

風力発電等技術研究開発/
風力発電高度実用化研究開発/
風車運用高度化技術研究開発
(風車故障事故に関する国内外の動向調査)

(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 : takahashi@windenergy.co.jp
TEL : 03-6457-9801

事業概要

1. 期間

開始: 2018年7月

終了(予定): 2022年3月

2. 最終目標

国内外の風車故障事故の実態把握及び関連する最新の研究開発等の調査を行い、「風車運用高度化技術研究開発」へ情報の提供を行うこと

具体的な実施項目

- ①国内風車事故の実態調査: ダウンタイム3日以上 of 故障事故調査及び稼働率調査
- ②海外動向調査: IEA Wind TCPを通じた情報収集, 委員会運営, Task管理, セミナー等の開催
- ③技術委員会の設置・運営: 委員会運営, 風車運用高度化技術研究開発への情報提供

3. 成果・進捗概要

(1) 国内風車事故の実態調査

- ・故障事故調査 (166事業者に依頼 → 67事業者から協力回答あり)
- ・稼働率調査 (166事業者に依頼 → 61事業者から協力回答あり)

(2) 海外動向調査

- ・IEA Wind国内委員会の運営 (3回開催)
- ・IEA Wind TCP Taskへの派遣 (8つのTaskに参加, 全てオンライン会議)

(3) 技術委員会の設置・運営

- ・技術委員会の運営 (2回開催)

3. 成果・進捗概要 (1) 国内風車事故の実態調査

■ 調査意義について

① 故障事故調査(2004年度から調査を開始)

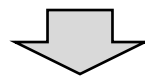
- ・他事業者の故障・事故事例の把握
- ・故障・事故が発生する頻度(発生率), 部位や要因の把握
- ・故障・事故の発生によって生じる停止期間(ダウンタイム)やコストの把握
- ・これらに基づく故障・事故の予防, 発生時の対策の立案

② 稼働率調査(2018年度から調査を開始)

- ・日本の風車(風力発電所)の平均的なダウンタイムおよびその内訳(割合)の把握
- ・稼働率・ダウンタイムの実績に基づいた, 自社の位置付けの把握
- ・稼働率向上に向けた対策検討の資料としての活用
- ・具体的なメンテナンス計画の検討への活用

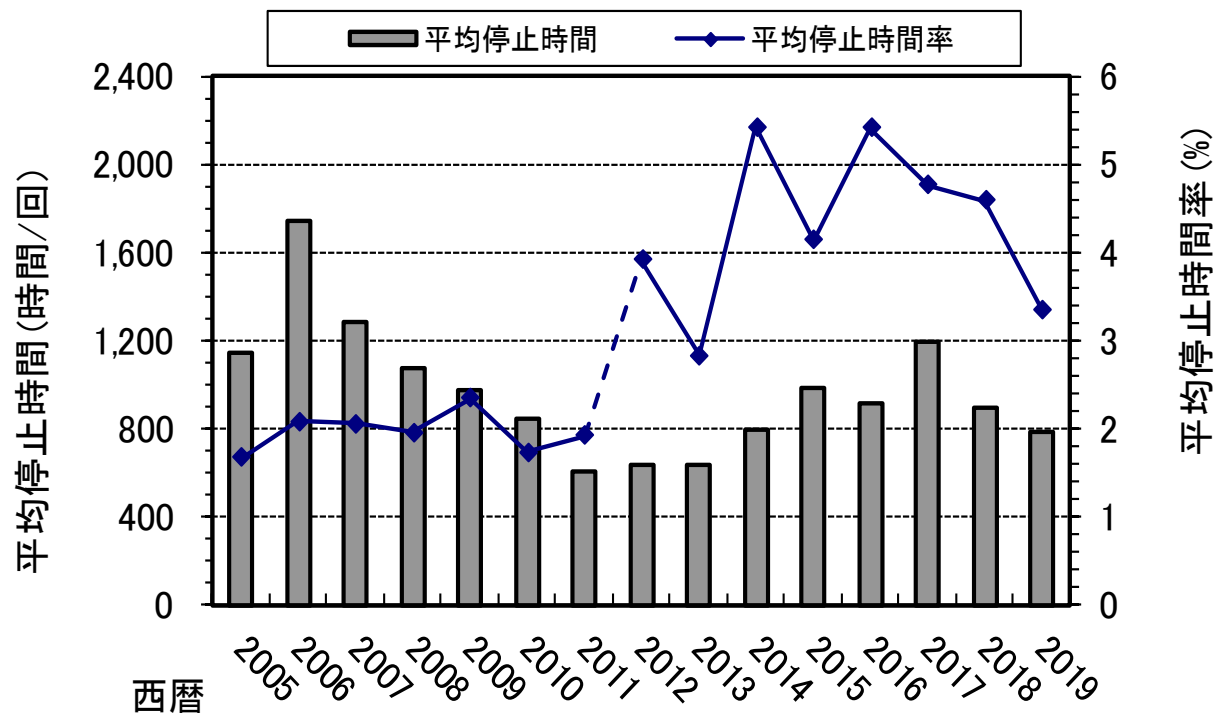
調査対象: 2019年度(2019年4月1日～2020年3月31日)に発生した事象及び年間稼働率

