HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	恵庭岳雪質調査報告　I
Author(s)	藤岡, 敏夫; 清水, 弘; 秋田谷, 英次; 成田, 英器; 木下, 誠一
Citation	低温科學. 物理篇, 26, 269-275
Issue Date	1969-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/18090
Type	bulletin (article)
File Information	26_p269-275.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Tosio HUZIOKA, Hiromu SHIMIZU, Eizi AKITAYA, Hideki NARITA and Seiiti KINOSITA 1968 Snow Cover Observations at Mt. Eniwa. I. *Low Temperature Science, Ser. A, 26.* (With English Summary p. 275)

恵庭岳雪質調査報告 I*

(昭和42年度)

藤岡敏夫・清水　弘
秋田谷英次・成田英器
(低温科学研究所　雪害科学部門)

木下誠一
(低温科学研究所　凍上学部門)

(昭和43年10月受理)

I. まえがき

昭和47年札幌でひらかれる冬季オリンピック大会のスキー競技のうち，男子及び女子の滑降競技は支笏(シコツ)湖北岸の恵庭(エニワ)岳 (海抜 1319.7 m) の西南西斜面でおこなわれることになっている。競技の滑走路の雪はかなり硬いことが必要とされているが，黒岩[1] その他の調査によれば，雪の硬度として 7 kg/cm^2 以上のものに当っているようである。 自然状態のままで，滑走路の積雪表面がこのような硬さになることは期待できないのであるから，何等かの方法で，雪をおしかためることが必要になる。雪を固める時期，方法等は，恵庭岳の積雪を調べればおのずときまることである。それで昭和42年2月22日と23日恵庭岳の積雪の調査をおこなった。

II. 調査地点，調査項目

調査は男子滑降コースの出発点，中間地点，決勝点の3カ所でおこなわれた。男子のコースの出発点は，海抜 1,100 m で女子の出発点 (海抜 900 m) よりも高く，女子の選手は，出発点を出た後，男子の選手とほぼ同じコースを滑ることになっている。中間地点は海抜 700 m で，無人気象観測器械のおかれているところ，決勝点は海抜 350 m の地点である。

各調査地点でほぼ 2×2 m の雪穴をほり，穴の壁の雪について，積雪深，積雪の成層構造，各層の雪の雪質，密度，温度，硬度，雪粒の大きさを調査した。

調査結果は第2図，図版 I, II の写真と第1図，第3図，第4図に示したが，図の中の文字および雪質をあらわす記号は次の国際分類の取りきめ[2] にしたがった。

T　雪の温度

T_a　気　　温

M　斜面に垂直にはかった地面からの高さ

* 北海道大学低温科学研究所業績　第942号

G 雪の密度 (g/cm^3)

R 硬度 (木下式硬度計による)

D 雪粒の大きさ

F 雪粒の形

雪粒の大きさ D は a, b, c, d, e, の 5 段階に分けることになっていて,

a 0.5 mm 未満

b 0.5 mm 以上 1 mm 未満

c 1 mm 以上 2 mm 未満

d 2 mm 以上 4 mm 未満

e 4 mm 以上

である。

雪粒の形 (又は雪質) をあらわす F は, 図の中では記号であらわされ, 我が国で普通に使われている雪の名称との関係は第 1 表のようになっている。

但し第 1 表の記号のうち, しまりゆきをあらわす ○ の記号と, ざらめ雪をあらわす ● の記号は, 国際分類の取りきめを, 我が国の雪の分類にあうように変更したものである。

第 1 表 雪粒の形をあらわす記号とそれに対応する雪の名称

雪の名称	記号
しんせつ	＋ ＋ ＋
こしまりゆき	⅄ ⅄ ⅄
しまりゆき	○ ○ ○
ざらめゆき	● ● ●
こしもざらめゆき	□ □ □
しもざらめゆき	∧ ∧ ∧

