



イントロダクション 洋上風力発電の基礎知識

2024年4月
KENCY Corporation
山口健一郎

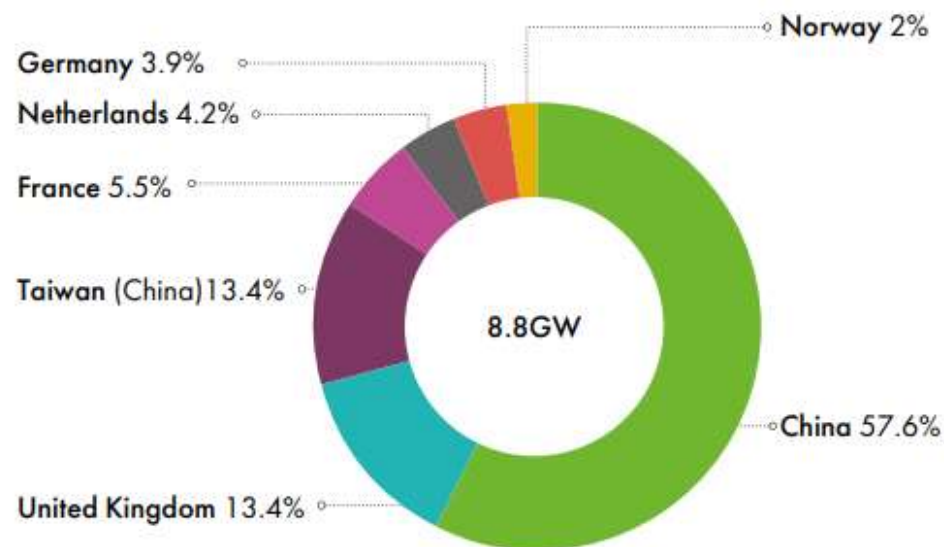
1. 洋上風力発電市場動向

洋上風力市場動向

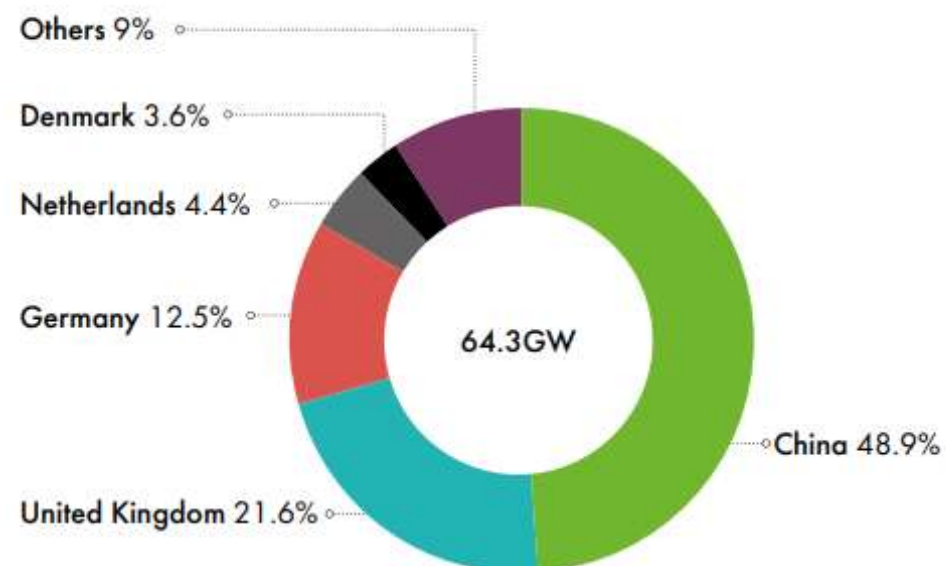
2022年1年間の世界の新規導入量計=8.8GW

2022年までの世界の累積導入量=64.3GW

2022年国別新規導入量



2022年国別累積導入量

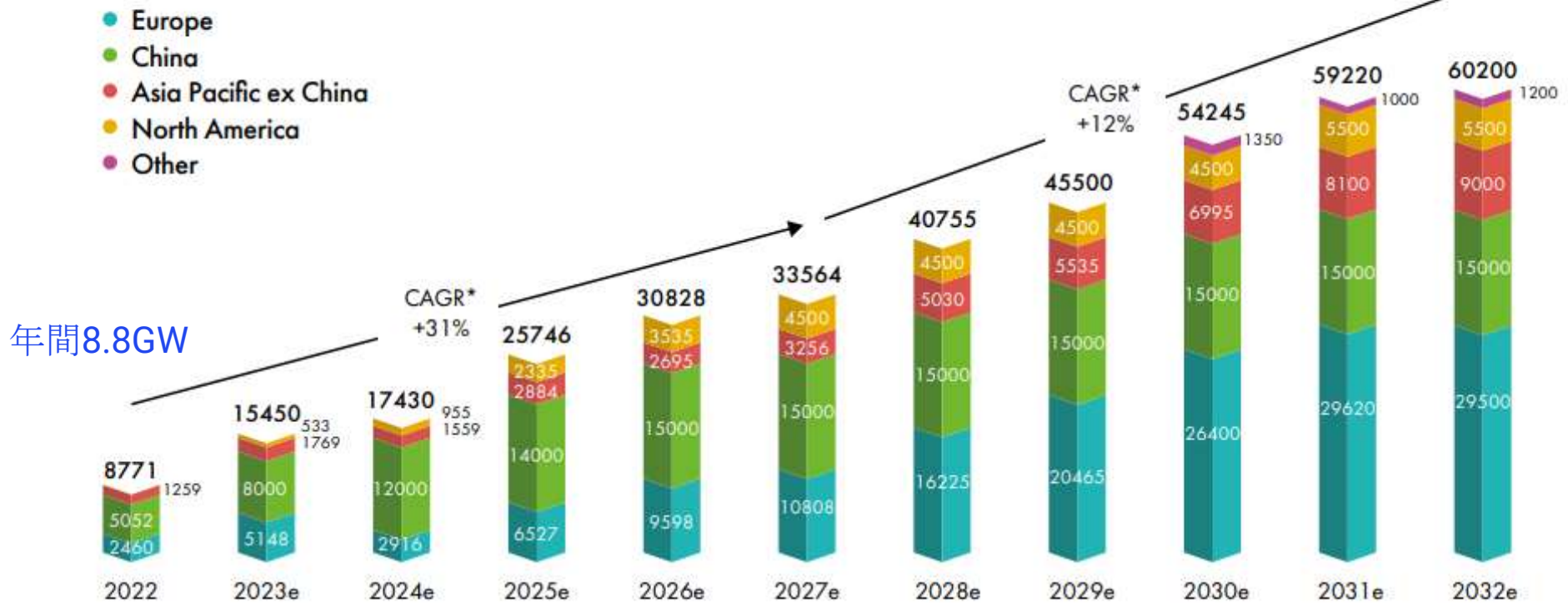


Source: GWEC Market Intelligence, June 2023

世界の洋上風力の毎年の新規導入量 (2032年までの地域別導入予定量)

New offshore wind installations, global (MW)

