報文

平成26年2月関東甲信地方の大雪に伴う雪崩の特徴

松下拓樹・池田慎二・秋山一弥

1. はじめに

平成26年（2014年）2月13日から16日にかけて本州の南岸を発達しながら進んだ低気圧の影響により、関東甲信地方と東北地方で記録的な大雪となり[1]、交通や物流に障害が生じて多くの集落が孤立するなどの被害となった[2]。特に、各地で雪崩が発生し（写真-1）、山梨県、東京都、埼玉県では雪崩によって人家など建築物が破損する被害が8件発生した[3]。

本報文では、この大雪に伴って発生した雪崩の特徴について、土木研究所雪崩・地すべり研究センターで実施した調査結果のうち山梨県を中心とした地域（図-1）の結果を報告する。

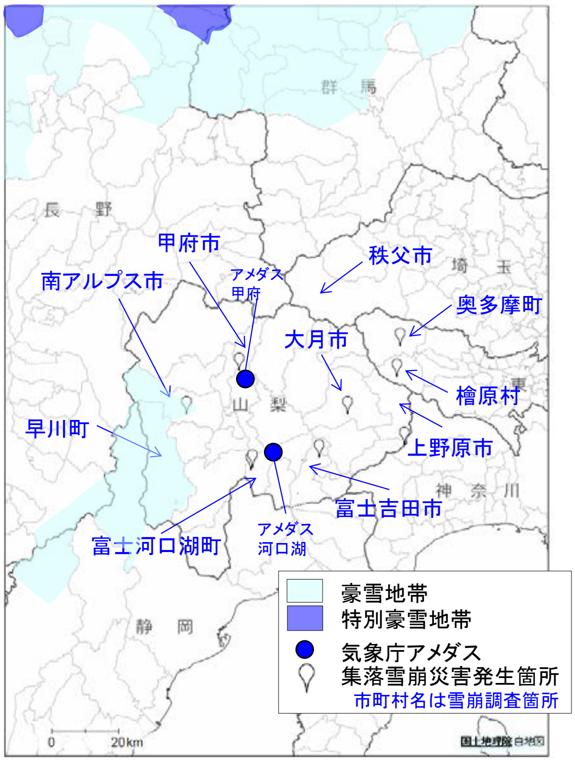

図-1　調査箇所位置図

2. 雪崩発生箇所の地形と植生の特徴

2.1 雪崩発生箇所の地形と植生の調査方法

雪崩発生箇所の地形と植生の特徴を明らかにするため、山梨県早川周辺においてヘリコプターによる上空からの調査（2月22日）と地上調査（3月19日）を行い、雪崩の種類、雪崩の発生区から堆積区までの地理的諸元、雪崩発生区の植生と地表の状況を調べた。

雪崩の種類は、発生区の地表が露出しているか否かで表層雪崩か全層雪崩かを判別した。地理的諸元は、雪崩の発生区から堆積区までの外周をGIS上で多角形（ポリゴン）で形状化してKMLデータを作成し、雪崩の到達距離（雪崩流下経路の水平投影距離）、発生区の勾配、見通し角（雪崩の堆積区の下端から発生区の上端を見通した仰角）を求めた。また、雪崩発生区を植生ありと植生なしに区分し、植生ありの場合は常緑樹林と落葉樹林に分類し、植生なしの場合は地表の状況として崩壊地と裸地・草地（人工的な法面を含む）に分類した。

写真-1　雪崩の発生状況（山梨県甲府市）

Characteristics of Snow Avalanches that occurred during Heavy Snowfall in February 2014 in Japan

2.2 雪崩発生箇所の地形と植生の特徴

早川周辺における雪崩の痕跡は80箇所で、そのうち雪崩の発生区から堆積区までが明瞭な表層雪崩12個、全層雪崩48個の合計60箇所の雪崩の到達距離、発生区の勾配、見通し角の頻度を図-2に示す。雪崩の到達距離（図-2a）は、100～300mの頻度が高く、最大で表層雪崩では500m、全層雪崩では700mである。雪崩発生区の勾配

