



Title	雪庇の構造と雪質 I
Author(s)	成瀬, 廉二; NARUSE, Renji; 西村, 寛 他
Citation	低温科学. 物理篇, 38, 41-51
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18389">https://hdl.handle.net/2115/18389</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p41-51.pdf



## 雪 庇 の 構 造 と 雪 質 I\*

成 瀬 廉 二

(低温科学研究所)

西 村 寛

(北海道大学大学院 理学研究科)

(昭和54年10月受理)

### I. ま え が き

山稜や地形の不整地の風下に形成される雪庇は、地形の影響を受けた雪の吹きだまりの代表的なものである。山地の雪庇の崩壊はなだれの誘因となることが多く<sup>1)~3)</sup>、また多雪強風地域の道路では風上側の法面や雪堤に雪庇が成長し、しばしば交通の障害を起す<sup>4),5)</sup>。雪庇には大小様々な規模のものがあるが、山稜の風下斜面に大きく発達した雪庇は、夏になっても雪溪として残る。北海道の山岳地に存在している多年性雪溪の多くは、涵養機構が「雪庇型」のふきだまり雪溪である<sup>6)</sup>。

この様に、雪庇はその形態の特異さもあって古くから多くの登山家や研究者によって注目されてはきたが、雪庇そのものの詳しい研究例は少ない。Seligman<sup>7)</sup>は雪庇の形態、雪庇周辺の風の構造、および雪庇の生成過程などについて過去の研究者の報告をとりまとめ、詳細な定性的記述を行った。また、一つの雪庇の中に、軟らかく堆積した低密度の部分と、硬く堆積した高密度の部分があることを示唆した。ほかにも雪庇の成因についていくつかの報告<sup>8)~11)</sup>があるが、未だ解明されていない点も多い。北海道天塩地方山地において、雪庇周辺の乱流状態<sup>12)</sup>、地ふぶき現象と関連した雪庇の生成過程<sup>13)</sup>、雪庇の分布と風系について<sup>13),14)</sup>が石田等や小林等によって調査され、雪庇形成の特性等について様々な知見が得られた。

筆者等は、山地に形成される雪庇の構造と雪質に着目し、平坦地の積雪または一様な斜面積雪との諸特性の相違を明らかにする目的のために、1979年冬期は、北海道大雪山系旭岳中腹に成長した一つの雪庇について調査を行った。本報告(I)は、雪庇の上部および下部の雪質の相違、および雪庇の変形に主点をおいた調査結果である。

なお本報告では、雪庇の先端部を単に「庇」と、また雪庇の「庇」より上部緩斜面の部分を「庇の上部」、下部急斜面の部分を「庇の下部」と呼ぶことにする\*\*。

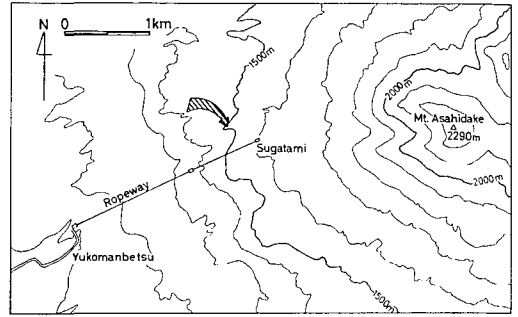
\* 北海道大学低温科学研究所業績 第2177号

\*\* Seligman<sup>7)</sup>は、雪庇を「(山稜の)岩や氷の頂部から張り出した雪の堆積物」と定義し、雪庇の各部分の内、庇の直上を roof, 庇の直下(下面)を face, 庇の下部急斜面を scarp, 雪庇の上部(風上側)を root と名付けた。

## II. 調査方法

1979年冬期の雪庇観測は、大雪山系旭岳西斜面のロープウェー姿見駅から西北西400m地点において、1,500m等高線に沿いほぼ東西に伸びた小尾根の南側に幅約100mにわたって成長した雪庇を対象とした(第1図参照)。

1979年2月26日から28日にかけて、雪庇の最大傾斜方向に沿い長さ6m、深さ約3mの雪穴を掘り、積雪断面において層構造の観察、各層の傾斜、雪質、密度、硬度の測定を行った。雪の粒径は、ほぐした雪粒の顕微鏡写真または試料の薄片写真によって測定した。雪庇のクリープおよび底面におけるすべり(グライド)を観測するために、雪庇の上部斜面(庇から0.7m地点)にて内径5cmのスノーサンプラーにより鉛直に穴をあけ、その



第1図 調査地付近の地形図  
観測を行った雪庇を矢印にて示す

穴にオガクズを充填した。基準点としての杭はオガクズ柱直下の基盤に設置した。また、雪庇の鉛直平面内における歪分布を測定するために、12個のピンポン球を雪の壁に埋設し、球により構成される一辺0.2mから1.5mの三角網の各辺長を測定した。

3月29日には、同雪庇の表面傾斜を測定するとともに、同日の表面層を後に識別するために表面にインクを噴布した。

4月17日から19日にかけて、同雪庇において長さ9m、深さ約4mの雪穴を掘り、2月の観測時と同様の積雪断面観測を行った。オガクズ柱の変形から各層の変位速度、ピンポン球の三角網の変形から歪分布を測定した。

