

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的な
技術とシステム」

研究課題「良質で安全な水の持続的な供給を実現
するための山体地下水資源開発技術の構築」

研究終了報告書

研究期間 平成23年10月～平成29年3月

研究代表者：小杉賢一郎
(京都大学大学院農学研究科、教授)

目次

§ 1. 研究実施の概要

1. 実施概要
2. 顕著な成果
 - (1) 優れた基礎研究としての成果
 - (2) 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果

§ 2. 研究実施体制

1. 研究チームの体制について
2. 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

§ 3. 研究実施内容及び成果

1. 山地河川流出水の量, 温度, 水質, 安定同位体比の時空間分布の観測(京都大学 小杉グループ; 京都大学 中村グループ; 立命館大学 藤本グループ; 京都大学 松四グループ; 京都大学 勝山グループ)【研究項目1】
2. 山地河川流出水の量的・質的シグナルに基づく優良地下水帯分布域の推定(京都大学 中村グループ; 京都大学 勝山グループ)【研究項目2】
3. 改良型 T-SAS モデルを用いた河川流出水の起源の時空間変動解析(京都大学 佐山グループ)【研究項目3】
4. 山体地下水の構造解明と優良地下水帯推定結果の検証(京都大学 小杉グループ; 立命館大学 藤本グループ; 京都大学 勝山グループ)【研究項目4】
5. 適切な山体地下水資源開発手法の検討(京都大学 小杉グループ; 筑波大学 山川グループ)【研究項目5】
6. 地形と山体地下水分布・崩壊危険箇所分布の対応の解明(京都大学 松四グループ; 京都大学 小杉グループ)【研究項目6】
7. 山体地下水の水質と汚染リスクの検討(京都大学 中村グループ; 京都大学 小杉グループ)【研究項目7】
8. とりまとめ(京都大学 小杉グループ)【研究項目8】

§ 4. 成果発表等

1. 原著論文発表
2. その他の著作物(総説、書籍など)
3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表
 - (1) 招待講演
 - (2) 口頭発表
 - (3) ポスター発表
4. 知財出願
 - (1) 国内出願
 - (2) 海外出願
 - (3) プログラムの著作物
 - (4) データベースの著作物
5. 受賞・報道等
 - (1) 受賞
 - (2) マスコミ(新聞・TV等)報道
 - (3) その他
6. 成果展開事例

- (1) 実用化に向けての展開
- (2) 社会還元的な展開活動
- (3) 他分野への波及効果

§ 5. 研究期間中の活動

- 1. 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

§ 6. 最後に

§ 1. 研究実施の概要

1. 実施概要

国土の73%を占める山地の斜面では、地表を覆う厚さ1mほどの森林土壌に雨水が鉛直浸透し、基岩との境界面に飽和帯を形成して河川に側方流出すると考えられてきた。すなわち雨水を一時的に貯留するのは森林土壌(緑のダム)と説明されてきたが、最新の研究では、実際にはかなりの量の雨水が基岩浸透し、山体地下水として貯留されていることが明らかになりつつある。本研究では、気候変動が深刻化した場合でも、良質で安全な水の持続的な供給を実現するために、山体地下水を水資源として評価し、調査・開発する技術を構築することを目的とした。同時に、水資源の調査・開発により、山地の土砂災害を軽減する技術の構築を目的とした。

まず全グループが協同して、地質と地形が異なる4地域の山地において河川流出水の水量、水温、水質の計測を行った。その上で、観測結果の分析に基づき、水資源開発に適した山体地下水帯が豊富に存在する地区や小流域の推定を行った(中村・勝山グループ)。その結果に基づき、大起伏山地の方が小起伏山地よりも大量の雨水を山体地下水として蓄えており、水資源が豊富であることを示唆した。これは「日本は地形が急峻であることから、豊富な降水量があっても、降った雨が直ちに流出してしまうため、水資源利用が難しい」とする従来の考えとは異なる発見であり、大起伏山地の存在が水資源にプラスの効果をもたらすことを示唆できた。小起伏山地では、地下水が偏在しており、適切な流域選定を行えば山体地下水資源開発が可能になる可能性を示すことができた。

佐山グループでは、山体地下水を含めた流域スケールの降雨流出現象を表現する空間分布型のモデルを構築し、流出水の起源(いつ、どこに降った雨が、どのような経路を通して流出するか)をモデル上で解析した。計測データを用いてキャリブレーションしたモデルの出力結果は、大起伏山地において山体地下水が河川の基底流量を大幅に増加させていることを示しており、中村・勝山グループにより得られた結果と符合した。さらに本研究項目では、河川流出水の流量波形と水質情報を統合的に分析し、開発に適した優良地下水帯の分布域を推定する手法を提案することができた。

次に藤本・勝山・小杉グループは、調査ボーリングを実施し、地下水の賦存量、水質、流動特性、滞留時間を調査することによって、上記した優良地下水帯分布域の推定結果を検証した。さらに、山体地下水の賦存・流動状況を調査する技術としての、地下水検層、平均滞留時間推定、精密ボーリングの利点を示した。

調査ボーリングによる地質ならびに山体地下水の調査は、直接的で精度の高い方法であるが、多くの手間と経費が必要となる。そこで山川・小杉グループは、物理探査(高密度電気探査)ならびにリモートセンシング(空中電磁探査)を用いた効率的な調査の方法について検討を加えた。その結果、高密度電気探査により得られる比抵抗分布が山体地下水の分布や、地下水の流動を規定する断層構造を良く表現できることが明らかとなり、有用性を示すことができた。また空中電磁探査は、高密度電気探査に比べて解像度は劣るが、種々の山地において、山体地下水位の空間分布の推定や流動状況の概略把握を迅速に実施できることを示した。さらに、高密度電気探査結果を入力データとして、山体地下水流動をシミュレートする数値モデルの開発を行った。このモデルを用いた解析により、断層を貫く集水ボーリングによって山体地下水を効率よく集水できること、山体地下水の集水によって崩壊に対する斜面の安全性を向上できることを試算した。

松四グループでは、地下水の流動や賦存状況について多くの情報を含むとされる山体の地形情報を適確に解析し、山体地下水資源開発ならびに斜面崩壊危険度評価に有効活用する方法について検討した。その結果より、谷が未発達な地形に着目することによって、山体地下水資源開発に適した流域を特定できる可能性を示した。また花崗岩山地では、山体の境界部において節理に沿って発達した谷に山体地下水が集中する傾向を示すことができた。さらに堆積岩山地では、地形に現れる断層の位置に着目することで、効果的な水資源開発・斜面安定化のための集水地点を推定できることを示唆した。さらに小杉グループは、各種の地形・地質を有する山体で計測された地下水位変動データを解析することにより、土砂災害に対する警戒・避難の判断をサポートする

情報を提供する新たなシステムを開発した。

水のおいしさ、安全性は、水資源開発において重要な要素であることから、中村・小杉グループでは、山体地下水の水質と汚染リスクについて検討を加えた。その結果、山体地下水は大腸菌やクリプトスポリジウムの汚染リスクが比較的低い水資源である可能性を示すことができた。その一方で、山体地下水の利用に際しては、重金属による汚染に注意を払う必要があることがわかった。さらに、硬度に着目した場合、大起伏山地の山体地下水の多くは、おいしい水の要件を満たしていることがわかった。

以上の研究項目により提示した山体地下水の探査・開発技術の実効性を高めるために、小杉グループが中心となって、国土交通省および奈良県と協同してフィージビリティスタディを行った。ここでは、大起伏山地で掘削された集水ボーリングによる集水量や水質を調査した結果に基づき、山体地下水を有効な水源として活用できることを示唆した。さらに、中山間地において、良質で安全な水を持続的に供給する水道事業を将来にわたって安定的に継続すること、ならびに土砂災害を軽減したより安全な暮らしを実現することに、本研究の山体地下水探査・開発技術が貢献できる可能性を示した。

2. 顕著な成果

(1) 優れた基礎研究としての成果

① Matsushi Y., Yamakawa Y., Takami Y., Masaoka N., Kosugi K., 2015. Rainfall-recharge-runoff processes through bedrock groundwater: implications for triggering of deep-seated catastrophic landslides. Proceedings of 10th Asian Regional Conference of IAEG, Tp1-09.

概要: 大起伏堆積岩山地において、ガウジ粘土を伴う断層により遮水された地下水が斜面内部に蓄えられ、線状の湧水群を形成することを、詳細な地形解析、水文・水質観測、ボーリング調査によって明らかにし、山体地下水の構造解明に成功した。この成果は、甚大な被害を引き起こす深層崩壊の危険度予測に大きく貢献するとともに、被害を軽減し、同時に山体地下水を有効活用するための集水ボーリング技術の検討において重要な基礎データとなった。

② 佐山敬洋・小杉賢一朗・岩見洋一(2015)山体地下水の流動を表現する分布型降雨流出モデルの開発, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 71, No. 4, I_331 -I_336.

概要: 斜面の流出現象を物理法則に基づいて追跡する既往の分布型流出モデルの多くは、基岩の不透水性を仮定していた。本研究は、降雨浸透と地下水流動の数値計算に関し 4 つの新たな改良手法を提案し、大スケールの流域において山体地下水を考慮した降雨流出の数値シミュレーションを可能とした。さらに、既存の時空間起源追跡手法を発展させることにより、河川流出水の流量波形と水質情報に基づいて、山体地下水起源の流出成分を分離する手法を構築した。

③ 空中電磁探査を用いた山体地下水の構造解明(学会発表済み, 論文投稿準備中)

概要: 山地の地質・水文構造を調査する上で、広域の情報を迅速に得ることのできる空中電磁探査が注目されているが、その活用方法は確立されていない。本研究では、空中電磁探査による比抵抗分布を、詳細な水文・水質調査、ボーリング調査、高密度電気探査の結果と比較することによって解析し、その活用方法を検討した。さらに、種々の地質や地形を有する山地を対象として、空中電磁探査に基づいて地質構造ならびに山体地下水の賦存・流動状況を把握する方法を提示した。

(2) 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果

① 山体地下水利用を中心とした中山間地の新しい社会システムの提案(投稿準備中)

概要: 急峻な地形を有する中山間地は豊富な山体地下水に恵まれた地域であることを、水文観測により示唆した。また、山体地下水の集水により水資源有効活用と斜面崩壊軽減が図られる可能性を、数値シミュレーションや集水ボーリングの結果を解析することにより示した。以上の成果に基づき、山体地下水の開発が「中山間地の各集落における安全で豊かな生活を支援し、魅力ある地

域の維持・発展に貢献することで、“都市部への一極集中”から“地方への多極化”という変革をもたらし、活力ある社会の実現に寄与する」という可能性を有していることを示した。

② 大腸菌を指標とした山体地下水と湧水のクリプトスポリジウム汚染の実態解明(投稿準備中)

概要: 山地源流域の水質は、人為的な汚染を受けにくい、近年の野生動物の増加に伴い、クリプトスポリジウムによる汚染が懸念される。このため、水質が劣化した下流域の水を大規模施設で浄化し、山地源流域にコストとエネルギーをかけて給水するという、非効率的な水道事業の例もみられる。本研究は、山体地下水がクリプトスポリジウムによる汚染を比較的受けにくい水源である可能性を示し、より効率的な水道事業の展開に貢献し得る成果となった。

③ 特許出願: 斜面崩壊予測方法及び斜面崩壊予測装置, 発明者: 小杉賢一朗, 出願人: 国立大学法人京都大学, 平成 26 年 5 月 12 日, 特願 2014-098393

概要: 豪雨に伴う斜面崩壊を予測する従来の技術は、地質、地形、水文特性の違いに関係なく全国一律の雨量指標を用いているため、地点ごとに異なる特徴を十分には反映できず、精度に限界があると考えられる。この特許出願技術では、実効雨量と呼ばれる降雨指標を用い、そのパラメータである半減期を様々に変化させた解析を行うことで、地点ごとの地下水位変動の違いを考慮した解析を提案している。この技術によって、崩壊予測における「見逃し」を減らせる可能性や、土砂災害に対する警戒・避難の判断をサポートする分かりやすい情報を提供できる可能性が考えられ、減災に貢献すると期待される。

§ 2. 研究実施体制

1. 研究チームの体制について

(1) 小杉グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
小杉 賢一朗	京都大学農学研究科	教授	H23.10～
水山 高久	京都大学農学研究科	教授	H23.10～H27.3
中谷 加奈	京都大学農学研究科	助教	H23.10～
糸数 哲	京都大学農学研究科	研究員	H24.4～
山川 陽祐	京都大学農学研究科	研究員	H23.10～H25.3
正岡 直也	京都大学農学研究科	研究員	H23.10～
田中 暁子	京都大学農学研究科	技術補佐員	H25.4～H25.9
H. Suryatmojo	京都大学農学研究科	D2～D3	H23.10～H25.9
道幸 李佳	京都大学農学研究科	M2	H23.10～H24.3
前田 大介	京都大学農学研究科	M2	H23.10～H24.3
奥山 悠木	京都大学農学研究科	M2	H23.10～H24.3
谷 寧人	京都大学農学研究科	M1～M2	H23.10～H25.3
藤光 智香	京都大学農学研究科	M1～M2	H23.10～H25.3
山田 拓	京都大学農学研究科	M1～M2	H23.10～H25.3
坂田 拓朗	京都大学農学部	B4～B5	H23.10～H25.3
関口 真季	京都大学農学部	B4	H23.10～H24.3
高木 将行	京都大学農学研究科	B4～D1	H23.10～H27.3
南 絢子	京都大学農学部	B4	H23.10～H24.3
柿本 篤史	京都大学農学研究科	B4～M2	H24.4～H27.3
杉本 康平	京都大学農学研究科	B4～M2	H24.4～H27.3
増野 祐一郎	京都大学農学部	B4	H24.4～H25.3
高見 友佑	京都大学農学研究科	B4～M2	H25.4～H28.3

古谷 智彦	京都大学農学研究科	B4～M2	H25.4～H28.3
向井 潤	京都大学農学部	B4	H25.4～H26.3
上野 純子	京都大学農学研究科	技術補佐員	H25.10～H28.9
伊熊 浩平	京都大学農学研究科	B4～M2	H26.4～
日浦 幹	京都大学農学研究科	B4～M2	H26.4～
中司 健太	京都大学農学部	B4	H26.4～H27.3
藤田 克樹	京都大学農学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3
荒川 尚一郎	京都大学農学研究科	B4～M1	H27.4～
楠田 夏子	京都大学農学研究科	B4～M1	H27.4～
肥沼 直輝	京都大学農学研究科	B4～M1	H27.4～
小松 正弥	京都大学農学研究科	B4～M1	H27.4～
C. Padilla	京都大学農学研究科	研究員	H27.3～

研究項目

- ・山体地下水の構造解明に基づく適切な山体地下水資源開発手法の検討

(2)勝山グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
勝山 正則	京都大学学際融合教育 研究推進センター	特定准教授	H23.10～
谷 誠	京都大学農学研究科	教授	H23.10～H28.3
岩崎 健太	京都大学農学研究科	M2	H24.9～H25.3
山本 知実	京都大学農学部	B4	H24.9～H25.3
鷹木 香菜	京都大学農学研究科	M2	H26.4～H27.3
長野 龍平	京都大学農学研究科	M2	H26.4～H27.3
田中 洋太郎	京都大学農学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3

研究項目

- ・山地河川流出水の量的・質的シグナルに基づく優良地下水帯分布域の推定

(3)松四グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
松四 雄騎	京都大学防災研究所	准教授	H23.10～
千木良雅弘	京都大学防災研究所	教授	H24.4～
鄒青穎	京都大学防災研究所	研究員	H24.4～
樋口衡平	京都大学防災研究所	D2～D3	H24.4～H26.10
中野真帆	京都大学理学研究科	M1～M2	H24.4～H26.3
平田康人	京都大学理学研究科	M1～D2	H25.4～
大澤光	京都大学理学研究科	M2～D3	H26.4～
渡壁 卓磨	京都大学理学研究科	D1～D3	H26.4～
平松日祥	京都大学理学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3
當坂康紘	京都大学理学研究科	M1～M2	H27.4～
荒井紀之	京都大学理学研究科	D1～D2	H27.4～

研究項目

- ・地形と山体地下水分布・崩壊危険箇所分布の対応の解明

(4) 中村グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
中村 公人	京都大学農学研究科	准教授	H23.10～
岩崎 有美	京都大学農学研究科	D1～D4	H23.10～H26.8
尾崎 広海	京都大学農学研究科	D1～D3	H24.4～H27.3
永田 仁	京都大学農学研究科	M1～M2	H23.10～H25.3
瀧田 純平	京都大学農学研究科	M1～M2	H24.4～H26.3
山本 直輝	京都大学農学研究科	M1～M2	H25.4～H27.3
安藤 哲城	京都大学農学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3
橋本 宏平	京都大学農学研究科	M1～M2	H27.4～
稲垣 郁哉	京都大学農学研究科	M1～M2	H27.4～

研究項目

- ・山体地下水の水質と汚染リスクの検討

(5) 佐山グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
佐山 敬洋	京都大学防災研究所	准教授	H23.10～

研究項目

- ・改良型 T-SAS モデルを用いた河川流出水の起源の時空間変動解析

(6) 藤本グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
藤本将光	立命館大学理工学部	助教	H23.10～
深川良一	立命館大学理工学部	教授	H24.4～
仲矢順子	立命館大学理工学研究科	D3	H24.4～H25.3
石田 優子	立命館大学総合科学技術 研究機構	研究員	H24.4～
台蔵 憲	立命館大学理工学研究科	D3～D5	H24.4～H27.3
壇上 徹	立命館大学理工学研究科	D2～D3	H24.4～H26.3
平岡 伸隆	立命館大学理工学研究科	D1～研究員	H24.4～H28.1
大村 佳正	立命館大学理工学研究科	M2	H24.4～H25.3
平野 竜五	立命館大学理工学研究科	M2	H24.4～H25.3
伏見 康介	立命館大学理工学研究科	M2	H24.4～H25.3
的場 洋平	立命館大学理工学研究科	M2	H24.4～H25.3
三品 健	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H24.4～H26.3
岩森 一貴	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H24.4～H26.3
黒原 雄大	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H24.4～H26.3
鳥居 文也	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H24.4～H26.3
大矢 綾香	立命館大学理工学研究科	B4～D2	H25.4～
木村 亘	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H25.4～H27.3
馬場 直輝	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H25.4～H27.3
宮島 圭之	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H25.4～H27.3

田辺 友章	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H25.4～H27.3
孫 夢霞	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3
中野 峻也	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3
牧本 祐樹	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H26.4～H28.3
飯田 哲也	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H27.4～
有光 悠紀	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H27.4～
角 宏一	立命館大学理工学研究科	M1～M2	H27.4～
野中 慎介	立命館大学理工学研究科	M1	H28.4～
中橋 明久	立命館大学理工学研究科	M1	H28.4～
白 波	立命館大学理工学研究科	M1	H28.4～
山戸 貴嗣	立命館大学理工学研究科	M1	H28.4～
奥田 悠太	立命館大学理工学部	B4	H28.4～
田中 安理沙	立命館大学理工学部	B4	H28.4～

研究項目

- ・山体地下水の構造解明と優良地下水帯推定結果の検証

(7) 山川グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山川 陽祐	筑波大学農林技術センタ ー	助教	H25.4～
経隆 悠	筑波大学生命環境科学 研究科	D1	H27.4～H28.3
谷口 未峰	筑波大学生命環境科学 研究科	B4～M1	H27.4～
後藤 優弥	筑波大学生命環境学群	B4	H27.4～H28.3
西山 智佳子	筑波大学生命環境科学 研究科	B4～M1	H27.4～

研究項目

- ・山体地下水資源開発のための物理探査手法の構築

2. 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

- ① 高密度調査ボーリングによる山体地下水の実態解明について、Saskatchewan 大学 Jeffrey J. McDonnell 教授と Arizona 州立大学 Arjun M. Heimsath 教授を現地に招いて説明し、情報交換を行った。
- ② 高密度調査ボーリングを活用した地質構造解明について、Minnesota 大学の Kyungsoo Yoo 准教授と情報交換を行った。
- ③ 京都大学防災研究所の流域災害研究センターおよび穂高砂防観測所と、深層崩壊の予測技術構築に向けて協同した。
- ④ 滋賀県森林センターと、堆積岩山地の地下水資源調査について協同した。
- ⑤ 朝日航洋株式会社と協同してレーザープロファイラーによる地形測量を実施した。
- ⑥ 応用地質株式会社と協同して高密度電気探査ならびに地質調査を実施した。
- ⑦ 大日本コンサルタント株式会社と協同して空中電磁探査を実施した。
- ⑧ 関西 TLO 株式会社と、特許出願技術の実用化に向けて協同した。
- ⑨ NTT docomo および(株)フィールドプロと協同して、地下水観測に基づく斜面崩壊発生危険度予測システムの開発について検討した。

- ⑩ 国土交通省六甲砂防事務所と協同し、山体地下水が土砂災害発生に及ぼす影響の解明を行った。
- ⑪ 国土交通省紀伊山地砂防事務所および奈良県深層崩壊対策室と協同し、深層崩壊対策技術について検討した。
- ⑫ Arizona 州立大学の Ty Ferré 教授を現地に招いて説明し、空中電磁探査に関する情報交換を行った。
- ⑬ 奈良県天川村と協同し、水道事業における山体地下水資源利用について検討した。

§ 4. 研究実施内容及び成果

1. 山地河川流出水の量, 温度, 水質, 安定同位体比の時空間分布の観測
(京都大学 小杉グループ; 京都大学 中村グループ; 立命館大学 藤本グループ; 京都大学 松四グループ; 京都大学 勝山グループ)

【研究項目1】

(1) 研究のねらい

山体地下水資源の探査・開発試験研究の基礎となる水文・水質データを計測する。

(2) 研究実施方法

観測地区を, 小起伏ならびに大起伏の花崗岩山地, 小起伏ならびに大起伏の堆積岩山地に設定した。その上で, 山地河川の流量, 水温, 水質, 安定同位体比を連続的に計測する施設とシステムを構築し, 地形や地質による違いを評価できるデータを取得した。さらに, 各観測地区において多地点での観測を行うことで, 結果の一般化を図った。原位置での観測には多大な労力と時間がかかるため, 4つの観測地区を, 藤本, 小杉, 中村, 松四グループがそれぞれ担当し, データ取得を行った。また勝山グループは, イオンクロマトグラフ, ICP 発光分光分析装置, レーザー分光式同位体比アナライザーを配置した実験環境を整え, 水質と水の安定同位体比の分析を行った。

(3) 研究成果

小起伏花崗岩山地(GS 地区), 大起伏花崗岩山地(GL 地区), 小起伏堆積岩山地(SS 地区), 大起伏堆積岩山地(SL 地区)に調査流域を設定した(図-1)。

GS 地区では, 10 箇所の観測地点を設けて流量と水温の計測を行った。そのうちの F1~F6 流域では, 水質, 安定同位体比の連続計測を行った。GL 地区では, 3 箇所の観測地点(E1~E3)を設けて流量, 水温の計測を行った。また, 過去に計測した水質, 安定同位体比のデータベース化を行った。SS 地区では, 16 箇所の観測地点を設けて流量と水温の計測を行った。そのうちの C, D1, D2, E, F, G 流域では, 水質, 安定同位体比の連続計測を行った。SL 地区では, 14 箇所の観測地点を設けて流量と水温の計測を行った。そのうちの C1, C3, C5, D1 流域では, 水質, 安定同位体比の連続計測を行った。

この様に, 研究項目 1 の成果として, 山地河川流出水の量, 温度, 水質, 安定同位体比の時空間分布データが蓄積され, 研究項目 2~7 の実施に対し十分なデータを提供できた。

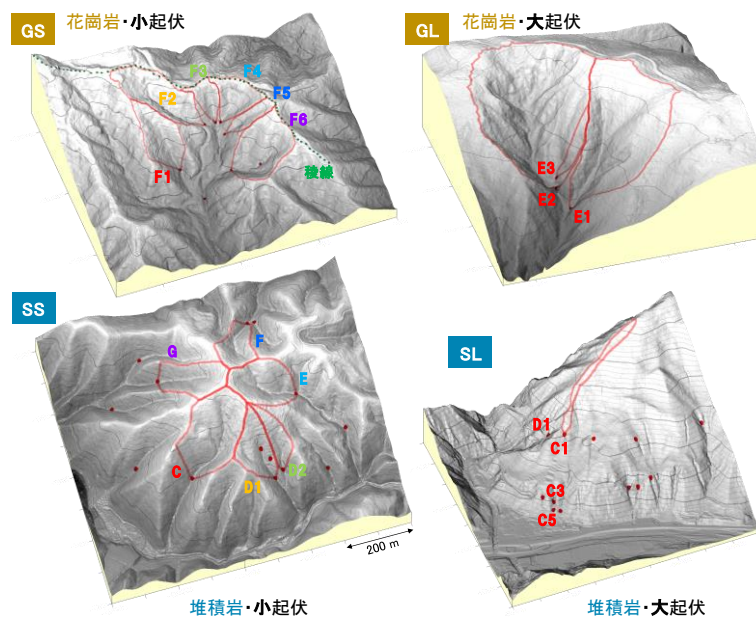


図-1 調査対象地区

赤○印は流量計測地点(一部のみに)を示している。等高線間隔は 10 m。

2. 山地河川流出水の量的・質的シグナルに基づく優良地下水帯分布域の推定 (京都大学 中村グループ; 京都大学 勝山グループ)

【研究項目2】

(1) 研究のねらい

山地河川流出水の量的・質的シグナルに基づき、水資源開発に適した優良地下水帯の分布域を推定する手法を確立する。

(2) 研究実施方法

研究項目1で観測した、山地河川流出水の量、温度、水質、安定同位体比のデータを活用し、その時間変化や降雨波形との対応、地区間・流域間の比較に基づいて、水資源開発に適した山体地下水帯が豊富に存在するエリアの推定を行った。

(3) 研究成果

① 地質と地形による山体地下水貯留量の違い

図-2 は、各地区の代表的な流域についての結果である。花崗岩山地における雨量 R と流量 Q の計測値を示した図-2a と 2b を比較すると、小起伏花崗岩山地(GS 地区)では、降雨の度に流量が大きく増加し、降雨の終了後には直ちに低下していることがわかる(図-2a)。つまり、降雨の多くが洪水流となって流出してしまい、無降雨期間の流量(基底流量)は僅かであり、季節的な変動も少ない。これは、山体地下水として蓄えられる水量が少ないことを示唆している。これに対して大起伏花崗岩山地(GL 地区)の流出波形においては、中小規模の降雨イベントの際の洪水流量が少ないことがわかる(図-2b)。一方、基底流量は多く、緩やかで大きな季節変動を示している。このことは、梅雨や台風シーズン等の多雨期にもたらされた雨水が、山体地下水として長期間蓄えられていることを示唆している。

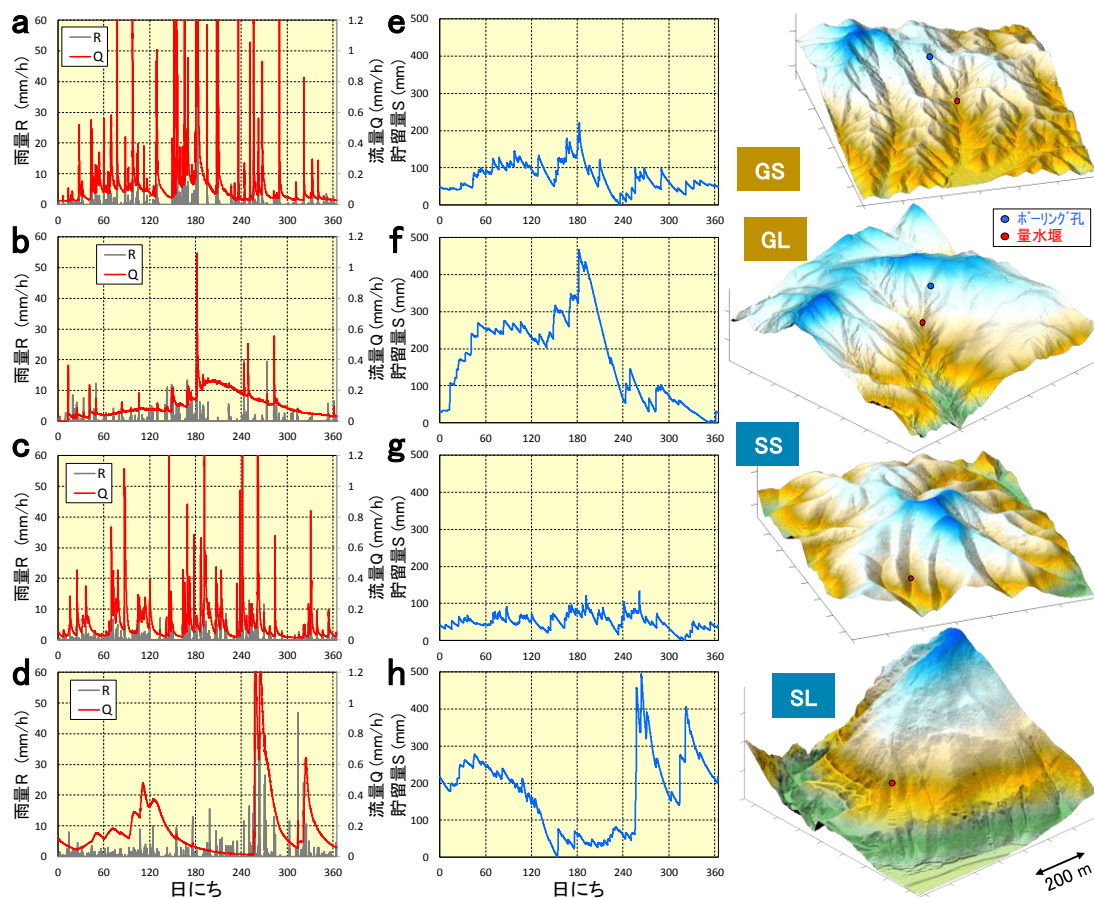


図-2 各地区で計測された雨量・流量ならびに貯水量 S の計算結果
各流域の有効面積は、年間水収支が閉じているとの仮定に基づき逆算している。

堆積岩山地においても、小起伏山地(SS 地区)では洪水流量が多く基底流量が少なくなった(図-2c)。このことから、山体地下水の貯留量が少ないことを推察した。同じ堆積岩の地質でも大起伏山地(SL 地区)では、大規模な降雨イベントを除いて洪水流出はあまり観測されないことがわかった(図-2d)。大規模な降雨イベントの際は流量が大きく増加したが、そのピークは降雨ピークから凡そ 0.5~2.5 日ほど遅延しており、さらに1ヶ月以上をかけて緩やかに逡減していた。基底流出は、量が豊富であるが、大起伏花崗岩山地(図-2b)で観測されたような、緩やかな季節変動を示さなかった。以上のことから、大起伏堆積岩山地でも豊富な山体地下水の存在を示唆することができたが、雨水の貯留・流動状況は大起伏花崗岩山地とは異なることが推察された。

