関東甲信地方の降ひょうについて (1)[†]

小 元 敬 男*

(農業技術研究所 気象科)

Hailstorms in the Kanto-Koshin District (1)

—Climatology—

Yukio OMOTO

(National Institute of Agricultural Sciences, Tokyo, Japan)

1. はし が き

関東甲信地方は、わが国で最も頻繁にひょう害を受ける地域である。特に北関東の3県（群馬、栃木、茨城）においては、ひょう害が各種気象災害の中で最も発生率の高いものの一つとなっており、これ等の県で農作物が年々こうむる損害は、莫大な額にのぼっている。ひょう害をたびたび受ける地域においては、降ひょうに対する関心は極めて深く、いろいろな研究・調査がなされているようだが、県単位でまとめられたものが多く、しかも小グループ内での発表に止められている¹⁾²⁾。この報告では、関東甲信全域について降ひょうの気候学的特性を調べた結果を述べる。

2. 降ひょう頻度の年変化

東京（管区气象台）における過去92年間（1876～1967）の月別降ひょう日数を第1a図に示した。これによると、降ひょうは4月と5月に最も多く、次に3月と6月の順になつている。一方、前橋（1897～1967）では（第1b図）、5月に著しいピークがあり、次いで6月に多い。このように沿岸地方と内陸とでは、僅かではあるが、年変化の型に差がある。

第2図に区内観測所の資料³⁾を用いて求めた、県毎（東京都は本土と島部に分けた）の月別降ひょう日数の変化を示す。降ひょうは稀に発生する局地的な現象なの

Fig. 1. Number of days with hail by month at Tokyo, and Maebashi.

Fig. 2. Annual change of hail frequency by months for each prefecture.

* 併任 国立防災科学技術センター

† 昭和43年4月1日全国大会にて発表

Fig. 3. Topographic map of Kanto-Koshin region. Black dots indicate first class weather stations of Japan Meteorological Agency. Numbers in circles indicate locations of geographical features appearing in the text.

で、このような短期間の統計からは極めて大雑把な議論しか許されないが、年変化の地域差を具体的に知るのに役立つ。前の報告⁸⁾の分類によると、関東甲信地方の降ひょうの年変化の型は1a(内陸型)と1b(太平洋側型)である。両者共に初夏に著しい極大を持つ年変化を示すが、沿岸地方は内陸に比べ、寒候期における発生率がやや高い。2つの型の境界線は明瞭ではなく、東京(本土)と神奈川の年変化は1aと1bの中間的なものである。また、茨城県の特徴が栃木・千葉両県の中間であるように、当然の事ながら、隣接県同志の年変化は互いに類似点を持つている事が、この図からわかる。

参考までに第2図に東京(島部)の年変化も示した。この方面では、降ひょうは主として寒候期に観測されるが、これは日本海側型変化の特徴である⁸⁾。これ等の島々では、どちらかという、山の東側より西側で降ひょう観測回数が多く、次節で述べる関東甲信地方の暖候期における頻度分布と逆になっている。

3. 暖候期の頻度分布

ひょう害はほとんど暖候期(4月～9月)の降ひょうに伴って発生する。そこで、以下にこの時期の降ひょう

について述べる。参考までに関東甲信地方の地勢図を掲げた(第3図)。

この地方の降ひょう頻度分布を調べるため、地域内に362地点をとり(平均10km間隔)、その各々から10km以内に最近8年間の暖候期に降ひょうがあつた日数を求めた(第4図)。降ひょう域を定めるにあたっては、東京管区気象台発行の異常気象報告(第1巻～第8巻)⁹⁾や異常現象報告^{10a,b,c)}等を参考にした。この図は頻度分布が地形と密接に関係している事を示している。すなわち、佐久盆地①^{*}、群馬県南東部^{**}、栃木県東部の極大が、それぞれ飛騨山脈②、群馬県北西部山岳③、および奥日光山地④の東～東南東約70kmの所にある。また明瞭ではないが、埼玉県南部と甲府盆地にも頻度の極大があり、それぞれ秩父・多摩⑤および八ヶ岳山地⑥の東～南東60～70kmの所に存在している。大山脈の東側に

