

38 積雪の移動に伴う斜面侵食に関する一考察

建設省土木研究所

○石田孝司 加藤信夫 南 哲行

建設省湯沢砂防工事事務所

大野宏之 本郷國男 小川淳一

国際航業(株)

大図和也

1. はじめに

積雪地帯における土砂の生産・移動現象は、主として①降雨や地震を誘因とするもの、②融雪水による斜面崩壊・地すべり・土石流に起因するもの、③全層雪崩やグライドといった積雪の移動に起因するものに大別できる。これらのうち積雪の移動に伴う土砂生産は毎年繰り返す現象でありながら、積雪地帯における砂防計画の検討にあたってこれまで評価はなされてこなかった。積雪挙動による斜面侵食実態に関しては北海道での調査を元にした小野寺(1979)の報告等があるが、さらに積雪期の斜面侵食量の定量化を最終目標とし、全層雪崩と積雪のグライドに着目してこれらに起因する土砂生産量に関する調査を行ってきたので、その一部について報告する。

2. 調査内容と手法

調査は、信濃川水系中津川支流硫黄川(流域面積 13.2km²)、小赤沢川(同 7.8km²)および魚野川支流滝ノ沢(同 1.7km²)を対象とした(図-1)。なお、気象庁地域気象観測所(津南)における年最大積雪深は、最近 30 年間に於いて最大 458cm、最小 131cm、平均 295cm であり、平成 9 年度冬期は 274cm であった。

本調査では、①全層雪崩発生斜面の特徴の把握、②全層雪崩デブリ中に含まれる土砂量の計測、③斜面侵食量の積雪期と非積雪期との比較の3項目を行った。各項目の調査手法について以下に記述する。

①平成 9 年 4 月の空中写真から硫黄川および滝ノ沢で発生した全層雪崩を空中写真から抽出し、前年夏期の空中写真による崩壊地分布図に図化して全層雪崩発生域の地状、地被の特徴を把握した。

②対象流域上空からの目視では全層雪崩の堆積域は黒～茶色状を呈していたため、デブリ中の土砂混入量の把握を試みた。なお、硫黄川流域で発生した全層雪崩跡へのアプローチは困難であったため、滝ノ沢における全層雪崩 2 事例を対象とし、デブリ部のピット掘削による混入土砂量計測を行った。

③アプローチの容易な崩壊斜面を硫黄川および小赤沢川流域から計 4 斜面選定し、平成 9 年 11 月に各斜面に横方向 1.5～2 m、縦方向 2.2～5 m ピッチに、D10 鉄筋を 25 本づつ格子状に、頭部が地表面と同レベルとなる程度に挿入し、積雪期の前後にその抜け出し量(もしくは土被り量)の計測を行うことにより侵食量の計測を行った。侵食量計測斜面の概要を表-1 に示す。また、並行して簡易型グライド量計測器を各斜面に 3 基づつ設置し、積雪期間中の対象斜面における積雪グライド量の計測を試みた。

