

令和３年度新エネルギー等の保安規制高度化事業
(海外の洋上風力発電設備に関する運用実態調査)
調査報告書

令和４年２月

受託者

株式会社 構造計画研究所

再委託先

株式会社 北拓

テュフズードジャパン株式会社

目次

1. 本事業の概要	1
1.1. 本事業の目的	1
1.2. 本事業の内容	1
1.3. 有識者委員会について	2
1.4. 本事業の実施の流れと本調査報告書の構成	3
2. 海外の洋上風力発電設備の運用実態調査	5
2.1. 調査の概要	5
2.1.1. 調査の目的	5
2.1.2. 調査項目の設定	5
2.1.3. 調査項目一覧	7
2.1.4. 調査方法（ヒアリング調査・文献調査）	9
2.2. 調査結果のまとめ	10
2.2.1. 安全規制・規格・認証等	10
2.2.2. 運用保守	15
2.2.3. 資格制度等	22
2.2.4. 契約・ファイナンス・保険	24
3. 日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査 ...	26
3.1. 調査の概要	26
3.1.1. 調査の目的	26
3.1.2. 調査項目の設定	26
3.1.3. 調査方法（ヒアリング調査）	26
3.2. 調査結果から抽出された意見	27
3.2.1. 定期事業者検査の周期	27
3.2.2. 自主保安における月1回以上の点検の実施	27
3.2.3. 風力発電所への駆けつけ2時間ルール	27
3.2.4. 着雷時の安全確認	28
3.2.5. 洋上での絶縁耐力試験の実施	28
4. 日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理 ...	29
4.1. 法制度上・運用上の観点での課題の分析及び有識者委員会での議論	29

4.2. 各課題の分析（他国との比較及び解決の検討ポイント）	29
4.2.1. 定期事業者検査の周期	29
4.2.2. 自主保安における月1回以上の点検の実施	30
4.2.3. 風力発電所への駆けつけ2時間ルール	32
4.2.4. 着雷時の安全確認	33
4.2.5. 洋上での絶縁耐力試験の実施	35
4.2.6. 重大事故発生時の説明責任と再発防止策の実施	36
5. 日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討 ...	38
5.1. 法制度上・運用上の課題のまとめと対応案	38
5.1.1. 論点1「アクセスが困難な環境条件を踏まえた保安力の維持・向上に向けた対応」	38
5.1.2. 論点2「洋上での作業が困難な環境条件を踏まえた保安力の維持と作業安全性の向上に向けた対応」	39
5.1.3. 論点3「発電事業者が取得できるデータが限られていることへの対応」	39
5.2. 今後に向けた提言	39
5.2.1. 提言1「アクセスの困難さに対するセンサー等の代替手段の検討」	40
5.2.2. 提言2「洋上での作業の困難さに対するより安全な代替手段の検討」	40
5.2.3. 提言3「保安の責任を果たすために必要なデータ項目等の検討」	41
5.2.4. 提言4「公衆安全に対するリスクの違いの明確化」	41
6. まとめ	42
7. 調査文献	44

図表一覧

図

図 1 本事業の実施の流れ及び本調査報告書の構成.....	4
-------------------------------	---

表

表 1 調査項目の設定にあたって参考にした資料一覧.....	6
表 2 海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の調査項目.....	7
表 3 法令及び規格に関する回答及び情報の概要.....	11
表 4 型式認証、プロジェクト認証に関する回答及び情報の概要.....	12
表 5 外部環境条件の調査及び評価に関する回答及び情報の概要.....	14
表 6 意思決定に関する回答及び情報の概要.....	14
表 7 定期検査・検査・メンテナンスに関する回答及び情報の概要.....	16
表 8 事故に関する回答及び情報の概要	19
表 9 維持管理にかかる留意事項に関する回答及び情報の概要.....	21
表 10 資格制度に関する回答及び情報の概要.....	22
表 11 教育訓練に関する回答及び情報の概要.....	23
表 12 契約に関する回答及び情報の概要.....	24
表 13 ファイナンスに関する回答及び情報の概要.....	25
表 14 保険に関する回答及び情報の概要.....	25
表 15 日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査項目.....	26

1. 本事業の概要

1.1. 本事業の目的

「令和3年度新エネルギー等の保安規制高度化事業（海外の洋上風力発電設備に関する運用実態調査）」（以後、「本事業」という。）は、海外の洋上風力発電設備を対象に、運用保守に関する実態や動向を調査し、洋上風力発電設備導入促進に係る一層の安全確保の観点及び保安の高度化の観点から、我が国の洋上風力発電設備に適した保安のあり方を検討することを目的としている。

本調査報告書は、本事業の結果をとりまとめたものである。

1.2. 本事業の内容

本事業の内容は次のとおりである。

（1）海外の洋上風力発電設備の運用実態調査

海外の洋上風力発電設備の運用実態調査として、デンマーク、イギリス、ドイツ、中国（台湾を含む。）、アメリカを対象に、下記の項目について受託者のネットワークを活用して網羅的に文献調査・ヒアリング調査を行う。

- ① 洋上風力発電設備に関する安全規制（法令）、規格（風車、支持物、基礎、使用材料）、認証（型式認証、プロジェクト認証等）
- ② 洋上風力発電設備に関する運用保守（点検を含む。）の具体的内容（運用保守に関する規制、頻度、時期、手法、実施主体等）
- ③ 風力発電設備（陸上・洋上問わず。）に関する資格制度（種類（国家資格、民間資格等）、取得方法、取得するのに必要な知識・技術の内容、取得期間等）
- ④ 風力発電設備の導入・運用に関する契約・ファイナンス・保険の実態

（2）日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方の検討

（1）を元に、日本の洋上風力発電設備に関する現状の保安規制と比較し、日本の洋上風力発電設備に係る保安規制（電気事業法を想定）のあり方（技術基準、運用保守、資格制度等）について取りまとめる。

1.3. 有識者委員会について

前述の「1.2 本事業の内容」の「（2）日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方の検討」について、この取りまとめの内容を実効性の高いものとするために、本事業では有識者による委員会（以後、「有識者委員会」という。）を設置し、当該委員会において調査・検討内容の議論を行った。

この有識者委員会の委員は、次のとおりである。

有識者委員会 委員（五十音順、敬称略）

飯田 誠	東京大学 先端科学技術研究センター特任准教授
石原 孟	東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 教授
清宮 理	早稲田大学 創造理工学部 社会環境工学科 名誉教授
委員長 永尾 徹	足利大学大学院 工学研究科 特任教授
本田 明弘	弘前大学 地域戦略研究所 所長/教授
山本 和男	中部大学 電気電子システム工学科 教授

有識者委員会として全3回を開催し、その概要は次のとおりである。

第1回有識者委員会 令和3年8月6日開催

議題

- ・ 保安規制のあり方の検討のポイントについて
- ・ 調査項目について

第2回有識者委員会 令和3年12月2日開催

議題

- ・ 海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の結果のご報告
- ・ 日本における洋上風力発電設備の法令運用の課題について

第3回有識者委員会 令和4年2月2日開催

議題

- ・ 海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の結果のご報告
- ・ 日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方について

なお、いずれの委員会においても、新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、Web 会議システムを用いた遠隔会議とした。

1.4. 本事業の実施の流れと本調査報告書の構成

ここでは、本事業の実施の流れと、以降の本調査報告書の構成について述べる。

本事業では、まず「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」を行った。ここでは、海外の運用実態を把握すべく、洋上風力発電事業に関わる海外企業等に対するヒアリング調査や文献調査を実施した。

この調査項目の検討にあたっては、第一回有識者委員会において、保安規制のあり方の検討のポイントについて整理を行った上で、調査項目についてご議論いただき、その結果を調査項目に反映した。

この調査の詳細については、本調査報告書の2章「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」にて述べる。

次に、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」を行った。ここでは、日本において洋上風力発電事業を実施するにあたって現行の電気事業法に関する保安規制を遵守する中で実務上運用の課題となる点を把握すべく、日本の洋上風力発電事業に関わる事業者に対するヒアリング調査を実施した。

この調査の詳細については、本調査報告書の3章「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」にて述べる。

続いて、これら「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」及び「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」の結果を受けて、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理」を行った。

この課題の整理を行うにあたっては、第二回有識者委員会において、海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の結果のうち、特に運用保守に係る結果について報告した上で、日本における洋上風力発電設備の法令運用の課題についてご議論いただき、その結果を反映した。

これらについては、本調査報告書の4章「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理」にて述べる。

更に、この整理した課題を踏まえて、「日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討」を行った。

この保安規制のあり方の検討にあたっては、第三回有識者委員会において、海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の結果を報告した上で、日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方についてご議論いただき、その結果を検討結果に反映した。

これについては、本調査報告書の5章「日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討」にて述べる。

最後に、これら検討を踏まえて、本調査報告書の6章「まとめ」において、本事業のまとめを行う。

上記の「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」（本調査報告書2章）は、本事業の内容「（1）海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」に対応し、また、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」（本調査報告書3章）、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理」（本調査報告書4章）、「日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討」（本調査報告書5章）、「まとめ」（本調査報告書6章）は、本事業の内容「（2）日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方の検討」に対応する。

本事業の実施の流れ及び本調査報告書の構成を、図1に示す。

なお、本報告書においては、「風力発電設備」とは「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説（令和2年3月版）」[1]に則り、ロータナセル・アセンブリ（RNA）、タワー、下部構造、基礎の各部からなる構造物を総称するものとする。他方で、「風力発電所」とは、風力発電設備が設置される場所を指すこととする。

本事業の実施の流れと本報告書の構成

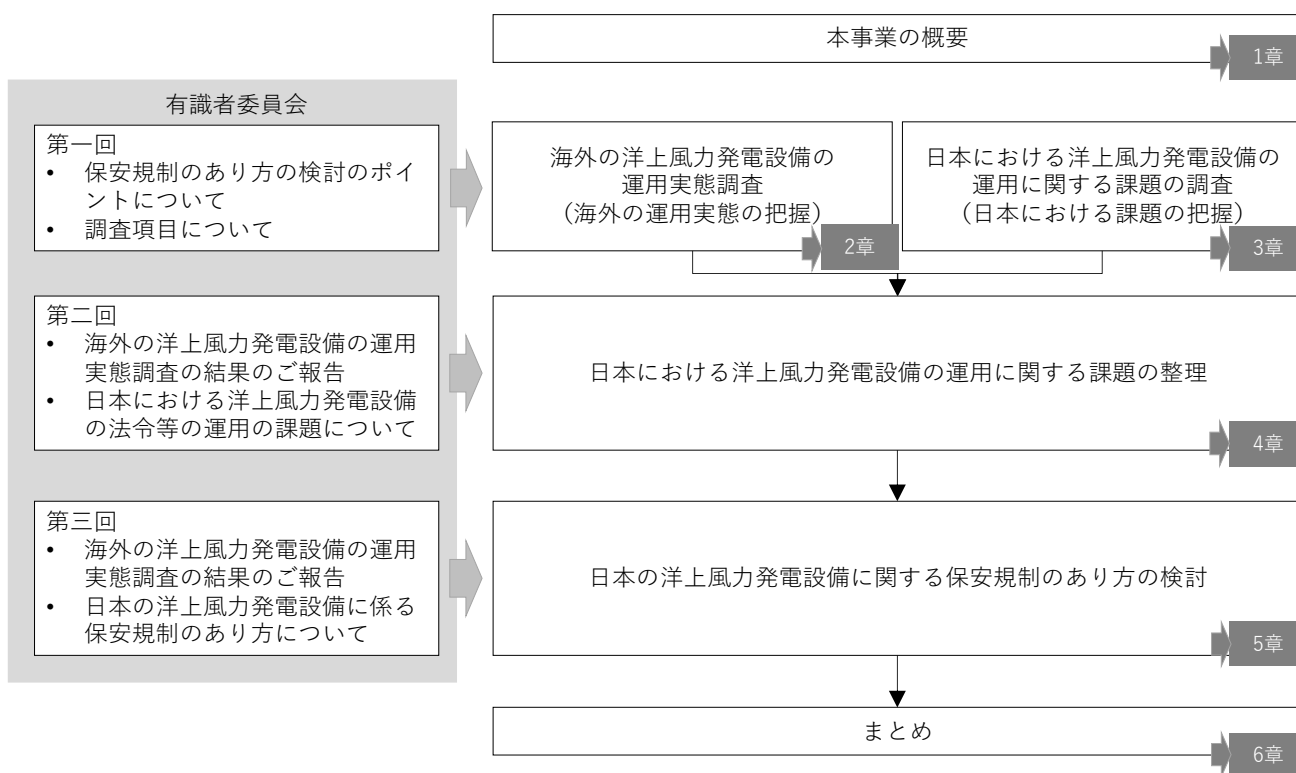


図1 本事業の実施の流れ及び本調査報告書の構成

2. 海外の洋上風力発電設備の運用実態調査

2.1. 調査の概要

2.1.1. 調査の目的

洋上風力発電における保安規制について検討を行うにあたり、海外における運用保守の実態や動向を参考にすべく、本事業の仕様書に基づき洋上風力発電設備に関する「安全規制・規格・認証」「運用保守」「資格制度等」「契約・ファイナンス・保険」について、日本及び海外の対象国（デンマーク、ドイツ、イギリス、中国（台湾を含む。）、アメリカ）の実態を調査した。

