

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11727

研究課題名（和文）都市河川の流量・底生動物特性とそれらの動態に関する研究

研究課題名（英文）Characteristics and dynamics of flow regime and invertebrates in urban streams

研究代表者

三宅 洋（Miyake, Yo）

愛媛大学・理工学研究科（工学系）・准教授

研究者番号：90345801

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、平地河川流域の都市化が流量変動変化を介して河川性底生動物群集の動態に及ぼす影響を解明することを目的として、愛媛県道後平野の平地河川で経時的な環境・底生動物調査を実施した。この結果、平地河川では保全価値を無視できない生物相が成立していること、そして、出水攪乱が底生動物の群集動態を決定づける主要な要因であることが明らかになった。さらに、従来注目されていた流量変動の激化に加え、流域の地質に起因する河床不安定性の変異が都市河川の攪乱強度と底生動物動態に強い影響を及ぼしていることが示唆された。よって、今後の平地河川の生態系管理においては河床不安定性に注目した方策が有効であるものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、従来「死の川」と見なされていた平地を流れる都市河川には絶滅危惧種を含む多様な底生動物が生息していること、その時間的変動は出水攪乱により引き起こされていることを明らかにした。この成果は、平地河川における攪乱研究を推進し、平地河川の生態系保全策を改善する上で有用であると考えられる。さらに、従来注目されていた流量変動の激化に加え、流域の地質に起因する河床不安定性の変異が都市河川の攪乱強度と底生動物動態に強い影響を及ぼしていることが示唆された。よって、今後の平地河川の生態系管理においては巨礫の設置による安定河床の創出などの方策が有効であるものと考えられた。

研究成果の概要（英文）：We conducted a field survey on flood disturbance and stream benthic invertebrates in lowland streams in Ehime Prefecture, southwestern Japan, to elucidate the influence of urbanization on disturbance regime and community dynamics of invertebrate assemblages. We found many endangered species from our samples taken in urbanized streams, and the flood disturbance was a primary factor causing the community dynamics of stream invertebrates. In addition to hydrological characteristics, streambed instability was suggested to be an important element of the disturbance for invertebrates. We concluded that more attention should be paid for the streambed instability in the ecosystem conservation in urbanized streams.

研究分野：応用生態工学、河川生態学、群集生態学、攪乱生態学

キーワード：応用生態工学 河川生態学 群集生態学 攪乱生態学 出水攪乱 流量変動 都市河川 河川性底生動物

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 都市河川は従来、環境劣化が著しい「死の川」と見なされ、保全価値が認められてこなかった。都市河川で典型的に起こる一連の環境・生態系の劣化は Urban Stream Syndrome と呼ばれており、主な劣化過程として水質悪化、河道改変に加え、流域の不浸透域拡大による流量変動激化が挙げられている (Paul & Meyer 2001)。都市域では生物多様性の低下が著しい反面、元来生息していた生物には絶滅危惧種が多い (Aronson et al. 2017)。他方、近年の河川政策の変化により都市河川における環境改善も報告されては始めている。また、都市人口率が高い現代においては、レクリエーションの機会提供など、都市河川が潜在的に有する生態的サービスの発揮が期待されている (Sarvilinna et al. 2017)。これらの背景から、都市河川の保全価値の高さが認識されるに至り、環境・生物相の現状把握が喫緊の課題となっている (Walsh et al. 2005)。

(2) 流量増加にともなう出水攪乱は、生物個体の物理的排除および生息場所改変を引き起こす、河川生物群集の支配的な決定要因である (Poff et al. 1997)。しかし、これまでに都市河川で流量変動激化の影響を検討した研究は、既存データの利用により流域の不浸透域面積と生物分布との関係を検討するに留まっている (King 2016)。流量変動は時間的現象であるため、その改変影響を解明するためには、出水による生物密度・多様性の低下、その後の回復、長期的な群集構造の安定性のような時間的動態の把握が欠かせない。なお、都市河川では環境・生物相が著しく改変されており、非都市化河川で得られた成果の外挿による動態の予測は困難である。では、経時的な流量・生物調査を行った場合、都市化—流量変動—生物群集動態間に、はたしてどのような関係が見い出されるだろうか。