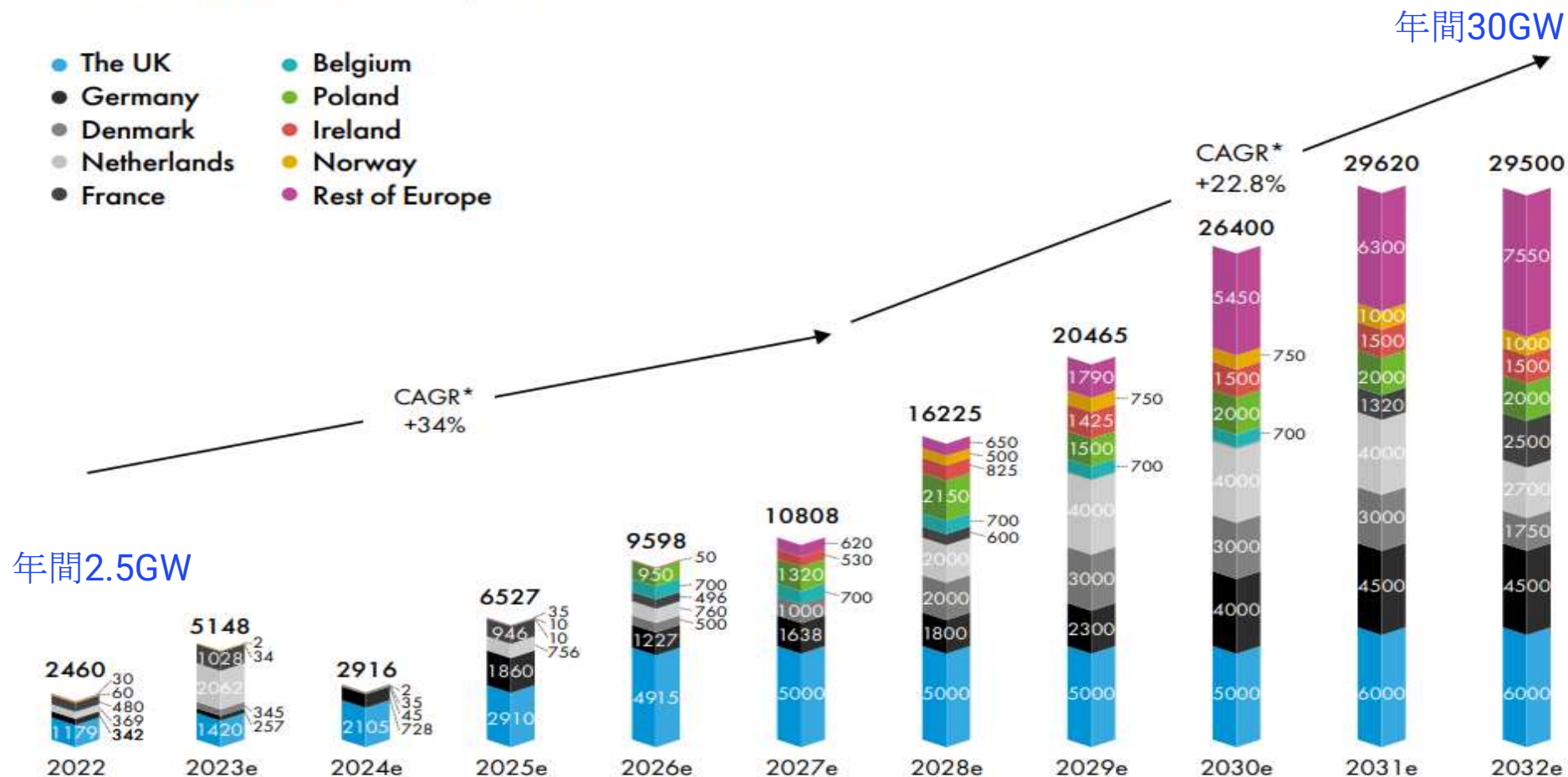
年間60GW



* Compound Annual Growth Rate.
Source: GWEC Market Intelligence, July 2023

欧州の洋上風力の毎年の新規導入量 (2032年までの国別導入予定量)

New offshore wind installations, Europe (MW)

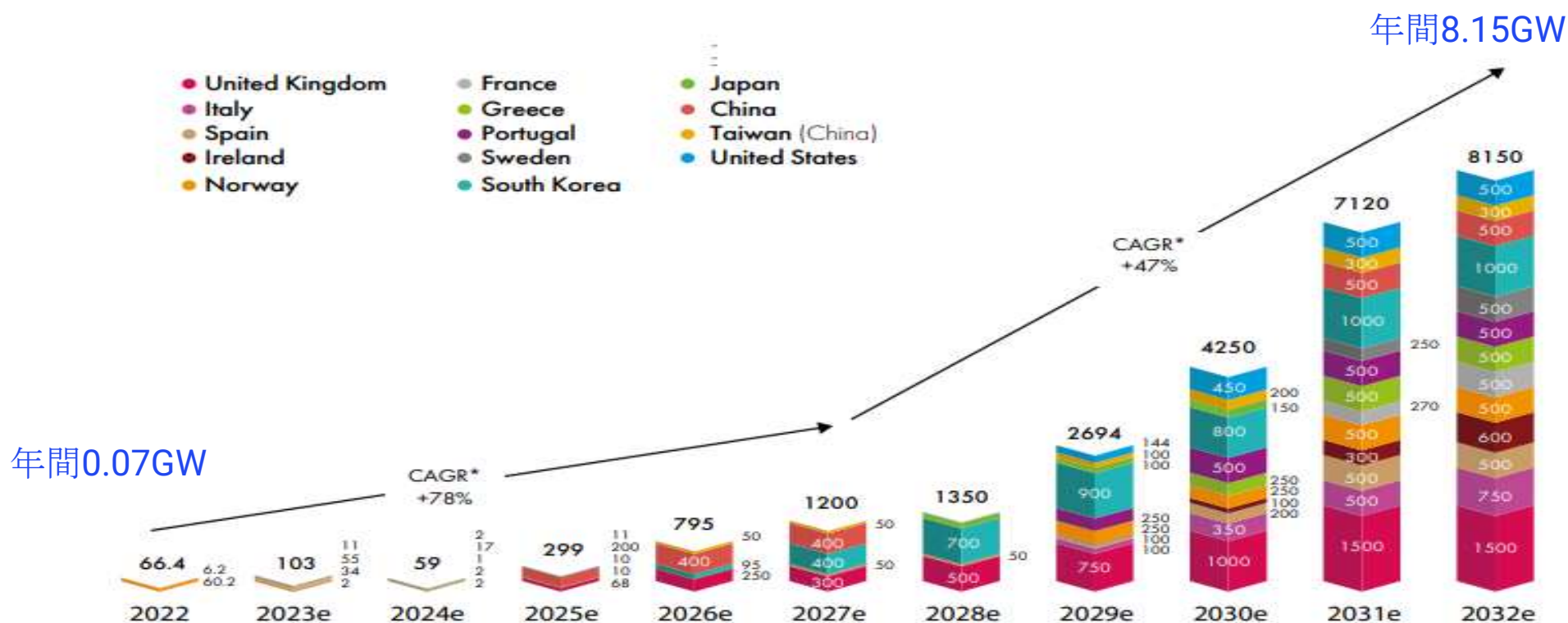


*Compound Annual Growth Rate.
Source: GWEC Market Intelligence, July 2023

Source: GWEC Market Intelligence, June 2023

世界の浮体式洋上風力の毎年の新規導入量（2032年までの地域別導入予定量）

New floating wind installations, Global (MW) **



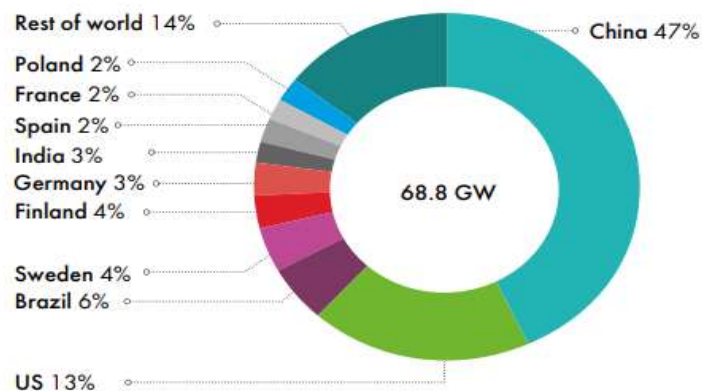
*Compound Annual Growth Rate, **Note: this floating wind outlook is already included in GWEC's global offshore wind forecast.
Source: GWEC Market Intelligence, July 2023

