

iRIC Nays2DH と UTT を用いた魚道のシミュレーション

藤田 朝彦・加藤 康充・富田 邦裕 ((株)建設環境研究所)、
久加 朋子 (富山県立大学工学部)、清水 康行 (北海道大学大学院工学研究院)

1. はじめに

魚道は、河川環境保全の上で重要な構造物である。一般に、魚道は実際に遡上状況を確認したり、その物理的特性をモニタリングすることで、魚類の遡上に適しているかどうかの評価されてきた。しかし、これらの調査は多大な労力を要するため、様々な季節、様々な魚種について詳細な事後評価・検証が行われた例は少ないのではないだろうか。

また、既存の評価手法の大きな限界として、魚道の物理的評価が断面的な視点のみで行われることが多いことが挙げられる。例えば、ある隔壁の高さ、越流速度、プールの水深などの情報に基づいて簡易的に評価されることが多いと考える。一般に、魚道は一つの形をしたユニットの集合体であるため、代表的なユニットの構造を抽出して魚道全体を評価することが多いのではないだろうか。そのため、魚道の特定の箇所に弱点があっても、それが具体的に特定されない可能性も考えられる。また、魚類の突進速度などの遡上能力については、多くの事例報告があるが、一例報告であったり、断片的なデータの場合もある。したがって、実際に魚道を遡上する魚の所要時間や遡上ルートについて、明確な評価・可視化はあまり成されていないといえる。

そこで、本研究では、iRIC の Nays2DH と UTT を用いて、魚道を通過する遡上のシミュレーションを検討した。

2. 使用したソルバ

Nays2DH : Nays2DH は、河川における非定常水平二次元流、土砂輸送、河床・堤防の形態変化をシミュレートする計算モデルである。Nays2D と Morpho2D を組み合わせて構築されており、二次元の河川流量と河床の形態力学を計算することができる。このツールには、河川合流モデル、堤防侵食モデル、混合サイズ土砂、底質層、固定床モデルでの底質・浮遊負荷シミュレーション、上流からの土砂供給量の可変など、さまざまな機能が含まれている。

UTT (universal tracer tracker) : UTT は、iRIC に実装された各種流体計算ソルバの計算結果を用いて、各種物質の軌跡を追跡・可視化するツールである。対象となる輸送物質は流れに沿うだけでなく、場合によっては物質そのものが巡航能力を持つこともある。UTT は、流体中の任意の位置におけるトレーサー粒子の濃度(密度)を決定し、必要に応じて粒子のクローン化やアマルガム化を行う機能を有している。そのため、トレーサーは粒子が入りにくい剥離した部分の画像を可視化したり、粒子が蓄積して極端に見えにくくなった部分の評価したりすることができる。また、UTT では、分割・結合を考慮した重み付けされた粒子濃度を表示することも可能であり、実質的なラグランジュ法による濃度解析が可能である。UTT は、ランダムウォークモデルを導入することで、ソルバでモデル化されたグリッドスケール以下の乱流を抽出することができる。これにより、より現実的な粒子追跡場、濃度拡散場を検討することができる。UTT を用いて、複数のトレーサーを追跡することができる。本研究では魚類に対して用いており、iRIC 上で魚の遊泳能力・特性を指定して動きを表現した。

3. 方法

3.1 魚道水路の流れの再現性の検証

iRIC を用いた魚道のシミュレーションを行うために、宮園 (2005) を参考に、魚道水路の流れの状態を実際の魚道水路の計測値と比較し、iRIC Nays2DH 上での再現性を検証した。これらの検証をもとに、UTT トレーサーを用いたシミュレーションを実施した。

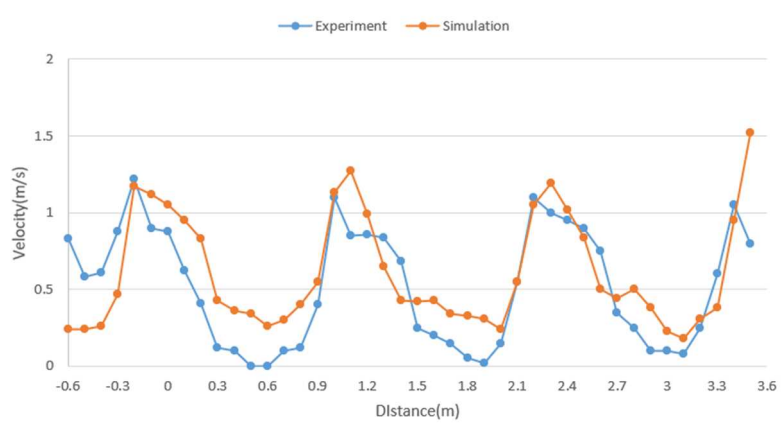


図 実際の水路実験に対するシミュレーションの魚道内流速再現結果の比較

3.2 魚類の遡上パラメータの設定

UTT トレーサーで使用する魚類の遡上に関するパラメータは、複数の論文から抽出し設定した。ただし、巡航速度と突入速度の切り替えは、一定時間ごとに繰り返す様に設定した。このような条件で、魚類の魚道遡上の再現性を検証した。

