

小河川水系における 魚類生息空間評価に関する研究

STUDY ON FISH HABITAT EVALUATION OF STREAM CHANNEL SYSTEMS OF SMALL RIVERS

真田誠至¹・藤田裕一郎²
Seiji SANADA and Yuichiro FUJITA

¹正会員 工修 元岐阜大学大学院工学研究科生産開発システム工学専攻学生 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

²正会員 工博 岐阜大学教授 流域圏科学研究センター (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

In order to make it clear that distribution of species number of fish in small rivers of the Ijira River in Gifu Prefecture, we aimed to investigate effect of the locations and overflow velocity of weirs and the environmental structures on the characteristics of the behavior of the fish. Measurement of environmental factor and survey of fish were carried out at 206 sampling sections in 2002, and river types were classified into four parts by cluster analysis on environmental factors, the rich-nature section, the medium-nature section, the poor-nature section, the no-nature section. The results show that distributions of some particular kinds of fish depended on the discontinuity points in the stream channel.

Key Words : *Evaluation of fish habitat, small river, discontinuity point, river type, environmental factor*

1. はじめに

河川は人為的变化による影響を強く受けている水域であることから、水生生物の生息域としての環境機能が衰退しつつあるとの認識が高まっている。特に、落差を持った河川横断構造物は、縦断方向の不連続性をもたらすために生息域を区分する要因として従来から問題視されている^{1,2)}。また、改修工事や圃場整備に伴う河道断面の画一化は、河川が有する環境機能の縮小をまねき、水生生物の生息密度の減少や個体群の多様性の低下が指摘されている³⁾。

水系延長の大部分を占める小河川は、広大な一時的な水域である水田等に接続する恒久的な水域として、生物が高密度に生活する重要な生息域であるとともに、高移動性生物の移動経路としての役割を果たしている。このような小河川水系の魚類生息空間評価手法を確立するためには、河川全長に着目した詳細な調査や検討が必要である。

そこで、本研究では、小流域を単位とした河川生態系が有する環境機能を評価するため、現地河川における生息空間の連続性と魚類分布特性との関係及び、魚類の生

活史を保証する環境構造との関係の解明を目的としている。

本論文は、まず、現地河川の環境構造を明らかにして、ついで、不連続点と環境構造が魚類の生息に及ぼす影響を明らかにして、小河川水系における魚類生息空間評価を行った。

2. 研究方法

(1) 調査対象水系

調査に選定した河川は、図-1に示した流域面積47.4km²、流路延長23.8kmの伊自良川と、流域面積70.3km²、流路延長16.8km鳥羽川であり、両者の合流点より上流域を対象とした。伊自良川の最上流部には灌漑用ダム貯水池として伊自良湖があり、下流部で鳥羽川と合流した後、岐阜市内で長良川に合流する。伊自良川の上流部では石礫からなる沖積層が厚いため、平水時は伏流している状態が中流部までの約6kmの区間続いている。鳥羽川の中下流部は市街地を流れる都市河川で掘込み河道となっている。

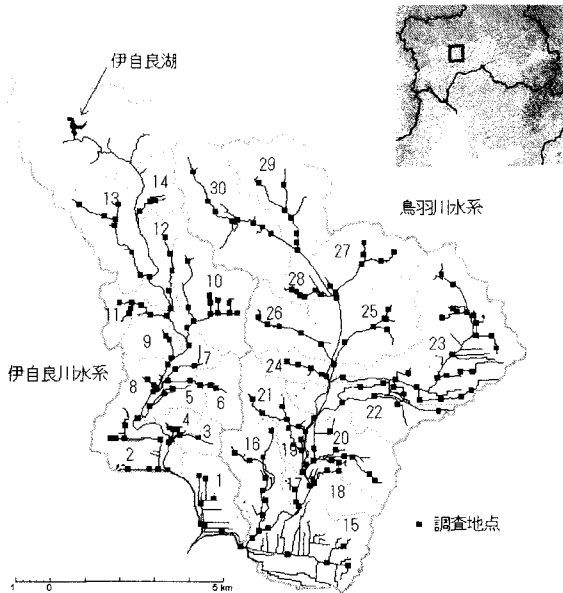


図-1 調査対象地域

本川及び鳥羽川に流入する小河川は、通年涸れることのない恒久的な水域で、農業排水路や都市下水路としての機能を主としている。また、河道の大部分は改修工事が施され、二面及び三面張コンクリートで構成されている。

