

砂州状態を考慮したサケ産卵環境の評価手法の検討

株式会社ドーコン 正会員 ○山田 雄基
株式会社ドーコン 正会員 傳甫 潤也
株式会社ドーコン 正会員 堀岡 和晃
株式会社ドーコン 正会員 小本 智幸

1. はじめに

近年、河道管理においては、河床高の変化や樹林化抑制等の治水面の課題と、魚類生息環境保全等の環境面の課題の両者を考慮することが求められている。北海道では治水事業を実施する際に、特にサケの産卵床への影響評価が課題となるケースが多い。サケの産卵環境としては河床材料が重要である¹⁾ほか、伏流水の発生などが産卵環境に寄与していると考えられている²⁾が、このような指標を考慮して定量解析を実施した取り組みは、矢野ら³⁾の事例などわずかである。本論では、北海道の忠別川を例に、水深、流速、河床材料といった従来の生物評価に用いられる指標に加え、フルード数(Fr数)やFredle指数を用いた新たな手法でサケ産卵環境の評価を行い、その手法の有効性や今後の河川環境評価に向けた課題の考察を行った。

2. 方法

対象河川とした忠別川は石狩川の1次支川で、河床勾配1/80~1/350、セグメント1の1級河川である。忠別川では下流に位置する頭首工がサケの遡上を阻害する要因となっていたが、平成12年に頭首工へ魚道が設置され、平成21年以降はサケの産卵床が確認されている。こうした状況を踏まえ、忠別川においてサケ産卵床調査が実施されているKP2.4~9.4を対象区間として、サケの産卵環境に対する定量評価を行った。

産卵環境の評価に用いる物理環境要素の抽出にあたり、表1に示す条件で平面二次元流況解析を実施した。解析には非定常二次元浅水流方程式を用い、乱流は0-方程式モデルとした。この解析結果を基に、産卵環境評価のパラメータとして、従来用いられている水深、流速、河床材料にFr数及びFredle指数を加え、パラメータ毎に選好曲線SI(x)を作成し、これを基に以下の基本式(1)により合成適正值(CSI)を算出した。

$$CSI = \alpha_1 SI(h) \times \alpha_2 SI(v) \times \alpha_3 SI(d_{50}) \times \alpha_4 SI(Fr) \times \alpha_5 SI(Fred) \quad (1)$$

ここに、CSI：合成適正值、SI(h)：水深の適正值、SI(v)：流速の適正值、SI(d₅₀)：河床材料の適正值、SI(Fr)：Fr数の適正值、SI(Fred)：伏流環境(Fredle指数)の適正值、α₁~α₅：要素毎の重み係数(現段階では1として設定)

パラメータ毎の選好曲線について図1に示す。水深・流速の選好曲線は、忠別川における産卵床調査での実測値分布から設定した。河床材料の選好曲線は、サケ科魚類が産卵床として利用できる河床材料のd₅₀は、体長の1/10程度まで³⁾であるという知見から、サケの平均的な体長を考慮し設定した。Fr数は式(2)により表現される流れの状態を示す指標であり、河道内の砂州状態等の微地形と流況との関係を示す指標になりうると考えた。

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{Lg}} \quad (2)$$

ここに、Fr：フルード数、U：流速、L：水深、
g：重力加速度

Fr数の算定は、河道全体の分布を評価するため、砂州が冠水する程度の流況(平近年最大流量程度)を用い、産卵床位置のFr数を抽出した。この結果、流速や水深に対する選好曲線よりも、Fr数を用いた選好曲線が高い相関を示す傾向が見られ、本論では実験的な試みとして、Fr数を産卵環境を構成する要素の一つであると捉え、生息環境評価に用いることとした。

