

# 印象による水辺環境評価における底生動物の役割に関する考察\*

## The Role of Macroinvertebrates in Environmental Evaluation of Waterside through Impressions

鈴木淳史\*\*・河野真典\*\*・萩原良巳\*\*\*・萩原清子\*\*\*\*・柴田翔\*\*

By Atsunori SUZUKI\*\*・Masanori KAWANO\*\*・Yoshimi HAGIHARA\*\*\*

・ Kiyoko HAGIHARA\*\*\*\*・Sho SHIBATA\*\*

### 1. はじめに

今までの水辺環境評価の多くは経済的評価<sup>1)</sup>と生態的評価が独立的に行われてきた。例えば生態的評価では主として底生動物が、水質指標などとして用いられてきた<sup>2)</sup>。最近では、人々の印象による社会(心理学)的評価も研究されるようになってきた<sup>3)</sup>。

しかし、実際には水辺環境と人間は社会的にも生態的にも深く結びついており、その間につながりがあると考えられる。

底生動物は魚や鳥の餌として水辺環境の生態系において非常に重要であるが、人々の印象に影響を与えることは少ない。一方、印象による水辺環境評価では魚や鳥は重要な構成要因である<sup>4)</sup>。そこで、河川環境の生態的側面である底生動物と社会的側面の表れである人々の印象が魚や鳥を介して結びついていることを明らかにすることを目的とする。

本論文の構成を示す。2. で底生動物の調査によって調査地の底生動物の特徴を明らかにする。3. では調査地の底生動物と魚、鳥との捕食関係を示す。4. で印象による水辺環境調査によって調査地の特徴について考察する。5. ではクラメールの関連係数による関連分析で印象と魚、鳥との結びつきを明らかにする。ついで、因子分析によって印象の共通因子を抽出することで調査地のイメージ(像)を得る。

### 2. 底生動物調査とその結果

底生動物調査は2007年5月から7月にかけて行った。調査地点は、高野川と賀茂川が合流する出町柳付近の

\*キーワード：環境計画、河川・水資源計画、意識調査分析

\*\*学生員、京都大学大学院工学研究科

(京都府宇治市五ヶ庄、TEL0774-38-4317)

\*\*\*正員、工博、京都大学防災研究所

(京都府宇治市五ヶ庄、TEL0774-38-4040)

\*\*\*\*正員、工博、佛教大学社会学部

(京都市北区紫野北花ノ坊町96、TEL075-491-2141)

高野川、賀茂川、高野川と鴨川の合流後の河道内それぞれで各4サンプル、いずれも礫底で調査をした。出町柳付近の鴨川を図-1に示す。調査地点は区間3で、賀茂川、高野川、賀茂川と高野川が合流後の鴨川付近である。

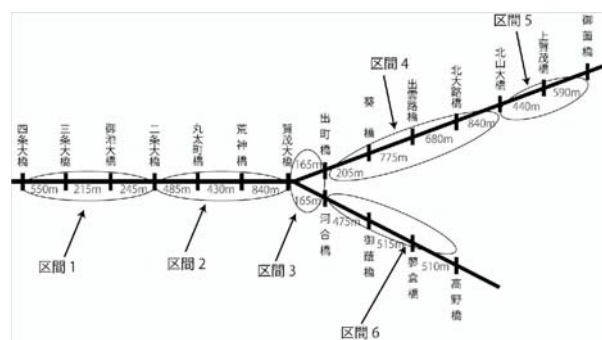


図-1 鴨川の調査地付近

採集は定量採集を行った。各地点で 25cm×25cm のコドラート付きサーベネットを用いた。礫底では底質表面に露出している石礫をすべてタライやバット内に移した後、十分攪拌してから0.5mmのメッシュサイズのシーブに流し入れる方法で底生動物を分離採集した。

タクサ数、個体数、EPT 指数 (Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera richness) と多様度指数 (Shannon-Wiener index) の結果を図-2に示す。EPT 指数はカワゲラ、カゲロウ、トビケラの種数の総数で、EPT 指数が大きいほど河川環境の健全度は高いとされる。

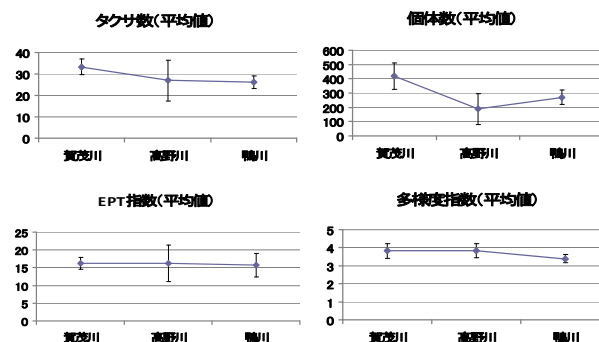


図-2 鴨川の底生動物群集の特徴

この3地点は、上流域に生息するような底生動物も

存在するように、鴨川の中で流程的に最も豊かな底生動物群集を有しており<sup>5)</sup>、多くの底生動物が採集できた。特に賀茂川に豊かな底生動物群集が見られた。