(2) 調査方法

調査手法は魚類調査、物理環境調査について、2001年4月から2002年10月にかけて行った。なお、物理環境調査は不連続点調査と環境構成要素調査、植生被覆調査から成る。

調査は伊自良川と鳥羽川に流入する河道幅1.5m以上の30の河川及び水路を対象とした。魚類調査と環境構成要素調査は区間を設けて行ない、不連続点調査と植生被覆調査はラインセンサスにより対象水系全体の分布状況を把握した。

a) 魚類調査

魚類の採捕には、タモ網、投網、ビンドウを用いた。魚類については採捕地点と種名、個体数を記録して、体長を測定した後、採捕地点に再放流した。調査期間は2002年の5月から10月にかけて、魚類の行動が活発になる夏季に合計206の地点で行なった。調査地点の選定は小河川ごとに、主に小河川と本川の合流部、下流部、中流部、上流部の4地点について、不連続点の影響を反映するようにした。また、各地点50mの調査区間を設けて魚類採捕を行なった。

b) 不連続点調査

ここでは、魚類の縦断移動を阻害する河川横断構造物を不連続点と呼ぶこととする。調査は数値地図25000地図画像[岐阜]から縮尺1/6000の地図を作成して、ハンディーGPSにより不連続点の位置を確認しながら、水位差と形状を記録した。なお、不連続点調査は植生被覆調査と同時に行なった。

表-1 環境構成要素

環境構成要素	評価項目
陸上植物があるか	3 水辺林が調査区間の50%以上を覆う
	2 草本植物が50%以上を覆う
	1 人工構造物が50%以上を覆う
流路上部の被覆状況	3 緑陰が調査区間の75%以上を覆う
	2 緑陰が25%以上、75%未満である
	1 緑陰が25%未満である
水際植物があるか	3 植物が調査区間の75%以上を覆う
	2 植物が25%以上、75%未満である
	1 植物が25%未満である
エコトーンがあるか	3 陸域側と水域側に緩衝帯がある
	2 水域側に緩衝帯がある
	1 緩衝帯がない
沈水植物があるか	3 植物が調査区間の75%以上を覆う
	2 植物が25%以上、75%未満である
	1 植物が25%未満である
水深に変化があるか	3 調査区間に瀬と淵がある
	2 淵などの深みがある
	1 水深が一樣で変化がない
河床材料に変化があるか	3 泥や砂から礫、巨石等がある
	2 泥、砂、礫の1種類に偏っている
	1 コンクリートで覆われている

c) 環境構成要素調査

小河川では、河道の大部分がコンクリートによる直線的な護岸で施工されているため、陸域と水域は明確に区分されている。そこで、本調査では、陸域と水域及び、河道内の流水に接した水際から護岸までを水際域として、魚類の生活史を保証するために必要と考えられる要素^{4,5)}を選択した。環境構成要素は、陸域の要素として①陸上植物(陸域の植生帯)、②流路上部の被覆状況(陸上植物が流路上部に垂下して形成する緑陰)、水際域の要素として③水際植物(河道内の水際域の植生帯)、④エコトーン(河道において堆積土砂等により形成された冠水しやすい陸域と水域の緩衝帯)、水域の要素として⑤沈水植物、⑥水深の変化、⑦河床材料の7項目である。計測は魚類調査で設定した各地点50mの調査区間について、縦断的な目視による判断手法で表-1に記した規準を設定し、3段階の評価値を与えた。なお、環境構成要素調査は魚類調査と同時に行なった。

d) 植生被覆調査

調査水系全体の植生被覆状況⁶⁾を効率的に把握するため、基本的な生物調査の手法の一つであるラインセンサス法⁷⁾を用いて陸上植物と水際植物及び、沈水植物の調査を行なった。計測には環境構成要素調査と同様の3つの規準を用いたので環境構成要素調査と重複した結果を得るが、植生被覆状況が類似している河道区間を抽出する目的で行なった。

