

魚類生息環境評価手法に関する研究

Study of Fish Habitation Environment Evaluation Method

研究第三部 主任研究員 鈴木金治

I carried out field surveys, prepared preference curves and tested the application of the IFIM on case studies of the Tsuhogawa River and Mugigawa River, both in the midstream area of the Nagaragawa River. The IFIM is considered effective for quantitative evaluation of fish habitation environments for Nature-rich river works aimed at symbiosis with nature. This report shows the results of my studies.

Key words: Nature-rich river works, instream flow, incremental methodology, preference curve, weighted usable area

1. はじめに

近年、自然との共生をめざした多自然型川づくりが行われている。しかしながら、たとえば魚類にとって瀬と淵の重要性はわかつても、どれくらいの大きさでどれくらいの数を作る必要があるのか定量的な評価を行うことは難しい。これを解決するひとつの方法として、IFIMがあげられる。

IFIM (Instream Flow Incremental Methodology : 直訳すると概ね正常流量の増加方法論となる) は、水理的な環境項目（水深、流速、底質、その他植生カバーや底質の付着藻類等）と特定魚種の生息量との関係を定量化し、これを基にその魚類の生息環境として必要かつ最適な河川流量を求めようとする手法である。

本研究の最終の目的は、多自然型川づくりによる物理環境の変化が、魚類の生息環境変化にどのように対応するかの評価を行うことであるが、その過程として、長良川中流域の河川である津保川ならびに武儀川を事例研究に、現地調査の実施、選好曲線の作成、そしてIFIMの適用を試みたのでここに報告する。

2. 現地調査

2-1 調査の目的

IFIMでは、魚類ごとの生息量と水理的な環境項目（流速、水深、河床材料など）との関係を定量的に示す選好曲線がもっとも重要である。しかしながら、これまでの魚類等調査では魚種の確認が重要視され、魚類の生息環境まで調査されていない。このため既往調査成果から選好曲線を作成することは困難である。そこで、今回の現地調査の目的は、選好曲線の作成及び選好曲線作成に関する課題点の整理とした。

2-2 調査対象河川

調査対象河川は、長良川中流域の河川で、豊富な魚種の生息が期待される津保川および武儀川とした。さらに調査地点としては瀬や淵など多様な河川環境が形成されている地点とした。

2-3 現地調査

現地調査項目を以下に示す。

(1) 魚類の生息調査

魚類調査は潜水調査を中心とし、遊泳速度の遅い底生魚を中心に生息量を把握した。

(2) 魚類以外の生息量調査

魚類の生息量に大きく影響すると考えられる付着藻類と水生昆虫の生息量を把握した。

付着藻類は現存量を有機と無機に区分して整理し、水生昆虫は目別に個体数を把握した。

(3) 水理環境項目の調査

魚類調査地点の河川状況(瀬、淵)・水深・流速・河床材料などの水理環境項目を測定した。なお照度、溶存酸素については調査地点が近いため、場所による差異がみられないことから測定しなかった。この他の水理環境項目として植生カバー等もあげられるが、今回は調査を実施していない。

2-4 調査結果

現地調査の結果は以下のとおりであった。

(1) 魚類

平成9年8月12、13日の魚類調査で確認された魚種は表-1のとおりである。いづれの調査地点でも確認できたのはカワヨシノボリとオイカワである。アユについては、選好曲線が作成できるほどの生息量を確認できなかった。

表-1 生息確認魚種

Table 1 Fish Species for which Inhabitation was Confirmed

魚種名	津保川	武儀川
カワムツ	○	○
オイカワ	○	○
カワヨシノボリ	○	○
カマツカ	○	×
アユ	○	○
アジメドジョウ	○	○
アカザ	○	×
ヌマチチブ	×	○

(2) 付着藻類

魚類調査地点付近の岩に付着した藻類を魚類調査後採取して、単位面積あたりの重量(灼熱重量、灼熱減重量)を室内分析にて算出し、流速・水深・河床材料との関係を整理した。

