

はじめに

(社)砂防学会では、大学や高専等に所属する研究者と実務者（国土交通省）が共同で研究に取り組むことにより、研究の進展と行政課題の解決の両面において着実な成果を得るとともに、その研究成果を砂防事業に反映させていくことを目的として、研究者と実務者による共同研究の場として平成15年に砂防技術研究会を設置しています。平成19年度からは、「大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究」をテーマとして設定し、以下の4課題の「共同研究（第二回）」を開始しました。

(1) 大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究

川邊 洋 新潟大学農学部生産環境科学科 教授
長井 義樹 国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所長

(2) 流出特性・井戸水位から見た

大規模崩壊・土石流の危険度判定に関する研究
恩田 裕一 筑波大学大学院生命環境科学研究科 准教授
山本 巧 国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所長

(3) 大規模崩壊地を有する流域からの

土砂動態モニタリング手法と土砂生産源の検討
平松 晋也 信州大学農学部森林科学科 教授
伊藤 仁志 国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所長

(4) 早明浦ダム上流域における大規模崩壊の時系列変化の把握と濁度物質を含む土砂生産・流出機構とモニタリングシステムに関する研究

松村 和樹 京都府立大学大学院農学研究科 教授
石塚 忠範 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所長

上記研究課題の平成19年度成果報告会(中間報告)を平成20年3月18日に砂防会館で実施した。本報告書は、この報告会での内容を基に取りまとめたものである。

砂防技術研究会

委員長 平松 晋也（信州大学農学部）
副委員長 西本 晴男（国土交通省砂防部）

目 次

1 大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究	1
2 流出特性・井戸水位から見た大規模崩壊・土石流の危険度判定に関する研究	33
3 大規模崩壊地を有する流域からの土砂動態モニタリング手法と土砂生産源の検討	43
4 早明浦ダム上流域における大規模崩壊の時系列変化の把握と濁度物質を含む 土砂生産・流出機構およびモニタリングシステムに関する研究	53

平成 19 年度砂防技術研究会共同研究

大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究

平成 19 年度 研究報告

新潟大学農学部生産環境科学科	川邊 洋
岩手大学農学部農林環境科学科	井良沢道也
新潟大学農学部生産環境科学科	権田 豊
新潟大学災害復興科学センター	丸井 英明 (渡部直喜)
弘前大学農学生命科学部地域環境科学科	桧垣 大助
国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所	長井 義樹

はじめに

各メンバーの課題を、現段階で有機的に結び付けるのは難しいが、大まかな分類としては、斜面の崩壊・地すべり発生危険度を評価することを主目的とした調査・研究と、小流域からの土砂の生産と流出対策を主目的とした調査・研究に分けることができる。今後の進展を睨みながら、課題相互の関係を組み立てていきたい。

崩壊・地すべり発生危険度評価

- ← 振動特性の観測による地震動の影響を受けやすい斜面の抽出（今年度は実施せず）
- ← 崩壊後の斜面の地形変化と不安定化（Ⅰ章：川邊）
- ← GISを用いた崩壊・地すべり発生箇所の特徴の抽出（Ⅱ章：権田）
- ← 融雪に起因した土砂災害の予測（Ⅲ章：井良沢）
- ← 泥質岩での大規模地すべりの発生機構および変遷過程の解明（Ⅳ章：檜垣）

流域からの土砂の生産と流出

- ← 流出土砂量の直接観測による流出実態の検討（Ⅴ章：井良沢）
- ← 水質測定から見た土砂生産・流出特性の検討（Ⅵ章：丸井・渡部）

Ⅰ. 崩壊後の斜面の地形変化と不安定化

大規模崩壊後の斜面は、応力開放や座屈褶曲の影響を受けて、再び不安定化しやすい。その結果、多くの被災斜面では、再び崩壊のポテンシャルが高まっている可能性がある。

今年度は、湯沢砂防事務所所管の各種調査資料や報告書の検索・収集と、現地での観測サイトの検討、および計測機器の選定作業を中心に行った。その結果、調査対象地として東竹沢の崩壊跡斜面を選び、来年度早々に以下の観測を開始することにした。

- ① 縦断方向の数箇所に土圧計を埋設し、斜面内応力の変化や伝播する様子を観測する。取り敢えず、土圧計（定格容量 200kPa）1成分を準備した。実際に測定される土圧の大きさや計測器の使い勝手を見て、土圧計の種類、容量および個数を決め、定常観測に入る。
- ② 斜面の面的な動きを捉えるため、光波測量や GPS による斜面変位の繰り返し多点観測を併用する。
- ③ 目視による斜面変状（上部の亀裂の拡大や脚部の膨らみなど）の観察を行う。
- ④ 湯沢砂防事務所が設置しているマルチ変位計 S-1、S-2 の記録を参考にする。

II. 地震および豪雨による崩壊発生危険度評価モデルの検証

手始めに、GIS を用いて、芋川流域を対象に、地形・地質、水文環境、植生などの様々な因子と、崩壊・地すべりの関係を検討した。おもな結果は以下の通りである。

- ①崩壊・地すべりは、震央を中心にした同心円状ではなく、推定断層に平行な帯状に分布している。
- ②地質によらず、傾斜 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の斜面が多い。また、40%は過去に地すべりが発生した履歴を持っている。
- ③崩壊は地すべりと比較して発生規模が小さいが、発生件数が多いため、流域全体では崩壊、地すべりともに同程度の占有面積率であった。
- ④崩壊は $30 \sim 40^{\circ}$ の斜面で多発したのに対し、地すべりはより勾配の緩い $20 \sim 30^{\circ}$ の斜面で多発した。また、崩壊、地すべりともに砂岩・砂岩泥岩互層で多発した。
- ⑤地すべりのほとんどが地すべり地形内で発生しており、地すべりの発生が、過去の地すべり発生履歴の有無に強く支配されていることを示唆している。
- ⑥針葉樹・広葉樹・草生地・その他(住宅地や川など)で、崩壊の占有面積率を比較したところ、草生地が 7.8 % と飛び抜けて高かった。地すべりについては、植生による違いはほとんど見られなかった。

さらに、数量化Ⅱ類により、各因子が崩壊の発生に与える影響の大きさを評価したところ、斜面傾斜、林相、地質の順であった。地すべりについては、地すべり発生履歴、斜面方位、地質の順に影響が大きかった。

山古志村には多くの水田や養鯉池が分布しているが、それらが中越地震の際に崩壊や地すべりの発生に影響を与えたといわれている。来年度は、水田や養鯉池のような土地利用と崩壊・地すべりの関係について検討を行っていききたい。

融雪に起因した土砂災害の予知予測手法に関する研究 —新潟県芋川流域を対象として—

岩手大学 井良沢 道也

1. 背景と目的

2004年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。また、新潟県は豪雪地帯として知られ、毎年多くの融雪に起因する土砂災害に見舞われている。

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から融雪による土砂災害の予知予測へ向けた考察を行う。

2. 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。

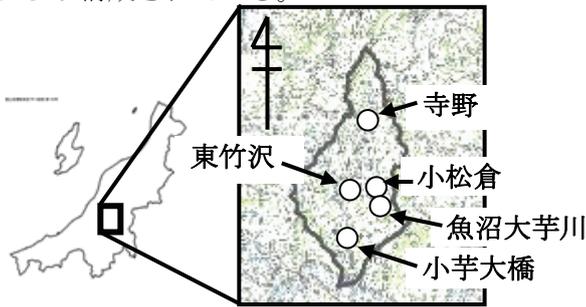


図1 観測地点図

3. 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。

4. 融雪水量推定手法

熱収支法

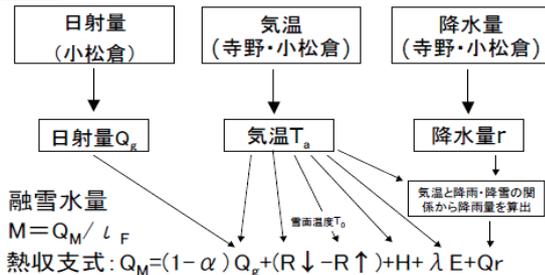


図2 熱収支法を用いた融雪計算の流れ

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、 L_F : 氷の融解潜熱を示す。

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 $K_{SL}(\text{mm day}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C})$ を用いて簡略化した手法。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 $k(\text{mm day}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C})$ 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。

5. 結果と考察

5.1 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。

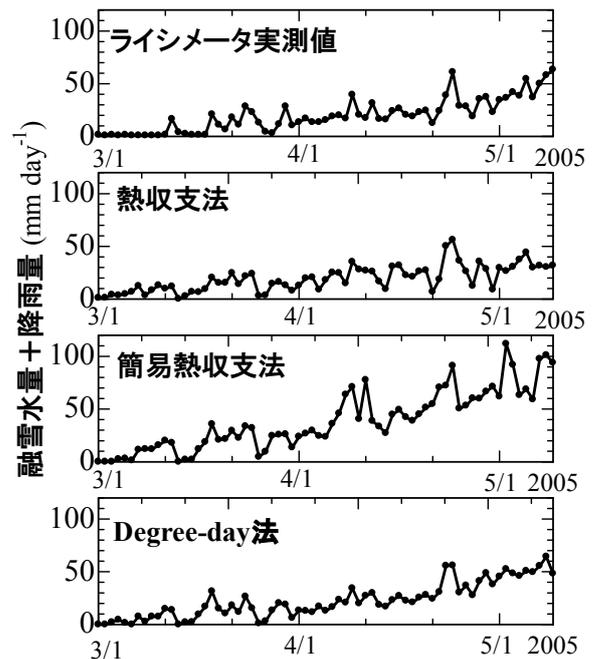


図3 融雪計算結果（小松倉地点、2005年）

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)

5.2 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。

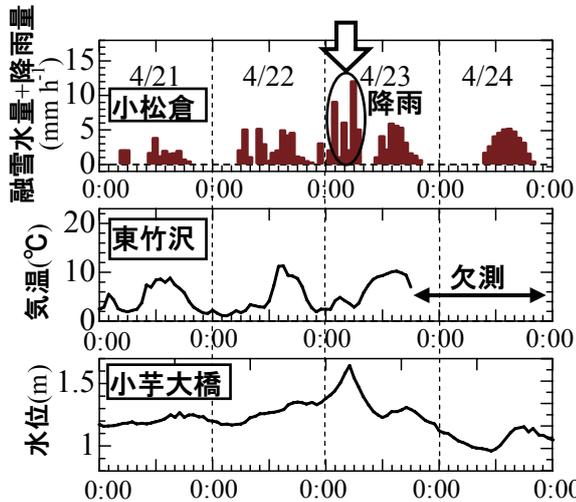


図4 災害発生時の融雪・気象状況(2005.4/21~4/24)

- ・ 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面に達した。
- ・ 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。

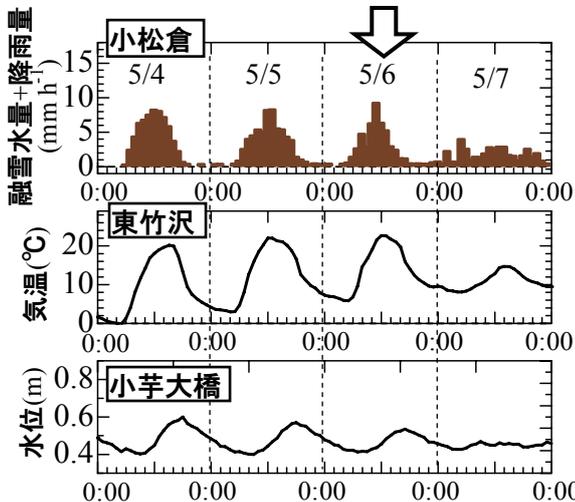


図5 災害発生時の融雪・気象状況(2006.5/4~5/7)

- ・ 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土壌に供給され、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。

6. まとめ

- 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望める。
- 2) Degree-day法は水津(2002)により標高による依存性がないことが指摘されているため、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50~100mmであった。
- 5) 朝方から午前中にかけて発生した土砂災害事例は、前日の融雪と深夜の降雨が大きく影響していた。
- 6) 昼過ぎから夜にかけて発生した災害事例は、前日の融雪と降雨に加え、当日の融雪が大きく影響しているとされる。

謝辞

本研究を進めるに当たり、(独)土木研究所土砂管理研究グループ、国土技術政策総合研究所砂防研究室、(独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター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ます。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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、pp47-55

IV. 地震発生後の流域から生産される土砂の下流への流出実態の検討

岩手大学農学部 井良沢道也

はじめに

2004年10月の中越地震によって芋川流域をはじめ周辺で崩壊や地すべりが多発した。地震によって流域からは今もなお、崩壊の拡大や微細な土砂を含めて土砂生産・流出が活発であり¹⁾、芋川流域のみならず信濃川本川まで影響しているものと考えられる。こうした土砂の発生から移動・堆積の実態を把握し、今後の土砂の生産・流出の対策を行う際の基礎的な知見を得る。具体的には芋川流域内における崩壊地の変動と水文データ（降雨、融雪水、水位、濁度など）からその対応関係を追跡する。平成19年度は国土技術政策総合研究所が観測した濁度データの分析と今後の微細土砂観測システムの構築について検討を行った。

1. 流域内の河川の濁度と融雪現象との関係性

本論では芋川流域の末端部の小芋大橋に設置してある濁度計の観測データから実測した融雪水量や降雨量の値との比較を行い、その傾向や関連性について検討する。

芋川流域では、2004年の中越地震発生以後、芋川を中心とする流域内の河川の濁度が震災以前に比べ、増していることが懸念されている。そのため、2005年の2月23日から国土技術政策総合研究所が芋川大橋の橋下に濁度計を設置した。

ここでは国土技術政策総合研究所(2006)²⁾を基に、観測されたデータを分析し、水位との比較、及び融雪期と非融雪期との違いや特徴についてまとめる。小芋大橋地点の濁度計の設置状況を写真-1に示す。



写真-1 濁度計の設置状況（2005年2月23日）

※国土技術政策総合研究所(2006)²⁾より

濁度計は、芋川本川の左岸側の天然河岸に設置されている。その 80m 上流において、芋川本川と小芋川が合流する。濁度計により計測された電圧値(V)を式(1)に代入して算出した。式(1)は小山内ら(2005)³⁾と同じ方法で、国土交通省国土技術政策総合研究所により作成された式である。

$$C=1.24763 \times 10^{-3} V^2 + 7.69324 \times 10^{-2} V \quad (1)$$

なお、C：土砂容積濃度(%)、V：濁度計により出力された電圧値(V)である。

2. 濁度と融雪の関係

入手したデータは 2005 年 2 月 23 日から 6 月 28 日の一ヵ年分のデータである。観測された濁度と水位、小松倉地点で実測されたライシメータ実測値のデータを図-1 に示す。

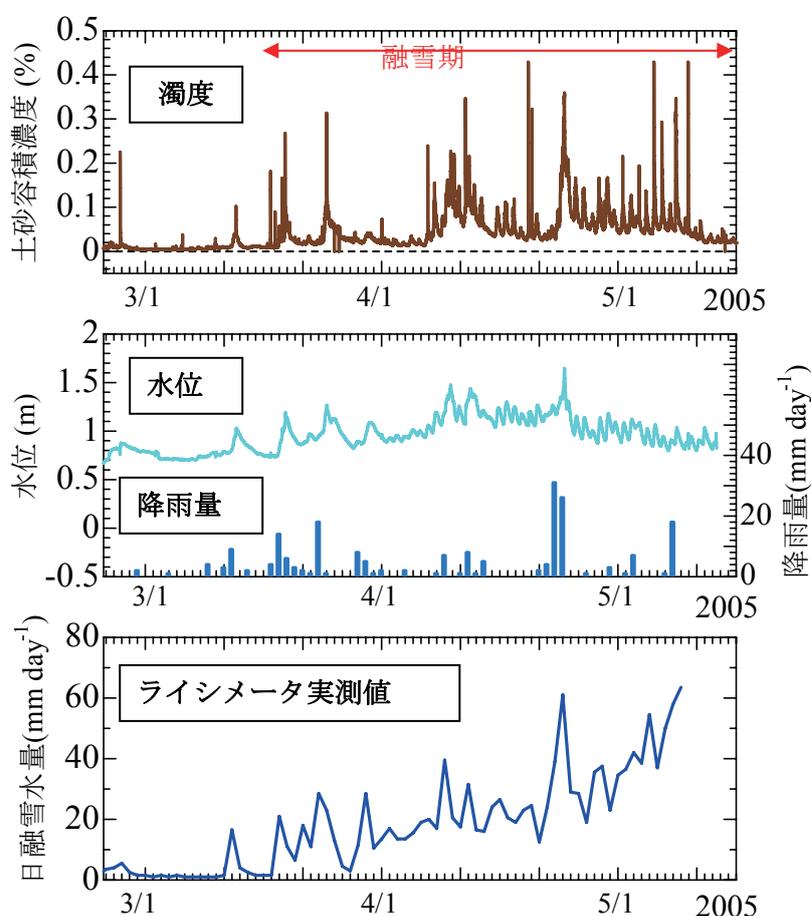


図-1 濁度と水位、降雨量、ライシメータ実測値の関係

2005 年は 3 月中旬に最大積雪深を記録し、その後、5 月上旬に消雪を向かえるまでの 50 日間が融雪期である。

融雪期以前の 3 月上旬では濁度はほぼ 0% である。その後、融雪期を向かえると、融雪出水による水位の上昇と共に、濁度も上昇する。同時に、水位が一日のピークを向かえる時に、濁度も同時に一時的に大きく上昇している。そのため、融雪水量実測値が多く観測された場合、濁度は 0.1~0.4% 上昇し、水位も上昇する。

また、水位が融雪や降雨によって 20～50cm 程度、急激に上昇する際、濁度は観測する電圧が 5V を超えるオーバーレンジ現象が起こっている。その後、融雪期が終了し、水位が落ち着くと、濁度も低下し、安定している。

このように、水位が上昇するにつれて、濁度が上昇する傾向が見られた。また、水位は降雨やライシメータ実測値が観測された後に上昇する傾向にある。

3. 流域の土砂生産現象と濁度の関係

芋川流域では地震発生後も土砂生産が引き続き発生した。ここではこのような融雪災害に関して、観測された気象データと共に、熱収支法により算出された融雪水量を用いて解析を行う。

初めに 2005 年の 1 月から 5 月までの小松倉地点の日融雪水量と日降雨量の値を図-2 に示す。2005 年 4 月 8 日に長岡市村松及び濁沢、川口町木沢で地すべりと崩壊が、同じく 4 月 21 日にも長岡市濁沢で地すべりと崩壊が発生した。4 月 23 日には東竹沢で崩壊が発生した他にも長岡市濁沢、小千谷市山新田で崩壊、地すべり、土石流が発生した。4 月 21 日は小松倉地点では日融雪水量は推定値で 14.6mm、日降雨量は 4.0mm であった。また、前日は融雪水量 4.9mm day⁻¹、日降雨量 5.0mm とそれほど多く融雪や降雨は記録されていない。それに比べ、22 日から 23 日は降雨と共に融雪も多く記録している。22 日の日融雪水量推定値 19.3mm、日降雨量 31.0mm、23 日は日融雪水量推定値 30.2mm、日降雨量 26.0mm となり連日 50mm 以上の水量が地表面に供給されたことになる。

2005 年の日融雪水量と日降雨量の推移を図-3 に示す。また、土砂災害発生当時の融雪状況や気象状況を同じく図-3 に示す。降水量の値は東竹沢地区に設置する降水量計の値である。また、気温と融雪水量の値は、東竹沢地区より約 1km 南東に位置する小松倉地点において推定された値である。水位は、流域下流の小芋大橋にて観測された値である。村松地区と濁沢町は、本研究において融雪水量推定を行った小松倉地点から北西に 10～15km 離れた地点である。そのため、小松倉地点を含む芋川流域内の積雪状況や融雪状況とは違いがある可能性がある。

次に、土砂災害が発生する 4 月 21 日と 4 月 23 日を含む 4 月 20 日から 25 日までの融雪水量の実測、推定された値と気象要素の推移を図-4 に示した。降水量の値は東竹沢地区に設置する降水量計の値である。また、気温と融雪水量の値は、小松倉地点において推定された値である。水位は、流域下流の小芋大橋にて観測された値である。