### 3. 底生動物・魚・鳥の捕食関係

#### (1) 底生動物と魚の捕食関係

2006年6月から8月の調査<sup>6)</sup>によると賀茂川、高野川で確認された魚の中で、主に底生動物を捕食するのは表-1のようになった<sup>7)</sup>。

表-1 底生動物を主に捕食する魚

魚類	賀茂川	高野川	魚類	賀茂川	高野川
オイカワ	○	○	ギンブナ	○	
タカハヤ		○	アブラボテ	○	
タモロコ	○		シマドジョウ	○	○
ムギツク	○	○	ドンコ	○	○
モツゴ	○	○	カワヨシノボリ	○	○
カマツカ	○	○	トウヨシノボリ	○	
コイ	○	○	ブルーギル	○	
			計	13種	9種

底生動物は賀茂川で高野川より多くの種がみられたが、主に底生動物を捕食する魚も種数は賀茂川の方が多かった。このことから、主に底生動物を捕食する魚の種数が、賀茂川の方が多い理由のひとつに賀茂川の方が餌環境条件が良いためだと考えられる。

また、表-1から鴨川の魚の多くが底生動物を餌としていることが分かる。個体数の多かったカワムツ類、カワヨシノボリも底生動物を餌としている。

#### (2) 鳥と底生動物・魚との捕食関係

鴨川ではサギ類、カモ、カワウ、シギ、カワセミ、トビ、カラス、ハト、キジバト、スズメ、セキレイ、ツバメ、ツグミ、ムクドリ、チドリ、カワラヒワが観察された。これらの鳥の主な餌を表-2に記載する<sup>8)</sup>。

サギ類、カワウ、シギ、カワセミ、トビ、セキレイ、チドリは水中の虫や魚を食べており、直接的または間接的に底生動物を餌としている。このうちサギ類、トビ、セキレイは鴨川でよく見かける鳥である。

また、ツバメも餌の一部として底生動物を食べている。調査区間近辺におけるツバメの食性調査<sup>9)</sup>によると、ツバメの糞には羽アリ、コウチュウ、ハチ、トンボ

が含まれていた。(コウチュウに含まれる)ドロムシとヤゴ(トンボの幼虫)は底生動物調査でも確認されている。

表-2 鴨川の鳥の食物

名前	食物
サギ類	主に魚類, 他に両生類や昆虫類も
カモ	主に植物, 他に貝など
カワウ	魚類,
シギ	水生動物(魚, 両生類, 甲殻類など)
カワセミ	主に小魚, 甲殻類や昆虫類も
トビ	動物の屍肉, 他に魚類, 両生類など
カラス	雑食(昆虫類, 動物の死骸, 果実など)
ハト	雑食(果実や昆虫類なども食べる)
スズメ	雑食
セキレイ	主に水生昆虫, 飛行する昆虫も
ツバメ	主に飛行する昆虫
ツグミ	ミミズや昆虫類の幼虫, 木の実など
ムクドリ	昆虫類やその幼虫, 木の実など
チドリ	水生昆虫
カワラヒワ	主に草木の種子や実

以上から魚と鳥は底生動物を直接的または間接的に餌としていることが分かった。したがって、次章では水辺の印象と魚、鳥との関係を分析する。

### 4. 印象による水辺環境調査とその結果

#### (1) 調査の概要

印象による水辺環境調査<sup>4)</sup>は、賀茂川の御菌橋、高野川の高野橋から本川の四条大橋の間の区間で、2006年11月から2007年10月に年間を通じて行った。調査方法は京都大学と仏教大学の教員と学生が現地に出向いて観察し、橋間ごとに水辺の印象を5段階で記入した(例: 親しみやすい □□□□□ 親しみにくい)。このとき、調査の一部として魚、鳥の多さと印象項目を調査している。

こうして得られたデータのうち、底生動物の調査に合わせて賀茂川と高野川の合流点である葵橋・河合橋～賀茂大橋の区間で2007年6月から8月に取ったデータを用いることとする。サンプル数は56である。

#### (2) 調査の単純集計結果

魚、鳥、水辺の印象の単純集計結果を表-3に、印象のプロフィールを図-3に示す。表-3の結果は5段階で表示している。また、プロフィールの横棒は算術平均からの標準偏差を表しており、欠損データを持つサンプルは除外した。