調査地点ごとの流速と付着藻類密度(灼熱減重量)有機藻類

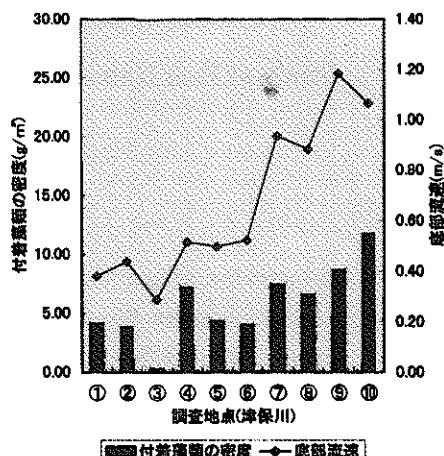


図-1 有機(灼熱減)重量と流速

Fig. 1 Organic (ignition loss) Weight and Flow Velocity

図-1に津保川における調査地点ごとの流速と灼熱減重量(g/m^2)を示すが、流れの早いところでは有機藻類が多くなっている。

(3) 水生昆虫

魚類調査を行った津保川で、最も水生昆虫の生息密度が高くなる冬場の平成10年1月29、30日に水生昆虫を採取し、ホルマリン漬けにして後日種の同定を行った。25cm四方の小さいコドラー (メッシュ) ながら、多いところでは約10gの水生昆虫が確認され、生息環境の優れた河川であることがわかった。

(4) 水理環境項目

魚類等の生息調査の実施後、魚類調査地点の流速、水深、河床材料を調査した。流速は電磁流速計により、水深は箱尺により、河床材料は浮き石・沈み石の判定と河床材を採取してその粒径を測定した。

なお、魚類及び魚類以外の生息量と水理環境項目の結果を表-2のように整理した。

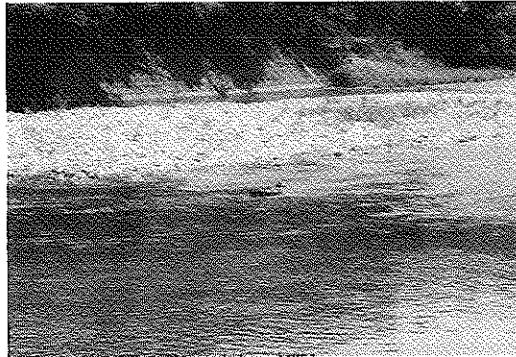


写真-1 現地調査状況（津保川）

Photo 1 Field Survey Scene
(Tsuhogawa River)

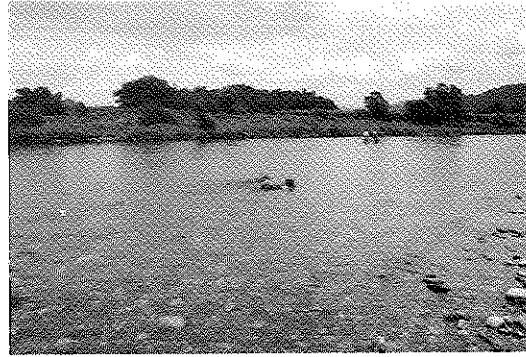


写真-2 現地調査状況（武儀川）

Photo 2 Field Survey Scene
(Mugigawa River)

表-2 魚類生息環境調査結果（カワヨシノボリ）

Table 2 Fish Habitation Environment Survey Results (*Rhinogobius Flumineus*)