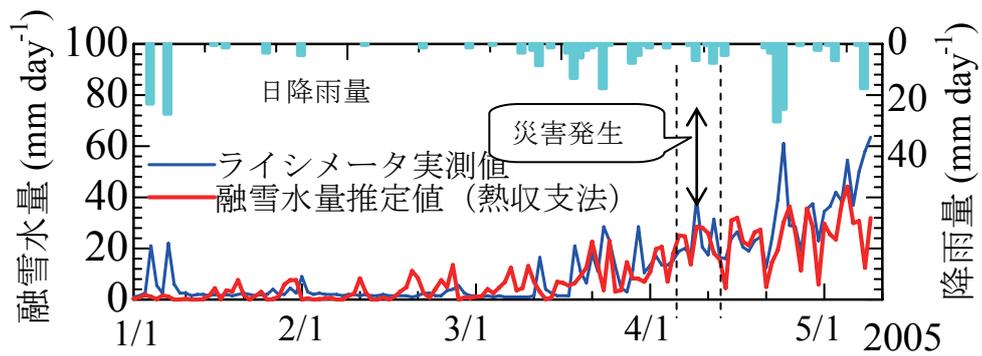


図-2 2005年の日融雪水量と日降雨量の推移—小松倉地点—

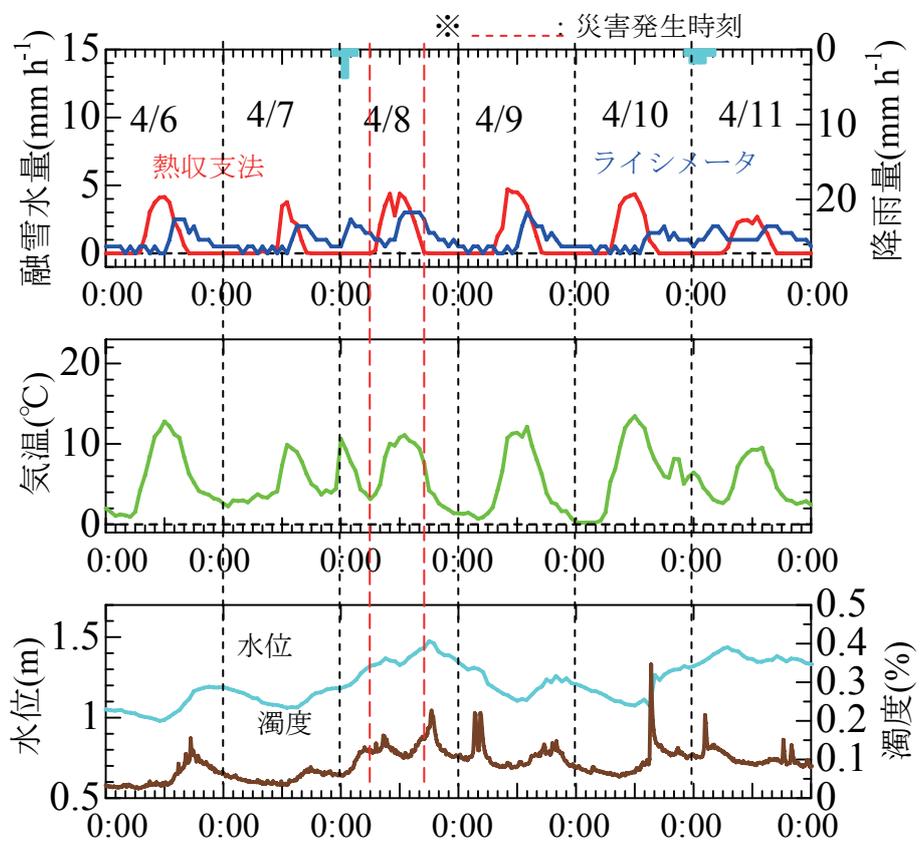


図-3 4/6 から 4/11 までの融雪水量の値と各気象要素の推移

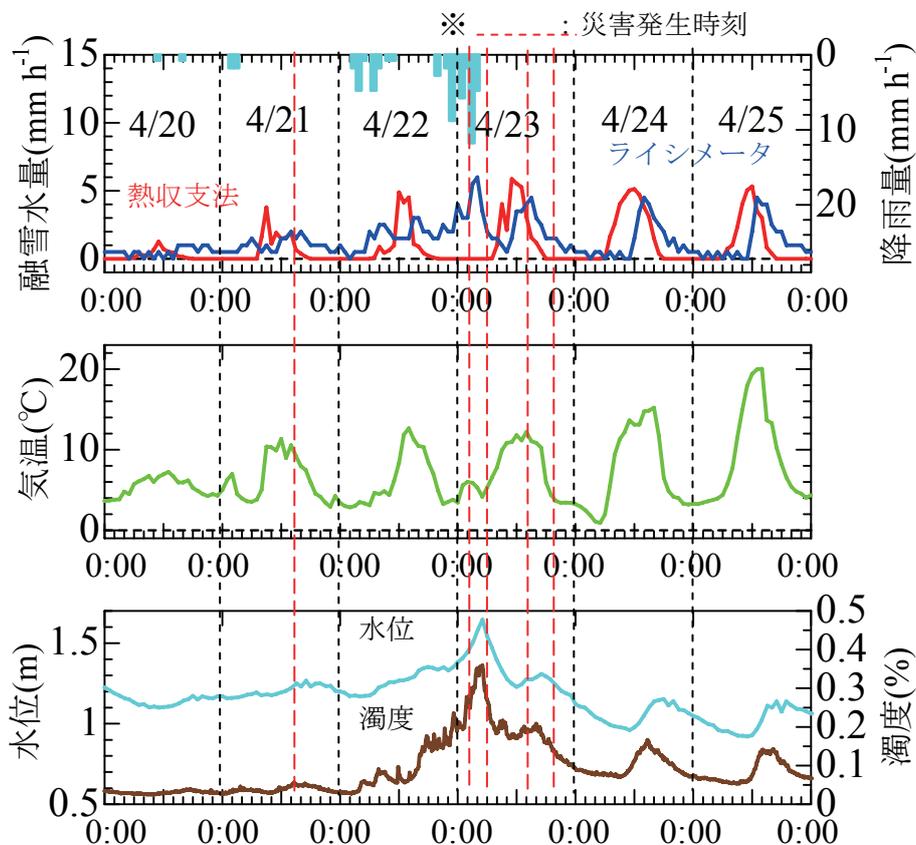


図-4 2005年4/20から4/25までの融雪水量の値と各気象要素の推移

4月20日は少量であるが、日中に2mmの降雨を記録している。そして21日未明に5mmの降雨を記録する。その後、日中の融雪現象(14.6mm day⁻¹)を経て16時に地すべりと崩壊が発生する。20日の気温は、10℃未満で推移している。そして、21日は前日に比べ、5℃以上の上昇が見られる。水位や濁度に大きな変化は見られなかった。

4月22日は午前中から降雨を記録している。その後、昼前に雨が降り止み、気温の上昇と共に融雪が発生している。22日の融雪水量は熱収支法推定値で19.3mmである。そして、夜になると、再度、雨が降り始め、1時間に10mmを越す強い降雨を記録している。深夜の降雨は延べ40mmにも達した。その深夜の時間帯に東竹沢の崩落が発生している。そして、朝方6時に濁沢町で土石流が発生している。その後、23日の日中の融雪現象(30.2mm day⁻¹)があり、14時に川口町木沢地区で山腹崩壊から土石流が発生した。そして、融雪が終わって、20時30分に小千谷市山新田で地すべりが発生した。

気温を見ると、降雨のある22日深夜に一時的に上昇している。水位は22日の2時から24時間で50cm近く上昇している。また、水位の上昇と同時に濁度も0.3%程度上昇している。

4. 今後の芋川流域内の濁水等の観測計画

東竹沢砂防堰堤群は中越地震により河道埋塞して出現した天然ダム湖を固定化するもので、上流域からの堆砂が多く、貯水池内末端部へのトップデルタの形成が著しい。湯沢砂防事務所は貯水池の深浅測量を実施しているので、経年的なダム湖への流入土砂量を把握することができる。また、東竹沢砂防堰堤群に流入する主要な河川は以下のとおり3本ある。①芋川本川、②東川、③冷子沢であり、それぞれダム湖へ一番近い砂防施設として、①檜木砂防堰堤、②東川（既設）砂防堰堤、③冷子沢第1号砂防堰堤が計画もしくは既設で存在している。今後、①～③のそれぞれの砂防施設の水通し部に濁水計と水位計を設置し、濁水観測システムを構築する予定である。ただし、冷子沢第1号砂防堰堤は未満砂のため副堰堤部への設置など検討する必要がある。また、④東竹沢砂防堰堤群の水通し部においても濁水計と水位計を設置し、経年観測することで貯水池から流下する微細土砂をとらえることができる。さらに、⑤芋川流域下流端（小芋川合流点後の本川）に設置してある国土技術政策総合研究所砂防研究室の濁度計のデータもあわせて分析することで芋川流域全体の微細土砂の動態を把握できると考えられる。次年度は濁水観測システムを構築し、芋川流域内における崩壊地の変動と水文データ（降雨、融雪水、水位、濁度など）からその対応関係を追跡する予定である。こうした土砂の発生から移動・堆積の実態を把握し、今後の土砂の生産・流出の対策を行う際の基礎的な知見を得たい。

まとめ

本論では芋川流域の末端部の小芋大橋に設置してある濁度計の観測データから実測した融雪水量や降雨量の値との比較を行い、その傾向や関連性について検討した。その結果を以下に述べる。

- 1) 融雪水量実測値が多く観測された場合、濁度は0.1～0.4%上昇し、水位も上昇する。
- 2) 水位は融雪出水によって16～18時に上昇し、1日のピークを向かえる。
- 3) 濁度（土砂容積濃度）は水位が上昇するにつれて、増加する傾向が見られた。その傾向は融雪末期になるにつれて高くなった。
- 4) 水位が20～50cm急激に上昇する際に、濁度計の電圧が5Vを超える（オーバーレンジ）現象が見られた。
- 5) 2005年4月8日、4月21日、そして4月23日に芋川流域及びその周辺で崩壊など土砂生産が発生した。8日と23日は濁度計の変動でピークを示しており、土砂生産と濁度との関連がみられる。

今回、国土技術政策総合研究所砂防研究室より頂いた小芋川合流後の芋川本川の濁度データは1カ年のみであったため、観測データの数が少ない。今後、濁度計については、多地点において設置される予定であり、データの蓄積を行い、多年度にわたる濁度の推移や融雪現象や土砂災害との関連性を検討する必要がある。

- 1) 秋山一弥、栗原淳一、山口真司、小川紀一郎、小西啓一、吉野弘祐(2006) : 新潟県中越地とその後の積雪期を経た斜面崩壊の特徴、平成 18 年度砂防学会研究発表会概要集、pp.324-325
- 2) 小山内信智、水野秀明、清水武史、沖中健起、原楨利幸(2006) : 平成 16 年新潟県中越地震後における浮遊砂量の観測、国土技術政策総合研究所資料、278 号、pp.1-27
- 3) 小山内信智、水野秀明、沖中健起、原楨利幸(2005) : Time-integrated Sampler の浮遊砂採取効率に関する水路実験、国土技術政策総合研究所資料、266 号、pp.4-6

V. 新潟県旧山古志地域周辺における河川流域の化学的風化フラックス

新潟大学災害復興科学センター
防災部門 丸井英明・渡部直喜

1. はじめに

日本をはじめとする環太平洋地域は、世界的に見ても河川による物質供給フラックスが大きく、言い換えれば、河川流域における侵食量が非常に大きいことを意味する。最も顕著な侵食・運搬作用は豪雨時の土砂流出であり、特に日本においては、しばしば甚大な災害を引き起こしている。豪雨時の土砂災害は流域の斜面や河床に残留した不安定土砂が流出することによって発生し、斜面・流域の風化速度・土砂生産量とも密接に関係する。

本研究は、土砂災害の危険度評価を視野に入れつつ、新潟県旧山古志地域周辺の各河川流域を調査対象として、以下の目的で調査・研究を行った。

- (1) 調査流域の水質の特徴を明らかにし、水質形成における支配要因を特定する。
- (2) 調査地域における各流域の化学的風化フラックスを求める。
- (3) 濁度を物理的侵食の指標に見立て、化学的風化フラックスとの関係から流域の特性を明らかにする。

2. 研究手法

新潟県旧山古志地域周辺、東山丘陵に源を発する3河川（太田川、朝日川、芋川）とその支流において、河川水の定期的な採取（およそ2週間に1回）を実施した。水温、電気伝導度、pHは採水時に現地で測定し、その他の項目（主要イオン、珪酸成分、水素・酸素同位体比）は新潟大学災害復興科学センター設置の機器を使用して分析した。

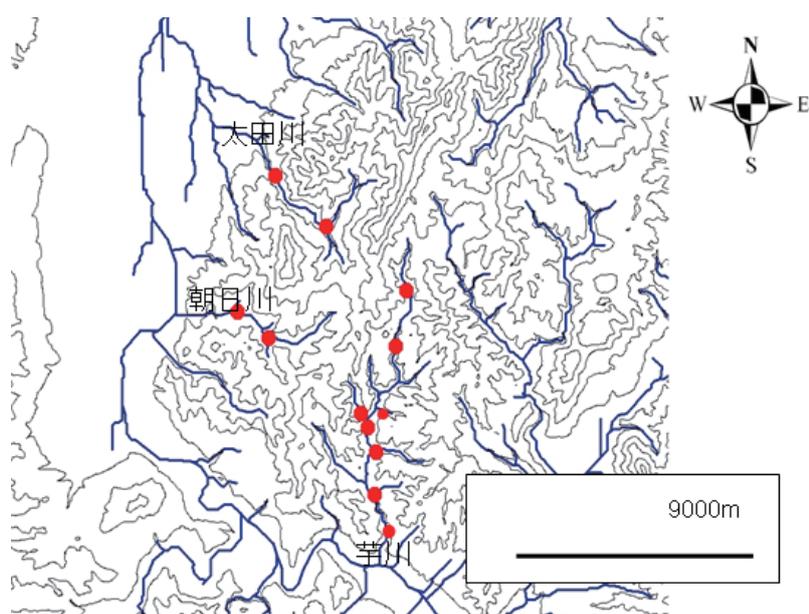


図1 サンプルング位置図

3. 結果と考察

3-1. 河川水の水質

各流域の河川水の水質は以下の通りである。水質の分布を図2に示す。

Ca-HCO₃型：小芋川（芋川水系）、芋川中流右支（芋川水系）

Na-HCO₃型：太田川本流（太田川水系）、太田川右支（太田川水系）、太田川左支（太田川水系）、
荷頃川（朝日川水系）、
芋沢川（芋川水系）

Ca-SO₄型：芋川本流（芋川水系）、土留川（芋川水系）、神沢川（芋川水系）

Na-SO₄型：朝日川本流（朝日川水系）、朝日川上流（朝日川水系）

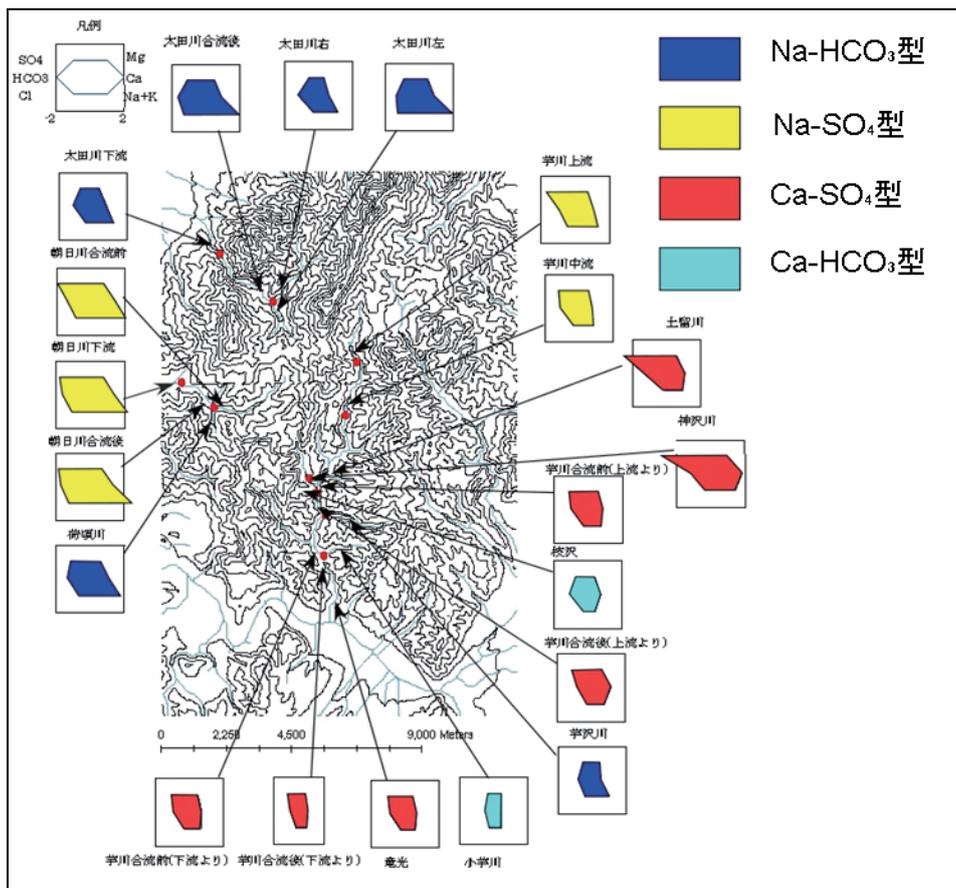


図2 各流域の水質

3-2. 水質形成の支配要因

酸化的環境下における海成泥岩の化学的風化作用では、炭酸支配系の溶解反応よりも硫酸支配系による溶解反応が卓越する。酸化的環境では、海成泥岩に含まれる黄鉄鉱が酸化し、硫酸を形成する。一般に珪酸塩鉱物は、弱酸である炭酸よりも、強酸である硫酸に溶解しやすい。結果として、海成泥岩分布域の地表水・地下水は硫酸イオンに富むようになる。各流域で電気伝導度・全イオン濃度に差を生じる原因を明らかにするため、各流域面積に占める泥岩分布面積の割合（泥岩占有率）と全イオン濃度の関係を検討した。その結果、泥岩占有率と全イオン濃度には正の相関が認められ、各河川の水質が流域面積に占める海成泥岩の分布面積の割合に支配されることが明らかとなった。図3には芋川水系の各流域における泥岩占有率と全イオン濃度の関係を示す。

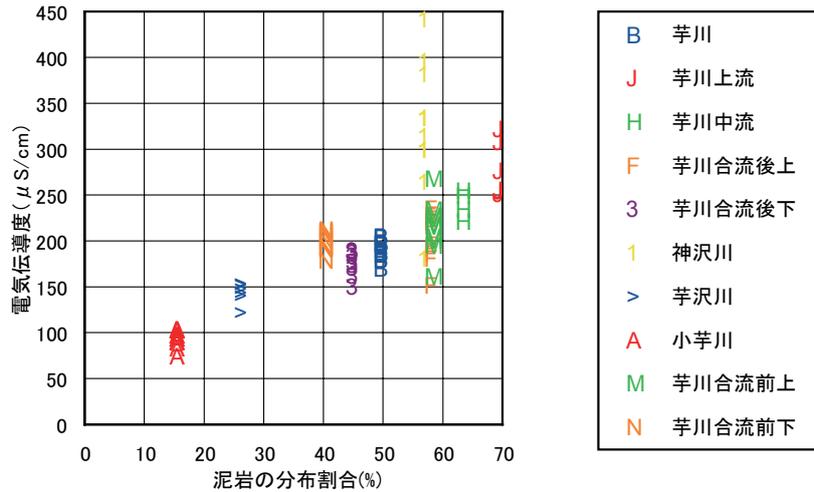


図3 各流域の泥岩分布割合(%)と電気伝導度の関係

3-3. 化学的風化フラックスの推定

各流域における年間の化学的風化フラックスを推定した。推定にあたっては、①調査河川水の全溶存成分量(TDS)と②調査河川の年間流量が必要となる。流量観測を行っていないので、集水面積、年間降水量、年間蒸発散量から年間流量を見積もった。年間降水量は長岡と栃尾のAMeDASデータを参考にし、蒸発散量はソーンスウェイト法によって近似した。見積もられた年間流量の精度は十分とは言えないが、各流域の特性を比較検討する上では大きな問題はないと考える。

