

# 筑後川上流大山川における数値解析を用いたPHABSIM活用事例

九州大学大学院 学生員 米倉瑠里子  
九州大学大学院 正会員 清野聡子 田井明 フェロー 小松利光

## 1. はじめに

発電用取水により流量が減少、安定化した河川では、魚類や底生動物などの生息場への影響が懸念されている。このような課題に対応すべく、一定の河川維持流量を下流河川に流すことで河川環境に対して最低限必要な流量を確保する流況改善対策が講じられるようになった。その一環として、米国で開発されたIFIMやその中のシミュレーションモデルのひとつであるPHABSIMの研究が行われてきた。PHABSIMは、流量の変化に応じて流況その他の物理環境の変化を予測するモジュールと、魚類の各成長段階における各種物理特性（流速、水深、底質など）への選好性あるいは忌避特性を記述するモジュール、そして両者の相互作用の結果としての生息可能域のポテンシャルを計算するモジュールによって構成されている。PHABSIMは、その構造ゆえに単に正常流量の問題を考えるのに使えるだけでなく、河川の物理環境の変化が、魚類生息環境の変化にどのように対応するかを予測、あるいは評価のモデルともなり得る<sup>1)</sup>。

筑後川上流大山川も 1972 年に完成した松原ダムの発電用取水によって流量が大幅に減少し、この地方特産の大型で香り高い尺アユも姿を消した。現在、大山川では河川環境の再生が検討されており、適切な維持流量制定のために専門家による調査が行われている。河道が狭く河床材料が大きい河川上流では、流量の違いによる流速と水深の変化がコンクリート三面張りの単純断面の河川よりも顕著であるので、流量増加により多様な生物生息場が形成されることが予想される。したがってより対象河川の小スケールの流況を把握することはアユの生息場評価を行う上で大変重要である。また、河川環境改善策に際しては、様々な研究がなされているが、高度に細分化、専門化されてしまい、その成果が市民に伝わらないという問題も浮上している。大山川においても、市民は、「岩に水が被る」や「白波がたつ」といった日常的に目にする河川の風景で河川環境の変化を認識しているが、このようなスケールに焦点を当て調査を行った例は少ない。これらを受け、本研究では視界内の範囲で人が認識する小スケールの流況の変化を数値解析により再現し、流量の違いによるアユの生息場としての価値をPHABSIMによって定量的に評価した。

## 2. 流れの数値解析

流れの解析は、長田により開発された平面 2 次元モデルを用いた<sup>2)</sup>。支配方程式は平面 2 次元の浅水方程式で、図-1 に示した一般曲座標を用い、格子サイズは約 1m×1mとした。有限体積法により離散化されている。また、流量変化による河床の没水、干出も計算可能である。境界条件は、上流端に流量、

下流端に水位を与えて定常になるまで計算を繰り返した。抵抗則はManning則を用い、粗度係数は 0.035 とした。流量は、3.3m<sup>3</sup>/s、7.1m<sup>3</sup>/s、14m<sup>3</sup>/s、67.5m<sup>3</sup>/sの計 4 通りを採用した。

## 3. PHABSIMによる生息場評価

PHABSIMでは各成長段階にある魚類の選好曲線から生息場をWUA（重み付き利用可能面積）の値として評価する。WUAの計算手順は以下のとおりである。対象河川の対象区間において、水表面をいくつかのセルに分割し、セルごとに流速、水深、底質、その他の要素を求める。対象魚種ごとに準備された選好曲線を用いて、各セルにおける合成適正值CSIを式(1)から計算する。

$$CSI = SI(v) \times SI(d) \times SI(s) \times SI(e) \quad (1)$$

ここでSI(v)：流速に関する選好値、SI(d)：水深に関する選好値、SI(s)：流速底質に関する選好値、SI(e)：その他に関する選好値である。

$$WUA_i = a_i \times CSI_i \quad (2)$$

式(2)はあるセル*i*における合成適正值である。これに対応するセル*i*の面積を掛けかけたものが重み付き利用可能面積WUA<sub>*i*</sub>である。

ここで、WUA<sub>*i*</sub>：セル*i*の重み付き利用可能面積、*a<sub>i</sub>*：セル*i*の面積、CSI<sub>*i*</sub>：セル*i*の合成適正值である。対象とする全区間のWUA<sub>*i*</sub>の総和を求めたものが重み付きWUAである。対象とする魚種はアユの成魚であり、考慮する因子は流速、水深、底質である。選好曲線は第一種適正基準を採用し、底質は石、巨石とした<sup>1)</sup>。