アンケート調査依頼期間: 2020年6月5日～2020年7月10日(166事業者に依頼)



- ・故障事故調査(67事業者から協力回答, 回答率40%)
- ・稼働率調査 (61事業者から協力回答, 回答率38%)

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ①故障事故調査



故障・事故による平均停止時間と平均停止時間率の推移

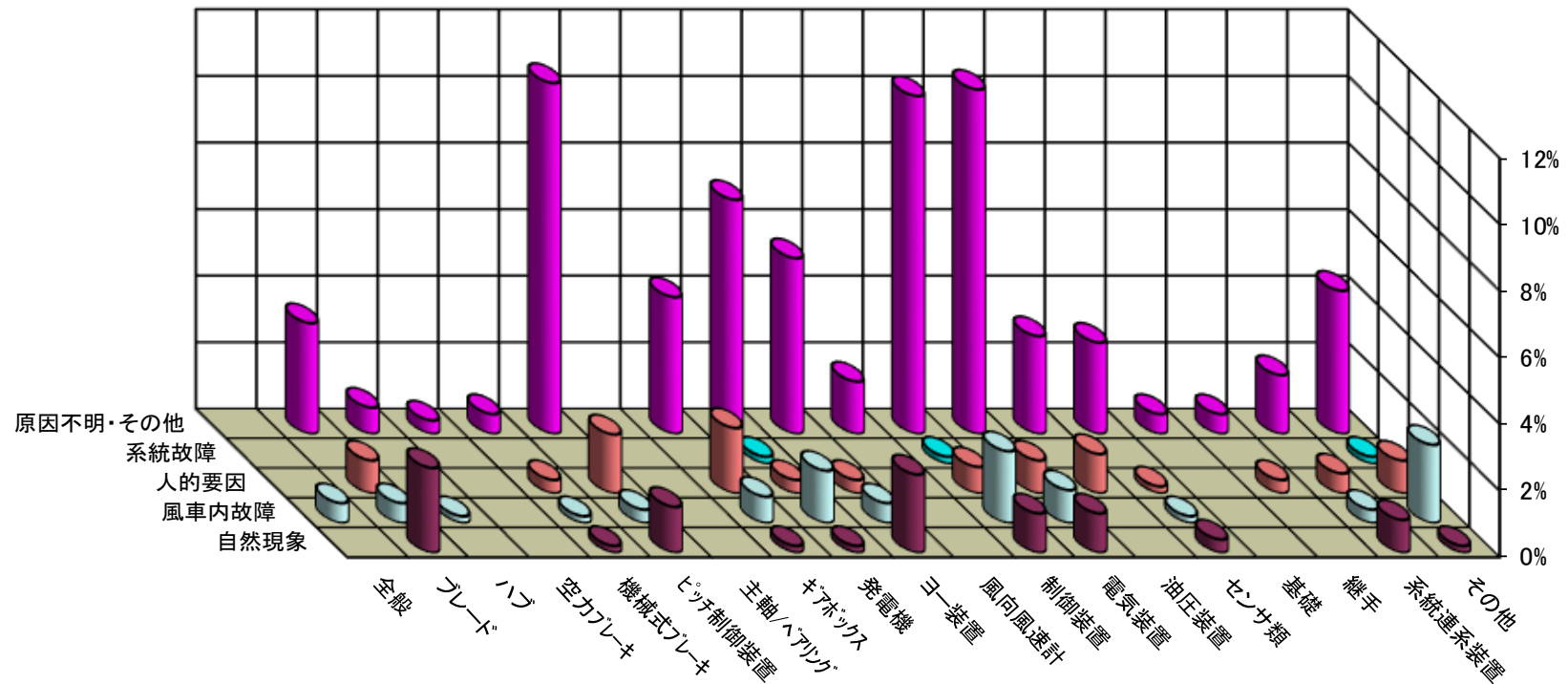
過去14年間の平均停止時間(故障1件あたり): 983.1時間

2012年度以降の推移を見ると,

- ・平均停止時間は、2017年度をピークに増加傾向にあったが、2018年度以降は減少傾向にある
- ・平均停止時間率は、2016年度をピークに2017年度以降は減少傾向にある

(注意) 2011年以前は年度途中からの調査のため1年分の集計結果となっていない。2012年以降は、1年分の集計結果となっているので、ご注意ください

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 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(2019年度実績)

故障・事故発生部位別: 制御装置(14.4%), ピッチ制御装置(14.0%), 電気装置(13.5%)

