



Title	天塩地方山地の雪庇調査
Author(s)	石田, 完; 小林, 俊一; 小林, 大二; 石川, 信敬
Citation	低温科学. 物理篇, 29, 93-101
Issue Date	1972-03-30
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/18173">http://hdl.handle.net/2115/18173</a>
Type	bulletin (article)
File Information	29_p93-101.pdf



[Instructions for use](#)

## 天塩地方山地の雪庇調査 I\*

石田 完・小林俊一・小林大二

(低温科学研究所)

石川 信 敬

(北海道大学大学院 理学研究科)

(昭和46年9月受理)

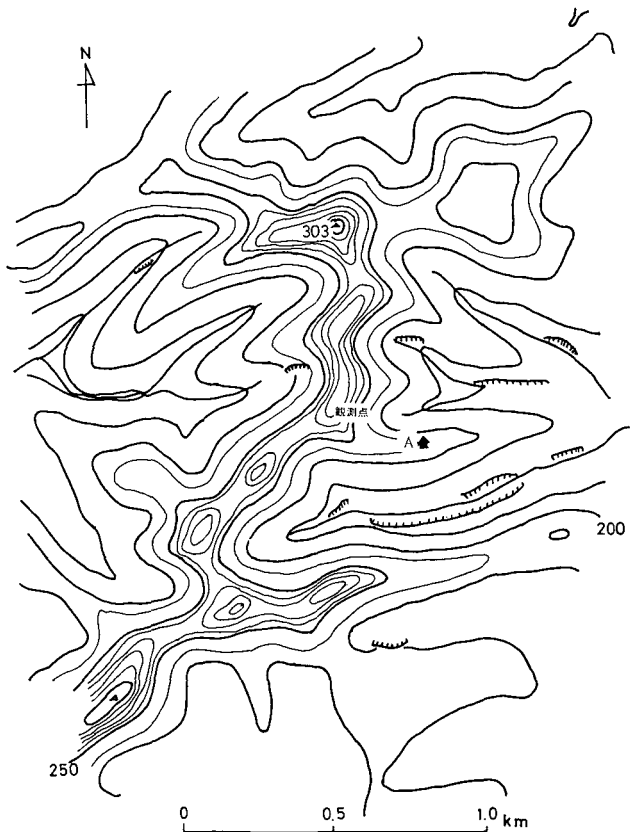
### I. ま え が き

北海道北部天塩地方山地（北海道大学天塩地方演習林内中の峰）にある北大低温科学研究所雪崩観測実験室の近くに成長した雪庇について、1970年1月20日～23日と3月7日～10日の2回にわたって調査した。かんたんな測量と雪庇の断面観測から得られた雪庇の形の変化と成長の様子について、および2成分超音波風速計による風速変動の測定から得られた雪庇周辺の乱流状態について調査の結果を報告する。

### II. 雪庇の形と断面の観察

観測場所は雪崩観測実験室の西北西約250mのところに北北東から南南西に走る尾根の東側である。その付近の地形図を第1図に示す。調査した雪庇の全景の写真を第2図に示す。

