



Title	雪の堆積論 I : 降雪片の躍動と狭幅板上の堆雪
Author(s)	小林, 大二; KOBAYASHI, Daiji
Citation	低温科学. 物理篇, 36, 113-120
Issue Date	1979-03-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18360">https://hdl.handle.net/2115/18360</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	36_p113-120.pdf



## 雪の堆積論 I\*

— 降雪片の躍動と狭幅板上の堆雪 —

小林 大二

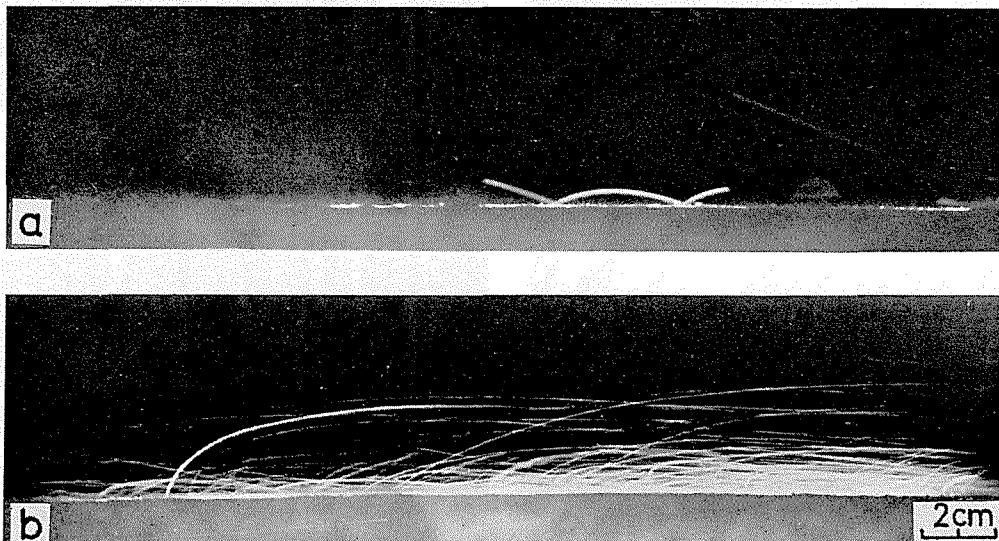
(低温科学研究所)

(昭和53年10月受理)

### I. はじめに

一般的にいえば、雪が堆積するという現象は、降雪あるいは、風によって運ばれてきた雪片が、運動を停止し、その場所に停まることである。雪片の停止の前段階として、雪面あるいは、物体上での跳躍運動を伴うことが多い。自然積雪も含めて、堆雪形成には、降雪片の躍動のしやすさが大きく影響する。著者はこの点に着目して、自然新雪面及び板上堆雪面での降雪片の躍動の写真観測及び狭い板の上の堆雪の実験を行い、堆雪問題に雪片の躍動の面から検討を加えた。

細長い板及び円板上の堆雪については、これまでも冠雪の問題の一つとして、高橋敏男と高橋喜平<sup>1)</sup>、四手井<sup>2)</sup>等によって、詳細な研究がある。彼等は、板の幅が広がる程、堆雪率が大になるという実験結果を出している。又温度が高くなって $0^{\circ}\text{C}$ に近づけば、狭い板でも、堆雪率が増すことをあわせて指摘している。その後、黒岩等<sup>3)</sup>は円板上の堆雪問題を扱い、温度が高くなる程、安息角が増すことを、雪粒子間の附着と焼結の結果として説明している。

