



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	日勝峠地域の雪崩発生機構 II : 日勝峠十勝側八合目雪崩の発生機構
Author(s)	清水, 弘; SHIMIZU, Hiromu; 秋田谷, 英次 他
Citation	低温科学. 物理篇, 47, 35-44
Issue Date	1989-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18563
Type	departmental bulletin paper
File Information	47_p35-44.pdf



Hiromu SHIMIZU, Eizi AKITAYA, Kazunari TAMURA, Satoru SASAMOTO and Mitsutoshi TAKAHASHI 1988. A Study on the Mechanism of Avalanche Release in the Nissho Pass Area, Hokkaido, Japan II. *Low Temperature Science, Ser. A*, **47**. (With English Summary p. 44)

日勝峠地域の雪崩発生機構 II*

——日勝峠十勝側八合目雪崩の発生機構——

清水 弘・秋田谷英次

(低温科学研究所)

田村和也・笹本 悟・高橋満敏

(日本気象協会北海道本部)

(昭和63年10月受理)

I. ま え が き

昭和56年3月3日, 昭和62年1月29日および同年3月16日に日勝峠で発生した三つの雪崩(日勝峠雪崩)の観測から得られたこの場所特有と思われる面発生乾雪表層雪崩の発生機構モデル¹⁾に基き, 同地点に於ける雪崩発生状況を監視した。しかし今年, この地方は寡雪型の暖冬となり, 日勝峠ではこのモデルに適合するような気象・積雪条件が発生せず, 雪崩も発生しなかった。

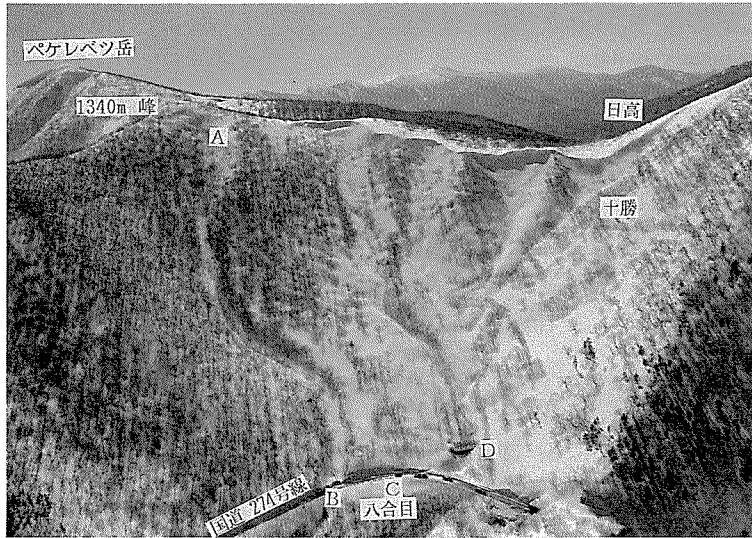
しかし昭和63年3月16日, 小型の表層雪崩が日勝峠の南約2.5kmの日高山脈の十勝側斜面で発生し, その下方を通る国道の一部(十勝側八合目付近)を埋めた。その前後の気象・積雪調査から, この雪崩の発生機構は上記の日勝峠雪崩とは異なるものであることが明らかになった。この雪崩を日勝峠十勝側八合目雪崩(昭63.3.16), 略称日勝八合目雪崩と呼ぶことにし, その発生機構を考察した。

