

瀬淵構造を考慮した 魚類生息域評価法に関する研究

EVALUATION OF RIVERINE FISH HABITAT
BY A RAPID-POOL SYSTEM

黒田 直樹¹・玉井信行²・知花武佳³・鈴木一平⁴

Naoki Kuroda, Nobuyuki Tamai, Takeyoshi Chibana, Ippei Suzuki

¹正会員 工修 (株)建設技術研究所 河川部

(〒103-8430 東京都中央区日本橋本町4丁目9-11 第9中央ビル)

²フェロー会員 工博 東京大学大学院教授 工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷七丁目3-1)

³学生会員 工修 東京大学大学院博士 工学系研究科 (同上)

⁴学生会員 東京大学大学院修士 工学系研究科 (同上)

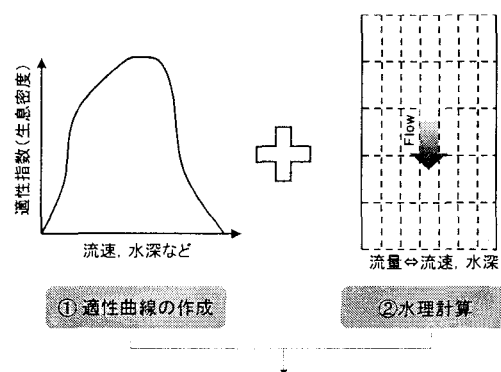
Development of evaluation method for environment is under a pressing need. But a quantitative predictive method that can explain the influence on fish habitats due to the change in river regime is still incomplete. On the other hand, there is the practical evaluation technique called PHABSIM in USA. But, since mobility of fish is large, the suitability curves become unstable when we pay attention to local hydraulic quantities as those used in PHABSIM.

In this paper, authors proposed a suitability curve based on the ratio of pool area, which shows suitability from macroscopic point of view.

Key Words: Environmental evaluation method, fish habitat, ratio of pool area

1. 背景と目的

環境に配慮した河川計画・管理のためには、河川を利用する生物とハビタットの関係を定量的に把握する必要がある。しかし両者の定量的な関係は十分には解明されていない。このような現状を踏まえ、本研究では、河川管理の具体的項目として流量・河道形状の変化、河川環境を代表する指標として魚類の生息状況に着目し、両者の関係を定量的に予測できる手法の開発を目的とした。



2. 既往の環境評価法の問題点

この要求に対応できる既往の環境評価法としては、PHABSIM(Physical Habitat Simulation)と呼ばれる手法がある^{1) 2)}。PHABSIMの流れは図-1のようになる。①対象魚種に関する適性曲線の作成、②水理計算による水深・流速などの水理量と流量の関係の算出、③WUA(Weighted Usable Area: 重みつき利用可能面積)の3つのプロセスで構成されるシミュレーションモデルであ

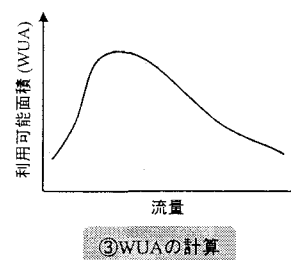


図-1 PHABSIMの流れ

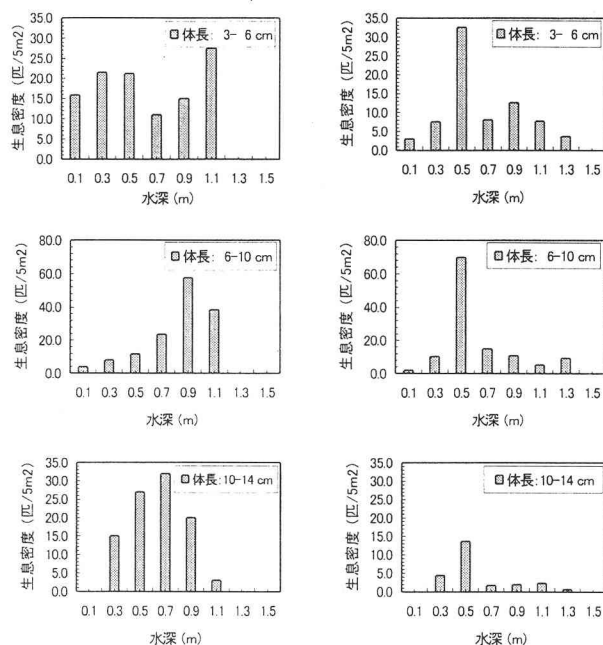


図-2 生息密度の不安定性
(同種・同じ測定場所・同時期における生息密度の比較)

