

# 群馬県における小形風力発電の 実証実験結果について

2026年1月  
群馬県 企業局 発電課

# 実 証 実 験 結 果

## 目 次

1	背景・目的 .....	3
2	方法・定義 .....	3
2.1	吉岡小形風力発電実証実験設備の仕様 .....	4
2.2	発電電力量 .....	5
2.3	風速 .....	5
2.4	乱流強度 .....	6
2.5	トルク .....	6
2.6	風車平均回転数 .....	6
2.7	風配図 .....	7
2.8	データの整理方法 .....	7
3	結果 .....	7
3.1	発電電力量と平均風速の関係 .....	7
3.2	乱流強度と平均風速の関係 .....	9
3.3	発電電力量と風車の平均回転数の関係 .....	11
3.4	トルクと平均風速の関係 .....	12
3.5	風配図 .....	13
3.6	発電出力と設計出力の比較 .....	16
3.7	吉岡小形風力発電実証実験設備の設備利用率 .....	17
4	考察・まとめ .....	18
	参考文献 .....	19
	付録：年度別月ごとの風配図 .....	20

# 実証実験結果

本データは、群馬県企業局が各市町村等への風力発電の普及を目的として、吉岡自然エネルギーパークに設置・観測した、設備の保守管理のためのデータです。このため、観測データは気象業務法に定められている気象観測の対象外となりますので、ご注意ください。

## 本資料の要約

### 背景・目的

日本の再生可能エネルギーの導入は、地球温暖化対策と脱炭素社会の実現に向けた重要課題である。国の2040年エネルギー믹스では、風力発電比率を4～8%とする見通しが示されている。本県では、吉岡小形風力発電実証実験設備による約8年間の実証実験を通じて、設備の妥当性確認と風況データの収集を実施した。

本資料の目的は、試験データを体系的に整理・公開し、事業性評価の精度向上と、設計・保守技術の改善に資する知見を提供することとした。

## 主要な結果

### 発電性能評価

実測値はメーカー設計値より約33%低い結果。損失要因（機器効率・風況条件）による影響が示唆された。

### 設備利用率

平均6～8%であり全国平均（約20%弱）に比べ低調。立地条件の影響が大きい。吉岡と立地条件が類似している県内の平野部では、年間を通じて風速が小さいため採算性が低い可能性が考えられる。

### 風況特性

春～秋は南東風（1～2m/s）、冬季は北西風（2～3m/s）。本県特有の局地風「からつ風」が顕著。

### 乱流・トルク解析

- 乱流強度が高い場合、設備側の制御追従性の限界により発電停止リスクあり。
- トルクは風速の二乗で増加し、部材疲労に影響。寿命予測モデルの必要性を確認。

# 実証実験結果

## 1 背景・目的

日本における再生可能エネルギーの導入は、地球温暖化対策や脱炭素社会の実現に向けて喫緊の課題である。国が掲げる2040年のエネルギー믹스では、風力発電の電源構成比率を4～8%とする見通しが示されており[1]、その達成には風力発電の導入加速と地域レベルでのボトムアップ型の普及促進が不可欠である。

本県では、吉岡小形風力発電実証実験設備を約8年前に建設し、これまで大きなトラブルや故障もなく安定稼働を継続しながら、実証実験データの収集に努めてきた。この実績は、風力発電設備の信頼性を示す貴重な事例であり、今後の導入拡大に向けた技術的基盤となる。

しかしながら、風力発電に新規参入する事業者にとって、投資判断のための事業性評価や発電コストの見通しを立てるためには、長期的な風況変動データが不可欠である。気象庁などによる計測は継続的に行われているものの、設置場所や計測機器の変更が時折発生するため、同一条件での長期データは乏しい状況にある。本県も例外ではなく、全域にわたる風況変動データが不足しており、発電量予測の精度が低い。このため、新規事業者にとって事業性評価上の大きなリスク要因となっている。

こうした背景を踏まえ、今後の風力発電導入を円滑に進めるためには、過去8年間にわたる本県の実証実験データを体系的に整理し、データベース化して公開することが重要である。この取り組みにより、新規事業者が事業性をより正確に評価できる環境を整備し、風力発電の導入促進と地域における再生可能エネルギーの普及拡大に寄与することを目的とした。

さらに、このデータ活用は単なる事業性評価にとどまらず、風力発電設備の設計・運転・保守に関する技術開発にもつながる。特に、日本特有の自然条件である台風・地震・複雑地形による乱流への対応、弱風地域での効率的な発電、強風や豪雨等への環境性能の確保といった課題解決に資する技術の開発が求められる。これらの取り組みは、国内導入の加速のみならず、海外市場への技術輸出や国内メーカーのシェア拡大といった国際競争力の強化[2]にも直結するものとなる。本取り組みにより期待される効果として、①国内における導入加速、②技術輸出による国際競争力の強化、③国内メーカーとの協動による企業誘致や地域経済の活性化といった波及効果が見込まれる。

## 2 方法・定義

実証実験データを解析するにあたり、本章では、実証実験データ解析に用いた手法（統計解析、風況モデル）、計算式（乱流強度、トルク算出式）、および変数定義を記載した。本資料における実証実験データベースは、風力発電設備の運転挙動を多角的に分析する

[1] 資源エネルギー庁：2040年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）, (2025.2)

[2] NEDO：再生可能エネルギー技術白書、第2版、第3章 風力発電(2014,2)

## 実証実験結果

ことを目的として構築した。具体的には、以下の①～④の項目を中心にデータを整理及び解析した。なお、使用する実証実験データは、2018年（平成30年）から2025年（令和7年）までの期間に収集された平均風速及び発電電力量とし、それを基に、乱流強度[3]やトルク[4]、風車平均回転数を計算し、併せて地点の特徴を視覚的に表す風配図を作成した。これらのデータを基に、データ間の関係性を定量的に把握した。

### ① 発電出力の実績値と設計値の比較

設計段階で想定された発電性能と、実際の運転実績を比較することで、設備の性能評価を行った。

### ② 乱流強度と風速の関係性の把握

日本特有の複雑地形や気象条件による乱流が風車に与える影響を定量的に評価した[5]。

### ③ 風車に作用するトルクと風速の関係性の把握

構造部品への負荷を把握し、長寿命化や信頼性向上のための設計改善に資することとした。

### ④ 風況特性と設備利用率の把握

本地点における風配図と実証実験期間中の設備利用率を作成・把握した。

表1 実証実験データ一覧

実証実験期間	データ種類	単位	備考
平成30年～令和7年	発電電力量[6]	kWh	1時間ごとの電力量データを使用
	平均風速	m/s	1日の平均風速を用いて、各種データと比較。
	乱流強度	----	平均風速に対する風速の標準偏差の比
	トルク	kg・m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> (N・m)	風車設備に作用するトルク
	風車平均回転数	rpm	1時間ごとの平均回転数
	風配図	----	日別、月別の風配図を作成

## 2.1 吉岡小形風力発電実証実験設備の仕様

主要な仕様を表2に示す。

[3] 別途2.4及び伊藤忠テクノソリューションズ株式会社：平成24年度北海道地方における風況変動データ作成事業成果報告書、平成24年度環境省委託業務、(2013.3)

[4] 別途2.5に後述する。

[5] NEDO：日本型風力発電ガイドライン 台風・乱流対策編、(2008.3)

[6] 風の力を利用して、発電機内にトルクを発生させ、3相電流を生む。発電された電気はコンバータに送られ、系統接続できるように単相電流に変換される。

## 実 証 実 験 結 果

表 2 吉岡小形風力発電実証実験設備の仕様

項目	内容	備考
構成	3枚翼、水平軸、Upwind方式パッシブヨー、固定ピッチ	-----
定格出力	3.2 kW	MCS 準拠地上高 11m での値
風車直径	4.36 m	
風車クラス	クラスIII (IEC61400-2/JIS C 1400-2)	
カットイン風速[7]	3 m/s	
カットアウト風速[8]	25 m/s	
基準騒音レベル	45 dB	風速 11m/s のとき
ナセル重量	160 kg	
風車重量	660 kg	
作動温度範囲	-20°C～45°C	
定格回転数	225 rpm	
最大回転数	280 rpm	
発電機種類	直接駆動永久磁石型同期	
過回転防止ブレーキ	電気的短絡ブレーキ[9] 機械式遠心ブレーキ[10]	

### 2.2 発電電力量

発電電力量 kWh は風力発電設備に付随している電力計から取得したデータを使用し、各種評価に使用した。

### 2.3 風速

風速は時々刻々変動するため、事業性を判断するためには瞬時値は適していない。このため、特徴をより把握しやすくするために日別、月別の平均風速を算出し、各種評価に用いることとした。

