

【2022年度事業報告】 2021年度 洋上風力発電 人材育成推進のための 要件調査と環境整備



2023年3月

日本風力発電協会

目次

1. はじめに
 2. 事業目的
 3. 事業概要
 4. 成果報告
 - 4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討
 - 4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査
 - 4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討
 5. 今後の対応
- 添付資料 委託先報告書
 - 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討
(株式会社三菱総合研究所)
 - 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査
(株式会社風力エネルギー研究所)
 - 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討
(株式会社東洋設計)

1. はじめに

1. はじめに

洋上風力発電に対する期待の高まりを受け、一般社団法人日本風力発電協会（以下JWPA）では、公益財団法人日本財団からの助成金を受け、洋上風力発電の人材育成を進めていくために必要と考えられる調査・検討を実施した。

本報告書はこの調査・検討に関する2022年度※の実施報告書である。

※ 契約上は2021年度事業であるが、実施期間の大半が2022年度であることから、2022年度と記載させていただいている。

2. 事業目的

2. 事業目的

2020年12月に策定された洋上風力産業ビジョン(第一次)において、「2030年までに1,000万kW、2040年までに浮体式も含む3,000万kW～4,500万kWの案件を形成する」という導入目標が示された。また、2021年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画におけるエネルギー需給見通しでは、2030年度の導入量の野心的水準として、5.7GWという数値が示された。1980年のプロトタイプ機以降2022年末までの約40年間に陸上も含め国内で運転した実績(廃止分含め約5GW)を上回る量を10年足らずで建設・運用することになるため、今後洋上風力発電事業の各段階で多くの人材が必要になることは明らかである。しかも、日本では先行する欧州と異なり、洋上風力の基盤となる産業がないため、経験が少ない中で建設・運用を進めなければならず、作業を安全かつ確実に進めるためには、作業に携わる作業員の育成は喫緊の課題である。洋上風力産業ビジョンにおいても、「幅広い分野における人材育成を行うことが必要である」、「短期的な異業種からの技術者の移動・転換の推進、中長期的な人材育成を進める」として、人材育成の必要性に触れられている。

このような状況の下、JWPAでは、洋上風力に関する人材育成の円滑かつ効果的な推進のために必要な事項を明らかにするとともに、異業種からの参入や人材移転促進のきっかけづくりと、メンテナンス業務にかかる人材育成レベルの尺度を明確にすることを目的に、本事業を実施することとした。

3. 事業概要

3. 事業概要

3.1 事業の内容

本事業では、洋上風力関連人材の育成を効果的に行うために必要な事項を明らかにするために、育成全般ならびに技術開発の側面から調査検討を行った。また、人材育成の成果をはかる一つの尺度とするために、メンテナンス作業員の安全確保やメンテナンス作業の品質確保を目的とした資格制度の創設に関する検討を行った。

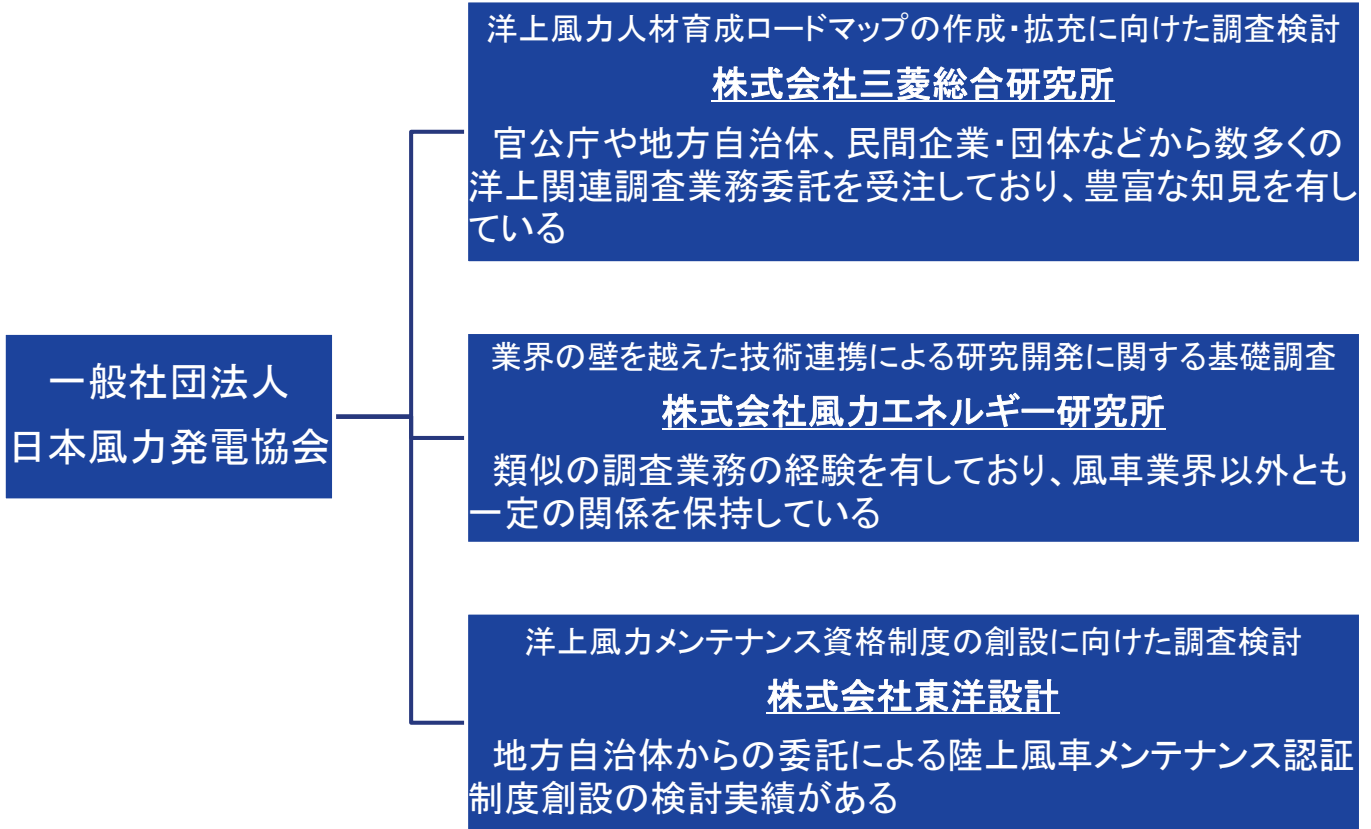
【実施項目】

- ①洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討(以下ロードマップ)
 - 2050年までの導入量の設定、導入目標達成のために必要な人員規模の推定、関連分野における人材育成動向調査、人材育成に係る必要施策の検討などを実施。
- ②業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査(以下研究開発)
 - 業界の壁を越えた技術連携の可能性を探るために、机上での情報収集、異業種他業界へのアンケート調査、ヒアリング調査を行い、技術連携可否を検討。
- ③洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討(以下資格制度)
 - 国内法や既存のトレーニングなどの整理、メンテナンス作業と危険源・注意喚起事項の洗い出し、設備要件調査、知識・技能レベルの整理、制度概要の検討を実施。

本事業の実施により、今後進められる育成事業の方向性を示すとともに、一定の力量を持つ人材を現場に送り出し、安全で高品質なメンテナンスを行うことにより、安定した洋上風車の運転の実現に貢献できる。

3. 事業概要

3.2 実施体制



COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

3. 事業概要

3.3 全体工程

項目 No.	実施項目	実施項目(詳細)	工程				
			2022.3.22 - 2023.3.21	2023.3.22 - 2024.3.21	2024.3.22 - 2025.3.21	備考	
0	共通	計画立案、業者選定・契約・報告書作成	→	→	→	→	
1	洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討	2050年時点の予想導入量設定	→				一年計画
		導入目標達成のために必要な人員規模推定	→				
		関連分野における人材育成動向に係る調査	→				
		洋上風力スキルガイド活用促進・人材移転促進策に係る調査	→				
		人材育成に係る必要施策の検討		→			
2	業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査	机上での情報収集	→				一年計画
		アンケート調査、ヒアリング	→				
		連携可否検討	→				
3	洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討	業務項目の整理			→		三年計画
		力量基準の設定			→		
		カリキュラム構築			→		
		規定作成(運営体制の検討)			→		
		評価基準設定			→		
		関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討			→		

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(1) 目的、実施内容

● 目的

洋上風力産業ビジョン(第一次)において、産業競争力強化に向けた基本戦略の一つとして、洋上風力人材育成プログラムの作成が挙げられ、検討が進められている。その一方で、人材育成全体を網羅したロードマップやそれに類する資料は作成されていない。本業務は、人材育成に関するロードマップの作成・拡充に向けて、2050年カーボンニュートラルの実現のために、人材育成プログラムの実践も含め、人材育成の観点で今後どのようなことをなすべきかを明らかにすることを目的とする。

● 実施内容

① 2050年時点の予想導入量設定

➢ 2050年カーボンニュートラルの実現のために必要と考えられる洋上風力の導入量を設定

② 導入目標達成のために必要な必要人材数推計

➢ 上記により設定した導入量達成に必要な業務分野別・職種別の必要人材数を推計

③ 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

➢ 洋上風力を取り巻く関連分野における人材育成の取組み動向を調査

➢ 国内外における洋上風力分野の人材育成に関する取組み動向を調査

④ 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

➢ 洋上風力スキルガイド(第1版)の活用促進に向けた取組みの方向性を整理

➢ 異業種からの人材移転・企業マッチングに関する課題や推進に向けたポイントを整理

⑤ 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

➢ 上記結果を踏まえ、人材育成に係る必要施策をリストアップ、施策内容を具体化

➢ 推計した必要人材数の育成に必要なインフラの規模、数量、配置等を検討

➢ 各必要施策の具体的な実施内容、実施主体、実施方法、実現に向けたアクションプラン案を整理

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(2) 2050年時点の予想導入量設定

- JWPA内で実施している別件検討結果(JWPA WIND VISION 2023)を採用し、2050年までに、着床式・浮体式を合わせて累積100GWの導入量を想定。
- 想定にあたっては、現在開発が進んでいる案件を考慮しつつ、2030年～2040年にかけての導入量拡大とともに産業基盤が形成され、2040年以降は安定的な市場形成と産業習熟期に入ることを想定し、導入量推移を設定。

設定した導入量

	2030年	2040年	2050年
着床式	約7GW	約30GW	約40GW
浮体式	約1GW	約15GW	約60GW
合計	約8GW	約45GW	約100GW

単年導入量 約1～3GW/年 単年導入量 約2～5GW/年 単年導入量 約5～5.5GW/年

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～留意事項～

- 本事業においては、JWPA会員企業に対するアンケート調査結果、海外文献調査、及びJWPA内会合における議論を踏まえて、2050年に向けた必要人材数の推計を実施した。
- 本推計結果の活用にあたっては、以下の前提や推計上の制約に留意した取扱いが必要である。
 - 2050年の導入シナリオを実現するために必要となる国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではないこと。
 - JWPAで作成した洋上風力スキルガイドに整理された人材種類を対象に、アンケート調査結果に基づくボトムアップ式(個々の要素の積み上げ)の推計手法を取っていることから、間接部門等を含む実働する全ての関連人材をカバーしていないこと。従って、本数値を実際の雇用者数として扱うことは適切ではないこと。
 - 着床式洋上風力のモデルファームを想定したアンケート調査結果に基づく分析であり、浮体式洋上風力については、一部既存文献値を用いた補正を行うに留まることから、着床式と浮体式の違いを精緻に反映した数値ではないこと。
 - 現在の産業界の知見を活用した推計結果であること、また現行制度(法定定期検査等)を前提とした推計結果であることや、将来の情報処理技術等の進展による新たな職種の人材ニーズを精緻には考慮できていないことから、今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等により、アンケート回答結果と実際の数字との乖離が発生する可能性があること。
 - 中長期的な導入量シナリオに基づく推計であり、今後の市場形成スピードや実際の導入量により、推計結果と実際の数字との乖離が発生する可能性があること。
- 本推計結果は、洋上風力スキルガイドに基づき、詳細な人材種類別に必要人材数を推計した、日本で初めての試みである。本推計結果をベースとしつつ、継続的なデータ収集と上記課題を踏まえた分析方法の改善により、推計値を精査・更新していくことが重要である。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～推計手順～

- 本調査では以下のフローに基づき、業務分野別・職種別の必要人材数を推計した。
- 推計にあたっては、アンケート調査で得られた回答結果からインプットデータを作成し、必要人材数を推計した。

STEP1	必要人材の分類方法の整理	<ul style="list-style-type: none"> 海外文献に基づき、洋上風力関連人材の職種(大分類)の分類方法を整理
STEP2	洋上風力スキルガイドの人材分類	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力スキルガイドの全人材を職種(大分類)別に分類 さらに業務内容に応じて職種(小分類)別に分類
STEP3	必要人材数に関するアンケート調査の実施	<ul style="list-style-type: none"> 開発時期に応じた2種類のモデルファームを設定 モデルファーム別に、業務分野別・職種(小分類)別の必要人材数、将来の必要人材数低減見通し、ウインドファームの想定ライフサイクル等をアンケート調査で確認
STEP4	アンケート調査結果の分析	<ul style="list-style-type: none"> アンケート調査結果を集計し、以下の必要人材数推計用パラメータ・前提条件を分析 <ul style="list-style-type: none"> 業務分野別・職種(小分類)別の必要人材数原単位[人/GW/年] 将来の必要人材低減率 ウインドファーム開発・運用の所要年数を整理
STEP5	各種補正の実施	<ul style="list-style-type: none"> 業務が重複すると想定される職種(小分類)の重複加算分を削除 ロボット利活用の拡大に伴う必要人材数の削減効果を考慮 海外文献に基づき、一部の浮体式特有人材を推計対象に追加
STEP6	業務分野別・職種別の必要人材数の推計	<ul style="list-style-type: none"> 第1章で設定した予想導入量に、STEP4の必要人材数原単位を乗じ、業務分野別・職種別の必要人材数を推計 STEP5の補正処理を行い、推計結果を取りまとめ

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

15

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～人材の分類～

- 今回の推計にあたっては、英国ORE Catapultの職種分類を大分類として設定し、2022年6月にJWPAが公開した「洋上風力スキルガイド(第1版)」で使用した人材分類を元に小分類を設定した。
- なお、同一人材が分野をまたがって業務を行う場合などが想定されることから、過大推計を避けるため、一部人材については重複を除外する処理を実施した。

職種(大分類)		職種(小分類)	
		職種数	職種名
技術職	マネジメント職	4職種	マネジメント職(プロジェクト統括)、マネジメント職(設計・技術開発)、EPCI統括管理、O&M統括管理
	技術者	4職種	技術者(設計・技術検討)、技術者(解析)、技術者(IT・通信)、技術者(O&M計画・技術検討)
	コーポレートサービス	3職種	ファイナンス組成担当者、保険引受担当職、保険金支払担当職
	HSEQ	2職種	リスクマネジメント・コントロール職、HSEQ技術者
	人材育成	—	※洋上風力スキルガイドには存在しない職種。今回は推計対象外としている。
	販売・調達	3職種	調達管理職、営業販売・調達職(保険)、生産・販売・輸送管理職
技能職	土木・建設職	4職種	現地作業員、洋上土木作業員、陸上土木作業員、現地作業員(ドローン点検作業)
	O&M職	3職種	メンテナンス作業員、メンテナンス作業員(ドローン点検作業)、メンテナンス作業員(高所作業)
	電気系職	3職種	洋上電気工事作業員、陸上電気工事作業員、電気主任技術者
	機械系職	1職種	製造作業員
	海技系職	12職種	海技職(船長)、海技職(航海士)、大型船舶・船長、大型船舶・機関士、大型船舶・航海士、大型船舶・その他船員、小型船舶・船長、小型船舶・船員、船舶保守管理職、船舶運行管理職、船舶運航管理員、マリンコーディネーター
	航空系職	1職種	ヘリコプター操縦士
	潜水系職	4職種	現地作業員(ROV作業)、現地作業員(潜水作業)、メンテナンス作業員(潜水作業)、メンテナンス作業員(ROV作業)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

16

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～アンケート調査～

- アンケート調査は、JWPA全会員(522法人)に対して行った。回収率は必ずしも高くないが、これは以下のような理由によるものと考えられる。
 - 風力発電事業に未参入が多い賛助会員も回答対象とした。
 - 正会員であっても洋上風力発電事業に対する経験が浅く、設問に回答するのが困難であった。
- しかしながら、会員のランク別の回収率を確認したところ、ランクが高いほど高い回収率となっており、全体の回収率は低いものの、得られたデータには一定の信頼性があると考えられる。

調査期間	2022年10月26日～2022年11月25日	
調査対象 ※括弧内は業種別回答数・回答率	✓ 発電事業者	(25件/22%)
	✓ 風車メーカー	(5件/25%)
	✓ 工事関連事業者	(19件/21%)
	✓ 電気・機械関連事業者	(10件/17%)
	✓ メンテナンス事業者	(8件/27%)
	✓ コンサルタント	(12件/13%)
	✓ 金融・保険事業者	(1件/5%)
	✓ その他	(9件/10%)
回答結果	配布数	522社・団体
	回収数	89社・団体
	回収率	17%

会員ランク	回収率	累積回収率※
正会員(SA)	80.0%	80.0%
正会員(SB)	66.7%	75.0%
正会員(A)	45.8%	53.1%
正会員(B)	25.7%	34.0%
正会員(C)	13.6%	20.7%
賛助会員	10.7%	16.8%
自治体会員	23.8%	17.0%
合計	17.0%	

※ 累積回収率は、当該ランク以上の回収率を示す。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～モデルファーム～

- アンケート調査では、設備容量あたりの必要人材数原単位[人/GW/年]を算出することを目的に、以下の2種類のモデルファームを提示し、それぞれの回答を取得した。
- また、産業の習熟化や技術の進展に伴う必要人材の削減見通しについても回答を取得した。

	モデルファームA	モデルファームB
運転開始時期	2030年前後	2031以降
ファーム規模	500MW	1GW
風車サイズ	10MWクラス (約50基)	15MWクラス (約66基)
運転期間	25年	25年
形式	着床式	着床式

※着床式についてはCTV運航を想定し、浮体式については2035年頃までに案件形成されるウィンドファームはCTV、それ以降に案件形成されたウィンドファームはSOV運航を想定して推計を実施した。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～補正の実施～

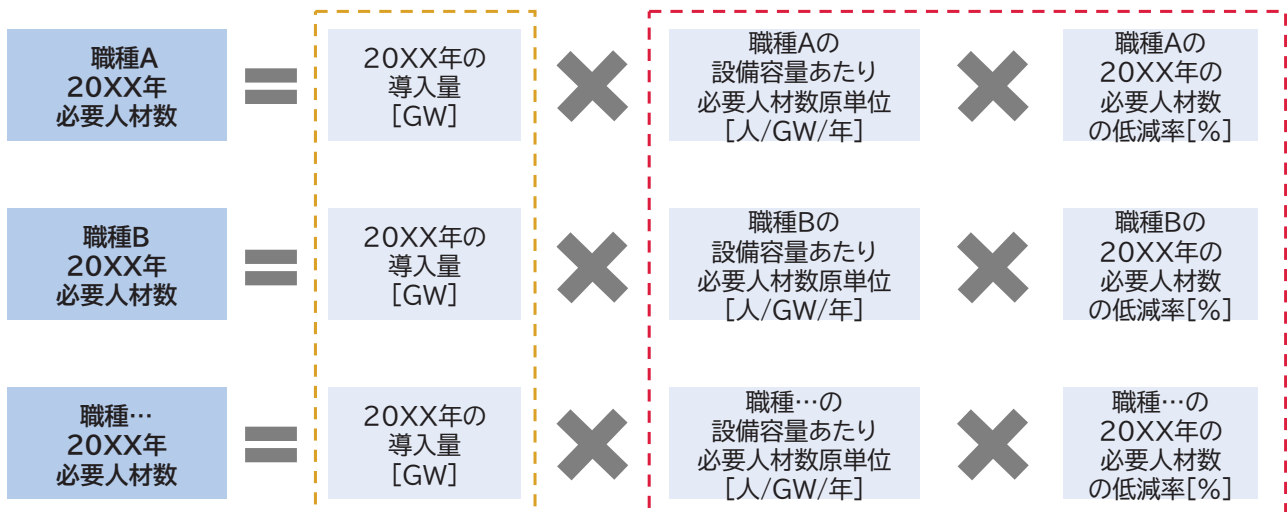
- 前述の産業の習熟化や技術の進展に伴う必要人材の削減とは別に、人による潜水・高所作業が、ドローン・ROVによる作業に代替されることによる人材の入れ替わりも考えられるが、今回のアンケートではこれに対する情報は得られなかったため、英国の分析情報に基づいた補正を行った。
- また、導入量の想定では浮体式も考慮に入れている一方、国内での実績は少ないため必要人材数を想定することは困難であることから、英国ORE Catapultの文献に基づいて浮体式開発特有の職種に該当する人材を加算した。
- さらに、現状国内では風車製造に関する日本国内のサプライチェーン形成は十分に進展していないことから、製造に関しても海外文献における必要人材数原単位を用いて推計を行った。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～推計方法～

- 設定した洋上風力の導入量に、アンケート結果に基づいて整理した設備容量あたりの必要人材数原単位[人/GW/年]と必要人材数低減率(%)を乗じることで年別・業務分野別・職種別の必要人材数を推計した。

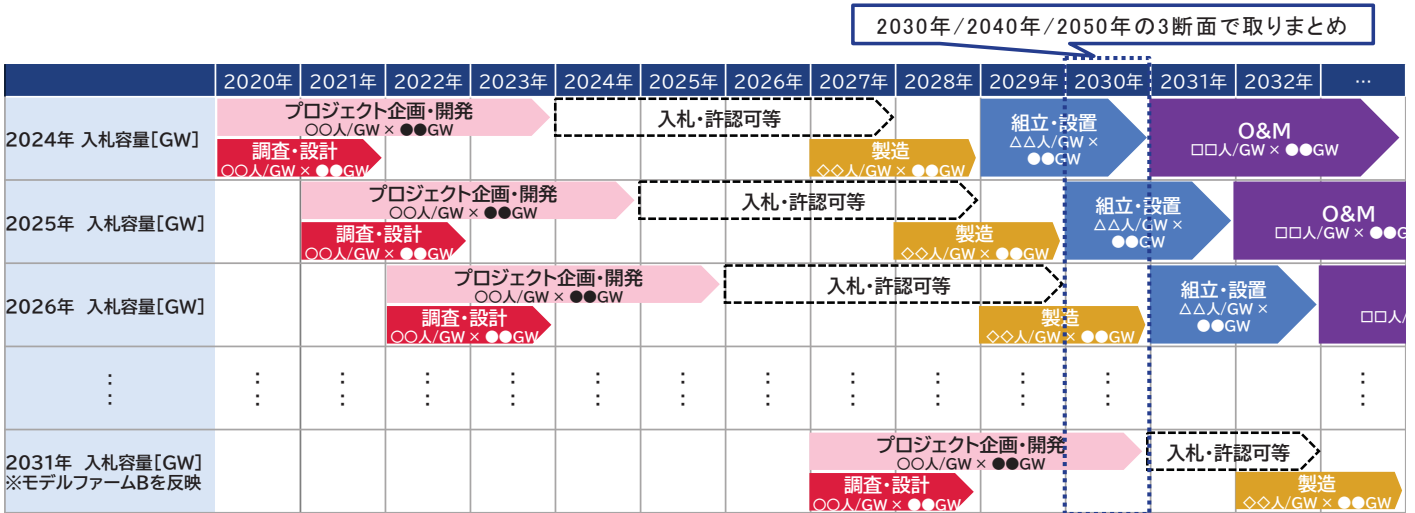


4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～ライフサイクル～

- 任意の時間断面における必要人材数を把握するためには、前項の必要人材数原単位[人/GW/年]×単年度の入札量[GW]×必要人材数の低減率[%]の計算に加えて、案件形成スピードと洋上風力のライフサイクル(プロジェクト企画開発→調査設計→製造→組立・設置→O&M)を考慮する必要がある。
- ウィンドファーム開発・運用の所要年数を想定し、2030年/2040年/2050年の3断面において活動している必要人材数を合計することで、業務分野別・職種別の必要人材数をそれぞれ取りまとめた。



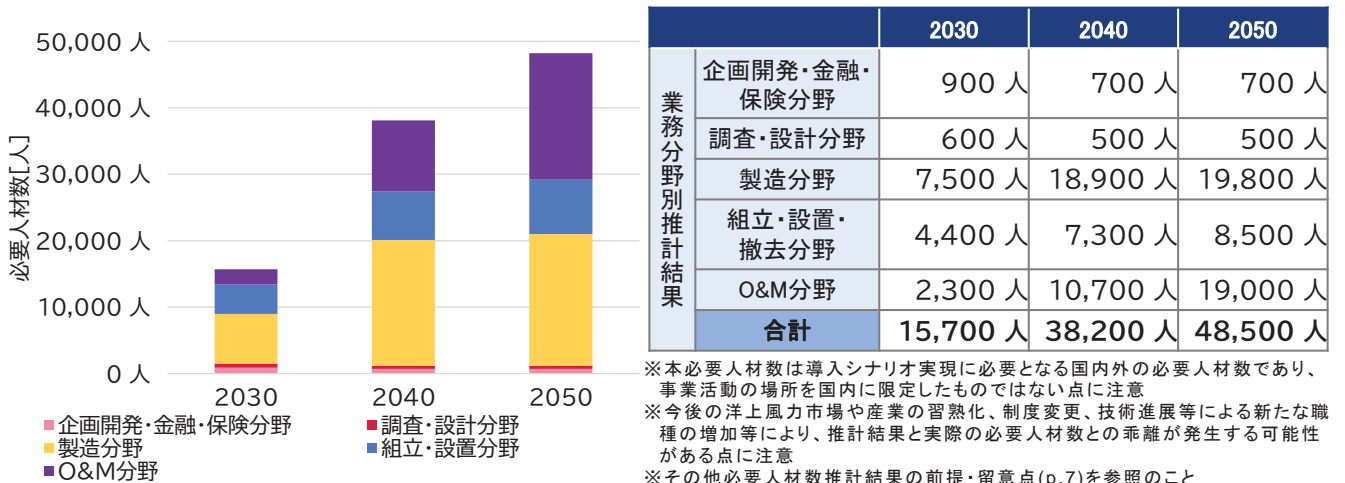
COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～推計結果～

- 業務分野別の推計結果
 - 洋上風力のライフサイクルを踏まえた必要人材数を把握するために、業務分野別での集計を行った。2030年は累積導入量が小さいため、主に製造、組立・設置分野の従事者の比率が大きい。2040年～2050年にかけて累積導入量の増加に伴い、O&M分野での従事者が増加する。
 - 本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
 - 企画開発・金融・保険分野及び調査・設計分野においては、ウィンドファームの大型化(モデルファームの切り替え)による設備容量あたり必要人材数原単位の減少効果が、単年導入量の増加による必要人材数増加効果を上回るため、2030年以降、全体数が減少する結果となった。



※本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
 ※今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等による新たな職種の増加等により、推計結果と実際の必要人材数との乖離が発生する可能性がある点に注意
 ※その他必要人材数推計結果の前提・留意点(p.7)を参照のこと
 ※四捨五入の関係で各項目の和と合計値が一致しない場合がある

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

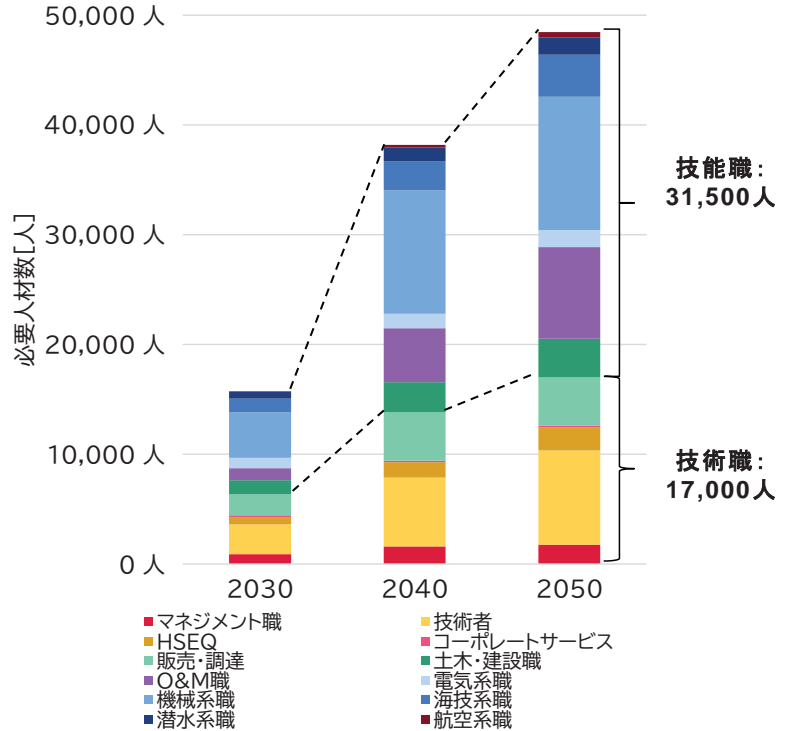
4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～推計結果～

● 職種(大分類)別の推計結果

- どのようなスキルを有する人間が、将来時点でどの程度必要となるかを把握することを目的に、職種(大分類・小分類)別に必要人材数を区分し、推計結果を整理した。
 - 本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
- 洋上風力の導入拡大に伴い、技術職・技能職いずれも必要人材数が大きく増加する。特に製造や現地での組立・設置工事やO&M業務を担う技能職の増加幅が大きく、人材ニーズの高まりを考慮した担い手確保・育成策の検討が必要になる。



※本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
 ※今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等による新たな職種の増加等により、推計結果と実際の必要人材数との乖離が発生する可能性がある点に注意
 ※その他必要人材数推計結果の前提・留意点を参照のこと

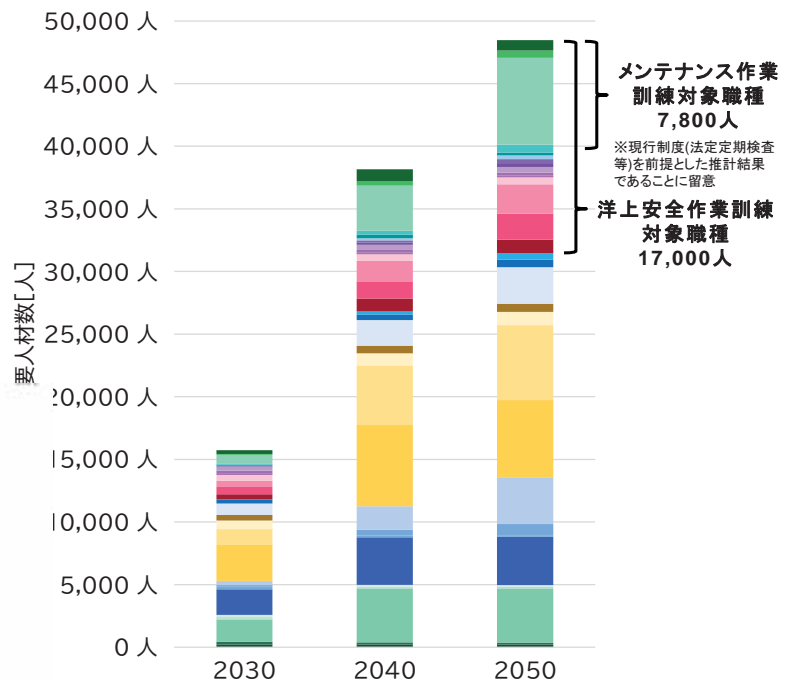
4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(3) 導入目標達成のために必要な必要人材数推計 ～推計結果～

● 職種(小分類)別の推計結果

- 職種(小分類)別の推計結果を踏まえると、洋上安全作業訓練、メンテナンス作業訓練を必要とされる人材数は、2050年時点で以下の水準に達すると推定される。
- (2050年時点)
- 洋上安全作業訓練: 約17,000人
 メンテナンス作業訓練: 約7,800人



- マネジメント職(プロジェクト統括)
- 生産・販売・輸送管理職
- ファイナンス組成担当者
- 技術者(設計・技術検討)
- 技術者(IT・通信)
- 風車製造人員
- 陸上土木作業員
- 船員
- ヘリコプター操縦士
- HSEQ技術者
- 洋上電気工事作業員
- 現地作業員(ドローン点検作業)
- 現地作業員(潜水作業)
- 電気主任技術者
- メンテナンス作業員(潜水作業)
- メンテナンス作業員
- メンテナンス作業員(高所作業)
- マネジメント職(設計・技術開発)
- 調達管理職
- 保険担当者
- 技術者(解析)
- 技術者(O&M計画・技術検討)
- 基礎等製造人員
- 陸上電気工事作業員
- 船舶運航管理・保守管理職
- EPCI統括管理
- 洋上土木作業員
- 現地作業員
- 現地作業員(ROV作業)
- O&M統括管理
- マリンコーディネーター
- メンテナンス作業員(ROV作業)
- メンテナンス作業員(ドローン点検作業)

※本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
 ※今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等による新たな職種の増加等により、推計結果と実際の必要人材数との乖離が発生する可能性がある点に注意
 ※その他必要人材数推計結果の前提・留意点を参照のこと

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 洋上風力人材育成策の参考にするため、関連分野の人材育成の取組動向の文献調査を実施した。
- 政府により人材育成の必要性が示されている分野、及び洋上風力分野との連携が高まると想定される分野として、「IT/AI分野」、「ロボティクス分野」、「水素・電池分野」、「ドローン分野」の4分野を調査対象とした。

対象分野	分野選定理由
IT/AI等情報技術分野	<ul style="list-style-type: none"> ● 中央政府の計画において人材育成に取り組む必要性・方針が示されている。 ● 将来的に洋上風力との連携が高まると想定される。
ロボティクス分野	
水素分野	<ul style="list-style-type: none"> ● 将来的に洋上風力との連携が高まると想定される。
ドローン分野	

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- IT/AI等情報技術分野の事例

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
デジタルリテラシー協議会	情報処理推進機構、(一社)日本ディープラーニング協会、(一社)データサイエンティスト協会	賛同企業として人材育成の機会取得	社会人	<ul style="list-style-type: none"> ● IT・ソフトウェア、数理・データサイエンス、AIの各分野で検定試験を創設、全ての社会人がDX人材となるための道筋を提供。 ● 各社団法人は、各分野を「知る」ための検定試験や無料エントリー講座等を開設。
マナビDX(デラックス)	経済産業省、情報処理推進機構	各講座・学習メニューを掲載	初心者から実践的スキルまで	<ul style="list-style-type: none"> ● データサイエンス、AI、クラウド、IoTなど多様なデジタルスキルの習得 ● 200件以上の講座掲載
COMPASS5.0 (AI・数理データサイエンス分野)	国立高等専門学校機構 旭川高専、富山高専	講師派遣	高専生	<ul style="list-style-type: none"> ● 国立高等専門学校機構が実施する「Society 5.0型未来技術人財」育成事業」の1つ。 ● データサイエンスを駆使した農業課題解決の実証 ● 企業実務者による情報セキュリティやAIの講義等を通じたプロフェッショナル人材の育成
なごやロボット・IoTセンター人材育成講座 - AI・IoT導入編 -	なごやロボット・IoTセンター(国立大学法人名古屋工業大学 産学官金連携機構)	講師派遣	社会人	<ul style="list-style-type: none"> ● 「ロボット・IoT導入及びサイバーセキュリティ対策」をテーマとする専門人材育成講座を開催 ● AI・IoTの基礎、各種センサ・ネットワーク等を学び、演習では個人及びグループによるプロトタイピングとその発表等を実施。
NECアカデミー for AI	NEC	-	社会人、大学生	<ul style="list-style-type: none"> ● 研修と実践を通じプロAI人材を育成 ● メンター指導、人材交流の場を提供

出所) 経済産業省ニュースリリース、(<https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220329002/20220329002.html>) <閲覧日: 2023/2/28>

マナビDXサイト (<https://manabi-dx.ipa.go.jp/what/>) <閲覧日: 2023/2/28>

一般社団法人日本ディープラーニング協会サイト (<https://www.jdla.org/certificate/everyone/>) <閲覧日: 2023/2/28>

富山高専サイト(<https://k-dash.nc-toyama.ac.jp/>) <閲覧日: 2023/2/28> なごやロボット・IoTセンターサイト(<https://nri.web.nitech.ac.jp/report/ai-iot/>) <閲覧日: 2023/2/28>

NECサイト (<https://jpn.nec.com/nec-academy/outline/>) <閲覧日: 2023/2/28> より三菱総研作成

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

• ロボティクス分野の事例

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
未来ロボティクスエンジニア育成協議会	経済産業省、情報処理推進機構	講師派遣、技術動向・シーズを提供	高専、工業高校	・企業から学校へ講師派遣・講義 ・高等専門学校教員向け研修の実施
人材育成講座(ロボット導入編)	なごやロボット・IoTセンター(国立大学法人名古屋工業大学 産学官金連携機構)	講師派遣	社会人	・「ロボット・IoT導入及びサイバーセキュリティ対策」をテーマとする専門人材育成講座 ・ロボット活用の基礎知識、ロボットシステムインテグレータとして必要な技術についての知識を提供
福島ロボットテストフィールド	公益財団法人 福島イノベーション・コースト構想推進機構	-	県内小中学生、高校生、専門学校生、大学生	・小中学生を対象としたロボット・プログラミング体験会、出前講座 ・高校生、専門学校生、大学生を対象としたロボット研究開発者講演会
産業用ロボット特別教育インストラクターコース	中央労働災害防止協会	-	社会人(ロボット作業に従事する講師)	・ロボット作業従事者向けの講師を対象とした、機器の操作の業務に関する特別教育 ・教科内容は、産業用ロボットに関する知識、ロボットの教示や検査等の作業に関する知識や実技、産業用ロボットの操作の方法(実技) 他

出所) ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会サイト (<https://www.imfri.gr.jp/info/rri/1323.html>) <閲覧日:2023/2/28>

なごやロボット・IoTセンターサイト(<https://nri.web.nitech.ac.jp/report/robot/>) <閲覧日:2023/2/28>

中央労働災害防止協会サイト(https://www.iisha.or.jp/tshec/course/k8500_robot.html) <閲覧日:2023/2/28>

福島ロボットテストフィールドサイト (https://www.fipo.or.jp/robot/initiatives/hr_development) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

27

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

• 水素分野の事例

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
関西蓄電池人材育成等コンソーシアム	近畿経済産業局、電池工業会、電池サプライチェーン協議会	カリキュラム策定への協力 必要人材の明確化	高校生・高専生	・工業高校や高専等での教育カリキュラムの導入 ・産総研などの支援機関における教育プログラムを導入予定
福岡水素エネルギー人材育成センター	福岡水素エネルギー戦略会議、九州大学	経営者・技術者の講義、専攻の設置	社会人	・技術動向・製品事例の学習、先端研究
水素エネルギーシステム専攻	九州大学	-	大学院生	・水素の製造・貯蔵・利用を含むエネルギー技術全体を体系的に学習。 ・博士課程では国際学会発表等を経験させ、国際的に活躍できる人材を育成
水素・燃料電池産業技術人材養成講座	山梨県、山梨大学	講師派遣、施設見学	山梨県内企業職員、大学生・高専生	・山梨大学教授や民間技術者の講義による、水素・燃料電池製品製造に関する知識習得

出所) 経済産業省水素燃料電池協議会ワーキンググループ, "水素燃料電池分野の人材育成の重要性について", p.4 (2014年3月)

福岡水素エネルギー戦略会議サイト (<https://f-suiso.jp/site1/jinzai>) <閲覧日:2023/2/28>

九州大学工学部サイト (https://www.eng.kyushu-u.ac.jp/g_hydrogen.html) <閲覧日:2023/2/28>

山梨県サイト (<https://www.pref.yamanashi.jp/seichosangyo/2018fc-kouza.html>) <閲覧日:2023/2/28>

近畿経済産業局サイト (<https://www.kansai.meti.go.jp/3jisedai/battery/consortium.html>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

28

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

・ ドローン分野の事例

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
JMAF財団助成金対象ドローン研修	JMAF財団、一般社団法人全国無人航空機飛行技能適正評価監視機構	講習の主催	社会人	・建設、農業等の各分野に応じたドローンの飛行訓練、操縦技術等の実習や体験セミナー
「ドローン活用人材育成事業」	公益財団法人新産業創造研究機構	講師派遣、スクール運営	兵庫県内企業、事業所担当者	・操縦技術の習得に向けた座学講習、実フィールドでの実習 ・操縦士ライセンス取得可能
E.R.T.S(E-drone Real Technique School)	株式会社NTT e-Drone Technology	スクール運営	農業従事者、NTTグループ社員	・国産ドローンを開発製造するNTTイー・ドローンが「現場で必要とされる技術を実践に伝える」をミッションに掲げ、運営するドローンスクール ・農業コース、産業コースから構成され、各分野の従事者が対象
ドローンとAIを活用したDX推進データサイエンティスト人材養成プログラム	山梨大学	講師派遣	山梨県内で就業する社会人	・農業従事者の減少を踏まえ、スマート農林業を実現するための基盤技術を有する人材の輩出 ・ドローン操縦に関する技術とAI技術を活用した解析技術を実践も交えて学ぶプログラムを提供。

出所)国土交通省航空局サイト、(https://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10_hh_000106.html) <閲覧日:2023/2/28>
(<https://www.mlit.go.jp/common/001220070.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
公益財団法人新産業創造研究機構サイト (<https://www.niro.or.jp/information/20220715/34388/>) <閲覧日:2023/2/28>
株式会社NTT e-Drone Technologyサイト (<https://www.nttedt.co.jp/school>) <閲覧日:2023/2/28>
山梨大学地域人材養成センターサイト (<https://hr.yamanashi.ac.jp/future/jinzai/dx-recurrent/>) <閲覧日:2023/2/28>
JMAF財団サイト (<https://www.jmaf.or.jp/org/java/>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

29

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- ・ 関連4分野の事例を、①人材育成の包括的ビジョン形成、②即戦力人材の育成、③将来人材の育成の3つに大きく分類し、人材育成施策の全体像を整理した。
- ・ 多くの分野において、中央政府の上位計画を踏まえた人材育成の方針検討がなされており、産官学が連携した検討方針と、それに基づく人材育成の取り組みがなされている。

施策カテゴリ	関連分野	概要		
①人材育成の包括的ビジョン形成	IT/AI	デジタルリテラシー協議会:全ての企業でDX人材を育成するための仕組みの検討、資格の創設、会員企業との連携		
	ロボティクス	未来ロボティクスエンジニア育成協議会:人材育成現場の現状把握、深みと幅のある教育の取り組みに向けた検討		
	水素・電池	関西蓄電池人材育成等コンソーシアム:蓄電池産業戦略における目標達成に向けた人材育成方針の検討		
②即戦力人材の育成	スキル・トレーニングの標準化	IT/AI	Di-Lite:デジタルリテラシーを持つ人材がカバーすべき分野を定め、検定試験創設によりスキルの標準化を図る	
	新規参入・人材移転支援	IT/AI	マナビDX:IT/AIを学びたい人向けの講座を掲載する共通サイト	
		IT/AI	NECアカデミー for AI:NECによるAIを学べるプログラム	
		IT/AI、ロボティクス	なごやロボット・IoTセンター:東海エリアの企業に対するIT/AIの導入支援研修	
	専門教育プログラム(技術職)	水素・電池	福岡水素エネルギー人材育成センター:水素分野への参入を促す研修プログラム	
		水素・電池	水素燃料電池産業技術人材養成講座:水素・燃料電池関連製品の製造に必要な知識を習得する研修プログラム	
		ロボティクス	産業用ロボット特別教育インストラクターコース:産業用ロボット従事者、インストラクター向けの研修プログラム	
		ドローン	JMAF財団助成金対象ドローン研修:農業者、建設者向け技術研修	
			E.R.T.S(E-drone Real Technique School):ドローン製造メーカーによるスキルアップ支援プログラム	
	ドローン活用人材育成事業:兵庫県内の社会人向けドローンスクールの受講支援			
ドローンとAIを活用したDX推進データサイエンティスト人材養成プログラム:山梨県内社会人向けのドローン・AI技術習得プログラム				
③将来人材の育成	小中学生向け	関連分野を身近に感じさせる取組	ロボティクス	福島ロボットテストフィールド:小中学生向け出前講座によるロボットの紹介
	高校生・大学生向け	専門教育プログラム(高等教育)	IT/AI、ロボティクス	COMPASS 5.0:旭川高専、富山高専を拠点とする専門技術者の養成
		水素・電池	九州大学/水素エネルギーシステム専攻:水素エネルギーに特化した大学院修士・博士課程プログラム	

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

30

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 洋上風力分野の人材育成に関する海外の取組みについて調査し、今後日本で参考になり得る事例を抽出。

施策カテゴリ		国	概要
①人材育成の包括的ビジョン形成	人材育成方針の明確化/必要人材数の分析	英国	洋上風力セクターディール: 2030年に向けた労働力拡大を目指し取組を実施。その中の1つとして、現在の風力産業の労働力と、将来必要となる労働力のデータ化・分析を実施。
	スキル・トレーニングの標準化	英国	OPITO: 英国の石油・ガス労働者のグリーン海洋産業への移行を支援するスキルパスポートを立ち上げる計画を発表。
②即戦力人材の育成	新規参入・人材移転支援	米国	Business Network for Offshore Wind: 洋上風力事業に参入する際の支援プログラムやガイダンス、トレーニング受講方法等のコース。
		米国	Adult & Continuing Education, Martha's Vineyard: 発電所地域コミュニティ向けの、O&M従事資格が得られるトレーニング。
		アイルランド	Green Tech Skillnet: 失業者を対象に無料で5週間のトレーニングを実施。CV作成や面接対策も含まれている。
		米国	O*NET: 職業情報ネットワークで、洋上風力の業務内容、必要なスキル・知識・教育等について整理・記載。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 洋上風力分野の人材育成に関する海外の取組みについて調査し、今後日本で参考になり得る事例を抽出(前ページの続き)。

施策カテゴリ		国	概要
③将来人材の育成	小中学生向け	ドイツ	OFFSHORE WIND INSCHOOL: 中学校の生徒や教師に対する、洋上風力に関するワークショップ。教材開発や、プレゼンやコンペ等。
		グローバル	Offshore Wind 4Kids: 子供向けに洋上風力のワークショップやコンペを開催。
		米国	Wind for school: 地方の小中学校に小型風力タービンが設置され、その学校の教師が生徒への授業等で使用。
	高校生・大学生向け	米国	(再掲)Wind for school: 大学生が、地方の小中学校に小型風力タービンを設置するプロジェクトコンサルタントを担当。
		米国	WINDEXchange: キャリアの歩み方が可視化されているキャリアマップを始めとする、洋上風力キャリアに関する情報を掲載。
		米国	【再掲】O*NET: 職業情報ネットワークで、洋上風力の業務内容、必要なスキル・知識・教育等について整理・記載。
		ドイツ	planet-beruf.de: 学生向けの職業紹介・進路選択支援サイトで、様々な適職診断や体験談、面接対策を見ることが可能。
		英国	RWE Renewables / Vestas: 専門学校が企業と提携し、トレーニングプログラムを開発。企業の発電所での実践演習も含まれている。
		英国	IDCORE / 大学での講義に加えて、パートナー企業内における産学連携型研究プロジェクトに携わるプログラムを提供。
	教育者向け	ドイツ	キール応用科学大学 / フレンスブルグ応用科学大学: 再生可能海洋エネルギー工学の学士号プログラムや風力工学の修士号プログラムを提供。
		英国	Tees Valley Education (TVE): RWE's Sofiaと提携し小学生向けの洋上風力教育リソースを共同開発、オンライン公開。
		欧州	WindEurope: 風力エネルギーの授業を行うパイロットプロジェクトを実施し、教師用ツールキットを開発。様々な教材や取組のオンラインハブとなるHPを立ち上げ。
米国		WINDEXchange K-12向け教材とカリキュラム: 小・中・高校生向けに風力発電に関する教材やカリキュラムの掲載サイトを複数紹介。	

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 洋上風力分野の人材育成に関する日本の直近の取組状況について調査し、整理を行った。

施策カテゴリ		取組状況の詳細	
①人材育成の包括的ビジョン形成	人材育成方針の明確化	—	
	必要人材数の分析	—	
②即戦力人材の育成	スキル・トレーニングの標準化	メンテナンス人材認証制度創設	いわき市:「風力発電メンテナンス人材認証制度」の構築・運用に向けた検討を実施、地域企業がメンテナンスに必要な知識・技術を獲得することによる、参入機会の拡大を目指す。
		関連資格・スキル見える化	ClassNK/マースクトレーニング: 作業員に必要なトレーニングについて、国際的なスタンダードを踏まえたガイドライン制定を目指す。
	新規参入・人材移転支援	専門教育プログラム(技術職)	長崎海洋アカデミー: 海洋エネルギーの最先端を学ぶ人材育成機関。海外機関とも連携し、将来的にはアジアの中心拠点となることを目指す。
		専門教育プログラム(技能職)	イオスエンジニアリング&サービス: GWO安全訓練認定施設として、基本的な安全訓練を提供、合弁会社によりIRATAも提供。
			特殊高所技術: 一般社団法人特殊高所技術協会が講習会を開催。特殊高所技術資格を有する者のみしか実施できない作業。
			ニッスイマリン: 日本サバイバルトレーニングセンター(NSTC)を運営しており、GWO、OPITO、STCWの認証コースを提供。
			北拓: 風力発電のメンテナンスサービスを提供しており、複数のトレーニング拠点や研修・研究用の風力発電所を所有している。
			ユーラステクニカルサービス: 社内向けのGWO基本安全トレーニングを社外にも提供する予定。
			ウインド・パワー・グループ: 風力発電の保守点検や緊急時対応ができる人材育成を目的とする総合トレーニングセンターを開設予定。
			FOMアカデミー: GWO安全訓練認定施設として、基本的な安全訓練を提供。実機風車模擬訓練設備も整備。
GiraffeWork: 主に陸上風車の点検や部品交換などのメンテナンス、設置や解体などを、特殊高所作業台を用いて行う企業で、マースクトレーニングと共同で洋上風力のトレーニングセンターを川崎市に設立する予定。			
東北電力RENES: 段階的に廃止予定の火力発電所構内に風力発電設備メンテナンス技術者のトレーニングセンターを設置予定。			
MOLマリン&エンジニアリング: 自動船位保持装置(DP)を有するシミュレーターを設置したDPTレーニンセンターを開設。			
日本郵船 / 日本海洋事業: 秋田県に洋上風力の総合訓練センターを設立し、将来的に年間1,000人の訓練修了生輩出を目指す。			
仕事・キャリアに関する情報発信	job tag: 「ジョブ」、「タスク」、「スキル」等の観点から職業情報を「見える化」し、求職者等の就職活動や企業の採用活動を支援。		

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

33

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討 (4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 洋上風力分野の人材育成に関する日本の直近の取組状況について調査し、整理を行った(前ページの続き)。

施策カテゴリ		取組状況の詳細	
③将来人材の育成	小中学生向け	風力発電に触れる機会の創出	小学生向けワークショップ: 紙芝居での風車の説明や、洋上風車キットを用いた組み立てにより、小学生の洋上風車への理解を促進。
	高校生・大学生向け	風力発電に触れる機会の創出	海洋開発サマースクール: 海外の大学等で将来必要となる知識や国際性をより実践的なレベルで経験する機会を提供。 北九州市洋上風力キャン×SDGs: 産学官が連携した研修プログラムと学生の交流機会を提供する洋上風力発電研修を提供。
		仕事・キャリア・教育に関する情報発信	【再掲】job tag: 「ジョブ」、「タスク」、「スキル」等の観点から職業情報を「見える化」し、求職者等の就職活動や企業の採用活動を支援。 インターンシップ: 風力業界への市場参入を目指す企業、実際に業界で活躍する企業から実践教育を受ける機会を提供。
		専門教育プログラム(大学・専門学校)	長崎大学: 海洋開発を担う人材を生み出す「しくみとカリキュラム」の検討や、講座開発、企業との連携等、新たな取組を実施。 九州大学: 「洋上風力研究教育センター」を設置し、洋上風力研究実績をベースに関連研究資源を集約。世界最高水準の洋上風力関連研究・教育の拠点を目指す。
	教育者向け	共通的な教材の開発・提供	—
		教育に関する情報発信	—

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

34

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

【参考】資源エネルギー庁令和4年度「洋上風力発電人材育成事業費補助金」採択状況

- 国内の長期的かつ安定的な洋上風力発電の普及に向けて、経産省資源エネルギー庁は、国内洋上風力人材の育成にかかる費用の補助事業を実施。2022年の7月から公募が開始され、9月に採択事業者が決定した。
- 補助事業者は、洋上風力に係る人材育成を行う民間事業者、教育機関、公的研究機関や地方公共団体等が対象。

カテゴリー	代表団体名	事業名
カテゴリーa 事業開発(ビジネス・ファイナンス・法務関連)人材育成事業	国立大学法人長崎大学	産学のコンソーシアムによる洋上風力発電大学教育カリキュラム等整備事業
カテゴリーb エンジニア(設計・基礎技術・データ分析関連)人材育成事業	国立大学法人九州大学	洋上風力産業エンジニア向け人材育成プログラムの構築
カテゴリーc 専門作業員(建設・メンテナンス関連)人材育成事業	株式会社北拓	洋上風力発電のO&M(運用・保守管理)に特化したトレーニング設備を通じた人材育成事業
	MOLマリン&エンジニアリング株式会社	洋上風力発電事業に従事するDPS(自動船位保持装置)搭載作業船の乗組員に対する操船訓練事業
	日本郵船株式会社	洋上風力発電専門作業員及び小型作業船(CTV等)乗組員育成のための教育訓練プログラム構築及び訓練環境の整備と海洋人材開発
	株式会社GiraffeWork	GiraffeWork Powered by MAERSK TRAINING
	株式会社ウインド・パワー・グループ	ウインド・パワー・トレーニングセンター整備運営事業

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

35

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(4) 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

【参考】安全作業に関する主要なトレーニング認証制度

- 洋上風力発電の建設、運営、メンテナンスに係る洋上作業実施のためには、下記のトレーニング受講と認証取得を求められる場合がある。
 - 特に海外においては、GWOトレーニング認証は、洋上風力開発のファイナンスや保険付保の条件としてデファクトスタンダードとなっている。
- 日本においても、下記を受講・認証取得が可能な施設整備が進められている。

認証機関・条約名	概要
GWO: Global Wind Organization	<ul style="list-style-type: none"> 世界の風車メーカーと発電事業者によって設立された非営利団体で、風力発電業界における安全な作業環境の実現を支援するためのトレーニング認証を実施。(GWOが認定したトレーニング施設でトレーニングを受講する必要あり) 2年に1回更新が必要。
OPITO: Offshore Petroleum Industry Training Organization	<ul style="list-style-type: none"> 石油産業従事者の安全な作業標準や作業者の安全教育を普及するための組織。洋上作業における安全確保が目的。 世界の海洋資源開発産業でOPITOが策定した作業標準や訓練方法等を使用。 認証の有効期間は4年。
STCW: The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers	<ul style="list-style-type: none"> 国際条約であるSTCW条約に基づき、船員の最低限の能力要件達成を義務づけ。条約加盟国政府はこの条約に基づき、船員の教育機関を監督し、能力証明を行い資格証明書の発給を実施。 能力要件やトレーニングカリキュラム等は国際海事機関(International Maritime Organization)が管理。 5年に1回更新が必要。
IRATA: Industrial Rope Access Trade Association	<ul style="list-style-type: none"> ロープアクセス技術者の資質向上や新技術の開発などを行っている世界最大規模の技術者協会。 トレーニング認証を実施しており、欧州では基本的にロープアクセス業務に携わる際は、IRATA資格が必須。 3年に1回更新が必要。
一般社団法人特殊高所技術	<ul style="list-style-type: none"> 特殊高所技術の資格認証制度と講習会を実施。 橋梁、水力発電関連施設、風力発電関連施設等における点検・調査・非破壊試験・計測・修理・補修・補強等に活用。 1~3年に1回更新が必要(資格種類により異なる)。

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

36

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- 洋上風力スキルガイド(第1版)は、高校生や大学生、社会人、自治体・教育機関の方々を対象に、①異業種からの技術者の移動・転換の推進、②自治体・教育機関における教育プログラム充実化、③若い世代における認知度向上を実現することを狙いとしてJWPAが2021年に公表。
- 第1章、第2章において、洋上風力の基本的な理解醸成のため、洋上風力の技術や政策、洋上風力発電事業の概要を整理。
- 第3章、第4章、第5章において、必要人材・業務内容、関連のある産業・職種、必要資格・スキルを解説。
- 第6章では、スキル習得のための参考情報を整理。



章	解説内容
第1章: 洋上風力の技術と未来	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力技術の概要 洋上風力導入拡大の意義と将来性
第2章: 洋上風力発電事業の全体像と流れ	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力発電事業の全体像 各業務分野の概要
第3章: 洋上風力の必要人材と業務内容	<ul style="list-style-type: none"> 各業務分野で必要とされる人材一覧 各必要人材の業務内容(タスク)の概要
第4章: 洋上風力と親和性の高い産業・職種	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力と親和性の高い産業一覧 洋上風力と親和性の高い職種一覧
第5章: 洋上風力の必要資格・スキル	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力に必要な主要な資格一覧 業務分野別の必要資格・スキル一覧
第6章: 参考情報	<ul style="list-style-type: none"> 洋上安全作業訓練 洋上風力人材育成取組み事例 風力発電分野で活動する企業紹介 用語集

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- JWPA会員企業向けのアンケート調査、国・自治体・教育機関・民間企業・地域金融機関へのヒアリング調査により、洋上風力スキルガイド(第1版)の活用促進策、及び異業種からの参入・人材移転促進策を含む、人材育成の必要施策について情報収集・分析を行った。
- 洋上風力スキルガイドの改善点について以下の意見を得た。

洋上風力スキルガイド構成	改善点に関するご意見・示唆
全般	<ul style="list-style-type: none"> 情報のアップデート: 洋上風力分野は市場の動きが激しく、常に情報がアップデートされていくため、洋上風力スキルガイドも同様に修正更新が必要。 他業界を含む広報の強化: 他業界から洋上風力スキルガイドの認知度が低い、情報にたどりつけないという意見あり。関連省庁(経産省、環境省、厚生労働省等)や自治体等のホームページに掲載依頼をするなど広報活動の強化が有効。 概要版の作成: 自治体や教育機関が利用しやすいよう、概要版を作成。
第1章: 洋上風力の技術と未来	—
第2章: 洋上風力発電事業の全体像と流れ	—
第3章: 洋上風力の必要人材と業務内容	<ul style="list-style-type: none"> キャリアパスや業務内容に関する情報の拡充: 学生や転職希望者向けに、洋上風力分野のキャリアパスに関する情報を追加すると有効。また、企業での洋上風力関連業務の事例紹介により、より実感をもって理解してもらうことも有効。 必要人材数に関する情報拡充: どの職種にどの程度の需要があるのか、具体的な推計数を提示
第4章: 洋上風力と親和性の高い産業・職種	—

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- JWPA会員企業向けのアンケート調査、国・自治体・教育機関・民間企業・地域金融機関へのヒアリング調査により、洋上風力スキルガイド(第1版)の活用促進策、及び異業種からの参入・人材移転促進策を含む、人材育成の必要施策について情報収集・分析を行った。
- 洋上風力スキルガイドの改善点について以下の意見を得た。

洋上風力スキルガイド構成		改善点に関するご意見・示唆
第5章: 洋上風力の必要資格・スキル		<ul style="list-style-type: none"> ● 必要スキル・知識に関する情報拡充: 各人材に求められる必要スキルや知識について、さらに情報を具体化することで、教育機関におけるカリキュラム検討に有用となる。 ● 必要スキルへの国際コミュニケーション能力の追加: 洋上風力市場は海外企業とのコミュニケーションが必須であるため、円滑な国際コミュニケーションを可能とする語学力を養う必要性を記載。 ● 情報提供方法の工夫: 教育機関や企業における教育カリキュラムの検討において使いやすいよう、必要資格別や人材種類別に詳細情報を整理するなど、ユーザーインターフェースを含めた情報提供方法の工夫を行う。
	第6章: 参考情報	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力スキルガイドの活用事例の追加: 具体的な活用まで至っていない企業・機関が多かったことから、国・自治体・教育機関・金融機関等における活用を促進することを目的に、活用事例を掲載。 ● 自治体等における人材育成に関する事例の追加: 自治体等における洋上風力に関する人材育成や企業参入支援の取り組み(専門家派遣、マッチングイベント等)に関する事例紹介することにより、参考情報を充実化。
		<ul style="list-style-type: none"> ● job tagにおける風力関連職種の情報拡充: 洋上風力発電関連業務の情報を拡充し、関連するキーワード検索でヒットするように工夫するなどして、洋上風力分野への関心を増やす。また、給与や待遇等の情報も拡充することが有効。
その他	job tagとの連携強化	

39

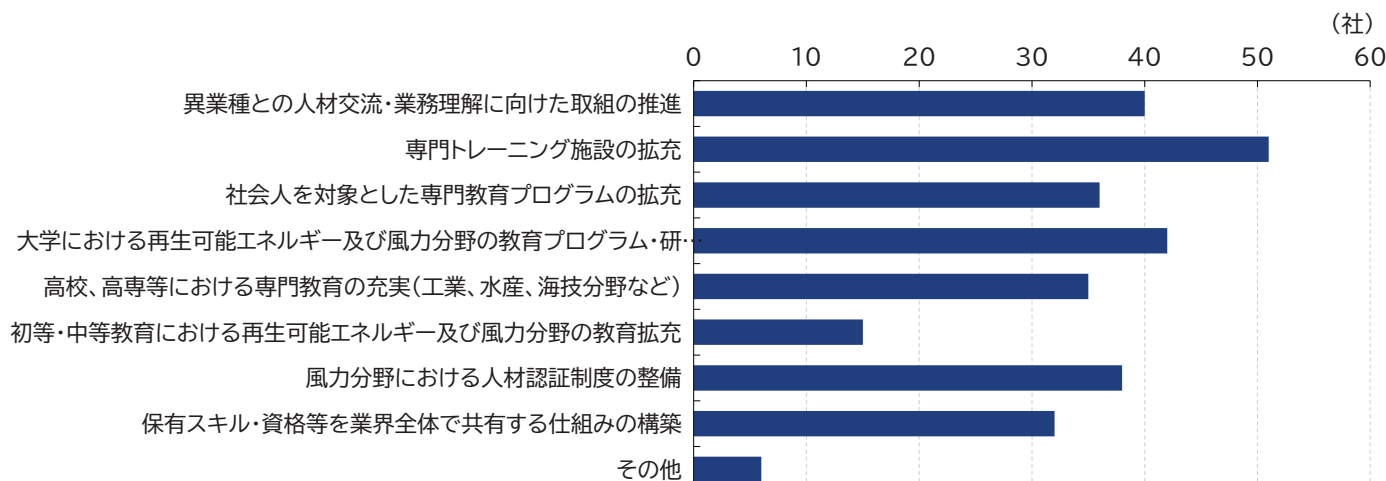
COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- アンケート調査において、異業種からの人材移転促進や人材育成に向けて、特に重要と考える施策を確認したところ、ほとんどの施策において同水準の回答数が得られた。
- 即戦力人材の育成に関しては、洋上安全作業等に関する専門トレーニング施設や、社会人向けの専門教育プログラムの拡充を求める意見が最も多く、関連企業において最もニーズの高い施策であることが確認された。
- また、異業種の参入促進に向けた取組みや、人材認証制度の整備に対しても高いニーズが確認された。
- 将来人材の育成として、大学や高校・高専等における専門教育の充実を求める声も多かった。



40

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

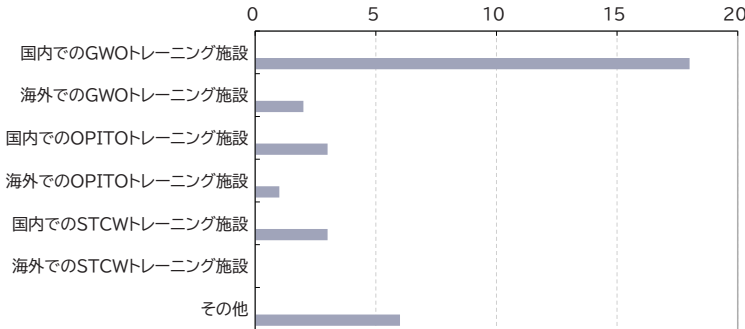
4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

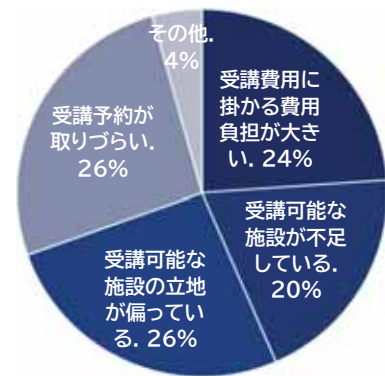
(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- アンケート調査において、現在用いている外部のトレーニングサービスについて確認したところ、洋上安全作業訓練については、大半の企業が国内のGWOTレーニンング施設を利用している。
- 国内のGWOTレーニンング施設の課題を確認したところ、施設数・立地・予約容易性など、トレーニング施設の拡充に関する回答が約7割を占めた。また、受講費用の負担を課題と考える企業も多く存在している。
- 今後利用を予定している外部サービスについても同様に確認したところ、傾向はほぼ同じであった。

現在実施中の外部のトレーニング施設を利用した洋上安全作業訓練 (社)



国内GWOTレーニンング施設に関する課題



4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- 異業種参入に前向きな声が多く寄せられ、風力業界への参入検討企業への技術移転協力も意見に挙げられた。
- 洋上安全作業訓練等のトレーニング施設については、トレーニング内容の拡充や、1つの施設で必要なプログラムを一括で受けられる体制や風車メーカーと連携したトレーニングプログラムを望む声などが寄せられた。また、トレーニング施設数の増加、プログラム期間の短縮、有効期限の延長、費用の低廉化を望む意見が見られた。
- 専門教育プログラムについては、教育プログラムの拡充や、より実践的な教育内容を求める意見が寄せられた。

必要施策		必要施策への意見
異業種参入促進	異業種参入支援	<ul style="list-style-type: none"> 他分野(Oil&Gas業界等)からの即戦力人材確保(現場技術員、船舶操縦人員等) 風力業界への参入を検討されている企業への技術移転協力
専門トレーニング施設の拡充	トレーニング内容	<ul style="list-style-type: none"> 機関別の独自プログラムではなく、GWO等の一貫したプログラムや国際的な標準規格に準拠したプログラムの提供 日本の法律や海上工事の慣習に合わせたプログラム内容 1施設で関連する必要トレーニングを一括で受講可能な体制の構築 専門人材(マリンコーディネーター、ドローン操作、風車内のメンテナンス技術者)を育成するトレーニング 各風車メーカーが提供する各種テクニカルトレーニングを国内で受講できる体制の構築 インストラクターを育成するトレーニングプログラム
	施設数・設備	<ul style="list-style-type: none"> 必要人材数に対するトレーニング施設数の不足 立地の偏りを解消する必要性、地方別のトレーニング施設の立地の必要性 トレーニング設備の充実化(模擬的なヘリデッキ設備や風車設備の設置、船舶から風車への乗り移り訓練用設備等)
	トレーニング回数・費用	<ul style="list-style-type: none"> プログラム期間の短縮化 訓練の有効期間の延長(GWO) 費用の低廉化
社会人を対象とした専門教育プログラムの拡充	教育プログラム数	<ul style="list-style-type: none"> 体系的かつ要点を押さえたテキストを用いた安価もしくは無料の教育プログラム(水力発電では新エネルギー財団等による教育プログラムが存在)
	教育内容	<ul style="list-style-type: none"> 専門性が高い各分野での知識の向上や、技術力の向上に資するプログラム 製造分野におけるAPQP4Wind教育に対応する機関の拡大 基礎的設計について、概念的な教育ではない、より具体的な教育内容 CTV操船技術を習得できるプログラム トランジションピースのモックアップに関するプログラム 多言語対応(同時通訳)のプログラム

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- 大学教育に関しては、大学における研究拡充による洋上風力産業全体の底上げや、洋上風力特有の専門分野(洋上土木、造船工学等)における教育の活性化に対する意見が挙げられた。
- 高校・高専等教育に関しては、若い世代における洋上風力分野への関心度向上の必要性が挙げられた。
- 人材認証制度やスキル共有の仕組みに関しては、日本の法制度(電事法、港湾法等)に沿った資格制度の必要性や、認証制度が未整備である人材における制度整備、各教育機関が実施するスキル教育のレベルや水準を合わせていく必要性に対する意見が挙げられた。

必要施策	必要施策への意見
大学における再生可能エネルギー及び風力分野の教育プログラム・研究の拡充	<ul style="list-style-type: none"> ● 大学における研究の拡充による洋上風力産業全体の底上げ ● 洋上土木・開発分野(海底地質関係含む)への取り組み ● 造船工学分野の活性化 ● 海外の知見の国内への蓄積、国内から海外に発信できるレベルの専門的知見の獲得
高校・高専等における専門教育の充実	<ul style="list-style-type: none"> ● 高校時代から洋上風力に関心を持つ人材の裾野を広げるための教育 ● 現場で活躍する若い人材(技術者・英語力のある海技士)の育成
風力分野における人材認証制度の整備	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本の法制度(電事法、港湾法等)に沿った資格制度 ● 認証制度が未整備な人材への対応(ヘリコプターによるホイスト運航を保守点検員が利用する場合の安全訓練の認証、マリンコーディネーター等)
保有スキル・資格等を業界全体で共有する仕組みの構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 各教育機関が実施するスキル教育のレベル・水準の統一
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 関連資格取得への補助・助成等 ● 海外の知見吸収、海外企業との協議を可能とする語学力の強化

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

43

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(5) 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

- 異業種(自動車業界、航空業界)や、参入可能性のある地域企業との接点を持つ自治体・地域金融機関へのヒアリング調査により、人材移転促進に関する課題や必要施策を把握した。
- 異業種においては、洋上風力分野と共通の課題として、現場の人材不足が生じており、洋上風力分野への人材転用をすぐに行うことは難しいという意見が挙げられた。
- 地域企業においては、洋上風力市場の収益性・有望性に関する情報が不足していることから、新規参入の経営判断が難しいという課題が挙げられた。また、求められるスキル・技術のミスマッチの可能性が挙げられた。
- 異業種や地域企業双方において、海外の具体的な参入事例や収益構造、求められる人材数等の情報を拡充することが、異業種からの参入・人材移転促進の環境整備として重要であるという示唆が得られた。

参入を検討する側の意見

異業種A	本業界でも整備士等の人材が不足しており、人材の確保、技術者の育成について課題があるという共通点がある。
	すぐに洋上風力分野に参入できるわけではなく、どうしても保守的になる。
異業種B	課題は2点。1つ目はコスト。洋上風力で儲かるのか、既存製品の開発を遅らせても洋上風力を優先するメリットがあるかという比較が必要になる。2つ目は本業につながるかという観点。

参入を支援する側の意見

自治体	地域企業参入促進の施策を行う中で課題と感じるのは地域企業の洋上風力に対するモチベーションが十分に高まっていない点である。
	地域企業に求められているものと地域企業が提供できるスキル・技術のミスマッチが発生している。
地域金融機関	新産業への参入は、長期的な目線を持てるか次第である。洋上風力は短期的に把握できないリスクが多く、また短期的に利益を出しにくい。

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

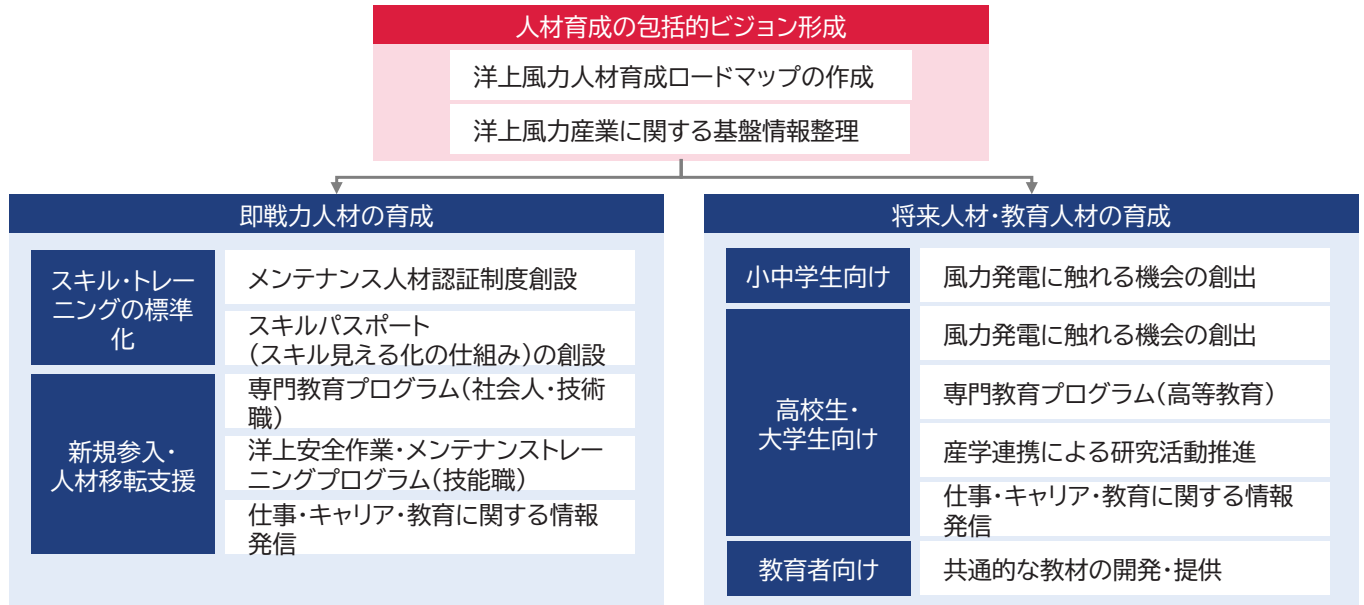
44

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 関連分野や洋上風力分野の取組み、アンケート調査やヒアリング調査結果を踏まえると、洋上風力分野の人材拡充に向けた必要施策の方向性は、下図のとおり整理される。
- 特に全施策の入口・指針として、人材育成の包括的ビジョン形成を行うことが重要であり、それに基づき、即戦力人材と将来人材・教育人材それぞれのニーズに対応した施策を、総合的に実施していく必要がある。



出所)各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析
COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 人材育成の包括的ビジョン形成として、官民が連携した洋上風力人材育成プログラムの策定が望まれる。
- スキル・トレーニングの標準化として、メンテナンス人材認証制度や、技能を見える化したスキルパスポート制度の創設などが有効。
- 技術職向けの専門教育プログラムや、技能職向けの専門トレーニングプログラムを拡充するとともに、関連情報の発信強化が重要

カテゴリ	必要施策リスト	実施体制	施策の概要	
①人材育成の包括的ビジョン形成	洋上風力人材育成プログラムの策定	国・産業界	2050年カーボンニュートラル達成に向けた人材育成に関する目標、及び必要施策と産学官連携の方向性について示した、今後の取組みの指針となる「洋上風力人材育成プログラム」を策定	
	洋上風力産業に関する基盤情報整理	必要スキルの棚卸(洋上風力スキルガイド作成)	産業界	施策検討の基礎情報として、洋上風力の開発・運用に必要な人材種類と、各人材に求められるスキル・資格を整理した洋上風力スキルガイドの作成
		スキルガイドの精査・情報発信	産業界	洋上風力スキルガイドの精査、関連産業への情報発信・対話強化
②即戦力人材の育成	スキル・トレーニングの標準化	必要人材数の分析	産業界	施策検討の基礎情報として、導入目標達成、及び2050年カーボンニュートラル達成に向けた、将来の必要人材数を、業務分野別・職種別に把握 必要人材数推計結果の精査や、実態の把握・モニタリングを継続的に実施
		メンテナンス人材認証制度創設	産業界・自治体	日本の法制度やグローバルな認証制度と整合したメンテナンス作業トレーニングプログラムと、人材認証制度を創設 グローバル市場で活用されている安全作業訓練(GWO等)や風車メーカーが付与する資格との相互認証を実施
	新規参入・人材移転支援	スキルパスポート(スキル見える化の仕組み)の創設	国・産業界	個々の人材が保有する資格・技能と、洋上風力分野に移行するために必要な資格・技能を見える化し、エンジニアリングシフトの円滑化や労働市場の合理化を実現 国土交通省の既存検討(国土交通省技能労働者の技能の「見える化」WG)等と連携し、異業種からの参入を促進
		専門教育プログラム(社会人・技術職)	教育機関・産業界	社会人技術者向けの実務的スキルの獲得を目的とした専門教育プログラムの創設・拡充
			国	社会人技術者向けの専門教育プログラムの創設・拡充に対する補助金等支援策の実施
		洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラム(技能職)	産業界	日本の法令やグローバルな認証制度と整合した、洋上安全作業(GWO等)のトレーニング施設や、風車や基礎等のメンテナンス作業のトレーニング施設の創設・拡充
国	洋上安全作業(GWO等)のトレーニング施設、メンテナンス作業のトレーニング施設等に対する補助金等支援策の実施			
仕事・キャリア・教育に関する情報発信	国・産業界	職業情報プラットフォーム(job tag)における洋上風力関連職種の情報拡充 必要な教育やトレーニング、認証を受けられる機関・施設に関する情報を集約した情報プラットフォームの創設		

出所)各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析
COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 2050年にかけて継続的に洋上風力分野の人材を確保・拡充していくためには、中期的には高校生や大学生、長期的には小・中学生における洋上風力分野への興味・関心を高める施策が重要となる。
- 小・中学生における原体験が将来の進路に与える影響は大きく、環境教育に風力発電を含むエネルギー関連の教育コンテンツを取り入れるなど、長期的な目線で、省庁横断的な取組みを進めていく必要がある。
- 高校生や大学生向けには、仕事やキャリアに関する情報発信を強化し、洋上風力分野の認知度を上げるとともに、同分野で活躍する人材の育成を目的とした洋上風力専門高等教育プログラムを創設し、高い専門性を有する人材を継続的に産業界に供給する体制を、産業界と教育機関が連携して構築することが重要となる。
- また、協調領域を対象とした共通的な教材の開発・提供が、上記教育を支える施策として有効である。

カテゴリー	必要施策リスト	実施体制	施策の概要	
③将来人材の育成	小中学生向け	風力発電に触れる機会の創出	国・自治体・教育機関・産業界 <ul style="list-style-type: none"> 小・中学校への小型風車設置、風力発電所見学機会の創出、再生可能エネルギーに関する授業実施など、初等・中等教育において風力発電に触れあう機会を創出 環境教育等における風力発電を含むエネルギー関連の教育コンテンツの導入 教育現場における風力発電との触れあいの場創出に対する補助金等支援 	
		風力発電に触れる機会の創出		
	高校生・大学生向け	専門教育プログラム(高等教育)	教育機関・産業界 国	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力発電分野で活躍する人材の育成を目的とした、洋上風力専門高等教育プログラムの創設・拡充 洋上風力専門高等教育プログラムの創設・拡充等に対する補助金等支援策の実施
		産学連携による研究活動推進	国・教育機関・産業界	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力産業の発展に資する研究活動を産学連携により推進し、産業の魅力向上に貢献、国は研究活動に対する補助金等支援を実施
		仕事・キャリア・教育に関する情報発信	国・産業界	<ul style="list-style-type: none"> 職業情報プラットフォーム(job tag)における洋上風力関連職種の情報拡充 風力発電業界におけるキャリアパスや、風力発電に関連した教育カリキュラムを提供している教育機関の情報など、洋上風力分野への進路選択をサポートする情報を提供
	教育者向け	共通的な教材の開発・提供	教育機関・産業界	<ul style="list-style-type: none"> 各教育カリキュラムにおいて共通的に活用可能な教材の開発・提供 共通的な教材を集約した情報プラットフォームの創設

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 洋上風力の人材育成は、官学産における様々な主体が連携し、多様な産業間連携、初等・中等・高等教育の活用、労働人材の移転促進など、多岐にわたる課題を包含した、総合的な施策パッケージを実行していく必要がある。
- そのための入口・指針として、関連省庁(経済産業省、厚生労働省、国土交通省、文部科学省等)横断的な必要施策の推進体制の構築、産業界や教育機関が主導した取組みの全体像と官学産連携の在り方を見える化した、人材育成の包括的ビジョン形成を行うことが重要となる。

包括的な施策パッケージ・ロードマップ

産業界のアクション (※イメージ)

- 洋上風力スキルガイドの精査・情報発信
- 必要人材数推計の精査、実態把握・モニタリング
- スキルパスポートの創設に向けた検討【官民連携】
- 専門教育プログラム・産学連携型研究活動への貢献【産学連携】
- 洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラムの拡充【官民連携】
- メンテナンズ人材認証制度創設
- 風力発電に触れる機会の創出【官学産連携】
- 洋上風力専門高等教育プログラムへの貢献【産学連携】
- 共通的な教材の開発・提供【産学連携】
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信【官民連携】

政府のアクション (※イメージ)

- スキルパスポートの創設に向けた検討【官民連携】
- 専門教育プログラムへの補助金等支援
- 洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラムへの補助金等支援
- 風力発電に触れる機会の創出【官学産連携】
- 洋上風力専門高等教育プログラムへの補助金等支援
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信【官民連携】

国主導・省庁横断的取組み

(経済産業省、厚生労働省、国土交通省、文部科学省等)

- スキルパスポートの創設に向けた検討
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信
- 風力発電に触れる機会の創出
- 専門教育プログラム、トレーニング施設等への補助金等支援

産業界主導の取組み

- 洋上風力スキルガイドの精査・情報発信
- 必要人材数推計の精査、実態把握・モニタリング
- 洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラム(技能職)

産学連携の取組み

- 風力発電に触れる機会の創出
- 専門教育プログラム・産学連携型研究活動
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信
- 共通的な教材の開発・提供

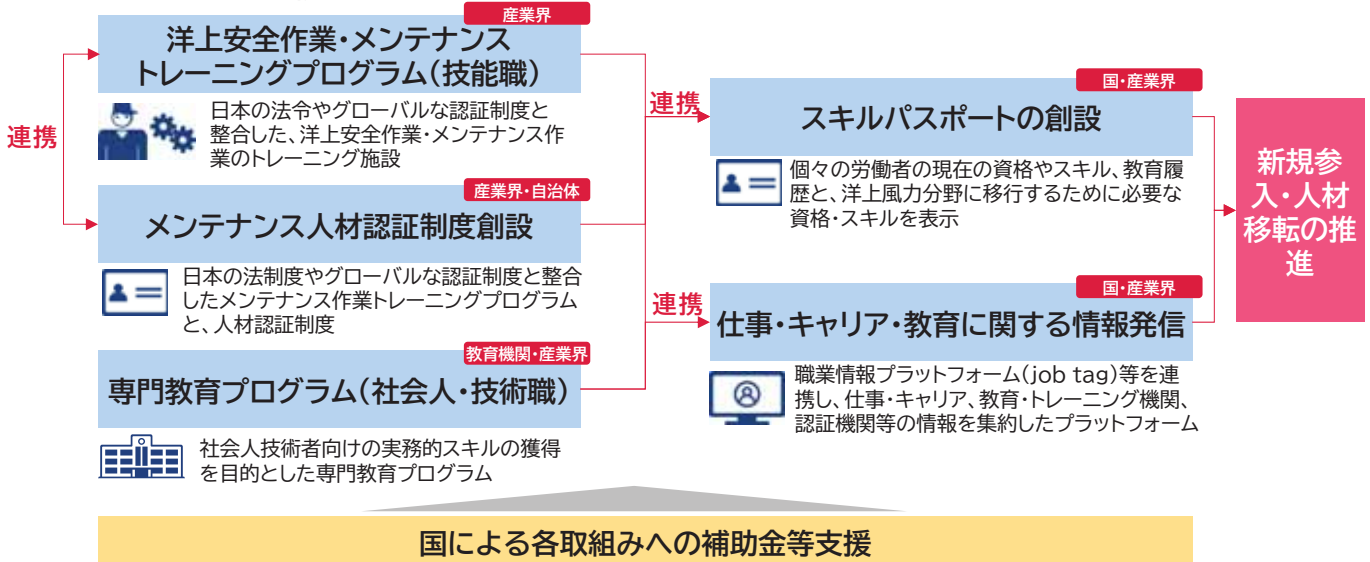
官学産連携による施策推進

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 即戦力人材育成に向けては、技能職向けのトレーニングプログラム及び各プログラムと連携したメンテナンス人材認証制度、技術職向けの専門教育プログラムを創設・拡充するとともに、それらをつなぐスキルパスポートの創設(スキル見える化の仕組み)をパッケージで進めることが有効。
- 加えて、上記取組みを含む、仕事・キャリア・教育に関する情報発信を行い、施策をパッケージ化することで、異業種等からの新規参入・人材移転の促進を効果的に実現することが可能。
- 各種取組みにおいては、日本の法制度やグローバルな認証制度、風車メーカーのトレーニングプログラム等と整合したプログラムを提供することが重要となる。また、国による各取組みへの資金面での支援が必要。

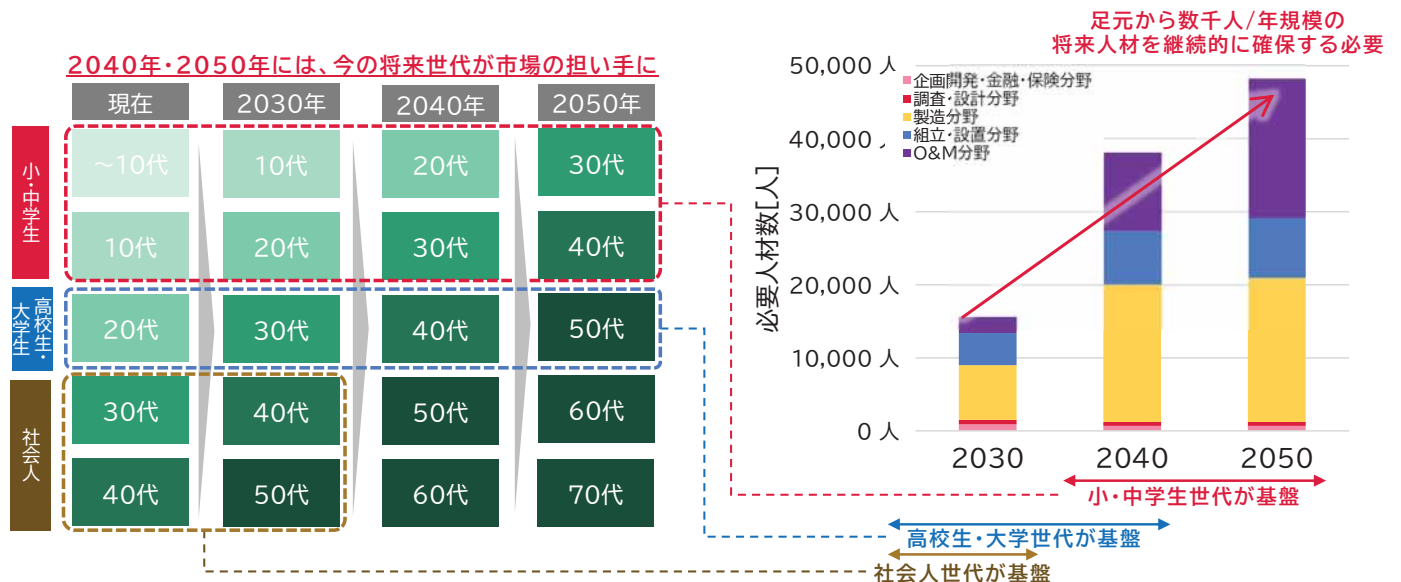


4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 2040年、2050年に向けては、今の将来世代(小・中学生、高校生・大学生)が市場の担い手となり、中長期的に数千人/年規模の将来人材を継続的に確保するための施策を、足元から講じる必要がある。
- 将来人材の基盤を拡充するためには、志向性やビジョンが形成される小・中学生の頃から、洋上風力に興味・関心を持つ機会を創出することが有効であり、その母数は出来る限り増やすことが効果的である。産官学が連携し、将来世代に対する人材育成施策に早急に取り組む必要がある。

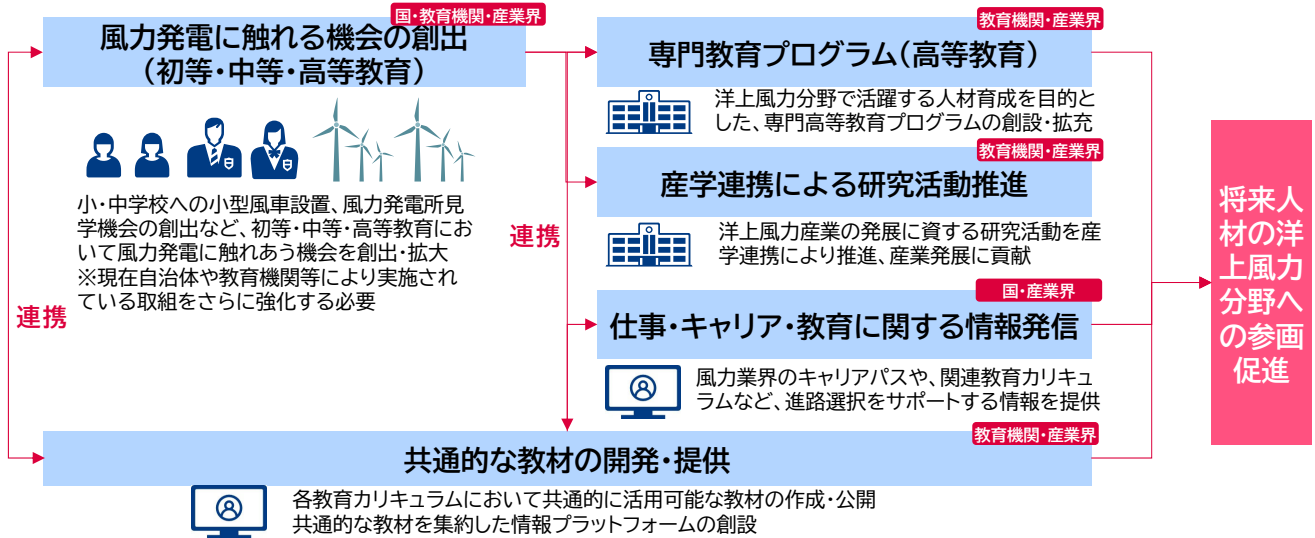


4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 将来人材育成の入口としては、初等教育から風力発電に触れる機会を増やす施策を強化することが非常に重要となる。これらの取組みは、将来的な洋上風力開発への社会全体の理解醸成・受容性の向上にもつながる。
- その上で、洋上風力分野を目指す若手のサポートや、産業の魅力向上のための施策として、専門高等教育プログラムや産学連携による研究活動の推進、仕事・キャリア・教育に関する情報発信の強化を図ることが有効である。
- 上記を支える基盤として、産業界と教育機関が連携し、協調領域を対象とした共通的な教材を開発・提供することが効果的である。また、国による各取組みへの補助金等の支援も必要となる。



国による各取組みへの補助金等支援

出所)各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 洋上安全作業訓練施設、メンテナンス作業訓練施設を対象に、今後必要となる施設数の目安を推計した。
- 2050年までに、洋上安全作業訓練施設は15~30施設、メンテナンス作業訓練施設は15施設程度のトレーニング需要が発生する可能性が示唆された。今後さらに施設整備への支援策等の施策強化を図る必要がある。

必要人材数推計結果

必要人材数	2030	2040	2050
洋上安全作業訓練対象職種	約3,900	約11,400	約17,000
メンテナンス作業訓練対象職種	約800	約4,100	約7,800

毎年のトレーニング需要[人/年]

トレーニング需要[人/年]	2030	2040	2050
洋上安全作業訓練	約2,900	約7,900	約11,400
メンテナンス作業訓練	約300	約1,400	約2,400

1施設あたりの定員数の想定 [人/年/施設]

定員数[人/年/施設]	~2030	2031~
洋上安全作業訓練	約500人	約500~1,000人
メンテナンス作業訓練	約100人	約200人

※ 洋上安全作業訓練は2年更新、メンテナンス作業訓練は約5年毎に再訓練需要が発生すると想定し、欠員や他業務への対応等を考慮した作業員の余裕率(1.3)を設定して下記式により概算。
 洋上安全作業訓練需要 = 新規訓練者数[人/年] × 1.3 + 前年までの総訓練者数[人] ※2 / 2年
 メンテナンス作業訓練需要 = 新規訓練者数[人/年] × 1.3 + 前年までの総訓練者数[人] ※2 / 5年
 ※1 新規訓練者数: ~2030年、2031~2040年、2041~2050年の期間における平均必要訓練者数[人/年]
 ※2 前年までの総訓練者数: Σ前年までの新規訓練者数[人/年] × 1.3

※1 定員数に関するGWOのトレーニング規定や、国内事例調査結果より想定される、標準的な定員数[人/年/施設]に基づき設定
 ※2 2030年まではトレーナーの人員確保など施設側の受け入れ体制の拡充が必要となることを踏まえ、2031年以降に定員数が増加すると想定

必要施設数の目安

	現状(※整備中含む)	2030年	2040年	2050年
洋上安全作業訓練施設	9施設 (GWO BST Sea Survival は5施設)	8施設程度	10~20施設程度	15~30施設程度
メンテナンス作業訓練施設	4施設	5施設程度	10施設程度	15施設程度

※ 年間トレーニング需要、1施設あたり定員数、及びトレーニング施設の稼働率(70%)を考慮して下記式により概算し、概ねの目安として提示。

洋上安全作業訓練施設数 = 年間トレーニング需要[人/年] ÷ 定員数[人/施設] ÷ 70%

メンテナンス作業訓練施設数 = 年間トレーニング需要[人/年] ÷ 定員数[人/施設] ÷ 70%

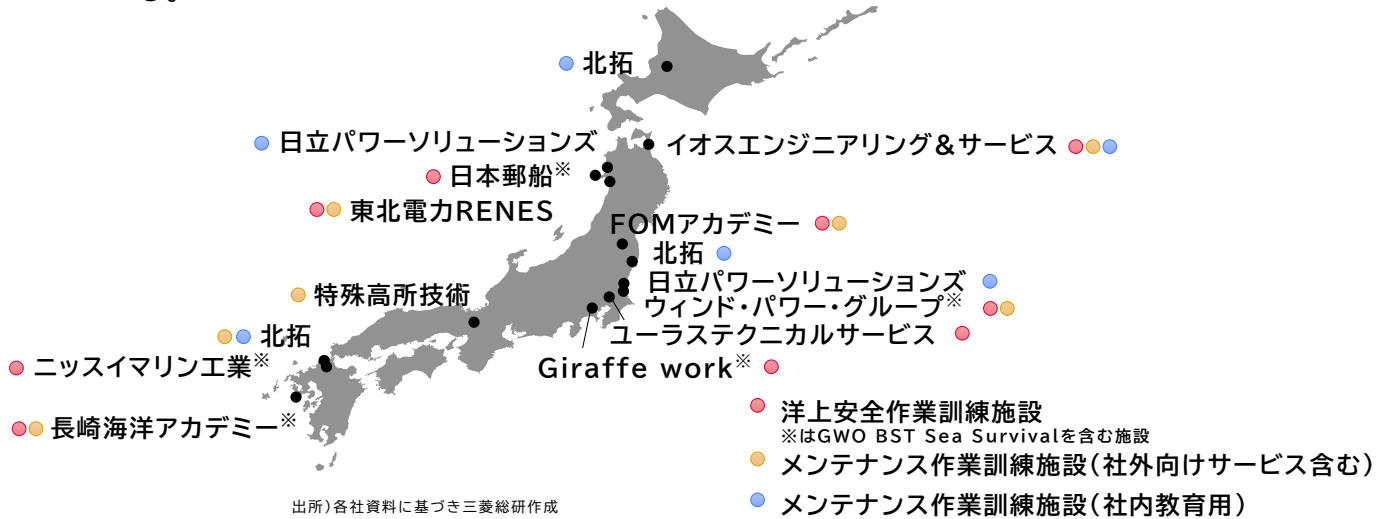
出所)各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 現在、計画・整備中を含む、洋上風力安全作業訓練施設及びメンテナンス作業訓練施設は、東北地方・関東地方・九州地方に集中しており、中部地方・北陸地方・関西地方・四国地方への整備は進んでいない。
- 訓練施設の配置については、ヒアリングやアンケート調査において、立地の偏りの解消や、エリア別の訓練施設整備の必要性が指摘されている。今後は中国地方や九州地方に大きなポテンシャルを有する浮体式洋上風力の拡大も踏まえ、現在整備が進んでいない上記エリアへの訓練施設整備を進めていくことが有効である。
- また、洋上風力の立地地点・基地港湾近傍(主に地域事業者向け)に加えて、交通や宿泊の利便性等の観点から、大都市圏近郊にもバランスよく配置することが効果的である。



出所) 各社資料に基づき三菱総研作成

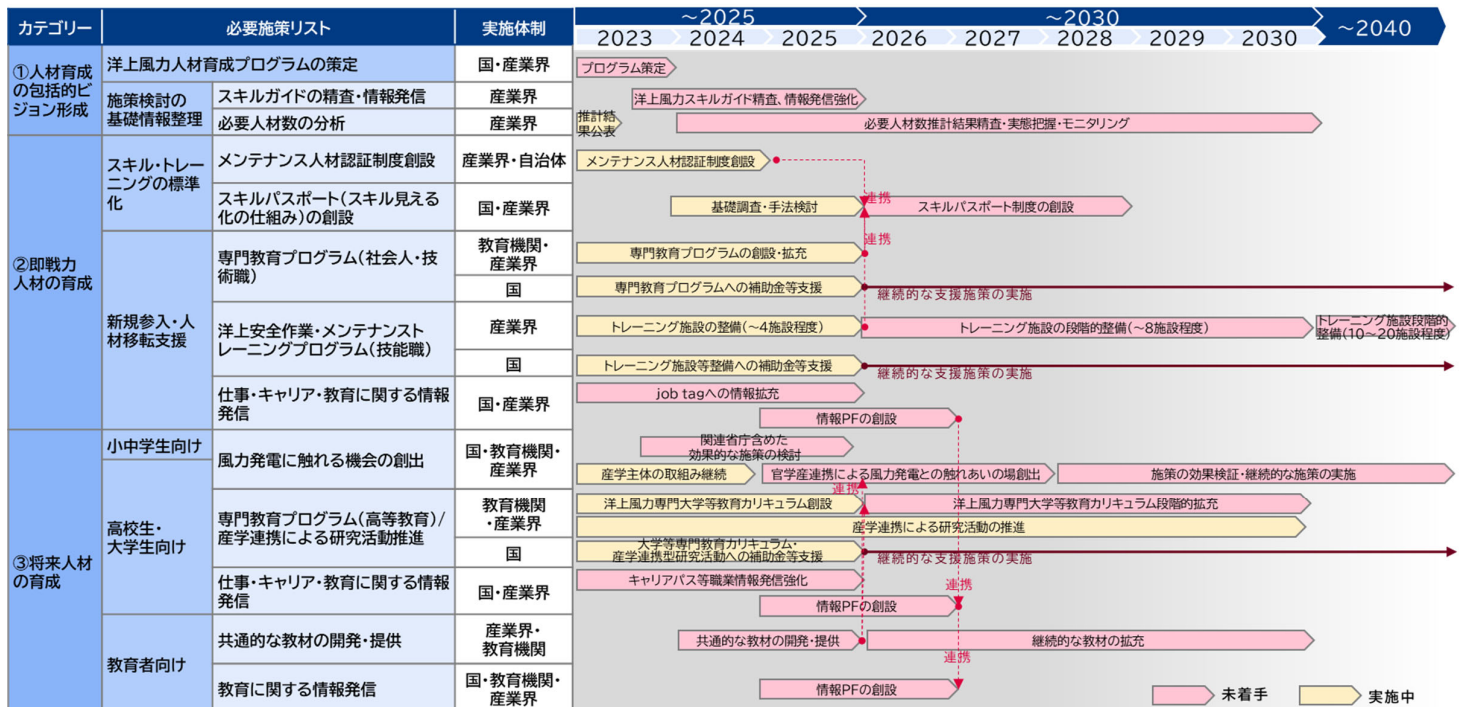
COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(6) 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 前頁までに整理した必要施策について、目標タイムラインとしては以下の案が整理される。
- 未着手かつ早期に検討を開始すべき施策について産学官が連携して取り組むとともに、中長期の視野を持って必要施策実現に向けた計画的な取り組みや、継続的な政策的支援を講じていくことが重要となる。



出所) 各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(7) まとめ

- アンケート調査に基づく必要人材の推計によって、従来指摘されていた洋上風力事業にかかる将来的な人材の不足を、各人材毎に定量的に示すことができた。ただし、推計に当たっては各種仮定、前提を使用していることから、数値の利用にあたっては、これらの影響に十分配慮する必要がある。また、今後の市場の状況の変化などによって推計値と実態に乖離が発生することは十分に考えられる。このため、適切な時期に同様の調査を行い、修正を加えることが有効である。
- 人材育成の動向調査、事例調査では、洋上風力との連携が深まると考えられる分野における動向を明らかにしたが、今後これらの分野と連携した人材育成が行われることを期待したい。また、海外事例調査においては、日本より二十年先行している欧州などの先進的な取り組みの情報を得ることができ、また、一部については本調査検討においても参考にさせていただいた。今後も諸外国の取り組み状況に関する情報を適宜入手し、参考また、活用できるものを国内の人材育成施策に取り込んでいくことが望まれる。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(7) まとめ

- 国内の事例調査においては、2020年のカーボンニュートラル宣言、洋上風力産業ビジョン(第一次)における導入目標の設定を受け、国内の企業団体などが人材育成について積極的な活動を行っていることを示すことができた。それぞれの活動が一過性のものにならないよう、行政による各種支援や、洋上風力の円滑な導入が継続して進むことが望まれる。
- 洋上風力スキルガイドの活用促進を含む人材移転促進ならびに人材育成必要施策に関する調査においては、JWPAが公表した「洋上風力スキルガイド」の活用促進ならびに今後の改善に向けて貴重なご意見をいただいた。将来の見直しの際に反映するようにしたい。また、人材移転促進や必要施策については、様々な意見が寄せられ、どのようなことが求められているかを明らかにすることができ、また、洋上風力の人材育成に関する関心の深さがうかがえた。

4. 成果報告

4.1 洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

(7) まとめ

- 必要施策、ロードマップの検討では、これまでの調査検討結果に基づいて施策の方向性を示すとともに、具体的な概要、イメージをまとめるとともに、誰がいつまでに何をすべきかをまとめることができた。本検討結果については、風力発電を所管している経済産業省資源エネルギー庁新エネルギー課風力政策室とも内容を共有させていただくことにしている。今後さらなる具体化を経て官学産が一体となって取り組んでいく必要があり、我々JWPAも風力発電の業界団体として、施策の実現に向けて微力を尽くす所存である。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 目的と実施内容

• 目的

- 今後の洋上風力発電設備の大幅な増加によって、将来的に洋上風力関連産業に関わる人材の不足が懸念されている。今後、他業種・他産業からの人材の移転・転換も予想されるが、これを円滑に行うための手段として、他業種・他産業との技術的な交流が考えられる。
- 本業務は、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」で示された「技術開発ロードマップ」の内容も踏まえて、国内の業界の壁を越えた技術の連携、共同研究開発の可能性を探り、異業種交流によって世界に対抗しうる風力発電技術の開発を促進するとともに、他業種・他産業から移転・転換する人材ならびに風力発電の研究開発に従事する人材の育成につなげることを目的とする。

• 実施内容

- ① 机上での情報収集
- ② アンケート調査, ヒアリング
- ③ 連携可否検討

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集

- 風力発電業界よりも先行している技術や、風力発電の事業拡大、発展のために今後必要となりそうな技術として以下の六項目をピックアップし、文献やインターネットなど各種公開情報により調査を実施。
 - ① 3Dプリンター(大型構造物の作製, コスト低減化, 省力化, 無人化)
 - ② ドローン(ブレード点検の実用性について確認)
 - ③ デジタルツイン(関連して, 海象予測, 発電電力量予測)
設備保全管理, モニタリング・異常検知, 設備の性能予測
 - ④ 風車大形化に伴うタワー建設
 - ⑤ 大形風車の運搬技術
 - ⑥ ブレードリサイクル(GFRP, CFRPのリサイクル)

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～3Dプリンター～

- コンクリート製ハイタワー開発
 - 道路事情による輸送可能な寸法上限があり、陸上風車大型化の障害
 - GE Renewable Energy、COBOD、LafargeHolcim 3社により、現地で3Dプリンターを組立ててコンクリート製のタワーを製作する技術を共同で開発
 - 150～200mの高さのタワーを建設することが可能。タワーの高さが二倍になれば33%以上の発電電力量の増加が期待でき、陸上用風車の大型化への一手法として期待される
 - 一方、引張荷重に対応できるよう、補強材やプレストレスを考慮した構造とするなどの工夫が必要

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～3Dプリンター～

● 大型構造物の一括製作

- 清水建設がガントリー型の建設3Dプリンター(シミズロボプリンター)を開発し、大形埋設型枠の実証施工を実施。
- 大型構造物の一括作製により、部材の運搬コストを低減し、施工の省力化・省人化につなげる
- 奥行き20m×高さ4.5m×厚さ80mmの埋設型枠を作製。外周約42mの型枠1層分の作製に約10分、型枠全体の作製に延べ75時間

出典 ニューススイッチ, “大型構造物を一括作製、清水建設が開発したすごい3Dプリンター”, 2022年10月2日, <https://newswitch.jp/p/34002> (参照 2022-12-21)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～ドローンの活用～

● ブレードの運用保守における作業員の技量差による点検精度のバラつきが課題

- ドローンの活用への期待

● ドローンが抱える課題への対応策

課題1: 飛行時間が短い。一般的に25～35分である。

- 対策技術1: 水素燃料電池専用のドローン(ロボデックス社、Aigis One)
 - 最大飛行時間は90分(ペイロード5kg時、実証試験中)
 - キャパシタを搭載することにより、出力調整が難しい水素燃料電池の短所をカバー

出典 DRONE, “ロボデックス, 水素燃料電池+キャパシタで水素燃料電池ドローン「Aigis One」を開発[Japan Drone 2022]”, 2022年6月22日, <https://www.drone.jp/special/2022062211462153980.html> (参照 2022-11-16)

- 対策技術2: 国産ハイブリッドドローン(エアロジーラボ、Aero Range Quad (エアロレンジクワッド))

- ペイロード0kg時の飛行時間が140分, ペイロード3kg時で60分
- バッテリーを搭載することにより、強風時の出力やエンジントラブル時の対応をカバー

出典 石井理恵, “エアロジーラボ, 飛行時間140分の長時間飛行が可能な国産ハイブリッドドローンを展示”, ドローンジャーナル, <https://drone-journal.impress.co.jp/docs/event/1184395.html> (参照 2022-11-16)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～ドローンの活用～

• ドローンが抱える課題への対応策

課題2: 充電時間が長い

- 対策技術1: 超高速充電 (ultra-fast charging: UFC) 技術 (イスラエルの StoreDot)
 - 5分でフル充電できる技術を開発

出典 Fabcross, “ドローンをわずか5分でフル充電できる新技術を発表”, 2020年8月24日,
https://engineer.fabcross.jp/archive/200810_flashbattery.html (参照 2022-11-16)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

65

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～ドローンの活用～

検討事例

• 東京電力ベンチャーズ株式会社、SkySpecs, Inc.