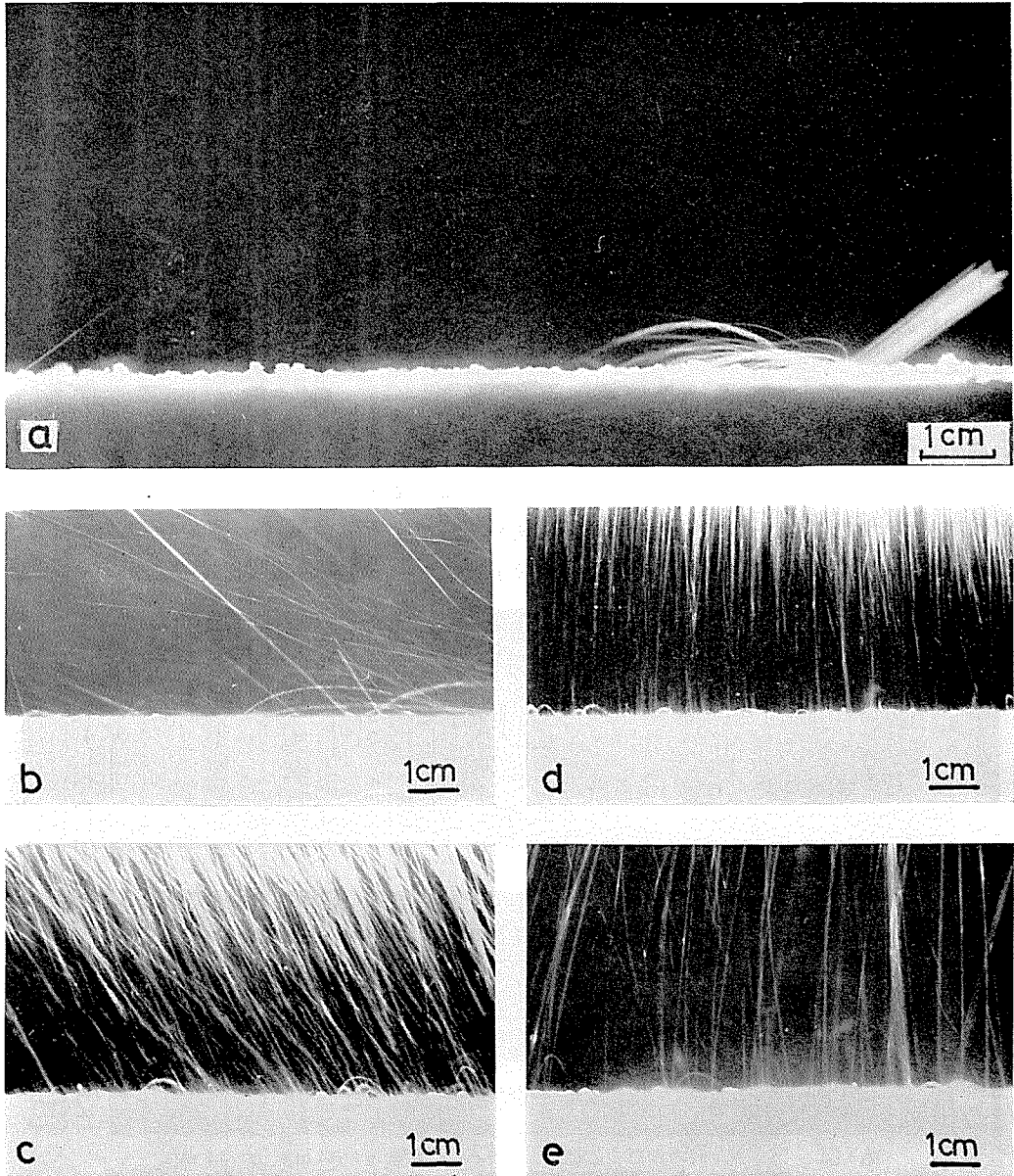


第1図 地ふぶき時の飛雪の躍動。高さ5 cmの風速 a: 1.3 m/s, b: 3.2 m/s。  
雪面温度 a:  $-8^{\circ}\text{C}$ , b:  $-11^{\circ}\text{C}$

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1954号

## II. 自然新雪面での降雪片の躍動

地ふぶき発生時には、やや硬くなった雪面上を飛雪の大部分が躍動していく現象は、前に実証した<sup>4)</sup>(第1図)。しかしながら地ふぶきの発生をみない弱風時でも、柔い新雪面上での降雪片の躍動がしばしばみられる。全く無風の場合ですら、降雪片が跳躍することもある。第2図 a は柔かい新雪上で降雪片が跳躍分裂した例である。高さ5 cmの風速0.7~0.8 m/sec(高さ

