

# 全国河川の魚類相と河川特性の関係

佐合純造<sup>1</sup>・永井明博<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ長 (〒305-8516 つくば市南原1-6)  
Email: sagou@pwri.go.jp

<sup>2</sup>正会員 農博 岡山大学教授 環境理工学部 (〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)  
Email: nagai@cc.okayama-u.ac.jp

全国 109 の一級河川の魚類相について河川水辺の国勢調査データを用いて統計分析を行い、次の成果を得た。①全国で捕獲確認された魚種は 183 種であった。このうち、オイカワ、ウグイ、カワムツB型等の上位 5 魚種で全確認個体数の 50% を占めていた。②魚種別構成比に主成分分析を適用して各河川の魚種多様性を 4 つの主成分 (累積寄与率 0.754) で表すことができた。特に第 1 主成分は緯度 (河口地点) と強い相関が認められた。③調査地点 842 箇所 で魚類相と河道特性の関係を求めた。特に多様性指数は河床勾配、河道内緑被率と相関がみられた。④河川形態や河道セグメントを用いて魚種別構成比や多様性との関係を求めて、河道縦断的に魚類相の変化を定量化することができた。

**Key Words :** national census on environments, fish species, diversity index, principal component analysis, segment of river longitudinal profile

## 1. はじめに

地球上には数多くの生物が生息しており、これらは多様な生態系を形成して進化や絶滅を重ねながら人間生活にも様々な恵みをもたらしている。これは「生物多様性」と呼ばれ、「遺伝子レベル」、「生物種レベル」、「生態系レベル」、「景観レベル」など様々なレベルがあり、その確保や保全が求められている<sup>1)</sup>。

生物多様性は国際的にも大きな課題となっており、平成 5 年 (1993) には「生物の多様性に関する条約」が採択されて、わが国もこれに加盟して「生物多様性国家戦略」やこれを改訂した「新生物多様性国家戦略」を策定し、これらに基づいて積極的な取り組みが行われている<sup>2)</sup>。特に、様々な人間活動等による生物多様性の劣化が懸念されており、河川に生息する魚類などもその例外ではない。このため、河川事業や管理を行うに際しても生物多様性を十分に配慮することが強く求められている。

このような背景もあって平成 9 年 (1997) には河川法が改正され、河川管理の目的に「河川環境の整備と保全」が追加され、平成 14 年度 (2002) からは河川などの生物多様性を回復や向上させることを主目的とした「自然再生事業」が開始されている。さらに平成 15 年 (2003) には自然再生推進法が施行された。

このような状況のもと、全国的視点から河川の自然環境を把握し河川環境の改善に資するため「河川水辺の国勢調査」が定期的実施されており、その結果は公表さ

れている<sup>3)</sup>。

しかし、河川事業や管理に活用できる統一な河川環境の評価指標や手法は未だ確立されていない。

本研究では全国的視点から上記目的を達成するための基本的情報を得るため、「河川水辺の国勢調査」(魚類調査) 結果から魚種別構成比 (捕獲された各魚種の捕獲個体数の全捕獲個体数に占める割合) やこれを集約した指標である多様性指数を求めて、河川単位で魚類相と河川特性との関係についてマクロな分析を行った。さらに、河道の縦断特性の指標として「河川形態」や「河道セグメント」の河道区分を利用して、これらと魚種別構成比や多様性指数との関係を議論した。

## 2. 分析データ

### (1) 河川水辺の国勢調査の概要

「河川水辺の国勢調査」は国土交通省が実施している河川の生物や河川利用に関する一斉調査であり、平成 2 年度 (1990) から全国 109 の一級河川及び国の所管する多目的ダムを対象に実施されており、平成 5 年度 (1993) からは二級河川及び都道府県営ダムの一部も対象に加えて、大規模に実施されている。調査内容は「魚介類 (魚類及びエビ・カニ・貝類)」、「底生動物」、「植物」、「鳥類」、「両生類・爬虫類・哺乳類」、「陸上昆虫類等」の 6 項目の生物調査のほか、「河川調査」、「河川空間

利用実態調査」が行われている。6項目の生物調査は全河川を毎年全項目一斉に実施するのではなく、5年で6項目の生物調査が一巡するような頻度で行われている。

調査は国土交通省の河川事務所が主体となって実施されており、河川ごとに調査地点と時期を定めて「河川水辺の国勢調査マニュアル・河川版（生物調査編）」に基づいて現地調査されている。調査結果は、各河川の調査地点、調査時期別、生物項目別に、それぞれの確認種名と個体数がリスト化されて公表されている<sup>3)</sup>。

特に魚類の調査地点は以下の点に注意してバランスよく配置するように求められている<sup>4)</sup>。

- ①河口部、下流部、中流部、上流部のバランスを考慮して配置する。
- ②河道状況、水環境（水量、水質、汽水域など）の違いが反映されるよう調査地区を設定する。
- ③河岸の整備状況、水辺の植生の分布等を考慮して、人為的改変の少ない地区、人為的改変の大きい地区、今後河川改修により河川環境の改変が予想される地区などのバランスを考慮して配置する。
- ④各調査地点では、1組の瀬・淵が連なる区間を1単位として、上流では4～6単位以上、中・下流では1～3単位以上、または水面幅の5倍程度を目安として、できるだけ多くの魚類の確認が行えるように調査地区の範囲をとる。
- ⑤調査時期は春（遡上期）、夏（活動期）、秋（移動期及び産卵期）のうち、流況の安定した日を選んで年2～3回以上実施する。

また、調査ではできるだけ多くの種類の魚介類を捕獲できるように各種の漁具を用いて調査を行うこととされている。基本的には投網、タモ網などによる調査方法を主体とし、場所によっては設置漁法（はえなわ等）の方法も併用されている。

## （2）分析対象データ

全調査地点はこれまでの実績によれば、全国109の一級河川全体で約1600地点であり、概ね10 kmに1地点の密度である。ただし、河川水辺の国勢調査は国直轄管理区間が主対象となっているため、調査地点は比較的中下流部に偏っている傾向にある<sup>3)</sup>。

本研究で用いたのは「河川水辺の国勢調査」の魚類調査データで、平成2年度（1990）から平成11年度（1999）までのものである。複数年のデータがある場合は年々調査レベルの向上が図られていることも考慮してなるべく新しい年のデータを用いることとした。分析に使用するデータは各河川で調査年度が異なるが全国109の一級河川を網羅している。

本論文では分析を進めるに際し、以下のように事前のデータ整理を行った。

①河川や流域特性と魚類の関係を評価することが目的であるため、対象魚種は「純淡水魚」及び「回遊魚」とし、「汽水・海水魚」は分析対象外とした。

②魚種分類において、分類不明とされているものは各々1種として扱った。

③公表されているデータは時期別、魚種別に捕獲個体数が整理されているが、特に調査時期は各河川で統一されていない（たとえば、調査が年2回でも調査月が春と夏、夏と秋であったり様々である）。このため、本研究では109全ての一級河川データを用いた分析を行うことを最優先することにして、時期別に区別せず年の合計数で分析した。

④河川別と調査地点別で分析を行った。捕獲個体数は河川別では各河川的全調査地点を対象にしたが、調査地点別では本川筋のみの調査地点（842地点）を対象にした。

⑤現状の「河川水辺の国勢調査」では、各調査地点での調査範囲（面積）、調査回数、調査時期、調査方法等の自由度が大きいため、捕獲個体数はそのままの数値で、生息量（または生息密度）の指標として直接利用するには問題が多い。そこで各河川や調査地点で「各魚種の捕獲個体数の全捕獲個体数に占める割合」（以下、魚種別構成比という）を求めて、魚類相の特性や多様性に絞って分析した。なお、生息量（または生息密度）も重要な河川環境の評価対象となるが、現地調査手法も含めて今後の課題と考えている。

