

4.4 冬期の降雨等に伴う雪崩災害の危険度評価技術に関する研究(1)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）

研究担当者：松澤 勝、中村 浩、松下 拓樹、
坂瀬 修

【要旨】

湿雪雪崩の発生条件の解明に向け、全国の雪崩事例を収集し、湿雪雪崩を対象とした予備的な気象解析を行った。解析の結果、湿雪雪崩発生時の気象条件は時期によって異なり、1月は主に降雨によって雪崩が発生し、3月は気温上昇によって雪崩が発生するケースが多いことが示された。2月は降雨と気温上昇の両方の影響を受けて雪崩が発生し、特に同じ降水量でも積雪が深いと表層雪崩になる等の傾向が明らかとなった。また、レーダーアメダス解析雨量と地上気象観測による降水量を比較したところ、地上気象観測による降水量が多い場合に両者の差が大きくなることなどが示された。

キーワード：湿雪雪崩、表層雪崩、全層雪崩、降水量、積算暖度、解析雨量

1. はじめに

近年の気候変動に伴い、我が国において冬期の気温上昇が報告されており¹⁾、これによって降水形態が雪から雨へ、また積雪の性質が乾雪から湿雪へ変化し、雪崩などの雪氷災害の発生形態などにも変化が生じることが懸念されている。最近では、寒冷な気候である北海道においても厳冬期に降雨が生じ、雪崩の発生が報告されている²⁾。このように、雪崩災害において、冬期の気温上昇や降雨の増加は、湿雪雪崩による災害の多発につながる可能性があるが、湿雪雪崩の発生条件について不明な点が多く、雪崩対策の現場において湿雪雪崩の危険度判断が難しい現状にある。

本研究は、湿雪雪崩の発生条件の解明及び危険度評価技術の提案を目的として、雪氷チームと雪崩・地すべり研究センターが共同で実施している課題である。本報告書(1)では、雪氷チームが中心となって実施した研究成果として、湿雪雪崩発生時の気象条件を調べるために行った、全国の雪崩事例の収集と雪崩発生箇所近傍の気象観測データを用いた事例解析、及び危険度評価へのレーダー降水量データの活用に関連して行った、レーダーアメダス解析雨量と気象観測所の降水量との比較検討の結果を報告する。なお、湿雪雪崩発生時の積雪条件の解明に関する人工雪を使った室内実験や危険度評価に活用する積雪モデルの検討も行ったが、これらは雪崩・地すべり研究センター作成の報告書(2)で述べる。

2. 研究方法

2.1 雪崩事例の収集と整理

過去約10年間における全国の雪崩事例を対象に、北海道開発局管内における平成12年度から平成22年度の国道の雪崩災害事例と、国土交通省砂防部に平成11年度から平成22年度の期間に報告のあった雪崩災害事例を収集した。雪崩事例の収集は、雪崩・地すべり研究センターと共同で実施した。北海道開発局の雪崩事例は、北海道内の国道における雪崩災害事例であり、国土交通省砂防部の雪崩事例は、全国で発生した砂防や集落、道路、山岳におけるレジジャーに関わる雪崩事例が含まれている。

収集した雪崩事例について、雪崩の発生日時、発生場所（都道府県、市町村名等）、雪崩の種類（全層・表層、乾雪・湿雪等）など、災害記録に記述されている情報を整理した。また、雪崩発生箇所近傍の気象観測所における気温、積雪深、降水量等の気象観測データを収集した。

2.2 湿雪雪崩事例の気象解析

収集した雪崩事例のうち、雪の乾湿及び全層と表層の雪崩発生形態が明らかな湿雪雪崩事例を対象に、近傍の気象観測データを用いた予備的な気象解析を実施した。用いた気象観測データは、雪崩発生地点近傍の北海道開発局道路テレメータと気象庁アメダスの気温、積雪深、降水量の1時間間隔の観測データで、雪崩発生前24時間の降水量と0℃以上の気温の積算値（以下、積算暖度）を求めた。前24時間の

