# すり抜け雪崩と点発生乾雪表層雪崩を分ける安息角

成田英器,竹内政夫(NPO法人雪氷ネットワーク)

### 1. はじめに

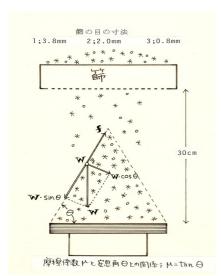
安息角より急な斜面では降雪は堆積する間もなくスラフ(点発生乾雪表層雪崩)と呼ばれる小雪崩となる(秋田谷,1900).このため急斜面からの雪崩は少ないとされていた.しかし,急斜面に雪が積もり面発生乾雪表層(&全層)雪崩となって道路に被害を与える事例が多くなっている.新雪時に発生することからここでは便宜上,表層,全層を含めて以下新雪雪崩と呼ぶことにする.新雪雪崩は雪崩柵のある箇所では柵をすり抜けて道路に被害をもたらすことがあり,すり抜け雪崩とも呼ばれている.すり抜け雪崩の最初に報告されたのは1998年であるが,雪崩柵が効かない対応の難しい雪崩として知られるようになってきた.安息角とスラフの関係について実測に基づいた議論は無かったようである.また,新雪雪崩は降雪の安息角が大きくなりスラフが機能しなくなって急斜面に雪が大量に積もるようになったという考えから,ここでは新雪の安息角の測定結果について述べる.

#### 2. 積雪の安息角

積雪の安息角は Kuroiwa et al. (1966)によって円板上に雪粒を落下させ円錐状に 堆積した時の円錐と水平との角度で求められた.雪粒子の摩擦と付着力によって決まる摩擦角であるが,積雪の場合は形の複雑度(外縁長/投影面積相当の円周長)と付着 力に影響する温度が効いている.落下点の高さや円板の大きさによっても異なるが,落下高 7cm 円盤の直径 10cm では温度によって 47(-3.5 )~55(-12 )度が得られて いる.温度をパラメターに自然の六華の結晶についても測定しているが,-34 で 63 度であるが温度が高くなると中心が尖塔状態になり安息角は 90 度になるのがみられた.

## 3. 新雪の安息角

新雪の安息角の測定は自然の状態でも少なからず試行されているが、測定に時間が



かかりその間に沈降し水平方向に膨張するため思うように測定できないことが多いようである.ここでは新雪を集めて成田(未発表)が行った安息角の測定結果の概要を紹介する.

#### 図 1 安息角測定方法

新雪を篩に載せて振動させ図1のように,高さ 30cm からアルミ缶の上に落下させる.篩の目は大きいものから3.8, 2.0, 0.8mm の3種類を用い粒径の違いによるサイズ効果を調べた.結晶形と大きさを顕微鏡写真で,温度は 7~-13.5 の範囲で行った.一例ではあるが安

北海道の雪氷 No.28 (2009)

息角の測定時にスラフの発生が記録されている.

### 1) 実験要素

主に測定したのは以下の3要素である.

複雑度:結晶形で代表,顕微鏡写真による.

粒子サイズ:篩によって3種類に分けるとともに顕微鏡撮影によって調べた.

温度: 7~-13.5

## 2) 測定データ

測定データは6種の結晶形を粒径別に3種,合わせて以下の18個である.

結晶形:(1)樹枝状六華 (-12.5)

(2)吹きだまり(雪庇下に堆積) (-13.5)

(3)雲粒付き(広幅六華) (-10.0)

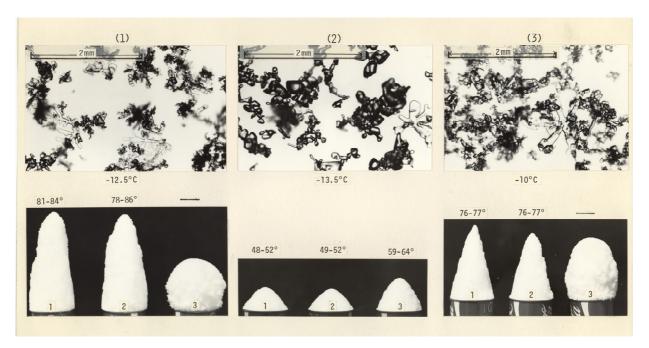
(4) 樹枝状六華 (降雪 24 時間後) (-11.0 )

(5) 広幅六華 (-7.0)

(6)角板・扇状 (-8.0)

粒径: 0.83, 2.0, 3.8 (mm)

