

河川における魚類生息環境評価（IFIM適用）のための基礎調査

Field Research to Obtain the IFIM's Preference Curves for Japanese Fresh Water Fishes

中村俊六*・石川雅朗**・築坂正美***・東 信行****・中村 緩徳*****

By Shunroku NAKAMURA, Masaaki ISHIKAWA, Masami TSUKISAKA,
Nobuyuki AZUMA and Yasunori NAKAMURA

ABSTRACT: In order to obtain the IFIM's preference curves for Japanese freshwater fishes, field surveys were carried out in the Oto-gawa(Aichi Prefecture), the Nohgu-gawa(Nagano Prefecture), the Yoro-gawa, the Isumi-gawa, and the Obitsu-gawa(Chiba Prefecture). It was found out that:(1)preference curves for Ayu, *Plecoglossus altivelis*, and Pale chub, *Zacco platypus* show good similarity in each streams. (2)curves for Japanese dace, *Tribolodon hakonensis* show seasonal variation.

Keywords: IFIM, freshwater fish, habitat, preference curve
seasonal variation

1. はじめに

河川水辺空間に対する関心が高まるにつれて「多自然型川づくり」に代表されるような魚類の生態環境に配慮し、様々な工夫をこらした川づくりが各地で試みられている。河川生態環境問題の改善に取り組むには、まず、現在の河川環境がどのような状況にあるのかを知り、さらに、どのような工夫が真に生態環境にとって有効に作用するのかを客観的に評価する必要がある。そのためには、生態環境に関わる各種特性の調査・数量化と生態環境の評価手法を確立することが急務となる。

米国、カナダの多くの州では、その理論的な明確さとある程度の汎用性からIFIM(Instream Flow Incremental Methodology)による生息環境評価手法が採用され実用化されている。本研究は、この評価手法を我が国の河川に適用するための基本的な検討の第1歩として、乙川(愛知県、矢作川支川)、農具川(長野県)、養老川(千葉県)、夷隅川(千葉県)、小櫃川(千葉県)において、魚類の採捕調査と同時に水深、流速などの測定を行い、水理量と生息量の関係を表す選好曲線(preference curves)の作成を試みたものである。

* 正会員 工博 豊橋技術科学大学教授 建設工学系 (〒441 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

** 正会員 工修 木更津工業高等専門学校講師 環境都市工学科(〒292 木更津市清見台東2-11-1)

*** 長野県水産試験場

**** 農博 豊橋技術科学大学助手 建設工学系

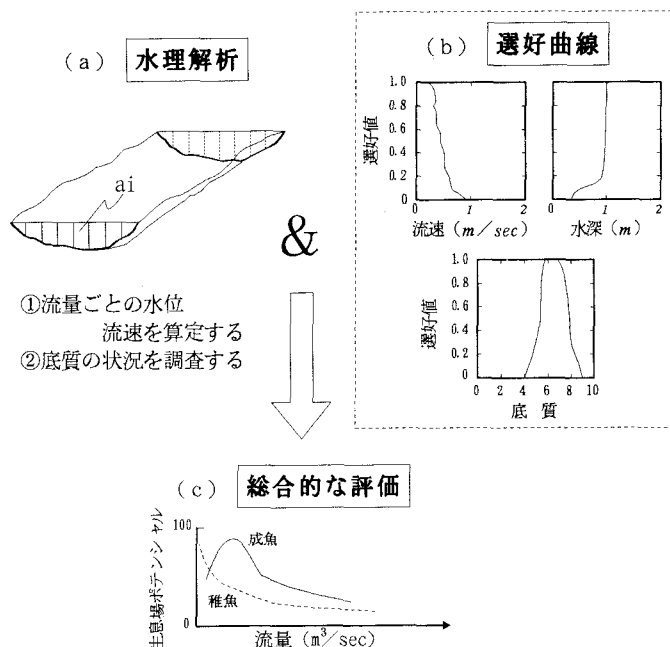
***** 学生員 豊橋技術科学大学大学院 建設工学専攻

2. IFIMの概要

図-1 IFIMによる計算法概念図

Instream Flowとは、河川における、魚類などの生息場としての正常な機能を維持するための流量を意味し、我が国で言うところの「正常流量」、あるいは「維持流量」に近いものである。しかし、単に必要とされる最小限の流量のみを意味するのではなく、必要な流量変動やピーク流量も包含している。それゆえ、「正常流量」や「維持流量」よりも広い意味を持つ概念である。

