



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道の平地積雪の特性 (1977~'79年冬期)
Author(s)	秋田谷, 英次; AKITAYA, Eizi; 遠藤, 八十一 他
Citation	低温科学. 物理篇, 38, 33-40
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18388
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p33-40.pdf



北海道の平地積雪の特性 (1977~'79年冬期)*

秋田谷英次・遠藤八十一

(低温科学研究所)

(昭和54年10月受理)

I. はし が き

北海道では、3月になると日ざしも強くなり、気温もプラスになることが多いので、日中は積雪の表面で融解がおこり、次第にざらめ雪へと変態が進む。このような水を含んだ、0°Cのもとでの雪の変態は温暖変態とよばれている。これに対し、1,2月は気温が低く、大部分の積雪は0°C以下の温度で、いわゆる寒冷変態により、しまり雪やしもざらめ雪へと変る。しまり雪になるか、しもざらめ雪になるかは、その地域の雪の積り方や気象条件によってきまる。融雪期にはいると、しまり雪やしもざらめ雪もすべて、ざらめ雪に変るので、厳冬期にもって来た、その地域特有の積雪の特性は次第に失われる。また融雪の初期においては、夜間は気温が低下することが多いので、日中融けていた表面近くの雪は凍結し、昼と夜で積雪の性質は著しく変化する。

広い範囲の積雪調査をし、各地の雪の性質を比較するには、雪の性質がその地方の自然環境を最も反映している時期で、しかも、1日のうちでも観測する時間によって性質が変わらない(日変化の少ない)時期に行なうことが望ましい。

筆者らは1976~77年冬期から3冬期にわたり、北海道各地で積雪の調査をしてきた^{1),2),3),4)}。それらの調査結果をもとにして北海道の積雪の特性を調べたので報告する。

II. 調査地域と調査方法

広い範囲を短期間に調査するために、平野部の主要道路に沿い、自動車を使った移動観測を行なった。調査地点としては、道路除雪の影響をうけない、道路から十分離れ、かつ平坦で障害物のない所を選んだ。第1図には各年度の大まかな調査範囲を示した。3冬期で、日本海に面した多雪地と、雪は少ないが寒さのきびしいオホーツク海に面した地域の調査を終えた。まだ調査のされていない地域は、帯広、釧路を中心とした太平洋に面した、比較的雪の少ない地域である。調査は毎年2月から4月にかけて行ない、調査地点の総数は256カ所、延日数は59日であった。

一般の積雪調査では、成層構造、雪質と粒度、雪温、密度、硬度および含水率等を測定する、いわゆる積雪断面観測を行なうことが多い。しかし小人数で短期間に、広い地域の積雪の特性を調べるためには、積雪の各層毎にその性質を細かく測定するよりは、積雪全体としての

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2169号



第1図 年度別の調査範囲

●印は調査地点を示す。I; 1976~'77年冬, II; 1977~'78年冬, III; 1978~'79年冬, 数字は調査をした主な市町村を示す。(市町村名は第1表参照)

特性を調べ、それらを比較する方が有利と考えられる。そこで積雪の特性をあらわす基本量として、雪質、積雪深、積雪水量(積雪相当水量)および積算硬度を測定することにした。積雪深と水量の測定には、スノーサンプラー(断面積 20 cm^2)を用いた。水量は2回の測定で測定値の差が5%以上のときには、再測することにしたが、積雪の中に厚い氷板のある場合には、再測を必要とすることが多かった。積雪の平均密度(\bar{G})は積雪水量/積雪深から得られる。大まかな成層構造と雪質の観測には、スノーサンプラーで採取した試料を用いた。

