

鳥取県泊魚港における風況データ解析と洋上風力発電導入可能性の検討

鳥取大学大学院 正会員 松原雄平
鳥取大学大学院 正会員 黒岩正光
鳥取大学大学院 学生会員 ○渡辺潤樹

1. はじめに

現在、日本国内外において再生可能エネルギー利用の増加に伴い、環境負荷の小さな電源であり、国産エネルギーであるという点から、風力発電が注目されている。しかし、国内においては風力発電導入の課題として、日本の有する地形が複雑で人口密度も高いため、陸地における風車設置の適地が少なくなりつつある上に、騒音・景観問題等が挙げられる。これらの課題を背景に、近年では風況の良さや運搬時の利便性という面で洋上風力発電が注目を集めている。洋上風力に期待が集まるなか、我が国では、NEDO（新エネルギー産業技術総合開発機構）の風力発電ロードマップによると、2020年度までに風力発電導入量の約4割を洋上風力発電で賄うことが示されている。また、鳥取県湯梨浜町泊魚港において洋上風車設置を目的とした風況観測が2012年12月から現在まで行われている。そこで、本研究の目的は、鳥取県泊魚港において観測されたデータから風況精査を行い、その解析結果からNEDOの風力発電導入ガイドブックに示される風況精査マニュアルの指標により評価を行う。さらに、実際に稼働している鳥取県内の陸上風力発電施設での観測風況データとの比較を行うことで鳥取県における洋上風力発電導入の可能性を検討する。

2. 風況精査内容

本研究では、泊魚港において観測されたデータをNEDOの風況精査マニュアルの評価基準により、「風力発電導入の可能性の評価並びに風車設置地点の選定を行うための解析内容」として示されている項目を対象にデータ解析を行った。解析に用いる風速・風向のデータは、地上から20m,30mおよび40mの3地点における10分間平均値を基本データとしている。以下に示すのは、本研究で行った解析項目とその概要、観測地における観測データの解析結果の一例を図表で表したものである。また、解析には2010年12月から2011年11月までの1年間のデータを用いる。

1) 年間平均風速・・・年間平均風速を算出し、風速の概要を評価する。図1は観測期間での月毎の平均風速の推移を表したものである。これより20m, 30mおよび40mのいずれの高さにおいても明確な風速差がみられないこと、また4月～8月まではいずれの高さにおいても5m/sを下回る風速となっていることがわかる。

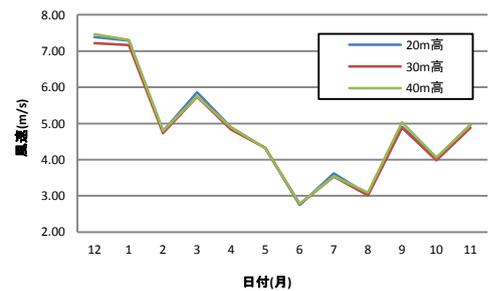


図1 年間平均風速 (泊魚港)

2) 風向別平均風速・・・16方位毎の平均風速を算出し、風速の卓越する方向を明らかにする。図2は、高さ別(20,30,40m高)での風向別における年間平均風速を示している。これよりENEからSSWまでの風向では、すべての高さにおいて風速が低く、南側の丘陵地帯の影響が表れていると考えられる。

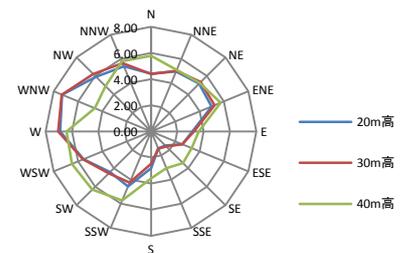


図2 風向別年間平均風速 (泊魚港)

3) 風向出現率・・・16方位毎の風の出現率を算出し、風速に限らず風の卓越する方向を明らかにする。図3は年間の出現風向成分を示したもので、SSWおよびENE成分がもっとも多く出現したことを示している。これは、当該海域の卓越風向成分がWSWあるいはWS成分とされていることと対立するものである。さらに調査期間をもって検討する必要がある。

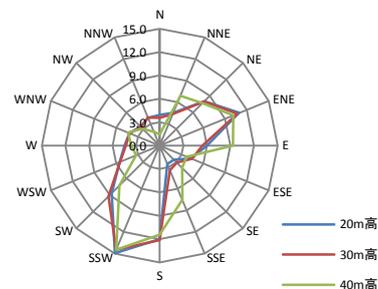


図3 年間風向出現率(泊漁港)