IFIM(アイエフ・アイエム, Instream Flow Incremental Methodology)は、流量の変化に伴う魚類生息場ポテンシャルの変化を評価するための手法のひとつである。IFIMによる流量-魚類生息場ポテンシャルの計算手順の概略は以下の通りである(図-1)。



- 1)対象河道内にいくつかの横断面を設定する。
- 2)与えられた流量に対して不等流計算などを行い、各横断面での水位を予測するとともに、横断面内での流速分布を推定する。
- 3)各横断面を、評価指標〔水深、流速、底質、カバー(日陰)など〕の状況に応じて、横断方向にいくつかのセルに分割する(図-1(a))。
- 4)対象魚種あるいはその成長段階ごとに準備された選好曲線(preference curve, 図-1(b))を用いて、次式によって各セルごとのFを求める。

$$F[v, d, s] = f(v) \times g(d) \times h(s) \quad (1)$$

ここに、

$f(v)$: (対象魚種のある成長段階における) 生息量と流速の関係関数

$g(d)$: (対象魚種のある成長段階における) 生息量と水深の関係関数

$h(s)$: (対象魚種のある成長段階における) 生息量と底質の関係関数

- 5)すべてのセルにおけるFの総和WUA(重み付き利用可能面積: Weighted Usable Area, 生息場ポテンシャル)を次式によって求める。

$$WUA = \sum F[f(v_i), g(d_i), h(s_i)] a_i \quad (2)$$

ここに、 a_i : 各セルの面積

- 6)以上の手順を、流量を変えて繰り返せば、流量とWUAの関係図が得られる(図-1(c))。
- 7)各魚種ごとに得られる流量-WUA関係図を総合的に判断して、対象河川の流量の増加、あるいは減少に伴う魚類生息量の変化の予測が可能となり、魚類生息量といった観点からの正常流量(Instream Flow)の客観的な設定が可能となる。

3. 調査地点、調査項目および調査方法

対象とした調査地点を表－1の調査対象河川一覧に示す。さらに、魚類生息量と水理量に関する調査項目および調査方法を表－2に示す。

表－1 調 査 対 象 河 川 一 覧

水系名	河川名	調 査 期 間	調 査 地 点
矢作川	乙 川 (愛知県)	1994年 2/17～ 3/25 1994年 6/15～ 7/ 1 1994年 8/27～ 8/30	乙川頭首工(矢作川合流点)～男川合流点〔延長:11km〕 の区間内の11カ所の調査ポイントで実施
信濃川	農具川 (長野県)	1986年 6, 10月 1987年 1, 7, 8, 10月 1988年 6, 7, 8月 1989年 8, 10月 1990年 1, 5月 1993年 6, 10月	農具川本川, 木崎湖～高瀬川合流点(下部農具川)
養老川	養老川 (千葉県)	1994年 10/26～10/28	養老川本川: 9カ所, 支川平蔵川: 1カ所 養老大橋, 廿五里大堰, 浅井橋, 上原橋, 手綱橋 幸田橋, 山之根橋, 老川橋, 松川橋, 鯉見橋
夷隅川	夷隅川 (千葉県)	1994年 8/2～8/4 1994年 10/12～10/15	夷隅川本川: 5カ所 河口, 荊谷橋, 大多喜城下, 西畑川合流点, 仲川橋
小櫃川	小櫃川 (千葉県)	1994年 10/25 1994年 11/26	小櫃川本川: 宮川橋下流(17k/500)地点

