

## 4. 「雷雲の電気構造と落雷の発生」

## に対するコメント\*

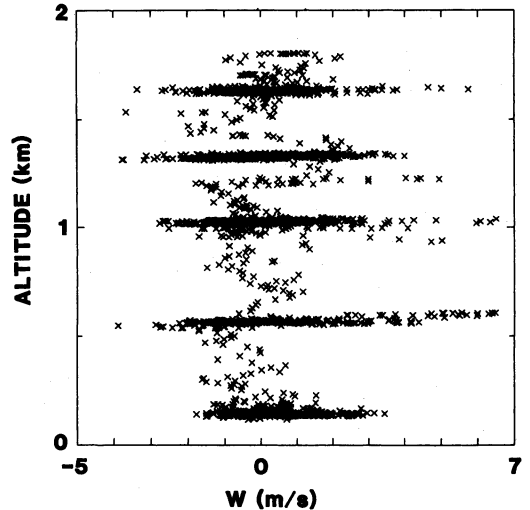
村上 正隆\*\*

仲野さんの話にもあったように、冬季日本海側に発生する雪雲からの落雷については、比較的研究が進んでいる。雪雲内での電荷発生(分離)機構にはアラレのライミング成長が深く関与しており(Takahashi, 1984)、雷活動の予測には $-10^{\circ}\text{C}$ 層の高度がキーとなることが示唆されている(Michimoto, 1993)。

私自身は、雷雲研究の専門家でもなく、雷雲の電气的構造や雷の発生機構等について直接コメントすることはできないので、雪雲の内部の微物理構造という面からコメントしたい。

レーダーや雷探知機のデータを用いて日本海側の冬季雷の発生条件を調べた Michimoto (1993) の研究によれば、強いエコー (30 dBZ 以上) が $-20^{\circ}\text{C}$ レベルを超える雪雲では $-10^{\circ}\text{C}$ レベルが高度 1.8 km 以上の時に強い雷活動があり、1.4 km~1.8 km の時には弱い雷活動、1.4 km 以下では雷活動がないと予想される。気象研究所ではここ数年、降水機構の解明と降雪雲の人工調節の可能性を調べる目的で、雲粒子ゾンデ・研究観測用航空機・デュアルドップラーレーダー等を用いて、冬季日本海上に発生する雪雲の観測を実施しているが、雪雲観測時の雷活動の有無は Michimoto (1993) の条件と良く符合する。

Michimoto (1993) は、この雷発生条件を、地表面摩擦の影響で、電荷発生に深く関係している大粒のアラレ粒子を支えるのに十分な  $2\sim 3\text{ m/sec}$  の上昇流は高度 1.8 km 以下には存在しにくいと推論している。しかし、これまでの我々の航空機等による観測結果によると、雪雲内の上昇流は高度 0.5 km で  $3\text{ m/sec}$  以上になっていることが多い。第1図は、雲頂高度 2 km 程度の対流性降雪雲の中の鉛直流の高度分



第1図 雪雲内で観測された鉛直流(1秒平均値)の高度分布。

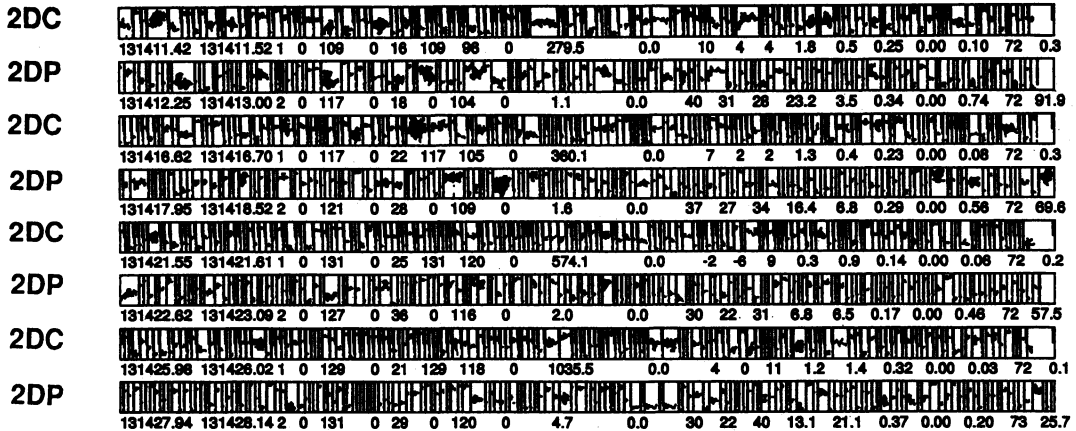
布を示す。これは1秒平均(水平距離 90 m 平均)をプロットしたものであるが、6秒平均値をプロットしても高度 0.5 km 付近に  $3\text{ m/sec}$  以上の上昇流域が見られる。 $-10^{\circ}\text{C}$ 層が高度 1.8 km 以上に存在するとき強い雷活動があるという雷発生条件は観測事実と良く一致するが、その物理的解釈は必ずしも観測事実と一致せず、他の可能性も検討する必要がある。

