

韓国の中部地方を対象とした降ひょう予測法

権 奉 來 *

大韓民国中央観象台春川測候所

米 谷 恒 春 **

国立防災科学技術センター

Hailstorm Forecasting for the Central Korea

By

Bong-Rae Kweon

Chuncheon Weather Station, Central Meteorological Office, Republic of Korea

and

Tsuneharu Yonetani

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

The nomogram for forecasting hailstorms in the Kanto district, Japan is shown applicable to forecasting hailstorms in the Central Korea. The combination of such three factors as Showalter stability index, 500 mb temperature and lower layer stability index, is capable of forecasting hailstorms with 70% occurrence probability and 73% Heidke's skill score.

The atmospheric structure seen on days with hailstorms in the Central Korea was similar to that in the Kanto district. Their similarity consists of: (a) a small Showalter stability index, (b) a relatively low 500 mb temperature, and (c) a low stability of a layer below about 850 mb, which occurs independently of the low stability of an upper layer.

* 1981年3月から8月の間、コロソボ計画による技術協力に基づく研修のため科学技術庁国立防災科学技術センターに滞在

** 第1研究部

1. ま え が き

ひょうは通常、激しい雷雨に伴って降る。このため韓国や日本における降ひょうの予報は、激しい雷雨が予想されるときにひょうを伴う雷雨という形で発表されている。降ひょう抑制実験が実施されたアメリカ合衆国でも同じ考え方と推測され、降ひょうのみの予測法は無いようである。

次節で述べるように、韓国でも日本と同じ程度に降ひょうがあり、被害も多い。雷雨の予測精度を上げるための調査・研究がいままでも実施されてきたが (Yoo and Shin, 1975; Kim Shin, 1977), 一層の精度向上が望まれている。

ところで、国立防災科学技術センターではかつてひょう害の防災に取り組み、降ひょう予測のためのノモグラムを作製した (小元・米谷, 1976) 。

本報告では、このノモグラムを基礎にして、韓国の中部地方を対象とした降ひょう予報の可能性を調べる。

2. 韓国における降ひょう

韓国における大きなひょうについて、歴史的に調べた結果は次のとおりである (Kim and

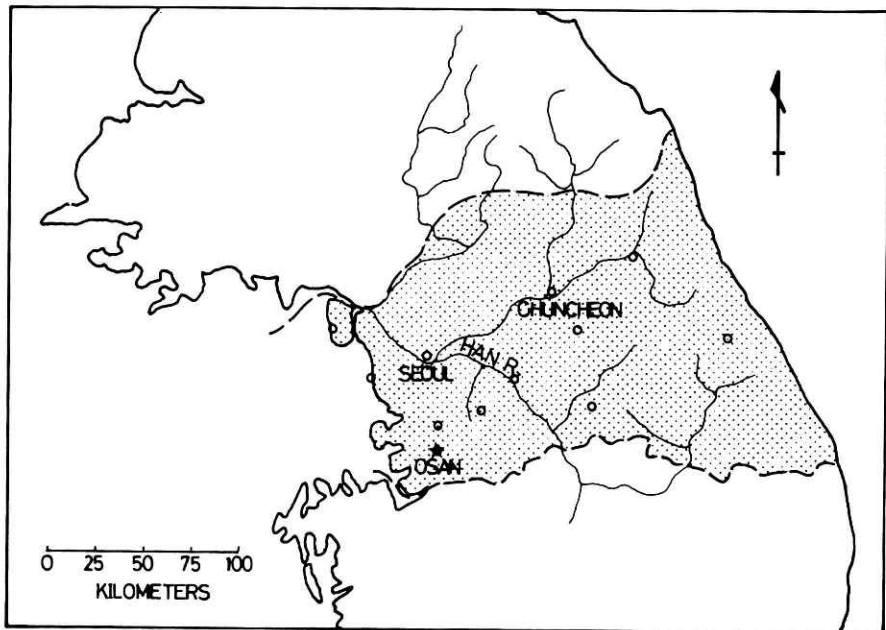


図 1 韓国の中部地方 (陰を施した領域) における気象観測所の位置図、曲線はハン川。

Fig.1 A map showing weather stations in Central Korea (Shaded area). Han river is drawn.

