HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	恵庭岳雪質調査報告　III
Author(s)	藤岡，敏夫；秋田谷，英次；成田，英器
Citation	低温科學. 物理篇，28，235-242
Issue Date	1971-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18155
Type	departmental bulletin paper
File Information	28_p235-242.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Tosio HUZIOKA, Eizi AKITAYA and Hideki NARITA 1970 Snow Cover Observation at Mt. Eniwa III. *Low Temperature Science, Ser., A, 28.* (With English Summary p. 242)

恵庭岳雪質調査報告 III*

藤岡敏夫・秋田谷英次・成田英器
(低温科学研究所)

(昭和45年8月受理)

I. まえがき

昭和47年にひらかれる札幌冬季オリンピック大会のスキー競技のうち，男子と女子の滑降競技のコースには恵庭岳（海抜1,319.7 m）の西南西斜面が予定されている。著者達[1,2]は昭和42年度の冬以来，競技予定斜面の積雪をしらべ，競技に必要な硬度をもつ雪面を作る方法を検討した。本年2月上旬，恵庭岳のオリンピック競技コースを使ってスキー大会がひらかれ，札幌オリンピック委員会は，この大会のスキーコース造成のために，圧雪作業を実際の斜面で行なった。作業の結果を調査したのでここに報告する。

II. 気温及び積雪深

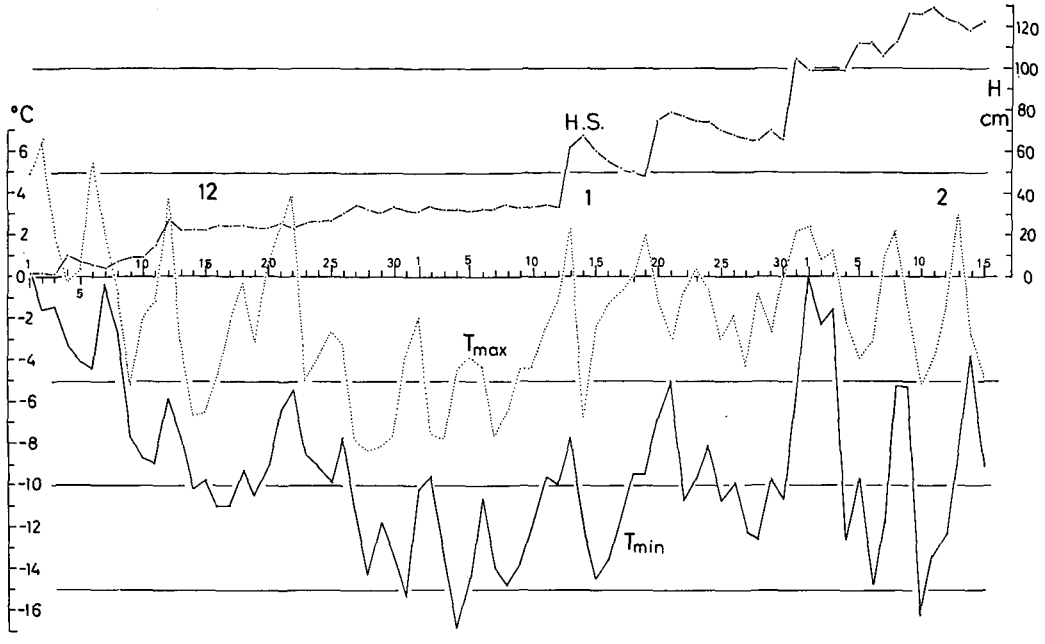
第1図に支笏湖湖畔の毎日の最高気温 T_{max}，最低気温 T_{min}，積雪深 HS を示した[3]。期間は昭和44年12月1日より45年2月15日までで，左側に ℃ であらわした温度目盛，右側に cm であらわした積雪深 HS を示してある。この観測を行なった湖畔の区内観測所は，競技コースのあるオコタン地区から約11 kmはなれている。昨年オコタン地区で実施した気象観測の結果[2]では，湖畔はオコタン地区よりも1～2℃低い気温を示すことが多かった。

第1図の最低気温 T_{min} は12月1日より2月15日迄0℃以下で，この期間の T_{min} の最低は1月4日の −16.8℃であった。12月，1月及び2月前半の T_{min} の平均は，それぞれ −7.7, −10.9, −8.5℃で，湖畔における昨年同期の −3.8, −9.8, −8.9℃よりも低くなっているものが多い。

