HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	平成２～３年冬期の札幌における平地積雪の特徴
Author(s)	秋田谷, 英次; AKITAYA, Eizi; 白岩, 孝行 他
Citation	低温科學. 物理篇, 50, 15-21
Issue Date	1992-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18600
Type	departmental bulletin paper
File Information	50_p15-21.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Eizi AKITAYA, Takayuki SHIRAIWA and Toshihiro OZEKI 1991
Characteristics of the Snow Cover in a Winter of 1990-1991 in Sapporo. *Low Temperature Science, Ser. A, 50.* (With English Summary p.20)

平成2年～3年冬期の札幌における積雪の特徴*

秋田谷 英 次・白 岩 孝 行
(低温科学研究所)
尾 関 俊 浩
(北海道大学大学院理学研究科)

(平成3年11月 受理)

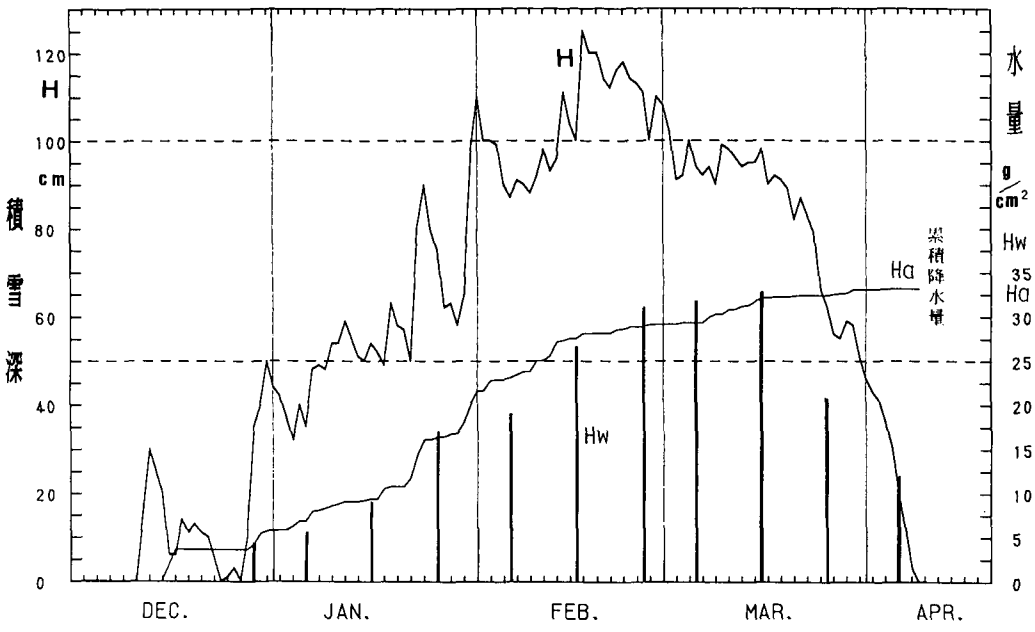
I. はじめに

筆者等は昭和38年から冬期間の毎月5日，15日，25日に低温科学研究所裏で，積雪断面観測を行ってきた[1,2]。今冬(1990-91年)の北海道の積雪は札幌のみが近年にない記録的な大雪で，累積降雪深は観測史上最大といわれている(619 cm)。一方札幌以外の例年積雪の多い地方では，希にみる少雪年であった。ここでは①今冬の札幌における平地積雪の概況，②今冬の札幌の積雪と過去10冬期の積雪データとの比較，③降雪検知機による積雪水量の推定，④2月16日に札幌近郊で発生した表層雪崩発生に関わる特異な積雪構造について述べる。

