

令和 5 年 5 月 16 日現在

機関番号：82101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20491

研究課題名（和文）湧水河川が河川ネットワークの生物多様性に果たす役割の解明

研究課題名（英文）Ecosystem functions of spring-fed streams in maintaining biodiversity in river networks

研究代表者

境 優（Sakai, Masaru）

国立研究開発法人国立環境研究所・福島地域協働研究拠点・主任研究員

研究者番号：10636343

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：地下水の湧出によって維持される湧水河川は、流況・水温の点で非湧水河川とは異なった独特な生息環境を成立させている。湧水河川の安定的な水温は、冷水性の無脊椎動物の生息地や夏・冬期の温度ストレスを魚類が回避するための避難場所を提供していた。また、湧水河川の安定的な流況は、洪水に伴う河床攪乱を減じ、掘潜型のデトリタス食者の優占を招いていた。さらに、高バイオマスに生息するこれらの無脊椎動物は、魚類の餌資源として機能していた。以上より、湧水河川の特異的な生息環境と生物群集は、河川ネットワークの生物多様性に寄与していることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球上の生態系のうち、淡水生態系は最も生物多様性の劣化が著しい生態系の1つである。清澄な水をもたらす湧水は、その利水上の価値から開発を免れた場所も多い。本研究では、利水だけでなく生物多様性保全上の湧水河川の意義に着目し、湧水河川内から河川ネットワークまでのスケールで湧水河川の生態系機能を明らかにすることができた。本成果で得られた科学的知見は、湧水河川で利水と生物多様性保全を両立させる際に今後活用できるものと考えられた。また、本研究により湧水河川を恒常的・一時的に利用する動物の相互作用の一端を明らかにできたことから、今後はこのような相互作用が生み出す動物群集動態への研究の発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：Spring-fed streams form a unique habitat sustained by stable flow and temperature regimes. The stable temperature regime provided habitats for stenothermal macroinvertebrates and thermal refuges for fishes during summer and winter seasons. The stable flow regime stabilized streambed conditions, and thereby induced remarkable predominance of burrowing detritivores inhabiting in fine sediments. Moreover, the abundant detritivorous macroinvertebrates functioned as an important food resource for fishes. These results suggest that unique habitats and associated animal communities in spring-fed streams can strongly contribute to biodiversity of river networks.

研究分野：河川生態学

キーワード：湧水 河川生態系 生物多様性 流況 底生無脊椎動物 魚類 水温

### 1. 研究開始当初の背景

地下水が恒常的に地上部に湧出して形成される湧水環境は様々な地域で見られ、一般的に電解質に富んだ水質(藪崎・島野 2009; Ward 1994)、安定した水温・流量(Ward 1994)によって特徴づけられる。これらの湧水の物理・科学的特性は、表面水が卓越する非湧水環境とは明瞭に異なった生息地を形成し、希少種を含む独特な生物群集を成立させると考えられる。例えば、湧水を主要な水源とする湧水河川では、生物活動に有用なミネラル(例えば、Ca<sup>2+</sup>)を供給し(Ward 1994)、それらミネラルを利用する生物に好適な生息場所をもたらすかもしれない。また、安定した流量は河床攪乱の機会を減らすことで砂泥に富んだ底質を形成し、攪乱体制の弱い生物種に生息場所を提供するかもしれない。