[7] 発電可能な最低風速のこと。

[8] 台風などの強風時に設備の安全確保のため、風車の回転を止めて発電を自動停止させる風速のこと。

[9] 突風やカットアウト風速以上の強風の場合、電気的制御によって風車の回転速度を調整し、タービンが負荷に耐えられるアイドリング状態に制御する機構を持つ。通常運転時における制御・調整用ブレーキ。

[10] 電気的ブレーキでは止められないような強風の場合、タービンが最大回転数を超過しないよう安全に停止させるための機械式ブレーキシステム。

## 実 証 実 験 結 果

### 2.4 亂流強度

本資料における乱流強度は、風況解析で度々使用されているパラメータであり、早い流れに付随して発生する乱流そのものを表しているものではない。その定義は平均風速に対する風速の標準偏差の比を表している。これは、風車に作用する変動荷重（応力振幅）を代替するパラメータにもなるため、風車設備の疲労限度や寿命の推定に役立つと考えた。定義は以下のとおり。

$$I = \frac{\sqrt{u^2}}{U}$$

(数式 1)

なお、パラメータはそれぞれ以下のとおりである。

I : 1日の乱流強度	(—)
u : 1日における風速の標準偏差	(m/s)
U : 1日の平均風速	(m/s)

### 2.5 トルク

本資料中のトルク T は、以下の式で表され、

$$T = \frac{1}{2} PC_p A v^2 R \lambda_d$$

(数式 2)

パラメータはそれぞれ以下のとおりである。

T : 風車に作用するトルク	(kg · m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
P : 発電電力量	(kWh)
C <sub>p</sub> : 風車設備のパワー係数[11]	(—)
A : 風車の受風面積	(m <sup>2</sup> )
v : 1日の平均風速	(m/s)
R : 風車の半径	(m)
$\lambda_d$ : 定格運転時の周速比	(—)

上記の式のとおり、本資料で用いるトルクは風車設備の特定の部分に作用するトルクを表しているものではなく、あくまで風車設備全体に作用するトルクとして考えた。

### 2.6 風車平均回転数

本資料における風車の平均回転数 R<sub>n</sub> は、以下の式で表される。

---

[11] 風力エネルギーを風車の回転エネルギーに変換する効率。風車の形状や風速と翼の先端の速度比（周速比）によってそれぞれ異なる。

## 実証実験結果

$$R_n = \lambda_d v / R \times \frac{60}{2\pi}$$

(数式 3)

なお、数式後半の分数は角速度を rpm に変換する際の定数である。

### 2.7 風配図

実証実験設備の風況を視覚的に把握するため、風速と風向をレーダーチャートで表した風配図を作成した。風速と風向は時々刻々変動するため、平均の最小単位を 1 時間として、日別及び月別の風配図を作成した。

### 2.8 データの整理方法

実証実験期間中に取得したデータはサンプリングレートが 1 時間で、それが約 8 年分と膨大であるため、VBA マクロを作成し、データ整理と統計処理作業が容易になるようにした。マクロによる作業の概要は以下のとおり。

- ① 取得データ (csv ファイル) の選択
- ② 選択した csv ファイルの結合 (日付時間順)
- ③ 発電電力量、平均風速、平均風向、乱流強度に関する統計処理の実施
- ④ 日別、月別のレーダーチャート (風配図) の作成・出力

## 3 結果

本章は実証実験で得られたデータを基に、設備の性能について解析・評価を行い、その結果を示したものである。

### 3.1 発電電力量と平均風速の関係

図 1 に解析結果を示す。黒丸は実際の発電電力量と平均風速の関係を示し、赤ラインはその近似曲線である。グラフから、ほとんどのデータが近似曲線上に分布していることが確認できるが、一部に曲線から外れた値（以下「エラー値」、赤丸）が存在する。

これらのエラー値の発生要因を確認するため、1 日内での発電推移を詳細に分析したところ、いくつかの特徴的な傾向が見られた。

まず、図 1 のグラフ左側に集まるエラー値の傾向について考えた。図 2 は図 1 の赤丸で示したデータの 1 つであり、1 日内での発電推移の詳細を示したものである。風速値（折れ線）がほぼゼロの状態が続いた後、1 時間以内に急激な風速増加が発生した場合、発電量（棒グラフ）にスパイクが立つ現象が確認された。つまり、突風などの短時間の強風が発生すると、平均風速が小さいにもかかわらず、1 日の発電電力量が大きくなるケースがある。この現象は、1 時間単位で平均化すると視認困難となるが、実際に

## 実 証 実 験 結 果

はカットイン風速以上の風が短時間継続し、活発な発電が行われた結果と推測される。

次に、図1のグラフ右側に見られるエラー値の傾向について考えた。例えば図3の8月15日のデータでは、カットイン風速と同等の風速が長時間続いた場合、瞬間に発電しない時間帯が生じることがある(図の赤枠)。このため、風速と発電量が比例しないケースが発生し、結果としてエラー値となると考えられる。なお、図4の2019年3月22日のデータは、実証実験期間中で最も発電電力量が多かった日(1日合計56.8 kWh)であり、参考値として記載している。

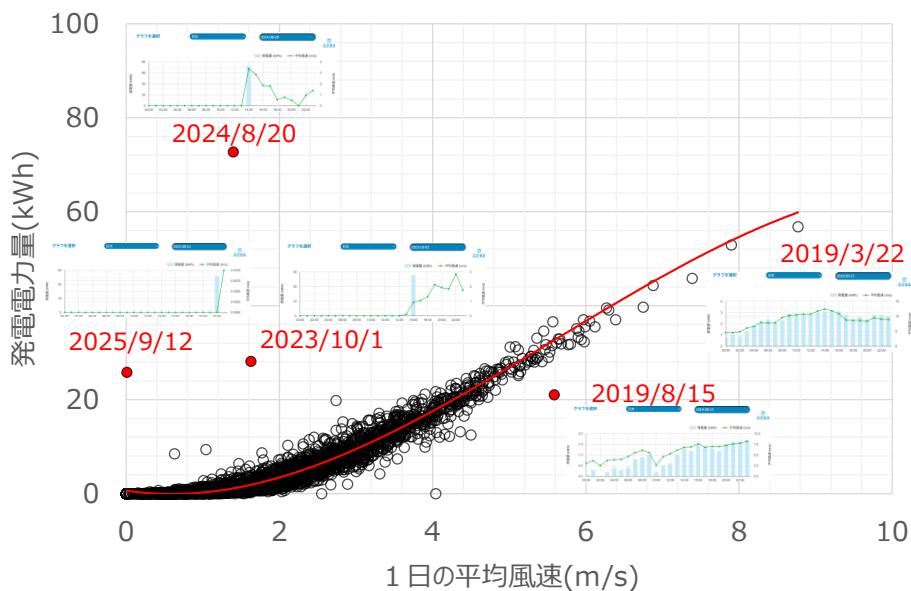


図1 発電電力量と1日の平均風速の関係（赤丸は平均から外れたエラー値を示す）

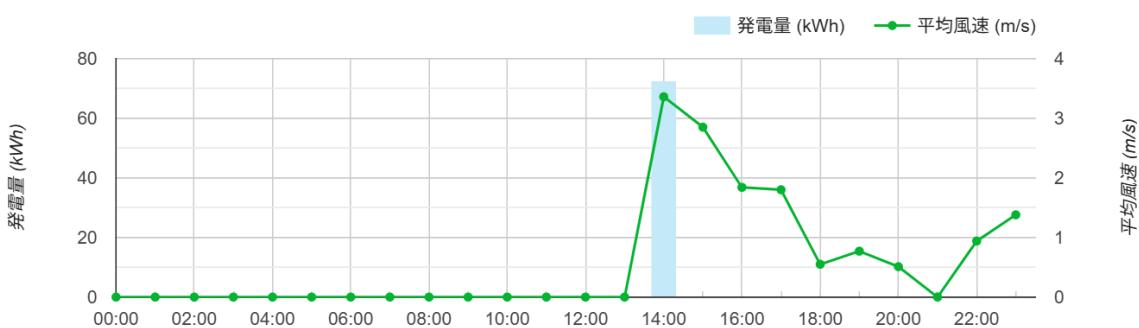


図2 風速と発電電力量について (2024. 8. 20)

※14時においては実際にはカットイン風速以上の風が短時間継続し、活発な発電が行われた結果と推測される。

## 実証実験結果



図3 風速と発電電力量について (2019. 8. 15)

※カットイン風速と同等の風速が長時間続いた場合、瞬間に発電しない時間帯が生じることがある。このため、風速と発電量が比例しないケースが発生し、結果としてエラー値となると考えられる

