

(30) IFIM における魚の選好曲線の河川間の互換性に関する検討

A consideration on compatibility of fish suitability-of-use curves among rivers in IFIM.

○川本泰生^{1*}、関根雅彦^{*}、楊 継東^{*}、小林宏正^{2**}、浮田正夫^{*}
Yasuo Kawamoto^{*}, Masahiko Sekine^{*}, Yang Jidong^{*}, Hiromasa Kobayashi^{**}, Masao Ukita^{*}

ABSTRACT: Recently, the purposes of river restoration works have become not only the protection for flood but also the restoration of ecosystem quality. In this context, habitat evaluation procedures are becoming important. The Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) is one of the most popular habitat evaluation method, but still there is little application in Japan. In this paper, we study the accuracy and applicability of fish habitat evaluation method by IFIM. At first, we surveyed habitat variables, such as velocity, depth and substrate during the summer and the autumn in 1998 in the Kiba River, Yamaguchi prefecture, to derive suitability-of-use curves, which are the core technique in IFIM. Then, we compare the observed fish distribution with calculated habitat distribution by using the suitability-of-use curves obtained from the same river, which showed a good accordance. Next, we compare the observed fish distribution with calculated habitat distribution by using the suitability-of-use curves obtained from literature and laboratory. The former showed a bad accordance, the latter showed a good accordance. Those results imply that the suitability-of-use curves obtained from a river will show a good accordance when it is used in the same river, and suitability-of-use from laboratory can apply to other rivers.

KEY WORDS: IFIM, river restoration, field survey, fish preference, suitability-of-use curve

1.はじめに

近年、河川水辺空間に対する関心の高まりに応じて、河川が本来有している生物の良好な生育環境に配慮し、あわせて美しい自然景観を保全あるいは創出する「多自然型川づくり」が各地で試みられている¹⁾。こうした配慮がなされた河川改修工事を行うにあたり、どのような工法が生態環境にとって良い影響をあたえるのかを客観的に評価する生態環境評価手法の確立が必要である。北米などでは生態系に配慮したダム放流量管理を主眼にした Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) が実用化されている。IFIM はわが国においても河川における生態環境評価手法のひとつとして注目されているものの、わが国の河川への適用例はまださほど多くはなく、評価の精度なども明らかとは言えない。

本研究では、IFIM の生態環境評価法の中核をなす魚の評価指標に対する選好曲線を、現地調査により作成し、選好曲線から計算される魚の分布と、実河川における観察結果を比較することにより、IFIM による魚の分布の再現性を検証する。また、実際の河川改修工事では、常にその河川での選好曲線が得られるとは限らないため、異なる河川で作成された選好曲線を用いて対象河川の生息場評価を行わなければならない場合があり得る。このような場合を想定し、その他の河川における調査、文献、実験より得られた選好曲線を用いて魚の分布を計算し、観察結果と比較することによって、選好曲線の河川間の普遍性を検討し、その妥

¹ 山口大学大学院(Yamaguchi University)

² (株) 荒谷建設コンサルタント(Aratani Civil Engineering Consultants CO., LTD.)

当性を検証する。

2.調査対象河川

調査対象は、多自然型工法による河川改修が進行中の山口県西部の菊川町を流れる木屋川水系の二級河川貴飯川である。護岸改修工事区間は全長 3200m、平成 10 年度現在、下流から 2240m までは工事改修済みである。平常流量は 0.08m³/s 前後、河床材料は、砂や 5cm から 10cm 程度の中型の礫が多く、部分的に 20 cm 程度のれきが見られた。貴飯川を環境条件などから大きく 5 つの区間にわけた。図 1 に示す。区間分けは、下流側から

St.1 既改修の淵(区間長 159m)
St.2 既改修の瀬(同 44m)
St.3 河道内に人為的に石を配置し多自然に改修された瀬(同 60m)、
St.4 未改修の淵(同 38m)
St.5 未改修の瀬(同 18m)

