



Title	吹雪時に積雪表面層から採集した雪のタッピング圧縮
Author(s)	小林, 俊一; KOBAYASHI, Shun'ichi
Citation	低温科学. 物理篇, 40, 159-163
Issue Date	1982-03-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18447">https://hdl.handle.net/2115/18447</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	40_p159-163.pdf



Shun'ichi KOBAYASHI 1981 Short Report: Tapping Compression of Snow Collected From a Surface Layer During the Blowing of Snow. *Low Temperature Science, Ser. A, 40.*

## 吹雪時に積雪表面層から採集した 雪のタッピング圧縮\*

小林 俊一  
(低温科学研究所)  
(昭和56年10月受理)

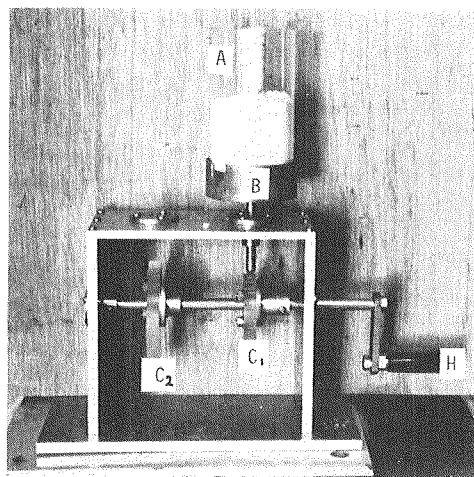
### I. ま え が き

いったん地面に降り積った雪が風の作用を受けて地吹雪となり、さくはく一堆积をくりかえした雪面付近の雪の層は、再分配を受けた結果として次第に密に充填され密度と硬度を増していく。このようにして硬化した雪面層を一般に風成 (wind packing) を受けた雪面層と呼んでいる。そしてこの風成雪の形成過程と雪の性質に関する研究は少ない。新雪から風による雪の再分配という過程が、積雪表面層から自然状態のままに採集した積雪粒子のタッピング操作<sup>1),2)</sup>で調べられた。実験は1979年1月に北海道羽幌で吹雪時の積雪表面層のタッピング圧縮として行われた。その結果、かさべり度 (体積歪), 充填速度の知見から、風によって堆積した変態を伴わない雪の最大密度の値を推定することができた。

### II. 測定方法

雪粒子のタッピング圧縮については、水野・黒岩<sup>1)</sup>の論文に詳しいが必要な式については記述しておく。今回は北大低温科学研究所の山田知充氏の作製した手動タッピング装置 (第1図) を使った。積雪表面層から、直径6.5 cm, 長さ13.2 cmの亚克力製の円筒サンプラー (第1図のA) で雪を自然の状態の組織を保ったまま採集し、主に2 cmの高さからくりかえし落して、体積  $V$  の減少を測定した。

タッピング回数  $N$  の時の体積  $V_N$  と最初



第1図 手動タッピング圧縮装置  
(山田知充氏提供)

- A: アクリル製サンプラー (長さ13.2 cm, 直径6.5 cm)
- B: サンプラー受台
- C<sub>1</sub>: カム (2 cm 落下高さ)
- C<sub>2</sub>: カム (3.5 cm 落下高さ)
- H: ハンドル

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第2382号

の体積  $V_0$  を使って次の因子、すなわち「かさべり度 (体積歪)  $\gamma$ 」が定義され(1)式の如く表す。

$$\gamma = \frac{V_0 - V_N}{V_0} \quad (1)$$

また、最密充填に達した時の体積  $V_\infty$  を使って(2)式の如き構造因子  $a$  を定義すれば、それが「最終のかさべり度  $\gamma_\infty$ 」を意味する。

$$a = \frac{V_0 - V_\infty}{V_0} = \gamma_\infty \quad (2)$$

更に、最初の体積  $V_0$  と最終の体積  $V_\infty$  の和の1/2に縮まるに要するタッピング回数  $N_r$  の逆数に等しい構造因子  $b$  を(3)式の如く定義すると、それは充填速度係数と呼ばれて、雪粒子の充填のされ易さの目安となる。

