

(11) 河川の底生動物群集の生態学的指標と水質との関係

Relationship between Water Qualities and Ecological Indices of Benthos Distribution in Rivers

鮎川一史\*, 坂本康\*\*, 西田継\*\*, 早川敬之\*\*\*, 熱田洋一\*\*\*  
Kazufumi AYUKAWA, Yasushi SAKAMOTO, Kei NISHIDA,  
Takayuki HAYAKAWA, Yoichi ATSUTA

**ABSTRACT** ; In the river engineering field, it has been more important to evaluate a river environment from the ecological viewpoint, recently. This research examined what kind of water quality influences the benthic community, and that the traditional ecological indices can be adapted to the assessment of the present river environment. In this research, the benthic community data of National Censuses on River Environments was used. The results showed that the difference in the Biotic Index of the usual Beck-Tsuda method could not be observed among the examined points in clean rivers because of its excessive sensitivity to a number of species, and that the index did not correspond to the water quality situation. However, the pollution-non-tolerant species of the Beck-Tsuda method were influenced by the water quality situation of  $\text{NO}_3^-$  and DOC in the present clean rivers. To examine that how fluctuation of the water quality influences the biodiversity of benthic community, the relationship between the Pielou index and the coefficient of variation of water quality was examined. The result showed that the fluctuation of the water quality reduced the biodiversity.

**KEYWORDS** ; river water quality, biological index, Benthos, biodiversity

1.はじめに

生態学的視点から河川環境を評価することは工学分野においても近年重要視されている<sup>1)</sup>。例えば、河川生物を利用した河川の水質評価や、生物多様性の保全・回復を第一の目標にした「多自然型川づくり」の工法の評価などが重要になっている<sup>2)</sup>。前者の水質評価の指標については、その多くが1970年代に家庭排水や工場廃水などによる有機汚濁が顕在化したときにつくられた<sup>3)</sup>。つまり汚水生物学の分野からのアプローチである。しかし、現在では一級河川のおよそ80%が環境基準のBOD値を満たしている<sup>4)</sup>。このため、水質状況を把握するための多くの生態学的指標を、当時のまま現在も利用することでは現在の河川水質を正確に判断できないと考えられる。また、現在の河川では多様な物質による汚染が広がっており、有機汚濁以外の汚濁にも留意する必要がある。そこで、本研究では、以前から利用されている水質状況把握のための生態学的指標が現在の河川にも適用できるか再度検討し、なおかつ有機汚濁以外の汚濁要因にも適用できる生態学的指標の確立を一つの目的とした。

後者の生物多様性の評価指標については、わが国においてはまだその有用性の認識が高まってきた段階にある。その背景として1993年「生物多様性に関する条約(生物多様性条約)」が発効し、わが国も「生物国家戦略」を決定したことや「環境影響評価法」によりそれまで対象にならなかった「生態系」が新たに評価対象となったことがあげられる。しかし、この生態系の評価方法は未だ定まっておらず<sup>5)</sup>、わが国でも早急に生態系の評価方法の制定が必要となっている<sup>2)</sup>。そこで、本研究では、正確な生物多様性の評価方法の確立とどのような水質要因により生物多様性が破壊されているか把握することも目的の一つとした。

また、本研究の特徴としては、河川生態系で低い位置に属している底生動物を対象としている点、わが国

\*中央コンサルタンツ株式会社 (Chuoh Consultants Co., Ltd.)

\*\*山梨大学大学院医学工学総合研究部(Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Eng.)

\*\*\*山梨大学大学院 (Graduate School, University of Yamanashi)

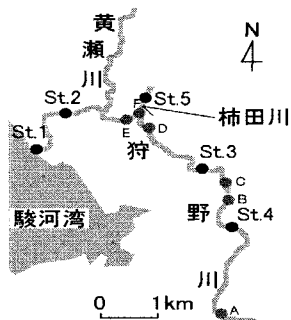


図1 調査対象流域概要図・狩野川

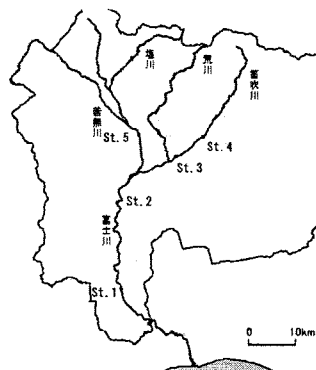


図2 調査対象流域概要図・富士川

表1 狩野川流域採水日

| 採水日        | 採水日         |
|------------|-------------|
| 2001年5月14日 | 2001年10月24日 |
| 2001年6月23日 | 2001年11月27日 |
| 2001年8月30日 | 2001年12月19日 |
| 2001年9月27日 | 2002年1月23日  |

