

# 与那国島風況観測

## RESULT OF WIND CONDITION MEASUREMENT IN YONAGUNI ISLAND

藤原惇嗣\* 小川路加\* 川端浩和\*\* 小垣哲也\*\*  
 Atsushi Fujiwara Ruka Ogawa Hirokazu Kawabata Tetsuya Kogaki

IEC 61400-1,ed.4-2019にて新しい設計基準風速（57m/s）のクラス I - T が規定されているが、沖縄地方では、クラス I - T を満足する風車でも適合しない地域が存在することが知られている。

日本の最西端の島である与那国島は、国内有数の台風襲来地域である。この与那国島の風条件を把握するために風況観測を実施した。

キーワード：風況観測, 乱流, 台風

### 1. まえがき

IEC 61400-1,ed4-2019にて新しい設計基準風速（57m/s）のクラス I - T が規定されている。しかしながら、日本の沖縄地方では、クラス I - T の条件を満足する風車でも適合しない地域が存在することが知られている。

日本の最西端の島である与那国島は、国内有数の台風襲来地域である。国内でも特に厳しい風条件のサイトとなるため、当社の台風仕様風車（KWT300 TCV）の設置前に、建設サイトの風条件を把握するために風況観測を実施した。

### 2. 建設サイト

図-1 に与那国島での風況観測マスト設置場所を示す。

今回風況観測マストを設置した与那国島は、沖縄本島より南西方向へ約 509km、東京から約 1,900km 離れた日本最西端

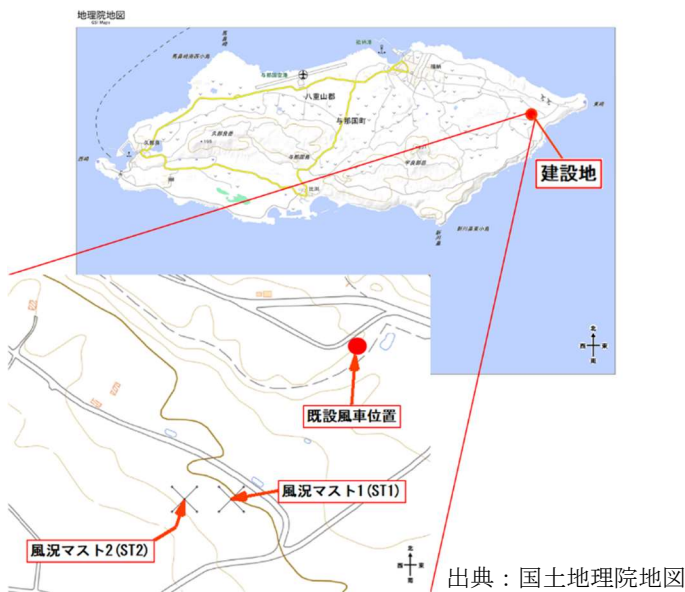


図-1 与那国島風況観測マスト設置位置

位置する島である。また、日本でも有数の台風襲来地域で

あり、周囲が海であるため襲来する台風も勢力が強いまま接近する特徴がある。さらに島の面積が 28.95km<sup>2</sup>（東京都の約 1/100）の広さしかなく、台風が接近・上陸しても勢力が弱まることがない。2015 年 9 月 28 日に襲来した台風 21 号では、最大瞬間風速 81.1m/s、最大風速 54.6m/s を記録しており<sup>2)</sup>、最大瞬間風速は観測史上日本で 4 番目に、最大風速は日本で 5 番目に大きい台風であった。

