落下した雪の密度変化

著者	中村 秀臣
雑誌名	国立防災科学技術センター 研究報告
巻	19
ページ	239-242
発行年	1978-03
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00000772

551.321.7

落下した雪の密度変化

中村秀臣*

国立防災科学技術センター新庄支所

Change in Density of Blocks of New Snow Before and After the Collision Against Natural Snow Surface

By

Hideomi Nakamura

Shinjo Branch, National Research Center for Disaster Prevention
No. 1400, Takadan, Tokamachi, Shinjo-shi, Yamagata-ken 996, Japan

Abstract

Density of newly fallen snow blocks which were dropped from various heights was measured before and after the collision against the natural snow surface on the ground, in order to estimate the volume of the snow bank formed under the eaves by the fall of snow from roofs.

From the results of the measurements, it is found that the ratio of the two densities ρ_0/ρ_1 is inversely proportional to the height h above the snow surface on the ground as shown in Fig. 1, and that the values of the ratio are about 0.35 and 0.45, respectively in case of wet snow and dry snow for h of 4 m, where ρ_0 and ρ_1 are the densities of the snow block before and after the collision against the snow surface on the ground.

1. はじめに

屋根から落下した雪が軒下に堆積する際，その占める体積を平地での自然積雪深や屋根の水平長（棟から庇先端までの水平長）から計算で求めるためには，落下する雪塊の密度が雪面との衝突時にどの程度変化するのかを知らなければならない．しかし前稿（中村，1978）では測定値がなかったので，その密度比（後述）を 0.7 と仮定していた．この値を得るために実際に雪塊を落下させてその密度比 D（本稿では $\rho_0 \div \rho_1$ を指す．ただし ρ_0: 落下させる前の密度，ρ_1: 雪面に衝突した後の密度）を測定したので報告する．

2. 測定方法

当新庄支所構内にある種々の高さを有する建物の屋根から，その屋根に積った新雪をスコップで底面積 20 cm×20 cm（厚さは表1参照）の大きさに形を崩さないようにすくい取り，

* 雪害防災研究室

直下の雪面（地上に積った雪の表面）に向けて自由落下させた．この雪塊が衝突する雪は落下させる雪と同じ雪質の新雪であり，落下させた雪がこれと混り合うのを防ぐために薄いビニールシートを地面上の新雪の上に敷いた．新雪の上に新雪を落下させるという方法を採用したのは屋根雪の滑落現象を想定したからである．落下させた雪塊の個数は1回の測定につき15個と定めたが，これは水平長が 3 m の一般的な屋根からの滑落を考えたからである（20 cm×15＝300 cm）．雪の密度の測定は 76 mmϕ の円筒形の採雪器を用いて，落下させる直前および落下して雪面上に円錐形に堆積した（写真1参照）直後に実施した．衝突後の密度としては，堆雪の中央部およびそこから 20 cm 離れた所（堆雪のほぼ中腹に当る）の2箇所で測定した密度の平均値を用いた．

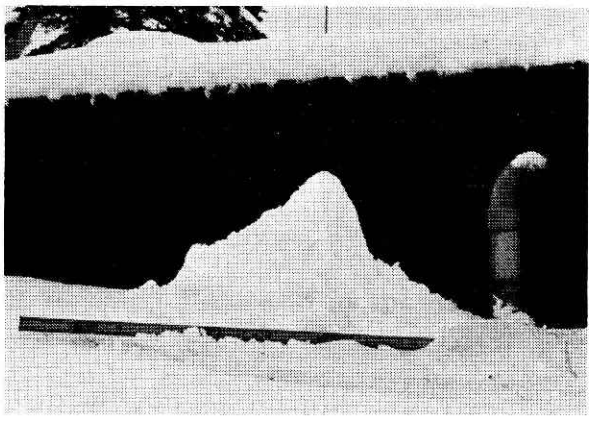

写真 1　落下した雪の堆積形状

3. 観測結果

1976年12月10日，12月20日および12月25日に実施した落下試験の結果を示すと表1および図1のようになる．これによると雪質の似た12月10日と20日の場合には密度比 D は同じような変化をしているが，25日の場合の D はこれらよりやや大きく，圧密しにくいことを示しており，かつ h が 4 m 以上の範囲ではほぼ一定値を示している．なお堆雪の頂角を表1に示したが，それによると頂角は落下高さが高くなる程大きくなっており，また落下高さが同じものについてみると乾いた雪の方が大きい値を示している．

さて D は衝突直前の落下速度 v_1 が大きくなると逆に小さくなると考えられるので，D^{-1} が v_1 に比例すると仮定すると $mgh=mv^2/2$（空気による抵抗は無視する）の関係から次の関

