7. 驟雪雲からの降水粒子の時間変化について

梶 川 正 弘
(北海道大学理学部地球物理学教室)

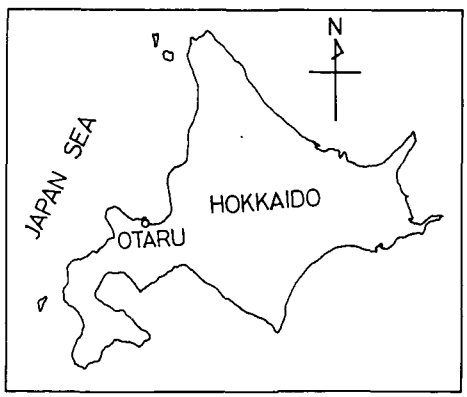
— 昭和45年10月受理 —

I. まえがき

冬期，前線やはっきりした低気圧の影響がなくて，季節風型に近い天気のとき，積雲状の雲からの降雪をみると，断続的であり，また主に降下してくる結晶形にも変化がみられるようである。

長時間にわたる降雪について，降雪粒子の種類と頻度の測定は，中谷・関戸[1]により，十勝岳において行なわれた。熊井・樋口[2]は，レプリカ法により，結晶の数と質量の測定を，旭岳において行なった。また，今井[3]は輪島において，季節風下の降水を観測し，結晶形の変化について論じた。さらにGRUNOW[4]は，前線通過時の結晶形の変化を観測し，寒冷前線と温暖前線で，結晶形はほぼ逆の傾向で変わることを見出した。

筆者は，冬期北海道西海岸における，積雲からの断続的な降雪現象の特徴を知るために，小樽市において，降雪のレプリカを取ることにより，降雪粒子の観測を行なった。また同時に一般気象要素とも比較検討したので，その結果を報告する。

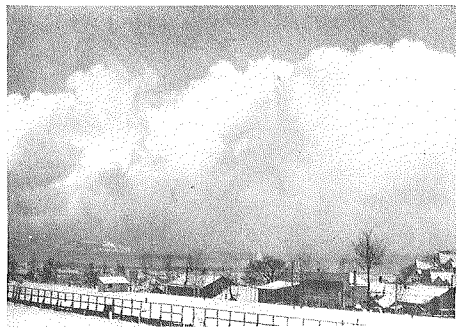


第1図 観測地点（小樽）の位置
Fig. 1. Location of the observation point (OTARU).

II. 観測方法

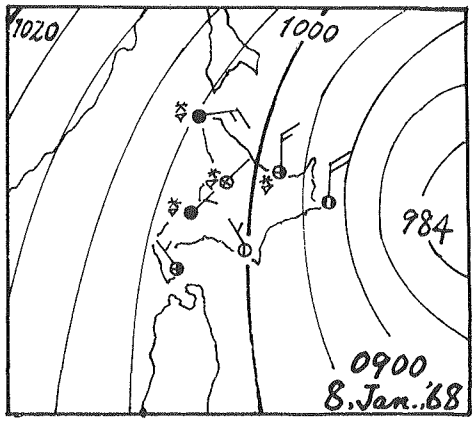
小樽市は，北海道西海岸に位置していて(第1図)，季節風型に近い天気のときには，帯状になった積雲が次々と上空を通過して，断続的な驟雪をもたらすことが多い。第2図に示す写

1) U. NAKAYA and Y. SEKIDO; General Classification of Snow Crystals and Their Frequency of Occurrence, J. Fac. of Sci., Hokkaido Univ., Series II, **1** (1963), 243-264.
2) M. KUMAI and K. HIGUCHI; Measurement of the Mass and Number of Falling Snow Crystals in the Atmosphere, Jour. Met. Soc. Japan, **30** (1952), 345-355.
3) I. IMAI; A Study of the Monsoon Snowfall at Wajima, Jour. Met. Soc. Japan, **32** (1954), 192-214.
4) J. GRUNOW; Observation and Analysis of Snow Crystals for Proving the Suitability as Aerological Sonde. II, Final Rep. to U.S. Army, Contract No. DA-91-591-EUC-1030.



