



Title	積雪の比表面積の測定 I
Author(s)	成田, 英器; NARITA, Hideki
Citation	低温科学. 物理篇, 27, 77-86
Issue Date	1970-03-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18102">https://hdl.handle.net/2115/18102</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	27_p77-86.pdf



## 積雪の比表面積の測定 I\*

成田 英器

(低温科学研究所)

(昭和44年8月受理)

### I. ま え が き

積雪は水の粒の疎な集りである。したがって、積雪の性質は水の性質、氷粒の特性、集合状態によって定まるであろう。筆者は、氷粒の特性、集合状態に関連する量の一つとして、積雪粒子の比表面積  $s$  をアニリン法<sup>1)</sup>による積雪薄片を利用して測定してみた。比表面積  $s$  は積雪  $V$  中にふくまれる水の粒子の表面積を  $S$  とすると、 $s=S/V$  で与えられる\*\*。

従来、積雪の比表面積  $s$  は、積雪の通気度を測定し、Kozeny の式を使って求められている<sup>2)</sup>。また、C. S. Smith と L. Guttman<sup>3)</sup> らは、多結晶体の切断面に現われる結晶境界が無秩序に分布することを利用して、確率論的に求めている。

筆者は、アニリン固定法<sup>1)</sup>を利用して、積雪の連続切断面を写真にうつし、氷の粒の周長を測定し、比表面積  $s$  をもとめた。一方、同じ試料について、C. S. Smith と L. Guttman の理論を使って  $s$  を計算し、実測値と比較した。

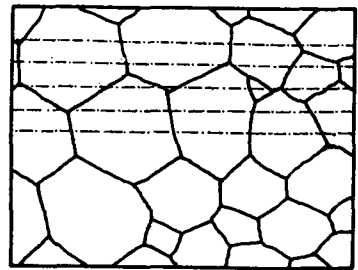
### II. 測定方法

#### 1) C. S. Smith と L. Guttman の理論

第1図の多結晶体の切断面に任意の間隔の平行線を引いたとき、

$$s = \frac{S}{V} = 2 \frac{N}{L} \quad (1)$$

が成り立つ。ここで、 $S$  は結晶境界の表面積、 $V$  は試料の体積、 $N$  は平行線と結晶境界の交差数、 $L$  は平行線の全部の長さ、すなわち一本の長さ  $l$  の線が  $m$  本平行に引かれたとき、 $L=ml$  である。積雪には沢山の空隙が存在するが、この空隙部分を氷と考えるならば、多結晶体と全く同様になり、 $s$  を氷の粒の比表面積として(1)式が適用でき、 $N$  と  $L$  を測定すれば、積雪の比表面積  $s$  をもとめることができる。



第1図 実線；結晶境界，鎖線；平行線

#### 2) 実測の方法

表面積の実験的測定は、積雪を一定の厚さ  $d$  で順次表面を削り切って切断面を作り、それ

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第989号

\*\* 積雪1g当りの粒子の表面積を  $s^*$  とすると、 $s = \rho s^*$  の関係がある。 $\rho$  は積雪の密度である。

それぞれの面について写真にうつす。一枚毎の写真について、雪粒の周長の合計  $A$  を測り、 $A \times d$  を全部の厚さについて積算する方法を用いた。

周長の測定には、一般にキルビメーター（測長計）が使われるが、ここでは製図用ペンの一種ロットリングのペンを用いた。ロットリングのペンは、一たんインクをインク溜に入れると、インクはペン先以外からは蒸発しないようにできている。このペンで紙に線を引くとき、ペンに加える力と線を引く速さが一定ならば、ペンから出るインクの量は引かれた線の長さ按比例する。そこで、同一のペンで、円などの長さのわかっているいろいろな図形を、なるべく一定な力と速さになるように描き、インクの消費量を求めておく。そうした上で、薄片の写真と同じ紙に複写し、氷の周に沿って線を引き、インクの消費量を測って周の長さを求めた。この方法は、インク溜のインクの量などによって、単位長さの消費量がちがうので、試料一枚について少なくとも最初と最後に線の単位長さのインクの消費量を調べておく必要があった。この方法によると、キルビメーターによる方法より数倍速く測定することができた。この方法を以下“インク法”と呼ぶ。

インク法による周長の測定は初めての試みであった。そこで、従来使われてきたキルビメーターで、同じ積雪の切断面の氷の周長を測ってみた。その結果を第1表に示した。これらのちがいは最大5%にすぎない。

### III. 試料と連続切断面の作り方

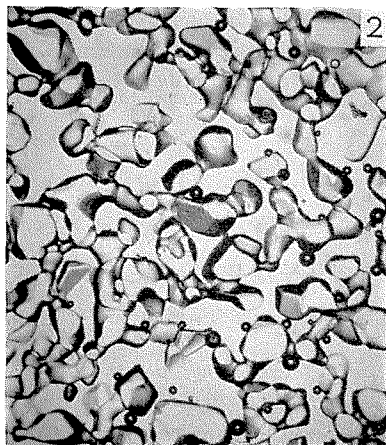
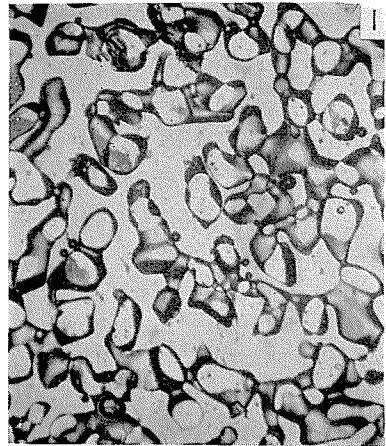
#### 1) 試料

