

宮崎県耳川水系における流況改変が河川生態系に及ぼす影響

宮崎大学大学院工学研究科 学生会員 ○白坂厚大

宮崎大学工学部 正会員 糠澤桂

宮崎大学工学部 正会員 鈴木祥広

1. はじめに

治水や利水を目的とするダムは、発電用取水による河川流量の減少や、放流操作による非自然的な流量の変動など、下流の流況を改変する。流量の減少は河川水の貧酸素状態を誘発し、底生動物群集に影響を与えることが既往の研究により知られている²⁾。しかしながら、流況の改変程度を定量的に整理し、河川生態系への影響を評価した研究は少ないのが現状である。Schneider and Petrin (2017)³⁾はダムにより流量の制御された河川と制御されていない北欧の河川を対象に、流況指標を用いてダムによる流況改変程度を整理し、流況と底生動物の群集構造やハビタットとの関係性を評価している。しかし、本報告はスカンジナビア半島全域に渡る水系を対象としているため、気候や地理的条件が異なる環境間の大局的な評価を行っていると考えられる。また、流況改変による生態系への影響をより詳細に把握するためには、気候や地理的条件が類似した同一水系内において評価を行うことが有意義である。

そこで本研究では、宮崎県耳川水系に設置される複数の発電用ダムの下流と、上流にダムのない参照河川を対象として、水文改変指標 (Indicators of Hydrologic Alteration; IHA) を評価する³⁾。さらに、水文改変指標と河川生物相の関係性を調べることによって、ダムによる流況改変が生態系へ与える影響を評価する。

2. 方法

2.1 対象河川

宮崎県北部に位置する耳川水系を調査対象とした。耳川は流域面積 881km²、流路延長 94.8km の 2 級河川で、水系内に 7 基の発電用ダムを有する電源河川である。塚原ダム、山須原ダム、西郷ダムは発電用に取水を行っており、直下は減水区間となっている。最下流に位置する大内原ダムは発電所とダム堤体が隣接しており、下流は取水の影響を受けない区間(以下、非減水区間)となっている。本研究における調査地点は、減水区間(塚原ダム直下、山須原ダム直下、西郷ダム直下) 3 地点、非減水区間(大内原ダム直下、東郷橋) 2 地点、および参照河川として坪谷川を設定した(図-1)。

2.2 調査項目

分析に用いたデータは、2008 年～2016 年までダム管理者により観測されているものを提供頂き、2017 年と 2018 年は著者らが観測したものを使用した。河床材料は、容積サンプリング法により中央粒径

(mm) を求め、線格子法によって平均礫径 (cm) を求めた。底生動物の採取には 25 cm×25 cm の方形枠付サーバーネット(メッシュサイズ: 0.5 mm)を用いた。各地点において早瀬と平瀬から無作為に選定した 3 ヶ所においてサンプリングを行い (n=6)、一つにまとめた。サンプルは同定後、分類群数、個体数密度 (ind/m²)、湿重量 (mg/m³)、Shannon-Weiner 多様性指数 (H')、生活型(遊泳型、滑行型、固着型、匍匐型、造網型、掘潜型、携巢型)ごとの個体数 (ind/m²) と割合および摂食機能群(破碎食者、ろ過食者、堆積物収集者、掃き取り食者、摘み取り食者、捕食者)ごとの個体数と割合を求めた。また、粗粒化の進行程度の指標として造網-滑行指数 (= 造網型個体数 / (造網型個体数 + 滑行型個体数)) を算出した。付着藻類は早瀬と平瀬でそれぞれ 5 個ずつ無作為に選んだ礫の日光が当たる面の 5 cm×5 cm の範囲を採取した。その後実験室に持ち帰り、クロロフィル a 量 (μg/m²)、

2.3 データ解析

ダムによる流況改変の影響を定量的に評価するために、IHA を用いた。IHA は 33 の流況指標から構成される、流量制御河川の流況変動を特徴づける指標である⁵⁾。33 の指標は河川生態系への影響に関連付けて 5 つのカテゴリーに大別される。季節的な流れの変動パターン(12 指標)、極端な流況(干ばつ・洪水など)の発生頻度と持続期間(12 指標)、極端な流況の発生時期(2 指標)、中規模出水・減水の発生回数と持続時間(4 指標)、流況変化の割合と周期(3 指標)である。ダム下流においては、2007 年 1 月～2017 年 12 月の期間においてダム管理者が時間毎に観測しているダム放流量データを日平均値に換算したものを使用した。参照河川における流量は、坪谷川に設置されている水位観測所(楠森橋)において HQ 曲線を作成し 2012 年～2017 年の流量を算出した。IHA は、The Nature Conservancy により開発された IHA ソフトウェア ver. 0.2-



図-1 調査地点

41 と R ver. 3.0.3 (R core team, 2013) を用いて算出した。算出された IHA に基づいて、主成分分析 (PCA) を行った。さらに、合成された主成分と環境・生物変数との関連性を調べるために Pearson の相関係数を算定した。PCA と相関分析には、統計解析ソフト SPSS ver.23.0.0 (IBM 社, US) を用いた。この際、1 月～12 月の 1 年間の流況履歴が河川環境・生物相に影響を与えると仮定して、流況計算年の翌年 1 月の環境・生物変数と主成分スコアの相関を評価した (e.g., 2007 年の主成分 vs 2008 年 1 月の底生動物個体数密度)。