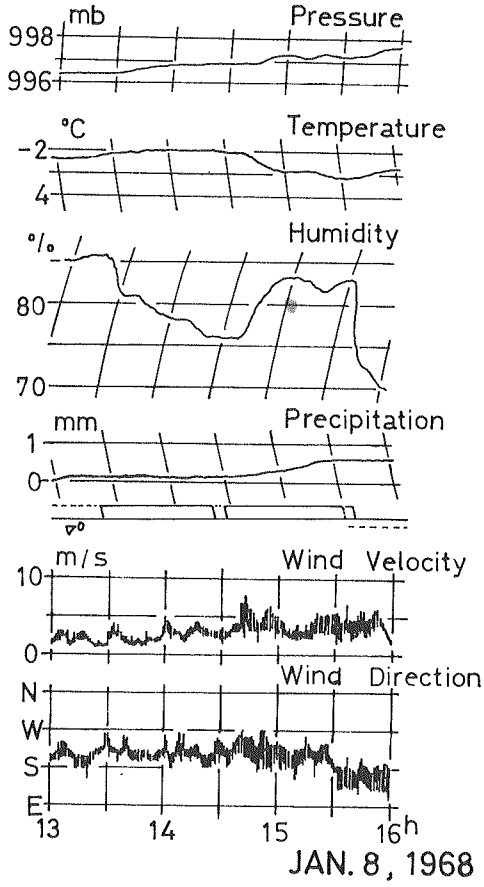
第2図 観測の対象とした典型的な雪雲

Fig. 2. Photograph of a typical snow cloud.



第3図 1968年1月8日9時の地上天気図

Fig. 3. Surface weather map (0900 JST, 8 January, 1968).

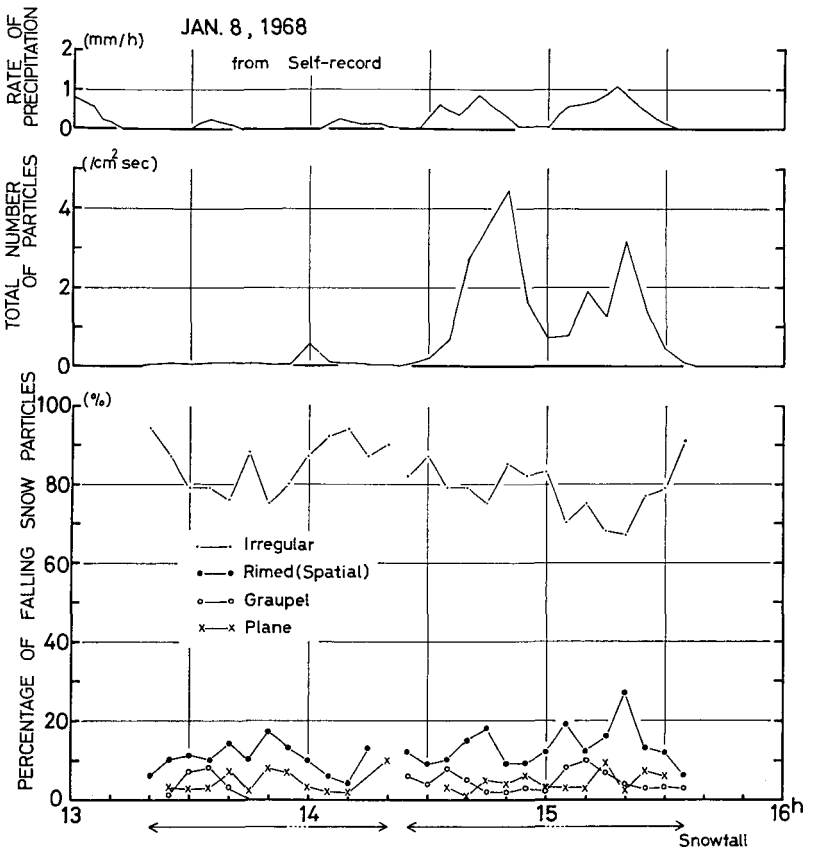


第4図 降雪雲通過時の気象変化

Fig. 4. Time variations of meteorological conditions during the passage of snow clouds.

真は，この観測で対象とした帯状になっている積雲の典型的なものであって，海上にごく近いため，まだほとんど拡散していない。このような降雪雲が石狩平野に上陸すると，上部が拡散した形になることが明らかにされている[5]が，今回の観測において対象とした雲は，時間的にそれ以前の状態にある積雲に近いと思われる。

降雪の特徴と気象要との関連をみるために，小樽測候所（海岸から南西約500 m に位置する）内に観測地点を定めた（ただし，以下に述べる第1例については，さらに500 m 程内陸に



第5図　降雪粒子の時間変化

上段：降水強度　　中段：粒子の数の変化

下段：粒子の結晶形別降下頻度の変化

Fig. 5. Time variations of snow particles.

