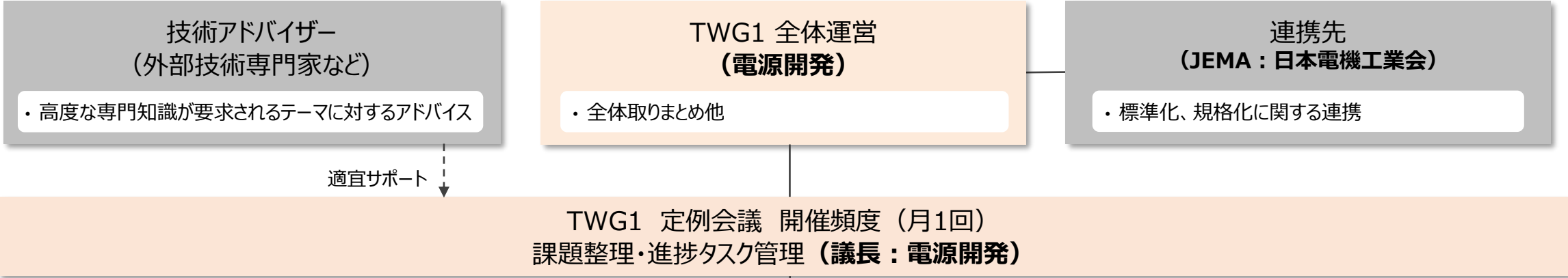
スケジュール：早期に事業成果を取りまとめ、実海域プロジェクト・標準化に展開



2. 研究開発計画

TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

0. TWG1における各主体の役割分担



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

各研究内容における社会実装へ向けた課題と解決策

- 風車・浮体の標準モデルを構築し、発電事業者向けの連成解析手法を開発し、既往計測データと解析結果を比較検証する。さらに、今後実施する計測に備えて、計測計画を立案する。

解析における課題

- I. 風車メーカーからの要求事項に基づき基礎等の設計を実施しており、発電事業者主導の設計開発となっていない。その結果、発電事業者の自発的検討が進まず、高コストとなる傾向あり。
- II. 多くの検討ケースを実施するため、解析に多大な時間を要す。

解決策（設計合理化・効率化）

- ① 風車・浮体標準モデルを用いた解析手法の共通化
- ② 風車標準モデルによる風車要求性能の共通化
- ③ 計測結果の活用による検討ケースの絞り込み
- ④ スーパーコンピュータ活用による解析時間の短縮

発電システム最適化における課題

- I. 発電事業者の自発的な検討を促す仕組みが欠如している。
- II. 発電システム検討において、発電事業者の着眼するべき事項が見えにくい。
- III. 風車構造上留意部品の特定方法が未確立。

解決策（業務支援ツール開発）

- ① 風車構造上留意部品を特定するための、業務支援ツールの構築（風車・浮体標準モデルによる解析、計測手法、評価方法他）

国内産業育成における課題

- I. 風車構成部品レベルの要求性能が共通化されておらず、製品供給のサプライチェーンが構築されていない。

解決策（関連産業育成契機作り）

- ① 解析及び計測結果による風車構造上留意部品の特定。
- ② 特定した構造上留意部品の要求性能の共通化
- ③ 将来的な国際共同研究を踏まえた、部品要求性能の標準化

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

2030年以降の社会実装というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目	アウトプット目標		
①浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発	本テーマでは、「標準化設計手法の確立」、「プロトタイプ業務支援ツールの構築」、「設計マニュアルの確立」および「国際標準化への貢献」の各取組みを通じて、将来の国際標準化、業務支援ツールの完成、関連産業育成（サプライチェーンの育成）に資することを目標とする。		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
1 標準化設計手法の確立	設計に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。	既往のガイドライン、各種マニュアルも考慮に入れて、発電事業者にとって一層実務的かつ有効な設計ガイドラインを関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏め、標準化設計手法を確立する。	
2 プロトタイプ業務支援ツールの開発	プロトタイプ業務支援ツールを開発し、想定使用環境下の有効性確認を完了させる。	発電事業者のみならず、設備機器メーカー、風車メーカー、浮体メーカー、係留メーカー等、複数のメーカーや部品サプライヤーにオープンで、かつ各種検討を共通に活用できるシステム開発を実施する。	
3 設計マニュアルの確立	ガイドライン・基準・規格等の策定に資するワークフロー（設計マニュアル）を確立する。	浮体式洋上風力発電システムに関する技術基準の標準化は、現在、世界的に見て検討途上の段階にあるため、本研究で、より詳細なガイドライン・基準・規格等に資するワークフローを策定する。	
4 国際標準化への貢献	我が国として国際標準化を目指す項目を抽出し、国際会議等にて提案する。	本研究で確立したガイドライン・基準・規格等に資するワークフローを基本に、我が国の強みを活かせる分野における国際標準化を、国際学会等の場にて提言する。	

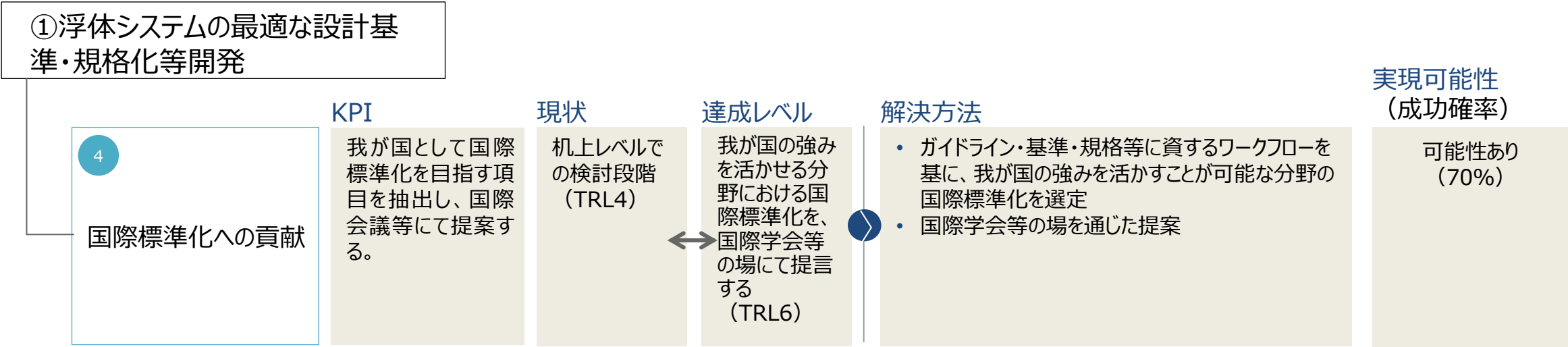
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

①浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発						実現可能性 (成功確率)
	KPI	現状	達成レベル	解決方法		
1	標準化設計手法の確立	設計に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。	机上レベルでの検討段階 (TRL4)	設計に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項の取り纏め (TRL6)	- プロトタイプ業務支援ツールを基本とする検討のワークフローを構築 - 上記手法を取り込んだ設計ガイドラインの取りまとめ	可能性あり (70%)
2	プロトタイプ業務支援ツールの開発	プロトタイプ業務支援ツールを開発し、想定使用環境下の有効性確認を完了させる。	机上レベルでの検討段階 (TRL4)	プロトタイプ業務支援ツールの開発 (TRL6)	- プロトタイプ業務支援ツール設計と開発 - 活用可能な風車標準モデル構築／作成と解析 - 浮体標準モデルの構築／作成 - スーパーコンピュータ/仮想PCによる連成解析 - ベンチマーク連成解析 - 計測計画立案	可能性あり (70%)
3	設計マニュアルの確立	ガイドライン・基準・規格等の策定に資するワークフロー（設計マニュアル）を確立する。	机上レベルでの検討段階 (TRL4)	ワークフロー（設計マニュアル）を確立 (TRL6)	- プロトタイプ業務支援ツールをベースに、関係する認証機関、各設備機器メーカー、サプライヤーとの連携・調整 - サプライヤー等による検証 - 将来のガイドライン・基準・規格等に資するワークフローを策定	可能性あり (70%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発（研究チャート）

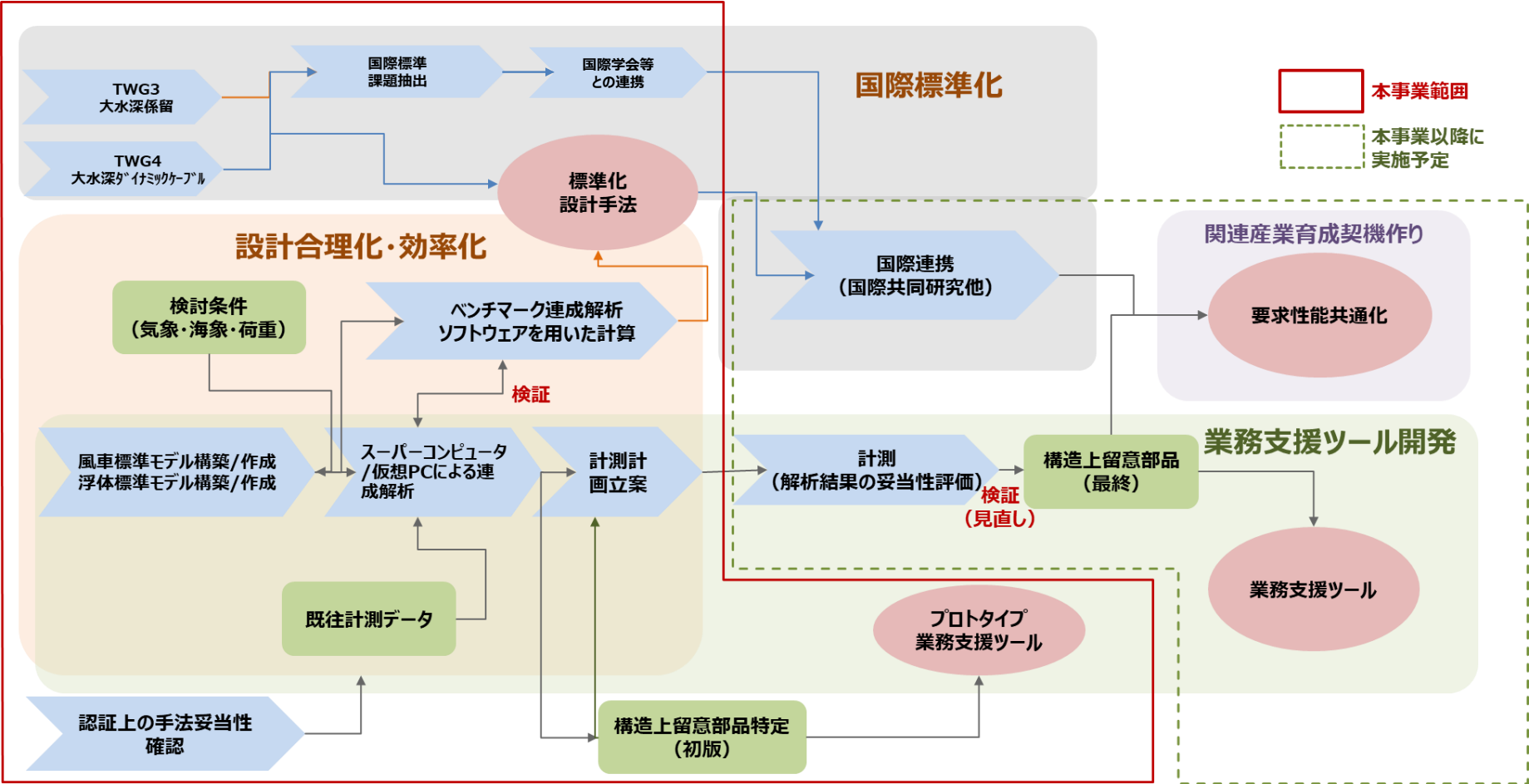
課題

- ・ 発電事業者の自発的な検討を促す仕組みの欠如
- ・ その結果として検討期間の長期化（コスト増加）
- ・ 国内サプライチェーンが未成熟



目標

- ・ 発電事業者向け業務支援ツールの開発
- ・ 設計の合理化、効率化の促進
- ・ 国内関連産業育成の契機作り



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発（詳細）

浮体式洋上風力発電システムの設計基準の最適化・規格化を実施

- 基準・規格化の確立のため、風車・浮体の標準モデルを構築する。
 - ✓ NREL、IEA等の公表されている風車モデルを参考に、我が国の自然環境を考慮した実機レベルの風車標準モデルを構築する。
 - ✓ 開発した風車標準モデルを搭載可能な浮体標準モデルを、浮体メーカーとの協業により開発する。また、風車発電機からの要求事項の標準化を図る。
- 設計の合理化・効率化のために、複数の仮想PCを活用した、複数ケースの同時並行解析を実施する。また計測データを解析結果へフィードバックし、設計の合理化を図る。
 - ✓ 複数の仮想PC活用による解析時間の短縮を図る。
 - ✓ 解析と併行し計測結果を解析結果へフィードバックし、設計尤度の検証を実施する。
- 設計手法の標準化を検討する。
 - ✓ 解析結果、計測結果より、設計手法の標準化、認証上の課題抽出及び解決方法を立案する。
- 構造上留意部品を特定する。
 - ✓ 既往工学モデル（例：Open Fast、NKUT-WIND、OrcaFlex、Bladed）による連成解析結果をベンチマークとし、複数仮想PCによる解析結果を用いた、構造上留意部品を特定する。
- 計測計画を立案する。
 - ✓ 構造上留意部品に対する計測計画（計測箇所、方法、頻度等）を立案する。

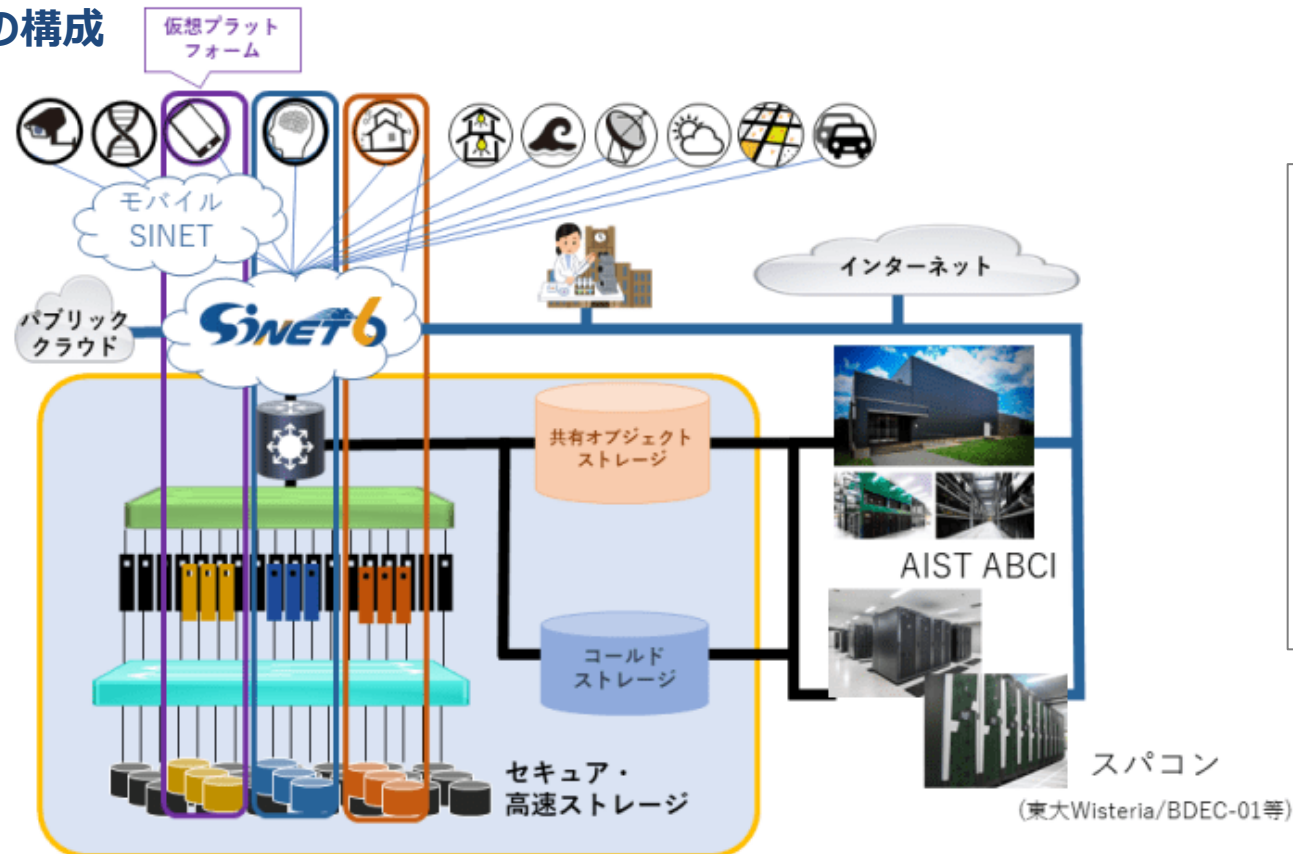
本研究開発以降（2028年度以降）に、以下の取組を計画

- 解析結果の検証のため、実機による計測を実施する。
- 計測結果との検証を踏まえた、解析・計測・維持管理手法の方法論を整理し、発電事業者やサプライヤーが留意すべき事項を整理した業務支援ツールを構築する。
- 構造上留意部品に作用する応力状態を踏まえた要求性能に関する部品レベルでの標準化を検討する。
- 海外の研究機関との共同研究を行い、標準化を進める。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発 設計合理化・効率化（mdxシステムの活用による合理化・効率化）

- 解析ツールとして、9大学2研究所が共同運営するmdxシステムを活用し、複数ケースの並列的解析により解析時間の短縮化を図り、検討の効率化を図る。
- 発電事業者が使いやすいインタフェースシステムを開発し（以下の①・②を検討）、発電事業者が実施する解析業務の効率化に貢献する。
 - ①本システムとクライアントPCをVPN接続にてクラウド上で活用する手法
 - ②コマンドラインの操作でクライアントPCにて実行する手法

mdxの構成



- mdxでは、仮想化技術を用いてプロジェクトごとに分離された、プライベート環境(仮想プラットフォーム)を提供します。プライベート環境はプロジェクトごとに柔軟に環境構築・設定が可能です。各プロジェクトに必要なソフトウェアスタックを導入できます。
- また、mdx上で、分野データプラットフォームサービスなど、連続稼働が必要なサービスを運用することが可能です。共通データやオープンデータのmdx上への整備や、有償データの一括契約などを促進し、機械学習やデータマイニングが即座に行える環境を継続的に構築します。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

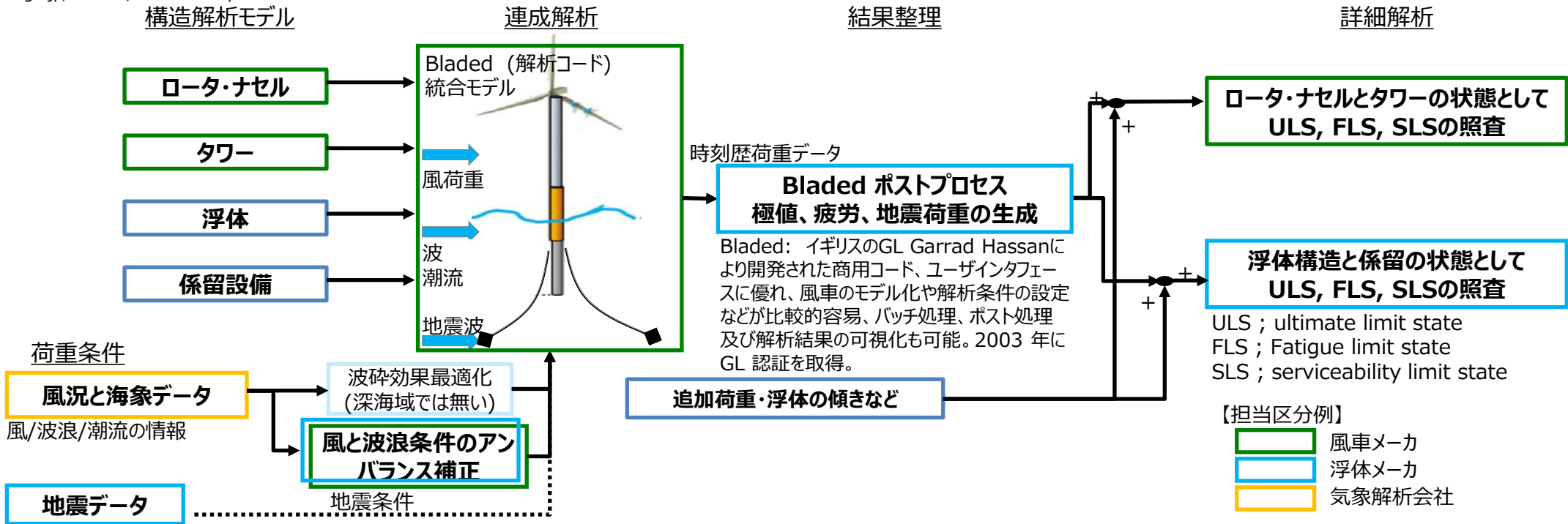
【参考資料】事業化検討における合理化・効率化（設計段階）

- 設計には多くのケースの解析が必要。
- 実施には時間とコストを費やす必要あり。
- 解析におけるコストと時間を削減することは、発電事業者の事業開発にとってメリットが大きい。

発電所設計業務

解析ケース	浮体式：合計1,334 ケース* 着床式：合計10,000 ケース*以上
解析内容	【地盤の異方性12方位】、【地震解析】

* 出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 浮体式洋上風力発電技術ガイドブック, 2018年3月
<https://www.nedo.go.jp/content/100891410.pdf>.