⑥捕獲数から求まる魚種別構成比をそこで生息する魚種別構成比と仮定して議論を進める。本来、この仮定が成り立つかどうかについては詳細な検討が必要であるが、⑤と同様に現地調査手法に関わる課題であり、ここでは扱わないことにする。

## （3）魚類相の評価方法

本研究では「河川水辺の国勢調査」データから得られる魚類相（魚類分布）について「種の多様性」の視点から検討を進める。

一般に「生物多様性」は生物相の豊かさを包括的にあらわす重要な概念であり、遺伝子レベルから景観レベルまで様々な見方がある<sup>1)</sup>。また、「生物多様性」がなぜ重要であるかについては、①自然環境の安定性や復元力の強さを保つ、②人間にとって将来も含めた資源を生み出す、等が理由とされている<sup>5)</sup>。

魚種の多様性の最も単純な指標は「魚種数」であるが、それでは魚種ごとの個体数が考慮されないため、魚種間の関係や構成状況について十分な評価ができない。たとえば、魚種数が同じでもそれぞれの個体数が異なればそこの魚類の多様性は異なる。

このため、魚類相の定量的表現として、主に「魚種別

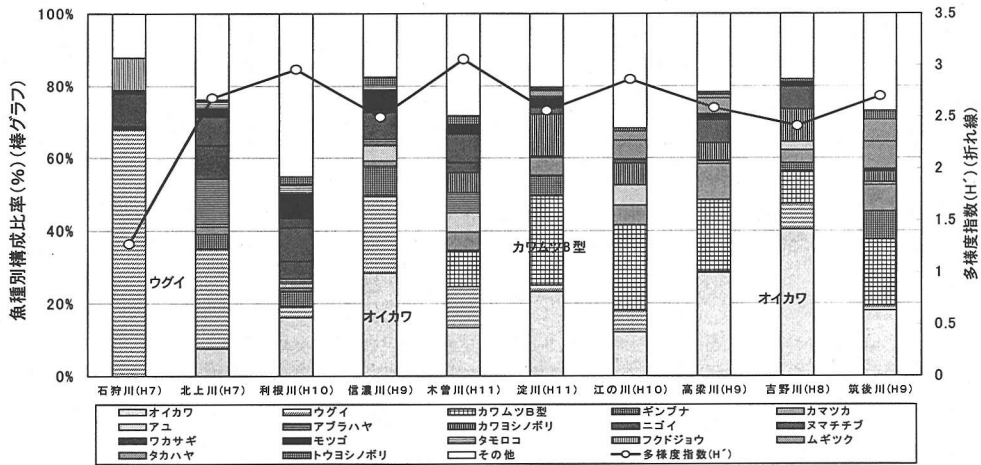


図-1 主要河川の魚種別構成比分布 (河川名後のカッコ内は調査年度)

構成比」とその総括的指標である「多様度指数」を用いて分析を進めることにする。

(4) 多様度指数

魚種数に比べてより実態に即した指標として「多様度指数」が多く用いられている。以下では各河川での魚類の多様度指数を求めて各河川の河川環境の評価を行う。

多様度指数には種々の方法が提案されているが、ここでは情報量の理論から得られる「Shannon-Wiener の多様度指数 (H')」を用いることにする。これは種数-個体数分布のバラツキから得られる情報量を多様度に置き換えて数値化したものである。Shannon-Wiener の多様度指数 (H') は式 (1) で示される<sup>6)</sup> (以下、文中では以下「多様度指数」と略する)。

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \ln P_i \quad (1)$$

ここで、P<sub>i</sub>は魚種 i の魚種別構成比 (全個体数を N、魚種 i の個体数を n<sub>i</sub> とすると、P<sub>i</sub>=n<sub>i</sub>/N)、s は魚種数である。

3. 河川別魚類相の特性

(1) 河川別魚種数

全国 109 の一級河川で捕獲された淡水魚及び回遊魚の総魚種数は 183 種であった。河川別では、最少の 17 種 (鶴川) から最大の 64 種 (阿賀野川) と差が大きい。

(2) 各河川の魚種別構成比の特性

図-1 は我が国の代表的な河川である「石狩川」、「北上

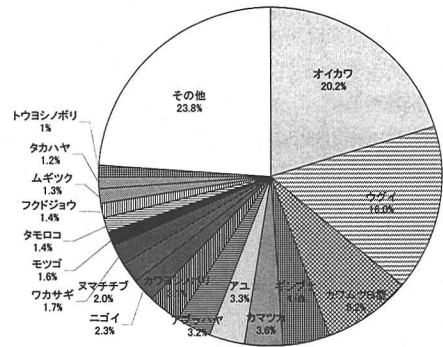


図-2 各魚種の占める割合 (全国 109 の一級河川)

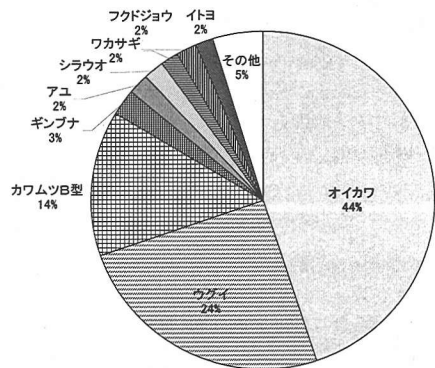


図-3 優占魚種別の河川数 (各魚種が優占魚種となっている河川の割合)

川」、「信濃川」、「利根川」、「木曾川」、「淀川」、「江の川」、「高梁川」、「吉野川」、「筑後川」における魚種別構成比の分布を示す。併せて各河川の多様度指数も示す。

他の一級河川の魚種別構成比についても図-1と同様に整理したところ以下のことがわかった。

- ①北海道、東北、北陸の河川では優占魚種（構成比が最大の魚種）がウグイであることが多い。北海道では13河川のうち7河川、東北では12河川のうち9河川、北陸では12河川のうち10河川、合計すると37河川中26河川（70%）でウグイが優占魚種である。
- ②関東、中部、四国、九州ではオイカワが優占魚種であることが多い。関東では8河川のうち4河川、中部では13河川のうち10河川、四国では8河川中6河川、九州では20河川中の16河川、合計すると49河川中36河川（73%）でオイカワが優占魚種である。一方、北海道の13河川全てでオイカワが確認されていない。
- ③近畿、中国の河川でカワムツB型が優占魚種であることが多い。近畿では10河川のうち4河川、中国では13河川のうち8河川、合計すると23河川中12河川（52%）でカワムツB型が優占種である。特に中国地域の日本海側は6河川の全てでカワムツB型が優占している。

また、図-2は全国109の一級河川の捕獲個体数全体について各魚種の占める割合をみたものである。多い順にオイカワ(20.2%)、ウグイ(16.0%)、カワムツB型(8.2%)、ギンブナ(4.6%)、カマツカ(3.6%)、アユ(3.3%)となっている。この魚種別構成比の大きい順から累加値を求めていくと50%までで5種、80%までで22種、90%までで38種（全体魚種数の21%）となり、生息する魚種に偏りが見られる。

次に、生息が確認された河川数が多い魚種をみると、ウグイ(109河川中101河川)、カワムツB型(同100河川)、ヌマチチブ(同99河川)、アユ(同98河川)、オイカワ(同93河川)の順となっている。オイカワは全国の魚種別構成比が大きいにもかかわらず、ウグイ、カワムツB型等よりも確認河川数が少ない。これは北海道ではオイカワの生息が確認されていないためである。

