

傾斜地設置型/営農型/水上設置型

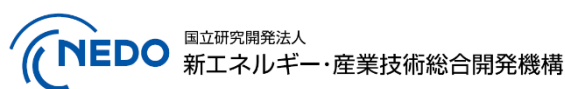
太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2023 年版

技術資料：

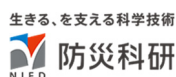
水上設置型太陽光発電設備の屋外実測結果の概要

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20015）「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発」事業の結果として得られたものです。

2023 年 4 月 28 日



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute



修正履歴

頁	該当箇所	修正概要	備考
3	2 行目	項目番号の修正 ： (3) → (1)	2023/06/01 修正
5	図 3-9	軸（右縦軸）名称の修正	2023/06/01 修正
8	7 行目	項目番号の修正 ： (4) → (2)	2023/06/01 修正

修正内容の詳細については別添「正誤表：水上設置型ガイドライン 2023」参照

水上設置型太陽光発電設備の屋外実測結果の概要

1. 概要

現在、水上太陽光発電設備は主に農業用ため池へ設置されている。これらの水域へ設置するアイランドの設計を行う際は、各社が独自で定めた基準に則りアンカーの仕様や本数を決定している。しかし環境から与えられる外力について、気象庁が開示している風速の様な一般的な情報はあるものの、現地で実際に発生している波や風に関する情報はほとんど無い。

そこで実際に太陽光発電設備が設置されているため池の風速及び波高の測定を行い、その結果を以下に示した。また太陽光発電設備の設置先の拡張を検討するため、並行して内海を対象とした測定を行った。

なお、風速測定結果については、測定対象地からの最寄りの AMeDAS 測定局での風速データと比較しているが、両者で風速測定条件（瞬間風速のサンプリング条件）等が異なるため、直接的に比較できないことに注意されたい。また、AMeDAS 測定局の風速データは、風速の測定高さや測定局周辺の地表面粗度の状況を考慮した補正を行っていないため、JIS C 8955:2017 に示された設計用基準風速と同様の条件でないことについても注意する必要がある。

2. 測定項目と測定機器

日常的に太陽光発電設備へ外力を作用させる代表的要素として風と波が挙げられるため、この2項目を調査対象とした。

(1) 波の測定に関して

GPS 波浪観測ブイを用いて波の調査を行った。ため池での測定においては波浪観測ブイの一端をフロートの島に接続、他端を観測地の土手に接続し係留観測した。海での測定においては、測定地が後述する貯木場であるため、既設の杭2本にロープを用いて係留接続を行った。同機器では波高、波周期、波向、緯度、経度を計測。GPS 波浪観測ブイの概要は以下の通り。

- ・ 株式会社マリン・ワーク・ジャパン 特別製波浪観測ブイ(海象観測で実績有)
- ・ 直径=77cm 高さ=60cm 空中重量=25kg
- ・ 電源=独立電源 測定データ=内部 SD カード保存 係留=カテナリー方式
- ・ サンプリング=2.5Hz×20 分間、計測値=1 時間平均値

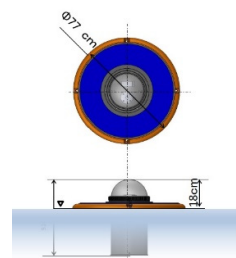
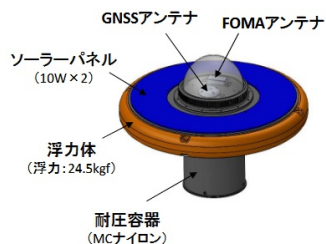


図 2-1 波浪観測ブイ外観 図 2-2 波浪観測ブイの構成 図 2-3 観測ブイ寸法

(2) 風の測定に関して

風は超音波式風向風速システムを用いて測定を行った。ため池の測定では既存の発電島に設けられた外周フロートに、南北方向 2 行×東西方向 3 列の計 6 個のメインフロートを追加延長し足場を形成、その上に風速測定システムを設置した。海で測定を行う際は南北 3 行×東西 3 列の計 9 個で独立の浮島を作成、これを風速測定システムの足場とした。風速計は水面から 50cm の高さに設置。風速測定システムはバッテリー内蔵ロガーボックス、太陽電池モジュール、超音波式風向風速計で構成される。各機器の概要は以下の通り。

