関東甲信地方の降雹について (3)*

小 元 敬 男**

(国立防災科学技術センター)

Hailstorms in the Kanto-Koshin District (3)

Yukio OMOTO

(National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo, Japan)

1. は し が き

北関東の農業関係者の中には雹道(ひょうみち)、すなわち雹雲が頻繁に通る所、あるいは周辺に較べて雹害の発生が格段に多い地域があると信じている人が多い。雹道は谷沿いや川沿い、または高圧線沿いに出来ると彼等はいう。気象俚言はその土地に住む人々の長い年月にわたる生活体験から生まれたものであつて、研究価値のある貴重な情報である。しかしながら人間の記憶に頼っていることが多いため曖昧な点もあり、また限られた範囲内でのことであるから、これを一般論とするのは危険である。俚言の根拠の追求とその正当性の確認は、やはり気象官署の観測資料に基づいて科学的に為されるべきである。

雹道の位置がわかると、降雹系の行動を研究するための野外観測区域や、降雹抑制の野外実験区域の選定に役立つ。そこで、1960～1969年の10年間の暖候期を対象に東京管区気象台発行の異常気象および異常現象報告を基に雹道の確認とその位置の決定を試みた。

2. 資料の精度

この報告に示した各種の頻度分布図は、上述の資料から作成した降雹日毎の分布から求めたものである。これ等の報告に記載されている降雹状況は時には詳しく、時には極めて大雑把であるため、これに基づいて作成した降雹日毎の分布図の精度は日によって異なるものとなつた。筆者は先に降雹日数の分布を作成するに際し、区内

観測所の降雹日数をそのまま用いた分布図^⑤や降雹日毎の分布図から地域頻度分布図(任意地点から10km以内の降雹日数)^⑦を作成してみたが、いずれの方法でも雹道を見つけることは出来なかつた。今回は降雹日毎の分布を単純に重ね合わせて頻度分布を求めてみた。第1図がその結果である。精度の異なる資料を基にして作成したものであるから、分布図中の細かい特徴は無視すべきである。

3. 関東甲信地方における雹道

第1図で特に注目値するのは、頻度分布に筋状の特徴が明瞭に表われている点である。雹害頻度の大きい帯状の地帯は各々、明白に雹道に対応する。図中、群馬南部、埼玉北部および栃木東部では、降雹日数の多い場所が広範囲にわたっており、筋状構造が不明瞭である。これは幾筋もの雹道が接近したり交錯したりしているためである。こうした地域における雹道を見出すため、移動方向別の頻度分布図を作成し、検討した。以下に、東進型、東南東進型および南東進型について、得られた結果を述べる。

第2図は東進型の頻度分布図である。但しここには東進した雹雲全部が示されているわけではない。東進したことが確実な場合とほぼ間違いない場合のみを示してある。この図から、長野盆地(北信地方)と上田・佐久盆地では東進型がひんばんに発生していることがわかる。他に、碓氷峠から茨城県中部に延びる地帯と雲取山から埼玉南部を経て茨城南部に達する地帯も注目されるが、いずれも頻度は極めて少なく、雹道と呼ぶには抵抗を感じる。しかし、雹は伴わないが一般に雷雲の通路の様に

** 農業技術研究所気象科(併任)

* 昭和45年7月17日 関東支部会にて発表

Fig. 1. Distribution of number of days with hail in warm seasons (April-September) of 1960-1969.

Fig. 2. Frequency of eastward moving hailstorms(1960-1969). Only cases when the direction of movements were known are shown.

Fig. 3. Frequency of east-southeastward moving hailstorms(1960-1969). Only cases when the direction of movements were known are shown.

なっている地帯なので、以下では準電道と呼ぶことにする。

第3図は東南東進型の降雹例を集めたものである。群馬県南東部と栃木県北部から茨城県中部に、栃木県中部から茨城県中部に延びる電道があることが分かる。

第4図は南東進型の頻度分布図である。第2・3図と比較してみると、関東平野では南東進する降雹系が最も多いことがわかる。また、南東進型の降雹系の多くが孤立

した山塊に発生していることも明瞭にあらわれている。

他に南進、南々東進、北東進型などについても頻度分布を調べてみたが、ここでは言及しない。

これら進路別の分布図および第1図から関東甲信地方の電道の分布をまとめてみたのが、第5図である。図中太実線は電道、太破線は準電道を表わす。第1図における頻度5日以上の地域もここに示した。

関東平野における電道と準電道の大部分が孤立した山

Fig. 4. Frequency of southeastward moving hailstorms (1960—1969). Only cases when the direction of movements were known are shown.