(3) 分析方法

表-2 魚類調査結果

魚 類	地点数	個体数	魚 類	地点数	個体数
スナヤツメ	1	2	コイ	9	34
ウナギ	1	1	フナ類	40	173
アマゴ	2	2	ヤリタナゴ	36	234
カワムツ	71	700	アブラボテ	33	533
オイカワ	89	837	タイリクバラタナゴ	20	108
ウグイ	5	14	カネヒラ	1	1
アブラハヤ	43	147	ドジョウ	41	174
タカハヤ	19	222	スジシマドジョウ*	10	26
タモロコ	40	238	ホトケドジョウ	5	26
モツゴ	5	10	ナマズ	3	16
カワヒガイ	10	16	メダカ	34	428
カマツカ	32	77	ハリヨ	1	1
ツチフキ	1	1	オオクチバス	5	12
ゼゼラ	14	25	ブルーギル	3	8
スゴモロコ	4	9	ドンコ	15	27
イトモロコ	9	21	ヨリノボリ類	113	1032
ニゴイ	22	71	カジカ	1	3

*小型種東海型

まず、不連続点調査の結果を用いて、小河川ごとに生息域を区分した。次に、7つの環境構成要素調査の結果を用いて、クラスター分析により調査地点の環境構造の類型化を行った。さらに、環境構成要素調査と植生被覆調査の結果から類似した環境構造を有する河道区間を求めて、小河川ごとの魚類生息空間評価を行った。

3. 調査結果

(1) 魚類調査結果と種多様度

2002年5月から10月までの60回の魚類調査で、表-2に記した12科34種を確認した。個体数の多かった種はヨシノボリ類 *Rhinogobius sp.*、オイカワ *Zacco platypus*、カワムツ *Zacco temminckii* で、これらの総数が採捕個体数の約半数を占めたことから、対象水系は中流域の魚相⁸⁾を有していることがわかる。また、環境省のレッドリストに挙げられているスナヤツメ *Lethenteron reissneri*、ホトケドジョウ *Lefua echigonia* を含む5種の希少種が採捕されたことから、水系全体としては多様な生息環境を保持していると考えられる。

各調査地点で採捕された魚類の多様性を測度するため、式(1)よりShannon指数の種多様度⁹⁾を求めた。

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

ここに、 H' :種多様度、 s :種数、 N :総個体数、 n_i : i 番目の種の個体数である。

(2) 不連続点の流速の検討

不連続点が魚類の縦断移動に及ぼす影響は、その高さだ

表-3 類型化された環境構成要素の特徴

環境構成要素	グループA	グループB	グループC	グループD
陸上植物	2.1±0.31	2.1±0.60	2.1±0.48	1.9±0.65
上部被覆率	1.5±0.74	1.9±0.83	1.4±0.74	1.4±0.73
水際植物	2.6±0.61	2.6±0.47	1.1±0.30	1.2±0.52
エコトーン	2.5±0.79	2.0±0.80	1.0±0.31	1.0±0.22
沈水植物	2.3±0.49	1.0±0.16	1.5±0.76	1.0±0.17
水深	2.8±0.31	2.3±0.68	1.3±0.55	1.2±0.45
河床材料	2.6±0.47	2.8±0.40	2.2±0.56	1.0±0.00

