

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
(基盤調査)

(一財)日本気象協会
(株)ウインドエナジーコンサルティング(再委託)

問い合わせ先
(一財)日本気象協会
URL:<https://www.jwa.or.jp>
TEL:03-5958-8152

事業概要

1. 期間

開始 : 2019年11月

終了(予定): 2023年 3月

2. 最終目標

- (1)最新の海外技術開発動向を調査し、浮体式洋上風力発電システムの技術を整理する。
- (2)水深50～100mの浅い海域においても設置可能な浮体を用いた洋上風力発電システムについて、「次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究(バージ型)及び(要素技術実証)」の成果に対して技術委員会を設置し、技術評価及び技術課題等を明らかにし、低コストの浮体式洋上風力発電システムの技術を確立する。
- (3)事業紹介用ホームページを運用・更新し、情報発信を行い、浮体式洋上風力発電の導入への理解の促進を促す。

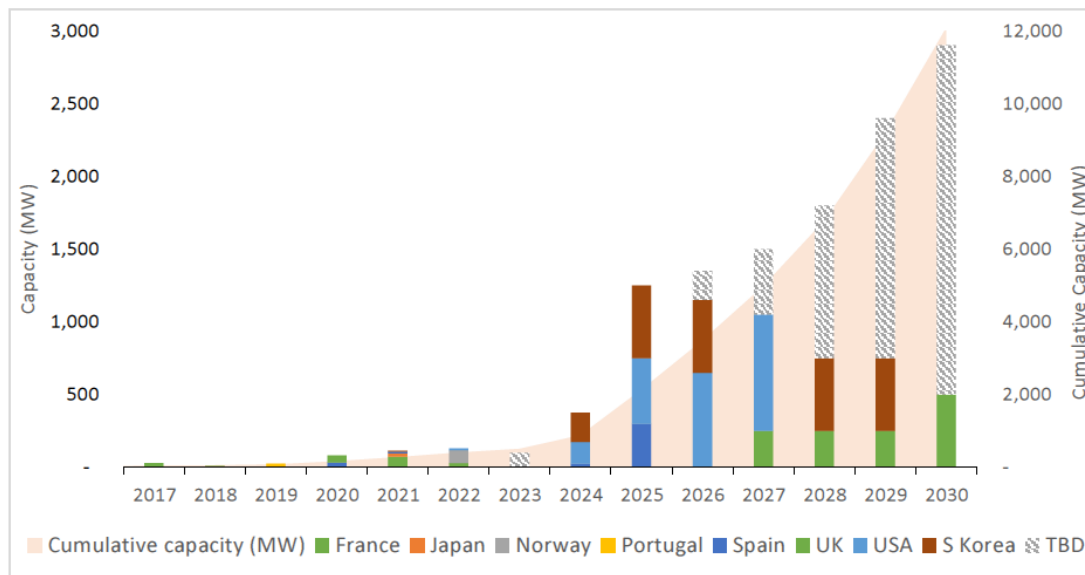
3. 成果・進捗概要

- (1)最新の海外技術開発動向の調査では、浮体式洋上風力発電に関して、「市場動向」、「技術動向」、「成熟度レベル」及び「コスト分析方法」について整理した。特に「技術動向」では、浮体型式、ケーブル、係留、組立・施工、運転維持及び撤去について調査内容をまとめた。
- (2)「バージ型」、「要素技術実証」の実証研究プロジェクトの技術委員会及びWGを設置し、技術評価を行うと共に、技術課題等の検討を実施した。これまでに技術委員会は2回、WGは22回実施した。
- (3)事業紹介用ホームページを複数回更新し、情報発信を行った。

最新の海外技術開発動向の調査①

◆ 世界の浮体式洋上風力の導入量は2030年までに12～15GW

- ヨーロッパと日本の洋上風力発電の技術的ポテンシャルの80%は60m以上の水深の領域で、それぞれ4,000GWと500GWと予測されている。
- 2030年までに浮体式洋上風力の累積導入量は12～15GWに達すると予測されている。
(4COffshoreは保守的な予測で、今後10年以内に7～13GWの見込み)
- Hywind Scotland : 2017年にスコットランドの東海岸から25km離れた所に委託された5風車・30 MWのパイロットプロジェクト。
- 他のパイロットプロジェクトとして、WindFloat Atlantic、Hywind Tampenなどがある。



