

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、「流出特性から見た崩壊・土石流の危険度判定に関する研究」を課題として平成16年度から18年度までの3箇年にわたり以下の4課題の「共同研究（第一回）」を実施してきました。

- (1) 流出特性から見た崩壊・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
堀内成郎 国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所長
- (2) 高原川流域での土砂流出量推定手法に関する研究
中川 一 京都大学防災研究所災害観測実験センター 教授
水野正樹 国土交通省北陸地方整備局神通川水系砂防事務所長
- (3) 中津川流域における土砂流出機構解明に関する研究
木村正信 岐阜大学応用生物科学部 准教授
岡本 敦 国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所長
- (4) 四国山地における土砂流出・流動特性に関する研究
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

なお、これらの研究成果の全ては、必ずしも完結したものではなく、現在進行中であり、研究を継続するとともに更なる発展的な展開を図ることにより、今後ますますその成果が期待されるものも含まれています。また、これらの研究成果がそのままあらゆる地域に対して適用可能であるとは限りませんが、調査・研究の方法や成果の解析方法や利活用方法などの点で参考にしていただく点は多々あると思います。

この度、「共同研究（第一回）」の成果の概要を報告書として取りまとめました。砂防を取り巻く様々な研究や行政の遂行上の一助となれば幸いです。

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. 砂防技術研究会について	1
2. 砂防技術研究会「共同研究（第一回）」について	2
3. 研究成果	3
(1) 流出特性から見た崩壊・土石流の危険度判定に関する研究	5
(2) 高原川流域での土砂流出量推定手法に関する研究	29
(3) 中津川流域における土砂流出機構解明に関する研究	53
(4) 四国山地における土砂流出・流動特性に関する研究	73

参考資料

1. 社団法人砂防学会 砂防技術研究会について

○目的

砂防事業を推進する上での砂防行政の課題は多様化していきいていることに対応し、新しい時代の砂防技術に対する多様な要請に迅速に答えていく必要がある。このため（社）砂防学会は砂防技術研究会を設置し、大学等の研究者と砂防行政研究者が砂防行政の課題解決に向けた共同研究を行うこととした。

砂防技術研究会は、現場で求められている砂防行政の課題に対する解決策について議論・共同研究を行うことにより、それらの課題に対する解決を図るとともに、砂防学と砂防技術の発展を図ることを目的とし、1) 定期的な砂防技術研究会の開催、2) 特定テーマに関する共同研究の実施、3) 共同研究成果の公開及び公的な場での討論を活動の内容としている。

○砂防技術研究会の構成

(大学等研究者)

委員長

平松 晋也 教授 信州大学農学部森林科学科

委員

鈴木 雅一 教授 東京大学大学院農学生命研究科

土屋 智 教授 静岡大学農学部環境森林科学科

井良沢 道也 准教授 岩手大学農学部森林環境科学科

高濱 淳一郎 准教授 京都府立大学大学院農学研究科

(砂防行政担当者)

副委員長

西本 晴男 火山・土石流対策官 国土交通省河川局砂防部砂防計画課

委員

西山 幸治 砂防計画調整官 国土交通省河川局砂防部砂防計画課

渡 正昭 保全調整官 国土交通省河川局砂防部保全課

小山内 信智 室長 国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室

田村 圭司 上席研究員 (独) 土木研究所土砂管理グループ

藤沢 和範 上席研究員 (独) 土木研究所土砂管理グループ

花岡 正明 センター長 雪崩・地すべり研究センター

2. 砂防技術研究会「共同研究（第一回）」について

- ・ 砂防学会では、砂防関係の研究者が現場における砂防の課題に触れるとともに砂防事業に研究を反映させるうえでの一助にするため、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。
- ・ 「流出特性から見た崩壊・土石流の危険度判定に関する研究」を研究テーマとする第一回共同研究を平成16年度から18年度まで実施。
- ・ 公募・選考の結果、以下の共同研究課題を実施。
 - (1) 流出特性から見た崩壊・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
堀内成郎 国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所長
(山下 勝 同上)
(綱木亮介 同上)
 - (2) 高原川流域での土砂流出量推定手法に関する研究
中川 一 京都大学防災研究所災害観測実験センター 教授
萬徳昌昭 国土交通省北陸地方整備局神通川水系砂防事務所長
(田村圭司 同上)
 - (3) 中津川流域における土砂流出機構解明に関する研究
木村正信 岐阜大学応用生物科学部 准教授
岡本 敦 国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所長
(後藤宏二 同上)
 - (4) 四国山地における土砂流出・流動特性に関する研究
松村和樹 京都府立大学大学院農学研究科 教授
長井隆幸 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所長
- ・ 以下の日程等により成果報告会を開催。
日時 平成19年9月28日(金) 13時00分～16時00分
場所 砂防会館 新館3階 穂高

砂防技術研究会「共同研究(第一回)」研究概要一覧

事務所名 富士川砂防事務所

事務所名 神通川水系砂防事務所

事務所名 多治見砂防国道事務所

事務所名 四国山地砂防事務所

課題名	流出特性から見た崩壊・土石流の危険度判定に関する研究			高原川流域での土砂流出量推定手法に関する研究			中津川流域における土砂流出機構解明に関する研究			四国山地における土砂流出・流動特性に関する研究		
	氏名	所属	役職	氏名	所属	役職	氏名	所属	役職	氏名	所属	役職
研究者名	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	准教授	中川 一	京都大学防災研究所災害観測実験センター	教授	木村 正信	岐阜大学応用生物科学部	准教授	松村 和樹	京都府立大学大学院農学研究所	教授
	逢坂 興宏	静岡大学農学部環境森林科学科	准教授	澤田 豊明	元京都大学防災研究所流域災害研究センター	准教授	近藤 観慈	三重大学生物資源学部共生環境学科	准教授	平松 晋也	信州大学農学部森林科学科	教授
	執印 康裕	宇都宮大学農学部森林科学科	准教授	藤田 正治	京都大学防災研究所流域災害研究センター	教授	田中 隆文	名古屋大学大学院生命農学研究科	准教授	笹原 克夫	高知大学農学部生産環境工学科	教授
	西田 顕郎	筑波大学農林工学系自然環境造成工学分野	講師	堤 大三	京都大学防災研究所流域災害研究センター	准教授	後藤 宏二	国土交通省中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 (平成16~17年度)	所長	三好 岩生	京都府立大学大学院農学研究所	助教
	白木 克繁	東京農工大学農学部地域生態システム学科	講師	高濱 淳一郎	京都府立大学大学院農学研究科	准教授	岡本 敦	国土交通省中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 (平成18年度)	所長	小杉 賢一朗	京都大学大学院農学研究科	助教
	綱木 亮介	国土交通省関東地方整備局 富士川砂防事務所 (平成16年度)	所長	田村 圭司	国土交通省北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所 (平成16年度)	所長				長井 隆幸	国土交通省四国地方整備局 四国山地砂防事務所 (平成16~18年度)	所長
	山下 勝	国土交通省関東地方整備局 富士川砂防事務所 (平成17年度)	所長	萬徳 昌昭	国土交通省北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所 (平成17~18年度)	所長						
	堀内 成郎	国土交通省関東地方整備局 富士川砂防事務所 (平成18年度)	所長									
研究目的 及び 研究概要	<p>豪雨時における土砂の生産・流出の空間的・量的な予測については、多くの研究がなされているが、その精度や崩壊及び土石流の発生危険度などについては、明示できるレベルまで至っていない。</p> <p>本研究は、富士川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、地質の違いによる流出特性・流出成分の違いなどについても解析することで、素因に応じた崩壊・土石流の発生危険度の判定手法を行ったものである。</p>			<p>流域における土砂災害の防止・軽減を図るためには、流域の土砂動態に基づく土砂管理が必要である。しかし、土砂出現象は複雑多岐である上、現地でそれを把握するのは困難である。</p> <p>本研究は、流域の特定地点における土砂流出量を推定するために、①流域の場の特性把握、②外力の把握と場の特性から土砂動態の現象の把握、③数値計算手法の開発等を念頭に置き、①及び②~③に基づき土砂流出量を推定するための手法の開発を目的としたものである。</p>			<p>中津川流域では平成12年の東海豪雨災害時に山腹崩壊・河床堆積土砂の二次移動等による土砂流出が発生して多大な被害をもたらしている。</p> <p>本研究は、中津川流域における降雨・流出特性を把握するとともに地形・地質等に加えて土砂生産地の分布状況を把握し、降雨・流出・流域特性等と崩壊・土石流の関連性を導出することによって崩壊・土石流の発生危険度評価並びに土砂流出機構の解明手法を検討したものである。</p>			<p>四国山地では平成16年8月の台風15号により山腹崩壊が多発し、土石流となつて流下しているが、地すべりに関する研究は多いものの、降雨・流出特性や崩壊や土石流に関する研究は少ない。</p> <p>本研究は、四国山地の主要なエリアを占める三波川帯の崩壊地において、土砂生産・流出特性を把握し、崩壊危険度予測の可能性を探るために、早明浦ダム上流域を中心とした水文・土砂流出観測を行い、土砂流出・流動特性を把握し、さらに植生状態の異なる斜面からの微細土砂の生産・流出機構の解明と、その予測手法を確立することを目的としたものである。</p>		
研究内容	<p>(平成16年度)</p> <p>①過去の災害、降雨データ、空中写真などの資料収集・整理 ②モデル流域の設定 ③洪水時及び平常時における流出土砂・流水の観測機器の設置・観測 ④モデル流域内の崩壊地における崩壊量調査 ⑤崩壊地の空中写真判読、砂防えん堤の堆砂量計算、河床変動量の解析 ⑥採取した流水の分析</p>			<p>(平成16年度)</p> <p>①ハイドロフォンを用いた流砂量測定の実施 ②土砂流出量把握のための水文観測 ③対象流域である神通川水系高原川の右支川である蒲田川流域をモデル流域として、流出予測及び土砂流出予測に必要な既往観測資料の収集 ④③とともに現地での流砂量観測を実施 ⑤モデルの開発に必要な基礎データの作成</p>			<p>(平成16年度)</p> <p>既存資料より中津川流域の豪雨・流出・流域特性の把握、平成12年東海豪雨時の土砂移動実態の整理・把握を行う。</p> <p>①現地調査 ②既存資料より中津川流域の降雨・流出・流域特性を把握 ③平成12年東海豪雨災害時の土砂移動実態の管理・把握 ④土砂モニタリング手法の検討(土砂移動、水位・流量観測等)</p>			<p>(平成16年度)</p> <p>①崩壊地における流量・土砂流出量等の観測の実施 ②早明浦ダム上流域における土砂流出・流入量等の観測手法の検討</p>		
	<p>(平成17年度)</p> <p>①降雨・崩壊・土石流の発生との関係検討 ②モデル流域における崩壊・土石流の発生危険度判定手法の検討 ③洪水時及び平常時における流出土砂・流水の観測(継続) ④中間報告</p>			<p>(平成17年度)</p> <p>①ハイドロフォンを用いた流砂量測定の実施(継続) ②土砂流出量把握のための水文観測(継続) ③観測データの分析 ④③に基づく流出解析と土砂流出の関係の分析 ⑤降雨・流出・土砂流出モデルの基本モデルの作成 ⑥中間報告</p>			<p>(平成17年度)</p> <p>東海豪雨後における土砂移動状況の把握、降雨・流出・流域特性と土砂移動状況を対比させ、中津川流域における土砂流出機構の概要を検討する。</p> <p>①現地調査 ②東海豪雨後の土砂移動状況の把握(河床材料の粒径分布を含めて) ③降雨・流出・流域特性と土砂移動状況の対比 ④流域の土砂流出機構の概要検討(土砂生産・流出・堆積・河床堆積物二次移動等) ⑤土砂モニタリング区間の検討・設定</p>			<p>(平成17年度)</p> <p>①崩壊地における流量・土砂流出量等の観測の実施 ②早明浦ダム上流域における土砂流出・流入量等の実施</p>		
	<p>(平成18年度)</p> <p>①洪水時及び平常時における流出土砂・流水の観測 ②富士川砂防管内における崩壊・土石流発生危険度の判定手法の検討 ③判定手法の精度向上のための調査・観測手法の検討 ④最終報告</p>			<p>(平成18年度)</p> <p>①降雨・流出・土砂流出モデルの構築 ②土砂流出モデルの再現性の検証 ③新猪谷ダム地点での年平均流出土砂量の推定 ④土砂動態モデルを基にした土砂管理の考え方の提案 ⑤最終報告</p>			<p>(平成18年度)</p> <p>土砂流出機構を検討し、土砂流出機構から見た流域の危険密度を行う。また、土砂流出機構並びに危険度評価の精度向上に向けた調査・解析手法の検討を行う。また、土砂移動モニタリング区間の調査体制の検討を行う。</p> <p>①現地調査 ②土砂流出機構の検討と土砂流出機構からみた流域危険度評価 ③土砂流出機構並びに危険度評価の精度向上にむけた調査・解析手法の検討 ④土砂モニタリング区間の調査体制の検討 ⑤最終報告</p>			<p>(平成18年度)</p> <p>①崩壊地における流量・土砂流出量等の観測の実施 ②早明浦ダム上流域における土砂流出・流入量等の観測の実施 ③観測成果のとりまとめ ④最終報告</p>		
研究成果 目次	<p>1. 本調査の目的 2. 調査対象地域の概要 3. 調査方法 4. 調査結果 5. 流量観測のまとめ 6. 土石流発生危険雨量に関する検討</p>			<p>1. はじめに 2. 対象流域と研究組織・課題 3. 観測・調査の概要と成果 3.1 高原川流域における土砂生産の実態 3.2 高原川流域における凍結融解による土砂生産量の推定法 3.3 凍結融解・土砂生産における基岩間隙構造変化の検討 3.4 降雨の変動特性が斜面崩壊に与える影響について 3.5 急勾配流路における浮遊砂に関する研究 3.6 土砂流出の実態と予測 4. まとめ</p>			<p>1. 研究目的と研究スケジュール 2. 観測地点の設定 3. データ収集 4. データとりまとめ 5. モニタリング手法の評価 6. 渓床堆積土砂の分布調査 7. 荒廃状況の時系列変化 8. 総合検討</p>			<p>1. 研究の目的 2. 研究の体制 3. 研究の内容及び方法 4. 朝谷川流域の諸元 5. 観測方法及び観測機器配置 6. 平成16年台風15号による土砂生産・流出状況 7. 観測結果及び解析 8. 結晶片岩地域における土砂生産特性 9. とびのす谷における土砂解析 10. まとめと課題</p>		

(1) 流出特性から見た崩壊・土石流の危険度判定に関する研究

富士川流域における流出特性からみた崩壊・土石流危険度判定に関する研究

H18年度

- 国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所
- 筑波大学 恩田裕一, 西田顕郎
- 静岡大学 逢坂興宏
- 宇都宮大学 執印康裕
- 東京農工大学 白木克繁

土石流発生雨量の検討 土砂生産量の推定

地質の違う流域における降雨・流出の観測(釜無川, 春木川)
(第1章, 第5章)

・砂防ダム堆砂履歴からの土砂流出量算定(第4章)
・植生変化の時系列解析による正確な土砂生産量の推定(第3章)

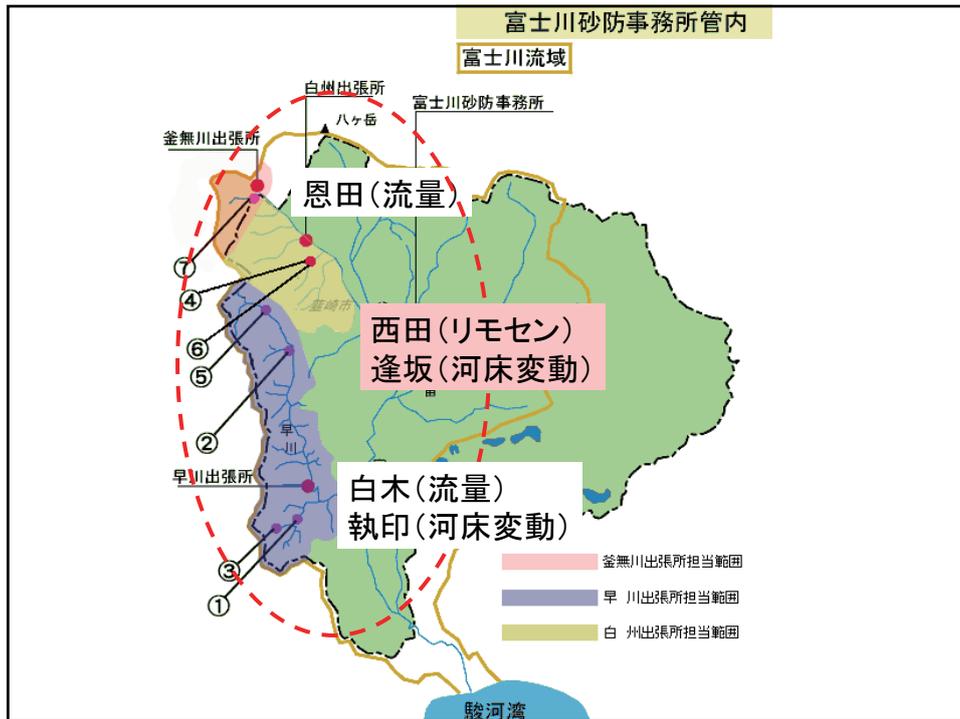
・地質ごとに適切な実効雨量の半減期の算定
・大流域の土石流危険度予測への応用

・砂防ダム堆砂量と植生変化量の比較
・富士川砂防管内における土砂生産履歴の解明

富士川砂防流域において流出特性から土石流発生危険度を予測する方法を作成

土砂生産量の予測

・執印・西田のデータを比較することにより, 土砂生産ポテンシャルと土砂生産量の比較



2007.3.13

釜無川上流域および尾白川流域における 降雨流出特性と警戒避難基準について

恩田裕一

1. はじめに

山地源流域 地質により異なる降雨流出特性

・堆積岩流域

降雨に対し河川の流出が大きく遅れる。(恩田ほか, 1999 ; 恩田・小松, 2001)
— 岩盤地下水の影響を指摘

・石灰岩流域

河川が降雨に対して応答が速いケースと遅れるケースがある。
(恩田・小松, 2001 ; Shevenell, 1996 ; 滝沢ほか, 1997)
降雨停止後の流量逓減の減衰が遅い。(廣瀬ほか, 1993 ; 滝沢ほか, 1997)
— タイプの違う岩盤地下水の寄与を指摘

・花崗岩流域

降雨に対し応答が早く降雨後の低減もすみやか。(恩田ほか, 1999など)
— 洪水時, 岩盤地下水の寄与が小さいことを指摘

2. 目的

そこで本研究では、山梨県釜無川および尾白川を対象に流出特性の空間的な変化に関して以下のことを明らかにすることを目的とする。

・山地源流域における地質と降雨流出過程の関係

・山地流域における流域スケールと降雨流出特性の関係

(対象流域スケール 0.02~69.36km²)

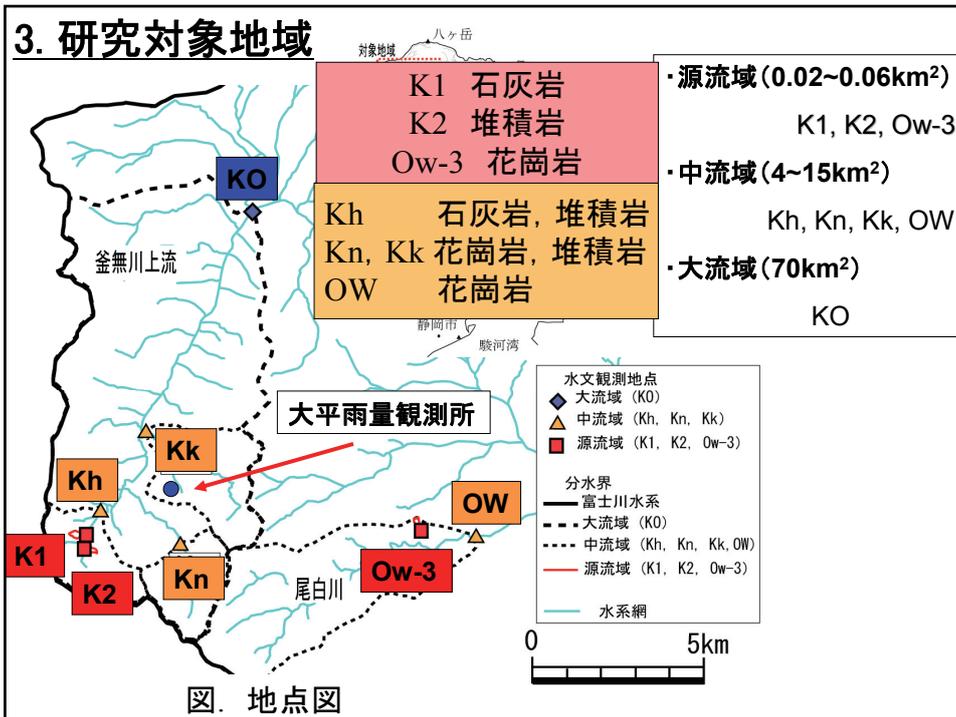
恩田ほか(1999)

各地質の流出特性から、土石流発生時刻予知の可能性を示唆。

恩田ほか(2006)

流量逓減を実効雨量で再現することにより精度の高い警戒避難基準策定の可能性を示唆。

防災面においても貢献が期待できる。



4. 観測方法

<水文観測> 2006年5月18日~12月7日

- ・源流域 (K1, K2, Ow-3)
水位計, 自動採水機,
雨量計 (0.2mm転倒マス), 降水サンプラー
- ・中流域 (Kh, Kn, Kk)
水位計 (tru-track・2m)
Khのみ自動採水機を設置
- ・中流域 (OW), 大流域 (KO)
富士川砂防事務所観測水位データ

<水質分析>

- ・酸素素安定同位体比 (自動平衡法質量分析計)
- ・無機溶存成分, SiO₂
(ICPプラズマ発光分析装置, イオンクロマトグラフ, pH4.8アルカリ度滴定法)



写真. 設置例

(上: 源流域 下: 中流域)

5. 結果・考察

各流域のハイドログラフ

小規模降雨

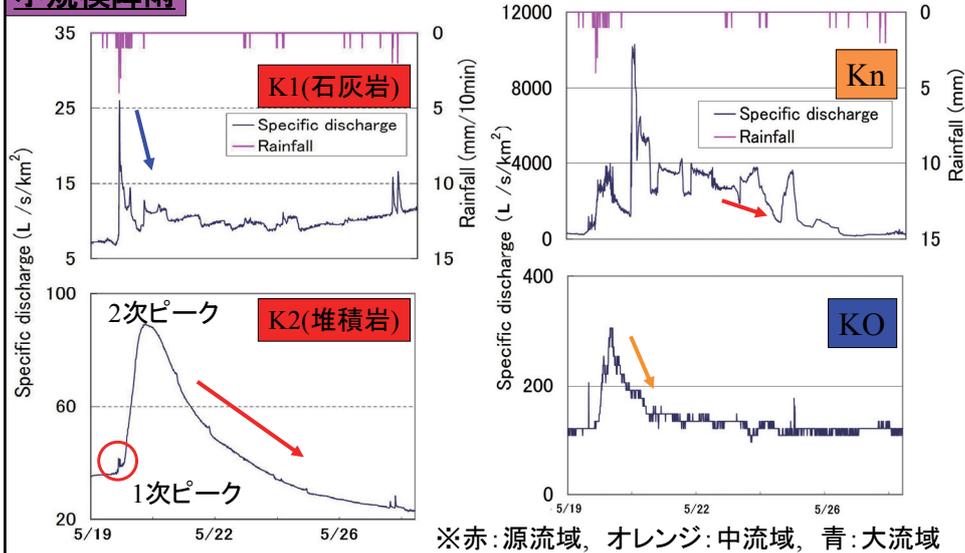


図. 短期ハイドログラフ (5/19イベント 総雨量: 約40mm)