調査年月日	河川名	調査地点	平均水深 H(m)	2割水深 浅瀬	6割水深 満瀬	8割水深 深瀬	魚の密度 (尾/m ²)	代表 流速	河川形態	河床材料	石の状態
97.08.12	津保川	①	0.05	0.13	0.38	0.39	0.29	0.52	0.19	3.4	0.19
		②	1.05	0.21	0.44	0.63	0.41	0.84	0.21	6.2	0.21
		③	0.85	0.17	0.79	0.51	0.26	0.68	0.20	1.9	0.20
		④	0.40	0.08	0.62	0.24		0.32	0.27	9.7	0.27
		⑤	0.45	0.09	0.50	0.27		0.38	0.32	13.8	0.32
		⑥	0.85	0.17	0.62	0.51	0.48	0.68	0.32	16.7	0.32
		⑦	0.37	0.07	0.94	0.22		0.30	0.61	11.8	0.61
		⑧	0.49	0.10	0.88	0.29	0.58	0.38	0.89	13.1	0.89
		⑨	0.45	0.09	1.18	0.27		0.36	0.82	5.8	0.82
		⑩	0.47	0.09	1.07	0.28	0.86	0.37	0.72	7.5	0.72
97.08.13	武儀川	①	0.25	0.05	0.65	0.15		0.20	0.46	5.7	0.46
		②	0.45	0.09	1.08	0.27		0.36	0.83	1.7	0.83
		③	0.49	0.10	1.10	0.30	0.98	0.39	0.77	2.1	0.77
		④	0.50	0.10	1.02	0.30	0.86	0.40	0.83	4.1	0.83
		⑤	0.33	0.07	0.55	0.20		0.26	0.33	4.7	0.33
		⑥	0.39	0.08	0.71	0.23		0.31	0.51	0.1	0.51
		⑦	0.49	0.10	0.86	0.29	0.78	0.39	0.85	0.7	0.85
		⑧	0.58	0.12	0.86	0.35	0.75	0.46	0.60	4.8	0.60
		⑨	0.33	0.07	0.53	0.20		0.26	0.36	4.8	0.36
		⑩	0.24	0.05	0.43	0.14		0.19	0.33	0.9	0.33
97.08.14	武儀川	①	0.48	0.09	0.62	0.28		0.37	0.49	0.2	0.49
		②	0.56	0.11	0.84	0.33	0.78	0.44	0.60	0.27	0.60
		③	0.79	0.16	0.40	0.48	0.36	0.63	0.25	6.6	0.25
		④									

(注) 1. 平均水深は調査地点流水方向 約10m(0m, 3m, 6m, 9m)の平均である

2. 水深と流速は調査地点流水方向 約10mの平均である

3. 選好曲線の作成

選好曲線(Preference Curves:各水理量と魚類生息量との関係を表す曲線)は計算の便宜を考えて、図-2に示す指數関数に近似させることとした。ここでは、横軸に水理環境項目(X)、縦軸に評価指數(Suitability Index)をとっている。

魚類生息調査と水理環境項目(流速、水深、河床材料)の測定結果から選好曲線を作成した。

図-3、4、5にカワヨシノボリの選好曲線を示す。同様の図をオイカワ、有機藻類、水生昆虫についても作成した。流速についてはかなり曲線近似にあうが、水深ならびに河床材料では近似に無理がある。カワヨシノボリの特性からすると流速が小さく、水深が浅く、浮き石状態のところに多く生息することを考えると河床材料は片側立ち上がりの曲線近似が好ましいと思われる。

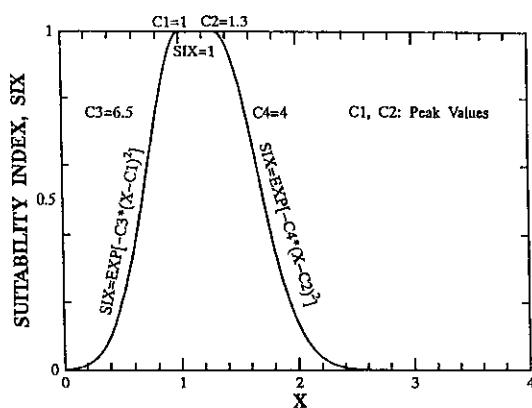


図-2 選好曲線の基本式形

Fig. 2 Fastidious Curve: Basic Equation Form

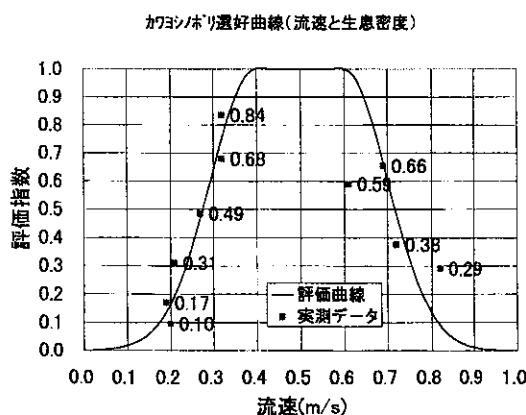


図-4 選好曲線（水深）

Fig. 4 Fastidious Curve (water depth)