積算硬度の測定には、ラムゾンデを用いた。ラムゾンデの錘りを一定の高さから、くり返し落下させ、ゾンデ棒の先端が地面に到達するまでの落下回数 n から、積算ラム硬度(ΣR ; $\text{kg}\cdot\text{cm}$)は次式により計算される。

$$\Sigma R = \left\{ (m+M) + \frac{m \cdot h \cdot n}{H} \right\} H.$$

ここに m ; 錘りの目方, M ; ゾンデ棒の目方, h ; 錘りの落下する高さ, H ; 積雪深。又積雪全層の平均ラム硬度 \bar{R} は $\Sigma R/H$ である。

一地点の観測に要する時間は、雪の深さが1mあまりのとき、15~20分で、調査に要した時間の大部分は、自動車による移動に費やされた。

III. 厳冬期の雪質

第1表に過去3冬期の観測データから、各地の代表的な雪質と、その雪質がみられた代表的な市町村名をかかげた。観測時期は、一部は3月上旬であるが、それ以外は2月で、いずれも融雪のはじまる前のものである。この時期では、一つの地点で一種類の雪質だけのことは

第1表 3冬期の雪質別市町村名

雪質 観測年	しまり雪	こしもざらめ雪	しもざらめ雪
I 1976~'77	月形(2), 岩見沢(3) 当別(7), 美唄(26)	札幌(1), 滝川(4) 深川(5)	千歳(6)
II 1977~'78	留萌(8), 月形(2) 当別(7), 札幌(1) 小樽(9), 黒松内(11) 大成(12), 松前(3) 八雲(14), 倶知安(10)	天塩(16), 遠別(17) 古丹別(8), 深川(5) 滝川(4), 虻田(15)	千歳(6), 岩内(22) 瀬棚(23), 苫小牧(21) 名寄(19), 旭川(20)
III 1978~'79	枝幸(24), 音威子府(25) 美唄(26), 八雲(14) 喜茂別(27)	西興部(28), 風連(30) 上川(33), 雄武(31) 名寄(19), 深川(5) 札幌(1), 千歳(6) 中頓別(32)	ルベンベ(40), 置戸(34) 北見(36), 小清水(37) 陸別(35), 遠軽(38) 紋別(39), 興部(29)
限界温度勾配	0.12°C/cm 以下	0.13~0.20°C/cm	0.21°C/cm 以上

かっこの数字は第1図に示した地点番号である。限界温度勾配は1月の気象データから求めた

なく、積雪はしんせつ、こしまり雪、しまり雪等数種類の雪からなっている。ここでは、その地点で一番多く占められているものを、その地点の代表的雪質とした。北海道の厳冬期の代表的雪質はしまり雪、こしもざらめ雪、しもざらめ雪の3種である。表からわかるように、ある年はしまり雪だが、別の年にはこしもざらめ雪になっている所がある。しかし、ある年はしまり雪だが別の年は、しもざらめ雪、又はその反対の場合はなかった。こしもざらめ雪は、しまり雪としもざらめ雪の中間の形成条件でつくられるので、その冬の気象条件が少し違うと、しまり雪になったり、しもざらめ雪になったりする。毎年の調査地域が同じでないのと、年によって雪質が違うので、雪質の分布図を作ることはできない。しかし大まかな傾向をのべると、しまり雪は札幌の南西と北東にある倶知安、月形等北海道の多雪地においてみられる。しもざらめ雪は千歳およびオホーツクに面した地方で著しかった。これかの地方は積雪はあまり多くはなく、冬は晴れることが多く、寒さのきびしい所である。札幌では年によってしまり雪になったり、こしもざらめ雪になったりする。