Upper: rate of precipitation.

Middle: variatian of the number of particles.

Lower: variations of the frequencies of each shapes of snow crystals.

5) C. MAGONO, K. KIKUCHI, T. KIMURA, S. TAZAWA and T. KASAI; A Study on the Snowfall in the Winter Monsoon Season in Hokkaido with Special Reference to Low Land Snowfall (Investigation of Natural Snow Crystals VI), J. Fac. of Sci., Hokkaido Univ., Series VII, **2** (1966), 287–308.

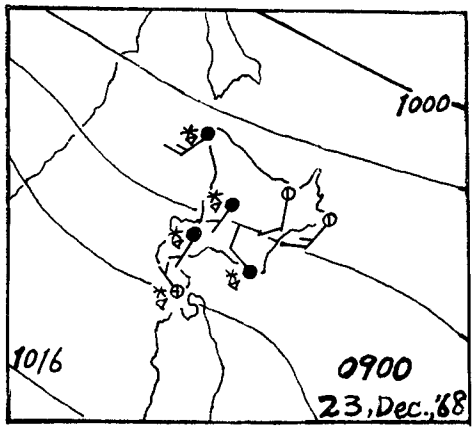
入った地点での観測である)。降雪のレプリカは，2.5分あるいは5分おきに，スライドグラス上に採取した。その他に，適宜雲の写真も撮影された。

III. 観 測 結 果

1. 1968年1月8日の例

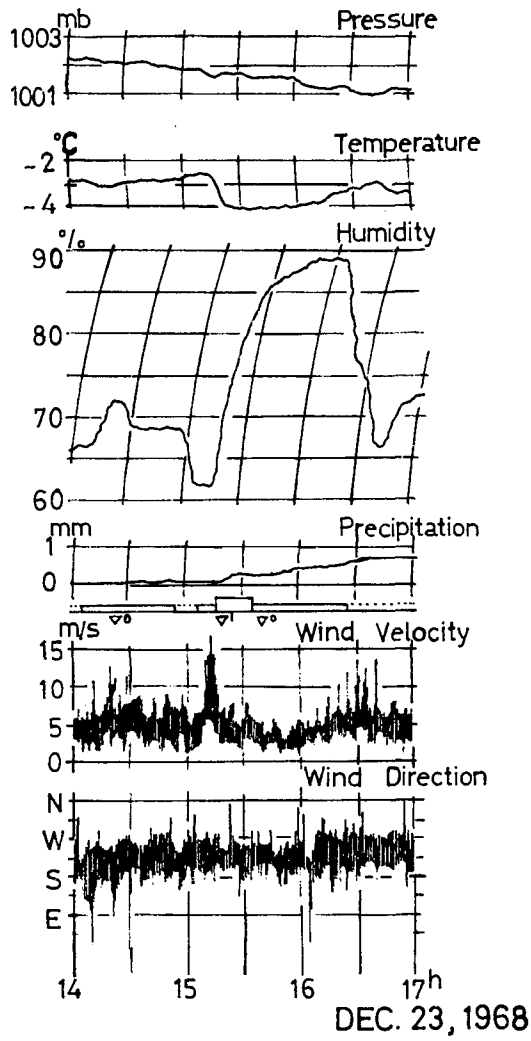
この日の気象状況を天気図でみると，第3図のごとく季節風型であり，前線の影響は認められない。第4図は観測時刻前後の，小樽測候所における気象要素の自記記録である。

14時25分に驟雪が開始すると共に，気圧の上昇，気温降下，湿度上昇，風速の増加，風向の変化がみられる。これらの要素の変化は，もっと大きいスケールのスコールラインが通過するときに顕著に現われる現象である[6]。また一般の驟雪時においても，同様な気象要素の変化がみられることが，他の地域の観測例でも報告されている[7),8)]。



第6図 1968年12月23日9時の地上天気図

Fig. 6. Surface weather map (0900 JST, 23 December, 1968).



第7図 降雪雲通過時の気象変化

Fig. 7. Time variations of meteorological conditions during the passage of snow clouds.

6) S. PETTERSSEN; "Weather Analysis and Forecasting", McGraw-Hill Book Company, Inc., **2** (1956), 156-187.

7) 山本孝二・孫野長治；石狩平野における驟雨，驟雪のメソスケール的研究，北海道大学地球物理研究報告，**12** (1964), 99-112.