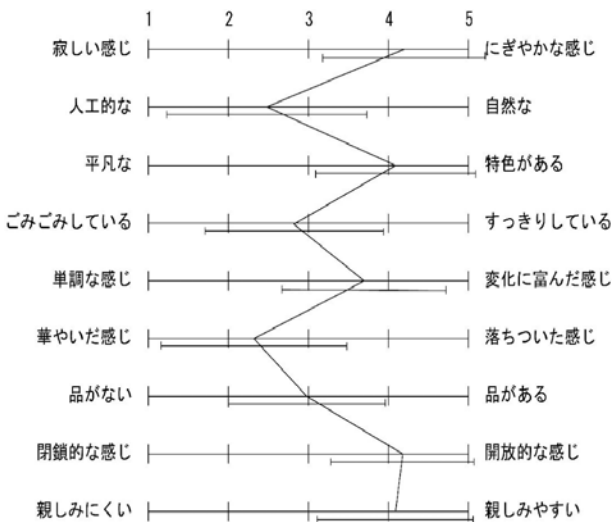
表-3を見ると、魚については真ん中の回答が最も多

く50%を超えている。調査時の経験から、これは魚の多さについて「どちらともいえない」、魚が見えず「判断できない」という場合である。魚が「多い」「やや多い」と「少ない」「やや少ない」の回答はほぼ同じ割合である。

鳥については鳥が「多い」「やや多い」より「少ない」「やや少ない」という回答の方が多い。「少ない」「やや少ない」を合わせて約62%である。夏のこの区間は鳥が少ないと感じられている。

表－3 印象の単純集計結果 (%)

項目	⇔					項目
魚が多い	4	18	52	18	9	魚が少ない
鳥が多い	5	14	18	39	23	鳥が少ない
にぎやかな	50	30	11	7	2	寂しい
自然な	7	16	21	29	27	平凡な
特色のある	45	29	18	9	0	平凡な
すっきり	9	18	29	36	9	ごみごみ
変化に富んだ	27	30	29	14	0	単調な
落ち着いた	5	16	7	48	23	華やいだ
品がある	5	23	43	21	7	品がない
開放的な	45	34	16	5	0	閉鎖的な
親しみやすい	41	36	16	5	2	親しみにくい



図－3 印象項目のプロフィール図

図－3を見るとこの水辺は、にぎやかで、やや人工的な感じがし、特色がある。そして、変化に富んでいて、華やいだ感じがし、開放的で親しみやすい、という印象である。調査区間は鴨川の他の区間と比べて、水際に降りやすい。夏になると水遊びや涼を求めて人々が集まる。これは夏には、水に触れたいと感じるようになることが原因であると考えられる。「品」に関しては真ん中に回答した人が約48%で、魚と同様に「どちらともいえない」「判断できない」と解釈できる。

## 5. 印象の因子分析

### (1) 印象項目と魚、鳥との関連分析

クラメールの関連係数<sup>10)</sup>を用いて魚、鳥と印象項目との関連の強さを表し、その関連について考察する。

クラメールの関連係数は2つの項目間の関連の強さを表し、次式で表現される。

$$\text{クラメールの関連係数 } \phi = \left[ \frac{\chi^2}{n(q-1)} \right]^{1/2}$$

ただし、 $\chi^2$  : カイ2乗値、 $n$  : サンプル数、 $q$  : 2項目のカテゴリー数(選択肢の数)の少ない方の数である。

$\chi^2$  値は2つのグループ間の独立性の検定に使用されるが、

クラメールの関連係数は $\chi^2$  値をカテゴリー数とサンプル数の違いによらず比較できるように計算を施した値である。これは0.00から1.00の範囲で、2つの要因が完全に独立なときは0.00となり、完全な関連のときは1.00の最大値をとる。

本論文では回答の片寄りを明確にするために5段階の回答を「1, 2」、「3」、「4, 5」の3カテゴリーにしてクラメールの関連係数を計算する。そして、サンプル数とカテゴリー数を考慮し、関連があるといわれる5%有意を基準にクラメールの関連係数が0.2以上0.3未満をやや関連があるとし、0.3以上を関連が強いとする。

表－4に関連分析結果を示す。ただし、クラメールの関連係数が0.2以上0.3未満を○、0.3以上を●としている。

表－4 鳥、魚と印象項目との関連分析表

	にぎやかな	自然な	特色	すっきり	変化	落ち着いた	品	開放的	親しみ
魚	○								
鳥			●		○				

なお、印象の分析に用いている魚、鳥のデータと3.で述べた魚類、鳥類との整合性について、底生動物調査と3.で参考にした2006年の魚類調査は同じ季節に行われている。また、2007年水鳥調査<sup>9)</sup>によると、葵橋・河合橋～賀茂大橋の区間で夏に水生動物を餌としているサギとセキレイが観察されている。

関連分析の結果、魚は「にぎやかさ」にやや関連があるが、強い関連のある印象項目がない。表－4の単純集計結果では魚は真ん中の回答が多い。実際、調査時に魚が見えない場合やどちらともいえないと感じる場合が多