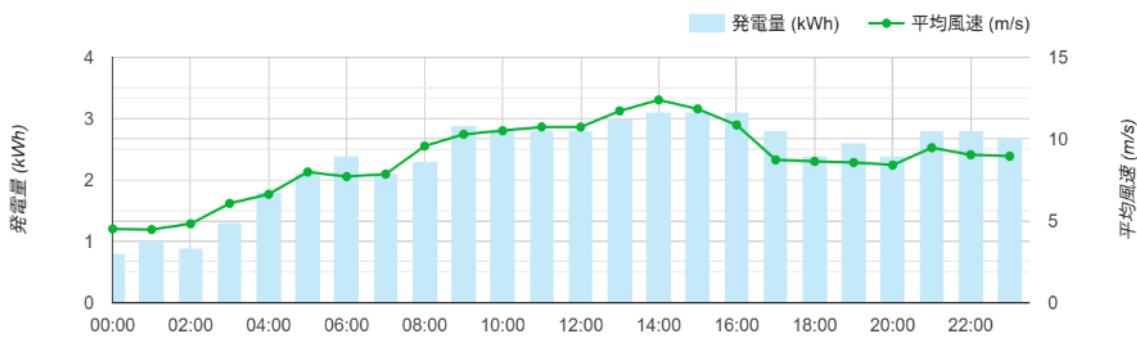


図4 風速と発電電力量について (2019. 3. 22)

※実証実験期間中で最も発電電力量が多かった日 (1日合計 56.8 kWh)

### 3.2 乱流強度と平均風速の関係

図5に、乱流強度と1日の平均風速の関係を示す。本解析では、風速の変動特性と乱流強度の相関を把握することを目的とした。

まず、図5内の小グラフに示されるように、1時間ごとの風速変動が大きい場合(2024/2/5の折れ線がのこぎり状を示す時間帯等)に、乱流強度が顕著に高くなることが確認された。これは、乱流強度の定義である「風速の標準偏差」と一致しており、風速の変動幅が大きいほど乱流強度が増加することを意味する。このような風況では、乱流強度と平均風速の関係がグラフ左上に偏る傾向を示し、風速が比較的低くても乱流強度が高い状態が発生することが分かった。

次に、瞬間的な風速としてはカットイン風速以上であると推測されるにもかかわらず、発電が行われていない時間帯(図6赤枠部)が存在することが確認された。この現象の要因として、風速の急激な変化により風車の制御系が追従できず、出力が設備の過負荷リミットを超えた結果、保護機構が作動し発電停止状態になったことが考えられる。つまり、乱流が強い状況では、風速が発電可能な範囲にあっても、制御の限界により発電が中断されるリスクがあることが示唆された。

さらに、図7に示すように、1日の内で風速の大きな変動やうねりを伴う場合には、

## 実 証 実 験 結 果

平均風速が高いにもかかわらず発電電力量が小さくなるケースが確認された。このような場合、グラフ右側においてエラー値として現れる傾向がある。これは、風速の変動が大きいことで安定した発電が困難となり、結果として期待される発電量に達しなかったことを意味すると考えられる。

以上の結果から、乱流強度の増加は発電設備の運転に複雑な影響を与えることが明らかとなった。特に、乱流が強い場合には、制御系の追従性や保護機構の作動により発電停止が発生しやすく、設備の稼働率や発電効率に直接影響すると考えられる。この知見は、今後の風力発電設備の設計・制御技術の改善において重要な指針となる。

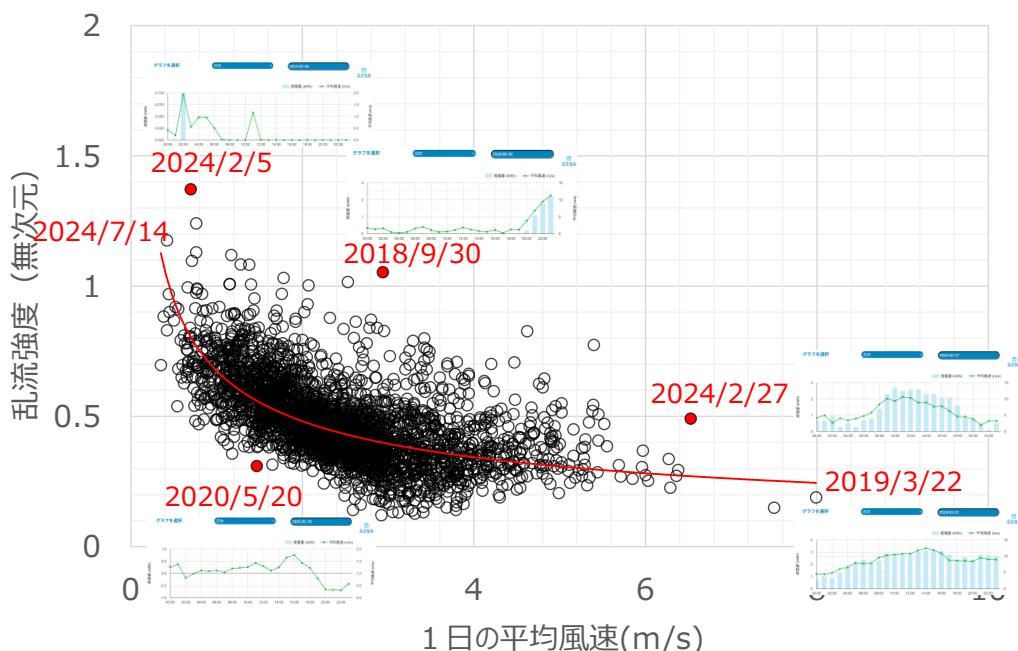


図 5 亂流強度と 1 日の平均風速の関係

※1時間ごとの風速変動が大きい場合に乱流強度が高くなる。その場合、データはグラフ左上に偏る傾向にある。なお、風速が比較的低くても乱流強度が高い状態が散見された。

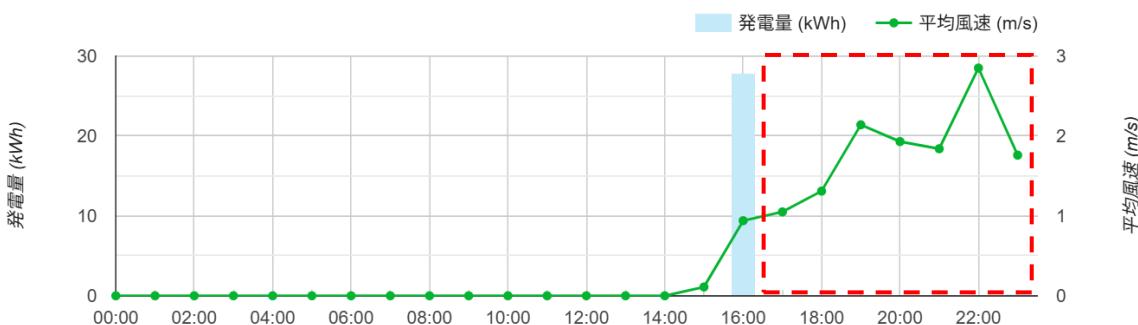


図 6 風速と発電電力量について (2023. 10. 01) (赤枠部は発電停止時間帯を示す。)

※風速の急激な変化によって制御系が追従できず、出力が設備の何らかのリミットを超過した結果、保護機構が作動し発電停止状態になったことが推測される。

## 実証実験結果

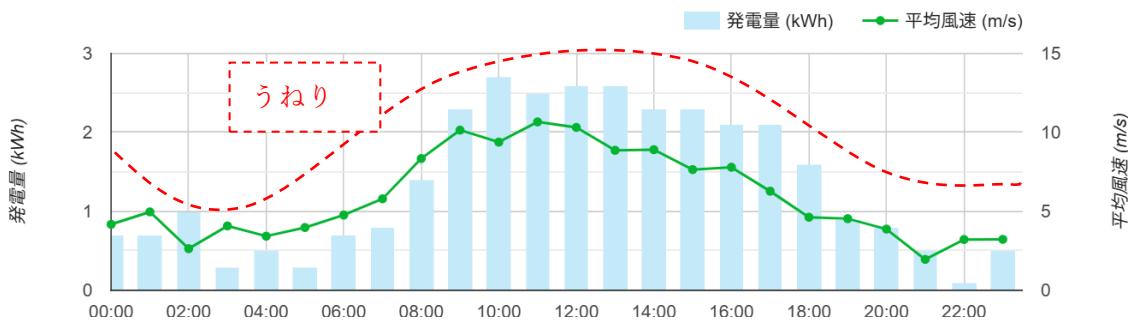


図 7 風速と発電電力量について (2024.02.27)

※1 日の中で風速の大きな変動を伴う場合には、平均風速が高いにもかかわらず発電電力量が小さくなるケースがある。これは、定格出力で安定した発電が継続できなかったことに起因すると考えられる。

### 3.3 発電電力量と風車の平均回転数の関係

設備の負荷と寿命予測の可能性について検討するため、図 8 に風車の回転数に関する結果を示す。回転数は 2.6 節で示した定義式に基づいて平均風速から算出しているため、図 1 に示した発電電力量と平均風速の関係と同様の傾向を示した。