2.1.2. 調査項目の設定

調査項目の設定にあたっては、まず本事業の仕様書に基づき、洋上風力発電設備に関する「安全規制・規格・認証」、「運用保守」、「資格制度等」、「契約・ファイナンス・保険」を大項目として設定した。次に、大項目を細分化するため、表1に示す資料を参考に、大項目に係るキーワードを抽出し、中項目を設定した。更に、中項目を細分化するため、受託者3社で協議し、更にそれぞれの項目について、有識者委員会にはかり委員の意見を踏まえた上で、最終的な調査項目を設定した。

調査項目の設定にあたって参考にした資料一覧を、表1に示す。

表1 調査項目の設定にあたって参考にした資料一覧

番号	資料名	出元	参考文献番号
1	洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説（令和2年3月版）	経済産業省 洋上風力発電施設検討委員会	[1]
2	洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説（令和2年3月版）	経済産業省 洋上風力発電施設検討委員会	[2]
3	平成27年度未利用エネルギー等活用調査（風力発電設備の維持及び管理の動向調査）報告書	経済産業省	[3]
4	平成23年度洋上風力発電に係る安全規制を中心とした動向調査 成果報告書	経済産業省	[4]
5	IEC 61400-3（「平成23年度洋上風力発電に係る安全規制を中心とした動向調査 成果報告書」中に添付）	国際電気標準会議	[4]
6	英国海事分野における洋上風力に関する動向調査報告書	公益財団法人 日本海事センター	[5]
7	平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業（洋上風力着床式に関する技術基準と審査方法に関する調査）報告書	経済産業省	[6]
8	平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（小出力発電設備に該当する太陽電池発電設備及び風力発電設備の業界状況及び保安実態調査）報告書	経済産業省	[7]
9	平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（風力発電設備データ利活用検討調査）報告書	経済産業省	[8]
10	2013年度～2017年度成果報告書 風力等自然エネルギー技術研究開発_風力発電高度実用化研究開発_スマートメンテナンス技術研究開発（分析）（リスク解析等）	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	[9]
11	平成25年度～平成29年度成果報告書 風力等自然エネルギー技術研究開発 風力発電高度実用化研究開発 スマートメンテナンス技術研究開発（分析）（疲労予測等）	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	[10]
12	2019年度報告書 海洋再生可能エネルギーの動向調査～洋上風力発電の動向調査～	一般財団法人エンジニアリング協会 海洋再生可能エネルギーの動向調査 WG	[11]

2.1.3. 調査項目一覧

海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の調査項目は表 2 のとおりである。

表 2 海外の洋上風力発電設備の運用実態調査の調査項目

大項目	中項目	小項目
安全規制・規格・認証等（洋上）	法令及び規格	洋上風力発電設備に関する法令及び規制
		洋上風力発電設備に関する規格及びその内容
	型式認証、プロジェクト認証	型式認証について ・ 認証される基準 ・ 認証機関 ・ 認証の規定内容 ・ 認証の試験方法（例えば試験運行による実証・耐久試験） ・ 風力発電設備は書面審査のみで認証され得るか
		プロジェクト認証について ・ 審査内容 ・ プロジェクト認証は義務か
	外部条件の調査及び評価	外部条件に係る調査内容及び調査方法に関する規制、評価基準
	意思決定	発電設備の運用における安全規制に対する責任の所在
運用保守（洋上）	定期検査・メンテナンス	検査に関する規制の内容 ・ 検査周期及び時期 ・ 検査実施者 ・ 検査項目 ・ 検査方法 ・ 検査結果の判定基準 ・ 対象物によるメンテナンスの責任範囲の分け方 ・ 品質管理及び瑕疵の取り扱い
		風力発電設備や付帯設備（電気設備等）に関する法令での規定の有無
		上記について法令での規定がある場合における、守るべき基本的な規則
		風力発電設備や付帯設備（電気設備等）において、検査することが望ましいもの
		定期検査を行うのに適切な機関
		メンテナンス内容や風力発電設備運用データの保管についての法的義務の有無
		上記について法的な義務がある場合、保管先に関する規則や法令の有無
		遠隔で監視を行うことについての法的義務の有無
		SCADA, CMS の導入の法的義務の有無
		風力発電設備の「維持管理」を管轄する省庁
	事故について	洋上風力や陸上風力において、重大事故/インシデントとして規定されている事故

大項目	中項目	小項目
		事故発生時に踏むべき手続きに関する、事故前の規制
		事故発生後に関する規制の有無
		上記規制が法令で課されているか
		事故発生後に関する規制における陸上と洋上での違い
	維持管理にかかる留意事項	発電設備運用中における MCC（マリン・コーディネーション・センター）の活用 の法的義務の有無
資格制度等（洋上・陸上）	能力及び資格に関すること	洋上風力の維持管理における技術者に関する資格制度
	教育訓練に関すること	定期検査及びメンテナンス担当者に対する教育・訓練プログラム
		国等の監査員に対する教育・訓練プログラム
契約・ファイナンス・保険（洋上・陸上）	契約	風力発電設備に関する建設請負契約の締結方法
		風力発電業界において共通の運用・保守契約の有無
		風力発電業界において共通の補修に関する契約の有無
	ファイナンス	風力発電機メーカーによる LTSA（長期保守契約）はレンダーからのファイナンスを受ける必須条件となっているか
		O&M Service 会社が LTSA を受注することがあるか
	保険	保険の種類（内容）、カバーできる項目（範囲）及び保険適用の条件、手順

2.1.4. 調査方法（ヒアリング調査・文献調査）

本事業の海外の洋上風力発電設備の運用実態調査にあたっては洋上風力発電事業に関わる企業へのヒアリング調査と洋上風力発電に関する文献の調査を行った。以降でヒアリング調査と文献調査の調査方法について述べる。

2.1.4.1. ヒアリング調査の方法

洋上風力発電事業に関わる企業等計20社に対して、ヒアリング調査を行った。調査の実施においては、調査の目的及び調査項目を記載した調査票を各社に電子メールで送付し、各社の回答を電子メールにて返信頂く、という調査方式を採用した。

ヒアリング調査の対象としては、海外の洋上風力発電設備の実態を把握するため、日本に拠点がある海外の風力発電事業者及び海外の洋上風力発電事業に参入している日本の風力発電事業者をヒアリング対象とした。また、発電事業者だけでなく、洋上風力発電設備の運用保守の実態に詳しいと考えられる風力発電機メーカー、契約・ファイナンス・保険の実態に詳しいと考えられる金融機関及び保険会社もヒアリング対象とした。更に、海外各国に拠点をもち、海外の洋上風力発電設備の運用実態全般に詳しいと考えられる国際認証機関もヒアリング対象とした。

2.1.4.2. 文献調査の方法

洋上風力発電に関する文献について調査を行った。各文献の情報は7章「調査文献」にまとめる。

2.2. 調査結果のまとめ

本節では、調査結果について、表2に示した調査項目の大項目である「安全規制・規格・認証」、「運用保守」、「資格制度等」、「契約・ファイナンス・保険」ごとに整理する。

2.2.1. 安全規制・規格・認証等

「安全規制・規格・認証等」に関する調査結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 各国とも、洋上風力発電設備に関する法令及び規格があり、規格においては基本的に ISO や IEC に基づくものである。
- ・ 型式認証については、各国とも IEC 規格、国家規格、並びに認証機関の規格等に基づいて行う。プロジェクト認証については、国によってそれぞれ違いがある。
- ・ 外部環境条件に係る調査内容及び調査方法については、各国とも法令等によって定められている。
- ・ 風力発電設備の運用についての安全規制に対する責任は、各国とも主に発電事業者が負う。

以降では、表2に示した調査項目の中項目である「法令及び規格」「型式認証、プロジェクト認証」「外部環境条件の調査及び評価」「意思決定」について、ヒアリング調査の回答及び文献調査の結果として得られた情報の概要を整理する。

2.2.1.1. 法令及び規格

法令及び規格に関する回答及び情報の概要を表3に示す。

表3 法令及び規格に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
洋上風力発電設備に関する法令及び保安規制	・ 着床式洋上風力発電設備については、電気事業法、港湾法の各法に基づく「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」¹で規定されている。浮体式洋上風力発電設備については、主に電気事業法と船舶安全法に規定されている。（日本） ・ 洋上風力発電設備の建設、運転保守等について再生可能エネルギー推進法に規定される。風力発電設備がエネルギー生産、安全性及び環境に関する法律を満たすよう保守点検を行うことが行政命令73号に既定されている。行政命令73号は再生可能エネルギー推進法を前提としている。（デンマーク） ・ 電気保安については労働安全と一般公衆安全から成り、労働安全については労働安全衛生法、一般公衆安全については公益事業法に規定されている。（イギリス） ・ 電気事業についてはエネルギー事業法に、労働安全については労働保護法に、労働災害の予防等については社会法典に、設備建設については建築法典に既定されている。（ドイツ） ・ 電力事業については中華人民共和国電気法に、安全管理については中華人民共和国安全生産法に規定されている。（中国） ・ 電気保安に関する基本的な内容については電業法で規定されている。特に再生可能エネルギー事業全般については再生可能エネルギー開発法に規定されている。（台湾） ・ 労働安全については職業安全衛生法に、電気設備の安全管理については国家規格であるNFPA 70²に規定される。細部については米国電気安全規格（NESC）等の各種民間基準を準用している。民間基準には法的拘束力はないが、民間基準を順守すべきであることが州法により義務付けられており、義務を履行しなければ罰則の対象となる。（アメリカ）
洋上風力発電設備に関する規格及びその内容	・ 各国とも、基本的にISO規格³、並びにIEC規格⁴に基づく国家規格（JIS規格、EN規格等）を採用している⁵。（各国） ・ 労働安全については労働安全衛生局（OSHA）⁶に従い、業界標準についてはUL規格⁷を参照する。（アメリカ）

¹ 洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」（令和2年3月版）[1]

（URL: <https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>）

² NFPA：全米防火協会（National Fire Protection Association）

³ ISO：国際標準化機構（International Organization for Standardization）

⁴ IEC：国際電気標準会議（International Electro technical Commission）

⁵ 一般財団法人機械振興協会「機械安全のための規格と法律、設計方法の紹介 詳細」（第10回 機械安全の考え方・仕組み、各国の法令と工業規格の体系、JIS機械安全）（URL: http://www.jspmi.or.jp/system/l_cont.php?ctid=130402&rid=1129）

⁶ OSHA：労働安全衛生局（Occupational Safety and Health Administration）

⁷ UL：Underwriters Laboratories Limited Liability Company. アメリカ合衆国イリノイ州ノースブルックに本拠を構え、試験、検査および認証を行う企業

2.2.1.2. 型式認証、プロジェクト認証

型式認証、プロジェクト認証に関する回答及び情報の概要を表4に示す。

表4 型式認証、プロジェクト認証に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
型式認証について ・ 認証取得の基準 ・ 認証機関 ・ 認証の規定内容 ・ 認証の試験方法	・ IEC規格⁸、国家規格、並びに認証機関の規格等に基づいて行う。（各国）
風力発電設備の型式認証は書面審査のみで取得することができるか	・ 書面審査のみでは認証を得られない⁹。（日本、ドイツ、中国、台湾）（例えば、日本の場合、「風車及びウィンドファームの認証に関するガイドライン」（ClassNK）[12]において、型式認証の製造検査において「原則として風車製造者の工場において重要部品の検査を実施する」とある。） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、イギリス、アメリカ）
プロジェクト認証について ・ プロジェクト認証取得は義務か	・ プロジェクト認証取得の義務はないものの、電気事業法による許認可を受けるためには、プロジェクト認証の一部としてウィンドファーム認証を取得することが事実上必要となる⁹。ウィンドファーム認証では、風力発電設備を建設するサイトの環境条件の評価を行い、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度並びに安全性が設計上担保されていることを確認する¹⁰。（日本） ・ プロジェクト認証取得の義務はないものの、事実上必要となる。（アメリカ、台湾） ・ プロジェクト認証取得が法律によって義務づけられている。（デンマーク、ドイツ） ・ プロジェクト認証取得の義務はないが、今後保険等の契約条件上必要となる可能性がある。（中国） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（イギリス）

