

雲粒付着の少ない降雪粒子による雪崩の特徴

松下 拓樹（寒地土研）

1. はじめに

雪崩の発生条件などの特徴は、乾雪雪崩や湿雪雪崩など、雪崩の種類や形態によって異なる。このうち降雪に伴う雪崩について、特に短い時間の集中的な多量降雪に伴う雪崩の発生条件は、12時間の累計降雪量と気温に着目すると明確になり、また降雪が止んだ後、雪崩発生の可能性が低くなるまでに必要な時間の目安は、累計降雪量と降雪時間、気温を用いて表すことができる(松下・高橋 2020)。

しかし、積雪内に脆弱な層(弱層)が存在する場合は、これらの条件に適合しない場合がある。乾雪雪崩の発生に関わる弱層には、積雪内部の粒子の変化(変態)によって形成される霜系粒子からなる弱層や、降雪粒子の種類によって降雪中に形成される場合がある(雪氷災害調査チーム 2015)。後者は、雲粒付着の少ない降雪粒子により形成されることが知られており(中村ほか 2013)、この種の雪崩が 2021年3月2日の北海道の道央圏で発生した(松下 2021)。

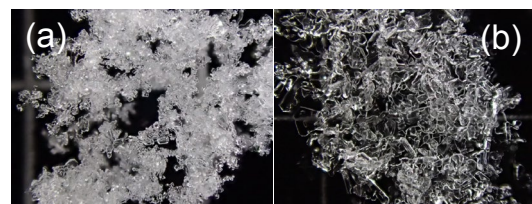
本稿では、雲粒付着の少ない降雪粒子による雪崩の特徴として、2021年3月の雪崩事例の説明を行い、この雪崩の対応や対策における課題について述べる。

2. 降雪粒子による雪崩について

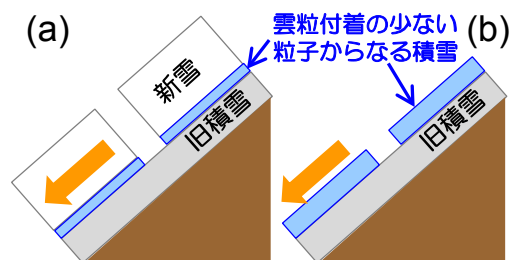
雪崩発生のしやすさの指標の一つに、斜面積雪の安定度 SI がある。 SI は、斜面積雪のせん断方向の応力と強度の比であり、 SI が小さくなるほど雪崩発生の可能性が高まる。せん断応力は斜面積雪の質量によって決まり、せん断強度は積雪粒子の種類や積もってからの経過時間と温

度等の環境により変化する。つまり、降雪中の斜面積雪の安定性を考えると、降り積もる雪の質量の増加速度と、積雪の強度の増加の割合との駆け引きによって雪崩発生の可否が決まる。

積雪の強度は、主に積雪粒子の変化(変態)と粒子間の焼結による結合の強まりにより大きくなるが、その増加速度は、降雪粒子の種類によって異なる(雪氷災害調査チーム 2015)。図 1(a)のような雲粒付着の多い降雪粒子が積もると、粒子同士の接点が多いため焼結が早く進行して粒子間の結合が強まる。一方、図 1(b)に示す雲粒付着の少ない粒子は、お互いの接点が少ないため結合の強まりに比較的長い時間を要する。そのため、雲粒付着の少ない降雪粒子が積もり、その後まとまった降雪があると、雲粒付着の少ない粒子で形成された積雪が弱層として作用して



1: 雲粒付着の(a)多い降雪粒子と、(b)少ない降雪粒子の例。



2: 雲粒付着の少ない降雪粒子からなる積雪層が、(a)弱層として作用する場合、

(b)そのものが崩れる場合。崩が発生する(図 2(a))。しかし、2021 年 3 月に発生した雪崩は、雲粒付着の少ない降雪粒子からなる新雪層そのものが崩れた雪崩(図 2(b))(松下 2021)であり、このような事例の報告は少ない。

