

## トーマス型サンプラーを用いた積雪内部の観察 Snow observation using a Thomas-type sampler

日下 稜 (北見工業大学), 原田亜紀 (北海道自然エネルギー研究会),  
高橋修平 (北見工業大学)

Ryo Kusaka, Aki Harada and Shuhei Takahashi

### 1. はじめに

山岳地域の雪密度や雪の粒径など積雪状態を把握することは、雪崩など防災対策の面からも、また積雪を水資源として利用する上でも重要である。積雪層の密度分布を調べるには、スコップでピットを掘り(図-1)、角型サンプラーを用いて密度を測定し、雪質を観察するのが一般的な方法である。

しかし、その実施に際してはスコップで雪を掘るのに、多大な労力と時間を要することから、多くの地点を一度に調べることは難しく、広範囲の積雪状態を把握することは困難である。積雪は刻一刻と姿を変え



図-1 断面観測のための穴掘り

るため、測定の実施が何日にも亘ることは好ましくなく、短時間で広範囲の積雪状態を計測できる方法の確立が望まれる。従来、比較的短時間で積雪観測を実施できる方法に、神室式スノーサンプラーなど円筒型のサンプラーがあるが、全積雪水量の測定は適しているが、積雪の深さ方向の密度分布を得られない。

積雪の剪断強度は、雪質や含水率の影響について議論があるものの(山野井・遠藤<sup>1)</sup>、同一の雪質においては、おおむね積雪密度のべき乗で近似できることが知られている(竹内ら<sup>2)</sup>; 栗山<sup>3)</sup>; 五十嵐<sup>4)</sup>)。このことから雪質と積雪密度が分かれば剪断強度が推定でき、SI(stability index)等の積雪安定度の数値評価が可能になる。

そこで、本研究では短時間で、雪を掘らずに積雪の密度分布と雪質を求めることを目的として、ボーリング積雪調査を行った。使用した機器は土壌中の花粉採取に使用される物で、トーマス型サンプラーと呼ばれている。電源の無い山中での使用を想定しているため、持ち運びが容易で電気も不要である。取り扱いも簡単で、サンプラーを雪中に差し込み、上から見て時計回りにロッドを回転させるとサンプラーの窓が開き、雪が採取される。また反時計回りに回転させると窓が閉まるので、そのまま引き上げることができる。ロッドは1mずつ延長でき、最大で10mの深さまで計測できる。

雪をスコップで掘った場合との比較測定の結果、トーマス型サンプラー(以後、ボーリングサンプラーと呼ぶ)により、各層の雪質の判別は可能であることが分かった。また、ボーリングサンプラーと角型サンプラーから得られた積雪密度の間には高い相関が見られた( $R=0.96$ )。さらに、全ての作業を1人で実施した場合でも、1回の採取および密度測定に要した時間は平均で1分55秒であり、従来の雪を掘る測定方法に比べ非常に短時間で、かつ少ない労力で計測することができた。

## 2. 研究概要

### (1) 使用機材

本研究で使用した機材の仕様は以下の通りである。  
また、その写真を図-2 に示す。

- ・名称 トーマス型サンプラー
- ・サンプラー形状 円柱型 (直径 2.4cm, 長さ 30 cm, 容積 136cm<sup>3</sup>)
- ・最大測定深 10m (1m 延長ロッド継ぎによる)

図-3 にサンプラー部分の拡大写真を示す。上の写真が、サンプラーの窓が閉じているところ、下の写真が開いたところである。写真に見られるように窓につばが付いており、雪中で上から見て時計回りに回転させると窓が開き、雪が採取される仕組みになっている。そして、反時計回りに回転させると窓が閉じ、サンプラー内部に積雪が収納される。

### (2) 計測方法

計測の流れは以下のようなになる。

1. 測定する深さまで、ロッドを継ぐ。
2. サンプラーが空で、窓が閉じていることを確認し、雪に差し込む (固い場合はハンマーで打ち込む)。
3. ロッドを時計回りに 5 回転させる。
4. ロッドを反時計回りに 2.5 回転させる。
5. サンプラーを引き上げる。
6. 窓を開け、雪質を観察する
7. 雪の質量を計測する