である。

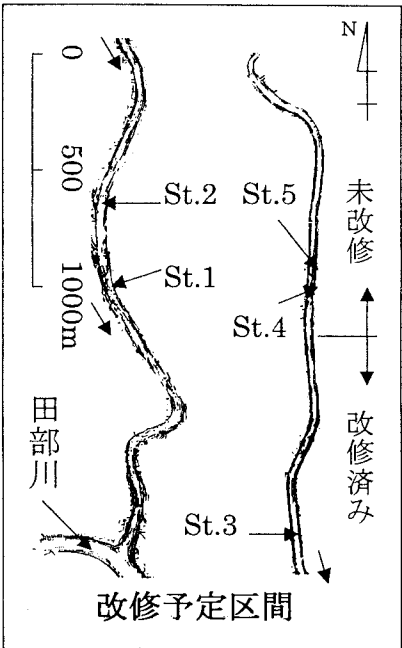


図 1 貴飯川図

3.選好曲線の作成

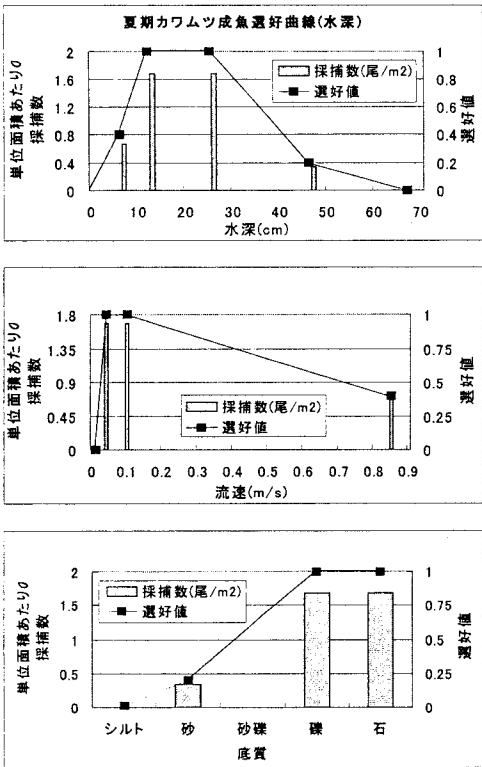


図 2 夏期カワムツ成魚選好曲線

一般的な選好曲線作成手順は、以下のとおりである。①代表的な調査地点を選定し、魚類を採捕するとともに、採捕地点の水深、流速などの評価指標を記録する。②採捕された魚種、成長段階、および評価指標ごとに、単位面積あたり採捕数の評価指標区分に対するヒストグラムを作成し、ヒストグラムをスムーズに結んだ曲線を描く。ただしこの際、評価指標Aについて注目する時は評価指標Bには関知しない。つまり評価指標Aに対するヒストグラムには、評価指標Bについては種々の状態が混在している。③描いた曲線の最大値を 1 とする縦軸目盛りを刻めば、それが求める選好曲線となる。

本調査では、貴飯川において、年間を通じてよく観測されるオイカワ、カワムツ、カマツカを対象とした。魚の計数は 10 回の投網、4 人で 15 分間タモ網による採捕を行なった。

評価指標としては、水深、流速、底質の 3 つを取り上げた。ここで底質は大雨などの影響がない限り大きな変化はないため、夏に行った調査に基づいたデータを、年間を通じて用いる。今回の調査では観測されたのはシルト、砂、砂礫、礫、石であった。カワムツの夏の成魚に関する選好曲線

を図2に示す。同様の手法で描いた、オイカワの成魚に関する選好曲線を図3に示す。

文献 5)によるとカワムツは生息場所の季節的変化は見られず、稚魚は成魚に比べて浅い箇所を生息場としている。図2の選好曲線から水深では深い地点にも選好性が見られ、流速に関しては遅い流速に選好性が確認され、これらは淵の特性を示していると考えられる。さらに夏は浅い水深のみに選好性が見られたが、秋では深い水深のみに選好性が見られる。これは成長に伴ない夏から秋にかけてカワムツ成魚の水深に対する選好性が浅い箇所から深い箇所に变化したと考えられる。オイカワ成魚は比較的浅い水深に対して選好性が見られるが、流速は遅い箇所から速い箇所まで幅広く確認され、文献と一致する。これより得られた選好曲線はカワムツ、オイカワの生態とよく一致していると考えられる。