表1 各流域における年間の化学的風化フラックス

河川名	面積 (km ²)	フラックス (ton/yr)	1km ² あたりのフラックス ((ton/yr・km ²))
太田川下流	17.19	6795	395.22
太田川合流後	12.21	4508	369.17
太田川左支	5.22	2043	391.34
太田川右支	6.99	2504	358.13
朝日川下流	11.92	6528	547.68
朝日川合流前	6.87	4167	606.36
荷頃川	1.73	890	513.56
芋川下流(竜光)	39.12	13325	340.59
芋沢川	3.48	960	276.33
小芋川	2.49	465	186.78
芋川上流	4.42	2025	457.80
芋川中流	8.87	3572	402.73
神沢川	2.98	1644	551.46
芋川合流後下	36.18	11289	312.00
芋川合流後上	22.57	8199	363.23
芋川合流前上	19.59	7532	384.42
東山丘陵全体	68.23	26648	390.53
信濃川	10150.00	1503941	148.17

各流域における年間の化学的風化フラックスは、表1に示した通りである。東山丘陵における年間の化学的風化フラックスは26648トン/年と見積もられる。また各流域の1km²あたりの化学的風化フラックスについて図4に示した。1km²辺りでは、391トン/年と見積もられ、信濃川流域全体のフラックス(148トン/年)と比べて非常に高い値であることがわかる。

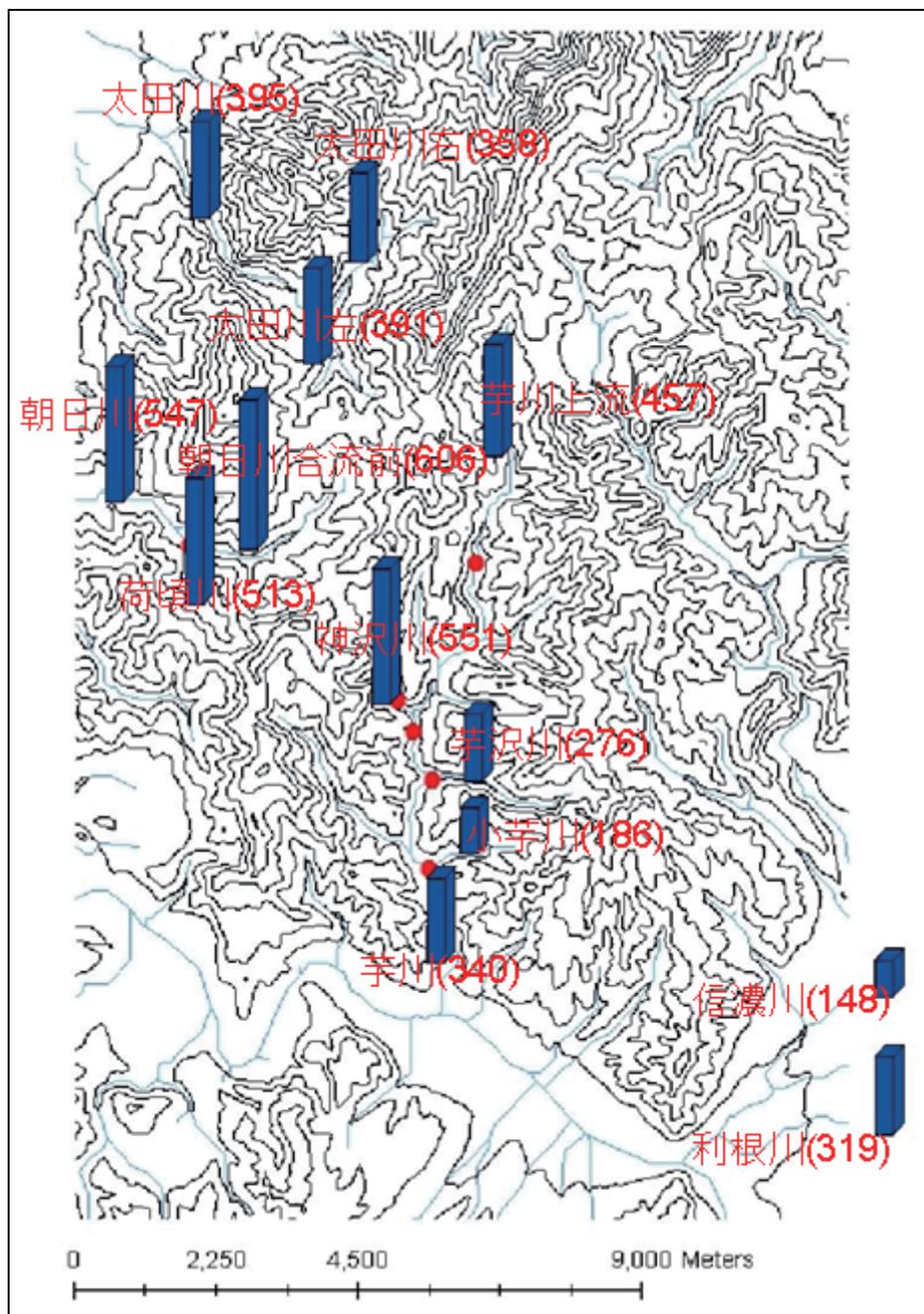


図4 各流域の1km²辺りにおける化学風化フラックス

3-4. 濁度による各流域の特徴

調査流域において濁度(NTU)を測定した。濁度を規定するのは、水中に浮遊している粘土等のコロイド粒子である。ここでは、濁度を物理的浸食の指標とした。濁度と化学的風化フラックスの関係から各流域の風化・浸食特性を考察する。

(1) 地形と濁度の関係

一般に、河床勾配が急なほど物理的浸食の営力は大きくなり、濁度も増加すると考えられる。しかし、調査地域では、河床勾配と濁度の関係に明瞭な相関は見られなかった。

(2) 地質と濁度の関係

本調査地域は泥岩の発達する地域である。泥岩は、物理的浸食作用により粘土からなるコロイド粒子を形成しやすい。よって各流域の泥岩分布割合と濁度の関係を検討した(図5)。明確な正の相関ではないものの、泥岩分布割合が大きいほど濁度が高い傾向にある。芋川下流域では、泥岩分布割合に比べて濁度が高い傾向にある。

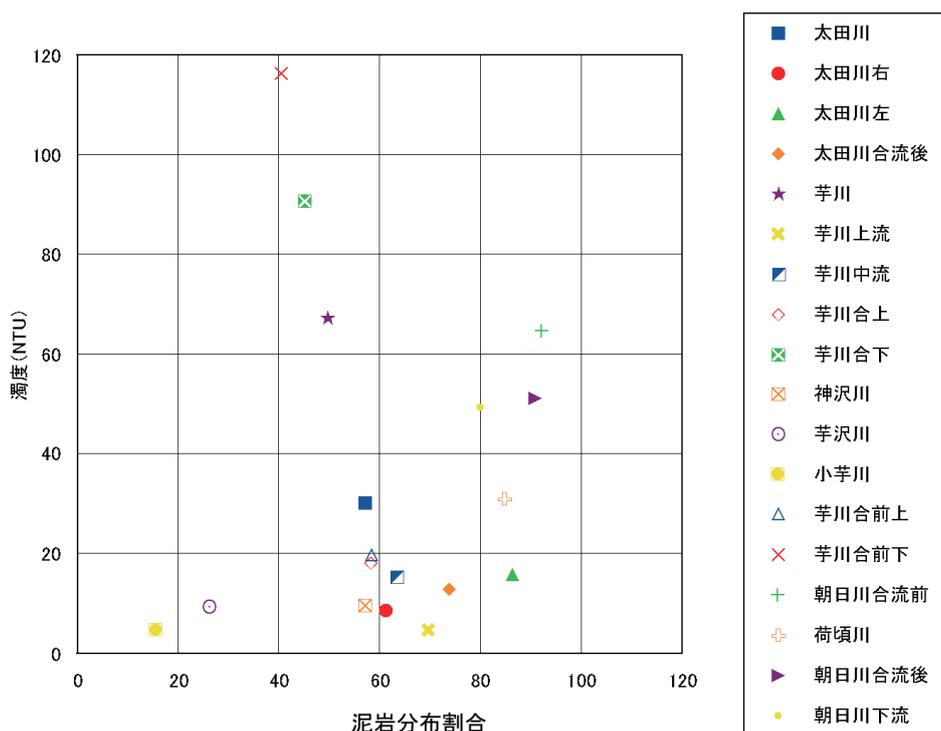


図5 濁度 (NTU) と泥岩分布割合 (%) の関係

(3) 電気伝導度と濁度の関係

図6に電気伝導度と濁度の関係を示す。電気伝導度は溶存する全イオン量と非常に良い相関がある。したがって、電気伝導度を化学的風化フラックスの指標とし、また濁度を物理的浸食作用の指標とすると、定性的に調査地域の各流域の特徴が明らかとなる。

例えば、芋沢川と小芋川は、電気伝導度が低く、濁度も低い。よって、河川水の溶存成分が少なく、透明度の高い流域である。化学的風化フラックスは小さく、物理的浸食量も比較的小さい。

太田川の各流域、荷頃川、芋川上流域では、電気伝導度が高く、濁度は低い。よって、河川水の溶存成分が多く、透明度の高い流域である。これらの流域では化学的風化フラックスが大きく、物理的浸食量が比較的小さい。

芋川下流域では、電気伝導度はあまり高くなく、濁度は高い。よって、河川水の溶存成分はあまり多くなく、河川水は濁っている流域である。化学的フラックスはあまり大きくないが、物理的浸食が比較的大きい。

以上のことから、化学的風化作用によって生産される風化土壌が、侵食によって流出しやすいか、あるいは各流域内に残留しやすいかどうかを定性的に把握できる。

- ・ 芋沢川と小芋川は、化学的風化作用の進行が遅く、侵食量も小さい。
- ・ 太田川の各流域、荷頃川、芋川上流域では、化学的風化作用の進行が早い。しかしながら、侵食量は

大きくない。化学的風化作用によって生産される風化土壌は流域に残留しやすい傾向にある。

- ・ 芋川下流域では、化学的風化作用の進行は比較的遅い。一方、侵食量は比較的大きい。したがって、化学的風化作用によって生産される風化土壌は流出しやすく、流域への残留は比較的小さい傾向にある。

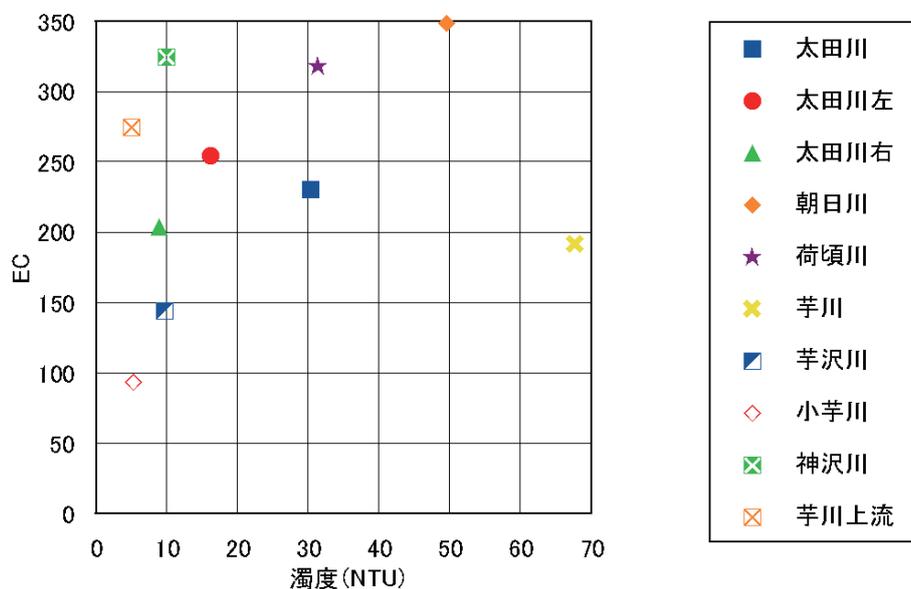


図6 濁度と電気伝導度 (EC, $\mu\text{S/cm}$) の関係

4. まとめ

新潟県旧山古志地域周辺の各河川水の水質・濁度等を調査することによって、次の事があきらかとなった。

- (1) 調査流域の水質形成における支配要因は泥岩の化学的風化作用である。したがって、流域面積に占める泥岩の分布面積の割合が大きいほど、化学的風化フラックスが大きい。
- (2) 調査地域の化学的風化フラックスは信濃川流域と比較して、全体として大きい。また流域によってフラックスが大きく異なる。
- (3) 濁度を物理的侵食の指標に見立て、化学的風化フラックスとの関係から以下のような流域の特性が示唆される。太田川の各流域、荷頃川、芋川上流域では、化学的風化作用によって生産される風化土壌は侵食によって流出されにくく、流域に残留しやすい傾向にある。一方、芋川下流域では、風化土壌は流出しやすく、流域への残留は比較的小さい傾向にある。

VI. 第三系泥質岩での大規模地すべり発生機構および変遷過程の解明

弘前大学農学生命科学部 檜垣大助

目的：新第三系泥質岩での大規模地すべりの地形・地質的発生機構および変遷過程を解明し、地すべり変遷過程を考慮した大規模地すべりへの対策のための調査手法について提案する。

手法：東北地方および新潟県中越地方を主な対象として、大規模地すべり地の発生前の地形条件・地質構造とその後の岩盤破碎風化過程および周辺地形変化による地すべり地の変遷過程を明らかにする。調査には空中写真・レーザ測量地形図および地質ボーリングデータ等を用いる。その結果から、地形判読と地質構造調査結果を用いた地すべりの変遷過程考察を基礎にした大規模地すべり地の地すべり発生危険度把握、すべり面判定とそれに基づく地すべり対策計画手法について提案する。

概要：本年度は、新第三系泥質岩の大規模地すべり地の実態を資料から調べた。その中で深度 150m に及ぶ秋田県砥沢地すべり他いくつかを例として、深度の大きい大規模地すべりとなる地質素因と変遷過程を調べた。砥沢地すべりを例として述べると、層厚 70m を超える安山岩とその下位の凝灰質泥岩の存在と、末端が河川侵食を受けることが大規模地すべりの原因となっていることがわかった。また、その変遷過程として、まず泥岩中にすべり面が生じ大規模初生すべりが発生、その移動体の中で安山岩の存在しない珪質泥岩部分では破碎風化が進み、浅い深度の小ブロックの発生していることがわかった。現在、浅深両深度の地すべりが移動しているが小ブロックの方が活動的である。

今後の方針：中越地震時に発生したものも含め、大規模地すべり発生前の地形・地質条件と、発生後の岩盤破碎風化による強度低下に起因する移動体の変遷過程を検討する。その結果から大規模地すべりの発生素因と大規模地すべり地での地すべり発生箇所予測手法を提案する。

大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究

新潟大学農学部	川邊 洋
岩手大学農学部	井良沢道也
新潟大学農学部	権田 豊
新潟大学災害復興科学センター	丸井 英明 (渡部直喜)
弘前大学農学生命科学部	桧垣 大助
国土交通省湯沢砂防事務所	長井 義樹

大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究

◎崩壊発生危険度評価

- ← 振動特性の観測による地震動の影響を受けやすい斜面の抽出
- ← 応力開放と座屈褶曲による崩壊跡斜面の再不安定化 (I)
- ← GISを用いた崩壊・地すべり発生箇所の特徴の抽出 (II)
- ← 融雪に起因した土砂災害の予測 (III)
- ← 泥質岩での大規模地すべりの発生機構および変遷過程の解明 (VI)

◎流域からの土砂の生産と流出

- ← 流出土砂量の直接観測による流出実態の検討 (IV)
- ← 水質測定から見た土砂生産・流出特性の検討 (V)

I. 大規模崩壊後の斜面の再不安定化

新潟大学農学部 川邊 洋・権田 豊

今年度は、各種調査資料や報告書類の検索・収集と、現地での観測サイトの決定、および計測機器の選定作業を中心に行った。調査対象地として、東竹沢の崩壊跡斜面を選び、雪解けを待って以下の観測を開始する。

- ①縦断方向の数箇所に土圧計を埋設し、斜面内応力の変化や伝播する様子を観測する。
- ②面的な動きを捉えるため、光波測量やGPSによる斜面変位の繰り返し観測を併用する。
- ③目視による斜面変状の観察(上部の亀裂の拡大や脚部の膨らみなど)。
- ④事務所が設置したマルチ変位計S-1、S-2の記録も参考にする。

東竹沢



九分二(台湾)



Ⅱ. 地震および豪雨による崩壊発生危険度 評価モデルの検証

新潟大学農学部 権田 豊・川邊 洋

今年度は手始めに、GISを用いて、芋川流域を対象に、地形、地質、水文環境、植生などの様々な因子と、崩壊・地すべりの関係を検討した。

平成16年 新潟県中越地震1:25,000災害状況図 山古志(地形分類及び災害情報)



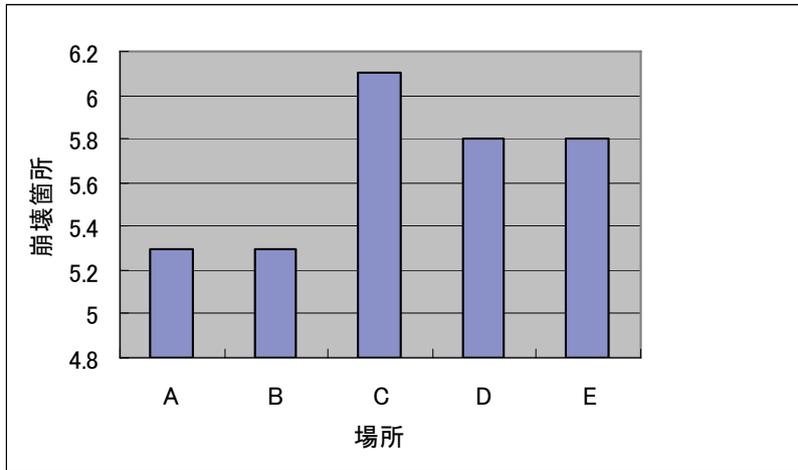
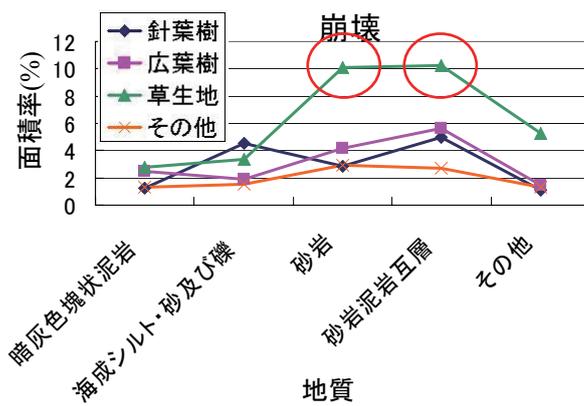


図.3 面積あたりの崩壊地数(箇所/km2)

林相別地質と崩壊の関係

- 林相
- 地質
- 地すべり履歴
- 斜面傾斜角度
- 斜面傾斜方向



崩壊は草生地の砂岩、砂岩泥岩互層で多く発生している。

崩壊への寄与度

斜面傾斜＞林相＞地質

地すべりへの寄与度

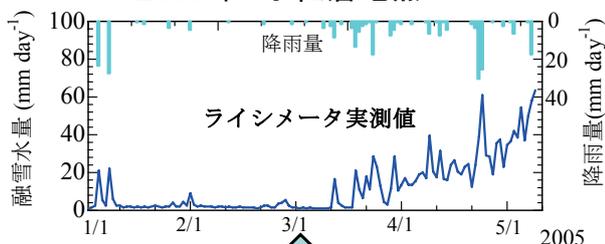
地すべり履歴＞傾斜方位＞地質

**Ⅲ. 融雪による土砂災害の予知予測手法
に関する研究**

岩手大学農学部 井良沢道也

日融雪水量の推定結果

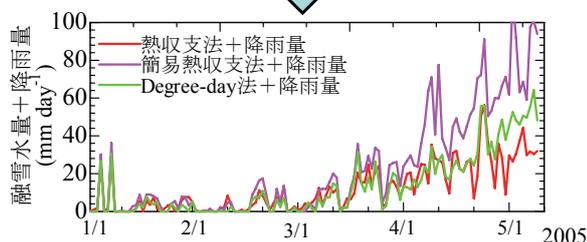
2005年 小松倉地点



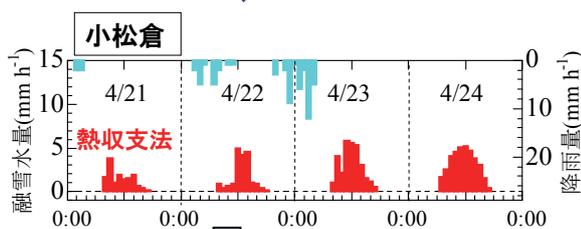
◆ 1月から降雨を記録している。

◆ 4月以降、簡易熱収支法が1.5～2倍過大に推定している。

比較



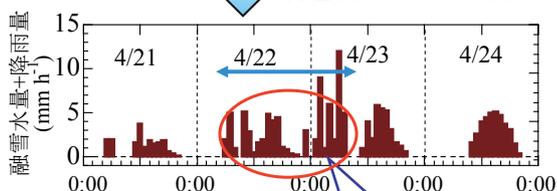
積雪浸透モデル適用後 (2005.4/21～24)