表－2 調 査 項 目 お よ び 調 査 方 法 一 覧

河川名	魚 類 生 息 量 関 係	水 理 量 関 係			備 考
	採 捕 方 法	水 深	流 速	底 質	
乙 川	投 網 26節1200目 18節1400目 (タモ網 潜水目視 瀬:素潜り潜水 淵:スキューバ 標識放流)	原則として河川砂防技術 基準(案)に準拠して実施		目 視 ^(注1) 粒 度 分 析	細礫以下の砂礫に ついては採取して フルイ分け試験を 実施した。
農具川	電気ショック (投 網) 潜水目視)	原則として河川砂防技術 基準(案)に準拠して実施		不 明	径3～60mmの礫に ついての分類を実 施
養老川	投 網 26節1200目 18節1000目 (タモ網, 叉手網 セルビン, 網カゴ はえなわ, 刺網, 定置網)	測量ポール	小型流速計	測 定 せ ず	水質チェッカー (HORIBA, U-10)で ①pH, ②導電率, ③濁度, ④溶存酸素, ⑤水温, ⑥塩分濃度 を測定
夷隅川	投 網 26節(網裾:16.2m) 18節(網裾:20.0m) (タモ網, 刺網, 筒) カニ籠, セルビン)	測量ポール	ブライス 流速計	測 定 せ ず	同上
小櫃川	投 網 18節900目	測量ポール	小型流速計 プロペラ式 (コスモ理研)	目 視 ^(注2)	同上

(注1)目視, 粒度分析における砂礫等の定義は以下の様である。
泥 : 0.074mm以下
砂 : 0.074～2mm
細 礫 : 2～ 4mm
中 礫 : 4～ 64mm
大 礫 : 64～250mm
巨 礫 : 250mm以上

(注2)この場合の目視による底質の分類は概略, 以下の様な定義による。
ヘドロ: 踏むと足が沈んでゆく
粘 土: 細かい, 粘りけがある
泥 : 細かい, 水が濁る
砂 : 中軸 0.7～ 4mm, 大 礫: 中軸 76～300mm
細 礫: 中軸 4～ 10mm, 巨 礫: 中軸 300mm以上
中 礫: 中軸 10～ 76mm, 岩 盤: 一枚岩

4. 選好曲線の作成

4. 1 作成手順および対象魚種

選好曲線の作成手順は以下の通りである。

- 1) データを各魚種ごとの採捕数と、①適当な水深間隔、②適当な流速間隔、および③砂や礫などの河床材料によって分類し対応づける。なお、採捕数については投網によって採捕したデータを用いた。但し、農具川については電気ショッカーのみによるデータを用いた。
- 2) 水深別、流速別、および底質別に、各魚種ごとに1回あたりの採捕数のヒストグラムをつくり、最大値を1とする縦軸目盛りを入れるとともに、ヒストグラムをスムーズに結んだ曲線を入れれば、それが求める選好曲線となる。

評価曲線作成の対象魚種と評価指標を、表-3に示す。

表-3 評価曲線対象魚種および評価指標一覧

河川名	選好曲線作成の対象魚種	調査を実施した評価指標		
		水深	流速	底質
乙川	アユ、オイカワ、ギンブナ、ニゴイ、ヨシノボリ	○	○	○
農具川	アユ	○	○	—
養老川	アユ、オイカワ、カマツカ、ウグイ、ニゴイ、ヨシノボリ	○	—	—
夷隅川	アユ、オイカワ、カマツカ、ウグイ、ニゴイ、ヨシノボリ	○	—	—
小櫃川	オイカワ、カマツカ	○	○	○

