

令和 3 年 5 月 14 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04111

研究課題名（和文）落雷位置標定システムを用いた冬季雷地域に建設された風車への落雷予測に関する研究

研究課題名（英文）Study on lightning strike prediction for wind turbines constructed in winter lightning area using LLS

研究代表者

山本 和男（Yamamoto, Kazuo）

中部大学・工学部・教授

研究者番号：50332052

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、冬季雷地域の風車への落雷データを収集し、落雷位置標定システムLLSのデータとの関連性について調査した。その結果、多くの場合、南西、北西、西方向の日本海から雷雲移動し、風車に落雷を発生させることが明らかとなった。しかしながら、風車周辺で急速に雷雲が発達し、風車への落雷を引き起こすケースもあった。このように、風車への多くの落雷については事前の雷雲の動きを把握すれば予測できるが、風車への全ての落雷を予測することは容易ではないことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

風車が運転中に被雷した場合、回転の遠心力により破損した構成部品が周囲に飛散してしまい、被害が拡大する事例が報告されている。このような飛散事故や被害拡大による長期間の運転停止を防ぐため、近隣で落雷が発生した際に風車を事前に停止させて二次災害を防ぐ対策を行う風力発電所も少なくない。本研究結果は、風車の稼働率を極力低下させず適切に落雷の危険がある場合を判断し風車を停止させるための有益な成果である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we collected lightning strike data on wind turbines in the winter lightning region and investigated the relationship with the data of the lightning strike positioning system LLS. As a result, it was clarified that in many cases, thunderclouds move from the Sea of Japan in the southwest, northwest, and west directions, causing lightning strikes on wind turbines. However, in some cases, thunderclouds developed rapidly around the wind turbine, causing lightning strikes on the wind turbine. In this way, most of lightning strikes on wind turbines can be predicted by grasping the movement of thunderstorms in advance, but it has become clear that it is not easy to predict all lightning strikes on wind turbines.

研究分野：電力工学

キーワード：風車 雷 LLS 落雷予測

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化の問題が顕著となってきており、化石燃料を使用せず二酸化炭素を排出しない自然エネルギーを用いた発電方式が注目されている。特に風力発電システムは急速に普及しており、この先も導入設備容量は増加を続けると予想されている。

風力発電の普及に伴い、乱流、台風、雷などの自然現象による被害が問題視されるようになってきている。特に、それらの中でも最も被害の多い雷への対策が重要視されるようになってきている。日本海沿岸地域で発生する冬季雷は、通常の雷よりも多くの電荷量を有しており、落雷により風車に大きな被害を及ぼすことが知られている⁽¹⁾。風力発電の普及と稼働率向上のためにも、雷害は解決しなければならない問題として認識されるようになった。

風車の大型化が進み、風車の地上高が高くなるに伴い、冬季雷によるブレードの被害割合が高まっている。通常、風車自体には雷保護対策が行われており、風車が回転している際に被雷しても大きな被害にならないようになってきている。しかし、レセプタを数十 cm 程度離れた位置に落雷があり、風車が被害を受けるケースも多々報告されている。風車が運転中に被雷した場合、回転の遠心力により破損した構成部品が周囲に飛散してしまい、被害が拡大する事例が発生している。このような飛散事故や修理部品交換による長期間の運転停止を防ぐため、近隣で落雷が発生した際に風車を事前に停止させて二次災害を防ぐ対策を行う風力発電所も少なくない。しかし、風車への落雷を警戒するあまり、運転停止時間を長くしてしまい、それに伴う発電ロスが事業性を悪化させる結果となっている。

2. 研究の目的

過去に落雷によりブレードを破損させ、近隣にその一部を飛散させた事故を発生させたことのある事業者や、そのような状況になることを避けたい事業者は多く、冬季雷地域にあるウィンドファームでは、雷雲が接近すると風車の運転を止めてしまう運用をしている事業者も少なくない。落雷が接近してくるような天候の時は、良い風が吹いていることがほとんどで、上述のような事故を心配する反面、稼働率をなるべく向上させたいと考える事業者が多くなっており、風車の停止時間を極力短くできるような研究成果を望む声が多くなってきている。本研究では、落雷の危険度を精度よく予測し、なるべく長く風車を運転させることができるようにすることを目的としている。