⁸ IEC：国際電気標準会議（International Electro technical Commission）

⁹ 海外の運用実態調査の結果による。

¹⁰ ClassNKのHPに以下引用の記載がある。

（原文引用：プロジェクト認証の一部として、風力発電所を建設するサイトの環境条件の評価を行い、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度及び安全性が設計上担保されていることを確認する認証を行います。（電気事業法による許認可に活用いただくことを考慮した認証となります。）（URL：<https://www.classnk.or.jp/hp/ja/authentication/renewableenergy/windfarm.html>）

調査項目	回答及び情報の概要
プロジェクト認証について ・ 審査内容	・ プロジェクト認証の一部としてウィンドファーム認証を取得する際は、認証機関（ClassNK、ビューロベリタス）の規格に基づく。⁹（日本） ・ 法令、IEC 規格並びに国家規格に基づく。（デンマーク） ・ ドイツ連邦海洋水路局（BSH）¹¹の要件（法律）に基づく。（ドイツ） ・ IEC 規格並びに国家規格に基づく。（中国、台湾） ・ 連邦規則コード（CFR585.705 等）¹²に基づく。（アメリカ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（イギリス）

¹¹ BSH：ドイツ連邦海洋水路局（Bundesamt fuer Seeschifffahrt und Hydrographie）

¹² CFR：連邦規則コード（Code of Federal Regulation）

2.2.1.3. 外部環境条件の調査及び評価

外部環境条件の調査及び評価に関する回答及び情報の概要を表5に示す。

表5 外部環境条件の調査及び評価に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
外部環境条件に係る調査内容及び調査方法に関する規制、評価基準	・ 法的義務はないものの、サイトの環境条件については、ウィンドファーム認証において評価の対象となる（ウィンドファーム認証は、電気事業法による許認可を受けたために事実上必要となる）¹³ ¹⁴。（日本） ・ 洋上風力発電設備の開発・建設管理に関する暫定措置（法律）に従う必要がある。（中国） ・ 洋上風力発電プロジェクト検証レビュー実証ガイダンスによると、国家規格（CNS 15176-1 及び CNS 15176-3）¹⁵で使用されている外部環境条件（強風、地震など）への対応を設計に考慮することが推奨される。（台湾） ・ 連邦規則コード（CFR585.702 等）¹⁶の定めに従う必要がある。（アメリカ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、ドイツ、イギリス）

2.2.1.4. 意思決定

意思決定に関する回答及び情報の概要を表6に示す。

表6 意思決定に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
風力発電設備の運用についての保安に対する責任の所在	・ 発電事業者（各国）

¹³ 海外の運用実態調査の結果による。

¹⁴ ClassNK の HP に以下引用の記載がある。（原文引用：プロジェクト認証の一部として、風力発電所を建設するサイトの環境条件の評価を行い、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度及び安全性が設計上担保されていることを確認する認証を行います。（電気事業法による許認可に活用いただくことを考慮した認証となります。）

（URL:<https://www.classnk.or.jp/hp/ja/authentication/renewableenergy/windfarm.html>）

¹⁵ CNS：国家標準(Chinese National Standards)

¹⁶ CFR：連邦規則コード(Code of Federal Regulation)

2.2.2. 運用保守

「運用保守」に関する調査結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 定期事業者検査・メンテナンスについては、各国の法律や認証機関の規格に基づく。メンテナンス内容や運用データの保管といった、運用に関する報告の法的義務に関しては各国で異なっている。
- ・ 事故については、各国で定める規制、ガイドラインに基づいて、必要な手続きを踏むことが求められている。
- ・ MCC（マリン・コーディネーション・センター）¹⁷の活用については、日本と海外で大きな違いはない。

以降では、表2に示した調査項目の中項目である「定期点検・検査・メンテナンス」「事故に関すること」「維持管理に関わる留意事項」について、ヒアリング調査の回答及び文献調査の結果として得られた情報の概要を整理する。

¹⁷ MCC（マリン・コーディネーション・センター）：洋上での作業員や作業海域の船舶を追跡し、安全で効率的な作業の管理・運営を行うための指令センター

2.2.2.1. 定期点検・検査・メンテナンス

定期検査・検査・メンテナンスに関する回答及び情報の概要を表7に示す。

表7 定期検査・検査・メンテナンスに関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
定期点検、検査に関する規制	「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈」の別表2によると、検査対象により半年～3年¹⁸。「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」によると下部構造のうち水中部及び基礎の点検周期は、主に10年¹⁹。「平成15年経済産業省告示第249号」に基づく点検頻度は、毎月1回以上（主任技術者を外部委託している場合）^{20 21}。（日本） - DNV社²²の規格を参考に発電事業者が設定する。検査周期として、RNA（ロータ・ナセル・アセンブリ）、タワー及び下部構造のうち気中部は、1年以内、下部構造のうち水中部及び基礎は5年以内。（デンマーク、イギリス） - BSH²³の規格に基づいて実施される。検査周期として、4年ごと（毎年25%ずつ点検）が基本。（ドイツ） - 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（中国、台湾、アメリカ）
定期点検、検査を行うのに適切な組織	- 電気事業法、港湾法に基づく「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」¹⁹等の規定を満たすことのできる組織とされる。（日本） - 行政命令73号により、DS/EN ISO 9001:2008²⁴の認証を取得しており、認証又は承認された組織とされる。（デンマーク） - 十分な経験と能力がある第三者組織が推奨される。（イギリス） - BWE²⁵の要求事項を満たす組織が推奨される。（ドイツ） - DL/T796²⁶に基づく組織が推奨される。（中国） 30 CFR part 585²⁷に指定される組織が推奨される。（アメリカ） - 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（台湾）

¹⁸ 経済産業省「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈」[19]
(URL: https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20210414teiken-kaisyaku.pdf)

¹⁹ 洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」（令和2年3月版）[1]
(URL: <https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>)

²⁰ 経済産業省「平成15年経済産業省告示第249号（電気事業法施行規則第52条の2第一号ロの要件等に関する告示）」[20]
(URL: https://www.safety-kanto.meti.go.jp/denki/seminar/data/27fy_02.pdf)

²¹ 風力発電所において主任技術者を外部委託することができる条件は、電気事業法施行規則第52条第2項の二より、出力二千キロワット未満の発電所であって電圧七千ボルト以下で連系等をするものの場合である。

²² DNV：認証機関（本社：ノルウェー）

²³ BSH：ドイツ連邦海洋水路局（Bundesamt fuer Seeschifffahrt und Hydrographie）

²⁴ DS/EN ISO 9001:2008：品質管理システムに関する国際規格

²⁵ BWE：連邦風力エネルギー協会（German Wind Energy Association）

²⁶ DL/T796：風力発電設備安全規制

²⁷ CFR：連邦規則集（the Code of Federal Regulations）

調査項目	回答及び情報の概要
メンテナンス内容や風力発電設備運用データの保管についての法的義務	・ 「電気関係報告規則第3条及び第3条の2の運用について（内規）」によると、点検診断の結果その他の維持管理に必要な事項については、記録・保存を行う必要がある²⁸。（日本） ・ 再生可能エネルギー開発法により、所管官庁は発電事業者に対して運用に関する情報の提供を要求することができる。（台湾） ・ 行政命令73号により、年1回、国へサービスレポートを提出すること、発電事業者はそれを保管することが必要とされる。（デンマーク） ・ BSH²⁹の規格により、発電設備所有者とBSH²⁹で年1回会議を行うこと、その会議に必要な点検結果を提出することが必要とされる。（ドイツ） ・ 風力発電設備の運転及び安全の確保に支障を及ぼすことがない場合は、国への報告は求められていないが、実態として、点検結果については発電事業者が記録し保存している。（イギリス） ・ 連邦規則により、風力発電設備の建設・運営計画において必要とされる情報及びデータを収集できることを示す必要とされる。（アメリカ） ・ 法的義務は見当たらない。（中国）
遠隔で監視を行うことについての法的義務	・ 「電気設備の技術基準の解釈」第47条によると、技術員が当該発電設備又はこれと同一の構内において常時監視をしない発電設備は、技術員が適当な間隔において発電設備を巡回し、運転状態の監視を行うこと（随時巡回方式）、技術員が必要に応じて発電設備に出向き、運転状態の監視又は制御その他必要な措置を行うこと（随時監視制御方式）、技術員が制御所に常時駐在し、発電設備の運転状態の監視及び制御を遠隔で行うこと（遠隔常時監視制御方式）のいずれかによって、監視等を行う必要がある³⁰。（日本） ・ 法的義務は見当たらない。（イギリス、中国、台湾、アメリカ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、ドイツ）
SCADA・CMSの導入の法的義務	・ 法的義務は見当たらないが、「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説（令和2年3月版）」では、「国内の風力発電における監視システムは主に、SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）システムが主流とされている」「洋上風力発電設備等においては、予防的な維持管理が行えるよう状態監視システム（CMS：Condition Monitoring System）といったシステム活用も維持管理の一つの手法として挙げられている」とある³¹。（日本）

²⁸ 経済産業省「電気関係報告規則第3条及び第3条の2の運用について（内規）」[18]

(URL: https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/houkoku3zyou.pdf)

²⁹ BSH: ドイツ連邦海洋水路局 (Bundesamt fuer Seeschifffahrt und Hydrographie)

³⁰ 経済産業省「電気設備の技術基準の解釈」[21]

(URL: https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/dengikaishaku.pdf)

³¹ 洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」（令和2年3月版）[1]

(URL: <https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>)

調査項目	回答及び情報の概要
	・ 法的義務は見当たらない。（デンマーク、イギリス、アメリカ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（ドイツ、中国、台湾）
風力発電設備の「維持管理」を管轄する省庁	・ 経済産業省、国土交通省（日本） ・ エネルギー庁（デンマーク） ・ HSE³²、MCA³³（イギリス） ・ BG ETEM³⁴（ドイツ） ・ 国家エネルギー庁の地方管轄（中国） ・ BOE³⁵（台湾） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（アメリカ）

³² HSE：労働安全衛生（Health, Safety, and Environment）

³³ MCA：海事沿岸警備庁（Maritime and Coastguard Agency）

³⁴ BG ETEM：エネルギー・繊維・電気・媒体製品雇用者責任保険協会（Employers Liability Insurance Association for Energy, textile, electric and media products - Wind turbines）

³⁵ BOE：エネルギー局（Bureau of Energy）

2.2.2.2. 事故に関すること

事故に関する回答及び情報の概要を表8に示す。

表8 事故に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
洋上風力発電設備や陸上風力発電設備において重大事故/インシデントとして規定されている事故	「使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）」において、重大事故等とは、「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈」に規定する検査項目の検査対象となる設備における、「①公衆被害を与えた事故」、「②倒壊・火災・飛散・折損・座屈等が発生した事故」に該当する損壊事故と定義されている³⁶。（日本） - 実態として、タービン停止、ブレード等の落下、火災やブレードの暴走を招く損傷といった事象を指す。（デンマーク） - HSE³⁷/MCA³⁸のガイダンスにより、海上石油・ガス施設に使用される基準と同じ事象を指す。（イギリス） - 電力安全事故分類基準等に基づく事象を指す。（中国） 30 CFR part 585³⁹により、火災及び爆発、人の避難を必要とする事故、大きな財産の損害をもたらす事故等の事象を指す。（アメリカ） - 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（ドイツ、台湾）
事故発生時に踏むべき手続きに関する事故前の規制	- 電気関係報告規則に基づく。（日本） - 実態として、安全衛生リスクアセスメントを作成する必要がある。（デンマーク） - 各地域の法律等に基づく。（中国） 30 CFR part 585³⁹に基づく。（アメリカ） - 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（イギリス、ドイツ、台湾）
事故発生後に関する規制	- 電気関係報告規則により、事故の報告が必要である。（日本） - 再生可能エネルギー促進法により、事故の報告が必要である。（デンマーク） - 電力供給・保安規則、RIDDOR⁴⁰により、事故の報告が必要である。（イギリス） - エネルギー産業法により、すべての供給停止に対して報告書を提出する必要がある。（ドイツ） - 中華人民共和国電気安全法、中華人民共和国安全生産法等により、事故の報告が必要である。（中国）