降雨→融雪→降雨

◆ 4/22午前～23未明まで連続的に水量が供給されている。
(延べ76.3mm)

浸透後(2～3時間後)



崩落発生

崩落の直接的な原因

今後の課題

- 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い。その値は累積100mm程度であった。

➡ 数日単位で融雪水量を推定することが必要

- ・天気予報を用いた短期予測
- ・地中浸透モデル・崩壊予測モデルの適用
- ・リモートセンシング(ALOSなど)・レーザープロファイラ測量による詳細な積雪分布の把握

融雪による土砂災害の予測は可能

IV. 地震発生後の流域から生産される土砂の下流への流出実態の検討

岩手大学農学部 井良沢道也

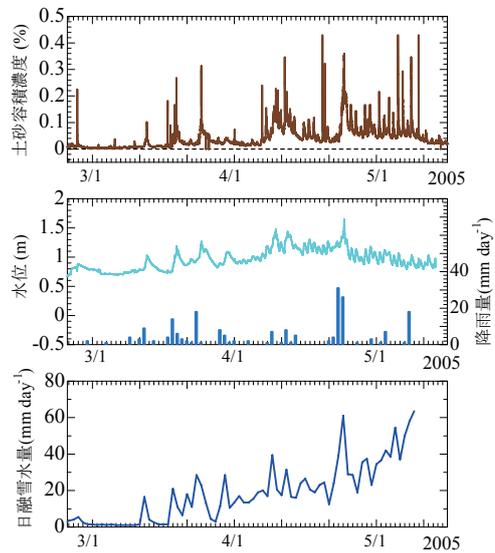


芋川本川(小芋大橋下流)の濁度計の設置状況(2007年5月)

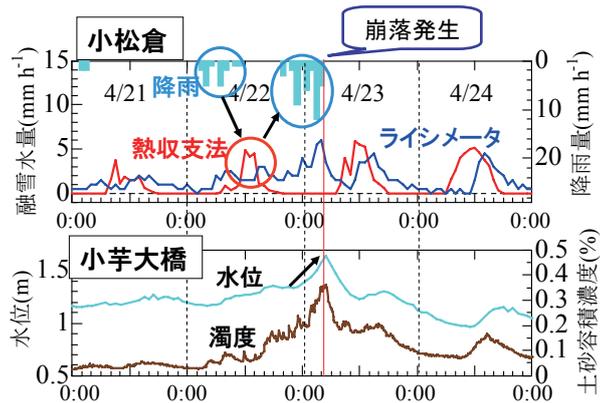


土砂堆積の続く東竹沢の天然ダム湖(2007年10月)

濁度と水位、降雨量、ライシメータ実測値の関係 (2005年3/1～5/10)



時間融雪水量と水位、濁度(2005.4/21～24)



- ◆ 4/22午前から「降雨→融雪→降雨」と連続して記録。
- ◆ 急激な水位上昇(+50cm)、濁度上昇(+0.3%)

今後の課題

- ◆ 今回、国土技術政策総合研究所砂防研究室より頂いた小芋川合流後の芋川本川の濁度データは1カ年のみであったため、観測データの数が少ない。
- ◆ 今後、微細土砂観測システムについては、多地点において濁度計と水位計が設置される予定であり、データの蓄積を行い、多年度にわたる濁度の推移や融雪現象や土砂災害との関連性を検討する必要がある。



微細土砂の生産、流出の把握と土砂生産との関係

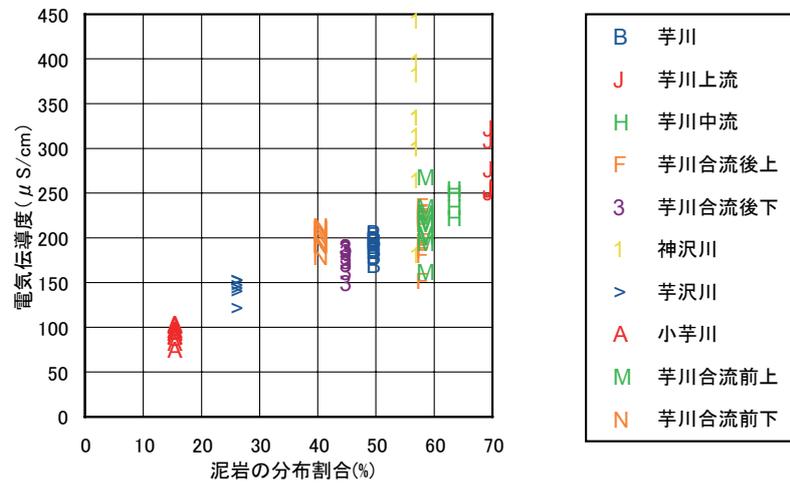
V. 新潟県旧山古志地域周辺における河川流域の化学的風化フラックス

新潟大学災害復興科学センター
丸井英明・渡部直喜

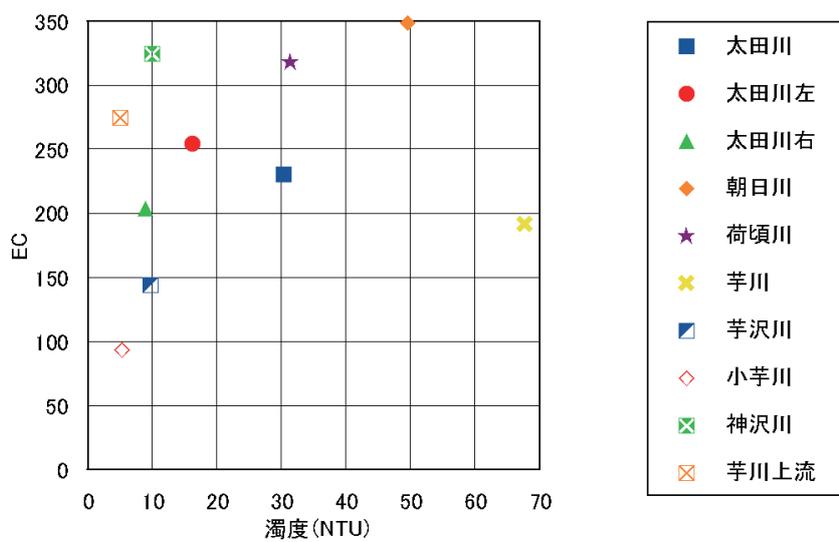
土砂災害の危険度評価を視野に入れつつ、以下の目的で調査を行った。

- (1) 調査流域の水質の特徴を明らかにし、水質形成における支配要因を特定する。
- (2) 調査地域における各流域の化学的風化フラックスを求める。
- (3) 濁度を物理的浸食の指標に見立て、化学的風化フラックスとの関係から流域の特性を明らかにする。

各流域の泥岩分布割合(%)と電気伝導度の関係



濁度と電気伝導度(EC, μS/cm)の関係

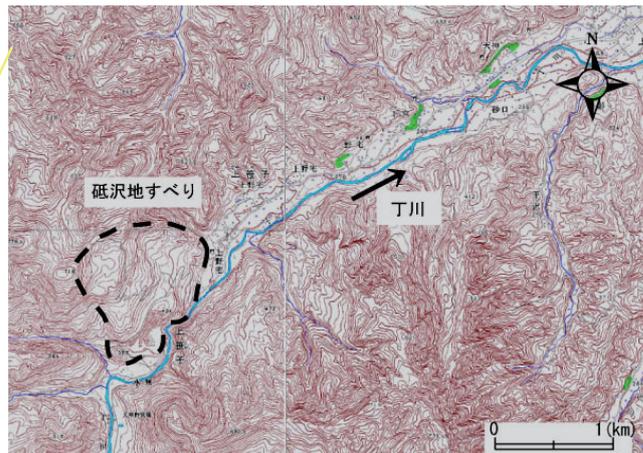


VI. 第三系泥質岩での大規模地すべり発生機構および変遷過程の解明

弘前大学農学生命科学部 檜垣大助

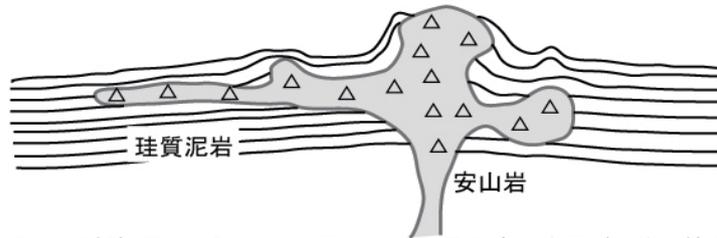
目的: 新第三系泥質岩での大規模地すべりの地形・地質的発生機構および変遷過程を解明し、地すべり変遷過程を考慮した大規模地すべりへの対策のための調査手法について提案する。

地質: 新第三紀中新世女川層珪質泥岩および安山岩



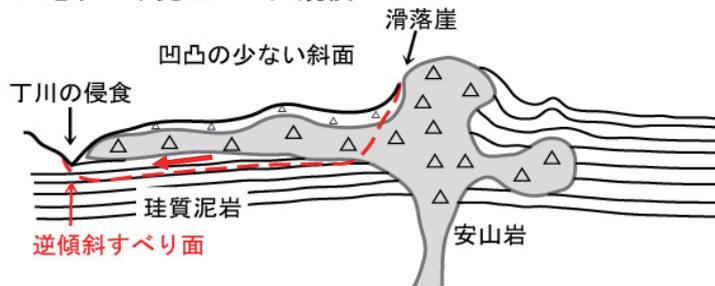
秋田県砥沢地すべり(すべり面深度150mに及ぶが、山体は比高400mと小さいため、規模が予測困難)

1. 珪質泥岩に安山岩が貫入 → キャップロック構造

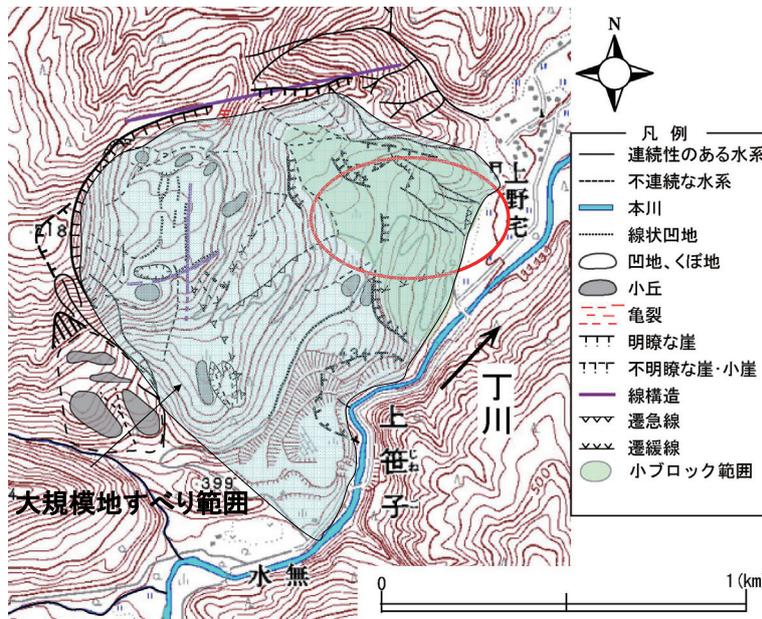


硬質で破碎・風化を受けにくい厚さ100mに及ぶ安山岩層が泥岩に挟在

2. 地すべり発生 → 大規模



砥沢地すべり大ブロックの変遷過程模式図



大規模地すべり地に発生した小ブロック(現在最も活動的)

流出特性・井戸水位から見た大規模崩壊・土石流の危険度判定に関する研究

目的

1. 鱈塚山において、流出特性および井戸水位の変化を用いて、深層崩壊発生危険雨量、発生時間を判定する方法を確立する。(恩田)
2. 霧島、鱈塚山周辺において、深層崩壊発生の危険度を判定する手法を開発する(地頭菌)
3. 霧島火山地域とその周辺域において、上記地域における、大規模崩壊（もしくは深層崩壊）のこれまでの長期的な発生状況について、その空間的な密度や時間的な頻度を明らかにする。これにより、大規模崩壊に対する潜在的危険地域の判定や危機管理を講じる上での基礎的資料を得る。(清水)

概要

1. 鱈塚山における地下水位変化と警戒避難について

宮崎砂防管内においては、2005年の台風14号に伴う豪雨により、多くの深層崩壊が発生した。そこで、宮崎砂防管内の過去の降雨と災害や崩壊の実績を長期時系列的な変化から解析するとともに、現地調査を行い、現地の流出特性・流出成分の違いなどについても解析することで、宮崎砂防管内における、有効な崩壊・土石流の発生危険度の判定手法について研究を行う。本年度は、調査地点の選定を行った。初期は、林野庁実施の集水井を検討したが、入山できない時期が長く続いたことに加え、集水範囲が広く排水量も測定できないため、本研究の目的には合致しないと判断した。

そこで、(独)土木研究所の行ったボーリング孔を用い、水位の観測を行うこととした。ボーリング調査は、尻無川の砂防堤防より東の斜面部（北緯 31°46'41"、東経 131°17'11"）である。土木研究所の調査結果によると、深度 9.3 m までは脆弱は強風化帯であり、その下部は、深度 9.3 ~ 18.6 m までは砂岩優位層（砂岩または砂岩泥岩互層）深度 18.6 ~ 22.6 m は断続的に断層破碎帯が分布しており、礫混じり粘土を呈した。そこで、脆弱な風化層の地下水の挙動を調べるために、10m の井戸を、基盤岩内の地下水位を測定するために、40m の井戸を利用し、今後地下水位観測を行いたい。

2. 霧島、鱈塚山周辺における崩壊危険位置の抽出

1997年に鹿児島県出水市針原川流域で発生した深層崩壊の発生機構や崩壊斜面の水文地形的特性の解明を目的に、ボーリングによる地質調査、ボーリング孔を利用した地下水位の観測、河川や湧水の流量測定・水質調査などを実施してきた。その結果、針原深層崩壊地の地質構造は強風化した安山岩層と凝灰角礫岩層からなり、凝灰角礫岩層は難透水層の役割をしていること、崩壊はこれらの境界付近で発生したこと、崩壊斜面は深層の地下水が集中する地下構造をしていることなどが解明された。さらにこれらの要

因分析から、深層崩壊発生場の条件として「厚い風化物の存在」と「地下水の集中」が明らかになった。この条件を満たす斜面を抽出するための因子を水文調査や地形・地質調査から見出して、深層崩壊発生場の予測法を提案し、矢筈岳山体に設けたモデル流域を対象にその検証を行った。

3. 霧島地域における大規模崩壊

3.1 発生跡地の認定とそれらの分布状況の把握・計測

まず大規模崩壊およびこれから生じた大規模土石流の地形的特徴を、判読基準の確立のために整理して、それに基づいて崩壊・土石流の発生跡地の判読と抽出を行う。それを終えた後、抽出された地形について、図上で規模計測、空間分布の特徴、空間密度の集計などを行う。以上の作業については、レーザープロファイラによる高精度地形計測の計測成果を用いる。

3.2 大規模崩壊の発生年代の推定

上記方法1の調査で抽出された発生跡地に対して、その発生年代の推定を行う、その際、人文記録等に残っていない遠い過去の現象であるため、火山灰編年法（テフロクロノロジー）を用いる。この原理は、火山噴火で噴出された火山灰が地表に降下する際には、一帯に例外なく降り積もったはずであるから、現地土層調査を行って、もし崩壊地形の外側には火山灰が堆積していて、崩壊地形の内部に火山灰がない場合、その崩壊地は火山灰の噴出年代以降に発生したと判断できる。こうした調査の多数の結果から、崩壊の時間的な頻度を推察する。

3.3 平成19年度の実施状況

未だ研究は本格化しておらず、まず大規模崩壊の発生跡地を認定するための地形的特徴の整理を開始したところである。現時点での結果として、霧島火山地域では「滑落崖に囲まれた凹地形」と火山活動に由来する火口地形との区別で、紛らわしい事例が非常に多いという課題が浮上してきた。この対処法は現在検討中である。また、鱈塚山地域においては、地形の認定に大きな困難はないという見通しを得た。

今後の方針

1. 掘削した井戸において、水位の測定を今後開始する。そして、日光砂防、富士川砂防の観測結果から算定された、長期雨量の算定法を、宮崎災害地域近傍の井戸水位や小流域の逡減曲線から長期雨量を算定し、有効な警戒避難危険降雨量の算定を行う。また、針原、宝川内で行われた深層崩壊発生場の予測手法を、鱈塚山など宮崎県内で発生した深層崩壊に適用し、宮崎砂防管内におけるもっとも適切な長期雨量算定を行い、それぞれの崩壊発生危険箇所の監視手法へと展開する。

2. 南九州火山地域で提案した深層崩壊発生場の予測手法を2005年の台風14号に伴う豪雨によって鱈塚山など宮崎県内で発生した深層崩壊に適応し、大規模崩壊の危険度判定に展開する。具体的には、鱈塚山などの小流域において、地形・地質・水文に関する

因子を用いて、この条件を満たす斜面を抽出し、斜面レベルで崩壊発生危険度を評価する。使用する地形因子は傾斜、斜面型、水系密度、リニアメントなど、地質因子は岩質、構造、断層、深層風化など、水文因子は溪流縦断方向の水量・水質の変化、湧泉分布などである。

3. 大規模崩壊発生跡地の認定とそれらの分布状況の把握・計測および、大規模崩壊の発生年代の推定について、現地調査を行い、研究を本格化させる計画である。

崩壊履歴，井戸水位から見た大規模崩壊・土石流の危険度判定に関する研究

筑波大学 ○恩田裕一
宮崎大学 清水 収
鹿児島大学 地頭菌 隆

研究の目的

- 宮崎砂防管内においては、2005年の台風14号に伴う豪雨により、多くの深層崩壊が発生した。そこで、宮崎砂防管内の過去の降雨と災害や崩壊の実績を長期的な変化から解析するとともに、現地調査を行い、現地の流出特性から解析することで、宮崎砂防管内における、有効な崩壊・土石流の発生危険度の判定手法について研究を行う。
- また、針原、宝川内で行われた深層崩壊発生場の予測手法を、鰐塚山など宮崎県内で発生した深層崩壊に適用し、宮崎砂防管内におけるもっとも適切な長期雨量算定を行い、それぞれの崩壊発生危険箇所の監視手法へと展開する。

霧島火山地域とその周辺域における大規模崩壊の長期発生履歴(清水)

平成19年度の実施状況

- 大規模崩壊の発生跡地を認定するための地形的特徴の整理を開始した。
- 現時点での結果として、霧島火山地域では「滑落崖に囲まれた凹地形」と火山活動に由来する火口地形との区別で、紛らわしい事例が非常に多いという課題が浮上してきた。この対処法は現在検討中。
- 鰐塚山地域においては、崩壊跡地形の認定に大きな困難はないという見通しを得た。
- 次年度から研究を本格化させる予定である。

霧島火山地域とその周辺域における大規模崩壊の長期発生履歴(清水)

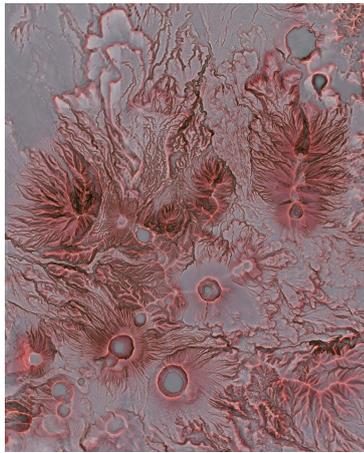
目的

大規模崩壊(もしくは深層崩壊)に対する危険度判定や危機管理を講じる上で基礎的情報となる大規模崩壊のこれまでの長期的な発生状況について、その空間的な密度や時間的な頻度を明らかにする。