Son, 1977). 鶏卵や桃の実よりも大きい「巨大ひょう」は、平均すると50年に1度～2度降っている。最近の例としては、1975年5月30日にドンネ(東萊)〔プサン市(釜山市)の北郊外〕に降った。夜間を含む12時間を経た時点でも、このひょうの直径は40cmもあり、降った時には直径約80cm、重さ約50～60kgのひょうであったと推定された。

地域的にみると、雷雨や降ひょうはテ-ペク山脈(太白山脈)の西側に多く、また南部より中部で多い。図1に示したソウルやチュンチョン(春川)の在る中部地方が雷雨・降ひょうの多い地域である(Chung, 1980)。チュンチョンでの観測によれば、1972年～1977年の6年間にひょうを伴った雷雨は6回あった。日本で降ひょうの多い北関東では、最多の所で11年間に10回程度であり、全体的にみると5日～10日になっている(Omoto, 1967)。以上の統計的な数値から、韓国の中部地方と日本の北関東地方とで、降ひょうの発生回数に大差はないと思われる。

ここで、降ひょうの頻度について記しておきたい。降ひょうは局所的な現象であるので、観測点の分布密度が高いとその地域における降ひょう回数は多くなる。小元ら(1978)が関東地方の群馬県の5年間について調査した結果によると、群馬県気象月報に記されたひょう害が発生した日数は13日であるが、国立防災科学技術センターが実施した密な観測網に降ひょうが記録された日数は38日にもなる。ところで、群馬県の前橋地方気象台で降ひょうが記録された日数を同じ期間について調べたところ、3日にすぎない。韓国の中部地方での降ひょう日数はチュンチョンで観測された日数よりも当然、多いであろう。

3. データについて

本報告では、韓国での雷雨・降ひょうの多い中部地方を対象とし、オサン(烏山、位置関係は図1参照)で09LST(00GMT)に観測した高層気象データを用いて、当日の降ひょう予測を試みる。なお、オサンの高層気象データが中部地方の状態を代表していることは、雷雨予報の場合についてすでに調べられている(Kim and Shin, 1977)。期間は、当初1976年～1980年の5カ年を予定したが、1978年の09LSTのデータが無いので、1978年を除く4カ年の5月1日～9月30日とした。ただし、高層気象観測のなされなかった日がこの4カ年に3日ある。

ある地域での降ひょう日の決定は常に不確実さがある。第2節の後半に記したように、気象観測所のデータだけで降ひょう日を決めると、その数は現実よりかなり小さくなるであろう。実際、中部地方にある11の観測所のどこかでひょうが記録された日数は、調査した4年間で7日にすぎなかった。他方、新聞報道によるひょう害が発生した日数はこの4年間に5日あり、このうちの4日はいづれの観測所においても降ひょうを記録していない。

防災の視点からすれば、被害を引き起こす程度の激しい降ひょうを予測できれば望ましい。一方、被害は被災対象によって大きく変化する。したがって、大気状態から被害をもたらす

