

カジカ大卵型を対象にした 簡便 IFIM による河川生息場評価の試行

五十嵐 勇気¹ ・ 東 信行^{2*}

¹正会員 農修 弘前大学大学院農学生命科学研究科 修士課程 (〒036-8561 青森県弘前市文京町 3)

現 パシフィックコンサルタンツ株式会社中部本社 (〒451-0046 愛知県名古屋市牛島町 2-5 トミタビル)

²正会員 農博 弘前大学助教授 農学生命科学部生物生産科学科 (〒036-8561 青森県弘前市文京町 3)

*Corresponding author

河川環境評価法の一手法である IFIM はわが国に紹介されて約 10 年となるが、未だ事業として広く用いられるにいたっていない。そこで本研究では IFIM を基本とするより簡便な評価手法について検討した。カジカ大卵型を調査対象とし、簡便化の鍵となる評価の空間スケールを瀬・淵が一単位となる程度において検討を行い、さらに流程方向に広く評価地点を設けた場合、流速や水深、底質といったその場の物理量の情報からのみでは適切な評価は困難であった。そこで、重回帰分析によって他の必要な環境要素を抽出し付け加えることにより、適切な評価が可能であることが示された。

Key Words : *fluvial sculpin, IFIM, mesohabitat, water temperature*

1. はじめに

河川環境評価に関する研究は近年我が国でも盛んに行われ、一定の成果を上げている¹⁾²⁾³⁾。しかしながら、その評価法を事業に乗せるにはまだ汎用性を高めるための感度分析的な試行が必要であるように考えられる。魚類の分布は河川の地史的条件を基本にして、河川や流域の構造、気象等に由来する物理的、化学的環境条件による生理的要因と他生物との相互関係などに由来する生態的な要因がある。河川生態環境の一部としての生息場環境を評価し、保全・復元することを目的とする場合、生息場としてのポテンシャルを示すものとして物理的、化学的な非生物条件がまずあげられると考えられるため、多くの河川生態環境評価法が水理特性や水質を指標パラメータとして採用している。また、水生生物の生息場は常に一定ではなく、流量という変数によって大きく影響され、時系列的に変化する生息場を評価する必要がある³⁾⁴⁾。そのため、流量の関数としての物理的特性（水深や流速）や化学的特性（水温や水質）の時系列的変化がどのよう

に生息環境要素として影響しているのかを評価する必要がある。この場合、環境の時系列変化をモニタリングし、生物の応答を追跡することにより精度の高い評価を行う方法と、時系列変化の結果として現在成立している生物群集もしくは個体群の有り様を考察するといった大きくは二つの極があるといえるが、汎用性から、後者の方が広く用いられている。

米国等で活用されている評価モデル IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) が我が国に紹介されてから、既に約 10 年の年月が経過している。この評価法はその構成要素であるマイクロハビタットモデル PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model) が流量関数として生息場面積を算出することから、特にダム下流の維持流量を生物生息場評価の視点より用いる場合に優れたツールとなり³⁾⁷⁾、また物理構造との関連性が強いことから、河川形状の決定など、施工にとっても有用性が高い。これらの特徴が重回帰分析、主成分分析などの一般的な統計手法と異なる存在意義を示している。しかしながら、我が国においては、未だ広く事業等で用いら

れるに至ってはいない。その要因として、PHABSIMに用いる生物の生息場適正基準 HSC (Habitat Suitability Criteria) に関するデータベースの整備の遅れと、研究レベルで行われてきた評価に用いる環境計測の精度と現実の事業において可能な調査との乖離にあると考えられる。より精度の高い評価モデルの開発は必要不可欠である一方、より簡便に生息場のポテンシャルを評価する方法もまた探っていく必要がある。

魚類の生息場選択は瀬・淵などの表現で表される定性的特性を持ち、魚種やその成長段階、季節によって異なることは自明であるが、物理的環境要素に関する定量的数値は河川規模等によっても異なることが予想される。また、マイクロハビタット評価から把握できる事柄はその時間断面での生息場であり、彼らが時間軸での変化によって必要とする要素を表しきれていない。精度を保ちつつ実用性を保つためには、評価に用いる環境パラメータの付加とともに取捨選択作業が必須であるといえよう。これは評価対象とする空間スケールの選択にも深い関係がある。