4) 乱れ強度・・・風車の耐久性と発電量の影響を評価するために乱れ強度を算定する。図4は、年間での地上高30mにおける平均乱れ強度と平均風速を方位別に表している。風速、標準偏差は10分間平均値を用いて、平均風速が2m/s以上と4m/s以上のケースについて、各方位別に算出する。また、乱れ強度は(1)式で定義される。

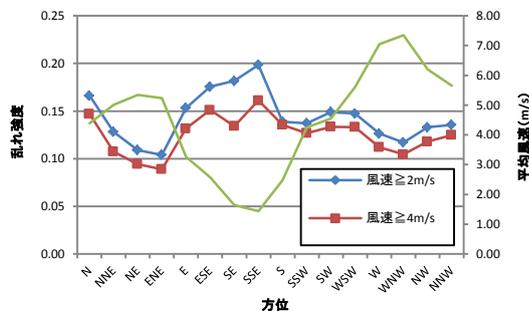


図4 風向別平均乱れ強度

$$TI = \Sigma (\sigma/\bar{v}) / n \quad \text{————— (1)}$$

ここに、 TI は乱れ強度、 σ は標準偏差(m/s)、 \bar{v} は平均風速(m/s)、 n はデータ数である

図4より風速の低下とともにE～S成分にかけて乱れ強度が大きくなっていることがわかる。このことも風速への影響同様、観測地点の南側の丘陵地形によるものだと考えられる。

5) 風速の鉛直分布・・・実際に風車が回る回転軸高さでの風速を対数法則とべき法則により予測を行う。通常行われる事前の風況精査では、風車の回転軸中心での高さに比べて低い地点での風速しか測定していないため、低い地点での風速から上空の風速を推定することが必要とされる。上空の風速を予測するための鉛直分布の式として、べき法則と対数法則があり、べき法則は、(2)式で定義される。

$$v(z_2) = \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^{\frac{1}{n}} v(z_1) \quad \text{————— (2)}$$

ここに、 $z_1 \cdot z_2$ は地上高(m)、 $v(z_1) \cdot v(z_2)$ は $z_1 \cdot z_2$ 地点での平均風速(m/s)、 n はパラメータである。

パラメータ n は、 z_1, z_2 に観測データからそれぞれ地上高20m, 30m, 40mのうち2つの値とその地上高に対応した年間平均風速を $v(z_1), v(z_2)$ に代入することで求めることができる。 n の値が求まれば(2)式より上空の風速を予測できる。また、べき法則は経験則であるので地表の粗度状態に応じてある程度 n の値は示されており、本研究では、NEDOの風力発電導入ガイドブックにより用いられている海岸地域でのパラメータ $n = 7$ ($1/n=0.14$)の場合と、観測データから求められた n の値の場合との二つのパラメータの値により、上空での風速予測を行った。対数法則は(3)式で定義できる。

$$v(z_2) = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} v(z_1) \quad \text{————— (3)}$$

ここに、 $z_1 \cdot z_2$ は地上高(m)、 $v(z_1) \cdot v(z_2)$ は $z_1 \cdot z_2$ 地点での平均風速(m/s)、 z_0 は地表面粗度である。

地表面粗度 z_0 も n と同様にパラメータであり、地上高 z_1, z_2 に対応した平均風速 $v(z_1), v(z_2)$ が既値であれば求めることができ、求められた z_0 から上空の風速を予測することができる。

風況精査マニュアルでは風速の鉛直分布を、べき法則による推定値での評価を行っているが、本研究では、べき法則と対数法則のそれぞれの方法により年間平均風速の鉛直分布を推定する。

また、一般的に地表の粗度は方位により異なるので、風向別での変化をみるため、観測データを4方位に分けて解析を行う。図5はそれぞれ観測データから求められたパラメータをもとに対数法則、べき法則を用いて風速の鉛直分布予測を行ったものと海岸地域での地表面粗度 $n = 7$ としてべき法則により鉛直分布予測を行った場合の分布を4方位別に表したものである。また、実測値は観測地点での20m,30m,40m高における平均風速である。パラメータの算出には(2)式、(3)式の z_1 を20m、 z_2 を30mとし、鉛直分布予測にはパラメータを $n=7$ としたべき法則も含め z_1 を20mとして予測を行った。図5の「対数則」、「べき則」とはそれぞれ観測データから求められたパラメータによる鉛直分布予測での推移を表しており、「べき則 $n=7$ 」とは $n=7$ としたべき法則での鉛直分布予測を表している。「実測値」はそれぞれ観測地点での平均風速であり、図からも20m高においてすべての値が交わっていることがわかる。陸地の影響をほとんど受けないと考えられる北方向からの風においては、影響を少なからず受ける他方向に比べ、40m高での実測値でもさほど大きな予測差はみられなかった。