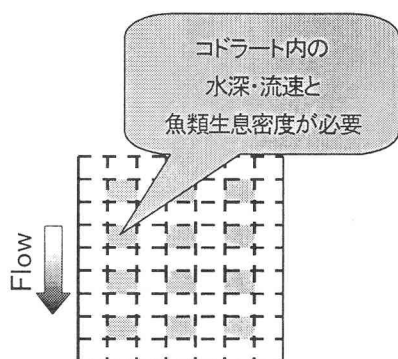


図-3 適正曲線作成に必要なコドラート内のデータ

る。①の適性曲線は、水深や流速などの水理量と対象魚類の生息密度の関係から作成する。

PHABSIM は米で開発され、実際の河川管理の場においても用いられている。近年では、日本の河川へも適応できる手法として注目され、その改良や応用に関する研究がいくつか行われている^{3) 4)}。

しかしながら、魚類という一般に遊泳力の大きい生物を対象に PHABSIM を適用する場合、評価値の算出に必要な適性曲線が非常に不安定になるという問題が従来から指摘されている⁵⁾。例えば、図-2 はウグイを対象に水深と生息密度の関係を作成したものであるが、対象魚種が同じで、かつ測定場所や測定時期などの条件が同じでも、左右のグラフのピーク・形状は同じにならない。

この不安定性の大きな原因としては、魚類の遊泳力が考えられる。つまり、図-3 のように、生息密度の観測には、対象河川に設定したコドラートの中で確認される尾数をカウントするが、コドラートの大きさはせいぜい



図 4 各対象区間全景

数 m^2 なので、遊泳力の大きい魚類はコドラート中にとどまっていない。そのため、カウントされる生息数は短い時間のうちに容易に変化するのである。

このような生息密度の不安定性は PHABSIM の評価値に直接影響する。信頼性を考えた場合、これは大きな問題である。また、PHABSIM はある特定の種についての評価であるため、今日の河川管理に求められている種の多様性を考慮するには、複数の種について別々に評価値を算出した後、これらを何らかの方法で合成する必要がある。

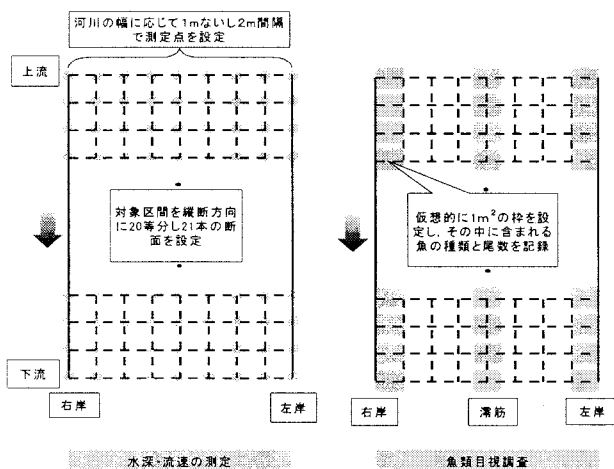


図-5 測定方法

しかしながら、現状ではたとえ1つの種を対象とした場合でも、実際の測定結果を用いて作成した適性曲線は不安定であり、安定した評価値を提供できない。

本研究では、PHABSIM の持つ以上ような問題点を踏まえ、次節で説明する実際の河川における現地観測の結果をもとに、魚類という遊泳力の強い生物を対象とした場合でも安定した評価値を提供できる新しい手法の開発を試みる。