Source: GWEC Market Intelligence, June 2023

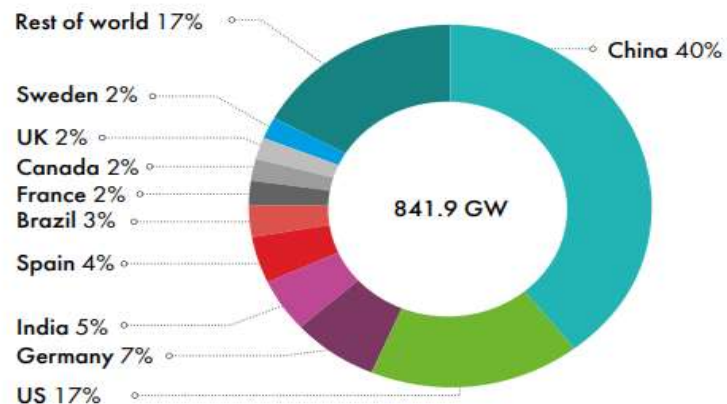
陸上風力発電と洋上風力発電の現状比較（2022年までのデータ）

陸上風力

New installations onshore (%)

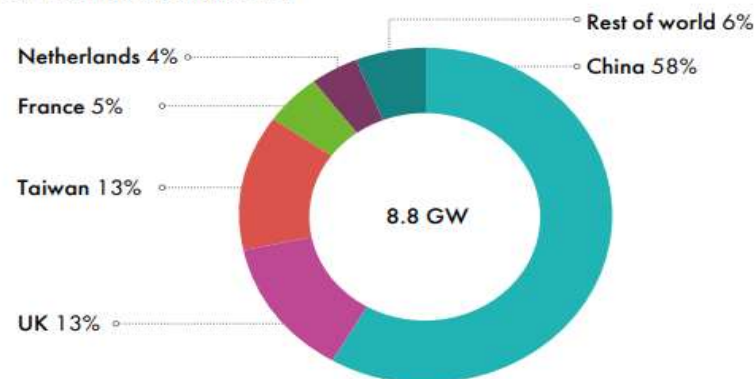


Total installations onshore (%)

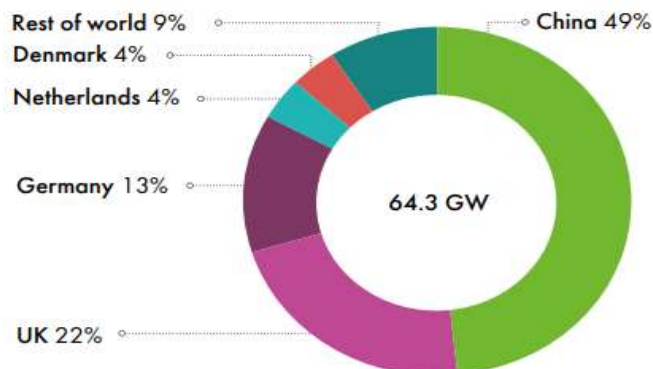


洋上風力

New installations offshore (%)



Total installations offshore (%)



洋上風力は陸上風力の13%

洋上風力は陸上風力の8%

Source: GWEC Market Intelligence, June 2023

Detailed data sheet available in GWEC's member-only area. For definition of region see Appendix - Methodology and Terminology

新規導入量計

2022年

累積導入量

2022年末まで

2. 日本の現状

洋上風力開発（日本の現状）

現在の各地域における区域の状況



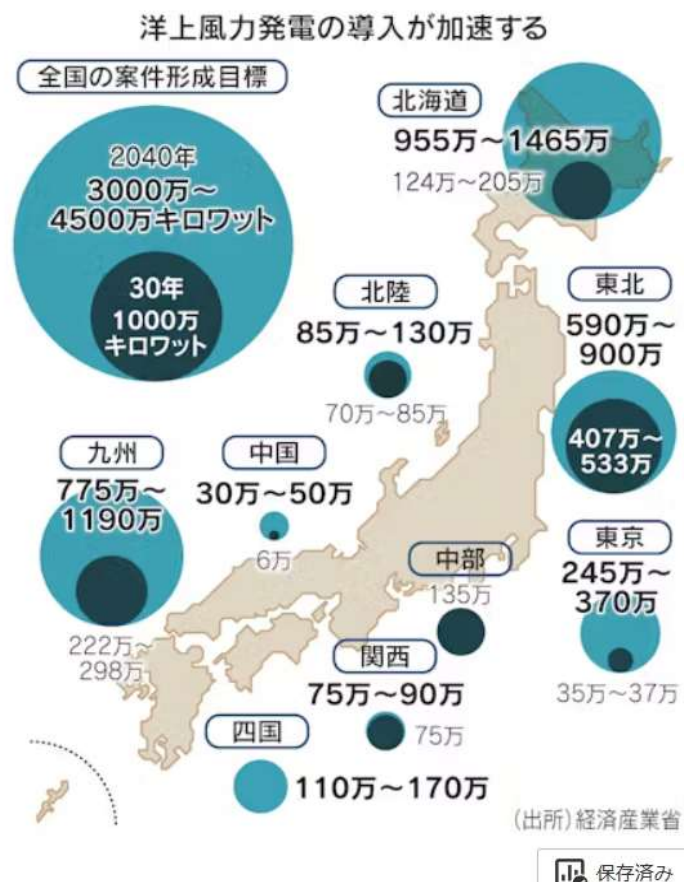
促進区域、有望な区域等の指定・整理状況
(2024年3月時点)

区域名	万kW
促進区域	①長崎県五島市沖（浮体） 1.7
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖 49.4
	③秋田県由利本荘市沖 84.5
	④千葉県銚子市沖 40.3
	⑤秋田県八峰町能代市沖 36
	⑥秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖 31.5
	⑦新潟県村上市・胎内市沖 68.4
	⑧長崎県西海市江島沖 42
	⑨青森県沖日本海（南側） 60
	⑩山形県遊佐町沖 45
有望区域	⑪北海道石狩市沖 91～114
	⑫北海道岩手・南後志地区沖 56～71
	⑬北海道島牧沖 44～56
	⑭北海道檜山沖 91～114
	⑮北海道松前沖 25～32
	⑯青森県沖日本海（北側） 30
	⑰山形県酒田市沖 50
	⑱千葉県九十九里沖 40
	⑲千葉県いすみ市沖 41
	⑳北海道岩手・南後志地区沖（浮体）
準備区域	㉑北海道島牧沖（浮体）
	㉒青森県陸奥湾
	㉓若手県久慈市沖（浮体）
	㉔富山県東部沖（善床・浮体）

容量の記載について、事業者選定後の案件は選定事業者の計画に基づく発電設備出力。それ以外は、系統確保容量又は調査事業で算定した当該区域において想定する出力規模。

洋上風力発電開発（日本の現状）

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



政府は国内での洋上風力の新規案件を30年までに計10GW、40年までに30～45GW分の案件形成。

フェーズ1：要素技術開発

テーマ①：次世代風車技術開発事業(補助、5年程度)

【予算額:上限150億円】

- 風車仕様の台風、地震、落雷、低風速等の自然条件への最適化、日本の生産技術やロボティクス技術を活かした大型風車の高品質大量生産技術、次世代風車要素技術開発等

テーマ②：浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業(補助、3年程度)

【予算額:上限100億円】

- 浮体の大量生産、合成繊維と鉄のハイブリッド係留システム、共有アンカーや海中専有面積の小さいTLP係留等

テーマ③：洋上風力関連電気システム技術開発事業(補助、3年程度)

【予算額:上限25億円】

- 高電圧ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所等

テーマ④：洋上風力運転保守高度化事業(補助、3年程度)

【予算額:上限70億円】

- 洋上環境に適した修理や塗装技術、高稼働率の作業船の開発、デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化、ドローン等を用いた点検技術の高度化等

フェーズ2：浮体式実証

フェーズ2：浮体式洋上風力実証事業(補助、最大8年)