各流域に降った降雨 R は、その一部が樹冠によって遮断され、残り(有効雨量 Re)が地表面に到達する。有効雨量の積算値 ΣRe から、流量の積算値 ΣQ と蒸散量の積算値 ΣT を差し引いた値が、流域の貯水量 S になる。このようなシンプルな水収支式に基づき、貯水量 S を推定した結果を図-2e~h に示した。年間の平均貯水量は、小起伏花崗岩山地(GS 地区)の 75 mm に対して大起伏花崗岩山地(GL 地区)では 174 mm、小起伏堆積岩山地(SS 地区)の 51 mm に対して大起伏堆積岩山地(SL 地区)では 174 mm となった。また年間の最大貯水量は、小起伏花崗岩山地(GS 地区)の 221 mm に対して大起伏花崗岩山地(GL 地区)では 467 mm、小起伏堆積岩山地(SS 地区)の 133 mm に対して大起伏堆積岩山地(SL 地区)では 494 mm となった。このように、いずれの地質においても大起伏山地の貯水量が多いという結果が得られた。ただし、大起伏堆積岩山地では、年間降水量が多いことも貯水量が多いことの一因である。これに関しては、大起伏堆積岩山地(図-2d)は小起伏堆積岩山地(図-2c)に比べ中・小降雨時の洪水流量が明らかに少なく、たとえ降水量が同程度であったとしても、小起伏堆積岩山地よりも貯水量は多くなったと考えられる。なお、図-2a~h においては、各流域の年間水収支が閉じているとの仮定に基づいて流域面積を逆算している。これは、山体地下水の流動に係る実際の流域面積を地形から定めることができないためである。

各調査地区に設定した他の流域においても、総じて図-2と同様の結果が得られた。以上のことから、花崗岩および堆積岩の両地質において、大起伏山地の方が小起伏山地よりも大量の雨水を山体地下水として蓄えており、水資源が豊富であることを示唆できた。これは「日本は地形が急峻であることから、豊富な降水量があっても、降った雨が直ちに流出してしまうため、水資源利用が難しい」とする従来の考えとは異なる発見であり、大起伏山地の存在が水資源にプラスの効果をもたらすことを示唆することができた。

② 小起伏花崗岩山地の優良地下水帯分布域

図-1 に示したとおり、小起伏花崗岩山地(GS 地区)では、一つの流域内に 6 個の小流域(F1~F6 流域)を設け、流量ならびに流出水の水質を調査した。観測した流量(流出水の体積を流域面積で除した比流量で表示)を図-3a に示した。F3 以外の流域では、降雨時には洪水流出によって流量が増加し、降雨後に直ちに逡減していることがわかる。一方 F3 流域では、洪水流量が少なく、基底流の逡減が緩やかである。つまり、流量の時間変化が小さく、一年を通して豊富な基底流が安定して流出し続けている。さらに F3 流域では、計測期間における総流量が、総有効雨量から総蒸散量を差し引いた値よりも大きく推定された。このことから、F3 流域では、周囲の流域から地形上の尾根を越えて地下水の流入が起きていることを推察した。

次に図-3b には、各小流域からの流出水に含まれるケイ素の濃度を示した。一般的にケイ素は、雨水には含まれず、浸透・流出の過程で岩石鉱物の風化により供給されて濃度が上昇するといわれている。図-3b において、ケイ素の濃度は概して夏期に高く、冬期に低くなっている。これは風化速度が温度の影響を受けるためだと考えられた。また降雨時には、雨水が流出水に混入するため、一時的な低下を示している。流域間の比較では、F3 流域が他に比べて著しく高い濃度を示すことがわかる。これは、基岩の内部を長時間かけて流動する山体地下水が、周囲の流域から F3 流域に向かって集中した結果だと考えられた。

以上のことから、F3 流域が優良地下水帯を保持していることを推定し、基底流量が多いという特徴や流出水に含まれるケイ素の濃度が高いという特徴に着目することによって、水資源開発に適した流域を選定できる可能性を示唆した。

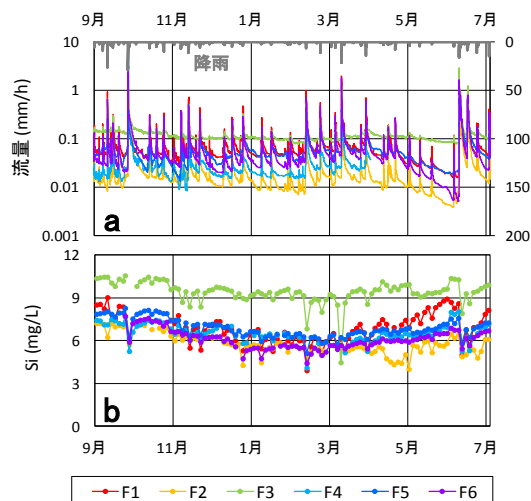


図-3 小起伏花崗岩山地の雨量・流量とケイ素の濃度

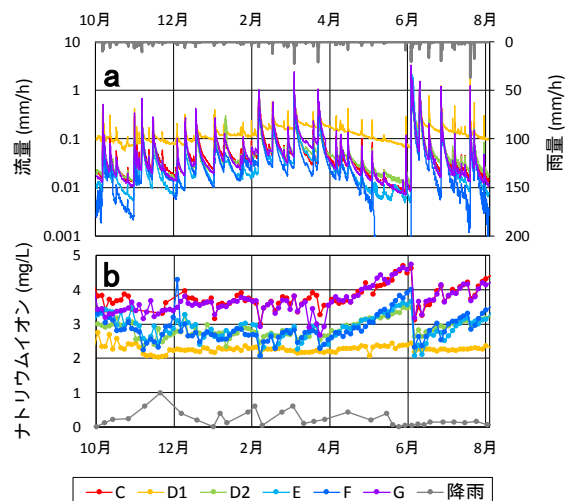


図-4 小起伏堆積岩山地の雨量・流量とナトリウムイオン濃度

③ 小起伏堆積岩山地の優良地下水帯分布域

図-1 に示したとおり、小起伏堆積岩山地(SS 地区)では、周囲から独立した山体の山頂から放射状に広がる 6 個の流域(C, D1, D2, E, F, G 流域)を対象として、流量ならびに流出水の水質を調査した。観測流量(流出水の体積を流域面積で除した比流量で表示)を図-4a に示した。いずれの流域でも、降雨時には流量が増加し顕著な洪水流出が起きていることがわかる。降雨後の通減は、F および E 流域で特に大きく、D1 流域で小さい。そして D1 流域では、一年を通して豊富な基底流が安定して流出し続けることがわかった。さらに D1 流域では、計測期間における総流量が、総有効雨量から総蒸散量を差し引いた値よりも大きく推定された。このことから、D1 流域では、周囲の流域から地形上の尾根を越えて地下水の流入が起きていることを推察した。

次に図-4b には、各流域からの流出水に含まれるナトリウムイオン濃度の時系列を示した。一般的にナトリウムイオンは、降雨の浸透・流出過程において岩石鉱物の風化によって供給され、濃度が上昇するといわれている。C 流域と G 流域では濃度が最も高く、時間的な変動が大きいことがわかる。濃度が急減するのは降雨時に雨水が混合するためだと考えられる。降雨後には、直近の降雨イベントの影響が次第に弱まる結果、濃度が緩やかに上昇している。D2, E, F 流域の濃度は C, G 流域に比べて低いものの、その時系列は C, G 流域とよく似ている。一方 D1 流域の濃度は最も低く、概ね 2.2~2.4 mg/L(平均±標準偏差)の範囲の値を示し、降雨に対してほとんど変化していない。D1 流域の流出は、降雨の影響が直ちには現れない山体地下水を涵養源とする湧水を主成分としているため、流出水のナトリウムイオン濃度が降雨時に減少しないものと考えられる。

以上のことから、D1 流域が優良地下水帯を保持していることを推定した。そして、基底流量が多いという特徴や流出水のナトリウムイオン濃度が大きな時間変動を示さないという特徴に着目することによって、水資源開発に適した流域を選定できることを示唆した。

研究項目 2 では、①の結果より、大起伏山地の山体地下水賦存量が小起伏山地に比べて概して多いことを推定した。ただし②と③の結果より、同じ小起伏山地内に在る複数の流域を比較すると、洪水流・基底流の流出の仕方や水質に違いが見られることがわかった。このことは山体地下水が偏在していることを示しており、適切な流域選定を行えば、小起伏山地においても山体地下水資源開発が可能になることを示唆できた。

3. 改良型 T-SAS モデルを用いた河川流出水の起源の時空間変動解析 (京都大学 佐山グループ)

【研究項目 3】

(1) 研究のねらい

山体地下水を含めた流域スケールの降雨流出現象を、空間分布型のモデリングによって表現するとともに、流出水の起源(いつ、どこに降った雨が、どのような経路を通過して流出するか)をモデル上で分析する。これにより、研究項目1で得られる様々な観測情報(水量、水温、水質、水の安定同位体比等)の特徴を統合的に分析するとともに、観測で得られた知見をより広域の流域にスケールアップして、優良地下水帯の分布域を推定する。

(2) 研究実施方法

目標を達成するために、主として二つの課題に取り組んだ。その一つは、分布型流出モデルによる山体地下水流動の再現である。斜面の流出現象を物理法則に基づいて追跡する既往の分布型流出モデルの多くは、基岩の不透水性を仮定している。そこで、山体地下水の流動を簡潔に表現するモデルを新たに開発した。二つ目の課題は、時空間起源追跡手法(Time-Space Accounting Scheme: T-SAS)の改良である。これまでに開発してきた T-SAS は、土壌や地表面の流出過程を対象に、いつ、どこに降った雨が流出しているかを分布型流出モデルで分析するものであった。本研究項目では、山体地下水の流動も対象に含めるとともに、流出の経路を分析できるよう T-SAS を改良した。さらに流量以外のシグナルも用いて分析精度を向上させた。

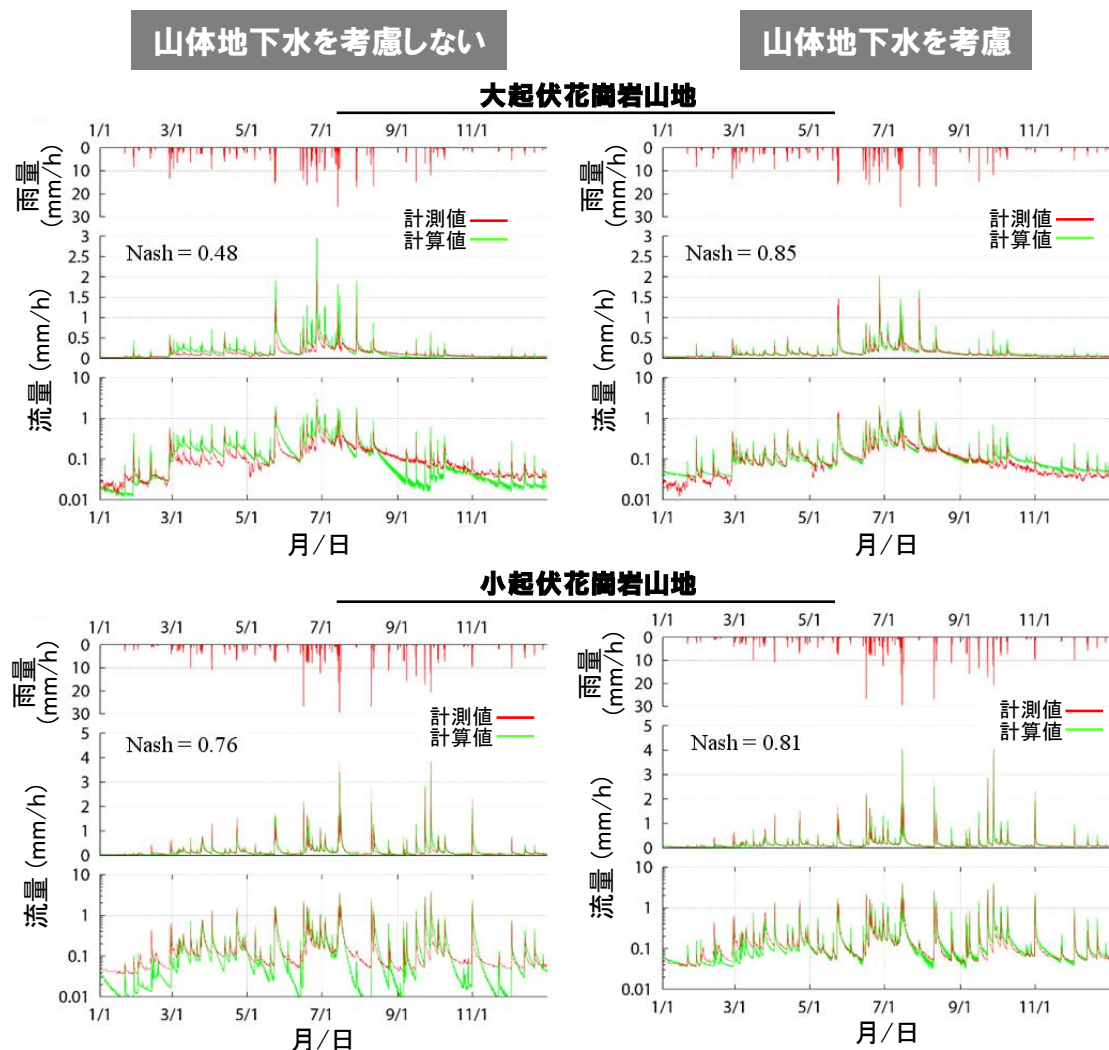


図-5 流量の再現計算結果

Nash 係数は、値が大きいほど再現精度が高いことを示している。

(3) 研究成果

プログラム開発では、まず既存の分布型流出モデルに山体地下水の流動過程を導入した。開発した地下水モデルは、「各グリッドセルの土壌底面から山体地下水面までの深さをモデルの変数に取る」、「Dupuit-Forchheimer の仮定に基づき、地下水の側方流を鉛直積分して解析する」、「透水係数が鉛直方向に指数関数的に低減することを仮定し、山体地下水が存在する下限域を定めることなく、側方流を計算できるようにする」、「山腹斜面の土壌水と山体地下水の相互作用を再現するため、土層から基岩への浸透と、その逆方向の湧出を計算する」という 4 つの大きな特徴を有している。次に改良型 T-SAS の開発においては、山体地下水を別途取り扱うルーチンを付加し、流域下端における流出成分の構成を分析できるようにした。

開発したモデルを、大起伏花崗岩山地 (GL 地区) と、小起伏花崗岩山地 (GS 地区) に適用した結果を図-5 に示す。両流域ともに、山体地下水を水文プロセスに組み込んだモデル (図-5 右側パネル) は、山体地下水を考慮しない従来型のモデル (図-5 左側パネル) よりも再現性が高くなった。特に、基底流出の再現性が大きく向上していることがわかる。この傾向は大起伏花崗岩山地流域においてより顕著であるが、これは「小起伏山地よりも大起伏山地の方が山体地下水の貯留量が多い」という研究項目 2 の結果と合致している。

図-6b は、大起伏花崗岩山地の上流域に存在するセルについて、計算地下水位を計測地下水位と比較したものである。計測地下水位は、積算雨量の多い降雨イベントの後に緩やかで大きな上昇を示しているが、モデルはこの傾向を捉えており、精度を確認できた。さらに図-6c では、流出水の安定同位体比から得られる d 値について、モデルによる計算結果を計測値と比較している。計測値では、雨水の d 値が大きな季節変動を示す一方で、流出水の d 値は年を通してほぼ一定値となっている。開発したモデルでは、流出水における d 値の平準化を良好に再現できていることがわかる。

以上の様に研究項目 3 では、河川流出水の流量波形と水質情報に基づいて、流出水がいつ降った雨で構成され、どのような経路を流れてきたかを推定するモデルを開発した。図-7 は、開発し

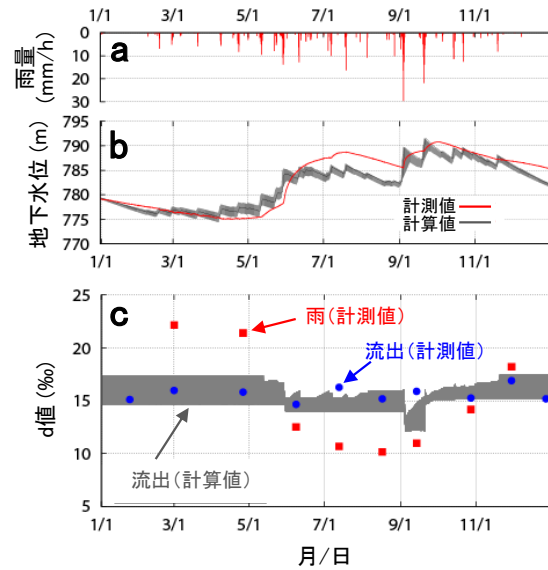


図-6 地下水位と流出水 d 値の再現計算結果
計算値は、信頼区間 5~95% の範囲を示している。

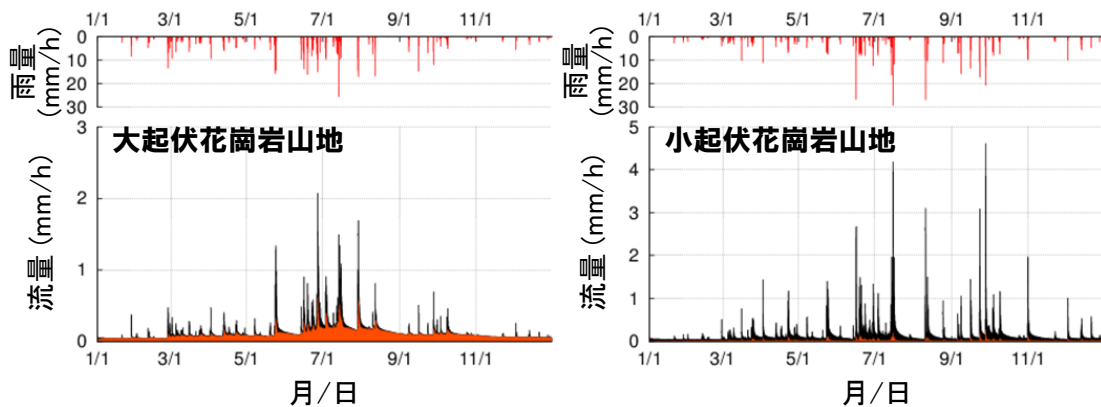


図-7 改良型 T-SAS による流出成分分離結果
オレンジ色の部分が山体地下水の流出成分を表している。

たモデルを用いて流出成分を分離した結果である。大起伏花崗岩山地において、山体地下水が基底流量を大幅に増加させていることが明瞭に示されており、開発したモデルが優良地下水帯分布域の推定に有用なものであることを示唆していた。

4. 山体地下水の構造解明と優良地下水帯推定結果の検証

(京都大学 小杉グループ;立命館大学 藤本グループ;京都大学 勝山グループ)

【研究項目 4】

(1) 研究のねらい

山体地下水の構造を解明し、研究項目 2, 3 による優良地下水帯分布域の推定結果を検証するとともに、研究項目 5 における山体地下水資源開発手法検討のための基礎データを蓄積する。

(2) 研究実施方法

研究項目1で設定した小起伏花崗岩山地, 大起伏花崗岩山地, 小起伏堆積岩山地, 大起伏堆積岩山地で、調査ボーリング孔を用いた水位・水質計測、検層試験、トレーサ実験を行い、山体地下水の涵養・流動プロセス、分布域、賦存量の実態を明らかにした。

(3) 研究成果

① 優良地下水帯推定結果の検証

図-8 は、花崗岩を地質とする GS, GL 地区について、代表的な地点の山体地下水位の計測結果を、雨量ならびに流量と比較して示したものである。小起伏花崗岩山地(GS 地区)に比べて大起伏花崗岩山地(GL 地区)では、地下水位(図中では地表面からの深さを表す地下水深で表示)の年間変動幅が 3 倍程度大きく、山体地下水が雨水の一時的な貯留と山地河川流出水の涵養に大きな役割を果たしていることを示すことができた。GL 地区では、基底流の流出波形が山体地下水位の波形と非常によく似ており、山体地下水が、豊富な基底流の直接の涵養源になっていることがわかった。さらに詳しい解析により、同様の地下水位変動を示す地点が GL 地区内の広域に分布し、水資源開発に適した優良地下水帯を形成していることが判明した。この結果、研究項目 2, 3 による「小起伏花崗岩山地よりも大起伏花崗岩山地の方が地下水貯留量が多い」との推定結果を検証することができた。一方、小起伏花崗岩山地(GS 地区)においては、調査ボーリング孔を用いて計測した地下水位の空間分布の解析から、図-1 に示した F3 流域に向かって周囲の流域から山体地下水が流動していることを確認した。これにより、F3 流域に優良地下水帯が存在するという研究項目 2 の推定結果(図-3 参照)を検証することができた。

堆積岩山地(SS 地区, SL 地区)の山体地下水位は、花崗岩山地と比べて、概して波形が鋭敏であることがわかった。このことは、堆積岩山地の地下水が主として岩石の亀裂内を速やかに移動しており、滞留時間が短いことを示唆していた。ただし大起伏堆積岩山地(SL 地区)においては、山体地下水位の変動波形が流量の変動波形と非常によく似ていることから、地表面に達した降雨の多くが基岩内に浸透し、山体地下水を形成した後に流出していることがわかった。従って、大起伏堆積岩山地では、集水ボーリングを行うことによって大量の山体地下水を利用できると考えられた。この点については、以下の「研究成果②」で詳述する。

小起伏堆積岩山地(SS 地区)では、地下水位の変動が非常に鋭敏で雨水の滞留時間が短いと考えられる地点や、水位の変動幅が小さ

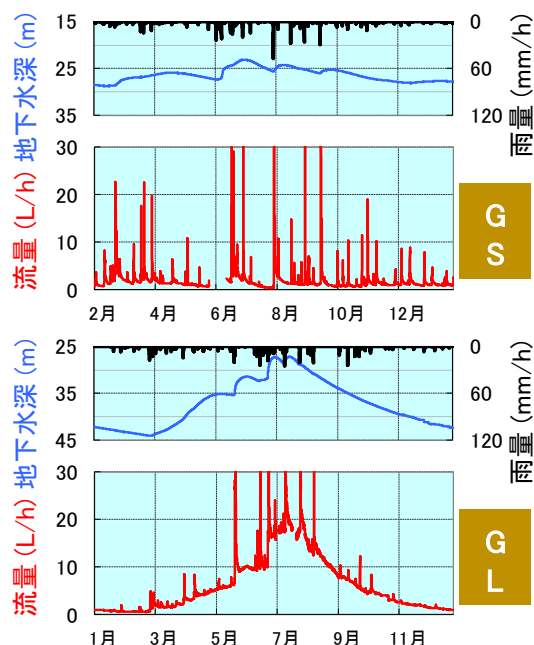


図-8 花崗岩を地質とする地区で計測された雨量、地下水深および流量
地下水深と流量の計測地点は図-2 に示している。

く雨水をほとんど貯留していないと考えられる地点が見られ、山体地下水の水資源利用には適さないことを示していた。ただし、研究項目 2 で優良地下水帯の存在を推定した D1 流域(図-4 参照)の源頭部ゼロ次谷において実施した調査ボーリングにより、地下水流動層が存在していることを確認した。さらに図-9 に示したとおり、ゼロ次谷に賦存する地下水のナトリウムイオン濃度は概して低く、D1 流域からの流出水の濃度(図-4b)と同程度であった。これらのことから、小起伏堆積岩山地においては、「ゼロ次谷に地下水を豊富に集め貯留する機構」を有する流域が存在していることが推察され、基底流量やナトリウムイオン等の水質を手掛かりにしてそのような流域を探索することによって、山体地下水資源開発を効率よく実施できるとの考えを示すことができた。

図-10 には各地区のボーリングコアの一例を示した。概して、大起伏山地(GL および SL 地区)の基岩は小起伏山地(GS および SS 地区)の基岩に比べて、風化や亀裂発達が進んでおり、雨水の基岩浸透が促進されやすいことを示していた。ただし、小起伏山地のボーリングコアにおいても、亀裂に沿った茶褐色化の進行が見られるなど、山体地下水の流動を示す特徴が認められた。

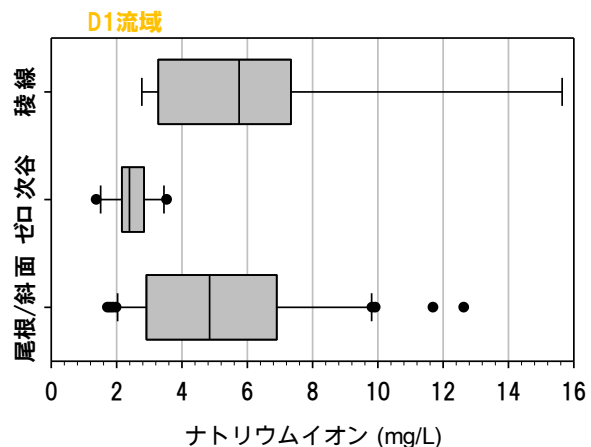


図-9 小起伏堆積岩山地の地下水のナトリウムイオン濃度
D1 流域の濃度を表す黄色の帯は、図-4 の濃度の平均値±標準偏差の範囲を示している。

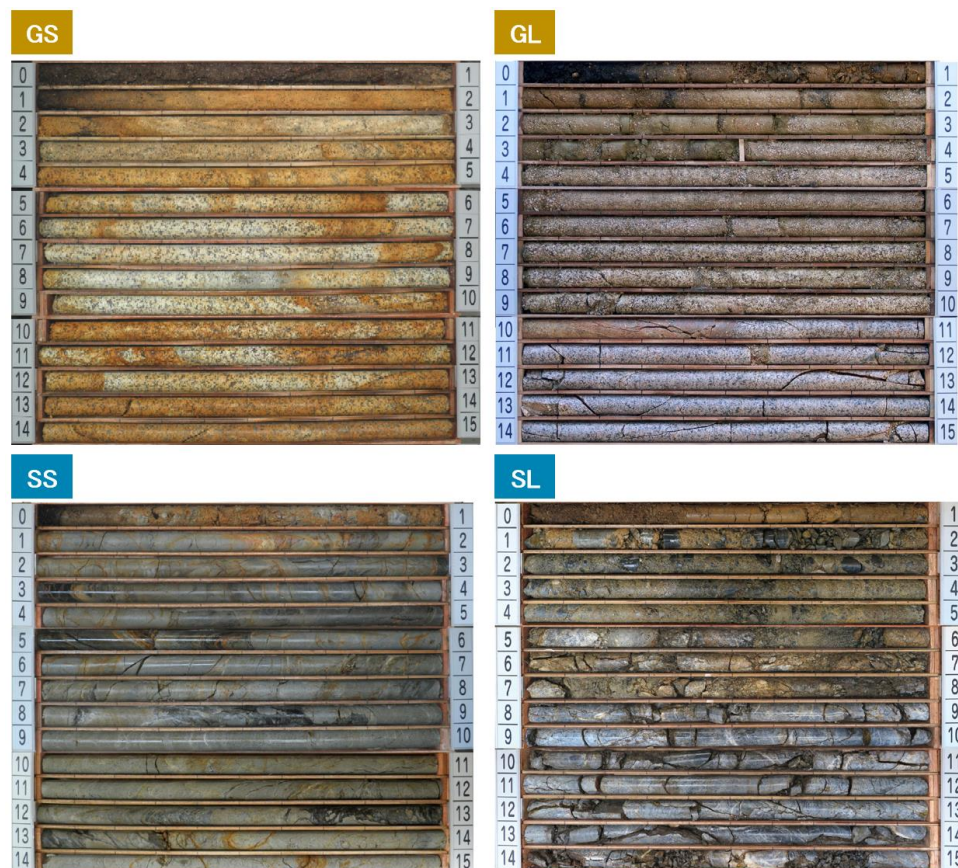


図-10 各地区のボーリングコア写真

② 大起伏堆積岩山地における山体地下水の構造解明

優良地下水帯の存在を確認した大起伏堆積岩山地 (SL 地区) を対象として、山体地下水資源開発手法の構築に資する基礎的な知見を得るために、山体地下水の構造解明を行った。はじめに、調査斜面の詳細な踏査を実施し、湧水点の位置を特定するとともに、断層の把握を行った (図-11)。この斜面の下端部には、大規模な横ずれを示す主断層が存在している。踏査の結果、この主断層に付随する複数の断層が斜面内に存在することがわかった。これらの断層が地表部に露出した部分を観察すると、断層に由来する透水性の低い粘土の存在が確認できた。また、多くの湧水点、これらの断層に沿って線状に分布していることがわかった。以上に基づき、SL 地区の斜面における山体地下水構造を推定したものが図-12 であり、断層を含む縦断面の様子を模式的に描いている。この図では、まず、粘土を伴う断層によって地下水流動が遮断され、断層の上流側に地下水が貯留されると推測している。そして、断層を乗り越えるように水位が浅くなった結果、断層に沿って湧水点が形成され则认为している。このような山体地下水構造が存在する場合には、図-12 に示したような断層を貫く集水ボーリングを実施することにより、山体地下水を効率よく集水できると予想される。

そこで、このような地下水構造を確認するために、図-11 の C1, M1, B1 地点の湧水量を計測するとともに、それらの上流側にある c, m, b 地点において調査ボーリング孔を掘削し、地下水位の

