

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420256

研究課題名(和文) ウィンドファームにおける雷撃様相とそれが各風車の雷被害様相に与える影響

研究課題名(英文) Lightning to a wind turbine in a wind farm and its influence on damages

研究代表者

山本 和男 (YAMAMOTO, Kazuo)

中部大学・工学部・准教授

研究者番号：50332052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：風力発電は環境にやさしく、かつ発電コストも他の再生可能エネルギーを用いた発電に比べて低いことから、近年急速に普及が進んでいる。しかしながら、日本海沿岸の風況の良い場所では、冬季にエネルギーの大きな雷が風車に落ち、数多くの雷被害が発生している。

そこで本研究では、各種の計測装置を用い冬季雷地域に建設されている風車への雷撃様相を明らかにした。また、雷撃電流と周辺設備への分流雷電流との関係を明らかにし、分流電流が電気電子機器の被害発生様相に与える影響についても明らかにした。最後に得られた電流データと雷被害データから風車への落雷電流の電荷量と雷被害発生には比較的高い相関があることを発見した。

研究成果の概要(英文)：Recently, eco-friendly renewable energy has been attracting attention, the amount of introduction of wind turbines has been increasing year by year. Lightning is one of threats for wind turbines around the coast of Japan, many wind turbines have been damaged by large energy lightning.

In this research, lightning attachment has been clarified using several kinds of measuring systems. The influence of the lightning current shunted to wires incoming or connected to the wind turbine on the lightning damages of electrical and electronics equipment has also verified. Finally, it has been found that there is correlation between coulomb of lightning current and the probability of lightning damage occurrence.

研究分野：雷害対策

キーワード：風力発電 雷 接地

1. 研究開始当初の背景

風力発電設備に落雷が発生し、ブレードや電気電子機器に大きな被害を受けるケースが多々報告されていた。この様な背景から、風力発電事業者からの原因究明の声も少なくなく、本研究を提案・実施するに至った。

2. 研究の目的

落雷を検出する様々なセンサを用い、風車への雷撃様相や周辺への分流電流様相を明らかにし、電気電子機器の雷被害発生への影響を明らかにする。

3. 研究の方法

N 風力発電所と H 風力発電所に電界アンテナ、ログスキーコイルを用いた電流計測装置、ビデオを用いた雷撃様相観測装置などを設置し、風車への雷撃を間接的・直接的に観測し、雷撃様相を明らかにする。また、風車から周辺設備への分流雷電流も計測することでそれらの電流が電気電子機器に及ぼす影響についても明らかにする。

4. 研究成果

N 風力発電所に電界アンテナ (風力発電システムに落ちた雷から放射される電界を記録することにより風車に雷撃があったことを検出する装置)、ログスキーコイルを用いた電流計測装置 (風力発電システムのタワー根元に設置し、雷撃電流波形を計測する装置)、ビデオを用いた雷撃様相観測装置を設置し、風車への雷撃を間接的・直接的に観測した。図 1 は N 風車への雷撃を捕らえた動画の一部 (雷撃の瞬間) である。この画像は 2 枚のブレードにほぼ同時に落雷があったことを示す貴重なデータとなった。このときの、雷電流波形を図 2 に示す。波尾の長いエネルギーの大きな雷が落雷したケースであった。

また、H 風力発電所においても同様の計測を行っており、ログスキーコイルを用いた雷電流計測装置、ビデオを用いた雷撃様相観測装置を用いて雷撃様相の実測を行い、風車への雷撃様相の解明に役立つ貴重なデータを



図 1 N 風車への雷撃様相動画の一例

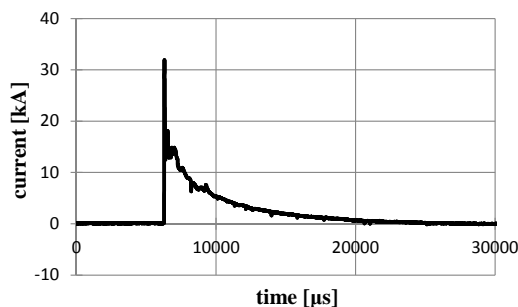


図 2 図 1 の雷撃があった際の雷電流波形



図 3 H 風車への雷撃様相動画の一例

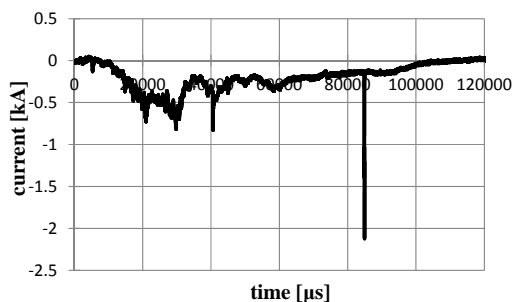


図 4 図 3 の雷撃があった際の雷電流波形

収集することに成功した。図 3 は H 風車への雷撃を捕らえた動画の一部 (雷撃の瞬間) である。このときの、雷電流波形を図 4 に示す。これも波尾の長いエネルギーの大きな雷であった。

これらの 2 つの風力発電システムは冬季のエネルギーの大きな雷が数多く落ちる地域に建設されている。今回、これらの風力発電システムで取得された雷電流波形と故障データとの関係、これまでに一般公開されている風車への雷撃電流データと故障データを合わせて考察することにより、雷電流の波高値ではなく、図 5, 6 に示すように、電荷量 (雷電流の積分値) が風車故障と高い相関があることを明らかにすることができた。