大規模降雨

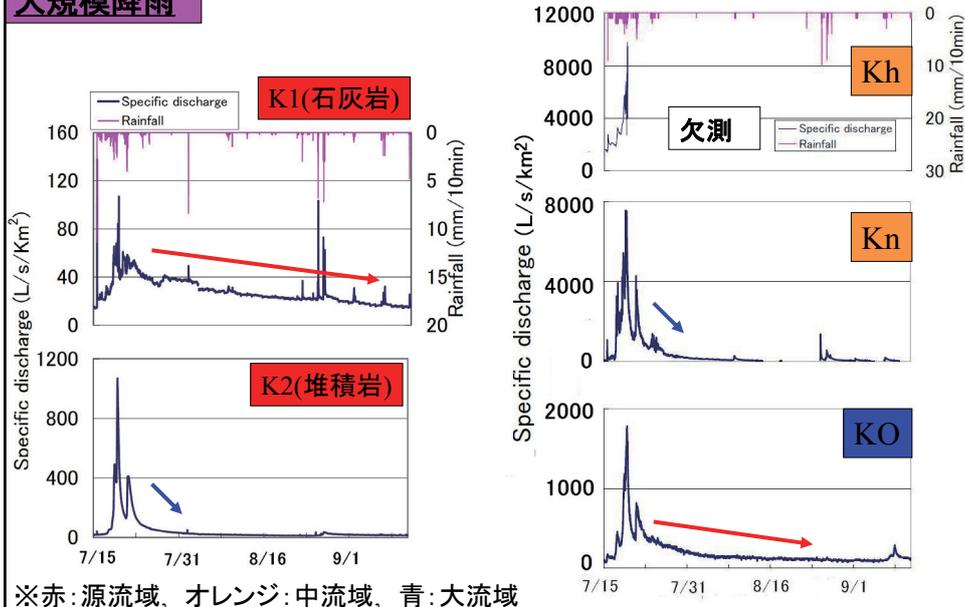
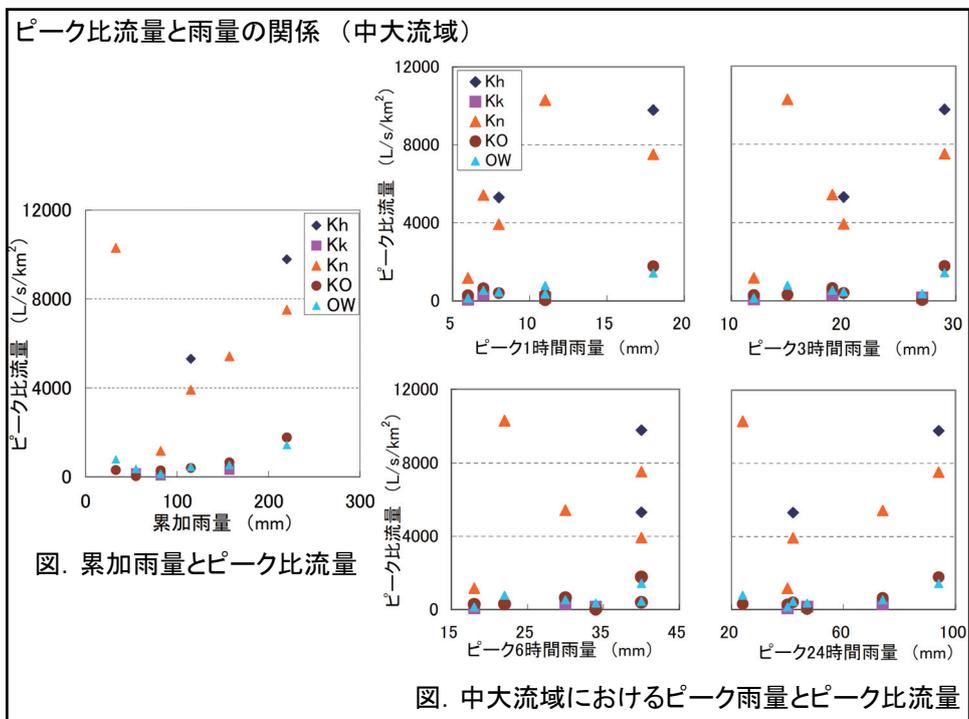
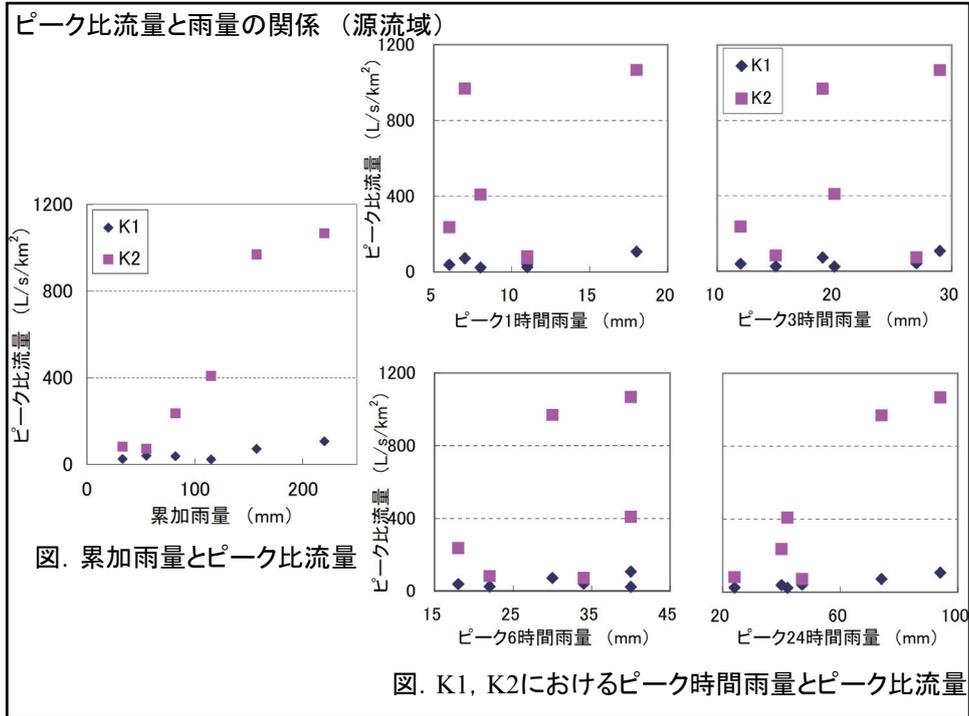


図. 短期ハイドログラフ (7/15イベント 総雨量: 約220mm)



中流域(Kh)における流出成分の分離

$$1 = Q_l + Q_s \quad (1)$$

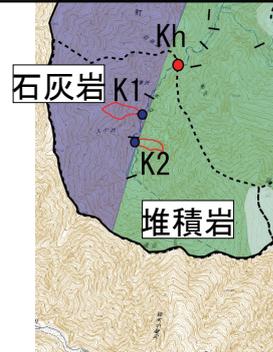
$$C_h = Q_l C_l + Q_s C_s \quad (2)$$

Q_l : 石灰岩地域からの流出量

Q_s : 堆積岩地域からの流出量

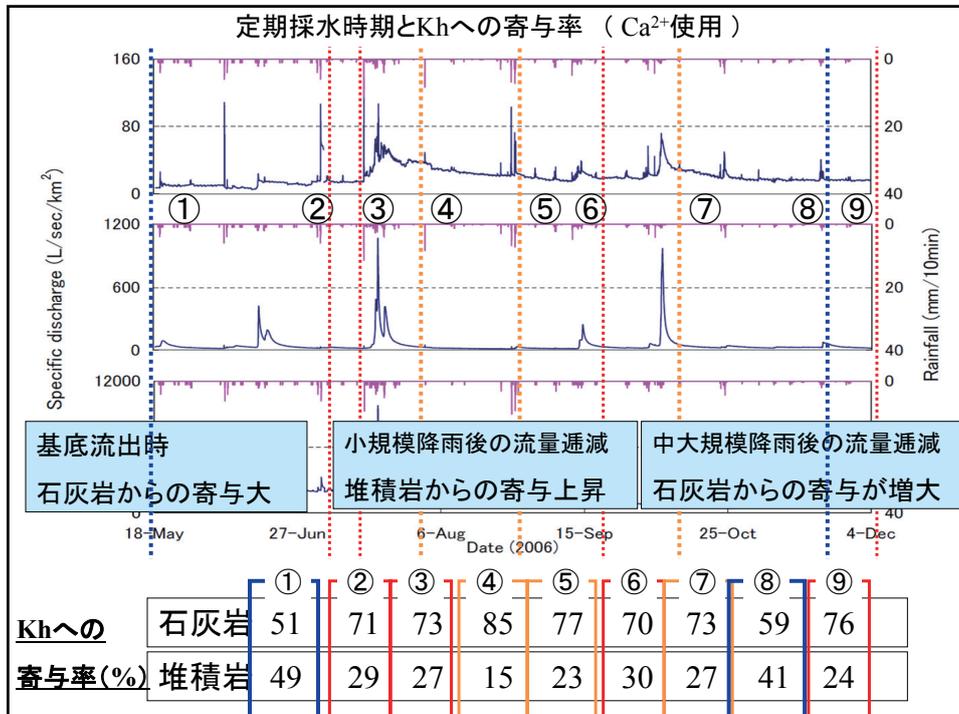
C_h : Khのトレーサー

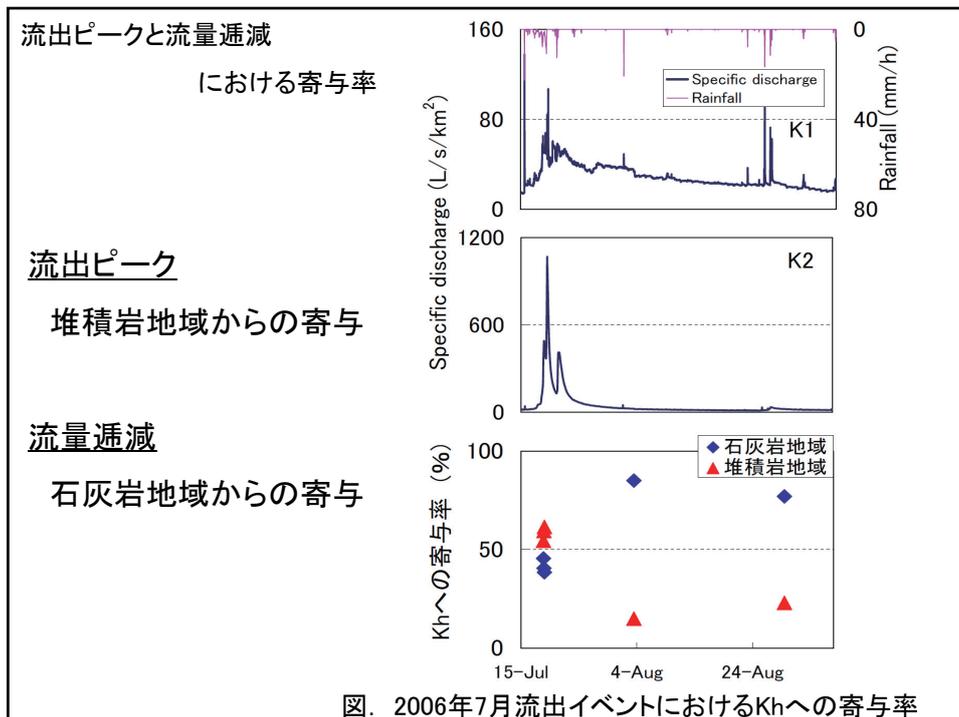
C_l : 石灰岩地域トレーサー C_s : 堆積岩地域トレーサー



仮定

1. 中流域(Kh)における流出は、石灰岩地域および堆積岩地域からの流出成分によって構成される。
2. 石灰岩地域のトレーサー成分はK1、堆積岩地域はK2で代表させる。





山地流域における流量逡減特性の比較

・実効雨量

一連の降雨による雨が全て流下せず地中に溜まっていることを示す。
(林ほか, 2000)

$$R_w = R_t + \sum \alpha_{li} \cdot R_{li}$$

$$\alpha_{li} = 0.5^{i/T}$$

R_w : 実効雨量 (mm) R_t : 現在の時間雨量

R_{li} : i 時間前の時間雨量 (mm)

α_{li} : i 時間前の減少係数 T : 半減期

式: 矢野(1990)より

半減期(T)を変化させることにより, 先行降雨の動きを推定することができる。

恩田ほか(2006)

実効雨量の半減期を変化させることにより流量逡減を再現。

解析例 K1、KOにおける同定(1)

小規模降雨

実効雨量と流量の減衰係数 λ を比較し同定。

$$\lambda = \frac{\ln(Q1/Q2)}{t2 - t1}$$

λ : 逓減係数
 Q1 : t1時の流量or実効雨量
 Q2 : t2時の流量or実効雨量

(Shevenell, 1996 ;
 Baedke and Krothe, 2001)

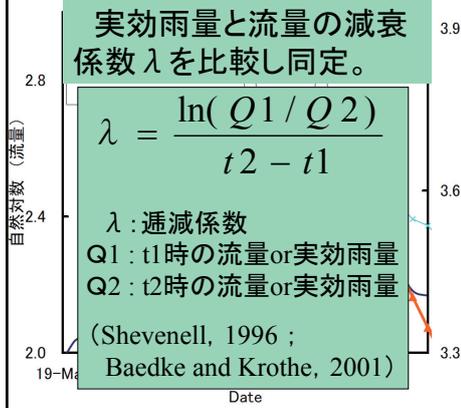


図. K1における半減期同定

最適半減期 12h

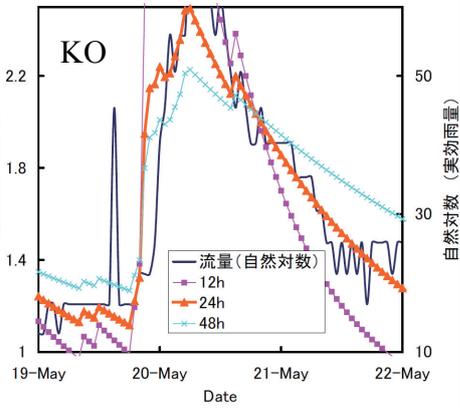


図. KOにおける半減期同定

最適半減期 24h

半減期が短い → 速やかな減衰

解析例 K1、KOにおける同定(2)

大規模降雨

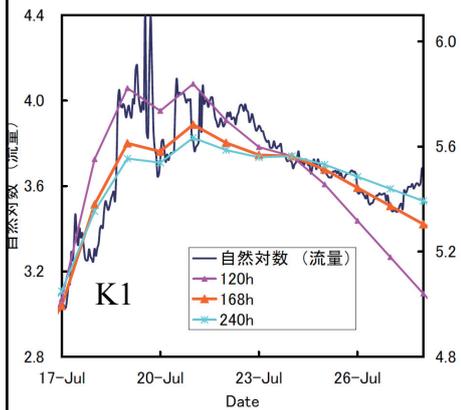


図. K1における半減期同定

最適半減期 168h

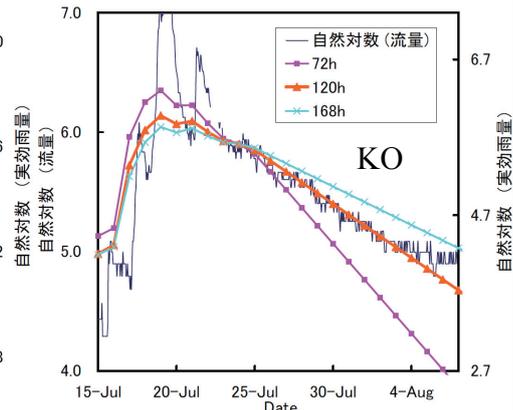
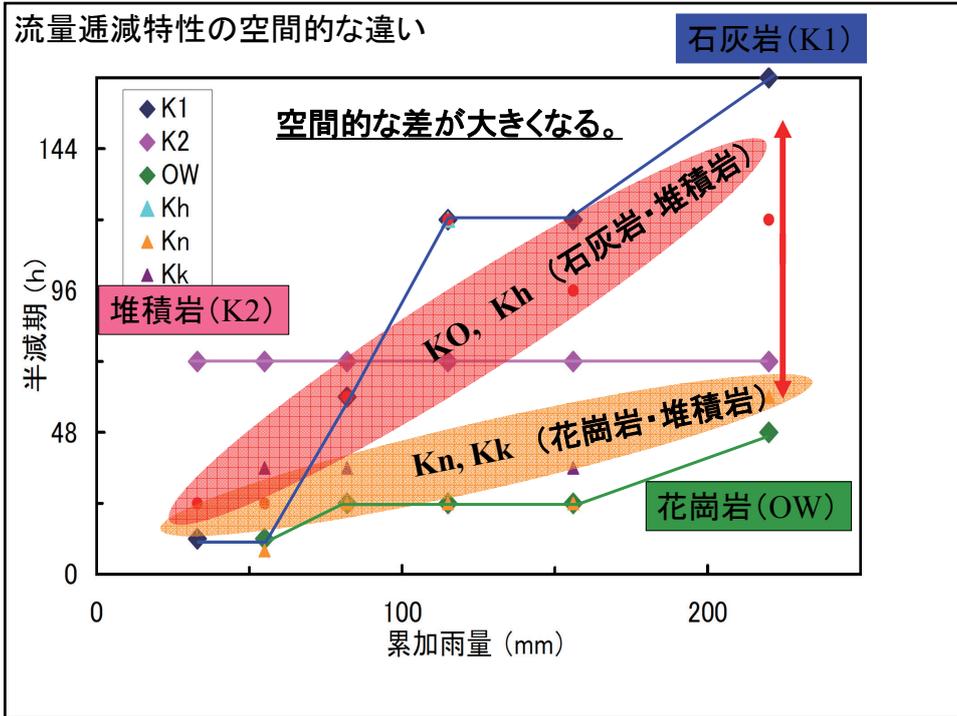


図. KOにおける半減期同定

最適半減期 120h

半減期が長い → ゆるやかな減衰



地質の面積比による半減期の推定

重み付け平均により中大流域の半減期を推定した。

各地質の半減期
 石灰岩 → K1,
 堆積岩 → K2,
 花崗岩・ホルンフェルス → OW
 で代表した。

$$T = \frac{(Ta \times a) + (Tb \times b)}{a + b}$$

a : 堆積岩面積 b : 石灰岩面積
 Ta : 堆積岩半減期 Tb : 石灰岩半減期
 T : 推定された半減期

式. Khにおける算出例

表. 推定された半減期

地点NO.	地質	小規模降雨			中規模降雨		大規模降雨
		5/18 33mm	11/15 55mm	9/12 82mm	10/5 100mm	6/15 115mm	7/15 220mm
Kh	石灰岩、堆積岩	43		66	95		119
Kn	堆積岩、花崗岩	32		40	40		56
Kk	堆積岩、花崗岩	36		43	43		58
KO	-	44		61	81		100

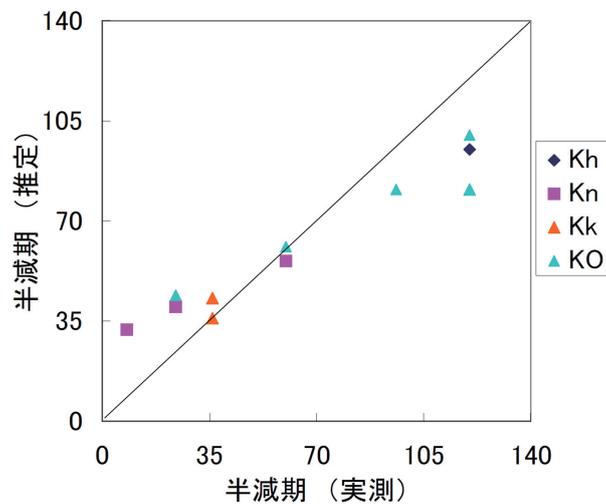


図. 半減期 実測値と推定値の関係
(実線は1:1)

7. 結論

1. 源流域における逓減特性は流域の地質によって異なり, その大きな相違には石灰岩地域の岩盤地下水が影響している。
2. 中大流域の逓減特性は流域に含まれる地質によって異なり, 特に, 石灰岩を含む流域では降雨規模により大きく変化する。
3. 山地流域における逓減特性の空間的な差は, 石灰岩地域の岩盤地下水の影響を受け降雨規模により変化する。

また, その変化は, 石灰岩源流域の逓減特性が大きく変化する降水量80~100mmを境に起こる。

以上より, 異なる地質が複雑に分布する本研究地域では, 各流域に分布する地質によって流量逓減特性が変化し, 空間的な差が生じる。

春木川支流池の沢での降雨流出特性調査

東京農工大学農学部

白木克繁

2007年3月13日

調査箇所・項目

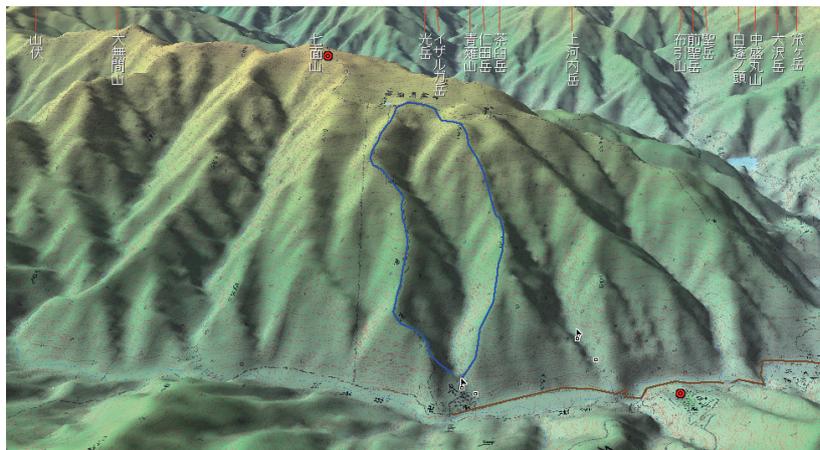
- 春木川支流池の沢えん堤
- 圧力式水位計→流量に換算(プロペラ式流速計でチェック)
- 電気伝導度

- そのほか事務所のデータ
降水量(春木川降雨観測点、七面山降雨観測点)

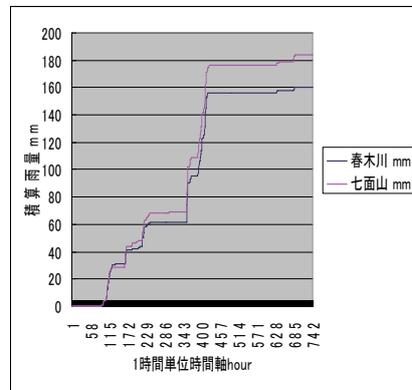
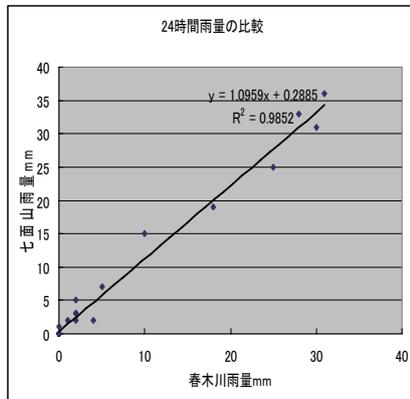
観測地・池の沢



池の沢鳥瞰図と雨量計の位置



春木川・七面山降水量比較(2005年10月データ)



傾き約1.1(七面山が多い)

総降水量 七面山が1.15倍

降水量が比較的多い場合は七面山は春木川の1.1倍の降水量。
 さらに、七面山では少雨の降水時間が長い。

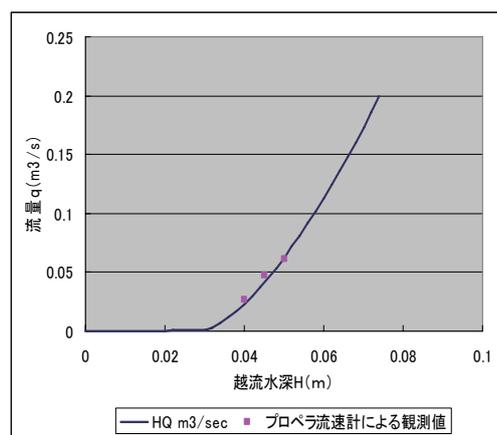
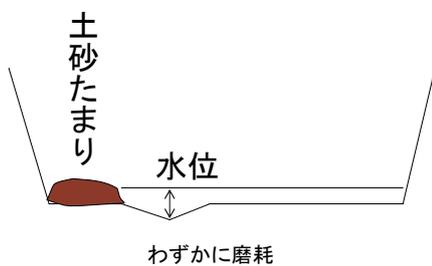
流量の観測・池の沢えん堤



