

# 宮古島風況観測

## RESULT OF WIND CONDITION MEASUREMENT IN MIYAKOJIMA ISLAND

菊井 杏菜\* 藤原 惇嗣\* 細見 雅生\*  
 Anna Kikui Atsushi Fujiwara Masao Hosomi

沖縄県宮古島は、2003年の台風14号により風車7基が倒壊するなどの被害を受けた強風速地域である。この被害を受けて、当時の風車設計基準風速の妥当性について議論が行われ、見直しが行われた<sup>1)2)</sup>。当社では、沖縄県に代表される台風襲来地域への風車導入促進を図るため、基準風速  $V_{ref}=58.5m/s$  に対応した風車を開発した。本稿では、開発した風車の宮古島建設を見据えて、サイト適合性の確認およびサイトキャリブレーションのために実施した風況観測結果について報告する。

キーワード：風況観測, 地形評価, 型式認証

### 1. はじめに

沖縄地方は、日本有数の台風襲来地域である。沖縄地方周辺の海上では台風が発達しやすく、沖縄地方の島には、その発達した勢力により風速が減衰せずに直撃するため、本州などよりも強い勢力の台風が襲来しやすい傾向にある。宮古島へは、2003年9月に最大風速  $38.4m/s$ 、最大瞬間風速  $74.1m/s$  を記録した大型台風14号が襲来した<sup>3)</sup>。この台風により、風車7基が倒壊や損傷する被害を受けた。また、被害後のシミュレーションではハブ高さ(46m)で瞬間最大風速  $90m/s$  の風が吹いた場所もあった<sup>4)</sup>。このように宮古島は国内でも特に厳しい風条件のサイトのひとつであり、当社が開発している台風仕様風車(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

宮古島での風況観測マスト設置場所を図-1に示す。風況観測マストを設置した宮古島は沖縄本島より南西方向へ約290km、東京から約1840km離れたところに位置する。

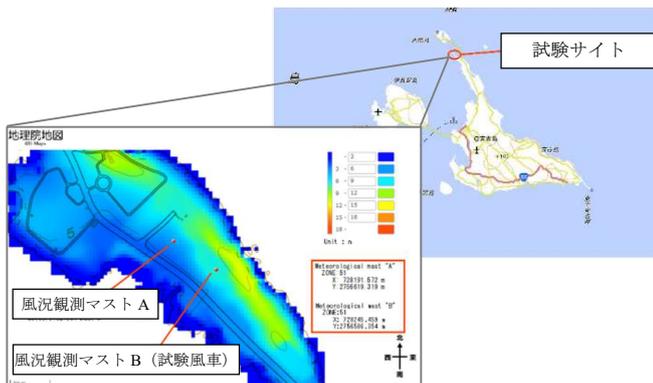


図-1 宮古島風況観測マスト設置位置(出典:国土地理院電子地形図)

### 3. 計測システム

宮古島へ設置した風況観測マストの一般図を図-2に示す。風況観測マストは、最高計測高さ41.5mの支線ワイヤモノポールで、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支持部材の離隔については、IEC61400-12<sup>5)</sup>に準拠している。本サイトでは風車建設後に型式認証試験を実施するため、図-1で示したように風況観測マストを、風車建設位置(マストB)と、そこから北西方向に約  $2D=67.5m$  ( $D$ はKWT300のロータ直径33m)離れた位置(マストA)の2地点に設置した。風況観測マストAおよびB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、36.6mに矢羽根式風向計を2基、ブレード下端位置付近である25.9mとブレード中間付近である31.9m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。また、高さ34.0m地点に大気状況の計測のため、温湿度計1基、気圧計1基および気流の傾斜角計測のために鉛直方向風速計を設置した。