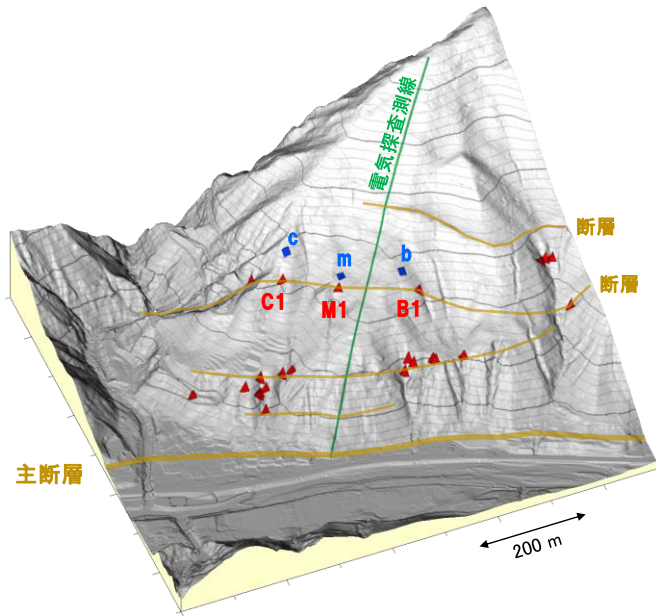


図-11 大起伏堆積岩山地 (SL 地区) の調査斜面
赤△は湧水点の位置、青□は調査ボーリング孔の位置を表している。

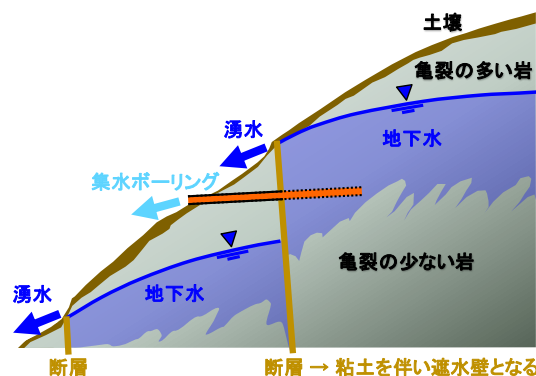


図-12 SL 地区における斜面縦断方向の山体地下水構造を示す模式図

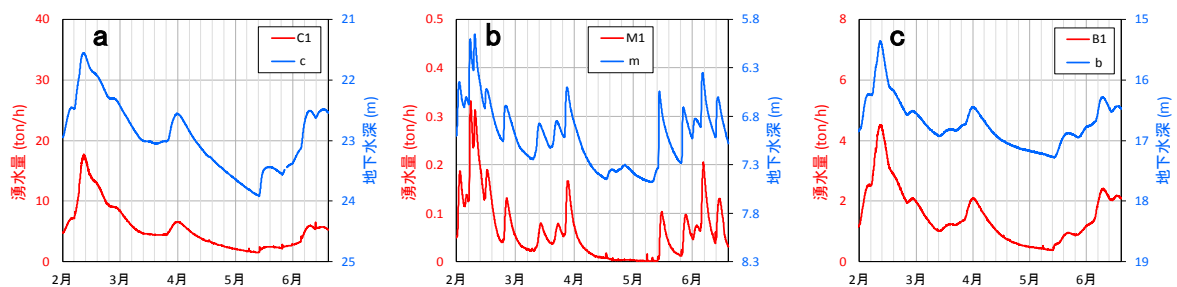


図-13 SL 地区における湧水量と地下水位の対応
地下水深と流量の計測地点は図-11 に示している。

計測を行った。その結果を示した図-13 において、地下水位(図中では地下水深で表示)はおよそ 6 ～24 m の深度に存在しており、湧水量の変動波形は地下水位の変動波形と酷似していることがわかる。このことから、断層の上流側に地下水が蓄えられていることと、断層において一部の地下水が溢れることで湧水を形成し、地下水位の上下に連動して湧水量が増減することが明らかとなり、図-12 に示した地下水構造を確かめることができた。

③ 地下水検層

調査ボーリング孔を利用して地下水の流動層を把握するために、多点温度検層を行った。この際、温水注入法、移動式加熱法、固定式加熱法という異なる三種類の手法を比較することで、最適な手法についても検討を加えた。図-14 は、小起伏花崗岩山地(GS 地区)の斜面中腹に位置する深度 15 m の調査ボーリング孔における結果であり、ボーリング孔に温水を注入した後の温度の回復状況を示している。地下約 10 m より深い深度において、3 箇所ほど回復の著しい部位が見られ、地下水の選択的な流れを検出できた。ボーリング孔掘削時に採取された岩石コアサンプルとの対比から、地下水の流動は基岩の風化程度が変化する部位で大きいことがわかった。このことから、最適な地下水集水深度を決定する上では、コアサンプルの風化度を解析することが有効な手段になり得ることを示唆できた。さらに、三種類の検層方法によって得られる結果には大きな差は認められないが、固定式加熱法を用いた温度検層により、流動層の把握を最も詳細に行えることがわかった。

④ 地下水の平均滞留時間の推定

水の安定同位体比の長期変動データを用いて、山地流域内に存在する地下水帯の滞留時間を推定した。図-15 は、小起伏花崗岩山地で得られた結果である。滞留時間の推定には、地下水帯に新たに流入した水が既存の水と急速に完全混合することを仮定した場合(モデル 1)と拡散的な混合を仮定した場合(モデル 2)を用いたが、総合的な誤差評価で優位性を確認したモデル 1 の結果を採用した。平均滞留時間は、降雨時に土層内に一時的に発生する地下水では 0.3 ヶ月、斜面下部の土層内に恒常的に存在する地下水では 4 ヶ月、降雨時に基岩の浅い部分に一時的に発生する地下水では 4.6 ヶ月、浅い山体地下水(深度 15 m)では 54 ヶ月、深い山体地下水(深度 20 m)では 120 ヶ月と算定された(図-15)。一方、河川流出水の平均滞留時間は 24 ヶ月であり、これと比べて山体地下水の滞留時間は 2.5～8 年も長くなった。この結果から、山体地下水の河川流出水への寄与はあまり大きくないことが推察され、小起伏花崗岩山地では流出水に占める山体地下水の割合が相対的に小さいことを示唆した、研究項目 2～3 の結果と矛盾しないと考えられた。

各地下水帯の平均滞留時間と SiO_2 濃度の間には高い相関があり(図-16)、平均滞留時間の増加とともに SiO_2 濃度は飽和曲線型の上昇を示すことがわかった。このことから、平均滞留時間の算

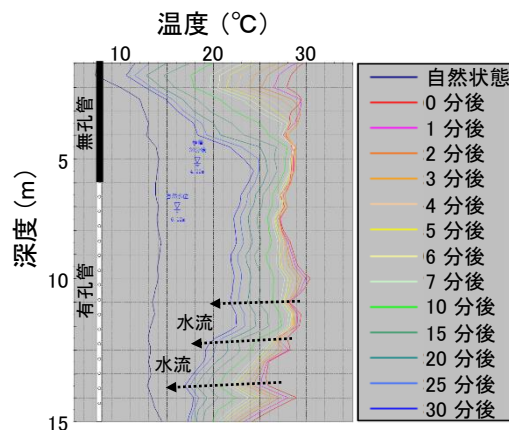


図-14 温度検層(温水注入法)の結果

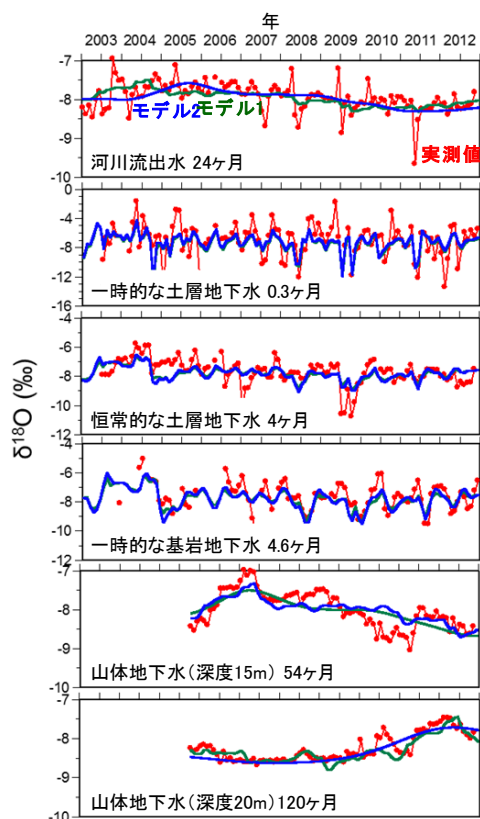


図-15 酸素安定同位体比の長期変動と滞留時間推定結果

定においては、水の安定同位体比を長期間計測する手法の代替として、 SiO_2 濃度の計測が有効であることを示せた。

⑤ 精密ボーリング技術

調査ボーリング孔掘削中の送水圧、送水量、排水量を詳細に計測し、基岩の透水性や地下水流動層の鉛直分布を推定する「精密ボーリング技術」の検討を行った。

図-17 は、大起伏堆積岩山地 (SL 地区) の調査ボーリング孔について、掘削時の送水圧、送水量、排水量を深度毎に示したものである。図中の「掘削境界」は、掘削を一時的に停止した深度であり、その直下において排水量が一時的にゼロになっている(図-17b)のは、掘削を再開した直後には排水が地表(孔口)まで達していないためである。これらとは別に排水量がゼロになっているのは、深度 13.4 ~ 14.5 m を掘削中であり、この深度では送水圧も急激な低下を示していた(図-17a)。送水圧が低下し排水がストップする原因として、掘削時に供給した水が基岩の亀裂内に逃げていくことが考えられる。このことから、深度 13.4 ~ 14.5 m に地下水の流動経路が存在することを示唆できた。

図-17c には、このボーリング孔において後日に計測した地下水位の変動を示した。深度 13.4 ~ 14.5 m は、地下水位が主として変動する深度に対応している

とわかる。この結果より、この深度にある基岩内の亀裂を通じた上流域からの地下水供給量の多寡が、この地点の地下水位をコントロールしていると推測され、ボーリング孔掘削中の送水圧や排水量の変化傾向(図-17a, b)と矛盾しない。一方、深度 13.4 ~ 14.5 m で採取されたボーリングコアには、他の深度のコアと比べて目立った違いは検出されなかったことから、コアの観察のみでは地下水流動経路となる亀裂の存在を特定することは難しいと考えられた。以上の様に、精密ボーリング技術の有効性を示唆する事例が得られた。

5. 適切な山体地下水資源開発手法の検討

(京都大学 小杉グループ; 筑波大学 山川グループ)

【研究項目 5】

(1) 研究のねらい

山体地下水の涵養・流動プロセスを解析する数値シミュレーションモデルを構築する。このモデルを用いて集水方法を検討することで、山体地下水の適切な集水方法を明らかにする。さらに、優

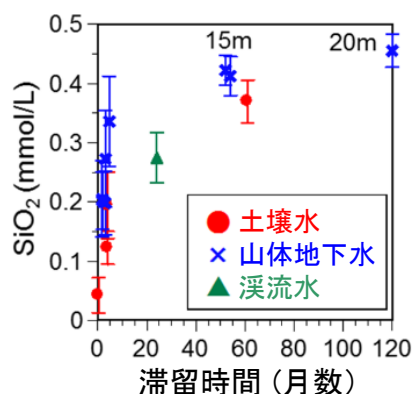


図-16 滞留時間とシリカ濃度の相関

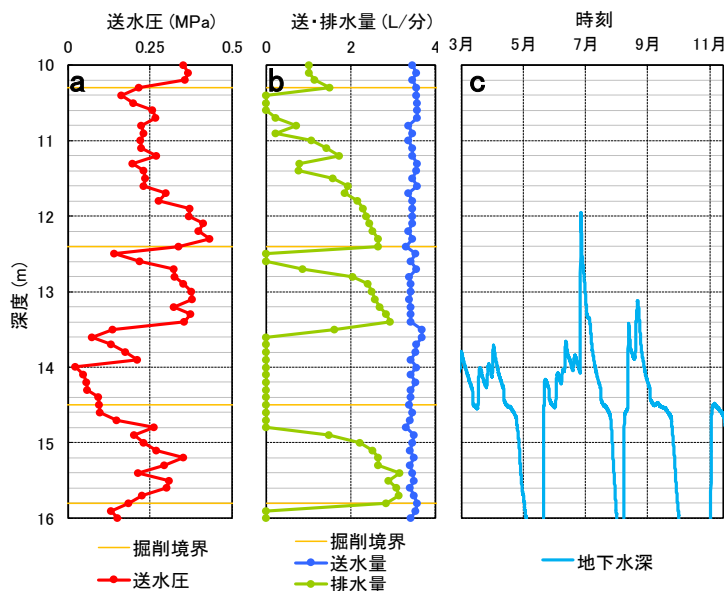


図-17 調査ボーリング孔掘削中の送水圧、送水量、排水量と、その後の孔内水位変動

良地下水帯の探査ならびに数値シミュレーションの入力データ取得を効率的に実施するための、物理探査およびリモートセンシングの活用方法を検討する。

(2) 研究実施方法

数値シミュレーションモデルに関しては、不飽和雨水浸透と飽和地下水流動を考慮した有限要素法に基づく解析コードを開発した。次に、調査斜面での計測結果を用いてモデルの検証を行った。その上で、シミュレーションを実施して、適切な集水方法を検討した。

モデル計算を行う際には、基岩の物理特性に関する情報を与えなければならず、対象斜面の地質構造(異なる岩石の分布状況や断層の配置)を予め把握しておく必要がある。また、集水地点を検討するには、地下水分布状況の概略を把握しておく必要がある。これらの情報を、できるだけ正確にかつ効率良く取得するための物理探査手法(高密度電気探査)ならびにリモートセンシング手法(空中電磁探査)を検討した。高密度電気探査は、地表に数 m 間隔で設置した電極に電流を流し、電気の流れ具合から地盤情報を得る手法である。空中電磁探査は、ヘリコプターから吊り下げた装置より地表に向けて交流磁場を照射して地盤情報を得るもので、5つの異なる周波数を用いることで5深度について調査できる。両手法とも、地盤内部の比抵抗(電気の流れにくさの指標)の分布が出力されるが、その結果を水文観測ならびに調査ボーリングの結果と比較することによって、これらの手法の活用方法を検討した。

(3) 研究成果

① 大起伏堆積岩山地における探査結果

大起伏堆積岩山地(SL 地区)では、図-11 に示した測線において高密度電気探査を実施した。図-18a は、得られた比抵抗値の断面二次元分布を示したものである。一般に地盤の比抵抗は、地下水帯や粘土を伴う断層において小さな値になることが知られている。図-18a では、斜面中央部と下部において「低比抵抗値の鉛直方向への連なり」が検出されているが、それらの位置は図-11 中に示した断層の位置と符合しており、電気探査結果と現地踏査結果を統合的に解析することで断層 A~D の位置を特定した(図-18a の点線)。

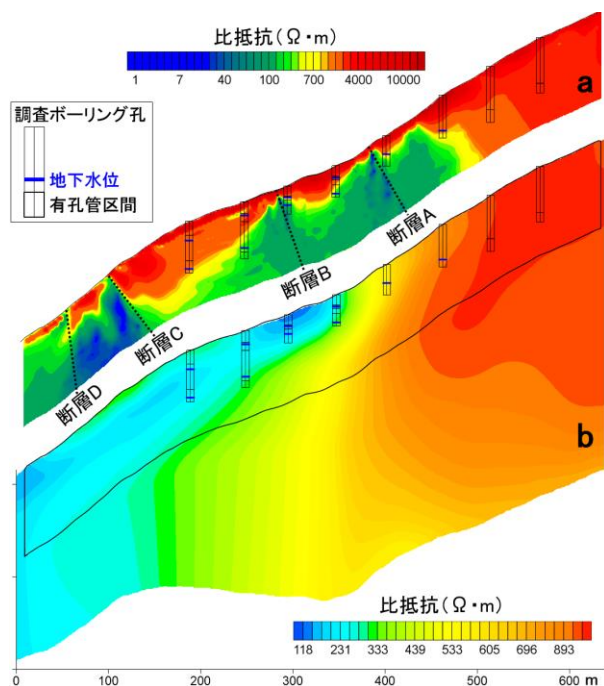


図-18 高密度電気探査(a)と空中電磁探査(b)で得られた比抵抗分布

大起伏堆積岩山地(SL 地区)の結果。測線の位置は図-11 に示されている。

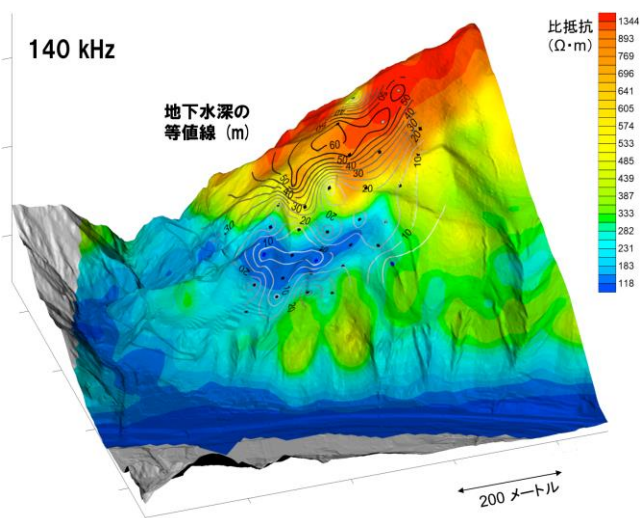


図-19 空中電磁探査で得られた比抵抗分布

大起伏堆積岩山地(SL 地区)の結果。青色○印は湧水点、黒色□印および灰色□印は調査ボーリング孔の位置を表す。

斜面中央部にある断層 B に着目すると、その上流側では、地表面付近の高比抵抗領域と深部の低比抵抗領域の境界線(比抵抗値約 $700 \Omega \cdot m$ のコンター)がほぼ水平であった。この境界線は、断層 B の下流側では傾き、断層から離れるほど深くなった。ボーリング孔内で観測された地下水位分布からは、断層粘土の遮水効果によって断層 B の上流側に山体地下水が貯留され、断層をオーバーフローした地下水が下流側で深部に浸透していることが読み取れ、図-18a の比抵抗分布と良好な対応を示していた。さらにボーリング孔内水位の分布からは、断層 A 付近にも同様の地下水構造が存在することが示唆されており、高密度電気探査による比抵抗の分布もこの構造を表現できている。一方、斜面上部では、高比抵抗を示す赤い領域が山体深部まで広がっていた。このエリアで掘削したボーリング孔では、地表から深度約 60 m の範囲内に地下水位が観測されなかったことから、斜面上部でも、高密度電気探査による比抵抗分布が山体地下水の分布と一致しているといえる。以上のように、高密度電気探査は山体地下水の賦存・流動状況を把握する上で有効な手法になり得ることを示すことができた。

図-18b は、空中電磁探査による 5 深度の計測値を内外挿することによって得られた比抵抗断面二次元分布である。電気探査による比抵抗分布(図-18a)と比べて絶対値の変動幅が小さく、また漠然とした画像となっており、断層に対応する「低比抵抗値が縦に連なる構造」は検出されなかった。ただし、断層 B 周辺では地表付近の比抵抗が低く、断層 B の下流側では低比抵抗エリアが地下に潜り、地表付近の比抵抗が若干高くなる様子を計測できている。この結果は、「断層よりも上流側では地下水が断層粘土の遮水効果によって貯留され、断層をオーバーフローした地下水が断層より下流側で深部に浸透する」という山体地下水構造を表していると考えられる。また斜面上部では、深部まで高い比抵抗が計測されており、ボーリング孔内に地下水が存在しないことと良好に対応していた。これらのことから、山体地下水の賦存・流動状況の概略を把握する手法としての、空中電磁探査の有効性を示唆することができた。

さらに図-19 は、空中電磁探査において最も高い 140 kHz の周波数による比抵抗分布(最も浅い深度の情報)を、湧水点の位置およびボーリング孔内の観測水位から求めた地下水深(但し、灰色四角で示した水位枯渇孔については便宜的に孔底深で代用)の分布と比較したものである。湧水点やその周辺の「地下水位が浅いエリア」において比抵抗が低くなっていることがわかる。また湧水点よりも上流側では、概して斜面に向かって右側のエリアほど地下水位が浅くなっているが、比抵抗も右側で低くなっており、良好な一致が得られている。このように、空中電磁探査は山体地下水位平面分布の概略把握にも活用できる可能性を示した。

② 全調査地区における空中電磁探査結果

空中電磁探査は、高密度電気探査に比べて解像度は悪い(図-18)が、広域を迅速に調査することができる。図-20 には、全調査地区の空中電磁探査結果を示した。大起伏堆積岩山地(SL 地区)では斜面上に低比抵抗エリアが存在し、断層による遮水によって形成された湧水点に対応していた(図-11, 12 参照)が、小起伏堆積岩山地(SS 地区)では、局所的な低比抵抗エリアが河道内部にのみ存在しており、斜面部には顕著な低比抵抗アノマリーは検出されなかった。これは、小起伏堆積岩山地では山体地下水賦存量が比較的少ないことと、地下水帯の平面的広がりが小さいことを反映した結果であると考えられた。

図-20 の大起伏花崗岩山地(GL 地区)と小起伏花崗岩山地(GS 地区)の比較でも、同様の傾向が得られた。GL 地区では、特に周波数 6.9 KHz で得られた深層の比抵抗値が稜線付近で低くなっており、GS 地区と比べて山体地下水賦存量が多いという、研究項目 2~4 の結果と対応していた。なお、花崗岩山地(GS, GL 地区)では堆積岩山地(SS, SL 地区)に比べて比抵抗が全般的に高くなっているが、これは岩質の違いを反映した結果であると考えられた。

③ 小起伏山地における空中電磁探査結果

研究項目 2 では、山体地下水賦存量が概して少ない小起伏山地であっても、山体地下水の流れが集中する流域を選定することによって、地下水資源開発が可能になることを示唆した。このうち小起伏花崗岩山地(GS 地区)では、F3 流域において山体地下水の集中が見られた(図-3)。図-21 は、GS 地区の稜線(図-1 中の緑の点線)に沿った断面における比抵抗分布を示したものであり、図-20 と比べてより細かな比抵抗値の違いが現れるようにカラースケールを設定している。F3 流域は 2 つの山頂の間の鞍部に位置している(図-1 参照)が、これらの山頂付近では地表付近の比抵

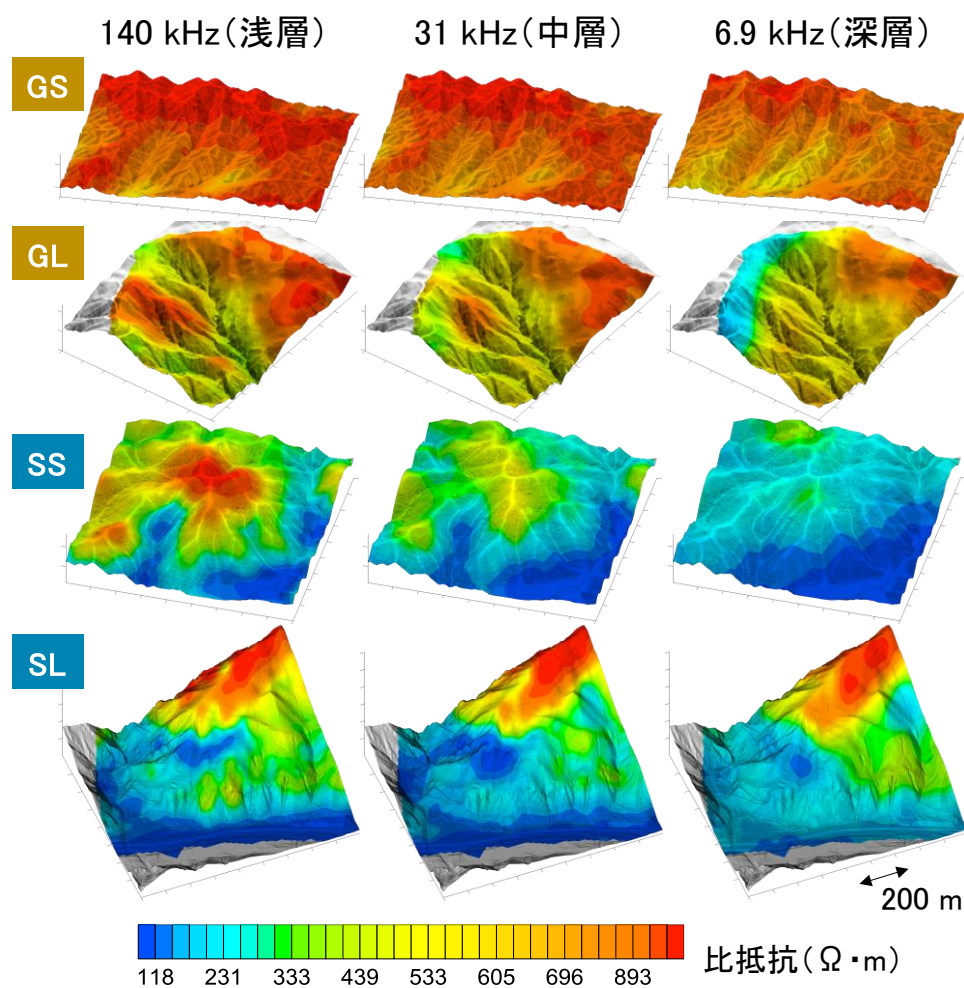


図-20 空中電磁探査で得られた各地区の比抵抗分布

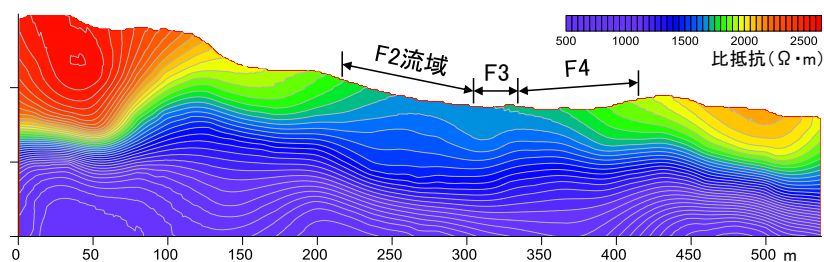


図-21 空中電磁探査で得られた比抵抗分布
小起伏花崗岩山地 (GS 地区) の結果。計測データをクリギング補間している。

抗が高いため、F2、F4 流域には高比抵抗部が存在している。一方、F3 流域の比抵抗は小さくなっている。これは、F2、F4 流域からの流れによって地下水が集中していること(研究項目 4 参照)を反映した結果と推察される。このように、空中電磁探査による低比抵抗エリアの分布に基づき、異なる山体からの地下水集中箇所を推察できる可能性がある。

一方、小起伏堆積岩山地(SS 地区)では、D1 流域において山体地下水の集中が見られた(図-4)。図-22 は、C～G 流域周辺の比抵抗分布を、それぞれの周波数による値の違いが鮮明になるようにカラースケールを調整して示したものである。基底流量が最も少ない E、F 流域(図-4)では、

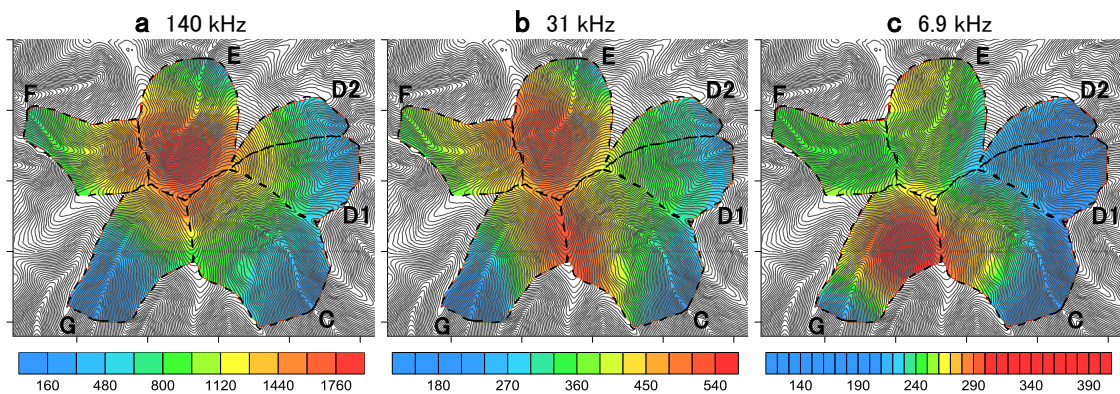


図-22 空中電磁探査で得られた比抵抗分布
小起伏堆積岩山地(SS 地区)の結果。比抵抗の単位は $\Omega \cdot m$ 。

特に 140 kHz と 31 kHz による比抵抗が高くなっていた。G, C 流域では、河道部の比抵抗は小さいものの、斜面部では特に 31 kHz と 6.9 kHz による値が高くなっていた。山体地下水の集中が見られた D1 流域と D1 に隣接する D2 流域の斜面部の比抵抗は、140 kHz では特に低いわけでは無いが、31 kHz と 6.9 kHz では他の流域よりも低くなった。以上の結果から、小起伏堆積岩山地においても空中電磁探査の結果を詳細に分析することによって、地下水が集中する流域を推定できる可能性があることがわかった。

④ 山体地下水集水の数値シミュレーション

図-23 は、大起伏堆積岩山地(SL 地区)を対象として集水の影響を検討した数値シミュレーション結果であり、図-11 の電気探査測線に沿った縦断面の様子を示している。計算は図-18a の電気探査領域について行い、比抵抗 $150 \Omega \cdot m$ 以下の領域を透水性の悪い断層と仮定して、CL 級岩盤に相当する $7.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ の飽和透水係数(Katsura et al., Vadose Zone J., 8, 557-573, 2009)を与えた。他の部分には、より大きな DL 級岩盤に相当する値(飽和透水係数 $3.4 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$)を与えた。斜面上流端および基岩底面は不透水とし、他の境界は大気に解放された状況を想定して浸潤面条件を与えた。

初めに、SL 地区の平均有効降雨強度に相当する 0.20 mm/h の降雨を連続して供給した場合の平衡状態をシミュレートし、現地斜面における計測結果と比較した。算定された間隙水圧分布(図-23a)では、断層粘土の遮水効果によって断層の上流側に地下水が貯留されている様子や、断層をオーバーフローした地下水が断層より下流側で深部に浸透する様子が再現されており、調査ボーリング孔を用いた地下水位計測結果とも良好な一致を示していた。地下水流動(フラックスベクトル)を示した図-23b では、断層を乗り越えた地下水が大きな速度で流れていることや、断層の上流側に蓄えられた地下水帯内部で比較的大きな地下水流動が起きていることが示されている。

次に図-23c は、図中の黒線の位置で断層を貫くボーリングを実施し、集水を行った場合のシミュレーション結果である。ボーリングにより集められる水量は斜面全体の総流出量の 30%に達しており、断層を貫く集水ボーリングによって効率のよい集水を行える可能性を示すことができた。集水地点付近では、集水前と比べて地下水位が凡そ 20 m 低下した。また、集水地点よりも斜面下流側の広範囲において地下水位が低下した。一方、集水地点よりも上流側では、水位低下は断層の位置で止まっており、その上流側の地下水には影響が拡大していないことがわかる。図-23d では、集水ボーリングに向かう大きな地下水流動が発生し、断層を乗り越える大きな地下水流動は消滅していることがわかる。