使われた試料の薄片を第2図に示した。試料を採取した積雪層の密度は  $0.3 \text{ g/cm}^3$  のしまりゆきで、積雪をバラバラにほぐして粒状にしたときの粒の直径は  $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ 、硬度は鉛直方向に対して、 $4.00 \text{ kg/cm}^2$ 、水平方向に対して、 $3.23 \text{ kg/cm}^2$  であった。保水能\*は17.5%、試料を色水につけたとき、積雪の中に色水がしみ上がる高さ、すなわち吸水能は  $4.2 \text{ cm}$  であった。

\* 雪を  $0^\circ\text{C}$  の水に浸し、水からとり出して自然に水が流れ去った後の雪の含水率

第1表 切断面に現われる氷粒の周長の測定におけるキルビメーターとインク法の比較  
 $l$ ; cm

試料番号	$l$ (cm)	
	インク法	キルビキーター
#5	55.9	58.1
8	60.3	63.0
14	59.1	59.1
19	59.6	62.6
28	59.1	61.6



← 5 mm →

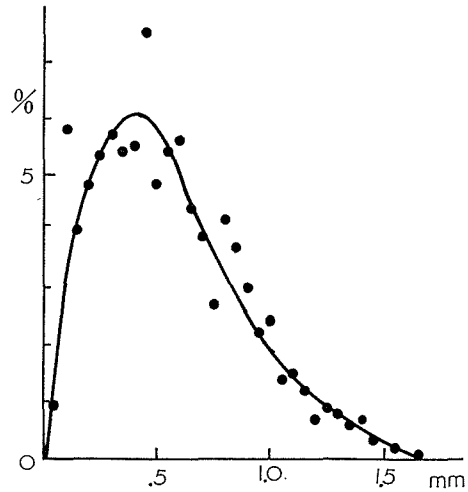
第2図 試料(しまりゆき)の薄片  
密度:  $0.30 \text{ g/cm}^3$

- 1) 積雪層に平行な薄片
- 2) 積雪層に垂直な薄片

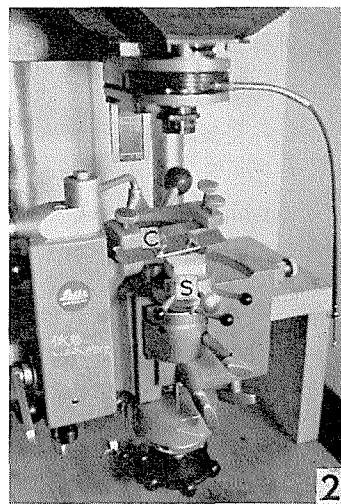
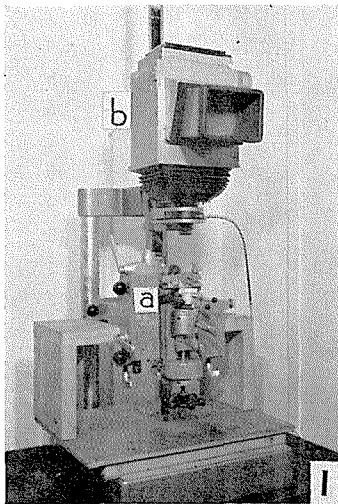
また、切断面に現われる氷の粒の粒径分布を調べた。ここで、粒径は不定形の氷の切断面を等面積の円になおしたときの円の直径である。その結果を第3図に示した。平均粒径が0.6 mm, 最大粒径が1.7 mm である。

## 2) 積雪の切断面とその撮影

連続切断面を作るためにマイクロームを使った。第4図(1)にマイクロームと撮影装置を示した。マイクロームの刃(第4図(2)のc)には片刃の安全カミソリの刃を使った。マイクロームの石膏用の刃は氷をけずるとすぐ切れなくなる。しかし、安全カミソリの刃は30~40回の使用に容易に耐えることができた。さらに、刃の取り換えも簡単である。



第3図 試料の粒度分布



第4図 ミクローム撮影装置

- 1) a; ミクローム                      b; 撮影装置  
2) c; 安全カミソリを使った刃      s; 試料

まず、一様な積雪層から、一辺が3.0 cm 程度の立方体のブロックを切り出し、 $-5.0^{\circ}\text{C}$ の部屋に30分おき、試料が部屋の温度と同じになった頃に、 $-5.0^{\circ}\text{C}$ に冷やされた氷飽和のアニリン液に浸して積雪の空隙を充填する。これを $-25^{\circ}\text{C}$ の部屋に移し替えアニリンを凍らせる。アニリンで固定された試料を $2.4 \times 2.4 \times 2.4 \text{ cm}^3$ の立方体に整形して、マイクロームの台にのせ固定する(第4図(2)のs)。このばあい、積雪層と切断面が平行になるようにマイクロームの刃のかたむきを調整した。切断面は接写装置(第4図(1)のb)によって乾板に写された。