塊から延びていることが、この図からよくわかる。すなわち（以下括弧内は第5図中の円内番号），（1）—八溝山；（2），（3）—高原山；（4），（5）—日光（男体山，女峰）山地；（7）—赤城山；（9）—榛名山；（11）—雲取山；（19）—赤久縄山の各山塊から，1ないし2筋の雹道

準雹道が延びている。このうち多くは以前から雷雲の通路として知られており，地元民からは山の名を冠して八溝雷，高原雷，日光雷などと呼ばれている。第5図中の（6）と（10）は，碓氷峠を通過・あるいはこの付近に発生した雹雲によつて出来たものと考えられる。峠から出てくる雹雲と孤立した山塊に発生し平野に出てくるものとは，移動機構が少し異なるかも知れない。ただし（10）は浅間山付近に発生した雹雲によるものと考えられる。北信地方および土田・佐久盆地には，あまり明瞭には分かれてはいないが，東進型と東北東～北東進型の二つの雹道が存在するようである。一般に山岳地帯では，雹道は谷あるいは盆地にできる（（7）南佐久；（8）沼田盆地；（12）吾妻川上流；（18）甲府盆地）。

4. 降雹系の移動

なぜ雹道が存在するのか。それは，特定の地域に雹雲が発生し易く，径路もほぼ決まっているからである。第6図に，1968年6月21日～23日の3日間に発生した雹害の分布とこれをもたらした雹雲の移動方向を示した。この期間中に発生した雹雲は関東地方と甲府盆地では南東

Fig. 5. Preferred routes of hailstorms or hailclouds in Kanto-Koshin region. Heavy lines are distinct routes (hyo-michi), and heavy broken lines are preferred routes of thunderstorms but frequency of hail occurrence along these are so small that these are called as jun-hyo-michi (secondary preferred routes of hailstorms). Stippled areas are where damaging hailstorms occurred more than 5 times for the 10 year period.

Fig. 6. Distribution of hail damage areas and the directions of movements of the hailstorms of 21–23 June 1968.

進、佐久盆地では東進、北信地方では北東進している。

第7図は、この期間の9hおよび21hにおける積乱雲の雲底から雲頂までの大気層にほぼ相当する900mbか

ら300mbの間のベクトル平均風 $\bar{V}$ である。平均風の流線が非常に滑らかなことがこの図からよく分かる。22日21hの館野の $\bar{V}$ だけがやや異常な変化をしているがこれは発達した局所あらしが観測時に付近にあつたためである。なお23日21h頃、 $\bar{V}$ 分布にも明瞭にあらわれるような強い上層の谷が通過した。この期間の降雹はこの谷の前面、すなわち $\bar{V}$ が西～西南西の領域に発生したもので谷の通過後しばらくの間、関東甲信地方には降雹を伴う雷雨は発生しなかつた。

降雹やtornadoを伴うような局所あらしの移動の機構に関する研究はここ数年、殊に盛んである。以前は、この種の対流系が $\bar{V}$ に対して右に偏つて進むことが多いことから、右偏向のmechanismの解明が局所あらしの移動のmechanismの理解につながると考えられていた。ところがこの数年間に、 $\bar{V}$ に対して左に偏つて進行する局所あらしの存在が注目されはじめ、それまでの説明をあらためて考え直す必要が生じた。局所あらしの移

Fig. 7. Vertically averaged wind fields (900–300mb) over the eastern Honshu for the period 21–23 June 1968.

動方向に影響を与えるものとして現在、考えられている主な mechanism は（1）激しい上昇流，下降流による運動量の垂直混合，（2）系の移動の伝播成分に寄与する水蒸気供給の pattern および（3）系の回転の三つである。これは，地形の影響の余りない米国中部大平原に発生した例について調べられたものであり²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾，地形の影響はほとんど考慮されていない。

一方，第6図と第7図の比較から分かるように，関東甲信地方の降雹系の移動方向は上層風または $\bar{V}$ とは余り関係がないようである。問題の期間中に発生した降雹系で南東進したものは右偏向型，北東進したものは左偏向型，東進したものはほぼ $\bar{V}$ の方向に移動したものである。各地に発生した降雹系はそれぞれの地域において頻度の最も多い方向に移動している。長野・山梨両県内の各降雹系は，発生地域の雹道に沿って移動しており，地形との関係は明瞭である。先にあげた三つの要素に加えて地形の影響も考慮にいれる必要がある。筆者の知るかぎり，今迄に関東甲信地方の降雹系の移動の詳細観測は行なわれていない。先ず，この地方における降雹系の移動を詳細に観測しなければなるまい。