* 数字は地勢図内の番号に対応する。

** 降ひょう頻度分布は必ずしもひょう害の発生頻度分布と一致しない。例えば、群馬県内で激しいひょう害を最も頻繁に受けている所は、第4図の極大よりやや南に寄つた、埼玉県との境に近い地域のようなだ。

Fig. 4. Distribution of number of days when hail was observed within 10 km from each grid point (362 points in this area, average distance is approximately 10 km), during the 8 year-period (1960-1967). Shaded areas are lands higher than 1500 m above sea-level.

降ひょうが多いという傾向は世界的なものとして知られているが、より小さな規模（メソ・スケール）においてもこの傾向が明瞭に存在する事が明らかになった。

4. 降ひょう系の移動

関東地方の雷雨に関しては数多くの研究があり、その移動の特性はかなり良く分かっている。すなわち、この地方の雷雨は、毎時 10～20km の速さで東～南東に進行するものが多く、その移動距離は 20～40km の場合が多い²⁾。十分な資料がないので、このように量的な議論は出来ないが、降ひょうを伴う雷雨の平均的特性は、これとはやや異なっていると考えられる。

例えば、この地方の雷雨系は地上 3 km の気流の速度とほぼ同じ速さで移動する傾向を持つが、降ひょうは、上層気流が最も弱く、雷雨発生回数の最も多い盛夏より、むしろ 5, 6 月に多く発生する。この頃はジェット流が本邦付近に停滞する時期に当る。降ひょうはジェット流の真下で観測されることが多いという調査もあり⁷⁾、一般に上層流が強い時に発生する傾向があるようだ。従って、降ひょうを伴う雷雨は上記の平均値よりやや大きな速度で移動すると見られる。また、降ひょうを伴うも

のは雷雨系の中では大型で、寿命が長いものであるばかりでなく、比較的早く移動すると考えられるから、その平均距離も全雷雨に対する値より大きいと考えられる。

第 5 図は最近 8 年間に発生した降ひょう系の径路を示したものである。径路の決定に当っては東京管区異常気象（および現象）報告を参考にした。図では方向別に 4 種に分け、更に、進路の確実なもの和不確実なものを区別して示した。この他に、移動の方向を全く決められなかった場合とか、ほぼ停滞性と考えられる例もあつた。一般に降ひょう域は進路に沿って帯状になつているが、中にはそうでない場合もあり、ここにあるような細い線で系の進路を表現する事が全く不適当な場合もある。

北関東では降ひょうの通路が大体決まっているとよくいわれているが、この図はそれをほぼ裏書きしている。他に、別に真新しい事ではないかも知れぬが、関東甲信地方の降ひょう系の移動について興味ある幾つの特徴を見出すことが出来るので、以下に列記する。

- 1) 降ひょう系は、山岳地帯より平地に向つて進行する。大きな山岳地帯を横断することは極めて稀である。
- 2) 関東甲信地方の降ひょう系のほとんどが東～南東

Fig. 5. Axes of hailswaths during the 8 year-period (broken lines indicate axes which are uncertain).

