

雪の結晶の水平分布について（序報）

—石狩平野における観測—

樋 口 敬 二*

1. はしがき

今冬、1959年1月20日から2月28日までの40日間、石狩平野内の14地点において、雪の結晶形の同時観測を試みた。その目的は、次の二つである。第一は、天然雪の結晶形と高層の気象条件との関係を調べることである。この問題については、既に、Gold-Power¹⁾、若浜（旧姓村井）²⁾の研究があり、地上で観察した雪の結晶形と、雲の上層部の気温との関係は、中谷らによる人工雪の生成条件³⁾と一致するという結果を得ている。しかし、いづれも、一地点の観測であり、上層で生成した雪の結晶が、強い風によって、水平方向に流されることを考えると、一地点の観測では不十分で、ある区域内に降った雪の結晶形と高層の気象条件とを比較することが望ましい。そこで、今回は、石狩平野の約5000KM²の区域内の14地点で、観測を行ってみたい訳である。

第二の目的は、同一の結晶形の雪が降る区域を調べることにあった。この問題については、今まで、調査研究されたことはない。しかし、レーダーによる降雪域の研究が進むにつれて、同一結晶形の降る区域は、降雪機構

を知る上に、重要な問題の一つになると思われる。

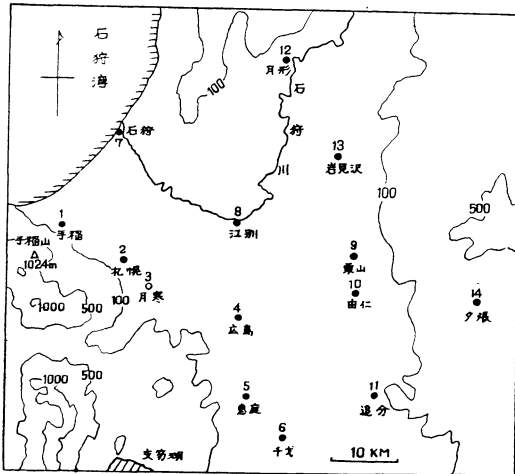
以上、二つの目的で実施した雪の結晶形の同時観測の結果を、極めて簡略ではあるが、序報として報告する。

2. 観測の方法

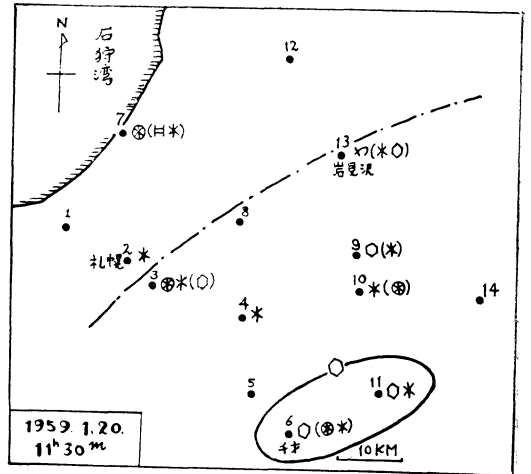
雪の結晶形の観察は、第1図に示す石狩平野内の13地点にある高等学校又は中学校の理科担当教官に依頼した。又、札幌、岩見沢では、札幌管区気象台、岩見沢測候所に依頼した。観察は、肉眼、又は虫メガネによった。観測点が多く、又、委託観測なので、顕微鏡、レプリカ、影写真等を用いることができなかったため、肉眼観察によったのである。

肉眼観察であるため、雪の結晶の微細な形の判別は無理なので、雪の結晶形は、実用分類に従って、次の8種類に分けて、記録した。

1) 角板、2) 六花、3) 角柱、4) 針、5) 立体的にのびた六花(イガグリ状結晶を含む)、6) つづみ型、7) 不規則な結晶、8) 雪あられ、の8種類である。それぞれ



第1図 石狩平野地形図



- | | | | |
|---|----|---|-----------|
| ○ | 角板 | ⊗ | 立体的にのびた六花 |
| * | 六花 | ≡ | つづみ型 |
| □ | 角柱 | ∟ | 不規則な結晶 |
| ← | 針 | * | 雪あられ |

第2図 1月20日11時30分の分布図

* 北海道大学地球物理学教室

の略号は、第2図の下に示した。

観測期間は、1959年1月20日から2月28日までの40日間で、同時観測の時刻は、午前9時30分、10時30分、11時30分、12時30分の4回である。札幌でラジオゾンデをあげるのが9時なので、その観測結果と比較するために、このようにきめた。