## 4. 結果と考察

数値解析の結果およびCSIの分布、WUAの推移を示す(図-2～図-5)。WUAは流量 3.3m<sup>3</sup>/sを基準とすると 7.1m<sup>3</sup>/s、14m<sup>3</sup>/s、67.5m<sup>3</sup>/sと変化するにつれて、1.6 倍、2.1 倍、2.8 倍に変化することが分かった。

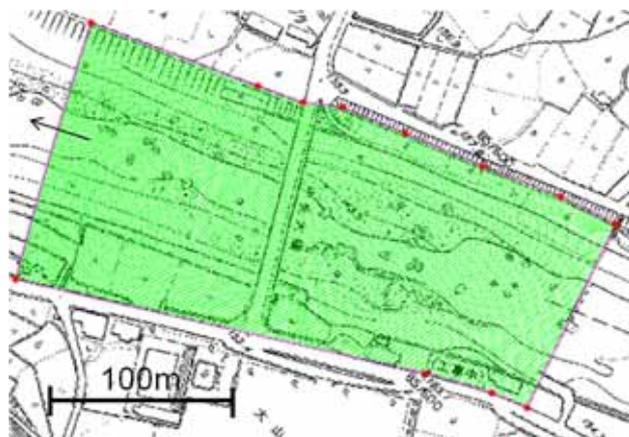


図 1 計算格子

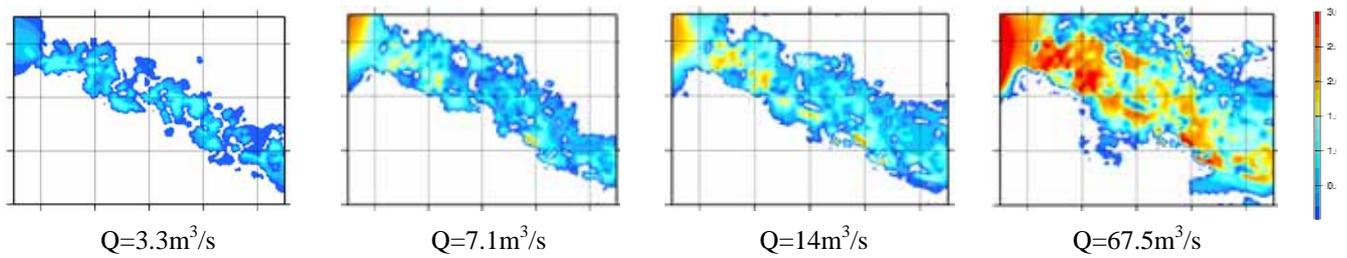


図- 2 水深の分布

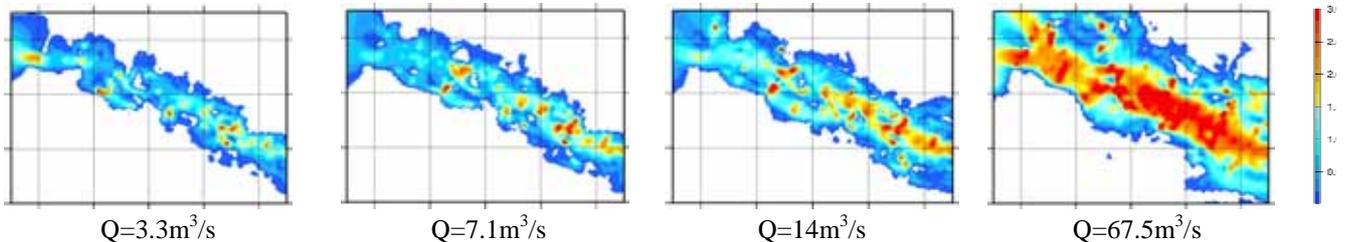


図- 3 流速の分布

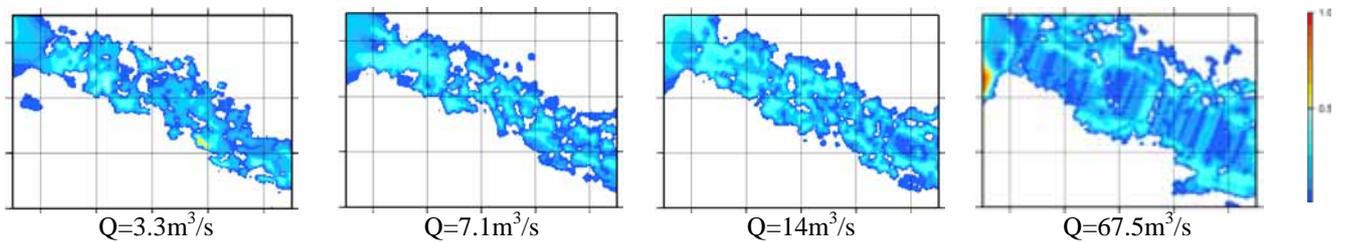


図- 4 CSI の分布

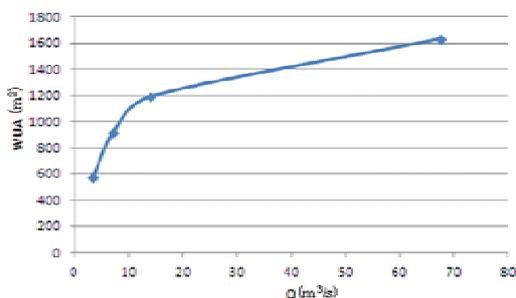


図- 5 WUA の推移

水深，流速ともに流量が大きくなるほど増加傾向にある．流量が  $14m^3/s$ 以上になると水深  $1.5m$ 以上の領域が格段に増大する．流速の分布について，巨石の下流側には流れの緩やかな区間ができることが分かった．

また，CSI の分布は  $1.0m/s \sim 2.0 m/s$ の領域とおおかた一致し，WUAは，流量  $67.5m^3/s$ までは流量が増加するほど上昇し，特に流量  $14m^3/s$ までは流用変化に対する増加率が大きいことが分かった．

