

1. 雷（かみなり）現象の不思議

防衛大学校 准教授 道本光一郎

1 はじめに

「雷（かみなり）」現象は、春夏秋冬の季節を問わず見ることができますが、とりわけ夏の季節の風物詩として有名です。また、梅雨のない北海道ではあまり馴染みがないですが、春先から温帯低気圧の通過時の前線雷、停滞前線中の発雷もしばしば観測されます。



また、秋口にはやはり大陸から移動してくる低気圧によって、その寒冷前線の通過時に強烈な雷が観測されることがあります。

さらに、本邦西海上から、北西の季節風に乗ってやってくる雪雲のなかには、主に北陸地方沿岸に多いのですが、冬季に雷現象を伴うものもあります。北海道の真冬には発雷することは珍しい現象でしょうが、今後地球温暖化の影響で、もしかすると北海道でも頻繁に冬場に雷放電が観測されるようになるかもしれません。

本講演では、様々な雷現象について紹介していきたいと思います。

2 冬季雷の恐怖

図1は、冬の北陸地方石川県小松空港での被雷事例です。離陸直後の航空機が「引き金」になって発雷したもので、これを「トリガード雷」と呼ぶこともあります。



図1 航空機の被雷事例（石川県小松空港 平成9年1月）

さて、この小松空港で被雷事例を長年に渡り統計した結果が図2の棒グラフで示す小松空港における月別被雷件数です。12月と1月の冬に頻発して被雷が発生していることが

見て取れます。

このグラフをよく見ると、11月から事例が増加し、12月に激増し、1月にそのピークを迎え、2月、3月と次第に減少していることがわかれると思います。

シベリアから日本海への寒気団の流入に対応するように、被雷件数が増減していることがわかります。

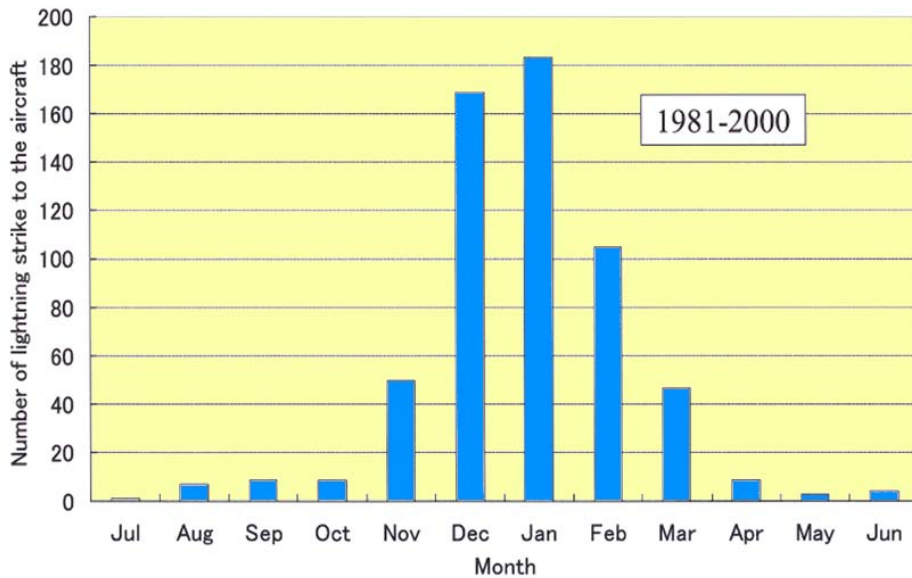


図2 小松空港における月別被雷件数（昭和56年～平成12年）

ところで表1と表2は、この小松空港での20年間の被雷事例の中から、信頼性のある

雲中	93
雲下	11
雲層間	1
合計	105

表1 雲との関係

しゅう雪	37
雪あられ	12
みぞれ	24
しゅう雨	21
降水なし	11
合計	105

表2 降水の種類

レポートが残っている105例を取りだして統計した結果です。表1は航空機が被雷したときの、機体と雲との関係であり、表2はそのときに観測された降水の種類をそれぞれ示しています。