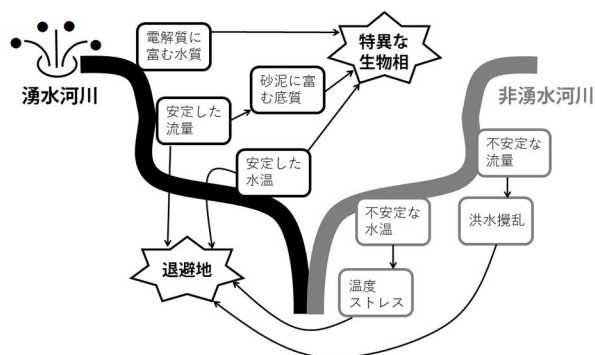


図1: 本研究が着目する湧水河川の物理・化学的特性とそれらがもたらす特異な生物相と避難場所

一方、湧水河川の安定した水温や流量は、周辺の非湧水河川で生じる温度ストレスや洪水攪乱からの避難場所を提供すると考えられる。例えば、低水温時に近隣の非湧水河川から温かい湧水河川へとヤマメが移動し、避難場所として利用している例が報告されている(井上・石城 1968)。以上より、湧水河川は、希少種の生息場所を提供する、河川ネットワーク内を移動する動物に避難場所を提供するという2つの役割を果たすことで河川ネットワークの生物多様性に寄与していると予想される(図1)。そこで本研究では、生息環境と生物相の対応関係から湧水河川の特異性を明らかにする。さらに、季節的な水温変化や降水に伴う流量増加にตอบสนองして水生動物が湧水河川を避難場所をとってどのように利用するのかを明らかにする。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、希少種の生息場所と河川ネットワークにおける避難場所として湧水河川の特異な物理・科学的特性が果たす役割を解明することである。湧水河川を選好する水生生物は図鑑などで知られているものの(川合・谷田 2018; Merritt et al. 2008)、その選好性が湧水河川におけるどのような生息環境に対応するのかが定量的に明らかになっていない。その点で、湧水・非湧水河川で異なる環境要因と生物相の関係性を複合的かつ季節的にとらえようとする本研究は独創的である。

一方で、気候変動による気温・降水パターンの改変が顕在化する中、安定的な環境をもつ湧水河川は河川ネットワークのレジリエンスを高める生態系として捉えることができる。特に、流量・水温にまつわる攪乱の避難場所として機能する湧水河川の役割を示すことは、今後の淡水域における気候変動への対応策としての湧水の活用に科学的根拠を提供することにつながる。

地球上の生態系のうち、淡水生態系は最も生物多様性の劣化が著しい生態系の1つである(WWF 2016)。そのような中、清澄な水をもたらす湧水は、その利水上の価値から開発を免れた場所も多い。本研究では、利水だけでなく生物多様性保全上の湧水河川の意義に着目し、湧水河川内から河川ネットワークまでのスケールで湧水河川の生態系機能を明らかにする。これにより、淡水生態系における人間活動と環境保全の両立に関する具体例の1つとして湧水保全の現場に科学面から寄与できる。

### 3. 研究の方法

#### (1) 湧水河川の特異な生息環境と生物相の対応関係を明らかにする

湧水河川が存在する流域において河川ネットワーク内に湧水河川・非湧水河川を含む複数の調査区間を設けた。各調査区間において生息環境と生物相を季節ごとに把握した(年4回)。湧水・非湧水河川間で生息環境と生物相を比較することで湧水環境の生息環境と特異性と希少種を含む生物相との対応関係を統計的に示し、湧水河川に特有な生物相の成立要因を明らかにした。

#### 生息環境

各調査区間で水試料を採取しイオン組成を把握した。温度・水位ロガーを現地に設置し、経時的に水温と水位をモニタリングした。また、流速・水深・光環境(全天空写真)も記録した。河床にはコドラートを設置して土砂を採取し、土砂粒径を算定するとともに土砂サンプル中のデトリタス現存量も算定した。土砂粒径についてはふるい分けによって、デトリタス現存量は強熱

減量法によって数値化した。また、各調査区間の礫から付着藻類を採取し、強熱減量法によって付着藻類の現存量を把握した。

#### 生物相

底生無脊椎動物相は、サーバーネットを用いた定量採集によって評価した。採集した無脊椎動物はエタノールで保存し、実体顕微鏡下でできるだけ下位の分類群に同定して個体数の計数とバイオマスの測定を行った。魚類相は、河川規模に応じて投網と電気ショッカーを選択して、定量採集を行い評価した。投網による魚類採捕が有効であると判断される大河川の調査区間では、調査者の投網の広がり具合を考慮した生息密度の算定を行った。一方、電気ショッカーが有効であると判断される小河川の調査区間では、上・下端を仕切り網で区切り除去法にもとづく魚類各種の生息密度推定を行った。魚類は現地でも種同定を行い、体長・体重の測定を行った。

#### データ解析

生物相を説明する環境変数は、水質（イオン組成）・水温・流量・流速・水深・底質（土砂粒径）・光環境・デトリタス現存量・付着藻類現存量・季節である。これらの環境変数と生物相データを統合し、その対応関係を要約する多変量解析を実施した。また、食物網の基盤となるデトリタスと付着藻類の現存量と食物網内の摂食機能群構成の関係性について検討した。

