

河川水辺の国勢調査に基づく 魚類生息場の定量的評価に関する研究

STATISTIC ANALYSIS ON QUANTITATIVE EVALUATION OF FISH HABITAT IN THE RIVER
BASED ON "NATIONAL CENSES ON RIVER ENVIRONMENT"

水野伸一¹・笹本 誠²・堺 茂樹³・冨樫 守⁴

Shinichi MIZUNO, Makoto SASAMOTO, Shigeki SAKAI and Mamoru TOGASHI

¹正会員 工修 日本建設コンサルタント株式会社 (〒980-6016 宮城県仙台市青葉区中央4-6-1)

²正会員 岩手大学 工学部 建設環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3-5)

³正会員 工博 岩手大学 工学部 建設環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3-5)

⁴正会員 国土交通省 東北地方整備局 能代河川国道事務所 (〒016-0802 秋田県能代市川反町9-3)

In order to evaluate the habitat of the fish inhabiting the river, it is necessary to know the relation between the amount of habitations of a fish, and the physical characteristic of a habitat. "National Censes on River Environment" contains information about plants and animals as well as the physical features of rivers in a certain format. In the present study, the dominant physical attributes forming a fish habitat in various rivers of the large area in Japan are discussed by using the above database.

The population of fishes (for example *Carassius gibelio langsdorfi*) and physical characteristic in each river are approximated by a regression function which is derived from a multiple regression analysis. Contribution of the physical characteristic to the quantity of fishes in a different district is compared, and the feature for every area is described. And district feature is described by result from a principal component analysis. CPUE (Catch per Unit Effort) is proposed to standardize the amount of fishes capture and is used in analysis shown above.

Keywords: *National Censes on River Environment, fish habitat, CPUE, multiple regression analysis, principal component analysis*

1. 緒言

河川の魚類生息環境評価に関する研究は、我が国においても広く研究されるようになった。その多くは局所的な観測に基づく魚類現存量の把握を軸とした研究、IFIM(Instream Flow Incremental Methodology)¹⁾に代表される、生息場ポテンシャルの評価に関する研究である。IFIMやその他、詳細な現地観測や実験に基づく魚類の定量的評価^{2,3)}は最も現実的であり、対象となる個々の箇所については理想的な方法であるといえるが、観測範囲が制限されることが多いために研究成果を他の事例に適用することが難しい。また、IFIMなどの生息場評価手法は水理計算と選好曲線を必要とするため、河道特性の観測データと多くの時間を必要とする。本研究では、現場の

技術者が少人数で分析可能な程度のより簡易な手法の開発を目指す第一歩として、全国の一級河川における魚類の生息状況と、生息環境を構成する物理特性との関係の地域的特長について検討する。また、国土交通省が実施している「河川水辺の国勢調査」の成果は、これまで多くの研究活動に活用されてきたが、そのほとんどが定性的な分析かチェックリストとしての利用方法であった。しかし、「水辺の国勢調査」によって観測されている魚類データと、同時に観測されている物理環境データは、わが国の一級河川全水系を網羅した唯一の資料であり、ある程度の不確かさを許容すれば量的な議論も可能な資料であると考えられる。そこで本研究では、「水辺の国勢調査」による定量的解析の可能性を探ることを目的として、資料の利用方法についても考察を行う。

2. 研究概要

(1) 概要

「河川水辺の国勢調査」の報告書に記載されたデータを用いて、まず全国各地の魚類採捕状況の概要をまとめる。採捕された魚類の種類数、各種の個体数と、「河川水辺の国勢調査」で同時に観測されている物理特性との関係を相関分析、重回帰分析によって調べ、その地域特性等の検討を行う。