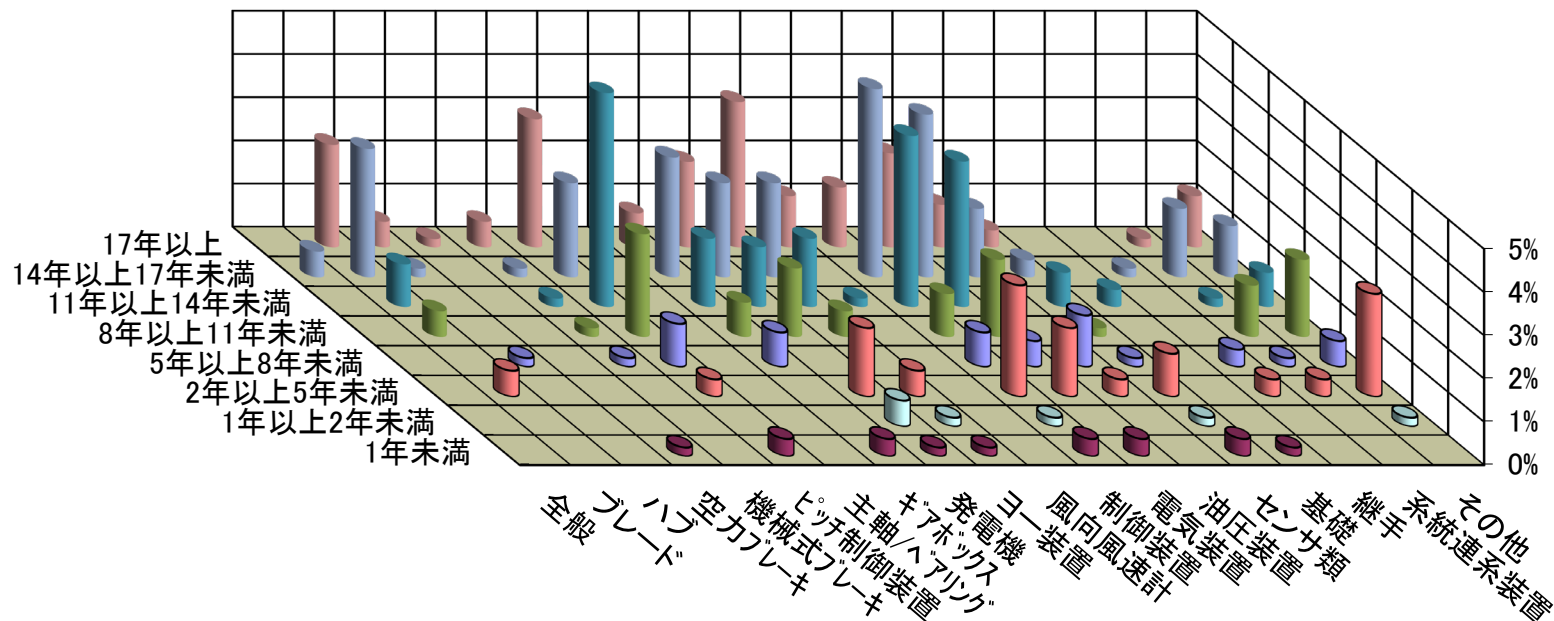
故障・事故発生要因別の故障部位別:

「自然現象」→「ブレード」, 「ヨー装置」の比率が高い

「人的要因」→「ピッチ制御装置」, 「ギアボックス」の比率が高い

「原因不明・その他」→「ピッチ制御装置」, 「制御装置」, 「電気装置」の比率が高い

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ①故障事故調査



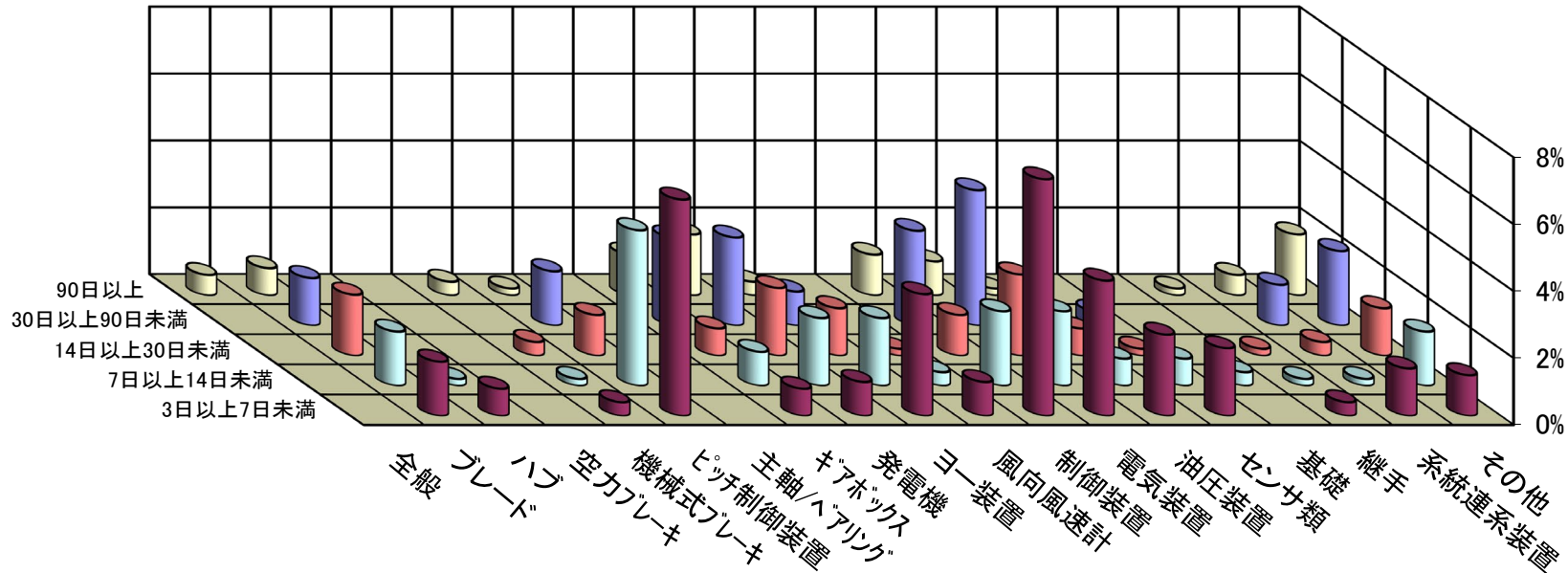
運転期間別(2年目以降3年ごと)の故障・事故発生部位出現状況(2019年度実績)