解析の結果、1日の平均回転数の最大値は2019年3月22日に記録された171 rpmであった。この日は、1日を通して風況が非常に良好であり、風速が安定してカットイン風速を大きく上回る状態が継続したため、風車が高い回転数で稼働し続けたことが確認された。加えて、この日は発電電力量も実証実験期間中で最大値を記録しており、回転数と発電量の間に強い相関があることを裏付ける結果となった。

この知見は、風車の回転数が風況および発電性能の指標として有効であることを示しており、今後の設備設計や運転制御の最適化において重要な情報となる。

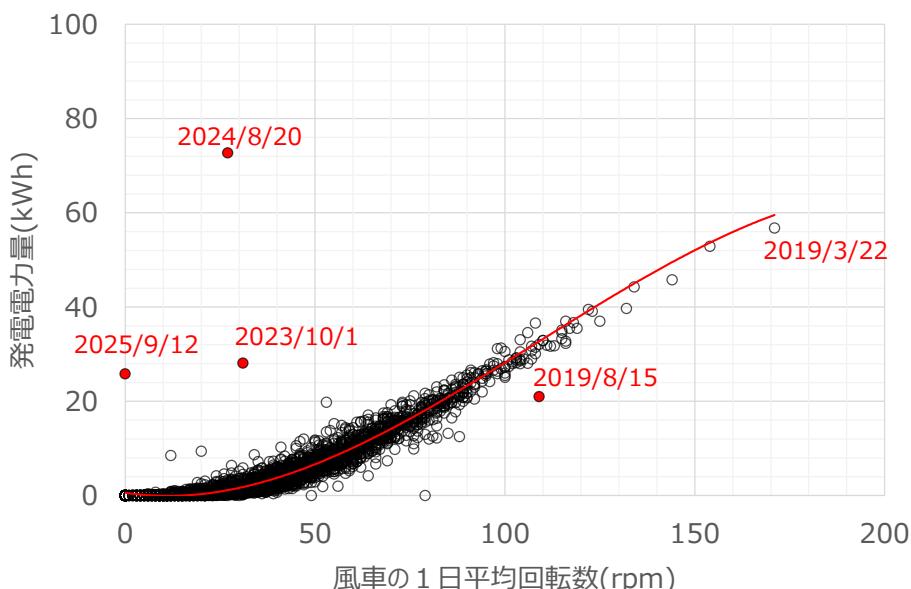


図 8 発電電力量と風車の1日における平均回転数の関係

### 3.4 トルクと平均風速の関係

3.3 節と同様に、設備への負荷と寿命予測の可能性を検討するため、図9に風車に作用するトルクに関する解析結果を示す。トルクは、2.5 節で示した定義式に基づき、風速、受風面積、周速比、発電電力量などのパラメータを用いて算出しているため、図1に示した発電電力量と平均風速の関係と同様の傾向を示した。ただし、トルクは風速の2乗に比例するため、風速が大きくなるとトルクは二次関数的に急増していた。

解析の結果、継続して安定した風速が得られた場合には、発電電力量が増加する一方で、トルクも風速に応じて大きくなる傾向が確認された。これは、風車の構造部材に対する負荷が風速の増加に伴って急激に増大することを意味しており、設備の耐久性や安全性に直接影響する重要な要素である。

この特性を踏まえ、トルクを用いた予防保全策を検討した。具体的には、風車の部材強度に対するトルクの許容値を考慮し、カットアウト風速の概念と同様に「カットアウトトルク」というパラメータを設定することで、風車の設置場所や気象条件に応じて、トルクが過大になる前に風車を停止させる手法である。このアプローチにより、過剰な負荷による部材破損を未然に防ぎ、設備の長寿命化を図ることが可能と考えた。

また、解析結果では赤丸で示したエラー値がいくつか確認された。これは、定義したトルクが発電量に比例すること、さらに3.1 節で示した理由と同様に、1時間単位で平均化すると視認困難となるが、実際にはカットイン風速以上の風が短時間継続し、活発な発電が行われたためだと推測した。なお、これらのエラー値は比較的小さい風速によるものであり、吉岡の風車を破損させるような重大なトラブルにつながるものではないと考えられる。

一方、時々刻々変化する風速は、風車に作用するトルクや振動などの応力振幅の原因となり、様々な大きさの応力が風車の回転に伴って繰り返し部材に作用するため、疲労試験と同様の状態を生じさせるものである。このため、風車部材や材質の疲労限度が既知であれば、トルクや風速といったリアルタイムデータを比較することで、実運転における風車の寿命を推定することが可能となる。こうした寿命予測に基づき、破損前に改修や更新工事を計画的に実施することで、設備の信頼性向上と保守コストの低減が期待できると考えた。

## 実 証 実 験 結 果

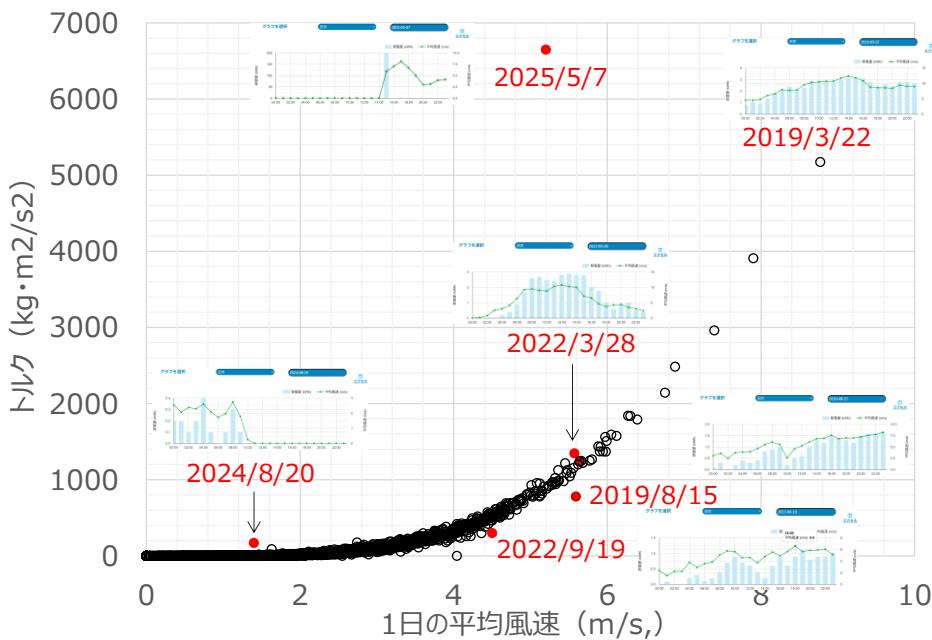


図9 トルクと1日の平均風速の関係

### 3.5 風配図

図10及び図11に日別風配図の例を、図12に実証実験全期間における平均風配図を示す。これらの風配図において、外側のアルファベットは風向を、内側の数値はその風向における平均風速を表している。なお、風速のスケールは上限を5 m/sとして表示した。

本実証実験の地域特性を把握するため、図12を基に年間の風況を分析した結果、春から秋（4～10月）にかけては、南東及び南南東の方向から平均風速1～2 m/sの風が吹き、冬季（12～3月）は北北西及び北から平均風速2～3 m/sの風が吹く傾向が見られた。特に、冬季において北向きの風が強い傾向は、本県特有の「からつ風」に起因するものと考えられた。

一方、北東や南西の風は年間を通じてほとんど吹いておらず、本地点では北西と南東の風が支配的であることが明らかとなった。

これらの結果から、年間を通じた風況を把握することにより、風車の設置場所や向き、種類やサイズなど、設置地点の環境に適した風車の選定が可能であることが改めて確認できた。特に、風向の季節変動や風速の分布を考慮することで、発電効率の最大化と設備の長寿命化に寄与する設計・運用戦略を立案できることが示唆された。

なお、資料末尾の付録に、年度ごとに集計した月別風配図を示した。

## 実証実験結果



図 10 日別の風配図の例 (2025 年 3 月, 風速が大きい場合)

