

河川の流況特性による魚類の生息適性の マクロな評価に関する検討

STUDY ON OVERALL EVALUATION METHODOLOGY OF THE HABITAT
SUITABILITY OF FISHES BY USING THE PHYSICAL CHARACTERISTICS

砂田憲吾¹・熊木朋子²・川村和也³

Kengo SUNADA, Tomoko KUMAKI and Kazuya KAWAMURA

¹ フェロー会員 工博 山梨大学教授 工学部土木環境工学科 (〒400-8511 甲府市武田 4-3-11)

² 正会員 工修 北海道開発局帯広開発建設部 (〒089-0536 北海道中川郡札内西町 73-6)

³ 学生会員 山梨大学大学院工学研究科 (〒400-8511 甲府市武田 4-3-11)

Research on evaluation methodology of ecological conditions in river is needed for preservation and maintenance of its environment. In this study, applicability of the PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model) of fishes to a river channel system was examined for getting a method of basin wide evaluation of the habitat suitability.

At first, a new index to evaluate the habitat suitability of fishes (S) was defined from the PHABSIM. In the next, the value of S at each cross section of the Fuji River was calculated using hydraulic conditions in the various stage of the flow, and then distribution of S along the river was discussed. At last, the value of S was compared with field data of total number of fishes caught at representative cross sections of the river. The results show that the index of the suitability has possibility to present a new method of suitability of fish habitat.

Key Words : river environment , habitat suitable evaluation , PHABSIM , flow characteristics

1. はじめに

1997 (平成 9) 年の河川法改正により, それまで行われてきた投資効率重視の治水・利水施設の建設という河川整備事業に, 水質および生態系の保全, 親水性の確保という河川環境の整備と保全という概念が組み込まれることとなった. それらの目標達成のためには, 河川生物の生息状況と河川物理的・化学的条件との関係を把握し, それを評価することによって, 諸条件の変化における河川生物の生息変化を予測することが求められている. そうした予測のためには生息場としての環境評価法の確立がまず必要であると考えられる¹⁾.

近年, 特に魚類に注目した河川生態工学の分野において, いくつかの生息環境評価について研究が進められてきた. たとえば, 魚類の生息環境評価法の一つである IFIM (Instream Flow Incremental Methodology ; 流量増分式生息域評価法) /PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model ; 物理指標を用いた生息場の評価法)²⁾ による魚類生息適性基準などが提案されており, 小規模な湖沼や河川小区間における魚類生息場の適性を記述するためにさまざまな研究が行われている^{3), 4)}.

本研究では, この評価をさらに拡大した地域への適応のために一級河川である富士川本川における河道特性から, 各地点における魚類の生息適性度を求めることで, 淡水魚の生息適性評価を試みるものである.

2. 生息適性度 S (Suitability) と本研究のねらい

マイクロ生息場計算モデルである, PHABSIM の基本的な考え方は, IFIM による評価体系において, 小規模 (マイクロ) な生息場の物理環境を定量的に評価する手法であり,

① 河川横断面内の水理量予測

② 魚類の成長段階毎の生息域適性基準評価の 2 つの過程を経て得られるものである. 最終的には図-1 (左) に示すように対象河道区域を各セル毎に評価し, それら全てから対象水域の評価が行われている.

今回提案する評価手法は, その任意河道対象区間を水系全域に広げて評価しようとするものでマイクロ評価手法をマクロ評価へ応用することを目指す. 具体的には, 図-1 (右) に示すように河川距離標 10kp (約 1km) 毎の断面における水理量を, その

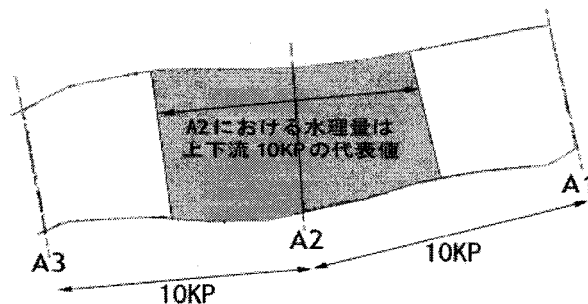
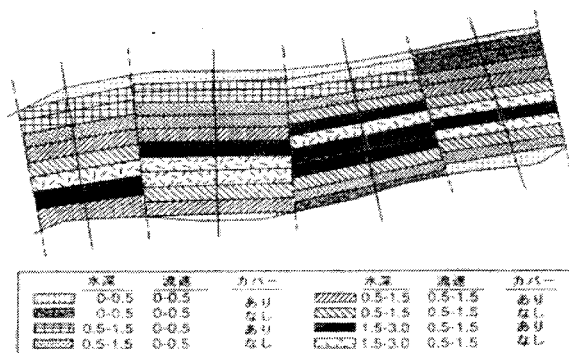