また、「河川水辺の国勢調査」報告書の記載様式に着目し、様式の違いによる統計分析の結果や精度への影響について検討する。

(2) 河川水辺の国勢調査

「河川水辺の国勢調査」は国土交通省が、平成2年度より全国の1級河川109水系において、河川環境に関する基礎情報を系統的に整備し河川事業・河川管理等に資するために行っている河川環境調査である。瀬と淵の分布など河道特性調査のほか、魚介類、底生動物、植物、など6種類の生物調査を行っており、各調査は各々5年に一度実施されている。「河川水辺の国勢調査」は、全国規模で行われている唯一の河川環境調査であり、観測項目も多岐にわたる非常に貴重な資料であるといえる。しかし、同調査の「魚介類調査編」は「魚類相の把握」を第一の目的とするものであるため、この資料を用いた研究⁴⁾の多くは定性的なもので、定量的な分析を行った研究報告⁵⁾⁶⁾は少ない。

「河川水辺の国勢調査」の報告書は、全国で統一されたマニュアルに従って実施されている。現在では「平成9年度版河川水辺の国勢調査マニュアル」⁷⁾の様式で調査報告が行われているが、以前は平成5年度版のマニュアルを用いており、両者の間には調査票や整理様式にいくつかの違いが見られる。

(3) 対象河川

本研究では、全国の各地方の1級河川を対象とし、中でも比較的観測地区（ステーション）数が多く、欠測等が少ない河川の調査報告資料を用いて検討を行った。なお、斐伊川や岩木川等大きな河口湖をもつ河川や琵琶湖水系の一部は特殊な物理環境であると考えて、本検討では対象としなかった。

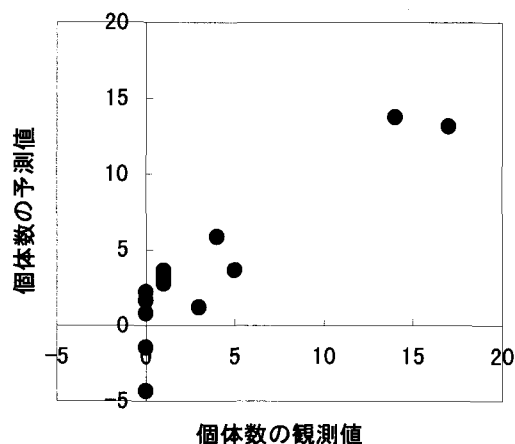
表-1に、本研究で検討を行った河川名を示す。全43河川分の「水辺の国勢調査」報告書で、管理事務所の違いのために「上流・下流」などと分かれている場合も、調査方法や精度の整合を考えると、今回は敢えて別個に検討した。

