

愛媛県 50 河川の調査による集水域特性が底生動物に及ぼす影響の解明

愛媛大学大学院 学生会員 ○上田 竜士

愛媛大学 非会員 岩井昇平 愛媛大学大学院 正会員 三宅 洋

1. はじめに

集水域特性は河川生態系の状態を決定する支配的要因として注目を集めている。近年、人間活動の活発化により河川集水域の土地利用が進行し、多くの河川で生態系の劣化が確認されている。このため集水域特性が河川生態系に及ぼす影響を把握する必要がある。河川は一方向的に流下することを考慮すると、河川最下流部は集水域全体の特性を反映する部分であると考えられる。しかし、集水域特性が集水域内で均一でないことを考慮すると、最下流部のみによる調査では集水域特性が河川生態系に及ぼす影響の概略しか把握することができない。したがって、集水域特性が河川生態系に及ぼす影響を広く把握するには流程内に複数の調査地を設定することが望ましい。そこで本研究は、愛媛県を流れる 50 河川を対象として最下流部と集水域面積が 3, 10, 100 および 1000 km²の地点で河川環境および河川性底生動物に関する調査を行い、集水域特性が底生動物群集に及ぼす影響を広域的に把握することを目的とした。

2. 方法

調査は 2007 年から 2010 年の 9 月に、愛媛県内に河口を持ち国土院発行の 1/200,000 地形図に記載されている全ての河川、計 50 河川で行った。2007 年および 2008 年の調査では、海水の影響のない本流の最下流地点にそれぞれ 1 地点の調査地を設けた。2009 年および 2010 年の調査では、50 河川のうち無作為に選択した 20 河川の集水域面積が 3, 10, 100 および 1000 km²の地点にそれぞれ 1 地点の調査地を設けた。

各調査地で河川水を採取した後に、瀬の流心部で底生動物を 3 サンプル採取した。各底生動物サンプルに含まれる礫を無作為に 1 つ選択し付着藻類サンプルを採取した。底生動物を採取した 3 地点で流速 (cm s⁻¹)、水深 (cm) および底質粗度を計測した。各調査地の氾濫原幅 (m)、流量 (m³ s⁻¹)、溶存酸素量 (mg l⁻¹)、pH、電気伝導度 (mS cm⁻¹) および河床勾配を計測した。

底生動物は可能な限り下位の分類階級まで同定し、計数した。底生動物の餌資源である堆積粒状有機物は、強熱減量 (AFDM) により計量した。河川水サンプルから懸濁物質量 (Suspended solid) を測定した。その後オートアナライザーを用いて分析し、全無機態窒素濃度 (mg l⁻¹) およびリン酸態リン濃度 (mg l⁻¹) を求めた。硝酸態窒素濃度、亜硝酸態窒素濃度およびアンモニア態窒素濃度の和を全無機態窒素濃度とした。付着藻類サンプルからクロロフィル a 量 (chl. a mg m⁻²) を測定した。地理情報システム (GIS) を用いて、各調査地の集水域面積、集水域地形、気候特性、土地被覆の面積割合および地質の面積割合を算出した。

各調査地における底生動物の群集構造を、非計量的多次元尺度法 (NMS) により解析した。NMS によって得られた座標軸がいずれの分類群の総個体数の変化を反映しているのかを明らかにするために、得られた軸の値と各分類群の総個体数との間でケンドールの順位相関係数 (τ) を算出した。同様に、底生動物の群集構造と生息場所環境および集水域特性との関係を明らかにするために、各調査地における各軸の値と

表 1 NMS の各軸と集水域変数との間のケンドールの順位相関係数 (τ)。有意な関係が見られた変数を太字で示した。

Catchment characteristics	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Latitude (degree)	-0.163	-0.128	0.043
Longitude (degree)	-0.051	0.024	0.024
Elevation (m)	0.273	0.556	-0.148
Catchment area (km ²)	0.014	-0.281	0.174
Catchment slope (%)	0.094	0.161	0.063
Annual mean air temperature (°C)	-0.248	-0.406	0.102
Annual mean precipitation (mm)	0.258	0.290	-0.174
Natural forest (%)	0.189	0.188	-0.143
Secondary forest (%)	-0.013	-0.184	-0.093
Plantation (%)	0.235	0.394	-0.018
Natural grass (%)	0.174	0.070	-0.055
Grass (%)	0.177	0.086	0.066
Paddy (%)	-0.290	-0.274	0.316
Farm (%)	0.131	-0.008	0.124
Orchard (%)	-0.282	-0.409	0.193
Urban (%)	-0.305	-0.369	0.336
Bare (%)	0.011	-0.165	0.149
Open Water (%)	-0.175	-0.368	0.177
Pyroclastic (%)	0.156	0.184	0.076
Igneous (%)	0.118	0.153	0.166
Granite (%)	-0.341	-0.268	-0.085
Limestone (%)	-0.022	-0.068	0.162
Metamorphic (%)	0.152	0.193	0.140
Sedimentary (%)	0.089	0.027	-0.004
Deposit (%)	-0.305	-0.351	0.302

