

1985 年 4 月 24 日の降ひょうに関する気象解析

今 久・羽生寿郎
(農業気象学研究室)

Meteorological Analysis on the Hail Precipitation of April 24th, 1985

Hisashi KON and Juro HANYU
Laboratory of Agricultural Meteorology

ABSTRACT

The hail precipitated in the large extent of Kanto Plain in April 24th, 1985. The damage reached about 500,000,000 yen which was less than expected from the strength and the scale of the hail precipitation. One of the reason is that it occurred in the early cropping season.

In this study, meteorological factors on this hail event were analyzed with paying attention to the forecast of hail precipitation, because the strength and the scale were so large. As the results, following features were found :

1. Arrival of the upper cold air mass could be predicted by using the movement speed of the 500mb height air mass over the continent.
2. In the day of the hail precipitation, the convective instability of air column existed upto 3000m height from the surface. The lower layer than 1000m height was moistened and the wind had a southern component. On the other hand , the wind in the upper layer had a northern component.
3. The prediction of hail precipitation was better when an air mass of 900mb was used instead of 850mb in the method of Sowler instability index.
4. The relations among the wind direction, the wind speed and the temperature depression which were found in the south of the radar echo clusters were different from that found in the east.
5. The hail precipitation and the peak of wind speed were observed after 30-40 min of the change in wind direction.
6. The area of the maximum precipitation was apart from the area of the maximum temperature depression. It was considered from the trajectories of the temperature depression curves that the maximum temperature depression was due to multiple passages of thunderstorms.

1. はじめに

ひょう害は局地的であるため、従来あまり研究の対象とはされなかった。近年、小元ら (1976) は群馬県を中心に総合的に研究を進めている。その後作物被害に関しては小元・清野 (1978) や Seino (1980) が研究している。最近の降ひょうに関する気象解析については八木 (1984) や羽原・根山 (1986) らのものがある。また、総合的な研究としては梶川 (1984) の研究もある。さら

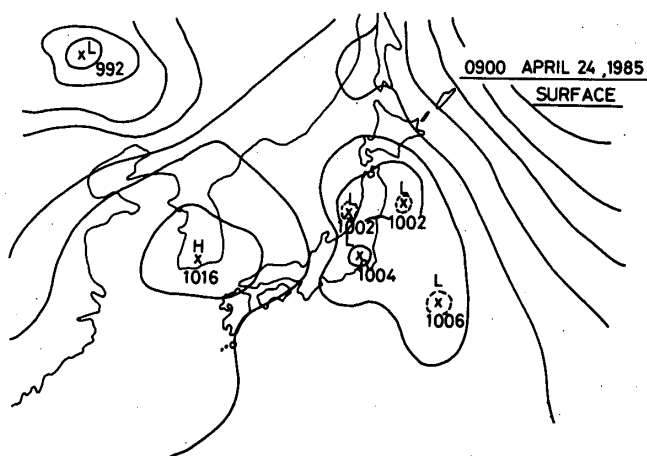
に、小元 (1984) と清野 (1984) はひょうについて幅広く解説している。これらの研究にもかかわらず降ひょう現象の解明や作物に与えるひょう害に関する研究で残された問題は多い。また、近年、農業形態の変化から、あるいは気象環境の変化からか農業気象災害の中でひょう害による被害は霜害を上回るようになっている。このような状況においてひょう害に関する研究はさらに総合的、かつ、きめこまかに進められる必要がある。

1985 年 4 月 24 日正午頃関東地方の広い範囲で降ひょう

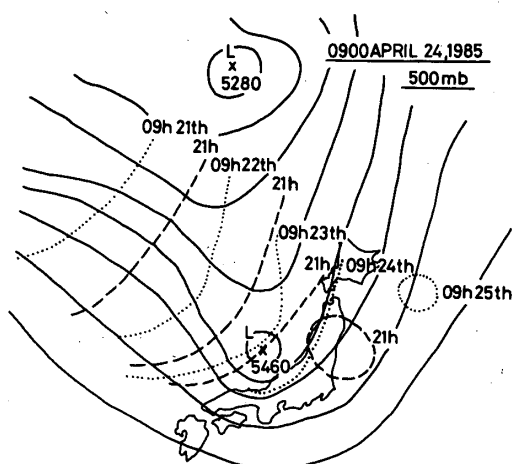
うがあった。被害は茨城県を中心に約5億円に達したが、これは降ひょうの強さと比較すると少なかった。被害を受けた作物は麦類、タバコ、ナシが主で、時期的に他の作物がまだ本格的に植え付けられていなかったことが幸いした。しかし、この降ひょうの範囲、強さとも大型であったので、その時の気象要素の変動や降ひょう過程を解析し、ひょう害の防止あるいは降ひょうの予測につながる因子を明かにしようと試みた。その結果幾つかの知見が得られたのでここに報告する。