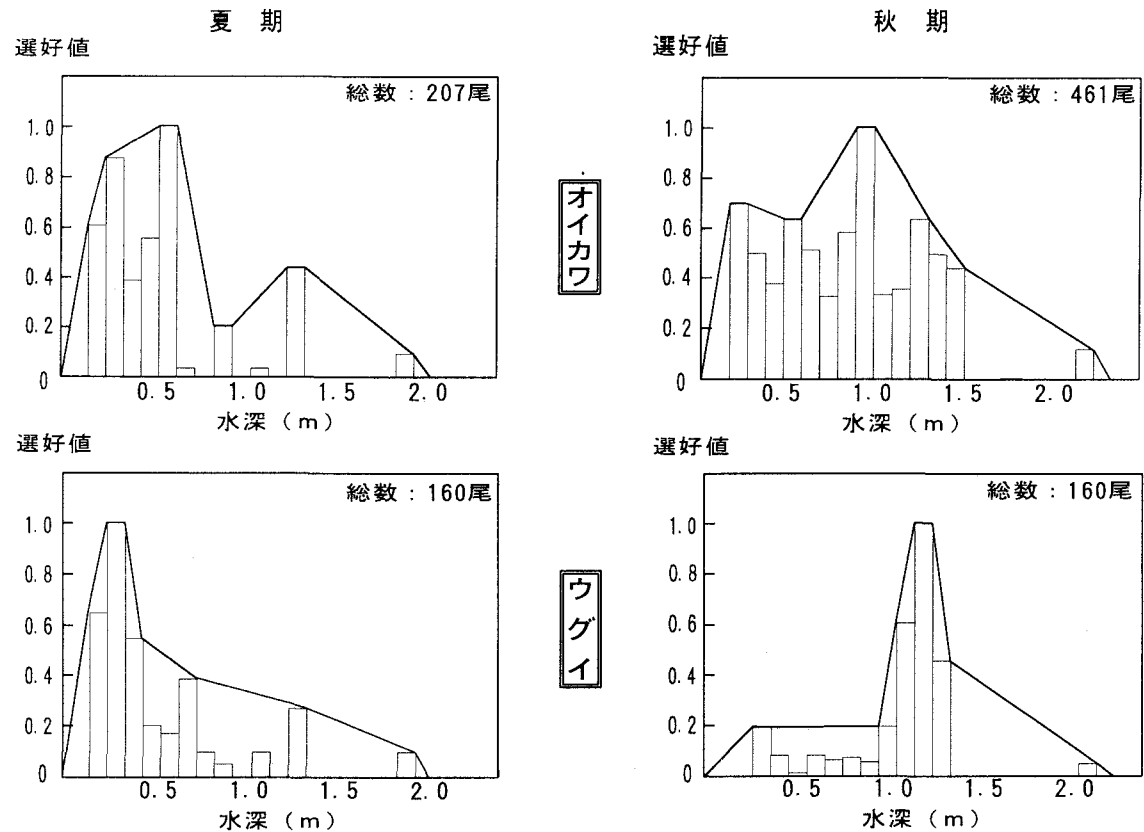


図-2 季節別、選好曲線の比較(1:千葉県3河川、オイカワ、ウグイ)