図-1 PHABSIM による評価例と本研究で提案する評価手法

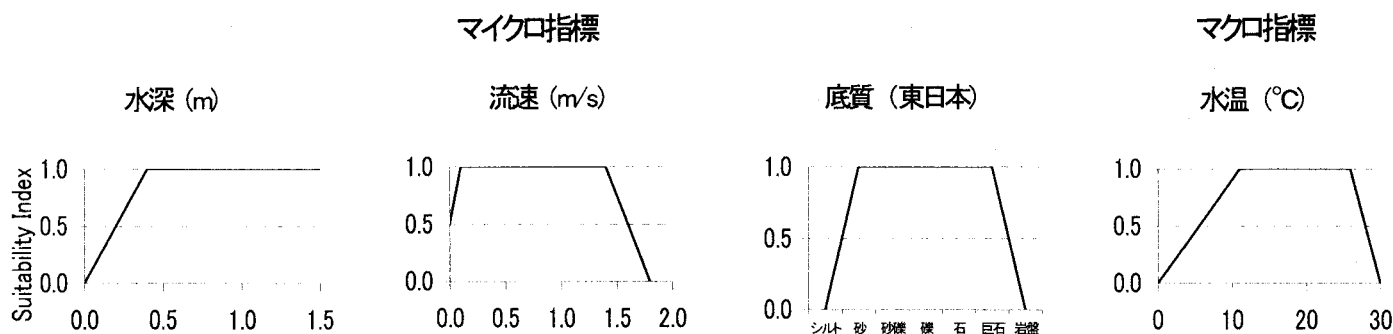


図-2. 生息適性基準の例 (ウグイ-河川型, 成魚の場合) ⁷⁾

上下流 10kp 範囲の水理量の代表値として考え、その特性を使って評価規模を水系全体に広げ定性的に評価することを考えている。ただし、今回の検討では本川直轄区間 (約 85km) を対象としている。

PHABSIM で用いられている魚類の生息適性基準 (適性曲線) には、マイクロ指標としての水深・流速・底質とマクロ指標としての水温の 4 つの水理・自然条件がある。これらの条件に対して、ある任意の魚種の生息適性度を 0~1 の適性指標 SI (Suitable Index 図-2) で評価し、それらに乗じたものを生息適性度 S (Suitability) とおき、生息適性の総合的な評価基準とした。

$$S = \{ SI(h) \cdot SI(v) \cdot SI(b) \cdot SI(T) \}$$

ここに、h: 水深, v: 流速, b: 底質, T: 水温である。また、 $0 \leq S \leq 1$ で、S の値が 1 に近いほど、その魚種が選好する水理・自然条件が整っていることを示す。このようにして得られる適性指標(SI)の河道縦断方向分布と、それらの時間変化、流況特性とを調べることを目的としている。マクロな扱いがどの程度まで可能かを調べ、生態系の選好特性をより大きなスケールで把握することにより、河川環境の基本的条件を水系として評価したいと考えている。

3. 富士川本川における水理量と生息適性度 (S)

の算定

(1) 水理量の計算

富士川本川の直轄管理区間を距離標 10kp (約 1.0km) 毎に区切った 59 箇所について、平成 10 年の実河道断面量データと流量時系列データを揃え、1 次元定常不等流計算⁵⁾を行い、生息適性度 S に代入するための水深(h)と流速(v)を算出した。

ここで、平成 10 年の実河道断面量を採用する理由は、同年の春季・秋季において、富士川本川上直轄管理区間 5 箇所において「河川水辺の国勢調査(魚介類)」⁶⁾が行われており、その実採捕数と、計算によって算出された生息適性度 S を比較する。

