



Title	北見山地ウエンシリ岳の雪溪調査（1976年）
Author(s)	成瀬, 廉二; NARUSE, Renji; 高橋, 修平 他
Citation	低温科学. 物理篇, 34, 147-162
Issue Date	1977-03-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18307">https://hdl.handle.net/2115/18307</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	34_p147-162.pdf



---

Renji NARUSE, Shuhei TAKAHASHI, Takahiko UEMATSU, Kouichi NISHIMURA, Shigeo SUIZU, Tadashi OKANO, Hiroshi NISHIMURA and Tokio KIKUCHI 1976  
Glaciological Studies of a Snowpatch in Mt. Uenshiridake, Hokkaido (1976). *Low Temperature Science, Ser. A, 34*. (With English Summary p. 161)

---

## 北見山地ウエンシリ岳の雪渓調査 (1976年)\*

成瀬 廉二

(低温科学研究所)

高橋 修平

植松孝彦・西村浩一・水津重雄

岡野 正・西村 寛・菊地時夫

(北海道大学大学院 理学研究科)

(昭和51年10月受理)

### I. ま え が き

北海道中央北部、北見山地のウエンシリ岳 (1,142 m) より東側へ落ちこむ沢 (紋別郡西興部村) の標高 400 m 付近に、年によっては 10 月頃にも残雪が見られる。谷を埋めた細長い雪渓の底部には、夏期に高さ 4~5 m の空洞が成長し、登山者等の間では通称「氷のトンネル」として知られている。

筆者等は、1975 年 9 月、および 1976 年 4 月、7 月、8 月、9 月の計 5 回にわたり、ウエンシリ岳の雪渓調査を行なった。調査の目的は、大きく分けると次の二点となる。

(1) 夏のおわりにも、低高度に雪渓が存在するための気候および地形の諸条件、すなわちウエンシリ岳雪渓の涵養と消耗機構の特性を明らかにすること。

(2) 雪渓底部における「トンネル」の成長過程および「トンネル」内の熱的機構を調べること。

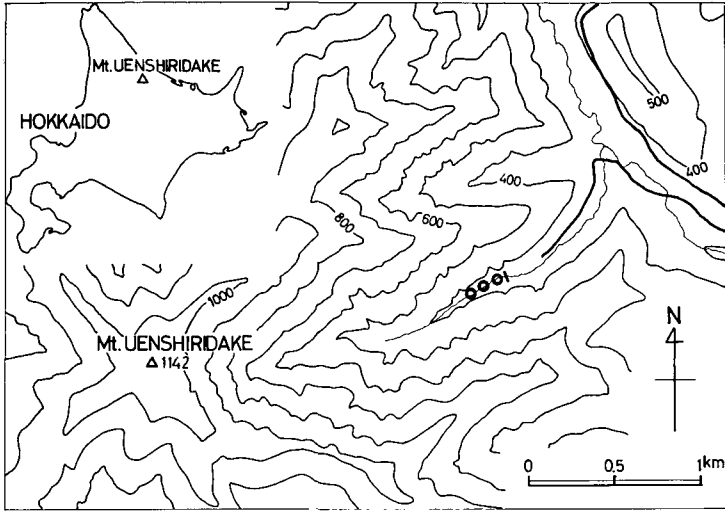
本報告では、第 II 章でウエンシリ岳雪渓およびその周辺の地理・地形的概況を、第 III 章で調査概要と観測方法を、第 IV 章から VII 章で観測結果を述べる。第 VIII 章のまとめでは、大雪山系雪壁雪渓の涵養・消耗機構と比較しつつ、ウエンシリ岳雪渓の山地積雪としての特異点等についての考察も行なう。

### II. 調査地の地理的概況

ウエンシリ岳周辺の地形図を第 1 図に示す。頂上の東側は急峻な斜面で、標高 500 m 以下から沢の傾斜は緩くなっている。雪渓はこの沢の中、標高 370~400 m 付近に位置している。第 V 章で述べる様に、ウエンシリ岳雪渓は主としてなだれによって涵養されている。そのなだれは、雪渓の形態や周囲の地形から判断すると、沢の本流ではなく雪渓両側斜面において発生したものと思われる。航空写真を用い、周囲の斜面における立木地、無立木地を判定し第 2

---

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第 1798 号



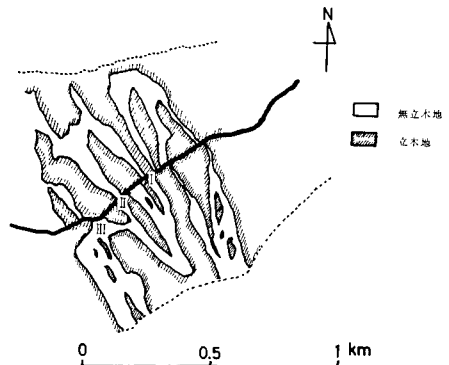
第1図 北海道北見山地ウエンシリ岳周辺の地形図  
丸印が調査雪溪

図に示した。雪溪の中には大きな木が含まれていないことから、主に無立木地に積った雪がなだれとなって沢に落ち、堆積したと考えられる。無立木地の領域は、雪溪両側斜面全域の40%を占め、斜面の傾斜は約35度である。

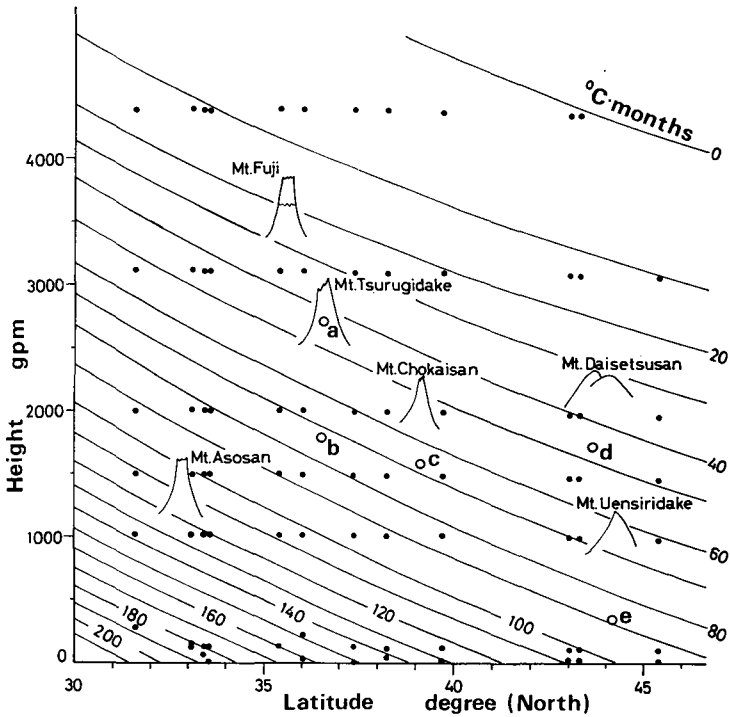
第3図に、日本各地における緯度と海拔高度によって積算暖度 (degree・month) が変化する様子を示す。積算暖度は、各気象台における高層気象観測結果から指定気圧面の午前9時の気温の月平均値<sup>1)</sup>を1966年から1970年まで平均し、プラスの月平均気温のみを各月積算して求めたものである。この値は、融雪期の気温の高低を示す指標とみなし得る。図には、日本各地に存在する多年

