

## レーダエコーからみた東北地方の降ひょう\*

佐々木 芳 春

## 要旨

東北地方の降ひょうの発生は、5月～8月に多く、地域的には福島県を中心とした内陸・山沿い地方に多い。5月・6月は上層の強い寒気移流による対流不安定が原因であり、7月・8月は下層の高温湿潤による対流不安定が主な原因である。

エコーパターンで見ると、団塊状エコー（孤立した対流性エコー、直径数十 km まで発達する）によるものが63%を占めているが、帯状エコーによるものは32%と少なく、このパターンでは大雨の発生している例が多い。エコー頂高度 ( $H$ )、反射強度 ( $Z$ ) で分類すると、雷雨期間では  $H$  が 8 km 以上で  $Z$  が  $10^{6.0} \text{mm}^6/\text{m}^3$  ( $R=200 \text{ mm/hr}$  の降雨強度に相当)、雷雨期間外では  $H$  が 8 km 以上で  $Z$  が  $10^{5.5} \text{mm}^6/\text{m}^3$  ( $R=100 \text{ mm/hr}$ ) で降ひょうの発生が期待され、さらにエコー頂が  $-40^\circ\text{C}$  の高度に達するかどうかが重要である。しかし、同じ条件にありながら降ひょうの発生していない例も多く、時間的・空間的にスケールの小さい降ひょうの解析はかなり難しい。

## 1. まえがき

落雷・降ひょうを伴うような激しい雷雨（以下強雷という）は、水平的な広がり小さく、また時間的な変動も激しいことから、現在の観測網でその全貌をとらえることは非常に困難である。

東北地方の雷雨についての調査は数多くあるが、川添(1967)は、SSI\* (850 mb 以上は飽和していると仮定したときの SSI) によって発雷を予想し、加藤等(1970)は、SSI\* と  $\Delta P$  (LCL-CCL) を組み合わせた仙台方式 ( $\text{SSI}^* \leq 0$ ,  $\Delta P \leq 105 \text{ mb}$  で 7 km 以上の対流性エコーの発現を予想する) によって、レーダエコーからみた発雷予想について高い精度をあげている。しかし、降ひょうについての調査は、現象の把握が難しいこともあってほとんどなされていない。

今回の調査は、1970年から1974年までの東北地方の降ひょうについて調べたもので、さらに1975年6月9日に発生した降ひょうについても追跡調査したので併せて報

告する。

## 2. 調査の方法

資料は秋田・仙台の高層資料とレーダ天気図、印刷天気図、雷雨概報、異常気象報告および農業気象月報などである。

雷の資料数は65例（強雷を伴うもの60例）で、降ひょうについては観測時刻等の記事が比較的明瞭なもの39例であるが、レーダ資料との関係から実際の発生数より少ない。

高層資料は、秋田で青森・秋田・岩手の各県を、仙台で山形・宮城・福島各県で発生した雷について対応させた。また、SSI\*・ $\Delta P$  等は09時～21時に発生した雷は09時、21時～09時の雷については21時の資料を用いた。

レーダの探知範囲は、等ビーム高度 4 km 以内をほぼ有効とした（第1図）。これは、ひょうの生成される高度としては 10 km 以上のエコーが対象になると考え、4 km のビームカットの影響は少ないと考えたこと、および、探知範囲を拡大することで降ひょうの資料が多くなるという理由によるものである。

雷とエコーの対応では、雷観測地点とエコーの距離 20 km を有効範囲とした。降ひょうとエコーの対応では、エコー頂高度・反射強度、および位置的な関係を知るう

\* The Hailstorms in Tohoku District Observed by Radar.

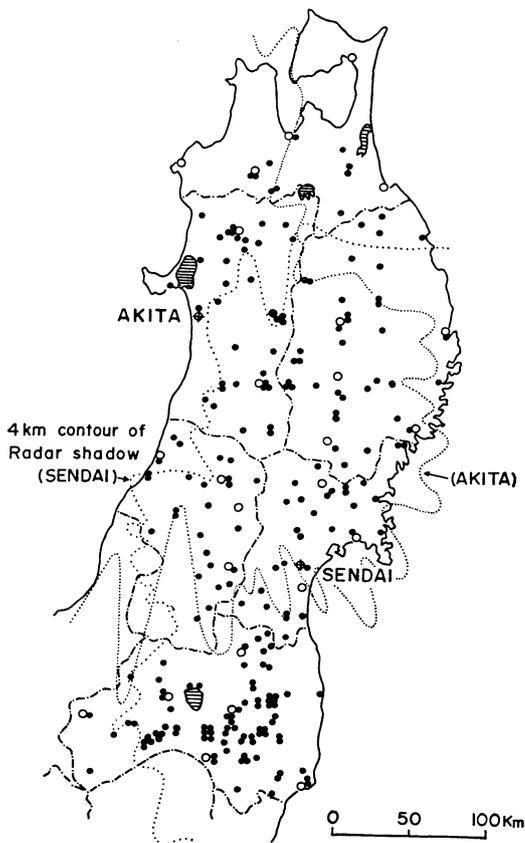
\*\* Y. Sasaki, 深浦測候所.