表2 富士川流域採水日

| 採水日         | 採水日        |
|-------------|------------|
| 2001年10月16日 | 2002年4月10日 |
| 2001年11月18日 | 2002年5月22日 |
| 2001年12月19日 | 2002年6月23日 |
| 2002年1月30日  | 2002年7月22日 |

表3 調査地点別水質データ

|            | 狩野川流域 |       |       |       | 富士川流域 |      |       |      |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
|            | St.2  | St.3  | St.4  | St.5  | St.1  | St.2 | St.3  | St.4 | St.5  |
| DO(mg/l)   | 9.37  | 10.82 | 11.46 | 11.24 | 10.79 | 9.89 | 10.37 | 8.80 | 10.84 |
| SS(mg/l)   | 3.34  | 2.83  | 0.87  | 0.47  | 1.42  | 1.99 | 1.74  | 2.03 | 2.35  |
| NO3-(mg/l) | 3.70  | 2.48  | 2.11  | 3.13  | 4.91  | 8.12 | 7.93  | 6.21 | 7.89  |
| DOC(mg/l)  | 0.87  | 0.50  | 0.47  | 0.22  | 0.92  | 1.06 | 1.05  | 1.51 | 1.52  |

各地でデータの蓄積のある「河川水辺の国勢調査」の結果を有効に活用しようとする点、現在のサンプリング技術や同定技術の問題、そして簡易手法開発の必要性を考慮して、個体数ではなく目と種に着目している点、自然度の高い河川を調査流域とし汚水生物学の逆のアプローチから着目している点などがある。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査地点概要

本調査地点は水質環境基準における生活環境の保全に関する項目の基準値を全て達成しており、水域類型についてもB型以上<sup>(15, 16)</sup>の比較的清涼であり、且つ定期的に採水が行なえる二流域を対象とした。

#### (1) 狩野川流域

狩野川は伊豆半島の中央、天城山系万三郎岳に源を発し、柿田川、黄瀬川などの支川を合わせ、駿河湾に注ぐ河川延長46km、流域面積852km<sup>2</sup>の河川である。支川のうち、柿田川は湧水源から2km程度の清澄な河川である。流域の概要と調査地点を図1に示す。

#### (2) 富士川流域

富士川は山梨、長野の県境の南アルプス鋸山山塊に源を発し、笛吹川、荒川、塩川などの支川を合わせ、駿河湾に注ぐ幹川流路延長128km、流域面積3990 km<sup>2</sup>の河川である。流域の概要と調査地点を図2に示す。

### 2.2 水質データ

水質データは、狩野川流域、富士川流域ともに表1、2に示す採水日のものを利用した。本研究では、晴天が二日間以上続いた後できるだけ時間差がないように、全ての地点を一日で周り採水を行なった。測定項目は水温、気温、pH、酸化還元電位(ORP)、電気伝導度(EC)、溶存酸素濃度(DO)、主要陽イオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、