プロペラ式流速計と測定の様子

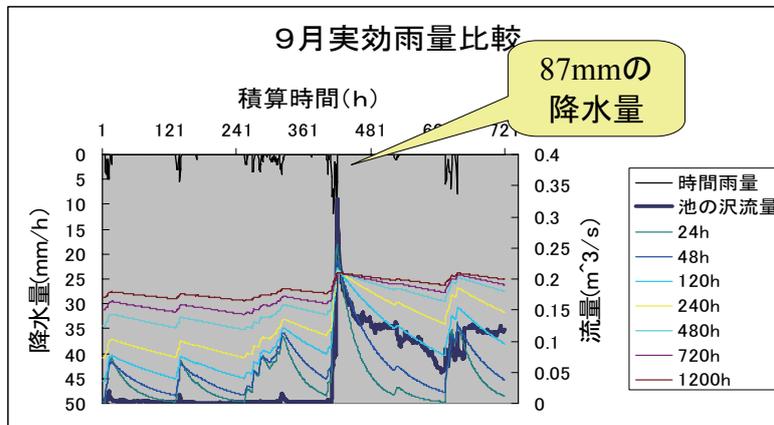


池の沢えん堤での水位流量曲線



実線は左図を想定した水理理論式

実効雨量との比較(豪雨時の例)



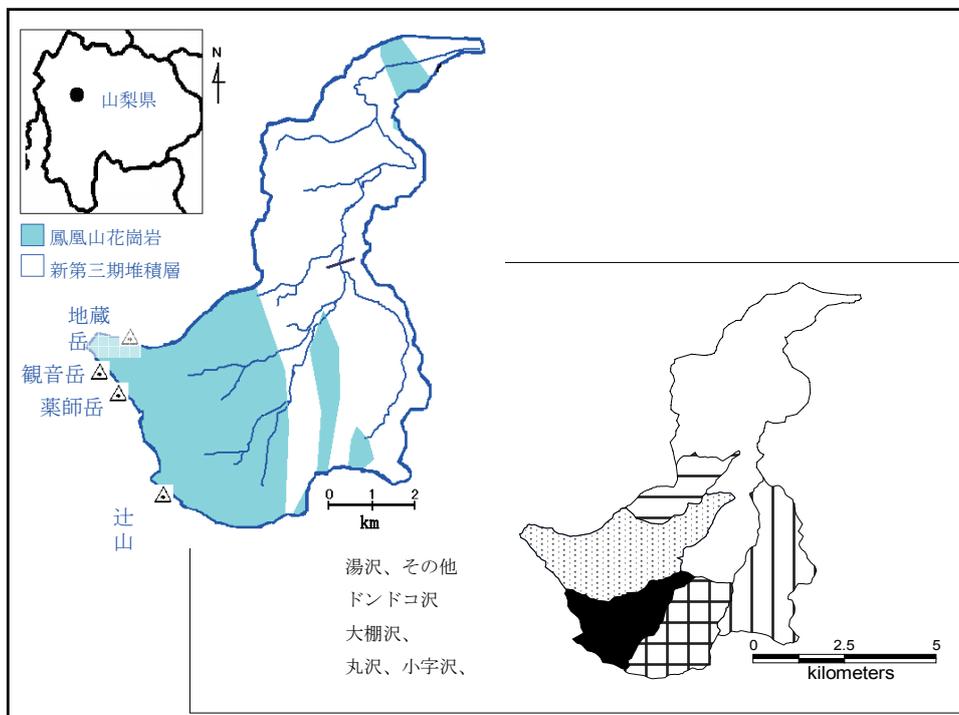
2006年9月の池の沢流量、各半減期実効雨量との比較。9月18日流量の数値に実効雨量を規格化。48h実効雨量と適合良

3. 小武川流域における崩壊地および河畔林の変遷と降雨の長期変化

逢坂興宏(静岡大学)

3-1. 小武川流域における崩壊地の変遷

- 富士川水系釜無川支流小武川は、鳳凰三山の地藏岳、観音岳、薬師岳と辻山に源流を発し、流域面積約46.3km²、流路長16.4km、比高2381m、平均河床勾配1/7(8.1°)、最高点は観音岳(2841m)である。小武川流域の地質は、鳳凰山花崗岩、新第三紀層石英斑岩・ヒン岩、中流域では砂岩・頁岩といった多様な地質と複雑な地形で構成され、また糸魚川-静岡構造線が流域を縦断している。



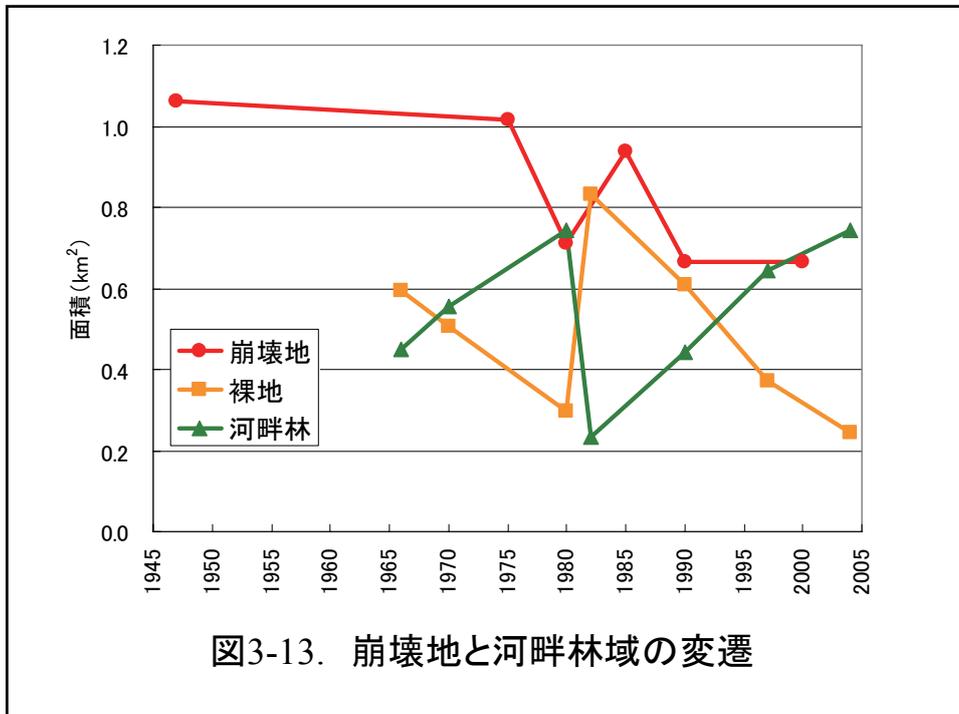
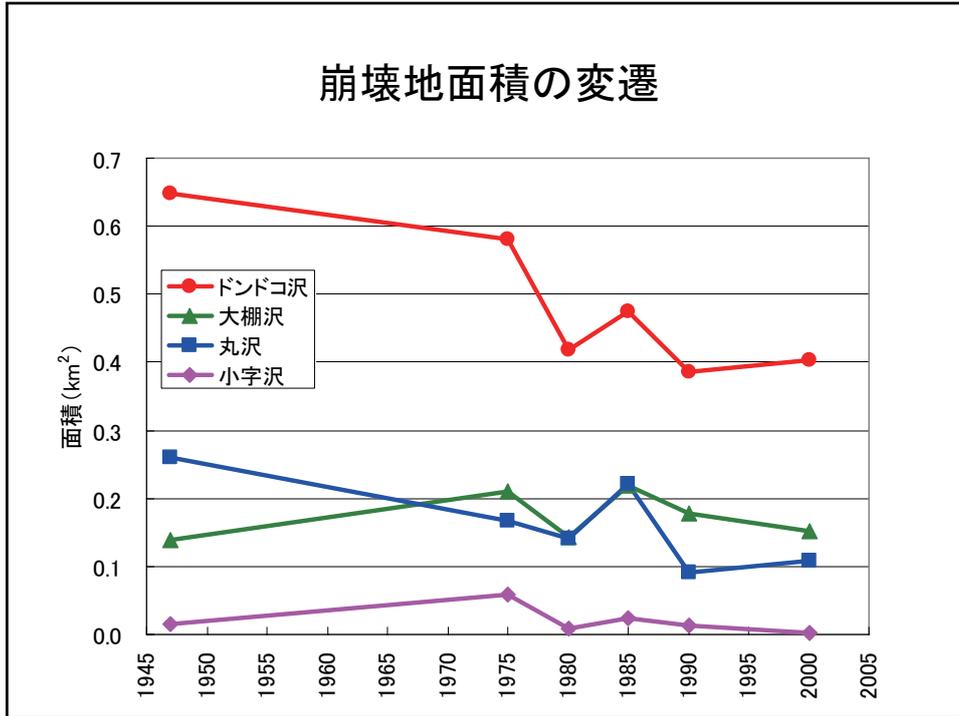


図3-13. 崩壊地と河畔林域の変遷

3-3. 小武川上流域の降雨流出特性 と実効雨量について



小武川第二砂防堰堤における観測
最大日雨量317mm (2006年7月18日)

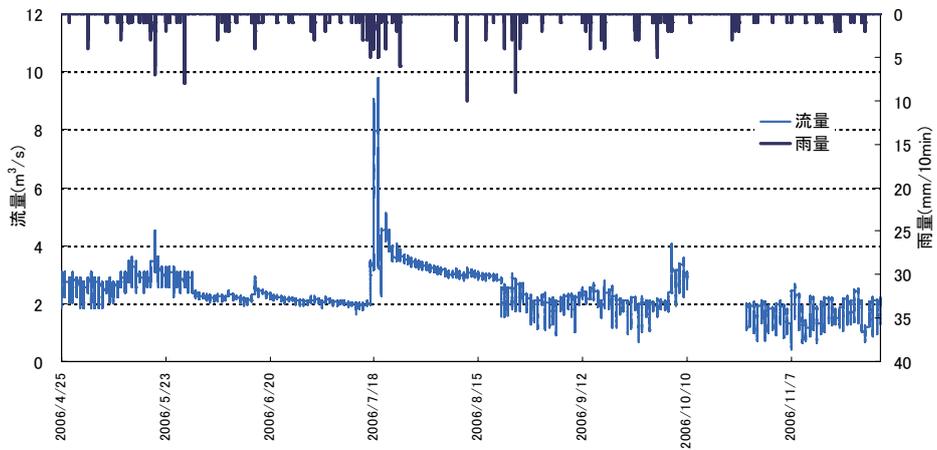
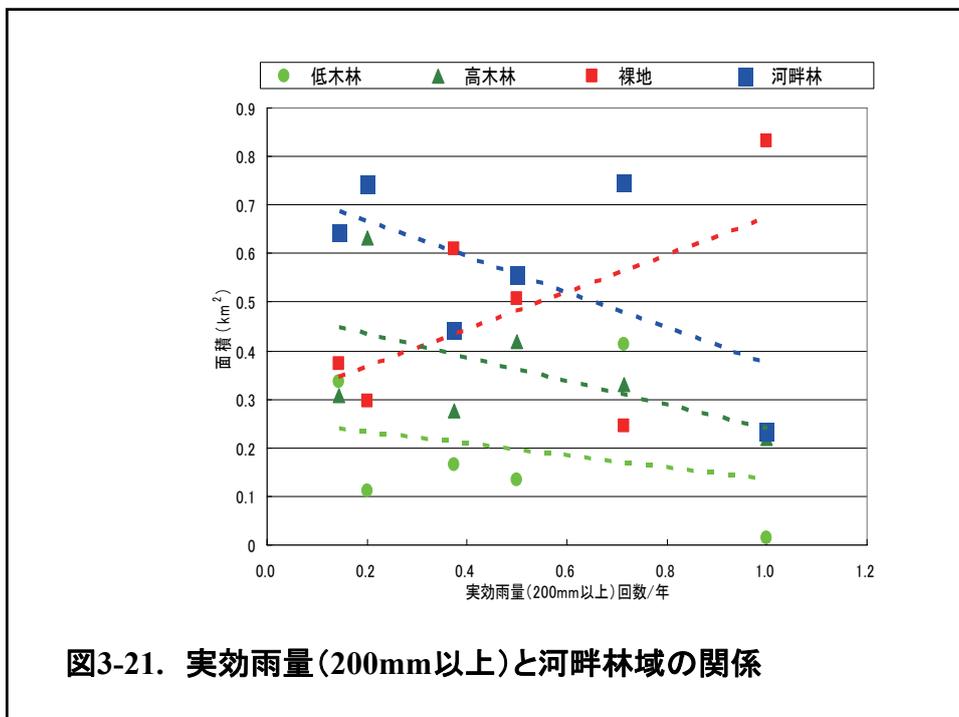
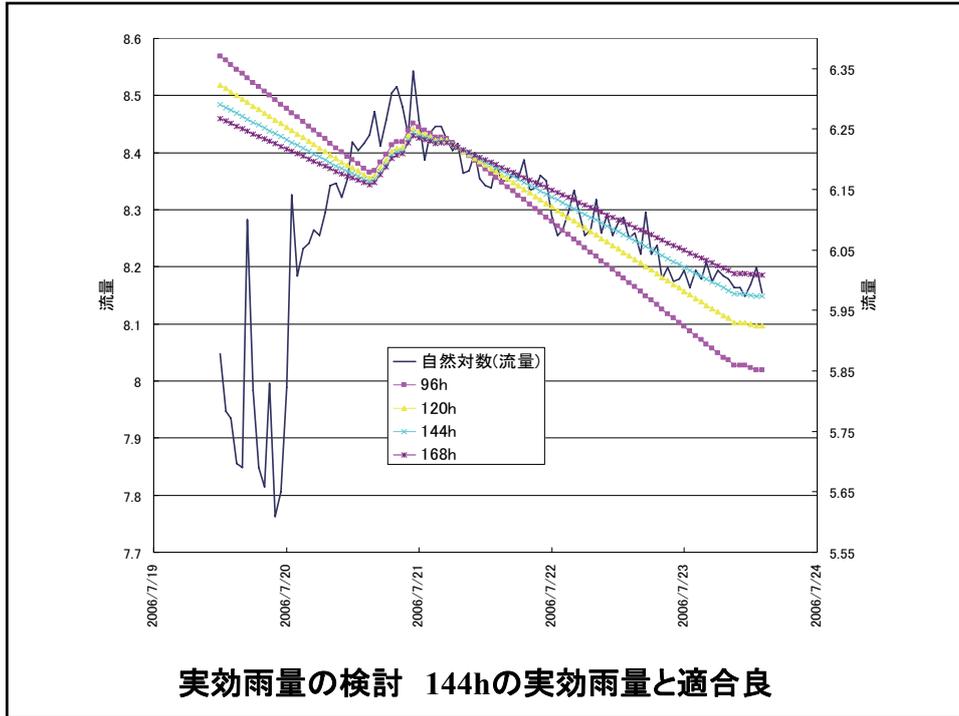


図3-16. 小武川第二砂防堰堤ハイト・ハイドログラフ



計画マニュアル

流出特性の解析とモデル化・
地質ごとの適切な半減期の設定

・植生変遷と砂防ダム堆砂の比較
・衛星リモセン結果と砂防ダム堆砂履歴の比較

平成19年度

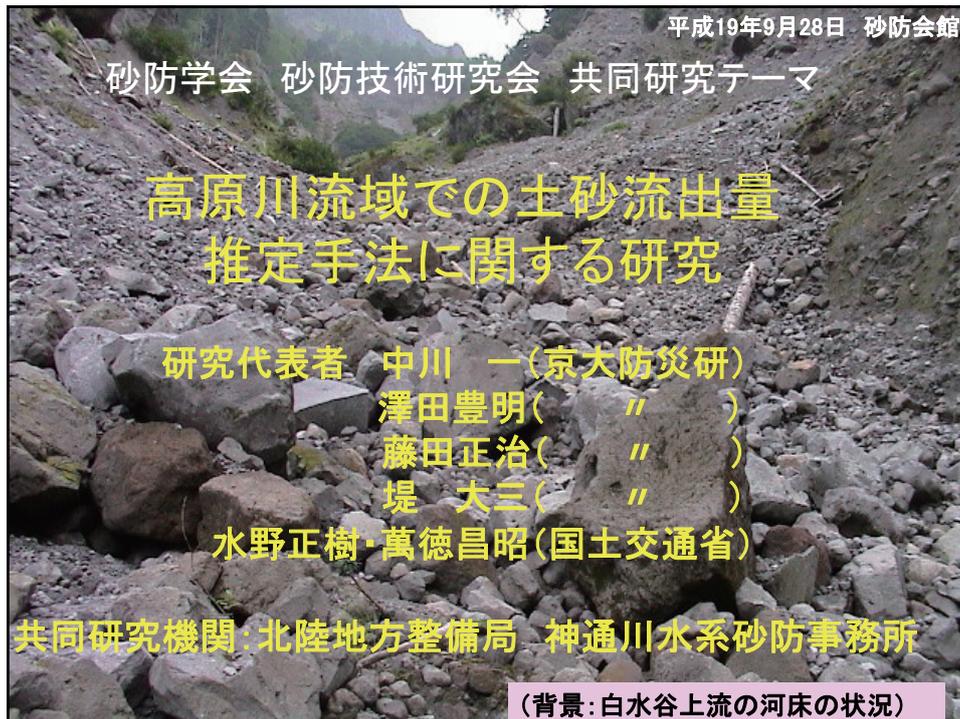
石灰岩 168h
堆積岩 72h
花崗岩 48h ↓

実効雨量と土砂流出の対応

土石流発生危険度
花崗岩 > 堆積岩 > 石灰岩

富士川砂防流域においては、地質別の実効雨量を設定し、それに対して、砂防計画・警戒避難計画を策定することが望ましい

(2) 高原川流域での土砂流出量推定手法に関する研究



研究組織 (平成18年4月1日現在)

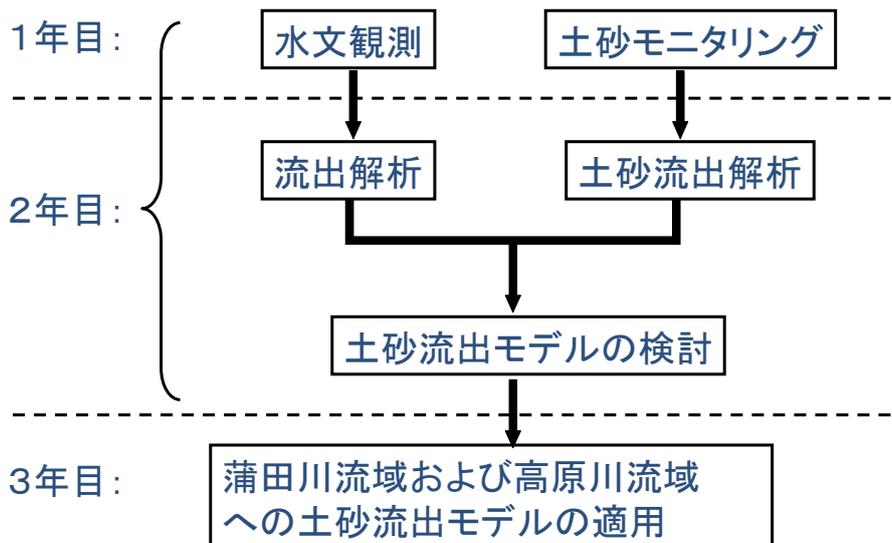
氏名	所属	役職
○中川 一	京都大学防災研究所附属 流域災害研究センター	教授
澤田豊明	京都大学防災研究所附属 流域災害研究センター	助教授
藤田正治	京都大学防災研究所附属 流域災害研究センター	教授
堤 大三	京都大学防災研究所附属 流域災害研究センター	助手
萬徳昌昭 (水野正樹)	国土交通省北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所	所長 (現所長)

研究協力者:水山高久 京都大学大学院農学研究科 教授
 里深好文 京都大学大学院農学研究科 助教授
 高濱淳一郎(京都府立大学農学研究科)

研究の目的

- 神通川水系高原川での年平均流出土砂量を推定するために、蒲田川流域をモデル流域として土砂流出モデルを作成する。
 - 1) 対象流域内での観測の実施と流域特性の把握
 - 2) 降雨－流出特性の把握とモデル化
 - 3) 流出－土砂移動特性の把握とそのモデル化
 - 4) 降雨－流出－土砂移動モデルの融合と流域全体に適用した場合のそのモデルの適用性の検討
 - 5) モデルで推定された土砂動態を基にした土砂管理の考え方の提案
-
- 中川: 4)、5)
 - 澤田: 2)、3)
 - 藤田: 3)、5)
 - 堤 : 3)、4)
 - 水山・里深: 3) (「1)」は全員)
 - 国交省: 上記研究の協働、関連情報の提供等

研究計画のフロー



研究対象領域(高原川流域)



平成18年度成果について (3年目(最終年度))

3年目:

- ① 高原川流域での生産土砂量の把握
- ② 蒲田川流域、高原川流域への土砂流出モデルの適用

①

- ① 高原川流域での土砂生産の試験地観測
- ② 土砂生産量推定モデルの開発

②

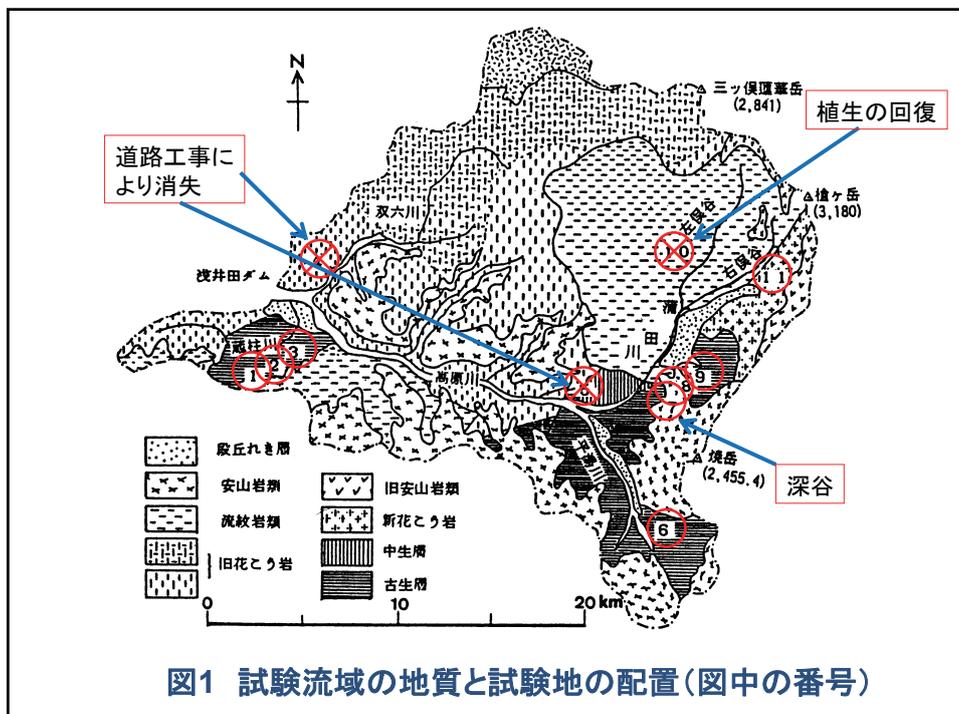
- ① 高原川流域における土砂流出量予測(継続中)

土砂生産の試験地観測

京都大学防災研究所 澤田豊明

研究の実施内容

- 流域における土砂生産現象の実態を時系列的に解明
- 1985年から裸地斜面の試験地における土砂生産の実態
- 毎週土砂生産量の採集・分析
- 試験斜面は地質、斜面勾配、斜面規模、交通の利便性などを考慮し、約10ヶ所