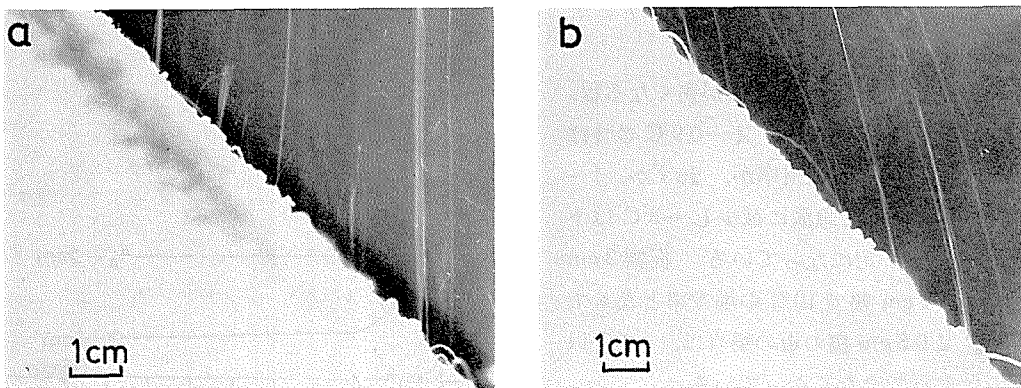


第2図 新雪面における降雪片の跳躍。気温 a~d  $-9^{\circ}\text{C}$ , 風速(5 cm 高)。a: 0.7~0.8 m/s, b: 1~1.2 m/s, c: 約 0.5 m/s, d, e: 0 m/s, 積雪表層密度 b~d:  $0.06\text{g/cm}^3$

1 m で 1.5 m/s), 気温は  $-9^{\circ}\text{C}$  であった。雪片は雪粒付の樹枝状結晶の集合で、大きさは 5 mm であった。第 2 図 **b~d** は、1 連の降雪時の例で、**b, c** がやや風のある時、**d, e** が、無風の場合である。気温はやはり  $-9^{\circ}\text{C}$  前後で、雪粒の少しいた 2 mm 前後の樹枝状結晶に、1 mm 以下の樹枝の細片が多くまじった降雪であった。時折 1~2 mm の広幅六華の結晶もみられた。降雪強度は 1 cm/h で、積雪表層密度は  $0.06\text{ g/cm}^3$  であった。図にみられるように少し風が出ると、降雪片の跳躍する確率が急に増してくる。上記の条件下では降雪片のうち跳躍する雪片の数の割合は、無風時に  $1/20\sim 1/10$  であったが、風速  $0.5\text{ m/sec}$  (高さ 5 cm) 位で  $1/3\sim 1/2$  となり、風速が  $1\text{ m/s}$  (高さ 5 cm) を超えると、ほとんどの降雪片が跳躍するようになった。継続性はないが降雪を伴う軽い地ふぶきの発生となる。雪片の跳躍の高さは、無風時にせいぜい 2~3 mm であったが、風速  $1\text{ m/s}$  前後では、1 cm 位まで上がった。しかしながら 1~2 回の跳躍で、大部分の雪片は再跳躍のための臨界の運動エネルギー以下となり、雪面に静止する。

傾いた新雪面における降雪片の躍動例を第 3 図に示す。条件は第 2 図 **b~e** の場合と同じである。斜面においては、水平面上におけるより、降雪はかなり躍動しやすくなる。 $45^{\circ}$  の雪面においては、無風時でも、躍動する雪片数の降雪片数に対する割合は  $1/2\sim 1/1$  となる。