性雪溪 (万年雪) の代表として、大雪山系雪壁雪溪 (1750 m)、鳥海山心字雪<sup>2)</sup> の下限 (1600 m)、北アルプス剣岳はまぐり雪 (2750 m)、および剣沢雪溪の下限 (1800 m) の位置を示した。雪壁雪溪およびはまぐり雪の積算暖度は、いずれも約  $45^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$  で等しい。大雪山系の多年性雪溪の下限高度は約  $1700\text{ m}$ <sup>3)</sup>、北アルプスの「上位万年雪」<sup>4)</sup> の下限高度は  $2700\text{ m}$  である。両地域の雪溪は総て山稜の風下に吹きだまりとして涵養されたものである。一方、剣沢雪溪における様に、なだれを主な涵養源とする北アルプスの「下位万年雪」の積算暖度は「上位万年雪」より高く、ウエンシリ岳のそれ (約  $90^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ ) はさらに高い。

以上から、ウエンシリ岳雪溪は、日本の多くの多年性雪溪が分布する地域に比べ、夏の気温の高い地域に存在しているということがわかる。すなわち、ウエンシリ岳雪溪の涵養機構又



第2図 ウエンシリ岳雪溪の両側斜面における立木地、無立木地の分布  
点線は稜線、太線は小川、I, II, III はそれぞれ第I, 第II, 第III雪溪の位置を示す



第3図 日本各地の緯度と高度 (gpm) による積算暖度 ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ ) の分布  
山の高度も Geopotential meter (gpm) に換算して示してある。1 gpm $\approx$ 1  
meter。白丸印 a は剣岳はまぐり雪, b は剣沢雪渓, c は鳥海山心字雪の下限,  
d は大雪山雪壁雪渓, e はウエンシリ岳雪渓の位置を示す

は消耗機構, あるいはその両者が, 大雪山系における様な「吹きだまり型雪渓」<sup>5)</sup>と比較して大きく異っているであろうことを示唆している。

### III. 調査の概要と観測方法

調査の概要として, 調査期間, 参加者, 主な観測項目を第1表にまとめて示す。

次に, 観測方法を以下1)~5)に述べる。

#### 1) 形態測量

第一回調査では小型コンパスと巻尺による三角測量およびトラバース測量の併用, 第二回は平板測量, 第三回はトラバース測量により, 雪渓の輪郭と雪渓上各点の高さを測定した。

#### 2) 融雪量測定

調査期間中は, 木の杭を雪渓表面および底部トンネルの内壁と天井にそれぞれ約10本設置し, 数時間間隔で融雪による雪面低下量を測定した。長期間の融雪量測定には, 長さ約5mの連結式ステンレスパイプ, 鉄アングル, 光学繊維を利用した積雪深計<sup>6)</sup>, およびボーリング穴などを使用した。

#### 3) 気象観測

第二回, 第三回の調査期間中は, 雪渓表面において気温, 風速, 正味放射量, またトンネ

第1表 雪溪調査の概要

	期 間	参 加 者	観 測 項 目
1975年 予 察	9月11日, 12日	成瀬 廉二・高橋 修平 植松 孝彦・納口 恭明	雪溪形態観察, 融雪量, 気象, 流量, 水温
1976年 第一回	4月25日~27日	成瀬 廉二・高橋 修平 岡野 正・西村 寛 植松 孝彦・西村 浩一	雪溪形態測量, 雪質 (ピットおよびボーリング), 流量, 水温
第二回	6月29日~7月2日 7月2日~7月5日 7月5日~7月8日	成瀬 廉二・岡野 正 菊地 時夫 河村 俊行・水津 重雄 高橋 修平・植松 孝彦 西村 浩一	雪溪形態測量, 雪質 (ピット), 気象 (自記および定時観測), 融雪量, 流量, 水温
第三回	7月30日~8月2日 8月2日~8月4日	高橋 修平・西村 浩一 成瀬 廉二・西村 寛 水津 重雄・植松 孝彦	雪溪形態測量, 気象 (自記および定時観測), 融雪量, 流量, 水温
第四回	9月8日	成瀬 廉二	雪溪形態観察

ル内部において気温, 風速の連続記録を行なった。この他, 3~6時間毎に雲量, 天気, 風向, 湿度等の定時気象観測を実施した。使用した測器は次のとおりである。

- (a) 気温: パイメタル式自記温度計, アスマン通風乾湿計, サーミスター温度計。
- (b) 風速: 三杯風速計。
- (c) 正味放射量: CN-6型ネットラジオメーター。

#### 4) 雪質調査

コアドリルによるボーリング, およびピット断面により雪溪内部の堆積構造, 密度分布等を観測した。

#### 5) 流量と水温測定

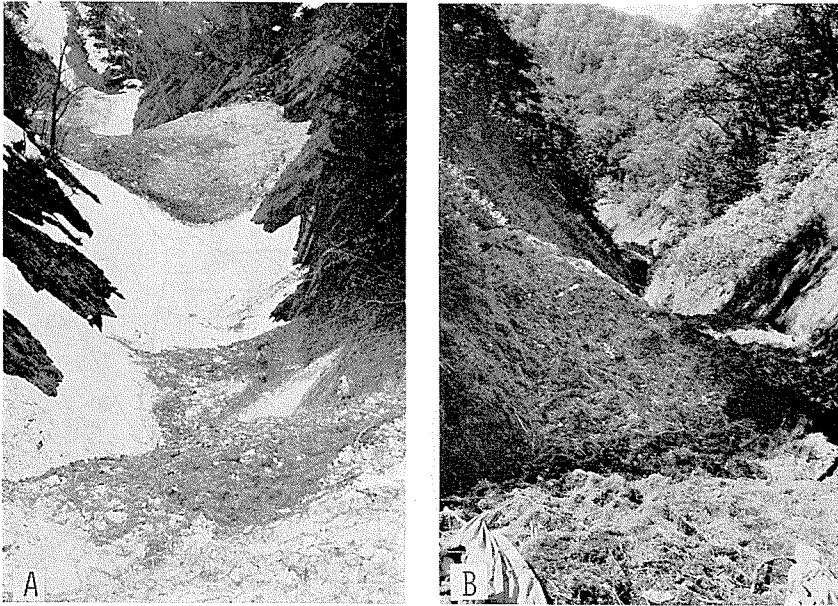
雪溪中央部付近と下流側の小川内(第5図参照)に水位標を設置し, 各調査期間中1時間~3時間毎に小川の水位を測定した。さらに同地点にて, 広井式流速計を用いて一日数回流量を測定し, 水位・流量曲線により流量の日変化を求めた。