- 風力発電設備のドローン点検におけるアライアンスを締結
- 設備管理用ソフトウェア「Horizon」は、豊富な点検実績に基づく風車ブレード画像を機械学習に利用し、損傷箇所・損傷程度を正確に判定し、経年追跡や風車ブレードごとのデータ比較が可能。
- 1基あたり15分で画像を取得でき、短時間での点検が可能 (双眼鏡目視の約1/4)。
- SkySpecs社のAIは6万基以上の風力発電設備の過去の点検データにより、優れた損傷検知能力を保有

出典 NEWS, “東京電力ベンチャーズ、世界最多クラスの風力ドローン点検実績をもつSkySpecs社と独占アライアンス締結”, 東京電力ベンチャーズ株式会社, 2020年12月1日, <https://www.tepcoventures.co.jp/news/news-379/> (参照 2022-11-17)

• 電源開発株式会社、KDDI株式会社

- 風力発電機のブレードに沿って自動撮影が可能なオートフライトソフト (ドローンベース社製) を搭載したドローンを用いて、風力発電機の自動点検の有効性を2020年9月に実証実験を行い、従来の高所作業による外観点検の代替性を検証
- 1基当たり約20分程度で撮影することができ、従来の点検手法よりも10分の1程度に時間を短縮

出典 ニュースリリース, “JパワーとKDDI、ドローンを用いた風力発電設備の自動点検の有効性を実証”, KDDI, 2020年10月7日,
<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2020/10/07/4714.html#> (参照 2022-11-17)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

66

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～ドローンの活用～

検討事例

- 関西電力株式会社、関電プラント株式会社

- 浮体式風力発電設備外観点検用ドローンの開発
- ダウンコンダクター導通試験用ドローンの開発
- ブレード打音検査用ドローンの開発

出典 関西電力, “浮体式洋上風力発電における点検技術の高度化に向けた開発について ～グリーンイノベーション基金事業を活用～”, 2022年1月25日, https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220125_1i.pdf (参照 2022-11-17)

- 株式会社自律制御システム研究所(ACSL)、アルビト株式会社

- 風力発電機点検におけるAI×国産ドローン×専門家のトータルソリューションの提供を開始
- 従来の地上からの望遠レンズカメラでの点検では1時間かかっていたが、ドローンの自律飛行では約7分で実施可能
- AIで解析したデータを専門家がクロスチェックすることで、品質を担保しながら最終的な点検レポートを作成

出典 プレスリリース, “ACSLとアルビト、風力発電機点検におけるAI×国産ドローン×専門家トータルソリューションの提供開始”, ACSL, 2021年1月13日, <https://www.acsl.co.jp/news-release/press-release/1666/> (参照 2022-12-27)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

67

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～デジタルツイン～

- デジタルツインとは

- 現実世界の物体や環境から収集したデータを使い, 仮想空間上に全く同じ環境をあたかも双子のように再現するテクノロジーのこと
- IoTなどで現実空間から収集した膨大なデータをもとに, 仮想空間上でAIが分析やシミュレーションを実施し, 現実空間へフィードバックすることで, 将来起こる変化にいち早く対応することが可能

- デジタルツインのメリット

- 試作期間の短縮・コスト削減
- 品質の向上・リスク低減
- 予知保全の実現
- 遠隔での作業支援・技能伝承
- 社会課題解決へのアプローチ

出典 ビジネスコラムトップ, “デジタルツインとは? 製造業や都市などでの活用事例8選”, NEC, 2022年7月1日, https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sp/contents/column/20220701_digital-twin.html (参照 2022-11-24)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

68

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～デジタルツイン～

● 活用事例

- デジタルツインで「止まらない工場」を実現しロスを低減(ダイキン工業)
- 熟練技術者が設備異常を遠隔から支援(旭化成)
- 適切なタイミングでの航空機エンジンのメンテナンスを可能に(GE)
- 車両に搭載したデジタルツインで走行状態を常に識別, 修正(テスラ)
- モノやサービスが情報でつながる街をつくるための検証に活用(トヨタ自動車)
- 3D都市モデルを整備・オープンデータ化し誰でも利用可能に(国土交通省「PLATEAU」)
- 国を丸ごとデジタルツインにし, 都市情報をリアルタイムで可視化(シンガポール)
- “防災版デジタルツイン”で未来の災害対策に挑む(内閣府「CPS4D」)
- 建設業(建築)の事例(鹿島建設)
- 建設業(土木)の事例(コマツ)

出典 ビジネスコラムトップ, “デジタルツインとは? 製造業や都市などでの活用事例8選”, NEC, 2022年7月1日, https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sp/contents/column/20220701_digital-twin.html (参照 2022-11-24)

小宮昌人, “デジタルツインとは何か? 最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbt.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

69

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～デジタルツイン～

● 日本企業の課題

- 現場主義をデジタル時代の現場主義にアップデート
 - 今までの日本の強みであった属人的・暗黙知的な「現場」力を標準化して自社内での効率的な展開や、ノウハウを基にした他社へ提供する新規ソリューション事業につなげる
 - 今のオペレーションを完全に再現できていないから使わないといったゼロか100かの議論ではなく、これら技術でできることと、まだできない点を振り分けて活用していくことが重要
- 経営全体・組織横断での検討
 - デジタル技術そのものではなく、それを活用して自社としてどのようなビジネスモデルを構築したいのか、どのようなオペレーションを実現したいのかという経営戦略・オペレーション戦略が重要

出典 小宮昌人, “デジタルツインとは何か? 最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbt.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

70

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～デジタルツイン～

● 風力発電産業での活用・検討事例

➤ インフラメンテナンスの事例(ゼネラル・エレクトリック(GE))

- ブレードや発電機などに対し、視覚的に寿命・劣化予測を行うとともに、風向きに合わせて発電量を最大化

出典 小宮昌人, “デジタルツインとは何か? 最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbt.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

➤ 洋上風車のデジタルツイン(Akselos SA.社)

- 風力発電を含む世界のエネルギーインフラの運用効率と安全性を向上させる世界最先端のエンジニアリングシミュレーションと構造物のデジタルツイン技術を開発
- デジタルツインの活用により、設計の最適化、運用コストの削減、メンテナンスコストの大幅な削減が可能となり、風車を長寿命化

出典 プレスリリース, “洋上風力のデジタルツイン技術を有するスイス本社のベンチャー企業「アクセロス」へ脱炭素テックファンドを通じて出資”, ENECHANGE, 2022年5月9日, <https://enechange.co.jp/news/press/jef-akselos/> (参照 2022-11-24)

➤ デジタルツイン上で風力発電設備の情報を一元化(エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社)

- 風力発電事業者に向け、複数拠点の異なるメーカーの発電設備の発電量や収益状況、メンテナンス情報などを一元的に可視化する「統合分析ダッシュボード」を開発
- 本サービスでは「経営層(主に発電事業者)向け」「運用者(主にO&M事業者)向け」の視点からダッシュボードを提供

出典 NEWS RELEASE, “デジタルツイン上で風力発電設備の情報を一元化、ダウンタイム削減に寄与する統合分析ダッシュボードの提供開始”, PRTIMES, 2022年5月19日, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000022.000055932.html> (参照 2022-12-23)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

71

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～風車大形化に伴うタワー建設、ブレード輸送～

● 事例1: タワークレーン JCW1800K(株式会社TAリフト保有)

- 東光電気工事株式会社(出資比率85.1%)とアチハ株式会社(出資比率14.9%)が共同出資し、タワークレーンによる大型風力発電機の建設を事業目的とした特別目的会社「株式会社TAリフト」を設立
- 山岳地帯、峠などの狭隘地での建設に対応(直径25m以内で設置可能)
 - 伐採・整地・復旧の負担を低減
- 1基でタワー組立からナセル、ブレード設置までカバー(幅広い工程に対応可能)
 - 重機入替、搬送、据付などの手間とコストを低減

出典 お知らせ, “国内最大作業高150mのタワークレーンを保有!” 株式会社TAリフトを設立 — タワークレーン保有会社(SPC) —, 東光電気工事, 2020年9月23日, <https://www.tokodenko.co.jp/news/>「国内最大作業高150mのタワークレーンを保有!」(参照 2022-11-15)
株式会社TAリフト, ホームページ, <https://talift.jp/> (参照 2022-11-15)

● 事例2: S-Movable Towercrane(エス・ムーバブルタワークレーン)

- 清水建設株式会社が、100%子会社の株式会社エスシー・マシーナリとIHI運搬機械株式会社と共同で、超大型施設の建設に対応できる国内最大・最高性能の移動型タワークレーン「S-Movable Towercrane(エス・ムーバブルタワークレーン)」の設計・製作中。2023年夏頃に完成予定。
- 自走式搬送車両を用いて移動することにより、工期を大幅に短縮

出典 ニュースリリース, “国内最大・最高性能の移動型タワークレーンの設計・製作に着手”, 清水建設, 2021年5月7日, <https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2021/2021005.html> (参照 2022-11-15)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

72

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～風車大形化に伴うタワー建設、ブレード輸送～

● 事例3： 高さ200m級の風力発電用タワーの開発

- 三井住友建設株式会社とMammoet社（オランダ）は、風力発電用の200mタワーとその架設機械の共同開発中。
- 三井住友建設の特許であるセルフクライミング工法に対応した架設機械を共同開発中

出典 三井住友建設, “風力発電用200m級タワーと架設用機械の共同開発に着手”, ニュースリリース, 2021年1月8日,
<https://www.smcon.co.jp/topics/2021/01081300/> (参照 2022-11-16)

● 事例4： ブレード運搬トレーラー

- Goldhofer社が超ロングブレード運搬用のトレーラー FTV-850 を開発

出典 Justyna Krasik, “FTV 850: idealny do transportu bardzo długich łopat”, SAMOCHOŃY SPECJALNE, 2021年12月26日,
<https://samochody-specjalne.pl/2021/12/26/ftv-850-idealny-do-transportu-bardzo-dlugich-lopata/> (参照 2022-12-23)

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(1) 机上での情報収集 ～リサイクル技術～

- 2000年代前半に建設された風車は耐用年数を迎えており、今後撤去される風車が大量に発生する。EUにおいては、リサイクルの関する規制化が進んでおり、域内の事業者は様々な検討を進めている。
- 風車の部材で注目される原料
 - ブレード： 複合材料(FRP)
 - 発電機： レアアース
 - タワー： 鉄、(防錆対策としての亜鉛)
 - ケーブル： 銅
- 鉄や銅についてはリサイクルの仕組みが確立されている一方、FRPやレアアースについては、樹脂と繊維の分離や磁石からの取り出しなどについての技術開発が必要。
- タワーや磁石が、海外でリサイクル処理するために輸出されている。わが国の人工資源として国内でのリサイクルを推進してリサイクル金属を国内循環物質とすることが望まれる。
- ブレード(CFRP)については、かつては埋立処分するしかなかったが、焼却(サーマルリサイクル)、セメント製造への活用(ケミカルリサイクル)のほか、ガラス繊維の再利用に関する研究がおこなわれている。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(2) アンケート調査

- 机上での情報収集結果も踏まえて、他業種、他産業の業界団体などを通じて、技術移転や風力発電関連業者との共同での技術開発などに関する要望調査を実施。
- 風力発電産業外の異業種・他業界団体などへの一斉調査ではなく、ある特定の業界団体事務局、またはある特定の事業者に絞って実施した。
- アンケート調査先
 - 一般社団法人日本電機工業会 新エネルギー部
 - 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下、産機工)
 - トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター
 - トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(2) アンケート調査

- アンケート調査項目
 - ① 異業種・他業界に風力発電業界より先行している優れた技術
 - ② 異業種・他業界が保有する技術の中で、風力発電に転用・利活用できる優れた技術
 - ③ 異業種で活用しているIoTの技術が風力発電所の運用に活用できる技術(システム系)
 - ④ 事業終了後の風車解体後の廃棄物に適用できるリサイクル技術(特にブレードのリサイクル)
 - ⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)
 - ⑥ 大形風車の組立に活かすことができる技術(大形構造物の組立技術)
 - ⑦ 大形風車の大型部品の輸送に活用できる輸送技術(大形構造物の搬送技術)
 - ⑧ 風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術
 - ⑨ ドローンを活用した事業展開(水中ドローンも含む)
 - ⑩ 洋上風力の漁業対策措置(漁礁など)

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(2) アンケート調査

設問	回答
①風力発電業界より先行している優れた技術	<ul style="list-style-type: none">• 航空機の炭素繊維等、ブレードに転用は可能。• CNF(セルロースナノファイバー)等の活用が増えてくると思われる。• 日本では重工系が卓越している。高空風力発電でカイトをやっている。
②風力発電に転用・利活用できる優れた技術	<ul style="list-style-type: none">• 軸受・増速機、但し、今般の風車の大型化で大型軸受・大型増速機は汎用ではなく、風車に特化した技術になりつつある。• 空中風車の活用として、海でカイトをあげたいと思っている。車の風の影響具合の知見が活かせるのではないか。• 共同で技術開発するなどの技術交流はない。• ドローンに燃料電池を適用し、飛行時間の長時間化に活かすことが見込まれる。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(2) アンケート調査

設問	回答
③IoT技術の風力発電所の運用への活用	<ul style="list-style-type: none">• インターネットによる遠隔監視。• デジタルツインについては、新しい取組として取り組まれているところが多い。環境系、エンジニアリング系の会社などが展示会などで展示、セミナーなどで講演を実施している。• グリッド制御の基礎的な研究。• 発電系の技術は、自家発電設備があり、風力に係るものとして遠方監視を行っている。エネルギーミックス的にどの発電機械を優先的に動かすかということをしている。• リアルタイムで荷重をフィードバックをするというニーズがないので、荷重検知には歪計を利用。無線でデータを取ることでも可能。• 自動車の運転情報などは、専用システムを介して情報集約しているが、車両側にフィードバックするには至っていない。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(2) アンケート調査

設問	回答
④リサイクル技術	<ul style="list-style-type: none">ブレード等が想定されるが、素材が不明につき一概にはわからない。早稲田大学の大和田先生が国内のリサイクル関係で一番貢献されている。CFRPは以前は熱硬化であったが、今は熱可塑で進んでいると聞く。リサイクルを意識した車作りをしている。グループ全体で90数パーセントをリサイクルしている。
⑤鋼製タワーの製造に活かすことができる技術	<ul style="list-style-type: none">大型径の曲げ技術、原子力の格納容器の曲げ技術が相当すると考えられるが、コストが合わない。工場の中で作るものばかりで、この辺の技術は弱い。
⑥大形風車の組立に活かすことができる技術	<ul style="list-style-type: none">工場の中で作るものばかりで、この辺の技術は弱い

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(2) アンケート調査

設問	回答
⑦大物部品の輸送に活用できる輸送技術	<ul style="list-style-type: none">(具体的な回答なし)
⑧風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術	<ul style="list-style-type: none">設置地域の地元小学校、中学校への環境教育の場を設けるべきではないか。地元住民への理解の場を積極的に設けるべきだと思う。
⑨ドローンを活用した事業の展開	<ul style="list-style-type: none">ドローンは、プラント系の維持管理に使われていると聞く。運用実績もあると思われる。技術的な差はないと思われる。工場の中を飛ばしてみる程度。ドローンの中では、燃料電池で航続時間を延ばそうというところがある。
⑩漁業対策措置	<ul style="list-style-type: none">(具体的な回答なし)

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(3) ヒアリング調査

- アンケート調査の結果を受けて、回答結果に対して深掘りする形でヒアリング調査を実施した。
- ヒアリング調査の過程で、紹介のあった事業者、業界団体への追加調査を実施した。
- ヒアリング調査先
 - 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部
 - トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター
 - トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部
 - 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)
 - エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社
 - 早稲田大学理工学術院 創造理工学研究科 大和田研究室
 - 太平洋セメント株式会社
 - 一般社団法人 新金属協会

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(3) ヒアリング調査

調査先	回答の特徴など
日本産業機械工業会 環境装置部	<ul style="list-style-type: none">• 業界団体のため、固有の技術は保有していない。• 一方で、設問に関連する技術の保有先や、関連する業界団体を提示いただいた。
トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター	<ul style="list-style-type: none">• 空中風車(高空風力発電でカイト)の研究開発を実施中で、それに絡む回答が多かった。
トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部	<ul style="list-style-type: none">• セルロースナノファイバー(CNF)、ドローンに関連して燃料電池に関する情報を聴取。• 調査範囲外ではあるが、部品調達に関しても情報を聴取。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(3) ヒアリング調査

● 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)

- 産機工とのヒアリング調査の結果を受けて、デジタルツインのシステムを提供している日揮のグループ会社であるブラウンリバーズ株式会社にヒアリング調査を実施した。
- 日揮株式会社(以下、日揮)は保全サービスブランドとして「INTEGNANCE」を展開し、2022年5月10日付で3Dビューワ「INTEGNANCE VR(以下、ビューワ)」(有償版)の開発・販売を起点にデジタルツインによる既存設備保全の高度化支援を目的とする新会社「ブラウンリバーズ株式会社(以下、ブラウンリバーズ)」を設立。
- 「INTEGNANCE VR」の概要、特徴などを聴取。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(3) ヒアリング調査

● エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社

- エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社とCognite株式会社は、風力発電事業者向け、複数拠点の異なるメーカーの発電設備の発電量や収益状況、メンテナンス情報などを一元的に可視化する「統合分析ダッシュボード」を開発し、2022年5月19日から提供開始。
- 本サービスでは「経営層(主に発電事業者)向け」「運用者(主にO&M事業者)向け」ダッシュボードを提供。

● 早稲田大学理工学術院 創造理工学研究科 大和田研究室

- 風車の解体、リサイクル技術などについて聴取。
- 解体ガイドラインが必要
- マテリアルリサイクルが理想である。欧州ではサーマルリサイクルは、リサイクルとして認めない傾向にある。
- リサイクルにおける新技術
 - 単体分離技術
 - 電気パルス粉碎技術
 - センサー選別システム(SBS)
 - 金属の溶媒抽出(ミキサセトラ)のエマルジョンフロー法による連続抽出技術やエアールによる浮選法選別技術
 - エマルジョンフロー法によるレアアースの抽出技術

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(3) ヒアリング調査

● 太平洋セメント株式会社

- GFRPのリサイクルについて聴取
- セメント製造工程では、多種多様な廃棄物を使用している(セメント1tに対し400kgの廃棄物)。
- 廃棄物を代替原料または代替燃料としてリサイクルに用いている。
- GFRPも少量であれば他の廃プラに混在(1:4程度)して処理することが出来る。
- GFRPのリサイクルでは、日本マリン事業協会のFRP船リサイクルシステムを参考に同様なシステムを構築すると良い。

● 一般社団法人 新金属協会

- レアアースのリサイクルについて聴取
- 希土類ショック以前に作られた古い風車は、ふんだんにレアアースが使われているので、古い風車ほどレアアースが多く入っている。
- 現状では、ナセルがそのまま鉄スクラップとして電炉に投入されているため、レアアースはスラグとして、路面材になっており、全然回収できていない。
- 家電からのレアアース回収の技術開発は確立しているが、製品が小さく、グラム単位のレアアースを集めないと経済性が成たたない。集めるコスト、回収するコストが高いため、実際にはほとんどリサイクルされていない。

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(4) 連携可否検討

名称	目的	想定連携先	
		異業種側	風車側
空中風車(カイト)を活用した気象・海象の計測手法の実用化に向けた技術開発	風況観測に必要な機器・装置類が高額であるため、事業性評価の事前段階で大きな出費となる。そこで、カイトを利用した計測を行うことで事前調査に必要な予算の大幅な削減を目指す。	トヨタ自動車、JAMSTEC、名古屋大学	発電事業者、コンサル会社、電機系機器メーカーなど
ブレードリサイクルの実証試験(ブレードリサイクルの体系化)	今後、1990年代以降に設置されて風車の設計寿命を迎え廃棄が今後増える一方となる。風車廃棄の中で一番の課題は、部材として一番大きいブレードの処分である。海外、特にEUでは風車100%リサイクルがEU指令として規制化される予定。国内においても産業廃棄物として処分されるのではなく、リサイクルする仕組みを構築する必要がある。他業界で実施されているGFRPのリサイクルの流れを適用化を実証する。更に、将来的に廃棄されるCFRPのリサイクル手法を検討する。	リサイクル事業者、新金属協会、太平洋セメント、早稲田大学	発電事業者、O&M事業者、コンサル会社など
デジタルツイン・システム運用の実用化に向けた共同運用試験	風力発電の効率化に向けた運用管理が重要になってくる。また、故障事故の予兆を事前に予測し、ダウンタイムの低減を図る必要がある。運用管理及びメンテナンス管理を効率的に把握していく手段として、デジタルツインの導入が必須と思われる。また、FIT制度が終了し、FIP制度に参画するにあたっては日々の市場電力価格の予測も重要となる。日々の直近の発電電力量と市場電力価格を精度よく把握し、収益評価を日々行う必要がある。	システム事業者(ブラウンリバーズ、エヌ・ティ・ティ・コムウェアなど)	発電事業者、O&M事業者、コンサル会社など

4. 成果報告

4.2 業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

(5) まとめ

- 今回の調査を通じて、風力発電以外の産業・業種の技術情報に触れるとともに、三件の連携テーマを提案することができた。
- また、今回のヒアリング先の中には参入を検討している企業もあり、そのような企業とのつながりが得られたことも今回の調査の成果の一つとして挙げられる。
- 得られた情報を会員企業と共有するとともに、要望があれば今後異業種側とのマッチングも行っていきたい。

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～目的～

今後増加が予想される洋上風力発電について、メンテナンスに従事する人材が大幅に不足し、新規の採用や異業種からの参入が増加することが予想されている。風力発電装置を安定的に運転するには、適切なメンテナンスが必要であり、そのためには作業員の安全と、作業品質を確保することが求められる。

本業務は、洋上風力のメンテナンス現場に適切な技能と知識を有した作業員を送り込むために創設を検討しているメンテナンス作業に係る資格制度のうち、安全に関する内容を中心とした調査検討と、制度立ち上げの準備作業を行うことにより、洋上風力の人材育成に寄与することを目的とする。

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～効果・メリット～

- 認証の取得により、以下のような効果が考えられる
 - ① 実践的な知識と技能の獲得
 - ➡ 社員育成、組織力の強化
 - ② 力量の見える化により、発電事業者や風車メーカー等への営業ツールへ
 - ➡ 新規参入・事業拡大を促進
 - ③ 風力発電設備の保安力・保全力の向上に寄与
 - ➡ 風車に近い地域企業が迅速にメンテナンスを行うことが必要不可欠
- また、関係者には以下のようなメリットが考えられる。

風力発電事業者	登録安全管理審査機関	立地自治体
<ul style="list-style-type: none">・ ルーティン点検の外部委託化による風車設置地域の企業との連携・ 地域と密着した事業運営・ 地域企業の連携によるトラブル等への迅速な人員配置および実行・ 地域企業が有する情報や地元のコネクションの活用・ 地域企業の活用による自社従業員確保の軽減・ 発電事業者の従業員の出張費、滞在費の削減によるコストダウン・ 人材育成経費の軽減	<ul style="list-style-type: none">・ 第三者認証機関による人材の技能評価の活用・ 審査の信頼性／品質の向上・ 審査の簡素化・ 保安力の担保	<ul style="list-style-type: none">・ 地域企業の風力発電メンテナンス業務への参入促進・ 地元企業の風力発電メンテナンス人材確保・ 地域活性化／産業政策の推進の起爆剤・ 雇用確保による人口減少対策・ 住民税増収による地域サービスの拡充

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

91

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～業務内容～

- ① 認証制度に関する調査
洋上での作業における安全に関する教育・認証制度についての調査と、国内法との整合性の確認。
- ② 国内における現状の把握と対象作業の洗い出し
国内洋上風力現地において、作業員への安全に関する教育や資格の取得・利活用がどのように行われているかについて、以下のような観点で既存の資料や工事関係者へのヒアリングなどによる調査を行い、現状を把握する。
 - a. 制度上の観点：
どのような作業を行う際に、どのような教育や資格が何を根拠として求められるか。
 - b. ②実務上の観点：
発電事業者、メーカー、建設会社、メンテナンス業者などが、配下の作業員に対して、どのような教育や資格取得を求めている(義務付けているもしくは推奨している)か。
- ③ 教育プログラム項目の整理
上記(2)の調査結果を踏まえ、洋上風力のメンテナンス作業に関する安全について、作業員に求められる力量を明確化するとともに、その力量を獲得するために必要な教育プログラム項目を既存のものから抽出するとともに、不足項目の抽出も行う。
- ④ 関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討
経済産業省(電力安全課)、国土交通省(海事局)、厚生労働省など洋上風力や人材育成に関係する省庁や教育機関の取り組み状況を調査し、連携の必要性について検討するとともに、それら機関との調整などについて支援を行う。
- ⑤ 資格制度の立ち上げ準備
既存の人材認証制度のスキームを参考に、洋上風力発電メンテナンス業務資格制度のスキームがどうあるべきかを検討するとともに、本業務にて決定するスキームオーナーが開催する、制度運用に必要な委員会などの組織の立ち上げに向けた準備を行う。

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

92

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～検討の背景(2019年頃までの状況)～

● 人材育成は以前からの課題

- 風力発電業界においては、特にメンテナンス人材の不足が課題として取り上げられており、今後加速する風力発電市場の拡大を踏まえると、今まで以上に迅速なメンテナンス人材の育成が必要不可欠。
- メンテナンス人材の育成を短期的、効率的に行うためには、異業種からの技術者の移動・転換が最も効果的。

● その一方で、解決に向けた有効な手立てが打てていない

- 公的機関や民間による人材育成のための講習会等が実施されているが、風力発電に係る基礎的な事項やプロジェクト開発などをテーマとしたものが多い。
- 風力発電に係る安全面での統一的なトレーニングが提供されるようになったが、国内において技術面での統一的なトレーニングの提供はされていない。
- 風力メンテナンス人材育成に関しては、発電事業者、メーカー、サードパーティーそれぞれが、独自の人材育成を実施しているのが実態で、統一的な人材育成手法(カリキュラム)が確立されていない。(標準化されていない。)
- 地域企業が新規参入する場合、どのような知識・技能を取得すれば良いのか不明確であり、参入障壁のひとつになっていた。

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～検討の背景(2020年)～

洋上風力産業ビジョン(第一次)の公表

● 洋上風力人材育成プログラム

- 長期的、安定的に洋上風力発電を普及させていくにあたっては、風車製造関係のエンジニア、調査・施工に係る技術者、メンテナンス作業員等の幅広い分野における人材育成を行うことが必要である。
- その実現に向けて、必要なスキルの棚卸し、スキル取得のための方策を具体化した「洋上風力人材育成プログラム」を策定し、短期的な異業種からの技術者の移動・転換の推進、中長期的な人材育成を進める。

● <主な取組>

- 洋上風力発電に必要なスキルの棚卸しを行い、スキル取得のための方策を産官学で連携して検討する。
- 産業界は、メンテナンス人材に係る資格を整備する。

-
- 国内法で求められる資格、技能講習、特別教育等の整理
 - 国内において統一的な人材育成プログラムの構築
 - 統一的な力量基準による、トレーニングメニューの構築
 - 評価手法の確立および認証制度の構築

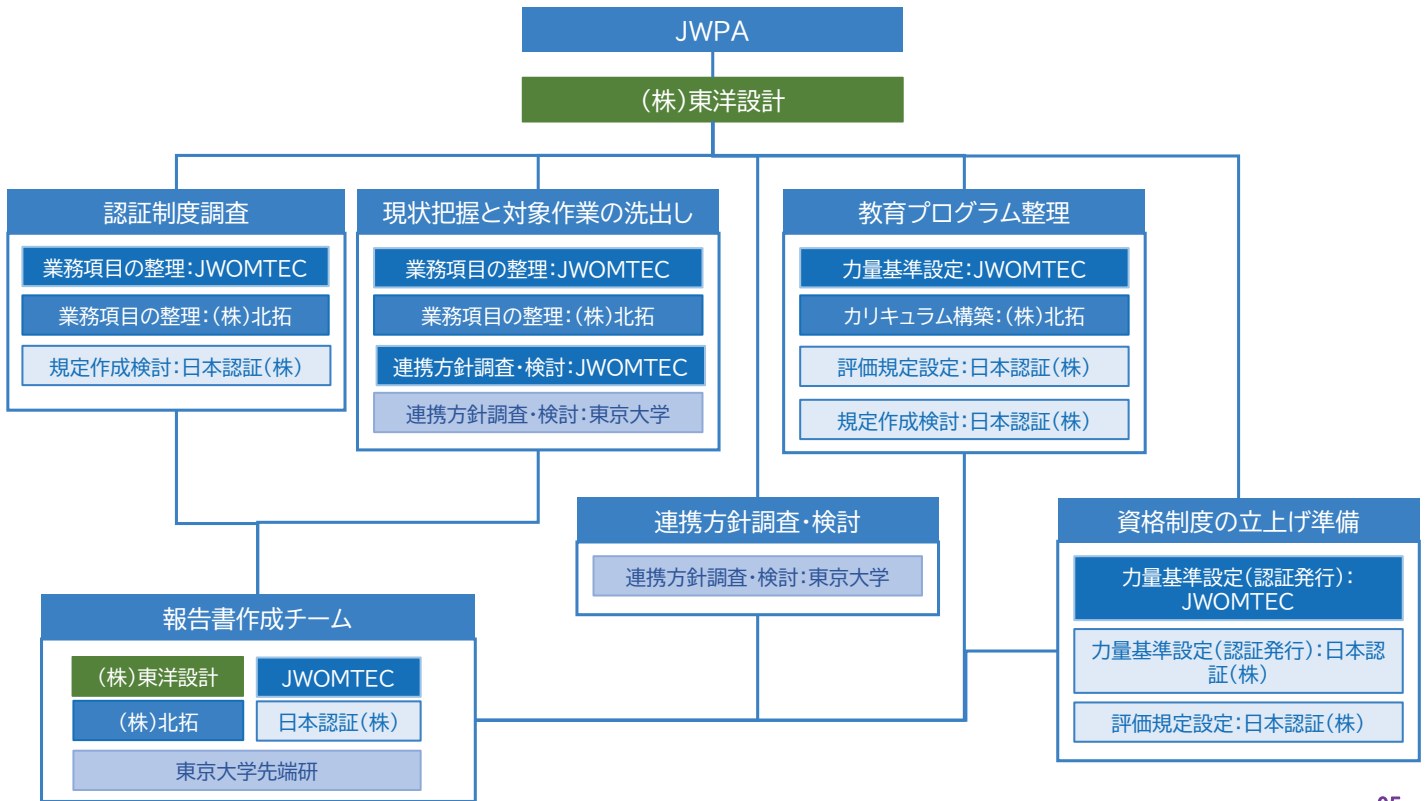
- 一定の知識・技能を有する有資格者によるメンテナンス
- メンテナンスの信頼性確保
- 保安力の確保・向上
- 稼働率向上
- 洋上風力の主力電源化

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～検討体制～

- 専門業者・専門機関・専門家を招集し、以下の体制にて検討を実施した。



COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(1) 業務概要 ～工程～

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(0)準備・その他	← 契約準備・業務内容調整 →						← 洋上版定検解釈公表? →		
(1)認証制度に関する調査			← 参考文献収集 →		← 資格等調査 →		← 整理 →		
				← 安全衛生調査 →					
(2)国内における現状の把握と対象作業の洗い出し			← 各トレーニングセンター調査 →				← ヒアリング調査 →		
			← 施工関連制度調査(文献調査) →				← 認証制度検討 →		
(3)教育プログラム項目の整理			← 洋上トレーニング設備要件調査 →						
			← 文献調査 →		← トレーニングコード作成 →				
			← 文献調査(GWO-BST) →		← 規程検討・代替申請要件検討 →				
(4)関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討			← 関係省庁調整 →				← JWPA-人材育成TF対応 →		
(5)資格制度の立ち上げ準備							← 認証委員会構築検討 →		
							← 評価委員会構築検討 →		
打合せ・定例会(○) 照査(☆) 報告書(□)			○(14日)	○(4日) ○(13日) ○(31日)	○(16日) ○(30日) ☆(29日)	○(14日)	○(11日) ○(23日) ☆(25日) □(中間)	○(1日) ○(22日) □(準備)	☆(6日) □(10日)

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

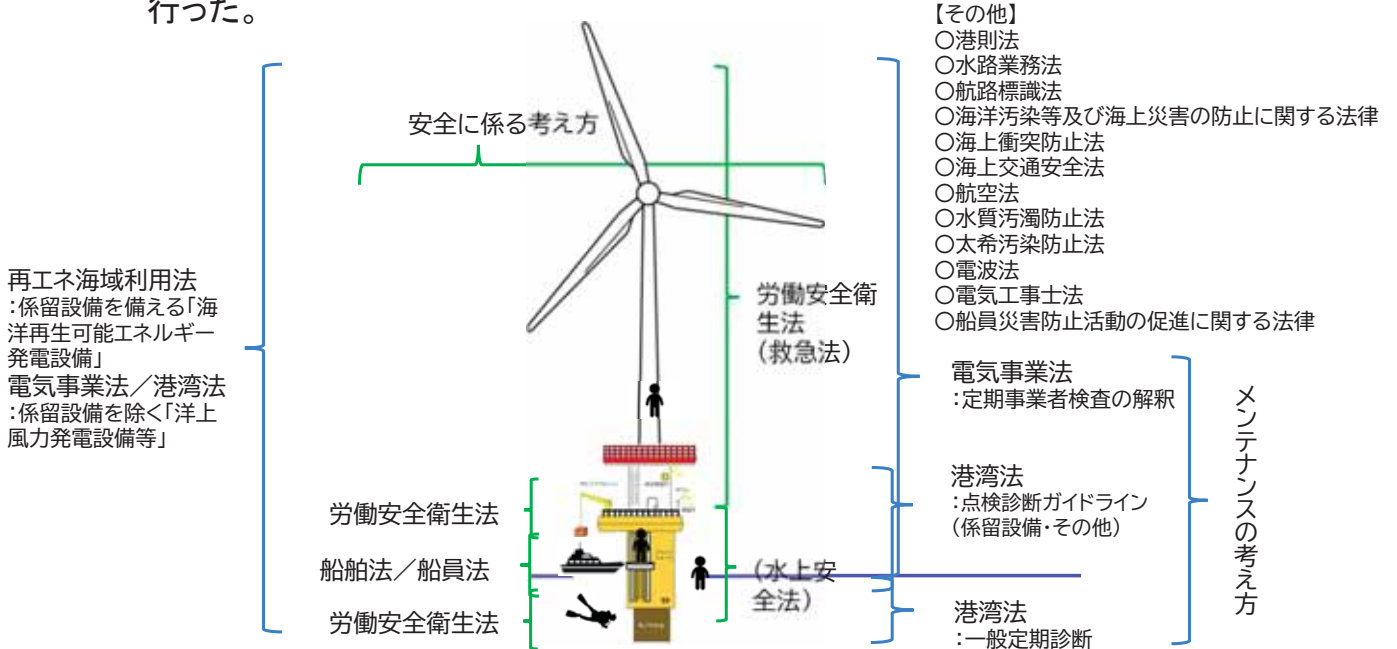
4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(2) 認証制度に関する調査 ～国内法およびメンテナンスの考え方の根拠～

● 洋上風力のメンテナンスに係る国内法等を調査・整理

- 陸上風力のメンテナンスに関しては、電気事業法に基づき、定期事業者検査の方法の解釈があり、風力発電設備の定期点検指針が策定されている。
- 洋上風力のメンテナンスについては、電気事業法以外にも、港湾法、再エネ海域利用法、船舶法等が関連しており、各部位のメンテナンスの考え方の根拠となる法令の整理を行った。



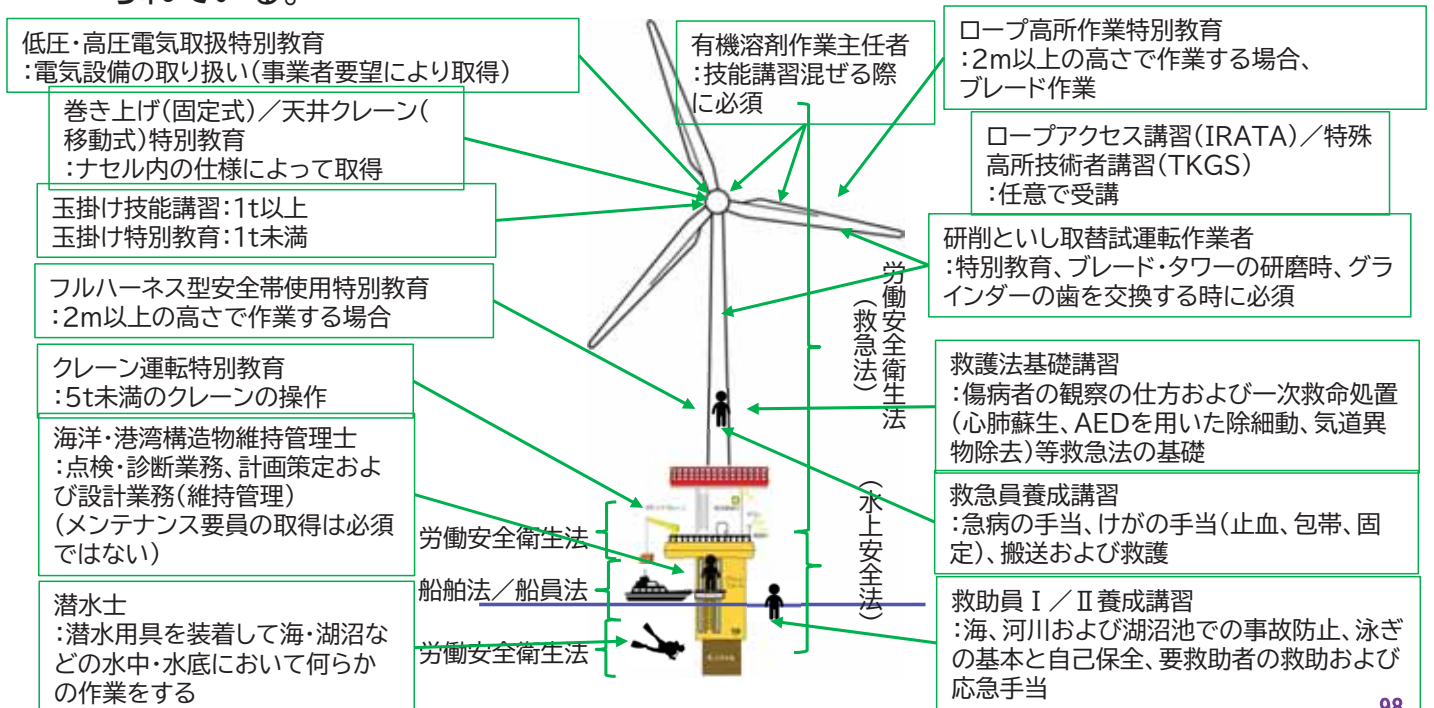
4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(2) 認証制度に関する調査 ～メンテナンス要員に係る既存のトレーニング～

● 洋上風力のメンテナンスに係る資格、技能講習、特別教育等の整理

- メンテナンス要員の安全面に係る法規として、労働安全衛生法、救急法、水上安全法、船舶法、船員法等がある。それらには資格、技能講習、特別教育等が設けられている。



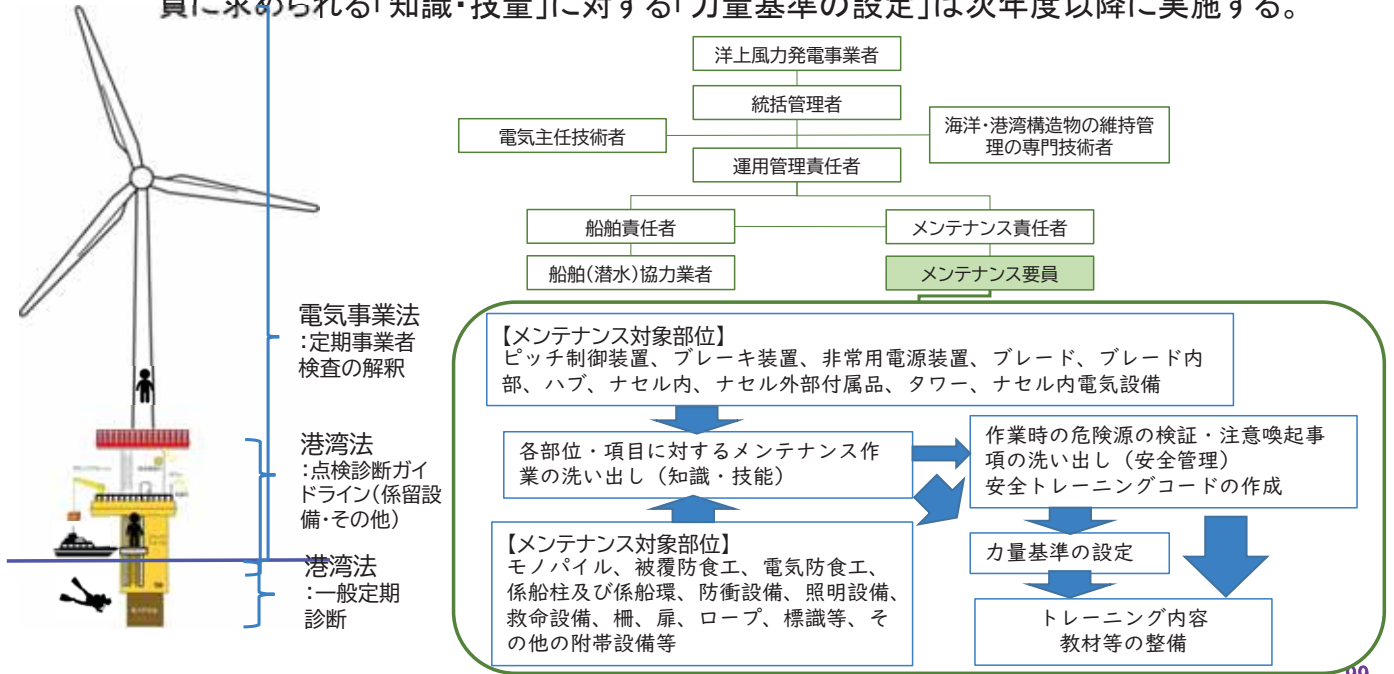
4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(3) 国内における現状の把握 ~メンテナンス作業と危険源・注意喚起事項の洗い出し~

洋上風力のメンテナンス作業手順を調査

- 気中部については、現行の風力発電設備の定期点検指針に、水中部ならびに気中部の係留設備や附帯設備に関しては、港湾の施設の点検診断ガイドラインの点検方針を参考にし、メンテナンス作業の洗い出しを行う。
- メンテナンス作業に伴う危険源の検証および注意事項の洗い出し、ならびにメンテナンス要員に求められる「知識・技量」に対する「力量基準の設定」は次年度以降に実施する。



COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(3) 国内における現状の把握 ~洋上での作業における危険源等~

海外の洋上風力の事故事例、リスク源検討の調査

- 海外では洋上風力に係る事故が発生しており、その報告が「Global Offshore Wind Health and Safety Organisation (G+)」より発行されている。その内容を分析してマトリクスに整理。

【作業内容】

- ・ 翻訳
- ・ 事例種類分別
- ・ 項目（部位）、内容（危険源・危険事象）、詳細（障害の程度等）の抽出
- ・ 既存資格・既存教育・自主マニュアルで対応可能な内容の抽出
- ・ 要トレーニング内容の抽出
- ・ ヒューマンエラー（注意喚起）内容の抽出

No.	事例経緯	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主マニュアル	要トレーニング	トレーニング対象件	ヒューマンエラー (注記事項)	トレーニング名称
1	ハブドット	ブレードロータ	ブレード表面	定期的な内部入りにおける：スリップ/つまづき・転倒	ハブやブレード内の床面が歩行用に設計されていないため、スリップ/つまづき・転倒による怪我のリスクがある。例えば、表面は滑らかな金属やコンクリートで、摩擦がほとんどないことがあります。また、表面は丸みを帯びていて（平らでない）、歩きにくいこともあります。また、オイルやグリスが付着しているような場所では、さらに危険性が高まります。				○	
2	ハブドット	ブレードロータ	ブレード表面 ハブアクセス/ロッジ	定期的な内部入りにおける：スリップ/つまづき・転倒	ハブからブレードに入る際にかがみ込んで、あるいは登って進入する必要があるため、怪我をするリスクがあります。床が平面ではなく、傾上の高さがあるため、入口付近の動きが制限され、滑りやすくなります。転倒の可能性が高くなります。				○	
3	ハブドット	ブレードロータ	ブレード表面 ハブアクセス/ロッジ	定期的な内部入りにおける：ハブカバーの手動操作・エムゴ/シラス	出入りの際、ハブカバーの手動操作による怪我のリスク。大半がブレード傾斜をボルトで固定したものであり、ハンドルやレバー、ヒンジがないため操作が難しく、ボルトの取り外しや交換時に持ち上げ、固定することが難しい。				古い標準のハブのため対象外	
4	ハブドット	ブレードロータ	ブレード表面 ハブアクセス/ロッジ	定期的な内部入りにおける：ハブカバーの手動操作・エムゴ/シラス	異所作業によるけがのリスク。ハブ位置では通常、ハブカバーを取り外すために梯子を使用し、異所作業を行う必要があります。				古い標準のハブのため対象外	

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(3) 国内における現状の把握 ～既存の定期事業者検査～

- 電気事業法第55条第1項の規定により、発電事業者は、定期事業者検査を行い、その結果の記録と保存が義務化されている
- 風力発電設備については出力500kW以上の設備が対象であり、『42部位／92項目』の検査が義務となっている

<検査対象>

ブレード(7部位13項目)	ロータ(10部位22項目)	ナセル(17部位43項目)
タワー(4部位8項目)	基礎(3部位5項目)	非常用電源装置(1部位1項目)

<検査周期>

周期	区分	部位(例)
半年	安全停止系	ピッチ制御装置 等
1年	安全停止系	ブレーキ装置 等
	構造強度部材	ブレード、ハブ、ナセル、タワー等
	電気系統	ナセル内電気設備 等
2年又は3年 ※雷地域は2年が望ましい	安全停止	翼端ブレーキ装置 等
	構造強度部材	ブレード 等

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

101

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(3) 国内における現状の把握 ～国内洋上事業者ヒアリング～

- 日本国内で初めてとなる洋上ウィンドファームの運用を開始した秋田洋上風力開発株式会社に対して運用・メンテナンスの状況や資格の取得などに関するヒアリングを実施。
 - 風車のメンテナンス(風車メーカーにて対応)
 - メンテ関連のトレーニングは、デンマークで2週間。ただし、基本的な内容のみ。残りはトレーナーを呼んで国内で実施。トレーニングにはグレードがある。更新があるかは不明。
 - メンテナンスは手順書に従って実施。トラブルシューティングも行うが、作業は本国のテクニカルチームからの指示に基づいて行われる。データセンターでAIによる分析、解析を行い、対応している。単に文書化が間に合っていないということも考えられる。
 - 維持管理の内容
 - 統一的解説に則って、維持管理計画書(対象はタワー、TP、MPのみ)を作成。港湾法がベースのため、点検結果に基づく総合評価の記載を求められた。
 - 保安規程は、維持管理計画書と齟齬が出ないように作成。
 - 月次点検の実施は、洋上での実施は難しいが、保安監督部から求められた。これに対して、モニタリングで代替すること、海象が悪い場合は無理して行わないことなどを追記して了承いただいた。
 - 資格などについて
 - 作業員には、GWOのほか、フルハーネス、玉掛け、クレーンを受講してもらっている
 - GWO講習の要求はメーカーではなく、事業者側から出している。「業界常識」として扱っている。
 - フルハーネス特別教育は、TP昇降に必須としており、VIPであっても受けてもらうことにしている。

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

102

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(3) 国内における現状の把握 ～日本国内のCTVの運用状況～

● CTVの運用

- CTV(Crew Transfer Vessel)は洋上風力発電施設への人員送迎目的に特化して建造された交通船。高い波高などの比較的 厳しい海象条件の下でも安全に乗船者を 輸送し 洋上風車に移乗させられるよう設計されており、洋上風力発電の建設・試運転、運転開始後の保守管理に不可欠な船舶である。

● CTVの運航会社

- 東京汽船(株)
 - 国内のCTV運航の草分け的存在。2013年12月から2021年まで福島浮体式洋上風力発電でCTV1隻を運航、さらに、もう1隻の小型船舶型CTVは千葉県銚子の着床式洋上風力発電での実証運航を経て、現在は福岡県北九州での浮体式洋上風力発電実証事業に投入されている。
- 秋田OWサービス
 - 東京汽船(株)と秋田県の 地元3社(大森建設(株)、(株)沢木組、秋田海陸運送(株))が設立した合弁会社。秋田能代洋上風力発電所におけるCTVの運航を手掛けている。

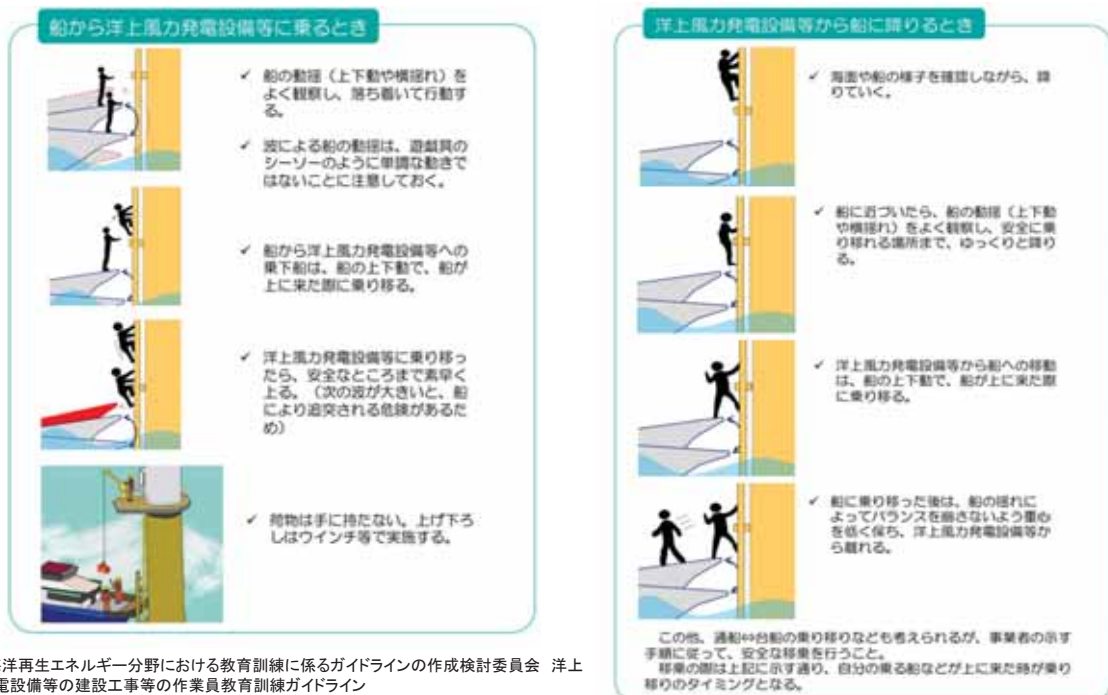
4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(4) 教育プログラムの整理 ～トレーニング設備～

● 船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件

- 洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討。



4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(4) 教育プログラムの整理 ～トレーニング設備～

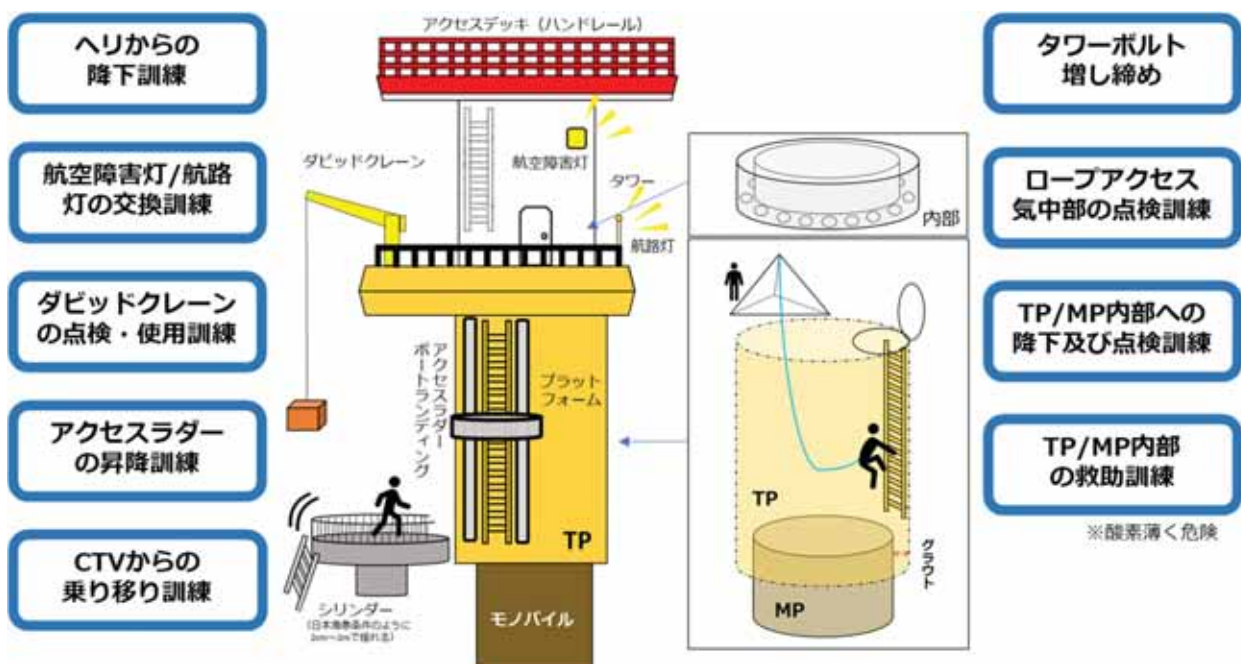
- 船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件
 - 洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討。
- RWE (事業者、ドイツ、NRW州)
 - テストベンチやヘリコプターを使用したメンテナンストレーニングを実施。ヘリコプターからの懸垂降下訓練を実施している。
- Iberdrola (事業者、スペイン、バスク州)
 - Maersk Trainingのニューキャッスル拠点で人工的に嵐を模擬した環境下での生存訓練を受講
- RelyOn Nutec (サードパーティ、デンマーク)
 - 自社拠点に専属のインストラクターがトレーニングを提供
 - GWOの他、エンジニアリング・石油産業の労働安全・人材育成に関する機関が認証するトレーニングや、独自の認証トレーニングを提供。

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(4) 教育プログラムの整理 ～トレーニング設備～

- 船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件
 - 洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討。



4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(4) 教育プログラムの整理 ～洋上風力の安全に係るトレーニングコード～

● 洋上風力の安全に係るトレーニング内容

➢ 教育訓練ガイドラインに記載されている内容を整理して、トレーニングコードを附番

大項目	中項目	小項目	プログラムコード	大項目名	中項目名	小項目名	知	技	座学講習時間	実技講習時間	講習に必要なもの	G+対応
SAFE A	1	1	SAFE A101	洋上での一般的留意事項	一般的留意事項	一般的留意事項	○		30分			
SAFE A	2	1	SAFE A201	洋上での一般的留意事項	HSE活動	HSE活動	○					
SAFE A	2	2	SAFE A202	洋上での一般的留意事項	HSE活動	作業時のマスク及びガード（危険予知活動）	○		10分			
SAFE A	2	3	SAFE A203	洋上での一般的留意事項	HSE活動	Stop Work Authorityと作業許可システム	○					
SAFE A	3	1	SAFE A301	洋上での一般的留意事項	安全	乗船前の備え	○					
SAFE A	3	2	SAFE A302	洋上での一般的留意事項	安全	乗船時	○		15分			
SAFE A	3	3	SAFE A303	洋上での一般的留意事項	安全	乗船前の安全説明	○					
SAFE A	3	4	SAFE A304	洋上での一般的留意事項	安全	個人用保護具（PPE）	○					
SAFE A	3	5	SAFE A305	洋上での一般的留意事項	安全	洋上での注意事項	○					
SAFE A	3	6	SAFE A306	洋上での一般的留意事項	安全	水密扉	○					
SAFE A	3	7	SAFE A307	洋上での一般的留意事項	安全	防火扉	○		40分			
SAFE A	3	8	SAFE A308	洋上での一般的留意事項	安全	洋上における緊急時対応	○					
SAFE A	3	9	SAFE A309	洋上での一般的留意事項	安全	洋上現場における乗り移り時の留意事項	○					
SAFE A	3	10	SAFE A310	洋上での一般的留意事項	安全	ハンズルー	○					
SAFE A	4	1	SAFE A401	洋上での一般的留意事項	健康・衛生	船酔い	○					
SAFE A	4	2	SAFE A402	洋上での一般的留意事項	健康・衛生	熱中症	○		20分			
SAFE A	4	3	SAFE A403	洋上での一般的留意事項	健康・衛生	低体温症	○					
SAFE A	5	1	SAFE A501	洋上での一般的留意事項	環境	油漏れ等海洋汚染予防	○		10分			
SAFE A	6	1	SAFE A601	洋上での一般的留意事項	チェックリスト	CTV乗船前（サンプル）	○					
SAFE A	6	2	SAFE A602	洋上での一般的留意事項	チェックリスト	SEP船 乗船時（サンプル）	○		15分			
SAFE A	6	3	SAFE A603	洋上での一般的留意事項	チェックリスト	SEP船 作業前（サンプル）	○					
SAFE B	1	1	SAFE B101	基本安全訓練	応急処置訓練	救命用具およびその設置場所	○	○	5分			
SAFE B	1	2	SAFE B102	基本安全訓練	応急処置訓練	心臓蘇生法	○	○				
SAFE B	1	3	SAFE B103	基本安全訓練	応急処置訓練	AEDの使用法	○	○			AED、訓練用人形	
SAFE B	1	4	SAFE B104	基本安全訓練	応急処置訓練	止血方法	○	○			ガーゼ、包帯、止血帯	
SAFE B	1	5	SAFE B105	基本安全訓練	応急処置訓練	包帯による外傷の手当	○	○	55分		ガーゼ、包帯	
SAFE B	1	6	SAFE B106	基本安全訓練	応急処置訓練	三角巾の使い方	○	○			三角巾	
SAFE B	1	7	SAFE B107	基本安全訓練	応急処置訓練	打撲・骨折への対応	○	○				
SAFE B	1	8	SAFE B108	基本安全訓練	応急処置訓練	傷病者管理	○	○				
SAFE B	1	9	SAFE B109	基本安全訓練	応急処置訓練	搬送法	○	○			担架	
SAFE B	2	1	SAFE B201	基本安全訓練	防火・消火	燃焼特性	○					
SAFE B	2	2	SAFE B202	基本安全訓練	防火・消火	洋上・火災・消火活動の特徴	○					
SAFE B	2	3	SAFE B203	基本安全訓練	防火・消火	防火活動の基本	○		50分			
SAFE B	2	4	SAFE B204	基本安全訓練	防火・消火	煙・ガスの危険性	○					
SAFE B	2	5	SAFE B205	基本安全訓練	防火・消火	消火設備の種類とその配置	○					
SAFE B	2	6	SAFE B206	基本安全訓練	防火・消火	避難方法	○					
SAFE B	2	7	SAFE B207	基本安全訓練	防火・消火	消火器の使用法	○	○	20分	40分	消火器	
SAFE B	3	1	SAFE B301	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	ライフジャケット（救命胴衣）	○					
SAFE B	3	2	SAFE B302	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	緊急時集合場所	○					
SAFE B	3	3	SAFE B303	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	救命船	○					
SAFE B	3	4	SAFE B304	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	影響式救命いかだと備用品	○		40分			
SAFE B	3	5	SAFE B305	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	反転した救命いかだの修正	○					
SAFE B	3	6	SAFE B306	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	シーアンカーの使用	○					
SAFE B	3	7	SAFE B307	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	イマシンスーツの着脱と使用	○					
SAFE B	3	8	SAFE B308	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	遭難時に救助を求めるための無線装置	○					
SAFE B	3	9	SAFE B309	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	高所から海中への安全な飛び込み	○	○				
SAFE B	3	10	SAFE B310	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	救命胴衣を着用しての浮遊	○	○	30分		ブル、救命胴衣	240分
SAFE B	3	11	SAFE B311	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	救命胴衣を着用しないでの浮遊	○	○			ブル	
SAFE B	3	12	SAFE B312	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	落水者発見時の対応	○	○			救命ブイ	
SAFE C	1	1	SAFE C101	事故事例集	事故事例集	事故事例集	○		40分			

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(5) 海外制度調査 ～GWO-BSTに関する情報収集～

● GWO(Global Wind Organisation)とは

➢ GWOとは、欧州の風力発電所有者と風車メーカーなどから構成される非営利組織で、欧州の風車発電業界における安全な作業環境をサポートする目的で設立された機関であり、GWOが認定したトレーニング組織でトレーニングを受講することで、GWOのトレーニング認証を取得することができる。

● GWOのトレーニング

- 欧州の風車メンテナンス業界では、洋上風力を中心に保守契約時にGWOのトレーニング認証が求められるケースが増えており、今後日本においても新設の風車で保守作業を行う場合にGWOトレーニング認証が求められることが想定される。
- また、陸上風車においても一部のプログラムを受講し、認証を取得することがメーカーや事業者より義務づけられている場合がある。
- GWOトレーニングプログラムは2年に1回更新しなければならない。

● BST(Basic Safety Training)

➢ BSTのプログラムは、下記5つのモジュールから構成され、風車作業に関わる安全教育を網羅しており、安全教育強化という意味でも有効である。

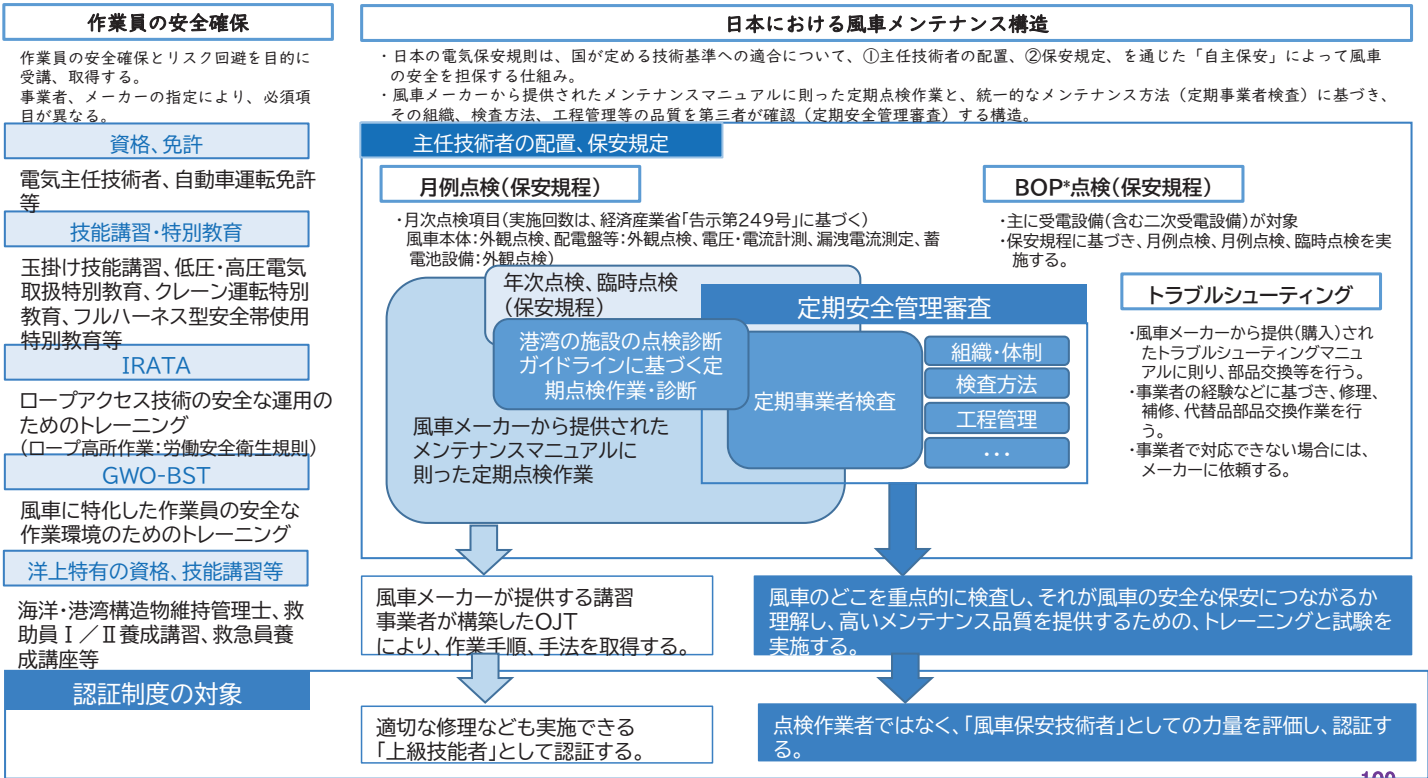
モジュール名	講習時間
First Aid	7時間
Manual Handling	3時間35分
Fire Awareness	3時間20分
Working at Heights	13時間25分
Working at Heights & Manual Handling Combined	14時間50分
Sea Survival	6時間30分

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(6) 認証制度の立ち上げ準備 ~知識・技能レベル整理(ターゲット階層整理)~

- 日本の電事法の下で、適切な風車の保安を担保できるメンテナンス品質を提供できる人材育成および力量認証を目指す。それらの相関関係を下記に示す。



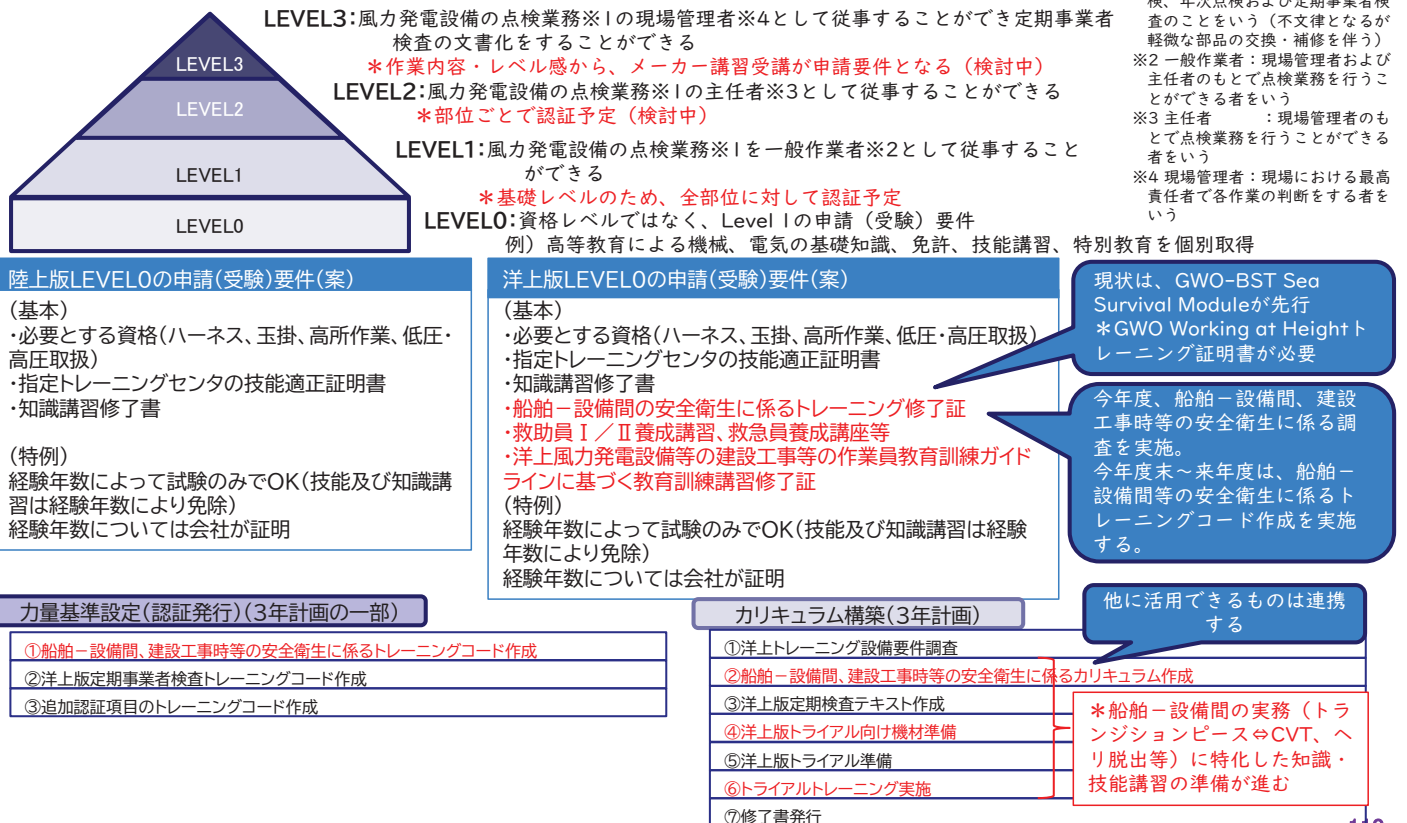
COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(6) 認証制度の立ち上げ準備 ~認証制度の制度設計イメージ~

- 認証制度の内容について初期検討を行い、イメージとしてまとめた。



COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(6) 認証制度の立ち上げ準備 ~認証制度で必要となる規程・運用文書の整備(規程一覧)~

- 認証制度を運用していくにあたり、必要になると考えられる規定をリストアップした。今後の検討の中で内容を詰めていく。

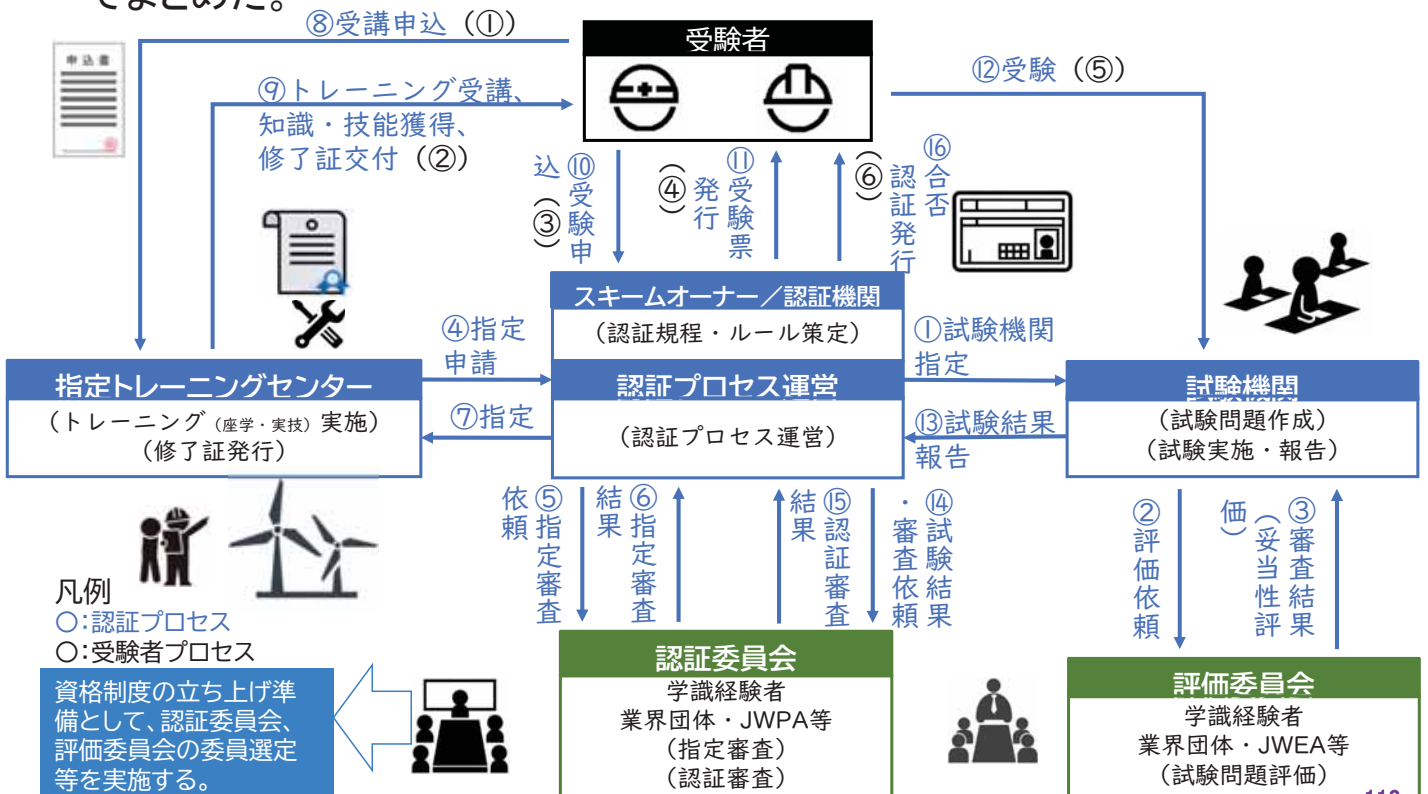
番号	規程、運用文書	主な内容
-001	風力発電に関する要員認証制度規則	認証スキームのスキームオーナー、認証機関、試験機関、指定トレーニングセンタ、の役割、責務と相互関係を規定
-002	風力発電に関する要員認証制度規定 手続き規程	認証スキームのための具体的な認証プロセス及び認証手続の規則を規定
-003	風力発電に関する要員認証制度力量基準	実施できる作業(資格区分)の力量(知識、技能)基準
-004	風力発電に関する要員認証制度運用基準	認証機関あるいは代行機関が「風力発電に関するメンテナンス資格制度規定 手続き規則」に基づいて認証プロセスを実施するための運用文書
-005	風力発電に関する要員認証制度試験基準	試験機関が「風力発電に関するメンテナンス資格制度規定 手続き規則」に基づいて評価プロセスを実施するための運用文書
-006	風力発電に関する要員認証制度指定トレーニングセンタ規程	認証機関がトレーニングセンタを認定に関する規程、また指定トレーニングセンタのトレーニングを実施するための運用文書
-007	風力発電に関する要員認証制度認証委員会規定	認証委員会に関する規程(委員会の役割、委員の要件、選任など)
-008	風力発電に関する要員認証制度評価委員会規定	認証委員会に関する規程(委員会の役割、委員の要件、選任など)

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(6) 認証制度の立ち上げ準備 ~育成および認証制度の運用イメージ~

- 作業員の育成ならびに認証制度について検討し、下図のようなイメージとしてまとめた。



4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(7) まとめ

- 三年計画の一年目として、洋上風力のメンテナンスに関する国内法や既存の資格・教育訓練などについて調査するとともに、メンテナンス作業の現状の把握を行った。
- 一部の項目については次年度も継続して実施する予定である。
- また、制度の全体像についても、既存の制度を参考にイメージづくりを実施した。次年度以降さらに検討を加えてより確実なものとしていく。

4. 成果報告

4.3 洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

(7) まとめ

- 今後、また、将来の長期的な構想として以下のような目標をもって対応を進めていく。
 - ① 認証モジュールの早期完成、本格運用スタート
 - ➡ 定期事業者検査全項目を満たすモジュールの開発、社会実装
 - ② 認証受講可能なトレーニングセンター・試験機関の拡充
 - ➡ 全国規模での認証体制構築(既存のトレーニングセンターや令和4年洋上風力人材育成補助金事業と連携を模索)
 - ③ 安全管理検査制度上でのインセンティブ
 - ➡ 保安力・保全力向上への寄与を国が認める認証制度へ
 - ④ GWOや他の資格との相互認証の実現
 - ➡ 風力産業参入に必須となる資格等との協調

5. 今後の対応

5. 今後の対応

- 今年度、洋上風力の人材育成に関連した三つの事業を実施した。このうち二つの事業については、単年度の事業として計画したため、今年度で完了となるが、得られた成果については、関係各機関、団体などにも協力いただき、具体化を進めていく所存である。
- また、残る一つの事業は三年計画の二年目として、さらに検討を進めていく。
- 末尾ながら、本事業を進めるにあたり、費用を助成いただいた公益財団法人日本財団ならびに実施に貢献いただいた関係各位に篤く御礼申し上げます。

添付資料

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

添付資料

報告書

洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた調査検討

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

洋上風力人材育成ロードマップの作成・拡充に向けた 調査検討業務

報告書



2023年2月28日



目次

0. 事業の概要	3
1. 2050年時点の予想導入量設定	8
2. 導入目標達成のために必要な必要人材数推計	10
2.1 推計方法の検討	11
2.2 必要人材数の推計結果	46
3. 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査	53
3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査	54
3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査	78
3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査	104
4. 洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査	135
4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査	136
4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査	141
5. 人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討	149
5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理	150
5.2 人材育成ロードマップの作成	160

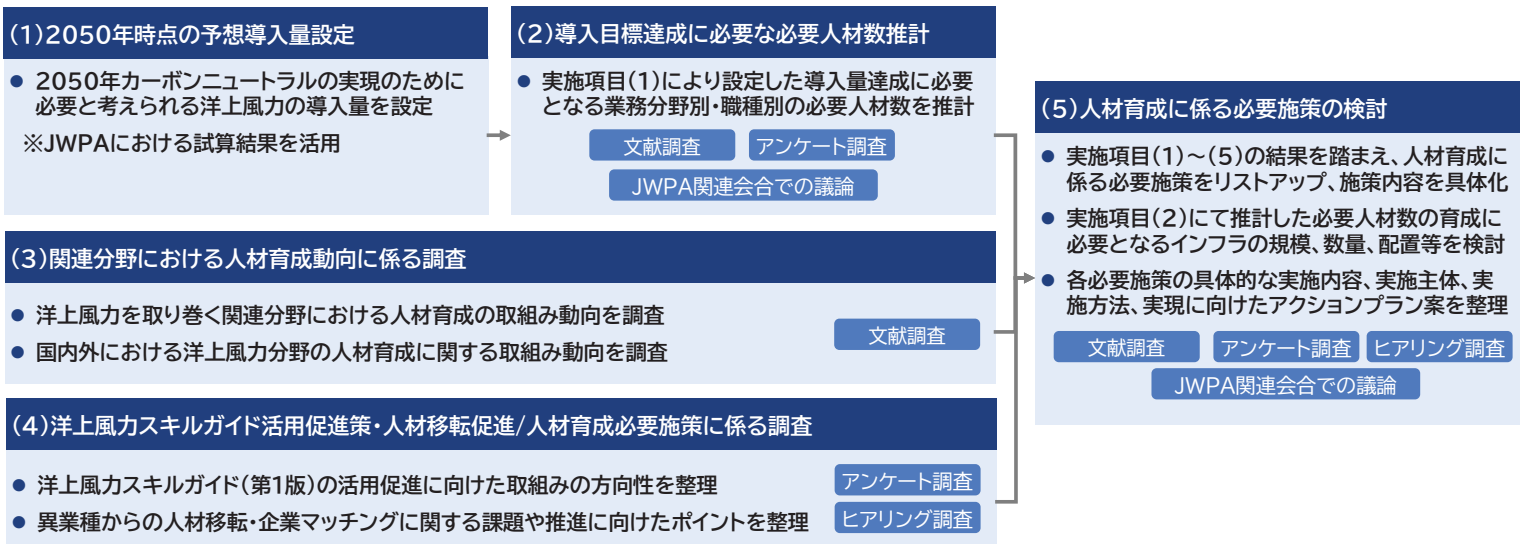
0. 事業の概要

0. 事業の概要

事業の目的と全体像

- 洋上風力産業ビジョン(第1次)において、産業競争力強化に向けた基本戦略の一つとして、洋上風力人材育成プログラムの作成が挙げられ、検討が進められている。その一方で、人材育成全体を網羅したロードマップやそれに類する資料は作成されておらず、包括的なビジョンがないまま個別の取組みが進行している状況である。
- 本課題を踏まえ、本事業では、2050年カーボンニュートラルの実現のために、人材育成の観点で今後どのようなことをなすべきかを明らかにし、洋上風力業界全体のビジョンとなるロードマップを作成することを目的として、文献調査、アンケート調査、ヒアリング調査及びJWPA関連会合での議論を活用し、下記の事項を実施した。

事業の全体像



0. 事業の概要

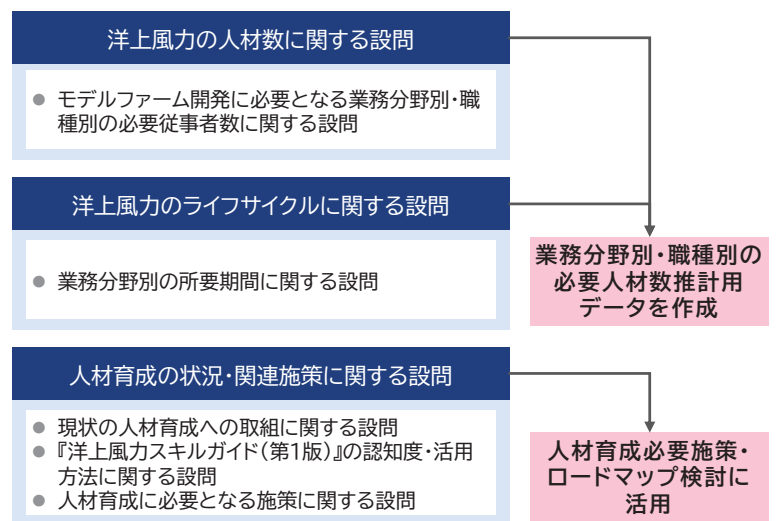
アンケート調査の概要

- 将来の洋上風力の開発・運用に必要な人材数や求められる人材育成施策等を把握することを目的として、JWPA会員(正会員・賛助会員・自治体会員)の522社・団体を対象にアンケートを実施した。アンケート調査では89社・団体から回答が得られた。
- 洋上風力の人材数に関する設問及び洋上風力のライフサイクルに関する設問にて得られた回答結果を用いて、業務分野別・職種別の必要人材数推計用データを作成し、必要人材数推計を実施した。
- また、人材育成関連施策に関する設問の回答結果を、人材育成必要施策及びロードマップの検討に活用した。

アンケート調査の回収状況

調査期間	2022年10月26日～2022年11月25日	
調査対象 ※括弧内は 業種別回答数・回答率	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 発電事業者 (25件/22%) ✓ 風車メーカー (5件/25%) ✓ 工事関連事業者 (19件/21%) ✓ 電気・機械関連事業者 (10件/17%) ✓ メンテナンス事業者 (8件/27%) ✓ コンサルタント (12件/13%) ✓ 金融・保険事業者 (1件/5%) ✓ その他 (9件/10%) 	
回答結果	配布数	522社・団体
	回収数	89社・団体
	回収率	17%

アンケート調査票の構成



0. 事業の概要

アンケート調査の構成

- 以下の設問構成でアンケート調査票を作成し、調査を実施した。

アンケート調査票の構成

設問	設問の概要	対象回答者
Q1	ご回答者様情報	全ての企業
Q2	人材育成施策に関する設問	全ての企業
Q3	ライフサイクルに関する設問	洋上風力市場に参入済・参入検討中の企業
Q4	貴社の従事者数に関する設問(現時点)	洋上風力市場に参入済・参入検討中の企業
Q5	必要従事者数に関する設問(企画開発・金融・保険)	企画開発・金融・保険分野に参入済・参入検討中の企業
Q6	必要従事者数に関する設問(調査・設計)	調査・設計分野に参入済・参入検討中の企業
Q7	必要従事者数に関する設問(製造)	製造分野に参入済・参入検討中の企業
Q8	必要従事者数に関する設問(組立・設置・撤去)	組立・設置・撤去分野に参入済・参入検討中の企業
Q9	必要従事者数に関する設問(O&M)	O&M分野に参入済・参入検討中の企業

0. 事業の概要

本事業における必要人材数推計結果の前提・留意点

- 本事業においては、第2章に詳述するとおり、JWPA会員企業に対するアンケート調査結果、海外文献調査、及びJWPA関連会合における議論を踏まえて、2050年に向けた必要人材数の推計を実施した。
- 本推計結果の活用にあたっては、以下の前提や推計上の制約に留意した取扱いが必要となる。
 - 2050年の導入シナリオを実現するために必要となる**国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではないこと。**
 - 洋上風カスキルガイドに整理された人材種類を対象に、アンケート調査結果に基づくボトムアップ式(個々の要素の積み上げ)の推計手法を取っていることから、**間接部門等を含む実働する全ての関連人材をカバーしていないこと。**従って、本数値を実際の雇用者数として扱うことは適切ではないこと。
 - 着床式洋上風力のモデルファームを想定したアンケート調査結果に基づく分析であり、浮体式洋上風力については、一部既存文献値を用いた補正を行うに留まることから、**着床式と浮体式の違いを精緻に反映した数値ではないこと。**
 - 現在の産業界の知見を活用した推計結果であること、また現行制度(法定定期検査等)を前提とした推計結果であることや、将来の情報処理技術等の進展による新たな職種の人材ニーズを精緻には考慮できていないことから、**今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等により、アンケート回答結果と実際の数字との乖離が発生する可能性があること。**
 - 中長期的な導入量シナリオに基づく推計であり、**今後の市場形成スピードや実際の導入量により、推計結果と実際の数字との乖離が発生する可能性があること。**
- 本推計結果は、洋上風カスキルガイドに基づき、詳細な人材種類別に必要人材数を推計した、日本で初めての試みである。本推計結果をベースとしながら、継続的なデータ収集と上記課題を踏まえた分析方法の改善により、推計値を精査・更新していくことが重要となる。

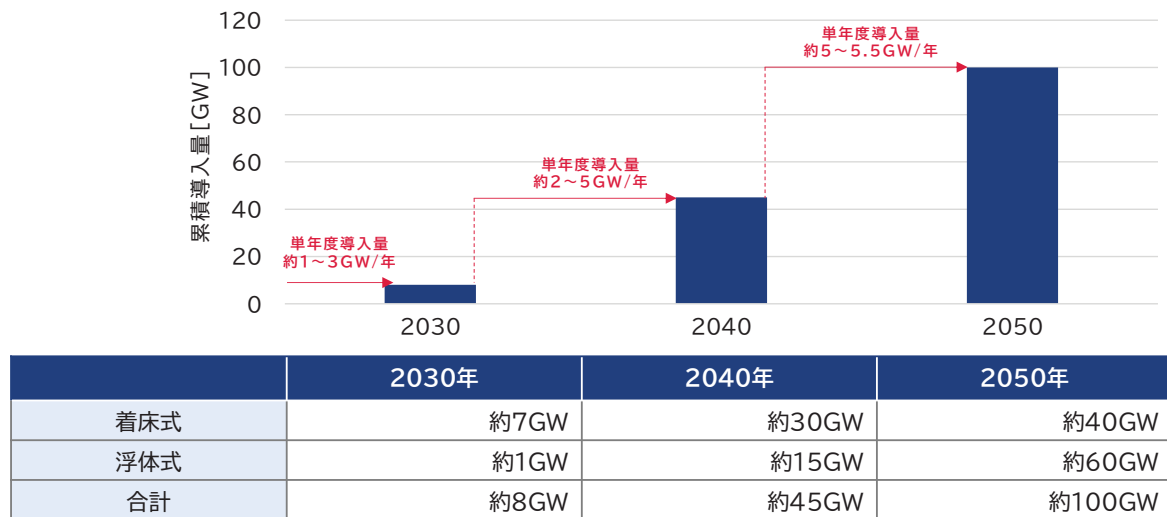
1.2050年時点の予想導入量設定

1.2050年時点の予想導入量設定

導入量設定結果

- 2050年までに、着床式・浮体式を合わせて累積100GWの導入量を想定した。
 - JWPAにおいて、電力需給モデルを用いて2050年カーボンニュートラル達成に必要な風力発電の導入量を試算(三菱総研にて試算を実施)。詳細は、「JWPA WIND VISION 2023」(2023年中発行予定)を参照のこと。
 - シナリオ設定にあたっては、現在開発が進んでいる案件を考慮しつつ、2030年～2040年にかけての導入量拡大とともに産業基盤が形成され、2040年以降は安定的な市場形成と産業習熟期に入ることを想定し、導入量推移を設定した。

導入量の想定



2.導入目標達成のために必要な必要人材数推計

2.1 推計方法の検討

2.2 必要人材数の推計結果

2.1 推計方法の検討

業務分野別・職種別の必要人材数の推計フロー

- 本調査では以下のフローに基づき、業務分野別・職種別の必要人材数を推計した。
- 推計にあたっては、アンケート調査※で得られた回答結果からインプットデータを作成し、必要人材数を推計した。
※アンケート調査の概要は「0.概要」を参照のこと

必要人材数の推計フロー

STEP1	必要人材の分類方法の整理	<ul style="list-style-type: none"> ● 海外文献に基づき、洋上風力関連人材の職種(大分類)の分類方法を整理 	文献調査
STEP2	洋上風力スキルガイドの人材分類	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力スキルガイドの全人材を職種(大分類)別に分類 ● さらに業務内容に応じて職種(小分類)別に分類 	
STEP3	必要人材数に関するアンケート調査の実施	<ul style="list-style-type: none"> ● 開発時期に応じた2種類のモデルファームを設定 ● モデルファーム別に、業務分野別・職種(小分類)別の必要人材数、将来の必要人材数低減見通し、ウィンドファームの想定ライフサイクル等をアンケート調査で確認 	アンケート調査
STEP4	アンケート調査結果の分析	<ul style="list-style-type: none"> ● アンケート調査結果を集計し、以下の必要人材数推計用パラメータ・前提条件を分析 <ul style="list-style-type: none"> ・ 業務分野別・職種(小分類)別の必要人材数原単位[人/GW/年] ・ 将来の必要人材低減率 ・ ウィンドファーム開発・運用の所要年数を整理 	
STEP5	各種補正の実施	<ul style="list-style-type: none"> ● 業務が重複すると想定される職種(小分類)の重複加算分を削除 ● ロボット利活用の拡大に伴う必要人材数の削減効果を考慮 ● 海外文献に基づき、一部の浮体式特有人材を推計対象に追加 	文献調査
STEP6	業務分野別・職種別の必要人材数の推計	<ul style="list-style-type: none"> ● 第1章で設定した予想導入量に、STEP4の必要人材数原単位を乗じ、業務分野別・職種別の必要人材数を推計 ● STEP5の補正処理を行い、推計結果を取りまとめ 	

2.1 推計方法の検討

STEP1:必要人材の分類方法の整理(1/2)

- 2019年3月、英国政府が公表したOffshore Wind Sector Dealにて、産業界側は洋上風力人材分野におけるコミットメントを宣言している。
- コミットメントの一つに労働者データ(各職種の人数、スキル等)の把握が挙げられており、産業界(OWIC: Offshore Wind Industry Council)は2020年度よりイギリス国内の洋上風力人材に関する調査結果を公表している。

Offshore Wind Sector Dealの人材コミットメント

コミットメントの概要
<ul style="list-style-type: none"> ● 英国の洋上風力のスキルベースを拡大するために、技能研修ニーズ分析を行い、技術認定制度を設けます
<ul style="list-style-type: none"> ● 労働者データを追跡し、報告するための労働者とスキルに関するモデルを導入します。
<ul style="list-style-type: none"> ● 2030年までにセクターでの雇用の40%を女性にすることを目標として、労働者の多様性を引き上げること。2019年末までにBAME(※いわゆる有色人種等)の割合に関して新たな目標値を設定します。
<ul style="list-style-type: none"> ● セクターは開発、建設、運転、廃止作業中に最高水準の健康・安全基準を確保するための協力を継続します
<ul style="list-style-type: none"> ● 早い段階でのスキル及び知識への容易なアクセスを整備します。
<ul style="list-style-type: none"> ● 研究を支援し、高い技能を有する研究・開発・実証(RD&D)労働者を育成するために、大学との協働を拡大します。
<ul style="list-style-type: none"> ● 2019 年末までの目標として、技能訓練基準のレビューを行い、技能訓練を増やします。

OWICより公表された人材動向レポート

< 2021年公表分 >



< 2022年公表分 >



Offshore Wind Skills Intelligence Report
May 2022

2.1 推計方法の検討

STEP1:必要人材の分類方法の整理(2/2)

- 必要職種に対する業界全体での分類(taxonomy)は定まっていない中、OWICは必要人材を7職種に分類し、必要人材数の推計を行っている。
- また、ORE CatapultはOWICが公表する7職種を引用し、さらに技能職を細分化した13職種別に必要人材数の推計を行っている。
- 先進例との整合性や今後のデータ活用を考慮し、今回の分析ではORE Catapultの職種分類を大分類として設定し、必要人材数推計に用いることとした。

英国(OWIC、ORE Catapult)における洋上風力関連人材の職種分類

OWICによる分類		ORE Catapultによる分類	
技術職	マネジメント職:Management	技術職	マネジメント職:Management
	技術者:Technical / Professional		技術者:Technical / Professional
	コーポレートサービス:Corporate Services		コーポレートサービス:Corporate Services
	HSEQ		HSEQ
	人材開発・育成:People Development		人材開発・育成:People Development
	販売・調達:Commercial		販売・調達:Commercial
技能職	現地作業員:Operatives	技能職	土木・建設職:Construction General Operatives
			O&M職:O&M
			電気系職:Electrical
			機械系職:Mechanical
			海技系職:Marine
			航空系職:Aviation
			潜水系職:Subsea

出所)OWIC, Offshore Wind Skills Intelligence Report, Industrial Strategy Offshore Wind Sector Deal, p.17, 発行年(2022年5月)

ORE Catapult, Floating Offshore Wind RISKS TO PROJECT DEVELOPMENT - PEOPLE, SKILLS, AND VOCATIONS, p.19, 発行年(2022年6月)より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

13

2.1 推計方法の検討

STEP1:【参考】ORE Catapultにおける職種分類(1/4)

● 技術職種(1/2)

職種	職種サブグループ	推定スキルレベル※ (イングランド)	典型的な役職
マネジメント職 Management	Leadership	Skill Level 7-8	Company Board roles - Company Directors - C Suite roles etc...
	Management Corporate	Skill Level 6-7	Head of..., Senior Vice President, Director in Title etc
	Management Operational	Skill Level 6-7	Head of..., Senior Vice President, Director in Title etc...
技術者 Technical/ Professional	Technical	Skill Level 6-7	Engineers, Naval Architect...
	Professional	Skill Level 7-8	Lawyers, Doctors, Senior Consultant, Senior Auditor etc...
コーポレート サービス Corporate Services	Corporate Services Human Resources (HR)	Skill Level 6/7	Advisor, Partner etc...
	Corporate Services Information Technology (IT)	Skill Level 5/6	Helpdesk Technician, Software, Hardware etc...
	Corporate Services Finance	Skill Level 5/6	Accountant, Bookkeeper, General Ledger Clerk etc...
	Corporate Services Legal	Skill Level 7/8	General Counsel, Legal Advisor, Paralegal etc...
	Corporate Services General	Skill Level 4/5	Office Manager, Facilities Manager etc
	Corporate Services Administration	Skill Level 2/3	PA, Secretary

※英国の教育課程では、義務教育及びその後の職業訓練(継続教育)を受講する人材をSkill Level 1~3と位置づけ、職業教育課程でさらに高い資格を与えられた人材もしくは高等教育に進む人材をLevel 4以降へ位置付けている。詳細はp.18参照。

2.1 推計方法の検討

STEP1:【参考】ORE Catapultにおける職種分類(2/4)

● 技術職種(2/2)

職種	職種サブグループ	推定スキルレベル※ (イングランド)	典型的な役職
HSEQ	Health & Safety	Skill Level 5	Advisor, Partner etc…
	Quality	Skill Level 5	Advisor, Partner etc…
	Environmental	Skill Level 5	Advisor, Partner etc…
人材開発 People Development	People Development & Skills	Skill Level 5	Trainer, Teacher etc…
	Graduate	Skill Level 5	Various
	Trainee	Skill Level 3	Various
販売・調達 Commercial	Apprentice	Skill Level 3	Various
	Sales	Skill Level 5	Sales Manager, BD Manager, Sales Executive etc…
	Marketing	Skill Level 5	Marketing Executive, Marketing Manager etc…
	Commercial	Skill Level 5	Commercial Executive, Commercial Manager etc…
	Procurement	Skill Level 5	Buyer, Procurement Officer

※英国の教育課程では、義務教育及びその後の職業訓練(継続教育)を受講する人材をSkill Level 1~3と位置づけ、職業教育課程でさらに高い資格を与えられた人材もしくは高等教育に進む人材をLevel 4以降へ位置付けている。詳細はp.18参照。

出所)ORE Catapult, Floating Offshore Wind RISKS TO PROJECT DEVELOPMENT - PEOPLE, SKILLS, AND VOCATIONS, p.19, 2022年6月 より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

15

2.1 推計方法の検討

STEP1:【参考】ORE Catapultにおける職種分類(3/4)

● 技能職種(1/2)

職種	職種サブグループ	推定スキルレベル※ (イングランド)	典型的な役職
土木・建設職 Construction General Operatives	Senior Construction	Skill Level 5	Supervisor, Shift Manager, Foreman, Chargehand etc…
	Skilled Construction	Skill Level 4	Welder, Plater, Pipefitter etc…
	Semi-Skilled Construction	Skill Level 3	Forklift Driver, Driver, Crane Driver, Scaffolder, Rigger, Painter etc…
	Manual Construction	Skill Level 3	Labourer, Groundworker, Quayside Operative etc…
O&M職	Senior O&M	Skill Level 5	Supervisor etc…
	Skilled O&M	Skill Level 4	Turbine Technician, Statutory Inspector, etc…
	Semi-Skilled O&M	Skill Level 3	Scaffolder, Rigger, Painter etc…
	Manual O&M	Skill Level 3	Labourer, Quayside Operative etc…
電気系職 Electrical	Senior Electrical	Skill Level 5	Electrical SAP etc… Senior Electrical Tech, Senior Electronic Tech
	Skilled Electrical	Skill Level 4	Electrical Supervisor, Level 7 Electrical Technician… Electrical Tech, Electrician, Electronic Tech
	Semi-Skilled Electrical	Skill Level 3	Cable Jointer etc…
	Manual Electrical	Skill Level 3	Cable puller etc…

※英国の教育課程では、義務教育及びその後の職業訓練(継続教育)を受講する人材をSkill Level 1~3と位置づけ、職業教育課程でさらに高い資格を与えられた人材もしくは高等教育に進む人材をLevel 4以降へ位置付けている。詳細はp.18参照。

出所)ORE Catapult, Floating Offshore Wind RISKS TO PROJECT DEVELOPMENT - PEOPLE, SKILLS, AND VOCATIONS, p.19, 2022年6月 より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

16

2.1 推計方法の検討

STEP1:【参考】ORE Catapultにおける職種分類(4/4)

● 技能職種(2/2)

職種	職種サブグループ	推定スキルレベル※ (イングランド)	典型的な役職
機械系職 Mechanical	Senior Mechanical	Skill Level 5	Senior Mechanical Tech
	Skilled Mechanical	Skill Level 4	Mechanical Supervisor, Level 7 Mechanical Technician, Mechanical Technician
	Semi-Skilled Mechanical	Skill Level 3	Fitter, mechanic
	Manual Mechanical	Skill Level 3	Manual mechanical operative
海技系職 Marine	Senior Marine	Skill Level 5	Captain, Skipper, Mooring Master etc... OIM, DPO, SSL (Section Stability Leader)
	Skilled Marine	Skill Level 4	1st Officer, DPO, Marine Engineer etc... SSL
	Semi-Skilled Marine	Skill Level 3	CRO, Crane Operator
	Manual Marine	Skill Level 3	Deckhand, Able Seafarer etc... Roustabout, facilities crew etc
航空系職 Aviation	Senior Aviation	Skill Level 6-7	Pilot etc...
	Skilled Aviation	Skill Level 5-6	Navigator, Senior Crew etc...
	Semi-Skilled Aviation	Skill Level 3	HLO etc...
	Manual Aviation	Skill Level 3	Groundcrew, Loading Crew etc...
潜水系職 Subsea	Senior Subsea	Skill Level 5	Diving Supervisor, Survey Party Chief etc...
	Skilled Subsea	Skill Level 4	Diver, ROV Pilot, Surveyor etc...
	Semi-Skilled Subsea	Skill Level 3	Diver/Tech etc...Subsea Engineer
	Manual Subsea	Skill Level 3	Deck Crew etc...