およそ9割が雲中で、しかも降水が観測されているときに被雷していることがわかります。このことは、雲中にある降水粒子が電荷を担っているということの有力な証拠であると言えます。

図3は、航空機から撮影した冬の日本海上空の対流雲です。高度5キロ付近から撮影した写真で、雲の頂きの高度は4キロ程度で、日本海上一面に広がっているのがわかります。

冬場は、北西季節風が卓越し、シベリア気団からの寒気流入時には、しばしばこのような光景が見られます。



図3 冬の日本海上空の対流雲（1991年1月28日）

3 夏と冬の雷雲の違いは？

図4は、夏と冬の雷雲の比較写真です。それぞれ、夏と冬の雷雲が一目瞭然でしょう。



図4 夏と冬の雷雲の比較写真（左が夏：1999年8月17日、右が冬：1998年1月25日）

夏の雷雲は、入道雲とも呼ばれ、もくもくと垂直に発達していきます。青空を背景にどんどん上空に伸びていきます。

一方、冬の雷雲は水平方向に一面に拡がり、雲の頂きはせいぜい4～5キロ程度です。

4 雷雲の盛衰と気象レーダーエコーとの対応関係

図5は、雷雲内部に細胞のようにいくつかのセル状に盛衰する雷雲のエコーセルの時間変化とその断面を示した模式図です。

上段がひとつひとつの雷雲セルの変化の断面図を、下段がそれらの雷雲のエコーセルのレーダーエコー強度の等値線の時間変化を示しています。

最初は雲だけですが、10分過ぎから弱いエコー（10 dBZ）が上空に形成され、15分過ぎには次第に並のエコー（30 dBZ）が現れ、さらに発達して20分過ぎには強いエコー（50 dBZ）ができます。

