

融雪による土砂災害の予知予測手法に関する研究
—新潟県旧山古志村芋川流域を対象として—

岩手大学大学院（現 日本工営（株））○窪寺洋介
岩手大学農学部 井良沢道也 勝又善明
（株）ジオシステムズ 水津重雄

1. 背景と目的

2004 年 10 月に発生した新潟県中越地震により、旧山古志村を含む芋川流域では崩壊や地すべりなど多くの土砂災害に見舞われた。新潟県は、豪雪地帯として知られ、地震発生以降、融雪に起因する土砂災害が多発している。

そこで、本研究では融雪期の地すべりや斜面崩壊、河道内に堆積した不安定土砂の流動化を引き起こす融雪水量の適正なる予測手法の検討と、実際に芋川流域周辺で発生した融雪による土砂災害の発生事例、全 11 事例から融雪による土砂災害の予知予測へ向けた総合的な考察を行う。

対象地概要

新潟県芋川流域を研究対象地とした。流域面積は 38.4km²、流路長は 17.2km である。流域周辺の地質は砂岩・泥岩などから成る新第三紀鮮新世であり、シルト・砂・礫などから成る第四紀更新世の魚沼層により構成されている。

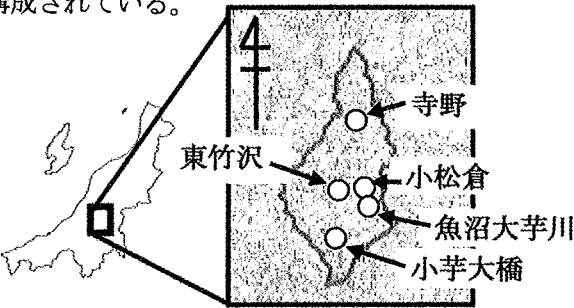


図 1 観測地点図

2. 観測地点と解析期間

芋川流域内の小松倉（土木研究所・岩手大学）、寺野・東竹沢・小芋大橋（湯沢砂防事務所）、魚沼大芋川（雪氷防災研究センター）において 2005 年と 2006 年に観測された気象・水文要素を用いた。

解析期間は 2005 年と 2006 年 1～5 月の積雪期～融雪期までである。

3. 融雪水量推定手法

熱収支法

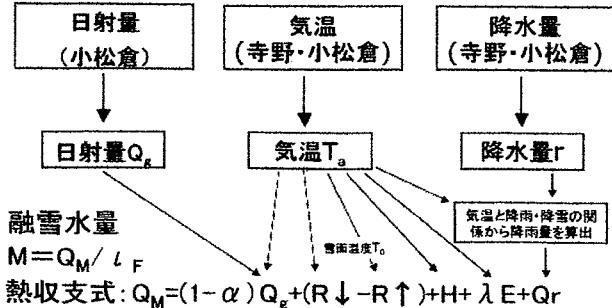


図 2 熱収支法を用いた融雪計算の流れ

ここで、 Q_M :融雪熱量(W/m²), α :雪面のアルベド, Q_g :全天日射量(W/m²), $R_{\uparrow}$:赤外放射(W/m²), $R_{\downarrow}$:大気放射(W/m²), H :顕熱輸送量(W/m²), λE :潜熱輸送量(W/m²), Q_r :降雨による輸送熱(W/m²), M :融雪量(mm), L_F :氷の融解潜熱(J/kg)を示す。

簡易熱収支法

熱収支式の顕熱 H , 潜熱 λE を任意地点の係数 K_{SL} (mm day⁻¹ °C)を用いて簡略化した手法である。小松倉地点の K_{SL} は 3.02 と決定された。