II. 札幌の平地積雪の概況

低温科学研究所構内では，毎日午前9時の積雪の深さと，毎月5，15，25日に積雪断面観測をおこなっている。なお観測日は都合により1，2日前後することがある。断面観測の観測項目は層構造，温度，密度，硬度，積雪水量，ラム硬度である。第1図には積雪深 H (折線)と積雪水量 H_w (縦棒)の変化を示した。積雪水量は断面観測時にスノーサンプラーで測定した値である。根雪の初日は12月9日，終日は4月8日で，この間12月下旬に1回，1月下旬に2回，2月中旬に1回の大雪があった。最大積雪深は2月16日の126 cmで，過去11冬期では2番目の値であった。なお，この日には札幌近郊でいくつかの表層雪崩が発生した。札幌管区気象台による累積降雪量は3月15日に619 cmに達し現在の観測方式を始めた1953年以降では最大であった。しかし，断面観測日の積雪水量の測定結果によると最大は3月5日の31.75 g/cm^{2}で，この値は過去11冬期間では4番目であった。このように累積降雪深が最大なのに積雪水量が最大でないのは，今冬は吹雪を伴った降雪が少なかったため，新雪の密度が小さかったためである。そのため大雪の際，降雪が止むと，積雪は圧密により沈降し，積雪深は急激に低下している。3月に入ってからの降雪は多くなく，晴天が継続したため，融雪が急に進み，根雪終日は4月8日であった。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第3508号

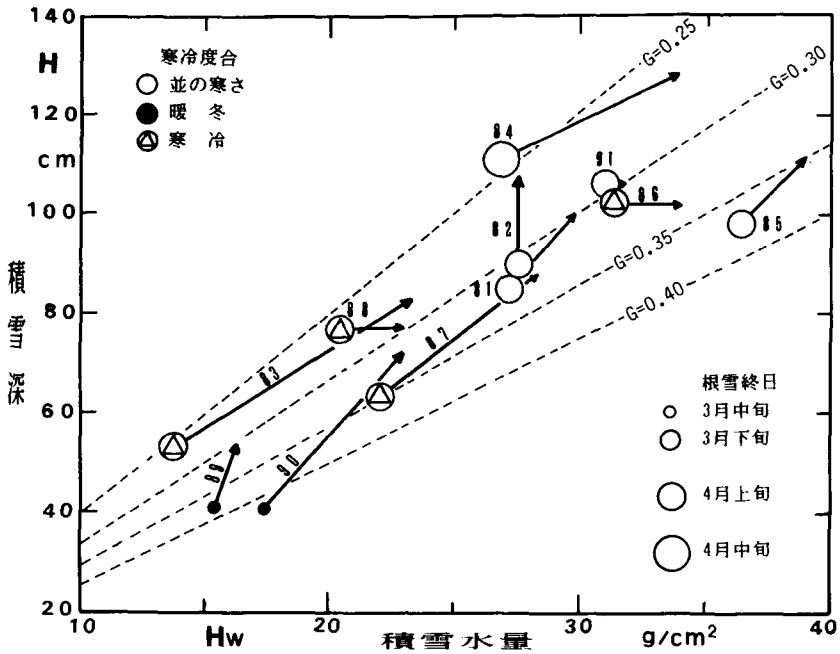


第1図　1990-91年冬期の札幌の積雪深(H)と積雪水量(縦棒 H_w)，累積降水量(折線 H_a)

III. 過去の積雪断面観測資料との比較

過去10冬期分の断面観測資料を用い，2月下旬(2月25日)の積雪深・積雪水量，最大積雪深・積雪水量と雪質の比較を行った。札幌では多くの場合，融雪が盛んになるのは3月である。従って2月下旬の積雪は1，2月の厳冬期の気象状況を反映し，特に雪質はその冬の寒冷度合を最も表していると考えられる。第2図は2月下旬の積雪深と水量(円の位置)，雪質(円内模様)，最大積雪深と水量(矢印)および根雪終日(円の大きさ)を示している。○はしまり雪が多く，●はざらめ雪が，㊆はしもざらめ化した雪が卓越していたことを示している。雪質はその冬の寒さと関係しているので，札幌ではそれぞれ並の寒さ，暖冬，および寒冷な冬に対応させる事ができる。また点線は全層平均密度(G)，数値は西暦年を表している。