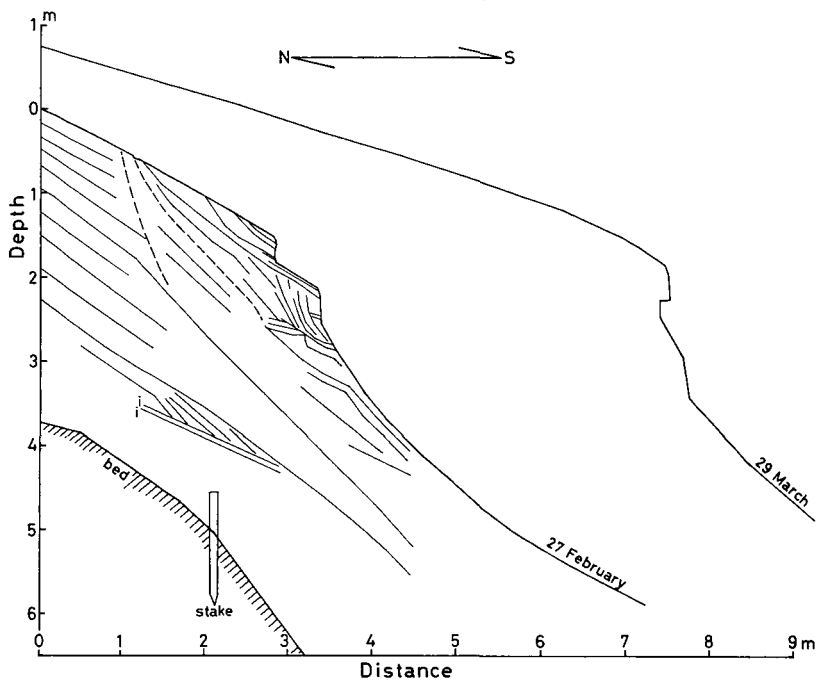
## III. 観測結果

### 1. 雪庇の内部構造と変形

2月27日の雪庇断面図を第2図に(層構造は顕著なもののみ)示す。基盤の傾斜は、基準点(杭)の上部が $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 、下部が $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ である。全般的には層構造は斜面にはほぼ平行で、連続性も良い。底部分に乱れた層が見られるが、庇の巻き込みの結果を示す空洞は認められなかった。雪庇の上部斜面(庇から2m地点)にて、表面から下方に、層位に斜交して走る断面層面とクラックが認められた。

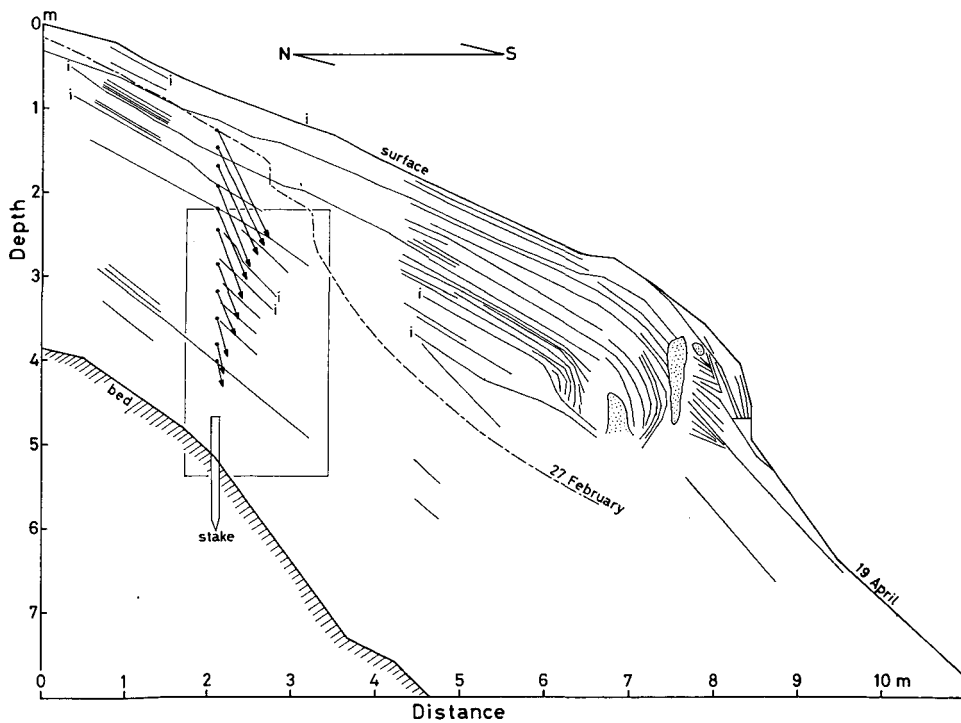
3月29日の雪庇表面の輪郭を、2月27日の表面を基準にして第2図にあわせて示した。1ヵ月間に、庇の上部では約0.7m堆積したが、庇が大きく前進した結果、庇の下部では約4m堆積したことがわかる。この時は、庇内部に空洞が見られた。