前の報告で、気象資料から、次の式で積雪内の温度勾配を求め、各雪質が発達する限界の温度勾配を求めた²⁾。

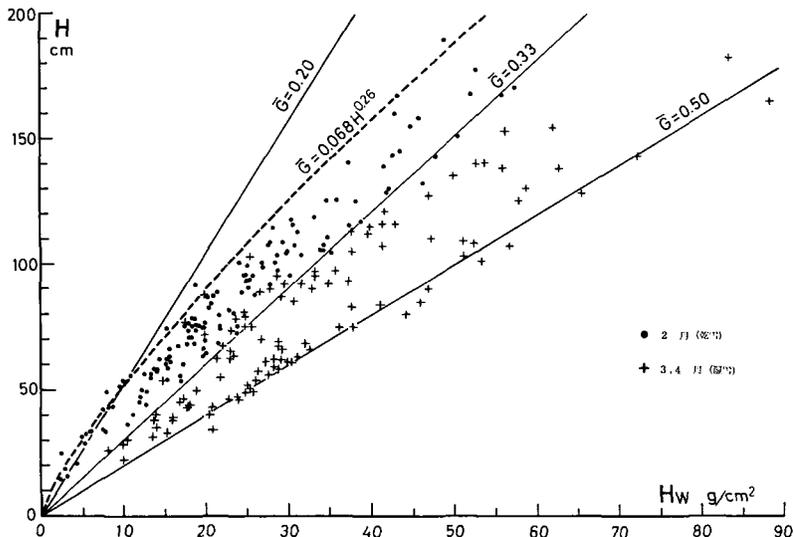
$$1月の積雪の平均温度勾配 = \frac{1月の平均気温}{1月の平均積雪深}$$

前の報告では、限界温度勾配で空白の部分があったので、II, III 冬期分のデータからその空白部分を埋め、第1表の下欄に示してある。1月の気象データがあれば、その冬の雪質が推定できるわけである。

IV. 積雪の平均密度

普通の気象観測で積雪に関する測定としては、積雪深がある。積雪には、あまり締っていない軽い雪（密度の小さい雪）もあるし、水を含んだ重い雪（密度の大きい雪）もある。したがって雪の深さだけでは、どれだけの目方の雪が積っているのかわからない。雪を水資源として見るときには、雪の深さよりも目方（積雪水量又は積雪相当水量）の方が重要になってくる。そのためには、積雪深の他に平均密度を知る必要がある。第2図に、全期間についての積雪深と、積雪水量の関係を示した。原点を通過して斜めに引いた3本の実線は平均密度0.20, 0.33, 0.50 g/cm³を示す線である。2月と3, 4月の雪（ほぼ乾いた雪と水を含んだ雪に対応する）の境は、およそ平均密度0.33 g/cm³になっている。最大の密度は0.5 g/cm³で、これはかなり融雪の進んだ、ぬれざらめ雪である。2月の乾いた雪の密度が最小の範囲は、1本の直線では表わせない。積雪深が少ない程、密度は小さくなっており、中でも積雪深が1 m以下の、密度の小さな雪には、しもざらめ雪が多い。積雪深1 m以上で平均密度の小さな雪は、風の弱い地域で、大雪が降ってあまり日がたっていない、こしまり雪の多いところでみられた。

最小密度の範囲は破線で示してあるが、 $H = 8.6H_w^{0.79}$ 又は $H_w = 0.068H^{1.26}$ で表わされる。この式を使うと、2月の積雪の平均密度の最小の値は $\bar{G} \text{ min} = 0.068H^{0.26}$ で、積雪深がわかれば平均密度の最小値が求まることになる。