第1回目の調査（1月22日）の際、雪庇全体に色水を噴霧して、その時の表面に目印をつけた。また数個の基点を設けて雪庇全体の形



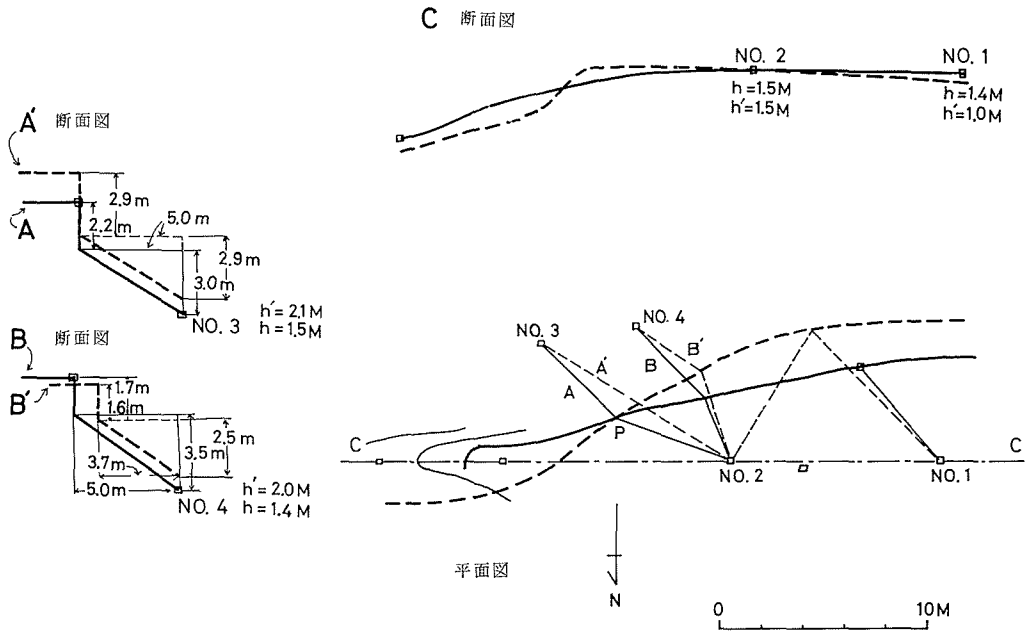
第1図 雪庇観測地点周辺の地形図

A: 低温科学研究所雪崩観測実験室

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1148号

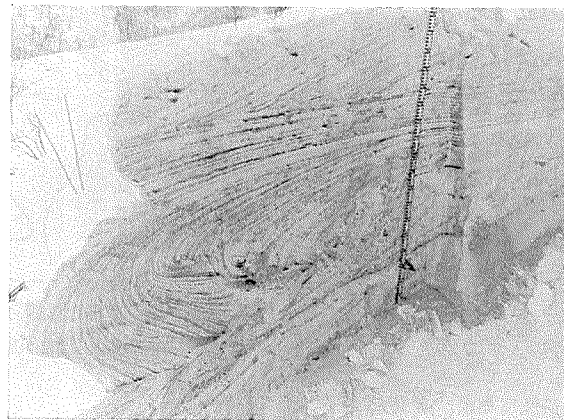


第2図 観測した雪庇の全景写真 (1970年1月22日)



第3図 雪庇周辺の測量図

No. 1~4: 測量基準点 (第2図のボールの位置)  
 実線: 1月22日における測量  
 破線: 3月8日における測量  
 h, h': それぞれ1月22日, 3月8日の基準点における積雪深