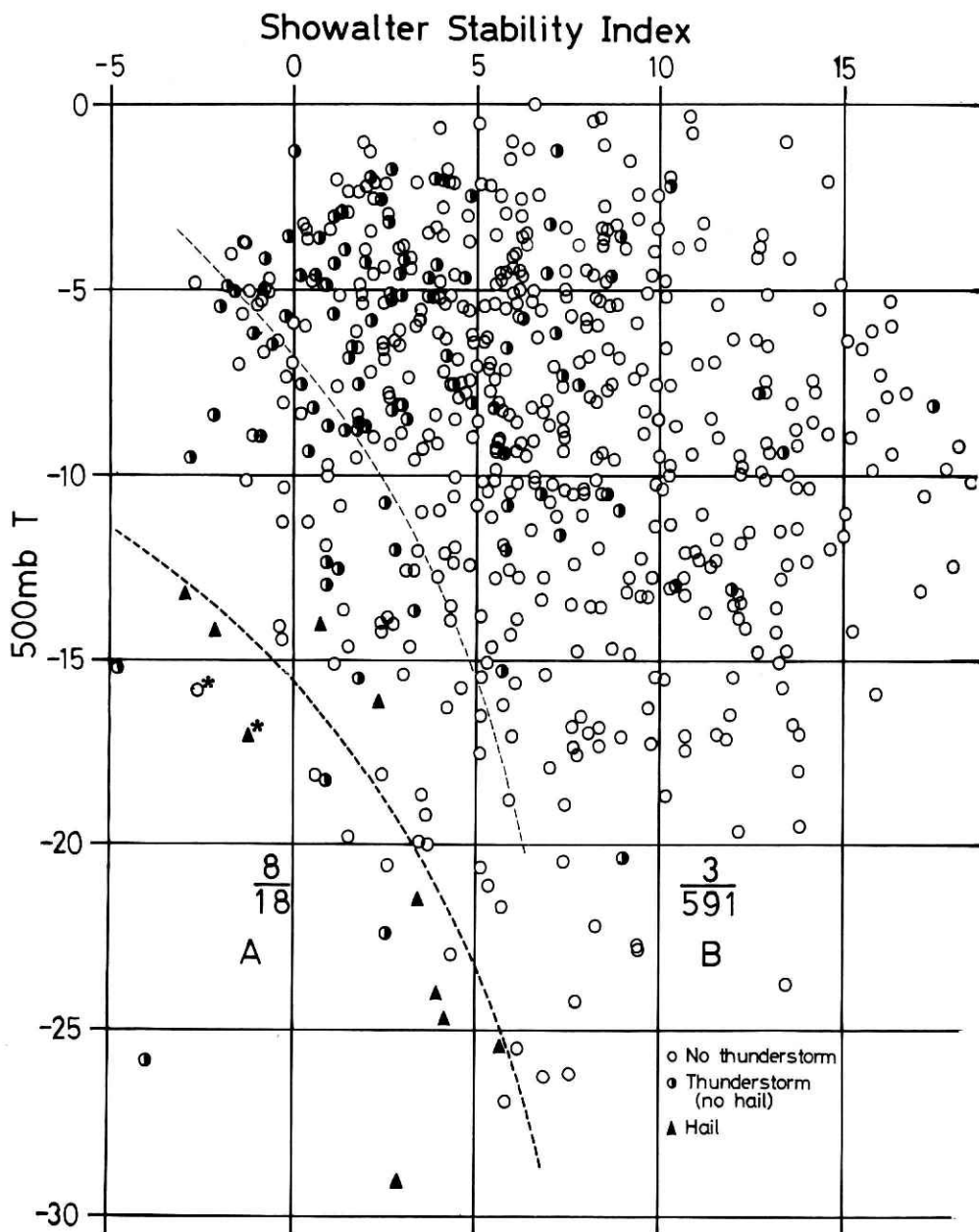


図 2 500mb 気温 (オサン) とショワルター の安定指数の組合せと、韓国の中部地方における降ひょう日の関係。*印を付した日は1976年6月25日 (降ひょう日) と1979年5月21日 (無雷雨日)

Fig.2 Hailstorms in Central Korea in relation to the 500mb temperature and the Showalter stability index using Osan 09LST sounding, for the periods May 1 through September 30, 1976 - 1980 except 1978. Days with star are June 25 1976 (hail day) and May 21 1979 (other day).