11年以上の風車:「ブレード」,「ピッチ制御装置」,「ギアボックス」,「発電機」,「ヨー装置」,「制御装置」,「電気装置」の故障件数の比率が相対的に高い

過去の調査結果では,

- ・「ピッチ制御装置」,「ギアボックス」,「ヨー装置」などの機械的な駆動機構を有する部位は運転期間が長くなると発生件数が多くなる傾向がある
 - ← 機械的な疲労(乱流による影響含む)によるものが主体
- ・「ブレード」,「発電機」,「電気装置」,「制御装置」では運転期間によらず故障・事故が発生する傾向がある
 - ← 落雷に起因するものが多いことが一因

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ①故障事故調査



停止期間別の故障部位別出現状況(2019年度実績)

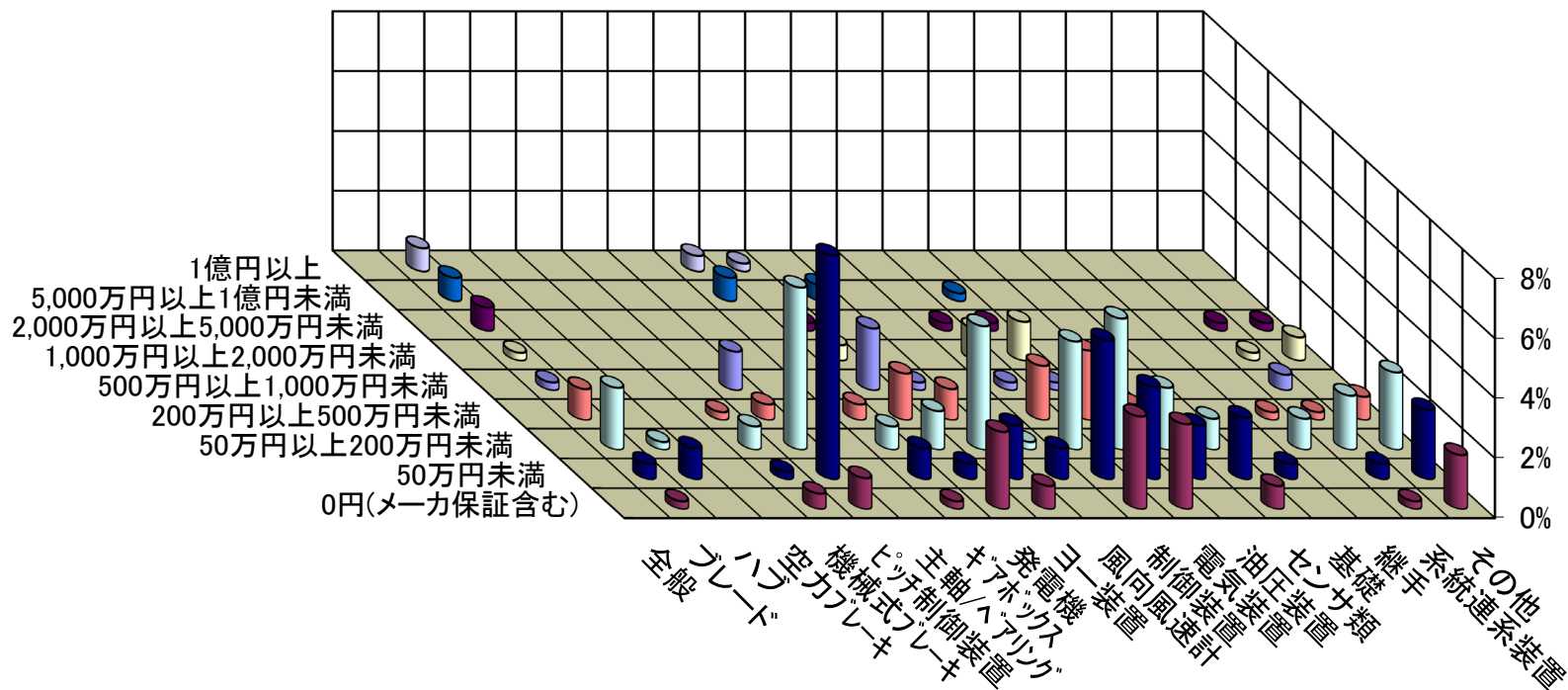
「ブレード」、「ギアボックス」、「発電機」、「制御装置」、「電気装置」等の故障で停止期間が長くなるケースが見受けられる

