

日本の冬季雷の性質に関する最近の知見 Recent progress of research on characteristics of winter lightning in Japan

石井 勝^{1*}

Masaru Ishii^{1*}

¹ 東京大学生産技術研究所

¹IIS, The University of Tokyo

日本の冬季雷については、構造物からの上向き雷が多く発生する、正極性落雷が多いといった特徴が知られている。また、雷放電位置標定システム (Lightning Location System; LLS) で観測される落雷数が夏季より大幅に少ないにもかかわらず、送電線、風力発電用風車といった高構造物の雷による被害件数が夏と同程度であり、被害様相も夏と異なるという経験から、落雷様相、雷電流の性質が異なることも推測されていた。近年、風力発電用風車の雷による被害に関心が持たれ、冬季雷の落雷様相、雷電流の観測データが集積されるのに伴い、新たに多くの知見が判明してきている。

冬季の送電線故障発生と同時に観測された、雷放電に伴う電磁界変化波形を調べたところ、数 kHz ~ 数百 kHz の広帯域で観測された波形の大部分は、よく知られている帰還雷撃に伴う電磁界変化波形とは異なっていた。この周波数帯域の放射電磁界は、雷の大電流の波形と密接に関連している。また放射源の位置が推定できれば、観測された電磁界の強度から、放射源の雷電流の大きさを推定することができる。その結果、送電線に冬季に故障を発生させた落雷のピーク電流は、絶対値 200kA 級で、電流波形は夏季のよく知られた波形とは異なること、それらは送電線鉄塔からの上向きリーダで開始する雷放電であることを突き止めることができた。このタイプの雷放電に伴う大電流パルスは、雷雲からの下向きリーダに続いて発生する帰還雷撃とは違うメカニズムで発生するので、それを帰還雷撃と区別するため GC (Ground-to-cloud) stroke と呼ぶ [1]。帰還雷撃と同様、正極性、負極性の GC stroke が発生するが、極性による特性の違いも、帰還雷撃同様に大きい。極性は、中和される雲中の電荷の極性である。

一方、日本海沿岸に風力発電設備が多数建設されたことに伴って、合成樹脂製の風車のブレードが冬季の落雷によって損傷する事故が多発した。夏季にも同種の事故は発生するが、日本の冬季雷地域での発生割合の方が格段に高い。これらは経験的に、通過電荷量が多い雷電流が関与すると見られている。送電線の故障を引き起こす大電流パルスとは異なった性質の雷電流が、やはり冬季には高い割合で発生していることが明らかである。

冬季雷では大電流パルスの発生確率が夏季にくらべてかなり高いことが、LLS による観測で明らかになった。また、ここ数年の、風力発電用風車における雷電流の直接観測により、通過電荷量の大きい雷電流の発生確率も、夏季にくらべて高いことが明らかになった。夏季にくらべて LLS で観測される落雷数がかなり少ないにもかかわらず、送電線、風力発電用風車での雷による事故数が夏季とあまり変わらない理由は、数十 m 程度の構造物からも、上向きリーダで開始する落雷が発生するためである。

これらの冬季雷放電の特徴は、冬季の雷雲の電荷構造に起因するであろうことが、VHF 放射源位置、落雷により中和される電荷の位置の観測により明らかになっている。1980 年代の研究論文による、冬季の雷雲の中の正負の電荷も夏季と同じ温度高度に存在し、冬季の正極性落雷は、上部の -30 領域の正極性電荷が源であるという主張が長らく信じられていたが、近年の観測によれば、冬季の正極性落雷で中和される電荷も負極性落雷で中和される電荷も、ほとんどが -10 領域に存在していたことが明らかになった [2]。

雷雲の中の -10 領域に、冬季の落雷に密接に関係する電荷が蓄積されているとすれば、その物理的な高度は地上電界に大きく影響する。実際、風力発電用風車に落雷が観測された日の、-10 の温度領域の物理的の高度は、ほとんどが 2500m 以下だったことが判明している。標高が高い場所では、さらに雷雲内の電荷位置と地表の距離が近くなり、上向きリーダで開始する落雷が発生し易くなると推測される。これらの知見から、冬季雷による高構造物への落雷リスクを示すリスクマップを作成することができる。また、冬季の雷雲内の電荷分布状況の夏季との違いのほか、落雷の放電路が夏季にくらべてかなり短いことが、冬季の落雷の電流パラメータが夏季と異なってくる原因と考えられる。

参考文献

[1] M. Ishii, and M. Saito, " Lightning Electric Field Characteristics Associated with Transmission-Line Faults in Winter ", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 51, No. 3, pp.459-465, 2009.

[2] M. Ishii, M. Saito, J. Hojo, and K. Kami, " Location of charges associated with positive C-G flashes in winter ", Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity ", Versailles, pp. 151-154, June 2003.

キーワード: 冬季雷, 雷電流, 雷放電

Keywords: winter lightning, lightning current, lightning discharge