これ等の降雪片の躍動現象については、以下に述べる板の上の堆雪を考える上だけでなく、山地積雪や平地積雪の形成等を論ずる上で、常に考慮されねばなるまい。



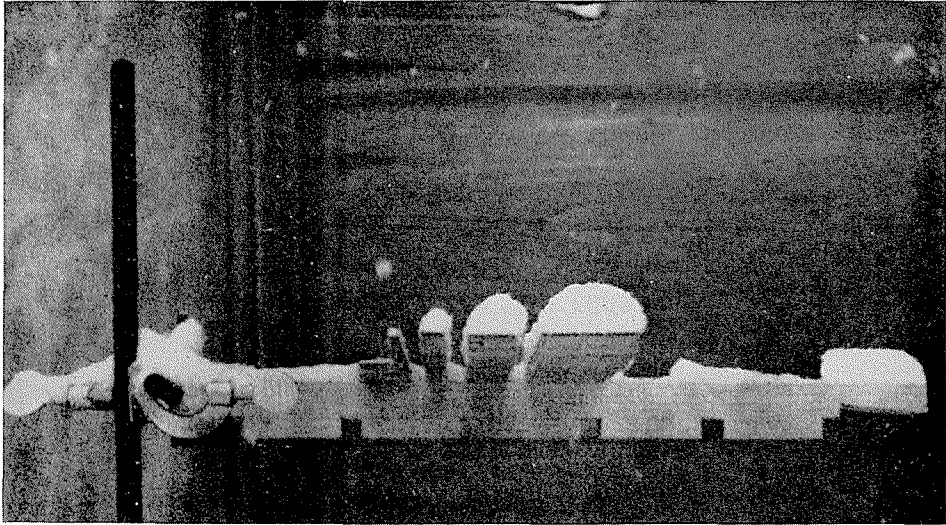
第 3 図 傾斜  $45^{\circ}$  の新雪面における降雪片の躍動。気温  $-9^{\circ}\text{C}$ , 積雪表層密度  $0.06\text{ g/cm}^3$

### III. 狭い板の上の堆雪

#### 1. 堆雪実験

長さ 20 cm で、幅がそれぞれ 0.5, 1, 4 cm の板の上の自然堆雪の例を第 4 図に示す。高橋等が指摘しているように、幅の広い板の上程多く堆雪していることが分る。

この現象を解析的に取り扱うために、低温室内で、温度をかえて、新雪をふるいから落として堆雪の実験を行った。ふるい目を通った新雪片の大きさは  $0.84\sim 0.42\text{ mm}$  である。1 回の実験時間は約 40 秒で、 $0.1\sim 0.15\text{ g/cm}^2$  の雪を落とした。温度範囲は  $-0.9^{\circ}\text{C}$  から  $-9^{\circ}\text{C}$  までである。ふるい落としの高さは、60 cm で、板上での雪片の落下速度は  $50\sim 70\text{ cm/sec}$  である。実験結果を、堆雪率と温度の関係で整理した (第 5 図)。堆雪率は、通常の平面に積った雪の重



第4図 板上の堆雪。板幅は左より0.5, 1, 2, 4 cm

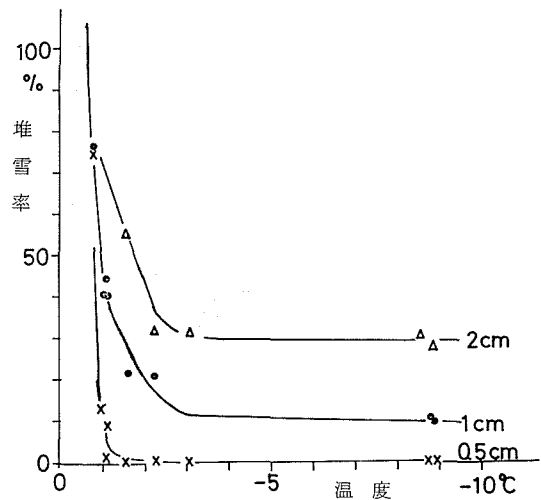
量に対する板上の堆雪重量の単位面積当たりの比である。堆雪率は、堆雪量によってかわってくるので、板上の堆雪の厚さを0.5~0.7 cm の範囲に止めた。

