

山地河川における人間活動が底生動物群集に及ぼす影響

愛媛大学 学生会員 ○上田竜士 愛媛大学 非会員 井上幹生
愛媛大学 非会員 菊地修吾 愛媛大学 正会員 三宅洋

1. はじめに

山地河川では、防災を目的とした河川工作物の建設と木材生産を目的とした河畔林伐採が行われており、双方が河川生態系に影響を及ぼすと考えられている。砂防ダムや治山ダムなどの河川横断工作物（以後、砂防ダムとする）は、河川の連続性を遮断し、魚類の移動を阻害する。これにより、上流側の個体群が縮小し、局所的に絶滅する確率が高くなる。一方、河畔林の消失による陸生無脊椎動物の供給量の減少は、山地河川にて優先するサケ科魚類の生息密度を変化させる。また、魚類は底生動物を捕食する高次消費者であり、捕食圧により底生動物の生息密度を抑制することが既存の研究から報告されている。したがって、砂防ダム建設および河畔林伐採は、サケ科魚類による捕食圧の変化を介して底生動物に波及効果を及ぼす可能性がある。しかしながら、砂防ダム建設および河畔林伐採がサケ科魚類の生息密度の変化を介して、底生動物の群集構造に及ぼす間接的影響を明らかにした研究は見られない。そこで本研究では、砂防ダム建設および河畔林伐採がサケ科魚類の生息密度変化を介して底生動物群集に及ぼす間接的影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

本研究は、2009 年 9 月 11 - 13 日および 22 日に愛媛県を流れる重信川水系石手川上流域の支流 5 河川で行った。各河川に 2 - 7 箇所の調査地（計 22 調査地）を設けた。調査地周辺には計 19 基の砂防ダム（1985 - 2004 年建設、堤高約 3 - 15 m）が存在し、3 箇所で魚類の移動を制限すると思われる自然の滝（高さ約 3 - 10 m）が確認されている。調査河川にはサケ科魚類のアマゴ（*Oncorhynchus masou ishikawae* Jordan）が優占して生息しており、一部でタカハヤ（*Phoxinus oxycephalus jouyi* Jordan and Snyder）およびカワヨシノボリ（*Rhinogobius flumineus* Mizuno）が生息している。

各調査地に 50 m の調査区間を設けた。調査区間内に存在する淵（9 - 15 箇所）から無作為に 8 箇所の淵を選択し、これらの淵から無作為に 1 個ずつ礫（長径 134 - 268 mm）を採取し、これらに付着する底生動物を採取した。河川の物理環境を評価するために、同地点で流速（ cm s^{-1} ）および川幅（m）を測定し、底質粗度の面積割合を目視により測定した。光環境を評価するために各調査区間内の流心部に等間隔に設定した 4 地点で水表面直上において全天空写真を撮影した。底生動物は、可能な限り下位の分類群まで同定し、計数した。底生動物量を表すために、総生息密度（ $N \text{ m}^{-2}$ ）を算出した。底生動物の餌資源量として付着藻類量（chl. $a \text{ mg m}^{-2}$ ）を求めた。また、各底生動物サンプルに含まれる堆積粒状有機物量（AFDM g m^{-2} ）を算出した。

全 22 調査地中、20 調査地については既存の研究にて調査されたアマゴ、タカハヤおよびカワヨシノボリの生息密度のデータを使用した（菊地、未発表データ）。本研究で新たに設定した 2 調査地については、エレクトロフィッシャーを用いて魚類を採捕した。各調査区間の下流から上流に向かって一回のパスを実施し、電撃により一時的に麻痺した魚類をタモ網で採捕した。採捕した魚類は現場で同定・計数し、捕獲地点にて再放流した。各調査地における生息密度（ $N \text{ m}^{-2}$ ）を算出した。底生動物の群集構造の決定要因を明らかに

表 1 AIC に基づくモデル選択により得られた最適モデル。応答変数、選択された説明変数、各モデルにおける係数、Z 値を示す。各モデルによる決定係数 R^2 と P 値を示した。

Response variable	Explanatory variable	Coefficient (Estimate $\pm$ SE)	Z value	Model R^2	P
Invertebrate density	Intercept	4.415 $\pm$ 0.359	12.303	0.276	0.012
	Canopy opening	0.090 $\pm$ 0.040	2.294		
<i>B. yoshinensis</i> density	Intercept	8.988 $\pm$ 0.781	11.514	0.164	0.062
	Canopy opening	0.181 $\pm$ 0.085	2.114		
	<i>O. masou</i> density	-4.029 $\pm$ 1.847	-2.182		
<i>B. thermicus</i> density	Intercept	3.770 $\pm$ 0.851	4.430	0.314	0.007
	Width	1.510 $\pm$ 0.378	3.994		
	Velocity	0.107 $\pm$ 0.036	2.941		
	<i>O. masou</i> density	-9.965 $\pm$ 1.731	-5.756		
	<i>P. oxycephalus</i> density	-10.958 $\pm$ 5.169	-2.120		