³⁶ 経産省産業省「使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）」（平成29年3月、経済産業省20170323 商局第3号）[29]
（URL：https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/170331shiyoumae.pdf）

³⁷ HSE：労働安全衛生（Health, Safety, and Environment）

³⁸ MCA：海事沿岸警備庁（Maritime and Coastguard Agency）

³⁹ CFR：連邦規則集（the Code of Federal Regulations）

⁴⁰ RIDDOR：負傷・疾病・危険事態報告規則（Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations）

調査項目	回答及び情報の概要
	・ 30 CFR part 585⁴¹、BOEM⁴²、OSHA⁴³により、事故の報告が必要である。（アメリカ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（台湾）

⁴¹ CFR：連邦規則集（the Code of Federal Regulations）

⁴² BOEM：海洋エネルギー管理局（Bureau of Ocean Energy Management）

⁴³ OSHA：労働安全衛生局（Occupational Safety & Health Administration）

2.2.2.3. 維持管理にかかる留意事項

風力発電設備の維持管理にかかる留意事項に関する回答及び情報の概要を表9に示す。

表9 維持管理にかかる留意事項に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
風力発電設備運用中におけるMCC（マリン・コーディネーション・センター） ¹⁷ の活用の法的義務はあるか	・ 法的義務は見当たらない。（各国） ・ 実態として、CDM⁴⁴及びMHSW⁴⁵を満たすために調整が必要である。（イギリス） ・ 実態として、WSV⁴⁶の要件を満たすことが必要である。（ドイツ） ・ 実態として、風力発電設備を建設するための承認を得るためにMCCが必要である。（アメリカ）

⁴⁴ CDM：建設（設計とマネジメント）規則（（Construction（Design and Management）Regulation）

⁴⁵ MHSW：労働安全衛生管理規則（Management of Health and Safety at Work Regulations）

⁴⁶ WSV：ドイツ連邦水利・水運管理局（The Federal Waterways and Shipping Administration）

2.2.3. 資格制度等

「資格制度等」に関する調査結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 日本においては電気主任技術者制度がある。海外においては資格制度の規定がある国もある。
- ・ 教育訓練についてはほとんどの国で法的義務は見当たらない。実態として、定期事業者検査及びメンテナンス担当者に対する教育訓練は訓練機関や風力発電機メーカーから多数提供されている。

以降では、表2に示した調査項目の中項目である「資格制度」「教育訓練に関すること」について、ヒアリング調査の回答及び文献調査の結果として得られた情報の概要を整理する。

2.2.3.1. 資格制度

資格制度に関する回答及び情報の概要を表10に示す。

表10 資格制度に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
洋上風力発電設備の維持管理における技術者に関する資格制度	・ 電気工作物の保安に関しては電気主任技術者制度があり、電気事業法に従う必要がある。また、労働安全衛生法を満たす必要がある。（日本） ・ 「技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示」に基づき、専門知識及び技術を有する者の下で維持管理を行うことが推奨される⁴⁷。（日本） ・ 保守点検を実施する検査機関は行政命令73号により認証又は承認を受ける必要がある。（デンマーク） ・ 維持管理を実施する技術者は作業内容に応じてIRATA⁴⁸のロープアクセス資格又はそれに相当する資格が必要である。（イギリス） ・ 資格制度等に関する法的義務は見当たらないが、維持管理を実施する技術者はBWE⁴⁹の要求事項を満たしていることが推奨される。（ドイツ） ・ 維持管理を実施する技術者は、DL/T 797⁵⁰の基準を満たす必要がある。（中国） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（台湾、アメリカ）

⁴⁷ 国土交通省「技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示」第3条[30]（URL：<https://www.mlit.go.jp/common/001230749.pdf>）

⁴⁸ IRATA：産業ロープアクセス業者協会（Industrial Rope Access Trade Association）

⁴⁹ BWE：連邦風力エネルギー協会（German Wind Energy Association）

⁵⁰ DL/T797：風力発電設備保守規制

2.2.3.2. 教育訓練に関すること

教育訓練に関する回答及び情報の概要を表 11 に示す。

表 11 教育訓練に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
定期点検、定期事業者検査及びメンテナンス担当者に対する教育・訓練プログラムに関する規定	・ 労働安全衛生法、港湾法を満たす必要がある。（日本） ・ 実態として、GWO⁵¹基本安全訓練を受ける必要がある。（イギリス） ・ 実態として、GWO BST⁵²/IRATA⁵³の訓練を受ける必要がある。（台湾） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、ドイツ、中国、アメリカ）
定期点検、定期事業者検査及びメンテナンス担当者に対する教育・訓練プログラムの種類	・ GWO⁵¹、風力発電機メーカーによるトレーニング（日本、デンマーク、台湾） ・ GWO⁵¹、IRATA⁵⁴、風力発電機メーカーによるトレーニング（イギリス） ・ GWO⁵¹、DGUV⁵⁵、FISAT⁵⁶、IRCA⁵⁷、風力発電機メーカーによるトレーニング（ドイツ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（中国、アメリカ）
国等の監査員に対する教育・訓練プログラムに関する規定	・ 労働安全衛生法、港湾法（日本） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、イギリス、ドイツ、中国、台湾、アメリカ）
国等の監査員に対する教育・訓練プログラムの種類	・ GWO⁵¹、IRATA⁵⁸、OPITO⁵⁹、STCW⁶⁰（日本） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、イギリス、ドイツ、中国、台湾、アメリカ）

⁵¹ GWO : Global Wind Organisation

⁵² GWO BST : GWO 基本安全訓練 (Global Wind Organisation Basic Safety Training)

⁵³ IRATA : 産業ロープアクセス業者協会 (Industrial Rope Accesstrade Association)

⁵⁴ IRATA : 産業ロープアクセス業者協会 (Industrial Rope Accesstrade Association)

⁵⁵ DGUV : Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

⁵⁶ FISAT : Fach- und Interessenverband für seilunterstützte Arbeitstechniken e.V.

⁵⁷ IRCA : International Register of Certificated Auditors

⁵⁸ IRATA : 産業ロープアクセス業者協会 (Industrial Rope Accesstrade Association)

⁵⁹ OPITO : Offshore Petroleum Industry Training Organization.

⁶⁰ STCW : The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

2.2.4. 契約・ファイナンス・保険

「契約・ファイナンス・保険」に関する調査結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 契約、ファイナンス、保険において、日本と海外で大きな違いは存在しない。日本は自然災害をカバーするオプション保険を適用するために、ハザード評価とリスク分析が必要である。

以降では、表2に示した調査項目の中項目である「契約」「ファイナンス」「保険」について、ヒアリング調査の回答及び文献調査の結果として得られた情報の概要を整理する。

2.2.4.1. 契約

契約に関する回答及び情報の概要を表12に示す。

表12 契約に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
風力発電設備に関する建設請負契約の締結方法	・ 各発電事業者による。（日本） ・ 包括的な建設請負業者は存在しないが、風車部分とBOP部分⁶¹の2契約に分かれるパターンが一般的である。（デンマーク、イギリス、ドイツ） ・ 調達契約と技術契約が存在する。（中国） ・ 各発電事業者によるが、パッケージごとの分割発注となるケースが多い。（台湾） ・ 入札プロセスによる。（アメリカ）
風力発電事業における一般的な運用・補修・保守契約	・ 一般的に、発電事業者やプロジェクトごとに個別に締結される。（日本、イギリス、ドイツ、アメリカ） ・ 当質問に該当する調査結果は得られなかった。（デンマーク、中国、台湾）

⁶¹ BOP：風車以外の設備（Balance of Point）

2.2.4.2. ファイナンス

ファイナンスに関する回答及び情報の概要を表 13 に示す。

表 13 ファイナンスに関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
風力発電機メーカーによる LTSA ⁶² は金融機関からのファイナンスを受ける必須条件か	・ 実質的に必須である。（日本、中国、台湾、アメリカ） ・ 原則として必須だが、経験を積んだ発電事業者が運用保守を行う場合においては、必須とならない場合もある。（デンマーク、イギリス、ドイツ）
運用保守サービス会社が LTSA ⁶² を受注することがあるか	・ 経験豊富な運用保守サービス会社が LTSA⁶²を受注することはあり得るが、現状その経験や能力を有した運用保守サービス会社は存在しない。（日本） ・ ヒアリングからは実例は得られなかった。（デンマーク、イギリス、ドイツ、中国、台湾、アメリカ）

2.2.4.3. 保険

保険に関する回答及び情報の概要を表 14 に示す。

表 14 保険に関する回答及び情報の概要

調査項目	回答及び情報の概要
保険の種類（内容）、カバーできる項目（範囲）及び保険適用の条件、手順	・ 財物保険、賠償責任保険、利益保険、自然災害保険、テロ保険等が存在する。実態として、国際約款の順守、Marine Warranty Survey の受検等が必要である。また、自然災害保険を受けるためには自然災害ハザードの評価とリスク分析が必要である。（日本） ・ 財物保険、賠償責任保険、利益保険、自然災害保険、テロ保険等存在する。実態として、国際約款の順守、Marine Warranty Survey の受検等が必要である。（デンマーク、イギリス、ドイツ、中国、台湾） ・ 財物保険、賠償責任保険、利益保険、自然災害保険、テロ保険等存在する。実態として、国際約款の順守、Marine Warranty Survey の受検等が必要である。保険手配のハードルが高い。（アメリカ）

⁶² LTSA：長期保守契約（Long Term Service Agreement）

3. 日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査

3.1. 調査の概要

本章では、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」として、洋上風力発電事業を日本において行うにあたり、現行の電気事業法に関する保安規制を遵守しようとする中で、実務上運用が難しい点、難しくなると考えられる点について、日本の洋上風力発電事業に関わる企業に対して実施したヒアリング調査の回答の要約を示す。

なお、本章で日本の洋上風力発電事業に関わる企業からの回答を示した上で、次章「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理」では、これら回答を法令等と照らせ合わせつつ、日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題について整理したところを述べることとする。

本節では、日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査の概要を示す。

3.1.1. 調査の目的

日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査は、本事業において、日本における洋上風力発電の保安規制や運用における課題を明らかにし、日本の洋上風力発電設備に適した保安規制のあり方を検討するべく、実施したものである。

日本における洋上風力発電の保安規制や運用における課題を明らかにするため、日本の洋上風力発電事業に詳しいと考えられる企業に対して、現行の電気事業法に関する保安規制に対する実務上の課題に関するヒアリングを実施した。

3.1.2. 調査項目の設定

日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査項目としては、現行の電気事業法に関する保安規制に対する実務上の課題を把握するため、表 15 にある質問とした。

表 15 日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査項目

調査項目
現在の日本の洋上風力発電の運用の実態についてお伺いします。洋上風力発電事業を実施するにあたり、現行の電気事業法に関する保安規制を遵守しようとする中で、実務上運用が難しい点、難しくなると考えられる点がございましたら、ご教示ください。また、それらの課題に対する対応状況についてもご教示ください。

3.1.3. 調査方法（ヒアリング調査）

日本の洋上風力発電事業に関わる企業 6 社に対して調査を行った。調査の実施においては、調査の目的及び調査項目を記載した調査票を各社に電子メールで送付し、各社の回答を電子メールにて返信してもらう、という調査方式を採用した。

3.2. 調査結果から抽出された意見

本節では、前節で示したヒアリング調査の結果を整理する。

ヒアリング調査の結果を整理すると、「定期事業者検査の周期」「自主保安における月1回以上の点検の実施」「風力発電所への駆けつけ2時間ルール」「着雷時の安全確認」「洋上での絶縁耐力試験の実施」にまとめられる。以降に、各意見の内容を示す。

3.2.1. 定期事業者検査の周期

電気事業法第55条に定められる定期安全管理審査制度における定期事業者検査において、半年に1回実施することが必要とされている検査対象があるが、陸上風力発電設備と比較し、洋上風力発電設備へのアクセス距離、気象海象条件、アクセス船といった問題から実施に支障が及ぶ可能性がある。

また、定期事業者検査において、検査対象（ボルトやダウンコンダクタ等）によっては年に1回実施することが必要とされているところ、点検に時間を要することから、定期点検期間が伸長する、アクセス回数が増加する等の課題があり、年に1回の実施とする頻度であっても実施が困難となる可能性がある。