今後10年間の主要な洋上風力発電市場における
浮体式洋上風力発電の導入予測

主な浮体の市場参入動向

浮体	LCOE (2030年)	備考
WindFloat	40ユーロ/MWh (5.0円/kWh)	<ul style="list-style-type: none">● 2022年までに100MWの設置容量● Erebusプロジェクトが2025/2026年に建設に入ると200MW。● 韓国のKFWINDの浮体式プロジェクトが2027年以降に稼働した場合は700MW以上。
Hywind	40～60ユーロ/MWh (5.0～7.4円/kWh) ※Hywind Tampen は 150ユーロ/MWh (18.6 円/kWh) と試算されている。	<ul style="list-style-type: none">● Hywind Tampen※ が 運 開 する 2022/2023年までに118MWの設置容量を 確保する。● スペイン-カナリア諸島(200MW)、ギリシャ (150～250MW)、韓国(200MW)、日本、 スコットランド、カリフォルニアでの開発計画。
TetraSpar	40～60ユーロ/MWh (5.0～7.4円/kWh)	<ul style="list-style-type: none">● 革新的な製造と迅速な組み立て。● 3.6MWの実証機をノルウェーに設置。● カリフォルニア州沖で計画。
DampingPool	N.A.	<ul style="list-style-type: none">● フランス(2MW、コンクリート)と日本(3MW、 鉄鋼)により、2台の実証機が運転中● ElicioとIdeolはスコットランドとフランスの入札 に参加する。● コスト削減を加速するために多数のR&Dプロ ジェクトが実施されている。

出典：4COffshore

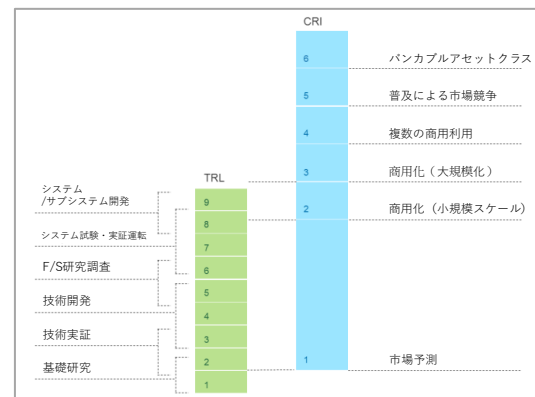
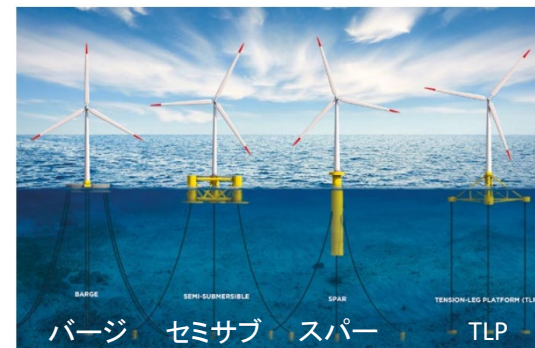
最新の海外技術開発動向の調査②

◆ 欧州における開発状況

- TRL (Technology Readiness Level : 技術的成熟度、1～9)
- CRI (Commercial Readiness Index : 商用的成熟度、1～6)

浮体式洋上風力浮体のTRL定義と例

レベル	定義	浮体式洋上風車の技術開発段階	プロジェクト
1	観察及び記録された基本原則	初期浮体形式	
2	技術浮体形式/利用方法の策定	浮体形式の証明	
3	浮体形式実証の確立	数値モデル	
4	プロトタイプの実験室試験 部品要素試験または製造	水槽試験	Tri-Floater, SATH, Hexafloat, TetraSpar, GICON- SOF, PelaStar, SBM, Hexicon
5	統合システムの実験室試験	拡張テスト (<1MW)	VoltturnUS, SeaTwirl, SCD Nezy, W2 Power
6	プロトタイプシステムの検証	1～10MW (フルスケールシングル風車) 実証プロジェクト	Damping Pool, Windfloat
7	統合パイロットシステムの実証試験	2台以上の風車で構成される10MWを超える実証プロジェクト	
8	商用プロジェクトに組み込まれたシステム	商用展開前 (20～200MW 規模)	Hywind Spar, WindFloat, Damping Pool
9	商用規模展開に対応したシステム	商用プロジェクト (> 200MW)	