## 5. おわりに

以下に本研究で得られた知見をまとめる．

- (1) 巨石が多い河川上流では，流量変化に対する流況変化が大きく，多様な流れ場が生じる．
- (2) 計算格子を  $1m \times 1m$ にした数値解析により，対

象区間において人間が認識できる水被り域の概形，巨石周辺の流れの再現は可能である．

(3) WUAは流量  $3.3m^3/s$ を基準とすると  $7.1m^3/s$ ， $14m^3/s$ ， $67.5m^3/s$ と変化するにつれて，1.6倍，2.1倍，2.8倍に変化する．

(4) 対象区間のアユのCSIの分布は  $1.0m/s \sim 2.0 m/s$ の領域とおおかた一致し，WUAは，流量  $67.5m^3/s$ までは流量が増加するほど上昇し，特に流量  $14m^3/s$ までは流用変化に対する増加率が大きいことが分かった．

今後の展望として，数値解析の精度をより向上させ，アユ以外の魚類や昆虫類についても本研究と同様の生息場評価を行うことで，河川上流域において流況が複雑に変化することで多様な生息場が形成されることの証明が可能になってくるといえる．

## 参考文献

- 1) アメリカ合衆国内務省，国立生物研究所（テリーワドゥル，中村俊六訳）：IFIM入門，財団法人リバーフロント整備センター，1999.
- 2) 長田信寿：一般座標系を用いた平面2次元非定常流れの数値解析，土木学会水理委員会基礎水理部会，水工学における計算機利用の講習会講義集，土木学会水理委員会基礎水理部会，pp.161-76，1999.