表-1 対象河川と出現頻度の高い魚種

地方	河川名	年度	最も出現率が高い魚種（50%以上）		
			春	夏	秋
東北	赤川	H9	ウグイ	ウグイ	ウグイ
	北上川	H12	—	ウグイ	ウグイ
	馬淵川	H10	ウグイ	ウグイ	オイカワ
	最上川下流	H9	なし	なし	なし
	最上川中流	H9	ウグイ	ウグイ	ウグイ
	鳴瀬川	H10	—	ウグイ	ウグイ
	名取川	H9	ヌマチチブ	アブラハヤ	オイカワ
	雄物川	H12	ニゴイ	—	マハゼ
関東	高瀬川	H11	ジュズカケハゼ	—	ジュズカケハゼ
	富士川	H10	オイカワ	—	オイカワ
	利根川	H10	オイカワ	オイカワ	オイカワ
北陸	梯川	H11	—	ウグイ	アブラハヤ
	姫川	H10	ウグイ	ウグイ	ウグイ
	小矢部川	H11	—	ウグイ	ウグイ
	手取川	H12	アユ	—	ウグイ
中部	揖斐川下流	H12	—	ウグイ	ウグイ
	揖斐川上流	H12	—	アユ	オイカワ
	木曽川上流	H11	—	オイカワ	オイカワ
	長良川下流	H12	—	ニゴイ	オイカワ
	長良川上流	H12	—	ウグイ	ウグイ
	雲出川	H12	オイカワ	オイカワ	オイカワ
	宮川	H9	オイカワ	ゴクラクハゼ	オイカワ
	大井川	H11	ヌマチチブ	ヌマチチブ	ウグイ
	庄内川	H9	—	ニゴイ	オイカワ
	鈴鹿川	H10	オイカワ	オイカワ	オイカワ
	天竜川下流	H9	アユ	—	オイカワ
	天竜川上流	H9	ウグイ	—	ウグイ
近畿	猪名川	H12	オイカワ	—	オイカワ
	揖保川	H10	カワヨシノボリ	カワヨシノボリ	カワヨシノボリ
	加古川	H9, 10	オイカワ	オイカワ	オイカワ
	紀ノ川	H9	オイカワ	オイカワ	オイカワ
	北川	H12	—	—	カワムツB
	大和川	H12	—	ギンブナ	オイカワ
	木津川	H11	なし	オイカワ	オイカワ
	瀬田川	H9	なし	ブルーギル	ブルーギル
中国	江の川	H10	オイカワ	カワムツB	オイカワ
	太田川	H12	—	カワムツB	オイカワ
	小瀬川	H9	—	オイカワ	オイカワ
	高津川	H10	なし	なし	なし
	高梁川	H9	—	オイカワ	オイカワ
	天神川	H10	アユ	オイカワ	カワムツB
四国	土器川	H11	—	カワヨシノボリ	カワヨシノボリ
	仁淀川	H12	アユ	オイカワ	オイカワ
	四万十川	H9	ゴクラクハゼ	ボラ	ウロハゼ
九州	五ヶ瀬川	H12	オイカワ	オイカワ	オイカワ
	菊池川	H13	オイカワ	オイカワ	オイカワ
	川内川	H11	カマツカ	オイカワ	オイカワ

表-2 魚類採捕方法と、観測されている物理特性

魚類の採捕方法		物理特性の観測項目
投網	延縄	水温[℃]
タモ網	どう	流速[cm/s]
刺網	セルビん	河口からの距離[km]
定置網		河床勾配
地曳網		水深[m]



図一 平成10年度夏季鈴鹿川におけるタモロコ捕獲個体数の観測値と予測値

3. 魚類生息量予測手法の検討

(1) 各河川における採捕状況の概要

全国の河川における魚類と生息環境との関係について検討する際に、指標とする種を選定する必要がある。一般的には、水系ごと、あるいは水系内の地域ごとに代表種を決め、その出現の有無等による生息場の評価が行われているが、この場合には代表種として、絶滅危惧種等貴重種、優占種、外来種等で優劣をつけていることが多い。しかし本研究では魚類と生息環境の量的な関係について検討することを目的としているため、魚類調査においてある程度の出現頻度を有する種を用いる必要がある。

そこでまず、対象河川ごとに出現頻度が50%以上の魚種を調べ、中でも最も多く出現した種を季節ごとに分けて表一1にまとめた。採捕方法は、投網とタモ網を主とし、調査箇所環境に合わせて表一2に示す方法の中で適切な方法を随時選択している。なお、表中の「-」は調査自体を行っていないことを表し、「なし」は50%以上出現する魚種がないことを表している。

各地の結果を概観すると、ほとんどの地域でオイカワ (*Zacco platypus*) とウグイ (*Leuciscus hakonensis*) が優占していることがわかる。アユ (*Plecoglossus altivelis*) は秋にはどの河川でも観測されていないが、これは秋季がアユの産卵期に当たるためであると推測される。また、瀬田川には他では見られないブルーギル (*Lepomis macrochirus*) とブラックバス (*Micropterus salmoides salmoides*) が優占しており、外来種の移入が進んでいることがわかる。これらは琵琶湖にスポーツフィッシング用に移入された個体が流出して定着したものと推測される。