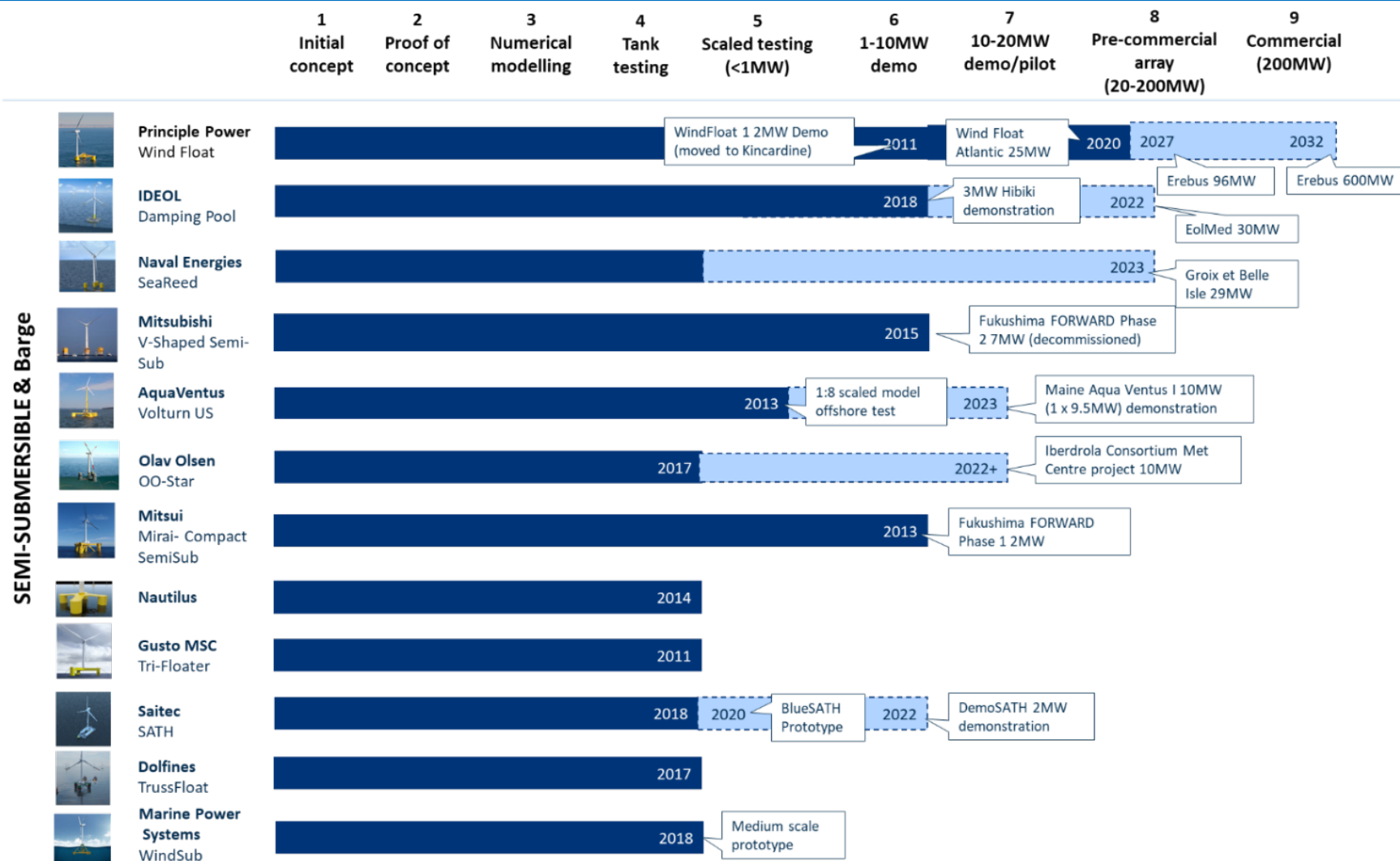


TRLとCRI

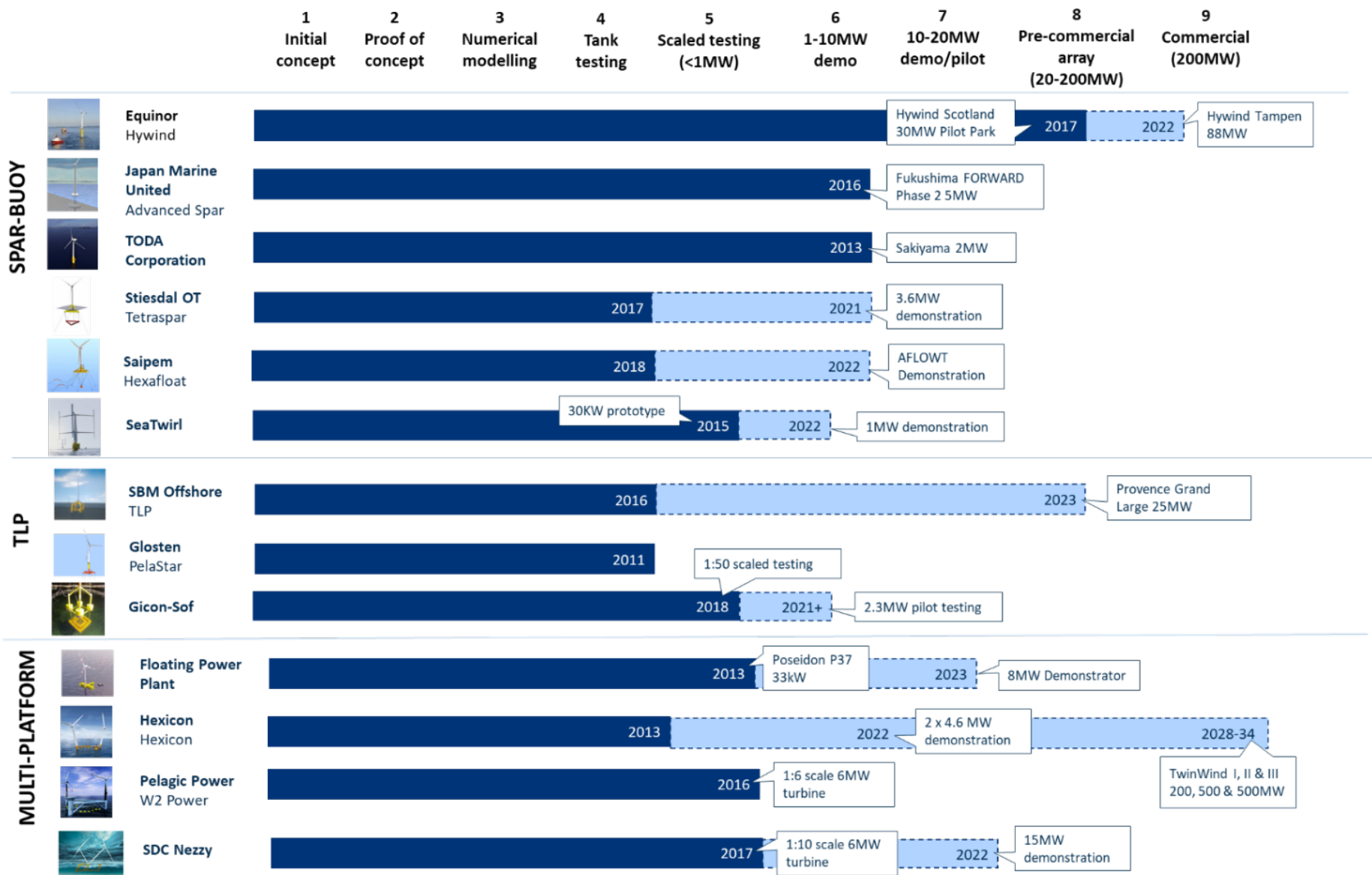
最新の海外技術開発動向の調査③-1

◆ 浮体式洋上風力プロジェクトのTRL

- ダークブルー：現在のTRL、ライトブルー：パイプラインプロジェクトから予想されるTRL



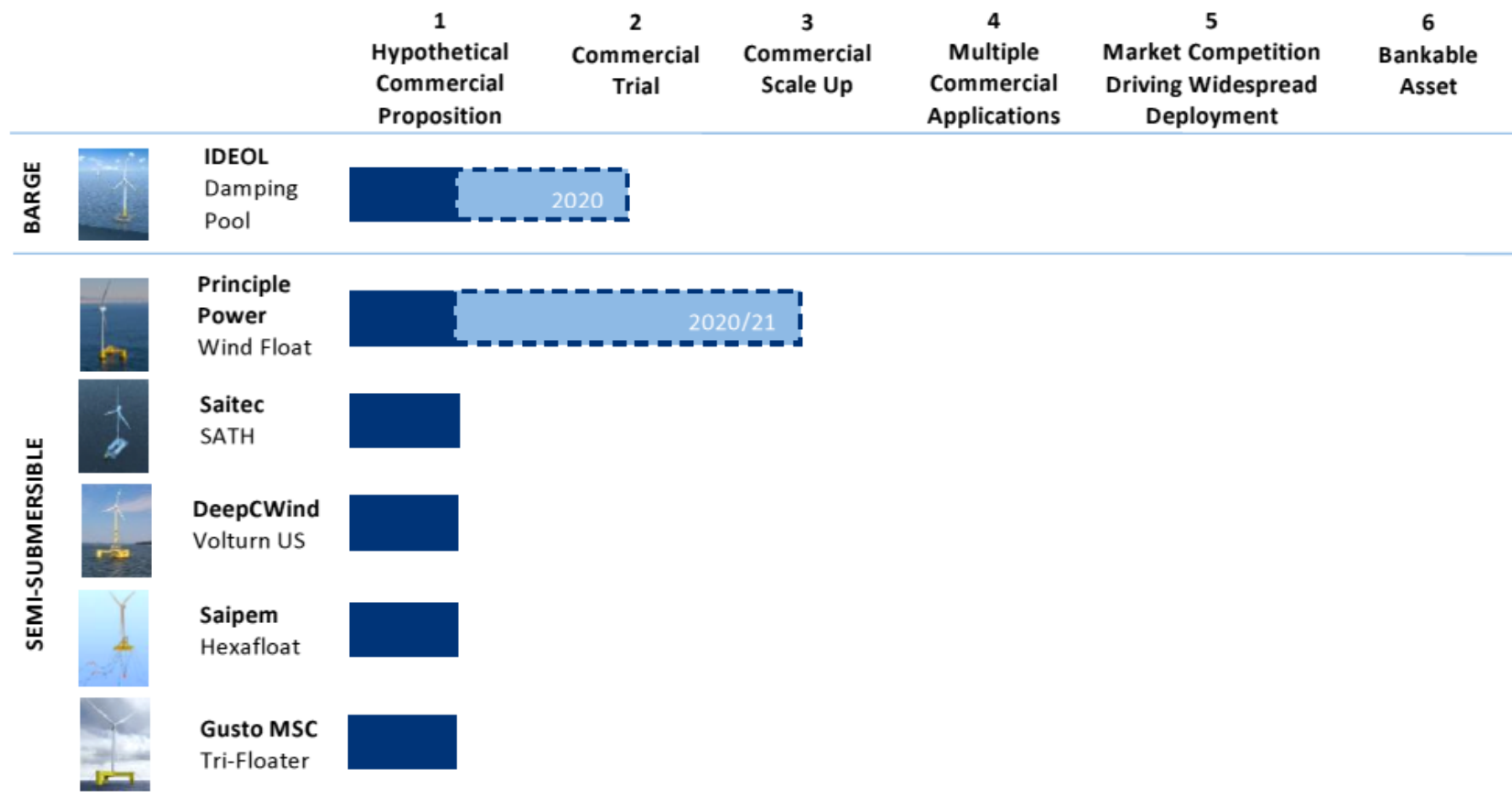
最新の海外技術開発動向の調査③-2



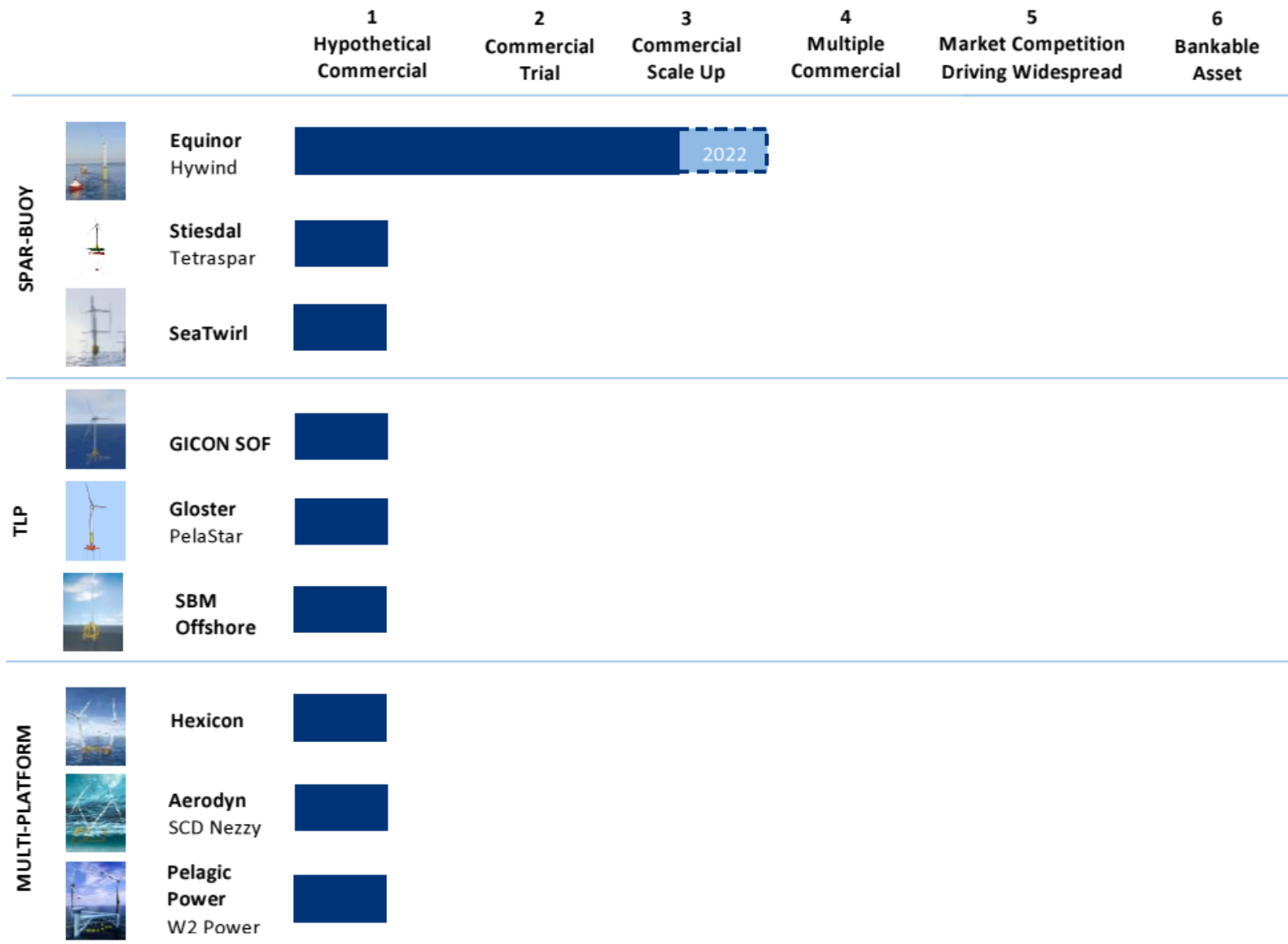
最新の海外技術開発動向の調査④-1

◆ 浮体式洋上風力プロジェクトのCRI

- ダークブルー：現在のTRL、ライトブルー：パイプラインプロジェクトから予想されるTRL