実験の結果では、板の幅が狭くなる程、堆雪率がおちている。又  $-0.9^{\circ}\text{C}$  の時は75%を越えている堆雪率が、わずか、1~ $2^{\circ}\text{C}$  の温度低下で急激に減少し  $-3^{\circ}\text{C}$  以下では、ほぼ一定になっている。板幅2 cmで30%、1 cm幅で10%の堆雪率となっている。又0.5 cm幅の板の場合は、 $-2^{\circ}\text{C}$  以下では堆雪できなくなっている。

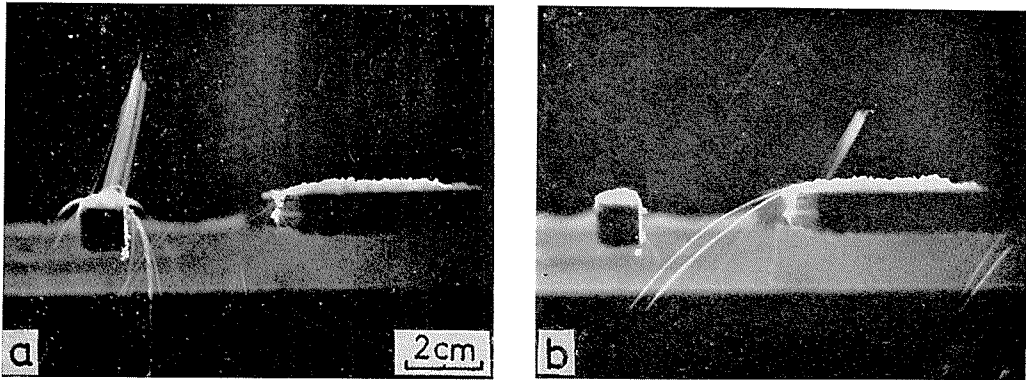
## 2. 堆雪形成と雪片の躍動

板の上の堆雪面に降ってきた雪片が跳躍してとび出している写真を第6図に示す。又室内実験で新雪を第III節の1で述べた条件で狭い板の上にふるい落とした時の堆雪面での雪片の躍動の写真を第7図a, bに示す。第7図aは温度が  $-8.5^{\circ}\text{C}$ 、bは  $-1.5^{\circ}\text{C}$  の時の写真である。