4. 評価水理モデル

現地調査と平行して I F I M の評価水理モデル（1次元の水理計算）のプログラム開発を行なった。

I F I M による魚類等の生息環境を評価するモデルの概要ならびに計算手順は図-6 に示すとおりである。

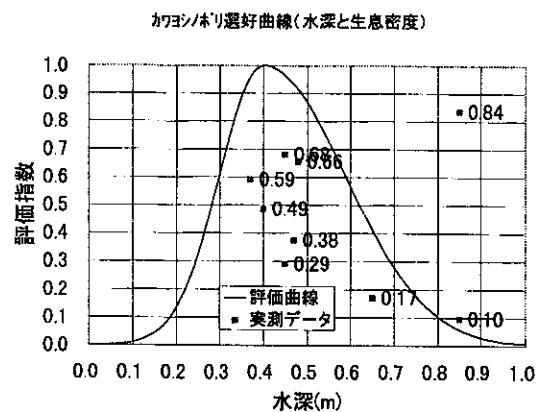


図-3 選好曲線（流速）

Fig. 3 Fastidious Curve (flow velocity)

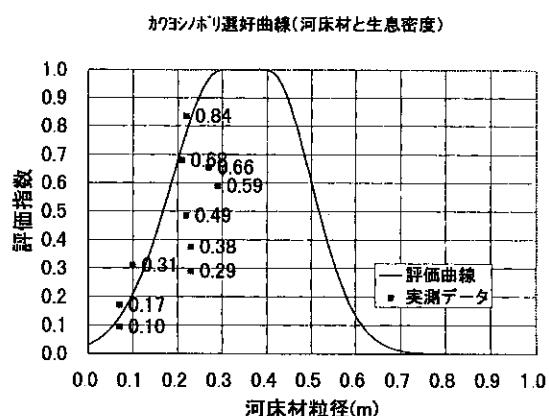
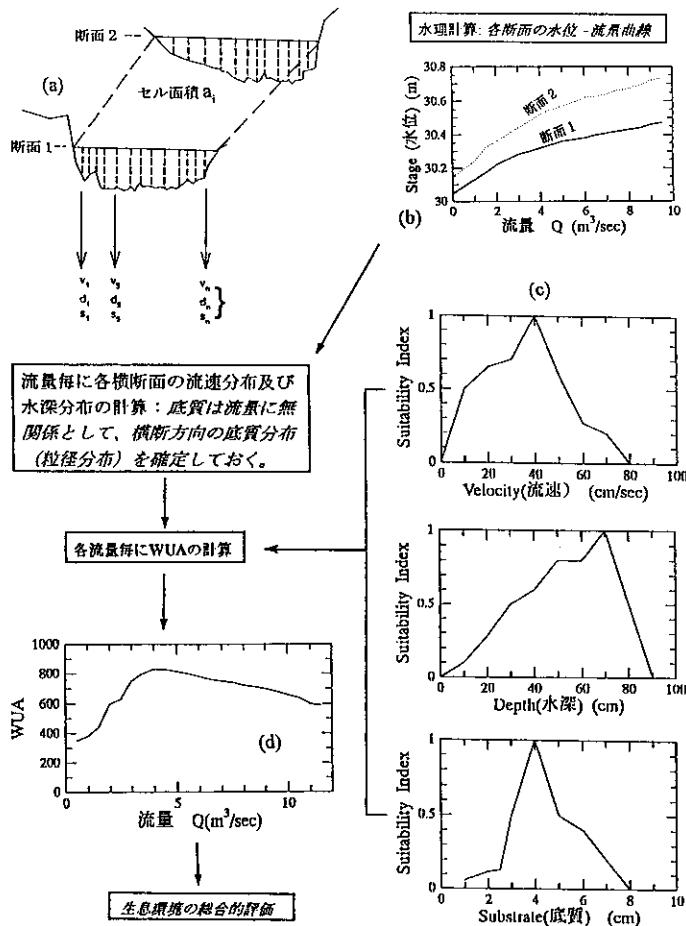