記録する項目としては、雪の結晶形の他に、雪片の有無、降り方の大体の強さ等も依頼した。観測を実施するに当っては、それ以前に、雪の代表的な形と、その大きさを示す写真を配布し、観測を依頼した人達を筆者が訪問して、観察の要領などについて説明した。

3. 観測の結果

観測を依頼したのは、前記の通り、9時30分、10時30分、11時30分、12時30分の4回である。時によっては、観測者の都合により多少の時間的ずれのある場合もあったけれども、各観測点の観測はほとんど同時であり、各地の観測を括めて、各時刻における雪の結晶形の水平分布を知ることができ、又、その時間的変化もとらえられた。

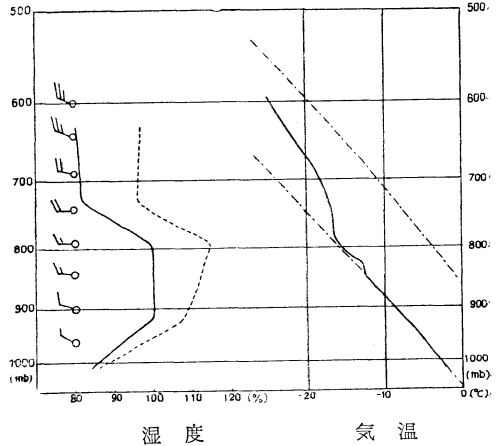
1月20日から2月28日までの40日間に、観測点の全部で降雪がなかったのは、2月15日、19日、20日、21日の4日のみで、他の日には、観測点のどこかで降雪があった。その中で、広範囲にわたる降雪の例として、1月20日、1月30日、2月10日の降雪について、観測結果の概略を述べよう。

A) 1月20日 (季節風による降雪)

この日の降雪は、季節風によるもので、降雪の範囲は、新潟以北の日本海岸で、樺太まで及んでいた。降水量は、札幌で1.7mm、岩見沢で3.4mmであった。

第2図は、11時30分における雪の結晶形の分布図である。括弧の中に示したのは、数が比較的少なかった結晶形である。又、記入してないのは欠測で、降雪がなかったことを示すものではない。紙面の都合で、分布の時間的変化は省略するが、この降雪の特長は、第2図にみる様に、六花結晶が広範囲に降り、それに南西部で角板がまじったことである。殊に、観測点6 (千才)、11 (追分) では、角板が多く降っている。

この日の9時に、札幌であげたラジオゾンデの測定結果をエマグラムに記入したのが、第3図である。湿度は、水に対するものを実線、氷に対するものを点線で示した。又、風向、風速は、高度500mおきに記入しており、長い矢羽根が10m/sec、短い矢羽根が5m/secをあらわしている。破線は、飽和断熱線を示したものであ



第3図 1月20日9時の状態曲線

る。(これらの表示は、以後の図についても同じである)

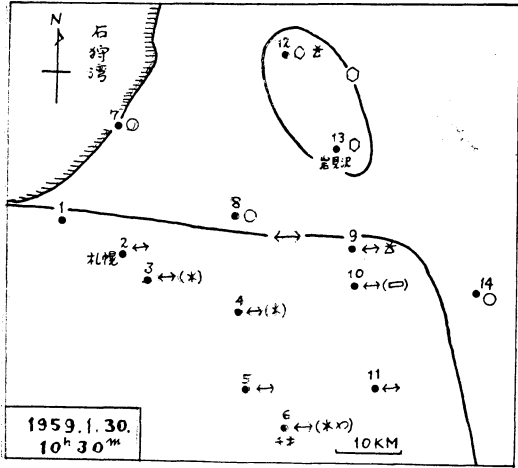
氷に対して飽和しているのは、950mb (550m, -6°C) から 745mb (2450m, -17°C) までの気層である。六花結晶の中で、樹枝状結晶は、人工雪の実験³⁾から、気温 -14°C ~ -17°C、氷に対する湿度 110 ~ 140% の条件で生成するとされて居り、この条件を満すのは、820mb (1700m, -14°C) から 775mb (2150m, -16.5°C) までの厚さ 450m の層である。落下速度と成長速度から考えて、この層でかなりの大きさの樹枝状結晶が生成、成長したと推定してよい。広範囲に観察された六花結晶は、この樹枝状結晶と思われる。

角板は、人工雪の実験³⁾から、樹枝状結晶の生成条件より少し冷いか、少し温い気温で生成するとされている。この日の降雪で、六花結晶にまじって降った角板は、上に述べた樹枝状結晶の生成した層の上下の気層で生成したとみられる。しかし、上層で生成した角板は、落下の途中で、樹枝状結晶の生成する気層を通り、枝付角板、又は、六花結晶へと成長すると思われる。従って、地上で観察した角板は、樹枝状結晶の生成した気層の下の層、即ち、820mb (1700m, -14°C) から 890mb (1100m, -10°C) にわたる湿度 110% 以上の気層で生成したものであろう。