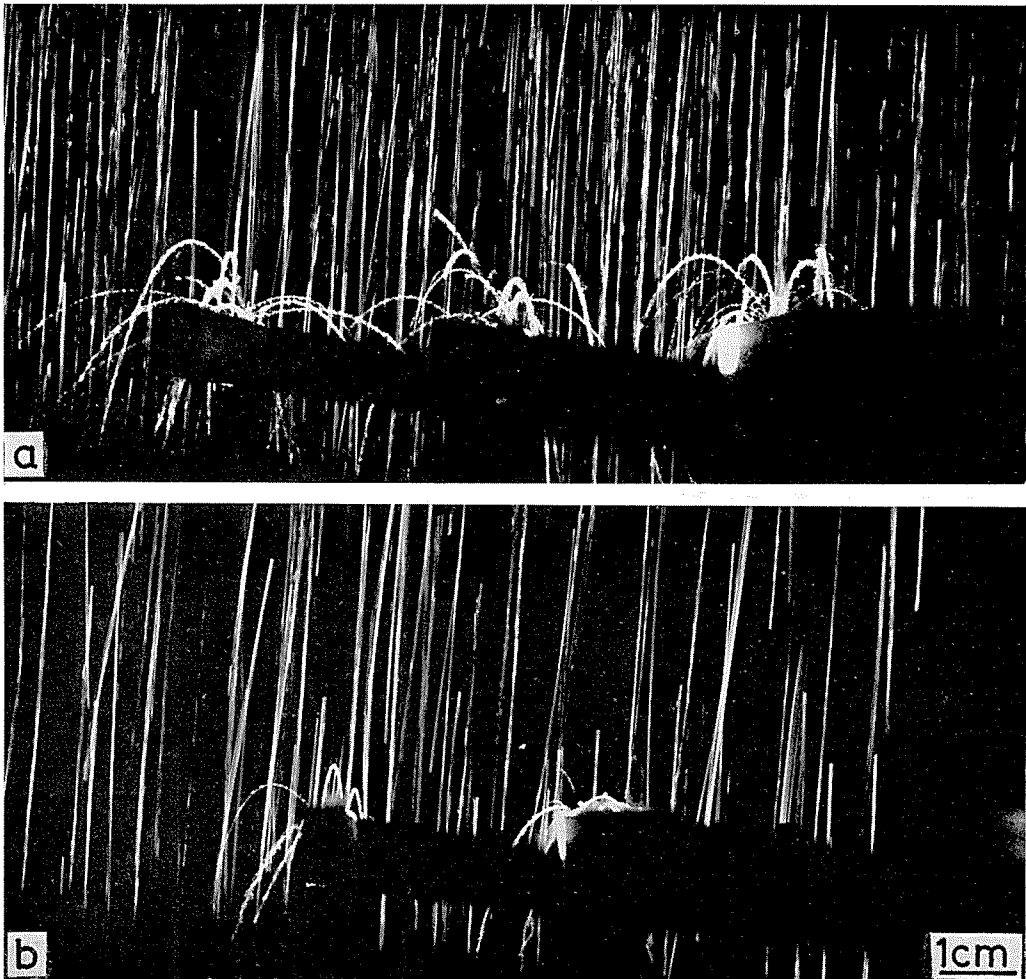
これ等の写真でわかるように、板の上の堆雪の形成過程においては、落ちてきた雪片は跳躍することが多い。板のへりの方向へ跳躍した雪片は、1~2回の跳躍でも、板からとび出ることになる。板のへり近くに落ちた雪片程、とび出しの確率が増す。又板ペリの傾斜した堆雪面では、第II節に示したように、雪片の跳躍が容易になると同時に、付着が充分でない堆雪をはじきとばす。かくして、板の幅が狭いと、全体の堆雪面積に対するへりの影響圏面積の占める割合が大きくなり、それだけ堆雪率が減ることになる。



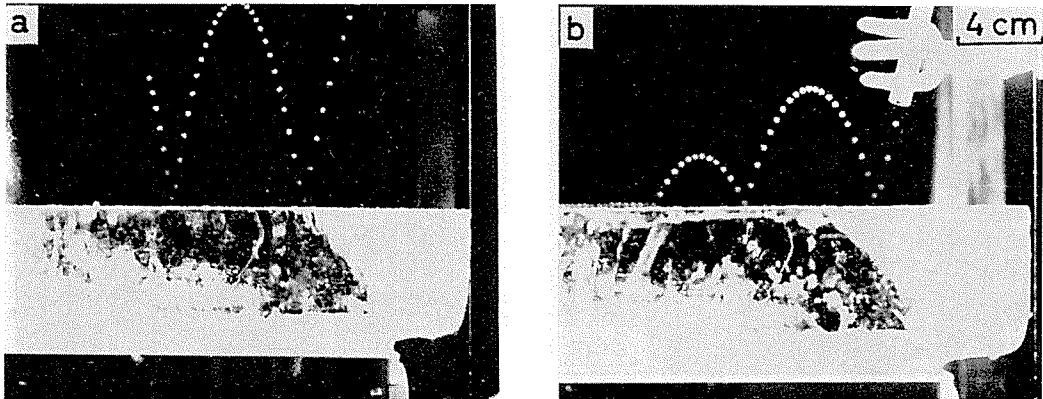
第5図 板上の堆雪実験結果。堆雪率と温度との関係



第6図 板上堆雪面における降雪片の躍動



第7図 板上堆雪面における落下雪片の躍動。温度 a:  $-8.5^{\circ}\text{C}$ , b:  $-1.5^{\circ}\text{C}$



第8図 厚い氷板上での小氷球（径 2.5 mm）の躍動。照明は 10 ms 毎。  
温度 a:  $-21^{\circ}\text{C}$ , b:  $-1.5^{\circ}\text{C}$

