

(68) 近畿地方の一級河川における底生無脊椎動物の群集構造指標と河川環境要素との関連性

上坂 祐加¹・玉井 昌宏^{2*}

¹大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻博士前期課程 (〒565-0871 吹田市山田丘2番1号)

²大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘2番1号)

* E-mail: tamai@civil.eng.osaka-u.ac.jp

近年、EU諸国やオーストラリア等の国々では、底生無脊椎動物の群集構造指標を用いて、生物の生息環境を総合的に評価しようという試みが盛んに行われている。しかしながら、日本では水質汚濁指標を除いて体系だった指標の検討は行われていない。本研究では、河川水辺の国勢調査と国土交通省の水文水質データベース記載のデータを利用して、底生無脊椎動物の各種群集構造指標と河川環境要素との相関関係を分析する。Pollution IndexやASPTの汚濁指標としての有効性や、いくつかの生活型別個体数割合と物理的環境要素との関連性が示される。加えて、多様性指数H'や%EPT種数が、上流域においては汚濁指標として、下流域においては物理的環境要素の指標として有効であることが示される。

Key Words : Benthic Macroinvertebrate, Community Structure Indices, River Ecosystem River Environment

1. 目的

生物群集構造データは、一次的には生物種とそれらの個体数データであるために、政策立案や一般市民の合意形成のためには、なんらかの有意で簡便な指標に加工されることが望ましい。また、各河川や地点毎に同一の生物種が生息するとは限らないので、これらを相対比較しなければならないような場合にも指標化が役立つ。

近年、欧米諸国では、底生無脊椎動物を用いて、河川環境とくに生物生息環境を総合的に評価しようという試みが盛んに行われている。例えば、EUにおける、EU-WFD (Water Framework Directive)の補助的研究である AQEM (Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers Throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates)プロジェクトにおいて、底生無脊椎動物群集を利用した統一的な水環境評価指標の開発が試みられている。¹⁾²⁾³⁾ 欧米諸国とわが国では、生息生物種やそれらのハビタットを支える環境条件が異なっていることから、これらの研究成果を日本の諸河川へ適用することについては、十分な検討を要する。場合によっては、全く異なる指標の開発が必要となることも考えられる。

日本でも古くから汚濁指標に関する研究が盛んに実施されてきたが⁵⁾⁶⁾⁷⁾、その他の様々な河川環境要素につい

ては、体系だった生物群集指標の評価に関する検討は行われていない。多様性指数、環境変化に敏感なカゲロウ、カワゲラ、トビケラの3目の占める割合などの群集構造指標は個別に評価される⁸⁾⁹⁾が、それらと環境要素との関連は明らかになっていない。

著者らは、わが国の河川環境を表現する適切な底生無脊椎動物の群集構造指標を見出すこと、さらに「河川水辺の国勢調査年鑑」¹⁰⁾の膨大な調査データの有効利用法を探ることを目的として、同年鑑の底生無脊椎動物データを用いて算出した各種の群集構造指標と河川環境要素との関連性について検討を行っている。既報¹¹⁾においては、淀川流域の諸河川を対象として、地理情報システムを用い、各地点の流域状況に係る環境指標を求めて、それらと各種群集構造指標と関係を解析した。本論では、近畿地方整備局管内の一級河川に対象範囲を拡大させるとともに、河川環境要素として河川水辺の国勢調査と国土交通省提供の水文水質データベース¹²⁾記載の河川環境要素データを用いて、既報¹¹⁾と同様の解析を行った。