——1977年1月6日受領——

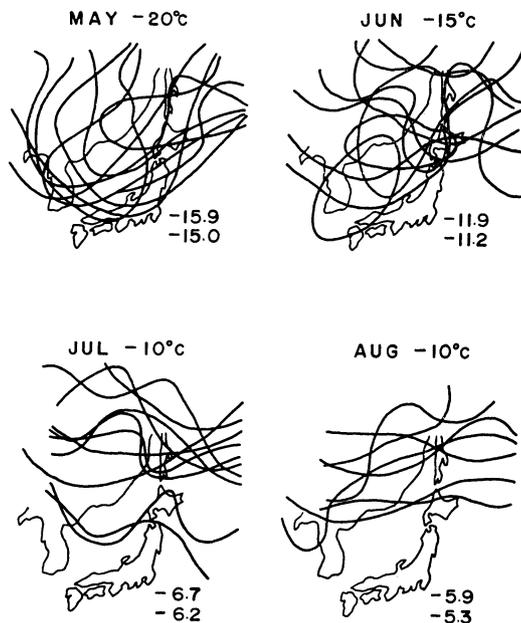
——1977年8月1日受理——

第1表 降ひょうの月別発生日数

	5月	6月	7月	8月	9月	
1970年	0	0	2	2	0	4
1971	2	1	4	0	0	7
1972	2	2	1	4	1	10
1973	2	5	0	0	2	9
1974	2	4	2	1	0	9
	8	12	9	7	3	39



第1図 降ひょうの発生日数分布図 (1970年5月~1974年9月). ●はひょう観測地点, ○は気象官署 (通報所を含む). 点線は仙台および秋田レーダの4Kmの等ビーム線.



第2図 降ひょう時における500mbの特定等温線 (降ひょう前日21時, 21時以降に発生したものは当日21時の状態). 右下の数字は秋田(上), 仙台(下)の $T_{500}$  年平値 (21時).

えでエコーの測定時間が重要である. 1回のレーダ観測に要する時間は20~30分であるが, 有効時間として観測時までの10分間をとった. しかし, 報告されている資料では, 降ひょうの観測地点・時刻等の不明なものが多く, エコーとの対応をより困難なものにした.

### 3. 降ひょうの発生日数と地域分布

降ひょうの月別発生日数と分布図を第1表および第1図に示す.

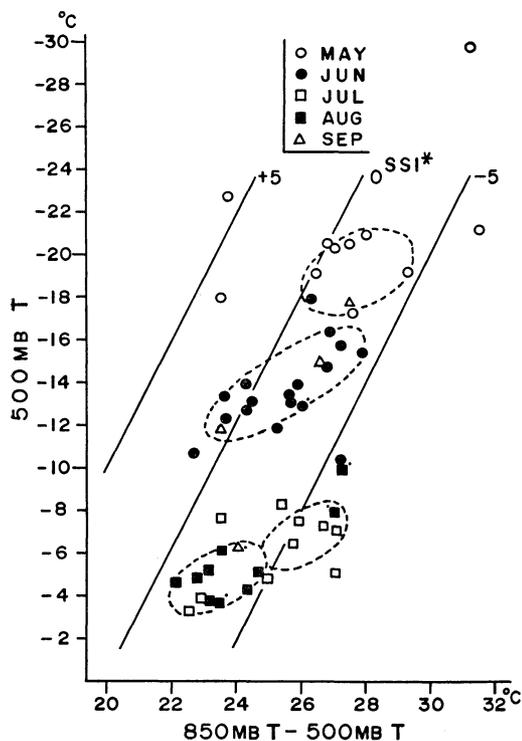
発生日数は5月~8月に多く, とくに6月は30%を占める. 地域的には福島県を中心に, 内陸・山沿い地方が多い. これは, 山川 (1971) による対流性エコーの発生日数分布とも一致するが, エコーの連続写真による解析がなく, セルの発生から強い雷雲に発達するまでの変化および降ひょうとの位置的な対応について詳しい調査ができなかった.

## 4. 総観解析

### 4-1. 上層寒気

異常気象概報等で報告される資料には, 500mbの特定等温線が寒気移流の示数として示される例が多い. 第2図は, 降ひょうの発生日数が多い5月~8月についての特定等温線で, 降ひょうの発生した前日21時のものである.

この特定等温線として, 5月の場合には-20°C, 6月は-15°C線を示すが, 強い寒気移流による成層不安定がうかがえる. 7月・8月については-10°C線を示したが, 5月・6月に見られるような強い寒気の南下している例は少ない.