8 I. IMAI; 前出3)に同じ.

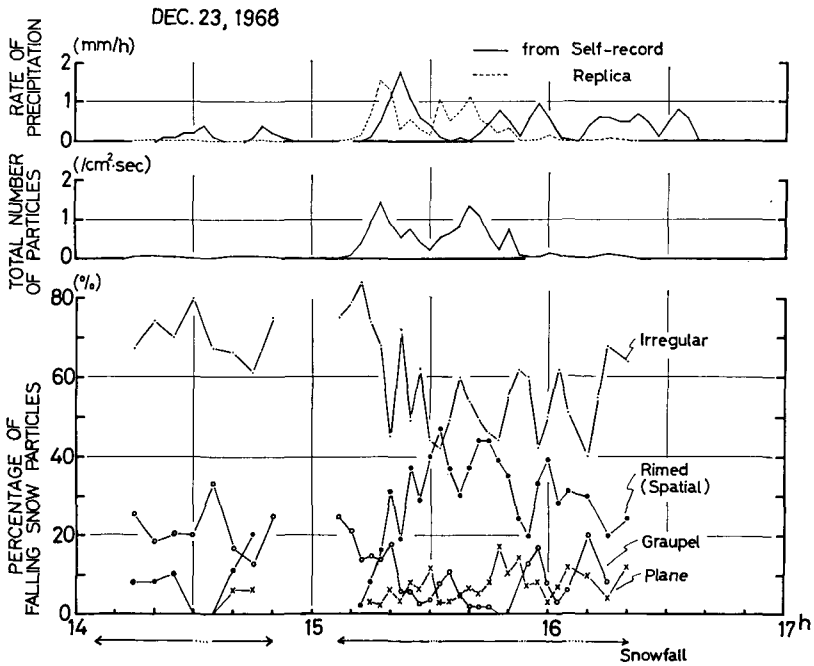
即ちこの例においても，冷たい湿った空気の存在，風向・風速の急変，気圧の上昇から，ひとつの降雪セルに相当するものからの，下降気流が存在するということが，ほぼ認められる。

第5図には降雪粒子の時間変化の状況が示されている。13時20分より続いてほぼ4個の降雪セルが通過したものと思われる。結晶形別の降下頻度をみると，始めに霰が卓越し，終わりに近づいて相対的に平板結晶が増加しているのがわかる。全般的に不定形の雪粒が非常に多く，また雲粒付結晶（ほとんど立体的に発達している）も多かったが，これは雪片を形成している場合がほとんどであるために，その数を正確に求めることは困難であった。結晶形別降下頻度が時間的に変化する理由は，主として速下速度の相違によって引き起こされたものと思われる。またこの例では，後に述べる2つの例より霰の数が多くないのは，観測点と雲の中心部との相対的な位置のずれによると思われる。