平均値±標準偏差

けではなく、越流する流速と魚類の突進速度の関係¹⁰⁾を考慮する必要がある。不連続点における遡上経路中の最大流速¹¹⁾は、越流後の落下流が下流側水面に達したときの速度であるため、式(2)から不連続点流速を求めて、生息域の区分の状態を検討した。流速の計算には、国土交通省木曾川上流工事事務所より提供された伊自良川下流部における過去9年間の流量観測結果の流量を、流域の面積比に基づいて求めた。なお、流量には増水後に魚類の遡上が活発になることから、豊水量6.6m³/sを用いた。

$$v = \sqrt{3v_c^2 + 2gh} \quad (2)$$

ここに、 v :不連続点流速(m/s)、 h :下流側水面からの不連続点の高さ(m)、 $v_c = (Qg/b)^{1/3}$:限界流速(m/s)、 Q :流域面積比による流量(m³/s)、 b :河道幅(m)である。

(3) 調査地点の類型化

それぞれの調査地点が有する環境構造の特徴を類型化するために、環境構成要素調査で得られた7項目の評価値を用いてクラスター分析を行った。その結果、各調査地点はグループA(28地点)、B(35地点)、C(48地点)、D(95地点)の4つに大別された。表-3に示した各グループの評価値の特徴を見ると、グループAは全ての環境構成要素において評価値が高い。グループA、BとグループC、Dを比較すると、前者は水際植物・エコトーン・水深・河床材料の評価値が後者に比べて高い構造であった。グループCでは河床材料の評価値がグループDに比べて高いが、他の要素は類似した構造であった。調査地点の半数近くを占めたグループDは、全ての要素において評価値が低かった。

(4) 調査地点の環境構成要素と生息魚種

表-4に示した各グループの平均採捕種数を見ると、グループAでは7.0種と多くの魚類が生息していたのに比べ、グループDは1.9種と少ない結果であった。

各グループで採捕された魚種の採捕率(採捕地点数/各グループの総地点数)では、優先種である底生魚のヨシノボリ類が全てのグループにおいて採捕率が高く、遊泳魚のオイカワは環境構造の良好な状態であるほど採捕

表-4 グループ別に見た魚類の採捕率の関係

魚 類	グループA	グループB	グループC	グループD
遊泳魚				
カワムツ	0.64	0.46	0.48	0.15
オイカワ	0.82	0.65	0.48	0.21
アブラハヤ	0.50	0.25	0.22	0.09
中間魚				
タモロコ	0.32	0.23	0.25	0.11
ニゴイ	0.39	0.08	0.12	0.02
ヤリタナゴ	0.25	0.26	0.27	0.06
底生魚				
カマツカ	0.53	0.22	0.14	0.02
ドンコ	0.10	0.11	0.12	0.02
ヨシノボリ類	0.78	0.77	0.46	0.45
平均採捕種数	7.0	4.6	4.2	1.9

採捕率=採捕地点数/各グループの総地点数

率が高い結果であった。一方、遊泳魚の アブラハヤ *Phoxinus logowskii steindachneri*、中間魚のニゴイ *Hemibarbus barbuis* とヤリタナゴ *Tanakia lanceolata*、底生魚のカマツカ *Pseudogobio esocinus esocinus* は、グループDの採捕率が著しく低い結果であった。

4. 考察

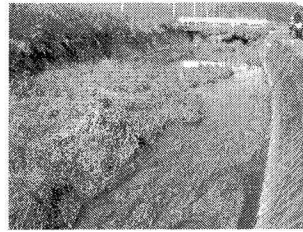
(1) 環境構成要素から見た調査地点の特性

類型化された環境構成要素から調査地点の環境構造を判断すると、グループAは卓越した水際植物と沈水植物の要素が複雑な横断面を形成することで、多様な生息域を魚類に提供していると思われる。グループBは陸域と水際域の植生が緑陰を形成するといった特性が考えられる。グループCは開放的な水面空間を有しており、河床材料と沈水植物の要素が中間魚や底生魚に生息域を提供していると思われる。グループDは水際域と水域の変化に乏しい単調な断面構造であるため、環境機能が著しく低い状態であると考えられる。