3. 研究の方法

2015年2月に「発電用風力設備の技術基準の解釈」が改正され、冬季雷地域の風車の耐雷性能を向上させると共に、風車に雷撃があった場合、直ちに風車を停止することができるよう非常停止装置等を施設することが義務化された⁽²⁾。

発電用風力設備の技術基準の解釈の改定で、冬季雷地域の風車に落雷検出装置の設置が義務付けられたことにより、図1に示すような、ロゴスキーコイルタイプの精度の良い落雷検出装置が風力業界に広く普及した^{(3)・(4)}。

我々の研究室でも、独自に冬季雷地域に建設されている風車に落雷検出装置を設置し、図2に示すような風車への落雷データを取得しているが、その他にも事業者から広く、精度の高い風車落雷データを収集できるようになった。

雷雲の接近を検知する最もよい方法は、落雷位置標定システムを用いて雷雲が移動しながら発生させる落雷を計測する方法である。近年、様々な精度向上に関する研究が進められ、落雷位置の平均誤差が500 m程度まで縮小されるようになった。

本研究では、風車への落雷の有無については、ロゴスキーコイル型の落雷検出装置を用い、風車への雷雲の接近



図1 タワー根本に設置されている落雷検出装置

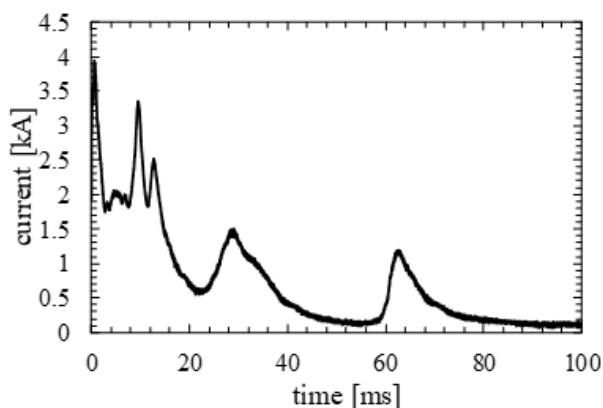


図2 落雷検出装置で測定された雷電流の一例

は落雷位置標定システムを用いて行なった。これらの二つのデータを比較検討することで、冬季雷地域の風車に接近する雷雲と風車への落雷の関係を考察した。

4. 研究成果

本研究では、冬季雷地域の風車への落雷データを収集し、落雷位置標定システム LLS のデータとの関連性について調査した。その結果、多くの場合、南西、北西、西方向の日本海から雷雲移動し、風車に落雷を発生させることが明らかとなった。これまでの研究成果により、太平洋側に建設されている風車への夏季の落雷（春や秋の落雷を含む）は西や南西方向から雷雲が風車周辺に到達し、風車への落雷を引き起こすことが多い（ほぼ 100%）ことが分かっていた。今回の検証により、冬季雷の風車への落雷に対しても同様の傾向であることが明らかとなった。しかしながら、比較的、風車近傍で雷雲が発生し、風車への落雷を引き起こすケースも少なくなく、夏季のように数十 km から数百 km 程度離れた位置から雷雲が移動し、風車への落雷を引き起こすケース⁽⁵⁾とは若干異なる特性であることがわかった。その他、風車周辺で急速に雷雲が発達し、風車への落雷を引き起こすケースも確認されており、全ての風車への落雷を、LLS を用いて予測し、運転中の風車への落雷を完全に無くすことは困難であることが明らかとなった。

(1) 経済産業省 新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ,
<https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/>

[hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden_wg/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden_wg/index.html)

(2) 発電用風力発電設備の技術基準の解釈について（20140328 商局第 1 号）の一部を改正する規定, <https://search.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000120248>

(3) 山本和男:「落雷検出装置の諸特性とその役割」, 令和 2 年電気学会全国大会, S6-3, pp. S6(7)-S6(10) (2020-3)

(4) NEDO 成果報告書 風力発電等技術研究開発/風力発電高度実用化研究開発/スマートメンテナンス技術研究開発（雷検出装置等の性能・評価技術の開発）, https://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai_201808/20180000000588.html

(5) 山本和男・石井友紀・鹿島直二:「夏季雷地域の風車への落雷と周辺落雷との関係」, 電気学会研究会資料, FTE-18-025, HV-18-072, pp. 75-78 (2018-6)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------