2. 1968年12月23日の例

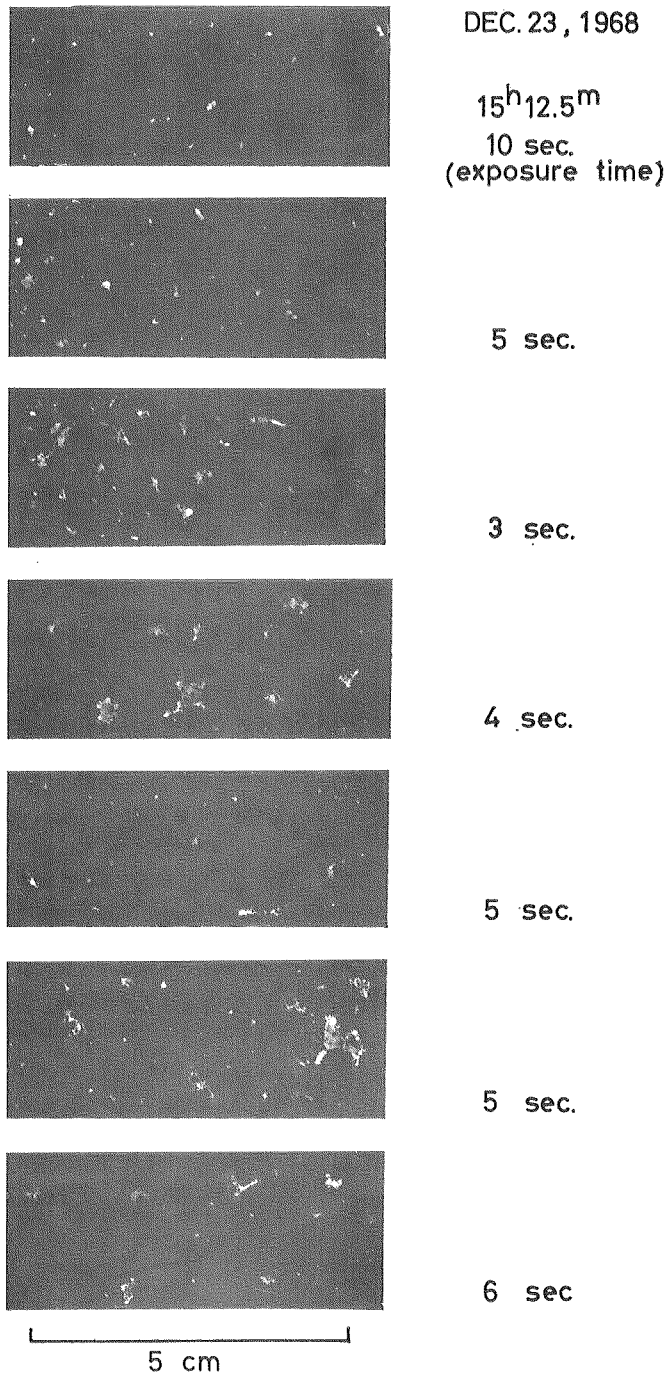
第6図によると，季節風型ではないが前線や低気圧の影響下にはないことがわかる。

気象要素の変化は第7図のごとくであり，気圧の上昇，風向の変化（一般風が強いために，明瞭には現われなかったものと思われる）は，それ程明らかではないが，他の要素には下降気



第8図　降雪粒子の時間変化
上段：降水強度　　中段：粒子の数の変化
下段：粒子の結晶形別降下頻度の変化

Fig. 8. Time variations of snow particles.
Upper: rate of precipitation.
Middle: variation of the number of particles.
Lower: variations of the frequencies of each shapes of snow crystals.



第9図　2.5分毎の降雪の時間変化のレプリカ写真

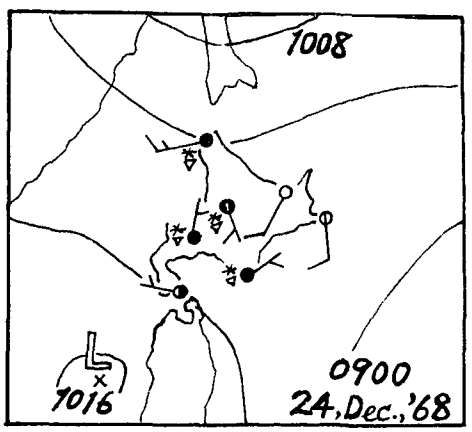
Fig. 9. Photographs of replicas showing the time variations of the intensity and shapes of snow crystals at each 2.5 minutes intervals.

流の存在を示す特徴がみられる。

第8図に降雪粒子の解析結果が示されている。特に15時05分からの降雪をみると，ほぼ4個の降雪セルがほとんど一団となって通過したことを示している。降雪の始めに霰，中ごろ雲粒付（立体形が多い），そして終わりに近づいて平板結晶が増加していく傾向が顕著である。このときのレプリカをひとつのセルについて，時刻順に示したのが，第9図であって，明らかに上述の傾向が存在している。