※英国の教育課程では、義務教育及びその後の職業訓練(継続教育)を受講する人材をSkill Level 1~3と位置づけ、職業教育課程でさらに高い資格を与えられた人材もしくは高等教育に進む人材をLevel 4以降へ位置付けている。詳細はp.18参照。

出所)ORE Catapult, Floating Offshore Wind RISKS TO PROJECT DEVELOPMENT - PEOPLE, SKILLS, AND VOCATIONS, p.19, 2022年6月 より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

17

2.1 推計方法の検討

STEP1:【参考】英国におけるスキルレベル

- 英国の教育課程では、義務教育及びその後の職業訓練(継続教育)を受講する人材をSkill Level 1~3と位置づけ、職業教育課程でさらに高い資格を与えられた人材もしくは高等教育に進む人材をLevel 4以降へ位置付けている。
- 職業教育課程において最も高いクラスまで技能・技術を習得した人材にはSkill Level 5相当の資格が与えられ、大卒又は大卒相当以上の人材はSkill Level 6~8に該当する。

教育課程とスキルレベルとの対応関係

枠組み	Skill Level	資格例
中等教育・ 継続教育※	Level 1	GCSE grade D-G, BTEC at level 1, OCR Nationals Functional Skills at level 1
	Level 2	GCSE grade A* - C, NVQ Level 2, BTEC at Level 2, Functional Skills at level 2
	Level 3	AS/A Level, NVQ Level 3, BTEC at Level 3, OCR Nationals
職業教育課程/ 高等教育	Level 4	Certificate of Higher Education, BTEC Diploma and Advanced Diploma at Level 4, City & Guild Licentiate Higher National Certificate (HNC), Diploma in Teaching in the Life Long Learning Sector (DTLLS), Level 4 NVQ
	Level 4 & 5	Senior Command, Leadership & Management Courses
	Level 5	Foundation Degree Diploma of Higher Education, BTEC Diploma and Advanced Diploma at Level 5, Higher National Diploma (HND) Individual University Modules at Level 2** (e.g., through Open University)
	Level 6	UK Bachelor's Degree
	Level 7	UK Master's Degree, Postgraduate Certificate, 7 Enhanced Diploma
	Level 8	Doctorates

※継続教育(Further Education):義務教育(中等教育)を終えた段階で行われる教育課程であり、主に中等教育終了後の若者、失業者、在職者を対象とした資格取得のための職業教育課程を指す。高等教育機関へ進学する学生の教育課程とは異なる。

出所)ORE Catapult, Floating Offshore Wind RISKS TO PROJECT DEVELOPMENT - PEOPLE, SKILLS, AND VOCATIONS, p.19, 2022年6月 より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

18

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(1/16)

- JWPAが2022年6月に公表した「洋上風力スキルガイド(第1版)」では、下図の業務分野別に、洋上ウィンドファーム開発・運用の必要人材(約380人材)をリストアップしている。
- この約380人材を、STEP1で整理した職種(大分類)に振り分けるとともに、さらに詳細な職種(小分類)を設定の上、職種(小分類)への振り分けを行った。
- STEP3で実施したアンケート調査では、本職種(小分類)を最小単位として、必要人材数の確認を行った。

業務分野	必要人材数	
分野横断	プロジェクト企画・開発 ファイナンス 保険	約30人材
調査・設計(※)	立地可能エリア調査 風況調査 海底地質調査 環境影響評価 発電所設計	約40人材
製造	風車製造(ナセルアセンブリ) 風車製造(ブレード) 風車製造(タワー) 基礎製造	約50人材
設置・組立・撤去	基礎/風車 設置・撤去 海底ケーブル敷設・撤去 洋上変電所設置・撤去 海上輸送・施工等管理 陸上変電所設置・撤去 陸上ケーブル敷設・撤去	約170人材
O&M	ファーム運用 風車メンテナンス(ナセル内機器) 風車メンテナンス(ブレード) 風車メンテナンス(タワー) 基礎メンテナンス 海底ケーブルメンテナンス 洋上変電所メンテナンス 海上輸送・施工等管理 陸上変電所・ケーブルメンテナンス	約90人材

※洋上風力スキルガイドにおける「事業性評価」「系統連系協議」「地域合意形成」は、他業務分野の人材が兼任する可能性が高いとして除外。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

19

職種(大分類)	職種数	職種(小分類)	
		職種名	
マネジメント職	4職種	マネジメント職(プロジェクト統括)、マネジメント職(設計・技術開発)、EPCI統括管理、O&M統括管理	
技術者	4職種	技術者(設計・技術検討)、技術者(解析)、技術者(IT・通信)、技術者(O&M計画・技術検討)	
コーポレートサービス	3職種	ファイナンス組成担当者、保険引受担当職、保険金支払担当職	
HSEQ	2職種	リスクマネジメント・コントロール職、HSEQ技術者	
人材育成	—	※洋上風力スキルガイドには存在しない職種。今回は推計対象外としている。	
販売・調達	3職種	調達管理職、営業販売・調達職(保険)、生産・販売・輸送管理職	
土木・建設職	4職種	現地作業員、洋上土木作業員、陸上土木作業員、現地作業員(ドローン点検作業)	
O&M職	3職種	メンテナンス作業員、メンテナンス作業員(ドローン点検作業)、メンテナンス作業員(高所作業)	
電気系職	3職種	洋上電気工事作業員、陸上電気工事作業員、電気主任技術者	
機械系職	1職種	製造作業員	
海技系職	12職種	海技職(船長)、海技職(航海士)、大型船舶・船長、大型船舶・機関士、大型船舶・航海士、大型船舶・その他船員、小型船舶・船長、小型船舶・船員、船舶保守管理職、船舶運行管理職、船舶運航管理員、マリンコーディネーター	
航空系職	1職種	ヘリコプター操縦士	
潜水系職	4職種	現地作業員(ROV作業)、現地作業員(潜水作業)、メンテナンス作業員(潜水作業)、メンテナンス作業員(ROV作業)	

約380人材を
職種(大分類)と
職種(小分類)に
振り分け

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(2/16)

分野横断における必要人材の分類結果

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名	
プロジェクト企画・開発	マネジメント職	マネジメント職 (プロジェクト統括)	プロジェクト総括責任者 プロジェクト企画担当者 インターフェース担当者 契約・法務担当者 ファイナンス担当者 融資アレンジャー業務担当者 環境・適合性評価担当者 O&M計画策定担当者 技術・設計統括責任者 全体設計担当者 風車設計担当者 周辺設備設計担当者 系統運系担当者 現場監理者 現場品質管理者 調達担当者	
		マネジメント職 (設計・技術統括)		
	販売・調達	調達管理職		
	HSEQ	HSEQ技術者	リスク/QHSE マネージャー ファイナンシャルアドバイザー業務担当者 アレンジャー業務担当者 シンジケーション業務担当者 エージェンツ業務担当者	
	ファイナンス	コーポレートサービス	ファイナンス組成担当者	保険営業担当者 保険ブローカー/代理店 保険引受担当者 ロスアジャスター 損害サービス担当者
			営業販売・調達職(保険)	
HSEQ		リスクマネジメント・コントロール職(保険)	リスクエンジニア マリンワランティサーバイヤー 保険アドバイザー	
保険	コーポレートサービス	保険引受担当職		
		保険金支払担当職		
	HSEQ	リスクマネジメント・コントロール職(保険)		

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(3/16)

調査・設計における必要人材の分類結果(1/2)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
立地可能エリア調査	技術者	技術者(設計・技術検討)	土木・建築技術者
			電気工学技術者
風況調査	技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者
			土木・建築技術者(施工検討)
風況調査(解析)	土木・建設職	現地作業員	土木・建築技術者(建設作業)
			洋上土木作業員
海底地質調査	技術者	技術者(解析)	データアナリスト(風況)
			流体力学・解析技術者
			水路測量士
			洋上土木作業員
			環境影響調査員
			海生哺乳類観測員
			鳥類観測員
			地質調査技士(追加)
			海技職(船長)
			海技職(航海士)
			船長
			一等航海士
海技系職	海技職(船長)	海技職(航海士)	プロジェクト技術設計担当者
			土木・建築技術者
技術者	技術者(設計・技術検討)	技術者(解析)	データアナリスト(海底地質)
			HSEQ
HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者	HSEQ技術者(追加)
			ROV操縦士(追加)
潜水系職	潜水系職	現地作業員(ROV作業)	ROVエンジニア(追加)

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(4/16)

調査・設計における必要人材の分類結果(2/2)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
環境影響評価	技術者	技術者(解析)	データアナリスト(風況)
			データアナリスト(水質・底質・水中音)
			データアナリスト(海底地質)
			データアナリスト(海洋生態系)
			データアナリスト(波・海流)
発電所設計	技術者	技術者(設計・技術検討)	データアナリスト(GIS)
			構造設計技術者
			電気工学技術者
			土木・建築技術者
			データアナリスト(気象・海象)
技術者	技術者(解析)	技術者(解析)	データアナリスト(海底地質)
			データアナリスト(風況)

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(5/16)

製造分野における必要人材の分類結果(1/3)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
風車製造(ナセルアセンブリ)	販売・調達	生産・販売・輸送管理職	生産管理担当者
			輸送手配担当者
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者
			ケーブル接続作業員
	機械系職	製造作業員	倉庫管理者
			組立作業員
			塗装・コーティング作業員
			荷揚・荷卸し作業管理者
			クレーン作業員
			倉庫作業員
			治具設計者
	技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者
			電気工学技術者
			製造プロセス技術者
			機械工学技術者
風車制御システム技術者			
冷却システム技術者			
品質工学技術者			
ネットワークインフラ技術者			

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(6/16)

製造分野における必要人材の分類結果(2/3)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
風車製造(ブレード)	販売・調達	生産・販売・輸送管理職	輸送手配担当者
			HSEQ技術者(追加)
	HSEQ	HSEQ技術者	モールド作業員
			塗装・コーティング作業員
	機械系職	製造作業員	非破壊検査員
			荷揚・荷卸し作業管理者
			クレーン作業員
			倉庫管理者
			治具設計者
			製造プロセス技術者
			機械工学技術者
	コンポジット材料技術者		
	技術者	技術者(設計・技術検討)	輸送手配担当者
			HSEQ技術者(追加)
			曲げ加工作業員
溶接作業員			
塗装・コーティング作業員			
非破壊検査員			
荷揚・荷卸し作業管理者			
クレーン作業員			
ケーブル接続作業員			
風車製造(タワー)	販売・調達	生産・販売・輸送管理職	輸送手配担当者
			HSEQ技術者(追加)
	HSEQ	HSEQ技術者	曲げ加工作業員
			溶接作業員
	機械系職	製造作業員	塗装・コーティング作業員
			非破壊検査員
			荷揚・荷卸し作業管理者
			クレーン作業員
ケーブル接続作業員			
構造設計技術者			
電気工学技術者			
製造プロセス技術者			
技術者	技術者(設計・技術検討)	機械工学技術者	
		機械工学技術者	

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(7/16)

製造分野における必要人材の分類結果(3/3)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名	
基礎製造	技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者 製造プロセス技術者	
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者(追加)	
	機械系職	製造作業員	組立作業員	組立作業員(追加)
			曲げ加工作業員	曲げ加工作業員(追加)
			溶接作業員	溶接作業員(追加)
販売・調達	生産・販売・輸送管理職	輸送手配担当者		
海底ケーブル製造	技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者(追加) 製造プロセス技術者(追加)	
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者(追加)	
	機械系職	製造作業員	組立作業員	組立作業員(追加)
			曲げ加工作業員	曲げ加工作業員(追加)
			溶接作業員	溶接作業員(追加)
販売・調達	生産・販売・輸送管理職	輸送手配担当者(追加)		
洋上変電所製造	技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者(追加) 製造プロセス技術者(追加)	
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者(追加)	
	機械系職	製造作業員	組立作業員	組立作業員(追加)
			曲げ加工作業員	曲げ加工作業員(追加)
			溶接作業員	溶接作業員(追加)
販売・調達	生産・販売・輸送管理職	輸送手配担当者(追加)		

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(8/16)

組立・設置・撤去における必要人材の分類結果(1/6)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名	
基礎/風車 設置・撤去	マネジメント職	EPCI統括管理	工事管理者(EPCI) 海上起重作業管理者	
	土木・建設系職	洋上土木作業員	洋上土木作業員(玉掛け作業)	洋上土木作業員(玉掛け作業)
			洋上土木作業員(グラウト作業)	洋上土木作業員(グラウト作業)
			洋上土木作業員(ウインチ作業)	洋上土木作業員(ウインチ作業)
			洋上土木作業員(フォークリフト運転)	洋上土木作業員(フォークリフト運転)
			洋上土木作業員(高所作業車運転)	洋上土木作業員(高所作業車運転)
			洋上土木作業員(一般)	洋上土木作業員(一般)
			荷揚・荷卸し作業管理者	荷揚・荷卸し作業管理者
			洋上クレーン作業員(移動式クレーン運転)	洋上クレーン作業員(移動式クレーン運転)
			洋上クレーン作業員(揚荷装置運転)	洋上クレーン作業員(揚荷装置運転)
			洋上クレーン作業員(バギー式クレーン運転)	洋上クレーン作業員(バギー式クレーン運転)
			洋上クレーン作業員(玉掛け作業)	洋上クレーン作業員(玉掛け作業)
			風車組立スーパーバイザー	風車組立スーパーバイザー
	洋上土木作業員(風車据付)	洋上土木作業員(風車据付)		
	ジャッキアップ装置運転	ジャッキアップ装置運転		
	防錆管理者	防錆管理者		
	溶接作業員	溶接作業員		
	塗装・コーティング作業員	塗装・コーティング作業員		
	非破壊検査員	非破壊検査員		
	基礎洗浄作業員監督	基礎洗浄作業員監督		
基礎洗浄作業員	基礎洗浄作業員			
水路測量士	水路測量士			
特殊車両運転員	特殊車両運転員			
陸上土木作業員	陸上土木作業員	陸上クレーン作業員(移動式クレーン運転)	陸上クレーン作業員(移動式クレーン運転)	
		陸上土木作業員(玉掛け作業)	陸上土木作業員(玉掛け作業)	
		陸上土木作業員(高所作業車運転)	陸上土木作業員(高所作業車運転)	
		陸上土木作業員(風車組立)	陸上土木作業員(風車組立)	
現地作業員(ドローン点検作業)	現地作業員(ドローン点検作業)	陸上土木作業員(バックホウ操作)	陸上土木作業員(バックホウ操作)	
		ドローン操縦士	ドローン操縦士	
			ドローン画像解析技術者	

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(9/16)

組立・設置・撤去における必要人材の分類結果(2/6)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
基礎/風車 設置・撤去	電気系職	洋上電気工事作業員	電気主任技術者
			1級電気工事施工管理技士
			電気工事士
			風車試運転員
			風車試運転管理者
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者
			リスク管理技術者
	潜水系職	現地作業員(潜水作業)	潜水土
			潜水作業監督者
		現地作業員(ROV作業)	潜水作業補助員
			爆発物処理技術者
	技術者	技術者(設計・技術検討)	ROV操縦士
			ROVエンジニア
			構造設計技術者(基礎構造設計)
構造設計技術者(風車設計)			
機械工学技術者			
		電気工学技術者	
		風車制御システム技術者	
		土木・建築技術者	
		海上建設プロセス技術者	

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(10/16)

組立・設置・撤去における必要人材の分類結果(3/6)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
海底ケーブル敷設・撤去	マネジメント職	EPCI統括管理	工事管理者(EPCI)
	土木・建設職	洋上土木作業員	洋上土木作業員(ウインチ作業)
			洋上土木作業員(玉掛け作業)
			洋上土木作業員(一般)
			荷揚・荷卸し作業管理者
			洋上クレーン作業員(玉掛け作業)
			光ファイバー技術者
			組立指導員
			水路測量士
	電気系職	洋上電気工事作業員	電気主任技術者
			ケーブル接続作業監督者
			ケーブル接続作業員
			海底ケーブル試運転員
	HSEQ	HSEQ技術者	海底ケーブル試運転管理者
			HSEQ技術者
	潜水系職	現地作業員(潜水作業)	リスク管理技術者
			潜水土
		現地作業員(ROV作業)	潜水作業監督者
			潜水作業補助員
	技術者	技術者(設計・技術検討)	爆発物処理技術者
ROV操縦士			
ROVエンジニア			
電気工学技術者			
		土木・建築技術者	
		海上建設プロセス技術者	

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(11/16)

組立・設置・撤去における必要人材の分類結果(4/6)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
洋上変電所設置・撤去	マネジメント職	EPCI統括管理	工事管理者(EPCI) 海上起重作業管理者 組立指導員 組立作業員 荷揚・荷卸し作業管理者 洋上クレーン作業員(移動式クレーン運転者) 洋上クレーン作業員(揚荷装置運転者) 洋上クレーン作業員(バギー式クレーン運転者) 洋上クレーン作業員(玉掛け作業員) 洋上土木作業員(一般) 曲げ加工作業員 溶接作業員 塗装・コーティング作業員 非破壊検査員 光ファイバー技術者 水路測量士 解体工事施工技士
	土木・建設職	洋上土木作業員	ドローン操縦士 ドローン画像解析技術者
		現地作業員(ドローン点検作業)	電気主任技術者 電気工事士 ケーブル接続作業監督者 ケーブル接続作業員 変電所試運転員 変電所試運転管理者 HSEQ技術者 リスク管理技術者
	電気系職	洋上電気工事作業員	潜水士 潜水作業監督者 潜水作業補助員 爆発物処理技術者 ROV操縦士 ROVエンジニア
	HSEQ	HSEQ技術者	
	潜水系職	現地作業員(潜水作業)	
		現地作業員(ROV作業)	

Copyright © Mitsubishi Research Institute

29

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(12/16)

組立・設置・撤去における必要人材の分類結果(5/6)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
洋上変電所設置・撤去	技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者 機械工学技術者 電気工学技術者 土木・建築技術者 海上建設プロセス技術者
		技術者(IT・通信)	ネットワークインフラ技術者 サイバーセキュリティ技術者 SCADA技術者
海上輸送・施工等管理	海技系職	大型船舶・機関士	機関長 一等機関士 二等機関士
		大型船舶・航海士	一等航海士 二等航海士
		大型船舶・船長	船団長 作業船舶長(非自航船) 船長
		大型船舶・その他船員	通信士 DPS装置運転者
		小型船舶・船員	CTV・警備船運航員 専従警戒要員
		小型船舶・船長	CTV・警備船船長
		船舶運行管理職	船舶運航管理者 乗組員管理者 マリンコーディネーター 警戒業務管理者
		船舶保守管理職	船舶管理者 船舶保守技術者

Copyright © Mitsubishi Research Institute

30

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(13/16)

組立・設置・撤去における必要人材の分類結果(6/6)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
陸上変電所設置・撤去	マネジメント職	EPCI統括管理	工事管理者(EPCI)
	土木・建設職	陸上土木作業員	荷揚・荷卸し作業管理者
			陸上クレーン作業員(移動式クレーン運転者)
			陸上クレーン作業員(玉掛け作業員)
			組立作業員
			曲げ加工作業員
			塗装・コーティング作業員
			非破壊検査員
	電気系職	陸上電気工事作業員	光ファイバー技術者
			陸上土木作業現場監督者
HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者	
技術者	技術者(設計・技術検討)	構造設計技術者	
		電気工学技術者	
陸上ケーブル敷設・撤去	マネジメント職	EPCI統括管理	工事管理者(EPCI)
	土木・建設職	陸上土木作業員	陸上クレーン作業員(移動式クレーン運転者)
			陸上クレーン作業員(玉掛け作業員)
			光ファイバー技術者
			陸上土木作業現場監督者
			陸上土木作業員
			測量士
			電気系職
	ケーブル接続作業監督者		
	技術者	技術者(設計・技術検討)	ケーブル接続作業員
電気工事士			
技術者	技術者(設計・技術検討)	電気工学技術者	
		土木・建築技術者	

Copyright © Mitsubishi Research Institute

31

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(14/16)

O&Mにおける必要人材の分類結果(1/3)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
ファーム運用	マネジメント職	O&M統括管理	O&Mマネージャー
	電気系職	電気主任技術者	O&Mマネージャー補佐
			電気主任技術者
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者
	海技系職	マリナーコーディネーター	マリナーコーディネーター
	技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	電気工学技術者
			機械工学技術者
			風車制御システム技術者
			O&M管理者(メンテナンス専業会社)
			アセット管理者
技術者(IT・通信)	技術者(IT・通信)	運転監視作業員	
		ネットワークインフラ技術者	
風車メンテナンス(ナセル内機器)	電気系職	電気主任技術者	SCADA技術者
	HSEQ	HSEQ技術者	電気主任技術者
			HSEQ技術者
	O&M職	メンテナンス作業員	風車メンテナンス作業員
	技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	倉庫管理者
			倉庫作業員
			O&M管理者(メンテナンス専業会社)
			電気工学技術者
	HSEQ	HSEQ技術者	機械工学技術者
			風車制御システム技術者
HSEQ技術者			
HSEQ技術者			
風車メンテナンス(ブレード)	O&M職	メンテナンス作業員(ドローン点検作業)	ドローン操縦士
		メンテナンス作業員(高所作業)	ドローン画像解析技術者
	技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	ロープアクセスおよびブレード補修監督者
			ロープアクセスおよびブレード補修作業員
技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	高所業務責任者	
		高所業務責任者	

Copyright © Mitsubishi Research Institute

32

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(15/16)

O&Mにおける必要人材の分類結果(2/3)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名
風車メンテナンス(タワー)	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者
	O&M職	メンテナンス作業員	風車メンテナンス作業員
		メンテナンス作業員(ドローン点検作業)	ドローン操縦士 ドローン画像解析技術者
		メンテナンス作業員(高所作業)	ロープアクセスおよびタワー補修監督者 ロープアクセスおよびタワー補修作業員 高所業務責任者
技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	O&M管理者(メンテナンス專業会社) 土木・建築技術者	
基礎メンテナンス	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者
	O&M職	メンテナンス作業員	風車メンテナンス作業員
		メンテナンス作業員(高所作業)	ロープアクセスおよび基礎補修監督者 ロープアクセスおよび基礎補修作業員
	潜水系職	メンテナンス作業員(潜水作業)	潜水士 潜水作業監督者 潜水作業補助員
		メンテナンス作業員(ROV作業)	ROV操縦士 ROVエンジニア
技術職	技術者(O&M計画・技術検討)	土木・建築技術者 O&M管理者(メンテナンス專業会社)	
洋上変電所メンテナンス	電気系職	電気主任技術者	電気主任技術者
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者
	O&M職	メンテナンス作業員	O&M管理者(メンテナンス專業会社) 運転監視作業員 変電設備メンテナンス技術員 電気工事士
			O&M管理者(メンテナンス專業会社) 電気工学技術者 土木・建築技術者
	技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	O&M管理者(メンテナンス專業会社) 電気工学技術者 土木・建築技術者

2.1 推計方法の検討

STEP2:洋上風力スキルガイドの人材分類(16/16)

O&Mにおける必要人材の分類結果(3/3)

業務分野	職種(大分類)	職種(小分類)	洋上風力スキルガイド上の人材名	
海底ケーブルメンテナンス	電気系職	電気主任技術者	電気主任技術者	
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者	
	O&M職	メンテナンス作業員	ケーブル接続作業員 光ファイバー技術者	
		潜水系職	メンテナンス作業員(潜水作業)	潜水士 潜水作業監督者 潜水作業補助員
			メンテナンス作業員(ROV作業)	ROV操縦士 ROVエンジニア
技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	電気工学技術者		
海上輸送・施工等管理	航空系職	ヘリコプター操縦士	ヘリコプター操縦士	
		小型船舶・船長	CTV・警備船船長	
		小型船舶・船員	CTV・警備船運航員	
		大型船舶・船長	サービス専用船(SOV)船長	
		大型船舶・航海士	サービス専用船(SOV)運航員(兼一等航海士)	
		大型船舶・機関士	サービス専用船(SOV)機関長 サービス専用船(SOV)一等機関士	
		大型船舶・その他船員	通信士(追加) 甲板員その他(追加)	
		船舶運航管理員	乗組員管理者	
陸上変電所・ケーブルメンテナンス	電気系職	電気主任技術者	電気主任技術者	
	HSEQ	HSEQ技術者	HSEQ技術者	
	O&M職	メンテナンス作業員	運転監視作業員 ケーブル接続作業員 変電設備メンテナンス技術員	
			O&M管理者(メンテナンス專業会社) 電気工学技術者 光ファイバー技術者	
	技術者	技術者(O&M計画・技術検討)	ネットワークインフラ技術者	
技術者(IT・通信)	技術者(IT・通信)	ネットワークインフラ技術者		

2.1 推計方法の検討

STEP3:洋上風力の必要人材数に関するアンケート調査(1/4)

- アンケート調査※では、設備容量あたりの必要人材数原単位[人/GW/年]を算出することを目的に、業務分野別、職種(小分類)別に、洋上風力の開発・運用に必要な人材数等に関する設問を設定した。

※アンケート調査の概要は「0.概要」を参照のこと

業務分野別		職種(小分類)別			
業務分野	業務分野	職種(大分類)	職種数	職種(小分類)	
分野横断	プロジェクト企画・開発	技術職	4職種	職種名	
	ファイナンス				
	保険				
調査・設計(※)	立地可能エリア調査		4職種		マネジメント職(プロジェクト統括)、マネジメント職(設計・技術開発)、EPCI統括管理、O&M統括管理
	風況調査				
	海底地質調査				
	環境影響評価				
製造	発電所設計		3職種		技術者(設計・技術検討)、技術者(解析)、技術者(IT・通信)、技術者(O&M計画・技術検討)
	風車製造(ナセルアセンブリ)				
	風車製造(ブレード)				
	風車製造(タワー)				
設置・組立・撤去	基礎製造		2職種		ファイナンス組成担当者、保険引受担当職、保険金支払担当職
	基礎/風車 設置・撤去				
	海底ケーブル敷設・撤去				
	洋上変電所設置・撤去				
	海上輸送・施工等管理				
O&M	陸上変電所設置・撤去	1職種	リスクマネジメント・コントロール職、HSEQ技術者		
	陸上変電所・ケーブル敷設・撤去				
	ファーム運用				
	風車メンテナンス(ナセル内機器)				
	風車メンテナンス(ブレード)				
	風車メンテナンス(タワー)				
	基礎メンテナンス				
	海底ケーブルメンテナンス				
	洋上変電所メンテナンス				
	海上輸送・施工等管理				
陸上変電所・ケーブルメンテナンス					
技能職		4職種	現地作業員、洋上土木作業員、陸上土木作業員、現地作業員(ドローン点検作業)		
	土木・建設職				
	O&M職				
	電気系職				
	機械系職				
	海技系職				
	航空系職				
	潜水系職				

※洋上風力スキルガイドにおける「事業性評価」「系統連系協議」「地域合意形成」は、他業務分野の人材が兼任する可能性が高いとして除外。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

35

2.1 推計方法の検討

STEP3:洋上風力の必要人材数に関するアンケート調査(2/4)

モデルファーム別の必要人材数・低減見通しの把握(1/2)

- 今後ウィンドファームや風車の大規模化が進むと想定され、本動向は設備容量あたりの必要人材数原単位に大きく影響する。従って、アンケート調査では以下の2種類のモデルファームを提示し、それぞれの回答を取得した。
 - モデルファームA:2030年前後に運転を開始する500MWのウィンドファーム
 - モデルファームB:2030年以降に運転を開始する1GWのウィンドファーム
- また、日本の洋上風力市場は初期段階にあり、今後産業の習熟化や技術の進展に伴い、必要人材数原単位も低減すると想定される。そこで、アンケート調査では、将来的に新技術の導入や産業の習熟化が進んだ理想的な状態において想定される必要人材数の低減見通しに関する設問を設定し、必要人材数推計に用いることとした。

アンケート調査における想定モデルファーム

	モデルファームA	モデルファームB
運転開始時期	2030年前後	2031以降
ファーム規模	500MW	1GW
風車サイズ	10MWクラス (約50基)	15MWクラス (約66基)
運転期間	25年	25年
形式	着床式	着床式

※着床式についてはCTV運航を想定し、浮体式については2035年頃までに案件形成されるウィンドファームはCTV、それ以降に案件形成されたウィンドファームはSOV運航を想定して推計を実施した。

2.1 推計方法の検討

STEP3:洋上風力の必要人材数に関するアンケート調査(3/4)

モデルファーム別の必要人材数・低減見通しの把握(2/2)

- 洋上風力の開発・運用に必要となる人材数(業務分野別、職種(小分類)別)については、具体的な人数を回答する欄に加えて、おおよその人数を回答可能とするための幅を持たせた選択肢を用意した(下図①参照)。
- 必要人材数の低減見通しについても同様に、幅を持たせた選択肢を用意した(下図②参照)。

必要人材数と低減見通しに関するアンケート調査回答欄例

分野		主な必要人材例		モデルファームA			
		番号	人材名				
プロジェクト企画・開発	マネジメント職(プロジェクト統括)	[A-1]	プロジェクト統括責任者	①モデルファームAの開発・運用に必要な全従事者数			
		[A-2]	プロジェクト企画担当者	自由回答	自由回答が難しい場合、下記選択肢から最も近いものを1つのみ選択	必要従事者数の詳細・根拠(自由記述)	
		[A-3]	インターフェース担当者	人/年	(選択)	1. 2人/年 未満	2. 2~5人/年 未満
		[A-11]	契約・法務担当者			3. 5~10人/年 未満	4. 10~15人/年 未満
		[A-13]	ファイナンス担当者			5. 15~20人/年 未満	6. 20人/年 以上
		[A-14]	融資アレンジャー業務担当者			(具体的に: 約 〇〇 人/年)	
		※個別の必要人材別に従事者数をご回答いただける場合は、以下にご記入ください。					
			人材名	(選択)	従事者数	人/年	
			人材名	(選択)	従事者数	人/年	
			人材名	(選択)	従事者数	人/年	
②将来的に新技術の導入や産業の習熟化が進んだ理想的な状態における必要従事者数の低減可能性				必要従事者数の低減の根拠・見通しの理由(自由記述)			
現時点での必要従事者数に対する、理想状態における必要従事者数の低減見通し(1つのみ回答可)							
	(選択)	1. 変わらない(100%)	2. 90%まで低減する				
		3. 80-89%まで低減する	4. 70-79%まで低減する				
		5. 60-69%まで低減する	6. 50-59%まで低減する				
		7. 50%未満まで低減する	(具体的に: 約 〇〇 %)				
	②	8. 増加する(100%より大)	(具体的に: 約 〇〇 %)				

2.1 推計方法の検討

STEP3:洋上風力の必要人材数に関するアンケート調査(4/4)

洋上風力のライフサイクル(各業務の所要期間・年数)の把握

- 任意の時間断面における必要人材数を把握するためには、洋上風力のライフサイクル(プロジェクト企画開発→調査設計→製造→組立・設置→O&M→撤去の各業務の所要期間・年数)を考慮する必要がある。
- アンケート調査では、必要人材数の推計(必要人材数=必要人材別原単位[人/年]×所要年数[年])を行う際の、「所要年数[年]」を把握することを目的に、モデルファームA、モデルファームBそれぞれの開発・運用における各業務で想定される、年間の対応基数、実稼働期間、及び合計年数の回答を取得した。

ライフサイクルに関するアンケート調査回答欄例

分野	全体の所要期間	各分野に含まれる業務	年間の対応基数	年間の稼働期間	合計年数	前提条件や特記事項(自由記述)	
						※エリアや海象条件・特性・回数・頻度など	
3.1	組立・設置	基礎/風車 設置	基/年	か月/年	年間		
		海底ケーブル敷設	基/年	か月/年	年間		
		洋上変電所設置	基/年	か月/年	年間		
		海上輸送・施工管理	基/年	か月/年	年間		
		陸上変電所設置	基/年	か月/年	年間		
		陸上ケーブル敷設	基/年	か月/年	年間		
	O&M	25 年	ファーム運用	基/年	か月/年	年間	
			風車メンテナンス(ナセル内機器)	基/年	か月/年	年間	
			風車メンテナンス(ブレード)	基/年	か月/年	年間	
			風車メンテナンス(タワー)	基/年	か月/年	年間	
			基礎メンテナンス	基/年	か月/年	年間	
			海底ケーブルメンテナンス	基/年	か月/年	年間	
			洋上変電所メンテナンス	基/年	か月/年	年間	
			陸上変電所・ケーブルメンテナンス	基/年	か月/年	年間	
海上/航空輸送・施工等管理	基/年	か月/年	年間				

2.1 推計方法の検討

STEP4:アンケート調査結果の分析(1/3)

必要人材数原単位の分析

- アンケート調査ではモデルファーム別・業務分野別・職種(小分類)別の必要人材数原単位を、自由記述又は選択肢から1つ回答する欄を設けた(p.37参照)。
- 得られた回答が自由記述の場合は自由記述の数値を採用し、選択肢の場合は選択肢の中間の値を必要人材数原単位の回答結果として扱った。
- 自由記述及び選択肢の回答から有効回答を集計し、回答結果の中央値を職種(小分類)の必要原単位として算出した。

必要人材数原単位の回答結果の分析方法

○企画開発・金融・保険分野、調査・設計分野

回答欄・選択肢	集計方法
自由記述	自由記述の数値を集計
2人/年 未満	選択した回答を1人/年と集計
2~5人/年 未満	選択した回答を3.5人/年と集計
5~10人/年 未満	選択した回答を7.5人/年と集計
10~15人/年 未満	選択した回答を12.5人/年と集計
15~20人/年 未満	選択した回答を17.5人/年と集計
20人/年 以上	選択肢を選んだ方のうち、別途設けている自由記述欄の数値を採用 ※但し、選択肢のみ回答し、自由記述欄に回答が無かった場合は人材数原単位上の無効回答として扱った

○製造分野、組立・設置・撤去分野

回答欄・選択肢	集計方法
自由記述	自由記述の数値を集計
5人/年 未満	選択した回答を2.5人/年と集計
5~20人/年 未満	選択した回答を12.5人/年と集計
20~50人/年 未満	選択した回答を35人/年と集計
50~100人/年 未満	選択した回答を75人/年と集計
100~150人/年 未満	選択した回答を125人/年と集計
150~200人/年 未満	選択した回答を175人/年と集計
200人/年 以上	選択肢を選んだ方のうち、別途設けている自由記述欄の数値を採用 ※但し、選択肢のみ回答し、自由記述欄に回答が無かった場合は人材数原単位上の無効回答として扱った

○O&M分野

回答欄・選択肢	集計方法
自由記述	自由記述の数値を集計
5人/年 未満	選択した回答を2.5人/年と集計
5~10人/年 未満	選択した回答を7.5人/年と集計
10~20人/年 未満	選択した回答を15人/年と集計
20~30人/年 未満	選択した回答を25人/年と集計
30~40人/年 未満	選択した回答を35人/年と集計
40~50人/年 未満	選択した回答を45人/年と集計
50人/年 以上	選択肢を選んだ方のうち、別途設けている自由記述欄の数値を採用 ※但し、選択肢のみ回答し、自由記述欄に回答が無かった場合は人材数原単位上の無効回答として扱った

2.1 推計方法の検討

STEP4:アンケート調査結果の分析(2/3)

ウィンドファーム開発・運用の所要年数の設定

- アンケート調査結果を参考に、ウィンドファーム開発・運用の所要年数を下記の通り想定した。
- 推計においては、2030年以前に入札が開始される案件はモデルファームA、2031年以降に入札が開始される案件はモデルファームBを想定することとした。
 - 2030年以前に入札実施(モデルファームA):4年の準備期間を経て入札を実施、プロセス開始から11年目に運転開始すると想定。
 - 2031年以降に入札実施(モデルファームB):4年の準備期間を経て入札を実施、プロセス開始から9年目に運転開始すると想定。
 - 全案件について、運転期間25年を経た後に撤去されると想定。

入札実施:~2030年(モデルファームA)

開発・運用プロセス	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目 (~2030年)	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目
プロジェクト企画・開発	開発開始										
調査・設計											
(入札・許認可等)					入札						
製造											
組立・設置											
O&M											運開
撤去											

入札実施:2031年~(モデルファームB)

開発・運用プロセス	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目 (2031年~)	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目
プロジェクト企画・開発	開発開始										
調査・設計											
(入札・許認可等)					入札						
製造											
組立・設置											
O&M									運開		
撤去											

2.1 推計方法の検討

STEP4:アンケート調査結果の分析(3/3)

必要人材数低減率の分析

- アンケート調査ではモデルファーム別・業務分野別・職種(小分類)別の将来の必要人材数低減率を、自由記述又は選択肢から1つ回答する欄を設けた。
- 得られた回答が自由記述の場合は自由記述の数値を採用し、選択肢の場合は選択肢の中間の値を必要人材数低減率の回答結果として扱った。
- 自由記述及び選択肢の回答から有効回答を集計し、回答結果の平均値を職種(小分類)の必要人材数低減率として算出した。

必要人材数低減率の回答結果の分析方法

回答欄・選択肢		集計方法
選択肢	変わらない(100%)	選択した回答を100%として集計
	90%まで低減する	選択した回答を95%として集計
	80-89%まで低減する	選択した回答を85%として集計
	70-79%まで低減する	選択した回答を75%として集計
	60-69%まで低減する	選択した回答を65%として集計
	50-59%まで低減する	選択した回答を55%として集計
	50%未満まで低減する	選択肢を選んだ方のうち、別途設けている自由記述欄の数値を採用
	増加する(100%より大)	※但し、選択肢のみ回答し、自由記述欄に回答が無かった場合は人材数原単位上の無効回答として扱った

2.1 推計方法の検討

STEP5:各種補正の実施(1/4)

職種の重複除外(O&M分野)

- 本推計方法では、実際には同一人材が分野をまたがって実施すると想定される業務においても、業務分野別に必要人材数をカウントしているため、結果として実際の必要人数より過大推計している可能性がある。
- そこでO&M分野においては、下表の職種(小分類)については、同一人材が分野横断的に業務を実施している(=人材が重複している)と想定し、重複加算分を除外する形で人材数推計を実施した。

O&M分野における重複除外

職種(小分類)		重複除外方法	職種(小分類)		重複除外方法
技術者(O&M計画・技術検討)	風車メンテナンス(ナセル内機器)	3分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用	メンテナンス作業員(潜水作業)	基礎メンテナンス	2分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用
	風車メンテナンス(タワー)			海底ケーブルメンテナンス	
	風車メンテナンス(ブレード)		メンテナンス作業員(ROV作業)	基礎メンテナンス	2分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用
HSEQ技術者	風車メンテナンス(ナセル内機器)	3分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用	海底ケーブルメンテナンス	2分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用	
	風車メンテナンス(タワー)		2分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用		
	風車メンテナンス(ブレード)			洋上変電所メンテナンス	2分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用
電気主任技術者	陸上変電所メンテナンス	5分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用	陸上変電所メンテナンス	2分野間で同じ人材が従事しているとみなし、原単位を平均して利用	
	ファーム運用		陸上変電所・ケーブルメンテナンス		
	風車メンテナンス(ナセル内機器)				
	海底ケーブルメンテナンス				
	洋上変電所メンテナンス				

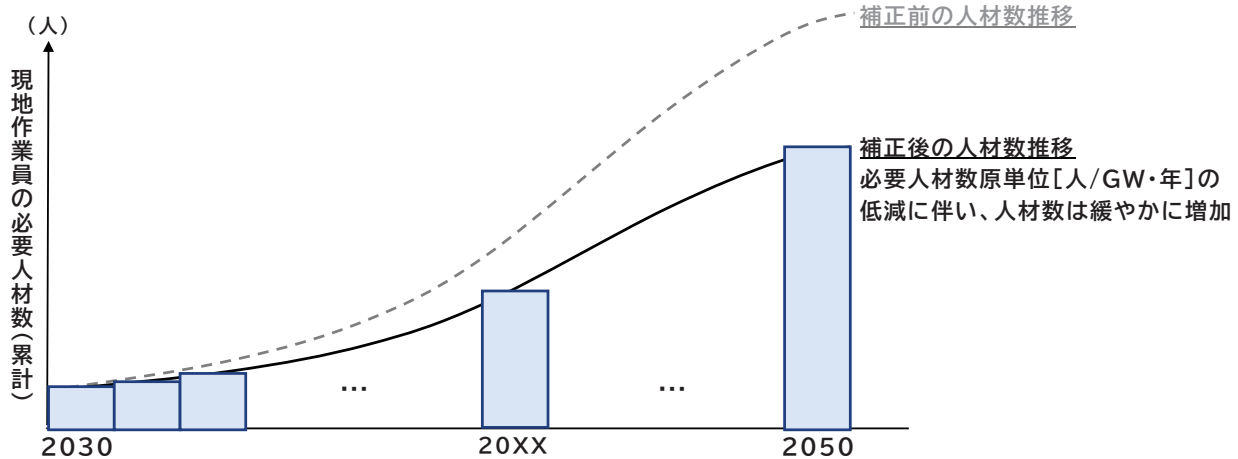
2.1 推計方法の検討

STEP5:各種補正の実施(2/4)

ロボット利活用の拡大に伴う必要人材数の補正

- 将来的に人による潜水・高所作業が、ドローン・ROVによる作業に代替されることで、ドローン・ROV運用人材は増加し、現地作業員の増加率は低減すると見込まれる。アンケート調査ではこの観点での情報は得られておらず、アンケート結果をそのまま用いた推計では、将来求められる専門スキルとの不整合が生じる可能性がある。
- 英・Offshore Wind Innovation Hub(OWIH)の分析では、O&M分野の点検・修理業務を中心に、ロボット活用による現地作業人員の低減率(▲70%)が見込まれている。同文献値を参考に、潜水・高所作業を想定している職種(小分類)の必要人材数について、2050年にかけて必要人材数原単位[人/GW・年]が徐々に▲70%まで減少するように線形補正し、ロボット利活用による効率化の影響を考慮した。

洋上風力分野でのロボット利活用の拡大に伴う補正イメージ



出所) Offshore Wind Innovation Hub, Quantifying the impact of Robotics in Offshore Wind, p.40, 発行年(2021年9月)より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

43

2.1 推計方法の検討

STEP5:各種補正の実施(3/4)

浮体式特有の必要人材の追加

- 日本やイギリスをはじめ浮体式の実証プロジェクトの開発実績は存在するが、数百MWからGW規模の商用浮体式の開発実績は無く、浮体式に係る職種別必要人材数の原単位を算定することは現時点で困難である。
- そのためアンケートで得られた着床式開発の必要人材数の原単位を用いて、浮体式に係る必要人材数を推計した。従って、本調査では浮体式開発の必要人材数を正確に把握できていない点に留意が必要である。
- その上で、一部の浮体式特有の設備や工程については、英・ORE Catapultの文献(浮体式開発の必要人材数推計を実施)を基に、浮体式開発特有の職種として、該当する人材数を加算した。

今回加算した浮体式特有の必要人材 文献値

分野	職種(小分類)	必要人材数原単位※1, 2, 3
製造	浮体基礎製造	1,153人/GW
	アンカー製造	75人/GW
	係留索製造	30人/GW
組立・設置	係留索の仮設置	85人/GW
	洋上変電所の曳航	67人/GW
	浮体基礎の曳航	50人/GW
O&M	係留索モニタリング	8人/GW

※1 本文献におけるモデルファーム想定:

- ・ファーム規模・風車サイズ:510MW(15MW風車×34基)
- ・浮体基礎形式:セミサブ型

※2 文献値の人材数には直接雇用・間接雇用の双方を含む数値であったため、英・OWICの文献を基に英国の直接雇用/間接雇用比率(58%:42%)を用い、直接雇用者のみに補正

※3 文献値を1GWあたりに換算した数値(三菱総研作成)

出所) ORE Catapult, Floating Offshore Wind RISKS TO PROJECT DEVELOPMENT - PEOPLE, SKILLS, AND VOCATIONS, p.35, 発行年(2022年6月)
OWIC, Offshore Wind Skills Intelligence Report, p.24, 発行年(2022年5月)

Copyright © Mitsubishi Research Institute

44

2.1 推計方法の検討

STEP5:各種補正の実施(4/4)

風車製造人員の必要人材原単位の追加

- アンケート調査では、製造分野を含む各職種の必要人材数に関する設問を設けたが、現時点では、風車製造に関する日本国内のサプライチェーン形成は十分に進展していないため、十分な回答を得ることが出来なかった。
- 風車製造の必要人材数に関するデータ不足を補完するため、海外文献(1GWのウィンドファームにおける業務分野別の必要人材数を推計)を参照し、同文献における風車製造(ナセル・ブレード・タワー製造)の必要人材数原単位を用いて補正を行った。

今回用いた風車製造の必要人材数原単位(海外文献値)

項目	必要人材数(FTE換算)
風車製造人員	2,555人/GW・年 (内訳) 技術者・屋外専門家:505人 作業員・技能者:1,293人 屋内専門家:757人

※1 本文献におけるモデルファーム想定:

- ・ファーム規模・風車サイズ:1GW(10MW風車×100基)
- ・基礎形式:着床式

※2 業務分野別・職種別の必要人材数(フルタイム当量:FTE)の推計値を合計した値

※3 本原単位の内訳の「技術者・屋外専門家」を職種(小分類)の「技術者(設計・技術検討)」に、「作業員・技能者」を職種(小分類)の「風車製造人員」に、「屋内専門家」を職種(小分類)の「生産・販売・輸送管理職」に分類

出所) QBIS, "Socio-economic impact study of offshore wind", p.29 (2020年7月)を基に三菱総研作成

2.導入目標達成のために必要な必要人材数推計

2.1 推計方法の検討

2.2 必要人材数の推計結果

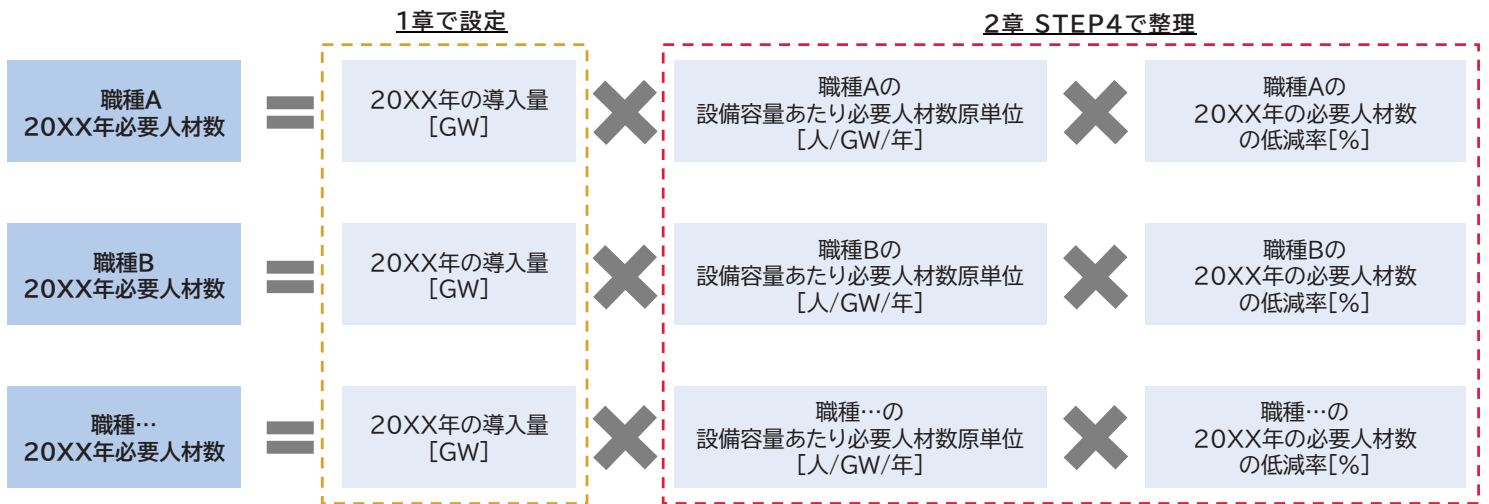
2.2 必要人材数の推計結果

STEP6:業務分野別・職種別の必要人材数の推計(1/2)

業務分野別・職種別の必要人材数の推計方法

- 1章で設定した洋上風力の導入量に、STEP4で整理した設備容量あたりの必要人材数原単位[人/GW/年]と必要人材数低減率(%)を乗じることで年別・業務分野別・職種別の必要人材数を推計した。
- 加えて、案件形成スピードと洋上風力のライフサイクルを考慮して推計を実施した。(詳細は次頁)

年度別・職種別の必要人材数の推計式



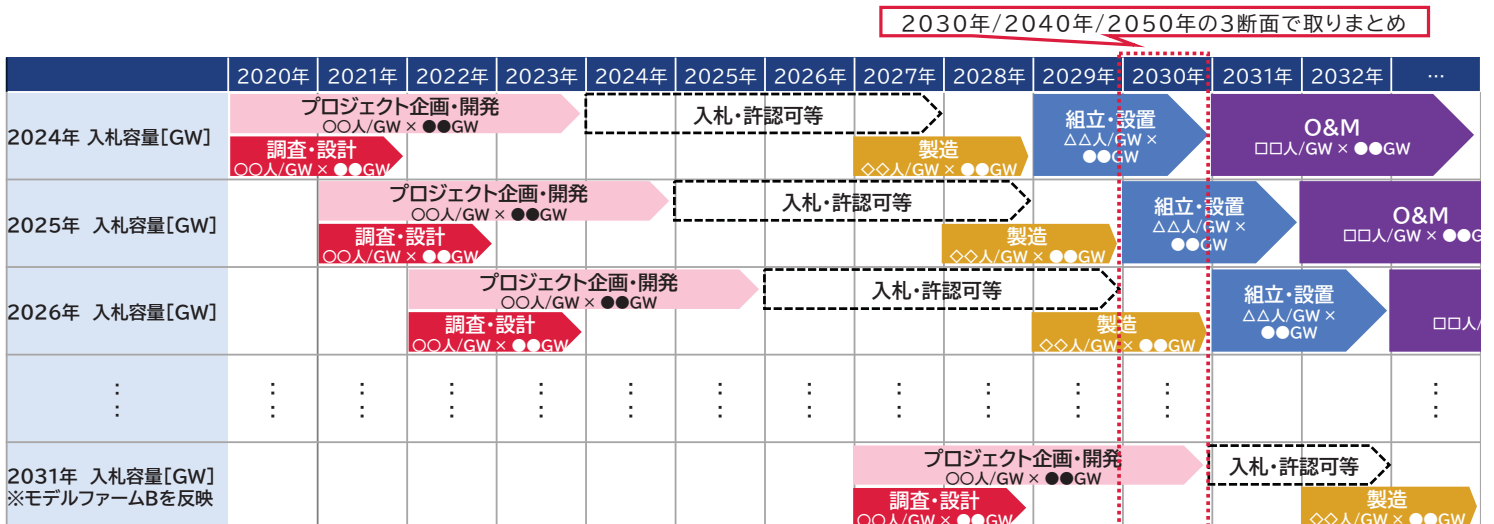
2.2 必要人材数の推計結果

STEP6:業務分野別・職種別の必要人材数の推計(2/2)

業務分野別・職種別の必要人材数の推計方法

- 任意の時間断面における必要人材数を把握するためには、前項の必要人材数原単位[人/GW/年]×単年度の入札量[GW]×必要人材数の低減率[%]の計算に加えて、案件形成スピードと洋上風力のライフサイクル(プロジェクト企画開発→調査設計→製造→組立・設置→O&M)を考慮する必要がある。
- STEP4で設定したウィンドファーム開発・運用の所要年数に基づき、2030年/2040年/2050年の3断面において活動している必要人材数を合計することで、業務分野別・職種別の必要人材数をそれぞれ取りまとめた。

洋上風力の案件形成及び洋上風力のライフサイクルを考慮した必要人材数の推計イメージ



2.2 必要人材数の推計結果

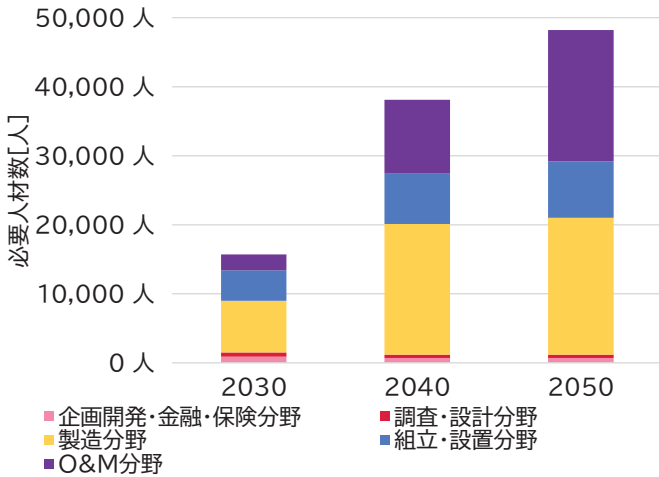
業務分野別・職種別の必要人材数の推計結果(1/3)

業務分野別推計結果

- 洋上風力のライフサイクルを踏まえた必要人材数を把握するために、業務分野別での集計を行った。2030年は累積導入量が小さいため、主に製造、組立・設置分野の従事者の比率が大きい。2040年～2050年にかけて累積導入量の増加に伴い、O&M分野での従事者が増加する。
 - 本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
- 企画開発・金融・保険分野及び調査・設計分野においては、ウィンドファームの大型化※による設備容量あたり必要人材数原単位の減少効果が、単年導入量の増加による必要人材数増加効果を上回るため、2030年以降、全体数が減少する結果となった。

※モデルファームの設定詳細はp.36参照。

業務分野別の必要人材数推計結果



		2030	2040	2050
業務分野別推計結果	企画開発・金融・保険分野	900人	700人	700人
	調査・設計分野	600人	500人	500人
	製造分野	7,500人	18,900人	19,800人
	組立・設置・撤去分野	4,400人	7,300人	8,500人
	O&M分野	2,300人	10,700人	19,000人
合計		15,700人	38,200人	48,500人

※本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意

※今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等による新たな職種の増加等により、推計結果と実際の必要人材数との乖離が発生する可能性がある点に注意

※その他必要人材数推計結果の前提・留意点(p.7)を参照のこと

※四捨五入の関係で各項目の和と合計値が一致しない場合がある

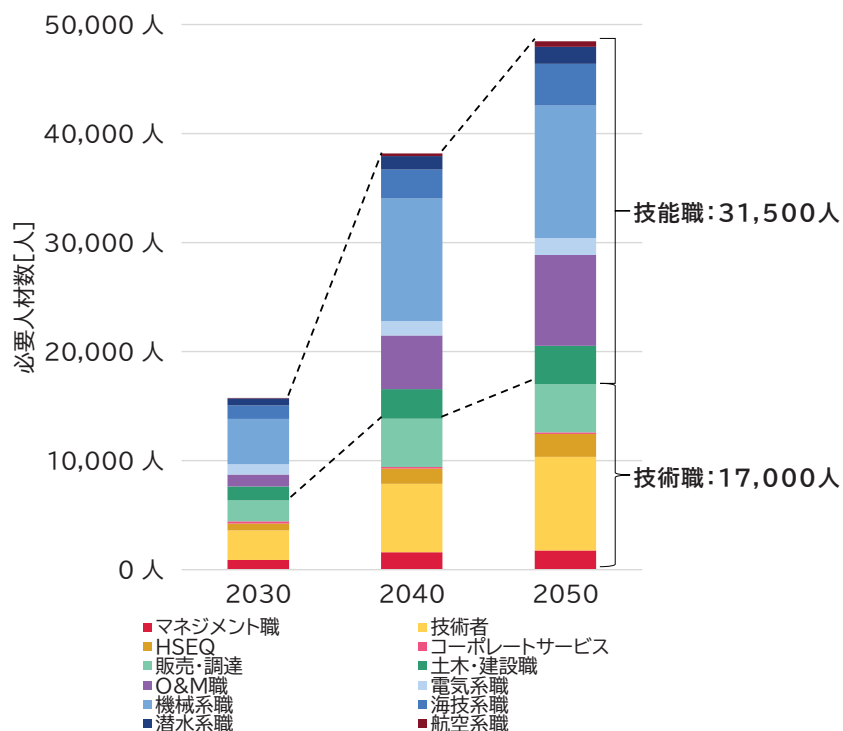
2.2 必要人材数の推計結果

業務分野別・職種別の必要人材数の推計結果(2/3)

職種(大分類)別推計結果

- どのようなスキルを有する人間が、将来時点でどの程度必要となるかを把握することを目的に、職種(大分類・小分類)別に必要人材数を区分し、推計結果を整理した。
 - 本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
- 洋上風力の導入拡大に伴い、技術職・技能職いずれも必要人材数が大きく増加する。特に製造や現地での組立・設置工事やO&M業務を担う技能職の増加幅が大きく、人材ニーズの高まりを考慮した担い手確保・育成策の検討が必要になる。

職種(大分類)別必要人材数の推計結果



※本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意

※今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等による新たな職種の増加等により、推計結果と実際の必要人材数との乖離が発生する可能性がある点に注意

※その他必要人材数推計結果の前提・留意点(p.7)を参照のこと

2.2 必要人材数の推計結果

業務分野別・職種別の必要人材数の推計結果(3/3)

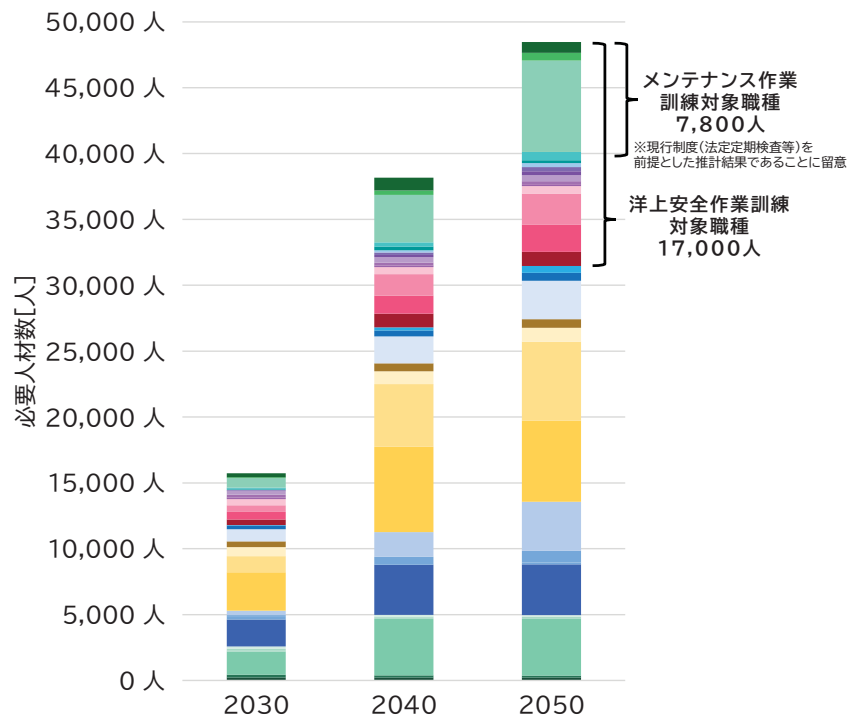
職種(小分類)別推計結果

- 職種(小分類)別の推計結果を踏まえると、洋上安全作業訓練、メンテナンス作業訓練を必要とされる人材数は、2050年時点で以下の水準に達すると推定される。

(2050年時点)

- 洋上安全作業訓練:約17,000人
- メンテナンス作業訓練:約7,800人

職種(小分類)別必要人材数の推計結果



- マネジメント職(プロジェクト統括)
- 生産・販売・輸送管理職
- ファイナンス組成担当者
- 技術者(設計・技術検討)
- 技術者(IT・通信)
- 風車製造人員
- 陸上土木作業員
- 船員
- ヘリコプター操縦士
- HSEQ技術者
- 洋上電気工事作業員
- 現地作業員(ドローン点検作業)
- 現地作業員(潜水作業)
- 電気主任技術者
- メンテナンス作業員(潜水作業)
- メンテナンス作業員(高所作業)
- マネジメント職(設計・技術開発)
- 調達管理職
- 保険担当者
- 技術者(解析)
- 技術者(O&M計画・技術検討)
- 基礎等製造人員
- 陸上電気工事作業員
- 船舶運航管理・保守管理職
- EPCI統括管理
- 洋上土木作業員
- 現地作業員
- 現地作業員(ROV作業)
- O&M統括管理
- マリンコーディネーター
- メンテナンス作業員(ROV作業)
- メンテナンス作業員(ドローン点検作業)

※本必要人材数は導入シナリオ実現に必要な国内外の必要人材数であり、事業活動の場所を国内に限定したものではない点に注意
 ※今後の洋上風力市場や産業の習熟化、制度変更、技術進展等による新たな職種の増加等により、推計結果と実際の必要人材数との乖離が発生する可能性がある点に注意
 ※その他必要人材数推計結果の前提・留意点(p.7)を参照のこと

2.2 必要人材数の推計結果

【参考】グラフ表示上の職種(小分類)の統合

- アンケート調査上の職種(小分類)のうち、類似する職種を以下の通り統合してグラフ中に整理した。

グラフ上の凡例	職種(小分類)
マネジメント職(プロジェクト統括)	マネジメント職(プロジェクト統括)
マネジメント職(設計・技術開発)	マネジメント職(設計・技術開発)
販売・調達職	調達管理職 生産・販売・輸送管理職
HSEQ技術者	HSEQ技術者
ファイナンス組成担当者	ファイナンス組成担当者
保険担当者	営業販売・調達職(保険)
	保険引受担当職
	保険金支払担当職
技術者(設計・技術検討)	リスクマネジメント・コントロール職
	技術者(設計・技術検討)
	技術者(解析)
技術者(IT・通信)	技術者(IT・通信)
風車製造人員	製造作業員
基礎等製造人員	製造作業員
	浮体基礎製造
	アンカー製造
	係留索製造

グラフ上の凡例	職種(小分類)
EPCI統括管理	EPCI統括管理
洋上土木作業員	洋上土木作業員
	係留索の仮設置
	洋上変電所の曳航 浮体基礎の曳航
陸上土木作業員	陸上土木作業員
洋上電気工事作業員	洋上電気工事作業員
陸上電気工事作業員	陸上電気工事作業員
現地作業員	現地作業員
現地作業員(ドローン点検作業)	現地作業員(ドローン点検作業)
現地作業員(ROV作業)	現地作業員(ROV作業)
現地作業員(潜水作業)	現地作業員(潜水作業)
O&M統括管理	O&M統括管理
技術者(O&M計画・技術検討)	技術者(O&M計画・技術検討)
電気主任技術者	電気主任技術者
マリンコーディネーター	マリンコーディネーター

グラフ上の凡例	職種(小分類)
メンテナンス作業員	メンテナンス作業員 係留索モニタリング
メンテナンス作業員(ドローン点検作業)	メンテナンス作業員(ドローン点検作業)
メンテナンス作業員(高所作業)	メンテナンス作業員(高所作業)
メンテナンス作業員(潜水作業)	メンテナンス作業員(潜水作業)
メンテナンス作業員(ROV作業)	メンテナンス作業員(ROV作業)
船員	大型船舶・船長
	大型船舶・航海士
	大型船舶・機関士
	大型船舶・その他船員
	小型船舶・船長
	小型船舶・船員
船舶運航管理・保守管理職	海技職(船長)
	海技職(航海士)
	船舶運行管理職
	船舶保守管理職
船舶運航管理員	船舶運航管理員
ヘリコプター操縦士	ヘリコプター操縦士

3.関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査
- 3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査
- 3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

調査対象とした関連分野

- 洋上風力人材育成策の参考にするため、関連分野の人材育成の取組み動向の文献調査を実施した。
- 政府により人材育成の必要性が示されている分野、及び洋上風力分野との連携が高まると想定される分野として、「IT/AI分野」、「ロボティクス分野」、「水素・電池分野」、「ドローン分野」の4分野を調査対象とした。

調査対象とした関連分野

対象分野	分野選定理由
IT/AI等情報技術分野	● 中央政府の計画において人材育成に取り組む必要性・方針が示されている。 ● 将来的に洋上風力との連携が高まると想定される。
ロボティクス分野	
水素分野	● 将来的に洋上風力との連携が高まると想定される。
ドローン分野	

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

IT/AI分野:事例一覧

- 2021年末に閣議決定された「デジタル社会の実現に向けた重点計画」では、デジタル人材の育成・確保が重要な柱として位置付けられ、経済産業省では「デジタル人材育成プラットフォーム(マナビDX)」を開設。
- 「第5期科学技術基本計画」が掲げる仮想空間と現実空間の融合する未来社会(Society5.0)に向け、文部科学省・高専が主導する「COMPASS5.0」や、業界団体が主導する「デジタルリテラシー協議会」がある。
- 実務者育成では、NECアカデミー for AI等、民間企業主導による人材育成の取組みも行われている。

IT/AI情報技術分野における人材育成メニュー

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
デジタルリテラシー協議会	情報処理推進機構、(一社)日本ディープラーニング協会、(一社)データサイエンティスト協会	賛同企業として人材育成の機会取得	社会人	<ul style="list-style-type: none"> IT・ソフトウェア、数理・データサイエンス、AIの各分野で検定試験を創設、全ての社会人がDX人材となるための道筋を提供。 各社団法人は、各分野を「知る」ための検定試験や無料エントリー講座等を開設。
マナビDX(デラックス)	経済産業省、情報処理推進機構	各講座・学習メニューを掲載	初心者から実践的スキルまで	<ul style="list-style-type: none"> データサイエンス、AI、クラウド、IoTなど多様なデジタルスキルの習得 200件以上の講座掲載
COMPASS5.0(AI・数理データサイエンス分野)	国立高等専門学校機構 旭川高専、富山高専	講師派遣	高専生	<ul style="list-style-type: none"> 国立高等専門学校機構が実施する「Society 5.0型未来技術人材」育成事業」の1つ。 データサイエンスを駆使した農業課題解決の実証 企業実務者による情報セキュリティやAIの講義等を通じたプロフェッショナル人材の育成
なごやロボット・IoTセンター人材育成講座 - AI・IoT導入編 -	なごやロボット・IoTセンター(国立大学法人名古屋工業大学 産学官金連携機構)	講師派遣	社会人	<ul style="list-style-type: none"> 「ロボット・IoT導入及びサイバーセキュリティ対策」をテーマとする専門人材育成講座を開催 AI・IoTの基礎、各種センサ・ネットワーク等を学び、演習では個人及びグループによるプロトタイプングとその発表等を実施。
NECアカデミー for AI	NEC	-	社会人、大学生	<ul style="list-style-type: none"> 研修と実践を通じプロAI人材を育成 メンター指導、人材交流の場を提供

出所) 経済産業省ニュースリリース、(<https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220329002/20220329002.html>) <閲覧日:2023/2/28>

マナビDXサイト (<https://manabi-dx.ipa.go.jp/what/>) <閲覧日:2023/2/28>

一般社団法人日本ディープラーニング協会サイト (<https://www.idla.org/certificate/everyone/>) <閲覧日:2023/2/28>

富山高専サイト(<https://k-dash.nc-toyama.ac.jp/>) <閲覧日:2023/2/28> なごやロボット・IoTセンターサイト(<https://nri.web.nitech.ac.jp/report/ai-iot/>) <閲覧日:2023/2/28>

NECサイト(<https://ipn.nec.com/nec-academy/outline/>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

ロボティクス分野:事例一覧

- 2019年7月に政府が取りまとめた「ロボットによる社会変革推進計画」では、将来のロボット人材の育成に向けて、産学が連携した人材育成枠組の構築が施策の1つとして掲げられた。
- 政府の計画に基づく協議会の設立以外にも、地域の企業がロボット活用の技術を習得する講座の開設、地元の学生への普及啓発講座、産業用ロボット操作のインストラクター向けの講座等の取組みが行われている。

ロボティクス分野における人材育成メニュー

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
未来ロボティクスエンジニア育成協議会	経済産業省、情報処理推進機構	講師派遣、技術動向・シーズを提供	高専、工業高校	<ul style="list-style-type: none"> 企業から学校へ講師派遣・講義 高等専門学校教員向け研修の実施
人材育成講座(ロボット導入編)	なごやロボット・IoTセンター(国立大学法人名古屋工業大学 産学官金連携機構)	講師派遣	社会人	<ul style="list-style-type: none"> 「ロボット・IoT導入及びサイバーセキュリティ対策」をテーマとする専門人材育成講座 ロボット活用の基礎知識、ロボットシステムインテグレーションとして必要な技術についての知識を提供
福島ロボットテストフィールド	公益財団法人 福島イノベーション・コースト構想推進機構	-	県内小中学生、高校生、専門学校生、大学生	<ul style="list-style-type: none"> 小中学生を対象としたロボット・プログラミング体験会、出前講座 高校生、専門学校生、大学生を対象としたロボット研究開発者講演会
産業用ロボット特別教育インストラクターコース	中央労働災害防止協会	-	社会人(ロボット作業に従事する講師)	<ul style="list-style-type: none"> ロボット作業従事者向けの講師を対象とした、機器の操作の業務に関する特別教育 教科内容は、産業用ロボットに関する知識、ロボットの教示や検査等の作業に関する知識や実技、産業用ロボットの操作の方法(実技) 他

出所) ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会サイト (<https://www.imfrri.or.jp/info/rri/1323.html>) <閲覧日:2023/2/28>

なごやロボット・IoTセンターサイト(<https://nri.web.nitech.ac.jp/report/robot/>) <閲覧日:2023/2/28>

中央労働災害防止協会サイト(https://www.jisha.or.jp/tshec/course/k8500_robot.html) <閲覧日:2023/2/28>

福島ロボットテストフィールドサイト (https://www.fipo.or.jp/robot/initiatives/hr_development) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

水素・電池分野:事例一覧

- 現時点では、IT・ロボットのような政府による具体的な人材育成の計画はないが、九州大学や山梨大学において水素分野の研究開発と同時に人材育成を進める取り組み事例がある。
- 蓄電池については近畿経産局、関西圏の民間企業が主導し人材育成を行う取り組みがある。

水素分野における人材育成メニュー

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
関西蓄電池人材育成等コンソーシアム	近畿経済産業局、電池工業会、電池サプライチェーン協議会	カリキュラム策定への協力 必要人材の明確化	高校生・高専生	・工業高校や高等専での教育カリキュラムの導入 ・産総研などの支援機関における教育プログラムを導入予定
福岡水素エネルギー人材育成センター	福岡水素エネルギー戦略会議、九州大学	経営者・技術者の講義、専攻の設置	社会人	・技術動向・製品事例の学習、先端研究
水素エネルギーシステム専攻	九州大学	-	大学院生	・水素の製造・貯蔵・利用を含むエネルギー技術全体を体系的に学習。 ・博士課程では国際学会発表等を経験させ、国際的に活躍できる人材を育成
水素・燃料電池産業技術人材養成講座	山梨県、山梨大学	講師派遣、施設見学	山梨県内企業職員、大学生・高専生	・山梨大学教授や民間技術者の講義による、水素・燃料電池製品製造に関する知識習得

出所) 経済産業省水素燃料電池協議会ワーキンググループ, “水素燃料電池分野の人材育成の重要性について”, p.4 (2014年3月)
 福岡水素エネルギー戦略会議サイト (<https://f-suiso.jp/site1/jinzai>) <閲覧日:2023/2/28>
 九州大学工学部サイト (https://www.eng.kyushu-u.ac.jp/g_hydrogen.html) <閲覧日:2023/2/28>
 山梨県サイト (<https://www.pref.yamanashi.jp/seichosangvo/2018fc-kouza.html>) <閲覧日:2023/2/28>
 近畿経済産業局サイト (<https://www.kansai.meti.go.jp/3jisedai/battery/consortium.html>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

ドローン分野:事例一覧

- 「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」の制度設計の方向性に基づき、無人航空機の操縦者に講習会の受講を促し、操縦技能の底上げを図るため、要件を満たす民間講習団体及びその管理団体を国交省HPに掲載する制度を平成29年4月に導入。令和4年11月掲載分で、全国に1,474団体ある。
- また、厚生労働省の「中小企業等能力開発助成金制度」の助成対象の1つとして、ドローンを活用した研修等が行われている事例もある。
- 地域主体で商業、建設業、農林業等でドローンの活用を進めるべく、人材を育成する取り組みも行われている。

ドローン分野における人材育成メニュー

事業者・メニュー名	提供主体	産業界の役割	対象層	内容
JMAF財団助成金対象ドローン研修	JMAF財団、一般社団法人全国無人航空機飛行技能適正評価監視機構	講習の主催	社会人	・建設、農業等の各分野に応じたドローンの飛行訓練、操縦技術等の実習や体験セミナー
「ドローン活用人材育成事業」	公益財団法人新産業創造研究機構	講師派遣、スクール運営	兵庫県内企業、事業所担当者	・操縦技術の習得に向けた座学講習、実フィールドでの実習 ・操縦士ライセンス取得可能
E.R.T.S(E-drone Real Technique School)	株式会社NTT e-Drone Technology	スクール運営	農業従事者、NTTグループ社員	・国産ドローンを開発製造するNTTイー・ドローンが「現場で必要とされる技術を確実に伝える」をミッションに掲げ、運営するドローンスクール ・農業コース、産業コースから構成され、各分野の従事者が対象
ドローンとAIを活用したDX推進データサイエンティスト人材養成プログラム	山梨大学	講師派遣	山梨県内で就業する社会人	・農業従事者の減少を踏まえ、スマート農林業を実現するための基盤技術を有する人材の輩出 ・ドローン操縦に関する技術とAI技術を活用した解析技術を実践も交えて学ぶプログラムを提供。

出所) 国土交通省航空局サイト, (https://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10_hh_000106.html) <閲覧日:2023/2/28>
 (<https://www.mlit.go.jp/common/001220070.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>

公益財団法人新産業創造研究機構サイト (<https://www.niro.or.jp/information/20220715/34388/>) <閲覧日:2023/2/28>

株式会社NTT e-Drone Technologyサイト (<https://www.nttedt.co.jp/school/>) <閲覧日:2023/2/28>

山梨大学地域人材育成センターサイト (<https://hr.yamanashi.ac.jp/future/jinzai/dx-recurrent/>) <閲覧日:2023/2/28>

JMAF財団サイト (<https://www.jmaf.or.jp/org/javoqa/>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

関連分野の人材育成に関する事例一覧

- 関連4分野の事例を、①人材育成の包括的ビジョン形成、②即戦力人材の育成、③将来人材の育成の3つに大きく分類し、人材育成施策の全体像を整理した。
- 多くの分野において、中央政府の上位計画を踏まえた人材育成の方針検討がなされており、産官学が連携した検討方針と、それに基づく人材育成の取り組みがなされている。

関連分野の人材育成に関する取組み(まとめ)

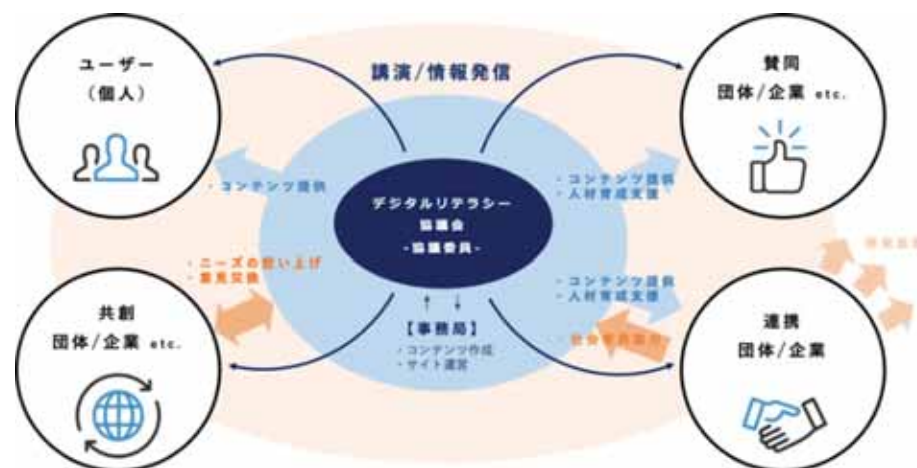
施策カテゴリ	関連分野	概要	ページ
①人材育成の包括的ビジョン形成	IT/AI	デジタルリテラシー協議会:全ての企業でDX人材を育成するための仕組みの検討、資格の創設、会員企業との連携	p.60
	ロボティクス	未来ロボティクスエンジニア育成協議会:人材育成現場の現状把握、深みと幅のある教育の取り組みに向けた検討	p.61
	水素・電池	関西蓄電池人材育成等コンソーシアム:蓄電池産業戦略における目標達成に向けた人材育成方針の検討	p.62
②即戦力人材の育成	IT/AI	Di-Lite:デジタルリテラシーを持つ人材がカバーすべき分野を定め、検定試験創設によりスキルの標準化を図る	p.63
	IT/AI	マナビDX:IT/AIを学びたい人向けの講座を掲載する共通サイト	p.64
	IT/AI	NECアカデミー for AI:NECによるAIを学べるプログラム	p.65
	IT/AI、ロボティクス	なごやロボット・IoTセンター:東海エリアの企業に対するIT/AIの導入支援研修	p.66
	水素・電池	福岡水素エネルギー人材育成センター:水素分野への参入を促す研修プログラム	p.67
	水素・電池	水素燃料電池産業技術人材養成講座:水素・燃料電池関連製品の製造に必要な知識を習得する研修プログラム	p.68
	ロボティクス	産業用ロボット特別教育インストラクターコース:産業用ロボット従事者、インストラクター向けの研修プログラム	p.69
	ロボティクス	JMAF財団助成金対象ドローン研修:農業者、建設者向け技術研修	p.70
	ドローン	E.R.T.S(E-drone Real Technique School):ドローン製造メーカーによるスキルアップ支援プログラム	p.71
	ドローン	ドローン活用人材育成事業:兵庫県内の社会人向けドローンスクールの受講支援	p.72
ドローン	ドローンとAIを活用したDX推進データサイエンティスト人材養成プログラム:山梨県内社会人向けのドローン・AI技術習得プログラム	p.73	
③将来人材の育成	ロボティクス	福島ロボットテストフィールド:小中学生向け出前講座によるロボットの紹介	p.74
	IT/AI、ロボティクス	COMPASS 5.0:旭川高専、富山高専を拠点とする専門技術者の養成	p.75
	水素・電池	九州大学/水素エネルギーシステム専攻:水素エネルギーに特化した大学院修士・博士課程プログラム	p.76

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ①人材育成の包括的ビジョン形成

人材育成方針の明確化【IT/AI】:デジタルリテラシー協議会

- 現代におけるビジネスパーソンのデジタルリテラシーの整備と社会標準実装を目指し、官民連携の会議体として2021年4月にデジタルリテラシー協議会を発足。
- (独法)情報処理推進機構(IPA)、(一社)日本ディープラーニング協会(JDLA)、(一社)日本データサイエンティスト協会(DSS)で構成され、経済産業省をオブザーバーとして、産業界と連携しながら情報発信や普及啓発活動に取り組む。

デジタルリテラシー協議会と関連ステークホルダーの関係図



3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ①人材育成の包括的ビジョン形成

人材育成方針の明確化【ロボティクス】:未来ロボティクスエンジニア育成協議会

- 「ロボットによる社会変革推進計画」に基づき、産業用ロボットメーカー6社、FA・ロボットシステムインテグレータ協会、(独)国立高等専門学校機構等が連携し、ロボットに関わる人材育成を行う「未来ロボティクスエンジニア育成協議会」を設立。
- 教育機関と企業が連携した学と産の協働教育により、最新のロボティクスを学べる体制構築を進めている。

未来ロボティクスエンジニア育成協議会の取り組み内容

現状把握の取り組み		
教員と企業エンジニアとの定期的な情報交換 <ul style="list-style-type: none"> ● 企業の工場見学/意見交換 ● 教育現場の授業見学等 		
深みと幅のある教育の取り組み(シミュレーションと実体験による教育充実)		
理論→シミュレーション→実体験 <ul style="list-style-type: none"> ● 出前授業 ● 研修/インターンシップ ● ロボットスクール/シミュレータ教育受講 ● 工場見学 		
継続的な取り組み		
<教育内容・方法> <ul style="list-style-type: none"> ● カリキュラム ● 教材開発 等 	<教育実践> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会実装教育 等 	<研究・交流> <ul style="list-style-type: none"> ● クロスアポイント(人材交流) ● 共同での研究開発 等

最新のロボティクスの学びを得た学生を社会へ

出所)経済産業省、産学が連携した「未来ロボティクスエンジニア育成協議会」設立に向けた覚書が締結されます
(<https://www.meti.go.jp/press/2019/12/20191216002/20191216002.html>) <閲覧日:2023/2/28>

ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会、紹介リーフレット (https://www.jmfrri.gr.jp/content/files/RRI/RRI_Pamphlet.jp.pdf#page=9) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

61

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ①人材育成の包括的ビジョン形成

人材育成方針の明確化【水素・電池】:関西蓄電池人材育成等コンソーシアム

- 蓄電池産業戦略(最終とりまとめ)において、2030年までに蓄電池・材料の国内製造基盤として150GWhの製造能力を確立するべく、電池製造で合計約2.2万人、材料などサプライチェーン全体で合計約3万人、蓄電池に係る人材を確保する目標の実現に貢献するため、関西蓄電池人材育成等コンソーシアムを設立。
- 行政、研究機関、民間企業が連携し、政策支援、カリキュラム策定、人材ニーズの明確化を進め、令和6年度を目処に、工業高校や高専等での教育カリキュラムの導入、産総研など支援機関における教育プログラムを本格的に開始するべく、講じるべき取組等の検討を行う。

産官学の連携イメージと会合の様子



コンソーシアムに参画する機関

■ 産業界	■ 教育機関	■ 自治体・支援機関
Panasonic ENERGY prime planet energy & solutions GSYUASA OSAKA SODA 電池工業会 BATTERY ASSOCIATION OF JAPAN BASC LIBTEC 関西経済連合会	福井大学 京都大学 大阪大学 大阪公立大学 近畿大学 兵庫県立大学 大阪公立大学工業高等専門学校 神戸高専 KOSEN	府県(福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県) 政令市(京都市、大阪市、堺市、神戸市) 産総研 NEDO nite 文部科学省 経済産業省
事務局: 近畿経済産業局、BAJ、BASC		

出所)近畿経済産業局サイト、近畿経済産業局ニュースリリース、関西蓄電池人材育成等コンソーシアムを設立します、2022/8/31、(<https://www.kansai.meti.go.jp/3jisedai/battery/consortium.html>) <閲覧日:2023/2/28>

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

スキル・トレーニングの標準化【IT/AI】:Di-Lite

- 「デジタルを使う人材」であるために、全てのビジネスパーソンが、共通して身につけるべきデジタルリテラシー範囲を示す枠組みとして、デジタルリテラシー協議会がDi-Liteを整理。
- Di-LiteではAI・ディープラーニング、数理・データサイエンス、IT・ソフトウェア、の3領域を定義し、各領域で学ぶべき内容、検定試験の整理を通じて求められるスキルを見える化し、全ての企業でデジタルを使いこなせる人材を育成する機会の創出を目指している。
- 検定試験は、業務に必要なスキル習得のため各企業で受講が奨励され、採用活動に活用される事例もある。

Di-Liteの3領域で指定された検定試験

領域名	検定試験名	主な内容	活用事例
AI・ディープラーニング	G検定	ディープラーニングを活用したプロジェクトに関わるすべての人(ジェネラリスト)向けの検定。プロジェクトの検討・企画・推進のために必要な、実践要素を含むリテラシー習得に関する試験。	<ul style="list-style-type: none"> ● 受験料補助・奨励金制度を適用して、社員の受験を推奨 ● 役員や管理職リーダー層も受講、技術知識をビジネスに活用
数理・データサイエンス	データサイエンティスト検定	アシスタント・データサイエンティストと数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアムが開発しているモデルカリキュラムを総合した、実務能力と知識を有することを証明する試験	<ul style="list-style-type: none"> ● データの見える化やデータを元にした業務施策の立案・実施ができる基盤の構築
IT・ソフトウェア	ITパスポート試験	ITを利活用する全ての社会人・これから社会人となる学生が備えておくべき、ITに関する基礎的な知識が証明できる国家試験	<ul style="list-style-type: none"> ● 新卒採用活動(エントリーシート)に活用 ● ITスキル取得のため社内で受験を奨励

デジタルリテラシー・スキルフレームワーク



出所) デジタルリテラシー協議会サイト (<https://www.dilite.jp/#sect07>) <閲覧日:2023/2/28>

一般社団法人日本ディープラーニング協会サイト, (https://www.idla.org/certificate/general/#general_No04) <閲覧日:2023/2/28>

DataScientist Society JOURNAL, (<https://www.datascientist.or.jp/dssjournal/2022/12/12/report20221114/>) <閲覧日:2023/2/28>

ITパスポート試験サイト, (<https://www3.jitec.ipa.go.jp/JitesCbt/html/about/example.html>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

63

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【IT/AI】:マナビDX

- マナビDXは、デジタルスキルに関する講座を紹介するポータルサイト。初心者向けの学習コンテンツ、基礎的な知識・スキルを身につけた人向けのより実践的な講座を含め、幅広く情報を掲載。
- デジタルスキルを基礎から学びたい個人、研修に活用したい企業等、幅広い育成ニーズに対応したサイトとなっている。

マナビDX掲載コンテンツの概要

対象者	掲載されている講座例
DXの基礎を学びたい人	<ul style="list-style-type: none"> ● いま学びたい、お役立ちコンテンツ(DX・デジタル技術・ビジネス変革、等) ● デジタルトランスフォーメーションの基礎 ● 個人で実践 安心・安全なインターネット利用のためにできること
DXの理解を深めたい人	<ul style="list-style-type: none"> ● はじめてのAI ● 初心者のためのデータ分析法入門 ● Microsoft Azure Virtual Training Day ● データサイエンティスト入門
キャリアアップに役立つスキルを身につけたい人	<ul style="list-style-type: none"> ● JDLA「E資格」向け認定プログラム ● DMM WEBCAMP 転職コース 専門技術講座オンライン ● サイバーセキュリティ技術者育成コース ● 業務可視化ワークショップ
企業の研修に活用したい人	<ul style="list-style-type: none"> ● データサイエンティスト育成コース パートタイムプログラム ● ディープラーニングハンズオンセミナー(PyTorchコース) E資格受験プラン ● ジーズアカデミーTOKYO LABコース

マナビDXの画面



出所) マナビDXサイト (<https://manabi-dx.ipa.go.jp/what/>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

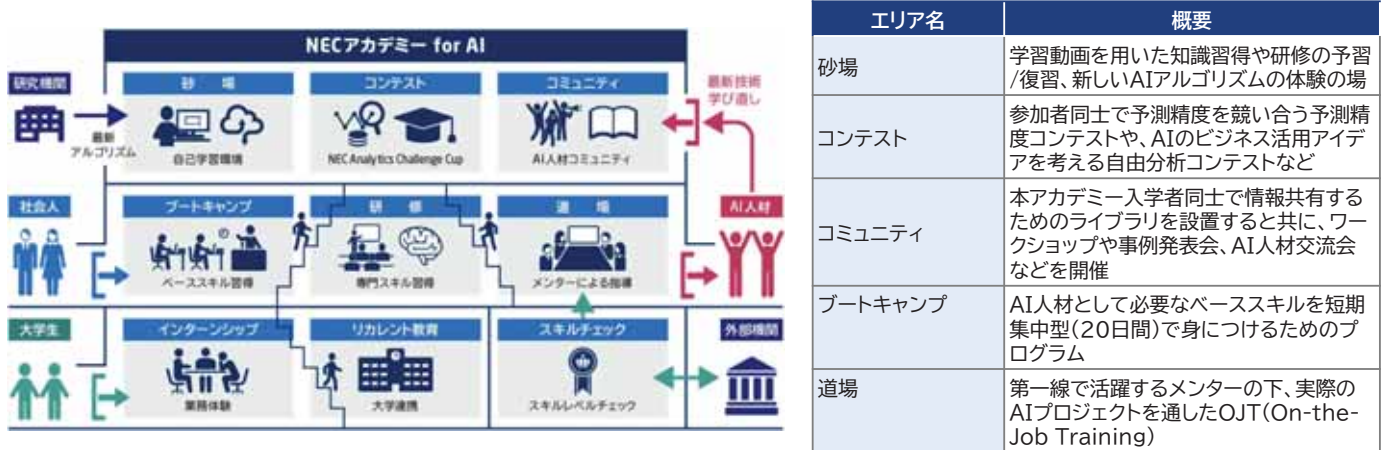
64

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【IT/AI】:NECアカデミー for AI

- NECアカデミー for AIは、NECが取り組んできた豊富なAI人材育成実績を基に、社会課題を解決できるAI人材を輩出するためにNECが開校した教育プログラム。
- 社会人や大学生を対象として、実践教育や研修、OJT等の教育プログラムが用意され、外部機関によるスキルチェック等を経てAI人材が育成される仕組みとなっている。