その後、それぞれの強度のレーダーエコーが降下して、地上に到達すると、地面付近ではエコーの強さに応じた降水として観測されるようになります。

雷雲の中には、これらのエコーセルがいくつか発生し、順に盛衰を繰り返すのです。そして雷放電を伴うようになるのが一般的です。

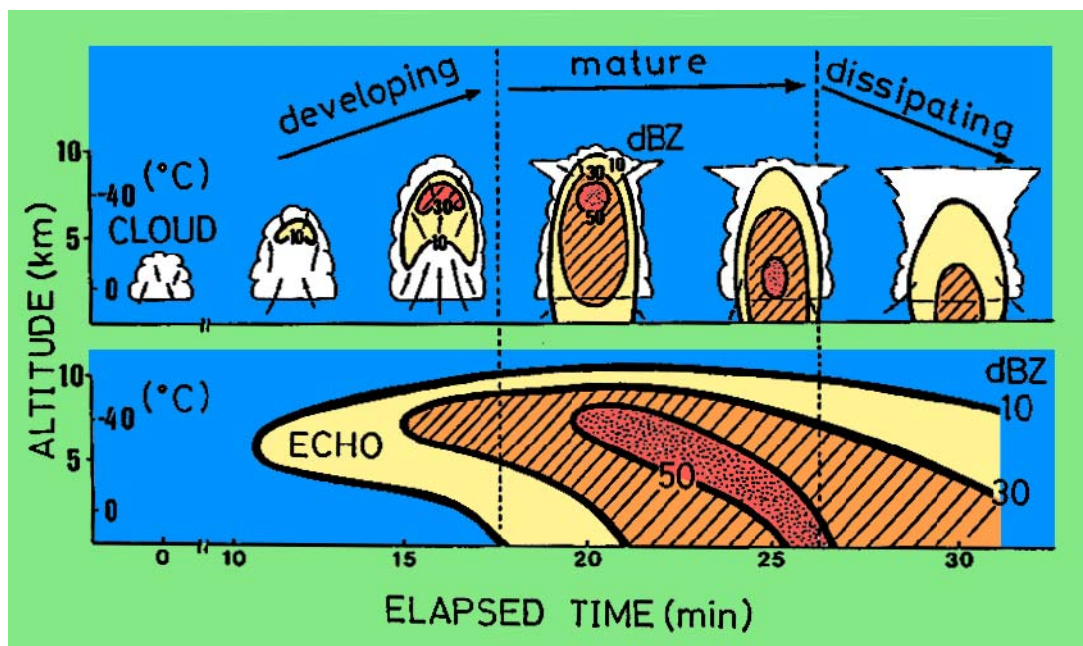


図5 雷雲の盛衰とレーダーエコーとの対応関係

ただし、冬季の対流雲の中には、このエコーセルの盛衰と雷放電現象が伴わないものがしばしば見られ、それは1月、2月の厳冬期に頻発することがわかっています。

これが冬の日本海側の対流雲の特徴ともいえると思います。

5 観測事例の紹介

図6は北陸地方の観測地点の地図です。中心が小松空港になっています。半径100kmのレーダーエコー観測範囲が円で示されます。

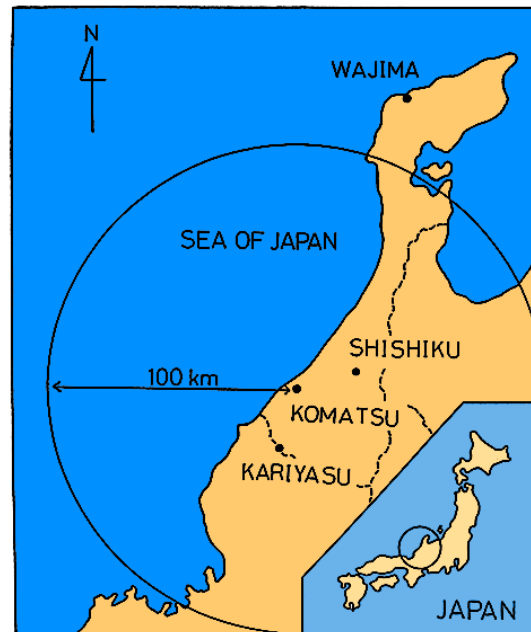


図6 北陸地方の観測地点

図7は観測地点の拡大図です。小松を中心として、北東の金沢市付近と南西の福井市付近までの観測領域を示しています。1～27までの番号は観測サイトを表しています。