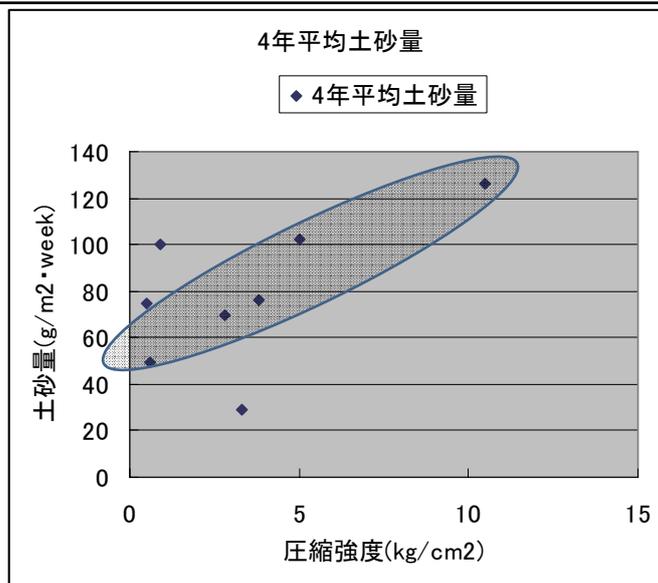


図2 各試験地の斜面の圧縮強度と平均土砂生産量の関係

2003～2006年の平均。20年経過してもなお生産され続けている。試験斜面の表面は絶えず変化しているが、圧縮強度が土砂生産に支配的

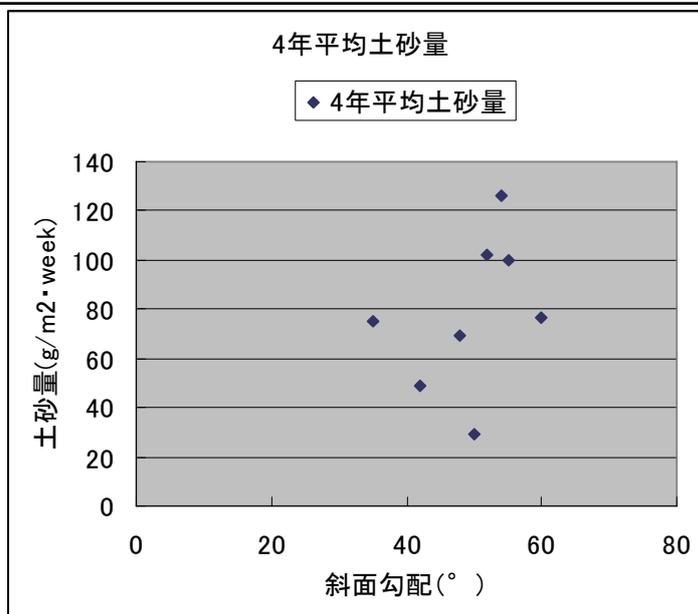
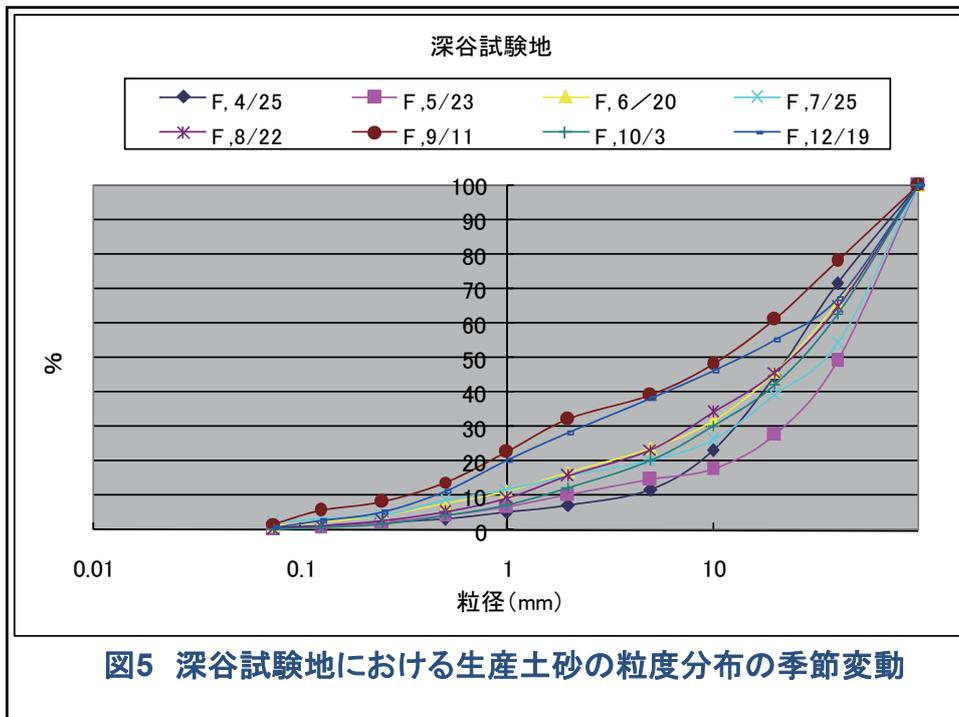
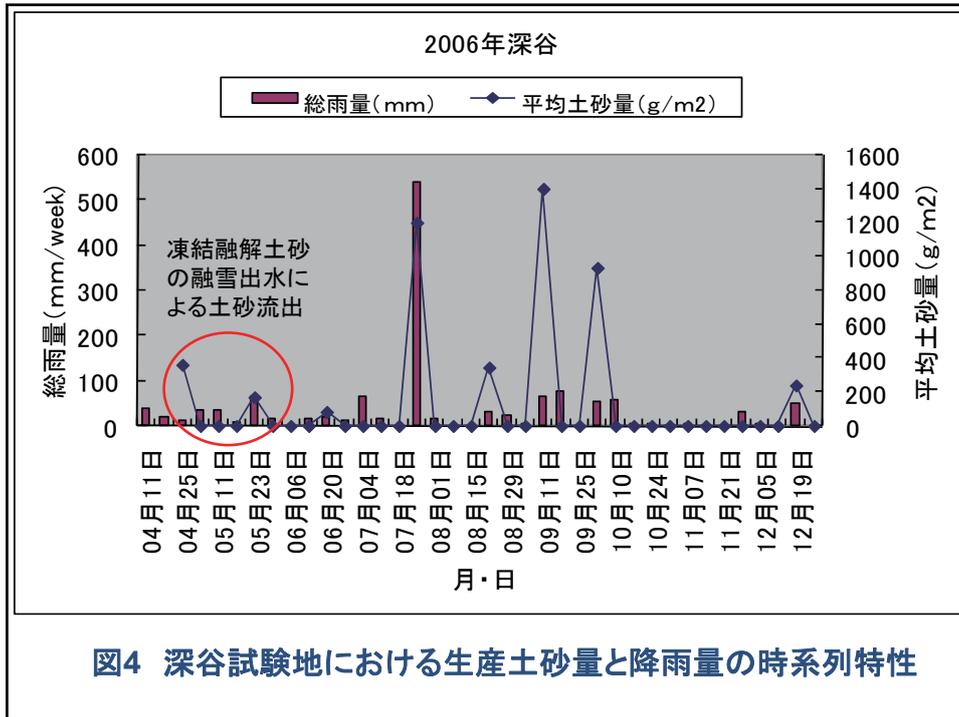


図3 各試験地の斜面の斜面勾配と平均土砂生産量の関係



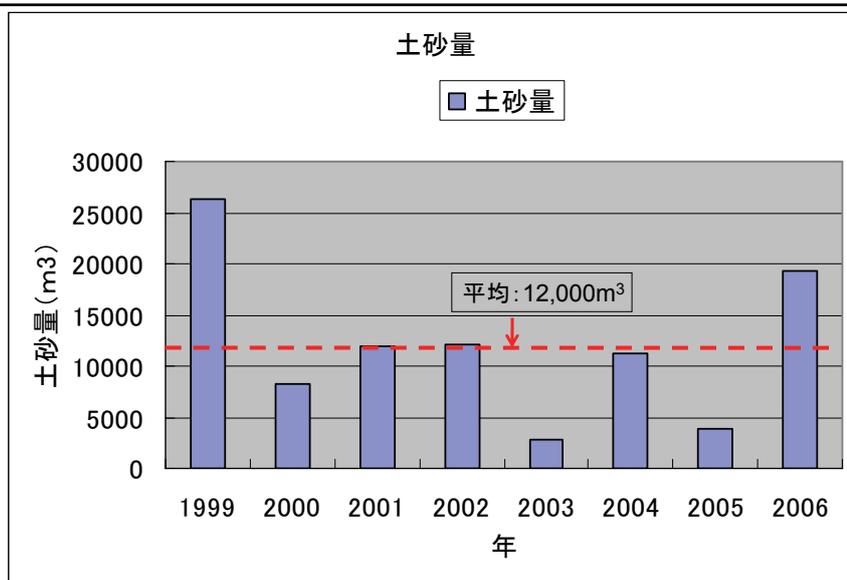


図-6 道観松砂防堰堤(流域面積約100km²)における堆積土砂量の推移

比流砂量: 約120m³/km²/year。この値は土砂流出量の多い中部山岳地域の流域の中では比較的少ない部類に属する。浮遊砂を考慮していないからか。大半は掃流砂であり、その粒平均粒径は5~6mm。

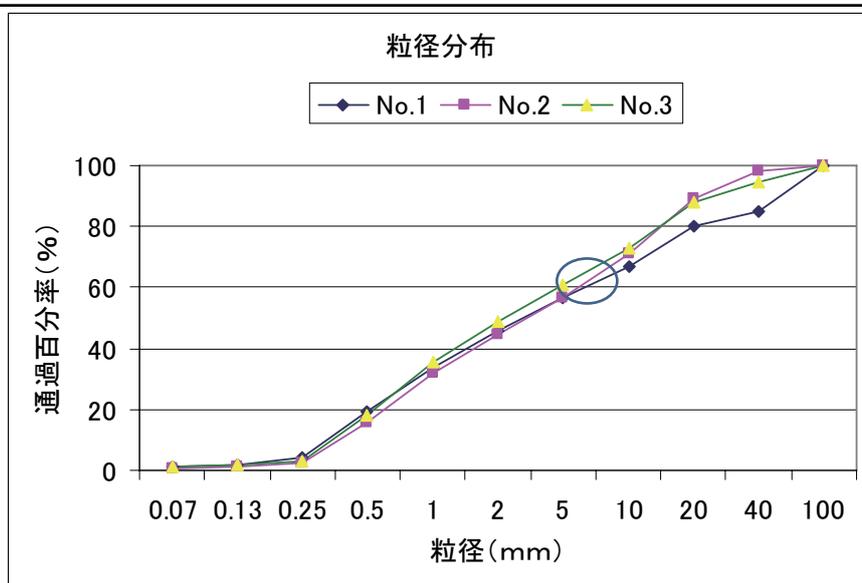
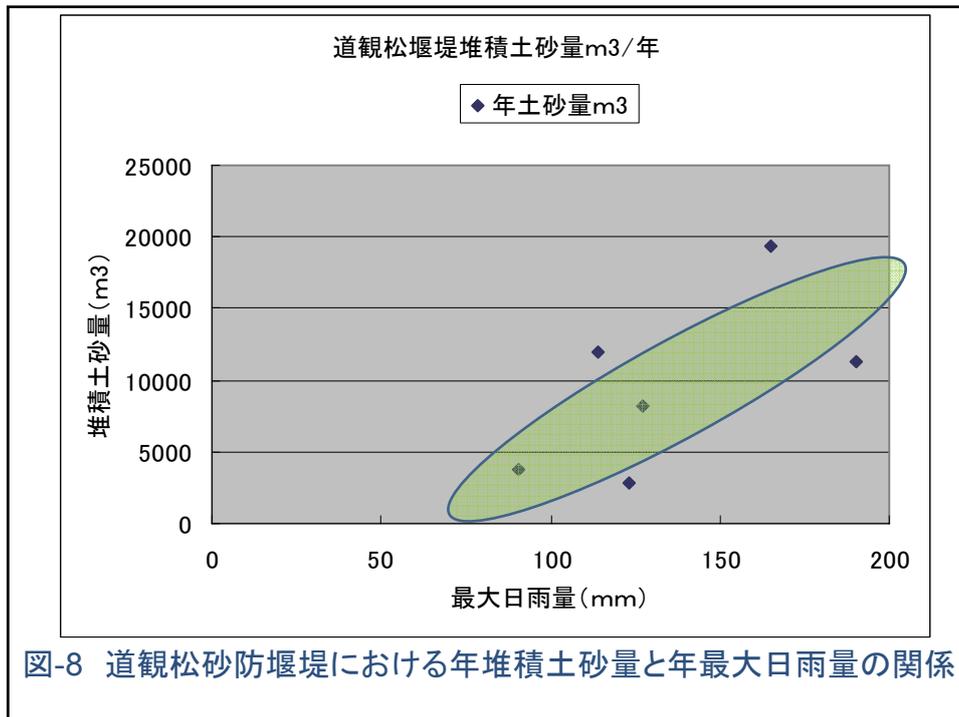


図-7 道観松砂防堰堤における堆積土砂の粒度分布



まとめ

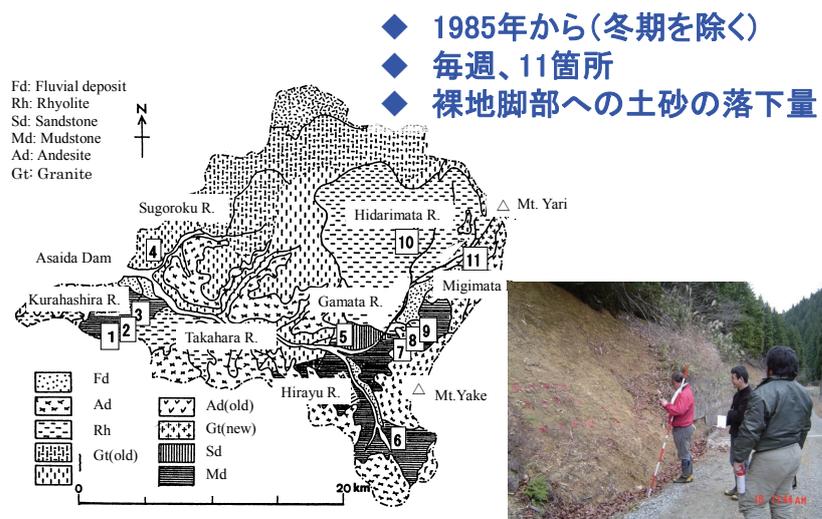
- 斜面勾配が35度以上で凍上・融解が発生する地域では、裸地斜面の状態が約20年も継続することが明らかとなった。
- 凍結・融解が発生している裸地斜面において、毎年2～5mmの侵食が発生している。
- 降雨によって土砂生産が発生するが、降雨量と土砂生産量に一意的な関係は認められない。
- 生産土砂の粒径に季節的な変動が認められる。
- 流域面積が約100km²の道観松砂防堰堤の堆砂量と年最大日雨量の間には大まかな相関が認められる。

土砂生産量推定モデルの開発

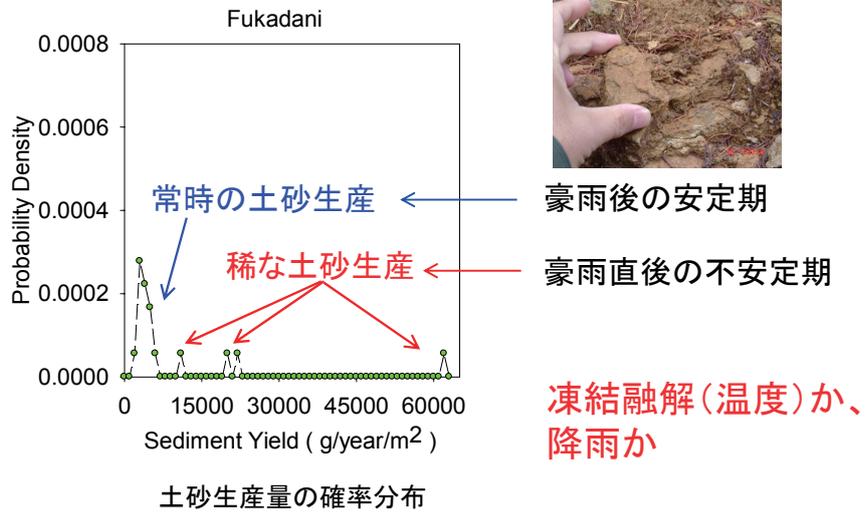
京都大学防災研究所

藤田正治・堤 大三・澤田豊明

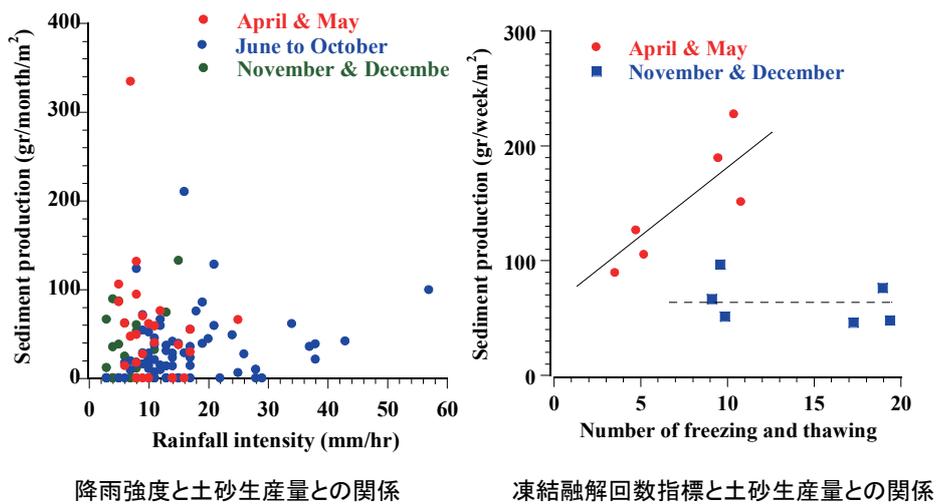
高原川流域の長期土砂生産特性



土砂生産量の確率解析



土砂生産量と降雨量、凍結融解回数との関係



簡易土砂生産モデル

従来の研究

凍結融解をある回数受けた斜面が土砂化
積雪による断熱効果

凍結融解回数の鉛直分布

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + L \frac{\partial \theta_i}{\partial t} = C_v \frac{\partial T}{\partial t}$$

熱伝導方程式

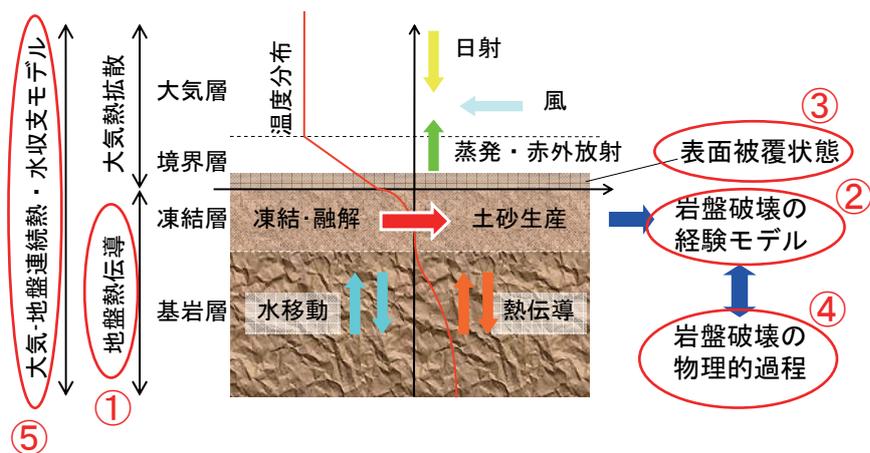
境界条件: 地表面温度

← 土砂化のための凍結融解回数

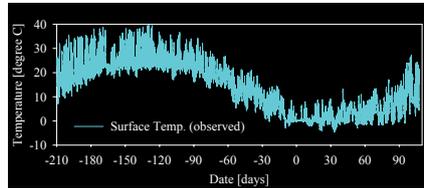
土砂化する厚さ

→ 土砂生産量

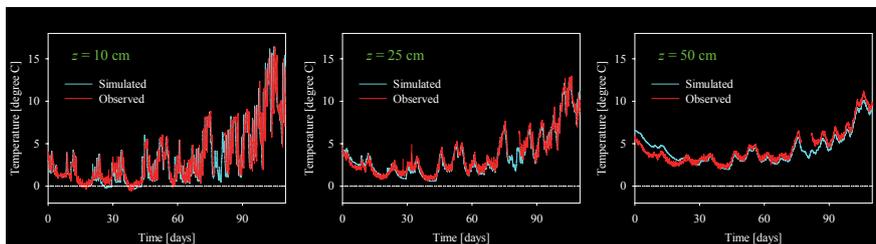
土砂生産量推定モデルの概念図



①地盤熱伝導解析 (滋賀県田上山地での観測結果との比較)

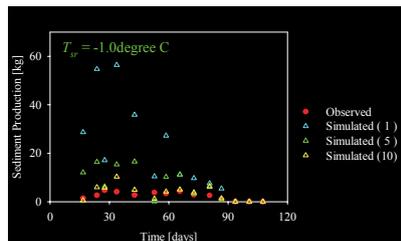


INPUT(地表面温度)



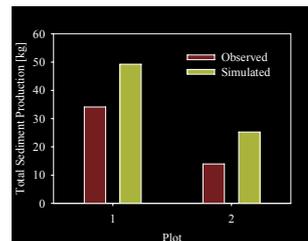
OUTPUT(地中温度: 10, 25, 50 cm)

②土砂生産モデル (滋賀県田上山地での観測結果との比較)



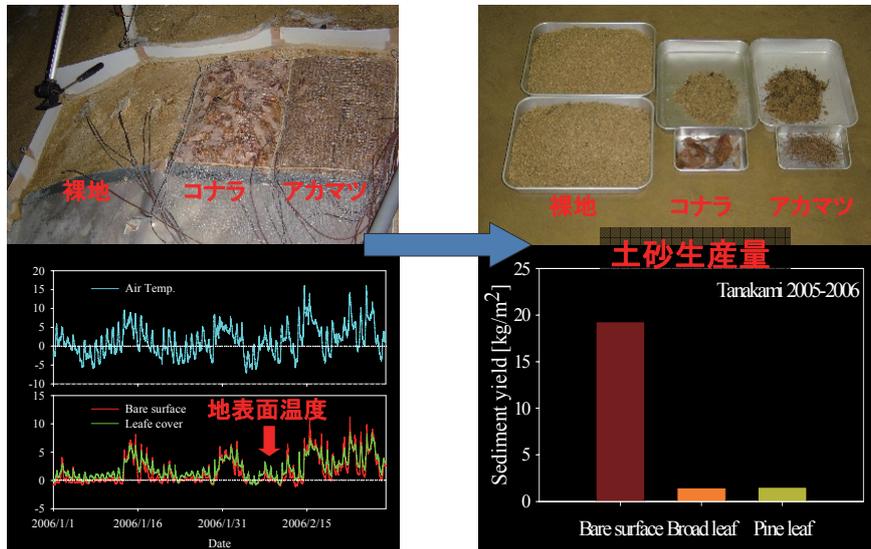
基岩の土砂化に必要な
凍結融解回数 = 10回

実測値と計算値がほぼ一致
(凍結温度 = -1.0°Cの場合)

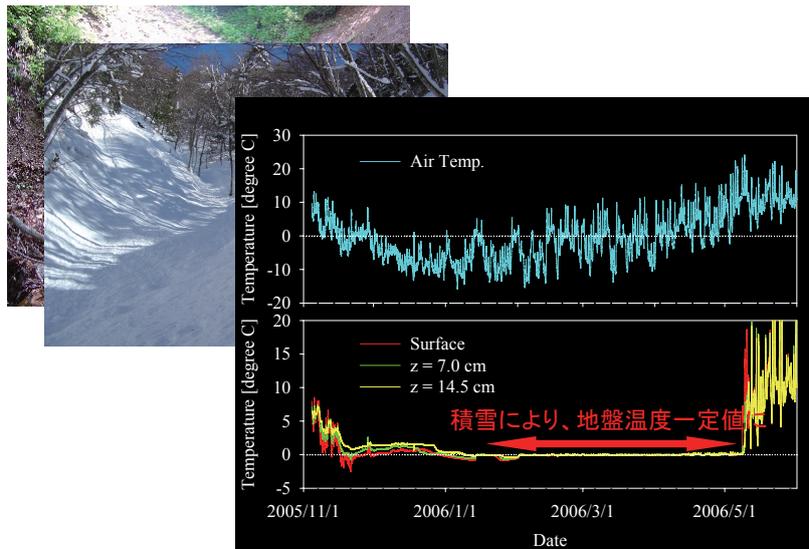


ひと冬の総土砂生産量、
再現可能

③表面被覆状態の影響 (リターの影響)



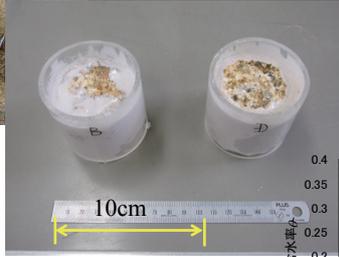
③表面被覆状態の影響 (積雪の影響)