$$b = \frac{1}{N_r} \quad (3)$$

この二つの構造因子  $a, b$  を使って、「かさべり度  $\gamma$ 」と「タッピング回数  $N$ 」との関係を書き改めると次の(4)式となる。

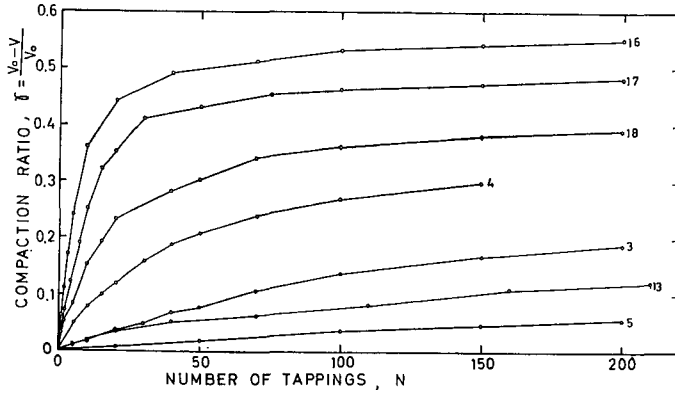
$$\frac{N}{\gamma} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} N \quad (4)$$

第1表 タッピング圧縮に用いた試料の諸性質と充填特性

試料 番号	採集月日	採時 集間	天 気*	落下 高さ (cm)	表面状態	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )		空 隙 率		a	b
						初 期	最 終	初 期	最 終		
1	1月23日	15:00	地吹雪	2.0	さざ波	0.174	0.193	0.810	0.790	(0.91)	(0.012)
2	"	16:15	"	2.0	吹き溜り	0.125	0.284	0.864	0.669	0.56	0.026
3	1月24日	10:20	吹雪	2.0	侵蝕城	0.222	0.331	0.758	0.639	0.33	0.007
4	"	10:20	"	2.0	さざ波	0.202	0.321	0.780	0.650	0.37	0.027
5	"	10:20	"	2.0	吹き溜り	0.307	0.357	0.665	0.611	0.14	0.004
6	1月25日	9:15	降雪	2.0	新雪	0.085	0.163	0.907	0.822	0.48	0.10
7	"	9:15	"	2.0	"	0.092	0.161	0.900	0.824	0.43	0.05
8	"	14:35	"	2.0	"	0.097	0.170	0.894	0.815	0.43	0.08
9	"	14:40	"	3.5	"	0.092	0.184	0.900	0.799	0.50	0.20
10	"	19:50	"	2.0	"	0.094	0.188	0.897	0.795	0.50	0.10
11	1月26日	10:00	"	2.0	"	0.112	0.255	0.878	0.722	0.56	0.09
12	"	15:15	降雪	2.0	"	0.065	0.148	0.929	0.839	0.56	0.09
13	1月27日	9:20	地吹雪	2.0	吹き溜り	0.256	0.312	0.721	0.660	0.18	0.01
14	"	9:30	"	2.0	新雪	0.096	0.204	0.895	0.778	0.53	0.05
15	"	9:30	"	2.0	吹き溜り	0.157	0.280	0.829	0.695	0.44	0.11
16	"	9:30	"	2.0	新雪	0.091	0.208	0.901	0.773	0.56	0.18
17	"	10:50	"	2.0	"	0.096	0.192	0.895	0.791	0.50	0.10
18	"	15:20	"	2.0	"	0.078	0.190	0.915	0.793	0.59	0.04

\* 23日から27日までの平均気温  $-7^\circ\text{C}$ 、平均風速 7 m/s (1 m の高さ)

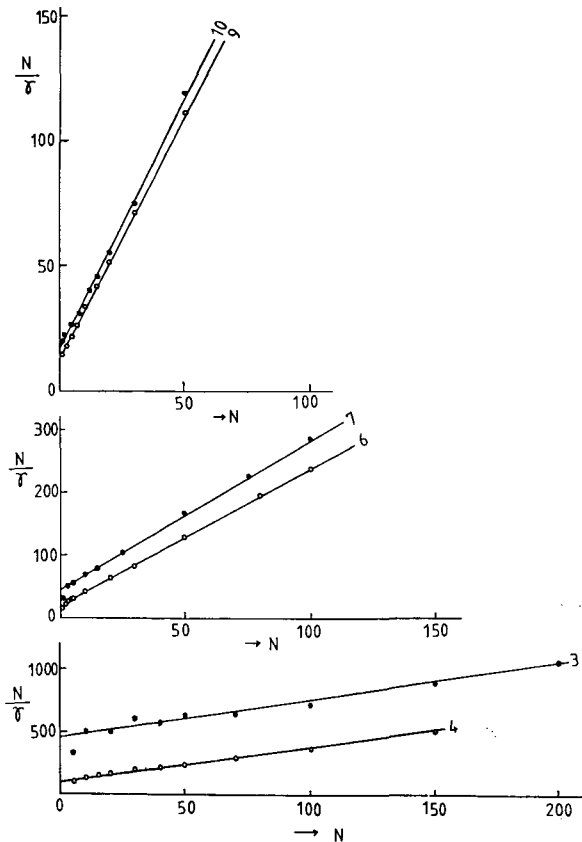
(4)式から、 $N/i$  を  $N$  に対してプロットすると両者の間には直線関係が満足され、その直線の勾配と  $N/i$  軸の切片とから構造因子  $a, b$  を決定することができる。



