

VII - 5

酸性河川における水生昆虫相の群集構造に関する研究

岩手大学工学部 学生会員 ○佐々木貴史

同上 正会員 伊藤 歩 相澤治郎 海田輝之

1. はじめに

酸性鉱山廃水は高濃度の酸と金属を含み、その流入による河川の酸性化は魚類等の水生生物の生息に重大な被害を及ぼす。しかしながら、酸性河川環境における水質や底質と水生生物相の関係を長期間の調査に基づいて詳細に評価した報告は乏しい。本研究では、岩手県北西部に位置する旧松尾鉱山からの鉱山廃水処理水を受容する赤川において水質、底質、水生昆虫及び付着藻類の調査を3年間行い、それらのデータを統計的に解析することによって酸性河川環境下における水生昆虫相の回復に及ぼす環境因子について検討した。

2. 調査地点と調査方法

調査地点を図-1に示す。調査範囲は赤川の源流部にあたる廃水処理施設の約100m上流から下流部の松川合流付近までとし、調査地点を7ヶ所設置した。調査期間は1997年6月～2000年3月であり、季節毎に水質、底質及び水生昆虫相の調査を行った。また、河床に設置したモルタル製付着板（30cm×30cm×30cm）の付着物中の乾燥重量、強熱減量、金属含有量、Chl-a量の調査も同時に行った。得られた水質及び底質に関連したデータは、その情報を集約するために、z変換の後に主成分分析された。

水生昆虫の採取は、0.5m×0.5mまたは0.25m×0.25mのコードラードのついたサーバーネット（38メッシュ/inch）を用いて、各調査地点で2～3回行った。標本は実体顕微鏡を用いて出来る限り種まで同定し、種別ごとに個体数を計数した。同定は、津田¹⁾、上野²⁾及び川合³⁾を参考とした。また、得られた水生昆虫の個体群データは優占種が解析に与える影響を避けるために、個体数を科毎に集計したものを表-1に示すように6つの範囲に分類し、アバンダンススコアとしてデータ変換された⁴⁾。調査地点間の水生昆虫群集の構造を統計的に解析するために、各調査地点におけるアバンダンススコアの季節毎の平均値を用いて主成分分析を行った。なお、すべての統計解析はSPSS 12.0Jを用いて行った。

3. 調査結果と考察

赤川上流部（St.1～4）ではpHは4以下と非常に低く、Al、Fe、As、Ca等の河川水中の金属は非常に高濃度で存在している（Al: 31mg/l, Fe: 8.4mg/l, As: 11.8μg/l, Ca: 150mg/l）。また、底質中のFe含有量が非常に高い（Fe: 5.6mg/cm²）。St.5以降からpHは徐々に上昇し、各金属濃度も減少する傾向を示した。

水生昆虫のアバンダンススコアに基づいた主成分分析による群集構造解析の結果として秋と冬の場合について述べる。図-2に第1及び第2主成分に対する水生昆虫の各科の因子負荷量と各調査地点の主成分得点のプロットを示す。各調査地点の主成分得点プロット間の距離が近いほどそれらの地点における水生昆虫の群集が類似していることを表す。また、水生昆虫

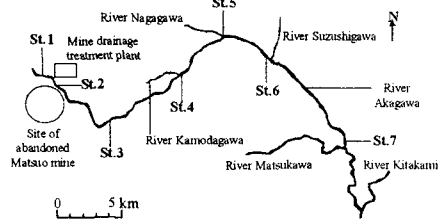


図-1 調査地点概要

表-1 水生昆虫個体群データのアバンダンススコア

Range of individual number (x)	Abundance score
x = 0	0
0 < x ≤ 10	1
10 < x ≤ 40	2
40 < x ≤ 70	3
70 < x ≤ 100	4
100 < x	5