6 月

8 月

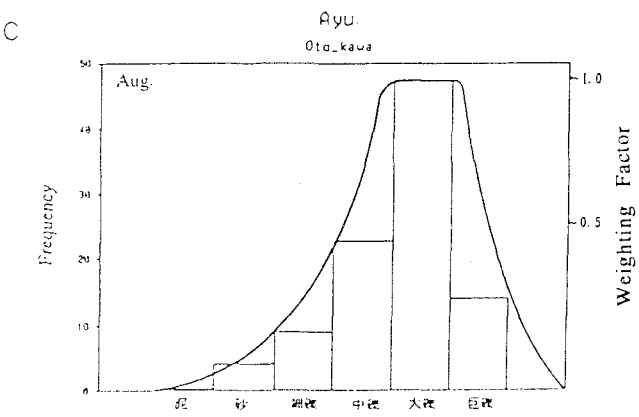
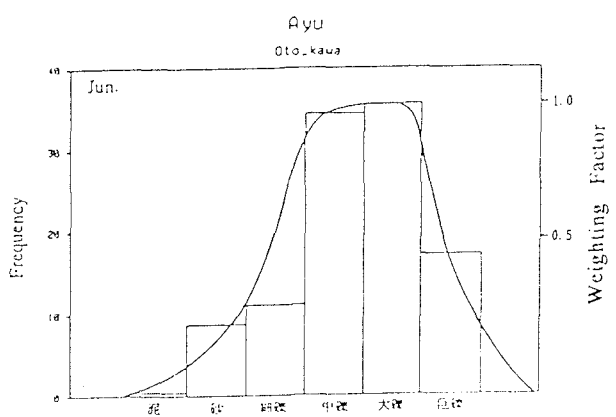
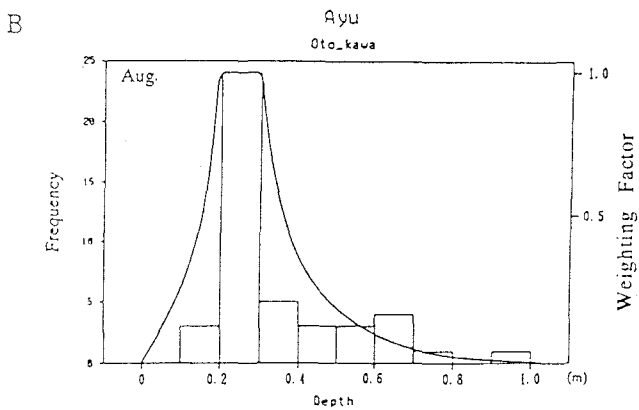
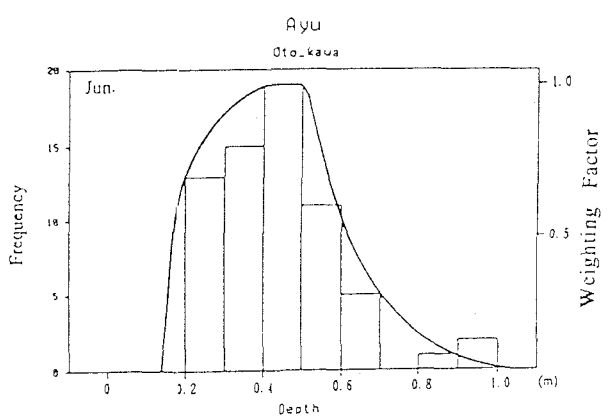
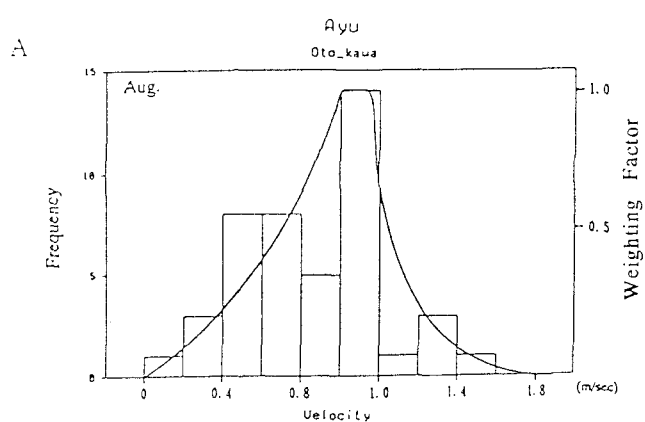