集水による地下水位の低下が、崩壊に対する斜面の安定化にもたらす効果を評価するために、図-23a および 23c の間隙水圧分布を用いて斜面安全率の計算を行った。計算では円弧状滑りを想定した修正 Bishop 法を用い、風化が進んだ基岩の強度定数として粘着力 4 tf/m^2 、内部摩擦角 30° (石井正之『土木地質調査のための基礎知識』北海道地質調査業協会を参照)を仮定し

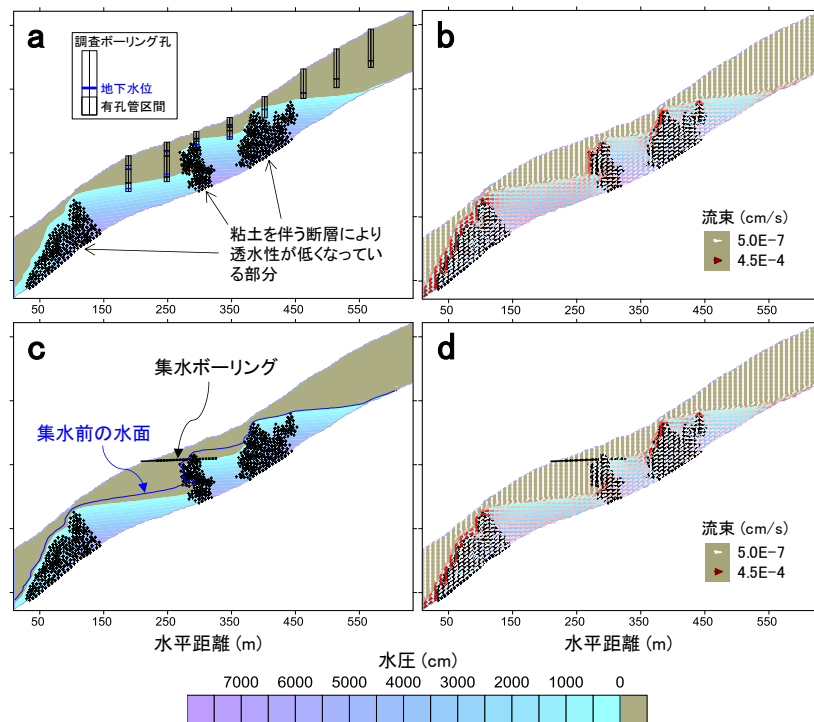


図-23 数値シミュレーションによる集水前(a, b)と集水後(c, d)の地下水位およびフラックスベクトルの分布
大起伏堆積岩山地(SL 地区)の結果。斜面内部の+印は断層の位置を表す。

た。その結果、集水を行う前の図-23a の状況では、安全率が 0.958 となり1を下回っていたが、集水を行った図-23c の状況では、安全率が 1.004 まで上昇した。仮の強度定数を用いたここでの計算は、実際の斜面の安全率を正確に表すものではないが、山体地下水の集水が斜面安全率の増加に有効であることを定量的に試算することができた。

以上のように、図-23 の結果は集水ボーリングによる山体地下水開発の有効性を示しているが、下流側において河川水、湧水、井戸水等の利用が既に行われている場合には、それらの取水可能性が減少するという問題が生じ得ることに注意しなければならない。斜面全体で見れば、この取水量の減少は、新たに実施した集水ボーリングによる集水で補われていることになるので、複数の当事者が居る場合には、集水した水の分配に関する調整を図ることが問題の解決に繋がると考えられる。また、山体地下水の水深は一般に 10～100 m と深く、集水による水位低下が地表付近の動植物の活動・生育に及ぼす影響は比較的小さいと予想されるが、湧水点や断層に近く、山体地下水が地表面付近にまで上昇しているエリア等では、集水の影響を受けて乾燥した環境に変化することが考えられるため、注意が必要である。

6. 地形と山体地下水分布・崩壊危険箇所分布の対応の解明

(京都大学 松四グループ;京都大学 小杉グループ)

【研究項目 6】

(1) 研究のねらい

地下水の流動や賦存状況について多くの情報を含むとされる山体の地形情報を適確に解析し、山体地下水資源開発に有効に活用する方法について検討する。さらに、地形発達の見点から、山地における深層崩壊(降雨浸透によって基岩内にすべり面を形成して運動する大規模斜面崩壊)の発生危険度を予測する。その上で、研究項目 4 による地下水調査結果を併せて解析し、土砂災害による被害を軽減する手法を構築する。

(2) 研究実施方法

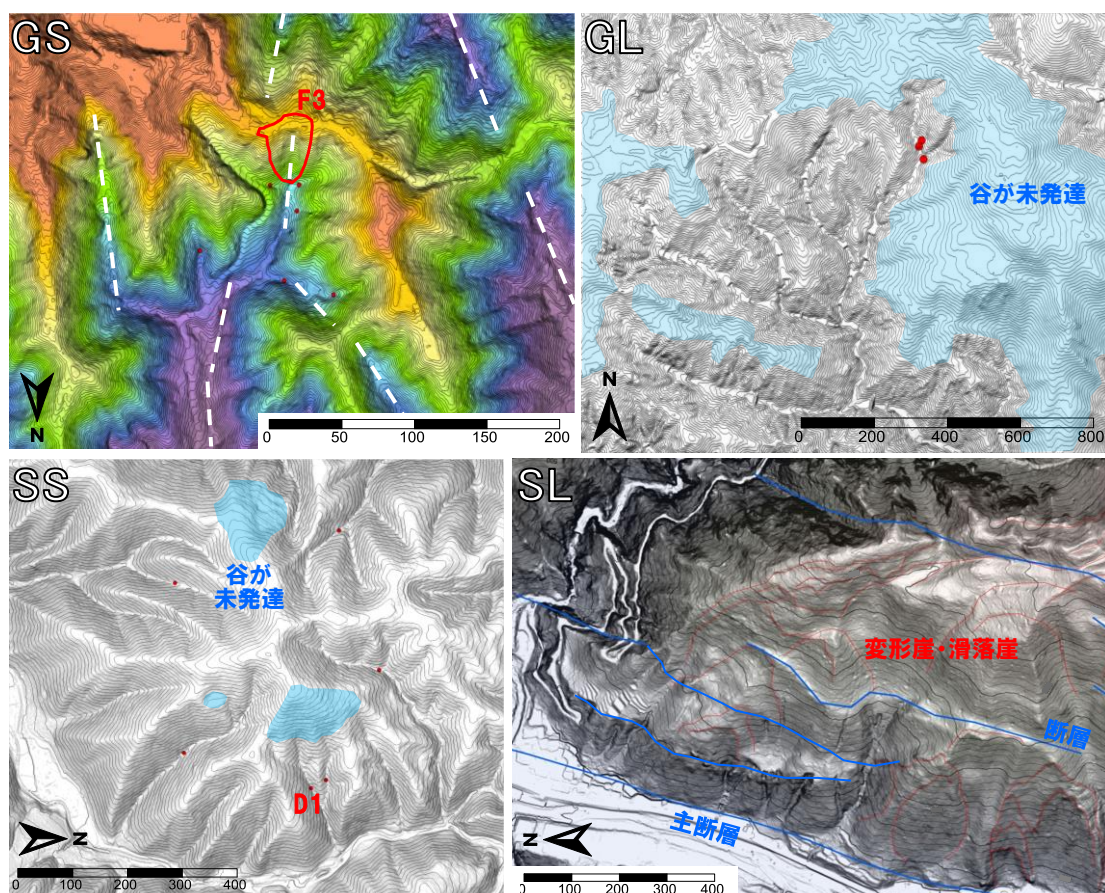


図-24 数値地形図を用いた地形解析結果

赤○印は流量計測地点を示している。縮尺の単位はメートル。等高線間隔は、GS:1m, GL:5m, SS:5m, SL:10m。

研究対象地においてヘリコプターを用いたレーザープロファイラ計測を行い、精密な数値地形図を作成した上で、地形情報(隆起準平原、遷急線、線状凹地、リニアメント、断層等の地形要素に関する情報)を抽出した。これらの地形情報と優良地下水帯分布の対応を解析し、山体地下水の探査における地形データの活用方法を検討した。さらに、地形情報と水文情報(降雨に対する山体地下水位の反応)を併せて解析することにより、斜面崩壊発生危険度の予測、ならびに土砂災害に対する警戒・避難の判断をサポートする情報を提供するシステムの開発を行った。

(3) 研究成果

① 地形解析結果

図-24 には、各調査地区の地形解析結果を示した。小起伏花崗岩山地(GS 地区)では、南北方向に大きな谷が発達し(図中の破線)、その谷と直角に交わる東西方向の小谷が形成されている。この谷の方向は、花崗岩の節理の方向と一致していた。そして、基底流量が豊富で山体地下水の集中を確認した F3 流域(図-3)は、南北に走るメインの節理に沿って発達した谷の源頭部に位置し、東側にある大規模な山体と西側にある小規模な山体の境界部に位置していることがわかった。このような山体の境界部では、両方の山体から供給された地下水が節理に沿って流下し、豊富な基底流を涵養していることが考えられる。以上の結果から、小起伏花崗岩山地では、節理に沿って発達した山体の境界部の谷に着目することによって、山体地下水資源開発に適した流域を特定できる可能性がある。

大起伏花崗岩山地(GL 地区)では、溪流の浸食作用によって深い谷が発達している一方で、遷急線より上部の隆起準平原では谷の発達が進んでおらず、極めて対照的な平坦な地形を呈して

いる。流量計測を行った流域の上流部は、このような準平原に属しており、調査ボーリングの結果は深部まで風化の進んだ基岩の存在を示していた(図-10 参照)。降雨の大半が風化基岩に浸透することによって、地表流の発生が抑えられ、谷が発達しにくいものと考えられる。そして基岩に浸透した雨水は、風化層を不飽和浸透した後山体地下水として蓄えられ、長期間をかけて溪流に流出していることが推察された。このようなことから大起伏花崗岩山地では、谷の未発達な準平原の分布に着目することによって、山体地下水資源開発に適した流域を特定できる可能性がある。

小起伏堆積岩山地(SS 地区)では、大起伏山地(GL 地区や SL 地区)に比べて、顕著な谷の発達が認められた。ただし、谷の発達が遅れたエリアも一部に見られ、豊富な基底流量を有する D1 流域(図-4)の上流部はそのようなエリアに属していた。このエリアで実施した調査ボーリングの一部では、地表面に亀裂の発達したチャートの層が存在していることを確認した。チャートは硬質な岩石であるため、侵食されにくく、谷の形成が抑制されるものと考えられる。さらに、多数の亀裂を有するために雨水の大半は基岩に浸透し、山体地下水となって豊富な基底流を涵養するものと推察された。以上のことから、小起伏堆積岩山地においても、谷の未発達な地形に着目することによって、山体地下水資源開発に適した流域を特定できる可能性を示すことができた。

大起伏堆積岩山地(SL 地区)の調査斜面は、層理面に対する流れ盤構造を持つことがわかった。斜面には多数の変形崖や滑落崖が存在しており、現地踏査結果と併せて検討したところ、これらは重力変形ならびに深層崩壊の痕跡であると考えられた。さらに斜面に多く存在する湧水点は、崩壊地の中・下部あるいは重力変形段差末端の断層上に位置していることがわかった。このことは、山体からの水の湧出が、地質構造およびその変形によって形成された構造の影響を受けており、特に斜面末端の主断層に付随して形成された断層が重要な役割を果たしていることを示唆していた。すなわち、「断層による遮水構造によって山体地下水がプールされ、層理や節理の規制を受けて流動し湧出する」という地下水流動様式(図-12)を推定することができた。さらに、この「断層による遮水構造」を貫く水抜きボーリングを実施することによって、山体地下水を効率良く集水できると同時に、地形変形領域の地下水位を低く抑えることができ、深層崩壊の発生を軽減できると考えられた。このように大起伏堆積岩山地では、地形に現れる断層の位置に着目することで、山体地下水の集水に適する地点を特定できる可能性を示すことができた。

② 土砂災害に対する警戒・避難をサポートする情報を提供するシステム

斜面崩壊は、降雨強度が強い場合に発生する例もあるし、強度はさほど強くないが降雨の総量が多い場合に発生する例もある。また、同じ降雨強度でも、それまでに降った雨の総量が少なければ崩れないし、多ければ崩れる傾向があることも判っている。このため斜面崩壊の発生を予測するには、降雨の総量の影響を評価するための雨量指標(長期的雨量指標)と、降雨強度の影響を評

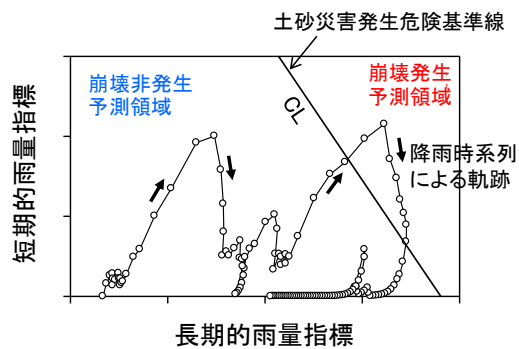


図-25 スネーク曲線図を用いた斜面崩壊発生予測

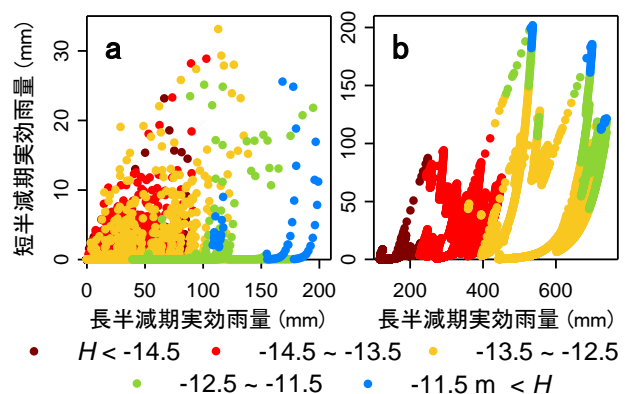


図-26 地下水位 H によるスネーク曲線図の塗り分け
a: 半減期 72 h と 1.5 h, b: 半減期 1061 h と 77 h。
小杉, 斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法, 砂防学会誌, 67(5), 12-23, 2015 の図を改変。

価するための雨量指標(短期的雨量指標)を併用することが効果的である。そこで一般的に、図-25のような、長期的雨量指標と短期的雨量指標をそれぞれ横軸・縦軸とするグラフ(スネーク曲線図)を描き、各時刻について点をプロットし、それを線で繋いで降雨時系列による点の軌跡を追跡することが行われる。スネーク曲線図上には、境界線(土砂災害発生危険基準線;CL)が引かれており、スネーク曲線がその右上の領域に侵入した時点で崩壊が発生すると予想するのである。

降雨に伴う斜面崩壊は、多くの場合、地下水位の上昇が引き金となって発生する。よって、スネーク曲線図による崩壊発生予測には、「長期的雨量指標と短期的雨量指標の組み合わせによって斜面内の地下水位変動が予測できている」という前提があると考えられる。ただし、ここで問題となるのは、長期的雨量指標(横軸)と短期的雨量指標(縦軸)に何をを用いればよいのか、という点である。

図-26aは、半減期72hの実効雨量を横軸に、半減期1.5hの実効雨量を縦軸に取ったスネーク曲線図上で、各時刻のプロットをその時刻に観測した山体地下水位によって塗り分けたものである。(実効雨量は、半減期をパラメータとして、先行降雨の影響を加味した雨量指標である。半減期は、ある時刻に降った雨の影響が半分に低下するまでの時間を表す。)このスネーク曲線図は、従来の災害発生予測において広く用いられてきたものであるが、観測地下水位をあまり判別できていない。一方、横軸・縦軸それぞれの実効雨量の半減期を最適化した場合(図-26b)には、プロットを比較的きれいに塗り分けられることがわかった。多くの地点で観測した山体地下水位データを用いて同様の解析を行ったところ、地下水位変動を最も良く再現できる実効雨量の半減期の組み合わせは、地点ごとに異なることが判明した。

豪雨に伴う斜面崩壊を予測する従来の技術は、地質、地形、水文特性等の違いに関係なく全国一律の雨量指標を用いることが多い(例えば図-26a)ため、斜面ごと、地点ごとに異なる特徴を十分には反映できず、精度に限界があると考えられる。本研究では、図-26の結果に基づき、「様々な半減期の組み合わせで多数のスネーク曲線図を描き、各々のスネーク曲線図で既往最大値超過が起きているか否かを検出する手法」を新たな技術として提案した。この技術によって、崩壊予測における「見逃し」を減らせる可能性や、土砂災害に対する警戒・避難をサポートするわかりやすい情報を提供できる可能性があり、減災に貢献すると期待される。過去に発生した土砂災害を対象として技術の検証を行い、その有用性を示唆することができた。

7. 山体地下水の水質と汚染リスクの検討

(京都大学 中村グループ;京都大学 小杉グループ)

【研究項目 7】

(1) 研究のねらい

水のおいしさ、安全性は、水資源開発において特に重要である。本研究項目では、降雨、地下水、河川流出水の水質分析結果に基づいて、どのような地形・地質・岩質・地下水流動特性を持つ山体地下水が優良な質を示すのかを明らかにする。また、源流域に位置する山体地下水であっても、汚染の可能性があり、そのリスクを評価する。

(2) 研究実施方法

降雨、地下水、河川流出水の水質分析結果に基づいて、地下水を飲用利用した場合の安全性とおいしさについて検討し、地形・地質・岩質・地下水流動特性と対比した。山地源流域では、近年、シカ、イノシシ、サル等の野生動物が増加しており、それらの糞便による汚染が深刻になっている可能性がある。特に塩素に耐性を示すクリプトスポリジウムによる汚染は、浄化手法を検討する上でも重要となるため、集中的な調査を実施した。

(3) 研究成果

① クリプトスポリジウムによる汚染リスク

図-27は、クリプトスポリジウムの指標菌である大腸菌の分析を行った結果である。1つの湧水と、その近傍で掘削した調査ボーリング孔内地下水を対象とした。調査ボーリング孔は同一地点に3本掘削されており、それぞれ上(4.3~5.4 m)、中(7.7~11.5 m)、下(14.3~19.0 m)の異なる深度の地下水が孔内に流入するようになっている。図中の丸印のx座標が採水日時を表しており、中抜きは○は陰性、塗りつぶしは●は陽性であったことを示している。湧水については、豪雨の後

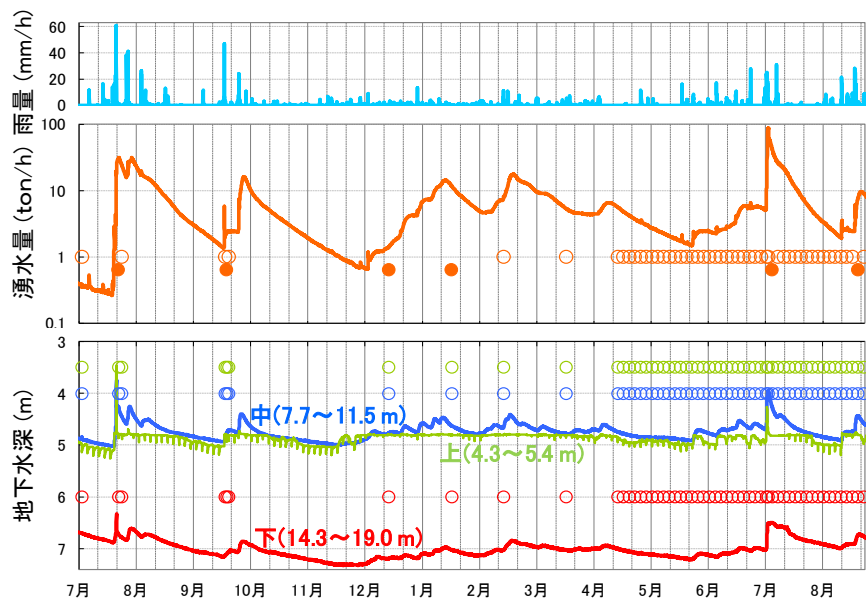


図-27 雨量, 湧水量, 地下水深ならびに大腸菌分析結果
中抜きは○は大腸菌陰性, 塗りつぶし●は大腸菌陽性を表す。

等のタイミングで大腸菌が検出されることがあった。大量の雨水が表層土壌を浸透する過程で汚染され、十分に濾過されない状態で湧水に混入することが原因の一つと考えられる。一方、山体地下水については、深度に関わらず大腸菌は一度も検出されなかった。地下水の場合は、たとえ浅い帯水層であっても十分に濾過が行われ、大腸菌が取り除かれた可能性が考えられる。

次に、40本の調査ボーリング孔を対象として、孔内地下水を一斉に採水し大腸菌の分析を行ったところ、39箇所においては陰性の結果が得られた。陽性となった1箇所のボーリング孔では、降雨に対する地下水位の応答が他の多くの孔に比べてかなり緩慢である一方、豪雨時に限っては比較的鋭敏な水位上昇を示していた。このことから、豪雨時に表層の水が基岩の亀裂を介して浸透することによって地下水に大腸菌が混入し、その水が長期間滞留したために、陽性の反応が出たものと推測した。

以上のことから、山体地下水は、大腸菌やクリプトスポリジウムの汚染リスクが比較的低い水資源であると考えられたが、亀裂を介した表流水の混入がある場合等には汚染が発生する可能性があることもわかった。

② 重金属による汚染リスク

湧水と山体地下水を対象として、カドミウム濃度を分析した結果を図-28に示した。湧水および上・下深度の地下水では、水道水質基準である0.003 mg/Lを超える濃度が検出されない一方で、中深度の地下水は顕著な濃度変動を示し、期間のおよそ半分で水質基準を上回っていた。図-29に示したマンガン濃度についても、湧水ではゼロに近いが、中・下深度の地下水では水道水質基準(0.05 mg/L)を上回る濃度が検出され、特に下深度の地下水は、ほぼ全期間に渡って基準超過となっていた。上深度の地下水については、1回の分析結果を除き、水質基準を下回っていた。

次に、各調査地区において地下水と湧水を一斉にサンプリングして12項目の水質を分析し、水道水質基準の超過状況を調査した(表-1)。ホウ素、塩化物イオン、銅、ナトリウム、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、硬度については、全ての地下水・湧水サンプルで基準を満たしていた。(但し、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素に関してはGL地区はデータ無し。)一方、アルミニウム、鉄、マンガンについては、全調査地区で、基準値を超える地下水が存在していた。鉛についても、データが無いGL地区を除いて、基準値を超える地下水が存在していた。カドミウム、亜鉛については基準値を超える地下水を有する地区があった。一方、湧水については、アルミニウム濃度がGS地区とSS地区の一部で基準値を超過していたものの、他の項目についてはいずれの地区でも基準値以

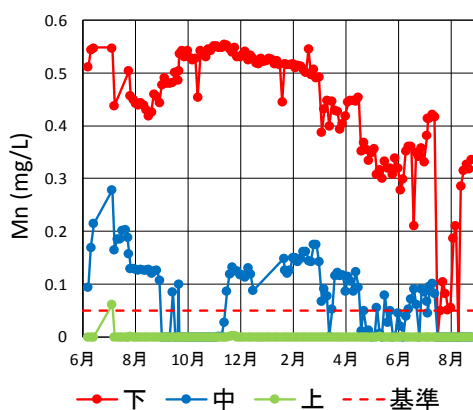
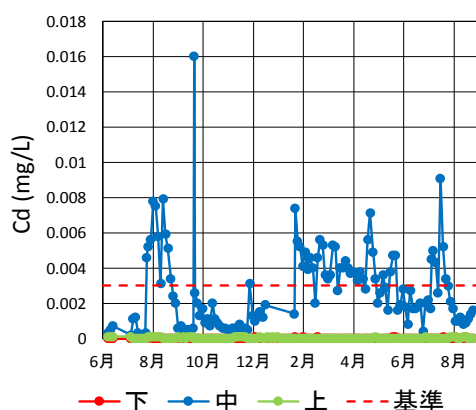
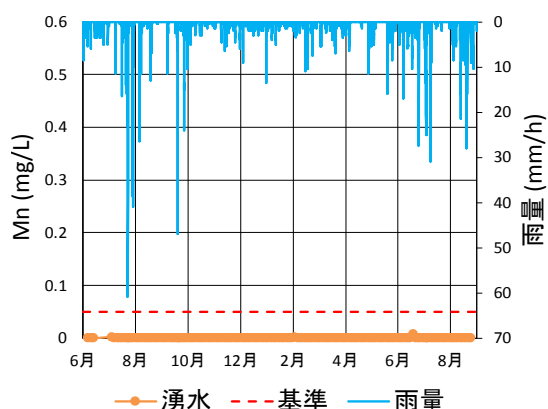
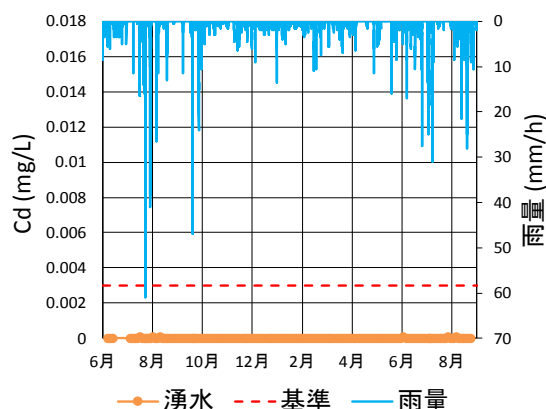


図-28 湧水と地下水のカドミウム濃度

図-29 湧水と地下水のマンガン濃度

表-1 各地区の地下水・湧水において水道水質基準を超過したサンプルの数

流域	種目	総サンプル数	Al	B	Cd	Cl	Cu	Fe	Mn	Na	Pb	Zn	窒素 ¹⁾	硬度
GS ²⁾	地下水	62	3	0	0	0	0	1	6	0	9	0	0	0
	湧水	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GL ³⁾	地下水	35	1	nd	nd	0	nd	1	8	0	nd	nd	nd	0
	湧水	6	0	nd	nd	0	nd	0	0	0	nd	nd	nd	0
SS	地下水	64	8	0	1	0	0	5	14	0	4	5	0	0
	湧水	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SL	地下水	42	6	0	0	0	0	7	12	0	2	0	0	0
	湧水	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾ 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素

nd: データ無

²⁾ 2回にわたる計測の最大濃度で判断

³⁾ 4～8回にわたる計測の最大濃度で判断

下であった。

以上のように、山体地下水の利用に際しては、重金属による汚染に注意を払う必要があることがわかった。山体地下水の汚染状況は、同じ地区においても地点によって異なり(表-1)、また同じ地点においても深度によって異なる場合が見られた(図-28, 29)ことから、局所性が大きい傾向が推察される。また、山体地下水を起源とする湧水では、アルミニウムを除いて汚染が検出されなかった(表-1)ことから、アルミニウムを除く重金属で汚染されているのは、主として流動性が低い(滞留時間が長い)地下水であり、実際に流動して湧水の涵養源となっている地下水については、汚染の程度が低いことが推察される。そうであるならば、山体地下水の集水を行った場合にも、集水ボーリングに集まる流動性の高い地下水は汚染の程度が低く、水質基準を満たした集水を行える可能性が考えられる。ただし、より細かな時間インターバルで水質のモニタリングを行った湧水につい

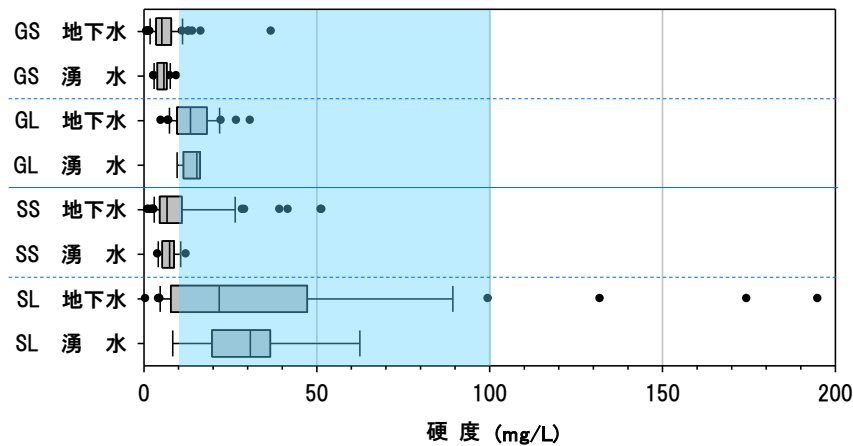


図-30 各地区の地下水・湧水の硬度

では、表-1 では超過なしとなっても、新たにアルミニウム、鉄、マンガンが基準値を超過する期間が存在する場合があることもわかった。よって、山体地下水の利用に当たっては、水質の時間的な変動にも注意する必要があるといえる。

③ 山体地下水の硬度

水の味を評価する尺度の一つに、水の硬度(マグネシウムとカルシウムの濃度から換算した炭酸カルシウム濃度)がある。硬度が高すぎると味としては「しつこい」、低すぎると「淡白でコクが無い」等と表現されることが多く、厚生省(当時)が発足させた「おいしい水研究会」では硬度 10～100 mg/L がおいしい水の要件とされている。ただし、水の美味しさには個人差があり、さらに「飲み慣れ」も味の感じ方に大きく影響すると考えられる。日本で市販されているミネラルウォーターにも、硬度が 100 mg/L を超えるものが存在している。

図-30 には、各調査地区で採取した地下水と湧水の硬度を示した。同地区の地下水と湧水を比べると、平均的な硬度の値はほぼ同じであるが、地下水の方が値のばらつきが大きいことがわかった。このことから、異なる経路を流動した地下水が混合して湧水を形成していることが推察される。地下水や湧水の平均的な硬度が大きい方から並べると、大起伏堆積岩山地(SL)、大起伏花崗岩山地(GL)、小起伏堆積岩山地(SS)、小起伏花崗岩山地(GS)となり、大起伏山地の方が小起伏山地よりも大きく、堆積岩山地の方が花崗岩山地よりも大きい傾向が認められた。大起伏山地(GL, SL)の山体地下水の多くは 10～100 ppm の硬度を示しており、大起伏堆積岩山地では 100 mg/L を超えて硬水に分類される地下水も見られた。

8. とりまとめ

(京都大学 小杉グループ)

【研究項目 8】

(1) 研究のねらい

山体地下水資源開発技術をより実効性のあるものとするために、フィージビリティスタディを実施する。その上で、研究成果を取りまとめ、山体地下水資源開発技術として提案する。