2. 天気概況

第1図はこの日の午前9時の地上天気図である。関東地方は低気圧におおわれ、弱いながら収束域を形成している。この時の500 mb 等圧面天気図と21日09時から



第1図. 1985年4月24日09時の地上天気図

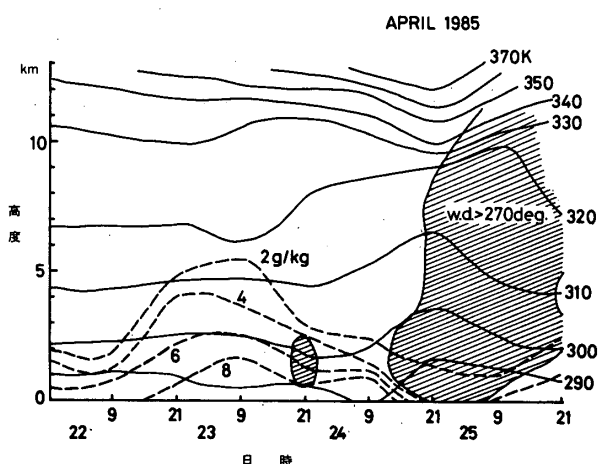


第2図. 1985年4月24日09時の500 mb 等圧面天気図。
点線と破線は12時間ごとの -21°C の等温線の東端の位置。

25日09時までの -21°C の等温線の東端の一部を第2図に示した。24日09時には日本海上に大きな気圧の谷があり、寒気を中心もほぼおなじ位置にある。 -21°C の等値線の東端は大陸上では約33 km/hrの早さで移動しており、22日09時の時点からは33時間後すなわち23日18時にその先端が関東地方に達すると予測される。実際には暖まりながら南下しているので、特に日本海上で -21°C の等値線の進行速度は遅くなるが、24日日中には関東地方で強い不安定状態の発生が予想される。日射による地表面加熱の状態を考えると、強い不安定を生じやすいのは正午すぎという条件があるので12時間程度の誤差で上空の寒気の致来を予測できれば十分と考えられる。この例の場合には予測より遅れ、24日日中に寒気を中心が関東地方に達し、強い不安定を形成した。24日夜には三陸沖に抜けている。

館野における温位と混合比の時間鉛直断面が第3図に示されている。実線は等温位線、破線は等混合比線、斜線を施した部分は風向が270度以上のところである。22日から23日にかけては南成分の風が入り下層の混合比は大きい。23日夜半から24日日中にかけて、風向は北寄りに変わり、混合比も減少しつつある。一方、23日夜半から24日日中にかけて、第2図でも示したように上空に寒気が入り込み、大気の成層は不安定化している。24日の09時から12時頃にはまだ下層に混合比の大きな層が残っている。また、正午頃まで1000 mより下層では南よりの風が吹き、その上で北よりであることは注目する必要があると思われる。

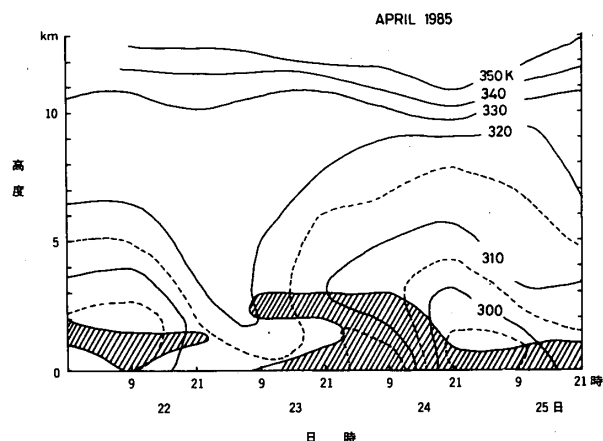
飽和した空気塊に対する不安定度を見るため、第4図に相当温位の時間鉛直断面図を示した。下層1000 mぐらいまでは潜在不安定が存在する日が多いが、24日09



