

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.1-3

新エネルギー技術研究開発/
洋上ウィンドファーム開発支援事業/

風車故障事故の実態と原因解明・早期復旧 に関する国内外の動向調査

発表：2025年7月17日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 井関直政

*団体名 (株)風力エネルギー研究所

問い合わせ先 株式会社風力エネルギー研究所

E-mail: iseki@windenergy.co.jp TEL: 03-6811-2515

■ 背景

- 風力発電の導入・拡大が推進される中、風車の大形化やウィンドファームの大規模化，さらに洋上風車の設置など風力発電設備が大きく発展している。
- 技術面における品質管理やトラブルに対する保守・メンテナンスや日本特有の気象条件に起因する諸問題による風車稼働率の低下等の影響が発生している。
- 風車の故障・事故調査は、2004年より継続的に実施されており、各フェーズにおいて故障事故の把握、稼働率向上、運用高度化など目的に実施されてきた。

■ 事業目的

- 本事業の目的：
 - ✓ 国内風車のダウンタイム及び運転維持コストの低減と発電量向上を目指す。
 - ✓ 国内外の陸上および洋上風力発電の故障・事故の情報収集を行う。
 - ✓ 故障事故の実態と原因解明・早期復旧に関する動向を調査する。

上記の実施により、発電コスト低減に寄与することを目的とする。

■ 事業内容

(1) 国内風車（洋上，陸上）事故の実態と原因解明および早期復旧に関する動向調査

- ①故障・事故調査（アンケート，ヒアリング）：**故障・事故発生率，発生原因，故障部位など**
- ②O&M・事業実態調査（アンケート，ヒアリング）：**風車稼働率，廃棄実績・計画など**
- ③落雷調査（主に現地調査，再委託：中部大学）：**落雷影響評価**

(2) 風車故障事故と原因解明に係るデータベース（DB）の作成

- ①調査結果の形式化：**DB登録に向けたアンケート質問票の形式を統一**
- ②DB登録の合理化：**ブラウザからのアンケート回答の実施とDB登録の自動化**
- ③DB等のシステム開発：
要求事項，要件定義，基本設計，詳細設計に基づくシステム開発，実装，保守など

(3) 海外動向調査およびIEA Wind国内委員会の運営

- ①IEAおよびIEA Windの活動調査：**主にIEA WindのTaskおよびTEM等の活動の掌握**
- ②IEA Wind国内委員会の運営：**委員会の開催（年3回），セミナーの開催（年1回）**
IEA WindのTaskおよびTEM等への国内参加者の活動支援
- ③海外動向調査：**海外の風力発電事業および技術動向についての情報収集**

■ 事業スケジュール

▼ ステージゲート

	2023	2024	2025	2026	2027
(1) 国内風車（洋上，陸上）事故の実態と原因解明および早期復旧に関する動向調査					
故障・事故調査	アンケート調査	アンケート調査 ヒアリング調査	アンケート調査	アンケート調査 ヒアリング調査	アンケート調査
O&M・事業実態調査	アンケート調査	アンケート調査 ヒアリング調査	アンケート調査	アンケート調査 ヒアリング調査	アンケート調査
落雷調査 (中部大学)	落雷調査	落雷調査	落雷調査	落雷調査	落雷調査
(2) 風車故障事故と原因解明に係るデータベース（DB）の作成					
DB開発	要求整理	要件定義	基本設計 詳細設計	開発・実装 (テスト)	テスト 運用・保守
(3) 海外動向調査およびIEA Wind国内委員会の運営					
IEA Windおよび国内委員会運営	・委員会 ・セミナー	・委員会 ・セミナー	・委員会 ・セミナー	・委員会 ・セミナー	・委員会 ・セミナー
国内外動向調査	適宜情報収集				

(1)-① 故障・事故調査

■ 調査対象：系統連系風車（小形風車を除く），3日以上の停止（メンテナンスを除く）

■ 調査項目（アンケート方式）

故障・事故調査

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・故障・事故の発生要因 ・故障・事故の発生日 ・風車停止期間 ・運開から故障・事故発生までの期間 ・故障・事故発生時の気象 ・故障・事故発生時の風況 | <ul style="list-style-type: none"> ・故障・事故の発生場所，地区区分 ・対象風車規模 ・故障・事故発生部位 ・被害状況 ・復旧処理対策 ・復旧に要した費用 |
|---|--|