Degree-day 法

日平均気温に融雪係数 k (mm day⁻¹ °C)を乗じて、日融雪水量を推定する。小松倉地点の k は経験的に 4.0 と決定された。

4. 結果と考察

4.1 融雪水量推定手法の適合性の検討

小松倉地点に設置した融雪水量の実測値（ライシメータ実測値）と推定値の適合性を検討する。

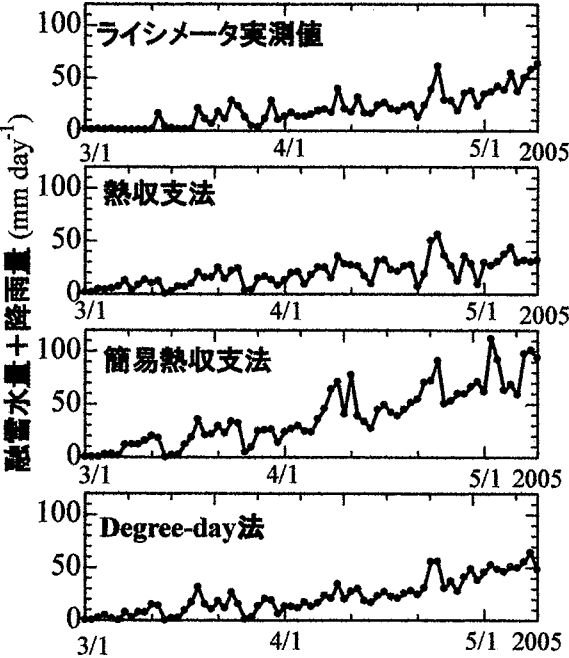


図 3 融雪計算結果（小松倉地点，2005 年）

結果、各推定手法ともに実測値との適合性は高かった。2006 年も同様の結果が得られた。

表 1 各手法の実測値との適合性

	2005 年		2006 年	
	r	ME	r	ME
熱収支法	0.89	-0.1	0.72	3.3
簡易熱収支法	0.89	10.8	0.80	11.4
Degree-day 法	0.94	1.4	0.67	4.5

(r: 相関係数, ME: 平均誤差)

4.2 融雪災害の事例解析

① 2005.4/23 夜半 東竹沢地区での崩落

降雨によって融雪が進む中、芋川流域内の東竹沢地すべり頭部滑落崖に崩落が発生した。発生規模は、長さ 130m、幅約 100m、概算発生土砂量は、32,000m³と想定される。

崩落発生当時の融雪状況と気象状況を検証する。

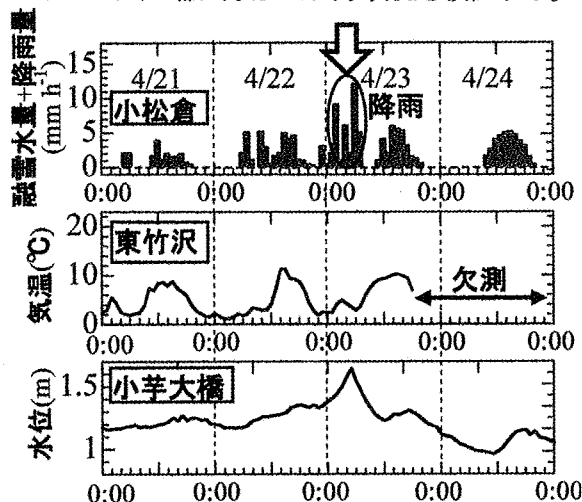


図4 災害発生時の融雪・気象状況(2005.4/21~4/24)

以下の特徴が挙げられる。

- ・ 当時、融雪最盛期で、毎日 20~40mm の融雪が発生していた。
- ・ 融雪水量と降雨の和は、4/22 では 50.3mm、4/23 では 56.2mm であり、2005 年で最も多くの水量が地表に達した。
- ・ 4/23 日未明の降雨は 5~15mm hour⁻¹ の強い雨で、延べ 40mm の降雨を記録した。
- ・ 4/22 日中の融雪と 4/23 日未明の降雨によって、連続して地表面に水量が供給されていた。
- ・ 22 日の融雪と 23 日未明の降雨によって、水位は 24 時間で 50cm 近く急激に上昇した。