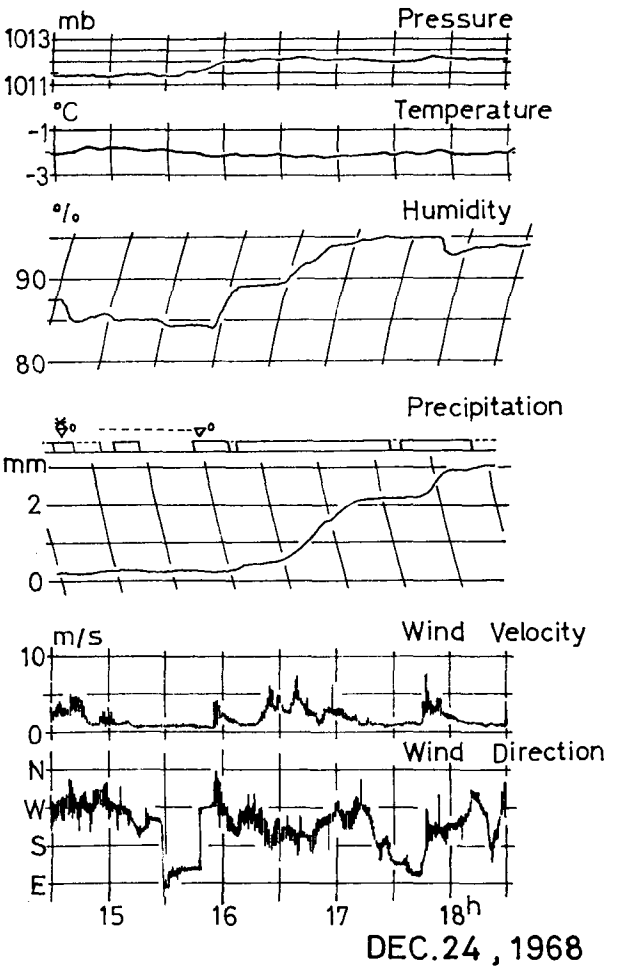
第8図の上段は降雪強度を示しているが，図の点線は，採集したレプリカ，露出時間，スライドグラスの面積等から計算した数値であり，実線は自記紙より求めた数値である。雪結晶の質量は，中谷・寺田による下記の実験式[9]を使って計算した。即ち，結晶の大きさ d(mm) と質量 (mg) との関係式は次のごとく表わされる。

$m=0.065d^3$ for graupels
$m=0.027d^2$ for crystals with water droplets
$m=0.010d^2$ for "powder" snow and spatial dendritic crystals
$m=0.0038d^2$ for plane dendritic crystals



第10図　1968年12月24日9時の地上天気図

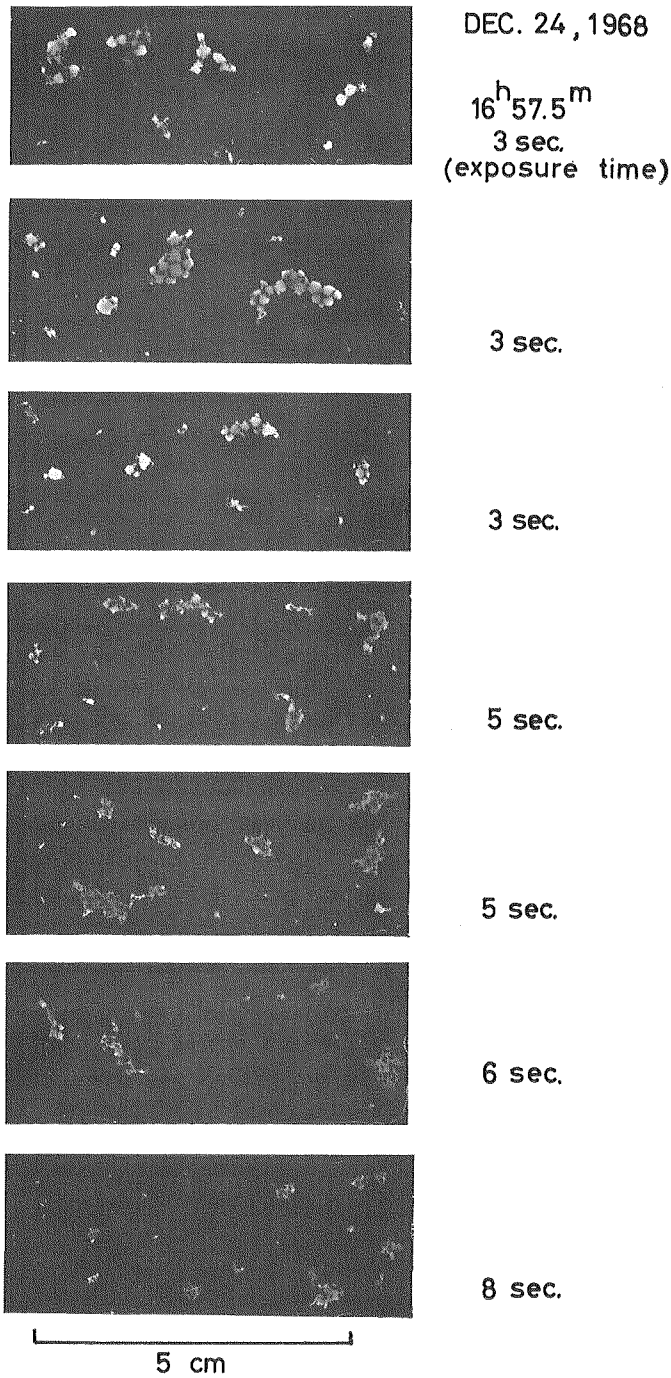
Fig. 10. Surface weather map (0900 JST, 24 December, 1968)



第11図　降雪雲通過時の気象変化

Fig. 11. Time variations of meteorological conditions during the passage of snow clouds.