II. 日勝峠十勝側八合目雪崩(昭63.3.16)

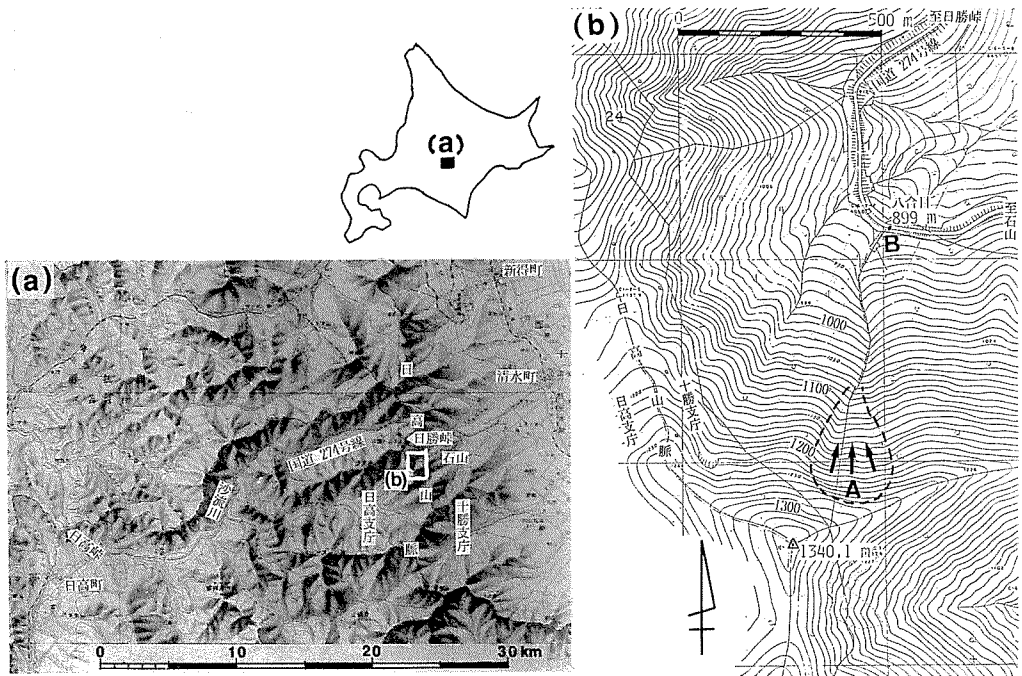
昭和63年3月16日午前9時20分ごろ, 一般国道274号線日勝峠の南約2.5kmの日高山脈主稜の十勝側斜面で乾雪表層雪崩が発生した。発生域は1,340m峰の直下, 海拔約1,200m前後の局地的な北斜面であった。雪崩は全長約700mの狭い沢を落下し, 高度差約300m下方の国道で停止した。沢の傾斜は上部で43度, 下部で23度, 平均29度であった(第1, 2図)。堆雪は十勝側8合目付近の国道を長さ約30mにわたって0.3~1.5mの厚さで埋めた。丁度この時, 峠から降りてきたタンクローリー1台が堆雪に乗り上げて停止したが, 人車ともに損傷はなかった。雪崩の規模は, M.M.=2, P.M.=5程度の小型のものであった。

この付近では, 昭和50年3月22日に北隣の沢で表層雪崩が発生し, 当時この国道脇(谷側, 第1図C)に在った除雪センターの建物を破壊したことがある。その後, 除雪センターは十勝

* 北海道大学低温科学研究所業績 第3178号



第 1 図 日勝峠十勝側八合目雪崩地〔北海道開発局帯広開発建設部撮影：昭和 63 年 3 月 17 日〕。
 A 雪崩発生地, B 雪崩末端, C 除雪センター跡地 (昭和 50 年 3 月雪崩被災), D 雪崩防護工



第 2 図 日勝峠十勝側八合目雪崩地。地図 (a) は国土地理院発行の 20 万の 1 地形図 (夕張岳) を、また地図 (b) は北海道開発局帯広開発建設部の昭和 62 年度施行一般国道 274 号清水町日勝峠雪崩調査解析用現況平面図 (1 : 5,000) を使用したものである

側7合目の石山(現在地)に移された。

III. 気象・積雪条件

III. 1. 日勝峠雪崩の発生機構モデル

筆者らは昨冬、日勝峠地域の雪崩発生状況と当時の気象・積雪条件から、この地域特有と思われる雪崩発生機構モデルを導いた¹⁾。このモデル機構は、

- 1) [弱層の形成]: 軽い降雪の後、無風、快晴、日照、低温による、新雪表面直下に於けるしもざらめ雪薄層の急速成長、
- 2) [不安定積雪の形成]: これに引き続いて、日高側から十勝側に吹く強風に運ばれる飛雪の弱層上への堆積、
- 3) [発生の引き金機構]: 不明、

から成り、各項の機構は次のような地域の特徴をもっている。

- 1) このような気象条件は、十勝地方の冬期には現れ易い。
- 2) この地方では、一般風が西成分を含むと日高の沙流川沿いでは谷を吹き上る局地風となり、日勝峠付近では日高側から十勝側に吹き抜ける風となる¹⁾。冬期、北西の季節風が卓越する時は日勝峠付近では日高側から十勝側に強風が吹き、屢々激しい吹雪を発生する。また、日高山脈の斜面は日高側よりも十勝側が急峻であるため稜線では雪庇が十勝側に成長し²⁾十勝側斜面には飛雪の堆積による不安定積雪が形成され易い。
- 3) 雪崩発生の引き金機構はまだ不明であるが、過去の三つの観測例はいずれも自然発生雪崩であった。