2. 研究の目的

本研究は、流域の都市化が流量変動改変を介して河川性底生動物群集の動態に及ぼす影響を解明することを目的とした。愛媛県道後平野の都市化率が異なる多数河川で経時的な流量観測および環境・生物調査を実施することにより、重度に都市化した河川の現状を把握した。さらに、流量変動改変が出水イベントによる底生動物の減少、出水後の回復速度、群集の長期的安定性に及ぼす影響を明らかにした。これらの成果により、都市河川の保全・再生に応用可能な実証的データを提供するとともに、保水・遊水施設の整備方法など、動的な視点を導入した都市河川の管理手法を具体的に提案することを目指した。

3. 研究の方法

(1) 本研究は、愛媛県道後平野を流れる小規模平地河川を対象とした (集水域面積: 2.13–5.67 km²、図 1)。H30 年度当初に GIS を用いた地理情報解析を行い、流域の地形、地質および土地利用状況が異なる 12 地点に調査地を設定した (例: 最高標高: 19–720 m、花崗岩割合: 0.0–99.7%、都市域割合: 0.0–73.9%)。

(2) 流量観測を継続的に実施して流量変動特性を把握した。2018 年 12 月から 2020 年 10 月にかけて各調査地に水位ロガーを設置して流量データを得た。日流量データの解析により多数の水文指標を算出し、既往研究で重要性が確認され (Olden & Poff 2003、渡辺ほか 2019)、本研究の対象河川間で変異が大きかった 4 指標 (最大流量、流量変動係数、出水持続時間、流量変化率) を解析対象として選出した。さらに、既往研究にて攪乱評価指標としての有用性が確認されているトレーサー法 (Miyake & Akiyama 2013) および Pfankuch 法 (上田ほか 2021) による河床不安定性評価を実施し、攪乱指標を算出した。

(3) 経時的な調査により底生動物群集の時間的変動を把握した。2019 年の 2 月 (流量安定期)、5 月 (小規模出水後)、7 月 (大規模出水後) および 10 月 (回復期) に各調査地にて底生動物を定量的に採取するとともに、生息場所環境の測定を実施した。底生動物データより個体数 (m⁻²) および分類群数を算出した。さらに、群集構造の不安定性を評価するために、生息密度および分類群数の変動係数と、Bray-Curtis の非類似度に基づく群集構造の不安定性および分類群の非存続性を算出した。

(4) 底生動物データより都市河川に生息する底生動物相の特徴を把握した。流域特性—攪乱指標—底生動物変数間の関係を、一般化線形モデルを用いた解析により明らかにした。非計量

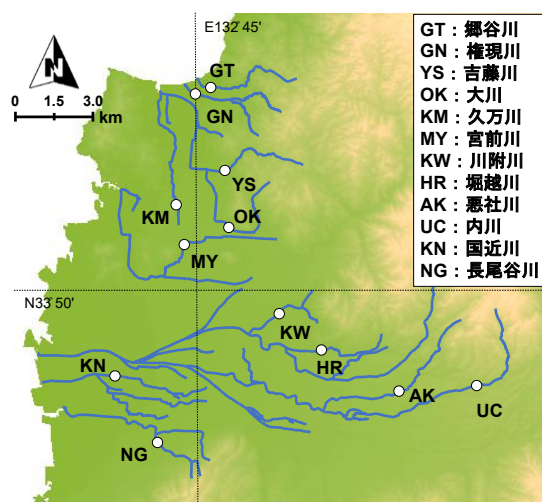


図 1 調査地位置図。

的多次元尺度法 (NMDS) により群集構造解析を行った。

4. 研究成果

(1) 本研究では合計で 75,447 個体、94 分類群の底生動物が確認された。優占的に見られたのは、ユスリカ亜科、ミミズ綱、エリユスリカ亜科、ミズムシ、モンユスリカ亜科のような汚濁の進行した河川で典型的に見られる分類群であった。一方で、ヨコミゾドロムシ、ゲンジボタル、ミナミヌマエビ、モノアラガイなどの絶滅危惧種も多く確認された。この結果は、人為改変の進行した都市河川であっても生物多様性保全の対象となり得ることを示している。