NECアカデミー for AIの概念図と用語の説明



出所)NECサイト (<https://ipn.nec.com/nec-academy/outline/>) <閲覧日:2023/2/28>より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【ロボティクス・IT/AI】:なごやロボット・IoTセンター

- 企業におけるロボット・AI・IoTの導入支援対策を進めるため、名古屋工業大学と名古屋市が連携を推進。
- 名古屋市立大学と共同で高度専門人材を育成する「専門人材育成講座」と、経営上の観点から判断できる人材を育成する「経営人材育成講座」を開講。名古屋市内に拠点がある企業勤務者が対象となっている。
- IoTを導入している企業への見学や、企業担当者による講演会も、講座内で併せて開催している。

専門人材育成講座、経営人材育成講座のカリキュラム

講座名	テーマ	主な内容
専門人材育成講座	AI・IoT導入編	<ul style="list-style-type: none"> センサの特性とネットワーク構成&ペーパープロトタイピング Arduinoとセンサを接続 ESP32マイコンでWi-Fi通信 プロトタイピング
	サイバーセキュリティ対策編	<ul style="list-style-type: none"> 制御システムとセキュリティ、ハッキング対策 工場へのサイバー攻撃と防御策 セキュリティとリスクマネジメント サイバーインシデント演習
	ロボット導入編	<ul style="list-style-type: none"> ロボット導入の基本的な考え方(導入環境の整備等) 営業技術・仕様書作成 DX時代におけるプロジェクトマネジメント ロボットシステムにおける設計技術 協働ロボット利用技術、リスクアセスメント演習
経営人材育成講座	基礎編	<ul style="list-style-type: none"> 個人情報保護法の改正と個人情報取扱事業者等の義務 情報セキュリティ・サイバーセキュリティ AI/IoT概論 機械学習基礎
	応用編	<ul style="list-style-type: none"> ロボット基礎及び活用事例紹介 人間工学分野での活用事例紹介

講座の様子



出所)なごやロボット・IoTセンターサイト (<https://nri.web.nitech.ac.jp/seminar/>) <閲覧日:2023/2/28>
(<https://nri.web.nitech.ac.jp/seminar/ncu/>), (<https://nri.web.nitech.ac.jp/seminar/nit/>) <閲覧日:2023/2/28>
(https://nri.web.nitech.ac.jp/wp-content/uploads/2022/05/2022_senmonjinzai_nagoyainstitute.pdf) <閲覧日:2023/2/28>
(<https://nri.web.nitech.ac.jp/report/cyber-security/>) <閲覧日:2023/2/28>より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【水素・電池】:福岡水素エネルギー人材育成センター

- 福岡水素エネルギー人材育成センターでは、県内企業を対象に「水素分野のアプリケーションについて幅広く学び、自社技術を活かした参入のイメージを描くこと」を目的としたセミナーを開催。
- 受講者のレベルに応じて入門コースと専門コースに分かれ、研究機関、民間企業の担当者が講師となり複数のカリキュラムを用意。

水素入門コース(左)と専門コース(右)のカリキュラム

カリキュラム名	内容	カリキュラム名	内容
水素社会実現に向けた国内外の動き	・水素エネルギー社会実現に向けた国内外の現状 ・我が国の水素戦略(特に、「水素・燃料電池技術開発戦略」について)	金属材料の基礎	水素関連製品開発にあたり習得すべき金属材料の基礎的知識
家庭用燃料電池について	・家庭用燃料電池の仕組みや種類など基本的知識 ・技術課題や本格普及に向けた展開	燃料電池の基礎	PEFC、SOFCの原理と課題(システム、計測、材料)
船舶への燃料電池の展開	・燃料電池船舶に関する国内外の動向及びヤンマーグループにおける取組み ・船舶への燃料電池の展開で求められる事	トライボロジーの基礎	・トライボロジーの基礎的知識 ・トライボロジーにおける水素の影響、メカニズム
水素ガスタービンの開発	・水素ガスタービンの開発について ・水素発電の実現に向けた海外プロジェクトの展開について	業務・産業用燃料電池の開発	・製品開発の実例と今後の技術動向 ・基礎研究から応用研究、製品化に至るまでのプロセス
商用車における燃料電池車開発への展望	・カーボンニュートラルへの取組み ・燃料電池トラックの開発と技術課題	高圧水素用圧縮機とその周辺技術について	・高圧水素用圧縮機と周辺機器について ・圧縮機開発に向けたこれまでの取組と今後の展開について
宇宙探査における液体水素利用	・国際宇宙探査シナリオの紹介 ・月面での水素利用について	水素ステーション用蓄圧器の開発	・製品開発の実例と今後の技術動向 ・基礎研究から応用研究、製品化に至るまでのプロセス
水素配送システムの実証事業について	・室蘭水素サプライチェーン事業について ・将来目指すビジョンについて	高圧水素用バルブ機器の開発	・製品開発の実例と今後の技術動向 ・基礎研究から応用研究、製品化に至るまでのプロセス
水素ステーションの構成と規制	・水素供給インフラ種類や構成要素、規制について	製品評価	・製品開発の実例と今後の技術動向 ・HyTRec試験施設の視察/容器破裂
水素ステーション事業への参入	・水素ステーション久留米の建設と運営について		

出所)福岡水素エネルギー人材育成センターサイト (<https://f-suiso.jp/site1/jinzai>) <閲覧日:2023/2/28>
(<https://f-suiso.jp/site1/wp-content/uploads/2020/10/c868d9f31e7728f40f3faa6d02df1469.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
(<https://f-suiso.jp/site1/wp-content/uploads/2019/10/c64f71406fd93609387b2802f847bbef.pdf>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成
Copyright © Mitsubishi Research Institute 67

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【水素・電池】:水素燃料電池産業技術人材養成講座

- 山梨県は、水素・燃料電池関連製品の製造に必要な知識を習得する機会を県内産業界の社会人技術者等に提供するため、平成28年度より「人材養成講座」を山梨大学に開設している。
- 6年間で120名を超える技術者らが受講・修了している。山梨大学の教授、大手民間企業で水素・燃料電池産業の第一線で活躍した技術者等が講師を務めている。
- 講座期間は40週80コマ(計120時間)で、受講料は原則無料となっている。

水素燃料電池産業技術人材養成講座のカリキュラム

カリキュラム	内容
基礎学問	水素・燃料電池概論、電気化学基礎・熱力学基礎、流体力学、熱エネルギー変換、品質工学
燃料電池の基礎	燃料電池の基本、触媒、電極・セル、電解質、電極・セル(解析・評価手法)
セル	セル構造、セル組立実習、セル評価実習・データ検討
スタック	スタック設計・製造技術
定置用燃料電池システム	家庭用・業務用燃料電池、電力変換、電源用燃料電池
自動車用燃料電池システム	自動車用システムフォークリフト用
様々なアプリケーション	ドローン用等、DMFC、電源用燃料電池
水素	水素安全・インフラ、水素ステーション、水素容器、水電解
普及促進	基準・標準
システム組立実習	システム設計・組立・運転
施設見学会	燃料電池関連施設見学(1)、燃料電池関連施設見学(2)
成果報告会	システム組立実習報告会

受講の様子



出所)山梨県サイト (<https://www.pref.yamanashi.jp/seichosangyo/2018fc-kouza.html>) <閲覧日:2023/2/28>
令和4年度水素・燃料電池産業技術人材養成講座 募集要項 (<https://www.pref.yamanashi.jp/seichosangyo/documents/youkou.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
水素・燃料電池 産業技術人材養成講座 ホームページ (<https://sway.office.com/xUsAOCNdYWMXNJEk?ref=Link>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ロボティクス】:産業用ロボット特別教育インストラクターコース

- 中央労働災害防止協会が主催し、産業用ロボットとの接触等による労災事故を防ぐ観点から、東京と大阪の2拠点をインストラクター講座を開設している。
 - 中央労働災害防止協会は、事業主の自主的な労働災害防止活動の促進を通じて安全衛生の向上を図り、労働者の安全と健康を確保するための活動を行う公益法人。
- 事業者は、「教示等」及び「検査等」に係る特別教育を行うことが法令で義務づけられており(労働安全衛生法第59条第3項)、ロボット作業従事者のほとんどが特別教育の対象となる。

産業用ロボット特別教育インストラクターコースの概要

実施項目	内容	対象者	実施回数(2022)	所要日数
産業用ロボット特別教育インストラクターコース	<ul style="list-style-type: none"> ● 関係法令 ● 産業用ロボットに関する知識 ● 産業用ロボットの教示等の作業に関する知識 ● 産業用ロボットの検査等の作業に関する知識 ● 産業用ロボットの操作の方法(実技) ● 産業用ロボットの教示等の作業の方法(実技) ● 産業用ロボットの検査等の作業の方法(実技) ● 教育方法(指導案の作成、役割演技)他 	<ul style="list-style-type: none"> ● 産業用ロボットの教示等及び検査等に係る特別教育の講師 ● 産業用ロボットに係る関係者 	東京:10回 大阪:9回	4日間 講義3日、実技1日

出所) 中央労働災害防止協会サイト(<https://www.iisha.or.jp/about/organization.html>) <閲覧日:2023/2/28>
中央労働災害防止協会サイト(https://www.iisha.or.jp/tshec/course/k8500_robot.html) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ドローン】:JMAF財団助成金対象ドローン研修

- 厚生労働省では、労働者の職業能力開発を効果的に促進するため、雇用者に対する専門的な知識及び技能の習得をさせるための職業訓練などの経費の一部等を助成する「中小企業等能力開発助成金制度」を用意している。
- 一般社団法人全国無人航空機飛行技能適正評価監視機構は、助成金を管理するJMAF財団の審査を経て、社会人を対象としたドローン活用に関するセミナー・研修を複数主催している。

ドローン研修の概要・研修の様子

研修名	対象者	受講できる内容
建設業界におけるドローン活用セミナー&飛行訓練実習研修	建設業に従事する社会人、経営幹部・代表者	(1)座学 マルチコプターの概論、注意事項(航空法/電波法/気象など) (2)操縦実習 ・機体準備、基本操作方法、飛行作業前の確認 ・操縦練習(初級フライト)、空撮技能等 ・飛行作業後の確認
ドローン操縦士育成研修	企業に従事する社会人、経営幹部・代表者	第1部【座学編】 ◇基本知識編 ドローン運航に関する基本知識を学ぶ ・第1講 基本知識① 概論 ・第2講 基本知識② 航空法・電波法・気象等 第2部【実技指導編】 ◇操作方法編 ドローン飛行操縦技能を学ぶ ・1日目 実技演習編① 機体準備・操縦実技訓練 ・2日目 実技演習編② 機体準備・操縦実技訓練
ドローン基本操作技能体験セミナー	ドローンに興味ある初心者	①座学(ドローン法規)1時間 ②体験操作 4時間



出所) JMAF財団サイト(<https://www.jmaf.or.jp/org/iavo/>), (<https://www.jmaf.or.jp/org/iavo/td10008/>), (<https://www.jmaf.or.jp/org/iavo/td10087/>), (<https://www.jmaf.or.jp/org/iavo/td10092/>), (<https://www.jmaf.or.jp/org/iavo/td9953/>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ドローン】:E.R.T.S

- 国産ドローンのメーカーであるNTTイーアドローンが「現場で必要とされる技術(=Real Technique)を確実に伝える」をミッションに掲げ、ドローンスクールE.R.T.S(E-drone Real Technique School)を運営。
- 産業コースと農業コースに分けられており、産業コースでは、災害対策や点検で実際にドローンを飛行させる場合を想定した講習を実施。農業コースでは、農業用ドローンの操縦方法や、農薬の空中散布を行う上で必要な知識・技術の講習を行っている。

ドローン活用人材育成事業の概要

コース名	項目	内容
産業コース	講習内容	座学:ドローンの基礎知識、法律・ルール、申請、気象、飛行原理、基本機能、操作方法、安全飛行 実技:飛行前点検、バッテリー制御システム、起動、離着陸、基本操縦 自動航行:自動航行システムMission Planner基本設定・ミッション作成・安全運用 認定試験:座学及び実技試験
	講習期間・受講者数	2日間(自動航行受講の場合、3日間) 3~4名/クラス
農業コース	講習内容	座学:産業コースの内容+農業散布に関する法規、基礎知識 実技:産業コースの内容+AC101の操縦方法 認定試験:座学及び実技試験
	講習期間・受講者数	初心者様向けコース 5日間、経験者様向けコース 3日間 3~4名/クラス

スクールの様子



出所)公益財団法人新産業創造機構サイト (<https://www.niro.or.jp/information/20220715/34388/>) <閲覧日:2023/2/28>
公益財団法人新産業創造機構, ドローン活用人材育成事業受講企業向けチラシ (https://www.niro.or.jp/uploads/2022/07/reiwa4_dronescool_flyer.pdf)
より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ドローン】:ドローン活用人材育成事業

- ドローン活用人材育成事業は、兵庫県の「地域活性化雇用創造プロジェクト」の一環として、県内企業の中で今まで活用が進んでいない業種へのドローン導入を更に促進し、企業の生産活動の拡大や雇用創出を図る事業。
- 受講者は、県内7か所いずれかのドローンスクールの講習を無料で受講することができ、国土交通省が定める技術認証に含む飛行形態の項目を習得することが可能。

ドローン活用人材育成事業の概要

項目	内容
対象者	兵庫県内の次世代産業分野(「航空・宇宙」、「ロボット・AI・IoT」、「環境・エネルギー」、「健康・医療」)にかかる18業種の従業員 (製造業(1.家具・装備品製造業、2.化学工業、3.プラスチック製品製造業、4.ゴム製品製造業、5.窯業・土石製品製造業、6.鉄鋼業、7.非鉄金属製造業、8.金属製品製造業、9.はん用機械器具製造業、10.生産用機械器具製造業、11.業務用機械器具製造業、12.電子部品・デバイス・電子回路製造業、13.電気機械器具製造業、14.情報通信機械器具製造業、15.輸送用機械器具製造業)、情報通信業(16.情報サービス業、17.インターネット付随サービス業)、学術研究、専門・技術サービス業(18.技術サービス業)
受講者数	40社程度(原則1社1名)
研修方法	座学・実習及び実技試験・筆記試験(ライセンス取得は含まない)
受講費用	無料
受講できる技能	1.人又は家屋の密集している地域の上空 2.人又は物件と30mの距離が確保できない飛行 3.進入表面等の上空の空域 4.地表又は水面から150m以上の高さの空域 5.夜間飛行 6.目視外飛行 7.催し場所上空の飛行

受講企業向けチラシ



出所)公益財団法人新産業創造機構サイト (<https://www.niro.or.jp/information/20220715/34388/>) <閲覧日:2023/2/28>
公益財団法人新産業創造機構, ドローン活用人材育成事業受講企業向けチラシ (https://www.niro.or.jp/uploads/2022/07/reiwa4_dronescool_flyer.pdf)
より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ②即戦力人材の育成

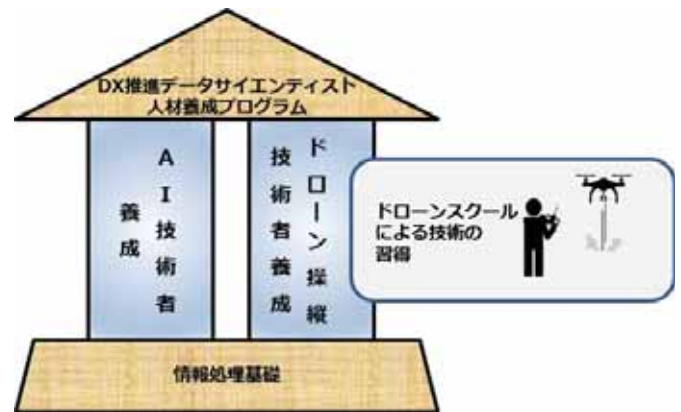
専門トレーニングプログラム(技能職)【ドローン】:DX推進データサイエンティスト人材養成プログラム

- 山梨大学は、ドローン操縦技術と、AIによる画像解析技術の両方のスキルを持ち合わせた人材を育成するため、ドローン操縦技術と人工知能技術を同時に学ぶプログラムを提供し、各分野で資格取得を目指す。
- 「山梨農業基本計画」を踏まえたスマート農林業、製造現場の工場のスマート化、製造業における品質管理の効率化、地震や災害の事前予測や迅速な被害状況の把握など、画像や動画のデータから特徴を抽出し、分析することが必要な分野に幅広く応用可能である技術の習得を支援する。

ドローン活用人材育成事業の概要

項目	内容
対象者	就業中の社会人
受講者数	正規受講生(県内就業者)20名程度+部分受講生
受講費用	無料(交通費等は自己負担)
受講できる科目	<p><AI分野></p> <ul style="list-style-type: none"> データサイエンスリテラシー 人工知能をめぐる動向、問題 Pythonプログラミング入門 データ解析・機械学習 ディープラーニング(基礎・応用・実装) 数値、統計 ディープラーニングで活用されるハードウェアについて 社会実装に向けたグループ討議 <p><ドローン分野></p> <ul style="list-style-type: none"> ドローンと利活用 ドローン操縦のための講義・実習 ドローンリモートセンシング実践入門 ドローン画像分析実践

人材育成プログラムのイメージ



出所)山梨大学地域人材養成センターサイト (<https://hr.yamanashi.ac.jp/future/iinzai/dx-recurrent/>) <閲覧日:2023/2/28>

公益財団法人新産業創造機構、ドローン活用人材育成事業受講企業向けチラシ (https://www.niro.or.jp/uploads/2022/07/reiwa4_droneschool_flver.pdf) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ③将来人材の育成

小中学生向け【ロボティクス】:福島ロボットテストフィールド

- 福島ロボットテストフィールドでは、ロボット関連産業の発展を担う次世代の人材育成及びロボットの社会受容性の向上のため、ロボットに触れる機会や場の提供等を行っている。
- 福島県内の学生を対象として、ロボットテストフィールドに関する説明や、ロボット操縦・プログラミングの体験学習等を行っている。

人材育成メニューと開催の様子

実施項目	内容	対象者	実施回数
ロボット・プログラミング体験会	プログラミング教育用ロボットを使用したプログラミング学習	福島県内の小中学生	20回/年(1回100分)
出前講座	講師が学校へ出向き、福島イノベーション・コースト構想や福島ロボットテストフィールドの概要を説明。車両型教育用ロボットの操縦体験等をオプションで実施することも可能。	希望する小中学校	3回/年(1回60~90分)
ロボット研究開発者講演会	ロボットの研究開発者を講師として、ロボットの最先端技術に関する講演、意見交換等を行う。	福島県内の高校生、専門学校生、大学生	2回/年(1回120分)

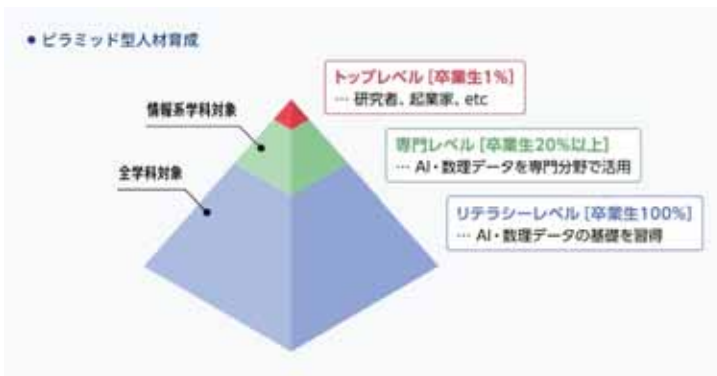


出所)福島ロボットテストフィールドサイト (https://www.fipo.or.jp/robot/initiatives/hr_development) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け【IT/AI】:COMPASS5.0

- COMPASS5.0は、AI・数理データサイエンス、サイバーセキュリティ、ロボット、IoTの5分野を、これからの技術の高度化に関する羅針盤(COMPASS)と位置付け、高専教育に組み込むことで、新たな時代の人材育成機関としての高度化を図る取り組み。
- 『AI × DS で加速する高専生』、『AIとデータでスペシャリストへ加速する高専生』を全国高専で育成すべき人材像として、ピラミッド型人材育成を展開している。
- 旭川高専、富山高専が拠点となり、ICTの実装力を身につけ、ビッグデータをAIで分析活用できる人材の輩出を進め、農業分野やデータセキュリティ分野の課題を解決する実証に取り組んでいる。



COMPASS5.0のカリキュラム(旭川高専)

カリキュラム名	内容
<ul style="list-style-type: none"> ● 情報基礎 ● 数理・データサイエンス 	数理・データサイエンス・AI分野の基礎、サイバーセキュリティ
<ul style="list-style-type: none"> ● 創造演習 	AI活用、データ収集・分析の実演習、画像処理、機械学習、社会実装能力を培うための地域課題解決等
<ul style="list-style-type: none"> ● サマースクール/ウインタースクール 	AI技術分野の企業の技術者や全国高専の教員を特別講師として、講義や演習を実施。

出所)富山高専サイト (<https://k-dash.nc-toyama.ac.jp/>) <閲覧日:2023/2/28>

旭川高専サイト (<https://www.asahikawa-nct.ac.jp/compass/COMPASS.html>) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け【水素・電池】:九州大学/水素エネルギーシステム専攻

- 九州大学は、平成22年度に水素エネルギーに関わる科学・技術を一貫して学ぶことができる、世界初の水素エネルギーシステム専攻を設立。
- 修士課程、博士課程があり、水素エネルギー技術を柱とする環境共生型エネルギー技術の基礎学理を習得した技術者・研究者を育成することが目的。修了後は企業の高度専門技術者、研究者になる人材を輩出。

修士課程・後期博士課程のカリキュラム

課程	科目	内容
修士課程	高等専門科目	修士課程における各学問分野における基本科目
	先端科目	水素エネルギーシステムに関する高度な先端科学や学際的な科目
	能力開発特別科目	説明能力、研究企画能力、研究調査能力など、技術者・研究者に必須な個人能力向上のための科目
	異分野科目	専門分野以外の分野の考え方や視点を学んで視野を広げるために履修する自専攻以外の科目
	修士論文研究	水素エネルギーに関する要素技術の研究を通して、工学リテラシーなど座学では得られない経験と知識の修得を行う。
後期博士課程	水素エネルギー工学特論	主に、海外から招いた水素エネルギーシステムに関するエキスパートにより、世界的な観点からエネルギー・環境問題を俯瞰し、一要素技術を紹介するとともに、学生は問題解決に向けて講師とともに議論
	水素エネルギーシステム指導演習	水素エネルギーシステム工学の新しい分野を切り拓くイノベティブな研究を遂行する能力、様々な分野においてリーダーシップを発揮できる研究立案能力と説明能力を育成する教育・指導を行い、論文作成の環境を提供する。
	工学研究企画	工学府が博士学生に対する研究指導の一貫として統一的に進めている必修科目であり、異分野交流の重要性やスキルを教育
	博士論文研究	修士課程までの研究実績を考慮し、また自身の興味、問題設定等に沿って学生は最先端の研究テーマを選択

受講の様子



出所)九州大学工学部サイト (https://www.eng.kyushu-u.ac.jp/g_hydrogen.html) <閲覧日:2023/2/28>

(https://www.eng.kyushu-u.ac.jp/script/wordpress/wp-content/uploads/curriculum_policy_g_hydrogen.pdf) <閲覧日:2023/2/28> より三菱総研作成

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

洋上風力と関連分野の連携可能性

- 関連分野で行われている人材育成の取組みの中には、洋上風力において必要な技術を習得できるものもあり、各分野との連携も検討の余地がある。
- 具体的な連携の方向性として、①既存の各分野のプログラムの一部に洋上風力を加え、洋上風力の知識を兼ね備えた人材を増やす、②洋上風力に従事する技術者も関連分野の人材育成メニューを受講しスキルアップを図る等が考えられる。

関連分野動向より洋上風力の人材育成に活用可能な要素

関連分野	洋上風力分野との連携可能性	連携に該当する事例
IT/AI	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力分野におけるIT/AI技術を用いた業務に関する講座情報を掲載し、IT/AIスキルに加えて洋上風力の知識を兼ね備えた人材を育成する。 ● 習得したAI技術で課題を解決する実証先として、洋上風力を取り上げてもらう。 	<ul style="list-style-type: none"> ● マナビDX ● COMPASS5.0
ロボティクス	<ul style="list-style-type: none"> ● ロボティクスに関する社会実装教育の一環として、洋上風力においてロボットが活躍する場面を想定した知識習得ができる教育プログラムを作成する。 ● 小中学校向けの出前講座にて、洋上風力分野においてロボットが活用される場面等を普及啓発して洋上風力の理解を深めてもらう。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 未来ロボティクスエンジニア育成協議会 ● 福島ロボットテストフィールド
水素・電池	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力やその他再エネにおける水素の利活用について、人材育成の講座や大学院の専攻課程における習得項目に追加してもらう。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 福岡水素エネルギー人材育成センター ● 水素エネルギーシステム専攻 ● 関西蓄電池人材育成等コンソーシアム
ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ● ドローンを活用して洋上風力のメンテナンスに従事する社員を、研修の対象者に追加する。 ● 洋上風力のメンテナンスを、ドローンとAI画像解析を学ぶ技術者の育成プログラムのカリキュラムの一部に組み込み、洋上風力メンテナンスの知識を兼ね備えた人材を育成する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● JMAF財団助成金対象ドローン研修 ● ドローン活用人材育成事業 ● ドローンとAIを活用したDX推進データサイエンティスト人材養成プログラム

3. 関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査

洋上風力分野の人材育成に関する海外事例一覧

- 洋上風力分野の人材育成に関する海外の取組みについて調査し、今後日本で参考になり得る事例を抽出。
- ①人材育成の包括的ビジョン形成、②即戦力人材の育成、③将来人材の育成の3つに大きく分類し整理を行った。

洋上風力分野の人材育成に関する海外事例

実施カテゴリ	国	概要	ページ
①人材育成の包括的ビジョン形成	英国	洋上風力セクターディール:2030年に向けた労働力拡大を目指し取組を実施。その中の1つとして、現在の風力産業の労働力と、将来必要となる労働力のデータ化・分析を実施。	p.80-81
②即戦力人材の育成	英国	OPITO:英国の石油・ガス労働者のグリーン海洋産業への移行を支援するスキルパスポートを立ち上げる計画を発表。	p.82
	米国	Business Network for Offshore Wind:洋上風力事業に参入する際の支援プログラムやガイダンス、トレーニング受講方法等のコース。	p.83
	米国	Adult & Continuing Education, Martha's Vineyard:発電所地域コミュニティ向けの、O&M従事資格が得られるトレーニング。	p.84
	アイルランド	Green Tech Skillnet:失業者を対象に無料で5週間のトレーニングを実施。CV作成や面接対策も含まれている。	p.85
	米国	O*NET:職業情報ネットワークで、洋上風力の業務内容、必要なスキル・知識・教育等について整理・記載。	p.86
③将来人材の育成	ドイツ	OFFSHORE WIND INSCHOOL:中学校の生徒や教師に対する、洋上風力に関するワークショップ。教材開発や、プレゼンやコンペ等。	p.87
	グロバル	Offshore Wind 4Kids:子供向けに洋上風力のワークショップやコンペを開催。	p.88-89
	米国	Wind for school:地方の小中学校に小型風力タービンが設置され、その学校の教師が生徒への授業等で使用。	p.90
	米国	(再掲)Wind for school:大学生が、地方の小中学校に小型風力タービンを設置するプロジェクトコンサルタントを担当。	p.91
	米国	WINDEXchange:キャリアの歩み方が可視化されているキャリアマップを始めとする、洋上風力キャリアに関する情報を掲載。	p.92-93
	米国	【再掲】O*NET:職業情報ネットワークで、洋上風力の業務内容、必要なスキル・知識・教育等について整理・記載。	p.86
	ドイツ	planet-beruf.de:学生向けの職業紹介・進路選択支援サイトで、様々な適職診断や体験談、面接対策を見ることが可能。	p.94
	英国	RWE Renewables / Vestas:専門学校が企業と提携し、トレーニングプログラムを開発。企業の発電所での実践演習も含まれている。	p.95-96
	英国	IDCORE /大学での講義に加えて、パートナー企業内における産学連携型研究プロジェクトに携わるプログラムを提供。	p.97
	ドイツ	キール応用科学大学 / フレンスブルグ応用科学大学:再生可能海洋エネルギー工学の学士号プログラムや風力工学の修士号プログラムを提供。	p.98-99
英国	Tees Valley Education (TVE):RWE's Sofiaと提携し小学生向けの洋上風力教育リソースを共同開発、オンライン公開。	p.100	
欧州	WindEurope:風力エネルギーの授業を行うパイロットプロジェクトを実施し、教師用ツールキットを開発。様々な教材や取組のオンラインハブとなるHPを立ち上げ。	p.101-102	
米国	WINDEXchange K-12向け教材とカリキュラム:小・中・高校生向けに風力発電に関する教材やカリキュラムの掲載サイトを複数紹介。	p.103	

Copyright © Mitsubishi Research Institute

79

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ①人材育成の包括的ビジョン形成

人材育成方針の明確化/必要人材数の分析【英国】(1/2)

- 2019年3月、英国政府と洋上風力産業協議会は洋上風力セクター・ディールを立ち上げ、2030年に向けて必要となる高度なスキルを持つ労働者の拡大を目指し、洋上風力業界の人材確保に向けた取組を実施している。
- 2020年下半年から、セクターディールは取組の1つである業界全体の労働力のデータ化・分析を実施。NSAR開発のSkills Intelligence Model[※]を用いて、現在の労働力の分析と将来必要となる労働力の推計を行った。
 - まず、洋上風力業界へのアンケート調査により労働力データの収集を行い、データをアップロード。データを基に現在(2021年)の総労働力を把握・分析する。
 - 更に、RenewableUKのプロジェクトデータベースの情報と産業調査から得た知見を基に、投資レベルに基づいた将来必要となる労働力を推計した。
- 労働力データは、洋上風力業界500社中85社の回答が得られ、業界の44%にあたる11,365人の情報が集まった。開発者・オペレーター・OEM・サプライチェーン企業等、幅広い層からの回答が得られた。

Skills Intelligence Modelにアップロードする労働力データの情報

Organization Name	Employment Status	Apprentice?	Relevant Apprenticeship Standard	Qualification?	Full/Part Time	Work Type of Sector	Job Function/Category	Asset Type	Skills of British Origin	Acquired	Industry	Nationality	Salary Range (k GBP)	Wind Condition

職務内容、雇用形態、見習い期間、学歴、フルタイム/パートタイム、職種/セクター、家族、生年月日/年齢、性別、民族性、国籍、給与テーブル、勤務地、等

※: NSAR(The National Skill Academy Rail)は、英国の鉄道業界に対して、提供サービス向上を目的に労働力の管理・評価・分析を行い、事業判断を支援する公的組織。Skills Intelligence Modelは、NSARが開発した労働力の現状把握と将来予測ができるプラットフォーム

出所) Gov.UK (<https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal/offshore-wind-sector-deal>) <閲覧日:2023/2/28>

OWIC, Offshore Wind Skills Intelligence Report, 2022/5, V5. (<https://www.owic.org.uk/publications>) <閲覧日:2023/2/28>

NSAR, Skills Intelligence Model, Data collection, (<https://www.nsar.co.uk/services/workforce-planning-and-development/skills-intelligence-model/>) <閲覧日:2023/2/28>

に基づき、灰色ボックス部分等三菱総研一部加筆・編集

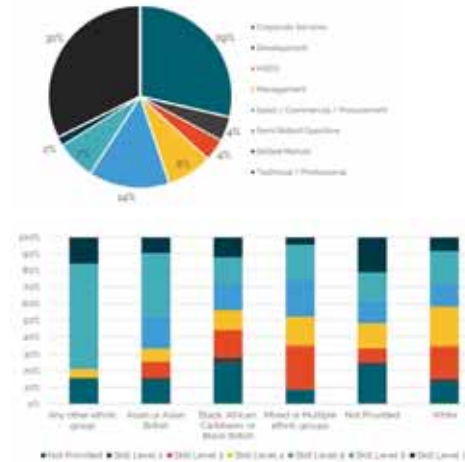
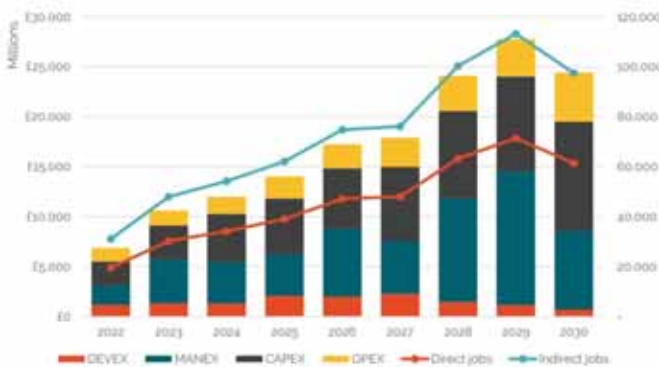
3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ①人材育成の包括的ビジョン形成

人材育成方針の明確化/必要人材数の分析【英国】(2/2)

- 英国の必要人材数分析の結果は、2022年5月にレポートで共有された。
 - 2021年時点の洋上風力業界の労働力は、31,082人。(直接雇用19,591人、間接雇用11,491人)
 - 2022年から2030年にかけての業界への年間平均投資額は、172億ポンド。
 - 2030年時点の労働力予測は、97,465人。(直接雇用61,361人、間接雇用36,104人)
- セクターディールは労働力を拡大する以外にも、女性やBAME※の割合を増加させる目標を掲げており、労働力の分析は性別や人種ごとのスキルレベルや職種等、詳細なレベルで実施されている。

Skills Intelligence Modelを用いた英国の洋上風力業界の必要人材数分析結果(一部抜粋)

将来の投資額と労働力(直接雇用、間接雇用)の人数推計



女性労働者の職種別割合

人種ごとのスキルレベル割合

※BAME:英国で使われている、Black(黒人)、Asian(アジア人)、Minority Ethnic(少数民族)の頭文字をとった略称
出所) Gov.UK (<https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal/offshore-wind-sector-deal>) <閲覧日:2023/2/28>
OWIC, Offshore Wind Skills Intelligence Report, 2022/5, V5, (<https://www.owic.org.uk/publications>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

81

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ②即戦力人材の育成

スキル・トレーニングの標準化:関連資格・スキル見える化【英国】

- 2022年10月、OPITOはエネルギースキルパスポートの開発のため、スコットランド政府のJust Transition Fundを通じて500万ポンドを調達。
- OPITOは2022年5月に発表した、北海移行協定のコミットに向けた人材・技術統合戦略(Integrated People and Skills Strategy)において、海洋エネルギー業界の産業間で整合された訓練・基準の枠組みを構築。これをスキルパスポートに落とし込むことを最終目標としていた。
- このスキルパスポートにより、業界のスキル標準化が行われ、石油・ガス、洋上風力、水素、炭素回収・貯蔵といった産業間の人材移動がスムーズに行われるようになる。
- スキルパスポートには、個々の労働者の現在の資格と、別のエネルギー部門に移行するために必要な資格が表示される予定。

OPITO CEOのJohn McDonald氏によるこの取組に関する発言

英国の海洋エネルギー関連の雇用は、2030年までに211,000人以上に増加すると予想されており、石油・ガス、洋上風力、炭素回収・貯蔵、水素の分野で必要となるスキルを育成し、多様で機敏かつ適応力のある労働力を準備・強化することが極めて重要である。

英国の海洋エネルギーの労働力の3分の1はスコットランドに集中している。これはスコットランドがエネルギー転換のリーダーとなるための課題であり、同時にチャンスでもある。

海洋エネルギー産業のある部門から別の部門への移行を行うために、必要な訓練を受ける労働者を支援することは、必要不可欠である。



OPITO CEO
John McDonald氏

出所)OPITO, news, OPITO awarded £5 million through Just Transition Fund to deliver Energy Skills Passport, 2022/10/12, (<https://opito.com/media/news/opito-awarded-5-million-through-just-transition-fund-to-deliver-energy-skills-passport>) <閲覧日:2023/2/28>
OPITO, news, New strategy to create agile workforce for offshore energy industry, 2022/5/25, (<https://opito.com/media/news/new-strategy-to-create-agile-workforce-for-offshore-energy-industry>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

82

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【米国】

- 米国の洋上風力ビジネスネットワーク(Business Network Offshore Wind)は、企業の洋上風力産業への参入を支援する取組を行っている。
- 洋上風力ビジネスネットワークは、米国の洋上風力再生可能エネルギー産業とそのサプライチェーンを発展させることを使命とする非営利の教育機関である。
- 急速に成長している洋上風力産業において、サプライチェーンに多様で多数の企業や組織の参加が必要とされており、取組には、エンジニアリング会社から経済開発組織まで様々な産業セクターが参加対象者とされている。
- 企業の参入進捗度に合わせて、下記3段階のプログラム(情報提供・アドバイス等)が実施されている。

Business Network Offshore Windが提供するプログラム

Offshore Wind 101	Offshore Wind READY	FOUNDATION 2 BLADE
洋上風力産業の概要について学ぶプログラム	洋上風力産業への参入機会について学ぶプログラム	洋上風力業界での地位を確保するプログラム
参加対象 ● 洋上風力業界に興味があり、詳細を学びたい企業 内容 ● 洋上風力業界の仕事の基本的な内容を理解し、サプライチェーンで必要とされる様々なビジネスについて学ぶ。また、参加企業の参入機会を特定する。 形式 ● ビデオ(30分)	参加対象 ● 米国の洋上風力産業における特定のビジネスチャンスについて学ぶ準備ができた企業 内容 ● 業界と現在のプレーヤー、プロジェクト開発の概要、参入にあたって取り得る方法や追加のトレーニングと認定の要件等を学ぶ。 形式 ● ビデオと専門家への質問(半日)	参加対象 ● 洋上風力のビジネス機会を利用する準備ができ、サプライチェーンに参加したい企業 内容 ● 計画から許可、製造、建設設置、運用保守等の全般的な業務内容について学び、参入に当たってどこが最適か判断する。 形式 ● ビデオと専門家のアドバイス(4日間)

出所) Business Network Offshore Wind, EDUCATION & TRAINING (<https://www.offshorewindus.org/oswtraining/>) <閲覧日:2023/2/28> 図は、左記出所を基に、三菱総研が作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

83

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【米国】

- 米国マサチューセッツ州のプロジェクト「Vineyard Wind I」は、年間40人の雇用を創出すると予想されている。
- そこで、近隣のMartha's Vineyardにおいて、住民向けに2020年から洋上風力技術者育成プログラムが提供されている。
- このプログラムは、Martha's Vineyardの島民向け教育機関であるMVCET (Martha's Vineyard Center for Education and Training)と、マサチューセッツ州の公立コミュニティカレッジであるブリストルコミュニティカレッジの合併事業で、マサチューセッツ州クリーンエネルギーセンターによる資金提供を受けている。
- 最大2年間のプログラムで、ブリストルコミュニティカレッジの教員によってオンラインやMartha's Vineyard現地で開催されている。
 - 内容は、電気機械、流体システム、材料科学等の応用技術、風力発電システムの組立、設置、操作、メンテナンスの実践トレーニング等。
 - 授業は、日中雇用されている人や学生に対応するために、夕方に実施される。
- 卒業生は、陸上又は洋上風力産業でタービンや基礎の設置、O&M技術者としての従事が可能となる。

プログラムの様子



出所)MVCET, Offshore Wind Technician Program, (<https://mvcet.org/courses-and-programs/workforce-ed/wind/>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

84

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【アイルランド】

- Green Tech Skillnet※1は、Skillnet Ireland※2と提携し、失業者向けの無料トレーニングプログラムと就職斡旋プログラムを提供。
- アイルランドにおける2030年までの再生可能エネルギー目標の達成に向けて、既に風力発電分野の人材不足が発生しており、その改善を目的としたプログラムである。
- プログラムにはGWOを始め、面接対策や履歴書のレビュー等が含まれており、最終的に参加者はワークプレイスメント(有償型職業体験)に参加する。

タービン技術者トレーニングプログラム

スケジュール	内容
第1週	• GWO 安全基礎訓練(BST)
第2週	• GWO 基礎技術訓練(BTT)
第3週	• GWO 上級救助、ハブ、スピナー及びブレード内救助(ART-H) • 風力タービン安全ルール(WTSR)
第4週	• CV及び面接スキル • 職場におけるレジリエンスと効果的なコミュニケーション • 風力業界の技術者及び専門家によるワークショップ
第5週以降	• 就職斡旋

風力関連従事者トレーニングプログラム

スケジュール	内容
第1週	• 陸上・洋上風力の業界紹介 • 風力発電所のライフサイクル • 地域参画、対話、再生可能エネルギーに関する広報活動概要 • 電力系統政策及びエネルギー貯蔵概要
第2週	• アイルランドの電力市場政策概要 • アイルランドの陸上及び洋上における計画システム概要 • 生物多様性と環境マネジメント概要
第3週	• 風力発電分野におけるアセットマネジメント:基礎コース • CV開発及び企業面接
第4週	• 職場レジリエンス • コミュニケーション&対人効果 • 風力業界専門家によるワークショップ
第5週以降	• 就職斡旋

注釈)

※1: Green Tech Skillnetは、アイルランドの再生可能エネルギー産業の労働力と開発ニーズを促進する企業主導のネットワークで、Skillnet Irelandとネットワーク企業によって共同出資されている。過去10年にわたり、Wind Energy Ireland (WEI)の委託を受け、風力発電産業にトレーニングやネットワーク活動を提供してきた。

※2: Skillnet Irelandはアイルランド政府のビジネス支援機関であり、企業主導の労働力開発を通じてアイルランド企業の競争力、生産性、イノベーションを促進する責任を負っている。

出所) Green Tech Skillnet, Skills CONNECT, (<https://gtsskillsconnect.ie/>) <閲覧日:2023/2/28> プログラムの表は、左記出所を基に、三菱総研が作成


3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ②即戦力人材の育成

仕事・キャリア・教育に関する情報発信【米国】

- 米国労働省が運営する職業情報ネットワークO*NETは、数百個の職業情報が掲載されており、風力産業従事者に関する情報についても充実している。業務内容を始め、必要なスキル・知識・教育等について掲載されている。
- 各職業の詳細情報からは、その職業に必要なトレーニング、認証プログラム、資格等の情報を閲覧することが可能。
- また、米国労働統計局では、風力発電技術者を含む「職業見通しハンドブック」を発信している。(詳細はp.93参照)

職業情報ネットワークO*NETの概要(風力関連情報検索結果)

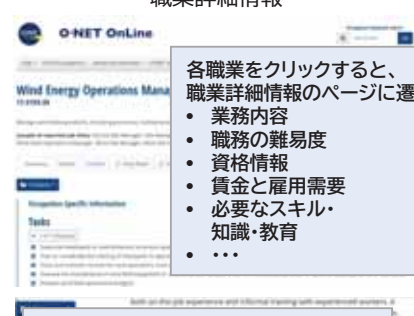
O*NETでの"wind"検索結果



風力産業に関する職業が掲載

- Wind Energy Operations Managers(運転管理者)
- Wind Energy Development Managers(開発管理者)
- Wind Energy Engineers(発電所設計等の技術者)
- Wind Turbine Service Technicians(システム制御等の技術者)

職業詳細情報



各職業をクリックすると、職業詳細情報のページに遷移

- 業務内容
- 職務の難易度
- 資格情報
- 賃金と雇用需要
- 必要なスキル・知識・教育
- ...

各州や地域ごとのトレーニング情報や、関連する国家資格について検索が可能(Training & Credentials)

トレーニング施設や認証プログラム情報



Training & Credentialsで、州を選択してGoを押すと、その州におけるトレーニングがリスト表示される。

出所) 米国労働省, O*NET Online, (<https://www.onetonline.org/>) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

小中学生向け:風力発電に触れる機会の創出【ドイツ】

- ドイツのホーレン地域環境センターは、「Offshore Wind In School」プロジェクトの一環として、中学校向けに洋上風力のワークショップやコンテストを実施。
- 「Offshore Wind In School」は、ドイツ洋上風力エネルギー財団が主催しており、特に洋上風力の将来人材となり得る若者を対象としたプロジェクト。海上のはるか遠くに存在するために、これまでドイツでは十分に知られてこなかった洋上風力について情報提供することを目的としている。
- ここでは生徒や教師に洋上風力の幅広い領域の知識を提供し、再生可能エネルギー、気候保護、持続可能性についての認識を深めてもらうことを目的に開催している。
- 洋上風力における計画・建設・運営、系統連系、環境影響、職業分野等の領域を中心に紹介。

コンテストの様子



© Humboldtschule Bremerhaven

生徒が作成した模型に対しテストを行っている様子

半日のワークショップ



© Humboldtschule Bremerhaven

ラーニングステーションで発電の原理を解説する様子

出所)Stiftung der Deutschen Wirtschaft zur Nutzung und Erforschung der Windenergie auf See, PROJECTS, (<https://www.offshore-stiftung.de/en/offshore-wind-inschool-develop-%E2%80%93-understand-%E2%80%93-share>) <閲覧日:2023/2/28>
 Stiftung der Deutschen Wirtschaft zur Nutzung und Erforschung der Windenergie auf See, Offshore-Wind INSCHOOL: Erarbeiten – Verstehen – Weitergeben, (https://www.offshore-stiftung.de/sites/offshorelink.de/files/documents/160510_Factsheet_Inschool_C.0.pdf) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

87

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

小中学生向け:風力発電に触れる機会の創出【グローバル】(1/2)

- Offshore Wind 4kidsでは、小中学生向けに、洋上風力の面白さを伝え、キャリアの選択肢の1つになることを目的とした、洋上風力ワークショップを世界中で開催している。
- Offshore Wind 4kidsとは、欧州の洋上風力の地質工学コンサルタントが、子供たちに洋上風力の面白さを伝え、洋上風力エンジニアのキャリアを目指すことを応援したいという思いから立ち上げた非営利団体である。
- ワークショップ開催実績は欧州に集中しているが、日本でも青森と長崎で開催実績あり。
- Offshore Wind 4kids主催のワークショップ以外に、キットを送ってもらい個人や大学等でワークショップを開催することも可能。

ワークショップの種類

- OffshoreWind4Kidsが主催するワークショップ
 - ✓ 公開ワークショップ
 - 一般から家族を募集し、開催
 - ✓ プライベートワークショップ
 - 企業や組織で開催
 - ✓ 学校ワークショップ
 - 学校で開催
- 個人が主催するワークショップ
 - ✓ ワークショップに必要な資料一式を送ってもらい、自分で開催
- 大学が主催するワークショップ
 - ✓ 大学でのSTEM活動、学生が主催するワークショップ等に活用可能

開催実績(ワークショップが開催されたことのある国)

- 欧州が主であるが、米国や日本、オーストラリアでも一部開催されている。



出所) Offshore Wind 4kids, Demo days, (<https://www.offshorewind4kids.com/demo-days>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

88

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

小中学生向け:風力発電に触れる機会の創出【グローバル】(2/2)

- ワークショップは、学校の教室やビーチで開催されており、洋上風力に関する簡単な説明を受けた後、タービンや着床式・浮体式基礎の模型製作、撤去作業を見学・体験する。
- また、支援者向けのグッズ(バッジやTシャツ等)や子供向けの洋上風力の絵本を販売しており、キャッチーなデザインで作られており、洋上風力に対する親近感の醸成やイメージ向上に寄与している。

ワークショップの様子



子供向けの絵本や支援者向けのグッズ



出所) Offshore Wind 4kids, Demo days, (<https://www.offshorewind4kids.com/demo-days>) <閲覧日:2023/2/28>
Offshore Wind 4kids, Demo days, Support, (<https://www.offshorewind4kids.com/support>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

89

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

小中学生向け:風力発電に触れる機会の創出【米国】

- DOEは、学生向けに風力の教育プログラムを提供するプロジェクト、「Wind for schools」を立ち上げ。
- 小中学校に小型風力タービンが設置され、教師がタービンをエネルギー関連のカリキュラム教材として使用。
 - 現在、12州のホストスクールに145機以上の風力タービンが設置されている。
- タービンは「生きた実験室」としての役割を担い、数学、物理等の原理を学び、背景を理解する機会を提供する。
 - タービンのデータはインターネット上で共有され、自分の学校と他の学校のタービンデータを比較できる。
 - タービンを持たない学校の生徒でもデータを閲覧し、学ぶことが可能。

小中学校に設置された風力タービン



インターネット上で共有されているタービンデータ

School	Location	Phase	Wind Class	Energy (kWh)	Total Energy (kWh)	Turbine Status	System Status	Last Reported
Albuquerque High School	Albuquerque, NM	1	1	0	0	Operational	Operational	10/10/2022
Albuquerque High School	Albuquerque, NM	1	1	0	0	Operational	Operational	10/10/2022
Albuquerque High School	Albuquerque, NM	1	1	0	0	Operational	Operational	10/10/2022
Albuquerque High School	Albuquerque, NM	1	1	0	0	Operational	Operational	10/10/2022
Albuquerque High School	Albuquerque, NM	1	1	0	0	Operational	Operational	10/10/2022

- 設置されている学校名、場所、出力(W)、風速(m/s)、発電量(kWh)、等のデータがアップロードされている。
- データのダウンロードや、複数のタービンのデータを比較して見る事が可能。

出所) WINDEXchange(<https://windexchange.energy.gov/windforschools>) <閲覧日:2023/2/28>
Wind for schools project curriculum brief(https://windexchange.energy.gov/files/pdfs/schools/wind_for_schools_curriculum_brief.pdf) <閲覧日:2023/2/28>
Wind for schools participation roles and responsibilities(<https://windexchange.energy.gov/windforschools/participants>) <閲覧日:2023/2/28>
Open EI, Wind for Schools Turbine Data, (https://openei.org/wiki/Wind_for_Schools_Portal/Turbine_Data) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集

Copyright © Mitsubishi Research Institute

90

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:風力発電に触れる機会の創出【米国】

- 「Wind for schools」において大学生は、小中学校に小型風力タービンを設置するプロジェクトコンサルタントとして活躍する。
- タービン実装カリキュラムは、大学に設置されるWind Application Centers(WAC)で実施される。WACは、タービン実装カリキュラム以外にも風力のカリキュラムを提供しており、風力関連のキャリアを目指す技術者やシステムアナリストの輩出を目的としている。
- 大学はNRELからカリキュラムや資金の提供を受け、学内の関心ある教員のもとWACを設置している。
 - サウスダコタ州立大学では、機械工学科の講師がWACの監督を担っている。
- このプロジェクトの影響で、風力コースの受講や風力関連プロジェクトの実施を選択する生徒は増加しており、それに伴い風力発電の仕事に就くことを選択する学生が増加したというデータも存在している。

風力タービンを設置する様子



サウスダコタ州立大学のWACの様子



出所)
 WINDEXchange(<https://windexchange.energy.gov/windforschools>) <閲覧日:2023/2/28>
 Wind for schools project curriculum brief(https://windexchange.energy.gov/files/pdfs/schools/wind_for_schools_curriculum_brief.pdf) <閲覧日:2023/2/28>
 Wind for schools participation roles and responsibilities(<https://windexchange.energy.gov/windforschools/participants>) <閲覧日:2023/2/28>
 South Dakota state university(<https://www.sdstate.edu/mechanical-engineering/wind-application-center>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

91

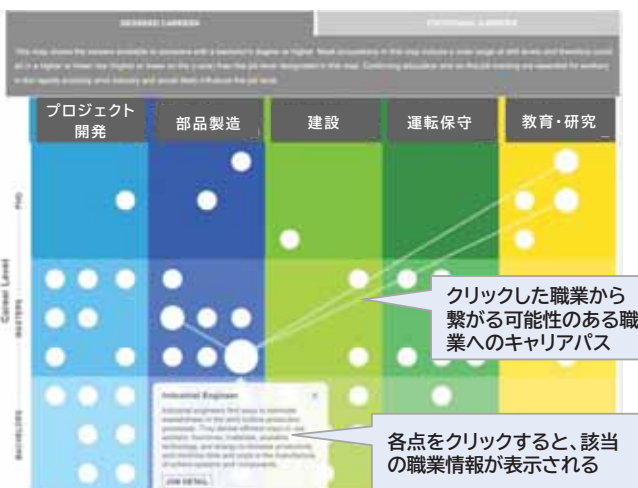
3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:仕事・キャリア・教育に関する情報発信【米国】(1/2)

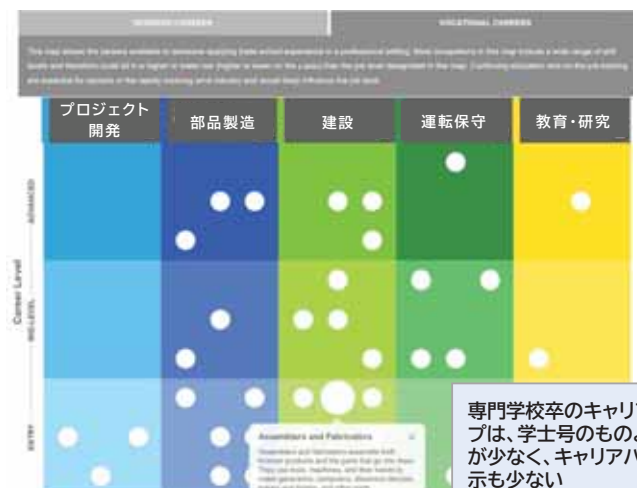
- WINDEXchangeとは、米国エネルギー省の風力エネルギー技術局によってサポートされている風力情報プラットフォームである。ここでは、風力産業への職業・進路選択をサポートするツールが提供されている。
- そのうちの1つのキャリアマップでは、風力産業に関連する様々な職業(開発/製造/建設/運転保守/教育・研究)について、レベルに応じた役割がプロットされており、風力産業従事者のキャリアパスが可視化されている。
- 学士号以上の学歴を持つ人が対象のものと、専門学校卒の学歴を持つ人が対象のもの2種類がある。

風力産業従事者のキャリアマップ

学士号以上の学歴を持つ人を対象としたキャリアマップ



専門学校卒の学歴を持つ人を対象としたキャリアマップ



出所)
 WINDEXchange(<https://windexchange.energy.gov/training>) <閲覧日:2023/2/28>
 Wind Career Map(<https://www.energy.gov/eere/wind/wind-career-map>) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集

Copyright © Mitsubishi Research Institute

92

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:仕事・キャリア・教育に関する情報発信【米国】(2/2)

- WINDEXchange内では他にも、風力発電の教育カリキュラムを提供している教育機関の一覧と地図や、職業見通しハンドブックの風力発電技術者編へのリンク等、キャリアに関する様々な情報を見ることができる。
- また、米国労働統計局では、風力発電技術者を含む「職業見通しハンドブック」を発信している。

風力発電の教育カリキュラムを提供している教育機関の一覧

風力発電関連の教育カリキュラムを提供している教育機関の一覧と地図を提供。



職業見通しハンドブック(風力発電技術者編)

米国労働統計局の職業見通しハンドブックにおいて、風力発電技術者の専用ページを提供。



出所)WINDEXchange(<https://windexchange.energy.gov/training>) <閲覧日:2023/2/28>

Wind Energy Education and Training Programs(<https://windexchange.energy.gov/training-programs>) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集

OCCUPATIONAL OUTLOOK HANDBOOK(<https://www.bls.gov/ooh/installation-maintenance-and-repair/wind-turbine-technicians.htm>) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集

Copyright © Mitsubishi Research Institute

93

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:仕事・キャリア・教育に関する情報発信【ドイツ】

- ドイツの連邦雇用庁は学生向けに、職業・トレーニング・就職情報サイトを提供。風力関連の内容としては、VRを活用したトレーニングや、再生可能エネルギー技術者の職業が紹介されている。
- 学生の知りたい内容に寄り添った形で情報が並んでおり、UIは一般的なニュースサイトのような見方で、学生がアクセス・閲覧しやすいデザインとなっている。

ドイツの学生向け職業・トレーニング・就職情報サイト planet-beruf.de

トップページ※1



- ・ 検索窓では、職業やトピックの検索が可能。
- ・ メールと電話のアイコンをクリックすると、連邦雇用庁にメッセージを送ることができる。

- サイトは大きく分けて4つの項目で構成されている。
- ・ 何がしたいですか?何ができますか?
 - ✓ 職業に関する情報とセルフテストの情報を掲載。自分の好きなことや得意とするものを見つけることができる。
 - ・ どのようなトレーニングコースがありますか?
 - ✓ トレーニングコースとインターンシップに関する情報を掲載。
 - ・ どのように申し込みますか?
 - ✓ 応募方法についての情報を掲載。
 - ・ 卒業後はどうするか?
 - ✓ 卒業後の職業見習いや、ボランティア活動、海外留学、進学についての情報を掲載。

最新の投稿が並んでおり、興味がある内容に気軽にアクセスしやすい。

風力タービン故障検知を行うVRトレーニングの紹介※2



再生可能エネルギー技術者の職業紹介※3



出所)※1:ドイツ連邦雇用庁, planet-beruf.de, schuelerinnen, (<https://planet-beruf.de/schuelerinnen>) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集 ※2:ドイツ連邦雇用庁, planet-beruf, Virtuell Fehler finden bei Windrädern, (<https://planet-beruf.de/schuelerinnen/news/detail/virtuell-fehler-finden-bei-windraedern>) <閲覧日:2023/2/28> ※3:ドイツ連邦雇用庁, planet-beruf, Vielfältiges Wissen für den Bau von Solaranlagen, (<https://planet-beruf.de/schuelerinnen/welche-ausbildungen-gibt-es/welche-berufe-gibt-es/job-insides-und-reportagen/job-inside-technische-r-assistent-in-regenerative-energietechnik-energiemanagement>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

94

高校生・大学生向け:洋上風力専門高等教育プログラム(専門学校)【英国】(1/2)

- 英国では、RWEやVestasといった洋上風力関連企業とCollege(専門学校)が提携し、洋上風力専門高等教育プログラムを学生向けに提供している。
- RWEのOffshore Wind Turbine Technician Apprenticeshipは、最初の2年間は北ウェールズのLlandrillo Collegeでフルタイムで勉強し、3年目は洋上風力発電所に配備され、実践的な経験を積むプログラムで、実習生からのRWEへの採用も行っている。
- プログラム完了時には、職業資格の初級～中級レベルの資格獲得が可能。
 - 風力発電機の運転と保守に関するNVQレベル3 ※NVQレベル3とは、英国の職業資格(NQF)の中で中級に該当する。
 - 風力発電機メンテナンスのレベル3Diploma ※レベル3Diplomaとは、欧州の職業資格(QCF)の中で、最も単位数が多い資格(Diploma)の、初級～中級レベル(3/9レベル)に該当する。
- 上記の実習生期間の3年間は、住む場所や交通費、給与が支給されるため、生活の保障がある中で学ぶことができる。給与は年間14,353～21,718 £(約240万～360万円)で、見習い期間の年次で昇給する。

最初の2年間の勉強を行うLlandrillo College



- RWEは北ウェールズで最初の風力発電所が建設された2005年から、地元の専門学校であるLlandrillo Collegeと関係を築いている。
- 最近、2023年9月までにオープンする予定の専用の風力タービントレーニング施設を備えた新しいエンジニアリングセンターの計画許可が承認された。

洋上風力発電所での実践の様子



出所)RWE, Offshore Wind Turbine Technician Apprenticeship, (<https://uk-ireland.rwe.com/career/apprenticeships/offshore-wind-turbine-technician-apprenticeships>)
<閲覧日:2023/2/28>

高校生・大学生向け:洋上風力専門高等教育プログラム(専門学校)【英国】(2/2)

- North East Scotland collegeでは、Vestasとのコラボレーションにより、同校初の風力技術者トレーニングプログラムを2022年に開始。
- コースは2年間で、Vestasの実習生向けに、陸上と洋上の風力発電所で安全に作業するための技術力と能力を確実に得られるように設計されている。また、週100ポンドの学習者手当がある。
- 電気に関する実践的なエンジニアリングを実施する資格と、電気工学のHND(英国における高等教育認定)を組み合わせたコースで、中級のアプレントイスシップ※資格を得ることができる。その後、カレッジの教員により現場で評価されている職場ベースの資格が与えられる。
 - ※アプレントイスシップ:アプレントイスとして企業に雇用されると、雇用主から賃金をもらいながら、実際の職場でその職業に関する知識を学び、スキルを習得することができる。16歳以上であれば利用可能だが、若者の間で特に多く活用されている。

“Vestasは、HNDレベルのエンジニアリング見習いを通じた、地元の人材の持続可能なキャリアルートがあることを確実にしたいという思いがあります。”

“North East Scotland collegeとのコラボレーションでは、学生がVestasの従業員として業界での将来の役割に向けて成長する一方で、優れた学習環境の中で学ぶための理想的な枠組みを提供します。”



Vestasのサービスマネージャー
Andrew Wilson氏

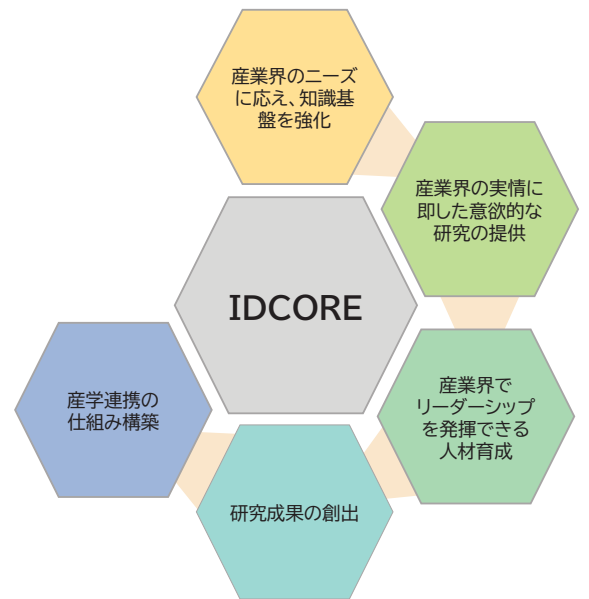
出所) North East Scotland college, News, First wind technicians powering ahead at North East Scotland College, 2022/5/9, (<https://www.nescol.ac.uk/first-wind-technicians-powering-ahead-at-north-east-scotland-college/>) <閲覧日:2023/2/28>

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:洋上風力専門高等教育プログラム(大学)【英国】

- IDCOREはエジンバラ大学、ストラスクライド大学、エクセター大学、及びスコットランド海洋科学協会の共同パートナーシップに基づいて実施される、洋上風力専門の博士課程大学院教育カリキュラム(4年間)である。
- 工学博士課程を目指す学生に対し、産業界と協力して、実践的な学習の機会を提供し、洋上風力の開発加速化に寄与する人材を育成することを目的としている。
- 学生はパートナー大学における講義の受講に加えて、パートナー企業における長期インターンシップを通じて産学連携型の研究プロジェクトに携わる。
 - 1年目はパートナー大学が有する学術スタッフによる12の教育コース(集中プログラム)を受講。
 - 2年目より、マッチングされた企業内に配置され、産学連携型の研究プロジェクトに取り組む。
- プログラム全体を通じて、エンジニアリング、物理、データ・自然科学、経済、マネジメント、リーダーシップ及び社会科学のスキルなど、理論から実践までを含めた教育を提供し、将来の洋上風力市場を担う優秀な人材を継続的に輩出している。

IDCOREの教育方針



出所)IDCORE "Studying" <https://www.idcore.eng.ed.ac.uk/studying> <閲覧日: 2023年2月27日>を基に三菱総研作成

出所)IDCORE "EPSRC and NERC Centre for Doctoral Training in Offshore Renewable Energy (IDCORE)" <https://idcore.ac.uk/home> <閲覧日: 2023年2月27日>
 IDCORE "Information for Applicants" <https://idcore.ac.uk/information-applicants> <閲覧日: 2023年2月27日>
 The University of Edinburgh "Offshore Renewable Energy (Industrial Doctorate Centre) EngD" <https://www.ed.ac.uk/studying/postgraduate/degrees/index.php?r=site/view&edition=2023&id=785> <閲覧日: 2023年2月27日>
 IDCORE "IDCORE Training Programme" <https://idcore.ac.uk/idcore-training-programme> <閲覧日: 2023年2月27日>
 IDCORE "Research Facilities" <https://idcore.ac.uk/research-facilities> <閲覧日: 2023年2月27日>

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:洋上風力専門高等教育プログラム(大学)【ドイツ】(1/2)

- キール応用科学大学の「再生可能海洋エネルギー(EOE:Renewable Offshore Energies)」学士コースでは、機械工学と船舶工学の教育に基づき、海洋エンジニアとして働くために必要なスキルを提供する。
 - 洋上風力を始め、波力、潮力、水上太陽光といった再生可能海洋エネルギーが対象となっている。
 - 最初の学期では、数学的基礎と工学的知識を身に付け、3学期以降には技術モジュールに加えて、学生が国際的なチームで働くことができるよう、ソフトスキル、技術英語、経営学、法律、及びプロジェクト管理等を学ぶ。
- コースには実践的な内容が含まれており、EOE研究室での活動や、キャンパス内の他の研究プログラムや協力施設での学習を通じて、理論的に習得した専門知識を実際に試し、確認し、深めることが可能。
- 技術的トピックに関する産業界の代表者による講義や、企業への見学といった、最新の技術や専門家と触れ合う機会も提供されている。

EOE学士コースの授業の様子※



出所)Fachhochschule Kiel University of Applied Sciences, Erneuerbare Offshore Energien Bachelor, (<https://www.fh-kiel.de/eoe/>) <閲覧日:2023/2/28>
 ※画像は上記URLに掲載の動画の一場面をキャプチャーし取得

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:洋上風力専門高等教育プログラム(大学)【ドイツ】(2/2)

- フレンスブルグ応用化学大学のあるシュレスヴィヒ・ホルシュタイン州は風況が良い地域で、8,000人以上が風力産業に従事しており、風力工学を学ぶ上で最適な場所であるとされている。
 - キャンパス内に独自の風力タービンが設置されている。
- 風力工学修士号コースの最初の学期は、技術的な数学や英語、風力に関する基礎知識を学び、2学期目は空気力学からローター構造まで、ほぼ完全に風力タービンに焦点を当てた内容を習得する。3学期目は機械工学、電気工学、構造工学から1つの専攻を選び学習し、4学期目は修士論文を作成する。
- 共通して参加するのが、他の学生とチームを組み、風力タービンを設計及び製作するプロジェクトである。また、プロジェクトの成果を用いて毎年オランダで開催される国際小型風力タービンコンテストに参加している。

国際小型風力タービンコンテスト(ISWTC)



コンテストの内容

コンテストは設計部分、製作部分の2つに分かれており、2つの総合評価で勝者が決定される。

- 設計部分は設計を理論的に説明するレポートを、業界の専門家が評価。
- 製作部分は、デルフト工科大学の風洞で性能テストが行われ、タービンの出力を測定。

出所) Hochschule Flensburg University of Applied Sciences, Wind Energy Engineering, (<https://hs-flensburg.de/en/studieninteressierte/angebot/master/WE>) <閲覧日: 2023/2/28>

Hanze University of Applied Sciences, International Small Wind Turbine Contest, (<https://www.hanze.nl/eng/education/engineering/school-of-engineering/organisation/contest/international-small-wind-turbine-contest>) <閲覧日: 2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

99

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

教育者向け:共通的な教材の開発・提供【英国】

- Tees Valleyの州立学校運営組織のTees Valley Education (TVE)は、ソフィア洋上風力発電所と連携し、将来の需要に備え、次世代洋上風力人材育成を目的とした、再生可能エネルギーに関する小学生向け教材開発プログラムを立ち上げた。
 - TVEが運営する小学校のうち2校は、ソフィア洋上風力発電所の陸上インフラに最も近い地域に立地している。
- 現在TVEが運営する5つの学校で、RWEソフィアと提携し一連の洋上風力教材を作成・試用されている。
 - RWEソフィアはRWEの100%子会社で、ソフィア洋上風力発電所の開発を行っている。
 - 教材開発チームは陸上インフラに近い小学校20校に対し、教材の活用方法を学ぶ教師向けのワークショップも開催予定。
- 最初に開発された教材は現在、Tees Valley Careers primary resource toolkitとソフィア洋上風力発電所のウェブサイトに掲載されている。今後、UK STEMやTees Valley Careersのネットワークや組織を通じてオンラインで公開し、イギリス全土の学校への普及を図る予定。

開発された洋上風力の小学生向け教材(プロジェクトの計画・開発演習で用いるマップ)

地図を用いて沖合地点から海岸の変電所まで、実現可能なケーブルルートを検討する。



通るゾーンによってコストが異なるため、コスト計算ガイドを用いて必要予算を算出する。

出所) Sofia wind farm, Offshore wind teaching resources for primary schools, (<https://sofiawindfarm.com/community/education-and-skills/primary-school-teaching-resources/>) <閲覧日: 2023/2/28>

Sofia wind farm, Y6 Wind Farm Planning and Development Project, (<https://sofiawindfarm.com/media/vv5lpamf/v6-project-plan-sofia-wind-farm-v1.pdf>) <閲覧日: 2023/2/28>

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

教育者向け: 共通的な教材の開発・提供【欧州】(1/2)

- 欧州の風力発電促進協会であるWindEuropeは、2020年11月から2021年3月まで、ブリュッセルのシングルライン小学校で12歳(6年生)を対象に、風力エネルギーの授業を行うパイロットプロジェクトを実施。
- 風力エネルギー専門家である大学教授のサポートにより、風力エネルギーの授業経験を持たない担任教師でも生徒に風力の基礎や、風力を他の教育科目(科学、文法、数学、地理、歴史等)に関連づけることが可能となった。
- それ以来、風力エネルギーはこの学校全体のカリキュラムの一部となっている。
- パイロットプロジェクトから得られた教訓やノウハウから、どの学校でも適用できる授業計画や生徒の作品例が載せられた教師用ツールキットが作成され、補助教材とともにWeb上に公開されている。

風力エネルギー授業の様子

教師用ツールキット&補助教材ダウンロードサイト



出所)WindEurope, Teachers' Toolkit (<https://windeurope.org/about-wind/learnwind/primary-education/>) <閲覧日:2023/2/28>

3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査 ③将来人材の育成

教育者向け: 共通的な教材の開発・提供【欧州】(2/2)

- また、WindEuropeは2021年に幅広い年齢層の子供向けの様々な教材や取組のオンラインハブとなるLearnWindを立ち上げ。
- 再エネ業界で働く人々の仕事内容や学んできたこと等を紹介する絵本や、風力タービンの仕組みについて学ぶことができる絵本、その他風力に関するビデオやHP、ワークショップ等が紹介されている。

LearnWindに掲載されている教材・取組

タイトル	内容
When I Grow Up	<ul style="list-style-type: none"> ● クリーンエネルギー業界で働く21人の仕事内容や、これまで学んできたこと、現在取り組んでいること等が記載された子供向けの絵本。 ● タービンを最適な場所に配置するための風の研究を行う仕事や、ドローンを飛ばしてブレードの亀裂をチェックする仕事等、幅広い職業の人々について紹介されている。
Let The Wind Blow	<ul style="list-style-type: none"> ● 30か国語以上の言語に訳されている年少の子供向けの絵本。 ● 気候変動、再生可能エネルギー、風力タービンの機能について学ぶことができる。
Wind energy teaching resources	<ul style="list-style-type: none"> ● 前頁で紹介した、WindEuropeが行っているシングルライン小学校で風力エネルギーを教えるパイロットプロジェクトの教材。 ● 担任教師、大学教授、WindEuropeで共同作成された。
Kids vs Wind Gurus	<ul style="list-style-type: none"> ● 風力エネルギーの専門家やCEOと子供たちがディスカッションを行うビデオ。
Are you curious about the technology?	<ul style="list-style-type: none"> ● 風力タービンが風からのエネルギーを電気に変換する方法や、その電気が家まで送られる方法について、わかりやすく図解されているHP。
OffshoreWind4kids	<ul style="list-style-type: none"> ● 子供たちに、エンジニアリング、テクノロジー、再生可能エネルギーについて教えることを目的としたプロジェクト。

風力発電に関する内容を取り扱った子供向けの絵本 (When I Grow UpとLet The Wind Blow)



出所) WindEurope News (<https://windeurope.org/newsroom/news/what-is-the-wind-industry-doing-on-skills-and-education-to-deliver-a-fair-transition/>). LearnWind (<https://windeurope.org/about-wind/learnwind/>) <閲覧日:2023/2/28>

WindEurope, WindEurope's educational resources for everyone interested in learning about wind energy!, (<https://windeurope.org/about-wind/learnwind/>) <閲覧日:2023/2/28> 表については、左記出所を基に、三菱総研が作成

教育者向け: 共通的な教材の開発・提供【米国】

- 米国の風力情報プラットフォームWINDExchangeでは、小・中・高校生向けに風力発電に関する教材やカリキュラムを掲載しているサイトを複数紹介している。
- また、p.90で紹介したWind for schoolの教材も公開されており、自主的に授業に風力に関する内容を取り入れることが可能。

WINDExchange「K-12向け教材&カリキュラム」ページ



Wind for schoolsをはじめ、Kidwind※1やNEED※2の資料等、国や民間が公開している風力の学習用カリキュラム・教材を紹介。

- 無料&有料教材掲載サイト
- 学習サイト
- 風力、エネルギー・環境についての本
- 学習動画

※1: Kidwindは民間の風力産業向けトレーニングやカリキュラム・教材を提供している組織で、DOEからの支援を受けている。
(<https://www.kidwind.org/about>)
<閲覧日:2022/12/25>

※2: NEED(National energy education development)は、米国の国家エネルギー開発プロジェクトで、企業や組織等と連携して教育プログラムを開発。
(<https://www.need.org/>)<閲覧日:2022/12/15>

Wind for schoolsの教材

小学生～大学生の教材・カリキュラムを掲載



Discover, Learn, Share

Select Education Level

小学生向けのワークキット



出所)
WINDExchange(<https://windexchange.energy.gov/k12>) <閲覧日:2023/2/28>に基づき、吹き出し部分等三菱総研一部加筆・編集
OpenEI, wind for school, (https://openei.org/wiki/Wind_for_Schools_Portal/Curricula) <閲覧日:2023/2/28>
NEED, Wind for Schools (Free PDF Download), (<https://shop.need.org/collections/wind/products/wind-for-schools>) <閲覧日:2023/2/28>

3.関連分野・洋上風力分野における人材育成動向に係る調査

- 3.1 関連分野における人材育成の取組み動向調査
- 3.2 洋上風力分野の人材育成に関する海外事例調査
- 3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

洋上風力分野の人材育成に関する国内取組状況

- 洋上風力分野の人材育成に関する日本の直近の取組状況について調査し、整理を行った。

洋上風力分野の人材育成に関する国内事例

施策カテゴリ		取組状況の詳細		ページ
①人材育成の包括的ビジョン形成	人材育成方針の明確化	-		
	必要人材数の分析	-		
②即戦力人材の育成	スキル・トレーニングの標準化	メンテナンス人材認証制度創設	いわき市:「風力発電メンテナンス人材認証制度」の構築・運用に向けた検討を実施、地域企業がメンテナンスに必要な知識・技術を獲得することによる、参入機会の拡大を目指す。	p.106-107
		関連資格・スキル見える化	ClassNK/マースクトレーニング:作業員に必要なトレーニングについて、国際的なスタンダードを踏まえたガイドライン制定を目指す。	p.108
	新規参入・人材移転支援	専門教育プログラム(技術職)	長崎海洋アカデミー:海洋エネルギーの最先端を学ぶ人材育成機関。海外機関とも連携し、将来的にはアジアの中心拠点となることを目指す。	p.110
		専門教育プログラム(技能職)	イオスエンジニアリング&サービス:GWO安全訓練認定施設として、基本的な安全訓練を提供、合弁会社によりIRATAも提供。	p.111
			特殊高所技術:一般社団法人特殊高所技術協会が講習会を開催。特殊高所技術資格を有する者のみしか実施できない作業。	p.112
			ニッスイマリン:日本サバイバルトレーニングセンター(NSTC)を運営しており、GWO、OPITO、STCWの認証コースを提供。	p.113
			北拓:風力発電のメンテナンスサービスを提供しており、複数のトレーニング拠点や研修・研究用の風力発電所を所有している。	p.114-115
			ユーラステクニカルサービス:社内向けのGWO基本安全トレーニングを社外にも提供する予定。	p.116
			ウィンド・パワー・グループ:風力発電の保守点検や緊急時対応ができる人材育成を目的とする総合トレーニングセンターを開発予定。	p.117
		FOMアカデミー:GWO安全訓練認定施設として、基本的な安全訓練を提供。実機風車模擬訓練設備も整備。	p.118	
GiraffeWork:主に陸上風車の点検や部品交換などのメンテナンス、設置や解体などを、特殊高所作業台を用いて行う企業で、マースクトレーニングと共同で洋上風力のトレーニングセンターを川崎市に設立する予定。	p.119			
東北電力RENES:段階的に廃止予定の火力発電所構内に風力発電設備メンテナンス技術者のトレーニングセンターを設置予定。	p.120			
MOLマリン&エンジニアリング:自動船位保持装置(DP)を有するシミュレーターを設置したDPTトレーニングセンターを開発。	p.121			
日本郵船/日本海洋事業:秋田県に洋上風力の総合訓練センターを設立し、将来的に年間1,000人の訓練修了生輩出を目指す。	p.122			
仕事・キャリアに関する情報発信	job tag:「ジョブ」、「タスク」、「スキル」等の観点から職業情報を「見える化」し、求職者等の就職活動や企業の採用活動等を支援。	p.123		
③将来人材の育成	小中学生向け	風力発電に触れる機会の創出	小学生向けワークショップ:紙芝居での風車の説明や、洋上風車キットを用いた組み立てにより、小学生の洋上風車への理解を促進。	p.124
		風力発電に触れる機会の創出	海洋開発サマースクール:海外の大学等で将来必要となる知識や国際性をより実践的なレベルで経験する機会を提供。	p.125
	高校生・大学生向け	仕事・キャリア・教育に関する情報発信	北九州市洋上風力キャンプ×SDGs:産学官が連携した研修プログラムと学生の交流機会を提供する洋上風力発電研修を提供。	p.126
		専門教育プログラム(大学・専門学校)	【再掲】job tag:「ジョブ」、「タスク」、「スキル」等の観点から職業情報を「見える化」し、求職者等の就職活動や企業の採用活動等を支援。	p.123
			インターンシップ:風力業界への市場参入を目指す企業、実際に業界で活躍する企業から実践教育を受ける機会を提供。	p.127
	九州大学:海洋開発を担う人材を生み出す「しくみとカリキュラム」の検討や、講座開発、企業との連携等、新たな取組を実施。	p.128		
九州大学:「洋上風力研究教育センター」を設置し、洋上風力研究実績をベースに関連研究資源を集約。世界最高水準の洋上風力関連研究・教育の拠点を創出。	p.129			
教育者向け	共通的な教材の開発・提供	-		
教育に関する情報発信	-			

Copyright © Mitsubishi Research Institute

105

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

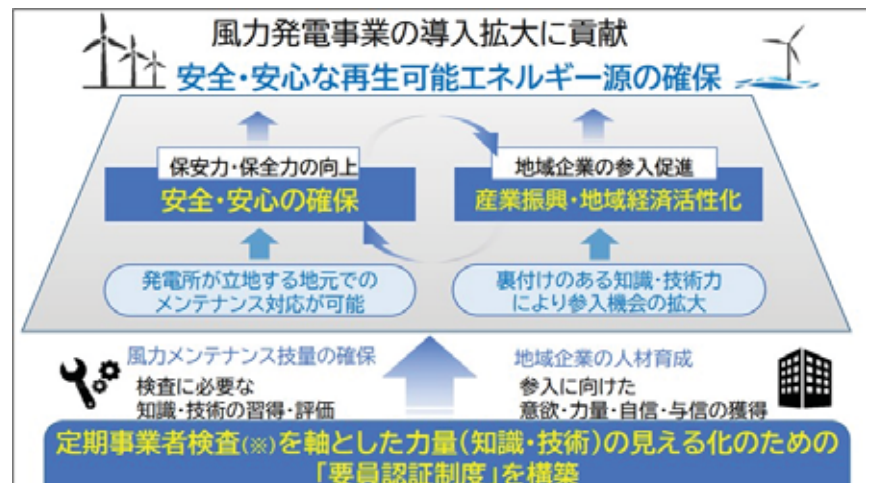
スキル・トレーニングの標準化:メンテナンス人材認証制度創設【いわき市】(1/2)

- 福島県いわき市は、東京大学先端科学技術研究センターと連携し、国内唯一となる「風力発電メンテナンス人材認証制度」の構築・運用に向けた検討を実施。
- 地域企業がメンテナンスに必要な知識・技術を獲得することによる、参入機会の拡大を目指す。
 - 地域企業参入に関する調査により、長期需要が予測されるメンテナンス分野が有望とされる一方、実際に市場参入するには、適切な知識と技術の獲得と併せて技術・知識の認定を行う制度が必要と判断。

検討における協力機関

協力機関	役割
一般社団法人日本風力発電メンテナンス技術協会	認証スキームの企画・立案・提案等
日本認証株式会社	制度構築・運用に向けた知見の提供等
株式会社北拓	認証に必要なトレーニングの実施・施設の提供等
株式会社東洋設計	制度構築サポート(工程管理、作業管理、最終報告書の作成等)
東京大学先端科学技術研究センター	風力発電に関する専門家の派遣、風力発電に関する学術的知見の提供等

風力発電メンテナンス人材認証制度の概要



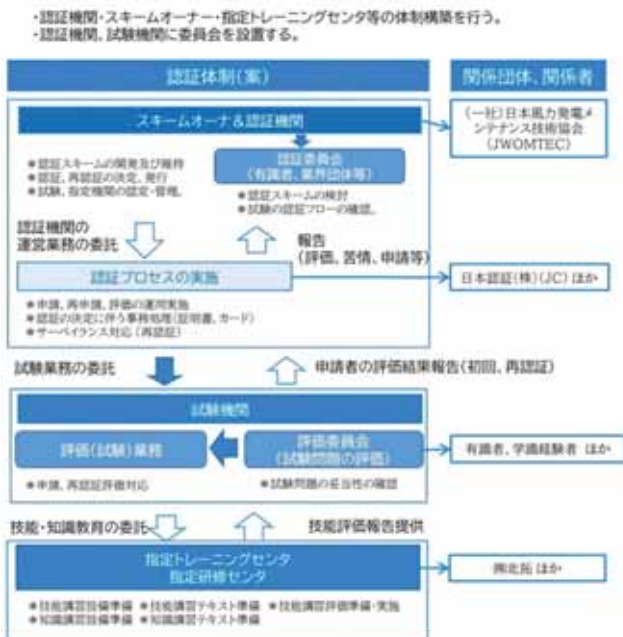
出所)表:いわき市サイト (<http://www.city.iwaki.lg.jp/www/sp/contents/1635149026931/index.html>) <閲覧日:2023/2/28>を基に三菱総研が作成
図:いわき市・東大先端研,「いわき市風力発電メンテナンス人材認証制度概要」,p.1,2021年10月

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

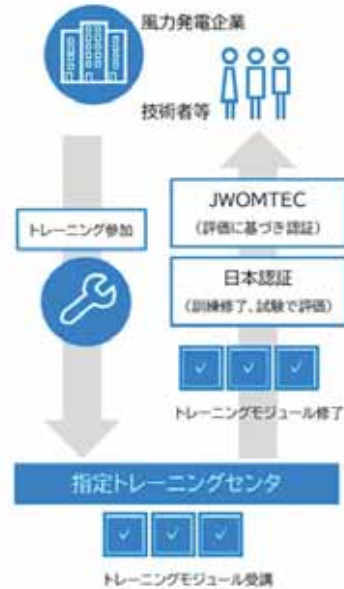
スキル・トレーニングの標準化:メンテナンス人材認証制度創設【いわき市】(2/2)

- 認証制度は、電気事業法で定められた「定期事業者検査」に関連する業務を対象とした知識・技術に関する要員認証制度を想定。今後、地域企業を対象としたトライアル事業も実施する予定である。

認証制度・体制の構築



認証制度の仕組み



出所) いわき市サイト (<http://www.city.iwaki.lg.jp/www/sp/contents/1635149026931/index.html>) <閲覧日:2023/2/28>
いわき市・東大先端研,「いわき市風力発電メンテナンス人材認証制度概要」,p.1,2021年10月を基に三菱総研が作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

スキル・トレーニングの標準化:関連資格・スキル見える化【ClassNK】

- 2022年9月、一般財団法人日本海事協会(ClassNK)は、「洋上風力人材への訓練の連携」と「代替燃料船の船員教育の連携」を目的に、マースクトレーニング(Maersk Training A/S)とMOUを締結。
- マースクトレーニングは、40年以上に亘り、石油・ガス・再生可能エネルギー・海事業界を対象に、安全及び海事訓練を開発・提供。デンマーク物流大手A.P. モラー・マースクのグループ企業で、世界に16の拠点を展開。
- 「洋上風力人材への訓練の連携」においては、今後日本で相当数の洋上風力作業員が必要となることを背景に、国際的なスタンダードを踏まえた安全訓練及び技量訓練におけるガイドライン制定を計画している。
- マースクトレーニングは既に同分野の訓練開発・提供に実績があり、共同で行うことで知見を得たい考え。

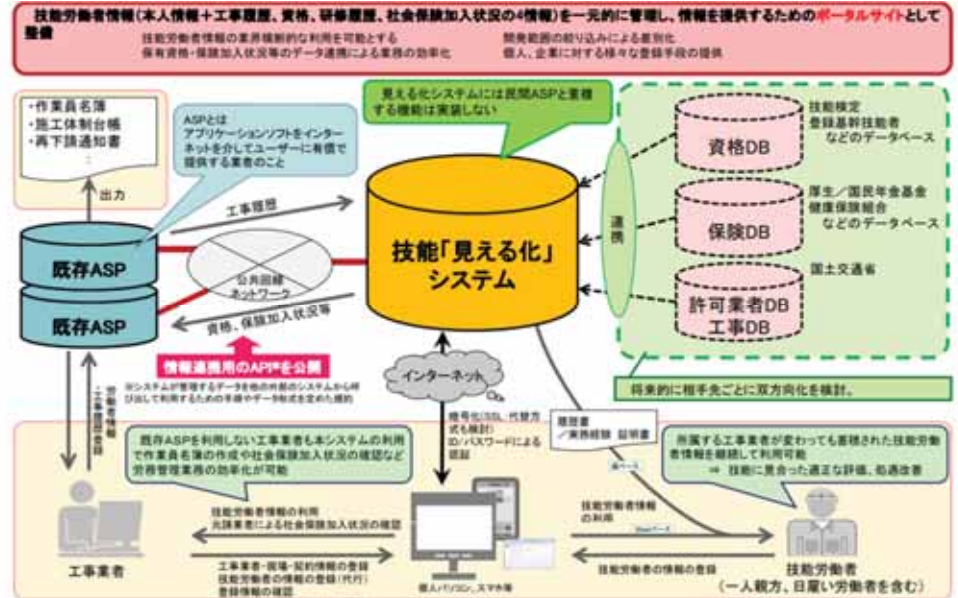
3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

【参考】国土交通省における関連資格・スキル見える化の試み

- 国土交通省では、2012年に技能労働者の技能の『見える化』ワーキンググループを設置し、建設産業の持続的な発展に必要な人材の確保・育成を図るため、技能労働者が保有する施工力に係る資格や研修履歴、工事経験、社会保険等への加入状況等の情報を蓄積し、「見える化」して技能労働者の処遇改善につなげる仕組みの構築を検討。
- 2014年には技能労働者の技能の「見える化」システム基本計画書が公開された。

技能の「見える化」システムイメージ

- システムで取り扱う情報としては下記の通りとされている。
- ① 技能労働者の工事履歴
 - ② 技能労働者の資格
 - ③ 技能労働者の研修受講履歴
 - ④ 技能労働者の各種保険加入状況



出所) 国土交通省, 技能労働者の技能の『見える化』ワーキンググループ平成24年度第1回WG資料2, 2012年12月5日, (<https://www.mlit.go.jp/common/000234098.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
 国土交通省, 技能労働者の技能の『見える化』ワーキンググループ平成25年度第3回WG資料1-1, 2014年2月28日, (<https://www.mlit.go.jp/common/001030492.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門教育プログラム(技術職)【長崎海洋アカデミー】

- 長崎海洋アカデミーは、日本財団、長崎県、長崎県内大学が連携して設立した、海洋エネルギーの最先端を学ぶ人材育成機関。海外の人材育成機関とも連携し、将来的にはアジアを中心とする人材育成拠点を目指す。
- 取組は、日本財団オーシャンイノベーションプロジェクトの一環として実施。
- 技術者育成に関する企業ニーズの把握と、社会人教育及び大学教育とのマッチングを図るとともに、大学及び個別の企業のみでは実施することが難しい教育、実習等を、企業や公的研究機関の協力を得て実施する。

長崎海洋アカデミーの体制図



長崎海洋アカデミーで提供されているコースの概要

コース	内容	期間
洋上風力発電 総論コース	<ul style="list-style-type: none"> ● ビジネス知識、技術の基礎知識の習得 ● ワークショップ 	2日間
洋上風力発電 事業開発コース	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクトを管理、業務遂行するための一連の知識を習得 ● 風力発電ファーム開発及び運転管理のグループワーク ● ワークショップ 	2日間
ウインドファーム認証とマリンフロンティアサーバイ、及び保険・ファイナンスコース	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力建設に必要な認証制度の目的や仕組み、注意点、保険の仕組みや具体的事故事例 ● ファイナンス組成やリスクアロケーションの考え方等 	2日間
海底地盤調査・解析と洋上施工コース	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力の設計や施工に関する最新の知識 ● ワークショップ 	2日間
EPCプロジェクト・マネジメントコース	<ul style="list-style-type: none"> ● EPCプロジェクトの遂行に必要な知識と対応力を、模擬プロジェクトを通じて習得 	2日間
浮体式洋上風力発電コース	<ul style="list-style-type: none"> ● 着床式とは異なる市場性、適地の選定、製造/組立技術、運転保守等 	2日間
オンサイトプログラム	<ul style="list-style-type: none"> ● オンサイトでの洋上風車や設置船の見学、五島で洋上風車と共生する漁業者との交流会等 	1日間

出所) 長崎海洋アカデミー, (<https://noa.nagasaki.jp/>) <閲覧日:2023/2/28>

コース概要については上記サイトを基に三菱総研が作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【イオスエンジニアリング&サービス】

- イオスエンジニアリング&サービスは、風力発電機と風力発電所の運営・保守・コンサルティングサービスを行う企業で、2019年より、GWO安全訓練認定施設として、基本的な安全訓練を提供している。
- 基本的な安全訓練として、BST(Basic Safety Training)とBSTR(Basic Safety Training Refresher)を提供
 - BST訓練は応急処置(First aid)、マニュアルハンドリング(Manual handling)、防火と消火(Fire awareness)、高所作業(Work at height)の4モジュールで構成され、受講期間は5日間となる。
- IRTA技能者認定は、2020年度からイオス、日本風力開発、デンマークのSJTCとの合併会社であるブレードパートナーズにより提供されている。
- ブレードパートナーズは、ブレードの修理・メンテナンス事業をグローバルに展開する企業。

GWOのBST訓練(高所作業(左)と応急処置(右))



IRATA(ロープアクセス訓練)



出所)イオスエンジニアリング&サービス GWO/IRATA トレーニング(<https://eos-es.co.jp/work/training.html>) <閲覧日:2023/2/28>
Blade Partners (<https://bladepartners.co.jp/en/>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

111

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【特殊高所技術】

- 「特殊高所技術」は、高強度のロープやハーネス、特殊高所機材と呼ばれる装備品を用いることにより、重機や仮設足場を使うことなく、一般的に近接困難箇所と言われる場所へ安全に近接することが可能な技術。一般社団法人特殊高所技術協会が講習会を開催しており、ClassNKの認証を受けている。
- 「特殊高所技術」は特殊高所技術資格を有する者のみしか実施することが出来ず、4段階の資格ごとに認証要件が定められている。また、3級は3年、それ以外は1年ごとに資格の更新が必要。

風力発電機ブレードの点検・検査・調査・補修



特殊高所技術者資格要件

項目	資格			
	講師	1級	2級	3級
計画	○	○	○	○
管理	○	○	×	×
基本的な登高と下降	○	○	○	△
支点の作成・ロープの設置	○	○	△	×
応用的な登高と下降	○	○	△	×
救護・救護技術	○	○	○	×
技術者の訓練	○	○	×	×
必要経験	1級として 3000時間以上	2級として 1000時間以上	なし	なし
有効期間	1年間	1年間	1年間	3年間

○:実施可能 △:条件付き実施可能 ×:実施不可

出所)株式会社特殊高所技術, 事業内容, (<https://www.tokusyu-kousyo.co.jp/service/>) <閲覧日:2023/2/28>
株式会社特殊高所技術, 風力発電関連, (<https://www.tokusyu-kousyo.co.jp/service/wind-power/>) <閲覧日:2023/2/28>
表出所)一般社団法人特殊高所技術協会, 会員規則, 第12条 特殊高所技術者資格, (<https://tkas.or.jp/about/rule/#part12>) <閲覧日:2023/2/28>を基に三菱総研が作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ニッスイマリン工業】

- 海洋事業を営むニッスイマリン工業は、日本サバイバルトレーニングセンター(NSTC)を運営しており、そこでは国際認証に則したシーサバイバルトレーニングが行われている。
- 洋上サバイバル訓練施設には、縦横14メートル深さ5メートルの温水プールのある訓練棟、岸壁には救命艇設備が設置されている。
- 消火訓練施設には、消火訓練場・暗所脱出・模擬機関室/模擬居住区画等に加えて高所作業訓練を行う設備も備えられている。
- 国際認証に即した内容としては、GWO、OPITO、STCWの認証トレーニングコースを提供している。
- また、42年間にわたり国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)が研究開発の一環として実施してきた潜水技術研修や、2021年6月に国交省より発表された「洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員の教育ガイドライン」に基づいた訓練(1日コース)も提供している。

救命いかだ

ダビット式救命艇(左)、
フリーフォール式救命艇(右)

消火兼脱出棟と高所脱出訓練デッキ



出所)日本サバイバルトレーニングセンター パンフレット (https://n-s-t-c.com/wp-content/uploads/2022/08/web_NSTCpamphlet.pdf) <閲覧日:2023/2/28>
 日本サバイバルトレーニングセンター ニュース「洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドライン訓練提供開始」(https://n-s-t-c.com/wp-content/uploads/2021/11/2021_offshore-wp1.pdf)
 <閲覧日:2023/2/28>
 国土交通省 報道発表資料「洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員の教育訓練ガイドラインを策定しました」(https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000192.html) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

113

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【北拓】

- 北拓は、風力発電のメンテナンスサービスを専門的に提供している企業で、本店・支店にはトレーニング施設が併設されており、研修・研究用の自社風力発電所を所有している。
- メンテナンス技術員トレーニング施設: 本社(北海道旭川市)、支店(福岡県北九州市、福島県いわき市)に併設
- 研修・研究に活用する自社風力発電所: 静岡県南伊豆、鹿児島県南さつま市、福岡県北九州市(響灘)
- 2021年には三井物産と洋上風力発電設備点検・メンテナンス事業会社の、ホライズン・オーシャン・マネジメント株式会社(HOM社)を設立。(三井物産51%、北拓49%)
- 北拓と三井物産グループが培ってきた風力発電のメンテナンスノウハウと三井物産の顧客基盤を活かし、国内洋上風力発電事業者に、風車から基礎構造部に至るまでの設備点検・メンテナンスサービスを包括的に提供。

拠点マップ



トレーニング施設を併設した北九州支店



鹿児島県南さつま市の自社発電所(番屋風力発電所)



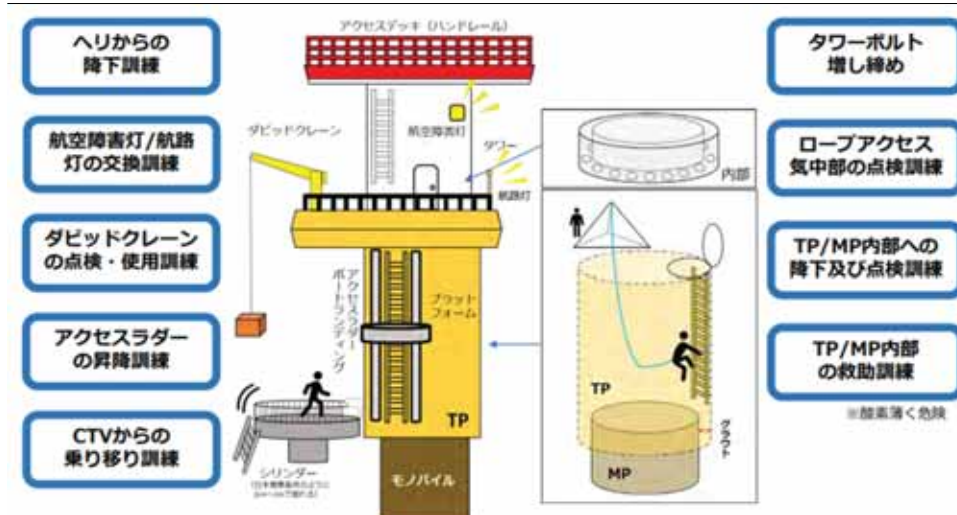
出所)株式会社北拓 (<http://www.hokutaku-co.jp/>) <閲覧日:2023/2/28>
 株式会社北拓, プレスリリース, 洋上風力発電設備の点検・メンテナンス事業会社を設立, 2021年4月14日 (<http://www.hokutaku-co.jp/news/20210414.html>) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【北拓・商船三井】

- 北拓と商船三井は、経産省の令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金に採択され、2025年度より、洋上風力発電のO&M(運用・保守管理)に特化したトレーニング設備を通じた人材育成事業を開始する予定。
- 日本初となる実機のトランジションピースを使ったトレーニング設備を、北拓北九州支店の敷地内に建設し、CTVからの乗り移り訓練や、アクセスラダーの昇降訓練、トランジションピースやモノパイル基礎内部への降下・点検訓練等、洋上風力特有のリスクを想定したメンテナンストレーニングを実施する。

北九州に導入予定の訓練設備のイメージ



出所)北拓プレスリリース(<http://www.hokutaku-co.jp/news/20230206.html>) <閲覧日:2023/2/28>

北拓・商船三井「洋上風力発電のO&M(運用・保守管理)に特化したトレーニング設備を通じた人材育成事業」

(https://www.offshore-wind-power.jp/files/organization_03.pdf) <閲覧日:2023/2/28>>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ユーラステクニカルサービス】

- ユーラスエネルギーホールディングスの子会社であるユーラステクニカルサービスは、同社が研修施設として所有するトレーニングセンターにおいて、GWO基本安全トレーニング(BST)の訓練機関としての認証を取得。
- BSTのうち、「応急処置」「マニュアルハンドリング」「火災予知」「高所作業」の4つの訓練を提供する予定。
- 本施設は同グループの運転保守員向け社内教育に活用されており、BSTについてもまずはグループ内の運転保守員を中心に訓練を実施し、2023年下期を目途に、一部社外からの受講者の受け入れも開始する予定。