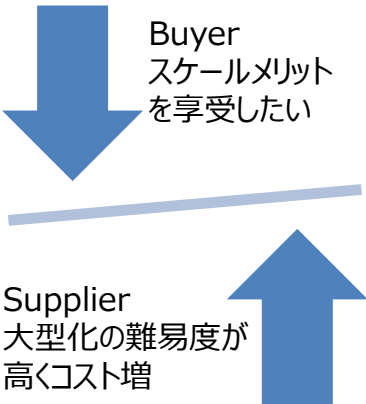
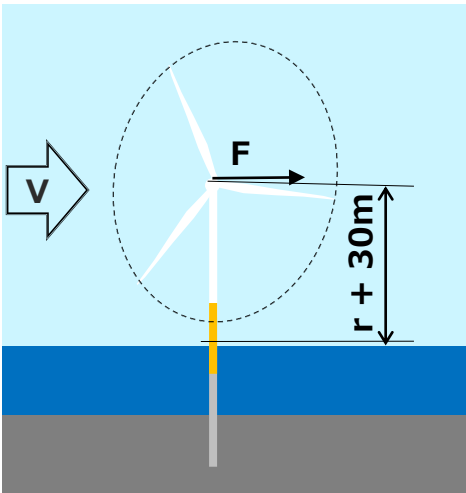
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

【参考資料】事業化検討における合理化・効率化（製造段階）

- 風車製造段階では、発電量最適化のために、風車寸法、重量等を決定する。
- 最適化検討のために、様々なケーススタディ（パラメータスタディ）を実施する。
- 検討の効率化に寄与するシステムのニーズあり。

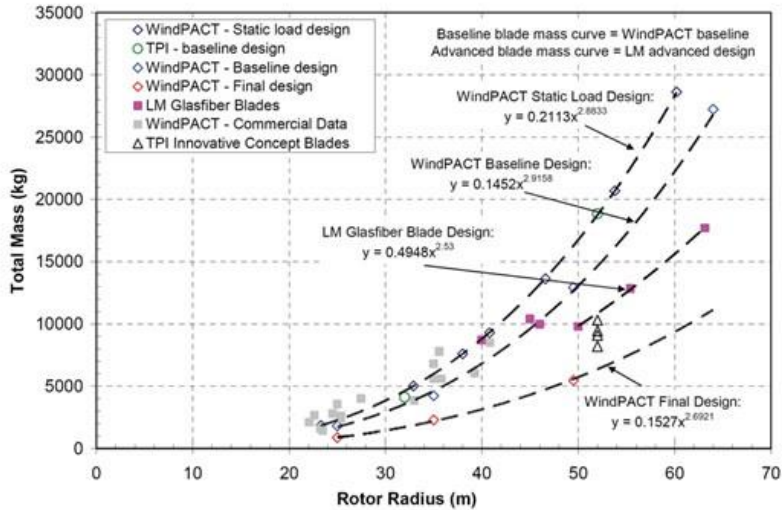
風力発電所設計業務/RNAの最適化

- 風車の質量は、ロータ径の2.5から2.8乗に比例 > 発電量は2乗比例
- 任意の風速Vにおけるスラスト力Fは、風速Vの二乗とロータ半径rの二乗と発電量に比例
- タワー基部のモーメント荷重Mは、ハブ高に比例して増加する



$$M = (r + 30)F \quad F = C_t \frac{1}{2} \rho A V^2$$
$$A = \pi r^2$$

Π：円周率 P：発電電力量 ρ：空気密度 V：風速
r：翼半径 C_t：スラスト係数 A：受風面積 Pr：定格出力



$$M_B = 0.4948r^{2.53} \quad [1]$$
$$M_N = 0.0003D^{2.8202} \quad [2]$$

M_B: フレード質量(kg) M_N: ナセル質量(ton) r: ローター半径
D: ローター直径、範囲 80m<D<130

出典：[1] CompositesWorld. Offshore wind: How big will blades get? (オンライン) (引用日：2021年1月26日.)
https://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/cms/0609ct_offshore_5.jpg;width=560
[2] Wind Energy - The Facts. Rotor and Nacelle Mass. (オンライン) 2009年3月. (引用日：2021年1月27日.)
<https://www.wind-energy-the-facts.org/rotor-and-nacelle-mass.html>

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

【参考資料】複数の仮想PCを活用した、複数ケースの同時並行解析と時間短縮

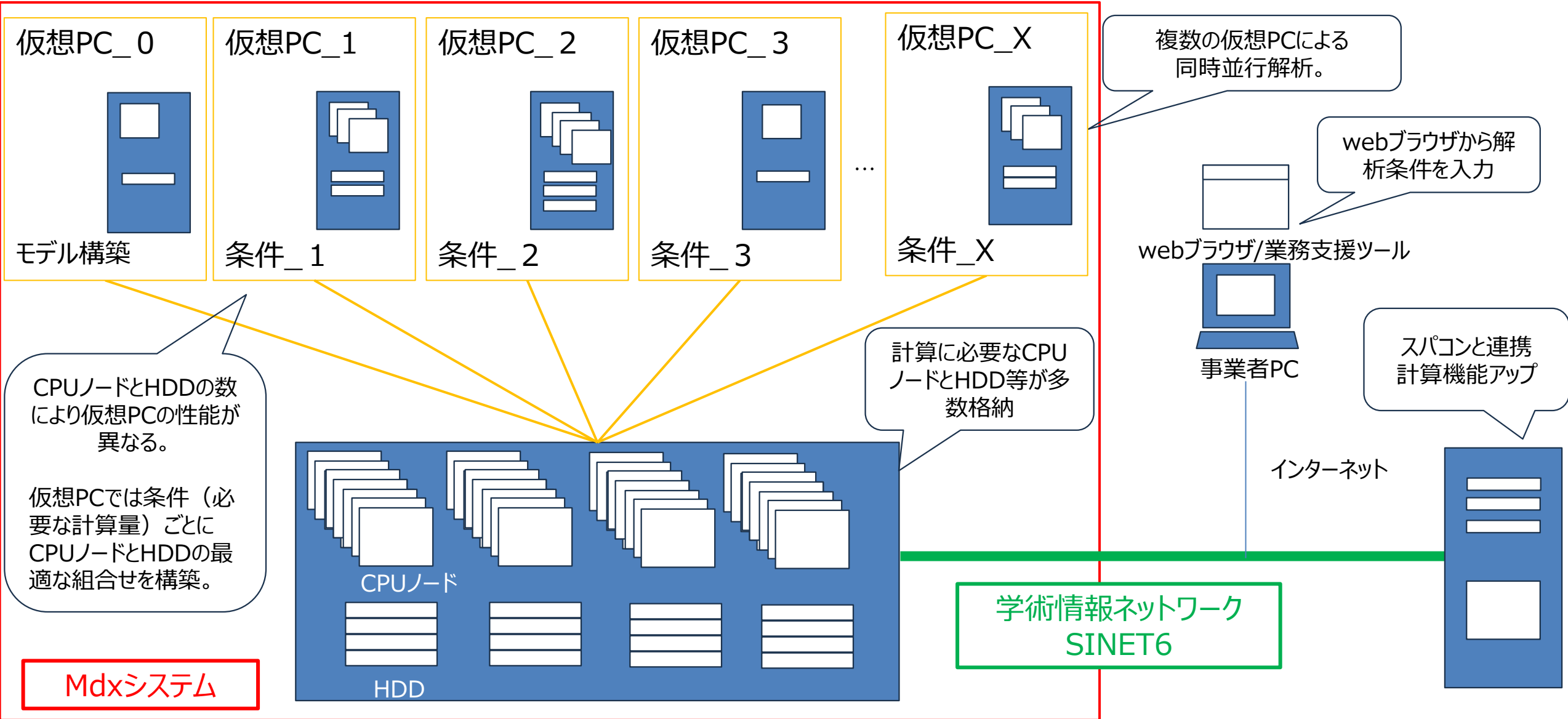
- I. 発電事業者自らが検討を実施するマニュアル、ツールがない
- II. 発電システム検討において、発電事業者の着眼するべき事項が見えにくい
- III. 風車構造上留意部品の特定方法が未確立

- ① 風車・浮体標準モデルを用いた解析手法を入替可能とする共通基盤開発
- ② 風車標準モデル実証による風車要求仕様の共通化
- ③ スーパーコンピュータ活用による解析時間の短縮、次世代を見据えた複雑かつ大規模な解析システム導入検討
- ④ 上記システムのクラウド化によるオープンイノベーション化
- ⑤ 計測結果の活用による検討ケースの絞り込み

- 発電システムの構成、気象海象条件におけるDLCの検討が求められるが、過大な時間を要する
 - ⇒複数PCによる同時作業、負荷分散、計算効率の改善を行うことが解決策の一つ
 - ⇒ハードPCによる仕様調整（CPU/メモリ/HDD）を行うのは困難であるが、クラウドPC部品群（mdx）であれば、組み合わせ検討は比較的容易、かつ次世代商業利用を見据えたコンピュータ環境を実現可能となる
 - ⇒①発電事業者が希望する時間内で解析を終了させるPC群仕様を明らかにする(ex. 40コアPCが5台あれば2週間で解析可能・・・など)
 - ②実施された解析が妥当であることを検証する（実務コンサルなどの協力を経て）
 - ③より最適な並列処理環境を見つけ出す（PC仕様の組み合わせ検討、解析処理の効率化、ネットワーク化）
 - ④同時に事業者がmdxを駆使する社会実装ケースは遠いと予想されるため、プラットフォーム窓口マシンからの情報入力による上記解析実施が可能となる
プロトプラットフォームをTWG1参加者や事業者とのヒアリングを経て設計する
 - ⑤将来展望として、各モジュール化された解析機能は、独自解析モデルに変えることなどがインターフェースが定まれば可能になると考えている

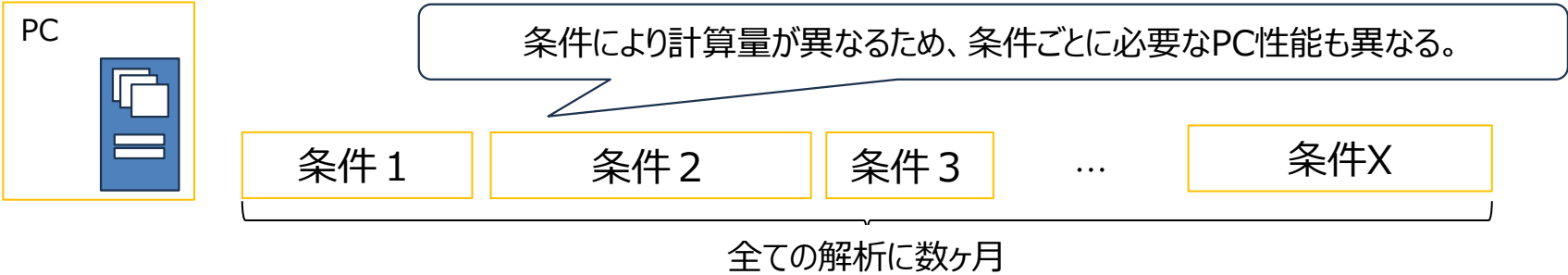
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

【参考資料】複数の仮想PCを活用した、複数ケースの同時並行解析イメージ

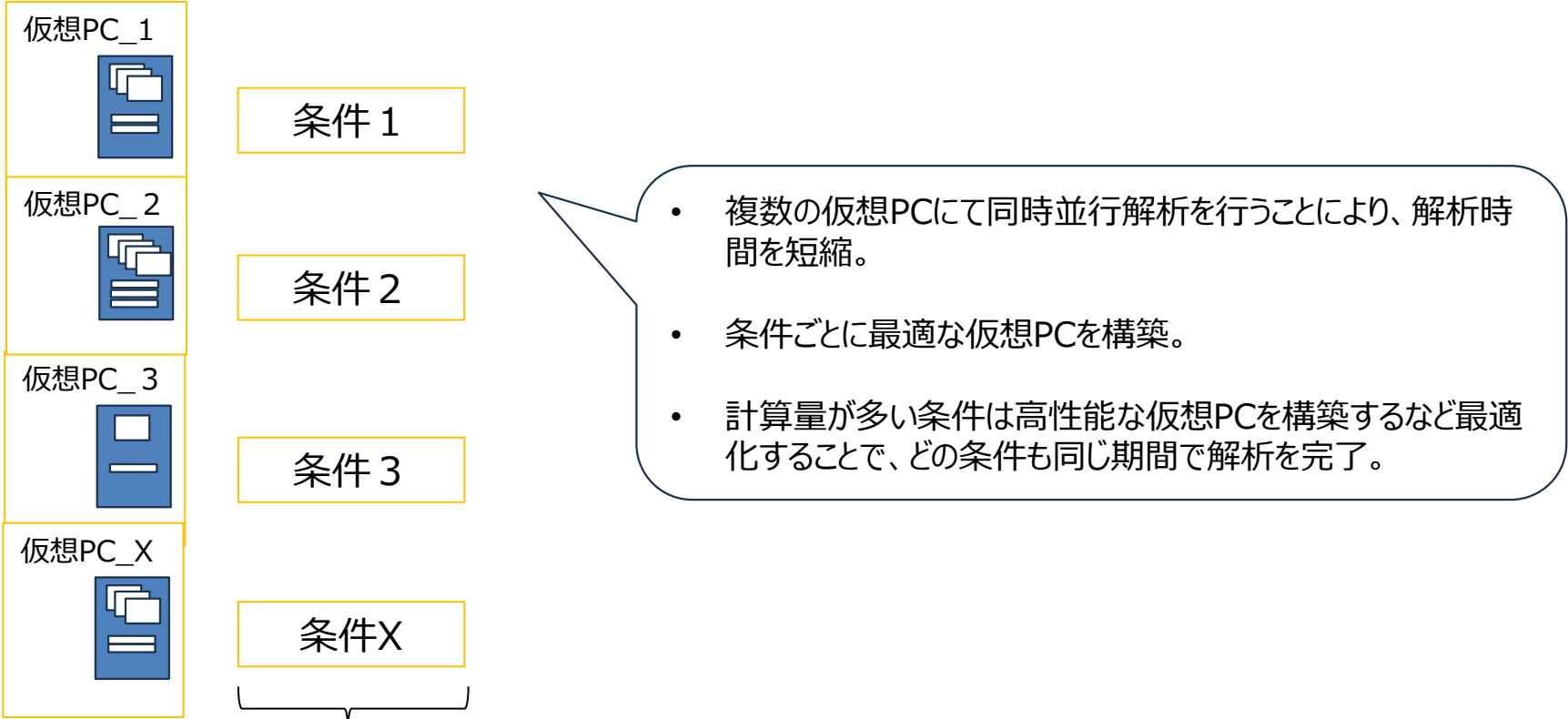


【参考資料】複数の仮想PC活用による解析時間の短縮イメージ

従来の解析イメージ

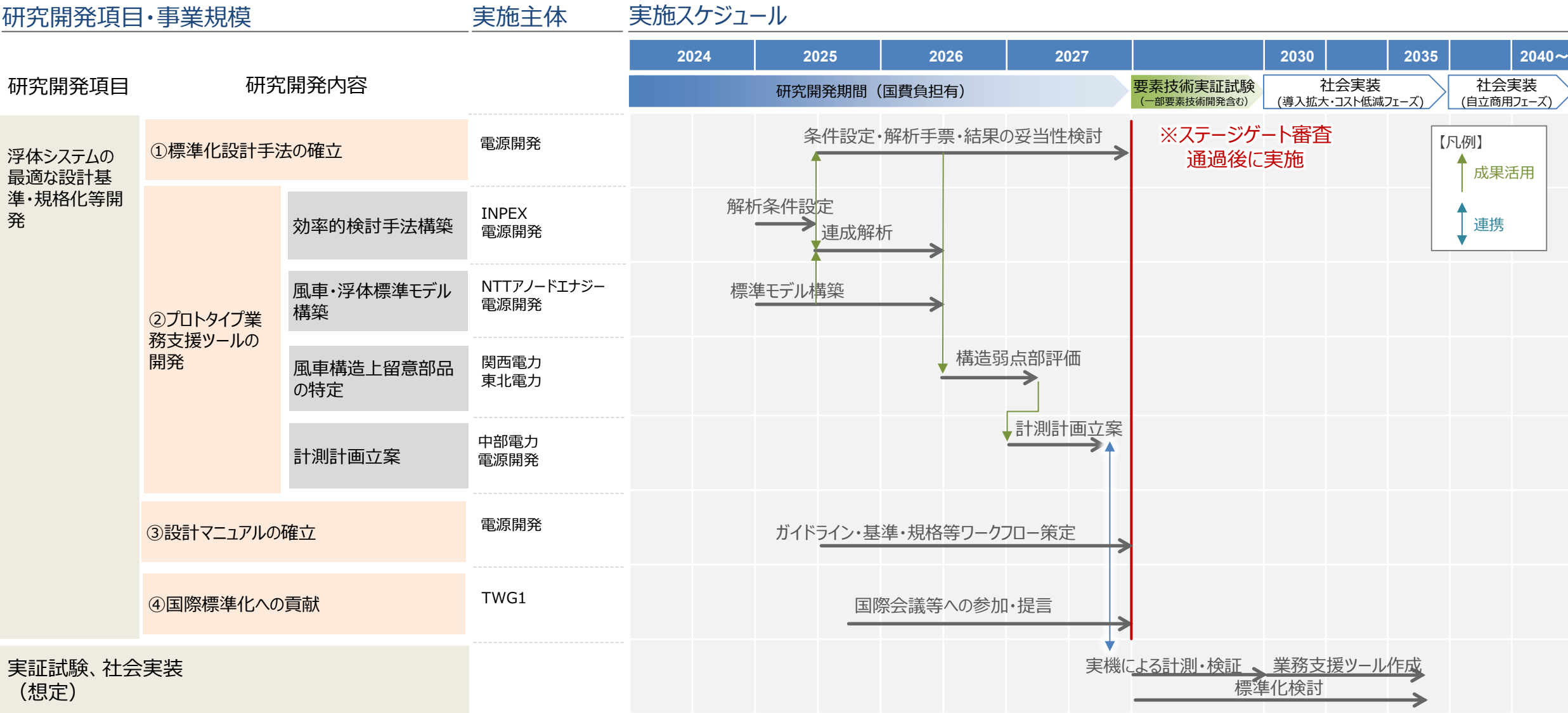


複数の仮想PCによる
同時並行解析のイメージ



2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

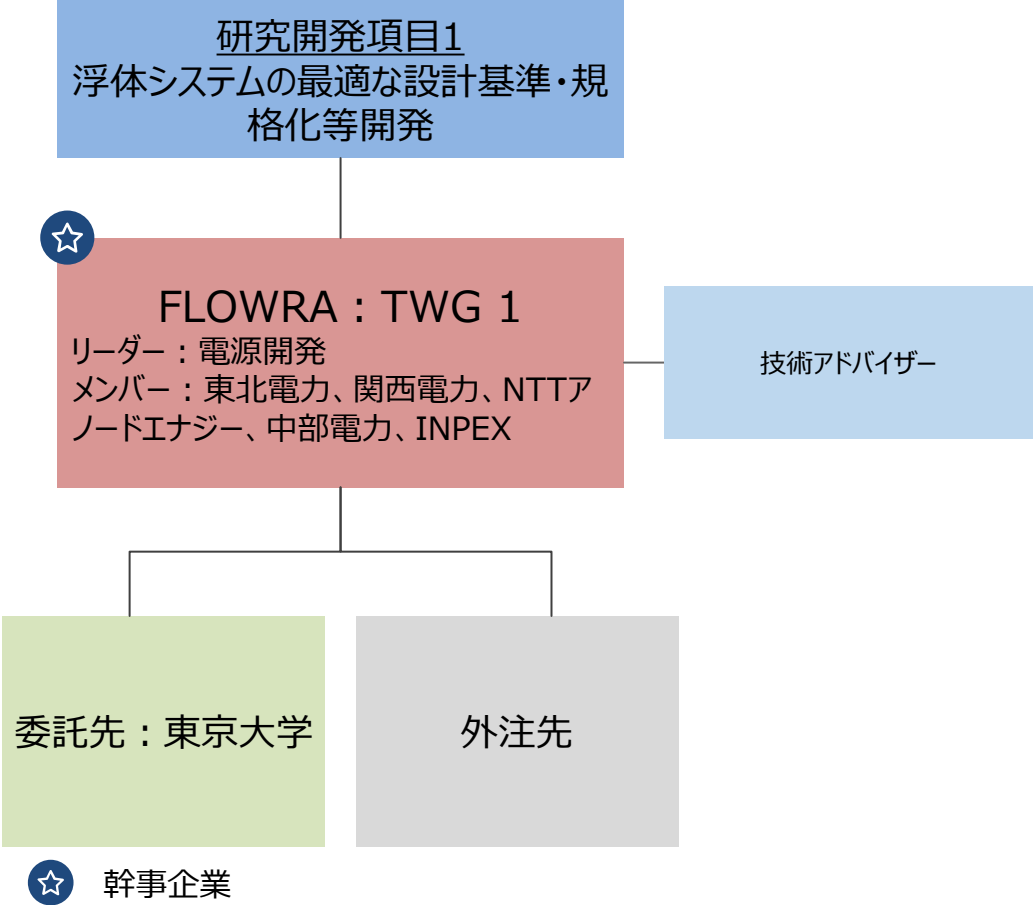
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- FLOWRA（TWG1）は、全体取りまとめ、検討条件設定、業務支援ツールの開発、契約管理を担当する
- 東京大学は、プロトタイプ業務支援ツール基本事項整理、仮想PCによる連成解析、構造上留意部位抽出を行う
- 外注先は、FLOWRAより検討条件を受けて、外注業務を実施
- 外注先は、ベンチマーク連成解析ソフトウェアを用いた計算、プロトタイプ業務支援ツールの有効性確認、風車・浮体標準モデル作成、計測計画整理を実施する

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 月1回程度の定例会議等で進捗状況や課題等を共有し適宜連携を図る

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性 TWG1：浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