以下に述べる2つの方法で行う予定である。

<方法1>

レーザ計測による高精度地形図を用いた大規模崩壊および土石流地形の抽出



- 宮崎河川国道事務所が平成18年度に実施した霧島火山地域のレーザ計測成果を活用する。

<方法1の続き>

見通しとして、崩壊地形の存在は確認されている



- 火山土地条件図 霧島山(国土地理院, 1999)によると、崩壊(上の図の白色部分)の集中分布域が10ヶ所位ある。ただし、その位置は鹿児島県側(霧島温泉地区など)に偏って存在する。

<方法1の続き>

地形判読の基準

- 注目する微地形的特徴として、大規模崩壊に特徴的な「滑落崖に囲まれたスプーン状の凹地形」や、その下部に連なる「土塊堆積による凸地形」、また「土石流の流下経路に沿った谷底の埋積平坦面」などを判読し、抽出する。
- 場合によっては、これらの地形的特徴の明瞭さに基づいて、相対的な新旧の判別も加える。

<方法1の続き>

抽出結果の整理・解析

- 抽出された大規模崩壊と、それから転化した土石流の痕跡について、図上での規模計測、空間分布の特徴分析(地質構造との関連を含む)、空間的な密度(1km²あたりの箇所数など)の集計、などを行う。

<方法2>

大規模崩壊跡地におけるテフロクロノロジー調査による崩壊発生年代の推定

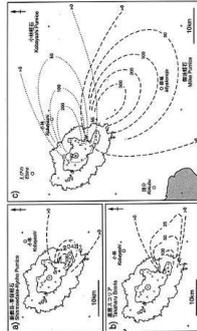


野外で容易に判別することが可能なテフラは、
新燃岳-享保軽石(1716-17年噴出)、
高原スコリア(1235年噴出)、
御池軽石(4200~4600年前噴出)、
喜界-アカホヤ火山灰(6300年前噴出)
などである。これらが指標となるテフラとして有力視される。

<方法2の続き>

調査の前提条件として、調査可能な地域は指標テフラの分布範囲に制限される。

➤ アカホヤを除く3つのテフラは、崩壊跡地が集中分布する霧島温泉方面には分布しておらず、その分布域は崩壊跡地が認定されていない霧島火山の東部地域、およびその東方(鰐塚山方面)である。



第4図 主要テフラの分布 (単位はkm)
A: 新燃岳スコリア (A.D. 1716)
B: 新燃岳軽石 (噴出: 享保10年) とAの軽石 (噴出: 和历25000年前)
C: 喜界-アカホヤ火山灰 (噴出: 喜界前噴出)
So: 新燃岳, Oh: 御池, K: 鰐塚山, Mt: 霧島

➤ したがって、方法2の調査地域は**鰐塚山地区**が中心になると思われる。

<方法2の続き>

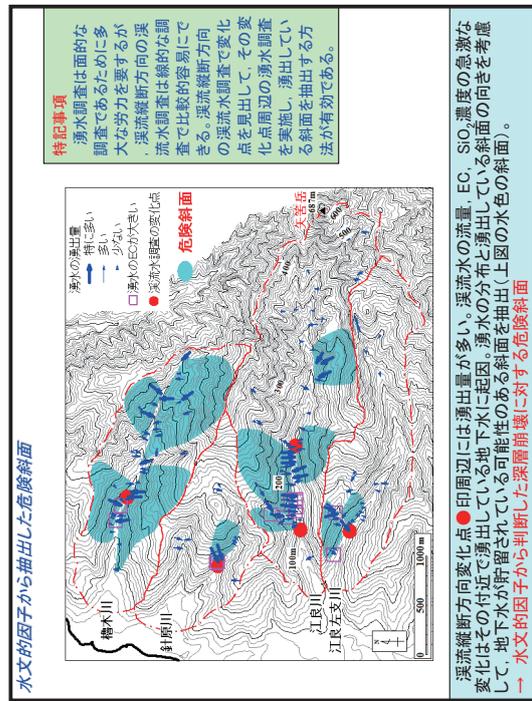
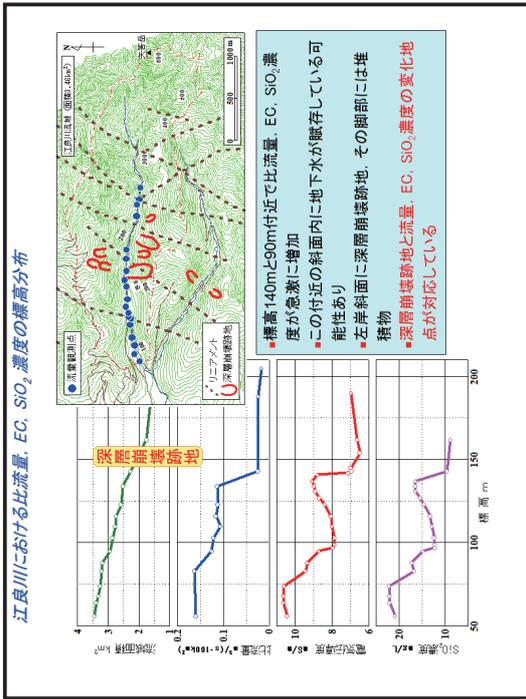
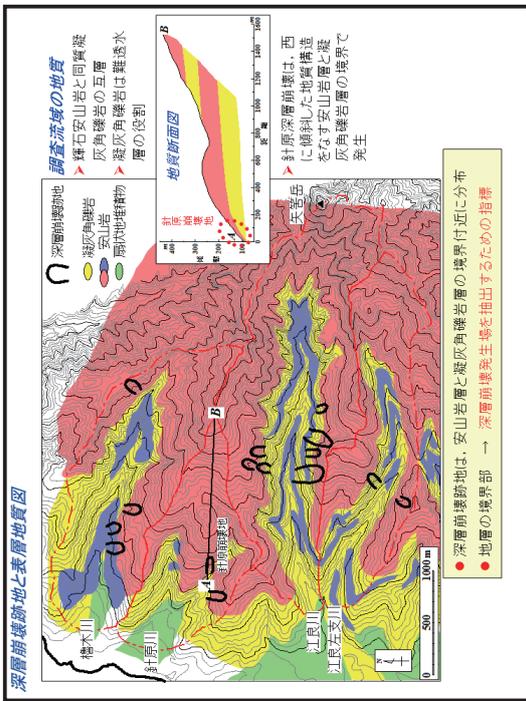
鰐塚山の崩壊地形、ならびに調査の方法

➤ 鰐塚山地域では、平成17年台風14号に伴う豪雨で多くの深層崩壊が発生したが、このような現象をかつて引き起こしたと考えられる深層崩壊跡地が多数存在することが、土木研究所や鹿児島大学の調査で指摘されている。したがって、これらを対象に調査を実施する予定である。

➤ 具体的には、崩壊跡地の内外で土層断面観察を行ってテフラの有無を調べ、崩壊地内部でテフラが在れば、崩壊発生年代はテフラ堆積以前であり、テフラが無ければ、崩壊発生年代はテフラ堆積以降と判定される。多数の調査結果から、崩壊の時間的な頻度を検討する。

地頭菌隆

・地形判読と流量調査による大規模崩壊危険度予測



宮崎災害：深層崩壊が多く、表層崩壊がきわめて少ない

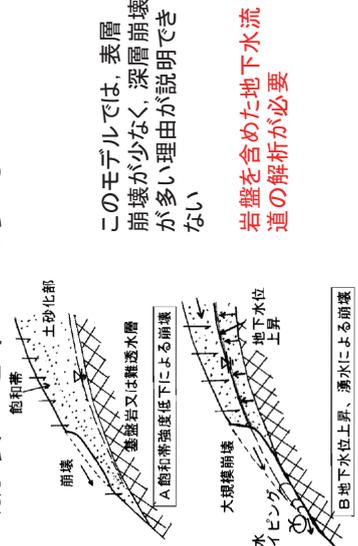


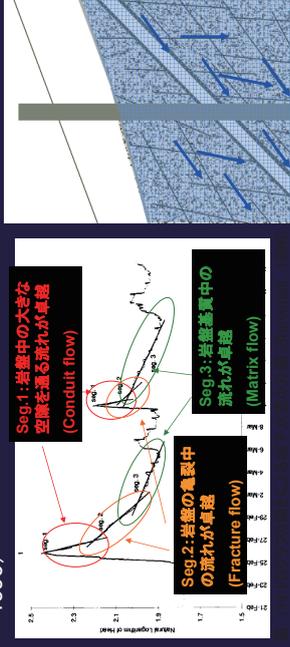
図-8 崩壊機構を示すモデル図
古閑ほか, 2006

このモデルでは、表層崩壊が少なく、深層崩壊が多い理由が説明できない

岩盤を含めた地下水流道の解析が必要

地下水流動特性の評価

- 卓越する流動特性を3つのセグメントに分類 (Shevenell, 1996)

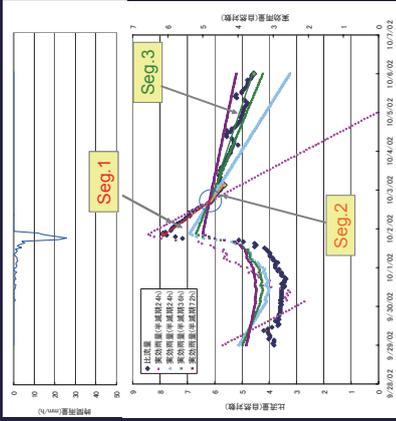


異なる流動特性 (=各セグメント) それぞれに応じた実効雨量の半減期を同定する

実効雨量の最適半減期の同定

- 実効雨量の値は各Seg.の開始位置で一致させる (左図の場合にはSeg.2)

- このとき、半減期24hが比流量の遞減特性に最も近い



土木研究所によるボーリング

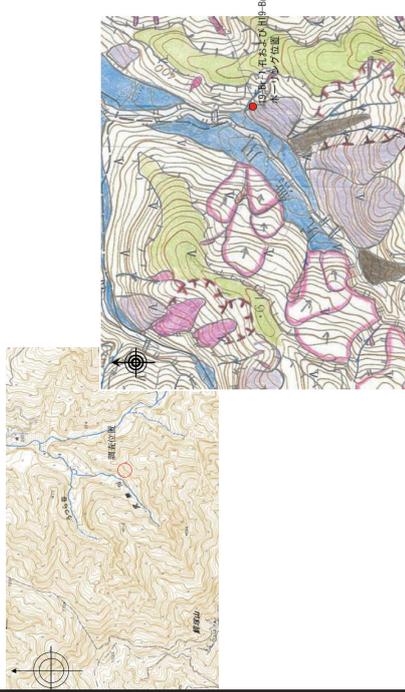
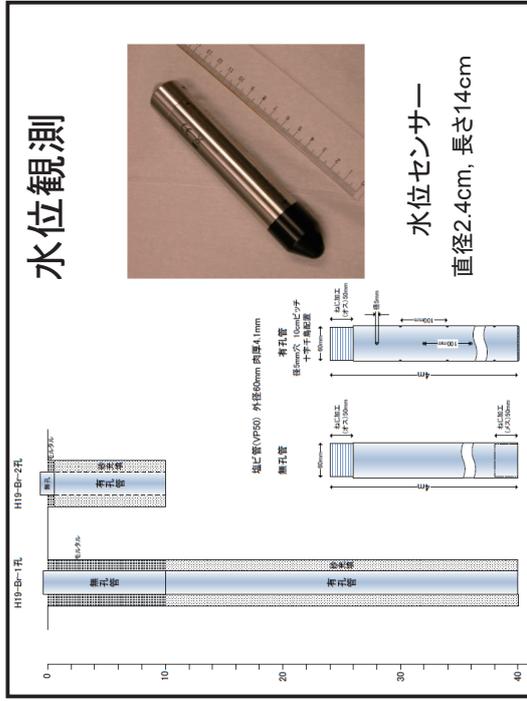
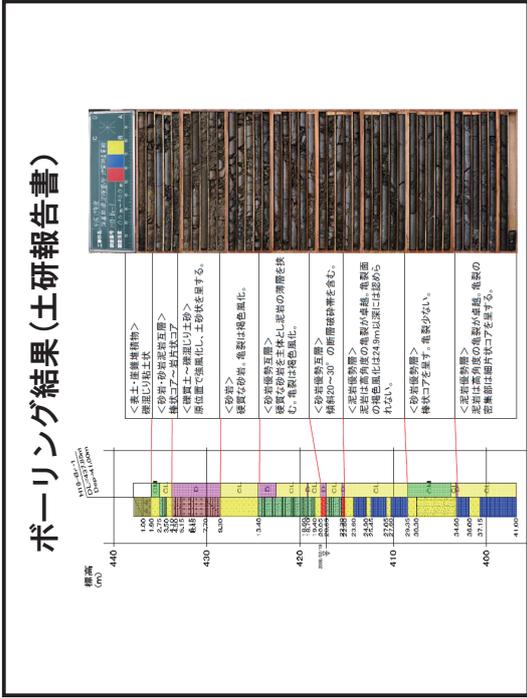


図 3.1.1. ボーリング調査地点位置図



- 宮崎砂防管内の鰐塚山近辺において井戸水位の観測を行い、その遞減特性より、長期雨量の透水性を推定し、それにより深層崩壊山体の透水性を推定し、それにより深層崩壊および土石流の発生危険度の判定方法を確立し、警戒避難危険降雨の精度向上のための新たな手法を提案する。

平成 19 年度 砂防技術研究会「共同研究（第二回）」

大規模崩壊地を有する流域からの
土砂動態モニタリング手法と土砂生産源の検討(天竜川上流河川事務所)

1. 研究目的と実施体制

本研究では、与田切川流域(花崗岩)を中心として降雨・流出量、斜面侵食、流砂量などの観測を行い、豪雨時の土砂流出・流動特性やその発生場所を把握し、効果的な土砂処理計画の策定に資することを目的として、以下の研究を行う。

- ①山腹斜面からの雨水&土砂動態を把握するための観測システムの構築
- ②生産土砂の連続的な追跡
- ③大規模崩壊地を有する上流域からの土砂量観測と土砂生産源の検討
- ④本川河道に流入する土砂の供給源やその供給過程の把握
- ⑤基岩内の雨水流動過程の解明と大規模崩壊予測手法の検討

本研究を実施するにあたっての実施体制(構成メンバー)を次表に示す。

表-1 研究の実施体制

氏 名	所 属	役 職
○ 平松 晋也	信州大学農学部森林科学科 流域保全学研究室	教授
伊藤 仁志	国土交通省 天竜川上流河川事務所	所長
高濱 淳一郎	京都府立大学大学院 農学研究科	助教授
恩田 裕一	筑波大学大学院生命環境科学 研究科生命共存科学専攻	助教授
小杉 賢一郎	京都大学大学院農学研究科	助手

2. 平成 19 年度における研究の進捗状況

研究対象流域として抽出した 2 流域 (Y-1 流域&Y-2 流域) の内、Y-1 流域に対し、観測機器を設置した。

- ① 雨量計 ; 1 箇所
- ② 斜面プロット (侵食土砂量観測プロット) : 2 プロット
各侵食プロットに対しては、表面流出水量と土砂量の計測装置を設置した。
- ③ 流域中流部への地下水位計の設置 : 地表面下 25m 程度に常時地下水帯を確認
- ④ 流域際下流部での流量観測
パーシャルフリュームを設置し、流量計測(水深)を開始した。しかしながら、2008 年 2 月に発生した雪崩 (?) の影響を受け、水位計が破損し、継続観測不能となった。積雪のため、パ

ーシャルフリュームの状態確認はできていない。

⑤ ライシメータでの雨水の挙動観測

流域中流部の左岸斜面にライシメータを設置した。

- ・ 10,40,67,102,162,222cm の計 6 深度からの浸透水の観測を開始した；1 転倒 0.5mm& 1.0mm の転倒マス型雨量計による。
- ・ 20,30,50,80,125,185cm の計 6 深度部に土壤水分計を設置し,土層内部での雨水の挙動の計測を開始した。

しかしながら,2007 年 12 月から 2008 年 1 月までの度重なる「凍上：凍結&融解の繰り返し」により,成形した断面が崩壊し,観測の継続が不可能となった。

2. 平成 20 年度の課題

平成 20 年度は,平成 19 年度に破損した観測機器の交換&観測装置の補強を行うとともに,凍上&雪崩対策を行う。

さらに,平成 19 年度に観測機器の設置までに至らなかった Y-2 流域に対して,観測機器の設置を行うとともに,観測施設を整備し,継続的な監視を開始する。また,信州大学からの移動距離,データ回収の煩雑さ,冬季回収の危険性等を勘案し,携帯電話による自動回収の検討を行う。

以上

2008年3月18日

平成19年度 砂防技術研究会 「共同研究(第二回)」経過報告

大規模崩壊地を有する流域からの土砂動態
モニタリング手法と土砂生産源の検討
天竜川上流河川事務所

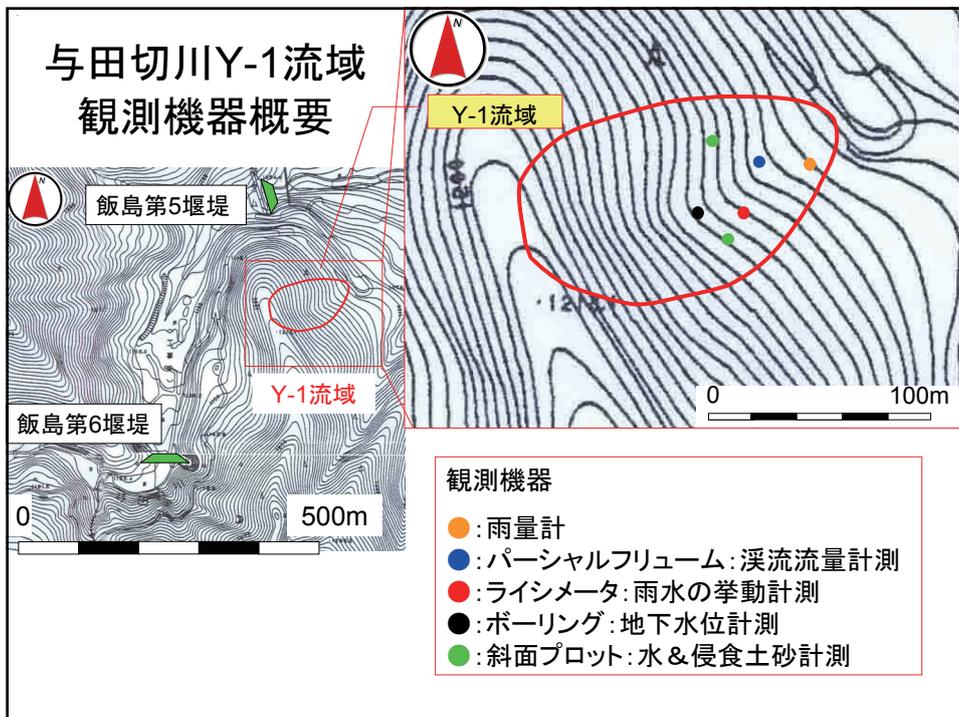
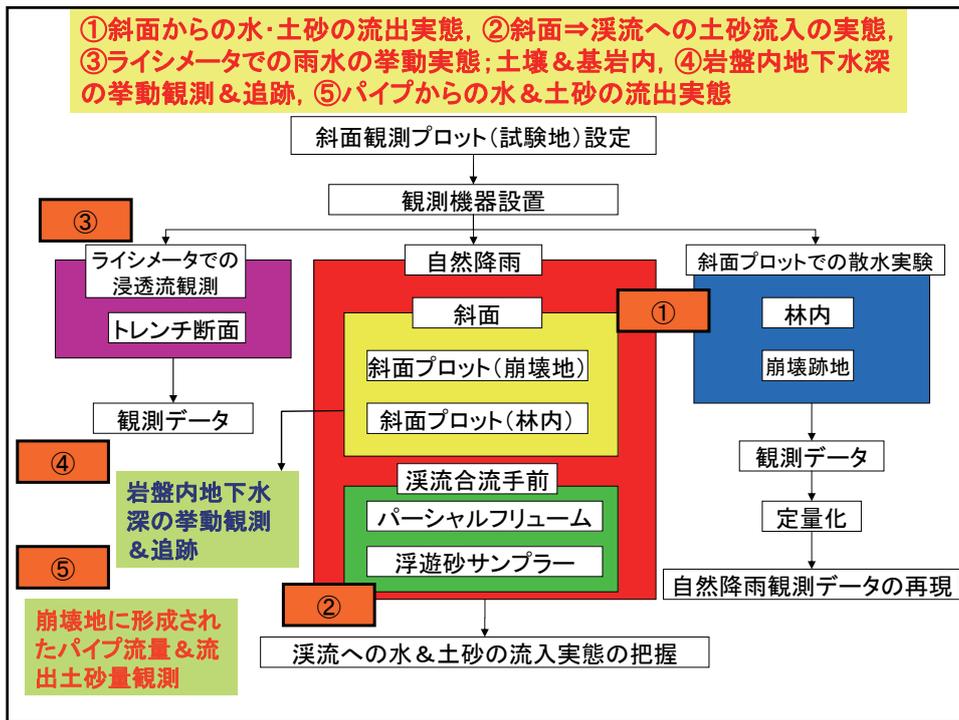
信州大学農学部
平松晋也