III. 2. 気象条件

昭和63年1月1日から同年3月31日の冬期3か月間、新得、日高、芽室の各 AMeDAS 地点の気象状態を毎日観察して、日勝峠雪崩モデルの発生を監視した。しかしこの冬、この地方では寡雪暖冬で、上記の雪崩発生機構条件を充たすような気象状態は見られず、また日勝峠では雪崩が発生しなかった。

III. 3. 積雪状況

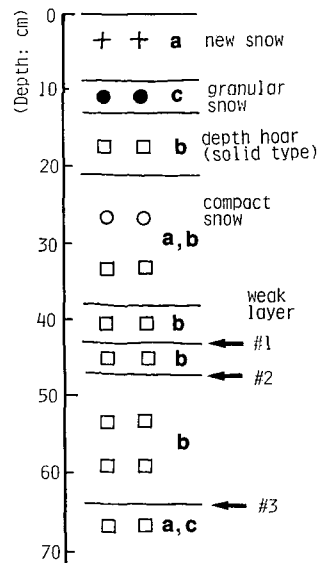
今回の8合目雪崩発生の前後に、現地付近の積雪観測が2回行われた。

- (1) 昭和63年3月15日〔日勝トンネル十勝側坑口付近に於ける積雪断面観測〕

昭和63年3月15日午後1時半ごろ、日勝トンネル十勝側坑口付近で積雪断面観測をおこなった(第3図)。これは、雪崩発生の約20時間前であった。

この時、積雪内に見られた弱層は、

- i) 積雪表面近くに堅いざらめ雪層があり、その上に厚さ



第3図 積雪断面観測(日勝トンネル十勝側坑口:昭和63年3月15日,13:35)。+新雪,○しまり雪,●ざらめ雪,□こしもざらめ雪,←弱層

数 cm の新雪が積もっていた。新雪は雲粒がおびただしく付着して、結晶形がよく判別できないものであった。この新雪層底部には雪質不連続による弱層が当然予想された。然しこの時点では、この新雪層の厚さが不安定積雪になるにははるかに足りなかった理由で弱層の剪断強度測定は行われなかった。

- ii) 積雪内部には、表面からの深さ 43 cm, 47 cm, および 66 cm にこしもざらめ雪の弱層 #1, #2, #3 があった。その中で最も脆弱だった #2 について 250 cm² 枠による shear test^{1,3)} を行ったところ SFI (Shear Frame Index) は、

$$SFI = 31.6 \text{ g/cm}^2,$$

であった。測定場所が平坦地であったので、この積雪に 40 度の傾斜 (八合目雪崩の発生域の傾斜) を与えた時の弱層の上載積雪 (加重 11.3 g/cm²・平地) の安定度 SI (Stability Index) は、

$$SI [40^\circ] = 4.4,$$

と推定された。この値は、Sommerfeld³⁾ の臨界値 SI=1.5 に比べて著しく大きく、この斜面積雪が極めて安定であることを示していた。

即ち、雪崩発生約 20 時間前にはこの地域の斜面積雪は十分に安定状態にあったと考えてよい。

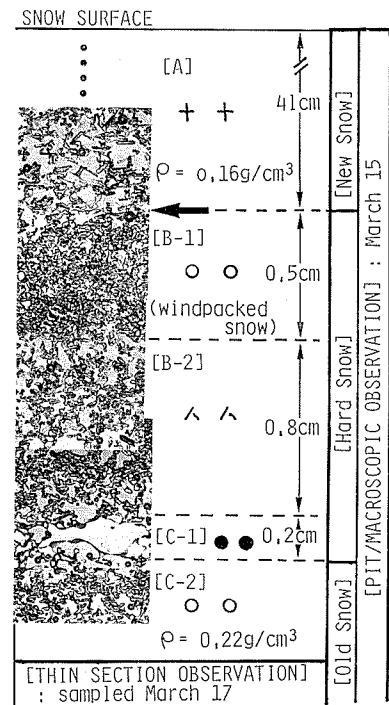
- (2) 昭和 63 年 3 月 17 日 [八合目雪崩末端付近で採取した自然積雪の薄片観察]