第3図  $T_{85}-T_{50}$  と  $SSI^*$  (+5, 0 および -5 の等値線で示す) に対する降ひょうの分類。図中の小黒点は21時以降に発生したもの。

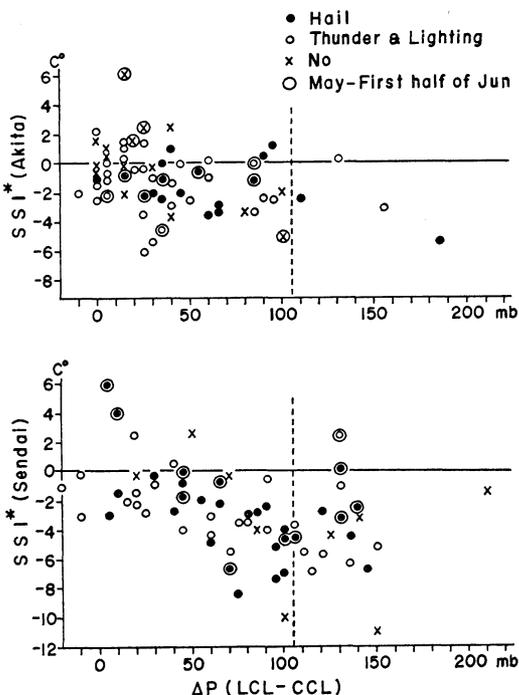
4-2. 大気安定度

対流性エコーの発達には大気の安定度が深く関係する。三瓶等(1960)は、福島県の観測所の50%以上で発雷した場合を調査し、 $T_{85}-T_{50}$  が6月では $25^{\circ}\text{C}$ 以上、7月・8月では $23^{\circ}\text{C}$ 以上であり、300mbの気温は6月は $-33^{\circ}\text{C}$ 以下、7月・8月は $-28^{\circ}\text{C}$ 以下であるという判定値を得ている。この  $T_{85}-T_{50}$  および  $SSI^*$  と降ひょうの関係のみたのが第3図である。

各月とも点線で囲む領域内で発生している例が多く、傾向的には三瓶等の結果と類似している。また、500mbの気温では5月・6月と7月・8月の差が大きい、すなわち、5月・6月は上層の寒気移流が強く、7月・8月は下層の昇温がひとつの原因であることを示している。

また、 $SSI^*$  が負の場合の発生率が88%と高いが、5月・6月は  $SSI^*$  が正でも発生しており注意する必要がある。

第4図は、仙台方式によって65例の雷を検討したものである。上段が秋田の資料のみた北部3県、下段が仙台



第4図  $SSI^*$  と  $\Delta P$  による雷の分類。×は雷なし、または非常に弱い雷を含む。

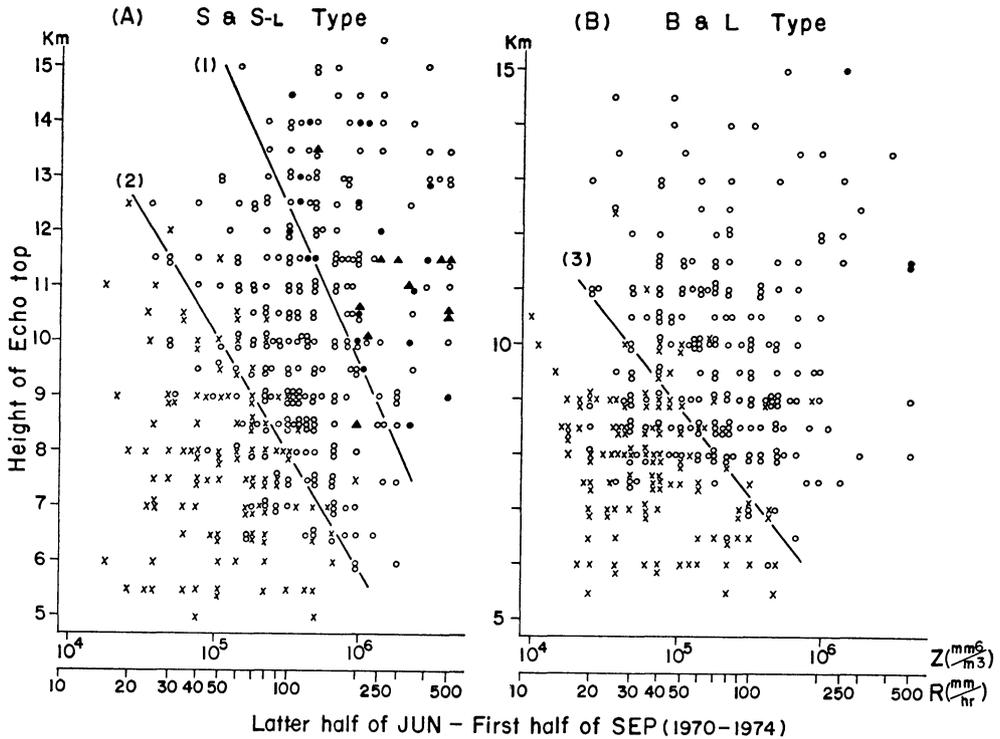
第2表 エコーパターンによる強雷の分類。

	団塊状		団塊状 (線状構造)		帯状・線状		その他	
	▲	⚡	▲	⚡	▲	⚡	▲	⚡
5月	1	0	3	0	1 <sub>1</sub>	0	3	0
6月	4	1	3	1	5 <sub>3</sub>	1	0	0
7月	4 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	2 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	0	0
8月	1	8 <sub>2</sub>	4	2	2 <sub>1</sub>	3 <sub>2</sub>	0	0
9月	1	0	0	0	2 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	0	0
	11 <sub>1</sub>	11 <sub>3</sub>	13 <sub>1</sub>	6 <sub>1</sub>	12 <sub>8</sub>	9 <sub>5</sub>	3	0