図-5 選好曲線（河床材料）

Fig. 5 Fastidious Curve (riverbed material)

評価水理モデルは Windows95 の Fbasic97 にてプログラムを作成し、これにより図-7、8、9 に示すような結果が得られる。図-8 に示すケースでは、各断面を合計した曲線（図-8 では Max. ALL. ST）が最大となるのは 31m³/s であり、この流量がアユの生息環境を最大とする流量となる。



- ① 生息環境の評価範囲について水理計算断面を設定し、横断面をセルに細かく分割する。
- ② 設定した流量で、各横断面のセルごとの流速、水位（水深）を不等流計算により求め、対象魚種の選好曲線とから各セルの WUA (Weight Usable Area : 重みつき利用可能面積) を求める。

$$(WUA)_i = P(V_i) \times P(d_i) \times P(S_i) \times a_i$$

$P(V_i)$: セル i における対象魚種の流速(V)と生息量との関係関数

$P(d_i)$: セル i における対象魚種の水深(d)と生息量との関係関数

$P(S_i)$: セル i における対象魚種の粒径(S)と生息量との関係関数

a_i : セルの面積

この他に植生カバー $P(C_i)$ なども考えられる。

- ③ 全セルの総和（横断面ごとあるいは各横断面の累計）である WUA を求める。

$$WUA = \sum (WUA)_i$$

- ④ 河川流量を暫時変化させて上記手順を繰り返し、河川流量 Q と WUA との関係から WUA が最大となる河川流量をもって、魚類の生息環境が最大となる流量とする。

図-6 IFIM 評価水理モデルの概要

Fig. 6 Outline of IFIM Evaluation Hydraulic Model

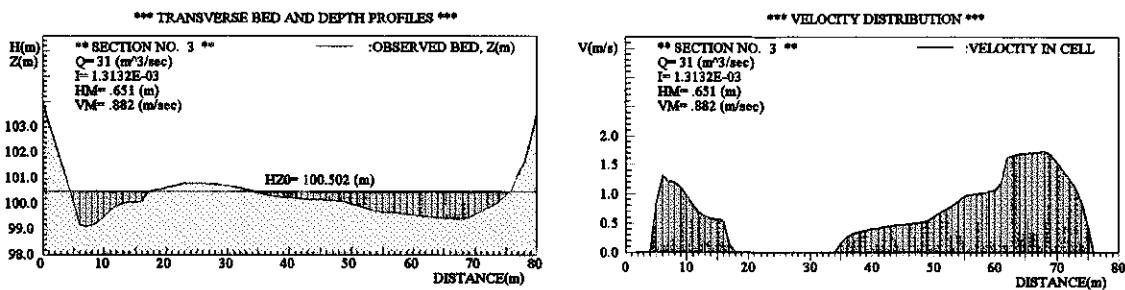


図-7 河川横断形状と流速

Fig. 7 River Cross-Sectional Form and Flow Velocity

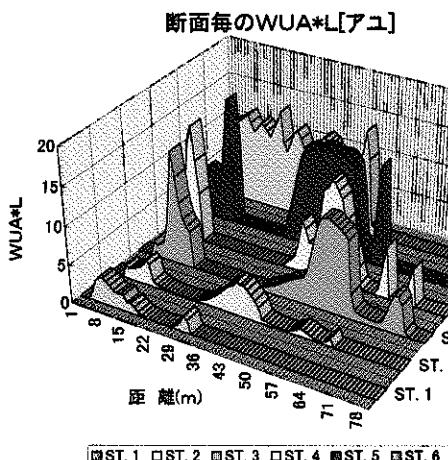


図-8 河川流量と WUA*L

Fig. 8 River Discharge and WUA*L

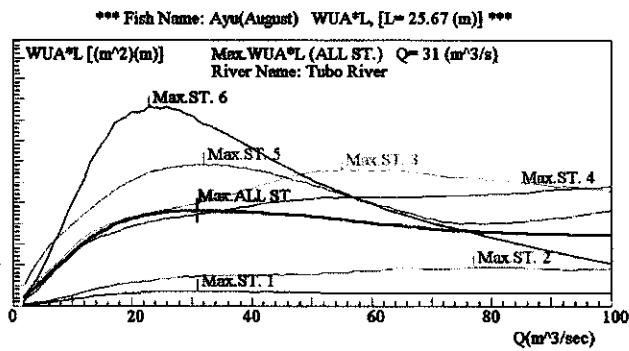


図-9 断面ごとの WUA*L

Fig. 9 WUA*L for Each Section [*Rhinogobius Flumineus*]