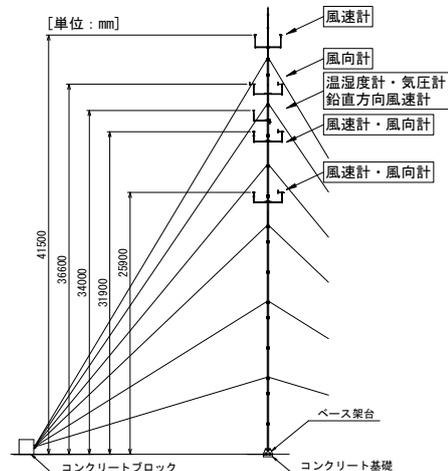


図-2 風況観測マスト一般図

\* 環境インフラ本部 環境インフラ部

#### 4. 建設工事

風況観測マストの建設は、組立用足場を設置しクレーンを使って観測ポールを吊り上げ、下から次のポールを挿入しボルトにて接合するという作業を繰り返して架設した。架設後は上からみて90度ピッチで4方向に支線ワイヤを張り、最後に吊金具の玉外しを行う。架設計画図を図-3に、架設状況を写真-1に示す。

風況観測マスト設置後に、センサ配線および動作確認を実施し、2023年8月より計測を開始した。設置完了後の状況を写真-2に示す。



写真-2 設置完了

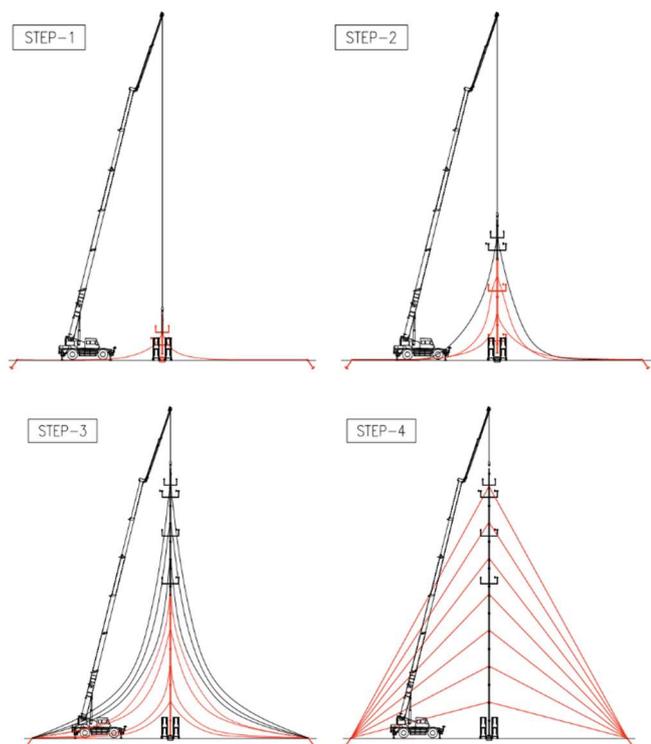


図-3 風況観測マスト架設図



写真-1 風況観測マスト架設状況

#### 5. 計測結果

風況観測マスト A について、2023年8月から2024年7月までに計測された1年間の風況観測の結果について報告する。なお、サンプリング周波数は1Hzであるが、評価は10分間平均値で行った。

##### 5.1 風配図と風速別出現頻度分布

計測期間全体の傾向をみるために、風配図と風速別出現頻度分布を図-4と図-5に示す。観測位置は南東から北西に伸びた半島の先端部に位置しており、半島と直交する北東および南西からの風が主風向となるサイトであった。

図-5において、横軸は風速で、縦軸はそれぞれの風速の出現頻度である。また、赤線でワイブル分布の近似曲線を示す。ワイブル分布の形状パラメータ  $k$  値は通常1.5~2の範囲となることが多いが、観測結果は  $k=2.33$  になり、高風速の発生が期待できる条件であることがわかる。