今冬は最大積雪深でみると(矢印の先端)84，85，82年に次いで4番目，最大水量は85，86，84年に次いで4番目である。2月下旬の雪質を見ると89，90年はざらめ雪が多く，暖冬少雪年であり，83，87，88年は比較的少雪寒冷年，84，85と今冬は多雪で並の寒さであることが分かる。また矢印の大きさは2月25日以降3月に入ってからの積雪の増加を示し，今冬は2月下旬以降は積雪増加は殆どなかった事を示している。一方，1984年は2月下旬の積雪深は最大であるが平均密度の小さな軽い雪で，3月に入ってからも積雪は増加している。さらに2月下旬には新雪としまり雪が卓越していて，融雪は一番遅く4月中旬であったことがわかる。今冬の札幌は豪雪とマスコミで大きく報道されたが，89，90年の前2冬期が特に暖冬少雪であったこと，また累積降雪深が多かったため，実感として雪が多いとの印象を受けたが，過去10冬期と比較すると特に多かった訳ではない。根雪終日をみると89，90年は3月中旬，84年は4月中旬であ



第2図　最近11冬期の積雪比較

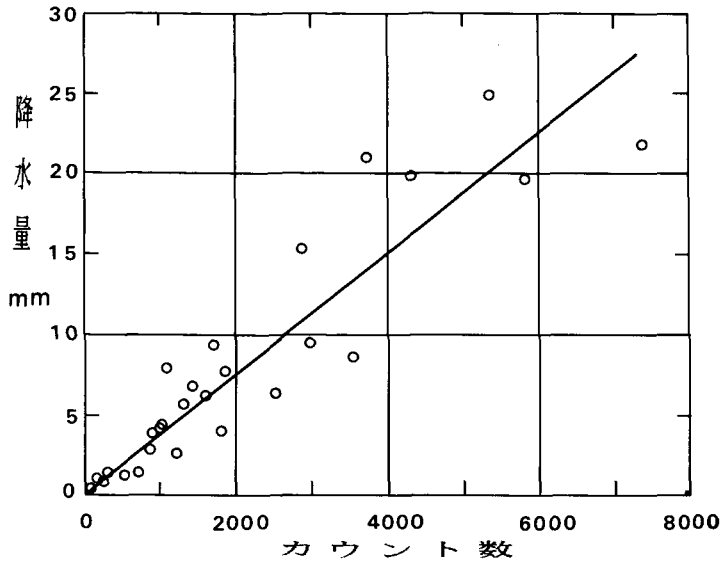
り残りは4月上旬である。以上の結果より最近11年間で見ると今冬は並の多雪年であり寒さも並であったことが分かる。

IV. 降雪検知機データの解析

積雪情報として積雪深または積雪水量が重要である。積雪深は超音波積雪深計が普及し容易に測定できるが高価である。一方，積雪水量は雨量桝で測定した降水量を積算して求められるが雨量桝の補足率が低く，特に北海道のような吹雪を伴った降雪による積雪水量測定には問題がある。そこで無人で安価・簡便に積雪深または水量を測るために，筆者らは道路の散水消雪装置を制御する降雪検知機の利用を試みてきた[3]。原理は赤外線の変調光を用いた反射式検知機で，降雪粒子のカウント数に比例した電圧が出力される。ただし雨滴は計測しない。12月から3月まで積雪観測と同じ露場で上記の検知機で降雪を計測し，地上の積雪板上に積もった雪と比較した。その間，みぞれや吹雪で積雪板上に異常に積もった日を除くと，24時間の積雪板上の降雪の深さと水量は29日分の測定値が得られた。検知機の降雪カウント数と積雪板上の水量を比較するため両者の関係を第3図に示した。両者の関係を直線で近似すると

$$Y = 0.00376X, \qquad r = 0.922$$

が得られた。ここに Y は24時間の降雪水量すなわち積雪板上の積雪水量(mm)，X はその間の降雪のカウント数である。第1図の折線 H_a は上式で換算した降雪水量の累積値である。この図は12月28日までのカウント数から求めた累積値を同じ日の断面観測の積雪水量(縦棒)と一致させて示した。融雪が始まる3月下旬までは折線 H_a と縦棒 H_w はよく一致しており，降雪検