図版 I-1 は上で述べた方法で写された積雪の切断面である。温度は $-20^{\circ}\text{C}$ で、アニリンは固まったままの写真である。アニリンで固定された積雪の切断面を何んの処理なしに写真を

とるばあい、高倍率での写真では氷とアニリンの境界線がはっきり見えるが、低倍率の写真では図版の例のように、その判別がつきがたい。この原因は、低倍率のレンズは焦点深度が深いために、表面以外に、氷の中の部分も同時に写真にうつすためである。筆者のばあい、 $2.4 \times 2.4 \text{ cm}^2$  という範囲を高倍率でコマ写しをし、はり合わせ写真を作ることも考えられるが、その作業のために誤差が生じることがあるので、一枚の乾板に一切断面全体を入れることにし、そして、氷とアニリンの境界をはっきりさせるために次の方法を用いた。

**マジックインクによる着色** 切断面にマジックインクを塗ると図版 I-2 のように氷の部分がでてくる。さらに、この面をガーゼで軽くたたくと、図版 I-3 が示すように非常にきれいな境界線があらわれてくる。マジックインクは水を溶かさないが、アニリンを溶かすので、アニリンの部分がくぼみ、着色されてコントラストがつくためである。しかし、この方法はマジックインクの量が多いと、図版 I-4 の a の部分に示すように、アニリンの中にかくれていた氷を浮き出させることがある。

**water blue による着色** 市販の water blue の染料は粒状になっているので、乳鉢ですりつぶし、 $60 \mu$  のふるいで粉末を作る。粉末の water blue をやわらかい筆につけ、切断面に軽くこすりつける。そして、余分な粉を筆できれいに取り除くと、water blue は氷の部分に附着し、アニリンの部分にはつかない。図版 I-5 にこの結果を示した。water blue は温度が低いと、氷もアニリンも溶かさないので、連続切断面を作るのに好都合であった。これらの作業はすべて  $-20^\circ\text{C}$  の低温室で行なった。

なお、積雪の切断面を顕微鏡でみる方法を、清水<sup>4)</sup>、木下、若浜<sup>1)</sup> が報告しているが、筆者のように一定な厚さに削りにとって一種の連続切断面をしらべるばあいには、water blue を使う方が手軽で具合がよいように思われる。

#### IV. 測定とその結果

##### 1) インク法による測定

第 III 節の方法で、切断面を  $75 \mu$  おきに削り、それぞれの面で water blue の粉末を氷の部分に附着させ、接写する。切断面は 30 枚、すなわち  $2.25 \text{ mm}$  の厚さを 30 回、 $75 \mu$  毎に削った。マイクロームによって切られる厚さの誤差は  $\pm 2.5\%$  であった。写した乾板を透明印画紙に引伸し、さらに、紙に複写して、それぞれの切断面について、氷の粒の周長の合計  $l$  をインク法で測った。その結果を第 2 表に示した。表の左端の番号は、積雪の試料を  $75 \mu$  の厚さに順次削りにとってえられた表面の番号である。この値に切削の厚さ

第 2 表 インク法による各切断面の氷粒の周長の測定値

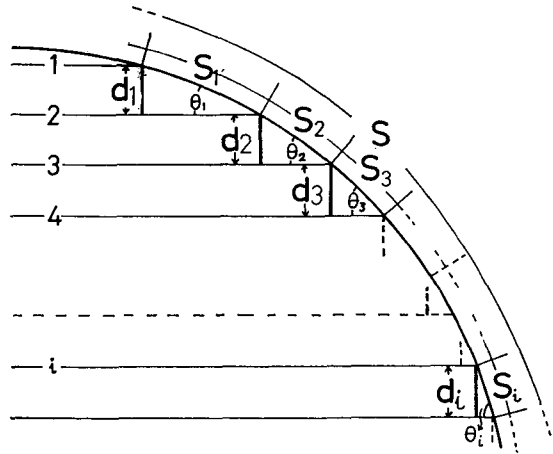
$l$ ; cm

$s$ (比表面積);  $\text{cm}^2/\text{cm}^3$

試料番号	$l$ (cm)
	インク法による
# 1	59.6
2	55.9
3	57.7
4	—
5	57.5
6	63.0
7	59.6
8	60.3
9	61.4
10	58.0
11	62.8
12	59.1
13	59.1
14	59.1
15	59.3
16	56.1
17	60.7
18	60.0
19	59.6
20	62.1
21	59.6
22	59.3
23	—
24	58.9
25	56.8
26	59.1
27	60.7
28	59.1
29	58.2
30	59.1
$s$	28.3

75  $\mu$  をかけると、75  $\mu$  の厚さについての氷の粒の側面積がえられ、30 枚について加えあわせると、氷粒の総面積がえられる。この表面積は写真にうつした面積  $1.35 \times 1.70 \text{ cm}^2$  で 2.25 mm の厚さをもつ体積についてえられたものであるが、これを単位体積当りの氷の粒の表面積 (比表面積)  $s$  にすると第 2 表に示した  $28.3 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  になった。