流量時系列データは、年間の流量の代表としての、豊水流量・平水流量・低水流量・渇水流量・最小流量の 5 種類の日流量について、富士川本川 6 箇所の流量観測所における日流量時系列をもとに、対象とする 59 地点における流量を、支川の合流や取水量等を考慮しながら設定している。図-3 に豊水流量、渇水流量に対応する設定流量の縦断分布を示す。

不等流解析法を用いて計算を行った結果、各地点の断面平均流速と水深、潤辺および流積等の水理量を得た。なお水深については、流積/潤辺の径深(R)を各断面平均水深としている。

図-4 は、断面平均流速結果の例を表しており、河口から 20~40km 付近における流速差が他の地点に比べ顕著である。また図-5 は、水位計算結果の一例を示しており、この結果から水理量としての平均水深、流積、潤辺等が算出される。

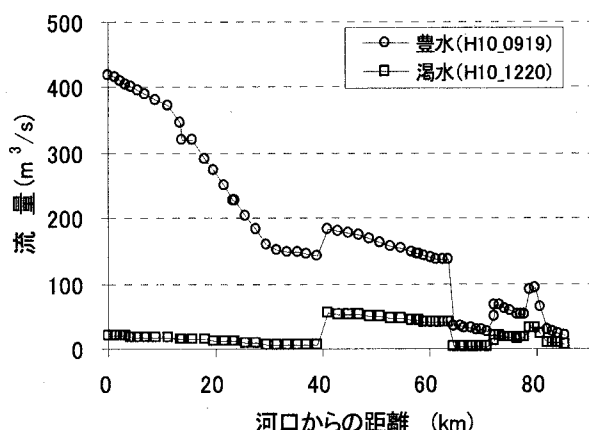


図-3. 各地点の流量設定の例
(H10_0919: 豊水流量, H10_1220: 渇水流量)

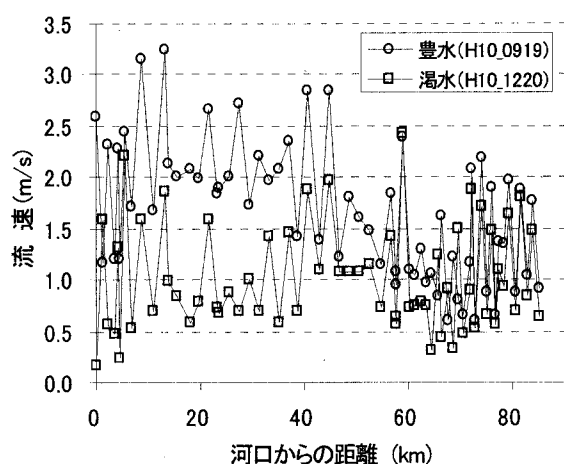


図-4. 断面平均流速結果の例

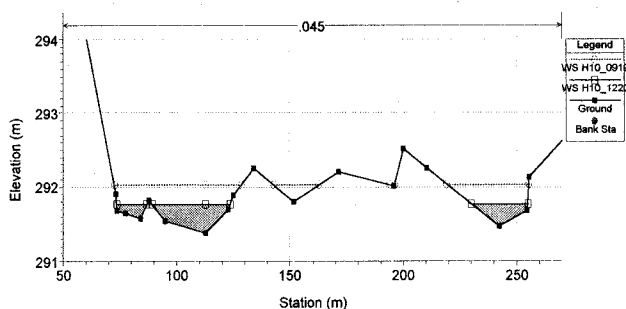


図-5. 水位計算結果の例

(2) 生息適性度 S の計算

現段階では、底質(b)と水温(T)についての、有効な地点別データが入手できていないため、これらは常に理想的な状態 ($SI(b)=1$, $SI(T)=1$) であると仮定した。また今回は、調査対象魚種を「ウグイ」に絞り結果を見ていくこととする。ウグイは比較的水系全体を通して採捕されており、河道環境としても瀬と淵の存在などの多様な環境を好む魚種であるため様々な自然条件の違いから生息場への影響を見やすいのではないかと考えられるからである^{8), 9)}。

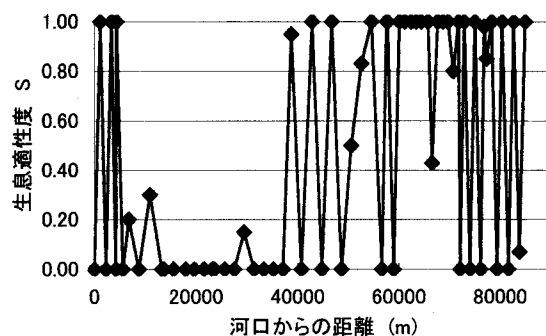


図-6. 生息適性度 S の分布 (H10_0919; 豊水流量)