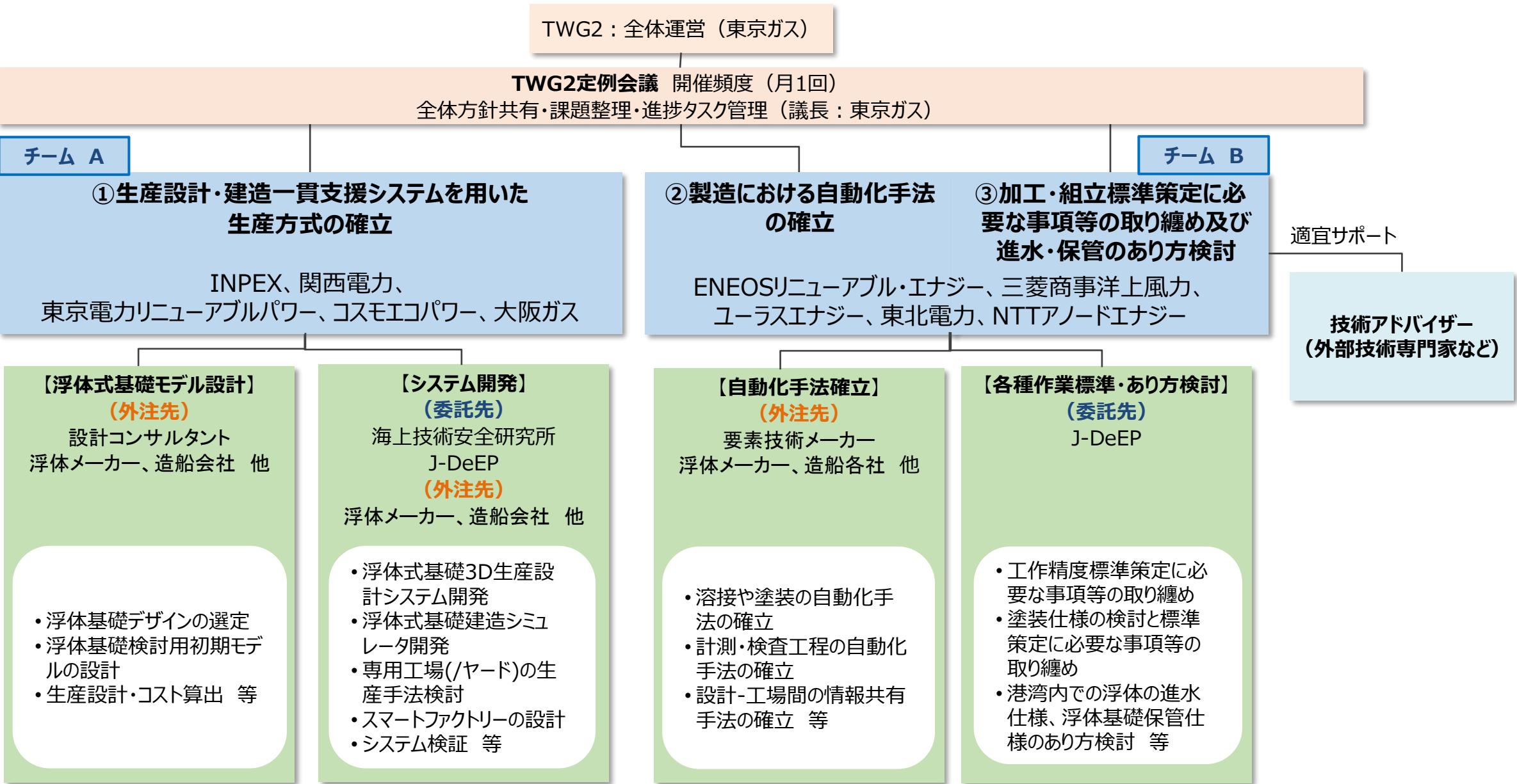
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
① 浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発	1 標準化設計手法の確立	アカデミアが有する既往の検討結果（複数仮想PCによる解析結果）	→ 【優位性】我が国のアカデミアが有するノウハウの活用により、高い信頼性の確保が可能
	2 プロトタイプ業務支援ツールの開発	- IEA、NREL等の研究機関が公開している標準モデルを参考に構築） - 標準モデル化に際し、発電事業者、アカデミアが有する我が国の海域環境情報を活用	→ 【優位性】標準モデルの活用による汎用性の高い技術の構築が可能 → 【優位性】複数の発電事業者が参加することにより、事業化検討に有効なモデル化が可能
	3 設計マニュアルの確立	- 既往の計測データの活用 - アカデミア、認証機関が有する既往の検討結果（複数仮想PCによる解析結果、認証データ）	→ 【優位性】計測データ併用による、設計の合理化及び設計期間の短縮が可能 → 【優位性】アカデミア、認証機関が有する知見活用による高い信頼性確保
	4 国際標準化への貢献	アカデミア、認証機関が有する既往の検討結果	→ 【優位性】アカデミア、認証機関が有する知見活用による高い信頼性確保

2. 研究開発計画

TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

0. TWG2における各主体の役割分担



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

大量・高速製造技術に向けた目標を達成するために必要なKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
②浮体システムの大量/高速生産等技術開発		2030年以降出来る限り早期に、15～20MW風車で約150-200基/年・国内の導入量実現を達成可能とするために必要となる共通基盤技術を協調体制で開発する。	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立	2-1A	<u>スマートファクトリー(専用工場(/ヤード))の仕様策定</u> 自動化装置・システム等を適用した工場計画の策定（自動化率70%以上）	生産設計・建造一貫システム支援、各種自動化手法、加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め等の研究開発成果を最大限取り込む。工場内の設備については自動化率70%以上を目指すことで省人化を図る。
	2-1B	<u>リードタイム短縮</u> 建造リードタイムを含む、浮体生産工程全体を通じたリードタイム短縮（15%以上）	設計-工場間をシームレスに連動可能な 生産設計・建造一貫支援システム の開発等により、生産設計・建造工程計画時の 工数 及び製造時の 工数をそれぞれ20%低減 （部分最適）することで、工数低減による 全体工程の短縮 （全体最適）を図る。 ※製造時の工数低減には自動化による削減分も含む
2 製造における各種自動化手法の確立	2-2	<u>自動化手法の適用による工数低減</u> 自動化率（30%以上）	加工・組立工程、計測・検査工程などの製造にかかわる各種技術に 自動化手法 を最大限活用することにより、安定した品質を確保しつつ、製造にかかる 工数低減 を図る。 ※自動化率：自動化の適用対象工程における自動化によって削減された人手作業時間の割合
3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏めおよび進水・保管のあり方検討	2-3	<u>浮体基礎の型式に応じた加工・組立作業の標準策定に必要な事項等の取り纏め</u>	浮体基礎の型式に応じて、加工・組立時における 工作精度標準の策定に必要な事項等を取り纏める 。同案を有識者に諮り、浮体基礎製作時に適用できる標準として、船舶海洋工学会において審議を受ける。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

各KPIの達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立	2-1A 2-1B スマートファクトリーの仕様策定 リードタイム短縮	人が多数介在する各社各様の生産手法 (TRL4)	支援システムの活用 (TRL7)	I. 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立 (設計変更、生産設計・情報、建造工程計画、建造時数・工数算出等のプロセス間において3Dモデルを活用したシームレスな生産管理や、製造設備における設備・レイアウト、組立工程等の最適化検討を支援する汎用的なシステムを整備する)	• 海技研に造船用の類似システムの開発実績あり • 造船会社、エンジニアリング会社といった業種を超えた協力 (90%)
2 製造における各種自動化手法の確立	2-2 自動化手法の適用による工数低減	既存の設備を用いた人が多数介在する製造手法 (TRL4)	自動化手法を取り入れた製造手法 (TRL6)	I. 加工・組立工程における自動化手法の確立 (特に工数への影響が大と想定される溶接、塗装作業を対象に自動化手法を取り入れ、より効率的な製造手法を確立する) II. 計測・検査工程における自動化手法の確立 (大型化により増大する計測・検査範囲に対応すべく、自動化手法を取り入れ、より効率的な計測・検査手法を確立する) III. 設計-工場間での情報共有手法の確立 (一貫システムで開発するシステムにより生成・更新される情報を即時に製造現場に反映、フィードバック可能な手法を確立する)	• 造船会社、エンジニアリング会社等といった業種を超えた協力 • 平面部を対象にした自動検査、自動塗装は一定レベルに達している • 船舶建造に関する有識者の協力 (80%)
3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討	2-3 浮体式基礎の型式に応じた加工・組立作業の標準策定に必要な事項等の取り纏め	JSQS等、造船用の標準は整備されている (TRL4)	浮体式基礎用の標準策定に必要な事項等の取り纏め (TRL6)	I. 加工・組立における標準策定に必要な事項等の取り纏め (造船用の標準をベースに、浮体式基礎に必要な要件を加え、浮体式基礎用の工作精度標準及び塗装仕様標準を策定に必要な事項等を取り纏める) II. 進水・保管におけるあり方の検討 (一体化した浮体あるいはモジュールの状態に進水する手法、適切に移動・保管する手法のあり方を検討・提示する)	• 浮体製造に非常に近い造船用の標準等の存在 • 日本船舶海洋工学会など有識者の協力 (80%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立

2 製造における各種自動化手法の確立

3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討

生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立

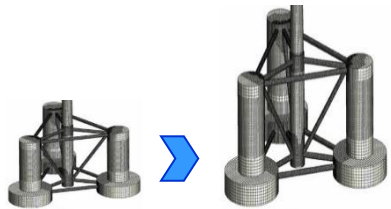
目 標：生産プロセスの効率化や生産手法の検討を行い、設計・工作設備・人員からなる工程全体を通じた最適化を図る。

研究内容：計画設計から建造までをシームレスに連動し、浮体式基礎の形式を問わず生産方式の最適化検討に用いることが可能な汎用性のある支援システムを開発する。また、既存の造船業等でのシステム検証のみならず、支援システムを活用して浮体式基礎の大量製造に特化した専用工場(/ヤード)の姿を示す。さらには大量/高速生産に適した自動化しやすいモジュール化等も含めた浮体式基礎仕様の検討も行う。

I. 量産化に適した生産方式の検討に用いる生産設計・建造一貫支援システムの開発

浮体式基礎3D生産設計システム

- ・ 主要項目から生産情報を自動生成
- ・ 自動化しやすいモジュール化、ブロック分割の検討



出典：Toan Thanh Tranら（2016）の図をもとに作成

3Dモデルデータを活用した自動設計



出典：Hrčak HPより

スマートファクトリーのイメージ

生産設計・建造一貫支援システム

モデル浮体式基礎
設計情報

大量/高速生産に
適した基礎仕様

生産
設計

コスト
算出

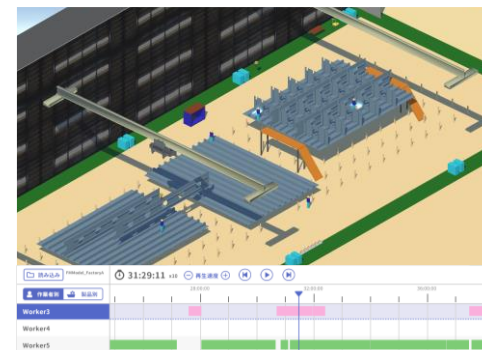
建造
計画

浮体式基礎製造に特化したスマート
ファクトリー(専用工場(/ヤード))の
設備・レイアウト等を提案

浮体式基礎建造シミュレータ

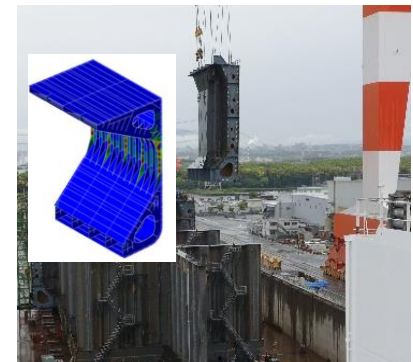
- ・ 建造工程再現・計画
- ・ 工事計画（足場などの付帯作業も含む）の自動生成
- ・ ブロックの吊り上げ・搭載・運搬シミュレーション
- ・ XR※デバイスを活用した作業支援
- ・ 専用工場(/ヤード)の生産手法の検討と必要な要素技術の抽出

※cross reality：現実世界と 仮想世界 を融合することで、現実には無いものを知覚できる技術



出典：海技研提供

建造工程再現シミュレータ



出典：海技研提供

ブロック搭載構造応答シミュレータ

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

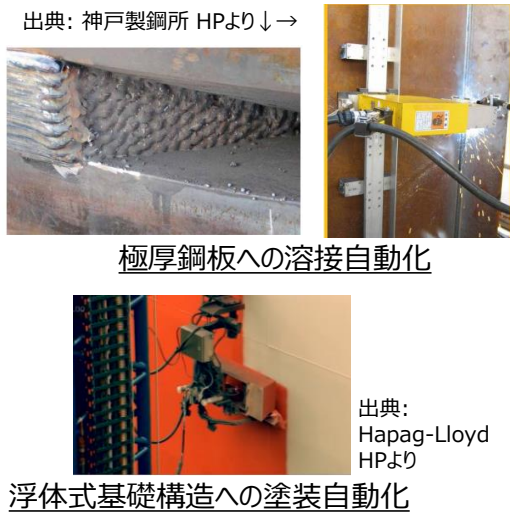
- 1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立
- 2 製造における各種自動化手法の確立
- 3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討

製造における各種自動化手法の確立

目 標：浮体式基礎製造の高効率化に必要な各種自動化手法を適用し、安定した品質を確保しつつ、**浮体式基礎の生産効率を向上**させる。
研究内容：製造工程における**溶接・塗装・計測・検査技術の自動化手法**及び**設計-工場間でのリアルタイムでの情報共有手法**の開発。

I. 加工・組立工程における自動化手法の確立

- 溶接の自動化**
 - 厚板化が想定される浮体式基礎構造への自動溶接技術の適用
- 塗装の自動化**
 - 浮体ブロック製造への自動塗装技術の適用
 - 自動化用の塗料の選定及び塗装仕様の決定
- 研究内容①で抽出された技術の自動化**



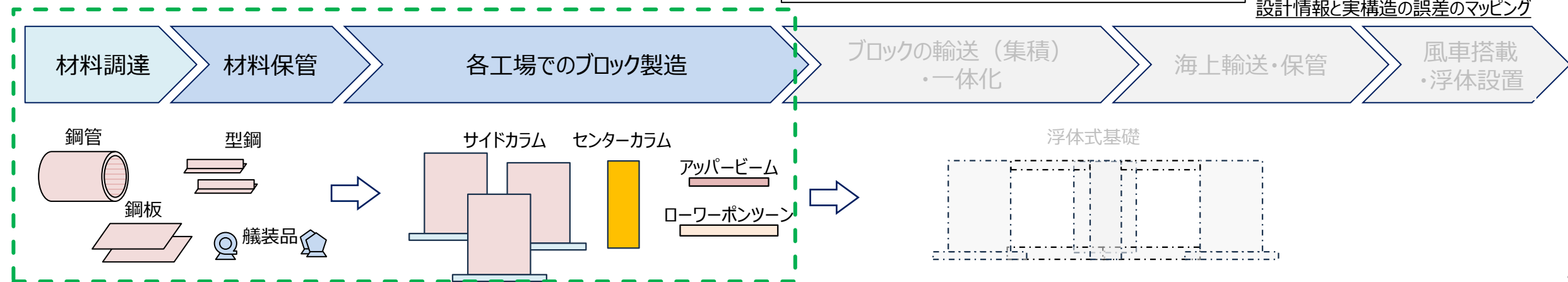
II. 計測・検査工程における自動化手法の確立

- 計測・検査の自動化**
 - 必要な検査技術（工作精度計測等）の開発
 - 非破壊検査における自動化技術の適用



III. 設計-工場間での情報共有手法の確立

- リアルタイム情報共有による作業稼働率の向上**
 - 設計情報と実作業工程との同期
 - 実績データによる建造工程計画の再シミュレーションと実工程への同期
 - XRデバイスを活用した作業支援



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

- 1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立
- 2 製造における各種自動化手法の確立
- 3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水保管のあり方検討

加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討

目 標：加工・組立工程における**標準策定に必要な事項等の取り纏め**、進水・保管工程における**あり方**を検討する。

研究内容：浮体式基礎の型式に応じて、**加工・組立時における工作精度標準、塗装仕様を策定するために必要な事項等**を取り纏める。また、**製造後の浮体式基礎の港湾内での進水・仮保管方法等におけるあり方**を検討・提示する。実施にあたっては必要に応じてNK、関連学協会等と連携する。

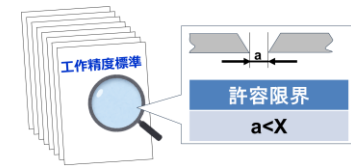
I. 加工・組立における標準策定に必要な事項等の取り纏め

工作精度標準の策定に必要な事項等の取り纏め

- 加工、組立、ブロック搭載、一体化等の各工程において必要となる工作精度の検討
- 浮体式基礎の構造様式に応じた要件の抽出および整理

塗装仕様の検討と標準の策定に必要な事項等の取り纏め

- 使用塗料、塗装仕様、塗膜評価等の検討
- 塗装自動化および長期メンテナンスフリーを視野に入れた塗装仕様の整理



【出典】
ナカタ・マック HPより

II. 進水・保管におけるあり方検討

製造後の未完成品および完成浮体の輸送・進水・再上架方法のあり方検討

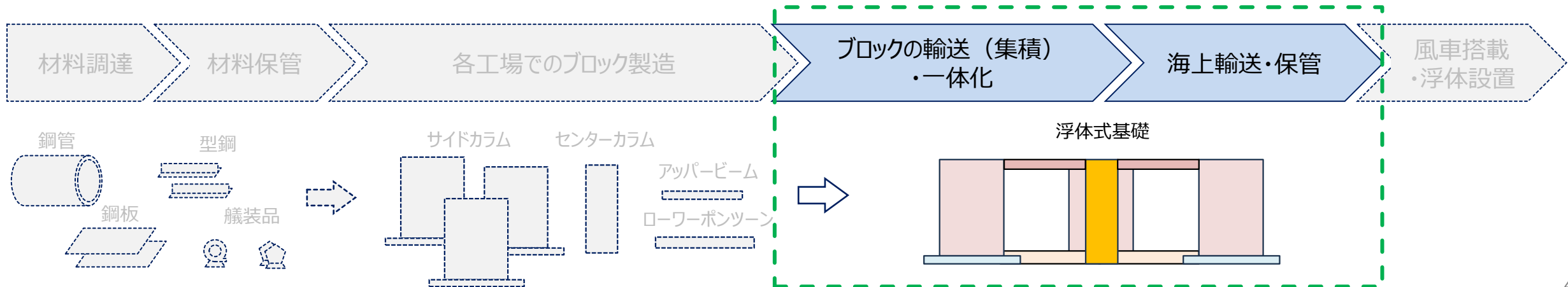
- 浮体式基礎の進水方法の標準的な手法の検討およびその選定方法の提示（進水手法、必要な水深と設備、コスト比較検討等）

港湾内での浮体式基礎保管方法のあり方検討

- 浮体式基礎の保管方法の標準的な手法の検討およびその選定方法の提示（保管手法（係留または着底）、必要な海域と設備、コスト比較検討等）



【出典】WindpowerMONTHLY HPより
組立、進水、保管工程の例イメージ



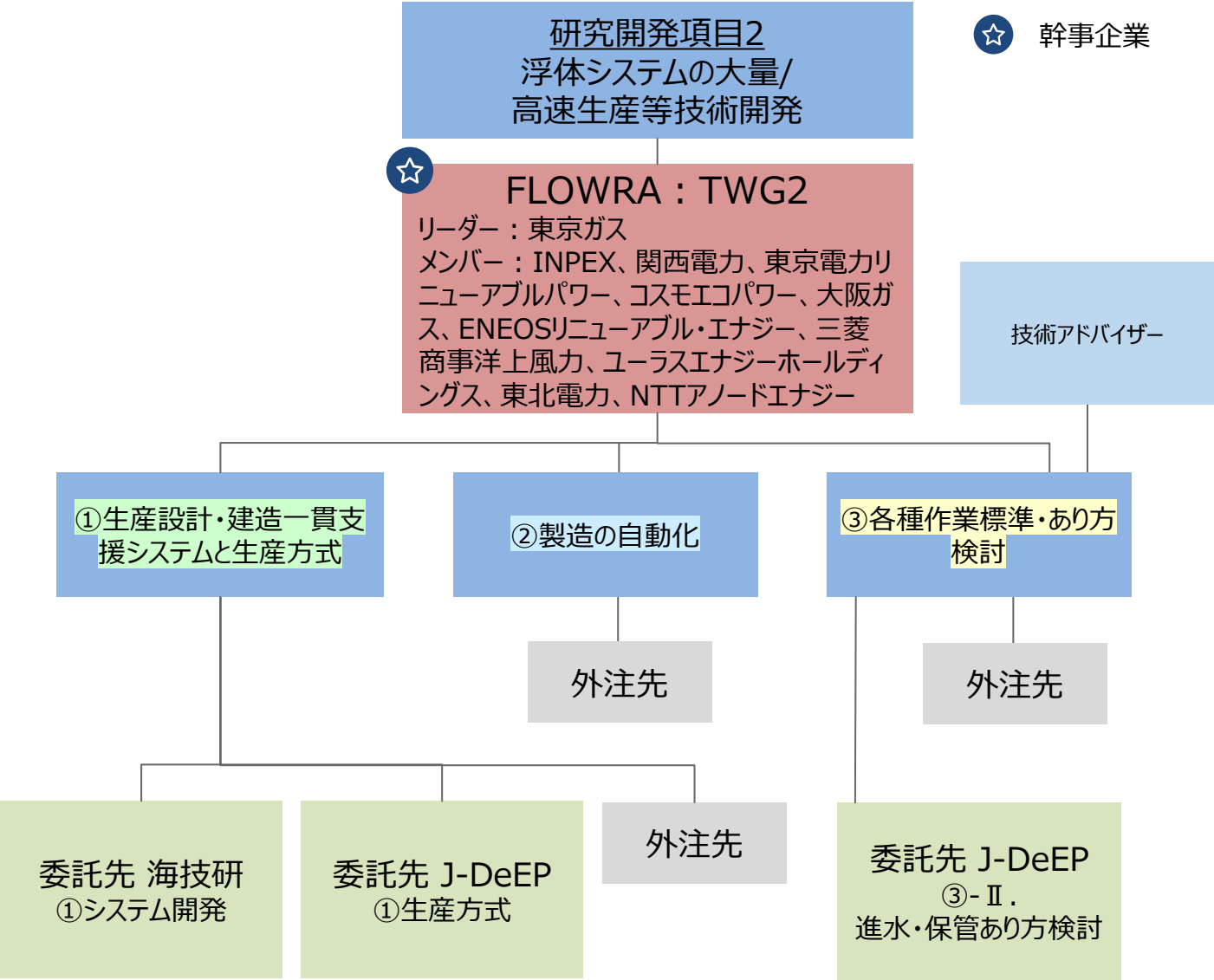
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

47

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- FLOWRAが研究開発項目（左記①・②・③）全体の取りまとめを行う
- FLOWRAは複数の造船所及びエンジニアリング会社等に以下を外注する
 - ①“生産設計・建造一貫支援システムと生産方式の確立”に関連する業務
 - モデル浮体式基礎の設計
 - 作業工程の記録、浮体式基礎3D生産設計システムを用いた生産設計
 - 浮体式基礎建造シミュレータのシステム検証
 - ②“製造における自動化手法の確立”に関連する業務
 - 自動化検討、要素技術試験
 - 自動化手法の調査・サプライヤーへのヒアリング
 - 設計-工場間での情報共有手法の調査・サプライヤーへのヒアリング
 - ③“加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討”に関連する業務
 - 工作精度標準・塗装仕様の調査、素案作成の補助
- FLOWRAは海上技術安全研究所に以下を委託する
 - ①“生産設計・建造一貫支援システムと生産方式の確立”に関連する業務
 - 浮体式基礎3D生産設計システムを用いた生産設計、浮体式基礎建造シミュレータのシステム開発
 - スマートファクトリーの仕様策定
- FLOWRAはJ-DeEPに以下を委託する
 - ①“生産設計・建造一貫支援システムと生産方式の確立”に関連する業務
 - 専用工場(/ヤード)の生産手法の検討と必要な要素技術の抽出・提示
 - ③“加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討”に関連する業務
 - ヤードでの進水・港湾内での保管方法のあり方検討・成果まとめ

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 関係者間で月1回程度の定例会議を開催し、常に成果や課題を共有する。
- 全体取りまとめ者は各タスクの進捗を把握するとともにタスク間の調整を実施し、研究開発の円滑な遂行を図る。