降ひょうを予測することは論理的でない。本報告では、中部地方にある気象観測所のいずれかで降ひょうが記録された日、または、新聞報道によるひょう害が発生した日をもって降ひょう日とした。降ひょう日は4年間で11日である。

4. ショワルターの安定指数、500mbの気温と降ひょうとの関係

雷雨や降ひょうは積乱雲に伴って発生する。積乱雲は、中緯度地方で気温が0℃になる高度(約5 km)を優に越えて発達するので、雲中でひょうが形成されていることはまれでない。地上での降ひょうの有無は、雲中で形成されたひょうが溶け切らずに地上に到達するか否か、という事で説明されている。であれば、気温が低いほど、また積乱雲がよく発達し雲中でひょうが大きく成長できるほど、地上にひょうが降る確率は大きくなるであろう。このような考えで、横軸にショワルターの安定指数(以下SSIと略記)を、縦軸に500 mbの気温をとり、関東地方の降ひょう予測を試みたものが小元・米谷のノモグラムである。積乱雲の発達を第一義的に支配する大気の安定性を広く使われているSSIで、気温の高低を500 mb(高度約5.5 km)の気温で表わしている。

調査期間609日を降ひょう日、雷雨日、その他の日に分類してSSIと500 mbの気温を座標とするグラフにプロットしたものが図2である。降ひょう日は気温が低かつSSIが小さい領域に集まっている。図中、太い破線で境界を示したように、SSIが小さく500 mbの気温が低い領域(A)と、SSIが大きい、または500 mbの気温が高い領域(B)とに分ける。すると、全降ひょう日の70%に当たる8日が領域Aに含まれ、また、降ひょう日は領域Aに含まれる全日数18日の44%を占める。

表 1 分割表

予 測 \ 実 況	降ひょう	ひょう無し	合 計
降ひょう	8	10	18
ひょう無し	3	588	591
合 計	11	598	609

図2を降ひょう予測のノモグラムとして、予測と実況を比較した分割表にままとめると表1になる。気候学的適中率を差し引いて、この予測法の技術の程度を評価する技能点を求めると52%と非常に高くなる。適中率や技能点は本来、予測法を開発するのに対象とした期間とは異なる期間で検討し、その場合について議論すべきであろうが、韓国の中部地方を対象とした降ひょう予測法として図2は十分に実用に耐え得るものと言える。