4月19日の雪庇断面図を第3図に示す。庇の上部では層位は概ね斜面に平行だが、底部分にいくつかの空洞と、層位の斜交、層の不連続性が見られた。2月27日に観測された断面層とクラックは消失していた。4月19日の雪庇の形と大きさは3月29日とほぼ同様で、この20日間



第2図 雪庇の鉛直断面図 (2月27日)

記号 i のついた層は氷板。層位に斜交して見られる2本の破線は、上が断層面、下がクラック



第3図 雪庇の鉛直断面図 (4月19日)

記号 i のついた層は氷板。多数の小さな点を付した部分は空洞。2月27日の表面輪郭を鎖線にて示す。矢印はオガクズ観測により得られた51日間の雪の変位ベクトル。矩形で囲まれた部分を第4図に示す

には雪底はほとんど成長しなかったことがわかる。また、3月29日に噴布したインクの層は全く認められず、同日の表面層はその後に削剝されたものと考えられる。

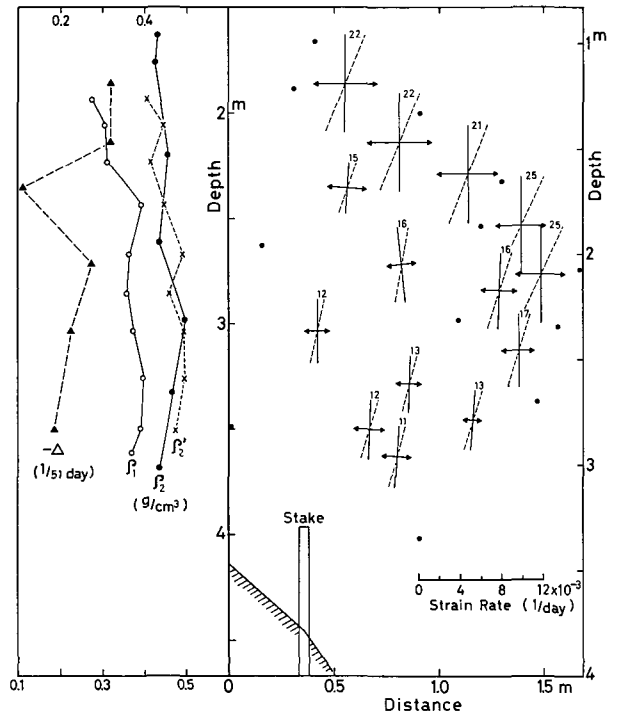
鉛直に埋設されたオガクズ柱の変形から得られた、2月27日から4月19日までの51日間の各層の変位ベクトルを第3図に示した。51日間の変位の最大値は、表層における1.42mであった。これは斜面方向(表面に平行)のクリープ速度2.1cm/dayに相当する。積雪底部における変位は、測定の誤差の範囲(51日間で約1cm)では全く認められず、グライドは起っていないと判断される。

ピンポン球により構成される三角網の変形から得られた鉛直断面内の歪分布を第4図の右に示す。歪速度の測定誤差は $\pm 5 \times 10^{-4}$  1/day以下である。最大の縮みはほぼ鉛直方向に、最大の伸びはほぼ水平方向に見られる。表面に平行な方向の歪速度は $+(1\sim 4) \times 10^{-3}$  1/dayで、斜面上部尾根付近の凸斜面における雪の引っ張り領域の歪特性を良く表している。鉛直方向の縮み、斜面方向の伸び、回転(山側から谷側への回転)ともに雪底の上層ほど大きいことがわかる。しかし測定部分が雪底先端からやや上部斜面にあったため(球設置時は底から0~1.5m,再測時は約6m上部側の部分)、底の巻き込み等雪底特有と予想される歪分布は観測できなかった。第4図の左に、雪の密度分布、面積変化率を図示したが、これらについては第IV章で議論する。

2. 雪底の雪質

雪底断面の層構造の観測(第2図,第3図)から、雪の堆積速度は底の上部では小さく、底の下部では上部の数倍大きいという結果が得られた。堆積速度の場所による差は雪面上の風に関係している。石田等<sup>12)</sup>は雪底付近の風の測定から、風速と乱流の強さが底の上部と下部とで異なることを示した。風の構造の違いは、堆積速度だけではなく、堆積した雪の性質にも影響をおよぼしていると考えられる。そこで、雪の性質が底の上部と下部とでどのような相違があるのかに着目して、雪底内部の密度、硬度、結晶粒径の分布を調べた。

粒径の測定は、アニリン固定



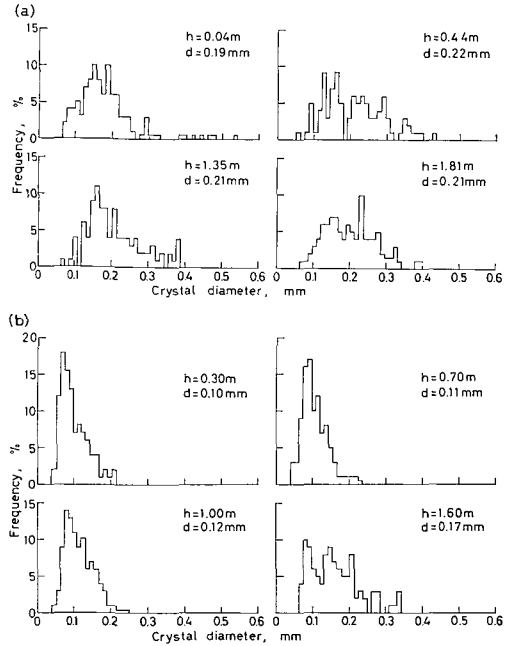
第4図 ピンポン球(黒丸)観測による雪底鉛直断面内の歪分布(右),および面積変化率(- $\Delta$ )と密度( $\rho$ )の分布(左)