3.2.2. 自主保安における月1回以上の点検の実施

経済産業省「平成15年経済産業省告示第249号」において、主任技術者を外部委託している発電所の場合は、月1回以上の点検の実施が必要とされている^{63 64}ところ、陸上風力発電設備において一般的に行われているように、月に1回目視での点検を行う場合、点検期間内にすべての洋上風力発電設備の点検を実施できない可能性がある。

3.2.3. 風力発電所への駆けつけ2時間ルール

「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」では、電気主任技術者が統括事業場に係る電気主任技術者が選任されている発電所、主任技術者を兼任として配置している発電所、主任技術者を外部委託している発電所の場合、電気主任技術者の勤務地として、被統括事業場は統括事業場から2時間以内に到達できるところにあることと規定されている^{63 65}ところ、被統括事業場は遠隔地にあることが多く、海象条件やアクセス船の確保等の問題により、2時間以内に到達できない可能性がある。

また、電気主任技術者の選任候補者が限定的になり、洋上風力発電の設置数が増加すると人材確保が困難となる可能性がある。

⁶³ 風力発電所において主任技術者を外部委託することができる条件は、電気事業法施行規則第52条第2項の二より、出力二千キロワット未満の発電所であって電圧七千ボルト以下で連系等をするものの場合である。

⁶⁴ 経済産業省「平成15年経済産業省告示第249号（電気事業法施行規則第52条の2第一号ロの要件等に関する告示）」[20]
(URL:https://www.safety-kanto.meti.go.jp/denki/seminar/data/27fy_02.pdf)

⁶⁵ 経済産業省「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」[19]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/3/20190314-2.pdf)

3.2.4. 着雷時の安全確認

電気関係報告規則により事故報告義務が生じる⁶⁶が、着雷時には事故の可能性が高いことから、着雷確認時の対応として、雷雲通過後に風力発電設備の健全性を確認する必要がある。ただし、雷雲が去っても海象条件が悪い場合は、洋上風力発電設備に近寄ることができず、目視での確実な健全性確認が実施できないため、運転再開までに長期間を要する可能性がある。

3.2.5. 洋上での絶縁耐力試験の実施

日本における風力発電設備の運転開始時について、電気事業法第51条に定められる使用前安全管理検査の使用前自主検査においては、風力発電設備竣工時に使用場所での検査の実施が義務付けられている。特に、使用前自主検査の項目の中で絶縁耐力試験が義務付けられているところ、絶縁耐力試験を実施するにあたっては、試験機器に対する塩害が発生する可能性がある、船とトランジションピース等の構造物のデッキまでの高低差が大きいため試験機器の揚げ降ろしが困難となる、絶縁耐力試験を行うスペースが限定されることにより試験の実施及び試験実施要員の安全確保が困難であるといった問題が発生する。

⁶⁶ 経済産業省「電気関係報告規則第3条及び第3条の2の運用について（内規）」2.の(3) [18]
(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/houkoku3zyou.pdf)

4. 日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理

4.1. 法制度上・運用上の観点での課題の分析及び有識者委員会での議論

前章「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」では、洋上風力発電事業を日本において行うにあたり、現行の電気事業法に関する保安規制を遵守しようとする中で、実務上運用が難しい点、難しくなると考えられる点について、日本の洋上風力発電事業に関わる企業に対して実施したヒアリング調査の回答の要約を示した。

そこでは、日本における洋上風力発電設備の運用について、「定期事業者検査の周期」「自主保安における月1回以上の点検の実施」「風力発電所への駆けつけ2時間ルール」「着雷時の安全確認」「洋上での絶縁耐力試験の実施」に関する意見が挙げられた。

また、第二回有識者委員会（令和3年12月2日開催）ではこれらの意見について議論がなされ、その中で、事業者の「事故発生時の説明責任と再発防止策の実施」も課題であるとの指摘があった。

本章では、これらを法令等と照らせ合わせつつ、日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題について整理したところを述べることで、次節以降で、これら課題について、法制度上・運用上の観点から分析を行う。

4.2. 各課題の分析（他国との比較及び解決の検討ポイント）

4.2.1. 定期事業者検査の周期

（ア）課題の背景及び内容

日本では陸上風力発電設備での飛散、倒壊、火災の公衆安全を脅かす可能性がある重大事故の再発防止を目的として、日本特有の環境条件（気象条件、地形等）を考慮し、公衆安全を担保すべく定期事業者検査が定められている⁶⁷。

日本の陸上風力発電設備（現状）においては、電気事業法第55条に定められる定期安全管理審査制度において定期事業者検査が規定されており、定期事業者検査は「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈」で定められている42項目に基づいて実施されている。これについては、点検部位、点検方法、点検内容、点検周期の詳細な記載がある⁶⁸。

また、洋上風力発電設備の保安は「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」[1]で定められており、これによれば陸上風力発電設備同様の保安規制を洋上においても適用されることと解釈できる⁶⁹が、洋上では風力発電所へのアクセスが困難なため、現行で定めがある点検部位、点検

⁶⁷ 洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」（令和2年3月版）p.38において、「「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈」に基づく定期事業者検査に係る点検の方法では、公共の安全確保に資することを目的に風力発電設備のブレード、ロータ、ナセル、タワー、非常用電源装置、基礎の点検の方法を具体的に定めている。」とある[1]。（URL:<https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>）

⁶⁸ 経済産業省「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈」の別表2[19]（URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20210414teiken-kaisyaku.pdf）

⁶⁹ 洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」（令和2年3月版）p.26において、「本統一的解説は、前述した電気事業法、港湾法及び再エネ海域利用法に基づいて設置される洋上風力発電設備等の適合すべき維持管理の方法について、各法の統一的な考え方を解説するものである。」とある[1]。（URL:<https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>）

方法、点検内容、点検周期を洋上風力発電設備においてそのまま適用する場合、遵守することが難しい可能性がある。

（イ） 課題についての調査の結果

法律で定められている検査周期及び規格等により実施している点検周期について

- ・ 電気事業法施行規則の解釈に基づく定期事業者検査は、検査対象により半年～3年⁶⁸。下部構造のうち水中部及び基礎の点検周期は、主に10年⁷⁰。（日本）
- ・ DNV社の規格を参考に風力発電事業者が設定する。検査周期として、RNA（ロータ・ナセル・アセンブリ）、タワー及び下部構造のうち気中部は、1年以内、下部構造のうち水中部及び基礎は5年以内⁷¹。（デンマーク、イギリス、台湾）
- ・ BSHの規格に基づいて実施される。検査周期として、4年ごと（毎年25%ずつ点検）が基本⁷²。（ドイツ）

（ウ） 日本と海外の調査結果の比較

海外では陸上、洋上とも風力発電機メーカーが推奨するメンテナンスマニュアル（DNV-GL等の民間規格）に沿って点検部位、点検方法、点検内容、点検周期の設定があり、その設定の内容に沿って点検が実施されている。その例として、イギリス、デンマークではDNV-GLの民間規格を参考に風力発電事業者が点検周期を設定しており、ロータ、ナセル、タワー、下部構造の気中部分は1年以内としている。

日本の定期事業者検査のような点検部位、点検方法、点検内容、点検周期を詳細に規定した法的拘束力のある安全規制は、海外では見当たらない。

（エ） 今後の課題解決に向けた検討のポイント

洋上では風力発電所へのアクセスが困難なため、定期事業者検査を洋上風力発電設備に適用するには、点検部位、点検方法、点検内容、点検周期の見直しについて検討する必要があると考えられる。例えば、点検部位によっては半年ごとの点検周期に定められているものを1年ごとの周期に変更した場合に公衆安全を確保することに問題がないか検討する。また、CMSなどを活用し点検すべき部位ごとの状態監視を徹底することやSCADAデータを切れ間なく長期に保存し、データを詳細に解析することなどの対応で問題を解決できるのかどうかについても今後検証する必要があると考える。

4.2.2. 自主保安における月1回以上の点検の実施

（ア） 課題の背景及び内容

⁷⁰ 洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」（令和2年3月版）[1]
(URL:<https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>)

⁷¹ DNV-GL ST-0361、DNV-GL ST-0376、DNV-GL ST-0126

⁷² BSH No 7005

(URL:https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/_Anlagen/Downloads/Offshore/Standards/Standard-Design_en.pdf?__blob=publicationFile&v=7)

日本の発電設備においては、風力発電設備に限らず、全ての発電設備で保安の責任を確実に果たすために、電気事業法施行規則に基づき発電設備の設置時に発電事業所ごとに保安規程を策定し保安監督部に提出することが求められている⁷³。

電気事業法施行規則第50条（保安規程）によると、点検及び検査に関することを保安規程に定めることとなっている⁷⁴。また、「平成15年経済産業省告示第249号（電気事業法施行規則第52条の2第一号ロの要件等に関する告示）」によれば、主任技術者が外部委託で配置されている風力発電所（事業所）においては、月1回以上の点検が義務付けられている^{75 76}。その他の風力発電所においても、事実上月1回以上の点検の実施が要請されている。

陸上風力発電所では月1回以上の点検の実施は可能であるが、洋上風力発電所では気象海象条件によってアクセスが困難なため、特に冬季期間は月1回以上の頻度で全ての風力発電所にアクセスし点検することはできない可能性がある。

（イ） 課題についての調査の結果

法律で定められている検査周期及び規格等により実施している点検周期について

- ・ 電気事業法施行規則に関する告示に基づく月次点検（巡視点検）は、主任技術者を外部委託している発電所の場合は、毎月一回以上^{75 76}。（日本）
- ・ DNV社の規格を参考に風力発電事業者が設定する。検査周期として、RNA（ロータ・ナセル・アセンブリ）、タワー及び下部構造のうち気中部は、1年以内、下部構造のうち水中部及び基礎は5年以内⁷⁷。（デンマーク、イギリス、台湾）
- ・ BSHの規格に基づいて実施される。検査周期として、4年ごと（毎年25%ずつ点検）が基本⁷²。（ドイツ）

（ウ） 日本と海外の調査結果の比較

海外では陸上、洋上とも風力発電機メーカーが推奨するメンテナンスマニュアル（DNV-GL等の民間規格）に沿って点検部位、点検方法、点検内容、点検周期の設定があり、その設定の内容に沿って点検が実施されている。その例として、イギリス、デンマークではDNV-GLの民間規格を参考に風力発電事業者が点検周期を設定しており、ロータ、ナセル、タワー、下部構造の気中部分は1年以内としている。

日本の電気事業法施行規則に関する告知の内容のように月1回以上の点検を規定されている法的拘束力がある安全規制及び規格は、海外では見当たらない。

（エ） 今後の課題解決に向けた検討のポイント

⁷³ 電気事業法第42条、電気事業法施行規則第50条

⁷⁴ 電気事業法施行規則50条

⁷⁵ なお、風力発電所において主任技術者を外部委託することができる条件は、電気事業法施行規則第52条第2項の二より、出力二千キロワット未満の発電所であって電圧七千ボルト以下で連系等をするものの場合である。

⁷⁶ 経済産業省「平成15年経済産業省告示第249号（電気事業法施行規則第52条の2第一号ロの要件等に関する告示）」[20]
(URL:https://www.safety-kanto.meti.go.jp/denki/seminar/data/27fy_02.pdf)

⁷⁷ DNV-GL ST-0361、DNV-GL ST-0376、DNV-GL ST-0126

洋上風力発電所では気象海象条件によってアクセスが困難なため、月1回以上の頻度で全ての風力発電所にアクセスし点検することはできない可能性がある。月1回以上の頻度の点検が実施できないことで、運用上どのような問題が生じ得るか、公衆安全を確保するためにどのようなことをする必要はあるかを検討する必要があると考えられる。

CMSなどを活用し点検すべき部位ごとの状態監視を徹底することやSCADAデータを切れ間なく長期に保存し、データを詳細に解析することなどの対応で問題を解決できるのかどうかについても今後検証する必要があると考える。