### （２）避難場所としての湧水河川の水生動物の利用様式を明らかにする

通常、非湧水河川は季節的な水温変動や降水イベントに伴う流量変動によって攪乱がしばしば生じる生態系である。攪乱が頻発する河川生態系では、攪乱を回避するための様々な戦略を獲得してきた生物種が生息している。その戦略の1つとして、水温・流量ともに安定した湧水河川を避難場所として活用する戦略が想定される。ここでは、これらを考慮し、湧水河川が避難場所として機能するのかどうかを湧水・非湧水河川の比較により考察した。

#### 現地調査

本研究では、避難場所としての湧水河川を利用する水生生物として移動能力に優れる魚類を対象とした。ここでは、上述の（１）の調査と同様に魚類採捕を季節的に実施することで、非湧水河川が高・低水温時、洪水時に該当するとき、湧水河川が魚類群集の避難場所となりうるのかを検証した。

#### データ解析

水温と流量の連続データから、これらの環境変数が各調査時期の湧水・非湧水河川間でどのように異なるかを把握した。そのうえで、魚類の生息密度がこれらの差異とどのように関連するのかを各種統計量から検討した。

## 4．研究成果

### （１）湧水河川の特異な生息環境と生物相の対応関係を明らかにする

湧水・非湧水支川、非湧水本川を対象に砕屑岩地質流域における生息環境と底生無脊椎動物群集の比較を行った（Sakai et al. 2021a）。その結果、水温・流況ともに湧水支川では非湧水河川と比べて高い安定性を有していることが明らかとなった。また、流域面積に応じて川幅や水深は非湧水本川で大きくなり、それにともない河道上空の開空度も大きくなった。流速は、非湧水支川と比べ湧水支川で遅く、非湧水本川で特に速かった。河床の細粒土砂被度に注目すると、湧水支川は他の非湧水河川と比べ 3.8～11.4 倍大きく、湧水支川では広く細粒土砂が堆積していることがわかった。付着藻類の現存量は調査河川間で差がない一方、堆積デトリタスの現存量は、湧水支川で最も多かった。河川水のイオン組成については、調査河川間で大きな差異は見られなかった。

底生無脊椎動物の生息密度および種多様性は、湧水支川で有意に高かった。特に、細粒土砂に潜ってデトリタスを消費して生活する、貧毛綱、オオユキユスリカ属、ユスリカ科、ユスリカ亜科、モンユスリカ亜科が湧水支川に優占していた。また、コエグリトビケラ属、イズミコエグリトビケラ属の優占も湧水支川で確認され、後者は湧水支川でのみ採集された。

本研究で得られた底生無脊椎動物群集データからは有意な空間的自己相関は見られず、湧水・非湧水、本川・支川といったカテゴリカルな生息環境の比較が可能であった。底生無脊椎動物群集構造は、湧水支川、非湧水支川、非湧水本川で有意に異なることがわかった（PERMANOVA,  $p=0.001$ ）。続いて PCoA を実行したところ、第一軸は本川が支川より大きな水深、川幅、付着藻類現存量、流速、開空度をもつことを示した。第二軸は、湧水・非湧水支川を分け、湧水支川の特異的な底生無脊椎動物群集構造と細粒土砂被度および堆積デトリタス現存量を反映していた。さらに、それぞれのカテゴリ（すなわち、湧水支川、非湧水支川、非湧水本川）についてそれらの底生無脊椎動物群集を特徴づけている指標種（分類群）を抽出した。湧水支川の指標分類群のほとんどはデトリタス食者であり、ユスリカ科、オナシカワゲラ科、ヌカカ科、カクツツトビケラ科、エグリトビケラ科、マメシジミ科、テンロウヨコエビ科に属する分類群が含まれた。また、付着藻類食者のイズミコエグリトビケラ属の 1 種も指標種として湧水支川の底生無脊椎動物群

集を特徴づけていた。非湧水本川では、カゲロウ目やトビケラ目に属する付着藻類食者と捕食者が指標分類群として底生無脊椎動物群集を特徴づけていた。一方、非湧水支川では、湧水支川とは異なったデトリタス食者（ブドウコヤマトビケラ、ブコ科）が群集を特徴づけていた。