測定場所は第3図参照。縦軸の深さは、その地点の表面を基準としたもの。主歪の伸びを矢印で、縮みを線分で、歪楕円の長軸を点線で、回転(図上では時計まわり)を数字(単位:度)にて示す。 $\rho_1$ は2月27日の密度(変形後の相当深さに図示), $\rho_2$ は4月19日の密度, $\rho'_2$ は計算による4月19日の密度

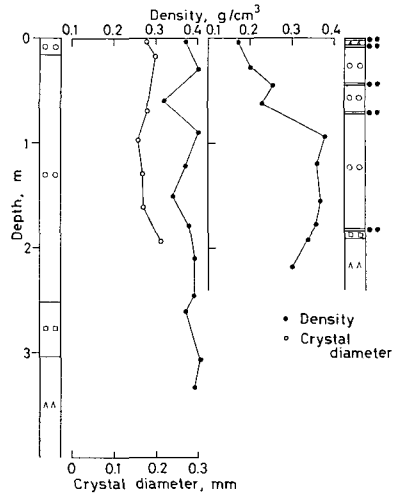
法<sup>15)</sup>で積雪試料の鉛直薄片を作成し、偏光顕微鏡写真を用いて行った。薄片写真上に現われた結晶粒に等しい面積をもつ円の直径を、一薄片につき100個から300個の結晶粒について測定した。第5図に、4月19日の深さ約2 mまでの4つの層の雪試料について、結晶粒径のヒストグラムを示す。底の上部では、深さにかかわらず粒径分布の幅が広く、粒径の平均値も同様であった。一方底の直下では、粒径分布の幅は表面付近で狭く、深さとともに幅が広くなり平均値も増大した。この様に結晶粒の直径の頻度分布から求めた平均直径を、以下では単に粒径とよぶ。

2月27日の断面観測から得られた雪質の柱状図と、密度、結晶粒径の鉛直分布を第6図に示す。底の上部では深さ2.5 m付近まではしまり雪で、それ以下の層はしもざらめ化していた。また、底の直下では数カ所にざらめ層が見られた。南に面した底下部の急斜面では、2月27日以前にも時折り強い日射を受け、表面層の融解の結果ざらめ層が形成されたものと考えられる。密度分布は、底の上部では表面から深部までほぼ一定の大きな値を、底直下の表面付近では小さい値を示した。一方粒径は深さに対してほぼ同様であった。

第7図に4月19日の断面観測結果を示す。AとBは2月27日に測定された(第6図)当時の底の上部と底の直下部分と同一地点である。A~Eいずれの地点もざらめ層や氷板を含み、この時期には表面における融解が時々起ったことを示している。各地点の密度の鉛直分布の特徴を見ると、底の上部のA、B地点では深さに対して変動はあるがほぼ同様な大きな密度を示し、底直上のC、D地点では深さとともに密度増加を、底直下のE地点では深さに対してほぼ同様な小さい密度を示している。深さ2 mまでの粒径分布は、

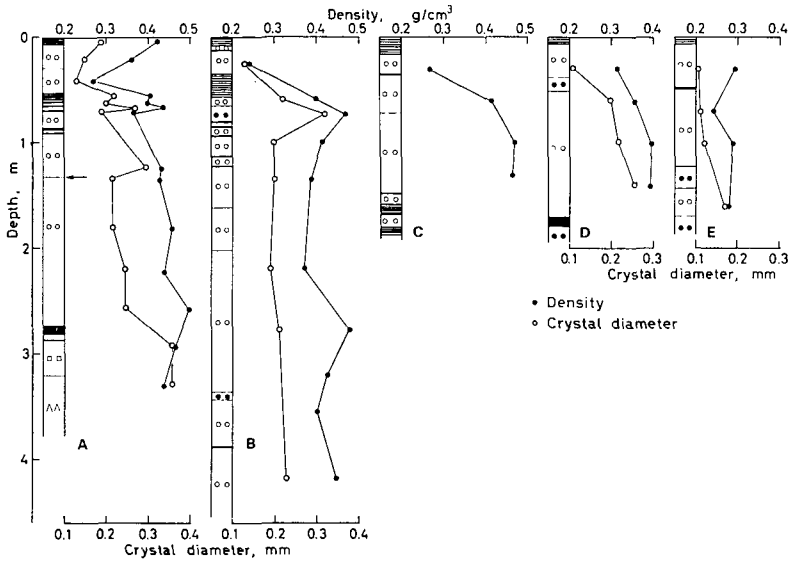


第5図 結晶粒径のヒストグラム(4月19日)。(a)底から水平距離6.5mの雪底の上部地点。(b)底直下の地点  
各ヒストグラムに記した $h$ は測定点の深さ、 $d$ は平均結晶粒径を示す