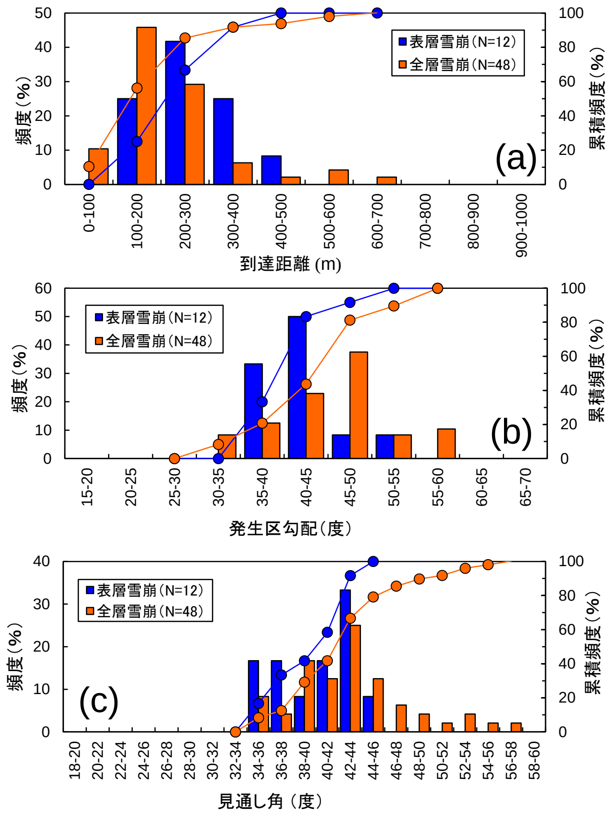

図-2　発生区が特定された60個の雪崩の(a)到達距離、(b)発生区勾配、(c)見通し角の頻度

（図-2b）は、表層雪崩では35～45度、全層雪崩では40～50度の頻度が高い。一般的に勾配35～45度で雪崩の発生頻度が高いが、早川周辺で発生した全層雪崩は、この一般的傾向よりもやや急勾配の斜面で発生した。見通し角（図-2c）は、表層雪崩と全層雪崩いずれも34～46度の頻度が高い。高橋の経験則[4)]より、雪崩の見通し角の最小値は、表層雪崩で18度、全層雪崩で24度であり、早川周辺で発生した雪崩の見通し角は、高橋の経験則[4)]の最小値よりも大きい。この理由について、早川周辺の地形が急峻なため、発生した雪崩が早川の渓岸や早川に合流する渓流の河床まで達して堆積している雪崩が多いことから、見通し角が大きくなったと考えられる。

表-1は、雪崩発生区の植生と地表の調査結果である。ここで、2つの区分にわたって発生した表層雪崩2箇所を、それぞれの区分で計上したため全体数は62となっている。表層雪崩と全層雪崩いずれもまばらな落葉樹林や崩壊地で発生しており、表層雪崩は人工法面での発生も確認された。

表-1　雪崩発生区の植生と地表の状況

	植生あり		植生なし		計	備　考
	常緑樹	落葉樹	崩壊地	裸地・草地（人工法面）		
表層雪崩	0	7	3	2	14	落葉樹/崩壊地、落葉樹/人工法面がそれぞれ1箇所あり
全層雪崩	0	24	24	0	48	
計	0	31	27	2	62	

3.　雪崩災害事例における雪崩衝撃圧の特徴

3.1　雪崩災害事例の調査方法

雪崩災害箇所の雪崩衝撃圧の特徴を明らかにするため、建築物の一部が破損した災害事例のうち雪崩の規模が比較的大きい埼玉県1箇所、東京都1箇所、山梨県3箇所の5事例を調査の対象とした。

調査は、まず雪崩発生後（3月12～14日，19～20日，6月16～18日）に現地調査を行い、雪崩が発生した斜面を踏査して、斜面勾配の計測と植生調査を行った。そして、雪崩による樹木の破損等の痕跡や斜面の勾配、植生、地形から雪崩の発生点と流下経路を推定した。次に、推定した雪崩の流下経路において、雪崩運動解析で一般的に使用されているフェルミーモデルを用いて、雪崩の速度と衝撃圧を計算した。フェルミーモデルの計算条件のうち乱流減衰係数と雪崩の密度は、雪崩の速度と衝撃圧が最も小さくなる下限値である1000m/s²と100kg/m³を用いた。雪崩の流動層厚は、発生時を0.5mとして、流下距離が100mごとに1mの割合で増加する設定とした。このように計算された雪崩の衝撃圧と、実際の被害状況から推定される雪崩衝撃圧（表-2）[5)]を比較した。

3.2　雪崩災害事例における雪崩衝撃圧の特徴

雪崩災害箇所5事例の現地調査結果を表-3に示す。現地調査より推定した雪崩流下経路において、最も標高の高い箇所を雪崩の発生区としたところ、

表-2　平均衝撃圧と想定される被害の目安[5)]

衝撃圧 (kPa)	想定される被害
1	窓が破壊される
5	ドアが破壊される
30	木造の建造物が破壊される
100	大きな木が倒される
1000	コンクリート建造物が動かされる