2. 研究の方法

(1) 底生無脊椎動物の群集構造指標

Ofenbock et al.¹³⁾は Multimetric index に関する研究の中で、底生生物指標を、i) 豊かさ、ii) 豊富さ、iii) 種構成、iv) 汚濁耐性、v) 摂食機能、vi) 水深・水際選好性、vii) 多様性の 7 つの指標群に分類している。豊かさ指標は、種数に関する指標であり、総種数、総科数は、底生生物群集の多様性、生息環境の多様性を示している。また、豊かさは川の総合的な健全度、洪水などの自然攪乱の程度と関係していると考えられている。豊富さ指標は、総個体数に関する指標である。個体数は時間や場所によって大きく変動することから、有効な指標ではないと考えられている。しかしながら、ハビタットの質は低下しないが、量が減少するといった状況の評価が可能である。種構成指標は、すべての種に対するあるグループ化された種数の相対的な割合を表す。Ofenbock et al.¹³⁾は、%EPT 種数 (EPT 種数百分率)、%EPT 種数、%Oligochaeta and Diptera 種数などを用いている。また、Ofenbock et al.¹³⁾はグループ化された種の個体数の相対的な割合を、豊富さ指標に分類しているが、種構成指標のひとつと考えることもできる。例えば、%EPT 個体数 (EPT 個体数百分率) のように、環境変動に敏感な種の比率を算出すれば、有効な指標となる可能性がある。摂食機能に関わる指標は、一般的な餌資源の利用様式に基づいている。摂食様式によって、有機汚濁や横断構造物の建設など人為的影響に対する感度が異なっており、獲得可能な餌資源の状況だけでなく、様々な環境要素と関係していると考えられている。水深/流速の選好による指標は、底生動物の水深や流速に対する選好性に基づいて決定される。流水環境を選好するものの個体数百分率、静水を選好するものの個体数百分率、両者を選好するものの個体数百分率などが用いられることが多い。

表-1 に本研究で採用した底生無脊椎動物の群集構造指標を示す。豊かさ・豊富さ指標として、出現種数、出現個体数、種構成関連指標として、EPT 種数、%EPT 種数、EPT 個体数、%EPT 個体数を用いる。汚濁耐性関連指標として、Pollution Index (Pentle と Buck の汚濁指数、以下では PI と表示する)、Intolerant Taxa、Beck-Tsuda 法、BMWP (Biological Monitoring Working Party)、ASPT (Average Score Per Taxon) の 5 指標を用いる。P.I. は汚濁耐性/非耐性の評価指標の中でも、個体数に着目した指標であるところに特徴がある。ここで、P.I. は次式のように出現した第 i 種の汚濁耐性値 s_i と個体数 h_i の積を総計することによって算出される。

$$P.I. = \sum_i (s_i \cdot h_i) / \sum_i h_i \quad (1)$$

s_i には既往の研究⁹⁾のリストをそのまま用いた。非汚濁

表-1 対象とした底生無脊椎動物の群集構造指標

分 類	指 標
豊かさ・豊富さ関連指標	出現種数、出現個体数
種構成関連指標	EPT 種数、%EPT 種数、EPT 個体数、%EPT 個体数
汚濁耐性関連指標	PI (Pollution Index, Pentle u. Buck 法)、Beck-Tsuda 法、BMWP、ASPT、Intolerant Taxa
生活型関連指標	%造網、%固着、%匍匐、%掘巣、%游泳、%掘潜
多様性関連指標	H (Shannon-Wiener の多様度指数)

耐性の種数 (Intolerant Taxa) は、汚濁耐性のない種に着目した方法である。ここでは、既述の汚濁耐性値 s_i のうち、I に分類される汚濁耐性の最も低い種の数により評価した。Beck-Tsuda 法では、出現種のうち、水質階級が I である種の種数を 2 倍したものと、水質階級が II, III, IV である種の種数を合計したものを指標としている。値が大きいくほど汚濁であることを表す。BMWP は、既往の BMWP スコア表¹⁴⁾を用いて、出現科の BMWP スコアを合計することにより求められる。さまざまな科が出現するほど、さらに水質のよい場所を好む科が出現するほど、この値は大きくなる。ASPT は BMWP を出現科数で除することによって求められる。水質のよい場所を好む科の割合が大きいくほど、この指標値は大きくなる。

本研究では、水深/流速選好指標の代わりに、底生無脊椎動物各種の行動様式に基づく生活型の個体数割合を指標として用いる。生活型は、参考文献 5 にない以下のように分類している。すなわち、游泳型：主に水中を游泳して移動する、匍匐型：岩、礫、砂などの表面を足を使って移動する、造網型：体内で生産する粘性性の糸を用いて礫と礫の間に網を張り生息する、掘巣型：砂、泥、礫、落ち葉などで巣を作り、河床の上を足で移動する、掘潜型：砂や泥の中に潜って住んでいる、固着型：河床材料の表面に吸盤などで強力に張り付いている、である。なお、既報¹¹⁾は、%Clingers (Clingers の個体数割合) が、流域レベルの河川環境と関連性のあることを示している。

