

発雷から見た北陸沿岸の冬季雷雲の特徴

李 鍾 浩*・河 崎 善一郎*・松 浦 虔 士*・松 井 敏 明**

1. はじめに

日本海沿岸では、11月から3月にわたる冬季に、比較的頻繁に雷活動が発生する。一発雷という名称があるように、放電回数は少なく、継続時間は1時間以下で、電氣的活動は比較的弱いことが知られている。中緯度地域の夏季雷については、気象学的特徴、放電特性ともに広範な研究結果が蓄積されているが、冬季雷研究の歴史は浅く、本格的な研究は最近の20数年間に限られている。竹内ほかが北陸地方の冬季雷に正極性落雷の多いことを発見し(Takeuti *et al.*, 1977), 1976年から日米科学者の協力によって、北陸沿岸における電界の多地点同時観測が行われ、雲の電氣的構造、落雷の機構の解明が始められた(Brook *et al.*, 1982)。これとロケット誘雷による大規模な計測によって、放電特性の研究が行われてきた(角, 1984)。また送電線への雷害事故が多発するために、電力工学における1つの主題としても、精力的な研究が進められている(耐雷技術ワーキンググループ, 1989)。冬の雷雲の気象学的な特徴に対しても、近年研究が本格化しつつある(道本, 1989; Michimoto, 1993; Kitagawa and Michimoto, 1994; 北川, 1996)。

本報告では福井県三方郡美浜町付近での針端コロナ電流及びレーダー観測データと、輪島における1日2回の高層気象観測データに基づいて、この冬季雷雲の気象学的及び電氣的特徴を解析した。

2. 観測方法

第1図に示すように、観測は福井県美浜町で1995年12月1日～1996年1月31日に行った。観測は5地点に

* 大阪大学工学部 ** 関西電力総合技術研究所。

—1996年8月9日受領—

—1997年7月31日受理—

© 1997 日本気象学会

第1表 レーダーの仕様

使用機種	FR-1410 (古野電気)
空中線部	スロットアレイアンテナ
空中線長	200 cm
水平ビーム幅	1.23°
垂直ビーム幅	25°
回転数	約24 rpm
周波数	9410 MHz
出力	10 kW

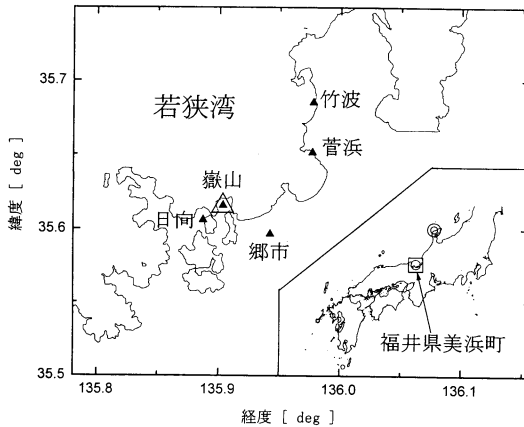
配置した針端コロナ電流観測装置と嶽山に設置した雷雲観測用レーダーにより行った。針端コロナ電流は、地上から3 m突出した針電極先端からのコロナ放電電流を100 kΩの検出抵抗両端の電位差としてサンプリング10 Hzでデジタル記録している。雷雲観測用レーダーは、簡易型漁船レーダーを転用しており、雷雲の動きをモニターしている。レーダーの仕様を第1表に示す。また、誘雷塔への落雷の有無は誘雷塔頂部で観測されたログスキーコイルの雷撃電流値と鉄塔回りに設置されたビデオカメラの観測データをもとに判断した。

3. SSIと落雷後針端コロナ電流復元時間との相関

本節では、輪島の高層気象データを基準として求めたSSI (Showalter Stability Index) と雷雲の電荷蓄積との関係を検討する。

雷雲の電荷蓄積を考えると、針端コロナ電流の強度すなわち地上電界強度がその目安となる。針端コロナ電流は地上電界の強さが約1.5 kV/mを越えた時に初めて検出可能となる。言い換えれば、あるしきい値を持っている。

雲内に電荷が蓄積される時、当然地上の電界強度は高くなる。しかしながら、通常針端コロナ電流の変

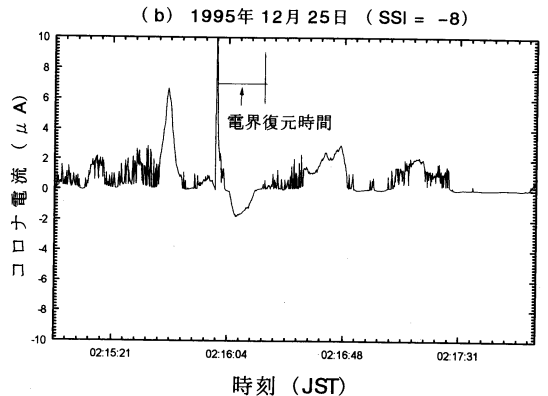
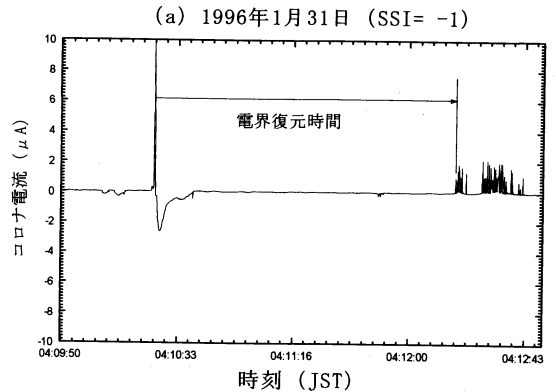