第6図 雪質および密度、結晶粒径の鉛直分布(2月27日)

図の左は底から水平距離約3 mの雪底の上部、右は底直下の地点。柱状図で、 $\wedge$ はこしまり雪、 $\circ$ はしまり雪、 $\square$ はこしもざらめ雪、 $\wedge$ はしもざらめ雪、 $\bullet$ はざらめ雪を示す。黒丸は密度、白丸は粒径を表す

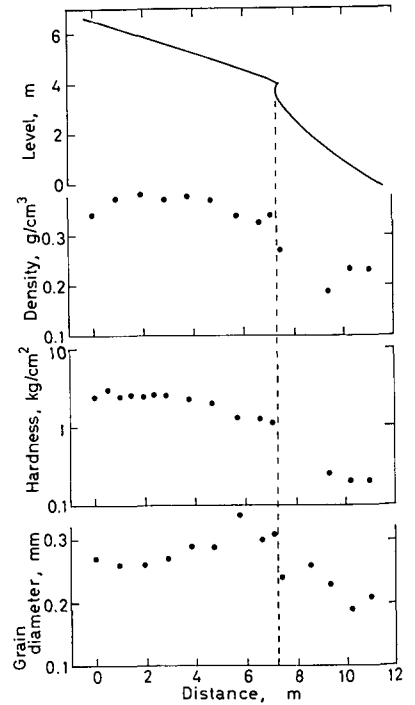


第7図 雪質および密度、結晶粒径の鉛直分布 (4月19日)

A, B, Cはそれぞれ庇から水平距離 6.5 m, 3 m, 1 m の雪庇の上部, D は庇, E は庇直下の地点。雪質記号は第6図参照。層構造の内太い実線は氷板を示す。Aの柱状図にて深さ1.3 mに付した矢印は2月27日の表面を示す。黒丸は密度, 白丸は粒径を表す

A~Dの庇上部では0.20 mm前後, Eの庇直下では0.12 mm前後と両地点にて大きな差が認められた。庇の上部地点の同一積雪層の平均粒径と平均結晶粒断面積の51日間の増加の割合から, 結晶(直径)成長速度  $0.8 \mu\text{m/day}$ , 面積成長速度  $3.8 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{day}$  が得られた。この値は, 若浜等<sup>16)</sup>が大雪山系雪壁雪渓の多年雪から求めた成長速度  $0.21 \text{ mm/year}$  ( $0.58 \mu\text{m/day}$ ) よりやや大きい。

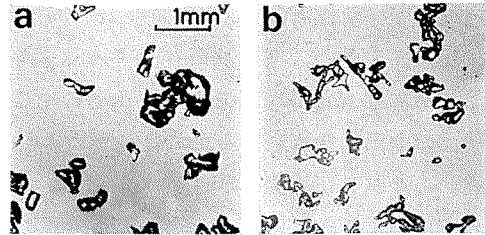
第6,7図で明らかな様に雪庇内部の雪質はその上部と下部とで大きく異っているが, 内部の雪は, 堆積後の環境と経過時間にしたがって変化するので, 次に, 堆積初期の同一(時期)積雪層について雪質の相違を調べる。2月27日の雪庇の上部から下部にかけて同一時期に形成された表面層(深さ数cm~10数cm)における密度, 木下硬度, および雪粒子径の分布を第8図に示す。図に表面の断面形をも示したが, 測定線は前述の断面観測面と平行に4m離れた地点である。ここに示した雪粒子径は, ほぐした雪粒約100個の平均直径である。したがって(単結晶)粒径に比べて一般的には大きい値を示す。



第8図 雪庇の最大傾斜線に沿う表面層の雪質の変化 (2月27日)

上から順に雪庇表面の断面形, 密度, 木下硬度, 雪粒子径を示す

雪庇上部斜面の表面層の密度、硬度、雪粒子径ともに、下部斜面より大きいことが第8図にて明瞭に見られる。また、表面層の雪粒子の形も第9図に示す様に庇の上部と下部とでは大きく異っていた。すなわち、庇上部の粒子は丸みをおび、庇下部の粒子は角ばったものが多く、降雪結晶の形を保持した粒子も含まれていた。



第9図 雪庇表面層の雪粒子の顕微鏡写真(2月27日)。(a)庇から水平距離3mの雪庇の上部の雪、(b)庇直下の雪

#### IV. 考 察

##### 1. 雪庇の成長過程

雪庇内部の構造の特性、すなわち層位の不連続性、層位の斜交、空洞やその痕跡の分布の特徴から、雪庇はその成長過程において非常にしばしば削剝作用を受けた、ということが推定される。1978~79年冬期の旭岳雪庇の形成過程を、ロープウェー姿見駅(第1図参照)にて測定された風向、風速の記録を用いて考察する。