日本の関東地方の降ひょうを対象としたノモグラムと比較してみると、定性的には差異は

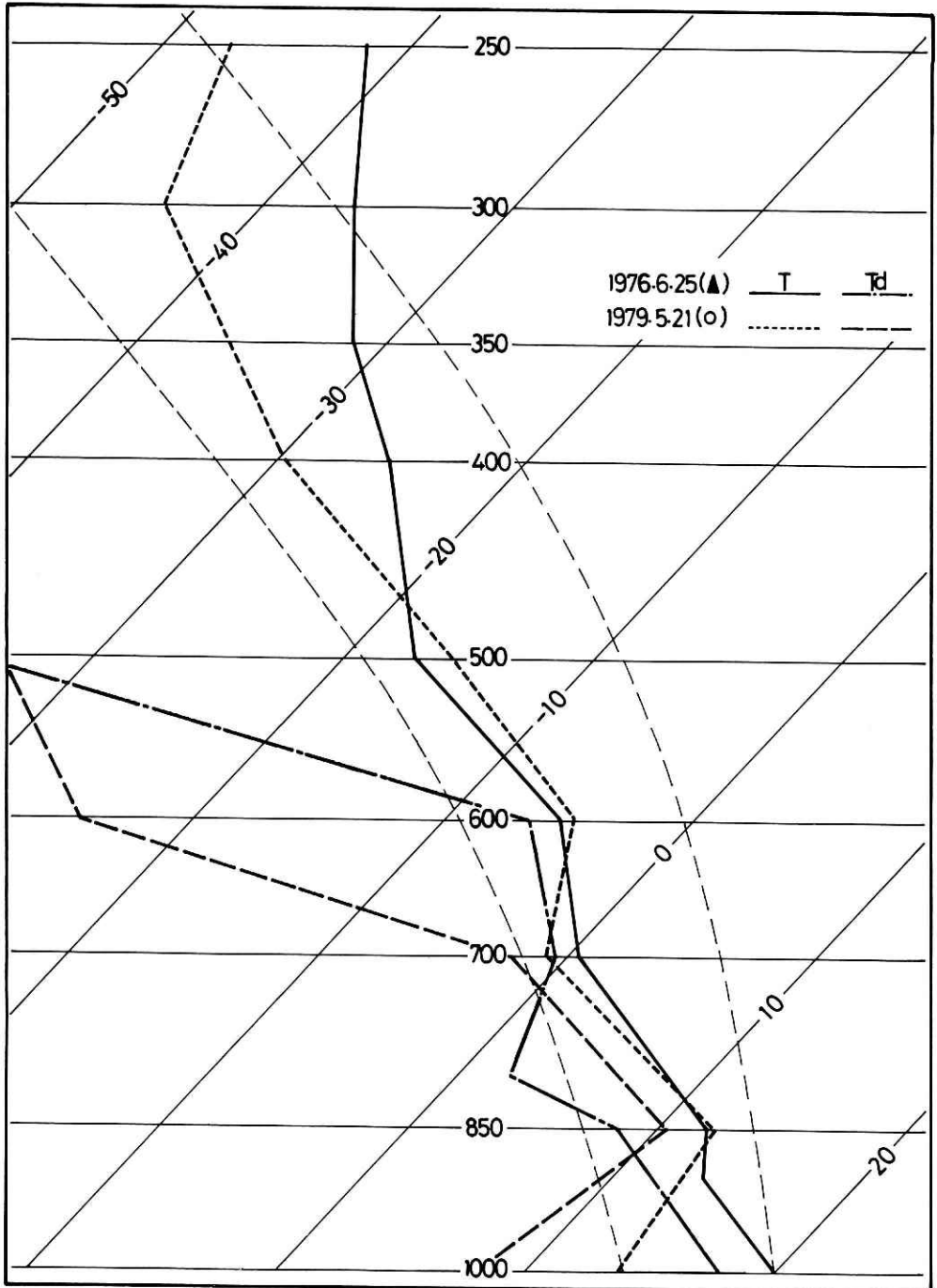


図 3 降ひょう日の1976年6月25日と無雷雨日の1979年5月21日における、気温(T)と露点温度(Td)の鉛直分布。

Fig.3 Vertical profiles of temperature (T) and dew-point temperature (Td) on June 25 1976 (hail day) and May 21 1979 (other day).

ない。関東地方でも韓国の中部地方でも、SSIが小さく500 mbの気温が低い日にひょうが降っている。ところが定量的には、降ひょう日の500 mbの気温が中部地方では全般的に低い。図2の細い破線は関東地方で降ひょうの可能性が大きい（中部地方におけるAの領域と同じ約40%）領域を示す境界であるが、この境界は中部地方を対象とした場合の境界を約9℃だけ高温側へ平行移動した形にはほぼ一致する。

予測法が全く物理的基礎をもたない経験的なものであり、ある地域を対象としたとき適中率が偶然に高いのであれば、対象地域を変えると予測法として使えなくなるということが起ころう。逆に、対象地域を変えても高い適中率が得られれば、予測法の基礎にある考え方が正しいと評価される。ところで、SSIと500 mbの気温との組合せによる降ひょう予測法はそのどちらでも無い。例えばSSIが0の場合、日本の関東地方では500 mbの気温が-7℃以下のとき降ひょうの可能性が大きい。一方韓国の中部地方では、降ひょうの可能性が大きくなるのは-16℃以下のときである。