また、図-3は優占魚種とその河川数の関係を見たものである。1位はオイカワ47河川(109河川の44%)、2位はウグイ27河川(同24%)、3位はカワムツB型15河川(同14%)であり、109河川のうち82%でこれら3魚種が優占魚種となっている。特に優占魚種の構成比が大きい河川をみると、小丸川ではオイカワが64.1%を占め、石狩川ではウグイが67.8%、土器川ではカワムツB型が49.3%を占めている。これら魚種が優占している理由として次のことが考えられる。

- ①ウグイはもともと全国に広く生息している魚種であり、特に強い酸性などの水質悪化にも耐えられる<sup>7)</sup>。
- ②オイカワやカワムツB型は河床や河岸の平滑化など自然改変にも強いこともあって、本来、西日本しか生息していなかったものが、琵琶湖産アユの放流等に伴っ

て国内移入種として全国に広まった<sup>8)</sup>。

以上のように全国の一級河川の多くでオイカワ、ウグイ、カワムツB型等が優占魚種となっており、これらの構成比が極端に大きい河川では、他の魚種との関係や多様性に大きな影響を与えている可能性がある。

#### 4. 河川別・魚種別構成比の分析

各河川の魚類相は、①河川の成り立ちや変遷等の地史的条件、②河川や流域の構造、気象等に由来する物理環境条件、③他生物による影響や人為の影響、等によって定まっていると考えられる。

我が国の河川の場合、日本列島の成立以来、①や②の影響が大きかったが、現在は③の影響が極めて大きくなってきていると考えられる。

ここでは全国109の一級河川の魚類相について②、③を中心に分析を行い、適宜、①の視点も加味しながら評価することにする。

##### (1) 魚種別構成比の主成分分析

全国109の一級河川の魚種別構成比に主成分分析を適用することにより、各河川の魚類相を少数の成分で表現することを試みた。

##### a) 分析手法

主成分分析は情報の損失をなるべく抑えながら、多くの変量値を少数の合成変量で代表させる方法である<sup>9)</sup>。本研究では109の一級河川をそれぞれサンプルとし、各河川の魚種別構成比を変量と扱う。

また、変量の数は確認魚種数で本来は183であるが、魚種別構成比の小さい魚種の寄与は小さいことから、ここでは計算を簡略にするため、対象とする魚種（変量）は魚種別構成比が大きく、全構成比に占めるそれらの割合が90%のまでの魚種で38種に限定した。

主成分分析では上記データから分散共分散行列を作成し、そこから38個の固有値と固有ベクトルを求める。これら固有値を大きいものから並べて第1主成分、第2主成分、…、第38主成分とする。また、それぞれの固有ベクトルと変量から合成変量を求めることができ、これを主成分得点と呼んでいる。これらは第38主成分まで求めることができる。この38個の主成分の累加寄与率は1となる。しかし、全ての主成分を利用しなくても、固有値の大きい主成分だけで元の変量（ここでは魚種別構成比）の有する変化の多くを説明できることが多い。

以下、主成分分析を適用して少ない主成分で元の変量を代表させることを試みた。

##### b) 分析結果

結果を表-1に示す。第1主成分から第4主成分まで

表-1 主成分分析の結果

固有値・寄与率表				
成分	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
固有値	452	158	107	65
寄与率(%)	43.6	15.2	10.3	6.3
累積寄与率(%)	43.6	58.8	69.1	75.4

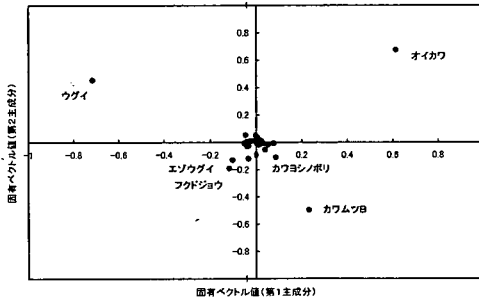


図-4 固有ベクトル値(第1主成分と第2主成分)

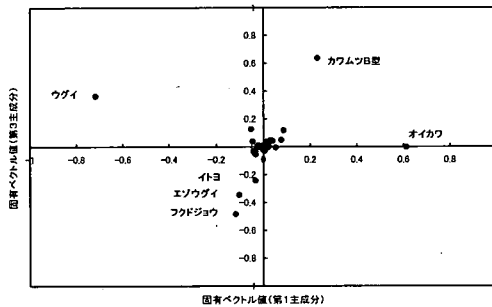


図-5 固有ベクトル値(第1主成分と第3主成分)

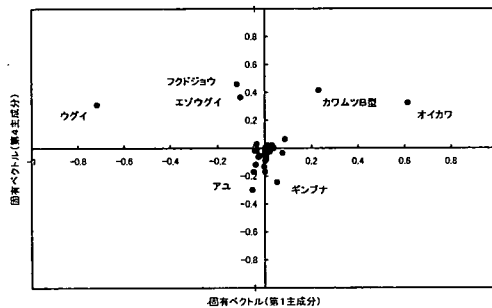


図-6 固有ベクトル値(第1成分と第4主成分)

累積寄与率は0.754となり、4つの主成分で全国の河川における魚類相の特性の約75%を説明できる。

図-4～図-6は固有ベクトルについて第1主成分と第2主成分、第3主成分、第4主成分の関係を示す。以下に各主成分の特性について述べる。

第1主成分の寄与率は0.436であり、魚類相特性の半分近くをこの成分で説明できる。オイカワ、カワムツB型は第1主成分得点が正の河川に多く、ウグイは負の河

表-2 流域・河川の指標と出典

	指標	出典
流域・河川の物理指標	流域面積(km <sup>2</sup> )	河川便覧(文献10)
	河川延長(km)	
	河道密度(河川延長/流域面積)(km/km <sup>2</sup> )	
	平均河床勾配	
	河口緯度(°N)	地形図
	山地面積率(%)	国土交通省河川事務所概要等
水環境指標	流況	流量年表(文献11)
	水質	日本水質年鑑(文献12)
人為指標	流域人口密度(人/km <sup>2</sup> )	国土交通省河川事務所概要等
	河畔市街地率(%)	日本の河川環境(文献13)
	低水護岸整備率(%)	河川便覧(文献10)

川に多い傾向がある。両者が多く共存する河川やオイカワ、ウグイともに少ない河川ではゼロ前後の値になっている。

各河川の第1から第4主成分の主成分得点と流域・河川指標との相関係数を図-7に示す。ここで用いた各指標の出典等は表-2に示す。各指標の詳細は文献14)を参照されたい。

また、相関の有意性は以下の手順のように相関係数(r)が0、すなわち無相関であるとの帰無仮説が棄却できるかどうかで検定した。

- ①帰無仮説H<sub>0</sub>: 相関係数(r=0)、及び有意水準(α=0.05)の設定
- ②検定統計量値の算定(nは標本数、ここでは河川数で109)

$$t = r(n-2)^{1/2} / (1-r^2)^{1/2} \quad (2)$$

- ③P値(t分布による確率)の算出および判定

P値が有意水準(α=0.05)に比べて、小さければ帰無仮説は棄却されて相関係数は有意と判定する。以下、この判定を「P<0.05」で記述する。

第1主成分では主成分得点と緯度(河口地点)との相関係数が-0.80であり、もっとも相関が高い。各河川の主成分得点と河口緯度の関係を図-8に示す。同図より緯度(河口地点)と主成分得点が反比例の関係にある。一方、前述したようにオイカワは主成分得点が正の河川に多く、ウグイは負の河川に多いことから、オイカワは低緯度地域に多く生息し、ウグイはその反対の傾向にある。これは主要河川の魚種別構成比分布(図-1)の傾向とも合致している。主成分得点はこの他、河道密度(相関係数0.61)、DO(同-0.53)、最大比流量(同0.47)等との相関が高い。