第1図 観測地点の配置図 (▲: 針端コロナ電流の観測地点, △: レーダー観測地点, ◎: 輪島の高層気象観測所)。

化を見る場合、今回のような限られた測定点における結果のみでは、雷雲の位置の把握が容易でないため、これを電荷の蓄積と直接結びつけることはできない。そこで、本報告での解析においては嶽山(第1図参照)に設置された地上高50 mの誘雷塔頂部への落雷があった事例に注目し、鉄塔の真上を雷雲が通過したときの嶽山の針端コロナ電流を解析する。鉄塔に落雷が発生すると、針端コロナ電流は一度休止する。これは、雲内の電荷が中和され、地上での電界強度がコロナ放電開始電界強度のしきい値以下となるためである。従って落雷が発生した時刻から再び針端コロナ電流が流れるまでの時間は、雷雲に電荷が蓄積されるまでの時間と関係していると考えられる。特に、針端コロナ電流は先に述べたように電界があるしきい値を越えるときに限り開始するという特性を持っているため、電荷量の有無を2値的に判断するのに都合がいい。そこで本報告では、この落雷から再び針端コロナ電流が測定されるまでの時間を電界復元時間と定義し、これとSSIとの関係を求めることとする。ここで、電界復元時間は、針端コロナ電流波形から以下のように定義する。

- (1) 1秒間にわたり電流強度が $0.1 \mu\text{A}$ を越えることが一度もないとき、弱電界と定義する。
- (2) 1秒間(10ポイント)に $0.1 \mu\text{A}$ を越える値が5ポイント以上存在するとき、強電界と定義する。
- (3) 落雷によるピーク時から開始し、弱電界の過程を通過した後、強電界の過程に達するまでの時間を電界復元時間と定義する。

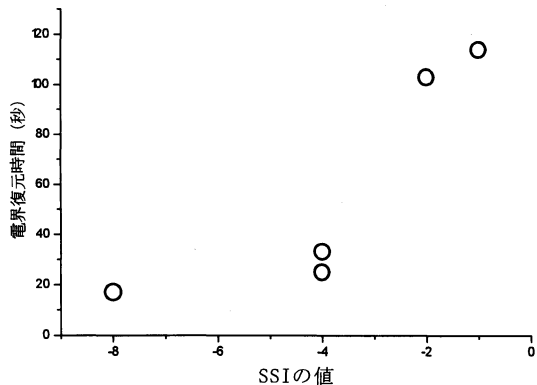
観測期間中には誘雷塔頂部への落雷を7回記録して



第2図 (a) 1月31日 (SSI=-1) と (b) 12月25日 (SSI=-8)の落雷発生時における針端コロナ電流波形。

おり、解析に用いるデータは其中で比較的良好な5例を選択して行う。第2図に針端コロナ電流波形を2例示す。ここで、第2図aはSSIが大きいとき(-1)の結果であり、第2図bはSSIが小さいとき(-8)の結果である。第2図において、明らかにb、すなわちSSIが小さいときの電界復元時間の方が短く18秒であり、SSIが大きいaにおいては電界復元時間は114秒である。したがって、この2つの結果からはSSIが小さいときほど電界復元時間が短いことが示唆される。そこで、この2例に加え他の3例についても同様に電界復元時間を求め、SSIと比較した結果を第3図に示す。

第3図を見ると、SSIの値が小さい時は復元時間が短く、SSIの値が大きい時には復元時間が長いことがわかる。言い換えれば、雷雲の電荷生成速度と大気安定度には相関関係があることが推察される。本報告の