5. 降雹頻度分布の変動

この報告の頻度分布（第1図）と第1報の第4図に示した頻度分布⁷⁾の両者にあらわれた極大の位置は大体において一致するが，今回の調査で明瞭な極大のうち，北信地方，埼玉県東南部，および南佐久の極大は前報の分布にはほとんど顕われていない。前報のは地域頻度分布であつて，今回のと分布図の作成法に差はあるが，上述の違いは期間の取り方の相異によるものである。前報のは1960—67年の8年間のものであり，今回ののはそれに2年加えた69年迄のものである。

この変動を更に詳しく調べるために，対象とした10年を3期に分け，各々についての頻度分布図を作り，比較，検討した（すなわち，第Ⅰ期（1960—62）；第Ⅱ期（1963—66）；第Ⅲ期（1967—69））。第8図は各期別に作成した頻度分布図で，北関東と長野県中部以北の部分を示した。北信地方および南佐久地方では第Ⅲ期に降雹が殊に多かつたことがよく分かる。その他，注目される地域2，3について述べると，上田・佐久盆地では第Ⅰ期と第Ⅲ期には頻繁に雹害が発生したが，第Ⅱ期にはほとんど発生しなかつた。栃木県東南部では第Ⅰ期にはあまり降っていないが，第Ⅱ期と第Ⅲ期には頻繁に降っている。全期間をとおして常に降雹回数が多かつた地域は，群馬県南東部から埼玉県北部にかけての一带だけであつた。変動が少なかつた理由として，第5図から分かるよ

Fig. 8. Distribution of number of hail days of Northern Kanto for three periods. Period I (1960—62) : Period II (1963—66) : and Period III (1967—69).

うに，この地域が東進型，東南東進型，南東進型，および極めてまれではあるが北東進型の雹雲の通路にも当たっていることが考えられる。

信頼できる資料が得難いことから，長期にわたる頻度分布の変化は海外でもあまり調べられていないようである。Stout and Changnon (1968)⁸⁾は1901—1960年の60年を10年ごとに6期に分けて，米国中部の降雹頻度分布を調べた。全期通しての頻度分布にあらわれた計27カ所の極大のうち，6期全部に著しい極大としてあらわれた地域は僅か3カ所にすぎなかつた。それほど明瞭でない時期もあるが一応，安定した極大は10カ所であつた。一方，27カ所の極大の中には，わずか2—3期に極大となつただけで他の時期にはかくべつ多くも降らなかつたというのが6カ所あつた。以上のことから，10年程度の資料では長期変動を知るのは困難であると推測される。彼等の分布図は，わが国でいえば区内観測所クラスの観測所資料から求めたものである。関東地方の気象官署および区内観測所1カ所当りの平均面積 ($\bar{A}$) は約250 km²であるのに対し，彼等の調査では $\bar{A}$ は3000 km²以上であり，関東地方の気象官署だけの平均分布

密度よりも粗い資料を用いている。各期別の分布図には観測所の位置や観測担当者が途中でかわつたために生じた変化もある。明らかにそれと分かるものもあるが、中には自然変化と見分けがつかねるものもある。Changnon (1969) はまた、米国イリノイ州中部にある非常に密な降電観測網の資料を用いて、頻度分布を作成した。それによると、観測所の平均間隔が $3 \sim 4 \text{ km}$ ($\bar{A} \approx 10 \text{ km}^2$) と $20 \sim 30 \text{ km}$ ($\bar{A} \approx 500 \sim 1,000 \text{ km}^2$) とでは分布がかなり違ってくるのがわかる。長期に亘つてはこの様に密な観測網による資料がないので、降電発生頻度分布の長期変動を調べることは極めて難しい。

6. あとがき

関東甲信地方には降電系が周辺に較べて比較的頻繁に通過する地帯、つまり電道が実際に存在することを確認した。電道は山岳地帯では盆地や谷沿いに出来る。関東平野の電道の多くは北関東の孤立した山塊から延びている。これらの電道のほとんどは、以前から雷雲の通路としても知られている。谷沿いに電道がしやすい理由として、電雲が摩擦の大きい山を避け、低地沿いに移動することが考えられる。なぜ孤立した山塊から平野に向つて1または2筋しか電道が延びないか、現時点では説明できない。

報告される降電分布には人為的な影響がでてくる。人口稠密地帯や農耕地に降つた電はたいいてい報告されるが、山林などに降つた場合は報告されずに終わることもありうる。電(雷)雲の移動方向が8方位で報告されるために、これらの方向が頻繁にでる可能性もある。しかし第1図に顕われた筋状分布はこれとは全く無関係であ

Fig. 9. Distributions of high-voltage power lines and hyo-michi (preferred routes of hailstorms).