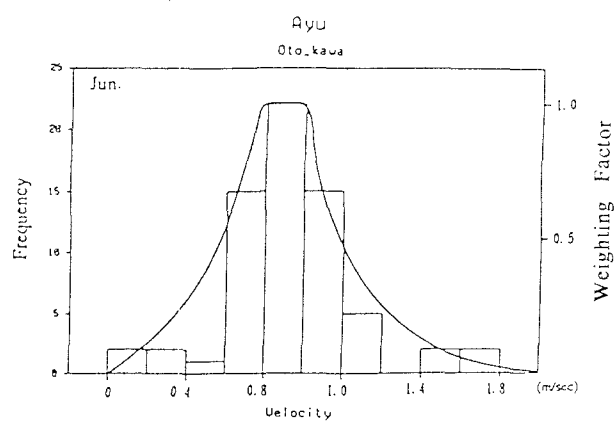
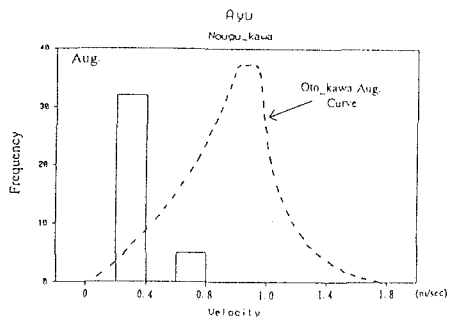
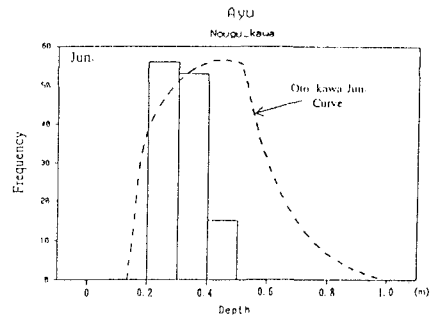
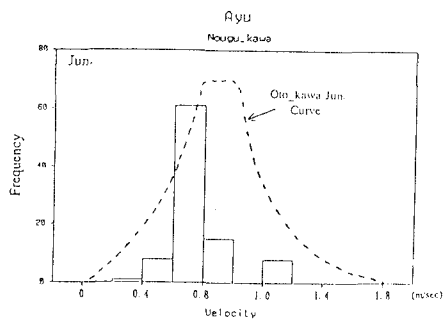
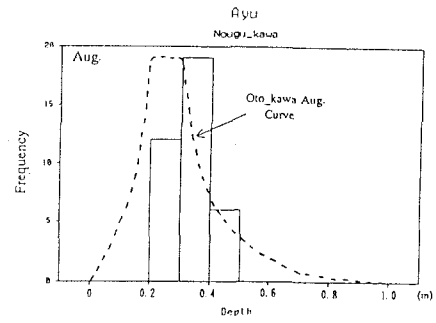