また水位標地点にて, 1時間~3時間毎の水温測定, および第三回調査では雪溪中央部付近で水温の連続記録を行なった。

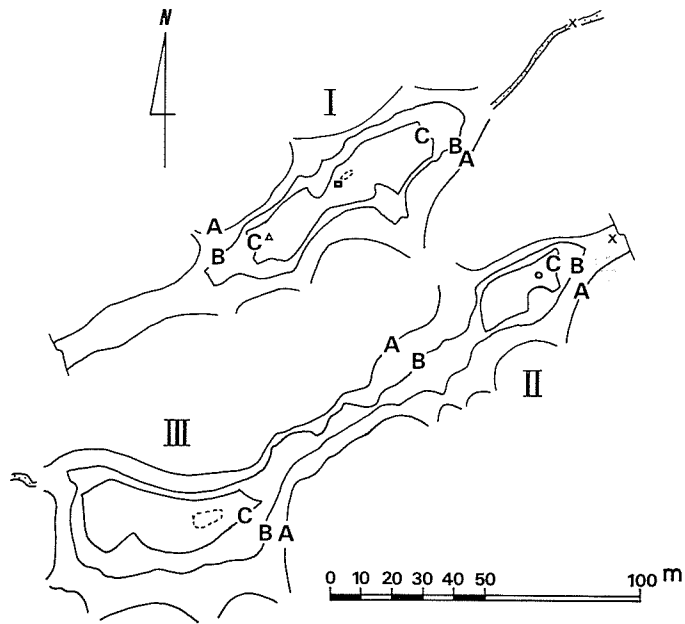
### IV. 雪溪の形態

ウエンシリ岳雪溪の4月および8月の状態を第4図に写真で示す。4月下旬の雪溪表面には樹木の枝, 葉, 土等の植物性堆積物(以下, ゴミとよぶ)におおわれている部分と, 積雪が露出している部分とが交互に見られる。8月上旬には全域がゴミにおおわれ, その厚さは1cmから4cmにおよぶ。

測量により得られた雪溪の平面図を第5図に示す。4月下旬では, 北東に走る沢に沿って長さ350m, 幅10~50m程の細長い雪溪であったが, 7月上旬にはそれが2つに, 8月上旬に



第4図 下流から上流を見たウエンシリ岳雪渓  
A: 1976年4月26日, B: 同年8月2日



第5図 ウエンシリ岳雪渓の平面図 (図の上部左端が下部右端につづく)  
I, II, III はそれぞれ第 I, 第 II, 第 III 雪渓。I が下流, III が上流。A は 1976 年 4 月 26 日, B は 7 月 6 日, C は 8 月 3 日の雪渓の輪郭。点線は同年 9 月 8 日の雪渓の位置。第 I 雪渓内の△印は 7 月上旬の, □印は 8 月上旬の気象観測地点。第 II 雪渓内の○印はピットおよびボーリング地点。×印は水位標地点

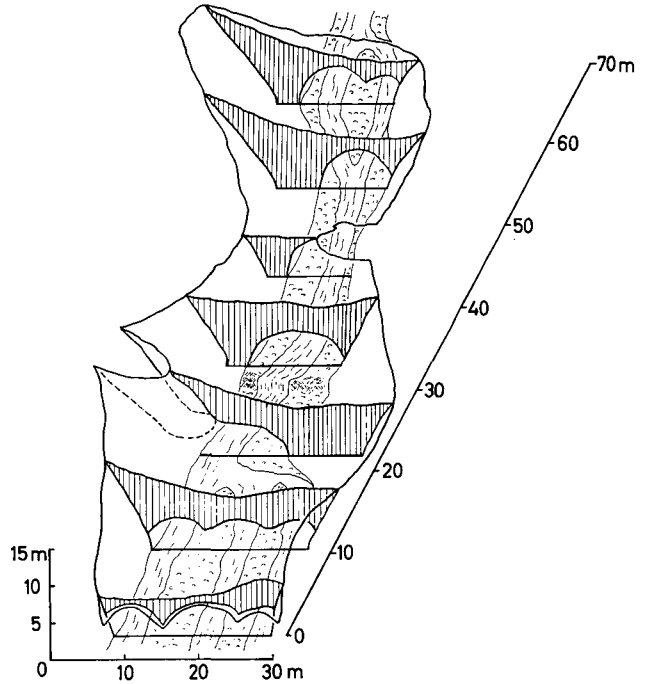
は3つの雪渓に分れていた。これらの雪渓を、下流側から第I、第II、第III雪渓と名付ける。9月上旬には、図に点線で示す様に第Iおよび第III雪渓にわずかに残雪が見られるだけであった。一方、前年の1975年9月中旬の雪渓規模は大きく、1976年7月下旬の規模とほぼ同程度であった。

8月上旬の第I、第II雪渓の表面とトンネル内壁の形態を表わす透視図を第6図、第7図に示す。小川の流路に沿って10m間隔で、雪渓の断面図を示した。小川の上部にほぼ半円形にトンネルが形成されている様子がわかる。8月上旬の雪渓の厚さは、小川の直上の薄い部分で0~5m、側部の厚い部分で5~10mであった。雪渓の両側斜面から支流の沢が流れ込んでいる部分では、融雪が進み支流に沿って小規模なトンネルが形成されている。

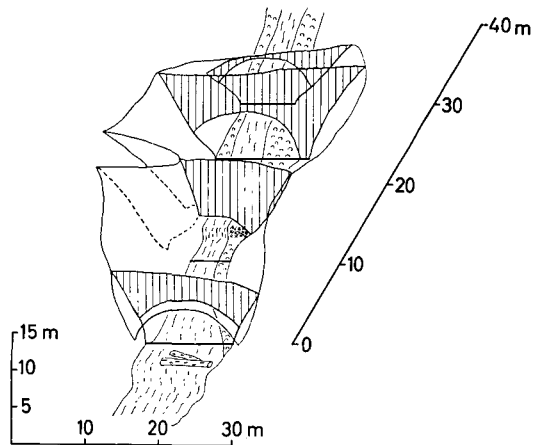
トンネルの内壁・天井にはAblation-hollow<sup>7)</sup>が著しく発達していた。Hollowは、ゴミを含む汚れた雪面では小さく、汚れていない雪面では大きい傾向が見られた。8月上旬における大きいHollowは、直径30~50cm、深さ3~5cmであった。