底生動物の個体数および分類群数は、いずれも大規模出水発生後の 7 月に減少していた。ただし、ユスリカ亜科のように出水攪乱発生後に個体数が増加する分類群も見られた。以上より、自然河川と同様に、都市河川においても出水攪乱が底生動物群集の時間的変動を引き起こす要因であることが明らかになった。この結果は、本研究に先立って我々が平地河川で行った関連研究の知見と合致していた (福岡ほか 2019)。

(2) 6 種類の攪乱指標には、いずれも調査間で著しい変異が見られた。環境特性との関係を解析した結果、流量変化率は川幅が小さな河川ほど高くなる傾向が見られた (図 2)。これは、周囲の都市化が進行して狭窄化した河川ほど流量変動が激しくなることを示唆している (Paul & Meyer 2001)。しかし、流域の都市面積割合と攪乱指標との関係は全体的に明瞭ではなかった。一方、河床安定性指標であるトレーサー移動率と Pfankuch スコアは、流域における花崗岩の面積割合との間に正の、底質サイズとの間に負の強い関係が見られた (図 2)。よって、本研究の対象河川では、都市化の進行による流量変動の増大は見られるものの、攪乱強度は流域の表層地質の変異の強い影響を受けているものと考えられた。

(3) 攪乱指標と底生動物指標との間には密接な関係が見られた。4 種類の水文指標についてはいずれも底生動物指標との間に関係性は見られなかった。一方、底生動物の個体数および分類群数は、河床不安定指標であるトレーサー移動率および Pfankuch スコアの値が大きな調査地で少なかった。さらに、群集構造の不安定を表す分類群数の変動係数および非存続性はいずれも河床不安定性指標との間に正の関係が見られた (図 3)。これらの結果より、出水攪乱強度、とりわけ河床不安定性が低地河川における底生動物動態の主要な決定要因であるものと考えられた (上田ほか 2021 参照)。

(4) 底生動物の群集構造は出水攪乱の発生により変動していた。NMDS による群集構造解析の結果、流量安定期の 2 月と比較して、大規模出水後の 7 月にはコカゲロウ科やシマトビケラ科のような流水性分類群が優占する傾向が見られた (図 4)。このようなパターンは自然河川 (Miyake et al. 2005) や大規模河川にお