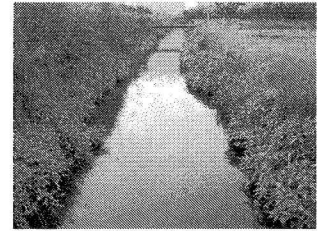
これらの類型化された調査地点の環境構造を見ると、写真-1に示したように、グループAは豊かな自然環境を有する多自然型構造、グループBは前者には劣るが中規模の自然を有する中自然型構造、グループCは部分的に自然を有する少自然型構造、グループDはほとんど自然のない無自然型構造の河川に分類することができる。

(2) 不連続点による生息域の区分と魚類の種多様度

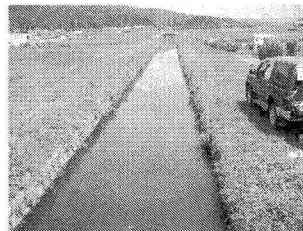
不連続点を通過する魚類にとって、落水部直下に形成されるS型淵の存在は遡上のための助走を行なう役割を持つだけでなく、降河時の落下衝撃による損傷を軽減する¹²⁾。一方、水叩きは助走を不可能にするために、たとえ小さな水位差であっても遡上が困難になると考えられ



グループA：多自然型構造



グループB：中自然型構造



グループC：少自然型構造



グループD：無自然型構造

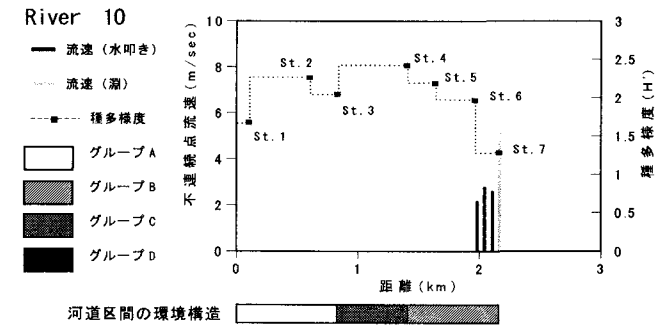
写真-1 河川区間の類型化

る。そこで、図-2では、不連続点の落水部がS型淵及び人工的に造成された淵であるものと、水叩きであるものを分類したうえで、小河川ごとに不連続点流速と種多様度の関係を示した。各図の下部には河道区間における環境構造の状態と、採捕魚種の一部を産卵型・生活型に分類して個体数を記した。また、各小河川における不連続点の出現傾向について、本川と小河川の合流部から上流部にかけて不連続点がほとんど分布しないもの、下流部に大きな不連続点が分布するもの、中流部から上流部にかけてまばらに分布するものに大別した。

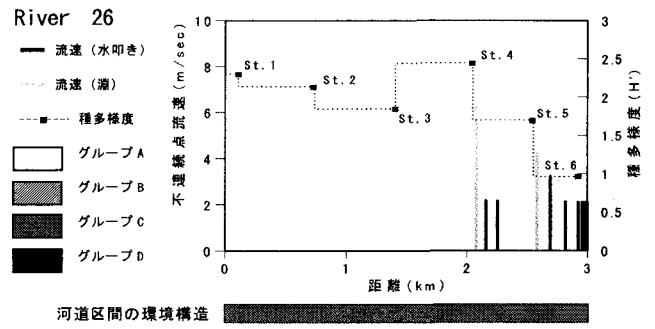
図-2(a)のRiver10, 26は、不連続点による生息域の区分がない小河川である。ここでは環境構造の違いよりも魚類の縦断移動が容易であったことが、種多様度の値を高めたと考えられる。一方、下流部の0km付近に不連続点があるRiver20, 21は、本川からの縦断移動が困難であるために、種多様度の値も著しく低くなったと考えられる。図-2(b)のRiver11, 13は、不連続点がまばらに分布する小河川であり、上流側へ行くに伴って種多様度が減少する傾向が見られた。ここで、不連続点の落水部の状態と種多様度の関係を見ると、例えば、River11の1.1km地点にある不連続点は、大きな流速であるが淵の存在によって種多様度の減少が若干緩やかになっている。このような区間では遊泳魚の個体が多く確認された。その理由として、遊泳魚は底生魚や中間魚に比べて高い突進速度を有していること、淵の存在が遊泳魚の縦断移動を容易にしたことが考えられる。

