

2. 技術研究「危急時と雪崩対策」について

雪崩と雪崩に遭遇しないための判断

川 田 邦 夫

1. はじめに

雪山での事故、ことに雪崩の事故がいまなお後を絶たないのは本当に悔やまれる。冬山に入る誰もがいくらかの雪崩に対する知識はもっていると思うのだが、実際の現場で有効に生かされていないとも考えられる。自分の行動に必要な、より多くの雪や雪崩の知識をもっていることが望ましいが、実際には多くの経験を通していろんな判断が正しくできるようになるのであろう。そのためには雪と雪崩に対する基本的な事柄をよく理解しておくことが必要である。ともすれば先輩からの教えと概念的な思考が現場での判断を迷わせることになりかねない。

学問的知識だけが安全性の判断基準にはならないであろう。同行メンバーの力のアンバランス、めまぐるしい気象の変化、同じ地域でもその度異なる積雪状況の違いなどが現場での判断を迷わせる要因になっていることは理解できる。

しかし、安全性を求める限りは冷静に現場の自然状況を把握して、正しい判断をせねばならない。そこには唯一絶対的な正解はないかもしれない。安全で、満足のいける結果が正解なのであろう。

そこでやはり、雪山での行動技術もさることながら、雪と雪崩についての正しい知識が必要となるのである。この主題についてここで詳細に述べることはできないが、基礎的概念だけでも解説し、冬山を目指す人達のこれからの勉強に役立ててもらえれば有り難い。

2. 雪崩について

一般に、斜面上の積雪が重力の作用により目に見える程度の速さで斜面を落下する現象を雪崩と言っている。雪崩の名称は発生の条件や形態などにより、山岳関係者や地方によっていろいろに呼ばれている。したがって必ずしも誰にでもわかり易いものではない。日本雪氷学会では目視などで簡単にわかる雪崩発生時の状況をもとに、なだれの分類を行っている。それは次の三要素を組み合わせたものである。

- (1) 雪崩発生の形 / 点発生・面発生
- (2) 雪崩層の雪質 / 乾雪・湿雪
- (3) 滑り面の位置 / 表層・全層

面発生というのは、斜面上部の発生域で線状に大きく破断面が生じ、広い範囲で面的に雪崩が発生するものをいう。滑り面の位置が全層というのは文字どおり積雪全層が地盤から滑る場合で、表層というのは雪の層の中間が滑り面となる場合である。これらを組み合わせることによって次の6種類の雪崩に分類した。

2. 技術研究「危急時と雪崩対策」について

点発生乾雪表層雪崩 点発生湿雪表層雪崩
面発生乾雪表層雪崩 面発生湿雪表層雪崩
面発生乾雪全層雪崩 面発生湿雪全層雪崩

上記の三要素の組み合わせでは8種類が考えられるが、点発生の全層雪崩の存在は確認されていないということで、省かれている。また不明確な要素のあるときは、その要素を省いた名称が使われる。「表層雪崩」、「湿雪全層雪崩」などと呼ぶのがこれにあたる。

また雪崩の運動形態をいうときには、流れ型雪崩、煙り型雪崩と言っている。

それでは雪崩はどのようにして発生するのかを考えてみよう。そのためには、斜面上の積雪の挙動について知っておかねばならない。斜面上の積雪は重力の斜面方向の成分により、下方へ崩落あるいは流下しようとしている。他に外力がないときには、これを雪崩の駆動力と考える。駆動力は積雪量が多いほど、また斜面勾配が強いほど大きいことがわかる。斜面の積雪が安定に静止しているのは、この駆動力に抗して斜面上に積雪を支えようとする支持力が働いて、釣り合っているからである。支持力というのは積雪底面と地盤、あるいは積雪内滑り面の上下の層間における摩擦力（弱層の場合はせん断力）、立木や地面の凹凸などの斜面上の障害物、積雪の破壊強度などである。何らかの原因で駆動力が支持力を上回ったときに斜面積雪に破壊を生じて雪崩が発生することになる。このような過程には図1に示すような二つの場合がある。