温度が下がれば、雪片の跳躍する確率とその高さが増すことが第7図 a・b の比較からうかがえる。径 2.5 mm の小氷球を氷の上に落とした実験<sup>4)</sup>（第8図）では、氷球の反跳の高さが、 $-1.5$  から  $-5^{\circ}\text{C}$  までに約 2 倍かわることが示されている。しかしながら、 $-5^{\circ}\sim -6^{\circ}\text{C}$  以下では氷球の反跳係数は温度が下がっても少し大きくなるだけである。

又氷球同志の付着の実験<sup>5)</sup>において、 $0^{\circ}\text{C}$  から数度の温度低下で付着力が急激に減少する結果が得られている。

これ等の実験結果を考えあわせれば、幅の狭い板の上の堆雪率の温度依存性について次のように言えよう。 $0^{\circ}\text{C}$  近くでは雪片の躍動が不活発である上に、雪片間の付着力が強いのでよく堆雪する。 $-3^{\circ}\sim -5^{\circ}\text{C}$  以下では雪片間の付着力がごく弱いものとなり、かつ雪片の躍動もほぼ一定の活発さを保つので、堆雪率は低い値で、一定となる。

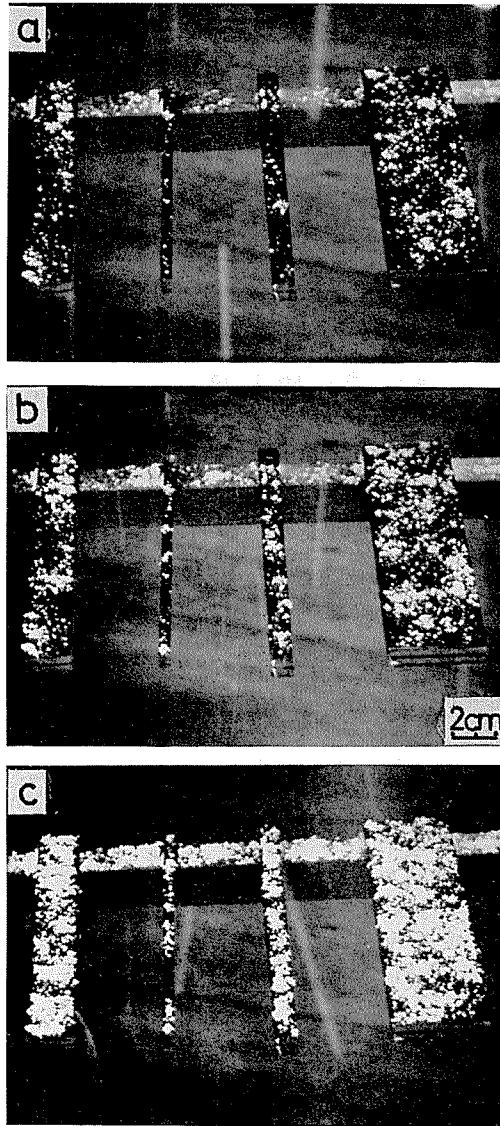
### 3. 堆雪核の形成と板の臨界幅

幅 2, 0.5, 1, 4 cm の板を並べて、自然降雪のもとで、堆雪させ、16 mm 映画で、その形成過程を調べた。気温は  $-8^{\circ}\text{C}$ 、雪粒付のやや重い樹枝状結晶の降雪で、時折あられもまじった。第9図に堆雪の初期 (a・b) と中期 (c) の写真を示す。堆雪開始から 45 秒後が a, 55 秒後が b, 205 秒後が c の写真である。映画で見ると、堆雪の初期においては、板の上の所々に雪の島がまずできる。雪の島々は、その広がりにおいて小振動をくりかえしつつ、徐々に広がる。板の幅が広い程、雪の島が早くできて広がっていくが、幅の狭い板の上には、島がなかなかできない。