4.2.3. 風力発電所への駆けつけ2時間ルール

（ア） 課題の背景及び内容

日本においては、「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」では、「統括事業場に係る電気主任技術者が選任されている発電所」、「主任技術者を兼任として配置している発電所」、「主任技術者を外部委託している発電所」においては、かけつけ2時間ルールが義務づけられている^{78 79}。また、主任技術者の専任（選任された事業場に常時勤務し、主任技術者としての職務を行う形態）が必要な規模の風力発電所では、かけつけ2時間の記載は無いものの、発電所の近傍に主任技術者を専任として配置することが定められており、フルタイムでの正社員の雇用契約書の提出、主任技術者の住居が近傍であることを証明するための住民票の提出が要請されることから、事実上かけつけ2時間と同様であると解釈できる^{80 81}。よって、法的には全ての風力発電所に対してかけつけまで2時間という時間制限があるわけではないものの、事実上は全ての風力発電所に対して2時間以内にかかけつけられるようにすることが要請されていると解釈できるが、洋上風力発電所までのアクセスが困難であるため、この内規を遵守することができない可能性がある。

（イ） 課題についての調査の結果

主任技術者制度について

- ・ 電気事業法により、主任技術者を選任することが定められており⁸²、内規において「被統括事業場は、統括事業場から2時間以内に到達できる場所にあること」とされている⁸³。（日本）

⁷⁸ 風力発電所において主任技術者を外部委託することができる条件は、電気事業法施行規則第52条第2項の二より、出力二千キロワット未満の発電所であって電圧七千ボルト以下で連系等をするものの場合である。

⁷⁹ 経済産業省「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」4.(9)及び5.(7) [28]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/3/20190314-2.pdf)

なお、経済産業省 第6回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループの資料1p.21に「主任技術者の選任に係る到達時間の制限（いわゆる「2時間ルール」）は、現在、統括による選任、兼任、外部委託において明記されている。」とある [27]。

(URL:https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/006_01_00.pdf)

⁸⁰ 経済産業省「主任技術者制度に関するQ&A」に、常時勤務の定義は「週40時間（週5日・1日8時間勤務）を目安とします」とある [26]。

(URL:<https://www.safety-kanto.meti.go.jp/denki/jikayou/data/PDF/QA.pdf>)

⁸¹ 電気事業法施行規則第52条の6

経済産業省「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」1の(1) [28]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/3/20190314-2.pdf)

経済産業省「主任技術者制度に関するQ&A」1.1 [26]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/syuningijutsusya_qa.pdf)

経済産業省「様式第46条主任技術者選任又は解任届出書」 [22]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/senkaininyoushiki.pdf)

⁸² 電気事業法第43条

⁸³ 経済産業省「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」3の(1) [28]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/3/20190314-2.pdf)

- ・ 電業法により、主任技術者を任命する義務があるが、明確な役割は記載されていない⁸⁴。（台湾）

（ウ） 日本と海外の調査結果の比較

台湾においては、電業法により主任技術者を任命する義務があるが、主任技術者の明確な役割や、事業所までの到達時間の制限などの記載はない。

日本のように被統括事業場までの到達時間を規定した法令等は、海外では見当たらない。

（エ） 今後の課題解決に向けた検討のポイント

洋上風力発電所へのアクセスが困難であることから、現行の「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」を遵守するためには、電気主任技術者の事業所までの到達時間が課題となり、この点の見直しの検討が必要となると考えられる。

4.2.4. 着雷時の安全確認

（ア） 課題の背景及び内容

日本においては、雷撃によるブレードの損傷事故が海外に比べ多く発生している。これは日本特有の環境条件（気象条件、地形等）が要因である。このことから日本では、雷撃を受けた可能性がある場合の点検に関する周知依頼によって、発電事業者には着雷時にブレードを含めた風力発電設備の健全性を確認することが依頼されており、発電事業者は発電所ごとに落雷時の対応規程を定めている⁸⁵。

また、日本では強雷エリア（冬季雷エリア）が定められており⁸⁶、このエリアへ風力発電設備を設置する場合は落雷検出装置の設置が義務づけられている⁸⁵。また、風力設備を設置する場所の落雷条件を考慮し、地域の区分に応じて風力発電設備への雷撃時の電荷量を想定した設計とすることが求められている⁸⁷。

更に、電気関係報告規則による事故報告義務があり⁸⁸、着雷時には事故の可能性が高いことから、発電事業者は、雷雲接近時の停止や着雷時の安全確認（目視による）などの対応規程を定めて対応しているが、洋上風力発電所へのアクセスが困難なため、着雷後に確実に健全性の確認を行うことができない可能性がある。

なお、近年では強雷エリア（冬季雷エリア）以外でも雷撃によるブレード損傷が確認されていることから、現在の強雷エリア（冬季雷エリア）の見直しと、洋上風力発電設備における強雷エリア（冬季雷エリア）が陸上と同様で良いかどうかについても検討課題であると考えられる。

⁸⁴ 電業法（台湾）第58条（URL:<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0030011>）

⁸⁵ 経済産業省「事業用風力発電設備に対する冬季雷前の点検強化の周知依頼について」[25]

（URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/11/20191111-1.pdf）

経済産業省「事業用風力発電設備に対する夏季雷前の点検強化の周知依頼について」[24]

（URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2020/06/20200602-1.pdf）

⁸⁶ 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「日本型風力発電ガイドライン 落雷対策編」[23]

（URL:<https://www.nedo.go.jp/content/100107252.pdf>）

⁸⁷ 経済産業省「発電用風力設備の技術基準の解釈 6（一）」[15]

（URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20210414fuugi-kaisyaku.pdf）

⁸⁸ 電気関係報告規則第3条

（イ） 課題についての調査の結果

事故対応（雷対応）について

- ・ 電気関係報告規則により、事故が発生した際は、報告しなければならない⁸⁹。また、雷対応としてレセプター等の健全性を確認し、雷撃から風力発電設備を保護できるような措置を講じること、雷撃を受けた場合は確実な点検により健全性が確認できるまで風力発電設備を停止するなどの措置が依頼されている⁹⁰。（日本）
- ・ 行政命令により、事故発生時には速やかな情報提出が求められる⁹¹。（デンマーク）
- ・ 電力供給・保安規則により、事故時の報告が求められる⁹²。（イギリス）
- ・ 中華人民共和国安全生産法により、発電事業者は、事故が発生した際は安全生産監督管理職責を負う機関に、ただちに事故状況を報告しなければならない⁹³。また、中華人民共和国安全生産法により、事故発生時には事故の要因を排除し、審査を経て同意を得た場合に限り、生産経営及び使用を回復できる⁹⁴。（中国）
- ・ CFRの規定により、事故発生時には必要な要件を15日以内に報告することが求められる⁹⁵。（アメリカ）

（ウ） 日本と海外の調査結果の比較

デンマークでは行政命令により、事故発生時の速やかな情報提供が求められることがルール化されており、イギリス、中国、アメリカにおいては各国共に事故報告義務がある。日本においては、雷撃を受けた場合の健全性確認等が依頼されているが、海外においてはそのような法令や依頼等は見当たらない。

（エ） 今後の課題解決に向けた検討のポイント

洋上風力発電設備において陸上風力発電設備と同様に着雷後に確実に安全確認を行った上での運転を再開することは、アクセスの困難さから課題がある。洋上風力発電設備の着雷後の運転再開の安全確認がどのような方法を用いて実施すべきか検討する必要があると考えられる。

また、強雷エリア（冬季雷エリア）の設定を見直すことや、現在は、強雷エリア（冬季雷エリア）の風力発電設備に対しては落雷検出装置の設置が義務づけられているが、全てのエリアの洋上風力発電設備に対して落雷検出装置の設置を義務づけることも検討する必要があると考えられる。また、IoTやドローン、WEBカメラを活用しての健全性確認が可能かどうか検討する必要があると考えられる。

⁸⁹ 電気関係報告規則第三条

⁹⁰ 経済産業省「事業用風力発電設備に対する冬季雷前の点検強化の周知依頼について」[25]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/11/20191111-1.pdf)

経済産業省「事業用風力発電設備に対する夏季雷前の点検強化の周知依頼について」[24]

(URL:https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2020/06/20200602-1.pdf)

⁹¹ Executive Order No. 73 of 25 January 2013 on a technical certification scheme for wind turbines

(URL:<https://cas.ens.dk/media/1165/2013-05-07-teknisk-bkg-engelsk-oversaettelse-070513.pdf>)

⁹² The Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations 2002

(URL:<https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2002/2665/contents/made>)

⁹³ 中華人民共和国安全生産法第80条 (URL:https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/cn/law/pdf/invest_066_jp.pdf)

⁹⁴ 中華人民共和国安全生産法第62条 (URL:https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/cn/law/pdf/invest_066_jp.pdf)

⁹⁵ 30 CFR part 585 (URL:<https://www.ecfr.gov/current/title-30/chapter-V/subchapter-B/part-585?toc=1>)

4.2.5. 洋上での絶縁耐力試験の実施

（ア） 課題の背景及び内容

日本における風力発電設備の運転開始時の使用前自主検査については、風力発電設備竣工時に使用場所での検査の実施が義務づけられている⁹⁶。使用前自主検査の項目の中で絶縁耐力試験も義務づけられているが、本試験を洋上で実施するには、本試験で使用する試験機材に重量があること、作業スペースが狭いこと、本試験は高電圧をかけるため、塩分を含む飛沫が飛んでいる洋上の環境での実施は試験中に放電する可能性があること、放電の可能性があることで試験実施作業員の安全確保ができないことなどの問題がある。現行のルールでは試験実施及び報告ができない場合は発電設備の運転開始ができないこととなる。

（イ） 課題についての調査の結果

使用前自主検査について

- ・ 電気事業法により、使用前安全管理検査について発電事業者が自主検査を行うものとされている⁹⁷。特に、省令において、絶縁耐力試験について、電気使用場所での検査が規定されている⁹⁸。（日本）
- ・ 行政命令により、建設された風力発電設備に対して、必要要件を確認した文書を提出することが求められる。環境条件や使用用途、風力発電設備の規模により確認が免除される⁹⁹。（デンマーク）
- ・ 使用前自主検査に該当する規定は見当たらないものの、新設時には使用前の検査と報告が求められる¹⁰⁰。（イギリス）
- ・ 使用前自主検査に該当する規定は見当たらないものの、竣工検査として、工事事業者による自主検査の報告を台湾電力に提出し、地区営業所担当者の立ち合いのもと、試験送電の審査を受ける¹⁰¹。（台湾）

（ウ） 日本と海外の調査結果の比較

デンマークでは行政命令により建設された風力発電設備についての必要要件を確認した文書を提出することが求められているが、環境条件や規模により試験は免除される。他国においても使用前

⁹⁶ 経済産業省「使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈」の「別添資料 使用前自己確認結果届出書の別紙に関する様式例について」に、「現地試験結果による確認の有無」という項目があり、現地での実施が求められている [16]。

(https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/73-4kaisyaku.pdf)

⁹⁷ 電気事業法第51条

⁹⁸ 電気設備に関する技術基準を定める省令第14条～第16条

⁹⁹ Executive Order No. 73 of 25 January 2013 on a technical certification scheme for wind turbines 第5条によれば、ローター面積が40 m²以下の場合、教育・研究目的等のために特別に区画された場所で使用される場合やデンマーク領海および排他的経済水域に設置されている場合等において、認証が免除される。また、ローター面積が1 m²を超え5 m²以下の風力発電設備も認証が免除されるが、風力発電機の名称・住所等、タービンに関する説明、騒音データを含む技術データ等の情報を登録する必要がある。

(URL: <https://cas.ens.dk/media/1165/2013-05-07-teknisk-bkg-engelsk-oversaettelse-070513.pdf>)

¹⁰⁰ Bureau of Safety and Environmental Enforcement 「Offshore Wind Energy Inspection Procedure Assessment Final Report」 [17]に基づく。(URL: <https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/tap-technical-assessment-program/747aa.pdf>)

¹⁰¹ 一般財団法人電気技術者試験センター「海外諸国における電気技術者の技術・技能向上の取り組み（2020年度調査の概要）」 [14]に基づく。(URL: https://www.shiken.or.jp/pdf/2020_kaigai.pdf)

の検査についての報告書の提示が求められている。日本のように洋上風力発電設備設置場所での絶縁耐力試験の実施を規定する法令等は海外では見当たらない。

（エ） 今後の課題解決に向けた検討のポイント

洋上特有の環境により、使用前自主検査の絶縁耐力試験においては、重量がある検査機材を洋上に持ち込むことの困難さや、洋上で高電圧を使用することの危険性があるため、試験実施の安全性等を考慮すると代替案を検討する必要があると考えられる。港湾の岸壁（アッセンブル港）での試験を実施することで、代替の試験を実施したこととできないか、海外の運用実態についても更に調査を進め、検討する必要があると考えられる。