(2) 研究実施方法

大起伏山地を対象として、国土交通省や県が取得した地質・地形・水文データの解析、ならびに独自の地質・水文調査と水質分析を行い、最適な集水方法について考察した。その上で、実際に掘削された集水ボーリング孔により集められた水の量と質の調査結果を用いて、山体地下水の水資源としての有用性を検証した。これらの結果に基づいて、中山間地域における新たな水資源としての山体地下水の重要性について検討を加えた。以上のフィージビリティスタディの成果、ならびに研究項目 1～7 の成果を取りまとめ、中山間地域における新たな水資源開発技術としての意義について考察を加えた。

(3) 研究成果

① 山体地下水の集水

図-31 には、調査地の地形、観測施設の配置、ならびに空中電磁探査により得られた比抵抗分布を示した。地質は堆積岩であり、大起伏の地形を示すことから、研究項目 1～7 で対象とした 4 地区の中では SL 地区に類似している。図-31 中に示した A 沢では谷の発達が遅れており、近傍の斜面において、SL 地区と同様に多数の変形崖が存在することがわかった。現地踏査結果と併せて検討したところ、これらは重力変形の痕跡であると判断できた。一方 B 沢では、地表流による浸食や比較的深度の浅い崩壊が顕著で、谷の発達が進んでいることがわかった。以上のことから、A 沢と B 沢を比較した場合には、A 沢において基岩に浸透する雨水が多く、山体地下水の賦存量が多いことを推察した。

空中電磁探査では、31 kHz の周波数により計測した比抵抗の値が、A 沢が存在する斜面の下端で特異的に低く、山体地下水が集中するエリアを表していることが推察できた(図-31)。現地踏査の結果、このエリアには量の豊富な湧水があることがわかった(図-31 の赤○印)。空中電磁探査により得られた比抵抗の分布を、図 31 の黒線に沿った縦断面について示したものが図-32である。尾根に近い

斜面上方に位置する調査ボーリング孔 a の周辺では地表付近の比抵抗が低くなっており、SL 地区における結果(図-18b)と同様に、断層に起因する遮水によって山体地下水が蓄えられている可能性が考えられた。実際にボーリング孔 a の掘削時には、浅い深度に地下水の存在が確認されている(図-32)。斜面中央部では、調査ボーリング孔 b, d, c の水位が低く、地下水は深い深度に潜っており、これに対応して地表付近の比抵抗が高くなっていた。斜面下端では再び地表付近の比抵抗が小さく、斜面中央部で一旦は深くまで浸透した地下水が、斜面下端で再び地表付近にまで戻ってきていることが推察できた。実際に調査ボーリング孔 e の水位は浅く、地下水が浅い層を流動していることが確かめられた。

以上のデータに基づき、効率的な集水に適したボーリング位置を検討した。その結果、この調査斜面では、断層による遮水位置が SL 地区(図-18)と比べて尾根に近いいため、断層を貫く集水ボーリングを掘ったとしても多くの集水量は期待できないと考えられた。その一方で、豊富な山体地下水の賦存が予想される A 沢右岸側斜面の下端において、図-32 中に示したように集水ボーリングを掘削することによって、斜面全体を涵養源とする山体地下水を効率よく集水できると考えられた。実際の集水ボーリング位置は図-31 中に示したとおりであり、斜面下端部の湧水点の脇におい

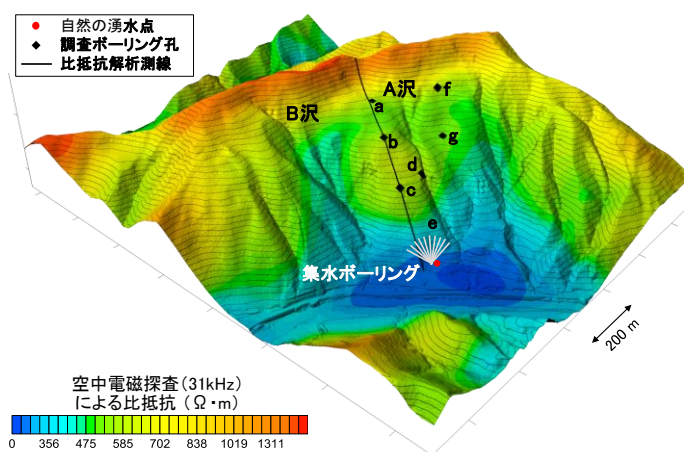


図-31 調査地の地形、観測施設の配置、ならびに空中電磁探査結果

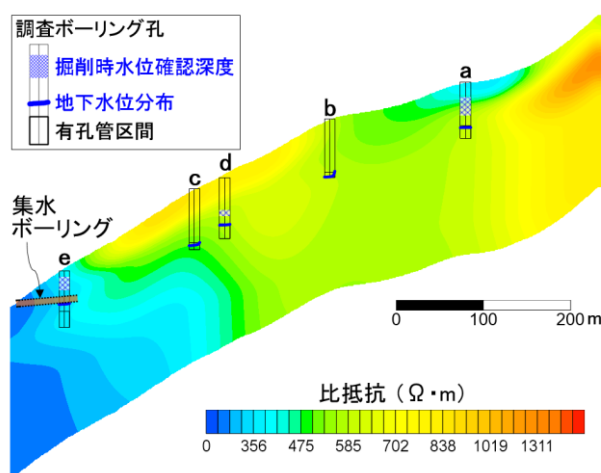


図-32 空中電磁探査により得られた比抵抗分布
調査ボーリング孔 d, e は、縦断面図上に投影している。ボーリング孔内の地下水位分布は、100 日間の計測値を昇順に並べ変えたものである。



図-33 集水ボーリング掘削(a)と集水量の計測(b, c)

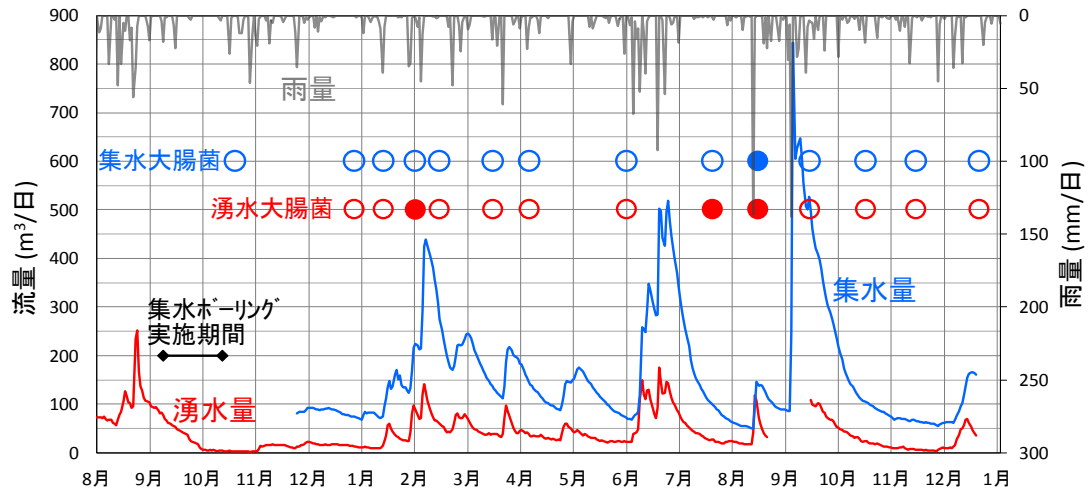


図-34 湧水量・集水量の時間変化と大腸菌分析結果

中抜きの○は大腸菌陰性、塗りつぶしの●は大腸菌陽性を表す。

て、長さ 70 m、仰角 5° のボーリング孔 10 本が、角度 90° の扇状の配置で掘削された(図-33a)。

ボーリング孔からの集水量は、図-33b, c の装置で連続計測された。図-34 は、集水量を図-31 に示した赤○地点の湧水量と比較して示したものである。湧水量は大規模な降雨の際に上昇し、その後緩やかに逓減するハイドログラフを示し、SL 地区の湧水(図-2, 13)と同様の特徴を有していた。集水ボーリング孔は H27 年 9 月 25 日～10 月 29 日に掘削され、集水量の計測は 12 月 10 日に開始された。集水量は湧水量と同様の波形を示すが、増加や逓減のタイミングが湧水よりもやや遅れており、湧水に比べてより深い深度の山体地下水が集められていることが推察できた。集水量は湧水量に比べて多く、無降雨日が続くことと低下するが、一日当たり概ね 50 t は確保できており、有効な水源となる可能性を示すことができた。

図-34 中には、湧水とボーリングにより集水された水について、クリプトスポリジウムの指標菌である大腸菌の分析を行った結果を示している。図中の丸印の x 座標が採水日時を表しており、中抜きの○は陰性、塗りつぶしの●は陽性であったことを示している。湧水では観測期間中の 3 回において大腸菌を検出した。一方、ボーリングにより集水された水で陽性となったのは 1 回であった。このように、ボーリングを実施して山体地下水を集水する場合には、自然の湧水よりも清浄な状態で水資源を利用できる、という可能性を示唆できた。ただし、全く汚染が起きないわけではなく、注意が必要なこともわかった。なお、湧水とボーリングにより集水された水について、2015 年 11 月～2016 年 3 月に採取したサンプルを用いて表-1 と同じ水質項目を分析したところ、全てにおいて水道水質基準が満たされており、重金属等による汚染は確認されなかった。

ボーリングによる集水においても大腸菌が検出された理由として、山体地下水自体が汚染されていたことも考えられるが、研究項目 7 の「山体地下水では大腸菌が検出される確率が比較的低い」

という結果を考慮すると、集水ボーリング孔の孔口付近や集水後の貯水槽(図-33b, c)で汚染が生じた可能性も考えられる。今回の集水ボーリングでは、孔口から 5 m の区間を無孔管として、集水された水と周囲の土壌・岩石との接触を遮断しているが、この無孔管区間をより長めに設定することにより汚染を軽減できるかもしれない。また、貯水槽における異物の混入を防ぐ対策も有益であろう。山体地下水の利用に当たっては、このような施設の改善に加え、研究項目 7 で示した「水質の時間的な変動」を考慮して、十分な殺菌・浄化の対策を行うことも必要だと考えられる。



図-35 天川村で発生した深層崩壊

② 天川村における山体地下水資源開発の有効性

以下では、中山間地域における山体地下水資源開発の意義について、奈良県天川村を例として考察を加えた。

奈良県天川村では、H23 年の紀伊半島大水害の際に 1,000 mm を超える豪雨によって深層崩壊が発生し、甚大な被害をもたらした(図-35)。このような深層崩壊の危険性のある斜面において、予め集水ボーリングによる山体地下水資源開発を実施し山体地下水を積極的に集水すること(図

表-2 天川村の水道事業の実態 (2016 年 8 月に実施した聞き取り調査の結果)

地区	洞川	中央 (計12区)	栃尾	九尾	和田	籠山 庵住	山西	広瀬	塩野
水道施設	簡易	簡易	簡易	小規模	小規模	小規模	小規模	小規模	小規模
管理者	村	村	村	区	区	区	区	区	区
原水種類	河川	河川	谷川	谷川	谷川	谷川	谷川	谷川	谷川
取水方法	ダム	ダム	ダム	ダム	ダム	小型ダム	小型ダム	小型ダム	小型ダム
水質管理	1名専属	2名	1名専属	区当番	区当番	区役員	区役員	区役員	区役員
水量安定性	○	○	○	△	○	×	×	×	×
水質安定性	○	○	○	×	×	×	×	×	×
経営状況	良好	劣悪	黒字	区費	区費	区費	区費	区費	区費

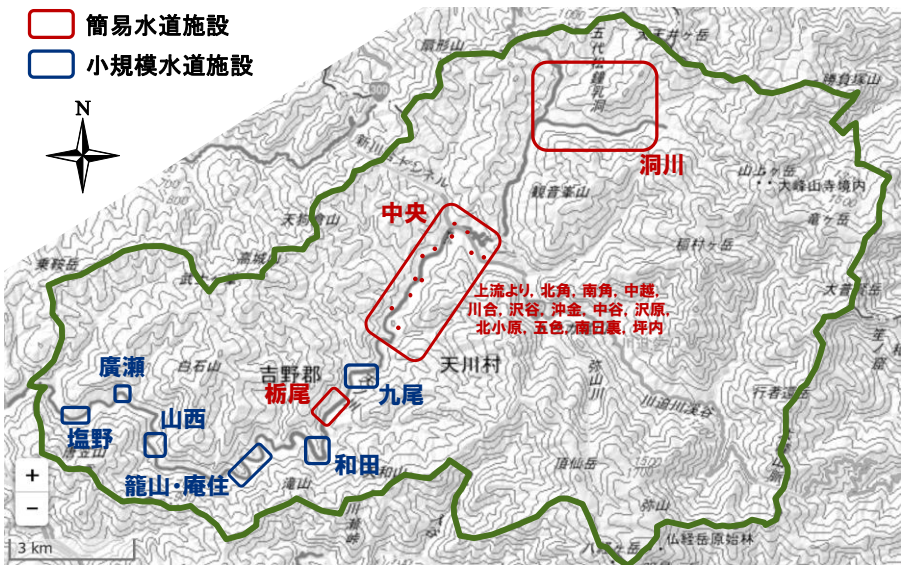


図-36 天川村の水道事業実施地区
国土地理院の電子地形図(タイル)に水道施設や地区の概略位置と名称、凡例、方位、村境界線を追記

-31～34)は、研究項目 5 で試算を行った(図-23 参照)ように、崩壊の誘因となる地下水位上昇を軽減しリスクの低下に繋がる可能性がある。

他方、表-2 には天川村の水道事業の実態をまとめた。表中の各水道事業実施地区の位置は、図-36 に示した通りである。天川村では、洞川、中央、栃尾の 3 地区で簡易水道事業が実施されている。村内で最も人口が集中し、温泉を中心とした観光産業も盛んな洞川地区は、名水百選に選ばれた湧水が存在し、量・質ともに恵まれた水資源を有している。S51 年に計画された村内で最も古い簡易水道事業は、良好な経営状況が維持されている(表-2)。その一方で中央簡易水道は、北角から坪内の 12 区を対象とし、現在 446 人が利用している。H16 年に計画され H21 年に供用が始まった比較的新しい事業であるが、経営状況は厳しい。居住者数の少ない各地区が天ノ川沿いに点在する(図-36)ため効率が悪く、各地区を結ぶ給水管(延長およそ 10 km)の敷設・維持管理費用の高騰も経営を悪化させる一因となっている。栃尾地区では、H2 年に、村内最小規模の簡易水道が整備された。その後、過疎化の進行により利用者数が減少しているが、今のところ黒字の経営が維持されている。

村の西部に位置する各地区(図-36)では、集落間の距離が遠く給水管敷設費用が多額となり、また人口減少も著しく一人当たりの経費が高騰することから、全地区をまとめた水道事業を展開することは困難である。このため、各地区の住民が自分たちの手で水道施設を整備し維持管理することで飲料水を確保する「小規模水道事業」が展開されており、天川村は整備費用を補助している。各地区における利用者は、14～77 人である。取水量については、H25 年に取水施設の改修を行った和田地区が安定、九尾地区が概ね安定であるが、他の 4 地区では不安定となっている(表-2)。また水質は、いずれの地区でも不安定である。降雨時に発生する濁水が、水量ならびに水質が不安定となる主な原因となっている。各地区とも、管理は住民が自ら実施し、経営には区費が用いられている状況であるが、高齢化により継続が困難になっている地区もある。

表-2 に示した通り、天川村の水道事業はいずれも河川もしくは谷川の水を取水源としていることから、山体地下水は、深層崩壊(図-35)を引き起こす要因として存在している一方で、水資源としては十分に活用されていない、ともいえるだろう。以上の分析に基づけば、図-31～34 に示したように山体地下水を集水し、新たな水資源として活用することによって、「遠く離れた各地区を結ぶ給水管の敷設や維持管理が不要で、さらに水量・水質の不安定性が改善された水道事業」の展開に貢献できる可能性がある。

③ まとめ

以上のように、中山間地において、良質で安全な水を持続的に供給する水道事業を将来にわたって安定的に継続すること、ならびに土砂災害を軽減したより安全な暮らしを実現することに、本研究の山体地下水探査・開発技術が貢献できる可能性を示した。

現在、人口減少率が大きい地域においては、居住地の再編・集中化を図りインフラを効率的に整備する構想が提案されている一方で、「過疎地の人口減少率が 6 割といわれている中でも、本当に人がいなくなるところは意外に少なく、人が少なくなっても、そこに住み続けたいと思っている人がたくさんいる」という現実がある(『超高齢・人口減少社会のインフラをデザインする』21 世紀政策研究所、2014)。中山間地の集落には、それぞれ独自の歴史・文化があり、その地域全体の魅力ある生活の根幹となっていることが考えられる。効率化の名の下に安易な集中化を図る施策は、結果的に地域の魅力を削ぎ、更なる人口減少を引き起こしてしまうかもしれない。本研究で開発した技術は、「中山間地の各集落における安全で豊かな生活を支援し、魅力ある地域の維持・発展に貢献することで、“都市部への一極集中”から“地方への多極化”という変革をもたらし、活力ある社会の実現に寄与する」という可能性を有していると考えている。

本研究の実施に当り、国土交通省近畿地方整備局、滋賀県、奈良県、天川村、応用地質株式会社、大日本コンサルタント株式会社、朝日航洋株式会社に協力いただいた。最後に、本研究の水質分析は科学研究を目的としたものであり、その結果は、安全性や水質基準への適合性に関する正式な証明としては使用できないことを付記しておく。

§ 4. 成果発表等

1. 原著論文発表 (国内(和文)誌 41 件、国際(欧文)誌 42 件)

〈国内〉

1. 木下篤彦・岡本敦・河野貴司・船越和也・中島達也・岡野和行・山口和也・小杉賢一朗 (2012) 熱赤外線センサーを用いた斜面の土壌水分の分布特性把握に関する研究, 砂防学会誌, 64(6), 4-12.
2. 小杉賢一朗・木下篤彦・藤本将光・水山高久・三道義己 (2012) 地形に依存した雨水流動追跡に基づく表層崩壊発生予測の問題点, 砂防学会誌, 65(1), 27-38.
3. 地頭菌隆・笹原克夫・小杉賢一朗・五味高志・石塚忠範 (2012) 深層崩壊の予測, 第 6 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 53-58.
4. 糸数哲・小杉賢一朗・恩田裕一・蔵治光一郎・田中延亮・後藤太成・太田岳史・水山高久 (2013) 通常降雨イベントにより同定されたタンクモデルを用いた豪雨イベントの再現精度, 水文・水資源学会誌, 26(2), 85-98.
5. 佐山敬洋・建部祐哉・藤岡奨・牛山朋来・田中茂信 (2013) 大規模洪水氾濫の時空間起源分析に関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学), 69(4), I_463-I_468.
6. 小杉賢一朗・藤本将光・山川陽祐・正岡直也・糸数哲・水山高久・木下篤彦 (2013) 山体基岩内部の地下水位変動を解析するための実効雨量に基づく関数モデル, 砂防学会誌, 66(4), 21-32.
7. 五味高志・宮田秀介・Sidle Roy C.・小杉賢一朗・恩田裕一・平岡真合乃・古市剛久 (2013) 分布型流出モデルを用いたヒノキ人工林流域における地表流の発生と降雨流出解析, 日本森林学会誌, 95(1), 23-31.
8. 藤本将光・石田優子・梅本啓介・小杉賢一朗・里深好文・深川良一 (2013) 平成 23 年台風 12 号による那智大社裏山における大規模斜面崩壊の解析条件設定に関する研究, 歴史都市防災論文集, 7, 45-50.
9. 藤本将光・小杉賢一朗・石田優子・里深好文・深川良一 (2013) 平成 23 年台風 12 号による熊野那智大社裏山の大规模斜面崩壊において風化基岩層が与える影響, Kansai Geo-Symposium 2013 論文集, 97-102.
10. 石田優子・藤本将光・平岡伸隆・株丹啓介・深川良一 (2013) 地盤強度特性の空間分布を考慮した急傾斜地崩壊発生場の予測, 歴史都市防災論文集, 7, 51-58.
11. 赤澤史顕・藤本将光・里深好文・深川良一 (2013) 熊野那智大社後背山地において発生した土石流に関する研究, 歴史都市防災論文集, 7, 59-67.
12. 小杉賢一朗・三道義己・藤本将光・山川陽祐・正岡直也・水山高久・平松晋也・福山泰治郎・地頭菌隆 (2014) 関数モデルを用いた深層崩壊の要因となる基岩地下水位変動の解析, 砂防学会誌, 66(6), 3-14.
13. 松四雄騎・松崎浩之・千木良雅弘 (2014) 宇宙線生成核種による山地流域からの長期的土砂生産量の推定, 応用地質, 54, 272-280.
14. 松四雄騎・松崎浩之・牧野久識 (2014) 宇宙線生成核種による流域削剥速度の決定と地形方程式の検証, 地形, 35, 165-185.
15. 八反地剛・松四雄騎・北村裕規・小口千明・八戸昭一・松崎浩之 (2014) 宇宙線生成核種と物質収支法を用いた花崗岩山地の化学的風化速度の推定: 北アルプス芦間川流域の事例, 地形, 35, 147-164.
16. 渡壁卓磨・松四雄騎・小玉芳敬・進木美穂・松崎浩之 (2014) 宇宙線生成核種 ^{10}Be を用いた岩盤侵食河川の下刻速度の推定: 鳥取県小鹿溪谷の例, 地形, 35, 131-146.
17. 藤本将光・檀上徹・土山拓也・木村亘・深川良一 (2014) 清水寺後背斜面における地中音測定を用いた地下水流動の把握, 歴史都市防災論文集, 8, 167-172.
18. 石田優子・藤本将光・平岡伸隆・大矢綾香・酒匂一成・深川良一 (2014) 清水寺における雨量指標を用いた斜面崩壊警戒基準に関する研究, 歴史都市防災論文集, 8, 151-158.

19. 檀上徹・藤本将光・木村亘・平岡伸隆・深川良一(2014)台風 18 号に伴う清水寺境内の被害と後背斜面の地盤水分変動及び挙動に関する一考察, 歴史都市防災論文集, 8, 159-166.
20. 馬場直輝・藤本将光・小杉賢一朗・深川良一・谷誠(2014)風化花崗岩山地における基岩地下水の流動層の把握手法の検討, Kansai Geo-Symposium 2014 論文集, 43-48.
21. 佐山敬洋・小杉賢一朗・岩見洋一(2015)山体地下水の流動を表現する分布型降雨流出モデルの開発, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 71, No. 4, I_331-I_336.
22. 山川陽祐・堀田紀文・経隆悠(2015)南アルプス破碎帯流域における水・土砂流出特性の解析—大井川水系・東河内沢流域における観測事例—中部森林研究, 63, 141-142.
23. 原田紹臣・小杉賢一朗・里深好文・水山高久(2015)地形や地質の違いが天然ダムの堆積形状に与える影響, 土木学会論文集 B1(水工学), 71(4), 1267-1272.
24. 小杉賢一朗(2015)斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法, 砂防学会誌, 67(5), 12-23.
25. 有光悠紀・藤本将光・檀上徹・平岡伸隆・石田優子・深川良一(2015)清水寺後背斜面における現地モニタリングの有用性の検討—大規模降雨時の間隙水圧値と土壌雨量指数の比較—, Kansai Geo-symposium 2015 論文集, 181-186.
26. 飯田哲也・藤本将光・小杉賢一朗・平岡伸隆・深川良一(2015)室内実験を用いた大規模降雨時における土中水分の変動特性の把握に関する研究, KansaiGeo-symposium 2015 論文集, 157-160.
27. 渡邊義裕・藤本将光・小山 倫史・小林猛嗣・徳永博・倉岡千郎・中井卓巳・丸木義文・安藤貴志・深川良一(2015)道路法面における現地計測に基づいた道路規制基準の検討, KansaiGeo-symposium 2015 論文集, 177-180.
28. 石田優子・木林幹・古根川竜夫・藤本将光・深川良一(2015)熊野参詣道における数値解析による斜面安定性評価のための地盤モデルに関する検討, Kansai Geo-symposium 2015 論文集, 135-140.
29. 檀上徹・高倉伸一・有光悠紀・藤本将光・石沢友浩・深川良一(2015)重要文化財後背斜面における比抵抗法電気探査を用いた地下水帯の把握, 歴史都市防災論文集, 9, 9-16.
30. 小杉賢一朗・糸数哲・正岡直也(2016)斜面勾配が雨水の不飽和浸透に及ぼす影響に関する数値シミュレーション, 地形, 559-578.
31. 藤本将光・正岡直也・小杉賢一朗・馬場直輝・糸数哲・上田竜也・酒井康裕・下垣内裕哉・勝山正則・深川良一・谷誠(2016)花崗岩山地小流域における基底流出の空間分布特性に及ぼす岩盤地下水の影響, 地形, 37, 493-510.
32. 勝山正則・長野龍平・辻村真貴・芳賀弘和・正岡直也・榊原厚一・野中隼人・谷誠(2016)トレーサーを用いた山地源流域内の地下水・湧水滞留時間の推定とその決定要因, 地形, 37, 511-530.
33. 松四雄騎・外山真・千木良雅弘(2016)土層の形成および輸送速度の決定と崩壊予備物質の蓄積シミュレーションに基づく表層崩壊発生場の予測, 地形, 37, 427-453.
34. 堀田紀文, 後藤優弥, 山川陽祐, 経隆悠, 正岡直也, 今泉文寿(2016)2013 年台風 26 号によって伊豆大島で生じた表層崩壊の発生機構について, 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 7-11.
35. 中村公人・大串祥子・池浦康弘・田中宣多(2016)畑地用水計画のための HYDRUS-1D を用いた土壌水分移動解析における土壌水分特性パラメータの推定例, 土壌の物理性, 134, 25-40.
36. 檀上徹・藤本将光・石沢友浩・有光悠紀・深川良一(2016)清水寺観測斜面における地上雨量とレーダ雨量との差異に関する一考察, 歴史都市防災論文集, 10, 47-54.
37. 藤本将光・戸田堅一郎・有光悠紀・里深好文・深川良一(2016)京都市東山地域における斜面崩壊の潜在的危険度評価, 歴史都市防災論文集, 10, 55-58.
38. 縄手洋介・梶山敦司・藤本将光・里深好文(2016)清水寺周辺溪流における土石流氾濫解析, 歴史都市防災論文集, 10, 59-66.
39. 石塚忠範・梶昭仁・水山高久・吉野弘祐・西尾陽介・森田耕司・山越隆雄(2016)現地映像資料にもとづくインドネシア・アンボン島天然ダム決壊洪水の発生過程, 砂防学会誌, 69(2),

4-12.

40. Xue, H., Sayama, T., Takara, K., He, B., Duan, W. (2017) Hydrograph-separation-based non-point source pollution modelling in the Pingqiao river basin, China, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser B1 (Hydraulic Engineering)*, 73(4), I_169-I_174, 2017.
41. 佐山敬洋・田中茂信・寶 馨 (2017) 分布型流出モデルと時空間起源追跡法による鬼怒川洪水の流出解析, *水文水資源学会誌*, 印刷中.

〈国際〉

1. Yamakawa, Y., Kosugi, K., Masaoka, N., Sumida, J., Tani, M. and Mizuyama, T. (2012) Combined geophysical methods for detecting soil thickness distribution on a weathered granitic hillslope, *Geomorphology*, 145-146, 56-69. (DOI:10.1016/j.geomorph.2011.12.035)
2. Masaoka, N., Kosugi, K., Yamakawa, Y., Mizuyama, T. and Tsutsumi, D. (2012) Application of a combined penetrometer-moisture probe for investigating heterogeneous hydrological properties of a foot slope area, *Vadose Zone J.*, 11. (DOI:10.2136/vzj2011.0064)
3. Yamada, M., Matsushi, Y., Chigira, M. and Mori, J. (2012) Seismic recordings of landslides caused by Typhoon Talas, Japan, *Geophysical Research Letters*, 39, L13301. (DOI:10.1029/2012GL052174)
4. Liu, J., Nakatani, K., Mizuyama, T. (2012) Hazard mitigation planning for debris flow based on numerical simulation using Kanako simulator, *Journal of Mountain Science*, 9, Issue 4, 529-537. (DOI 10.1007/s11629-012-2225-9)
5. Toriyama, J., Ohnuki, Y., Ohta, S., Kosugi, K., Kabeya, N., Nobuhiro, T., Shimizu, A., Tamai, K., Araki, M., Keth, S. and Chann, S. (2013) Soil physicochemical properties and moisture dynamics of a large soil profile in a tropical monsoon forest Original Research Article, *Geoderma*, 197-198, 205-211.
6. Suryatmojo, H., Fujimoto, M., Kosugi, K. and Mizuyama, T. (2013) Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment, *Procedia Environmental Sciences*, 17, 221-229. (DOI: 10.1016/j.proenv.2013.02.032)
7. Suryatmojo, H., Fujimoto, M., Yamakawa, Y., Kosugi, K. and Mizuyama, T. (2013) Water balance changes in the tropical rainforest with intensive forest management system, *Int. J. Sustainable Future for Human Security, J-Sustain*, 1(2), 56-62.
8. Chigira, M., Tsou, C.-Y., Matsushi, Y., Hiraishi, N. and Matsuzawa, M. (2013) Topographic precursors and geological structures of deep-seated catastrophic landslides caused by Typhoon Talas, *Geomorphology*, 201, 479-493.
9. Yamada, M., Kumagai, H., Matsushi, Y. and Matsuzawa, T. (2013) Dynamic landslide processes revealed by broadband seismic records, *Geophysical Research Letters*, 40, 2998-3002.
10. Tsou, C.-Y., Chigira, M., Matsushi, Y. and Chen, S.-C. (2014) Fluvial incision history that controlled the distribution of landslides in the Central Range of Taiwan, *Geomorphology*, 226, 175-192.
11. Korup, O., Hayakawa, Y., Codilean, A.T., Matsushi, Y., Saito, H., Oguchi T. and Matsuzaki H. (2014) Japan's sediment flux to the Pacific Ocean revisited, *Earth-Science Reviews*, 135, 1-16.
12. Katsura, S., Kosugi, K., Yamakawa, Y. and Mizuyama, T. (2014) Field evidence of groundwater ridging in a slope of a granite watershed without the capillary fringe effect, *J. Hydrol.*, 511, 703-718.
13. Kosugi, K., Fujimoto, M., Yamakawa, Y., Masaoka, N., Itokazu, T. and Mizuyama, T. (2014) Modeling of bedrock groundwater levels based on antecedent precipitation indices, Full Paper of INTERPRAEVENT 2014, O-5.