表-3　雪崩発生箇所5事例の現地調査結果

発生個所	標高差 (m)	実走斜距離 (m)	発生点付近の勾配 (度)	見通し角 (度)	流下経路の状況
南アルプス市（N地区）	340	560	40～50	38	広葉樹林内（高木密）の沢地形で経路上は植生がほとんどない
甲府市（I地区）	190	410	30～40	29	露岩した無林（裸地・草地）の沢地形
富士河口湖町（Y地区）	130	260	40～45	30	広葉樹林内（高木密）の沢地形で経路上は植生がほとんど無いが、一部杉林内（高木密）を通過している
奥多摩町（H地区）	280	450	40～55	39	発生区は高木密の広葉樹林内の沢地形、走路後半から堆積区にかけては杉林（高木密）の沢地形、経路上には植生がない
秩父市（N地区）	220	360	40～50	39	広葉樹林内（高木密）の沢地形で経路上は植生がほとんどない

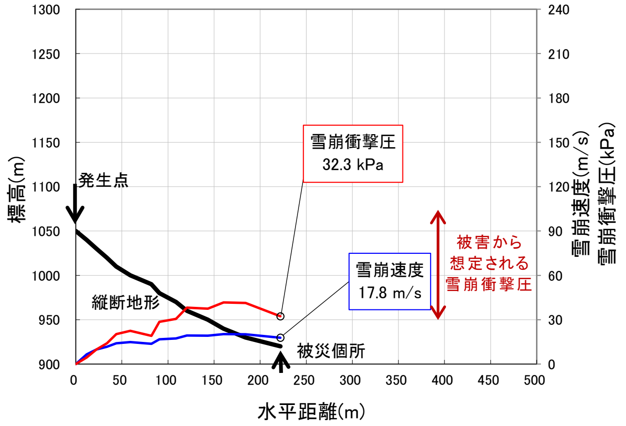

図-3　富士河口湖町における雪崩流下経路の縦断地形および雪崩の速度と衝撃圧の計算結果

雪崩流下経路の標高差は130～340m、雪崩が斜面上を流下した実走斜距離は260～560mとなった。また、発生区付近の勾配は30～55度、見通し角は29～39度であった。斜面の植生は、甲府市を除いた箇所では密な高木であったが、発生区および流下経路は沢地形となっていて植生がほとんどない状況であった。ただし、富士河口湖町では、標高950m付近の雪崩流下経路に杉林が高木で密の状態で繁茂していた。

次に、フェルミーモデルによる解析結果のうち、代表的な例として富士河口湖町の雪崩の解析結果を図-3に示す。解析で得られた衝撃圧32.3kPaは、被害状況から表-2より推定される衝撃圧30～100kPaの範囲内となった。一方、奥多摩町では、解析で得られた衝撃圧は被害状況と比較して過大な結果となった。よって、今回の大雪に伴う雪崩の衝撃圧は、フェルミーモデルの一般的な設定範囲の下限値を用いて計算される比較的小さな衝撃圧と同等あるいはそれよりも小さかった可能性がある。ただし、このことについて明らかにするには、雪崩発生点や雪崩密度、雪崩層厚の増加量の設定の他、植生や地表面の凸凹による減勢等の影響についてさらに詳細に検討する必要がある。

4. 雪崩発生の気象条件の特徴

4.1 雪崩発生の気象条件の解析方法

今回の大雪では、一般的には雪崩が発生しにくいと言われる樹林帯でも積雪が樹間をすり抜けて雪崩となった箇所がある。これに似た現象に雪崩予防柵の柵面を積雪がすり抜ける現象がある[6]。そこで、この大雪時の降雪の特徴と雪崩発生との関係を明らかにするため、柵面のすり抜け現象の発生気象条件と比較して考察を行った。

解析に用いたデータは、気象庁アメダスの河口湖（標高859.6m）と甲府（標高272.8m）の気温と積雪深の1時間間隔の観測データである。降雪深は1時間毎の積雪深差の正の値の合計値で、降雪強度は降雪深を降雪期間で除して求めた。また、降雪期間の平均気温と降雪強度を条件として、積雪の圧縮粘性理論[7]に基づいて斜面積雪の安定度（初期密度50kg/m³、斜面勾配45°、降雪時間12時