▲はひょうを伴う雷雨、⚡はひょうを伴わない雷雨。右下の数字は大雨で被害が出ている例。5月・6月で⚡が少ないのは、雷雨期間外の資料を省いたため。

の資料のみた南部3県での降ひょう・発雷状況である。

$SSI^* \leq 0$ ,  $\Delta P \leq 105$  mb という条件で判定すると、北部・南部での降ひょう・雷の発生率は55%, 60%とあまりよくない。これは下層が非常に乾燥している場合や逆転層・安定層がある場合でも強い雷が発生することを意味している。また、北部・南部とも分布が一樣ではないが、南部は安定度が悪く、 $\Delta P > 105$  mb でも  $SSI^*$  が負



第5図 エコー頂高度・反射強度に対する強雷の分類 (雷雨期間)。(A)はS (団塊状), S-L (団塊状で線状構造をもつ) エコーで熱雷が発生。(B)はB (帯状), L (線状) エコーによる界雷。(1)は強雷の判別線, (2), (3)は発雷有無の判別線。▲は降ひょう, ●は落雷, ○は発雷, ×は雷なし。

であれば強い雷の発生している例が多い。しかし、降ひょうを伴う雷としての特徴は得られない。

5. レーダ解析

5-1. エコーパターンと雷

第2表はエコーパターンによって65例の雷を分類したものである。団塊状エコーによる降ひょう・雷が63%と多く、降ひょうも62%がこのパターンで発生している。このパターンでは局地的な豪雨は発生するが、被害をもたらすような大雨になる例は少ない。帯状エコーによる降ひょう・雷は32%で、降ひょうの発生率も31%と少なく規模が小さい。しかし、強雨・大雨を伴う例が多く大きな被害を及ぼしている。

5-2. エコー頂高度・反射強度による強雷の判定

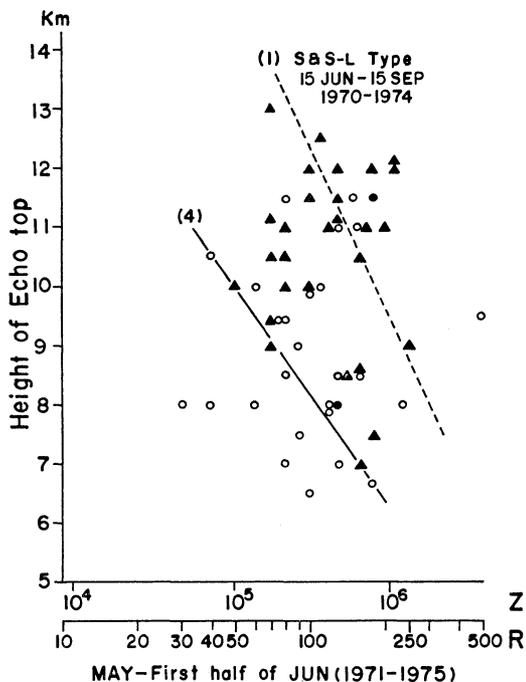
レーダエコーによる発雷の予想として、加藤等は高度7 km 以上の対流性エコーの出現を対象としたが、反射強度による予想はZ-R 関係の多様性、Z の時間的な変動の大きさなどからかなり難しいとしている。

第5図は、比較的資料の多い雷雨期間 (6月15日~9

月15日)に発生した雷を、エコー頂高度(H), 反射強度(Z)で分類したもので、Aは団塊状エコーにより熱雷が発生、Bは帯状(線状)エコーにより界雷が発生している例である。A・Bとも一様な分布を示していないが、平均的にAではHが9~13km, Zが $10^{5.5} \sim 10^{6.0} \text{mm}^6/\text{m}^3$  ( $R=100 \sim 200 \text{mm/hr}$ ), BではHが8~11km, Zが $10^{5.0} \sim 10^{5.6} \text{mm}^6/\text{m}^3$  (50~120mm/hr)の範囲に分布しており、AはBにくらべHも高く、また同じ高度でもZが大きい値を示しているのが注目される。

前にも述べたように、降ひょうは確認が難しく、発達した強いエコーを観測してもそれがひょうを伴うものかどうかの判断が困難であり、Aでもひょうに対応しているエコーは僅かに11例に過ぎない。

強雷を伴うエコーの目安として判別線-1を考えると、Hが10 kmでZが $10^{6.0} \text{mm}^6/\text{m}^3$  (200 mm/hr)程度に発達すると降ひょうの発生が期待され、また、Zが $10^{5.5} \text{mm}^6/\text{m}^3$  (100 mm/hr)程度でもHが13 km以上に発達するとその可能性は高くなる。Donaldson(1958)に



第6図 エコー頂高度・反射強度による強雷の分類 (雷雨期間外)。(1)は第5図の強雷判別線,(4)は雷雨期間外の強雷判別線。記号は第5図と同じ。

よると、ひょうの発生率が50%になるところは、等価反射係数( $Z_e$ )が $10^{6.0} \text{ mm}^6/\text{m}^3$ より大きく、 $H$ が13 kmを越えるものに見られるとしているが、この調査では $H$ が10~11.5 kmで約30%の出現率で降ひょうが見られる。