4.2.6. 重大事故発生時の説明責任と再発防止策の実施

（ア） 課題の背景及び内容

日本において公衆安全を脅かす可能性がある重大事故（飛散、倒壊、火災）が発生した場合は速やかな保安監督部への事故報告義務がある。保安監督部が重大事故と判断した場合は、経済産業省電力安全課のもと、新エネルギー発電設備事故対応構造強度ワーキンググループ（以下、新エネ WG という）にて審議が行われる。新エネ WG の審議では発電事業者に対して原因究明の報告書、再発防止策の策定が要請される。事故発生時には、発電事業者は国に対して、運転日誌、SCADA データ等の詳細なデータを開示することが要請される¹⁰²。これは風力発電機メーカーではなく、発電事業者のみに要請されるものである。しかし、発電事業者が取得可能な SCADA データの時間粒度は一般的には 10 分平均のデータであり、これは、事故原因の究明のための解析や検証には十分な時間粒度とはいえない。風力発電機メーカーは 1 分データ、1 秒データ等の詳細な SCADA データを保有している場合があるが、データの開示を依頼したとしてもその義務がないことで開示される SCADA データには制限がある。これが、事故原因の究明及び再発防止を難しくする一因となっている。

（イ） 課題についての調査の結果

事故発生時の発電事業者の保安監督部への説明責任と再発防止の実施について

- ・ 電気関係報告規則により、事故が発生した際は、報告しなければならない¹⁰³。（日本）
- ・ 法令に基づき、点検診断の結果その他の維持管理に必要な事項については、記録・保存を行う必要がある¹⁰⁴。（日本）
- ・ 再生可能エネルギー開発法により、所管官庁は発電事業者に対して運用に関する情報の提供を要求することができる¹⁰⁵。（台湾）
- ・ 行政命令により、年 1 回、国へサービスレポートを提出すること、発電事業者はそれを保管することが求められている¹⁰⁶。（デンマーク）

¹⁰² 経済産業省「電気関係報告規則第 3 条及び第 3 条の 2 の運用について（内規）」2. の(3) [18]
(URL: https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/houkoku3zyou.pdf)

¹⁰³ 電気関係報告規則第三条

¹⁰⁴ 港湾法施行規則 第 3 条の 9 第 2 項第 2 号、海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律施行規則第 5 条第 2 項第 2 号

¹⁰⁵ 再生可能エネルギー開発法 (Renewable Energy Development Act) 第 18 条
(URL: <https://law.moj.gov.tw/ENG/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0130032>)

- ・ BSH の規格により、発電所所有者と BSH で年 1 回会議を行うこと、そのために点検結果を提出することが規定されている¹⁰⁷。（ドイツ）
- ・ 設備の運転及び安全の確保に支障を及ぼすことがない場合は、国への報告は求められていないが、点検結果については発電事業者が記録し保存している¹⁰⁷。（イギリス）
- ・ DNV-GL の規格において、検査結果を報告することが定められている¹⁰⁸。（欧州）
- ・ 連邦規則により、建設・運営計画において必要とされる情報及びデータを収集できることを示す必要がある¹⁰⁹。（アメリカ）

（ウ） 日本と海外の調査結果の比較

海外では、必要なデータの収集、サービスレポートの提出や点検結果の報告等について法律で義務づけられており、日本においても同様に、維持管理に必要な事項について記録・保存を行うことが法律で義務付けられている。ただし、各国とも取得すべきデータ項目の詳細について規定された法令等は見当たらない。

（エ） 今後の課題解決に向けた検討のポイント

発電事業者が取得できる SCADA データの内容が一般的に 10 分平均のデータに制限されていることは、事故の原因究明と再発防止の課題となっている。

トラブル原因の部位にもよるが、1 分平均データや 1 秒平均データの取得が可能になれば原因究明及び再発防止の有効な手段になると考えられる。また、メーカーは 1 分データ、1 秒データ等の詳細な SCADA データを保有している場合がある。このことから事故発生時にはメーカーが保有している詳細なデータの開示義務を課すことを検討する必要があると考えられる。

事故発生時の原因究明及び再発防止には SCADA データの蓄積と解析が必要不可欠であり、風力発電設備の保安力を高めていくには、更に技術開発を進めていく必要がある。今後、中立的機関でデータセンターを設立し、日本に建設されている全ての風力発電設備の SCADA データを、アクセス制限を掛けた上で一元管理するといったことも考えられる。

¹⁰⁶ Executive Order No. 73 of 25 January 2013 on a technical certification scheme for wind turbines
(URL : <https://cas.ens.dk/media/1165/2013-05-07-teknisk-bkg-engelsk-oversaettelse-070513.pdf>)

¹⁰⁷ 海外の運用実態調査の結果による

¹⁰⁸ DNV-GL ST-0126

¹⁰⁹ 30 CFR part 585 (URL : <https://www.ecfr.gov/current/title-30/chapter-V/subchapter-B/part-585?toc=1>)

5. 日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討

5.1. 法制度上・運用上の課題のまとめと対応案

4.2で分析した課題について、その要因を整理すると、「アクセスが困難な環境条件を踏まえた保安力の維持・向上に向けた対応」「洋上での作業が困難な環境条件を踏まえた保安力の維持と作業安全性の向上に向けた対応」「発電事業者が取得できるデータが限られていることへの対応」の3点にまとめることができる。

本節では、現行の保安規制の水準を維持することを前提として、これら3点を、対応案を検討するにあたっての論点とし、法律及び技術の側面から、対応案の検討を行う。

5.1.1. 論点1「アクセスが困難な環境条件を踏まえた保安力の維持・向上に向けた対応」

洋上においては、気象海象条件の問題があり、アクセスが困難であるという課題がある。具体的には、4.2で分析した課題のうち、「定期事業者検査の周期」「自主保安における月1回以上の点検の実施」「風力発電所への駆けつけ2時間ルール」「着雷時の安全確認」が該当する。

「定期事業者検査の周期」については、陸上風力発電設備の場合と同様に、定期安全管理審査制度における定期事業者検査で規定された点検部位、点検方法、点検内容、点検周期に従って点検を行うことが求められている。

「自主保安における月1回以上の点検の実施」については、主任技術者が外部委託で配置されている風力発電設備以外は、月1回以上の点検が法的には義務づけられていないものの、保安規程に含めることが事実上要請されている。

「風力発電所への駆けつけ2時間ルール」については、法的には全ての風力発電所に対してかけつけまで2時間という時間制限があるわけではないものの、事実上は全ての風力発電所に対して2時間以内にかかけつけられるようにすることが要請されている。

「着雷時の安全確認」については、発電事業者が、雷雲接近時の停止や着雷時の安全確認（目視による）などの対応規程を定めて対応している。

上記の課題はいずれも、洋上風力発電所までのアクセスが困難であるために、法律上の規定または事実上要請されているルールを遵守することが難しい。

これに対する技術的な対応案としては、CMSなどを活用し点検すべき部位ごとの状態監視を徹底することやSCADAデータを切れ間なく長期に保存してデータを詳細に解析すること、Webカメラ、IoT、ドローン等を活用して確認を代替すること、また、ヘリコプターを活用して風力発電設備にアクセスすることなどが考えられる。

法的な対応案としては、まずはこれらルールの見直しの必要性について検討する必要がある。見直す場合は、公衆安全に影響が生じないかどうかや、前述の技術的な対応を行うことによって保安規制の水準を維持できるかどうかについても検討する必要があると考えられる。

5.1.2. 論点2「洋上での作業が困難な環境条件を踏まえた保安力の維持と作業安全性の向上に向けた対応」

洋上においては、洋上特有の環境条件により、作業が困難であるという課題がある。具体的には、4.2で分析した課題のうち、「洋上での絶縁耐力試験の実施」が該当する。

使用前自主検査は、風力発電設備竣工時に使用場所での検査の実施が義務づけられており、それには絶縁耐力試験も含まれているが、洋上においては塩分を含む飛沫が飛ぶこと、作業スペースが狭いこと等によって、試験中に放電の可能性があるため、試験実施作業員の安全確保ができない等の課題がある。

これに対する法的な対応案としては、港湾の岸壁（アッセンブル港）での試験を実施することで、代替の試験を実施したこととするといったことが考えられる。

5.1.3. 論点3「発電事業者が取得できるデータが限られていることへの対応」

発電事業者が取得できるSCADAデータに制限があるために事故原因の究明及び再発防止が難しいという課題がある。具体的には、4.2で分析した課題のうち、「重大事故発生時の説明責任と再発防止策の実施」が該当する。

日本においては、重大事故発生時に発電事業者が国に対して運転日誌、SCADAデータを開示することが要請されるが、風力発電事業者が取得可能なSCADAデータは事故原因の究明のための解析や検証には十分な時間粒度とは言い難い。他方で、風力発電機メーカーは、発電事業者よりも詳細なデータを取得している場合もあるが、風力発電機メーカーにデータの提出義務はないため、発電事業者が取得できるSCADAデータには制限があるという課題がある。

これに対する法的な対応案としては、メーカーに対してもデータの開示義務を課すことを検討することが考えられる。また、中立的な機関を設立し、SCADAデータの管理をその機関において行うということも考えられる。

5.2. 今後に向けた提言

欧州等の海外においては法的な保安規制がある国もあるものの、概して契約の中でルールを決め、メーカーの運用マニュアルによって安全が担保されているのが実態であり、そのような運用をする中でも事故等の問題は目立っていないようである。また、日本とは環境条件が異なり遠浅な地形のため、台風、地震などの自然災害のリスクが比較的低いといえる。これらを踏まえて、海外において事故等の問題が目立たない理由や、日本において課題となっていることが海外においてどのような実情にあるのか調査し、日本の実情に合った制度や技術は何か、日本に導入すべきでないものは何かを明らかにしていくことが考えられる。

また、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ（案）」（2021年4月1日 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会）[13]によると、政府は洋上風力産業のアジア展開を見据えて、産業競争力強化と低コスト化の観点から、技術開発を進めている。運用保守に関しては、洋上風力サプライチェーンのコストのうち36.2%を占めているところ、デジタル技術等によりメンテナンスを高度化し、コストを低減することが目指されている[13]。

運転保守に関する技術開発の例としては、風車運転保守データ及びCMSデータ収集システムの高度化、低コストの監視及び点検技術（遠隔モニタリングと状態監視メンテナンスのための新たなセンサーとアルゴリズム、空中・水中ドローン、点検ロボット、通信技術等）の開発、センサー・CMS・運転データを利用した雷による損傷を自動的に判別するシステムの確立等が挙げられている。

このような運転保守に関する技術開発は、本事業における調査や有識者委員会での議論において挙げられた課題への対応策となりえる。日本においては、日本の特有の環境条件（気象条件、地形等）や過去の事故事例を踏まえて保安規制が設定されているため、まず現行の保安規制の水準を維持することを前提として、今後の日本の洋上風力発電設備のあり方として次のように提言を行う。

5.2.1. 提言1「アクセスの困難さに対するセンサー等の代替手段の検討」

論点1「アクセスが困難な環境条件を踏まえた保安力の維持・向上に向けた対応」に対しては、現行の保安規制の水準を維持することを前提とした上で、「陸上風力発電所と比較して、より厳しい環境条件である点を踏まえてどうあるべきか」について検討する必要があると考える。

例えば、点検周期については、「より点検周期を上げる必要がある部位があるのか」「より点検周期を下げて良い部位があるのか」「新たな技術や既存の活用可能な技術による代替手段を導入した場合、点検周期を見直すことが可能であるか」「そのような見直しを行うことで保安力向上にどのように寄与するのか」といったことを検討することが考えられる。

また、主任技術者のアクセス性については、「洋上風力発電所へのアクセス性が他の電源や陸上風力発電所と比較して低下する状況を踏まえ、保安力を維持するためには、新たな技術や既存の活用可能な技術による代替手段としてどのようなものがあるのか」「それにより代替できる業務はどのようなものがあるのか」といったことを検討することが考えられる。

具体的には、例えば、点検方法、点検周期、ならびに健全性の確認方法等の見直しを行うために、品質や精度を維持したままセンサー等により置き換えることができる項目はなにか、そのために必要なデータの水準は何かを整理したり、陸上風力において開発が進んでいるスマートメンテナンス技術¹¹⁰の洋上風力への活用を検討したりすること等が考えられる。