- ・ ロガーボックス
 - 幅 40cm×奥行 20cm×高さ 50cm
- ・ 太陽電池モジュール (10W)
 - 長手 50cm×短手 40cm×高さ 5cm
- ・ 超音波式風向風速計
 - ウインドソニック PGWS-100-1
 - 直径 $\Phi 15\text{cm}$ ×高さ 15cm 重量 0.5kg
 - サンプルング=10 秒毎、計測値は 10 分平均

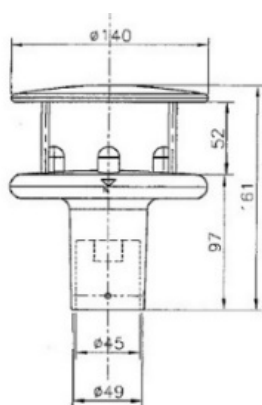


図 2-4 超音波式風向風速計

3. 測定結果

(1) ため池の環境調査

計 3 か所のため池に対し、風及び波の測定を行った。以下に対象地別測定結果を記す。

a) 布勢池での測定

2022 年 9 月に日本へ接近及び上陸した台風 14 号にあわせ、香川県さぬき市にある布勢池の環境調査を実施した。概要は以下の通り。

- 測定日＝2022 年 9 月 17 日～24 日
- 測定対象地＝香川県さぬき市 布勢池発電所
池総面積 16,649m² 設置面積 6,037m² 面積割合 36.3% 水深 4.5m
- 波浪観測ブイ設置位置＝南北：土手～発電島距離約 20m の中央付近
(図 3-3 赤丸部) 東西：発電島最北辺(約 50m)の中央
(図 3-3 青丸部)
- 風向風速計設置位置＝南北：発電島北端からフロートを延長
(図 3-3 青丸部) 東西：発電島最北辺を 1:2 に分割する部分
- 参考気象測定局＝高松 緯度 34 度 19.1 分 経度 134 度 3.2 分
気象台の海面上高さ： 9m 風速計高さ：地上 17.5m

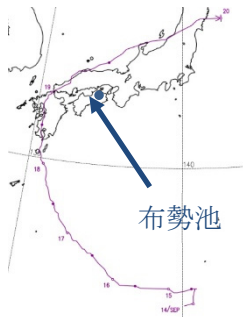


図 3-1 台風 14 号進路



図 3-2 布勢池所在



図 3-3 布勢池機器配置



図 3-4 機器設置状況

風速の測定結果を表 3-1、図 3-5、図 3-6 及び図 3-7 に示す。台風が接近した 9 月 17 日～25 日の 8 日間を対象として日時を横軸に、縦軸に風速を取った。なお台風が最接近した 9

月 19 日 0 時付近のピーク前後は南または東方向から、台風通過後の 9 月 20 日以降は西方向から風が吹いていた。図 3-5 は今回の測定項目を単一のグラフにまとめた結果を示しており、図 3-6 は最大瞬間風速に着目、図 3-7 は平均風速に着目してグラフを抜き出したものである。

今回設置した風速計の測定値と付近(高松)の気象台測定値の関係性は、最大瞬間風速の比較でも平均風速の比較でも変わらず、一律で気象台測定結果に比べ水面付近の風速は小さくなっていた。この主な理由として以下 3 点が考えられる。

- ・ ため池の北側、西側、南側には土手が在ること
- ・ 池の東側には林があること
- ・ 十分な吹走距離が無いこと

表 3-1 平均風速と最大瞬間風速

	平均風速 [m/s]		最大瞬間風速 [m/s]	
	布勢池	高松	布勢池	高松
平均	1.2	3.6	3.0	6.3
最大	5.6	11.2	14.6	21.1
偏差	1.0	2.1	2.4	3.8

