

中小河川における多自然川づくりの設計方法

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○坂本 千晶
木更津工業高等専門学校 正会員 石川 雅朗

1. はじめに

我国の河川整備は、洪水氾濫による被害を軽減する治水事業が優先的に進められてきた。近年の人々の環境に対する関心の高まりや地域の実状に応じて、河川は治水や利水の役割を担うとともに、「多自然川づくり」に提案されたように、潤いのある水辺空間や多様な生物の生息・生育環境としての機能を有することが求められるようになった。

多自然川づくりを効果的かつ経済的に進めてゆくために、環境に配慮して河道に施された施策の効果を客観的に評価することのできる設計方法を確立することは重要である。

本研究では、多自然川づくりの設計方法のひとつの試みとして、River2D と個体ベース魚群行動モデルを組み合わせ、河道内の流速分布が魚類生態系に与える影響の客観的な評価を試みた。

2. 方法

有限要素法による2次元流計算ソフト River2D(カナダ、アルバータ大学が開発、フリーソフト)の流速分布の再現性を確認するために室内による流速測定実験を行った。図-1 に実験水路平面図を示す。水路下流端の水深を 0.15m、流量を 0.012m³/s として実験水路に通水した。平面的な測定位置はユニット設置区間は縦横 0.025m 間隔、その他の地点を 0.05m 間隔で 6 割水深 0.09m における流速を測定した。流速測定には三成分電磁流速計を用いた。実験結果とシミュレーション結果を等流速分布図にして図-2 に示す。

流速分布が魚類生態系に与える影響を評価するために、平面2次元流計算と魚群行動シミュレーションを行った。検討する河道形状は図-3 のように設定した。魚類の避難場となる淵を設置しない場合をケース A¹⁾、淵を設置した場合をケース B とした。

River2D を用いて河道内の流速分布を求める。洪水時を想定し、水理条件は流量 95m³/s (計画高水流量)、下流端水位 2.4m (計画高水位) とした。

魚群行動の再現には個体ベース魚群行動モデルを用いる²⁾。各ケースの上流部に 50 尾の個体を配置し、計算シミュレーションを行う。表-1 に計算条件を示す。流速分布データは River2D の計算結果を入力する。魚がどの場所に多く集まっているのかを明確にするために散布図を作成する。それにより淵が避難場として有効であるか検討する。

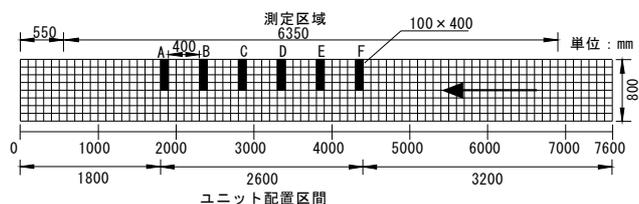


図-1 実験水路平面図。ユニットのサイズは L0.4m×W0.1m×H0.2m でありユニット間の距離は 0.4m である。水路下流端からユニット A までは 1.8m でありユニット配置区間が 2.6m である。測定区域は 6.350m であり、水路下流端から 0.55m 地点を原点とする。図中のメッシュ間隔は 0.1m である。

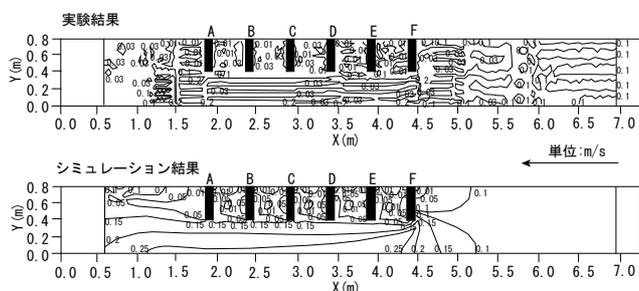


図-2 等流速分布図。実験結果とシミュレーション結果を等流速分布図に表したものである。上図が実験結果、下図がシミュレーション結果である。

表-1 個体ベース魚群行動モデル計算条件

パラメータ名	変数	単位	設定値
計算時間間隔	TCAL	(s)	5.00
計算出力間隔		(s)	5.00
衝突回避領域	RS	(m)	0.01
平行運動領域	RH	(m)	0.20
求心運動領域	RK	(m)	0.80
最小遊泳速度	SMN	(m/s)	0.00
最大遊泳速度	SMX	(m/s)	0.80
ランダム行動率	RMR	%	25
死角	β	度	180

3. 結果

図-2は実験結果とシミュレーション結果を等流速分布図に表したものである。実験結果では約0.03m/sの小さな流速が筋状に分布している。シミュレーション結果にはこの筋は見られない。どちらの結果も、ユニットFより左岸下流側に約0.2m/sの流速が分布し、ユニット間では約0.01m/sの流速が分布している。実験結果の最大流速は約0.25m/s、シミュレーション結果の最大流速は約0.26m/sである。ユニット間における遅い流速分布やユニットFより左岸下流側における速い流速分布といった水理現象が再現されているため、River2Dは実際の流れを概ね再現できているといえる。