5. 評価水理モデルによる検証

5-1 生息分布の再現

ここでは、現地調査から作成した選好曲線と開発した評価水理モデルを用いて、モデルの妥当性を評価する。

図-10 は魚類の現地調査により作成したカワヨシノボリの生息密度の分布図である。図-11 は評価水理モデルの計算により得られた結果である。

図から、現地調査結果において測点 ST. 3 の瀬頭付近に生息密度の高い地点が見られるが、評価水理モデルの計算結果においてもほぼ同じ地点で高い密度を示している。

なお評価水理モデルの結果では ST. 6 付近の左岸側にも高い密度地点を示しているが、現地調査が選好曲線の作成を主目的とし、同地点付近の魚類調査を実施していないため比較できない。

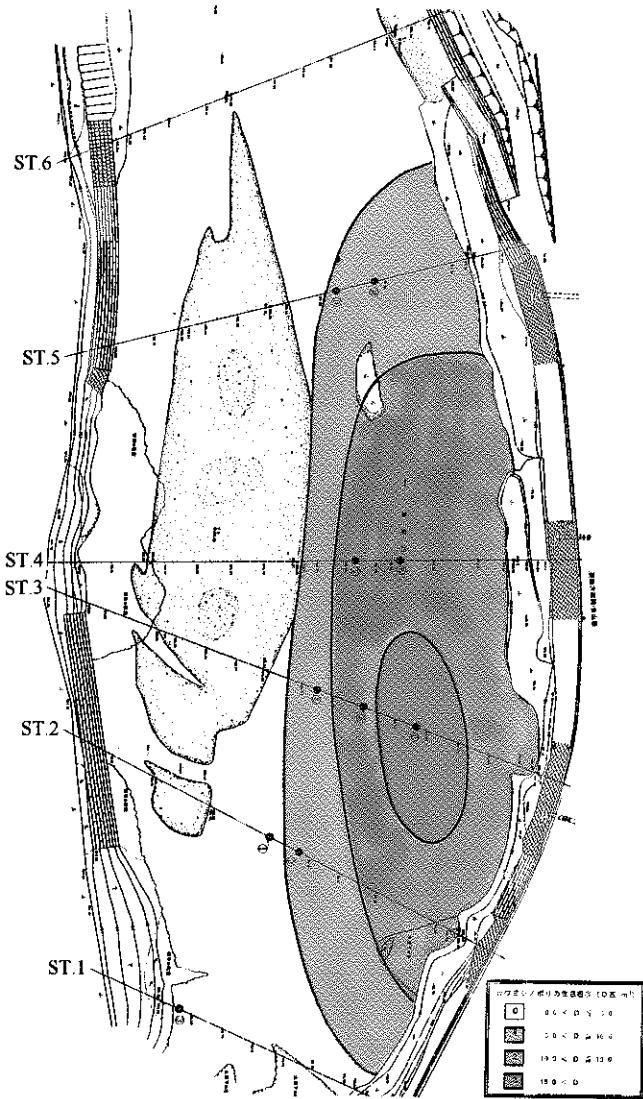


図-10 現地調査によるカヨシノボリの分布

Fig. 10 Distribution of *Rhinogobius flumineus* shown by Field Survey

一方、今回の調査で選好曲線を作成したオイカワにおいても、カワヨシノボリと同様、現地調査と計算結果の整合がとれていることから、今回作成した評価水理モデルが概ね妥当であると思われるが、今後更に調査を実施し、データを蓄積したうえで、より多くの検証を行う必要がある。