【予算額:上限850億円】

風車・浮体・ケーブル・係留等の一体設計を行い、最速2023年から実証を実施

日本経済新聞の記事より

浮体式洋上風力で14社連合 関電や三菱商事、量産へ一歩

2024年3月13日 日本経済新聞（抜粋）

再生可能エネルギーの切り札とされる浮体式洋上風力の普及に向け、関西電力や三菱商事系など14社が近く企業連合を立ち上げる。低コストで大量生産できる基盤技術を共同開発する。世界に先駆けて量産技術確立し、脱炭素に不可欠な浮体式風力の分野で世界標準を握る狙いだ。14社が「浮体式洋上風力技術研究組合」と呼ぶ法人を近く設立する。大手電力、商社、再生エネ事業者など幅広い業界の企業が加わり、各社が出資する見通し。金額規模は共同開発の内容を踏まえて調整する。経済産業相が企業連合を認可し、財政面でも支援を準備する。政府は浮体式の技術開発に向けて「グリーンイノベーション（GI）基金」から40億円ほどを用意する。生産段階では「GX（グリーントランスフォーメーション）経済移行債」を原資に、供給網の構築に向けて最大4000億円規模を確保する。新企業連合や参加企業が申請すれば、この一部が投じられる見通しだ。

洋上風力発電、EEZに拡大 改正法案を閣議決定

2024年3月12日 日本経済新聞（抜粋）

政府は12日、洋上風力発電の設置場所を現行の領海内から排他的経済水域（EEZ）に拡大する再生可能エネルギー海域利用法の改正案を閣議決定した。海に囲まれた日本の強みを生かして再生エネの適地を広げ、2050年までに温暖化ガス排出量の実質ゼロを目指す。

領海内の海域は再生エネ海域利用法にもとづき、国が指定した海域を落札した事業者は最大30年間占有できる。現在は海底に固定する着床式の洋上風力が主流だが、EEZでは風車を浮かべるため深い海域にも設置できる浮体式が主流になる見通し。

浮体式の普及を見据え、政府はEEZでも事業者が発電設備を長期間設置できるように新たな制度をつくる。EEZでは領海に比べて、事業者が利用許可を得るまでの過程を2段階に増やす。

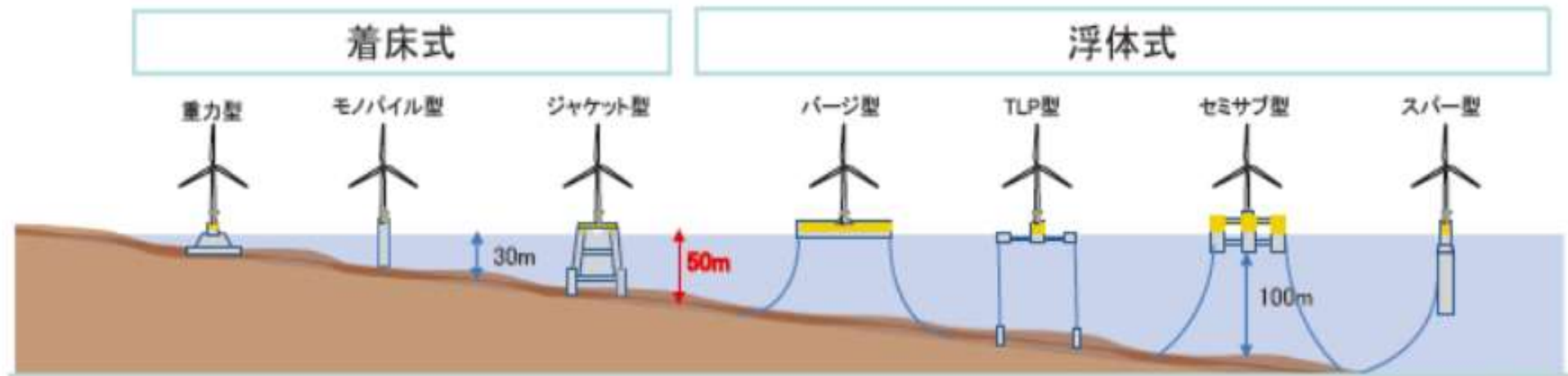
まず事業者が洋上風力の設置区域や実施計画の案を提出して国から仮の許可を受ける。その後、事業者と国は漁業者ら地元関係者を交えた協議会を設けて説明を進める。理解が得られれば国が事業者に正式な設置許可を出す流れだ。

斎藤健経済産業相は12日の閣議後の記者会見で「本法案を通じて安定的に大規模な海域の案件を形成していくことは洋上風力産業の育成強化にもつながる」と意義を語った。

日本は国土の面積が世界61位にすぎないものの、EEZと領海を含めると世界6位になる。洋上風力の設置面積の余地は大きく、日本風力発電協会はEEZまで広がれば、洋上の余地が陸上風力の3.5倍程度になると試算する。