O&M・事業実態調査

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・風車数 ・SCADAおよびCMSの状況 ・メンテナンス ・稼働率 | <ul style="list-style-type: none"> ・リプレース ・落雷対策 ・早期復旧対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・事業運用 ・LTSA(長期保守契約) ・GWOと教育 |
|--|--|---|

■ 調査結果（回答数）

年度	故障・事故調査	O&M・事業実態調査
2023年度（2022年度対象）	45事業者（風車818件）	47事業者
2024年度（2023年度対象）	38事業者（風車959件）	36事業者

■ ヒアリング調査：7件

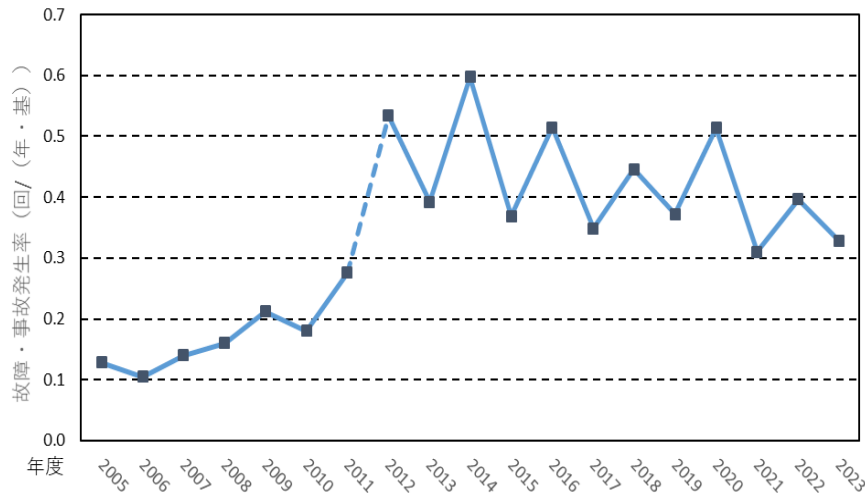
(1)-① 故障・事故調査

■ 2024年度実施の調査協力状況調査協力状況（事業者数・風車基数・設備容量）

回答状況	事業者基準		風車基数基準		設備容量（kW）基準	
	回答数	構成比	回答数	構成比	回答数	構成比
協力する	38	33%	959	63%	1,707,373	60%
協力できない	15	13%	174	11%	354,636	12%
回答なし	62	54%	386	25%	796,005	28%
合計	115	100%	1,519	100%	2,858,014	100%

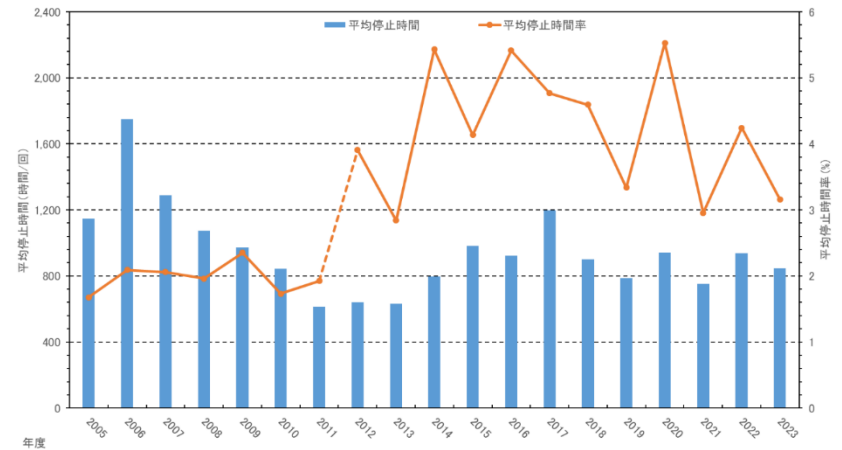
→38件の事業者からの回答で，協力依頼した**風車の63%**，**設備容量の60%**をカバー