III. 調査結果

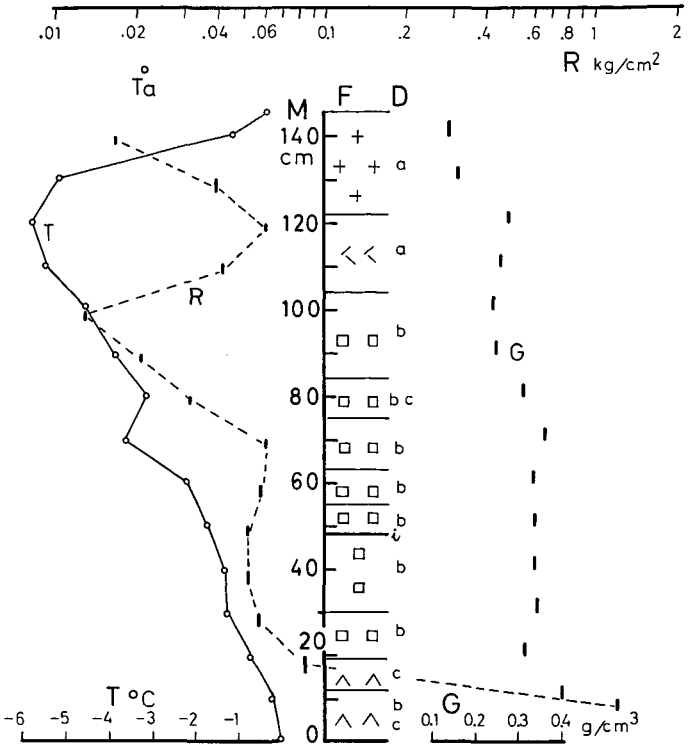
1) 出発点の積雪

出発点の積雪調査の結果を, 第 1 図および図版 I の写真に示した。図版の写真の雪の壁には, 積雪の成層構造をみやすくするために, 色水をかけてある。黒くみえている雪面に平行な縞のうち, 上下に向い合う 2 本の縞にはさまれた部分が一つの雪の層である。積雪の深さは斜面に垂直にはかって, 1 m 46 cm で, 90 cm の深さに, ほぼ 30 cm 程はなれて 2 つならんでいる黒い縞は, 積雪が 1 m 余りの時, この場所を通ったスキーの跡である。

雪の層は写真の上 1/3 の部分で細かく入っているが, 下の 2/3 は細かい層のみられない全体としてボヤケた雪になっている。 第 1 図の雪質下の部分にみられるように, 1 m 4 cm を境にして, 上の部分はしんせつとしまり雪で, 下の部分はこしもざらめ雪としもざらめ雪である。こしもざらめ雪, しもざらめ雪をバラバラにして取り出してうつした拡大写真を図版 I にかかげておいた。

写真にみられるように, いずれも角ばった結晶で, 雪が斜面に積った後, 雪の中で出来た霜の結晶である。 写真に示されている物差しおよび第 1 図の雪粒の大きさをあらわす D の項が b (0.5 mm 以上 1 mm 未満) になっていることからもわかるように, 雪粒の大きさは, 1 mm 程で, この種の雪粒としては大きい方ではない。すなわち, こしもざらめ雪, しもざらめ雪としてはまだ十分発達していない雪粒である。

雪の中にしもざらめ雪やこしもざらめ雪が出来ると, 雪は脆くなることが知られている。



第1図　出発点における積雪調査結果

T: 雪温，T_a: 気温，M: 地面からの高さ（斜面に垂直），
F: 雪粒の形（第1表参照），D: 雪粒の大きさ（本文参照），
G: 密度（g/cm³），R: 硬度（木下式硬度計による），i: 氷板

そして一度脆くなった雪を圧し固めることは非常にむずかしい。このことは北海道の冬山造材で，しもざらめ雪が発達した時に丈夫な橇道をつくることが非常に困難なことからも知られている。出発点における雪の硬度は 0.01～0.1 kg/cm² の間にあって，スキー競技に要望されている雪の硬度 7 kg/cm² 以上にくらべて非常に小さい。しもざらめ雪，こしもざらめ雪としては十分発達していないにもかかわらず，硬度はこれらの雪が十分発達した場合の大きさしかもっていない。最下層のしもざらめ雪の硬度が 1 kg/cm² をこす値を示しているのは，この雪が冬の初めに積ったざらめ雪から変化したもので，凍ったざらめ雪の丈夫な骨組みが，しもざらめ雪の層の中に残っていることを示すものである。