環境構造と種多様度の関係を見ると、図-2(b)のRiver12, 27では、生息域が不連続点により区分されていても、良好な環境構造を有していれば若干ながら種多様度が増進する区間も見られた。

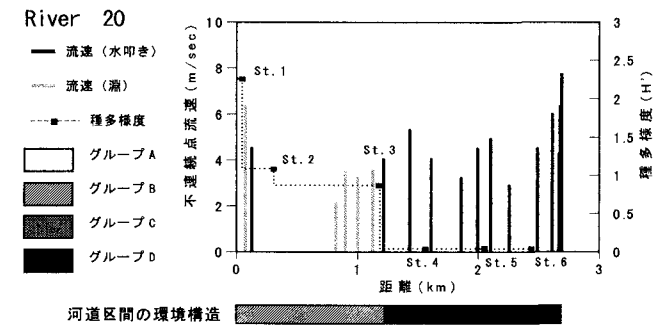
生活型で分類した魚類の個体数を見ると、遊泳魚のオ



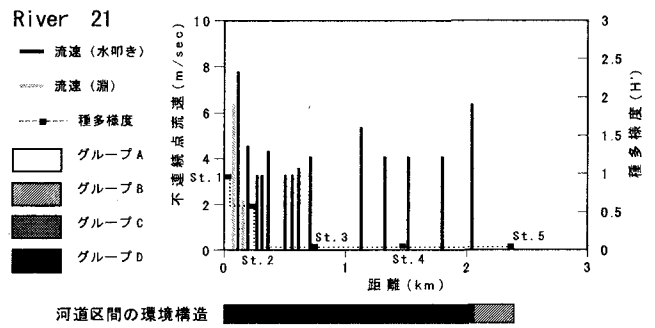
産卵生活魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
遊泳魚	オイカワ属 ++	+++	+++	+++	+++	+++	+
	ヒメハヤ属 +						
中間魚	タナゴ類			+	+		
	ヒガイ亜科				+		
底生魚	ドンコ	+			+	+	
	ヨシノボリ類	+++			+	++	++
中間魚	タモロコ	+	+	+			
	モロコ類						
底生魚	カマツカ	+	+	+	+	+	
	ドジョウ類		+				



産卵生活魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
遊泳魚	オイカワ属 ++			++	+++	+++
	ヒメハヤ属	+				
中間魚	タナゴ類	++	+	+	+	
	ヒガイ亜科					
底生魚	ドンコ				+	
	ヨシノボリ類				+	+++
中間魚	タモロコ	+		+++		
	モロコ類		+			
底生魚	カマツカ				+	
	ドジョウ類					+



産卵生活魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
遊泳魚	オイカワ属 +++					
	ヒメハヤ属 +					
中間魚	タナゴ類					
	ヒガイ亜科					
底生魚	ドンコ					
	ヨシノボリ類	+++	+++	+		
中間魚	タモロコ	++				
	モロコ類					
底生魚	カマツカ					
	ドジョウ類	++	++			



産卵生活魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
遊泳魚	オイカワ属 ++				
	ヒメハヤ属				
中間魚	タナゴ類				
	ヒガイ亜科				
底生魚	ドンコ				
	ヨシノボリ類	++			+
中間魚	タモロコ				
	モロコ類	+			
底生魚	カマツカ				
	ドジョウ類	+	+		

図-2(a) 生息域の区分と魚類の種多様度 (+:1~5尾, ++:6~10尾, +++:11尾以上)

イカワ属と底生魚のヨシノボリ類は、ほとんどの小河川に生息していることから、不連続点による影響を受けにくい魚類であると考えられる。とくに、ヨシノボリ類は腹びれの吸盤を利用した独特の遡上方法によって、生息域を広げることができたと思われる。一方、産卵型¹³⁾で分類した魚類の個体数を見ると、タモロコとカマツカの個体は、連続した河道で良好な環境構造を有する区間のみで確認された。このことから、卵を保護しないばらまき型の産卵を行なう魚類は、恒久的水域と一時的水域の移動経路を確保することに加え、産卵を行なうための環境構造が生活史を保証する上で重要であると考えられる。