表1 流況解析条件表

項目	設定条件
計算区間	KP2.40~KP30.40
計算格子	H24LPデータ及びH24年測量(KP2.40~25.00)、H24LPデータ及びH19年測量(KP25.02~30.40)、縦断方向10分割、横断方向30分割
粗度係数	低水路：0.034(KP2.40~KP15.20)、0.039(KP15.22~KP26.20)、0.042(KP26.22~KP30.40)、高水数：0.055
河床材料	H19、H24調査
樹木	H24LPデータにより設定
計算流量	水深、流速算定：17m ³ /s(サケ産卵期(9~1月)の平均流量(H19~H24平均値))、Fr数算定：100m ³ /s(平均年最大流量程度)
下流端境界条件	計算流量流下時を下流端KP2.40のH-Q式により換算した時刻水位で与える

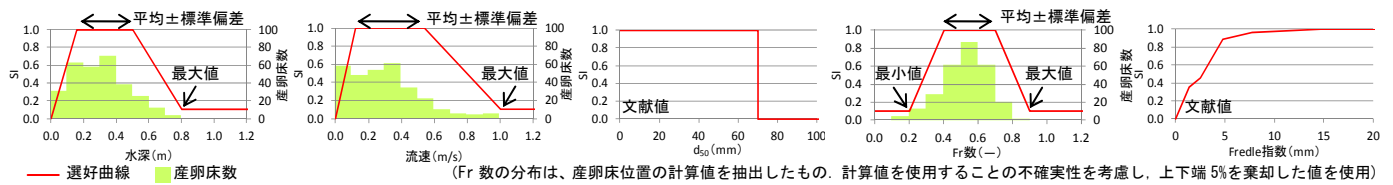


図 1 設定した選好曲線

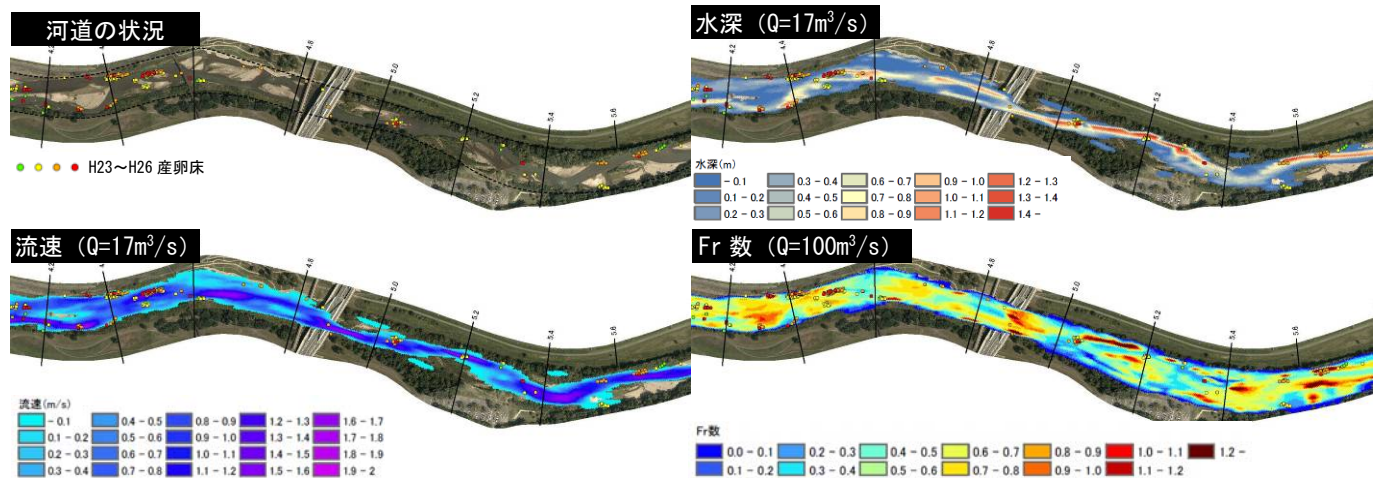


図 2 流況計算結果, Fr 数による砂州地形の抽出結果

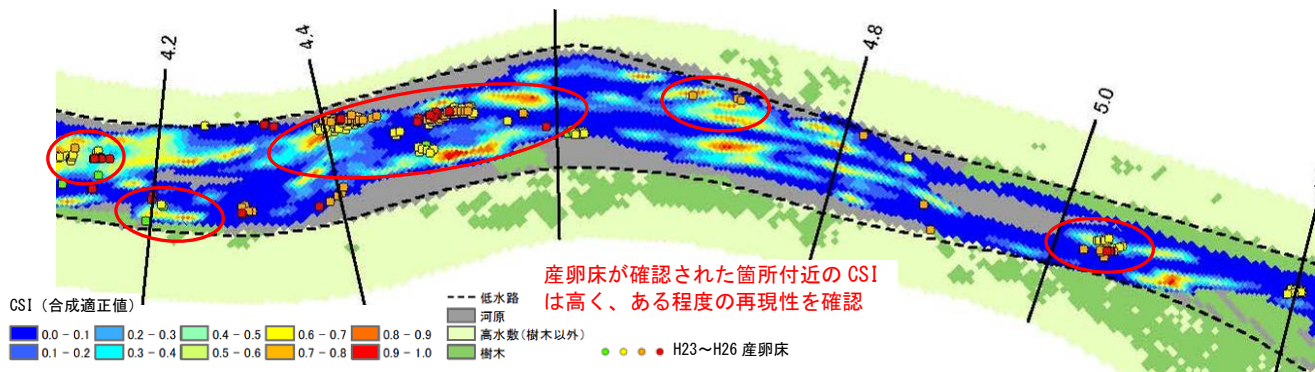


図 3 PHABSIM によるサケ産卵環境の再現結果

また, Fredle 指数は, 式(3)で示される河床材料の粒度分布特性を示す指標であるが, この指標はサケの産卵環境に適した伏流特性を示す指標になりうると考えられたことから, 実験的に生息環境の指標とした. 選好曲線の設定にあたっては, 鈴木⁴⁾の実験結果から Fredle 指数と仔稚魚生存率の関係を適用した.

$$f_i = d_g / S_0 \quad (3)$$

