

降雪機構に関するシンポジウム*

(昭和36年5月31日, 気象学会 札幌) の話題要旨

- | | | | |
|-------------|------|--------------|--------------|
| 1. 氷晶核 | 磯野謙治 | 2. 人工雪の最近の研究 | 小林禎作 |
| 3. 天然雪の降りかた | 孫野長治 | 4. 驟雪 | 三浦三郎
樋口敬二 |

氷 晶 核

磯野謙治

氷晶核には自然に存在するものと沃化銀のように自然には存在しないものがある。自然の研究を大きく分けると

- (1) 大気中の濃度の空間的, 時間的変化の研究
- (2) 氷晶核の物資及び発源地の決定
- (3) 氷晶核の作用機構に関する研究
- (4) 氷晶核と降水現象との関係の究明

とすることができよう。

最後に氷晶核の連続測定を行なったのは Schaefer であるが, 近年氷晶核の測定技術が進み, WMO でも観測網を設けて測定のための作業委員会ができた。測定法には混合法, 膨脹法とあるが, 作用機構が複雑なので方法によって測定値が異なる難点があるが, 測定方法を定めて測定すれば相対的な濃度の変動を知ることができる。

私達が東京で測定した結果では海洋性気団では氷晶核が少いが, 大陸性気団には多く, 特に大陸から黄砂が飛来したときは著しく多くなる。また火山の爆発の際に氷晶核の増えること及び, 火山灰が氷晶核として極めて有効なことも実験的に確かめられた。

氷晶核の物質決定にあたっては熊井による雪の結晶の中心核の電子顕微鏡観察は直接的ではあるが手数がかかる。X線マイクロプローブアナライザーも物質決定に用いられる。上述のほかに空気の流線を追跡して発源地を推定し, また種々の物質の温度スペクトルとの比較を併

用する方法もある。この方法は気象的学意義を明かにできるという利点がある。

米国の Kline は海洋気団の方が核濃度が多いと述べているが, 流線追跡法に疑点があり, 私信によれば最近のハワイの観測では私達の結論と一致する結果を得たようである。

Bowen の流星塵説は賛否両論があり, 未だ確定的な結論に達していない。しかし丸山の観測結論によれば, 流星雨の発源約28日後に異常な氷晶核濃度の増加が起り, しかも短時間に起るということは注目すべきで, この問題は更に追求して行く価値がある。

Schaefer, Mason や私達は隕石を砕いて氷晶化能力を実当したが能力は小さかった。しかし流星塵の氷晶化能力は隕石とは別の系統の鉱物, 例えば磁鉄鉱のようなものによるのかも知れない。

氷晶核の作用機構として格子間隔, 原子配列の類似による指向性成長が有力であるがなお精密な研究が必要である。無機物の他に動物の有機物質の氷晶核能力の研究も興味がある。

氷晶核が降雨に極めて大きな役割をしていることは良く知られているが, 氷晶核濃度の時間的空間的変動, 分布, 発源地が定性的にも定量的にも明かにされれば雨量予報に応用される時代のくる可能性がある。

従って国内, 国際的協力の下に観測を地上のみならず高層でも行なってデータを得ると共に氷晶核を考慮した定量的な降雨理論を更に進めて行くことが緊要である

最近の人工雪の研究

小林 禎作

雪の結晶習性が, 温度によってきまるものか, 過飽和度か, 或いはその両方によるものかは, 研究者によって

* Symposium on Mechanism of Snowfall

話題提供者の原稿からシンポジウム役員が要旨を作ったもので討論を含めた詳細は気象研究ノート12巻5号に掲載

かなり違った意見がだされている。又減圧大気或いは水素等のふんい気中での結晶の成長に関しても、いろいろ意見が分れている。これらの議論のくいちがいを正すためには、氷についてごく低い過飽和のもとでの結晶習性を調べることが大事なので、小林は Mason に招かれ Imperial College, London においてこの実験を行なった*。

