

送変電設備における塩雪害発生条件の一考察

大浦 久到, 守護 雅富, 酒井 晃, 木村 直行 (北海道電力株式会社)

1. はじめに

2004年11月29日10時25分頃～30日12時16分頃にかけて、北海道空知管内の送変電設備に断続的な停電障害が広範囲に発生し需要家のみなさまに大きな影響を与えたことは記憶に新しい。この原因は、腕金や碍子に付着した冠雪が凍り、それが溶け出し氷柱が形成された後、湿潤状態下で絶縁が破壊したものと推定されている。

停電障害発生当時、変電所構内からはコロナノイズが普段に比べ大きかったことが確認されているが、塩雪による停電障害（以下塩雪害という）は北海道で最も過酷な強風雪によるものとは異なり、事前の予測が極めて難しいものである。特に、海岸からの距離がある内陸の設備においても塩雪害があったのは、約40年前に一度経験した限り⁴⁾で特異な気象に曝されたことが推察される。

本稿は、砂川地区の気象データ及び復旧作業時に採取測定した冰雪サンプルの導電率値等のデータを改めて調査し、塩雪害発生時の特異条件の知見として報告するものである。

2. 気象状況の特徴

図-2.1に塩雪害発生以前の11月26日～27日までの気圧配置を、図-2.2に滝川アメダスの気象データを示す。これから、気象状況の特徴をまとめると次のように集約される。

①塩雪害発生前の11月26日・27日は低気圧が北海道北部を通過し、西寄りの15m/s以上の強風（冬期季節風）が吹いた、②塩雪害発生前の11月28日深夜に降雪があった、③塩雪害発生日の11月29日・30日は日射があった、④塩雪害発生日の気圧配置は冬の典型的な西高東低型

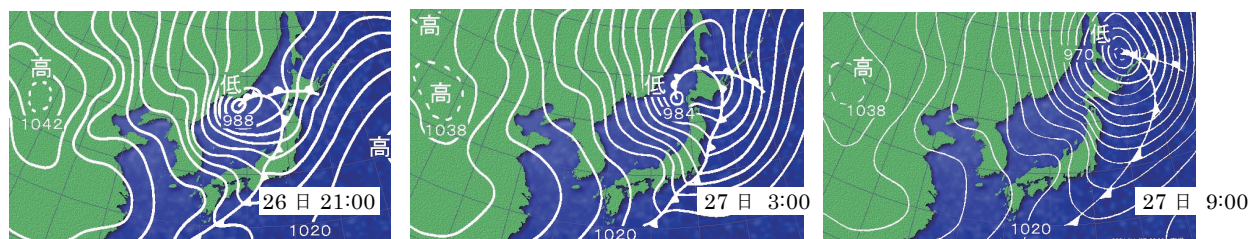


図-2.1 塩雪害発生以前の11月26日～27日までの気圧配置

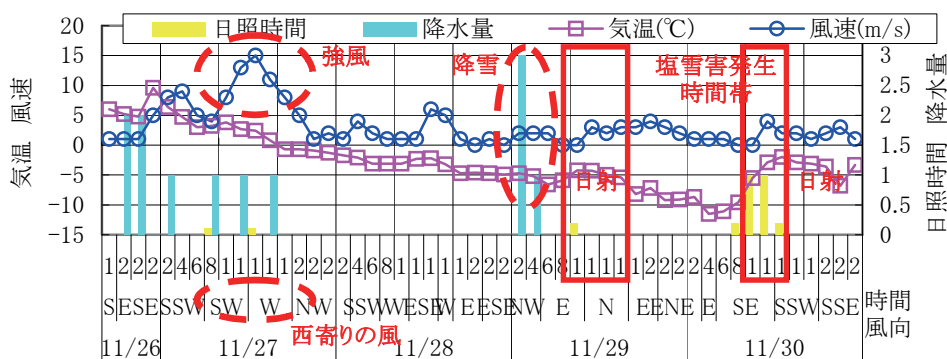


図-2.2 滝川アメダスの気象データ

3. 送変電設備に発生した氷柱状況

図-3.1～3.3 に発生した典型的氷柱を示す．氷柱本数は最大 5 本程度で下部になるほど本数が低減する傾向にある．

図-3.2 は塩雪害のあった碍子の状況であるが，氷柱の発生条件を示したものとしてわかりやすい．これによると，鉄塔腕金の部分に冠雪が残っているのがわかる．



図-3.1 碍子氷柱その 1



図-3.2 碍子氷柱その 2



図-3.3 碍子氷柱その 3

4. 塩雪害を引き起こす温度と湿度の条件

図-4.1 に塩雪害の影響が大きかったエリアの中心付近にある砂川地区広域消防組合消防本部での温度と湿度の経時変化を示す．11月29日の障害発生初期の時間帯であるが，温度はマイナス 5℃から上昇しマイナス 3℃に上昇し，また湿度は前日深夜から 9 時間程度 100%近くを持続し，温度上昇に伴い 95%程度まで低下したが，湿潤状態は高めに推移したと推定される．なお，岩見沢アメダスデータも確認したが，同じ時間帯の湿度は 80%以上，最大でも 90%程度となっており，その傾向線はほぼ同様であった．

