交流電圧を印加した積雪中のイオンの濃縮と導電率増加

正員 東 山 禎 夫 (山形大)

非会員 志 田 惇 一 (山形大)

正員 浅 野 和 俊 (山形大)

正員 上 所 操 (東北電力)

Condensation of Ions in Snow Fall during AC Voltage Application and Increase of Conductivity

Yoshio Higashiyama, Member, Jun'ichi Shida, Non-member, Kazutoshi Asano, Member

(Yamagata University), and Misao Johsho, Member (Tohoku Electric Power Inc.)

キーワード：積雪、冠雪がいし、交流破壊、導電率、pH、硝酸イオン

がいしが冠雪するとがいしの電気絶縁特性は低下する。交流電圧荷電時にがいし上の冠雪の占める割合が増えると、絶縁破壊電圧は冠雪のない場合に比べて大きく低下する¹⁾。積雪は自然の状態でも変化し続けているが、積雪に電圧を印加すると積雪は局部的に融け、また、上部からの融雪水の流下により積雪の下部ほど水分を多く含むようになる。冠雪がいしの交流破壊過程を明らかにするには、この融雪水の性質や融雪水の積雪内の挙動を把握する必要がある。本研究はテフロン容器に詰めた積雪に交流電圧を印加し、融雪水の導電率およびpHを調べた結果、通電により積雪および融雪水の化学的および電気的性質が大きく変化し、積雪の電気絶縁性が加速度的に低下することが明らかにになったので報告する。

積雪への交流荷電試験では東北電力(株)米沢雪試験場内の交流電圧供給施設を利用した。試験場内地上の積雪の同じ雪質層から直方体雪試料を切り出し、深さ180mm、横250mm、長さ430mmの直方体の容器に収めた。試料容器はで融け出した水をできるだけはじくようにテフロン板で作製したものであり、長さ方向に電圧が印加されるように平板電極を取り付けている。また、通電により融け出した水が容器の底に溜まると水を介した放電が生じやすくなるので、融雪水をを抜き取るために、容器の底には直径10mmの穴が中心間隔15mmで密に開けられている。この穴から滴り落ちた水は融雪水として回収した。雪を切り出した位置で採取した雪を融かし、通電前の水の導電率とpHを、それぞれホリバ簡易導電率計B173および簡易pH計B112で測定した。

雪試料に電圧を印加してから時間が経過するにしたがって、雪試料を流れる電流によって試料全体で融雪が進行し、さらに、雪試料内には割れ目が形成される。雪試料と

してしまり雪を用いた場合、通電開始後数分経過すると、試料下部は融雪水を含んでシャーベット状態になり、最終的には電極間でフラッシュオーバー経路が形成される。フラッシュオーバー後の雪試料の深さ方向に上、中、下と3箇所数10gの雪を採取し、それらを融かした水の導電率とpHを測定した。また、原子吸光法およびイオンクロマトグラフィにより、融雪水の成分分析を行った。

図1は雪試料としてしまり雪だけに限定して、電圧印加前後に採集した雪試料の融雪水の導電率とpHとの関係を示したものである。導電率はpHが小さいほど高くなることが明らかである。通電前にはpHが5～5.7の範囲に収まっている雪も通電後にはpHが小さくなって、酸性度が高くなる。通電した雪試料を融かした水の導電率は試料

図1 通電前と後の雪試料を融かした水のpHと導電率の関係

Fig. 1 Relation between pH and conductivity of melt water from snow sample before and after ac voltage application.

(a) 正イオン濃度

(b) Na⁺イオンと負イオン濃度

図2 通電前後のしまり雪に含まれるイオンと導電率の関係

Fig. 2 Relation between conductivity and ions contained in compact snow sample before and after voltage application.

の位置によって異なり、試料容器上部の雪、下部の雪、試料容器の底から滴り落ちた融雪水の順に導電率が高くなり、pHが小さくなる。pHの低下は雪に取り込まれていた不純物が融け出して濃縮したことに起因する。

図2は通電前後の雪を融かした水を成分分析した結果の例である。この通電前の雪試料では海水の塩分を起源とする成分が存在している。K⁺、Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺の正イオン、Cl⁻、NO₃⁻の負イオンとも各成分の増加が導電率の増加に対応しており、試料下部で不純物が濃縮していることがわかる。

通電前の雪試料中にはNO₃⁻イオンは検出されなかったが、通電後の雪試料および融雪水として滴り落ちた水の中には他のイオン種の10倍以上の濃度で存在し、融雪水のpHを増加させる大きな原因となっている。このNO₃⁻イオンは電圧印加中に起きている雪試料中の微小な放電によって空気中の窒素から生成したものであると類推できる。

このように、積雪に電圧を印加して漏れ電流によって融雪が進むと、雪試料の導電率は融雪水の存在によって増えるだけでなく、雪の中で起きる放電によって生じるNO₃⁻イオンの増加によっても導電率が増加する。このような過

程によりさらに漏れ電流が増え、結果としてさらに融雪水が供給されるという正帰還により、雪の交流破壊は進行する。

がいし冠雪の破壊にはこのような融雪水の存在が積雪の抵抗を低下させる因子として働く。このとき単に雪が水に変わることではなく、融雪水が積雪内を流下していく間に不純物を濃縮するとともに、雪中の放電によって硝酸イオンを生成し、融雪水の導電率を増加させる。酸性度の高い雪では、導電率が元来高くなるので、冠雪時にはさらに厳しい状況に曝されることが予想され、融雪水からみた積雪の性質についてさらに自然降雪のデータを蓄積する必要がある。

(平成6年4月25日受付)

文献

(1) 高須、松田：「交流送電線における冠雪ががいの耐電圧特性」，電学論B，110，404（平2）

東山 禎夫

(正員) 1951年10月27日生まれ。75年3月福井大学工学部電気工学科卒業。78年3月名古屋工業大学大学院工学研究科修士課程修了。81年3月名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年豊橋技術科学大学電気・電子工学系助手。87年8月山形大学工学部講師、89年4月同助教授、94年4月同教授。主として、帯電液滴の生成と制御、積雪の破壊現象に関する研究に従事。工博。静電気学会、雪工学会、アイソトープ協会、IEEE会員。

志田 惇一

(非会員) 1941年11月26日生まれ。66年3月山形大学工学部応用化学科卒業。同年山形大学工学部助手。86年5月同助教授。主として環境試料中の微量成分の分離、定量法に関する研究に従事。理博。日本化学会、日本分析化学会、環境科学会、会員。

浅野 和俊

(正員) 1936年2月7日生まれ。59年3月山形大学工学部電気工学科卒業。64年ミネソタ大学大学院修士課程修了。70年イリノイ大学大学院博士課程修了。70～71年サザンプトン大学リサーチフェロー。71年10月山形大学工学部講師。72年12月同助教授。80年9月同教授。主として、各種液体の導電と帯電、エネルギー変換器、静電気応用機器の研究に従事。Ph. D. IEEE, Institute of Physics, 静電気学会会員。

上所 操

(正員) 1947年7月15日生まれ。70年3月北海道大学工学部電気工学科卒業。同年4月東北電力(株)入社。現在、電力技術研究所煮て雪の閃絡現象に関する研究に従事。