

審査の結果の要旨

氏名 齋藤幹久

本論文は「日本海側における冬季落雷の電磁界観測による研究」と題し、全8章で構成される。

第1章は序論で、雷放電の基本的な特性、用語、本論文の背景および研究目的について述べている。本研究の目的は、本州の日本海沿岸で顕著な冬季雷に対して適切な雷害対策を実施するため、その特性を明らかにすることである。

第2章は「雷放電観測ネットワーク」で、冬季の雷放電、特に送電線故障と同時に生じた雷放電の電磁界観測に用いた、福井平野に設置したVHF帯電磁波放射源の3次元位置標定システムと電界変化観測システムの特性について述べ、性質がある程度判明している夏季雷を対象に、性能を検証している。

第3章は「冬季の落雷に関与する電荷位置の推定」で、冬季の正極性落雷に伴い消失した雲内の電荷位置推定を行った。従来定説となっていた、上空 -30°C 領域に存在する正電荷から下向きリーダが大地に伸展して正極性落雷に至るといふ tilted dipole model の例は観測されず、 -20°C より温かい領域の正電荷が落雷していた。また、冬季に観測された200m高構造物からの負極性上向き雷放電で中和された電荷高度も、ほぼ同じ高さの -10°C 付近、高度2km以下に推定された。

第4章は「JLDNによる雷放電捕捉特性の解明」で、日本全国を観測範囲とする大規模雷放電位置標定システムJLDN(Japanese Lightning Detection Network)の動作特性を実測データにもとづいて解析し、冬季の正極性、負極性雷放電において、夏季の負極性帰還雷撃の捕捉特性と大きな違いはないことを示した。JLDNの位置標定誤差についても明らかにした。

第5章は「冬季に観測された大電流を伴う上向き雷放電の特性」で、冬季の送電線故障と同時に観測された雷放電による電界変化波形を詳細に調べた。負極性電流が大地に流入したものはすべて、正極性電流が大地に流入したものは約90%が、送電線からの上向きリーダで開始する落雷であったと推測された。また、それに伴う大電流は帰還雷撃で発生したものではないことを明らかにした。

上向きリーダで開始したと推測されるこれらの雷放電に伴う電界変化波形は、通常の帰還雷撃によるものとは大きく異なる特徴を持つ。また、それらの電界パルスのピークの電界強度を、その発生源に置いた負極性帰還雷撃電流の値に換算すると、絶対値の平均は極性を問わず 200 kA 相当を超える大電流であった。夏季の負極性第 1 帰還雷撃の電流値は平均 20~30kA 程度に比較して、これは非常に大きな値である。

第 6 章は「冬季日本海側における高構造物への落雷リスクの検証」で、冬季の送電線故障と同時に観測された雷放電は、海岸線からの距離により正負の比率、雷放電密度が異なり、それらの雷放電の極性ごとの空間分布と、JLDN で観測された雷放電の極性ごとの空間分布はほぼ一致する事が確認された。従って、大電流の雷放電が引き起こす送電線故障率は、JLDN などの LLS (Lightning Location System) で観測される雷放電密度から推定できると考えられる。さらに冬季に観測された高構造物への雷撃回数と周囲の雷撃密度との関係を調べ、直線近似ではあるが、雷撃密度と高構造物への雷撃回数と構造物高さの関係を求める事ができた。この結果と JLDN で観測された雷撃密度より、500kV 送電線の冬季の故障率を計算し、実績に近い数値を得るのにはじめて成功した。

第 7 章は「上向き落雷を考慮した日本周辺における高構造物への落雷リスクの評価」で、冬季雷雲の電荷構造について得た知見にもとづき、風力発電システムと送電線の雷被害実績、高層気象要素を総合して、日本列島周辺を 3 地域に分け、それぞれの地域における高構造物への落雷様相をモデル化し、JLDN による雷放電密度の観測データと組み合わせて、冬季の上向き落雷を考慮した落雷リスクを算出する方法を提案した。平地の 100m 構造物に関する落雷リスクマップを実際に作成し、高構造物への落雷リスクは通年でも日本海沿岸地域が突出しており、夏季に落雷が多い関東地方北部より 1 桁高いことを明らかにした。今後観測データが蓄積されれば、マップの実用性及び算定されるリスクの精度は向上する見通しである。

第 8 章は結言で、本研究で得られた成果を集約している。

以上これを要するに本論文は、送電線に重大な事故を多発させるにもかかわらずその原因が解明されていなかった日本海沿岸地域の冬季雷の性状を、電磁界観測を通じて究明し、従来知られていなかった上向き大電流雷放電が原因であることを突き止め、さらに冬季雷の種々の特異性の要因が雷雲中の電荷構造に起因するとの仮説を立て、高構造物への通年の落雷リスクを評価する方法を提案した。これらの研究成果は電気工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。