に向つて進行する。

- 3) 中部山岳地帯に発生した雷雨に伴う降ひょう系の大部分は東進型である。
- 4) 南東進型の降ひょう系は主として関東地方にあらわれる。
- 5) 調査期間中に発生した東南東進型の降ひょう系のほとんどが、群馬北西部山岳か奥日光山岳のいずれかに発生した雷雨に伴っていた。
- 6) 調査期間内での例が極めて少ないので断定は出来ないが、北東進型の降ひょう系は秩父方面から出て来る雷雨に伴う場合が多い。
- 7) 図からは明瞭ではないが、降ひょう系は山岳地帯を避けるように進路を変える、いいかえると谷に沿つて移動する傾向があるようだ。

5. 2, 3の統計上の問題点

降ひょうは局地的である事、また特定地点についていえば、数年に一度の割合で起こる極めて稀な現象でもある事から、非常に取り扱いにくい気候要素である。しかも

資料が比較的良好に整っているのは最近10年位の間であつて、降ひょうに関する総合的な調査が今迄あまり行なわれて来なかつたのは、以上のような事情を反映していると考えられる。

降ひょう回数が近年増加の傾向にある事が、最近、埼玉県⁴⁾の例について示されたので^{10 b)}、群馬県および栃木県についても調べてみた。第6図はこれ等3県の気象災害年表^{4) 11)}等を利用して得た、1900年以後のひょう害回数の変化である。ここでは年毎の変動を消すために、前10年のひょう害総数の変動を用いた。図に現われた長期にわたる漸増の傾向は、自然変化によるというよりは、むしろ、古い資料になる程小さなひょう害が記録されていないので、実際の降ひょう回数より少なく記録されている事によるものと考えられる。しかし1960年以後の急増は、実際に降ひょう回数が多くなつているものと解釈されよう。念のため、これ等の県の資料について、年間ひょう害回数のコレログラムおよびスペクトル分布を求め、周期性の検出を試みたが、やはり特定の周期の存在は認められなかつた。

Fig. 6. Long term variations of occurrence of damaging hailstorms in the northern Kanto District (Gunma, Tochigi, Saitama) prefectures. Numbers are total for 10 preceding years. Blocks at the bottom are number of damaging hailstorms in Saitama prefecture for each year.

また、群馬・栃木・埼玉3県の年間ひょう害回数と、各県の地方気象台の年間降ひょう日数の間の相関を調べてみた所、第1表に示されたように、いずれの場合も相互間に全く関係のない事がわかった*。これは、降ひょうが極めて局地的で、しかもランダムな現象であるという考えを支持する一つの根拠となる。この事から、降ひょう頻度分布を作成するに当つては、非常に密な観測網の資料を用いるか、今回の調査のように、降ひょう域を決めてから求める必要がある。

次に、上記3県相互間の相関係数を求めてみた所、第2表に示したように、正の相関がある事がわかった。しかし、相関係数自体あまり大きなものではないし、上述の原因による長期変動の影響も含まれているので、いずれかの県で降ひょうが多い年は他の県でも多いと結論するには、根拠薄弱である。なお、埼玉、栃木の相関係数が他の2組より小さい理由は、この両県にまたがるような降ひょうが、群馬と埼玉、群馬と栃木にまたがるものに比して少ない事による（第5図参照）。

6. あとがき

わが国におけるひょう害対策として、降ひょう後に著しい被害を受けた作物を取り除き、その時期に適した作物を植え直すといった方法が採られている。海外各地で積乱雲に働きかける降ひょう抑制の研究が強力に推し進められている折から、このような事後対策は時代遅れの感がないわけでもない。実際に降ひょう抑制の野外実験が行なわれている地域に比べると、関東甲信地方の降ひょう

* 埼玉県北部は最近頻繁にひょう害を受けているが、熊谷地方気象台では最近5年間一度も降ひょうを観測していない。同気象台から10km以内に、この期間中、8回も降ひょうがあつた。

Table 1. Correlation coefficients between annual number of days with hail at the local meteorological stations and the annual number of days with damaging hail in the prefectures in which each station locates.

Station	Prefecture	Correlation coefficient
Maebashi vs Gunma		0.29
Utsunomiya vs Tochigi		-0.02
Kumagaya vs Saitama		-0.19

Table 2. Correlation coefficients of annual number of days with damaging hail between prefectures.