多様性指標については、次式の Shannon-Wiener 指数、H' を評価する。

$$H' = -\sum_i (p_i \cdot \ln p_i) \quad (2)$$

ここに、 p_i ：出現した第 i 種の個体数割合である。種数が同じであれば、各構成種の個体数が同一である場合に H' は最大の多様性を示す。

(2) 底生無脊椎動物データ

底生無脊椎動物データとして、近畿地方整備局管内の各一級水系において平成 5 年度から 17 年度にかけて行

われた河川水辺の国勢調査データ¹⁰⁾記載の定量調査によるデータを用いる。河川水辺の国勢調査年鑑マニュアル¹⁰⁾によると、定量調査の方法は、以下のようになっている。採集場所は膝程度の水深で流速が速い場所、このような場所がない地区ではできるだけ流れのあるところとする。採集用具は25cm×25cmで目合い0.5mm程度、ネット丈は入り口における水の逆流を防ぐため口径の2倍以上のサーバーネットを使用する。各調査箇所での採集回数は2回としている。

対象とする河川は近畿地方の一級水系である。これまでに河川水辺の国勢調査が行われているのは、紀の川、大和川、淀川、加古川、揖保川、円山川、由良川、北川、九頭竜川の9水系である。また、本研究では、淡水域のみを分析対象とする。

(3)河川環境要素

河川環境要因を物理的あるいは地理的要因と河川水質要素の2つに分類して検討する。物理的地理的要因については、河川水辺の国勢調査データ¹⁰⁾に記載された、河床勾配、河川形態、河床材料、水域環境区分、礫の状態のデータを用いた。国勢調査マニュアル¹⁰⁾には、採集地点の河床材料、それと粒径範囲との関係が記述されている。ここでは、表-2のように階級値を割り当てた。同調査データでは、瀬淵を早瀬、平瀬、M型、R型、S型、D型、O型の7つのタイプに区分している。これらを表-3のように階級値を割り当てた。また、河川形態については、表-4のように階級値を割り当てている。

水質要素に使用した項目は、比較的データが揃っている。ここでは、生物学的酸素要求量(以下BOD)、化学的酸素要求量(COD)、SSの3つを用いた。データは、底生無脊椎動物調査日に一番近い日のデータを用いた。

(4)分析方法

底生無脊椎動物の群集構造を示す指標と環境要素との関係性を調べるために、相関分析を行った。環境要素は順位尺度の変数やダミー変数を含んでいる。また、量的データにおいても多くのものが正規分布とは異なる分布型をしているが、相関分析にはピアソンの相関分析を用

いた。統計解析プログラムにはSPSS12.0Jを用いた。

表-2 河床粒径の値の割り当て

底質型	サイズ[mm]	階級値
岩盤	岩盤またはコンクリート	1
泥	<0.074	2
砂	0.074-2	3
細礫	2-20	4
中礫	20-50	5
粗礫	50-100	6
小石	100-200	7
中石	200-500	8
大石	>500	9

表-3 水域環境区分

瀬淵	特徴	階級値
早瀬	水面が白波だっているもの。	3
平瀬	水面が波立っているもの。	2
M型瀬	蛇行の水衝部が深掘れしたもの。	1
R型瀬	岩、橋脚、水制の周りが深掘れしたもの。	1
S型瀬	岩盤、堰、床固めの下流が深掘れしたもの。	1
D型瀬	堰の上流側の河床が深掘れしたもの。ダム型。	1
O型瀬	旧滞筋の名残や人為的掘削による本流から入り組んだ深み、三日月型。	1

表-4 河川形態

河川形態	特徴	階級値
Aa型	1つの蛇行区間に瀬・淵が複数存在する。瀬から淵へは段差をもって落ち込む。	1
Aa-Bb型	Aa型からBb型への移行型。	2
Bb型	1つの蛇行区間に瀬・淵が1つずつ存在する。瀬から淵へは波立つ。	3
Bb-Bc型	Bb型からBc型への移行型。	4
Bc型	1つの蛇行区間に瀬・淵が1つずつ存在する。瀬から淵へは波立たない。	5