3. 洋上風力発電の基礎構造

洋上風力発電の基礎構造



(図) 主な洋上風力発電設備の型式

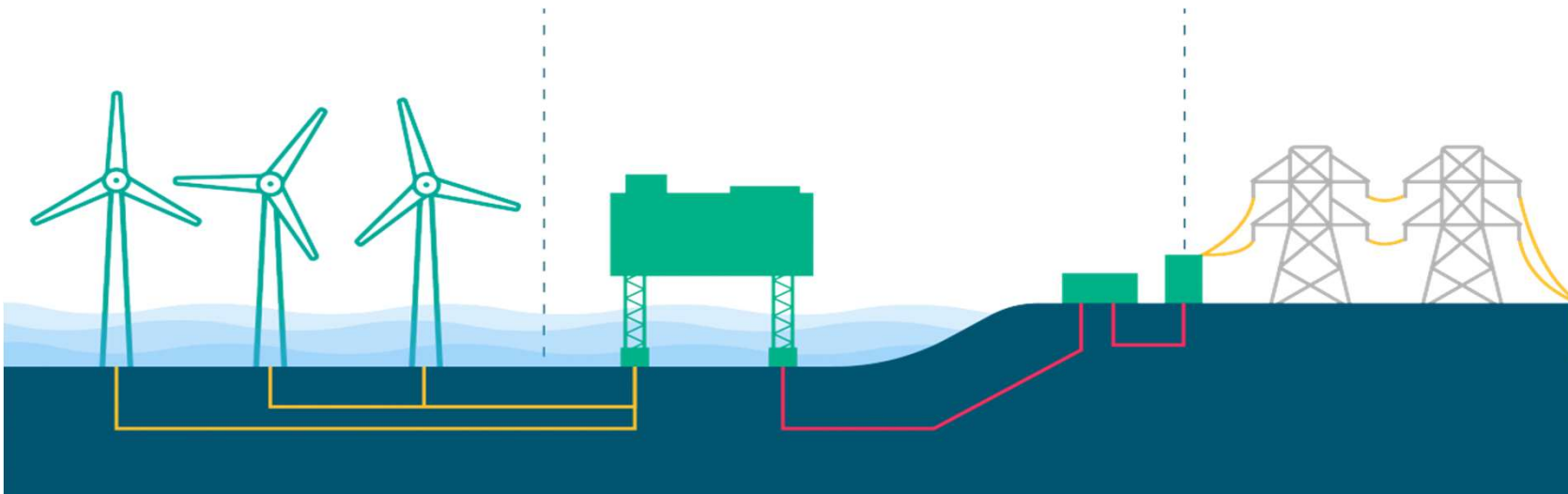
出典) 国土交通省

洋上風力発電の構成

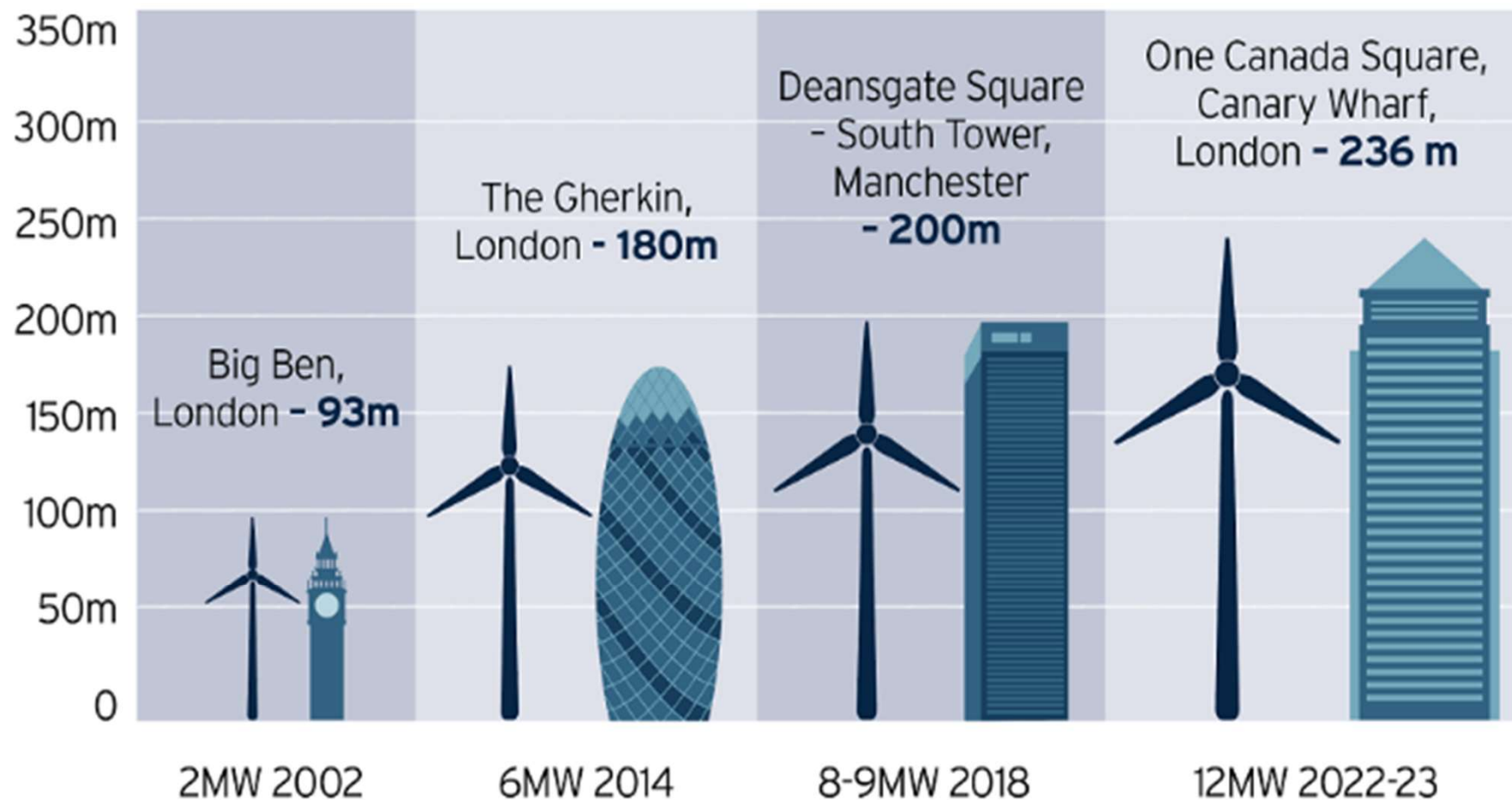
タービンと
アレイケーブル

変電所と
エクスポートケーブル

陸上変電所と
送電網



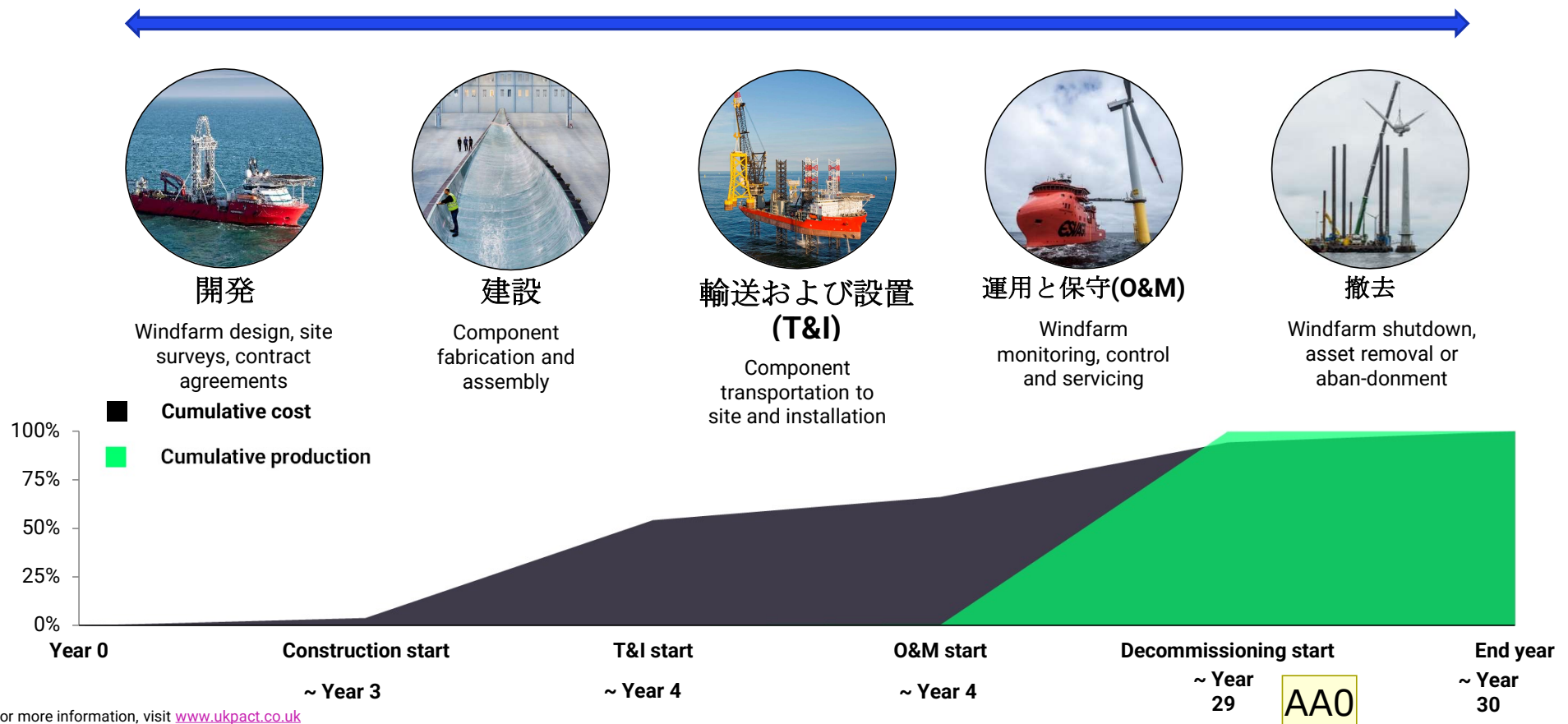
風力発電設備の大きさ



4. ライフサイクルとサプライチェーン

洋上風力発電の開発開始から撤去まで

—— 洋上風力発電の開発を成功させるには、各段階を支えるサプライチェーンが不可欠



スライド 17

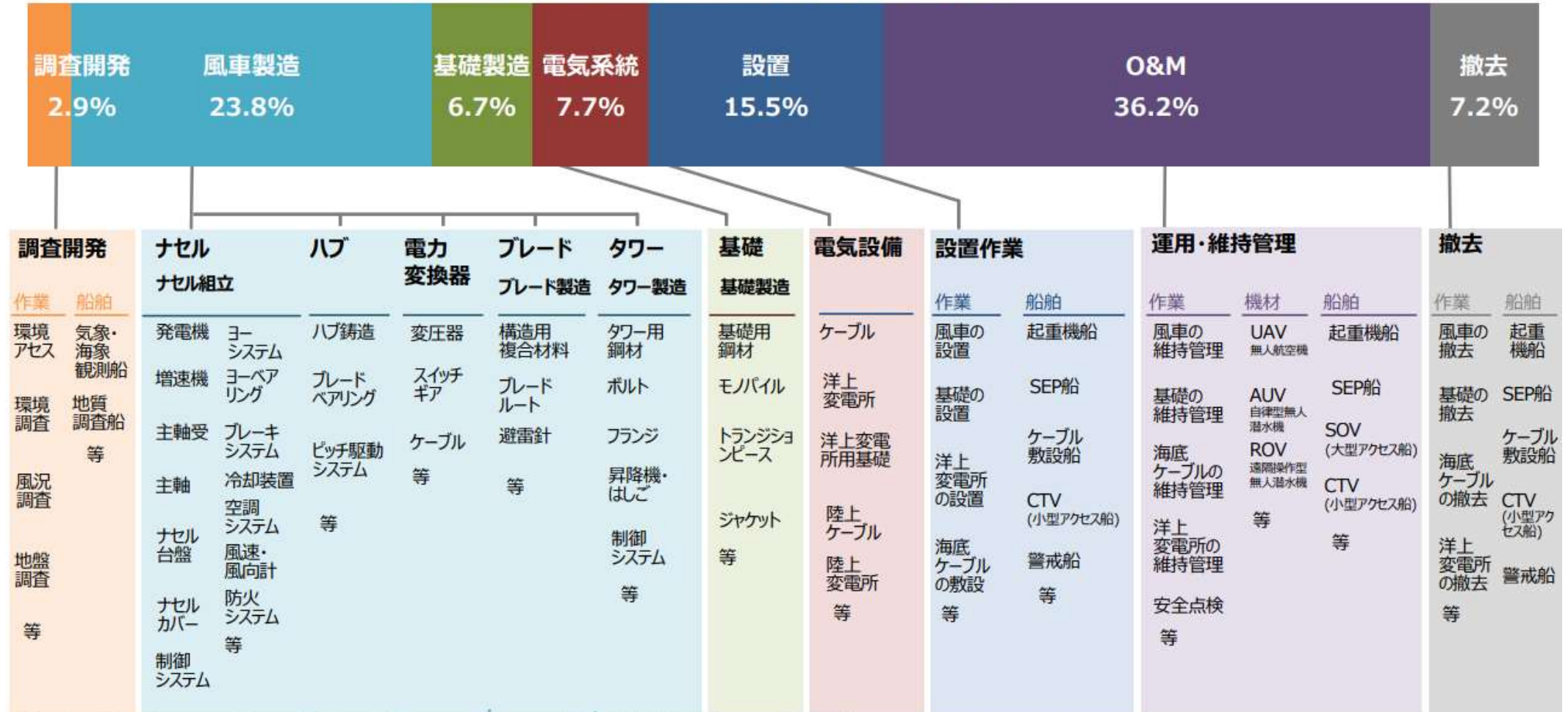
AA0

The graph is aligned with the text in the X axis with the exception of "start of decommissioning", can it be somehow aligned? Now it seems like decommissioning starts just when the project has been fully commissioned.

Arturo Andersen, 2023-12-06T15:01:13.729

洋上風力発電はサプライチェーンの裾野が広い

洋上風力サプライチェーンの全体像（着床式の例）