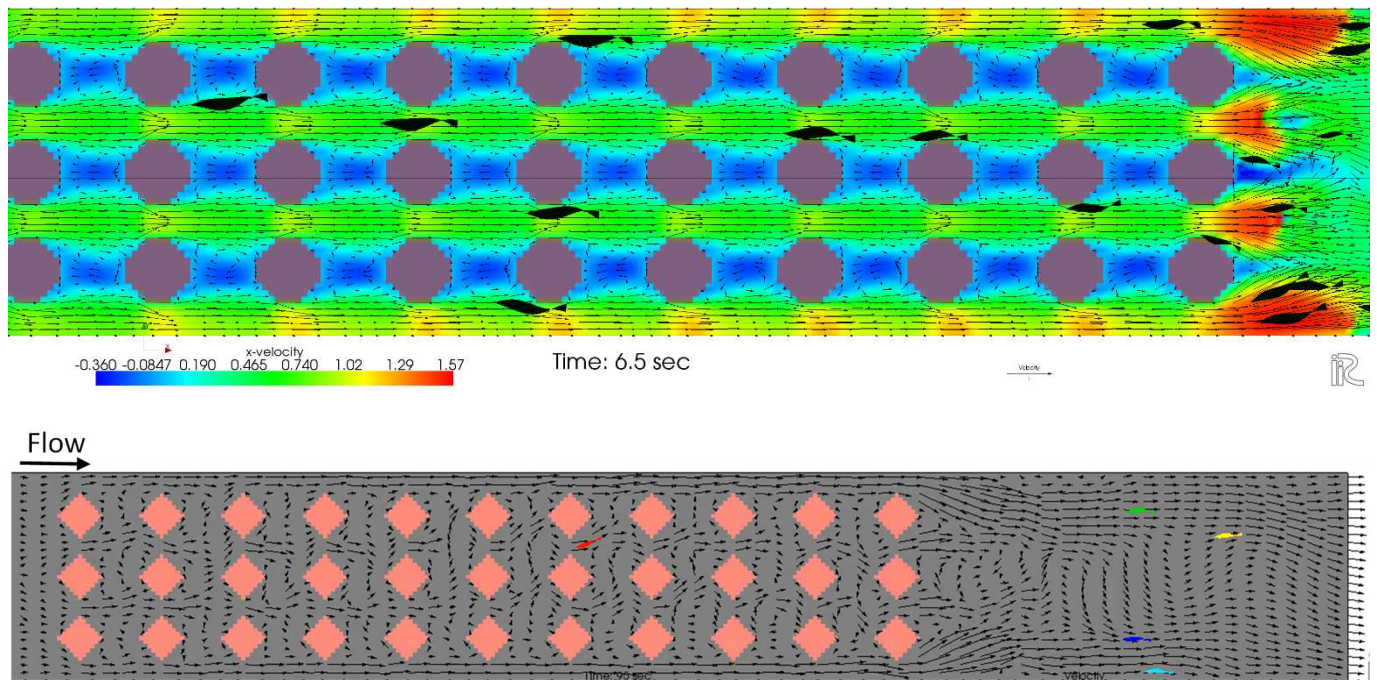


図 魚類の遡上シミュレーションの実施状況

4. 結果

現時点では、シミュレーションの設定や魚道の種類にもよるが、iRIC による魚類の遡上シミュレーションは、実際の遡上実験データに近い値を再現することができた。しかし、シミュレーションで設定するグリッドの設定の詳細によって、予測結果が大きく変化することも確認した。また、シミュレーションにおいて乱流が発見された場合、魚の遊泳能力をより強く設定する等して、シミュレーションを実験結果と一致させることが可能になる場合もあった。現状では、シミュレーションの成功率を高め、実験結果に近づけるために、以下の方法を用いている。

- ①魚の既存のパラメータを調整する（巡航速度、突進速度の上昇等）。
- ②巡航速度と突進速度に加え、魚の通過能力が向上するパラメータの設定。
- ③魚類の連続遊泳可能時間の設定による通過能力の向上。

今後は、より優れた魚類の遡上パラメータの設定等により、魚類の魚道遡上シミュレーションの精度向上、実用化を目指していきたいと考えている。