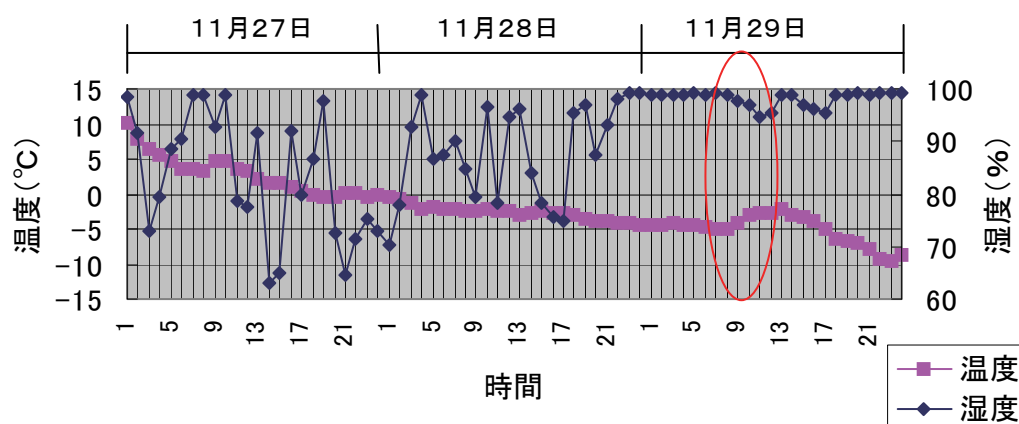


図-4.1 温度変化と湿度変化(2004. 11. 27～11. 29)

5. 内陸部に塩雪害を引き起こす風速，風向条件

図-5.1 に強風があった 2004 年 11 月 27 日における砂川地区広域消防組合消防本部での風速および風向データの時間推移を示す．これから強風時の風向がほぼ西風になっていることがわかる．砂川と内陸の野花南を結ぶ線は東西方向にほぼ一致していること，野花南まで空知川に沿って風が吹きぬける地形であることから，瞬間風速 15 m/s～25

m/s 程度で西側からの風が数時間継続する条件も内陸での塩雪害を引き起こすの要因の一つと考えられる。

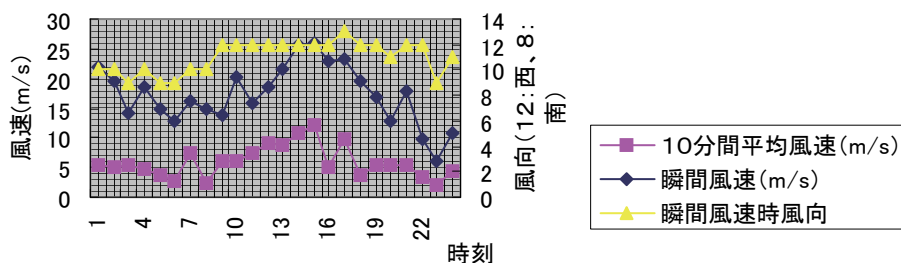


図-5.1 風速と風向(2004. 11. 27)

6. 海岸からの距離と導電率

一般に送変電設備における耐塩害設計では海岸からの距離と等価塩分付着密度の関係が重視されるが、氷柱の表面湿潤時における耐電圧は著しく低下するとされており、また塩分を含む氷柱が溶解後の水分は塩分濃度が高くなることが確認されている¹⁾。これは氷柱の溶解により短絡を引き起こす程度の導電路が一時的に形成されることを示すもので、碍子表面の等価塩分付着密度よりもむしろ氷柱の導電率による検討が適当と考えられる。

