

季節積雪層形成地帯における土砂災害と将来予測

Sediment-related disasters in a seasonally snow-covered region and its future prediction

○松浦純生 Sumio MATSUURA

Japan is located at relatively low latitudes and in the warm-temperate zone; therefore, even slight climate changes are likely to affect the formation of its seasonal snowpack. Fluctuations in seasonal snowpack would further complicate a series of hydrological processes and could affect not only the natural environment but also human living environments. Changes in the snowpack can threaten water resources and agriculture patterns; moreover, they may contribute to sediment-related disasters such as landslide, nivation, slushflow and sediment transport by avalanches.

1. はじめに

ユーラシア大陸の東縁に位置する日本列島は、世界でも有数の季節積雪層の形成地帯として知られている。とくに日本海側に面する中山間地帯では冬期間に数 m の雪に覆われることも珍しくない。積雪は多量の降水を貯留するとともに、荷重やせん断強さなどの物理・力学特性、さらに運動特性などをもつことなどから、日本のように脆弱で複雑な地形・地質条件を備え、なおかつ冬期間に深い雪が積もる山地斜面では、積雪が斜面変動に複雑な影響を与え、斜面災害を発生させる。

2. 積雪層と斜面地形・災害の関係

降雨は直接地表面に到達するが、降雪の場合は一旦地表面に積雪として降水が貯留され、その後さまざまな気象要因によって解け、最終的にほとんどが地表面に流出することになる。積雪底面でも少量の雪が解けるが、融雪の大部分は積雪表層で発生する。融雪水は積雪層内を流下するため、積雪底面から流出する水は時間遅れを伴いながら強度が緩和されるとともに、継続時間が長くなる傾向がある。このため、地表面に到達した水が斜面地盤の奥深くまで浸透し、地形・地質的に脆弱な箇所では、地すべりを誘発することになる。

融雪末期の積雪の密度は約 $500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ となり意外と重い。したがって、深く積もった積雪の荷重は、表層地盤の透水性や斜面地盤内の間隙水圧、さらに斜面の安定性に大きな影響をもつと考えられる。これは、すべり面深度が 4~7m と比較的浅層のすべり面を持つ再活動型の地すべりに影響を及ぼす。すべり面や地表面の傾斜、さらに積雪荷重の分布特性にもよるが、一般には有効応力の増加によって斜面を安定させる役割もあるものの、斜面傾斜が大きくなる箇所では地すべりの推力を増加させ、積雪量が増えるとともに移動が活発化する地すべりもある(川住ほか、1995)。

斜面に堆積した積雪は自重や新たに積もった雪の上載荷重によって圧密変形するとともに、斜面下方にも変形する。さらに積雪層は斜面地盤を境界としてグライドと呼ばれる移動を起こす。つまり、斜面の積雪は地すべりと同じように変位し、移動体の変形する特徴をもつ。グライド量は地表面の植生などに大きく依存するとともに、斜面方位や融雪水の供給状況によって変化する。多雪地帯でブナなどの広葉樹林を伐採した場合、根系は徐々に腐朽し表土層と基岩をつなぎ止めるせん断抵抗力が低下する。その際、伐株

に大きな斜面雪圧が作用すると、伐株が転倒・剥離し、侵食や表層崩壊を発生させ、荒廃地が出現する。

積雪層が急速に下方に崩れ去る現象である雪崩の中で、全層雪崩はきわめて破壊力が大きい。ときには胸高直径が数 10cm の大径木も幹折れする。一方、雪崩の走区(流走域)にある植生を巻き込んで樹木が根返りを起こすと、雪崩の通過によって激しく侵食され、荒廃裸地が出現する。全層雪崩の崩壊面は、融雪水などによって飽和した積雪層底面、積雪層と地表面の境界、あるいは飽和した表土層に形成される3つの形態があると考えられる。表土層内で崩壊を起こした場合、雪と土砂が混在した斜面災害となる。中越地震の翌年の平成 17(2005)年は豪雪年で、融雪期には土砂を巻き込んだ土砂雪崩が多発した。

凍結した斜面に堆積した積雪に強い雨が降ったり急激な融雪が進行すると、多量の水を含んだ積雪が安定性を失い、雪崩を起こすことがある。これをスラッシュ雪崩というが、これが引き金となって下方斜面の融解した土層を削剥しながら溪流を流下し、さらに溪流に堆積している雪や不安定土砂を取り込んで雪と水と土砂の混合流体として流下する雪泥流となる場合がある(安間、1993)。雪泥流がさらに流下すると、気温の上昇や内部の摩擦熱で雪が融解し、最終的には土石流となり、広範囲にわたって拡散することがある。富士山麓ではこの現象を雪代と呼び、古くから地元住民に大変恐れられていた。雪泥流による最大の災害は、昭和 20(1945)年 3 月に青森県赤石川で発生した雪泥流で、鱈ヶ沢町大然(おおしかり)地区で 87 名の死者を出す大災害となった。

3. 気候変動が土砂災害に及ぼす影響

日本の積雪地帯は緯度が低く暖温帯に位置することから、温暖化は積雪環境に大きな影響をもたらすと考えられている。季節積雪層の形成や消失の変動は、降水~積雪~流出といった一連の水文過程をより複雑にし、水資源はもちろんのこと、積雪に起因した地すべりなどの土砂災害の形態や発生危険度など、人間社会を取り巻く環境に大きな影響を与えると予想される。このため、温暖化適応策の一環として、将来の予測データなどを利活用しながら積雪地帯における土砂災害のリスク評価についての調査・研究を推進する必要がある。

参考文献

川住淳一郎他(1995)：長野県の地すべり、地すべり技術、22(1)、3-15。安間荘(1993)：富士山におけるスラッシュ雪崩発生の初期条件と流れの動態、雪氷、55(2)、142-144。