12時間の平均風速が5 m/s以上の強い風のときの風向頻度分布は、1月上旬から2月27日までの期間では、北成分の風(風向:西北西—北—東北東)が約30%で南成分の風(風向:西南西—南—東南東)の45%より少なく、南斜面に雪庇が成長するための地ふぶき現象は少なかったことが推定される。観測結果でも、第2図に見られる様に、2月27日には雪庇の規模も小さく、庇も顕著に発達していなかった。つづいて2月28日から3月29日までの期間では、北成分の風が55%で南成分の25%より非常に多く、雪庇は大きく成長したが(第2図参照)、3月30日から4月18日までの期間では、南成分の風が60%で北成分の35%より多く、雪庇が増大したとしてもその後の逆風向(南成分)の風によって削剝されたことが推定される。このことは、3月末から4月19日にかけては雪庇の規模があまり変化していない観測結果(第2図、第3図)を説明している。なお、この期間、姿見駅の気温や雪庇内部の氷板の観測結果(第7図)から、表面において融解現象の起った日もあるが、雪庇の規模を変化させる程多くの融雪量はなかったと考えられる。

小林<sup>10)</sup>は、幅1.8mの矩形断面形のみぞの角にできる小雪庇の観測結果から、雪庇は片持梁のようになっていて自重で沈降しつつその上面および先端に飛雪を堆積付着させて生長する、と結論した。しかし、山地における長期間の成長過程を見た場合は、前述の様に風系が変化する度に「雪庇の成長(庇の前進)」—「庇の削剝」—「雪庇の成長」を繰り返す、その結果正味堆積量が正の場合は、庇の位置が尾根から谷へ向って次第に前進し、その結果として雪庇の規模を増大させると言える。また、雪庇は、冬期の季節風の風下斜面にのみ大きく形成されるわけではなく、天塩山地の観測結果<sup>13)</sup>と同様に、風系との関連において雪庇が生成されやすい地形に、様々な方位に発達し得るものである。

##### 2. 雪庇の変形

雪庇の上部斜面積雪で観測された斜面方向の最大クリープ速度2.1 cm/dayの値は、天塩

山地の様な斜面積雪（表面傾斜  $15\sim 35^\circ$ ，積雪深 1 m 前後）で観測された速度  $3\sim 9$  mm/day<sup>17)</sup> に比べて大きい。また秋田谷<sup>18), 19)</sup> や遠藤等<sup>20)</sup> によると、北海道の笹地斜面では積雪期間を通じて常に数 mm/day から数 cm/day の速度でグライドが起っているが、平均斜度約 50 度の急斜面の上部にある旭岳雪庇においてグライド現象が認められなかったことは、測定点が尾根に近いことおよび基盤上の植生（這松等）により底面すべりが抑えられたためと考えられる。一方斜面方向（表面に平行）の歪速度は、雪庇の上部斜面の積雪層で  $(1\sim 4)\times 10^{-3}$  1/day の伸びを示し、この値は天塩山地の様な斜面積雪の観測結果<sup>21)</sup>  $+5\times 10^{-4}$  1/day より約一桁大きい。興味深いことは、2月27日の断面には層位に斜交して観測されたクラック（幅 1 mm 以下、長さ約 2 m）と断層面（長さ約 2.5 m）が、51 日後にはその痕跡もなく消失していたことである。成田<sup>22)</sup> は雪の一軸定速度引張実験の結果、 $-10^\circ\text{C}$ ，密度  $0.3\sim 0.4$  g/cm<sup>3</sup> のしまり雪では、歪速度  $5\times 10^{-2}$  1/day 以上のとき小さなクラックが発生することが多いことを示した。このことから、旭岳雪庇では 2月27日以前に表面付近では大きな引っ張り応力場があり（その結果歪速度は  $10^{-2}$  1/day オーダー以上）、クラックが発生したが、その後の堆積状況の変化によりクラックは増大せず雪庇の崩壊には至らなかったと考えられる。

雪庇上部斜面の積雪層は、2月から4月までの 51 日間で鉛直方向に約 2/3 に縮まった（平均鉛直歪： $-7\times 10^{-3}$  1/day）。この鉛直歪が積雪層の圧密のみの結果であるとする、2月27日の同層の平均密度  $0.35$  g/cm<sup>3</sup> が 51 日後には  $0.54$  g/cm<sup>3</sup> に増加することになるが、4月19日の実測値は  $0.45$  g/cm<sup>3</sup> である（第 4 図左参照）。ある積雪層の  $t_1$  日における平均密度を  $\bar{\rho}_1$  とし、積雪層内の質量が保存されかつ鉛直断面に垂直方向の歪がないとすると、 $t_2$  日の同層の平均密度  $\bar{\rho}_2$  は、 $t_1$  日から  $t_2$  日までの断面内の平均面積変化率を  $\bar{A}$  とおくと、

$$\bar{\rho}_2 = \bar{\rho}_1 / (1 + \bar{A})$$

とならなければならない。ここで  $\bar{\rho}_1 = 0.35$  g/cm<sup>3</sup>， $\bar{A} = -0.24$  (51 day)<sup>-1</sup> であるので、上式にしたがうと 4月19日の平均密度は  $0.46$  g/cm<sup>3</sup> となり、実測の  $\bar{\rho}_2 = 0.45$  g/cm<sup>3</sup> と良い一致を示した。また各層毎に、上式により計算によって求めた 4月19日の密度  $\rho'_2$  の分布を第 4 図左にあわせて示してある。多少の変動はあるが、計算値  $\rho'_2$  と実測値  $\rho_2$  とはほぼ一致した。この様に、積雪の引っ張り領域あるいは圧縮領域においては、表面の沈降量または鉛直歪を、積雪層の圧密の結果のみとみなすことはできない。

