

風力発電用風車を対象とした地域別故障発生確率と発電コストの検討

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、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。図-1に故障要因毎の発生回数を示した。外的要因の自然現象を要因とするものが黒色、風車内故障や人的要因が灰色である。図-1より、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、故障要因である自然現象(台風、竜巻、落雷など)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は北海道、東北地方(青森県、岩手県、秋田県、山形県、福島県)、沖縄における各部品の故障発生頻度を示した。発生頻度は北海道と東北より沖縄の方が高い傾向にある。これは、沖縄は風車設置基数が少ないが、1基で複数の故障が発生していると考えられる。一方で北海道と東北は設置基数が多いため発生頻度が小さくなった。地域間の発生頻度に違いはあるが、故障する部品の傾向は概ね一致している傾向にある。次に、故障に影響を与える自然現象の台風と竜巻の影響を検討した(図-3、図-4)。ここで言う台風接近回数は1998年～2018年までの20年間に

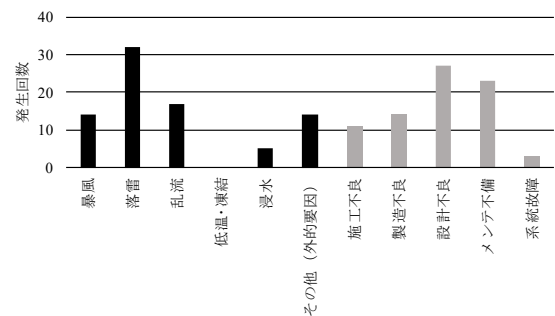


図-1 故障要因毎の発生回数

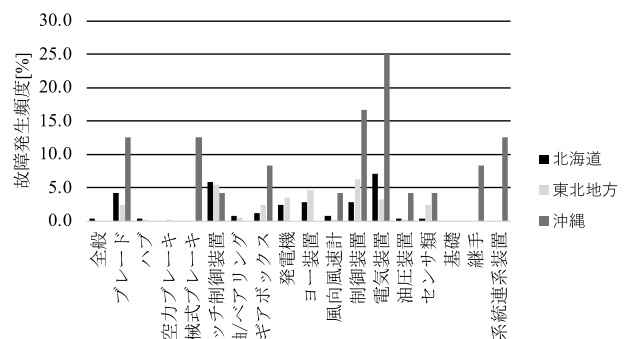


図-2 地域別故障頻度

発生した台風の年平均である。台風接近回数が多い沖縄は故障頻度も高く、接近回数が少ない北海道の故障頻度は小さい。このことから台風と故障発生には相関があることがわかる。中部地方は台風が多いが故障頻度が小さいが、これは山間部が多い地形的理由から風車設置数が少ないためと推測できる。竜巻と故障の相関はあまりないが、地域により傾向の違いがはっきりした。沖縄地方や近畿地方は竜巻より台風の影響が顕著であるが、関東地方はどちらの影響も受けやすい傾向である。

3. モンテカルロシミュレーションを用いた台風被害の検討

台風被害による各部品故障確率について検討する。モンテカルロ法によるR-Sモデルのシミュレーション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、台風の発生回数と接近数の比較から地域ごとの台風上陸確率を求める。台風上陸確率及び、台風の風速データからワイブル分布に従う乱数を発生させる。

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

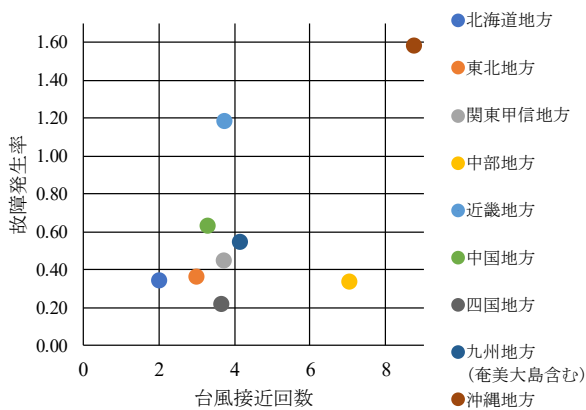


図-3 地域別の台風接近回数（回/年）と故障発生率

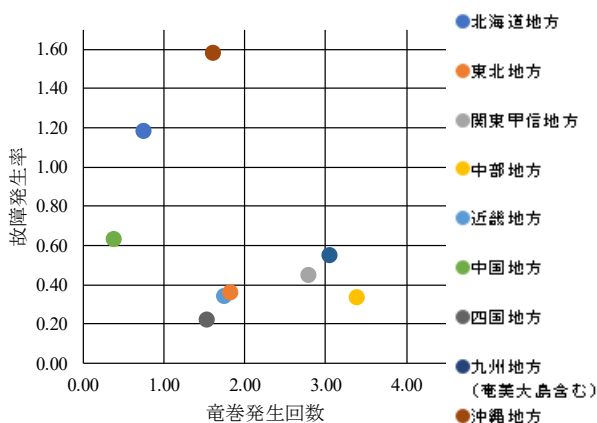


図-4 地域別の竜巻発生回数（回/年）と故障発生率

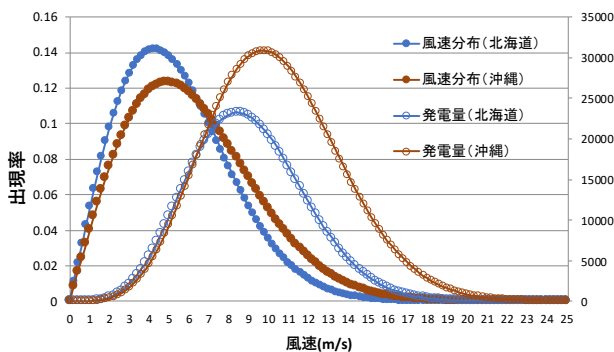


図-5 風速出現率と発電出力

4. 風況出現率を基にした発電量

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、沖縄の方が北海道より大きい値となった。故障時間から求めた年間利用可能率を検討した結果、北海道は故障停止時間1075.5h、年利用率87.7%、沖縄は故障停止時間1121.4h、年利用率87.2%となった。沖縄の方が北海道より故障発生確率が高いため、利用率は低下した。この年利用率を用い、正味の年間発電量を求めた結果は、北海道と沖縄それぞれで2.1GWhと3.2GWhである。風況の違いのみで年間発電量に

1GWhの差があることが分かる。

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

ここで、 A は断面積、 ρ は空気密度、 V は風速である。

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。

先に求めた部材故障確率 P_f から故障による停止期間と復旧コストを考慮した地域別の発電コストを求める。

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。

- ・地域別に故障頻度は大きく異なるが、部品別の故障傾向は概ね一致していた。

- ・故障頻度と台風接近回数は相関が見られた。

以上のことから、風力発電コストの評価は地域性を考慮すべきであると考える。

3, 5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。研究発表会当日にその結果を示したい。また、故障要因である落雷の影響を含めた検討をしたい。

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)