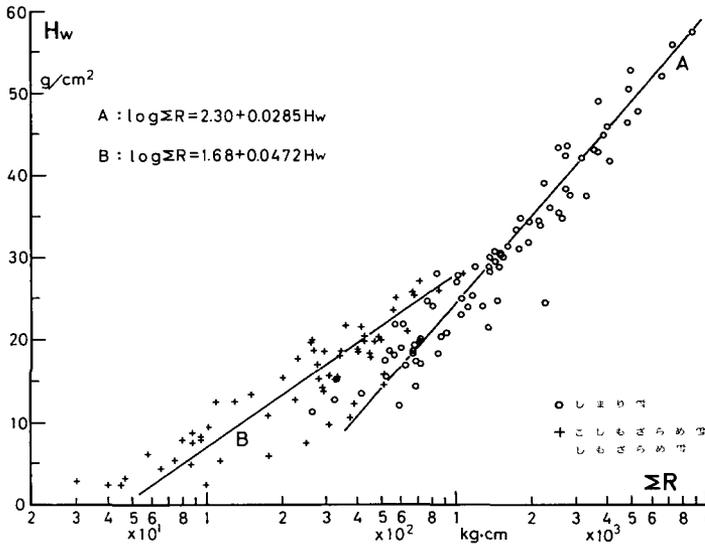


第2図 積雪深 H と積雪水量 H_w の関係

3冬期間に調査した全測定値、●印は2月の積雪、+印は3, 4月の積雪

V. 積雪の硬さ

雪の硬さを測る測器としてはラムゾンデ（ラム硬度計）を用い、積算ラム硬度および平均ラム硬度で表示してきた。前者は積雪全体の特質を、後者は積雪それ自身の性質をあらわしている。両者の関係は積雪水量と平均密度に対応している。ラムゾンデを用いた理由は、測定が簡



第3図 積雪水量と積算ラム硬度の関係
2月の乾いた雪について(3冬期分)

便で時間がかからないためである。

第3図に2月の雪について、積雪水量 (H_w) と積算ラム硬度 (ΣR) の関係を示した。しまり雪としもざらめ雪では、測点の分布が異っており、しまり雪については、

$$\log \Sigma R = 2.30 + 0.0285 H_w \pm 0.0645,$$

しもざらめ雪については、

$$\log \Sigma R = 1.68 + 0.0472 H_w \pm 0.109,$$

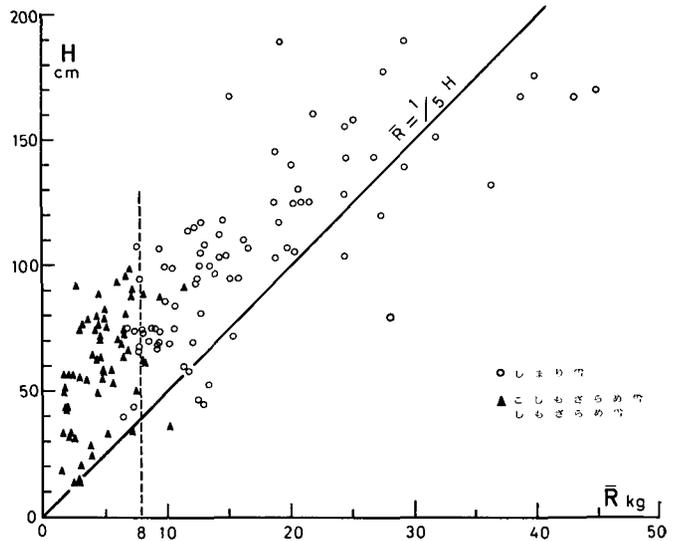
で表わすことができる。

3, 4月の融雪期に入ると、雪は水を含むようになり、含水率の大きさや雪の中で水の含まれる場所の違いにより、積雪の性質は大きく変化してくる。又夜間の気温が下がったときには、表面層が再凍結し、硬度は大きな日変化を示す。そのため、3, 4月の雪では積雪深又は積雪水量と積算ラム硬度との間には、2月の雪のような直線的な関係はみられず、かなりばらついた分布を示した。

次に平均ラム硬度 (\bar{R}) が雪質によって、どのように変化するかを調べてみる。北海道では、2月の積雪が最も寒冷変態の進んだ時期で、それまでの気象条件を最も反映していると考えられる。したがってこの時期には雪質においても、その地域の特徴が最も強く表われている。雪質は定性的な表わし方であるが、平均ラム硬度と雪質の間に一定の関係があれば、雪質を定量的に表わす一つの指標とすることができる。