トレーニングセンターでの訓練の様子



出所)ユーラスエネルギーホールディングス「ユーラスエネルギーグループのトレーニング施設が『GWO認証』を取得～関東初の取得、風車の保守を担う人材育成を加速します～」(<https://www.eurus-energy.com/news/news-important/51890/>) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【ウィンド・パワー・グループ】

- 風力発電事業を手掛けるウィンド・パワー・グループは、風力発電の保守点検や緊急時対応ができる人材育成を目的に総合トレーニングセンターを鹿島臨海部に開設するとし、2024年には開業見込。
- 経産省令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金に採択。
- 2026年には年間1000人程度の受講生にGWOトレーニング及び専門作業員養成トレーニングを行い、即戦力として全国の現場に送り出すことを目標としている。
- GWO BST(Basic Safety Training)の5モジュールを提供するためのプールを併設したトレーニングセンター。
- 指導員の養成には、台湾のGWOトレーニング事業者TIWTC(Taiwan International Windpower Training Cooperation)と提携し進める方針で、インストラクター候補生を派遣。

トレーニングセンター(イメージ)



BST Sea Survivalの実施用プール(イメージ)



出所)ウィンド・パワー・グループ「ウィンド・パワー・トレーニングセンター整備運営事業紹介」(https://www.offshore-wind-power.jp/files/organization_07.pdf) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【FOMアカデミー】

- FOMアカデミーは、メンテナンス技術者を育成することを目的とした風力発電専門トレーニング施設として、2022年6月に開校。
- 福島県福島市の公有財産活用事業として、廃校となった旧茂庭小学校を活用。
- GWO認証施設として、2022年8月よりGWOトレーニングを開始し、現在はGWO基本安全トレーニング(GWO BST)とGWO基本安全トレーニングリフレresher(GWO BSTR)を受講可能。
- GWOアドバンスドレスキュートレーニングとGWOベーシックテクニカルトレーニングを計画中。
- オプションとして、風力発電設備基礎講座、フルハーネス型墜落制止用器具特別教育、緊急時対応シナリオトレーニング、緊急時対応シナリオトレーニング 中級編、レスキュー装置使用方法再訓練、アドバンスドレスキュートレーニング(ART)初級講座も提供。

GWO BSTの様子



実機風車模擬訓練設備(エネルコン E40 及びGE 1.5S)



出所)FOMアカデミー、FOMアカデミーについて (<https://www.fom-association.jp/training-center/>) <閲覧日:2023/2/28>
FOMアカデミー、トレーニング (<https://www.fom-association.jp/fom%E3%82%A2%E3%82%AB%E3%83%87%E3%83%9F%E3%83%BC%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6/%E3%83%88%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%8B%E3%83%B3%E3%82%B0/>) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【GiraffeWork】

- GiraffeWorkは、大京建機グループの傘下企業で、主に陸上風車の点検や部品交換などのメンテナンス、設置や解体などを、社名にもなっている特殊高所作業台(GiraffeWork)などを用いて行う企業である。
- 経産省の令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金公募採択を受け、海外大手トレーニング提供企業のマースクトレーニングと共同でトレーニングセンターを設立する。2024年3月に川崎市にて開所予定。
- 年間最大1,500人の受講生を収容可能で最新のプール設備を備えている。
- GWOに準拠した「基礎安全訓練」のほか、国内初となる「上級救助訓練、同リフレッシュコース」「上級応急手当訓練、同リフレッシュコース」「基礎技術訓練」を設ける予定。

横浜市風力発電所の特殊高所作業台(GiraffeWork)を使用したブレードメンテナンスの様子



出所)MAERSK TRAINING News & Stories「Maersk Training and GiraffeWork Collaborate to Establish a Training Center for the Wind Industry in Japan」(<https://www.maersktraining.com/maersk-training-and-giraffework-collaborate-to-establish-a-training-center-for-the-wind-industry-in-japan/>) <閲覧日:2023/2/28>
GiraffeWork (<https://giraffework.com/>), GiraffeWork おしらせ「デンマーク大使館にてマースクトレーニング社と調印式を行いました。」(<https://giraffework.com/news/20220909/>) <閲覧日:2023/2/28>
GiraffeWork「GiraffeWork Powered by MAERSK TRAINING」(https://www.offshore-wind-power.jp/files/organization_06.pdf) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【東北電力RENES】

- 東北電力は2021年4月に再生可能エネルギーO&M事業者として東北電力リニューアブルエナジー・サービス(RENES)を設立。老朽化などを理由として段階的に廃止予定の火力発電所構内に、風力発電設備メンテナンス技術者を育成するトレーニングセンターを設置する。
- 秋田火力発電所構内に、風車での高所作業などを安全に行うためのGWOトレーニング施設を、能代火力発電所構内に、風力発電設備点検・修繕のための「メンテナンス訓練」を行う施設を分割設置する。
- 将来的には、洋上風力向けの安全訓練への展開や設備異常に対応するためのトラブルシューティング訓練の実施を目指し、段階的にトレーニング内容を充実していく予定。

東北電力 秋田火力発電所



トレーニング用機材



東北電力 能代火力発電所



出所)東北電力 リニューアブルエナジー・サービス (<https://www.tohoku-res.co.jp>), Release「風力発電設備トレーニングセンター(仮称)の分割設置について」(<https://www.tohoku-res.co.jp/download/news220713.pdf>),「秋田火力発電所構内における風力発電設備トレーニングセンター(仮称)の設置について」(<https://www.tohoku-res.co.jp/images/press.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
東北電力 東北電力の主な火力発電所「秋田火力発電所」(<https://www.tohoku-epco.co.jp/power-plant/thermal.html#t03>),「能代火力発電所」(<https://www.tohoku-epco.co.jp/power-plant/thermal.html#t02>) <閲覧日:2023/2/28>
電波新聞「東北電力、火力跡地、風力特化の人材育成に発電所メンテ、訓練施設を開設」(<https://dempa-digital.com/article/246948>) <閲覧日:2023/2/28>
秋田魁新報「洋上風力専門人材、秋田で育成 日本郵船が訓練施設開設発表」(<https://www.sakigake.jp/news/article/20221001AK0006/>) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【MOLマリン&エンジニアリング】

- MOLマリン&エンジニアリングは、商船三井の100%子会社で、海事関係のコンサルティングやエンジニアリング、船舶の運航管理や整備・検査業務等を行っている。
- 2022年6月に自動船位保持装置(Dynamic Positioning System)を有するシミュレーターを設置したDPトレーニングセンターを開設。そして経産省の令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金公募採択を受け、トレーニングセンターのコースを拡張した。
- 日本初のThe Nautical Institute(本部・イギリス)の認証を得た施設となり、DPオペレーターの資格に必要なトレーニング修了証書の発行が可能。
- DPシミュレーターはKongsberg社製のDP実機を使用し、CLV(海底ケーブル敷設船)、AHTSV(アンカー作業タグ補給支援船)、WTIV(洋上風力発電設備設置船(SEP船))、SOV(保守作業支援船)に対応している。
- 2023年度末までに拡充を計画しているDPS搭載作業船4船種のうち、2022年度は、CLV及びAHTSVの訓練カリキュラムを開発、導入を目指している。

DPシミュレーター



出所)MOLマリン&エンジニアリング(<https://www.molmec.com/>), おしらせ「ダイナミックポジショニング(自動船位保持)訓練コースを拡張」(<https://www.molmec.com/information/2022/1018.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
MOLマリン&エンジニアリング「令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金 事業紹介」(https://www.offshore-wind-power.jp/files/organization_05.pdf) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

121

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

専門トレーニングプログラム(技能職)【日本郵船】

- 日本郵船は日本海洋事業とのコンソーシアムにより、経産省令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金に採択された。秋田県に洋上風力発電の総合訓練センターを設立し、2024年を目途に、洋上風力発電専門作業員及び小型作業船(CTV等)乗組員育成のための教育訓練プログラムを開始する。
- 洋上風力作業船の乗組員(大型)から警戒船等のサポート船(小型)の乗組員まで必要となる船員基本訓練にも対応。
- CTV等のシミュレータ訓練による安全運航への寄与。
- 秋田県・男鹿市と協力。秋田県立男鹿海洋高校との連携で地元の人材育成に寄与し、自治体の人材育成プログラムとも連携(連結包括協定)。

男鹿海洋高校敷地内(操船シミュレーター)



男鹿海洋高校の室内プール



出所)日本郵船 プレスリリース「秋田県に洋上風力発電の総合訓練センターを立ち上げ」(https://www.nyk.com/news/2022/20220930_01.html) <閲覧日:2023/2/28>
日本郵船 プレスリリース「洋上風力発電向け作業員輸送船(CTV)の裸貸船を開始洋上風力発電関連事業の取り組みを加速」(https://www.nyk.com/news/2022/20220317_01.html) <閲覧日:2023/2/28>
秋田魁新報「洋上風力専門人材、秋田で育成 日本郵船が訓練施設開設発表」(<https://www.sakigake.jp/news/article/20221001AK0006/>) <閲覧日:2023/2/28>
日本郵船・日本海洋事業「洋上風力発電専門作業員及び小型作業船(CTV等)乗組員育成のための教育訓練プログラム構築及び訓練環境の整備と海洋人材開発」(https://www.offshore-wind-power.jp/files/organization_04.pdf) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

122

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ②即戦力人材の育成

仕事・キャリアに関する情報発信【厚生労働省】

- 職業情報提供サイトjob tagは、厚生労働省が運営する、「ジョブ」、「タスク」、「スキル」等の観点から職業情報を「見える化」し、求職者等の就職活動や企業の採用活動を支援するWebサイトである。
- 職業について様々な切り口から検索したり、その職業ではどのような仕事内容・作業が一般的に行われ、どのようなスキルや知識を持つ人が働いているのか等を調べることが可能。
- 各職業の詳細ページには、個々の職業の概要の他に、就業するために必要な学歴・経験、労働条件の特徴(就業者の平均的な労働時間、求人賃金等)が紹介されている。
- 風力発電に関連する職業では、「風力発電のメンテナンス」や「発電所運転管理」が掲載されている。

トップページ



フリーワード検索で「風力」の検索結果



職業詳細ページ



出所)職業情報提供サイトjob tag (<https://shiqoto.mhlw.go.jp/User/>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

123

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ③将来人材の育成

小中学生向け:風力発電に触れる機会の創出【青森風力エネルギー促進協議会】

- NPO法人青森風力エネルギー促進協議会は日本財団 海と日本プロジェクトの一環で小学生向けに「親子で作ろう！浮かぶ風車」を青森県内3か所で開催。風力発電の概要や、洋上風車キットを用いた組み立て体験を行っており、子どもたちが洋上風力を知り、興味を持つきっかけとなることが期待される。
- ① エネルギーと風車の話:紙芝居を用いて分かりやすく、エネルギーとは何か、風力発電とは何かを説明
 - ② 浮かぶ風車を作ろう:洋上風車キットのブレードやナセルの組み立てについて実演を交えながら、参加者へレクチャー
 - ③ 風車を浮かべてみよう:実際に海に入り、組み立てた風車を浮かべる体験会を実施

「親子で作ろう！浮かぶ風車 in 青森」の講義の様子



出所)NPO法人青森風力エネルギー促進協議会「小学生向けワークショップ「親子で作ろう！浮かぶ風車 in 野辺地」を開催しました」(<https://www.awepc.jp/news/1079>) <閲覧日:2023/2/28>
 NPO法人青森風力エネルギー促進協議会「小学生向けワークショップ「親子で作ろう！浮かぶ風車 in 中泊」を開催しました」(<https://www.awepc.jp/news/1108>) <閲覧日:2023/2/28>
 NPO法人青森風力エネルギー促進協議会「小学生向けワークショップ「親子で作ろう！浮かぶ風車 in 青森」を開催しました」(<https://www.awepc.jp/news/1120>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

124

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:風力発電に触れる機会の創出【日本財団】

- 日本財団オーシャンイノベーションコンソーシアム(以下、OIC)では、将来の海洋開発産業を担う人材の育成を図るため、洋上風力を含む海洋開発を題材とした、各種セミナーやインターンシップ、サマースクールを開催。
- 海洋開発サマースクールは、海洋開発産業において活躍する意思を持つ学生を対象に、将来必要となる知識や国際性をより実践的なレベルで経験してもらうことを目的とし、他の学生たちと切磋琢磨しながら、海洋開発の現場を学ぶとともに、英語の応用力を習得することが可能なプログラムが組まれている。
- 2022年は、スコットランド、ノルウェー、アメリカ、オランダの4カ国にて本サマースクールが開催され、オランダでは、洋上風力発電に特化したコースが設定された。

日本財団オーシャンイノベーションコンソーシアムの活動概要



主な取組み(洋上風力を含む海洋開発が題材)

- 海洋開発オリエンテーションセミナー
- 海洋開発業界セミナー
- 海洋開発業界セミナー
- 設計・製作セミナー
- プロジェクトベースラーニング
- 海外インターンシップ
- 海洋開発サマースクール

オランダでの海洋開発サマースクール
【期間】2022年:8月15日～9月9日
【場所】デルフト
【ホスト校】DOB-Academy,
Delft University of Technology
【内容】洋上風力発電に特化したコース
【参加人数】学生12名、社会人3名

出所)日本財団オーシャンイノベーションコンソーシアムプログラム紹介ページ(<https://project-kaiyokukaiatsu.jp/program/>) <閲覧日:2023/2/28>に一部加筆の上三菱総研作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け:風力発電に触れる機会の創出【北九州市】

- 北九州市では、洋上風力発電への関心が高く、次世代を担う全国の大学生・大学院生を対象に、産学官が連携した研修プログラムと学生の交流機会を提供する洋上風力発電研修を開催した。
- 北九州市と秋田、千葉、長崎など洋上風力発電を推進する地域も含め、10大学32名が参加した。

「北九州市洋上風力キャンプ×SDGs」のプログラム

日程	場所	主な内容(予定)
1日目	北九大サテライトキャンパス	オリエンテーション 講義1 仮)エネルギー政策と洋上風力発電 講義2 仮)脱炭素社会への移行と展望 洋上風力発電施設等の見学(船で移動) チームビルディング
2日目	環境ミュージアム	講義3 仮)脱炭素社会への挑戦(政策) 講義4 仮)脱炭素社会への挑戦(技術) 講義5 仮)ゼロカーボンシティに向けた自治体の取り組み 講義6 仮)洋上風力発電実証事業から見た北九州市沖の課題と可能性 講義7 仮)洋上風力発電事業に向けて直面した課題と展望 グループワーク
3日目	北九大サテライトキャンパス	講義8 仮)洋上風車の開発・設計 講義9 仮)洋上風力の風況予測 講義10 仮)風車メーカーからみた日本のポテンシャル 洋上風力発電関連企業の見学+意見交換(1回目) グループワーク
4日目		講義11 仮)洋上風力発電と海洋空間計画 講義12 仮)洋上風力発電と漁業の共生 講義13 仮)洋上風力発電と経済性評価 洋上風力発電関連企業の見学+意見交換(2回目) グループワーク
5日目		成果報告会

出所)北九州市「北九州市洋上風力キャンプ×SDGs」(<https://windfarmcamp-kitakyushu.hub.arcgis.com/>) <閲覧日:2023/2/28>

北九州市「北九州市洋上風力キャンプ×SDGs」のスケジュール(<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000987266.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>より三菱総研作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け：風力発電に触れる機会の創出【東大先端研・いわき市】

- 東京大学先端科学技術研究センターはいわき市と連携し、震災により多大な影響を受けた産業界の復興を果たすべく、いわき市が目指す風力発電産業の形成に向けて、持続可能かつ自立的な産業基盤形成を目指し、風力高度人材育成(若者)、産業基盤人材(企業)育成に取り組んでいる。
- その一環として、風力業界への市場参入を目指す企業、実際に業界で活躍する企業から実践教育を受けるインターンシップを実施した。
 - 対象：福島高専4年生8名
 - 期間：2020年12月7日～12月11日(5日間)
 - 協力企業：北拓、FREA、会川鉄工、ボックス情報システム

風力インターンシップの様子(福島高専)



出所)福島イノベーション・コースト構想推進機構「事業名: CENTER for Wind Energy Phase-Ⅲ」2020年度補助事業の実績・成果」(https://www.fipo.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/04/02_%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E5%A4%A7%E5%AD%A6%EF%BC%88%E3%81%84%E3%82%8F%E3%81%8D%E5%B8%82%EF%BC%89%EF%BC%BBPDF%E5%BC%8F293KB%E5%BC%BD.pdf) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け：洋上風力専門高等教育プログラム【長崎大学】

- 長崎大学を含む産学コンソーシアムの「洋上風力発電大学教育カリキュラム等整備事業」が経産省の令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金に公募採択された。
- 地元に風力発電計画を持つ地方大学と、発電事業者を中心とする企業がコンソーシアムメンバーとして参加。
- 産業界の知見や、先端研究や技術認証を行う機関、専門性の高いシンクタンクの協力を得て、海洋開発を担う人材を生み出す「しくみとカリキュラム」の検討を行う。
 - 国内外の事例調査やミーティング等により検討する。
 - 海洋開発人材の育成は、洋上風力産業の競争力の強化や地域創生にも繋がると期待されている。
- その他にも、「長崎海洋アカデミー」のプログラムを取り入れた学生向けの講座開発や、企業現場での長期インターンシップ、また発電事業者が有する風力発電所と連携する学生教育などの新たな手法の導入なども検討していく予定。

「洋上風力発電大学教育カリキュラム等整備事業」におけるコンソーシアム参加メンバーと協力パートナー

役割	大学/企業/機関	
コンソーシアム参加メンバー	大学	長崎大学(代表補助事業者)
		秋田大学
		秋田県立大学
		北九州市立大学
		千葉大学
	企業	九電みらいエナジー株式会社
		三菱商事洋上風力株式会社
		株式会社 JERA
		東京電力RP株式会社
		中部電力株式会社
協力パートナー	先端研究機関(大学)	東京大学
	技術認証機関	日本海事協会
	専門家	シンクタンク

出所)PwC「経済産業省資源エネルギー庁 令和4年度「洋上風力発電人材育成事業費補助金」における補助事業者の公募結果の公表について」(<https://www.pwc.com/jp/ja/news-room/offshore-wind-turbine-public-offer2209.html>) <閲覧日:2023/2/28>

表出所)千葉大学「産学のコンソーシアムによる洋上風力発電大学教育カリキュラム等整備事業」が経済産業省資源エネルギー庁の「洋上風力発電人材育成事業費補助金」に採択～5地方大学と5発電事業者が産学のコンソーシアムを形成し、洋上風力発電分野の大学における人材育成体制の整備を目指す～」(https://www.chiba-u.ac.jp/others/topics/info/post_1126.html) <閲覧日:2023/2/28>を基に三菱総研が作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査 ③将来人材の育成

高校生・大学生向け：洋上風力専門高等教育プログラム【九州大学】

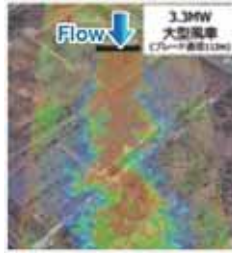
- 九州大学が取り組む、洋上風力産業エンジニア向け人材育成プログラムの構築が、経産省の令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金に採択された。
- 2022年4月1日に「洋上風力研究教育センター」を設置しており、洋上風力研究実績をベースに関連研究資源を集約することで、世界最高水準の洋上風力関連研究・教育の拠点を目指している。
- 九州大学では、独自の風車技術や浮体技術(ハード面)と風況解析技術、流体構造解析技術(ソフト面)の研究実績を持っており、風車開発が可能とされている。
 - 研修部門としては、マルチスケール洋上風況研究部門、次世代洋上風力発電研究部門、支持構造物・洋上送電研究部門、脱炭素エネルギーマネジメント研究部門が創立されている。
- 合わせて、センターを核にして、産学官の経験・ノウハウ・能力の結集を目指す「洋上風力産学官連携コンソーシアム」を設立。2022年10月段階で41団体の民間企業、教育機関、自治体が主に参加している。

2MWスパイ型浮体式風車



(支持構造物・洋上送電研究部門)

風車ウェイク予測



(マルチスケール洋上風況研究部門)

一点係留2枚翼ダウンウインド浮体式洋上風車



(次世代洋上風力発電研究部門)

出所)

九州大学、洋上風力研究教育センターパンフレット、(<https://recow.kyushu-u.ac.jp/%e7%b5%84%e7%b9%94%e7%b4%b9%e4%bb%8b/>) <閲覧日:2023/2/28>九州大学、洋上風力研究教育センター「コンソーシアムに6団体が新たに加入」(<https://recow.kyushu-u.ac.jp/%e3%82%b3%e3%83%b3%e3%82%bd%e3%83%bc%e3%82%b7%e3%82%a2%e3%83%a0%e3%81%ab%ef%bc%96%e5%9b%a3%e4%bd%93%e3%81%8c%e6%96%b0%e3%81%9f%e3%81%ab%e5%8a%a0%e5%85%a5/>) <閲覧日:2023/2/28>

Copyright © Mitsubishi Research Institute

129

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

【参考】資源エネルギー庁令和4年度「洋上風力発電人材育成事業費補助金」採択状況

- 国内の長期的かつ安定的な洋上風力発電の普及に向けて、経産省資源エネルギー庁は、国内洋上風力人材の育成にかかる費用の補助事業を実施。2022年の7月から公募が開始され、9月に採択事業者が決定した。
- 補助事業者は、洋上風力に係る人材育成を行う民間事業者、教育機関、公的研究機関や地方公共団体等が対象で、下記事業に対する補助が行われる。
 - 事業開発(ビジネス・ファイナンス・法務関連)、エンジニア(設計・基盤技術・データ分析関連)、専門作業員(建設・メンテナンス関連)の分野別に必要となるカリキュラムの策定。
 - カリキュラムの実施に必要な実験設備及び風車設備のメンテナンスや洋上作業に係る訓練を行うためのトレーニング施設等の整備。

令和4年度採択事業者一覧

カテゴリー	代表団体名	事業名
カテゴリーa 事業開発(ビジネス・ファイナンス・法務関連)人材育成事業	国立大学法人長崎大学	● 産学のコンソーシアムによる洋上風力発電大学教育カリキュラム等整備事業
カテゴリーb エンジニア(設計・基盤技術・データ分析関連)人材育成事業	国立大学法人九州大学	● 洋上風力産業エンジニア向け人材育成プログラムの構築
カテゴリーc 専門作業員(建設・メンテナンス関連)人材育成事業	株式会社北拓	● 洋上風力発電のO&M(運用・保守管理)に特化したトレーニング設備を通じた人材育成事業
	MOLマリン&エンジニアリング株式会社	● 洋上風力発電事業に従事するDPS(自動船位保持装置)搭載作業船の乗組員に対する操船訓練事業
	日本郵船株式会社	● 洋上風力発電専門作業員及び小型作業船(CTV等)乗組員育成のための教育訓練プログラム構築及び訓練環境の整備と海洋人材開発
	株式会社GiraffeWork	● GiraffeWork Powered by MAERSK TRAINING
	株式会社ウィンド・パワー・グループ	● ウィンド・パワー・トレーニングセンター整備運営事業

出所)「洋上風力発電人材育成事業費補助金」事務局、「令和4年度予算「洋上風力発電人材育成事業費補助金」(<https://www.offshore-wind-power.jp/>) <閲覧日:2023/2/28> pwc、「経済産業省資源エネルギー庁 令和4年度「洋上風力発電人材育成事業費補助金」における補助事業者の公募結果の公表について」(<https://www.pwc.com/jp/ia/news-room/offshore-wind-turbine-public-offer2209.html>) <閲覧日:2023/2/28>を基に三菱総研が作成

Copyright © Mitsubishi Research Institute

130

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

【参考】安全作業に関する主要なトレーニング認証制度

- 洋上風力発電の建設、運営、メンテナンスに係る洋上作業実施のためには、下記のトレーニング受講と認証取得を求められる場合がある。
 - 特に海外においては、GWOトレーニング認証は、洋上風力開発のファイナンスや保険付保の条件としてデファクトスタンダードとなっている。
- 日本においても、下記を受講・認証取得が可能な施設整備が進められている。

認証機関・条約名	概要
GWO: Global Wind Organization	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界の風車メーカーと発電事業者によって設立された非営利団体で、風力発電業界における安全な作業環境の実現を支援するためのトレーニング認証を実施。(GWOが認定したトレーニング施設でトレーニングを受講する必要あり) ● 2年に1回更新が必要。
OPITO: Offshore Petroleum Industry Training Organization	<ul style="list-style-type: none"> ● 石油産業従事者の安全な作業標準や作業者の安全教育を普及するための組織。洋上作業における安全確保が目的。 ● 世界の海洋資源開発産業でOPITOが策定した作業標準や訓練方法等を使用。 ● 認証の有効期間は4年。
STCW: The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers	<ul style="list-style-type: none"> ● 国際条約であるSTCW条約に基づき、船員の最低限の能力要件達成を義務づけ。条約加盟国政府はこの条約に基づき、船員の教育機関を監督し、能力証明を行い資格証明書の発給を実施。 ● 能力要件やトレーニングカリキュラム等は国際海事機関(International Maritime Organization)が管理。 ● 5年に1回更新が必要。
IRATA: Industrial Rope Access Trade Association	<ul style="list-style-type: none"> ● ロープアクセス技術者の資質向上や新技術の開発などを行っている世界最大規模の技術者協会。 ● トレーニング認証を実施しており、欧州では基本的にロープアクセス業務に携わる際は、IRATA資格が必須。 ● 3年に1回更新が必要。
一般社団法人特殊高所技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 特殊高所技術の資格認証制度と講習会を実施。 ● 橋梁、水力発電関連施設、風力発電関連施設等における点検・調査・非破壊試験・計測・修理・補修・補強等に活用。 ● 1～3年に1回更新が必要(資格種類により異なる)。

出所)Global Wind Organizationホームページ(<https://www.globalwindsafety.org/>) <閲覧日:2023/2/28>
 IRATA Internationalホームページ(<https://irata.org/>)<閲覧日:2023/2/28>、トラス株式会社ホームページ(<https://www.ropeclimbing.jp/>) <閲覧日:2023/2/28>
 日本サバイバルトレーニングセンターホームページ(<http://n-s-t-c.com/>) <閲覧日:2023/2/28>
 イオスエンジニアリング&サービス株式会社「GWO安全トレーニング」(<https://eos-es.co.jp/img/work/training01.pdf>) <閲覧日:2023/2/28>
 国土交通省ホームページ「STCW条約に基づく船員の資格証明書等」(<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kotsu/bunya/kaiji/stcw.html>) <閲覧日:2023/2/28>
 独立行政法人海技教育機構ホームページ「STCW条約第6章基本訓練講習の開始について」(<https://www.jmets.ac.jp/news/n-2017042401.html>) <閲覧日:2023/2/28>
 一般社団法人特殊高所技術ホームページ(<https://tkqs.or.jp/>) <閲覧日:2023/2/28>

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

【参考】GWOトレーニングに関する規定(1/3)

- GWOのトレーニング規定において、インストラクターと参加者割合が定められている。
- 理論トレーニング(座学)の割合は全て1:12である。実践トレーニングは種類によって、1:4、1:6、1:8、1:12と異なる。

項目	概要	モジュール	インストラクター:参加者	
			理論	実践
1 Advanced Rescue Training Standard	本モジュールにより、参加者は風力発電機で、GWO高所作業を超える業界標準の救助機器、救助方法、及び技術を使用して、負傷者救助活動を実行できるようになる。	ハブ	1:12	1:4
		ナセル・タワー・基礎	1:12	1:4
		Single Rescuer HSIBR	1:12	1:4
		Single Rescuer NTBR	1:12	1:4
		Combined GWO ART module	1:12	1:4
2 Advanced Rescue Refresher Training Standard	ARTトレーニング、高所作業、マニュアルハンドリングトレーニングで得た知識とスキルを、理論と実践のトレーニングを通じて復習し、発展させる。	—	—	—
3 Basic Safety Training	応急手当、高所作業、マニュアルハンドリング、火災に対する認識、海上サバイバルへの知識と技術を持ち、緊急時には負傷者の避難、救助、適切な応急手当ができることにより、参加者自身や業界で働く人々のサポートとケアができるようになる。	BST First Aid	1:12	1:6
		BST Manual Handling	1:12	1:6
		BST Fire Awareness	1:12	1:6
		BST Working at Heights	1:12	1:6
		BST Working at Heights (Onsite)	1:12	1:4
		BST Sea Survival	1:12	1:6

出所)Global Wind Organization, 「Advanced Rescue Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/the-gwo-advanced-rescue-training-standard/>)、
 「Advanced Rescue Refresher Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/advanced-rescue-training-refresher-standard/>)、
 「Basic Safety Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/basic-safety-training-standard/>) <閲覧日:2023/2/28>より三菱総研作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

【参考】GWOトレーニングに関する規定(2/3)

項目	概要	モジュール	インストラクター:参加者		
			理論	実践	
4	Basic Safety Training Refresher Standard	理論的及び実践的なトレーニングを通じて、BSTで既に得た知識と技能を復習し、さらに発展させる。	BSTR First Aid	1:12	1:6
			BSTR Manual Handling Refresher (=BST Manual Handling)	1:12	1:6
			BSTR Fire Awareness Refresher (=BST Fire Awareness.)	1:12	1:6
			BSTR Working at Heights	1:12	1:6
			BSTR Working at Heights (Onsite)	1:12	1:4
			BSTR Sea Survival Refresher (=BST Sea Survival)	1:12	1:6
5	Basic Safety Training Online Partial Refresher (BSTR-P)	GWO BST初期研修又は再研修で既に得た知識や技能を見直し、リフレッシュし、それを基に構築することにより、風力産業におけるケガのリスクを軽減する。	BSTR-P First Aid	1:12	1:12
			BSTR-P Manual Handling Refresher	1:12	1:6
			BSTR-P Fire Awareness Refresher	1:12	1:12
			BSTR-P Working at Heights Refresher	1:12	1:6
6	Basic Technical Training Standard	3つのモジュールと機械モジュールの認定後に受講できる追加設置モジュールで構成されている。	All BTT Modules	1:12	1:8
7	Blade Repair Training Standard	ブレードの修理に必要な知識、スキル、能力をもつことで、風力産業で働く自分自身やほかの人のサポートやケアをすることができるようになる。	Blade Repair	1:12	1:6

出所)Global Wind Organization, 「Basic Safety Training Refresher Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/basic-safety-training-refresher-standard>)、
「Basic Safety Training Online Partial Refresher (BSTR-P)」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/basic-safety-training-refresher-partial>)、
「Basic Technical Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/basic-technical-training-standard>)、
「Blade Repair Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/blade-repair>) <閲覧日:2023/2/28>より三菱総研作成

3.3 洋上風力分野の人材育成に関する国内事例調査

【参考】GWOトレーニングに関する規定(3/3)

項目	概要	モジュール	インストラクター:参加者		
			理論	実践	
8	Control of Hazardous Energies Training Standard	Basic Safety CoHE Module	-	1:12	
		Electrical Safety Module	-	1:8	
		Pressure Fluid Safety Module	-	1:8	
9	Control of Hazardous Energies Refresher Training Standard	同上			
		Basic Safety CoHE Refresher Module	1:12	1:4	
		Electrical Safety Refresher Module	1:12	1:4	
10	Enhanced First Aid Training Standard	高度な救急機器や医療遠隔相談を利用して、遠隔地での人命救助や支援のための安全で効果的かつ迅速な救急処置や高度な救急処置を行うことができるようになる。	Pressure Fluid Safety Refresher Module	1:12	1:4
			EFA module	1:12	1:6
11	Enhanced First Aid Refresher Training Standard	理論的及び実践的なトレーニングを通じて現在のEFAスキルをリフレッシュし、受講者が風力発電産業において安全かつ効果的な強化救急措置を実施できるようにする。	EFAR Module	1:12	1:6
12	Lift Training Standard	3つのモジュールに分かれており、受講者はリフトを操作・作業している間、責任をもって自分自身やほかの人をサポートしケアできるようになる。	Lift User	1:12	1:6
			Lift Commission, Inspection, Installation and Maintenance Module	1:12	1:6
13	Slinger Signaller Training Standard	スリンガー信号機を使って作業する際に与えられた作業を安全かつ効率的に行うために必要な知識、スキル、能力を得る。	Slinger Signaller	1:12	1:6
14	Wind Limited Access Training Standard	2つのモジュールで構成されている、風力発電設備へ頻繁に出入りしない訪問者のための最低限実行可能な安全訓練である。	Onshore Limited Access	1:12	1:6
			Offshore Limited Access	1:12	1:6

出所)Global Wind Organization, 「Control of Hazardous Energies Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/12-control-of-hazardous-energies-training-standard>)、
「Control of Hazardous Energies Refresher Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/control-of-hazardous-energies-refresher-training-standard>)、
「Enhanced First Aid Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/enhanced-first-aid-standard>)、
「Enhanced First Aid Refresher Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/enhanced-first-aid-refresher-standard>)、
「Lift Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/lift-training>)、
「Slinger Signaller Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/slinger-signaller>)、
「Wind Limited Access Training Standard」(<https://www.globalwindsafety.org/standards/wind-limited-access-training-standard>) <閲覧日:2023/2/28>より三菱総研作成

4.洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進 /人材育成必要施策に係る調査

- 4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査
- 4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

4.洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査



アンケート・ヒアリング調査の実施

- JWPA会員企業向けのアンケート調査、国・自治体・教育機関・民間企業・地域金融機関へのヒアリング調査により、洋上風力スキルガイド(第1版)の活用促進策、及び異業種からの参入・人材移転促進策を含む、人材育成の必要施策について情報収集・分析を行った。

アンケート設問(特に本章の分析で用いた内容)

大項目	小項目
2.1洋上風力発電関連人材の育成に当たり、現在貴社で行っている人材育成方法や利用しているサービスについて、当てはまる選択肢に○をつけてください。 差し支えなければ、具体的なトレーニングメニューや人材育成機関名等を自由記述欄にご記入ください。 また、各育成方法・サービスの利用に当たり、課題に感じている事項があればその理由と合わせてご回答ください。	2.1.1現在実施中の自社の設備やリソースを用いた人材育成
	2.1.2現在実施中の外部のトレーニング施設を利用した洋上安全作業訓練
	2.1.3現在実施中の外部の専門教育プログラムを利用した人材育成(洋上安全作業訓練以外)
	2.1.4その他現在実施中の人材育成施策
2.2洋上風力発電関連人材の育成に当たり、今後実施・利用予定又は検討中の人材育成方法やサービスについて、当てはまる選択肢に○をつけてください。 差し支えなければ、具体的なトレーニングメニューや人材育成機関名等を自由記述欄にご記入ください。 また、各育成方法・サービスの利用に当たり、課題に感じている事項があればその理由と合わせてご回答ください。	2.2.1今後予定している自社の設備やリソースを用いた人材育成
	2.2.2今後予定している外部のトレーニング施設を利用した洋上安全作業訓練
	2.2.3今後予定している外部の専門教育プログラムを利用した人材育成(洋上安全作業訓練以外)
	2.2.4その他今後予定している人材育成施策
2.3洋上風力発電関連人材の育成に当たり、外部の洋上安全作業訓練等のトレーニング施設もしくは専門教育プログラムに対して具体的な要望事項があればその理由・背景と合わせてご回答ください。	2.3.1外部の洋上安全作業訓練等のトレーニング施設に関する具体的な要望(自由記述)
	2.3.2外部の専門教育プログラム(洋上安全作業訓練以外)に関する具体的な要望(自由記述)
2.4『洋上風力スキルガイド(第1版)』についてご回答ください。	2.4.2洋上風力スキルガイドに対する改善要望(自由記述)
2.5洋上風力発電関連人材の育成に必要な施策について、特にニーズが高いと考えるもの上位5つに○をつけてください。また選択した理由やご意見などございましたら、右欄の「具体的なご意見」にご記入ください。	

ヒアリング先一覧

ヒアリング先	ヒアリング内容		
	スキルガイドの改善点	異業種からの人材移転促進策	人材育成の必要施策
自治体	○	○	○
国	○		○
航空業界A社	○	○	○
自動車業界B社	○	○	○
教育機関C	○		○
金融機関	○	○	○
メンテナンス業者	○		○
トレーニングセンターD社	○		○
トレーニングセンターE社	○		○
教育機関F	○		○

4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査

【参考】洋上風力スキルガイド(第1版)の概要

- 洋上風力スキルガイド(第1版)は、高校生や大学生、社会人、自治体・教育機関の方々を対象に、①異業種からの技術者の移動・転換の推進、②自治体・教育機関における教育プログラム充実化、③若い世代における認知度向上を実現することを狙いとして作成。
- 第1章、第2章において、洋上風力の基本的な理解醸成のため、洋上風力の技術や政策、洋上風力発電事業の概要を整理。
- 第3章、第4章、第5章において、必要人材・業務内容、関連のある産業・職種、必要資格・スキルを解説。
- 第6章では、スキル習得のための参考情報を整理。

洋上風力スキルガイド(第1版)の構成と解説内容

章	解説内容
第1章: 洋上風力の技術と未来	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力技術の概要 ● 洋上風力導入拡大の意義と将来性
第2章: 洋上風力発電事業の全体像と流れ	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力発電事業の全体像 ● 各業務分野の概要
第3章: 洋上風力の必要人材と業務内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 各業務分野で必要とされる人材一覧 ● 各必要人材の業務内容(タスク)の概要
第4章: 洋上風力と親和性の高い産業・職種	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力と親和性の高い産業一覧 ● 洋上風力と親和性の高い職種一覧
第5章: 洋上風力の必要資格・スキル	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力に必要な主要な資格一覧 ● 業務分野別の必要資格・スキル一覧
第6章: 参考情報	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上安全作業訓練 ● 洋上風力人材育成取組み事例 ● 風力発電分野で活動する企業紹介用語集



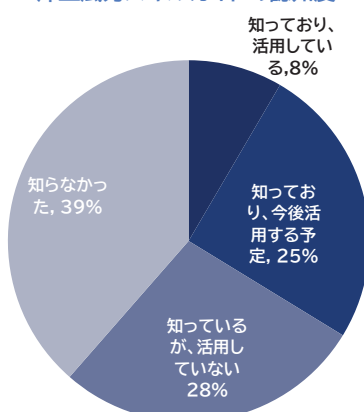
4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査

洋上風力スキルガイドの活用状況(アンケート調査結果)

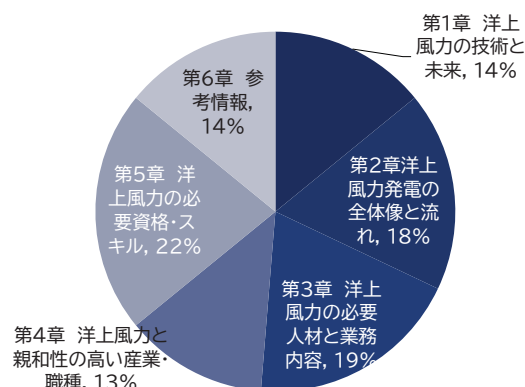
- アンケート調査において、洋上風力スキルガイドの活用状況等について確認した。
- 約6割の回答者が洋上風力スキルガイドを認知していたが、認知していない回答者も4割近くいた。また、活用している、もしくは今後活用する予定と回答した割合は約1/3にとどまり、活用していない理由としては、「まだ活用する場面がない」との回答が6割以上の割合を占めた。
- 今後活用予定の章については、第5章(洋上風力の必要資格・スキル)が最も多いが、その他の章についても一定割合の回答を得られ、全章を通じて活用ニーズがあることが確認された。
- 自由記述における具体的な改善要望としては、定期的な更新・アップデートを望む意見が多かった。また、洋上風力スキルガイドの活用事例があるとよいとの意見もあった。

アンケート調査による洋上風力スキルガイドの活用状況等の確認結果

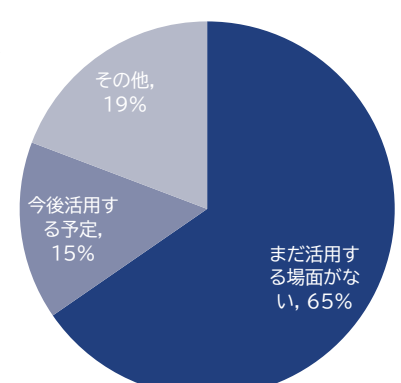
洋上風力スキルガイドの認知度



今後活用予定の章



洋上風力スキルガイドを活用していない理由



4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査

洋上風力スキルガイドの改善点に係るヒアリング調査結果

- 洋上風力スキルガイドは、ヒアリングを通じて好評であり、情報の充実度と網羅性を評価する声が大半であった。
- 改善点としては、全体ボリュームが多いため情報提供方法を工夫することや、具体的な仕事のイメージが把握できる内容の拡充や、学生が就職を検討する際に必要な詳細情報の掲載に対する意見が挙げられた。
- 異業種へのヒアリングを通じては、洋上風力スキルガイド及び洋上風力分野自体の認知度が低い点が課題に挙げられた。異業種の人材移転促進を図るためには、まず洋上風力分野を知ってもらうことに注力する必要があることが認識された。

洋上風力スキルガイドの改善点についてヒアリング調査で挙げられた意見例

情報提供方法の工夫



教育機関

洋上風力スキルガイドはボリュームが多く確認するのが大変。



トレーニングセンター

包括的でよく編纂されているが、全部を読むにはボリュームが多い印象を受けた。

認知度向上



異業種

洋上風力スキルガイドのことを知らなかった。

洋上風力の情報については、国や自治体といった公的主体のホームページを確認している程度である。

職業情報の拡充



教育機関

学生側は仕事のイメージがついていないため、先輩の就職先や口伝えで進路選択する方が多い。

どの職種にどの程度の人材募集、需要があるのか、内訳を知りたい。
職種別の競争倍率は学生も気になる点である。

例えば大学生だと洋上風力の事務系、エンジニア・生産系別にキャリアパスがあるとよい。



教育機関

石炭火力や化学プラント、原子力、水力関係のプラントの技術者の参入を促すなら、その能力のこういった部分が活用できるといった記述があると参考になる。

4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査

アンケート・ヒアリング調査を踏まえた洋上風力スキルガイドの改善点

- アンケート・ヒアリング調査では、洋上風力スキルガイドの改善点について下記の意見を得た。

洋上風力スキルガイドの改善点に関するアンケート・ヒアリング調査結果の概要

洋上風力スキルガイド構成	改善点に関するご意見・示唆
全般	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報のアップデート: 洋上風力分野は市場の動きが激しく、常に情報がアップデートされていくため、洋上風力スキルガイドも同様に修正更新が必要。 ● 他業界を含む広報の強化: 他業界から洋上風力スキルガイドの認知度が低い、情報にたどりつけないという意見あり。関連省庁(経産省、環境省、厚生労働省等)や自治体等のホームページに掲載依頼をするなど広報活動の強化が有効。 ● 概要版の作成: 自治体や教育機関が利用しやすいよう、概要版を作成。
第1章: 洋上風力の技術と未来	—
第2章: 洋上風力発電事業の全体像と流れ	—
第3章: 洋上風力の必要人材と業務内容	<ul style="list-style-type: none"> ● キャリアパスや業務内容に関する情報の拡充: 学生や転職希望者向けに、洋上風力分野のキャリアパスに関する情報を追加すると有効。また、企業での洋上風力関連業務の事例紹介により、より実感をもって理解してもらうことも有効。 ● 必要人材数に関する情報拡充: どの職種にどの程度の需要があるのか、具体的な推計数を提示
第4章: 洋上風力と親和性の高い産業・職種	—
第5章: 洋上風力の必要資格・スキル	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要スキル・知識に関する情報拡充: 各人材に求められる必要スキルや知識について、さらに情報を具体化することで、教育機関におけるカリキュラム検討に有用となる。 ● 必要スキルへの国際コミュニケーション能力の追加: 洋上風力市場は海外企業とのコミュニケーションが必須であるため、円滑な国際コミュニケーションを可能とする語学力を養う必要性を記載。 ● 情報提供方法の工夫: 教育機関や企業における教育カリキュラムの検討において使いやすいよう、必要資格別や人材種類別に詳細情報を整理するなど、ユーザーインターフェースを含めた情報提供方法の工夫を行う。
第6章: 参考情報	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力スキルガイドの活用事例の追加: 具体的な活用まで至っていない企業・機関が多かったことから、国・自治体・教育機関・金融機関等における活用を促進することを目的に、活用事例を掲載。 ● 自治体等における人材育成に関する事例の追加: 自治体等における洋上風力に関する人材育成や企業参入支援の取り組み(専門家派遣、マッチングイベント等)に関する事例紹介することにより、参考情報を充実化。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● job tagにおける風力関連職種の情報拡充: 洋上風力発電関連業務の情報を拡充し、関連するキーワード検索でヒットするように工夫するなどして、洋上風力分野への関心を増やす。また、給与や待遇等の情報も拡充することが有効。

4.洋上風力スキルガイド活用促進策・人材移転促進/人材育成必要施策に係る調査

4.1 洋上風力スキルガイド活用促進策に関する調査

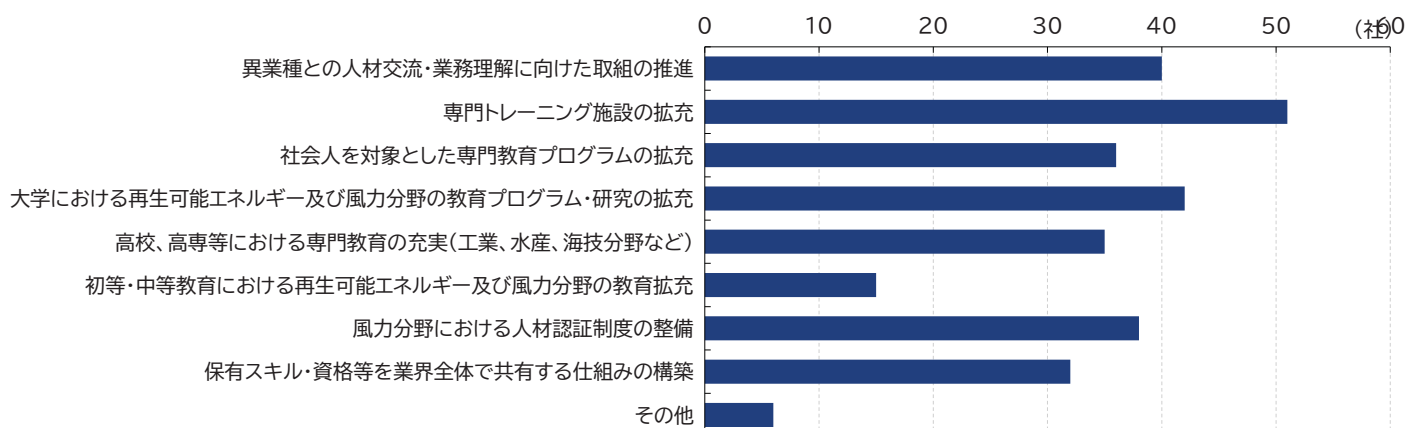
4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

特に重要と考える必要施策(アンケート調査結果)

- アンケート調査において、異業種からの人材移転促進や人材育成に向けて、特に重要と考える施策を確認したところ、ほとんどの施策において同水準の回答数が得られた。
- 即戦力人材の育成に関しては、洋上安全作業等に関する専門トレーニング施設や、社会人向けの専門教育プログラムの拡充を求める意見が最も多く、関連企業において最もニーズの高い施策であることが確認された。
- また、異業種の参入促進に向けた取組みや、人材認証制度の整備に対しても高いニーズが確認された。
- 将来人材の育成として、大学や高校・高専等における専門教育の充実を求める声も多かった。

人材育成の必要施策に関する意見のアンケート調査結果



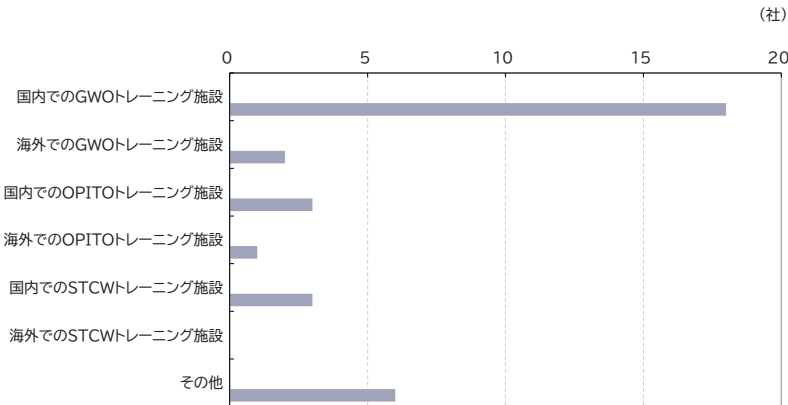
4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

専門トレーニング施設の現状と課題(アンケート調査結果)

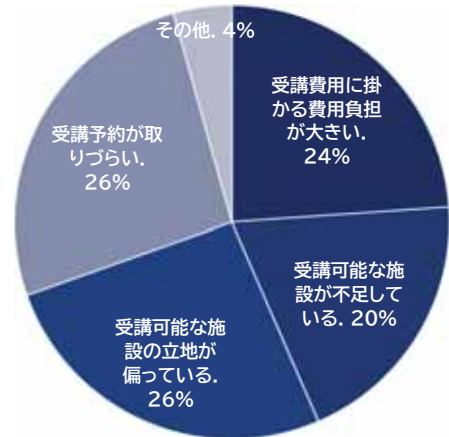
- アンケート調査において、現在用いている外部のトレーニングサービスについて確認したところ、洋上安全作業訓練については、大半の企業が国内のGWOトレーニング施設を利用している。
- 国内のGWOトレーニング施設の課題を確認したところ、施設数・立地・予約容易性など、トレーニング施設の拡充に関する回答が約7割を占めた。また、受講費用の負担を課題と考える企業も多く存在している。
- 今後利用を予定している外部サービスについても同様に確認したところ、傾向はほぼ同じであった。

専門トレーニング施設の現状と課題に関するアンケート調査結果

現在実施中の外部のトレーニング施設を利用した洋上安全作業訓練



国内GWOトレーニング施設に関する課題



4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

人材育成の必要施策に対する意見(アンケート調査結果)(1/2)

- 異業種参入に前向きな声が多く寄せられ、風力業界への参入検討企業への技術移転協力も意見に挙げられた。
- 洋上安全作業訓練等のトレーニング施設については、トレーニング内容の拡充や、1つの施設で必要なプログラムを一括で受けられる体制や風車メーカーと連携したトレーニングプログラムを望む声などが寄せられた。また、トレーニング施設数の増加、プログラム期間の短縮、有効期限の延長、費用の低廉化を望む意見が見られた。
- 専門教育プログラムについては、教育プログラムの拡充や、より実践的な教育内容を求める意見が寄せられた。

人材育成の必要施策に関するアンケート調査結果

必要施策		必要施策への意見
異業種参入促進	異業種参入支援	<ul style="list-style-type: none"> ● 他分野(Oil&Gas業界等)からの即戦力人材確保(現場技術員、船舶操縦人員等) ● 風力業界への参入を検討されている企業への技術移転協力
専門トレーニング施設の拡充	トレーニング内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 機関別の独自プログラムではなく、GWO等の一貫したプログラムや国際的な標準規格に準拠したプログラムの提供 ● 日本の法律や海上工事の慣習に合わせたプログラム内容 ● 1施設に関連する必要トレーニングを一括で受講可能な体制の構築 ● 専門人材(マリンコーディネーター、ドローン操作、風車内のメンテナンス技術者)を育成するトレーニング ● 各風車メーカーが提供する各種テクニカルトレーニングを国内で受講できる体制の構築 ● インストラクターを育成するトレーニングプログラム
	施設数・設備	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要人材数に対するトレーニング施設数の不足 ● 立地の偏りを解消する必要性、地方別のトレーニング施設の立地の必要性 ● トレーニング設備の充実化(模擬的なヘリデッキ設備や風車設備の設置、船舶から風車への乗り移り訓練用設備等)
	トレーニング回数・費用	<ul style="list-style-type: none"> ● プログラム期間の短縮化 ● 訓練の有効期間の延長(GWO) ● 費用の低廉化
社会人を対象とした専門教育プログラムの拡充	教育プログラム数	<ul style="list-style-type: none"> ● 体系的かつ要点を押さえたテキストを用いた安価もしくは無料の教育プログラム(水力発電では新エネルギー財団等による教育プログラムが存在)
	教育内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 専門性が高い各分野での知識の向上や、技術力の向上に資するプログラム ● 製造分野におけるAPQP4Wind教育に対応する機関の拡大 ● 基礎的設計について、概念的な教育ではない、より具体的な教育内容 ● CTV操船技術を習得できるプログラム ● トランジションピースのモックアップに関するプログラム ● 多言語対応(同時通訳)のプログラム

4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

人材育成の必要施策に対する意見(アンケート調査結果)(2/2)

- 大学教育に関しては、大学における研究拡充による洋上風力産業全体の底上げや、洋上風力特有の専門分野(洋上土木、造船工学等)における教育の活性化に対する意見が挙げられた。
- 高校・高専等教育に関しては、若い世代における洋上風力分野への関心度向上の必要性が挙げられた。
- 人材認証制度やスキル共有の仕組みに関しては、日本の法制度(電事法、港湾法等)に沿った資格制度の必要性や、認証制度が未整備である人材における制度整備、各教育機関が実施するスキル教育のレベルや水準を合わせていく必要性に対する意見が挙げられた。

人材育成の必要施策に関するアンケート調査結果

必要施策	必要施策への意見
大学における再生可能エネルギー及び風力分野の教育プログラム・研究の拡充	<ul style="list-style-type: none"> ● 大学における研究の拡充による洋上風力産業全体の底上げ ● 洋上土木・開発分野(海底地質関係含む)への取り組み ● 造船工学分野の活性化 ● 海外の知見の国内への蓄積、国内から海外に発信できるレベルの専門的知見の獲得
高校・高専等における専門教育の充実	<ul style="list-style-type: none"> ● 高校時代から洋上風力に関心を持つ人材の裾野を広げるための教育 ● 現場で活躍する若い人材(技術者・英語力のある海技士)の育成
風力分野における人材認証制度の整備	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本の法制度(電事法、港湾法等)に沿った資格制度 ● 認証制度が未整備な人材への対応(ヘリコプターによるホイスト運航を保守点検員が利用する場合の安全訓練の認証、マリナーコーディネーター等)
保有スキル・資格等を業界全体で共有する仕組みの構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 各教育機関が実施するスキル教育のレベル・水準の統一
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 関連資格取得への補助・助成等 ● 海外の知見吸収、海外企業との協議を可能とする語学力の強化

4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

【参考】人材育成の必要施策に対するアンケート調査結果抜粋(1/2)

必要施策	回答者業種	意見概要
異業種との人材交流・業務理解に向けた取組の推進	メンテナンス	産業の未成熟の課題を解決するに必要
	輸送・建設	弊社の商材を使用する側・製造する側の意見をすり合わせて最適な製品・サービスを供給したい
	コンサルタント	漁業者をはじめとするステークホルダーとの理解醸成や、新しい産業の創出
	風力発電事業者	担当者の知識の向上や、異業種交流による多方面からの視点での新たな取り組みが考えられる
	土木・建築(EPC)	黎明期では他分野からの人材確保が必要
	風車メーカー・代理店	早急な人材不足を補う方法として必要
	その他	特に洋上風力先進国人材との交流、ガラバコ化を回避
	メンテナンス	風力業界への参入を検討されている企業への技術移転協力
	風力発電事業者	現場技術員、船舶操縦人員の確保が喫緊の課題
	電気設備・電気系機器	日本の洋上風力発電事業が成功して行くためには、関連異業種も含めた相互シナジー効果も必要
専門トレーニング施設の拡充	風力発電事業者	洋上風力では様々な分野の知識や技術が必要であり、今までつながりがなかった企業との連携が必要になる
	コンサルタント	例えば、環境アセスメントも具体的な事業計画・内容を知ること、事業者との意思疎通が円滑化する
	風力発電事業者	風力分野で活かせる産業(例えばoil&gas)との交流により、人材を確保する
	メンテナンス	マリナーコーディネーターを育成する施設を設置し、人材育成に活用したい
	風車構成機器・機械系機器	ドローン操作、風車内のメンテナンス技術者のトレーニングが必要
	風力発電事業者	必要とする人材数に比較して受講施設が少ないと感じる
	メンテナンス	インストラクターの確保が重要。早期に確保するためには、国内外の風力メーカーのブレードSVを招聘することが有効
	電気設備・電気系機器	多くの作業者が不慣れな洋上での作業を行うようになるため、実態を再現した体感トレーニングが必要
	その他	機関ごとの差が生じないよう、また選定に当たっての偏りがなくなるよう、ダイバースライセンスのように各機関毎に独自化した資格ではなく、GWOのような一貫した一択のプログラムの策定・指定が必要
	土木・建築(EPC)	GWO等の訓練は、プロジェクト組成のためある程度欧州の慣習に倣うことは仕方がないが、施工環境等の違いを考えると過大な訓練内容も含んでいる。日本の法律や海上工事の慣習に合わせた訓練コースの作成が望まれる。また、訓練の有効期間の延長も考えるべき
土木・建築(EPC)	今後トレーニングの予約が取りにくくなることを考慮し、福岡に加えてもう一箇所、東・北日本にトレーニング施設を増やすことw希望	
輸送・建設	同じ施設で必要な訓練を一通り受講できることが望ましい	
輸送・建設	ヘリコプターのホイスト運航訓練を行うための、模擬的なヘリデッキ設備及び風車設備の設置	
土木・建築(EPC)	拘束期間が長く、業務に支障をきたすケースもあり、もう少し期間が短いことが望ましい	
風車メーカー・代理店	船舶から風車への乗り移りに関しては、実際の環境に近い施設での訓練が無いと、いきなり現地で本番となるのは危険	
風力発電事業者	関連人材を早期に増やしていくためには国内に複数の施設があるべき	
メンテナンス	GWOTトレーニングセンターが少なく移動費が多くなるため、関東圏・関西圏の設立を希望。今後ブレードメンテナンス教育の需要が高まるため、多くのセンターの開設が望まれる	
風力発電事業者	受講費用が高額	
土木・建築(EPC)	各風車メーカーが提供する、WTG主要部材揚重・組立及びスイッチギア組立に関する各種テクニカルトレーニングの国内での受講体制	
メンテナンス	ブレードメンテナンス教育は、風力メーカーの知識を体得する必要があるため、風力メーカーの協力が求められる。また、未経験者がブレードリペアを体得するには多くの時間を必要とするため、メーカーを巻き込んだ教育プログラムの構築は速やかに行わなければならない。	

4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

【参考】人材育成の必要施策に対するアンケート調査結果抜粋(2/2)

必要施策	回答者業種	意見概要
社会人を対象とした専門教育プログラムの拡充	風力発電事業者	専門性が高く各分野での知識の向上や、技術力の向上が求められる
	コンサルタント	再生可能エネルギーに関連・対応した学術分野について、実際に業務で対応している社会人技術者の教育が必要
	土木・建築(EPC)	基礎的設計について、概念的な教育はあるが、設計に即した具体的な教育をしてほしい
	コンサルタント	歴史のある水力発電については体系的かつ要点を押さえたテキストを用いた安価もしくは無料の研修(新エネルギー財団等)が開催されているが、風力についても同様の研修が開催されることを期待
	風車メーカー・代理店	製造に関してはAPQP for Windの教育が必須となる。現在はDNV等限られた機関での対応となっている
	風力発電事業者	多言語対応(同時通訳)
大学における再生可能エネルギー及び風力分野の教育プログラムの拡充	風力発電事業者	CTV操船技術を習得できるプログラムがあると良い(TPのモックアップも必要)
	風力発電事業者	受験問題に再生エネや洋上風力関連の問題を散りばめれば受験生は自然と勉強を通じて関心を高めると期待される
	コンサルタント	再生可能エネルギーとしての横断的な取組が必要
	風力発電事業者	大学による研究の拡充による今後の風力事業全体の底上げが期待できる
	その他	洋上開発(海底含む)分野への取り組み、造船工学分野の活性化
高校、高等等における専門教育の充実(工業、水産、海技分野など)	土木・建築(EPC)	海外の知見を国内に蓄積し、今後は国内から海外に発信できるほどの専門的知見を養うべき
	土木・建築(EPC)	要員の裾野を広げるための教育が必要
	メンテナンス	風力発電現場で活躍する若い人材を採用したい
	風力発電事業者	高校時代より風力事業に対するの興味を持っていただき、知識のベースを形成することが好ましい
初等・中等教育における再生可能エネルギー及び風力分野の教育拡充	その他	英語力のある海技士育成
	土木・建築(EPC)	洋上風力業界で働きたいと思う人材を早期に育成する環境が必要
	—	(具体的な意見なし)
風力分野における人材認証制度の整備	メンテナンス	マリンコーディネーターなど、今後必要となってくる人材の資格認定が必要となる
	コンサルタント	わが国の国情に合った認証制度が必要
	土木・建築(EPC)	既存の資格等を有効活用し、資格や認証が乱立しないようにしてほしい
	輸送・建設	ヘリコプターによるホイスト運航を保守点検員が利用する場合、安全上の訓練を受ける必要があるが、体系だった整備が未着手である
	電気設備・電気系機器	欧州とは違った日本の洋上風力発電を安全に効率良く事業を進める人材の確保が必要
保有スキル・資格等を業界全体で共有する仕組みの構築	メンテナンス	GWOなどの資格保有者(有効期限)を現場で厳格に管理する必要がある
	コンサルタント	わが国の法制度(電事法、港湾法等)に沿った資格制度が必要
	電気設備・電気系機器	各教育機関が実施する必要スキルのレベルを合わせる必要がある
その他	土木・建築(EPC)	日本の建設業の実態にあった人材教育・トレーニング(GWO等)の運用
	輸送・建設	関連資格取得への補助・助成等
	その他	洋上風力に関する国際的な標準規格、安全管理規則等に合致する教育・育成
	土木・建築(EPC)	海外の知見を吸収し、更には問題点を海外勢と議論するレベルの語学力が決定的に不足している

4.2 人材移転促進/人材育成必要施策に関する調査

異業種からの人材移転促進策に係るヒアリング調査結果

- 異業種(自動車業界、航空業界)や、参入可能性のある地域企業との接点を持つ自治体・地域金融機関へのヒアリング調査により、人材移転促進に関する課題や必要施策を把握した。
- 異業種においては、洋上風力分野と共通の課題として、現場の人材不足が生じており、洋上風力分野への人材転用をすぐに行うことは難しいという意見が挙げられた。
- 地域企業においては、洋上風力市場の収益性・有望性に関する情報が不足していることから、新規参入の経営判断が難しいという課題が挙げられた。また、求められるスキル・技術のミスマッチの可能性が挙げられた。
- 異業種や地域企業双方において、海外の具体的な参入事例や収益構造、求められる人材数等の情報を拡充することが、異業種からの参入・人材移転促進の環境整備として重要であるという示唆が得られた。

異業種からの人材移転促進策に係るヒアリング調査結果

参入を検討する側の意見



異業種A

本業界でも整備士等の人材が不足しており、人材の確保、技術者の育成について課題があるという共通点がある。

すぐに洋上風力分野に参入できるわけではなく、どうしても保守的になる。



異業種B

課題は2点。
1つ目はコスト。洋上風力で儲かるのか、既存製品の開発を遅らせても洋上風力を優先するメリットがあるかという比較が必要になる。
2つ目は本業につながるかという観点。

参入を支援する側の意見



自治体

地域企業参入促進の施策を行う中で課題と感じるのは地域企業の洋上風力に対するモチベーションが十分に高まっていない点である。

地域企業に求められているものと地域企業が提供できるスキル・技術のミスマッチが発生している。



地域金融機関

新産業への参入は、長期的な目線を持てるか次第である。洋上風力は短期的に把握できないリスクが多く、また短期的に利益を出しにくい。





5.人材育成に係る必要施策・ロードマップの検討

- 5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理
- 5.2 人材育成ロードマップの作成

5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

洋上風力の必要人材カテゴリー・種類

- 必要人材のカテゴリー・種類は、大きく即戦力人材(技術職・技能職)、将来人材、教育人材に大別される。
- 短期的には、即戦力人材(技術職・技能職)が必要となり、社会人のリスキル・人材移転の早期推進が求められる。
- 長期的には、将来人材が必要となり、若い世代の興味・関心の向上、洋上風力分野への理解醸成につながる施策が求められる。加えて、教育を支える人材に対する支援も必要となる。
- 各人材における、求められる時間軸や、必要となるスキルや資格・技能、提供すべき教育内容等に応じた、総合的な施策パッケージをデザインする必要がある。

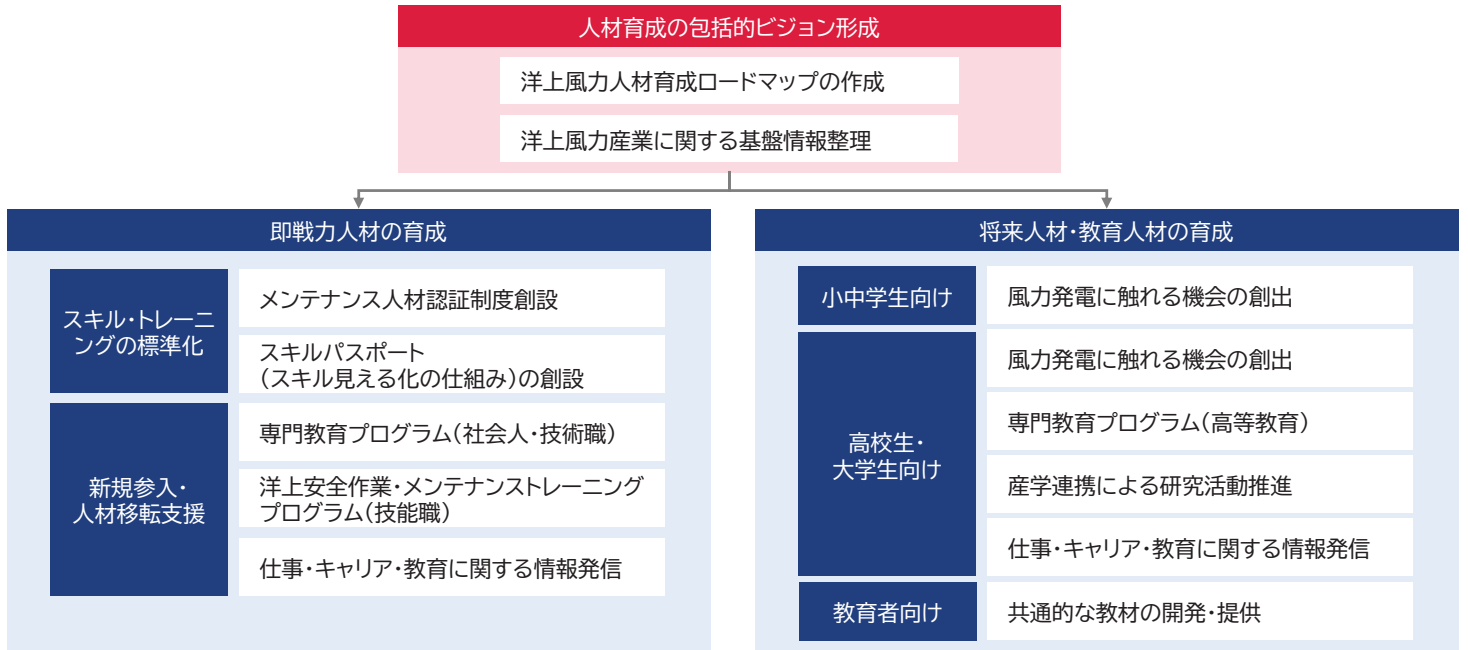
必要人材カテゴリー・種類		取り巻く現状・課題
即戦力人材	技術職人材 事業管理・技術面を担う人材 	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力事業の開発・運用における、管理業務や、技術的検討業務、ファイナンス・保険業務等を担う人材が必要。 ● 洋上風力市場が未熟であるため十分な経験を有する人材が不足。
	技能職人材 現場実務を担う人材 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全作業・メンテナンストレーニング等による、専門的な技能を持つ人材の育成・確保が急務。 ● 洋上風力と親和性の高い産業からの人材移転を促進し、必要人材を確保することが必要。
将来人材	小・中学生 高校・大学生 	<ul style="list-style-type: none"> ● 洋上風力の導入目標及び2050年カーボンニュートラルを達成するためには、足元から若い世代の育成が必要。 ● 特に幼少期から洋上風力に触れ、興味関心を持つ機会を増やし、洋上風力分野を目指す将来人材を増やすことが重要。
	教育人材 教育機関 	<ul style="list-style-type: none"> ● 将来人材、即戦力人材の育成のためには、教育機関等における教育人材への支援も必要。

出所)過年度実績※に基づく三菱総研分析 (※令和3年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(洋上風力に係る官民連携の在り方の検討(洋上風力の導入拡大と産業競争力強化の好循環の実現に向けた検討等)のための調査)

5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

各調査結果を踏まえた必要施策の方向性

- 関連分野や洋上風力分野の取組み、アンケート調査やヒアリング調査結果を踏まえると、洋上風力分野の人材拡充に向けた必要施策の方向性は、下図のとおり整理される。
- 特に全施策の入口・指針として、人材育成の包括的ビジョン形成を行うことが重要であり、それに基づき、即戦力人材と将来人材・教育人材それぞれのニーズに対応した施策を、総合的に実施していく必要がある。



出所)各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析

Copyright © Mitsubishi Research Institute

151

5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要施策に関する調査を踏まえた必要施策リスト(1/2)

- 人材育成の包括的ビジョン形成として、官民が連携した洋上風力人材育成プログラムの策定が望まれる。
- 即戦力人材の育成として、スキル・トレーニングの標準化を進めることが効果的であり、メンテナンス人材認証制度や、技能を見える化したスキルパスポート制度の創設などが有効施策に挙げられる。
- また、異業種からの人材移転促進を含めた、企業の新規参入を支援するため、技術職向けの専門教育プログラムや、技能職向けの専門トレーニングプログラムを拡充するとともに、関連情報の発信強化が重要となる。

※本事業の成果が活用される事項

カテゴリー	必要施策リスト	実施体制	施策の概要	ステータス	関連事例	
①人材育成の包括的ビジョン形成	洋上風力人材育成プログラムの策定【※】	国・産業界	2050年カーボンニュートラル達成に向けた人材育成に関する目標、及び必要施策と産学官連携の方向性について示した、今後の取組みの指針となる「洋上風力人材育成プログラム」を策定	未着手【※】	英国:洋上風力セクターディール(p.80-81)	
	洋上風力産業に関する基盤情報整理	産業界	必要スキルの棚卸(洋上風力スキルガイド作成)	実施済	洋上風力スキルガイド(第1版)	
	洋上風力産業に関する基盤情報整理	産業界	スキルガイドの精査・情報発信	必要人材数の分析【※】	未着手	
②即戦力人材の育成	スキル・トレーニングの標準化	産業界・自治体	日本の法制度やグローバルな認証制度と整合したメンテナンス作業トレーニングプログラムと、人材認証制度を創設	実施中	いわき市風力発電メンテナンス人材認証制度(p.106-107)	
	スキル・トレーニングの標準化	国・産業界	グローバル市場で活用されている安全作業訓練(GWO等)や風車メーカーが付与する資格との相互認証を実施	実施中	英国:スキルパスポート(p.82) Di-Lite(p.63)	
	新規参入・人材移転支援	専門教育プログラム(社会人・技術職)	教育機関・産業界	社会人技術者向けの実務的スキルの獲得を目的とした専門教育プログラムの創設・拡充	実施中	長崎海洋アカデミー(p.110)
		専門教育プログラム(社会人・技術職)	国	社会人技術者向けの専門教育プログラムの創設・拡充に対する補助金等支援策の実施	実施中	洋上風力発電人材育成事業費補助金(p.130)
		洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラム(技能職)	産業界	日本の法令やグローバルな認証制度と整合した、洋上安全作業(GWO等)のトレーニング施設や、風車や基礎等のメンテナンス作業のトレーニング施設の創設・拡充	実施中	国内事例多数(p.111-122)
		洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラム(技能職)	国	洋上安全作業(GWO等)のトレーニング施設、メンテナンス作業のトレーニング施設等に対する補助金等支援策の実施	実施中	洋上風力発電人材育成事業費補助金(p.130)
	仕事・キャリア・教育に関する情報発信	国・産業界	職業情報プラットフォーム(job tag)における洋上風力関連職種の情報拡充	未着手	米国O*NET(p.86) 日本job tag(p.123)	
仕事・キャリア・教育に関する情報発信	国・産業界	必要な教育やトレーニング、認証を受けられる機関・施設に関する情報を集約した情報プラットフォームの創設	未着手			

Copyright © Mitsubishi Research Institute

152

出所)各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析

5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要施策に関する調査を踏まえた必要施策リスト(2/2)

- 2050年にかけて継続的に洋上風力分野の人材を確保・拡充していくためには、中期的には高校生や大学生、長期的には小・中学生における洋上風力分野への興味・関心を高める施策が重要となる。
- 小・中学生における原体験が将来の進路に与える影響は大きく、環境教育に風力発電を含むエネルギー関連の教育コンテンツを取り入れるなど、長期的な目線で、省庁横断的な取組みを進めていく必要がある。
- 高校生や大学生向けには、仕事やキャリアに関する情報発信を強化し、洋上風力分野の認知度を上げるとともに、同分野で活躍する人材の育成を目的とした洋上風力専門高等教育プログラムを創設し、高い専門性を有する人材を継続的に産業界に供給する体制を、産業界と教育機関が連携して構築することが重要となる。
- また、協調領域を対象とした共通的な教材の開発・提供が、上記教育を支える施策として有効である。

カテゴリー	必要施策リスト	実施体制	施策の概要	ステータス	関連事例	
③将来人材の育成	小中学生向け	風力発電に触れる機会の創出	国・自治体・教育機関・産業界	● 小・中学校への小型風車設置、風力発電所見学機会の創出、再生可能エネルギーに関する授業実施など、初等・中等教育において風力発電に触れあう機会を創出	実施中	ドイツ・洋上風力コンテスト(p.87)、米国・Wind for schools(p.90)、青森風力エネルギー促進協議会(p.124)
		風力発電に触れる機会の創出		● 環境教育等における風力発電を含むエネルギー関連の教育コンテンツの導入	実施中	米国・タービン実装カリキュラム(p.91)、日本財団(p.125)、北九州市(p.126)
	高校生・大学生向け	専門教育プログラム(高等教育)	教育機関・産業界	● 風力発電に関連する授業実施、風力発電所見学機会の創出、海外インターンシップなど、高等教育において風力発電に触れあう機会を創出	実施中	長崎大学(p.128)、九州大学(p.129)
		産学連携による研究活動推進	国	● 洋上風力発電分野で活躍する人材の育成を目的とした、洋上風力専門高等教育プログラムの創設・拡充	実施中	洋上風力発電人材育成事業費補助金(p.130)
		仕事・キャリア・教育に関する情報発信	国・教育機関・産業界	● 洋上風力産業の発展に資する研究活動を産学連携により推進し、産業の魅力向上に貢献、国は研究活動に対する補助金等支援を実施	実施中	
	教育者向け	共通的な教材の開発・提供	国・産業界	● 職業情報プラットフォーム(job tag)における洋上風力関連職種の情報拡充	未着手	米国・O*NET(p.86)
		教育機関・産業界	● 風力発電業界におけるキャリアパスや、風力発電に関連した教育カリキュラムを提供している教育機関の情報など、洋上風力分野への進路選択をサポートする情報を提供	未着手	米国・WINDExchange(p.92-93)	
		教育機関・産業界	● 各教育カリキュラムにおいて共通的に活用可能な教材の開発・提供	未着手	Wind Europe(p.101-102)	
		教育機関・産業界	● 共通的な教材を集約した情報プラットフォームの創設	未着手		

出所) 各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析

Copyright © Mitsubishi Research Institute

153

5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要施策の具体的イメージ: ①人材育成の包括的ビジョン形成

- 洋上風力の人材育成は、官学産における様々な主体が連携し、多様な産業間連携、初等・中等・高等教育の活用、労働人材の移転促進など、多岐にわたる課題を包含した、総合的な施策パッケージを実行していく必要がある。
- そのための入口・指針として、関連省庁(経済産業省、厚生労働省、国土交通省、文部科学省等)横断的な必要施策の推進体制の構築、産業界や教育機関が主導した取組みの全体像と官学産連携の在り方を見える化した、人材育成の包括的ビジョン形成を行うことが重要となる。

包括的な施策パッケージ・ロードマップ

産業界のアクション (※イメージ)

- 洋上風力スキルガイドの精査・情報発信
- 必要人材数推計の精査、実態把握・モニタリング
- スキルパスポートの創設に向けた検討【官民連携】
- 専門教育プログラム・産学連携型研究活動への貢献【産学連携】
- 洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラムの拡充【官民連携】
- メンテナンス人材認証制度創設
- 風力発電に触れる機会の創出【官学産連携】
- 洋上風力専門高等教育プログラムへの貢献【産学連携】
- 共通的な教材の開発・提供【産学連携】
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信【官民連携】

政府のアクション (※イメージ)

- スキルパスポートの創設に向けた検討【官民連携】
- 専門教育プログラムへの補助金等支援
- 洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラムへの補助金等支援
- 風力発電に触れる機会の創出【官学産連携】
- 洋上風力専門高等教育プログラムへの補助金等支援
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信【官民連携】

国主導・省庁横断的取組み

(経済産業省、厚生労働省、国土交通省、文部科学省等)

- スキルパスポートの創設に向けた検討
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信
- 風力発電に触れる機会の創出
- 専門教育プログラム、トレーニング施設等への補助金等支援

産業界主導の取組み

- 洋上風力スキルガイドの精査・情報発信
- 必要人材数推計の精査、実態把握・モニタリング
- 洋上安全作業・メンテナンストレーニングプログラム(技能職)

産学連携の取組み

- 風力発電に触れる機会の創出
- 専門教育プログラム・産学連携型研究活動
- 仕事・キャリア・教育に関する情報発信
- 共通的な教材の開発・提供

官学産連携による施策推進

出所) 各種文献・ヒアリング調査に基づく三菱総研分析

Copyright © Mitsubishi Research Institute

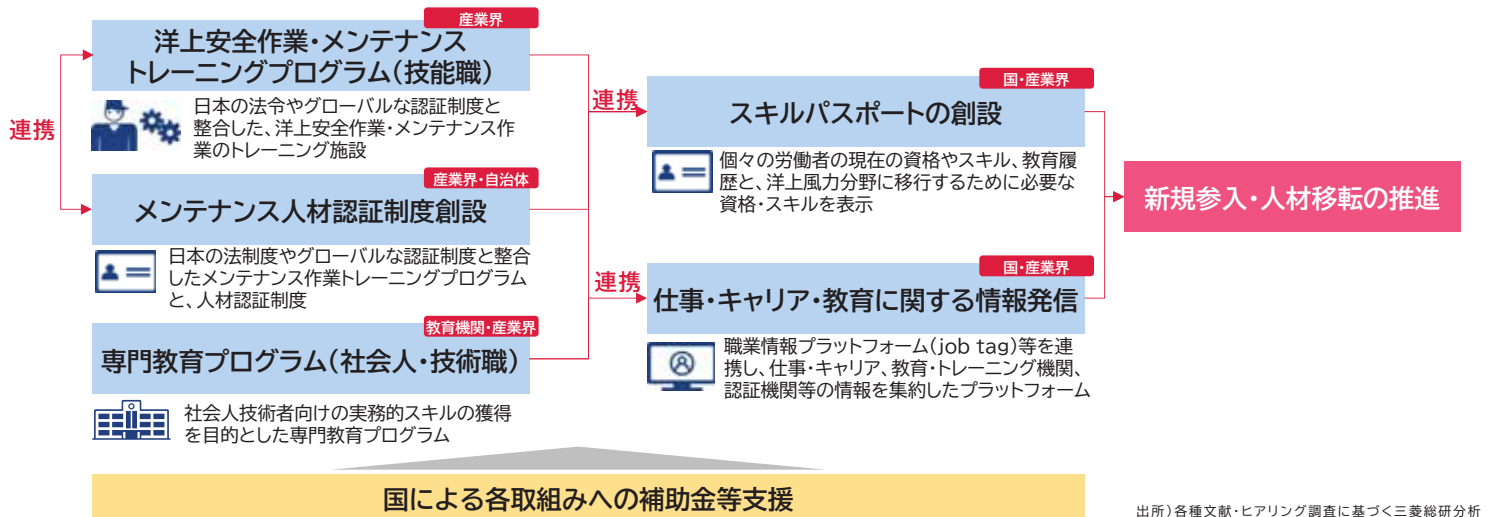
154

5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要施策の具体的イメージ:②即戦力人材育成

- 即戦力人材育成に向けては、技能職向けのトレーニングプログラム及び各プログラムと連携したメンテナンス人材認証制度、技術職向けの専門教育プログラムを創設・拡充するとともに、それらをつなぐスキルパスポートの創設(スキル見える化の仕組み)をパッケージで進めることが有効である。
- 加えて、上記取組みを含む、仕事・キャリア・教育に関する情報発信を行い、施策をパッケージ化することで、異業種等からの新規参入・人材移転の促進を効果的に実現することが可能となる。
- 各種取組みにおいては、日本の法制度やグローバルな認証制度、風車メーカーのトレーニングプログラム等と統合したプログラムを提供することが重要となる。また、国による各取組みへの資金面での支援が必要である。

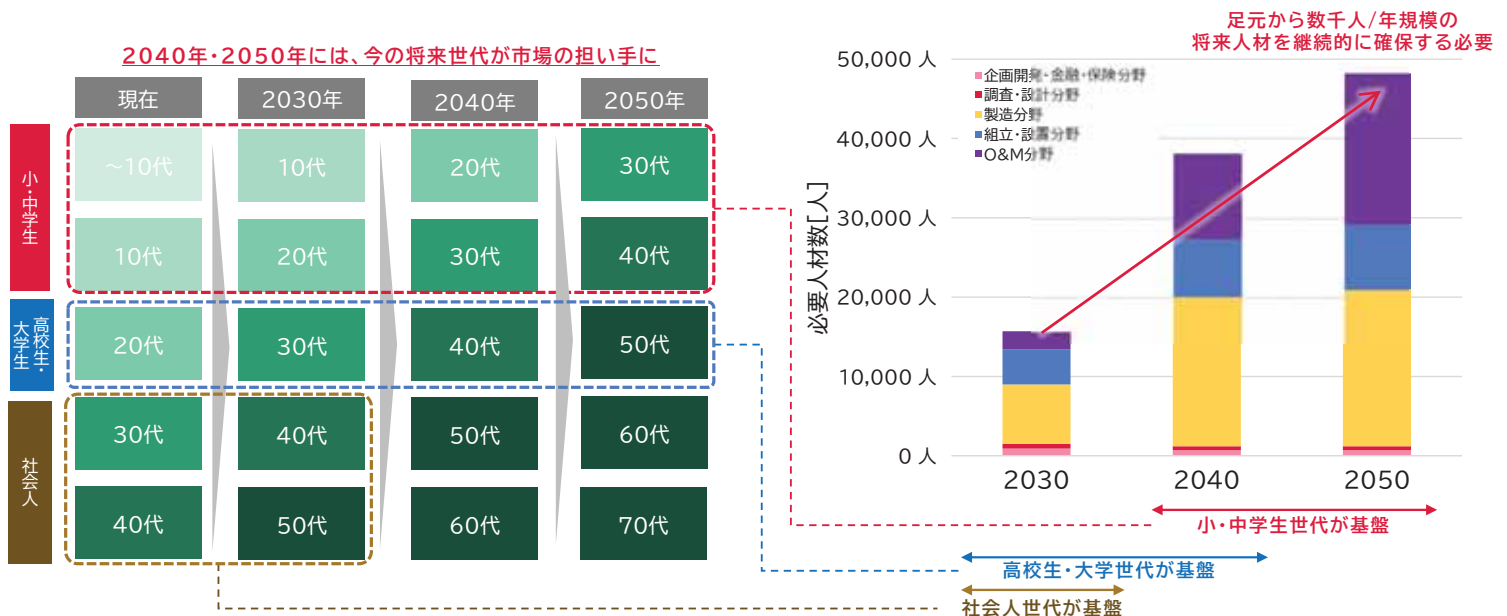
即戦力人材育成に向けた総合的な施策パッケージ



5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要施策の具体的イメージ:③将来人材の育成

- 2040年、2050年に向けては、今の将来世代(小・中学生、高校生・大学生)が市場の担い手となり、中長期的に数千人/年規模の将来人材を継続的に確保するための施策を、足元から講じる必要がある。
- 将来人材の基盤を拡充するためには、志向性やビジョンが形成される小・中学生の頃から、洋上風力に興味・関心を持つ機会を創出することが有効であり、その母数は出来る限り増やすことが効果的である。産官学が連携し、将来世代に対する人材育成施策に早急に取り組む必要がある。

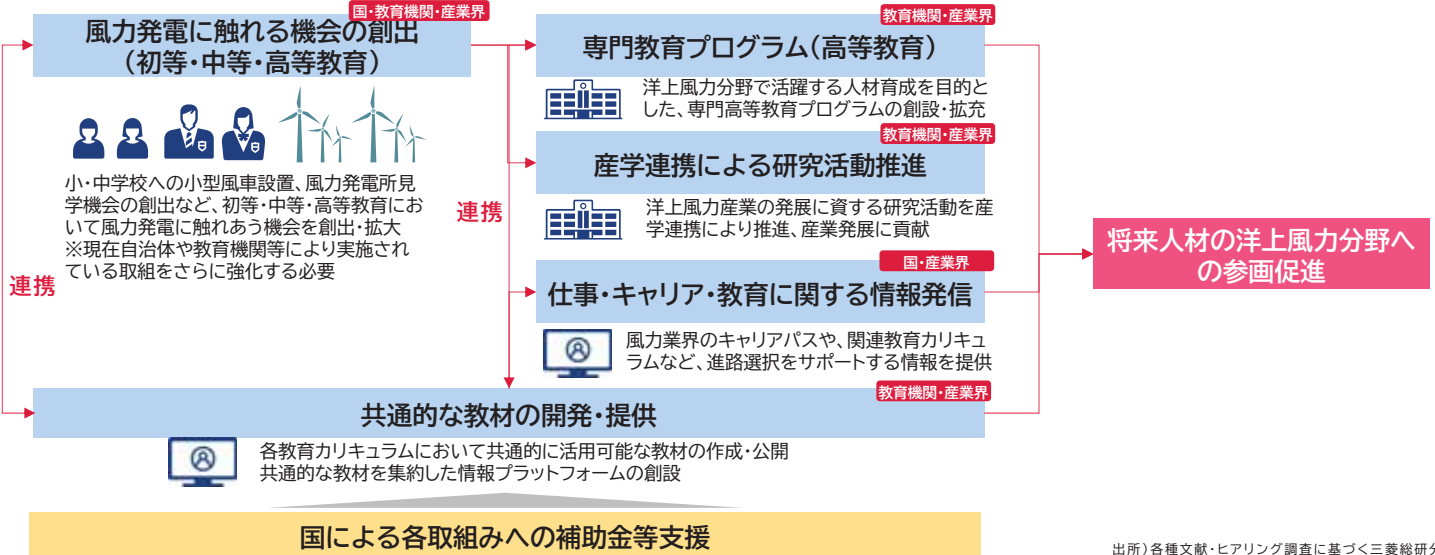


5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要施策の具体的なイメージ:③将来人材の育成

- 将来人材育成の入口としては、初等教育から風力発電に触れる機会を増やす施策を強化することが非常に重要となる。これらの取組みは、将来的な洋上風力開発への社会全体の理解醸成・受容性の向上にもつながる。
- その上で、洋上風力分野を目指す若手のサポートや、産業の魅力向上のための施策として、専門高等教育プログラムや産学連携による研究活動の推進、仕事・キャリア・教育に関する情報発信の強化を図ることが有効である。
- 上記を支える基盤として、産業界と教育機関が連携し、協調領域を対象とした共通的な教材を開発・提供することが効果的である。また、国による各取組みへの補助金等の支援も必要となる。

将来人材育成に向けた総合的な施策パッケージ



5.1 各調査結果を踏まえた必要施策の整理

必要人材数の育成に必要なとなるトレーニング施設数に係る考察

- 洋上安全作業訓練施設、メンテナンス作業訓練施設を対象に、今後必要となる施設数の目安を推計した。
- 2050年までに、洋上安全作業訓練施設は15～30施設、メンテナンス作業訓練施設は15施設程度のトレーニング需要が発生する可能性が示唆された。今後さらに施設整備への支援策等の施策強化を図る必要がある。

必要人材数の育成に必要なとなるトレーニング施設数の目安

必要人材数推計結果(p.51参照)

必要人材数	2030	2040	2050
洋上安全作業訓練対象職種	約3,900	約11,400	約17,000
メンテナンス作業訓練対象職種	約800	約4,100	約7,800

毎年のトレーニング需要[人/年]

トレーニング需要[人/年]	2030	2040	2050
洋上安全作業訓練	約2,900	約7,900	約11,400
メンテナンス作業訓練	約300	約1,400	約2,400

※ 洋上安全作業訓練は2年更新、メンテナンス作業訓練は約5年毎に再訓練需要が発生すると想定し、欠員や他業務への対応等を考慮した作業員の余裕率(1.3)を設定して下記式により概算。

洋上安全作業訓練需要=新規訓練者数[人/年]^{※1}×1.3+前年までの総訓練者数[人]^{※2}÷2年

メンテナンス作業訓練需要=新規訓練者数[人/年]^{※1}×1.3+前年までの総訓練者数[人]^{※2}÷5年

※1 新規訓練者数: ~2030年、2031~2040年、2041~2050年の期間における平均必要訓練者数[人/年]

※2 前年までの総訓練者数: Σ前年までの新規訓練者数[人/年]×1.3

1施設あたりの定員数の想定[人/年/施設]

定員数[人/年/施設]	~2030	2031~
洋上安全作業訓練	約500人	約500~1,000人
メンテナンス作業訓練	約100人	約200人

※1 定員数に関するGWOのトレーニング規定や、国内事例調査結果より想定される、標準的な定員数[人/年/施設]に基づき設定

※2 2030年まではトレーナーの人員確保など施設側の受け入れ体制の拡充が必要となることを踏まえ、2031年以降に定員数が増加すると想定

必要施設数の目安

	現状(※整備中含む)	2030年	2040年	2050年
洋上安全作業訓練施設	8施設 (GWO BST Sea Survival は4施設)	8施設程度	10~20施設程度	15~30施設程度
メンテナンス作業訓練施設	3施設	5施設程度	10施設程度	15施設程度

※ 年間トレーニング需要、1施設あたり定員数、及びトレーニング施設の稼働率(70%)を考慮して下記式により概算し、概ねの目安として提示。

洋上安全作業訓練施設数=年間トレーニング需要[人/年]÷定員数[人/施設]÷70%

メンテナンス作業訓練施設数=年間トレーニング需要[人/年]÷定員数[人/施設]÷70%

添付資料

報告書

業界の壁を越えた技術連携による研究開発に関する基礎調査

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

業界の壁を越えた技術連携による研究開発 に関する基礎調査業務 業務報告書

2023年3月14日
株式会社風力エネルギー研究所

実施項目

1. 机上での情報収集
2. アンケート調査, ヒアリング
3. 連携可否検討

■ キーワード

- ① 3Dプリンター(大型構造物の作製, コスト低減化, 省力化, 無人化)
- ② ドローン(ブレード点検の実用性について確認)
- ③ デジタルツイン(関連して, 海象予測, 発電電力量予測)
設備保全管理, モニタリング・異常検知, 設備の性能予測
- ④ 風車大形化に伴うタワー建設
- ⑤ 大形風車の運搬技術
- ⑥ ブレードリサイクル(GFRP, CFRPのリサイクル)

2

1. 机上での情報収集(① 3Dプリンター)

■ コンクリート製ハイタワー開発^{※1, ※2, ※3}

- ✓ 風車大形化の課題
 - 運搬の都合上, 基礎部の直径を4.5m以上にすることができない
 - 日本国内では4m以上にすることは輸送上困難な場合がある
- ✓ GE Renewable Energy、COBOD、LafargeHolcim 3社による共同技術開発
 - 現地で3Dプリンターを組立てて製作する技術を開発
 - 2020年6月17日, 最適化されたコンクリートベースの3Dプリントを備えた風車を共同開発し, 最高200メートルの記録的な高さに到達
- ✓ 役割分担
 - GE Renewable Energy: 風車の設計、製造、商業化に関連する専門知識を提供
 - COBOD: ロボティクスの自動化と3D印刷
 - LafargeHolcim: テーラーメイドのコンクリート材料とその加工と応用を設計

※1 Windpower, "GE Renewable Energy is experimenting with 3D-printed turbine bases for taller towers", 2020年6月17日, <https://bit.ly/3fPywso> (参照 2020-07-20)

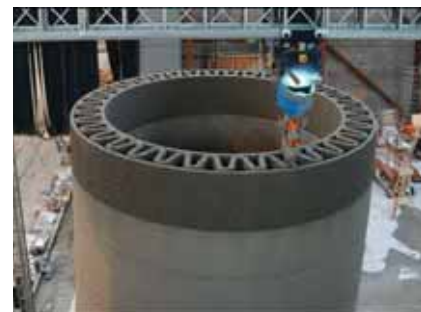
※2 デイリー・ニュース・エイジェンシー“風力発電の風車タワーの巨大な基部をコンクリートで3Dプリントする動画”, 2020年7月9日, <https://dailynewsagency.com/2020/07/09/towers-with-3d-printe-1ov/> (参照 2022-12-20)

※3 動画: Prototype: 3D printing the first 10m high wind turbine base, <https://www.youtube.com/watch?v=P2gZN9v6jlk>

3

1. 机上での情報収集(① 3Dプリンター)

- ✓ 3Dプリントコンクリート技術で高さ可変の台座を直接現場でプリントすることで、150~200mの高さのタワーを建設することが可能
- ✓ 通常、高さ80m, 5MW風車, 年間発電電力量15.1GWh
 - 160mに設置した場合, 20.2GWh、33%以上の発電電力量アップ
- ✓ 米国エネルギー省からの助成金によって一部支援
- ✓ 風力発電所の現場で3Dプリントできるようになり、輸送コストを削減
- ✓ この技術が使用される風力発電所でさらなる雇用機会を創出
- ✓ 課題:コンクリート製
 - 一般的なタワーは鋼板できており、引張荷重に耐える構造となっているが、コンクリートは引張に対しては機能しない。
 - 補強材、プレストレスを考慮した構造とするなどの工夫が必要



3Dプリント コンクリート基礎

4

1. 机上での情報収集(① 3Dプリンター)

■ 大型構造物の一括作製※1

- ✓ 清水建設がガントリー型の建設3Dプリンターを開発
 - 外装部材を兼ねた3次元曲面形状の埋設型枠を作製
 - 大型構造物の一括作製により、部材の運搬コストを低減
 - 施工の省力化・省人化につなげる
- ✓ シミズロボプリンター
 - 奥行き25×幅7.2×高さ12.5m
- ✓ 実証施工
 - 鉄骨と鉄筋を組み立てた後、外周に独自の3Dプリント材料「ラクツム」を積層
 - 奥行き20m×高さ4.5m×厚さ80mmの埋設型枠を作製
 - 外周約42mの型枠1層分の作製に約10分、型枠全体の作製に延べ75時間



北川鉄工所が協力して製作した建設3Dプリンター
外周約42mの型枠1層を約10分で印刷

※1 ニューススイッチ, “大型構造物を一括作製、清水建設が開発したスゴい3Dプリンター”, 2022年10月2日, <https://newsswitch.jp/p/34002> (参照 2022-12-21)

5

■ 課題1: 飛行時間が短い。一般的に25~35分である。

✓ 対策技術1: 水素燃料電池専用のドローン※1

- 日本初の水素燃料電池専用のドローン(ロボデックス社, Aigis One)
- 最大飛行時間は90分(ペイロード5kg時)(実証試験中。通常, 水素を積載したドローンを飛行させることはできないが, 2021年10月に「一般高圧ガス保安規則の適用(大臣特任)」を取得し飛行)
- 水素燃料電池の発電出力は一定で調整が容易ではないため, 突風時や加減速時により多くの電力を必要とするドローンには不向きな面もある
- そこで一時的に蓄電と放電を繰り返すことができるキャパシタを搭載することで, 必要な電力を供給する仕組みを構築(キャパシタは, 高耐熱リチウムイオンキャパシタを独自開発しているトヨタグループの大手機械・自動車部品製造会社のジェイテクトと共同開発した「Aigis One」専用のもの)



日本初の水素燃料電池専用のオリジナルモデル Aigis One
(機体下部にはカーボンファイバー製の荷物BOXを備える)

※1 DRONE, “ロボデックス, 水素燃料電池+キャパシタで水素燃料電池ドローン「Aigis One」を開発[Japan Drone 2022]”, 2022年6月22日,
<https://www.drone.jp/special/2022062211462153980.html> (参照 2022-11-16)

■ 課題1: 飛行時間が短い。一般的に25~35分である。

✓ 対策技術2: 国産ハイブリッドドローン※1

- 国産メーカーである株式会社エアロジーラボが設計開発を進める長時間飛行が可能な「AeroRangeQuad(エアロレンジクワッド)」を開発
- AeroRangeQuadはペイロード0kg時の飛行時間が140分, ペイロード3kg時で60分という長時間飛行を実現
- 長時間飛行を可能にしているのは, エンジン発電機とバッテリーを搭載したハイブリッドパワーユニット。基本はエンジンが発電する電力で運用が可能だが, バッテリーを搭載することで, 例えば, 強い向かい風でよりパワーが必要な時や万が一エンジンが止まってしまった場合などでも, 一定時間の飛行が可能
- AeroRangeQuadは多用途にカスタマイズできるため, 農薬散布やソーラーパネルの点検, 測量, 物流などあらゆる産業用途で活用可



AeroRangeQuad(エアロレンジクワッド)

※1 石井理恵, “エアロジーラボ, 飛行時間140分の長時間飛行が可能な国産ハイブリッドドローンを展示”, ドローンジャーナル, <https://drone-journal.impress.co.jp/docs/event/1184395.html> (参照 2022-11-16)

■ 課題2:ドローンの充電時間が長い

昨今の商用ドローンの充電には通常60～90分かかり、フル充電しても飛行時間は30分強である。現在のドローンは、飛行している時間よりも充電ステーションに留まっている時間の方が長く、ドローン活用の妨げになっている。

- ✓ 対策技術1:超高速充電(ultra-fast charging: UFC)技術※1
 - イスラエルのStoreDotは、ドローンを5分でフル充電できる新技術を発表
 - StoreDotは、「FlashBattery」と呼ばれる超高速充電(ultra-fast charging: UFC)技術を開発
 - これまで充電時間が1時間かかっていたところを5分にまで短縮
 - 完全自律型ドローンによる配送の実現に一步近づいた

※1 Fabcross, “ドローンをわずか5分でフル充電できる新技術を発表”, 2020年8月24日,
https://engineer.fabcross.jp/archives/200810_flashbattery.html (参照 2022-11-16)