### 3. 計測システム

与那国島へ設置した風況観測マストの一般図を図-2 に示す。

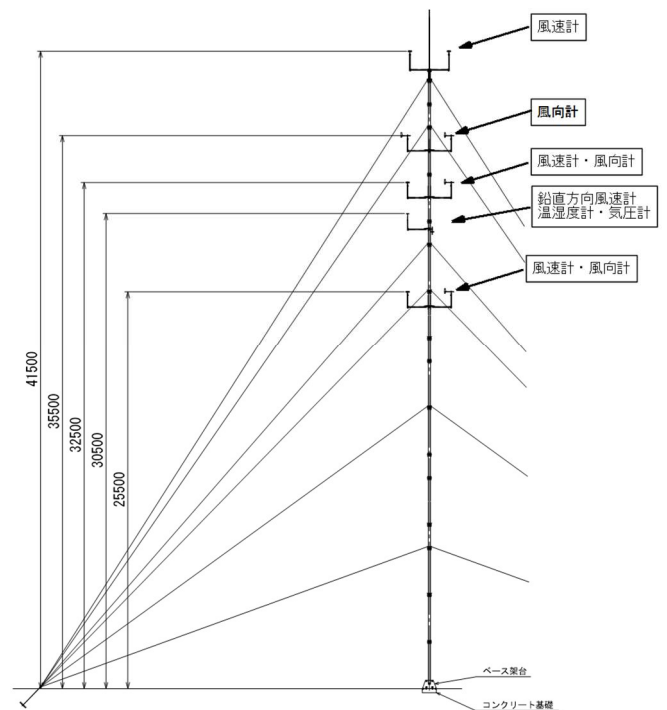


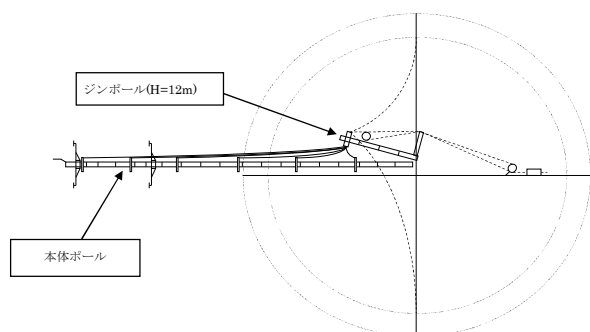
図-2 風況観測マスト一般図

\* 環境インフラ本部 再生可能エネルギー部  
 \*\* 国立研究開発法人産業技術総合研究所

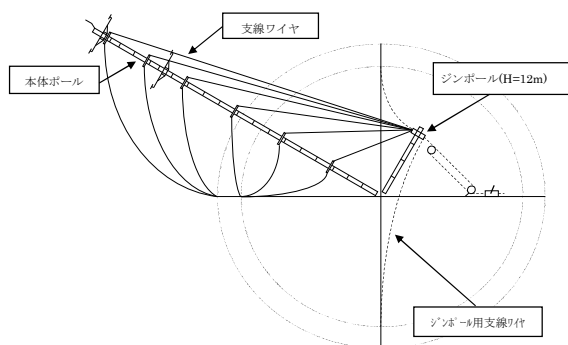
本マストは最大高さ 41.5m の支線ワイヤ式モノポールで、6 段のワイヤにより支えられる。センサの取付け高さおよび構造部材からの離隔については、IEC61400-12<sup>3)</sup>に準拠しており、図-1 で示したように風況観測マストを風車建設位置（風況マスト 2：ST2）と、そこから東北東方向に約 73m（約 2.2D：KWT300 のロータ直径（33m）の 2.2 倍）離れた位置（風況マスト 1：ST1）の 2 地点にそれぞれに設置している。ST1 に設置したセンサは、ハブ高さである 41.5m に三杯式風速計を 2 基、35.5m に矢羽根式風向計を 2 基、ブレード下端位置付近である 25.5m とブレード中間付近である 32.5m に三杯式風速計と矢羽根式風向計を各 1 基ずつ設置している。さらに、建設サイト周辺の地形に若干の勾配があることから、風況の傾斜率を算出するために、30.5m に鉛直方向風速計を設置している。また、同高さに風向風速以外の気象条件観測のため、温湿度計および大気圧計を設置している。ST2 には、ST1 に設置した温湿度計、大気圧計以外のセンサを同じ位置に設置している。