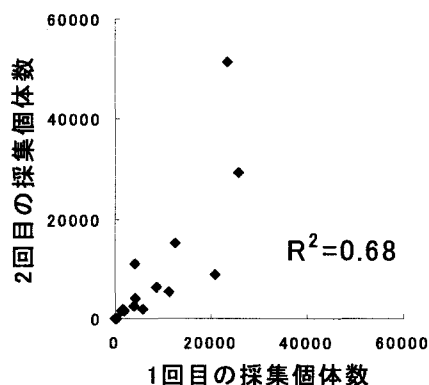


図3 個体数の再現性

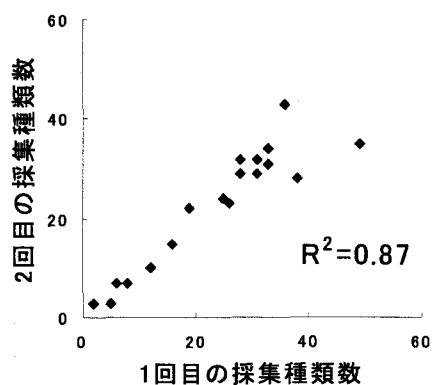


図4 種類数の再現性

表4 Beck・津田法による汚濁非耐性種、汚濁耐性種の区別わけ

| 目名    | 詳細      | 階級       | 目名    | 詳細       | 階級       |
|-------|---------|----------|-------|----------|----------|
| セキシ目  | ほとんど    | A        | モウシ目  | トビケラ科    | の一部分を除いて |
| フユウ目  | カワカゲロウ科 | A        | ショウシ目 | エグリトビケラ科 |          |
|       | コカゲロウ科  | A        |       | ゲンゴロウ科   |          |
| ハンシ目  | ナベブタムシ科 | A        |       | ミズスマシ科   | B        |
|       | タガメ科    | B        |       | ガムシ科     | A        |
|       | タイコウチ科  |          |       | ドロムシ科    |          |
|       | マツモムシ科  |          | ソウシ目  | アミカ科     | A        |
|       | イトアメンボ科 |          |       | アミカモドキ科  |          |
|       | アメンボ科   |          |       | ホソカ科     |          |
| ミヤクシ目 | センブリ科   | B        |       | フユ科      |          |
|       | ヘビトンボ科  | A        |       | チョウバエ科   | B        |
| セイレイ目 | ムカシトンボ科 | の一部分を除いて |       | ミズアブ科    | B        |
|       | カワトンボ科  |          |       | ユスリカ科    | B        |
|       | サナエトンボ科 |          |       |          | A        |

Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>）、主要陰イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>)、SiO<sub>2</sub>、DOC、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、H<sup>+</sup>である。主要陽・陰イオンはイオンクロマトグラフ法、SiO<sub>2</sub>はモリブデン黄法、他はそれぞれ電気的測定器で分析した。また、pHの値からH<sup>+</sup>を算出し、DOC測定時に同時に得られるICの値とH<sup>+</sup>の値から、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度を推算した。

採水地点については、両流域とも図1、図2で表した地点全てであるが、狩野川流域のSt.1港大橋は汽水域の為、本研究では除外している。よって、狩野川流域4地点、富士川流域5地点の計9地点である。また、調査地点の水質状況の目安として水質汚濁を示す代表的な4項目の全採水日の平均値を表3に示した。表からもみとれるように、多くの地点でDOが高い値を示しており、有機汚濁を示すDOC、無機汚濁の一要因であるNO<sub>3</sub>も比較的低い値を示している。

## 2.3 底生動物データ

底生動物データとしては、「河川水辺の国勢調査・底生動物調査書」の結果のうち二つの流域で同一の季節に生物調査が行なわれた春季と冬季のみのデータを利用した。使用した年度は、狩野川流域においては、冬季(1996年12月16日～18日)、早春(1997年3月10日～12日)、富士川流域については、冬季(1999年1月13日～14日)、早春(1999年3月18日～19日)である。両流域データとも、2002年4月現在最も新しいデータである。調査地点は、水質データと同じ地点であり、定量採集データのみを本研究では利用した。また、物理的環境もできるだけ統一したい為、河川形態が早瀬と淵で連続するA型である地点の早瀬のデータのみとした。採取方法は、25×25cmのサーバーネットを利用して行い、0.5mm目のフルイにかけて残ったものをサンプルとするものである<sup>6)</sup>。

## 2.4 生物データの信頼性

生物データを利用する際に、どのような形式のデータを利用するかは重要である。本研究では「河川水辺の国勢調査」結果を利用しているが、このデータでは平成9年度から個体数がデータベースに記載されなくなった。また、個体数は一回のサンプリングで非常に大量に採取できるが、その反面同定とデータの収集労力は莫大である。特に本研究のような清流で生物が豊富な調査地では重要な問題になりうる。<sup>(17)</sup>そして、底生動物のような小型生物においては、サンプリング技術の精度などの問題からも個体数の再現性は低いと考えられる。そこで、富士川流域の個体数と種数の再現性について検討した。まず、種数については、1回目と2回目の種名の重複度はおよそ0.77%であり高い信頼性があることがわかった。また、個体数については種名の重複したものに限って検討を行なった。図3は、同地点において複数回採取を行なった時の個体数の再現性、図4は、種数の再現性を示したものである。この結果からもわかるように、個体数の $R^2$ 乗値は0.68であり、種数に比べ個体数は再現性が低いことがわかる。以上データベースの欠如とサンプリング精度、そして数万単位の個体数のデータを収集する労力の三つの理由から本研究では、従来一般的に利用されている個体数は利用せず種数を利用した解析を試みた。