最高気温 T_{max} も T_{min} とおなじ傾向をたどって変化しているが，昨年の1月と2月始めにあらわれた5°, 9℃のように高い T_{max} は，今年はみられなかった。今年の12月，1月，2月前半の T_{max} の平均は，それぞれ −2.8, −2.6, −0.6℃で，前年同期の +3.0, −2.6, −0.9℃にくらべて低く，殊に12月の T_{max} の低かったことが目立っている。

根雪の初日は11月23日で，その後降雪が少なく，1月12日迄の積雪は50 cm以下であった。冬のはじめ雪が少なく気温が低かったために，積雪の中でしもざらめゆきの発達がいちじるしかった。積雪深 HS は1月13日以後第1図で4つの急な立上りをみせて増加し，2月10日には1 m 20 cmに達し，ほぼ例年並の積雪量となった。HS の急な立上りは1月13日，同20

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1101号



第1図 支笏湖湖畔における日最高気温 T_{max}，日最低気温 T_{min}，積雪深 HS. 昭和44年12月1日より2月15日迄[3]

日，同31日，2月10日にみられるが，1月20日を除く3回の増加は，北海道全部を吹き荒れた暴風雪によるものであった。

III. 圧雪方法

圧雪は雪上車の機械力による方法と，つぼ足の人力による方法との2つの方法がとられた。しかし，つぼ足による圧雪については作業のくわしい内容がわからないので，ここでは雪上車の作業結果のみについてのべる。

恵庭岳には男子及び女子のコースが平行して2本もうけられていて，長さはそれぞれ2,600 m及び2,100 mである。圧雪を必要とするコースの幅を20 mとすれば，圧雪面積は94,000 m^{2}となる。黒岩・若浜・藤野[4]が手稲山で行なった実験によると，つぼ足による雪踏みで，1人1時間に15 m^{2}程度の面積の圧雪が可能であった。これは水平な雪面の場合で，斜面の場合にはもっと作業能率はおちるであろう。今1人1時間に10 m^{2}とし，1日6時間雪踏みを行なえるものとしても，上記94,000 m^{2}の雪踏みには1日に1,600人余りの雪踏み要員が必要になる。

圧雪作業は，根雪のはじめから行なう必要があるので，たとえば新積雪が15～20 cmになる度に雪踏みをするにしても，それだけの人数を何時でも使用できる態勢におくことは難しく，オリンピック委員会では雪上車による圧雪作業を行なってみたわけである。

近年雪上車の利用が増加するにつれ，普通のスキー場で雪上車による圧雪が行なわれるようになってきた。雪上車の圧雪作業の能力はカタログの上で1時間に大体30,000 m^{2}となっている。この値は水平な雪面での理想的な雪の状態の場合のことであろうが，人力を大幅に省く希望を与える数字である。

雪上車の接地圧は一般に小さく，今回使用された2つの機種（大原鉄工所製 SM-25 型，ウエステル・マスキーネル社製スノーマスター）とも空車時接地圧は 0.03 kg/cm² であった。実際の使用の場合，運転手，燃料その他の資材の荷重のため，接地圧は増加するであろうが，それでも 0.05 kg/cm² 程度と推定される。この値は，人間のつぼ足の接地圧 0.3 kg/cm² の 1/6 程度，人間をのせたスキーの接地圧 0.025～0.03 kg/cm² の2倍程度である。

黒岩その他の圧雪試験によれば，スキーによる圧雪は，つぼ足による圧雪にくらべて効果が少なく，競技に必要な雪の硬度 10 kg/cm² をえることは難しい結果になっている。したがって雪上車を使用するにしても，その圧雪効果を実地に確かめてみなければならないわけである。

雪上車による圧雪作業は，12月20日から行なわれ，29日で一旦中止し，1月15日から再開された。男子，女子の滑降コースの出発点と決勝点近くの急斜面は，雪上車が登ることができないので，この急斜面を除いたコースの中程の部分と決勝点附近の緩斜面の雪の圧雪作業が行なわれた。そのうちでもコースの中程の部分の圧雪作業が最も多く，時によっては1日10回程度の圧雪がおこなわれ，決勝点附近の作業は冬の初めに練習を兼ねて行なったのと，積雪が特に多くなった時に行なった程度である。