第3図で見たように、2月の北海道の雪は大きく分けると、しまり雪としもざらめ雪(しもざらめ雪を含む)の2つに分けることができる。もちろん、しんせつやざらめ雪も含まれるが、その割合は少ない。

雪質の分類は雪粒の形、大きさ、粒同士の結合のようすが基本になっている。雪質の決定は、定量的な測定でなく、上の三つの要素を観測者が観察し判断するものであるから多少の個人差をとまなうことはさげられない。第4図には、2月の積雪深と平均ラム硬度を示した。図に示したように、我々が、しもざらめ雪とした雪の90%は、平均ラム硬度が8kg以下であり、しまり雪については90%が8kg以上となっている。したがって平均ラム硬度(\bar{R})の値8kgがしまり雪としもざらめ雪を区別する



第4図 積雪深 H と平均ラム硬度 \bar{R} との関係
2月の乾いた雪 (3冬期分)

指標として有効なことがわかる。図で斜めに引いた直線は、 $H=5\bar{R}$ (又は $\bar{R}=\frac{1}{5}H$) で表わされ、しもざらめ雪は \bar{R} が8以下で、かつ、この直線よりも上に分布している。これはしもざらめ雪の平均ラム硬度は $\frac{1}{5}H$ より小さいことをあらわしている。(H; 積雪深)。良く発達した骸晶状のしもざらめ雪は、千歳や旭川付近の北海道内陸部と、オホーツク海に面した地域に見られた。冬の間は晴れの日が多く、雪は少なく、夜間の気温が低い地域である。なお、北海道で一番寒いといわれている母子里では、積雪が多いため、(1979年2月4日、145cm) しまり雪であった。

しまり雪についてみると、 $\bar{R}=\frac{1}{5}H$ の直線より上に分布するもの (\bar{R} が $\frac{1}{5}H$ より小さい) と下に分布するもの (\bar{R} が $\frac{1}{5}H$ より大きい) とがある。この直線の下にある程硬いことを意味しているので、 $\bar{R}=\frac{1}{5}H$ の線の下側に分布するしまり雪を、かたしまり雪と呼ぶことにする。このかたしまり雪の観測された地域と観測年を第2表に示した。表ではA、Bと2つのグループに分けてあるが、Aは札幌の北方で当別、月形、美唄にかけての積雪が多く、地吹雪の多発地である。地吹雪のため、積りはじめから密度が大きく、つまった丈夫な雪であったと考えられる。Bグループは、札幌より南の、道南といわれる地域で、北海道では暖かい地域である。

第2表 かたしまり雪の地域と観測年

	A	B
1977年2月	美唄, 月形, 当別	
1978年2月		大野, 長万部, 国縫
1979年2月	美唄	八雲, 長万部, 喜茂別

層構造の観察によると、氷板や凍結した、かたいざらめ雪のうすい層がいく層もみられ、冬の間も日射や暖気のため、何度か表面で融解したことがわかる。同じかたしまり雪でも、その生成過程は異っている。

VI. ま と め

過去3冬期の北海道の平野部における積雪調査から、次のことがらが明らかとなった。

1. 北海道では厳冬期の雪質により、しまり雪、こしもざらめ雪、しもざらめ雪の三つの地域に分けることができる。こしもざらめ雪の地域は、その冬の気象によりしまり雪になったり、しもざらめ雪の地域になったりする。

2. 1月の気象データから、しまり雪、こしもざらめ雪の発達する限界温度勾配を求めると次のようになった。

しまり雪	0.12°C/cm 以下
こしもざらめ雪	0.13~0.20°C/cm
しもざらめ雪	0.21°C/cm 以上

3. 2月の積雪の平均密度(\bar{G})の最小の範囲は $\bar{G}=0.068H^{0.26}$ で表わされる。(Hは積雪深)。乾いた雪(2月)とぬれた雪(3,4月)の平均密度の境界は0.33 g/cm³である。又、ざらめ雪の平均密度の最大は0.5 g/cm³である。