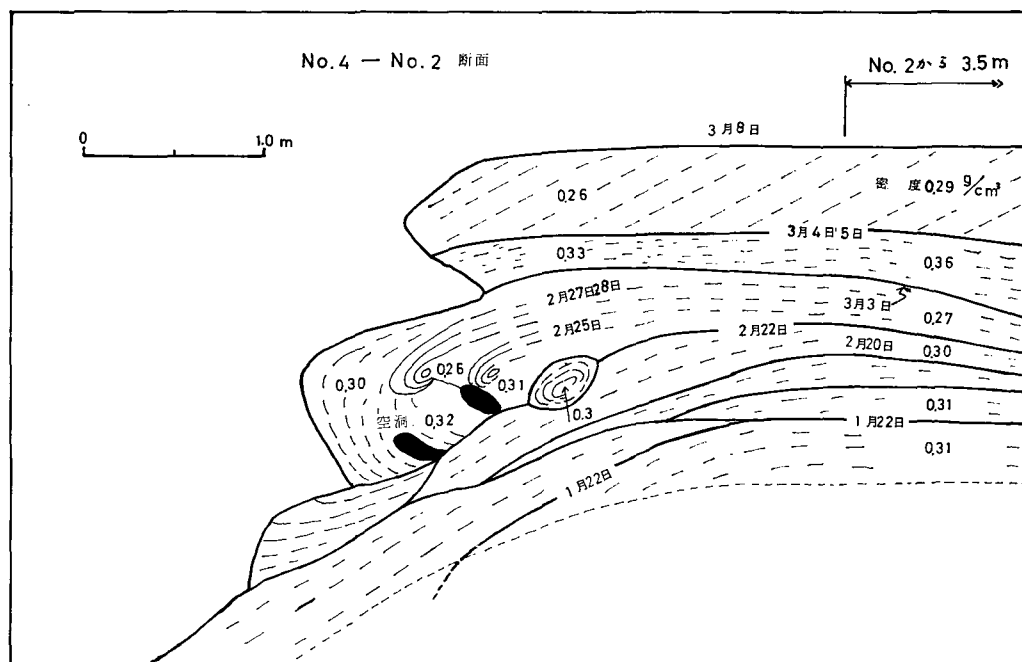


第4図 雪庇断面 (No. 4→No. 2) の写真 (3月8日)

の測量を行なった。測量から得られた雪庇の平面図、および断面図を第3図に示す。平面図の太い実線と破線は、それぞれ1月22日、3月8日における雪庇先端のたれ下がりかけた稜を示している。また平面図の左上(東南東)が谷、右下(西北西)が尾根となっている。断面図A, A', B, B' およびCの位置は平面図内にそれぞれ細い実線・破線・鎖線で示されている。1月22日から3月8日にかけて、平面図のP点を境にして東側の部分は大きく浸食されて後退し、西側の部分は南に大きく成長したことが平面図と断面図Cからわかる。このような傾向は断面図AとA', およびBとB'からも見られる。

第2回目の調査(3月8日)の際、雪庇の稜に直角に断面を切り、層構造と密度の測定を行なった。その断面図の写真を第4図に、層構造のスケッチを第5図に示す。第1回目の調査から第2回目の調査の間、雪崩観測実験室に滞在した成田\*は雪庇の上と実験室横の尾根上において積雪量の日変化を観測し(第6図)、さらに時折雪庇表面に色水を噴霧した。その記録を用いて、当時の雪庇表面の位置を断面スケッチ図の各層と対応させて決定し、第5図の中に日付を記入した。各層の密度も図中に示したが、下層ほど漸次密度が増加するという傾向は全く見られない。

層構造は概ね水平または斜面に平行なものが多いが、2月25日前後の層の雪庇の先端部分が渦巻き模様を呈していること、および最上部層(3月5日~3月8日)の層理が左下から右上に傾斜していることが興味深い。最上部層の密度が $0.29 \text{ g/cm}^3$ であるのに比べ、水平な層理をもつ2番目の層(3月3日~4日)の密度が $0.36 \text{ g/cm}^3$ と非常に大きい。雪崩観測実験室におけ



第5図 雪庇の断面のスケッチ(3月8日)。各層に記された日付は、その層が堆積した月日を表わす。層間の数字は密度( $\text{g/cm}^3$ )