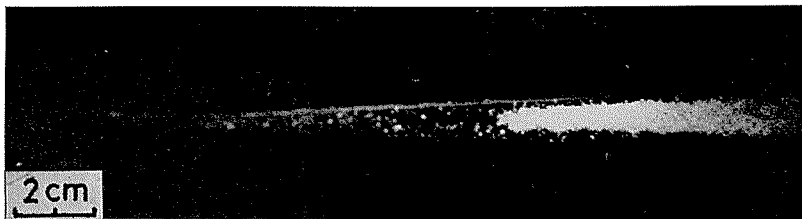
大きな入れ物の中の水は、氷りやすいが、微水滴は過冷却しても、なかなか氷らない現象によく似ている。堆雪の初期にできる雪の島は堆雪の核とも言うべきものであろう。

板の上に直接降下した雪片は、堆雪の島の上に落下した雪片に比べて、板からとび出しやすい。しかしながら、雪の島の上に落ちた雪片は、跳躍しても、その跳び上る高さが低く、島の上又はその近傍におちつきやすい。又雪の島のヘリには、躍動してくる雪片が、ひっかかりやすい。このようにして、堆雪は堆雪核と呼んだ雪の島々を中心に広がり、板全面に及ぶ。

板の幅が狭くなると堆雪しにくくなる現象をもう少し調べるために、次の実験を行った。



第9図 降雪による堆雪過程。16 mm 映画より複写したもので、堆雪開始後 a: 45 秒後、b: 55 秒後、c: 205 秒後。板幅は左より 2, 0.5, 1, 4 cm。気温  $-8^{\circ}\text{C}$



第10図  $4.4^{\circ}$ の鋭角板(先端より 13 cm で幅 1 cm)の上の堆雪。温度  $-9^{\circ}\text{C}$

4.4°の鋭角にきった板(先端から13 cmで幅1 cm)の上に, 第III節の1と同じ条件で, 堆雪させた。第10図に示したように, ある幅より広くなる所から急に堆雪が生成している。幅の狭い先端の方にもまばらに雪片が止まっているが, 堆雪核となる雪の島を作るに至っていない。

堆雪に要する最小の板幅を, 堆雪の臨界幅と呼ぶことにする。60 cmの高さから新雪片(0.84~0.42 mm)をふるい落とした場合(落下速度50~70 cm/s), 堆雪の臨界幅は,  $-9^{\circ}\text{C}$ で, 0.8 cm,  $-0.9^{\circ}\text{C}$ で0.6 cmとなる。

## 文 献

- 1) 高橋敏夫・高橋喜平 1954 雪が平板上に積る機構. 雪氷, **15**, 5, 6-9.
- 2) 四手井綱英 1954 地物の形と冠雪. 雪氷, **16**, 11-18.
- 3) Kuroiwa, D., Mizuno, Y. and Takeuchi, M. 1967 Micromeritical properties of snow. *In Physics of Snow and Ice, Part 2* (H. Oura *ed.*), Inst. Low Temp., Sci., Sapporo, 751-772.
- 4) Kobayashi, D. 1972 Studies of snow transport in low level drifting snow. *Contr. Inst. Low Temp. Sci.*, **A 24**, 58 pp.
- 5) Hosler, C. L. et al. 1957 On the aggregation of ice crystal to form snow. *J. Meteorol.*, **14**, 415-420.

## Summary

As proved, in calm weather conditions falling snow flakes sometimes rebound even on the surface of freshly deposited snow (Fig. 2). Most of falling snow flakes participate in a bouncing motion once or twice when the wind rises only to the speed of 1 m/s. Falling snow flakes rebound more actively on the sloped surface of snow than on the flat one (Fig. 3).

Activity of bouncing motion of snow flakes influences not only the character of a snow deposit on the earth surface, but also the efficiency of snow accumulation on a narrow board. Snow flakes which fall on the board near the edge frequently jump over the edge (Figs. 6, 7). Consequently, the amount of snow accumulation on a unit area of a board reduces as the width of the board diminishes (Fig. 5).