次に、雪雲内での電荷発生機構についてコメントしたい。Takahashi (1978), Jayaratne *et al.* (1983) 等が室内実験でライミング成長中のアラレと氷晶の衝突によって大量の電荷分離が行われることを示して以来、これが雪雲も含めた雷雲内の電荷発生のもっとも有力なメカニズムと考えられている。しかし、これから示すのはアラレのライミング成長以外の電荷発生メカニズムが雪雲の内でも働いていたことを示唆する観測事実である。これまで40時間余りの雪雲の観測飛行中、雷に遭遇したのは1994年12月14日、丹後半島沖の一度だけである。それは大粒のアラレを生成する対流性の降雪雲の中ではなく、雲頂温度 $-14^{\circ}\text{C}$ の層積雲の中で

\* Comments on "Electrical structure of thundercloud and generation of cloud-to-ground lightning".

\*\* Masataka Murakami, 気象研究所物理気象研究部。

© 1996 日本気象学会



第2図 雪に遭遇した層積雲(雪雲)内の氷晶・雪片の2Dイメージ

あった。雲の内部構造の特長は、第2図に示すように1000個/lにも達する非常に高濃度の氷晶・雪片を含んでいたことである。雲頂温度 $-14^{\circ}\text{C}$ の層積雲内に、なぜこのような高濃度の氷晶が発生したかは不明であるが、氷晶・雪片間の衝突による電荷分離が雷発生の原因と考えられる。これまで何度も、アラレを含む降雪雲中を観測飛行したが、一度も雷に遭遇していない。Michimoto (1993) の雷発生条件の分類では、弱い雷活動あるいは雷活動なしの条件に該当したためである。しかし1994年12月14日の例は、雷活動なしと分類されるにもかかわらず、雷が発生している。アラレのライミング成長が主要な電荷発生機構であることは間違いないと思うが、その他にも雷発生につながるメカニズムがありそうである。

参考文献

Jayaratne, E. R., Saunders, C. P. R. and Hallett, J., 1983: Laboratory studies of the charging of soft hail during ice crystal interactions, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **109**, 609-630.  
 Michimoto, K., 1993: A study of radar echoes and their relation to lightning discharges of thunderclouds in Hokuriku District. Part II: Observation and analysis of "single-flash" thunderclouds in mid-winter, *J. Meteor. Soc. Japan*, **71**, 195-204.  
 Takahashi, T., 1978: Riming electrification as a charge generation mechanism in thunderstorms. *J. Atmos. Sci.*, **35**, 1536-1548.  
 Takahashi, T., 1984: Thunderstorm electrification-a numerical study. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 2541-2558.

105:105:203:5012 (ダウンバースト; 積乱雲; 雷雲; ドップラーレーダー)

5. ダウンバースト\*

上田 博\*\*

1. はじめに

積乱雲から生じる強い下降気流が「ダウンバースト」という名で紹介され、世間の関心を得てから約10年になる。ダウンバーストが航空機の安全運行にとって大きな脅威となることから、その検出・予測方法の開発

が続けられている。具体的対策の1つとして、関西国際空港、成田国際空港に気象ドップラーレーダーが設置され、気象庁の本格的現業観測が期待されている。気象観測に新しい時代を迎えた今、ダウンバーストと「雷雲」との関係新たなとらえなおすことは、ダウンバーストの検出・予測方法の発展のために重要であり、雷雲の理解のためにも必要である。

\* Downburst.

\*\* Hiroshi Uyeda, 北海道大学大学院理学研究科.

© 1996 日本気象学会