14. Masaoka, N., Kosugi, K., Katsuyama, M., Mizuyama, T., Miyata, S. and Tsutsumi, D. (2014) Effects of bedrock groundwater and geological structure on hydrological processes in mountainous watersheds, Full Paper of INTERPRAEVENT 2014, P-25.
15. Itokazu, T., Kosugi, K., Onda, Y., Kuraji, K., Tanaka, N., Goto, M., Ohta, T. and Mizuyama, T. (2014) Characteristics of storm runoff in small granite catchments having different vegetation recovery conditions, Full Paper of INTERPRAEVENT 2014, P-27.
16. Matsushi, Y., Chigira, M. and Kosugi, K. (2014) Orographic rainfall, deep-seated catastrophic landslides, and landscape evolution: geomorphic hazard assessment in active orogens, Full Paper of INTERPRAEVENT 2014, O-4.
17. Fujimoto, M., Kosugi, K., Tani, M., Banba, N. and Fukagawa, R. (2014) Evaluation of bedrock groundwater movement in a weathered granite hillslope using tracer methods, *International Journal of Erosion Control Engineering*, 7, 32-40.
18. Fujimoto, M., Mizuyama, T. and Sikiguchi, M. (2014) Characteristics of discharge and water chemistry in a sediment disaster area in Hofu, Yamaguchi Prefecture, western Japan, Full Paper of INTERPRAEVENT 2014, P-26.
19. Fujimoto, M., K. Kosugi, Y. Ishida, R. Fukagawa, and Y. Satofuka, Numerical simulation of a large landslide triggered by Typhoon Talas in central Japan, Peer-reviewed proceedings In: *Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics - Oka, Murakami, Uzuoka & Kimoto (Eds.)*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00148-0, 1797-1802, 2015.
20. Ishida, Y., Fujimoto, M., Fukagawa, R., Sako, K. and Danjo, T. (2014) Consideration of rainfall index for slope failure at the world heritage Kiyomizu - dera, Full paper of 14th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, 1345-1351.
21. Suryatmojo, H., Fujimoto, M., Kosugi, K. and Mizuyama, T. (2014) Runoff and soil erosion characteristics in different periods of an intensive forest management system in a tropical indonesian rainforest, *International J. Sustainable Development and Planning*, 9, 830-846.
22. Liang, W.-L., Kosugi, K. and Mizuyama, T. (2014) Soil water redistribution processes around a tree on a hillslope: the effect of stemflow on the drying process, *Ecohydrol.* (DOI: 10.1002/eco.1589)
23. Iwasaki, K., Katsuyama, M. and Tani, M. (2015) Contributions of bedrock groundwater to the upscaling of storm-runoff generation processes in weathered granitic headwater catchments, *Hydrol. Process.*, 29, 1535-1548.
24. Katsuyama, M., Yoshioka, T. and Konohira, E. (2015) Spatial distribution of oxygen-18 and deuterium in stream waters across the Japanese archipelago, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 1577-1588.
25. Akiyama, S., Hattanji, T., Matsushi, Y. and Matsukura, Y. (2015) Dissolution rates of subsoil limestone in a doline on the Akiyoshi-dai Plateau, Japan: An approach from a weathering experiment, hydrological observations, and electrical resistivity tomography. *Geomorphology*, 247, 2-9. (DOI:10.1016/j.geomorph.2015.05.028)
26. Fujimoto, M., Ohte, N., Kawasaki, M., Osaka, K., Itoh, M., Ohtsuka, I. and Itoh, M. (2015) Influence of bedrock groundwater on streamflow characteristics in a volcanic catchment, *Hydrol. Process.*, 30, 558-572. (DOI: 10.1002/hyp.10558)
27. Fujimoto, M., Arimitsu, Y., Hiraoka, N., Danjo, T., Kimura, T., Ishida, Y. and Fukagawa, R. (2015) Characteristics of groundwater movement at a hillslope above Kiyomizu-dera Temple, an important cultural asset, *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 2-77, 2643-2647. (<http://doi.org/10.3208/jgssp.TC301-01>)
28. Kibayashi, T., Ishida, Y., Konegawa, T., Fujimoto, M. and Fukagawa, R. (2015) Sediment disaster risk evaluation with the use of slope stability analysis at Yokogagi-toge pass, *Proceedings of GEOMATE2015*, 465-470.

29. Matsushi Y., Yamakawa Y., Takami Y., Masaoka N. and Kosugi K. (2015) Rainfall-recharge-runoff processes through bedrock groundwater: implications for triggering of deep-seated catastrophic landslides, Proceedings of 10th Asian Regional Conference of IAEG, Tp1-09.
30. Watakabe, T., Matsushi, Y., Chigira, M., Tsou, C.-Y. and Hirata, Y. (2015) Characteristics of shallow landslides, soil layer structure and soil properties on hillslopes underlain by granite and hornfels: cases from the disaster on 20 August 2014 at Hiroshima, Japan. Proceedings of 10th Asian Regional Conference of IAEG, Tp1-P31.
31. Osawa, H., Matsuura, S., Okamoto, T., Matsushi, Y., Terajima, T. and Shibasaki, T. (2015) Effects of snow load on water infiltration in the ground surface layer of a landslide, Proceedings of 10th Asian Regional Conference of IAEG, Tp1-24.
32. Tsou, C.-Y., Chigira, M., Matsushi, Y., Chen, S.-C. (2015) Deep-seated gravitational deformation of mountain slopes caused by river incision in the Central Range, Taiwan: spatial distribution and geological characteristics, Engineering Geology, 196, 126-138. (DOI: 10.1016/j.enggeo.2015.07.005)
33. Masaoka, N., Kosugi, K., Yamakawa, Y. and Tsutsumi, D. (2016) Processes of bedrock groundwater seepage and their effects on soil water fluxes in a foot slope area, J. Hydrology, 535, 1650-172. (DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.01.081)
34. Iwasaki, K., Katsuyama, M. and Tani, M. (2016) Effects of deep percolation on dissolved inorganic nitrogen exports from forested headwater catchments, J. For. Res., 21, 57-66. (DOI: 10.1007/s10310-015-0517-y)
35. Yoshioka, Y., Nakamura, K., Nakano, T., Horino, H., Shin, K.C., Hashimoto, S. and Kawashima, S. (2016) Multiple-indicator study of groundwater flow and chemistry and the impacts of river and paddy water on groundwater in the alluvial fan of the Tedoru River, Japan, Hydrol. Process., 30, 2804-2816. (DOI: 10.1002/hyp.10785, 10.1002/hyp.10785)
36. Yamada, M., Mori, J. and Matsushi, Y. (2016) Possible stick-slip behavior before the Rausu landslide inferred from repeating seismic events, Geophysical Research Letters 43, 9038-9044.
37. Yamada, M., Mangeney, A., Matsushi, Y. and Moretti, L. (2016) Estimation of dynamic friction of the Akatani landslide from seismic waveform inversion and numerical simulation, Geophysical Journal International 206, 1479-1486.
38. Sayama, T., Itokazu, T., Kosugi, K., and Takara, K. (2016) Estimation of bedrock groundwater contribution from a mountainous catchment with a distributed rainfall-runoff model and time-space accounting scheme, Proceedings of 7th ICWRR, June 5-9, 2016, Kyoto, Japan.
39. Arimitsu, Y., Fujimoto, M., Hiraoka, N., Danjyo, T., Ishida, Y. and Fuykagawa, R. (2016) Characteristics of rain infiltration in soil layers on the hillslope behind important cultural asset, International Journal of GEOMATE, 10(22), 2109-2115.
40. Iida, T., Fujimoto, M., Kumakura, N., Takasaki, D., Hiraoka, N. and Fukagawa, R. (2016) A method to judge slope failures using soil moisture characteristics, International Journal of GEOMATE, 10(22), 2094-2100.
41. Ishida, Y., Kibayashi, T., Konegawa, T., Fujimoto, M. and Fukagawa, R. (2016) Influence of antecedent precipitation on slope failures at the Yokogaki-toge pass, International Journal of GEOMATE, 11(26), 2626-2632.
42. Ishizuka, T., Kaji, A., Morita, K., Mori, T., Chiba, M., Kashiwabara, Y., Yoshino, K., Uchida, T. and Mizuyama, T. (2017) Analysis for a landslide dam outburst flood in Ambon Island, Indonesia, Int. J. Erosion Control Eng., 10(1), 32-38.

2. その他の著作物(総説、書籍など)

1. Fujimoto, M., Kosugi, K., Sando, Y. and Mizuyama, T. (2011) Characteristics of spring discharge at a shallow landslide scar in a weathered granitic catchment,

Proceeding of UNESCO-IHP 19th Regional Steering Committee Meeting, Uji, Kyoto, Japan, 24-28 October 2011, 13-18.

2. 小杉賢一朗・山川陽祐・正岡直也・水山高久・船越和也 (2012) 熱赤外リモートセンシングによる表層崩壊危険斜面抽出手法の検討, 砂防学会誌(研究ノート), 64(6), 32-37.
3. Fujimoto, M., Kosugi, K. and Mizuyama, T. (2012) Specific spring point of bedrock groundwater at the bottom of a hillslope, International Symposium on Sustainability/Survivability Science for a Resilient Society Adaptable to Extreme Weather Conditions, 36-37.
4. 小杉賢一朗・藤本将光・水山高久, 降雨による山体地下水の水位変動について(2012) 深層崩壊の実態、予測、対応, 京都大学 防災研究所, 特定研究集会 23C-03, 平成 24 年 2 月, 56-63.
5. 松四雄騎・千木良雅弘・山田真澄・平石成美・松澤真(2012) 2011 年台風 12 号による深層崩壊の発生場および発生時と長期・短期的降雨履歴の関係, 深層崩壊の実態、予測、対応, 京都大学 防災研究所, 特定研究集会 23C-03, 平成 24 年 2 月, 43-45.
6. Yamakawa, Y., Masaoka, N., Kosugi, K., Tada, Y. and Mizuyama, T. (2013) Application of the electrical resistivity imaging for measuring water content distribution in hillslopes, J. Disaster Res., 8(1), 81-89.
7. 小杉賢一朗 (2013) 森林で覆われた山が水を蓄える仕組み, 森林技術, 855, 2-6.
8. 小杉賢一朗 (2013) 山地源流域の山体地下水が雨水の流出に果たす役割, 地域自然史と保全, 35(2), 105-110.
9. 小杉賢一朗・水山高久 (2014) 2014 年 7 月 9 日に発生した長野県南木曽町の土石流災害の誘因となった降雨イベントの解析(研究ノート), 砂防学会誌, 67(4), 18-22.
10. 勝山正則 (2014) 波長スキャンキャビティリングダウン分光法による水同位体比測定装置を用いた微量サンプル測定について, 水文・水資源学会誌, 27, 304-310.
11. 寺嶋智巳・松四雄騎・八反地剛 (2014) 斜面水文学の視点から見た 2013 年 10 月の台風 26 号による伊豆大島の斜面崩壊, 京都大学防災研究所年報, 57A 17-24.
12. 小杉賢一朗 (2014) 調整サービス「どのように環境が制御されるのか?」, 日本森林学会(監修) 井出雄二・大河内勇・井上真(編), 『教養としての森林学』, 文永堂, 97-105.
13. 松四雄騎・齋藤仁・土志田正二 (2014) 『斜面崩壊対策のための監視・施工技術最新動向』 2-1-3 節 GIS を用いた斜面変動地形解析, NTS. pp. 96-105.
14. 谷誠・松四雄騎・野口正二・小杉賢一朗・内田太郎 (2014) 2014 年度日本地球惑星科学連合大会セッション「A-HW07 Insight into change and evolution in hydrology(水文学における変化・発達の視点)」の報告, 水文・水資源学会誌, 27(6), 311-319.
15. 荻谷愛彦, 松四雄騎 (2014) 細密地形データからみた上高地の崩壊地形, 地図中心 7 月号 12-15.
16. Yoshioka, Y., Nakamura, K., Horino, H., Nakano, T., Shin, K.C. and Kawashima, S. (2015) Evaluation of groundwater qualities in a paddy-dominated alluvial fan, Water Science and Technology: Water Supply, 15(6), 1236-1243. (DOI: 10.2166/ws.2015.088)
17. 勝山正則 (2015) ミネラルウォーターを用いた世界の地下水資源のモニタリング, 京都大学環境報告書 2015
18. 中村公人・内田明宏・勝山正則・吉岡有美・小杉賢一朗 (2015) 名水を訪ねて(110) 滋賀県の名水, 日本地下水学会誌, 57(3), 345-361. (DOI: 10.5917/jagh.57.345)
19. 松四雄騎・渡壁卓磨・鄒青穎・平田康人・千木良雅弘 (2015) 2014 年広島災害における表層崩壊の発生メカニズムと降雨閾値, 京都大学防災研究所年報, 58A 24-33.
20. Yoshioka, Y., K. Nakamura, H. Horino and S. Kawashima (2016) Numerical assessments of the impacts of climate change on regional groundwater systems in a paddy-dominated alluvial fan, Paddy Water Environment, 14, 93-103. (DOI: 10.1007/s10333-015-0481-3)
21. 小杉賢一朗 (2016) 実効雨量を用いた斜面崩壊発生危険度評価, 防災科学技術研究所研

究資料, 405, 71-78.

22. 山中勤・鈴木啓助・脇山義史・岸和央・牧野裕紀・丸山浩輔・加納正也・馬文超・正木大祐・杉山昌典・山川陽祐・西井綾子・吉竹晋平(2016)山岳域の同位体マッピング, 日本水文学会誌, 46(2), 73-86.
23. 小杉賢一朗(2016)土砂災害警戒避難における降雨データの活用方法ー自然を相手に考え続けることの大切さー, 砂防学会誌, 69(3), 1-3.
24. 中村公人・大串祥子・田中宣多・温承翰・青木功介(2016)畑地用水量諸元策定のための土壌水分測定方法の検討, 畑地農業, 697, 2-10.
25. 中村公人(2016)水田地域での水の使い方, 135-161, 窪田順平編「水を分かť 地域の未来可能性の共創」, ISBN978-4-585-23040-3, 326p., 勉誠出版.
26. 堀野治彦・中村公人(2017)第3章 水田灌漑, 32-49; 中村公人・堀野治彦(2017):第7章 農業水利システムの多面的機能, 115-138, 「地域環境水利学」(渡邊紹裕・堀野治彦・中村公人編著), ISBN978-4-254-44502-2, 208p., 朝倉書店.
27. 上治雄介・山川陽祐(2017) UAVによる空中写真測量技術を用いた河床形状測量における精度検証ー東河内沢本川における事例ー, 筑波大学農林技術研究, 印刷中
28. 櫻井伸治・木山由希・堀野治彦・中桐貴生・中村公人(2017)水利・水質状況を踏まえた循環灌漑に対する農家の意識調査, 水土の知, 85(1), 27-31.

3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表

(1)招待講演 (国内会議 26 件、国際会議 10 件)

〈国内〉

1. 小杉賢一朗・藤本将光・水山高久, 降雨による山体地下水の水位変動について, 深層崩壊の実態、予測、対応, 京都大学 防災研究所, 特定研究集会, 2012 年 2 月 18 日
2. 松四雄騎・千木良雅弘・山田真澄・平石成美・松澤真, 2011 年台風 12 号による深層崩壊の発生場および発生時と長期・短期的降雨履歴の関係, 深層崩壊の実態、予測、対応, 京都大学 防災研究所, 特定研究集会, 2012 年 2 月 18 日
3. 小杉賢一朗, 花崗岩流域の雨水流出プロセスが崩壊発生に与える影響, ロープネット・ロックボルト併用工法研究会, 神戸, 2012 年 6 月 1 日
4. 小杉賢一朗, 森林流域の降雨流出プロセスと崩壊発生に与える影響, 地盤工学会中国支部講演会, 広島, 2012 年 6 月 2 日
5. 小杉賢一朗, 赤外線リモートセンシングによる表層崩壊危険斜面抽出手法の検討, 平成 24 年度砂防学会講習会, 2012 年 12 月 5 日
6. 松四雄騎, 山を動かす豪雨「豪雨と崩壊: 山地の斜面災害を知る」, 防災研究所公開講座「災害のメカニズムを学び、防災対策に役立てようー近年多発する豪雨災害ー」, キャンパスプラザ京都, 2013 年 9 月 19 日
7. 佐山敬洋, 世界の水災害予測における PUB の挑戦, 水文・水資源学会創立 25 周年記念シンポジウム, 神戸大学百年記念館, 2013 年 9 月 27 日
8. 小杉賢一朗, 山地源流域の山体地下水が雨水の流出に果たす役割, フィールドシンポジウム: 中池見湿地の自然と北陸新幹線ルート変更問題, 敦賀, 2013 年 10 月 13 日
9. 小杉賢一朗, 豪雨に伴う深層崩壊発生予測のための基岩内地下水位上昇の物理的推定手法の開発, (財)砂防地すべり技術センター研究発表会, 2013 年 11 月 12 日
10. 佐山敬洋, 水文モデルによる流出・氾濫水の時空間起源追跡, CREST 水循環モデリング合同国際シンポジウム, 東京大学, 2014 年 3 月 10 日
11. 小杉賢一朗・正岡直也・糸数 哲・高木将行・柿本篤史・杉本康平・水山高久, 高密度ボーリング孔網を用いた基岩地下水研究, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
12. 山川陽祐・松四雄騎・小杉賢一朗・高見友佑・正岡直也・糸数哲・水山高久, 付加体堆積岩山地における降雨流出プロセスの解析ー滋賀県流域の事例ー, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日

13. 松四雄騎・山川陽祐・小杉賢一朗・高見友佑・正岡直也・糸数哲, 堆積岩山地における降雨浸透過程と深層崩壊の発生機構, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
14. 小松慎二・山内政也・山根誠・上原祐治・木下篤彦・北川眞一・大山誠・小杉賢一朗・山川陽祐, 山地斜面崩壊メカニズムの解明における二次元比抵抗探査適用の試み, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
15. 正岡直也・小杉賢一朗・糸数哲・杉本康平・藤本将光・水山高久, 花崗岩山地源流域における降雨流出と基岩内地下水位の集中的観測, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
16. 小杉賢一朗, ソフト対策における実効雨量既往最大値の有効性について, 砂防学会, 栃木県総合文化センター, 2015 年 5 月 20-21 日
17. 小杉賢一朗, 森林斜面における浸透水の挙動と崩壊予測, 土砂災害予測に関する研究集会, 防災科学技術研究所, 2015 年 12 月 3-4 日
18. 中村公人, 水管理実態の地元調査からー水田水管理について考えるー, 第 31 回愛知川農業水利研究集会, アピアホール(滋賀県東近江市), 2016 年 2 月 13 日
19. 松四雄騎, 豪雨と斜面災害ー減災への自然地理学的アプローチー, 日本気象予報士関西支部第 7 回総会, 大阪市立総合生涯学習センター, 2015 年 6 月 28 日
20. 松四雄騎, 水文地形学的アプローチによる斜面崩壊予測の現状と課題, 日本水文科学会・一般社団法人日本応用地質学会公開合同シンポジウム「地質災害と地下水」, 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2015 年 10 月 9 日
21. 松四雄騎, 紀伊半島における斜面崩壊の地質・地形・水文的な発生要因とその減災方策奈良教育大学公開シンポジウム「紀伊半島の自然災害と防災教育を考える」, 奈良教育大学, 2015 年 12 月 12 日
22. 松四雄騎, 自然地理学の知と応用地質学の技を援用する新世代の斜面崩壊予測とハザードマッピング, 日本地理学会公開シンポジウム「近年の災害が提起したハザードマップの課題ー工学と地理学の視点からー」, 早稲田大学, 2016 年 3 月 21 日
23. 小杉賢一朗・正岡直也・糸数哲・和田孝志, 土石流源頭部周辺の水文プロセスから見た防災対策の課題, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
24. 中村公人, 土壌物理学的観点から見た農地における水と物質の管理, 平成 28 年度農業土木技術管理士研修会, 京都府中小企業会館, 2016 年 7 月 15 日
25. 松四雄騎, 非定常水文過程とマスマーブメント: 観測とモデリングにもとづく新たな斜面減災の方法論構築を目指して. 応用地質学会 シンポジウム「地下水の見え方・捉え方」, 東京大学柏キャンパス, 2016 年 6 月 10 日
26. 松四雄騎, 湿潤変動帯の山地におけるテクトニクスー削剥ー地形発達のリンケージ: 宇宙線生成核種を用いたアプローチ. 日本地球惑星科学連合 2016 大会, 幕張メッセ国際会議場, 2016 年 5 月 24 日

〈国際〉

1. *Kosugi, K., M. Fujimoto, Y. Yamakawa, M. Takagi, and T. Mizuyama, Intensive monitoring of streamflow and bedrock groundwater in a granitic headwater catchment with steep topography, Geological Society of America 2012 Annual Meeting, Charlotte, NC, USA, 2012.11.4-7
2. Katsuyama, M., Evaluations on influences of forest disturbances on streamwater chemistry based on the long-term hydrobiogeochemical observation, US-Japan Joint Seminar on Responses of Catchment Hydrology and Forest Biogeochemistry to Climatic and Environmental Change, Honolulu, Hawaii, USA, 2013.3.4-7
3. Kosugi, K., M. Fujimoto, Y. Yamakawa, M. Takagi, and T. Mizuyama, Intensive observations of stream flow and bedrock groundwater in headwater catchments with steep topography, US-Japan Joint Seminar on Responses of Catchment Hydrology and Forest Biogeochemistry to Climatic and Environmental Change,

- Honolulu, Hawaii, USA, 2013.3.4-7
4. Kosugi, K., M. Fujimoto, M. Takagi, Y. Yamakawa, N. Masaoka, T. Itokazu, T. Mizuyama, Hydrogeophysical technologies to investigate groundwater in steep mountainous regions in order to mitigate sediment disasters, International seminar on sediment disasters caused by deep landslides, Kyoto, Japan, 2013.9.26.
 5. Yamakawa, Y., K. Kosugi, N. Masaoka, Y. Matsushi, T. Itokazu, T. Mizuyama, Application of the electrical resistivity imaging for detecting groundwater flowing on a mountain slope, International seminar on sediment disasters caused by deep landslides, Kyoto, Japan, 2013.9.26.
 6. *Kosugi, K., M. Fujimoto, Y. Yamakawa, N. Masaoka, and T. Itokazu, Interaction between bedrock groundwater and surface-hydrological and geomorphological processes in mountainous headwater regions, Japan Geoscience Union Meeting 2014, Pacifico Yokohama, 2014.4.29.
 7. Sayama, T., and Y. Iwami, Incorporation of a low-dimensional groundwater flow model in rainfall-runoff-inundation simulations, AOGS, July 28 - Aug 1, 2014, Sapporo, 2014.7.29.
 8. Kosugi, K., Reforestation works in Japan and their effects on rainwater discharge, Combating Desertification & Arid and Semi-Arid Land Forest Restoration, Korea Forest Research Institute, Dongdaemun-gu, Seoul, 2015.12.7.
 9. Sayama, T., Y. Iwami, and K. Kosugi, Estimation of bedrock groundwater contribution with a distributed rainfall-runoff model and Time-Space Accounting Scheme (T-SAS), Japan Geoscience Union Meeting 2015, Pacifico Yokohama, 2015.5.24.
 10. Sayama, T., T. Itokazu, K. Kosugi, K. Takara (2016) Testing a "hydrologically active bedrock hypothesis" with a process-based model, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, 2016.12.16.

(2) 口頭発表 (国内会議 73 件、国際会議 28 件)

〈国内〉

1. 糸数哲・小杉賢一朗・恩田裕一・蔵治光一郎・田中延亮・後藤太成・太田岳史・水山高久, 植生の回復に伴う洪水流出特性の変化, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
2. 小杉賢一朗・藤本将光・山川陽祐・三道義己・水山高久・木下篤彦・下川悦郎・地頭菌隆・平松晋也・福山泰治郎・桜井亘・鷺尾洋一・藤本章次, 深層崩壊の誘因となる山体地下水挙動の解析, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
3. 正岡直也・小杉賢一朗・山川陽祐・水山高久・堤大三, 長期高密度観測による斜面水文過程の時間的変化の解明, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
4. 山川陽祐・隅田順・小杉賢一朗・水山高久, 電気探査法とコイル型 TDR センサを用いた山腹斜面における塩水トレーサー試験, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
5. 松四雄騎・山田真澄・千木良雅弘, 紀伊半島における地形性降雨と深層崩壊の空間分布: 地形発達との関連において, 日本地形学連合秋季大会, 大阪教育大学, 2012 年 9 月 22 日
6. 松四雄騎・山川陽祐・小杉賢一朗・正岡直也・糸数哲, 大起伏堆積岩山地の流れ盤斜面における重力変形と地質構造に規制された地下水流出, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 京都大学, 2013 年 2 月 20 日
7. 小杉賢一朗・藤本将光・山川陽祐・高木将行・水山高久, 大起伏花崗岩流域における山体地下水の集中観測, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
8. 山川陽祐・松四雄騎・正岡直也・小杉賢一朗・水山高久, 山体水理構造の解明に向けた比抵抗探査法の適用, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
9. 正岡直也・小杉賢一朗・山川陽祐・水山高久・堤大三, 岩盤湧水が山地斜面末端の水文過程に与える影響, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日

10. 勝山正則, 風化花崗岩山地における基岩浸透地下水の平均滞留時間と水質変動, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
11. 中村公人・瀧田純平・勝山正則・小杉賢一朗, 滋賀県森林流域の水質特性, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
12. 松四雄騎・山川陽祐・小杉賢一朗, 地質構造に規制された山体地下水の動態把握の試み: 豪雨による深層崩壊の発生プロセスの理解に向けて, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
13. 佐山敬洋・小杉賢一朗, 分布型モデルと T-SAS 法による山地流出の時空間起源変動解析, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
14. 藤本将光・馬場直輝・奥憲二・小杉賢一朗・深川良一・谷誠, 風化花崗岩山地におけるトレーサーを用いた基岩地下水の流動特性の把握, 第 124 回 日本森林学会, 岩手, 2013 年 3 月 26~27 日
15. 松四雄騎・山川陽祐・小杉賢一朗・高見友佑・正岡直也・糸数哲, 大起伏堆積岩山地の流れ盤斜面における重力変形と地質構造に規制された地下水流出, 日本地球惑星科学連合 2013 大会, 幕張メッセ国際会議場, 2013 年 5 月 14 日
16. 松四雄騎・山川陽祐・小杉賢一朗・正岡直也・糸数哲, 大起伏堆積岩山地の流れ盤斜面における重力変形と地質構造に規制された地下水流出, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2013 年 5 月 14 日
17. 勝山正則・谷誠, 日本全国および世界における地下水の酸素・水素安定同位体比空間分布, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2013 年 5 月 23 日
18. Hatma Suryatmojo・山川陽祐・藤本将光・小杉賢一朗・水山高久, Suspended sediment yield in the tropical rainforest with intensive forest management system, H25 砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
19. 正岡直也・小杉賢一朗・山川陽祐・水山高久・堤 大三, 高密度水流観測に基づく斜面水文特性分布の把握, H25 砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
20. 山川陽祐・松四雄騎・小杉賢一朗・正岡直也・糸数哲・水山高久, 大起伏堆積岩山地における水理地質構造把握の試み, H25 砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
21. 糸数 哲・小杉賢一朗・恩田裕一・蔵治光一郎・田中延亮・後藤太成・太田岳史・水山高久, 植生回復状況の異なる花崗岩山地小流域における大雨時の降雨流出特性, H25 砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
22. 小川内良人・木下篤彦・北川眞一・大山 誠・小杉賢一朗・内田太郎・横山 修, 平成 23 年台風 12 号で深層崩壊が発生した赤谷地区斜面の水文特性に関する研究, H25 砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
23. 小杉賢一朗・山川陽祐・松四雄騎・藤本将光・高木将行・正岡直也・糸数 哲・水山高久, 花崗岩ならびに堆積岩を地質とする大起伏山地における山体地下水挙動の比較, H25 砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
24. 松四雄騎・松崎浩之, 宇宙線生成核種による山地流域からの長期的な土砂生産速度の推定, 平成 25 年度砂防学会研究発表会, 静岡市民文化会館, 2013 年 5 月 29-31 日
25. 馬場直輝・藤本将光・深川良一・小杉賢一朗, 風化花崗岩山地におけるトレーサー試験を用いた基岩内地下水流動の把握に関する研究, H25 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 大阪市立大学, 2013 年 6 月 8 日
26. 中谷加奈・中尾友亮・速見智・里深好文・水山高久, 那智川の土石流の市街地への氾濫・堆積シミュレーション, 平成 25 年度土木学会全国大会 第 68 回年次学術講演会, 日本大学生産工学部津田沼キャンパス, 2013 年 9 月 4-6 日
27. 勝山正則・齋藤有・小杉賢一朗・正岡直也・堤大三・宮田秀介・舘野隆之輔・福島慶太郎・中野孝教・谷誠, 森林流域におけるストロンチウム安定同位体比を用いた地下水湧出の空間スケールリング, 水文・水資源学会 2013 年研究発表会, 神戸大学百年記念館, 2013 年 9 月 27 日