## 3. 観測結果

### (1) 雪質の判別

ピットおよびボーリングサンプラーから採取した積雪の拡大写真を図-4 に示す。積雪は、大きく破壊されることなく、ボーリングサンプラーに捕捉され雪質を判別することが出来た。ただし、10 回に 1 回程度の割合で、サンプラーの窓が開いたまま上がってきており、その場合には狙った層より上層の雪も混じっており、測定をし直した。これは直射日光でサンプラーが暖まったことにより、付着した雪が融解し、積雪に差し込んだ時に再凍結し窓の可動部が凍りついたことが原因である。サンプラーの窓が正しく閉じていた場合には他の層の雪が混じることは無かった。

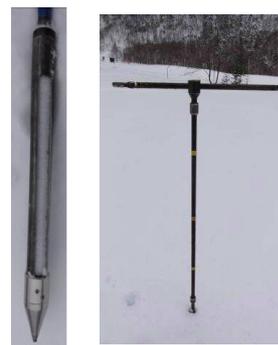


図-2 トーマス型サンプラー・サンプラー部(左)とロッド(右)

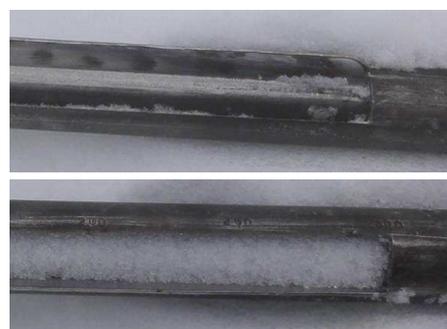


図-3 閉じたサンプラー(上)と開いたサンプラー(下)

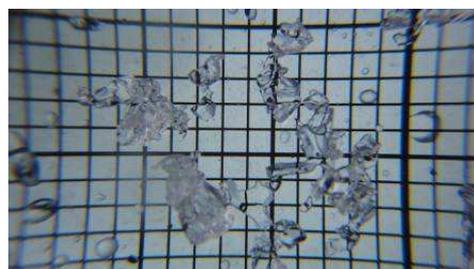
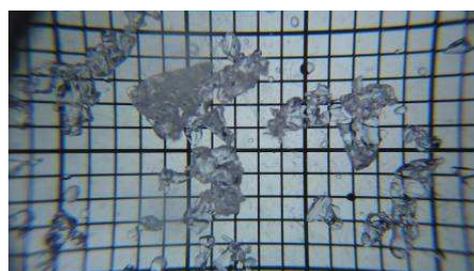


図-4 ピットから採取した積雪粒子(上)とボーリングサンプル(下) (メッシュは 1mm 間隔)。

(2) 密度測定精度

図-5 にボーリングにより，採取された積雪の密度とその標準偏差を示す．角型サンプラーにより測定された密度に比べると，幾分バラツキが大きいが高い精度の測定結果が得られた．

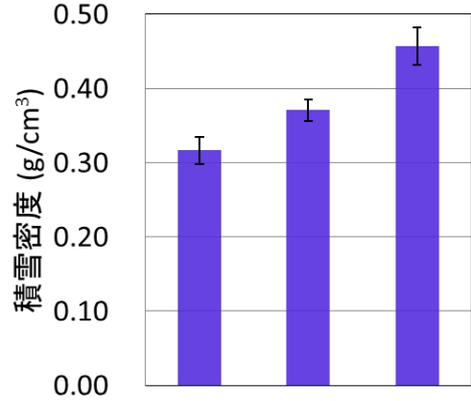


図-5 サンプラーで採取された積雪密度 ± (標準偏差)

(3) 角型サンプラーとの密度比較

図-6 にボーリングサンプラーと角型サンプラーで測定した，積雪密度の相関を示す．ボーリングサンプラーにより採取された，雪の密度が若干大きな値を示しているが，相関は非常に良い結果が得られた．

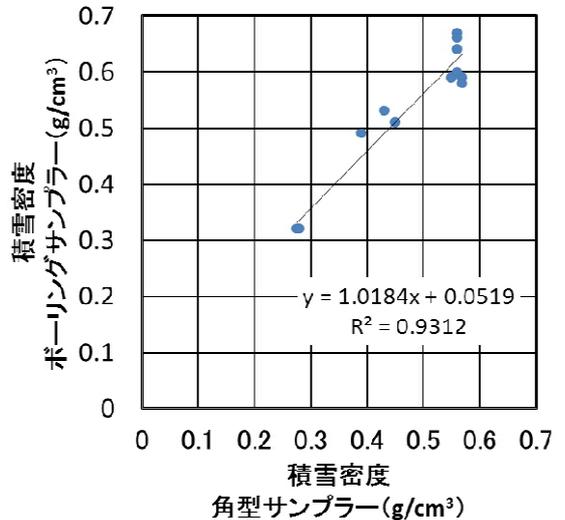


図-6 ボーリングサンプラーにより採取された雪の密度と角型サンプラーにより採取された雪の密度比較

近似式はボーリングサンプラーによる積雪密度を y, 角型サンプラーによる積雪密度を x とすると，  
 $y = 1.02x + 0.052$ , 相関係数  $R = 0.96$  であった．