温度範囲: 7~ 13.5



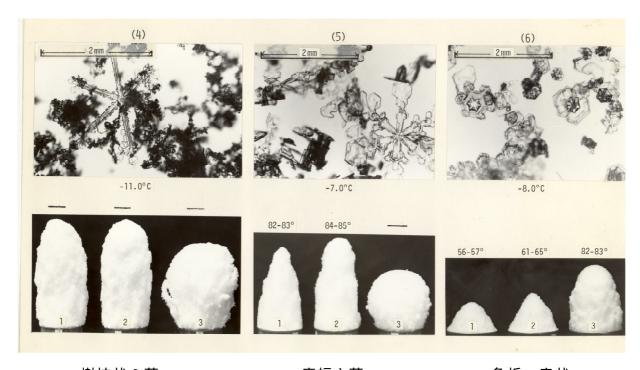
樹枝状6華(降雪24時間後)

吹きだまり

雲粒付(広幅六華)

写真 1 上:顕微鏡写真,下:安息角,粒径は左から順に 0.83, 2.0, 3.8 (mm)

写真 1 と 2 から , 一見して粒径が大きいほど安息角が大きくなり , 結晶形によっても大きな違いがあることが分かる . 特に樹枝状 6 華の安息角は全ての粒径で 90 度以上となっており , 形の複雑度が効いていることになる .



樹枝状 6 華 広幅六華 角板・扇状

写真 2 上:顕微鏡写真,下:安息角,粒形は左から順に0.83, 2.0, 3.8 (mm)

## 4. 結晶形・粒形と安息角

測定されたすべてのデータを安息角の大きい順に結晶形,粒径別に以下に整理した. 安息角が90度を超えるのは,樹枝状六華は全ての粒径で,広幅六華,雲粒付き(広幅 六華)では3.8mmであった.

樹枝状六華:	全ての粒径(mm),		> 9	> 90	
広幅六華:		粒径 3.8,	> 9	0	
樹枝状六華(降雪後2	尌枝状六華(降雪後24h):		> 9	> 90	
雲粒付き(広幅六華)	:	: 粒径 3.8,		> 90	
広幅六華:		粒径 2.0,	85 >	> 84	
樹枝状六華(降雪24	h ):	粒径 2.0,	86 >	> 78	
樹枝状六華(降雪24	h ):	粒径 0.83,	84 >	> 81	
角板・扇状:		粒径3.8,	83 >	> 82	
広幅六華:		粒径 0.83,	83 >	> 82	
雲粒付き ( 広幅六華 ):		粒径 2.0,	77 >	> 76	
雲粒付き(広幅六華):		粒径 0.83,	77 >	> 76	
角板・扇状:		粒径 2.0,	65 >	> 61	
吹きだまり:		粒径 3.8,	64 >	> 59	
角板・扇状:		粒径 0.83,	57 >	> 56	
吹きだまり:	粒径	0.83&2.0	52 >	> 48	



この中でスラフが観測されたのは の角板・扇状でこれ以下の安息角ではスラフの可能性があるといえそうである。また、スラフにも約50cm 新雪が積もっても新雪雪崩にもならなかった時の安息角が写真3である。

写真3 デリネエーターの冠雪から求めた 安息角,約80度でスラフや新雪雪崩の発生は みられなかった

5.結晶形による安息角の大きさの比較 結晶形によって安息角の大きい順番を示すと;

樹枝状六華(新雪)>樹枝状六華(24h後)>広幅六華 > 広幅六華混じり・雲粒付き > 角板・扇状 > 吹きだまり, である.

雪粒子が丸みを帯びるにしたがって安息角は小さくなっており,感覚的にも分かりやすい.

# 5. あとがき

スラフの発生機構は安息角で議論されるが,必ずしも実測データは十分では無いようである.例えば雪粒子の転がり落ちる角度が安息角であるとすれば,何 cm か積もって滑るスラフの発生機構は安息角に関係するが安息角そのものとは違うように思われる.今後は,雪質を考慮したスラフや新雪雪崩の発生機構についての研究が望まれる.また大雪になってもそれが,スラフになるか大規模な新雪雪崩になるかを予測することは雪崩管理に重要である.予測実現のためには,スラフが発生した時の斜面勾配と安息角(雪結晶)の実測データの蓄積が必要であろう.

#### 6. 文献

秋田谷英次,1990:安息角(雪の),雪氷辞典,日本雪氷学会.

Kuroiwa, D., Mizuno, Y and Masao Takeuchi, 1966: Micromeritical properties of snow, Physics of snow and ice, International Conference on low temperature science, Institute of low temperature science Hokkaido University.