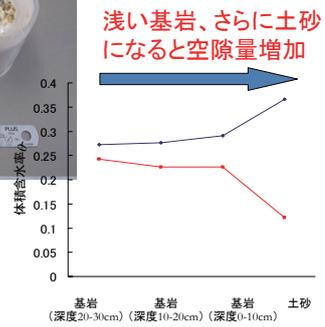
④岩盤破壊の物理過程 (空隙調査)



現地にて基岩採取



pF試験サンプル作成



高原川流域における土砂流出の数値計算 ～土砂流出解析支援システムについて～

はじめに

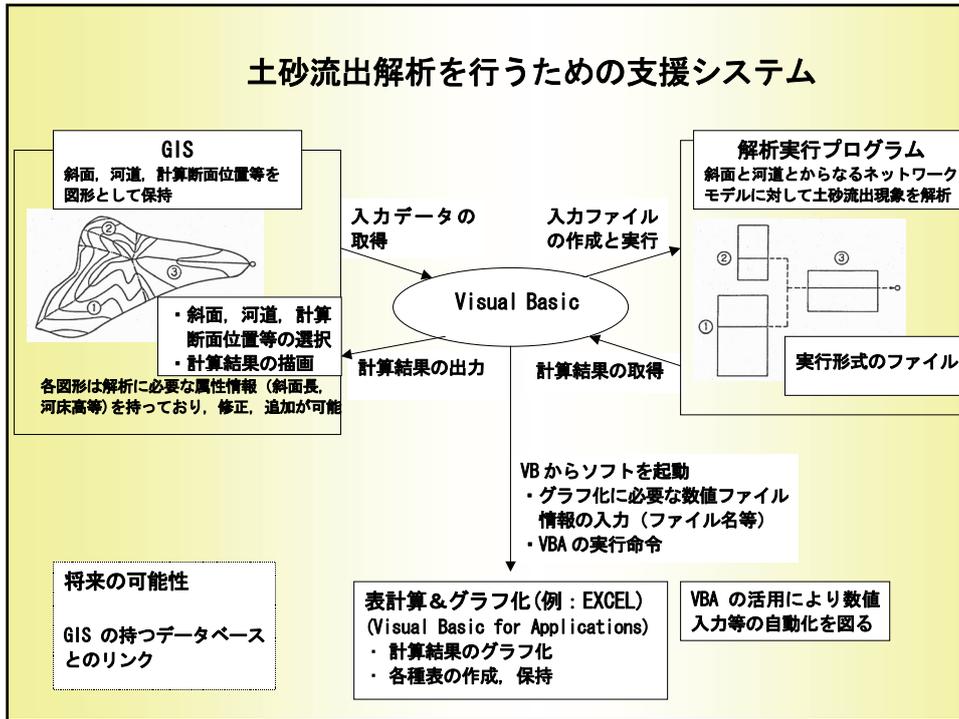
GISによる土砂流出解析支援システムの必要性

本研究は流域をネットワーク化して土砂流出解析を行う際の支援システムを構築することを目的としている。

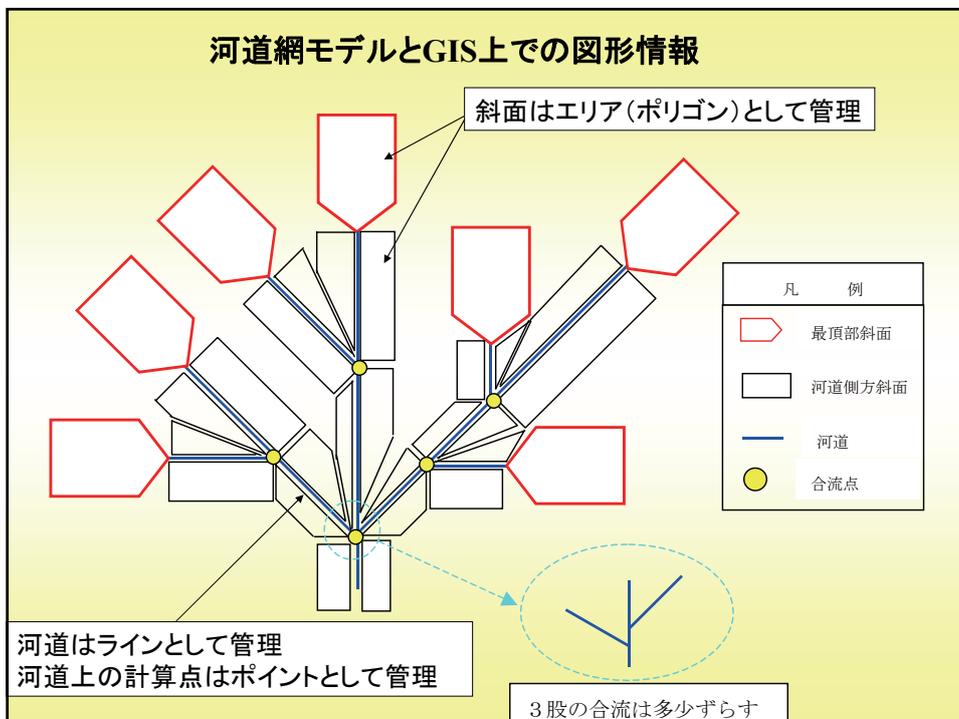
土砂流出解析では、流域が河道網と各河道に接続する斜面群としてモデル化されており、河道には計算断面位置や砂防ダム等の構造物などが配置されている。このようにモデル化された流域で解析を行う際、その斜面数が数百以上となることも稀ではないため、解析（条件の設定、計算の実行、および結果の検証・考察）をサポートするシステムが必要である。

ここでは、高原川の支川蒲田川流域を対象とした支援システム(GIS)の概要について述べる。

土砂流出解析を行うための支援システム



河道網モデルとGIS上での図形情報



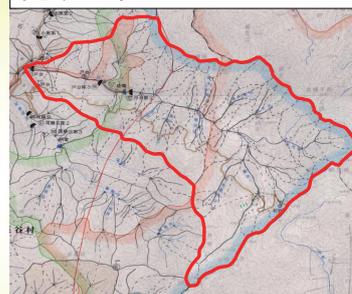
1/25,000の地形図からのデータの作成手順

- ①1/25,000の地形図上で流域分割(河道網と斜面分割)
- ②スキャナーで読み込み図形データ(ベクトル情報)に変換
- ③地図編集ソフトで図形データから河道と斜面に関する情報の作成
 - ・斜面のナンバリング
 - ・斜面の属性情報(斜面面積、斜面幅)の作成
 - ・河道上の計算点のナンバリング
 - ・河道上の計算点の属性情報(上流、下流、合流、接続斜面)の作成
- ④地図から読み取った標高、川幅データを入力
- ⑤入力データのチェック

地形図から取得された河道網と斜面群



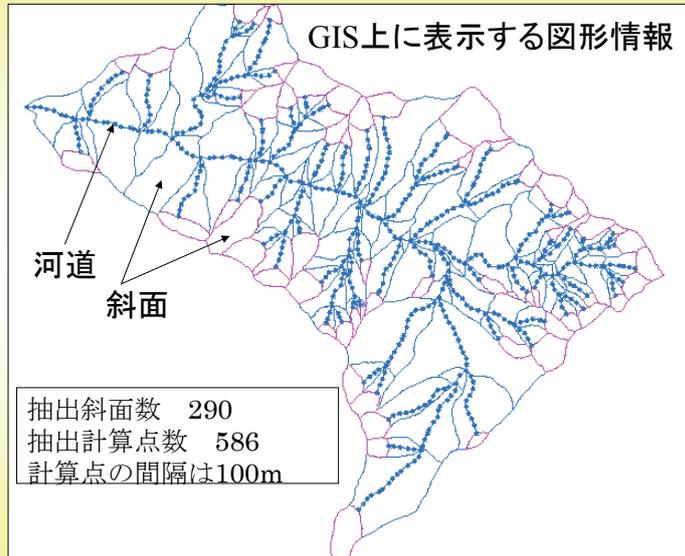
GIS上に展開するための元データ



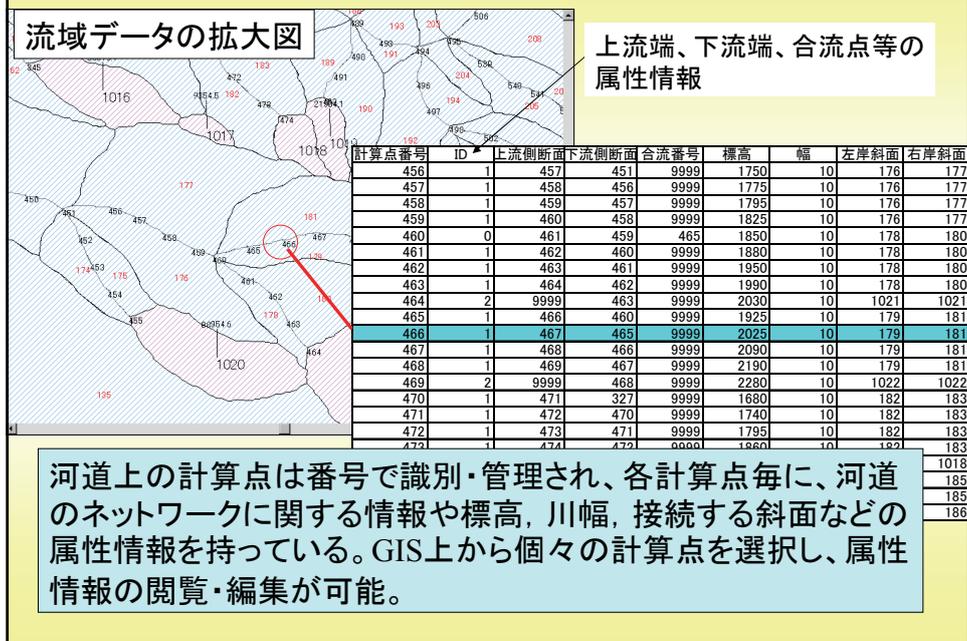
1/25,000(手作業で作成)
斜面数:458
河道上の計算点数:1283
計算点間隔:50m

1/50,000(地図編集ソフトを導入)
斜面数:290
河道上の計算点数:586
計算点間隔:100m

1/50,000の地形図による河道網と斜面群の作成結果

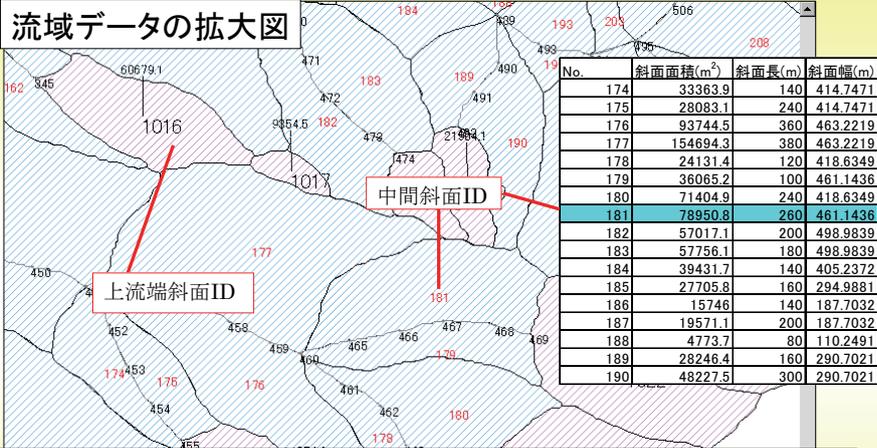


河道上の計算点番号と属性データ



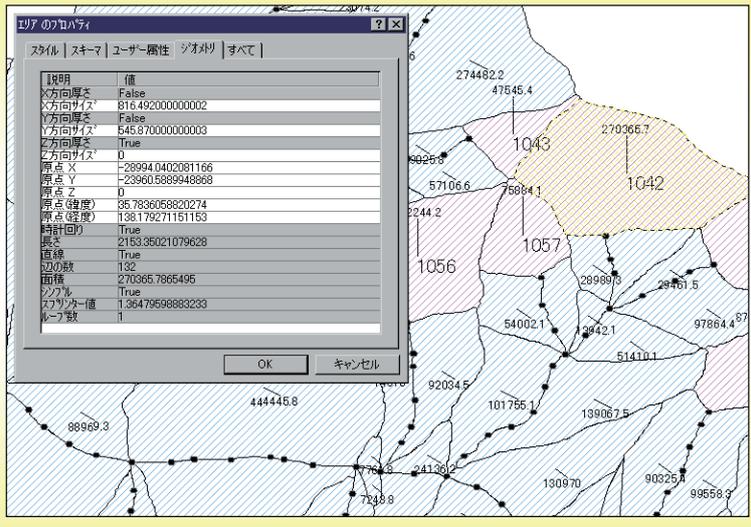
斜面番号と属性データ

流域データの拡大図

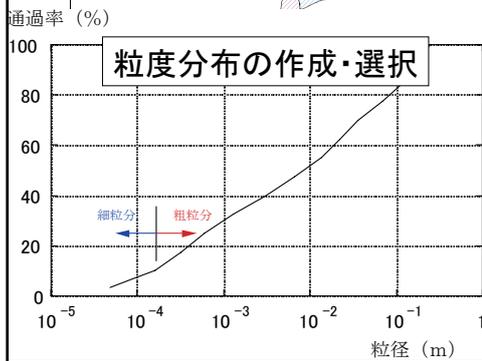
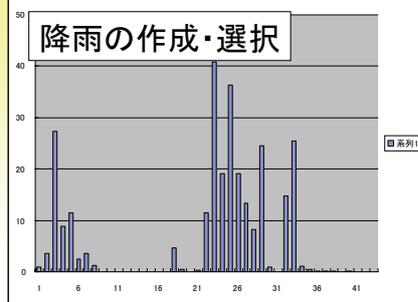
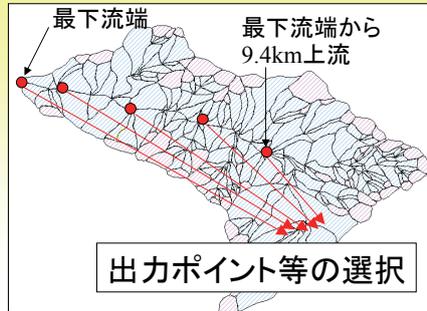


斜面も番号で識別・管理され、各斜面ごとに斜面面積、斜面長、斜面幅などの属性情報を持っている。GIS上から個々の斜面を選択し、属性情報の閲覧・編集も可能。

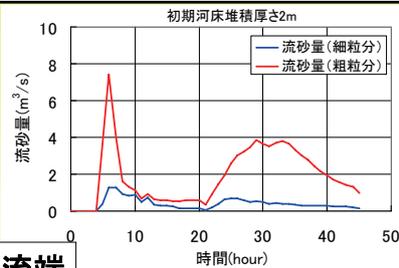
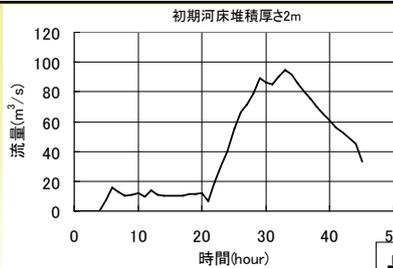
斜面の図形（ポリゴン）としての属性データ（GIS上での表示例）



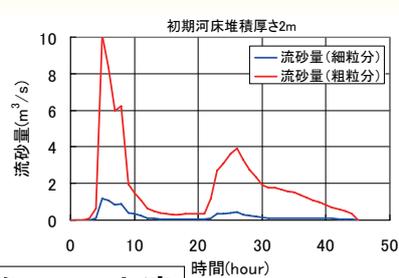
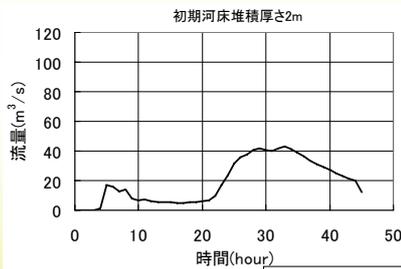
計算に必要なデータの作成・選択等



計算に必要なパラメータ等の設定
 ・物性値や侵食可能深
 ・出力時間間隔等

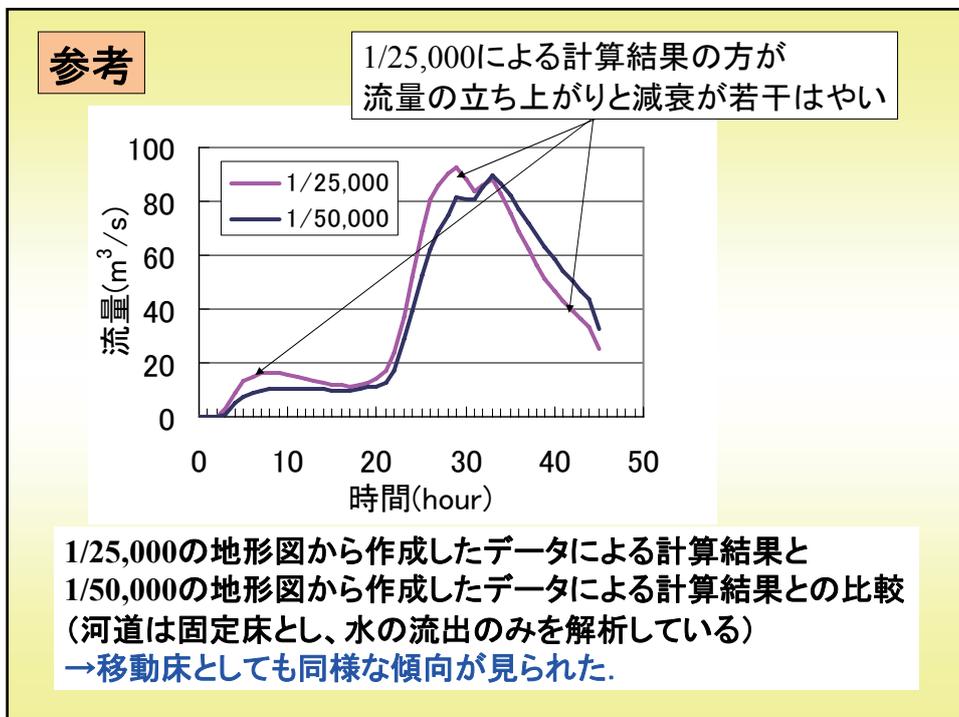
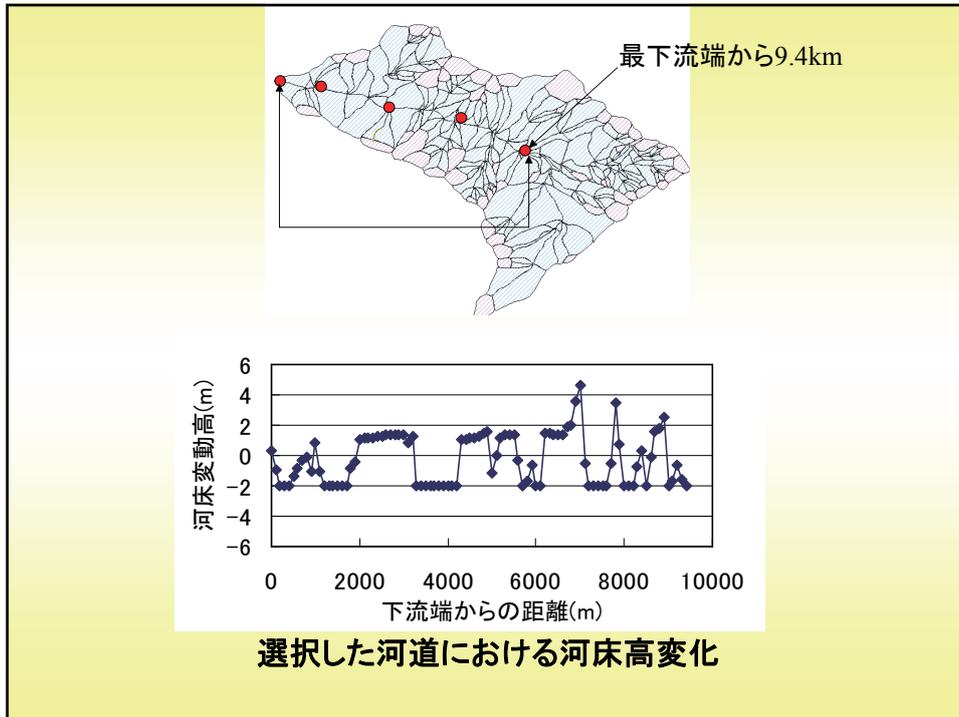


最下流端



最下流端から9.4km上流

選択したポイントにおける流量、流砂量の出力結果
 (初期堆積厚は2mとしている)



おわりに

河道網と河道に接続する斜面群からなる土砂流出モデルによる土砂流出を行うための支援システムとしてGISを活用とすることを検討し、その概要について説明した。

本システムは数値計算による土砂流出解析を支援することに特化したGISとなっている。流域の土砂管理を行うための科学的情報を得るためには、今後、このようなinterfaceを持つシステム(GIS)が必要となってくる。

今後、入出力に関するinterfaceについて検討を重ねるとともに、数値地図(デジタルデータ)を用いた入力データの作成・管理についても検討する必要がある。

(3) 中津川流域における土砂流出機構解明に関する研究

2007.9.28

中津川流域における 土砂流出機構解明に関する研究

岐阜大学応用生物科学部砂防緑地工学研究室
三重大学生物資源学部森林環境砂防学研究室
名古屋大学大学院生命農学研究科
中部地方整備局多治見砂防国道事務所

1

共通調査項目に関する中津川流域での調査内容

【共通調査項目】

【中津川での調査内容】

- | | | |
|--------------------|---|---------------------------------------|
| 1. 流域からの流出土砂量観測の目的 | → | ・ 空中写真判読による洪水後および長期の土砂生産・移動形態の把握 |
| 2. 山地小流域からの流量観測 | → | ・ モニタリング区間の設定
・ 降雨、流量観測による観測データの蓄積 |



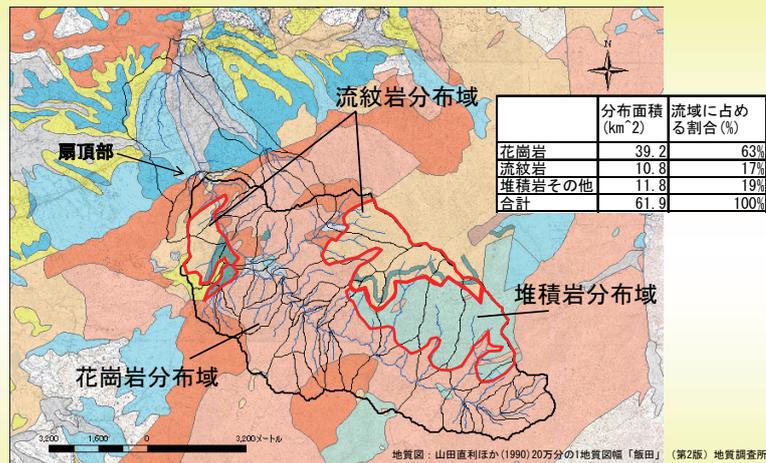
降雨・流出・流域（地形・地質等）特性から見た流域における土砂生産および流出機構の解析