降水量は降雨によって発生する雪崩を想定し、積算暖度は気温上昇によって発生する雪崩を想定した。なお、気温について、観測箇所と雪崩発生箇所との標高差を考慮した補正は行わなかった。

2.3 レーダー降水量データ活用に関する検討

湿雪雪崩の危険度評価において、レーダー降水量データを活用することができれば評価技術を広域に展開することができ有効である。そこで、収集した雪崩事例を対象に気象庁のレーダーアメダス解析雨量(以下、解析雨量)の収集も行い、近傍気象観測所で観測された降水量との比較を行った。

収集した解析雨量は、雪崩発生箇所に最も近い格子点の値である。解析雨量データは、表1に示すように、期間によって空間及び時間の分解能が異なるが、空間分解能に関わらず雪崩発生箇所近傍の格子点における解析雨量値を抽出した。また、雨量の合計値を求める場合も、補正等を行わず、そのまま対象期間内の解析雨量を用いた。

表1 解析雨量データの分解能

期間	空間分解能	時間分解能
2001年3月以前	5km × 5km	1時間
2001年4月～ 2003年5月	2.5km × 2.5km	1時間
2003年6月～ 2005年12月	2.5km × 2.5km	30分
2006年1月以降	1km × 1km	30分

3. 研究結果

3.1 雪崩事例の収集結果

図1は、収集した雪崩事例の分布である。本研究で収集した雪崩事例は、北海道から東北、北陸、中国地方にかけて分布しており、地域的な偏りがなく広い範囲の雪崩事例を収集することができた。

図2に、収集した事例の雪崩の種類を示す。収集した雪崩事例数は、558件である。雪の乾湿と全層・表層の発生形態が明らかな雪崩事例は、全事例の約半数にあたる268件(48.0%)であり、そのうち湿雪雪崩は123件(22.0%)であった。

本研究は湿雪雪崩を対象にしており、雪崩事例の雪の乾湿は重要な情報であるが、図2によると、雪の乾湿が不明な事例が約半数の254件(45.5%)ある。これらの雪崩事例の雪の乾湿については、今後、近傍気象観測所の気象データから雪崩発生時の雪の乾湿を推定し、解析に加えていく予定である。