8月3日、第I雪渓の末端部分が長さ15mにわたって崩壊し、トンネルが潰れた。前年の1975年9月中旬にも雪渓の末端部分が崩壊していた。トンネルの成長が進み、上部の雪渓の厚さが3m程度になると、雪渓の末端および側端から次々にトンネルの崩落が起っていると思われる。

測量結果をもとに推定した雪渓体積の、4月下旬から9月上旬にいたる変化の様子を第8図に示す。I, II, IIIを合計した値が雪渓の全体積である。4月下旬には、雪渓の一部が周囲の積雪と接していたこと、厚さの直接測定を行っていないこと等のため、推定した体積に含ま



第6図 ウェンシリ岳第I雪渓の透視図 (1976年8月3日)



第7図 ウェンシリ岳第II雪渓の透視図 (1976年8月3日)

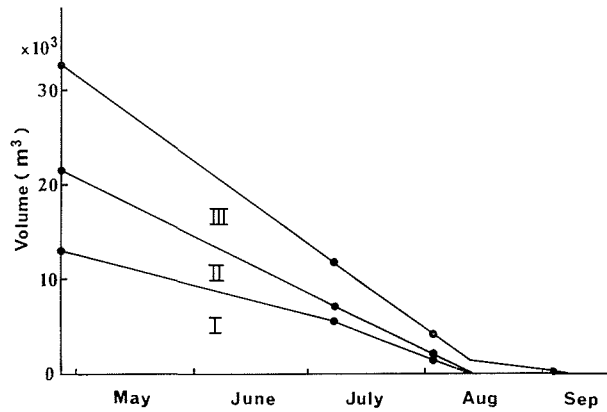
れる誤差は大きい。1976年は8月中旬に第I, 第II雪渓のほとんど全てが消失し, 第III雪渓のみが9月上旬まで残った。

### V. 雪渓の堆積構造

雪渓の堆積構造を調べるためにピットによる積雪断面およびボーリングコアの観察を実施した。観測場所は第II雪渓の中央よりやや下流地点である(第5図参照)。4月26日に雪渓表面から深さ1.4mのピット

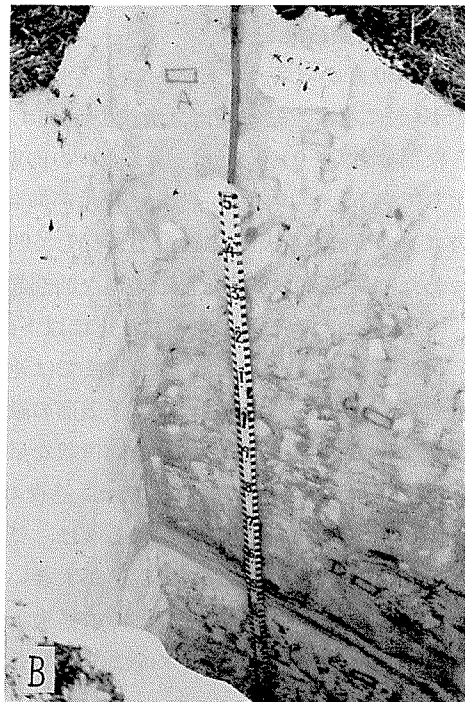
を掘り, ピットの底からさらに深さ2.1mのボーリングを行なった。7月1日に同地点にて深さ1.8mのピットを掘った。7月1日の雪渓表面は4月のボーリング穴底にほぼ一致しており, 同一地点における深さ5.3mの連続した積雪断面を観測したことになる。

4月と7月のピット断面の写真を第9図に示す。大小の雪ブロックが積み重なった構造を示しており, なだれのデブリであることは明らかである。デブリの多くの部分には樹の枝, 葉,



第8図 雪渓体積の変化(1976年)

I, II, IIIはそれぞれ第I, 第II, 第III雪渓の体積を示す



第9図 ピットによる雪渓の断面

A: 1976年4月26日, B: 同年7月1日

土などの植物性ゴミが混入しており、その汚れた雪の中に所々ゴミを含まないきれいな雪の小塊が閉じ込められているのがわかる。自然積雪に見られる様な乱れのない成層構造を示す部分は少く、デブリ内に幾枚かの氷板が認められた。また、トンネルの内壁や8月上旬の崩壊断面の観察でも、第9図と同様の堆積構造が見られた。以上の諸観察から、この雪渓は数回以上におよぶ小規模な全層なだれの繰り返しによって堆積した、ということが推定できる。

第2表に、積雪の密度と硬度(木下式)の深さによる分布を示す。ゴミを含む層では密度、硬度とも大きく、ゴミを含まない層では両者とも小さい値を示している。雪渓表面層の密度は試料の採取場所により大きな差を示し、7月上旬の測定では16地点の内最小値0.54 g/cm<sup>3</sup>、最大値0.70 g/cm<sup>3</sup>、平均値0.60 g/cm<sup>3</sup>、8月上旬では5地点の内最小値0.54 g/cm<sup>3</sup>、最大値0.69 g/cm<sup>3</sup>、平均値0.62 g/cm<sup>3</sup>であった。8月のトンネル内壁には、所々氷化した部分も見られた。

第2表 雪渓の密度と硬度

月・日	表面からの深さ (cm)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	木下式硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )
4月26日	25~28	0.56	1.3
	45~48	0.69	6.7
	65~68	0.68	7.2
	105~108	0.47	1.9
	120~123	0.69	5.2
	155~170	0.70	
	220~237	0.73	
	272~298	0.70	
	305~317	0.68	
7月1日	70	0.74	
	150	0.58	

## VI. 融雪量と気象要素

### 1. 7月の観測結果

6月30日から7月8日における各気象要素と融雪量(雪面低下量)の観測結果を、まとめて第10図に示す。融雪量は、雪渓表面のゴミの多い部分(ゴミの厚さ約0.5~3 cm)、ゴミのまばらな部分(厚さ0~0.5 cm)、トンネルの内壁・天井におけるそれぞれ数本の雪尺測定の平均値を示してある。ゴミの多い部分は融雪が抑制されてDirt Cone<sup>8)</sup>と呼ばれる様な凸状表面に、一方ゴミのまばらな部分は融雪が進行して凹状表面になっていた。したがって、雪渓表面は全域にわたり高さ30~80 cmの不規則な凹凸起伏が生じていた。

第10図において注目すべきことは以下に述べる点である。

i) 観測期間の前半、7月4日までは連日快晴で気温の昼夜の差が大きい。気温および正味放射量の日変化を反映して、雪渓表面の融雪速度は日中大きく、夜間はほとんど零に近く、融雪量の観測結果の曲線は顕著な階段状を呈している。