2

中津川の位置

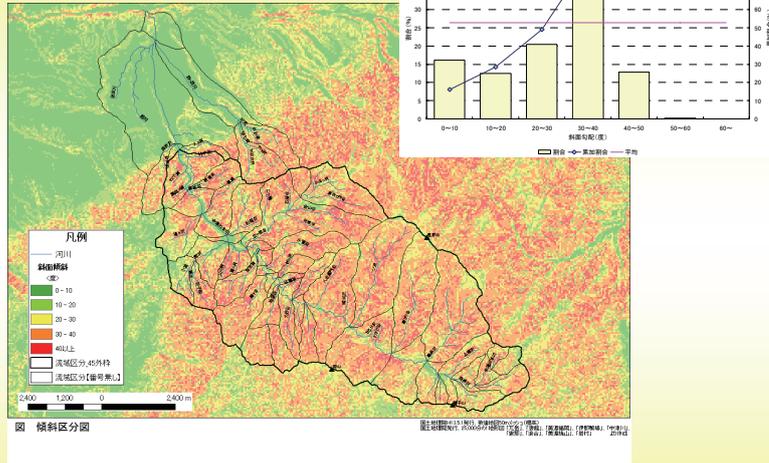


地質分布

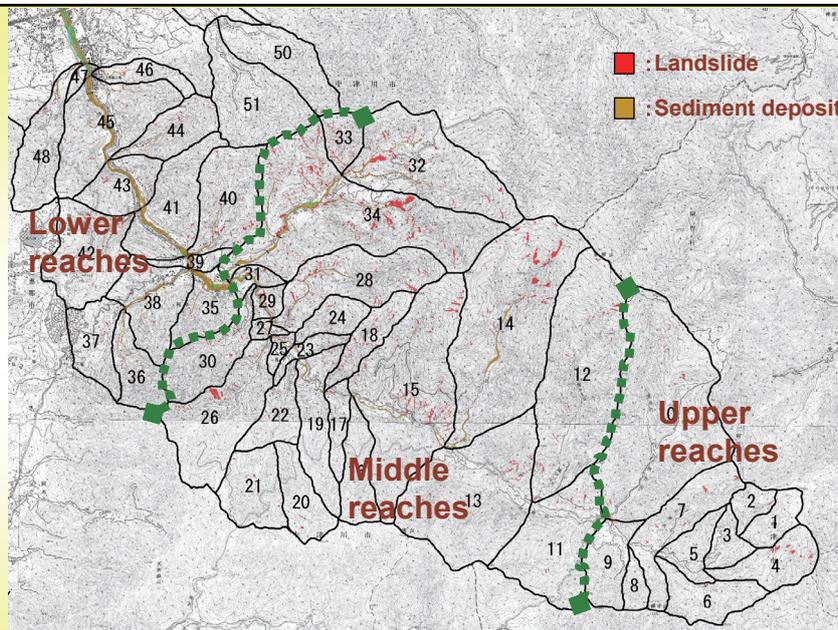


- 花崗岩類が流域全体の63%、流紋岩類が17%を占める

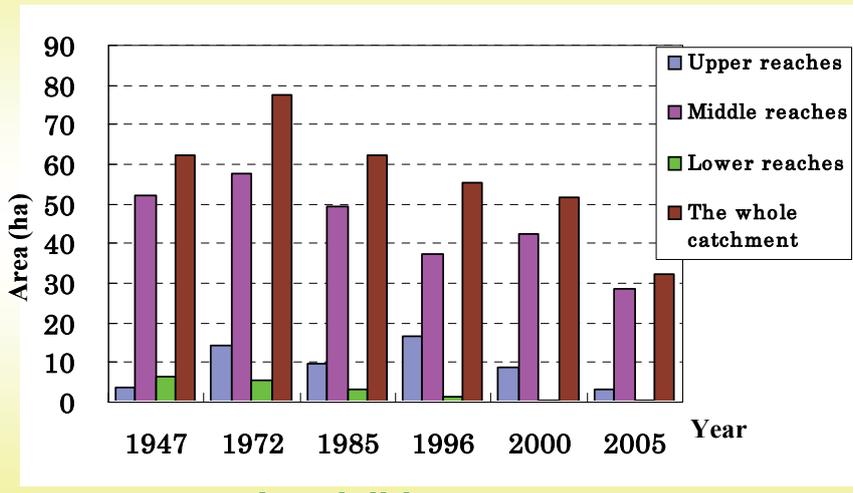
斜面勾配



・ 勾配30° 以上の斜面が全体の約5割を占める

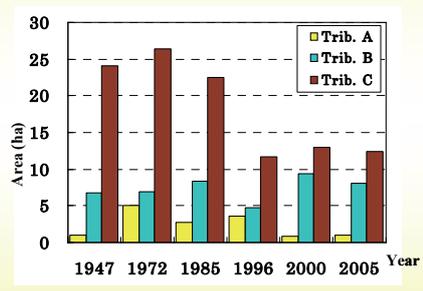


Distribution of landslide and sediment deposit in 1947

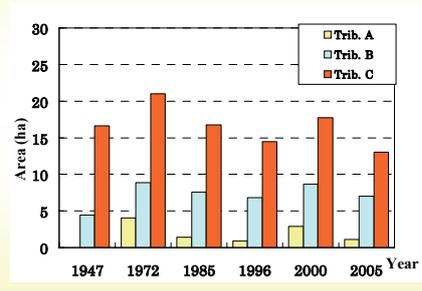


Landslide area

7

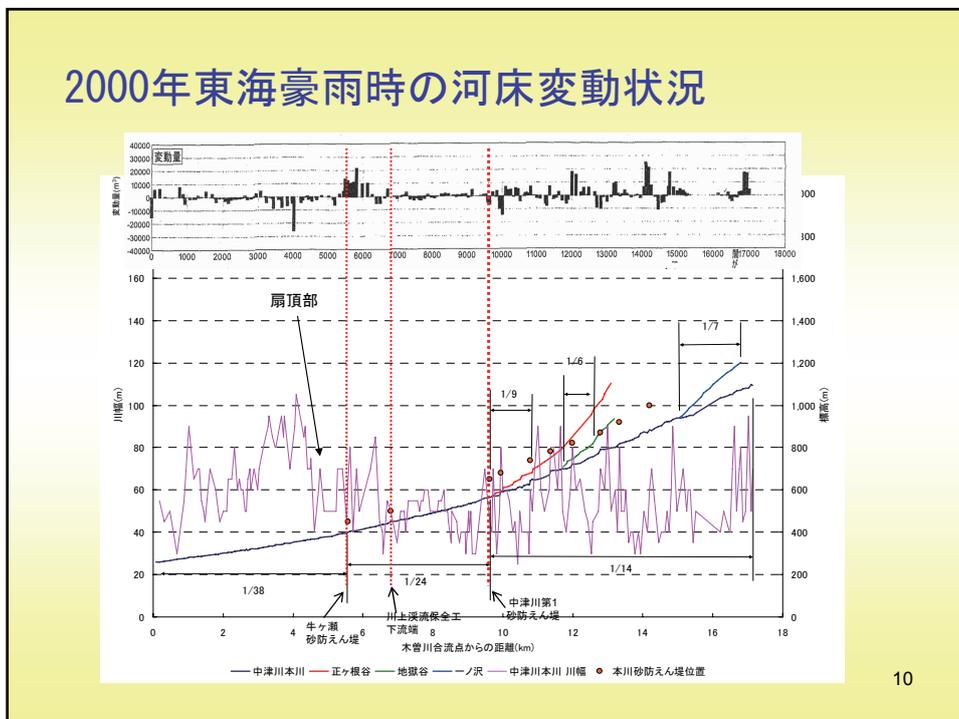
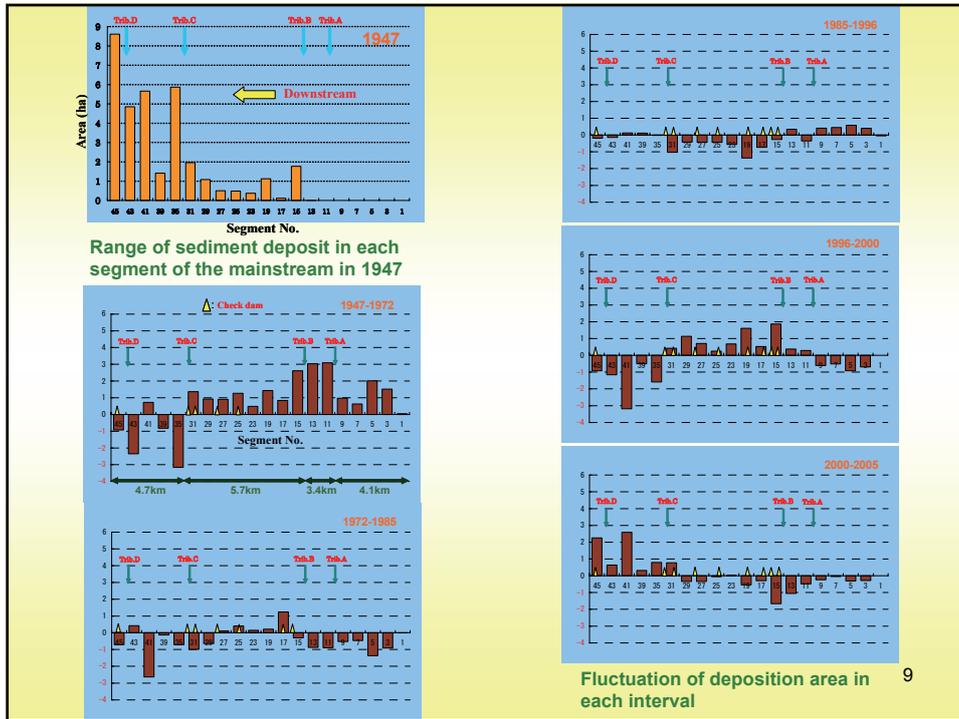


Landslide area in tributaries

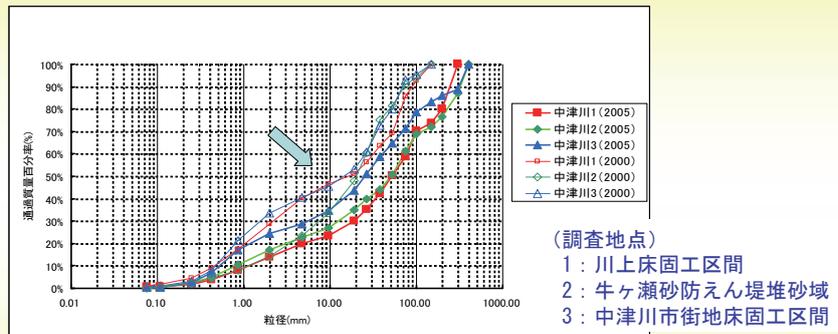


Area of sediment deposit in tributaries

8



東海豪雨後の河床材料の粒径変化



・2000年から2005年にかけて河床材料の粒径は粗粒化傾向

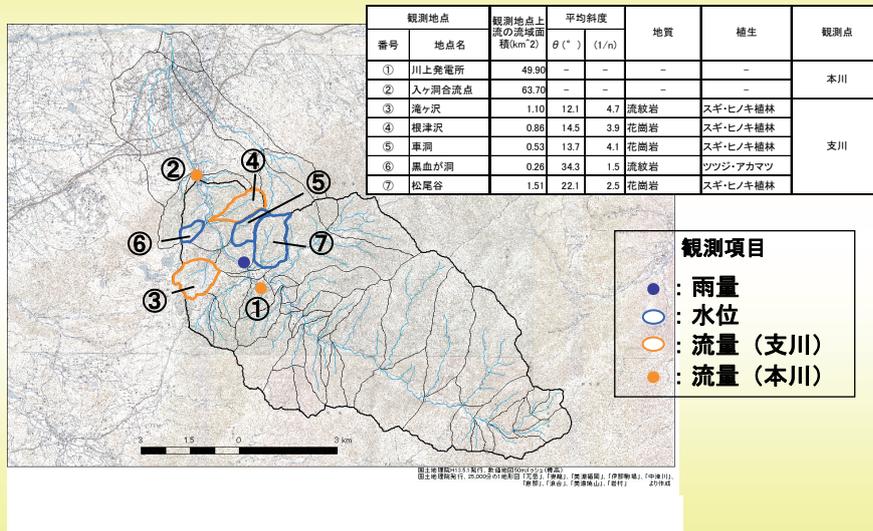
11

荒廃状況の時系列変化（まとめ）

- ・流域全体での崩壊規模は、1972年をピークにして、その後は減少。
- ・ただし、崩壊規模の最大化時期は支川によって異なる。
- ・本川では、砂防えん堤上流で顕著な土砂堆積が認められ、時間の経過に伴い河床変動規模が縮減傾向にある。
- ・東海豪雨以降、流域の崩壊規模は減少し、本川の河床材料は粗粒化傾向を示す。

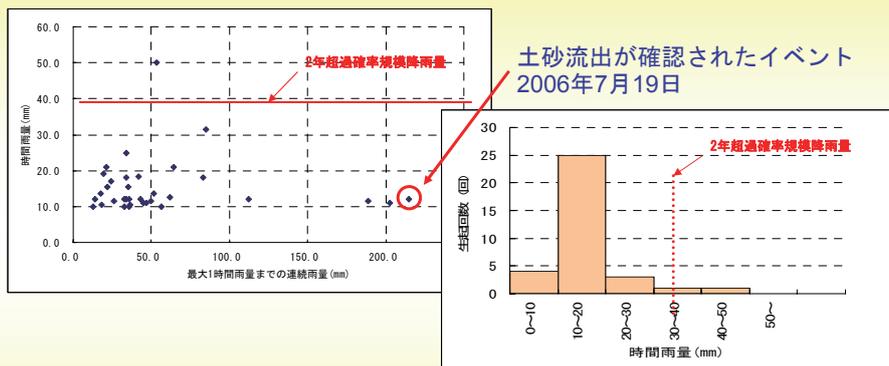
12

降雨・流量観測地点



13

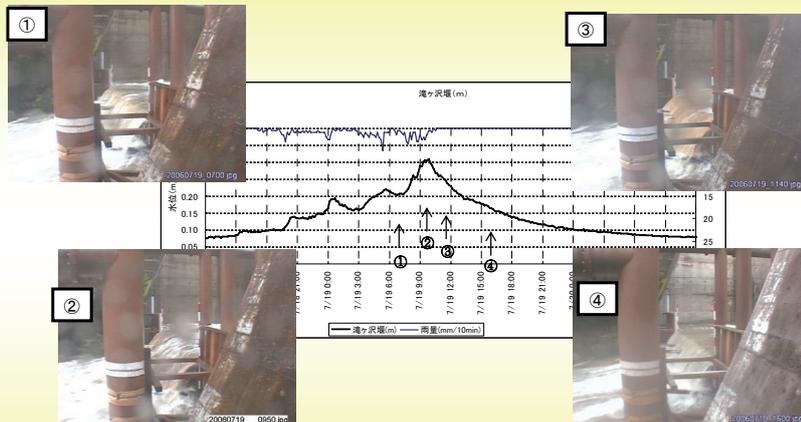
観測期間内の降雨状況



- 2005年8月から2006年12月間のほとんどの降雨が、時間雨量では2年超過確率以下。
- 最大時間雨量12mm、連続雨量272mm(最大時間雨量を記録するまでの連続雨量214mm)の降雨イベントで、流紋岩地域の滝ヶ沢で深床土砂が再移動した流出を確認。

14

出水時の状況（滝ヶ沢）



- 最大時間雨量：12mm/h(7/19 9:00)、連続雨量272mm(7/15 18:00～7/21 23:00)、最大1時間雨量までの連続雨量(214mm)
- ①7月19日07時00分：流水が濁る前の状況
- ②7月19日09時50分：ピーク水位時の流況（ $Q_p=2.6\text{m}^3/\text{s}$ ）
- ③7月19日11時40分：画面上で最も流水が濁る流況 → おそらくこの時に量水堰に土砂堆積
- ④7月19日16時00分：濁りが収まったときの流況

15

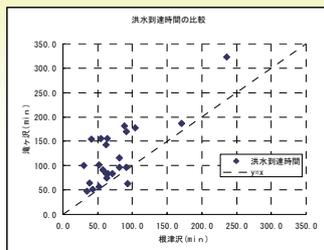
出水後の状況（滝ヶ沢）



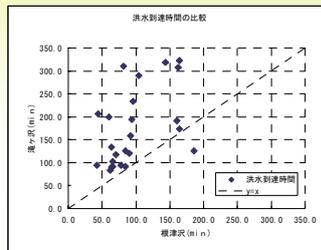
- 堆積土砂の粒径・・・最大礫径：12cm、50%粒径：2cm
- 堆積土砂量：約 7.8m^3

16

洪水到達時間



【角屋・福島の式で定義される方法
で読み取った洪水到達時間】

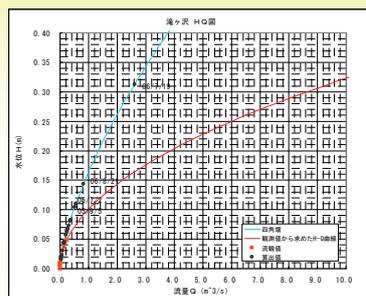


【土研式で定義される方法で読み取った
洪水到達時間】

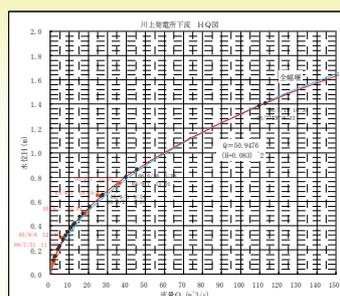
- 根津沢(花崗岩分布域)のほうが滝ヶ沢(流紋岩分布域)よりも洪水到達時間が短い。
- 読み取り方法の違いによる傾向の差異は認められない。

17

水位流量曲線



【支川：滝ヶ沢】

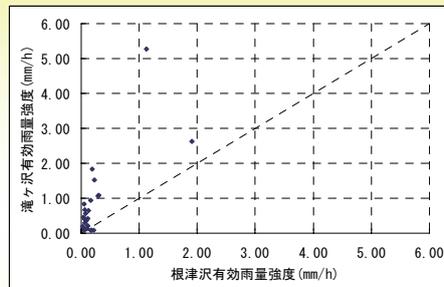


【本川：川上観測所】

- 支川では洪水時に流量観測が実施できなかったために洪水時の流量値のほとんどが外挿となる。
- 観測値から作成したH-Q関係式を使って算出した流量は実際の流量よりも過大となっていると考えて、支川での流量は四角せきの公式を使って算出した。
- 本川の流量は、観測値から作成したH-Q関係式を使って算出した。

18

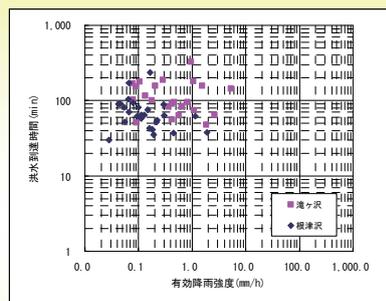
有効降雨強度



- 流紋岩地域の滝ヶ沢のほうが、花崗岩地域の根津沢よりも同一降雨における有効降雨強度が高い。
- 同じ降雨が降った場合に滝ヶ沢のほうが、根津沢よりもピーク流量の多い出水になることを示唆。

19

有効降雨強度と洪水到達時間

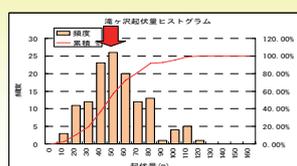
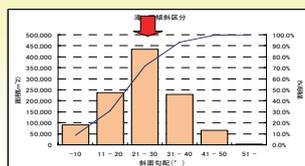


- 滝ヶ沢は根津沢よりも洪水到達時間が長く、有効降雨強度が大きい。
- 滝ヶ沢の方が根津沢よりも貯留効果の高い流域であると推測される。

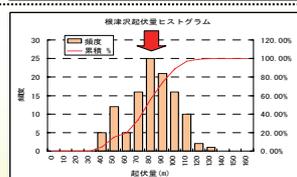
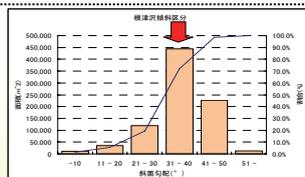
20

根津沢での洪水到達時間が短い理由

滝ヶ沢



根津沢



- 平均溪床勾配は滝ヶ沢 $I=1/4.7(12.1^\circ)$ 、根津沢 $I=1/3.9(14.5^\circ)$ である。
- 斜面勾配、起伏量、溪床勾配などをながめると、根津沢の方が滝ヶ沢よりも急峻な地形である。
- 滝ヶ沢に比べて根津沢での洪水到達時間が短い要因として、これらの地形要因による影響が大きいと考えられる。

21

土砂生産流出機構の解明に向けた今後の課題

- 様々な出水規模の降雨・流量データを蓄積
- 土砂量の時系列変化を捉えるために必要な崩壊深および河床堆積深の把握
- 移動土砂の質(粒径)の把握

22

木曾川水系中津川流域406年間の 災害発生と土砂動態

名古屋大学大学院生命農学研究科 ○田中隆文
岐阜大学応用生物科学部 木村正信
三重大学生物資源学部 近藤観慈
国土交通省多治見砂防国道事務所 岡本 敦

はじめに 「災害は忘れた頃にやってくる」といわれる。

何十年、何百年という無災害期間を経て突然、土砂災害が生じる地域も少なくない。

過去何百年も遡及した災害情報は一般的には未整理発生する土砂災害の特性、住民の警戒避難に対する意識

・・・有効な情報の不足は否めない。

従来の砂防の分野における、過去の災害情報が活用された研究

- 池谷（1976）は常願寺川扇状地における危険度調査について古文書や現地調査結果を用いて、危険度の空間的な広がりを示した。
- 下江・恵柳（1977）は、福山藩の砂留の工法について江戸時代の記録と現地調査結果を用いて解説した。
- 高尾（1994）は静岡県の大谷崩と富士山噴火について古文書などにより、土砂災害の実態および住民の災害への対応を調査した。

しかしこれらの研究は長期の土砂動態を連続的に網羅し

時系列で検討したものではない。

本研究の目的

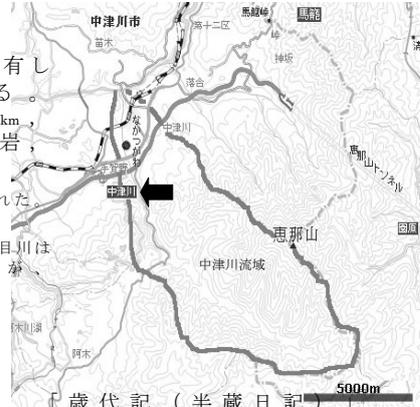
- ①過去406年間の土砂災害・洪水災害の有無をほぼ連続的に網羅する。
- ②中津川流域を描写した様々な資料から、災害の多寡に影響する要因を検討する。

対象地域 木曾川上流中津川流域

恵那山山頂（2191m）を流域界に有し同山体の西麓を北西に流れる。流域面積：82.8km²、流路延長：22.0km、河床勾配：1／11.4、花崗岩、流紋岩、過去の植生：広葉樹林・針葉樹林。

※ 明治以前は川上（かおれ）川と称された（川上（かわうえ）川とは別河川）。

※ 昭和7年に四つ目川災害が発生した四つ目川は中津川市街の下流で中津川と合流するが、本報告の調査対象には含めなかった。



使用した資料

樋口好古著「濃州徇行記」、『歳代記（半蔵日記）』、『広岡鷺見家 年代重宝記』、『飯沼村藤四郎日記』

『恵那神社誌』、岐阜県編「岐阜縣治水史」、『恵那登山案内（第二版）』、赤木正雄著「明治大正日本砂防工事績ニ徴スル工法論」、『濃飛両国通史』、ウェストン著「日本アルプスの登山と探検」

『中津川市史』、『美濃加茂郡史』、『木曾福島町史』

多治見工事事務所編「四十年のあゆみ」、『図説中津川・恵那の歴史』、中津川市「消防百年のあゆみ」、『参議院会議録』、など。

※「中津川市史」は多くの原典に基づき詳しく整理されており多くの情報を得た。

3. 時系列的に連続した土砂災害・洪水災害の把握

調査対象：1600年から現代までの406年間。

- ・資料から中津川流域の災害に関する記述を抜書きし年表化。
- ・406年間のうち中津川流域の災害に関する記述があった年は計38例。

1789	寛政元	五月二七日より雨降りだし、六月十五日から十八日まで大雨。川上十一谷抜け出し、川上川兩岸洪水にて決潰す。流出家屋川上にて七戸。中津川宿三〇個余。四ツ目川あふれ恵下にて人死す。中津川大橋、けやき橋落ちる。田畑に水入り永川引となる。
1790	寛政二	夏より日照り、八月廿日大雨ニテ当所大洪水又々流ル。（『歳代記（半蔵日記）』）
1791	寛政三	八月廿日大風吹、稀之大風ニテ騒動、往来留ル。（『歳代記（半蔵日記）』）
1792	寛政四	七月十三日大雨、橋場川洪水、下町騒動ス、田畑大流。此時薩摩中将殿当宿有御泊り也。九月八日大雨大風、国々所々大損、当所川洪水又々大変也。（『歳代記（半蔵日記）』）
1793	寛政五	七月廿三日大雨、廿六日迄雨間ナシ、駒場方上地ニテツキウメニテ一人死ス。（『歳代記（半蔵日記）』）