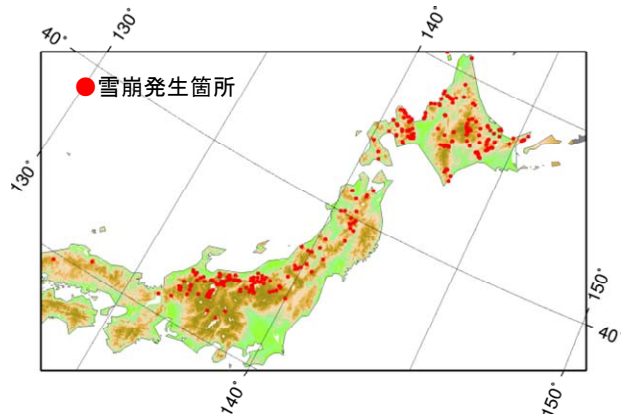


図1 雪崩発生事例の分布

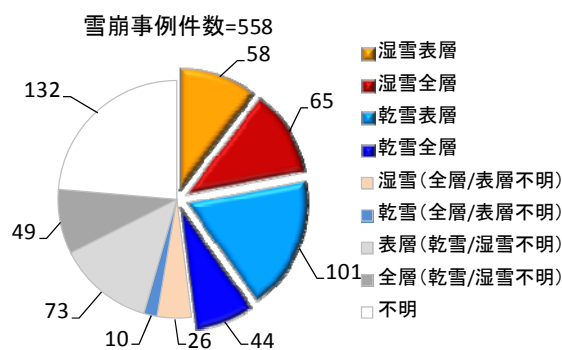


図2 収集した雪崩事例の種類

3.2 湿雪雪崩事例の気象解析結果

収集した雪崩事例のうち、雪崩の発生形態が明確な湿雪雪崩事例123件を用いて、湿雪雪崩の発生条件に関する予備的な解析を実施した。

図3には、その一例として、1月から3月の各月の雪崩事例について、雪崩発生前24時間の降水量と積算暖度の関係を示した。厳冬期の1月(図3a)は、ほとんどの雪崩事例で積算暖度が20℃以下であるが降水量が観測されている。一方、3月(図3c)は、降水量は10mm以下であるが積算暖度が1月に比べて大きい事例が多い。よって、湿雪雪崩発生の気象条件として、厳冬期の1月は降雨によって雪崩が発生する傾向にあり、融雪期の3月では気温上昇によって雪崩が発生する傾向にあるといえる。

2月(図3b)は、降雨と気温上昇の両方の影響を受けて雪崩が発生しており、表層雪崩が多いことが特徴である。さらに、2月の湿雪雪崩事例について、雪崩発生時の積雪深と発生前24時間の降水量との関係を見ると(図4)、積雪が深いと表層雪崩となる傾向が明らかとなった。

図3によって示された湿雪雪崩発生の気象条件の月による違いについて、季節や気象条件によって変

化する積雪内の雪質や雪粒子の粒径等の積雪構造が降雨や融雪水の浸透状況に影響を与えている可能性がある^{3)~5)}。また、ここで示した傾向は、収集した雪崩発生事例の22%の事例を用いた解析結果にすぎない。今後、気象観測データから雪の乾湿を推定して対象事例を増やし、湿雪雪崩発生の気象条件に関するより詳細な解析を行っていく予定である。

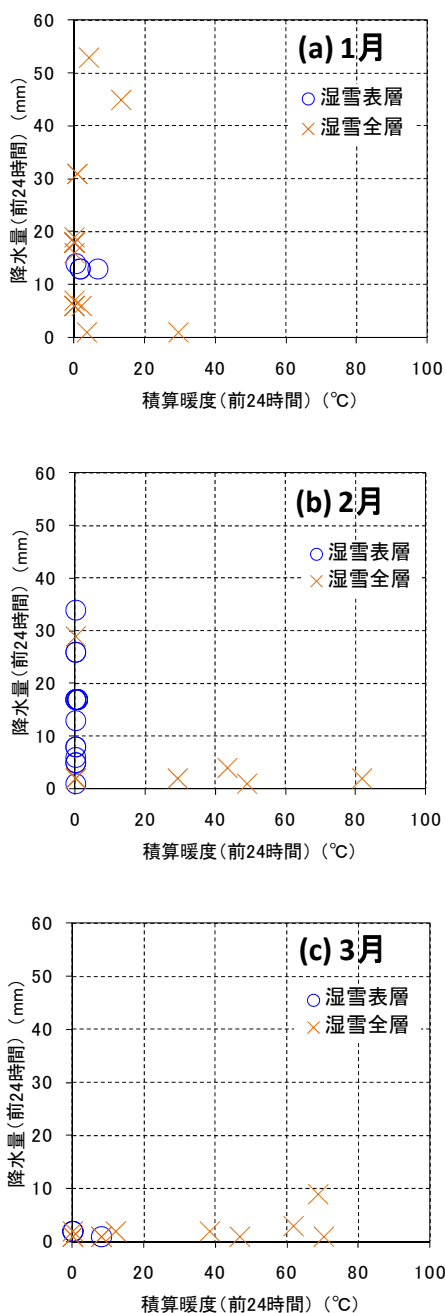


図3 雪崩発生前24時間の降水量と積算暖度の関係。積算暖度は0℃以上の気温の積算値。(a)1月、(b)2月、(c)3月における月別の関係を示す。○は表層雪崩、×は全層雪崩。