■ 故障・事故発生率の推移



→2012年度以降，**全体的に減少傾向**
2023年度発生件数：315件，発生率：0.33/基・年

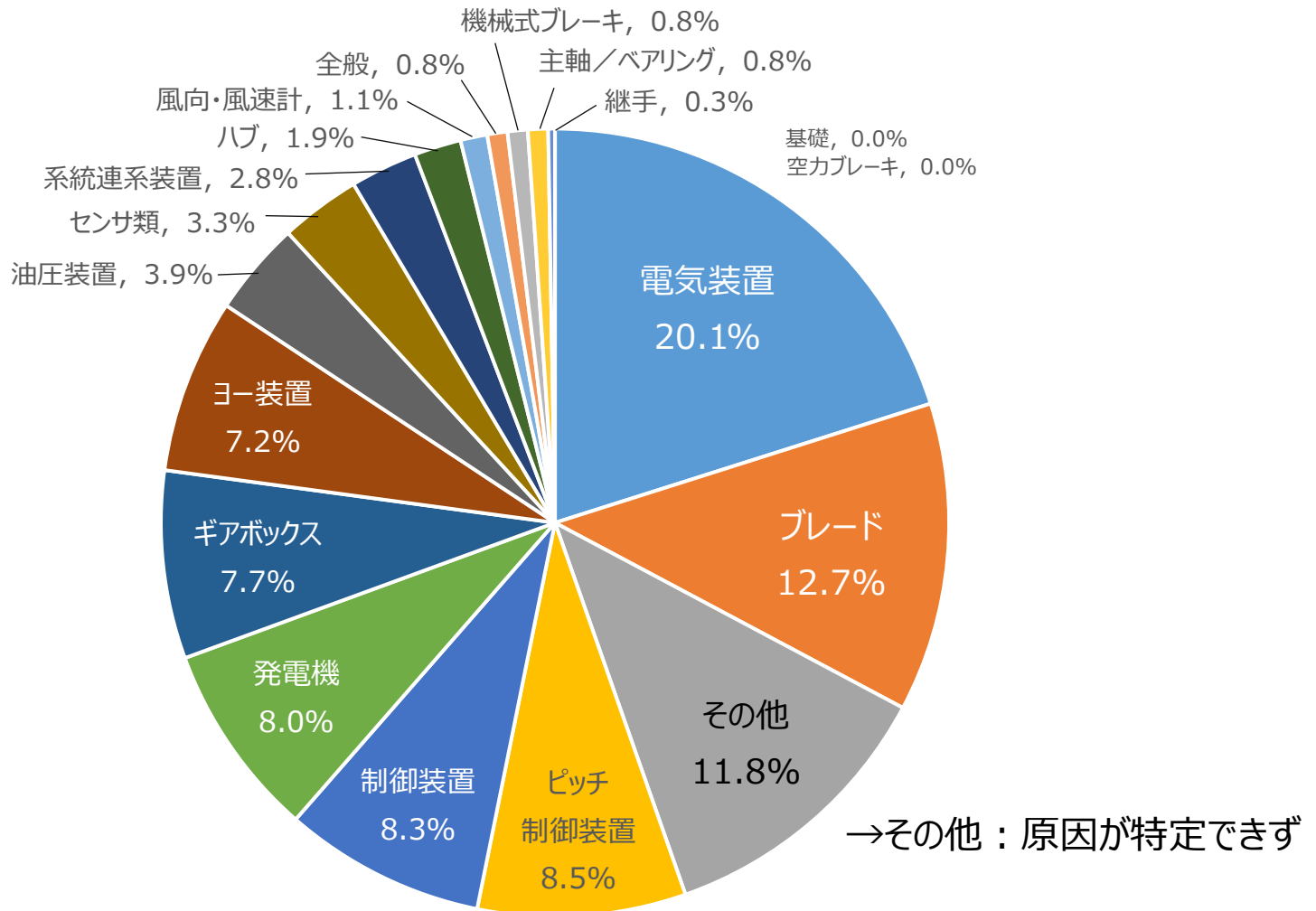
■ 故障・事故による平均停止時間と平均停止時間率の推移



→平均停止時間は**2017年度以降に減少傾向**
平均停止時間率も**減少傾向**

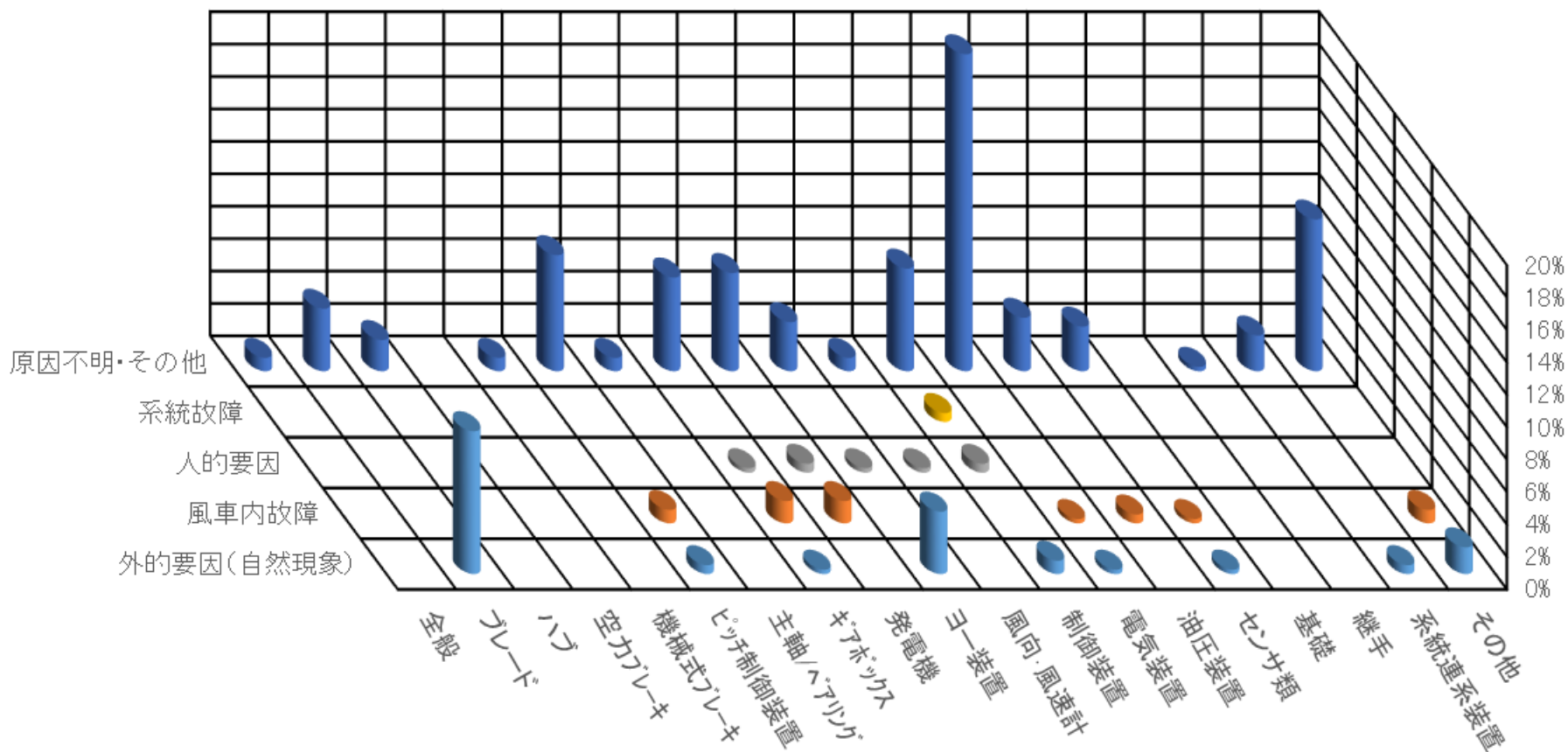
(1)-① 故障・事故調査

■ 発生部位別集計（複数回答：363件）



(1)-① 故障・事故調査

■ 故障・事故発生要因別の故障部位別発生状況



→ 発生要因と故障部位の傾向を見ると、以下の比率が高く見られた。

- ・自然現象： 「ブレード」, 「ヨー装置」
- ・風車内故障： 「ギアボックス」, 「発電機」, 「ピッチ制御装置」, 「油圧装置」
- ・人的要因： 「発電機」, 「制御装置」
- ・原因不明・その他： 「電気装置」, 「ピッチ制御装置」

(1)-② O&M・事業実態調査

■ 稼働率の経年比較（中央値）

（%）	年度						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
時間稼働率	71.3	81.6	72.0	74.4	75.7	75.0	69.7
利用可能率	93.1	90.8	92.1	95.1	93.6	97.0	93.0