第2主成分の寄与率は0.152である。オイカワ、ウグイは主成分得点が正の河川に多く、カワムツB型、フクドジョウ、エソウグイ、イトヨは負の河川に多い傾向にある。主成分得点は多くの河川で正であるが、カワムツB型の多い中部、近畿、中国、四国の河川やフクドジョウ、エソウグイ、イトヨの多い北海道の河川では小さい

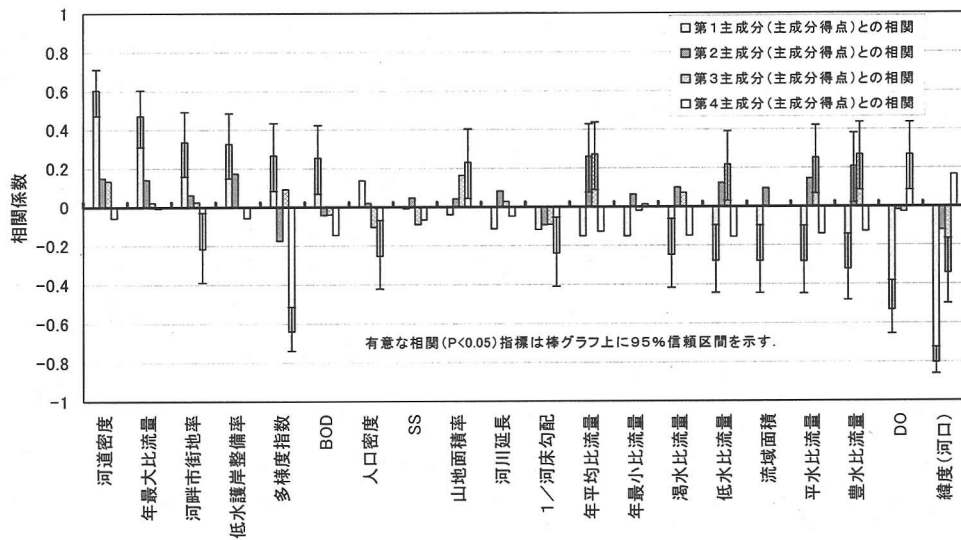


図-7 主成分得点と流域・河川指標との相関

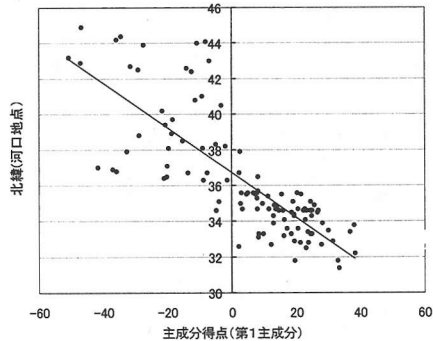


図-8 主成分得点(第1主成分)と緯度との関係

正值か負値となっている。特に前者の河川は青柳が魚類相からみて全国河川を区分した1つの「西南地方」(濃尾平野および日本海及び瀬戸内海へ流出する河川)に相当している<sup>15)</sup>。第2主成分での主成分得点と流域・河川指標の関係は、図-7に示すように相関が高い指標として年平均比流量(相関係数0.26)があげられる。

第3主成分の寄与率は0.102である。北海道に多いフクドジョウ、エゾウグイ、イトヨは主成分得点が負の河川に多い。また、主成分得点によって北海道の河川は、①主成分得点が正となる主に日本海(後志利別川を除く)及びオホーツク海(北東側の湧別川、渚滑川)に流出する河川、②主成分得点が負となる太平洋及びオホーツク海(南西側の常呂川、網走川)に流出する河川、にほぼ大別される。これは北海道の河川を地史的に札幌と苫小牧を結ぶ地域(黒松内低地帯)を境界にして「北海道東北部」と「北海道南西部」に区分した前川、後藤の結果<sup>16)</sup>とは異なる結果である。

第3主成分での主成分得点と流域・河川指標の関係は図-7に示すように、相関の高い指標として緯度(河口)(相関係数は-0.34)や年平均比流量(同0.27)、豊水比流量(同0.27)、平水比流量(同0.25)、低水比流量(同0.22)があげられる。

第4成分の寄与率は0.063である。第4主成分では多くの魚種の主成分得点は負であるが、多くの河川で優占種となっているオイカワ、ウグイ、カワムツB型などの固有ベクトルが正であるため、主成分得点が正值となる河川が多くなり、これらの魚種が多い河川ほど大きい主成分得点となっている。

第4主成分での主成分得点と流域・河川指標の関係は図-7に示すように、相関の高い指標として多様度指数(相関係数-0.64)やDO(同0.27)人口密度(同-0.25)、1/平均河床勾配(同-0.24)等があげられる。

## (2) 魚種別の相関分析

全国109河川の各魚種別構成比と流域・河川の指標(表-2)との相関を求めた。対象とする魚種は全国109の一級河川のうち50河川以上で生息している魚種31種に限定した。流域・河川指標ごとに正または負の有意な相関(P < 0.05)が得られた魚種を表-3に示した。なお、河床勾配は多くの場合、分子を1にした分数表示となっているため、この分母と各魚種の相関を求めた。

### a) 流域面積, 河川延長

正の相関を示す魚種はモツゴ、ニゴイ等であった。河川規模が大きくなれば、全体の魚類数や個体数は多くなり、正の相関となることは明らかであるが、特に上記の魚種が正の相関を示す理由は不明である。

表-3 流域・河川指標と魚種構成比の相関

指標	正の相関を示す魚種	負の相関を示す魚種
流域面積・河川延長	ウグイ、ニオイ、モツゴ	
河道密度	オイカワ、カマツカ、ギンブナ、カマツカ、トラフシノボリ、メダカ、ブラックバス	ウグイ、ドジョウ、ウキコリ、ヤマメ、スナヤツメ
1/平均河床勾配	ドジョウ	
河口緯度	ウグイ、ヤマメ、ドジョウ、ウキコリ、スナヤツメ	オイカワ、カマツカ、カマツカ型、ギンブナ、シマヨシノボリ、ドコ、メダカ、ヨコソバ
年平均最大比流量	オイカワ、シマヨシノボリ、メダカ、コクハゼ、ウナギ	ウグイ、ヤマメ、スナヤツメ
年平均比流量	ウグイ、アユ、スナヤツメ	
年平均最小比流量		
洗淨率	シマヨシノボリ、オオヨシノボリ	
山地面積率	アユ	ギンブナ、モツゴ、メダカ、ブルーギル
BOD	ギンブナ、モツゴ、コイ、メダカ、ブラックバス	ウグイ、アユ
SS	トラフシノボリ、コイ	
DO	ウグイ、ヤマメ、スナヤツメ	オイカワ、ギンブナ、カマツカ、モツゴ、シマドジョウ、コイ、メダカ
流域人口密度	モツゴ、タモロコ、コイ、ギンブナ、メダカ	
河畔市街地率	モツゴ、オイカワ、ギンブナ、タモロコ、コイ、メダカ、ブラックバス	ウグイ、ヤマメ
低水護岸整備率	オイカワ、ギンブナ、メダカ	ウグイ

(注) アンダーラインの魚種は相関係数が0.5以上のものを示す。

b) 河道密度 (河川延長/流域面積)

正の相関を示す魚種はオイカワ、メダカ等であり、負の相関を示すのはウグイ、ヤマメ等であった。

c) 1/平均河床勾配

正の相関を示す魚種はドジョウのみで、これは緩やかな河川に多く生息していることから妥当な結果と言える。他に顕著な相関がみられた魚種はなかった。

d) 緯度 (河口地点)