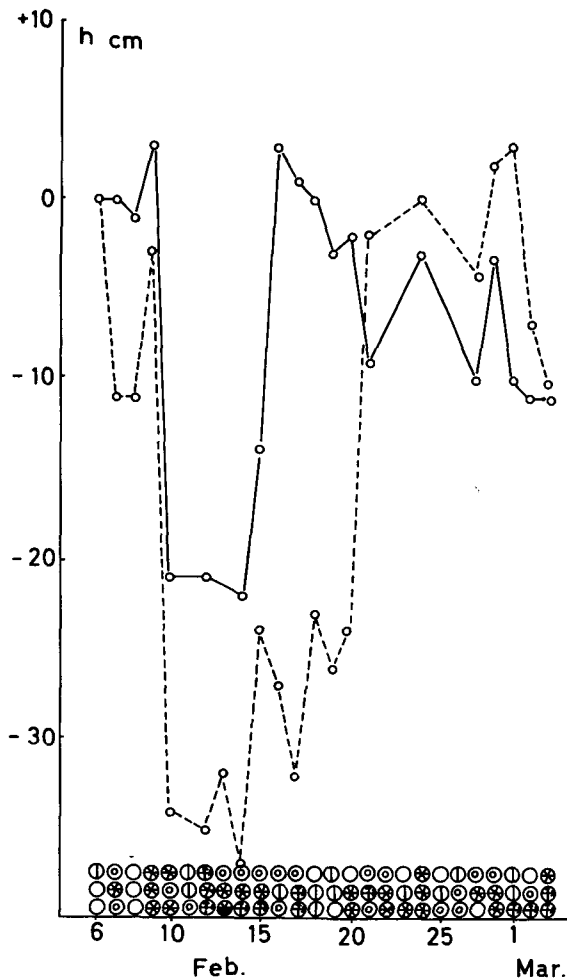
\* 成田英器(低温科学研究所)

る気象観測記録によると、2番目の層を形成した3月4日、5日の風向は南西、最上部層を形成した3月6日、7日は北東から東北東、風速はいずれも7~8 m/sであった。この風向記録から第2層は尾根を越えた地ふぶきが風下に吹き溜って、一方最上部層は尾根の風上側に着雪によって形成されたことになる。しかし気象観測を行なった場所と調査した雪庇の場所とは距離が離れている上に、地形的特徴も異なるため、観測した風向が雪庇の上でそのまま当てはまるとは限らない。実際筆者等の経験によっても、観測実験室で西風のとき雪庇の上では北西の風であることが多かった。

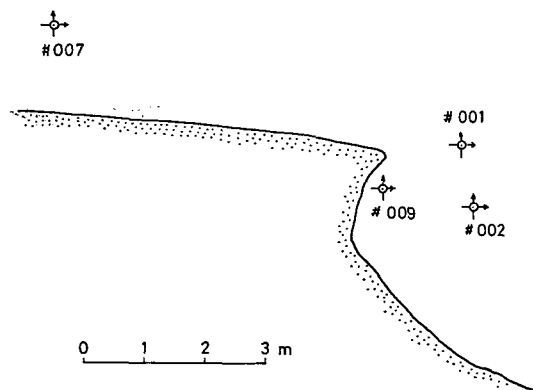
### III. 雪庇周辺の乱流

第1回目の調査の際、雪庇周辺の乱流を調べるために2成分超音波風速計(海上電機 PA-211-2)を用いて垂直方向と水平方向の風速変動を測定した。主な測定点の位置は第7図に示す4カ所で、1回に約10分間の測定を数回、1測定点で行ない、次々に測定点を移動した。従って各測定点間の測定値は同時に得られたものではない。

風速計の出力はデータ・レコーダ(ティアック R-200)に記録し、低温科学研究所に持ち帰って、デジタル・マルチメータ(タケダ理研 TR-6255)とデジタル・プリンタ(タケダ理研 TR-6191)を用いて数値データとした。A-D変換器とプリンタとの性能からデータのサンプリング間隔はすべて1秒とした。数値データの解析は北海道大学大型計算機センターのFACOM 230-60によって行なった。第8図(a)~(d)にラインプリンタで打ちだ



第6図 雪庇の上(実線)と観測実験室横の屋根上(点線)における積雪量の日変化図(成田)。縦軸は2月6日の雪面を基準して表わしてある。図中の天気記号は毎日9、13、17時の天気を示している