## 3. 解析

### 3.1 水質状況把握のための指標に関する検討

#### 3.1.1 水質状況把握の指標

底生動物を指標として水質状況を把握する方法は、主に汚水生物学においていくつか提案されている。そのなかでも現在一般的に広く利用されているのは、Pantle.u.Buck(1955)により提案されたPollution indexと、Beck・津田により提案されたBiotic Indexの二つがある。<sup>(7),(8)</sup>本研究では個体数を利用しないため、このうちBeck・津田の指標を用いた。式は以下に示す。

$$BI=2A+B \quad (1)$$

ここに、BI：生物指数値、A：汚濁非耐性種数、B：汚濁耐性種数を示す。

表4に汚濁非耐性種、汚濁耐性種のおおよその見当を示す<sup>3)</sup>。また、両流域ともフユウ目、ソウシ目、モウシ目の3目が大半を占める生物構成をしている。そして、この指標により算出されたBI値と、水質階級、感覚指数とを対応させたものが表5である。これらを利用して、本調査地点の水質階級を評価した結果が表6である。この結果からみてもわかるように、富士川流域の1地点を除いては、全て水質階級はOsに属し、この指標では地点間の差が評価できないことがわかった。また、汚濁耐性種数Aに2倍の重みをつけているが、この2倍という数字は便宜的なものであり<sup>(17),(18)</sup>、この重みの大きさにより過大評価になるおそれも考

表5 BI値による水質階級と感覚指数の対応表

| BI値   | 水質階級                        | 感覚指数      |
|-------|-----------------------------|-----------|
| 0~5   | Ps(強腐水性水域)                  | 大変汚れている水域 |
| 6~10  | $\alpha$ ms( $\alpha$ 水性水域) | 汚れている水域   |
| 11~19 | $\beta$ ms( $\beta$ 水性水域)   | やや汚れた水域   |
| 20~   | Os(貧腐水性水域)                  | 大変きれいな水域  |

表6 BIによる地点ごとの水質階級

| 狩野川流域       |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|
| St.2        | St.3 | St.4 | St.5 |      |
| Os          | Os   | Os   | Os   |      |
| 富士川流域       |      |      |      |      |
| St.1        | St.2 | St.3 | St.4 | St.5 |
| $\alpha$ ms | Os   | Os   | Os   | Os   |