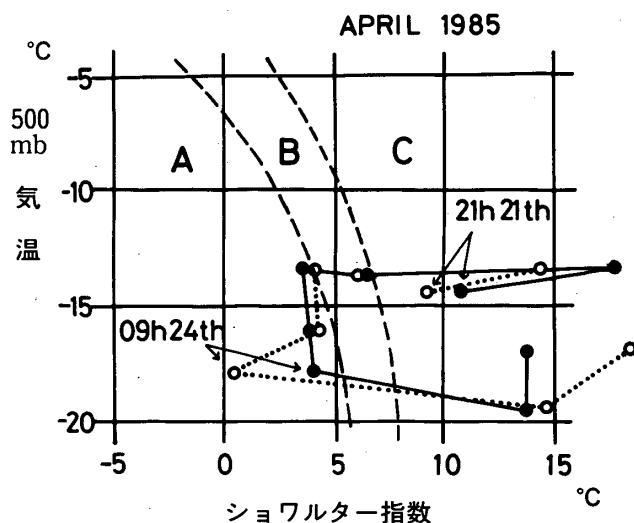
第3図. 館野における時間鉛直断面図。実線は等温位線、破線は等混合比線、斜線部分は風向が270度以上。

時には 3000 m まで不安定に達し、その度合いも横切る等値線の数から強いことが分かる。また、1000 m にある飽和した空気塊は自由対流で 7500 m まで上昇できることも分かる。

雷雨や降ひょうを予測するのによく使われる方法を第 5 図に示した。図の横軸にショワルターの安定指数、縦軸に 500 mb 気温を取っている。領域は A は降ひょうが、B では雷雨が予想される(小元ら, 1976)。図の実線は 21 日 21 時から 25 日 09 時まで 12 時間ごとの値をプロットしたものである。23 日 09 時, 21 時, 24 日 09 時が領域 A には入っているが、23 日に降ひょうは観測されていない。ショワルターの安定指数は 850 mb の値を使うのに対し、破線は 900 mb の気塊を 500 mb まで持ち上げた時の値を使ったものであるが、図のように 24 日 09 時の値が顕著に不安定側へ跳び出していて、明かに 23 日と差が認められる。このことは 850 mb より 900 mb の値を不安



