

# 降雪電気量測定による冬季雷雲の電氣的振舞い

## — 福井・石川県境における冬季雪の集中観測結果 —

作本 憲大, 北村 岩雄, 池田 長康,  
\*若井 武夫, \*酒井 勉

### 1. ま え が き

前報(富山大学工学部紀要, 第45巻, p 15~22, 1994)<sup>1)</sup>に引き続いて, 北陸地方の雷雲構造の解明と雷撃予測を目的として, 電気量とその時間的推移を観測し, 電荷の分布状態, 雷雲の動きの推定を行った。北陸地方において停電事故の約九割は雷撃によるものである。その解決法の一つとして, 雷撃位置を未然に予測して警戒を行うことが上げられる。しかし北陸地方の降雪を伴った雷のメカニズムは, 夏の雷雲による落雷と異なり, 解明が遅れている。

この報告は, 1993年12月下旬と1994年1月下旬に, 福井県三国町において, 北陸電力が主催して行った冬季集中観測での雷雲からの降下物である雪及び雨の電気量の測定とその結果から推測される冬季雷雲の構造に考察する。

### 2. 測定装置

本研究の電気量の測定には, 前報で報告した装置を使用した。降雪及び降雨の電気量 $Q$ は,

$$Q = CV$$

の式を用い, 既知の静電容量 $C$ と測定電圧 $V$ によって算出する。この電圧 $V$ の測定には, 測定回路からの電荷の漏洩をできる限り少なくするとともに, 高入力インピーダンスの計器が必要である。図1に示す電極部で集めた電荷を図2の回路で測定している。ここで $C_0$ は回路全体の合成静電容量であり,  $R_0$ は回路全体の合成漏洩抵抗である。

なお, 本実験では2台の測定器を使用した。我々は製作した順番に, 1号器, 2号器, と名付けている。しかし測定器によって電極部の大きさ及び同軸ケーブルの長さが異なるため, 合成浮遊静電容量に違いがあり, 1号器は608.2pF, 2号器は1166.1pFで

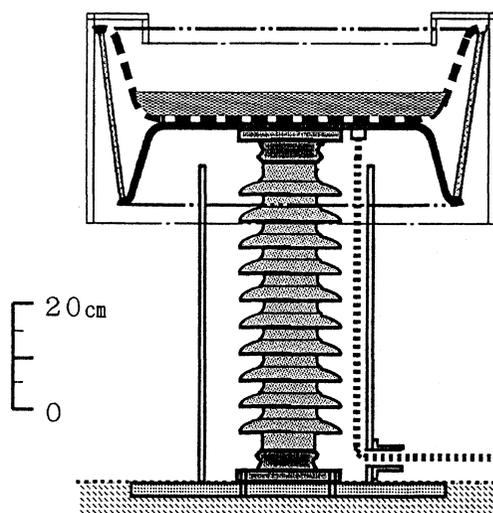


図1

\*北陸電力株式会社

ある。なお、漏洩抵抗は、1号器、2号器共に $10^{11}\Omega$ 以上を保持して、測定に及ぼす影響を無視できる。

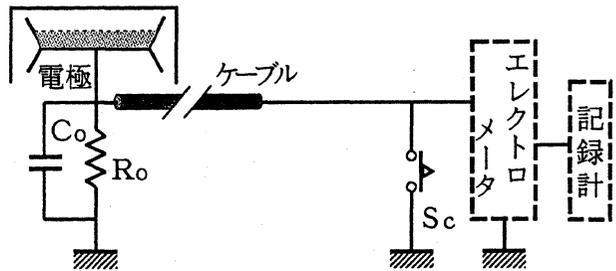


図 2

### 3. 2台の測定器の比較

前述のように実験に使用する2台の測定器は、装置の大きさ及び浮遊静電容量が異なる。よって測定結果として現れる電圧も2台の間において違いがあるわけである。そこで、記録計に表される測定結果の比較を行う。

表1は1号器と2号器の具体的な数値パラメータである。これより、1号器で50V観測したとすると、2号器では、

$$50 \times \frac{S_2}{S_1} \times \frac{C_1}{C_2} = 15.0$$

となり、15Vの信号が現れることになる。記録計のレンジはそれぞれ $\pm 50V$  FULL SCALE,  $\pm 25V$  FULL SCALEなので、1号器の記録上での信号の大きさを1とすると、2号器は0.6の大きさとなる。そこで実際に2台の測定器を横に並べて観測した場合の代表的な例を図3に示す。図3 a)は1993年11月28日に1号器によって得られた結果、図3 b)は同時刻の2号器の結果である。二つの結果を比較してみると、正負符号、電荷の分布、継続時間の全てにおいて一致していることが分かる。また信号の大きさに注目すると、図3 b)のほうがやや小さくなっており、前述の校正と一致していることが分かる。