28. 松四雄騎, 削剥速度と流域の地形: 地形情報から削剥速度を推定するアプローチの限界について, 第 5 回 GIS・Landslide 研究集会, 防災科学技術研究所, 2013 年 11 月 9 日
29. 松四雄騎, 地表面露出年代法を用いた大規模地すべりの発生年代の決定, 信州大学山岳科学総合研究所シンポジウム, 信州大学, 2013 年 12 月 7 日
30. 勝山正則・岩崎健太, 山地源頭部における隣接支流間の降雨流出過程の相互比較, 第 125 回日本森林学会大会, 大宮ソニックシティ, さいたま市, 2014 年 3 月 29-30 日
31. 勝山正則, 水同位体比長期連続観測に基づく基岩内地下水の動態と溪流への寄与, 森林水文ワークショップ 2014 公開シンポジウム, 大宮ソニックシティ, さいたま市, 2014 年 3 月 30 日
32. 佐山敬洋・勝山正則・小杉賢一朗, 降雨流出波形と水質・同位体をシグナルとする山地河川流出起源の推定, 森林水文ワークショップ 2014 公開シンポジウム, 大宮ソニックシティ, 2014 年 3 月 30 日
33. 小杉賢一朗, 良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築, 森林水文ワークショップ 2014 公開シンポジウム, 大宮ソニックシティ, 2014 年 3 月 30 日
34. 小杉賢一朗・正岡直也, 森林植生管理, 土壌, 地形, 地質が雨水の貯留と流出に及ぼす影響, 森林水文ワークショップ 2014 公開シンポジウム, 大宮ソニックシティ, 2014 年 3 月 30 日
35. 中村公人・藤本将光・糸数 哲, 花崗岩と堆積岩を地質とする流域からの降雨流出と水質形成における山体地下水の役割, 森林水文ワークショップ 2014 公開シンポジウム, 大宮ソニックシティ, 2014 年 3 月 30 日
36. 池田隼人・辻村真貴・勝山正則・長野龍平, 山地源流域におけるマルチ・トレーサー手法による湧水・地下水・河川水の滞留時間の推定, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014 年 5 月 1 日
37. 小杉賢一朗・正岡直也・糸数 哲・水山高久, 基岩地下水位変動の解析と深層崩壊発生時刻の予測について, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
38. 和田孝志・糸数 哲・小杉賢一朗・水山高久, 林地残材の流木化に関する実態調査, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
39. 梁 偉立・小杉賢一朗・水山高久, 樹木周辺における土壌水分の湿潤と乾燥過程, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
40. 山川陽祐・松四雄騎・小杉賢一朗・高見友佑・正岡直也・糸数 哲・水山高久, 付加体堆積岩山地における降雨流出プロセスの解析ー滋賀県流域における湧水の観測事例ー, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
41. 桂 真也・小杉賢一朗・水山高久・山川陽祐, 毛管水縁効果のない花崗岩山地源流域で観測された地下水リッジについて, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
42. 糸数 哲・小杉賢一朗・水山高久・恩田裕一・太田岳史・蔵治光一郎・田中延亮・後藤太成, 森林回復が洪水流出特性に与える影響ー飽和・不飽和浸透計算による解析ー, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
43. 小川内良人・桜井亘・酒井良・岩田孝治・小杉賢一朗・横山修・佐藤美波, 紀伊山地に分布する四万十帯で抽出された岩盤クリーブ斜面の地質および水文特性について, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
44. 金村和生・桜井亘・酒井良・岩田孝治・小杉賢一朗・岡島信也, 熊野地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
45. 松村法行・桜井亘・酒井良・岩田孝治・小杉賢一朗・荒木繁幸・江口欣也・杉山直起, 長殿地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係, H26 砂防学会研究発表会, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
46. 中村公人・瀧田純平・小杉賢一朗・勝山正則・糸数 哲・正岡直也・川島茂人, 単峰性堆積岩

- 山地流域の降雨流出過程と流出水の水質特性, 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集(CD 版), 622-623, 朱鷺メッセ(新潟市), 2014 年 8 月 26-28 日
47. 中谷加奈・小杉恵・今泉文寿・里深好文・水山高久, 平成 25 年 10 月台風 26 号により伊豆大島で発生した土石流災害の検討, 土木学会全国大会 第 69 回年次学術講演会, 大阪大学豊中キャンパス, 2014 年 9 月 10-12 日
 48. 佐山敬洋・小杉賢一朗, 山地基岩は不透水とみなせるか? 基岩地下水の流動を再現する分布型流出モデルの開発, 水文・水資源学会, 宮崎大学, 2014 年 9 月 27 日
 49. 山川陽祐・堀田紀文・経隆悠, 南アルプス破碎帯流域における水・土砂流出特性の解析—大井川水系・東河内沢流域における観測事例—, 第 4 回中部森林学会大会, 名古屋大学農学部, 2014 年 10 月 25 日
 50. 勝山正則, 森林流域における渓流水質の長期変動に与える攪乱の影響, 第 126 回日本森林学会大会, 札幌市, 2015 年 3 月 27-28 日
 51. 小杉賢一朗, 実効雨量を用いた斜面崩壊発生危険度評価, 第 126 回日本森林学会大会, 札幌市, 2015 年 3 月 27-28 日
 52. 金村和生・桜井 亘・北垣啓文・酒井 良・平野 剛・小杉賢一朗・岡島信也・今井千鶴, 熊野地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係(その2), 砂防学会, 栃木県総合文化センター, 2015 年 5 月 20-21 日
 53. 小杉賢一朗・高見友佑・正岡直也・Cristobal Padilla・水山高久・松四雄騎・山川陽祐・安井秀・安永一樹・田中利和・山内政也・山根 誠・小松慎二・影浦亮太・奥村 稔・河戸克志, 地形解析・調査ボーリング・高密度電気探査・空中電磁探査ならびに水文観測を組み合わせた崩壊危険斜面の特性把握, 砂防学会, 栃木県総合文化センター, 2015 年 5 月 20-21 日
 54. 小菅尉多・田村圭司・久保正和・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・永田葉子, 六甲山系における濁度計と浮遊砂観測, 砂防学会, 栃木県総合文化センター, 2015 年 5 月 20-21 日
 55. 橋本宏平・中村公人・小杉賢一朗・勝山正則・糸数 哲・正岡直也・川島茂人, 堆積岩山地の複数の集水域における流出水の水質に及ぼす降水の影響, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会, 岡山大学(岡山市), 2015 年 9 月 1-3 日
 56. 中村公人・小杉賢一朗・勝山正則・内田明宏・吉岡有美, 滋賀県内の湧水・地下水水質の地域特性, 第 72 回農業農村工学会京都支部研究発表会, ピアザ淡海(大津市), 2015 年 11 月 19 日
 57. 佐山敬洋・小杉賢一朗, 分布型流出モデルと T-SAS 法による山体地下水の流出寄与率推定, 水文・水資源学会, 首都大学東京, 2015 年 9 月 11 日
 58. 有光悠紀・藤本将光・平岡伸隆・檀上徹・深川良一, 清水寺後背斜面における地盤内間隙水圧の変動特性把握に関する研究, 平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 摂南大学, 2015 年 5 月 30 日
 59. 有光悠紀・藤本将光・檀上徹・平岡伸隆・石田優子・深川良一, 清水寺後背斜面における現地モニタリングの有用性の検討—大規模降雨時の間隙水圧値と土壌雨量指数の比較—, Kansai Geo-symposium 2015—地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—, 大阪市立大学, 2015 年 11 月 20 日
 60. 飯田哲也・藤本将光・小杉賢一朗・平岡伸隆・深川良一, 室内実験を用いた大規模降雨時における土中水分の変動特性の把握に関する研究, Kansai Geo-symposium 2015—地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—, 大阪市立大学, 2015 年 11 月 20 日
 61. 檀上徹・高倉伸一・有光悠紀・藤本将光・石沢友浩・深川良一, 重要文化財後背斜面における比抵抗法電気探査を用いた地下水帯の把握, 第 9 回歴史都市防災シンポジウム, 立命館大学, 2015 年 7 月 4 日
 62. 勝山正則, 世界規模の地下水安定同位体比空間分布の解明, 第 5 回同位体環境学シンポジウム, 総合地球環境学研究所, 2015 年 12 月 25 日
 63. 勝山正則, 風化花崗岩山地源流域における空間スケール拡大に伴う流況安定化メカニズム, 水文・水資源学会 2015 年度研究発表会, 首都大学東京, 2015 年 9 月 9 日
 64. 松四雄騎・荻谷愛彦・松崎浩之, 大起伏山地の地形形成過程における大規模岩盤崩壊の役

- 割: 日本アルプスを例として, 日本地形学連合秋季大会, 鹿児島大学, 2015 年 10 月 10 日
65. 松四雄騎, 崩壊予備物質の空間分布を考慮した表層崩壊の発生場・発生時・発生規模予測, 土砂災害予測に関する研究集会, 国立研究開発法人防災科学技術研究所, 2015 年 12 月 3 日
 66. 小杉賢一朗・糸数 哲・正岡直也, 斜面勾配が降雨の浸透・流出に与える影響, 森林学会, 日本大学藤沢キャンパス, 2016 年 3 月 28-29 日
 67. 小杉賢一朗・高見友佑・藤田克樹・正岡直也・糸数哲・影浦亮太・奥村稔・河戸克志・山内政也・山根誠・小松慎二・安井秀・安永一樹・田中利和, 斜面崩壊の誘因となる山地水文環境の調査手法に関する検討, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
 68. 小松慎二・村重直邦・伊藤正美・山根誠・今森直紀・北垣啓文・平野剛・小杉賢一朗, 北股地区深層崩壊地における水理地質構造の検討(その 2), 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
 69. 山川陽祐・藤井修人・今泉文寿・逢坂興宏・堀田紀文・経隆悠・後藤優弥・正岡直也・小杉賢一朗・小松正弥, 土壌水分計付貫入計(CPMP)を用いた火山堆積物成層構造探査手法の検討ー伊豆大島における事例ー, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
 70. 堀田紀文・後藤優弥・山川陽祐・経隆悠・正岡直也・今泉文寿: 2013 年台風 26 号による伊豆大島での表層崩壊発生プロセス, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
 71. 勝山正則・谷誠, ミネラルウォーターの安定同位体比空間分布を用いた世界の地下水資源モニタリング, 森林学会, 日本大学藤沢キャンパス, 2016 年 3 月 28-29 日
 72. 吉岡有美・中村公人・中野孝教・堀野治彦・申基澈, マルチトレーサを用いた扇状地地下水の流動と形成機構に関する研究, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, HTT21-05, 幕張メッセ, 2016 年 5 月 22-26 日
 73. 藤本将光・小山倫文・渡邊義裕・松本敏典・小林猛嗣・徳永 博・倉岡千郎・中井卓巳・安藤貴志, 道路法面における現地計測に基づいた土砂災害警戒危険情報の検討, 第 51 回地盤工学会研究発表会, 岡山大学, 2016 年 9 月 13 日

〈国際〉

1. Fujimoto, M., K. Kosugi, Y. Sando, and T. Mizuyama, Characteristics of spring discharge at a shallow landslide scar in a weathered granitic catchment, Proceeding of UNESCO-IHP 19th Regional Steering Committee Meeting, Uji, Kyoto, Japan, 2011.10.24-28.
2. Matsushi, Y., M. Yamada, M. Chigira, Rainfall, slope instability, and deep-seated landslides in Kii Mountains Japan, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari Messe, 2012.5.20.
3. Matsushi, Y., H. Matsuzaki, Quantifying soil formation and sediment yield in mountains watersheds using terrestrial cosmogenic nuclides. 19th International Mass Spectrometry Conference, Kyoto, Japan, 2012.9.18.
4. Kosugi, K., M. Fujimoto, Y. Yamakawa, M. Takagi, T. Mizuyama, and K. Otsuki, Behavior of bedrock groundwater in a steep headwater catchment and its effects on sustainable forest water resources, 3rd International Conference on Forests and Water in a Changing Environment, Fukuoka, Japan 2012.9.18-20.
5. Katsuyama, M., and K. Fukushima, Mechanisms of long-term effects of forest disturbance on streamwater nitrate concentration in headwaters - Application of residence time concept-, 3rd International Conference on Forests and Water in a Changing Environment, Fukuoka, Japan 2012.9.18-20.
6. Sayama, T., Y. Tatebe, S. Tanaka, Understanding of large-scale flood processes with a rainfall-runoff-inundation (RRI) model and time-space accounting scheme (T-SAS), IAHS 90th Anniversary Symposium on Prediction in Ungauged Basins, Delft, 2012.10.23-25.
7. Katsuyama, M., K. Kosugi, and M. Tani, Long-term observations of bedrock groundwater dynamics and contributions to stream in a granite catchment -

- Approach with Mean Residence Time and Hydrochemistry, American Geophysical Union 2013 Fall Meeting, Moscone Convention Center, San Francisco, United States, 2013.12.10.
8. Fujimoto, M., K. Kosugi, Y. Ishida, Y. Satofuka, and R. Fukagawa, Effect of weathered bedrock permeability on a large landslide triggered by Typhoon Talas in southern part of central Japan, The proceeding of 13th Conference on Science and Technology - International Session 2013 HCMUT Vietnam- Faculty of Civil Engineering, HCMC, Vietnam, 2013.12.31.
 9. Katsuyama, M., K. Kosugi, and M.Tani, Mean residence time and hydrochemistry of bedrock groundwater aquifer in a Granite mountain, Japan Geoscience Union Meeting 2014, Pacifico YOKOHAMA, 2014.4.29.
 10. Fujimoto, M., K. Kosugi, N. Masaoka, N. Banba, R. Ueda., Y. Sasai, R. Fukagawa, and M. Tani, Variability of the chemistry of streamwater and bedrock groundwater at a weathered granite mountain, Japan, Japan Geoscience Union Meeting 2014, Pacifico Yokohama, 2014.4.29.
 11. Matsushi, Y. and H. Matsuzaki, Soil production functions and soil layer mobility in Japanese mountainous catchments underlain by granitoid rocks, Japan Geoscience Union Meeting 2014, Pacifico YOKOHAMA, 2014.4.29.
 12. Sayama, T. and Y. Iwami, Incorporation of a low-dimensional groundwater flow model in rainfall-runoff-inundation simulations, AOGS, Sapporo, 2014.7.29
 13. Katsuyama, M. and M. Tani, Isoscapes of bottled water as a tool for global groundwater resources monitoring, MinWat2014, Karlovy Vary, Czech Republic, 2014.9.11
 14. Matsushi, Y., M. Chigira, K. Kosugi, Orographic rainfall, deep-seated catastrophic landslides, and landscape evolution: geomorphic hazard assessment in active orogens, INTERPRAEVENT international symposium 2014, Nara Prefectural New Public Hall, 2014.11.26.
 15. Kosugi, K., M. Fujimoto, Y. Yamakawa, N. Masaoka, T. Itokazu, and T. Mizuyama, Modeling of bedrock groundwater levels based on antecedent precipitation indices, INTERPRAEVENT international symposium 2014, Nara Prefectural New Public Hall, 2014.11.26.
 16. Sayama, T., K. Kosugi, and K. Takara, Groundwater and surface water interaction and its representation by a distributed rainfall-runoff model in mountainous catchments., The 23rd IHP Regional Steering Committee Meeting for Southeast Asia and the Pacific, UNESCO-IHP and the International Symposium "Integrated Actions for Global Water and Environmental Sustainability", Medan, Indonesia, 2015.10.21.
 17. Fujimoto, M., Y. Arimitsu, N. Hiraoka, T. Danjo, T. Kimura, Y. Ishida, and R. Fukagawa, Characteristics of groundwater movement at a hillslope above Kiyomizu-dera Temple, an important cultural asset, The15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (15ARC), Fukuoka International Congress Center, 2015.11.9.
 18. Iida, T., M. Fujimoto, N. Kumakura, D. Takasaki, N. Hiraoka, and R. Fukagawa, A method for judging the risk of slope failure based on precipitation and soil moisture characteristics, GEOMATE2015, Osaka International House Foundation, 2015.11.18.
 19. Arimitsu, Y., M. Fujimoto, N. Hiraoka, T. Danjo, Y. Ishida, and R. Fukagawa, Characteristics of subsurface water movements in soil layers on the hillslope behind Kiyomizu temple, GEOMATE2015, Osaka International House Foundation, 2015.11.18.
 20. Katsuyama, M., K. Takaki, N. Masaoka, H. Haga, K. Shin, T. Nakano, and M. Tani, Identification and comparison of bedrock groundwater contribution in headwater streams using Strontium isotope, AGU Fall Meeting, Moscone Convention Center,

- San Francisco, 2015.12.17.
21. Katsuyama, M., Hydrological control of perpetual effects of forest disturbance on streamwater chemistry in a forested catchment, 4th International Conference Forests & Water in a Changing Environment, University of British Columbia, Kelowna, Canada, 2015.7.7.
 22. Matsushi, Y. and H. Matsuzaki, Controls of soil production, type of landslides and denudation rate of watersheds: cases from several Japanese mountains, XIX INQUA Congress, The International Union for Quaternary Research, The Nagoya Congress Center, Japan, 2015.8.1.
 23. Matsushi, Y., Y. Yamakawa, Y. Takami, N. Masaoka, K. Kosugi, Rainfall recharge runoff processes through bedrock groundwater: implications for triggering of deep-seated catastrophic landslides, 10th Asian Regional Conference of IAEG, Kyoto University, Japan, 2015.9.26.
 24. Osawa, H., S. Matsuura, T. Okamoto, Y. Matsushi, T. Terajima, and T. Shibasaki, Effects of snow load on water infiltration in the ground surface layer of a landslide, 10th Asian Regional Conference of IAEG, Kyoto University, Japan, 2015.9.27.
 25. Matsushi Y., 4 D-hazard mapping for shallow landslides by heavy rainfall, GADRI Geohazard 2016 Workshop "New generation of geohazard mapping and strategy for its social application", Kyoto University, Japan, 2016.3.12.
 26. Katsuyama, M., M. Tani, and K. Tsuruta, Hydro- biogeochemical responses to environmental change at a granite catchment in Japan estimated from 43-years records, AGU Fall Meeting, Moscone Convention Center, San Francisco, 2016.12.14.
 27. Egusa, T., N. Hotta, Y. Yamakawa, T. Oda, Y.-J. Tsai, and S.-P. Lee, Survey of stream water chemistry in a region at risk of deep-seated landslides in Taiwan, 2016 International Workshop on Disaster Prevention and Mitigation Technology for Large-Scale Landslides, Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, 2016.11.7-9.
 28. Hotta, N., Y. Goto, N. Masaoka, F. Imaizumi, Y. Yamakawa, and H. Tsunetaka, Numerical simulation of infiltration and slope stability analysis of shallow landslide occurrences in a volcanic area – Disasters in Izu Oshima Island caused by typhoon Wipha in 2013 –, Joint Workshop of 2016 International Debris-Flow Workshop and 6th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters, Uji Campus, Kyoto University, Uji, Kyoto, Japan, 2016.11.29-12.2.

(3)ポスター発表 (国内会議 66 件、国際会議 30 件)

〈国内〉

1. 小杉賢一郎・糸数哲・山川陽祐・藤本将光・山田拓・水山高久・谷誠・小島永裕・安井秀・安永一樹・田中利和, 花崗岩および中古生層を地質とする山地小流域の基岩地下水動態, 日本森林学会大会, 宇都宮, 2012 年 3 月 27-28 日
2. 正岡直也・小杉賢一郎・山川陽祐・水山高久・堤大三, 三次元浸透計算による斜面土層の不均質な透水性分布の推定, 日本森林学会大会, 宇都宮, 2012 年 3 月 27-28 日
3. 藤光智香・小杉賢一郎・山川陽祐・水山高久・木下篤彦, 花崗岩山地における土層厚分布推定, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
4. 鶴田健二・小杉賢一郎・正岡直也・吉藤奈津子・水山高久, ヒノキ人工林における蒸散量の推定—樹液流計測を用いた検討—, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
5. 高木将行・山川陽祐・藤本将光・小杉賢一郎・水山高久・王林・矢野晴彦, 風化花崗岩山地における山体地下水が斜面崩壊に与える影響, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
6. 山田拓・小杉賢一郎・糸数哲・藤本将光・谷誠・小島永裕・水山高久, 堆積岩および花崗岩の

- 山地斜面における岩盤地下水の降雨応答の解析, H24 砂防学会研究発表会, 高知, 2012 年 5 月 23~24 日
7. 塩野康浩・木下篤彦・関根隆好・神野忠広・森東哲郎・内田太郎・小菅尉多・水山高久・小杉賢一朗, 六甲山系のパルス方式ハイドロフォンの特性と流砂計測, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 8. 永田葉子・木下篤彦・関根隆好・神野忠広・森東哲郎・内田太郎・永田葉子・小菅尉多・水山高久・小杉賢一朗, 六甲山系の浮遊土砂の供給・流出特性, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 9. 高木将行・小杉賢一朗・山川陽祐・藤本将光・水山高久・木下篤彦・神野忠広・森東哲郎, 風化花崗岩山地における基岩地下水の分布および流動特性, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 10. 岡野和行・木下篤彦・関根隆好・神野忠広・内田太郎・船越和也・山口和也・水山高久・小杉賢一朗, 六甲山系における地形特性を考慮した斜面・溪床の不安定土砂量の推定手法に関する研究, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 11. 柿本篤史・小杉賢一朗・糸数 哲・山川陽祐・正岡直也・水山高久・小島永裕・安井 秀・安永一樹・田中利和, 中古生層堆積岩山地における降雨流出の特徴, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 12. 杉本康平・小杉賢一朗・山川陽祐・糸数 哲・正岡直也・藤本将光・水山高久, 花崗岩山地における基岩地下水と降雨流出の対応, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 13. 馬場直輝・藤本将光・小杉賢一朗・谷 誠・深川良一, 風化花崗岩山地におけるトレーサー試験を用いた基岩内地下水流動の把握に関する研究, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 14. 山田 拓・小杉賢一朗・糸数 哲・藤本将光・谷 誠・小島永裕・水山高久, 堆積岩および花崗岩を母材とする山地小流域における降雨流出の比較, H25 砂防学会研究発表会, 静岡, 2013 年 5 月 29-31 日
 15. 瀧田純平・中村公人・勝山正則・小杉賢一朗・山川陽祐・正岡直也・糸数哲・小島永裕, 小起伏堆積岩山地における湧水の水文・水質特性, 水文・水資源学会, 神戸大学, 2013 年 9 月 25-26 日.
 16. 山川陽祐・小杉賢一朗・正岡直也・水山高久, 電気探査法を用いた山腹斜面における土壌水分分布計測, 2013 年度中部山岳地域大学間連携事業年次報告会, 長野県上田市ホテルプチゾンタック, 2013 年 11 月 22 日
 17. 鷹木香奈・勝山正則, ストロンチウム同位体比を用いた山地源流域における集水構造の流域間比較, 第 3 回同位体環境学シンポジウム, 総合地球環境学研究所, 京都市, 2013 年 12 月 17 日
 18. 山田祐也・大野研・松尾奈緒子・勝山正則・吉村圭・和田恵次, 安定同位体比を用いた紀伊半島の降水システムについての研究, 第 3 回同位体環境学シンポジウム, 総合地球環境学研究所, 京都市, 2013 年 12 月 17 日
 19. 田中洋太郎・勝山正則・長野龍平・鷹木香菜・谷誠, 森林流域における蛍光特性を用いた溶存有機態炭素の時空間動態の解明, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
 20. 山本浩之・鶴田健二・小杉縁子・牧田直樹・勝山正則・正岡直也・小杉賢一朗・松尾奈緒子・谷誠, 土壌の乾燥が斜面位置の異なるヒノキの蒸散及び吸水深度に及ぼす影響, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
 21. 長野龍平・勝山正則・池田隼人・辻村真貴・谷誠, 山地小流域におけるフロン類を用いた湧水・地下水の滞留時間の推定とその時空間変動要因, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日
 22. 鷹木香菜・勝山正則・正岡直也・芳賀弘和・申基澈・中野孝教・谷誠, ストロンチウム同位体比を用いた山地源流域における集水構造の流域間比較, 第 125 回日本森林学会大会, さいた

ま市ソニックシティ, 2014 年 3 月 28 日

23. 永田葉子・田村圭司・日野 健・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・小菅尉多, 六甲山系の横断方向の流砂変動とハイドロフォン, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
24. 正岡直也・小杉賢一朗・水山高久・糸数 哲・桜井 亘・酒井 良・岩田孝治・永田雅一・植田芳弘・小川内良人・清水幹輝, 安定同位体比を用いた地下水流動機構の解明ー紀伊半島深層崩壊地の事例ー, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
25. 高木将行・小杉賢一朗・糸数 哲・水山高久・田村圭司・森東哲郎・日野 健, 風化花崗岩山地における基岩地下水の分布および流動特性, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
26. 杉本康平・小杉賢一朗・糸数 哲・正岡直也・水山高久・藤本将光, 高密度ボーリング孔網を用いた基岩地下水解析, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
27. 柿本篤史・小杉賢一朗・糸数 哲・正岡直也・水山高久・山川陽祐・小島永裕・安井 秀・安永一樹・田中利和, 中生層堆積岩山地における山地下水を考慮した水文過程, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
28. 高見友佑・小杉賢一朗・松四雄騎・山川陽祐・正岡直也・糸数 哲・水山高久・山根 誠・小松慎二・山内政也, 大起伏堆積岩山地における湧水の量と質に基岩地下水が与える影響, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
29. 馬場直輝・藤本将光・深川良一・小杉賢一朗・谷 誠, 風化花崗岩山地における原位置試験を用いた基岩内地下水の流動層の把握, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
30. 田村圭司・日野健・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・小菅尉多・永田葉子, 六甲山系の浮遊砂の特徴, 新潟コンベンションセンター, 2014 年 5 月 28-29 日
31. 松尾奈緒子・山田祐也・芳村圭・勝山正則・和田恵次・大野研・立花義裕, 紀伊半島の降水の安定同位体比の季節変動と空間分布, 水文・水資源学会 2014 年度研究発表会, 宮崎グリーンズフィア壱番館, 宮崎市, 2014 年 9 月 25 日
32. 松四雄騎・寺嶋智巳・八反地剛・竹田尚史・伊豆大島における降雨によるテフラの表層崩壊メカニズムと火山噴火史を考慮したハザードマップ作成の試み, 日本地形学連合, 奈良大学, 2014 年 10 月 12 日.
33. 鷹木香菜・勝山正則, スロンチウム安定同位体比を用いた山地源流域間の地下水湧出過程の比較, 第 4 回同位体環境学シンポジウム, 総合地球環境学研究所, 2014 年 12 月 22 日
34. 松尾奈緒子・山田祐也・芳村圭・勝山正則・和田恵次・大野研・立花義裕, 安定同位体を用いた紀伊半島の降水システムの解明, 第 4 回同位体環境学シンポジウム, 総合地球環境学研究所, 2014 年 12 月 22 日
35. 山川陽祐・堀田紀文・経隆悠, 南アルプス破砕帯流域における降雨流出特性および地形・地質構造の解析ー大井川水系・東河内沢流域における観測事例ー, 第 6 回 GIS-Landslide 研究集会, 東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト, 2015 年 1 月 16 日
36. 佐藤和弥・松尾奈緒子・木庭啓介・矢野翠・木庭亜弥美・小杉緑子・勝山正則・小杉賢一朗・鶴田健二・山本浩之, 窒素安定同位体比を用いた異なる土壌水分環境に生育するヒノキの窒素吸収源の比較, 第 62 回日本生態学会, 鹿児島市, 2015 年 3 月 19 日
37. 鷹木香菜・勝山正則・正岡直也・芳賀弘和・申基澈・中野孝教・谷誠, スロンチウム安定同位体比を用いた山地源流域の集水構造の解析ー地質・地形の異なる流域間比較ー, 第 126 回日本森林学会大会, 札幌市, 2015 年 3 月 27 日
38. 長野龍平・勝山正則・辻村真貴・芳賀弘和・正岡直也・榊原厚一・池田隼人・谷誠, 山地源流域における流域地下構造に起因する地下水・湧水の滞留時間決定機構の解明, 第 126 回日本森林学会大会, 札幌市, 2015 年 3 月 27 日
39. 田中洋太郎・勝山正則・岩崎健太・長野龍平・鷹木香菜・谷誠, 森林流域における降雨時溪流水中の溶存有機物蛍光特性の変動メカニズム, 第 126 回日本森林学会大会, 札幌市, 2015 年 3 月 27 日

40. 山本浩之・鶴田健二・勝山正則・奥村智憲・小杉緑子・松尾奈緒子・青木万実・渡邊哲弘・谷誠：樹木の吸水深度推定に向けた土壌及び植物体からの水抽出・安定同位体比測定手法の検討，第126回日本森林学会大会，札幌市，2015年3月27日
41. 浅野友子・内田太郎・勝山正則・五味高志・水垣滋・丹羽諭・横尾善之，山地流域の水・土砂流出における空間スケールの影響に関する研究の現状，第126回日本森林学会大会，札幌市，2015年3月28日
42. 正岡直也・小杉賢一朗・杉本康平・水山高久，花崗岩山地源流域における基岩内地下水の分布・流動機構，第126回日本森林学会大会，札幌市，2015年3月28日
43. 松四雄騎・苅谷愛彦・松崎浩之，大起伏急傾斜山地の地形形成過程における岩盤崩壊の役割，日本地理学会春季大会，日本大学，2015年3月29日
44. 伊熊浩平・小杉賢一朗・高見友佑・勝山正則・水山高久，災害時における山体地下水・湧水の水資源の利用適合性の検討，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
45. 杉本康平・小杉賢一朗・糸数 哲・正岡直也・藤本将光・水山高久，花崗岩山地における基岩地下水の流動特性が降雨流出に及ぼす影響，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
46. 高見友佑・小杉賢一朗・正岡直也・水山高久・松四雄騎・山川陽祐・安井 秀・安永一樹・田中利和，大起伏堆積岩山地における基岩地下水の水文挙動の解析，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
47. 影浦亮太・小杉賢一朗・正岡直也・C. Padilla・水山高久・奥村 稔・河戸克志，空中電磁探査による滋賀県流域の比抵抗構造特性，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
48. 永田葉子・田村圭司・久保正和・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・小菅尉多，六甲山系における比較的大きな出水時の浮遊砂の特徴，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
49. 田村圭司・久保正和・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・小菅尉多・永田葉子，六甲山系の流砂観測と土砂流出の変遷，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
50. 小松慎二・北垣啓文・平野 剛・酒井 良・小杉賢一朗・伊藤正美・大井手淳二・富森さとし・山根 誠，北股地区深層崩壊地における水理地質構造の検討ー三次元浸透流解析による集水域外からの地下水流入の再現ー，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
51. 藤田克樹・小杉賢一朗・糸数 哲・水山高久・中村公人・小島永裕・安井 秀・安永一樹・田中利和，基岩地下水の電気伝導度に着目した堆積岩山地の降雨流出機構の検討，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
52. 糸数 哲・小杉賢一朗・恩田裕一・蔵治光一郎・田中延亮・後藤太成・太田岳史・水山高久，山地小流域における土層厚の変化が豪雨時の洪水流量に与える影響，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
53. 和田孝志・糸数 哲・小杉賢一朗・中谷加奈・水山高久，林地残材及び立木を起源とする流木の発生量に関する検討，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
54. 山川陽祐，南アルプス付加体堆積岩山地における基岩湧水の降雨応答特性ー大井川水系東河内沢流域における観測事例ー砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
55. 有光悠紀・藤本将光・平岡伸隆・檀上徹・深川良一，堆積岩斜面における降雨時の地盤内間隙水圧の変動把握に関する研究，砂防学会，栃木県総合文化センター，2015年5月20-21日
56. 松四雄騎・松崎浩之・吉田英嗣・金田平太郎，大起伏山地における大規模岩盤崩壊の発生場と誘因：地形解析と露出年代測定からの推定，平成 27 年度京都大学防災研究所研究発表講演会，京都大学防災研究所，2016年2月24日
57. 正岡直也・小杉賢一朗・肥沼直輝・藤本将光，花崗岩山地減流域の基岩内地下水が流出特