第 4 図. 館野における相当温位の時間鉛直断面図。斜線部分は対流不安定の領域。

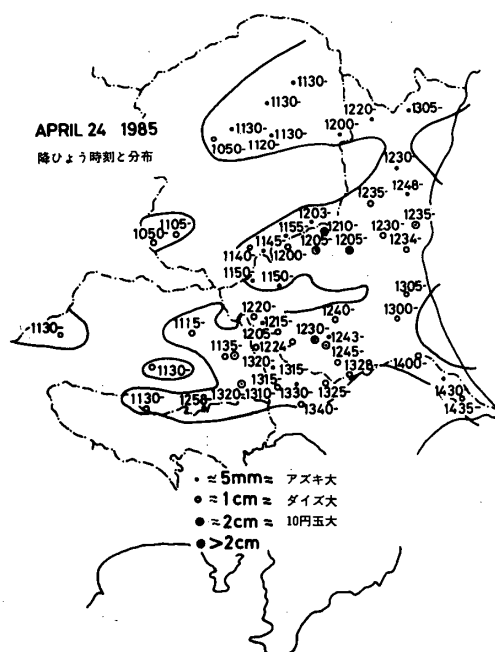


第 5 図. ショワルター安定指数と 500 mb 気温の日変化。点線は 900 mb の気塊を持ち上げた時の計算結果。

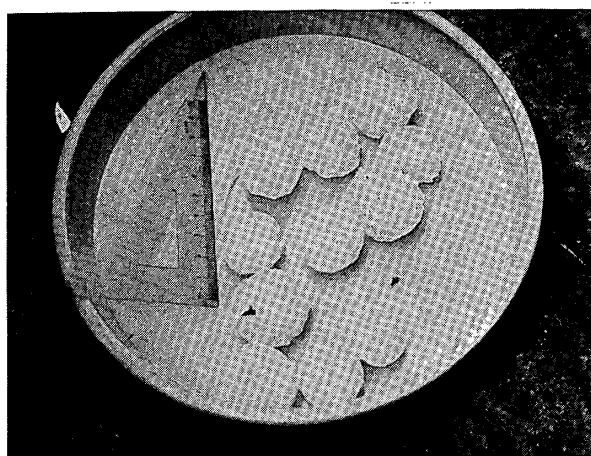
定指数として用いたほうが降ひょう予測に関しては効果的であることを示している。

3. 降ひょう分布と気象要素の分布

第 6 図には各県で調べた降ひょう時刻と分布を示している。かなり広い範囲にしかも断続的ではあるが 11 時から 14 時すぎまで長い時間にわたって降ったことが分かる。この中で特に大きなひょうが降ったと報道された茨城県岩瀬町のひょう粒が第 7 図に示されている。地元の人話によると降ひょう時には大気は真っ白に濁り、視界は全くなく、ひょうを集めると山のようなになる程だったという。



第 6 図. 降ひょう分布と降ひょう開始時刻。



第 7 図. 岩瀬町に降ったひょう粒。冷凍庫に保管してあったものを 25 日に撮影(岩瀬町の高橋さんの好意による)。

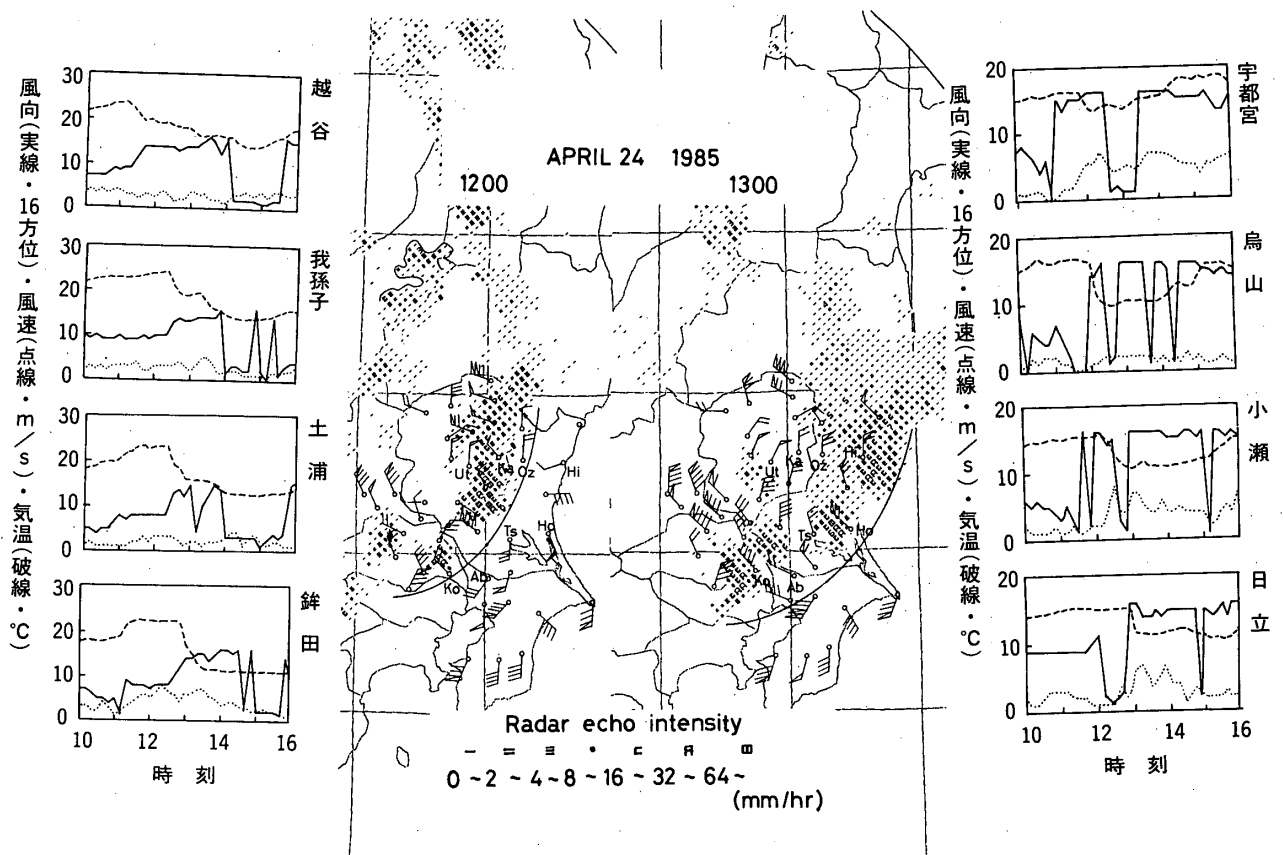
第8図には12:00と13:00のレーダーエコーと風向・風速の分布そして代表的なアメダス観測地点における気温(℃, 破線), 風向(16方位, 実線), 風速(m/s, 点線)の10分ごとの時間変化を示した(右と左で縦軸のスケールが違うことに注意). 図中の風速の矢羽根は1本, 1 m/s, 旗は5 m/sで示してある. また, Utは宇都宮, Kaは烏山, Osは小瀬, Hiは日立, Koは越谷, Abは我孫子, Tsは土浦, Hoは鉾田, である. さらに, エコー東端に引いた実線は積乱雲による吹きだしと南風の不連続線を目安として引いたものである.