正の相関を示す魚種はウグイ、ヤマメ等であり、負の相関を示すのはオイカワ、カマツカ等であった。これは①日本列島が大陸と陸続きであった時期に各魚種の大陸等からの進入経路の違い (地史的要因)、②緯度の違いによる気温・水温の影響 (気象的要因) 等に起因していると考えられる。

e) 山地面積率

正の相関を示す魚種はアユで、負の相関を示す魚種はモツゴ、メダカ等であった。モツゴ、メダカ等は一般に中下流部の緩流部に多く生息していることから、妥当な結果と言える。

f) 流況

各流況指標との相関は、年最大比流量についてはオイカワ、シマヨシノボリ、ウナギ等が正の相関を示し、ウグイ、ヤマメ、スナヤツメが負の相関を示した。年最小比流量はいずれの魚種も顕著な相関は見られなかった。年平均比流量はウグイ、アユ、スナヤツメが正の相関を示した。

次に流量変化との相関を求めた。年間の流量変化を表す指標として「流況勾配」を用いた。「流況勾配」は式(3)のAで定義した。

$$\log q = B - At \quad (3)$$

式(3)は年間の日比流量  $q$  ( $m^3/s/100km^2$ ) とこれを

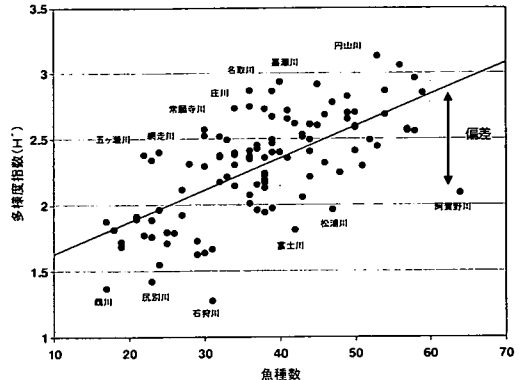


図-9 多様性指数と魚種数の関係 (挿入線は最小自乗法による線形回帰式)

大きい順に並べた場合の年間順位  $t$  (日) との関係を示したものである。ここでは、A, Bは河川ごとに、過去平均の豊水比流量 ( $t=95$ )、平水比流量 ( $t=185$ )、低比流量 ( $t=275$ )、渇水比流量 ( $t=355$ ) を用いて、これらを  $q$ ,  $t$  に代入して最小二乗法によって求めた。

「流況勾配」とは、シマヨシノボリとオオヨシノボリが正の相関を示した。これらは流量変化に好む魚種と考えられる。負の相関を示す魚種はなかった。

g) 水質

SS, BOD では正の相関、DO では負の相関を示す魚種が多い。

各魚種が水質から悪影響を受けるとすれば、多くの魚種は SS, BOD とは負の相関、DO とは正の相関を示すはずであるが逆の傾向を示している。この傾向を示したのは、①規模が大きい一級河川が対象である、②分析データは経年の平均値を用いた、等から、データの数値の範囲が限られており、極端な値がないことが理由の1つとしてあげられる。

h) 流域人口密度

正の相関を示す魚種はモツゴ、タモロコ、コイ等であった。これらは平地部の河川で多く見られる魚種である。負の相関を顕著に示す魚種はなかった。

i) 河畔市街地率

正の相関を示す魚種はモツゴ、タモロコ、コイ等であり、負の相関を示すものはウグイ、ヤマメであった。

j) 低水護岸整備率

正の相関を示す魚種はオイカワ、ギンブナ、メダカであり、負の相関を示すものはウグイであった。正の相関を示す魚種は低水護岸の設置など人工改変の進んだ河川でも多く生息していることから人為インパクトに強い魚種と考えられる<sup>17)</sup>。

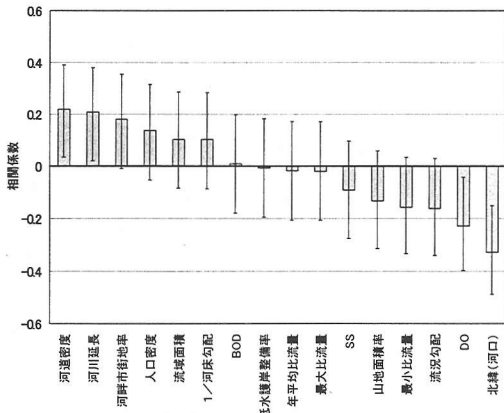


図-10 多様度指数と流域・河川指標の関係 (95%信頼区間を併記)

### 5. 多様度指数による河川別魚類相の分析

#### (1) 多様度指数と魚種数

各河川の魚種別捕獲個体数を用いて、式(1)で各河川の魚類についての多様度指数を求めた。図-9に全国の一級河川について多様度指数と魚種数(純淡水魚+回遊魚)の関係を示す。全体として魚種数が大きいほど多様度指数が多い傾向が見られる。しかし、円山川、嘉瀬川、名取川、庄川、常願寺川、網走川、五ヶ瀬川などでは魚種数は少ないが多様度指数が大きい。反対に阿賀野川、松浦川、富士川、石狩川、鶴川、尻別川などでは魚種数が多いわりに多様度指数は小さい。これらの理由を探るため、魚種数と多様度指数から求めた線形回帰式を用いて「多様度指数値の線形回帰式からの差分」(偏差)(図-9参照)を求めて、これと流域・河川指標(表-2)との相関を求めた。その結果、流域面積については有意な負の相関(-0.22) ( $P < 0.05$ ) が得られた。これは魚種数については流域面積が大きくなるほど大きくなることが知られているが<sup>10)</sup>、多様度指数ではそのようになっていないことを示している。図-9の阿賀野川、石狩川などはその例である。

また、この偏差と主要魚の魚種別構成比の相関を求めたところ、ヌマチチブ、カマツカ、アユ、トウヨシノボリについては有意な正の相関 ( $P < 0.05$ ) を示し、ウグイ、エゾウグイ、フクドジョウについては有意な負の相関 ( $P < 0.05$ ) を示している。これより、図-9の円山川、名取川、五ヶ瀬川等は前者の確認魚種数が少ないわりには多様度指数の大きい河川の例、石狩川、尻別川などは後者の確認魚種数が多くても多様度指数の小さい河川の例にあげることができる。

#### (2) 多様度指数と流域・河川指標

表-2の河川・流域指標と多様度指数との相関係数を求

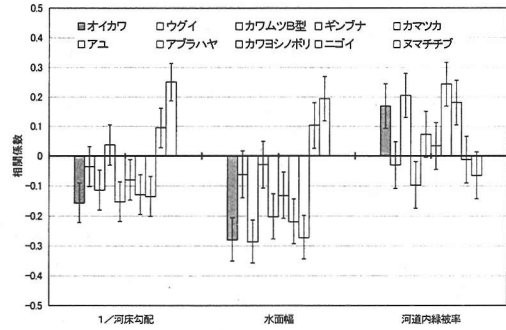


図-11 主要魚種と河道特性の関係

めた。その結果を図-10に示す。同図には相関値を棒グラフで示すとともに95%信頼区間を棒グラフ上に示した。これらより多様度指数と相関が正となる指標は河川延長、河道密度であり、相関が負の指標は緯度(河口地点)、DOであることが示された。また、流況指標については有意ではないがどの指標も負の相関を示した。これらから、①河道密度は単位面積あたりの河道延長であることから流路が密なほど多様度指数が大きくなる、②河川(河口地点)の位置が北にあるほど多様度指数は小さくなる、③DOが大きいほど多様度指数は小さくなる、などの傾向が示された。DOが大きいほど通常は多様度指数が大きくなると考えられるが、逆に多様度指数が小さくなる傾向となった。これは1河川で1測定地点(中下流)のデータで代表させているため、中下流でDO値が小さくても上流部ではDO値は大きいことも多く、河川縦断方向でその変化が大きく魚類の多様度も大きくなる可能性があること、前述4(2)g)で述べた①、②、等の理由が考えられるが、詳細は今後の課題である。