雪上車は決勝点附近の急斜面をさけ，廻り道をして上に登った。滑降コースの雪の調査は，12月26日，1月29日，2月8日，2月11日の4回おこなわれた。

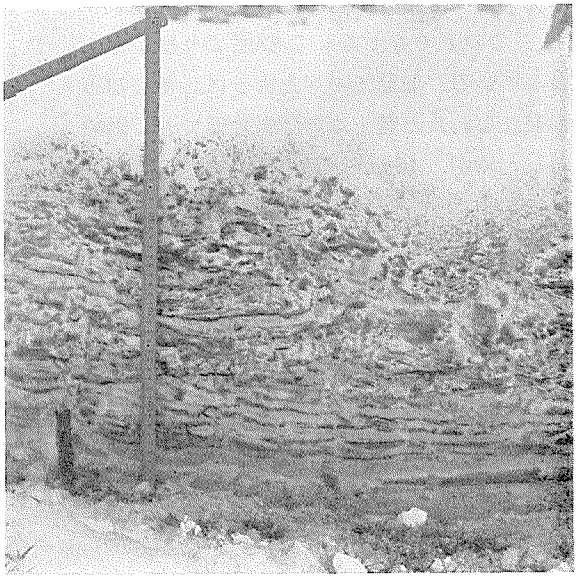
IV. 12月26日の滑降コースの雪の状態

第2図は12月26日における女子コースの決勝点附近の雪の断面で，雪の層構造が見えやすいように，断面の壁の雪を色で染めてある。写真に黒くみえている水平の縞は雪上車の無限軌道でおしつけられ，雪粒同志が密につまっている部分である。写真から，地上5 cm より上の雪が，雪上車によっておしかためられていることがわかる。

第2図の断面の雪で行なった測定の結果を第3図に示した。図に書き入れてある文字，記号は積雪の国際分類によるもので，

M: 斜面に垂直に測った地面よりの高さ (cm)
H: 地上よりの鉛直の高さ (cm)
F: 雪粒の形
D: 雪粒の大きさ
T: 雪の温度 (°C)
G: 雪の密度 (g/cm³)
R: 雪の硬度（木下式硬度計による，kg/cm²)

雪粒の形 F は記号で示されているが，



第2図 女子コース決勝点の雪の断面
12月26日

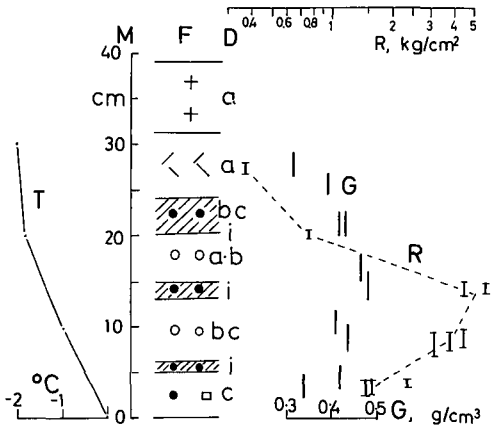
我が国で普通に用いられている雪の名称に対応させると，

＋＋＋　しんせつ
ㄟㄟㄟ　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
//////i　氷　板

雪粒の大きさ D は，直径によって，a, b, c, d, e にわけられ，

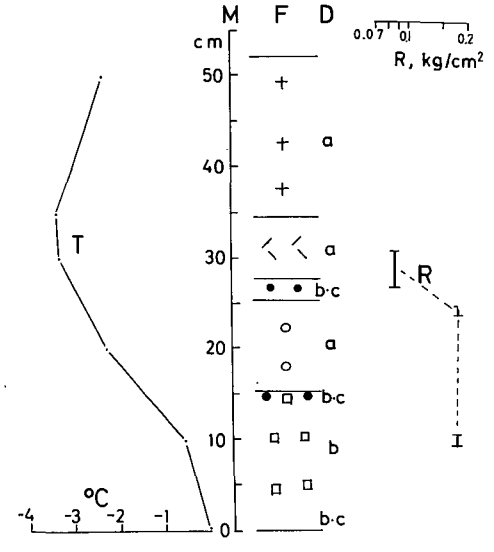
a：0.5 mm 未満
b：0.5 mm 以上 1 mm 未満
c：1 mm 以上 2 mm 未満
d：2 mm 以上 4 mm 未満
e：4 mm 以上

となっている。



第3図　女子コース決勝点の雪の性質
12月26日．記号，符号については本文参照

第3図に示した12月26日の女子コース決勝点の雪には，地上5 cm, 15 cm, 20 cm 附近に3つの氷板に近いざらめゆきの層があって密度 G は 0.4 g/cm³ をこえている。硬度 R は地上15 cm 附近で最も大きく，約5 kg/cm² で，この上でも下でもこの値よりは小さくなっている。前節でのべたように，冬の初めにおこなわれた雪上車の圧雪練習でおし固められた雪が，15 cm 附近の雪にあたっているのである。