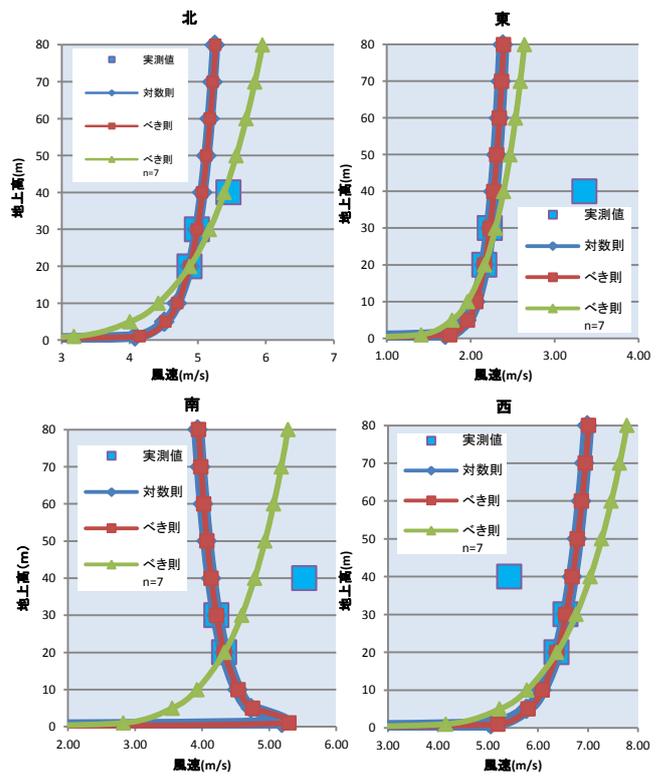


図5 方位別風速鉛直分布予測

6) 風車の推定稼働率・・・風車が実際に稼働し、発電を行っている割合を推定する。本研究の解析では、泊漁港で観測された風速データをもとに、現在実際に稼働している北栄町風力発電施設で採用されている風車の機種 REpowerMD77 の性能により推定した。図6は年間推定稼働率を示している。12月～3月は、稼働率70%を上回っており、6月～8月では50%を下回っていることがわかる。

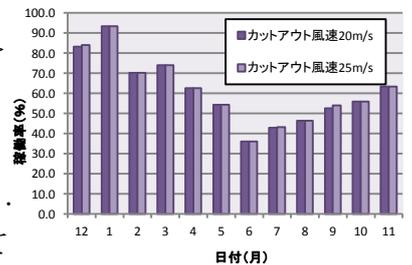


図6 年間推定稼働率

7) 推定発電量・・・観測地での風況により風力発電を行った場合の推定発電量を算出する。対象期間の推定発電量は、出現風速に対応した性能曲線での出力に基づき、風速毎の発電量を累積して算出した。風速からの発電量変換には稼働率同様に REpowerMD77 の性能により推定した。

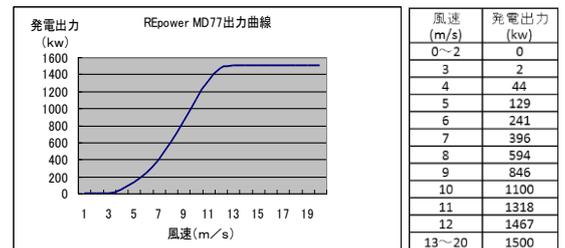


図7 風車性能曲線

表1は風速毎に対応した発電出力を表しており、図7は風車性能曲線を表している。また、図8は年間推定発電量をグラフで表したものである。図8から月毎の発電量の推移は年間の平均風速の推移とは異なる挙動しており、発電量が多い月と少ない月では、風速差以上の差が確認できた。最も多く発電している12月の484.4Mwhに対して、最も少ない発電量である6月では67.6 Mwhと、およそ7倍もの発電量の差が生じていることがわかる。

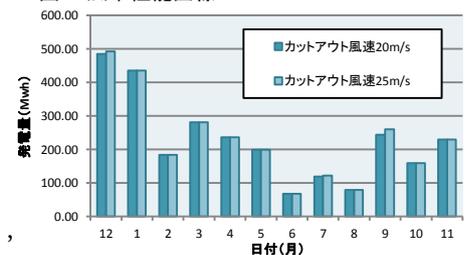


図8 年間推定発電

8) 推定設備利用率・風力発電導入の可能性を評価する最も重要な指標となる。設備利用率は、対象期間の時間数全てにおいて定格出力を発電した場合における対象期間の発電量の割合を算出する。図9は年間推定設備利用率の推移を表している。年間平均では20.7%であり、その値に定期点検、メンテナンス等による稼働停止を考慮した利用可能率90%、出力補正係数95%をそれぞれ乗じた実質設備利用率は17.7%と風況精査マニュアルの基準である17%以上を満たしている。