しかし、上にもとめた氷の粒の表面積は、次にのべるように実際の表面積よりも小さい値になる。第 5 図は試料の表面に対して垂直に切られた切断



第 5 図

面の一部を示したもので、図の中で 1, 2, ..., i, ... と番号をつけた面が写真をうつした試料面で、面の間隔は  $d$  である。この氷の粒の  $i$  番目の試料面で切られた輪かくの周長を  $l_i$  とすれば、上の計算では、この氷の粒の表面積は  $\sum l_i d$  として計算されたことになる。しかし実際の表面積は  $\sum l_i S_i$  でなければならない。第 5 図で示されているように  $d = S_i \sin \theta_i$  で、一般に  $d$  は

第 3 表 平行線の間隔と  $N/L$  比表面積  $s (\text{cm}^2/\text{cm}^3)$   
 $d$ ; mm,  $L$ ; cm,  $N$ ; 交差数

		0.1mm	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
5	$N$	4,000	1,993	1,339	963	800	656	602	482	455	392	319	256	189
	$L$	231	115	77	58	46	39	33	29	26	23	19	15	12
	$N/L$	17.3	17.3	17.4	16.6	17.4	16.8	18.2	16.6	17.5	17.0	19.8	17.1	15.8
	$s$	34.6	34.6	34.8	33.2	34.8	33.6	36.4	33.2	35.0	34.0	33.6	34.2	31.6
10	$N$	3,976	1,991	1,322	969	814	653	581	470	446	414	327	260	186
	$L$	231	115	77	58	46	39	33	29	26	23	19	15	12
	$N/L$	17.1	17.3	17.2	16.7	17.7	16.7	17.6	16.2	17.2	18.0	17.2	17.3	15.5
	$s$	34.4	34.6	34.4	33.4	35.4	33.4	35.2	32.4	34.4	36.0	34.4	34.6	31.0
15	$N$	4,210	2,039	1,351	1,044	816	651	575	520	446	422	327	286	200
	$L$	231	115	77	58	46	39	33	29	26	23	19	15	12
	$N/L$	17.8	17.7	17.5	18.0	17.7	16.7	17.4	17.9	17.2	18.3	17.2	19.1	16.7
	$s$	35.6	35.4	35.0	36.0	35.4	33.4	34.8	35.8	34.4	36.6	34.4	38.2	33.4
20	$N$	4,228	2,068	1,382	1,015	825	696	565	520	474	406	342	274	174
	$L$	231	115	77	58	46	39	33	29	26	23	19	15	12
	$N/L$	18.3	18.0	17.9	17.5	17.9	17.8	17.1	17.9	18.2	17.7	18.0	18.3	14.5
	$s$	36.6	36.0	35.8	35.0	35.8	35.6	34.2	35.8	36.4	35.4	36.0	36.6	39.0
25	$N$	4,012	2,051	1,365	999	793	684	568	515	435	395	358	249	175
	$L$	231	115	77	58	46	39	33	29	26	23	19	15	12
	$N/L$	17.4	17.8	17.7	17.2	17.2	17.5	17.2	17.8	16.7	17.2	18.8	16.6	14.6
	$s$	34.8	35.6	35.4	34.4	34.4	35.0	34.4	35.6	33.4	34.4	37.6	33.2	35.2

$S_i$  よりも小さい。

水の粒の形は雪の種類によって異なるが、今とり扱っているしまり雪は丸味をもった氷である。それで簡単のために氷の粒は球形をしていると仮定すると

$$\sum l_i S_i = \sum l_i d \sin \theta_i = \frac{4}{\pi} \sum l_i d$$

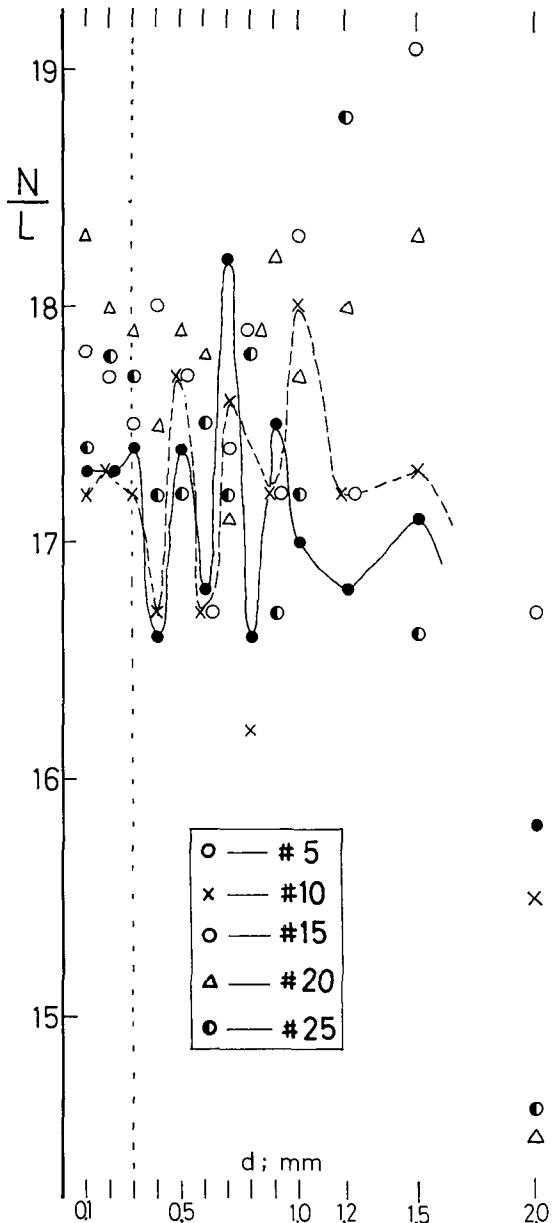
となる。すなわち、さきに求めた値に  $4/\pi$  を氷の粒の形に関する係数としてかければよいわけで、 $28.3 \times 4/\pi = 36.0 (\text{cm}^2/\text{cm}^3)$  がインク法で実際に測定された比表面積になる。