3. 現地観測

対象河川は多摩川支川の平井川を選んだ。延長 16.5 km、流域面積 38.9 km² の一級河川である。昭和 40 年代から急激に流域が市街化した都市河川に属する。平成 3 年度からは多自然型川づくりが導入されている。都市河川であるが、東京都の同規模河川と比較すると、魚類の生息を維持できる一定の環境は保たれているようで、ホトケドジョウ、ギバチなどの希少種の生息も確認されている。

観測では、一つの瀬淵領域、言いかえると早瀬から次の早瀬間を一つの対象区間とし、計 3 箇所の区間を設定した。図-4 は、各対象領域の全景を写したものである。ここでは上流側から Station1～3 と呼ぶことにする。各対象領域の見た目の印象は、Station1 (区間長 70m) は蛇行がほとんど無く淵と呼べるほどの領域は存在しないこと、Station2 (同 100m) は緩やかに蛇行し淵が形成され、水衝部には水制が設けられていること、Station3 (同 120m) は緩やかに蛇行し水衝部にはコンクリート護岸が施されていることである。

観測の概要を図-5 に示す。各 Station において、水深・流速、および魚類の分布調査を行った。水深の測定には測量で用いるスタッフ、流速の測定には電磁流速計を用いた。魚類の観測は潜水目視によりおこなった。

水深・流速の測定結果を水深・流速平面図に示したも

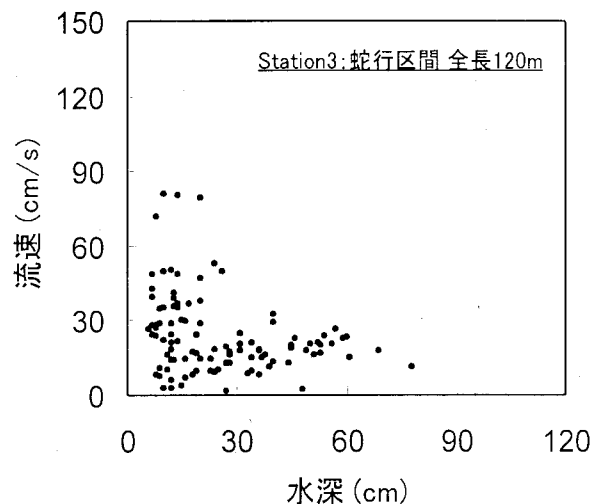
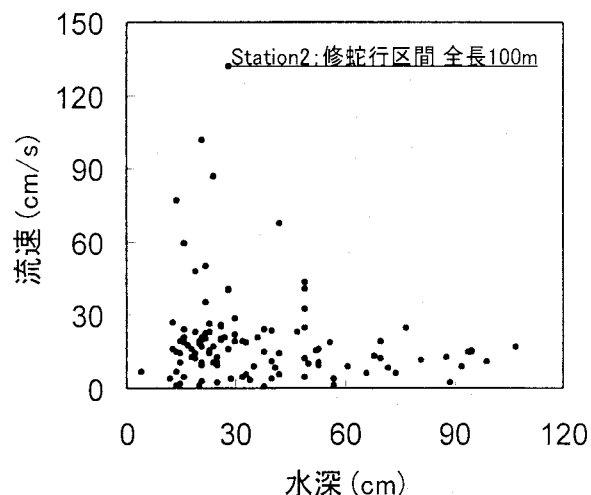
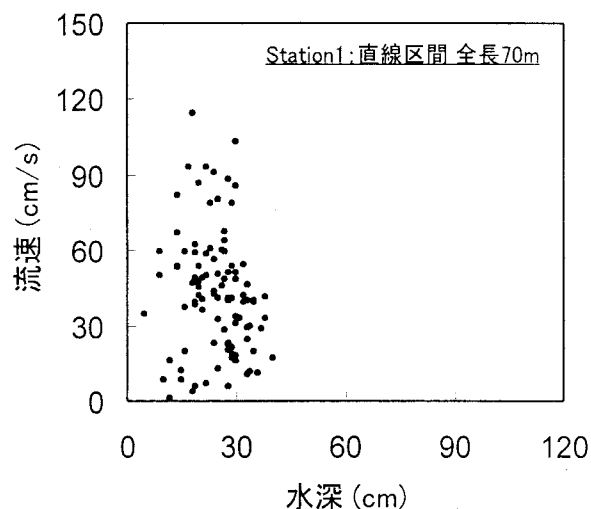