※風速スケールの最大値は 5 m/s として表示している。

## 実 証 実 験 結 果



図 11 日別の風配図の例（2024 年 9 月, 風速が小さい場合）

## 実証実験結果

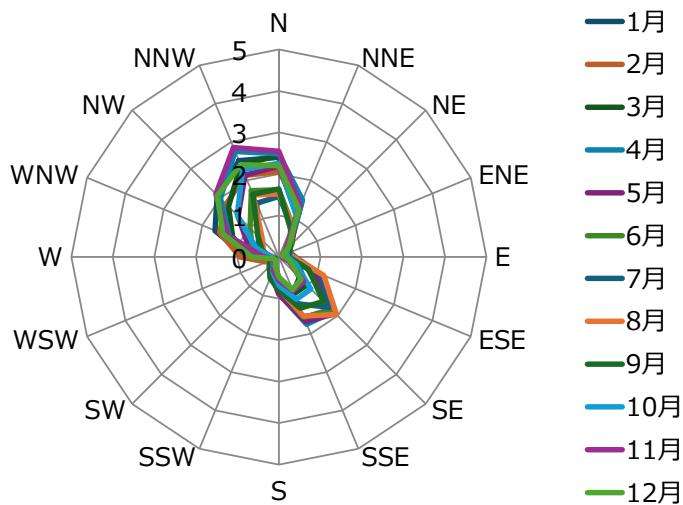


図12 実証実験全期間における平均風配図（平成30年～令和7年）

※冬季に北向きの風が強い傾向は、本県特有の局地風「からつ風」に起因するものと考えられる。

### 3.6 発電出力と設計出力の比較

結果を図13に示す。メーカー設計値との比較のため、発電出力の単位はkWではなくWとした。なお、設計値は、瞬間的な風速に基づく理論値であり、実際の運転条件を完全に反映したものではない。そのため、設計値と実際の発電出力を単純に比較すると、理論値よりも実測値が多いという差異が生じてしまう。しかし、通常は損失要因（機器効率、電気的損失、環境条件など）を考慮すると、理論値を超える出力が得られることは合理的ではない。

この点を踏まえ、本資料では実測値と設計値の比較をより公平に行うため、簡易的な補正手法を採用した。具体的にはメーカー設計値の曲線をカットイン風速（3m/s）分だけオフセットし、実測値との整合性を高める方法を採用した。また、グラフ上では3m/s未満の風速でも発電しているように見えるが、これは風速データを平均値で表示しているためである。実際の運転では、カットイン風速以上の状態が一定時間継続した場合に発電が行われるため、平均値としては3m/s未満であっても、瞬間にカットインを超える風速が発生しているケースが含まれるため、発電が記録されているものである。

今回の比較結果によると、発電電力量の設計値と、実際の測定値を設置場所の年平均風速で比較した場合、実測値は設計値より約33%小さいことが確認された。

なお、本資料では比較の際にカットイン風速（3m/s）分のオフセットを設けているため、この差異を単純に結論づけることはできないが、この結果から推測すると、実証実験設備における損失は概ね33%程度である可能性が示唆された。

## 実 証 実 驗 結 果

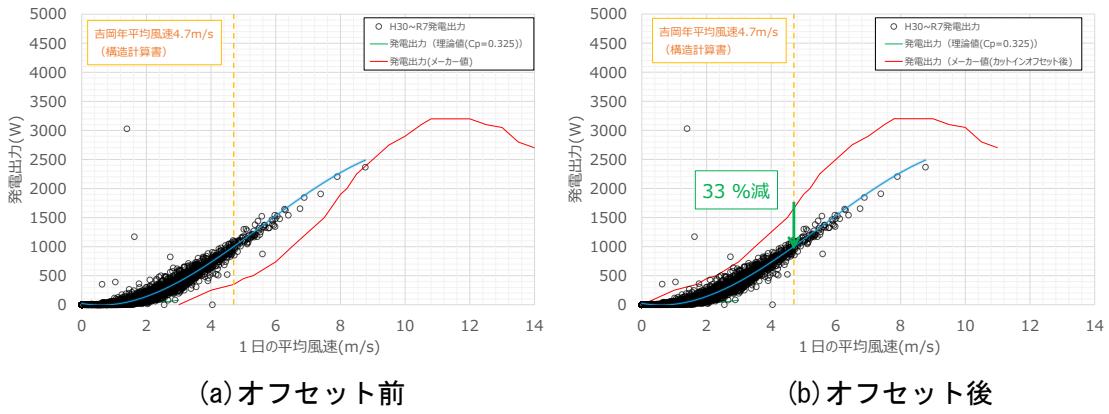


図13 発電出力と1日の平均風速の比較(メーカー設計値:赤ライン、実測値:黒丸)

### 3.7 吉岡小形風力発電実証実験設備の設備利用率

実証実験期間中の設備利用率を表3に示す。設備利用率は、以下の式に基づき算出した。解析結果によると、設備利用率はおよそ6～8%で推移していることを確認した。これは、日本国内における一般的な風力発電設備の設備利用率（約20%弱[12]）と比較すると、明らかに低調である。この低い設備利用率の要因として、以下の点が考えられた。

- ▶ 本地点の風況が、他の好立地地点に比べてやや不利であった点。
  - ▶ 年間を通じて、カットイン風速近傍の風況が多く、長時間にわたる安定した強風が少なかったため、風車が定格出力で稼働する時間が限られ、活発な発電が継続的に行われなかつた点。

以上のことから、本地点は風力発電において必ずしも最適な立地条件ではないことが示唆された。ただし、この知見は、今後の風力発電設備の設置計画において、風況データの重要性を再認識させるものであり、適切な立地選定や設備仕様の最適化に資する情報となると考えている。

$$\text{設備利用率}(\%) = \frac{\text{年間発電量kWh}}{\text{定格出力}3.2\text{ kW} \times 24\text{ h} \times 365\text{ day}} \times 100 \quad (\text{数式 4})$$

表3 吉岡小形風力発電実証実験設備の設備利用率

	H30	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07※
設備利用率(%)	8.8	8.0	8.0	7.6	6.8	8.3	6.9	3.5
年間発電量(kWh)	2469	2231	2235	2119	1895	2321	1922	993

※R07は年度途中の集計結果のため、利用率が低くなっている。

[12] NEDO：再生可能エネルギー技術白書、第2版、第3章 風力発電(2014, 2)

## 実 証 実 験 結 果

### 4 考察・まとめ

本県を含め、日本における風力発電の導入拡大には、日本特有の自然環境に起因する複雑な課題への対応が不可欠である。特に、日本は台風や地震といった自然災害の頻度が高く、加えて山岳地形や沿岸部の複雑な地形による乱流の影響を受けやすい。このため、風車の設計・運転・保守において、従来以上に高度な検証と適切な対応策や運用が求められる。具体的には、弱風地域でも効率的に発電できる設備の開発が必要である一方、台風やゲリラ豪雨に伴う強風に対しても安全かつ安定的に稼働できる環境性能の確保が重要である。こうした技術は、日本国内の導入促進にとどまらず、今後海外でも過酷な環境下での風力発電ニーズが高まることが予想されるため、国際競争力の強化にも直結する。

さらに、導入拡大を持続的に進めるためには、発電コストの削減が不可欠である。特に、事故や故障による風車の停止時間を短縮することは、稼働率向上の面でも重要な課題である。そのためには、構造部品の性能および信頼性を向上させるとともに、稼働状態を常時監視・最適化するモニタリングシステムの導入が求められる。加えて、実証実験で得られた知見を活用した予防保全システムを確立し、構造部品の寿命を事前に予測することで、破損や重大トラブルを未然に防ぐことが可能となる。

これらの取り組みにより、日本特有の自然環境を克服し、風力発電の安定的な拡大とコスト競争力の向上を実現することが期待される。最終的には、再生可能エネルギーの普及促進と脱炭素社会の実現に向け、本県ならびに日本が世界に先駆けて技術的優位性を確立することが重要である。