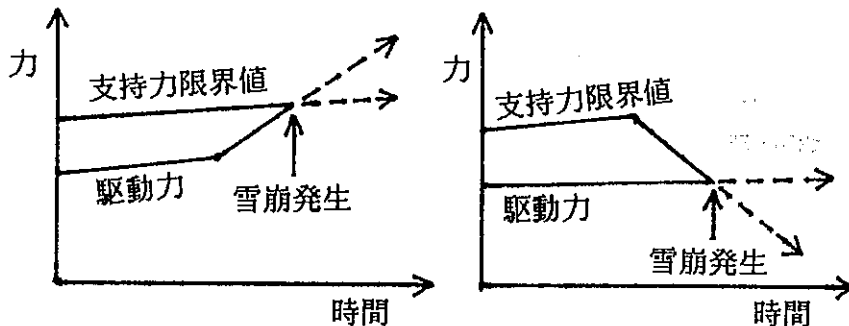


図1 雪崩発生の典型的な過程

1) 駆動力が増加して支持力の限界値を越す場合

新雪はマイナスの等温度の下で雪粒を形成し、雪粒同士が互いに接した部分で結合していく焼結という現象によって、積雪は一般に時間が経つにつれて丈夫になっていく。しかし、短時間に多量の降雪があって、新雪自身の強度が十分に強くないうちに駆動力が増した場合や、内部のより弱い層の支持力が多量の降雪によって増してきた駆動力に負けた場合、雪崩が発生することになる。

一般には乾雪の表層雪崩がこの場合に相当する。吹雪を伴って多量の降雪があるような場合には

2. 技術研究「危急時と雪崩対策」について

大規模の雪崩が発生する可能性があり、山岳地では特に注意せねばいけない。

2) 支持力が低下して駆動力を下回る場合

積雪の機械的強度が弱くなる変態には積雪層内の温度勾配によるしもざらめゆきの形成や融雪水の浸透によるざらめゆきの形成がある。前者のしもざらめゆきは大変機械的強度が弱く、雪崩発生については危険度の高いものであるが、これは積雪の層の中に弱層としてかくれており、これ自身が破壊していくというよりは、多量の降雪などによる駆動力の増加や、登山者やスキーヤーによる人為的な原因によって破壊するので、先の場合に入れられる。したがって、支持力が低下して駆動力を下回る場合の発生は、ほとんどが融雪期などの水の浸入による積雪の機械的強度が弱まることに原因する。つまり、湿雪の表層および全層雪崩がこれに当たると考えてよい。

3. 積雪の観察

積雪の性質や機械的強度を知る上でも積雪の種類やその構造を観察し、知っておくことは大切である。ここで主な積雪の種類とその特徴を述べる。

(1) 新雪：

降雪の結晶の形をまだ残している、降り積もって1～2日程度の積雪。大部分が空気、密度は50～200kg/m³程度である。軽くて、軟らかい。この新雪の層が厚いと歩行に苦勞する。激しく降り続いているときや寒気が続いて積雪層が安定しないときは、急斜面の所では乾雪表層雪崩の危険がある。

(2) しまり雪：

降ってから2～3日も経つと、とがった形の新雪は円みをもった雪粒となり、隣接する粒子同士は接点を太く丈夫にして立体的な網目構造を作るようになる。この初期の段階がこしまり雪と呼ばれる。密度は300～550kg/m³程で、丈夫なしまり雪は雪洞掘りにも適するし、この雪自体は力学的強度は強い。

(3) ざらめ雪：

積雪に融雪水や雨水が入り込んで、0℃の状態になると、それまでの粒子間の結合が切れて粒子の再構成が起こり、再凍結して粒の大きなざらめ雪となる。凍結したざらめ雪の強度は強いが、水を含んだ状態のときは粒子間の結合が切れて、力学的強度は極めて弱くなる。湿雪表層および全層雪崩の発生はこのような状態のときである。

(4) しもざらめ雪：

北海道や本州の山岳地域などの寒さの厳しい所では、積雪内の温度勾配によって結合力の極めて弱いしもざらめ雪の層ができる。温度の高い部分で昇華蒸発が起こり、温度の低い部分の積雪粒子に昇華凝結して積雪層内に霜ができるのである。非常に発達したものはほとんど粒子同士の結合力はなく、積雪の中に弱層を作ることになり、重要な雪崩の発生原因となっている。

4. 積雪内の弱層

冬山登山者が雪崩の危険があるかどうかを判定するには、気象状況の経過と予測、地形、積雪の性質や状態等いろいろな面から状況を検討することになる。とりわけ当面する斜面の積雪がどんな状態にあり、安全性はどうかということが大きな関心事であろう。雪庇、吹き溜まり、クラックなど目に見えるものはそれなりの判断材料にはなるが、表面には見えない積雪の層内に雪崩発生の要因があることが多い。つまり、積雪内に弱層と言われる極度にもろい層が面的に広がっている場合、登山者の刺激による外力によって容易に雪崩が発生し得るのである。したがって弱層の存在の認識はその後の行動の決定に重要な要素となる。弱層の存在を見いだす方法はいくつかあるが、手間のかからない簡便な弱層テストは覚えておくべきである。