表-5 河川環境要素間の相関関係

	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	河床勾配 (対数)	河川形態 (階級値)	河床材料 (階級値)	水域環境 (階級値)
COD(mg/L)	0.85 **	-	-	-	-	-	-
SS(mg/L)	0.58 **	0.72 **	-	-	-	-	-
河床勾配(対数)	0.04	0.05	-0.09	-	-	-	-
河川形態(階級値)	0.07	0.03	0.14 *	-0.40 **	-	-	-
河床材料(階級値)	-0.23 **	-0.19 **	-0.14 *	0.52 **	-0.25 **	-	-
水域環境区分(階級値)	-0.11	-0.14 *	-0.20 **	0.49 **	-0.12 *	0.44 **	-
礫の状態(階級値)	-0.05	-0.09	-0.14 *	0.02	0.18 **	0.10	0.19 **

無相関の検定 * 5% ** 1%

表一 汚濁関連指標と水質項目との相関

		BOD(mg/L)		COD(mg/L)		SS(mg/L)
PI	全地点	0.57	**	0.61	**	0.46
	Bb	0.71	**	0.79	**	0.63
	Bb-Bc	0.75	**	0.81	**	0.76
	Bc	0.13		0.11		-0.02
Intolerant Taxa	全地点	-0.49	**	-0.56	**	-0.48
	Bb	-0.57	**	-0.66	**	-0.58
	Bb-Bc	-0.52	**	-0.59	**	-0.52
	Bc	-0.17		-0.23	*	-0.06
Beck-Tsuda	全地点	-0.47	**	-0.54	**	-0.47
	Bb	-0.55	**	-0.63	**	-0.57
	Bb-Bc	-0.51	**	-0.57	**	-0.52
	Bc	-0.06		-0.13		-0.04
BMWP	全地点	-0.52	**	-0.58	**	-0.49
	Bb	-0.60	**	-0.70	**	-0.61
	Bb-Bc	-0.56	**	-0.64	**	-0.60
	Bc	-0.12		-0.15		-0.00
ASPT	全地点	-0.58	**	-0.62	**	-0.50
	Bb	-0.69	**	-0.78	**	-0.67
	Bb-Bc	-0.69	**	-0.78	**	-0.73
	Bc	-0.21		-0.15		-0.00

無相関の検定 *5% **1%

一般に、相関係数は絶対値が 0.7 以上のとき強い相関、0.4 以上で中程度、0.2 以上で弱い相関があり、0.2 以下ではほとんど相関がないと言われる。

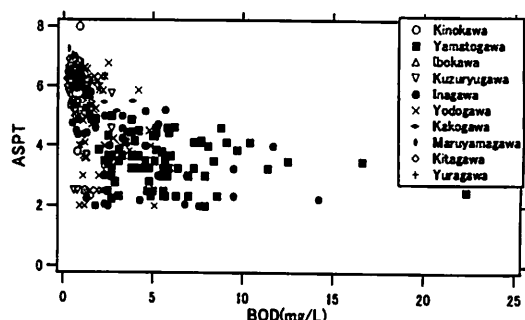
3. 結果

(1) 河川環境要素間の相関

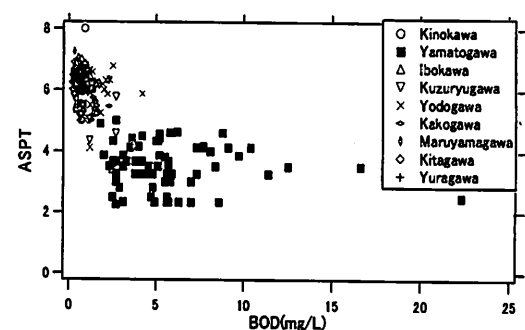
表一 5 に全対象河川における環境要素間の相関を示す。BOD, COD, SS の 3 つの水質項目間には有意で比較的強い相関がある。一方、物理的要因間については、中程度であるが、有意な相関関係がある。河床材料と水質項目との間に弱いながら有意な相関関係が認められる。SSI については、対数化した河床勾配を除く物理的要因との間で、弱いながら有意な相関が認められるが、総じて、水質項目と物理的環境要因間の相関は弱いと判断できる。

(2) 水質項目と汚濁関連指標との関係

表一 6 に BOD, COD, SS と PI, intolerant taxa, Beck-Tsuda 法, BMWP, ASPT との相関関係を示す。表中には、分析対象の全地点を用いた相関係数、河川形態別の相関係数を示している。ここで、Aa 型について該地点がなく、Aa-Bb 型は地点数が少なかったことから、ここでは省略している。全地点を対象にした分析では、BOD, COD, SS との間で最も大きい相関係数が得られたのは ASPT で