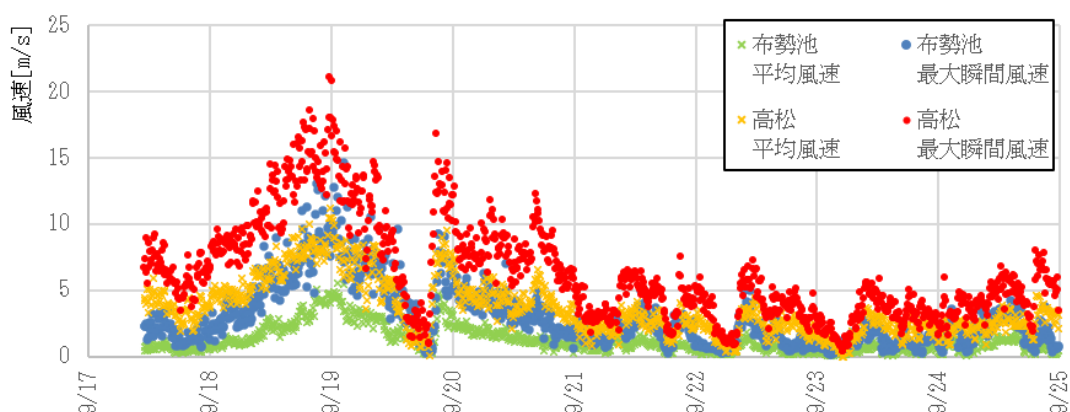


図 3-5 布勢池に設置した風速計測定値と気象庁気象台測定値の比較

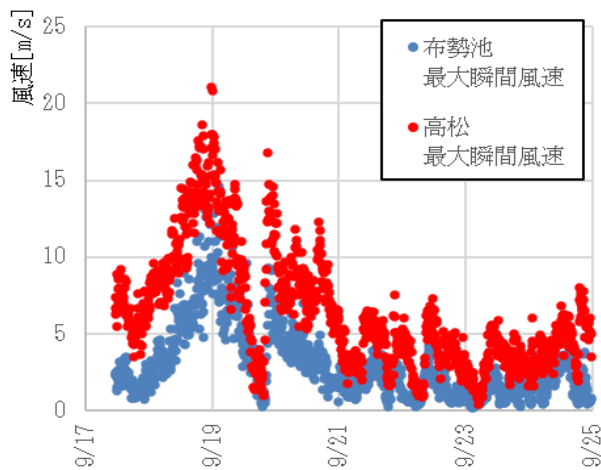


図 3-6 最大瞬間風速比較(布勢池)

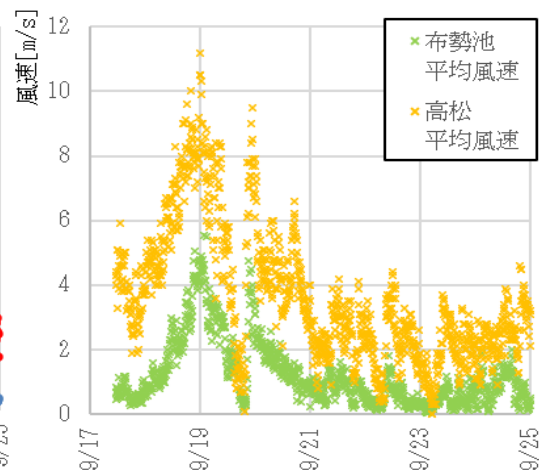


図 3-7 平均風速比較(布勢池)

風速と波高さを比較した結果を図 3-8 に、風速と波周期を比較した結果を図 3-9 に示す。図 3-8 では青プロットと赤プロットがほぼ重なっており、風が強い時間帯は波も強くなっていることが判る。ただしグラフ上最大波高は 25cm を示しているが、現地で撮影した動画ではさほど大きな波は観測されていない。これはフロート島から土手までに生じた水面の傾斜を波と判定され、実際の波高よりも高い数値が算出されたためと予想される。

図 3-9 は波高と周期の関係性を示したものである。一般的に波高が大きくなると波周期は長くなるが、図 3-9 からはその傾向が見られない。このことから両グラフが示す波高には、基準水面から上下に振幅を持つ短周期の波のみではなく、フロートに大きな負荷を及ぼさない水面全体に傾斜を齎すような波の成分が含まれていると考えられる。