そこで本研究では、その場に存在する環境特性と生物群集の対応を見ることができる瀬・淵が1単位程度存在する空間スケールをメソスケールと定義し、この微小生息場よりもはるかに大きなスケールを基準に、これを2分割する程度の解像度を単位とし、IFIM/PHABSIMの手法を基本としてできるだけ簡便な評価手法を検討することとした。

2. 材料と調査地

(1) 材料

本研究では調査対象としてカジカ大卵型 (*Cottus pollux*) を用いた。カジカ大卵型は、全長約15cmとなる河川陸封性の魚類である。生息地域は河川の中流から上流域であり、山地の渓流域にまで生息し、生息場所として瀬の石礫底を好む⁷⁾⁸⁾。高い定住性を持ち、home rangeは数十m²の範囲で移動距離は普段は10m程度、繁殖期においても数十m程度である⁹⁾¹⁰⁾。流量の変化によって大きく変動する物理環境として水際線や瀬があるが、本種は上記のとおり瀬を好む魚種であり、定住性も高い。従って流量の変化に大きく影響を受ける場所を生息場として好むため流量の変化に敏感である。さらにサケ科魚類に代表されるような種間の相互作用による分布変化は相対的に小さく、より無生物的環境要素との関連が顕著であると考えられるため、本研究のような試行的研究にふさわしいと考えた。

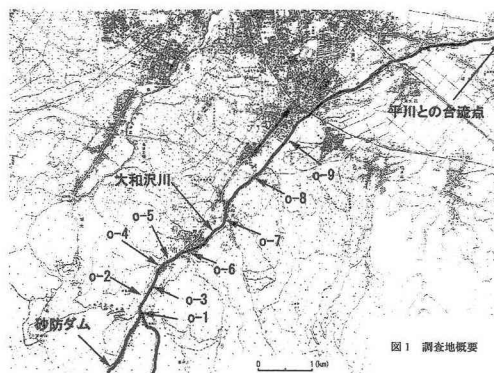


図-1 調査地概要

(2) 調査地の概況

調査は青森県弘前市郊外を流れる大和沢川において行った。弘前市南方、西股山(954.1m)西側斜面に水源を発している、流域面積32.3km²、流路延長15.1kmの一級河川岩木川の小支川である。図1に示すように調査対象地域は、流程約4.8kmの区間である。

地点番号は上流側から0-1、0-2、0-3、0-4、0-5、0-6、0-7、0-8、0-9と設定した(図1)。さらにこれらの地点毎にいくつかの調査区画を設け、0-1を7区画、0-2を3区画、0-3を5区画、0-4を5区画、0-5を2区画、0-6を4区画、0-7を3区画、0-8を5区画、0-9を5区画、計39区間に分けて調査した。0-4と0-5の間には農業用水のための堰があり、灌漑期にはここで流量が大きく減少する。

3. 方法

魚類生息場調査は2003年6月28日～7月4日、9月3日～9月17日、11月13日～11月19日に行った。環境測定は基本的に調査時に同時に行った。各調査区画は基本的に縦断方向15mで区切り、滞筋に沿って淵や瀬といった代表的な環境を反映するようにした。ただし川幅10m以上で横断方向の環境変化が著しい箇所では横断方向に2分割し、各区間区の調査面積をおおよそ一定にすることとした。

(1) 魚類生息分布調査

魚類生息分布調査は電気ショックャー(スミスルート社製)を用いて行った。電圧は通常400Vとした。採捕は設定した区間毎に連続して2回行った。採捕した魚は区間毎に種同定後、個体毎に体長を、区間毎に総体重を測定し、回復を確認した後、採捕した区間に再放流した。