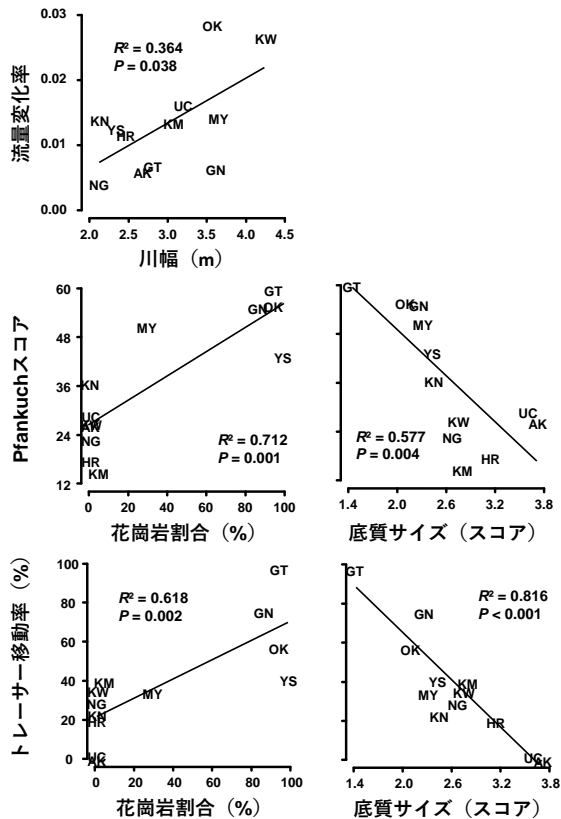


図 2 攪乱指標と環境変数との関係。

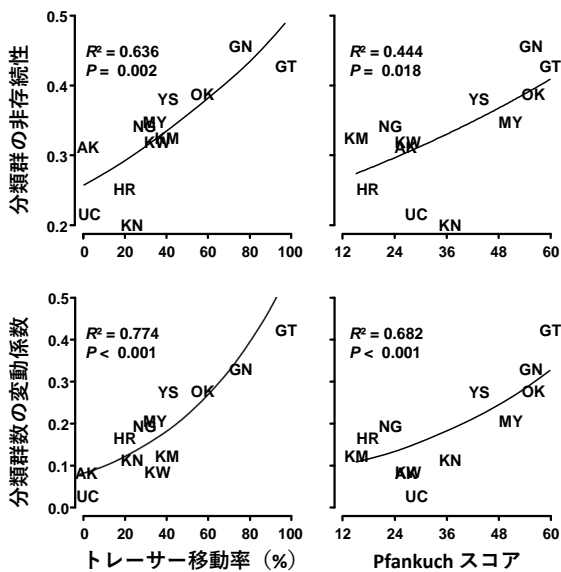


図 3 底生動物の安定性指標と攪乱指標の関係。

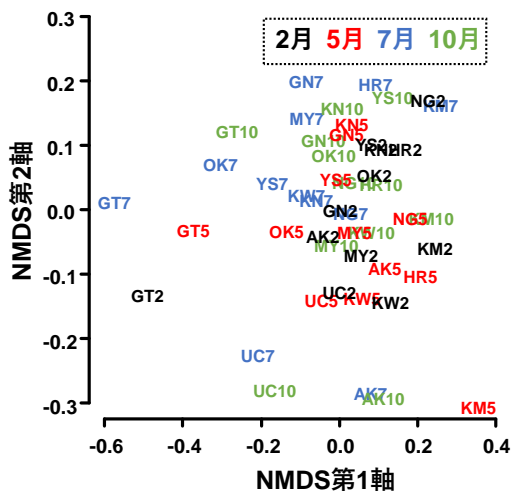


図 4 底生動物の群集構造解析の結果。

ける関連研究（角田ほか 2019）で確認されていたものであるが、本研究の結果は、平地を流れる小規模河川においても、攪乱への耐性と復元性の高い流水性分類群が優占する群集が出水後に成立することを表していた。

(5) 結論として、本研究により都市河川を含む平地河川では、保全価値を無視できない生物相が成立していること、そして、出水攪乱が底生動物の群集動態を決定づける主要な要因であることが明らかになった。この成果は、平地河川における攪乱研究を推進し、さらには平地河川の生態系保全策を改善する上で有用であると考えられる。さらに本研究では、従来注目されていた流量変動の激化に加え、流域の地質に起因する河床不安定性の変異が都市河川の攪乱強度と底生動物動態に強い影響を及ぼしていることが示唆された。よって、気候変動により攪乱影響の増大が憂慮されていることを考慮すると、今後の平地河川の生態系管理においては河床不安定性に注目した方策、具体例としては巨礫の設置による安定河床の創出などの方策が有効であるものと考えられた。

<引用文献>

- 1) Aronson et al. (2017) Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Front. Ecol. Environ.* 15: 189-196
- 2) 福崎健太ほか (2019) 平地河川における出水攪乱に対する底生動物群集の反応. *土木学会論文集 G (環境)* 75: II_143-II_149
- 3) King R.S. et al. (2015) Stream biodiversity is disproportionately lost to urbanization when flow permanence declines: evidence from southwestern North America. *Freshw. Sci.* 47: 769-784
- 4) Miyake Y. & Akiyama T. (2012) Impacts of water storage dams on substrate characteristics and stream. *J. Hydro-Environ. Res.* 19: 137-144
- 5) Miyake Y. et al. (2005) Effects of frequent streambed disturbance on the diversity of stream invertebrates. *Arch. Hydrobiol.* 162: 465-480
- 6) Olden J.D. & Poff N.L. (2003) Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes. *River Res. Applic.* 19: 101-121
- 7) Paul M.J. & Meyer J.L. (2001) Streams in the urban landscape. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32: 333-365
- 8) Poff N.L. et al. (1997) The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* 47: 769-784
- 9) Sarvilinna A. et al. (2017) Are urban stream restoration plans worth implementing? *Environ. Manage.* 59: 10-20
- 10) 角田康佑ほか (2019) 重信川で発生した記録的出水に対する底生無脊椎動物群集および魚類群集の反応. *応用生態工学* 22: 35-49
- 11) 上田航ほか (2021) 平地河川の底生動物に対する河床攪乱の評価: Pfankuch 法の適用性の検討. *応用生態工学* 23: 341-347
- 12) Walsh C.J. et al. (2005) The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 24: 706-723
- 13) 渡辺裕也ほか (2019) 全国河川の流量レジーム特性と決定要因. *応用生態工学* 21: 75-92