これらの観測地点では、地上付近の電界強度の時間変化を常時観測しています。

また、1、12、23の三カ所では、雷放電が発生した場所を二次元評定するためのセンサーのアンテナが設置されています。

そして1の小松空港には気象レーダーがあり、現在は新型のドップラー機能を備えたものに置き換わっています。

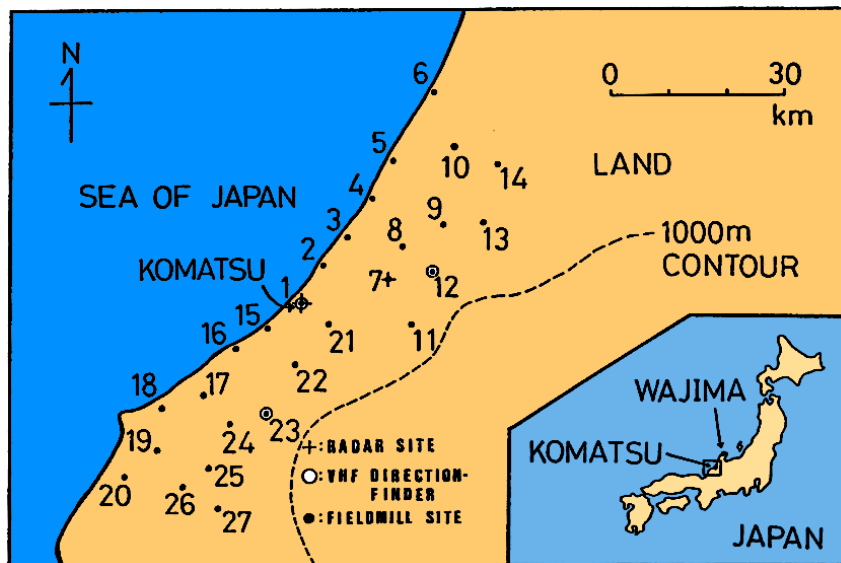


図7 観測地点の拡大図

図8は、図1で紹介した航空機の被雷時の地上電界強度の時間変化を示しています。晴天時に観測される電界強度の百倍以上の強い値が観測されています。

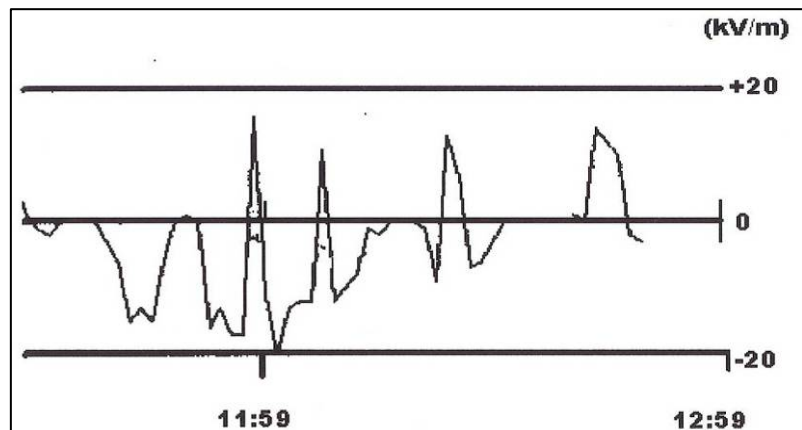


図8 被雷時の地上電界強度の時間変化（小松空港）

図9は、移動観測をする車両と観測中の講演者等の写真です。

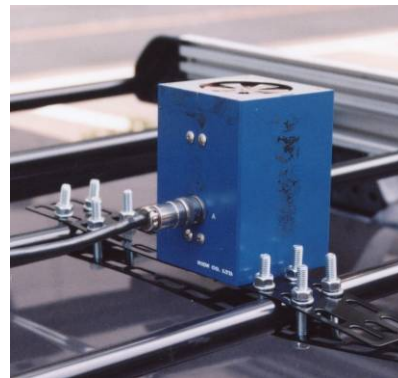
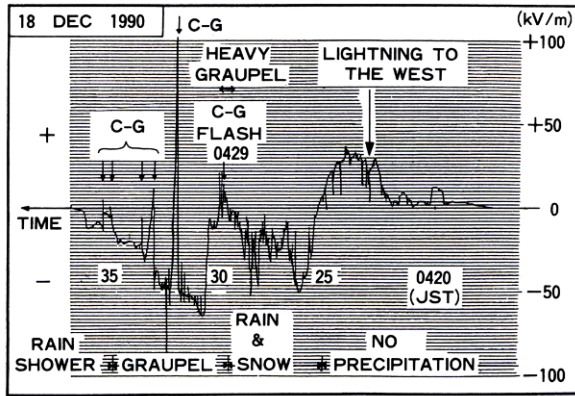
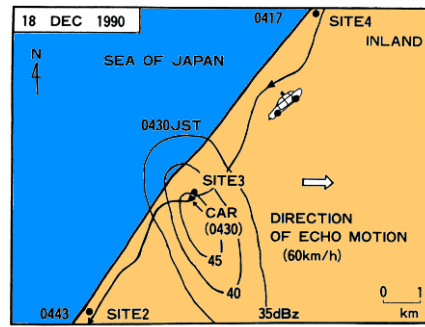