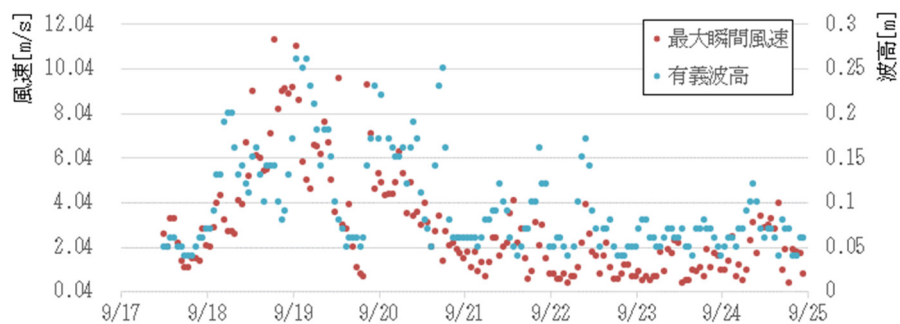


図 3-8 波高と風速の関係(布勢池)

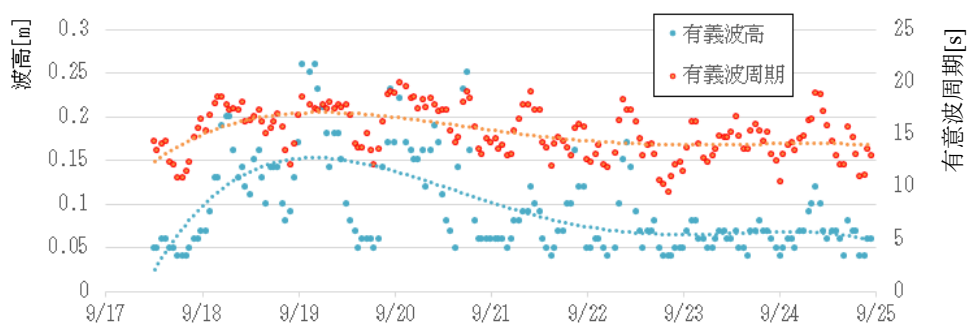


図 3-9 波高と波周期の関係(布勢池)

b) 城池での測定

2022 年度は上記台風 14 号以外、測定対象候補地に接近した台風は無かったため、比較的穏やかな環境下ではあるが、2 点目の対象地である城池での実測結果を以下に記す。

- 測定日＝2022 年 10 月 23 日～11 月 6 日
- 測定対象地＝香川県さぬき市 城池発電所
池総面積 224,062m² 設置面積 23,602m² 面積割合 10.5% 水深 8m
- 波浪観測ブイ設置位置＝発電島西側露呈水面の中央付近（図 3-12 赤丸部）
- 風向風速計設置位置＝南北：発電島北端からフロートを延長（図 3-12 青丸部）
東西：発電島最北辺の東端
- 参考气象台＝香南 緯度 34 度 12.8 分 経度 134 度 0.9 分
海面上高さ 185m 風速計高さ 10m



図 3-10 城池 所在



図 3-11 測定位置

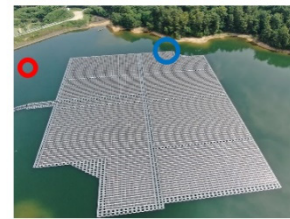


図 3-12 機器配置(左図赤枠部)

最大瞬間風速と平均風速について、付近の气象台（香南）との比較結果を図 3-13 及び図 3-14 に示す。先の布勢池同様、気象庁の測定値に比べ現地での風速は一律で小さくなった。風速と波高の関係を図 3-15 に示す。先の布勢池同様、風の強い時間帯に比較的高い波が発生していた。

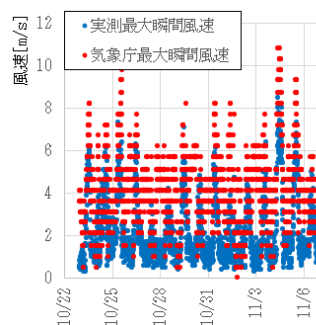


図 3-13 最大瞬間風速比較(城池)