雪崩発生の翌日、帯広開発建設部のご好意により雪崩末端付近の自然積雪が表面から約 60 cm の深さまで採集され、後日、低温室内で薄片観察を含む断面観察を行うことができた。

その結果明らかになった特徴的な積雪構造は、積雪表面から約 41 cm の深さに顕著な弱層があったことである。即ちこの深さに、堅い旧雪と軽い新雪の雪質不連続があり、両雪層の機械的結合は極めて弱かった。積雪資料の大きさの関係で、SFI の直接測定はできなかったが、小型シャベル・テストにより、この両層の境界面がこの資料の唯一の弱層であり、その強度は非常に小さいものであることが定性的に確かめられた。

この弱層付近を薄片観察によって調べたところ、次の様な層構造になっていることが解った (第 4 図)。即ち、上層から下層に向かって、

- i) [A] 層: 厚さ 40 cm 程度の新雪層, $\rho = 0.16 \text{ g/cm}^3$ 。



第 4 図 日勝峠十勝側八合目雪崩末端付近の自然積雪上層部の薄片観察 (採集: 昭和 63 年 3 月 17 日。+ 新雪, \triangle こしまり雪, \circ しまり雪, \bullet ざらめ雪, \leftarrow 弱層。[B-1], [B-2], [C-1] の複合した堅い層 (Hard snow layer) が、巨視的には (第 3 図) に記述した表面下約 10 cm の堅ざらめ雪層に対応すると考えられる

- ii) [B-1] 層： 厚さ 0.5 cm 位の、極めて堅い風成雪 (wind-packed snow) 層。構成雪粒子に、僅かに融解の形跡がある。
- iii) [B-2] 層： 厚さ 0.8 cm 位のこしまり雪層。
- iv) [C-1] 層： 厚さ 0.1-0.2 cm のざらめ雪粒子が連結してできた氷板状の薄層。
- v) [C-2] 層： $\rho=0.22 \text{ g/cm}^3$ のしまり雪層。

小型シャベル・テストによると、弱層は [A] 層と [B-1] 層の境界にのみあり、[B-] 層から [C-2] 層の間には観察されなかった。

このような積雪構造から、今回の雪崩では上記の風成雪層 [B-1] とその上載新雪層 [A] の境界に形成された弱層 (雪質不連続型) が滑り面として作動したと考えられる。

3月15日の日勝トンネル坑口の積雪断面観測時に、表面直下の“堅いざらめ雪”と記述した雪層 (第3図) は、[B-1], [B-2], [C-1] の複合した堅い雪層を巨視的に単層と見たものと考えられる。