■ 課題3:ブレードの運用保守における作業員の技能に依存した点検精度のバラつき

- ✓ 対策技術1:ドローンの活用
 - 安定的に自律飛行するドローンを制御して、保守点検の効率化、点検品質の向上、高精度画像解析データの一元管理など、運用保守面の課題解決を目指す
 - ドローンを使った点検はまだ標準化されていない
 - そのため、メーカー・事業者も点検のあり方を模索中

■ 検討事例1: 東京電力ベンチャーズ株式会社の検討事例※1

- ✓ 東京電力ベンチャーズ株式会社とSkySpecs, Inc. が風力発電設備のドローン点検におけるアライアンスを締結
- ✓ 設備管理用ソフトウェア「Horizon」は、豊富な点検実績に基づく風車ブレード画像を機械学習に利用し、損傷箇所・損傷程度を精確に判定し、経年追跡や風車ブレードごとのデータ比較が可能
- ✓ SkySpecs社によるドローン点検サービスの優位点
 - 自律制御により、自動運転にて、安定した精度の画像を取得
 - 1基あたり15分で画像取得でき、短期間での点検が可能(従来の双眼鏡による目視点検の約4分の1)
 - 1基あたりの点検に伴う風車設備停止時間削減のため、費用対効果に優れる
 - SkySpecs社のAIは6万基以上の風力発電設備の過去の点検データにより、優れた損傷検知能力を保有



ユーラス北野沢ウインドファームでの点検の様子(青森県)

※1 NEWS, “東京電力ベンチャーズ、世界最多クラスの風力ドローン点検実績をもつSkySpecs社と独占アライアンス締結”, 東京電力ベンチャーズ株式会社, 2020年12月1日, <https://www.tepcoventures.co.jp/news/news-379/> (参照 2022-11-17)

■ 検討事例2: KDDI株式会社・KDDIスマートドローンの検討事例※1

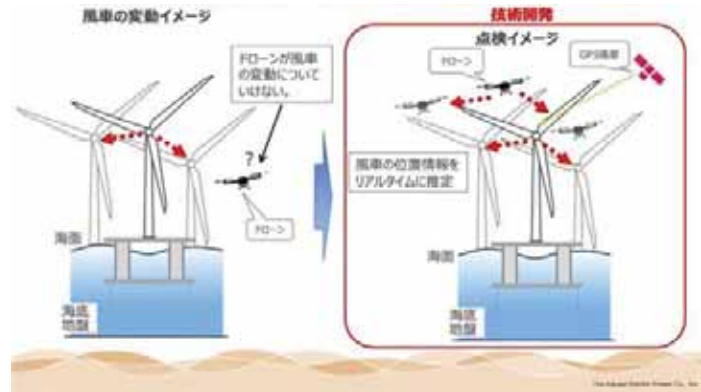
- ✓ 電源開発株式会社とKDDI株式会社は、風力発電機のブレードに沿って自動撮影が可能なオートフライトソフト(ドローンベース社製)を搭載したドローンを用いて、風力発電機の自動点検の有効性を2020年9月に実証実験を実施
- ✓ 検証結果
 - オートフライトソフト搭載のドローンを使用し、風力発電機全体(ブレード、タワーなど)を漏れなく写真撮影することができた
 - 1基当たり約20分程度で撮影することができ、従来の点検手法よりも10分の1程度に時間を短縮できることが分かった
 - 撮影された写真は高精細で、高所作業により接写された写真と比べても遜色がなく、また、画像解析ソフトによる損傷箇所の解析もできた
 - 従来の高所作業による外観点検の代替性の検証ができた



※1 ニュースリリース, “JパワーとKDDI、ドローンを用いた風力発電設備の自動点検の有効性を実証”, KDDI, 2020年10月7日, <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2020/10/07/4714.html#> (参照 2022-11-17)

■ 検討事例3: 関西電力株式会社の検討事例※1

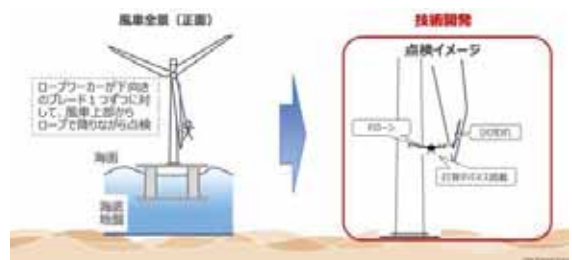
- ✓ 関西電力株式会社と関電プラント株式会社は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構が公募する「グリーンイノベーション基金事業／洋上風力発電の低コスト化プロジェクト」に「浮体式風車ブレードの革新的点検技術の開発」が採択。事業期間は2022年3月～2025年2月の3年間
- ✓ 浮体式風力発電設備外観点検用ドローンの開発
 - 課題: 浮体式洋上風力発電設備は海底地盤に固定されていないため、波浪や風況により、風車全体が変動
 - 解決方法: GPS等を活用し、風車のリアルタイムな位置情報等を推定することで、ドローンによる浮体式洋上風力発電設備の外観点検を実現



※1 関西電力, “浮体式洋上風力発電における点検技術の高度化に向けた開発について ～グリーンイノベーション基金事業を活用～”, 2022年1月25日, https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220125_1j.pdf (参照 2022-11-17)

■ 検討事例3: 関西電力株式会社の検討事例※1

- ✓ ダウンコンダクター導通試験用ドローンの開発
 - 課題: 風車のレセプター部ダウンコンダクター導通試験は、従来のロープワークによる方法では、試験のたびに各ブレードを下向きに回転させる必要があるため、点検期間が長期化し、設備停止期間(ダウンタイム)が長くなる傾向。また、ロープワークは墜落災害の危険性があるため、特に沖合に設置される浮体式洋上風力発電設備では、波風の影響でロープワークが実施できない期間が長くなる
 - 解決方法: ダウンコンダクター接点用器具を搭載することで、ドローンによる導通試験を実現させる。これにより、試験のたびにブレードの回転をなくし、迅速かつ確実な試験を行うことで、設備停止期間の短縮を図るとともに、作業の安全性向上につなげる
- ✓ ブレード打音検査用ドローンの開発
 - 課題: 外観点検によりひび割れが見つかったブレードに対して行う打音検査は、従来のロープワークによる方法では、検査のたびにブレードを下向きに回転させる必要があるため、点検期間が長期化し、保安停止期間(ダウンタイム)が長くなる。また、ロープワークは墜落災害の危険性があるため、特に沖合に設置される浮体式洋上風力発電設備では、波風の影響でロープワークが実施できない期間が長くなる
 - 解決方法: 打音デバイスを搭載することで、ドローンによる打音検査を実現させる。これにより、検査のたびにブレードの回転をなくし、迅速かつ確実な検査を行うことで、設備停止期間の短縮を図るとともに、作業の安全性向上につなげる



※1 関西電力, “浮体式洋上風力発電における点検技術の高度化に向けた開発について ～グリーンイノベーション基金事業を活用～”, 2022年1月25日, https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220125_1j.pdf (参照 2022-11-17)

■ 検討事例4: 株式会社自律制御システム研究所の検討事例※1

株式会社自律制御システム研究所(ACSL)とアルビト株式会社は、風力発電機点検におけるAI×国産ドローン×専門家のトータルソリューションの提供を開始した

- ✓ AI×国産ドローン×専門家トータルソリューションの特徴
 - 点検画像撮影用にACSLが独自に開発したフライトコントローラを搭載し、セキュアで安心な国産ドローン
 - 風力発電機の詳細サイズ、位置情報を入力するだけで、自動的に飛行ルートを出し、風力発電機のタワーやブレードに沿うように飛行することが可能で、熟練したドローンパイロットが不要
 - AIによる自動化・チェック項目のスコア化により、膨大な量の点検画像解析を、品質を保ちつつ迅速・安価に行えること。(従来の地上からの望遠レンズカメラでの点検では1時間かかっていたが、ドローンの自律飛行では約7分で実施可能)
 - AIで解析したデータを専門家がクロスチェックすることで、品質を担保しながら最終的な点検レポートを作成



国産の産業用ドローンACSL-PF2



作業工程とコストの圧縮イメージ

※1 プレスリリース, “ACSLとアルビト、風力発電機点検における AI×国産ドローン×専門家トータルソリューションの提供開始”, ACSL, 2021年1月13日, <https://www.acsl.co.jp/news-release/press-release/1666/> (参照 2022-12-27)

1. 机上での情報収集(③ デジタルツイン)

■ デジタルツインとは※1

- ✓ 現実世界の物体や環境から収集したデータを使い、仮想空間上に全く同じ環境をあたかも双子のように再現するテクノロジーのこと
- ✓ IoTなどで現実空間から収集した膨大なデータをもとに、仮想空間上でAIが分析やシミュレーションを実施し、現実空間へフィードバックすることで、将来起こる変化にいち早く対応することが可能
- ✓ デジタルツインのメリット
 - 試作期間の短縮・コスト削減: これまでは、製品を完成させるまでに何度も試作を繰り返す必要があり、コスト(時間、人員、費用)が大きな負担に。デジタルツインでは、試作のプロセスを現実の環境を反映した仮想空間で行うことができ、試作期間が大幅に短縮され、かつコストを大きく削減
 - 品質の向上・リスク低減: デジタルツインはトライアンドエラーが容易で、製品の試作をローコストで繰り返すことが可能。より細かな欠陥の洗い出しが可能となり、完成品の品質の向上につながる。また、製造ラインも含めた検証・予測ができるため、製造時におけるリスクの低減も期待
 - 予知保全の実現: 製造現場において、工場設備などで異常が発生した際、ライン上に設置された各種センサーが状況をリアルタイムに正しく伝えることで、遠隔地においても正しい状況判断・原因究明ができる。また、蓄積された情報から将来的な故障の予測をする予知保全も可能
 - 遠隔での作業支援・技能伝承: デジタルツインを活用した遠隔地からの作業指示が可能。作業内容を記録、蓄積することで熟練者の技術やノウハウを、デジタルツインを通して技術伝承が可能
 - 社会課題解決へのアプローチ: 社会課題の解決にも有用。例えば、気象災害における避難訓練の実施計画立案や、実際に起こり得る問題・課題の洗い出し、解決手段を見出す取り組みへの活用など。さまざまな社会課題解決への貢献が期待



※1 ビジネスコラムトップ, “デジタルツインとは? 製造業や都市などでの活用事例8選”, NEC, 2022年7月1日, https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sp/contents/column/20220701_digital-twin.html (参照 2022-11-24)

1. 机上での情報収集(③ デジタルツイン)

■ 活用事例※1

- ✓ デジタルツインで「止まらない工場」を実現しロスを低減(ダイキン工業)
堺製作所臨海工場において、デジタルツインを用いた新生産管理システムを2020年より稼働開始。製造ライン上に設置した各種センサーから取得した生体データ、制御データ、温度・CO2濃度データなどをリアルタイムにデジタルツイン上に反映し、異常予測機能を用いて重大インシデントを未然に防ぐ取り組みを実施し、前年度比で3割強のロスを削減できる見込み
- ✓ 熟練技術者が設備異常を遠隔から支援(旭化成)
福島の水素製造プラントにデジタルツインを導入。設備異常に適切に対応できるベテラン技術者が現場に不在の場合、あるいは定年退職などで空席の場合でも、リモートで対応できる仕組みを構築
- ✓ 適切なタイミングでの航空機エンジンのメンテナンスを可能に(GE)
医療から航空まで幅広い分野でデジタルツインの活用を推進。最初のケースは航空機エンジンのメンテナンス。航空機エンジンのあらゆるデータをエンジンに取り付けた200以上のセンサーからリアルタイムに取得し、デジタルツイン化。AIがエンジンの状態を分析し、適切な検査時期を正確に示してくれる。不具合を未然に防ぐことが可能となり、かつ保守点検に関するコストを大幅削減
- ✓ 車両に搭載したデジタルツインで走行状態を常に識別、修正(テスラ)
製造する全ての新車にデジタルツインを搭載。車には数々のセンサーが組み込まれ、車両の状態から気候条件も含む周辺環境データを収集。車が期待通りに機能するかをAIが分析し、問題がある場合は無線ソフトウェアアップデートにより修正。遠隔で車両診断を行なえるため、顧客がサービスセンターに出向く手間、サービスセンターが対応するコストを最小限に
- ✓ モノやサービスが情報でつながる街をつくるための検証に活用(トヨタ自動車)
2021年2月に着工した「Woven City」。モノやサービスが情報でつながる時代を見据え、テクノロジーやサービスの実証実験をする都市。技術開発や検証をスピーディに行うためのプラットフォームとして、デジタルツインを活用。自動運転やモビリティ、ロボットなど新領域のテクノロジーを仮想空間上でシミュレーション。

※1 ビジネスコラムトップ, “デジタルツインとは？製造業や都市などでの活用事例8選”, NEC, 2022年7月1日, https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sp/contents/column/20220701_digital-twin.html (参照 2022-11-24)

1. 机上での情報収集(③ デジタルツイン)

■ 活用事例※1

- ✓ 3D都市モデルを整備・オープンデータ化し誰でも利用可能に(国土交通省「PLATEAU」)
国土交通省は2020年4月、3D都市モデル整備・活用・オープンデータ化のプロジェクト「PLATEAU」を公開。国内の3D都市モデルを、デジタルツインとして誰もが利用できるというもの。全国56都市のオープンデータ化を完了(2022年6月時点)。仮想空間での街歩き体験を提供する「バーチャル新宿」や、渋谷区のみざまなデータを可視化してスマートな街作りを目指す「デジタルツイン渋谷プロジェクト」など、すでに利活用開始
- ✓ 国を丸ごとデジタルツインにし、都市情報をリアルタイムで可視化(シンガポール)
シンガポールでは「PLATEAU」よりも一足早く、2014年に「Smart Nation」構想を掲げて、BIM(Building Information Modeling)をベースに国土全体を丸ごと3Dバーチャルデジタルツイン化「バーチャル・シンガポール」を開始。
仮想空間上に再現した国土に社会インフラを再現(地形情報・建物・交通機関・水位)し、人流(人間の位置)などのリアルタイムデータを統合し、3Dモデル化、開発計画や渋滞緩和などの政策設計を最適化



※1 ビジネスコラムトップ, “デジタルツインとは？製造業や都市などでの活用事例8選”, NEC, 2022年7月1日, https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sp/contents/column/20220701_digital-twin.html (参照 2022-11-24)

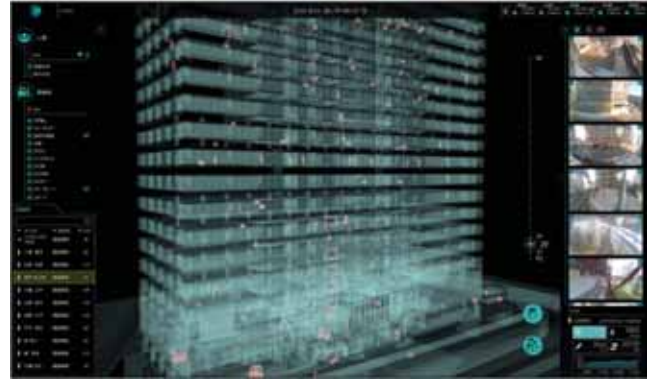
■ 活用事例※1,※2

✓ “防災版デジタルツイン”で未来の災害対策に挑む(内閣府「CPS4D」)

災害の多い日本ではデジタルツインを防災に活用するという動きが始まっている。内閣府SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)で推進するプロジェクト「CPS4D(Cyber-Physical Synthesis for Disaster Resilience)」もそのひとつ。CPS4Dでは災害に関するデータの時系列的な変化を蓄積し、デジタルツイン上で再現。台風発生時に浸水が想定される地域を割り出したり、各自治体の「職員1人あたりの被災者数」を算出したりすることで、効果的な災害対策を可能に

✓ 建設業(建築)の事例(鹿島建設)

建設業においては「設計」→「施工」→「維持管理」の各工程のデジタルツイン化により、効率的な工程設計や、現場の安全性向上・生産性向上が図られている。建築業の建築領域では、PLM(Product Lifecycle Management: 製品ライフサイクル管理システム)にあたるBIM(Building Information Modeling)を活用した3Dでの設計や施工シミュレーション、維持管理を最適化。建築現場の遠隔監視のために、建設現場デジタルツインである「3D K-Field」を開発。現場に設置されたさまざまなIoTセンサーで取得したヒト・モノ・クルマのデータを仮想空間に表示することで、リアルタイムに建設現場の状態を可視化



鹿島建設の「3D K-Field」(出典:鹿島建設)

※1 ビジネスコラムトップ, “デジタルツインとは? 製造業や都市などでの活用事例8選”, NEC, 2022年7月1日, https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sp/contents/column/20220701_digital-twin.html (参照 2022-11-24)

※2 小宮昌人, “デジタルツインとは何か? 最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbbit.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

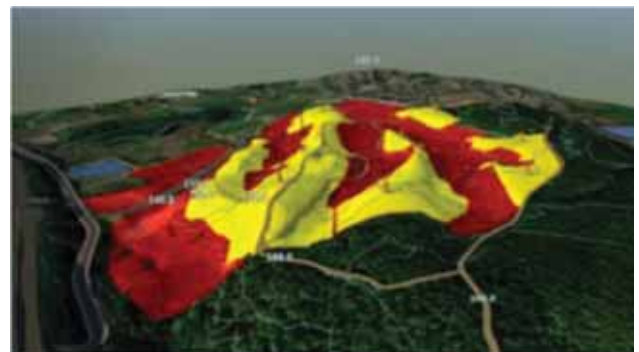
■ 活用事例※1

✓ 建設業(土木)の事例(コマツ)

ドローンで地形データを取得して3次元データ(デジタルツイン)を構築することによる測量プロセスの効率化や、工程の自動生成などが行われている。これまでは測量が人手で行われており、相当な時間を要するボトルネック工程となっていた。日々の進捗や現場の状況を正しく把握することが困難であり、その結果、工程遅れや非効率が発生してしまっていた。

コマツでは、デジタル化ソリューションの「スマートコンストラクション」を通じて、ドローンによるセンシング(センサーによる計測)とそのデータの点群化処理を行い、土木現場のデジタルツインを生成することで進捗を管理するサービスを提供。

現場のデジタルツインのアップデートを図ることで、工程進捗を可視化し、現場責任者、経営者が迅速な意思決定を行えるようになっている。



コマツの「スマートコンストラクション」(出典:コマツ)

※1 小宮昌人, “デジタルツインとは何か? 最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbbit.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

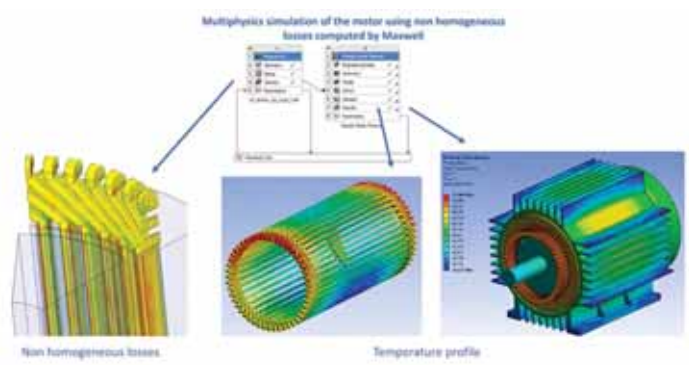
■ デジタルツインにおける日本企業の課題※1

- ✓ 現場主義をデジタル時代の現場主義にアップデート
 - 属人的・暗黙知的な「現場」力は今までの日本の強みであったが、デジタル化はそれを標準化して自社内で効率的に展開できないことや、ノウハウを基にした他社へ提供する新規ソリューション事業につなげることができないこと
 - 企業オペレーションは、デジタル上での設計・構想と検証のシミュレーションサイクルを回し、現場がチューニング・補完する「デジタルツイン」型に転換していく必要がある。
 - すべてのオペレーションをデジタルツイン技術で再現できるわけではなく、技術的にもまだ発展途上の部分も大きい。重要な点はこれらが今のオペレーションを完全に再現できていないから使わないといったゼロか100かの議論ではなく、これら技術でできることと、まだできない点を振り分けて活用していくこと
 - 先端企業としては、デジタル技術についての「完璧主義」を捨て、活用できる既存技術を徹底活用して効率的に精度を一定程度まで高速に引き上げた上で、残りの精度を突き詰めていくといった活用を行っている
- ✓ 経営全体・組織横断での検討
 - 日本において第四次産業革命は「AI」「IoT」「ビッグデータ」と個別技術として定義され、正しく理解が進まなかった面がある
 - その結果、たとえば製造業においては、徐々に変わりつつあるものの、製造現場における機器稼働の見える化や、個別オペレーションのAI活用などの個別組織の局所的な取り組みに留まっていた面がある
 - 重要な点は、デジタル技術そのものではなく、それを活用して自社としてどのようなビジネスモデルを構築したいのか、どのようなオペレーションを実現したいのかという経営戦略・オペレーション戦略そのものである。デジタルツイン活用は個別組織に留まらず組織横断や、関係企業横断での取り組みが効果をより最大化する。第四次産業革命、デジタルツイン革命を契機に、経営トップマネジメントも含めた全社としての検討が進むことを期待

※1 小宮昌人, “デジタルツインとは何か?最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbi.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

■ デジタルツインの活用事例・検討事例(風力発電産業)

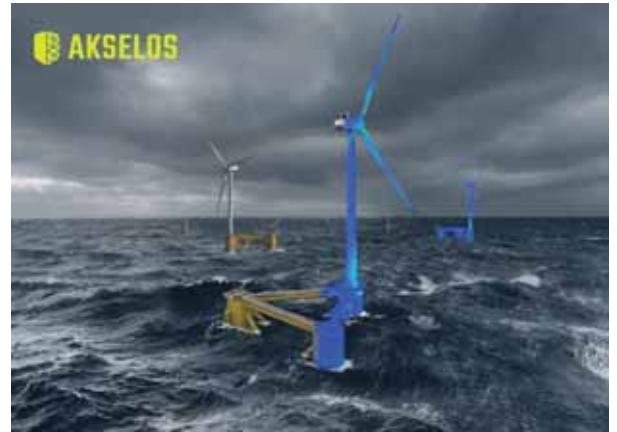
- ✓ インフラメンテナンスの事例(ゼネラル・エレクトリック(GE))※1
 - GEは風力発電インフラにおいてはデジタルツインを活用することで、視覚的に風車の寿命・劣化予測を行うとともに、風向きに合わせて発電量を最大化
 - 風車は設置場所の地形に影響を受けるため、個体ごとに部品の消耗度が異なる。それぞれの風車の表面状態を撮影し、その画像に温度、回転数を組み合わせてブレードの劣化具合を分析、故障前に適切な対応を取ることで稼働率を向上
 - 従来は発電機に問題がないか定期的に物理点検を行う必要があった。しかし、ANSYS Twin Builder™とGE Predixを使用して風車のヨーシステムのモーターをデジタルツインで作成し、発電機の動作を遠隔地から監視し、部品の残り寿命を予測することが可能。陸上にいるエンジニアは、問題があれば改善策を講じたり、修理のためのダウンタイムを予定したりすることができ、状況が切迫したときに緊急修理を手配するよりもはるかに安く済む。ANSYS社とGE社のエンジニアがシミュレーションベースのデジタルツインを構築して、風車のモーターコイルの最大温度とトルクを監視し、洋上風車の運転時間とコストを削減



※1 小宮昌人, “デジタルツインとは何か?最新事例4選, 6大メリット, 主要ベンダー5社をまとめて解説”, ビジネス+IT, 2021年6月1日, <https://www.sbbi.jp/article/cont1/58767?page=2> (参照 2022-11-24)

■ デジタルツインの活用事例・検討事例(風力発電産業)

- ✓ 洋上風車のデジタルツイン(Akselos SA社)※1
 - Akselos SA社(以下、アクセロス)は、風力発電を含む世界のエネルギーインフラの運用効率と安全性を向上させる世界最先端のエンジニアリングシミュレーションと構造物のデジタルツイン技術を開発
 - デジタルツインの活用により、設計の最適化、運用コストの削減、メンテナンスコストの大幅な削減が可能となり、風車の長寿命化に
 - 運用者は、ほぼリアルタイムで各コンポーネントが最適化された状態で稼働させることが可能
 - 洋上風車で頻繁に発生する重大な問題であるブレードの亀裂が発生しそうな場所をオペレータに示すことができる。その結果、オペレーターは将来の故障や疲労寿命を予測することができ、最大で5年間の延命化を図ることが可能
 - 風車設計の面で、デジタルツインは、改善すべき領域を明確にすることで、設計者がより無駄のない、より効率的で、より革新的な設計を開発するのに役立つ(例えば、AkselosとLamprellのパートナーシップでは、デジタルツイン技術により、Lamprellの洋上風力発電用ジャケット基礎の鋼材重量と関連コストをこれまでに最大30%削減したことを実証)

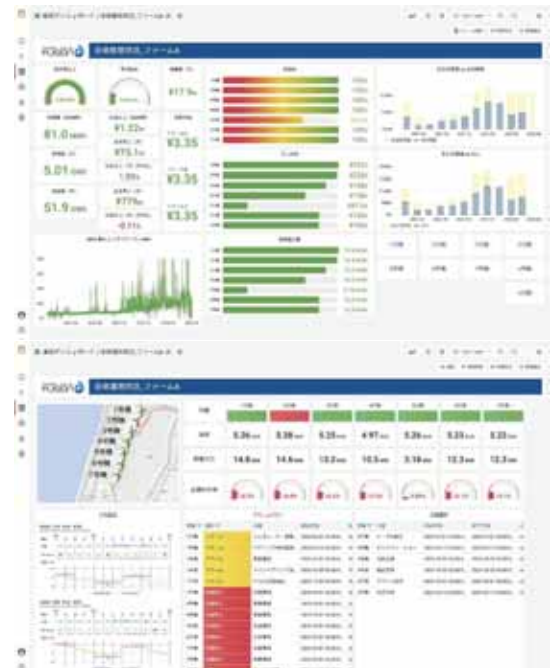


デジタルツイン技術のイメージ図

※1 プレスリリース、「洋上風力のデジタルツイン技術を有するスイス本社の子会社「アクセロス」へ脱炭素テックファンドを通じて出資」, ENECHANGE, 2022年5月9日, <https://enechange.co.jp/news/press/ief-akselos/> (参照 2022-11-24)

■ デジタルツインの活用事例・検討事例(風力発電産業)

- ✓ デジタルツイン上で風力発電設備の情報を一元化(エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社)※1
 - エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社(以下 NTTコムウェア)とCognite株式会社(以下 Cognite)は、風力発電事業者に向け、複数拠点の異なるメーカーの発電設備の発電量や収益状況、メンテナンス情報などを一元的に可視化する「統合分析ダッシュボード」を開発
 - 本サービスでは「経営層(主に発電事業者)向け」「運用者(主にO&M事業者)向け」の視点からダッシュボードを提供
 - 経営ダッシュボード
各地の発電設備データを収集・統合し、設備稼働率、収益予測や設備ごとの発電ロス比較など設備投資計画の策定や発電事業運営に必要なデータを、対計画・設備別に参照・分析することが可能。また、鳥検知ダッシュボードも提供し、風車周辺を飛ぶ鳥をAIで検知して個体数カウント、動画アーカイブにより、バードストライク対策、環境アセスメントのための情報収集が可能
 - 運営ダッシュボード
設備が全国に点在していたり、異なるメーカーの製品であっても、一元的に風速・発電量・アラームなどをリアルタイムに参照可能。発電状況、IoTセンサー等の収集データからデジタルツイン上で異常検知を行い、アラームの発出が可能。事業者が既に利用しているAI分析モデルや、これまでのメンテナンスノウハウや知見を活用して作成した独自のモデルを組み込み、早期異常検知・予兆保全等への活用も可能。適切なメンテナンスを行うことで、大きな故障・トラブルを予防し、ダウンタイムの削減につながる



※1 NEWS RELEASE, 「デジタルツイン上で風力発電設備の情報を一元化、ダウンタイム削減に寄与する統合分析ダッシュボードの提供開始」, PRTIMES, 2022年5月19日, <https://prt看imes.jp/main/html/rd/p/000000022.000055932.html> (参照 2022-12-23)

■ 事例1: タワークレーン JCW1800K(株式会社TAリフト保有)

東光電気工事株式会社(出資比率85.1%)とアチハ株式会社(出資比率14.9%)が共同出資し、タワークレーンによる大型風力発電機の建設を事業目的とした特別目的会社「株式会社TAリフト」を設立※1, ※2

✓ タワークレーンの特徴

- 最大作業高 140m, 最大吊上荷重 140t
- 今後国内で進むと予想される高さ110m超のハイタワー風車(従来85m)の建設に対応
- 山岳地帯, 峠などの狭隘地での建設に対応(直径25m以内で設置可能)
 - 伐採・整地・復旧の負担を低減
- 1基でタワー組立からナセル, ブレード設置までカバー(幅広い工程に対応可能)
 - 重機入替, 搬送, 据付などの手間とコストを低減

✓ 使用実績

- 山形県米沢市 いちご米沢板谷ECO発電所(2MW×4基)
- 熊本県天草市および天草郡苓北町 苓北風力発電所(3.2MW×3基)
- 北海道江差町 江差風力発電所(4.2MW×5基, GE製:ハブ高98.3m, ロータ径117m)

✓ 開発中

- 東光電気工事, アクティオ, 北川鉄工所, TAリフトの4社共同で新たな風車建設用タワークレーンを開発中
- 2024年度に2基導入予定
- さらに大きい出力6.1MWの風車にも対応



風車建設用タワークレーン(江差風力発電所)
(<https://www.kensetsunews.com/archives/746577> より引用)

※1 お知らせ, “国内最大作業高150mのタワークレーンを保有!” 株式会社TAリフトを設立 — タワークレーン保有会社(SPC) —, 東光電気工事, 2020年9月23日, <https://www.tokodenko.co.jp/news/> “国内最大作業高150mのタワークレーンを保有!” (参照 2022-11-15)
 ※2 株式会社TAリフト, ホームページ, <https://talift.jp/> (参照 2022-11-15)

■ 事例2: S-Movable Towercrane(エス・ムーバブルタワークレーン)

清水建設株式会社が, 100%子会社の株式会社エスシー・マシーナリとIHI運搬機械株式会社と共同で, 超大型施設の建設に対応できる国内最大・最高性能の移動型タワークレーン「S-Movable Towercrane(エス・ムーバブルタワークレーン)」の設計・製作中。2023年夏頃に完成予定。※1, ※2

✓ タワークレーンの特徴

- 最大作業高 152m, 最大吊上荷重 145t, 作業半径12.5m
- 高さ150m・5MW以上の超大型施設の建設が可能
- マストの1部と基礎部を解体するだけで, タイヤ式の自走式搬送車両(ドーリー)で次の建設ヤードに移動 → 工期は大きく短縮
- 風車1基あたりのサイクル工程を5日短縮
 - プロジェクト全体で大幅な工期短縮



ドーリーで移動中



陸上風力発電施設建設中
(出典: 清水建設提供)

※1 ニュースリリース, “国内最大・最高性能の移動型タワークレーンの設計・製作に着手”, 清水建設, 2021年5月7日, <https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2021/2021005.html> (参照 2022-11-15)

■ 事例3: 高さ200m級の風力発電用タワーの開発

三井住友建設株式会社とMammoet社(オランダ)は、風力発電用の200mタワーとその架設機械の共同開発中。

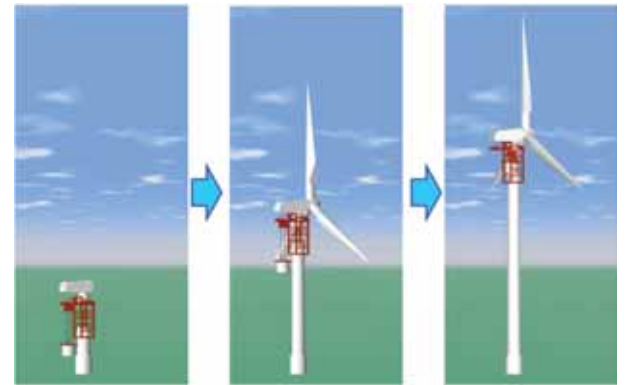
200mになると既存のクレーンでは重量物であるナセルや長尺であるブレードの架設が困難なので、三井住友建設の特許であるセルフクライミング工法に対応した架設機械を共同開発中※1



風力発電用の200m級タワーとその架設機械のイメージ

✓ 工法の特徴

- タワーの部材を架設機械で吊り上げる
- 通常のクレーンで架設できる初期の段階で重量物であるナセルを頂部に設置
- そのまま建設
- ブレードも同様に、その長さまでタワーを建設した段階で、ナセルに取り付け
- 大型クレーンを使用しないことで施工費を低減



架設作業ステップ

※1 三井住友建設, “風力発電用200m級タワーと架設用機械の共同開発に着手”, ニュースリリース, 2021年1月8日, <https://www.smcon.co.jp/topics/2021/01081300/> (参照 2022-11-16)

■ ブレード運搬トレーラー

ブレード運搬には、主にGoldhofer社のトレーラーが使用されている。※1

✓ 超ロングブレード運搬用のトレーラー FTV-850 を開発

- ロータブレード幅 3.7mまで対応可能
- 最大850mtの負荷モーメントまで対応可 (ブレード長84m超の輸送可)
- 最大昇降角度 60度まで可能



6軸以上トレーラー FTV 850

(<https://www.goldhofer.com/en/special-applications/ftv-850> より引用)

FTVシリーズの性能比較

項目	FVT300	FVT550	FVT850
載荷荷重(t)	12.6	15.7	19
バラスト重量	14	18	18
吊上トルク(mt)	300	550	850
最大昇降角度(°)	60	60	60
ピッチ角	360(制限なし)	360(制限なし)	360(制限なし)
ブレード重量(t)	2.4	2.6	4.4-6
ロータブレード径(m)	2.8まで	3.4まで	3.7まで
積載ブレード長(m)	60mブレード対応	60mブレード対応	84m超ブレード対応



THP/SLスプリットモジュールを分割したテスト構成でのFTV 850 (写真: Goldhofer)

※1 Justyna Krasik, “FTV 850: idealny do transportu bardzo długich łopat”, SAMOCHOŃY SPECJALNE, 2021年12月26日, <https://samochody-specjalne.pl/2021/12/26/ftv-850-idealny-do-transportu-bardzo-dlugich-łopat/> (参照 2022-12-23)

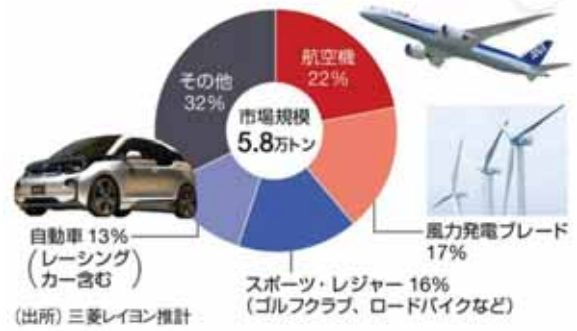
■ 炭素繊維の用途

- ✓ 航空機(22%)、風車ブレード(17%)、自動車(13%)が主要用途となっている(2015年時、右上図)。
- ✓ 航空機(B787)では、カーボンラミネートやカーボンサンドイッチといったCFRP複合材料が機体の50%を占めている(右下図)。

■ 炭素繊維の市場予測

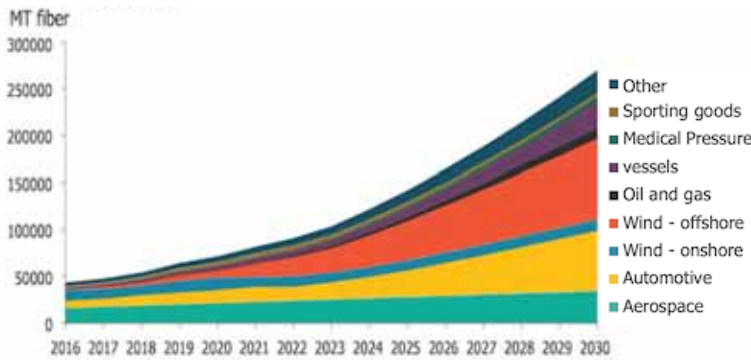
- ✓ 今後、洋上風車ブレードや自動車産業で急速な市場拡大が予測される(下図)。

炭素繊維の用途構成比 (2015)

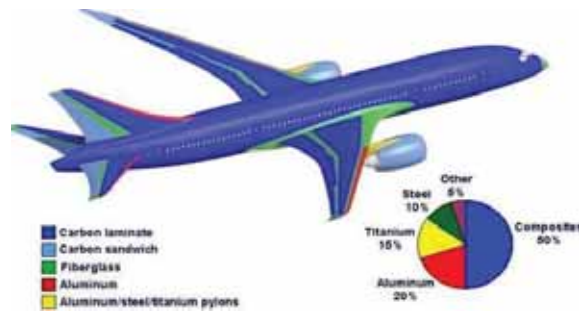


<https://toyokeizai.net/articles/-/155788?page=2>

炭素繊維の市場予測



<https://www.luxresearchinc.com/press-releases/lux-research-forecasts-that-the-carbon-fiber-reinforced-plastics-market-will-grow-to-64-billion-by-2030>



ボーイング787に使用されているCFRPの部品

https://www.researchgate.net/figure/The-CFRP-parts-of-dreamliner-Boeing-787-l_fig1_225022367

■ リファレンス風車(RWT)の形状仕様と材料の比較

RWTの主な形状仕様

パラメータ	NREL 5MW RWT	DTU 10MW RWT	IEA 15MW RWT
風車規格	IEC Class 1B	IEC Class 1A	IEC Class 1B
ロータ回転方向と向き	時計回り、アップウインド		
ブレード数	3	3	3
ブレード長さ (m)	61.5	86.366	117
ロータ径 (m)	126	178.3	240
ハブ径 (m)	3.0	5.6	7.94
ハブ高さ (m)	90.0	119.0	150
ブレード質量 (kg)	17,740	41,716	68,415
ロータ質量 (kg)	110,000	227,962	675,175
ナセル質量 (kg)	240,000	446,036	(274,606)
RNA質量	(350,000)	(673,998)	949,781
タワー質量 (kg)	347,460	628,442	853,460

カッコ表示は、構成質量の値を参考にして計算した。

RWTのブレード材料

材料分類	SNL 61.5モデル	DTU 10MW	IEA 15MW
樹脂	ゲルコート		ゲルコート
		エポキシ樹脂	エポキシ樹脂
ガラス繊維		Glass uniax	Glass uniax
		Glass biax	Glass biax
	SNL(Triax)	Glass triax (Eガラス)	Glass triax
炭素繊維	Carbon UD E-LT-5500(UD)		Carbon UD
発泡材	発泡材 (200kg/m ³)		発泡材 (130kg/m ³)
木材		パルサ材	
化成品			(接着剤)

カッコ表示は、単独の構成材料ではないものを示す(機械的特性は示されている)。

FRPの種類

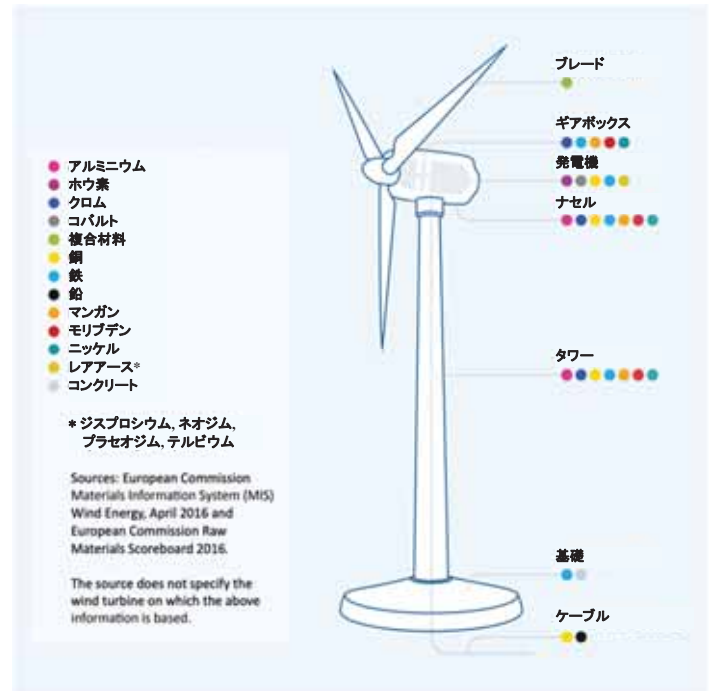
- GFRP: ガラス繊維+樹脂
- CFRP: 炭素繊維+樹脂

※NREL 5M RWTの材料構成は非公表のため、代替として用いられているSNLモデルのデータを比較した。

■ 風車のリサイクル

風車の部材に含むリサイクル対象となる主要な原料

風車の部材	原料												
	アルミニウム	ホウ素	クロム	コバルト	複合材料	銅	鉄	鉛	マンガン	モリブデン	ニッケル	レアアース	コンクリート
ブレード					●								
ギアボックス		●	●			●	●			●			
発電機		●		●		●	●					●	
ナセル	●		●			●	●		●	●	●		
タワー	●		●			●	●		●	●	●		
基礎							●					●	
ケーブル						●		●					



風車の部材で注目される原料

- ・ブレード: 複合材料(FRP)
- ・発電機: レアアース
- ・タワー: 鉄、(防錆対策としての亜鉛)
- ・ケーブル: 銅

■ 風車ブレードのリサイクル

- ✓ 今後数年に、大量の風力発電設備が耐用年数を迎えるが、大規模のブレードリサイクルのソリューションは未実装である。
- ✓ ブレード材質のFRPのリサイクル技術、低コストの埋立て、廃棄物量の評価が課題となっている。

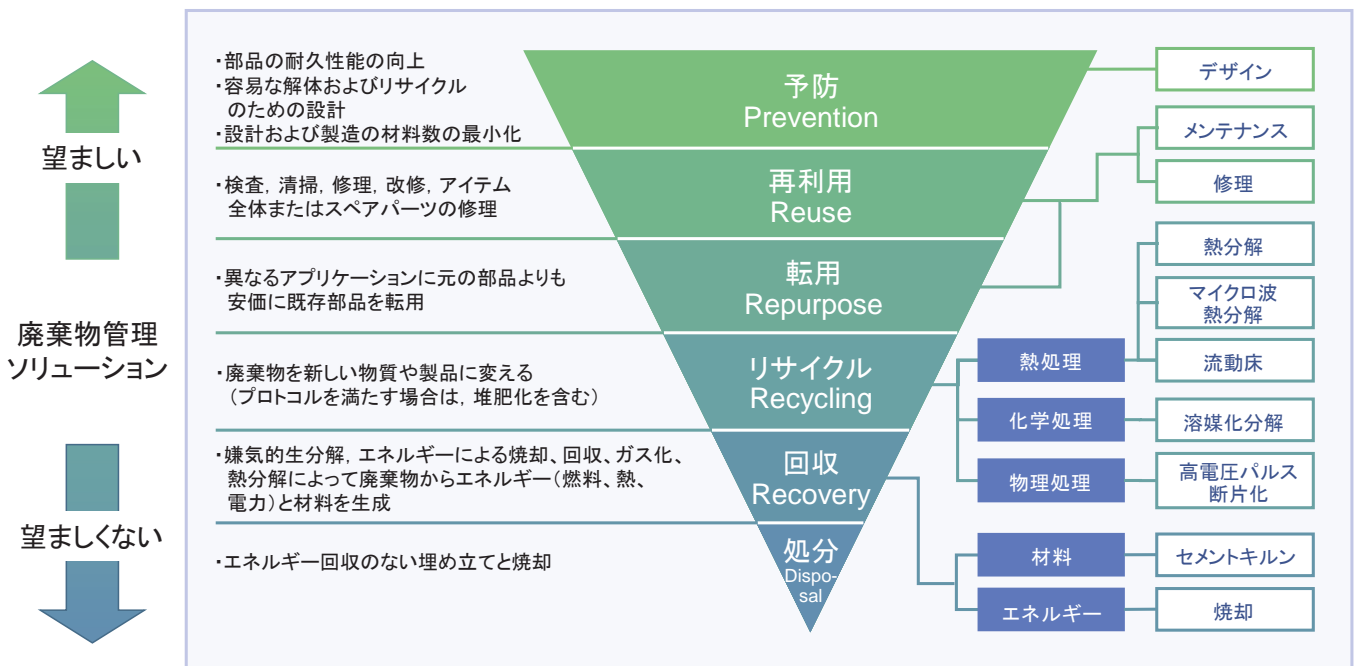


図. FRP廃棄物管理ソリューションの階層構造

<EUの風力産業界>

- ✓ 100%を再利用、リサイクル、または回収することを約束。
- ✓ EUでは、2025年までに年間約25,000トンのブレードが耐用年数(発電所の平均寿命20~25年)を迎える。
- ✓ 2030年までにブレードの年間廃棄量が52,000トンになる可能性がある。

<現地作業>

- ✓ ナセル内部品(増速機, 発電機, その他電気機器)を部品別に解体・分解
- ✓ ブレードを切断・粉砕(トラックに積載できる大きさに)
- ✓ ここで、現地でGFRP及びCFRP製のブレードを切断・粉砕する切断機・粉砕機が必要。

<従来 of 廃棄方法>

- ✓ 金属類 → 有価物(マテリアルリサイクル, ケミカルリサイクル)
- ✓ プラスチック類 → 燃料(サーマルリサイクル) → 残留物は埋立

<GFRPブレード>

- ✓ リユース
- ✓ ブレード本体を埋立処分
- ✓ 産業廃棄物として焼却・燃焼(サーマルリサイクル) → 残留物(埋立)
- ✓ 共焼却(セメントキルン) → 樹脂は燃料として燃焼(サーマルリサイクル)
→ ガラスはセメント原料(ケミカルリサイクル)
→ 基本的には残留物なし
- ✓ 骨材として再利用するケースもある

<CFRPブレード>

- ✓ 分離回収技術(カーボンと樹脂を分離)(ケミカルリサイクル)
→ カーボン繊維を回収
→ 新たにCFRPを製造(部品, 建築資材, アウトドア製品など)





リユースの事例



ブレード本体を埋立処分

■ 炭素繊維製造メーカー

PAN based Carbon Fiber Manufacturer and the Name Plate Capacity (x千トン/年)

Manufacturer	2012	2013	2014	2015	Tow (L: Large, R:Regular)
東レ	18.9	21.1	26.1	27.1	R
三養レイヨン	10.9	10.9	10.9	10.9	R / L
東邦テナックス	13.9	11.4	11.4	11.4	R
Hexcel	7.2	7.2	8.6	10.0	R
Cytec	2.4	2.4	2.4	3.4	R
台湾プラスチック	8.8	8.8	8.8	8.8	R
Zoltek (東レ)	12.2	13.0	14.3	14.3	L
SGL	9.0	9.0	12.0	12.0	L
AKSA	3.5	3.5	3.5	3.5	R
HCC	0.0	0.0	1.5	1.5	R?
SABIC	0.0	3.0	3.0	3.0	L?
泰光	1.5	1.5	1.5	1.5	R
曉星	0.0	2.5	2.5	2.5	R
インド	0.3	0.3	0.3	0.3	R
中国	11.6	13.1	13.1	13.1	R
合計	100.2	107.7	119.9	123.3	

2014年 第27回炭素繊維協会複合材料 東レ/株 発表資料より

Pitch based Carbon Fiber Manufacturer and the Name Plate Capacity (x千トン/年)

Manufacturer	Capacity/2015	原料	光学的特性	Fiber form
クレハ	1.45	Petroleum	Isotropic	Short
大阪ガスケミカル	0.60	Coal	Isotropic	Short
三養樹脂	1.00	Coal	Mesophase	Long
新日鐵住金	0.18	Coal	Mesophase/Isotropic	Long
Cytec	0.23	Petroleum	Mesophase	Long
合計	3.46			

2014年 第27回炭素繊維協会複合材料大阪ガスケミカル(株)発表資料より

■ 炭素繊維のマトリックス分解法によるリサイクルの事業化

	団体	国	備考 処理能力(ton/Year) 等
熱分解法	ウイスカ様	日本	
	ELG Carbon Fibre	ドイツ、イギリス	2000 ton/year
	HADEG Recycling GmbH	ドイツ	
	ReFibre	デンマーク	
	YF-International	オランダ	
	Procotex	フランス	
	Technical Fibre Products	イギリス	
	Karborek	イタリア	1000 ton/year
	CFK Valley	ドイツ	1000 ton/year
	Material Innovation Technologies	アメリカ	2200 ton/year
	炭素繊維リサイクル技術開発組合	日本	1000 ton/year
	カーボンファイバーリサイクル工業	日本	
	ファイバード	アメリカ	マイクロウェーブ+加熱炉
化学分解法	日立化成工業様	日本	触媒・常圧 200 ton/year?
超・亜臨界分解法	静岡大学(日本)	日本	超臨界アルコール 加圧
複合系(熱+化学)	Adherent Technologies	アメリカ	400ton/year (2014~)
電界酸化法	八戸リサイクル技術研究所	日本	500ton/year (2015~)
加熱水蒸気法	ファインセラミックセンター	日本	加熱水蒸気分解

■ 事業化 ■ 開発中

山藤家嗣 (2015) 炭素繊維複合材料とリサイクル

■ 炭素繊維のリサイクル事業化の要件

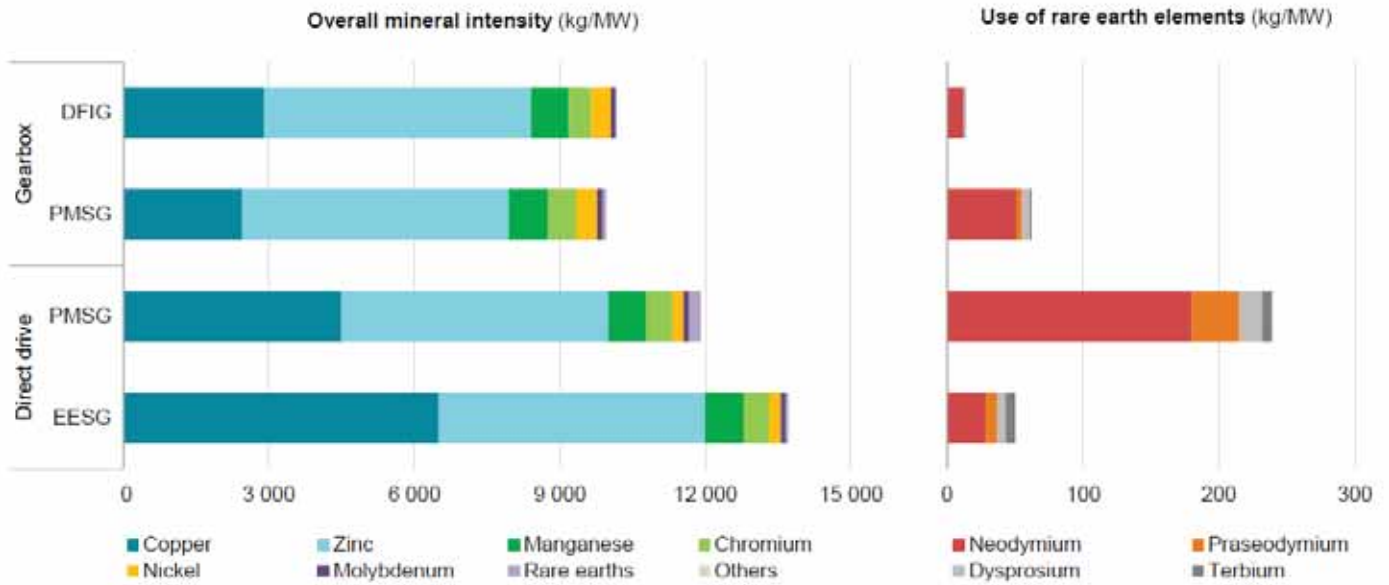
➤ マテリアルリサイクルの事業化

- ✓ CFRPから樹脂成分を燃焼または溶解させて、ガラスまたは炭素繊維を分離しても繊維方向が多様であり、個々の繊維にすることは困難である。
- ✓ CFRPの繊維長が短く、バージン炭素素材と同様な再利用には、最低10mは必要である。リサイクルごとに繊維長は短くなるため、再利用は限定される(例: 不織布など)。
- ✓ CFRPから炭素繊維配合ペレットの製造が実用化された(特許取得)。(ペレットは、3Dプリンターの材料やその他樹脂成型品に用いられる)
- ✓ CFRPを破砕・熱分解して「チョップド」と「ミルド」に分級している。チョップドCFは樹脂と混ぜて射出成形品に、ミルドCFは樹脂やゴムの導電性・耐熱性の改良用素材として活用する。
- ✓ リサイクル炭素素材(rCF)として、繊維メーカーが中間材開発に取り組んでいる。

➤ リサイクルシステムの構築(参考: GFRP)

- ✓ 広域認定処理に係る特例の一般廃棄物に「廃FRP船」が追加された(環境省、H17年9月8日)。
- ✓ 日本マリン事業協会では、EPR(拡大生産者責任)、循環型社会の形成、不法投棄の防止を目的として、「FRP船リサイクルシステム(H17)」を作成した。(最終処分はセメントキルンによるサーマルリサイクル)
- ✓ 「FRP船リサイクルシステム」には、遵守する法的義務がない

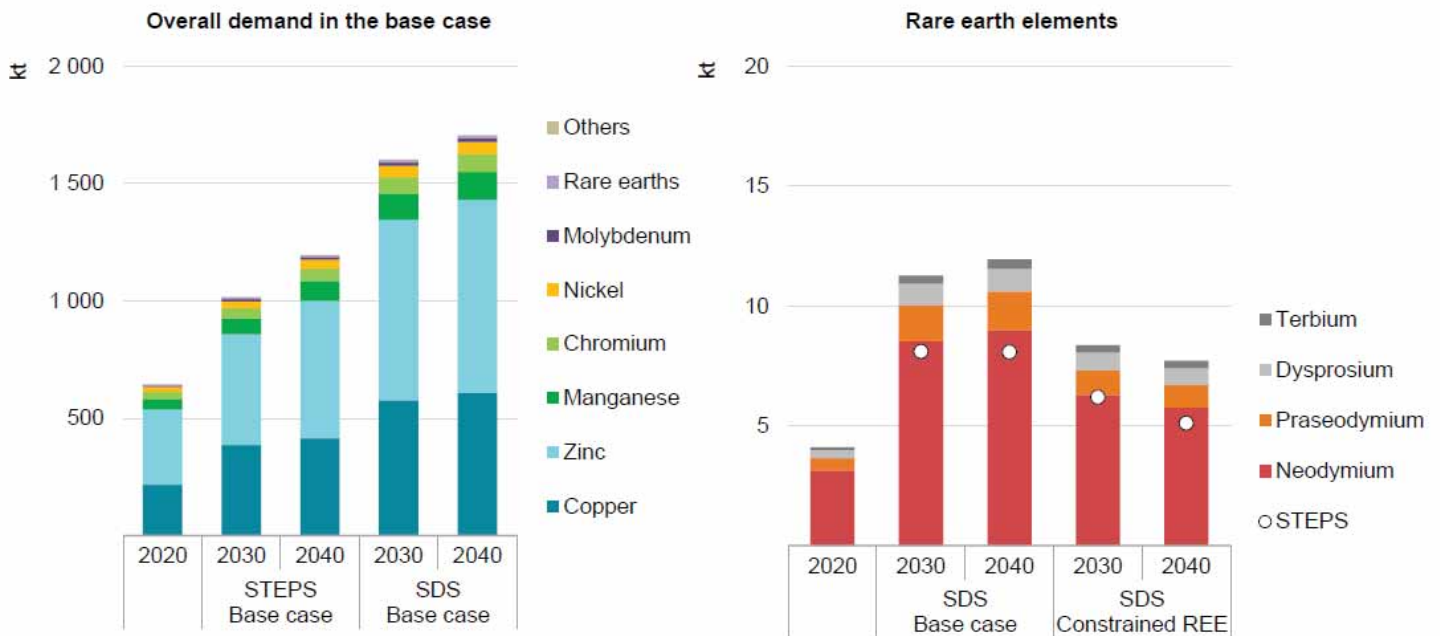
■ 風車の発電機別における鉱物使用量(kg/MW)の推定



DFIG=二重給電誘導発電機、PMSG=永久磁石式同期発電機、EESG=電気励磁式同期発電機。
陸上風車に基づいて試算しており、洋上風車では、ケーブルが長くなるため、多くの銅が必要となる。

風力発電に必要な金属は、タービンの種類によって異なり、特にレアアースの需要が高い。

■ シナリオ別にみる風力発電における鉱物資源需要の推定



STEPS=公表政策シナリオ、SDS=持続可能な開発シナリオ
陸上風車に基づいて試算しており、洋上風車では、ケーブルが長くなるため、多くの銅が必要となる。

レアアース(REE)の需要は、2040年までにSDSで4倍に増加。発電機の選択により成長規模は異なる(Constrained REE)。

■ 風車における金属のリサイクル

- ✓ 風車の金属類は、有価物としての市場価値がある。
- ✓ 特に、重量割合や売価から鉄(タワー)、銅(ケーブル)、発電機の磁石(レアアース)がリサイクル産業では主要な部材(金属類)である。
- ✓ タワーは、解体方法や現場からの輸送方法によっては、コスト高となる。
- ✓ ケーブルは、ゴム被覆下に鉄製の被覆があり、これらを効率的に剥離する技術が重要である。
- ✓ 磁石は、脱磁(消磁)する必要がある。またレアアースを取り出すための技術開発が必要である。
- ✓ レアアースが特定重要物質として、経済安全保障推進法が成立した(R4年5月)。
- ✓ 磁石のリサイクルで、目的となる主なレアアースは、ネオジウム(Nd)、ジスプロシウム(Dy)、テルビウム(Tb)である。
- ✓ タワーや磁石が、海外でリサイクル処理するために輸出されている。わが国の人工資源として国内でのリサイクルを推進してリサイクル金属を国内循環物質とすることが望まれる。

2. アンケート調査, ヒアリング調査(2.1 アンケート調査)

■ アンケート調査項目

- ✓ 異業種・他業界に風力発電業界より先行している優れた技術
- ✓ 異業種・他業界が保有する技術の中で、風力発電に転用・利活用できる優れた技術
- ✓ 異業種で活用しているIoTの技術が風力発電所の運用に活用できる技術(システム系)
- ✓ 事業終了後の風車解体後の廃棄物に適用できるリサイクル技術(特にブレードのリサイクル)
- ✓ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)
- ✓ 大形風車の組立に活かすことができる技術(大形構造物の組立技術)
- ✓ 大形風車の大型部品の輸送に活用できる輸送技術(大形構造物の搬送技術)
- ✓ 風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術
- ✓ ドローンを活用した事業展開(水中ドローンも含む)
- ✓ 洋上風力の漁業対策措置(漁礁など)

風力発電産業外の異業種・他業界団体などへの一斉調査ではなく、ある特定の業界団体事務局、またはある特定の事業者に絞って実施した。

■ アンケート調査実施先

- ✓ 一般社団法人日本電機工業会 新エネルギー一部
- ✓ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下, 産機工)
- ✓ トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター
- ✓ トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部

■ 回答結果(その1)

- ① 異業種・他業界に風力発電業界より先行している優れた技術があるか
(風力業界で使用している部品と類似したものを使用しているケースで, より優れていると思われる技術があれば挙げていただく。)
 - 航空機の炭素繊維等、ブレードに転用は可能。
 - CNF(セルロースナノファイバー)等の活用が増えてくるとされる。
 - 日本では重工系が卓越している。弊社では高空風力発電でカイトをやっている。
- ② 異業種・他業界が保有する技術の中で, 風力発電に転用・利活用できる優れた技術があるか
(風力業界ではまだ活用されていない(使用されていない)技術を風力業界に転用することによって発電効率が向上するか。また, 風力発電関連事業者と共同で技術開発に取り組みたいという技術者(事業者)がいるか。)
 - 軸受・増速機、但し、今般の風車の大型化で大型軸受・大型増速機は汎用ではなく、風車に特化した技術になりつつある。
 - 関係する業界団体として、日本造船工業会、日本鉄鋼連盟が該当するのではないかと。
 - 空中風車の活用として、海でカイトをあげたいと思っているので、JAMSTECと話をしている。車の風の影響具合の知見が活かせるのではないかと。
 - 豊田通商を通じて、ユーラスエナジーホールディングスを有するが、共同で技術開発するなどの技術交流はない。
 - ドローンに燃料電池を適用し、飛行時間の長時間化に活かすことが見込まれる。
- ③ 異業種で活用しているIoTの技術が風力発電所の運用に活用できる技術があるか(システム系)
(例えば、異業種で運用されているデジタルツインの技術が風力発電所の運用・管理に転用可能であるか。)
 - インターネットによる遠隔監視。
 - デジタルツインについては、皆さん新しい取組として取り組まれているところが多い。一部会員で、展示会などで展示、セミナーなどで講演をされている。私の知る範囲では、環境系、エンジニアリング系の会社である。
 - グリッド制御の基礎的な研究は弊社でも実施している。
 - 発電系の技術は、我々の中で自家発電と呼ばれる設備があり、風力に係るものとして遠方監視を行っている。エネルギーミックスのどの発電機械を優先的に動かすかということをしている。
 - 車的にはリアルタイムで荷重をフィードバックをすることはないので、歪計を付けるということになる。その辺の技術は今結構進んでおり、無線でデータを取ることもできる。
 - 自動車の運転情報などは、T-Connectを介して情報集約しているが、車両側にフィードバックするには至っていない。

■ 回答結果(その2)

- ④ 事業終了後の風車解体後の廃棄物に適用できるリサイクル技術(特にブレードのリサイクル)
(特にブレードの廃棄が大きな課題となっており、適切にリサイクルできる手法があるか。当面のブレードはGFRP製であり、最近のブレードはCFRP製になっている。)
→ ブレード等が想定されるが、素材が不明につき一概にはわからない。
→ 早稲田大学の大和田先生が、国内のリサイクル関係で一番貢献されている。
→ CFRPは以前は熱硬化であったが、今は熱可塑で進んでいると聞く。
→ リサイクルを意識した車作りをしている。グループ全体で90数パーセントをリサイクルしている。
- ⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)
→ 大型径の曲げ技術、原子力の格納容器の曲げ技術が相当すると考えられるが、コストが合わない。
→ 弊社の場合、工場の中で作るものばかりで、この辺の技術は弱いと思う。
- ⑥ 大形風車の組立に活かすことができる技術(大形構造物の組立技術、作業エリアの制約)
→ 弊社の場合、工場の中で作るものばかりで、この辺の技術は弱いと思う。
- ⑦ 大形風車の大型部品の輸送に活用できる輸送技術(大形構造物の搬送技術)
→ 弊会は御既承の通り、電機メーカの団体であり、当該輸送技術の会社は会員にはいません。輸送であれば、JWPA殿会員にいますのではと思慮します。

■ 回答結果(その3)

- ⑧ 風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術
→ 設置地域の地元小学校、中学校への環境教育の場を設けるべきではないか。地元住民への理解の場を積極的に設けるべきだと思う。
- ⑨ ドローンを活用した事業を展開しているか(水中ドローンも含む)
(風力業界では、ドローンを活用したブレード点検が試験的に検討されているが課題が多くある。充電電池の寿命、カメラの画像精度、画像処理技術、AIを活用した画像からの損傷度合い評価というように様々な検討課題がある。)
→ ドローンは、プラント系の維持管理に使われていると聞く。運用実績もあると思われる。技術的な差はないと思われる。
→ 工場の中を飛ばしてみる程度。
→ ドローンの中では、燃料電池で航続時間を延ばそうというところがある。
- ⑩ 洋上風力の漁業対策措置(漁礁など)
(洋上風力では、漁業者との合意形成が必要であり、漁業者・漁業団体への対応策が必要になってくる。洋上風車の基礎(浮体)、係留を活用した漁礁として活用性が課題となっている。)
→ ドローンを含めた上記⑨、⑩に係る技術も弊会会員企業では扱っていないです。

■ ヒアリング調査実施先

- ✓ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部
- ✓ トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター
- ✓ トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部
- ✓ 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)
- ✓ エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社
- ✓ 早稲田大学理工学術院 創造理工学研究科 大和田研究室
- ✓ 太平洋セメント株式会社
- ✓ 一般社団法人 新金属協会

ヒアリング調査は、先アンケート調査の結果を受けて、回答結果に対して深掘りする形で実施した。

また、ヒアリング調査の過程で、紹介のあった事業者、業界団体へのヒアリング調査を実施した。

■ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下, 産機工)

- ① 異業種・他業界に風力発電業界より先行している優れた技術があるか
 - ・紙会社が紙の需要がなくなってくる中で、CNFの活用が増えてくる。
 - ・車にも採用されるてくると思われる。
 - ・風力に係るとすれば、中小と言うよりは大手の日本製紙、日本製紙連合会が関係してくると思われる。
- ② 異業種・他業界が保有する技術の中で、風力発電に転用・利活用できる優れた技術があるか
 - ・油圧、歯車関係だと、日本造船工業会の業界団体で使われているので、利活用できる技術があるのではないかと思う。
 - ・最近、環境装置類のメーカーで廃棄物発電を行ったり、また清掃工場では廃棄物を燃やして電力をつくる発電事業自体をやっている事業者がいる。バイオマス発電とか、さらにVPPとか、蓄電池のビジネスをやるうという流れになっている。しかし、風力まで手を伸ばす余裕はないものと思われる。風力であれば、中・大規模であれば地産地消の電力としてこれから役立ってくると思うので、今後関係してくるのは間違いないと思う。
 - ・建設会社が持っている技術で、風力に転用していない技術が結構あるかと思われる。
 - ・海洋開発系であれば、三井海洋開発はどうか。
- ③ 異業種で活用しているIoTの技術が風力発電所の運用に活用できる技術があるか(システム系)
 - ・千代田化工、日揮などのエンジニアリング系の会社が熱心にやられている。プラントの配管の多いところで、デジタルツインでどこが故障したとか、技術者不足に対応するためにやらなければならないということで、導入が進んでいるようである。
- ④ 事業終了後の風車解体後の廃棄物に適用できるリサイクル技術(特にブレードのリサイクル)
 - ・株式会社エコネコルが、前に退役した飛行機1基を買って、リサイクルの研究をするという話があった。エコネコルであれば、ブレードのリサイクルはあるかもしれない。
 - ・セメントとしての再利用では、セメント協会に確認するのが良いかと思う。

■ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下, 産機工)

⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)

- ・タワーの材料である鉄鋼を扱う業界団体である日本鉄鋼連盟の中で, 日鉄, JFE, 神戸製鋼などが有する加工技術が活かせるのではないかと思います。

ここで, 机上レベルの調査となるが, 洋上風力の浮体式, 着床式の基礎部材に使われる構造物について調査したので, 以下に示す。

<浮体式>

五島市沖で既に商用運転されている浮体式風車(1基)および現在設置工事が進められている浮体式風車8基は, スパー式基礎を採用している。スパーを製造しているは, 三菱長崎機工株式会社である。その他, 風車建設工事に使用される機器や, 自己昇降式作業台船(SEP船)の関連機器も製造している(下図参照)。



納品製品一例

(出典元: <https://www.mnm.co.jp/products/renewableenergy/offshorewindfarm.html>)

■ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下, 産機工)

⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)

- ・タワーの材料である鉄鋼を扱う業界団体である日本鉄鋼連盟の中で, 日鉄, JFE, 神戸製鋼などが有する加工技術が活かせるのではないかと思います。

ここで, 机上レベルの調査となるが, 洋上風力の浮体式, 着床式の基礎部材に使われる構造物について調査したので, 以下に示す。

<着床式>

着床式の中で, ジャケット式基礎を製作しているが日鉄エンジニアリングである。日鉄エンジニアリングの子会社である日鉄鋼構造の若松工場で, 石狩湾新港洋上風力発電所向けのジャケット式基礎の製作し, 提供している(下図参照)



若松工場で作成しているジャケット式基礎

(出典元: <https://www.nikkan.co.jp/releases/view/143476> より)

■ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下, 産機工)

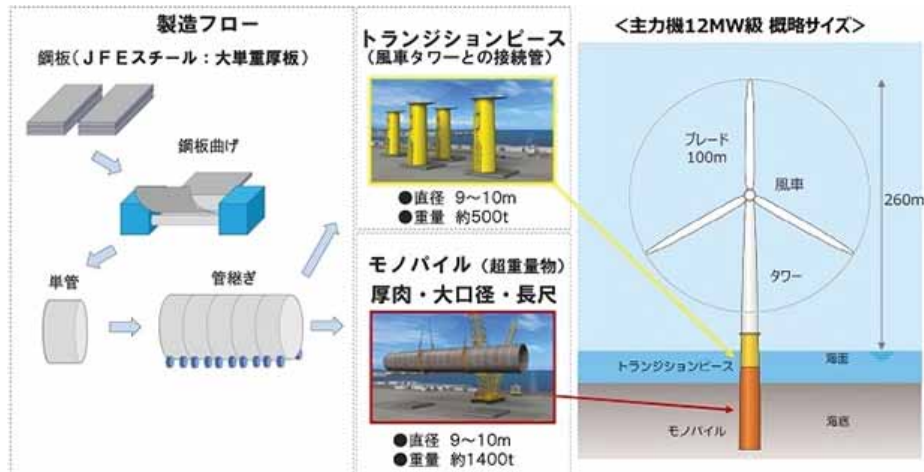
⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)

・タワーの材料である鉄鋼を扱う業界団体である日本鉄鋼連盟の中で, 日鉄, JFE, 神戸製鋼などが有する加工技術が活かせるのではないかと思います。

ここで, 机上レベルの調査となるが, 洋上風力の浮体式, 着床式の基礎部材に使われる構造物について調査したので, 以下に示す。

<着床式>

着床式の中で, モノパイル式基礎の支柱(モノパイル)とトランジションピースを製作する計画を進めているのがJFEエンジニアリングである(下図参照, 岡山笠岡市 モノパイル新工場)。



工場製作概要(出典: JFEエンジニアリング)

(出典元: <https://www.kankyo-business.jp/news/028947.php>)

■ 一般社団法人日本産業機械工業会 環境装置部(以下, 産機工)

⑥ 大形風車の組立に活かすことができる技術(大形構造物の組立技術, 作業エリアの制約)
特になし

⑦ 大形風車の大物部品の輸送に活用できる輸送技術(大物構造物の搬送技術)
特になし

⑧ 風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術
特になし

⑨ ドローンを活用した事業を展開しているか(水中ドローンも含む)
特になし

⑩ 洋上風力の漁業対策措置(漁礁など)
特になし

トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター

- ① 異業種・他業界に風力発電業界より先行している優れた技術があるか
- ・空中風車(高空風力発電でカイト)の研究開発をしており、境界条件である風況、風がどのように変わるのか、気象も研究開発の中で行っている。タワー型風力発電も同様に風に対してどれだけ追従して、如何に効率的に制御する余地があるのかは分からないが、弊社のハイブリッドで道路負荷とか、必要な出力に対して、最適制御やっているので、境界条件に対して、システムとして最適化する技術は強いと思っている。カイトを使った高空風力発電もそのような志向をしているので、最適化、制御システムが活かせるのではと考えられる。
 - ・弊社では、ウーブン・シティ、まちでスモールグリッドというようにグリッドの最適化について研究している研究者が社内によくいる。スマートグリッド、エネルギーマネジメントを実証しながらまちをつくるという計画になっているので、風力発電もグリッドに入れていくところで、いろいろと接点があると思う。

(補足)

トヨタ自動車は2023年に愛知県の工場で風力発電の設備を稼働させる。高級車「レクサス」を生産する田原工場(愛知県田原市)に出力21.5MWの設備を整備する。工場内の電力消費に特化した「自家消費型」の風力発電としては国内最大級となる。トヨタが目指す2035年までに世界にある全工場のカーボンニュートラル(温暖化ガスの実質排出ゼロ)を達成するための足がかりにする。

直径120m、高さで最高145mの風車を5基設置する。これらの設備を通じ、工場で消費する電力の15%以上をまかなう。年換算した発電量はおよそ43GW時と、一般家庭約1万世帯分の電力使用量に相当する。^{※1}

- ② 異業種・他業界が保有する技術の中で、風力発電に転用・利活用できる優れた技術があるか
- ・日本は洋上風力に重きを置いていくと思うが、中国がものすごい勢いでやられている。海洋技術者が、これから力を発揮していくとともに、海洋研究が進んでいくと思う。私自身も船の上で、カイトを飛ばして発電したいと考えており、その船もできれば無人船にしたいと考えている。いろいろなセンサーを積んだ船をJAMSTECが開発していると聞いている。将来的には一緒に組んで研究開発を進め、技術開発の連携化を図っていきたいと考えている。
 - ・弊社の場合、車が風を受けて横に流されるとか、そのような研究もやっていた。それぐらいのスケールサイズだと地形影響を受ける。場合によっては、大形風車の大きいサイズのものだけではなく、小形風車もあるので、その場合には、このような知見が役立つのではと思う。

※1 日本経済新聞 電子版, “トヨタ、愛知の工場で風力発電 自家消費型で国内最大級”, 2022年12月14日, https://www.nikkei.com/news/print-article/?R_FLG=0&bf=0&ng=DGXZQOFD02D7M0S2A201C2000000 (参照 2022-12-26)

トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター

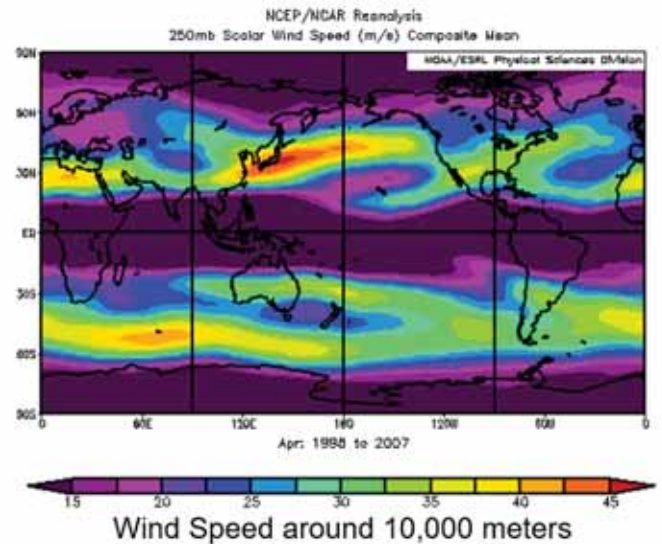
- ③ 異業種で活用しているIoTの技術が風力発電所の運用に活用できる技術があるか(システム系)
- ・故障時期の将来予測については、自分もテーマとして実施している。どこかに亀裂が入った時にはIoTの技術で確認できるようになっている。画像で確認することは少なく、センサーを埋め込んでセンサーの計測値で評価している。
- ④ 事業終了後の風車解体後の廃棄物に適用できるリサイクル技術(特にブレードのリサイクル)
- 特になし
- ⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)
- 特になし
- ⑥ 大形風車の組立に活かすことができる技術(大形構造物の組立技術, 作業エリアの制約)
- 特になし
- ⑦ 大形風車の大型部品の輸送に活用できる輸送技術(大形構造物の搬送技術)
- 特になし
- ⑧ 風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術
- ・子供たちの理数系離れがあり、風車という目の前で動いている機械の仕組みを分かりやすく、日本の機械のすごいところを見せて、地域のシンボリック的存在にし、自然の力のすごさを教えることが必要だと思っている。弊社では、カイトをあげる実証試験をする際には意識して、デモ飛行を見せて、力学系の仕組みを教えている。
- ⑨ ドローンを活用した事業を展開しているか(水中ドローンも含む)
- ・空中風車は、アメリカでも同じような研究開発をしている研究者がおり、アメリカでは水中ドローンの技術開発が強い。
- ⑩ 洋上風力の漁業対策措置(漁礁など)
- 特になし

■ トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター

空中風車(高空風力発電)は、発電機能だけではなく、他に有効利用できる事例案を紹介する。現時点では、発電能力としては大きな貢献が見込めないが、他の有効利用で非常に期待できる機能を有する。

✓ 日本が将来的に空中風車が期待される事由

- 日本の洋上風力は、欧州に比べて風が弱いと言われているが、上空10kmの風速コンター図を見ると、約40m/sec以上と年間を通じて安定し、欧州よりも非常に風速が高いエリアであること



上空10km付近の10年間平均風速分布

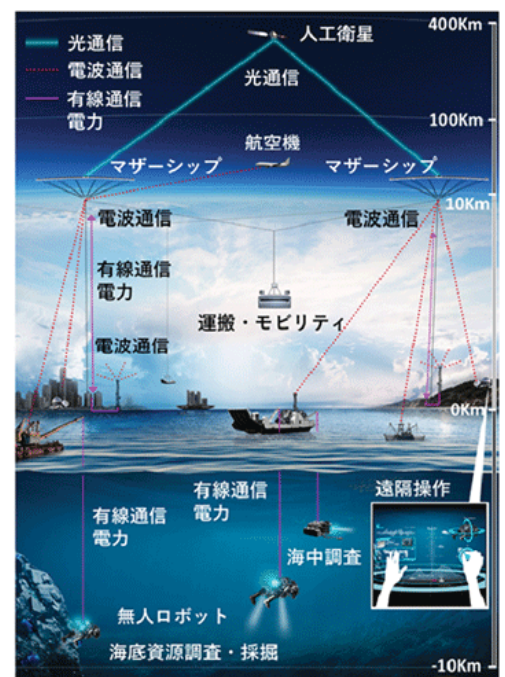
(出典元: https://www.toyota.co.jp/jpn/tech/partner_robot/news/202201_01.html)

■ トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター

✓ 空中物流など洋上における安全なモビリティ

- 上空10km位置を維持し、幾つかの空中風車を上空でつなぐことによって、空中物流(運搬)が可能
- 通信環境も有線、電波、光と状況に応じて通信手段を選択し、通信障害を回避することが可能
- 小さい空中風車(カイト)でも60kg~100kg程度のモノを持ち上げることが可能
- 陸上風車の設置工事時、メンテナンス時の資材、部品の運搬に活用することも見込まれる
- ドローンを活用した荷物の運搬が検証されているが、ドローンでは重い荷物を持ち上げる、長時間持ち上げ続けることができない
→ 空中風車(カイト)の場合、それをクリアすることができる

将来的に、洋上風力の建設工事時、運転開始後のメンテナンス時において有効活用が見込まれる。



✓ 現在開発中カイトの能力

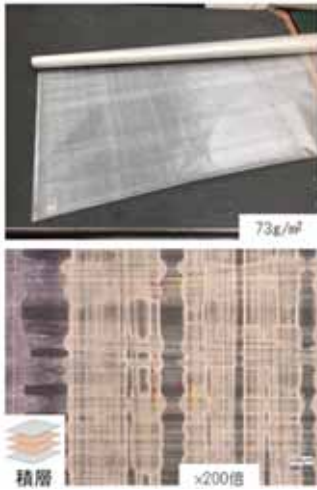
- 高度千mまで打ち上げ可能
- 発電能力は1kWレベル

トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター

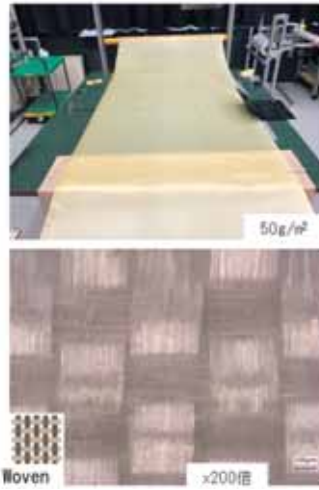
✓ 新素材の開発

- カイトの構成部材である膜体の素材は、繊維の積層構成となっており、新しい素材開発に取り組んでいる。
- 東洋紡株式会社(原糸メーカ)、サカイ産業株式会社(生地生産)、東洋クロス株式会社(樹脂加工)の各工程の事業者をサプライチェーンとして構成。
- 従来の素材より31.5%も軽量化され、素材単品の引張強度約1.3倍、縫製部の引張強度が約3倍の新素材が完成。CFRPよりも引張強度が強く、薄くて変形できる構造

従来基材



新基材



ブレード構成部材等の一部として有効活用が見込める素材

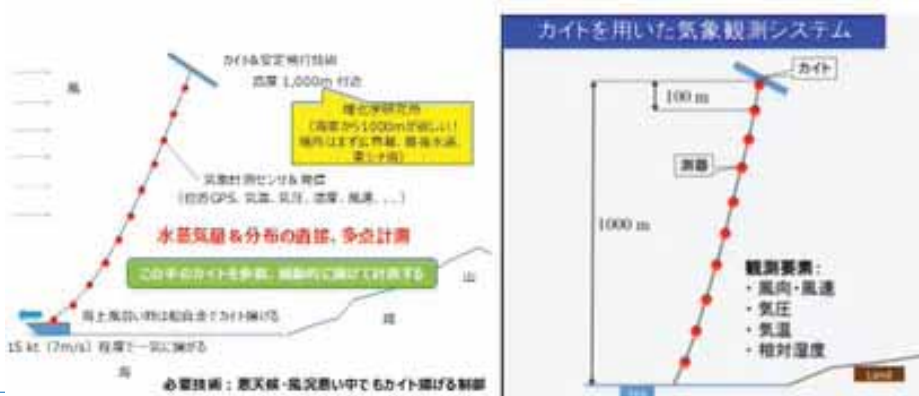
従来基材と新基材との比較。新基材は織物のため密度が均一

(出典元: https://www.toyota.co.jp/jpn/tech/partner_robot/news/202201_01.html)

トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 未来創生センター

✓ 海上での空中風車の有効活用の可能性

- 気象観測(風況観測)に活用
- 現在の洋上風況観測の装置:浮体式マスト, 浮体式鉛直ライダー, スキャニングライダー
機器類が数億円と非常に高価な装置
- カイトの場合:材料費と工賃のみ。数十万円から数百万円程度で購入可能
- カイトの課題:計測位置が上下左右に変動し、定位置にいないこと
→ 計測高度近傍にはセンサーを多く設置し、GPSから複数点の計測値からある高度位置の計測値を推計する手法を見出す必要がある。
- 許認可など:150m以上だと航空法の申請が必要となるが、カイトの場合認可がスムーズに取得可能。高度千mとなると国交省の大臣許可が必要となるが、許認可がスムーズに取得可能。ドローンの場合は認可が難しい。
カイトは地上から係留されているためコントロール可能、危険な時は回収可能。



カイトを使用した気象観測の例

■ トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部

- ① 異業種・他業界に風力発電業界より先行している優れた技術があるか
特になし
- ② 異業種・他業界が保有する技術の中で、風力発電に転用・利活用できる優れた技術があるか
・セルロースナノファイバー(CNF)については、車内の室内のところで強度を必要としないところでの採用は考えられるが、強度が必要などころに使う場合には強度検証の確認が必要となる。まだ、使われていないと思う。セルロースナノファイバーの立ち位置は、現在そのレベルである。
- ③ 異業種で活用しているIoTの技術が風力発電所の運用に活用できる技術があるか(システム系)
特になし
- ④ 事業終了後の風車解体後の廃棄物に適用できるリサイクル技術(特にブレードのリサイクル)
・自社ではリサイクルは行っていない。グループ会社でほぼ全て(90数パーセント)リサイクルしている。
- ⑤ 風車大形化に伴う鋼製タワーの製造に活かすことができる技術(加工技術)
特になし
- ⑥ 大形風車の組立に活かすことができる技術(大形構造物の組立技術, 作業エリアの制約)
特になし
- ⑦ 大形風車の大型部品の輸送に活用できる輸送技術(大形構造物の搬送技術)
特になし
- ⑧ 風力発電に欠けている(足りない)と思われる技術
特になし

■ トヨタ自動車株式会社 プラント・環境技術部

- ⑨ ドローンを活用した事業を展開しているか(水中ドローンも含む)
・弊社の燃料電池は、MIRAIという車両に積んでいる。すごく大きいものである。それを小さいサイズにできないかというところの検討段階である。それを使う先として、まだ未定であるが、情報を仕入れているところで、やはり小さくしていくことを考えていかないとけない段階で、まだまだという状況である。
・燃料電池のドローンは市販されているものがあるので、先の解決策(航続時間が短い)には繋がるかもしれない。
・今のドローンが短いというのは、認識している。我々の対応の一つとして、充電スポットを複数持ち、充電して、次に行くという形を取っている状況である。風力発電の場合でも充電スポットを複数持つという考え方はできないのであろうか。

先の「②ドローンの活用について」でも記述したが、現在のドローンの充電時間が長いことから、流れ作業として機能しないため、現時点ではその対策の適用はできない。しかし、課題2の対策技術などが活用できるようになれば充電時間が大幅に短縮されるので、充電スポットを複数持つという考え方が機能すると思われる。
- ⑩ 洋上風力の漁業対策措置(漁礁など)
特になし

<その他>

・部品調達について

海外の工場は、海外の部品を使っているが、基本的にはトヨタグループで作られた部品によって提供されている。すなわち、海外の工場においても基本的には、トヨタグループ内で内製化された部品を使用していることになる。日本国内では、基本的に日本製のものを使っていることが多い。定量的な把握はしていない。

■ 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)

産機工とのヒアリング調査の結果を受けて、デジタルツインのシステムを提供している日揮のグループ会社であるブラウンリバーズ株式会社にヒアリング調査を実施した。

日揮株式会社(以下、日揮)は保全サービスブランドとして「INTEGNANCE」を展開し、2022年5月10日付で3Dビューワ「INTEGNANCE VR(以下、ビューワ)」(有償版)の開発・販売を起点にデジタルツインによる既存設備保全の高度化支援を目的とする新会社「ブラウンリバーズ株式会社(以下、ブラウンリバーズ)」を設立。

- ✓ 「INTEGNANCE VR」は、360° 画像カメラで撮影した360° パノラマ写真上に関連データをタグ登録することで、各機器や部材の相関関係を可視化するグーグルマップのストリートビューを実現
- ✓ 画像領域を分割するAI技術であるセマンティックセグメンテーションにより、プラントに数十万点あると言われる配管の自動抽出を可能にし、「空間データの構築作業」を簡略化

60

■ 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)

- ✓ INTEGNANCEシステムの全体概要(3つのモジュール)
 - データ基盤: 関係する各担当部署が取扱う基本データが横串になった状態で一元管理
 - 分析モジュール: データ基盤に収集される各種データを用いて高度なAI分析を行い異常予兆などを行う
 - ビューワ: 360° パノラマ写真上と3次元形状モデル(3Dスキャンから生成する立体モデル)を組合わせた3次元情報のプラント図に分析結果を重ね合わせて可視化

あるべき姿の整理 ～統合型スマート保全サービス「INTEGNANCE」の旗掲～

データを一元管理する「データ基盤」、データを用いて高度な分析を行う「分析モジュール」、プラントの外観上に属性データおよび分析結果を表示する「ビューワ」で構成される保全の統合型プラットフォーム



統合型スマート保全サービス「INTEGNANCE」システムの全体概要(ブラウンリバーズ 提供)

61

■ 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)

✓ INTEGRANCEシステム ビューワの特長

床面積1万m²規模の工場内のビューワを構築するためには,

A. 通常, 3次元情報のビューワを構築するためには, CAD(3次元データ)が必要で, 手間とお金を要する。

3Dモデルの構築費用 700万円, 作業日数 60日程度要

B. 新手法では, 移動式計測デバイスで工場内を歩くことで対応可能(下図参照)。

費用 1/7の100万円程度, 作業工数 1/20の3日間

作業時間とコストを大幅に削減



(1) 移動式計測デバイス
(出典: NavVis)



(2) すべての自動車工場を3Dスキャンしてデジタルデータ化
(出典: BMW)

■ 日揮株式会社(ブラウンリバーズ株式会社)

✓ INTEGRANCEシステム ビューワの特長(その他)

➤ 工事仕様書, 図面などの図書, 資料の共有化(閲覧)

➤ 現場担当者と管理者間で現場状況を確認しながら的確な作業指示が可能
(スマートグラス, スマートカメラの活用)

・定期点検, メンテナンス情報の共有化
・人材育成(新人研修, 技術研修)に活用

風力発電事業向けへの運用&メンテナンスに
利活用できるシステム内容と思われる。

■ エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社

エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社とCognite株式会社は、風力発電事業者に向け、複数拠点の異なるメーカーの発電設備の発電量や収益状況、メンテナンス情報などを一元的に可視化する「統合分析ダッシュボード」を開発し、2022年5月19日から提供開始。^{※1}

本サービスでは「経営層(主に発電事業者)向け」「運用者(主にO&M事業者)向け」ダッシュボードを提供。

✓ 経営ダッシュボード

各地の発電設備データを収集・統合し、設備稼働率、収益予測や設備ごとの発電ロス比較など設備投資計画の策定や発電事業運営に必要なデータを、対計画・設備別に参照・分析。

✓ 運用ダッシュボード

- 設備が全国に点在, 異なるメーカーの製品であっても、一元的に風速・発電量・アラームなどをリアルタイムに参照可能
- 発電状況、IoTセンサー等の収集データからデジタルツイン上で異常検知を行い、アラームを発生
- 事業者が既に利用しているAI分析モデルや、これまでのメンテナンスノウハウや知見を活用して作成した独自のモデルを組み込み、早期異常検知・予兆保全等への活用も可能
- 適切なメンテナンスを行うことで、大きな故障・トラブルを予防し、ダウンタイムを削減

^{※1} NEWS RELEASE, “デジタルツイン上で風力発電設備の情報を一元化、ダウンタイム削減に寄与する統合分析ダッシュボードの提供開始”, PRTIMES, 2022年5月19日, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000022.000055932.html> (参照 2022-12-23)

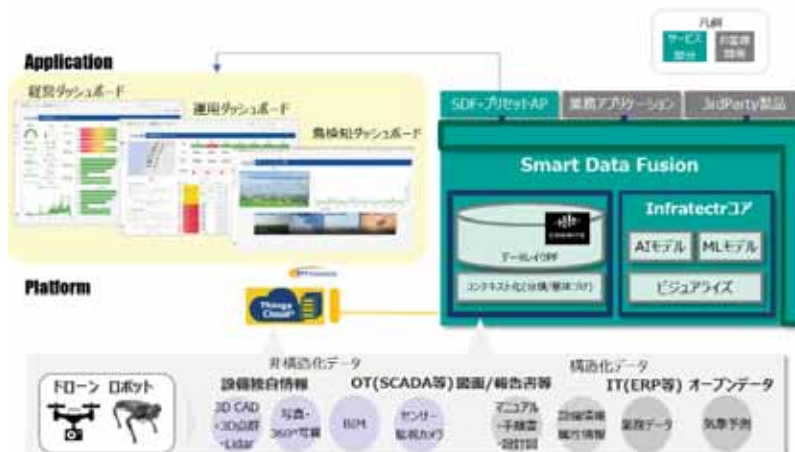
■ エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社

✓ 経営ダッシュボード

- 風車毎の発電量や収益性、効率などを一元的に把握可能
- 雷や故障などによるダウンタイムの逸失利益や、AI分析による理想発電量や計画発電量との乖離を分析
- 設備投資や事業運営の計画立案に反映

✓ 運用ダッシュボード

- 風力発電ファーム、風車についてSCADAから取得する操業データと保守運用システム等の保全データを組み合わせ可視化
- 異常があればアラームで通知、故障部品状態を参照
- 状況を一元的に把握し、各ファーム、風車の比較・分析
- 各センサーの過去データから予測値を算出し、その差分から異常を検知
- 過去の発電データから発電量予測を行い、現状との比較分析することも可能



統合分析ダッシュボード提供イメージ

■ 早稲田大学理工学術院 創造理工学研究科 大和田研究室

➤ 風車解体

- ・風車解体のガイドラインが必要である。解体時にクレーンを使わない方法が良い。
- ・切断に手間がかかっている。風車を倒壊させる方法があるが、ボルトが曲がると解体が却って大変になる。

➤ リサイクル

- ・タワーの垂鉛メッキは蒸留させて取り出す。磁石はいかに消磁するかが重要。ブレードは、切断してキルンに入れるのが一番良い。
- ・GFRPは、キルンに入れるために粉碎する作業が重要である。
- ・マテリアルリサイクルが理想である。欧州ではサーマルリサイクルは、リサイクルとして認めない傾向にある。プラに関してケミカルリサイクルはコスト高になるため実用化の成功例はない。
- ・新技術の開発の展開もあるが、むしろ実務的には場所の確保や設備を作ることや既存技術のシステムをどの用に作るかの方が課題として重要である。

➤ CFRP処理技術

- ・CFRPは、熱流や温度条件などを上手くコントロールして燃焼させ、骨格のまま繊維を取り出す研究がある。
- ・CFRPに使用されている熱硬化性樹脂は、燃やしても炭のようなものが残ってしまうが、キルンの温度(1000℃)であれば問題ない。

➤ リサイクルにおける新技術(検討を含む)

- ・単体分離技術: 物質の境界面を壊して分離する。
- ・電気パルス粉碎技術: 水中で電気パルスを瞬時(50ナノ秒で数十から百キロボルト)に流して、境界面を分割する。
- ・センサー選別システム(SBS): 近赤外分析、XRF分析、LIBS(レーザー誘起ブレイクダウン分光分析)等を備えた選別システム
- ・金属の溶媒抽出(ミキサセトラ)のエマルジョンフロー法による連続抽出技術やエアーによる浮選法選別技術
- ・エマルジョンフロー法によるレアアースの抽出技術

■ 太平洋セメント株式会社

➤ セメント業界での廃棄物の利用

- ・業界全体で年間4000万トンのセメントを生産している。
- ・セメント製造工程では、多種多様な廃棄物を使用している(セメント1tに対し400kgの廃棄物)。
- ・廃棄物を代替原料または代替燃料としてリサイクルに用いている。
- ・GFRPも少量であれば他の廃プラに混在(1:4程度)して処理することが出来る。
- ・GFRPのリサイクルでは、日本マリン事業協会がFRP船リサイクルシステムを参考に同様なシステムを構築すると良い。
- ・GFRPの破砕に関しては、自動車のシュレッダー業者が有効と思われる。シュレッダーによりセメントキルンに入れられるサイズにする。
- ・荒破砕時に、出来るだけGFRP以外のものを分ける必要がある。
- ・GFRPの熱カロリーは、2-3000calであり、廃プラ(6-8000cal)や石炭(6500cal)よりも低い。
- ・GFRPのガラスには、10%程度Naを含んでいる。セメント成分にNaが高くなるとコンクリートにひび割れを引き起こすため、JIS規格でNaは0.75%以下にする必要がある。
- ・GFRPのは、マテリアル(ガラス繊維)とサーマル(エポキシ樹脂)のリサイクルになる。
- ・CFRPは普通のセメントキルンでは、炭繊維の燃焼処理が出来ない。
- ・低温でのアントラーキルンを用いてCFRPを脆化処理した後、極少量をセメントキルンで燃焼することは技術的には可能である。

■ 一般社団法人 新金属協会

- ・かつては原子力関連の産業、最近では半導体関連の産業をけん引している。
- ・シリコンと希土類の国際標準化、安全対策、環境対策等の推進等をおこなっている。
- ・経済安全保障政策において、レアアースは極めて重要であり、供給サプライチェーンを強化することが望まれる。
- ・欧州では、すでにブレードを最終処分場に持ち込むことを禁止する法律が出来ているが、これに次いでレアアースの20%をリサイクルする法律を制定する準備をしている。
- ・レアアース・ショック以前に作られた古い風車は、ふんだんにレアアースが使われているので、古い風車ほどレアアースが多く入っている。
- ・家電からのレアアース回収の技術開発は確立しているが、製品が小さく、グラム単位のレアアースを集めないと経済性が成たたない。集めるコスト、回収するコストが高いため、実際にはほとんどリサイクルされていない。
- ・現状では、ナセルがそのまま鉄スクラップとして電炉に投入されているため、レアアースはスラグとして、路面材になっており、全然回収できていない。
- ・IEAのレポートに風車の導入に必要な金属量の試算が報告されており、今後増えていくことが予測されている

3. 連携可否検討

■ 想定される連携パターン

- ✓ 共同技術開発
 - 空中風車(カイト)を活用した気象・海象の計測手法の実用化に向けた技術開発
- ✓ 連携化の実証試験
 - ブレードリサイクルの実証試験(ブレードリサイクルの体系化)
- ✓ デジタルツイン運用試験
 - デジタルツイン・システム運用の実用化に向けた共同運用試験

■ 共同技術開発

- ✓ 空中風車(高空風力発電, カイト)を活用した気象・海象の計測手法の技術開発
 - 目的
風況観測に必要な機器・装置類が高額であるため, 事業性評価の事前段階で大きな出費となる。そこで, カイトを利用した計測を行うことで事前調査に必要な予算の大幅な削減を目指す。
 - 削減効果
従来: 陸上 約1.5千万円(マスト設置費用)
洋上 数億円(浮体ライダー, スキャニングライダー)
新手法: カイト 数十万円~数百万円(材料費, 工賃のみ)
→ 陸上で1/10, 洋上で1/100以下の削減効果が見込まれる
 - 連携事業者
異業種側: トヨタ自動車, JAMSTEC, 名古屋大学
風力業界: 発電事業者, コンサル会社, 電機系機器など

■ 連携化の実証試験

- ✓ ブレードリサイクルの実証試験(ブレードリサイクルの体系化)
 - 目的
今後, 1990年代以降に設置されて風車の設計寿命を迎え廃棄が今後増える一方となる。風車廃棄の中で一番の課題は, 部材として一番大きいブレードの廃棄処分である。海外, 特にEUでは風車100%リサイクルがEU指令として規制化される予定。国内においても産業廃棄物として処分されるのではなく, リサイクルする仕組みを構築する必要がある。他業界で実施されているGFRPのリサイクルの流れを適用化を実証する。更に, 将来的に廃棄されるCFRPのリサイクル手法を検討する。
 - 処分方法の構築
従来: 産業廃棄物として焼却・燃焼(サーマルリサイクル) → 残留物(埋立)
ブレード本体をリユース, ブレード本体を埋立処分
今後: GFRP, 共焼却(セメントキルン) → 樹脂は燃料として燃焼(サーマルリサイクル)
→ ガラスはセメント原料(ケミカルリサイクル)
CFRP, 分離回収技術(カーボンと樹脂を分離)(ケミカルリサイクル)
 - 連携事業者
異業種側: リサイクル事業者, 新金属協会, 太平洋セメント, 早稲田大学
風力業界: 発電事業者, O&M事業者, コンサル会社など

■ 連携化の実証試験

- ✓ ブレードリサイクルの実証試験(ブレードリサイクルの体系化)



リユースの事例



ブレード本体を埋立処分

■ デジタルツイン運用試験

- ✓ デジタルツイン・システム運用の実用化に向けた共同運用試験

- 目的

風力発電の効率化に向けた運用管理が重要になってくる。また、故障事故の予兆を事前に予測し、ダウンタイムの低減を図る必要がある。運用管理及びメンテナンス管理を効率的に把握していく手段として、デジタルツインの導入が必須と思われる。また、FIT制度が終了し、FIP制度に参画するにあたっては日々の市場電力価格の予測も重要となる。

日々の直近の発電電力量と市場電力価格を精度よく把握し、収益評価を日々行う必要がある。

- 売電価格の予測

従来：固定価格買取制度(FIT)により事業収益の推計が容易であった

今後：FIP制度により、市場電力価格に依存し、プレミアム価格が変動するため事業収益の予測が困難

- 連携事業者

異業種側：システム事業者(ブラウンリバーズ, エヌ・ティ・ティ・コムウェアなど)

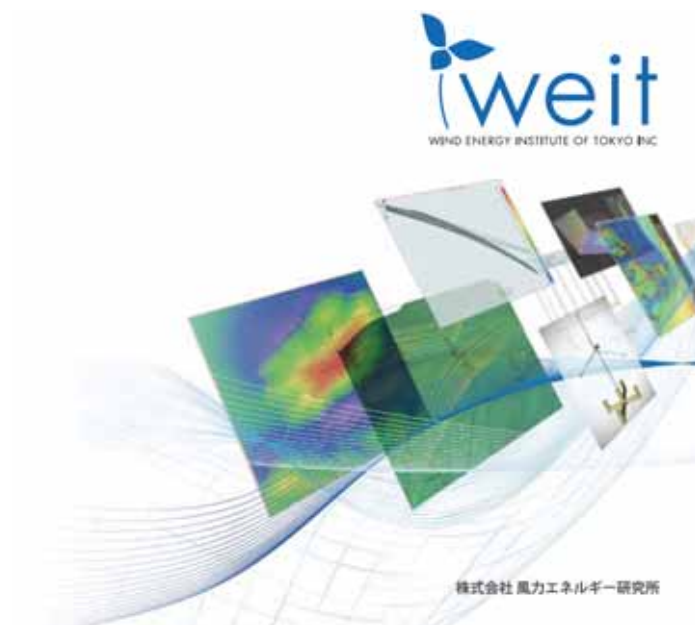
風力業界：発電事業者, O&M事業者, コンサル会社など

高橋 邦彦

takahashi@windenergy.co.jp

井関 直政

iseki@windenergy.co.jp



添付資料

報告書

洋上風力メンテナンス資格制度の創設に向けた調査検討

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

COPYRIGHT 2023 JAPAN WIND POWER ASSOCIATION. ALL RIGHTS RESERVED.