## 実 証 実 驗 結 果

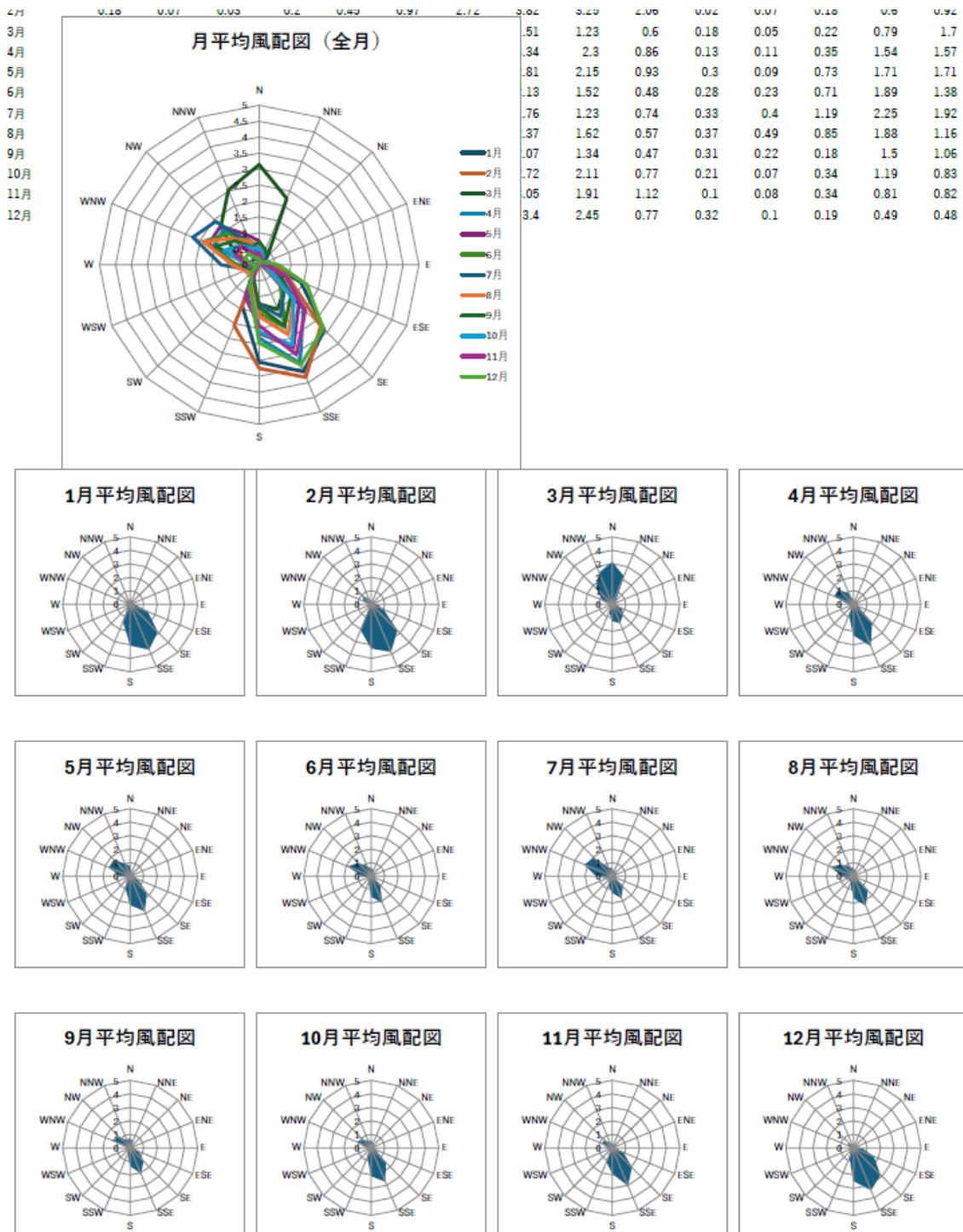
### 参考文献

- [1] 資源エネルギー庁：2040 年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料), (2025.2)
- [2] NEDO：再生可能エネルギー技術白書, 第 2 版, 第 3 章 風力発電(2014.2)
- [3] 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社：平成 24 年度北海道地方における風況変動  
データ作成事業成果報告書, 平成 24 年度環境省委託業務, (2013.3)
- [4] NEDO：日本型風力発電ガイドライン 台風・乱流対策編, (2008.3)