ここに, f_i : Fredle 指数, d_g : 平均粒径, s_0 : ふるい分け係数,

$$S_0 = \sqrt{d_{75} / d_{25}} \quad (4)$$

d_{75} : 75% 粒径, d_{25} : 25% 粒径

3. 結果と考察

CSI 算定の結果を図 3 に示す. CSI の高い箇所付近で産卵床が確認されており, 評価結果はおおむね良好であった. このことから, Fr 数や Fredle 指数を用いて砂州状態を評価することは生息環境評価において有効な手法であるものと考えられた. 今後は, 各パラメータの感度分析を実施し, 再現性を高めていく必要があるが, こうした生息環境に関する定量評価は, 河道の将来予測等において有効な手法になるものと考えられる.

謝辞: 国土交通省北海道開発局旭川開発建設部にはデータの使用等について快諾を頂いた. 記して謝意を表す.

参考文献: 1) G. Mathias Kondolf., Michael J Sale., M. Gordon Wolman (1993) the sizes of Salmonid spawning gravels, water resource research, vol. 29, no. 7 pp2275-2285, 2) 矢野雅昭, 矢部浩規, 林田寿文 (2012) 砂州地形とシロサケの産卵環境について, 寒地土木研究所月報 No. 710 pp23-27, 3) 矢野雅昭, 渡邊和好, 平井康幸 (2015) 物理環境要素の計算結果を用いた PHABSIM によるシロザケ産卵環境の評価について, 第 58 回北海道開発局技術研究発表会, 4) 鈴木俊哉 (2008) 自然再生産を利用したサケ資源保全への取り組み, SALMON 情報, No. 2, (独) 水産総合研究センター