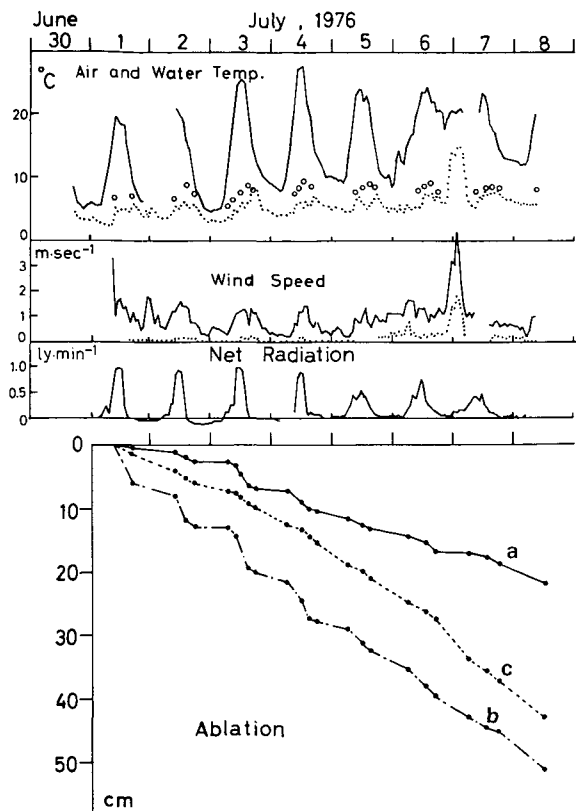
ii) トンネル内壁の融雪速度は、昼夜の差がなく、融雪進行の傾向は直線に近い。

iii) 7月6日から8日にいたる間は、気圧の谷の通過による悪天候で、気温の昼夜の差が小さく、風速も時には大きい。風速が大きい時にはトンネル内に外気が吹き込み、トンネル内の気温が高く風速も大きくなり、その結果トンネル内壁の融雪量も多くなった。

iv) 単位時間あたりの平均融雪速度は、(凹部)>(トンネル内)>(凸部)となっている。

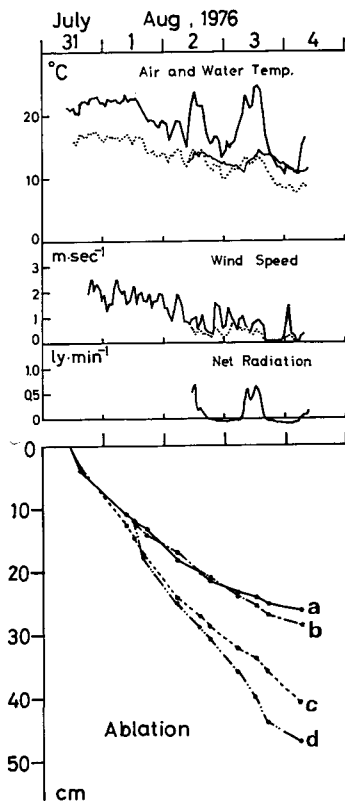
### 2. 8月の観測結果

7月31日から8月4日における各気象要素と融雪量の観測結果を、まとめて第11図に示す。雪渓表面は、7月上旬と同様に凹凸起伏がはげしいが、雪渓の消耗にもなって雪渓内部に



第10図 7月上旬の気象および融雪量観測結果

温度の実線は雪渓上、点線はトンネル内の気温、白丸は雪渓下の小川の水温。風速の実線は雪渓上、点線はトンネル内における測定値。融雪量は雪面低下量(雪の厚さ)にて示す。実線 a は雪渓表面の内ゴミの厚い部分(凸状表面)、破線 b はゴミのまばらな部分(凹状表面)、点線 c はトンネルの内壁・天井の測定値



第11図 8月上旬の気象および融雪量観測結果

温度の太い実線は雪渓上、点線はトンネル内の気温、細い実線は雪渓下の小川の水温。風速の実線は雪渓上、点線はトンネル内における測定値。融雪量の a, b はいずれもゴミの厚い凸状表面と凹状表面、c はトンネルの内壁、d はゴミを人工的に除去した雪面における測定値

含まれていたゴミが表面に現われ、凹部、凸部ともに厚さ1~4 cm程度のゴミにおおわれる様になった。表面のゴミを人工的に除去した積雪面においても、融雪量を測定して図に示した。

第11図において注目すべきことは以下に述べる点である。

- i) 観測期間中は全般に雲の多い天気、気温、融雪速度に顕著な日変化は見られない。
- ii) 雪渓上の凹部、凸部ともに厚いゴミの影響で融雪が抑制され、両者に7月の様な差が認められなくなった。
- iii) トンネルの規模が前月に比べて大きくなり、雪渓の上流口と下流口が完全に貫通したため、外気の流れ込みが多くなり、気温、風速ともに雪渓上とトンネル内との差が小さくなった。この結果と、小川の水温が高くなったため(第VII章参照)、トンネル内壁の融雪速度は7月に比べ大きくなった。
- iv) 単位時間あたりの平均融雪速度は、(ゴミを除去した積雪面) > (トンネル内) > (凹部) ≈

(凸部) となっている。

7月と8月の融雪量測定結果から、積雪表面状態の相異による融雪速度の差を、ゴミを除去した積雪面の値を基準にして、第3表に示す。以上の結果から、雪渓上のゴミが断熱材の役割を果し、融雪を抑制している傾向がよくわかる。成瀬<sup>9)</sup>、森林<sup>10)</sup>の融雪制御の実験結果と定性的には一致する。

3. 融雪量と積算気温

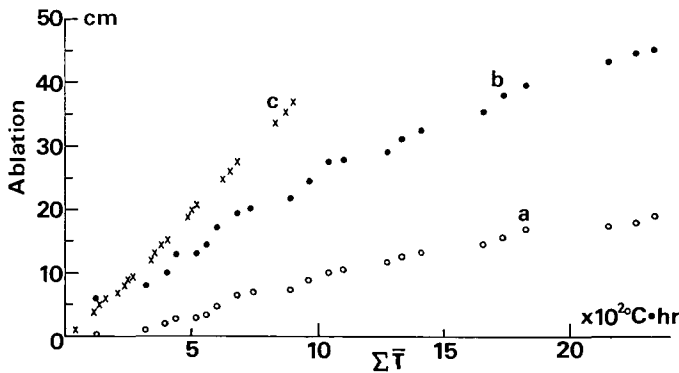
7月の観測における融雪量(雪面低下量)と積算気温(degree・hour)の関係を第12図に示す。積算気温は、雪渓上およびトンネル内のそれぞれの気温測定結果から、1時間毎の平均気温を積算して求めた。ト

ンネル内の融雪量と積算気温との間には非常に良い正の相関が見られ、トンネル内における融雪は気温に強く影響されていることがわかる。また、同じ積算気温に対応する融雪量は、(トンネル内)>(凹部)>(凸部)となっている。