4.対象河川より得られた選好曲線を用いた生息環境評価

IFIM がどの程度適切に魚の有効生息場を表現できるかを知るため、計算により得られた WUA（重み付き利用可能面積）の分布と調査データに基づく魚の分布の比較検討を行う。IFIM による生息環境評価法の概略は以下の通りである。

- ①対象河道内を環境条件に応じていくつかの区間に分割する。
- ②調査や不等流計算などにより、種々の流量条件に対する各区間での水深、流速、底質などの評価指標を求める。
- ③調査データに基づいて作成された魚の選好性を示す選好曲線を用いて、次式により魚の有効生息場を表現するWUAを求める。

$$WUA = \sum (f(v) \times g(d) \times \dots \times h(s)) \times a$$

ここで、 $f(v)$ 、 $g(d)$ 、 $h(s)$ は流速、水深、底質を表す評価指標 v, d, s に関する0から1の値をとる選好値、 a は区間の水面積である。

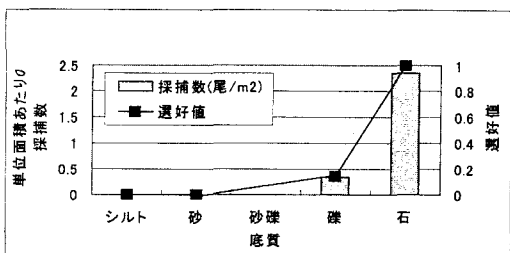
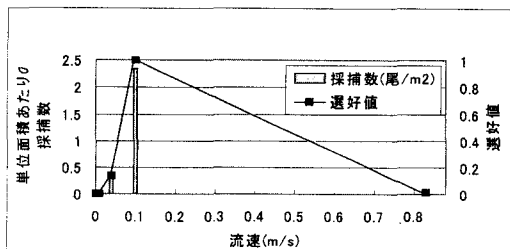
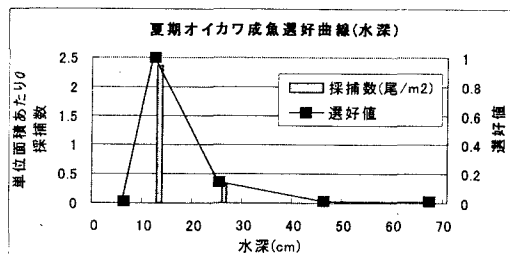


図3 夏期オイカワ成魚選好曲線

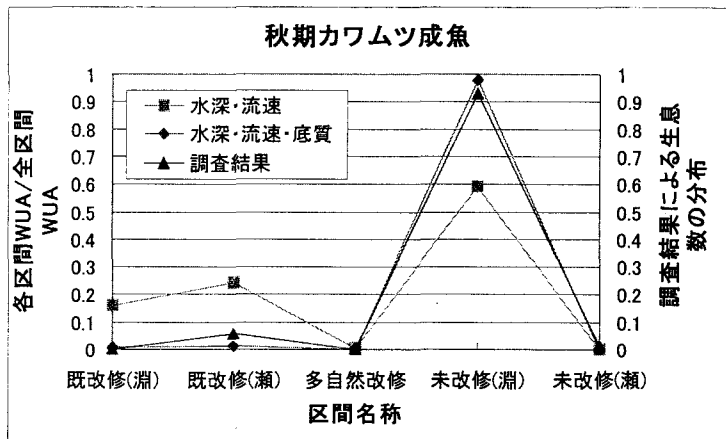


図4 秋期カワムツ成魚

検討方法は、貴飯川の 319m を 32 断面に分け、流況が類似した、調査地点 Station1～5 を含む 5 つの区間に分けた。評価指標は不等流計算で得た水深、流速の値、現地調査による底質を考慮し、魚種はカワムツ成魚、季節は秋とする。これを各断面に計算を実施、集計し区間の WUA 値とした。これらの 5 つの調査地点での各魚種の総量を 1 として各区間の生息数の分布を示した。次に、全区間の WUA に対する各区間の WUA の比率を魚の有効生息場の分布と考え、魚の分布と比較した。秋のカワムツ成魚の結果を図 4 に示す。その結果、有効生息場の分布の計算結果は魚類の生息数の調査結果をよく再現していた。これより、魚の選好曲線を求めた河川においては、IFIM により魚の分布がよく説明できることを示した。

