

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780153

研究課題名(和文)山地河川において土砂流送に伴う目詰まりが河川間隙水域に及ぼす影響

研究課題名(英文)Effects of fine sediments on dynamic nature of the hyporheic zone

研究代表者

笠原 玉青 (Kasahara, Tamao)

九州大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10622037

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：河川生態系に多面的な機能をもつ河川間隙水域は、時空間的に変動するが、その要因に関する研究はほとんどなかった。そこで、間隙水域の動水勾配と細粒土砂量の変動を調査したところ、山地溪流においては、降雨時に斜面からの水の流れが増え、湧昇河床の動水勾配は大きくなるが、伏流河床の動水勾配はほとんど変動しないことがわかった。つまり、これまでの見解と異なり、山地溪流河川においては河川地形が複雑で、河川間隙水域は安定した環境を保っていることがわかった。細粒土砂濃度は降雨時増加するが、透水係数には影響しない。伏流河床は湧昇河床より、細粒土砂の有機物の割合が高く、環境が変動していることが示された。

研究成果の概要(英文)：The hyporheic zone plays several important roles in stream ecosystems. It is a dynamic zone, yet few studies examined the factors controlling its change in extent. In this study, vertical hydraulic head gradient (VHG) and fine sediment concentration in the hyporheic zone were monitored to investigate the dynamic nature of the hyporheic zone. The study sites were located in step-pool sequences in steep headwater streams. During precipitation events, pressure from hillslope increased, and the upwelling trend increased, whereas VHG did not change in the downwelling zone. Fine sediment concentration in the downwelling zone increased after the high flow events, but hydraulic conductivity did not change and stayed high. Therefore, contrary to previous understanding, the extent of the hyporheic zone was stable in steep headwater streams, though the concentration of fine sediments and fraction of organic matter changed during high flow event, so the environment changed over time.

研究分野：Riparian hydrology and biogeochemistry

キーワード：河川間隙水域 細粒土砂 伏流

1. 研究開始当初の背景

河川は上流 - 下流 (縦方向) 河畔 - 河道 (横方向) の連結性によって、その生態系機能を維持していることがよく知られているが、地下水域 - 河道 (垂直方向) の連結性も近年その重要性が認識され始めてきている。その垂直方向連結性を担うのが、河川水が一時的に間隙水域へ伏流することによりつくられ、地下水と河川水の両方から影響を受ける河川間隙水域である (図 1)。



図 1. 河川間隙水域

河川間隙水域は、河川生物の生息場や魚類の産卵床を提供したり、洪水や濁水など、河川生物が直面する災害時に、避難場所としても機能する。水温にも影響し、小さな河川では、河川水温の日周変動を抑えたり平均水温を下げる。大きな河川では、水が湧昇する場所で、局所的に水温を下げ、冷水魚の水温待避場として機能していることが報告されている。その他、河川間隙水域は、栄養塩の供給源または除去する場として機能し、河川の生産性に影響することもわかってきている。このように、河川生態に対して様々な機能を持つ河川間隙水域であるが、その広がりや機能が時間的・空間的に変動していることは認識されているものの、その全容は明かにされていない。

2. 研究の目的

河川間隙水域の広がりや機能は一様ではなく、流路 - 河川間隙水域間の動水勾配と堆積物の透水性の不均一性から、空間的にばらつきを持ち、動水勾配や透水性が変化することによって時間的に変動する。それでは、何が動水勾配や透水性の変化・ばらつきを持たせるのだろうか？ 動水勾配は、時間的には降雨など流域の湿潤度の変化、空間的ばらつきには河川地形が大きく影響している。間隙域の透水性は、空間的には母岩や河川地形に影響されることが報告されているが、時間的な変動の要因として細粒土砂による河床の目詰まりが示唆されている。しかし後者に関しては、まだほとんど研究されていない。河川再生事業では、目詰まりが河川間隙水域の機能再生を妨げている原因の一つであると言われており、細粒土砂の変動を調査することはこれからの河川管理事業においても有効な情報を提供することができる。そこで、本研究では河川間隙水域の細粒土砂に注目し、細粒土砂量の増減が、間隙水域へ与える影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、土砂流出・移動が頻繁に見られ、河川間隙水域の細粒土砂量の周期的増減が予測される渓流を調査対象地とした。渓流によくみられるステップ - プール地形において、河川水が比較的多く伏流することがわかっているため、平水量が約 $40 \sim 80 \text{ Ls}^{-1}$ で連続するステップ - プールがある区間に調査地点を設けた。