これまでで、1号器に比べて2号器の実験結果のほうが若干小さくなるということを除けば、2台の測定器間の対応はとれていることが確かめられた。よってこの測定器を用いて2地点同時測定を行った。

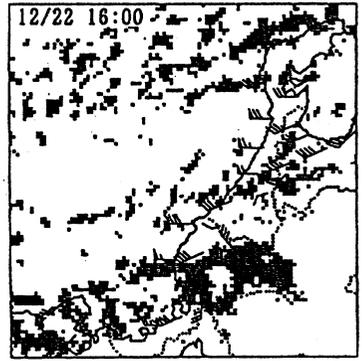
表 1

	1号器	2号器
集電電極板面積	$S_1 : 0.196\text{m}^2$	$S_2 : 0.113\text{m}^2$
浮遊静電容量	$C_1 : 608.2\text{pF}$	$C_2 : 1166.1\text{pF}$
記録計フルスケール	$R_1 : 50V$	$R_2 : 25V$



う電荷分布は今までの富山大学構内で行った測定には現れないケースであり、何らかの理由があると考えられた。そこで観測地点について考えてみると、この測定地点であるA地点、B地点は海岸沿いであり、さらにこのときは波も高く、波が防波堤にぶつかって打ち上げられ、波しぶきが風雨に混じって激しく舞っていた。このため海塩粒子が、降水粒子である雪に付着して、正負の激しい電荷をもたらしたのではないかと推測される。あるいは、図7に示すように強い季節風によって雲が散在していたため、正の雷雲と負の雷雲が入り乱れた結果として正角両極性の混在した電荷が観測されたものではないかと考えることができる。

しかしながら、A地点とB地点での信号の対応はとれており、そのためA地点で観測した雷雲をある程度の時間差をおいてB地点で観測されていることが分かる。この時間差及び電荷分布時間により求められる雷雲の大きさ、雷雲の速さを4.5節に示す。



「列型」  
(列状エコー)

図7<sup>2)</sup>

#### 4.2 2地点同時測定II (1994年1月の観測)

1993年12月の集中観測では正負の激しい信号が観測された。我々は、前述のように、海塩粒子の影響があったと考え、1号器の測定点をA地点からG地点へと変更した。図4に示すように、G地点は比較的内陸部に位置する。また2号器は1993年12月のデータとの対応を取るためと他の研究グループのデータとの対応を取るために前回の位置から変更せずにB地点に備え付けた。

1994年1月の集中観測期間中に得られた測定結果の中で典型的な二つの例を図8、図9に示す。共に1994年1月21日のデータであり、それぞれ2時から4時、12時から14時に得られた結果である。G地点では目的通りに、1月集中観測期間を通して正または負にはっきりした電荷信号を得ることができた。図8を見てみると、B地点は多少正負に信号がでていますが12月期間中よりは極性がはっきりしている。図9についてはB地点でもかなり極性がはっきりしている。これは風があまり強くなく海塩粒子が飛び回らなかったということ、上空の動きが比較的穏やかで雲の散在がなかったということが原因ではないかと考えられる。