第3表 ゴミのない雪面(8月)を基準にした融雪速度の差

	7月上旬	8月上旬
ゴミを除去した積雪面 <sup>1)</sup>		100
雪 渓 上 凸 部 <sup>2)</sup>	23	45
雪 渓 上 凹 部 <sup>3)</sup>	53	47
トンネル内壁・天井	44	68

- 注 1) ゴミを人工的に除去したが、融雪の進行とともに雪渓内部のゴミが表面に露出し斑点状にゴミが見られた
- 2) ゴミの厚さは、7月では0.5~3 cm, 8月では1~4 cm
- 3) ゴミの厚さは、7月では0~0.5 cm, 8月では1~4 cm



第12図 融雪量と積算気温の関係(1976年7月1日~7月8日)  
 aは雪渓表面のゴミの厚い部分(凸状表面), bはゴミのまばらな部分(凹状表面), cはトンネル内壁・天井の測定値

4. 長期間の消耗過程

4月下旬から9月上旬に至る間の雪渓表面の消耗過程を第13図に示す。比較的ゴミの多い雪渓表面の値(a)とゴミの少ない表面の値(b)と、2カ所の雪尺測定結果を示してある。雪渓表面全域の平均値は、両者の中間にあると考えられる。8月上旬に設置した雪尺(長さ4.5m)は、その後の雪渓崩壊のため測定不能になった。

一般に雪渓や温暖氷河では、気温の最も高い夏の最盛期に融雪速度が大きくなるが、第13図に見られる様に、ウエンシリ岳雪渓では春から夏の後半まで雪面低下量はほぼ直線(融雪速

度が季節によらず一定) となっていることが特徴的である。この特異性は、融雪量と積算気温 (degree-day) との関係を調べるとさらに明瞭になる。ある一定期間の融雪量  $H$ (cm) と、その期間の日平均気温の積算値  $\sum T$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ ) とが比例関係 ( $H=k\sum T$ ) にあるとする。調査雪渓に近い北見滝の上の気温データを用いると、前式の比例係数  $k$  は次のとおりとなる。

4月下旬～7月上旬:  $k=0.45$  ( $\text{cm}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ ),

7月上旬～8月上旬:  $k=0.26$ .

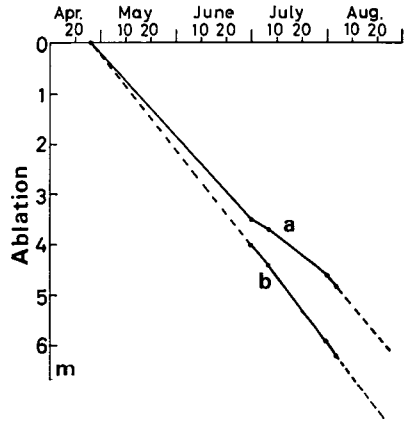
一方、井上等<sup>11)</sup>は大雪山雪壁雪渓において5月から10月まで、 $H$ と $\sum T$ が良い相関にあり、全期間を通じて $k=1.9$ ( $\text{cm}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ )となることを示した。ウエンシリ岳雪渓の係数 $k$ は夏の前半と後半で約2倍異り、雪壁雪渓の値の1/4から1/7となっている。以上の結果は、ウエンシリ岳雪渓の表面のゴミが融雪の進行とともに厚くなり、ゴミの融雪抑制の効果が夏の後半の方が大きくなったためと考えられる。

ウエンシリ岳雪渓は、両側斜面の傾斜が約35度の深い細い谷の中に位置しているため、平坦地や尾根上の雪渓に比べて日射を受ける割合が小さいと思われる。全天カメラにより雪渓周囲の地物の水平面からの高度分布を測定し、太陽高度の季節による日変化の値を用いて、地形・樹木による直達日射量のしゃへい効果を計算によって求めた。結果を第4表に示す。雪渓上の単位水平面が一日に受ける日射量の内、しゃへいされる割合は、夏至をはさむ5月上旬から8月上旬の間は10%前後で小さいが、春、秋には40%以上にもなることがわかる。

**VII. トンネル内の微気象と熱収支**

前述の様に、雪渓底部には融雪の進行とともにトンネルが生成される。4月下旬には小川と雪渓底部の間に空隙はあったが、貫通したトンネルの形を成してはいなかった。7月上旬にトンネルの高さが50 cm～2 m、8月上旬には2～5 mに成長した。

トンネル内の気温(小川とトンネル天井の中間の高さ)と雪渓上の外気温との相関を第14図に示す。7月上旬のトンネル内気温は通常+3°Cから+8°Cの間にあり、風が強くとンネル内に吹き込んだときのみ+15°C程度まで高くなっている。一方8月には、外気温が高くなるにつれトンネル内気温も高くなるという、比較的良好な相関が見られる。トンネル内に外気が多



第13図 雪渓表面の消耗過程 (1976年)

消耗量は雪面低下量(厚さ)にて示す。aは雪渓表面のゴミの厚い部分、bは薄い部分における測定値。実線は実測、点線は外挿による

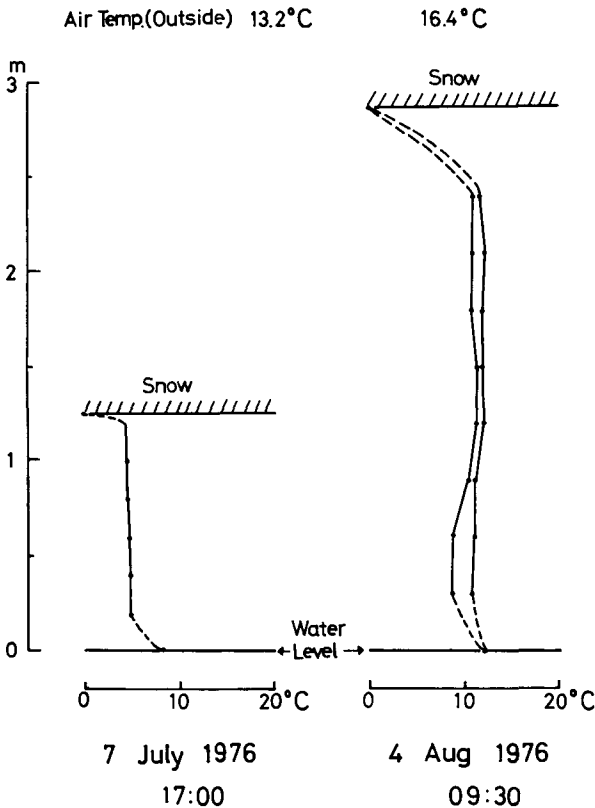
第4表 地形・樹木による直達日射量のしゃへい効果

月・日	地形 (%)	樹木 (%)	計 (%)
3月20日, 9月23日	33	13	46
4月5日, 9月6日	22	13	35
4月20日, 8月22日	12	15	26
5月6日, 8月6日	7	4	11
5月21日, 7月22日	5	3	8
6月6日, 7月6日	6	3	9
6月21日	6	3	9