表－2 中津川流域における土砂・洪水災害の発生状況

Table 2 Classification of 406-years period into HF, MF, and LF

期間	災害の記録	発生率 (回/年)	分類
1600～1686 (87年間)	1回	1/87.0	低頻期
1687～1705 (19年間)	5	1/3.8	高頻期
1706～1788 (83年間)	3	1/27.7	低頻期
1789～1794 (6年間)	5	1/1.2	高頻期
1795～1841 (46年間)	3	1/15.3	中頻期
1842～1870 (29年間)	10	1/2.9	高頻期
1871～1927 (57年間)	3	1/19.0	低頻期
1928～2005 (78年間)	8	1/9.8	中頻期

約11年に1回の割合となるがこの間隔で散在しているわけではない。

低頻期についての検証

災害が無かったのか？ or 大きな災害があったのにも関わらず記録が無いのか？

資料から災害以外の情報を整理した。
特に中津川流域の水流や
河川敷を活用する事業に注目した。

表－3 中津川流域の河川水や河川沿いの土地を活用する事業

期間	分類	活用事業の記録数
1600～1686 (87年間)	低頻期	3
1687～1705 (19年間)	高頻期	0
1706～1788 (83年間)	低頻期	2
1789～1794 (6年間)	高頻期	0
1795～1841 (46年間)	中頻期	0
1842～1870 (29年間)	高頻期	1
1871～1927 (57年間)	低頻期	4
1928～2005 (78年間)	中頻期	一注)

注) 現代では科学技術が強大化したため、活用事業が河川安定の指標とはならない場合も多いので集計しなかった。

1600～1686年の低頻期：手金野用水（1614年、慶長十九年）及び第一用水（1662年、寛文二年）の創設。中津川から取水するための取水口大堰設置。

1706～1788年の低頻期：1783年には、川上や手金村で森伐があったことが記されている。

1890～1931年の低頻期：河道沿に製紙工場が誘致（1906年、明治39年）。国鉄中央線と工場を結ぶ鉄道も敷設（1907年、明治40年）。

高頻期における河川・流域状況

1789年寛政元年五月二十七日より雨降りだし、六月十五日から十八日まで大雨。川上十一谷抜け出し、川上川両岸洪水にて決潰す。流出家屋川上にて七戸。中津川宿三〇個余。四ツ目川あふれ恵下にて人死す。中津川大橋、けやき橋落ちる。田畑に水入り永川引となる。(中津川市史災害年表)

寛政元酉年の洪水にて川の両岸決壊し大石など山腰より崩れ落ちたる所をびただしきあり、されば今はこの村への道もあしくなり雨天には溪水泛滥して往来なりがたし。然し村人採薪を専生産とし本郷へ売出す故牛馬常に通行し、さして險渋なる道にはあらず、地頭よりも洪水の後道直しありて山の中腹に石をたたみよくみちをつくりたる処もみへたり、又川下中村辺にいたりては川中に刳梓或いは石堰などの普請をびただしき事なり、今は地頭の費用も甚多しと云えり、・・・(中略)・・・田圃は山崩にて多く廢亡せり、洪水の時は民戸も多く流れ今は山の中腹に多く屋を結び、」(「濃州徇行記」,樋口, 1970)

※ 高頻期の災害の記録からは多量の土砂移動が示唆される。

中頻期における河川・流域状況

1795～1841年の46年間では3回の災害記録

- ・1808年(文化五年) : 中津川大橋が流失, 手金野用水の取水口破壊。
- ・1814年(文化十一年) : 大雨で川上山から白木の流出。
- ・1828年(文政十一年)には大雨による洪水。

もう一つの中頻期である1928～2006年の78年間では

- ・1957年(昭和32年)の豪雨災害, 川上川の高橋発電所が流失。
- ・1961年(昭和36年)の豪雨災害, 川上地区が孤立。
- ・2000年(平成12年)の東海豪雨、河道の不安定土砂の変動。

※このように大規模な土砂動態を伴う78年間であるにも関わらず高頻期とならなかったのは、砂防事業による災害抑止効果のためであろう。潜在的には高頻期であったのかもしれない。

低頻期における災害例

1600～1686年の87年間には1回のみ。

1706～1788年の83年間には3回の記録があるが、局所的な被害か。

【例】 ・1752年(宝暦二年)の災害について「歳代記(半蔵日記)」では、
「夏より大雨、当所川上川洪水ニテ人死ス田畑多流ル。大豊年也。」 局所的な被害か。

1871～1927年の56年間には3回の記録があるが、人的被害なし。

- ・1906年(明治39年)の災害は、「消防百年のあゆみ」には記載がない。

低頻期における河川・流域状況①

木曾川と中津川の合流地点の砂州については、享保年間(1716～1735)に尾張藩によって作成された木曾川川並絵図には描かれていない。

この川並絵図は「木曾川の運材と通船の取締りにあたる役人の職務上の便覧に供する」ために作成されたものであり(地域文化編集部, 1995), 資料としての信頼性は高い。

木曾川と右支川上川との合流部に大きな砂州が複数描かれているが、中津川合流部には砂州は描かれず、享保年間(1716～1735)が河川中津川の災害低頻期であったことを裏付けている。



低頻期における河川・流域状況②

・ヨハン デレーケ

「八月六日。中津川ヲ発ス。道、苗木城山ニ登リ四方ヲ望ム。諸々兀山多シ」
(デレーケは河川中津川について何も述べていないし調査も実施していない。)

木曾川と中津川の合流地点の砂州についても何も指摘していない。

・日本アルプスの名称を広めたウェストン

1893年(明治26年)に川上川・正ヶ根沢を経て恵那山に登った際には中腹の地すべりの岩層は記しているが河道の荒廃は記していない。

- ・河道沿に**製紙工場が誘致**(1906年, 明治39年)。
- ・国鉄中央線と工場を結ぶ**鉄道も敷設**(1907年, 明治40年)。
- ・赤木正雄著「明治大正日本砂防工事績ニ徴スル工法論」

中津川流域の工事は大正以降。

・恵那登山案内(第二版, 1918年(大正七年)発行)

「中央製紙会社の工場を左に尚五町を進めて右に牛ヶ瀬の奇岩に接します。奔流の邊に牛の歩むが如く川底に光る小石の色透くあたり、そぞろ神境に入るの感があります。」と記されている

- ・大正末頃に撮影された製紙会社の全景写真(吉田・安藤, 1990)には河川中津川の河道が写っているが、河道内の段丘上に十数本の木々が生育している。写真左端の下流側にも河道内の段丘上に木立がみられる。樹高は少なくとも2~3mはあると考えられ、このことから河道に段丘状に堆積した土砂は大規模には移動していなかったと推測される。



これらは、この時期には不安定土砂が顕著ではなく河川中津川が安定していたことを示唆。

結論

- ・江戸時代から現在に至る406年間の木曾川上流中津川流域の災害記録を調べた。
- ・災害記録は計38例あり平均的には約11年に1回の割合となるが、実際にはこの間隔で散在しているわけではなく、災害発生頻度の偏りあり、高頻期・中頻期・低頻期に分類できた。
- ・低頻期には大規模な災害はなくこれは河川を利用する社会経済活動の記録から裏付けられた。
- ・高頻期における災害の多発は気候変動や大地震の影響など流域外の要因だけでは説明できないことが他流域との比較から示唆された。
- ・高頻期には不安定土砂が流域内に貯留され、このことが災害多発の要因ななること、低頻期は不安定土砂が流域内で安定化するか、あるいは既に流域外に排出された後の状態で不安定土砂が無いという仮説が導かれた。
- ・比較的資料の多い明治期の低頻期について検討したところ、現在中津川流域で見られるような不安定土砂は明治期には無かったことを裏付ける資料がいくつか見出された。

(4) 四国山地における土砂流出・流動特性に関する研究

四国山地における 土砂流出・流動特性に関する研究

(研究期間: H16-H18年度)

**(社)砂防学会
砂防技術研究会**

1 研究の目的

四国山地の主要なエリアを占める三波川帯の崩壊地において、土砂生産・流出特性把握し、崩壊危険度予測の可能性を探るために、水文・土砂流出観測を行い、土砂生産・流出特性を把握することを目的として以下の研究を行う。

- ・三波川帯結晶変岩地域における崩壊特性
- ・山腹斜面の降雨実態、流域の土砂移動を把握するための水文・土砂観測システムの構築
- ・山地流域における土砂生産の観測と水文データの取得
- ・濁水観測データの解析と土砂生産の推定

2 研究の内容及び方法

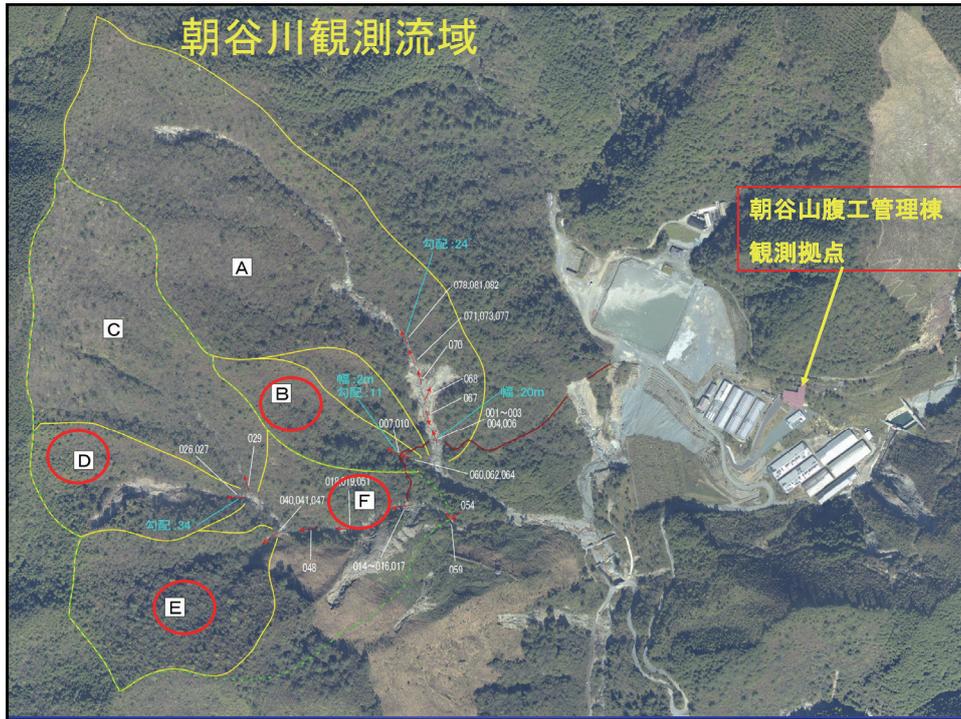
斜面水文過程・地質構造と土砂生産メカニズムの
関係について検討する。

2.1 研究フィールド

研究のフィールドは、吉野川上流域の朝谷川上流
域の平成16年台風15号で発生した崩壊地を含む
3つの小流域とその周辺域とする。

3 研究の体制

- 松村 和樹(研究代表)
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 教授
- 三好 岩生
京都府立大学大学院農学研究科 助手
- 小杉賢一郎
京都大学大学院農学研究科 助手
- 長井 隆幸
四国地方整備局四国山地砂防事務所長



朝谷川対象流域の諸元

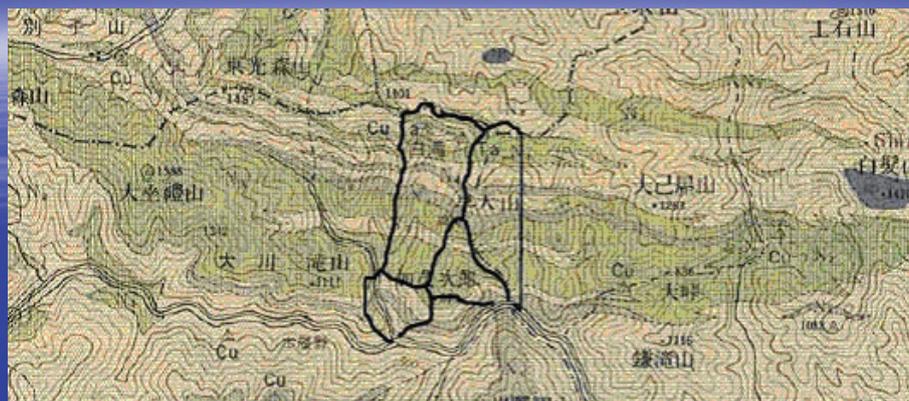
		流域 A	流域 B	流域 C	流域 D	流域 E
流域面積(Km ²)		0.138372	0.020184	0.073	0.028136	0.042768
標高	最高(m)	1252	1012	1205	1091	1035
	最低(m)	791	793	871	870	855
流域内比高		461	219	334	221	180
平均勾配(°)		32.6	37.1	35.4	37.6	34.7
崩壊の有無		崩壊有	崩壊無	崩壊無?	崩壊有	崩壊無
斜面方向		南東	南東	南東	南東	北東
流水		有	極少	有	有	少

結晶片岩地帯における 崩壊発生斜面の地形特性解析

平成16年8月、台風15号の影響により17日未明に降り出した雨によって高知県北部の吉野川流域において山腹崩壊が多く発生した。

この地域の地質は三波川結晶片岩地帯に属している。結晶片岩地帯の土砂災害機構については善徳地すべりなどの地すべり研究は多く成されているが、表層崩壊や侵食に起因した崩壊発生についての研究は多くない。

対象流域の地質



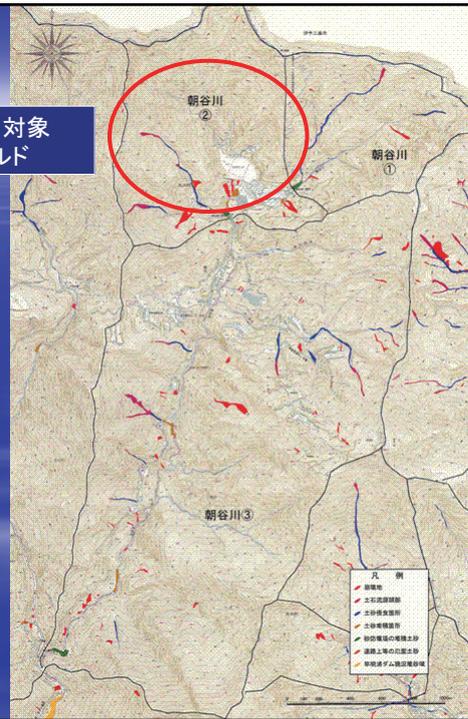
古生代
Paleozoic

N ₁	石英片岩 Quartz schist
N ₂	主に緑色片岩 Mainly green schist
N ₃	主に黒色片岩 Mainly black schist
N ₄	主に砂岩片岩 Mainly sandstone schist

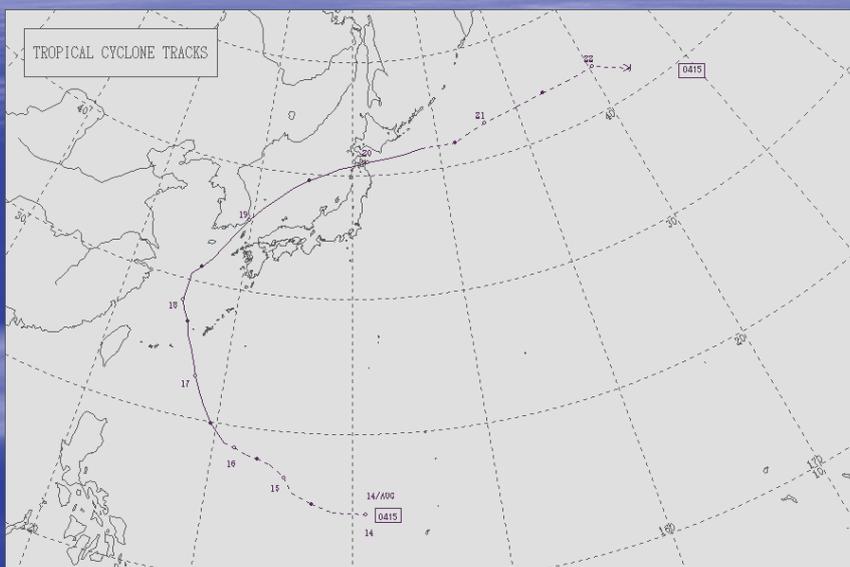
長瀬(三波川)変成岩類
Nagatoro (Sambagawa)
metamorphic rocks

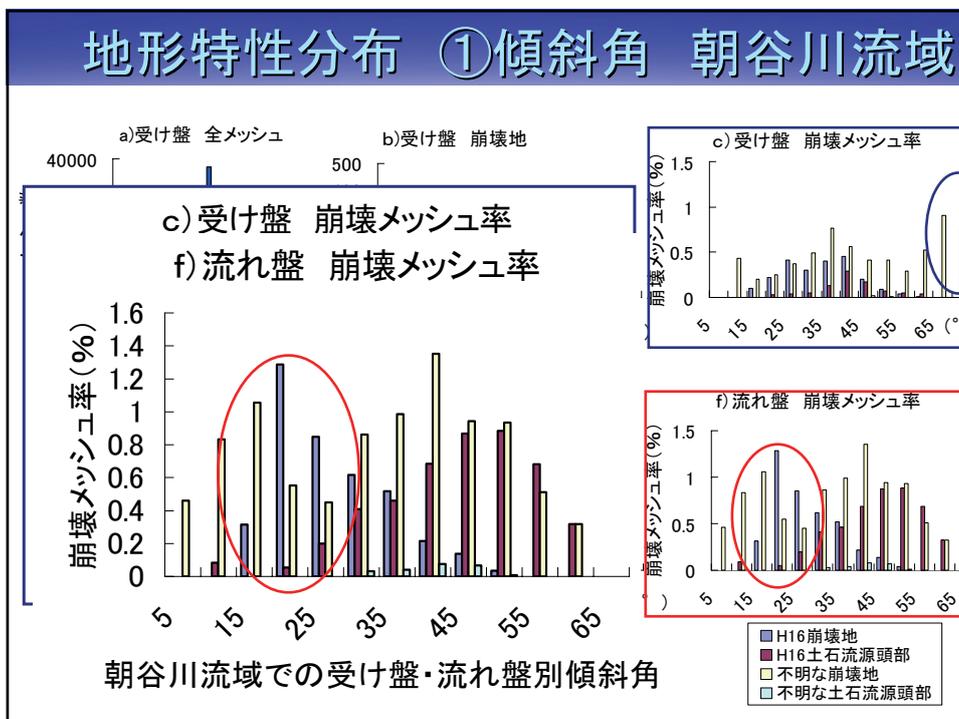
朝谷川流域とその周辺の崩壊地

朝谷川対象フィールド

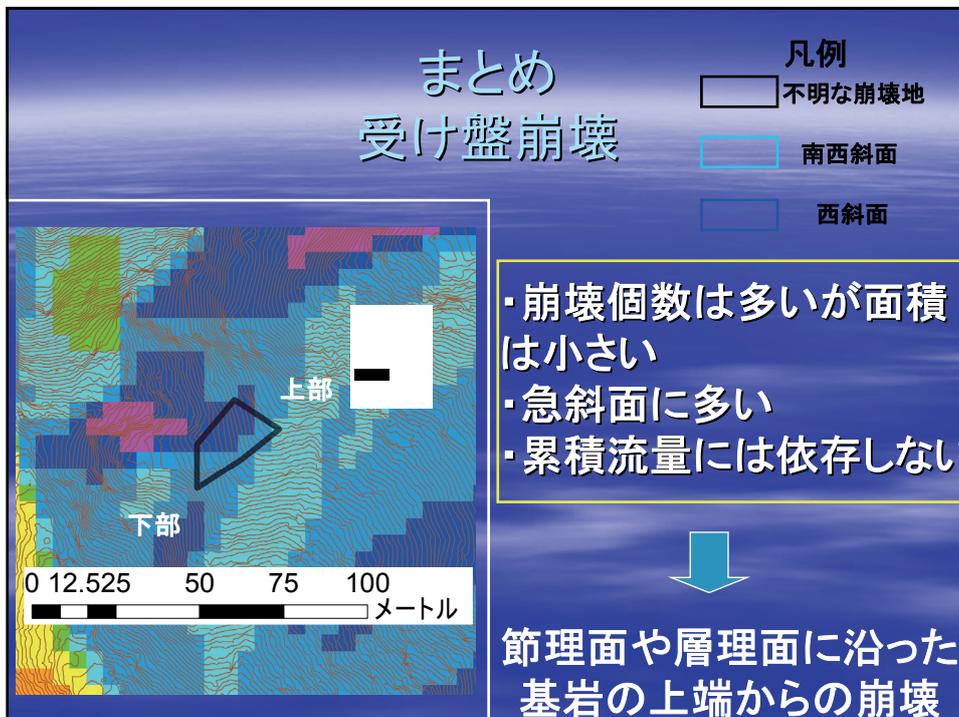
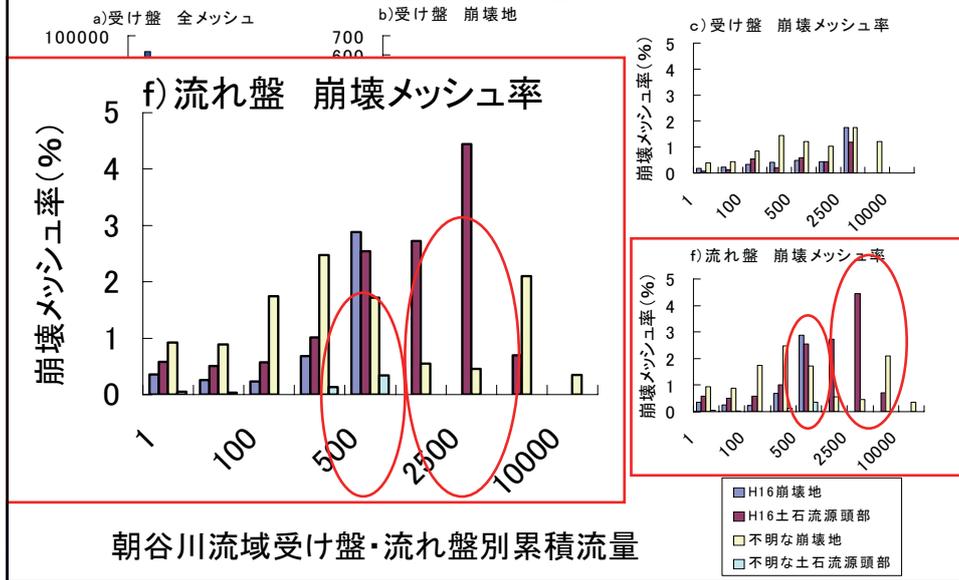