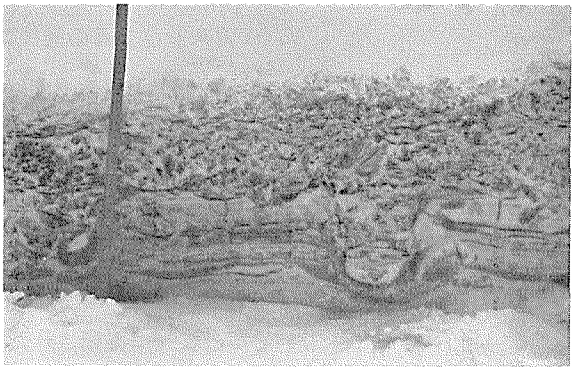


第4図　女子コース決勝点近くの自然積雪
12月26日

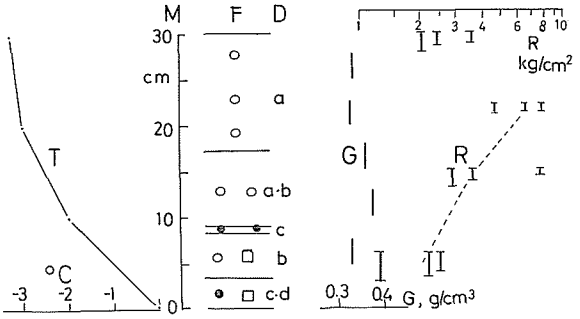
第3図の測定地点より約10 m 離れたスキーコースの外の自然積雪の性質を第4図にしめした。第3図にみられた氷板に近いざらめゆきの層は，自然積雪には見出されなかった。第3図のざらゆきの層は，雪上車にふまれ表面状態がかわったために日光の吸収がよくなり，雪の一部がとけてざらめゆきにかわったのではないかと考えられる。第4図の自然積雪の硬度 R はいちじるしく小さく，地上30 cm で 0.1 kg/cm² 以下で，その下の雪でいく分増してはいるが，それでも 0.2 kg/cm² 程度にすぎない。

第5図は男子コースの中間点（海抜 700 m）の雪の断面の写真である。成層構造の乱れている上半分の雪が雪上車で固められた雪である。下半分の雪の中央より右側に縦にみえている舌状の縞は，索道工事の労務者が冬の初め，圧雪作業のはじまる以前に，つぼ足で歩いた跡である。

中間点の雪の性質を第6図に示した。中間点における雪の特徴は，雪上車で踏み固められた雪の硬度 R が大きいことで，地上 15 cm 以上の雪の R は，最大 8 kg/cm² に達している。黒岩その他の調査によると，競技スキーのコースの雪の硬度としては 10 kg/cm² 以上が必要とされている。スキーで速く滑るためには雪が固くしまっていることが必要であるが，一方コースの雪がスキーのエッジで削られ，コースに凹凸の生ずるのを防止するためにも，コースの雪は丈夫で大きな値の硬度をもたなければならない。



第5図　男子コース中間点（高度 700 m）の雪の断面．12 月 26 日



第6図　男子コース中間点の雪の性質
12 月 26 日

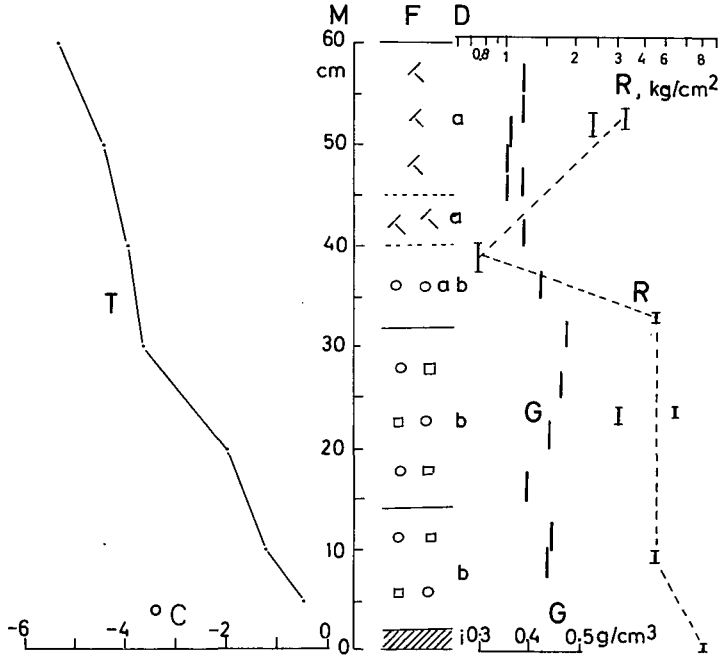
スキーの滑降競技は，廻転競技とちがって，廻転半径の小さな廻りが少なく，スキーによって雪の削られることも少ない。したがって滑降競技のコースの雪としては，8 kg/cm² 程度の硬度でも十分に役立つであろうと思われる。12 月 20 日からはじめた雪上車の圧雪作業で，1 週間後に 8 kg/cm² の硬度の雪をつくることが出来たのであるから，雪上車は圧雪作業に十分役立つと考えてよい。中間点附近における雪上車の圧雪回数は 1 日に 10 回程度である。