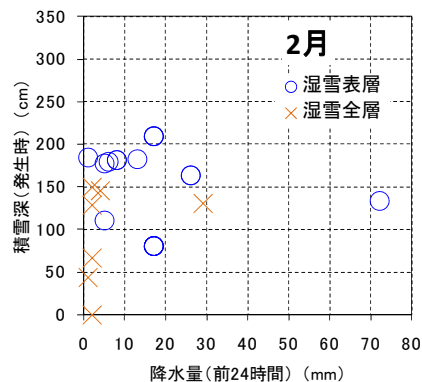


図4 2月における雪崩発生前24時間の降水量と発生時の積雪深の関係

3.3 レーダー降水量データ活用に関する検討結果

湿雪雪崩の危険度評価において、レーダー降水量データを活用できれば評価技術を広域に展開することができ有効である。そこで、レーダー降水量データの精度検証のため、収集した全雪崩事例の近傍気象観測所で観測された降水量と気象庁レーダーアメダス解析雨量の比較検討を行った。

図5に示すように、雪崩発生前24時間における気象観測所の降水量と解析雨量を比較すると、両者の間にはばらつきが大きいことがわかる。この要因を明らかにするため、解析雨量と観測所の降水量との差と、降水量との関係(図6)及び雪崩発生前24時間の最高気温との関係(図7)を調べた。図6より、気象観測所の降水量が多いほど、解析雨量との負の差が大きく、解析雨量が過小に評価されている。一方、気象観測所の降水量が0mm程度と少ない場合、解析雨量では過大に評価する傾向にある。また、

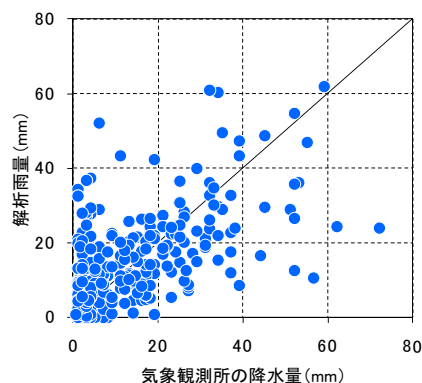


図5 気象観測所の降水量とレーダーアメダス解析雨量との比較。降水量と解析雨量は、雪崩発生前24時間の積算値。

図7の気温との関係では、雪崩発生前24時間の最高気温が0℃付近の場合で、解析雨量と観測所の降水量との差が大きいことがわかった。

解析雨量と観測所における降水量との差が、解析雨量の分解能(表1)によるものなのかを調べるため、図6と図7の関係において解析雨量の空間及び時間分解能毎に色を分けて示した。これらの図から、解析雨量の分解能による傾向の違いがみられないことから、解析雨量の分解能が地上気象観測による降水量との差を生じさせる要因ではないと考えられる。

今後、気象観測所の降水量データの品質チェックを十分に行った上で、レーダー降水量の補正方法を検討し、レーダー降水量データが本研究の目的に合う精度を持っているのかを含めた検討を行っていく。

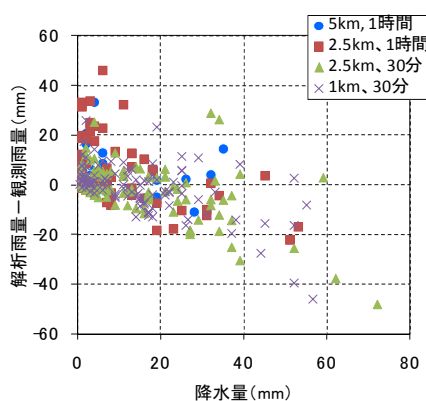


図6 解析雨量と観測所の降水量との差と降水量との関係。解析雨量と降水量は、雪崩発生前24時間の積算値。図中プロットの記号の違いは、解析雨量の空間及び時間分解能(表1)の違いを意味する。