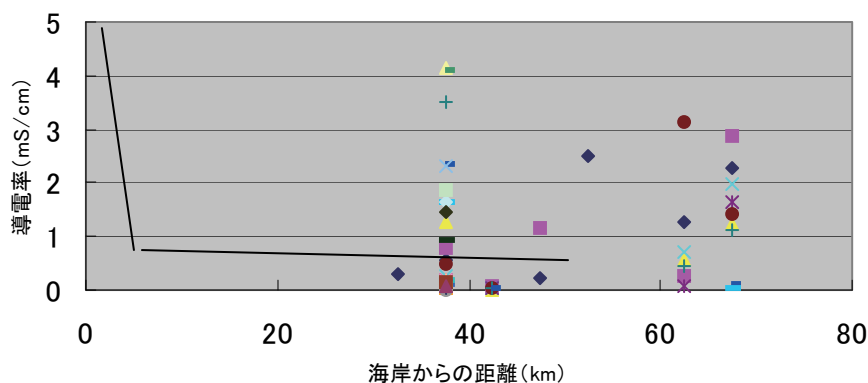


図-6.1 雪氷の導電率と海岸からの距離

海岸からの距離があるほど雪氷の導電率は低下するが、文献2によれば海岸から30km程度の位置にある岩見沢市で最大0.5mS/cm程度(海岸付近で10mS/cm程度)が示されている。図-6.1に2004年の障害対応時に採取した氷柱等の導電率を示した。ただし、の中には一部、鉄塔腕金上の冠雪を含んでいる。また、導電率のデータは海岸からの距離を5km毎に整理したもので、グラフでは中央値(例えば35km～45kmのデータを37.5kmでの値にする)線上で示した。これによると、海岸からの距離が60～70kmの芦別付近で3.14mS/cmの値もみられ、これまでの冠雪の既存値(実線:文献2に示されるおよその値)を大幅に上回っている。なお、導電率測定は小型デジタル導電率計PC-300を使用した。

7. 塩分濃度(≒含塩量)と導電率

図-7.1に2004年の塩雪害対応時に採取した氷柱の塩分濃度と導電率の関係を示すが、導電率と塩分濃度との相関性が高い。一般に塩分含有量は融雪水の導電率によって関係づけられると言われており、これを裏付ける結果となっている。

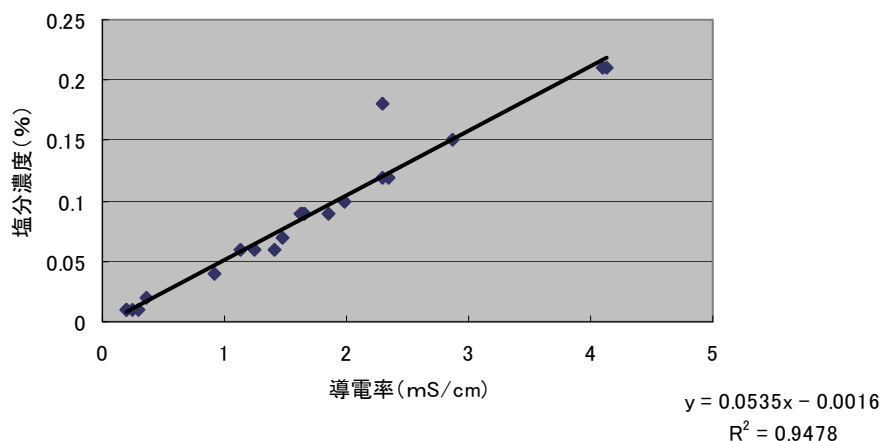


図-7.1 塩分濃度と導電率の関係

塩分濃度 0.1%は ppm 換算で 1000ppm に相当する。氷柱が笠間で短絡されていない場合は等価塩分付着密度による従来の耐電圧特性を適用できるが、氷柱が形成された場合、氷柱の含塩量が 500ppm 以上となる場合の耐電圧特性は塩分付着密度 $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上の汚損耐電圧特性に相当することが報告されている¹⁾。図-7.1 では採取された冠雪、氷柱の含塩量は 500ppm (塩分濃度 0.05%) を超えているサンプルは多く、汚損耐電圧の面からも過酷な状況となっていたことが推定される。

8. まとめ

確認できた知見を以下にまとめる。

- ・ 鉄塔腕金合掌部や碍子上面の冠雪の日照に伴う融解により、氷柱が形成された。
- ・ 本事例の氷柱の形成条件は、マイナス 3°C ～マイナス 5°C 時、湿度 80%以上が数時間続き、日照を伴っている。
- ・ 内陸部の塩雪害は 10m/s 内外の風が数時間継続する場合に発生すると報告（社内報告）されているが、本事例では、砂川で瞬間風速 15m/s 以上の西風が数時間継続しており、この条件を満たしていた。
- ・ 本事例の冠雪や氷柱の導電率 (or 含塩量) は従来値を大幅に上回っていた可能性が高い。

9. おわりに

2004年の空知地方を襲った塩雪害は未曾有の電力系統の混乱を招き、改めて本事象の重要性を知らしめることになった。本報告は地元の気象特性および測定された雪の導電率の視点から考察を行ないその特異性を調査したものであるが、雪の導電率データなどは今後の室内試験での再現条件として活用できるものと考ええる。なお、本報告に当たり、北海道大学名誉教授若濱五郎氏から有益なご助言を賜わり、また氷柱研究に詳しい北海道大学名誉教授前野紀一氏から著作論文資料を頂戴した。お二人に深く謝意を表する。

[参考文献]

- (1) 有働龍夫, 小野正夫, 平博, 谷口義雄: 日本海側における冬期塩害とその対策, 電力中央研究所委員会報告 177001, 1977.6
- (2) 内藤克彦, 川口敏幸, 坂西建治, 武田年清: 冠雪, 着氷碍子連の耐電圧特性, NGK (日本碍子) レビューNo39, 1978