第7図 乱流測定位置の断面図。第3図の断面Bより3m西寄り。図中の番号は第8図以下に示したデータ番号

DATA #007 HORI

DATA #007	HORI	0	10	20	30	40	50%
MIN:	1.7						0.9 3
	2.0						0.6 2
	2.5						2.2 7
	3.0						2.5 8
	3.5						4.7 15
	4.0						6.3 20
	4.5						5.1 16
	5.0						15.2 45
	5.5						11.7 37
	6.0						14.2 45
	7.0						7.0 22
	7.5						4.7 15
	8.0						4.7 15
	8.5						4.7 15
	9.0						3.8 12
	9.5						2.5 8
	10.0						2.2 7
	10.5						1.9 6
	11.0						0.9 3
	11.5						1.9 6
	12.0						1.6 5
	12.5						0.5 1
	13.0						0.6 2
	13.5						0.5 1
	14.0						0.0 0
	14.5						0.5 1
MAX:	14.2						TOTAL= 316

DATA #009 HORI

DATA #009	HORI	0	10	20	30	40	50%
MIN:	-2.7						0.8 4
	-2.4						1.2 6
	-2.1						0.4 2
	-1.8						1.4 7
	-1.5						3.2 16
	-1.2						3.0 15
	-0.9						8.8 44
	-0.6						9.8 49
	-0.3						16.3 82
	0.0						11.0 55
	0.3						13.9 70
	0.6						16.3 82
	0.9						7.8 39
	1.2						9.0 45
	1.5						5.2 26
	1.8						3.6 18
	2.1						2.2 11
	2.4						1.4 7
	2.7						0.8 4
	3.0						0.2 1
	3.3						0.0 0
	3.6						0.2 1
MAX:	3.9						TOTAL= 502

DATA #007 VERT

DATA #007	VERT	0	10	20	30	40	50%
MIN:	-3.0						0.3 1
	-2.7						0.0 0
	-2.4						0.0 0
	-2.1						0.0 0
	-1.8						0.5 2
	-1.5						0.6 2
	-1.2						0.6 2
	-0.9						2.2 7
	-0.6						2.2 7
	-0.3						4.4 14
	0.0						7.6 24
	0.3						10.1 32
	0.6						14.2 45
	0.9						16.3 52
	1.2						15.2 48
	1.5						8.2 26
	1.8						6.3 20
	2.1						4.1 13
	2.4						2.5 8
	2.7						2.8 9
	3.0						0.9 3
	3.3						0.9 3
	3.6						0.3 1
MAX:	3.5						TOTAL= 316

DATA #009 VERT

DATA #009	VERT	0	10	20	30	40	50%
MIN:	-3.0						0.2 1
	-2.7						0.0 0
	-2.4						0.0 0
	-2.1						0.4 2
	-1.8						0.4 2
	-1.5						0.2 1
	-1.2						2.0 10
	-0.9						1.2 6
	-0.6						2.4 12
	-0.3						6.6 33
	0.0						10.0 50
	0.3						17.7 89
	0.6						18.7 94
	0.9						12.9 65
	1.2						12.2 61
	1.5						5.4 27
	1.8						4.6 23
	2.1						1.4 7
	2.4						1.6 8
	2.7						1.4 7
	3.0						0.4 2
	3.3						0.4 2
MAX:	3.0						TOTAL= 502

(a) 風上

(b) 風下上部

DATA #002 HORI

DATA #002	HORI	0	10	20	30	40	50%
MIN:	0.5						0.4 1
	0.5						4.4 12
	1.0						16.5 45
	1.5						28.6 78
	2.0						31.1 85
	2.5						11.7 37
	3.0						5.9 18
	3.5						1.5 4
	4.0						
MAX:	3.9						TOTAL= 273

DATA #002 VERT

DATA #002	VERT	0	10	20	30	40	50%
MIN:	-3.7						0.7 2
	-3.5						3.7 10
	-3.0						11.4 31
	-2.5						22.3 61
	-2.0						27.8 76
	-1.5						22.3 61
	-1.0						7.0 19
	-0.5						2.6 7
	0.0						1.8 5
	0.5						0.0 0
	1.0						0.4 1
	1.5						0.4 1
MAX:	1.1						TOTAL= 273