当歳魚

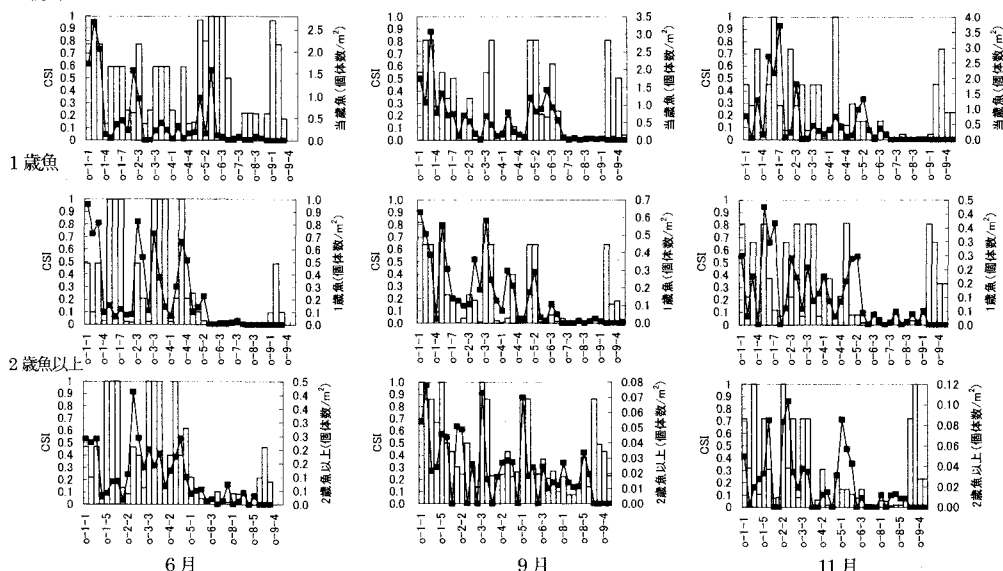


図-2 物理量のみから算出された CSI 値と実際のカジカの生息密度。図中白抜きは算出された CSI 値であり、実線は実際のカジカの生息密度を示す。

採捕したカジカは体長分布より Cohort 解析プログラム¹⁰⁾を用いて 2 歳魚以上, 1 歳魚, 当歳魚の 3 つのグループに分けた。

(2) 環境測定

測定項目は i) 流量, ii) 水深, iii) 流速, iv) 底質, v) 浮石率, vi) 水温, vii) 砂防ダムからの距離, viii) 河床および水面勾配である。

各区間は縦断方向 5m 間隔で横断線を引き、水深と流速の計測は横断線上において 0.5m 間隔で行った。誰もが計測可能であるように、単純な横断測量を基本とした。

底質は各区間の中央において代表的粒径を目視により測定し、谷田・竹門の簡便階級¹²⁾を参考に 7 つのクラスに分類して記録した。浮石率は区間内でこぶし大の石を任意に 50 個ひっくり返し、その浮石の数の割合を求めた。水温は現地調査時の計測に加え、自記式温度計 Tidbit (onset 社製) により連続的にも計測した。河床勾配、および水面勾配は各調査区画により現地測量によって求めた。なお、水質に関しては 2001-2003 年の予備調査から、この調査範囲の水質変化がわずかであることから、今回の環境変数からは除外した。

4. 解析

解析は、生息場環境の物理量（ここでは水深・流速・底質）のみの情報から作成した「生息場適性基準 HSC」から算出した合成適正值 CSI (Composite Suitability Index) と、それらに重回帰分析の結果を併せて再度算出した CSI を比較し検討を行った。

(1) CSI の算出

水深、流速、底質の 3 つの物理量を用いて適性基準 (HSC) を作成し CSI を算出した¹³⁾。以下に水深に関する HSC の作成例を示す。

a) 適性基準 (HSC) の作成

- 1) 総区間内の水深の平均値と標準偏差をそれぞれ計算する。
- 2) その分布が正規分布に従っていると仮定し、1) の計算から水深の階級を次の 4 段階とした。①最小 (0) ~ 平均値 - 標準偏差, ②平均値 - 標準偏差 ~ 平均値, ③平均値 ~ 平均値 + 標準偏差, ④平均値 + 標準偏差 ~ 最大値。
- 3) その階級区分に属する魚の個体数をそれぞれ合計。
- 4) 個体数を頻度とした水深に関する頻度分布が完成。
- 5) 次に、上記階級区分に属する区間面積をそれぞれ合計する。

