

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：24302

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19152

研究課題名（和文）森林流域における洪水流出発生機構解明に向けた地中飽和域可視化技術の適用

研究課題名（英文）Application of visualization technology of underground saturated zone to elucidate the mechanism of storm runoff generation in forested catchments

研究代表者

勝山 正則（Katsuyama, Masanori）

京都府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号：40425426

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：降雨に伴う地中空間内の変化を捉えることを目的に、熱赤外カメラを用いた観測を進めた。花崗岩流域において、山体の集水構造の解明を目的とした調査を行った結果、明確な温度差を示す河道内湧水点を確認され、山体の上流部で深部に浸透した地下水が流域末端付近で湧出する実態が明らかになった。一方、火山堆積物からなる流域では湧水は見られなかった。これは、深部浸透地下水が地表に現れるプロセスと、降雨に対する地表流発生・流量増加の閾値の違いを反映する。熱赤外カメラを用いた観測において、地質に起因する流域構造の違いが見られ、今後多様な地質で同様の観測を展開することにより、地下構造の類型化に寄与することが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では水と土砂の供給源となる山地源流域はほぼ森林であるため、気候変動・極端豪雨に伴う降水・流出発生パターンの変化は森林の洪水緩和機能や土砂災害防止機能とも密接に関係する。近年の多くの研究から、山地源流域では多くの地下水が基岩面以下に浸透し、山体地下水を形成することが明らかになっている。山体地下水は水資源となる一方、基岩内の経路に応じて崩壊発生きっかけとなる。本研究は、サーモグラフィを用いた河道内湧水点の発見と、水質情報を組み合わせ、山体地下水の集水構造を明らかにした。地質による差異は見られるが、この構造把握は山体地下水の利活用や豪雨時の災害発生予測を考える上での基礎情報を提供するものである。

研究成果の概要（英文）：We proceeded with observations using a thermal infrared camera with the aim of capturing changes within the subterranean space associated with rainfall. In the granite basin, we conducted a survey to elucidate the catchment structure of the mountain body. As a result, in-channel water inflow points showing clear temperature differences were identified, and it became clear that groundwater seeped deep into the upper reaches of the mountain body and gushed out near the basin terminus. On the other hand, no springs were found in the basin composed of volcanic deposits. This reflects the difference in the process by which deeply percolated groundwater appears at the surface and the threshold of surface flow generation and flow increase in response to rainfall. The thermal infrared camera observations showed differences in catchment structure due to geological features, and similar observations in a variety of geological features could contribute to the typology of subsurface structure.

研究分野：森林水文学

キーワード：熱赤外サーモグラフィ 水温 森林流域 集水構造 流出形成

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動に伴う豪雨や洪水災害の発生がもはや常態化している。しかし、降雨プロセスの変化に対する理解は深まっているものの、それによって引き起こされる流出プロセスの変化や災害の発生についてはいまだ理解が深まっていない。一方で、大規模な降雨後には表層崩壊のみならず深層崩壊の発生もしばしば見られるが、後者の発生要因として重要なのが、基岩内に浸透した地下水の動態であり、この地下水がいつ、どこを通過して、どこから再び流出するかを解明する必要がある。すなわち、これらの課題に対し、比較的簡単に、かつ同時性を持って地中の情報を得ることが求められている。

2. 研究の目的

上述の社会的背景のもと、これらの課題に対し、新しく赤外線サーマルカメラの利用によって解決を目指した。同カメラは表面温度を計測するものであり、土層内の地下水発生による地表面温度の変化の検知に応用する。このカメラにより、目的 1. 降雨時に土層 基岩境界面に発生する飽和側方流を検知する、目的 2. これまでの水収支観測から存在が示唆されていた、河道内湧水の実態を把握し、源頭部で基岩内に浸透した地下水の流出機構を解明する、の 2 点を目的とした研究を行った。

3. 研究の方法

目的 1 に対しては、対象となる斜面を撮影できるように赤外線サーマルカメラを設置し、短時間間隔での連続撮影を行った。対象斜面はこれまでの観測から飽和側方流の発生頻度が高く、かつ土層が比較的薄い地点を選定した。カメラ本体は屋外での使用が想定されておらず、防水機能が無いため、箱で覆う、屋根を付けるなどの対策を施した。

目的 2 に対しては、赤外線サーマルカメラを手に持ち、渓流河道内を歩きながら水温を測定し、周囲の水温と異なる地点を探索した。この際、渓流水温は気温に連動して変動しやすいのに対し、湧水温は地中を経由して湧出しているため変動しにくいことを利用するため、両者の温度差が明瞭に出やすい夏季と冬季に観測を行った。発見された湧水については、水質分析用サンプルを採取し、風化由来で濃度が上昇する SiO_2 濃度を測定して標高と濃度の関係性を検証した。

4. 研究成果

目的 1 については、降雨時の飽和側方流の検出と、飽和域の定量化に成功した(写真 1)。降雨中の連続撮影から、飽和域の拡大・縮小を時系列で観測することができた。ただし、カメラに防水機能がない点、電池容量が小さく長時間撮影ができない点、またタイムラプス撮影は画像が 1000 枚に達するまでに勝手に終了してしまう点など、カメラの性能上の難点、トラブルの多発により、十分な回数の撮影は困難であった。この点については、カメラの製造元などへのアピールから改善が図られることに期待したい。