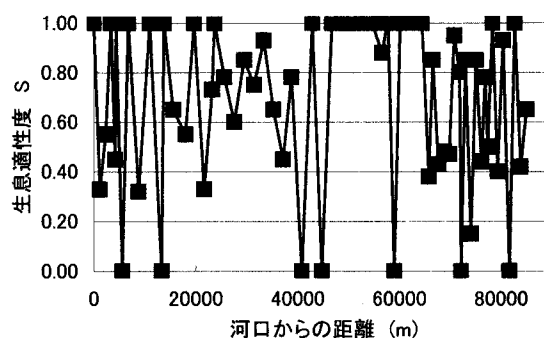


図-7. 生息適性度 S の分布 (H10_1220; 渇水流量)

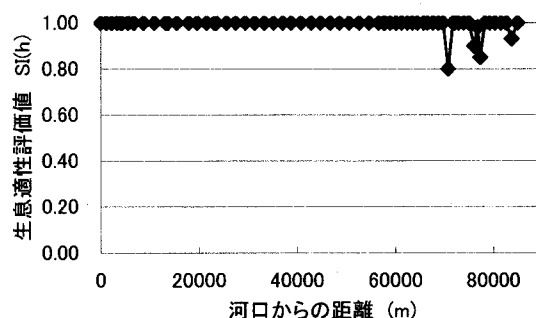


図-8. 生息適性評価値 SI(h) の分布; 豊水流量

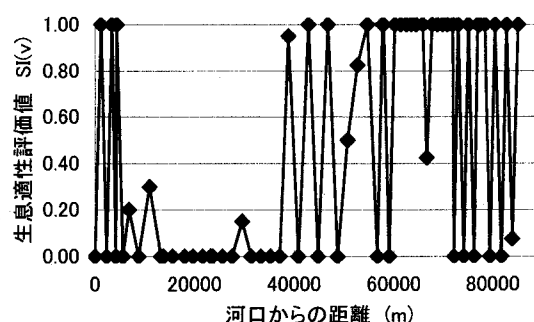
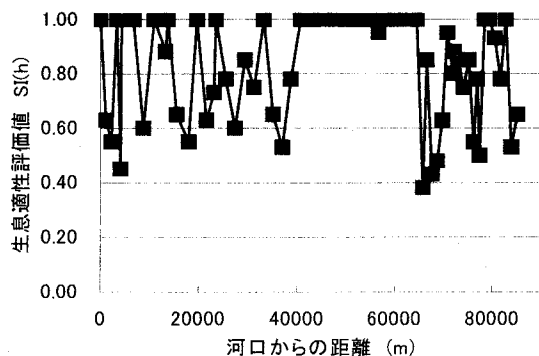
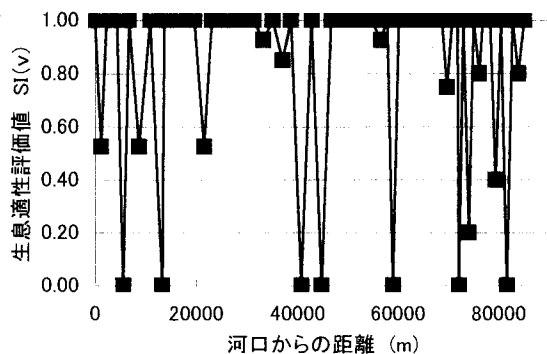


図-9. 生息適性評価値 SI(v) の分布; 豊水流量

さらに、一部オイカワについてもウグイの結果との比較のために補足して考察する。



図－10. 生息適性評価値 SI(h) の分布；渇水流量



図－11. 生息適性評価値 SI(v) の分布；渇水流量

4. 結果および考察

(1) 生息適性度 S の流程分布

計算は5つの代表的な流況全てについて進められたが、ここでは、「豊水流量」と「渇水流量」について図－6～7に例示する。これらの図から分かるように、富士川本川での中・下流域にあたる、河口から20～40km付近で、豊水流量時と渇水流量時の違いが顕著であることがわかる。