最新の海外技術開発動向の調査④-2



最新の海外技術開発動向の調査⑤

Floating Wind JIPにおける検討内容

● 一体設計

風車、浮体、係留システム及びダイナミックケーブルの動的挙動及び性能を一体連成解析するツールの開発

● 浮体の最適化

コストを低減するために、鋼材、コンクリートを減らすことで、シリアル製造に適した浮体の設計方法の開発。

● 環境及び社会的影響

浮体式洋上風車は、施工時に洋上におけるパイル打設などの作業がないため、環境に対する影響が少ない。しかし、浮体式洋上風車のウインドファームの環境影響を定量的に評価し、他の海面利用者との競合を軽減する必要がある。

● 風車の最適化

浮体によるピッチ動揺及び加速度に対して、風車の発電量の最大化や変動の最小化及び構造の運動を抑制するコントロールシステムの高度化。

● ロジスティクス

浮体式洋上ウインドファームの製作、組立、施工及び管理は着床式洋上ウインドファームと比べて新しい開発要素がある。大規模な浮体式洋上ウインドファームは、プロジェクトを計画通り進めるためのシリアル製造技術の開発が必要である。

● ダイナミックケーブル及び接続

浮体式洋上ウインドファームは、ダイナミックアレイケーブル及び送電ケーブルが必要である。ケーブル損傷を防ぐために疲労を低減する必要がある。浮体をケーブルから脱着するケーブルコネクタは、浮体をサイトから港へ輸送する際に必要となる。

● 係留システム

大規模浮体式洋上ウインドファームは、100～200本の係留索及びアンカーで構成されるため、コスト及びリスクを低減する最適な係留索設置方法の開発が必要となる。

● ウェイク及び乱流

大規模浮体式洋上ウインドファームにおける浮体の運動による発電量及びウェイク乱流を評価するために、より高度なウェイク影響評価モデルを開発し、風車レイアウトの最適化が必要である。

● 浮体式洋上変電所

大水深におけるプロジェクトには浮体式洋上変電所が必要となる。電気機器やケーブルの疲労を抑制するために、浮体動揺による加速度等を抑制する浮体の設計が必要となる。

● 監視及び点検

かなりの数の部品点数で構成される大規模浮体式洋上ウインドファームは、それらの健全性を確保するために、プロジェクトライフサイクルにおいて監視・点検が必要であり、低コストの監視及び点検技術が必要である。

