

気候変動を考慮した洋上風力発電適地選定と長期有用性の分析

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

海岸工学研究室 1240122 野中知美

指導教員：佐藤慎司

1.はじめに

日本における発電エネルギー源において、風力を含む再生可能エネルギーの重要性が認識されている。これまでに陸上の風力発電開発が進み、適地が減少していることから、日本に大きなポテンシャルがある再生可能エネルギーとして、洋上風力発電が注目されている。洋上風力発電施設の耐用年数は日本では20年といわれており、着床式と浮体式の2種類があり、適地条件は風が安定して吹くこと、年間平均風速が7m/s程度であることがあげられる。(出典:経済産業省,国土交通省.”海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン”<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001417221.pdf>)

2.研究目的

図1は2023年5月12日現在の適地と選定されている地点である。この中で私の地元である長崎県五島沖は近年の年平均気温が7.5m/sであることから適地と選定され風力発電施設の建設が進んでいる。

しかし、現在の適地は近年のデータのみに基づいているため、長期有用性を考えると未来の風の状況を考慮して適地選定をする必要がある。

2016年4月に海洋未来イノベーション機構と長崎大学大学院でコースが誕生したことをうけ、2023年8月18日にコース担当者にインタビューを行った(図2)。長崎大学機構長特別補佐である森田氏は「長崎県域の海は広く、海のポテンシャルが当たり前に社会の価値になることを目指している」とおっしゃっており、長崎海洋アカデミー所長の中野氏は「本研究のような長期的な適地選定に関する研究を誰かにしてほしいと思っていた」とおっしゃってお



図1 2023年5月12日時点での経済産業省と国土交通省が示す適地



図2 左：森田考明氏 中央：中野俊也氏

り、本研究を行う事の意義を再確認した。

3, d4PDF について

現在、世界全体の CO2 排出量を 2030 年には半分量、2050 年には実質 0 にすることを目標しているものの、地球の平均温度は 2030 年前後に産業革命前に比べて 1.5 度上昇するとされている。気温が上昇した状態での未来の風速は d4PDF として公開されている。

d4PDF とは、IPCC 第 5 次報告書に提出された各機関の大気海洋結合モデル実験(CMIP5)の結果を用いて将来を分析したデータセットである。本研究では、4℃上昇実験と 2℃上昇実験について過去実験と比較し検討した。分析に用いた海上風は 6 時間ごとの風速瞬間値 2 次元データである。

4.分析結果(五島)

研究対象領域は実際に建設が進んでいる「長崎県五島市沖」と、可能性が検討されている「徳島県美波沖」の 2 地点である(図 3)。

風速 1~4m/s、25~m/s は風車の性質上非稼働となる。その非稼働域と発電可能域、風車が倒壊する恐れのある 50m/s 以上の発生確率、データの平均値の 4 点について考察する。



図 3 長崎県五島沖・徳島県美波沖

長崎県五島沖について図 4、図 5、表 1 に分析結果を示す。まず、発電可能域について図 4 の①と表 1 の①に示す。表 1 の E は

$$E(\text{風力発電の年間当たりのエネルギー量}) = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 \int u^3 dt$$

ρ = 空気の密度(kg/m³)、 r = 風車の半径(m)、 u = 風速(m/s)

より計算される風力発電の年間当たりのエネルギー量である。設備利用率は 30%で計算する。結果、エネルギー量は過去では 1,200kW/年、2℃上昇後では 1,150kW/年、4℃上昇後では 1,100kW/年であった。図 4 の発電可能域を重ね合わせると図 5 のようになる。以上の 2 点から現在(過去の風速に基づく)に比べ、2℃上昇、4℃上昇した未来では発電量は減少することが予想される。

次に風車倒壊の恐れがある 50m/s 以上の風速について図 4 の②と表 1 の②に示す。図 4 から過去に比べて 2℃上昇後や 4℃上昇後の 50m/s 以上の風速は増加することがわかる。さらに表 1 の②は起こる頻度を計算した結果であり、過去では 1 日/1,100 年、2℃上昇後では 1 日/380 年、4℃上昇後では 1 日/260 年と頻度が増加する。よって現在(過去の風速に基づく)に比べ、2℃上昇、4℃上昇した未来では風車が壊れる可能性が高くなることが予想さ

れる。

次に 1~4m/s と 25m/s 以上の風速では風車が非稼働となるので、その範囲について表 1 の最下段に年間の非稼働な日数を計算して示す。過去では 73.5 日/年、2℃上昇後では 76.3 日/年、4℃上昇後では 80.6 日/年と発電不可能な日が増加する。

最後にデータの平均値を示す。過去のデータの平均値は 7.14m/s であり、2℃上昇後では、7.04m/s、4℃上昇後では 6.89m/s となり、現在(過去の風速に基づく)に比べ、2℃上昇、4℃上昇した未来では平均風速が小さくなることが予想される。