IV. 弱層の形成と雪崩発生

この弱層の形成過程を、積雪断面観測結果および気象状態の推移から考察した。

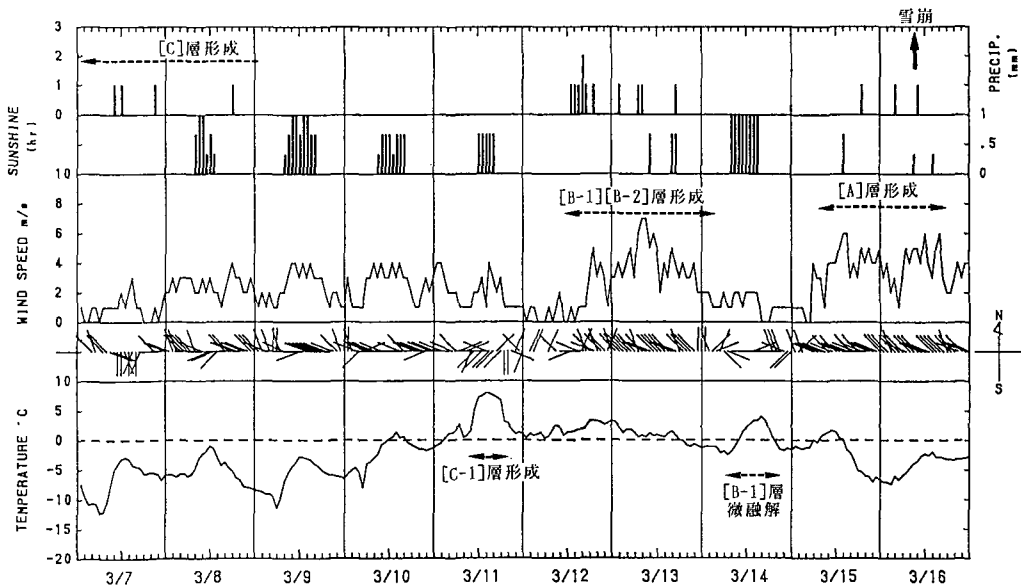
積雪構造は、

- i) 3月15日 (13:30) に、日勝トンネル十勝側坑口で行った積雪断面観測結果 (第3図)、
- ii) 3月17日に、この雪崩の末端付近で採取した自然積雪のシャベル・テストと薄片観察結果 (第4図)。

について、また気象状態は、

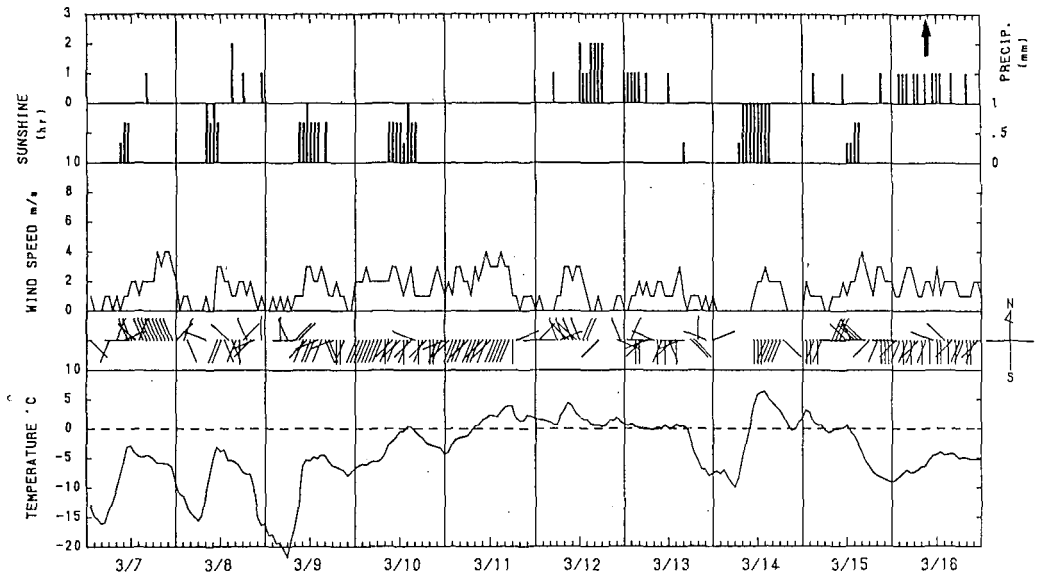
- iii) 新得および日高の AMeDAS 記録 [毎時：気象庁] (第5, 6図)。

SHINTOKU 1988/3/7-3/16



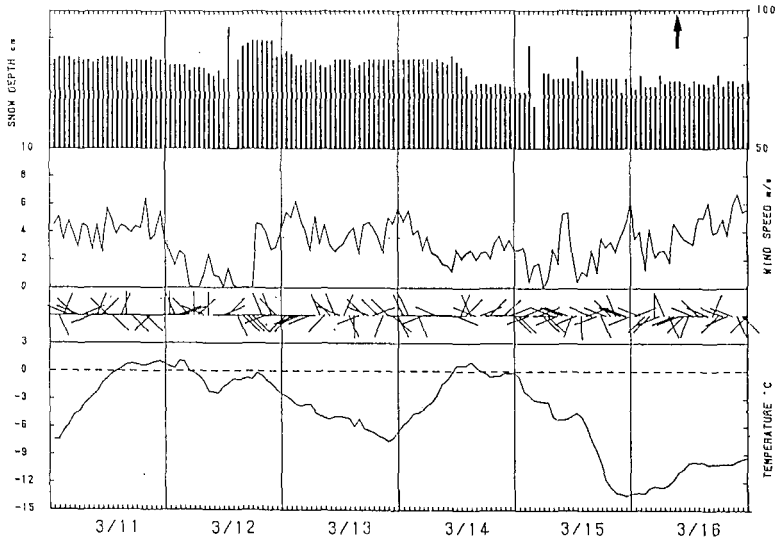
第5図 日勝峠付近 (新得 AMeDAS 地点) の気象状況 [昭和63年3月7日~16日]。
上段から毎時の降水, 日照, 風速, 風向, 気温。↑: 雪崩発生