5. まとめ

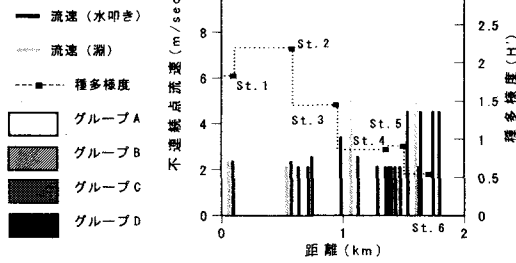
生息域の連続性と環境構造の関係から、伊自良川水系における小河川では、多様な環境構成要素で形成されて

いる河川区間が多く魚類に対して生息域を提供していると評価することができた。特に、連続した生息域を持つ小河川の種多様度は、本川の示す値よりも高くなる傾向があった。このことは、小河川が本川本流の魚相をしのぐ生息空間を保持している可能性を示唆する。しかしながら、良好な河川生態系の回復・保全には、多様な環境構造を持つ生息域に加え、生物学的水循環の連続性を確保することが最も重要であると考えられる。

今後の課題としては、小河川における河川生態系を適切に把握するために、主要流路を線的に捉えるだけでなく、水系の末端である細流と広大な一時的水域である水田等を含めた生息域の連続性を検討する必要があるものと考えられる。

謝辞：本研究のための資料を快く提供して下さいました国土交通省中部地方整備局木曾川上流工事事務所、岐阜県岐阜建設事務所河川砂防課の皆様へ謝意を表します。

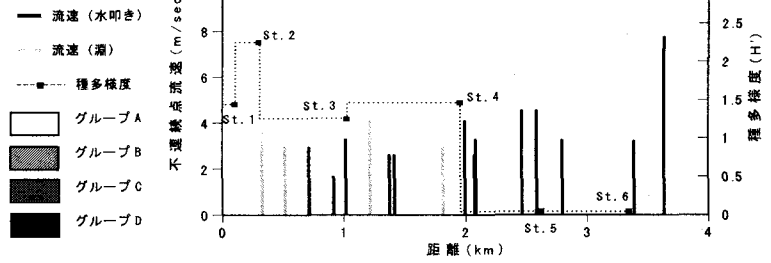
River 11



河道区間の環境構造

産卵	生活	魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
遊泳魚	オイカワ属	+++	+++	++				
	ヒメハヤ属		+	+	+	+	+	+++
保護型	中間魚	タナゴ類						
	ヒガイ亜科							
底生魚	ドンコ							
	ヨシノボリ類	++	++	+++	+++	+	+	
非保護型	中間魚	タモロコ						
	モロコ類							
底生魚	カマツカ							
	ドジョウ類	+	+	+	+			

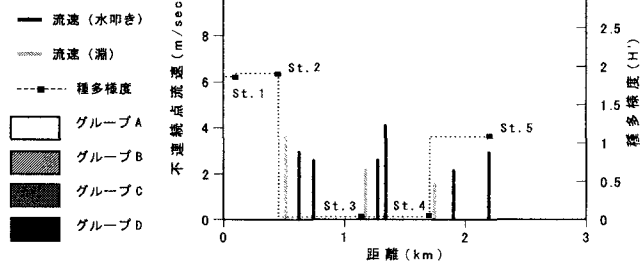
River 13



河道区間の環境構造

産卵	生活	魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
遊泳魚	オイカワ属	+++	+++	+++	+++	+++		
	ヒメハヤ属	+++	+++					
保護型	中間魚	タナゴ類		+	+	+		
	ヒガイ亜科							
底生魚	ドンコ							
	ヨシノボリ類	+		+++	+++	+++	+	
非保護型	中間魚	タモロコ						
	モロコ類							
底生魚	カマツカ							
	ドジョウ類	++	+					