Prefecture	Correlation coefficient
Gunma vs Tochigi	0.55
Tochigi vs Saitama	0.39
Saitama vs Gunma	0.58

ょう頻度は決して多いものではないが、わが国でも事前にひょう害を防止する手段の開発に力を入れるべきである。それには、降ひょうの予報精度の向上と、降ひょう抑制のための研究の推進が望まれる。この報告は、関東甲信地方の降ひょうの気候学的特性を示したものに過ぎないが、上記の目的に幾分でも貢献できれば幸いである。今回明らかになつた特徴に対する考察は、説明を裏付けできる資料を整えた上で行ないたいと思つている。

最後に、この研究を遂行するにあたり、資料の閲覧と収集に便宜をはかつて下さつた東京管区気象台技術課および調査課の諸氏に、心から感謝の意を表したい。また資料の統計的解析結果の解釈に有益な御教示を与えて下さつた、国立防災科学技術センター第3研究部長菅原正己博士、農業技術研究所気象科儀部誠之技官の両氏に対し、深甚なる謝意を表する。なお、相関係数、コレログラム、スペクトル分布の計算には、国立防災科学技術センターの電子計算機を利用した。

引用文献および資料

- 1) 舟田久三(1962)：降ひょうについて（第1報）昭和37年春、北部地区研究会プリント。
- 2) 畠山久尚、北沢、野島(1963)：関東の雷雨、気象研究ノート、14：71-80。
- 3) 気象庁：全国気象旬報（1954-1964）。
- 4) 熊谷測候所（1955）埼玉県気象累年報。
- 5) 前橋地方気象台（1958）群馬県気象累年報。
- 6) 毛利聰明・渡辺(1965)：中部日本における気象災害分布、天気、5：159-168。

- 7) 中島只一(1962): 栃木県における降ひょうと下層収斂について, 昭和37年春, 北部地区研究会プリント.
- 8) Omoto, Y.(1967): On the characteristics of hailstorms in Japan. 農業気象, **23**: 115-121.
- 9) 東京管区気象台, 異常気象報告 (1960-1967): 第1巻~第8巻.
- 10) 東京管区気象台, 異常現象調査報告 (このうち降ひょうに関するもの, a) 昭和40年第2号, b) 昭和41年第3号, c) 昭和42年第3, 4, 5号).
- 11) 宇都宮地方気象台(1963): 栃木県の気象.

Summary

This paper gives climatological information on hail occurrence in Kanto-Koshin District. Hailstorms occur mostly in the warm season in this area, therefore, climatology of warm season hailstorms is studied in detail.

Data of the recent eight years are used to obtain a frequency distribution, for it is possible to determine hail patterns for most of hailstorms occurred during this period. As shown in Fig. 4, there are three distinct maxima and two secondary maxima in the frequency distribution. It is noteworthy that all of these maxima are situated about 70 km east through southeast of major mountain areas.

Locations of hailswaths observed during the eight year-period are examined. The result (Fig. 5a-5d) indicates that the local farmer's tradition "hailstorms always take the similar routes" is not entirely untrue. A number of interesting features may be pointed out from the result, some of them are as follows:

- 1) Most hailstorms in this region move east through southeastward. However, in the western region most hailstorms are eastward moving, whereas eastern region there are more southeastward moving storms.
- 2) Hailstorms moving east-southeastward are associated with thunderstorms developed near the NW-Gunma Mtns or the Nikko Mtns, whereas those moving northeastward are associated with thunderstorms developed near the Chichibu Mtns.
- 3) Hailstorms move from mountain areas toward lower lands, they rarely cross big mountain regions, and sometimes change courses to follow valleys.

Finally, long term variations of hail occurrence are studied. Although long term increase of hail days seems to exist (Fig. 6), at least partly, it is attributed to the tendency that fewer records remain for earlier days. However, the records for recent 20 years indicate increase in hailstorm activities during the last several years. Computations of correlation coefficients between different areas and stations are made. The result suggested that for long term view point, hail occurrence is quite random.