雪の温度は地面で 0°，1 m の所で −4.5°C になっている。オリンピック組織委員会内の気象小委員会が実施した 2 月 1 日から 10 日迄の恵庭岳山頂での気温観測[3] によると，この期間の日中の平均気温は −8.8°C であった。恵庭岳はかなり気温の低い場所になるわけで，この温度が雪の中に大きな温度の勾配をもちつづけ，雪の中に霜を発生させたわけである。

この調査をした地点は，実際の出発点よりも約 30 m 斜面を下った所であった。競技予定地はまだ整地されていないため，地面にかなりの凹凸があって，調査地点は平均傾斜面よりも

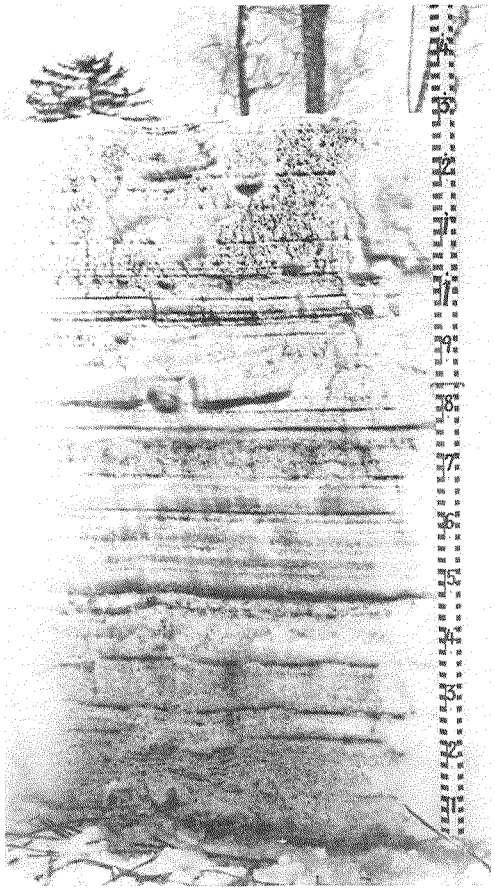
凹んだ場所に当っていた。実際の出発点に鉛直に立てられていた雪尺による積雪は 90 cm であった。調査地点の斜面に垂直な積雪深は，1 m 46 cm で，これを鉛直の深さに換算すると，1 m 57 cm になる。競技予定地が整地されるならば，凹地は埋められて積雪深は少なくなるであろうが，その場合，積雪内の温度の勾配はもっと大きくなり，雪の内での霜の発生は一層促進されるものと考えなければならない。

2) 中間地点の積雪

男子滑降コースの中程，海抜 700 m の地点には気象観測用の無人観測器がおかれていた。積雪調査はこの観測器の頂上寄りの平らな場所でおこなわれた。

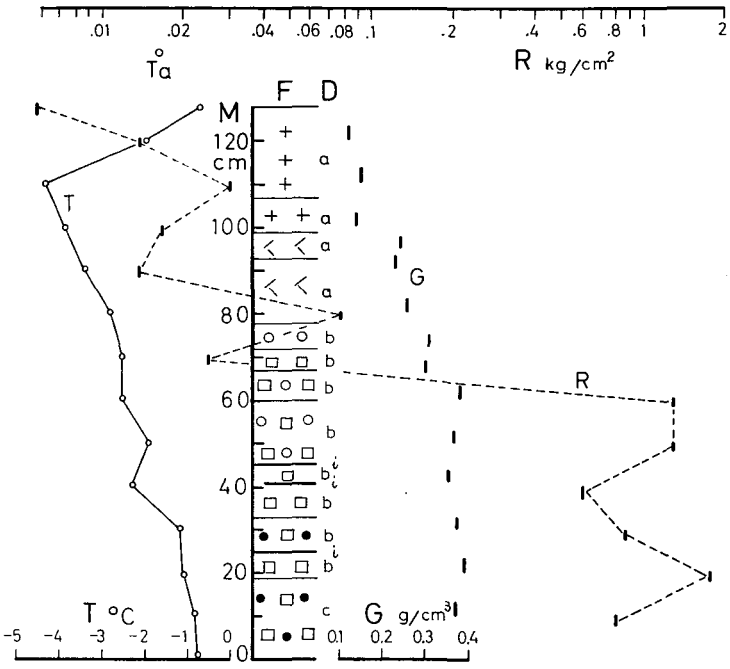
積雪の穴の壁の写真を第 2 図に，調査結果を第 3 図に示した。第 2 図の写真の地面より 72 cm 迄がこしもざらめ雪，72 cm より 78 cm 迄がしまり雪，78 cm より 99 cm 迄がこしまり雪で，その上 1 m 28 cm 迄がしんせつである。第 3 図にみられるように，32 cm 迄のこしもざらめ雪にはざらめ雪がまじり，この部分のこしもざらめ雪がざらめ雪の中にできた霜の結晶であることを示している。又 45 cm から 62 cm 迄のこしもざらめ雪の層には，しまり雪の粒も入っていて，しまり雪の層の中にこしもざらめ雪が発生したことをあらわしている。