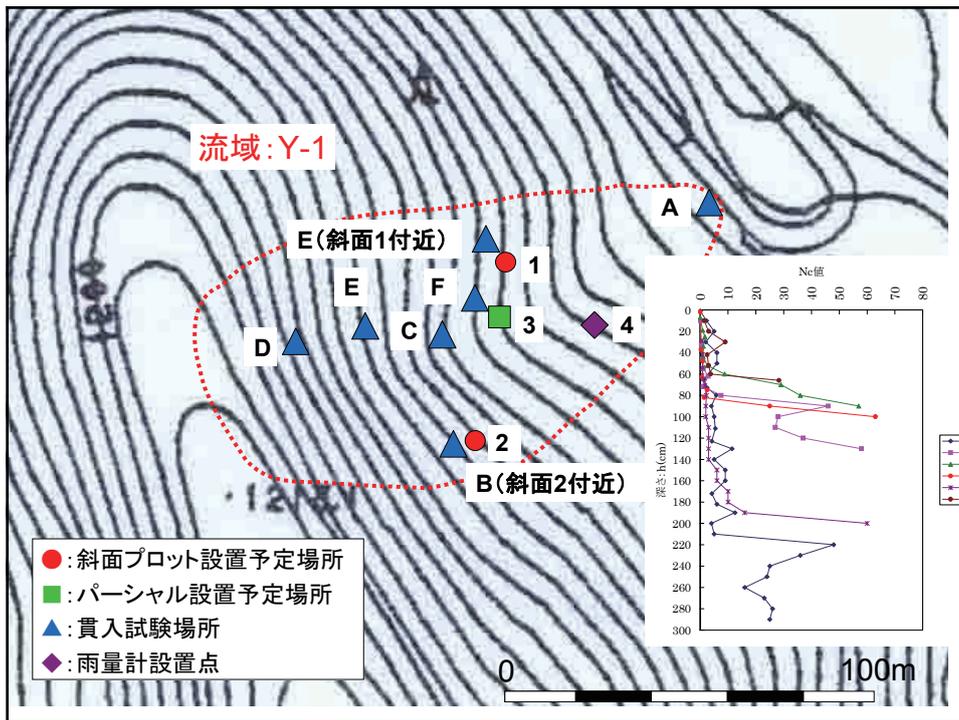
研究の目的と実施体制

本研究では、与田切川流域(花崗岩)を中心として降雨・流出量、斜面侵食、流砂量などの観測を行い、豪雨時の土砂流出・流動特性やその発生場所を把握し、効果的な土砂処理計画の策定に資することを目的として、以下の研究を行う。

- ①山腹斜面からの雨水&土砂動態を把握するための観測システムの構築
- ②生産土砂の連続的な追跡
- ③大規模崩壊地を有する上流域からの土砂量観測と土砂生産源の検討
- ④本川河道に流入する土砂の供給源やその供給過程の把握
- ⑤基岩内の雨水流動過程の解明と大規模崩壊予測手法の検討

氏名	所属	役職
○ 平松 晋也	信州大学農学部森林科学科 流域保全学研究室	教授
伊藤 仁志	国土交通省 天竜川上流河川事務所	所長
高濱 淳一郎	京都府立大学大学院 農学研究科	助教授
恩田 裕一	筑波大学大学院生命環境科学 研究科生命共存科学専攻	助教授
小杉 賢一郎	京都大学大学院農学研究科	助手





パーシャルフリーユーム

観測項目: 土層からの基底流出量を計測

設置前 設置後 2月22日以降
雪崩発生

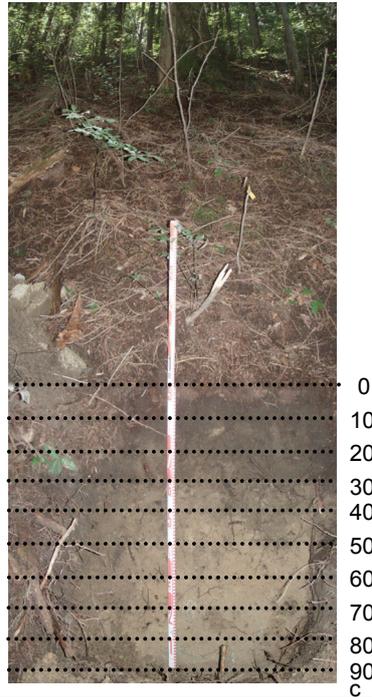
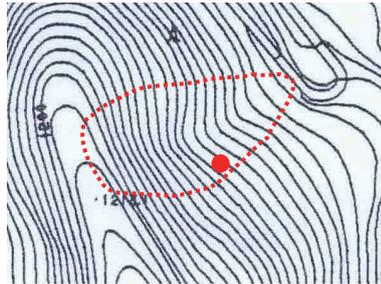
パーシャル設置場所の掘削

雪崩?により水位計が破損!
積雪のため、パーシャルフリーユームの破損状況は未確認

パーシャル発見位置

パーシャルの破損状況

ライシメータ設置前の状況



ライシメータ

観測項目: 各土層からの流出量, 土層内の体積含水率

ライシメータ設置前



ライシメータ設置後

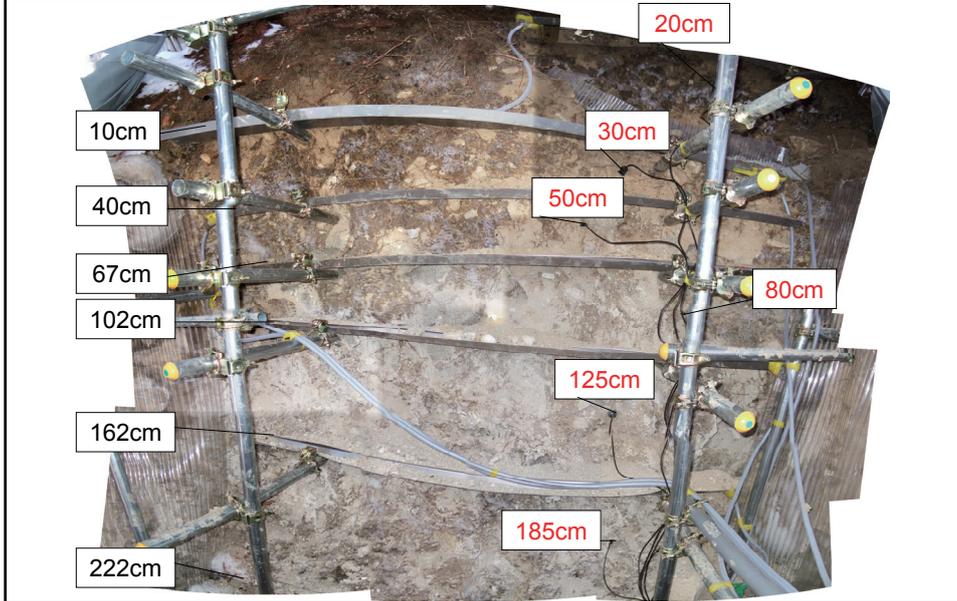


転倒マス方流量計

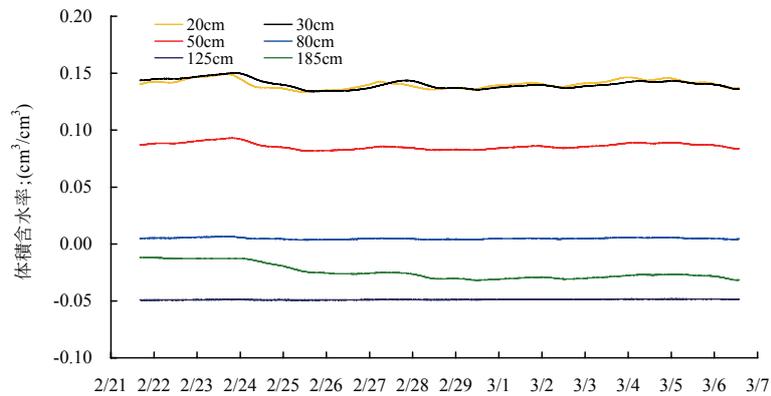


観測機器の設置深度

流量計	10cm	40cm	67cm	102cm	162cm	222cm
土壌水分計	20cm	30cm	50cm	80cm	125cm	185cm



体積含水率 2/22~3/6



ボーリング

観測項目: 地下水位

水位計設置前



ボーリング施工状況

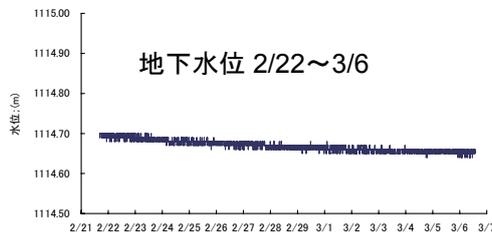


設置深度: 管頭から-30.7m
設置標高(管頭): 1141.6m

水位計設置後

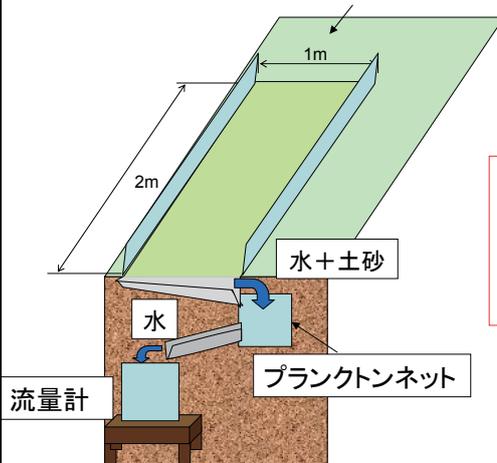


管頭: 1141.6m



斜面プロットの設置

上端はオープン



区画: 2m × 1m 上端オープン型

観測項目: 流出水量, 流出土砂量

観測機器: 転倒マス型流量計

観測地点の植生: ヒノキ林, 落葉広葉樹林

右岸斜面への設置状況

斜面プロット設置前



斜面プロット設置後



左岸斜面への設置状況

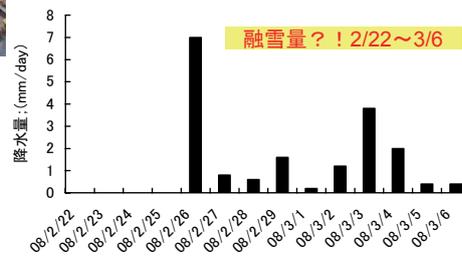


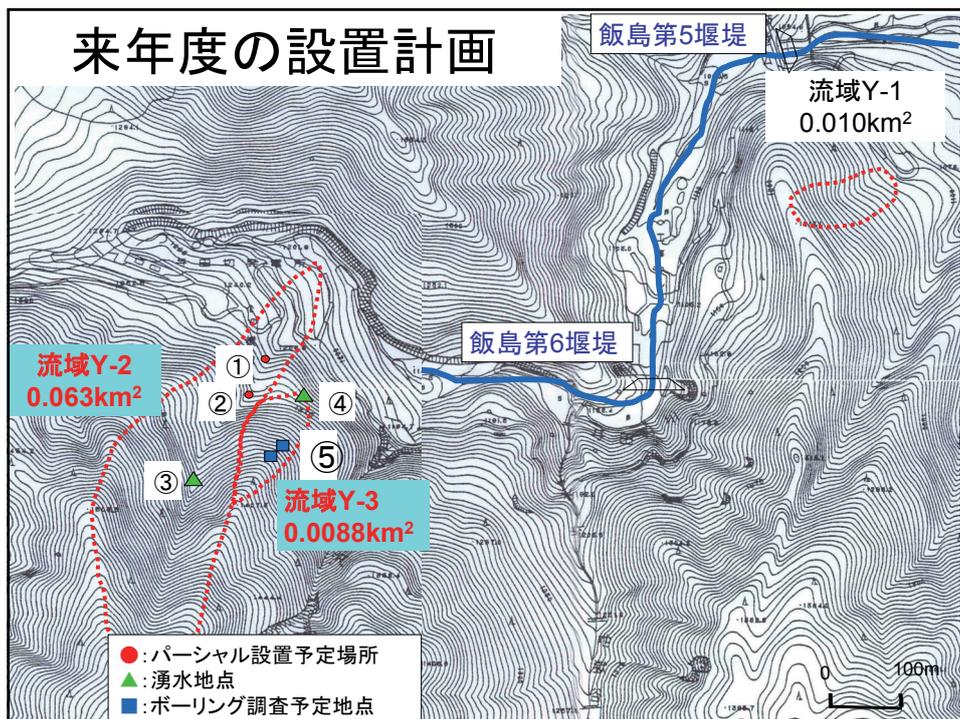
雨量計

既設雨量計



新たに雨量計設置





早明浦ダム上流域における大規模崩壊の時系列変化の把握と濁度物質を含む 土砂生産・流出機構およびモニタリングシステムに関する研究（概要）

砂防学会 砂防技術研究会

研究会メンバー

松村和樹：京都府立大学大学院農学研究科教授

笹原克夫：高知大学農学部生産環境工学科教授

馬淵 泰：高知工科大学 社会マネジメント研究所 PD 研究員

小杉賢一郎：京都大学大学院農学研究科助手

平松晋也：信州大学農学部森林科学科教授

石塚忠範：国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所長

研究目的

大規模崩壊地を抱える早明浦ダム上流流域を対象として、現地観測データおよび衛星リモートセンシングデータを用い、濁度物質を含めた土砂の生産と流出機構の解明とそのモニタリングシステムを構築および植生進入に伴う土砂生産の変化を把握する。さらに濁水軽減対策手法の検討を目的として、以下の項目の研究を実施する。

- ① 大規模崩壊地からの濁度物質生産と流出機構に関する研究
- ② 斜面から溪流さらには下流河道部へと至る生産土砂の追跡
- ③ 基岩層内の雨水流動過程と崩壊現象の予測手法
- ④ 大規模崩壊跡地への植生侵入とそれに伴う土砂流出状況の変化の把握手法
- ⑤ 大規模崩壊地の変化に関する衛星リモートセンシング技術の適用
- ⑥ 濁水軽減対策工法の提案

1. 濁度物質生産と流出機構

- 生産面積が大きい大規模崩壊地を対象にして濁度物質の生産機構を解明することを目的とする。
- 濁度物質の生産は降雨の直接衝撃によるもの、表流水の浸食、さらに積雪の斜面方向の駆動力による表面の擾乱、凍結融解作用など様々な要因が挙げられる。
- 複数の大規模崩壊地近傍と崩壊の無いコントロール流域にデータローガ付き雨量計（温度計附属）、地温計、積雪計を設置する。
- さらに崩壊地が流入する河川の上下流に濁度計と水位計（流量計）を設置し、大規模崩壊からの濁度物質の生産機構を明らかにする。
- コントロール流域との比較において活物材料を用いた簡易的濁水対策の方向性を検討する。

今年度の成果の概略

濁水観測は既設置機器によるデータ取得は平成 19 年 6 月から 9 月に実施されたが、図-1 に示すように比流量と濁度との明瞭な関係は認められない。また、パーシャルフリュームの水位がマイナスになることも多々あり、降雨との対応がついていない（図-1 の D 溪流）。

このようなことは前回研究会の観測結果と同様であり、その原因解明が必要で、流域の規模を変えて観測するため、新たな観測機器を 12 月末に朝谷川第 2 えん堤付近に設置した。

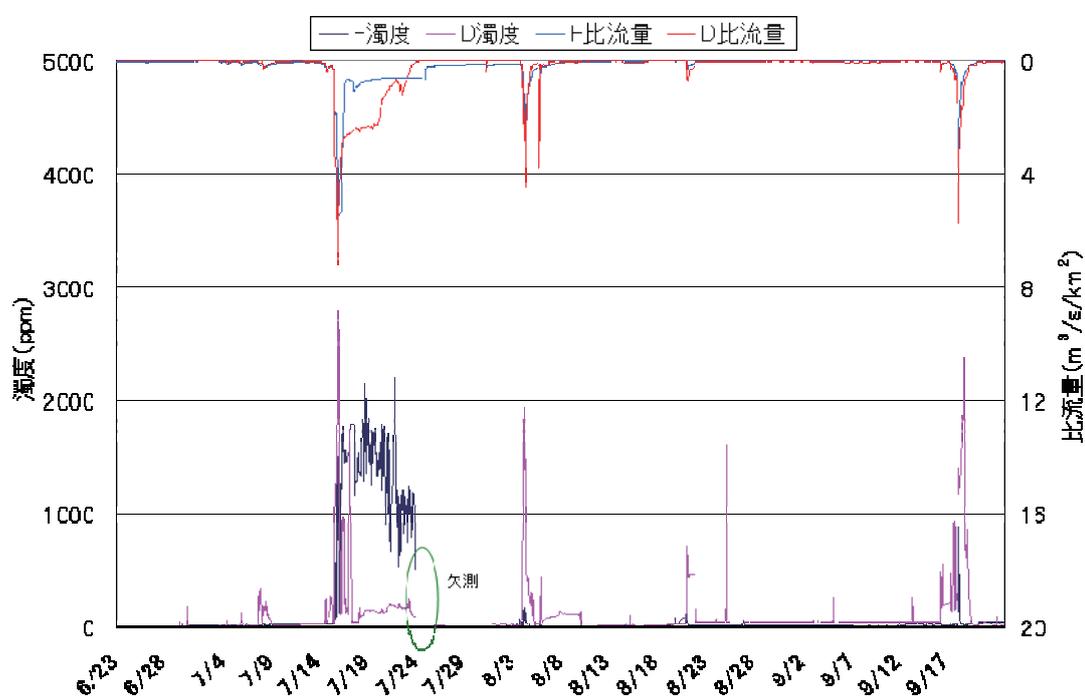


図-1 比流量と濁度の観測データ

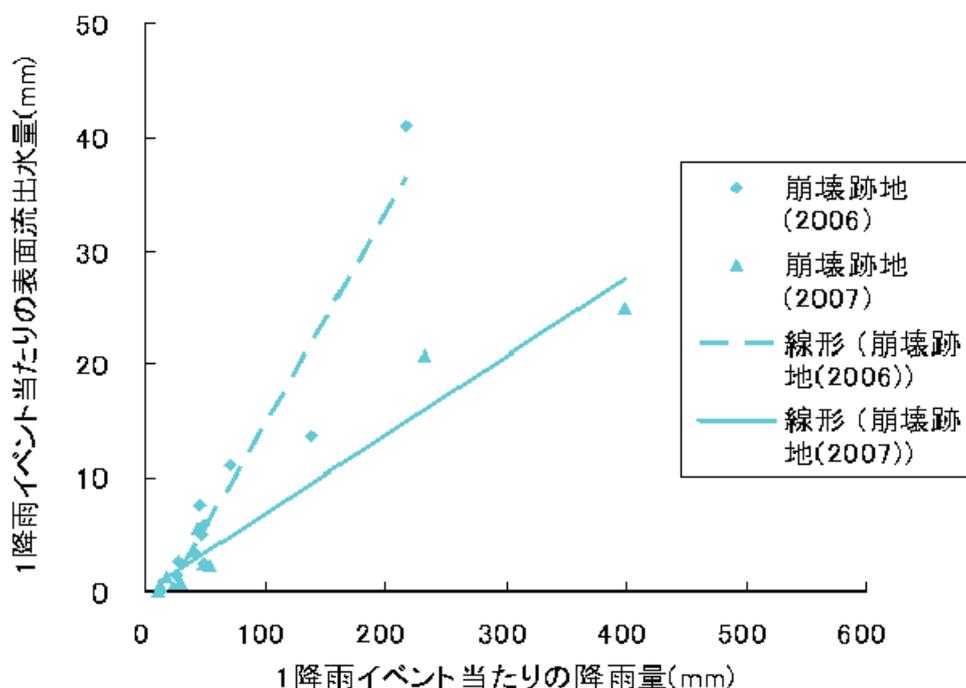
2. 斜面から溪流，下流河道部へ流出する生産土砂の追跡

- 大規模崩壊跡地からの土砂流出と植生侵入による変化の実態の把握
- 大規模崩壊地内の裸地や森林の植生状態の異なる斜面上に観測プロットを設置し、表面流及び土砂の流出を観測する。
- 上記データと降雨量データを用いて、崩壊地や被覆状態の異なる斜面からの表面流出や、土壌侵食及び土砂流出の特性を検討する。