B) 1月30日 (温暖前線による降雪)

この日の降雪は、本州の日本海岸と太平洋岸を北上した二つの低気圧に伴う温暖前線によるもので、函館までは雨、札幌以北で雪が降った。降水量は、札幌で、28.5mm、岩見沢で1.5mmであり、この違いは、降雪域にも、はっきりとあらわれていた。

この日の降雪の特長は、第4図に10時30分の分布を示



第4図 1月30日10時30分の分布図

す様に、南半分で、針状結晶が降ったことである。高層の気象条件は、第5図に示す通りであり、氷に対して飽和しているのは、990mb (100m, -4°C) から 570mb (4300m, -19°C) までの気層であった。人工雪の実験⁵⁾によると、針状結晶は、気温 $-5^{\circ}\text{C}\sim-6^{\circ}\text{C}$ 、氷に対する湿度 105% 以上で生成するとされて居り、この条件を満すのは、970mb (300m, -5°C) から 950mb (500m, -6°C) までの気層で、この日に降った針状結晶は、この層で生成したものであろう。

一方、この日には、北大雪物理グループ⁷⁾が手稲山で降雪の観測をして居り、顕微鏡観察によると、この降雪には、針状結晶の外に、非常に細長い角柱状の結晶、又は、サヤ状とよべる形の結晶がまじって降っていた。肉眼観察では、それらの区別はつかないから、この日に肉

眼観察で針状と報告されたものの中には、これらの角柱、サヤ状の結晶も含んでいると思われる。サヤ状結晶は、小林⁵⁾によると、 $-5^{\circ}\text{C}\sim-10^{\circ}\text{C}$ で生成するとされているが、この日には、 $-6^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ の温度範囲は、500m から 2400m に達する厚い層であり、この層で、サヤ状結晶が生成し、それが地上で針状と観察されたと思像される。

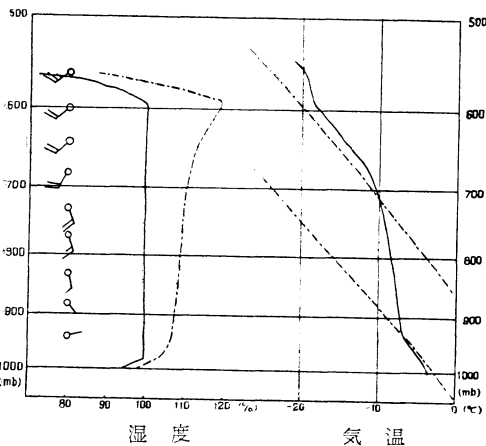
第4図にみる様に、六花結晶が局所的にまじっているが、これは、氷で飽和した気層の上層に樹枝状結晶の生成条件を満す層があり、ここで生成したものであろう。又、観測点13 (岩見沢)、14 (月形) に観察された角板については、気塊が違うと思われるので、生成条件については、何も云えない。

針状結晶の降った区域は、第4図に示した通り、東西の線で区切られているが、これは 700mb, 850mb の天気図にみられる等温線と平行であり、降雪の機構からみて、興味がある。

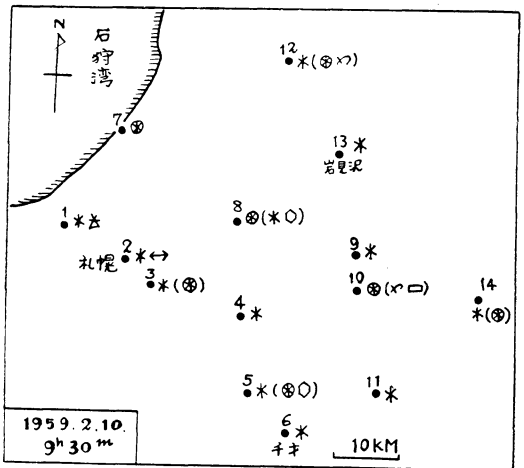
C) 2月10日 (閉塞前線による降雪)

この日の降雪は、本州太平洋岸を北上した低気圧に伴う閉塞前線によるもので、降雪範囲は、秋田以北の日本海岸で、降水量は、札幌で 15.5mm, 岩見沢で 1.7mm であった。

