

風力発電用風車を対象とした故障発生頻度による発電費用便益の検討

中央大学 学生会員 ○高木 淳史
 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

2020年に我が国は「2050年カーボンニュートラル」を宣言した¹⁾。脱炭素社会実現に向けて加速度的に変化していく社会で特に電力の生産方法が要になる。以前から注目されていた再エネは益々注目を集めている。特に風力発電事業は今後の成長が期待され陸上だけでなく洋上へ裾野を広げている。これまでに風力発電に関する研究は数多く行われてきた。石原ら²⁾は気象モデルを用い関東地方の風況と洋上風力賦存量を明らかにした。菊地ら³⁾は風車の故障・復旧ダウンタイムがコストに影響を与えるとし、信頼性評価を用いた風力発電コストモデルを構築しコスト(LOCE:Levelized Cost of Electricity)評価をした。しかし、遠藤⁴⁾は風力のような変動性再エネはLCOEにない項目評価が必要であると言う。Hirthら⁵⁾は時間的影響と空間的影響を課題としている。故障要因の5割が自然現象によるものであり、そのうちの7割を暴風、落雷、乱流が占めている。そこで、本研究では発電コストに影響を与える空間的影響に着目した。風車の故障に地域格差があるか、故障要因である風況の影響を検討する。自然現象のリスクを考慮した地域別の発電コストを評価することが本研究の最終目的である。

2. 地域別故障・事故の検討

本研究で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)により報告された調査結果⁶⁾及び、経済産業省北海道産業保安監督部が収集したデータ⁷⁾を用いた。また、自然現象のデータは気象庁⁸⁾より用いた。基本的な風車はローター、ナセル、タワー、そして基礎から構成されている。

図-2は全国における故障時の復旧コスト、風況、停止日数を示した。コストと発電機は階級値であり、それぞれの階級を表-1に示す。長期的な故障状況においても、補償内での修理によって事業者負担が0の場合が多い一方で、程風速時に発生した50日以下の故障では1000万円以下の事業者負担が多数発生している。次に地域別故障品度(図-2)から北海道と沖縄の差に着目した。発電機基数では北海道が圧倒的に多く、沖縄は一基で複数箇所の故障が見られるため、二つの地域に大きな差が現れた。

3. 風況出現率を基にした期待発電量と発電益

設定条件を表-2に示す。図-5にレーリー分布を用い北海道と沖縄の風況を比較し、風況のみから発電

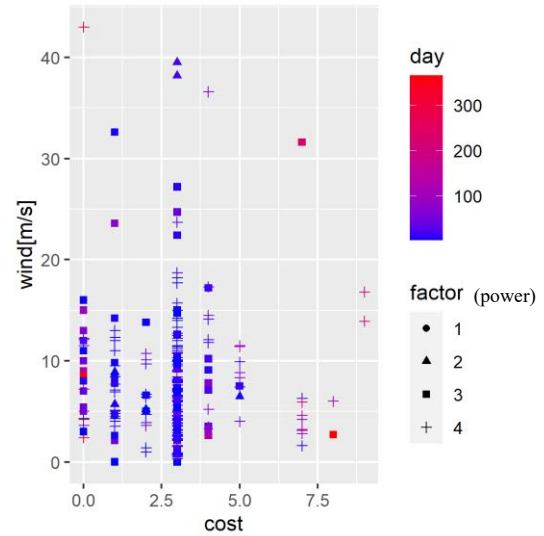


図-1 復旧コストと風況

表-1 階級値

階級	修理費用(万円)
1	0(保障内)
2	1-50
3	51-200
4	201-500
5	501-1000
6	1001-2000
7	2001-5000
8	5001-10000
9	10001-

階級	Power(kWh)
1	1-300
2	301-600
3	601-1000
4	1000超

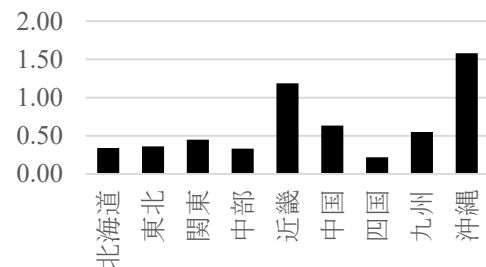


図-2 1基あたり地域別故障品度

量を示した。ここ北海道と沖縄それぞれの年平均風速は4.6m/s, 5.3m/sである。電量は式(1)を用いたため、風況依存が大きく、縄の方が北海道より大きい値となった。カットイン風速を5m/s, カットアウト風