(c) 風下下部

DATA #001 HORI

DATA #001	HORI	0	10	20	30	40	50%
MIN:	1.7						0.2 1
	2.0						1.2 7
	2.5						5.6 33
	3.0						16.5 97
	3.5						16.9 111
	4.0						21.5 120
	4.5						13.1 89
	5.0						10.4 61
	5.5						2.6 15
	6.0						3.1 16
	6.5						1.7 10
	7.0						1.0 6
	7.5						0.5 2
	8.0						0.0 0
	8.5						0.0 0
	9.0						0.2 1
MAX:	8.6						TOTAL= 588

DATA #001 VERT

DATA #001	VERT	0	10	20	30	40	50%
MIN:	-4.7						0.2 1
	-4.5						0.9 5
	-4.0						1.4 8
	-3.5						3.9 23
	-3.0						9.0 53
	-2.5						20.9 123
	-2.0						26.4 158
	-1.5						24.3 143
	-1.0						8.8 52
	-0.5						1.7 10
	0.0						0.9 5
	0.5						0.2 1
	1.0						0.2 1
	1.5						0.0 0
	2.0						0.0 0
	2.5						0.0 0
	3.0						0.2 1
	3.5						0.0 0
	4.0						0.0 0
	4.5						0.2 1
MAX:	4.2						TOTAL= 588

(d) 張りだし直下

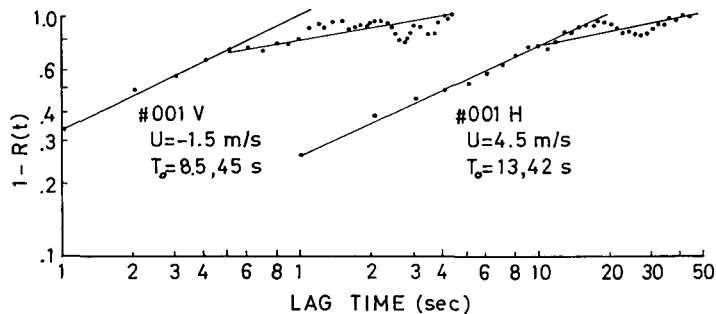
第8図 雪庇周辺の風速値頻度分布図

した各点での風速値頻度分布図を示す。(a), (b), (c), (d)は第7図に示す雪庇の風上, 風下上部, 風下下部, 張りだしの直下の位置である。HORIは水平方向成分で, ほぼ主風向の方位に固定, VERTは垂直方向に固定した感部により測定された。風速値(m/s)で左端に示してある。水平成分の負は逆風, 垂直成分の負は吹下しである。図の右端には左端の風速値をとったパーセント数と回数が示してある。右下のTOTALは全回数であるがサンプリングを1秒間隔で行なったので測定時間の秒数でもある。各図ともほぼガウス分布をなしている。

水平・垂直成分の平均風速から各点での平均風向を計算すると, 風上で約8°の吹上げ, 風下上部で約18°の吹下し, 風下下部で約31°の吹下し, 張りだし直下で約45°の吹上げとなっている。つまり風上を左手にして見ると, 雪庇を越した風は平均的に時計回りの回転をしている。

風速値頻度分布がいずれも平均風速値を軸として, ほぼ対象なガウス分布をなしているので, 平均風速値からのずれの風速値について自己相関係数, およびそれからパワースペクトルを計算した。自己相関係数からパワースペクトルを求める際には hamming window<sup>1)</sup>を用いた。これらの1例を第9, 10図に示す。第9図は雪庇風下側上部における垂直成分(図の左側)と水平成分(右側)の自己相関係数  $R(t)$  である。横軸に lag time  $t$ , 縦軸に  $1-R(t)$  をそれぞれ対数目盛で表示してある。第10図は第9図の水平成分から計算したパワースペクトルでインプリンタに打ちだした結果である。

