

小杉 賢一郎

京都大学 大学院農学研究科  
准教授

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

## § 1. 研究実施体制

### (1) 小杉グループ

- ①研究代表者: 小杉 賢一郎 (京都大学大学院農学研究科, 准教授)
- ②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

- ①主たる共同研究者: 勝山 正則 (京都大学大学学際融合教育研究推進センター, 特定准教授)
- ②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

- ①主たる共同研究者: 松四 雄騎 (京都大学防災研究所, 准教授)
- ②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

- ①主たる共同研究者: 中村 公人 (京都大学大学院農学研究科, 准教授)
- ②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

①主たる共同研究者: 佐山 敬洋 (土木研究所水災害リスクマネジメント国際センター, 主任研究員)

②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

①主たる共同研究者: 藤本 将光 (京都大学学際融合教育研究推進センター, 特定助教)

②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

①主たる共同研究者: 山川 陽祐 (筑波大学農林技術センター, 助教)

②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. 研究実施の概要

丘陵地や山岳地の山の中に存在している地下水（山体地下水）の量や水質を調査し、その開発・利用技術の開発を行う目的で、地質と地形の異なる4つの調査流域を設定している。小起伏花崗岩山地にある不動寺流域、小起伏中生層堆積岩山地にある信楽流域、大起伏花崗岩山地にある西滝ヶ谷流域、大起伏中生層堆積岩山地にある葛川流域である。以下では、7つの研究項目に沿って、概要と成果を述べる。

### 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

山体に眠る優良地下水帯を探索する上で基礎となる、各流域の水文・水質データの収集を行っている。その結果、花崗岩と中生層堆積岩の両方の地質において、起伏が大きく急峻な山地ほど、洪水が少なく地下水涵養量が多くなり、山体地下水の賦存量が増えるという傾向が明らかになりつつある。

### 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

山地河川流出水の量、温度、水質、安定同位体比の観測データに基づき、山体地下水の賦存・流動状況を検討し、優良地下水帯の分布域の推定を行っている。小起伏花崗岩山地では、渓流水のシリカ、ナトリウム、硝酸濃度に注目することで、その起源を推定することが可能となり、山体地下水帯の規模を推測できることが示された。小起伏中生層堆積岩山地では、山体地下水が豊富に存在する流域において、流出水の各種イオン濃度が低く、小起伏花崗岩山地とは逆の傾向を示した。このことから、流出水の水質をトレーサーとした評価において、地質の違いを考慮することが重要であると考えられた。

### 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

流出水が持つ各シグナル（量、温度、質、安定同位体比）を効果的に活用し、流出水の起源の時間的・空間的な変動を推定するモデルを開発している。これまでのところ、花崗岩を地質とする小起伏山地と大起伏山地において、地下水貯留量・滞留時間の違いを評価することに成功した。

### 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

調査ボーリング孔を掘削して、山体地下水を直接計測することによって、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ている。降雨によって地下水が涵養される重要なプロセスの一つである *groundwater ridging* 現象を解明した。これは、降雨の際に斜面下方から上方に向かって地下水が逆流する現象を指している。花崗岩斜面における地下水位の詳細な観測によって、この現象の発生条件として積算雨量が多いことが必要であることが解明された。

### 5. 適切な山体地下水資源開発手法の検討

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し、最適取水方法について解析を行っている。また、この解析に必要な基礎データを効率的に取得するための、地質調査・水文観測・リモートセンシング手法を検討している。H25年度は、降雨に伴う山体地下水貯留量変動予測に関して、二種類の降雨指標を組合わせた関数を提示した。この関数による推定は、簡便ではあるが比較的精度が高く、様々な山体

に適用できることが確かめられた。

#### **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**

山体の地形情報を、地下水資源開発と斜面崩壊危険度予測に有効に活用する方法について検討している。山体地下水の賦存・流動状況と、地形との対応関係を解析した結果、地形情報から抽出される断層線の分布が、山体地下水の流動を大きくコントロールしていることが示された。

#### **7. 山体地下水の水質と汚染リスクの検討**

山体地下水の水質分析結果から、飲用利用した場合の安全性について検証している。さらに水質分析結果を、環境省選定の名水百選の水と比較することにより、「おいしさ（味）」から見た各山体地下水の特徴を明らかにしている。特に豊富な湧水群が見られる大起伏の中古生層堆積岩山地（葛川流域）に関しては、名水百選の「伏見の御香水」や「布引溪流」に近い軟水の特徴を示すことがわかり、甘口の日本酒やピルスナービールの製造、和食への利用（和風だしや炊飯）に適した水であることが判明した。

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### 論文詳細情報(国内)

- 1 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.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 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.(印刷中)
- 7 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.(印刷中)
- 8 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  $^{10}\text{Be}$  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.(印刷中)  
[proceedings(査読審査の入るものに限る)]
- 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.

##### 論文詳細情報(国際)

- 10 Katsura, S., K. Kosugi, Y. Yamakawa, T. Mizuyama (2014) Field evidence of groundwater ridging in a slope of a granite watershed without the capillary fringe effect, J. Hydrol., 511, 703-718.
- 11 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.

- 12 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)
- 13 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.
- 14 Chigira M., Tsou C. -Y., Matsushi Y., Hiraishi N., Matsuzawa M. (2013) Topographic precursors and geological structures of deep-seated catastrophic landslides caused by Typhoon Talas, *Geomorphology* 201, 479–493.
- 15 Yamada M., Kumagai H., Matsushi Y., Matsuzawa T. (2013) Dynamic landslide processes revealed by broadband seismic records, *Geophysical Research Letters* 40, 2998–3002.
- 16 Yamakawa, Y., N. Masaoka, K. Kosugi, Y. Tada, and T. Mizuyama (2013) Application of the electrical resistivity imaging for measuring water content distribution in hillslopes, *J. Disaster Res.*, 8(1), 81-89.

### (3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数 (国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数 (国内 0 件)