調査には以下の 3 方法を用いた。

(1) 定点観測：

ピエゾメーター観測：間隙水の採取、水頭値の分布や透水係数の測定のため、ピエゾメーター(底から 5cm ほどに穴を多数開けた塩ビパイプ)を 25cm の深さに複数点調査地内に設置した。水の採取と透水係数の測定は降雨前後で行い、動水勾配(パイプ内外の水位差)は、降雨の前後にかけて、10 分間隔で観測した。採取した水からは、細粒土砂濃度、無機態窒素濃度、細粒土砂内の有機物量を測定した。

フリーズドコア：河床をかく乱せずに堆積物を採取するために、液体窒素を用いて河床を凍結する方法を用いて、細粒土砂量の変動を観測した。

人工堆積物：河床に礫をつめた容器を設置し、2 ヶ月間での細粒土砂量や透水係数の変化を調査した。

(2) 地下水モデル：調査地の地形測量を行い、観測した河川の縦断的水位勾配と透水係数から地下水モデルを使って河川間隙水域の広がりをシミュレーションした。

(3) トレーサー実験：調査地よりも長い区間での河川間隙水域の広がりを調べるために、トレーサー投入実験を行い、河川水の伏流量を推定した。

4. 研究成果

(1) 間隙水域の細粒土砂量の変動：細粒土砂量の変動が河川間隙水域の広がりに影響することが示唆されてきたが、間隙水域の細粒土砂量の変動を研究した例がなかった。そこで本研究では、複数の方法を用いて細粒土砂量の変動を観測した。

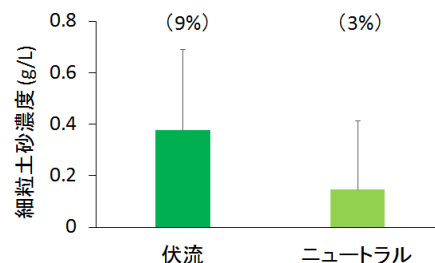


図 2. 河川間隙水域における細粒土砂濃度。() は細粒土砂の内有機物が占める割合

ピエゾメーター、フリーズドコア、人工堆積物の 3 つの観測方法で共通して得られた結果は、降雨時に河川間隙水域(深さ 25cm まで)の細粒土砂量が増加するという事実である。

る。特に伏流がみられる場所での変動が大きく、降雨後には細粒土砂量が増加した。つまり、流路がの細粒土砂の供給源であることが示唆された。図2では、ピエゾメータを用いて降雨直後の間隙水域の細粒土砂濃度を、伏流域がみられた場所(伏流)とみられなかった場所(ニュートラル)で比較すると、吹く流域の方が細粒土砂濃度が高いことを示している。

間隙水域に含まれた細粒土砂に有機物が占める割合を調べたところ、伏流域では約9%で、ニュートラル域に比べて、約3倍高かった。この結果から、間隙水域の環境としては伏流域の方が変動が大きいことが示唆された。

(2) 河川間隙水域の広がりの変動: 既存の研究では、降雨時に側方から流入してくる水量が増加するので、河川水の伏流量が減り、河川間隙水域の広がりが縮小することが報告されていた。しかし、本研究の調査地においては降雨時にも河川間隙水域の広がりに大きな変動はなかった。

河川間隙水域の広がりは、流路-間隙水域間の動水勾配と堆積物の透水係数によって決定する。そのため、まず動水勾配と透水係数のそれぞれを観測した。細粒土砂量と同じく、降雨前後にかけて観測を行った。

動水勾配: 図3は3回の降雨があった(合計降雨量81mm)2週間の動水勾配の観測結果を示す。伏流域とニュートラル域の両方において、比較的大きな降雨があったにもかかわらず動水勾配の変動が小さかった。