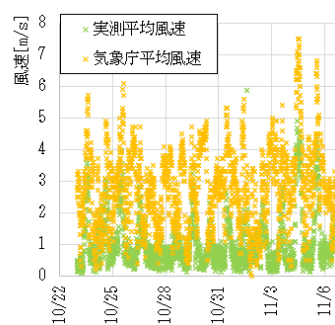


図 3-14 平均風速比較(城池)

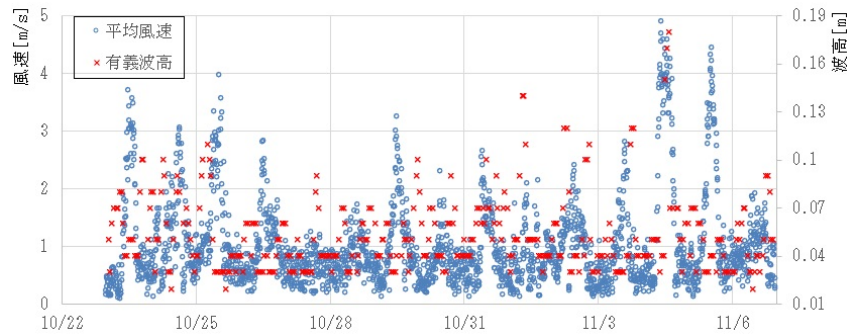


図 3-15 波高と風速の関係(城池)

c) 皿池での測定

3 点目の対象地である皿池での測定結果を以下に記す。

- 測定日＝2022 年 12 月 10 日～1 月 10 日
- 測定対象地＝兵庫県加西市 皿池発電所
池総面積 47,206m² 設置面積 22,091m² 面積割合 46.8%
- 波浪観測ブイ設置位置＝南北：土手～発電島距離約 10m の中央付近
(図 3-18 赤丸部) 東西：発電島最北辺の中央
- 風向風速計設置位置＝南北：発電島北端からフロートを延長
(図 3-18 青丸部) 東西：発電島最北辺を東端と西端
- 参考気象台＝姫路 緯度 34 度 50.3 分 経度 134 度 40.2 分
気象台の海面上高さ 38m 風速計高さ：地上 16.2m

最大瞬間風速と平均風速について、付近の気象台(姫路)との比較結果を図 3-19 及び図 3-20 に示す。先の布勢池や城池と同様、気象庁の測定値に比べ現地での風速は一律で小さくなった。風速と波高の関係を図 3-21 に示す。先述の 2 池同様、風の強い時間帯に比較的高い波が発生していた。



図 3-16 皿池所在



図 3-17 測定位置



図 3-18 機器配置

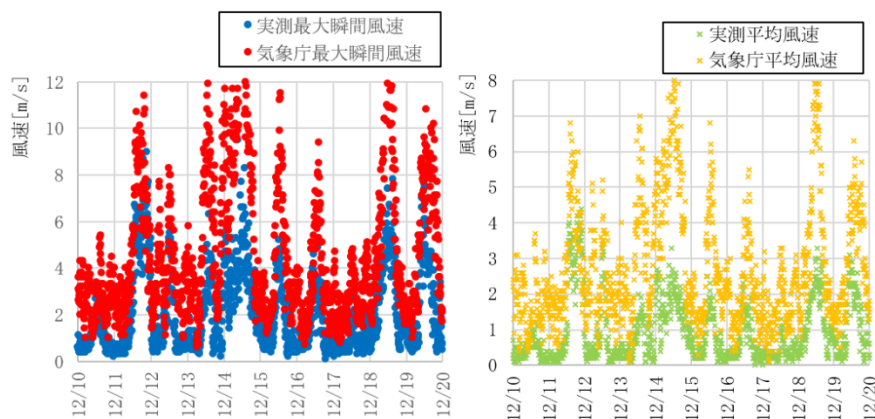


図 3-19 最大瞬間風速比較(皿池) 図 3-20 平均風速比較(皿池)