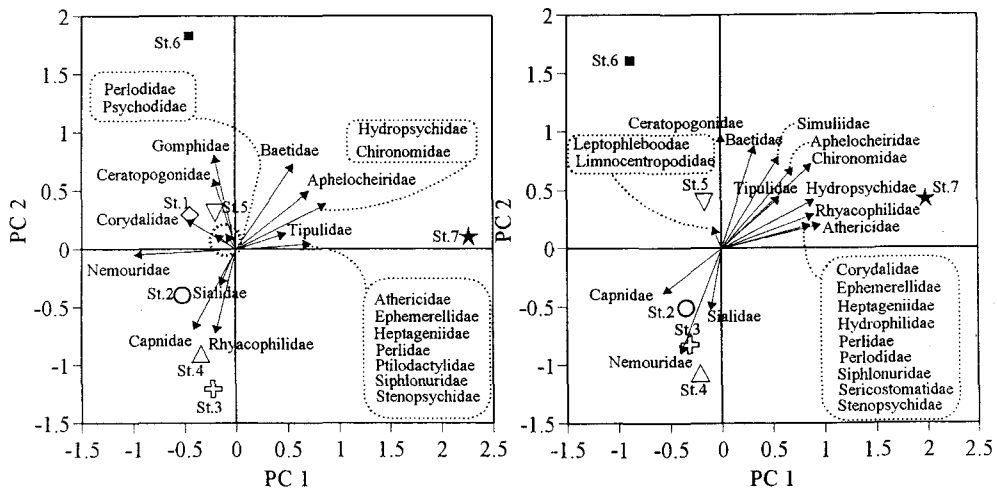


図-2 水生昆虫アバンダンススコアに基づいたPC1とPC2における各調査地点の主成分得点と因子負荷量

の各科の因子負荷量の方向と各調査地点の主成分得点プロットの位置は、それぞれの調査地点における水生昆虫群集がどのような科によって構成されているかを示し、それぞれの因子負荷量の原点からの距離は、調査地点間の群集構造の類似性に及ぼす各科の影響度合いを示す。なお、第1と第2主成分の累積寄与率はすべての季節において60%以上であった。St2~4は全ての季節において図中の第3象限に位置し、それらの地点間の距離も非常に近く、類似した群集構造が形成されていることが明らかとなった。第3象限では、存在する水生昆虫の科数が非常に少なく、水生昆虫の群集構造は、全ての季節において主にCapnidaeやNemouridae⁵⁾などの耐酸性の水生昆虫によって構成されているといえる。一方、St7は全ての季節において第1象限に位置していた。第1象限では第3象限と対称的に多種類の水生昆虫から構成されており、赤川においてSt7は多様な群集構造を有しているといえる。また、その群集を構成する科は、季節によって変化するが、ChironomidaeとHydropsychidaeは季節によらず安定して第1象限に位置し、群集構造に及ぼす影響の度合いも強いことが明らかとなった。従って、ChironomidaeとHydropsychidaeは赤川において水生昆虫群集の多様性の回復という点で非常に重要な指標であるといえる。

上述の二科の回復と環境因子の関係を明らかにするために、まず、水質及び底質データに対して主成分分析を行い、複合して存在する多数の環境因子の統合した、表2に抽出された7つの主成分に対するバリマックス回転後の因子負荷量、累積寄与率を示す。結果から、第一主成分(PC1)は溶存態金属濃度との関連が高く、鉱山廃水処理施設から排出される溶存態金属に由来する因子であるといえる。PC2は底質の金属含有量との関連が高く、河床への金属の堆積に由来する因子であるといえる。PC3はpH、Chl aと堆積物中の金属の数種との関連が高く、pHと付着藻類の回復に関する因子であるといえる。PC4はT-N、TOCとT-Pとの関連が高く、栄養塩と有機物に関する因子であるといえる。

次に、抽出された主成分と上述の二科の水生昆虫との関係性を重回帰分析により評価した。表3に上述の主成分を説明変数とし、ChironomidaeまたはHydropsychidaeのアバダンススコアを従属変数とした二つのモデルに対する重回帰分析による標準偏回帰係数と r^2 値を示す。溶存態金属に関する因子(PC1)の偏回帰係数はChironomidaeとHydropsychidae双方のモデルでも負の大きな値となった。河床への金属堆積に関する因子(PC2)の偏回帰係数も両方のモデルにおいて負の値を示しているが、Hydropsychidaeの場合の方がより大きな負の値を示した。これは、*Hydropsyche orientalis*に代表されるHydropsychidaeは造網型⁶⁾であり、掘潜型⁶⁾であるChironomidaeよりも金属堆積の影響を強く受けていることが理由として挙げられる。pHと付着藻類の回復に関する因子(PC3)は、どちらのモデルにおいても最も高い正の値を示した。また、栄養塩と有機物に関する因子(PC4)は両モデルにおいて負の値を示しているが、PC4におけるT-N、TOCとT-Pの因子負荷量が負の値であることから(表4参照)、結果的にChironomidaeとHydropsychidaeの生息を促進する因子であると判断できる。