表-1 重回帰分析結果 (除外 F 値 3.996)。カジカの各成長段階毎で重回帰分析によって採用された変数の一覧を示す

6月2歳魚以上					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.015	-0.706	0.621	26.237	<0.0001
平均水深	0.004	0.296			
6月1歳魚					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.045	-0.654	0.428	24.665	<0.001
6月当歳魚					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.071	-0.444	0.197	8.083	<0.05
9月2歳魚以上					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.003	-0.511	0.261	12.006	<0.05
9月1歳魚					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.024	-0.512	0.736	29.733	<0.0001
平均流速	0.006	0.406			
底質	0.030	0.228			
9月当歳魚					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.073	-0.448	0.488	10.163	<0.0001
11月流量	-0.989	-0.353			
浮石率	0.588	0.309			
11月2歳魚以上					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.015	-0.542	0.294	14.135	<0.001
11月1歳魚					
独立変数	回帰係数	標準回帰係数	r^2	F	P
夏の最高水温	-0.109	-0.510	0.260	11.930	<0.05

- 6) 区間面積を頻度とした水深に関する頻度分布が完成。
 7) 各階級区分毎に個体数を区間面積で除して密度変換。
 (バイアス補正)
 8) 各階級の密度を総密度で除して、密度の総和を1(すなわち100%)とした。
 なお、流速も同様の手順である。

b) 合成適性値 CSI の計算

1) 上記までで作成した水深や流速などのHSCについて、各階級区分のHSCのうち最大値となった階級区分のHSCによって各階級区分のHSCを割り、各区間のHSCを適性値SIに変換した。つまり、適性値SIは最大値で1となる。その後、区間毎にSIを掛け合わせ合成適性値CSIを計算した。

$$CSI = SI(D) \times SI(V) \times SI(S)$$

ここで、SI(D)：水深に関する適性値、SI(V)：流速に関する適性値、SI(S)：底質に関する適性値である。

2) 合成適性値 CSI のランク分け

合成適性値CSIをその値によって次の3種類に分類した。

- (a) $0.85 < CSI$ → 「最適」
 (b) $0.25 \leq CSI \leq 0.85$ → 「利用可能」
 (c) $CSI < 0.25$ → 「不適」

また、(a) と (b) は生息利用可能として「適」とした。

3) 検定方法

CSIの妥当性について、CSIの分布と魚類の分布(利用)状況とを χ^2 検定を用いて統計的に検討した。この検定では以下の仮説を検定した。

- ・仮説…「適=最適+利用可能」と「不適」の場所の区別とは無関係に生息している。

(2) 重回帰分析

重回帰分析では、各調査季節の各成長段階の生息密度をそれぞれ目的変数として解析を行った。説明変数6月のデータでは平均水深、水深の変動係数、平均流速、流速の変動係数、水面勾配、夏の最高水温、6月の流量、11月の流量の8変数を用いた。9月、11月は6月のデータに用いた8変数に浮石率と底質の2変数を加えた全10変数で行った。浮石率はarcsine変換を行った後に用いた。重回帰分析には統計処理ソフトStat View5.0を用い、ステップワイズ増加法により解析を行った。除外F値は3.996で行った。

5. 結果および考察

どの調査日も平常水位の範囲内で行った。総調査区間延長は505mであり、総調査水面積は、6月2520.3 m^2 、9月2306.1 m^2 、11月2762.3 m^2 であった。採捕されたカジカは計3719尾(6月当歳魚:661個体 1歳魚:316個体 2歳魚以上:148個体、9月当歳魚:1187個体 1歳魚:291個体 2歳魚以上:54個体、10月当歳魚:834個体 1歳魚:182個体 2歳魚以上:46個体)であった。カジカ以外の魚種としては、アメマス、ヤマメ、アブラハヤが主に出現したが、カジカに比べて極めて密度は低く微少生息場所が異なることから、カジカの分布に大きな影響を与えることはないものと考えられた。

図2にCSIと実際の生息密度を示す。カジカの生息密度は6月、9月、11月のすべての調査において0-7地点より下流で急激に生息密度が低くなっていた。当歳魚の生息分布は季節を通して0-1地点で特に当歳魚が多く、河川上下流方向への移動がないことを考えると、この地点がよい繁殖場所となっていることが考えられる。0-1から0-6地点ではある程度の適合性がみられたが、0-8、0-9地点においてはCSIが高いにも関わらず、実際の密度との適合性が見られなかった。 χ^2 検定によるCSIの妥当