該当する場所で手前の雪面に直径40～50cm程度の円を描き、両手でそこを掘り下げて高さ40～50cmの円柱を作る。そして図2のように円柱の上部を両手で抱えて手前へ引っ張ってみるのである。この抱える位置を順々に下へずらして引っ張ってみて、はがれの起こる所が弱層である。弱い力ではがれる程雪崩誘発の危険が高いと言えよう。ここでもう一步、はがれた面を観察して、その部分がどんな雪質であるか確かめてみたい。そしてそれまでの気象状況と重ねて

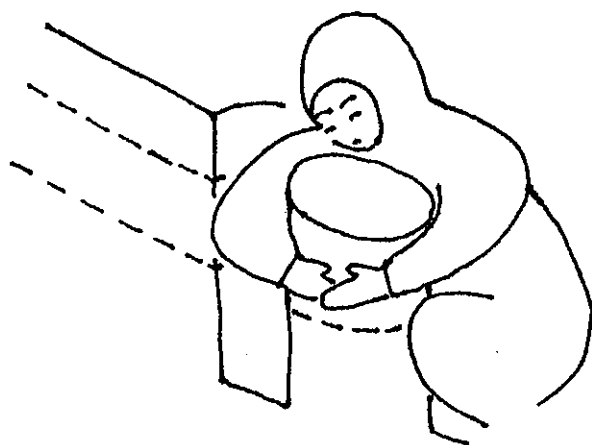


図2 弱層テスト

みるのである。この弱層テストは行動中、所々で試みる必要がある。頻繁にできない場合でも、歩いていて沈み込む感じとか、ピッケルで突き刺した感触とかに注意を払い、異状を感じたら面倒くさげらず、安全の確認をすべきである。

弱層として注意をせねばならない例を挙げてみる。

- (1) しもざらめ雪層：寒さの厳しい地帯で見られる。比較的積雪が少なく、風が強い所では温度勾配が強く保たれて、しもざらめ雪の発達著しい。厚さは数mm～数cm程度で、氷板の下などでよく発達する。積雪量の少ない所ではほとんど全層がしもざらめ雪になっていることもある。地面にハイマツなどがあると、その空間部分にも発達する。
- (2) 板状・樹枝状の結晶やあられの層：これらの層は比較的変態が遅く、ごく薄い層となってしまうり雪層の間にあるとき、気づきにくい弱層となっている。
- (3) ぬれざらめ雪の底層：上部の積雪層はまだ丈夫であるにもかかわらず、底層にほとんど支持力がなく、なんらかのきっかけで大きく崩れる。

2. 技術研究「危急時と雪崩対策」について

- (4) 表面霜：夜間の放射冷却などによって雪面が冷やされて、大気中の水蒸気が雪面に凝結し、うろこ状、羽毛状、扇状などの霜の結晶ができることがある。これが雪面霜で、ときには樹枝状結晶が降ったかのように見える。この上に積雪が載ると、この霜の弱層は変態が遅く、やはりすべり面となる。

5. 雪崩に遭遇しないために

遭難にまでは至らなくても、雪崩に遭遇して、ひやっとする場合はよくある。全く程度問題であるが、逆にあの程度の雪崩で死ぬなんてと思われることもある。交通事故に似ているかもしれないが、雪崩の場合は相手が自然であり、自分で身を守るしかない。油断や妥協は許されないが、相手（雪崩）の特性を知れば知るほど、より安全な対策をたてることができる。

雪崩遭難には幕営中と行動中の場合がある。それぞれについて一般的な注意事項のいくつかを挙げておく。

<幕営中の雪崩>

「まさか、あんな所で———。」ということをよく耳にする。幕営ではゆっくりと身体を休めねばならないから、雪崩の心配のない安全な場所で、できれば一度テントを張ったら、除雪や移動などしなくてよいようにしたい。幕営中にテントが雪崩で埋まったり、流されたりしては悲惨である。計画段階でどの場所に幕営するか考えておかねばならないが、実際には行動状況によって現地判断することが多いであろう。幕営地を選定する際の主な注意点を挙げる。