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性 TWG2：浮体システムの大量/高速生産等技術開発

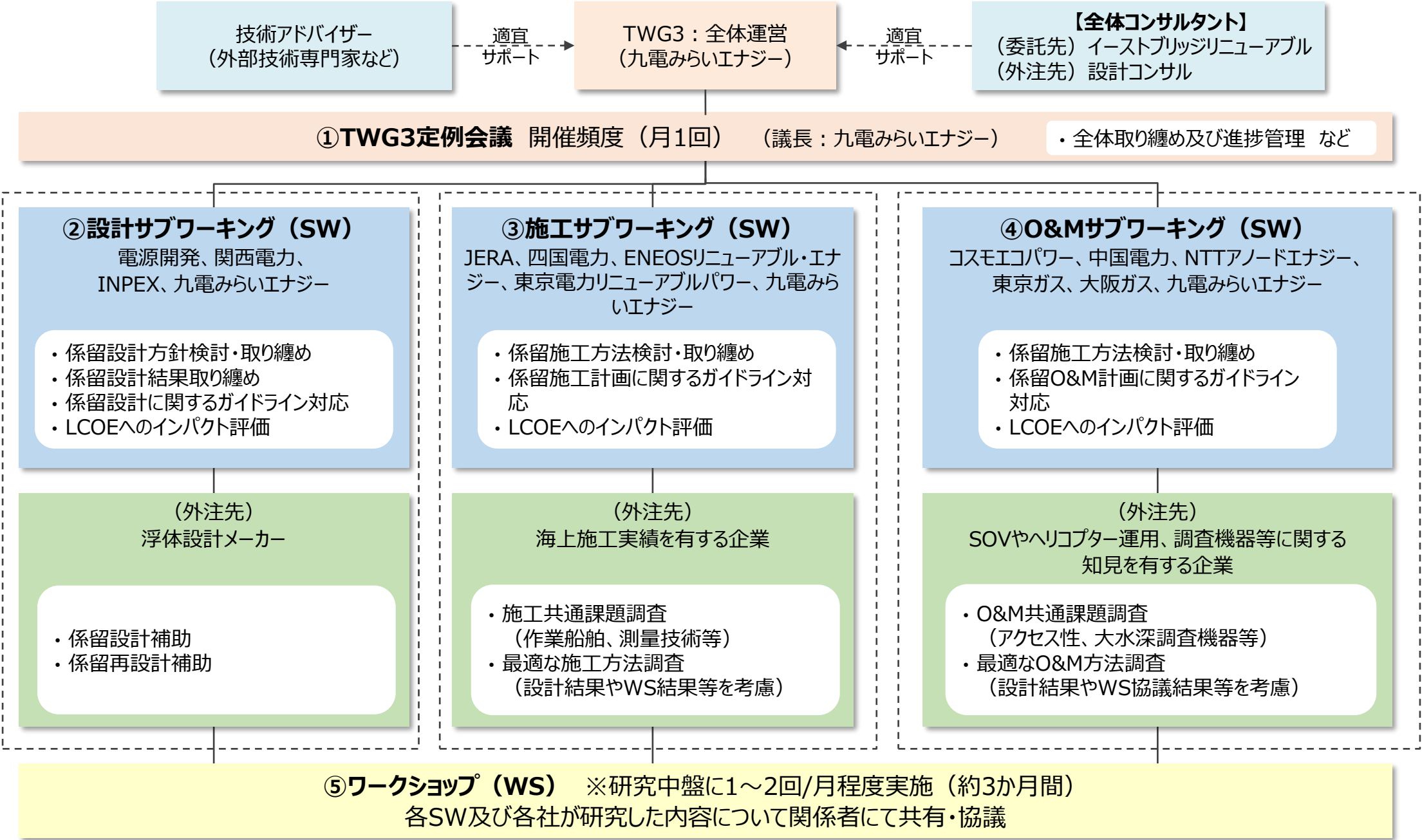
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	
② 浮体システムの大量／高速生産等技術開発	1 生産設計・建造一貫支援システムを用いた生産方式の確立	- 海技研の3Dモデルベースの船舶設計における自動化 - 海技研の船舶建造工程再現シミュレータ - 海技研の造船用搭載ブロック構造応答シミュレーション	【優位性】海技研では、船舶建造を対象とした類似システムの開発を実施しており、造船所における一定の検証実績を有する。 【リスク】製造各社が有している既存設備やシステムがあり、開発するシステムへの導入期間に差が出る可能性がある。
	2 製造における各種自動化手法の確立	- FLOWRA（東京電力リニューアブルパワー、東京ガス）は「GI基金1-②浮体式基礎製造・設置の量産化・低コスト化」技術開発事業での活動実績 - 既存の自動溶接機、自動塗装機等 - 既存の非破壊検査機器や、それらを搭載可能な自動機等	【優位性】FLOWRA（東京電力リニューアブルパワー、東京ガス）では、モックアップ試験等に基づく量産化における技術的要点やリスクの知見を有する。 【優位性】溶接・塗装ともに国内の多様な業種（造船・建築・橋梁等）での使用実績を有する機器がある。 【優位性】各種計測・検査の自動化技術については、国内で船舶を対象した研究開発の経験を有する機関がある。 【リスク】製造各社の設備事情や生産設計結果（ブロック分割やそれに応じた建造方法等）によっては、各種自動化技術の適用範囲が限定される可能性がある。
	3 加工・組立の標準策定に必要な事項等の取り纏め及び進水・保管のあり方検討	- 造船用の工作精度標準（JSQS）【日本船舶海洋工学会】 - 造船用の塗装性能基準（PSPC）【国際海事機関(IMO)】 - J-DeEPの海洋産業タスクフォースでの活動実績	【優位性】造船用の工作精度標準は、造船業界で広く標準として使用されているものであり、その認知度、使用実績ともに十分である。 【優位性】造船用の工作精度標準を発行（随時更新）している日本船舶海洋工学会の研究会メンバーの協力を得ることができる。 【優位性】国内で船舶の国際的塗装性能基準（PSPC）を取りまとめた経験を有する機関がある。 【優位性】J-DeEPは海事産業に関わる多様な専門家から構成される組織であり、海洋産業タスクフォースでの活動実績を有している。

2. 研究開発計画

TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

0. TWG3における各主体の役割分担



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

大水深における係留工・アンカー施工等技術に向けた目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

③大水深における係留・アンカー施工等技術開発

アウトプット目標

2030年度までに、遠距離・大水深における1GW級windファーム向け、係留システム共通基盤技術を協調体制で開発する

研究開発内容

1
遠距離・大水深における係留システム設計最適化

2
遠距離・大水深における施工計画の立案

3
遠距離・大水深におけるO&M計画の立案

KPI

KPI①：日本の大水深1,000m時における最適な係留索・アンカー仕様を立案する。係留設計に関するガイドライン・基準・規格等を認証機関等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。係留仕様がLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う。

KPI②：日本の大水深1,000m及び離岸距離80km 時における実行性の高い施工方法を立案する。係留施工計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。係留施工計画がLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う。

KPI③：日本の大水深1,000m及び離岸距離80km 時における実行性の高いO&M方法を立案する。O&M計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。O&M計画がLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う。

KPI設定の考え方

- ・ 施工性・メンテナンス性を勘案した上で、長期耐久性（20年）を追求するために、技術面での最適化が必要
 - ・ 豊富な経験を有する国内外浮体メーカーと概略係留設計を行うとともに、施工面及びO&M面も考慮した上で、日本の大水深1,000m時における最適な係留索・アンカー仕様を立案
 - ・ その上で、係留設計に関するガイドライン・基準・規格等を認証機関等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ取り纏めるとともに、係留仕様がLCOEへ与えるインパクトについて評価
-
- ・ 遠距離・大水深プロジェクトにおける施工方法の確立を目指すと同時に、価格競争力を追求するために、工程短縮を目指している
 - ・ 上記設計仕様について、日本の大水深1,000m時でも実行性の高い施工方法を立案
 - ・ 係留施工計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ取り纏めるとともに、係留施工計画がLCOEへ与えるインパクトについて評価
-
- ・ 遠距離・大水深プロジェクトにおける発電量最大化と、効率化（O&M期間短縮・24時間体制構築等）を追求するために、特殊工事船や特殊機器の開発・導入を目指す
 - ・ 上記設計仕様について、日本の大水深1,000m及び離岸距離80km時でも実行性の高いO&M方法を立案
 - ・ その上で、O&M計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ取り纏めるとともに、O&M計画がLCOEへ与えるインパクトについて評価

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 遠距離・大水深における係留システム設計最適化	KPI①：日本の大水深1,000m時における最適な係留索・アンカー仕様を立案する。係留設計に関するガイドライン・基準・規格等を認証機関等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。係留仕様はLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う。	水深約120mにおける設計実績（TRL4）	水深1,000mにおける実行性の高い係留仕様の立案及びガイドライン等の策定に必要な事項取り纏め、LCOEへのインパクト評価（TRL6）	- 施工・O&M面まで一貫した技術検討実施する - 特に、施工・O&M面での実行性を勘案した上で、係留方式・アンカー方式・係留索材質・本数（冗長性）・共有アンカー等の最適化、大水深対応としての係留索軽量化に関する技術検討作業を行う - これらの検討結果を踏まえ、係留設計に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める - また、係留仕様はLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う	浮体式洋上風力設計実績を有する国内外企業と協業（90%）
2 遠距離・大水深における施工計画の立案	KPI②：日本の大水深1,000m及び離岸距離80km時における実行性の高い施工方法を立案する。係留施工計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。係留施工計画はLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う。	水深約120mにおける施工実績（TRL4）	水深1,000mにおける実行性の高い施工方法立案及びガイドライン等の策定に必要な事項取り纏め、LCOEへのインパクト評価（TRL6）	- 大水深・リモート環境における特殊工事船（SOV/CLV/AHTS等）や特殊機器（ROV等）の導入に基づく、アンカー設置・係留索据付・フックアップ作業等の施工方法を策定し、実行性の検証を行う - これらの検討結果を踏まえ、係留施工計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める - また、係留施工計画はLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う	浮体式洋上風力施工実績を有する国内外企業と協業（80%）
3 遠距離・大水深におけるO&M計画の立案	KPI③：日本の大水深1,000m及び離岸距離80km時における実行性の高いO&M方法を立案する。O&M計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める。O&M計画はLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う。	水深約120m、離岸距離約20kmにおけるO&M実績（TRL4）	水深1,000m及び離岸距離80kmにおける実行性の高いO&M方法立案及びガイドライン等の策定に必要な事項取り纏め、LCOEへのインパクト評価（TRL6）	- 特殊工事船の開発・導入による風車並びにサイトアクセス性、さらに、修繕対応能力を改善（特に冬季） - O&M作業期間短縮・効率化実現のために、特殊工事船を導入し、24時間/365日作業体制構築 - 大水深対応として、O&M特殊機材の開発・導入（ROV・エコーソナー等） - 遠方サイトにおける安全管理体制構築（ヘリコプター導入、海上保安・消防・病院・警察・自衛隊連携） - これらの検討結果を踏まえ、O&M計画に関するガイドライン・基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める - また、O&M計画はLCOEへ与えるインパクトについて評価を行う	浮体式洋上風力O&M（船舶運用、調査機器作業）実績を有する国内外企業と協業（80%）

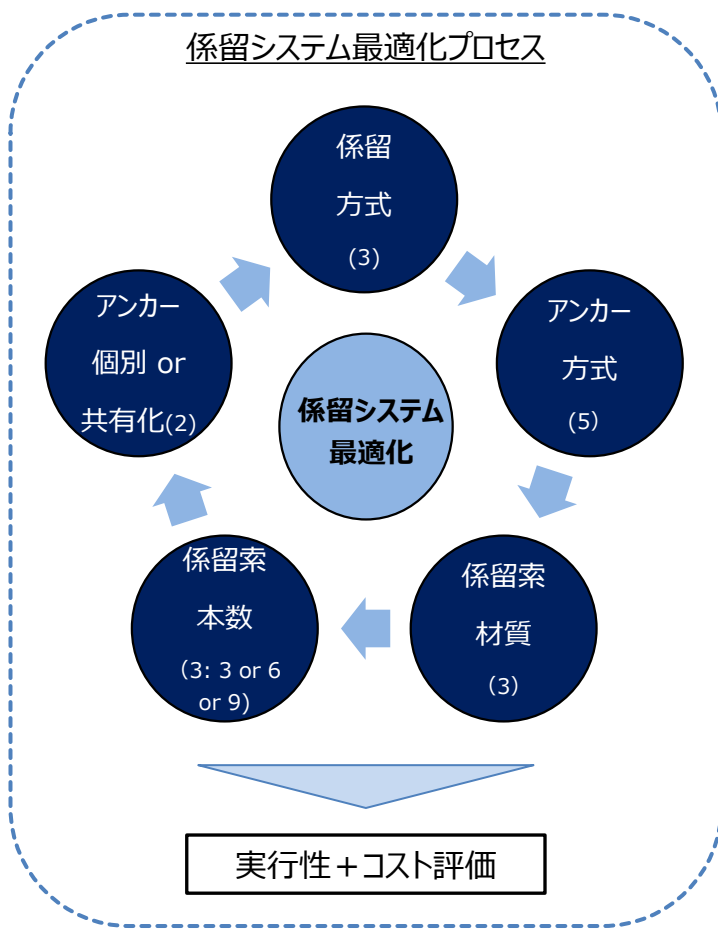
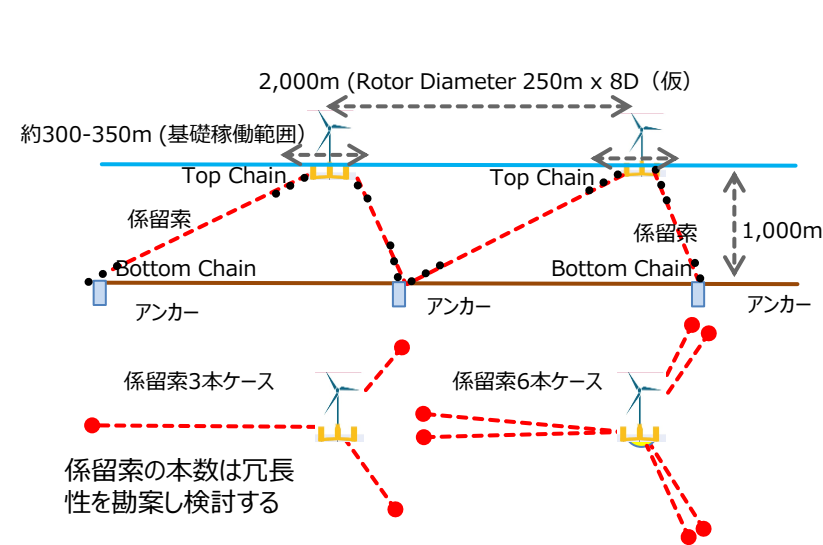
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

1 遠距離・大水深における
係留システム設計最適化

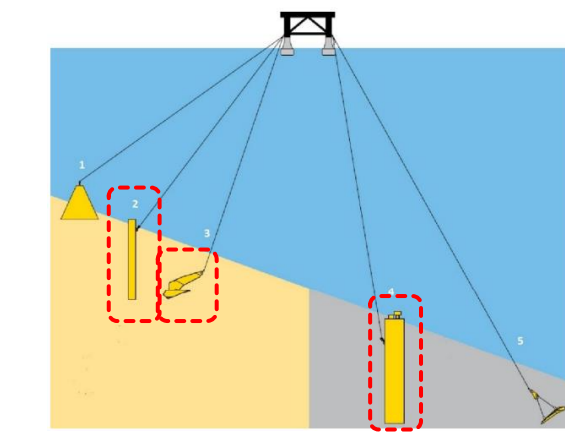
2 遠距離・大水深における
施工計画の立案

3 遠距離・大水深における
O&M計画の立案

目 標：国内自然環境（台風・落雷・地震・津波）並びに各サイト条件に基づき、1GW級ウィンドファーム向け係留システムの設計最適化プロセスの確立を目指す。
研究内容：①係留形式、②アンカー方式（耐震設計ほか）、③係留索本数（冗長性、サプライチェーンほか）、④係留索材質（合成繊維索選定）、⑤アンカー共有化等という観点より、システム最適化を図る。その際、複数の係留システム（案）に基づき、資材調達・施工・工事船手配・O&Mにおける実行性、並びに、資材、敷設等について比較検証する。



欧州実証実績状況の調査や初期検討を実施した上で、可能性の高いケースを絞り込みながら検討作業を進める



アンカー方式は、①重力式、②パイルアンカー、③ドラッグアンカー、④サクションアンカー、⑤プレートアンカーの5種類に大別される。海底地質条件・把駐力を勘案し検討する



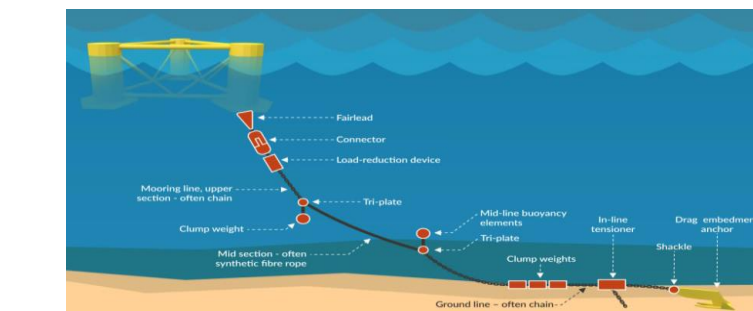
ポリエステルロープ

出典：<https://www.powermag.com/the-tremendous-potential-and-challenge-of-offshore-wind-energy/>



高弾性ポリエチレンロープ（HMPE）

出典：<https://uniliftglobal.com/dynamica-synthetic-ropes.html>



係留方式により必要な装備品を検討する

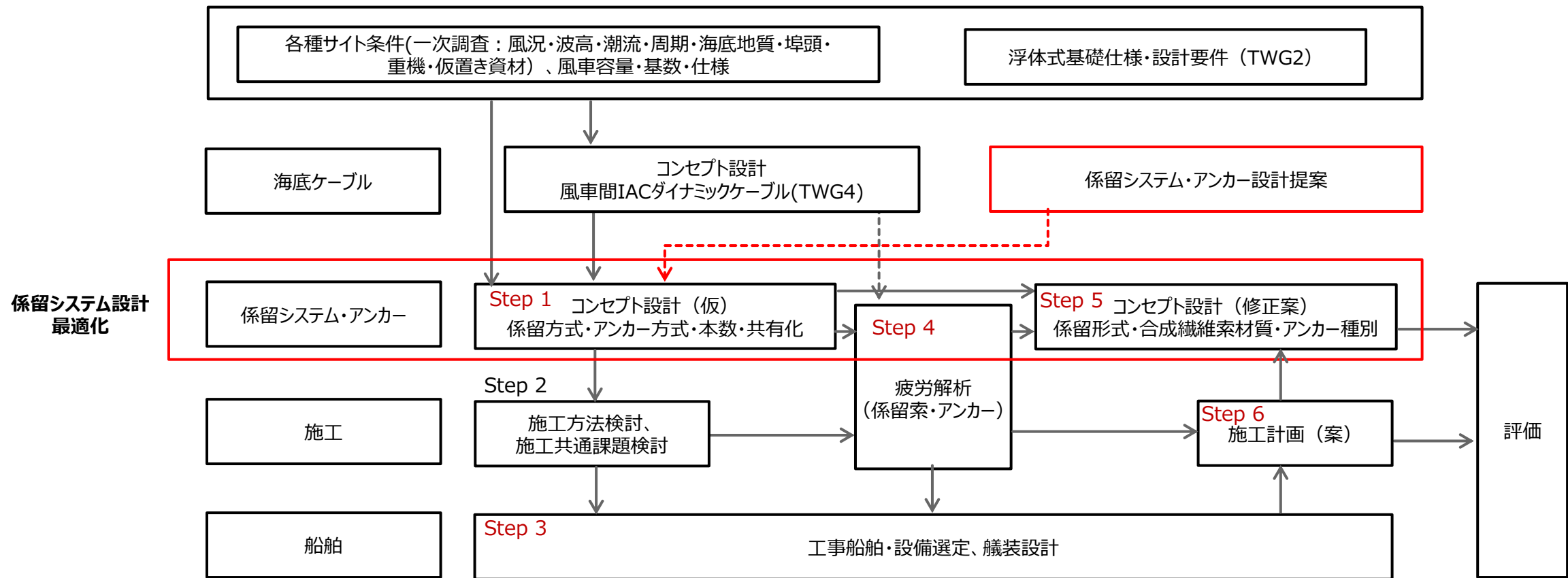
係留索トップとボトムは鋼製チェーンを使用予定であるが、中央部分は軽量化を図るために合成繊維索を使用予定

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

- 1 遠距離・大水深における係留システム設計最適化
- 2 遠距離・大水深における施工計画の立案
- 3 遠距離・大水深におけるO&M計画の立案

係留システム・設計作業フロー：

- Step 1: 各種サイト条件並びに海底ケーブル技術要件より、係留索のコンセプト設計（仮）を検討。
- Step 4: コンセプト設計・案に基づき疲労解析実施。
- Step 5: コンセプト設計（仮）に基づき、施工方法や必要な工事船舶の選定・疲労解析を実施し、その結果をコンセプト設計に反映させ修正案を策定。



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

1 遠距離・大水深における
係留システム設計最適化

2 遠距離・大水深における
施工計画の立案

3 遠距離・大水深における
O&M計画の立案

目 標：国内自然環境（台風・落雷・地震・津波）並びに各サイト条件に基づき、1GW級ウィンドファーム向け係留システムの施工計画を立案する。

研究内容：係留システム設計作業にて絞り込んだ複数の最適化ケースに関し、各作業工程（下記①～⑤）における施工計画を立案し、工程スケジュール面での比較評価を実施する。その際、大水深における各種作業に適した特殊工事船の選定評価を行い、船上での作業内容に基づいた艀装・デッキレイアウトの検討とともに、係留システム自体の疲労解析を実施し、実行性を検証する。

施工工程

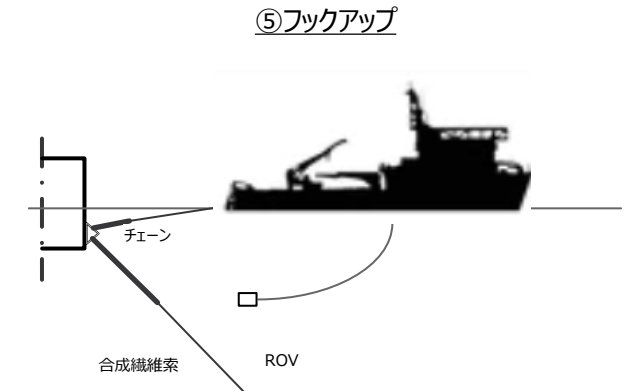
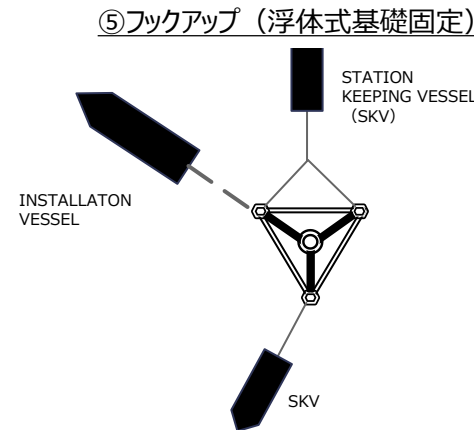
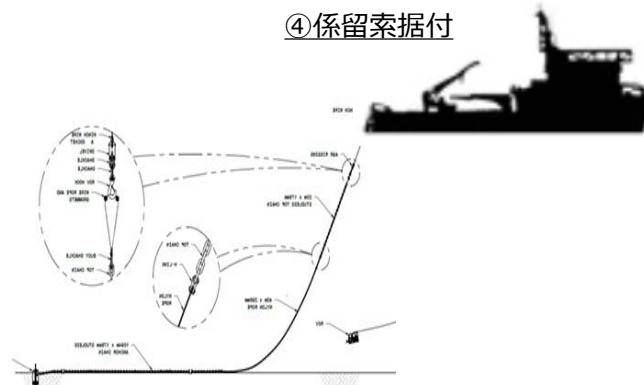
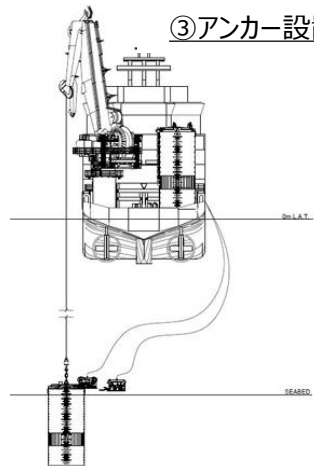
①搬入・仮組立

