

VII-42

共生度指数を用いた河川水質と生態系の関係解析

東北大学大学院 学生員○吉村千洋
 東北大学工学部 正会員 熊谷幸博
 東北大学大学院 正会員 福士謙介
 同上 正会員 大村達夫

1. はじめに

河川に流入する汚染物質が多様化している中で、健全な河川生態系の維持が社会的ニーズとなっており、生物調査に基づいた水環境評価が重要となっている。この観点から、河川底生動物相を用いた新たな生態学的水質評価法として4つの生態学的側面を表すパラメータを基礎とする共生度指数¹⁾を開発し、多くの河川水環境に適用し、評価を行ってきた。その方法は、河川底生動物相を生態学的観点から評価し、間接的に河川水をモニタリングするというものである。

しかしながら、このような評価結果の解析だけでは、もしある水環境が不健全であると評価された場合にどのような対応策を施すべきかを判断することが困難である。指標とは、現状をモニタリングすると同時に、その後に取るべき対応策を決定する材料になる必要がある。このことは、生物学・生態学的水環境評価法の弱点といえる。

そこで、本研究では河川水を直接的に示す物理、化学、および生物化学的水質と生態学的指標である共生度指数の関係を多変量解析により明らかにすることを目的とした。共生度指数を用いた評価結果から、対応を講じやすい一般水質に関する河川生態系改善のための指針を導けるなら、共生度指数を使う有効性が高まると考えられるからである。

2. 解析方法

2. 1 共生度指数

共生度指数(以下、*ECI*と記す)とは河川生態系の健全さを示す指標であり、*D*(資源の共有)、*F*(生態系の機能)、*S*(生態系の安定性)、*E*(系外への負の影響度)の4つの生態学的パラメータを基礎とする。共生度が高い群集とは、人と生物が資源を共有し、生態系の機能が安定して働き、また系外へ及ぼす影響が小さい群集といえる。4つのパラメータは、河川底生動物相の定量採集より得られる種と個体数のデータから求められ、*C*は種多様性、*F*は食物連鎖の階数、*S*は極相度、*E*は群集呼吸量の少なさで表される。なお、本研究では、個体数が0の場合は指数も0とし、4つのパラメータの感度を揃えるためパラメータ*E*の算出には以下の式を用いた。*z*は平均個体長(mm)である。

$$E = \frac{1}{1 + \exp[-0.5 \times (z - 10)]} \quad (1)$$

2. 2 単回帰分析

*ECI*および基礎となる4つのパラメータが、既存の水質指標とどのような関連性があり、そして関連性がどの程度強いのかを単回帰分析により明らかにした。つまり、母相関係数が0であるという帰無仮説を有意水準1%および5%で棄却されるかどうかの検定を*ECI*と42項目の水質項目との間で行った。対象とした既存の水質指標は、有機物濃度、栄養塩濃度、金属濃度、既存の生物学的指標などの42項目である。また、サンプルは全国の河川における評価結果である延べ241地点のデータ²⁾とした。なお、すべての地点において対象とした水質項目が測定されたわけではないが、最低でも延べ6地点でのデータを分析に用いることができた。

2. 3 主成分分析

多くの水質指標に関して、その特徴を抽出するために、主成分分析を行った。対象とした水質項目は、*ECI*と有機物濃度や栄養塩濃度などの既存の水質指標10項目であり、合計11項目を分析に用いた。用いたデータは、底生動物相の調査とともにこれらの水質分析が行われた網木川(宮城県)、見前川(岩手県)、そして北上川で得られたもので、延べ31地点における*ECI*および水質の調査結果²⁾である。サンプルデータを水質項目ごとに標準化した後、主成分分析を行った。

3. 結果

3. 1 単回帰分析

有意水準1%で有意な相関関係にある指標同士の関係を表に示した。その結果より、*ECI*およびパラメータの中

でもDが最も多くの一般水質項目と相関があることが明らかになった。Dと有意な相関関係にあった指数の中でも、汚濁指数との相関係数が最も高く0.58であり、種数と生物指数以外は、すべて負の相関関係にあり、水温、有機物、および栄養塩の増加に伴いD（資源の共有）が減少することが明らかになった。しかし、水温、有機物、および栄養塩は生物にとって必要不可欠な要素であり、生物群集にとって最適な条件があると考えられる。よって、これらの水質項目がDと負の相関関係を持った原因は、それぞれの水質が最適条件より高い値を示す条件下での調査結果が多かったことにありと推測できる。また、このパラメータが残留塩素濃度と有意な相関関係にあることは、脱塩素処理プロセスなしで放流される塩素消毒下水処理水が、生態系に悪影響を与えることを示唆している。