これら測定点間の距離が10kmであったこともあり、2点間の信号の対応を取ることは難しいが、図

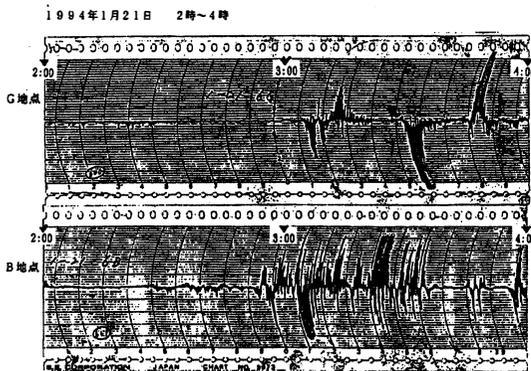


図8

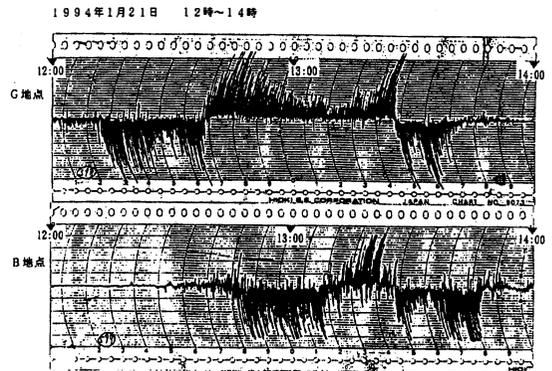


図9

8において二つの大きな信号が同じように現れているのを見ると同じ雲を観測したのだと考えることもできる。

### 4.3 電荷分布モデル

隣接する電荷を持った集団と明らかに区別できる別の電荷集団を一分布と呼ぶことにする。その形状は、電気量の最大値が一分布の初めや終わりにある場合や図9のように一分布中にくぼみがある場合がある。しかも最も多く観測される例は電気量の最大値が一分布のほぼ中央にある場合である。この分布が普通の状態であって、他の分布が存在するのは分布同士が影響しあった結果であると推測し、簡単な電荷分布モデルを考えた。図9についての電荷分布モデルを図10に示す。上層部に正の電荷分布、下層部に負の電荷が存在すると仮定した単純なモデルである。このモデルが正しいかどうかは、垂直方向電荷分布や雲高を調べるなどの測定が必要であろう。しかしながら、もっと多くの測定点で観測することによってより正確な電荷分布状態とその分布の変化を得ることができるものと期待している。

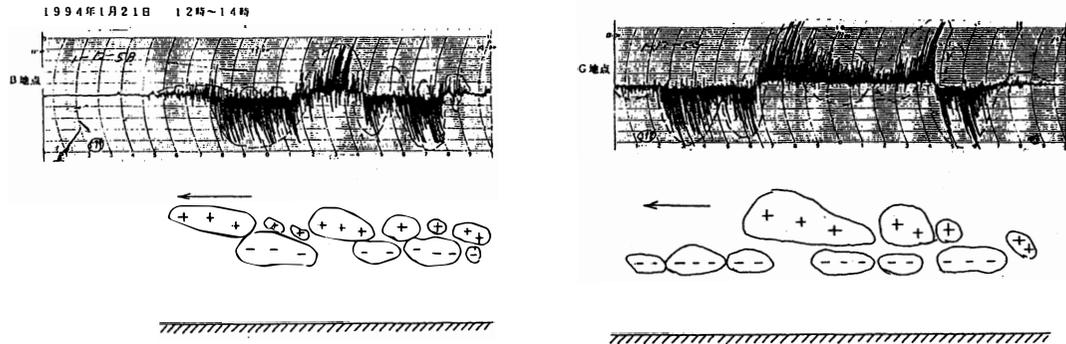


図10

### 4.4 電界と電荷の比較

電力中央研究所が行った地上電界測定の結果<sup>3)</sup>と我々の測定した電気量との比較を図11に示す。同図は、1993年12月23日にA地点で得られた測定結果である。電気量については、4.1節で示したように、正負に激しい信号が現れている。それゆえ比較しにくいですが、電界の変化と電荷の有無が対応しているように見える。

1993年12月23日 5時~6時

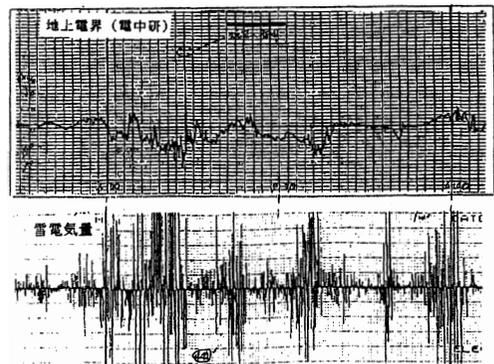


図11

### 4.5 雷雲の速さと大きさ

2回の集中観測期間を通しての測定結果より雷雲の振舞いについて考察した。

#### 4.5.1 雷雲の速さ

2地点同時測定により雷雲電荷の移動の様子がある程度分かった。そこでまずA-B点間の電荷信号のズレより雷雲の速さを求める。A-B点間の距離は2.1kmである。1993年12月21日から25日まで

の5日間の中で2点間の信号の対応がとれた36個の雷雲の測定時間のズレの平均は2.56minである。A地点のほうがB地点よりも先に観測されており、西から雲が流れている。これらの雷雲の平均速度は、A地点からB地点に向かって13.7m/secであることが求められた。