る。高圧線に沿つて電道が出来るということをつたひに耳にしたので、調べてみた。第9図は高圧送電線と電道の分布図である。群馬県南部や埼玉県北部では、電道が高圧線に沿っているかの如く見える地域もあるが、部分的であり、関東全域についてみると、両者のあいだに関係はないといつたほうが妥当であろう。電が雷雲に伴い、送電線と電雲の間に電氣的な関係がありそうに思われることから、たまたま電道と送電線が並行している地域の人々が、両者の間に関係があると考えちがひしたのであろう。

今回の研究で電道の位置を検出することは出来たが、その形成機構について満足すべき説明は得られなかった。既存の資料を使つて上述以上の結果を求めることは困難であろう。電道が何故できるかを理解するにはどうしても、電雲の特別観測を行ない、その行動を詳細に調べなければならない。

引用文献

- 1) CHANGNON, S.A., 1969 : Hail evaluation techniques. Final Rept. Part I NSF GA-482, Illinois State Water Survey, Urbana, Ill. 97 pp.
- 2) CHABRA, J., and Y. SASAKI, 1968 : Structure and movement of the severe thunderstorms of 3 April 1964 as revealed from radar and surface mesonet network data analysis, ERLTM-NSSL No. 41, 47pp.
- 3) FUJITA, T., and H. GRANDOSO, 1968 : Split of a thunderstorm into anticyclonic and cyclonic storms and their motion as determined from numerical model experiments, J. Atmos. Sci., **25**, 416-439.
- 4) NEWTON, C.W., and J.C. FANKHAUSER, 1964 : On the movement of convective storm with emphasis on size discrimination in relation to water-budget requirements. J. Appl. Meteor., **3** 651-668.
- 5) NEWTON, C.W., and H. R. NEWTON, 1959 : Dynamic interactions between large convective clouds and environment with vertical shear, J. Meteor., **16**, 483-496.
- 6) OMOTO, Y., 1967 : Characteristics of hailstorms in Japan. J. Agr. Meteor., **23**, 115-121.
- 7) 小元敬男, 1968 : 関東甲信地方の降ひょうについて (1) 農業気象 **24**, 33-38.
- 8) STOUT, G.E., and S.A. CHANGNON, Jr., 1968 : Climatology of hail in the Central United States. CHIAA Res. Rept. No. 38, 49pp.

Summary

Farmers in some regions of the Northern Kanto believe existence of so called hyo-michi (hail street or road of hail), along which hailstorms pass frequently. They say a hyo-mich locates along a river, or a valley or a high-voltage power line. Neither reasons for formation nor the existence itself of hyo-michi have been scientifically investigated. Determination of such preferred routes of hail clouds is very useful in making plans for field observations and modification experiments of hailstorms.

In this study attempts are made : (1) to determine locations of hyo-michis, (2) to study reasons for formation of such preferred routes of hailstorms, and (3) to examine year to year variation of frequency distributions of hail occurrence. The results are as follows :

(1) It is found out that most of hyo-michis in the Kanto-Koshin plains originated from relatively isolated mountains or mountain groups. But in mountaneous regions, they are located along long axes of elongated basins or sometimes originated major mountain passes (Fig. 5). Hyo-michis coincide with preferred routes of thunderstorms. It is found out that only in a small areas parallelizm between hyo-michi and high voltage power lines exists. Generally speaking there is no special relation between them.

(2) It is pointed out that movements of hailstorms is strongly influenced by orography in mountaneous regions. The directions of movements of hailstorms developed 21-23 June 1968 (Fig. 6) are compared with the vertically averaged wind ($\bar{V}$: 900—300mb) field for the same period (Fig. 7). It is seen that storm movements were poorly related to the general $\bar{V}$ pattern. In mountain areas each storm moved more or less parallel to the preferred routes of the region it developed.

(3) The 10 year period chosen for this study is devided into three periods : I) 1960-62 ; II) 1963-66 ; III) 1967-69 (Fig. 8). It is pointed out that a distinct hail maximum of northern Nagano Prefecture in the 10 year frequency chart (Fig. 1) is attributed to hailstorms of the period III only. In Ueda-Saku basin hail occurred frequently during the period I and II, but in the period II practically no hailstorm occurred in this area. Only region where hail occurrence was relatively uniform throughout the 10 year periods is southern Gunma northern Saitama region, where several hyo-michis with different orientations come together.