② 2006.5/6 小千谷市十二平での地すべり

芋川流域の中流に位置する、小千谷市十二平地区で地すべりが発生した。発生規模は長さ 10m、幅 10m、厚さ 1m、概算土砂量は 100m³であった。

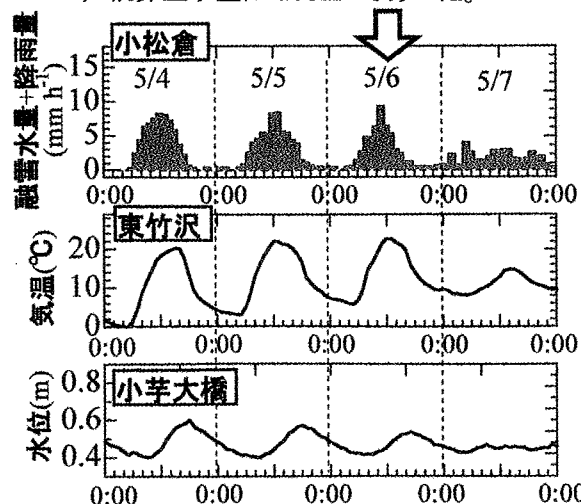


図5 災害発生時の融雪・気象状況(2006.5/4~5/7)

以下の特徴が挙げられる。

- ・ 当時、融雪末期で日中の気温は 20℃を超え、毎日 50mm を超える融雪が発生していた。
- ・ 当時、積雪深は 60cm 程しかなかったことから、表面で発生した融雪水量は 0~1 時間ほどで地表面に到達したと推測される。
- ・ 5/5 の 5 時から毎時間、融雪水量が連続して地表面に供給され、6 日の 24 時までで延べ 113mm の融雪水量が地表面に供給された。
- ・ 夜間でも少量の融雪水量が発生していた。
- ・ 当時、降雨は記録されていなかったため、融雪水量を主たる誘因で地すべりが発生した。

5. まとめ

以下の結果が得られた。

- 1) 日融雪水量は、熱収支法が最も再現性が良く、精度の良い推定が可能であるが、簡易熱収支法や Degree-day 法でも同程度の精度が得られた。
- 2) Degree-day 法は、水津(2002)により季節、地形、斜面の傾斜・走行や、気温にも依存し、近くの場合でも値が異なるため、標高による依存性がないことが指摘されている。そのため、広域及び任意地点の正確な推定は困難である。
- 3) 気温、降水量、日射量から推定することが出来る簡易熱収支法は、短期予測や任意地点の推定も可能であることから、適用が望ましい。今回、誤差が 10mm day⁻¹ ほど生じたので、精度向上にはパラメータ等の検討が望まれる。
- 4) 融雪による土砂災害発生当時、災害発生前日から連続して地表面に融雪や降雨が供給され続けた場合に、土砂災害が発生している場合が多くあった。その値は 50~100(mm 2day⁻¹)であった。
- 5) 融雪期の深夜に大量の降雨を記録し、日中の融雪水量に加算され、土砂災害が誘発されたケースが複数事例であった。
- 6) 土砂災害発生当時、前日から連続して地表面に融雪や降雨が供給され続けた場合(累積で 100mm 程度)に、土砂災害が発生している場合が多くあった。そのため、2 日もしくは 3 日単位で融雪水量を累積することが必要である。

謝辞

本研究を進めるに当たり、国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所、(独) 土木研究所土砂管理研究グループ、(独) 防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの佐藤篤司氏、上石勲氏、山口悟氏には資料等の提供など、多大なる便宜を図って頂いた。関係者各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 窪寺洋介: 融雪による土砂災害の予知予測手法に関する研究, 岩手大学大学院修士論文, pp. 1-194, 2008.
- 2) 水津重雄(2002): 広域に適用可能な融雪・積雪水量モデル, 日本雪氷学会誌(雪氷), 64 巻 6 号, pp.617-630
- 3) 例えば、栗原ら(2007): 芋川流域における融雪量の簡易な予測手法の適用性の検討, 砂防学会誌, 59 巻第 6 号, pp.47-55