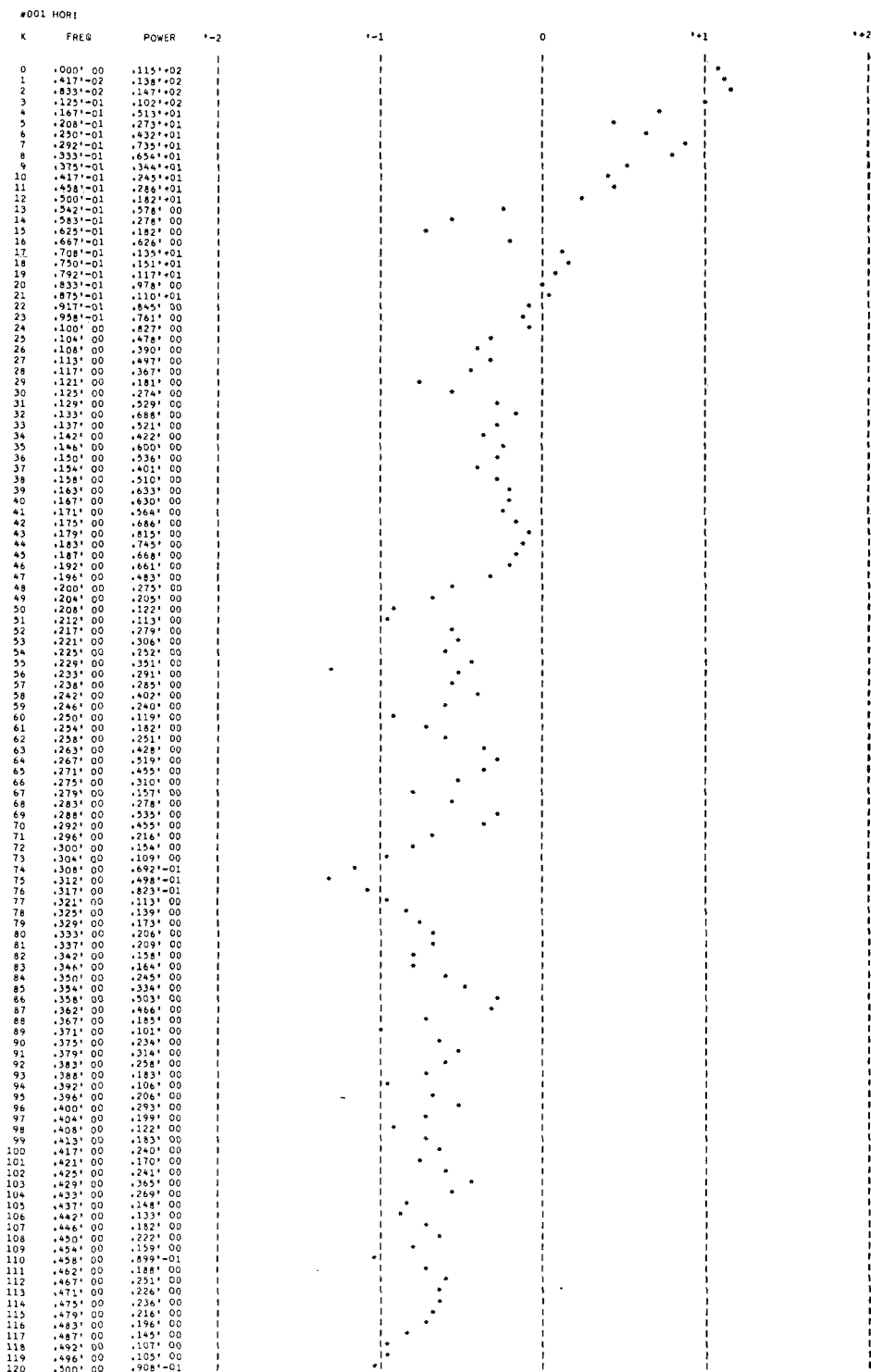
パワースペクトルの卓越周期を参考にして求めた自己相関係数が0になるまで lag time  $T_0$  と平均風速  $U$  から, 主な乱流の大きさ ( $T_0 \times U$ )<sup>2)</sup> を各位置, 成分について求めた結果を第1