### 3. 庇の上部、下部の雪質の相違

雪庇内部の密度の鉛直分布は、庇の上部斜面では深さに対してほぼ様な大きな値（2月： $0.35\sim 0.40$  g/cm<sup>3</sup>，4月： $0.35\sim 0.45$  g/cm<sup>3</sup>），庇の直下では小さい値（2月： $0.20\sim 0.40$  g/cm<sup>3</sup>，4月： $0.25\sim 0.30$  g/cm<sup>3</sup>）を示した。また、結晶粒径の鉛直分布も、庇の上部斜面では深さに対してほぼ様な大きな値（2月： $0.16\sim 0.21$  mm，4月： $0.20$  mm 前後），庇の直下では小さい値（4月： $0.10\sim 0.17$  mm）を示した。この様な雪庇内部の密度や粒径分布の場所による相違は、堆積時の初期値の差、堆積速度の差（すなわち、堆積後の経過時間の差）、および積雪の変形量の差（庇付近では斜面方向に伸長：圧密に影響）に主として起因していると考えられる。堆積初期の雪庇表面層の雪質分布（第 8 図）においても、庇を境として上部斜面では密度、硬度、雪粒

子径のいずれも庇の下部斜面より顕著に大きいという傾向が得られた。

飛雪粒子の平均直径は、札幌で  $0.04\sim 0.11\text{ mm}$ <sup>23)</sup>、南極 Byrd 基地で  $0.07\sim 0.17\text{ mm}$ <sup>24)</sup> と観測されている。天塩山地の積雪では、表面層のしんせつで  $0.16\sim 0.24\text{ mm}$ 、こしまり雪で  $0.18\sim 0.28\text{ mm}$  と測定された<sup>25)</sup>。これらの粒径の値と比較すると、庇直下の粒径 ( $0.12\text{ mm}$  前後) が非常に小さいことが明瞭になる。

前野等<sup>26)</sup> は風洞実験の結果から、地ふぶきが発生する時、雪面上の小さい粒子の方が飛びたちやすいことを示唆した。また高橋等<sup>27)</sup> は段差障害物の風下に堆積した雪粒子の測定にて、段差のすぐ後には小さい粒子が、段差による剝離流の再付着点付近には比較的大きい粒子が、その風下遠方には小さい粒子が堆積したことを示した。これらの実験結果をも用いると、雪庇における庇上部と下部の雪質の相違を説明し得る。雪庇上部では風が強く地ふぶきが発生しやすく、その結果小さい粒子は雪面から飛び出し、大きい粒子のみそこにとどまり堆積する。風が強いと堆積した初期の密度は大きい傾向があるので (例えば、<sup>28), 29)</sup>、雪庇上部の積雪は堆積初期から密度が大きい。雪庇上部から庇を越えた飛雪粒子の内、比較的小さい粒子が風の弱くなる庇直下に堆積し、その部分の密度は小さい。以上の様に、雪庇の成長は、庇を境とする飛雪粒子のふるいわけをともなった雪の堆積現象であると言える。

これに加えて、雪粒子の付着が起りやすい条件の時には庇が大きく形成されると考えられるが、今回の調査結果からは庇の形成機構について述べることはできない。

## V. あとがき

1979年冬期、大雪山系旭岳西斜面中腹にて南側に張り出した一つの雪庇において、鉛直断面による内部構造および雪質の観測、また積雪層内に埋め込んだ標識を用いて雪庇のクリープおよび歪速度の測定を行った。以上の観測結果をもとに、雪庇の成長過程、雪庇の変形、および庇の上部、下部の雪質の相違について述べた。

本調査を行うにあたり、北大大学院理学研究科金田安弘君、堀内康光君および北大低温科学研究所古川義純君からご協力をいただいた。大雪ハイランド株式会社には気象観測資料を参照させていただいた。また、北大低温科学研究所石田完教授、前野紀一助教授、秋田谷英次講師、成田英器助手からは有益な助言を受けた。以上の方々に厚く感謝の意を表します。

なお、本研究に要した費用の一部は、文部省科学研究費 (空気と雪粒子の相互作用の研究) から支出された。

## 文 献

- 1) アメリカ林野局 1974 雪崩—その遭難を防ぐために—。北海道大学図書刊行会、札幌、p. 338 (訳：橋本誠二・清水弘)。
- 2) 秋田谷英次 1974 調査カードによるなだれ情報の整理。雪氷, **36**, No. 3, 96-103。
- 3) Ward, R. G. W. 1979 Avalanche hazard in the Cairngorm Mountains, Scotland. Proceedings of the Symposium on Snow in Motion (to be published in Journal of Glaciology)。
- 4) 石本敬志・谷内吉雄・竹内政夫・野原他喜雄 1979 切土区間道路における吹溜りと雪害防止対策。昭和54年度日本雪氷学会秋季大会講演予稿集, 22。