※数字 (%) は「Guide to an offshore wind farm」(BVG associates, 2019) より三菱総研が算出したLCOEに占める割合。

出典: 経産省“洋上風力産業ビジョン(第一次)概要” https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/dl/vision/vision_first_overview.pdf

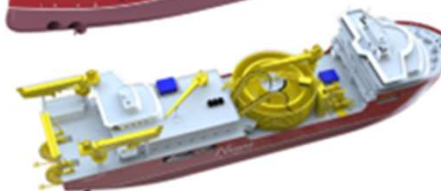
洋上風力発電支援船



- **CTV (Crew Transfer Vessel):** CTVは、風力発電所などの海上施設と陸地を行き来するための乗組員輸送船。風力タービンの保守、点検、修理などの作業に従事する技術者や作業員を輸送。
- **SOV (Service Operation Vessel):** SOVは、風力発電所などの海上施設での作業に必要な人員や設備を提供する。風力タービンの保守、点検、修理に必要な作業員や機器を運び、宿泊や食事、作業スペースなどを提供。長期間の海上滞在を可能にする。今後のEEZへの拡大では日本でも大量に必要になる。
- **CLV (Cable Lay Vessel):** CLVは、海底ケーブルを敷設するための船舶。風力発電所や油田などの電力ケーブルや通信ケーブルを敷設する際に使用される。

その他

- **SEP(Self Elevating Platform)船**
- **AHTSV (Anchor Handling Tug Supply Vessel)**
- **クレーン船**