● 維持管理及び修理

リモートによる監視及び管理が望ましいが、サイトにおける維持管理及び修理は生じるため、特にサイトから港に曳航して大規模修理する場合の技術開発が必要である。

最新の海外技術開発動向の調査⑥

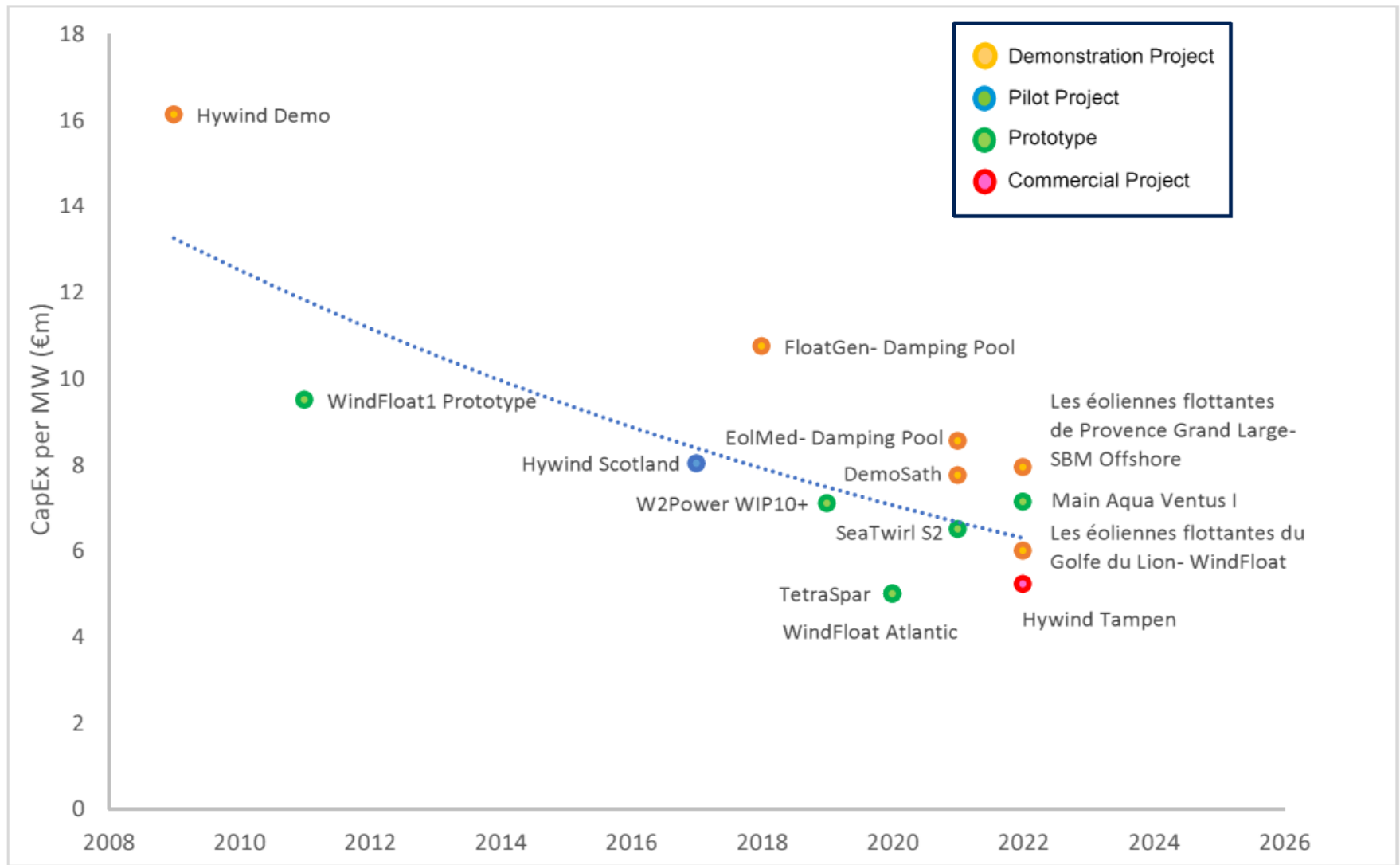
◆ Floating Wind JIP

- Stage 1 以前：スコットランド政府のレポート - マーケットと技術の動向調査
- Stage 1：政策と、コスト/技術リスクアセスメント
- Stage 2 Phase 1：技術課題と技術ニーズを把握
- Stage 2 Phase 2：絞った技術課題を調査
- Stage 2 Phase 3、4：さらに詳細調査及び課題の解決方法を調査