3. 2021 年 3 月 2 日の雪崩の概要

雪崩は、2021 年 3 月 2 日の 10 時から 14 時頃にかけて、北海道の道央圏の国道 5 箇所が発生した(松下 2021)。いずれも降雪中に新たに積もった新雪層が崩れた乾雪表層雪崩で、雪崩によるデブリが道路の両側車線を覆った箇所もあった。雪崩発生箇所の周辺では、道路に到達していない小規模な雪崩も複数確認され、さらに雪崩発生履歴のない箇所や普段は発生しにくい樹林帯、雪崩予防柵(吊柵)の設置斜面などでも発生し、同時多発的に広域で雪崩が発生したことが特徴である。

雪崩発生箇所近傍の AMeDAS(4 箇所)の観測値によると、降り始めから雪崩発生時刻(推定)までの約 24 時間の累計降雪量は 16~35cm であった。崩れた新雪層は、雲粒付着の少ない粒子(図 3)により形成されており、この降雪粒子によって脆弱な積雪層が形成され、この層そのものが崩れた。通常(30~50cm 以上)(松下・高橋 2020)よりも少ない降雪量の 20cm 程度で雪崩発生に至ったことが、今回の雪崩の大きな特徴である(松下 2021)。

雪崩発生の前日からの気圧配置をみると、低気圧が日本海から東北地方北部を東進し、この低気圧の温暖前線が北海道

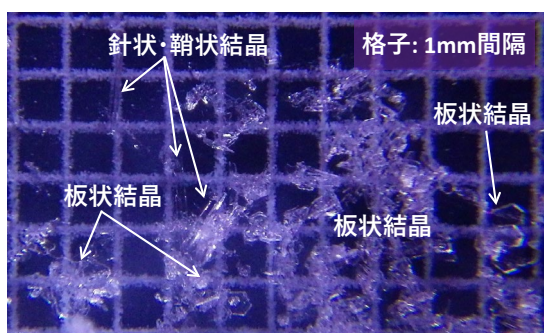


図 3 : 2021 年 3 月 2 日の降雪粒子の南岸に継続的に位置していた(松下 2021)。今回の雪崩発生に関わった降雪は、この温暖前線に伴う降雪であり、雲粒付着の少ない降雪粒子が降りやすい総観気象場(中村ほか 2013; Nakamura 2019)の継続が、今回の雪崩の発生につながったと考えられる。

4. 対策や対応への課題

今回のような雲粒付着の少ない降雪粒子が要因となる雪崩に対して、効果的かつ効率的な対策や対応を行うためには、いつ、どこで、どのような規模の雪崩が発生するのかを事前に把握または想定することが重要だが、現時点で得られている知見だけでは難しいのが現状である。

まず第一に、雲粒付着の少ない降雪粒子による弱層が広域に形成される傾向があるため、雪崩発生の可能性の高い箇所の絞り込み(斜面方位等の地形条件や植生条件などによる特定)を可能とする知見や技術が必要である。これに関して、診断的な手法による雪崩発生判断(Nakamura 2019)や数値気象モデル(例えば、橋本ほか 2018)による降雪粒子の雲粒付着の程度も考慮した予測実現に向けた取り組みがあり、将来、これらの技術を雪崩発生の地域や時刻の絞り込みに活用することが期待される。

また雪崩発生に対する警戒期間の設定の観点から、雲粒付着の少ない降雪粒子による積雪の脆弱性がいつまで継続するのか(斜面積雪の安定化に必要な時間)に関しても、さらなる客観的かつ実用的な知見や事例の蓄積が必要である。

文献：

- 橋本ほか 2018: 北海道の雪氷, 37, 63-66.
 中村ほか 2013: 北海道の雪氷, 32, 14-17.
 Nakamura 2019: JDR, 14, 1201-1226.
 松下・高橋, 2020: 細氷, 66.
 松下, 2021: 北海道の雪氷, 40, 19-22.

雪氷災害調査チーム 2015: 山岳雪崩大
全, 山と溪谷社, 335pp.