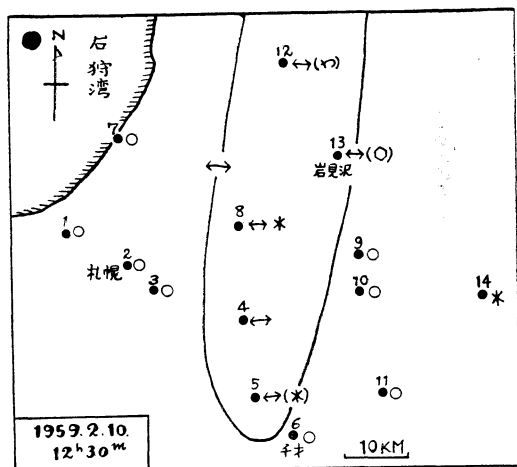
この降雪の特長は、六花結晶が全域に降っていた状態から、針状結晶が局部的に降る状態へ移る時間的变化がみとめられたことである。9時30分には、第6図に示す様に、六花結晶が全域に降って居たが、12時30分には、第7図に示す様に、局部的に針状結晶が降った。(この図で、○印は、晴を示す) この針状の区域の拡大は、1時



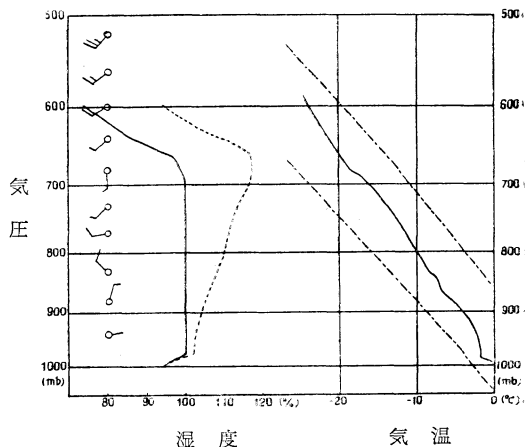
第5図 1月30日9時の状態曲線



第6図 2月10日9時30分の分布図



第7図 2月10日12時30分の分布図



第8図 2月10日9時の状態曲線

間毎の分布図にはっきりとみとめられた。

この日の9時の高層の気象条件は、第8図に示す通りで、氷に対して飽和しているのは、975mb (200m, -2°C) から 625mb (3700m, -23°C) までの気層である。樹枝状結晶が生成するとみられる層は、730mb (2500m, -14°C) から 690mb (2800m, -17°C) までであり、前半に降っていた六花結晶は、この層で生成したものであろう。時刻は、少しずれるが、札幌での地上観測によると、3000m に高層雲、2500m に高積雲の報告があるので、この推定は、妥当であろう。又、針状結晶が生成するとみられる層は、890mb (900m, -5°C) から 875mb (1000m, -6°C) までであり、これは地上観測で、900m にみとめられた片乱雲と一致しており、針状結晶はこの層から降ったものであろう。しかし六花結晶の降っていた状態から、針状の降る状態に移って行った時間的変化については、現在の段階では、説明はつけられない。

第7図にみられる様に、12時30分には、針状結晶の降った区域は、南北にのびて居り、これは、高層天気図にみられる等温線が北海道を南北に通っているのと平行であり、1月30日と同様、興味あることである。

以上、紙面の都合で、極めて簡略ではあるが、雪の結晶の水平分布について、報告した。いづれ、詳細な結果

は、別の機会に発表する予定である。

この調査に当って、指示、討論を載せた北大中谷宇吉郎教授、孫野長治教授に謝意を表す。又、今回の調査を実施するに当っては、北海道理科学研究会の協力に負う所が大きく、殊に、会長市川純彦北大教授の御尽力に対し、厚くお礼申し上げる。実際に、観察に当って下さった札幌管区気象台観測課、岩見沢測候所の方々、安井(手稲)、山田・津田(月寒)、平原(広島)、田隈(恵庭)、和田(千才)、塚谷(石狩)、河口(江別)、山崎・佐川(栗山)、信山(由仁)、鈴木、岡本(追分)、渋谷(月形)、高橋(岩見沢)、西川(岩見沢)、輪島、針生、林、野坂、若狭、播元(夕張南)の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Gold, L.W. and B.A. Power, 1954, J. of Met. Vol. 11, No. 1, pp. 35~42.
- 2) 村井五郎, 1956, 低温科学, 物理篇, 第15輯, pp. 13~32.
- 3) 中谷宇吉郎, 1949, 雪の研究, (岩波書店) p. 140; 1954, Snow Crystals, (Harvard University Press), p. 244, p. 448.
- 4) 北大雪物理グループ, 1959, 未発表.
- 5) 小林禎作, 1957, 低温科学, 物理篇, 第16輯, pp. 1~26.