図-6 各対象区間における水深・流速測定結果

のが図-6 である。各 Station で、水深・流速の分布傾向は異なることがわかる。特に、目視で淵と呼べる領域が存在しなかった Station1 では、他の 2 つの対象領域に比べ水深は全体的に浅く流速は早い。一方、Station2 と

表-1 確認魚種

	Station1	Station2	Station3
ウグイ	○	○	○
オイカワ	○	○	○
アブラハヤ	○	○	
カワムツ	○	○	○
シマドジョウ	○	○	○
タモロコ		○	○
フナ		○	○
コイ		○	
カマツカ			○
ジュズカケハゼ			○
稚魚	○	○	○
合計	6	9	9

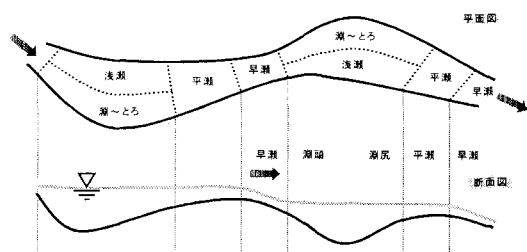


図-7 瀬淵領域の模式図

Station3は、比較的似た分布傾向を示し、両者とも水深が深く流速が遅い領域が存在することがわかる。

魚類に関する観測結果を表-1に示す。各Stationで確認された種類数に着目すると、Station2および3の9種に対しStation1では6種と少ない。

4. 瀬淵構造を考慮した新しい評価法の提案

適性曲線の不安定性は、魚類の遊泳力による行動範囲に比べ、コドラートの面積が小さいことが大きな原因の一つと考えられる。そこで本研究で提案する手法では、適性曲線作成時に設定するコドラートのような、たかだか数 m^2 という狭い範囲ではなく、より広い測定範囲を扱うことにより、魚類の遊泳力による影響を軽減できると考えた。具体的には、前節の現地観測で設定したStationをPHABSIMにおけるコドラートに相当する領域として扱うことにした。そして、各Stationの中に占める淵面積の割合と魚類の出現種数を関連付けることにより、PHABSIMの適性曲線に相当するグラフを作成することにした。つまり、本手法では、各Stationに占める淵や早瀬の面積の割合を横軸に取り、縦軸には魚種の総種類数を取る。

各Stationに占める淵や早瀬の面積に着目したことには以下の理由がある。1つ目は、早瀬や淵など領域は、魚類にとってそれぞれ固有の機能を持つと考えられるこ

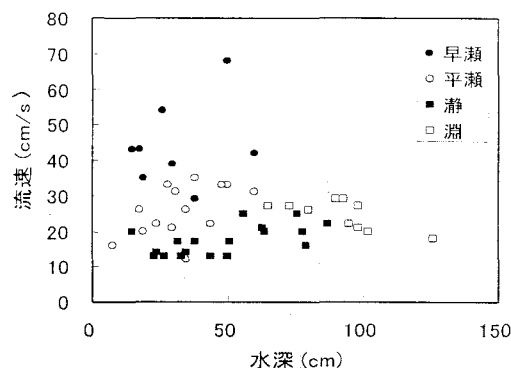


図-8 目視による瀬淵領域の分類

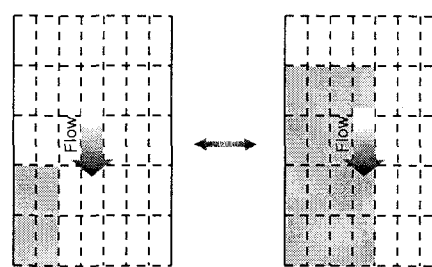


図-9 水理計算による瀬淵領域の把握(概念図)

