

IFIM の魚道への適用

金沢大学工学部 正員 辻本 哲郎

金沢大学工学部 ○ 堀川 紀子

1. はじめに

多自然型川づくりが注目されるなか、魚道設計の流れも、水産用の魚種のみを対象とするのではなく、より多様な種を対象とするという考え方が主流になりつつある。従来の魚道は対象魚種、サイズに対して経験的に推定された「突進速度」を越えない流速と「充分な」水深を対象流量に対して確保するように選定され、また設計されていた。魚道の形式はこれまで多く提案されてはいるが、とくに適切な流速は魚種、サイズに依存するので、従来の多くの形式では多様な種、サイズにわたって対応するのは難しい場合が多い。流量についても種によって魚道利用時期が異なるため、単に豊・平・低・渇水量のように超過確率で整理した流況でなく、365日の流況を考える必要がある。多様な種や利用時期の相違を考慮した魚道を考えるには、魚道としての流路が多様な水理条件を同時に提供しなければならない。現段階では条件として水深と流速が考えられ、その組み合わせの多様な流路が必要となる。そこで、本研究では、以上の条件に対応でき、かつ、水理計算が比較的容易な粗石付き斜路式魚道を対象魚道とし、また、流況に応じた魚道の評価を考えるにあたり、河川における生息場の評価の方法論である IFIM(Instream Flow Incremental Methodology)¹⁾の手法を取り入れることを試みた。

2. 魚道評価の方法論

IFIMでは、生息場を評価する指標、例えば流速、水深、底質 (cover) に対する生息場としての評価値 (HSI: habitat suitability index, 0~1の値で評価される) の関数形を経験的に、あるいは調査によって得るが、魚道は生息場としてではなく、緊急時の移動空間として評価されるべきである。従来の経験などから、評価曲線 $\eta_{FU}(U)$ は魚の「巡航速度」 U_N 及び、魚の「突進速度」 U_e を、 $\eta_{Fh}(h)$ は魚の体高 H_f をパラメータとする曲線と考え、双方の積によって、評価値 Ξ を表すものとする。図1はそのイメージ図であり、 α, β は魚種、サイズにより決まる定数である。 $(0 < \alpha < 1, \beta > 1)$ これらが想定できれば、魚道的水深・流速から評価値 Ξ ~ 流量曲線が次式(1)で計算される。

$$\Xi(t) = \frac{\sum_k (\eta_{FUk} \cdot \eta_{Fhk}) \Delta B_k}{\sum_k \Delta B_k} \quad (1)$$

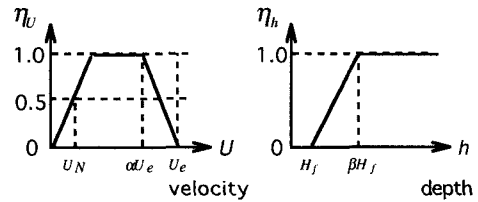


図1 魚道としての評価値曲線

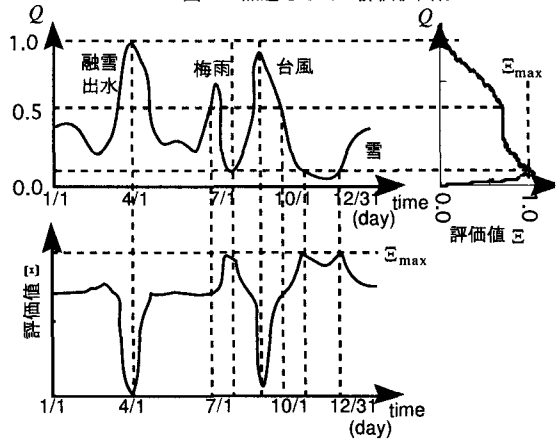


図2 流況及び評価値の時系列

また、 $\Xi(Q)$ が得られれば、流況 $Q(t)$ に応じて評価値 $\Xi(t)$ の時系列が描くことができ(図2)、たとえば遡河の必要な種であれば、その時期の評価値 $\Xi(t)$ が高くなるような設計を選ぶ、または、流量を設定すればよいと考えられる。

3. 流れの計算法

F県U川の粗石付き斜路式試験魚道(粗石直径25cm程度、幅3.0m、長さ15m、縦断勾配1/15、横断勾配1/23、図2)と同じ条件で以下の方法で流速及び水深を水力計算により求めた。

粗石のあるレーンの流速については、水深が粗石の直径 D に達するまでは、粗石抗力と底面せん断断力、重力項の釣り合いによって(2式)、それ以上は、対数則を用いて、粗石の $3D/4$ の位置から速度勾配が一致するよう(3式)粗面对数則の積分定数 B_r の値を設定して、断面平均流速を求めている。

また、粗石のないレーンについては水深に関係なく、(2式)から求めた。(図2)

$$\rho g i_B (V_A - V_S) = \frac{1}{2} \rho C_D U^2 A_S + \tau_0 \cdot (A_B - A_C) \quad (C_D=2.8) \quad (2)$$

$$\text{ただし、} \tau_0 = \rho C_f U^2, \quad C_f = \frac{1}{n \sqrt{g}} \quad (n=0.015)$$

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{h}{d} + B_r \quad (3)$$

V_A : 水路の総体積, V_S : 粗石の水没体積, A_B : 粗石の投影面積,

A_C : 底面積, n, τ_0 : コンクリート面のマニング粗度係数及び摩擦せん断力。

以上の方法から求められた流速、水深のデータを先に述べた評価値曲線($\alpha=0.8$, $\beta=3.0$, $U_N=60\text{cm/s}$, $U_e=200\text{cm/s}$)を用い、(1式)により、評価値 Ξ を求める。さらに流量を求め、 $\Xi(Q)$ を得る。(図4)

4. あとがき

本研究では評価値の時系列はイメージ図を描くにとどまったが、今後、実際の魚道における流況から定量的評価を、また、水力計算においては、魚の行動観察と並行して研究を進めていきたい。また、方法論としては、断面内流れの水力計算、魚道としての評価値曲線の推定、さらに評価値をどう判断するかなど独立したサブシステムの評価精度向上のための研究が残されている。

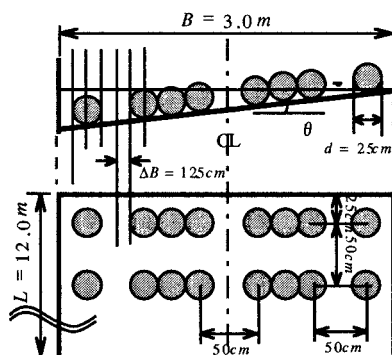


図3 計算を行った粗石付き斜路式魚道

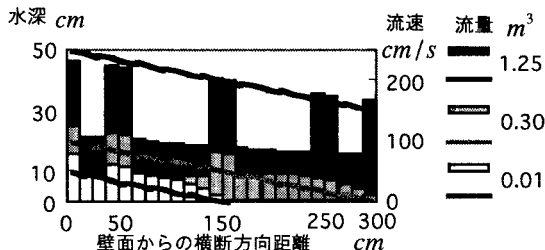


図4 計算から求めた水深・流速

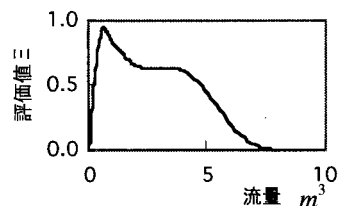


図5 評価値～流量関係

参考文献 : 'Nestler, J.M., R.T. Milhans and J.B. Layzer: Instream habitat modeling techniques, Alternative in Regulated River Management, edited by J.A. Gore & G.E. Petts, CDC Press, 1989.