このように，凍ったざらめ雪，しまり雪のもとの雪が残っているために，雪の硬度は 1 kg/cm^2 に近い，割合い大きい値をもっている。しかし，これらの雪の上層にある雪の硬度は 0.1 kg/cm^2 以下の小さな値になっていた。



第 2 図 中間地点の積雪断面
海抜 700 m. 無人気象観測器のおかれていた地点

第 3 図の雪の層の境界線に i と書き入れた所は，氷のうすい板（氷板）になっている所で，出発点の雪には氷板が一枚入っていた。中間地点では図にみられるように 3 枚の氷板が入っている。後にのべる決勝点では氷板の数は 1 枚で，中間地点の 3 板の氷板が特に多くなっている。氷板が入っていることは，氷板の面が雪の表面であった時，日射，気温，降雨等のために，雪の表面が水にぬれ，その後，凍ったことを意味するわけであるが，いずれの原因によるものかは明らかではない。尚，積雪の他の部分に侵入した水が雪の中を通って層の境界に入り，凍結して氷板を作ることもあるけれども，



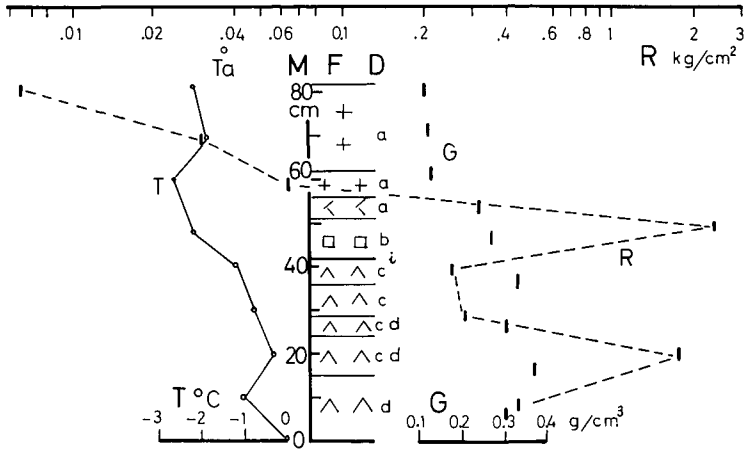
第3図　中間地点の積雪調査結果
文字，記号は第1図におなじ

中間点の積雪の他の部分には，水が移動した水みちが見出されていない。

地面より 33 cm 迄の雪には，ざらめ雪の雪粒が入っているがこのことも中間点の雪の特徴で，他の2カ所の雪には見出されていない。ざらめ雪があることは，その部分の雪に，一度は水が入ったことを示すもので，氷板の数の多いことと合せて，中間点の雪が融雪をうけやすい気象条件の下にあることを示すように思われる。尚このことは，積雪の下半分に発達した霜の結晶がこしもざらめ雪で，しもざらめ雪がないことにもあらわれている。しもざらめ雪はこしもざらめ雪よりも，もっと大きな温度勾配のある所で，すなわち，気温が低く，雪の少ない所でよく発達するからである。