以上のことから、湧水河川は安定した流況により河床攪乱が生じにくく、その結果として細粒土砂が広く堆積した生息環境を形成し、そこに貯留されたデトリタスを摂食する底生無脊椎動物が高密度に生息することがわかった。さらに、冷水性であり湧水に選好して生息することが知られるイズミコエグリトビケラ属が湧水支川でのみ採集されたことから、湧水河川の安定した水温もその特異的な底生無脊椎動物群集の成立に寄与していると考えられた。このような湧水河川に独特な群集構造は、湧水河川が河川ネットワークの多様性を高める生態系機能を有していることを示唆している。

## （２）避難場所としての湧水河川の水生動物の利用様式を明らかにする

砕屑岩地質の流域を対象に、湧水・非湧水支川・非湧水本川において魚類採捕調査および胃内容物・餌生物調査を実施した。なお、支川・本川での魚類採捕手法は異なるため、ここでは支川の比較について報告する（参考：Sakai et al. 2023）。対象とした湧水・非湧水支川の川幅は類似していたが、（１）と同様に湧水支川の流速は遅く、流況・水温ともに安定していた。流況については、非湧水支川では8~9月と4~5月で大きな水位上昇がみられた。水温については、年間を通して湧水支川では、4.5~11.6 °Cであったのに対し、非湧水支川では、0~21.8 °Cと大きく変動していた。

（１）と同様、湧水支川では細粒土砂被度が季節を通して高く、ユスリカ科をはじめとするハエ目幼虫の優占により非湧水支川よりも1オーダー高い底生無脊椎動物バイオマスが観測された。また非湧水支川では確認されなかったエゾヨコエビの優占が湧水支川では確認された。一方、非湧水支川では、藻類食者のカゲロウ目幼虫（主にヒラタカゲロウ属、コカゲロウ属）のバイオマスが有意に高かった。また、流下餌生物量に注目すると、いくつかの季節において底生無脊椎動物調査と一致して、湧水支川でハエ目・ヨコエビ目の流下量が有意に多く、非湧水支川でカゲロウ目の流下量が有意に多かった。しかし、全体の流下餌生物量はいずれの季節でも支川間で有意な違いは見られなかった。

ヤマメ幼魚の生息密度は、湧水・非湧水支川ともに8月と11月に他の月（5月と10月）よりも高かったが、生息密度は常に湧水支川で1オーダー高かった。特に、11月の湧水支川では、5.2個体/m<sup>2</sup>と高密度でヤマメ幼魚が生息していた。ヤマメ幼魚の胃内容物量は、5月に湧水支川で非湧水支川よりも多かったが、他の月では有意な差は見られなかった。ハエ目幼虫とヨコエビ目は8月と5月に湧水支川で多く捕食されていた一方、サケの卵が10月と11月に湧水支川で多く捕食されていた。また、10月と11月に非湧水支川でカメムシ目やハチ目といった陸生生物が多く捕食されていた。

湧水河川には、その安定した流況や水温により、特異的な底生無脊椎動物群集が成立しており、特に河床の高い安定性によって高バイオマスで底生無脊椎動物が生息していた。そのため、それらの無脊椎動物がヤマメ幼魚の餌資源として機能していることが明らかとなった。一方、本研究が対象とした湧水支川では、天然のみならず人工孵化されたサケ個体群が秋期に移入・産卵することによりサケの卵もヤマメ幼魚の餌資源として機能することがわかった。サケ個体群の中には湧水帯を好んで産卵する個体が存在することが知られており（Clawson et al. 2022）湧水河川に選好して産卵する個体が天然個体内に多く存在するとしたら、このようなサケの卵の供給もまた、湧水河川の重要な生態系機能と考えられる。しかし、本研究ではサケの天然個体群を調査することが困難であったため、当該生態系機能の解明には、放流事業を欠く河川流域での調査が必要である。

水温観測の結果から、本研究調査地の非湧水支川では、夏期・冬期ともにヤマメ幼魚にとって過度な温度ストレスが生じていることがわかった。そのため、湧水河川の安定的な水温はそれらの季節におけるヤマメ幼魚の避難場所を提供している可能性が高い。以上のことを踏まえると、湧水河川は、安定的な流況により豊富な餌生物を提供する、安定的な水温により過度な温度ストレスを回避するための避難場所を提供するという2つの生態系機能により河川ネットワークにおける魚類個体群の存続に寄与していることが示唆された。