一般的に、

- ・メインコンポーネントである大型部品は復旧に時間がかかるケースが多い
- ・電気・制御系部品やセンサ類等の小型部品・周辺機器の故障では停止時間が短い
- ・故障・事故発生率は大型部品で低く、小型部品・周辺機器で高い傾向にある

→ トータルの停止時間という点では一概に評価できないので、注意が必要

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ①故障事故調査



故障部位と復旧に要した費用の関係(2019年度実績)

- ・「50万円未満」,「50～200万円未満」という回答が29.7%と同率で最も割合が高く, 500万円未満で全体の7割を超える
- ・「ブレード」, [ギアボックス], 「発電機」, 「ヨー装置」の故障で多額の費用を要している
- ・「ブレード」, 「発電機」の故障で比較的安価で復旧しているケースは, これら機器の本体ではなく補機や関連部品の故障に伴うものが大半
- ・「ピッチ制御装置」, 「制御装置」, 「電気装置」等では200万円未満の費用で復旧されるケースが多い

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■風車運転状況の分類

風車運転状況の分類(IEC61400-26参照)

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)	内的あるいは外的要因により、部分的に機能して運転されている状態
		③指定運転待機中	予め定義された状況において、サービスが提供できること。ただし、これは発電サービスは除く
	サービス提供外	④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、他)
		⑤運転可能環境条件外 (環境条件逸脱による待機)	環境特性が設計環境条件範囲外(カットイン・カットアウト風速外、外気温、湿度、氷着 他)
		⑥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(セクターマネージメントなど)を含む
		⑦運転可能電氣的条件外 (電氣的条件逸脱による待機)	風力発電所の電氣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	⑧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
	⑨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
	⑩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
	⑪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
	⑫不可抗力		異常事象、異常環境によりコントロール出来なくなった状態

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■稼働率計算の算定方法

- (a) <カットイン風速～カットアウト風速>の間で実際に発電していた合計時間の、年間総時間(8,760 時間)に対する割合(時間稼働率)

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

前表の①～③の和

- (b) 年間総時間(8,760 時間)に対する年間総時間から故障修理・定期点検で風力発電設備が停止した時間を差し引いた時間(風速に関係なく風力発電設備が稼働可能な時間)の割合(利用可能率)

$$\text{利用可能率}[\%] = \frac{\text{年間総時間} - (\text{⑧定期メンテ} + \dots + \text{⑩故障時間} + \dots)}{\text{年間総時間}} \times 100$$

前表の⑧～⑫の和

- (c) 気象データ上の<カットイン風速～カットアウト風速>にある年間の理論時間に対して、風車の故障や事故、メンテナンスのために休止・停止した時間を差し引いた実労時間の割合(理想利用可能率)

$$\text{理想利用可能率}[\%] = \frac{(\text{年間理想総時間}) - (\text{⑧定期メンテ} + \dots + \text{⑩故障時間} + \dots)}{(\text{<カットイン風速～カットアウト風速>の年間理想総時間})} \times 100$$