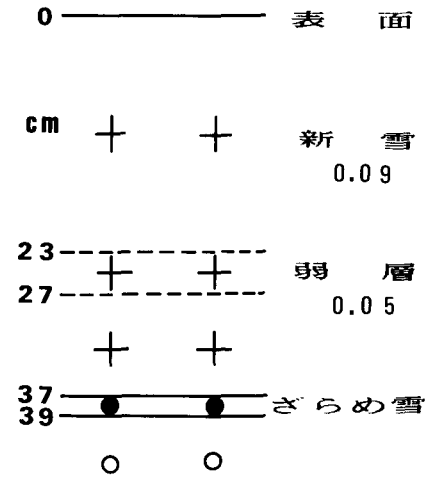


第3図 降雪カウントと積雪水量

知機の有効性が示された。

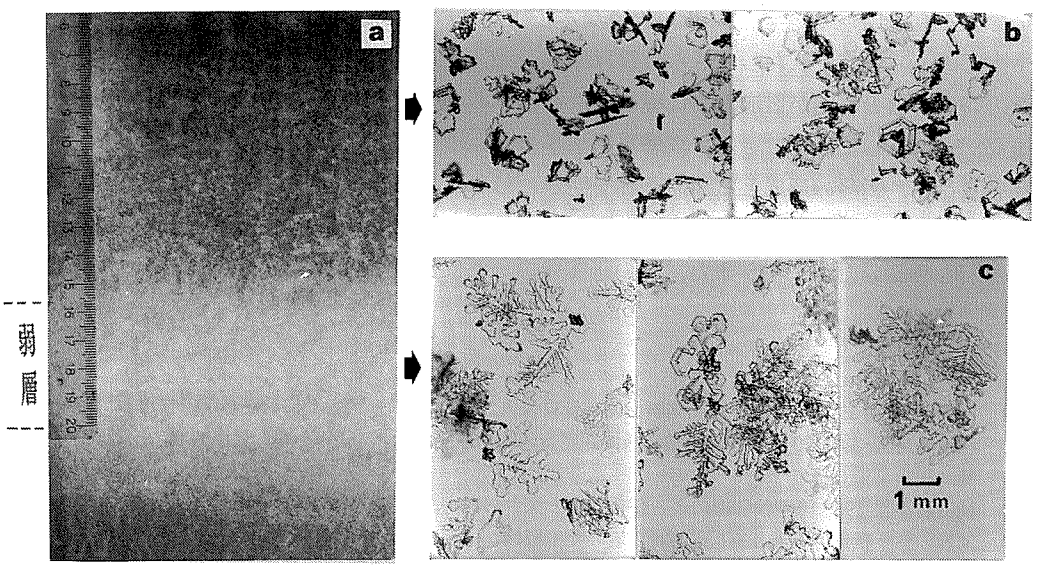
V. 表層雪崩に関わる特異な層構造

札幌近郊では2月15日夜半から雪が降りはじめ，16日午後まで継続して降った。16日午前中に札幌近郊であいついで3件の表層雪崩が発生し，道路交通に障害をもたらしたが大きな人身事故には至らなかった。16日午後，これらの雪崩の発生原因を調べるため，研究所構内で表層付近の層構造，剪断テスト，雪粒子の顕微鏡観測等を行った。16日14時の観測によると，表面から23 cm下に厚さ約4 cmの特に弱い層(弱層)があった(第4図)。弱層の密度は0.05 g/cm³，弱層の上の密度は0.09 g/cm³であった。第5図a)は弱層部(明るい部分)の透過光写真，同図b)は弱層の上方の，またc)は弱層部の雪粒の顕微鏡写真である。この弱層はこれまで知られている，雲粒の付着していない大きな広幅六花状結晶であった。この弱層上方の雪粒b)も，雲粒のない小さな板状結晶で，いずれも非常にさらさらした崩れ易い雪であった。さらに弱層の剪断強度テストから斜面の安定度(SI)を求めると[4]，斜面傾斜22度で$SI=2$(雪崩の危険が大きい)，また傾斜43度では$SI=1$(非常に危険)となり，積雪構造からもこの時の雪は雪崩の危険が大きかったことがわかる。なお，この時の剪断強度は面積250 cm²のシアーフレームで1.46 g/cm²であった。