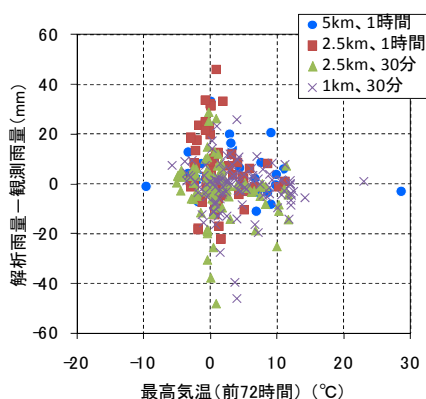


図7 解析雨量と観測所の降水量との差と雪崩発生前24時間の最高気温との関係。図中プロットの記号の違いは、解析雨量の空間及び時間分解能(表1)の違いを意味する。

4. まとめ

今年度は、湿雪雪崩の発生条件の解明に向け、全国の雪崩事例の収集と予備的な気象解析を実施した。また、湿雪雪崩の危険度評価へのレーダー降水量データ活用に向けた検討も実施した。今後は、雪崩発生箇所近傍の気象観測データの品質チェックを十分に行い、雪崩の種類が不明な事例について、気象データから推定して気象解析に加えて、さらに詳細な気象解析を行う。また、観測等によって帯水層や積雪内の氷板形成過程について明らかにし、湿雪雪崩の具体的な発生条件の解明及び危険度評価技術の提案に向けた検討を行っていく。

なお、湿雪雪崩の発生条件解明のうち多層構造をもった積雪に対する人工降雨実験と斜面における積雪断面観測を行った他、湿雪雪崩の危険度評価への積雪モデルの活用に関する検討を実施した。これらについては、雪崩・地すべり研究センターの報告書「冬期の降雨等に伴う雪崩災害の危険度評価技術に関する研究(2)」をご参照いただきたい。

参考文献

- 1) 気象庁：「異常気象レポート2005」、pp383、2005年
- 2) 中村一樹、石本敬志：「2010年2月下旬に広域に発生した全層雪崩について」、北海道の雪氷、29号、pp8-11、2010年
- 3) Conway, H., and C. F. Raymond : “Snow stability during rain”, Journal of Glaciology, Vol.39, pp.635-642, 1993
- 4) Heywood, L. : “Rain on snow avalanche events, some observations”, Proceedings of the International Snow Science Workshop, Whistler, Canada, pp.125-136, 1988.10
- 5) Tremper, B.,: “Wet snow”, Staying alive in avalanche terrain, The Mountaineers Books, pp.143-147, 2008.

RESEARCH ON RISK EVALUATION OF SNOW AVALANCHE HAZARD INDUCED BY WINTER RAIN EVENT (1)

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Cold-Region Road Engineering Research
Group (Snow and Ice Research Team)

Author : MATSUZAWA Masaru

NAKAMURA Hiroshi

MATSUSHITA Hiroki

SAKASE Osamu

Abstract : To address a lack of information on conditions that lead to the occurrence of wet snow avalanches, data analysis was conducted based on avalanche events in Japan. The results revealed that the conditions of occurrence of wet snow avalanches differed between earlier and later periods of the winter season. In January, a tendency by which wet snow avalanches accompanied rainfall with no remarkable increase in air temperature was observed. In March, most wet snow avalanches were associated with air temperatures rising above 0 °C and occurred as full-depth avalanches. In February, rainfall and increased air temperatures caused wet snow avalanches, but rainfall induced mainly surface avalanches when the snow depth exceeded about 1.5 m. In addition, radar/raingauge-analyzed precipitation data provided by the Japan Meteorological Agency were verified via comparison with precipitation observed at a surface meteorological observatory. The results indicated that the difference between these data tended to increase when the precipitation was high.

Key words : wet snow avalanche, surface avalanche, full-depth avalanche, precipitation, degree hour (accumulated air temperature), radar/raingauge-analyzed precipitation