ひょうの発生している高度が11 km前後に集中しているのが注目されるが、Douglas (1961)によると、エコー頂が $-40^\circ\text{C}$ の高度に達すると、ひょうの発生率が急増し80%を越すようになる ( $-40\sim-50^\circ\text{C}$ で80%以上)。秋田・仙台の高層資料によると、7月・8月の $-40^\circ\text{C}$ の高度は11 km前後(250 mb)であり、ひょうの発生している高度に等しい。すなわち、 $-40^\circ\text{C}$ をひょう生成の特定温度と考えるならば、エコー頂がこの高度に達するかどうか降ひょう予想の目安となるだろう。また、この高度以上でひょうの発生が少ないのは、ひょうが生成されにくいのか、あるいは降ひょうがあっても観測されなかったものか不明である。

带状(線状)エコーによる降ひょうは、第2表で示されるように12例あるが、Bではひょうに対応する例がない。これは、レーダ観測が行なわれていないこと、降ひょう

の発生時刻が不明であること、および、レーダの観測時刻と降ひょうの発生時刻が一致しない(有効時間を10分間としたため)ことなどの理由によるが、有効時間に多少の巾をもたせて対応関係を見ると、4例が該当し、 $H$ が10~13 km、 $Z$ が $10^{5.7}\sim 10^{6.6} \text{ mm}^6/\text{m}^3$ (130~500 mm/hr)となり、Aで示される判別線-1で判定することができるようだ。なお、このような原因で対応が得られなかったのは、Aにおいても同様である。

判別線-2・3は発雷の可能性を判定したものであるが、 $Z$ が $10^{5.5} \text{ mm}^6/\text{m}^3$ (100 mm/hr)で $H$ が7~8 kmに達すると可能性が高くなることを示す。

第6図は、雷雨期間外(6月15日以前と9月15日以降)に観測された降ひょうとエコーの関係である。この期間は雷雨概報による資料がなく、エコーと降ひょうの対応した例も少ないが、1975年6月9日の資料を加えて作成した。 $H$ が10 km以上で発生している降ひょうのほとんどは6月9日のもので、必ずしもこの期間を代表するものではない。また、 $H$ が9 km以下で発生している降ひょう6例のうち、5例は5月に発生したもので、 $Z$ が $10^{5.8} \text{ mm}^6/\text{m}^3$ (150 mm/hr)程度になると $H$ が8 km前後でも降ひょうの発生する可能性がある。

この期間の強雷の判別線-4を考えると、 $H$ が8 km、 $Z$ が $10^{5.5} \text{ mm}^6/\text{m}^3$ (100 mm/hr)程度で降ひょうの可能性はあるが、Aの判別線-1にくらべ、 $Z$ は $10^{6.0} \text{ mm}^6/\text{m}^3$ (200 mm/hr)以下と弱く、 $H$ も3~4 km低いエコーで発生している。しかし、この期間は資料が少なく今後の課題である。