表一3 重回帰分析結果

変数名		偏回帰係数	標準偏回帰係数	P値
河床勾配	X1	2357.155	0.697	0.001
流速 (cm/s)	X2	-0.068	-0.621	0.004
水深 (cm)	X3	-0.127	-0.521	0.010
定数項	C	7.822		0.028

$$Y=X1+X2+X3+C$$

なお、この表に記した魚種の他にも、多い河川では10種程度の魚類が50%以上の調査地区で出現しており、以下の検討ではそれらも含めて統計解析等を実施した。

(2) 統計的手法による評価

前節で検討した魚種の採捕個体数について、表一2に示す生息環境を構成する物理特性との関係について調べると同時に、重回帰分析を行った。

まず各物理特性と対象魚種の個体数の散布図を描き、この包絡線を一種の選好曲線と考えて、最適値からの残差を求めた。ここで求めた残差を物理特性の変数として、重回帰分析に使用した。

重回帰分析は、複数の説明変数と一つの目的変数との関係を一次式の形で示すことのできる多変量解析の一種である。本節では重回帰分析を利用して、魚種の採捕個体数と生息環境の物理特性との関係を探る。

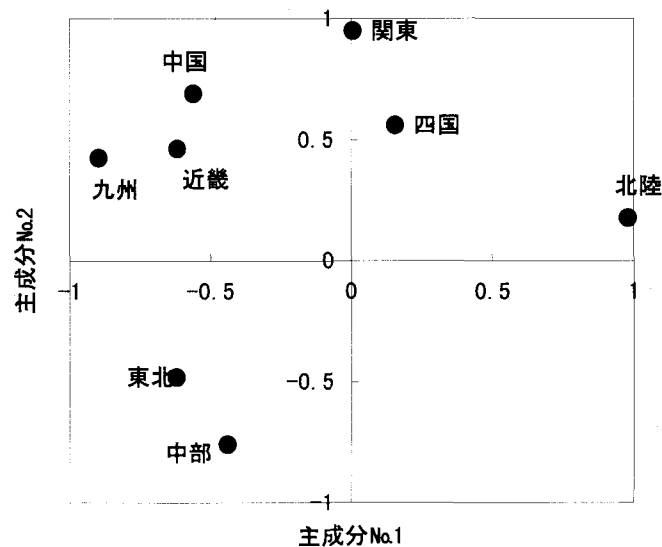
目的変数には表一1に示した魚種をはじめ出現頻度が50%を越えるすべての魚種の個体数を用い、説明変数には表一2に示す項目の、最適値からの残差を使用する。表一2の項目から予測式に用いる変数を選択する方法は、偏回帰係数のF値による増減法に従った。

(2) 結果

出現頻度の高い魚種について、表一2に示す物理特性との重回帰分析を行い、河川ごとにいくつかの有意と考えられる結果を得た。各地方とも、重相関係数0.7以上の結果が得られ、北陸と九州を除いては、いずれも0.9以上の高い相関を得たケースがあった。図一1は重回帰分析結果の一例である。これは平成10年度夏季に鈴鹿川において実施された「水辺の国勢調査」報告書のデータを用いて、タモロコ (*Gnathopogon elongates elongatus*)

表－４ 重回帰分析の結果、選択された物理特性の頻度

	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	合計
距離	0.55	0.75	0.22	0.45	0.50	0.57	0.46	0.46	0.49
勾配	0.30	0.50	0.67	0.43	0.31	0.48	0.54	0.15	0.40
水深	0.35	0.50	0.11	0.48	0.56	0.62	0.31	0.38	0.44
水温	0.55	0.25	0.33	0.50	0.38	0.24	0.23	0.15	0.38
流速	0.20	0.75	0.67	0.45	0.50	0.38	0.31	0.15	0.39



図－２ 魚類生息量と物理特性との関係の地域特性に関する主成分得点

と物理特性との関係について重回帰分析を行った結果の観測値と予測値であり、表－３はその重回帰式と係数、P 値である。これは比較的精度のよい結果が得られた例であるが、このような計算を、抽出した全魚種について繰り返した。