- 5) 小林文明 1979 雪壁カットに対する視程距離と雪庇の発達状況. 昭和54年度日本雪氷学会秋季大会講演予稿集, 23.
- 6) 成瀬廉二・石本敬志・坂本雄三・高橋修平 1972 大雪山系における多年性雪渓の分布および「雪壁」雪渓の消長について(大雪山の雪渓調査 V). 低温科学, 物理篇, **30**, 115-128.
- 7) Seligman, G. 1962 Snow structure and ski field. R. & R. Clark, Ltd., Edinburgh, p. 555.
- 8) 黒田正夫 1954 雪の科学. 観察と実験文庫, 同和春秋社, 東京, p. 162.
- 9) 金野 篤・今井篤雄・丸山久一 1956 雪庇防止における板塀柵の測定. 雪氷, **17**, No. 3, 18-20.
- 10) 小林大二 1969 みぞの縁にできる小雪庇. 低温科学, 物理篇, **27**, 405-407.
- 11) Latham, J. and Montagne, J. 1970 The possible importance of electrical forces in the development of snow cornices. *J. Glaciol.*, **9**, No. 57, 357-384.
- 12) 石田 完・小林俊一・小林大二・石川信敬 1971 天塩地方山地の雪庇調査 I. 低温科学, 物理篇, **29**, 93-101.
- 13) 小林大二・成瀬廉二・小林俊一・石田 完・石川信敬・西尾文彦 1971 天塩地方山地の雪庇調査 II. 低温科学, 物理篇, **29**, 103-114.
- 14) 成瀬廉二・小林俊一 1972 天塩地方山地の雪庇調査 III. 低温科学, 物理篇, 資料集, **30**, 1-9.
- 15) 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.
- 16) 若浜五郎・清水 弘・秋田谷英次・成田英器・田沼邦雄・山田知充・成瀬廉二・北原武道・佐藤尚之・石川信敬・河村俊行 1969 大雪山の雪渓調査 IV (第4, 5年度). 低温科学, 物理篇, **27**, 181-194.
- 17) 秋田谷英次・川田邦夫 1971 斜面積雪の挙動の研究 II 一変位, 歪, 底面すべり. 低温科学, 物理篇, **29**, 135-149.
- 18) 秋田谷英次 1974 斜面積雪の挙動の研究 III 一接地面での雪の移動(グライド)一. 低温科学, 物理篇, **32**, 97-104.
- 19) 秋田谷英次 1975 斜面積雪の挙動の研究 V 一斜面積雪のグライドとクラックの発生, 1974~1975 冬一. 低温科学, 物理篇, **33**, 103-108.
- 20) 遠藤八十一・秋田谷英次 1976 斜面積雪の挙動の研究 VI 一「こぶ」状起伏の形成とその機構一. 低温科学, 物理篇, **34**, 99-110.
- 21) 藤岡敏夫・清水 弘・秋田谷英次・成田英器・川田邦夫 1971 斜面積雪の挙動の研究 I 一積雪内の歪, 歪速度一. 低温科学, 物理篇, **29**, 125-134.
- 22) Narita, H. 1979 Mechanical behaviours and structures of snow under uniaxial tensile stress. Proceedings of the Symposium on Snow in Motion (to be published in Journal of Glaciology).
- 23) 小島賢治 1969 顕微鏡による飛雪粒子の観測. 低温科学, 物理篇, **27**, 115-129.
- 24) Budd, W. F., Dingle, W. R. J. and Radok, U. 1966 The Byrd snow drift project: Outline and basic results. In studies in Antarctic meteorology, Antarctic Res. Ser., **9** (M. J. Rubin ed.), Amer. Geophys. Union, 71-134.
- 25) 成田英器: 未発表.
- 26) 前野紀一・荒岡邦明・小林俊一・金田安弘 1979 風と流動状態の雪との相互作用 一地吹雪の発生と雪粒子の運動一. 1979年度日本気象学会秋季大会講演予稿集.
- 27) 高橋修平・荒岡邦明・前野紀一 1979 障害物付近の雪粒子の堆積. 昭和54年度日本雪氷学会秋季大会講演予稿集, 115.
- 28) 中村秀臣・阿部 修 1978 新庄における新積雪の密度. 国立防災科学技術センター研究報告, **19**, 243-250.
- 29) 成瀬廉二・油川英明・石川信敬 1978 札幌市における雪の堆積分布の特性. 低温科学, 物理篇, **36**, 139-153.

### Summary

Measurements were carried out in winter of 1979 as to growth, deformation and property of a snow cornice projected southward over a ridge at 1500 m a. s. l. on the western slope of Mt. Asahidake, Hokkaido. Observation of the layer structure in 5-m deep snow pits revealed that the snow cornice grew throughout the winter as the result of repetitional process of deposition-erosion of its face. Rates obtained of creep and extension of snow were found larger along the slope of the upper part (roof) of the snow cornice than on a commonly observed snow cover along a uniform slope. Differences were clearly seen between properties of snow in the upper part (roof and root) and in the lower part (scarp) of the snow cornice; namely, crystal diameter, density and hardness of snow were larger in the former than in the latter. A sorting effect was observed in the deposition process of snow grains on the surface of the snow cornice out of the drifting snow.