1994年1月集中観測期のB-G点間に対しても同様にして雷雲の速さを求める。2点間の距離が10kmであり、16個の雷雲の測定時間のズレが16.6minであることより、雷雲の平均速度はB地点からG地点に向かって10.0m/secとなった。ただしB-G点間は10km離れているため2点間の電荷信号の対応が難しく、求められた値は信頼性に欠ける。また対応すると思われる信号がB地点よりG地点の方が先に現れることもあった。

これらの計算は図12に示すように二つの測定点を結んだ線と平行に雷雲が動くとして仮定して行ったものであるが実際はそうではなかったと考えられる。しかし、オーダ的にはこのような値であろうと考えられる。

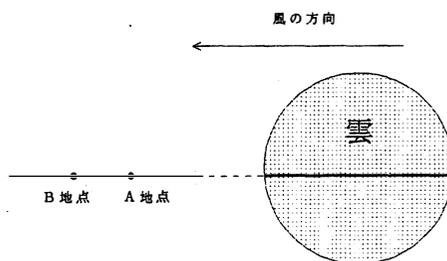


図12

#### 4.5.2 雷雲の大きさ

1993年12月22日の一分布の分布時間より雷雲の大きさを求めた。この日は雷雲の動きが活発で、最も電荷分布数の多い日であった。観測された32個の分布の平均分布時間は16.6minであり、求めた平均速度13.7m/secを用いると、雷雲の大きさは約14kmと求められた。

以上の電気量の2点同時測定と計算によりある程度の雷雲の速さと大きさが求められた。測定点を増やすことによって、より正確に雷雲の動きを得ることができるものと考えられる。

## 5. ま と め

冬季集中観測における電気量測定によっていくつかの有益な結果が得られた。

- 1) 2台の測定器を用いて測定点の異なる2点間の電荷信号の対応をとることが可能であることが分かった。
- 2) 正負両極性が混在する激しい電荷信号が観測された。これは海塩粒子の影響あるいは雷雲の散在が理由であると思われる。今後、この理由の正否を確かめることが必要であると共に地点の選定に注意する必要がある。
- 3) 電気量の測定結果より、妥当と思われる簡単な電荷分布モデルを考えた。
- 4) まだ不明瞭ではあるが、地上電界の測定との対応がとれた。
- 5) 2地点同時測定によりおおよその雷雲の速さと大きさが分かった。

今後、更に測定点を増やすことによって、より正確な雷雲の動きが分かるものと考えられる。これにより、北陸地方の降雪を伴う冬季雷撃の解明に努力したい。

#### 参考文献

- 1) 北村岩雄ら, 富山大学紀要, 第45巻, p.15, 1994
- 2) 川上正志, 冬季雷ワーキング資料「冬季雷集中観測データの気象の面からの考察('94)」, 1994
- 3) 電力中央研究所, 「平成5年度冬季雷総合観測における地上電界測定」, 1994

## **Electric behavior of thunder clouds in winter by measuring of electric charges of snow fragments.**

Norihiro Sakumoto, Iwao Kitamura, Nagayasu Ikeda  
\*Takeo Wakai, \*Tutomu Sakai  
(\*Hokuriku Electric Power Co.)

In order to analyze the structure of thunder clouds and to estimate of discharge point of a thunderbolt in Hokuriku district, total observation of thunderbolts and their thunder clouds that held under the sponsorship of Hokuriku Electric Power Co. were carried out in Mikuni area, Fukui Prefecture in the latter part of December 1993 and the latter part of January 1994. We participated in the observation with measuring the electric charges of snow fragments. The measurements were carried out at two points with each device and many useful data were gathered. It is inferred from the observation that the average speed of the cloud is about 13.7m/sec and the average size of the cloud with the electric polarity is about 14km.

[英文和訳]

## **降雪電気量測定による冬季雷雲の電氣的振舞い**

作本 憲大, 北村 岩雄, 池田 長康,  
\*若井 武夫, \*酒井 勉  
(\*北陸電力株式会社)

北陸地方の雷雲構造の解明と落雷位置の予測を目的とした冬季雷集中観測が、1993年12月下旬と1994年1月下旬に福井県三国において、北陸電力が主催のもとに行われた。我々は、この集中観測に参加し、測定器2台を用いた2地点同時測定で降雪電気量を測定した結果、多くの有益なデータを得た。この集中観測の結果より、雷雲の平均速度は約13.7m/s、同極性電荷の雷雲の平均的大きさは約14kmと推定される。