■ 風車運転状況の分類

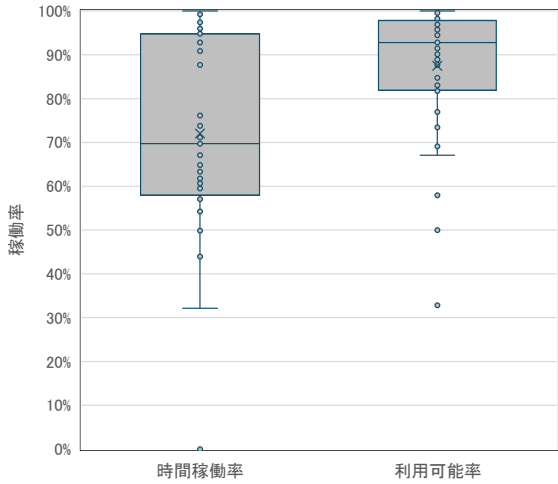
レベル1	レベル2	レベル3	定義
運用中	サービス提供中	①全性能運転 (通常運転)	パワーカーブに従って発電している状態（設計仕様通りに技術的な制限や制約がなく機能していること）
		②部分性能運転 (制限運転)	技術的な制限又はその他の制約により運転が制限されている状態
	サービス提供外	③技術的待機中 (技術的理由による待機)	発電のために必要な性能確認等での待機状態（例えば、安全系確認、部品・システムの自己確認、ケーブルツイスト、セーフティーループテスト、高温、低温、他）
		④運転可能環境条件外 (環境条件逸脱による待機)	自然環境が設計条件外の場合の待機状態（例えば、カットイン/カットアウト風速外、外気温、湿度、着氷、他）
		⑤要求停止 (強制待機)	各種要求による停止 例）当局からの指示、風力発電事業者の要求・指示（訓練・見学）、保安の確保（落雷事故・アイスロー予防など）、系統側からの指示・要求（送電線の計画停止、カーテイルメントなど）、風車メーカーからの要求（セクターマネジメントなど）を含む
		⑥運転可能電気的的条件外 (電気的的条件逸脱による待機)	風力発電所の電気的設計条件範囲外であること（例えば、過電圧、低周波数、相不平衡、電圧低下、他）
停止中	⑦計画メンテナンス (定期メンテナンス)		メンテナンス要領書による定期的なメンテナンスによる停止状態 ・予定の時間間隔で行うメンテナンス ・部品等が予定の累積動作時間に達した時に行うメンテナンス
	⑧維持・改良保全作業 (計画修繕)		予め定められていないが、定期的メンテナンス以外の維持、復帰、改善による停止状態。または、SCADA、CMS等による状態監視システムによる警報・アラーム等による事前の是正措置による停止。
	⑨強制停止 (故障・事故)		風力発電所の損傷・故障・事故・警報等での自動あるいは手動による強制停止
	⑩保守保全の中断 (作業の一時停止)		人的安全又は装置の安全により、上記作業が開始できない状態で停止
⑪不可抗力			異常事象、異常環境によりコントロールできなくなった状態

■ 稼働率の計算式

$$\text{時間稼働率} [\%] = \frac{\text{実際に回転していた合計時間}}{\text{年間総時間}} \times 100$$

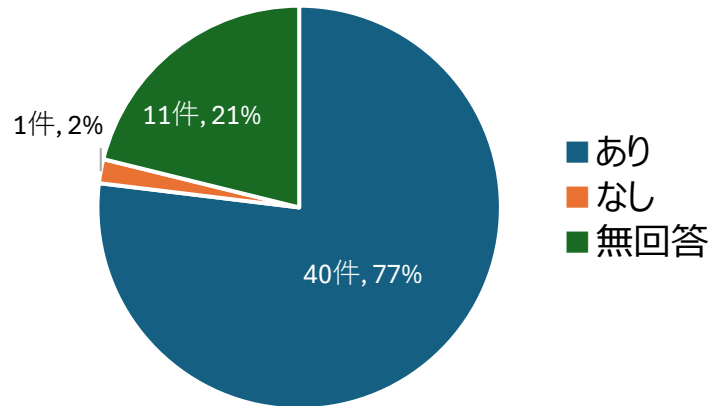
$$\text{利用可能率} [\%] = \frac{\text{年間総時間} - (\text{⑦定期メンテ} + \dots + \text{⑩故障時間} + \dots)}{\text{年間総時間}} \times 100$$