## 6. 事例解析

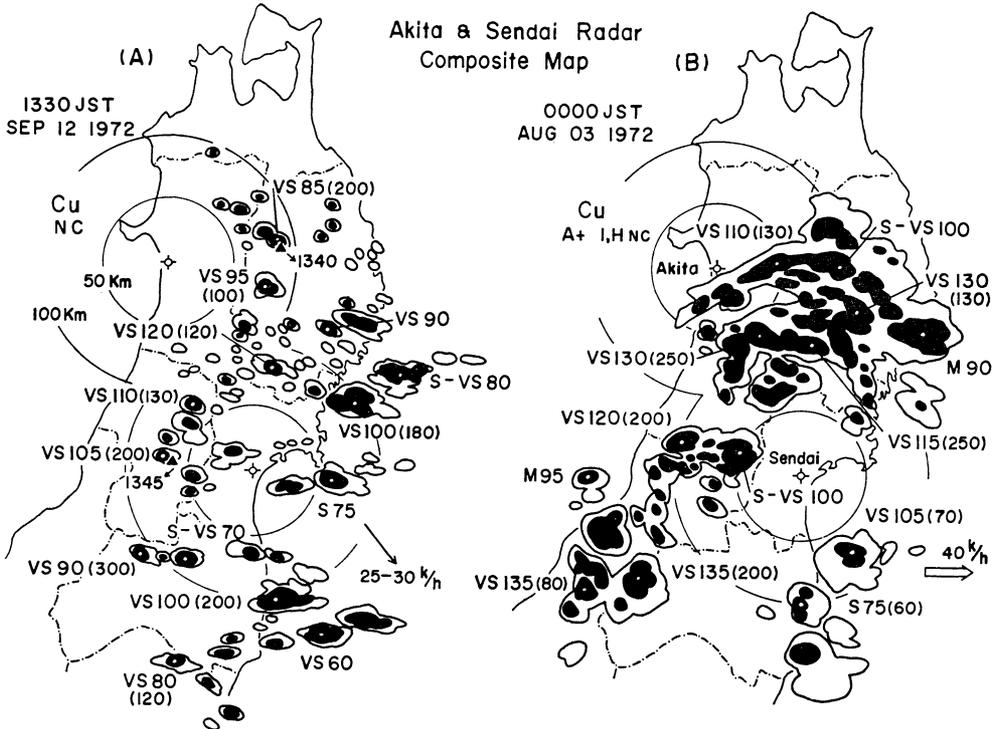
### 6-1. 団塊状エコー・带状エコーによる強雷

第7図のAは、1972年9月12日に発生した団塊状エコーによる降ひょうの例である。

この日東北地方は強い寒気場であり、不安定な状態にあった。昼頃になって、岩手・宮城・山形・福島各県で雷雨が発生、13時頃から激しくなり14時頃から16時頃にかけて所々で強い降ひょうがあった。とくに岩手県の滝沢村・玉山村では13時40分頃から直径1~3 cmのひょうが降り、玉山村門前地区では15 cmも積もった。また、山形県の朝日町でも13時45分頃から大豆大の降ひょうがあり、農作物にかなりの被害がでている。

レーダエコーは、09時頃からすでに10~12 kmの高さのものが出現していたが、11時頃から組織的となり各地で発雷しはじめた。

Aは13時30分観測のレーダスケッチ図であるが、岩手



第7図 強雷発生時の団塊状エコー(A)と帯状エコー(B)。( )内の測定値は降雨強度。矢印は降ひょうの発生時刻。

県の降ひょうに対応して、 $H$ が8.5 km、 $Z$ が $10^{6.0} \text{mm}^6/\text{m}^3$  (200 mm/hr)のエコーが観測されており、また、山形県中部で発生した降ひょうも $H$ が10.5 km、 $Z$ が $10^{6.0} \text{mm}^6/\text{m}^3$ のエコーによるものと考えられ、時間的に多少のずれはあるが、これらのエコーがさらに発達して降ひょうをもたらしたと見られる。

福島県北西部にも $H$ が9 km、 $Z$ が $10^{6.3} \text{mm}^6/\text{m}^3$  (300 mm/hr)の発達したエコーが観測されているが、降ひょう・落雷等の報告はない。

第3表は、9月10日～13日の高層資料であるが、500 mbでは $-15^\circ\text{C}$ 以下の強い寒気が流入しており、 $\text{SSI}^* \cdot T_{85} - T_{50}$ で見ても強い雷の発生しやすい状態にあったと言える。

第7図のBは、帯状エコーによって強雷の発生した例であるが、降ひょうに対応するものがないことは前にも述べた。この図もその1例である。

8月2日、沿海州に発達した低気圧があり、北日本は高気圧の縁辺部にあって不安定な状態となっていた。この低気圧に伴う寒冷前線の接近により、2日夜から3日

朝にかけて、奥羽山系には100 mm以上に達する激しい雷雨があり各地で被害が発生した。

岩手県では3日0時過ぎ各地で落雷が発生、湯田でひょうを観測しているが、詳細は不明である。

レーダエコーは、2日午後から団塊状エコーが発生しはじめ、21時頃になって北部では組織的な線状エコーとなった。Bは3日00時のスケッチ図であるが、秋田・岩手県南部で観測される強いエコーにより落雷が発生しているが、ひょうについては発生時刻が不明でエコーとの対応は得られない。しかし、県境付近で観測される強いエコーにより降ひょうの発生することは十分考えられる。

福島県南部では、21時30分頃から22時頃にかけて降ひょうが発生している。22時のレーダ観測によれば、 $H$ が11.5 kmで $Z$ が $10^{6.6} \text{mm}^6/\text{m}^3$  (500 mm/hr)の団塊状エコーがよく対応していたが、このエコーは00時のスケッチ図では福島県沿岸部まで移動しており、この時点では降ひょうとの対応は得られなかった。また、朝日山系にも強いエコーが観測されているが、降ひょう・落雷等の

第3表 秋田・仙台の高層気象表 (1972年9月).

		10 日		11 日		12 日		13 日	
		09 時	21	09	21	09	21	09	21
850 mb $T$ (上段) $T-T_d$ (下段)	A	14.8 0.5	13.8 12.2	11.0 7.0	13.6 20.0	9.8 0.1	11.0 3.0	9.6 3.8	10.8 1.7
	S	15.2 0.0	13.8 1.8	13.2 15.0	10.0 0.0	11.8 0.9	9.0 0.0	9.4 0.1	8.6 0.7
700 mb $T$ $T-T_d$	A	4.6 3.9	2.6 12.3	2.4 10.0	2.2 7.0	1.1 5.0	0.2 4.5	1.2 13.0	1.4 7.0
	S	8.4 2.0	6.0 19.9	2.2 7.0	1.2 7.0	1.1 11.0	0.2 0.0	-0.1 3.9	0.0 2.7
500 mb $T$ $T-T_d$	A	-8.5 1.5	-12.8 16.0	-15.1 12.0	-16.3 2.2	-17.7 0.5	-15.3 16.0	-15.7 18.0	-15.1 22.0
	S	-5.3 2.4	-10.6 17.0	-12.5 14.0	-15.7 14.0	-14.9 6.0	-15.7 7.0	-13.9 17.0	-14.5 19.0
$T_{85}-T_{50}$	A	23.3	26.6	26.1	29.9	27.5	26.3	25.3	25.9
	S	20.5	24.4	25.7	25.7	26.7	24.7	23.3	23.1
SSI*	A	-1.0	-3.8	-1.7	-7.0	-2.7	-2.0	-0.2	-1.5
	S	+1.4	-1.7	-2.6	-0.8	-2.9	+0.7	+1.9	+2.5