図-3 季節別、選好曲線の比較 (2:乙川、アユ)

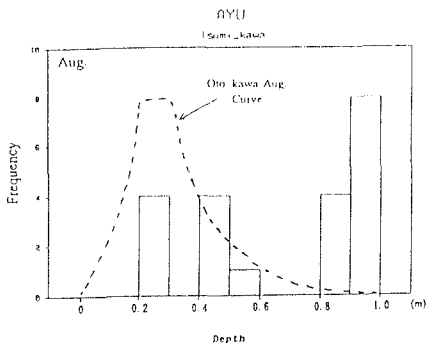
(1) 農具川への適用〔アユ、季節別・流速〕



(2) 農具川への適用〔アユ、季節別・水深〕



(3) 夷隅川への適用〔アユ、オイカワ・水深〕



(4) 養老川への適用〔ニゴイ、ヨシノボリ・水深〕

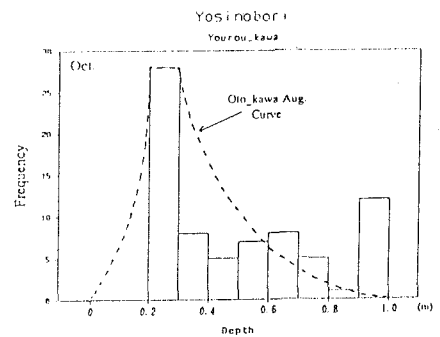
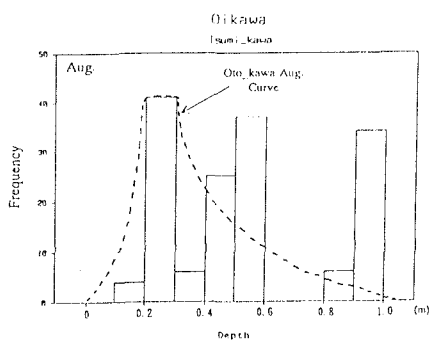
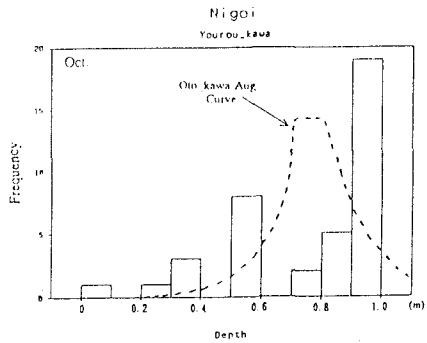


図-4 河川別、選好曲線の比較（乙川の選好曲線他河川への適用）

4. 2 比較検討

図-2は、養老川、夷隅川および小櫃川の調査データを夏期(8月)と秋期(10~11月)に分け、オイカワとウグイの水深に対する選好曲線の季節別の変化を比較した。これをみると、どちらの魚種の場合にも選好曲線の形状が季節により変化することが認められた。夏期より秋期の方が選好値のピークが深い水深に移動することが確認された。とくに、ウグイについてはその傾向が顕著である。これは、水温が下がるにつれて、魚類の運動能力が低下し、比較的に流速が遅いと考えられる淵へと対象魚の主たる生息場が移動したことによると考えられる。

図-3は、乙川における6月と8月の調査データによって作成したアユに関する選好曲線である。流速については選好値のピークが6月より8月の方が速いランクにある。この要因としては、成長段階が異なることによる影響が考えられる。水深についてみると6月に比べ8月の方が狭い範囲に集中していることがわかる。また、底質については大礫を好む傾向があることがわかる。

図-4は乙川で作成した選好曲線を、①農具川、②夷隅川、③養老川で作成した選好値のヒストグラムに併記したものである。図-4(1)B〔流速、アユ、農具川6月〕、図-4(2)C〔水深、アユ、農具川8月〕、図-4(2)D〔水深、アユ、農具川6月〕、図-4(4)B〔水深、ヨシノボリ、養老川10月：乙川は8月〕は乙川の選好曲線とよく合致しており、選好曲線の普遍性が、完全とはいえないまでも一応、検証された。しかし、一致しないものもあり、採捕数が少ないということから現段階では、選好曲線の普遍性についての判断をしないのが無難であろう。

乙川で得られた選好曲線を中心に、選好曲線を作成したほかの魚種を含めた、選好曲線の季節別変化と特徴をまとめ表-4に示す。

表-4 選好曲線の季節別変化と特徴

①アユ	水深：6月に比べ、8月の方が狭い範囲に集中している。 8月では、水深1m付近を境に、選好値が急減する傾向がある。 流速：成長段階が異なることの影響が見いだされる。 底質：大礫を好む傾向がある。
②オイカワ	水深：選好値ピークが6月の0.5m付近から、8月には0.3m付近に移動。 さらに、10月には1.0m付近に移動するが、水深による変動が小さくなる。 流速：選好値ピークが6月の0.8m付近から、8月には0.6m付近に移動。 底質：大礫を好む傾向がある。
③ギンブナ	水深、流速、底質とも6月と8月の変化は小さい。 底質：泥を好む傾向がある。
④ニゴイ	水深：選好曲線が全体的に6月より8月の方がやや深い方へ移動する傾向がある。 流速：6月には、0.2m/s付近をピークに、漸減している。 8月には、0.3m/s付近に集中。 底質：6月には、礫質を好む傾向があるが、8月にはその傾向が弱まる。
⑤ヨシノボリ	水深、流速、底質ともに、6月と8月の変化が小さい。 底質：礫質を好む傾向がある。
⑥カマツカ	水深：選好曲線全体が8月より10月の方が、深い方へと移動する傾向がある。
⑦ウグイ	水深：8月では0.4m付近をピークに、漸減している。 10月には1.2m付近に集中している。