5.異なる河川の調査より得られた選好曲線を用いた生息環境評価

前節での WUA 算出は実際の貴飯川調査データに基づいて作成された選好曲線を用いた。本節では現地調査に基づかない選好曲線を用いたオイカワに関する WUA 算出を行い、選好曲線の普遍性について検討を行う。ここでは、文献⁹⁾、及び一昨年度の研究で得られた古甲川、さらに室内実験により得られた選好曲線を用いる。

文献より得られた選好曲線は、乙川での調査データに基づいたもの⁹⁾である。乙川は愛知県を流れ、流路延長は約 34km、平水流量は約 9m³/s である。対象魚種はオイカワであり、季節は夏である。選好曲線作成手法として生息数基準を用いている。生息数基準とは、評価指標毎の魚の出現頻度のことである。これを作成するためには魚の出現頻度を調査する時に、その場所での評価指標を同時に調査し頻度分布分析により選好曲線を作成した。ここで頻度分布分析とは、対象河川における評価指標毎の魚の観測資料で作られる頻度分布を用いて、頻度分布の各バーの中間点を滑らかに繋げる手法である。ここでは、評価指標として、水深、流速、底質の 3 つのみ取り上げてあった。また水深に関しては生息数の値がそのままであったため、そのデータを用いて、頻度分布分析を適用し選好曲線を作成した。水深の選好曲線を図 5 に示す。

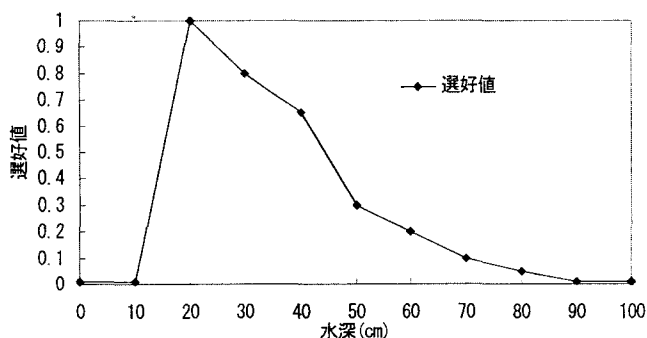


図 5 文献による選好曲線 (乙川:オイカワ:成魚:夏期)

一方、図 6 選好曲線は一昨年度の研究¹²⁾で得られた。これは、多自然型工法による河川改修が進行中の山口市を流れる二級河川の古甲川での調査データに基づいたものである。調査対象区間長は約 580m である。平常流量は 0.02m³/s 前後、一昨年度調査中の最大流量は約 2m³/s である。河床材料は、砂や 5cm から 10cm 程度の中型のれきが多く、部分的に 20 cm 程度の礫、コンクリートなどが見られた。

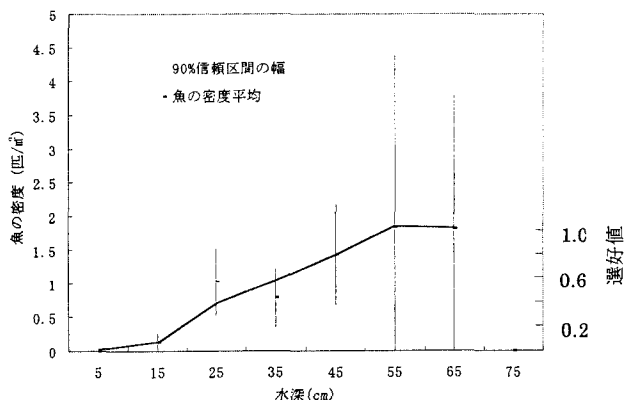


図 6 調査による選好曲線 (古甲川:オイカワ:成魚:夏期)