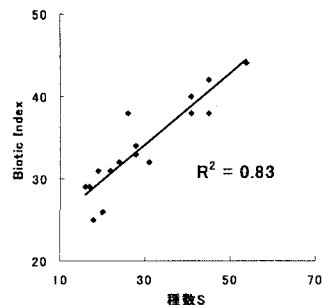


図5 種数とBiotic Indexとの関係

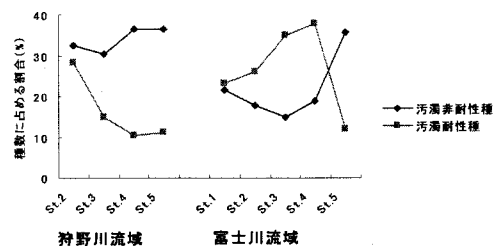


図6 種数に対する汚濁非耐性種・汚濁耐性種の割合

えられる。<sup>(17,18)</sup>そして、Biotic Index のもう一つの問題点として、計算式を見れば当然でもあるが、種数に大きく影響してしまうことがあげられる。<sup>(17)</sup>図-5 に種数と Biotic Index 値との関係を示す。図のように、Biotic Index 値は種数に大きく依存してしまう。つまり、汚濁耐性種が多数存在するような水質汚濁が進行している地点においても水質階級は Os になることが考えられる。そこで、地点の種数の中で汚濁非耐性種と汚濁耐性種が占める割合を表したものが図 6 である。図のように富士川流域の St.5 を除いた 4 地点では、水質階級は Os と評価されているが、汚濁耐性種の割合が高い。また、狩野川流域では、表 3 からみとれるように DOC、DO、 $\text{NO}_3^-$ などの汚濁を表す水質要因によると、St.2 ( $\text{DOC}=0.87\text{mg/l}$ 、 $\text{DO}=9.37\text{mg/l}$ 、 $\text{NO}_3^-=3.70\text{mg/l}$ )のほうが St.3 ( $\text{DOC}=0.5\text{mg/l}$ 、 $\text{DO}=10.82\text{mg/l}$ 、 $\text{NO}_3^-=2.48\text{mg/l}$ )よりも汚濁が進んでいるにもかかわらず、BI 値は St.2 (BI=38) のほうが St.3 (BI=35) よりも高い値を示しており、逆の結果を示すことになった。そのような点からも Biotic Index 値からは、必ずしも水質状態を的確に判断できるとはいえないことがあきらかになった。

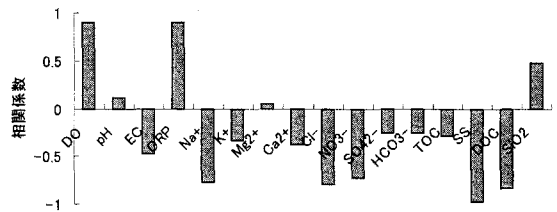


図7 汚濁非耐性種の割合が大きい地点における種数と水質要因との相関係数

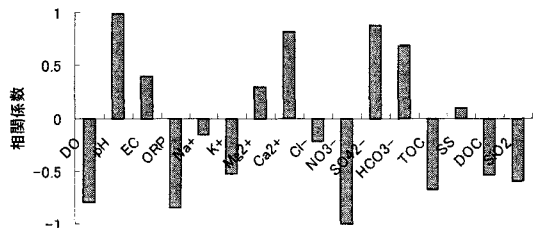


図8 汚濁耐性種の割合が大きい地点における種数と水質要因との相関係数

### 3.1.2 底生動物の種数に影響を及ぼす水質因子

ここでは、底生動物の種数がどのような水質要因に影響を受けるか検討していく。前節の図 6 を用いて、生物構成から本調査地点を二つの水域に分けた。一つは、汚濁非耐性種の割合が大きい地点、もう一つは、汚濁耐性種の割合が大きい地点である。図 7 は、汚濁非耐性種の割合が大きい地点の種数と水質要因との相関係数、図 8 は、汚濁耐性種の割合が大きい地点の同様のものを表している。これら二つの図のように、DOC、 $\text{NO}_3^-$ はどちらも負の相関係数が大きく、どのような生物構成をとった水域においても、DOC と  $\text{NO}_3^-$  は底生動物の種数に影響を及ぼすことが予想された。

### 3.1.3 DOC、 $\text{NO}_3^-$ と汚濁非耐性種・汚濁耐性種数との関係

3.1.2 において DOC、 $\text{NO}_3^-$  が底生動物の種数に影響を及ぼすことがわかったが、3.1.1 で示した Biotic Index は DOC、 $\text{NO}_3^-$  濃度とは対応していなかった。この差異の原因として、Beck・津田により分類された汚濁非耐性種、汚濁耐性種のどちらかが DOC、 $\text{NO}_3^-$  と種数との対応が一意的でないことが考えられる。そこで、汚濁非耐性種数と  $\text{NO}_3^-$ 、DOC 濃度との関係を示したものが図 9、10 であり、汚濁耐性種数と  $\text{NO}_3^-$ 、DOC 濃度との関係を示したものが図 11、12 である。これらの図からわかるように、汚濁耐性種数は  $\text{NO}_3^-$ 、DOC 濃度の増加とともに、増加していくとは限らず、汚濁非耐性種数は  $\text{NO}_3^-$ 、DOC 濃度の増加とともに顕著に減少している。つまり、現在の比較的水質良好な河川においては、汚濁非耐性種のみが有機汚濁を示す DOC、無機汚濁を示す  $\text{NO}_3^-$  濃度に敏感に反映することがわかる。また、3.1.1 でも述べたように水質汚濁が進んでいる地点にもかかわらず、Biotic Index 値は汚濁がすすんでいない地点のほうが高い値になる場合があったが、これはそれらの地点では汚濁耐性種が BI に与える影響が大きすぎる事が考えられる。この原因としては、従来の汚濁非耐性種と汚濁耐性種の区別が適切ではないことも考えられる。<sup>(17)</sup> このことから、