### 6. 調査地点別魚類相と河道特性

#### (1) 分析方法

ここでは調査地点別データに着目し、河道の縦断特性と魚類相の関係を地点ごとに分析する。

ただし、各調査地点の魚類調査データは個別にみると瀬や淵等の河道形状と対応したものになっておらず、また、約10km間隔の調査データであるため、瀬や淵等の河道形状等との関係を求めるには間隔が荒すぎるなどの問題点がある。

このため、全国109の一級河川の魚類データを用いて、統一した河道指標と組み合わせ、全国109河川データを一括して分析することにより魚類相と河道特性の関係を比較評価することにする。

魚類相の指標は本川に沿って連続した調査地点での魚種別構成比と多様度指数を用いる。調査地点数は10kmピ



ツチで荒いが全国109の一級河川を合わせると842地点となる。

河道の統一した指標については、山本は河川工学の視点から河道特性を規定する要素として、「河床勾配」、「河床材料」、「平均年最大流量」をあげている<sup>10)</sup>。このうち、「河床材料」は全国109の一級河川において必ずしも統一的に求められていないこと、また、「平均年最大流量」は魚類調査地点別に測定されていない等の理由から今回の指標にできない。このため、ここでは上記2指標に代えて「水面幅」（河川水辺の国勢調査（植物調査）の際の値）、「河道内緑被率」をとりあげて、これらに「河床勾配」を加えて3指標を河道特性の代表指標とすることにした。「河道内緑被率」は河道内の植生指標であり、河道内（堤防は除く）の草木類や木本類など緑地（果樹園や田畑の利用地は除く）の占める比率である。この値は「河川水辺の国勢調査（植物調査）」で河道縦断方向に1 kmピッチで河道内の植物群落分布及びその面積が求められており、これより算定した。

また、各河道の縦断方向の位置や特性を共通に表すことができる指標として、①河川生態学で用いられている「河川形態型」による分類、②河川工学で用いられている「河道セグメント」区分がある。本研究では両者を河

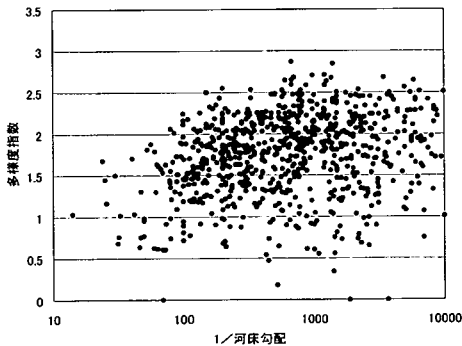


図-12 「1/河床勾配」と多様度指数の関係

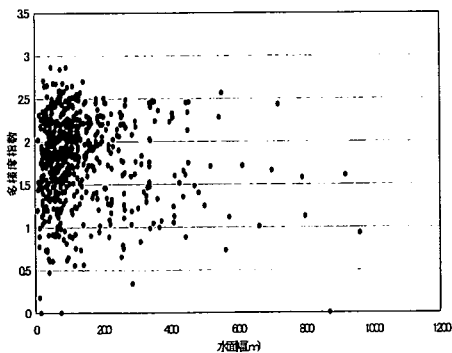


図-13 水面幅と多様度指数

道縦断の指標として魚類相との関係进行评估する。

## (2) 主要魚種と河道特性

全国での捕獲個体数のうち多く捕獲された魚種から上位10魚種を対象魚種にして、調査地点ごとに「各魚種の個体数構成比」と「1/河床勾配」、「水面幅」、「河道内緑被率」との相関を求めて図-11に示す。相関値は棒グラフ、その95%信頼区間は棒グラフ上の幅で表示した。

「1/河床勾配」については、ヌマチチブ、ニゴイ、が有意な正の相関 ( $P < 0.05$ ) を示して、オイカワ、カマツカ、カワムツB型、アブラハヤ、カワヨシノボリが有意な負の相関 ( $P < 0.05$ ) を示している。正の相関を示す魚種は下流に多く生息しており、下流ほど河床勾配が緩やかであることから妥当な傾向である。

「水面幅」についてもヌマチチブ、ニゴイは有意な正の相関 ( $P < 0.05$ ) を示し、オイカワ、カワムツB型、カワヨシノボリ等多くの魚種が有意な負の相関 ( $P < 0.05$ ) を示した。負の相関を示す魚種は水面幅の大きい河口部に多く生息する傾向があることから妥当な結果である。

「河道内緑被率」については、オイカワ、カワムツB型、アブラハヤ、カワヨシノボリが有意な正の相関 ( $P < 0.05$ ) を示し、ギンブナのみが有意な負の相関を示したが相関値は小さい。緑被率は多くの魚種の生息にプラスの効果があることが示された。

## (3) 多様度指数と河道特性

調査地点ごとに「多様度指数」と「1/河床勾配」、「水面幅」、「河道内緑被率」との相関を求めた。

### a) 河床勾配

多様度指数と「1/河床勾配」の関係を図-12に示す。極めてバラツキが大きいものの、河床勾配が緩いほど多様度指数が大きくなる傾向が見られる。log (1/河床勾配) とした場合の相関は+0.11で有意 ( $P < 0.05$ ) であった。ただし、河床勾配が1/1000~1/5000で多様度指数は

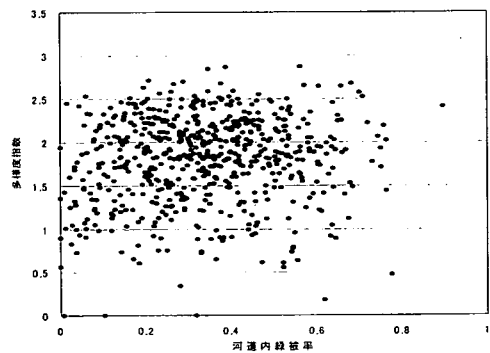


図-14 河道内緑被率と多様度指数

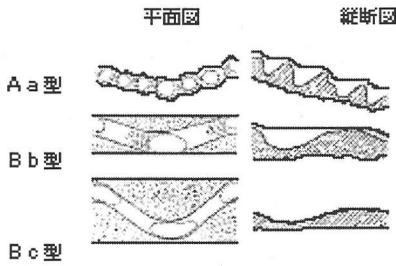


図-15 「河川形態」の分類 (文献8より引用)

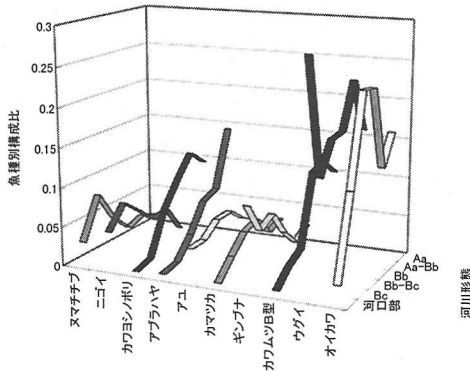


図-16 「河川形態」別の主要魚種の個体数均構成比 (主要10魚種)

頭打ちからやや下降傾向を示しており、最大でも3程度であった。

#### b) 水面幅

多様性指数と水面幅の関係を図-13に示す。水面幅が大きくなると多様性指数が小さくなるが、その傾向は顕著ではない。相関係数は-0.10で有意な相関 ( $P < 0.05$ ) であった。

#### c) 河道内緑被率

多様性指数と河道内緑被率の関係を図-14に示す。バラツキがあるものの河道内緑被率が大きくなるとともに多様性指数も大きくなる傾向にある。これは河道内緑被率が大きいと魚類の隠れ場や餌場が多くなるためと考えられる。相関係数は+0.11で有意な相関 ( $P < 0.05$ ) であった。