第3図 落雷後の電界復元時間と SSI の値との関係。

第2表 1996年12月21日から1997年1月31日まで5地点で観測された針端コロナ電流の同一極性持続時間(分), 計55例。

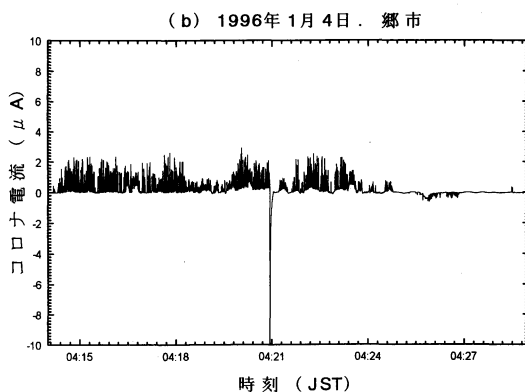
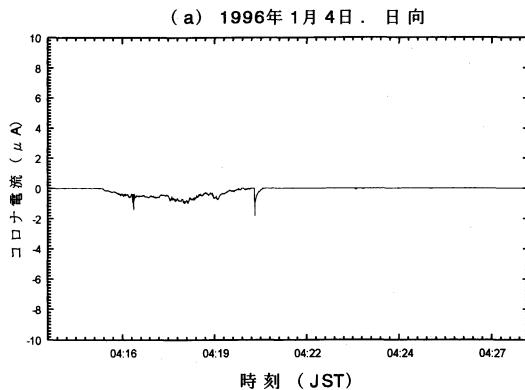
コロナ電流継続時間	頻 度	
	正極性 (31例)	負極性 (24例)
5分未満	8	4
5~10	15	14
10~15	5	1
15~20	2	1
20~25	0	4
25分以上	1	0

事例は5例と限られており定量的な議論は今後の課題としたい。またこの両者の関係は、今後更なるデータの蓄積が行われれば関数として表現できる可能性もあり、夏季雷についても同様の解析を行い、これと比較することにより夏季と冬季の電荷生成機構の違いを議論することも可能だと思われる。

4. 冬季雷雲の針端コロナ電流の多地点観測とレーダー観測による考察

針端コロナ電流の継続時間は、上空を通過した冬季雷雲内において同一極性の電荷の分布する帯の幅にほぼ対応すると考えられる(桜野, 1990)。

そこで本報告では、同一極性継続時間を求めるために針端コロナ電流波形のピークごとを極性別に整理し、それぞれについて継続時間の分布を調べる。第2表にこれらの観測結果を示す。コロナ電流継続時間は5地点の平均値である。これによると、正極性31例、負極性24例の計55例中、同一極性持続時間が5~10分



第4図 1月4日の日向(a)と郷市(b)の針端コロナ電流変化。

の場合が50%以上を占めている。観測期間中、嶽山で雷雲観測用レーダーを設置して雷雲を観測し、その観測結果と気象台のレーダーエコー移動速度を比較して求めた結果、観測された雷雲の移動速度は時速約40~50 kmである。以上を総合すれば雷雲の同一極性水平規模は4~5 kmであることが推察される。

第4図は1月4日の日向と郷市の針端コロナ電流の強度を示している。第4図に示すように今回観測期間中コロナ電流強度は、日向より郷市で強く観測されている。これは海岸付近の地形が雷雲に何らかの作用をしていると考えられるが、さらに詳しく解析していく必要がある。

5. まとめ

本報告の要約を以下に示す。

- (1) SSI と落雷後の電界復元時間を定量的に考察し

た結果、SSI と電界復元時間には正の相関があることが示唆される。

(2) 北陸沿岸の針端コロナ電流観測により、雷雲の同一極性帯幅は 4～5 km 程度であることが推察される。

参 考 文 献

- Brook, M., M. Nakano, P. Krehbiel and T. Takeuti, 1982: The electrical structure of the Hokuriku winter thunderstorms, *J. Geophys. Res.*, **87**, 1207-1215.
- 角 紳一, 1984: ロケット誘雷による冬季雷の放電特性に関する研究, 中部大学, 学位論文, 88 pp.
- Kitagawa, N. and K. Michimoto, 1994: Meteorological and electrical aspects of winter thunderclouds, *J. Geophys. Res.*, **99**, 10713-10721.
- 北川信一郎, 1996: 日本海沿岸の冬季雷雲の気象学的特徴, *天気*, **43**, 89-99.
- Michimoto, K., 1993: A study of radar echoes and their relation to lightning discharge of thunderclouds in the Hokuriku District, Part II: Observation and analysis of "single-flash" thunderclouds in midwinter, *J. Meteor. Soc. Japan*, **71**, 195-204.
- 道本光一郎, 1989: 小松周辺の冬季雷に関する一考察, *天気*, **36**, 31-33.
- 桜野仁志, 1990: ロケット誘雷実験による冬季雷放電に関する研究, 名古屋大学, 学位論文, 31.
- 耐雷技術ワーキンググループ, 1988: 日本海沿岸における冬季雷性状, 電力中央研究所総合報告, **T10**, 128pp.
- Takeuti, T. and M. Nakano, 1977: On lightning discharges in winter thunderstorm, *Electrical Processes in Atmospheres*, edited by H. Dolezalek and R. Reiter, Steinkopff, Darmstadt, West Germany, 614-617.

The Characteristic of Winter Thunderclouds on the Coast of the Hokuriku District according to the Observation of Generation of Lightning

Jongho Lee*¹, Zen-Ichiro Kawasaki*², Kenji Matsuura*² and Toshiaki Matsui*³

*¹ (Corresponding author) Faculty of Engineering, Osaka University, Osaka 565, Japan.

*² Faculty of Engineering, Osaka University.

*³ Kansai Electric Power Co., Inc.

(Received 9 August 1996 ; Accepted 31 July 1997)