HIDAKA 1988/3/7-3/16



第6図 日勝峠付近(日高 AMedAS 地点)の気象状況〔昭和63年3月7日~16日〕。上段から毎時の降水,日照,風速,風向,気温。↑:雪崩発生

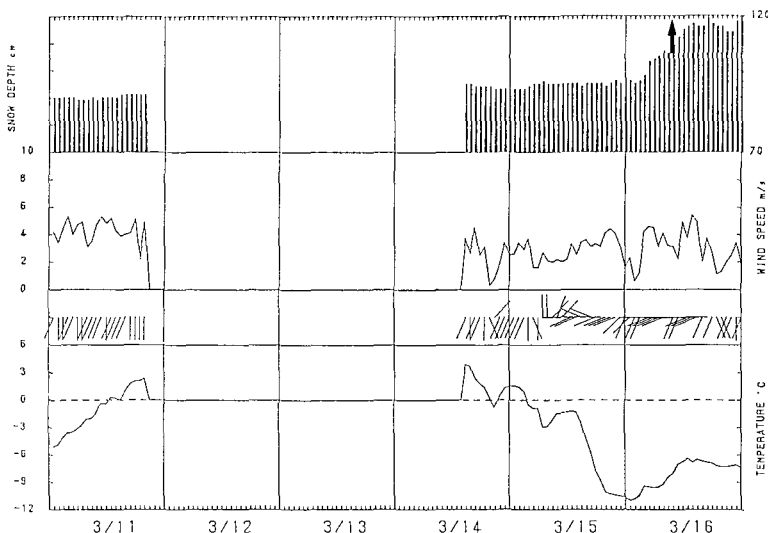
1988/3/11-3/16, ニッショウ テレメータ



第7図 日勝峠付近(北海道開発局・石山道路テレメーターステーション)の気象状況〔昭和63年3月11日~16日〕。上段から毎時の積雪深,風速,風向,気温。↑:雪崩発生

- iv) 石山(国道274号線)および日高峠(国道237号線)の道路テレメーター・ステーション気象記録〔毎時:北海道開発局〕(第7,8図)。
- v) 道路パトロール気象記録〔毎日:北海道開発局〕

1988/3/11-3/16, ヒタカ テレメータ

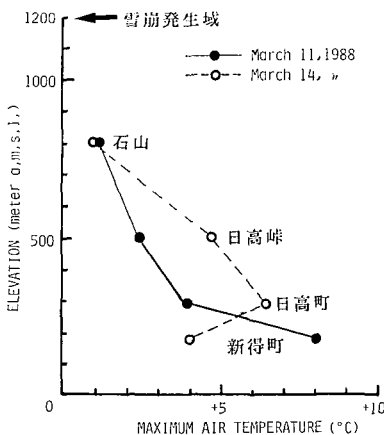


第8図 日勝峠付近(北海道開発局・日高峠道路テレメーターステーション)の気象状況[昭和63年3月11日~16日]。上段から毎時の積雪深, 風速, 風向, 気温。↑: 雪崩発生

について考察した。

その結果, 次のような経過が推定された。

- (1) 第4図の[C-1]層以深の旧雪層は3月8日以前の降雪によって形成された。
- (2) 3月8~11日は晴天が続き, 特に11日は気温が非常に上昇して, 上記の各測定点で+1.1~+8.0°Cを記録した(第9図)。その結果これらの地域では, 北斜面でも弱い表面融雪が起き, 積雪表面に厚さ1~2mmのざらめ雪粒子による氷板[C-1]層が形成された。
- (3) 3月12日午後から13日夜半にかけての降雪と強風により, 積雪表面に薄い風成雪層が形成された。この層は, 上層[B-1]が堅い風成雪(windpacked snow)となり下層[B-2]はこしまり雪で残った。
- (4) 3月14日は晴天で風弱く, 気温は各測定点で再び+1.0~+6.4°Cまで上昇した(第9図)。このため, これらの地域で弱い表面融雪が起きたことが風成雪[B-1]層の雪粒子の形状に見られる。
- (5) 3月15日は, 三陸沖から北東に進む低気圧の発達により日高地方の天気は急速に悪化した。日高地方では18:00に暴風雪波浪警報が発表され, 同日夕刻から翌16日朝にかけて吹雪になった。この吹雪は国境稜線(日高山脈)では日高側から十勝側に吹いて, 多量