ひょうを降らしたクラスターの1つは栃木県西部に発生し, 第8図に見られるように県北部から茨城県中部にまでのびる大きなクラスターとなって太平洋に抜けたものである. これを以後クラスターAと呼ぶ. また, このクラスターの南側, 埼玉県東部に11時15分頃から強いエコーが発生し, 茨城県南部から霞ヶ浦を経てクラスターAとつながりながら太平洋に抜けたクラスターもある(クラスターB). さらに, 埼玉県東部と東京都との県境に約30分の時間間隔をおいて強いエコーが発生し, 東に移動した. 千葉県東部に降ひょうをもたらした積乱雲

は霞ヶ浦南西部の県境に14時頃新たに発達したものである.

クラスターAはスケールが大きく栃木県西部から太平洋岸まで広い範囲に一面に降ひょうをもたらしたが, 降ひょうは数分の程度であったのに対し, 埼玉県西部から茨城県南部ではクラスターBを始めとして2時間近く次々に積乱雲に襲われたため, 第6図に見られるように降ひょう時刻はまちまちであり, 降ひょうが無かった地点も点在しているという違いがみられる. また, クラスターAの南部で, 群馬県境から筑波山にかけての領域でも降ひょうは無かった.

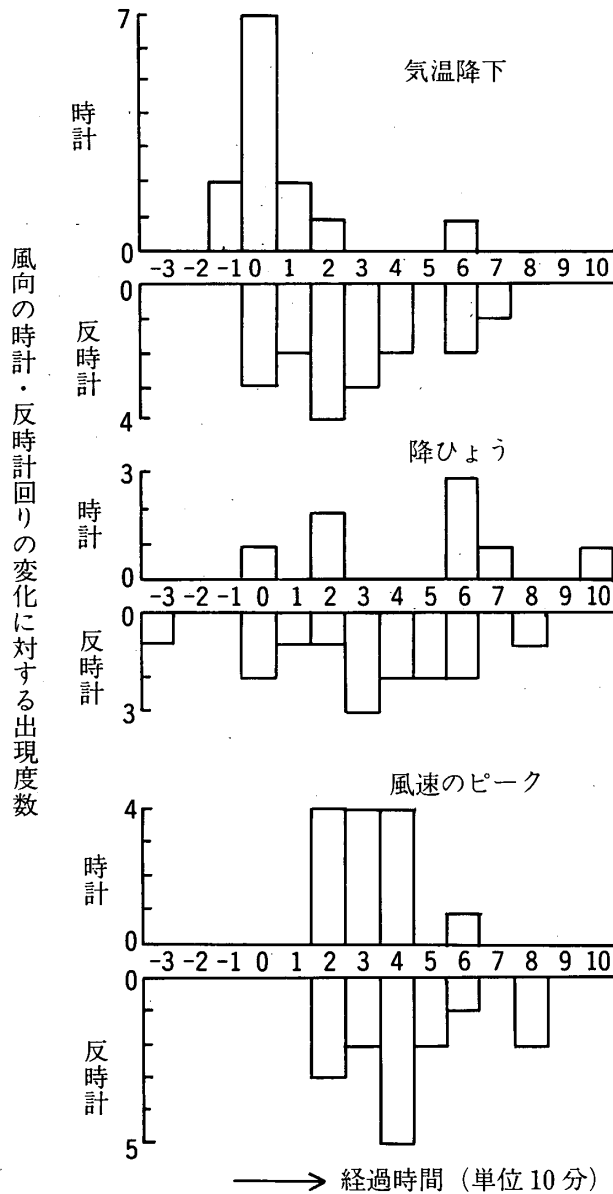
第8図の右に示されるアメダス気象要素の変化図は, クラスターAの中心のやや北側に位置する観測点のもので, 宇都宮から東方へ直線的に日立まで4地点のものである. また, 左の図は全体の擾乱の南端に位置する地点を越谷から北東方向の鉾田までの変化を示したものである. これらの変化図から, 特徴的な違いを見ることができる. まず, 北側では全体的に温度降下よりかなり早い時刻に風向が反時計回りに変化し, 温度が下がった時点で最大風速が出現している. 一方, 南側では温度降下と