一方、河口付近および上流域においては、さほど大きな変化は見られない。この変化の理由を見るために、生息適性度 S を、各々、水深(h)と流速(v)について分けて考えた生息適性評価 (SI) 値分布を図－8～9に示す。

このように、豊水流量時において、生息適性度 S の大小を決定している要因は、流速によるところが大きいと考えることができる。つまり、河口から20～40km付近において生息適性度 S が著しく低くなる原因は、図－2で示したウグイの流速に対する適性基準範囲内に収まることができなくなったためである。この付近は、比較的大規模な取水堰に挟まれた地域となっており、そのことによる流量減少および河床の平滑化に伴う湍の減少などのため、流量の

表－1 ウグイ採捕結果

地点名	河口からの距離	採 捕 数 (匹)	
	(km)	ウグイ(春)	ウグイ(秋)
河口部	0.0	9.0	48.0
蓬莱橋	11.0	2.0	12.0
南部橋	29.5	0.0	4.0
富士橋	62.5	14.0	66.0
信玄橋	77.4	12.0	4.0

表－2 生息適性度 S の採捕調査地点計算結果

地点名	河口からの距離	生息適性度 S				
	(km)	豊水	平水	低水	渇水	最小
河口部	0.0	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
蓬莱橋	11.0	0.30	1.00	1.00	1.00	1.00
南部橋	29.5	0.15	1.00	0.68	0.85	0.83
富士橋	62.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
信玄橋	77.4	0.85	0.70	0.53	0.50	0.50

増減が流速に反映されやすい環境にあるためと考えられるが、その明確な理由については今後さらに検討する必要がある。

一方、渇水流量時についても、同様に水深と流速について分けて考えてみると生息適性評価 (SI) 値分布は図－10～11のようになる。

豊水流量時の各評価値との大きな違いとしては、水深に対する評価値が全体的に若干低下したことで、逆に流速による評価値が豊水流量では不適と評価された地点がほぼ理想的な地点へと変化したことである。よって、結果的に生息適性度 S についても、河道内全域において、生息条件としてはほぼ満足のいくものであると考えることができる。

(2) 魚類実採捕数との関連性

以上のことより算出された生息適性度 S と実採捕数とを比較するために、平成10年度に行われた、「河川水辺の国勢調査(魚介類)」における結果を使用する。この調査は、河川的环境という観点から捉えた系統的な調査で、河川内の動植物や河道の瀬と淵の状況などを国土交通省が定期的に調査しているもので、富士川本川直轄区間内においては、

- ① 河口部 (河口～0.0km 付近)
- ② 蓬莱橋 (～11.0km 付近)
- ③ 南部橋 (～29.5km 付近)
- ④ 富士橋 (～62.5km 付近)
- ⑤ 信玄橋 (～77.4km 付近)