(a) 分析対象全地点



(b) Bb型+Bb-Bc型

図一 BODとASPTの関係

あり、次いでPIとなっている。河川形態別の相関係数を見ると、Bb型、Bb-Bc型では、総じて有意で中程度以上の相関が得られている。一方、Bc型ではIntolerant TaxaがCODとの間で弱い相関が得られたのを除けば、いずれの指標についても有意な相関が得られていない。これは、下流域の水質変動が小さく、底生無脊椎動物の群集構造が、物理的要因など、その他の要因によって決定されているからであると予想される。Bb型、Bb-Bc型の相関係数を比較すると、Intolerant TaxaとBeck-Tsuda法、BMWPでは、Bb型に比較して、Bb-Bc型の方が相関が小さくなっている。Intolerant TaxaとBeck-Tsuda法は、清冽な河川に生息する種により高い得点を与える。また、BMWPは生息種が多くなるほど高得点となる。従って、このような指標は、上流域の清冽な状況においてより有効な指標となると考えられる。一方、PIは高汚濁に生息する種ほど高得点となるような指標であり、より下流域において有効な指標となる。

水系別にASPTとBODの相関係数を計算したところ、猪名川と揖保川を除いて有意な相関は得られなかった。従って、表一 6 に示した相関関係は、個別河川内の地点間の差異ではなく、河川間の差異に基づいて現れたものであると判断される。次に、図一 1 にASPTとBODの散布図を示す。(a)、(b)はそれぞれ全地点を対象としたもの、

表－７ 生活型指標と物理的環境要素との関係

		河床勾配 (対数)	河床材料 (階級値)	水域環境区 分(階級値)
%造網	全地点	0.32 **	0.34 **	0.28 **
	Bb	0.15	0.25 **	0.22 **
	Bb-Bc	0.44 **	0.38 **	0.31 *
	Bc	0.46 **	0.42 **	0.34 **
%固着	全地点	0.07	0.10	0.16 **
	Bb	0.07	0.07 *	0.17 *
	Bb-Bc	0.19	0.11	0.27 *
	Bc	0.19	0.09	0.22
%匍匐	全地点	0.21 **	0.27 **	0.14 *
	Bb	0.01	0.18 *	0.07
	Bb-Bc	0.52 **	0.31 **	0.40 **
	Bc	0.35 **	0.46 **	0.34 **
%携集	全地点	0.08	0.09	0.11
	Bb	0.01	0.03	0.10
	Bb-Bc	0.16	0.13	0.21
	Bc	0.15	0.13	-0.08
%遊泳	全地点	0.16 **	0.23 **	0.17 **
	Bb	0.04	0.12	0.13
	Bb-Bc	0.03	0.26 *	0.11
	Bc	0.32 **	0.34 **	0.28 *
%掘潜	全地点	-0.36 **	-0.45 **	-0.32 **
	Bb	-0.10	-0.30 **	-0.24
	Bb-Bc	-0.57 **	-0.49 **	-0.46 **
	Bc	-0.62 **	-0.69 **	-0.47 **