なお、第2表にかかげた各30枚の周長はほとんど等しく、それらの平均値は59.3 cm、最大±5%のばらつきである。したがって、しまりゆきのばあい、切断面一枚の周長を測れば十分である。

2) Smith, Guttman の方法による測定

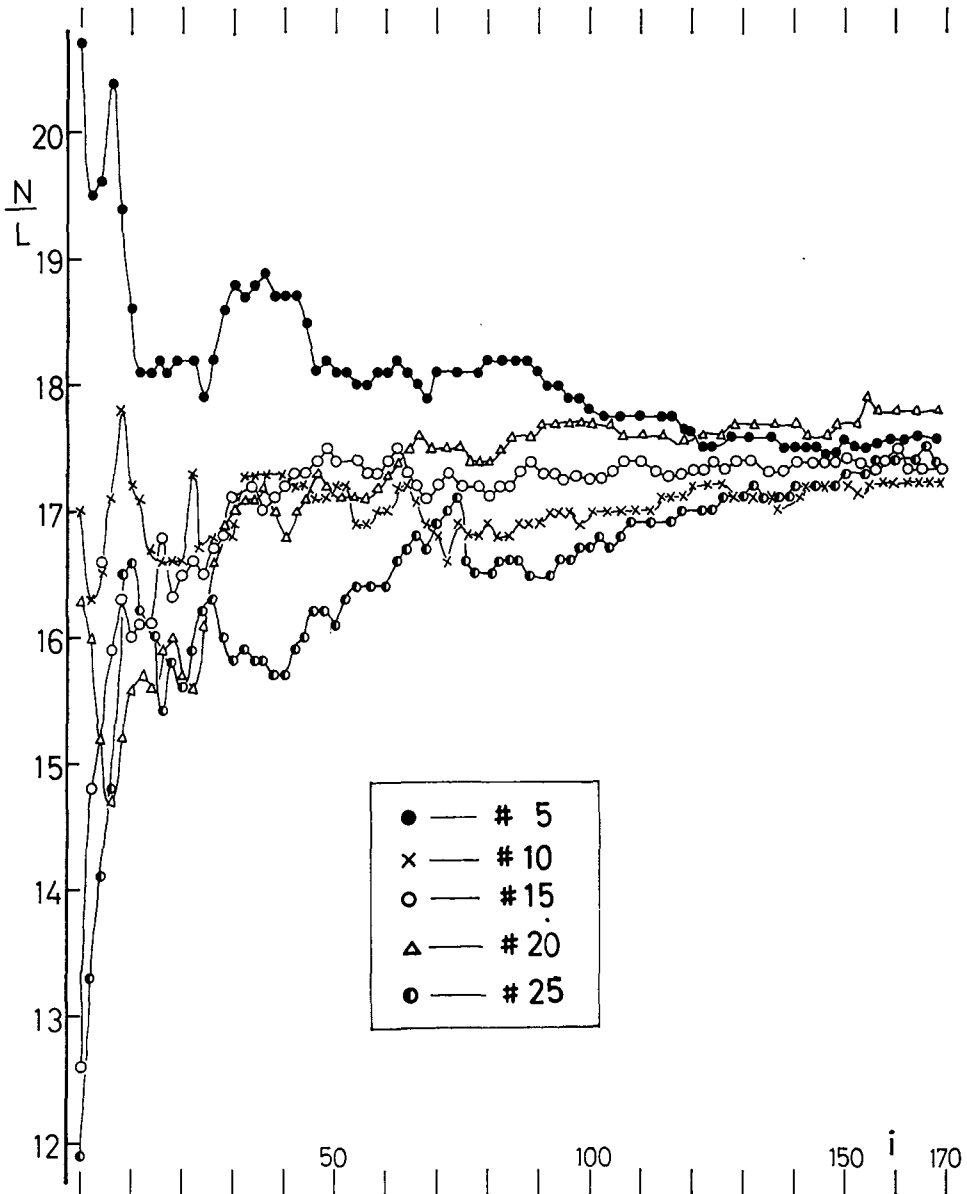
次に、等間隔に切られた切断面30枚の中から5枚をえらび、これらの積雪の切断面について、第II節1)のSmithとGuttmanの理論で比表面積  $s = S/V$  を計算した。これら5枚を図版IIにかかげた。あらかじめ透明印画紙に引伸した写真を1.6 mm おきに引いた平行線の上におき、平行線と氷の粒の空気との境界線との交差の数  $N$  をかぞえた。平行線の間隔1.6 mm の切料面での寸法は0.1 mm である。以後、とくに断らない限り切断面での寸法を書くことにする。 $L$  は平行線の長さの総計である。平行線の一本の長さは1.35 cm、170本の平行線が引かれたので  $L = 231$  cm であった。