#### 4. 建設工事

本サイトでは地面に平行にポールを地組し、ワイヤを使って建て起こしながら建設を行った。建て起こしのステップ図を図-3 に、建設状況を写真-1～写真-3 に示す。



(A) ジンポール建て起こし



(B) 本体ポール建て起こし

図-3 ポール架設図



写真-1 ポール地組状況



写真-2 センサーアームおよびセンサ設置状況



写真-3 建て起こし状況

風況観測マスト建て起こし後、センサ配線・動作確認を実施し、2021年9月より計測を開始した。設置完了後の状況を写真-4に示す。

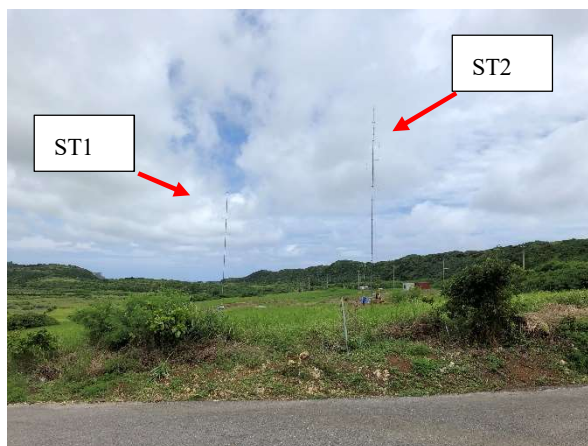


写真-4 設置完了

## 5. 計測結果

本章では、風車建設予定地へ建設したST2にて2021年9月9日から2022年10月6日までに計測されたデータを用いて評価を行った結果を示す。

### 5.1 風配図

計測期間全体の傾向を見るために、図-4に風配図を、図-5に風速別出現頻度分布を示す。風速別出現頻度分布のグラフでは、横軸に風速、縦軸にそれぞれの風速の出現頻度を示す。また、赤線でワイブル分布の近似曲線を示す。

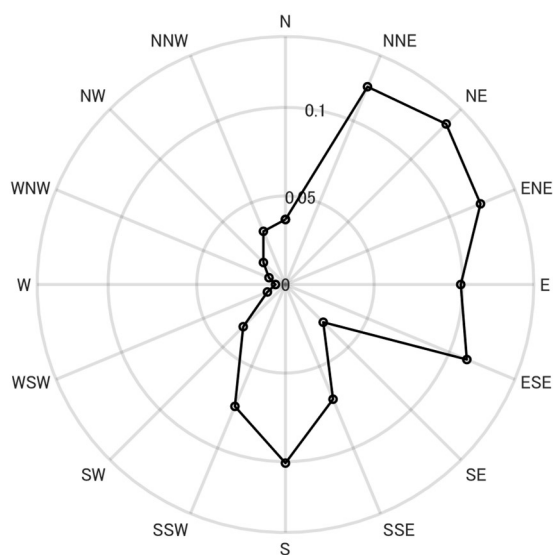


図-4 風配図

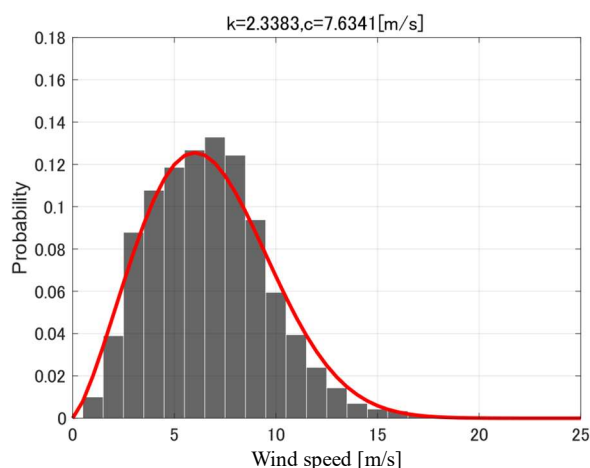


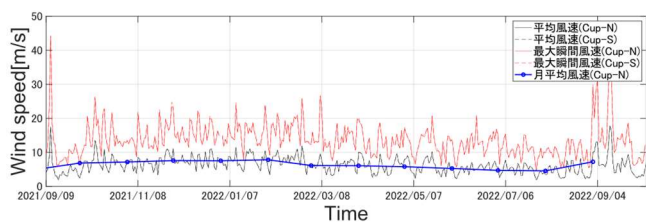
図-5 風速別出現頻度分布

図-4よりわかるように、本サイトは年間を通して、北東～東より吹く風の頻度が高い傾向にあり、あわせて南より吹く風の頻度が高い傾向であった。西側より吹く風の頻度が低い傾向があるが、これは与那国島の西側111kmに台湾があり、台湾の山に風が遮られることによる影響と考えられる。計測期間中に得られたデータの10分平均値で、KWT300の設計定格風速である11.5m/sを超えたのは5.9%であった。