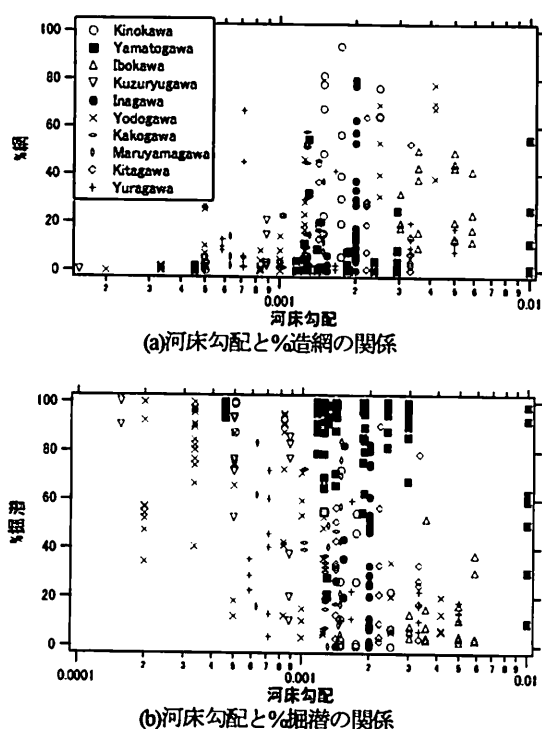
無相関の検定 * :5% **:1%

Bb型、Bb-Bc型を合わせたものについて示している。

(a)において、北川など比較的清潔な河川の調査地点は、概ね $5 \leq ASPT \leq 7$ 、 $BOD \leq 2$ 付近の一団に含まれている。九頭竜川は、 $BOD \leq 3$ の領域にあるが、ASPT値の変動は比較的大きく、 $2 \leq ASPT \leq 6$ の範囲に分散している。淀川の一部のデータについてもこの辺りに分散している。 $BOD \geq 5$ の比較的高汚濁領域のデータの大半は、大和川あるいは猪名川のデータである。(b)より、Bc型の河川形態を除外すれば、(a)の $1 \leq BOD \leq 3$ 付近の鉛直方向の散らばりが抑制されることが分かる。河川形態がBb型あるいはBb-Bc型の場合には、 $5 \leq ASPT \leq 7$ が $BOD \leq 2$ に、 $2 \leq ASPT \leq 5$ は $BOD \geq 3$ に概ね対応すると規定できる。

(3) 生活型個体数割合と物理的環境要素との相関

表－７に生活型の個体数割合と物理的環境要素の中から河床勾配、河床材料、水域環境区分との相関関係を示す。全調査地点を対象とした相関分析においては、%造網と%掘潜に中程度の有意な相関が、また、%匍匐と%遊泳に弱い有意な相関がみられる。河川形態をBb型に限定して、比較的上流域のデータを対象とすると、%造網、%固着、%掘潜と河床材料間に有意な相関が見られ



図－２ 河床勾配と%造網・%掘潜との関係

るが、総じて相関係数は小さくなる。個体数密度や個体数割合をベースにした各種群集構造指標と物理的環境要因との関連性が低いのは、上流域においては生活型によって個体のサイズが大きく異なっていることに原因していると考えられる。造網型では、河床材料に応じて生息する種のサイズが変化し、これにより各種の個体数密度も変動することになる。一方、掘潜型については、砂あるいはヘドロを生息地としており、一般的にそのような傾向は認められない。上下流を問わずに個体のサイズは比較的小さい。%造網や%掘潜では、Bb-Bc型、Bc型へとより下流に行くほど、相関係数は大きくなっている。これは、下流部ほど各生活型内あるいは生活型間の種の個体のサイズのばらつきが小さくなるからであると考えられる。Bb-Bc型、Bc型では、%匍匐に正の有意な相関が表れている。表－７に示した物理要素の変動によって、匍匐の個体数割合は、造網のそれと同位相で、掘潜と逆位相で変動していることがわかる。中下流では、河川内部の生産が活発になり、流れによって移動しにくい比較的大きな粒径を持つ河床材料の表面には藻類が繁茂し、これを摂食するScrapersが多くなると考えられる。しかしながら、造網型は主としてCollector-Filterersであるために、この役割を匍匐型が担っていると考えられる。