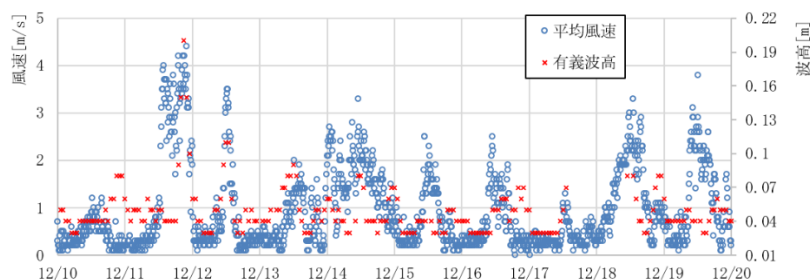


図 3-21 波高と風速の関係(皿池)

皿池での測定においても、付近の気象台で得られた風速に比べ現地での実測風速が小さいこと、ならびに風が強い時間帯に波が高くなる傾向にあることが確認された。

(2) 洋上環境の調査

既存の水上設置型太陽光発電設備は一般的にため池が設置対象となっている。そこで再生可能エネルギーの共有可能設置領域の拡張を図るため、参考として洋上環境の調査を行った。吹走距離が長く、自然環境下で波が発生する洋上環境は貯水池に比べ、太陽光発電設備に与えられる外力が高まることが予想されるため、比較的穏やかな環境を選定し、調査を実施した。

上記前提条件から、まず本件での測定対象地を瀬戸内海に面した入り江状の地形に限定。さらに防波堤が設けられており水深が大きい貯木場として使用されていることから、香川県三豊市の詫間港にて調査を行った。

なお測定期間は 2022 年 11 月 9 日から 11 月 24 日までの 16 日間である。

これまでの水上設置型太陽光発電設備が既に設置されている農業用ため池とは異なり、詫間港には風向風速計を設置する基礎の足場が存在しないため、メインフロートを 3×3 に連結し係留ロープにて付近の杭に接続、簡易フロート島の上に測定機を配置した。なお波浪観測ブイも当フロート島と同様、同地域に点在する杭に接続し測定を実施した。

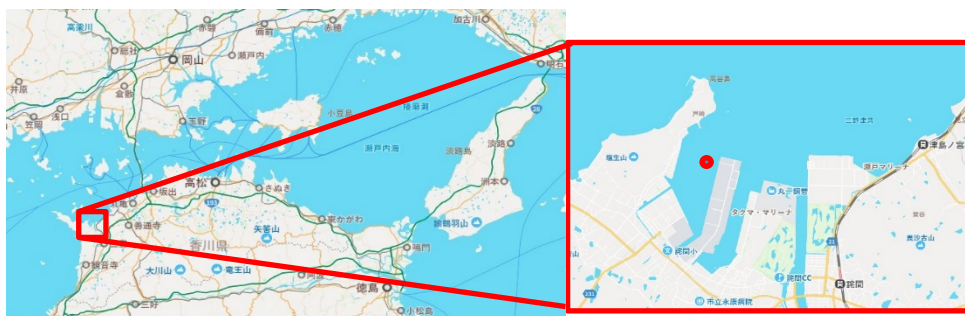


図 3-22 三豊市詫間港 所在及び波浪風速測定位置



図 3-23 詫間港への波浪観測ブイ及び風速計設置状況
(赤丸は波浪観測ブイ、黄丸は風向風速計設置位置を示す)

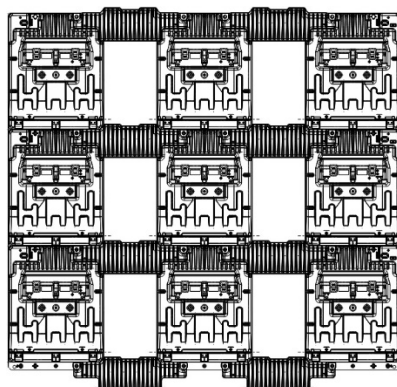


図 3-24 風速計設置足場用フロートレイアウト

ため池での測定と同様、付近の気象台(多度津)で得られた風速を比較した結果を図 3-25 ならびに図 3-26 に示す。ため池での測定結果とは異なり、気象台の測定値と現地測定値はほぼ同値となった。付近に土手や林の様な風を妨げるものが無いこと、及び吹走距離が十分に長いことが主な理由と考えられる。