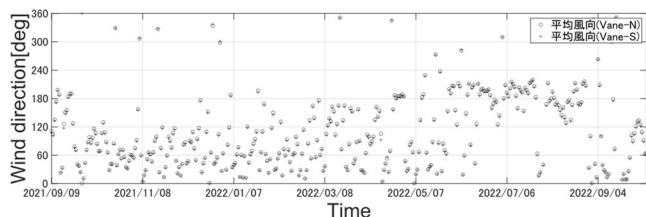
季節の影響を見るために、図-6に計測期間中の風速(WS)、風向(WD)、乱流強度(TI)の日平均値を時系列で示す。風速については、最大瞬間風速(赤線)および月平均風速(青線)の値を重ねて示す。月平均の風速は、2021年11月～2022年2月までの4か月間は7m/sを超えており、他の月と比較して高い傾向にあった。また計測期間中の最大瞬間風速は、2021年9月12日に記録した44.24m/sであった。これは、台風14号が付近を通過した影響である。また、2022年9月にも比較的高い最大瞬間風速を記録しており、これらの理由はどれも台風の接近によるものである。2022年の9月はほぼ毎週の頻度で台風の影響範囲に入っており、このことから台風の襲来頻度が高い地域であることがわかる。

風向については、夏は南からの風で、そのシーズンの乱流強度は比較的低い傾向となっている。そのほかの季節はおおむね東～北東からの風であった。詳しくは後に示す風向別データにて示す。

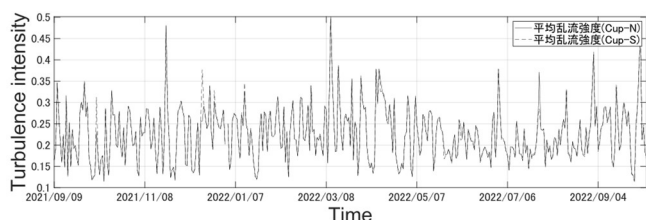




(a) 平均風速および最大瞬間風速



(b) 平均風向



(c) 平均乱流強度

図-6 日毎風況データ

## 5.2 風向別の風速および乱流強度

風向別の鉛直方向風速を図-7に、流入風向別の風の風速別乱流強度および風速出現頻度分布を図-8～図-15に示す。図-7の鉛直方向風速のグラフでは、横軸に風向、縦軸に鉛直方向風速をとり、右側のカラーバーに則り、それぞれのプロットの色で41.5m高さでの水平方向風速を示す。風速別乱流強度のグラフでは、横軸に41.5m高さでの水平方向風速、縦軸で乱流強度をとり、右側のカラーバーに則り、それぞれのプロットの色で同時刻の平均風向を示す。このときの0°は北方向を示す。また、白抜き赤丸で各風速BINでの平均乱流強度を示し、白抜き紫の四角で90パーセンタイル値を示す。風速BINごとの平均値および90パーセンタイル値の算出については、6時間以上のデータが収集された風速BINについてのみ行った。