9) U. NAKAYA and T. TERADA, Jr.; Simultaneous Observations of the Mass, Falling Velocity and Form of Individual Snow Crystal, J. Fac. of Sci., Hokkaido Univ., Series II, **1** (1935), 191–200.



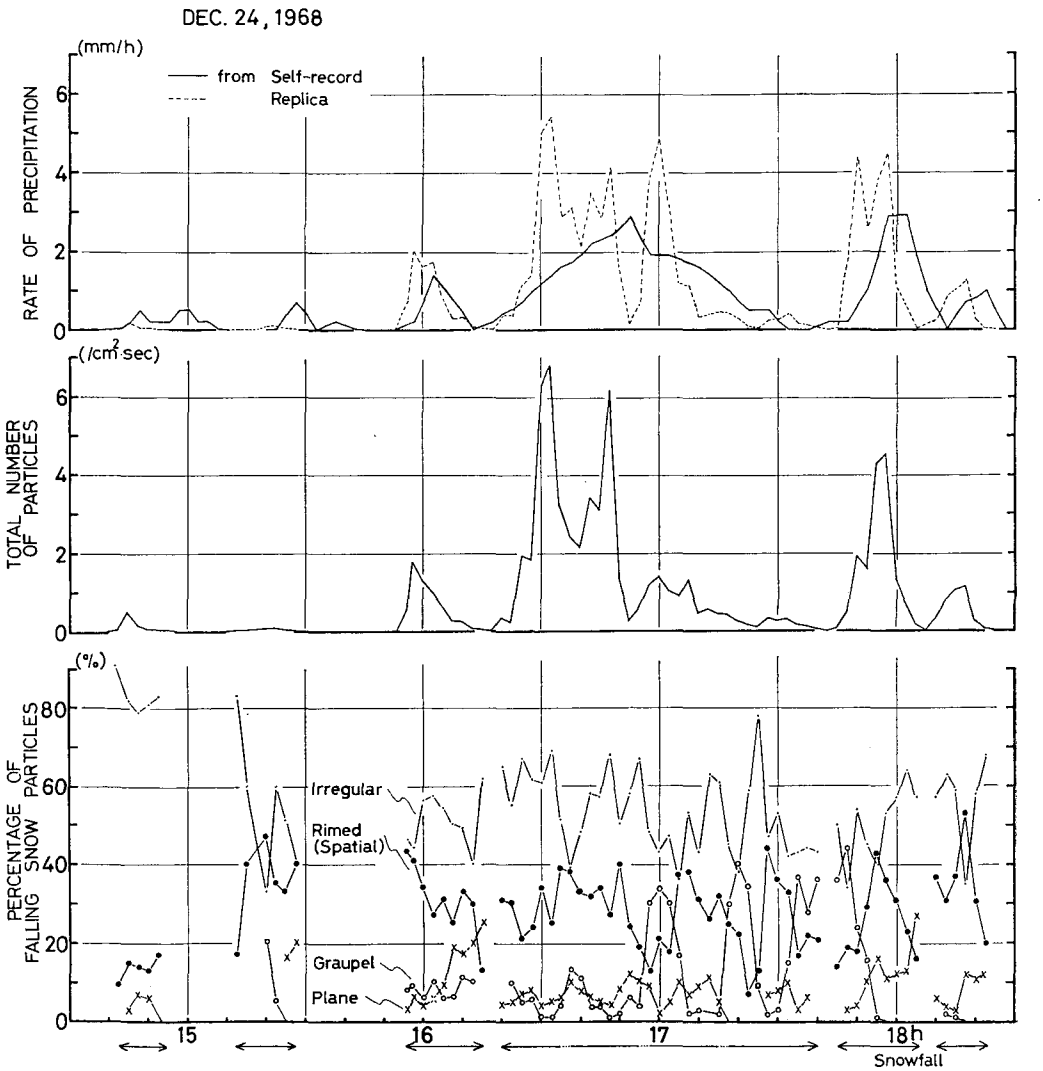
第12図　2.5分毎の降雪の時間変化のレプリカ写真

Fig. 12. Photographs of replicas showing the time variations of the intensity and shapes of snow crystals at each 2.5 minutes intervals.