5. 結論と今後の課題

IFIMに用いるための選好曲線を、数種の魚種について作成し、以下のような結果を得た。

- ①魚種によっては、選好曲線の季節による顕著な変化が認められた。
- ②選好曲線の普遍性が、完全とはいえないまでも一応、検証された。

さらに、問題点および今後の課題として次のようなことが考えられる。

- ①選好値ヒストグラムに選好曲線を書き入れる方法の客観的かつ具体的なルールがなく、その再現性や安定性が確保されていない。
- ②魚種のサンプル数が多ければ多いほど、選好曲線の信頼性が向上すると考えられるが、どのくらいのサンプル数を確保すればよいのか不明である。
- ③同種の魚種の各成長段階(稚魚、産卵期など)での選好を考えることが重要であるが、稚魚の同定の難しさから調査が複雑になり、適切な調査を実施できない現状にある。
- ④魚類が自分に適した生息場所を、自らの意志で自由に選択できる環境にあることを前提に選好曲線が作成するため、「すみわけ現象」を反映できない。
- ⑤ヨシノボリ類などは、同類でも種によって生活様式が異なるため、さらに細分する必要がある。
- ⑥評価指標として、水深、流速、底質について検討したが、水温やカバーなど他の指標の有効性や可能性を検討する必要がある。
- ⑦投網、電気ショッカーによる採捕データを用いて選好曲線を作成したが、網の大きさ、採捕者の熟練度などが均一ではない。精度向上のためには統一的な採捕方法を確立する必要がある。

6. 謝 辞

本研究にあたり、貴重な調査資料を提供して頂いた愛知県土木部河川課、千葉県土木部河川海岸課ならびに都市河川課に対して深甚なる謝意を表する次第であります。また、現地調査にあたり多大なる御協力を頂いた千葉県内水面漁業協同組合連合会、養老川内水面漁業協同組合、夷隅川内水面漁業協同組合ならびに小櫃川内水面漁業協同組合に対して深甚なる謝意を表する次第であります。さらに、現地調査およびデータ分析に協力を得た奥田隆利氏、菊谷和斗氏ならびに高草木智也氏に対して記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1)建設省河川局監修，社団法人日本河川協会編(1986)：「改訂 建設省河川砂防技術基準(案) 計画編」，山海堂，昭和61年7月
- 2)Nestler, John M., Rober T.Milhous, and James B.Layzer(1989): Instream Habitat Modeling Techniques, James A. Gore and Geoffrey E. Petts editors, Alternative in Regulated River Management, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- 3)Orth,D.J. and O.E.Maughan(1982): Evaluation of the Incremental Methodology for Recommending Instream Flow for Fishes. Transaction of the American Fisheries Society, Volume III, No.4, pp.413-445.
- 4)中村・塚原・石川監訳，多自然型川づくり評価手法検討会翻訳(1994)：「河川・水辺における生物生息環境評価のための調査・数量化手法」[Platts.W.S., W.F.Megahan,and G.W.Minshall: Methods for Evaluating Stream, Riparian, and Biotic Conditions, United States Department of Agriculture, 1983]，建設省豊橋工事事務所
- 5)愛知県岡崎土木事務所(1994)：平成5年度河川環境対策工事のうち乙川河川現況調査業務委託報告書，(株)フィスコ
- 6)五十川誠二(1993)：農具川における魚類生息環境調査，平成5年度 豊橋技術科学大学 卒業論文