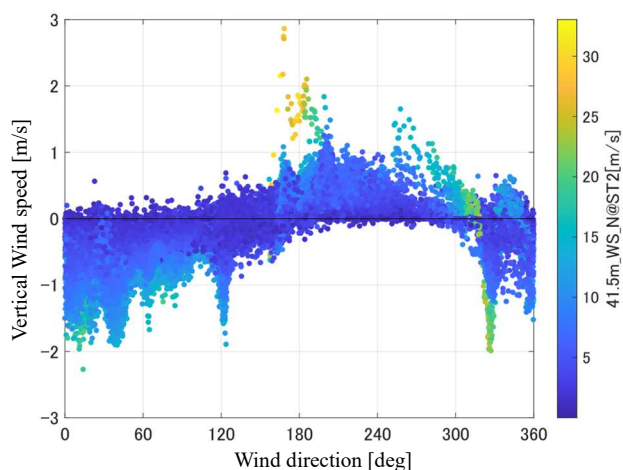


図-7 風向別鉛直方向風速

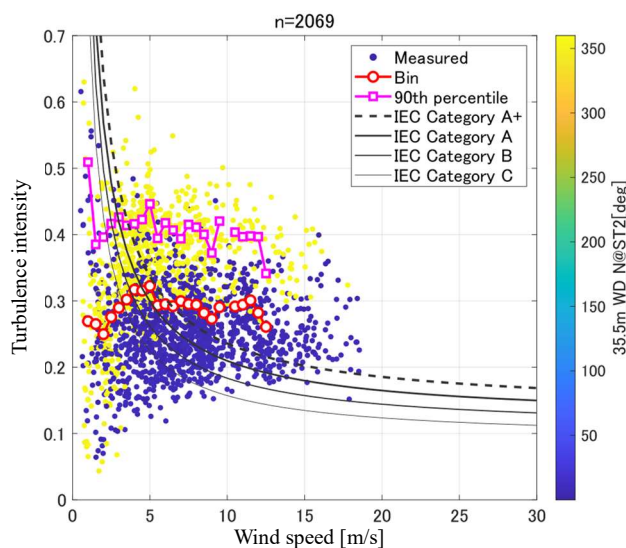


図-8 風速別乱流強度（流入風向：北）

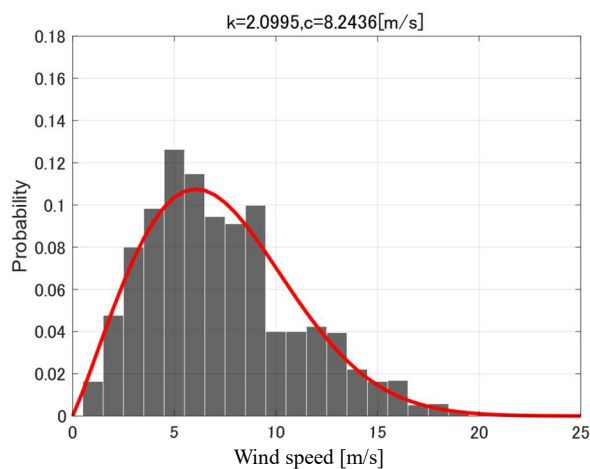


図-9 風速出現頻度分布（流入風向：北）

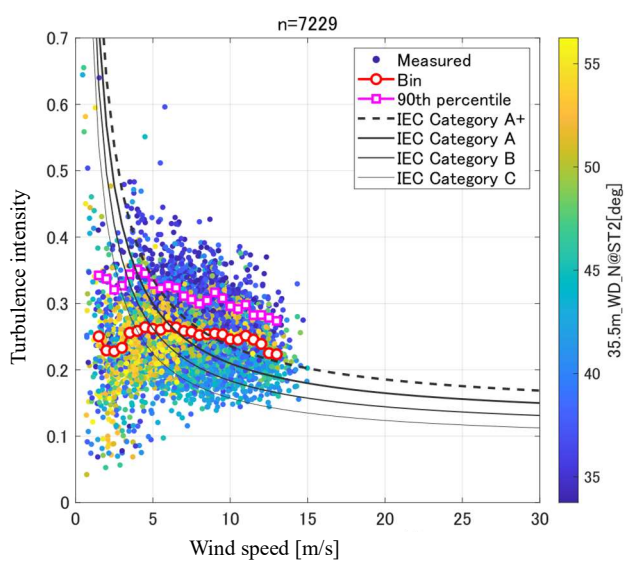


図-10 風速別乱流強度分布 (流入風向: 北東)

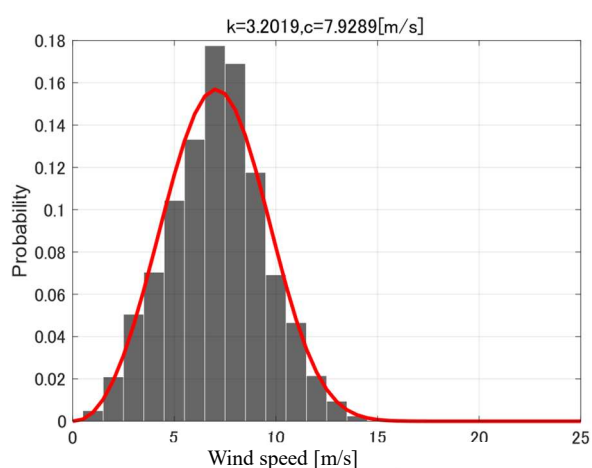


図-13 風速出現頻度分布 (流入風向: 東)