かった。そのため、魚は印象項目にあまり影響していないと考えられる。

鳥は「特色」に強い関連があり、「変化」にやや関連がある。鳥は魚に比べて目ではっきりと見ることができ、印象項目に強く影響していると思われる。表-4では鳥は「少ない」という回答が多かったが、「特色」と「変化」を感じさせていることがうかがえる。

## (2) 印象の因子分析

9つの印象項目を用いて探索的因子分析<sup>1)1)</sup>を行う。因子分析の基本的な考え方は「観測、分析の対象となる変量間の相関は各変量に潜在的に共通に含まれている少数個の因子(共通因子、common factor)によって生ずる」ということである。変量として用いる9項目を欠損データがある場合はサンプルごと除外し、因子抽出法は最尤推定法、因子数はスクリープロット法で決定し、各因子についてバリマックス法を用いて因子軸に直交回転を施した。

因子分析モデルの検定にはp値とRMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)を用いる。p値は「計測誤差」が有意であるという帰無仮説がある水準( $\alpha$ )でモデルを採択あるいは棄却する値である。RMSEAはモデルによって規定される分布と、データから計算される真の分布との乖離を1自由度あたりの量として示した「構造誤差」の指標である。

得られた共通因子の解釈を行ったものを表-5に示す。p値は0.752、RMSEAは0、累積寄与率は52.3%である。

共通因子として【活気のある】、【はんなり】、【特色のある】が得られた。調査区間は水際に降りやすく水遊びなど人が集まっていた。このことから、【活気のある】、【はんなり】は人々が集まって、にぎわい、騒がしい様子、【特色のある】は水際に降りやすい地形や水遊びをしている様子に対する印象と考えられる。因子負荷量と関連分析から、これらの共通因子のうち【活気のある】、【特色のある】に魚と鳥が関連している。

表-5 因子分析結果と解釈

因子と解釈 (寄与率)	項目(因子負荷量)
因子1: 活気のある (24.7%)	にぎやかな(0.845), 落ち着いた感じ(-0.834), 開放的な感じ(0.592), 特色のある(0.425)
因子2: はんなり (14.4%)	品のある(0.912), 親しみやすい(0.546)
因子3: 特色のある (13.2%)	特色のある(0.891)

## 6. おわりに

本論文では鴨川の葵橋・河合橋～賀茂大橋の区間で底生動物と水辺の印象の調査を行った。底生動物の調査では、対象区間に多数の底生動物がいることが明らかとなった。そして、文献調査により底生動物が魚と鳥の餌になっていることが分かった。ついで、水辺の印象を分析し、水辺の印象における魚と鳥の位置づけを行ったところ、魚と鳥が共通因子【活気のある】、【特色のある】を構成する要因であることが分かった。

これらの分析から、底生動物は(直接的に人の印象に影響を与えることは少ないが)魚と鳥を介して水辺の印象に関わっていることが分かった。また、底生動物のみを調査するだけでなく、魚と鳥との関係も明らかにする必要性が示された。

本論文は底生動物が水質などの環境条件の評価指標となる以外に、底生動物が人間の印象と魚や鳥を介して結びつくことを示した論文である。

今後の課題として、底生動物と魚、鳥との捕食関係を対象区間で実際に調査することや他の昆虫や植物との関係も考慮することが挙げられる。

謝辞: 本論文をまとめるにあたって貴重なアドバイスをしてくださった京都大学工学研究科松島敏和氏、調査に協力してくださった佛教大学、京都大学の皆様に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 萩原清子: 環境の評価と意思決定、東京都立大学出版会、2004
- 2) 津田松苗: 汚水生物学、北隆館、1964.
- 3) 萩原良巳、萩原清子、松島敏和、柴田翔: 地元住民から見た鴨川流域環境評価、京都大学防災研究年報第50号B、2007
- 4) 河野真典: 印象による水辺GES評価、京都大学卒業論文、2008.
- 5) 鈴木淳史: 底生動物群集を用いた河川環境評価、京都大学卒業論文、2008
- 6) 石田裕子: 土砂堆積構造の階層的把握による河川棲底生魚類の生息場評価、京都大学大学院博士学位論文、2006
- 7) 川那部浩哉、水野伸彦、細谷和海: 山溪カラー名鑑日本の淡水魚、山と溪谷社
- 8) 叶内拓哉: 日本の鳥300、文一総合出版、2005
- 9) 松島フィオナ: 京都の都市化された水辺環境における鳥類群衆の分布形様式、京都大学大学院修士論文、2008
- 10) Cramer,H: Mathematical Methods of Statistics,Princeton Univ. Press, 1946
- 11) 奥野忠一ほか著: 続多変量解析法、日科技連、1976