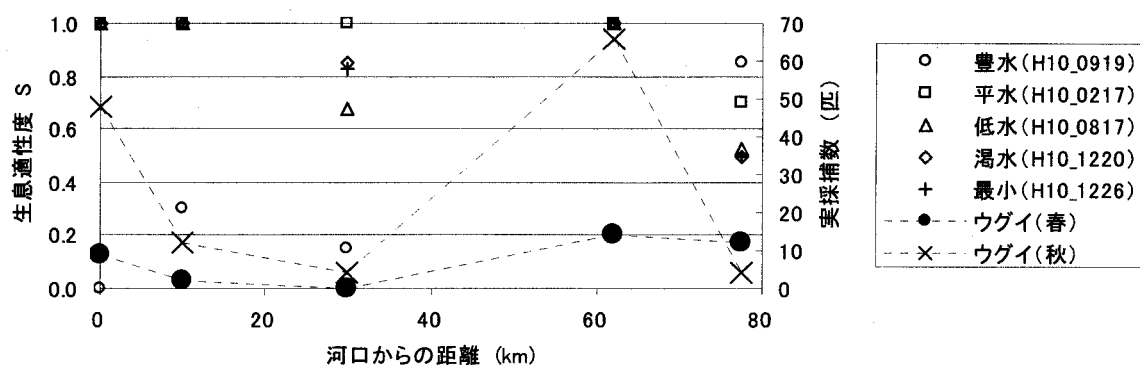


図-13. ウグイ実採捕数と生息適性度 S 分布

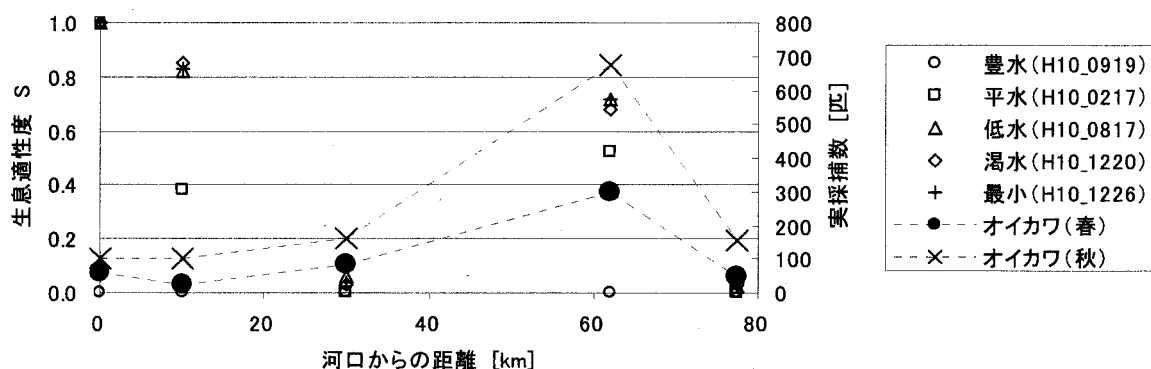


図-14. オイカワ実採捕数と生息適性度 S 分布

の計 5 箇所について、春季（5 月末～6 月初旬）および秋季（10 月末）の 2 回実施されている。

これらの季節毎の各調査地点における実採捕数の中から「ウグイ」について表-1 に抜き出し、表-2 に示される算出された生息適性度 S との関連を図-13 に表す。この場合、流量増減状況との関連性を一つの図として表すことができるので、豊水流量～最小流量の全ての状態について表すこととする。

本研究で使用した河川水辺の国勢調査は、時期、地点数では必ずしも充分とはいえないが、採捕条件（投網試行回数など）には配慮された調査が実施されており、結果は信頼できるものと考えている。なおここでは採捕されたウグイは、体長の大小を考慮に入れておらず、全て成魚として考えることを前提としている。

これらの結果を見ると、ウグイの採捕数に季節間の差が生じてきているが、各地点間における採捕の傾向としてはほぼ同様の結果となっている。春季の採捕数が、秋季のそれに比べ著しく異なっている地点があるということについては、現在のところ理由は定かではなく、今後ウグイの生態面からの検証も必要であると考えている。一方、採捕地点における生息適性度 S においては、調査地点富士橋（62.5km）

は流量の増減に関係なく、水深と流速からみた適性値は常に $S=1.0$ であって、理想的な状態が仮定されたということができ、実採捕数も他の地点に比べ多い。次に河口部（0.0km）では、豊水流量時に $S=0.0$ となり、生息場としては適していないが、その他の流量においては、全て $S=1.0$ となっており、出水時などにおける流量増加時を除けば、その生息には適していることになる。この結果が富士橋における結果同様、採捕数が多くなる原因であると考えられる。この点については、河口部および富士橋以外の地点では、その相関性を持たすことができるような結果を導くには至らなかった。

その他の地点の結果を眺めてみると、年間を通して、つまり流量の増減による生息適性度 S の変化の大きい地点では、一応に実採捕数も少なくなっていることがわかり、富士川本川において、「河川水辺の国勢調査（魚介類）」の実施地点に限って判断できることとして、中流域富士橋および河口域河口部はウグイに対して流量の増減に関係なく安定した生息場を提供しており、その実採捕数も多くなっている。一方、その他の地点は流量の増減とともに生息適性度 S の値も変化し、実採捕数も少ない結果となっている。

以上と同様な手順により、第一種適性基準曲線を使った解析をオイカワの場合について行った結果を図-14に示す。

傾向として、どの地点でも秋に多くの採捕数が確認されたこと、縦断的に富士橋周辺での採捕が、最も多くなっていることは、ウグイと共通する事項として挙げることができるが、生息適性度 S を見ると、富士橋周辺は、オイカワにとってはウグイほど良好な生息場を提供しておらず、どちらかと言えば、河口部が豊水時を除き良好な生息環境にあると考えることができる。また、ウグイの結果のように、流量の増減から生息適性度 S が影響を受けやすい地点とそうでない地点と実採捕数との関連性も見ることができなかった。しかしながら、南部橋(29.5km)および信玄橋(77.4km)における実採捕数の少なさは、生息適性度 S の低さとの関係をよく表していると考えることができる。