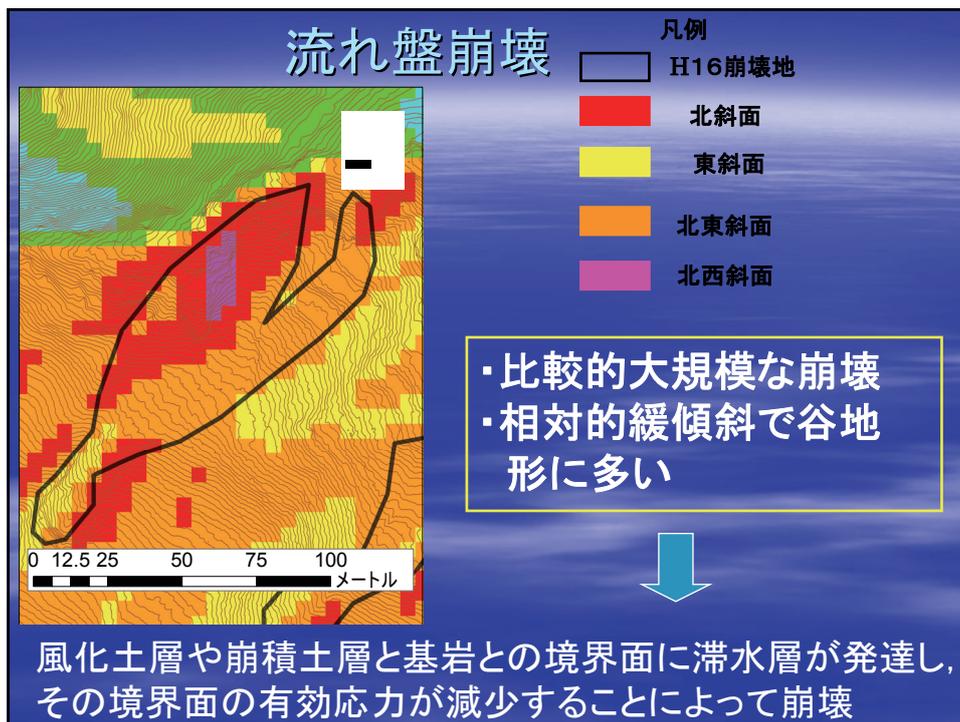
0415号進路図





②累積流量 朝谷川流域

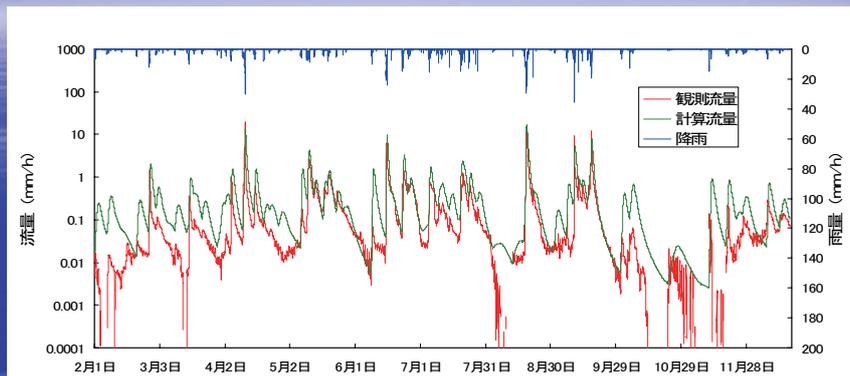
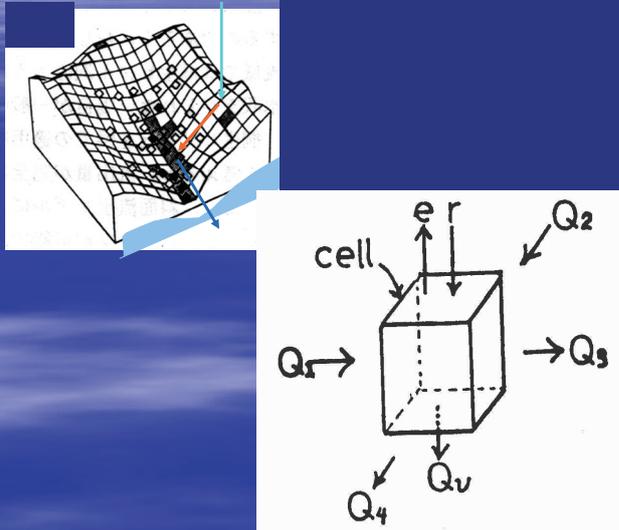




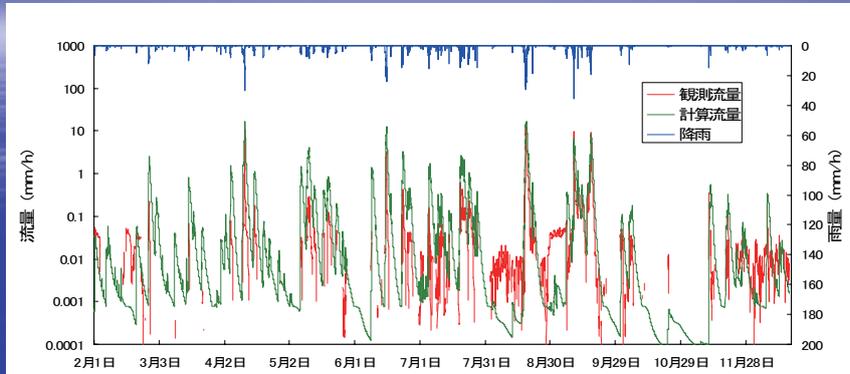
降雨流出と斜面危険度評価

ブロック型流出モデルによる降雨流出過程のモデル化

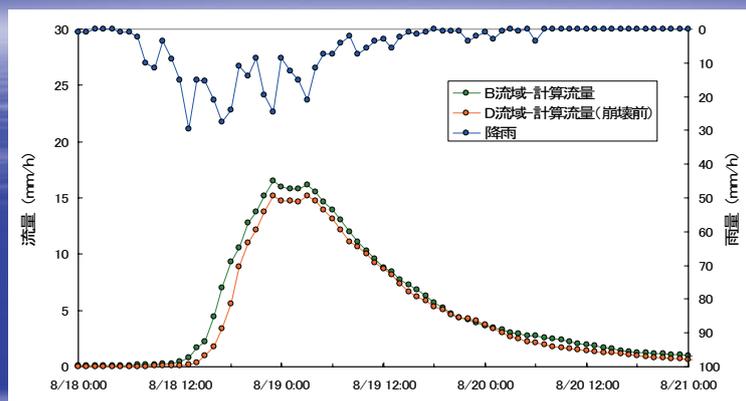
(窪田ら, 1987)



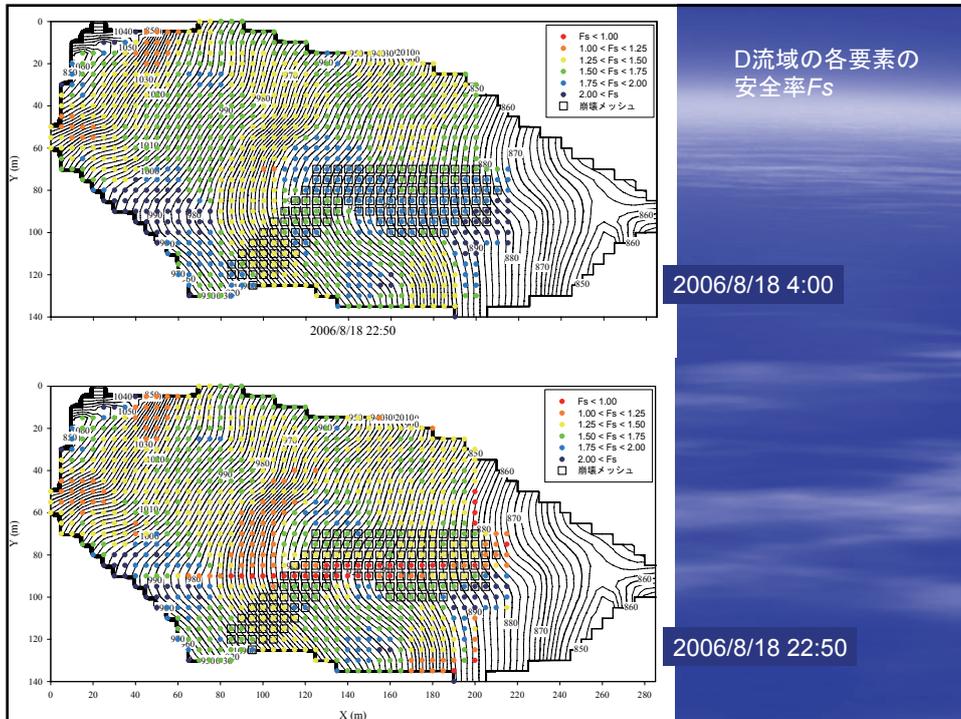
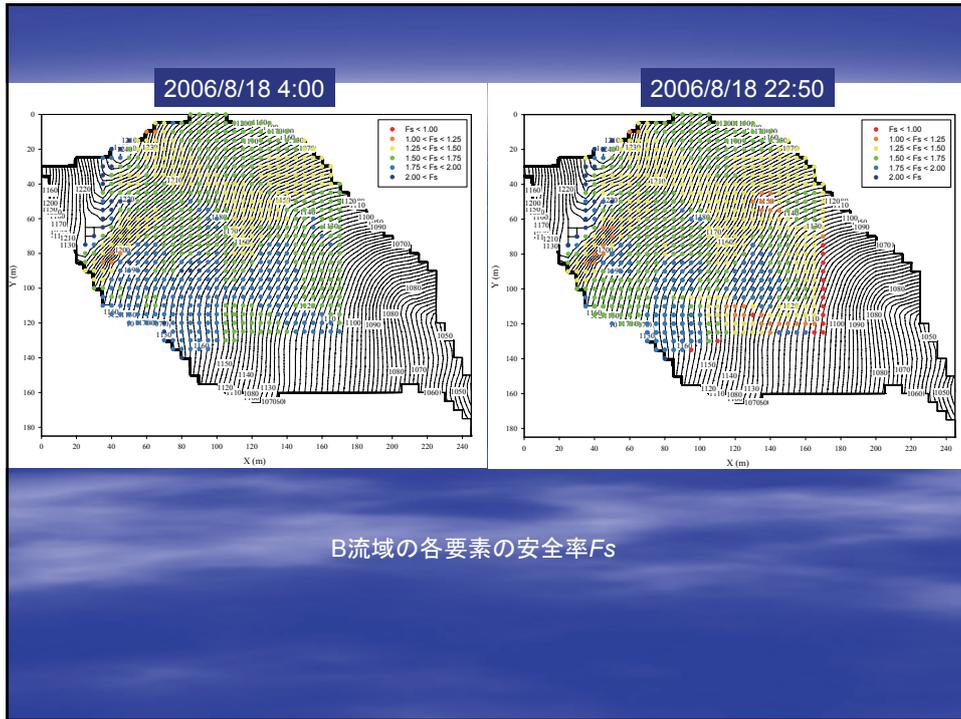
B流域の観測流量と計算流量の比較



D流域の観測流量と計算流量の比較



表層崩壊予測の対象とした降雨イベントのハイトグラフと
B流域とD流域に関する計算ハイドログラフ



まとめ

- ・分布型流出モデルを山地小流域の観測流量に適用して、その妥当性を検証した。
- ・計算された土壌水分と地下水位データを、無限長斜面の安定解析式に代入し、流域内の各地点の安全率 F_s の算定を行った。
- ・安全率は実際に表層崩壊の発生していないB流域では総じて大きくなった。
- ・B流域の内部では、安全率が1を下回る崩壊要素は発生しなかった。
- ・実際に崩壊の発生しているD流域では、崩壊発生以前の状態を想定して計算を行ったが、安全率は総じて低く算定され、流域内部において推定された崩壊要素は、実際の崩壊地の位置と良い対応を示していた。
- ・以上の事から、表層崩壊発生危険流域を予測する上で、流量観測を実施し、分布型流出モデルを用いて流出量のモデル化ならびに斜面安定解析を行うことが有効な手段であると考えられた。

植生の異なる山腹斜面からの 土砂・水流出特性

- ここでは早明浦ダム上流域を対象とし、植生の相違が山腹斜面の表面侵食にどのような影響を与えるのかを把握する。
- 具体的に朝谷、長沢地域を対象に降雨によって生産される表面侵食土砂量と表面流出水量を計測し、侵食特性を認識する。

試験地の概要

- 早明浦ダム上流域:朝谷(高知県土佐郡大川村朝谷)
試験地No. 朝谷 I, V, VI, VII
- 長沢(高知県吾川郡いの町長沢)
試験地 No. 長沢 II, IV, VI, VII

試験斜面の概要	地点 No.	標高 (m)	斜面の向き	勾配 (°)	樹種	林齢	森林施業状態	
							2008年9月現在	実施日 (年)
	朝谷 I	860	北東	40	ヒノキ	39年	— —	間伐 枝打ち
	朝谷 V	835	北東	40	崩壊跡地 (裸地)	—	2004	斜面崩壊
	朝谷 VI	830	北東	43	広葉樹			天然林
	朝谷 VII	830	東	27	広葉樹			数十年前に土石流により植生及び土層が破壊
	長沢 II	710	北	40	スギ	43年	1986 1996	間伐 本数調整間伐
	長沢 IV	710	北西	40	ヒノキ スギ	41~48年	1991 2001	間伐 搬出間伐
	長沢 VI	676	南西	36	スギ	4年	1988 2002 2003	本数調整間伐 8月:50~53年生林を皆伐 3月:伐採木搬出終了
	長沢 VII	710	北西	39	広葉樹	不明	不明	数十年前に地すべりにより植生が破壊

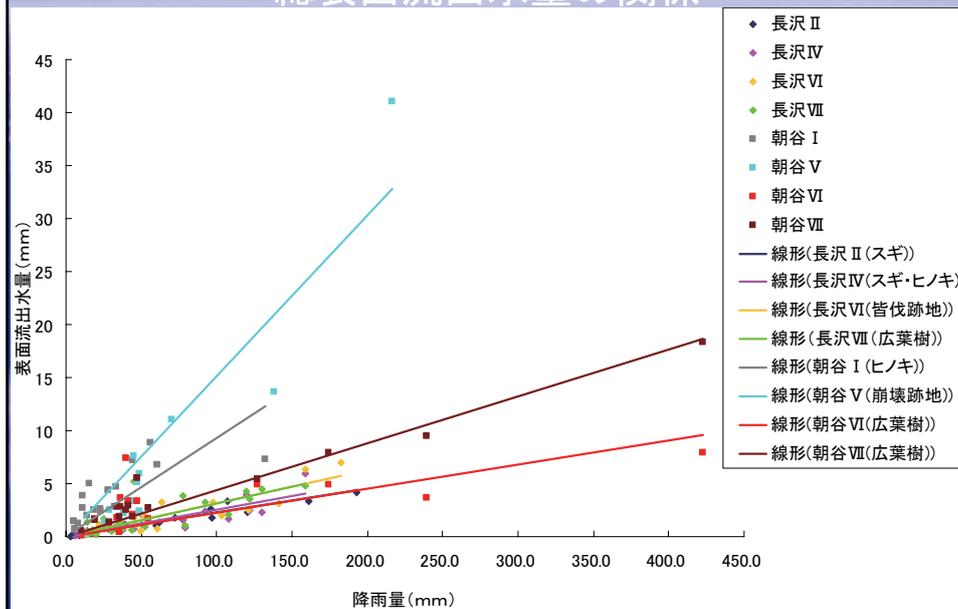
調査方法

地表面に亀裂や倒木等の存在しない範囲をベニヤ板で上部及び左右端を区切った区間とした。降雨量は転倒マス型雨量計を用いて計測している。表面流出水量は雨量計と同様に転倒マス型雨量計で計測している。流出土砂量は、観測プロット内からの流出を土砂捕捉うけで捉えている。



表面流出水量計および表面侵食土砂量測定装置

降雨イベント毎の総雨量と 総表面流出水量の関係



- 両者の関係を直線で近似すると、それは直接流出率を表す。直接流出率は崩壊跡地(朝谷Ⅴ)が最も大きく、次にヒノキ林(朝谷Ⅰ)が大きい。広葉樹林(朝谷Ⅵ・Ⅶ、長沢Ⅶ)、スギ林(長沢Ⅱ・Ⅳ)、そして皆伐跡地(長沢Ⅵ)はほぼ同程度と考えられる。
- ただし長沢Ⅵは皆伐後4年経過し、下層植生が繁茂している。

ウォシュロード流出解析と表面侵食

- ウォシュロードと流量

ウォシュロードと流量の関係は一般に

$$Q_w = \alpha \cdot Q^2$$

が認められる。

ウォシュロードの生産・流出機構の概念

ここではウォシュロード、浮遊砂、掃流砂の粒径の分類は次のように設定する。

ウォシュロード: $d \leq 0.2\text{mm}$
浮遊砂 : $0.2 < d \leq 1.0\text{mm}$
掃流砂 : $d > 1.0\text{mm}$

崩壊・裸地、河岸等が雨滴や流水により侵食を受け、侵食された表層土に含まれるウォシュロードが流水中に取り込まれる。

ウォシュロードは流水中に一様に分布することから再捕捉される率は小さい。ウォシュロードの生産と流出は直接的である。



土砂生産源におけるウォシュロードの占有率が把握できれば、生産源の侵食量は流水中のウォシュロード量を測定すれば推定が可能である。

表面侵食速度の検討

ある河道断面のウォシュロードの連続式は以下のように表される。

$$\frac{\partial(C_w \cdot W)}{\partial t} + \frac{\partial(C_w \cdot Q)}{\partial x} = q_w$$

$$q_w = E \cdot a_w \cdot f_w \cdot (1 - \lambda)$$

C_w : ウォシュロード濃度 W : 河道断面積

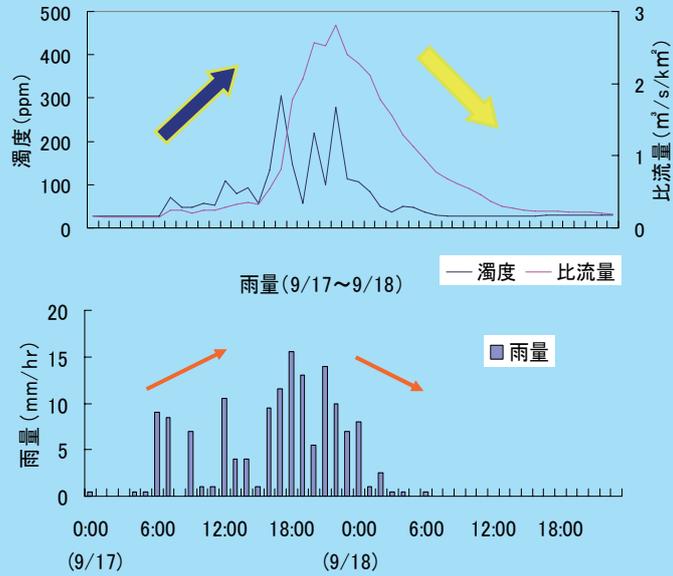
Q : 流量 q_w : 流入ウォシュロード量

a_w : ウォシュロード生産面積

f_w : ウォシュロードの占有率 E : 侵食速度 λ : 空隙率

実測データ例) 9/17~18

F流域



濁度と比流量

比流量

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r = \frac{1}{3.6} r_e \quad (\text{ラショナル式より})$$

Q : 流量 (m^3/s), A : 流域面積 (km^2), f : 流出率, r : 降雨強度,
 r_e : 有効降雨強度 (mm/hr)

$$C_w = \alpha (Q/A)^\beta$$

C_w : 濁度 (ppm), Q/A : 比流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$), α, β : 係数

侵食土砂に含まれる Wash load量

$$q_w = E \cdot (1 - \lambda) \cdot A_w / f_w = Q \cdot C_w$$

生産源から流出した
Wash load量

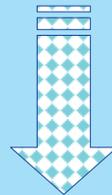
河川に流入した
Wash load量

q_w : 単位時間あたりのWash load量 (m³/s), C_w : 濁度 (ppm),
 Q : 流量 (m³/s), E : 侵食速度 (m/s), A_w : Wash loadの生産源の面積 (m²), λ : 空隙率, f_w : 生産源におけるWash loadの占有率

注: 空隙率は一般に用いられる0.4, Wash load占有率は現地土砂の土質試験結果, 0.2mm以下の粒径の土砂占有率から0.1とした

侵食速度

$$\begin{cases} C_w = \alpha(Q/A)^\beta \\ q_w = E \cdot (1 - \lambda) \cdot A_w \cdot f_w = Q \cdot C_w \end{cases}$$



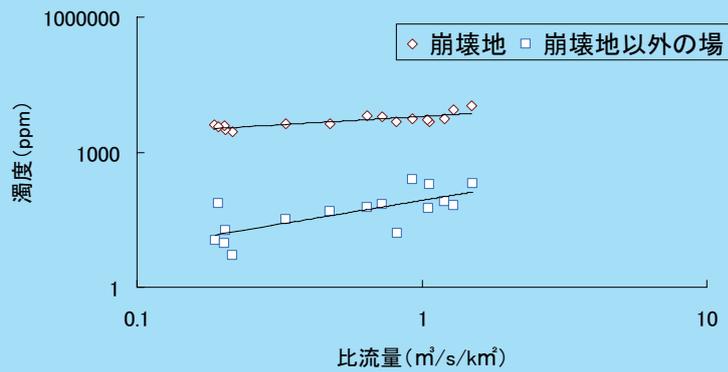
$$E = \alpha_1(Q/A)^{\beta_1}$$

結果と考察

濁度と比流量

崩壊地: $C_{W0} = 6210(Q/A)^{0.372}$

崩壊地以外の場合: $C_{W1} = 84.3(Q/A)^{1.05}$

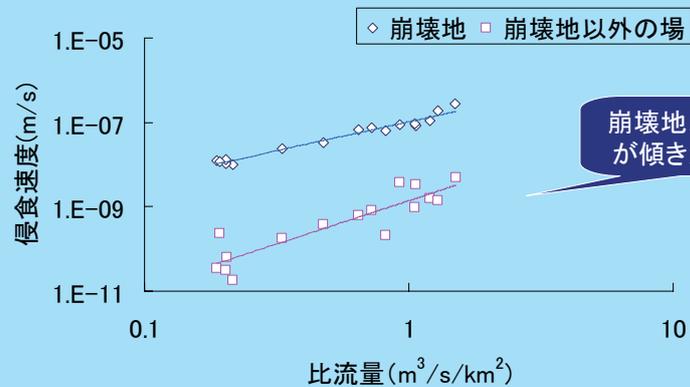


侵食速度

崩壊地: $E_0 = 8.42 \times 10^{-8} (Q/A)^{1.04}$

崩壊地以外の場合: $E_1 = 1.04 \times 10^{-9} (Q/A)^{1.57}$

侵食速度と比流量



結論

- 観測結果から侵食速度は流域平均降雨強度の指標である比流量と関係が認められた

$$\text{崩壊地: } E_0 = 8.42 \times 10^{-8} (Q/A)^{1.04}$$

$$\text{崩壊地以外: } E_1 = 1.04 \times 10^{-9} (Q/A)^{1.57}$$

- 崩壊地の降雨時における侵食速度が大きいため、主に土砂生産は崩壊地から起こっていると考えられる
- 崩壊地以外の場のベキ係数が崩壊地よりも大きく、比流量が大きくなると侵食されやすくなる。これは、溪岸侵食に起因し、崩壊地以外の場は、溪岸侵食による土砂発生が大半を占めると考えられる

砂防技術研究会 共同研究（第1回）実施要領

1. 共同研究の目的

研究者と実務者が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ことを共同研究の目的とする。

2. 砂防技術研究会の機能

研究の全体的な方向性、実施内容の調整を行う。研究成果の内容（行政課題との関係、技術的客観性等）の確認等を行う。さらに、広く意見等を求め共同研究の実施方法等の改善を行う。

3. 研究期間

原則3年以下（第1回の場合：平成16～18年度内）とする。

4. 研究参加資格

共同研究者の代表は、砂防学会員であることを必須とし、共同研究者は、大学、高専等に所属する研究者とする。

現地調査・実験等の研究活動には各参加者の関係する学生の参加を認める（ただし、参加研究者には含めない。また、参加学生は学生障害保険に加入させることとする）。

5. 1課題当たりの研究者数

1つの共同研究特定テーマに参加する研究者は、6名以内を原則とする。応募多数の場合は、砂防技術研究会により選考を行うが、必要に応じて対象フィールドを複数に分けて同一課題を複数グループで実施することもあり得る。

6. 費用の負担等

研究に必要な国土交通省が持つデータは、研究者からの要請により国土交通省より提供し、個別実施事項に関わる研究実施費用は原則、各研究者の負担とする。

※国土交通省が負担する経費詳細

- ・旅 費 : 打合せ旅費、現地調査旅費、報告会費
- ・現地調査費 : 学生等の旅費、移動用車両経費、消耗品費 等
- ・会 議 費 : 会場借り上げ費
- ・報告諸経費 : 消耗品費、印刷製本費

（個別事項の運用ルール）

1) 調査および現地実験

国土交通省が負担し、取得するデータの管理責任は国土交通省が持つ

①現地調査および現地実験に要する旅費（打合せ含む）

- ・国土交通省負担とする（具体的には、代表地方整備局が砂防学会と共同研究契約を結び負担する）。

②現地に仮設する設備等の経費

- ・国土交通省が負担する。

③計測等に関わる経費（計測器等の調達など）

- ・各担当研究者が負担する（但し、国土交通省は所有する機器等の貸与を行う）。

- 2) 実験・解析
個々の解析，実験に要する経費は，原則として各担当研究者が負担する。
- 3) 全体の総括，報告書等に要する経費
国土交通省で負担する。ただし，個別の研究発表に関するものは各自で負担する。
- 4) 会議等の経費
個別の研究会合等に必要な旅費等は各研究者が負担する。

7. 成果の公表

- 1) 成果の公表は共同で行う。
- 2) 成果については，砂防技術研究会の活動の一環として，砂防技術研究会を通じて発表する。
- 3) 成果の公表に関連して，行政側は国土交通省技術研究会等の場で発表するとともに，学会発表の場等にも継続的に参加する。