図 3-27 には風速と波高の関係性を示す。ため池同様、風が強い時間帯では波も強くなる傾向が確認された。一方詫間港では風は無いものの、波が発生する時間帯が認められた。

図 3-8、図 3-15、図 3-21 に比べ波高の値は小さくなっている。これは土手と発電島の狭い空間で生じる、水面全体に傾きを齎すような水位変動が存在しなかったためと推測する。また潮位変動は水面全体がほぼ平行に上下するため、波として検出されなかったものと思われる。

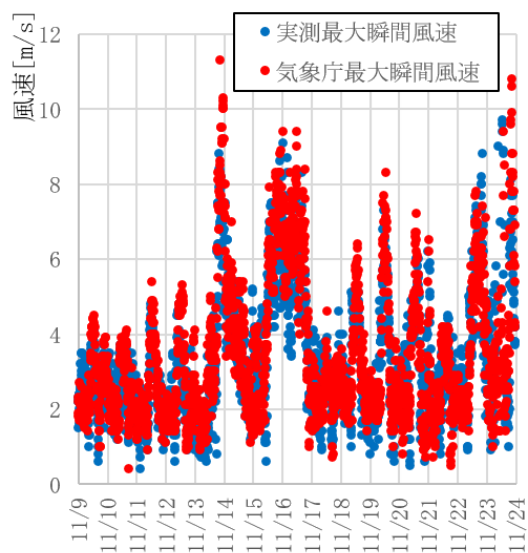


図 3-25 最大瞬間風速比較(詫間港)

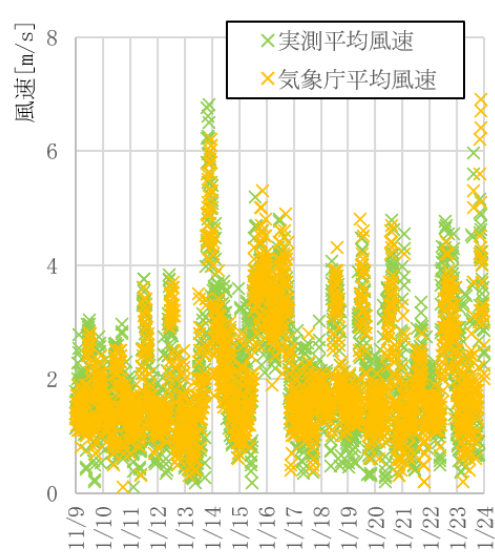


図 3-26 平均風速比較(詫間港)

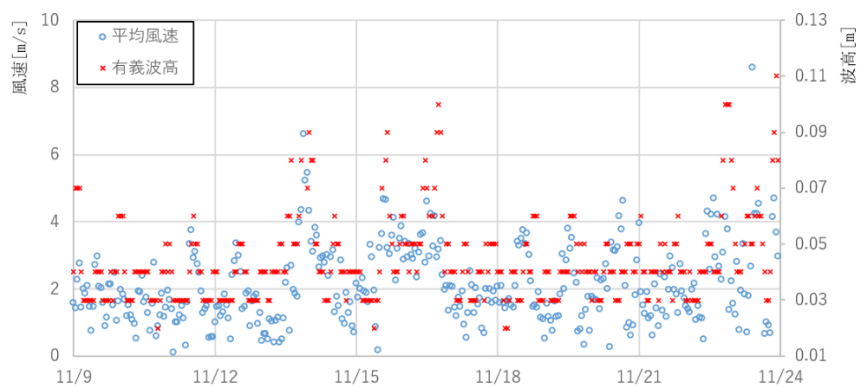


図 3-27 波高と風速の関係(詫間港)

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁ホームページ・台風経路図 令和4年[9]第14号(上陸)
https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/route_map/bstv2022.html
- 2) 国土交通省気象庁ホームページ・過去の気象データ検索 より測定値を引用
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20015）「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発」事業の結果として得られたものです。