第8図. レーダーエコーの分布と代表的な地点におけるアメダス気象要素の10分ごとの時間変化. 折線グラフの実線は風向(16方位), 点線は風速(m/s), 破線は気温(℃). 縦軸の値は3要素に共通.

風向変化はほぼ同じで、風向変化は時計回りである。また、風速は強くなることはなく、弱まる傾向が強い。この傾向は図に示されていないが、銚子や佐倉など南側でさらに顕著である。これは南側の不連続線が東西方向に走っているため、南北の風が十分混合したためとも考えられる。

このような気象要素の違いと時間的な遅れを、栃木・茨城・埼玉・千葉の各県で得られたアメダスデータから、

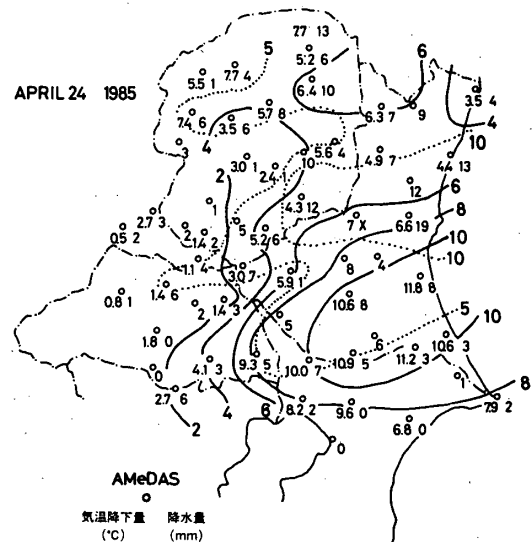


第9図. 風向変化の開始時刻から各気象要因の開始までの経過時間の度数分布図。横軸は10分ごとの時間。縦軸はアメダス観測地点数で、上は時計回りに風向が変化したとき、下は反時計回りに変化したときの数。

第9図に示した。気象要素の変化の中で最も先に起きるのは風向変化であったので、それから10分単位で、次の各要素が変化するまでの時間を横軸に示した。ここで、風向変化の開始時刻として取る位置は30分以内に方位の変化が4以上で、最も変化の大きい部分を含む始まりの時刻、温度変化は1時間に5℃または10分に2℃以上で、最も時間変化の大きい部分の始まりの時刻、風速のピークは温度変化過程内のピーク発生時刻である。降ひょう時刻は各機関による調査報告(第6図)によるものである。

複数の積乱雲が通過した地点もあるので、変化時刻の取り方に問題が残るが、次のような特徴が見られる。第8図に示したように、第9図から温度降下は時計回りの場合風向変化とはほぼ同時に起きている。一方、反時計回りの風向変化の場合は20-30分遅れている。降ひょうの開始時刻はばらつきが多いが、反時計回りの方に降ひょうが多く見られ、平均的に見ると30分程度遅れる。また、風速のピークは風向変化との関係においてははっきり差は認められないが(第8図で示したように反時計回りの方が風速は大きくなる)、30分から40分遅れて出現する傾向が見られる。