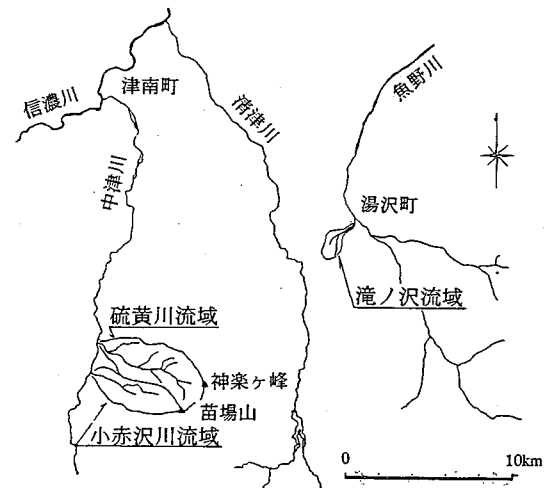


図-1 調査対象地

3. 調査結果

3.1 全層雪崩発生斜面の特徴

硫黄川流域における全層雪崩発生斜面の空中写真判読を行った結果、樹木のない裸地・草地や崩壊地を発生源とする全層雪崩の発生事例が多く見られ、確認された全層雪崩 59 事例のうち 31 事例(53%)が崩壊地を発生源とするものであった。また、硫黄川流域には約 360 の崩壊斜面が存在する(流域面積に対する崩壊地面積の占有率約 1%)ため、崩壊斜面数のうち約 9%において全層雪崩が確認されたことになる。ただ、対象流域の比高差が 1,400m と大きく、低標高部では融雪・消雪が進んでいる反面、高標高部ではまだ全層雪崩発生時期前という条件下での空中写真判読結果であるため、実際に発生した全層雪崩数はこれ以上に大きな値になると考えられる。

3.2 全層雪崩による斜面侵食

滝ノ沢で発生した全層雪崩 2 事例の現地調査を行ったが、調査時にはかなり融雪が進み、積雪層中に土砂は認められず、雪崩により侵食された土砂は全て積雪表面に取り残されていた。これらにはカヤや木の葉等の植物片を多量に含んでいたため、単位面積あたりの採取土砂の重量を、篩を用いて植物片を除去した後に計測し、全層雪崩により生産された土砂量を推定した結果、上流側雪崩調査箇所では 88.5kg、下流側雪崩調査箇所では 255.0kg となった。空中写真に写った残雪や地形・地被状況より土砂生産域を推定しその面積を求めた後に、地山の乾燥密度から、湿潤～乾燥の過程で体積変化がないものと仮定して侵食量を推定した。その

結果、上流側箇所では $0.53 \times 10^3 (\text{m}^3/\text{m}^2)$ 、下流側箇所では $1.27 \times 10^3 (\text{m}^3/\text{m}^2)$ となった。なお、雪崩発生斜面における地質は泥岩～シルト岩からなり、調査箇所周辺の裸地は概ね厚さ 10 ～ 20cm 程度の表土（腐食質粘性土）で覆われており、露岩はない。

3.3 積雪・融雪期の斜面侵食量

平成9年11月に鉄筋を挿入した4斜面について、消雪後の平成10年4月および積雪期前の平成10年11月に鉄筋の抜け出し量計測を実施し、計測対象範囲の平均侵食量を算定した。算定にあたっての条件は、①計測対象

表 - 1 侵食量計測斜面の概要と侵食量計測結果

斜面の概要						斜面侵食量	
斜面名	地質	周囲の植生	斜面の傾斜	斜面長	備考	H.9積雪期(m^3/m^2)	H.10非積雪期(m^3/m^2)
硫黄沢A	基盤は凝灰角礫岩。表層付近は崖錐性堆積物に覆われる。	広葉樹中～高木	34～58°	47m	斜面中ほどが急傾斜となる。鉄筋、グライド装置は主に上部に設置。	0.012/72 \approx 0.2	0.072/72 \approx 1.0
硫黄沢B		上部は杉植林地。周囲は広葉樹低～中木	36～62°	40m	斜面上部が急傾斜となる。鉄筋は上部に、グライド装置は中部に設置。	0.081/70 \approx 1.2	0.268/70 \approx 3.8
小赤沢A	崩壊地表面に凝灰岩～火山礫凝灰岩が露出。	広葉樹低～中木	35～50°	35m	中部が急傾斜をなす。鉄筋は上～中部に、グライド装置は中部に設置。	0.238/78 \approx 3.1	0.209/78 \approx 2.7
小赤沢B		広葉樹低～中木	44～48°	30m	傾斜はほぼ一定。鉄筋は上～下部に、グライド装置は中～下部に設置。	0.508/144 \approx 3.5	0.166/144 \approx 1.2
総平均値						0.839/364 \approx 2.3	0.715/364 \approx 2.0

注) H.9 積雪期: H.9.11/30,12/1 ～ H.10.4/30,5/1 H.10 非積雪期: H.10.4/30,5/1 ～ H.10.11/21,22