A : 秋田 S : 仙台

第4表 秋田・仙台の高層気象表 (1972年8月)

		1 日		2 日		3 日		4 日	
		09 時	21	09	21	09	21	09	21
850 mb $T$ $T-T_d$	A	16.8 3.1	17.6 4.3	17.8 1.5	17.4 1.0	16.8 1.3	15.4 6.0	15.4 0.8	15.6 10.0
	S	16.2 2.3	17.0 2.0	19.6 10.0	19.2 2.6	18.2 7.0	17.6 3.9	16.2 2.2	17.2 1.1
700 mb $T$ $T-T_d$	A	8.8 4.6	9.2 7.0	8.2 4.9	6.8 2.3	6.8 0.6	7.2 3.4	7.6 4.1	9.0 16.0
	S	8.2 4.5	7.2 3.7	9.0 2.7	9.8 7.0	7.4 2.2	8.2 4.1	6.4 0.0	8.0 0.0
500 mb $T$ $T-T_d$	A	-6.7 4.4	-7.8 2.8	-7.3 0.7	-9.9 2.5	-6.7 1.4	-6.9 7.0	-7.3 8.0	-6.3 16.0
	S	-6.9 8.0	-8.2 1.5	-7.7 1.6	-7.9 6.0	-7.9 0.1	-7.7 4.3	-6.3 7.0	-6.5 6.0
$T_{85}-T_{50}$	A	23.5	25.4	25.1	27.3	23.5	22.3	22.7	21.9
	S	23.1	25.2	27.3	27.1	26.1	25.3	22.5	23.7
SSI*	A	-2.4	-4.7	-4.3	-6.4	-2.4	-0.4	-0.8	-0.1
	S	-1.7	-4.2	-7.5	-6.9	-5.5	-4.6	-1.0	-2.8

A : 秋田 S : 仙台

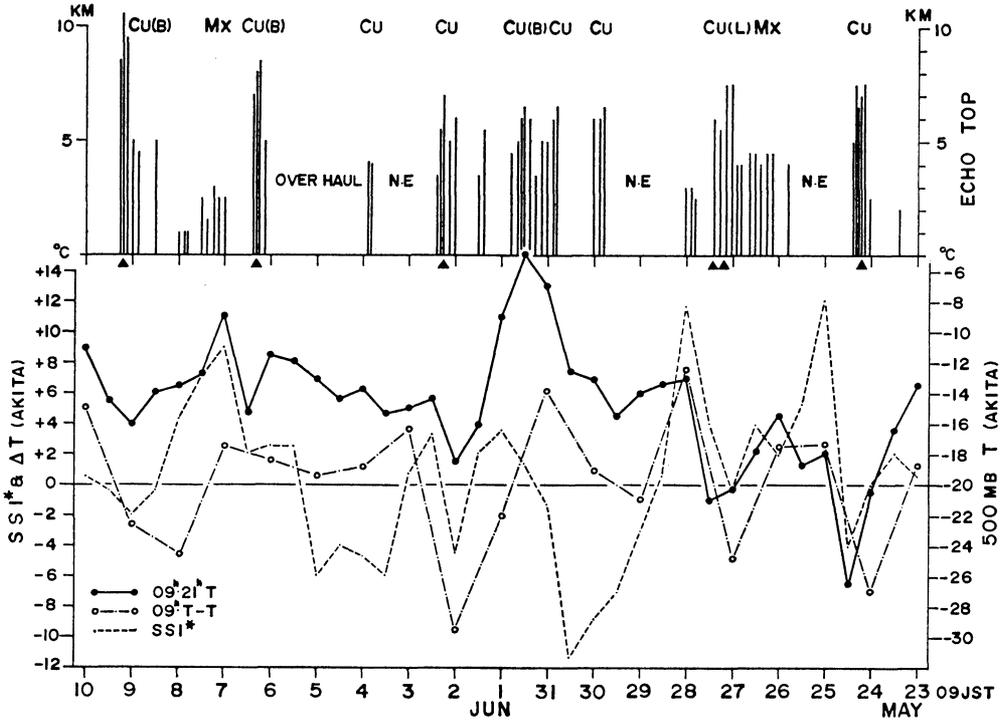
報告はない。深夜に発生するこのような現象の把握はとくに困難なものであろう。

第4表は、8月1日～4日の高層資料で、上層気温も平年より2～3°C低く、安定度等から見ても雷雨の発生

しやすい場であったと言える。

## 6-2. 1974年5月24日～6月9日の降ひょう

この期間は、3日～4日周期で降ひょうが発生しているが、5月31日と6月6日は内陸地方・太平洋沿岸部で



第8図 1974年5月24日～6月9日の降ひょう。上段はエコー頂高度と降ひょうの発生時刻。N・EはNo echoを示す。  
下段は秋田の高層資料。実線： $T_{50}$ 、破線： $SSI^*$ 、鎖線： $\Delta T_{50}$  (09時・前日との差)。