するために、開空度、川幅、河床流速、底質粗度、付着藻類量および堆積粒状有機物量を説明変数、底生動物の生息密度を応答変数として、一般化線形モデル（generalized linear model : GLM）による解析を行った。赤池情報量基準（Akaike's information criterion : AIC）に基づくステップワイズ法（減少法）によりモデル選択を行い、得られたモデルを最適モデルとした。また、相対生息密度が 4%以上の分類群について上記の生息密度と同様の解析を行った。さらに、個々の説明変数と応答変数との組み合わせについて GLM を用いた曲線のあてはめを行った。誤差構造として、生息密度はガンマ分布に従うと仮定した。

3. 結果および考察

総底生動物量はアマゴの生息密度よりも河川の物理的環境に左右されることが示唆された。AIC によるモデル選択の結果、底生動物の総生息密度の最適モデルには開空度のみが選択され、正の関係が見られた（表 1）。既存の研究から、河畔林伐採により開空度が高くなると河床に到達する光量の増加に伴う付着藻類量の増加を介して、藻食性の底生動物の生息密度が増加することが報告されている。底生動物の総生息密度とアマゴの生息密度との間に明瞭な関係は見られなかった。既存の研究により、河川内に落下する陸生昆虫の量は夏と秋に最も多く、落下昆虫が増加する時期にはアマゴによる底生動物への捕食圧は減少することが知られている。本調査は初秋に実施されたため、底生動物に対するアマゴの捕食圧は低く抑えられていた可能性がある。

砂防ダム建設および河畔林伐採によるアマゴの生息密度の変化は、底生動物の群集構造に影響を及ぼすことが示唆された。ヨシノコカゲロウの生息密度およびシロハラコカゲロウの生息密度は、アマゴの生息密度の増加に伴い減少することが明らかになった。AIC によるモデル選択の結果、ヨシノコカゲロウの生息密度の最適モデルには開空度およびアマゴの生息密度が選択され、開空度との間には正の関係、アマゴの生息密度との間には負の関係が見られた（表 1）。シロハラコカゲロウの生息密度の最適モデルには川幅、流速、アマゴの生息密度およびタカハヤの生息密度が選択され、川幅および流速との間には正の関係、アマゴおよびタカハヤの生息密度との間には負の関係が見られた（表 1）。アマゴの生息密度とこれらの分類群の生息密度は、曲線のあてはめにおいては有意な関係は見られなかったが、アマゴの生息密度が高い地点ではこれらの分類群の生息密度は小さい値をとる傾向が見られた（図 1, 2）。アマゴなどのサケ科魚類は底生動物の中でもカゲロウ目を主に捕食することが知られており、特にコカゲロウ科は影響を受けやすいことが報告されている。ヨシノコカゲロウおよびシロハラコカゲロウは、コカゲロウ科に属する底生動物であり、このような負の関係は既存研究の結果と合致する。以上より、山地河川における砂防ダム建設および河畔林伐採は、アマゴの生息密度の変化を介して、特定の分類群にのみ影響を及ぼしていることが示唆された。

4. 結論

本研究では、山地河川における砂防ダム建設および河畔林伐採がアマゴの生息密度の変化を介して、底生動物の群集構造に分類群レベルで影響を及ぼすことを明らかにした。砂防ダム建設による魚類への影響は時間の経過とともに拡大していくものと考えられるため、砂防ダムに魚道を設置するなどの保全策が求められる。現在でも多くの山地河川で砂防ダムなどの河川工作物の建設と河畔植生の人為的な改変が行われており、河川生態系は劣化の危機にある。本研究は、砂防ダム建設および河畔林伐採に伴う河川生態系の劣化が進行する山地河川における河川生態系の保全および再生を考慮した河川管理を行う上で重要であると考えられる。

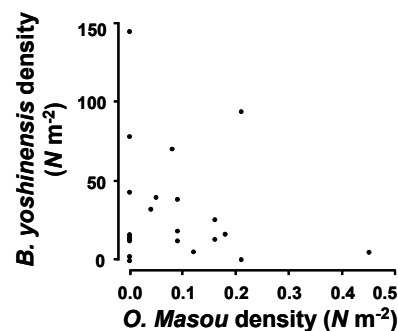


図 1 ヨシノコカゲロウの生息密度とアマゴの生息密度の関係。

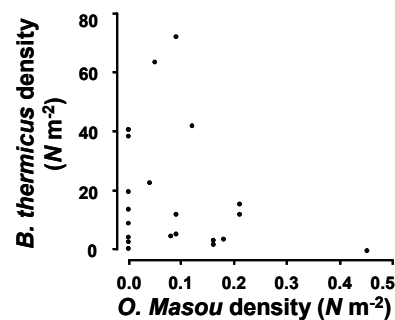


図 2 シロハラコカゲロウの生息密度とアマゴの生息密度の関係。