## 実 証 実 験 結 果

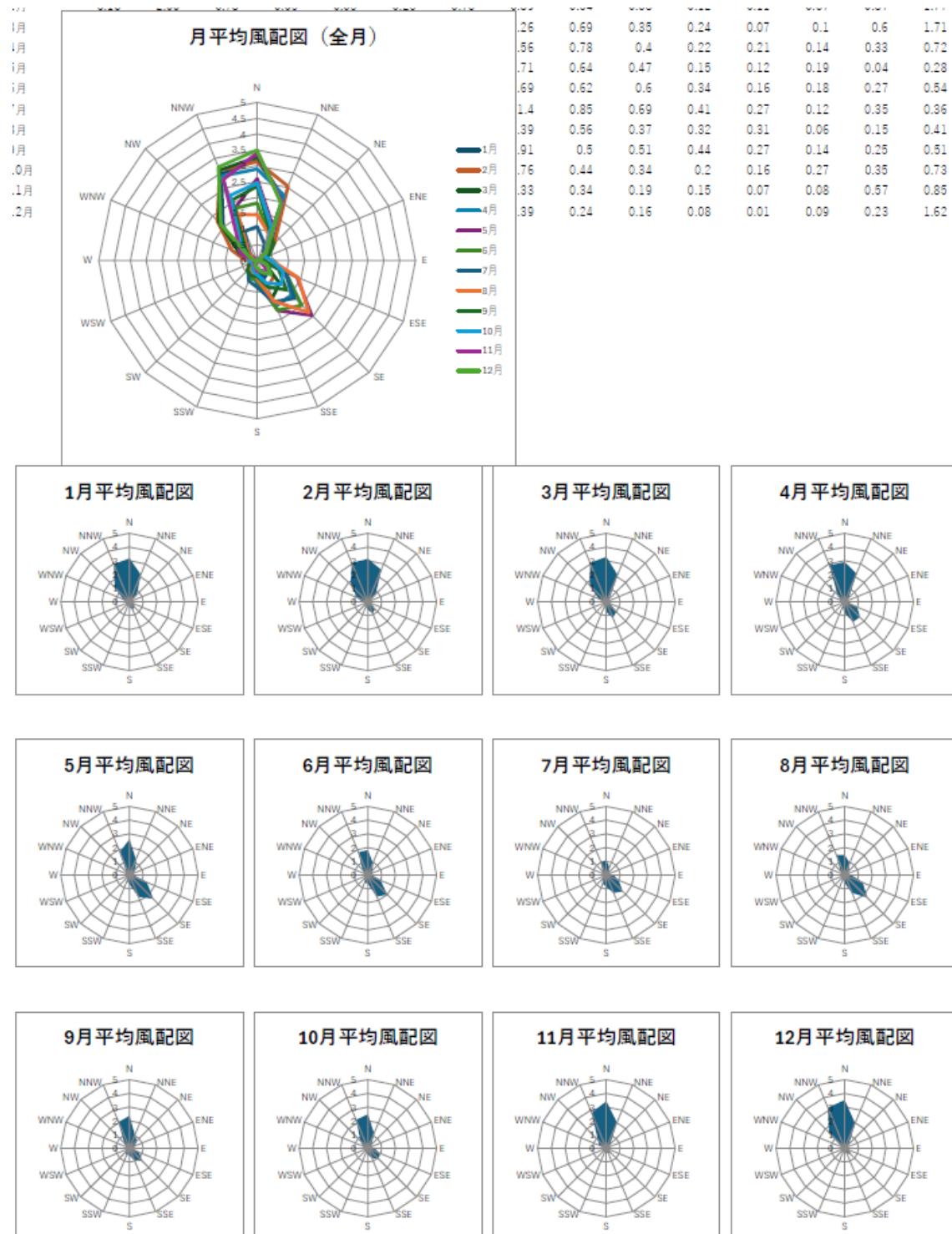
### 付録：年度別月ごとの風配図

年度別に月ごとに統計処理した風配図を以下の図14～図21に示す。



**図14 風配図（平成30年度）**

## 実 証 実 験 結 果



**図 15 風配図（令和元年度）**

## 実 証 実 験 結 果

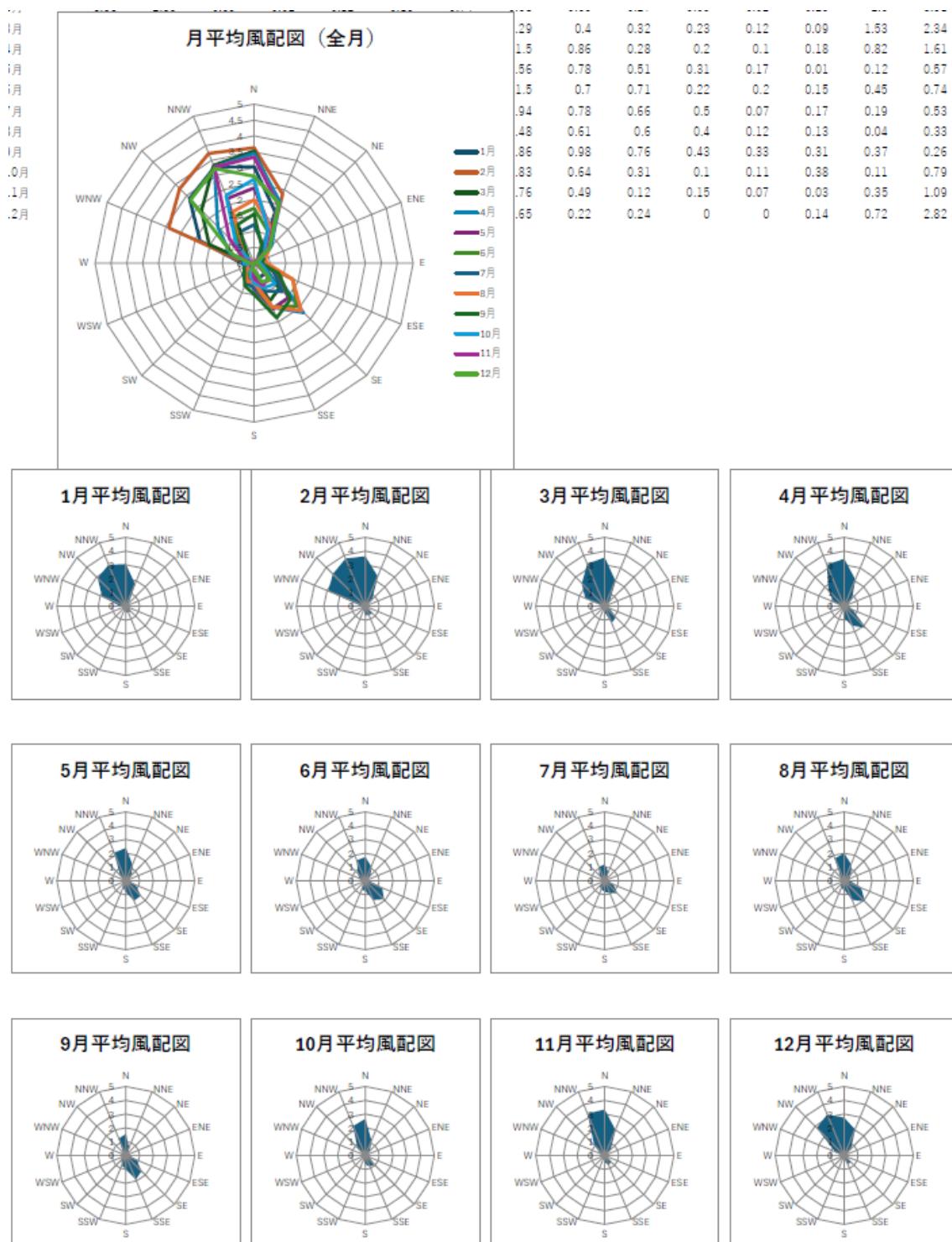


図 16 風配図（令和2年度）

## 実 証 実 験 結 果



図 17 風配図（令和3年度）

## 実 証 実 験 結 果

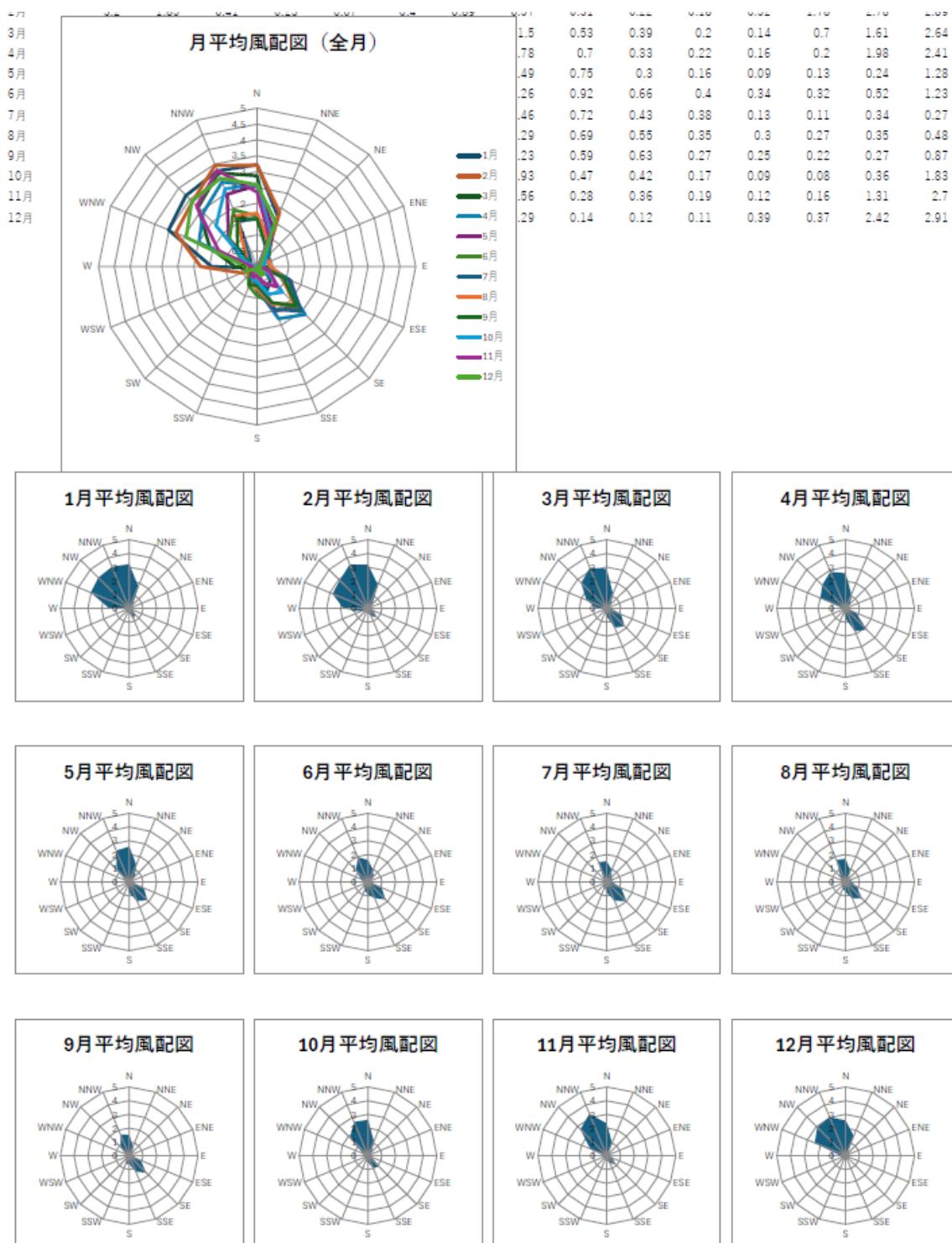