すべての結果より各河川で重相関係数が 0.5 以上であったものを抽出し、使用された説明変数の頻度を地方ごとに整理して、表－４にまとめた。ある地方で行った、重相関係数 0.5 以上の分析の数で、各物理特性の項目の選択回数を除いたものである。つまり、その地方における出現頻度の高い魚種の生息量との関係が深い物理特性ほど数値が大きいといえる。

表－４の太字はその地方で最も選択された回数が多かった変数を表している。河口からの距離は東北、関東、九州で使用頻度が高く、水深は中部、近畿および中国で選択されることが多かった。

この表－４をもとに主成分分析を行った結果が図－２である。この主成分分析では、第 2 主成分までで累積寄与率は 83.2%であった。第 1 主成分は、勾配と流速に関係が深く、距離と水深とは関係が薄い場所の方が大きな値をとる。流速と勾配は局所的な地形を表し、距離と水深は上流域・下流域といった調査区間の位置を表して

表－５ 平成 5 年度版マニュアルに記載されている魚類生息環境の物理特性

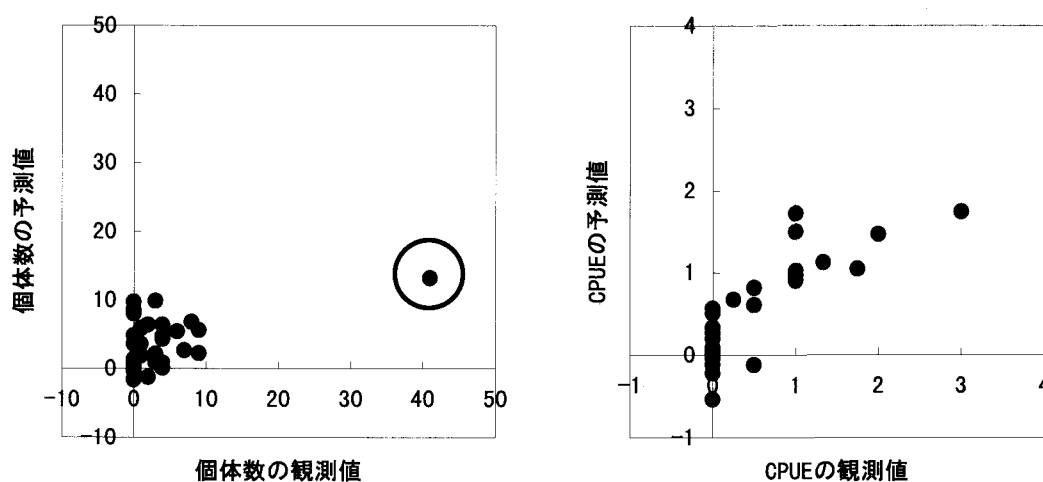
河口からの距離[km]	水面幅[m]
標高[m]	環境の長さ[m]
河床勾配	水深[m]
気温[°C]	水温[°C]
流速[cm/s]	

いると考えられる。北陸地方の河川では地形的な要素が大きく、九州や東北では逆に上流、下流の違いの方が大きく影響している。第 2 主成分は、水温が支配的な項目であり、関東のように水温との関係が薄い地方では第 2 主成分の値が大きくなり、逆に中部や東北では小さくなっていることがわかる。この図から地方を大まかに分類すると、四国と北陸の第 1 象限にある第 1 グループ、近畿と中国と九州の第 2 象限の第 2 グループ、東北と中部の第 3 象限にある第 3 グループとに大別できることがわかる。

このような結果より、地理的にも気候的にも近接していると思われる関東地方と中部地方や、日本海側に河口を持つ積雪寒冷地河川である東北地方と北陸地方の河川では、それらがもつ物理特性の魚類への影響の仕方が、同様の傾向にあるわけではないことがわかった。