実験は異なる温度 T_1 , T_2 においてそれぞれ氷について飽和した二つの空気の流れは、断熱のよい容積約 3 l の箱の中でよく混合し、その中に吊したウサギの毛の上に結晶を成長させるという方法がとられた。混合した空気の温度が T_1 , T_2 の中間の温度にあれば、空気は氷について僅かの過飽和にある訳で、実験は T_1 , T_2 の温度と二つの空気の流量とをいろいろ変えて行われた。過飽和度は結晶の近くにおかれた小さな露点湿度計を用いて実測された。結晶の成長は、5~6時間から十数時間にわたって観測されたが、やがて箱の内壁には霜が着き、箱内の過飽和は次第に低下して氷上飽和に近づく。観察の一例として、 -15°C 付近で一時的に120%位の過飽和を与えると樹枝状の芽ができるが、過飽和の低下と共に扇形となり、更に過飽和が小さくなると次第に厚みを増して行く。そして103%程度以下になってから現われる結晶はすべて無拮 (solid) の角柱もしくは厚角板に成長する。

こちら角柱状の結晶について、適当な時間々隔で写真を取り、その c/a の値を測ってみると、大へん面白い結果が得られた。 $-10\sim-20^{\circ}\text{C}$ の間では、結晶が大きくなるにつれ c/a の値が 0.8 に、 $-23\sim-32^{\circ}\text{C}$ の間では c/a が 1.4 に漸近的に近づく。 $-5\sim-10^{\circ}\text{C}$ の温度では充分な実験例が得られなかったが、 c/a が 1 より大きくなることは確かのようなのである。

この結果にもとづき、これまでの実験結果を総合すると次のようにいえる雪の。結晶が c 軸方向に伸びる、 a 軸方向に伸びるかという基本的な習性は温度によってきまるが、同時に過飽和度あるいは vapour flux の増大によって

原角板 ($c/a \approx 0.8$) → 角板 (骸晶) → 扇形 → 樹枝
角柱 ($c/a \approx 1.4$) → 角板 (骸晶) → サヤ針
という二次的な成長型をとる。ごく低い過飽和のもとでは、水飽和近くでの著しい温度依存性を示す因子が抑えられて、結晶は isometric な習性をもつ。

* この実験の詳細は Phil. Mag. に発表の予定

ここでまづ問題になるのは樹枝の成長限界である。自然界ではこのような高い水蒸気の過飽和は考えられない。これを説明する機構は何であろうか。又雪の結晶習性が温度と過飽和度によってどのようにきまるかは実験的にほぼ明らかになったが、その物理的機構の解明はすべて今後の問題である。

天然雪の降りかたについて

孫野 長治

中谷の人工雪の研究結果を使って上空の気温や雪の推定ができはしないかという考えかたは相当以前からあったが、実際に雪の結晶形を観測してラジオゾンデの結果と比較したのはカナダの Gold & Power が最初のものである。ラジオゾンデと比較する場合に大切な点は雪の結晶がどの高度で成長したかを定める点にある。彼等は積雪形の雲頂の1000~2000フィート上、層雲形では雲の厚さの半分の高度の1000~2000フィートと仮定して、雪の結晶形の決った温度と中谷の Ta-s ダイアグラムと統計的にはかなりより一致を得たが、実用化するにはあまりにも点がばらついている。若浜は北大で似たような観測を試みたが、ラジオゾンデの位置が結晶の観測位置に近かった故か更により一致を得た。彼の場合は雪の結晶は雲の厚さで雲頂から 1/4 の高度で形が決まるとしている。どちらの場合も結晶形は雲層の上半で決まると仮定して Ta-s ダイアグラムとよい一致を得ているが、それでは雲の下半層は雲の成長に寄与しないのかという問題が新たに生じる。

Kuettner は Mt. Washington を中心にして計四点で結晶形の同時観測を試み、場所は相当離れているが Blue Hill のレーダーも使っている。しかし大した知見は得られなかった。

ドイツの Grunow はミュンヘンの近くでアルプス山系の降雪を観測して、結晶形毎の大きさ及び落下速度を用いて、気温の垂直分布の時間変化を推定し、結晶形を上空解析に実用化する第一歩をふみ出した。彼の推定した垂直分布の変化はラジオゾンデから得た time cross section と傾向が大体一致しているが、湿度に関しては氷に対し70%の大気層雪が成長したという矛盾を多々含んでいるが彼は一向に気にしていない。