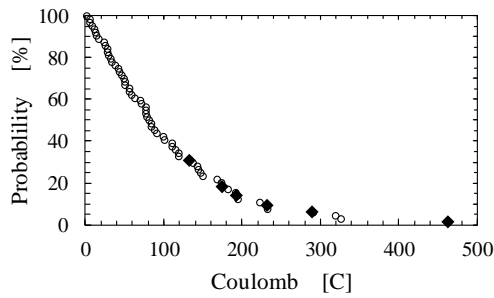


図5 N風力発電所における雷電荷量と被害との関係（累積頻度分布図，白：事故なし，黒：事故あり）

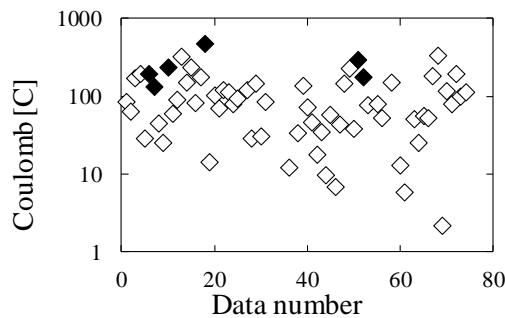


図6 図3 N風力発電所における雷電荷量と被害との関係（時系列，白：事故なし，黒：事故あり）

図7, 9はN風力発電設備への雷電流，図8, 10のRogowski Aは風車の接地システムへ流入した電流の一部（タワーと接地システム間のある一本の接地線で測定）であり，Rogowski Bは遠方の配電柱（電力会社の配電システムに連携）に流れ込んだ電流である。この二つの結果からも明らかのように，風車接地システムへ流れ込んだ電流と配電システムに流れ込んだ電流の比が大きく異なった結果となった。図7, 8のケースでは，図9, 10のケースに比べ配電システムにかなり多くの電流が流れ込んだ。これは電力会社側の配電システムの避雷器が動作したためと考えられる。この様に，風力発電システムへの雷撃電流の一部が避雷器を介して近隣の配電設備に流出するような場合は，雷撃のあった風車接地システムから大地へ流出する雷電流を低減することができ，それにより発生する電位上昇値も抑制されることから，風車内電気電子機器の故障確率を軽減できる可能性があることが分かった。この様な結果から，今後は，小規模風力発電システムの場合（例えば単機の風力発電システムが配電システムに連系されるような場合），配電システムとの接地の連系を可能にし，その地域の雷被害を総合的に低減することも重要であることを示すことができた。

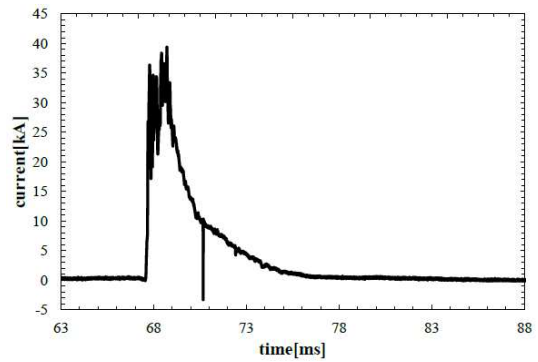


図7 N風車に2016年1月18日22:44:01に落ちた雷の雷電流波形

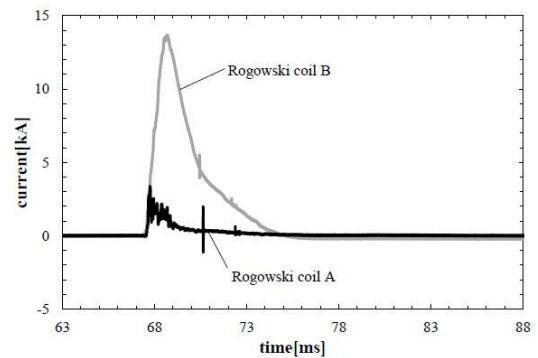


図8 N風車に2016年1月18日22:44:01に落ちた雷の分流雷電流波形

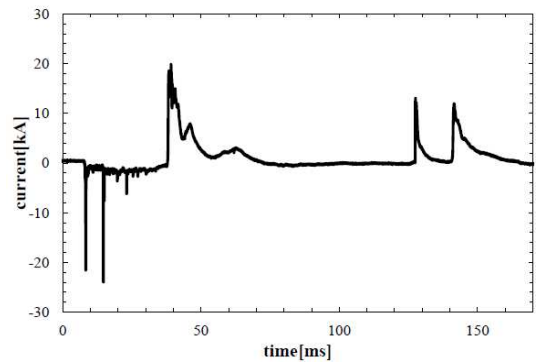


図9 N風車に2016年2月29日19:42:00に落ちた雷の雷電流波形

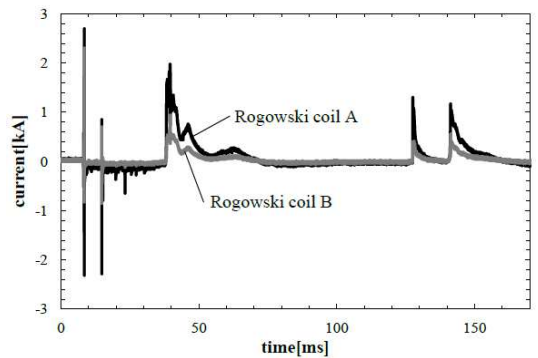


図10 N風車に2016年2月29日19:42:00に落ちた雷の分流雷電流波形

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- ① Kazuo Yamaoto, “A Study of Shunt Lightning Current Distribution in Nyuzen Wind Turbine”, 4th International Symposium on Winter lightning (2017/4/13) (ミユゼ雪小町 (新潟県・上越市))
- ② 山本和男:「日本海沿岸にある風力発電システムへの雷と被害の関係」, 電気学会研究会資料(2017/1/23) (八丈島商工会議室 (東京都・八丈町))

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 和男 (YAMAMOTO, Kazuo)
中部大学・工学部・准教授
研究者番号：50332052