今年度の観測結果

1 降雨イベント当たりの降雨量－表面流出水量の経年変化を図-2 に示す。

今年度の方が同一規模の降雨に対する表面流出水量が減少している。



3. 基岩層内の雨水流動過程と崩壊現象予測手法

- 流域面積が小さいと水収支がとれないなど、基盤面を通過して深部浸透する成分の存在が示唆されていた。
- 小さな空間スケールで詳細な水文観測で、基盤面を通過する成分がこれまで考えられていたよりも多いことが明らかにされつつある。
- この様な浸透成分は、基岩の割れ目を伝って山体深部まで浸透し、大規模崩を引き起こすと考えられる。
- 種々の地質構造を有する流域で、実験・観測により、基岩層内の雨水流動過程を解明する。
- その結果を基に、森林小流域で実際に起きている水循環過程をより正確に表現できる新たな物理水文モデルを開発し、崩壊現象の予測手法について検討する。

4. 大規模崩壊地の変化に関する衛星リモートセンシング技術の適用

- 近年、分解能 1m レベルの高解像度データや ALOS などの分解能 10m レベルの中解像度衛星画像が多数供用可能であり、光学衛星の解像度や利用できる衛星デ

一々の種類の向上

- SAR の高解像度化により天候依存せず、衛星画像が利用でき、新たな利用可能性が検討できる条件が整ってきた。
- 大規模災害後における崩壊の把握および大規模崩壊地等における植生回復状況の抽出に関するシステム化を図る。
- SAR と光学系センサ画像とを組み合わせることで崩壊を自動的に抽出する判別システムを開発し、その植生残存・回復量を光学系センサの植生指標より推定することで、予想される土砂生産量を推定する。

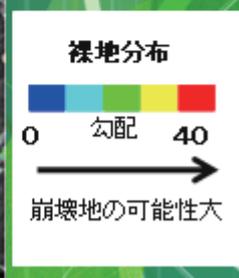
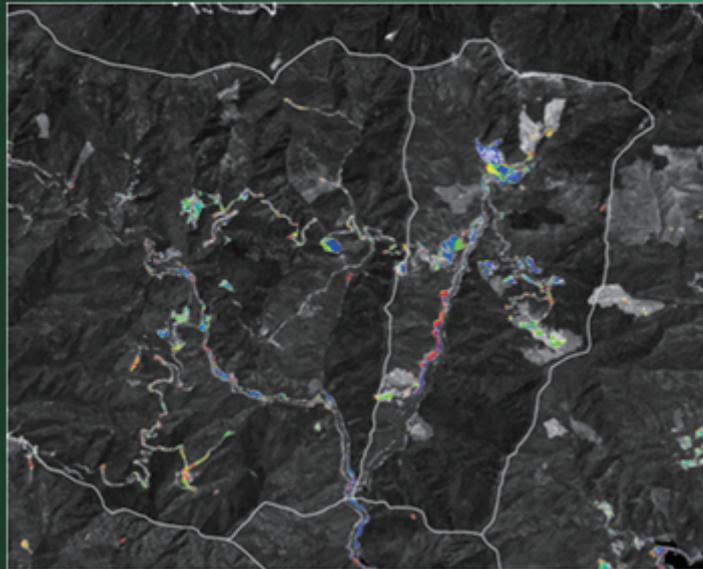
今年度の解析結果

各土地被覆項目の分光反射特性

- ・ 森林・植生系・水域・裸地系土地被覆の相互において区別が可能
- ・ 構造物系土地被覆は、緑（Band2）、赤（Band3）において高い輝度を呈している
- ・ 市街地と崩壊地は、赤（Band2）と近赤外（Band3）輝度値に若干の違いが見られるが、他の Band ではほとんど差がない
- ・ 市街地と崩壊地はオーバーラップしている部分が多いため、相互において誤分類が多くなる可能性が高い
 - 斜面勾配で区別する必要がある。



崩壊地推定マップ



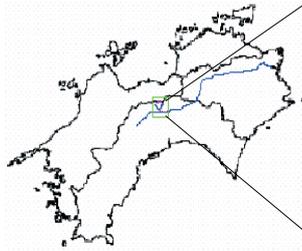
(社)砂防学会
砂防技術研究会研究計画

早明浦ダム上流域における大規模崩壊の
時系列変化の把握と濁度物質を含む
土砂生産・流出機構および
モニタリングシステムに関する研究

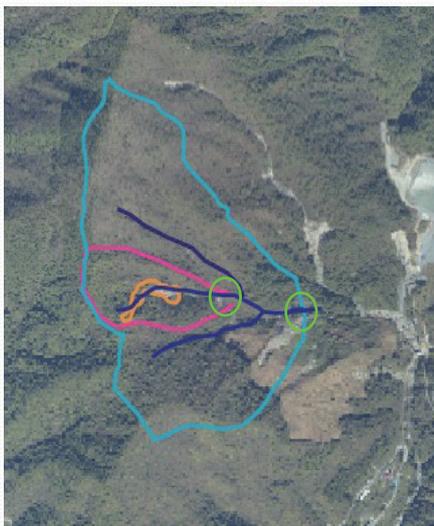
H20年3月

濁度物質生産と流出機構

研究対象地



対象流域の概要, 観測方法



○:F流域

○:D流域

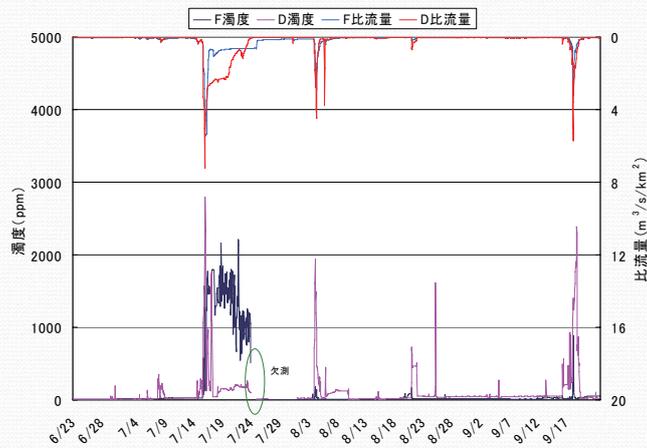
○:崩壊地

○:水位,
(パーシャルフ リューム)
濁度, 雨量観測

D,F流域諸元

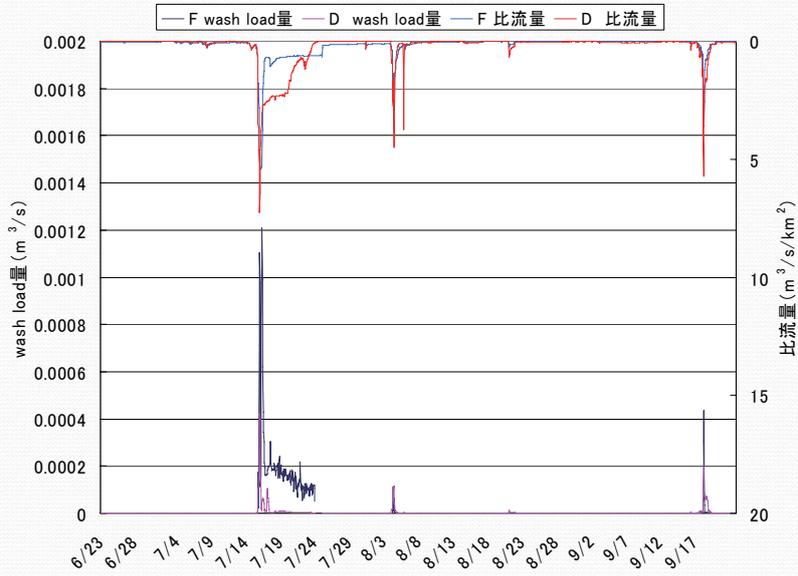
		D流域	F流域
流域面積(km ²)		0.024 (崩壞地:0.0030)	0.159
標高	最高標高(m)	1090	1210
	最低標高(m)	870	800
主流路長(m)		260	900
平均勾配(°)		38	37
基盤地質		黑色片岩	黑色片岩

觀測結果 濁度·比流量



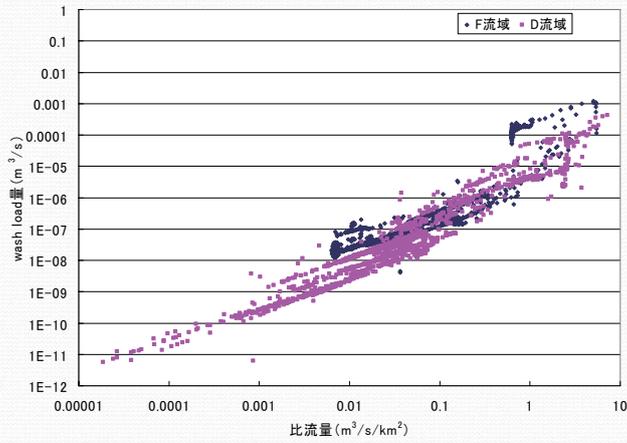
觀測結果

wash load量・比流量

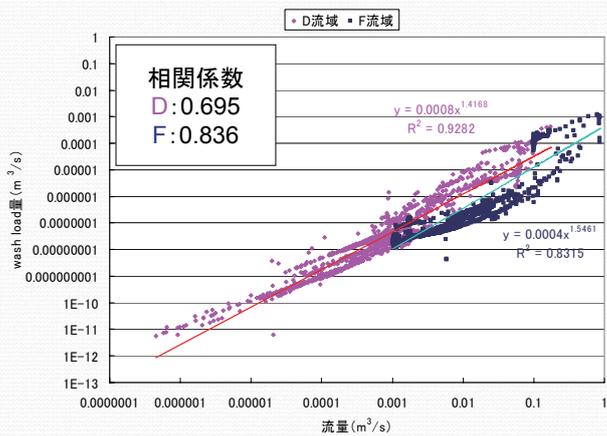


觀測結果

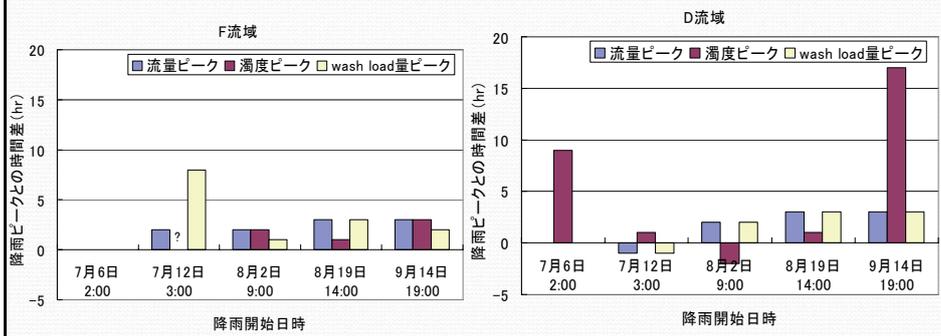
wash load量・比流量



観測結果 wash load量・流量

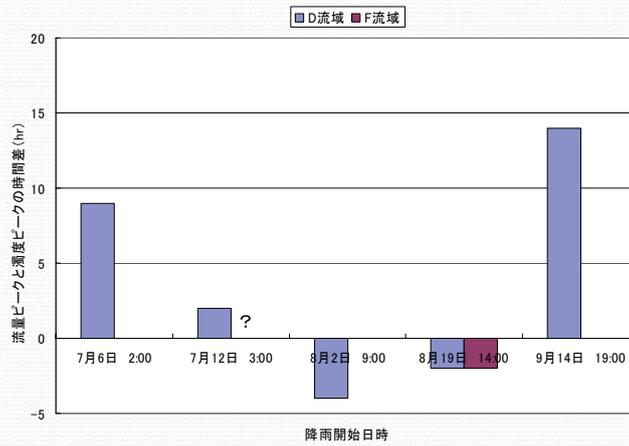


観測結果 降雨ピークと濁度・流量・wash load量ピークの の時間差



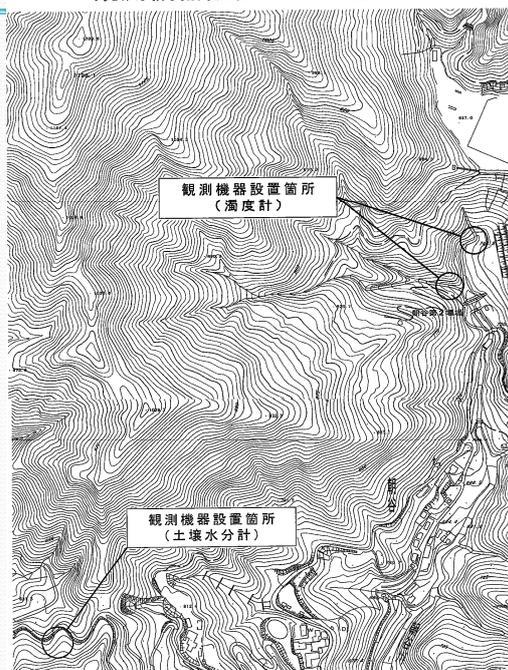
観測結果

流量ピークから濁度ピークまでの時間



観測機器設置箇所位置図

新規機器設置箇所



崩壊跡地及び皆伐跡地における降雨時の土砂・水流出

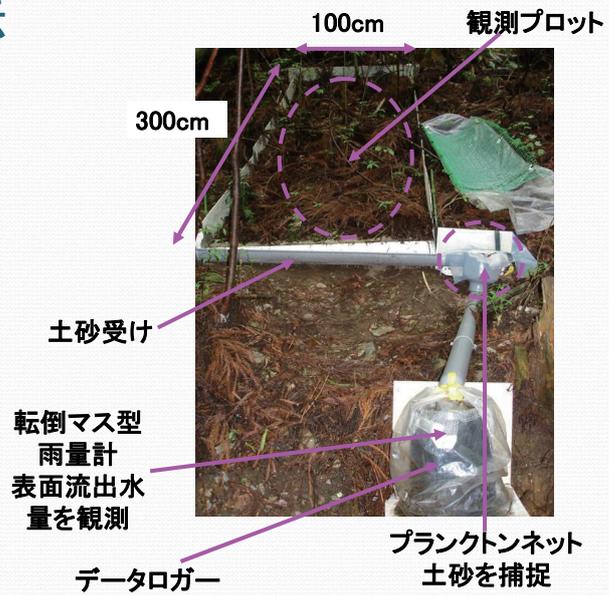
崩壊跡地及び皆伐跡地における降雨時の表面流の流出と、それに伴う流出土砂量の経年変化について検討する。

そのために崩壊跡地および皆伐跡地に、水および土砂の表面流出の観測プロットを設置し、観測を行った。

観測・計測方法

現地観測

- 降雨量
- 表面流出水量
- 表面侵食土砂量



(1) 崩壊跡地

- 高知県大川村朝谷地内
- 2004年に崩壊
- 2006年度から観測開始



(2007年7月)

(2) 皆伐跡地

- 高知県のいの町(旧本川村)
- 2002年に皆伐。その後スギを植林。

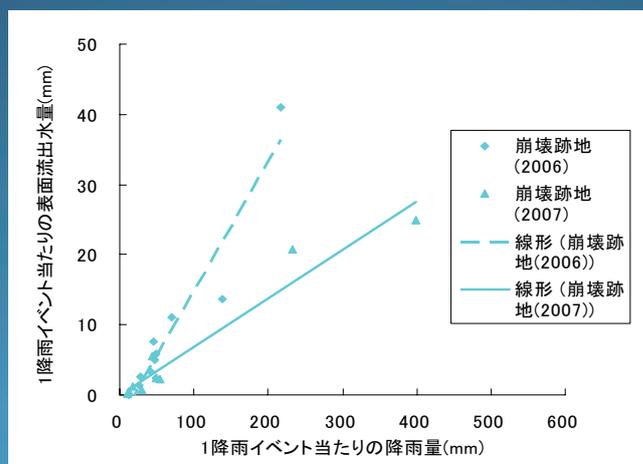


(2007年8月)

(1) 1降雨イベント当たりの

降雨量－表面流出水量の経年変化

① 崩壊跡地



今年度の方が同一規模の降雨に対する表面流出水量が減少している。

プロット内の植生状況(崩壊跡地)



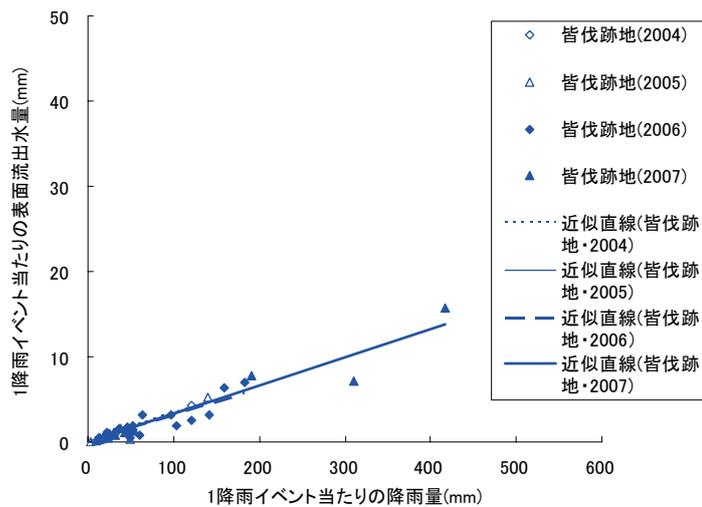
2006年8月



2007年8月

今年度の方がプロット内に侵入する植生が増加した。
 ← 地表面が被覆されたため表面流出水量が減少した。

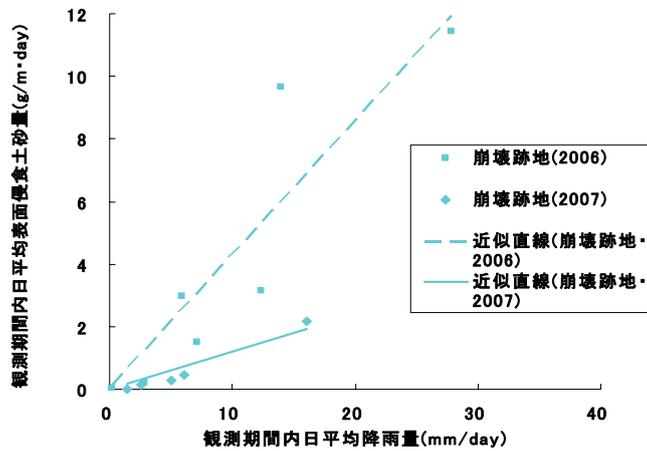
② 皆伐跡地



皆伐跡地では2004年以降植生の大きな変化はないため、表面流出水量もほとんど変化していない。

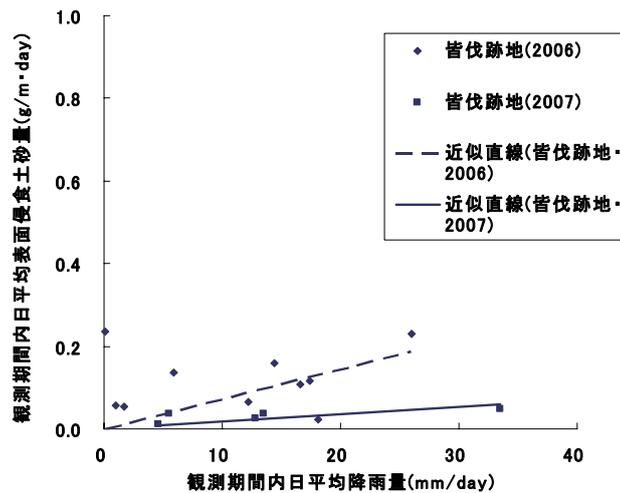
(2) 降雨量－表面侵食土砂量の経年変化

① 崩壊跡地



崩壊跡地では経年的に植生量が増加したため、表面流出土砂量も減少している。

② 皆伐跡地



経年的な植生変化のない皆伐跡地では、特に流出土砂量に経年変化は認められない。

衛星リモートセンシング技術 を用いた急傾斜地崩壊モニ タリングシステムの開発

全体研究目的

- 目的
 - 高知県早明浦ダム上流域を対象として、大規模災害後における急傾斜地崩壊の把握および植生回復状況の抽出に関するシステム化を提案
- 検討項目
 - 急傾斜崩壊の分光反射特性の把握(平成19年度)
 - 早明浦ダム上流域の急傾斜崩壊の変遷調査(植生回復程度の解析)
 - SAR(合成開口レーダ)の利用可能性の検討
 - SARと光学系センサ画像とを組み合わせる急傾斜地崩壊判別手法の検討