- (1) 原則的に沢の中での幕営は避ける。
- (2) 沢床から少し高い台地といえど、安全とは限らない。
- (3) 沢の兩岸の尾根が低い場合、隣の沢の雪崩が尾根を乗り越えて襲ってくることもある。
- (4) 稜線上で設営するとき、風下側斜面の吹き溜まりは雪庇になっていることもあるから注意が必要である。
- (5) 密な樹林帯は雪崩の発生についてはほぼ安全である。
- (6) 四方が確認できず、多量の降雪がある時の幕営は特に注意せねばならない。早めに安全な場所での幕営を決めるべきである。

<行動中の雪崩>

原則的には沢筋よりも尾根筋にルートをとるべきである。沢筋だけでなく、ピークを巻くときや、トラバース時も危険がある。急峻な斜面をもつ稜線では雪庇の踏み抜きや滑落は雪崩を誘発する。雪崩の危険地帯を通過する際の注意事項を挙げる。

- (1) 行動中、時々安定度テスト（弱層テスト）をする。
- (2) 雪崩路はできるだけ避ける。やむを得ず通る時は必ず確保して一人ずつ通る。
- (3) 降雪の最中と直後1日はできるだけ通らない。

2. 技術研究「危急時と雪崩対策」について

- (4) 雪崩の出そうな広い斜面は通過しないようにする。やむを得ないときでも、できるだけ狭い上部を選び、一つの安全地帯から他の安全地帯まで必ず一人づつ確保して進む。
- (5) すりばち状の地形の所は、雪崩のデブリが集中するので危険である。
- (6) スキーで雪崩危険地帯を通過するときは、スキーをはずれ易くしておく。
- (7) 常に発生する雪崩の規模や状態を想定し、もしも発生したときの行動を考えておく。

6. おわりに—最大限の安全を—

斜面上の積雪の内部の応力状態も知っておくと役に立つ。一般的な平斜面では一般に上部は引っ張り領域であり、下部は圧縮領域となる。斜面上部に引っ張りによる割れ目が発生し、下部の方で圧縮のしわが見られるのはこのためである。また部分的な地面の凹凸によっても、その部分に引っ張りや圧縮の領域ができる。斜面上部で露岩などがあると、そのすぐ下方は引っ張りの状態になっているので、新雪を被って見えなくても、下層にクラックがあるかもしれない。氷河上でも同じことが言える。傾斜が急で、動きの速い所は引っ張りの地帯である。表面上は一樣に見える斜面の積雪でも、風などによって密度の大きい硬い所と柔らかい所ができる。硬い部分があると、その上部が圧縮で、下方が引っ張りの応力状態が作られる。斜面積雪はなかなか複雑である。

雪庇は雪崩とともに注意しなければならないものである。雪庇は風下側にできる一種の吹き溜まりであるが、風の強さや降雪の状態によって、いろいろ変化する。巻き込むように成長したときはその内部に空洞や非常に密度の小さい部分ができている。登山者がその上を通るとき、踏み抜いて滑落したり、崩壊して雪崩を誘発することがある。雪庇は稜線に庇のようにくっついて見えるものから、夏の雪渓として残るような数十mに達するものまでである。無雪期の地形をよく知っておかねばなるまい。

雪崩事故の中でも特殊なものに、スラッシュ・アバランチといわれるものがある。一種の融雪洪水とも言えるが、発生する斜面の勾配は普通の雪崩では考えられないような緩い所でも発生している。日本では富士山など比較的寒さが厳しくて、広い範囲に不透水面をもつような所で融雪期に起こる。不透水面に達した融雪水が多量に集まり、やがて積雪の層を破壊し、地表の土砂をも削って流下するものと考えられている。発生しやすい場所や気象条件に特徴があるので注意する必要がある。

積雪や雪崩についてどこまで知っていればよいのだろうか。登山者の誰もが雪氷や雪崩の専門家ではないが、いくらかは知ってはいけぬ。身につけた知識が理論に沿っていて、いろんな場合に適応できることが望ましい。雪崩に対し、絶対に安全といえるコースばかりを山岳地で求めるのは不可能であろう。雪と雪崩についてのしっかりした知識の上に、十分な訓練とチームワーク、自然の現象に対する謙虚な姿勢が必要である。危険を冒さず、最大限の安全を確認して行動して欲しいものである。冬山を目指す人達にとって、この記述が雪と雪崩を勉強する手がかりになれば幸いである。

(日本雪氷学会員)