Floating Wind JIPの調査内容とステージ

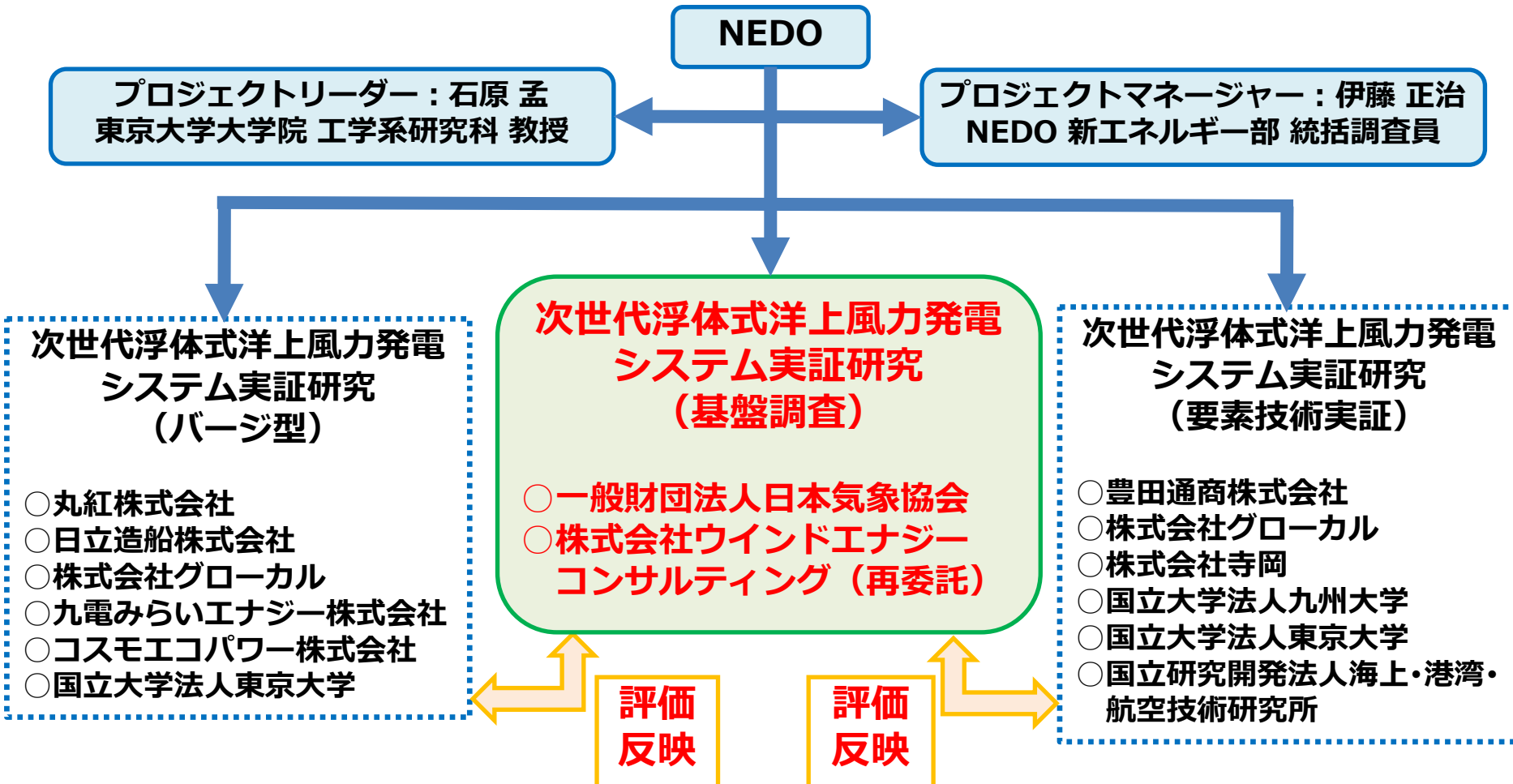
最新の海外技術開発動向の調査⑦



浮体式洋上風力実証及びプロトタイププロジェクトのコスト（MWあたりのCAPEX）

実証研究の技術課題等の検討①

次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究（バージ型）、（要素技術実証）の2つの実証研究プロジェクトの技術委員会及びWGを設置し、技術評価を行うと共に、技術課題等の検討を実施した。



実証研究の技術課題等の検討②

技術委員会

「バージ型」、「要素技術実証」の実証研究の目的を実現させるため、風車システム工学、浮体等の構造設計、係留システム及び環境影響評価等の各分野の専門家を招聘し、検討・協議を実施する「技術委員会」を組織し、運営を行った。

ワーキンググループ（WG）

「バージ型」、「要素技術実証」の実証研究において技術課題が生じた場合に、個々の技術課題（風車、浮体、送電系統、係留等）に対して、技術課題ごとの専門家を招聘して「ワーキンググループ（WG）」を組織し、運営を行った。

その他、実証研究の成果をガイドラインやガイドブックへ反映することを目的としたWGについても、専門家を招聘し検討、協議を実施した。

実証研究の技術課題等の検討③

技術委員会及びワーキンググループ（WG）開催実績

- バージ型 技術委員会
1回開催（2020年12月）
- バージ型 WG
13回実施（2020年10月（2回）、12月（現地調査実施）、2021年1月、3月（4回）、4月（現地調査実施）、5月、6月、7月、8月）
- 要素技術実証 技術委員会
1回実施（2020年11月）
- 要素技術実証 WG
6回実施（2020年7月（2回）、8月（2回）、9月、11月）
- その他 WG
3回実施（2020年7月、2021年6月、8月）

その他

- 2020年4月以降は技術委員会等の会議室による開催が難しくなったため、Web会議形式を併用し、委員等、参加者の協力により実施した。
- 計画時より多くのWGを開催し、WG後の委員と担当事業者間におけるメールの質疑対応など、委員等の知見を多く実証研究へ反映することができている。

- 浮体式洋上風力発電の導入への理解の促進を促すことを目的に、事業紹介用ホームページを複数回更新し、情報発信を行った（ひびき紹介動画、リアルタイム計測結果のリンク追加等）。
- 本HPを見たとき、NEDOへの問い合わせや写真や動画の使用許可依頼が増えた。

URL

<https://www.nedo.go.jp/floating/index.html>



実証研究（要素技術実証）

浮体式洋上風力発電の低コスト化に向け、2030年に発電コスト20円/kWh以下を目指す技術の実証研究に着手しています。