3) 決勝点の積雪

調査は実際の決勝点 (海抜 350 m) よりも約 50 m 程斜面沿いに上った，林道わきの平らな場所で行なわれた。調査結果を第4図に，積雪断面の写真を図版 II に示した。第4図にみられるように，積雪深は 82 cm で，中間点の 1 m 28 cm，出発点の 1 m 46 cm にくらべて，かなり少ない。競技のコースはまだ整地されていないため地面に凹凸が多く，出発点の積雪を調査した地点はたまたま平均傾斜面よりも凹んだところであった。また，中間地点も平らな場所で凹斜面と考えてよい所であった。決勝点の調査地点は簡単な整地の行なわれた直径 10 m の空地で，この辺りの普通の積雪深を示す場所であった。したがって決勝点で特に少ないのではなく，他の2つの調査地点が，雪のたまりやすい場所にあったと考えるべきである。



第4図 決勝点の積雪調査結果
文字，記号は第1図におなじ

決勝点における雪質は，第4図にみられるように地面より 42 cm 迄がしもざらめ雪，42 cm より 51 cm 迄がこしもざらめ雪で，その上にこしまり雪，しんせつがつもっていた。積雪下層のしもざらめ雪はよく発達していて，雪粒の大きさは d (2 mm 以上 4 mm 未満) に達していた。これはしもざらめ雪の雪粒としてかなり大きなもので，図版 II には雪粒の拡大写真が示されている。出発点の雪粒の写真にくらべて，雪粒の結晶が非常に大きいことが特徴である。斜面が整地され，斜面に凹凸が少なくなった場合，積雪の深さは出発点や中間点でも決勝点と同程度の 80 cm から 1 m 程度になものと思われる。

しもざらめ雪は，雪の中の温度勾配によって発達する。積雪が少なくなれば，温度勾配は大きくなる。すなわち，出発点や中間地点でも，斜面の整地後は，積雪の中の温度勾配は今よりも大きく，しもざらめ雪はさらに発達しやすくなるものと考えなければならない。

雪の硬度は，積雪の下半分で 0.2～2 kg/cm で，しもざらめ雪の発達のすすんでいる割には大きな硬度を示している。

IV. とりまとめ

出発点，中間点，決勝点の調査の結果は，いずれの地点においても，こしもざらめ雪，しもざらめ雪の発達が顕著なことを示した。日高[4] および天塩[2] の山の雪の調査によると，積雪中のしもざらめ雪は1月中旬頃から発達しはじめている。恵庭岳にみられるしもざらめ雪の雪粒の大きさから考えて，恵庭岳のしもざらめ雪の発生は1月初旬であろうと推定される。

十分発達してしまったしもざらめ雪は，踏み固めといった簡単な方法では丈夫な雪にすることは難しい。滑降競技に要求されるような，7 kg/cm² よりも大きな硬度をもつ雪にするためには 12 月下旬，おそくとも1月初めから踏み固めを行なわなければならない。この頃から踏み固めていれば，2月 10 日頃までに 20 kg/cm² 程度の硬度の雪路を作ることは，日高の山でおこなわれた雪踏みの経験[4] からも十分期待できる。

この調査に当って札幌オリンピック組織委員会事務当局の方々のお世話になり，特に同事務局の木村紘也氏には現地の案内をしていただいた。又，低温科学研究所の朝比奈英三教授，僧都博助教授，荒木忠助手，松阪理夫助手には調査に協力していただいた。ここに記して感謝の意を表わす。

文　献

1) 黒岩大助　他 1968　下藤野リュージュコース，北の峯アルペン競技コース及び大雪山アイスバーンの雪質調査．低温科学，物理篇，**26**, 249–267.

2) 藤岡敏夫・清水　弘・秋田谷英次・成田英器 1968　雪崩観測実験室実験斜面の雪質調査報告 II．低温科学，物理篇，**26**, 187–214.