図9 移動観測車と講演者（センサーの拡大写真と複数の観測車両）

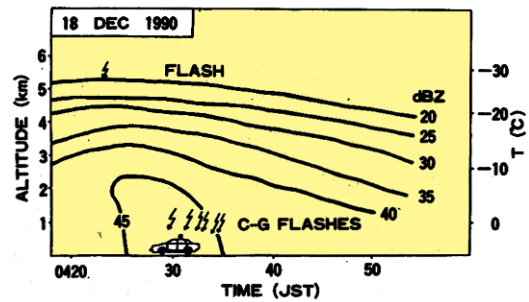
このようにして、雷雲の下を車両に搭載した電界観測センサーによって観測した結果が、図10及び図11です。図10は、活発な雷放電を伴う雷雲下の観測例です。



第4図 車両搭載型電界計のデータ記録



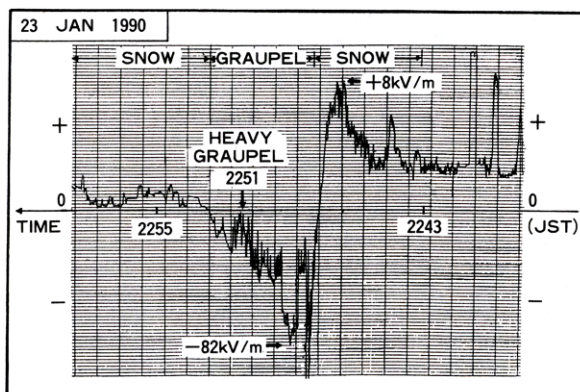
第3図 レーダエコー平面図 (1990, 12, 18, 0430 JST)



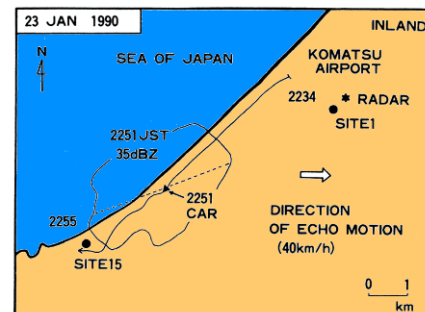
第5図 エコー強度の時間変化と雷放電との関係

図10 活発な雷放電を伴う雷雲下の観測例

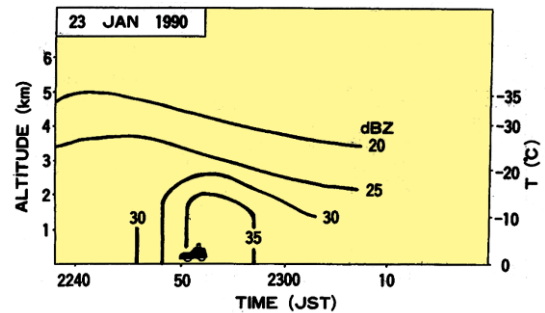
図11は、雷放電を伴わない対流雲下の観測例です。



第7図 車両搭載型電界計のデータ記録



第6図 レーダエコー平面図 (1990, 1, 23, 2251 JST)