②輸送

③アンカー設置

④係留索据付

⑤フックアップ



- ・サクショアンカーの設置自体は、水深1,000m以上で実績があるので技術的には実証されているが、今後は、地質条件に基づき、耐震設計や液状化対策を勘案した際に、実行性が見出せるかが課題
- ・一方、杭式アンカーの場合は、大水深1,000mにおいて、リモート環境下における設置方法の実績が乏しく、設置方法自体を開発していく必要があることが課題

- ・係留索の据付自体は、水深1,000m以上で実績があるので技術的には実証されている
- ・合成繊維索それぞれの特性（浮力の違いや弾性の違い等）から海象条件（潮流・周期・波高）に対する影響度を勘案し、それぞれ適切な工法を整理・開発することが課題

- ・大型特殊工事船狭いサイトエリア内に密集してくることから、安全管理、作業手順、相互コミュニケーション方法等、細かい工事要領書の整理やリスク分析が課題

- ・多数の工事船舶が同時に作業を実施すること、また、海中の状況をリアルタイムでモニタリングできるような体制・後方を整備することが課題。海底ケーブルのpull in作業と同様の難しさが想定される。つまり、海中の状況が見えていない多数の作業班が音声だけに基づいて同時に作業を実施する必要があり難易度は高い

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

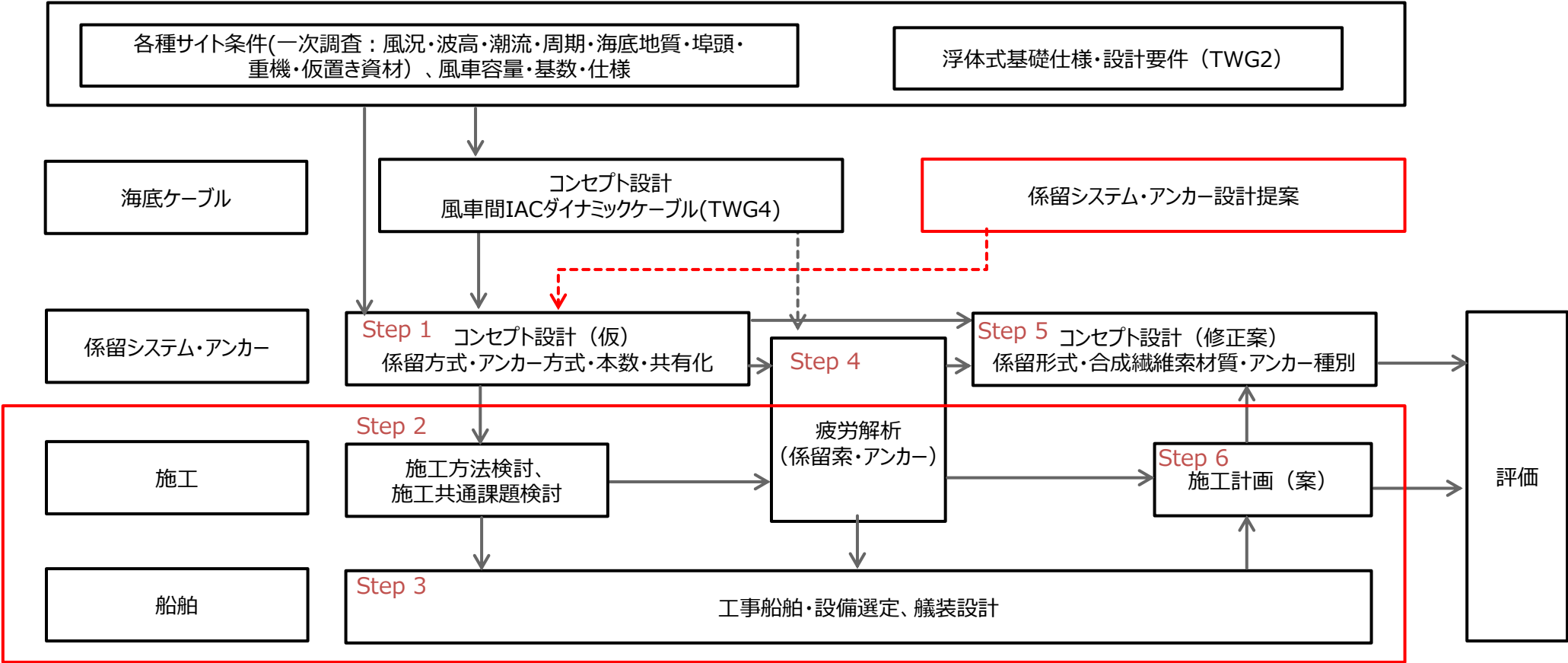
1 遠距離・大水深における
係留システム設計最適化

2 遠距離・大水深における
施工計画の立案

3 遠距離・大水深における
O&M計画の立案

係留施工計画立案・作業フロー：

- Step 2:コンセプト設計・案（複数ケース）に基づき施工方法（案）を作業工程に分けて検討。
- Step 3:大水深での施工方法に基づき特殊工事船の選定評価、さらに、洋上での作業に基づき艀装・デッキレイアウト等を検討。
- Step 4:コンセプト設計・案に基づき必要に応じ、疲労解析実施。
- Step 6:上記結果を、施工計画に反映し、最終的に工程スケジュールへの影響を評価。



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

1 遠距離・大水深における
係留システム設計最適化

2 遠距離・大水深における
施工計画の立案

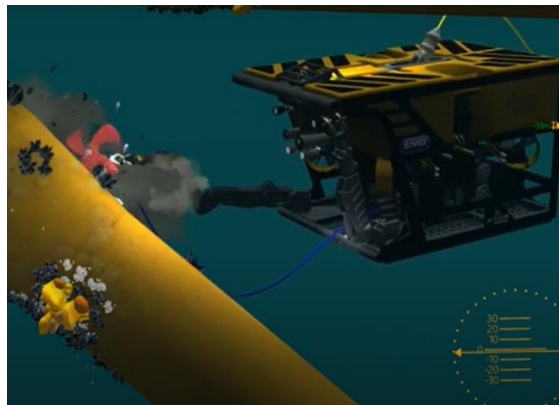
3 遠距離・大水深における
O&M計画の立案

目 標：国内自然環境条件（台風・落雷・地震・津波）を勘案した上で、各サイト条件に基づき実行性の高いO&M計画の立案を目指す。

研究内容：下記StepにてO&M計画の立案を目指す。

- 1) Step 1:各浮体式洋上風力風力発電設備（風車・基礎・海底ケーブル・係留索）に関するO&M内容と、想定される作業時間を把握する。特に、国内、並びに、欧州関係者から情報収集を通じて、各機器に関する定期点検、並びに、突発事故対応となる非定期点検の頻度、想定される作業時間の把握に努める。
- 2) Step 2：着床式と浮体式洋上風力発電の比較を行った上で、技術・インフラ整備（港湾設備等）面での課題を整理する。特に、それぞれの発電設備（風車・基礎・ケーブル・係留索）に関する大水深対応、遠距離サイト対応、大規模修繕対応等の主要な課題を整理する。
- 3) Step 3：各実証サイトにおける年間海象・気象条件下、風車・サイトへのアクセス性（CTV/SOV/ヘリコプター）、並びに、作業性を比較検証する。特に、アクセス手段により、洋上での作業実施時間が大きく変わってくるため（日中 or 24時間作業）、洋上サイトにおける作業員数やO&M作業の効率性、さらに、大水深対応として調査機器の作業性・機能性を勘案し、比較検証を行う。
- 4) Step 4：それぞれの発電設備に関する時系列ごとのO&M作業責任所掌や、O&M契約に関わる主要商務・技術条件を整理した上で、概算O&M費用を検証する。特に、サイト水深と離岸距離等の変動要因と概算O&M費用の関連性を検証する。
- 5) 上記に基づき技術・商務面から国内実証サイトにおけるO&M計画の立案をする。

ROVに浮体基礎の点検をしているところ。



出典：<https://www.smd.co.uk/our-products/smd-services/sentio-training-simulator/>

SOVにてメルクール洋上風力発電所のGE製風車へアクセスしているところ。



出典：<https://bs-shipmanagement.com/ship-management/>

ヘリコプターから風車にエンジニアを移送しているところ。



出典：<https://www.youtube.com/watch?v=lizY7OjljSk>

福島沖浮体式洋上ウインドファーム
実証研究事業におけるCTV運航状況

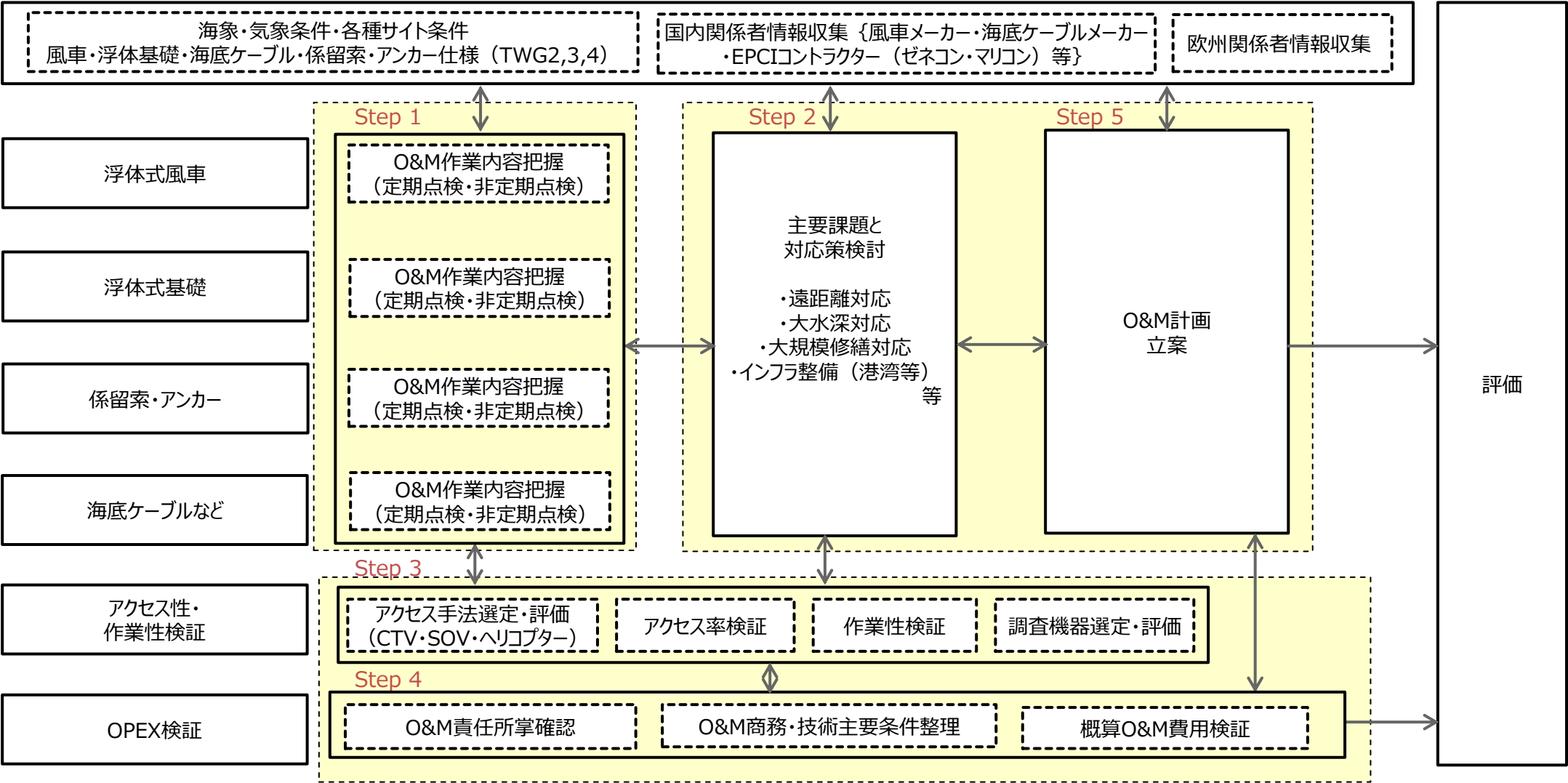


出典：<http://www.tokyokisen.co.jp/service>

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

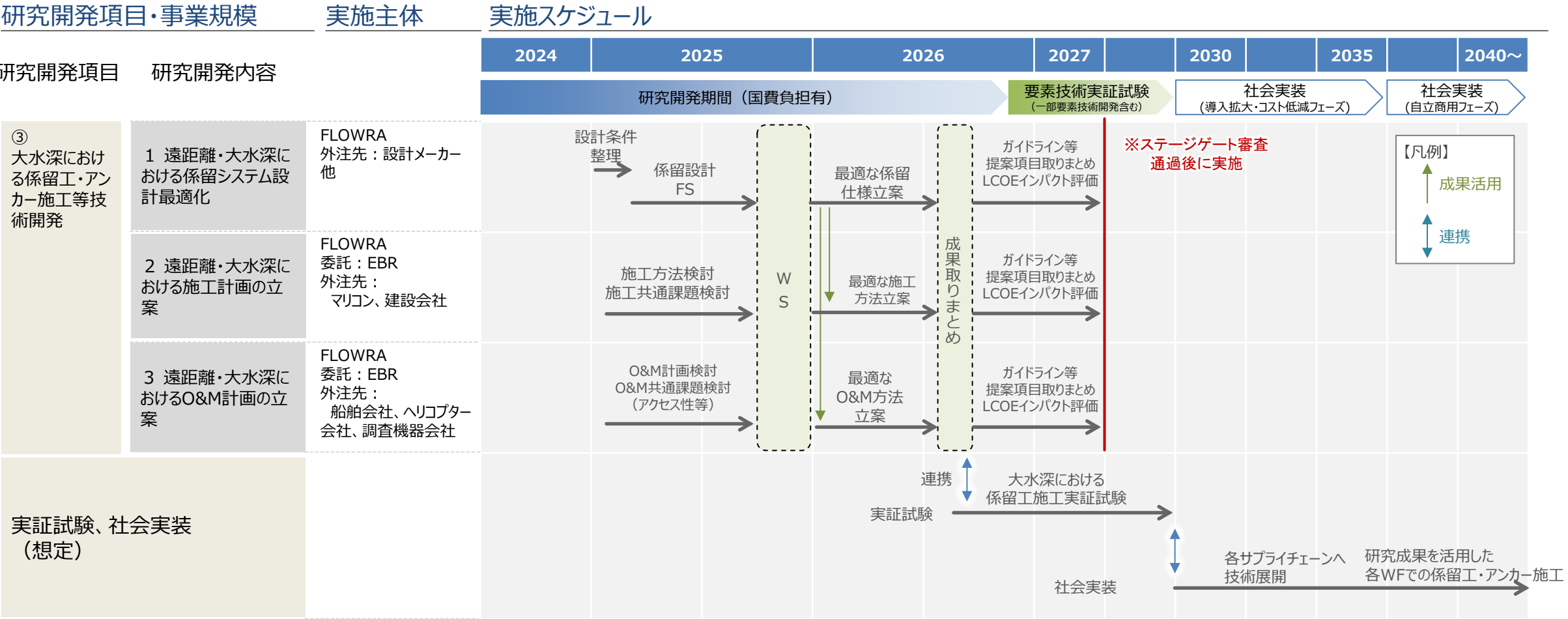
- 1 遠距離・大水深における係留システム設計最適化
- 2 遠距離・大水深における施工計画の立案
- 3 遠距離・大水深におけるO&M計画の立案

O&M計画立案・作業フロー



2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

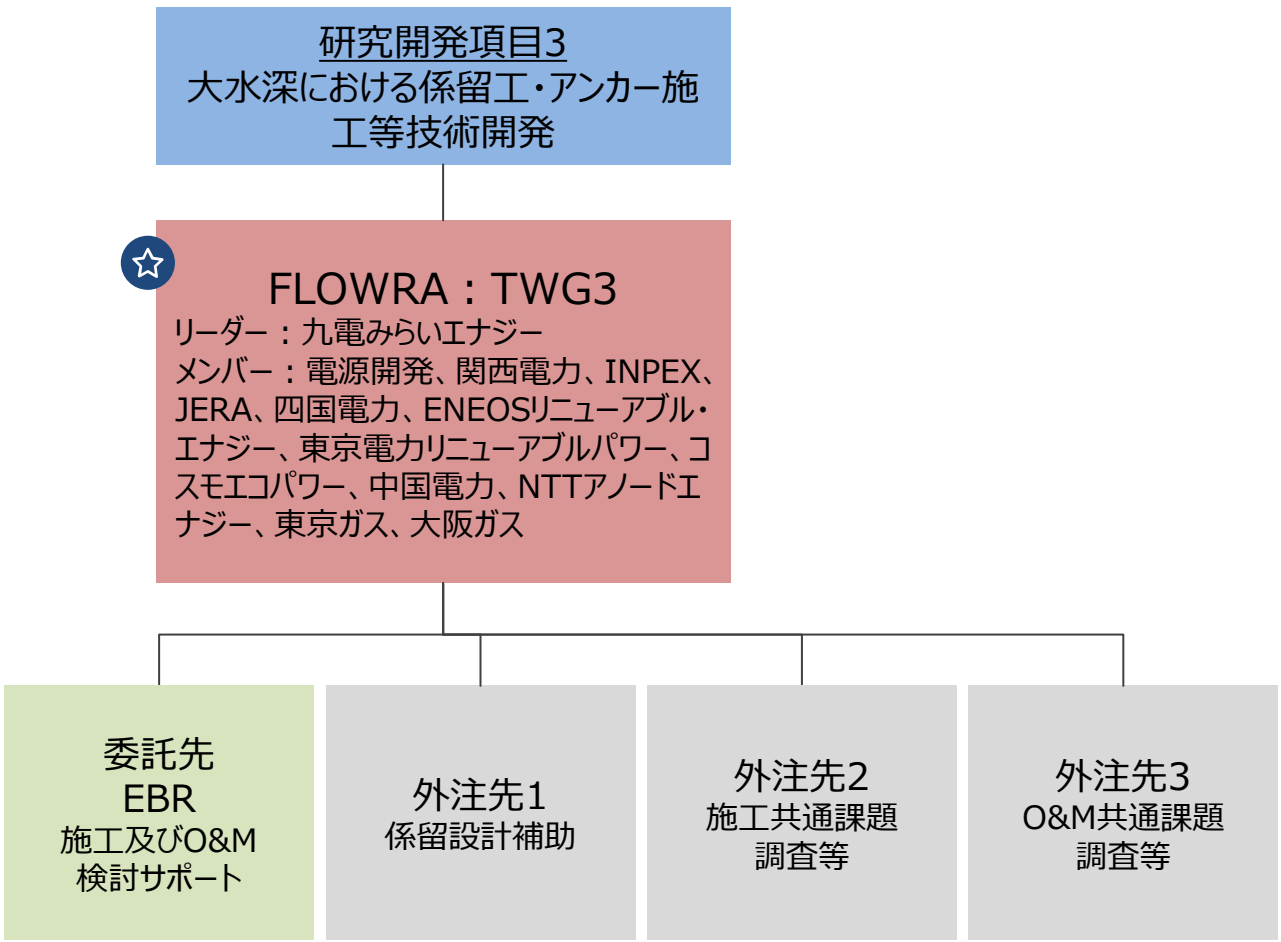
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



★ 幹事企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目③（大水深における係留工・アンカー施工等技術開発）の取りまとめは、FLOWRAが行う
- イーストブリッジリニューアブル（EBR）は係留施工及びO&M手法の技術的サポート等を担当する
- 係留設計補助は国内外で係留設計の実績を有する企業へ外注し研究を進める
- 施工共通課題調査等は国内で海上施工の実績を有する企業へ外注し研究を進める
- O&M共通課題調査等は国内のSOVやヘリコプター運用、調査機器等に対し知見を有する企業へ外注し研究を進める

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 月1回程度の定例会議等で進捗状況や課題等を共有し適宜連携を図る
- 研究中盤では、ワークショップを開催し各分野と連携及び協議を行うとともに、係留再設計や最適な施工計画立案、O&M計画立案を実施し全体最適化を目指す

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性 TWG3：大水深における係留・アンカー施工等技術開発