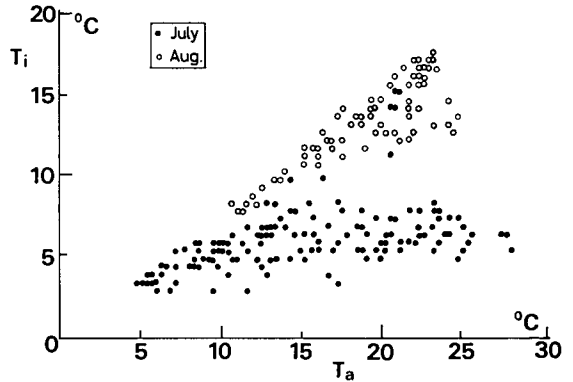
く侵入するようになった結果と考えられる。両者の相関係数は、7月が0.52, 8月が0.88であった。

トンネル内の気温の鉛直分布の測定結果を、第15図に示す。7月, 8月の測定例はいずれも、気温分布は高さに関してほぼ一様で、対流による混合が盛んに起っていると考えられる。7月7日のトンネル内気温は、天井の温度(0°C)と川の水温の中間の温度、8月4日は川の水温にほぼ等しい温度であった。いずれも天井直下で急な温度勾配となっている。

風が強く吹き込んだ時は、トンネル内気温が水温より高くなることもあった(第10図, 第11図参照)。トンネル内に外気の侵入がない場合は、トンネル内の融雪は川の水からの長波長放射、自然対流による顕熱および潜熱の伝達によると考え、7月の水温値を用いた計算結果では、融雪速度が0.09 cm/hrとなり、トンネル内壁の雪尺による実測値0.15 cm/hrに近い値を示した。



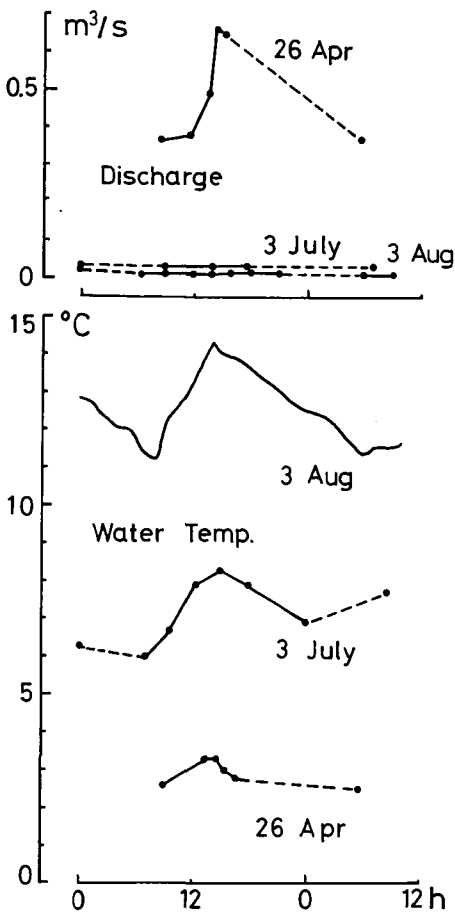
第15図 トンネル内の気温の鉛直分布



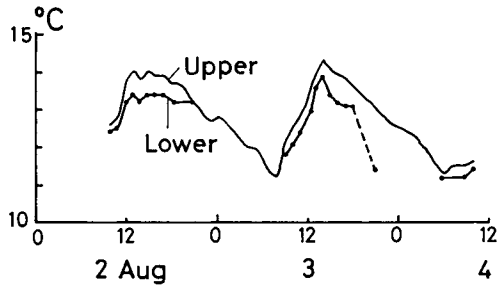
第14図 トンネル内の気温  $T_i$  と雪渓上の気温  $T_a$  との相関図

積雪の地面における融雪量は、藤井等<sup>12)</sup>による札幌の平地積雪の観測結果では0.07 g/cm<sup>2</sup>・day, 若浜等<sup>13)</sup>による大雪山雪壁雪渓のボーリングコアーからの見積りでは、約0.12 g/cm<sup>2</sup>・dayとなっている。ウエンシリ岳雪渓のトンネル内の融雪量は、7月から8月の平均では5 g/cm<sup>2</sup>・dayで、雪壁雪渓のおよそ40倍となっている。この様に、雪渓底部にトンネルが形成されその下を川が流れていると、熱交換が促進され、底部における融雪が雪渓の消耗に重要な役割を果たしている。

第I雪渓下流出口付近における流量と水温の日変化の様子を、4月26日, 7月3日, 8月3日の測定例により第16図に示す。流量は、4月には午後2時過ぎに最大となり、0.3 m<sup>3</sup>/s から 0.7 m<sup>3</sup>/s の間で日変化を示



第16図 雪溪の下流末端付近における小川の流量と水温の日変化



第17図 雪溪の上流側と下流側における小川の水温

Upper と記したものが第I雪溪の上流側入口、Lower が下流側出口における測定値

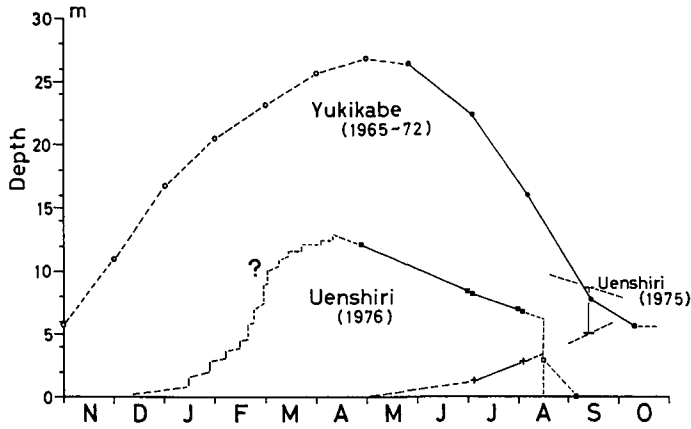
したが、7月、8月にはそれぞれ0.03 m³/s, 0.02 m³/s で一日中ほぼ一定であった。水温は、4月、7月、8月ともほぼ午後2時に最高値、午前6時～7時に最低値を示し、一日の温度変化幅は4月が0.8°C (+2.6～+3.4°C)、7月が3.0°C (+6.5～+9.5°C)、8月が3.1°C (+11.2～14.3°C) であった。

7月、8月の日中の水温は、第17図に見られる様に、雪溪の下流側の方が上流側より約0.5°C低い値を示した。この現象は、雪溪の融け水(0°C)が川に加えられた結果と考え、この温度差を生じるために必要な融雪水量を計算すると3.4 ton/hrとなり、雪溪上とトンネル内の総融雪量の実測値2.7 ton/hr と比較的良好一致をみた。