以上のことから、「河川水辺の国勢調査(魚介類)」採捕地域の生息適性度 S を代表断面における平均水深と平均流速の2つの因子から算出した結果、ウグイとオイカワの生息場として南部橋と信玄橋周辺はあまり適した環境にはなく、そのことが実採捕数にもよく表れており、また生息適性度 S とは無関係に富士橋周辺での実採捕数が最も多いという結果を得た。しかし、この生息適性度 S と実採捕数との明確な関連性を導くには至らなかった。ある一つの断面をその地域の代表断面とすることや、またその断面を平均化することによって、河道の複雑性が失われるため、この手法(水深と流速のみ考慮)の適用については、複数年におよぶ検証が必要であり、今後の研究課題の一つである。

5. おわりに

今回は、富士川本川を対象とした魚類の生息場評価を行うにあたり、流量の増減に伴う水深と流速の2つを影響要因と考え、マクロな視点からの水系評価を行った。その結果、出水時などの流量が多い時期には、流速が原因で魚類の生息に適さない場所が一部見られるものの、その他の通常期には、変動の幅に大小はあるが比較的適した生息環境を提供している。特に、ウグイは遊泳魚であることから、生息に適した環境を選定していることがよく表れていたと考えられる。

ただし、今回はその水理量算定に際して、複雑な実河道を、平均化して計算していることもあって、まだまだ検証の余地は残されている。

今後は、河道水理量を細部に渡って計算すること(例えば、横断面数を増やし、よりその対象地域の

代表断面としての意味を持たせることや、各断面内における水深・流速の分布状況、および河道の連続性や不連続性の考慮など)また、生息適性度 S 算出の際に用いた、影響要因としての底質や水温の充実したデータを入手することにより、 S の値の精度を高めていくことも今後の研究課題の一つである。さらに、生息場の評価を、立場を変えて生産性という立場からの評価を行うなどによって、より生息環境の優れた河道について研究することなども課題である。マクロな水系評価を試みるという枠組みについて、本研究はその基礎となるものと考えている。

謝辞:本研究における魚類の生息環境評価法については、農業技術研究所の小出水規行氏より「第一種適正基準(案)」の使用を快諾して頂いた上、快く資料の提供をして頂きました。紙面を借りて感謝の意を表します。富士川の資料を提供された国土交通省甲府工事事務所、魚類に関する情報を提供されたやまなし淡水魚研究会の村松正文氏、清水 誠氏、山梨県水産技術センターの大浜秀規氏、淡水魚研究者の君塚芳輝氏に心からお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 砂田憲吾・熊木朋子：富士川における淡水魚類相と河道特性に関する基礎解析，水工学論文集，第45巻，pp.1135-1140，2001。
- 2) アメリカ合衆国内務省・国立生物研究所原著，中村俊六・テリー・ワドゥル訳：IFIM 入門，財団法人リバーフロント整備センター，1999年3月
- 3) 辻本哲郎・永禮大：魚類生息環境変質の評価のシナリオ，水工学論文集，第43巻，pp.947-952，1999
- 4) 知花武佳・玉井信行：環境傾度を考慮した魚類生息環境評価法に関する研究，河川技術に関する論文集，第6巻，pp.161-166，2000
- 5) US Army Corps of Engineers : Hydrologic Engineering Center (HEC), Official Home Page, 2001.
- 6) 国土交通省河川局治水課監修・リバーフロント整備センター編集：河川水辺の国勢調査(魚介類調査編)平成10年度版
- 7) 中村俊六：河川生態環境評価基準の体系化 2. 魚類生息環境評価法としてのPHABSIMの改良，平成9年度～平成10年度科学研究費補助金 研究成果報告書，1999年11月
- 8) 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦：原色日本淡水魚類図鑑，保育社，1996。
- 9) 全国内水面漁業協同組合連合会：都市近郊河川漁場改善調査報告書(身近な川と魚の調べ方)，水産庁，1994年3月

(2002. 9. 30受付)