- サイズの拡大
- 設備スペースの拡大
- 電動化対応

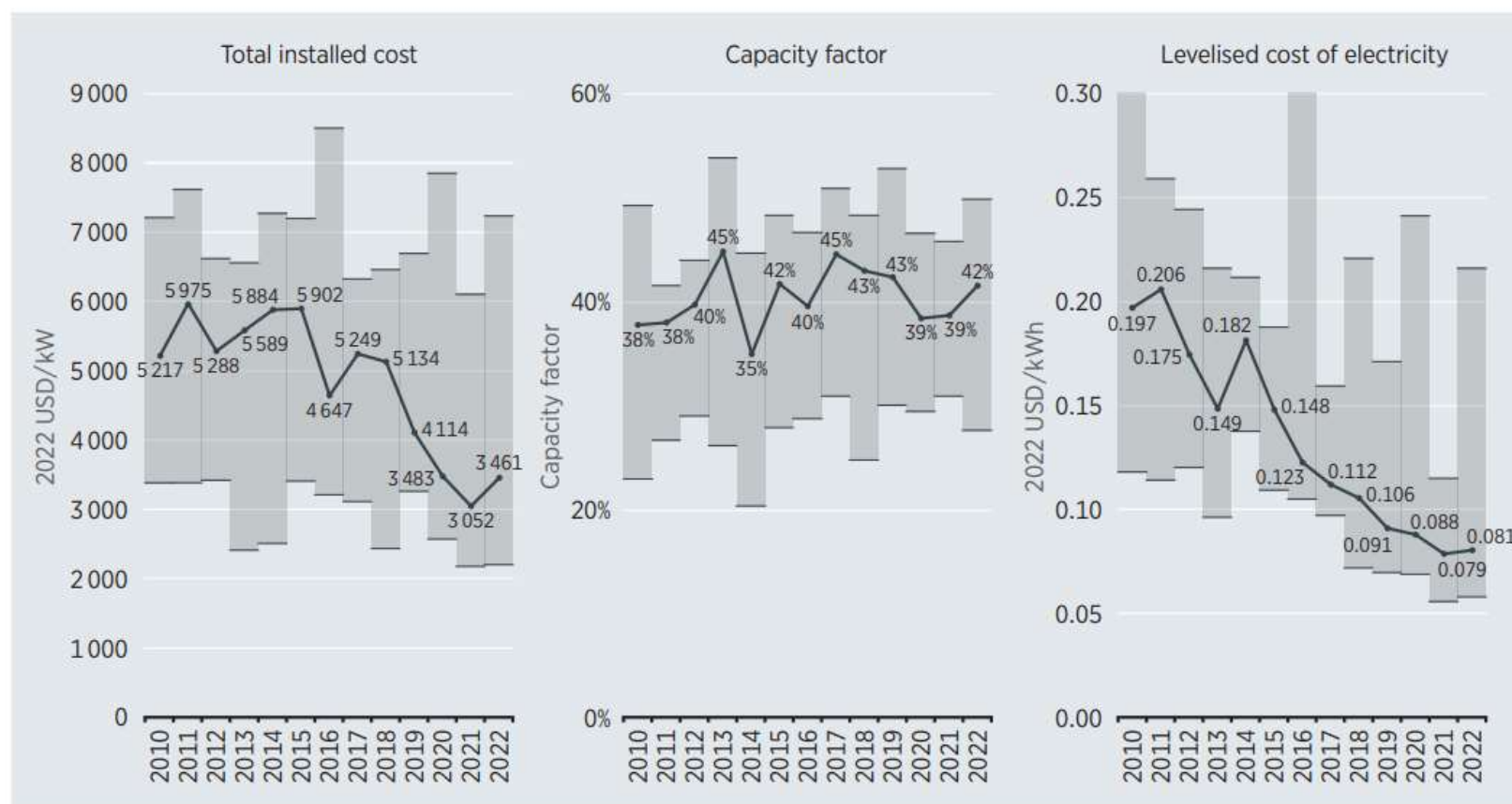
- 速度の向上
- サイズの拡大
- 代替燃料対応

- 燃料効率の向上
- 新しいケーブルへの適応

5. コスト削減の歩み

洋上風力発電の設置コスト、発電効率、LCOEの推移範囲 2010年 - 2022年

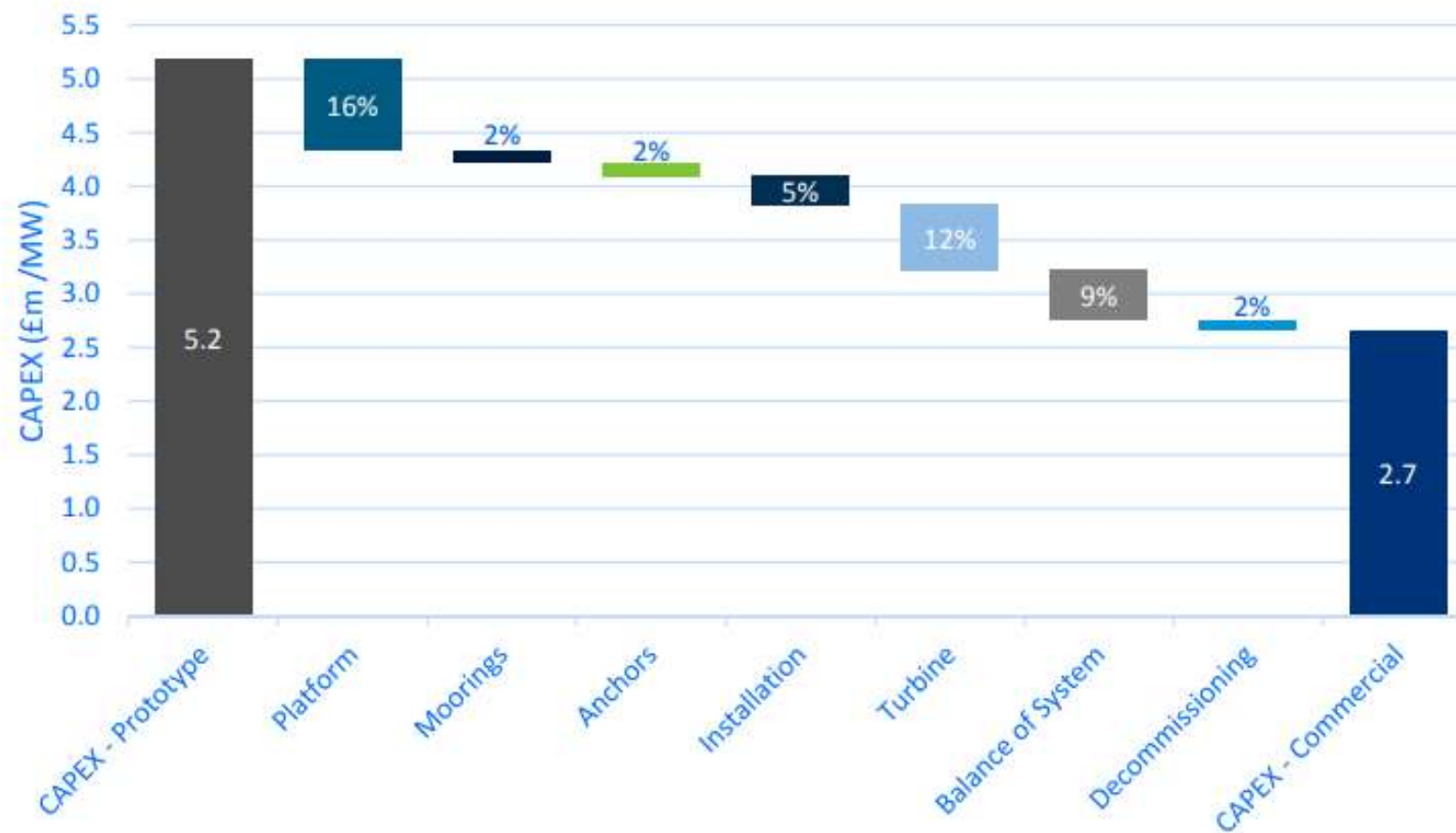
Figure 4.1 Global weighted average and range of total installed costs, capacity factors and LCOE for offshore wind, 2010-2022



出典：IRENA: RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2022 https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf?rev=cccb713bf8294cc5bec3f870e1fa15c2

商業化に向けてのCAPEXの削減

Figure 0.1.1. Reduction in capital expenditure from prototype to commercial deployments



コスト削減の推進要因

コスト削減を推進するのは、研究開発、学習効果、規模の経済、財務コストの削減

研究開発

技術向上・イノベーションによるコスト削減。大型タービン製作技術、タービンとタワーのバランス改善、統合システムの最適化、インフラ大量生産技術の確立、O&Mの最適化などコスト削減につながる技術開発。

学習効果

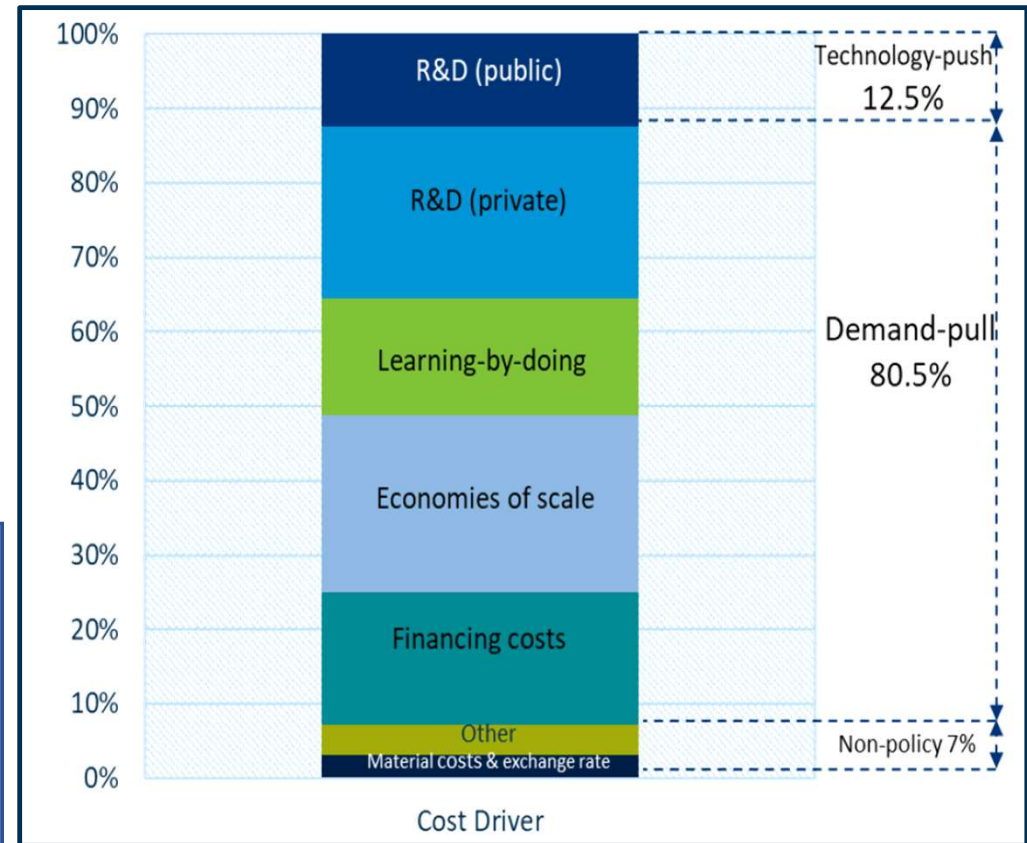
継続して行われるタービンの世代/サイズの発展プロセスから学ぶことでコスト削減に繋がる。O&Mの作業手順。複数の業態間の連携の整備など。