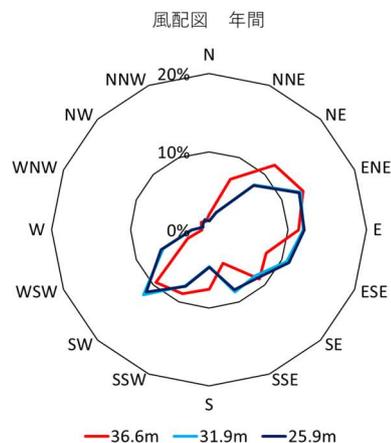


図-4 風配図

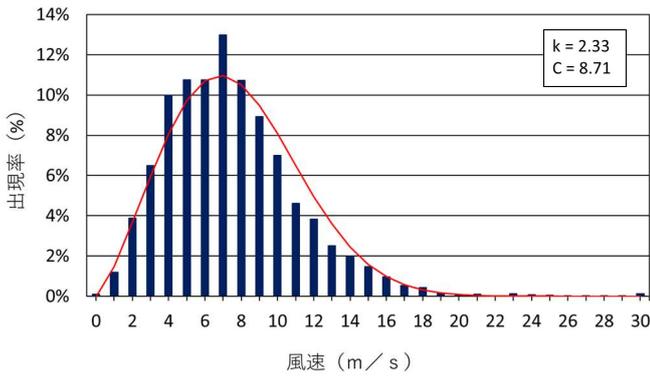


図-5 風速別出現頻度分布 (観測高さ 41.5m)

5.2 月別平均風速と年平均風速

図-6 に月別平均風速と年平均風速を示す。高さ 41.5m, 31.9m および 25.9m で計測しているが、計測高さの違いによる大きな風速の差はない。また年間を通じて大きな平均風速の変動はないが、冬季の11月~1月は比較的稳定して高風速が得られる時期となっている。風車のハブ高さである 41.5m における年平均風速は 7.5m/s である。風車導入条件は、一般に 6.5m/s 程度であるが、その風速を大幅に超えており高い風車稼働率が期待できる。また、ワイブル分布のパラメータから推定される平均風速は 7.7m/s であることから、推定値と実測値はよく整合が取れており、図-5 のパラメータ設定が妥当であるといえる。

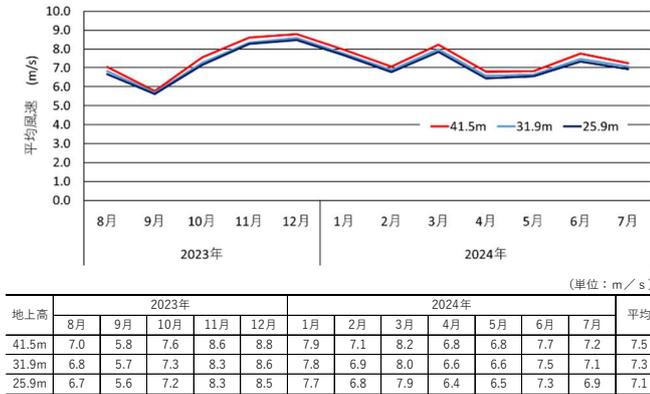


図-6 月別平均風速

5.3 風速の鉛直分布

風速の鉛直分布を確認するために、地上高 41.5m と地上高 25.9m の平均風速を用いて、鉛直分布を求めるべき指数を算出し表-1 に示す。表中の n 値の 1/n がべき指数にあたる。一般に、海岸等の平坦なところでは n=8~10 になることが知られている。このサイトの平均値は n=9.6 となり海岸部の平坦な条件を満足している。また、東から流入する風については n 値がマイナスとなっているが、これは 50m 程度離れた位置に 12m の崖が存在しており、その崖に防がれた風が吹上風とな

り低い高度の風速が増速されて高くなっているためだと考える。東南東の n 値が高い理由は、東側と同様に崖の影響を受けたためであるが、崖までの距離が約 120m と遠いことにより、地表面摩擦により風速が回復してきている状況であるため、41.5m 高と 25.9m 高の風速が同程度となり高い値となったと考える。