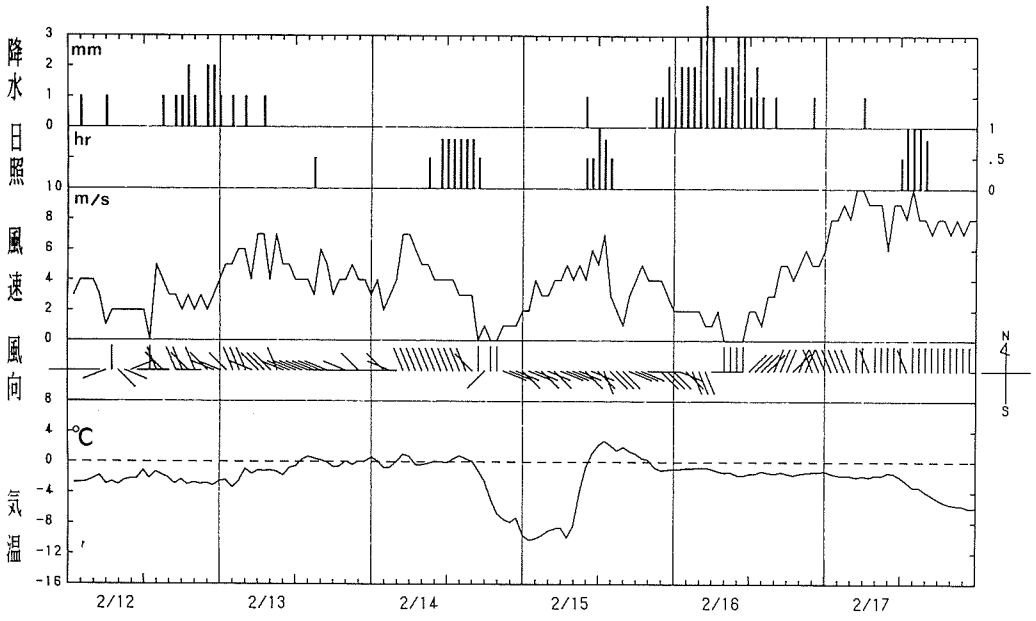


第4図 表層付近の積雪断面図(2/16, 14時)
左の数字は表面からの深さ，右の数値は積雪の密度(g/cm³)

札幌の降雪は北西季節風でもたらされることが多く，そのような時には，降雪結晶には，多くの雲粒が付着していて，図に示した様な雲粒の無い結晶が多量に積もるのは稀である。2月15～16日の降雪は発達した低気圧が太平洋岸を通過した際のもので，東北地方や北海道の太平洋岸で大雪をもたらし，各地で吹雪や着雪による被害が発生した。札幌で発生した雪崩に一番近い手稲山口のアメダスデータを第6図に示した。



第5図　弱層と雪結晶(2/16)



第6図　雪崩発生現場近くのアメダスデータ(手稲山口)

この地点は低温科学研究所の北西約 12 km で，積雪観測を行った研究所露場の積雪とは大きな違いはないと考えられる。図によると，雪が降り始めたのは 15 日夜半からで，それまでプラスであった気温がマイナスに下がっている。風向は南または南東で，後に北よりの風になっている。この間，気温は高く −2 °C 前後で推移し，また 4 m/s 程度の風速であったため地吹雪の発生もなく，新雪の密度は大きくならなかったと推察できる。