図 18 風配図（令和4年度）

## 実 証 実 験 結 果

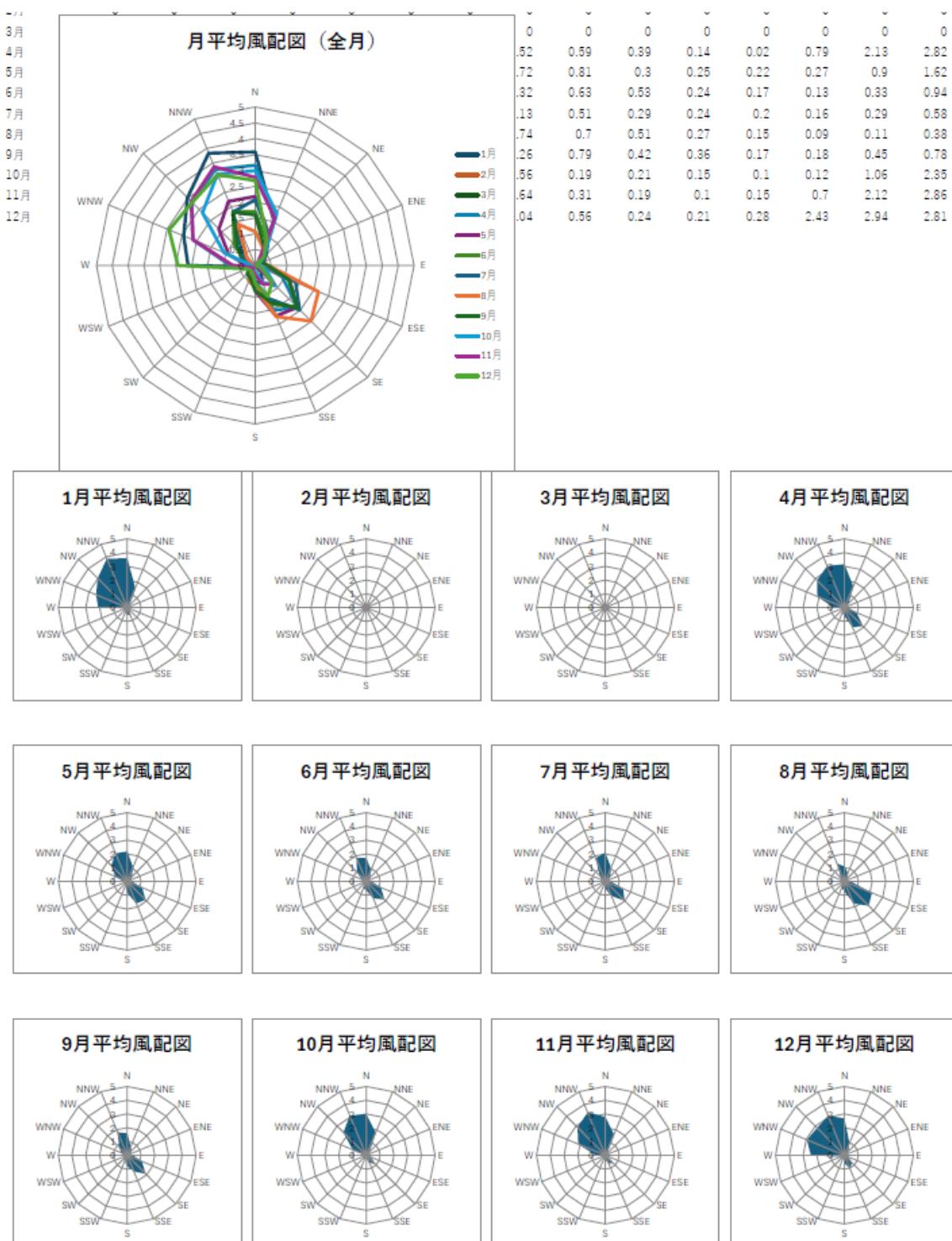


図 19 風配図（令和5年度）（2月と3月は記録設備の不調のため、データなし）

## 実 証 実 験 結 果

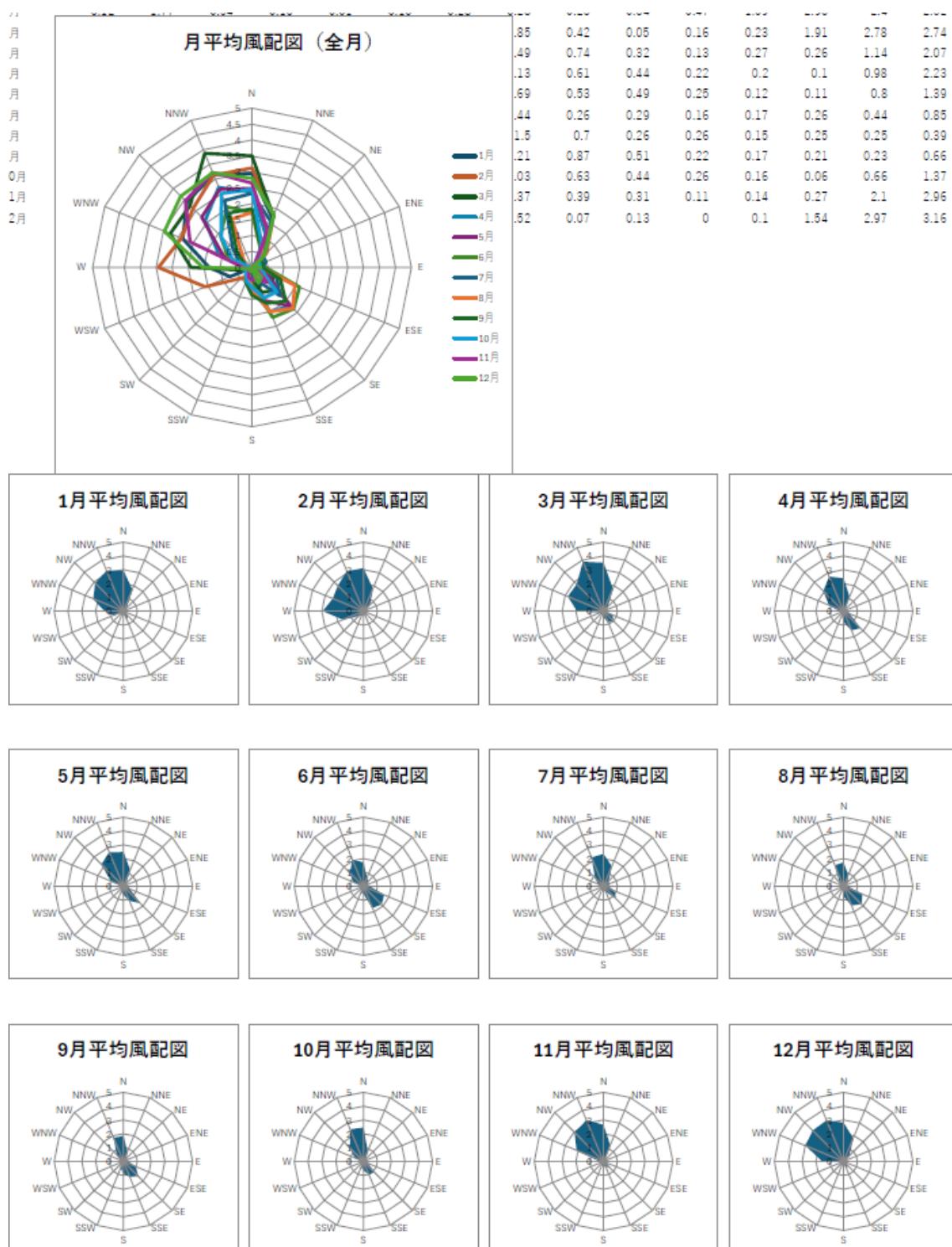


図 20 風配図（令和 6 年度）

## 実 証 実 験 結 果

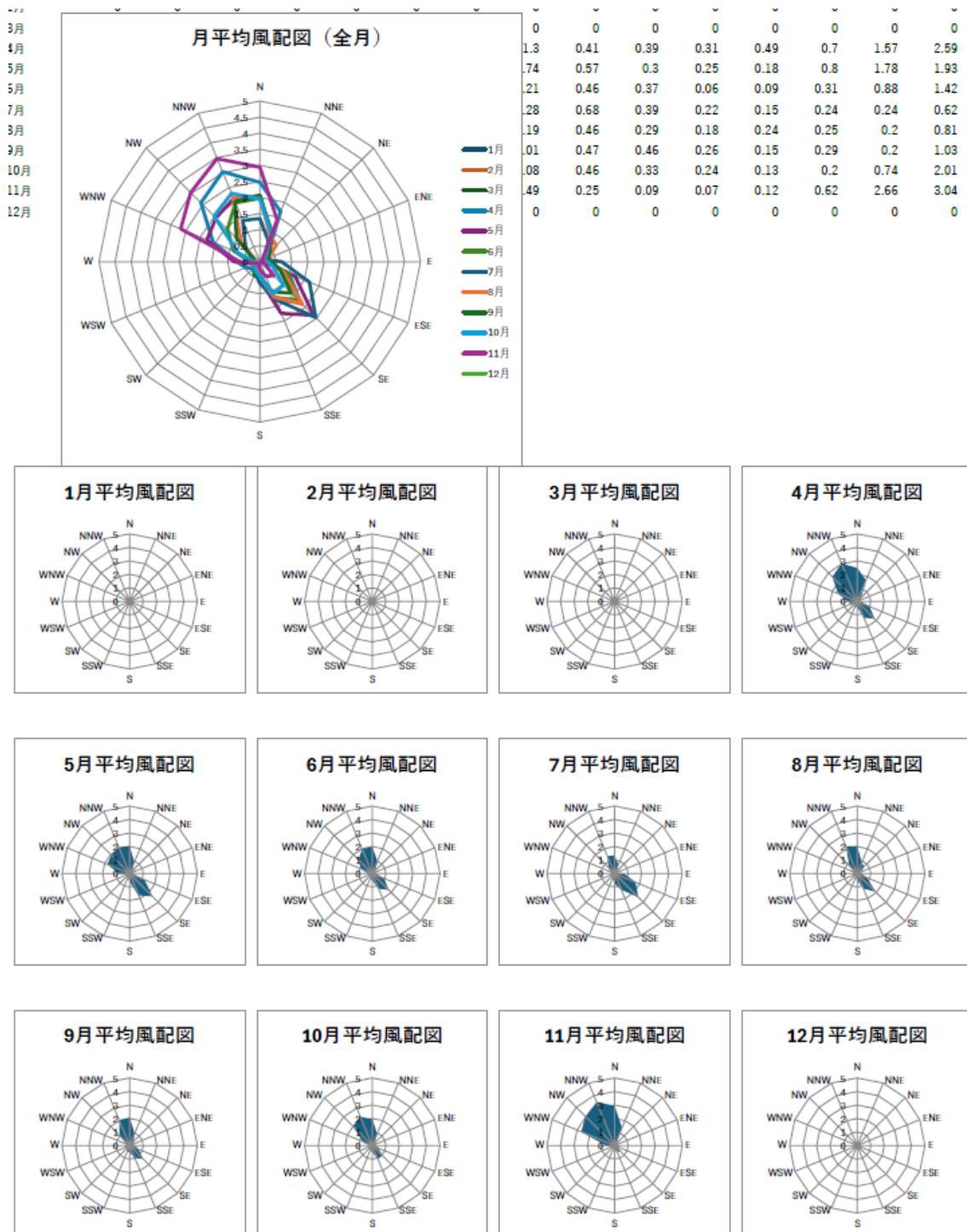


図 21 風配図（令和 7 年度）（12 月～3 月のデータは集計途中のため No data）