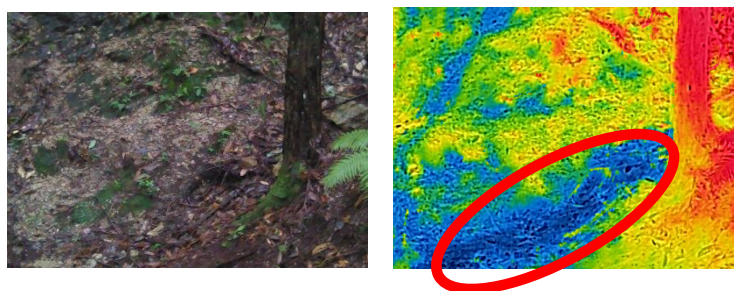


写真 1 降雨時斜面の可視画像(左)と赤外線サーモグラフィ画像(右)
可視画像では飽和域が見られないが、赤外線画像では赤枠で示した土層中で飽和側方流が発生していることを確認した。

目的 2 について、花崗岩流域における調査の結果、明らかな温度差を示す湧水点を確認できた(写真 2)。また、渓流水との境界が不明瞭で採水は難しいものの、熱赤外カメラでは明らかな温度差を示す帯状の湧水帯が河道の側壁斜面下端から確認できた(写真 3)。夏期、冬期では共に同じ湧水点もある一方で冬期にのみ採水できた地点もあった。これは冬期の渓流水の流量が少ないため水深も浅くなり、湧水の温度差が明確に出たためである。湧水地点は標高 200m 以下に集中して存在した。標高が低くなるにつれ渓流水の SiO_2 濃度が高くなり、特に標高 200m 以下

り下流域で濃度が上昇していた。これは基岩深部を通過した高濃度の湧水の混合によるものであり、山体の上流部で深部に浸透した地下水が流域末端付近で湧出するという山体構造が明らかになった。

一方、火山堆積物からなる流域にて同様の観測を試みたところ、湧水は発見されなかった。これは、無降雨時には流域末端からの流出に寄与する地下水帯が収縮した状態にあり、降水量の増加に伴って湧水点が増加し、地表流の発生域が拡大するという本流域の流出特性を反映している。つまり、2流域間で、深部に浸透した地下水が地表面に現れるプロセスの違い、および降雨に対する地表流発生・流量増加の閾値の違いを反映していると考えられる。

以上のように、熱赤外カメラを用いた地中空間内の変化の観測において、流域地質に起因する構造の違いが見られ、今後多様な地質で同様の観測を展開することにより、地下構造の類型化に寄与することが可能である。

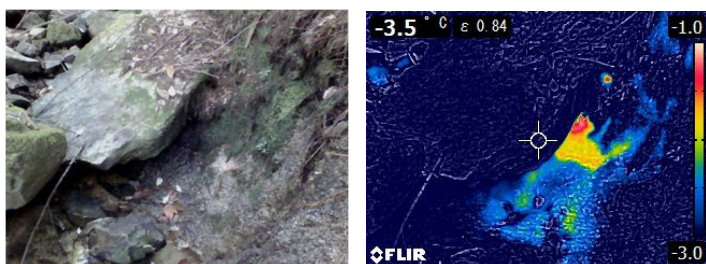


写真2 赤外線画像で確認された湧水点
可視画像では検出されないが、赤外線画像(右)では明瞭に見られる

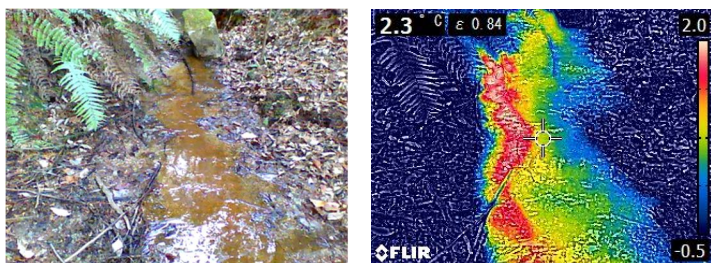


写真3 河道側壁斜面下端の湧水帯
赤外線画像(右)で赤く示された箇所に帯状の湧水帯が広がる

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 芳賀弘和, 勝山正則, 小杉賢一郎
2. 発表標題 流域の貯留量指標として源頭部の地表流発生域を用いたピーク流量の解析
3. 学会等名 第134回森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 峰重乃々佳, 勝山正則
2. 発表標題 熱赤外画像により特定された河道沿いの湧水分布と渓流水質変動の関係性
3. 学会等名 第134回森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中未涼, 勝山正則
2. 発表標題 溶出実験による風化花崗岩山地の地下水・渓流水のシリカ濃度形成機構の検討
3. 学会等名 第134回森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 島田康平, 勝山正則, 堀田紀文
2. 発表標題 森林流域における50年間の土砂流出量変動と近年の増加要因の推定
3. 学会等名 第134回森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 勝山正則, 山内瑠衣
2. 発表標題 水収支要素の長期傾向が地下水同位体比変動に与える影響の地域間比較
3. 学会等名 第134回森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芳賀弘和, 勝山正則, 小杉賢一朗
2. 発表標題 火山噴出物由来の地質を持った 0 次谷における流出継続時間の縦断変化
3. 学会等名 第133回日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅野陽平, 勝山正則
2. 発表標題 塩化物イオン収支を用いた隣接小流域における深部地下水浸透量の定量化
3. 学会等名 第133回日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鶴田みずほ, 勝山正則, 松尾奈緒子, 尾坂兼一
2. 発表標題 酸素水素安定同位体比を用いた近畿地方の降水の水蒸気起源推定
3. 学会等名 第133回日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勝山正則
2. 発表標題 地下水安定同位体比から見た大陸スケールの水循環
3. 学会等名 第133回日本森林学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 大槻 恭一、久米 朋宣、笠原 玉青	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 256
3. 書名 森林水文学入門	

1. 著者名 水文・水資源学会、手計 太一	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 640
3. 書名 水文・水資源ハンドブック 第二版	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	芳賀 弘和 (Haga Hi rokazu) (90432161)	鳥取大学・農学部・准教授 (15101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------