式(1)を使うばあいに、平行線の間隔をせまくするほど比表面積  $s$  の正確な値に近づくことが予想される。それでいろいろな平行線の間隔で  $N/L$  を測定した。これらの値を第3表に示した。一番上の欄は平行線の間隔である。平行線の間隔が0.1 mm のとき、 $N$  は4000個程度、 $L$  は231 cm になった。この時、 $N/L$  は17.3である。間隔を1.0 mm にすると  $N/L$  は17.0、18.0 などになるように、間隔を



第6図  $N/L$  と平行線の間隔との関係

大きくしてゆくと、 $N/L$  値はちらばってくる。たとえば、番号5をみてみよう。間隔が0.5 mm までは17.3, 17.3, ..., 17.4, 0.6 mm 以上では16.8, 18.2, ..., 15.8と  $N/L$  値は0.1 mm のときの値17.3からはずれてゆく。第6図にその様子をグラフに示した。縦軸に  $N/L$ , 横軸に平行線の間隔をとった。間隔が0.3 mm 位までは、0.1 mm のときの  $N/L$  と同じばらつきを示しているが、0.3 mm 以上間隔を広げると急にそのばらつきは大きくなる。実際に、番号5, 10について、各々の点をむすんでみると、0.3 mm までは0.1 mm のときの  $N/L$  値と大きくちがわない。



第7図  $N/L$  と平行線 (長さ 1.35 cm) の数との関係

しかし、0.4 mm 以上からは間隔による  $N/L$  は変動が大きく、0.1 mm の  $N/L$  値からずれていくことがわかる。したがって、この試料については 0.3 mm 以内の幅の平行線を引き、 $1.35 \times 1.70 \text{ cm}^2$  の面積で  $N/L$  を計算すればよいことになる。しかし、これらの  $N/L$  の値から (1) 式によって比表面積を求めると、間隔を 1.0 mm 程度に広げても、実際に比表面積の違いは数%にみたなかった。

上に述べたことは、一定の面積 ( $1.35 \times 1.70 \text{ cm}^2$ ) において、 $N/L$  の値が一定値に近づけるために、平行線の間隔をちぢめて  $L$  を長くし、したがって、 $N$  を大きくして  $N/L$  を一定値に近づける方法であった。しかし、面積が限られていなければ、平行線を引く面積を大きくすることによっても  $L$  を大きくすることができる。  $L$  をどの程度の長さにとれば、 $N/L$  が一定になるかを次に調べてみることにする。第 3 表の測定の際に、0.1 mm おきの平行線の一本一本についての  $N/L$  値を求めたが、一本毎の線についての  $N/L$  値は非常にばらつき、その標準偏差は 1.02 であった。

縦軸に  $N/L$ 、横軸に平行線の数  $i$  をとると、第 7 図からえられる。図でわかるように、120 本目位に  $N/L$  は一定になる。そのときの  $N/L$  の値は約 17.4 である。この値は前に 0.1 mm おきの平行線を引いて求めた  $N/L$  の値 17.6 とほとんど等しい。したがって、この雪のぼあい、 $1.35 \times 1.20 \text{ cm}^2$  の面積に、0.1 mm の平行線を引いて  $N/L$  を求めると十分である。1.35 cm は平行線一本の長さである。

第 4 表 平行線の方向と  $N/L$  の比較

	0°C				30°C				60°C				90°C			
	$N$	$L$	$N/L$	$s$	$N$	$L$	$N/L$	$s$	$N$	$L$	$N/L$	$s$	$N$	$L$	$N/L$	$s$
# 5	771	45	17.3	34.6	818	45.9	17.8	35.6	727	45.8	15.9	31.8	782	44.3	17.6	35.2
# 10	770	45	17.3	34.6	820	45.9	17.9	35.8	816	45.8	17.7	35.4	781	44.3	17.6	35.2
# 15	780	45	17.5	35.0	793	45.9	17.3	34.6	843	45.8	18.4	36.8	753	44.3	17.1	34.2
# 20	784	45	17.6	35.2	814	45.9	17.8	35.6	871	45.8	19.0	38.0	850	44.3	19.2	38.4
# 25	804	45	18.0	36.0	832	45.9	18.1	36.2	779	45.8	17.0	34.0	782	44.3	17.6	35.2

これらの測定は、平行線を一方方向に引いていったときの結果であった。しかし、実際にしまりゆきの構造が異方性をもっていると、平行線の方向によって、 $N/L$  は異なった値を示すであろう。それで、平行線の方向を変えて、 $N/L$  を測定してみた。第 4 表にその結果を示した。番号 5 の切断面では方向によって少し差はあるが、番号 10 の面ではほとんど変わらない。その他でも、大体 5% のちがいである。これらの結果から、この試料 (しまりゆき) では、平行線の引き方によって、 $N/L$  は変わらないことがわかる。つまり、このしまりゆきは等方性とと考えてよい。

以上のようにして、 $N/L$  の値をいろいろな場合について求めてきた。 $N/L$  から比表面積を求めると、 $s$  は  $35.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  となる。

Smith と Guttman の理論による比表面積の計算値は  $35.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ 、インク法による実測値は  $36.0 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  で 2.2% のちがいでほとんど等しい。