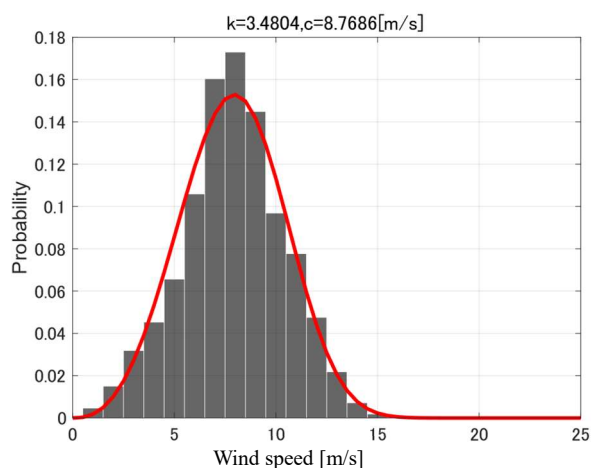


図-11 風速出現頻度分布 (流入風向: 北東)

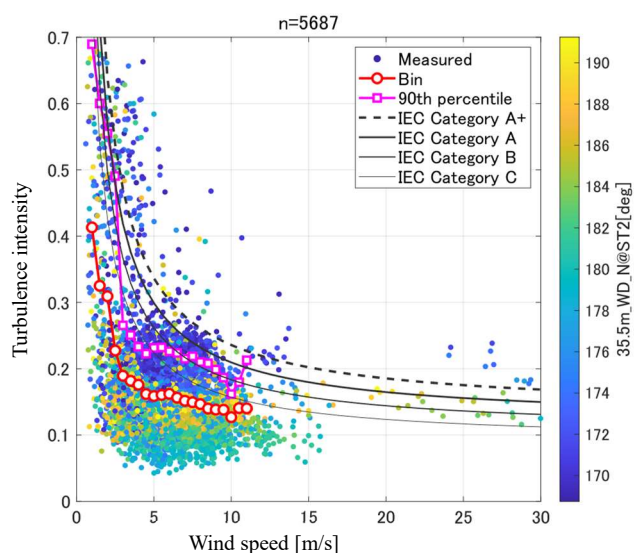


図-14 風速別乱流強度 (流入風向: 南)

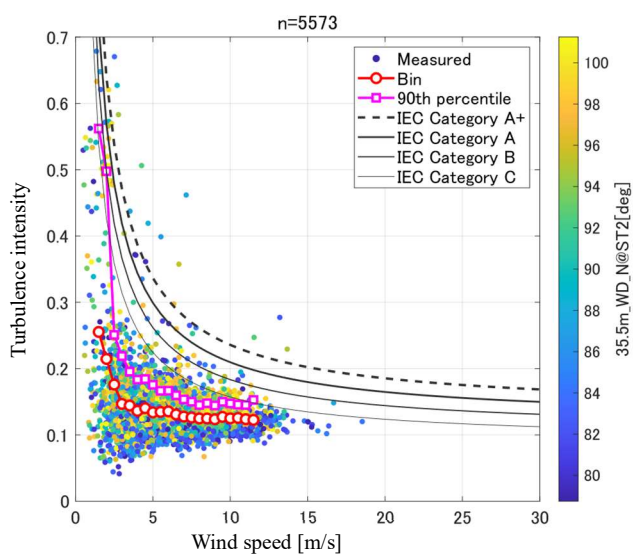


図-12 風速別乱流強度 (流入風向: 東)