規模の経済

規模の経済は主に大型タービンによるもので、その規模の増加が最大のコスト削減要素。設置費用、O&M、周辺機器のコストを半減させた。

財務コスト

風況の精査などでの不確実性を下げることで金融コストを下げる。また、規模の拡大は財務の効率を上げてコスト削減につながる。

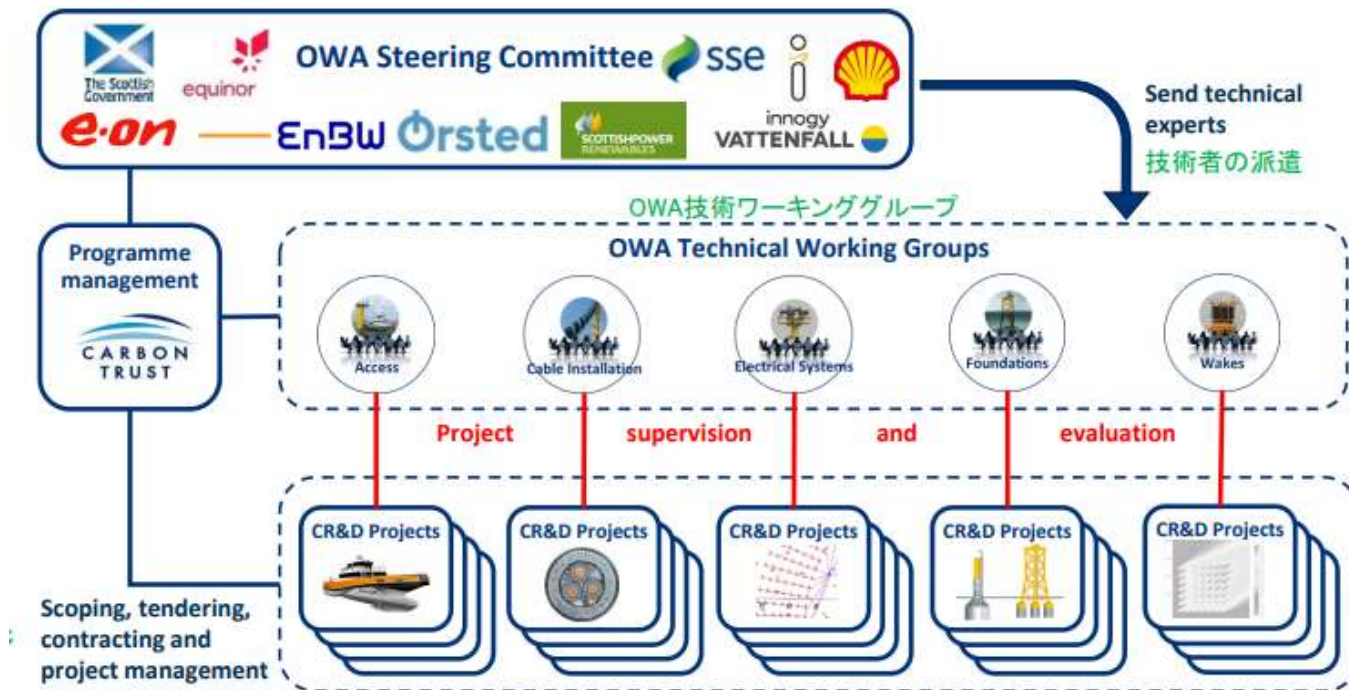


6 . Joint Industry Program (JIP)

Joint Industry Program (JIP)という共同研究開発・実証を進めるフレームワーク

カーボントラストでは、事業者、研究調査機関、サプライヤー等業界を広く巻きこみ、発電事業者のニーズにマッチした汎用性・普遍性の高い技術を短期間で効果的に開発するスキームとしてJIPを展開している。プログラムマネジメントの豊富な経験と、高い技術的知識に裏付けされたアドバイスを提供し、デマンドプル方式で商業化に繋げる。目的・地域によって組織形態は様々。

以下はカーボントラストが進めるフラッグシップ的JIPの一つであるOWAにおけるコモンR&D（共同研究開発）のフレームワーク。実証研究には別のフレームワークを形成している。また、プログラムごとに、参加者の特性、地域性等を反映して異なった組織形態が形成されている。常に共同で課題に取り組むベストの体制が整えられている。



各課題に対して、事業者だけでなく研究調査機関、サプライヤーも巻き込んで短期間に集中して対応する。

Joint Industry Program (JIP)における共同研究プログラムのメリット



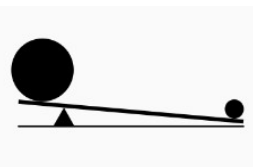
需要家からのニーズ

複数の需要サイドからのニーズによる研究開発。R&Dは、開発者、需要者からの要請に基づいて、サプライヤーや研究機関が対応して、イノベーションを起こす。



財務レバレッジ

- 共同での財務面での貢献
- 投資レバレッジ
- リスクのシェアリング、公的資金も取り込んでのリスクシェア
- 「不確実性の提言、正しい投資家への説明は、財務コスト削減につながる。」



プログラム運営の柔軟性

- プロジェクトの柔軟性
- 複数の技術領域にまたがる幅広い視点
- 異なるプロジェクトへの資金の柔軟な使用
- 資源配分の確実性と安定性

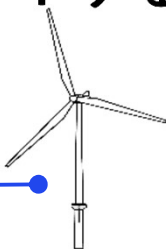


知識のプール

- 多数の技術的な専門家やストラテジストが関与
- 技術・進め方に関するオープンな議論、知識・アイデアの共有と調整
- イノベーター、開発者、サプライヤーを問わず新規参入に原則オープンに対応

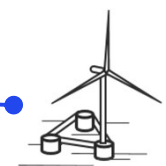


業界をリードするカーボントラストのJoint Industry Program



The Offshore Wind Accelerator (OWA)

Carbon Trustのフラッグシップ、洋上風力発電の共同R&Dプログラム。2008年より始動。



The Floating Wind JIP (FLW JIP)

浮体式風力発電のJIP、商業規模の浮体式風力発電の課題を克服し、機会を前進させる。環境へのインパクト、ステークホルダーエンゲージメントを制御、2016年から始動。



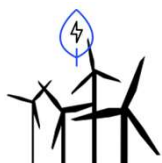
The Offshore Renewables JIP (ORJIP) 環境

ORJIPは、洋上風力発電プロジェクトにおけるステークホルダーエンゲージメントとコンセンサスリスクおよび環境リスクの低減を目的としている。2012年から始動。



The Integrator

インテグレーターは、既存のインフラ・システムへの連携、その他の技術の相互作用を検証し、水素エネルギー等の新エネルギー生成などの連携を進める。



Sustainability JIP (SUS JIP) 環境

サステナビリティJIPの使命は、将来の着床式および浮体式洋上風力発電所を脱炭素化し、洋上風力産業のネットゼロ達成への移行を支援する。

Partners we work with:



KENCY Corporation

www.kency-esg.com

プレジデント & CEO 山口健一郎



<略歴>

1982年慶應義塾大学経済学部卒、東京銀行（当時の名称）勤務後、1991年にJPモルガン入社、東京とシンガポールを拠点にアジア地域でのコモディティービジネスの立ち上げから主導。1998年ロンドンに移り、東京三菱インターナショナル社(当時の名称) エグゼクティブ・ディレクター、2003年三菱商事の英国現地法人ペトロダイヤモンド・リスクマネジメント社長、2010年ドイツ銀行ディレクターを歴任。一貫してコモディティー、特にエネルギー関連商品のデリバティブトレーディングとストラクチャリングに従事。2014年に再生可能エネルギー資産取引の仲介を行うインターネット・プラットフォーム；Megawatt-X社をロンドンで設立し、同社パートナー。2017年ロンドン大学バークベック校で環境&サステナビリティ修士修了。2019年にKENCY Corporationを立ち上げ、環境情報開示と洋上浮力発電の分野で活動中。2017年からCDPシニアマネジャーを兼務。

<著作>

- グローバルスタンダード （1996年きんざい 共著）
- コモディティ・デリバティブ入門 （1998年シグマベース 共著）
- “気候変動対応で企業に求められる情報開示の重要性” 東京財団政策研究所CSR白書2019
- 修士論文“How Conservation Stockings Work in European Eel Management Plan” (Sep. 2016 Birkbeck College, University of London)