雲物理研究グループは手稲山で降雪の総合観測をしているが、1000メートル以下の気温や湿度は通風乾湿計で測っている。雪の成長するその場所で測っているの

Ta-s ダイアグラムとの一致は実用化できる程度によいが、やはり未飽和で結晶が発達するような外観を呈することがある。この奇妙な現象は上層風と下層風との間のシアの大きい時々に限られるので、原因はラジオゾンデが雲の間隙をたまたま上昇したとか、ラジオゾンデの毛髪湿度計の誤差の他に、結晶は山岳性の降雪を観測したものであり、一方ラジオゾンデは平地であげられたものであって、これらを比較することが大きな原因ではないかと考えられる。

樋口は石狩平野で降雪の水平分布を観測したので大スケールの降雪である一つの結晶形の降る区域が数キロメートルから数十キロメートルに及ぶことがわかった。

上述のように結晶形を観測して上空の気温や湿度の状態を推定することは非常に有望であるが、勿論雪が降らなければ問題にならない。しかし雪が降れば上空の状態を時間的にも空間的にも連続して測定できる利点がある。

驟 雪 (1)

三 浦 三 郎

(石狩湾より侵入するにわか雪を伴う雲の調査)

冬季北海道日本海沿岸で、季節風が弱まった時やこれから始る時に、札幌付近は天気が良いが、札幌の北方を西から東へ積雲系の雲が連なっているのが見られる。この雲系は、にわか雪を伴い、特に、岩見沢、美唄付近に多量の雪を降らせることが多い。

本年は、これらの雲と降雪を調査するのに必要な観測方法を検討するため、各方面の協力によって、降雪量、風、雲の分布図、雲のパノラマ写真と映画、飛行機による雲の観測などを総合的に、石狩平野の全域にわたって、5回、実施した。その結果、将来、必要と考えられる観測は、海上の雲の分布、山岳地帯の雲の分布、ドロップゾンデによる低高層の観測等があげられる。

この特別観測の結論としては、

- 1) 石狩地方付近で、高気圧の気圧傾度がゆるい時は、札幌付近では好天が多く、その北方地域では雪を伴っている。
- 2) 石狩平野の中部に、新積雪深の最大をもつ2月16日の場合について調べた結果石狩湾方向よりの西風

が石狩川に沿って北進し、これに、南よりの気流が合し、中部で取れんして北進していた。下層雲の動きから見た上層気流の取れん線も同様であった。

- 3) 飛行機観測や、人工衛星タイロスによる写真などから判断すると、石狩平野に侵入する雲の列は、日本海上でも、数条の雲列となって来ると思われる。

驟 雪 (2)

樋 口 敬 二

(降雪のメソ気象学的研究)

降雪のメソ気象学的解析を困難にしているのは、降雪量、雪の結晶形など降雪現象の諸要素を自記計で記録できない点である。将来、この問題が解決された時に、飛躍的に発展すると思われる。

降雪のメソ気象学的研究を大別すると、次の三つがあげられる。

1) メソ・スケールの観測

これには、レーダーが不可欠であるが、多雪地に設置されているレーダーは少く、Marshall, 今井等による研究があるのみで将来分の野である。

降雪を観測するために特別のメソ・スケールの観測網を作って行う研究は、孫野、三浦によって紹介された通り、次第に進められている。

2) メソ・スケールの実験

人工降雪の実験も、この分野に入るが、増雪の外に、seeding による雪の結晶形の変化(磯野、駒林、小野)は、降雪機構の研究に手がかりを与えられるに違いない。その他、飛行機から小紙片を撒布して、雪の結晶の拡散をしらべようとする実験(樋口)もこの分野の仕事である。

3) メソ気象学的解析

現在のところ、降雪の諸要素の自記記録がないのと、レーダー観測の不足によって、全くなされていなかったが、4月6日自衛隊ジェット機墜落の原因となった吹雪のメソ解析(樋口)を、この分野の仕事としてあげる。北海道の各測候所の記録を総合すると、この吹雪は、気圧の急昇、気温の急降、突風、雹、雷を伴い、不安定線の典型的構造を示していた。降雪のメソ解析は、まだ緒についたに過ぎないが、将来、降雪機構の解明に果す役割は大きいと思われる。