

B-15 物理生息場モデルを用いた古甲川改修事業における魚類保全効果の事後評価

○藤本 侑樹^{1*}・関根 雅彦¹・今井 剛¹・樋口 隆哉¹・山本 浩一¹

¹山口大学大学院理工学研究科（〒755-8611山口県宇部市常盤台2丁目16-1）

* E-mail: h059fd@civil.yamaguchi-u.ac.jp

1. はじめに

近年、土砂堆積や河岸の浸食・堆積、瀬や淵の形成といった河川が持つ自然の働きを生かし、多様な生物生息場や自然豊かな景観を有する川づくりが求められている。日本の中小河川は降雨による流量変動が大きく、急勾配なものが多いため河川中の流況が変化しやすい。現在取り組まれている川づくりは日本の河川の特徴を生かした川づくりであるといえよう。しかし、このような川づくりを遂行するためには、改修後の流量変動に起因する河道地形変化とそれに伴う生物生息場の変化を長期的にモニタリングすることで事業効果を定量的に評価していく必要がある。日本では、河川改修事業が生物生息場に与える影響の評価は体系的に行われておらず、改修工事が施されても効果が十分に評価されないままになっているケースが多くみられる。

そこで本研究では、多自然型川づくりとして改修が施された古甲川をケーススタディの対象とし、水理学的シミュレーションより求められる生息場の量と、生息場適性指数より規定される生息場の質の積によってその価値を算定する物理生息場モデルを用いて河川の生息場を評価し、改修事業の効果について考察した。またそれらの結果から、日本の気候および中小河川に適した生物生息場の評価手法について考察した。

2. PHABSIMによる生息場評価

(1) 評価に用いた地形データ

古甲川は山口県山口市を流れる二級河川で、榎野川水系（流域面積322.4km²）の支流である。平成6年度に山口県初の多自然型川づくり事業として中流部の農業地帯約550mの区間において改修が行われた。PHABSIMによる生息場分析では、改修前・改修直後・現在(2008年)の

地形について生息場を評価した。

現在の地形データは、GPSを用いたRTK測量によってxyz座標のデータを得た。また河床材料等については河道内に立ち込んで観察し記録した。現在の地形は改修直後の河道に砂礫が堆積し、改修計画断面とは異なった地形となっている。このため改修直後の地形データは、断面の縦断距離は現在の測量で得られたデータを用い、断面形状については古甲川改修計画断面を参考に作成した。改修前の地形については、著者らによる既往の古甲川に関する研究で行われた測量結果を基に河床や植生の様子を再現した。

(2) WUAの概念

PHABSIMによる生息場評価は、流量とそれに伴って変化する物理生息場（水深・流速・カバーク等）が魚類の生息可能性を示すという概念に基づいている。PHABSIMではWUA（Weighted Usable Area, 重み付き利用可能面積）を算出することで対象河川の生息場を評価する。WUAの算出方法としては、まず河川の評価対象区間を、物理環境が同じと見なせる小区間に分割し、それぞれの小区間における水深・流速・底質といった河道特性指標を求める。さらに求めた河道特性指標の条件下で、魚種毎の生息場適性基準を掛け合わせた値（=CSI：合成選好値, Composite Suitability Index）を求め、ある魚種がどれくらいその小区間を好んで生息するかを判断する。そして小区間の水面積 a_i と合成選好値 CSI_i を掛け合わせ、対象区域全体で合計することでWUAを魚類の生息可能性を表す値として算出し、河川を評価する。生息場価値の算出式を式(1a)(1b)に示す。

$$CSI_i = SI(d) \times SI(v) \times SI(s) \quad (1a)$$

$$WUA = \sum a_i \times CSI_i \quad (1b)$$

ここで、 $SI(d)$ ・ $SI(v)$ ・ $SI(s)$ はそれぞれ水深・流速・底質の選好値、 CSI_i は小区間ごとの合成選好値、 a_i は小区間の水面積である。