表－6 全個体数を用いる場合と CPUE を用いる場合の重相関係数の比較

地方	河川	魚種名	春		夏		秋	
			全採捕データ の個体数	投網による 採捕データ の CPUE	全採捕データ の個体数	投網による 採捕データ の CPUE	全採捕データ の個体数	投網による 採捕データ の CPUE
東北	雄物川上流	魚種名	ギンブナ	ギンブナ				
		重相関係数	0.50	0.82				
関東	鬼怒川	魚種名	ウグイ	ウグイ			ウグイ	ウグイ
		重相関係数	0.74	0.86			0.67	0.77
北陸	常願寺川	魚種名	アユ	アユ	オイカワ	オイカワ		
		重相関係数	0.70	0.72	0.51	0.61		
中部	長良川	魚種名			オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ
		重相関係数			0.85	0.90	該当変数なし	0.46
近畿	由良川	魚種名			オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ
		重相関係数			0.48	0.35	0.33	0.59
中国	吉井川	魚種名			オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ
		重相関係数			該当変数なし	該当変数なし	0.48	0.51
四国	吉野川	魚種名			オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ
		重相関係数			0.53	0.55	0.65	0.82
九州	菊池川	魚種名	オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ	オイカワ
		重相関係数	0.39	0.48	0.36	0.69	0.93	該当変数なし



図－3 全採捕方法による個体数を用いた場合と CPUE による場合との比較
(雄物川上流におけるギンブナの観測値と予測値)

4. 「河川水辺の国勢調査」記述様式の違いによる

分析への影響に関する検討

(1) 採捕努力量による標準化について

先に述べたとおり、「河川水辺の国勢調査」業務報告書は、平成9年度版の現在のマニュアルと平成5年度以前のマニュアルで、報告の様式が一部異なっている。ここでは便宜上、平成9年度版マニュアルを“M9”，平成5年度版マニュアルを“M5”と呼ぶこととする。

本研究ではここまで、「水辺の国勢調査」の結果を定量的に扱えるものとして検討を進めてきた。これは、同調査においては、すべての調査で可能な限りの採捕努力をしていると仮定すれば、同一の努力量であるとみなすことができるためである。厳密には採捕方法や努力量が不統一であることから、努力量から採捕個体数を標準化したほうがより合理的な結果をえられる可能性がある。M5では採捕手段ごとに捕獲魚種および個体数が明記されているため、特定の漁法に着目すれば、より厳密に努力量を統一することが可能である。中でも投網は中心的に用いられる漁法であり、瀬においては河川の規模を問わず全国で水系を一貫して用いられる用具である。そこで本研究では、M5のデータから目合12mmの投網によって採

捕された魚類データのみを抽出し、打ち網数により標準化を行ったデータ (CPUE : Catch per Unit Effort) ⁹⁾ で重回帰分析を試み、(M9 と同様に) 全データを用いた重回帰分析の結果と比較した。ここでは表-5 に示す物理特性を説明変数として計算した。以下に検討結果を示す。

(2) 重回帰分析結果の比較

表-6 は、全捕獲個体数を用いた場合の重回帰分析における重相関係数と、投網による採捕個体のみの CPUE を用いた重相関係数の値とを比較したものである。この結果をみると、由良川の夏季調査、菊池川の冬季調査を除いては、CPUE を用いた重回帰分析の方が、より精度が高くなっていることがわかる。図-3 には、比較の一例として、雄物川上流におけるギンブナ (*Carassius gibelio langsdorfi*) の捕獲量と物理特性との関係に関する重回帰分析の結果を示した。左が、M9 のときと同様に全個体数を用いた分析結果の予測値と観測値で、右が目合 12 mm の投網によるデータのみを用いて CPUE を求めた場合の予測値と観測値である。図-3 の左に記した丸印の点は、その値の半分以上が目合 12 mm 以外の投網で採捕されたもので、他の地点よりも投網回数が多い箇所であった。CPUE を用いればこのような努力量の不整合が是正され、より精度の高い分析結果を期待できる。

