

糸魚川市柵口地区での乾雪雪崩発生条件の検討

○渡辺伸一¹・吉柳岳志¹・石井靖雄²

(1:土木研究所 2:旧:土木研究所)

1. はじめに

乾雪雪崩は速度が速く、到達距離が長い特徴がある。そのため、人的被害の発生につながりやすい。人的被害を防止していくため、事前の避難とハード対策の検討が進められてきた。これまでに、各地で気象条件等の誘因について、基準値を設定しながら、道路の通行規制などが実施されてきている。しかし、基準値の検討に用いられる雪崩発生事例のデータは多くはなく、さらなるデータの蓄積が求められる。今後、雪崩の発生時刻と発生場所の把握を積み重ね、発生メカニズムの理解に努めながら、その発生条件を明らかにしていく必要がある。

柵口地区では、継続して雪崩の観測を実施してきている(秋山, 2021)。これまで、カメラや地震計、積雪深計等の気象観測機器を山麓に設置し、雪崩発生の有無、その時の気象条件の把握を行ってきた。本報告では、2020年から2023年の観測で把握された5回の乾雪雪崩の発生条件について検討を行った結果を報告する。

2. 調査方法

本調査では、2020年から2023年の12月から3月を対象とした。雪崩の発生は10分毎の静止画を撮影した「自動撮影カメラ」画像と、1秒間隔のコマ送り「動画カメラ」画像に加え、地震計の計測データから把握した。把握された雪崩の発生回数は26回であった。

乾雪・湿雪の雪崩種別の判別は、「煙り型」の運動形態を示すものを「乾雪雪崩」とし、5回が計上された。5回の「乾雪雪崩」のうち「動画カメラ」画像で「煙り型」の運動形態を直接観察できたのは2回で、残りの3回は運動形態の観察はできなかったものの、降雪中に発生し、かつ降雪中の発生区の気温が氷点下で推移していると推測されたため「乾雪雪崩」と判断した。また、「流れ型」を「湿雪雪崩」としたが、本報告では調査対象としない。

雪崩の発生条件の検討に用いた指標は、現地及び近傍での気象観測値とした。柵口では山麓で積雪深、気温等の観測を行っているが、2022年2月に発生した乾雪雪崩により観測機器が破損した。事前の避難等に用いるためには安定的に観測値が得られることも重要である。そこで、1.6km東側に位置する新潟県田麦平観測所の気温と積雪深の観測値を用いた。検討では、Stefano and Jürg (2008)を参考に、気温に係る指標として、1, 2, 3日間の最低気温、最高気温、平均気温、気温差を算定した。また、積雪深に係る指標として、1, 2, 3日間積雪増加深も算定した。これらの算定には、1時間ごとのデータを用いた。

発生条件は、上記の指標のうち、乾雪雪崩発生日とそれ以外の日の値に有意な差がみられるものを抽出した上で、これらの閾値を検討した。ここでは、指標値を経時的に図示した上で検討した結果を述べる。有意差の検討は、統計分析ソフトRを用いてBrunner-Munzel(ブルンナー-ムンツェル)検定を行い評価した。

3. 調査結果

Brunner-Munzel 検定の結果は表1に示す通りで、積雪深及び1日間気温差以外は確率(P)1%以下の値を示した。指標値を求める際の期間による値の違いをみると、最低気温は1日間、最高気温は2日間、平均気温は1日間、気温差は3日間、積雪増加深は3日間の値が他の期間と比較して小さな値となった。

表1 Brunner-Munzel 検定の結果

指標	P	指標	P	指標	P
1 日間最低気温	0.0000461	1 日間平均気温	0.0000000	積雪深	0.0215100
2 日間最低気温	0.0004021	2 日間平均気温	0.0000005		
3 日間最低気温	0.0011860	3 日間平均気温	0.0000249		
1 日間最高気温	0.0000147	1 日間気温差	0.0133300	1 日間積雪増加深	0.0000574
2 日間最高気温	0.0000006	2 日間気温差	0.0005995	2 日間積雪増加深	0.0000259
3 日間最高気温	0.0000310	3 日間気温差	0.0001888	3 日間積雪増加深	0.0000132