前表の⑧～⑫の和

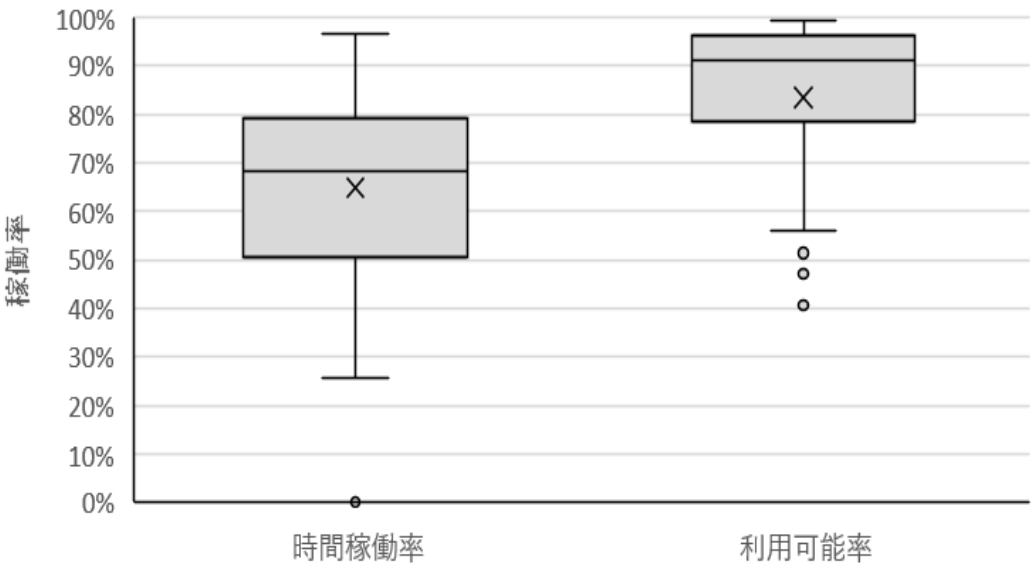
- (d) 発電電力量に基づく稼働率の定義

$$\text{発電電力量基準稼働率}[\%] = \frac{\text{実発電電力量}}{\text{可能発電電力量}} \times 100$$

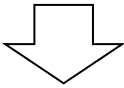
実発電電力量：計測された実発電電量
可能発電電力量：上記実発電電量と同一の時間枠における理論上のパワーカーブに基づき計算される発電電量

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■事業者単位でみる稼働率(2019年度実績)