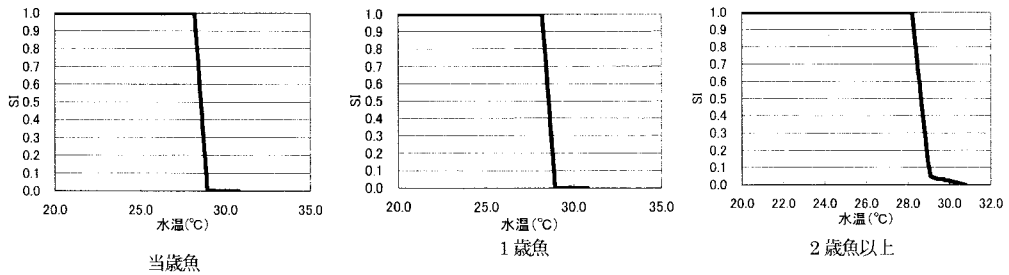


図-3 推定された夏の最高水温の SI。図は 9 月の結果から推定したものであるが、カジカのすべての成長段階で 6 月、11 月も同様の傾向が見られた。

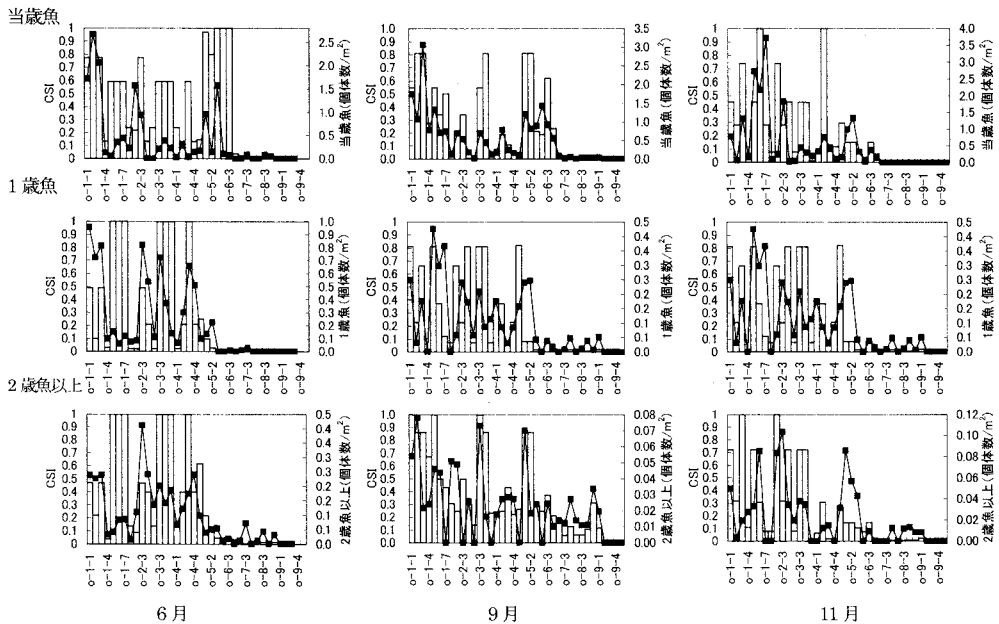


図-4 夏の最高水温を考慮して算出した CSI 値と実際のカジカの生息密度。図中白抜きは算出された CSI 値であり、実線は実際のカジカの生息密度を示す。

性の検定結果は 11 月の 2 歳魚以上と当歳魚の第 2 仮説が棄却されたのみであり、物理量のみから得られた CSI の妥当性はほとんど認められなかった。このことから、本研究で対象にしたような約 5km の流程において河川生息場環境を評価する場合、水深・流速・底質といったハビタットパラメータのみにより生息場環境を評価することは困難であることが示された。そこで、重回帰分析によって計測した各環境要素の重要性について検討した。表 1 に解析した結果を示す。ここに示されたのは重回帰分析により抽出された説明変数である。6 月は 2 歳魚以上、1 歳魚、当歳魚のすべてに対して夏の最高水温が第一に抽出され、すべての場合で偏回帰係数は負であった。2 歳魚以上では他に平均水深が正の偏回帰係数であった。

9 月でもすべての成長段階で第一に抽出されるのは夏の最高水温であり、すべて偏回帰係数は負であった。他に、1 歳魚では平均流量と底質が正の偏回帰係数であった。当歳魚では 11 月の流量に関して偏回帰係数は負であり、浮き石率に関しては正であった。11 月では、2 歳魚以上ではどの変数も抽出されなかった。1 歳魚と当歳魚にはそれぞれ夏の最高水温が抽出され、どちらの場合でも偏回帰係数は負であった。どの季節、どの成長段階においても第一に抽出されるのは夏の最高水温であった(表 1)。この結果より PHABSIM で評価されない環境要素として、まずは IFIM においてもマクロハビタットモデルにおいて考慮されている水温について SI を推定し検討を行った。