第9図 昭和63年3月11日と3月14日の, 日勝峠付近に於ける最高気温分布。

の飛雪を十勝側に運んだ。運ばれた飛雪は堅い風成雪 [B-1] 層の上に堆積し、機械的結合が弱いまま不安定積雪 [A] 層を形成した。この不安定積雪 [A] 層は雪崩末端付近で厚さ約 40 cm, 平均密度 0.16 g/cm^3 であった。

この上層の新雪層 [A] と、堅い風成雪層 [B-1] との境界の弱層の SFI 実測はできなかったが、シャベル・テストの結果は極めて脆弱であった。

以上の考察は、雪崩末端 (海拔 900 m) 付近で採取された積雪について行われたものである。この場所から標高差約 300 m 上方の雪崩発生域では、3月11日および14日の高温日に気温が氷点以上に上昇して、表面融雪が起きたか否かは明らかではない。しかし、それ以外の積雪状態は上記と定性的に類似したものであったと考えてよいであろう。特に国境稜線近くの高所では、風の弱い低地に比べて、風成雪 (windpacked snow) [B-1] 層が強く発達し、不安定積雪 [A] 層が厚く成長し易いから、その結果 [A] 層の安定度は一層小さくなり、表層雪崩が起きやすい状態になったと考えられる。

(6) この雪崩は自然発生のものであり、雪崩発生の引き金機構は不明だった。

このように堅い旧雪面上に多量の新雪が一時に積もった場合には、その境界面での両層の機械的結合力が極めて弱く、かつその上載荷重が大きいため、斜面積雪の安定度 (SI) が小さく表層雪崩が発生し易い。このことについては既に四手井の報告²⁾があり、また経験的にもよく知られている。黒部地方ではこのような二層構造による不安定積雪を“二枚雪”と呼び、表層雪崩発生の主要条件として警戒している。

V. あとがき

昨冬、無風・快晴・日照・低温下では薄い表層新雪の雪面直下にしもざらめ雪が急速成長することが観察され、日勝峠雪崩の発生機構モデルが作られた。今冬は、このモデルの再出現を気象状態の推移から監視していたが、この型の気象状態は現れず、日勝峠雪崩も起きなかった。

しかし昭和63年3月16日午前9時20分頃、日勝峠南方2.5kmの日高山脈稜線直下の北斜面、海拔1,200m付近で表層雪崩が発生し、国道274号線の日勝峠十勝側8合目付近を埋めた。この雪崩末端付近の自然積雪を、気象状態と対応させながら、薄片観察によって調べた。その結果、この雪崩を発生させた弱層は、3月12~13日に積雪表面に形成された堅い風成雪 (windpacked snow) と、その上に3月15~16日の吹雪で推積した新雪層との雪質不連続による弱層であることが解った。このような弱層形成過程は、しもざらめ雪薄層の急速成長に基づく日勝峠雪崩モデルの場合よりも単純であり、一般的なものと言える。

この研究を進めるにあたって、北海道開発局帯広開発建設部、室蘭開発建設部のご好意により雪崩現場の写真、調査資料及び道路テレメーターの資料を使わせて頂いた。また、帯広開発建設部清水道路維持事業所中川忠行所長、松田隆夫技術副長には調査全般にご協力を頂き、特に雪崩直後、現場付近の雪を採取して低温科学研究所へ輸送して戴いた。ここに併記して深く感謝の意を表わす。

この調査研究は文部省雪崩事業費によって行われた。

文 献

- 1) 清水弘, 秋田谷英次 1987 日勝峠雪崩の発生機構. 低温科学, 物理篇, **46**, 77-90
- 2) Shimizu, H. 1967 Magnitude of avalanche. *In Physics of Snow and Ice*, (H. Ôura, *ed.*) Vol. 1, Part 2, 1269-1276.
- 3) Paulcke, W. 1938 *Praktische Schnee und Lawinenkunde*, 218 pp.
- 4) Sommerfeld, R. A. 1984 Instruction for using the 250 cm² shear frame to evaluate the strength of a buried snow surface. US Dept. Agr. Forest Service. Res. Note RM-446, 6 pp.
- 5) 四手井綱英 1953 表層雪崩の一特異例. 雪氷, **14**, 2-5.