表-1 風速の鉛直分布

風向	平均風速(m/s)		n値	出現頻度 (回)
	地上高41.5m	地上高25.9m		地上高41.5m
N	5.4	5.0	6.6	101
NNE	9.2	8.9	17.0	415
NE	10.2	10.0	22.0	993
ENE	8.6	7.6	4.1	1284
E	6.9	7.2	-11.2	927
ESE	6.5	6.5	111.5	796
SE	6.6	6.4	17.8	788
SSE	5.2	5.0	14.3	458
S	5.0	4.5	5.4	648
SSW	6.7	6.3	7.5	634
SW	7.6	7.1	7.8	1012
WSW	8.2	7.7	7.9	308
W	9.5	8.9	7.8	104
WNW	7.4	7.0	8.2	80
NW	6.8	6.4	7.7	106
NNW	8.3	7.5	5.1	128
平均	7.4	7.0	9.6	8782

注) 1. n 値の平均値は、各高度の平均風速から算出  
2. 磁北は0°として算出

5.4 乱れ強度

全風向についての乱れ強度を評価したものを図-7 に示す。図中には、各風速で観測された乱れ強度と合わせて、観測データから算出した 90%分位値および KWT300 の設計条件である IEC クラス A+<sup>6)</sup>の乱れ強度を示す。サイトの乱れ強度の条件を示す 90%分位値は、設計条件の乱れ強度を下回っており、乱れ強度に関して風車が導入できる条件を十分に満足している。

図-8~図-11 は、16 方位からの風の乱れ強度をそれぞれ北東、南東、南西および北西の 4 方向別に示したものである。主流方向(北東-南西)と主流直角方向(南東-北西)の風向別

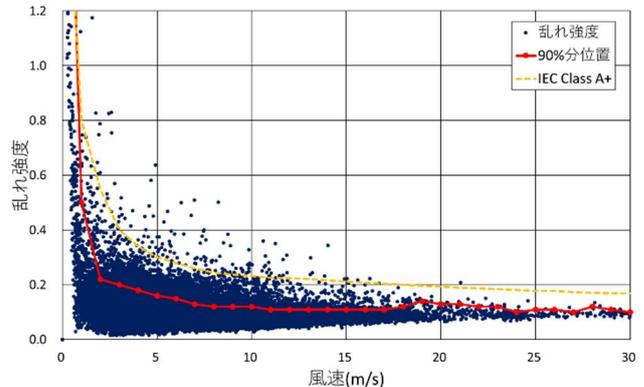


図-7 乱れ強度 (全風向)

にみると、南東側（図-9）、南西側（図-10）の風については、風速 15m/s 以下の風速で乱れ強度が強くなる傾向である。これは、サイトから南東方向に宮古島の市街地が位置していること、また南西方向に隣接する伊良部島が位置していることから、乱れ強度を増加させているものと考えられる。