中間点の競技コースの雪の深さは，斜面に垂直に測って 30 cm で，このため雪の中の温度勾配は大きく，下層の雪では −0.2°C/cm になっている。一般に温度勾配の大きな雪の中にはしもざらめゆきが発生しやすく，雪が脆くなるのであるが，圧雪されているために，こしもざらめゆきの発生にとどまり，しもざらめゆきの発達に迄はすすまなかった。但しこの時競技コースの外の自然積雪には大粒のしもざらめゆきが見出された。おしつけられ，粒子間の隙間が小さい雪にはしもざらめゆきができ難いことは秋田谷[5]が実験室で確かめているが，自然状態でもおなじ結果になったわけである。

第6図では積雪の下半分の硬度 R は 1 乃至 3 kg/cm² で，この部分の雪の丈夫さは少したりない。第 **II** 節でのべたように根雪の初日は 11 月 23 日で，雪上車の圧雪作業が 1 ヵ月後にはじめられたために，雪が積り過ぎ，下の方の雪には圧雪効果が及ばなかったのである。表層部の雪が圧雪で丈夫になり，大きな硬度をもっていても，不時の雨，暖気等で雪がゆるみ，硬度の値が小さくなると，硬度の足りない下層部の雪迄もくずれてしまう。圧雪作業は根雪の初日後余り日数をおかないではじめ，全層の雪が丈夫な雪になるようにしなければならない。

V. 1月末及び2月の競技コースの雪の状態

第7図に1月29日の女子コースの中間地点高度 640 m の雪の状態を示した。雪質は下半分がしまりゆきとこしもざらめゆきで,その上がしまりゆき,しんせつの圧雪されたものとなっていた。硬度 R は下半分が 4 kg/cm² の値を示すが,地上約 40 cm の所で急に減少し 0.7 kg/cm² となっている。さきにのべたように1月12日，20日に暴風雪で積雪が急に増加し，一方この時雪上車の作業は中止になった。第7図にみられる下半分の R の大きな雪は12月末に圧雪された雪で，その上の R の小さい雪は作業の中止期間に積もった雪である。R の値は最上層で増加し 3 kg/cm² になっているが，これは再開された雪上車の圧雪作業によるものである。



第7図 女子コース中間点（高度 640 m）の雪の性質．1月29日

2月8日女子の滑降競技がオリンピック予定コースを使っておこなわれた。競技の後，コースの出発点（海抜 900 m）から下りながらコースの表面の雪を，密度 G，硬度 R を中心にしらべた。出発点における気温，表面雪温は，それぞれ −2.2°C，−2.9°C で，天候は風弱く，快晴であった。第1表に調査結果を示した。

第1表にみられるように，硬度の値は一般に小さく，520 m 地点を除いて，スキー靴で 5～10 cm 程度めり込む状態であった。硬度の小さかった理由は，1月31日の暴風雪にともなう新積雪と，雪上車の圧雪作業が一時中止されたことによるものである。暴風雪の後，圧雪作業が再開されて，2月5日頃迄作業が行なわれた。520 m 地点の雪の硬度が 3 kg/cm² に達したのは，この圧雪作業によるものである。第1表の 520 m 以外の地点では，スキーによる圧雪が行なわれている。

第1表 2月8日女子コースの雪の表面の密度及び硬度

高度 (m)	密度 (g/cm³)	硬度 (kg/cm²)
850	0.342	1.05
750	0.313	1.10
570	0.442	2.40
520	0.444	3.20