第8図 エコー強度の時間変化

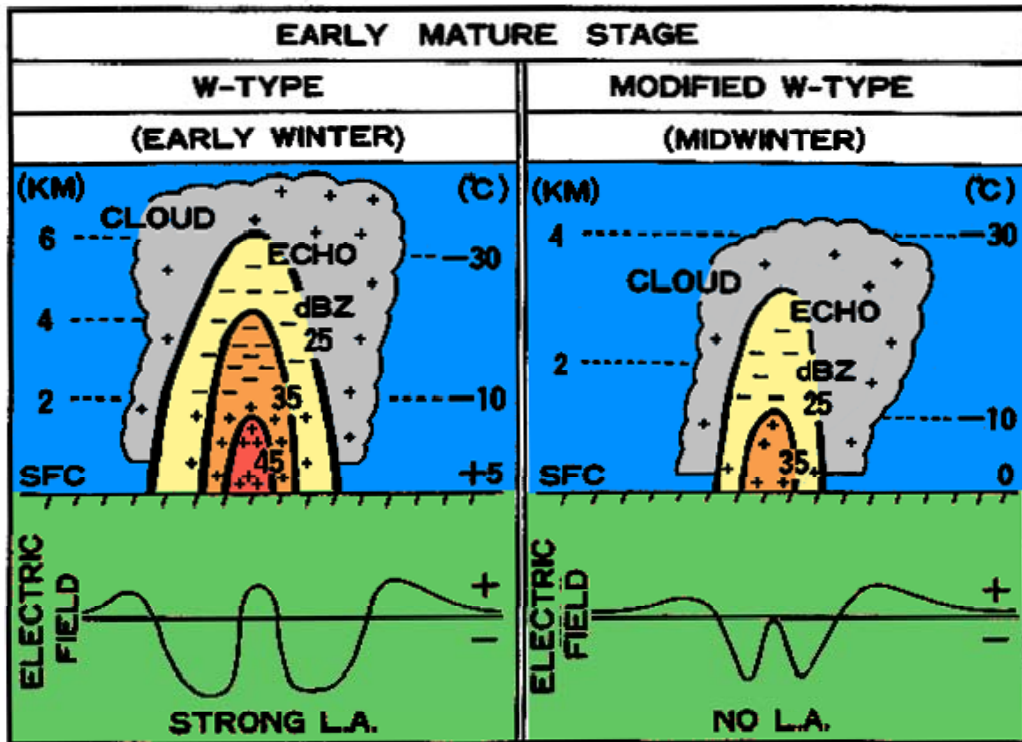
図11 雷放電を伴わない対流雲下の観測例

これら二つのケースを比較して、模式図としてまとめたのが図12です。左側が活発な雷放電を伴う例であり、右側が雷放電を伴わない例です。両者の違いは、エコー強度の違い、そして地上電界変化のパターンにはっきりと出ています。すなわち、強い雷現象の場合に

は、エコー強度が強く、地上電界も強く、そして中心付近の強いエコーの真下で正電界が観測されるのです。

一方、雷放電を伴わない場合には、エコー強度は並程度、地上電界はそれほど強くなく、そして中心付近でも正電界が観測されないのです。

これらの要素が、両者の雲の電気的な性質を決定的に一つに分けるのです。



第10図 成熟期の雷雲（初冬期…左）および対流雲（厳冬期…右）の模式図

図 12 成熟期の雷雲及び対流雲の模式図

さて、図 13 に落雷の瞬間の写真を 2 例示します。大変貴重な写真です。



図 13 落雷の瞬間の写真

6 雷放電活動のまとめ

図14は、雷雲や対流雲の雷放電の性質を、いろいろな要素をもとにして分類した図です。雷放電の有無を容易に分類し、気象レーダーエコーを用いて、雷の短時間予想をすることができます。

すなわち、今まで述べてきた各種観測結果をもとに解析し、導き出された図です。

この図の縦軸は、マイナス10度C高度をパラメーターとして取りました。これは、上空の寒気の流入の指標です。マイナス10度C高度が低いということは、それだけ寒気に覆われ、この値が小さければ地上付近まで低温であると言えます。北陸地方の冬場は、この値が1kmから3km程度になることが多いのです。

また、横軸にはレーダーエコー頂の気温を取りました。これは、雷雲などの発達の場合と相関があります。つまり、この温度が低ければ、エコー頂がより高い高度まで到達しているということがわかるのです。ただし、厳冬期には寒気が地上付近まで流入し、エコー頂気温がマイナス40度Cでも、エコー頂高度が5km程度ということもあります。

これらの2つの縦横それぞれの軸のパラメーターとそのときの雷雲や対流雲の雷放電の有無を統計すると、エリア(A)、(B)、(C)という3つの領域と雷放電の有無等が分類されました。