水温の SI の推定は上下流方向のカジカの生息密度の違

表-2 χ^2 検定結果 χ^2 検定は2×2の分割表を用いて行った。結果 $T \geq 1.6449$ であれば仮説は危険率 0.05 で棄却されたこととなる。

2歳魚以上	適	不適	計
利用セル	14	16	30
非利用セル	0	8	8
計	14	22	36

T=2.471 判定：○棄却

1歳魚	適	不適	計
利用セル	11	14	25
非利用セル	0	11	11
計	11	25	36

T=2.640 判定：○棄却

当歳魚	適	不適	計
利用セル	16	11	27
非利用セル	0	6	6
計	20	17	37

T=2.488 判定：○棄却

6月

2歳魚以上	適	不適	計
利用セル	10	18	28
非利用セル	2	9	11
計	12	27	39

T=1.068 判定：×

1歳魚	適	不適	計
利用セル	11	19	30
非利用セル	0	7	7
計	11	28	39

T=1.891 判定：○棄却

当歳魚	適	不適	計
利用セル	13	20	33
非利用セル	0	6	6
計	13	26	39

T=1.883 判定：○棄却

9月

2歳魚以上	適	不適	計
利用セル	12	12	24
非利用セル	0	15	15
計	12	27	39

T=3.291 判定：○棄却

1歳魚	適	不適	計
利用セル	11	18	29
非利用セル	0	10	10
計	11	28	39

T=2.299 判定：○棄却

当歳魚	適	不適	計
利用セル	13	13	26
非利用セル	0	13	13
計	13	26	39

T=3.122 判定：○棄却

11月

いに着目して推定した。まず、河道内の生物生産性や魚類の生理的なことを考慮すると、上流部の低い水温についてもSIの減少が考えられるが、ここではカジカの生息の可否に関する生理的限界ということに焦点をあて、マクロスケールでの評価を意識したので、0-1地点から0-6地点までは生息密度に多少の違いがあるものの、ここでの水温は生息密度に負の影響は与えていないと仮定した。そこで、0-1から0-6地点までの夏の最高水温の適性値(SI)を1とした。0-6より下流地点の夏の最高水温の適性値は、その地点の生息密度を0-1から0-6地点までの生息密度の平均値で割った値に0-1から0-6地点までのCSIの平均値をその地点のCSI値で割った値をかけ、その値をその地点の最高水温の適性値とした。もしも、この値が1を超える場合はその地点において水温の負の影響は無いと判断し、適性値は1とした。このようにして得られた各地点の夏の最高水温とその適性値の推定を行った。

推定された夏の最高水温のSIを図3に示す。推定の結果、夏の最高水温のSIは28℃から29℃にかけて急激に減少した。また、水温考慮後のCSIと生息密度について図4に示す。物理量のみ情報に水温の情報を加えてCSIを算出すると、0-8、0-9におけるCSIと密度の間の不適合が解消され、高い適合性が見られた。物理量のみ情報に推定した水温のSIを加味して算出したCSIの妥当性についての χ^2 検定による検定結果は、仮説対して9月の2歳魚以上の場合除いて、すべての季節、成長段階で棄却された(表2)。このように、本研究では物理量のみ情報に重回帰分析によって抽出された水温についてのみでも情報を添加して評価することにより、実際の生息分布に適合性を示すモデルを提示することができた。重回帰分析で得られたパラメータをさらに加えることにより、精度はさらに高くなるのかもしれないが、本稿の目的で

ある簡便性に着目すると、一つのパラメータを加えるだけで実用的になり得たことを強調しておく。広い範囲で河川生息場評価を行う場合、簡便な計測によって得られる水深や流速といった物理量の情報に加えて、重回帰分析等によって必要な環境要素を抽出して評価することにより、実用レベルの評価が可能となることが示唆された。IFIMは乗法評価法であるという特性から、水質やその他の環境ファクターが重要な場合にも、それらを付加することが可能である。

