



Title	積雪表面に載せた錘の沈下について
Author(s)	遠藤, 八十一; ENDO, Yasoichi
Citation	低温科学. 物理篇, 31, 283-286
Issue Date	1973-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18237
Type	departmental bulletin paper
File Information	31_p283-286.pdf



積雪表面に載せた錘の沈下について*

遠藤 八十一

(低温科学研究所)

(昭和48年10月受理)

I. ま え が き

斜面に積った雪は、地面でゆっくり滑っている。特に、春先には、その滑りは、かなりの速さになる。斜面には、大小さまざまな凹凸があり、また樹木が生えているのに、何故このような斜面に積った雪が、地面で滑るのだろうか。

氷河の底面滑りに関しては、Weertmanの理論^{1),2)}がある。彼は、氷河水とその下の岩盤との界面は滑らかで、その面には剪断応力は働かないと仮定した。すなわち、氷河水の斜面方向への重力の成分は、氷河の底面にある突起物の上流側、または下流側の面に働く垂直応力によって支えられていると考えた。そうすると、氷河の底面滑りは、突起物の周りで起る次の二つの機構によって滑るものと考えられる。一つは、圧力融解による滑りである。突起物の上流側の氷は、突起物の上流側の面に働く垂直応力のために圧力融解を起し、とけた水は、下流側に流れ、下流側の面で凍る。このため、氷河は、突起物の上流側で融けた氷の量だけ底面滑りを起すことになる。もう一つの滑り機構は、突起物の周りで氷のクリープによる滑りである。突起物と上流側(または下流側)の氷は、突起物の上流側(または下流側)の面に働く垂直応力のために、斜面方向に圧縮(下流側では引張り)塑性変形を受けるが、この変形によっても、氷河は底面滑りを起すことになる。Weertmanは、突起物の周りで起るこの二つの機構から、氷河の底面滑りの理論を導いたのである。

彼の考えは、斜面積雪の底面滑りにも適用できるように見える。そこで、彼の考えを参考にし、以下に述べるような実験を行なってみた。今回は、圧力融解の起らない条件下(-10°Cの低温室)での実験、すなわち、突起物の周りで雪のクリープだけによって起る滑りについて調べた。

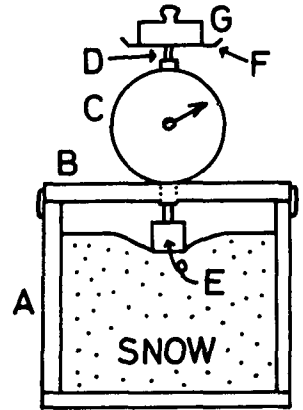
II. 実験方法

斜面積雪と地面との界面には剪断応力が働かないとしよう。そしてまた、突起物の下流には、雪の空洞ができていて、雪は突起物の下流側には付着していないと考える。そうすると、斜面積雪は、突起物の上流側の面でのみ支えられることになる。斜面上の突起物の形としては、その上流側及び下流側の面が半径 r の半円形をしたカムボコ型のものを考える。それが、平滑な斜面に間隔 L で一様に分布しているとする。今、 τ を単位底面積の上に乗った雪の柱の

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1287号

斜面方向の分力とすると、各々の突起物の上流側の面に、 $\sigma = 2\tau L^2 / \pi r^2$ の圧縮応力が働くことになる。この応力によって、突起物の上流側の積雪は、斜面方向に圧縮変形を受け、斜面積雪は全体として地面を滑るのである。ところで、このような条件下での積雪の底面滑りは、積雪の表面に半径 r の円柱を載せ、この円柱に $2\tau L^2$ の静荷重を加えた場合に起る円柱の沈下と全く類似の現象である。それゆえ、突起物の周りでクリープによる斜面積雪の滑りを明らかにするには、積雪の表面に載せた円柱の沈下が、円柱の直径や円柱にかかる静荷重によって如何に変るかを調べればよいことになる。

第1図が、そのための装置である。Aは、20 cm 立方の積雪のブロックを入れる丈夫な木箱で、Bは、中央に穴のあいた上蓋である。木箱と上蓋は、締め具で固定される。上蓋には、ダイヤル・ゲージ C が締め具で固定されている。ダイヤル・ゲージの軸 D の下端には、真鍮製の円柱 E が取り付けられており、これは、上蓋の穴を通して木箱の中に入っている。ダイヤル・ゲージの軸の上端には、受皿 F が取り付けられている。G は錘りである。