エリア(A)では、「レーダーエコー頂気温がマイナス20度Cに達しないような対流雲は、雷放電を起こさない、すなわち、雷雲にはならない。」ということがわかります。

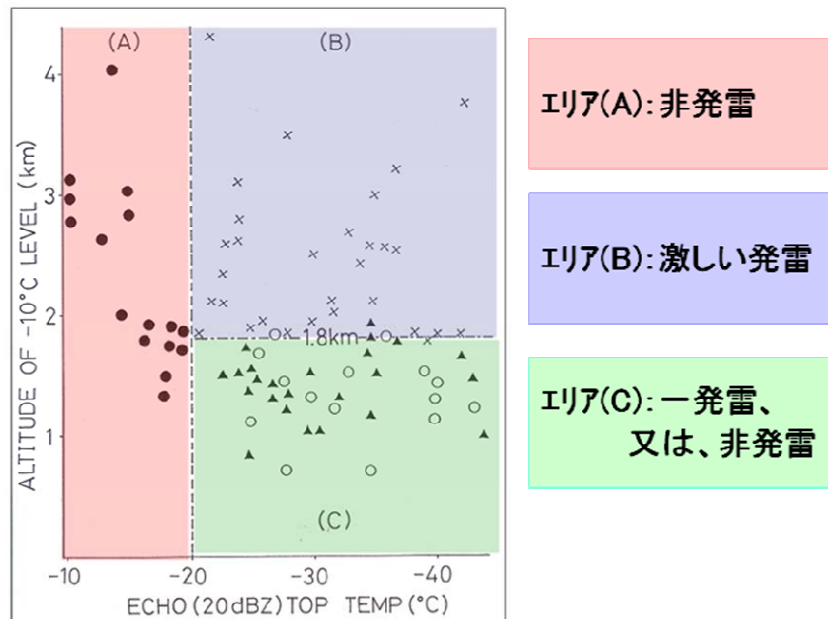


図14 雷放電の有無を判別する図

エリア（B）では、「レーダーエコー頂気温がマイナス20度Cよりも低温域まで達し、なおかつマイナス10度C高度がおよそ2km以上の場合には、対流雲は、雷放電を起こすようになり、いわゆる、雷雲となる。」ということがわかります。暖候期はいつもこの基準が適用できますので、レーダーエコーの盛衰から、比較的容易に雷雲の予測が可能となります。

エリア（C）では、「レーダーエコー頂気温がマイナス20度Cよりも低温域まで達し、なおかつマイナス10度C高度がおよそ2km以下の場合には、対流雲は、雷放電を起こす場合もあり、また、起こさない場合もあり、いわゆる、雷雲になるものと対流雲で終わるものとが混在する。」ということがわかります。厳冬期には、このような気象状態が出現しやすく、レーダーエコーと上空の気温分布だけからでは、雷雲と対流雲との区別ができない、ということになります。

これらの区別をするために、現在、鋭意新しい要素をみつけるべく、研究を継続しています。我こそはと思う若い人々、いえ、若くなくてもチャレンジしてみようと思われる方々は、参考文献を読んだり、私が会長を務めている「日本大気電気学会」やこの講座を開催している「日本気象学会」へ入会され、研究発表等を通じて、未知なるものの解明に是非挑戦していただきたいと思います。

7 最近の雷放電現象

図15は、冬季のスプライト現象を捕らえた写真です。対流圏での雷放電と同期するように、雷雲のはるか上空の中間圏（高度50～90km）で発光する現象です。今後、この現象については、さらにいろいろな新しい知見が得られると思います。



図15 冬季のスプライト現象

(参考文献)

- 1 冬季雷の科学、道本光一郎、コロナ社、新コロナシリーズ41（1998）
- 2 気象予報入門、道本光一郎、コロナ社、新コロナシリーズ53（2005）