実験から得られた選好曲線の概略を述べるが、より詳細に関しては参考文献 10)を参照してほしい。

魚は摂餌、休息、逃避、産卵などの行動をとり、それに伴う摂餌モード、休息モード、逃避モード、産卵モードなどのような、それぞれの行動に対する行動モードが存在すると考えられる。この行動モードによって魚の環境選好性は異なるため、河川改修などによる河川生態系への影響を評価しようとする場合、行動モードによる環境選好性の变化を正しく評価することが必要である。ここでは、オイカワ (*Zacco platypus*) を用いて実験を行ない、河川改修による環境変化が魚類の生息環境に与える影響を評価する基礎資料とするため、魚の行動モードおよびモード毎の選好曲線について実験的研究を行い選好曲線を作成している。

実験装置の概要を図7に示す。実験装置内の実験水路に魚を所定数入れて、左右の実験水路の環境条件を種々変化させ、ビデオカメラにより6分間毎に自動撮影して魚の挙動を観察し、記録した画像から環境条件を変化させた水路における魚の分布率を求めている。

流速、水深、遮蔽の3環境因子を選定し、それぞれを単独で変化させた単一因子実験及び環境因子を組み合わせて実河川の瀬、淵を想定した複合因子実験を行った。一回の実験時間は24時間とし、摂餌モード、休息モードに分けて選好曲線を作成している。なお実際の摂餌行動の有無にかかわらず、活発に活動している場合に摂餌モード、そうでない場合に休息モードとした。そのうち水深に関する選好曲線を図8に示す。あわせて摂餌モードの平均値 μ 、標準偏差 σ を示す。本実験手法に基づく選好曲線決定法では、ある環境因子のみに注目し、他の環境因子による影響を除去でき、より客観的な結果が得られている。

異なる選好曲線を用いて前節と同様にWUAを算定した結果を図9に示す。室内実験による選好曲線は、調査が日中に行われたので摂餌モードの選好曲線を用いた。文献と古甲川より得た選好強度式では図9に示す調査結果と計算結果に大きな違いがみられ、現場での調査に基づかない選好曲線による魚の生息域評価には疑問点が残る結果となった。

この理由として、①通常の選好曲線作成法では、一連の魚の密度の調査結果を単純に水深で整理したものを水深の選好曲線、流速で整理した

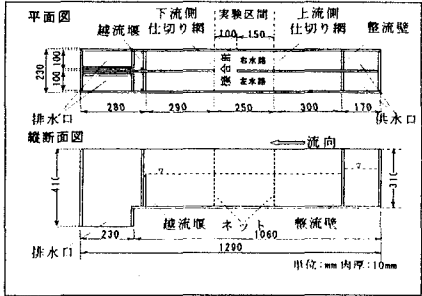
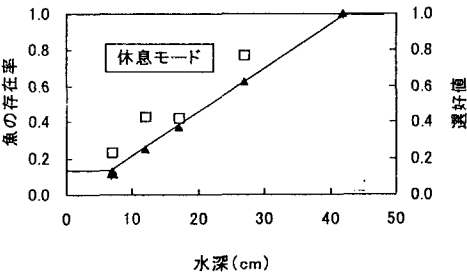
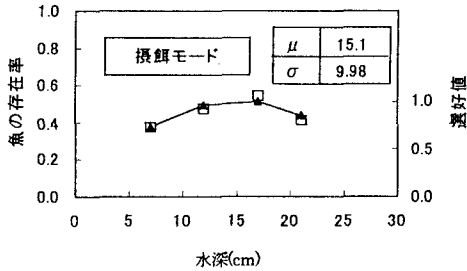