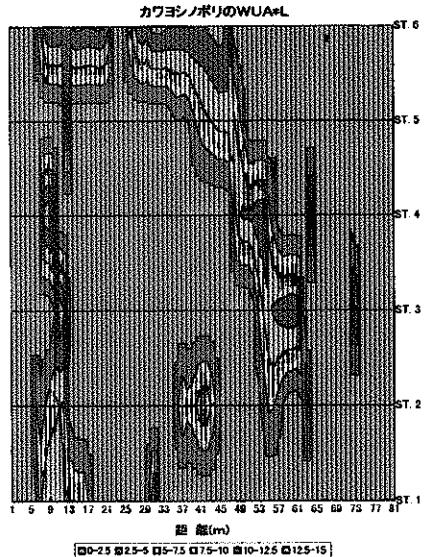


図-11 水理モデルによるカヨシノボリの分布

Fig. 11 Distribution of *Rhinogobius flumineus* shown by Hydraulic Model

5-2 生息に適した河川流量

評価水理モデルにより、津保川の調査対象区間（延長約 150m）において、河川流量を変えて魚類の生息環境が最も高くなる時の河川流量を求める表-3（図-12、13 参照）のようになる。

なお、文献及び学識経験者の意見を参考に作成したアユの選好曲線を使用して算出した最適流量も参考に記述した。これによると、アユと付着藻類には何らかの関係が有るようにも見えるが、データが不足しているため現段階では断定するに至らない。

表-3 生息環境が最大となる河川流量

Table 3 River Discharge Providing Optimum Habitat Environments

河 川 名		津保川
カ リ ヨ シ ノ ボ リ		12.0 m ³ /s
オ イ カ ウ		11.0 m ³ /s
ア ユ (参 考)		31.0 m ³ /s
付 着 藻 類		23.0 m ³ /s
調査日の河川流量		10.0 m ³ /s
流況	平 水 流 量	12.0 m ³ /s
	低 水 流 量	7.4 m ³ /s
	渴 水 流 量	4.2 m ³ /s

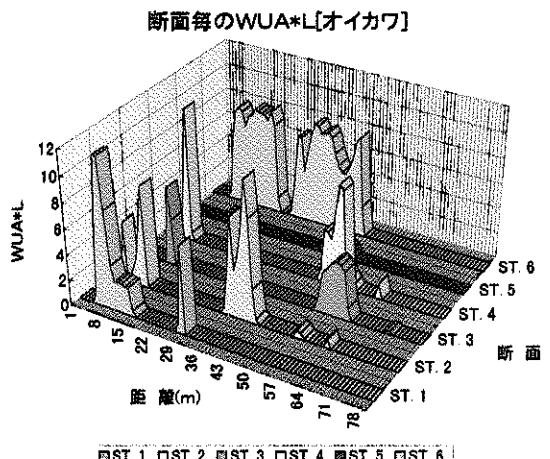
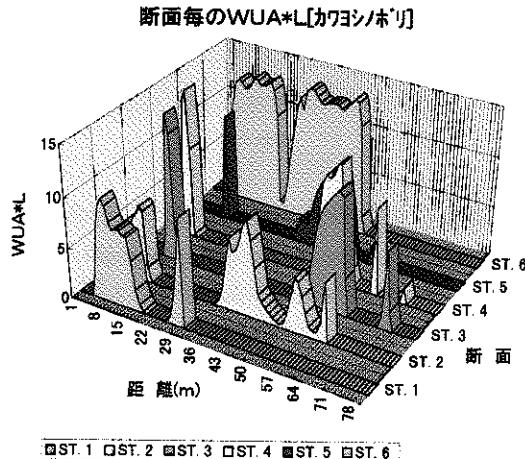
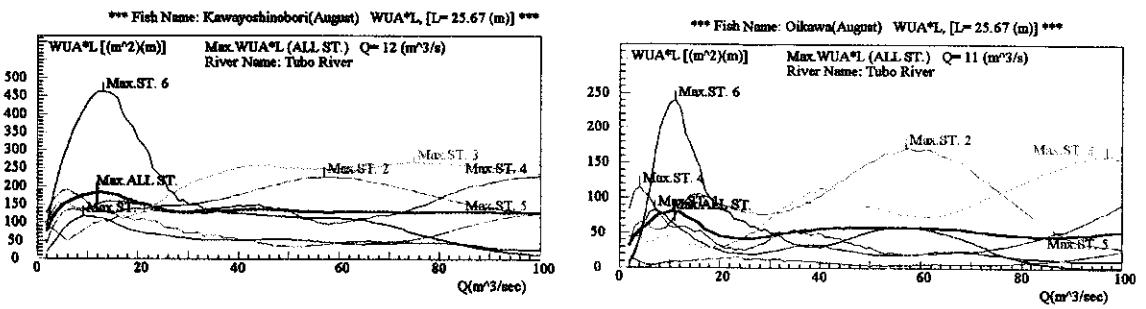