CPUE を用いた結果は、対象となる調査地区が投網を打っている調査地区のみであるため、多くの場合全個体数を用いた分析よりもサンプル数が減少する。由良川の調査では 12 mm 以外の目合の投網や別の漁具を比較的多く用いており、そのために CPUE で行った方のサンプル数が 27 から 18 に減少してしまったことが、精度が下がった一因であると考えられる。また、菊池川の冬季調査の場合も、由良川のケースと同様にサンプル数の減少 (16 → 11) によって該当する程度の変数がなくなったと考えられる。

M5 の資料は平成 5 年度から 8 年度に実施されたもののみであるため、「水辺の国勢調査」報告書自体が少ないこともあり、検討を行った河川の数が 8 河川と少ないが、この結果から判断すれば、現在の様式である M9 で可能な全個体数を用いたデータよりも、M5 の様式のみで可能な CPUE を用いたデータの方が、このような資料解析には向いていると言える。したがって、現在行われている平成 9 年度版の様式に、平成 5 年度版マニュアルに従った「調査票 1」の様式を追加することで、定量的な分析を広く行うことができるようになると思う。

5. 結語

本研究で得られた結論を以下に示す。

- 定性的な分析以外にはほとんど利用されていない「河

川水辺の国勢調査」が定量解析にも利用され得ることを示した。

- 「河川水辺の国勢調査」の資料を用いることで、全国の河川における魚類生息量と生息環境の物理特性との関連の地域特性がわかった。
- 現在の「河川水辺の国勢調査」報告書は平成 9 年度版の様式に従っているが、今後も定量的な分析を広く進めるために、「調査票 1」の記入様式を一部平成 5 年度改訂版の形に変更または追加することを提案する。

今後のこの研究を進めるにあたっての課題として、以下の事項が挙げられる。

- 本研究で用いた資料の量は地域的に若干の偏りがあった。今後は北海道を含め、より多くの資料を用いて分析の精度を上げていくことが必要である。またその上で、主成分分析でわかった地域の分類結果について、その要因等を詳しく考察する必要がある。
- 本報告では、重回帰分析等の詳細な部分を論じる機会がなかった。今後は各分析の詳細についても報告する必要がある。

本研究は(財)河川環境管理財団 河川整備基金 平成 14 年度および平成 15 年度 指定課題助成を受けて実施したものである。

参考文献

- 1) 小出水規行, 藪木昭彦, 中村俊六: IFIM/PHABSIM による河川魚類生息環境評価 - 豊川を例にして -, 河川技術論文集, 第 6 巻, pp155-160, 2000.
- 2) 野上毅, 渡邊康玄, 長谷川和義: 急流河川における生息場としての河川地形区分, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.1127-1132, 2002.
- 3) 個体ベースモデルによる魚類生息環境評価手法の構築: 石川雅朗, 足立恒, 平野弘晃, 河川技術論文集, 第 7 巻, pp315-319, 2001.
- 4) 砂田憲吾, 熊木朋子: 富士川における淡水魚類相と河道特性に関する基礎研究, 水工学論文集, 第 45 巻, pp1135-1140, 2001.
- 5) 芝田明子, 笹本誠, 堺茂樹: 河川水辺の国勢調査に基づく魚類生息環境の予測手法の開発, 水工学論文集, 第 43 巻, pp.959-964, 1999.
- 6) 水野伸一, 笹本誠, 堺茂樹: 河川水辺の国勢調査を用いた魚類生息状況と物理特性との関係についての研究, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.1139-1145, 2002.
- 7) 財団法人リバーフロント整備センター: 平成 9 年度版河川水辺の国勢調査マニュアル 河川版 (生物調査編), 1997.

(2003. 9. 30 受付)