図－２に河床勾配と%造網と%掘潜の関係を示す。(a)の%造網のグラフでは、正の相関関係が認められるが、

表－8 その他の指標と環境要素との関係

		BOD(mg/L)	COD(mg/L)	SS(mg/L)	河床勾配 (対数)	河川形態 (階級値)	河床材料 (階級値)	水域環境区 分(階級値)
出現種数	全地点	-0.43 **	-0.48 **	-0.42 **	0.21	-0.33 **	0.33 **	0.29 **
	Bb	-0.47 **	-0.55 **	-0.49 **	-0.10 **		0.19 *	0.31 **
	Bb-Bc	-0.45 **	-0.49 **	-0.43 **	0.33 **		0.25 *	0.35 **
	Bc	-0.04	-0.06	-0.10	0.51 **		0.46 **	0.19
出現個体数	全地点	-0.03	-0.04	-0.01	0.07	-0.17 **	-0.00	0.16 **
	Bb	-0.02	-0.04	0.05	-0.10		-0.06	0.17 *
	Bb-Bc	0.03	0.03	-0.07	0.05		-0.33 **	0.17
	Bc	0.08	0.06	0.27 *	0.14		0.10	-0.01
H	全地点	-0.41 **	-0.42 **	-0.38 **	0.27 **	-0.30 **	0.35 **	0.24 **
	Bb	-0.47 **	-0.46 **	-0.43 **	-0.04		0.19 *	0.24 **
	Bb-Bc	-0.54 **	-0.59 **	-0.56 **	0.42 **		0.45 **	0.42 **
	Bc	-0.06	-0.08	-0.06	0.56 **		0.44 **	0.25 *
EPT 種数	全地点	-0.49 **	-0.54 **	-0.45 **	0.26 **	-0.32 **	0.34 **	0.31 **
	Bb	-0.56 **	-0.63 **	-0.55 **	-0.03		0.22 **	0.21 *
	Bb-Bc	-0.49 **	-0.56 **	-0.48 **	0.40 **		0.29 *	0.35 **
	Bc	-0.17	-0.17	-0.07	0.55 **		0.57 **	0.30 *
%EPT 種数	全地点	-0.55 **	-0.59 **	-0.45 **	0.37 **	-0.31 **	0.44 **	0.33 **
	Bb	-0.69 **	-0.75 **	-0.62 **	-0.03		0.20 *	0.25 **
	Bb-Bc	-0.62 **	-0.72 **	-0.66 **	0.41 **		0.50 **	0.30 *
	Bc	-0.14	-0.17	0.01	0.66 **		0.61 **	0.38 **
EPT 個体数	全地点	-0.22 **	-0.22 **	-0.21 **	0.12 *	-0.11 *	0.07	0.20 **
	Bb	-0.23 **	-0.24 **	-0.25 **	0.08		-0.01	0.18 *
	Bb-Bc	-0.17	-0.20	-0.2 *	0.30 *		-0.12	0.24
	Bc	-0.12	-0.11	0.10	0.19		0.23 *	0.16
%EPT 個体数	全地点	-0.48 **	-0.49 **	-0.42 **	0.39 **	-0.23 **	0.42 **	0.33 **
	Bb	-0.57 **	-0.59 **	-0.53 **	0.11		0.28 **	0.24 **
	Bb-Bc	-0.44 **	-0.52 **	-0.51 **	0.49 **		0.42 **	0.36 **
	Bc	-0.25 *	-0.24 *	-0.10	0.58 **		0.54 **	0.40 **

無相関の検定 * :5% ** :1%

分布は非常にばらついている。大和川の河床勾配=0.002付近と0.01付近のデータ、揖保川の河床勾配=0.005付近のデータについては、河床勾配に対して%造網が小さく、このようなデータの存在が相関関係を弱める原因になっている。(b)の堀潜についても、負の相関関係が認められるものの、ばらつきが大きい。特に、大和川の河床勾配=0.001～0.003、%掘潜=80～100付近のデータが相関関係を弱めていると考えられる。

(4) その他の指標

表－8に、種数や個体数、EPT関連の指標と各種環境要素との相関係数を示す。出現個体数やEPT個体数といった個体数そのものを用いた指標については、水質項目、物理的環境要素ともに、有意でないか、有意であっても弱い相関係数しか得られていない。しかしながら、これに対して、種数関連の指標あるいは個体数割合の指標(%EPT個体数)については、全地点を対象とした分析結果で、様々な環境要素との間で有意で中程度の相関がある。また、河川形態別にみると、出現種数、H、EPT種数、%EPT種数、%EPT個体数の指標については、Bb型、

Bb-Bc型の地点では、水質項目と中程度以上の相関があり、Bc型の地点では物理的環境要素との間で、これも中程度以上の相関関係がある。その一方で、Bc型では、%EPT個体数を除いて、水質項目と有意な相関をもつ指標はない。また、Bb型において物理的環境要素と中程度以降の有意な相関係数をもつ指標はない。表－8に示した指標は、水質や物理的環境を含めた総合的な河川環境を反映すると考えられているが、河川形態によって関与する環境要素が変化することがわかる。Bb型、Bb-Bc型の河川形態において水質項目と最も相関係数が大きいのは%EPT種数である。同指標は、Bc型において河床勾配、河床材料との相関係数が最も高く、今回評価した指標の中では総合的指標としては最も優れている。