第2図 かさべり度とタッピング回数の関係  
(図中の番号は第1表の試料番号に対応)

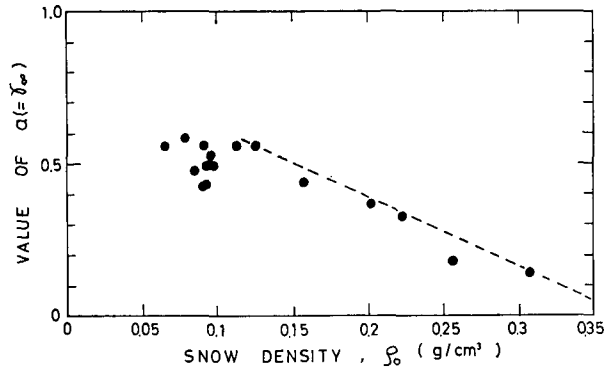
### III. 測定結果

円筒容器のサンプラーで自然積雪の層から水平方向に雪を採集して、そのまま第1図に示した手動の装置で一定の高さから落とすと円筒容器の中の雪は衝撃によってつまる。このようなタッピング圧縮の回数を増していくと雪のみかけ密度は次第に増していく。第2図はその結果で、たて軸はみかけ密度(かさべり度)、よこ軸はタッピングの回数を示す。風の影響を余り受けていない新雪に近い雪は、最初のタッピングで急に圧密されていくが、ある程度タッピングを加えていくと余り変化しなくなる。又、強い風によって密につまった雪では、最初からタッピングをくりかえしても、余り圧密を受けない。第2図の関係は、(4)式を満足するので、たて軸に  $N/i$ 、よこ軸に  $N$  をとると第3図の如く直線関係が満足される。この直線の勾配と



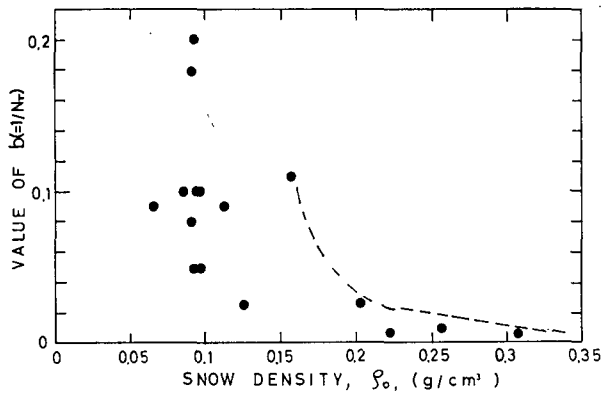
第3図 タッピング圧縮における  $N/i$  と  $N$  との直線関係  
(図中の番号は第1表の試料番号に対応)

たて軸を切る切片の値から構造因子、 $a$ 、 $b$ を求めることができる。これらの値を第1表に掲げた。又採集時の雪の初期密度  $\rho_0$  と最終のかさべり度  $a$  の値については第4図に、充填速度係数  $b$  の値については第5図に示した。



第4図 構造因子  $a$  と雪の初期密度の関係

(点線は実験結果の上限の包らく線で横軸の0.37の値を切る)



第5図 構造因子  $b$  と雪の初期密度の関係

(点線は実験結果の上限の包らく線で横軸の0.37の値を切る)