■ 稼働率の変動幅

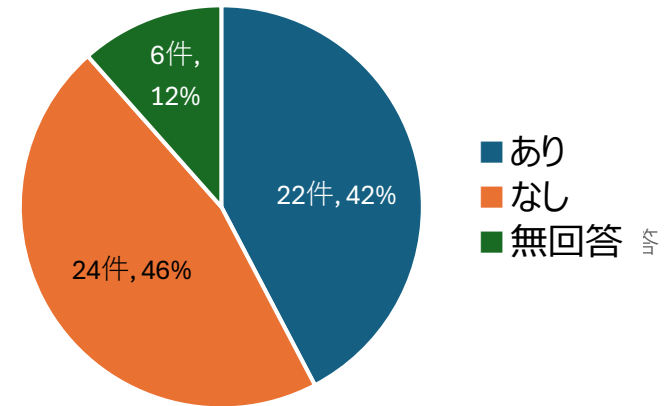


(1)-② O&M・事業実態調査

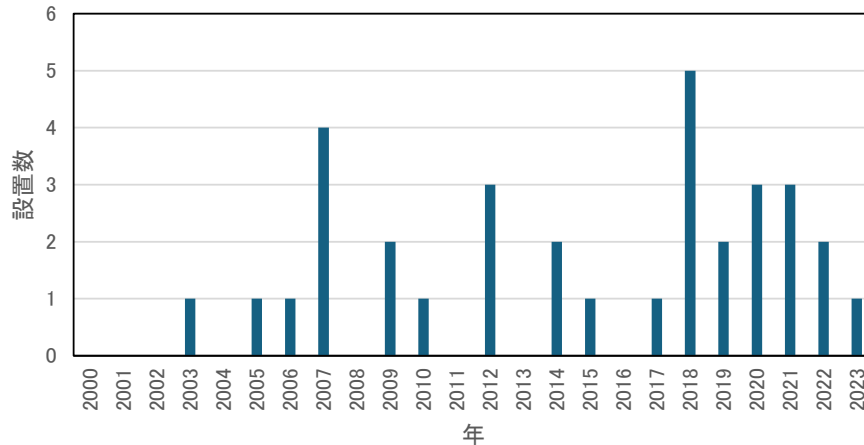
■ SCADAの設置の有無



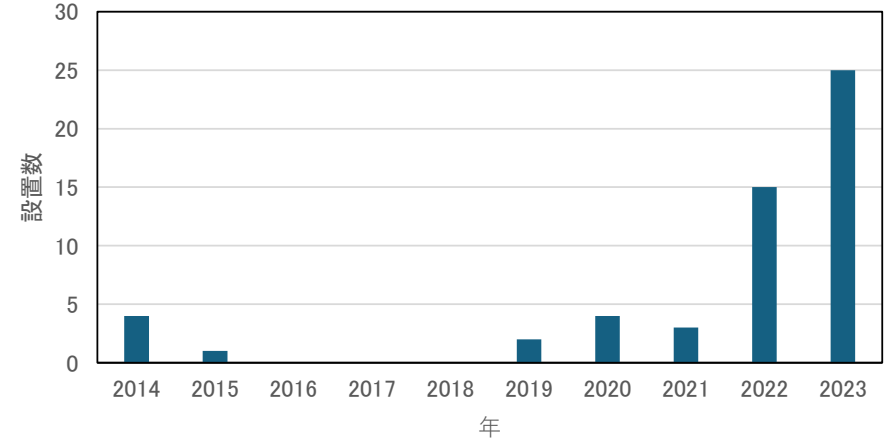
■ CMS設置の有無



■ SCADA設置年



■ CMS設置年



- ・SCADAは、風車建設時に同時に設置されるため、SCADA設置年は、風車の設置年を意味する。
 ・CMSは風力発電所の運用開始時から導入される場合と、運用開始後に追加される場合がある。
 ・CMSの設置は比較的最近に進められたことが示され、風力発電所の運営と保守管理の高度化が窺える。

※SCADA：風車の監視・制御・遠隔操作を行うシステム

CMS：風車の状態診断・故障予兆検知を行うシステム

(1)国内風車事故の実態と原因解明および早期復旧に関する動向調査

■ まとめ

①風車故障・事故調査

- ・2023年度（調査対象年）の対象風車959基（対象風車数：63%，設備容量基準：60%）から、315件の故障事故が確認できた。
- ・故障事故発生率が0.328回/（年・基）であった。
- ・平均停止時間は277.7時間/（年・基）（平均停止時間率3.16%）であった。
- ・3日未満で対応可能な故障であっても、現地対応や部品調達の遅れで3日以上かかるケースがある。

②O&M・事業実態調査

- ・大型部品の調達が長期化しやすく、ダウンタイムの主因となる可能性がある。
- ・予防的メンテナンスとしてCMSの活用が推奨されるが、事業者によっては設置や設定の問題があり、予測精度の向上が課題となっている。
- ・出力抑制や気象リスクなど、設備外要因の影響など、事業者単独では対応困難な領域も多い。
- ・風車の稼働率を改善するには故障発生率の低減と速やかな修理による早期復旧が重要である。
- ・早期復旧対策として、予備品の確保、監視体制、マニュアル整備、人材育成、データの一元管理体制の強化が重要である。