とである。河川の中流域を模式的に示すと図-7のようになるが、例えば、フナやコイなどの止水性の魚類は一般に淵、また、オイカワは流れのある平瀬や早瀬を好むことが知られており、また一つの種の中でもその成長段階、採餌・休憩などの行動様式によって、早瀬や淵などの領域を使い分けることなどの生態学的な知見がある。したがって、淵や早瀬の面積と魚類の生息状況との間には何らかの関係があると考えることができる。また、2つ目の理由としては、淵や早瀬などの領域は、水深と流速の組み合わせにより表現できる可能性があることである。

図-8は、多摩川中流域のある対象区間における水深・流速平面図で、早瀬や淵などの領域を目視で分類したものであるが、このような定性的な基準にもとづいた場合でも、各領域はそれぞれ一定のまとまりをもって分布する。このことから筆者は、水深と流速の組み合わせを用いて淵や早瀬などの領域を分割できると考えた。水深・流速の組み合わせを用いて、例えば淵領域を表現できれば、図-9のように流量や河道形状の変化に伴う淵面積の変化をシミュレーションできる。

さて、実際に淵領域の設定を試みる。まず、目視で淵とみなせる領域が形成されていなかったStation1と、淵が形成されていたStation2における水深・流速の測定結果を図-10のように同じ平面上にプロットする。そしてこれと、淵は深く流速が小さいという知見から、図中の網掛け領域、つまり水深45cm以上かつ流速30 cm/s 以下の領域を淵とみなす。そして、この基準をもとに設定