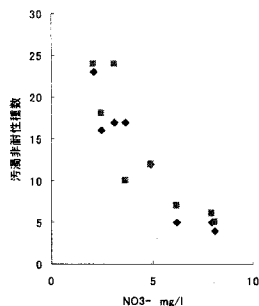


図9 汚濁非耐性種数と NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の関係

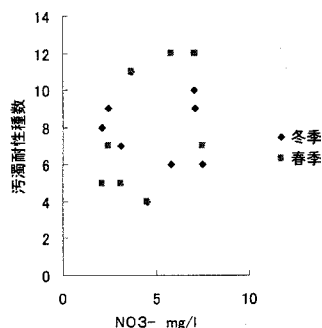


図11 汚濁耐性種数と NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の関係

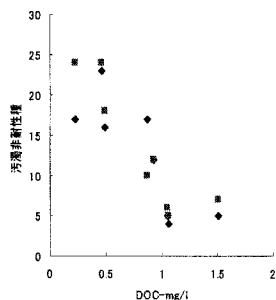


図10 汚濁非耐性種数と DOC の関係

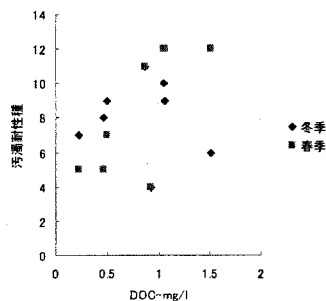


図12 汚濁耐性種数と DOC の関係

汚濁非耐性種のみで評価すれば、水質分布と底生動物分布の対応が良好となり、便宜的であった2倍の重み付けも省略することができることがわかった。以上のことから、現在の多くの一級河川においては有機汚濁に注目されてつくられた Biotic Index により水質汚濁を評価するよりも、汚濁非耐性種数のみに着目して評価したほうが、有機汚濁、無機汚濁の両方の影響を評価できて妥当であると考えられる。

### 3.2 生態系状況把握のための指標に関する検討

#### 3.2.1 多様性把握の指標

生態系の状況を把握するための基準には、多様性、安定性、希少性などがあるが、そのなかでも近年重要視されている多様性について本研究では着目していく<sup>9)</sup>。多様性を評価する指標はすでに30種程度提案されているが、本研究では情報理論に基づく Shannon-Weaver の多様性指数を利用する<sup>10)</sup>。式を以下に示す。

$$DI = - \sum N_i/N_t \log(N_i/N_t) \quad (2)$$

ここに、 $N_i$  : 標本中の種  $i$  の個体数、 $N_t$  : 標本中の全個体数であり、 $\sum$  は観測された種に対する総和を示す。

この式の選択理由として、まず比較的一般的に利用されている点、次に、情報理論に基づいているのでパラメーターを目的に応じて変更できる点、そして、多様性の概念である「生物の豊富さ」と「均衡性」(数とバランス)の二つを包括した式である点があげられる<sup>9)</sup>。一般的に利用されている Shannon-Weaver の多様性指数は上記のように個体数を利用しているが、本研究では分類レベルを一つ上げ、個体数のかわりに種数を用いることにする<sup>11)</sup>。式を以下に示す。