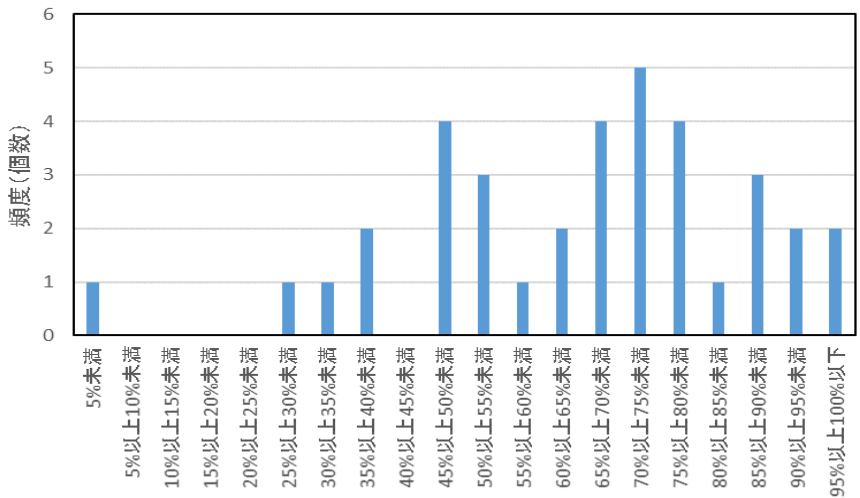


- ・下位に極端なデータがある
- ・上位または下位に極端な数値がある
→ 平均値が大きく左右される

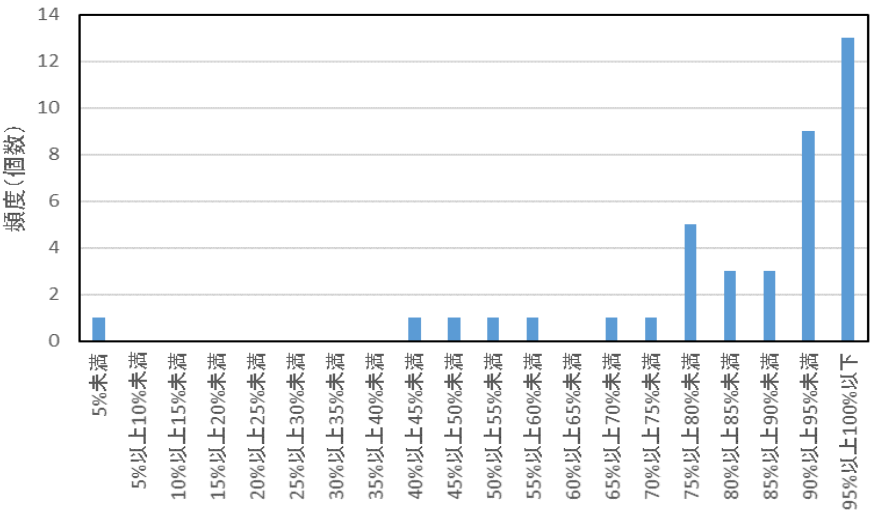


本報告書では、中央値で評価する

	時間稼働率	利用可能率
平均値	64.9	83.5
中央値	68.3	91.3
個数	36	40



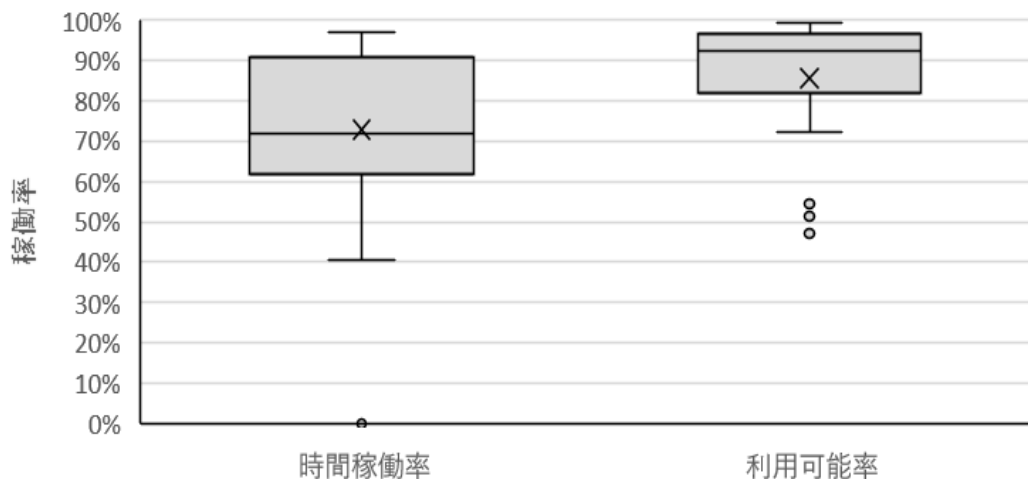
時間稼働率データのヒストグラム



利用可能率データのヒストグラム

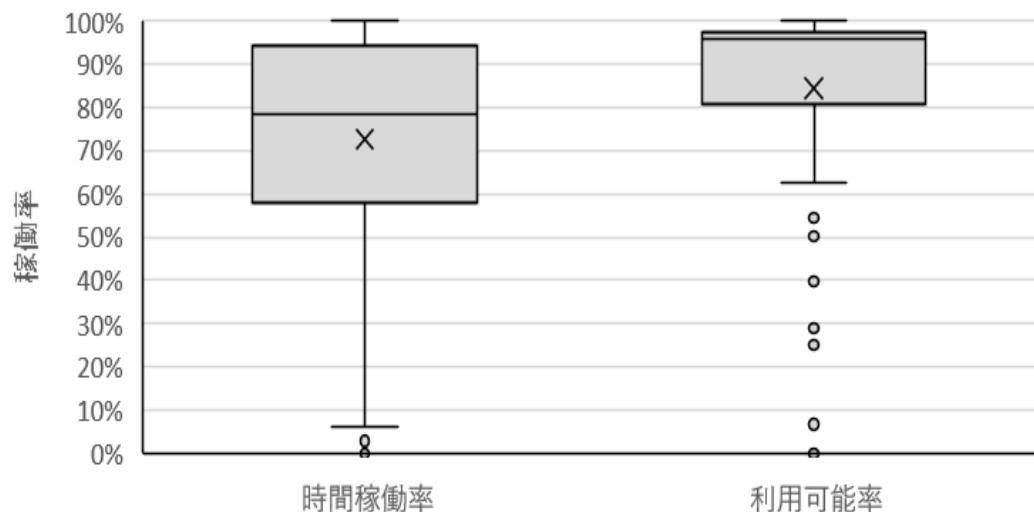
3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■発電所単位でみる稼働率(2019年度実績)



	時間稼働率	利用可能率
平均値	72.7	85.5
中央値	72.0	92.1
個数	40	42

■風車単機単位でみる稼働率(2019年度実績)



	時間稼働率	利用可能率
平均値	72.6	84.3
中央値	78.5	95.9
個数	90	92

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■各調査単位での稼働時間構成と稼働率の比較

各調査単位での稼働時間構成と稼働率の比較(2019年度実績)

調査単位 項目	事業者単位		発電所単位		風車単機単位		各単位間の平均	
	中央値	平均値	中央値	平均値	中央値	平均値	中央値	平均値
サービス提供中	5,982	5,686	6,308	6,372	6,878	6,361	6,389	6,140
サービス提供外	1,540	1,528	376	1,062	284	1,113	733	1,234
停止中	794	1,478	701	1,284	360	1,329	618	1,364
時間稼働率	68.3	64.9	72.0	72.7	78.5	72.6	72.9	70.1
利用可能率	91.3	83.5	92.1	85.5	95.9	84.3	93.1	84.4

(注意)各調査単位で、中央値のサービス提供中、サービス提供外、停止中の合算値は年間総時間にならないことに留意

61の事業者から協力回答のあった発電所、風車の平均稼働率は、

- ・時間稼働率では概ね 73%前後
- ・利用可能率では概ね 93%前後

であることが確認できた

(注意)166事業者の中の61の事業者が保有する発電所、風車全ての情報ではなく、提供可能な一部の情報による集計結果であるので、ご注意願いたい

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■各調査単位での稼働時間構成と稼働率の比較

2017年実績～2019年度実績の稼働率の比較(中央値での比較)