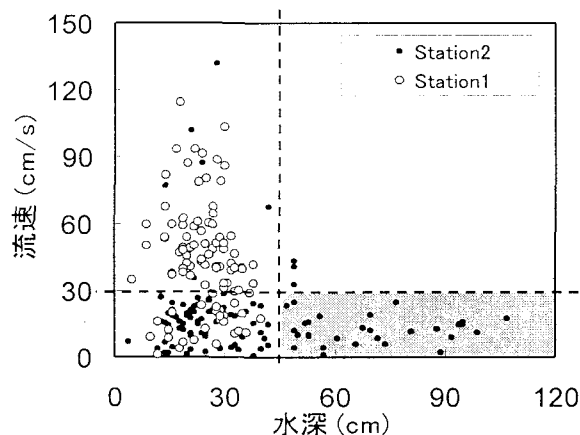


図-10 水深・流速平面図の比較による滞領域の設定

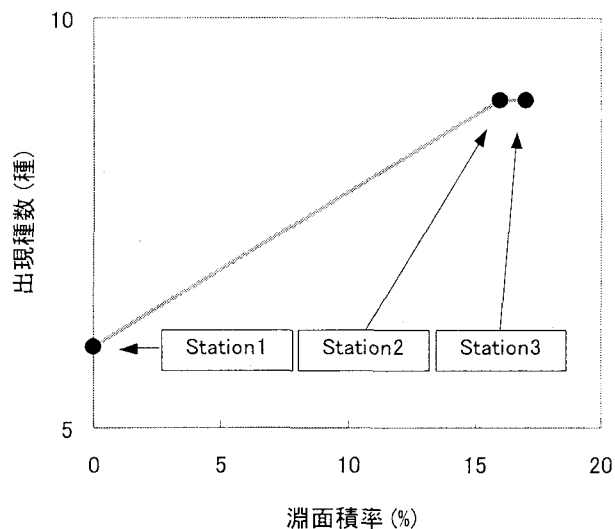


図-12 一組の滞滞領域に存在する滞の割合と魚類の出現種数の関係

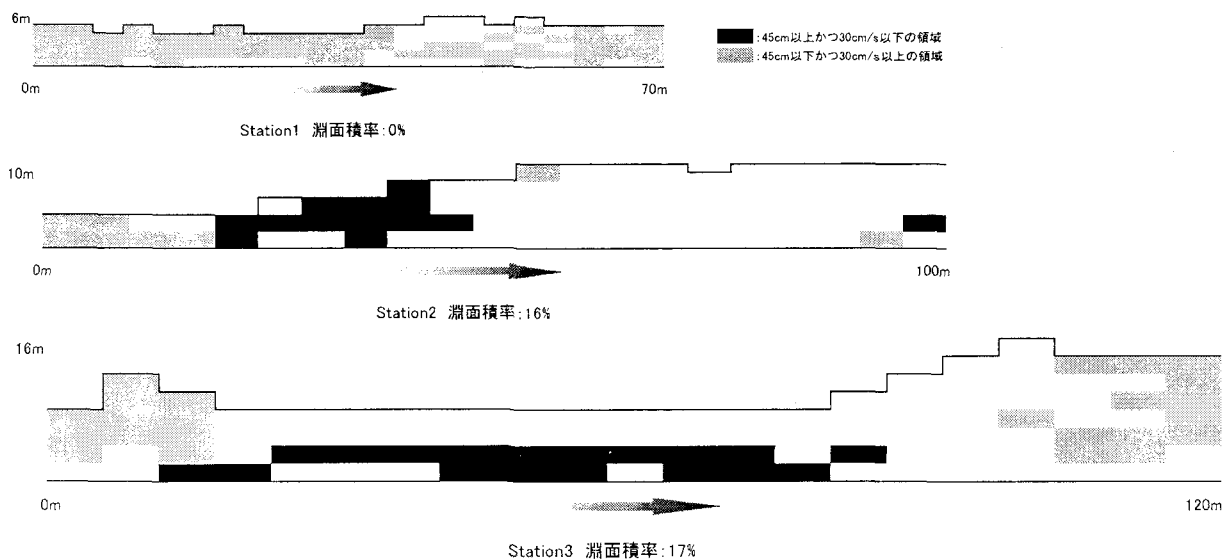


図-11 水深・流速平面図にもとづき設定された滞領域

した滞領域を Station ごとに示したのが図-11である。もちろん、これは実際に流れを見た筆者の印象とも一致する。参考のために、図中にはいま滞領域とみなした領域のほか、水深 45cm 以下かつ流速 30m/s 以上の領域も示した。この領域のすぐ下流に滞が形成されることが分かる。また、網掛けされていない領域は水深 45cm 未満かつ流速 30m/s 未満の領域である。流れが遅く水深が浅いことから、平瀬的な領域を示しているといえる。

さて、本手法では、いま求めた各 Station における滞の面積の割合と魚類の総種類数を関連づけることにより魚類の生息環境を評価する。両者の関係を示したものが図-12である。今回得られた観測結果の範囲では、滞の面積率が増加すれば魚類生息種数も増加するという関係が得られた。

この関係をもとに、例えば現状の環境に滞を増加させることを試みる場合、滞の面積率の増加が魚類の出現種数、つまり種の多様性にどの程度効果があるのかを判定できる。

以上、本手法の流れをまとめると図-13のようになる。
①まず、対象河川において滞とみなされる基準値を水深・流速平面図から設定する。この際、対象河川において複数設定した Station の中で、滞のある Station と滞のない Station を選定し両者を比較する必要があるが、河川生態学の専門家の意見を聞くなどすればより妥当性のある境界値を設定できると考えられる。もちろん、この方法で設定した基準は、各対象河川固有の値である。
②次に、滞の面積率と出現種数の関係の把握である。複数の Station において水深・流速および魚類の総出現種