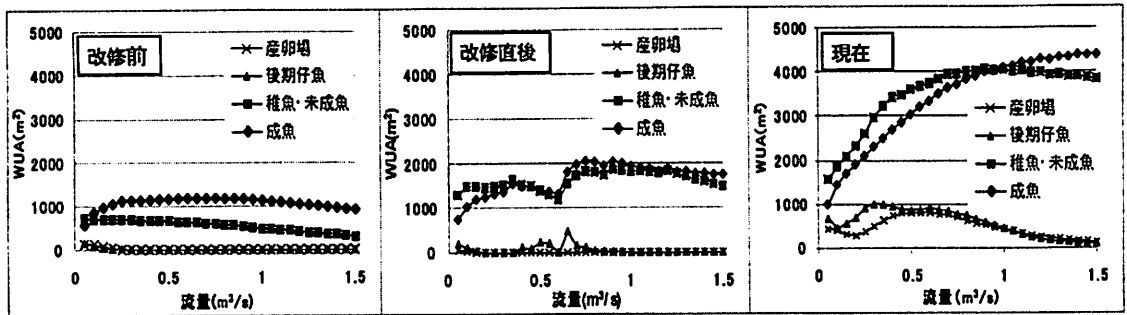


図-1 オイカワのQ-WUA曲線

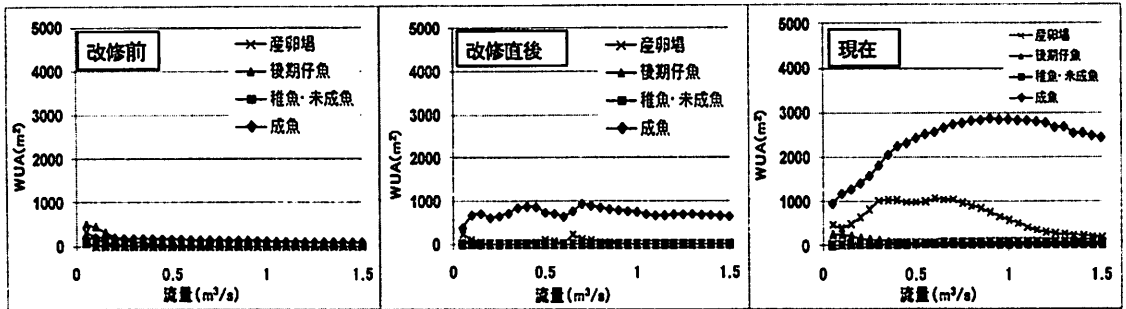


図-2 カワムツのQ-WUA曲線

(3) Q-WUA 曲線による生息場評価

評価対象区間に多く生息しているオイカワとカワムツを評価対象種とし、それぞれ産卵場・後期仔魚・稚魚(未成魚)・成魚の4つの成長段階について生息場を評価した。算出した WUA と流量の関係を成長段階ごとに求めたものを図-1、図-2に示す。

改修前の地形では、両魚種の全ての成長段階において流量が上昇するにつれてWUAが低下していく傾向にある。また改修直後の地形では、オイカワの稚魚・成魚の生息場価値は改修前より向上しており、流量が増加してもWUAはほぼ横ばいの状態を保っている。これに対しカワムツ稚魚のWUAは低いままである。現在の河道地形ではオイカワ成魚・稚魚は流量が増加するにつれて生息場価値が増加しており、産卵場・後期仔魚についても改修前及び改修直後よりも高い流量範囲において生息場面積が増加している。カワムツについては、成魚・産卵場は生息場価値が向上しているものの、後期仔魚は改修前の生息環境まで回復できておらず、稚魚においても若干の流量増加に対応できる程度しかWUAは増加しなかった。

古甲川の河道は、矩形水路が多くを占める水路であったが、川幅を拡張して低水路と高水敷をもつ水路へと改修された。また現在の河道では、上流からの土砂輸送による高水敷部分の土砂堆積と浸食が繰り返され、緩い傾斜を持つ陸地や蛇行した水路が形成されている。高流量時には陸地の広い範囲が冠水し、オイカワ仔魚の選好範

囲から逸脱しない低流速・低水深部分を発生させるようになった。また堆積土には植生が繁茂しており、これにより流速を低減させて高流量時の生息場価値の維持に寄与している。これらの河道変遷により、現在の河道におけるオイカワの生息場価値は向上したと考えられる。

また、PHABSIM による生息場評価の妥当性を確かめるために、現地において生息量調査を行った。改修前に行われた生物量調査と同様に、河川に立ちこんで魚影が戻ってくるまで静かに待ち、目視により魚数を5尾単位で計数して単位面積当たりの生息数を算出した。オイカワの生息量は概ね増加しており、PHABSIM による評価の妥当性が確認できた。

一方カワムツの WUA はオイカワほど増加しなかった。考えられる原因として、カワムツはオイカワよりも比較的流速が遅く、水深の深い生息場を好むことが挙げられる。現在の河道は、横断方向の地形変化は豊かになったが、改修前と比べるとカワムツの好むところや淵が減少してしまっている。流量が増加すれば水深の選好値は高くなるが、流速も上昇するため比較的高い流速にも選好性をもつ成魚のみ生息場価値が上昇した結果となった。高流量時のオイカワ仔魚の逃げ場として考えられた低流速部分も、カワムツにとっては水深が浅い場合、その生息場価値は低下してしまう。カワムツの生息場価値を回復させるためには、河道内構造物や口径の大きい魚巢ブロックなどを用いて淵や流れが淀む地点を創出することが効果的であろう。