③落雷調査

- ・レセプタ構造やダウンコンダクタの設計に起因する異常着雷やピンホール被害が多数報告された。
- ・特にピンホールは再落雷のリスクが高く、重大事故につながる可能性があるため、表面だけでなく内部の対策が重要である。

(2) 風車故障事故と原因解明に係るデータベースの作成

■ データベース作成作業のイメージ

① 調査結果の形式化：

DB登録に向けたアンケート質問票の形式を統一

② DB登録の合理化：

ブラウザからのアンケート回答の実施とDB登録の自動化

③ DB等のシステム開発：

要求事項，要件定義，基本設計，詳細設計に基づくシステム開発，実装，保守など
(下記の表を参照)

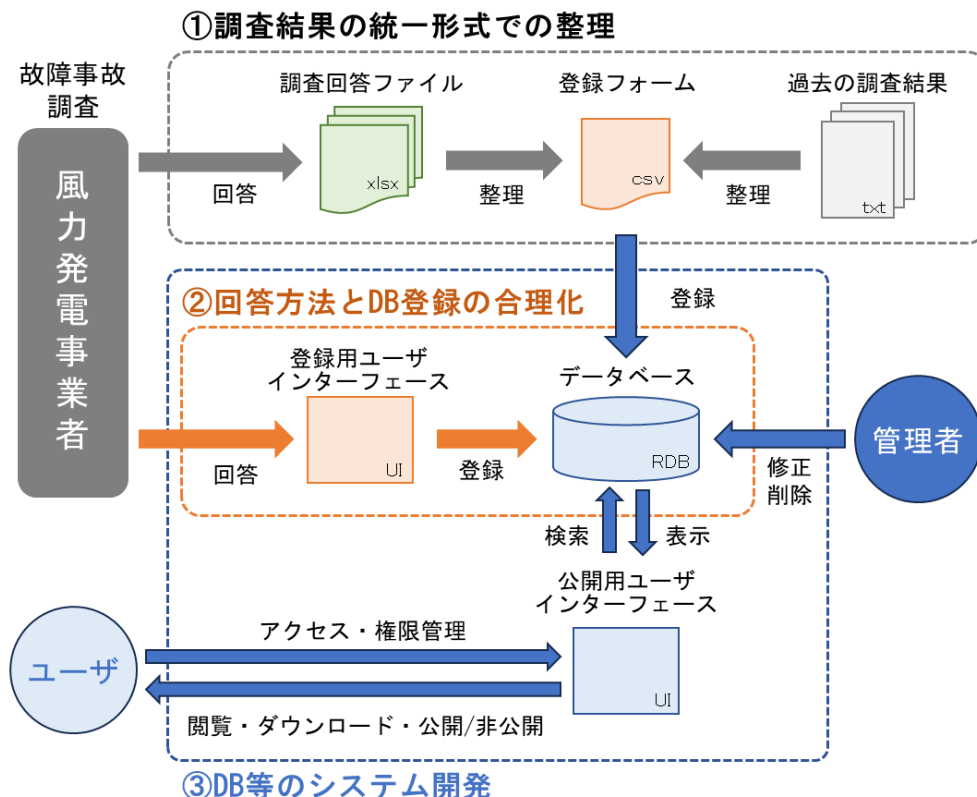
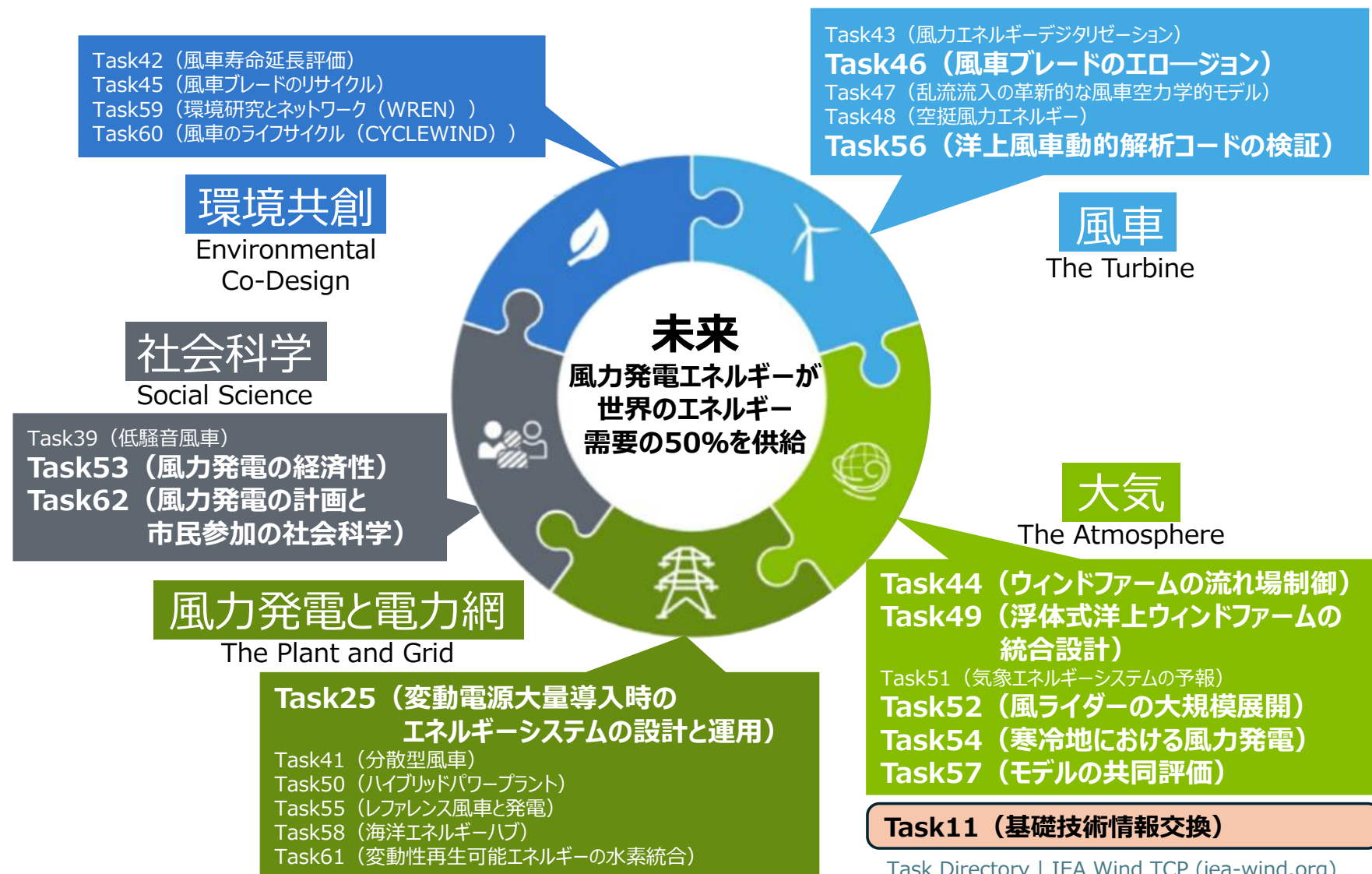