5.2.2. 提言2「洋上での作業の困難さに対するより安全な代替手段の検討」

論点2「洋上での作業が困難な環境条件を踏まえた保安力の維持と作業安全性の向上に向けた対応」に対しては、「陸上風力発電所と比較して、より厳しい環境条件である点を踏まえて、保安力を維持しつつ、より安全な作業になるような手順や代替手段はどのようなものがあるのか」について考える必要があると考える。

例えば、「そのような代替手段が活用できるのは、どのような点検項目や部位か」「海外での現状を踏まえて、保安力を維持した点検方法の見直しとして、どのようなものが考えられるのか」といったことを検討することが考えられる。

また、塩害等の洋上特有の環境における作業について、海外では洋上での検査を極力陸上で代替しているという現状を踏まえ、海外での技術開発の状況や対応の実態について調査を行い、どのような手段

¹¹⁰ 参議院常任委員会調査室・特別調査室「風力発電メンテナンスにおける担い手の育成— AIを活用したメンテナンス技術の導入 —」によれば、スマートメンテナンス技術とは「風車に設置されている状態監視システム（CMS：Condition Monitoring System）データとAIを活用して大型部品の異常検知や故障予知を行う技術」のことである。[31]

で事故や不良を防止しているのかを明らかにし、日本において実施できるかどうか検討することが考えられる。

5.2.3. 提言3「保安の責任を果たすために必要なデータ項目等の検討」

論点3「発電事業者が取得できるデータが限られていることへの対応」に対しては、「発電事業者が自らの保安の責任を果たすために必要なデータ項目及びその時間粒度はどのようなものか」について考える必要があると考える。

例えば、発電事業者が重大事故時の原因究明と再発防止策を検討できるようにするために、発電事業者が必要とするデータ項目及びその時間粒度と発電機メーカーが提供すべきデータ項目及びその時間粒度を整理し、データ自体は平常時から蓄積しておき、重大事故時等の必要なときに必要な情報を発電事業者が発電機メーカーから取得できる仕組みづくりを行うこと等が考えられる。

ただし、発電事業者と発電機メーカーの間でのデータ開示に関する契約は、個々の契約によって異なることが考えられるため、その実態の調査が必要となると考えられる。また、データの保存項目及び保存方法についても、発電事業者や発電機メーカーによって様々あるため、その実態の調査を行った上で、重大事故時の原因究明と再発防止策に必要なデータの項目及びその時間粒度について検討が必要であると考えられる。

5.2.4. 提言4「公衆安全に対するリスクの違いの明確化」

日本においては、風力発電設備の飛散、倒壊、火災により第三者に対して重大な被害を及ぼす可能性がある事故を「公衆安全（公共の安全の確保）に影響を及ぼす可能性がある事故」とし、これを予防することを目的として、定期安全管理審査制度における定期事業者検査において点検部位、点検方法、点検内容、点検周期が定められている。

他方で、洋上においては、陸上と環境条件が異なり風力発電設備で飛散、倒壊、火災等が発生した場合における公共の安全に対する影響が設置場所によっても異なることが考えられる。また前述のとおり、洋上の場合は陸上と比べて現地へのアクセスが困難であるため、保安力を維持しつつそれに対応した柔軟な点検の方法が必要になると考えられる。

それらを踏まえ、設備の健全性把握の技術や維持管理データの活用による監視の高度化による保安力向上への効果や海外での先行事例を加味した、洋上風力発電設備に適合した点検の方法（点検部位、点検方法、点検内容、点検周期等）を今後検討していく必要があると考えられる。

6. まとめ

本事業においては、まず「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」として、洋上風力発電事業に関わる海外企業等に対するヒアリング調査や文献調査を実施して、海外の運用実態を把握した。次に「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」として、日本の洋上風力発電事業に関わる事業者に対するヒアリング調査を実施して、日本において洋上風力発電事業を実施するにあたって現行の電気事業法に関する保安規制を遵守する中で実務上運用の課題となる点を把握した。続いて、これら「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」及び「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」の結果を受けて、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理」を行った。更に、この整理した課題を踏まえて、「日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討」を行った。

「海外の洋上風力発電設備の運用実態調査」の調査項目の設定や、「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の整理」、「日本の洋上風力発電設備に関する保安規制のあり方の検討」においては、有識者委員会にてご議論いただき、その結果を反映した。

本事業のまとめとして、日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方を、次のようにまとめる。

日本の洋上風力発電設備に係る保安規制のあり方として、まず現行の保安規制の水準を維持することが前提としてある¹¹¹。我が国においては、発電事業者による自主保安が基本であり、発電事業者が自主保安を遵守し公衆安全を担保するためには、発電事業者が責任を果たすための十分な能力が必要である¹¹²。

本事業においては、陸上風力発電設備の保安規制を洋上風力発電事業にそのまま適用すると、その責任を果たす上で問題となる課題があることを確認し、それら課題を次の3つの論点に整理した^{111 113}。

論点1 「アクセスが困難な環境条件を踏まえた保安力の維持・向上に向けた対応」

論点2 「洋上での作業が困難な環境条件を踏まえた保安力の維持と作業安全性の向上に向けた対応」

論点3 「発電事業者が取得できるデータが限られていることへの対応」

今後保安規制の見直しを行う際は、これまでの陸上風力発電設備の運用を経て現在の保安規制ができたという経緯を十分に踏まえつつ、更に洋上風力発電設備の設置場所の環境条件は陸上風力発電設備の設置場所以上に厳しい環境条件であることを考慮した上で、公衆安全が十分確保できることを前提として、さらなる安全性の向上に資するために、このような論点についての検討を行うべきである¹¹¹。

こうした検討を行うにあたっては、例えば、IoT、ロボット技術、ドローン技術、スマートメンテナンス技術などの活用、ヘリコプターを活用した風力発電所へのアクセスなど、新しい技術や既存の活用可能な技術で代替できる項目の検討等が重要となる。欧州等の海外においては、法的な保安規制がある国

¹¹¹ 有識者委員会の議論より

¹¹² 電気事業法第二款

¹¹³ 「日本における洋上風力発電設備の運用に関する課題の調査」のヒアリング結果より

もあるものの、概して契約の中でルールを決め、メーカーの運用マニュアルによって安全が担保されているのが実態であり、遠隔監視技術等も既に活用されている。海外においてこのような運用をする中で、日本において課題となっていることについてどのように対応しているのかを調査し、日本の実情に合った制度や技術は何か、日本に導入できること、導入すべきでないものは何かを明らかにしていくことが、日本における保安規制を検討する際のポイントとなると考える。また、発電事業者が自らの保安の責任を果たすためには、発電事業者が風力発電設備の詳細なデータを取得して正確な状態を把握できることも重要であり、このために必要なデータ項目やその時間粒度の検討も必要と考える。更に、確保すべき公衆安全のリスクについて陸上と洋上の違いを明確にすることも必要だと考える¹¹⁴。

本事業の成果が、今後の日本の洋上風力発電設備導入促進に係る一層の安全確保及び保安の高度化の一助となることを期待し、以上をもって本調査報告書のまとめとする。

¹¹⁴ 有識者委員会の議論より

7. 調査文献

1. **洋上風力発電施設検討委員会**. 洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説（令和2年3月版）.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）<https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>.
2. -. 洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説（令和2年3月版）.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）<https://www.mlit.go.jp/common/001339422.pdf>.
3. **経済産業省**. 平成27年度未利用エネルギー等活用調査（風力発電設備の維持及び管理の動向調査）報告書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）
https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11279621_po_000131.pdf?contentNo=1&alternativeNo=
4. -. 平成23年度洋上風力発電に係る安全規制を中心とした動向調査 成果報告書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）
https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11240088_po_E002689.pdf?contentNo=1&alternativeNo=
5. **公益財団法人日本海事センター**. 英国海事分野における洋上風力に関する動向 調査報告書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）<https://www.jpmac.or.jp/file/522.pdf>.
6. **経済産業省**. 平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業（洋上風力着床式に関する技術基準と審査方法に関する調査）報告書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000625.pdf.
7. -. 平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（小出力発電設備に該当する太陽電池発電設備及び風力発電設備の業界状況及び保安実態調査）報告書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000100.pdf.
8. -. 平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（風力発電設備データ利活用検討調査）報告書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000101.pdf.
9. **国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構**. 2013年度～2017年度成果報告書 風力等自然エネルギー技術研究開発/風力発電高度実用化研究開発/スマートメンテナンス技術研究開発（分析）（リスク解析等）.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）
<https://seika.nedo.go.jp/pmg/PMG01C/PMG01CG01>.
10. -. 平成25年度～平成29年度成果報告書 風力等自然エネルギー技術研究開発 風力発電高度実用化研究開発 スマートメンテナンス技術研究開発（分析）（疲労予測等）.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）<https://seika.nedo.go.jp/pmg/PMG01C/PMG01CG01>.
11. **一般財団法人エンジニアリング協会** **海洋再生可能エネルギーの動向調査 WG**. 2019年度報告書 海洋再生可能エネルギーの動向調査 ～洋上風力発電の動向調査～.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）<https://www.ena.or.jp/?fname=ena2019-kks01.pdf>.
12. **一般財団法人日本海事協会**. 風車及びウィンドファームの認証に関するガイドライン.（オンライン）2014年.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/authentication/windmill_attestation/ja/gl_certification_windturbines_andfarm_j201608.pdf.

13. **洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会**. 洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ（案）.（オンライン）2021年4月1日.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/sagyo_bukai/pdf/003_03_00.pdf.

14. **一般財団法人電気技術者試験センター**. 海外諸国における電気技術者の技術・技能向上の取り組み（2020年度調査の概要）.（オンライン）2020年.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.shiken.or.jp/pdf/2020_kaigai.pdf.

15. **経済産業省**. 発電用風力設備の技術基準の解釈.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20210414fuugi-kaisyaku.pdf.

16. -. 使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/73-4kaisyaku.pdf.

17. **Bureau of Safety and Environmental Enforcement**. Offshore Wind Energy Inspection Procedure Assessment Final Report.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）

<https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/tap-technical-assessment-program/747aa.pdf>.

18. **経済産業省**. 電気関係報告規則第3条及び第3条の2の運用について（内規）.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/houkoku3zyou.pdf.

19. -. 電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈（20170323商局第3号）.（オンライン）2017年3月31日.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20210414teiken-kaisyaku.pdf.

20. -. 平成15年経済産業省告示第249号（電気事業法施行規則第52条の2第一号ロの要件等に関する告示）.（オンライン）2015年.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.safety-kanto.meti.go.jp/denki/seminar/data/27fy_02.pdf.

21. -. 電気設備の技術基準の解釈.（オンライン）2018年10月1日.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/dengikaishaku.pdf.

22. -. 様式第46条主任技術者選任又は解任届出書.（オンライン）（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/senkaininyoushiki.pdf.

23. **独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構**. 日本型風力発電ガイドライン 落雷対策編.（オンライン）2008年.（引用日：2022年2月22日.）<https://www.nedo.go.jp/content/100107252.pdf>.

24. **経済産業省**. 事業用風力発電設備に対する夏季雷前の点検強化の周知依頼について.（オンライン）2020年6月2日.（引用日：2022年2月22日.）

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2020/06/20200602-1.pdf.

25. ー. 事業用風力発電設備に対する冬季雷前の点検強化の周知依頼について. (オンライン) 2019年11月11日. (引用日: 2022年2月22日.)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/11/20191111-1.pdf.

26. ー. 主任技術者制度に関するQ&A. (オンライン) 2021年4月. (引用日: 2022年2月22日.)

<https://www.safety-kanto.meti.go.jp/denki/jikayou/data/PDF/QA.pdf>.

27. ー. 第6回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループの資料1. (オンライン) 2021年6月15日. (引用日: 2022年2月22日.)

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/006_01_00.pdf.

28. ー. 主任技術者制度の解釈及び運用 (内規). (オンライン) 2019年3月11日. (引用日: 2022年2月22日.)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2019/3/20190314-2.pdf.

29. ー. 使用前・定期安全管理審査実施要領 (内規). (オンライン) 2017年3月. (引用日: 2022年2月22日.)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/170331shiyoumae.pdf.

30. 国土交通省. 技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示 (国土交通省告示第三百六十四号). (オンライン) 2018年3月31日. (引用日: 2022年2月22日.)

<https://www.mlit.go.jp/common/001230749.pdf>.

31. 参議院常任委員会調査室・特別調査室. 風力発電メンテナンスにおける担い手の育成ー A Iを活用したメンテナンス技術の導入 ー. (オンライン) 2019年11月. (引用日: 2022年2月24日.)

https://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rippou_chousa/backnumber/2019pdf/20191101057.pdf.