第10図にはアメダスによる1時間単位で見たときの、降ひょう前後の気温変化量と降水量の分布を示した。クラスターAによる降水量は小山から水戸にかけてピークをなしている。埼玉県から茨城県南部ではそれに比べ少



第10図. 降水量(点線)と気温降下量(実線)の分布図。

ない。しかし、温度降下量は龍ヶ崎から鉾田にかけての領域で大きい。南部と北部の温度降下量の差は第8図においても見られた。これは南部を複数の積乱雲が通り、第8図左の我孫子や土浦の温度変化図に見られるように、2段階に温度が下がったため、十分降下できたと思われる。温度降下により達成された最低温度は、上空の気塊を湿潤断熱的に下降したときの最低温度を若干下回る程の温度である。

この日の例は規模が大きく、いくつもの積乱雲が発生し複雑な現象を示した。このような大規模な現象は興味あることであるし、特に注意する必要もあるが、現象を的確に把握するためには孤立した積乱雲からの降ひょうも解析する必要がある。多くの解析が行なわれ、降ひょう予測、ひいてはひょう害の防止が速やかに行なわれるようになることが望まれる。

摘 要

1985年4月24日関東地方の広い範囲でひょうが降った。被害は約5億円に達したが、季節的に早かったせいもあり、規模の割には少なかったといえる。しかし、降ひょうの規模が大きかったので、降ひょう予測という点に注目しながら解析を行なった。その結果、次のような知見が得られた。

1. 進行速度は日本海上で少し遅くなるが、500 mbの寒気の大陸上の移動速度を使って外挿することでおおむね予想できた。

2. 降ひょう日には対流不安定が地上から3000 mまで達し、下層は南よりの風で湿度が高く、上層は北よりの風が卓越していた。

3. ショワルターの安定指数を用いた降ひょう予測では850 mbより900 mbの気塊を用いた方がうまく予報できた。

4. クラスターの南側と東側では風向・風速・気温降下の間に異なる関係が見られた。

5. 風向が変化した時から降ひょうと風速ピークが生ずるまでの時間は、平均的に見ると30から40分程度であった。

6. 降雨域と気温降下域にずれがあったが、最大の気温降下量は温度の時間変化の軌跡から、連続した複数の積乱雲による下降気流によってもたらされたと判断された。

謝 辞

この研究は文部省科学研究費自然災害特別研究計画研究「降ひょうと下降流突風（ダウンバースト）に伴う災害に関する研究」の一環として行なわれたものである。

大阪府立大学農学部小元敬男教授にはこの研究を始めの動機を与えていただき、さらに降ひょうに関する数多くのご教示と貴重な資料も提供して頂いた。ここに心より感謝いたします。また、ひょう害や気象資料を快く提供して頂いた関係各官庁に感謝の意を表します。

引用文献

- 羽原健司・根山芳晴 (1986) : 京都府内の降ひょうの特性について, 気象研究時報, 37 巻別冊, 126-127.
- 小元敬男ら (1976) : 昭和 50 年 6 月 9 日の群馬県の降ひょう (序報), 国立防災科学技術センター研究速報, 第 22 号, p. 31.
- 小元敬男 (1984) : ひょう害, 農業気象, 40 (2), 163-172.
- 小元敬男・清野豁 (1978) : 降ひょう特性と農作物の被害率の関係, 農業気象, 24 (2), 65-76.
- 梶川正弘 (1984) : 東北地方における降雹の実態と電害防止に関する基礎的研究, 自然災害特別研究研究成果報告書, p. 79.
- Seino, H (1980) : On the Characteristics of Hail Size Distribution Related to Crop Damage. 農業気象, 36 (1), 81-88.
- 清野豁 (1984) : ひょう害に関する研究の現状, 農業気象, 40 (2), 173-179.
- 八木鶴平 (1984) : 昭和 58 年 7 月 27 日雷雨群による災害事例, 気象学会講演要旨, 1984 年秋, p. 189.