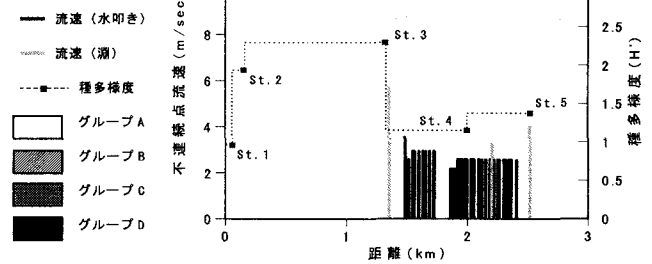
River 12



河道区間の環境構造

産卵	生活	魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
遊泳魚	オイカワ属	++	++				++
	ヒメハヤ属	+	+				+
保護型	中間魚	タナゴ類					
	ヒガイ亜科						
底生魚	ドンコ						
	ヨシノボリ類	+++	+	+			+
非保護型	中間魚	タモロコ					
	モロコ類	+					
底生魚	カマツカ						
	ドジョウ類	+	+				

River 27



河道区間の環境構造

産卵	生活	魚類	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
遊泳魚	オイカワ属	+++	++		+++	+++	++
	ヒメハヤ属	+			++		
保護型	中間魚	タナゴ類	+++	+++	+++	+	+
	ヒガイ亜科						
底生魚	ドンコ				+		
	ヨシノボリ類	++		++	++	+	
非保護型	中間魚	タモロコ	+	+	++		
	モロコ類						
底生魚	カマツカ	+					
	ドジョウ類	+					

図-2(b) 生息域の区分と魚類の種多様度 (+:1~5尾, ++:6~10尾, +++:11尾以上)

参考文献

- 1) 真田誠至, 藤田裕一郎: 水系の連続性を考慮した魚類生息空間評価に関する調査, 水工学論文集 第46巻, pp. 1157-1162, 2002.
- 2) 真田誠至, 藤田裕一郎: 小河川水系における魚類生息状況と不連続点との関係, 土木学会中部支部研究発表会, pp. 199-200, 2003.
- 3) 豊島照雄, 中野繁, 井上幹生, 小野有五, 倉茂好匡: コンクリート化された河川流路における生息場所の再造成に対する魚類個体群の反応, 日本生態学会誌 46, pp. 9-20, 1996.
- 4) 森下郁子, 森下雅子, 森下依理子: 川のHの法則-陸水生生態学からの提言-, 山海堂, pp. 11-59, 2000.
- 5) 藤咲正明, 神宮字寛, 水谷正一, 後藤章, 渡辺俊介: 小河川・農業水路系における魚類の生息と環境構造との関係, 応用生態工学2(1), pp. 53-61, 1999.
- 6) 奥田重俊, 佐々木寧: 河川環境と水辺植物-植生の保全と管

理-, ソフトサイエンス社, pp. 11-19, 1997.

- 7) 宗田好史, 北元敏夫, 神吉紀世子, あおぞら財団: 都市に自然をとりもどす-市民参加ですすめる環境再生のまちづくり-, 学芸出版社, pp. 73-92, 2000.
- 8) 川那部浩哉, 水野信彦, 細谷和海: 日本の淡水魚, 山と溪谷社, pp. 234-603, 1989.
- 9) 伊藤嘉昭, 山村則男, 嶋田正和: 動物生態学, 青樹書房, pp. 343-355, 1992.
- 10) 鈴木興道: 多自然型河川工法の研究と生態系の保全, 岐阜大学学位論文, pp. 117-128, 2000.
- 11) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六: 魚類生態と河川計画-河川生態環境工学, 東京大学出版会, pp. 164-208, 1993.
- 12) 水野信行: 魚の生態からみた魚道の見方, 応用生態工学 3(2), pp. 209-218, 2000.
- 13) 江崎保男, 田中哲夫: 水辺環境の保全-生物群集の視点から-, 朝倉書店, pp. 67-79, 2000.

(2003. 4. 11受付)