また、湧水河川へのサケの移入・産卵に関わる洪水時の種間相互作用も把握することができた（Sakai et al. 2021b）。10月に生じた台風が温帯低気圧となり本調査流域に接近することで生じた降雨イベント（総降雨量：48.5 mm）では、降雨による増水にもなってサケが湧水支川へ遡上し、産卵していることが確認された。そのため、湧水支川内のサケの生息密度は降雨強度に対応して増加しその後減少した。一方、同支川内でのヤマメ幼魚の生息密度はサケから3日遅れてピークを迎えていた。その翌日のヤマメ幼魚の胃内容物を見てみると、サケの遡上産卵が見られた湧水支川では、サケの卵が含まれていたのに対し、近接するサケがほとんど遡上しない非湧水支川では、サケの卵は含まれていなかった。以上のことから、洪水時のサケの湧水河川への遡上は、サケの卵の供給によってさらに数日遅れてヤマメ幼魚の集積を招いていることがわかった。そのため、湧水河川の特異的な生息環境を選好して産卵場所とする種の集積は、さらなる他種の集積を招くような独特な種間相互作用をもたらしていることが結論された。

### (3) まとめ

本研究により主に砕屑岩地質に存在する湧水河川は、安定的な流況と水温により特異的な底生無脊椎動物群集を成立させることが明らかとなった。一方、特に火山灰地質や石灰岩地質といった他の透水性の高い地質では、湧水河川の流況が必ずしも安定的ではないことも指摘されている (Stevens et al. 2021)。そのため、今後は地質の違いに応じた湧水河川の生態系機能の変化の把握が、湧水河川が河川ネットワークの生物多様性に果たす役割をより一般性の高いレベルで理解するために重要であると考えられた。また、本研究対象地では湧水・非湧水河川の水質に大きな違いは見られなかったが、他の地質や土地利用へ視野を広げることにより、湧水がもたらす水質がどのように河川生態系に影響するのが今後明るみに出るかもしれない。

湧水河川は、河川生態系を構成する生物のうち特に移動性の高い魚類にとって採餌場所、避難場所、産卵場所を提供していることが示された。このことは、特定の時期に魚類が湧水河川に集積し、それがさらに湧水河川内の生物相 (特に、底生無脊椎動物) にも影響する可能性を示している。そのため、今後の研究では、湧水・非湧水河川間を移動する魚類と湧水河川内に恒常的に生息する底生無脊椎動物が交錯する際に、どのような相互作用が生じさせるのかを把握することが重要であると考えられた。例えば、気候危機下における「避難場所」としての湧水河川への期待が高まる中、魚類による過度な避難場所利用は、捕食圧の増大によって湧水河川の独特な生物相を損なうおそれがあるかもしれない。そのため、今後の研究では、このような相互作用を踏まえた「湧水・非湧水河川の総体」としての生態系機能の解明が重要であると考えられた。また、本研究では直接的に明らかにされなかった湧水・非湧水河川間の魚類の移動も併せて把握することが、上記の相互作用系をより高い解像度で理解するためには重要である。本研究の実施により、湧水・非湧水河川の組み合わせが生みだす生物多様性維持機構についてさらなる研究の発展性が示され、今後の湧水河川研究の展開が望まれる。

### 引用文献

- Clawson et al. (2022) *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 79:380-394  
井上・石城 (1968) *陸水学雑誌* 2:27-36  
川合・谷田 (2018) *日本産水生昆虫第二版 科・属・種の検索*  
Merritt et al. (2008) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*  
Sakai et al. (2021a) *Community Ecology* 22:193-202  
Sakai et al. (2021b) *Landscape and Ecological Engineering* 17:555-561  
Sakai et al. (2023) *Ichthyology and Herpetology* 111:44-53  
Sakai et al. (in press) *Spring Ecosystems in Japan: Knowledge and Perspectives In: Springs of the World: Ecology and Conservation Status*  
Stevens et al. (2021) *Ecological Applications* 31:e2218  
Ward (1994) *Freshwater Biology* 32:277-294  
WWF (2016) *Living Planet Report 2016*  
藪崎・島野 (2009) *地下水学会誌* 51:127-139