3. River2Dを用いた増水時の生息場評価

River2D を用いて増水時の生息場変化を改修前・現在の河道について評価した。River2D とは 2 次元水深平均河川流体力学・魚類生息場モデル(Two-Dimensional Depth-Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat)の略称で、河川の流況を二次元解析によりシミュレーションし、生息場を評価するソフトウェアである。改修前と現在の河道地形について、平水時と高流量時における流況をシミュレーションし、CSI 分布を求めた。評価結果を図-3 に示す。

増水時のCSI分布では、改修前の河道では流速が一律に上昇し、生息場が消失してしまっている。一方、現在の河道では低水路部分は0.8m/s程度まで流速が上昇しているものの、増水によって冠水した堆積部は流速が低減しているためCSI分布が見られる。PHABSIMによる評価で得られた結果と同様に、現在の河道地形では高流量時においても拡張された河道の堆積部分に広く冠水することで流速や水深の上昇を低減し、後期仔魚の生息場価値を維持できていることがわかる。これらの結果より、古甲川改修事業では高流量時にもオイカワ仔魚の生息場を維持できる好影響を与えたといえるであろう。

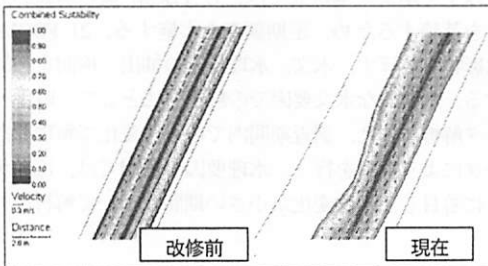


図-3a 平水時のオイカワ仔魚 CSI 分布

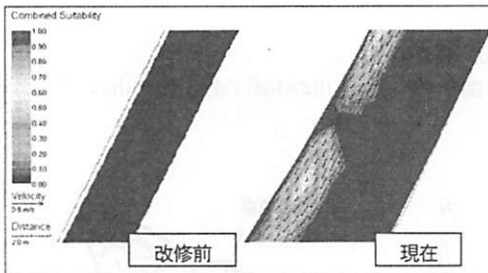


図-3b 増水時のオイカワ仔魚 CSI 分布

4. 日本における生息場時系列評価手法の検討

古甲川の改修以前から現在に至るまでの魚類生息場価値の変遷を評価するために、アメリカ合衆国で用いられているIFIM(Instream Flow Incremental Methodology)の生息場持続時間分析手法を用いた。

生息場持続時間分析により、月毎に求めた平水流量と日流量それぞれについて、改修前から現在までにオイカワ仔魚の生息場は向上してきたことが分かる。図-4aと図-4bを比較すると、月毎の平水流量による評価では生息場持続時間が消失しないのに対し、日流量による評価では改修前・改修直後の生息場がゼロとなる時間が存在している。これは、日単位で起きる流量急増によってオイカワ仔魚の生息場が消失することを表わしており、日本の中小河川では日流量の変動を考慮しなければ生息場にとってよりクリティカルな変化を評価することができないことを示している。

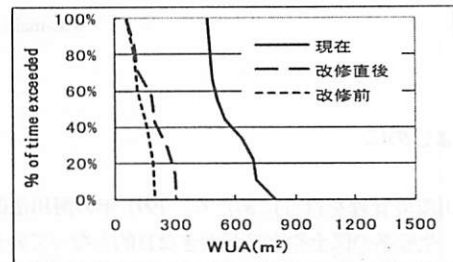


図-4a 月毎平水流量を用いたオイカワ仔魚の生息場持続時間分析

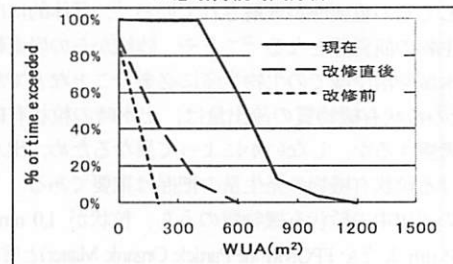


図-4b 日流量を用いたオイカワ仔魚の生息場持続時間分析

5. まとめ

川幅を広く改修することで堆積や蛇行が発生し、多様な流況が創出されオイカワの生息場価値が向上した。また増水時には高水敷の冠水により後期仔魚の生息場を維持できる地形となった。カワムツについては成魚のみ生息場価値が向上した。カワムツが生息しやすい環境に改修するには、淵やとろを形成させる構造が必要であることが示唆された。また、日本の河川において生息場の時系列変化を評価するためには、日流量等の短い時間間隔の流量データを用いる必要があることが示唆された。

参考文献) 楊 継東, 関根雅彦, 今井崇史, 川本泰生, 浮田正夫: 多自然型河川改修効果予測のための魚の生態環境評価手法に関する研究, 環境システム研究Vol. 26, 1998.