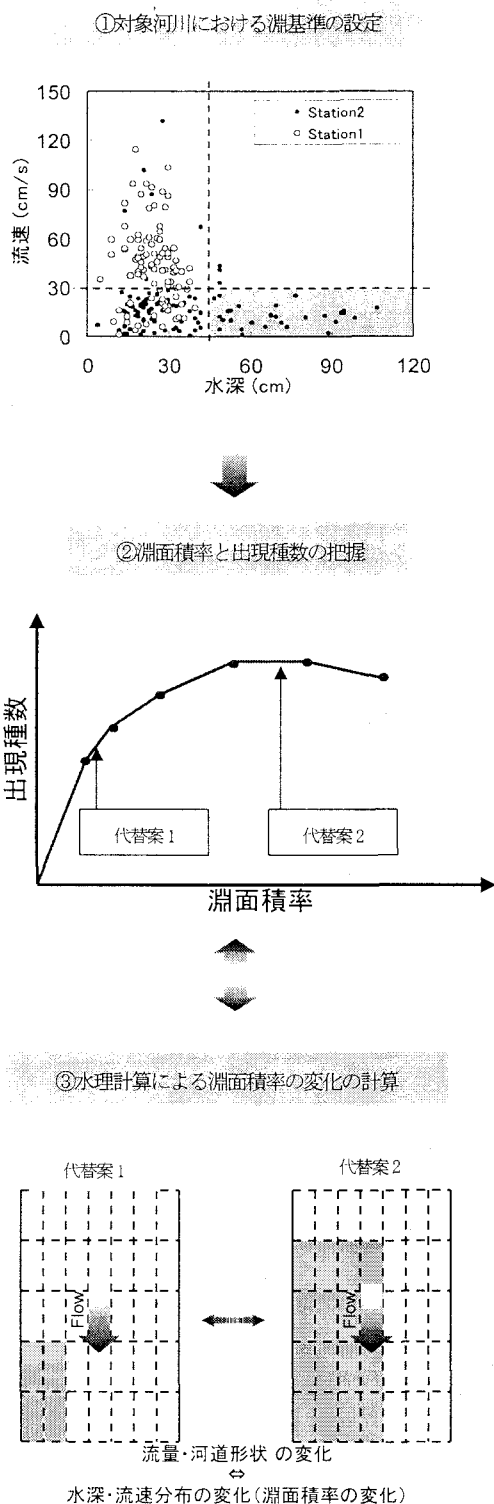


図-13 新しい判定方法の流れ

数を観測し、水深・流速の観測結果からは①で求めた淵の設定基準をもとに淵の面積率を算出すれば、図のような淵面積率と魚類の出現種数の関係を示すグラフを作成することができる。③最後に、計画対象領域において流量や河道形状を複数設定し、これらの代替案ごとに水深・流速を算出する。そして①の設定基準を用いて、各

代替案における淵面積率を算出し両者を比較する。ここで、淵面積率による出現種数への影響を②で求めたグラフをもとに判定する。

5. 結論

本研究では、遊泳力の大きい魚類の行動範囲の広さの影響を受けにくくするため、早瀬と早瀬の間にはさまれた領域という、PHABSIM より広い範囲を測定枠として扱った。そして淵の面積率と魚類の総出現種数を関連付けることによる魚類の生息域評価法を提案した。また、淵領域を水深・流速平面図を用いて定義することを試み、今回得られた観測結果の範囲では、淵面積率が増加すれば魚類の出現種数も増加するという関係を確認した。

今後の課題としては、淵面積率のより広い範囲における出現種数との関係の把握が挙げられる。また、本手法は、水理計算によって淵面積率の変化を計算する必要があるが、今回水理計算は行っていない。したがって、流量や河道形状の変化に応じた水深・流速の変化をどの程度の精度で計算できるのか今後考察する必要がある。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、秋川漁協の浦野氏、東京都建設局西多摩建設事務所の並木氏をはじめ、多くの方々にご協力をいただきました。心より感謝いたします。また、本研究は河川生態学術研究会多摩川班の研究の一環として行われました。関係者の皆様に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) アメリカ合衆国内務省/国立生物研究所 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
- 2) 玉井信行・奥田重俊・中村俊六, 河川生態環境評価法, 東京大学出版会, 2000
- 3) 小出水規行・藪木昭彦・中村俊六: IFIM/PHABSIM による河川魚類生息域評価—豊川を例として—, 河川技術に関する論文集第 6 巻, p. 155-160, 土木学会水理委員会河川部会 2000, 2000
- 4) 知花武佳: 環境傾度を考慮した魚類生息環境評価法に関する研究, 修士論文, 東京大学工学系研究科, 2000
- 5) Dilip Mathur: A Critique of the Instream Flow Incremental Methodology, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences Vol. 42, p. 825-p. 831, 1985

(2001. 4. 16 受付)