### (4) 魚類相と河川形態

#### a) 河川形態による分類

河道の縦断特性と魚類相の定量関係について、河川生態学では個別河川における調査例はあるが統一的には十分解明されていない現状にある。

可見は図-15に示すように河川形状を「蛇行区間における瀬と淵の分布」と「瀬から淵への流れこみ方」の2つ

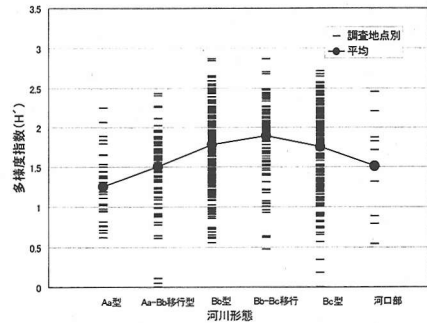


図-17 河川形態別の多様性指数

の特徴を組み合わせ、Aa型、Bb型、Bc型、及びAa-Bb移行型、Bb-Bc移行型、その他(湛水部や河口部)の6つに分類しており、これは「河川形態型」と呼ばれている<sup>8)</sup>。Aa型およびAa-Bb移行型は上流部に、Bb型およびBb-Bc移行型は中流部に、Bc型および河口部は下流部に多く存在する。

ただし、これらの分類型と河川水理学的特性との関係はまだ十分整理されていない<sup>19)</sup>。

#### b) 河川形態型と魚種別構成比

前述(2)で用いた対象10魚種の構成比と河川形態型との関係を調べた結果を図-16に示す。縦軸は各魚種、各河川形態に該当する調査地点の魚種別構成比を平均したものである。なお、該当調査地点で対象魚種の構成比が0の場合、その調査地点のある河川の全調査地点でその魚種の構成比が0であれば平均の対象に加えないが、その河川の1地点でもその魚種がいれば該当調査地点が0であっても平均の対象に加えることにした。

オイカワ、ウグイは河道縦断的に広く生息している。オイカワはBb-Bc移行型及びBb型で最も多く、上流のAa型や河口部は少なくなっている。一方、ウグイは河口部及びAa-Bb移行型に多く生息しており、生息の多い区域が2山になっている。これは陸封型と降海型が生息しているためと考えられる。カワムツB型、カマツカはオイカワの分布に近い。また、キンブナ、ニゴイは2山ではないがウグイの分布に近い。カワヨシノボリ、アブラハヤAa型、Aa-Bb移行型、Bb型に偏っている。アユは比較的均等に分布している。なお、対象とした全調査地点数842のうちAa型は37地点、Aa-Bb移行型は85地点、Bb型は340地点、Bb-Bc移行型は117地点、Bc型は243地点、河口部は9地点、不明は20地点であった。

以上のように魚種別構成比と河川形態の関係を実量的に整理して、マクロではあるが河川形態の違いによる魚類相の変化を求めることができた。

#### c) 河川形態と多様性指数

河川形態と多様性指数の関係を求めた結果を図-17に示す。調査地点別の多様性指数は極めてバラツキが大き

表-4 河道のセグメント区分

地形区分	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			セグメント2-1	セグメント2-2	
山間地		扇状地	谷底平野	自然堤防帯	デルタ
河床の代表粒径	様々	2cm以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm以下
河床勾配	様々	1/60~1/400	1/400~1/5000	1/5000~	
低水路の水深	様々	0.5~3m	2~8m		3~8m

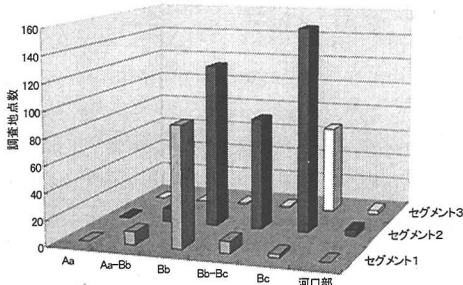


図-18 「河道セグメント」と「河川形態」の関係

い. 河川形態別の平均多様度指数は河川形態別の最大は「Bb-Bc移行型」で1.9, 最小は「Aa型」で1.3であった。

(5) 魚類相と河道セグメント

a) 河道セグメント区分

複数の河川について上下流方向(縦断方向)の特性を比較する場合、「経験的な上流, 中流, 下流区分」や「河口からの距離」では客観性のある定量的な指標とはなりにくい。それに対して山本は河道の縦断特性について、河床勾配を主要素にした「河道セグメント」の区分を提案している<sup>18)</sup>。

河道セグメントは前述のように河床勾配主体に区分されるが、当然ながら河床材料, 河岸物質, 蛇行速度, 河岸侵食程度, 水深とも関連している。各河道セグメントとその特徴を表-4に示す。ここでは全国河川を取り扱う関係上, 単純にセグメント1~セグメント3の3区分とした。

b) 河道セグメントと河川形態の関係

全国109河川での河道セグメントと河川形態の位置関係を図-18に示す。すなわち, セグメント1では河川形態Bb型, セグメント3では河川形態Bc型と主要な対応関係になっている。また, セグメント2では河川形態Bb, Bb-Bc, Bcの3つに分かれた関係になっており, 多様な河川形態を呈している。

また, 各河川形態からみると, Bb型はセグメント1とセグメント2に, また, Bc型はセグメント2とセグメント3にまたがって多く存在していることがわかる。

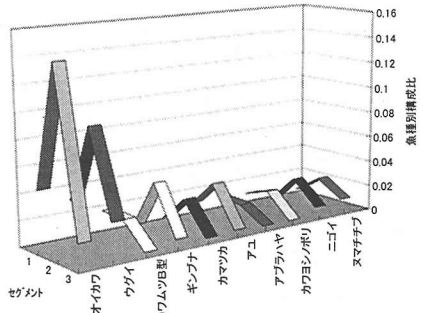


図-19 河道セグメント別の魚種別構成比(主要10魚種)

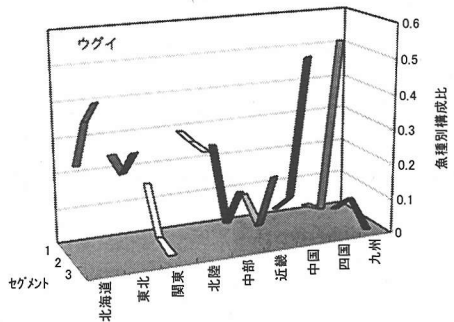
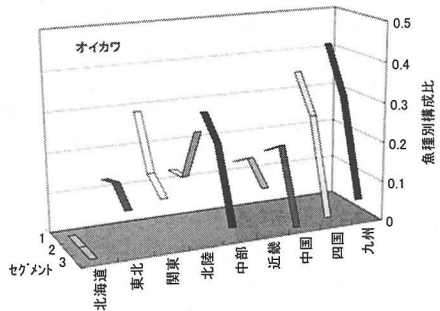


図-20 地域別・河道セグメント別の個体数構成比(オイカワ及びウグイ)

c) 魚種別構成比との関係

前述(2)(4)と同様に対象10魚種について、河道セグメント区分と平均的な魚種別構成比の関係を図-19に示す。なお、縦軸の値は河川形態と同様である。カワムツB型とアブラハヤはセグメント1で最も分布が大きくなっているが、その他多くの魚種ではセグメント2が最大である。ヌマチチブ, ニゴイ, ウグイではセグメント1にも全体個体数の20%程度が分布している。全国的にはどの魚種もセグメント2において構成比が大きくなる傾向がある。