表 開発フェーズと実施作業 2023-2024年度実施

開発フェーズ	作業項目	主な作業内容
上流工程	要求事項	ユーザの利用ニーズを整理する。
	要件定義	システムが満たすべき要求や機能を明確にする。
	基本設計	システムの全体像や主な機能設計を行う。
中流工程	詳細設計	システムの具体的な動作やデータ構造，インターフェースの詳細な設計を行う。
下流工程	開発・実装	コードの記述やユニットテストを実施する。
	テスト	統合テストやシステムテストを実施する。
	保守・運用	システムのリリース後の保守や運用管理を行う。

(3) 海外動向調査およびIEA Wind国内委員会の運営

■ Taskの分類と日本の参加Task (太字: 日本参加Task)



(1) 国内風車（洋上，陸上）事故の実態と原因解明および早期復旧に関する動向調査

- ・2024年度～2026年度（調査対象年）を継続して実施（アンケート方式）
- ・ヒアリング調査（2026年度）
- ・故障事故対策および早期復旧に向けた検討と考察

(2) 風車故障事故と原因解明に係るデータベース（DB）の作成

- ・データテキストの正規化（故障原因，発生部位名，天気情報などの再カテゴライズ，半角全角の統一，表記の統一など）
- ・開発フェースの下流工程（開発，実装，テスト，運用，保守）の実施
- ・発電所マスターテーブルの作成（風車導入実績データより）
- ・アンケート調査のWEB回答の完全実施（2026年度～）
- ・NEDO HPからDBへのアクセスと閲覧（2026年度～）
- ・利用方法の検証

(3) 海外動向調査およびIEA Wind国内委員会の運営

- ・委員会の開催（年3回）：Task参加方針，登録有識者の審議など
- ・セミナーの開催（年1回）：日本が参加するTask活動の一般向けの紹介
- ・国内開催されるイベント，セミナー，展示会などからの業界の最新情報や技術的知見を収集