4. 乾いた雪の積雪水量(H_w)と積雪ラム硬度(ΣR)の間には次の関係が見出された。

しまり雪について	$\log \Sigma R = 2.30 + 0.0285H_w$
しもざらめ雪(こしもざらめ雪も含む)について	$\log \Sigma R = 1.68 + 0.0472H_w$

5. 平均ラム硬度(\bar{R})が雪質をきめる一つの指標として適当なことがわかった。 $\bar{R} < 8$ kgのものはしもざらめ雪およびこしもざらめ雪、 $\bar{R} > 8$ kgのものはしまり雪であった。

この調査に御協力いただいた山田知充、岡野正両氏および雪害科学部門の方々、論文を校閲していただいた藤岡敏夫教授に心から感謝致します。

なお本研究に要した費用の一部は、文部省雪崩特別事業費、北海道科学研究費補助金から支出された。

文 献

- 1) 遠藤八十一・他 1976 石狩・勇払平野における積雪の特性. 低温科学, 物理篇, **34**, 133-145.
- 2) 秋田谷英次・遠藤八十一 1977 石狩・空知地方の積雪調査. 低温科学, 物理篇, **35**, 105-115.
- 3) 秋田谷英次・遠藤八十一 1977 石狩・空知・後志地方の積雪調査. 低温科学, 物理篇, **35**, 資料集, 7-11.
- 4) 遠藤八十一・秋田谷英次 1978 北海道西部の積雪調査. 低温科学, 物理篇, **36-37**, 資料集, 7-10.

Summary

Regional characteristics of the snow cover were investigated in plain fields of Hokkaido in three winters after the fall of 1976 and before the spring of 1979 on the basis of observations made at 256 points of the type of snow, water equivalent, Ram hardness and snow

depth from February to April. Sites and ranges of observations in the first (I), second (II) and third (III) winters are shown by solid circles and demarcation lines in Fig. 1. The following three major snow types were found characteristic of Hokkaido in mid-winter (February, dry snow), their formative conditions being shown by mean temperature gradient (\bar{T}_g) of the previous month in snow calculated from meteorological data:

Snow types	\bar{T}_g ($^{\circ}\text{C}/\text{cm}$)
Fine-grained compact snow	0.12 and lower
Solid type depth hoar	0.13~0.20
Skeleton type depth hoar	0.21 and higher

where $\bar{T}_g = \frac{\text{mean air temperature in January}}{\text{mean snow depth in January}}$.

Snow depth (H) against water equivalent (H_w) is shown in Fig. 2 with lines indicating mean density ($\bar{G} = H_w/H$). The figure shows that \bar{G} is divisible into two ranges by the season; namely, \bar{G} of dry snow in February (\bullet) ranged between 0.068^{0.26} and 0.33; \bar{G} of wet snow in March and April (+) increased up to 0.50.

Illustrated in Fig. 3, relationships between total Ram hardness (ΣR) and H_w of dry snow according to snow types were expressed by the following equations:

$$\log \Sigma R = 2.30 + 0.0285H_w \quad \text{for fine-grained compact snow } (\bullet)$$

$$\log \Sigma R = 1.68 + 0.0472H_w \quad \text{for depth hoar} \\ (+ : \text{solid and skeleton types})$$

On the contrary, plots of wet snow were so widely scattered that they were not expressed by equations.

As for mean Ram hardness $\bar{R}(\Sigma R/H)$, which corresponds to $\bar{G}(H_w/H)$, which we had proposed as one of the indexes of snow characters, we found that it serves as an index to distinguish depth hoar from fine-grained compact snow. The value of \bar{R} was larger than 8 kg in fine-grained compact snow (\circ) and smaller than it in depth hoar (\blacktriangle : solid and skeleton types) as shown in Fig. 4.