表層雪崩の原因の一つは積雪内にある弱層の破壊である。弱層の形成はこれまで，降雪中にできるもの(あられや雲粒の無い大きな六花状結晶)と降雪後に形成されるもの(ぬらざらめ雪や表面直下で形成されたしもざらめ雪)が知られている[5,6]。今回の弱層は前者に属するもので，その時の降雪の経過が雪崩現場に極めて近いアメダス観測点で得られたことは，雪崩予知の貴重なデータとして活用できる。表層雪崩予知のためには雪崩発生前の気象の推移と積雪構造の比較を行い，弱層の形成と気象の関係を明かにしなければならない。

終わりにアメダスデータの入手に際し，気象協会北海道本部植松孝彦氏のご協力を得たことを記し感謝いたします。また，この研究費の一部は文部省雪崩事業費によった。

文　献

1) 小島賢治・他 1965 札幌の平地積雪断面測定資料報告，昭和 38～39 年冬期，低温科学，物理編，**23**, 99-120.
2) 秋田谷英次・他 1990 札幌の平場積雪断面測定資料報告，平成元年～2 年冬期，低温科学，物理編，**49**,資料集，1-7.
3) 秋田谷英次 1989 降雪検知機による積雪水量と深さの測定，低温科学，物理編，**48**, 111-115.
4) 清水　弘・秋田谷英次 1987 日勝峠雪崩の発生機構，低温科学，物理編，**46**, 77-90.
5) 秋田谷英次・他 1990 ニセコ雪崩(1990.1)の積雪と気象条件からみた発生機構，低温科学，物理編，**49**, 15-23.
6) Takuya FUKUZAWA and Eizi AKITAYA 1990 Quick growth of depth hoar in a surface layer. *In* Proc. of ISSW, 303-306.

Summary

Characteristics of the snow cover are investigated using a snow pit since 1963 in Sapporo. Fig. 1 shows the snow depth (*H*) measured with a snow stake every morning. It also shows the water equivalent of the snow cover (*Hw*) determined by a snow sampler every ten days this winter. The amount of accumulative water equivalent (*Ha*) of snowfalls calculated from a snow particle counter (Fig. 3) is also shown in Fig. 1. The measured and calculated amounts of water equivalent show fairly good coincidence until snow melting season.

The comparison of snow depth, water equivalent, snow type at the end of February and the last day of continuous snow cover for the last 11 winters is shown in Fig. 2 with variably positioned, patterned and sized of circles. The maximum value of snow depth and the water equivalent for each winter is also shown with arrows (Fig. 2). The pattern of the circle indicates dominant snow type; an open circle shows well-rounded grains; a dotted one shows melt-freeze grains; and a triangle within a circle shows facet or cup grains. As mentioned above, it was considered that the dominant grains of snow correspond to an ordinary, warm and cold winter in coldness in Sapporo. For example, the winter of 1990 was warm. It had a small amount of snow, but considerable

amount of additional snow fell after end of February and last day of continuous snow cover was a middle of March. On the contrary this winter (1991) had much snow, normal coldness, but little additional snow after end of February, and the last day of continuous snow cover was in the first ten days of April.

Three soft-slab avalanches occurred simultaneously during the late morning of February 16 near Sapporo. The strata of the surface layer of snow cover in Sapporo is shown in Fig. 4. A weak layer was clearly found in the new snow layer as shown in Fig. 5a, and the shape of snow crystals composing weak layer is shown in Fig. 5c. It is considered that large snow crystals without cloud particles deposited and they formed a weak and breakable layer with low-density snow as shown in Fig. 4 and 5. The meteorological data taken near one of the avalanche sites is shown in Fig. 6. This figure shows that avalanched snow began to deposit from the night of February 15 under fairly high air temperature and moderate south-east wind.