性に与える影響, 森林学会, 日本大学藤沢キャンパス, 2016 年 3 月 28-29 日

58. 伊熊浩平・小杉賢一朗・高見友佑・勝山正則, 深層崩壊危険斜面における山体地下水・湧水の水質に関する研究, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
59. 肥沼直輝・小杉賢一朗・正岡直也, 花崗岩山地における基岩地下水の降雨応答特性が流出に及ぼす影響, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
60. 影浦亮太・小杉賢一朗・正岡直也・糸数哲・奥村稔・河戸克志・佐藤敏久, 空中電磁探査による滋賀県の比抵抗構造特性, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
61. 有光悠紀・藤本将光・檀上徹・平岡伸隆・石田優子・深川良一, 重要文化財後背斜面における間隙水圧値を用いた斜面崩壊危険度予測の検討, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
62. 飯田哲也・藤本将光・小杉賢一朗・平島永嗣・平岡伸隆・深川良一, 大規模降雨時における斜面崩壊発生機構に関する実験的検討, 砂防学会, 富山県民会館, 2016.5.18-19.
63. 橋本宏平・中村公人・小杉賢一朗・勝山正則・糸数哲・正岡直也・川島茂人, 堆積岩山地における地下水流出過程の検討, 2016 年度土壌物理学学会大会, 京都大学農学部, 2016 年 10 月 29 日
64. 伊藤真帆・吉岡有美・中村公人・瀧本裕士・土原健雄, 濁水現象が河川と浅層地下水との水交換に与える影響の評価, 第 6 回同位体環境学シンポジウム, 総合地球環境学研究所, 2016 年 12 月 22 日
65. 谷口未峰・山川陽祐・経隆悠・堀田紀文・山中勤・岸和央, 南アルプス付加体堆積岩山地における基岩湧水の降雨応答特性, 砂防学会, 富山県民会館, 2016 年 5 月 18-19 日
66. 江草智弘・堀田紀文・山川陽祐・小田智基・蔡元融・李心平, 台湾の深層崩壊危険地における渓流水質調査, 地すべり学会, 高知県立県民文化ホール, 2016 年 8 月 24 日

〈国際〉

1. Kosugi, K., M. Fujimoto, Y. Sando, T. Misuyama, and A. Kinoshita, Effects of bedrock groundwater on landslide occurrences in a steep headwater catchment, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2011.12.5-9.
2. Yamakawa, Y., K. Kosugi, T. Misuyama, and A. Kinoshita, Analyzing heterogeneous hydrological processes within soil mantle and shallow bedrock in a granitic foothill, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2011.12.5-9.
3. Fujimoto, M., K. Kosugi, Y. Sando, T. Misuyama, and A. Kinoshita, Influence of specific flowpath of bedrock groundwater causing shallow landslide at weathered granitic mountain, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2011.12.5-9.
4. Itokazu, T., K. Kosugi, Y. Onda, K. Kuraji, N. Tanaka, T. Goto, T. Ohta, and T. Mizuyama, Difference of direct runoff characteristics with vegetation recovery in granite watershed, 3rd International Conference on Forests and Water in a Changing Environment, Fukuoka, Japan, 2012.9.18-20.
5. Masaoka, N., K. Kosugi, Y. Yamakawa, T. Mizuyama, and D. Tsutsumi, The effect of bedrock groundwater spring on hydrological processes in a forested hillslope, 3rd International Conference on Forests and Water in a Changing Environment, Fukuoka, Japan, 2012.9.18-20.
6. Yamada, T., K. Kosugi, T. Itokazu, M. Tani, and T. Mizuyama, A comparison of discharge and bedrock groundwater hydrographs between catchments underlain by sedimentary and granitic rocks, Geological Society of America 2012 Annual Meeting, Charlotte, NC, USA, 2012.11.4-7.
7. Fujimitsu, C., K. Kosugi, Y. Yamakawa, and T. Mizuyama, Spatial distribution of soil depth in a headwater catchment underlain by weathered granite, Geological Society of America 2012 Annual Meeting, Charlotte, NC, USA, 2012.11.4-7.
8. Katsuyama, M. and M. Tani, Potential utility of bottled waters of Japan and of the world for groundwater isoscapes, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2012.12.5.
9. Katsuyama, M. and M. Tani, Potential utility of bottled waters of Japan and of the

- world for groundwater isoscapes, US-Japan Joint Seminar on Responses of Catchment Hydrology and Forest Biogeochemistry to Climatic and Environmental Change, Honolulu, Hawaii, USA, 2013.3.4-7.
10. Fujimoto, M., N. Banba, K. Kosugi, M. Tani, and R. Fukagawa, Evaluation of bedrock groundwater movement using tracer methods in a weathered granite hillslope, US-Japan Joint Seminar on Responses of Catchment Hydrology and Forest Biogeochemistry to Climatic and Environmental Change, Honolulu, Hawaii, USA, 2013.3.4-7.
 11. Yamakawa, Y., N. Masaoka, K. Kosugi, and T. Mizuyama, Combination use of electrical resistivity imaging and a new combined penetrometer - moisture probe for measuring water content distribution in hillslopes, European Geosciences Union General Assembly 2013, Vienna, Austria, 2013.4.9.
 12. Masaoka, N., K. Kosugi, Y. Yamakawa, T. Mizuyama, and D. Tsutsumi, Analysis of heterogeneous hydrological properties of a mountainous hillslope using intensive water flow measurements, European Geosciences Union General Assembly 2013, Vienna, Austria, 2013.4.9.
 13. Itokazu, T., K. Kosugi, Y. Onda, K. Kuraji, N. Tanaka, T. Goto, T. Ohta, and T. Mizuyama, Direct runoff characteristics in granite headwater catchments having different vegetation recovery conditions, International symposium on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity (3rd), Kyoto Univ., 2013.9.26.
 14. Masaoka, N. K. Kosugi, T. Itokazu, K. Sugimoto, M. Fujimoto, and T. Mizuyama, The role of bedrock groundwater in runoff generation in granitic headwater catchments, International symposium on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity (3rd) , Kyoto Univ., 2013.9.26.
 15. Kosugi, K., M. Katsuyama, Y. Matsushi, K. Nakamura, T. Sayama, M. Fujimoto, Y. Yamakawa, N. Masaoka, and T. Itokazu, Development of innovative technologies to exploit groundwater resources in mountainous regions in order to mitigate sediment disasters as well as to achieve a sustainable supply of unpolluted high-quality water, International symposium on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity (3rd), Kyoto Univ., 2013.9.26.
 16. Matsushi, Y., M. Chigira, Y. Yamakawa, and K. Kosugi, Location and distribution of deep-seated catastrophic landslides and gravitational slope deformation in areas of accretionary sedimentary rocks: an attempt for hazard zoning using topographic signals, International symposium on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity (3rd) , Kyoto Univ., 2013.9.26.
 17. Fukushima, K., R. Tateno, M. Katsuyama, and N. Tokuchi, Changes in plant-soil feedback regulate ecosystem nitrogen retention during stand development of Japanese cedar plantation after clear-cutting, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2013.12.10.
 18. Sayama T. and K. Kosugi, A low-dimensional hillslope and catchment runoff model based on a subsurface variable-source area hypothesis with weathered bedrock groundwater, EGU, Vienna, Austria, 2014.5.1.
 19. Fujimoto, M., K. Kosugi, Y. Ishida, Y. Satofuka, and R. Fukagawa, Numerical simulation of a large landslide triggered by Typhoon Talas in central Japan, Full paper of 14th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Kyoto, 2014.9.22-25.
 20. Ishida, Y., M. Fujimoto, R. Fukagawa, K. Sako, and T. Danjo, Consideration of rainfall index for slope failure at the world heritage Kiomizu - dera, Full paper of 14th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Kyoto, 2014.9.22-25.
 21. Masaoka, N., K. Kosugi, M. Katsuyama, T. Mizuyama, S. Miyata, and D. Tsutsumi, Effects of bedrock groundwater and geological structure on hydrological processes

- in mountainous watersheds, INTERPRAEVENT International Symposium 2014, Nara Prefectural New Public Hall, Nara, Japan, 2014.11.27.
22. Itokazu, T., K. Kosugi, Y. Onda, K. Kuraji, N. Tanaka, M. Goto, T. Ohta, and T. Mizuyama, Characteristics of storm runoff in small granite catchments having different vegetation recovery conditions, INTERPRAEVENT International Symposium 2014, Nara Prefectural New Public Hall, Nara, Japan, 2014.11.27.
 23. Fujimoto, M., T. Mizuyama, and M. Sikiguchi, Characteristics of discharge and water chemistry in a sediment disaster area in Hofu, Yamaguchi Prefecture, western Japan, INTERPRAEVENT International Symposium 2014, Nara Prefectural New Public Hall, Nara, Japan, 2014.11.27.
 24. Katsuyama, M., K. Iwasaki, R. Nagano, K. Takaki, and Y. Tanaka, Difference of Ecosystem and Hydrological control on Long-term water quality between adjacent subcatchments in a forested catchment in central Japan, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2014.12.15.
 25. Haga, H., M. Katsuyama, K. Osaka, Critical rainfall and groundwater level regulating runoff generation in a small forested catchment, western Japan, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2014.12.15.
 26. Fujimoto, M., K. Kosugi, N. Banba, Y. Shimogakiuchi, M. Tani, R. Fukagawa, Variability of the chemistry of streamwater and bedrock groundwater in a small catchment at a weathered granite mountain, Japan, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2014.12.15.
 27. Sayama, T., Y. Iwami, and K. Kosugi, Simulation of bedrock groundwater dynamics in a distributed rainfall-runoff model, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2014.12.19.
 28. Matsushi, Y., Y. Kariya, S. Harayama, and H. Matsuzaki, Dating deep-seated catastrophic landslides in Japanese Alps by terrestrial cosmogenic ^{10}Be : an implication to the influence of climate change in shaping mountainous landscapes, XIX INQUA Congress, The International Union for Quaternary Research, Nagoya, Japan, 2015.7.31.
 29. Watakabe T., Y. Matsushi, M. Chigira, C.-Y. Tsou, Y. Hirata, Characteristics of shallow landslides, soil layer structure and soil properties on hillslopes underlain by granite and hornfels: cases from the disaster on 20 August 2014 at Hiroshima, Japan, 10th Asian Regional Conference of IAEG, Kyoto University, Japan, 2015.9.26.
 30. Katsuyama, M., Y. Tanaka, and M. Tani, Variations of fluorescent DOC in temperate forest catchments, Goldschmidt 2016, Pacifico Yokohama, Yokohama, 2016.6.29.

4. 知財出願

(1) 国内出願 (1 件)

斜面崩壊予測方法及び斜面崩壊予測装置, 発明者: 小杉賢一朗, 出願人: 国立大学法人京都大学, 平成 26 年 5 月 12 日, 特願 2014-098393

斜面崩壊予測方法及び斜面崩壊予測装置, 発明者: 小杉賢一朗, 出願人: 国立大学法人京都大学, 平成 26 年 10 月 1 日, 特願 2014-203340 (特願 2014-098393 を基礎出願とし, 国内優先権を主張する出願)

(2) 海外出願 (0 件)

(3) プログラムの著作物(0 件)

(4) データベースの著作物(0 件)

5. 受賞・報道等

(1) 受賞

若手科学者賞(科学技術分野の文部科学大臣表彰), 佐山敬洋, 世界の大洪水を対象にした降雨流出氾濫予測に関する研究, 2013 年 4 月 16 日

国土開発技術賞(優秀賞), 佐山敬洋, 降雨流出氾濫モデル, 2013 年 7 月 5 日

*砂防学会賞(論文賞), 小杉賢一朗, 地形に依存した雨水流動追跡に基づく表層崩壊発生予測の問題点, 2014 年 5 月 28 日

IAEG 10th Asian Regional Conference for Engineering Geology, Excellent paper, Matsushi, Y., The International Association for Engineering Geology and the Environment, 2015 年 9 月 27 日

日本地形学連合研究奨励賞, 松四雄騎, 宇宙線生成核種による流域剝削速度の決定と地形方程式の検証, 2015 年 10 月 10 日

日本応用地質学会論文賞, 松四雄騎, 宇宙線生成核種による山地流域からの長期的土砂生産量の推定, 2016 年 6 月 10 日

(2) マスコミ(新聞・TV等)報道

- ・ 朝日新聞, 深層崩壊 雨に特徴 京大防災研 60 時間以上 + 700 ㍉超(深層崩壊につながる雨の閾値について松四雄騎他が解説), 2012 年 5 月 18 日
- ・ 読売新聞, 10 ㍉山津波 1 ㍉逆流 熊野川 土砂 400 万㍉流入で(深層崩壊による土砂が増水した河川に流入する波による被災について松四雄騎他が解説), 2012 年 8 月 31 日
- ・ 日本水道新聞, 良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築(小杉賢一朗), 2012 年 11 月 19 日
- ・ 水道産業新聞, 良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築(小杉賢一朗), 2013 年 1 月 3 日
- ・ 関西ラジオワイド「ぼうさい夢トーク」(松四雄騎が出演し, 内容の一部で CREST 事業によって行われている地下水観測の研究を紹介), 2013 年 1 月 7 日
- ・ 日本水道新聞, 良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築—地下水の既存・流動を把握(小杉賢一朗), 2013 年 1 月 24 日
- ・ Maximsnewsnetwork, Japanese scientists' research into tapping groundwater reserves for water supply in remote mountainous communities, Exclusive interview with Prof. Ken'ichirou Kosugi of Kyoto University, by Marisha Wojciechowska Shibuya, <http://www.maximsnews.com/news20130618KosugiCREST11306180801.htm>
- ・ 読売新聞, 深層崩壊 進む避難態勢作り 危険度探る先端的研究も, 2013 年 7 月 29 日
- ・ 毎日新聞, 解明進む深層崩壊 地下水位上昇がカギ(山体地下水の重要性について, 小杉賢一朗が解説), 2013 年 8 月 17 日
- ・ 京都新聞, 日本経済新聞電子版, 産経新聞電子版ほか 深層崩壊いち早く発見 地震計使い京大がシステム, (地震計を用いて深層崩壊をリアルタイムで検知する方法を松四雄騎ほか解説) 2014 年 5 月 11 日
- ・ テレビ朝日 報道ステーション, ゲリラ豪雨予測はどこまで可能なのか(最先端の土砂災害予測手法に関して, CREST 事業による知財出願内容を, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 6 日
- ・ 共同通信社 47 動画, 砂防ダムやソフトの対策重要 広島市の土砂災害 京都大の小杉准教授が分 http://www.47news.jp/movie/general_national/post_597/(大規模な土砂災害が発生するメカニズムと今後の対策について, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 21 日
- ・ 東京新聞, 静岡新聞, 京都新聞, 西日本新聞, 神戸新聞, 中国新聞, 岩手日報, 秋田魁新

報, 佐賀新聞, 沖縄タイムス, 東奥日報(共同通信社の配信記事), 複合要因 大土石流に
(大規模な土砂災害が発生するメカニズムについて, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 21
~22 日

- テレビ朝日 報道ステーション, 広島県土砂災害の原因と対策(大規模な土砂災害が発生するメカニズムと今後の対策について, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 26 日
- 共同通信社 47 動画, どの山でも起きる 土石流調査 専門家が警鐘 http://www.47news.jp/movie/general_national/post_635/(大規模な土砂災害が発生するメカニズムと今後の対策について, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 26 日
- 産経新聞, 東奥日報, 信濃毎日新聞, 山陽新聞(共同通信社の配信記事), 日本の山ならどこでも 土石流で専門家警鐘(大規模な土砂災害が発生するメカニズムについて, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 27 日
- 朝日新聞, 七つの土石流一つの経路に 京大調査 最大の被害(大規模な土砂災害が発生するメカニズムについて, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 31 日
- 日経新聞, 信濃毎日新聞, 静岡新聞, 京都新聞, 愛媛新聞, 西日本新聞, 四国新聞, 秋田魁新報, 東奥日報(共同通信社の配信記事), 岩石密集部が崩落 広島土砂災害 最大被害地 (大規模な土砂災害が発生するメカニズムについて, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 31 日
- 神戸新聞電子版, 山形新聞電子版, 高知新聞電子版, 東京新聞電子版, 岐阜新聞電子版, 長崎新聞電子版, 佐賀新聞電子版, 茨城新聞電子版(共同通信社の配信記事)豪雨で密集した巨大な岩崩落 最大被害の広島・八木(大規模な土砂災害が発生するメカニズムについて, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 8 月 31 日
- 日経エコロジー「コカ・コーラ×京都大学大学院農学研究科京大でペットボトル入りの水から水循環を解明する最新研究が開始」(ミネラルウォーター製品の水循環研究への利用について, 勝山正則が解説), 2014 年 8 月号
- NHK 総合「おはよう日本」, 土石流 住宅にぶつかり範囲拡大か, (広島土砂災害において住宅地での土石流の流動方向の推定を, シミュレーションを用いて中谷加奈が解説)2014 年 9 月 18 日
- 公明新聞, 砂防ダムが効果発揮 計画的整備へ住民の理解不可欠(土砂災害を軽減する対策について, 小杉賢一朗が解説), 2014 年 9 月 21 日
- 日刊工業新聞, 土砂災害を高精度予測, 京大, 雨量データ独自評価(最先端の土砂災害予測手法に関して, CREST 事業による知財出願内容の紹介;一面トップ記事), 2014 年 9 月 24 日
- 中国新聞 3 時間雨量 150 ミリ 被災地域と一致(降雨と土砂災害の分布について松四雄騎が解説)2014 年 9 月 5 日
- 朝日新聞 甚大被害、なぜ 広島土砂災害1カ月 (土砂災害の実態とメカニズムについて松四雄騎が解説) 2014 年 9 月 20 日
- NHK ニュースウォッチ 9 , 伊豆大島土砂災害1年 全国でも同様の危険が... (斜面崩壊のメカニズムについて松四雄騎が解説) 2014 年 10 月 16 日
- 日刊工業新聞 京大, 広島土砂災害を検証ー斜面の花こう岩から地下水湧き出す(山体地下水が斜面崩壊に及ぼす影響を小杉賢一朗が解説)2014 年 11 月 5 日
- NHK 広島「お好みワイド広島」, 土砂災害のメカニズムを探る(小杉賢一朗), 2015/5/20
- 日刊工業新聞, 土砂災害の予測技術(小杉賢一朗), 2015/8/19
- 毎日新聞総合 2 面, 備える広島土砂災害 1 年, 災害予測実現挑む(松四雄騎), 2015/8/21
- 読売テレビ, かんさい情報ネット ten.特集ニュース, 危険な土砂災害「深層崩壊」の脅威(松四雄騎), 2015/9/3
- 京都新聞, 防災カフェで気軽に学ぼう 滋賀県開催、専門家が解説(藤本将光), 2016 年 7 月 30 日

- ・ 奈良テレビ, 斜面からの取水による崩壊の防止(小杉賢一朗), 2016 年 8 月 30 日
- ・ NHK かんさい熱視線, 奈良県深層崩壊マップ(小杉賢一朗), 2016 年 9 月 2 日
- ・ 日本経済新聞電子版, 土砂崩れから清水寺守れ 立命大、斜面にセンサー(藤本将光), 2017 年 3 月 21 日

(3) その他

- ・ 兵庫の治山・林道と森林整備「やまなみ」(財団法人兵庫県治山林道協会), 花崗岩流域の雨水流出プロセスが崩壊発生に与える影響, 兵庫県農政環境部治山課, 2012 年, 32 号, 16-17 ページ(花崗岩山地の山体地下水の役割についてが小杉賢一朗が講演した内容を掲載)
- ・ 日本コカ・コーラ社ニュースリリース「日本コカ・コーラ、京都大学の水文学研究室に研究サンプルとしてミネラルウォーター製品を提供」(ミネラルウォーター製品の地下水資源の地理的分布研究への利用について勝山正則が解説), 2014 年 5 月 8 日
- ・ JSTnews, 「山の地下に眠る“宝の水”の利用を目指す」, 2015 年, 3 月 (ISSN 1349-6085)
- ・ 京都大学大学院案内 2015「良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築」研究プロジェクト紹介(小杉賢一朗), 2015 年
- ・ 自治体通信 vol.06, 住民が納得できる避難の基準づくりが大切だ(小杉賢一朗), 2016 年 10 月
- ・ 京都大学農学部ガイドブック 2017「良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築」(小杉賢一朗), 2017 年

6. 成果展開事例

(1) 実用化に向けての展開

- ・ 「京都大学 新技術瀬悦明会」(主催:科学技術振興機構, 京都大学 産官学連携本部, 関西ティー・エル・オー株式会社)で, 特許出願技術(斜面崩壊予測方法及び斜面崩壊予測装置)について紹介を行った。

(2) 社会還元的な展開活動

- ・ 「土砂災害に対する警戒・避難をサポートする情報を提供する手法」による解析事例について, 研究室 HP (<http://www.blumoon.kais.kyoto-u.ac.jp/KOMOKU/nagiso-140718.pdf>) で公開し, 情報提供した。
- ・ 調査ボーリングで得られた地質・水文データを滋賀県に提供し, 斜面防災対策の参考にしてもらった。
- ・ 深層崩壊の発生予測と警戒・避難に関して, 奈良県深層崩壊対策室に情報提供した。
- ・ 湧水調査結果を住民に提供し, 適切な利用の参考にしてもらった。
- ・ 地質・水文調査結果を住民に提供し, 土砂災害に対する警戒・避難の参考にしてもらった。
- ・ 国際土壌年記念巡回展「土ってなんだろう?」(京都大学総合博物館)に出展し, 合計 1,640 人の入場者に対し, 研究成果に関する情報を提供した。

(3) 他分野への波及効果

山体地下水の動態が, 地表付近における水移動・土砂移動にも影響を及ぼしていることを明らかにした成果は, 地形学分野・森林生態学分野の研究に波及効果をもたらすと考えられる。

降雨による山体地下水位変動を予測する技術は, 深層崩壊のみでなく, 表層崩壊・土石流等の地表付近における土砂移動現象も含めた総合的な土砂災害対策に貢献する可能性を有しており, 砂防学, 防災科学, 防災社会学分野に波及効果をもたらすと考えられる。

§ 5. 研究期間中の活動

5-1. 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2012 年 6 月 1 日	ロープネット・ロックボルト併用工法研究会	兵庫県土地改良会館	60 人	花崗岩山地の山体地下水について講演した
2012 年 10 月 27-28 日	京都大学公開講座	京都大学農学研究科	80 人	山体地下水資源の有用性と土砂災害の危険性について講演した
2012 年 12 月 5 日	砂防学会講習会	砂防会館別館	80 人	山体地下水資源のリモートセンシング技術について講演した
2013 年 1 月 29 日	「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」研究領域第 1 回公開シンポジウム	東京国際展示場	200 人	良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築に関するポスター発表
2013 年 3 月 27 日	森林学会テーマ別セッション	岩手大学学生センター A 棟	40 人	山地森林流域の水・溶質移動に多大な影響を及ぼす山体地下水の実態解明に関する研究発表
2013 年 9 月 12 日	CREST 現地見学会	GS 地区	20 人	山体地下水資源の研究を行っている GS 地区の見学会を行った
2013 年 9 月 19 日	京都大学公開講座	キャンパスプラザ京都	270 人	山体地下水が引き起こす土砂災害について講演した
2013 年 9 月 26 日	CREST 国際セミナー	京都大学生存圏研究所木質ホール	51 人	山体地下水資源の有用性と土砂災害の危険性について国際セミナーを主催し、学術交流した
2013 年 9 月 27 日	CREST 国際セミナー現地見学会	GL 地区	15 人	山体地下水資源の研究を行っている GL 地区を案内し、学術交流した
2013 年 9 月 27 日	水文・水資源学会創立 25 周年記念シンポジウム	神戸大学	280 人	山地河川の流出量モデル化手法について講演した
2013 年 10 月 13 日	関西自然保護機構・日本生態学会シンポジウム	敦賀市福祉総合センター	50 人	山体地下水が水資源と生態系の維持に果たす役割について講演した
2013 年 11 月 9 日	CREST 現地見学会	GL 地区	27 人	山体地下水資源の研究を行っている GL 地区を見学した
2013 年 11 月 22 日	奈良県深層崩壊公開セミナー	奈良県文化会館	250 人	山体地下水挙動の解明による深層崩壊予測手法について講演した
2014 年 1 月 29 日	「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」研究領域第	東京国際展示場	200 人	良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構

	2 回公開シンポジウム			築に関するポスター発表
2014 年 3 月 28 日	森林学会テーマ別セッション	大宮ソニックスシティ	60 人	山体地下水資源の調査技術について、学術交流した
2014 年 3 月 30 日	CREST チーム合同シンポジウム	大宮ソニックスシティ	60 人	山地森林流域の水資源利用について、恩田チーム、嶋田チームと合同で学術交流会を主催した
2014 年 4 月 15 日	CREST 現地見学会	SL 地区	25 人	山体地下水資源の研究を行っている SL 地区を見学した
2014 年 5 月 1 日	CREST 現地見学会	SL 地区	14 人	山体地下水資源の研究を行っている SL 地区を見学した
2014 年 6 月 21 日	砂防学会関西支部研究報告会	京都大学	40 人	山体地下水資源の調査技術について講演した
2014 年 8 月 7 日	京都大学オープンキャンパス	京都大学	82 人	山体地下水資源の有用性と土砂災害の危険性について、高校生にレクチャーした
2014 年 8 月 30 日	砂防学会関西支部研究報告会	京都大学	45 人	山体地下水が土砂災害発生に及ぼす影響について講演した
2014 年 11 月 17 日	砂防学会講習会	砂防会館別館	270 人	山体地下水挙動の解析に基づく深層崩壊予測技術について講演
2014 年 11 月 27 日	UNESCO IHP トレーニングコース	名古屋大学	15 人	Discharge from forested watershed に関する講演
2015 年 1 月 28 日	「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」研究領域第 3 回公開シンポジウム	東京国際展示場	200 人	良質で安全な水の持続的な供給を実現するための山体地下水資源開発技術の構築に関する講演
2015 年 3 月 5 日	「東京で学ぶ京大の知：シリーズ 17: 変動する社会と激変する自然災害」	京都大学東京オフィス	70 人	豪雨と斜面災害一雨の降り方、地質、地形から地域の減災を考えるーについて講演
2015 年 6 月 9 日	環境問題研究会	現代医学研究所(京都市)	8 人	良質な水資源ならびに土砂災害の誘因としての山体地下水の研究について講演
2016 年 3 月 12 日	GADRI Geohazard 2016 Workshop "New generation of geohazard mapping and strategy for its social application"	Kyoto University	33 人	GADRI (Global Alliance of Disaster Research Institutes)の活動の一環として京都大学防災研究所において CREST 研究で得られた成果を報告した
2016 年 6 月 21 日	土砂災害防止 全国の集い	岡山市民会館	900 人	土砂災害警戒避難における降雨データの活用方法について講演
2016 年 10 月 15 日	京都大学森林科学公開講座	京都大学	80 人	森林の緑のダム機能・土砂災害防止機能の解明に関

				する説明会
2016年10月 27日	CREST 現地見学会	SL 地区	20 人	山体地下水資源の研究を行っている SL 地区を見学した
2016年10月 28日	Darcy Lecture	京都大学	60 人	アリゾナ大学 Ty Ferré 教授を招いた講演会を主催した
2016年11月 3日	京都大学春秋講義「山を知る」	京都大学	428 人	森と水の恵みと土砂災害－山に眠る地下水の実態と活用－について講演
2016年12月 8日	水道技術セミナー	川崎市産業振興会館	151 人	山体地下水資源開発技術について講演
2017 年 1 月 16日	水道技術セミナー	尼崎市中小企業センター	150 人	山体地下水資源開発技術について講演

§ 6. 最後に

私はこれまで、主として土壌物理学や森林水文学といった環境科学の基礎研究に携わり、真理の探究や基礎的な技術開発を目指して研究を行って来たが、今回 CREST 事業の研究をさせていただき、成果の実用化による社会貢献にも高い関心を持つことができた。研究全体の成果である山体地下水資源開発技術については、フィージビリティスタディの結果、有効性が確かめられつつある。また研究項目 6 の成果として出願中の特許は、関心を持っていただいた方への説明を積極的に行い、実用化も視野に入れることができた。CREST 以前の研究でも数件の特許を取得していたが、いずれの技術も実用化に向けた展開を十分できずに停止状態にあり、結果的に「業績のための特許」という意味合いが強い状況にある。それに対して今回の特許出願技術については、各地で頻発する悲惨な土砂災害の軽減に繋げていきたいと考え、取り組みを続けている。

このように私は、CREST により研究活動の幅を広げることができたが、その大きな要因は、研究統括、副統括、アドバイザーの先生方から多くのコメントをいただけたこと、さらに同じ水利用領域で研究をされていた先生方からの刺激を受けたことにある。特に、研究分野的にこれまで全く縁の無かった水処理技術分野の先生方による研究に接する機会を持つことができ、実際に社会の問題解決に繋がる研究の重要性ならびに面白さを知ることができたことが大きく影響している。

一方、水文学の基礎研究に関しては、「山体地下水の実態解明」という、この分野においてこれまでほとんど手つかずであった課題に集中的に取り組む機会を与えていただいたことに、深く感謝している。専門分野を同じくするアドバイザーの先生方からの適確な指摘と励ましをいただき、研究を進めることができた。今後、得られたデータを更に深く解析し、国際的に発信していきたい。

以前の研究活動では、専ら山地流域における自然現象としての「水」に着目していたが、CREST プロジェクトに携わるようになって、水に関する研究においては社会的・経済的な論点を掘り下げる必要があることに気付いた。私は、水問題を解決するには、水資源の実態や水消費の実態に加え、「住民の水に対するこだわりは、それぞれの地域の自然環境や社会環境によって大きく異なっている」ことを理解することが極めて重要だと考えている。そして、このような多様性に対処するには、大規模で集約的な技術が役立つ場合もあるが、個々の地域の実態に合わせた「小回りのきく技術」も同様に重要である、と考えている。例えば、わが国には、降水量に恵まれた河川源流域に位置し、天然林や手入れの行き届いた人工林が広がり、豊かな水源地となっている地域が存在している。このような水源地に対し、下流域の大規模浄水施設で処理した水を給水する事業が行われている例が見られるが、住民からは「自らが住む土地の自然の恵みである水を活かした生活を送りたい」という声も聞かれる。本研究で提案した山体地下水資源開発技術は、上記した「小回りのきく技術」の一つとして価値があるのではないかと考えており、今後は、この成果を活かして、地域の目線に立った水問題の解決に貢献していきたいと思う。