積雪粒子の比表面積を求めた例として清水の測定値がある。清水は、積雪の通気度を測り、Kozeny の式から計算した。その比表面積はしんせつで  $90 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ 、ざらめゆきで  $31.5 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  までの範囲であった。

## V. あとがき

Smith と Guttman が確率論的に求めた式を使って、積雪の比表面積を計算した。試料は、密度  $0.3 \text{ g/cm}^3$ 、平均粒径  $0.6 \text{ mm}$  のしまりゆきで比表面積は  $35.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  となった。同時に、同じ試料を  $75 \mu$  おきに連続的に切った断面積に現われる氷の粒の周長をインク法を使って、比表面積を実測すると、 $36.0 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  となった。式(1)を計算するための平行線の引き方は、しまりゆきのばあい、任意の方向に引いても変わらないことがわかった。しかし、しんせつやしもざらめゆきのような構造的に異方性のある積雪については、さらに調べてみなければならない。

最後に、この報告を書くにあたり、種々の御指導をいただいた藤岡敏夫教授、また、種々有益な助言を下された若浜五郎、鈴木義男両助教授、秋田谷英次助手に感謝の意を表します。

安全カミソリを応用したマイクロームの刃の取扱部分の作製は大方由松技官によった。ここに記して感謝します。

## 文 献

- 1) 木下誠一・若浜五郎 1957 アニリン固定法による積雪の薄片. 低温科学, 物理篇, **18**, 77-94.
- 2) 石田 完・清水 弘 1955 積雪の通気抵抗 (第 I 報). 低温科学, 物理篇, **14**, 33-42.
- 3) Smith, C. S. and Guttman, L. 1953 Measurement of internal boundaries in three-dimensional structure by random sectioning. *J. Metals*, **5**, No. 1, 81-87.
- 4) 清水 弘 1958 Rad Paste 法による積雪の薄片. 低温科学, 物理篇, **17**, 81-86.

## Summary

Deposited snow is a porous assembly of ice particles. The author has determined a specific surfaces of snow. A piece of snow  $2.4 \times 2.4 \times 2.4 \text{ cm}$  in dimension was reinforced with solidified aniline and set on a microtome. This was shaved successively 30 times at a thickness  $d (=75 \mu)$ . After each shaving, the surface of the snow were rubbed by water blue powder which dyed the surface of the cross section of the ice particles (Plate 1-5). The specific surface  $s$  was obtained on 16 times enlarged photograph of each surface by two methods:

- 1) On each photograph the length  $l$  of the periphery of the ice particles was measured.  $\sum ld$  was the surface area of particles of the snow.
- 2) Parallel lines at distances of  $1.6 \text{ mm}$  were drawn on the photographs and the number of the intersections  $N$  of these lines with the peripheries of the ice particles were counted. According to the theory of Smith and Guttman<sup>3)</sup>  $2N/L$  is equal to  $s$ .  $L$  is the total length of the parallel lines.

The first method gave  $28.3 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  to  $s$ , but this was not true value of  $s$ . Fig. 5 shows a part of vertical section of an ice particle of which photographs were taken on the horizontal surfaces numbered 1, 2, ...,  $i$ , ... The first method calculated  $\sum l_i d$  as

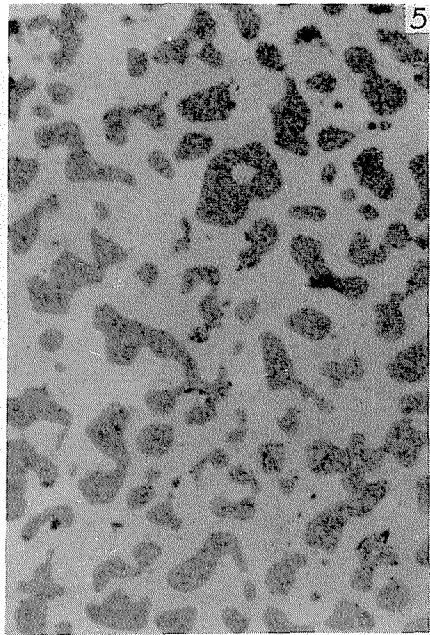
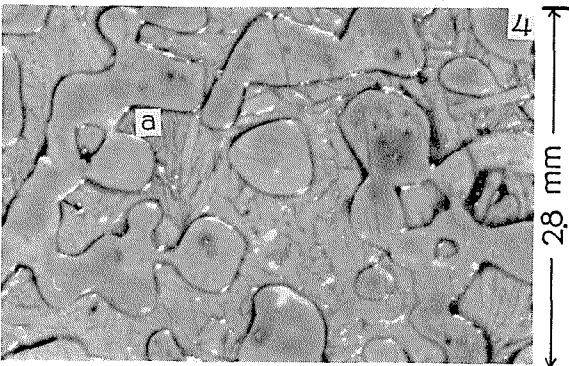
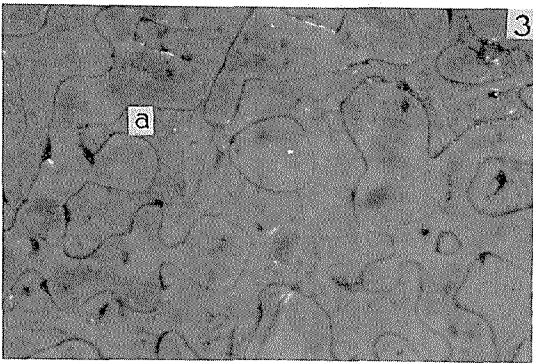
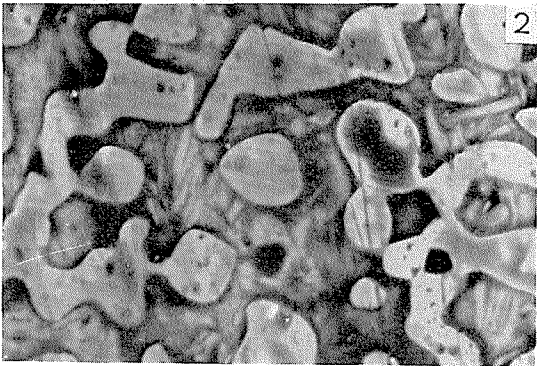
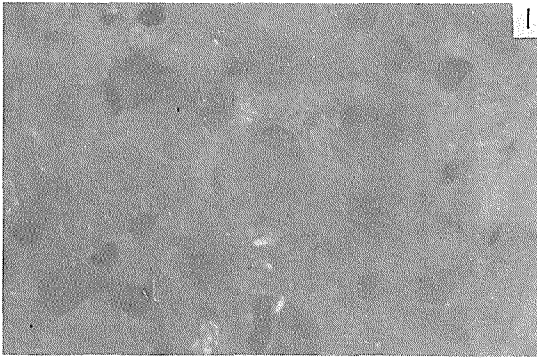
the surface area of the particle, but the true area of the surface should be  $\sum l_i S_i$ . Under the assumption that the ice particles are spherical in form,  $\sum l_i S_i = 4/\pi \sum l_i d$  and  $s$  is equal to  $36.0 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  which is in good agreement with  $35.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  given by the second method. The snow was compact snow with a density of  $0.30 \text{ g/cm}^3$ .