4. 結論

本研究では、各種の河川環境要素を表現する適切な底生無脊椎動物の構造群集指標を見出すことを目的として、河川水辺の国勢調査の底生無脊椎動物データを用いて、近畿地方の一級水系を対象として底生無脊椎動物の群集指標と河川環境要素との関連性について検討を行った。

汚濁関連指標の中でも、ASPT と PLが BOD など水質項目と高い相関を有している。Bc 型の河川形態では、水質項目と有意な相関をもつ指標はなかった。河川形態が Bb 型あるいは Bb-Bc 型の場合、 $5 \leq \text{ASPT} \leq 7$ が $\text{BOD} \leq 2$ に、 $2 \leq \text{ASPT} \leq 5$ は $\text{BOD} \geq 3$ に概ね対応する。

生活型別個体数割合の指標について、Bb 型あるいは Bb-Bc 型の場合には、%造網、%匍匐、%掘潜は、物理的環境要素と中程度以上の相関関係が認められた。

出現種数、H、EPT種数、%EPT種数、%EPT個体数の指標については、Bb型、Bb-Bc型の地点では、水質項目と中程度以上の相関があり、Bc型の地点では物理的環境要素との間に中程度以上の相関関係がある。

参考文献

- 1) D. Hering, O. Moog, M. Sommerhauser, M. S(2002) : Manual for the application of AQEM system Version 1.0.
- 2) D. Hering et al. (2003) : The development of a system to assess the ecological quality of streams based on macroinvertebrates, *International Review of Hydrobiology*, Vol.88, pp.345-361.
- 3) R. C. Nijboer et al. (2004) : Establishing reference conditions for European streams : *Hydrobiologia*, Vol.516, pp.91-105.
- 4) A. Lorenz, D. Hering, C. K. Feld and P. Rolaußs (2004) : A new method for assessing the impact of hydromorphological degradation on the macroinvertebrate fauna of five German stream types, *Hydrobiologia*, Vol.516, pp.107-127.
- 5) 森下郁子(1985) : 生物モニタリングの考え方, 山海堂.
- 6) 松中昭一(1975) : 「指標生物」講談社.
- 7) 中島文夫(1958) : 「水の生物学的試験法解説」綴文堂.
- 8) 玉井昌宏, 藤澤知親, 上野山直樹(2004) : 背野ダム魚道ビオトープの水生昆虫, 水工学論文集, 第48巻, pp.1591-1596.
- 9) 玉井昌宏, 上野山直樹, 藤澤知親(2004) : 表六甲住吉川の水生昆虫と水理特性の関係, 河川技術論文集, 第10巻, pp.459-464.
- 10) 河川環境データベース(<http://www3.river.go.jp>)
- 11) 玉井昌宏, 香本祥子(2005) : 水生昆虫データを用いた河川生態環境の指標化について, 河川技術論文集, 第11巻, pp.559-564.
- 12) 国土交通省水質水文データベース(<http://www1.river.go.jp/>)
- 13) T. Ofenböck, O. Moog, J. Gernisen and M. Barbour (2004) : A stressor specific multimetric approach for running water in Austria using benthic macro-invertebrate : *Hydrobiologia* 516:251-268.
- 14) 環境庁水質保全局(1992) : 大型底生動物による河川水域環境評価のための調査マニュアル(案)
- 15) 建設省河川局河川環境課 : 平成 9 年度版 河川水辺の国勢調査年鑑マニュアル, リバーフロント整備センター.

(2009.5.22 受付)

Relationship between indices of benthic macroinvertebrates community structures and river environmental factors for major rivers in the Kinki region.

Yuka UESAKA¹, and Masahiro TAMAI²

¹(Dept. of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University)

²(Dept. of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University)

Many researchers, mainly in the EU and US, have been trying to find out benthic macroinvertebrates based indices for estimation or classification of river ecological qualities or to develop multimetric indices, which can represent multiple attributes of river environments. In Japan, although benthic macroinvertebrates have been used as indices of river water qualities for a long time, relationships between their community structure indices and the other river environmental factors have never been examined sufficiently so far. The purpose of the present study is to investigate the relationships on the subject of major rivers in the Kinki region using benthic macroinvertebrate data of the National Census on River Environment.