第9図 雪庇風下上部における風速変動の自己相関係数

第1表 雪庇周辺の乱流の大きさ (m)

		風 上	風下上部	風下下部	張りだし 直 下
水 平		195	189	21	10.3
		112	60	14	5.1
					2.4
垂 直		9.0	45	30	72
		3.3	13	10.5	9.0
		2.4			4.1



第10図 第9図の水平成分の自己相関係数から計算したパワースペクトル。  
横軸の目盛「-1, +1」等は  $10^{-1}$ ,  $10^{+1}$  等を表わす



表に示す。水平成分では風上側で 100 m 以上の大きさの乱流が風下側で、雪庇の張りだし直下にまわり込むに従い次第に小さくなり、ついに数 m の大きさとなった。垂直成分では風上側で 10 m 以下であった乱流が雪庇を越すと一度数倍に大きくなり、張りだし直下にまわり込むに従い次第に小さくなった。

サンプリング間隔が 1 秒で、小さい乱流が測定されなかったこと、各点での測定が同時に行なわれなかったこと、および測定回数が充分でなかったこと等により、今回は、求められた乱流の大きさと雪庇の形との関係を明らかにするには至らなかったが、雪庇周辺の乱流状態について予備的知見をうることはできた。

#### IV. あとがき

天塩山地の山稜に成長した一つの雪庇に着目して測量と断面観測、および乱流の測定から雪庇の成長の様子と雪庇周辺の風の構造について予察的な調査を行なった。

今回の調査は得られたデータが少なく、雪庇成長の細かい機構や、雪庇の形態と乱流構造との関係などについて明らかにすることはできなかつたが、複雑な地形をもつ山地に発達する雪庇について卓越風と雪庇張りだし方向との関係、地ふぶきや吹き溜り現象と関連させた雪庇生成の機構、積雪の圧密やクリープによる雪庇の変形などの今後の問題の足掛りが得られた。

終りに、成田英器助手、河村俊行君（北海道大学大学院理学研究科）から観測の協力を得たこと、乱流の解析に西尾文彦君（北海道大学大学院理学研究科）の援助を得たこと、報告書作成に当たって成瀬廉二助手から詳細な助言を得たことをここに記し、諸氏に深く感謝の意を表します。また、この調査は一部、雪崩の研究に対する文部省特別事業費によって行なわれた。

#### 文 献

- 1) Blackman, R. B. and Tukey, J. W. 1959 The Measurement of Power Spectra. Dover Publications, Inc., New York, 190 pp.
- 2) 小林俊一・石田 完 1970 地ふぶき時における風の乱流. 低温科学, 物理篇, 28, 125-133.

#### Summary

The authors observed the growing process of a cornice formed on a ridge in the Teshio mountainous district in the northern part of Hokkaido. Observations were performed from the end of January, 1970, on twice at intervals of about a month.

Changes in the shape of a cornice and its growing state were determined by simple surveys and pit-wall observations.

To measure the wind turbulence around the cornice, a two-component ultra-sonic anemometer was used. The changes of the wind velocity recorded on magnetic tapes were converted to digital data for processing by a computer. The auto-correlation coefficient of the fluctuating wind speed and the power-spectra of same were obtained by the use of a computer system FACOM 230-60.

Because of the limited ability of the analog-to-digital converter and the digital

printer used, the wind speed was measured every second for the purpose of sampling ; accordingly, it was not possible to determine the extent of turbulence in a smaller scale. Nevertheless, the following results were obtained as regards the changes in the scale of turbulence.

Horizontal components : the turbulence having the scale of 100 m on the windward side of the cornice became smaller and smaller as it moved leeward ; finally just under the overhang of the cornice its scale became only several meters.

Vertical components : the turbulence having the scale of less than 10 m on the windward side of the cornice grew up several times as large once just behind the cornice ; it then diminished gradually in size as the turbulence turned round into the overhang of the cornice.