不定形の雪粒は，powder snow とみなして質量を計算した。自記雪量計によると，14時から17時までに降水量は0.7 mm であり，一方レプリカから計算すると0.5 mm となった。

3. 1968年12月24日の例

この日の天気図は，第10図に示されており，季節風型とはいえないが，前線や低気圧の影響はない状態と思われる。



第13図　降雪粒子の時間変化
上段：降水強度　　中段：粒子の数の変化
下段：粒子の結晶形別降下頻度の変化

Fig. 13. Time variations of snow particles.
Upper: rate of precipitation.
Middle: variation of the number of particles.
Lower: variations of the frequencies of each shapes of snow crystals.

第11図の自記記録をみると，降雪の開始とともに，各気象要素，特に突風，風向の順転現象などに，下降気流の存在がよく現われている。

第12図に降雪粒子のレプリカを示す。やや大粒の霰→大粒の霰→小粒の霰，雲粒付雪片→小雪片，平板結晶と変化していることがみられる。このようなレプリカを解析した結果が第13図であって，前の2例に比較して，降雪強度が大きかった。特に15時55分よりほぼ7個の降雪セルが通過したと判断される。

またこの例では，霰の数が多く，粒も大きいのが特徴であるが，これは，観測位置が降雪セルの中心部即ち対流活動の激しい部分に近かったことが，ひとつの原因と考えられる。

レプリカから計算した降水量は，3.3 mm であり，14時30分～18時30分までの自記計による降水量は2.9 mm となっており，前者が少し多目になっている。

以上の3例全体について，降雪セルの継続時間をみると，20分程度が多くなっている。

この場合，区切りは，明らかに降り止む，ほとんど降り止む，突風と共に急に霰が増加する，のいずれかで区切って一つの降雪セルとみなした（第5, 8, 13図下段の時間軸に付けた矢印でそれが示されている)。また霰の継続時間は，始めの5～10分に大部分が降り，雲粒付結晶とともに降水量に主として大きく寄与している。

IV. 結　　論

冬期，帯状の積雲系よりなる降雪雲からの降雪粒子を，結晶形別頻度の時間変化でみると，ほぼ20分の周期で，次のような過程で経過することが確かめられた。即ち，大粒霰→小粒霰＋雲粒付雪片（主に立体的に発達した結晶から構成されている)→小雪片＋平板結晶，の順に降る。これは，主に上昇気流で支えられていたものが，落下速度の大きい順に降ってくることを示すと共に，雪雲自体の構造も反映していることになると思われる。

また，雪雲に対しての観測点の相対的位置のずれによって，上記の時間変化および結晶形別頻度はやや違ってくる場合も考えられる。

驟雪に伴って下降気流が存在し，降雪雲の前面で小規模の，スコールラインと同じ現象が観測される場合が多く，これらの降雪セルによる降雪の継続時間は，約20分であった。

謝　　辞

観測に当たっては，小樽測候所の御好意により，観測点を同所内の露場近くに設けることができ，さらに自記資料も同所からいただいた。厚く感謝の意を表します。また解析に当たり御討論いただいた，北海道大学孫野教授，菊地助教授に感謝の意を表します。

この研究は著者が小樽潮陵高等学校在任中に，地学教育の研究のひとつとして行なったものである。

7. On the Time Variation of Precipitation Particles from Shower Snow Clouds

By Masahiro KAJIKAWA
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Observations of precipitation elements from showery snowfall of cumulus cloubs with a band structured form were carried out using a "replica" method during winter monsoon seasons at Otaru which is located on the western coast of Hokkaido Island, Japan.

The relation especially between the intensities and shapes of snow crystals of the showery snowfalls and the meteorological conditions was studied.

As a result, it may be summarized as follows:

(1) Usually, large grains of graupel particles fall at the beginning of shower and they decrease in their sizes continuously and after they change into large rimed snowflakes in their shapes in time. Finally, these rimed snowflakes change into small snowflakes and plane type crystals as shown in Figs. 5, 8 and 13. The cycle of this transition process is approximately 20 minutes or so.

(2) It is remarkable that a fall of air temperature, a rise of surface atmospheric pressure, a rise of relative humidity and a cyclonic shift of direction and an increase of velocity of wind are usually observed at the beginning of the snow shower as shown in Figs. 4, 7 and 11. Therefore, it is considered that these showery snow clouds may be similar to squall lines in mall scale in size.