各調査地の生息場所環境変数の平均値および各集水域特性変数との間で、ケンドールの順位相関係数を算出した。

3. 結果および考察

NMS の各軸は底生動物の異なる群集構造特性を表わしていた。NMS 第 1 軸の値の増加は清冽な環境を選好する底生動物、NMS 第 2 軸の値の増加は汚濁耐性が低く上流的な環境を選好する底生動物、NMS 第 3 軸の値の増加は汚濁耐性が高く止水的な環境を選好する底生動物の優占を表していた。

人間活動特性である集水域の土地利用は、底生動物群集に強い影響を及ぼしていることが示唆された。NMS 第 1 軸の値は集水域における水田および都市域の面積割合との間に負の相関関係が見られ (表 1)、電気伝導度、全無機態窒素濃度およびリン酸態リン濃度との間に負の相関関係が見られた (表 2)。NMS 第 2 軸の値は集水域における果樹園および都市域の面積割合との間に負の相関関係が見られ (表 1)、電気伝導度およびリン酸態リン濃度との間に負の相関関係が見られた (表 2)。水田、都市域および果樹園が発達すると、河川内に農業および生活排水が流入し河川水中の栄養塩濃度が上昇する。したがって、人間活動による土地利用の強度が高い河川では、排水の流入により栄養塩濃度が上昇して汚濁した環境となり、汚濁耐性の高い底生動物が優占していたものと考えられる。以上より、集水域における土地利用は生息場所の水質の劣化を介して底生動物の群集構造に強い影響を及ぼすものと考えられた。

底生動物の群集構造解析の結果から、各調査地における生態系の健全性と集水域における人間活動の妥当性の評価が可能になった。集水域における人間活動強度の低さを、最も強く、直接的に反映していると考えられる NMS 第 1 軸の値が特に大きい領域に配置された、肱川 (調査地番号 32, 図 1) の 1,000 km² 調査地、肱川の最下流調査地、僧都川 (49) の最下流調査地、加茂川 (10) の 100 km² 調査地、惣川 (50) の最下流調査地、重信川 (28) の 3 km² 調査地および関川 (4) の 10 km² 調査地は、人間による土地利用の影響が小さく、比較的清冽な環境にあるものと思われる。一方、NMS 第 1 軸の値が特に小さい領域に配置された、大谷川 (29)、重信川、高山川 (24)、契川 (2) の最下流調査地は人間による土地利用の影響を強く受け、汚濁が進行していると考えられた。

4. 結論

本研究では、集水域特性、生息場所環境特性および底生動物の群集構造との間に密接な関係があることを明らかにした。本研究のような最下流点および集水域面積による区分で広域かつ体系的に調査を行うアプローチは、広域的に生物相、河川環境および集水域の状況を把握し、河川生態系の健全性と人間活動の妥当性を評価する際に有用な手法であると考えられる。

表 2 NMS の各軸と生息場所環境変数との間のケンドールの順位相関係数 (r)。有意な関係が見られた変数を太字で示した。

Habitat characteristics	Axis 1	Axis 2	Axis 3
bankfull width (m)	-0.053	-0.275	0.129
Slope of water surface (%)	0.228	0.270	-0.218
Discharge (m ³ s ⁻¹)	0.053	-0.044	-0.010
Current velocity (cm s ⁻¹)	0.128	0.083	0.037
Water depth (cm)	-0.032	-0.045	-0.077
Substrate size	0.244	0.334	0.035
Electrical conductivity (mS cm ⁻¹)	-0.325	-0.333	0.191
Dissolved oxygen (mg l ⁻¹)	-0.015	0.246	0.058
pH	-0.106	-0.056	0.177
Total inorganic nitrogen (mg l ⁻¹)	-0.340	-0.186	0.189
PO ₄ -P (mg l ⁻¹)	-0.314	-0.346	0.229
Suspended solid (mg l ⁻¹)	-0.216	-0.210	-0.051
Periphyton biomass (chl. a mg m ⁻²)	-0.214	-0.032	0.276
Particulate organic matter (AFDM mg m ⁻²)	0.036	0.142	-0.210

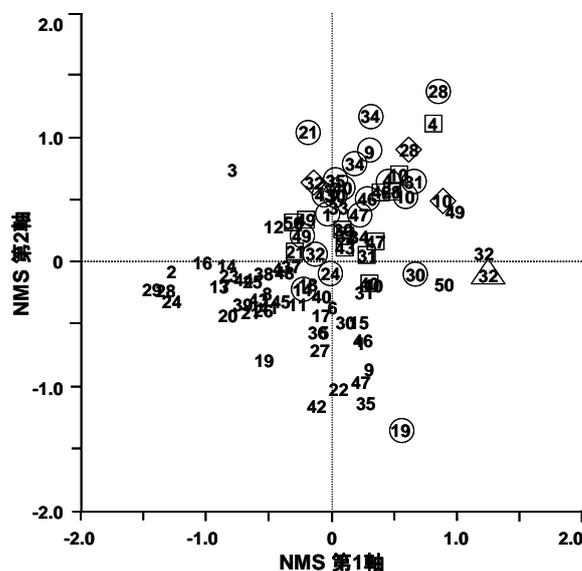


図 1 NMS の結果に基づく 2 次元プロット。丸は集水域面積が 3 km²、四角は 10 km²、菱形は 100 km²、三角は 1,000 km²、囲みなしは最下流部の調査地点を示す。