調査単位 項目	事業者単位				発電所単位			
	2017	2018	2019	平均	2017	2018	2019	平均
サービス提供中	6,027	5,978	5,982	5,995	6,243	7,146	6,308	6,566
サービス提供外	1,095	385	1,540	1,007	1,773	35	376	728
停止中	640	799	794	744	606	802	701	703
時間稼働率	68.8	68.2	68.3	68.4	71.3	81.6	72.0	75.0
利用可能率	92.2	90.9	91.3	91.5	93.1	90.8	92.1	92.0
調査単位 項目	風車単機単位				単位間の平均			
	2017	2018	2019	平均	2017	2018	2019	平均
サービス提供中	5,424	6,560	6,878	6,287	5,898	6,561	6,389	6,283
サービス提供外	2,479	813	284	1,192	1,782	411	733	975
停止中	486	738	360	528	577	780	618	658
時間稼働率	61.9	80.3	78.5	73.6	67.3	76.7	72.9	72.3
利用可能率	94.5	91.8	95.9	94.1	93.3	91.2	93.1	92.5

(注意) 中央値の比較なので、各年度でのサービス提供中、サービス提供外、停止中の合算値は年間総時間にならないことに留意。

3. 成果・進捗概要 (1)国内風車事故の実態調査 ②稼働率調査

■各調査単位での稼働時間構成と稼働率の比較

2017年実績～2019年度実績の稼働率の比較(中央値での比較)

① 発電所単位の時間稼働率を見ると

- ・毎年他の単位に比べ大きめの数値を示す傾向にある。

② 事業者単位の時間稼働率, 利用可能率を見ると

- ・大きな変動が見られない。
- ・ここで示される数値は, 国内の平均的な, 平準化された数値と言える。

③ 発電所単位と風車単機単位のそれぞれ時間稼働率を見ると

- ・発電所単位での3ヶ年の変動幅は10%程度あるが, 風車単機単位での3ヶ年の変動幅は20%程度ある。

← 対象地域の自然環境等に依存した待機時間, 故障・事故の発生頻度, その年の不確定な要求停止などによる影響の違いが顕著に現れてくるためである。

(風車単機単位の場合: 故障して1年間停止するケース, 故障頻度が多くて停止時間が長いケース, 非常に稼働率が良いケース等, 年によって運転状況が大きく異なる)

④ 利用可能率については, 事業者単位, 発電所単位, 風車単機単位のそれぞれを見ると

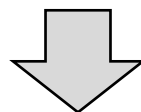
- ・大きな変動は見られない。
- ・各単位の平均値を比較すると, 事業者単位(91.5) < 発電所単位(92.0) < 風車単機単位(94.1)
- ・若干数値が異なるが, 概ね92%前後

3. 成果・進捗概要 (1) 国内風車事故の実態調査

■ 2020年度実績調査の進捗報告

調査対象: 2020年度(2020年4月1日～2021年3月31日)に発生した事象及び年間稼働率

アンケート調査依頼期間: 2021年5月24日～2021年7月9日(156事業者に依頼)



- ・故障事故調査(67事業者から協力回答, 回答率43%)
- ・稼働率調査 (66事業者から協力回答, 回答率42%)

集計作業中

ヒアリング調査の実施: 2021年7月～10月(11事業者, オンラインにて実施)

まとめ及び今後の課題(国内風車事故の実態調査)

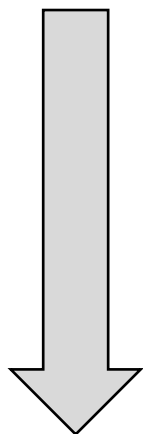
■まとめ(2019年度実績)

- ・72時間以上の故障率 0.373回/(基・年), 停止時間 293.1時間/(基・年)
- ・72時間未満の故障停止時間は, 10.6~18.2時間/基
(北海道産業保安監督「北海道における風力発電の現状と課題」を基に推定)
 - 3日未満の故障の全ダウンタイムへの寄与度は小さい
 - 3日以上の故障・事故をいかに防ぐかが稼働率を高める上で重要
- ・日本国内の概ねの稼働率を確認することが出来た
(時間稼働率 72%程度, 利用可能率 93%程度)
- ・回答率(事業者)が故障事故調査で42%程度, 稼働率調査で37%程度
 - 回答率を高めて, 統計学的推定の不確かさを抑えること

まとめ及び今後の課題(国内風車事故の実態調査)

■ 今後の課題

- ・故障率の精度向上(故障部位および故障回数, 停止時間)
- ・国内風車稼働率の精度向上(継続的な調査)
- ・調査票の回答率向上(回答率が横ばい)
- ・継続的な調査が必要



調査依頼件数に対する回答率

	2017年度 (164)	2018年度 (162)	2019年度 (166)	2020年度 (156)
故障事故調査	44%	41%	42%	43%
稼働率調査	37%	38%	37%	42%

(補足) 括弧内の数値は調査依頼件数

ご関係各位には、当調査へのご協力をお願いします