### VIII. ま と め

調査の結果明らかになった、ウエンシリ岳雪溪の質量収支に関する各要素の特異点について以下に述べる。

- 1) 冬から春にかけて、小規模な全層なだれの繰り返しによって雪溪は涵養されている。
- 2) 雪溪表面をおおうゴミが融雪を抑制している。その効果は、夏の後半ほど大きい。
- 3) 雪溪周囲の地物が、雪溪上の直達日射量を減少させている。その効果は、夏至の前後は小さく、春および秋には大きい。
- 4) 雪溪底部を流れる小川の上にトンネルが貫通すると、川の水からの熱交換によってトンネル内の融雪が進行する。トンネルが大きく成長するにつれ、トンネル内の融雪速度が大きくなる。
- 5) 雪溪表面および底面からの消耗が進むと、ついにトンネルが崩壊し、雪の塊が直接流水に洗われるようになる。この時点から、雪溪は急速に消耗し、衰退する。



第18図 ウェンシリ岳雪渓と大雪山雪壁雪渓の涵養と消耗過程

最後にまとめとして、ウェンシリ岳雪渓の涵養と消耗の過程を、一部模式的に、大雪山雪壁雪渓のそれと比較して第18図に示す。雪壁雪渓の最大堆積時の厚さと、融雪末期に越年する厚さは、1965年から1972年までの7年間の測量結果をもとに平均して求めた。雪壁雪渓の冬期の堆積過程は、井上等<sup>11)</sup>が提案した气象台における降雪量と風速のデータから算出する方法により推定した。5月下旬から10月上旬までの消耗過程は、7年間の平均融雪総量(最大の厚さと最小の厚さの差)を、1966年の雪尺測定結果<sup>14)</sup>を用いて各月配分して求めた。一方、ウェンシリ岳雪渓の堆積過程は、なだれによる涵養の様子を模式的に示した。1976年は、4月中旬から8月中旬まで雪渓表面はほぼ直線的に消耗し、5月頃から雪渓底面においてトンネルの成長が序々に進んだ。8月中旬頃、次々に雪渓が崩落し、その後の雪渓消耗は急速に進行し、9月上旬にはほとんど全て消滅した。1975年は、9月中旬に翌年の7月末程度の規模の雪渓が存在していたが、その後の崩壊、急速な消耗により初雪の降る11月頃までには消滅したと思われる。1975年と1976年はウェンシリ岳雪渓は越年していないが、年によっては沢の本流からの大なだれも地形から見ると発生し得ると思われる、その様なまれに多くの涵養のあった年には、雪渓は越年することもあると考えられる。

本調査研究を行うに際し、北海道大学低温科学研究所石田完教授、河村俊行助手、秋田谷英次助手、納口恭明君、および田畑忠司教授ほか当研究所流水研究施設の諸氏から、多大な協力、有益な助言をいただいた。また、興部町林務署の諸氏には調査の便宜をはかっていただいた。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(山岳積雪に関する総合研究)から支出された。

## 文 献

- 1) Aerological Data of Japan 1966-1970.
- 2) 土屋 巖 1973 東北における万年雪の年々変動について. 昭和48年度日本雪氷学会秋季大会講演予稿集.
- 3) 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.
- 4) 今西錦司 1933 日本アルプスの雪線に就いて. 山岳, **28**, 193-226. (今西著「日本山岳研究」中央公論社, 1969, pp. 63-94に再録).
- 5) 樋口敬二 1968 日本における雪渓の氷河学的研究. 雪氷, **30**, 195-207.
- 6) 高橋修平・油川英明 1976 光学繊維を利用した積雪深記録計. 低温科学, 物理篇, **34**, 79-86.
- 7) Jahn, A. and Klaper, M. 1968 On the origin of ablation hollows (polygons) on snow. *J. Glaciol.*, **7**, 299-312.
- 8) Swithinbank, C. 1950 The origin of dirt cones on glaciers. *J. Glaciol.*, **1**, 461-465.
- 9) 成瀬廉二 1968 融雪制御の試み. 低温科学, 物理篇, **26**, 101-104.
- 10) 森林成生・樋口敬二 1972 融雪の人工抑制に関する基礎的研究. 雪氷, **34**, 1-8.
- 11) 井上雅之・松田益義 1973 大雪山雪壁雪渓における質量収支の研究. 雪氷, **35**, 12-23.
- 12) 藤井俊茂・小島賢治 1974 踏み固められた雪の消雪の遅れ. 低温科学, 物理篇, **32**, 129-141.
- 13) 若浜五郎ほか 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.
- 14) 若浜五郎ほか 1968 大雪山の雪渓調査 (第3年度). 低温科学, 物理篇, **26**, 215-229.

## Summary

Glaciological and meteorological studies have been conducted in 1975 and 1976 on a snowpatch located at the elevation of 400 m in a narrow valley of Mt. Uenshiridake (1142 m) in the northern part of Hokkaido. The snowpatch, which was formed by the debris of snow avalanches, was under a considerably temperate climatic condition, in which the annual mean air temperature is estimated to be  $+3.7^{\circ}\text{C}$ , and the accumulated air temperature (degree $\cdot$ month) in an ablation season to be about  $+90^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ . Measurements were made in September 1975, April, July, August and September 1976, as to the shape of the snowpatch, properties of the deposited snow, ablation rates, meteorological conditions, and the heat balance in a snow tunnel formed by the melting of snow underneath the snowpatch. The snowpatch had a smaller scale in size in the summer of 1976 than in 1975.

Results of the studies in 1976 are summarized as follows :

- 1) Snow is deposited throughout a winter season as the result of avalanches taking place several times; the maximum thickness of the snowpatch reaches about 15 m in April. Densities of snow at various sites are in a range of  $0.47\sim 0.74\text{ g/cm}^3$ . The snowpatch with a dimension of 350 m in length and 10~50 m in width at the end of April is separated into three shrinking parts due to the ablation of snow by the end of July.
- 2) Dirt materials contained within the debris and consisting mainly of fragments of vegetation are exposed gradually to the surface, until they cover all over the snow surface with the thickness of 1~4 cm in August. As the result of the controlling by the thick dirt of the heat exchange between the air and snow, the ablation rate of the underlying snow is reduced to nearly half the value of the snowpatch covered with the

thin dirt less than 0.5 cm in thickness.

3) As for the heat exchange in the snow tunnel, the sensible and the radiative heat are transferred to the snow surface forming the inside walls of the tunnel from the water in a range from  $+6^{\circ}\text{C}$  to  $+14^{\circ}\text{C}$  which flows just under the snowpatch. The ablation rate of snow in the tunnel exceeds that on the snowpatch covered with the thick dirt materials. The snow tunnel grows throughout a summer season up to the maximum height of about 5 m in early August; it is broken down entirely and melted away by the warm water running in the valley by mid-September.