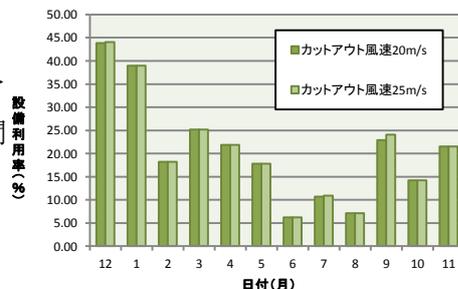


図9 年間推定設備利用率

3. 比較評価

観測された風況データの解析結果をNEDOの風況精査マニュアルの評価基準との比較、さらには近接地で実際に稼働している陸上風力発電所での風況データとの比較を行うことで鳥取県沿岸における洋上風力発電導入の可能性を検討する。表2はNEDOの評価基準との比較、図10は鳥取県内で実際に稼働している北栄町風力発電施設と泊漁港での観測期間中の月平均風速の推移と、図11は北栄町風力発電施設での発電量と泊漁港での観測データに基づく推定発電量の年間推移を表している。

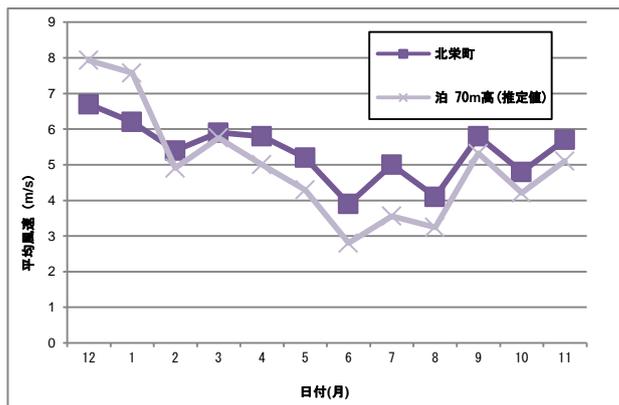


図10 泊漁港と北栄町風力発電施設との平均風速比較

表2 NEDO 風況精査マニュアルの評価基準との比較

特性	評価項目 (観測高)	期間	解析結果	基準値	評価
風況	風速 (地上高30m)	年間平均	4.76m/s	≧6.2m/s	×
	風向出現率	年間平均	20m高 : 19.73% 30m高 : 19.64% 40m高 : 19.27%	風軸上において ≧60%	×
	乱れ強度	年間平均	風速≧2m/s : 0.14 風速≧4m/s : 0.13	≦0.30	○
	最大瞬間風速 (地上高20m)	年間最大	34.9m/s	≦60 m/s	○
エネルギー	稼働率	年間平均	61.3%(推定値)	≧45%	○
	設備利用率	年間平均	17.7%(推定値)	≧17%	○

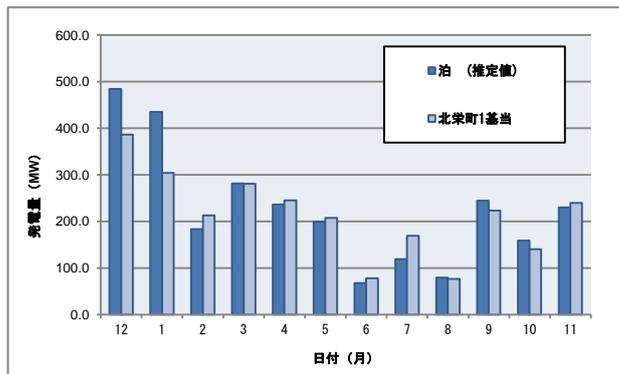


図11 泊漁港での推定発電量と

北栄町風力発電施設との発電量比較

4. まとめと今後の課題

NEDOの評価基準との比較では、平均風速、風向出現率では評価基準に満たなかったが、事業化の可能性として重要な指標となる稼働率、設備利用率においては評価基準を満たしていた。北栄町風力発電所との風況比較では、年間平均風速では北栄町風力発電所を下回っていたが、風車一基当たりの年間推定発電量では上回っており、これらの結果より現時点では泊漁港沖での洋上風力発電導入の可能性はあるといえる。

今後の課題として、継続した観測・解析に加え、より信頼性のある評価を行うために実際の洋上風車設置地点での風況観測、波浪状況が海面上の風況に及ぼす影響を考慮した風況精査を行うことが必要である。

【参考文献】・北条砂丘風力発電所 HP

・総合海洋政策本部(2010):海洋再生可能エネルギー戦略