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sakai Masaru, Iwabuchi Katsuya, Bauman David	4. 巻 22
2. 論文標題 Unique habitat and macroinvertebrate assemblage structures in spring-fed stream: a comparison among clastic lowland tributaries and mainstreams in northern Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Community Ecology	6. 最初と最後の頁 193 ~ 202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42974-021-00048-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sakai Masaru, Wakiya Ryoshiro, Hoshi Gosuke	4. 巻 17
2. 論文標題 Flood-induced interspecific interactions in spring-fed tributary as an ecosystem function of heterogeneous river networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Landscape and Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 555 ~ 561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11355-021-00465-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakai Masaru, Hoshi Gosuke, Wakiya Ryoshiro	4. 巻 111
2. 論文標題 Ecosystem Functions of a Spring-Fed Tributary in Providing Foraging Habitat and Thermal Refuge for Juvenile Masu Salmon	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ichthyology & Herpetology	6. 最初と最後の頁 44 ~ 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1643/i2022050	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakai Masaru	4. 巻 190
2. 論文標題 Catchment-scale deer exclusion changes longitudinal patterns of macroinvertebrate communities through soil runoff mitigation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 106932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoleng.2023.106932	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iwasaki Kenta, Fukushima Keitaro, Nagasaka Yu, Ishiyama Nobuo, Sakai Masaru, Nagasaka Akiko	4. 巻 59
2. 論文標題 Real Time Monitoring and Postprocessing of Thermal Infrared Video Images for Sampling and Mapping Groundwater Discharge	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Water Resources Research	6. 最初と最後の頁 e2022WR033630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022WR033630	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itakura Nobunosuke, Sakai Masaru, Sato Ryohei, Nishihara Shogo, Yoshida Takehito, Washitani Izumi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Intraspecific variation in advertisement call characteristics and acoustic strategies among male forest green tree frogs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12153	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 岩崎健太・福島慶太郎・長坂有・長坂晶子・石山信雄・境 優
2. 発表標題 熱赤外動画とGPSを用いた源流域河道沿いの湧水マッピング
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 境 優、星 剛介、脇谷量子郎
2. 発表標題 湧水支流と周辺の非湧水河川におけるヤマメの生息密度と胃内容物の季節変動
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fukushima Keitaro, Iwasaki Kenta, Sakai Masaru, Oda Yoshiya, Koba Keisuke, Katata Genki, Yamaguchi Takashi, Kubota Tomohiro, Nagano Hirohiko, Watanabe Makoto, Koarashi Jun
2. 発表標題 Nitrate contamination of mountainous headwater streams from adjacent agricultural and pasture lands beyond the watershed boundary in eastern Hokkaido, Japan
3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 境 優
2. 発表標題 湧水河川の生態系機能：特異な生息環境・避難場所
3. 学会等名 東京農工大学流域水文・生態系管理学研究室スペシャルセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 境 優、岩渕克哉、星 剛介、脇谷量子郎、鷺谷いづみ
2. 発表標題 特異な生息環境・避難場所としての湧水河川の生態系機能
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福島慶太郎、岩崎健太、小田義也、境 優、堅田元喜、山口高志、久保田智大、永野博彦、渡辺 誠、小嵐 淳
2. 発表標題 放牧・耕作地由来の窒素が分水嶺を超えて森林渓流水質に与える影響
3. 学会等名 2022年度生物地球化学研究会現地セッション
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 境 優
2. 発表標題 退避地としての湧水河川：降雨イベント前から後にかけての生物相の経時変化
3. 学会等名 水生昆虫談話会441回例会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 境 優
2. 発表標題 集水域レベルでのシカ排除に伴う土砂流出の軽減と底生無脊椎動物群集の応答
3. 学会等名 2023年水生昆虫談話会・日本陸水学会共催シンポジウム
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Masaru Sakai, Risa S. Naito, David Bauman	4. 発行年 2023年
2. 出版社 The Groundwater Project	5. 総ページ数 -
3. 書名 Spring ecosystems in Japan: Knowledge and perspectives In: Springs of the World: Ecology and Conservation Status	

〔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
研究協力者	脇谷 量子郎  (Wakiya Ryoshiro)		

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			
英国	University of Oxford			