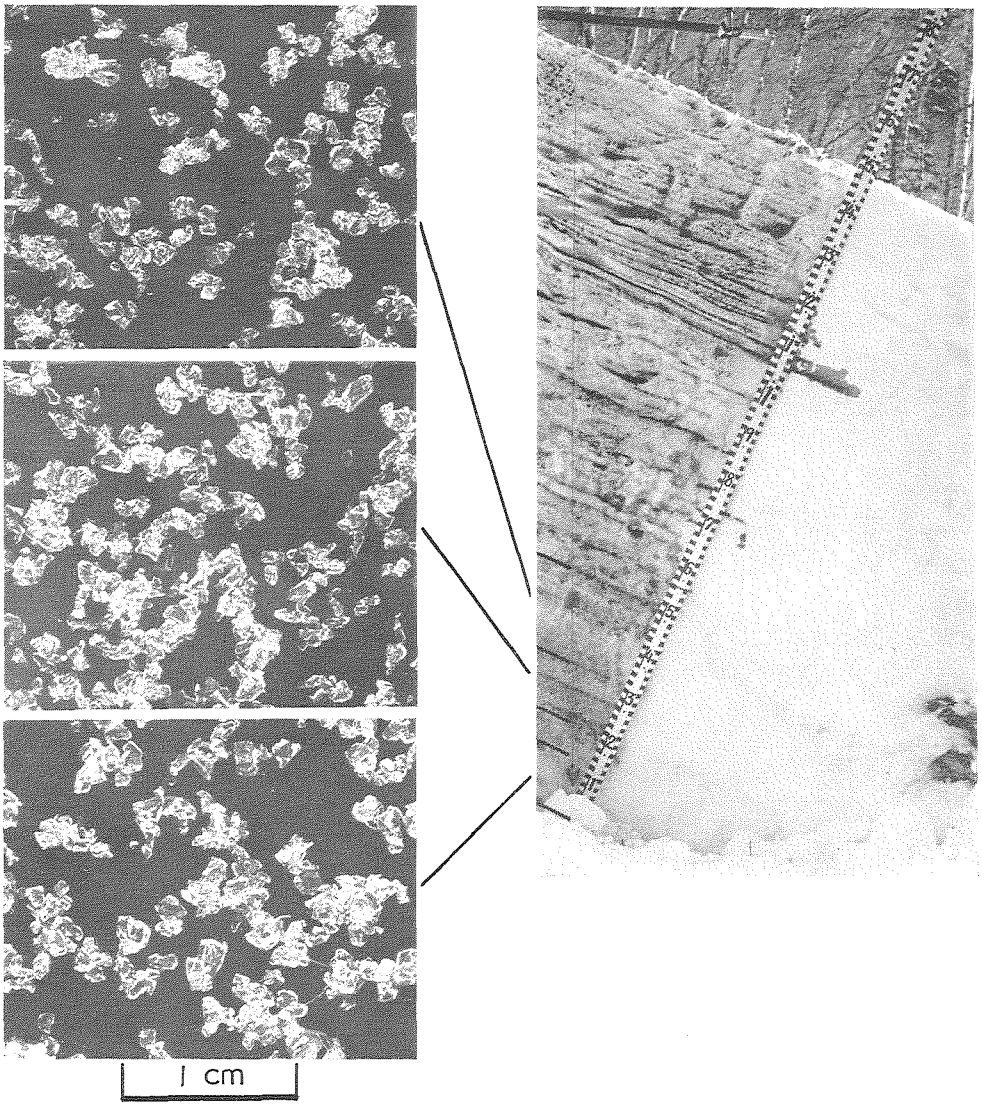
3) 札幌オリンピック冬季大会組織委員会，日本気象協会北海道本部 1968　札幌オリンピック冬季大会開催のための気象調査報告，**4**, 109 pp.