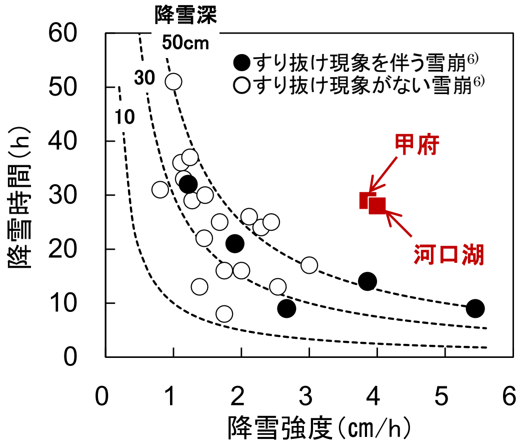

図-4　降雪時間と降雪強度の関係

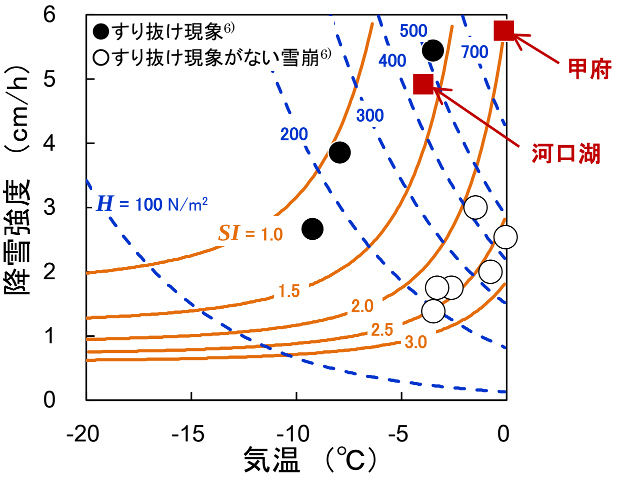

図-5　降雪開始から12時間の平均気温と降雪強度、斜面積雪の安定度*SI*と硬度*H*の関係

間）と積雪硬度8)を計算した（計算方法の詳細は、松下ら(2008)6)を参照）。なお、柵面のすり抜け現象は、北海道での事例6)である。

4.2 雪崩発生の気象条件の特徴

図-4は、今回の大雪時の降雪の特徴として、降雪時間と降雪強度を指標にすり抜け現象の発生気象条件と比較した結果である。今回の河口湖と甲府の大雪事例は、すり抜け現象の発生事例と比較して、降雪時間が長くて降雪強度が大きいことが特徴である。

図-5は、降雪期間の平均気温と降雪強度およびそれに基づく斜面積雪の安定度と硬度の計算結果である。安定度*SI*が小さいほど斜面積雪が不安定で雪崩が発生しやすく、硬度*H*が小さいほど積雪粒子間の結合が弱くすり抜け現象が発生しやすいと考えられる。すり抜け現象は、斜面積雪が不安定化した上に積雪硬度が小さい条件で発生する傾向にある。図-5より、今回の大雪時の甲府では、雪崩予防柵面のすり抜け現象の発生事例と比較して気温が高いために積雪の圧密が進行して、積雪硬度は比較的大きいと推定された。一方、河口湖では、積雪硬度はやや大きいが安定度は小さく、柵面のすり抜け現象の発生条件に近い気象条件であり、斜面積雪が樹林をすり抜けた可能性があると考えられる。

5. おわりに

平成26年（2014年）2月の大雪は、豪雪地帯ではない地域において、短時間に多量の雪が降ったことにより災害が発生した。この報文では、この大雪時に発生した雪崩の特徴について、雪崩・地すべり研究センターで行った調査結果を報告した。この調査は現在も継続しており、今後より詳細に大雪で発生した雪崩の実態を解明する予定である。

参考文献

1) 気象庁：災害時気象速報　発達した低気圧による2月13日から2月19日の大雪、暴風雪等、災害時自然現象報告書、2014年第2号、57 pp、2014
2) 和泉薫（研究代表者）：2014年2月14-16日の関東甲信地方を中心とした広域雪氷災害に関する調査研究、平成25-26年度科学研究費助成事業(特別研究促進費)研究成果報告書(2590003)、180pp、2014
3) 国土交通省：今冬期の大雪等にかかる被害状況について（第21報）、https://www.mlit.go.jp/common/001041123.pdf、2014
4) 高橋喜平：雪崩の被害、雪氷、22巻、pp.7～9、1960
5) McClung, D., and Schaerer, P.,: Snow avalanche size classification, The Avalanche Handbook (3rd ed.), The Mountaineers books, Seattle, WA, USA, pp.321-323, 2006
6) 松下拓樹、松澤勝、伊東靖彦、加治屋安彦: 斜面積雪が雪崩予防柵面をすり抜ける現象の発生条件、寒地土木研究所月報、No.665、pp.10～17、2008
7) 遠藤八十一：降雪強度による乾雪表層雪崩の発生予測、雪氷、55巻、pp.113～120、1993
8) 竹内由香里、納口恭明、河島克久、和泉薫：デジタル式荷重測定器を利用した積雪の硬度測定、雪氷、63巻、pp.441～449、2001

松下拓樹

(独)土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　主任研究員、博士（理学）
Dr. Hiroki MATSUSHITA

池田慎二

(独)土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　専門研究員、博士（理学）
Dr. Shinji IKEDA

秋山一弥

(独)土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　上席研究員、博士（学術）
Dr. Kazuya AKIYAMA