降ひょうに影響を及ぼすと考えられる大気の安定度や気温以外の気象因子として、風の鉛直分布を挙げることができる。九州では、ジェット気流の北側に位置するときひょうが降ると言われている（福岡管区気象台の資料による）。激しい降ひょう日は風のシアが強いという報告もある（Omoto, 1973）。いずれの場合も上層に強風域が存在していることになるが、このような状態は、韓国や日本の夏にはまれである。上に記した韓国と日本との間に認められる降ひょう日の500 mb気温の違いは、季節によって異なる特徴を持つ大きな場の状態が、夏に降ひょうを抑制するように作用して大気の安定度や気温に劣らぬ影響を降ひょう機構に及ぼしていることを暗示しているのかもしれない。例としては、風の間が考えられる。いずれにしても、韓国の中部地方と日本の関東地方との降ひょう日の大気成層状態に、興味ある相違点が見いだされた。

5. 下層の安定性

高層気象データだけを用いて前節で得られたものより精度のより高い降ひょうの予測が可能であるか、そのためにはいかなる状態を考慮に加えるべきか、をこの節で検討する。

降ひょう予測のためのノモグラム、図2でAの領域に含まれた降ひょう日の1976年6月25日と無雷雨日の1979年5月21日（図2で*を付した日）の気温と露点温度の鉛直分布を図3に示す。850 mbより上層では、成層状態に両日間で大きな差異は無い。無雷雨日の5月21日の方が上層全体での気温減率は大きく、雷雨の発達に好ましい状態であった。850 mbの気温と露点温度および500 mbの気温から決定されるSSIは、上層の大気成層の状態を正しく評価していることが分かる。

この両日の大きな差は下層の状態に認められる。ひょうが降った6月25日の方が、(i)気温減率が大きく、(ii)湿った層が厚い。関東地方においても、上層の大気成層状態が似た雷雨日と

無雷雨日との差は下層の成層状態に有ることが報告されている (Yonetani, 1975 ; 米谷, 1979) . 上に記した(イ)と(ロ)は共に, 雷雨の発生や発達を促進するように作用するが, 関東地方の雷雨日の状態との類似性から, (イ)と密接に関係する下層大気の安定性の差異を強調すべきだと考える.

図2のAの領域に入った日の下層大気の安定性を, 降ひょう日とひょうが降らなかった日とに分けて統計をとった結果を表2に示す. 下層大気の安定性は, 1000 m bの気塊を850 m bまで断熱的に持ち上げたとき, その気塊が持つ気温を850 m bでの気温から差し引いた温度差で示した (以下, L S Iと略記) . ショワルターの安定指数の求め方をそっくり下層に適用したもので, L S Iが小さいほど大気下層の安定性が悪いことを示す.

表 2 降ひょう日と無降ひょう日のL S Iの値. ただし図2のAの領域に入る日

L S I	< - 1	< 2	< 4	≥ 4
降ひょう日数	4	6	8	0
無降ひょう日数	1	2	3	7
降ひょう発生率 (%)	80	75	72	0

表2から次のことが言える.

(1)降ひょう日は全てL S Iが4より小さい. 他方, ひょうが降らなかった日でL S Iが4より小さい日は3日にすぎない.

(2)L S Iが小さいほどひょうが降る確率は高くなる. L S I < 4のときに降ひょう日の占める率は72%であるが, L S I < - 1であれば80%である. このことから, 上層大気の安定性と下層大気の安定性とはお互いに独立していること, そして降ひょう日は上層大気も下層大気も安定性が悪いことが分かる.

降ひょう予測法としては, 図2のAの領域に入った日についてL S Iを求め, L S I < 4の日に降ひょうを予想する. この予測法の適中率は70%程度が期待できる.