3. 結果と考察

3.1 IHA の結果と主成分分析

各地点、各年の流量より算出された IHA から合成された第 1 主成分 (PC1)、第 2 主成分 (PC2) および第 3 主成分 (PC3) によって 73.1% (PC1:55.7%, PC2:11.0%, PC3:6.4%) が説明された。PC1 は、各月の流量中央値と移動平均流量の最小値が正に寄与していた。加えて、連続する 2 日間の流量下降値が、負に寄与していた。これにより、PC1 の値が大きいほど恒常的に流量が多く、流量の下がり幅が大きい傾向にあると考えられる。PC2 は、短期的 (1~7 日間) な移動平均流量の最大値が正に寄与していた。これにより、PC2 の値が大きいほど、年間の最大流量が大きくなると考えられる。PC3 は、年間最大出水の時期が正に寄与し、中規模以上の出水頻度が負に寄与していた。これにより、PC3 の値が大きくなるほど、最大出水が遅い時期に発生し、出水の回数が少なくなると考えられる。PC1 と PC2 で示される座標平面上に調査地点をプロットすると、PC1 によって減水区間および参照河川と非減水区間が明瞭に区別された (図-2)。これにより、非減水区間と減水区間・参照河川は年間を通した流量の多寡と流量の減少程度によりその違いが特徴付けられていることが示された。

3.2 IHA の主成分と環境・生物変数との関係

表-1 に、調査によって得られた環境・生物変数と PC1, PC2 および PC3 間において、Pearson の相関係数を算定した結果を示す。PC1 と造網型間において、

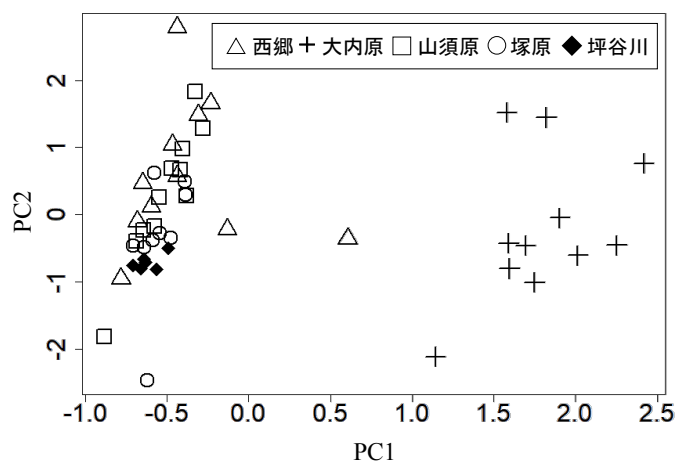


図-2 調査地点と IHA の主成分 PC1 および PC2 の関係

表-1 IHA の主成分 PC1 および PC2 と各環境・生物変数との相関

評価指標	PC1	PC2	PC3
固着型個体数	-.147	-.002	.210
造網型個体数	.303*	.052	-.350**
匍匐型個体数	-.091	.258	-.411**
携巢型個体数	-.061	.111	-.264*
掘潜型個体数	.185	.343**	-.123
遊泳型個体数	-.207	.107	-.113
固着型割合	-.225	-.103	.353**
造網型割合	.533**	-.090	-.189
匍匐型割合	-.178	.182	-.279*
携巢型割合	-.092	.068	-.060
掘潜型割合	.076	.315*	.111
遊泳型割合	-.296*	.061	-.019
平均礫径	.120	-.202	.330*
中央粒径	-.118	-.147	-.087
造網-滑行指数	.465**	.141	-.406**
Chl-a量	-.111	-.231	.040

相関係数の絶対値が 0.5 以上となる項目は太字, 有意差を検出した項目には $P < 0.01$ の時**, $P < 0.05$ の時*を付した。有意な正の相関 (個体数密: $r = 0.303$, $P < 0.05$, 割合: $r = 0.533$, $P < 0.01$) を示し、遊泳型個体数密度と有意な負の相関 ($r = -0.296$, $P < 0.05$) を示した。また、粗粒化の指標である造網-滑行指数は有意な正の相関 ($r = 0.465$, $P < 0.01$) を示した。これにより、PC1 の値が高い地点すなわち非減水区間では、造網型の個体数が増加し、河床が粗粒化していることが示唆された。

4. まとめ

本研究では地質・気候などの環境条件が類似していると考えられる同一河川内において、減水区間と非減水区間の 11 年間、および参照河川の 6 年間の流量データから IHA を算出し、環境・生物変数との関係性を評価した。その結果として、減水区間および参照河川と非減水区間の流況は流量の多寡と変動により明瞭に区別できた。ダム下流の中でも、流量が多く変動の大きい河川区間では、造網型が増加し、遊泳型が減少することが示唆された。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、九州電力株式会社からデータを提供頂いた。また、科学研究費補助金 (16H02363, 風間聡; 17H03314, 赤松良久) の助成を受けた。併せて深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) Almeida, D., Merino-A. R. and Angelar, G. D.: Benthic invertebrate communities in regulated Mediterranean streams and least-impacted tributaries, *Limnologia*, 43, pp.34-42, 2013.
- 2) Schneider, C. S. and Petrin, Z.: Effect of flow regime on benthic algae and macroinvertebrates – A comparison between regulated and unregulated rivers, *Science of the Total environment*, 579, pp.1059-1072, 2017.
- 3) Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Powell, J., and Braun, D. P., A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems, *Conservation Biology*, 10(4), 1163-1174