第1図 実験装置

まず、木箱に積雪のブロックを入れ、受皿を持上げた状態で上蓋をする。受皿に錘を載せ、受皿を手で支えながら、ゆっくり円柱を下げる。円柱が、積雪表面に接触すると同時に、支えの手をはなす。そうすると荷重は円柱を通して積雪にかかり、円柱はゆっくりと沈下し始める。円柱の沈下量は、ダイヤル・ゲージに示されるので、その目盛を時間を追って読みとること

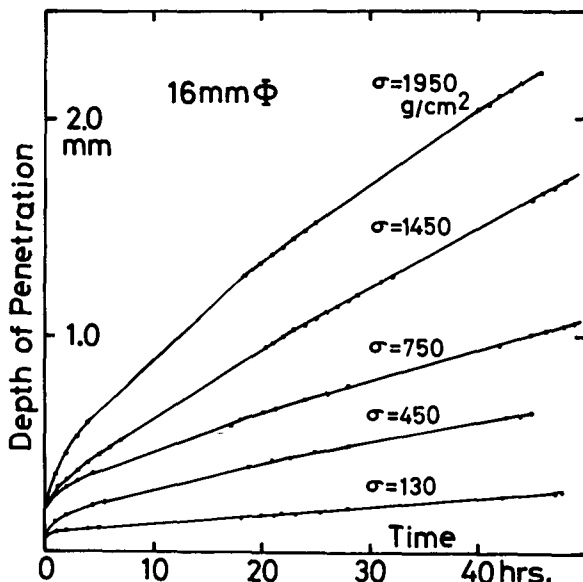
によって、沈下量の時間変化を知ることができる。沈下量の測定時間は、普通 48 時間とした。

円柱には、直径が 8, 12, 16, 22 mm のものを用いた。

実験に使った雪は、密度 0.41 g/cm^3 のかたしまり雪で、実験は、 -10°C の低温室で行なった。

III. 実験結果

第2図は、直径 16 mm の円柱の沈下量の時間変化を示したものである。図中のいくつかの曲線は、円柱に加えた静荷重の違いを示している。 σ は、円柱の単位底面積にかかる荷重である。図に示されているように、荷重の大小にかかわらず、円柱の沈下量は、

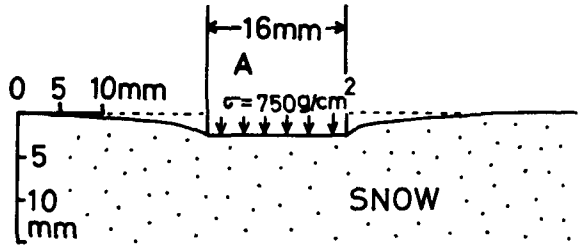


第2図 円柱 (直径 16 mm) の沈下量の時間変化
 σ は円柱の単位底面積にかかる荷重を示す

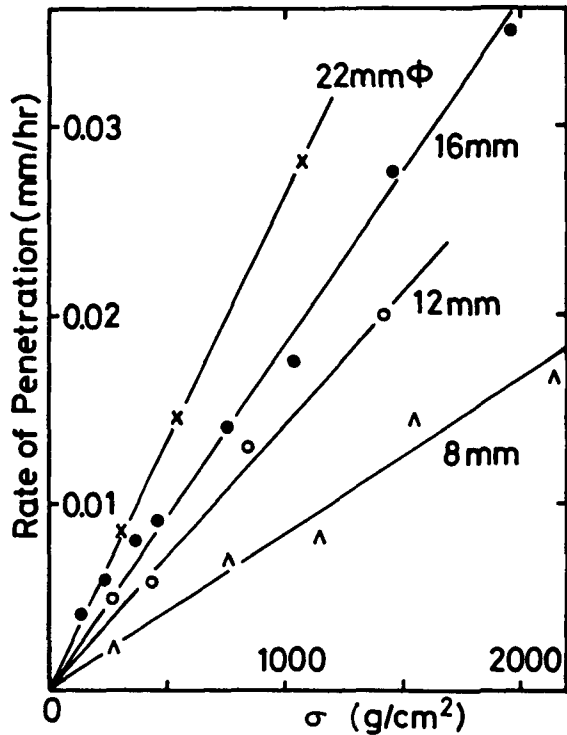
時間と共に増加するが、その増加割合(沈下速度)は時間の経過につれて減少している。これは、円柱の下の積雪が、荷重のために圧密され、その部分の積雪が丈夫になったためと考えられる。円柱の沈下量は、この実験に使った雪の密度が大きく、しかも雪温が低かったためか一般に小さく、 $\sigma=1950 \text{ g/cm}^2$ という大きな荷重の場合でも、48時間後によく2 mm に達する程度であった。(密度 0.34 g/cm^3 、雪温 -6°C の雪に直径 16 mm の円柱を載せ、 $\sigma=1200 \text{ g/cm}^2$ の荷重をかけた場合には、円柱の沈下量は、48時間後に約7 mm になった。)