図-4はRiver2Dによる各ケースのシミュレーション結果を等流速分布図に表したものである。ケースAでは河道の中心部に約3.0m/sの流速が分布している。ケースBも同様に河道中心部に約3.0m/sの流速が分布している。淵を設置した場所では約1.0m/s流速が低下し、淵の両岸では流速の遅い領域が拡大している。最大流速はケースAで約3.3m/s、ケースBで約3.4m/sである。

図-5は50尾の個体について10分間の魚群行動計算を行い、5秒間隔で個体の位置座標を出力した6050個のデータをもとに作成した個体の散布図である。魚は遡上することはできず、流されている状態である。River2Dによるシミュレーション結果と照らし合わせると、ケースAでは流速の遅い河道の岸边付近に個体が多く分布している。淵を設置したケースBにおいても同様の傾向が見られる。ケースBにおいて淵を設置した場所では分布が増加している。淵を設置したことで、流速の低下および流速の遅い領域が拡大し、魚が流されずに淵部に留まることができていると考えられる。このことから、洪水時において単独で設置した淵は、魚の避難場として機能していると判断できる。

今後は実際の河川において本研究と同様の施策を施し、シミュレーション結果が現実に機能するかどうかを検証する必要がある。

参考文献

- 1) 花田大輝：生態環境を考慮した河道計画の評価方法構築の試み，第36回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，II-69，2009
- 2) 石川雅朗：個体ベースモデルによる魚類生息環境評価手法の構築，河川技術論文集，第7巻，pp.315-320，2001

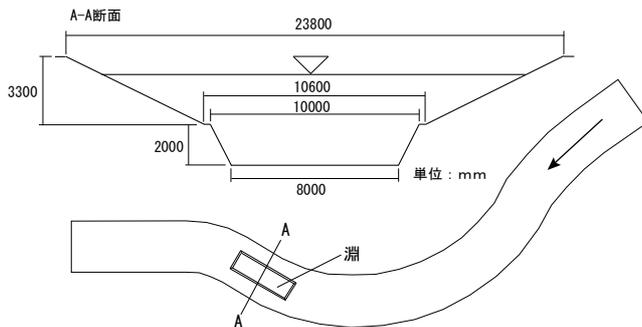


図-3 河道形状および施策形状。図はケースBである。下流端水位は2.4m（計画高水位），長さ300mと設定した。施策はL30m×W10m×H2mである。

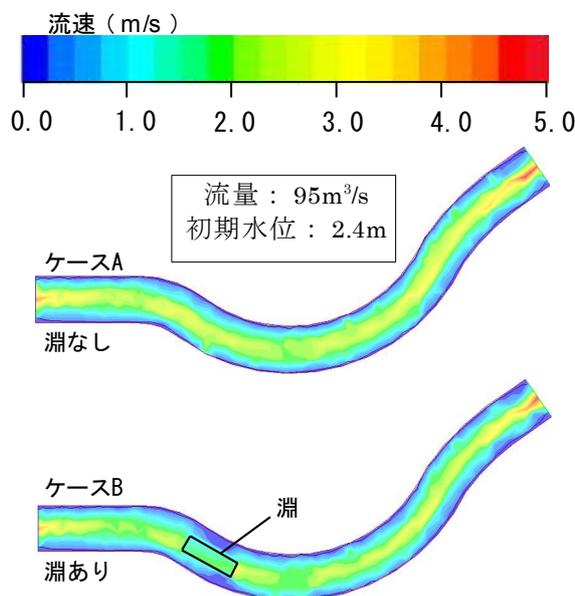


図-4 River2Dによる各ケースのシミュレーション結果。洪水時を想定し，流量を95m³/s（計画高水流量），下流端水位を2.4m（計画高水位）としている。

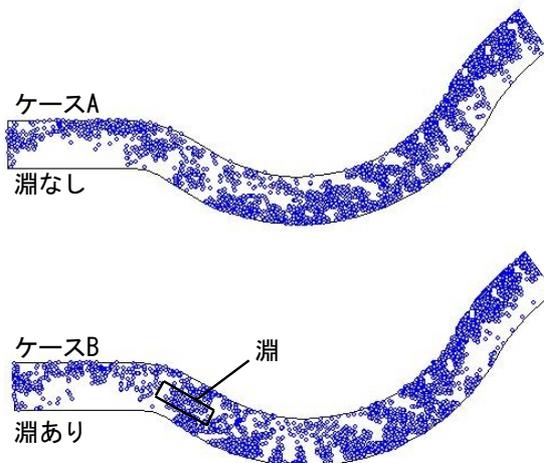


図-5 個体ベース魚群行動モデルによる魚群の散布図。魚は流されている状態であり遡上はしていない。流速の遅い岸边に多く分布している。ケースBにおいて淵を設置した場所の分布が増加している。