範囲は鉄筋打設範囲とする、②侵食量は各格子点と隣接する格子点との平均値を区間長で乗じる、③堆積量は考慮せず、侵食量を対象面積で除して平均侵食量および平均侵食深を求めるとした。

算定した平均侵食量を計測斜面別・時期別に表-1に示す。鉄筋打設後1年間における各斜面の単位面積あたり平均侵食量は $4 \times 10^3 (\text{m}^3/\text{m}^2)$ 程度であり、硫黄沢では非積雪期が積雪期を上回り、小赤沢川では積雪期が非積雪期を上回っていたが、平均すると両期間とも $2 \times 10^2 (\text{m}^3/\text{m}^2)$ 程度であるという結果を得た。また、積雪グライド量については数 cm ～ 100cm 程度の移動量が確認され、全斜面において積雪期に積雪のグライドがあったことを定性的に示している。

硫黄川流域の崩壊地面積は、過去30年間に7回撮影された空中写真の判読による平均値で $150,600\text{m}^2$ となり、崩壊斜面の侵食量を $4 \times 10^3 (\text{m}^3/\text{m}^2/\text{年})$ とすると、崩壊地の斜面侵食による生産土砂量は $150,600 (\text{m}^2) \times 0.004 (\text{m}) \approx 600 (\text{m}^3/\text{年})$ となる。一方、平成7年度信濃川下流直轄砂防事業基本計画作成業務報告書によると、崩壊土量は昭和51～57年の7年間について、新規・拡大崩壊による生産土砂量は約 $16,900\text{m}^3$ と算定されている。この期間の崩壊地の斜面侵食による生産土砂量は、今回の計測結果を元にすると $600 (\text{m}^3) \times 7 \text{年} = 4,200 (\text{m}^3)$ となり、新規・拡大崩壊土砂量の約 25% に相当するという結果を得、このうち約 1/2 の量は積雪期に生産されることになる。

4. まとめ

今回の調査結果はあくまで対象流域における一事例ではあるが、以上の調査結果をまとめると次の通りである。①全層雪崩の半数以上が崩壊斜面を発生域としている ②全層雪崩により生産された土砂量からその発生域における斜面侵食量を求めた結果、草本類が認められる裸地において $0.53 \sim 1.27 (\text{m}^3/\text{m}^2)$ であった。(崩壊斜面を発生域とする全層雪崩ではさらに大きな値が想定される) ③全層雪崩非発生崩壊斜面では、侵食量計測により積雪期においても非積雪期と同規模の斜面侵食が確認され、いずれも $2 \times 10^3 (\text{m}^3/\text{m}^2)$ 程度の侵食量であった。また、崩壊地からの斜面侵食量を限られた期間での新規・拡大崩壊による生産土砂量と比較した結果、これの約 25% に相当する量であった。

5. おわりに

斜面侵食により生産される土砂は崩壊地脚部に貯留され、洪水時に下流へ運搬されるものと考えられる。これの流出時の社会的影響は斜面崩壊や土石流と比較してさほど大きなものとは言えないが、今後、流砂系といった観点で土砂移動現象を取り扱う際には、平常時の土砂移動現象として無視できないと言える。また、積雪期の斜面侵食量が降雨期と同程度であるという結果は、土砂生産源対策上、崩壊斜面への植生回復を目標とする際に全層雪崩や積雪グライド防止対策の有効性を示唆している。

積雪期の斜面侵食をもたらす営力として①積雪グライド自体が斜面を削り取るといった直接的なもの、②積雪底面から流下する融雪水・降雨水の地表流によるものが考えられるが、今後実現象の観察等によりその機構を把握すると共に、地被状態、斜面を構成する土質、斜面勾配、また積雪深や降雨量との関係から積雪期の斜面侵食量を算出可能とするための物理モデル化が今後の課題である。

(参考文献)

小野寺弘道(1979): 積雪地帯の山地侵食防止に関する基礎的研究, 北海道大学農学部演習林研究報告 第36巻第2号, 255-316