上記の確率が最も小さくなった指標の経時変化を図1に示す。図1には2020年から2023年の12月から3月のデータを示している。1日間平均気温は右側の座標軸に対応し上下を反転させて表示している。また、雪崩の発生日を赤色実線で示している。雪崩の発生日は、積雪深が138 cm以上、3日間積雪増加深が36 cm以上、1日間平均気温が -1.3°C 以下となっている。そこで、値を5単位で括約し、積雪深が135 cm以上、3日間積雪増加深が35 cm以上、1日間平均気温が -1.0°C 以下となると乾雪雪崩が発生する可能性が高いものとして評価すると、3冬期で17日が評価された。捕捉率は100%であるが、的中率は29.4%という結果となった。

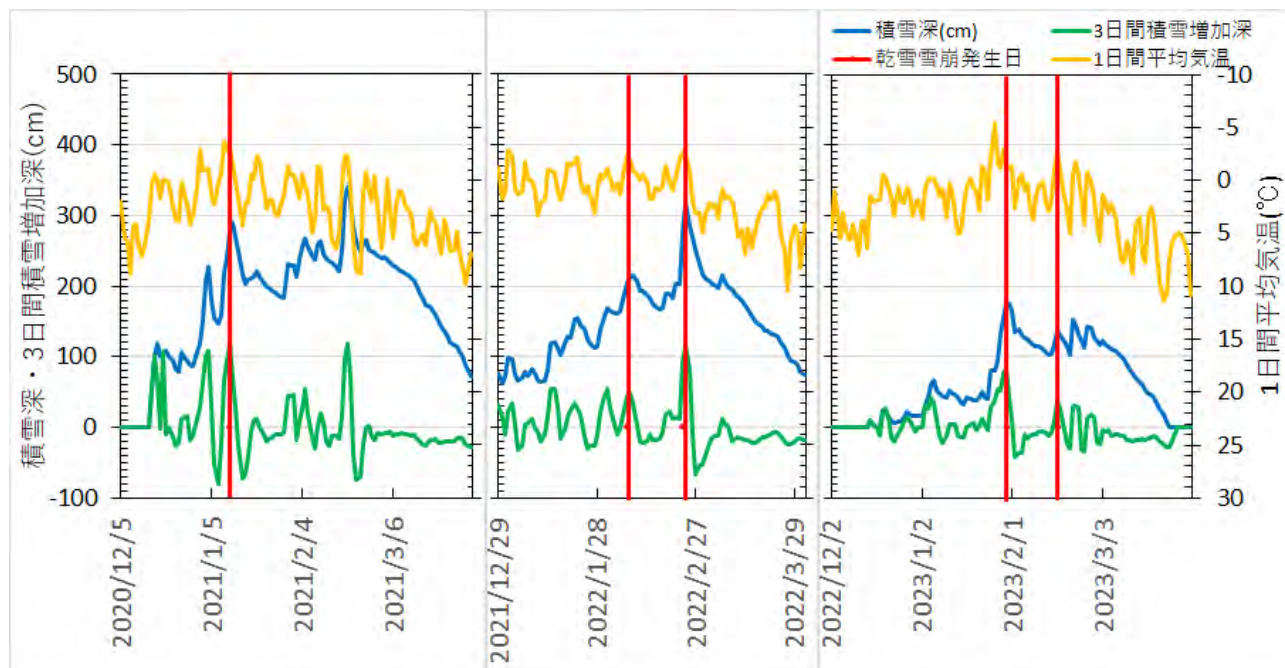


図1 2020年からの3冬期の積雪深, 3日間積雪増加深, 1日間平均気温

4. おわりに

今回は、経時的なデータの観察から、簡易に乾雪雪崩の発生の評価が可能か検討を行った。今後、統計的手法の適用を検討していく予定である。

文献

- 秋山一弥(2021):動態観測による雪崩の発生状況と発生規模・発生数の関係, 日本工学会論文集, 37(3), 37-39
- Stefano Baggi, Jürg Schweizer (2008): Characteristics of wet-snow avalanche activity: 20 years of observations from a high alpine valley (Dischma, Switzerland), Natural Hazards, 50(1), 97-108. DOI:10.1007/s11069-008-9322-7