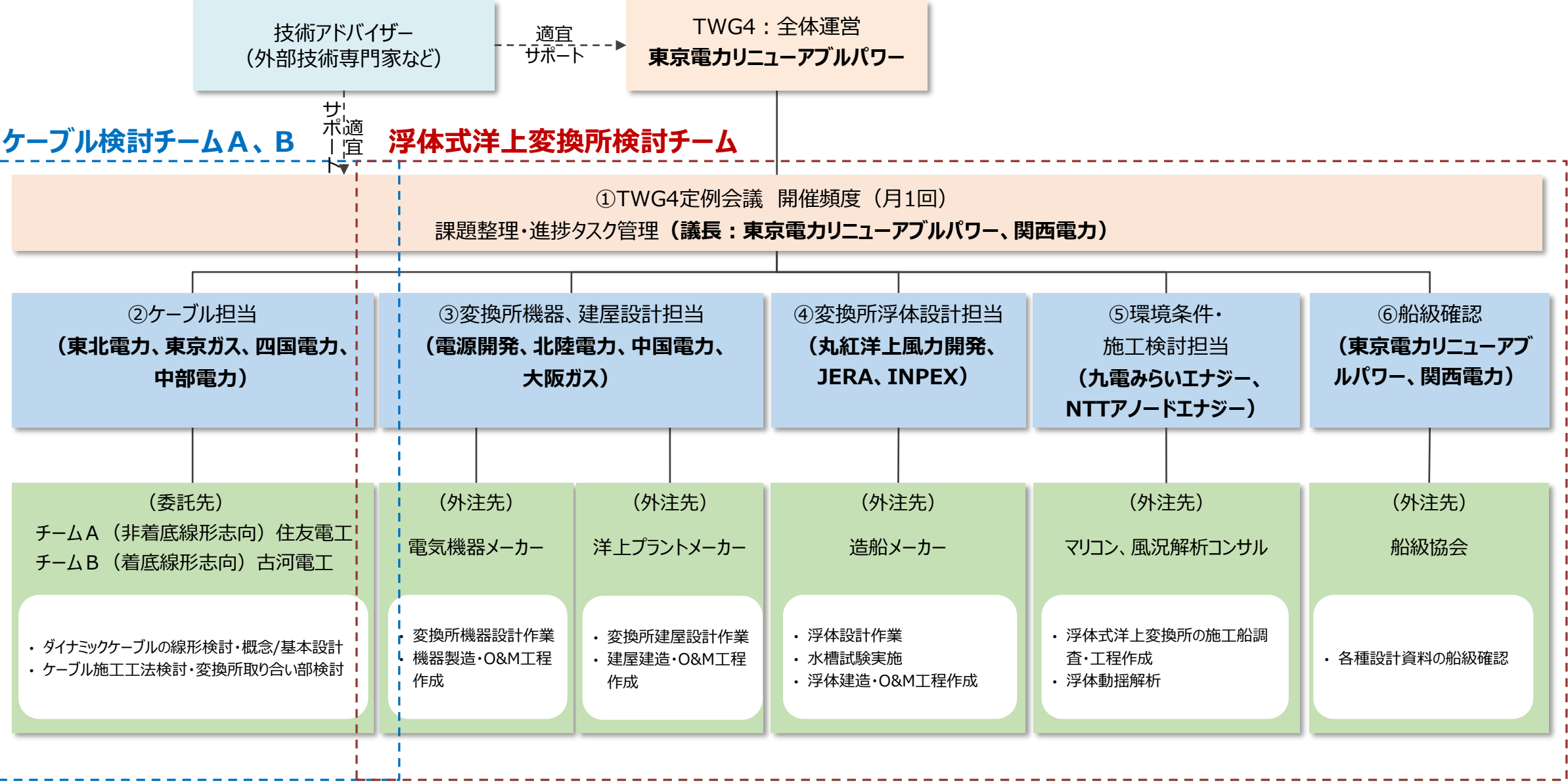
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
③ 大水深における係留工・アンカー施工等技術開発	1 遠距離・大水深における係留システム設計最適化	国内外で浮体式WF建設実績を有する浮体メーカーと連携し設計を実施	【優位性】国内外の浮体式洋上風力に関する知見を有するメーカーとの連携
	2 遠距離・大水深における施工計画の立案	海洋工事で多数の実績を有する企業と連携し施工方法等を検討	【優位性】国内浮体式洋上風力の建設及び撤去工事の経験等を反映した施工方法立案
	3 遠距離・大水深におけるO&M計画の立案	SOVやヘリコプター、調査機器（ROV、AUV）に関する運航実績や知見を有する企業と連携しO&M手法等を検討	【優位性】国内での船舶やヘリコプター運航の経験等を反映したアクセス性立案 【優位性】国内でのROVやAUV作業の経験等を反映した調査機器検討

2. 研究開発計画

TWG4：大水深に対応する送電技術の開発

0. TWG4における各主体の役割分担



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発

各研究内容における社会実装へ向けた課題と解決策

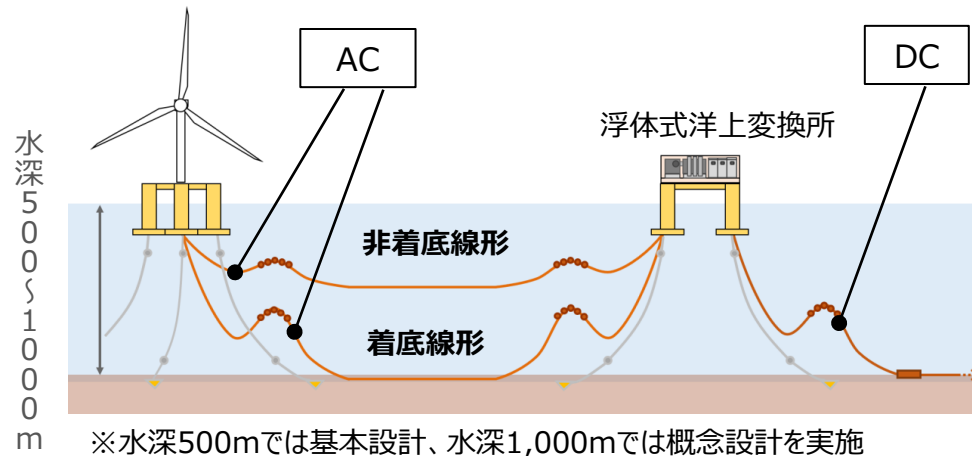
- 大水深におけるGW級windファームで発電された電力を効率的に送電するため、大水深に対応したダイナミックケーブル及び浮体式洋上変換所の技術確立に向けた各種検討作業を実施する。

大水深におけるダイナミックケーブルの設計・製造・布設の主な課題

- 大水深における環境条件の変化への対応
- 大水深への設置によりケーブルにかかる荷重の増大への対応
- 大水深での確実なケーブル布設作業の実施

【解決策】

- モデル海域における環境条件の把握
- ケーブルの軽量化・耐張力向上に資する新構造・素材の開発及びケーブル線形の工夫の検討
- 大水深での布設作業に適したケーブル接続部材の検討
- 大水深での布設作業に必要な機装、施工船の検討

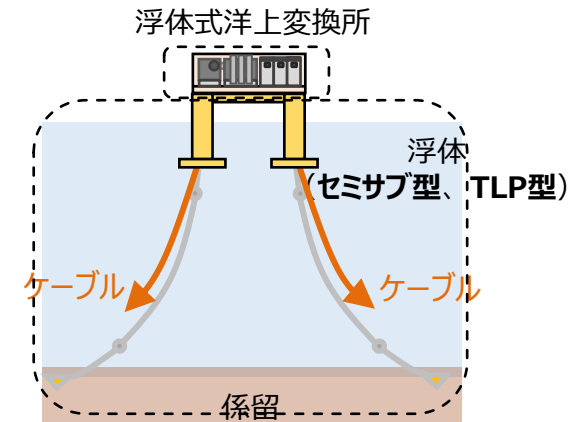


大水深における浮体式洋上変換所の設計・製造・施工の主な課題

- 大水深における環境条件の変化への対応
- 大規模容量に対応したトップサイドの外形・重量の増大への対応
- 浮体動揺による変換器の許容傾斜への影響

【解決策】

- モデル海域における環境条件の把握
- 変換素子の多様化、冷却システムの見直し等による最適配置の検討
- 浮体形式の多様化（セミサブ型、TLP型）



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【共通】

④大水深に対応する送電技術の開発 | アウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
④大水深に対応する送電技術の開発		2030年度までに、大水深に対応したダイナミックケーブル及び浮体式洋上変換所を開発	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
1 大水深に対応したダイナミックケーブル開発	- 水深500mに対応したダイナミックケーブルの基本設計完了 - 水深1,000mに対応したダイナミックケーブルの概念設計完了およびLCOEへのインパクト評価 - 基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の立案	- 水深200mに対応するダイナミックケーブルは、GI基金事業フェーズ1-③で開発済み - EEZでの開発を見据えると、更なる大水深で適用可能な製品の開発が必要であるが水深500mを超えると技術的な開発難易度が高くなるため、水深500mまでは基本設計完了を目標とする - 水深1,000mまでは、水深500mまでの検討結果を踏まえた概念設計完了し、その成果をもとにLCOEへのインパクト評価することを目指す - 関係する認証機関等と連携・調整しつつダイナミックケーブルの基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の策定に必要な事項を取りまとめることを目標とする	
2 大水深に対応した浮体式洋上変換所開発	- 水深1,000mに対応したセミサブ型およびTLP型の浮体式洋上変換所の基本設計完了およびLCOEへのインパクト評価 - 基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の立案	- EEZでの開発を見据えると、大容量の直流送電を可能とする浮体式洋上変換所の必要性が極めて高まる - 浮体式洋上変換所は、世界でもまだ実装例の無い技術のため、まずは水深1,000mに対応したセミサブ型浮体またはTLP型浮体を適用した基本設計を完了し、その成果をもとにLCOEへのインパクト評価することを目指す - 関係する認証機関等と連携・調整しつつ浮体式変換所の基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の策定に必要な事項を取りまとめることを目標とする	

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【ケーブル検討チームA】

④大水深に対応する送電技術の開発 | 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容

④大水深に対応する送電技術の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-1a 水深500m級に対応した交流ダイナミックケーブル（非着底線形）開発	基本設計完了	水深200mに対応するための要素技術開発完了（TRL5）	水深500mに対応するための要素技術開発完了（TRL6）	- ケーブル構造解析により限界側圧を評価 - 非着底線形を志向した布設線形及び中間ブイ等のアクセサリーを検討 - 布設線形設計結果をもとに挙動解析を実施し線形評価	可能性高 (80%)
1-1b 水深500m級に対応した直流ダイナミックケーブル開発	基本設計完了	水深200mに対応するための要素技術開発完了（TRL5）	水深500mに対応するための要素技術開発完了（TRL6）	- ケーブル構造解析により限界側圧を評価 - 単心HVDC ケーブルの設計及び挙動解析を実施し、構造の適用可能性を評価 - 洋上接続部品の開発	可能性高 (80%)
1-1c 水深1,000m級に対応した交流ダイナミックケーブル開発（1-1a、1-1bを踏まえた概念設計）	概念設計完了	水深1,000m級に対応するための課題整理（TRL4）	水深1,000mに対応するための新規開発方針策定（TRL5）	- 大水深で布設が可能な軽量化ケーブル構造を検討 - 水深500m級に対応した交流・直流ダイナミックケーブルの検討結果をもとに、水深1,000m級に対応する交流ダイナミックケーブル仕様（構造・線形等含む）を検討	可能性中 (60%)
1-1d 水深1,000m級に対応した直流ダイナミックケーブル開発（1-1a、1-1bを踏まえた概念設計）	概念設計完了	水深1,000m級に対応するための課題整理（TRL4）	水深1,000mに対応するための新規開発方針策定（TRL5）	- 大水深での布設が可能な軽量化ケーブル構造を検討 - 水深500m級に対応した交流・直流ダイナミックケーブルの検討結果をもとに、水深1,000m級に対応する直流ダイナミックケーブル仕様（構造・線形等含む）を検討	可能性中 (60%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【ケーブル検討チームA】

④大水深に対応する送電技術の開発 | 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容

④大水深に対応する送電技術の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-1e 水深500m級に対応したダイナミックケーブル（非着底線形）の布設工法開発	艀装・工法検討完了	水深200mで布設可能 (TRL5)	水深500mで布設するための船 舶・艀装・工法の 検討完了 (TRL6)	- 大水深布設に対応した艀装（ブレーキ、シーブ）への要求事項及び布設工法、並びに布設管理方法を検討 - 線形に最適な布設工程を整理	可能性高 (80%)
1-1f 水深1,000m級に対応したダイナミックケーブルの布設工法開発（1-1a、1-1bを踏まえた検討）	施工船側への要求仕様整理完了	水深1,000m級に対応するための課題整理 (TRL4)	水深1,000mで布設するための施工船側への要求仕様整理 (TRL5)	水深1,000mに対応したダイナミックケーブルの概略検討結果に基づいて、施工船側への要求仕様を検討	可能性中 (60%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【ケーブル検討チームB】

④大水深に対応する送電技術の開発 | 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容

④大水深に対応する送電技術の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-2a 水深500m級に対応した交流ダイナミックケーブル（着底線形）開発	基本設計完了	水深200mに対応するための要素技術開発完了（TRL5）	水深500mに対応するための要素技術開発完了（TRL6）	- 開発済みの水深200mに対応する交流ダイナミックケーブルの限界水深検討 - 軽量化、耐張力性能向上に資する新構造の検討 - 着底線形を志向した布設線形及びアクセサリーの検討	可能性高 (80%)
1-2b 水深1,000m級に対応した交流ダイナミックケーブル開発（1-2aを踏まえた概念設計）	概念設計完了	水深1,000m級に対応するための課題整理（TRL4）	水深1,000mに対応するための新規開発方針策定（TRL5）	水深500m級に対応した交流ダイナミックケーブルの検討結果をもとに、水深1,000m級に対応する交流ダイナミックケーブル仕様（構造・線形等含む）を検討	可能性中 (60%)
1-2c 水深1,000m級に対応した直流ダイナミックケーブル開発（1-2aを踏まえた概念設計）	概念設計完了	水深1,000m級に対応するための課題整理（TRL4）	水深1,000mに対応するための新規開発方針策定（TRL5）	水深500m級に対応した交流・直流ダイナミックケーブルの検討結果をもとに、水深1,000m級に対応する直流ダイナミックケーブル仕様（構造・線形等含む）を検討	可能性中 (60%)

④大水深に対応する送電技術の開発 | 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容

④大水深に対応する送電技術の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-2d 水深500m級に対応したダイナミックケーブル（着底線形）の布設工法開発	艀装・工法検討完了	水深200mで布設可能（TRL5）	水深500mで布設するための船舶・艀装・工法の検討完了（TRL6）	- 最新の計画段階のケーブル布設船の仕様をもとに、水深500m級に対応したダイナミックケーブルを布設するために、艀装品の変更のみで良いか、それとも船舶の新造船が必要か等を検討 - 線形に最適な布設工程を検討	可能性高 (80%)
1-2e 水深1,000m級に対応したダイナミックケーブルの布設工法開発（1-2aを踏まえた検討）	施工船側への要求仕様整理完了	水深1,000m級に対応するための課題整理（TRL4）	水深1,000mで布設するための施工船側への要求仕様整理（TRL5）	水深1,000mに対応したダイナミックケーブルの概略検討結果に基づいて、施工船側への要求仕様を検討	可能性中 (60%)
1-3a ダイナミックケーブルの基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の立案	ガイドラインおよび基準・規格等の文案作成完了	ガイドラインおよび基準・規格等が大水深に対応していない	大水深に対応したガイドラインおよび基準・規格等の文案作成完了	1-1-a～fおよび1-2-a～eの研究で得られた成果をもとに、ダイナミックケーブルの基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める	可能性中 (60%)
1-3b ダイナミックケーブルのLCOEへのインパクト評価	コスト評価およびLCOEへのインパクト評価完了	大水深に対応した浮体式洋上風力のコスト情報なし	大水深に対応したコスト評価およびLCOEへのインパクト評価完了	1-1-c,d,fおよび1-2-b,c,eの研究で得られた水深1,000mに対応したダイナミックケーブルの概念設計等の結果をもとに、LCOEへのインパクト評価を行う	可能性中 (60%)

④大水深に対応する送電技術の開発 | 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容

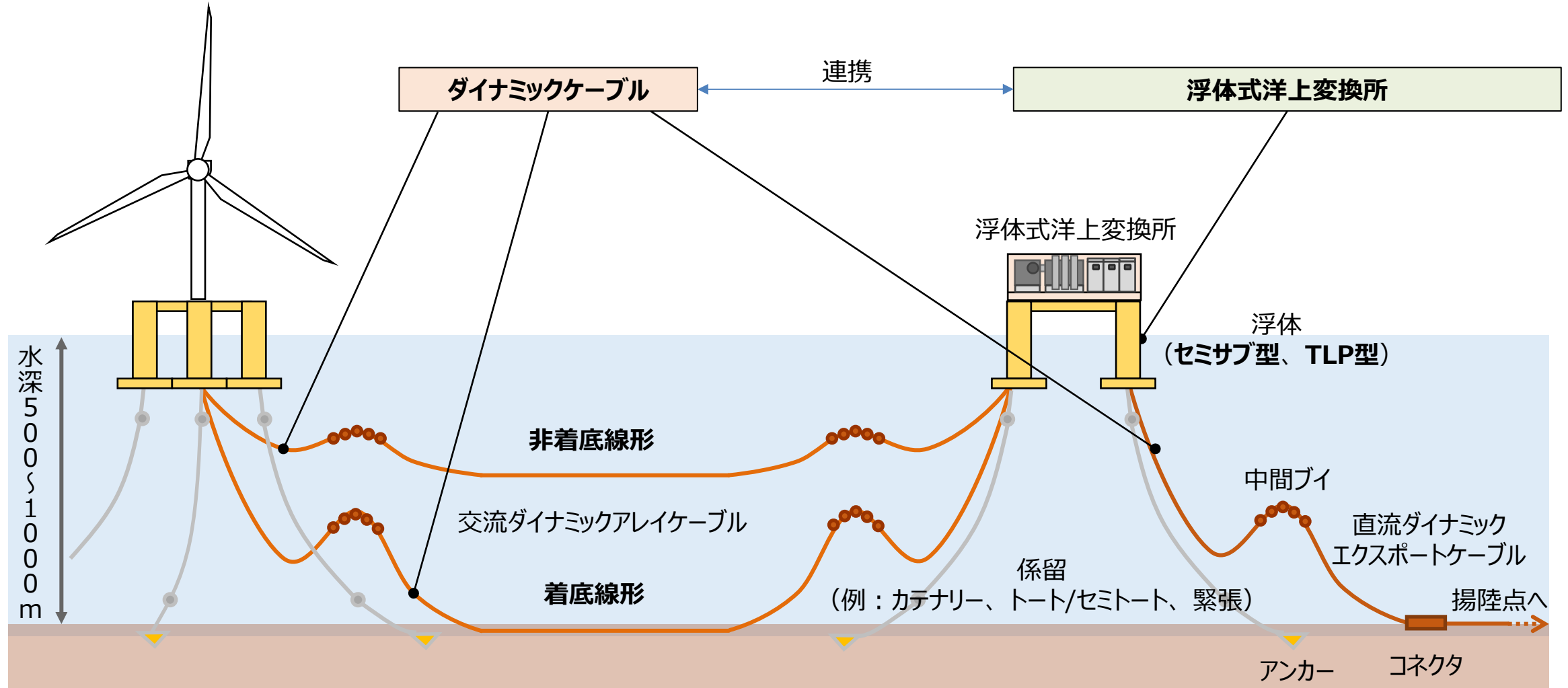
④大水深に対応する送電技術の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
2-1 セミサブ型の浮体式洋上変換所開発	基本設計完了	水深200mに対応した浮体式洋上変換所の基本設計完了 (TRL5)	水深1,000mに対応した浮体式洋上変換所の基本設計完了 (TRL6)	- 船舶規格に準拠した洋上変換所建屋設計 - 国内・近隣アジア諸国のドック規模を考慮したセミサブ型浮体の設計 - 建造・施工・O&M・撤去の工程検討 - 概算コスト評価	可能性高 (80%)
2-2 TLP型の浮体式洋上変換所開発	基本設計完了	Oil & Gasにて、水深1,000mに対応したTLP型プラットフォーム有 (TRL5)	水深1,000mに対応した浮体式洋上変換所の基本設計完了 (TRL6)	- 船舶規格に準拠した洋上変換所建屋設計 - 国内・近隣アジア諸国のドック規模を考慮したTLP型浮体の設計 - 建造・施工・O&M・撤去の工程検討 - 概算コスト評価	可能性高 (80%)
2-3 a 浮体式洋上変換所の基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の立案	ガイドラインおよび基準・規格等の文案作成完了	ガイドラインおよび基準・規格等が大水深に対応していない	大水深に対応したガイドラインおよび基準・規格等の文案作成完了	2-1および2-2の研究で得られた成果をもとに、浮体式洋上変換所の基本設計・施工ガイドライン案、基準・規格等の策定に必要な事項を、関係する認証機関等と連携・調整しつつ、取り纏める	可能性中 (60%)
2-3 b 浮体式洋上変換所のLCOEへのインパクト評価	コスト評価およびLCOEへのインパクト評価完了	大水深に対応した浮体式洋上風力のコスト情報なし	大水深に対応したコスト評価およびLCOEへのインパクト評価完了	2-1および2-2の研究で得られた成果をもとに、浮体式洋上変換所の検討結果をもとに、LCOEへのインパクト評価を行う	可能性中 (60%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【共通】

研究概要 | EEZでの浮体式洋上風力の大規模展開も見据えて、大水深での送電を可能とする技術を開発

- GI基金事業フェーズ1-③では、水深200mを対象としたダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所・変換所を開発を実施。
- 本事業では、**さらなる大水深として水深500m～1,000m**を対象とした**ダイナミックケーブル、浮体式洋上変換所**の開発に取り組む。



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【ケーブル検討チームA、B】

④-1 大水深に対応したダイナミックケーブル開発 | 現状、課題、解決策

現状	- GI基金事業フェーズ1-③にて、水深200mを対象とした66kV超級のダイナミックケーブルを開発済みである。 - EEZを含む海域への拡大を考慮すると、さらなる大水深に対応したダイナミックケーブルの開発が必要である。
課題※	- 水深が深くなると、ダイナミックケーブルにかかる水圧、張力等が増すため、海中動揺に対する耐久性に加えて、大水深での耐水圧性、耐張力性を持たせた仕様が求められる。 - 水圧及び張力に耐えるためのケーブルの最適な構成材料の検討に加えて、線形を工夫するなどのアプローチも選択肢として考えられる。 - 水深が深くなると、ケーブル布設時の施工船にかかる張力も高くなるため、耐張力性を備えた艀装品や新造船の開発などが必要となる。
解決策	- 大水深での浮体式洋上風力開発時に使用する可能性が高い、以下の2種類のケーブルを対象とし、最適な構成材料を検討して開発に取り組む。 ①風車間、風車-洋上変換所間で使用する交流ダイナミックケーブル ②洋上変換所-エクスポートケーブル間で使用する直流ダイナミックケーブル - 構成材料の検討に加えて、風車間、風車-洋上変換所間は着底線形と非着底線形の2ケースの採用が考えられるため、それぞれに最適な線形を検討する。 - ダイナミックケーブルにかかる張力の関係から、水深500mを超えると開発難易度が高くなるため、水深500mまでは基本設計、施工検討時の艀装・工法検討完了を目標とし、水深500m～1,000mは、水深500mまでの検討結果をもとに、今後のさらなる研究開発に向けた検討方針を見出すための概念設計完了を目標とする。

検討水深	開発対象	開発方針	
		委託先：住友電工 (研究項目：④-1-1a～f)	委託先：古河電工 (研究項目：④-1-2a～e)
500m	直流ダイナミックケーブル	着底線形の基本設計	-
	交流ダイナミックケーブル	非着底線形の基本設計	着底線形の基本設計
1,000m	直流ダイナミックケーブル	水深500mの検討結果を踏まえた概念設計	
	交流ダイナミックケーブル		

※開発を目指す交流ダイナミックアレイケーブルの電圧階級は、JEC標準電圧外のため現地耐圧試験等が必要であり、同ケーブルの社会実装の課題と認識している。そのため、電気設備技術基準に基づいた現地耐圧試験の省略、最適な変電機器設計・ケーブル設計を可能とするため、現在JECの標準外電圧である132kVの規格化を目指して関連機関と協議を行っていくことを指向する。