(4) 計測時間について

全ての計測を 1 人で行った場合，1 回の採取および密度測定にかかった時間は 1 分 55 秒であった．これは積雪深が 1.5 m 以内の場合である．これより積雪深が大きい場合には所要時間が 1 m につきおよそ 1 分弱長くなる．これは延長ポールを接ぐのに必要な時間である．以上の結果から，トーマス式サンプラーによる測定に必要な時間 t は，以下の式で表される．

$$t = 1 \text{ min } 55 \text{ sec} \times \text{測定回数} + (\text{積雪深[m]} - 1.5) \times 1 \text{ min} \dots\dots$$

[積雪深=2.5m, 3.5m, 4.5m,.....]

仮に，2.5 m の積雪深があり，5 回測定の平均値を取るとすると，必要な測定時間は

$$t = 1 \text{ min } 55 \text{ sec} \times 5 + (2.5 - 1.5) \times 1 \text{ min} = 10 \text{ min } 35 \text{ sec}$$

となる．今回は，1 人で観測を行ったが，サンプル採取と質量測定および記録を分担し，計 3 人程度の人員で行えば計測時間を 3 割程度は短縮できるものと思われる．

4. 考察

先に，雪質判別については断面観測のためのピットを掘る場合と同程度，密度測定に関しては，高密度域において角型サンプラーと比較し，若干精度が落ちるものの十分に使用できることを示した．以上のことから，この試験器を用いた観測は，雪質および密度測定に関して積雪断面観測の代用に成り得るといえる．

次に、このトーマス式サンプラーを用いた試験は非常に短時間で行うことが可能であることを示した。従来の断面観測を行う場合、2.5 m のピットは、数人で掘る場合でも、1 時間程度はかかるであろう。しかし、この方法を使用すれば 10 分 35 秒と、測定時間を 1/5 程度にまで短縮することが可能である。さらに、スコップで雪を掘る場合に比べはるかに少ない労力で観測を行うことができる。

また、このトーマス型サンプラーは人力での持ち運びも可能である。

以上のことから、この試験方法はとりわけ車両の乗り入れができない山岳地帯において、積雪深が 1 m を超える地域の積雪分布を短時間に広範囲に亘って調査する場合に有効であるといえる。

## 5. まとめと今後の展望

本稿では、手動で観測が行えるボーリング試験器の有効性を示し、その観測手法の提唱を行った。それと同時にいくつかの課題も見つかった。

まず、直射日光によりサンプラーに付着した雪が、積雪内部で再凍結し窓の開閉ができなくなる事例があった。可動部分を軽くたたくことで、解消されたが、再計測が必要になることが多く、時間を要した。サンプラーは体の影になるような位置で扱う等の工夫が必要である。-10 以下まで気温が下がった場合にはこのような事例は生じなかった。

また、本試験に用いたサンプラーの長さは 30cm であり、30cm より短い間隔の密度プロファイルを得ることはできない。サンプラーの中で積雪をカットする、あるいはサンプラーの内に仕切りを設けるなどして、数 cm 単位の密度分布計測は可能であろう。

### 【参考・引用文献】

- 1) 山野井克己, 遠藤八十一, 2002: 積雪におけるせん断強度の密度および含水率依存性, *雪氷*, **64**, 4, 443-451.
- 2) 竹内由香里, 納口泰明, 河島克久, 和泉薫, 2001: デジタル式荷重測定器を利用した積雪の硬度測定, *雪氷*, **63**, 5, 441-449.
- 3) 栗山弘, 1984: 雪のベーン剪断強度(1) -剪断速度の効果-, *雪氷*, **46**, 3, 101-108.
- 4) 五十嵐高志, 1980: 積雪のベーン剪断強度と雪崩, *雪害研究発表会*, **5**, 1-4.