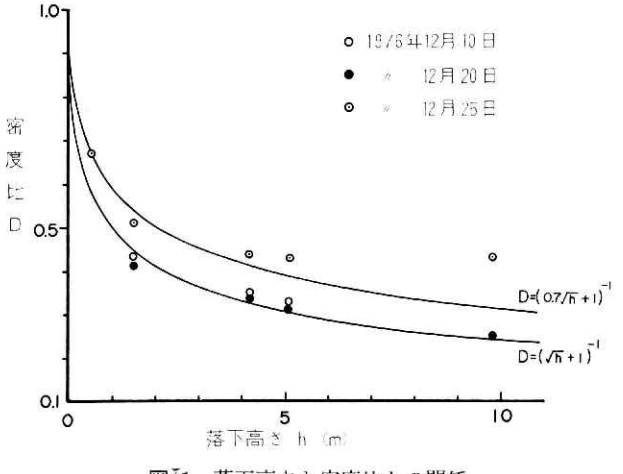

図1　落下高さと密度比との関係

表 1 雪塊の落下試験の結果

測定日	測定時の気温 (°C)	落下高さ h(m)	落下させる直前の密度 ρ_0(g·cm^{-3})	衝突直後の密度 ρ_1*(g·cm^{-3})	密度比D (=$\rho_0 \div \rho_1$)	堆雪の頂角 (度)	雪塊の厚さおよび雪質
1976年 12月10日	1.7	1.5	0.097	0.225	0.43	36	20 cm 位べた雪
		4.2	0.082	0.233	0.35	65	
		5.2	0.074	0.223	0.33	—	
12月20日	1.2	1.5	0.071	0.173	0.41	38	15～20 cm 含水率 1～2%
		4.2	0.068	0.202	0.34	53	
		5.2	0.069	0.222	0.31	42	
		9.8	0.069	0.273	0.25	—	
12月25日	−4.0	0.5	0.088	0.132	0.67	42	8 cm 位さらさらした雪，握っても玉にならない
		1.5	0.090	0.179	0.51	66	
		4.2	0.089	0.202	0.44	77	
		5.2	0.090	0.207	0.43	80	
		9.8	0.087	0.198	0.43	—	

* 円錐形の堆雪の中央部およびそこから 20 cm 離れた所で採取した雪の密度の平均値

係式が成立つ．

$$\frac{1}{D}=a'v_1+b=a'\sqrt{2gh}+b \qquad (1)$$

a', b は比例定数．

ここで $h=0$ のとき $D=1$ なので $b=1$ となり，これを (1) 式に代入し変形すると次のようになる．

$$D=\frac{1}{a'\sqrt{2gh}+1}=\frac{1}{a\sqrt{h}+1} \qquad (2)$$

ここで $a=a'\sqrt{2g}$（定数）である．

そこで12月10日，20日および25日の測定結果を用いてそれぞれの a の値を求めると 1.0, 1.0, 0.7 となり，この値を用いた近似式は12月10日と20日の場合には h が 0～10 m の範囲で実測値をよく表わしており，D が v_1 に反比例することを示している．しかし，12月25日の場合には h が 4～5 m 以上で近似式は実測値との差が大きくなっている．これはこの範囲で実測値がほぼ一定値を示していることから，雪塊の落下速度が終速度に達していたことが推測され，それによって生じたものと考えられる．

4. むすび

自由落下した雪塊が占める体積を計算で見積るために新雪を 0.5～9.8 m の高さから自然雪面に自由落下させ，落下直前の密度 ρ_0 と衝突直後の密度 ρ_1 とからその密度比 D（ここでは $\rho_0 \div \rho_1$ をさす）を求めた．その結果 D は衝突直前の落下速度に反比例しており，その

大きさはたとえば 4 m の高さから湿った雪を落下させた時には 0.35 位であるが，乾いた雪では 0.45 位とやや大きく，圧密しにくいことを示している．ただし，堆雪全体の平均密度はここで採用した ρ_1 より小さいと思われるので，その場合にはDはもう少し大きくなるものと思う．

なお落下させた雪塊の厚さの違いについては今後検討する必要がある．

おわりに

実験および本稿作成に当って中村勉研究室長(現支所長)に数々の有益な助言をいただきました．ここに記すとともに深く感謝致します．

本研究は科学技術庁試験研究所経常研究費によって行なわれた．

参考文献

1)　中村秀臣 (1978)：滑落した屋根雪の堆積形状．雪氷，**40** 巻 **1** 号，37—41.

(1977 年 12 月 22 日原稿受理)