2022 年度洋上風力発電メンテナンス業務の資格制度創設に係る
調査検討業務

2022年度報告書

令和5年(2023年)3月

株式会社東洋設計エネルギー部

目次

本編

1-1. 目的および業務内容(2022年度)	4
1-2. 本業務の背景	6
1-3. 実施体制	7
1-4. 調査方法の項目と細目(2022年度)	9
1-5. 工程表	11
2-1. 国内法およびメンテナンスの考え方の根拠	12
2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング	13
2-3. メンテナンス作業と危険源・注意喚起事項の洗い出し	31
2-4. 洋上での作業における危険源等	32
2-5. トレーニング設備	60
2-6. 洋上風力の安全に係るトレーニングコード(案)	64
2-7. 既存の定期事業者検査	65
2-8. Akita Offshore Wind Corporationヒアリング	73
2-9. 日本国内のCTVの運用状況	74
3-1. GWO-BSTに関する情報収集	75
3-2. 日本におけるGWO-BSTの代用講習案(検討中)	77
4-1. 知識・技能レベル整理(ターゲット階層整理)	78
4-2. 認証制度(仮称)名称と力量)の制度設計イメージ	79
4-3. 認証制度で必要となる規程・運用文書の整備(規程一覧)	80
4-4. 風力発電メンテナンス技士育成・認証制度(運用イメージ)	81
4-5. 認証制度の効果と展望	82
4-6. 認証制度の活用による関係者のメリット	83
5-1. 定例会(第1回、第2回)	84
5-2. 定例会(第3回、第4回)	85
5-3. 定例会(第5回)	86
5-4. 定例会(第6回、第7回)	87
5-5. 定例会(第8回)	88
5-6. 定例会(第9回、第10回、第11回)	89

6-1. 目的および業務内容（2023年度）	90
6-2. 調査方法の項目と細目（2023年度）	91
6-3. 調査方法の項目と細目（3年間）	93
7-1. 工程（3年間）	94

1-1. 目的および業務内容（2022年度）

目的

今後増加が予想される洋上風力発電について、メンテナンスに従事する人材が大幅に不足し、新規の採用や異業種からの参入が増加することが予想されている。風力発電装置を安定的に運転するには、適切なメンテナンスが必要であり、そのためには作業員の**安全**と、**作業品質**を確保することが求められる。

本業務は、洋上風力のメンテナンス現場に適切な技能と知識を有した作業員を送り込むために創設を検討しているメンテナンス作業に係る資格制度のうち、**安全に関する内容を中心とした調査検討**と、**制度立ち上げの準備作業**を行うことにより、洋上風力の人材育成に寄与することを目的とする。

業務の内容

(1) 認証制度に関する調査

洋上での作業における安全に関する教育・認証制度について調査を行うとともに、国内法との整合性を確認する。

(2) 国内における現状の把握と対象作業の洗い出し

国内洋上風力現地において、作業員への安全に関する教育や資格の取得・利活用がどのように行われているかについて、以下のような観点で既存の資料や工事関係者へのヒアリングなどによる調査を行い、現状を把握する。

①制度上の観点：

どのような作業を行う際に、どのような教育や資格が何を根拠として求められるか。

②実務上の観点：

発電事業者、メーカー、建設会社、メンテナンス業者などが、配下の作業員に対して、どのような教育や資格取得を求めている（義務付けているもしくは推奨している）か。

(3) 教育プログラム項目の整理

上記(2)の調査結果を踏まえ、洋上風力のメンテナンス作業に関する安全について、作業員に求められる力量を明確化するとともに、その力量を獲得するために必要な教育プログラム項目を既存のものから抽出するとともに、不足項目の抽出も行う。

(4) 関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討

経済産業省（電力安全課）、国土交通省（海事局）、厚生労働省など洋上風力や人材育成に関係する省庁や教育機関の取り組み状況を調査し、連携の必要性について検討するとともに、それら機関との調整などについて支援を行う。

(5) 資格制度の立ち上げ準備

既存の人材認証制度のスキームを参考に、洋上風力発電メンテナンス業務資格制度のスキームがどうあるべきかを検討するとともに、本業務にて決定するスキームオーナーが開催する、制度運用に必要な委員会などの組織の立ち上げに向けた準備を行う。

1-2. 本業務の背景

国内風力人材育成の課題

風力発電業界においては、特にメンテナンス人材の不足が課題として取り上げられており、今後加速する風力発電市場の拡大を踏まえると、今まで以上に迅速なメンテナンス人材の育成が必要不可欠となる。
メンテナンス人材の育成を短期的、効率的に行うためには、異業種からの技術者の移動・転換が最も効果的。
しかし、現状としては・・・



01	これまでも公的機関等による人材育成のための講習会等が実施されたが、風力発電に係る基礎やプロジェクト開発の内容に偏っていた。
02	風力発電に係る安全面での統一的なトレーニングが提供されるようになったが、国内において技術面での統一的なトレーニングの提供はされていない。
03	風力メンテナンス人材育成に関しては、発電事業者、メーカー、サードパーティーがそれぞれの自主保安規程に基づき、独自の人材育成を実施している。
04	統一的な人材育成手法が確立されていない。(標準化されていない。)
05	異業種の地域企業が新規参入する場合、どのような知識・技能を取得すれば良いのかが不明となるため参入障壁のひとつになっていた。
06	人材採用の際、事業者の風車の保安力の信頼性に不安が残る状況であった。



洋上風力産業ビジョン(第1次)

(4) 洋上風力人材育成プログラム

長期的、安定的に洋上風力発電を普及させていくにあたっては、風車製造関係のエンジニア、調査・施工に係る技術者、メンテナンス作業員等の幅広い分野における人材育成を行うことが必要である。

その実現に向けて、必要なスキルの棚卸し、スキル取得のための方策を具体化した「洋上風力人材育成プログラム」を策定し、短期的な異業種からの技術者の移動・転換の推進、中長期的な人材育成を進める。

<主な取り組み>

- ▶洋上風力発電に必要なスキルの棚卸しを行い、スキル取得のための方策を産官学で連携して検討する。
- ▶産業界は、メンテナンス人材に係る資格を整備する。

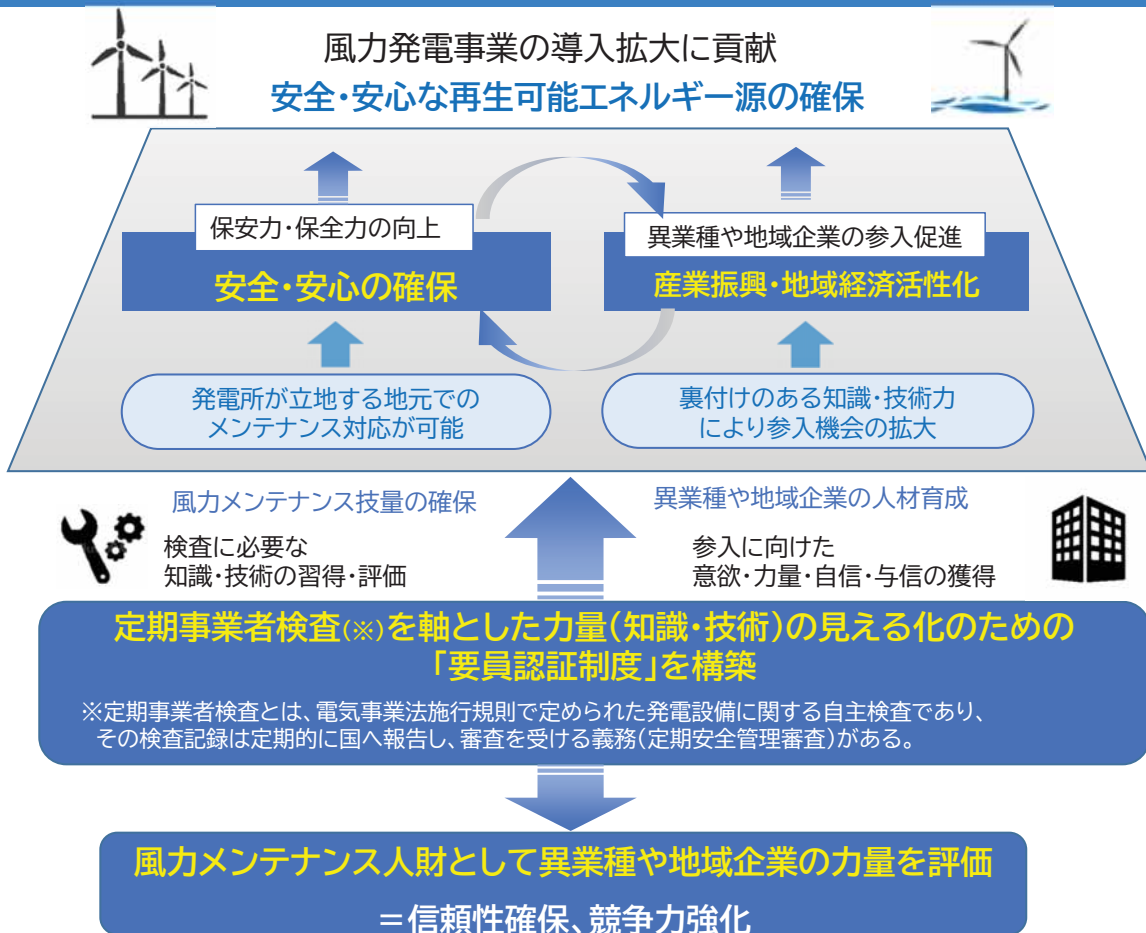
風力発電設備の人材育成の現状において、風車本体のメンテナンスの信頼性を確保するため、定期事業者検査を含むメンテナンスの質の向上による重大事故を発生させない保安力の確保とオペラビリティの向上が必須で、目標達成のためには下記が必要。

- ▶日本の法令で求められる資格(国家/民間)、技能講習、特別教育等の整理
- ▶国内において統一的な人材育成プログラムの構築
- ▶統一的な力量基準による、トレーニングメニューの構築
- ▶評価手法の確立および認証制度の構築

5

1-2. 本業務の背景

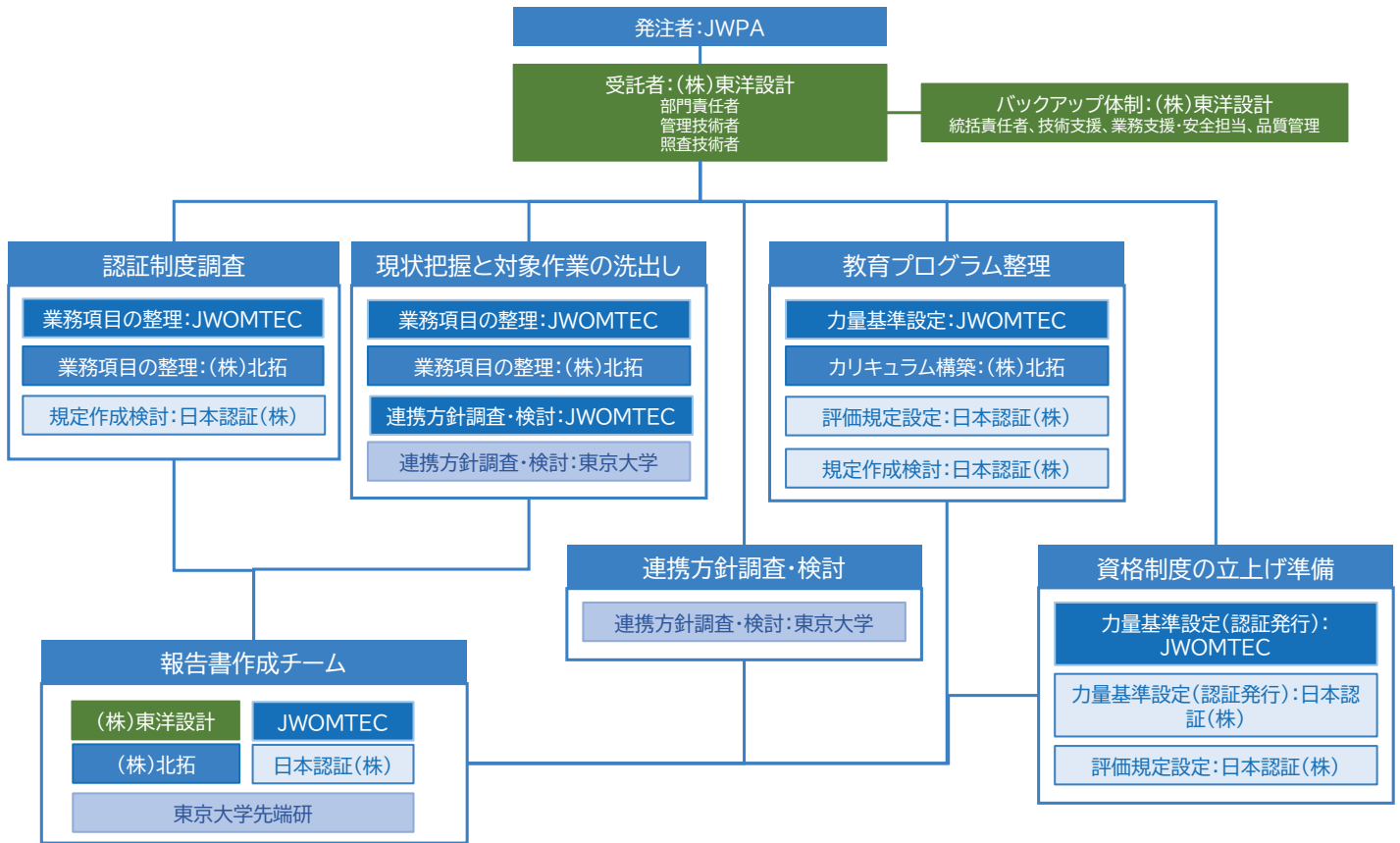
認証制度の目的



6

1-3. 実施体制

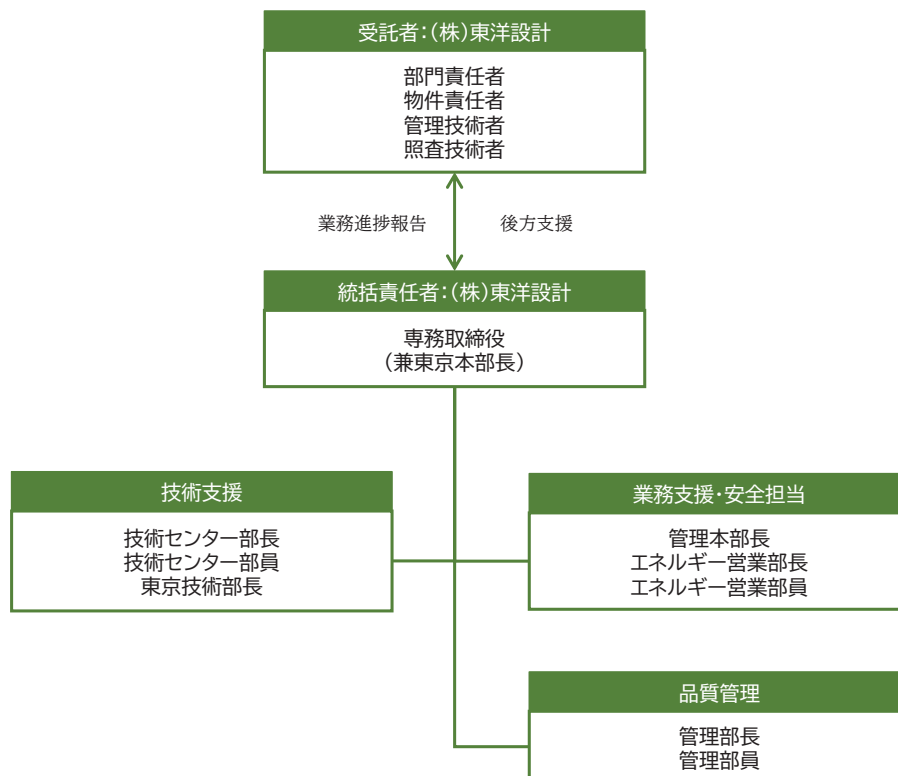
実施体制は、(株)東洋設計 エネルギー部を主体として業務内容に応じ、外部から専門業者・専門機関・専門家を招集し、以下に示す編成を組むと共に、業務を遂行する。



7

1-3. 実施体制

業務実施チームの業務遂行にあたり、受託者は専務取締役(兼東京本部長)を統括責任者とする支援体制を結成する。組織として発注者と適切に協議を行うものとする。



8

1-4. 調査方法の項目と細目 (2022年度)

(1) 認証制度に関する調査

洋上での作業における安全に関する教育・認証制度について調査を行うとともに、国内法との整合性を確認する。

業務項目の整理①②

①洋上風力の資格等の調査(北拓、JWOMTEC)

②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る調査(北拓、JWOMTEC)

規定作成検証①

①洋上規定要件調査(日本認証)

(2) 国内における現状の把握と対象作業の洗い出し

国内洋上風力現地において、作業員への安全に関する教育や資格の取得・利活用がどのように行われているかについて、以下のような観点で既存の資料や工事関係者へのヒアリングなどによる調査を行い、現状を把握する。

①制度上の観点：どのような作業を行う際に、どのような教育や資格が何を根拠として求められるか。

②実務上の観点：発電事業者、メーカー、建設会社、メンテナンス業者などが、配下の作業員に対して、どのような教育や資格取得を求めている（義務付けているもしくは推奨している）か。

業務項目の整理③④

③各社トレーニングセンターの調査(北拓、JWOMTEC)

④洋上風力施工関連認証制度の検討(日本認証、JWOMTEC)

関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討①③

①長崎海洋アカデミー・エンジニアリング協会・NSTC(東大)

③人材育成TFの対応(JWOMTEC、東大)

(新)メンテナンス要員の作業手順の洗い出し→関連法令・関連規則の洗い出し→国交省ガイドライン(風車乗り移り前)+電気事業法(風車の中)の統合が必要、(プラットフォーム)→救命関連(講習等)の整理、着床・浮体、ガス田、SEP船の事例等

9

1-4. 調査方法の項目と細目 (2022年度)

(3) 教育プログラム項目の整理

上記(2)の調査結果を踏まえ、洋上風力のメンテナンス作業に関する安全について、作業員に求められる力量を明確化するとともに、その力量を獲得するために必要な教育プログラム項目を既存のものから抽出するとともに、不足項目の抽出も行う。

カリキュラム構築①

①洋上トレーニング設備要件調査(北拓)

力量基準設定(認証発行)①

①船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るトレーニングコード作成(JWOMTEC)

評価規定設定④

④評価委員会構築(日本認証)

規定作成①②

①洋上規定要件調査(日本認証)

②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る規定作成(日本認証)

(4) 関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討

経済産業省(電力安全課)、国土交通省(海事局)、厚生労働省など洋上風力や人材育成に係る省庁や教育機関の取り組み状況を調査し、連携の必要性について検討するとともに、それら機関との調整などについて支援を行う。

関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討②

②関係省庁(東大)

(5) 資格制度の立ち上げ準備

既存の人材認証制度のスキームを参考に、洋上風力発電メンテナンス業務資格制度のスキームがどうあるべきかを検討するとともに、本業務にて決定するスキームオーナーが開催する、制度運用に必要な委員会などの組織の立ち上げに向けた準備を行う。

力量基準設定(認証発行)④

④認証委員会構築(日本認証、JWOMTEC)

評価規定設定④

④評価委員会構築(日本認証)

10

1-5. 工程表

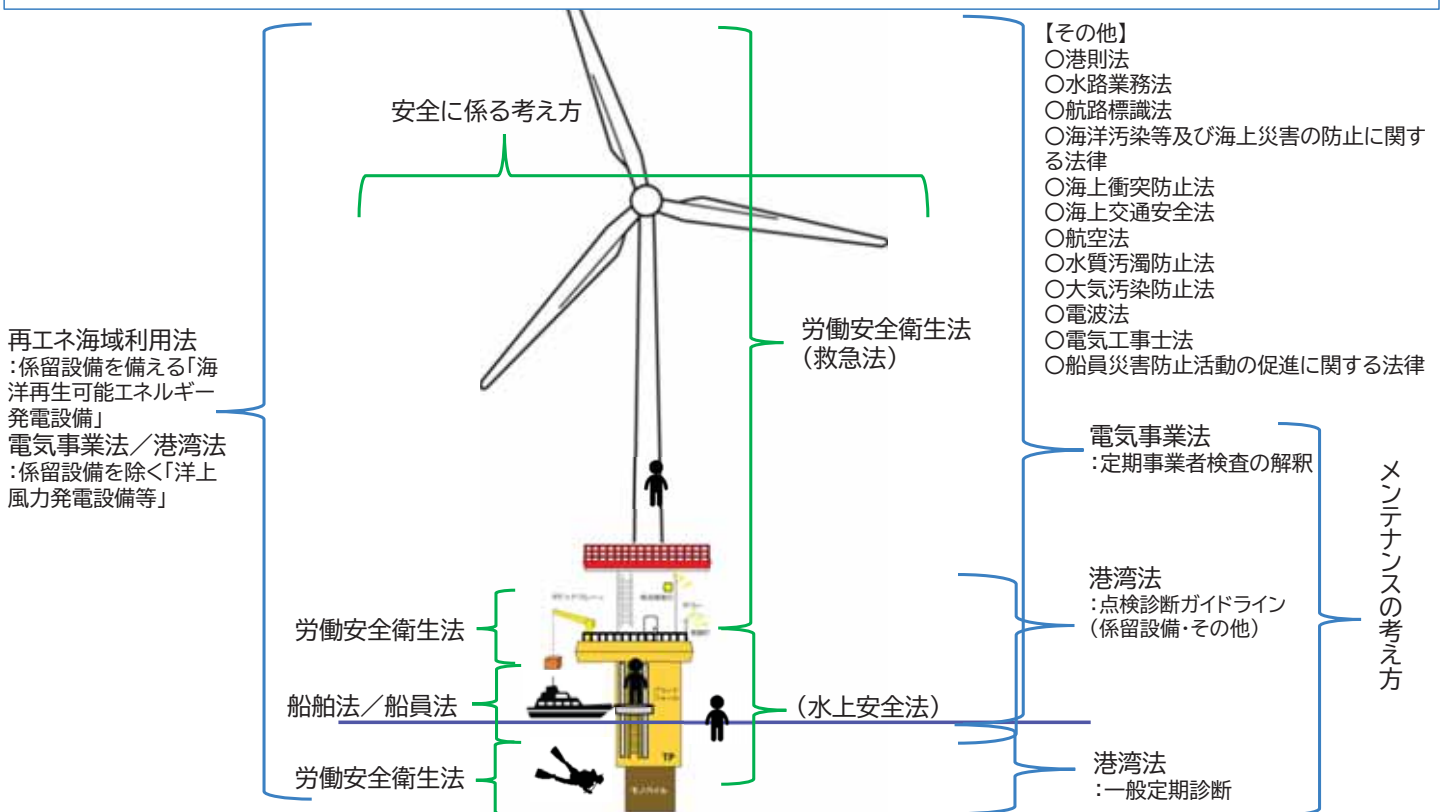
洋上風力発電メンテナンス業務の資格制度創設に係る調査検討業務

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(0)準備・その他	← 契約準備・業務内容調整 →						← 洋上版定検解釈公表? →		
(1)認証制度に関する調査			← 参考文献収集 →		← 資格等調査 →		整理		
(2)国内における現状の把握と対象作業の洗い出し			← 各トレーニングセンター調査 →		← 安全衛生調査 →		← ヒアリング調査 →		
(3)教育プログラム項目の整理			← 施工関連制度調査(文献調査) →		← 洋上トレーニング設備要件調査 →		← 認証制度検討 →		
(4)関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討			← 文献調査 →	← トレーニングコード作成 →			← 規程検討・代替申請要件検討 →		
(5)資格制度の立ち上げ準備				← 文献調査(GWO-BST) →				← 認定委員会構築検討 →	
				← 関係省庁調整 →				← 評価委員会構築検討 →	
打合せ・定例会(○) 照査(☆) 報告書(□)			○(14日)	○(4日) ○(13日) ○(31日)	○(16日) ○(30日) ☆(29日)	○(14日)	○(11日) ○(23日) ☆(25日) □(中間)	○(1日) ○(22日) □(準備)	☆(6日) □(10日)

2-1. 国内法およびメンテナンスの考え方の根拠

洋上風力のメンテナンスに係る国内法等を調査・整理

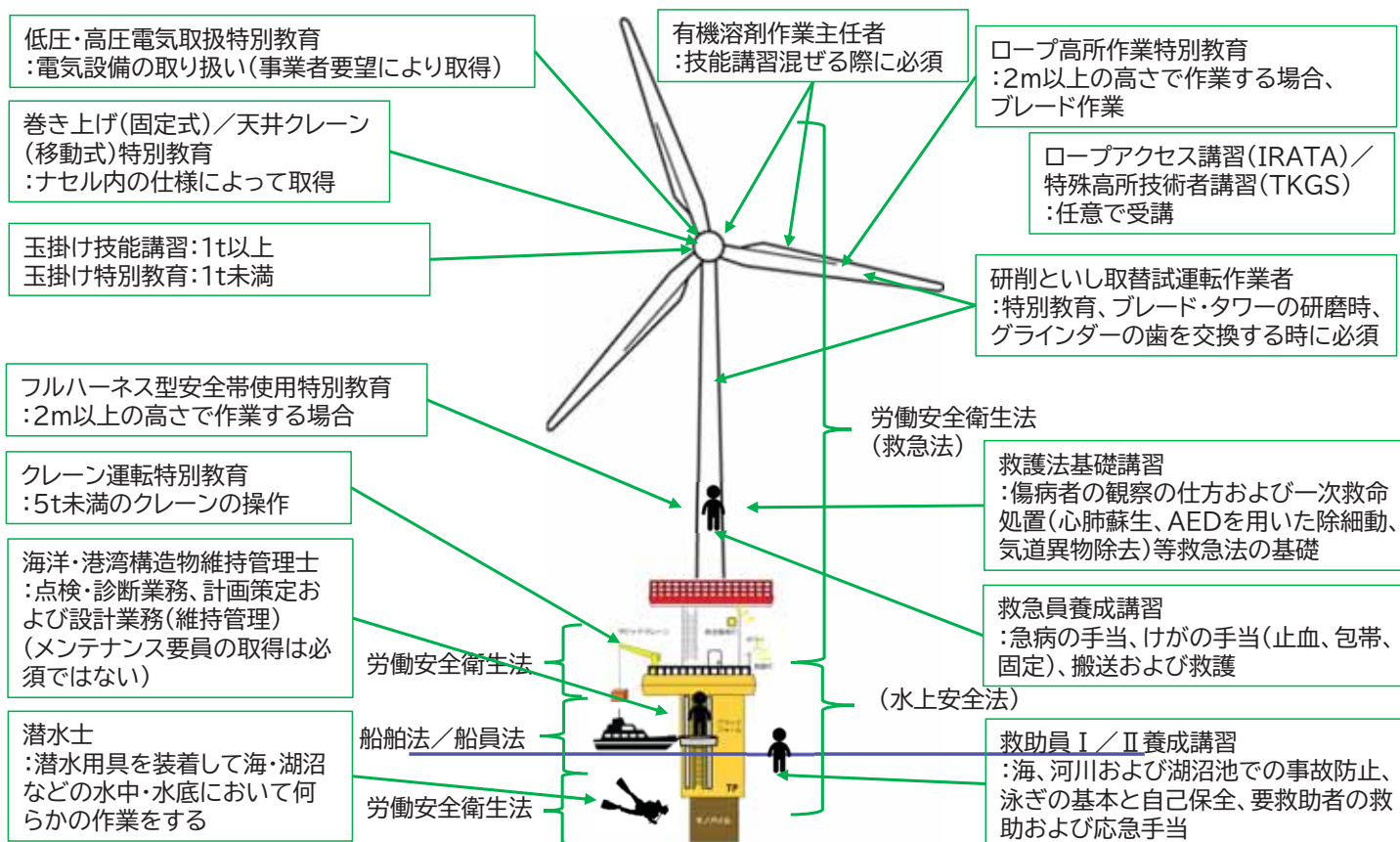
陸上風力のメンテナンスに関しては、電気事業法に基づき、定期事業者検査の方法の解釈があり、風力発電設備の定期点検指針が策定されている。
 洋上風力のメンテナンスについては、電気事業法以外にも、港湾法、再エネ海域利用法、船舶法等が関連しており、各部位のメンテナンスの考え方の根拠となる法令の整理を行った。



2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

洋上風力のメンテナンスに係る資格(国家/民間)、技能講習、特別教育等の整理

メンテナンス要員の安全面に係る法規として、労働安全衛生法、救急法、水上安全法、船舶法、船員法等がある。それらには資格、技能講習、特別教育等が設けられている。



2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容	
玉掛技能者 (荷重1t以上)	技能講習(安衛法)	安衛令20(16) クレーン則221	制限荷重が1t以上の揚貨物装置又は つり上げ荷重が1t以上のクレーン、 移動式クレーン又はデリックの玉掛 け	
	所要時間	資格要件	作業	
	クレーン等の知識	1hr	特になし	
	玉掛けの方法	7hr		
	必要な力学の知識	3hr		
	関連法令	1hr		
	学科試験	1hr		
実技(合図)	1hr			
実技(玉掛)	7hr			
合計	21hr			

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容	
玉掛技能者 (荷重1t未満)	特別教育(安衛法)	安衛則36(19) クレーン則222	制限荷重が1t未満の揚貨物装置又は つり上げ荷重が1t未満のクレーン、 移動式クレーン又はデリックの玉掛 け	
	所要時間	資格要件	作業	
	クレーン等の知識	1hr	特になし	
	玉掛けの方法	2hr		
	必要な力学の知識	1hr		
	関連法令	1hr		
	学科試験	1hr		
実技(合図)	1hr			
実技(玉掛)	3hr			
合計	10hr			

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
小型移動式クレーン運転技能講習	技能講習（安衛法）	安衛令36(19) クレーン則222	つり上げ荷重が1t以上5t未満の移動式クレーンの運転
	所要時間	資格要件	作業
	クレーンの知識 6hr 原動機・電気の知識 3hr 運転の力学 3hr 関連法令 1hr 学科試験 1hr 実技(合図) 1hr 実技(小型移動式) 6hr 合計 21hr	特になし	

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
巻き上げ機運転者	特別教育（安衛法）	安衛則令36(1)	動力駆動の巻き上げ機（電気ホイスト・エアホイスト・及びこれら以外の巻き上げ機でゴンドラに係るものを除く）
	所要時間	資格要件	作業
	巻き上げ機の知識 3hr 運転の一般事項 2hr 関連法令 1hr 実技（合図） 1hr 実技(巻上機運転) 3hr 合計 10hr	特になし	

15

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
移動式クレーン運転技能者 (荷重5t未満)	特別教育（安衛法）	安衛令20(7) クレーン則68	つり上げ荷重が5t未満の移動式クレーンの運転
	所要時間	資格要件	作業
	クレーンの知識 3hr 原動機・電気の知識 3hr 運転の力学 2hr 関連法令 1hr 実技(合図) 1hr 実技(小型移動式) 3hr 合計 131hr	特になし	

16


2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
低圧電気取扱者	特別教育（安衛法）	安衛則令36(4)	充電電路又はその支持物の敷設、点検、修理、操作、充電部分が露出した開閉器の操作等
	所要時間	資格要件	作業
	低圧電気基礎知識 1hr	特になし	
	低圧電気設備知識 2hr		
	安全作業用具 1hr		
	活線作業他 2hr		
関係法令 1hr			
実技(停電・復電等) 1hr			
合計 8hr			

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
高圧電気取扱者	特別教育（安衛法）	安衛則令36(4)	充電電路又はその支持物の敷設、点検、修理、操作、充電部分が露出した開閉器の操作等
	所要時間	資格要件	作業
	高圧電気基礎知識 1.5hr	特になし	
	高圧電気設備知識 2hr		
	安全作業用具 1.5hr		
	活線作業他 5hr		
関係法令 1hr			
実技(停電・復電等) 1hr			
合計 12hr			

17

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
ロープ高所作業技能者	特別教育（安衛法）	安衛則36(40)	高さが2m以上の箇所であって、作業床を設けることが困難なところにおいて、昇降器具を用いて、労働者が当該昇降器具により身体を保持しつつ行う作業に係る業務
	所要時間	資格要件	作業
	高所作業知識 1hr	特になし	
	メインロープ知識 1hr		
	労災防止知識 1hr		
	関係法令 1hr		
実技(高所作業) 2hr			
実技(点検) 1hr			
合計 7hr			

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
有機溶剤作業主任者	技能講習（安衛法）	有機則19	屋内作業場、タンク等で有機溶剤とその含有量が5%を超えるものを扱う業務
	所要時間	資格要件	作業
	健康障害予防措置 4hr	特になし	
	衛生保護具 2hr		
	作業環境改善 4hr		
	関係法令 2hr		
学科試験 1hr			
合計 13hr			

18

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
研削砥石取替試運転作業者	特別教育（安衛法）	安衛則36(1)	研削砥石の取替え又は取替え時の試運転
	所要時間	資格要件	作業
	取付用具の知識 2hr 取付方法試運転 1hr 関係法令 1hr 実技（試運転） 2hr 合計 6hr	特になし	

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
酸素欠乏危険作業者	特別教育（安衛法）	安衛則令36(26) 酸欠則12	酸素欠乏作業に係る業務
	所要時間	資格要件	作業
	酸欠発生原因 1hr 酸欠症状 1hr 呼吸器使用方法 1hr 退避救急蘇 1hr 防止事項 1.5hr 合計 5.5hr	特になし	




19

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
フルハーネス型墜落制止用器具 特別教育	特別教育（安衛法）		高さが2m以上の箇所であって、作業床を設けることが困難なところにおいて、墜落制止用器具のうちフルハーネス型のものを用いて行う作業にかかる業務
	所要時間	資格要件	作業
	作業知識 1hr 器具に関する知識 2hr 労災防止知識 1hr 関係法令 0.5hr 実技(器具使用法) 1.5hr 合計 6hr	特になし	

20

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	業務内容
ロープアクセス講習 (IRATA) 		Irataとは イギリスに本部を置く国際産業用ロープアクセス協会 (Industrial Rope Access Trade Association) の頭文字をとったもので、油田や天然ガスのオフショアリグや建築、工業エンジニアリングなど幅広い分野で用いられている産業用ロープアクセスでのライセンスのことです。海上のオフショアリグや船舶の部門で活躍をし、足場の困難な高所での作業を実現させております。
	所要時間	作業内容
	レベル1 座学 (高所作業基本) 道具と使用方法 リギング・エッジ保護 ロープ登陸 ロープトランスファー 検定 合計 5日	 

21

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	業務内容
特殊高所技能講習 (TKGS)	一般社団法人 特殊高所技術協会	座学・実技講習を通し、96時間(12日間)で特殊高所技術の基本動作、レスキュー技術を修得します。
	所要時間	作業内容
	2級 座学(特殊高所技術)1日 基本動作講習 2日 システムチェンジ 2日 支点作成 1日 訓練塔講習 2日 トラバース講習 1日 空間移動講習 1日 オフロープレスキュー 2日 合計 12日	 基本動作講習  空間移動講習  ハイライン・墜落実験講習  オンロープレスキュー

22

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	業務内容	
潜水士	免許(潜水士)	安衛則令20(9) 高圧則12	潜水器を用い、かつ空気圧縮機若しくは手押しポンプによる送気又はポンプからの給気を受けて、水中において行う業務
	所要時間	資格要件	作業
	講義 潜水業務 AM 送気・潜降 PM 高気圧障害 AM 関係法令 PM 合計 2日 試験(4教科 4時間) 合計 1日 資格は試験のみで取得	特になし	

23

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	業務内容	
安全管理者	安全管理者選任研修 (厚生労働省)	安全衛生責任者は、建設業における通常50人以上の混在作業現場(元方事業者の労働者と関係請負人の労働者が同一の場所で行うこと)において、関係請負人側が選任する職であり、混在作業現場で義務付けられている統括安全衛生管理の関係請負人側の責任者として、重要な職務を担っています。	
	所要時間	資格要件	作業
	安全管理 3hr 自首活動 3hr 安全教育 1.5hr 関係法令 1.5hr 合計 9hr	大卒実務経験2年以上、 高卒実務経験4年以上	

資格名	講習・教育等	業務内容	
衛生管理者 (第一種)	第一種衛生管理者試験 (厚生労働省)	衛生管理者の役割は、労働者の健康と安全を護る為、職場の衛生環境全般を管理する職務を担う事です。第一種衛生管理者は"有害業務を含む全ての業種"に対応できます。具体的には以下の通りです。製造業、電気業、ガス業、医療業、清掃業を含む全ての業種。	
	所要時間	資格要件	作業
	安全管理 3hr 自首活動 3hr 安全教育 1.5hr 関係法令 1.5hr 合計 9hr	事業者証明 大卒実務経験1年以上、 高卒実務経験3年以上	

24

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	業務内容	
職長・安全衛生責任者教育	職長・安全衛生責任者講習会 (厚生労働省)	建設業では、職長が安全衛生責任者に選任されることが多いため、厚生労働省は「職長教育」と「安全衛生責任者教育」を統合した「職長・安全衛生責任者教育」の実施を推進しています。建設現場等で直接労働者を指揮する職長は労働者の安全と健康を確保する上で重要な立場にあります。このため、労働安全衛生法では、事業者は職長等に対し安全衛生教育（職長教育）を行うよう規定されています。	
所要時間		資格要件	作業
作業方法の決定及び労働者の配置に関すること	2hr	大卒実務経験2年以上、 高卒実務経験4年以上	
労働者に対する指導又は監督の方法に関すること	2.5hr		
危険性又は有害性等の調査及びその結果に基づき講ずる措置に関すること	4hr		
異常時等における措置に関すること	1.5hr		
その他現場監督者として行うべき労働災害防止活動に関すること	2hr		
安全衛生責任者の職務等	1hr		
統括安全衛生管理の進め方	1hr		

25

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	業務内容	
防火管理者 (甲・乙)	総務省消防庁	防火管理者とは、多数の者が利用する建物などの「火災等による被害」を防止するため、防火管理に係る消防計画を作成し、防火管理上必要な業務（防火管理業務）を計画的に行う責任者を言います。防火管理者に選任されるための要件は、次の通りです。防火管理業務を適切に遂行することができる「管理的、監督的地位」にあること、防火管理上必要な「知識・技能」を有していること（防火管理講習修了者、等）	
	所要時間	資格要件	
	甲種講習 合計	2日	防火対象物の所有者や借受人、事業所の代表者など、管理行為を当然に行うべき者（防火管理の最終責任者）
乙種講習 合計	1日		

26


2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング


資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
赤十字救急法基礎講習	日本赤十字社		一次救命措置（心肺蘇生、AEDを用いた除細動、気道異物除去）等の救急法の基礎
	所要時間	資格要件	作業
	赤十字救急法手当の基本 一次救命措置（心肺蘇生・AED・気道異物除去） 合計 4hr	特になし	

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
赤十字救急員養成講習	日本赤十字社		急病の手当、ケガの手当（止血、包帯、固定）、搬送及び救護
	所要時間	資格要件	作業
	基本講習 急病、けが、傷の手当 骨折の手当、搬送、救護 合計 10hr	特になし	

27

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
普通救命講習	総務省消防庁		成人の心肺蘇生法、AED使用法、気道異物除去法等の講習
	所要時間	資格要件	作業
	心肺蘇生、AED使用方法、窒息の手当、止血の方法など 合計 3hr	特になし	

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
上級救命講習	総務省消防庁		普通救命講習に加えて、小児・乳児の心肺蘇生法、外傷の手当、保温法、体位管理法、帆走法の実施講習
	所要時間	資格要件	作業
	普通救命救急 小児・乳児の心肺蘇生、傷病者管理、外傷の応急手当、搬送法など 合計 8hr	特になし	

28

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
水上安全法 救助員Ⅰ養成講習	日本赤十字社		水の事故防止、泳ぎの基本と自己保全、用救助者の救助及び応急手当
	所要時間	資格要件	作業
	赤十字救急法 手当の基本 一次救命措置 (心肺蘇生・AED・ 気道異物除去) 合計 4hr	救急法基礎講習修了 一定の泳力 クロール・平泳ぎで 100m以上	

資格名	講習・教育等	規則条文	業務内容
水上安全法 救助員Ⅱ養成講習	日本赤十字社		海、河川および湖沼での事故防止、泳ぎの基本と自己保全、用救助者の救助及び応急手当
	所要時間	資格要件	作業
	海、河川および湖沼での事故防止、泳ぎの基本と自己保全、用救助者の救助及び応急手当 合計 10hr	水上安全法救助員Ⅰを有する	

29

2-2. メンテナンス要員に係る既存のトレーニング

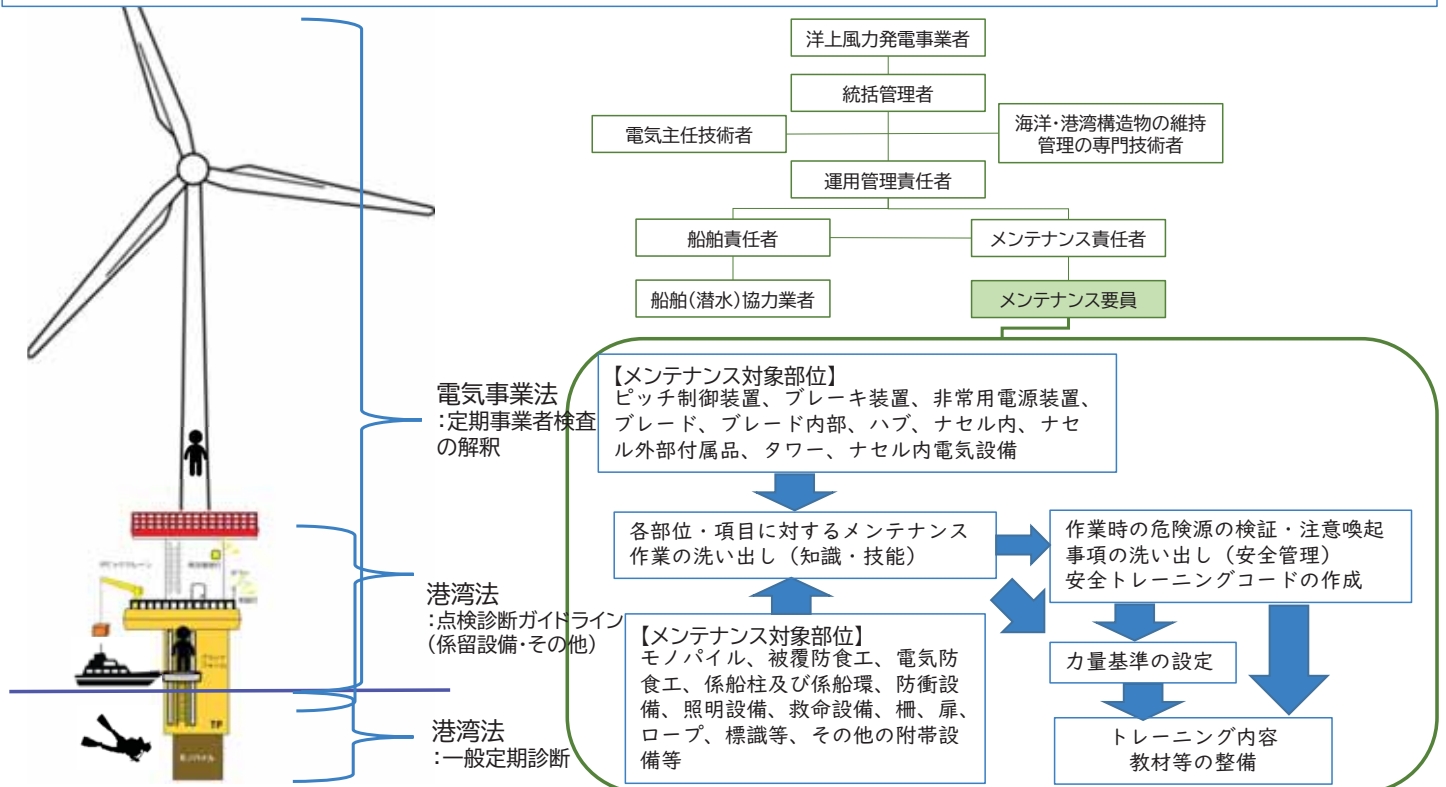
資格名	講習・教育等	業務内容	
海洋・港湾構造物維持管理士	認定資格 一般社団法人沿岸技術 研究センター	海洋・港湾構造物の適切な維持管理に貢献するため、維持管理業務に係わる技術者に対して、その専門知識、技術、技能について審査の上、維持管理に関する資格を認定するもの。	
	所要時間	資格要件	
	講習 合計 6hr 試験 拓一式 50分 記述式 180分	実務経験7年以上か、 技術士・一級土工合 格者	

30

2-3. メンテナンス作業と危険源・注意喚起事項の洗い出し

洋上風力のメンテナンス作業手順を調査

気中部については、現行の風力発電設備の定期点検指針が策定されている。
 気中部および水中部の係留設備や附帯設備に関しては、港湾の施設の点検診断ガイドラインを参考に点検方針を参考にする。
 それらから、メンテナンス作業の洗い出しを行う。
 そのメンテナンス作業に伴う危険源の検証および注意事項の洗い出しを行う。（～2023年度）
 それらを基に、メンテナンス要員に求められる「知識・技能」に対する「力量基準の設定」につなげる。（2023年度～）

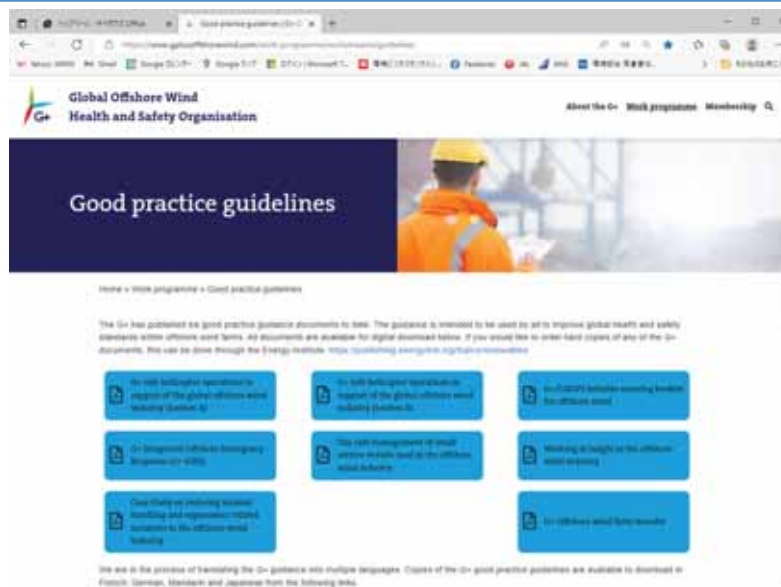


31

2-4. 洋上での作業における危険源等

海外の洋上風力の事故事例、リスク源検討の調査

海外では洋上風力に係る事故が発生しており、その報告が「Global Offshore Wind Health and Safety Organisation (G+)」より発行されている。



- 【作業内容】
- ・翻訳（別添資料で提出）
 - ・事例種類分別
 - ・項目（部位）、内容（危険源・危険事象）、詳細（障害の程度等）の抽出
 - ・既存資格・既存教育・自主マニュアルで対応可能な内容の抽出
 - ・要トレーニング内容の抽出
 - ・ヒューマンエラー（注意喚起）内容の抽出

32

2-4. 洋上での作業における危険源等

G+/Safe by Design Workshop レポート一覧

レポート名 (和訳)	G9 セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：海上輸送/アクセスシステム	G9 セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：火災発生時のナセルからの脱出について	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：風力発電機(WTG)のサービスリフト	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：ダビットクレーン	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：風力発電機への出入り	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：風力発電機からトランジションピースへのアクセス（気密デッキの下）	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：油圧式トルク・テンションシステム	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：風力発電機のサービスリフト - ワークショップ結果のフォローアップ	G+ セーフ・バイ・デザイン ワークショップ報告書：ブレードワークショップの概要報告
レポート名 (原文)	G9 Safe by design Workshop report: Marine transfer/access systems	G9 Safe by design Workshop report: Escape from the nacelle in the event of a fire	G+ Safe by design Workshop report: WTG service lifts	G+ Safe by design Workshop report: Davit cranes	G+ Safe by design Workshop report: WTG access and egress	G+ Safe by design Workshop report: WTG access to the transition piece (below airtight deck)	G+ Safe by design Workshop report: Hydraulic torqueing and tensioning systems	G+ Safe by design Workshop report update: WTG service lifts - follow-up on workshop conclusions	G+ Safe by design workshop: Blades workshop summary report
ダウンロード ファイル名	WEB-VERSION-G9-Safe-by-design-12.08.15	WEB-VERSION-G9-Safe-by-Design-workshop-report-Escape-from-the-nacelle-in-the-event-of-a-fire-29.09.15	WEB-VERSION-G-Safety-by-design-report-WTG-service-lifts	WEB-VERSION-G-Safe-by-design-workshop-reportjk	WEBVERSIONG-SbD-REPORT-WTG-Access-and-Egress-reportjk	G-Safe-by-Design-Workshop-reportjk	G-SbD-REPORT_Hydraulic-Torqueing-Tensioningjk	G-Safe-by-design-service-lift-action-close-out-report_LM	G-Safe-by-Design-Blades-Workshop-Report
発行日	2015.08	2015.09	2017.03	2017.10	2018.05	2018.11	2019.10	2020.02	2022.03
レポートの概要	・海上移送/アクセスシステムに関して開催されたSafe by Design(SbD)の最初のワークショップ(WS) ・WSでは人員の移送に関連する多くの重要なトピック(移送コンストラクタの設計、アクセスシステムの新しい設計、船着場の設計など)について検討された	・火災発生時のナセルからの緊急脱出について取り上げたWS ・WSでは火災の抑制と緩和、緊急脱出装置と個人保護具(PPE)、緊急脱出訓練と能力要件などのトピックについて検討された	・G+はサービスリフトの安全性情報の共有サービスリフトのOEMとの関わり、サービスリフトの目的適合性を評価するためのさらなる業界研究の支援等へのアプローチを取っており、またG+フォーカルグループの指揮のもと風力発電機(WTG)のサービスリフトに関するSbD WSを開催した ・WSではオフショア環境におけるサービスリフトの使用について検討された	・洋上風力発電機(WTG) トランジションピース (TP) 搭載ダビットクレーンの設計と運用に焦点を当てたWS ・WSではダビットクレーンの操作と技術について検討された	風力発電機と下部構造全体における出入りに関連する問題に焦点を当てたWS (船舶/ヘリコプターからの移動を除く) ・問題点には風力発電機的设计/基盤設備と人的要因の考慮が含まれる。 ・WSの形式は、SbDの原則に焦点を当てた際の発電機への出入りの問題を探索するために開発された	風力発電機における気密デッキ下へのアクセスに関連する問題に焦点を当てたWS ・問題点には風力発電機的设计/基盤設備と人的要因が含まれる ・WSの形式はSbDの原則に焦点を当てた際の、モバイルの気密デッキより下にアクセスする理由と関連する危険や問題点を探索するために開発された	・メインフランジ接続部の油圧トルクと張力、および関連する大型ファスナーと工具に関連する問題に焦点を当てたWS ・WSの形式はSbDの原則に焦点を当てた際の、油圧式トルクおよび張力調整システムのの問題を探索するために開発された	・2016年に風力発電機(WTG)のサービスリフトに関するSbD WSが開催され、このWSから勧告を含む報告書が発行された ・勧告の数と必要となるため作業のために外部コンサルタントが勧告のクロスアップを請け負うことになった ・提言のまとめら11の報告書が作成され、本書はその要約の役割を果たす	・風力タービンのブレードに関連する問題に焦点を当てたWS ・具体的には、定期的な内部の出入り、定期メンテナンス、ブレードにアクセスする人員の緊急時の救出などをめぐる問題の特定と解決策の可能性を探索するもの

2-4. 洋上での作業における危険源等

G+/Good practice guidelines レポート一覧

レポート名 (和訳)	グッドプラクティス・ガイドライン：洋上風力産業で使用される小型作業船の安全管理	グッドプラクティス・ガイドライン：洋上風力産業における高所作業	G+/落下物防止スキーム(DROPS) 洋上風力発電のための信頼性の高い安全対策冊子	G+ 統合オフショア緊急対応(G+ IOER) 洋上再生可能エネルギー開発のためのグッドプラクティス・ガイドライン	洋上風力発電事業における手作業とエルゴノミクス関連の事故低減のためのケーススタディ	グッドプラクティス・ガイドライン：G+ 洋上風力発電所の移設	グローバルの洋上風力発電産業を支えるヘリコプターの安全運航のためのグッドプラクティス・ガイドラインセクション A	グローバルの洋上風力発電産業を支えるヘリコプターの安全運航のためのグッドプラクティス・ガイドラインセクション B	G+ コンプライアンス向上ワークショップ：リフティングの基本作業
レポート名 (原文)	Good practice guideline The safe management of small service vessels used in the offshore wind industry	Good practice guideline Working at height in the offshore wind industry	G+/DROPS Reliable securing booklet for offshore wind	G+ Integrated Offshore Emergency Response (G+ IOER) Good practice guidelines for offshore renewable energy developments	Case study on reducing manual handling and ergonomics related incidents in the offshore wind industry	Good practice guidelines G+ Offshore wind farm transfer	Good practice guidelines for safe helicopter operations in support of the global offshore wind industry Section A	Good practice guidelines for safe helicopter operations in support of the global offshore wind industry Section B	G+ Improving compliance workshop: basic lifting operations
ダウンロード ファイル名	WEB-G-Good-practice-guideline-safe-mgmt-of-small-service-vessels	Work-at-Height-Guidelines-2nd-Edition-B31jk-web-version	Web-version-G-adaptation-of-DROPS-reliable-securing_LM	G-Integrated-Offshore-Emergency-Response-TM	Manual-handling-case-studies	web-version-G-Plus-Transfer-Good-Practice-Guidance	Section-A-G-safe-helicopter-operations-in-support-of-the-global-offshore-wind-industry 2021.02	Section-B-G-safe-helicopter-operations-in-support-of-the-global-offshore-wind-industry 2021.02	Improving_Compliance_workshop_v9jk
発行日	2018.01(第2版)	2018.07(第2版)	2019.06	2019.10	2020.02	2020.07	2021.02	2021.02	2022.10
レポートの概要	・小型サービス船(本安全な作業は、構書では 500GT 未満の船舶と定義され、サイト管理者の指示のもとオフショアウィンドファームの中で操業するもの)を対象としたガイドライン	・安全な作業は、構造・管理手法・人等の複合的に作用しています。 このガイドラインは、高所作業(WAH)に焦点を当てながら、これらの各領域の側面を取り上げています。	・本書は、DROPS の信頼性確保のための厳選された内容を、洋上風力発電業界向けに特別にガイドラインと機能的な推奨事項を提供するために改訂されたものです。この版は、洋上風力発電における運転及び保守活動に焦点を当てています。	・洋上における活動固有のリスクと適切な対応を可能にするために必要な緊急対応策を特定するための構造を提供することを目的として作成されたガイドライン	・この文書は、洋上風力発電産業における手作業とエルゴノミクス(MH&E)関連の事故を減らすための支援と実践例を提供する。	・このガイドラインは、洋上風力発電所において安全な移設を実施する方法の枠組みを提供することを目的とする。 ・その目的は、風力発電産業全体にわたる移設に関する一貫性と優れた実践を提供し、事業者及び船舶所有者が一連の業界標準ガイドラインに照らした移送手順を作成又は検証することを可能にすることである。 ・各セクション及びこの文書の複合的な内容は、安全な移送を実行するための最小限の要求事項として考慮されるべきであることに留意されたい。	・このガイドラインは、調達するヘリコプターサービスの安全性を自ら確認するために、ヘリコプターの運航に関する制約、危険性リスクコントロールの方法などを正しく理解することを目的としています。	・このガイドラインは、調達するヘリコプターサービスの安全性を自ら確認するために、ヘリコプターの運航に関する制約、危険性リスクコントロールの方法などを正しく理解することを目的としています。	・このワークショップは、私たちの日常業務の一部である、日常的で小規模なリフトについて、業界の人々に考えてもらうことを目的として行われます。なぜなら、これらのリフトは多くの事故やニアミスの原因となっているからです。 ・この3時間のワークショップは、洋上風力発電事業に従事する技術者のグループで使用するように設計されています。

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
1	ハザード例	・ブレード ・ロータ	・ブレード表面	定期的な内部出入りにおける： スリップ・つまずき・転倒	ハブやブレード内の床面が歩行用に設計されていないため、スリップ・つまずき・転倒による怪我のリスクがある。例えば、表面は滑らかな金属やフッ素コートで、摩擦がほとんどないことがあります。また、表面は丸みを帯びていて（平らでない）、歩きにくいこともあります。また、オイルやグリースが付着しているような場所では、さらに危険性が高まります。				○	
2	ハザード例	・ブレード ・ロータ	・ブレード表面 ・ハブアクセスハッチ	定期的な内部出入りにおける： スリップ・つまずき・転倒	ハッチからブレードに入る際にかみ込んで、あるいは登って進入する必要があるため、怪我をするリスクがあります。床が平面でなく、頭上の高さが限られているため、入口付近の動きが制限され、滑りやすさ、転倒の可能性が高くなります。				○	
3	ハザード例	・ブレード ・ロータ	・ブレード表面 ・ハブアクセスハッチ	定期的な内部出入りにおける： ハッチカバーの手動操作・エルゴノミクス	出入りの際、ハッチカバーの手動操作による怪我のリスク。 大半がブレード隔壁をボルトで固定したものであり、ハンドルやハンドホール、ヒンジがないため操作が難しく、ボルトの取り外しや交換時に持ち上げ、固定することが難しい。			古い風車のハッチのため対象外		
4	ハザード例	・ブレード ・ロータ	・ブレード表面 ・ハブアクセスハッチ	定期的な内部出入りにおける： ハッチカバーの手動操作・エルゴノミクス	高所作業によるけがのリスク。ハッチ位置では通常、ハッチカバーを取り外すために梯子を使用し、高所作業を行う必要があります。			古い風車のハッチのため対象外		
5	ハザード例	・ブレード ・ロータ	・ブレード表面 ・ブレード内部 ・ブレード翼根部 ・ハブアクセスハッチ	定期的な内部出入りにおける： インターナルローブアクセスによる機器の摩耗	ブレードの内部空間へのアクセスに使用される機器または設備への損傷やけがのリスク。ブレードにアクセスするためのロープのアンカーポイントが限定的あるいは適切に配置されていない場合、垂直上にあるブレードへのアクセスルートにおいてブレード根元付近のアンカーポイントの過度な使用やハッチ内のハードエッジを横切る際にロープのピンチポイントが生じるリスクがあります。	○				ローブアクセスで対応高所作業GWO
6	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	定期メンテナンスにおける： 閉鎖作業におけるエルゴノミクス	狭い空間とブレードの内側にある構造物の突出による怪我の危険性。技術者は、好ましくない姿勢（例えば、膝をついての作業や見上げる姿勢が続く作業）をとって、ブレードの特定の位置でタスクを実行しなければならないかもしれません。 不良姿勢は短期的にはけがを引き起こす可能性があり、継続的にさらされると深部静脈血栓症（DVT）のような長期的な疾患につながる可能性があります。	○				点検マニュアル
7	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	定期メンテナンスにおける： 閉鎖空間での呼吸状態	ブレード内の空気質（すなわち酸素の利用可能性、一酸化炭素への暴露）は、技術者の健康にとって重要です。また、特に工具使用時には、ブレードの材料から発生する粉塵によるリスクも存在します。	○				点検マニュアル
8	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	定期メンテナンスにおける： 狭隘地での危険物の取り扱い	ブレード内部の補修を行うためのエポキシ樹脂（またはその他の複合マトリックス材料）の現在の取り扱い方法について、健康有害物質管理規則、スリップ、環境への影響に関する懸念が指摘された。またエポキシ樹脂の取り扱いに大きな開放型のパッケージが使用されており、転倒してこぼれる可能性がある。			○		
9	ハザード例	・ブレード		定期メンテナンスにおける：落下物	衝撃や固定されていないオブジェクトのブレードでの長時間の取り出しや分解などによる落下物で怪我をするリスク。				○	
10	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	ブレードにアクセスする人員の緊急救助における：粉塵	修理作業中に発生する粉塵は、密閉された作業環境での救助活動時に次のリスクにつながります。 - 空気環境の悪化 - 爆発の危険性 - 静電気ショック				○	

35

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
11	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	ブレードにアクセスする人員の緊急救助における：温度への暴露（熱中症）	狭いブレードスペース内での操作中に経験する高温の影響による傷害のリスク。				○	
12	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	ブレードにアクセスする人員の緊急救助における：マニュアルハンドリング/エルゴノミクス	ブレード内の移動と安全の支援。				○	
13	ハザード例	・ブレード ・ブレード内部 ・ハブアクセスハッチ	・ブレード表面 ・ブレード内部 ・ハブアクセスハッチ	ブレードにアクセスする人員の緊急救助における：スリップ・つまずき・転倒	ブレードには、ハッチからアクセスします。ハッチの位置により、人が登ったり、よじ登ったりして入る必要がある場合があります。 丸みを帯びた床と、ブレード内の限られた頭高により、救助時の旋回エリアが制限されます。			外から入るタイプなので対象外		
14	ハザード例	・ブレード	・ブレード表面 ・ブレード内部	ブレードにアクセスする人員の緊急救助における：スリップ・つまずき・転倒	ブレード内での作業は、スリップのリスクを高める要因になります。特に、湿度の高い環境や、床面に貼られた保護シートが組み合わされると、滑りやすくなります。				○	
15	ハザード例	・ブレード	・ブレード内部	ブレードにアクセスする人員の緊急救助における：ハウスキュービングの不備	通常作業用の工具や器材を指定の場所に保管できないため、ブレード内が散らかり救助の試みが妨げられることがあります。 これには、グラインダーなどの電気工具や健康有害物質管理規則に該当する材料が含まれます。				○	
16	推奨事項	・タワー	・サービスリフト	サービスリフトの使用前点検	- 安全上重要な機能を中心に、より簡潔なチェックにする。 - 長い言葉の代わりに、画像や図解を多用する。 - リフトメーカーのマニュアルからチェックリストを作成した場合、移動中に紛失したものが無いことを確認する。 - 使用前のチェック結果を入力しなければ（仕様の範囲内で）リフトが作動しないような、スマートなリフトを設計する。	○				使用前点検/点検マニュアル
17	ハザード例	・タワー	・サービスリフト	確認された安全機能の破壊方法：デッドマンズ・スイッチ	リフトの設計によっては、アジャスタブルレンチ、磁石とネジ、あるいはボルトトップなどを使ってスイッチやボタンを作動させることで、これらを無効化することができます。			抜け道を教えない	○	
18	ハザード例	・タワー	・サービスリフト	確認された安全機能の破壊方法：ゲートインターロックシステム	ゲートが標準的なパネルキーで開く場合、複数のキーがゲートに残されたり、技術者が持ち運んだりする可能性があります。			抜け道を教えない	○	
19	ハザード例	・タワー	・サービスリフト	確認された安全機能の破壊方法：キャビンドア運動システム	ドア開度リミットスイッチは、例えばナットを緩めるだけで、ドアが完全に開いた状態でリフトが走行するように調整することができます。			抜け道を教えない	○	
20	ハザード例	・タワー	・サービスリフト	確認された安全機能の破壊方法：上部/下部/最大安全上限	キャビンドアと同様に接点スイッチなので、ドライバーで取り外したり、位置を変えたりして接点を作らないようにすることができます。			抜け道を教えない	○	

36

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主検査有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
21	ハザード例	・タワー	・サービシフト	確認された安全機能の破壊方法： 起動前の遅延時間	正しい知識を持っていれば、スイッチを入れる遅れは コントロールボックスのタイマーを調整することで、リフトの始動を停止させることができます。			抜け道を教えない	○	
22	ハザード例	・タワー	・サービシフト	確認された安全機能の破壊方法： 過負荷容量	初歩的なリフトのオーバーロード制御は、簡単なハンドツールで簡単に解除できる場合があります。			抜け道を教えない	○	
23	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 不適切な保管による不具合	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 怠慢 - 質の低いカルチャー - 他人事 - チームがツールを適切に保管するための時間が確保されていない	○				自主ルール
24	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 所有権の欠如に起因する不作為 (保管、譲渡時、作業時)	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 怠慢 - 質の低いカルチャー - 他人事 - 使用後や運搬後の道具の洗浄やメンテナンスのためにチームが割く時間が無い	○				自主ルール
25	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 手動作業による負傷	ハザードに起因する行為・行動的側面： - ベストバリューや最適なものを買うより、最も安いものを買えという調達圧力 - 機械的な吊り上げ補助具を使わなかったり、使いたがらなかつたりすることが自慢になる - 吊り上げ補助具が必ずしも実用的であるとは限らない	○				自主ルール
26	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 落下物(人身事故・機器の破損)	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 急ぎ・慌てること - 機器の不適切な取り付け				○	
27	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 機器のエルゴノミクスに起因する筋骨格系の損傷	ハザードに起因する行為・行動的側面： - ベストバリューや最適なものを買うより、最も安いものを買えという調達圧力	○				自主
28	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 吊り上げ作業(吊り具の不具合)		○				玉掛け(技能講習・特別講習)
29	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 油圧オイル漏れによるスリップ・つまずき	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業場を清潔に保つ、または工具を洗浄するための十分な時間を確保しないこと				○	
30	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 油圧オイル漏れによる環境影響	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 最高の品質よりも最低価格で購入するよう求める調達圧力			○	○	

37

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主検査有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
31	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 輸送の各段階でのリスク所有者が不明確	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 怠慢 - 質の低いカルチャー - 他人事	○				自主ルール
32	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 不適切な工具管理による誤った機器の使用	ハザードに起因する行為・行動的側面： - ベストバリューや最適なものを買うより、最も安いものを買えという調達圧力 - 販売元への在庫確認や連絡なく、道具をチームからチームへ引き渡すこと	○				自主ルール
33	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 定期点検の未実施による機器の不具合	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 販売元への在庫確認や連絡なく、道具をチームからチームへ引き渡すこと	○				自主ルール
34	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 故障診断時の機器の誤使用	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 時間的なプレッシャーや「仕事を終わらせなければ」という焦り - 善意で「やりくり」する	○			○	自主ルール
35	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 誤った機器を使用したことによる機器の故障	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 時間的なプレッシャーや「仕事を終わらせなければ」という焦り - チームからチームへ引き継がれる道具の使用 - ベストバリューや最適なものを買うより、最も安いものを買えという調達圧力				○	
36	ハザード例		・ボルト	工具の保管・運搬および取り扱いにおける： 誤った工具の組み立てによるリスク	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 時間的なプレッシャーや「仕事を終わらせなければ」という焦り				○	
37	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における： 高所作業・高所からの落下	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底 - 高所作業に適した身体保護装備を使用しなかったこと	○				フルハーネス特別教育
38	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における： 落下物	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底				○	
39	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における： 感電					○	
40	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における： 指や手足の粉砕	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底	○			○	定検トレーニング

38

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
41	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：手動作業	ハザードに起因する行為・行動的側面： - クッドプラクティス・ガイドラインの認識不足 - 作業手順書の不徹底	○			○	定検トレーニング
42	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：閉鎖空間	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底	○			○	定検トレーニング
43	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：ボルトの不具合(エネルギーの放出)	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底	○			○	定検トレーニング
44	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：工具の不具合(機械的なエネルギーの放出)	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底 - ツールの誤使用	○			○	定検トレーニング
45	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：工具の不具合(油圧噴射)	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底	○			○	定検トレーニング
46	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：騒音暴露				○		
47	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：怠慢と人的要因	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 急ぎ・慌てること - 仕事をやり遂げようとする意欲			○		
48	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：コミュニケーションの難航 - 騒音環境					○	
49	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：コミュニケーションの難航 - 言葉の壁					○	
50	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：転倒の危険性	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 作業手順書の不徹底				○	

39

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
51	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：危険な液体 - スリップ、つまずき、落下					○	
52	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：構造的完全性が低下している機器での作業		○				自主ルール(校正)
53	ハザード例		・ボルト	ツールの使用時における：手・腕への振動	ハザードに起因する行為・行動的側面： 製造者が示している暴露時間/作業指示書/HAVSツール固有の暴露参照シートの指示に従わない	○				定検トレーニング
54	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：手動作業による負傷	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 非現実的な工程での作業 - 急ぐ・慌てること - 疲労 - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど - 良い習慣/悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー - 事故報告に対する消極性/報告文化 - トレーニングの妥当性			○		
55	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：工具の管理、キャリブレーションの不備による機器の不具合	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 非現実的な工程での作業 - 急ぐ・慌てること - 疲労 - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど - 良い習慣/悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー - 事故報告に対する消極性/報告文化 - トレーニングの妥当性	○		○		自主ルール(管理体制)、定検
56	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：高圧作動油の放出	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど	○			○	自主ルール(管理体制)、定検
57	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：エネルギー放出の原因となる機器の誤使用	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 非現実的な工程での作業 - 急ぐ・慌てること - 疲労 - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど - 良い習慣/悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー - 業務に特化したトレーニング、または業務前に知識の確認ができるもの - 事故報告に対する消極性/報告文化 - トレーニングの妥当性	○		○		自主ルール(管理体制)

40

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
58	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における： 難しいエルゴノミクス	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 非現実的な工程での作業 - 急ぐ・慌てること - 疲労 - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど - 良い習慣 / 悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー - 事故報告に対する消極性/報告文化 - トレーニングの妥当性	○			○	自主ルール (管理体制)
59	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における： 騒音・振動	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 疲労 - 良い習慣 / 悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー				○	
60	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における： 作業環境	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 疲労 - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど - 良い習慣 / 悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー	○				自主ルール (管理体制)、安全衛生法
61	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における： コミュニケーションの不備・不足	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 非現実的な工程での作業 - 急ぐ・慌てること - 疲労 - 経済的な制約、例えば、より良い工具の代わりに身体保護装備を使用するなど - 言葉の壁				○	
62	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：トランジットを反映しないため、故障を防ぐためのメンテナンスが効果的でない	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 良い習慣 / 悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー - トレーニングの妥当性			○	○	
63	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：海洋環境を反映していないため、故障を防ぐためのメンテナンスが効果的でない	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 良い習慣 / 悪い習慣 - 少人数制のチームダイナミクス/カルチャー - トレーニングの妥当性	○			○	自主ルール
64	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：コミュニケーションの不備・不足	ハザードに起因する行為・行動的側面： - より価値の高い(しかし初期費用が高い) 機器に対する企業調達の抵抗				○	
65	ハザード例		・ボルト	工具のメンテナンス時における：オイル漏れによるスリップ、つまずき	ハザードに起因する行為・行動的側面： - 非現実的な工程での作業 - 急ぐ・慌てること - 疲労 - 事故報告に対する消極性/報告文化				○	

41

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称		
66	ハザード例		・ボルト	油圧で動く機器の動力源に関する危険、例えばホースやカップリングが故障して有害な液体が噴出した、小さな漏れが原因で滑ったり転んだりする危険	・装置の作りが悪い、あるいは作業や環境に対して仕様が不適切であることが原因である可能性があると考えられました。しかし、制御不能なエネルギー放出をもたらす故障の多くは、装置の誤用や過酷な扱い、または工具が手入れされず、輸送中や使用中に過酷な扱いに耐えなければならないことが原因であると思われる。 ・制御不能なエネルギーの放出には、機械的な故障や部品の飛び出しも含まれる可能性があります。 ・油圧テンショナーヘッドやボルト自体の張力下での破壊などの故障によって特定された危険には、高速で移動する部品や破片が人に衝突し、重傷を負わせる可能性があるものがある。緩和策として、通電している部品と作業を行うチームとの間に十分な距離を置くことの必要性が議論されました。しかし、基礎の内部で作業する場合、物理的なスペースが限られていたり、工具が作動しているときに直接目で見ることが必要であったりするため、理想とされるよりも人がこれらの通電システムに近接することが求められる場合があります	○				○	定検トレーニング	
67	ハザード例		・ボルト	欠陥の潜在的な要因として、工具や装置の明確性の欠如、または所有権や責任の欠如のいずれかを議論	・機械または油圧的な故障は、エネルギーを放出し、人身事故を引き起こす可能性があるとして挙げられた。手荒な扱い、誤った取り扱い、誤った使用によって引き起こされた欠陥は、そのような故障をより起こりやすくするような欠陥をもたらす可能性があるとして説明された。様々な人が機器を扱い、使用することは明らかであり、清掃のような比較的基本的な手入れや保守作業は、大きなチームがそれぞれ他の人の責任であると思いつく可能性があるため、見逃されることがあります。道具の配置、在庫、使用前のチェックや基本的なメンテナンスなどのタスクの記録管理は、改善される可能性がある分野として議論されました。特に、大規模なプロジェクトが複数のチームから構成され、プールされた大量の機材に依存している場合、誰が道具の手入れ、適切な取り扱い、使用に責任を持つかが不明である ・道具そのものの設計を改善する可能性についても述べています。例えば、機器がさかさま、あるいは移動が困難であるにもかかわらず、持ち運び用のハンドルがない場合、手だけで位置を決めようとするより、ホースの固定具をハンドルとして使用する方がはるかに簡単かもしれません。このような誤用は、善意で、あるいはより速く、より効率的に作業するために行われることが多い。ユーザーが意図的に機器を故障させるほど酷使することは考えにくく、むしろ第一線のユーザーの経験を取り入れることで設計が改善される可能性がある	○					○	自主ルール (管理)
68	ハザード例	・基礎	・トランジションピース ・モバイル	以下の活動時におけるハザード： ・グラウト注入またはボルトテンショニング ・ケーブルの引き込み ・タワー設置 ・ケーブル終端処理 ・シーリング/ハッチ ・据付工事 ・腐食防止工事 ・検査 ・修繕 ・(緊急) レスキュー、緊急避難 ・カビ、藻の清掃 ・生物・化学反応 (例：H2 Sガスの蓄積) ・廃止	狭い/制限された場所、出入りが困難な場所、高所作業、転倒、物体の落下/転落 酸素欠乏/大気中酸素濃度、溺死、エルゴノミクス、マニュアルハンドリング、疲労、労働時間不慣れた環境、異常気象、視認性、雷、圧潰事故 (ボルトの締め付け)、有害物質 騒音、振動、スリップ・転倒、吊り上げ作業、貨物運搬、電気・高電圧 ローアークセス、潜水、ガス (軽・重) 火災、爆発、危険物、経験・能力不足			○ (建設時)				
69	ハザード例	・クルー移動船舶 ・トランジションピース		船舶とトランジションピース間における乗り降り時の落下	以下のようなハザードが想定される： ・落下防止のためのくくり付けの失敗 ・クライミング用身体保護装備の不具合 ・落下防止装置の不具合 ・船舶の揺れ		○					

42

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
70	ハザード例	・クルー移動船舶 ・トランジションピース		船舶とトランジションピース間における懸念事項	・構造体への摩擦が失われ、搬送船が制御不能になり、うねりの中で不意に落下すること。 ・「人的な要素」は移乗作業が慣習として乗り移る人員と甲板長の間の相互作用に大きく依存しているという事実 ・アクセス時の移動の瞬間以前と、脱出時の移動後の自己反応型ライフラインに接続されている時間(主に脱出時)		○			
71	ハザード例	・ダビットクレーン		ワイヤーの折れ曲がり	・クレーンのワイヤーが切れる		○			
72	ハザード例	・ダビットクレーン		不適切なスリング	・スベアパーツのスリングが正しくない。		○			
73	ハザード例	・ダビットクレーン		器材バッグがフックで滑って船上に落下	・クレーンのフックから滑り落ちたバッグが、船の上に落下している様子。		○			
74	ハザード例	・ダビットクレーン		当初考慮されていないクレーン使用におけるリスク：鳥の巣や汚損	クレーンに巣を作ったり、止まったりする鳥やそれに付随する糞のために、風力発電所のクレーンのワイヤーをすべて交換し、クレーンに巣を作ったり、止まったりする鳥を防ぐための措置を取らなければならないこと		○			
75	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンの安全な操作に関するギャップ/使用時の問題点	・使用する場合、吊り上げる荷物は耐荷重よりはるかに軽くなる傾向があります。典型的な例としては、工具袋の持ち上げがあります。例えば、風力発電のサービスでは、1日に4回のツールバッグのリフトが必要になることがあります。 ・ダビットクレーンの使用制限(風速、海況、視界、降水量など)は、通常、メーカーの取扱説明書に基づいています。また、あるデベロッパーは、これらの制限について、同じ現場のスタッフの間でも見解が異なることを指摘しています。また、あるデベロッパーは、同じ敷地内にいるスタッフの間でも、この限界値について異なる見解を持っていると述べています。このような前提に挑戦し、許容範囲を安全に押し広げることが可能かどうかという疑問がありました。しかし、出席者の誰も、このようなことが現場で行われていることを知らないことが指摘されました。 ・使用前のチェックは行われているが、業界のガイドラインがないため、各組織が独自に作成している。共通する要素としては、目視(腐食、フック、ワイヤー、ボルト、セイフティキャッチ)、コントロール(電気/油圧/手動)、リフトとブレーキのテスト、天候(風速、海況)、アクセサリ(スリング、シャックル、パッドアイ)。 ・リフト計画は書かれていますが、計画からの逸脱は事故のかなりの割合を引き起こします。多くの場合、一般的なリフト計画が小さなリフトに使用されていますが、それは必ずしも目的に合っているとは言えません。 ・ダビットクレーンを使用する際の共通の問題点があるようです。 - 袋の過充填 - プロセスの革新で対処できるだろう。 - スリング - より良いトレーニングと能力で対処できるだろう。 - 過密なフック - プロセスの革新、トレーニング、より適切なリフティングアクセサリの組み合わせで対処できるだろう。緊急性を求める文化に対処しなければならない。		○			

43

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
76	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンの安全な操作に関するギャップ/使用時の問題点	・ダビットクレーンの使用に関する課題や問題の多くは、トレーニング不足と能力不足に起因しています。 ・すべての海上での吊り上げ作業には、リスクアセスメントと方法書(RAMS)が必要ですが、一般的には、軽微な吊り上げには一般的な計画が使用され、スリングなどの作業の特定の側面は計画に全く含まれていません。包括的な計画がないため、自己満足と緊急性の文化が生まれ、ダビットクレーンが時に安全でない方法で使用される原因となっています。 ・リフト計画は、デッキークレーンとスリングの間がないため、限界があります。誰がリフトのその側面に責任を持つかが明確ではありません。指名された個人がリフト監督者(クレーン作業)であるのと同じように、何らかの説明責任があるはずですが。 ・計画からの逸脱は、主に緊急性の高い文化によって引き起こされます。例えば、個人がシフトを完了するために仕事を早く終わらせたいと考えていたり、早く終わらせなければならないというプログラム上のプレッシャーがあったりします。 ・倉庫での工具や材料の準備から始まり、部品の全行程をフォローする、より優れたエンド・ユーザーのプロセスや計画が必要です。各ポイントで責任を明確にする必要があります。		○			
77	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：腐食	ブレーキシステム、溶接部、鋳造部、ホース		○			
78	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：過剰なメンテナンス	グリースの塗りすぎ		○			
79	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：異なる種類のグリース	プランが間違っているか、店員がプランに従っていない可能性があります		○			
80	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：ワイヤースプールしない	アライメントのずれ。負荷が無秩序に落下した場合に起こります		○			
81	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：本体にフック	機構が詰まる		○			
82	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：パワーコントロールモジュールの不具合			○			
83	ハザード例	・ダビットクレーン		ダビットクレーンのメンテナンスが必要となる一般的な問題：電気制御は故障しやすい			○			

44

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
84	推奨事項	・ダビットクレーン		ダビットクレーン使用時における改善点	<ul style="list-style-type: none"> - スリング、シャックル、リフトポイントを色分けしてリフトを簡素化することで、ヒューマンエラーの機会をなくす。 - ヒューマンエラーを減らすために、利用可能な吊り具を統合することによって、リフトを簡素化すること。例えば、現場全体で利用可能なスリングの定格をひとつだけにし、ダビットクレーンの安全作業負荷と一致させる。 - 単純な標準化されたトレーニングコース(例: GWOを通じて)により、スリングやリフティングの動作の一貫性を高めることができるだろう。 - プロジェクトは、単一のタイプの吊り上げ用コンテナと吊り具の配置を利用するよう努めるべきである。プロジェクトは、作業場を出た後の荷をいれることを禁止すべきである。 		○			
85	ハザード例	・タワー	・サービスマン	サービスマンのリスクに関する主な発見と洞察	<ul style="list-style-type: none"> - リフトが利用できない可能性は比較的低い。しかし、利用できなくなった場合の影響は大きく、慢性化する可能性がある(例: 禁止)。 - クライミング・リミットに対する組織的なアプローチには大きなばらつきがある。 - 因果的なリスク連鎖(ある活動が後続の活動に与える影響)の中でのリスクの探索が必要である。登り下りリスクは異なる。 - e-ラーニングによる研修の適合性に懸念がある。 	△			○	HPS(ラダー、昇降機の訓練)
86	ハザード例	・タワー	・サービスマン	サービスマンのリスクが使用できない場合に生じるリスク: 作業員の健康への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・クライミング活動の影響 クライミング活動は、健康、安全、安全行動、モラルに影響を及ぼすと考えられている。健康への直接的な影響としては、筋骨格系への負担や肉体的な疲労が挙げられる。落下防止システムの業界標準は、クライミングにおけるリスク低減の可能性を示唆する分野の一つであった。クライミングの間接的な影響は、より複雑である。クライミング活動を制限するための組織的な原則を確立する際には、その後のあらゆる活動に対する疲労の影響を考慮する必要がある。 ・クライミング練習への取り組み クライミングの実施に関しては、組織によって大きな違いがあることが報告された。現在推奨されているクライミングは、1日1回だけというものから、制限を設けていないものまで様々である。最も一般的なものは、クライミングを行うかどうかは、技術者の裁量に任されていることである。しかし、技術者はクライミングができなくても、クライミングがその後の活動に与える影響など、幅広いリスクを評価することができない可能性があるため、このアプローチには安全衛生上の懸念が指摘された。クライミングの実施に関する業界標準に向けた取り組みは、作業パッケージ全体における安全性の向上に貢献する可能性がある。 ・リスクアセスメントを行う。 クライミング活動のための業界標準のリスクアセスメントの実用性について議論された。これは困難な課題であると考えられたが、リスクアセスメントには、クライミングに続く活動に対する疲労関連のリスクと、計画的なリフト使用と予期せぬリフト使用不可能を区別することを組み込むべきであるということと、一般的に合意された。 	△			○	HPS(ラダー、昇降機の訓練)

45

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称	
87	推奨事項	・タワー	・サービスマン	サービスマンの事故要因を低減するアイデア: トレーニング	<ul style="list-style-type: none"> - 現在、リフト使用者のトレーニングは2年間有効で、3ヶ月から6ヶ月の間にリフトの実地使用が提供されない場合、再教育が必要となる可能性があるようです。 - 最近、リフトを操作していない技術者が、正しい使い方をなかなか思い出せないという経験をしたオペレーターもいます。 - オフショアの業務経験を常に維持することは難しいかもしれません。 - 多くの人が、ビデオやオンラインによるリフトトレーニングコースの配信を推進するようになってきています。このグループは、このようなマニュアル的・実践的な活動に対するビデオ学習(オンライン・トレーニング)の適合性に疑問を呈しました。 - グループの意見は、リフトの機器とシステムの種類には十分な共通性があり、GWOのような組織を通じて業界横断的な基本リフトユーザー訓練コースに何らかの価値を見出すことができるだろうとの見解を支持しました。高所作業と救助訓練は共通の要件であり、多種多様なタービン構造、落下防止、緊急降下装置技術をカバーしているにもかかわらず、価値を提供していることを考えると、GWOのような組織を通じて、業界横断的な基本的なリフト使用者訓練コースに何らかの価値を見出すことができるのではないという意見であった。 - 例えば、訓練を受けたトレーナーとして、一時的な技術者や新しいチームメンバーにリフトの使用についてより包括的でサイト固有の紹介を行うことができます。 	△			○	HPS(ラダー、昇降機の訓練)	
88	推奨事項	・タワー	・サービスマン	サービスマンの事故要因を低減するアイデア: 使用前チェックの徹底	<ul style="list-style-type: none"> - 通常、使用前のチェックの記録はなく、チェックが行われていることを監督することもありません。 - あるサイトでは、リフトに乗っているときに一目でトレーニング内容を確認できるよう、シンプルなビジュアルアイドをリフトに追加しています。 - ある事業者は、タブレット端末を使った海上作業の管理と記録について議論し、この種の作業管理システムに毎日の使用前安全チェックを含めることができる可能性が高いことに同意しました。 - 使用前のチェックは、使用を促すためにできるだけ簡潔であるべきで、長々とした使用前のチェックは機能を薄めることとなります。使用前点検は、非常用システムを含むいくつかのサブシステムの分解、検査、再組み立てをユーザーに要求すべきではない(しかし、現状では多くの場合、要求されている)。長期的には、これらの作業をより早く、より負担の少ないものにし、その結果、常に実施されているという信頼を得られるようにすることが望ましいと思われる。 - リフトの安全性に関わる問題への対応として、使用前のチェックを非常に細かく、徹底して行うことが挙げられます。 - 利用者(技術者)にリフトの安全性に本当に関与/参加してもらうことが重要です。使用前点検の強化が事故(死亡事故を含む)に対応するものであることを全ての技術者が知っていたわけではないのが挙げられました。この種の情報をもっと積極的に共有されれば、技術者はこの種の危険とリスクの可能性をもっと理解するようになるだろうと期待されていました。 - 使用前のチェックやチェックリストの良し悪しについて技術者の意見を求めることは、行動様式の改善と構築に役立つ可能性があります。技術者は、チェックリストの作成に貢献する権限を与えられている場合、それらを実行する可能性が高くなるかもしれない。 	○					自主ルール、使用前検査
90	ハザード例	・ナセル		ナセルに大量の煙を発生させる火災の要因: 機器の故障		○			○	GWO消火訓練	
91	ハザード例	・ナセル		ナセルに大量の煙を発生させる火災の要因: 雷				○	○		

46

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主検査有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
92	ハザード例	・ナセル		ナセルに大量の煙を発生させる火災の要因：オペレーション					○	
93	ハザード例	・ナセル		ナセルに大量の煙を発生させる火災の要因：メンテナンス					○	
94	ハザード例	・タワー ・全拠点		落下物	落下物は、風力発電機の外部と内部の両方で人身事故を起こす可能性のあるハザードとして業界でよく知られ、文書化されています。				○	
95	ハザード例	・タワー ・基礎	・気密性の高いデッキの下 ・サービスイフト	不適切なアンカーポイント	様々な場所に設置されているが、気密性の高いデッキの下とフリフトからの道難が最大の問題である - 高所からの落下の危険性の増加 - 緊急避難時の困難の増加 - エルゴノミクス/筋骨格系の問題			○	○	酸欠対策?
96	ハザード例	・ロータ ・ナセル ・ブレード ・基礎	・ハブ ・ブレード内部 ・気密性の高いデッキの下	制限/密閉された空間	- 呼吸可能な空気不足の可能性 - 熱中症 - 狭い空間に入り込まないといけない - エルゴノミクス/筋骨格系の問題 - スリップ、転倒、落下、衝撃				○	
97	ハザード例	・ナセル		ナセルからの脱出	緊急時にナセルから迅速かつ安全に脱出することが困難であること			○		
98	ハザード例	・全拠点		スリップ、トリップ、転倒	これらは、よく知られている、傷害を引き起こす一般的な危険性です				○	
99	ハザード例	・プラットフォーム ・ヨーデッキ ・ナセル		ハッチ	- 手指の閉鎖による人体への傷害 - 落ちる可能性がある - 落下物が突き抜けて下にいる人に当たること	○				定検トレーニング
100	ハザード例	・基礎 ・ヨーデッキとナセルの間等	・気密性の高いデッキの下	高所作業 (WTG内各所)	高所からの落下による傷害/死亡事故	○			○	GWO、定検トレーニング
101	ハザード例	・タワー ・ナセル	・サービスイフト ・ナセル内部	機械 (可動部)	機械に関連するさまざまな種類の傷害 (例: 粉砕、巻き込まれ) および潜在的な死亡リスク	○				定検トレーニング

47

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主検査有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称	
102	ハザード例	・ナセル ・タワー	・タワー基礎部 (スイッチギア)	火災	- 多数の死傷者が出る可能性がある - 風力発電機に甚大な被害	○				GWO消火訓練	
103	ハザード例	・ムーンプール ・トランジション ・ピース		H2Sガスの蓄積	死亡を含む広範な健康影響		○				
104	ハザード例	・全拠点		メンテナンス活動全般	これらの活動を行う技術者が必要なため、ここで特定された他の多くの危険にさらされます			○			
105	ハザード例	・全拠点		品質不良または破損した身体保護装備	信頼していたのに故障し、怪我や死亡事故につながる可能性がある。				○ (他で対象としている)		
106	ハザード例	・ナセル		手作業 (道具・設備)	手作業による筋骨格系の傷害/症状がよく知られている。				○ (他で対象としている)		
107	ハザード例	・ナセル ・タワー	・タワー基礎部 (スイッチギア)	HV/LV電気	- 感電の危険性 - 火傷 - 火災	○			○	低圧・高圧特別講習	
108	推奨事項	・ロータ	・ハッチ	障害事象と改善の可能性について：ハッチの使用時にハッチが開いたままになっている。	- シンブルでの絞った標識は影響が大きいということで、大方の意見が一致した。特に、サインはO&M基地の指示板ではなく、ハッチに貼るべきでしょう。ハッチを色分けすることで、どのハッチが人身事故などの重大な障害につながる可能性が高いかを明確にすることも有効なアイデアです。 - 技術的な解決策としては、ハッチの使用目的に対して十分な時間が経過した後に消灯する音響インジケータを適用することが考えられます。しかし、そのような装置に関連するコストやメンテナンスが増えるという欠点がある。 - ハッチに関する故障モードとメカニズムについて議論が行われました。一般的には、ハッチが早く閉まるようにダンパーが強制的に作動しています。そのため、ハッチをタービンに取り付けているヒンジが緩み、ボルトのねじが外れることがあります。また、ロック機構が壊れて、ハッチが閉まらなくなることもよくあります。これらの潜在的な問題は、検査計画に織り込んでおく必要があります。 - 人や物がハッチから落下したときの衝撃を緩和するために提案される解決策は、ハッチをずらし、人や物が落下する距離を短くすることです。さらに、ネットやソフトインパクトゾーンを設けることで、影響を軽減することができます。しかし、これらの緩和策自体も新たな問題と潜在的なリスクをもたらす。ハッチをずらすと落下距離は短くなりますが、落下防止装置を何度でも取り付けると、タワーに登るための労力と時間が増えます。また、タワーのレベル間の距離は、致命的とは言えないまでも、深刻な落下距離にはまだ十分な距離が残っている可能性があります。衝撃ゾーンが柔らかいと、落下距離による怪我を軽減できない可能性があります。また、スリップ、つまずき、転倒のリスクが増加する可能性がある。 - スリップ、つまずき、落下、WTGへの火災負荷のリスクが高まる。ネットが導入された場合、ネットは非常に高い位置で脱着しなければならず、また堅い場所に張力をかけなければならない。	○			○		定検トレーニング

48

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称	
109	推奨事項			障害事象と改善の可能性について：高所作業における高所からの人の落下	<ul style="list-style-type: none"> - すべての風力発電機メーカーは、高所作業者の必要性を排除する設計を長期的な目標として掲げるべきです。しかし、既存及び現在の次世代タービンモデルのO&Mでは、技術者が高所作業を継続することは避けられない。 - 風力タービンの設計者は、運用段階からのフィードバックを必要としており、タービンモデルが大量生産される前に運用上の問題を探るために、何らかの形のモックアップテストが有益であると思われます。 - すべての落下防止装置が適切に検査され、維持され、設計限界の範囲内でのみ運転されることが重要である。 - 救助訓練の範囲を拡大し、ある種の落下訓練を含めるといった提案がなされた。これは、怪我を最小限に抑えるための墜落・着地方法に関するガイダンスを提供するものです。もしこれが実施されれば、訓練コースの参加者は、クライミング活動中については落ちることを想定していることと解釈されるかもしれないので、注意が必要である。また、梯子を登るという動作のため、落下は予期できないものであり、梯子からの後方への落下の性質上、技術者が反応するための十分な時間を確保できない可能性がある。 						
110	推奨事項			障害事象と改善の可能性について：制限が有り散らかった作業環境におけるスリップ、トリップ、落下	<ul style="list-style-type: none"> - スリップ、トリップ、落下の原因となる脅威の多くは、比較的簡単な良い維持管理方法によって軽減することができます。したがって、WTGの作業環境に5S職場整理の方法論を採用することは有益であると考えられます。 - もう一つのよくある脅威は、技術者が疲労、倦怠感、その他の症状に苦しんでいるにもかかわらず、誰にも警告を発しないことです。これには、毎日の作業適性チェックや、船やヘリコプターからタービンへ移動する前にコントロールセンターに簡単な連絡を入れることで対応できるだろう。 - スリップ、つまずき、または落下による影響は、当初の怪我よりもはるかに長期的なものになる可能性があります。精神的な健康や幸福感の低下、自信の喪失など、他の問題にもつながる可能性があります。これらは、この業界では比較的発達途上の概念であるため、現場のオーナーはこれらの問題に対する意識を高めることに注力し、技術者が問題を議論し報告できるようにすることが重要です。 						
111	事故事例	設備外		潜水死亡事故	洋上風力発電所を支援するために41mで活動しているダイバーが、アンダーカールケーブルが意図せず圧迫されて空気の供給が遮断されました。ダイバーには3つの緊急用空気供給オプションがありました。しかし、彼は苦しんでいる間はこれらを使用できませんでした。残念ながら、救助の試みは失敗しました。	○				潜水士	
112	事故事例	船舶		サービス船が貨物船と衝突	洋上風力発電所に向けて輸送中の高速風力発電サービス船が貨物船と衝突しました。乗組員は4名の海兵隊員と11名の技術者でした。ドイツ難破船救助協会は、避難信号に応答し、船を港まで護衛しました。応急処置が施され、負傷者は病院に搬送されました。			○			
113	事故事例	船舶		病院に搬送された乗組員	ジャッキアップ船に乗船していた技術者は、足にひどい裂傷を負いました。現場での応急処置と沿岸警備隊との話し合いの後、捜索救助ヘリコプターで負傷者を病院に搬送することが決定されました。			○			
114	事故事例			変電所火災	落雷により、洋上風力発電所の変電所で火災が発生しました。19人が水に飛び込むことを余儀なくされ、18人が救助され、1人が行方不明になりました。その後、火は封じ込められた。	○					GWOシーサバイバル

49

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称	
115	事故事例	ヘリコプター		航空事故	商業用SARヘリコプターが夜間に沖合で墜落。商業的なSARサービスを提供するための訓練中で、4人の乗員のうち3人が死亡した。			○			
116	事故事例	船舶		海上事故	風力発電を支える台船が漂流を始め、風力発電船と救命ボートにより36名が救助された。	○					GWOシーサバイバル
117	事故事例	船舶		海上事故	乗組員移送船(CTV)が風力発電機に衝突、5人が負傷、1人が頭部と首を負傷し救命ボートで病院に搬送された。			○			
118	事故事例	船舶		海上事故	CTVが水上に保留されていた物体に衝突。船は冠水し、15人の乗客は他の風力発電船に移された。ライフボートとSARヘリコプターによる支援がされた。			○			
119	事故事例	船舶		海上事故	非風力発電所の無人艇が曳航不能となり、風力発電所に向かって漂流した。ライフボートの支援により、曳航を再開			○			
120	事故事例	船舶		海上事故	CTVが炎上、乗組員3名が船を捨てて救命いかだへ、その後SARへリに救助された。			○			
121	事故事例	船舶		海上事故	CTVで火災発生、救命艇2隻が対応。乗組員1名が煙にさらされSARへリで病院へ搬送			○			
122	事故事例	船舶		海上事故	CTVがホテル船の船岸に巻き込まれ、乗員が救命ボートに乗り込んだ。			○			
123	事故事例			海上事故	風力発電機のバイルに支援船が衝突、救命艇で護衛・支援			○			
124	事故事例	船舶		海上事故	CTVが火災で沈没、乗組員4人が船に救助される			○			