一方、ECIおよびD以外の3パラメータと相関関係を持つ水質項目は、Dに比べて少なかった。相関関係にある指数の中でもFが気温と正の相関関係にあることは、温度が高いほど生態系が良く機能していることを意味している。また、D以外の3パラメータを支配する決定的な要因は検出できなかったが、Sは水質の安定性に基いているので当然の結果ともいえる。そして、ECIおよび基礎となるパラメータが、汚濁指数と負の相関、生物指数と正の相関関係に有ることは、これらの生物学的指標が生態系の健全度の1側面を表し、さらにECIが汚濁指数および生物指数の代替として使用可能であることを意味している。

3. 2 主成分分析

ECIを含めた分析結果より、第1・2主成分に関する主成分負荷量を図に示した。第1主成分は栄養塩、有機物、およびpHの主成分負荷量が大きく、Saprobien Systemで評価されるこれまでの水質汚濁を表しているといえる。それに対し、第2主成分は、ECI、総リン、リン酸態リンの負荷量が大きいことより、陸水域の多くの生物相でリンが制限要素であることが反映されていると考えられる。よって、ECIは、リン成分と関連が強く、第2主成分としてこれまで評価されなかった河川水質の生態系に対する影響を評価できることが示唆された。

4. おわりに

単相関分析の結果からECIおよびパラメータの中でもDが最も多くの一般水質項目と相関があることが明らかになった。Dと有意な相関関係にあった指数の中でも、汚濁指数との相関係数が最も高く0.58であり、水温、有機物、および栄養塩の増加に伴い種多様性が小さくなることがわかった。そして、ECIと有意な相関関係にあった項目は、種数、個体数、生物指数、および汚濁指数であり、これらの指標が河川生態系の健全さを強く反映することが明らかになった。さらに、汚濁指数と負の相関、生物指数と正の相関関係に有ることは、ECIが汚濁指数および生物指数の代替として使用可能であることを意味している。

一方、主成分分析の結果から、第1主成分は栄養塩、有機物、およびpHなどの水質項目で示されるようなSaprobien Systemで評価される水質汚濁を表しており、第2主成分ではECIとリン成分の主成分負荷量が大きく、これまで評価されなかった河川水質の生態系に対する影響がECIにより評価できることが示唆された。

謝辞

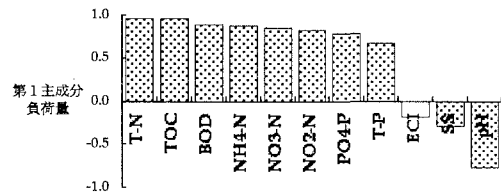
本研究を進めるにあたり、(財)河川環境管理財団から援助があったことを報告いたします。

参考文献

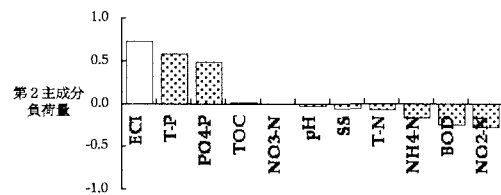
- 1) 吉村千洋：底生動物相の生態学的情報に基づく共生度指数を用いた河川の水環境評価，環境工学研究論文集，Vol. 35，pp. 415-426，1998.
- 2) 吉村千洋：河川底生動物相の生態学的情報に基づく水環境評価，東北大学大学院修士論文，pp. 108-119，1999.

表. ECIと有意水準1%で有意な相関関係にある水質指標

共生度指数		相関関係にある水質指標	
ECI	共生度指数	種数、個体数、汚濁指数、生物指数	
D	資源の共有	種数、個体数、汚濁指数、生物指数、	
		気温、水温、TOC、BOD、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、総窒素、残留塩素	
F	生態系の機能	汚濁指数、気温、腸球菌群	
S	生態系の安定性	種数、汚濁指数、生物指数	
E	系外への負の影響度	生物指数	



a. 第1主成分（寄与率：0.60）



b. 第2主成分（寄与率：0.12）

図. 主成分分析結果