実験終了後、円柱の置かれていた近くの積雪表面の凹みを調べたのが、第3図である。図同は、直径 16 mm の円柱に、 $\sigma=750 \text{ g/cm}^2$ の荷重を8日間かけた場合の積雪表面の変化を示している。この図に示したような積雪表面の凹みが、円柱の直径や荷重の違いによって、どのような形をとるか、また円柱の下の積雪の組織や構造が如何に変化するかは、興味ある問題である。しかし、今回の実験の場合は、円柱の沈下量がわずかであったため、これらを正確に観察するのは困難であった。それゆえ、この報告では、円柱の沈下速度が円柱の直径と円柱にかかる荷重によって如何に変るかだけを取扱うことにする。

円柱の沈下速度は、第2図に示したように、時間と共に減少しているが、同じ時間について較べてみると、円柱にくわえた荷重が大きい程、その沈下速度は大きくなっている。そこで、ある一定時間後の円柱の沈下速度と荷重との関係を、円柱の直径をパラメーターとして示したのが、第4図である。縦軸は40時間後の沈下速度、横軸は円柱の単位底面積にかかる荷重である。各々の円柱の沈下速度は、円柱にかかる荷重に比例していることがわかる。



第3図 円柱によってできる積雪表面の凹み
直径 16 mm の円柱 A に、 $\sigma=750 \text{ g/cm}^2$ の荷重を8日間かけた後の積雪表面の形。点線は荷重をかける前の表面を示す



第4図 円柱の沈下速度と荷重との関係

縦軸は、実験開始40時間後の円柱沈下速度、横軸は円柱の単位底面積にかかる荷重を示す。各直線に付けた数字は、円柱の直径を示す

そして、その比例常数 a は、円柱の直径が大きい程、大きくなっている。第5図は、この比例常数 a と円柱の直径との関係を示したものである。同図は、比例常数 a が円柱の直径に比例することを示している。

以上のことから、円柱の沈下速度 u は、次式で表わすことができる。

$$u = a\sigma = br\sigma \quad (1)$$

ここで、 u は40時間後の円柱の沈下速度、 a 及び b は雪質や雪温によって変る常数、 r は円柱の半径、 σ は円柱の単位底面積にかかる荷重である。

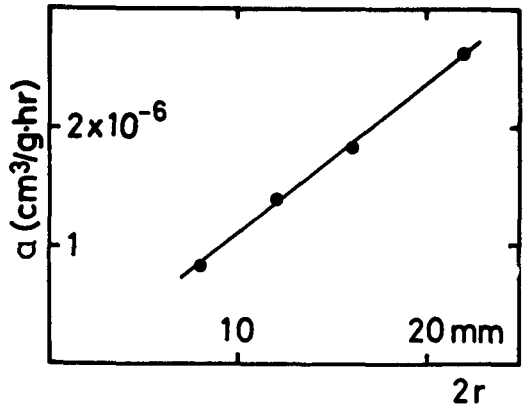
はじめに述べたように、この実験は、斜面積雪の底面滑りの実験と全く類似のものである。それゆえ、(1)式は、斜面積雪の底面滑り速度を示す式でもある。(1)式の u を、圧力融解の起らない場合の底面滑り速度とすると、 r は斜面突起物の上流側の面を半円と考えた場合の半径、 σ は上流側の面に働く垂直応力である。したがって、(1)式から、圧力融解の起ない場合の積雪の底面滑りは、突起物が大きい程、またそれにかかる荷重が大きい程、速くなると言うことができる。

今後は、さらに大きな円柱で同じ実験を行なうと共に、円柱の近くの積雪表面の変化、円柱の下の積雪の組織の変化等を調べる予定である。また、圧力融解の起る条件下での同種の実験も計画中である。

終りに、御指導いただいた若浜五郎教授に対し感謝の意を表します。

文 献

- 1) Weertman, J. 1957 On the sliding of glaciers. *J. Glaciol.*, 3, 33-38.
- 2) Weertman, J. 1964 The theory of glacier sliding. *J. Glaciol.*, 5, 287-303.



第5図 円柱の直径と比例常数 a との関係