図-12 カワヨシホリの河川流量と WUA*L
Fig. 12 River Discharge and WUA*L for *Rhinogobius Flumineus*

6. 今後の課題等

今回の現地調査ならびに選好曲線作成において今回判明した点、今後の課題と思われる点を以下に示す。

6-1 現地調査の課題等

- ① 潜水による魚類の調査では、浮遊魚が人の侵入に驚き移動して正確に測定しにくいが、底生魚は比較的正確に調査できる。
- ② 多くの魚種を同定し、その密度を瞬時に把握できる調査スタッフは限定されるので、同時に広い範囲の潜水調査は困難である。
- ③ 魚種は、その成長段階に応じた場所に棲み分けしているので、魚種の成長段階毎の調査が必要である。

図-13 オイカワの河川流量と WUA*L^④
Fig. 13 River Discharge and WUA*L for *Zacco Platypus*

- ④ 付着藻類は、流速・水深・河床材料と密接な関係があることが今回の調査で判明したが、今後藻類を餌とするアユの生息密度との関係を把握する必要がある。
- ⑤ 流速の測定に際し、底生魚を対象とする場合は河床部の流速を測定する必要がある。

6-2 選好曲線作成上の課題等

- ① I F I Mにおいては、魚種ごとの選好曲線が重要であるが、より正確な選好曲線を作成するためには今後より多くの調査データの蓄積が必要である。
- ② 水深については、正規曲線を示すような関係は今回の調査では得られなかつたので、現段階では選好曲線作成に多少無理があると思われる。
- ③ 付着藻類(有機)については以下のが判明した。
 - ・流速の増加とともに付着藻類は多くなる。
 - ・水深が浅いと不安定なため少なく、深くなり過ぎると光が届かないため少なくなる。
 - ・河床材料が小さいと石自体が流されるので少なく、流されない粒径以上の石に藻類は付着する。その最大値は理論的には石表面積が最大となる粒径である。
- ④ 水生昆虫については、それぞれ河川環境に適した棲み分けをしていることが判明した。

6-3 今後に向けて

今回の調査結果を生かすためには、今後調査法も含め魚類の調査とその生息環境を把握する調査を同時に行いつつ、より精度の高い選好曲線の作成が望まれる。それには、多くの河川で実際に調査を行い、データの蓄積が必要であるとともに、そのデータを1つに集約する必要がある。

また、本研究の最終目的である多自然型川づくりへの適用については、I F I Mを用いた河道計画（特に河川横断形状）の設計が考えられ、河道断面形状を種々変化させた場合に、魚類等の生息が最大となるような河道計画設計手法の検討を行なう必要がある。

7. おわりに

本研究で作成したI F I Mの評価水理モデルのプログラムについては、(財)リバーフロント整備センター岐阜分室で所有しているの

で、詳細については問い合わせ願いたい。

最後に、本研究の評価水理モデルのプログラム開発においては、河村三郎岐阜大学名誉教授に、魚類等の現地調査及び選好曲線の作成においては、和田吉弘岐阜大学名誉教授にご指導、ご協力を頂いたことを記し、ここに謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 河村三郎；魚類の生息環境評価システムと2、3の事例、自然共生型川づくりシンポジウム講演論文集、岐阜県、1996
- 2) 河村三郎；環境水理学の最近の潮流、電力土木 No. 266、1996・