キーワード 風車, 故障確率, 台風, シミュレーション

連絡先 〒112-8551 東京都文京区 1-13-27 TEL : 03-3817-1816 E-mail : a17.ktem@g.chuo-u.ac.jp

速を 25 m/s とした時、風況による発電確率は約 57% となった。この時の期待年間発電量は 258 万 kW・407 万 kW であり、期待売電収益は 4385 万円・6922 万円となる。

$$\text{風力}[W] = \frac{1}{2} \times A \times \rho \times V^3 \quad (1)$$

ここで、 A は断面積、 ρ は空気密度、 V は風速である。

4. モンテカルロシミュレーション (MCS) を用いた発電損失の検討

故障による停止時間における発電損失についてモンテカルロ法を用い検討する。図-4 に故障発生時の風車停止日数の発生頻度を示す。全国の停止時間データを基に正規分布に従う乱数を発生させ、風車停止日数の発生確率から年間の停止日数を求めた結果、年間停止日数は 50 日となった。これにより、風車の停止における損失額は、2344 万円程度となる。従って、故障時には期待年間収益の半分が停止のみで失われ、これに修理費用も加わるため、更なる損失が見込まれる。また、風被害による各部品故障確率について、R-S モデルの MCS により地域別の部材故障確率 P_f を求める。ここで、R 側は正規分布に従う設計体力とする。S 側は、台風の発生回数と最大瞬間風速 25 m/s の年超過確率から強風の発生確率を求める。沖縄における最大瞬間風速 25 m/s の年超過確率は PMW 法を用いて推定した結果、60%となった。

5. コスト評価方法

発電コスト (LCOE) は次の式で求められる。

$$LCOE = \frac{CAPEX \times FCR + OpEx}{AEP_{net}} \quad (2)$$

ここで、CAPEXは資本費、FCRは年経費率、OpExは維持費、 AEP_{net} は年間発電量である。

6. まとめと今後の展望

本研究によって以下の知見が得られた。

- ・全国の風車故障状況から底風速時において、比較的少額な修理費用の故障が多い傾向だが、停止時間は長期化する傾向もある。
 - ・一度故障すると 50 日程度の停止期間となり、停止のみで約 2000 万円の売電損失となる。
- 4 章によるモンテカルロ法を用いた破壊確率を求め、コスト評価などについて解析を進めている。

参考文献

- 1) 内閣府、2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、令和 3 年 6 月 18 日
- 2) 石原孟、山口敦、佐々木庸平、藤野陽三：地域気象モデルと地理情報システムを利用した洋上風力賦存量の評価、第 26 回風力エネルギー利用シンポジウム、平成 16 年 11 月 25 日
- 3) 地由佳、斎藤亮太、石原孟：信頼性分析に基づく風

表-2 設定条件

定格出力(kW)		2000
ローター直径(m)		80
資本費	建設費(万円/kW)	34.7
	撤去費用(%)	5
運転維持費(万円/kW/年)	人件費	1.04
	修繕費	
年経費率(%)		4
FIT 電力買取価格(円/kW)		17

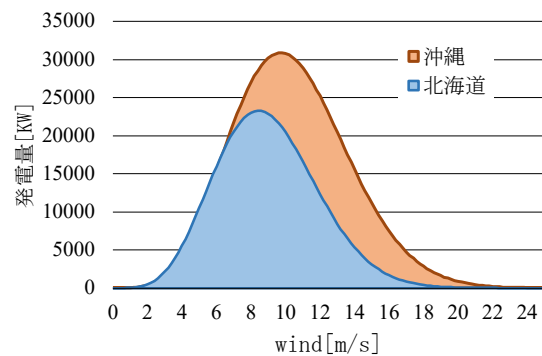


図-3 風速出現率と発電出力

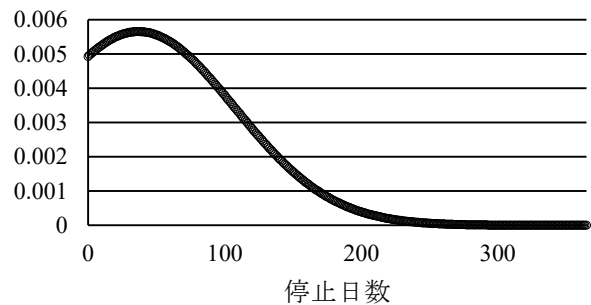


図-4 故障時停止日数の発生確率

力発電コストの評価、日本風力エネルギー学会論文集、Vol43, No.1, 2018 年 10 月 1 日

- 4) 遠藤聖也：再生可能エネルギー発電コストの評価手法動向、IEEJ, 2019 年 6 月
- 5) L. Hirth, F. Ueckerdt, O. Edenhofer: Integration. Cost Revisited -An economic framework of wind and solar variability, Renewable Energy 74, 925-93, 2015
- 6) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、風力発電等技術研究開発、2018 年度国内風車事故の実態調査結果報告書、2020 年 3 月
- 7) 経済産業省 北海道産業保安監督部、平成 30 年度～平成 24 年度北海道における風力発電の現状と課題、
- 8) 気象庁ホームページ
<https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/statistics/accession/index.html> (2022 年 1 月 14 日閲覧)