Summary

In a report of Nisshô Pass Avalanches, 1987¹⁾, a "Quick growing depth hoar model" was proposed by the authors to show a mechanism of weak layer formation in a snow cover which provides a sliding surface for surface avalanche. "Fine weather with sunshine, windless and low in air temperature, after light snowfall" constituted weather conditions necessary for this model. As such a type of weather appears often in winter in the Tokachi District, Central Hokkaido, this model was considered characteristic for this district.

Weather conditions in this district were continuously monitored using the AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) of the Japan Weather Bureau to investigate their relation to avalanche releases at the Nisshô Pass, from January 1 to March 31, 1988. But weather conditions satisfying the quick growing depth hoar model did not appear during this period at all, and any avalanche did neither at the Nisshô Pass in this winter.

However on the morning of March 16, 1988, a small surface avalanche broke out 2.5 km south of the Pass. The avalanche was released naturally at a site A in Figs. 1 and 2, with a small opening at the elevation of 1200 m (a.m.s.l.) approximately on the Tokachi side (east side) slope of the Hidaka Mountains. It ran down in a confined gully down to its terminus B at the elevation of 900 m (a.m.s.l.) along the National Highway #274. The magnitudes of the avalanche were of the orders of M.M. = 2 (Mass Magnitude) and P.M. = 5 (Potential Magnitude). There were no casualties due to the avalanche.

Formation process of the unstable snow slab which had released this avalanche was investigated by studying the structure of the snow cover and weather conditions in the previous several days.

I. Stratigraphic study of the snow :

- 1) On March 15, at 13:30, about 20 hours in advance of the avalanche, a pit observation of natural snow cover was made at the Nisshô Pass. The snow cover had contained 3 weak layers (solid type depth-hoar) each with a high value of S.F.I. (Shear Frame Index) inside, and the snow cover was very stable as a whole (Fig. 3).
- 2) On the morning of March 17, about 24 hours later the avalanche, natural snow was sampled from the surface down to 60 cm in depth in the vicinity of the avalanche terminus, and subjected to a simple mechanical test and a thin section observation in a cold laboratory later.

By the mechanical test (shovel test), a distinct weak layer was found at a depth of 41 cm below the surface. By the thin section observation it was confirmed that this weak layer was caused by discontinuity of the snow types in the snow cover ; i. e., mech-

anical coupling between the hard windpacked snow layer [B-1] and the loose new-snow layer [A] was very weak, as seen in Fig. 4.

II. Daily process of formation of the unstable snow slab was investigated by studying the stratigraphic structure of the snow cover (Figs. 3 and 4) and meteorological conditions in the previous several days (Figs. 5, 6, 7, 8 and 9):

- 1) The basal "Old snow layer", originally layers [C-1] and [C-2], was formed by March 8 by snowfalls in those days.
- 2) From March 8 to 11, the weather was fine and air temperature rose up in this district. Especially on the 11th, air temperature at the 4 weather stations in this district recorded the highest temperature ranged from $+1.1$ to $+8.0^{\circ}\text{C}$, as shown in Fig. 9. From this fact, it can reasonably be presumed that snow melted moderately at the surface of the snow cover even on the north slope in this district on the 11th, resulting in the formation a thin ice layer [C-1] which was composed of granular snow grains of 1-2 mm in diameter.
- 3) By snowfall with wind from March 12 to 13, a new snow layer composed of [B-1] (windpacked snow layer) and [B-2] (lightly compact snow layer) was formed upon [C-1].
- 4) On March 14, the weather was fine and air temperature rose again up to $+1.0 \sim +6.4^{\circ}\text{C}$ at the 4 weather stations in this district, as seen in Fig. 7. This fact reflected on the grain shape of layer [B-1] in which a trace of slight snow melting was visible.
- 5) On the afternoon of March 15, the weather in the Hidaka District became stormy quickly caused by approach of a growing depression located off the Sanriku Coast, northern Honshu. Blizzard warning was issued at 18:00 in Hidaka District, and a snowstorm continued to blow until the next morning.

This snowstorm transported a large amount of drifting snow from the Hidaka District to the Tokachi District across the Hidaka Mountains and deposited a new-snow layer [A] on [B-1] making an unstable snow slab, especially on the immediate lee side (Tokachi side) of the ridge line of the Hidaka Mountains.

- 6) The avalanche was released naturally, but the trigger mechanism of the releasing remained unknown.