### 図 版 説 明

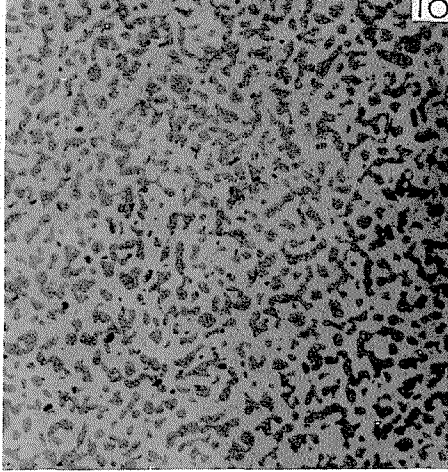
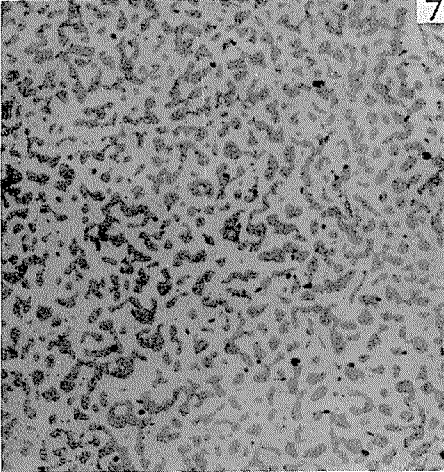
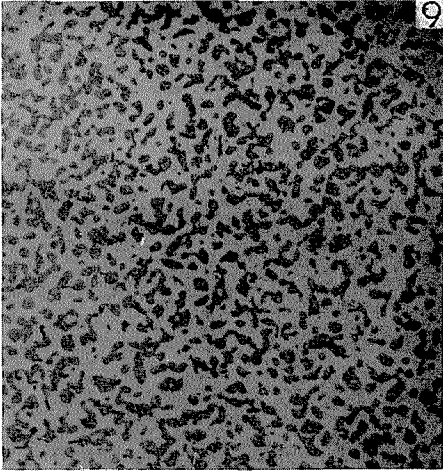
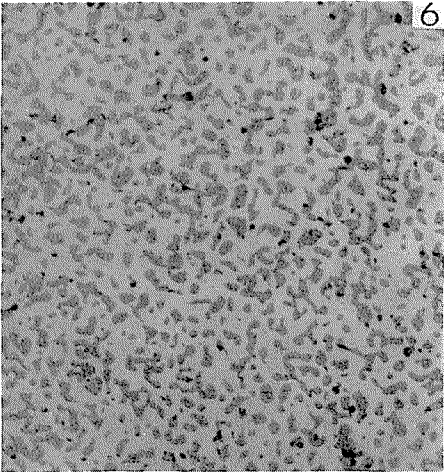
#### 図 版 I    アニリン法を用いた切断面写真

- 1) 処理なしの切断面
- 2) 切断面にマジック、インクを塗ったもの
- 3) 2)をガーゼで軽くたたいたもの
- 4) 3)を放置したもの
- 5) 切断面に water blue を附着させたもの

#### 図 版 II    連続切断面の写真 (氷の部分 water blue にを附着させ撮影した)。番号 6, 7, 8, 9, 10 は第 1 表の番号の 5, 10, 15, 20, 25 に対応する。すなわち, $375 \mu$ ずつ削った切断面である



6.0 mm



← 22 cm →