以上のことより、五島沖については 2℃、4℃上昇した未来では、発電量は減少し、風車が壊れる可能性が高くなる。

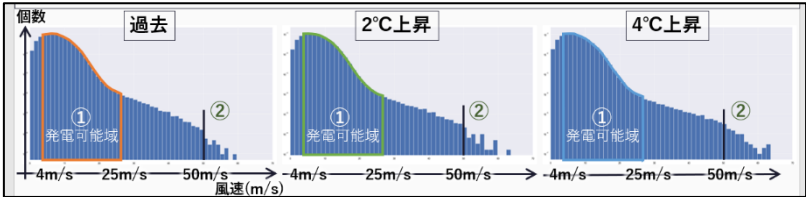


図 4 長崎県五島沖の横軸風速、縦軸に個数を示すグラフ

	過去	2℃上昇	4℃上昇
①発電可能量=E	E=1,200万(kW)/年	E=1,150万(kW)/年	E=1,100万(kW)/年
②50m/s以上	1日/1,100年	1日/380年	1日/260年
非稼働日	73.5日/年	76.3日/年	80.6日/年
平均値	7.14m/s	7.04m/s	6.89m/s

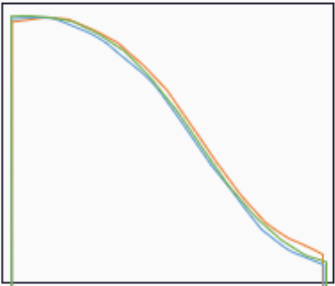


図 5 長崎県五島沖の発電可能域を比較

表 1 長崎県五島沖について

5.分析結果(五島沖と美波沖の比較)

徳島県美波沖についても、長崎県五島沖と同様の手法により、将来における風速特性を分析した。

さらに、長崎県五島沖と徳島県美波沖を比較する(図 6)。まず、発電エネルギー量の減少率について長崎県五島沖の減少率は 8.3%で徳島県美波沖の減少率は 7.6%と徳島県美波沖の方が小さい。

次に風車が壊れる可能性がある 50m/s 以上の風速の発生頻度について、徳島県美波沖の増加率は長崎県五島沖と比べて小さく、頻度も小さい。

次に年間の非稼働な日数や平均値については同程度の変化量となった。

このことから長崎県五島沖は大幅に気候変動の影響を受け、将来の条件は悪くなる可能

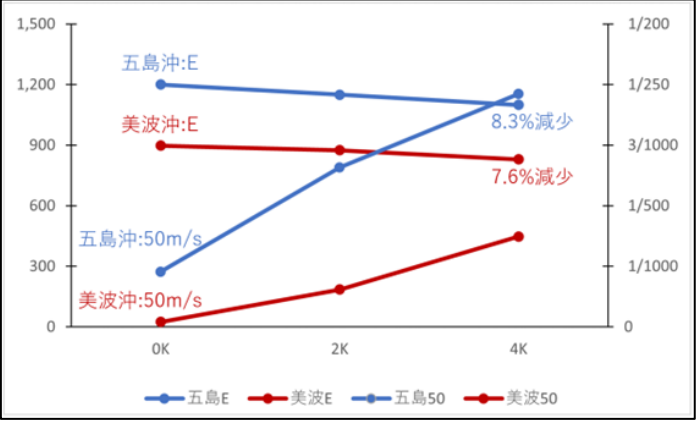


図 6 長崎県五島沖と徳島県美波沖の比較

性が高いが、徳島県美波沖は五島沖に比べて発電量は小さいが、わずかながら発電量の減少率は少なく、安全性が高いので、将来においても好条件が維持されるといえる。

6.結論

本研究では、大気モデルを用いたアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)を用いて、長崎県五島沖と徳島県美波沖について未来の風の状況を考慮して適地といえるのか検討した。長崎県五島沖、徳島県美波沖について 2°C、4°C上昇した未来では、発電量、平均風速はともに減少し、風車が壊れる可能性が高くなることが分かった。さらに変化率から長崎県五島沖は現在に比べ将来の条件は悪くなる可能性が高く、徳島県美波沖は五島沖に比べて発電量は小さいが、わずかながら発電量の減少率は少なく、安全性が高いので、将来においても好条件が維持されることが分かった。

本研究の手法により、d4PDF を用いて近年の風況に加え、未来の風の状況を考慮して適地選定を行うことができる。これにより、洋上風力発電の長期有用性をさらに高めることができる。

7.参考文献

- 1)渡邊七海(2022):気候変動による波浪特性の変化、高知工科大学卒業研究
- 2) NEDO.”国内初となる「洋上風況観測ガイドブック」を公開”
[NEDO、国内初となる「洋上風況観測ガイドブック」を公開 | ニュース | NEDO](#)
- 3)d4PDF.”DIAS データ統合・解析システム”.d4PDF データダウンロードシステム.
<https://diasjp.net/service/d4pdf-data-download/>
- 4)NEDO.”NeoWins(洋上風力マップ)”
[NeoWins \(洋上風況マップ\) \(nedo.go.jp\)](#)
- 5)産総研マガジン.”洋上風力発電とは?”
[洋上風力発電とは? \(aist.go.jp\)](#)
- 6)経済産業省資源エネルギー庁.”もっと知りたい!エネルギー基本計画③再生可能エネルギー(3)高い経済性が期待される風力発電”
[もっと知りたい!エネルギー基本計画③ 再生可能エネルギー \(3\) 高い経済性が期待される風力発電 | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 \(meti.go.jp\)](#)
- 7) 経済産業省.国土交通省.”海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン”
<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001417221.pdf>