6. ま と め

日本の関東地方を対象とした降ひょう予測用ノモグラムを少し変更することによって, 韓国の中部地方を対象とした降ひょう予測用のノモグラムとして使用できることを示した. さらに, 下層大気の安定性を予測因子として採用することにより, 降ひょう予測の精度は一層

高くなる。図2のAの領域に入ること、かつ、下層大気の安定性が4未満となることという、本報告で示した予測法の適中率は70%にもなる。表1のように分割表を作り、技能点を求めると73%の高率になった。本来、この適中率と技能点については検証をして確認すべきである。しかし、関東地方を対象とした予測法を適用したものであるから、ある程度の客観性を持つといえる。したがって、検証の場合でも本報告で得られたのと同程度の適中率と技能点が期待できよう。

韓国の中部地方と日本の関東地方とで、大気成層の状態に次のような類似点と相違点がある。

(1)ひょうは大気の安定性が悪く、気温の低いときに発生している。

(2)降ひょう日の500 m bの気温は、中部地方と関東地方とでは大きく違っている。ショワルターの安定指数が同じときに降ひょうの可能性が大きくなる500 m bの気温は、韓国の中部地方における方が10℃近く低い。

(3)大気成層は850 m b周辺を境にして状態が大きく違うことがある。ショワルターの安定指数で不安定と評価されても、下層が非常に安定であることが少なくない。このことは、韓国の中部地方でも日本の関東地方でも生じている。

(3)の事実は、対流現象の予測において下層大気の状態をも考慮すべきであることを示している。下層大気の安定度を予測因子として採用することにより、雷雨予測などの精度の向上がもたらされると考えられる。

謝 辞

本研究は著者の一人、大韓民国中央観象台春川測候所權奉來の研修（コロンボ計画による技術協力、1981年3月23日～8月28日）の一環として行ったものである。資料の収集には、韓国中央観象台のキムチョンキョ（金宗奎）氏のご援助を得た。また研修期間中、国立防災科学技術センター木下武雄第1研究部長をはじめ多くの方々に種々お世話になった。記して深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Chung, Kui - Won, (1980): Characteristics of thunderstorm activities. Central Meteorological Office, MR-80-5 1-110 (韓国語, 英文抄録付)。
- 2) Kim Moon-I1 and I1 - Tak Shin, (1977): Stability indices for thunderstorm forecasting. Central Meteorological Office, MR-77-3, 45-80 (韓国語, 英文抄録付)。
- 3) Kim Sung Sam and Hyeong Jin Son, (1977): Pusan giant hail in May 1975 and search on the bibliographical records of giant hail in Korea. J. Kor. Meteorol. Soc., 13, 13-22 (韓国語, 英文抄録付)。
- 4) Omoto, Y. (1967): Characteristics of hailstorms in Japan. J. Agric.

Meteorol., 23, 115-121.

- 5) Omoto, Y. (1973): Hailstorms in Japan. International Conference on Weather Modification, Tashkent U.S.S.R., Oct. 1-7, 1973, WMO No. 399, 207-216 (国立防災科学技術センター研究資料, 34, 33-39に再録).
- 6) 小元敬男・八木鶴平・清野裕・米谷恒春 (1978): 群馬県における降ひょう観測 (1971~1975). 農業気象, 34, 17-21.
- 7) 小元敬男・米谷恒春 (1976): 関東地方の雷雨 (その1). 国立防災科学技術センター研究報告, 第14号, 65-78.
- 8) Yonetani, T. (1957): Characteristics of atmospheric vertical structure on days with thunderstorms in the northern Kanto plain. *J. Meteor. Soc. Japan*, 53, 139-148.
- 9) 米谷恒春 (1979): 雲低下層における安定度の影響を考慮した雷雨予報のための不安定指数, 国立防災科学技術センター研究報告, 21, 35-44.
- 10) Yoo Pil-Sun and Hyun-Kap Shin (1975): Statistical features on thunder and lightning in Central Korea. Central Meteorological Office, MR-77-3, 45-80 (韓国語, 英文抄録付).

(1981年9月7日 原稿受理)