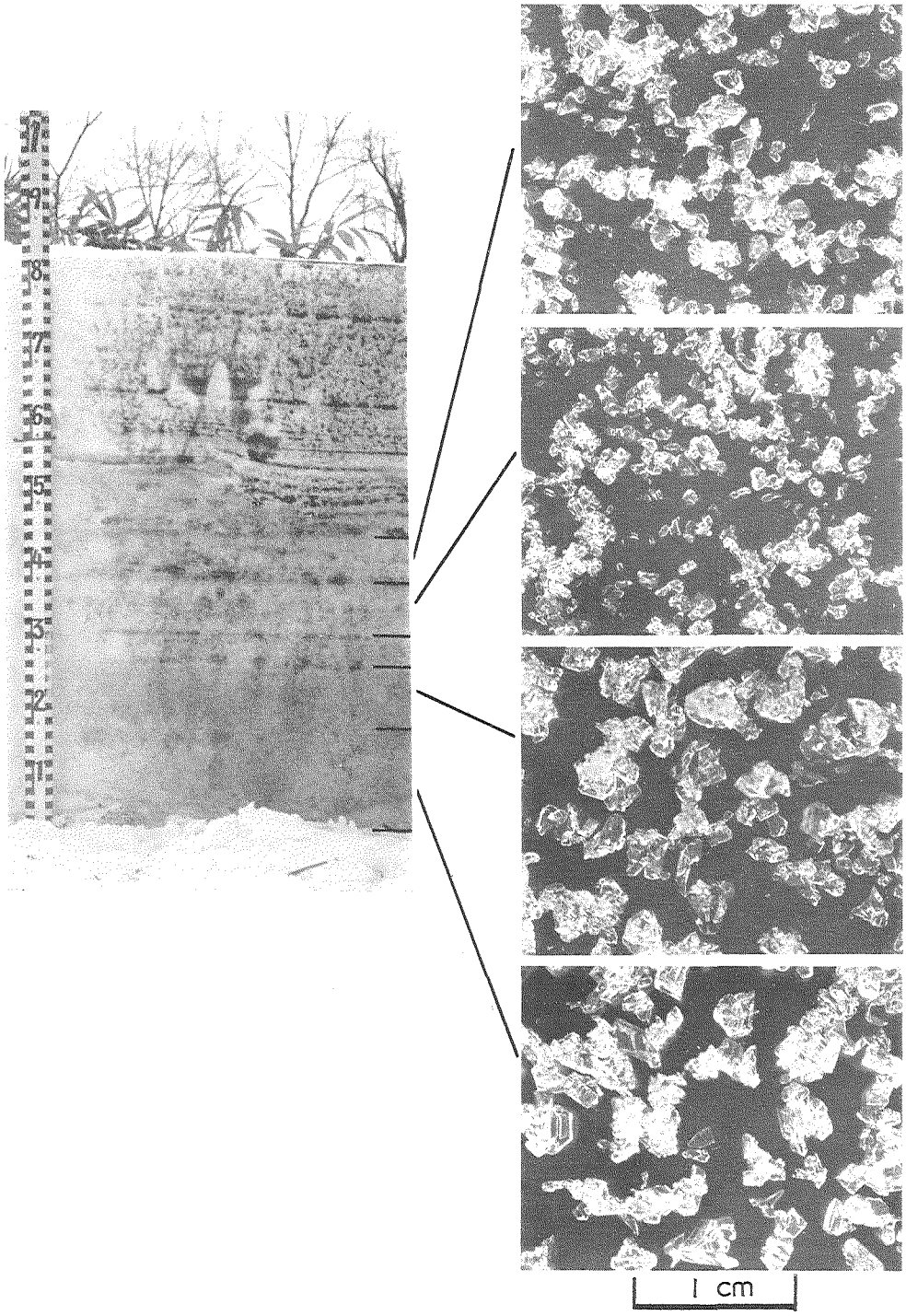
4) 吉田順五・藤岡敏夫・木下誠一・若浜五郎 1963　北海道日高の雪崩報告．低温科学，物理篇，**21**, 75–94.

Summary

An investigation on the physical properties of snow cover was carried out on the slope of Mt. Eniwa where the down hill ski game of the XIth Olympic Winter Games is to be held in 1972. The snow cover observations were made on 22 nd and 23 rd, February, 1968, at three sites; the start, the finish and the intermediate point. At each site the snow structure of the lower half of the snow cover was the depth hoar crystals which made the snow cover very fragile. At the start, the hardness of snow was less than 0.1 kg/cm^2 on the scale of Kinosita's hardness gauge. It was estimated from the size of the depth hoar crystals that they began to grow at the middle of January.

The snow of the ski game track must be sufficiently hard to withstand scraping away by the steel edges of the ski. The investigation of snow made by Dr. Kuroiwa and others at Mt. Daisetsu showed that the snow with the hardness more than 7 kg/cm^2 is suitable for a track of the ski game. The snow on the track must be stamped down by foot or by machine to make the snow hard at the beginning of January and the stamping must be continued by the day of opening of the game which is scheduled to be on 4 th of February.


1 cm


1 cm