50

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、 教育、自主 該当有無	要トレーニング	トレーニング 対象外	ヒューマンエラー (注意喚起)	トレーニング 名称
125	事故事例	船舶		海上事故	風力発電所設置船が曳航中に転覆			○		
126	事故事例	船舶		海上事故	10人乗りの風力発電機CTVが操舵と推進力を失い、救命ボートで港に牽引される。			○		
127	事故事例	船舶		海上事故	推進力を失った風力発電機CTVを救命艇が牽引し、港に回収された			○		
128	事故事例	船舶		海上事故	プロペラが破損した風力発電機の巡視船が救命ボートで曳航される			○		
129	事故事例	船舶		海上事故	CTVが水中の物体に衝突し、水につかった。救命艇が駆けつけ、救助ポンプを送り込み、乗員を移乗させた。			○		
130	事故事例	船舶		海上事故	CTVはエンジントラブルによる火災に見舞われた。風力発電船は乗組員を乗せ、船を港まで曳航した			○		
131	事故事例	船舶		海上事故	救命艇が支援するCTVの着水・排水処理			○		
132	事故事例	船舶		海上事故	風力発電所に近づく88mの漂流貨物船に対応した救命艇			○		
133	事故事例	船舶		海上事故	風力発電支援船は、エンジントラブルが発生した釣り船を救命ボートが救助するまで支援しました。			○		
134	事故事例	船舶		海上事故	CTVが機械的な故障のため、水に浸かった。3隻の救命艇で支援			○		

51

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、 教育、自主 該当有無	要トレーニング	トレーニング 対象外	ヒューマンエラー (注意喚起)	トレーニング 名称
135	事故事例	船舶		海上事故	風力発電サービス船（15名乗船）が貨物船に衝突。 負傷者は病院に搬送。乗組員4名、技術者2名が重傷			○		
136	事故事例	船舶		海上事故	CTVは、クルーズ船の乗客の重症患者を医療的に避難させるため、沿岸警備隊の要請に応じました。			○		
137	事故事例	船舶		海上事故	ヨットがメーデーを宣言し、CTV2隻、救命艇2隻、SARヘリコプターが応答した			○		
138	事故事例	船舶		海上事故	風力発電機に衝突し放棄された漁船。救命艇により乗組員が海面から救出された。			○		
139	事故事例	船舶		海上事故	風力発電所の作業船がマストを失ったヨットを風力発電所から曳航し、救命ボートに引き渡した。			○		
140	事故事例	船舶		海上事故	風力発電船は、救命ボートが曳航するまでの間、損傷したヨットのそばで待機した。			○		
141	事故事例	船舶		海上事故	風力発電所の警備船が救命艇を支援し、船から2人を救出			○		
142	事故事例	船舶		海上事故	風力発電支援船のエンジンから出火、救命艇2隻が出動し 船舶を港まで護送			○		
143	事故事例	船舶		海上事故	風力発電船が救命艇を支援し、荒波から男性3人を救助			○		
144	事故事例	船舶		海上事故	風力発電所の調査船が沈没したヨットから2人を救出し、SARヘリコプターで陸上へ搬送			○		

52

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
145	事故事例	船舶		海上事故	風力発電の乗組員移動用船舶が漁師2名を救出			○		
146	事故事例	設備外		潜水事故	浅瀬でのダイビング中にダイバーが死亡			○		
147	事故事例	設備外		潜水事故	風力発電所の海中構造物の落下によりダイバーが死亡			○		
148	事故事例	設備外		病気	病気の従業員が作業船内から病院に搬送され、手術を受けた	○				安全衛生法
149	事故事例	設備外		病気	風力発電所の技術者が認知障害の可能性を評価され、SARヘリコプターで病院に搬送されました。症状は目の不調によるものであった	○				安全衛生法
150	事故事例			けが	風力発電所の作業員が落下して負傷、SARヘリで吊り上げて病院へ搬送			○		
151	事故事例	設備外		けが	ダイバーがダイビング中に負傷し、本船に収容され、医学的評価を受けた後、SARヘリコプターによる医療搬送が必要だった。	△		○		GWO
152	事故事例			けが	タービンから救出された負傷した作業員-脚の骨折の疑い	○				GWO
153	事故事例	船舶		けが	脊髄損傷の乗組員が洋上支援プラットフォームから吊り上げられ、病院に搬送される。	○				GWO
154	事故事例	船舶		けが	風力発電所の作業船の高層デッキから転落し、作業員が死亡			○		

53

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
155	事故事例			けが	頭部を負傷した技術者が病院に搬送される。CTV、ライフボートおよび SARヘリコプターが搬送に参加	○				GWO
156	事故事例			けが	脚を負傷した船員をSARヘリでジャッキアップ船から吊り上げ、病院へ搬送。			○		
157	事故事例			けが	負傷した船員を洋上支援船から救命艇に移し、重傷のためSARヘリで病院に搬送した。			○		
158	事故事例	船舶		けが	風力発電所支援船から男性が海中に転落			○		
159	事故事例	設備外		ダイビング	風力発電所での作業中、水深40メートルでダイバーが死亡	○				潜水士
160	ハザード例			ジャッキアップのパンチスルー	特に地震後に液化化現象が発生する可能性のある地域で発生します。パンチスルーは、不安定性、構造的崩壊、そして最終的には転覆につながる可能性があります。			○		
161	ハザード例	設備外		潜水事故	OREDの開発では潜水の必要性を排除しようとしているが、予期せず潜水が必要になったケースが多くなる。潜水はORED開発において確立された手順ではないため、発生した事故は、特にリスクアセスメントにおける注意の欠如を示すものである。	○		○	○	潜水士
162	ハザード例			同時作業 (SIMOPS)	SIMOPSは、簡単に重大な事故が発生する可能性のある事故を引き起こした。大きな事故につながる可能性があります。CTVはダイナミックポジショニング (DP) モード中に大型船に衝突し、停船を余儀なくされた。ポジショニング(DP)モード中に大型船に衝突し、船体を停止させた。			○		
163	ハザード例			重量物の落下	重量物は海洋活動の上で発生し、落下物があれば大惨事になる可能性があります。さらに、荷物はより大きくなり、船の容量に達しているため、ミスはほとんど許されない。	○				玉がけ(技能講習・特別講習)
164	ハザード例	船舶		輸送	多くの重量物運搬船が曳航手続き中に紛失しています。OREDの活動には直接関係しないが、このような移動は直接の支援となる。OREDの活動を直接支援するものです。			○		

54

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
165	ハザード例	設備外		不発弾(UXO)	UXOは依然として海洋の地下活動に高いリスクをもたらしており、継続的な警戒が必要である			○		
166	ハザード例	船舶		落水事故(MOB)	計画外の入水は、依然として大きな懸念事項である。特に船舶間の移動、潮流発電の支援業務では、潮の満ち引きで復旧が困難になることがある。	○	○			GWO
167	ハザード例			医療支援の確保	リスクの高い活動がより沖合で進むにつれて、現場での専門的な医療支援の必要性が高まります。大規模な海洋専門船は医療施設を確立しており、そのサービスに対する需要が高まっている。例としては、四肢の切断が必要とされるような外傷や潜水事故後の大きな外傷がある。			○		
168	事故事例			輸送用にバッグに積み込む作業	船舶に輸送するため、午前中に、機材とバッグがブラッドショーズに運び込まれました。負傷した人は、確認された重量が14キロある自分の備品バッグを持ち上げようとしてかんだ時に鋭い痛みを感じていました。	○				GWO
169	事故事例			クレーンからの品目を外す	波止場に品目が到着した後、スリングを外そうとしていました。品目(コンポーネントが入ったテントバッグ)はスリングの上に乗っていました。負傷者は、スリングを外そうとしたときに、背中に筋肉のけいれんを感じました。	○				玉掛け(技能講習・特別講習)
170	事故事例			CTVへの積荷	船舶に積み込む際に、波止場のクレーンを使用して、2つのオレンジ色の重いバッグが船舶に持ち上げられました。クレーンのブームが貨物保管エリアに達しなかったため、テック助手がバッグを船のデッキへと引き寄せました。この引っ張る動作により、テック助手は左肩と左腕の筋肉に緊張を感じ、痛みを感じることになりました。			○		
171	事故事例			CTV上で品目を動かす	技術者が、デッキ周辺で装置を動かしているときにぎっくり腰になりました。	○				GWO
172	事故事例			高圧洗浄によるTPの洗浄	技術者(請負業者)が作業の終了後、魚箱を高圧クリーナー、ポンプ、および工具と共にTP上に梱包しました。魚箱のおよその重量は100キロあります。魚箱がクレーンの真下の位置になかったため、正しく釣り上げるために、技術者はTPでファッシュボックスを約50センチほど引っ張り、箱をクレーンの下に置きました。その後、右肩が痛むのを感じました。			○		
173	事故事例	タワー		TPプラットフォーム上で品目を引っ張る	タワーにケーブルを固定する作業に派遣されました。作業中は、タワーケーブルの間にスペースを空けなければなりません。翌日、肩に痛みのある負傷者が出て、雇用主事務所は、この負傷者に対し、2日間陸上で制限された作業に従事してもらうことを決定しました。				○	
174	事故事例	ナセル		ナセル内での機器の保守	ナセルで作業中の技術者が、ブレーキキャリバーのボルトを緩めているときに、ボルトが突然外れ、技術者は頭を高速シャフトカバーにぶつきました。				○	

55

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主該当有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
175	事故事例	ロータ	ハブ	ハブでの作業	作業員、端にアレキシーが付いた長いバーを使用して、シャフトから3.5メートル下方でブラケットを締めようとしていました。小さく狭いエリアなので、ハブからシャフトまでの隙間を通過して上方に腕を伸ばして作業を行う必要がありました。作業員から、手にチクチクする感覚があると報告されました。				○	
176	事故事例			ボルト	フランジボルトの準備	午前8時頃、負傷者はフランジボルトを準備していました。ボルトを持ち上げて気密プラットフォームのフランジに再挿入するため、ボルトを持ち上げたところ、ボルトの重さのためにねじれてしまい、左手首をひねることになった。				○
177	事故事例			ウインチの操作	乗組員がケーブルスタンドに絡まったロープを直している最中に、ウインチ操作員がウインチでの作業を開始したため、指を骨折することになった				○	
178	ハザード例	ヘリコプター		悪天候や夜間飛行による状況認識の喪失は、過去の海上航空機事故の要因となっています。				○		
179	ハザード例	船舶 ヘリコプター		ヘリコプター及び(または)船舶、その他ソリューションに関連する健康と安全上の危険	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘリコプターまたは船舶の事故(衝突、水没、沈没など) ・騒音、振動、乗り物酔いへの暴露 ・船舶の動きなどによるスリップ、つまずき、落下 ・たとえば、遠く離れた場所への長い移動時間、または移動ごとの多数の巻き上げサイクルに起因するストレスと疲労(たとえば、英国 HSE の Helicopter Safety Offshore (Ref) を参照) ・ホイストプラットフォームとの接触 ・ヘリコプターまたは船舶への移動中の転落または溺死 ・人員の負傷/病気およびその他の緊急事態への対応の制限および遅延 				○	
180	推奨事項			風力発電施設への油移送	移送手配の設計と設置では、火災と爆発のリスクが適切に抑制されている必要があります。				○	
181	推奨事項			風力発電施設への油移送	充填ホースは以下である必要があります				○	
182	ハザード例			道具などの落下	物体の落下イベントの大部分は、道具や小さなアイテムの落下に関連しています。				○	

56

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主検査有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
183	推奨事項			アイボルトは、特に製造および保守の際に、最も一般的に使用される吊り上げ装置の1つです。これらには適用上の制限があり、悪用すると重大な事故につながる可能性があります	<ul style="list-style-type: none"> アイボルトは、適切な WLL で、使用が認定および承認されている必要があります(つまり、指定されたカラーコード)。 アイボルトは、本来の目的にのみ使用してください ユーザーは、アプリケーションに適用されるすべての制限とガイドラインに精通している必要があります 使用前にアイボルトを適切に締める必要があります 使用後はアイボルトを取り外し、アイボルトが使用された機器のねじ山を保存および保護する必要があります 					
184	ハザード例			スペシャルリフティングアクセサリを使用	操作に間違っただけでアクセサリを選択すると、事故につながる可能性があります					
185	ハザード例				移動式機器との衝突により、はしごや安全ケージが損傷する事例が数多く発見されています。また、安全柵、特にテリックにひびが入り、落下事故が発生しています					
186	ハザード例			アンテナ、ライト、センサーの落下	通常、これらの通信および気象計器は高所に取り付けられ、継続的な環境力にさらされています。そのようなアイテム(または個々のコンポーネント)が外れて、かなりの距離を落下する事故がいくつか報告されています					
187	ハザード例	・リフト		物の落下や人身事故につながる危険な持ち上げ方法	<ul style="list-style-type: none"> 複数の袋詰め スリングに取り付けられていない20kgの重り。おもり(15個 = 300kg)は「ソーイング」技術を使用して持ち上げられます。1つの重りが見落とされており、スリングに取り付けられていません カラビナを使用した危険な持ち上げ シャックルの代わりに、4つのスリングのリフティングポイントとして使用されるカラビナ。カラビナには500kgの荷重を支えるのに十分な強度がありません 	○				玉掛け
188	ハザード例	・リフト		コンプライアンスの違反によるリフト時のインシデント発生の可能性	<ul style="list-style-type: none"> リフト計画なし 使用前検査が完了していない、または完全ではない 負荷が重すぎる 移動前にブームが縮まらない 労働者に対する訓練が不十分である 積荷が正しく装備されていないか、リフトアクセサリが適切でない 玉掛けの配置の再確認をしなかった クレーン操作員に対する有能なサポートの欠如 	○				自主ルール・安全管理マネジメント
189	ハザード例	・リフト		組織の根底にある条件によるコンプライアンス違反のリスクの増加	<ul style="list-style-type: none"> 機器の意図しない起動を防ぐ安全装置の欠如 装置の変更 操作中に機器が損傷するのを防ぐメカニズムの欠如 操作説明書や特定のユーザー トレーニングなしで提供および導入された機器 機器に不慣れな人にとってはわからない安全機能 オフショアの過酷な環境、非常に頻繁に風が強い 安全に対する不適切な態度 — 安全文化、例えば生産圧力対安全 	○				自主ルール・安全管理マネジメント

57

2-4. 洋上での作業における危険源等

事例、項目、内容、詳細、それらがどのように対応(既存教育、KY等注意喚起、要トレーニング)することになるかを検討

No.	事例種別	設備	項目	内容	詳細	既存資格、教育、自主検査有無	要トレーニング	トレーニング対象外	ヒューマンエラー(注意喚起)	トレーニング名称
190	ハザード例	・ナセル		ナセルからの避難時における海への落下	タワーからの脱出を妨げる火災が発生した場合、緊急避難には通常、ナセルからの外部降下が含まれ、海に落下する可能性があります。重大な火災が発生した場合、船舶は船着場に近づくことができず、海へ入ることが必要になる場合があります。	○				GWO・避難訓練(消防法)
191	ハザード例	・ブレード		ブレードアクセス	外部ブレード アクセスのアンカー ポイントは、通常、ナセルの内側または上部にあります。ロープアクセス作業中、登っている人の動きに応じてロープがわずかに動き、フレETINGによる局所的な摩擦を引き起こす可能性があります。	○				ロープ高所作業特別教育 労働安全衛生法
192	ハザード例	・ブレード		ブレードアクセス	ハッチを使用してブレードの内部にアクセスする場合、ハッチとその留め具は、下にいる人を危険にさらしたり、留め具がブレード内に残っているなどの部品の緩みにつながる可能性があります			○		
193	ハザード例	・気象マスト		落下物のリスク	気象マストは開放構造であるため、落下物は下の外部プラットフォームにいる人々に危険をもたらします。		○			定期事業者検査
194	ハザード例	・船舶		乗船はしごに乗り移る際のハザード	移送プロセス開始前の船上での移動時における船上または船外でのスリップ/落下				○	船舶安全法 船員労働安全規則 船員法
195	ハザード例	・船舶		乗船はしごに乗り移る際のハザード	船からポートのはしごへの移動時に船とポートのはしごの間で海に落ちる	△	△			GWO
196	ハザード例	・船舶		乗船はしごに乗り移る際のハザード	船からポートのはしごへの移動時に船とポートのはしごの間に落下し、どちらかにひっかかったままになり、船とポートのはしご/バンパーの間で衝突または挟まれる	△	△			GWO
197	ハザード例	・船舶		乗船はしごに乗り移る際のハザード	船からポートのはしごへの移動時に揺れ動いている船舶のSelf Retractive Life-line (フォールアラスタ) による吊り上げ			○		
198	ハザード例	・船舶		乗船はしごに乗り移る際のハザード	船着場のはしごを登る際にはしごで滑ったりグリップ力を失ったりして落下し、登っている人や甲板員が負傷する	○				自主ルール(連続で登らない)
199	ハザード例	・船舶		乗船はしごに乗り移る際のハザード	ポートのはしごから TP/ジャケットの追加のはしごへの移動時にFall Arrest System(落下防止システム)間の移動中に高所から落下	△	△			GWO?

58

2-4. 洋上での作業における危険源等

想定されるリスクの洗い出し

G+以外、特にハード面で想定されるリスクの洗い出しを行う。

想定されるリスク	内容
グアノ（鳥類の糞）	風車エントリー時の転倒/落下の恐れ、悪臭/健康上の被害 特にアクセスラダーにつきやすく、高圧洗浄機での清掃が必要。
防食塗料の損傷・剥離、錆	欧州先行サイトでは、防食塗料の劣化・損傷による錆の発生が問題となっている。技術者の動線には注意が必要
海洋付着物	アクセスラダーに多く発生する。裂傷/安全具の損傷につながる。
ダビットクレーン	メーカ推奨頻度は1年とされているが、海水を浴びる環境で全く稼働させていないと、短時間で使用できなくなる事例がある。
航路標識	船との衝突のリスクがあり、月次での点検が重要となる。
モノパイル鋼材の腐食	モノパイルは気密性・水密性を維持することに依存した設計となっていた。しかし、Jチューブのシールから少量の海水侵入によって、グラウト接合の劣化、内部の腐食・錆が発生する。

59

2-5. トレーニング設備

船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件

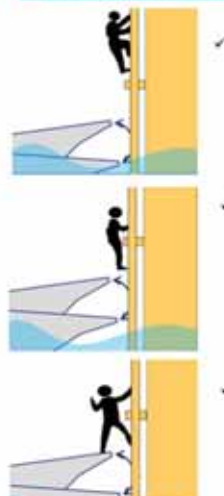
洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討した。

船から洋上風力発電設備等に乗るとき



- ✓ 船の動揺（上下動や横揺れ）をよく観察し、落ち着いて行動する。
- ✓ 波による船の動揺は、遊戯具のシーソーのように単純な動きではないことに注意しておく。
- ✓ 船から洋上風力発電設備等への乗下船は、船の上下動で、船が上に来た際に乗り移る。
- ✓ 洋上風力発電設備等に乗ったら、安全なところまで素早く上る。（次の波が大きいと、船により追突される危険があるため）
- ✓ 荷物は手に持たない。上げ下ろしはウインチ等で実施する。

洋上風力発電設備等から船に降りるとき



- ✓ 海面や船の様子を確認しながら、降りていく。
- ✓ 船に近づいたら、船の動揺（上下動や横揺れ）をよく観察し、安全に乗り移れる場所まで、ゆっくりと降りる。
- ✓ 洋上風力発電設備等から船への移動は、船の上下動で、船が上に来た際に乗り移る。
- ✓ 船に降り移った後は、船の揺れによってバランスを崩さないよう重心を低く保ち、洋上風力発電設備等から離れる。

この他、通航⇄台船の乗り移りなども考えられるが、事業者の示す手順に従って、安全な移乗を行うこと。
移乗の際は上記に示す通り、自分の乗る船などが上に来た時が乗り移りのタイミングとなる。

60

2-5. トレーニング設備

船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件

洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討した。

RWE (事業者、ドイツ、NRW州)

Heligoland島(ドイツ)のO&M拠点では、テストベンチやヘリコプターを使用したメンテナンストレーニングを実施している。社内外の他のトレーニングプログラムとの決定的な違いは、(ポート等でタービンに行けない場合に備えた)ヘリコプターからの懸垂降下訓練である。



洋上ヘリコプターイメージ図

https://www.nnk.co.jp/news/n_aviation/entry-1188.html



ヘルゴラント島にO&M拠点

<https://ja.wikipedia.org/wiki>



GeoBasis-DE/BKG (©2009), Google

2-5. トレーニング設備

船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件

洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討した。

Iberdrola (事業者、スペイン、バスク州)

Iberdrolaによるワーキング洋上風力プロジェクトのエンジニアリングチームはMaersk Trainingのニューキャッスル拠点で人工的に風を模擬した環境下での生存訓練を受講している



RelyOn Nutec (サードパーティ、デンマーク)

自社拠点に専属のインストラクターがトレーニングを提供している。GWOの他、エンジニアリング・石油産業の労働安全・人材育成に関する機関が認証するトレーニングや、独自の認証トレーニングを提供している。



洋上に関連する訓練を含む拠点を抜粋

ブレーマーハーフェン(ドイツ)

- ・ 洋上応急措置(更新コースのみ)
- ・ ヘリコプターによる水中脱出訓練
- ・ 圧縮空気緊急呼吸システム

アムステルダム(オランダ)

- ・ 洋上応急措置(更新コースのみ)
- ・ ヘリコプターによる水中脱出訓練
- ・ 圧縮空気緊急呼吸システム
- ・ 洋上訪問者向けヘリコプター、緊急呼吸システムの訓練
- ・ 緊急時における海事マネジメント

ヒューストン(アメリカ)

- ・ 主は石油、ガス、海事業業者向けの労働安全に特化したサバイバルプールによる訓練をおこなっている

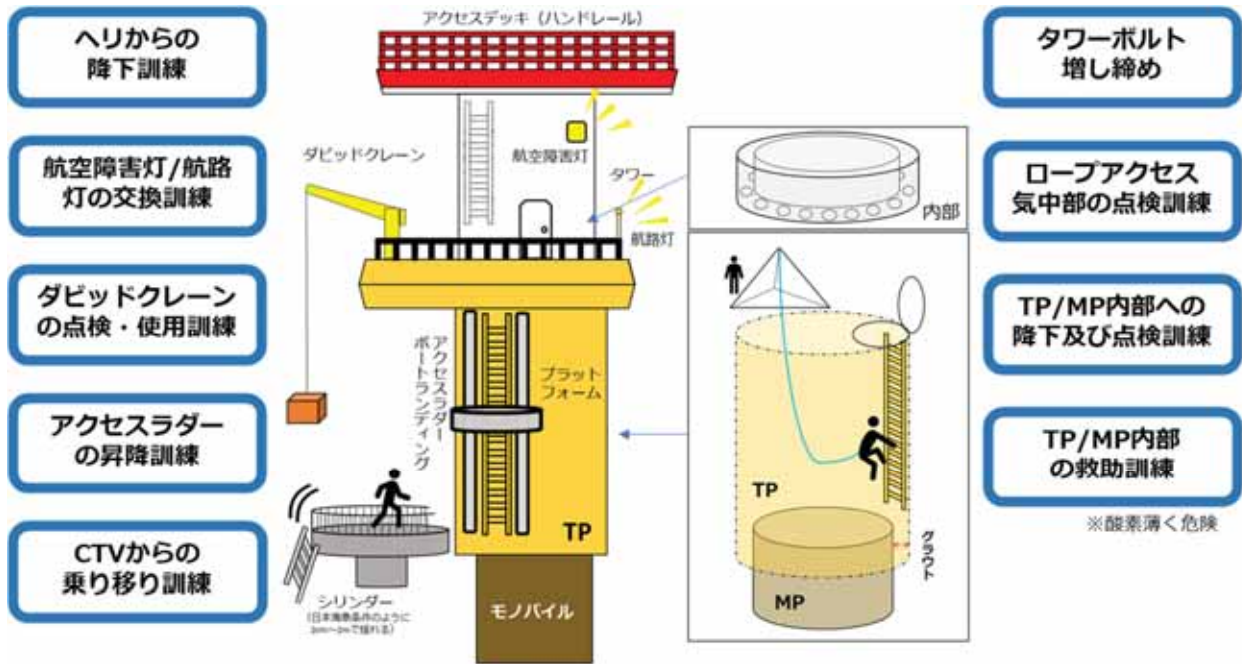
その他、多数のトレーニングプロバイダと提携して訓練を提供している

- OPITO 海洋石油産業訓練機構 (ヘリコプター関連)
- ECITB エンジニアリング建設委員会
- セーフティパスポート 労働者育成の資格期間

2-5. トレーニング設備

船舶一設備間に係る調査およびトレーニング設備要件

洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインや海外のトレーニング施設に係る調査を実施し、それに対応するトレーニング設備の機能を検討した。



63

2-6. 洋上風力の安全に係るトレーニングコード (案)

洋上風力の安全に係るトレーニング内容

教育訓練ガイドラインの整理よりトレーニングコードを附番した。

大項目	中	小	プログラムコード	大項目名	中項目名	小項目名	知識	技能	座学講習時間	実技講習時間	講習に必要なもの	G+対応
SAFE A	1	1	SAFE A101	洋上での一般的留意事項	一般的留意事項	一般的留意事項	○		30分			
SAFE A	2	1	SAFE A201	洋上での一般的留意事項	HSE活動	HSE活動	○		10分			
SAFE A	2	2	SAFE A202	洋上での一般的留意事項	HSE活動	作業時のリスク及びハザード (危険予知活動)	○					
SAFE A	2	3	SAFE A203	洋上での一般的留意事項	HSE活動	Stop Work Authorityと作業許可システム	○					
SAFE A	3	1	SAFE A301	洋上での一般的留意事項	安全	乗船前の備え	○		15分			
SAFE A	3	2	SAFE A302	洋上での一般的留意事項	安全	携行品	○					
SAFE A	3	3	SAFE A303	洋上での一般的留意事項	安全	乗船前の安全説明	○					
SAFE A	3	4	SAFE A304	洋上での一般的留意事項	安全	個人用保護具 (PPE)	○		40分			
SAFE A	3	5	SAFE A305	洋上での一般的留意事項	安全	洋上での注意事項	○					
SAFE A	3	6	SAFE A306	洋上での一般的留意事項	安全	水密扉	○					
SAFE A	3	7	SAFE A307	洋上での一般的留意事項	安全	防火扉	○		40分			
SAFE A	3	8	SAFE A308	洋上での一般的留意事項	安全	洋上に於ける緊急時対応	○					
SAFE A	3	9	SAFE A309	洋上での一般的留意事項	安全	洋上現場における乗り移り時の留意事項	○					
SAFE A	3	10	SAFE A310	洋上での一般的留意事項	安全	ハッチスルー	○		20分			
SAFE A	4	1	SAFE A401	洋上での一般的留意事項	健康・衛生	船酔い	○					
SAFE A	4	2	SAFE A402	洋上での一般的留意事項	健康・衛生	熱中症	○					
SAFE A	4	3	SAFE A403	洋上での一般的留意事項	健康・衛生	低体温症	○		10分			
SAFE A	5	1	SAFE A501	洋上での一般的留意事項	環境	油漏れ等海洋汚染予防	○					
SAFE A	6	1	SAFE A601	洋上での一般的留意事項	チェックリスト	CTV乗船前 (サンプル)	○					
SAFE A	6	2	SAFE A602	洋上での一般的留意事項	チェックリスト	SEP船 乗船時 (サンプル)	○		15分			
SAFE A	6	3	SAFE A603	洋上での一般的留意事項	チェックリスト	SEP船 作業前 (サンプル)	○					
SAFE B	1	1	SAFE B101	基本安全訓練	応急処置訓練	救急用具およびその設置場所	○			5分		
SAFE B	1	2	SAFE B102	基本安全訓練	応急処置訓練	心肺蘇生法	○	○				
SAFE B	1	3	SAFE B103	基本安全訓練	応急処置訓練	AEDの使用法	○	○				
SAFE B	1	4	SAFE B104	基本安全訓練	応急処置訓練	止血方法	○	○	55分	120分	AED、訓練用的人形	
SAFE B	1	5	SAFE B105	基本安全訓練	応急処置訓練	包帯による外傷の手当	○	○			ガーゼ、包帯、止血帯	
SAFE B	1	6	SAFE B106	基本安全訓練	応急処置訓練	三角巾の使い方	○	○			ガーゼ、包帯	
SAFE B	1	7	SAFE B107	基本安全訓練	応急処置訓練	打撲・骨折への対応	○	○	50分	40分	三角巾	
SAFE B	1	8	SAFE B108	基本安全訓練	応急処置訓練	傷病者管理	○	○				
SAFE B	1	9	SAFE B109	基本安全訓練	応急処置訓練	搬送法	○	○			担架	
SAFE B	2	1	SAFE B201	基本安全訓練	防火・消火	燃焼特性	○		50分			
SAFE B	2	2	SAFE B202	基本安全訓練	防火・消火	洋上火災・消火活動の特徴	○					
SAFE B	2	3	SAFE B203	基本安全訓練	防火・消火	防火活動の基本	○					
SAFE B	2	4	SAFE B204	基本安全訓練	防火・消火	煙・ガスの危険性	○		20分	40分		
SAFE B	2	5	SAFE B205	基本安全訓練	防火・消火	消火設備の種類とその配置	○					
SAFE B	2	6	SAFE B206	基本安全訓練	防火・消火	避難方法	○					
SAFE B	2	7	SAFE B207	基本安全訓練	防火・消火	消火器の使用法	○	○	30分	240分	消火器	
SAFE B	3	1	SAFE B301	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	ライフジャケット (救命胴衣)	○		30分	240分		
SAFE B	3	2	SAFE B302	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	緊急時集合場所	○					
SAFE B	3	3	SAFE B303	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	救命艇	○					
SAFE B	3	4	SAFE B304	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	膨張式救命いかだと機装品	○		40分	40分		
SAFE B	3	5	SAFE B305	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	反転した救命いかだの修正	○					
SAFE B	3	6	SAFE B306	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	シーアンカーの使用	○					
SAFE B	3	7	SAFE B307	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	イマシヨンスーツの着用と使用	○		30分	240分		
SAFE B	3	8	SAFE B308	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	遭難時に救助を求めるための無線装置	○					
SAFE B	3	9	SAFE B309	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	高所から海中への安全な飛び込み	○					
SAFE B	3	10	SAFE B310	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	救命胴衣を着用しての浮遊	○		30分	240分	ブール、救命胴衣	
SAFE B	3	11	SAFE B311	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	救命胴衣を着用しないでの浮遊	○					
SAFE B	3	12	SAFE B312	基本安全訓練	落水防止および落水時の対応	落水者発見時の対応	○				ブール、救命胴衣	
SAFE C	1	1	SAFE C101	事故事例集	事故事例集	事故事例集	○		40分		ブール	

64

2-7. 既存の定期事業者検査

電気事業法第55条第1項の規定により、

発電事業者は、定期事業者検査を行い、その結果の記録と保存が義務化されている

風力発電設備については出力500kW以上の設備が対象であり、

『42部位／92項目』の検査が義務となっている

<検査対象>

ブレード(7部位13項目)	ロータ(10部位22項目)	ナセル(17部位43項目)
タワー(4部位8項目)	基礎(3部位5項目)	非常用電源装置(1部位1項目)

<検査周期>

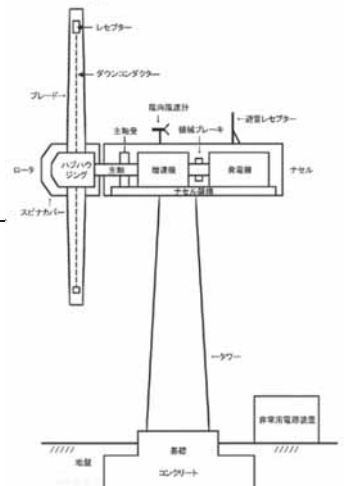
周期	区分	部位(例)
半年	安全停止系	ピッチ制御装置 等
1年	安全停止系	ブレーキ装置 等
	構造強度部材	ブレード、ハブ、ナセル、タワー等
	電気系統	ナセル内電気設備 等
2年又は3年 ※雷地域は2年が望ましい	安全停止	翼端ブレーキ装置 等
	構造強度部材	ブレード 等

65

2-7. 既存の定期事業者検査

定期事業者検査の対象部位と検査方法および内容

No	設備の区分	定期事業者検査の対象部位	検査方法	内容	点検周期(年)	事故防止の区分	
1	ブレード	表面	目視又は触手もしくは測定	表面に損傷や被雷痕がないか目視等で確認する。損傷又は被覆雷痕が確認された場合は、触手等で確認する。	1	飛散防止	
2		接地システム	レセプター	目視	異常な被雷痕、溶損、減耗、飛散、剥離がないか確認する。		1
3			ダウンコンダクター	目視 試験	ハブ内からダウンコンダクターに損傷がないか確認する。 導通試験等を行い、健全性を確認する。(導通を通常モニタリングしている場合は除く。)		1 2~3
4		内部	目視又は触手もしくは測定	視認又はアクセス可能な範囲について、損傷がないか確認する。	2~3		
5		ブレード翼根部	翼根部	目視	損傷がないか確認する。		1
			ボルト	目視 測定	合マークのズレや塗装割れ、ボルトの緩みがないか確認する。 測定機器で軸力又は締付トルク等を確認する。風車設置後、ボルトの緩みや破断が生じていない場合には、1年間で10%以上又は8方位以上のいずれか多い本数のボルトについて締付確認を行う。		1 1
6		翼端ブレーキ装置	ブレードティップ	目視	ブレード本体と翼端ブレーキとの間にズレがないか確認する。 ブレード本体と翼端ブレーキとの間の接合部の損傷や変形がないか確認する。		0.5 2~3
	試験			作動試験を実施する。	0.5		
	計測			作動・非作動時の油圧を確認する。	0.5		
7		(カーボン)シャフト	目視又は打音	損傷がないか確認する。	2~3		



66

2-7. 既存の定期事業者検査

定期事業者検査の対象部位と検査方法および内容

No	設備の区分	定期事業者検査の対象部位	検査方法	内容	点検周期(年)	事故防止の区分
8	ロータ	ハブ	ボルト・ナット	目視及び打音又は触手	合マークのズレや塗装割れ、ボルトに緩みがないか確認する。	1
				測定(スピナカバー、ブラケットは除く)	測定機器で軸力又は締付トルク等を確認する。風車設置後、ボルトの緩みや破断が生じていない場合には、1年間で10%以上又は8方位以上のいずれか多い本数のボルトについて締付確認を行う。	1
9			ハブハウジング	目視	ハウジングの表面に割れ等の異常がないか確認する。	1
10			スピナカバー	目視	損傷等異常や変形がないか確認する。カバー内にグリース飛散などの汚れがないか確認する。	1
				目視又は触手(継手部)	継ぎ目部から異常な雨水の浸入がないか確認する。雨水の浸入が多い場合は、ボルトの緩みやシーラントの破損がないか確認する。	1
11			避雷導体	目視	アースブラシ、ケーブル、パネなどに損傷がないか確認する。ブラシ面や摺動面が油や水分などの異物で汚れていないか確認する。	1
				触手又は測定	ブラケットなどにガタツキがないか確認する。	1
				測定	ブラシのホルダと摺動面の隙間を測定する。ブラシの長さを測定する。	0.5
12			ピッチ駆動系ブレーキ	目視	損傷や変形がないか確認する。	0.5
				試験	作動試験を実施する。(常時モニタリングしている場合を除く。)	0.5
13			ピッチ駆動装置	目視	損傷や変形がないか確認する。	0.5
		試験		作動試験を実施する。(常時モニタリングしている場合を除く。)	0.5	
14		油圧系非常用装置	目視	ピッチアキュムレータ本体に油漏れ、損傷、変形などがないか確認する。	0.5	
			測定	アキュムレータ内のガス圧を確認する。	0.5	
15		ピッチ軸受(旋回輪)	目視及び聴音	ピッチ作動(旋回)中にピッチ軸受から異常な振動や騒音を発していないか確認する。	0.5	
			目視	軸受シールに損傷、変形、過大なグリース漏れがないか確認する。	0.5	
			目視又は触手	グリースの状態を確認する。	0.5	
16	非常用電源	試験	非常用電源にてピッチ駆動装置の作動試験を行う。	0.5		
17	ハブアクセスハッチ	ハッチ	目視	損傷していないか確認する。	1	
			触手又は測定	ガタツキがないか確認する。	1	
		ボルト	目視及び触手又は測定	取付ボルトに緩みがないか確認する。	1	
			目視	損傷や劣化がないか確認する。	1	



過回転防止
飛散防止



2-7. 既存の定期事業者検査

定期事業者検査の対象部位と検査方法および内容

No	設備の区分	定期事業者検査の対象部位	検査方法	内容	点検周期(年)	事故防止の区分	
18	ナセル	ボルト・ナット	目視及び打音又は触手	合マークのズレや塗装割れ、ボルトの緩みがないか確認する。	1		
			測定	測定機器で軸力又は締付トルク等を確認する。風車設置後、ボルトの緩みや破断が生じていない場合には、1年間で10%以上又は8方位以上のいずれか多い本数のボルトについて締付確認を行う。	1		
動力伝達装置		ボルト	目視及び打音又は触手	合マークのズレや塗装割れ、ボルトの緩みがないか確認する。	1		
			測定	測定機器で軸力又は締付トルク等を確認する。風車設置後、ボルトの緩みや破断が生じていない場合には、1年間で10%以上又は8方位以上のいずれか多い本数のボルトについて締付確認を行う。	1		
20		主軸受	測定又は目視	軸受温度を測定又はグリースの状態を確認する。(温度センサー等により常時モニタリングしている場合を除く。)	1		
			目視	主軸受からの油漏れがないか確認する。	1		
21		ロータロック	ロータロック	目視	ロックピン本体などに錆や損傷がないか確認する。	1	
			ロータピン本体	目視	ロックピンの挿入に問題がないか確認する。	1	
22		発電機(電技)	本体	目視及び聴音又は測定	外観上の異常がないか、また運転中の発電機から異常な振動や騒音が生じていないか確認する。	1	
				目視	軸受部からのグリース漏れがないか確認する。	1	
				端子	測定	大地間及び相間の絶縁抵抗を測定する。	1
23		ブレーキ装置	機械ブレーキ	ブレーキ本体	試験	作動試験を実施する。	1
				ブレーキ	目視	ブレーキ本体、配管及び配管締結部からの油漏れがないか確認する。	1
					測定	パッドの厚み又は隙間を測定する。	1
			油圧ユニット				
24		油圧ユニット	油圧ユニット	目視	機器、配管の油漏れがないか確認する。ユニットの外観、モータ、ソレノイドなどに損傷がないか確認する。	1	
			アキュムレータ	目視	損傷がないか確認する。	1	
	バルブ		目視及び触手	油圧ユニットのバルブの位置に間違いがないか確認する。	1		
	油圧ユニット本体		目視及び触手	運転中の油圧ユニットから異常な振動や騒音が生じていないか確認する。	1		
		測定	作動・非作動時の油圧を確認し記録する。	1			



落下防止
飛散防止
火災防止



2-7. 既存の定期事業者検査

定期事業者検査の対象部位と検査方法および内容

No	設備の区分	定期事業者検査の対象部位	検査方法	内容	点検周期(年)	事故防止の区分	
25	ナセル	ナセル架構	溶接継手	目視	塗装割れ、クラック、損傷がないか確認する。(必要に応じて非破壊検査を実施する。)	1	
26			母材部	目視	塗装割れ、クラック、損傷がないか確認する。油汚れがないか確認する。	1	
27			ナセル振動センサ	目視	損傷がないか確認する。	1	
			試験	振動検出するもの(おもりなど)を外して警報の作動試験を実施する。	1		
28		ナセルカバー	ケーブル	目視	損傷がないか確認する。	1	
			ナセルカバー	目視	損傷や変形がないか、ナセル内から確認する。カバー継ぎ目部からの雨水の浸入がないか確認する。	1	
			ハッチ	目視	損傷や部品の脱落がないか確認する。ハッチからの雨水の浸入がないか確認する。バックキンの劣化や剥がれがないか確認する。	1	
ナセル		ナセル外部付属品	避雷レセプター	目視及び触手	閉めた時、ストッパで緩みなくロックされるか確認する。	1	
				避雷針	目視	損傷や被雷痕がないか確認する。	1
				目視及び触手	取付ボルトに緩みがないか確認する。	1	
	接地線			目視及び触手又は測定	損傷や端子の緩みがないか確認する。	1	
	29		風向風速計	目視	損傷や端子の緩みがないか確認する。	1	
				目視及び触手	取付ボルトに緩みがないか確認する。	1	
				試験	コントローラの値変動を確認する。(常時モニタリングしている場合を除く。)	1	
	30		支持柱	目視	損傷や変形がないか、部品の脱落、錆などがないか確認する。	1	
				目視及び触手	取付ボルトに緩みがないか確認する。	1	
	31		ナセルカバー外部ハンドレール	目視及び触手	取付状態を確認する。固定ボルトに緩みがないか確認する。	1	
32	ナセル内部電機装置(電技)	主変圧器	目視	塵埃の付着及び損傷がないか確認する。トランスモールド部にクラックがないか確認する。部品やケーブルの破損、脱落がないか確認する。モールド部、ケーブル表面及び端子部に放電痕がないか確認する。鉄心及びフレームに錆や腐食がないか確認する。	1		
			測定	大地間及び巻線間の絶縁抵抗値を測定する。	1		
		力率改善コンデンサ	目視	損傷や変形がないか確認する。	1		
		測定	静電容量を測定する又は電流値を測定する。(常時モニタリングしている場合を除く。)	1			
34	坂内UPS(風車制御用)	試験	作動試験を実施する。(常時モニタリングしている場合を除く。)	1			



落下防止
飛散防止
火災防止



2-7. 既存の定期事業者検査

定期事業者検査の対象部位と検査方法および内容

No	設備の区分	定期事業者検査の対象部位	検査方法	内容	点検周期(年)	事故防止の区分	
35	タワー	ボルト・ナット	目視及び打音又は触手	合マークのズレや塗装割れ、ボルトの緩みがないか確認する。	1		
			測定	測定機器で軸力又は締付トルク等を確認する。風車設置後、ボルトの緩みや破断が生じていない場合には、1年間で10%以上又は8方位以上のいずれか多い本数のボルトについて締付確認を行う。	1		
36	タワー	継手	フランジ継手	目視	フランジ結合部の隙間に開きがないか確認する。	1	
目視及び触手又は測定			接地線に損傷、緩みがないか確認する。	1			
37	タワー	胴・アンカーリング	溶接継手	目視	塗装や溶接割れが発生していないか確認する。	1	
目視			外面に損傷や変形、錆がないか確認する。	1			
38	タワー	胴・アンカーリング	目視	タワー内底部に落下物や漏洩物がないか確認する。	1		
目視及び触手又は測定			接地線に損傷、緩みがないか確認する。	1			
39	基礎	コンクリート	基礎表面	目視	雨水が浸入するようなひびが発生していないか確認する。	1	
目視			損傷や変形がないか確認する。	1			
40		タワー・基礎間の隙間	目視	タワー・基礎間の隙間の状態を確認する。	1		
			目視又は測定	タワー・基礎間の感覚を確認する。	1		
41	地盤	目視	基礎と外周面の土が離れていないか確認する。	1			
42	非常用電源装置	ヨー	試験	非常用電源にてヨー旋回の作動試験を実施する。	1	飛散防止	
No	設備の区分	定期検査の実施が推奨される部位	検査方法	内容	点検周期(年)	事故防止の区分	
43	ブレード	接地システム	直撃雷検出装置	試験	作動試験を実施する。	1	飛散防止
44	ナセル	ナセル外部付属品	航空障害灯	目視	灯器やブラケットに損傷がないか確認する。	1	
45		ナセル内可燃物、油脂類	目視	ナセル内に可燃物、漏油がなく、火災が発生しやすい状態となっていないか確認する。	0.5		
46	ナセル	ナセル内消火装置	消火装置	目視	装置に変形、損傷、腐食がないか確認する。	1	
			目視及び触手	装置がブラケットに固定されているか確認する。	1		
			目視	圧力ゲージに変形、損傷、腐食がないか確認する。圧力ゲージの値を確認する。	1		
47	本体	目視	使用期限を確認する。	1			
47	コントローラ	試験	風車の操作(スタート、ストップ、リセット)の作動を確認する。風車の各種データが表示できるか確認する。	0.5	全般		
48	SCADA	試験	遠隔にて風車への接続を確認する。遠隔にて風車の操作の作動を確認する。遠隔にて風車の各種データを収集できるか確認する。	0.5			
49	全般	事故故障情報	事故故障情報の入手と対応の記録	知り得た事故故障等の情報と、その情報に基づき改良等を実施したかを否かを記録する。	都度	全般	



2-7. 既存の定期事業者検査

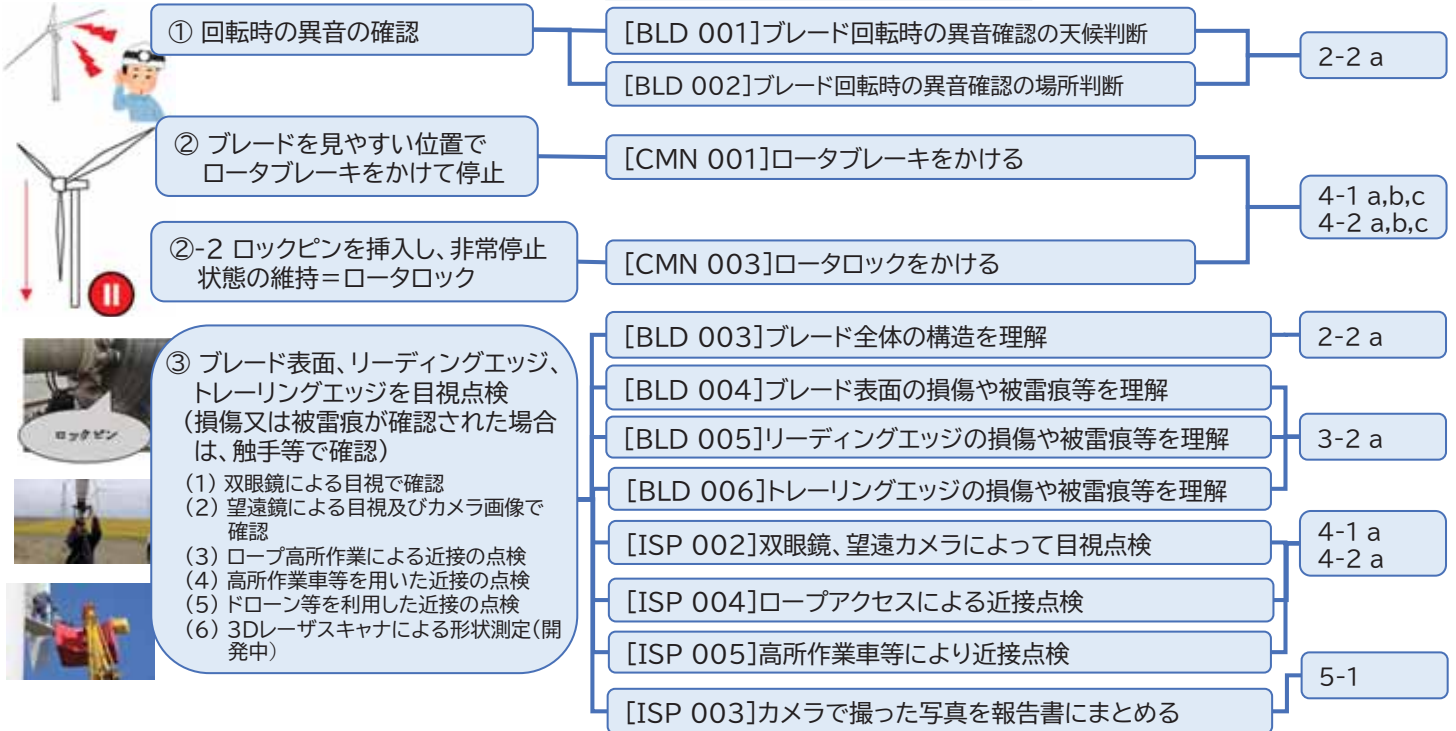
定期事業者検査【ブレード部分の対象部位と点検方法および点検内容No.1】(例)

No	設備	対象部位	点検方法	点検内容	周期
1	ブレード	表面	目視又は触手若しくは測定	ブレードの表面に損傷（ゲルコート剥がれや外皮クラック）や被雷痕（すず）がないか目視等で確認する。 損傷又は被雷痕が確認された場合は、触手等で確認する。	1年

点検手順

講習プログラムメニューコード

力量基準



2-7. 既存の定期事業者検査

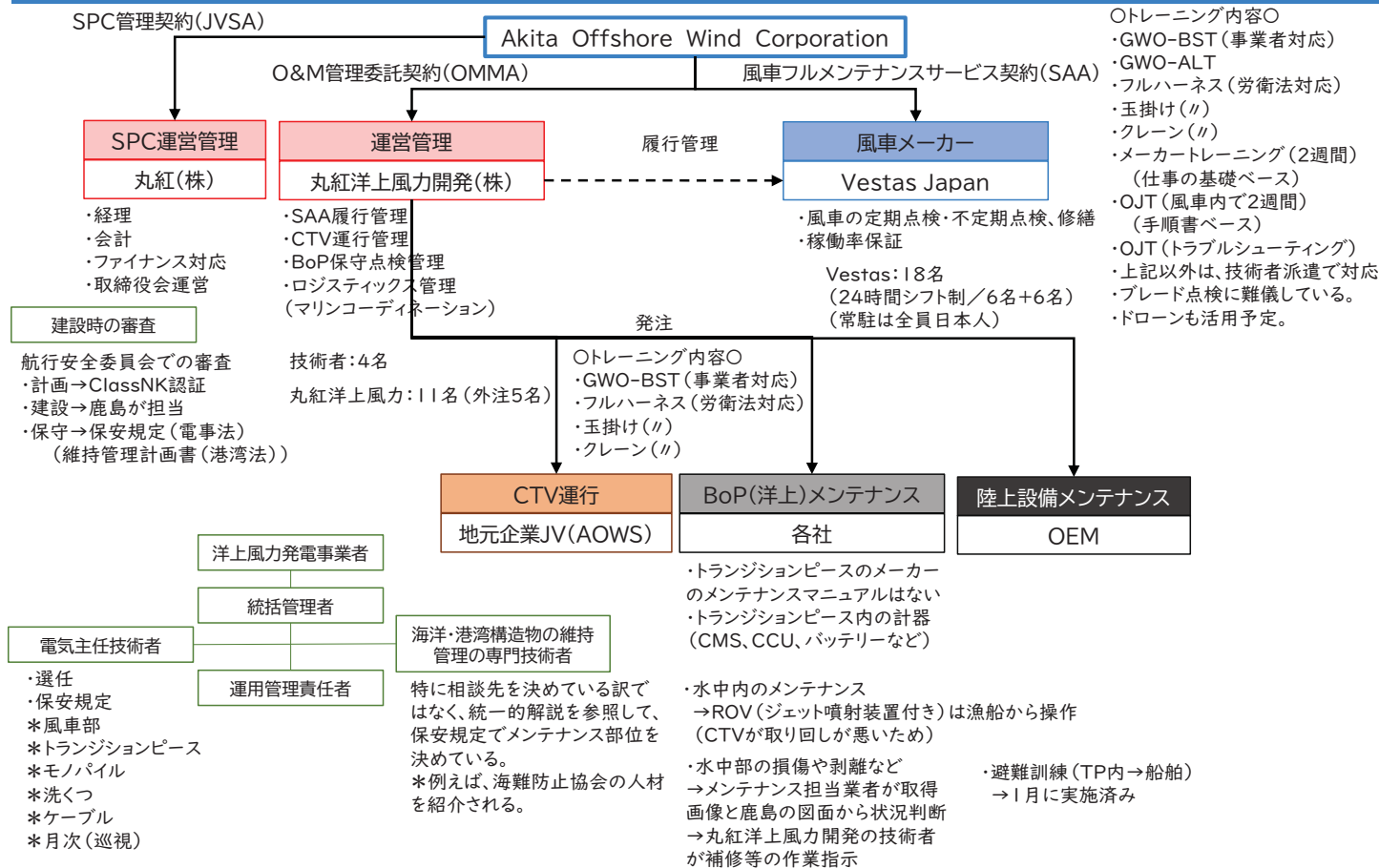
力量基準の区分ごとに要求される知識及び技能の分類の一覧(検討中)

力量基準 記号	力量基準 名称	WTM 10	WTM 20	WTM 30
		・サブメンテナンス技士（仮称） ・ヒキナー メンテナンス技士（仮称）	・メンテナンス技士（仮称） ・アドバンス メンテナンス技士（仮称）	・シニアメンテナンス技士（仮称） ・プロフェッショナル メンテナンス技士（仮称）
力量基準 詳細		風力発電設備の点検業務※1を一般作業員※2として従事することができる	風力発電設備の点検業務※1の主任者※3として従事することができる	風力発電設備の点検業務※1の現場管理者※4として従事することができる 定期事業者検査の文書化をすることができる
要求される知識及び技能				
1 安全に関する法令知識				
1-1 安全に関する基礎知識				
a 関係法令、通達、規格				
b 安全の原則、基礎				
1-2 風力発電に関する法令知識				
a 定期事業者検査に関する法令				
b 風力発電設備のメンテナンス作業をする上で必要な法令				
c 関連資格				
2 風力発電に関する基礎知識				
2-1 風力発電に関する基礎知識				
a 風力発電の仕組み				
b 風力発電機の種類				
c 風力発電メーカー				
2-2 風力発電設備に関する基礎知識				
a ブレード				
b ロータ				
c ナセル				
d その他部位				
e システム				
3 風力発電設備のメンテナンスに関するリスクアセスメント				
3-1 メンテナンス作業に係るリスクアセスメント				
a 危険源の事象				
b 危険源の同定				
c リスク見積り				
d リスク評価				
3-2 風車設備に係るリスクアセスメント				
a 補修等及び観察が必要となる損傷等				
b 補修等及び観察が必要となる損傷等の検知				
c 補修等及び観察が必要となる損傷等の見積り				
d 補修等及び観察が必要となる損傷等の評価				
4 点検作業				
4-1 即時に補修等が必要となる損傷等を見出す技能				
a ブレード				
b ロータ				
c ナセル				
d その他部位				
4-2 中長期的に補修等及び観察が必要となる損傷等を見出す技能				
a ブレード				
b ロータ				
c ナセル				
d その他部位				
5 文書化				
5-1 定期事業者検査の報告書の作成				

K: 座学
W: 実技

2-8. Akita Offshore Wind Corporationヒアリング

O&M体制図



73

2-9. 日本国内のCTVの運用状況

CTVの運用

CTVは洋上風力発電施設への人員送迎目的に特化して建造された交通船。高い波高などの比較的厳しい海象条件の下でも安全に乗船者を輸送し洋上風車に移乗させられるよう設計されており、洋上風力発電の建設・試運転、運転開始後の保守管理に不可欠な船舶である。

Akita Offshore Wind Corporation

CTV運行
地元企業JV(AOWS)

Akita OW Service
東京汽船(株)と秋田県の地元3社(大森建設(株)、(株)沢木組、秋田海陸運送(株))が設立した合弁会社



AOWSは2隻で運用

船舶仕様(船体)
Length o.a.: 26.8 m
Beam o.a.: 10.5 m
Depth at sides: 4.3 m
Draught max: 2.3 m
Hull material: Aluminium
Superstructure: Aluminium

船舶仕様(許容)
Crew: Up to 14 persons
Industrial personnel: Up to 24 persons
Fuel oil: 30.5 m³
Fresh water: 3.5 m³
Sewage: 0.5 m³
Deck area: 90 m²
Total deadweight: 30 t

CTV運行
東京汽船(株)

日本で唯一のCTV運航会社(2隻を保有運航)で各地の洋上風力発電実証研究事業でCTVを運航してきた。2013年12月から2021年まで福島浮体式洋上風力発電でCTV1隻を運航、さらに、もう1隻の小型船舶型CTVは千葉県銚子の着床式洋上風力発電での実証運航を経て、現在は福岡県北九州での浮体式洋上風力発電実証事業に投入されている。

2021年6月までにさらに2隻就航



AOWの秋田港サイトで1隻運用中(2023年1月)



福島浮体式洋上風力発電



銚子沖着床式洋上風力発電



バージ型浮体式洋上風力発電システム実証機「ひびき」

74

3-1. GWO-BSTに関する情報収集

GWOとは

GWOとは風力発電所有者と製造業者などから構成される非営利組織で、風車発電業界における安全な作業環境をサポートする目的で設立された機関であり、GWOが認定したトレーニング組織でトレーニングを受講することで、GWOのトレーニング認証を取得することができる。

現在、ヨーロッパの風車メンテナンス業界において、洋上風力を中心に保守契約時にGWOのトレーニング認証が求められるケースが増えており、今後日本においても新設の風車でメーカーの下請けとして保守契約をする場合にGWOトレーニング認証が求められることが想定される。

(現在、陸上風車においても一部のプログラムを受講し、認証を取得することがメーカーより義務づけられている場合がある。)

GWOトレーニングプログラムは2年に1回更新しなければならない。

プログラムは5つのモジュールから構成され、風車作業に関わる安全教育を網羅しており、安全教育強化という意味でも有効である。

ベーシックトレーニングメニュー(BST)

First Aid (ファーストエイド)

- ①関連法規
- ②ファーストエイドの原理原則
- ③生体構造(神経系・呼吸器系・循環系・骨格・関節、筋肉)
- ④救命処置(心肺蘇生法、AED、止血法)
- ⑤気道異物除去法
- ⑥一般応急処置(熱傷、低体温、熱中症等)
- ⑦シナリオに基づいた実技…怪我をしている人の、応急処置と心肺蘇生まで実技

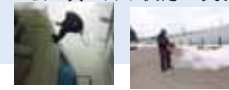
Manual Handling

- ①国際法規・国内法規について
- ②ハザードとリスク
- ③脊柱の構造と姿勢
- ④リスク管理とリフティング・テクニック
- ⑤シナリオに基づいた訓練(実技)…ダミー人形を私用し搬送方法と重量物の移動方法



Fire Awareness

- ①国際法規・国内法規
- ②火災発生の定義・種類
- ③消火方法
- ④風力発電設備における防火
- ⑤消火訓練(実技)
- ⑥風力発電設備ナセル内からの脱出(専用の建屋にてスモークを出し真っ白な状態で実施)



Working at Heights (高所作業)

- ①国際法規・国内法規
- ②PPEについて(安全保護具)
- ③ハーネスの知識と正しい着用方法と点検
- ④サスペンショントラウマ
- ⑤レスキュー機材と訓練について
- ⑥風車ハッチから脱出訓練(模擬実技)
- ⑦車梯子からの救助訓練(模擬実技)
- ⑧シナリオに基づいた実技…119番に電話するところからの救助実技



Sea Survival (海上サバイバル)

- ①おぼれたときの症状、低体温症の危険
- ②LSA(Life Saving Appliances)、PPE(Personal Protective Equipment)、PEPE(Personal Fall Protective Equipment)の使い方
- ③移動(静的、動的)の危険
- ④船からの移動
- ⑤建設時の安全
- ⑥SAR(Search and Rescue)とGMDSS(Global Maritime Distress and Safety System)
- ⑦ファーストエイドMan over board
- ⑧風車からの緊急脱出
- ⑨サバイバルテクニック

出典：(1)イオスエンジニアリング&サービス株式会社、<https://eos-es.co.jp/img/work/training01.pdf>、2019年11月27日閲覧
 (2)イオスエンジニアリング&サービス株式会社、<https://eos-es.co.jp/work/training.html>、2019年11月27日閲覧

75

3-1. GWO-BSTに関する情報収集

BSTモジュールの講習時間

Modules	Duration
First Aid	7 hours
Manual Handling	3 hours 35 minutes
Fire Awareness	3 hours 20 minutes
Working at Heights	13 hours 25 minutes
Working at Heights & Manual Handling Combined	14 hours 50 minutes
Sea Survival	6 hours 30 minutes

GWO-BSTが要求される背景(現状(2022年度)の調査結果の範囲)の考察

今回の調査結果から、GWO BSTが要望される背景については、下記と考えられるが、調査の途中段階であるため、あくまでも現状の調査範囲内での考察である。

現在、風力発電所を新規に建設する場合、融資をする銀行は、事業者側ではなく稼働率保証を風車メーカーに要求する。その場合保証条件として、風車メーカーは自社(日本法人)での継続的なメンテナンスを要求している(ビジネス上、風車の販売だけでは採算がとれず、メンテナンスで採算化する)。その場合メンテナンス作業を実施する風車メーカーは、同じ現場で作業するメンテナンス会社の作業員に、風車メーカーの作業要員と同レベルの安全に対する力量(知識、技能)を事業者経由で要求する。

その要求力量が風車メーカーの作業員が取得しているGWOのBSTになる。この構造が変わらない限り、メンテナンス会社の要員は、GWOのBSTを取得しなければならないと考える。

他方、欧州では風車メーカーの稼働率の保証は稼働開始から5年間までと聞いている。この5年間で、風車メーカーはメンテナンス会社に対してOJTで技術開示し、それ以降のメンテナンスは事業者側の責任で実施する。その理由は、風車メーカーが実施するメンテナンス作業費は高額であることは、融資をする銀行も解っており継続的なメンテナンス作業を風車メーカーに依頼していないケースが多いと聞いている。

今後の発注形態の変化、あるいは風車メーカーに新たなサプライヤー(例えば中国メーカー)の進出などによる構造の変化が無ければ、GWOのBSTトレーニングは日本においても取得せざるを得ない資格として、位置づけられると考える。

76

3-2. 日本におけるGWO-BSTの代用講習案（検討中）

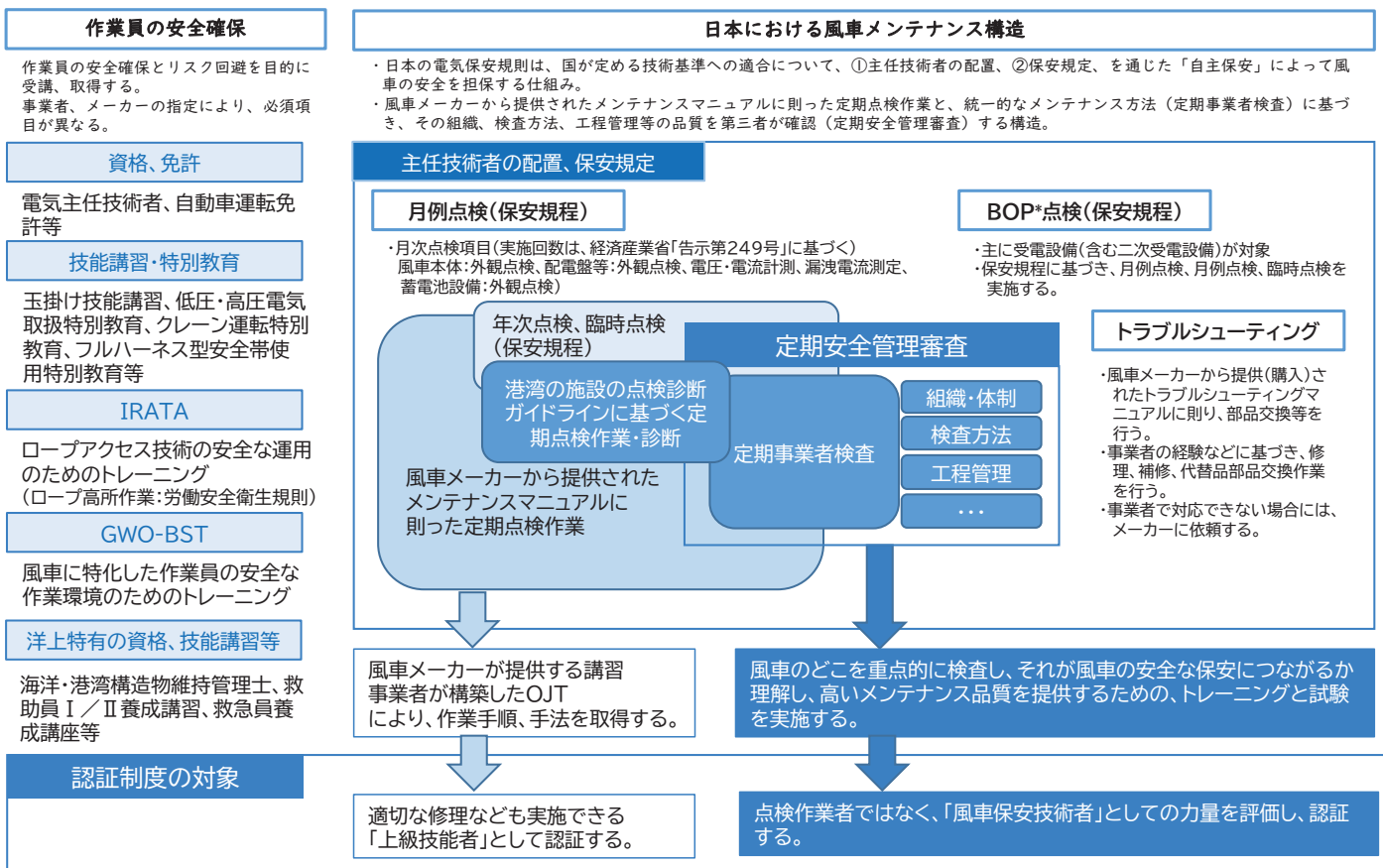
最低限の下記項目における知識と技能の目指す（初級レベル）

教育、実技項目	内容	備考
健康・衛生	関連法案、規則、要求される体制	労働安全衛生法、船員災害防止活動の促進に関する法律
	船酔い、熱中症、低体温症、腰痛について	洋上での作業における考えられる症状
応急処置（ファーストエイド）	救急用具及びその設置場所について 心肺蘇生法、AEDの使用法、止血方法、包帯による外傷の手当、三角巾の使い方、打撲・骨折への対応、傷病者対応、搬送方法	直ぐに対応できない洋上では必須か、実演も加えて（ビデオ活用）
防火・消火	燃焼特性 洋上火災・消火活動の特徴、防火活動の基本、煙・ガスの危険性、消火設備の種類とその配置、避難方法、消火器の使用法	火災の原理、特徴の説明とともに、防火、消火の知識と消火方法の実技、避難など
マニュアルハンドリング	一般的なマニュアルハンドリング及びメンテナンス作業別の特別要件への教育	リスクアセスメントの実施、設計、作業方法の見直しによりリスクコントロール
着水	ライフジャケット（救命胴衣）、救命艇、膨張式救命いかだと臙装品、反転した救命いかだの修正、シーアンカーの使用、イマージョンスーツの着用と使用	潜水も対象とするのか？ 落水の危険性について理解し、救命用具の使い方を知ること、万一落水した場合や緊急時の退船時にパニックに陥らずに、命を守るための対応を取れるようにする。

77

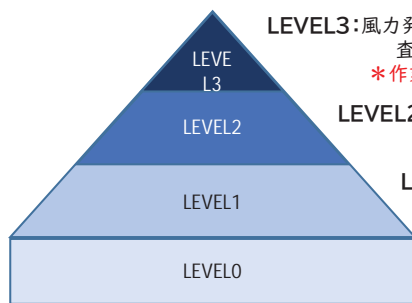
4-1. 知識・技能のレベル整理（ターゲット階層整理）

日本の電事法の下で、適切な風車の保安を担保できるメンテナンス品質を提供できる人材育成および力量認証を目指す。それらの相関関係を下記に示す。



78

4-2. 認証制度（（仮称）名称と力量）の制度設計イメージ



LEVEL3: 風力発電設備の点検業務※1の現場管理者※4として従事することができる
 査の文書化をすることができる
 *作業内容・レベル感から、メーカー講習受講が申請要件となる（検討中）

LEVEL2: 風力発電設備の点検業務※1の主任者※3として従事することができる
 *部位ごとで認証予定（検討中）

LEVEL1: 風力発電設備の点検業務※1を一般作業員※2として従事することができる
 *基礎レベルのため、全部位に対して認証予定

LEVEL0: 資格レベルではなく、Level 1の申請（受験）要件
 例）高等教育による機械、電気の基礎知識、免許、技能講習、特別教育を個別取得

- ※1 点検業務：月次点検、半年点検、年次点検および定期事業者検査のことをいう（不文律となるが軽微な部品の交換・補修を伴う）
- ※2 一般作業員：現場管理者および主任者のもとで点検業務を行うことができる者をいう
- ※3 主任者：現場管理者のもとで点検業務を行うことができる者をいう
- ※4 現場管理者：現場における最高責任者で各作業の判断をする者をいう

陸上版LEVEL0の申請（受験）要件（案）

（基本）
 ・必要とする資格（ハーネス、玉掛、高所作業、低圧・高圧取扱）
 ・指定トレーニングセンタの技能適正証明書
 ・知識講習修了書

（特例）
 経験年数によって試験のみでOK（技能及び知識講習は経験年数により免除）
 経験年数については会社が証明

洋上版LEVEL0の申請（受験）要件（案）

（基本）
 ・必要とする資格（ハーネス、玉掛、高所作業、低圧・高圧取扱）
 ・指定トレーニングセンタの技能適正証明書
 ・知識講習修了書

・船舶一設備間の安全衛生に係るトレーニング修了証
 ・救助員Ⅰ／Ⅱ養成講習、救急員養成講座等
 ・洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドラインに基づく教育訓練講習修了証

（特例）
 経験年数によって試験のみでOK（技能及び知識講習は経験年数により免除）
 経験年数については会社が証明

現状は、GWO-BST Sea Survival Moduleが先行
 *GWO Working at Heightトレーニング証明書が必要

今年度、船舶一設備間、建設工事時等の安全衛生に係る調査を実施。今年度末～来年度は、船舶一設備間等の安全衛生に係るトレーニングコード作成を実施する。

力量基準設定（認証発行）（3年計画の一部）

- ①船舶一設備間、建設工事時等の安全衛生に係るトレーニングコード作成
- ②洋上版定期事業者検査トレーニングコード作成
- ③追加認証項目のトレーニングコード作成

カリキュラム構築（3年計画）

- ①洋上トレーニング設備要件調査
- ②船舶一設備間、建設工事時等の安全衛生に係るカリキュラム作成
- ③洋上版定期検査テキスト作成
- ④洋上版トライアル向け機材準備
- ⑤洋上版トライアル準備
- ⑥トライアルトレーニング実施
- ⑦修了書発行

他に活用できるものは連携する

*船舶一設備間の実務（トランジションピース⇄CVT、ヘリ脱出等）に特化した知識・技能講習の準備が進む

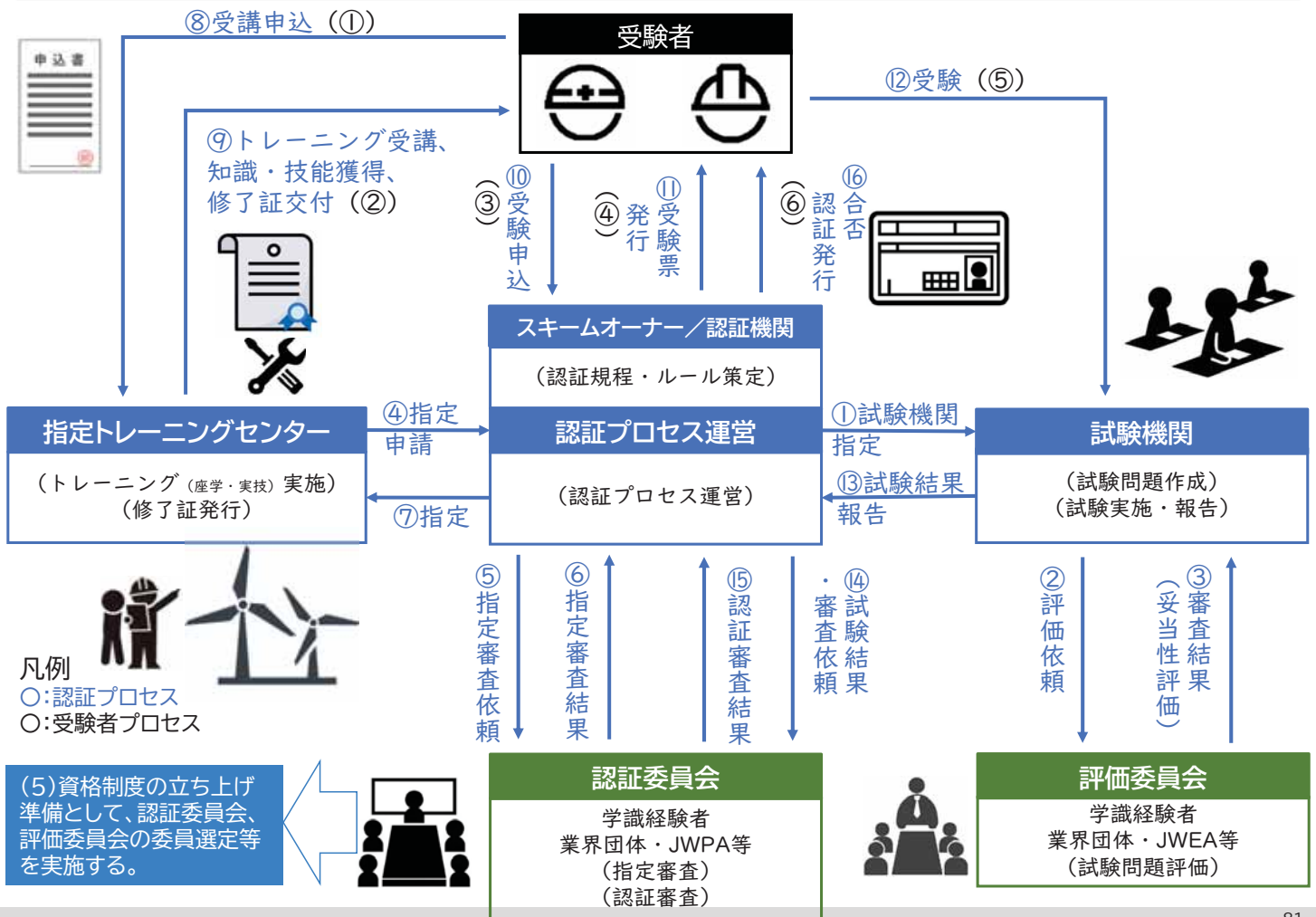
79

4-3. 認証制度で必要となる規程・運用文書の整備（規程一覧）

番号	規程、運用文書	主な内容
-001	風力発電に関する要員認証制度規則	認証スキームのスキームオーナー、認証機関、試験機関、指定トレーニングセンタ、の役割、責務と相互関係を規定
-002	風力発電に関する要員認証制度規定手続き規程	認証スキームのための具体的な認証プロセス及び認証手続の規則を規定
-003	風力発電に関する要員認証制度 力量基準	実施できる作業（資格区分）の力量（知識、技能）基準
-004	風力発電に関する要員認証制度 運用基準	認証機関あるいは代行機関が「風力発電に関するメンテナンス資格制度規定 手続き規則」に基づいて認証プロセスを実施するための運用文書
-005	風力発電に関する要員認証制度 試験基準	試験機関が「風力発電に関するメンテナンス資格制度規定 手続き規則」に基づいて評価プロセスを実施するための運用文書
-006	風力発電に関する要員認証制度 指定トレーニングセンタ規程	認証機関がトレーニングセンタを認定に関する規程、また指定トレーニングセンタのトレーニングを実施するための運用文書
-007	風力発電に関する要員認証制度 認証委員会規定	認証委員会に関する規程（委員会の役割、委員の要件、選任など）
-008	風力発電に関する要員認証制度 評価委員会規定	認証委員会に関する規程（委員会の役割、委員の要件、選任など）

80

4-4. 風力発電メンテナンス技士育成・認証制度（運用イメージ）



4-5. 認証制度の効果と展望

認証取得の効果

- 効果① 実践的な知識と技能の獲得
 ➔ 社員育成、組織力の強化
- 効果② 力量の見える化により、発電事業者や風車メーカー等への営業ツールへ
 ➔ 新規参入・事業拡大を促進
- 効果③ 風力発電設備の保安力・保全力の向上に寄与
 ➔ 風車に近い地域企業が迅速にメンテナンスを行うことが必要不可欠

今後の展望

- 目標① 認証モジュールの早期完成、本格運用スタート
 ➔ 定期事業者検査全項目を満たすモジュールの開発、社会実装
- 目標② 認証受講可能なトレセン・試験機関の拡充
 ➔ 全国規模での認証体制構築(既存のトレセンや令和4年洋上風力人材育成補助金事業と連携を模索)
- 目標③ 安全管理検査制度上でのインセンティブ
 ➔ 保安力・保全力向上への寄与を国が認める認証制度へ
- 目標④ GWOや他の資格との相互認証の実現
 ➔ 風力産業参入に必須となる資格等との協調

4-6. 認証制度の活用による関係者のメリット

風力発電事業者



- ルーティン点検の外部委託化による風車設置地域の企業との連携
- 地域と密着した事業運営
- 地域企業の連携によるトラブル等への迅速な人員配置および実行
- 地域企業が有する情報や地元のコネクションの活用
- 地域企業の活用による自社従業員確保の軽減
- 発電事業者の従業員の出張費、滞在費の削減によるコストダウン
- 人材育成経費の軽減

登録安全管理審査機関



- 第三者認証機関による人材の技能評価の活用
- 審査の信頼性／品質の向上
- 審査の簡素化
- 保安力の担保

立地地域(自治体)



- 地域企業の風力発電メンテナンス業務への参入促進
- 地元企業の風力発電メンテナンス人材確保
- 地域活性化／産業政策の推進の起爆剤
- 雇用確保による人口減少対策
- 住民税増収による地域サービスの拡充

83

5-1. 定例会（第1回、第2回）

受託者内の定例会の開催

受託者グループは、東洋設計からの再委託等により、北拓、JWOMTEC、日本認証、東京大学で構成されている。本事業の運営および洋上風力発電メンテナンス業務の資格制度創設に向けた議論を活発に行うため、月2回程度、定例会を実施して、進捗確認、方向性の確認などを行っている。

定例会(第1回)のダイジェスト

○日時：2022年9月14日（水）17：00～

○規程、今後の課題の進捗

主な配付資料：資料08_風力発電メンテナンス認証委員会規程20220901.docx

資料09_風力発電メンテナンス評価委員会規程20220901.docx

・規程のうち、認証委員会に関する規程を説明。

・規程のうち、評価委員会に関する規程を説明。

→評価委員会は認証委員会とは全く別のものである。認証委員会の委員には業界の有識者を入れたら良く、一方、評価委員会の委員は試験問題の妥当性を評価できる、風力スキームを理解しているレベルの方でなければならない。

→指定トレーニングセンターの方は委員とすべきではない。訓練が受験のための教育になってしまい、公平性が保たれないため。これは認証委員会も同様。しかし、評価委員の適任者がいなくなってしまうかもしれないため、特別な守秘義務契約を結ぶ等、何らかの対応を行う必要があるかもしれない。

○JWPAの業務依頼状況

主な配付資料：特になし

・情報共有とスケジュールを確認した。

定例会(第2回)のダイジェスト

○日時：2022年10月4日（水）18：00～

○JWPAの業務状況

主な配付資料：資料04_外部向け説明資料（認証制度）rev01（不要削除）.pptx

資料05_0617_洋上風力発電人材育成促進のための要件調査と環境整備業務_工程表案.xlsx

・中間報告の記載内容について議論。

・中身として、JWPAより「今年度の実施内容・全体計画・進捗状況の報告を10分程度」とのリクエストがある。

・現行制度にどんな課題があり、こんな資格制度ができるかという展望がある、そのためにこのような体制づくり、という流れを共通理解として作る方向とした。

84

5-2. 定例会（第3回、第4回）

定例会(第3回)のダイジェスト

○日時：2022年10月19日（水）18：00～

○JWPAの業務状況

主な配付資料：資料07_0617_洋上風力発電人材育成促進のための要件調査と環境整備業務_工程表案.xlsx

- ・TFへの説明方法や先行業務に対する紐付けについて議論。
- ・各自が工程に沿って進めるという方向性の確認。ただし、細かく議論が必要などもあり、JWPAとの調整が必要。
- ・いわき市の先行業務をアピールする方向とする。

定例会(第4回)のダイジェスト

○日時：2022年10月4日（水）13：00～、17：00～（参加者の都合により1日に2回開催）

○JWPAの業務状況

主な配付資料：資料04_2022年度委託業務仕様書（確定220817）.pdf
資料11_JWPA_日本財団_中間報告用提供資料.pdf

- ・資料04今年度の業務仕様書をベースに、業務内容（分配含む）について議論。
- ・飯田先生、JWPA、東洋設計の個別協議結果について、特に事故に対しての検討・整理手法案（安全）について説明。
- ・日本認証が手がけるスコープの範囲はメンテナンスと聞いていたが、工事や船舶の話が出てきている、どう進めるのか？
- ・安全について、過去の事故事例や人身事故をベースにリスクマップを活用することに関して議論。（既存の資料では、ほとんどがヒューマンエラーになりかねないことが懸念事項である。）
- ・資料04今年度の業務仕様書をベースに、業務内容（分配含む）について再議論。
- ・飯田先生、JWPA、東洋設計の個別協議結果について、特に事故に対しての検討・整理手法案（安全）について説明。また、先刻のJCとの協議結果も説明。（13:00～協議でのJC松浦氏のコメントを受けて）事故について、北拓さんの方でどんな事象をリスクとして考えてどういった訓練するのかヒアリングをした方が良いという意見があったが。作業項目の箇所で一連の対してどんなリスクがあるのか、という形で進めたい。
- ・ヒアリング方法について議論。
- ・資料のとりまとめについて議論。（インシデント事例からスタートし、結果的に北拓のベストプラクティスを整理して一般化するやり方が良い。）
- ・教育によって改善できる事故トラブルについては抽出するなどの方向。

85

5-3. 定例会（第5回）

定例会(第5回)のダイジェスト

○日時：2022年11月16日（水）18：00～

○JC方針・進捗

主な配付資料：資料04_2022年度JC実施業務とGWOについて.docx
資料05_JWPA上原資料.xlsx

- ・安全講習の現状の調査方法について議論。
- ・資格要件に係る内容について議論。
- ・定期事業者検査において、基礎部のケーブルまでは見ないという位置づけにしている。
- ・現状点検・補修など、どこまで行うのかによって変わってくる。どういう作業をするかが力量基準の前提にあり、力量基準が出来た後、「WTM」で要求しているかによって必要生の有無がわかる。少なくした方がハードルが下がるので、そういう形で進めたい。

○JWOMTEC・HKT・TP方針・進捗

主な配付資料：資料06_G+資料一覧.docx
資料07_洋上風力発電設備等の建設工事等の作業員教育訓練ガイドライン整理.xlsx（追加）
資料08_洋上風力スキルガイド_第1版整理.xlsx（追加）

- ・G+資料の危険源の抽出方法やとりまとめ方法について議論。
- ・G+資料についてはJWOMTECと東洋設計で分担して翻訳作業中。
- ・（中間報告）事故事例というよりリスクアセスメントと対処方法の中身になっているようである。
- ・資料07、08(追加分)についてJWOMTECより説明。JWPAのスキルガイドを参考に必要人材に求められるスキルをまとめている。
- ・メンテナンスの関わらないものについてJCと個別協議を行い整理の方法を共有する方針。

86

5-4. 定例会（第6回、第7回）

定例会(第6回)のダイジェスト

○日時：2022年11月30日（水）18：00～

○JWOMTEC・HKT・TP方針・進捗

主な配付資料：資料04_G+資料一覧.docx

資料05_G+ Safe by Design WS ハザード事例集.xlsx

*それ以外は、別添の議事録要旨を参照のこと。

- ・G+の進捗状況について説明、とりまとめ方針について議論。
- ・(中間報告)リスクの抜き出しは出来た。今後、各項目でどのようなトレーニングが当てはめられるのかヒアリングしていくための一覧表とする。
- ・シチュエーションを分けるべきか、カリキュラム等を考えた場合、作業で分けた方が良いのか、スキルレベルで分ける等の方が良いのか、カテゴライズをどうするか。
- ・まずは危険源を明らかにし、危険源を扱ったら(作業の結果として)災害・障害になるというストーリーを書くのが普通。これは危険事象例なので、そのまとめ方で洋上であるかどうかも分かってくる。リスクアセスメントで対策例として「対策前・対策後」が見られれば一番分かる形のシートとなる。
- ・欧州では製造側で対策を打つというのが基本的な考え方。リスクがあるという所まではリスクとしてまとめておきたい。先の危険源と危険事業の話では、危険源はメーカーサイドでやっていたら、こちらメインは危険事象で、どういうことが起こりうるか、どう対処するかを見ていく。
- ・(結論)順番として危険源・危険事象・傷害の程度・中身の記載を整理し、対処例があれば理想的だが別途整理。

○JWOMTEC・JC方針・進捗

主な配付資料：特になし

- ・力量基準について、検討状況について報告および議論。

定例会(第7回)のダイジェスト

○日時：2022年12月14日（水）17：00～

○JC方針・進捗

主な配付資料：特になし

- ・進捗状況について確認。
- ・JWPAのスキルガイドから表にまとめ、点検作業と補修作業を分類し、各要件を「必要要件」とするか、「トレーニングセンターで学ぶ」ものとするか判断する。「O&M管理技術者」「メンテナンス作業員」「HSE技術者」の定義について確認したい(JC)。
- ・GWOの調査方法等について中間報告および議論。
- ・GWOの内容は調査したが、こちらの資格制度との紐づけについて議論したい。1月後半～2月頭にかけて方針確認と個別協議を行う予定。
- ・GWOはメーカー特有以外のものはトレーニングするというのが狙い。対して日本では「安全管理審査」という風車メーカーとは関係が無い仕組みが存在し、日本にはこの法的な仕組みがあるのでそれに則したスキルが求められるということを主張しなければならない。GWOが乗ってくれるなら相互認証で考える等、先方の事務局に伝えていくべき。

87

5-5. 定例会（第8回）

定例会(第8回)のダイジェスト

○日時：2023年1月11日（水）15：00～

○JWPA・UT・TP方針・進捗

主な配付資料：資料03_JWPA調査業務方針20221222.pptx

- ・JWPA理事会向け、日本財団向けの資料の叩き台について説明および議論。
- ・認証制度の名称と力量基準は陸上版をベースに洋上版を検討。船舶・設備間についてはGWOシーサバイバルでやっておりそれを活用するのも手か。
- ・JWPAより、安全が最優先、前提なので、業務としてなんらか取り入れることを希望。
- ・労働衛生安全法上で、陸上は電気事業者であるが、洋上では船舶の取り扱いについて要確認。
- ・海上の作業としては国土交通省管轄、発電所は電気事業法。ただし、労働衛生安全法上は業務として全体ひとくくり。船員労働安全法含め整理が必要。
- ・アクション・インシデント整理後にTFメンバーにヒアリングを行い、法令・対策の整理ができた段階で役所にヒアリングを行う。

○JC方針・進捗

主な配付資料：資料06_GWO、メンテナンス調査20221225.pdf

資料07_JWPA 洋上メンテ資格要件表20230110.xlsx

- ・調査資料に関して中間報告および議論。
- ・基本的には、リスクアセスメントで考える。
- ・海外は風車メーカーが行うが、日本では設備を引き渡されないとわからないため、発注側より安全要求仕様のようなものを作ることになると思う。しかしその辺りがクリアになっていない。風車メーカーはポイントは分かっている筈だが、欧州と日本ではイベントが異なる可能性がある。メーカーとしてメンテ業者に指示は出すだろうが、言われたままにならないよう準備する必要がある。
- ・先にTF側である程度の方針をオーソライズされた形で、こちらの作業を叩き台とした。手戻りとならないように。提案はこちらからが良いが、アウトラインは了解していた上で進めたい。
- ・2・3月に一度TF開催をお願いしたい。
- ・TF内ではガラバゴス化を避けたいという意見がある。作成するとしてもGWOとタイアップできるようなもの。GWOとの関係を示したい。

88

5-6. 定例会（第9回、第10回、第11回）

定例会(第9回)のダイジェスト

○日時：2023年1月23日（水）16：00～

○JWPA-TF、JWPA・UT・TP、日本財団用作業方針・進捗

主な配付資料：資料03_JWPA調査業務方針20230120.pptx

- ・JWPAより18日の理事会、25日の日本財団報告に向けスケジュール調整中。2月中のTFの開催をお願いしたい。
- ・議事次第作成について議論。
- ・(TF向け提示資料について)バックグラウンド・目的スライドがあった方がよい。事故等が起きている・洋上で確実に事故トラブルを起こさないように等、背景・課題を記載する。

定例会(第10回)のダイジェスト

○日時：2023年2月1日（水）16：00～

○JWPA-TF方針・進捗

主な配付資料：資料**_丸紅ヒアリング内容・JWPA-TP案rev02.docx

- ・ヒアリング項目整理についての議論。
- ・JWPA-TF議事次第作成の資料の中での議論。

定例会(第11回)のダイジェスト

○日時：2023年2月22日（水）17：00～

○JWPA-TF作業方針・進捗

主な配付資料：資料03_丸紅風力開発様ヒアリングについて.docx

- ・ヒアリング結果について報告および議論。
- ・その他、TFで確認したい中身の整理のところで、確認項目を提示し、TFにオンラインでかけてもらえるような準備を進める。
- ・まだ抜け落ちていところも多く、JWPAとしてもTFとしてもやるが増えていくと思うが、定期事業者検査は他の国にはなく、唯一風車メーカーにこれは日本の法律なので従ってと言えるところである。今度Gプラスと打ち合わせるようになっていっていると思うが、できればGプラスも協力して欲しい。相互に認証できるようなものにして欲しいと強く言いたい。

○認証委員会、評価委員会作業方針・進捗

主な配付資料：資料07_認証委員会・評価委員会_概要整理.docx

- ・認証委員会・評価委員会の委員広報について個別協議後の説明および議論。
- ・(案に記載がある委員の)人数が多すぎではないか。
- ・トレーニングセンターの要求事項のルール作りが必要。
- ・力量基準の評価は、JWOMTECの内規で決めるものとする。内規作りが必要。ただし、認証委員会で評価してもらってもよいが、それを決めるのはJWOMTECが決める。
- ・認証の発行元を、認証機関とするか、認証委員会とするか、要相談(個別相談)。
- ・社会実装に向けての資料整理・洗い出しを進めていく。

89

6-1. 目的および業務内容（2023年度）

目的

今後増加が予想される洋上風力発電について、メンテナンスに従事する人材が大幅に不足し、新規の採用や異業種からの参入が増加することが予想されている。風力発電装置を安定的に運転するには、適切なメンテナンスが必要であり、そのためには作業員の**安全**と、**作業品質**を確保することが求められる。

本業務は、洋上風力のメンテナンス現場に適切な技能と知識を有した作業員を送り込むために創設を検討しているメンテナンス作業に係る資格制度のうち、**安全に関する内容を中心とした調査検討**と、**制度立ち上げの準備作業**を行うことにより、洋上風力の人材育成に寄与することを目的とする。

業務の内容

(1)業務項目の整理

洋上風力メンテナンスの資格制度創出に必要な業務項目の整理と、新たに必要な追加認証項目について検討を行う。

(2)力量基準の設定

(1)業務項目の整理にて洗い出した必要項目、新たに追加する項目に対して、トレーニングコードの作成を行っていく。また、認証委員会の構築、認証委員会の運用に必要な準備を実施していく。

(3)カリキュラム構築

洋上風力発電の人材に必要な力量基準を満たすための船舶一設備間の安全衛生に係るカリキュラム作成、洋上版定期検査テキスト作成を行っていく。また、翌年度に実施を行うトライアルに向けて必要な機材の準備についても実施する。

(4)規定作成(運営体制の検討)

洋上風力メンテナンスの資格制度創出にあたり、制度の運用をする上で必要なルールの一部を作成することの是非も含めて検討する。

(5)評価基準設定

洋上風力メンテナンスの資格制度創出にあたり、必要な力量基準を満たしているか客観的に評価するための試験問題を作成する。業務進捗に伴い随時テキスト、試験問題のアップデートも実施する。また、評価委員会の構築、評価委員会の運用に必要な準備を実施していく。

(6)関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討

経済産業省（電力安全課）、国土交通省（海事局）、厚生労働省など洋上風力や人材育成に関係する省庁や教育機関の取り組み状況を調査し、連携の必要性について検討するとともに、それら機関との調整などについて支援を行う。

90

6-2. 調査方法の項目と細目 (2023年度)

(1) 業務項目の整理

洋上風力メンテナンスの資格制度創出に必要な業務項目の整理と、新たに必要な追加認証項目について検討を行う。

業務項目の整理

- | |
|----------------------------|
| ③各社トレーニングセンターの調査 |
| ④洋上風力施工関連認証制度の検討 |
| ⑤洋上版定期事業者検査に対する人材認証制度に係る調査 |
| ⑥追加認証項目検討(ROV他) |

(2) 力量基準の設定

(1) 業務項目の整理にて洗い出した必要項目、新たに追加する項目に対して、トレーニングコードの作成を行っていく。また、認証委員会の構築、認証委員会の運用に必要な準備を実施していく。

力量基準設定 (認証発行)

- | |
|-----------------------------------|
| ①船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るトレーニングコード作成 |
| ②洋上版定期事業者検査トレーニングコード作成 |
| ③追加認証項目のトレーニングコード作成 |
| ④認証委員会構築(日本認証、JWOMTEC) |

(3) カリキュラム構築

洋上風力発電の人材に必要な力量基準を満たすための船舶-設備間の安全衛生に係るカリキュラム作成、洋上版定期検査テキスト作成を行っていく。また、翌年度に実施を行うトライアルに向けて必要な機材の準備についても実施する。

カリキュラム構築

- | |
|--------------------------------|
| ②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るカリキュラム作成 |
| ③洋上版定期検査テキスト作成 |
| ④洋上版トライアル向け機材準備 |

(4) 規定作成(運営体制の検討)

洋上風力メンテナンスの資格制度創出にあたり、制度の運用をする上で必要なルールの一部を作成することの是非も含めて検討する。

規定作成

- | |
|-------------------------------|
| ②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る規定作成の検討 |
| ③洋上版定期検査規定作成の検討 |

91

6-2. 調査方法の項目と細目 (2023年度)

(5) 評価基準設定

洋上風力メンテナンスの資格制度創出にあたり、必要な力量基準を満たしているか客観的に評価するための試験問題を作成する。業務進捗に伴い随時テキスト、試験問題のアップデートも実施する。また、評価委員会の構築、評価委員会の運用に必要な準備を実施していく。

評価規定設定

- | |
|------------------|
| ①洋上版試験問題作成 |
| ②テキスト・試験問題アップデート |
| ④評価委員会構築 |

(6) 関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討

経済産業省(電力安全課)、国土交通省(海事局)、厚生労働省など洋上風力や人材育成に係る省庁や教育機関の取り組み状況を調査し、連携の必要性について検討するとともに、それら機関との調整などについて支援を行う。

関係省庁・関係 教育機関の連携 方針調査・検討

- | |
|----------------------------|
| ①長崎海洋アカデミー・エンジニアリング協会・NSTC |
| ②関係省庁 |
| ③人材育成TFの対応 |

92

6-3. 調査方法の項目と細目 (3年間)

業務項目の整理

- ①洋上風力の資格等の調査
- ②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る調査
- ③各社トレーニングセンターの調査
- ④洋上風力施工関連認証制度の検討
- ⑤洋上版定期事業者検査に対する人材認証制度に係る調査
- ⑥追加認証項目検討(ROV他)

力量基準設定(認証発行)

- ①船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るトレーニングコード作成
- ②洋上版定期事業者検査トレーニングコード作成
- ③追加認証項目のトレーニングコード作成
- ④認証委員会構築
- ⑤認証実務運用構築
- ⑥認証発行

カリキュラム構築

- ①洋上トレーニング設備要件調査
- ②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るカリキュラム作成
- ③洋上版定期検査テキスト作成
- ④洋上版トライアル向け機材準備
- ⑤洋上版トライアル準備
- ⑥トライアルトレーニング実施
- ⑦修了書発行

規定作成

- ①洋上規定要件調査
- ②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る規定作成
- ③洋上版定期検査規定作成

評価規定設定

- ①洋上版試験問題作成
- ②テキスト・試験問題アップデート
- ③試験実施
- ④評価委員会構築
- ⑤評価実務運用構築
- ⑥評価結果連絡

関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討

- ①長崎海洋アカデミー・エンジニアリング協会・NSTC
- ②関係省庁
- ③人材育成TFの対応

7-1. 工程

項目	細目	2022年度												2023年度												2024年度												2025年度～				
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
業務項目の整理	①洋上風力の資格等の調査	船船-設備間の移乗を含めた安全衛生に特化した資格の検討を行うとともに、全体の概略制度設計を行う												技術的な内容に関する詳細な制度設計を行うとともに、前年度に検討した内容に関して実行する。カリキュラムの整備にも着手する。												前々年度に引き続き、カリキュラムの整備、制度を執行するとともに、制度の本格的始動に向けた体制の整備を図る。																
	②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る調査	『海のドローンの活用と それを踏まえた社会人育成に向けた基金整備業務』の整理 『洋上風力発電設備等 ガイドライン』の整理												技術的な内容に係る調査																												
	③各社トレーニングセンターの調査	NSTC長崎海洋アカデミー・エンジニアリング協会																																								
	④洋上風力施工関連認証制度の検討	情報収集・準備・調査												規定作成検討																												
	⑤洋上版定期事業者検査に対する人材認証制度に係る調査													『洋上版定期事業者検査』の整理 洋上版定期事業者検査の技術系-整理 (JWOMTEC)																												
	⑥追加認証項目検討(ROV他)																																									
力量基準設定(認証発行)	①船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るトレーニングコード作成													安全衛生に係るトレーニングコード作成																												
	②洋上版定期事業者検査トレーニングコード作成													洋上版定期事業者検査トレーニングコードの作成																												
	③追加認証項目のトレーニングコード作成																																									
	④認証委員会構築													プレ準備																												
	⑤認証実務運用構築																																					実運用				
	⑥認証発行																																					プレ認証発行				
カリキュラム構築	①洋上トレーニング設備要件調査	『海のドローンの活用と それを踏まえた社会人育成に向けた基金整備業務』の整理 『洋上風力発電設備等 ガイドライン』の整理																																								
	②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係るカリキュラム作成																																									
	③洋上版定期検査テキスト作成																																									
	④洋上版トライアル向け機材準備																																									
	⑤洋上版トライアル準備																																									
	⑥トライアルトレーニング実施																																									
	⑦修了書発行																																					実運用				
規定作成	①洋上規定要件調査	『海のドローンの活用と それを踏まえた社会人育成に向けた基金整備業務』の整理 『洋上風力発電設備等 ガイドライン』の整理																																								
	②船舶-設備間、建設工事時等の安全衛生に係る規定作成																																									
	③洋上版定期検査規定作成																																									
評価規定設定	①洋上版試験問題作成																																									
	②テキスト・試験問題アップデート																																									
	③試験実施																																									
	④評価委員会構築													プレ準備																												
	⑤評価実務運用構築																																					実運用				
	⑥評価結果連絡																																					実運用				
関係省庁・関係教育機関の連携方針調査・検討	①長崎海洋アカデミー・エンジニアリング協会・NSTC																																									
	②関係省庁																																									
	③人材育成TFの対応																																									