④-2 大水深に対応した浮体式洋上変換所開発 | 現状、課題、解決策

現状	- GI基金事業フェーズ1-③にて、水深200mを対象とした浮体式洋上変換所を開発済みである。 - EEZを含む海域への拡大を考慮すると、更なる大水深に対応した浮体式洋上変換所の開発が必要である。
課題	- 水深が深くなると気象・海象などの環境条件が厳しくなるため、浮体式洋上変換所が大型化・重量化する。 - 大水深の厳しい環境下で実施できる施工方法の検討が必要である。 - 遠洋での浮体式洋上変換所の維持管理手法に係る検討・整理が必要である。
解決策	- 機器・建屋の小型化・軽量化に資する検討を行い、浮体式洋上変換所の概略設計（浮体の形式・寸法・係留索、建屋の寸法・構造形式、主要電気関係設備の配置検討）、建造・施工方法、保守・メンテナンス並びに撤去方法を検討し、総合評価（コスト・技術的実現性等）を実施する。 - 水深等の環境条件に応じて形式を選択できるように、セミサブ型とTLP型の浮体で、開発に取り組む。 - 機器の小型化・軽量化を目指し、多様な複数の変換素子で検討する。 - 建屋の小型化・軽量化を目指し、最適な冷却方式の導入を検討する。

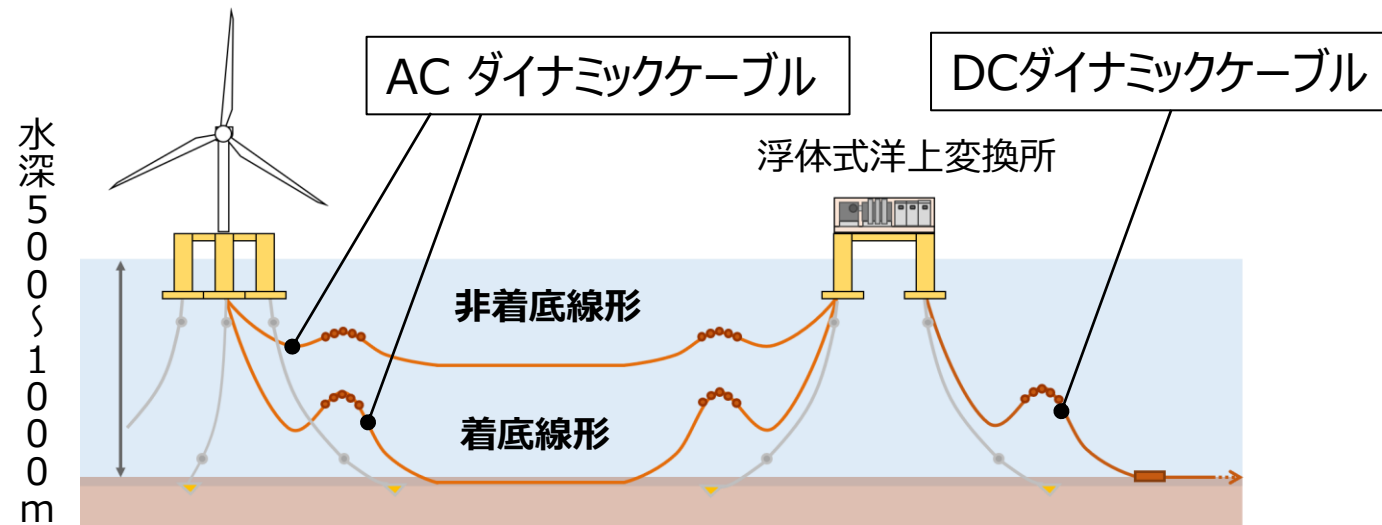
検討ケース	項目		仕様	
	変換器	変換素子	複数タイプの変換素子	

浮体	項目		仕様	
	浮体形式		セミサブ型	TLP型

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【ケーブル検討チームA、B】

【参考資料】大水深に対応したダイナミックケーブル開発のイメージ

本応募の研究概要

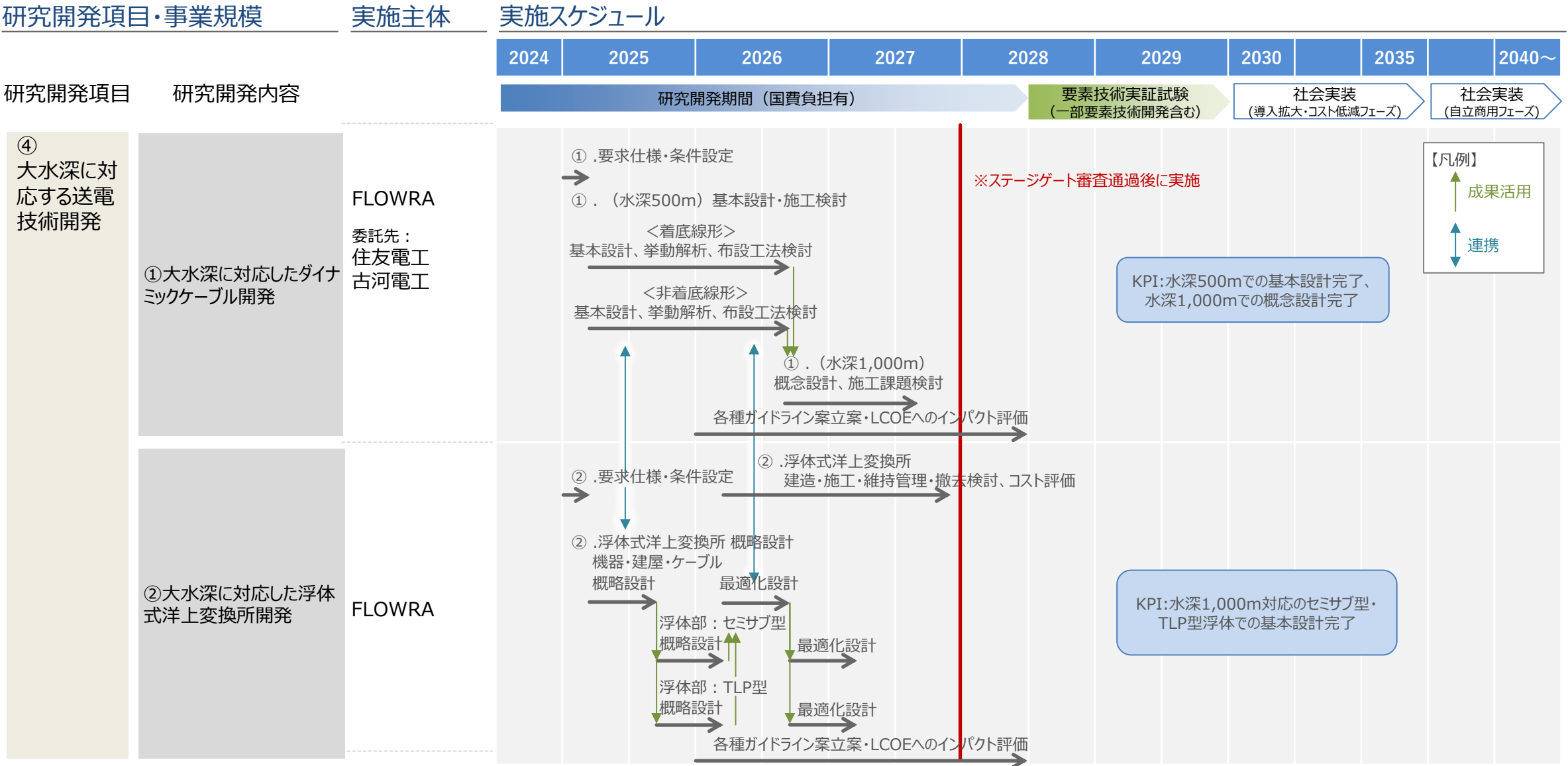


※水深500mでは基本設計、水深1,000mでは概念設計を実施

大水深に伴う水圧・張力等の増加に対応した
ダイナミックケーブルの開発

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【共通】

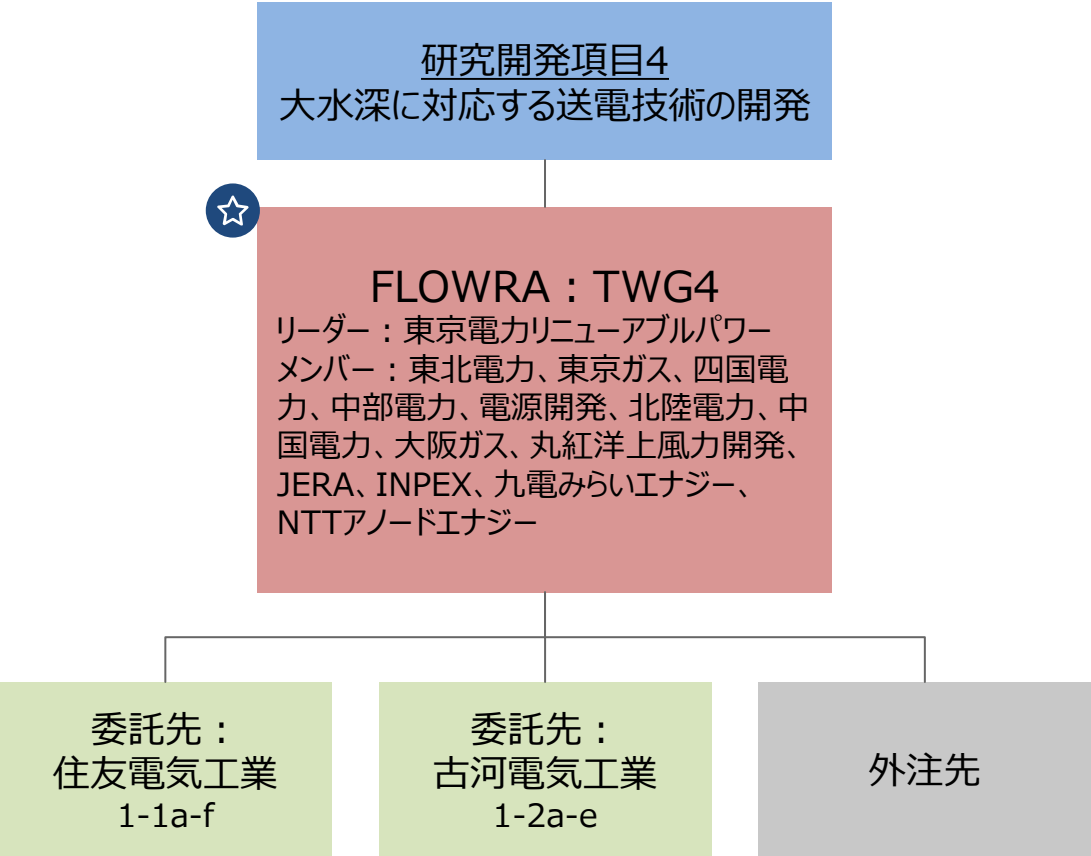
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【共通】

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



★ 幹事企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目④全体の取りまとめは、FLOWRAが行う
- 住友電気工業は、大水深に対応したダイナミックケーブル開発のうち、非着底線形でのケーブル開発を担当する
- 古河電気工業は、大水深に対応したダイナミックケーブル開発のうち、着底線形でのケーブル開発を担当する
- 外注先は、以下の内容を実施する
 - 変換所機器・建屋・変換所用浮体及び係留索を対象とした設計作業・製造工程・O&M工程作成及び施工方法調査等
 - 環境条件（気象・海象・風況・地質等）設定

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 月一回程度の定例会議で、進捗・課題等を共有し、連携を図る

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性 TWG4：大水深に対応する送電技術の開発【共通】

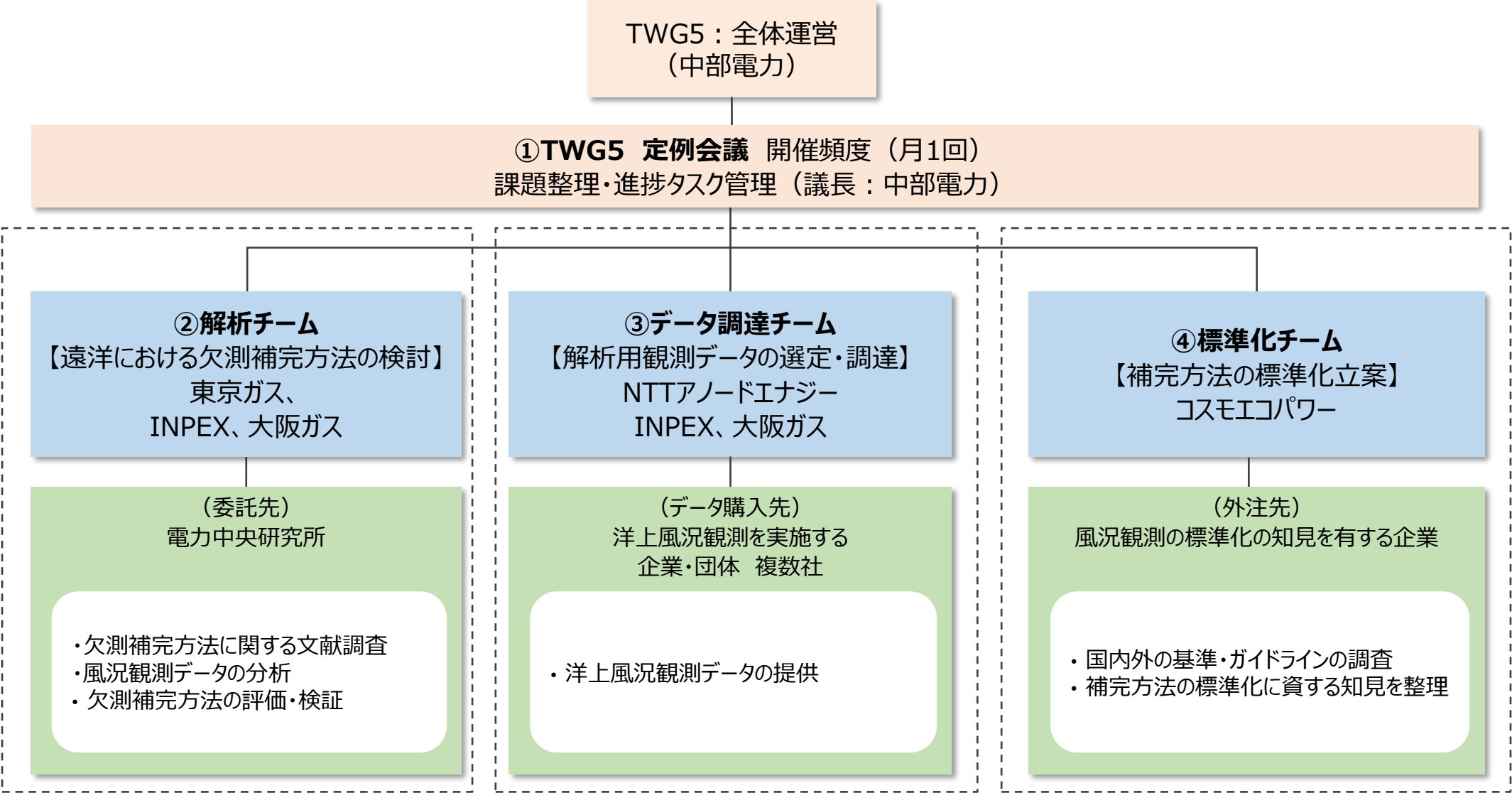
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
④ 大水深に対応する送電技術開発	1 大水深に対応したダイナミックケーブル開発	- GI基金事業フェーズ1-③での水深200mに対応した66kV超級の交流ダイナミックケーブル開発で蓄積したノウハウ - 各種海底ケーブルの設計・製造経験・ノウハウ - ダイナミックケーブルの挙動解析技術 - 国内実証による経験知	【優位性】ユーザーである複数事業者の意見を反映した、効率的な運用に資する製品開発を実施できる 【優位性】ダイナミックケーブルの特性・挙動等に関する深い知見を有する 【優位性】複数のダイナミックケーブル実証実績を保有する
	2 大水深に対応した浮体式洋上変換所開発	- GI基金事業フェーズ1-③での水深200mに対応した浮体式洋上変換所開発で蓄積したノウハウ - 国内外の浮体式洋上風力プロジェクトやOil & Gas事業で大水深の浮体式洋上プラットフォームを開発・運営して蓄積したノウハウ - 陸上変換設備の保守運用実績の活用	【優位性】ユーザーである複数事業者の意見を反映した、効率的な運用に資する製品開発を実施できる 【優位性】浮体式洋上プラットフォームの浮体・建屋・係留設計に関する深い知見を有する

2. 研究開発計画

TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

0. TWG5における各主体の役割分担



※チーム構成メンバーは研究開始時の配置。研究の進展とともに重点チームにメンバーを再配置する予定。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標 TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

遠洋におけるフローティングライダーの欠測値補完方法確立という目標達成に必要なKPIを設定

研究開発項目

⑤遠洋における風況観測手法等の開発

研究開発内容

1
遠洋におけるフローティングライダーの欠測値補完方法の確立

アウトプット目標

浮体式洋上風力発電所の設計に利用が期待されるフローティングライダー（FLS）による風況観測において、沿岸部から遠く離れた遠洋での欠測値補完の技術的課題を調査し、実務に適用できる低コストで合理的な欠測値補完方法を発電事業者としての推奨基準を策定するとともに、NEDOガイドブックに必要な要素を提案する。

KPI

- ・MCP法として4種類以上、補完元データとして3種類以上を比較検証し、実務に適用できる低コストで合理的な欠測補完技術の発電事業者としての推奨基準を策定する。
- ・成果のうち必要な要素をNEDOガイドブックに提案する。

KPI設定の考え方

- ・ 遠洋でのフローティングライダー観測事例はまだ少なく、欠測値補完において沿岸部の観測値との相関が低くなると考えられるため、利用可能な補完元データを複数検討し、補完元データに応じた最適なMCP法の選択が必要

MCP法： Measure-Correlate-Predict法（計測-相関-予測法） 補完元と補完先のデータが同時に揃っているものを用いて線形回帰式などを算出し、欠測時に補完元データから補完先データを予測する方法。補完元のデータとして、近隣の観測データや数値シミュレーション結果が用いられる

FLS（Floating Lidar systems）： 浮体ブイなどに搭載した鉛直ライダー（VL:Vertical Lidar） を使用して風況観測する手法

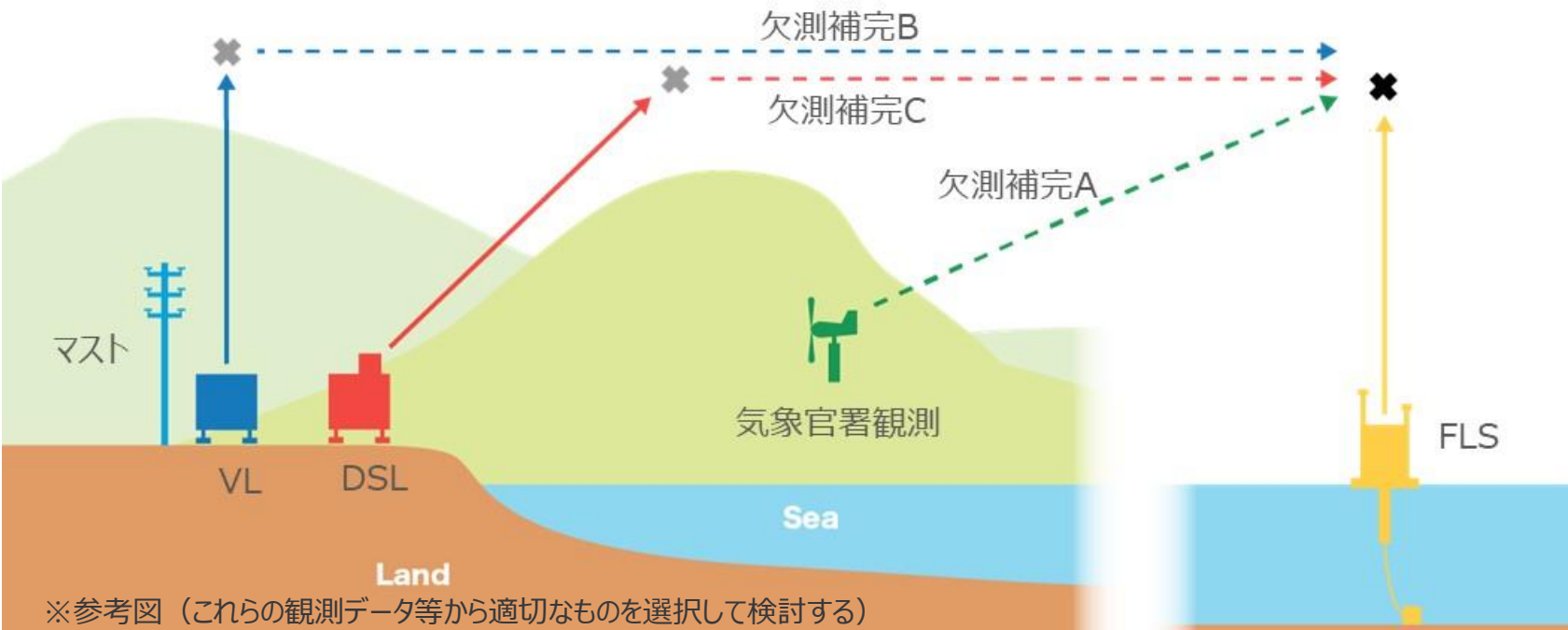
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 遠洋におけるフローティングライダーの欠測値補完方法の確立	・MCP法として4種類以上、補完元データとして3種類以上を比較検証し、実務に適用できる低コストで合理的な欠測補完技術の開発事業者としての推奨基準を策定する。 ・成果のうち必要な要素をNEDOガイドブックに提案する。	沿岸部での補完技術の検証 (TRL4)	遠洋に適用できる補完技術の推奨基準の策定 (TRL7)	• 文献調査 • 最新洋上風況データの調達 • FLS観測データ等の分析 • 基本的な補完技術の精度評価 (STEP1) • 遠洋により適した補完技術の検証 (STEP2) • 推奨基準の策定	可能性大 (80%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

遠洋におけるフローティングライダーの欠測値補完方法の確立



- 陸から遠く、近隣の観測データが得られにくい遠洋におけるFLS観測の欠測値補完技術を確立する
- 複数の補完元データ、その組み合わせについて補完精度を比較検証する
- これらのデータと各種MCP法の最適な組み合わせについて検証する