$$DI = - \sum N_a/N_b \log(N_a/N_b) \quad (3)$$

ここに、 $N_a$  : 標本中の目  $a$  の種数、 $N_b$  : 標本中の全種数であり、 $\sum$  は観測された目に対する総和を示す。

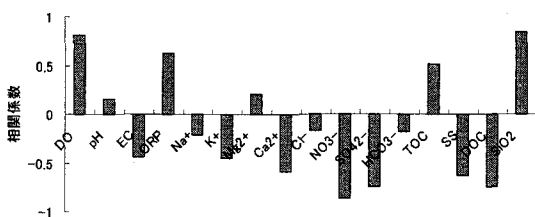


図 13 多様性指数値と水質要因との相関係数

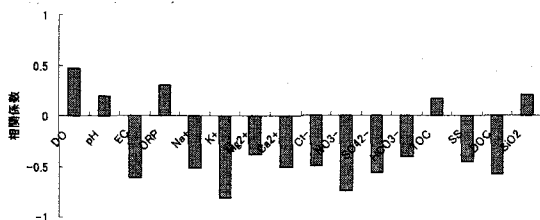


図 15 均衡度指数と水質要因との相関係数

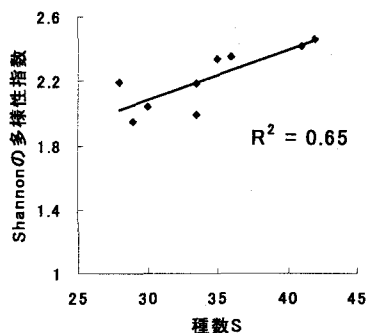


図 14 Shannon の多様性指数と種数との関係

### 3.2.2 多様性指数値と水質要因との関係

ここでは、地点ごとの多様性指数値と水質要因との関係を検討していく。図 13 は、多様性指数値と水質要因との相関係数を示したものである。図より、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、DOC が多様性指数を減少させる要因になっていることがわかる。つまり今回提案した種数を利用した多様性指数値が水質汚濁を反映していることが推測できる。一方、これらの水質要因は 3.1 で示した種数を減少させる要因と類似している点から、多様性指数が種数に大きく影響を受けていることを示唆しているとも考えられる。そこで、多様性指数と種数との関係を示したものが図 14 である。図から本研究の対象地点では、多様性指数は種数に大きく影響を受けてしまっていることがわかる。このような関係は個体数を利用した Shannon の多様性指数についても報告されている<sup>11),12)</sup>。多様性を構成する要素には前述のように二つの要素が存在しているが、本研究結果からも「生物の豊富さ（種数）」の影響が強く現れる場合もあることが示唆された。

### 3.2.3 均衡度指数値と水質要因との関係

上述のように、多様性指数の問題点が明らかになったので、ここでは、多様性を構成する概念の一つでもある「均衡性」について検討していく。「均衡性」とは、限られた範囲における生物の集中度の大きさのことであり、共生状態の指標でもある<sup>9)</sup>。現在均衡性の尺度としては、情報理論からのアプローチによる指標が有効であると考えられており、Shannon の多様性指数を応用した Pielou の均衡度指数が一般的に使われている<sup>12)</sup>。

$$J' = DI / \log(S) \quad (4)$$

ここに、 $S$ ：標本中の種数である。ただし、本研究では、目別種数を用いているので、 $S$  として種数のかわりに目数を用いた。

図 15 は、Pielou の均衡度指数と水質要因との相関係数を示したものである。均衡度と正の相関関係を示す水質要因はみつからず、多くの水質要因が均衡度と負の相関関係を示す結果になった。

### 3.2.4 水質変動と均衡度・種数との関係

ここまでは、多様性を評価する生態学的指標と水質濃度の関係について検討してきたが、ここでは水質変動と多様性の関係を検討する。この検討の目的は、洪水などの攪乱が多様性を高めるという考え方<sup>13)</sup>があることから、水質でも同様の傾向があるか確かめることである。ここでは水質変動の指標として、8回の測定での各イオン当量濃度の標準偏差を地点ごとに合計した値を年間水質変動指数と名づけて用いる。水質変動指数が高い値のとき、その地点は年間通して水質変動が大きく、逆の場合は年間通して水質が安定していると考ええる。この水質変動指数と均衡度、種数との関係を図16、17に示す。種数、均衡度ともに、水質変動指数が低い値になるほど、値が増加する傾向がみとれた。つまり本研究の対象地点では、水質の変動は多様性の原因ではなく、生態系へのストレスになると考えられ、時間的に安定した水質の方が多様性を高めることがわかる。生物学では、一般に多様な環境は生物にとって良いと言われている<sup>9,14)</sup>が、上記の結果からは、本調査地点における水質については安定した変化のない状況が生物にとって良いことが推測できる。また、均衡度は濃度とは明確な関係が得られなかったが、水質の変動とは強い相関関係がみられた。このことは、水質の安定化が均衡度が低い河川の改善に役立つ可能性を示した点で興味深い結果といえる。