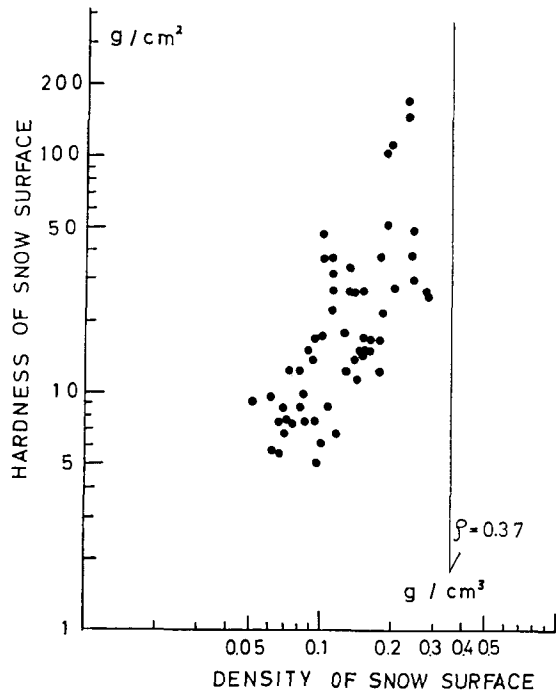
例えば、最終のかさべり度の値が零になる所の初期密度の値は、風による積雪表面層の再分配の結果の最終密度を暗示する。若しもその対応が正しいとすれば第4, 5図の点線に示した傾向から風によって堆積した乾いた雪の最大密度の値は約  $0.37 \text{ g/cm}^3$  と推定される。

#### IV. 考 察

地吹雪時に積雪表面層から採集した雪のタッピング圧縮の現場での測定から、風によって影響を受けた表面層の雪の最終密度の値が約  $0.37 \text{ g/cm}^3$  であった。このことは著者が札幌における地吹雪時の表面層の雪の密度と硬度の測定結果<sup>3)</sup>(第6図)とも矛盾しない。又雪庇上部の雪は、風によって再分配を受けた堆積層であり、一般に言って初期の密度が大きいとその値は上記の値とはほぼ一致している<sup>4)</sup>。他方、一年中寒冷で雪が融けることのない南極のような所で

は(特に斜面下降風域のように年中風にさらされている雪面),表面の密度は $0.40 \sim 0.45 \text{ g/cm}^3$ の値を示す<sup>5)</sup>。又大雪山のような山岳地帯には,表面にアイスバーンや硬化雪と呼ばれる非常に硬い雪があり,その密度は $0.43 \text{ g/cm}^3$ 程度である<sup>6)</sup>。これらはいずれも表面の露出期間が長期(一年とか一冬にわたる)であるため,風による堆積の後に,日射とか凝結-融解-再凍結とかいった影響を受け,いわゆる雪質の変態を伴った時効硬化(aging)を受けた雪である。したがってこのような雪面では密度の増加の他に,著しい硬度の増加を示すのが特徴であり,この雪の時効硬化の詳しい機構は未知な部分が多い。

著者の調査した,風による表面層の最終密度の値 $0.37 \text{ g/cm}^3$ は,時効硬化を受けない,一回の地吹雪によってつまって得られた表面層の雪の到達可能な最終密度の値と考えられる。



第6図 地吹雪時の雪面層の硬度と密度の測定例(於札幌)

## V. あとがき

今回の報告は,1979年1月北海道羽幌で行った調査結果をまとめたものである。タッピング装置一式を貸していただいた低温科学研究所の山田知充氏,並びに宿舎やフィールドを提供していただいた開発局留萌開建羽幌出張所の関係者に厚く感謝の意を表します。

なお,本研究に要した費用は,文部省科学研究費補助金(空気と雪粒子の相互作用の研究,代表者石田完)から支出された。

## 文 献

- 1) 水野悠紀子・黒岩大助 1966 積雪粒子のタッピング圧縮. 低温科学, 物理篇, **24**, 111-131.
- 2) 黒岩大助 1976 分散系としての雪の構造と力学. 気象研究ノート, **128**, 230-251.
- 3) 小林俊一 1971 地ふぶきにおける雪面の波状模様生成と運動. 低温科学, 物理篇, **29**, 81-94.
- 4) 成瀬廉二・西村 寛 1979 雪底の構造と雪質 I. 低温科学, 物理篇, **38**, 41-51.
- 5) Endo, Y. and Fujiwara, K. 1973 Characteristics of the snow cover in East Antarctica along the rout of the JARE South Pole traverse and factors controlling such characteristics. *JARE Scientific Rep. Ser. C, No. 7*, p. 27.
- 6) 山田知充・対馬勝年・油川英明・佐藤尚之・中尾正義 1970 大雪山における硬化雪の研究. 低温科学, 物理篇, **28**, 155-164.