コース出発点，決勝点の高度はそれぞれ 900，300 m である

第2表 2月11日男子コースの雪の表面の硬度

高度 (m)	硬度 (kg/cm²)
1,050	1.0
900	1.3
810	2.0
750	3.0

コースの出発点，決勝点の高度は，それぞれ 1,100 m，350 m である

オリンピック予定コースを使用する男子の練習は，初め2月10日に予定されていたが，暴風雪のため11日に延期された。11日の滑降練習の後の各高度における硬度を第2表に示した。

2月10日の暴風雪の後，自衛隊員及び日本スキー連盟の役員が，スキーでコースの雪を踏み固め，上記の硬度を得た。但し，暴風雪の際，雪に埋没したチェヤーリフトの掘り出し等の作業の方にも人手がとられ，競技コースの圧雪に重点がおかれたわけではない。競技コースの雪の硬度としては勿論小さすぎ，選手は，滑降途中ストックで雪をこいで滑りの悪さを補っていた。

VI. ま と め

今回雪上車による圧雪作業がはじめて行なわれ，もし作業が根雪のはじめから継続して行なわれるならば，滑降競技としては十分使用にたえる硬度をもったコースの雪を造成できることが判明した。しかし，今回の経験から次の2つの点を早急に解決しなければならない。

1. 急斜面の圧雪に雪上車を使う方法
2. 暴風雪等によって急激に増加した新積雪に対する対策

1の対策としては，ワィヤー巻取機を雪上車又は斜面上部につけ，雪上車を確保することが必要であろう。この方法は普通ブルドーザーが急斜面を整地する時に使う方法である。尚，使用する雪上車が恵庭岳の急斜面を登る能力をもっていれば問題はない。

2の対策としては，競技までに利用できる日数によって2通りの考え方がある。もし1週間程度の日数であれば，雪上車による圧雪で，十分丈夫なコースを作れることは，第IV節で述べた通りである。しかし，暴風雪や，大量の降雪が具合よく1週間前におこることは希望できないのであるから，競技日のすぐ近くに大量の新積雪のある場合を考えておくべきであろう。

このような場合，コースの雪を機械的に除雪する方法が最も実際的であろう。穂競技や屋外のスケートリンクの上の雪を除くのとおなじことである。幸い雪上車が使用できるのであるから，雪上車に除雪機具を付けるか，湿地ブルドーザーのように広幅のキャタピラーをもつブルドーザーを利用するのも一方法である。雪上車も，ブルドーザーも，キャタピラーによってコースに凹凸を作るが，その凹凸は，ローラー，スキー等によって平らにすることが出来る。

この調査に当り札幌オリンピック組織委員会，日本スキー連盟，北大低温科学研究所で研究中のスイスのダボス国立雪・雪崩研究所員ブルーノ・サム氏に御協力いただいた。尚この調査の費用の一部は札幌オリンピック組織委員会より支出された。ここに記して感謝の意を表わす。

文　献

1) 藤岡敏夫・清水　弘・秋田谷英次・成田英器・木下誠一 1968 恵庭岳雪質調査報告 I. 低温科学，物理篇，**26**, 269–275.
2) 藤岡敏夫・清水　弘・秋田谷英次・成田英器 1969 恵庭岳雪質調査報告 II. 低温科学，物理篇，**27**, 255–265.
3) 日本気象協会北海道本部 1970 北海道の気象，**14**, 3号, p. 22, p. 65, 4号, p. 35, p. 78, 5号, p. 22, p. 65.
4) 黒岩大助・若浜五郎・藤野和夫 1969 手稲山における雪ふみ試験. 低温科学，物理篇，**27**, 213–228.
5) 秋田谷英次 1967 しもざらめ雪の研究 II. 低温科学，物理篇，**25**, 37–47.

Summary

Snow compaction experiments were carried out using snow vehicles on the slopes of Mt. Eniwa where the down hill ski games of the XIth Olympic Winter Games will be held in 1972. The experiments were commenced on the 20th December, 1969 by the Organizing Committee of the Winter Games, and in a week two snow vehicles produced a snow hardness of 8 kg/cm^2 according to Kinosita's hardness meter. This value of snow hardness is assumed to be sufficient for down hill skiing and may withstand the wear and tear by fast skiing and braking.

On January 31st and February 10th, snow storms deposited a new snow cover of 40 cm depth on the slope. The hardness of the new snow was very low and after a one day stamping by skis, a down hill ski game was conducted on the slope. But skis did not produce the expected speeds because of the insufficient hardness of the snow surface. Thus, it may be said that once a hard snow is made on the ski tracks, it would be advisable to remove the newly deposited snow by snow removing mechines.