使用衛星画像

- SPOT画像(3時期)
 - 1991年4月3日撮影 SPOT-2 分解能20m
 - 2000年10月16日撮影 SPOT-2 分解能20m
 - 2004年4月16日撮影 SPOT-5 分解能10m
- ASTER画像(1時期)
 - 2005年10月17日撮影 ASTER 分解能15m,30m

SPOT-5

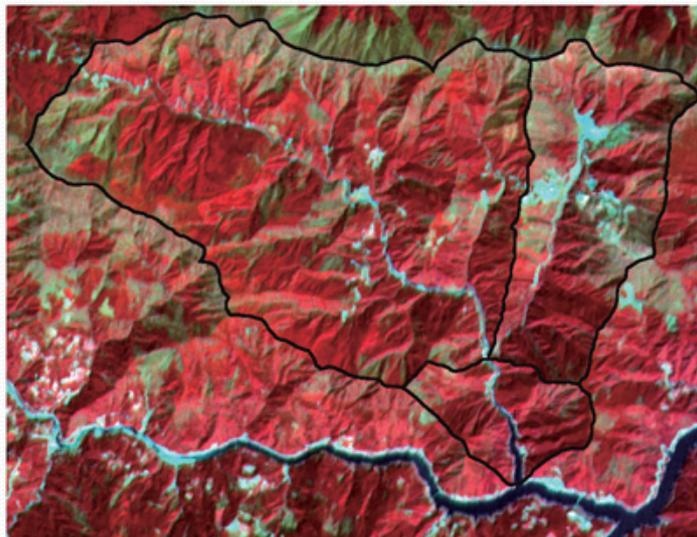
センサ名	波長帯(μm)
Band1	0.50~0.59(緑)
Band2	0.61~0.68(赤)
Band3	0.78~0.89(近赤外)
Band4	1.58~1.75(中間赤外)

ASTER

センサ名	波長帯(μm)	分解能(m)
可視・近赤外域 (3Bands)	0.52~0.86	15m
中間赤外域 (6Bands)	1.60~2.43	30m
熱赤外域 (4Bands)	8.125~11.65	90m

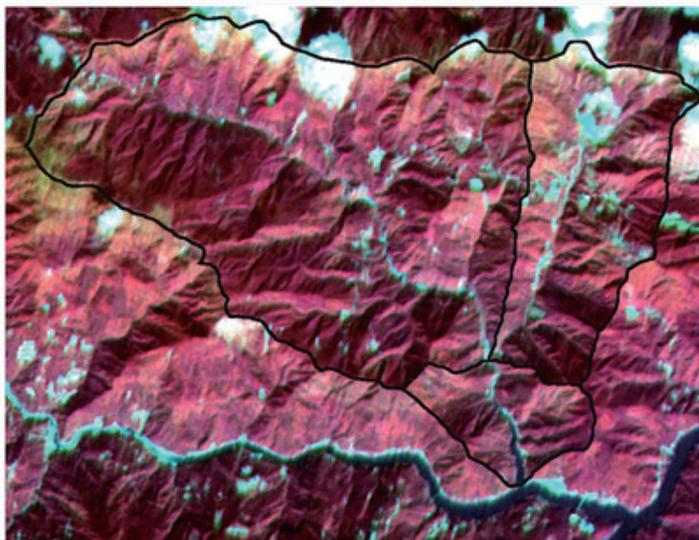
使用衛星画像

- 1991年4月3日(SPOT-2)



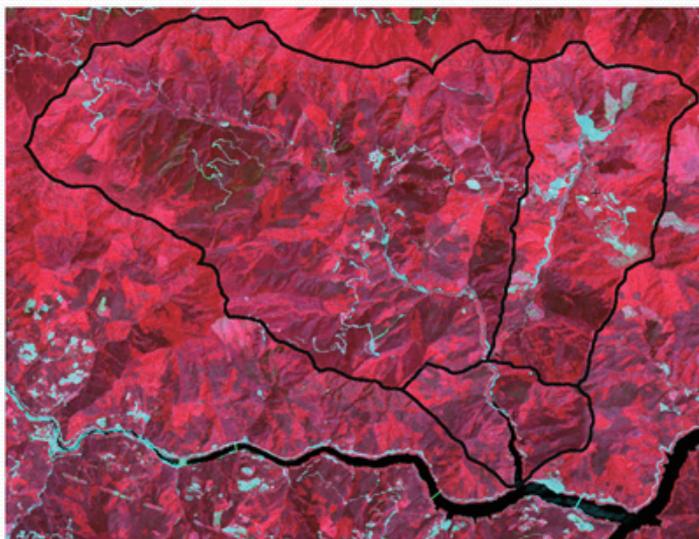
使用衛星画像

● 2000年10月16日 (SPOT-2)



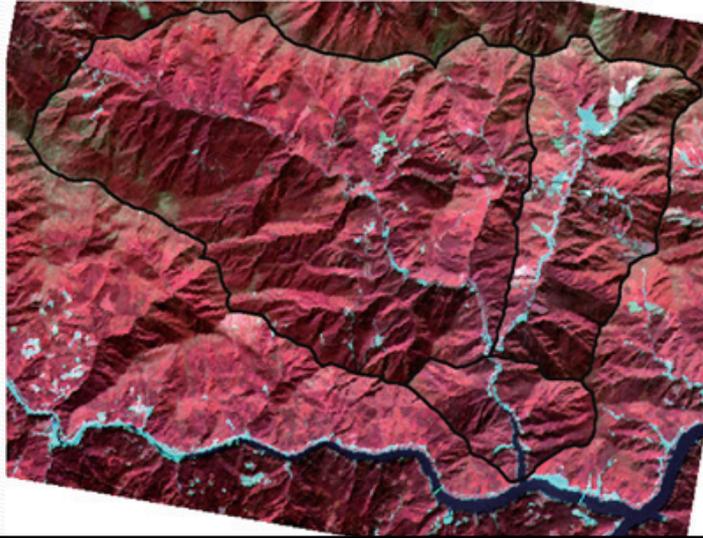
使用衛星画像

● 2004年4月16日 (SPOT-5)



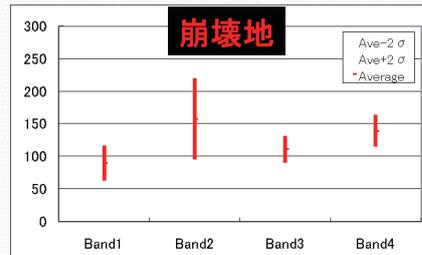
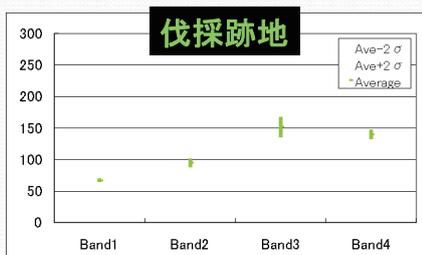
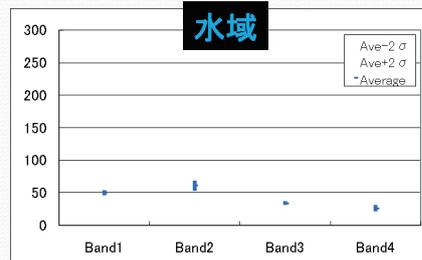
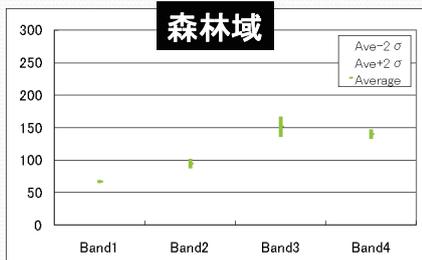
使用衛星画像

- 2005年10月17日 (ASTER)

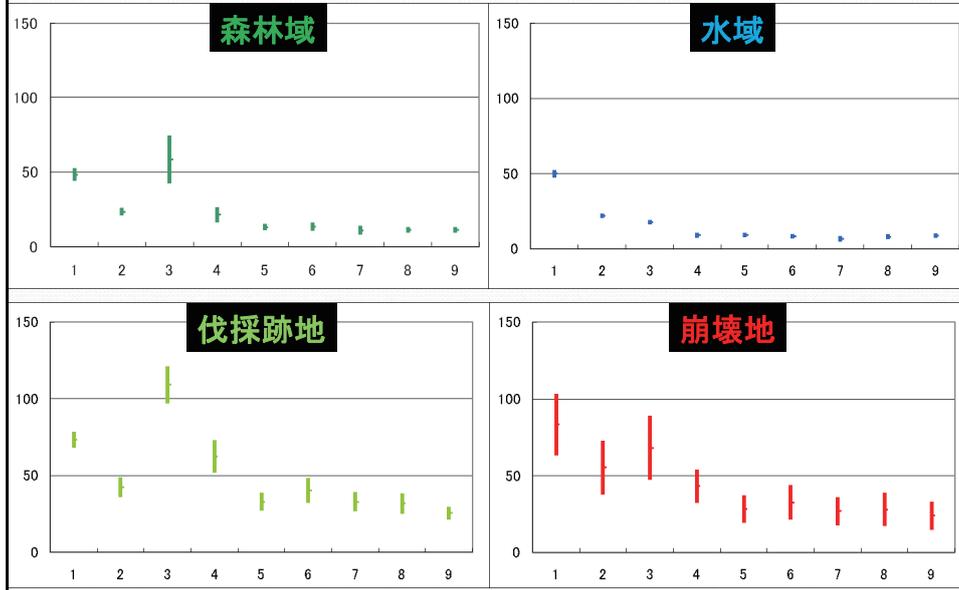


各土地被覆項目の方光反射特性 (SPOT画像、2004年)

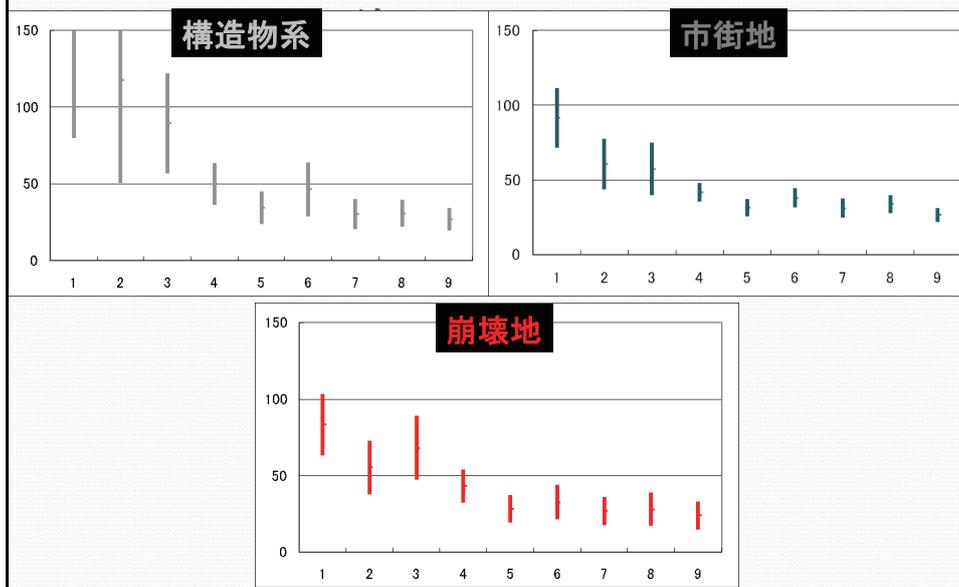
- 衛星画像の目視判読と航空写真よりサンプリング



各土地被覆項目 の分光反射特性



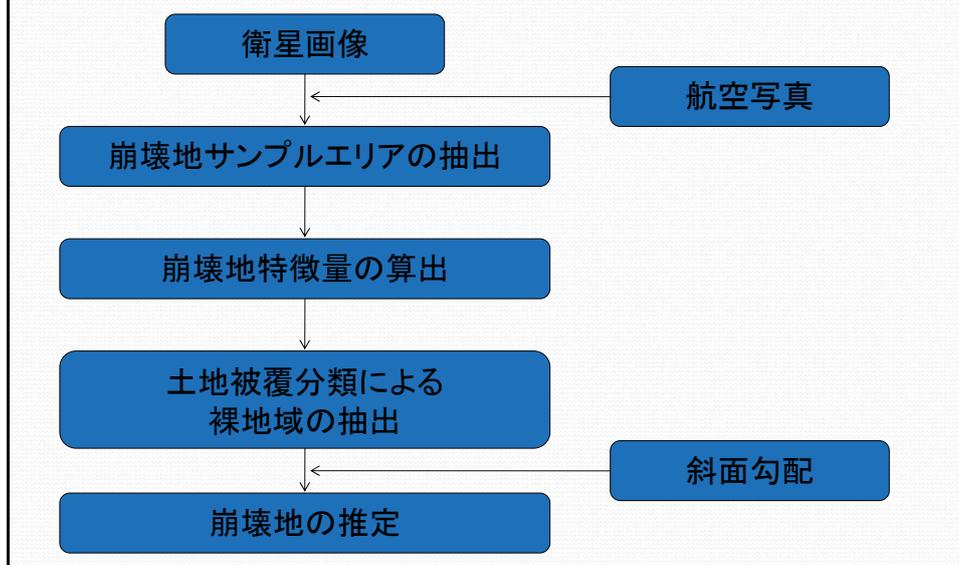
裸地系土地被覆項目 の分光反射特性



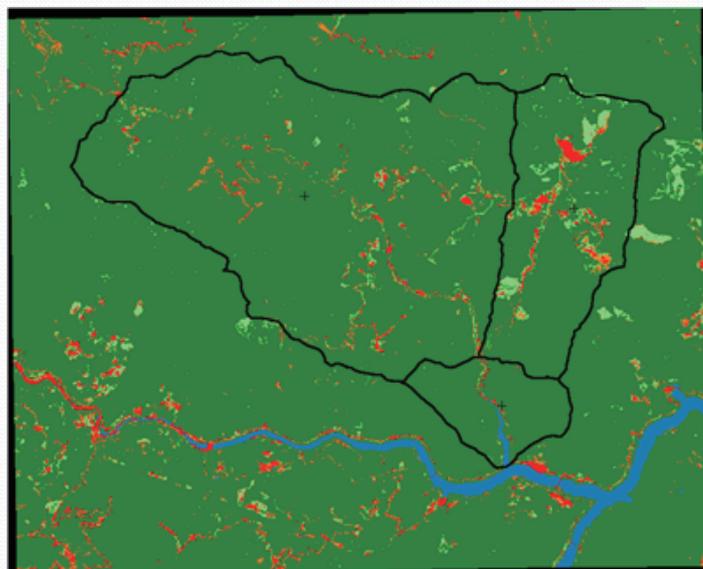
各土地被覆項目の分光反射特性

- 森林・植生系・水域・裸地系土地被覆の相互において区別が可能
- 構造物系土地被覆は、緑(Band2)、赤(Band3)において高い輝度を呈している
- 市街地と崩壊地は、赤(Band2)と近赤外(Band3)輝度値に若干の違いが見られるが、他のBandではほとんど差がない
- 市街地と崩壊地はオーバーラップしている部分が多いため、相互において誤分類が多くなる可能性が高い
 - 斜面勾配で区分する必要がある。

土地被覆分類と斜面勾配を組み合わせた崩壊地の抽出



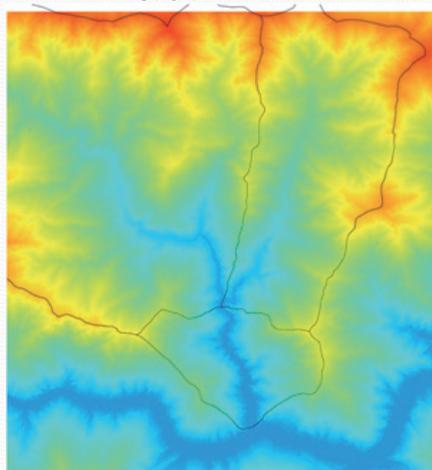
土地被覆分類結果(2004年)



- 森林域
- 伐採跡地
- 水域
- 植生を多少含む裸地
- 裸地

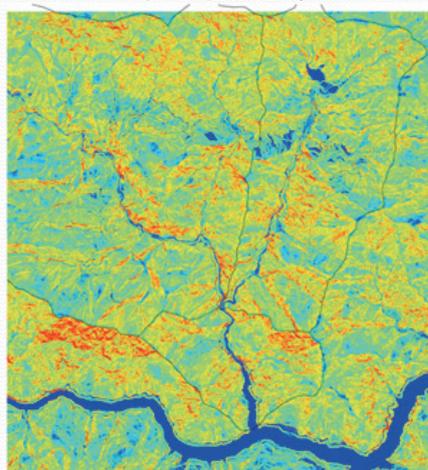
標高・斜面勾配分布

標高データ



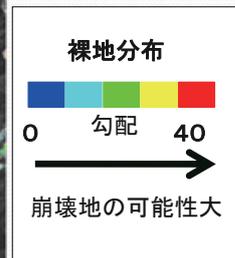
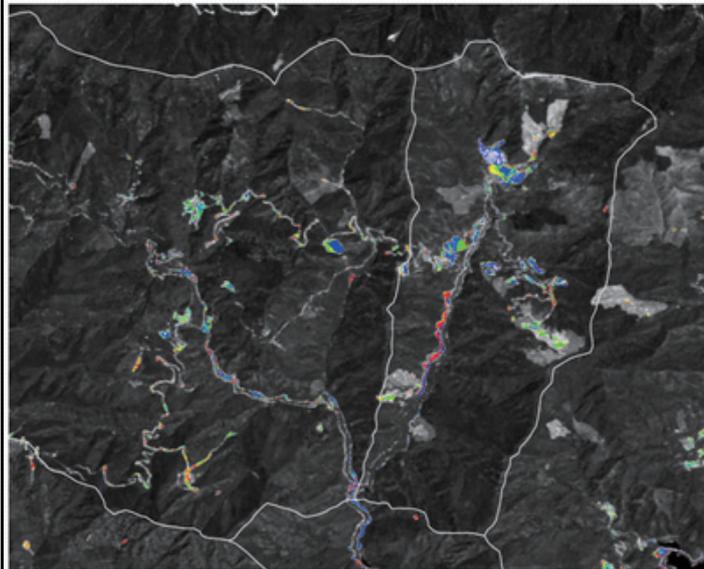
0 (m) 1500

斜面勾配分布



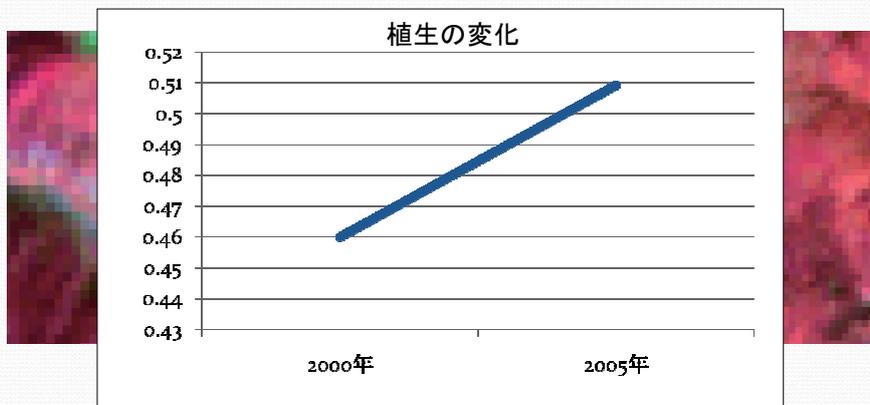
0 (度) 70

崩壊地推定マップ



崩壊地の植生回復状況(簡易解析)

- 簡易大気補正による植生指標の変化
 - 2000年時点で崩壊地であった地域が2005年にどの程度植生が回復しているか？
- 簡易ヒストグラムマッチング手法



2008年度の研究予定

- 現地調査を踏まえた崩壊地抽出手法の確立
 - 早明浦上流域の崩壊地の変遷調査
- SAR(ALOS画像)の利用可能性検討
 - 朝谷川流域を用いたSAR画像と崩壊地との関連調査

Thank You !