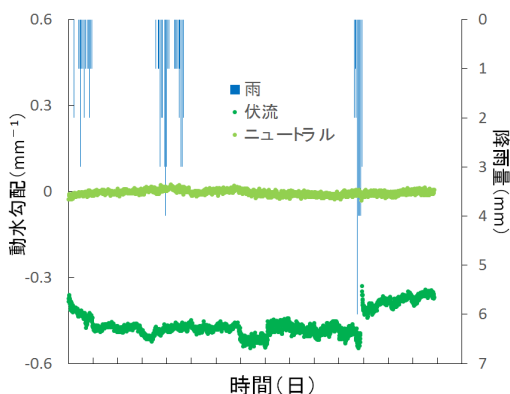


図3. 降雨時の流路-河川間隙水域間の動水勾配の変動

降雨時に伏流方向の動水勾配が減少すると考えられていたが、どうして本研究では違う結果となったのであるのか。その理由の一つとして、日本の溪流の急峻な河床勾配があげられる。河床勾配が急であると、そこにつくられるステップのサイズが大きくなる。ステップのサイズが大きいと、流路-間隙水域間の動水勾配が大きくなり、伏流量が多い。したがって、調査地であった連続するステップ-プールのある区間では、地形の影響が大きく、側方からの流入量の影響をほとんど受けなかったことが示唆された。

透水係数:

既存の河床間隙水域の研究では、河床の透水係数を安定したものとして扱ったものがほとんどで、透水係数の変動を観測した例はない。本研究は、細粒土砂量の変動に加え、透水係数の変動を観測した。図4には、人工堆積物の透水係数の変動を示す。透水係数は時間とともに変動するが、その変動幅は小さい。ばらつきが大きくなるが、中央値は観測期間中変わらなかった。

調査は、粒径が大きい堆積物が優先する渓流区間で行われた。そのような場所においては、細粒土砂濃度が変動しても、透水係数に影響を及ぼすまでにはいたらないことがわかった。

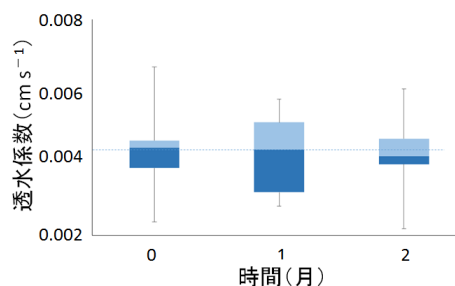


図4. 人工堆積物の透水係数の変化

伏流量

地下水モデルとトレーサー実験を使って、河川水の伏流量を推量した。伏流量は、流路-間隙水域間の動水勾配と堆積物の透水係数で決定するが、前述のように降雨時に動水勾配の変動は小さく、細粒土砂量の増加がみられたが透水係数は大きく変化しなかった。そのため、推量された表流水の伏流量は降雨前後で変動することはなかった。

河川間隙水域は、その広がりが降雨や季節的に変動すると考えられていたが、日本の溪流のように急峻な区間のステップ地形においては、ステップのサイズが大きく、側方から流入する水量に大きく影響を受けることなく、河川間隙水域は安定した広がりを持っていることがわかった。ただ、河川間隙水域内、特に伏流域での細粒土砂量の変動はみられた。伏流域での有機物の割合が高く、その広がりは安定しているものの、河川間隙水域の環境は変動していることが示唆された。環境の変動は、生息場所としての質や、栄養塩の滞留・変換に影響するので、更なる研究が必要である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

笠原玉青、安田悠子、大槻恭一. 2014. 新建川の河川間隙水域における細粒土砂濃度の変動. 九州大学演習林報告. 95: 5-9

SchmadeI, NM, Neilson, BT, Kasahara, T.

Deducing the spatial variability of exchange within a longitudinal channel water balance. 2014. Hydrological Processes 28: 3088-3103

〔学会発表〕(計 5 件)

笠原玉青、Soudouangdenh Somsanouk, 大槻恭一、恩田祐一、芳賀弘和 . 北部九州の源流域における浸水・湧水区間での河床・河畔域での水の動きの違い .2013. 第124 回日本森林学会大会、岩手大学

笠原玉青、安田悠子、大槻恭一 . 出水に伴う河床の土砂堆積と河床間隙内の細粒土砂濃度の変動 .2013. 第 17 回応用生態工学会全国大会、大阪府立大学

Kasahara, T., Yasuda, Y., Otsuki, K. Changes in distribution of fine sediments in the hyporheic zone during high flow events. 2013. American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco.

Kasahara, T., Ikemi, H., Sato, T., Kuroki, H., Shinozuka, K., Minagawa, T., Shimatani, Y. 2014. Joint Aquatic Science Meeting. Portland, Oregon.

笠原玉青、佐藤辰郎、Sun Haotian. 急勾配溪流における地質・地形と表流水の一時的伏流 .2015. 第 126 回日本森林学会、北海道大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

笠原 玉青 (KASAHARA, Tamao)

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：10622037