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 角田 康祐・三宅 洋・渡辺 裕也・井上 幹生	4. 巻 22(1)
2. 論文標題 重信川で発生した記録的出水に対する底生無脊椎動物群集および魚類群集の反応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用生態工学	6. 最初と最後の頁 35-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3825/ece.22.35	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 福崎 健太・目崎 文崇・三宅 洋	4. 巻 75(6)
2. 論文標題 平地河川における出水攪乱に対する底生動物群集の反応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 11_143-11_149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.75.6_11_143	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 上田 航・福崎 健太・三宅 洋	4. 巻 23
2. 論文標題 平地河川の底生動物に対する河床攪乱の評価：Pfrankuch法の適用性の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用生態工学	6. 最初と最後の頁 341-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3825/ece.20-00028	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 Yo Miyake, Hiroto Makino, Kenta Fukusaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Assessing invertebrate response to an extreme flood event at a regional scale utilizing past survey data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 169-177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-021-00651-5	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 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 福崎 健太・牧野 洸和・三宅 洋
2. 発表標題 平成30年7月豪雨に伴う大規模出水に対する河川性底生動物群集の反応
3. 学会等名 土木学会四国支部第25回技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 航・福崎 健太・三宅 洋
2. 発表標題 河床安定性の定性的評価による出水攪乱が平地河川の底生動物に及ぼす影響の解明
3. 学会等名 上田 航・福崎 健太・三宅 洋
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 角田 康佑・大畑 沙紀・三宅 洋
2. 発表標題 重信川本川および周辺水域における出水攪乱に対する底生動物の反応
3. 学会等名 土木学会四国支部第25回技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 角田 康佑・三宅 洋・井上 幹生
2. 発表標題 間欠流区間における底生動物・魚類の群集動態：水制の保全機能の検討
3. 学会等名 応用生態工学会第23回広島大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 航・福崎 健太・三宅 洋
2. 発表標題 河床安定性の定性的評価による出水攪乱が平地河川の底生動物に及ぼす影響の解明
3. 学会等名 応用生態工学会第23回広島大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福崎 健太・上田 航・三宅 洋
2. 発表標題 都市河川において河岸植生が底生動物の出水攪乱への反応に及ぼす影響
3. 学会等名 応用生態工学会第23回広島大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福崎 健太・目崎 文崇・三宅 洋
2. 発表標題 平地河川における出水攪乱に対する底生動物群集の反応
3. 学会等名 第47回環境システム研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Sumida, Yo Miyake, Yuya Watanabe and Mikio Inoue
2. 発表標題 Responses of stream invertebrate and fish assemblages to an extreme flood event in a Japanese river
3. 学会等名 Society for Freshwaer Science 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福崎 健太・三宅 洋・目崎 文崇
2. 発表標題 出水攪乱による平地河川の底生動物群集の変動
3. 学会等名 土木学会四国支部第24回技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福崎 健太・三宅 洋・目崎 文崇
2. 発表標題 出水攪乱による平地河川の底生動物群集の変動
3. 学会等名 応用生態工学会第22回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 航・福崎 健太・三宅 洋
2. 発表標題 都市河川の底生動物に対する河床攪乱強度の評価手法の検討
3. 学会等名 土木学会四国支部第26回技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田 航・福崎 健太・三宅 洋
2. 発表標題 平地河川における出水攪乱が底生動物の群集動態に及ぼす影響
3. 学会等名 応用生態工学会2020年度Web研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 三宅 洋・永山 滋也	4. 発行年 2019年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 437
3. 書名 2.2攪乱を表す。「河川生態系の調査・分析方法」	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------