かなりの大雨が降った。

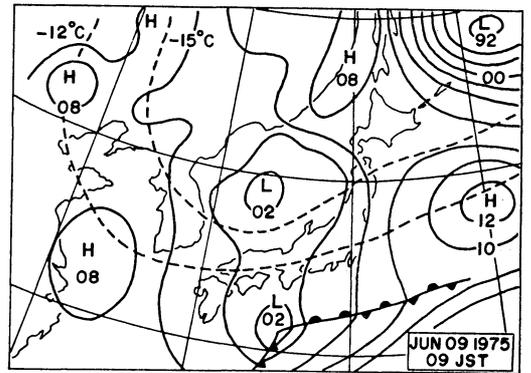
第8図は、秋田における上層寒気の強さ、 $SSI^*$ およびエコー頂高度を示す。

上層の谷を伴った強い寒気の流入により、大気は著しく不安定になっており、降ひょうの発生した日は500mbの気温もかなり低く、前日からの寒気移流にその特徴があらわれている。 $SSI^*$ も位相としてはほぼ合っているが、必ずしもよい対応は示しておらず、とくに雷雨期間外では $SSI^*$ のみによる強い雷の判定には注意が必要である。

降ひょうの発生時刻は、ほとんど13時～15時であるが、エコー頂は昼前後には、いずれも7km以上に発達しており、2～3時間後に降ひょうの発生している例が多い。しかし、エコーとの対応がよかったものは5月27日の1例だけで、満足すべき結果は得られなかった。

6-3. 1975年6月9日の降ひょう

この日は青森・宮城県を除く4県で記録的な降ひょうが発生、各地に大きな被害をもたらした。この時の高層資料を第5表、09時の地上天気図と500mbの気温を第



第9図 1975年6月9日09時の地方天気図と500mb気温(破線)。

9図、レーダー天気図を第10図に示す。

地上天気図で、低気圧は日本海中部と紀伊半島南海上にあり、本州は気圧の谷の場となっている。東北地方は低気圧前面の南東風により、各地とも最高気温がかなり上昇した。また、500mbでは $-15^{\circ}\text{C}$ 以下の強い寒気が



第5表 秋田・仙台の高層気象表 (1975年6月)

		7 日		8 日		9 日		10 日	
		09 時	21	09	21	09	21	09	21
850 mb <i>T</i>	A	10.2 2.6	10.5 2.2	10.8 11.0	11.8 6.0	11.8 5.0	13.4 3.8	13.0 6.0	11.8 6.0
	<i>T-T<sub>d</sub></i>	10.1 0.0	11.2 2.9	11.8 6.0	13.4 1.6	15.4 9.0	11.8 0.0	12.6 4.7	9.0 0.0
700 mb <i>T</i>	A	0.7 0.7	2.6 4.2	1.0 14.0	1.4 5.0	3.6 5.0	1.4 1.1	2.0 5.0	1.8 4.5
	<i>T-T<sub>d</sub></i>	3.4 0.0	3.4 4.8	3.2 7.0	3.0 6.0	3.4 6.0	3.8 8.0	2.2 0.7	2.2 4.5
500 mb <i>T</i>	A	-10.5 0.0	-11.1 14.0	-14.3 8.0	-16.9 7.0	-14.7 2.8	-15.5 12.0	-14.3 5.0	-14.3 6.0
	<i>T-T<sub>d</sub></i>	-8.4 4.6	-7.7 26.0	-12.1 14.0	-14.5 13.0	-13.3 14.0	-14.7 1.4	-12.5 4.3	-14.9 6.0
<i>T<sub>85</sub>-T<sub>50</sub></i>	A	20.7	21.6	25.1	28.7	26.5	28.9	27.3	26.1
	S	18.5	18.9	23.9	27.9	28.7	26.5	25.1	23.9
SSI*	A	+4.0	+3.0	-0.5	-4.8	-2.6	-5.6	-4.0	-2.1
	S	+6.3	+5.3	0.0	-4.9	-6.5	-2.6	-1.5	+1.6

A: 秋田 S: 仙台

## 文 献

新井俊男, 1975: 昭和50年6月9日福島周辺の降ひょうを伴った雷雲のレーダエコー, 昭和50年度仙台管区調査研究会資料.

Donaldson, R.J., 1958: Analysis of severe convective storms observed by Radar, J. Met. 15, 44-50.

Douglas, R.H., 1961: Radar observation of Alberta hailstorms, Nubila, 4., No. 2, 52-58.

加藤一靖, 猪股清夫, 山川 弘, 1970: レーダによる東北地方の雷調査, 研究時報, 22, 257-279.

川添信房, 1967: 東北地方における夏期の雷雨予報について, 昭和42年度東北地方調査研究会資料.

三瓶次郎, 千葉重夫, 1960: 福島県の雷予報のための基礎的調査, 昭和35年度山形福島地区気象研究会資料.

山川 弘, 1971: 地表付近の状態から決定される対流性エコーの発現分布, 研究時報, 23, 179-188.