図7 実験水路



□：実験値 ▲：計算値

図8 実験により得られた選好曲線

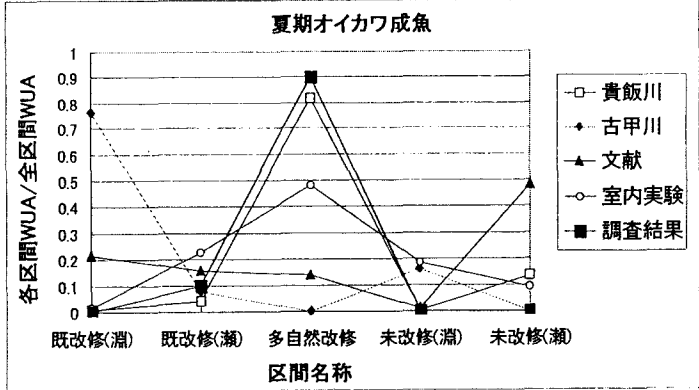


図9 選好曲線の違いによるWUAの比較

ものを流速の選好曲線としており、水深、流速などの環境因子に対する選好曲線それぞれが独立したのではない。このため、調査を実施した河川のみに適用可能な選好曲線となっている可能性があること、②乙川や古甲川と貴飯川では、流量や水深など河川自体の規模に大きな違いがある。そのため調査対象となった魚種の年齢構成や選好性そのものが異なる可能性があること、などが考えられる。①が主要な原因であった場合、河道形態をまったく異なるものにしてしまう河川改修の影響評価に IFIM をそのまま用いることには問題があることになる。ただしこの点については本研究ではわずかな例での検討に過ぎず、今後継続して検討していく予定である。

次に、室内実験から得られた選好曲線では、調査結果と似た変動を見せた。これは、室内実験では注目する因子以外は同じ条件となるようコントロールされているため、異なる環境因子に対する選好曲線の独立性が保たれているからだと考えられる。以上のことから、状況の異なる河川において作成された選好曲線の互換性は極めて低い場合があるが、室内実験から得られた選好曲線は実河川に対してもある程度の汎用性があることが示された。

6. おわりに

本研究では、IFIM に基づく生態環境評価法を貴飯川に適用し、魚類の生息場を評価し、魚密度の観測結果と比較を行った。この結果は次のようである。

- 対象河川での観測に基づいた選好曲線を用いた場合、計算された有効生息場の分布は観察された魚の分布をよく再現していた。
- 同じ魚種について文献より得た選好曲線を用いた場合、計算された有効生息場の分布は観察された魚の分布と一致しなかった。
- 「採捕された魚種、成長段階、評価指標ごとに、単位面積あたり採捕数の評価指標区分に対するヒストグラムを作成し、ヒストグラムをスムーズに結んだ曲線を描く。ただしこの際、評価指標 A について注目する時は評価指標 B には関知しない。つまり評価指標 A に対するヒストグラムには、評価指標 B については種々の状態が混在している。」という通常の選好曲線作成法では、別河川で得られた選好曲線の使用や、同じ河川であっても河川形状を大きく変更してしまうような改修の生態環境評価はできない可能性があることが示唆された。
- 室内実験から得られた選好曲線は実河川に対してもある程度の汎用性があることが示された。

今後は、調査事例を増やして本研究の知見を確認すると同時に、より適切と思われる手法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 建設省河川局治水課：多自然型河川工法設計施工要領(暫定案)。財団法人河川環境管理財団, 1994.
- 2) 今井崇史：多自然型河川改修効果予測のための魚の生息環境評価手法に関する研究。山口大学修士論文, 1998.
- 3) 石川雅朗：選好曲線作成例。第 1 回河川環境評価法セミナー資料、豊橋技術科学大学, 1995.
- 5) 水野信彦：魚にやさしい川のかたち。信山社, 1995.
- 6) 金亨烈, 玉井信行, 松崎浩憲：流量増分生息域評価法における生息数基準に関する研究。水工学論文集, 40, 151・156, 1996.
- 7) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六：河川生態環境工学。東京出版会, 1993.
- 8) 沼田真, 水野信彦, 中村俊六：河川の生態学。1993.
- 9) 金亨烈, 玉井信行：乙川における IFIM を用いた魚類の生息域評価に関する研究。環境システム研究, 24, 77-82, 1996.
- 10) 宮本和雄：活動モードを考慮した魚の環境選好に関する実験的研究、山口大学卒業論文、1999
- 11) 小林宏正：IFIM による貴飯川の河川改修効果の評価に関する研究、山口大学卒業論文、1999
- 12) 川本泰生：IFIM による河川改修効果の評価に関する研究、山口大学卒業論文、1998