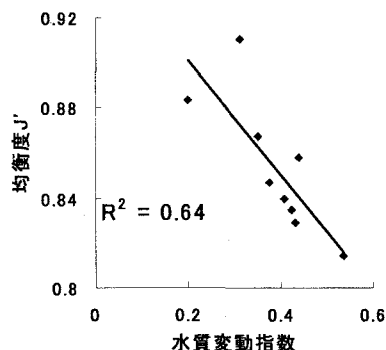


図16 水質変動指数と均衡度との関係

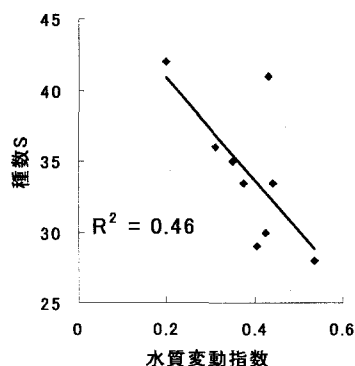


図17 水質変動指数と種数との関係

## 4. 結論

「河川水辺の国勢調査」結果と水質測定結果を用いて、水質と底生動物の生態学的指標について検討した結果以下の知見が得られた。

- 1) Beck・津田法による生物指数は、種数に依存してしまう可能性が高く、必ずしも水質状態を適正に判断できるとはいえないことがわかった。
- 2) 清水域において、底生動物の種数に対しては、DOC、NO<sub>3</sub>濃度が減少要因になることがわかった。
- 3) 本調査地点の水質汚濁状況について底生動物を利用して評価するには、Beck・津田法により分類された汚濁非耐性種の種数のみに着目したほうが有機汚濁、無機汚濁の両方が的確に判断できることがわかった。
- 4) 本研究で用いた多様性指数は既存の Shannon の多様性指数と同様、種数に依存してしまう傾向がみとれる。
- 5) 均衡度と水質濃度との関係では強い関係はみられなかったが、均衡度と水質変動との間には負の相関関係がみられた。
- 6) 本研究の対象地点では水質が年間通して変動しないほうが、底生動物群集の多様性を増加させていることが考えられる。

## 参考文献

- 1) 吉村千洋、福土謙介ら：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

工学論文集、Vol.35 p415 1998

2) 谷田一三 生息場所・種・生態関係の多様性から「多自然の川作り」を考える、水処理技術 Vol.37 No.9 p443-451 1996

3) 水野信彦、御勢久右衛門：河川の生態学 築地書館 p98-102 1972

4) 環境省平成十三年度公共用水域水質測定結果：2003年2月時点の

URL-[http://www.env.go.jp/water/suiiki\\_h13/01.pdf](http://www.env.go.jp/water/suiiki_h13/01.pdf)

5) 坂本康：狩野川の水質と底生動物調査結果に基づく水質総合指標と多様性との関係の検討、水工学論文集 Vol46. 2002

6) 建設省河川局河川環境科監修： 河川水辺の国勢調査年鑑（河川版）魚介類調査、底生動物調査編、1998 1996

7) 野崎隆夫、山崎正敏：大型底生動物による河川環境評価法簡易化の試み、水環境学会誌 p943-947 Vol.18 No.12 1995

8) 玉井信行、奥田重俊、中村俊六：河川生態環境評価法、東京大学出版会、2000

9) ODUM,E. P.：生態学の基礎（上）、倍風館、1974

10) 森谷清樹：多様性指数による水域環境の生態学的評価、用水と廃水 p729-748 Vol.18 No.6 1976

11) Egloff,D.A：Stream pollution and a simplified diversity index、p-2269-2275 Jour.WPCF, 45

12) 木本新作：動物群集研究法Ⅰ多様性と種類組成、共立出版株式会社、1976

13) 廣瀬利雄：応用生態工学序説 信山社サイテック p123~128 1997

14) 古米弘明：瀬と淵区間における底生動物の多様性と生息分布について 土木学会第 52 回年次学術講演会 1996

15) 静岡県平成十三年度公共用水域水質測定結果：2003 年 8 月時点

URL-<http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/taiki/air/watkouhyou.html>

16) 山梨県平成十三年度公共用水域水質測定結果：2003 年 8 月時点

URL-[http://www.pref.yamanashi.jp/pref/data\\_file/store\\_file/200305/file\\_1052986414702.PDF](http://www.pref.yamanashi.jp/pref/data_file/store_file/200305/file_1052986414702.PDF)

17) 地域自然財産研究所：底生動物からみた山梨の河川環境 レオプリント社 p96-97 1999

18) 津田松苗：水生昆虫学 北隆館 p268-269 1962