以上のことから、赤川において、溶解性金属はChironomidaeとHydropsychidaeの生息を阻害し、pHと付着藻類の回復、栄養塩及び有機物はこれらの水生昆虫の生息を促進する因子であるといえる。加えて、金属堆積物が水生昆虫の生息に及ぼす影響は水生昆虫の生活型によって変化することが明らかになった。

表-2 水質及び底質データの主成分分析による因子負荷量と累積寄与率

Variable	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Dissolved Ca	0.96	-	-	-	-	-	-
Dissolved Cd	0.95	-	-	-	-	-	-
Dissolved Ni	0.93	-	-	-	-	-	-
Dissolved Al	0.86	-	-	-	-	-	-
Dissolved Pb	0.84	-	-	-	-	-	-
Dissolved Zn	0.76	-	-	0.41	-	-	-
Dissolved Cr	0.67	-	-	-	-	-	-
Sediment of Ca	-	0.89	-	-	-	-	-
Sediment of Al	-	0.84	-	-	-	-	-
Ignition loss	-	0.70	-	-	-	0.46	-
Sediment of Cr	-	0.62	-	-	-	-	-
Sediment of Fe	-	0.62	-	-	-	0.42	0.42
Sediment of Pb	0.46	0.50	-	-	-	-	-
Sediment of Mn	-	-	0.89	-	-	-	-
Chl-a	-	-	0.84	-	-	-	-
Sediment of Ni	-	-	0.73	-	-	-	-
pH	-0.41	-	0.67	-	-	-	-
T-P	-	-	-	-0.87	-	-	-
TOC	-	-	-	-0.76	-	-	-
T-N	-0.44	-	-	-0.69	-	-	-
Dissolved Mn	0.48	-	-	0.55	-	0.43	-
Sediment of Zn	-	-	-	-	0.95	-	-
Sediment of Cu	-	-	-	-	0.95	-	-
Dissolved As	-	-	-	-	-0.63	0.42	-
Dissolved Cu	-	-	-	-	-	0.75	-
Dissolved Fe	0.43	-	-	0.44	-	0.60	-
Sediment of Cd	-	-	-	-	-	-	0.82
Sediment of As	-	0.47	-	-	-	-	0.49
Contribution (%)	24.5	12.6	11.9	11.2	9.0	8.4	5.72
Cumulative contribution (%)	24.5	37.1	49.0	60.3	69.4	77.8	83.5

表-3 ChironomidaeとHydropsychidaeの主成分への重回帰分析における偏回帰係数と r^2 値

Variable	Standardized partial regression coefficient	
	Model of Hydropsychidae	Model of Chironomidae
PC 1	-0.356	-0.445
PC 2	-0.233	-0.013
PC 3	0.547	0.402
PC 4	-0.331	-0.272
PC 5	-0.002	0.144
PC 6	-0.171	-0.331
PC 7	0.072	0.147
r^2	0.624	0.586

<参考文献>

- 1) 津田松苗編(1979) 水生昆虫学, 北隆館
- 2) 上野益三編(1986) 日本淡水生物学, 北隆館
- 3) 川合禎次編(1985) 日本産水生昆虫検索図説, 東海大学出版会
- 4) 小林四郎(1999) 生物群集の多変量解析, 蒼樹書房
- 5) 栃本博ら(1981) 河川の重金属汚染指標としての水生昆虫, 東京衛研年報, 32-1, 296-303
- 6) Merritt, R. W. and Cummins, K. W. (1996) An introduction to the aquatic insects of North America Third Edition, Kendall/Hunt Publishing Co.