6. 結論

河川縦断方向の一定の範囲で、簡便に河川生態環境評価を行う方法について検討した。河川の流程を広い範囲で評価を行う場合、簡便な計測から得られる流速や水深といった物理量の情報からのみでは適切な評価は困難であった。そこで、重回帰分析によって他の必要な環境要素を抽出し付加することにより、広範囲で適切な評価が可能であることが示された。本研究の試行は微小生息場の物理環境に関して、簡便な計測が実用レベルに適用可能であることを提示しており、いまだ研究者以外では十分に活用されていない評価手法を実用化する上でひとつの判断材料となり得ると思われる。またマクロハビタットとして必要なパラメータの抽出に重回帰分析が有効であることも示された。しかしながら、適正基準の標準化をどのように進めるかは今後の課題である。本稿では紙面の都合上省略したが、適正基準の季節的な変動は認められる一方、同一河川内における河川区間毎にはおおそ共通の基準が成り立ちうるということが示されていることも、今後の指針となるものと考えられる。

謝辞：本研究を進めるに当たり、弘前大学農学生命科学部 動物生態学・野生生物管理学研究室に所属する諸氏には、調査に関して多大なる御支援を賜った。また、青森県県土整備部弘前土木事務所には河川に係る基礎的データを提供していただいた。山梨学院大学の藁田孝晴氏には、カジカの生態に関して有益な議論をさせていただいた。本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号14656087）による研究の一環として行われたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 井上幹生、中野繁：小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所、日生態誌 44：151-160, 1994
- 2) 楊継東、関根雅彦、浮田正夫、今井剛：行動モードを考慮した魚の環境選好性に関する実験的研究、土木学会論文集 No. 636/VII-13, 35-45, 1999
- 3) 玉井信行：河川における魚類の生息地、「生態系とシミュレーション」朝倉書店, 115-123
- 4) 左合純造、永井明博：全国河川の魚類相と河川特性の関係、土木学会論文集 No. 748/VII-29, 11-23, 2003
- 5) Travnicek, V. H., B. B. Mark & J. M. Michael : Recovery of a warmwater fish assemblage after the initiation of a minimum-flow release downstream from a hydroelectric dam, Transactions of the American fisheries society 124: 836-844, 1995
- 6) Bovee, K. D., B. L. Lamb, J. M. Martholow, C. B. Stalnaker, J. Taylor & J. Henriksen. : Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology, U. S. Geological Survey, biological resources division information and technology report USGS/BRD-1998-0004. viii+131pp
- 7) 後藤晃：カジカ科カジカ, 「日本の淡水魚」(川那部浩哉・水野信彦編), 山と溪谷社, 666-667, 1989
- 8) Natsumeda, T. : Space use by the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux*, related to spatio-temporal limitations in nest resources, Environmental biology of fishes 62:393-400, 2000
- 9) Natsumeda, T. : Home range of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux*, in relation to nocturnal activity patterns, Environmental biology of fishes 53:295-301, 1998
- 10) Natsumeda, T. : Year-round local movements of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), with special reference to the distribution of spawning nests, the Ichthyological society of Japan, 1999
- 11) 東海正：MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定, 水産海洋研究 61(3):288-298, 1997
- 12) 竹門康弘：水域の棲み場所を考える, 「棲み場所の生態学」(竹門康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井宏・川端善一郎編), 11-66, 平凡社, 1995
- 13) 玉井信行・奥田重敏・中村俊六編：河川生態環境評価法—潜在自然概念を軸として, 東京大学出版会, 2000

STREAM HABITAT ANALYSIS USING MODIFIED IFIM FOR JAPANESE FLUVIAL SCULPIN

Yuki IGARASHI, Nobuyuki AZUMA

The instream flow incremental methodology and the other simulation model were introduced in River regulation programs in many countries. But, we have not used such evaluation models for environmental management in rivers/streams in Japan. In this paper, we tried to find a more convenient method for fish habitat evaluation using modified IFIM. The habitat preference estimation only from the microhabitat model, PHABSIM, could not lead to accurate evaluation. It is necessary to find the parameter in the large-scale such as the long streamline range. The extraction of the explanatory variable as a necessity facilitated the use of the multiple regression analysis. In this case, the highest temperature during summer is most important variable for the macrohabitat evaluation.