以上は全国平均の結果であるが、地域によって差異があるはずであり、地域別に同様の関係を求めることも有用と考えられる。図-20はオイカワとウグイを例にとって

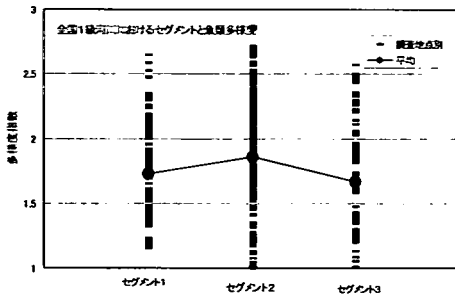


図-21 「河道セグメント」別の多様度指数

地域別の関係を示した。

地域別にみると、オイカワはセグメント1でも構成比が大きい地域があり、関東、中部、四国、九州で顕著である。また、ウグイはセグメント3でも構成比が大きい地域があり、北海道、中国、四国で顕著となっている。

#### d) 多様度指数との関係

図-21は河道セグメントと多様度指数の関係を示すが、大きなバラツキがみられる。特にセグメント2でバラツキが大きいのは、①セグメント2には谷底平野、自然堤防帯、デルタと多くの地形区分を含まれ、河道構造も多様であること(表-4)、②様々な河道セグメント以外の要因も影響していること、等が考えられる。多様度指数をセグメント別に平均値と比較するとセグメント2で最大(1.9)となっている。これはセグメント2の区間が前述したように、河床材料や河道形状も多様な区間であるため、多様度を高める要因にもなっているものと考えられる。

## 7. まとめ

本研究は河川水辺の国勢調査結果を用いて、マクロな視点から統一的に全国の河川の魚種データを分析したもので、現時点の日本の魚類相を統計的に評価できたと考えている。全国109の一級河川の魚類相や河川の特性との関係について主な成果は以下のとおりである。

(1) 全国109の一級河川で捕獲確認された魚種は183種で、捕獲個体数の多い魚種はオイカワ、ウグイ、カワムツB型、ギンブナ、カマツカの順で、これら5魚種で全体の50%を占めている。また、これら1魚種だけでその比率(構成比)が60%以上の河川もある。オイカワは北海道以外の全国で広く生息しており、特に西日本に多い、また、ウグイは東日本が多く、カワムツB型は中部、近畿、中四国の一部で多いことが確認された。

(2) 全国109の一級河川の魚種別構成比に対して主成分分析を行って、魚類相の特性が4つの主成分(累積寄

与率0.754)で表現することができた。第1主成分値は寄与率が0.436と最も大きく、緯度(河口地点)や河道密度と高い相関があった。第2及び第3主成分値は多くの河川で正の値を示すが、中部、近畿、中四国の一部(第2主成分)及び北海道の一部(第3主成分)の河川で負または正の小さい値を示して、カワムツB型(北海道ではフクドジョウ、エゾウグイ、イトヨ)が多いことがわかった。第4主成分値では多様度指数と負の相関が認められた。また、魚種別に流域・河川要因との相関分析を行った結果、オイカワは河浜市街地率、低水護岸整備率とは正の相関を示し、DOとは負の相関を示すなど人為インパクトに強い傾向がみられたが、ウグイは反対にDOとは正の相関を示し、BO、D、河浜市街地率、低水護岸整備率とは負の相関を示すなどの結果が得られた。

(3) 魚類の多様度指数と流域・河川指標との相関を求めたところ、河川延長、河道密度が正の相関を示し、緯度(河口地点)、DOが負の相関を示した。

(4) 魚類相と河道特性の関係では、魚種別構成比と河川形態及び河道セグメントの関係にそれぞれ特徴がみられた。また、多様度指数では「Bb-Bc移行型」及び「セグメント2」で大きくなる傾向が見られた。

河川水辺の国勢調査は開始から10年余を経ているが、現段階でそのデータの研究的価値や評価については多くの意見や議論がある。本研究はいわば“小異を捨て大同に立つて”マクロ的な分析を行ったものである。

今後、河川環境の定量的評価手法を確立するためには、魚類以外の生物にも分析を広げることや生物相互間の関係などの検討を行い、多くの個別河川での詳細調査の結果も取り入れながら生態系全体を取り込めるモデルの構築が必要である。特に、河道特性には「蛇行区間単位」、「瀬や淵の単位」、さらには河床材料に着目したミクロなスケールまで様々な見方があり、スケールに応じた研究を進める必要がある。また、今後の河川水辺の国勢調査の活用については、データの蓄積や様々な分析がなされて、それらの成果が今後の調査にフィードバックされて調査手法の改善につながり、客観性のある河川環境評価が可能となることが望まれる。

謝辞：以上の解析においては国土交通省河川局河川環境課監修、(財)リバーフロント整備センター編集、山海堂発行の平成2・3年度から平成11年度までの「河川水辺の国勢調査年鑑」のデータを使用した。これらの調査とりまとめに携わった関係者各位に感謝の意を表す。

#### 参考文献

1) たとえば、鷺谷いづみ、矢原徹一：保全生態学、文一総合出

- 版, 1996. 3.
- 2) 環境省編: 新生物多様性国家戦略, ぎょうせい, 2002. 8.
- 3) 国土交通省河川局監修, (財) リバーフロント整備センター編集: 河川水辺の国勢調査年鑑(平成2・3年度~平成11年度), 山海堂, 1993~2001.
- 4) 建設省河川局河川環境課監修: 河川水辺の国勢調査マニュアル・河川版(生物調査編), (財) リバーフロント整備センター, 1997. 4.
- 5) たとえば, 植田和弘監修: 地球環境キーワード, 有斐閣, 1994. 9.
- 6) たとえば, 木元新作, 武田博清: 群集生態学, 共立出版, 1989. 6
- 7) たとえば, (財) リバーフロント整備センター編: 川の生物図典, 山海堂, 1996. 4.
- 8) 沼田真監修, 水野信彦, 御勢久右衛門著: 河川の生態学, 築地書館, 1993. 4.
- 9) たとえば, 田中豊, 脇本和昌: 多変量解析法, 現代数学社, 1983. 5.
- 10) (社) 日本河川協会監修: 河川便覧(平成6年版), 国土開発調査会, 1994. 9.
- 11) 建設省河川局: 流量年表, (社) 日本河川協会.
- 12) (社) 日本河川協会編: 日本水質年鑑, 山海堂, 2000. 4.
- 13) 環境庁: 日本の河川環境, 大蔵省印刷局, 1989.
- 14) 佐合純造, 永井明博: 河川水辺の国勢調査を用いた全国河川の魚種数の特性とその評価手法, 土木学会論文集, No. 727/VII-26, 2003. 2.
- 15) 青柳兵司: 日本列島産淡水魚類総説, 大修館書店, 1957. 2.
- 16) 前川光司, 後藤晃: 川の魚たちの歴史, 中央公論社, 1982. 4.
- 17) たとえば, 森下郁子, 森下雅子, 依理子: 川のHの条件—陸水生態学からの提言, 山海堂, 2000. 10.
- 18) 山本晃一: 沖積河川学, 山海堂, 1994. 9.
- 19) 玉井信行, 奥田重俊, 中村俊六編: 河川生態環境評価法, 東京大学出版会, 2000. 3.
- 20) 佐々木寧: 河川環境評価手法に関する基礎的研究, 埼玉大学工学部建設工学科都市環境工学研究室, 2002. 3.

(2003.1.7受付)

## RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL CHARACTERISTICS OF RIVER AND FISH SPECIES DIVERSITY IN THE CLASS A RIVER OF JAPAN

Junzo SAGO and Akihiro NAGAI

We investigated the database of fish species in the National Census on the Environment by statistical analysis. A summary of this study is given as follows. (1) The number of fish species found in Class A rivers was 183 and the major five species accounted for 50% of the total. (2) The proportion of fish species can be represented by four principal components with 0.754 of contribution rate in principal component analysis. (3) Variation of the proportion and diversity index of fish species can be quantitatively estimated by adopting classification of river morphology and segment of river longitudinal profile as explanatory indexes. (4) The diversity index of fish species has a significant correlation with the slope of river bed and the ratio of vegetated area in the river area.