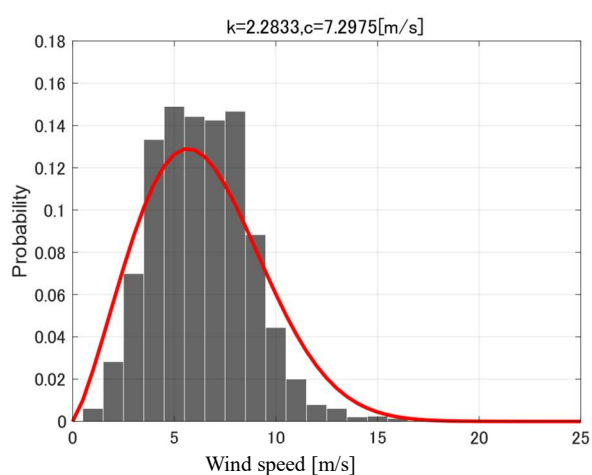


図-15 風速別出現頻度分布 (流入風向: 南)

北東～北より流入する風の乱流強度は他の風向に比べて高い傾向を示した(図-8, 図-9). 90 パーセント値も Category A+を超えているため, 季節や時間にかかわらず高い乱流カテゴリのデータが得られたことがわかる. また, 一般的なサイトでは, 風速が高くなるにつれ, 乱流強度は小さくなる傾向があるが, 本サイトの北東～北の風向においては, 風速が高くなっても乱流強度があまり変わらない傾向が見られた.

乱流強度が高い理由として地理的な要因が考えられる. 図-16 に風況観測マスト建設地点周囲の地形図を示す.



出典：国土地理院地図

図-16 周囲地形図

図-17 からわかるように, 北側での鉛直方向風速の値が大きく, また青色のプロットの幅が広いことから, 水平方向風速に対しての鉛直方向風速の値が他の風向に比べて大きいことがわかり, このことから風勾配が大きいことがわかる. また, 観測地点より, 北側 600m 付近に海岸線が存在し, そこには高低差 70m の崖が存在する. また観測地点より北側約 300m 付近には急峻な丘がある. これらのような急峻な地形では風が地表面より剥離し剥離渦が発生することから, 北側から流入する風の乱流強度が高いと考えられる. さらに, 北東方向約 400m の位置には風車が設置されており, こちらの後流の影響もあると考える.

東～南より流入する風は, 乱流強度の平均値と 90 パーセント値が比較的低い(図-12, 図-14). 風速の出現頻度をみても 10m/s を超える風は北側から流入する風に比べて低い傾向である. 全体的に風速が低い傾向のある南側から流入する風で平均風速が 20m/s を超えている極めて高いプロットが見られるが, これはすべて 2021 年 9 月 12 日のデータであり, 台風時の計測結果が反映されたものである.

## 6. まとめ

与那国島の風条件を把握するために風況観測マストを建設し, 2021 年 9 月から 2022 年 10 月までの風況観測を実施した.

以下に観測結果より得られた主な知見を示す.

- 1) 北東～北より流入する風については, 非常に乱流強度が高く, 90 パーセント値でも Category A+を超えるような高乱流強度な風向であった. またこの風向では, 高風速域でも乱流強度が高い状況であった.
- 2) 南～東より流入する風については, 比較的乱流強度が低い傾向が見られた. また平均風速についても他の風向にくらべて低い傾向が見られた.

今回, 与那国島での 1 年間の風況観測を行い, 得られたデータより評価を行った結果, 高風速域でも高い乱流強度の風が流入するサイトであることが分かった. 本サイトでの計測は 2023 年 3 月で終了しているが, 本稿で評価していないデータを含めた評価および台風襲来時等の気象条件ごとに評価をする必要もあると考える.

## 謝辞

本稿執筆にあたり, 与那国島での観測データの処理および評価にご尽力いただきました国立研究開発法人産業技術総合研究所の小垣様と川端様に, この場を借りて感謝申し上げます.

## 参考文献

- 1) IEC61400-1, 2019 Wind energy generation systems – Part1:Design requirement.
- 2) 気象庁過去風速データ  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily\\_s1.php?prec\\_no=91&block\\_no=47912&year=2015&month=9&day=&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_s1.php?prec_no=91&block_no=47912&year=2015&month=9&day=&view=p1) (2023 年 8 月現在)
- 3) IEC61400-12-1, 2017 Wind energy generation system – part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines.