

II-15

山地流域斜面における積雪の流動特性

専修大学北海道短期大学 正会員 ○山梨 光訓
 北海道大学大学院 フェロー会員 藤田 睦博
 苫小牧高等工業専門学校 正会員 八田 茂実
 北海道大学大学院 学生員 田中 岳

1. はじめに

積雪は時間が経過すると変性する。積雪の粗粒化にともない密度も変化する。そして、斜面の勾配に応じて流動性を示す。この流動性は山地流域斜面において 2 つの効果を示すと考えられる。1つは融雪の促進で、もう 1 つは濁度増加への影響である。山地流域の河道に面した斜面では積雪がひび割れを起こして積雪ブロックとなり河川に流入している。流入した積雪ブロックは河川を堰きとめ、水位を急上昇させ、これに伴う融雪と濁質流出の促進をすることが考えらる。

本論文では積雪が流動性をもつことを山地斜面上で確認し、定量化することによって融雪流出への寄与、濁度増加への影響を解析する際の資となるよう実証的に観測しようというものである。とくに観測にあたっては、実用的でかつ精度を高められる方法を開発することにも重点をおいている。

2. 積雪層の流動観測手法

調査地区を北海道の石狩川水系内にある山地流域に設けた。流域は美唄の上中ノ沢試験流域で、図 1 に示す。流域内では 2 地点で水文観測を行っている。A 点と B 点では水位、水温、気温、濁度が観測されている。冬季は A 点で積雪深を観測している。C 点は流域から 200m ほど離れるが、降水量観測点である。

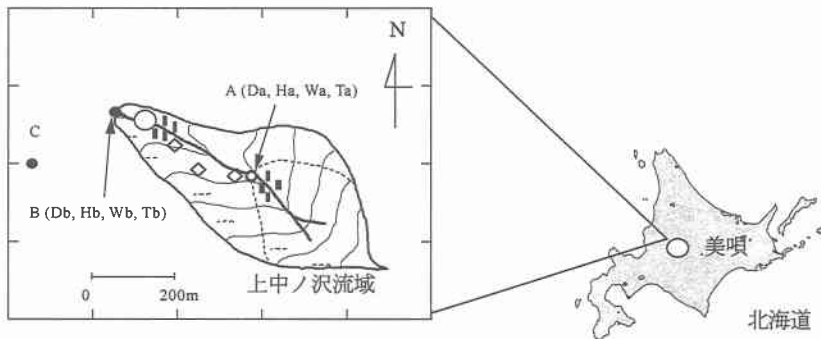


図 1 観測点位置図 (◇: マーカー設置点 | : 測量ポール設置点 ○: 標識テープ設置点)

積雪流動の観測手法としては次の 3 手法を採用した。それぞれ、1) 斜面の積雪上に設けたマーカーの移動量追跡法、2) 積雪層に鉛直に立てた測量ポールによる融雪調査法、および、3) 積雪層に埋設した標識テープの移動測定法である。

メソッド 1) この方法は山地の融雪期である 3, 4 月に積雪表面上にマーカーを設置し、この移動状況を写真観測、測定することによって積雪の移動量を測定するものである(図 2、写真 1)。

積雪移動量測定には、まず斜面の方向に直角な基準線を設ける。これに沿って積雪面にマーカーを設置

Study on Movement Characteristics of a Snow-pack Layer of the Slope in a Mountainous Basin
 by Mitsunori YAMANASHI, Mutsuhiro FUJITA, Shigemi HATTA, and Gaku TANAKA

し、数日後に基準線からの移動量を測定する。図1中の斜面観測点（◇印）には流域の上流側と下流側に2地点を選び、河道に近い左岸の斜面に設けた。流動量の測定は基準線となる紐から積雪表面に埋め込んだペグ(割り箸)に目印としてピンク色のテープを取り付けたものとの距離を定期的に測る。

メソッド2) この方法は、図3、写真2に示すように測量ボールを斜面に数点設置し、これを基準に使用して斜面の融雪状況を写真にとり、観測するものである。また、流動の影響を把握するためにボールの傾斜角度と積雪深を直接計測する。設置箇所は、流域の上流側と下流側に各2地点である。これらの地点では2箇所河道と直交する測線を設け、左右の斜面上に計10本のボールを配置した。

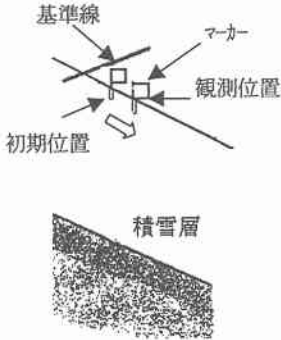


図2 メソッド1)

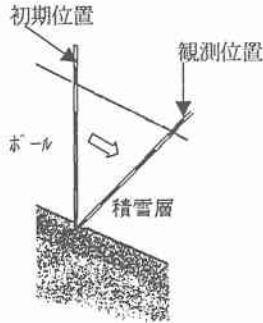


図3 メソッド2)

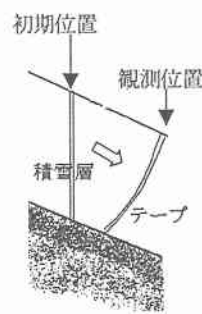


図4 メソッド3)

メソッド3) この方法(図4、写真3)では、標識テープの動きを観測するものである。積雪期に斜面上で鉛直に標識(紙)テープを埋設する。この時、標識テープ下端の地表面上にも基準点を設けるものである。その後、融雪期にテープの脇を掘起して、積雪断面を観察し、基準点から標識テープまでの(積雪層)移動量を測定する。設置にあたり積雪層に鉛直に紙テープを埋設するためにスチール製のものさしを使う。紙テープには折り返したフックがあって、これにもものさしの先端を掛けて積雪に埋設ができる。紙テープにはあらかじめ日付と下端からの目盛りが付けられており、掘り起こして観測するときに設置時期の確認ができる。また、同時にペグ埋設シリンダとピストンを使って、テープ下端の位置にペグ(目印(ピンク色のテープ切片)付きの釘)を設置する。これは標識テープの流動基準点とする。標識テープは基本的に1回の掘り起こし観測で消耗してしまうので観測回数に応じた数だけ設置する。今回は観測の安全性と観測回数を考慮して1つの観測斜面に5点を並列して設置した。観測は図5に示されるような積雪層の断面の座標系に基づいて行った。現場で簡便かつ精度を高めるために用いた観測手順は次のようになる。まず、基準点(ペグ)を通る鉛直直交座標系(X-Y)を考えて、標識テープ上の点Bから点Aを求める。点Aは点Bに記されている初期の積雪深(h)である。点Bの現在位置は標識テープの距離lと高さdを計てきめる。斜面の角度(α)、融雪深(s)、グライド(g)などを計る。次に、斜面勾配を使って座標変換して、座標系(x-y)における両点の変位を求める。これらの値と経過時間から流動速度uを求める。

なお、流動観測は融雪期に行った。この際に積雪の水文特性として積雪相当水量と積雪密度の観測も行った。標識テープの調査では積雪断面が形成されているので、採雪円筒器具を用いて簡便に計測した。

3. 調査結果と考察

斜面の積雪流動変化をメソッド1)で観測すると、使用した基準線の紐が風にあおられて計測が困難なことが多い。無風時を待ったり、短い基準線を用いることによって、測定を試みたが、計測が困難であった。また、融雪が進み、雪面のマーカーと基準線の距離が離れていくことも、測定誤差を増大させる原因となったようである。マーカーを設置して数日後に基準線の直下にあった標識が移動することを確認できた場合もあったが、多くの場合、得られた値にばらつきも多く、移動量の数値化には至っていない。そこで、基準線

を用いない方法として測量器械を使ってみたが、測量基準点の不備が確認され、実流域で多数の観測点に対して軽便に、かつ、精度の高い変動量観測を行う方法としては不適當と判断した。

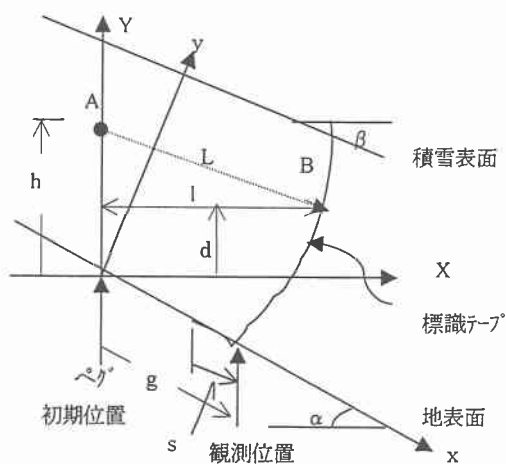


図5 座標系

メソッド 2)による斜面積雪の観測状況を写真2に示す。上中ノ沢流域における1997年の最大積雪深は1mほどで写真観測時は3月12日の積雪標が85cmであった。この時点では融雪の気配は少なく標識ポールは鉛直に立っている。これが29日になると斜面下方に傾くものが現れ、4月6日ではさらに傾きが大きくなっていた。これらの結果からポールに働く力、すなわち、積雪の流動が推定されるが、下端が半固定で流動量を知ることは困難とみられた。積

雪後にポールを立てて、下端を自由にした場合も試み、ほぼ同様な結果が得られた。ただし、この場合もポールが傾斜してくると自重で転倒する力を無視できないと考えられた。



写真1 メソッド1)



写真2 メソッド2)

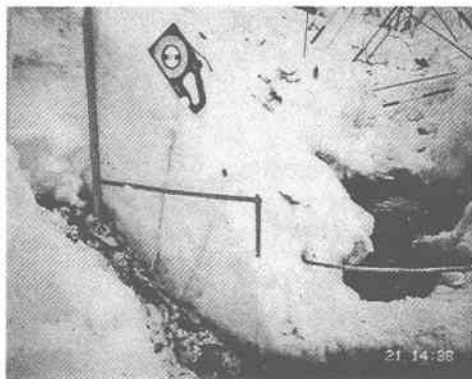


写真3 メソッド3)

メソッド 3)によると斜面の傾斜角、経過時間などによって次のような特性を得ることができた。観測地点は地形が異なる7斜面に設けた。3月から4月の融雪期に積雪断面を開いて標識テープの移動量を測定した。積雪の性状はザラメ状態になって例年並みであった。積雪密度も同じ状態である。測定結果の一例を表1に示す。流動距離は斜面の勾配によって変わるものである。観測期間の平均値として斜面の勾配が 56° の場合に1時間あたり1mm、 28° 場合には1時間あたり0.4mmの流動量が観測された。このような結果を積算することによって、流出への影響の評価も可能であると考えられる。

今後、調査観測に関して改良すべき点は、

1) 標識テープの設置にあたって、設置後の積雪で埋没してしまい、観測時に位置確認に手間取るのを防ぐために、その周囲に設置位置を示す補助標識が必要である。

2) ペグの大きさは 30mm ほどの釘を使ったが、観測時に見失ったり、小さすぎて地中に埋まっているものもあった。現場では、地表面の凹凸も考慮して大きさを再検討する必要がある。

3) 標識テープは断面観測時には端しか見えないのでテープの形状や目盛りの見易さのために色分けしたテープにし、写真の画像としても捉えやすさを考慮すべきであった。

4. おわりに

融雪流出に係わる積雪の流動性について現場で実証的にかつ実学的な調査方法の実施を試みた。氷河、

表1 観測結果 (A,1:初期位置 B,2:観測位置)

No.213

t_1	t_2	m_s	h_w	ρ
12-Feb	21-Mar	50cm	22cm	0.44g/cm ³

g	s	α	β
76cm	10cm	56°	54°
h	X_1	$Y_1=h$	
55cm	0cm	55cm	
l	d	$X_2=l$	$Y_2=d$
62cm	-18cm	62cm	-18cm

	$x=X\cos\alpha - Y\sin\alpha$	$y=X\sin\alpha + Y\cos\alpha$
A	-46cm	31cm
B	51cm	40cm

$u = L/(t_2-t_1)$	0.11 cm/hr
-------------------	------------

No.733

t_1	t_2	m_s	h_w	ρ
28-Jan	30-Mar	19cm	8cm	0.40g/cm ³

g	s	α	β
20cm	20cm	28°	26°
h	X_1	$Y_1=h$	
78cm	0cm	78cm	
L	d	$X_2=l$	$Y_2=d$
20cm	9cm	20cm	9cm

	$x=X\cos\alpha - Y\sin\alpha$	$y=X\sin\alpha + Y\cos\alpha$
A	-37cm	69cm
B	14cm	17cm

$u = L/(t_2-t_1)$	0.03 cm/hr
-------------------	------------

雪崩については物理学的に研究成果が進展している。しかし、融雪が生起している、積雪の流動に関する研究はほとんどなされていない。そこで、積雪流動の時期と規模の定量化を把握と実用的にして精度の高い観測方法の実現を目指して調査を行うこととした。ここでは測定方法としてマーカー追跡法、ポールの写真判定法、および、標識テープ追跡法という3つの手法を提案し、山地斜面における積雪の流動状況の定量化を試みた。観測方法として軽便、廉価、かつ、精度を保つことができ、有効とみられたのは第3のテープ埋設法である。この方法によると積雪の流動速度は勾配 56° の斜面では観測期間の平均値として 0.11cm/hr、勾配 28° の斜面では 0.03cm/hr が得られた。今後さらに観測を重ねるとともに、当流出試験地では流量、濁度などのデータも測定しているのでこれらと積雪層流動量の関係についても今後検討していきたい。

参考文献

- 1) M.YAMANASHI, M. FUJITA and S.HATTA; Turbidity Characteristics in River Flow at Mountainous Basin, Proc. of 1st Korea-Japan Bilateral Seminar on Water Resources and Environment Research, 1996.
- 2) 山梨光訓、藤田陸博、八田茂実、田中岳: 融雪期における積雪の流動特性、土木学会北海道支部論文報告集、54(B)、1997.