FLS:Floating Lidar systems
VL:Vertical Lidar
DSL:Dual Scanning Lidar

上図：FLS風況観測データの欠測値補完のイメージ / 下表：補完元データの特徴

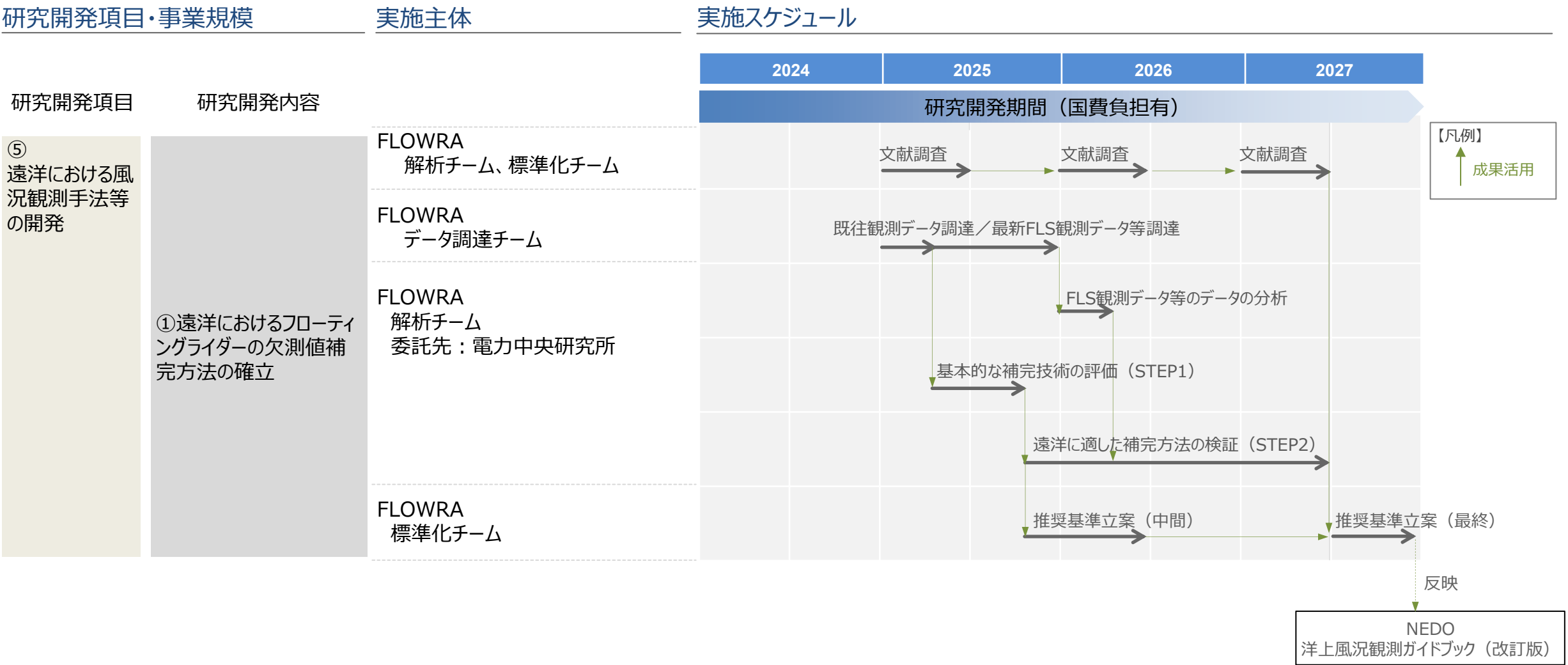
補完方法	補完元データ	ガイドライン適合性	乱流	補完距離(相関性)	欠測リスク	コスト
欠測補完A	気象官署観測	△	×	遠い(悪)	小	小
欠測補完B	陸上マスト or VL	○	○	遠い(悪)	中	中
欠測補完C	陸上DSL(海上風)	○	○	遠い(中)	大	大

MCP法の例

補完モデル	主な特徴
単純風速補正	両地点の平均風速比を乗じる方法
回帰モデル	単回帰や多項式回帰を用いる方法
マトリクス回帰	風速×風向の2次元マトリクスで回帰
ダブルバイアス補正	風速のバイアス誤差と変動スケールを補正
ワイブル回帰	風速の出現頻度分布を合わせる補正

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

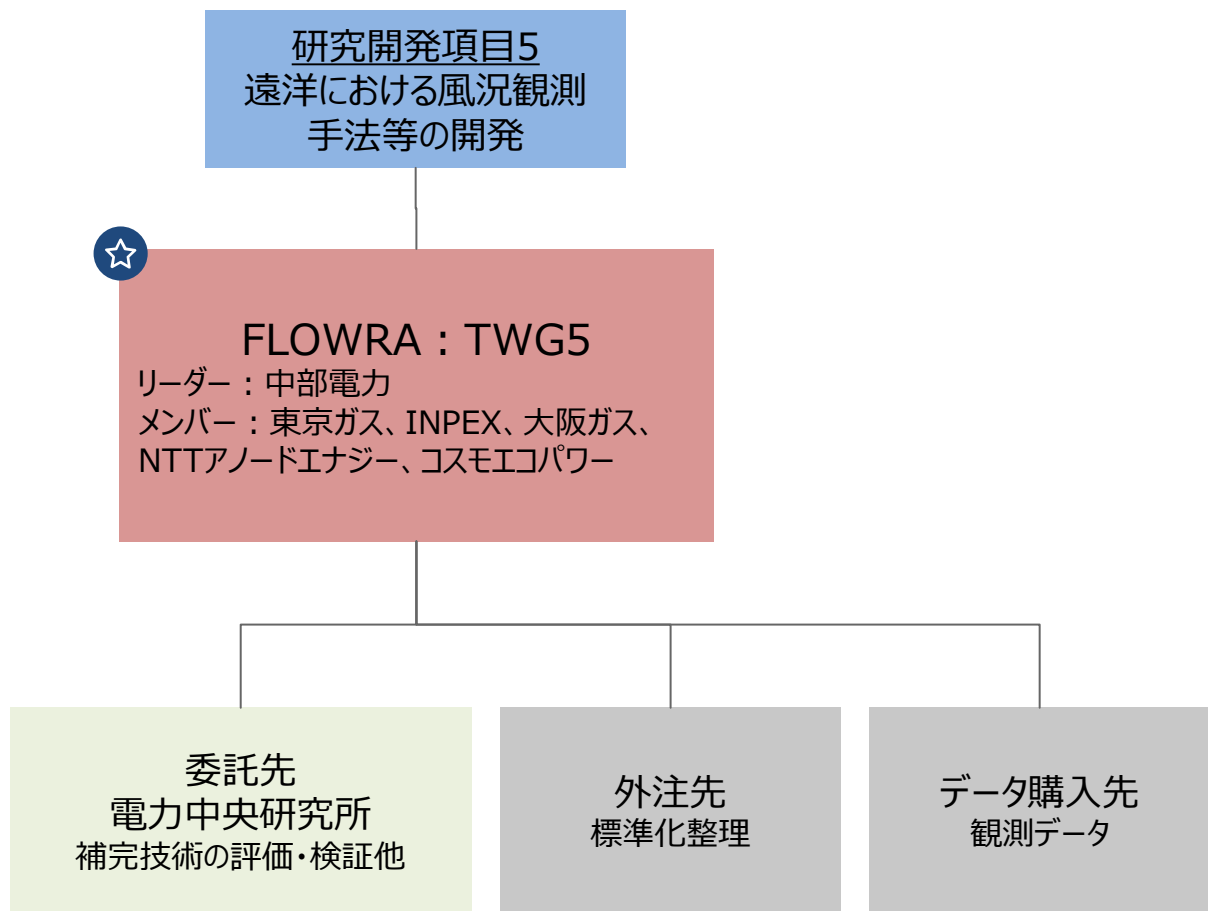
遠洋における風況観測手法等の開発



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制 TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



★ 幹事企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- FLOWRA（TWG5）は全体取りまとめ、検討条件設定、研究に必要なデータの手配、遠洋における補完技術の標準化に資する知見の整理を担当する
- 電力中央研究所は、FLOWRAより検討条件、観測データを受けて、観測データの分析、補完技術を評価する
- 外注先は、FLOWRAより検討条件を受けて、遠洋における補完技術の標準化に資する知見を整理する
- データ購入先（複数社）は、FLOWRAとの協議の上、保有する洋上風況観測データを提供する

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 月1回程度の定例会議等で進捗状況や課題等を共有し適宜連携を図る

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性 TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
⑤ 遠洋における風況観測手法等の開発	1 遠洋におけるフローティングライダーの欠測値補完方法の確立	- 風力発電事業者が有する発電事業設計・運用実績を活用 - GIフェーズ2事業者などとの連携により最新の風況観測データを利用 - 委託研究先の気象海象関連の技術開発の実績とノウハウを活用	【優位性】複数の風力発電事業者で構成するFLOWRAが取り組むことで、事業者全体が必要とする費用対効果の高い技術開発になり社会実装の実現がしやすい 【リスク】本検討に有用な観測データの入手時期が遅延する 【優位性】気象海象関係の研究者を多数擁しており、計算機などの研究環境も充実している

3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

浮体式洋上風力技術研究組合（FLOWRA）について

浮体式洋上風力技術研究組合（FLOWRA）

- 設立目的

- 今後の普及が期待される浮体式洋上風力発電の商用化を推進するにあたり、そのコストとリスクを低減させるテーマ、又は、技術開発を促進させるテーマ等に事業者が共同で取り組むことにより 浮体式洋上風力の広域かつ大規模な商用化を実現し、カーボンニュートラル社会の実現に寄与することとともに、海外市場をも視野に入れた新たな国内産業創出に資するもの

- 名 称

- 浮体式洋上風力技術研究組合（経済産業大臣認可）
（英文名：Floating Offshore Wind Technology Research Association [略称：FLOWRA] ）

- 組合員（2025年4月1日時点）

- 株式会社INPEX、NTTアノードエナジー株式会社、ENEOSリニューアブル・エナジー株式会社、大阪ガス株式会社、関西電力株式会社、九電みらいエナジー株式会社、コスモエコパワー株式会社、株式会社JERA、四国電力株式会社、中国電力株式会社、中部電力株式会社、電源開発株式会社、東京ガス株式会社、東京電力リニューアブルパワー株式会社、東邦ガス株式会社、東北電力株式会社、北陸電力株式会社、北海道電力株式会社、丸紅洋上風力開発株式会社、三菱商事洋上風力株式会社、株式会社ユーラスエナジーホールディングス

【21企業】

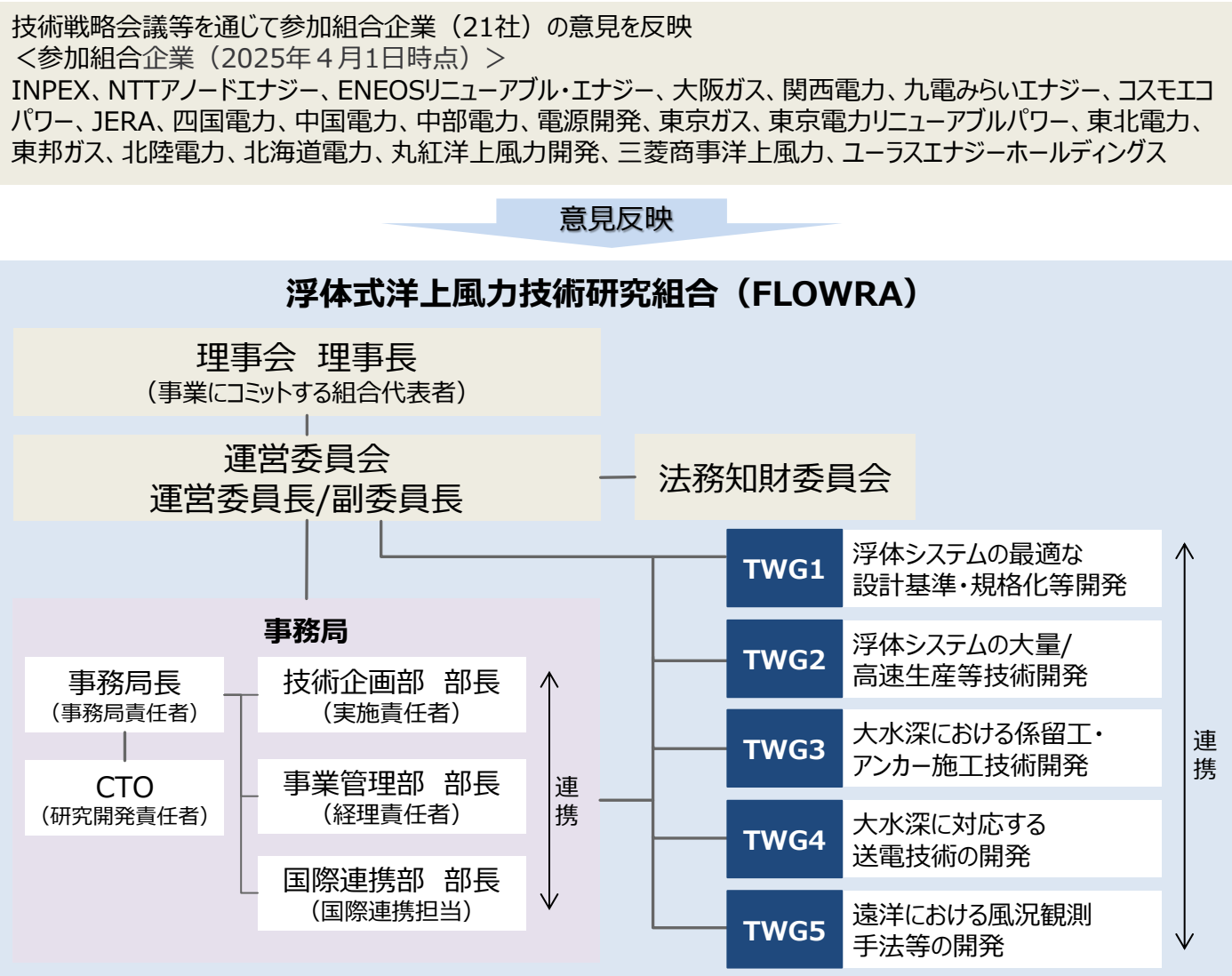
- 実用化の方向性

- 主に浮体式洋上風力発電の共通基盤となるテーマ等を対象に、国内における協調体制で継続して共同研究・技術開発を行う。また、技術開発を促進する海外連携や国際標準化にも取り組む
＊ 独占禁止法／海外競争法に抵触しない法令遵守体制を徹底する

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

組合理事会のコミットメントの下、事務局・TWG1～5を設置するとともに、組合参加企業の意見を反映し研究を推進

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 事務局責任者
 - 事務局長：事務局全体を統括
- 研究開発責任者
 - CTO：研究全体/社会実装/標準化戦略を統括
- 実施責任者
 - 技術企画部長：研究開発の推進・調整
- チームリーダー：浮体式洋上風力発電の研究開発等の実績
 - TWG1：浮体式システムの最適な設計基準・規格化等開発を担当（リーダー：電源開発、組合参加企業6社）
 - TWG2：浮体式システムの大量/高速生産等技術開発を担当（リーダー：東京ガス、組合参加企業11社）
 - TWG3：大水深における係留工・アンカー施工等技術開発を担当（リーダー：九電みらいエナジー、組合参加企業13社）
 - TWG4：大水深に対応する送電技術の開発を担当（リーダー：東京電力リニューアブルパワー、組合参加企業15社）
 - TWG5：遠洋における風況観測手法等の開発を担当（リーダー：中部電力、組合参加企業6社）
- 経理責任者
 - 事業管理部長：経理業務全体を統括
- 国際連携
 - 国際連携部長：海外研究組織・公的機関・企業との連携を担当

部門間の連携方法

- 本組合の重要事項に関する協議・決定は理事会にてコミットするとともに、理事会で決定した方針に従って実質的な運営方針等の検討・協議は運営委員会・法務知財委員会にて行いながら、課題解決に向けた協議を行う
- 各TWGは運営委員会や事務局と定期的に情報共有を行うとともに、TWG間で連携を図る体制を構築

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目 ①経営者等の事業への関与

FLOWRAによる浮体式洋上風力発電の円滑かつ確実な導入と普及への関与の方針

（1）FLOWRAによる具体的な施策・活動方針

総会や理事会等により効率的な運営を目指す

- **総会**：FLOWRAにおける最高意思決定機関として総会を設置する
- **理事会**：FLOWRAの活動方針等、重要事項に関する協議・決定については、各理事（組合員各社における意思決定者等）が参集した理事会にて決議される
- **運営委員会/法務知財委員会**：理事会で決定した方針に従って実質的な運営方針等の検討・協議を実行する機関として運営委員会・法務知財委員会を設置し、円滑な組織運営を図る
- **事務局**：理事会の決定した方針に従って管理事務を遂行する機関として事務局（事業管理部、技術企画部、国際連携部）を設置し、円滑な業務運営を図る。また、理事長の強いリーダーシップのもと、政府の目標、参加組合企業の要望、それら実現する研究開発内容を調整し、FLOWRAとして技術開発及びその社会実装が効率的に遂行できる体制を目指す
- **テクニカル・ワーキンググループ（TWG）**：個別の研究テーマ（5分野）については、それぞれリーダーを配置するとともに、リーダーを中心とした研究開発推進体制を構築する
- **技術戦略会議**：上記TWG研究テーマ以外の重要テーマについて、有識者等からなる会議体を設置し、技術戦略を策定する

（2）事業のモニタリング・管理

- 運営委員会及び事務局の関与
 - 各TWGや共通研究課題等の研究状況については、技術企画部を中心とした事務局が研究内容等を俯瞰的に確認しながら確実かつ効率的にモニタリングを実施するとともに、適宜、運営委員会へ報告する
 - 国際連携については、国際連携部を中心とした事務局が海外市場動向やニーズを捉え、研究及び諸対応を進めるとともに、適宜、運営委員会へ報告する

（3）事業の継続性確保への取組

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 実施体制
研究の進捗及び外部環境の変化に応じて、共通研究課題等に関する項目や目標見直し、実施体制等を柔軟に変更・強化する
 - 外部リソース
浮体式洋上風力発電に関係する各種団体や大学・学術機関、サプライチェーン等と連携しながら、円滑な研究推進のために外部リソースを柔軟に活用する
- 機動的な経営資源投入
 - 研究の進捗に応じて、組合参加各社からの人材や資金等の投入について柔軟に対応する

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目 ②経営戦略における事業の位置づけ

FLOWRAによる浮体式洋上風力産業の持続的成長とステークホルダーとの対話を推進

（1）理事会等コーポレート・ガバナンスとの関係

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略における洋上風力発電の導入目標を着実に実現すべく、FLOWRAとして技術開発ロードマップを策定し、要素技術開発を主体的に進める
 - 浮体式洋上風力発電の商用化を推進するにあたり、そのコストとリスクを低減させるテーマや技術開発を促進させるテーマ等に共同で取り組むことにより、浮体式洋上風力発電の広域かつ大規模な商用化を実現し、カーボンニュートラル社会の実現に寄与する
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 上記技術開発を進める上で必要となる研究開発の実施（公募応札判断含む）や技術戦略に関わる事項は、総会や理事会、運営委員会等に諮りながら意思決定を行う
 - また、研究開発の進捗状況や課題等については、事務局が各TWGより適宜、情報を収集するとともに、必要に応じ運営委員会等へ報告する
 - なお、総会や理事会等で決定された研究開発計画はFLOWRAにおける重要な活動計画として位置づけられる
- コーポレートガバナンスとの関連付け
 - 運営委員会における協議内容等については、定期的（月1回程度）に各理事へ報告することで、組合としてのガバナンス機能を維持している
 - また、必要に応じ理事会や総会を開催し、重要な協議及び意思決定を行っている

（2）ステークホルダーとの対話、情報開示

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
 - 組合構成企業や国内外の関連企業・団体等に対し、国際フォーラムやセミナー等を通じ、積極的に活動内容を紹介している
 - また、研究開発内容や研究状況等は必要に応じ、FLOWRAのホームページへ掲載し情報発信に努めている
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
 - 本組合や浮体式洋上風力産業全体の価値向上につながるよう、積極的にステークホルダーとの対話を進めている
 - また、国や諸外国とも積極的に交流を図り、日本の浮体式洋上風力産業全体の技術力及びプレゼンス向上等を図っている

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目 ③事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、社会実装、企業価値向上につなぐ組織体制を整備

（1）経営資源の投入方針

- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
 - 各研究の実施にあたり、組合構成企業から適切な人員が参加することで適切な研究体制を構築している
 - 国費負担以外は組合構成企業から賦課金を徴収し、研究費用を確保している
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
 - 研究の進捗や環境変化等を踏まえ、開発体制や手法等の見直し、追加的な資源投入等が必要となった場合は、組合構成企業から適宜、人的資源等を補充し対応する
 - また、組合構成企業内から適したリソースが確保できない場合は柔軟に外部リソースを活用し研究を進める
 - 研究を通じて得られた成果は、必要に応じ関係企業やサプライチェーン等と共有することで、更なる浮体式洋上風力産業全体の技術力向上を努めている

（2）専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - 理事会や運営委員会での機動的な意思決定を可能とするよう、事務局を設置し業務運営を図っている
 - 事業環境の変化等に合わせて、確実に研究が進められるよう事務局が柔軟に対応している
- 人材育成
 - FLOWRAでの活動状況（研究状況、海外視察状況等）を組合構成企業等へ積極的に公開することで、浮体式洋上風力発電に関わる若手人材の育成機会を提供し、技術力向上に努めている
 - 本研究を通じ、浮体式洋上風力発電に関わる人材確保や育成を積極的に行うことで、組合構成企業の中長期的な企業価値向上につなげている

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じ、プロジェクトを推進する

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 研究開発責任者やチームリーダーが何らかの理由により事業への継続参加が困難となった場合の研究推進力低下リスク
→ 所属する組織及びチームもしくは組合構成企業等から代行者を立て、事業の継続性を担保
- 大幅な研究開発目標の未達リスク
→ 研究開発段階で、大幅な目標未達が想定される事態となった場合は関係者にて代替案を含む対策検討を実施

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 浮体式洋上風力に関する政府の大幅な方針転換によるリスク
→ 適宜、社会環境や政府の動向等を確認
- 社会情勢変化等による研究開発コストの大幅な超過リスク
→ 研究開始前に綿密なコスト計画を検討するとともに適宜、監視体制を構築

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 独禁法違反によるリスク
→ 独禁法に知見を有する専門家（弁護士）を配置し、適宜、各種会議に参加いただき、法令違反等が無いことを確認
- 組合構成会社の大量離脱によるリスク
→ 適宜、組合構成企業のニーズ等を把握し、円滑な研究運営体制を構築
- 大規模な地震、風水害等による遅延リスク
→ 計画を一部変更や他の研究開発拠点の活用



- 事業中止の判断基準：
以下の場合は事業中止とする
 - ・ 大幅な研究開発目標の未達及び代替案の立案が困難となった場合
 - ・ 浮体式洋上風力発電に対する政府の方針が大幅に転換し、国内外で本分野に関する事業活動が困難となった場合
 - ・ 研究開発期間中の著しい経済情勢変動により、技術開発の継続が困難になった場合
 - ・ 独禁法違反や組合構成企業の大量離脱に伴い、本組合が構成できなくなった場合
 - ・ 自然災害、紛争等のその他不可抗力により、技術開発の継続が困難になった場合