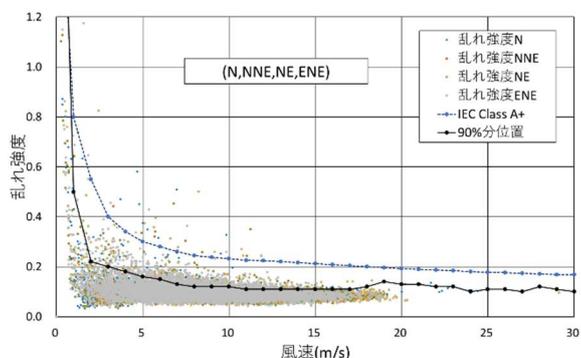


図-8 乱れ強度（北東）

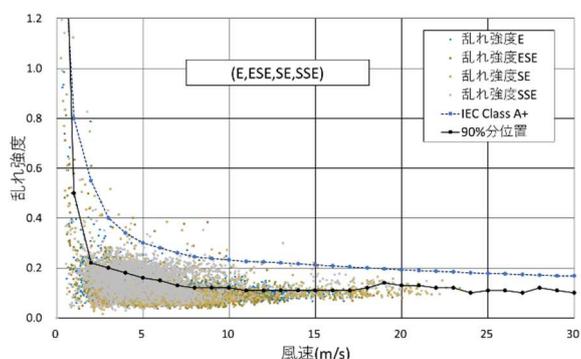


図-9 乱れ強度（南東）

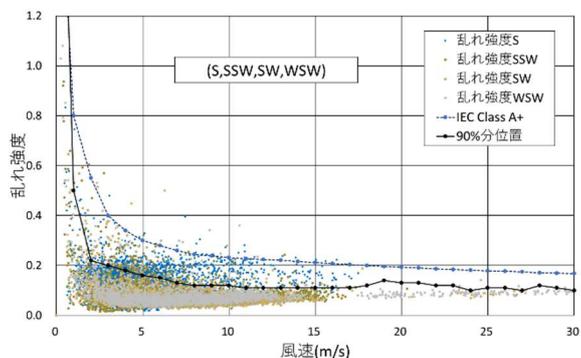


図-10 乱れ強度（南西）

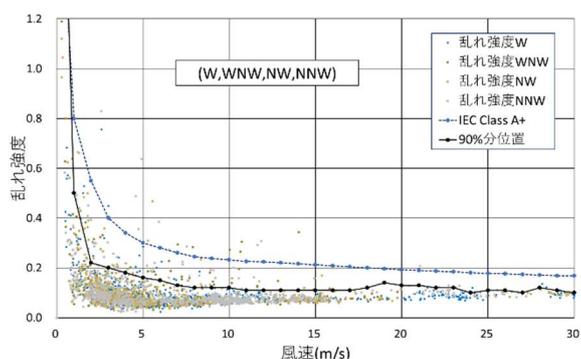


図-11 乱れ強度（北西）

### 5.5 最大風速と瞬間最大風速

表-2 に月別の最大風速、瞬間最大風速、平均風速、最大風速と平均風速の比（最大/平均）および最大瞬間風速と最大風速の比（瞬間/最大）を示す。8月、9月で（最大/平均）の値が大きいのは台風襲来の影響である。

表-2 月別の最大風速、瞬間最大風速、平均風速と各比較値

	2023年					2024年					平均		
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		6月	7月
最大風速(m/s)	41.8	25.0	19.9	20.4	23.3	22.3	22.0	19.6	17.1	18.1	20.6	27.6	—
瞬間最大風速(m/s)	44.2	31.2	20.2	22.3	25.7	24.1	23.6	29.3	21.6	31.6	21.1	30.7	—
平均風速(m/s)	7.0	5.8	7.6	8.6	8.8	7.9	7.1	8.2	6.8	6.8	7.7	7.2	7.5
最大/平均	5.9	4.3	2.6	2.4	2.7	2.8	3.1	2.4	2.5	2.6	2.7	3.8	3.2
瞬間/最大	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.5	1.3	1.8	1.0	1.1	1.2

### 6. おわりに

宮古島の風条件を把握するために風況観測マストを建設し、2023年8月から2024年7月までの1年間の観測データをまとめ、その概要を報告した。1年間の計測を通して風況の特性を確認した結果、宮古島サイトは風力発電にとって非常に良い風環境であり、また風車の設計条件も十分満足している。

なお、付則ではあるが、サイトキャリブレーションもほぼ完了し、型式試験実施のための情報も収集できている。今後は型式試験として荷重計測や性能計測を実施する予定である。宮古島サイトの好風況を活用して効率的にデータ取得が進むことを期待し計画を進めている。

### 参考文献

- 1) 土木学会：風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 [2007年版], 2007.
- 2) 土木学会：風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 [2010年版], 2010.
- 3) 石原 孟, 山口 敦, 藤野 陽三: 2003 年台風 14 号による風車の被害調査と強風の推定 その 1 被害調査, 日本風工学研究会誌, 2004.
- 4) 沖縄電力株式会社: 宮古島の風力発電設備被害の調査結果について, 2004.
- 5) IEC61400-12: Power performance measurement of electricity producing wind turbines, 2022.
- 6) IEC61400-1: Design requirements, 2019.