

## Fr 数を用いた瀬淵の区分に関する研究

筑波大学大学院 学生会員 ○工藤拓哉 筑波大学 正会員 白川直樹  
 筑波大学大学院 学生会員 川畑遼介 筑波大学大学院 学生会員 石川弘之

## 1. はじめに

山地河川では水力発電所によって取水され、自然状態の水量より少ない区間が発生している。この区間を減水区間と呼び、本来とは異なる物理構造が形成され、河川生態系への影響が懸念されている。そのため、自然状態での物理構造と減水状態での物理構造の違いを把握する必要がある。一般的には瀬淵を指標として区分することが多いが、主観によるものが多く、定性的であるという課題がある。既存の研究として野上らは、北海道の山地河川を対象に Fr と水面勾配から瀬淵の定量的区分を行った。この瀬淵区分はどんな河川にもあてはまる普遍的なものとしているが、4 河川でのみを対象とした結果であるため、対象とした河川規模以外では適用可能なものであるかどうかは明らかではない。

そこで本研究では、野上らが提案した手法を使用し、茨城県の河川を対象に現地観測によって得られたデータから瀬淵区分を行う。その結果から、異なる河川において、野上らの手法に沿った瀬淵区分の検証を行った。

## 2. 瀬淵区分について

淵は一般的に、流速が小さく水深が大きいことから Fr は小さくなる。一方、瀬は流速が大きく水深が小さいことから Fr は大きくなる。また、瀬は「平瀬」「早瀬」に分類することができ、1 つの蛇行区間に「早瀬」「平瀬」「淵」を 1 サイクルと連続的に出現することが知られている。

野上らは、水面勾配による瀬淵区分を表 1 に示すように定義している( $i_w$ : 局所水面勾配,  $i_{wa}$ : 対象

区間の平均水面勾配)。また、各観測区間における平均の水面勾配 $i_{wa}$ 、平均流速 $v_a$ 、平均水深 $h_a$ で表した時、マニングの式は

$$n_a = \frac{1}{v_a} h_a^{\frac{2}{3}} i_{wa}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$n_a$ : 平均粗度係数

と表され平均粗度係数が局所的な粗度係数と等しいと仮定すると

$$\frac{i_w}{i_{wa}} = \left(\frac{Fr}{Fr_a}\right)^2 \left(\frac{h_a}{h}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (= \alpha) \quad (2)$$

と表すことができる。よって、 $i_w/i_{wa}$ は理論上、流速と水深から求めることが可能である。

以上より、式(2)と水面勾配を用いて表 2 より瀬淵区分を行い、普遍的な定量的区分ができるかを検証内容とした。

## 3. 現地観測

## (1) 対象河川

現地観測は茨城県北部にある那珂川水系皇都川および花貫川水系花貫川で行った。今回、観測時は 2 つの河川とも自然流量であった。対象河川の概要を表 2 に示す。

## (2) 測定方法および測定項目

表に示す区間において、流速、水深、水面勾配を測定する。流速と水深については、縦断方向に 5m で区切り、各グリッドの中央で測定する。また、各グリッドにおいて目視で左岸と右岸の流速が一定だと判断できる場合は川幅の中央で、一定でない場合は左岸と右岸で各項目を集計する。流速は、水深の 6 割地点で測定した。また、水面勾配は測量から算出した。

## 4. 結果および考察

測定した水深と流速を用いて(2)式の右辺から求めた  $i_w/i_{wa}$  と、水面勾配から求めた  $i_w/i_{wa}$  を表 2 から瀬淵区分を行った。また、水面勾配の区分結果から、流速と水深を測定した箇所での瀬淵を判定した。図 1 は各河川での水深と流速のグラフに、式(2)から求めた  $i_w/i_{wa}$  を用いて区分した「早瀬」「平瀬」「淵」をプロットしたものである。図 1 の  $\alpha$  は式(2)の右辺としている。

図 1 より、Fr から予想される瀬淵と表 2 による瀬淵区分はほぼ合致していた。次に早瀬と平瀬、平瀬と淵に

キーワード 山地河川, 瀬淵構造, 水面勾配, Fr 数

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学白川(直)研究室 TEL.029-853-5138 E-mail:s1520878@u.tsukuba.ac.jp

それぞれ境界線を引くと、(a)は  $Fr < 0.05$  の領域に淵、 $0.05 < Fr < 0.12$  の領域に平瀬、 $0.12 < Fr$  の領域に早瀬がプロットされ、(b)は  $Fr < 0.09$  の領域に淵、 $0.09 < Fr < 0.29$  の領域に平瀬、 $0.29 < Fr$  の領域に早瀬がプロットされている。よって、どちらの河川でも水深と流速から区分した結果、上記の閾値で表すことができた。しかし、求められた閾値は各河川で異なった値となった。よって流速と水深のみを用いた瀬淵区分は可能ではあるが、河川の勾配、流量によって閾値が異なると考えられる。

図2は、各河川における水面勾配による値と水深と流速から求めた値を軸にとったグラフである。また、野上らの定義をもとに各軸に瀬淵の区分値である0.17と1に直線を引いた。もし、2つの値の瀬淵区分が同じならば各軸0~0.17, 0.17~1, 1~の範囲に収まるはずである。各範囲に収まっている割合は花貫川で39%, 皇都川で38%となった。範囲外にプロットされている箇所の中でも水深と流速による瀬淵区分では淵、水面勾配による瀬淵区分では平瀬または早瀬と判定されている箇所が多くみられる。その原因は落水にあると考えられる。対象区間は急勾配であり、瀬淵が短いサイクルで現れる。さらに瀬には小滝のような落差が多く現れる。その落差によって落水が発生してしまう。落水が発生することで落下地点の水中に渦流が起き、エネルギーが消費されることで流速が低下してしまう。そのため落水付近で流速を測定すると誤差が生じてしまう。よって間違った判定がされてしまうと考えられる。

5. まとめ

- (1) 皇都川は、早瀬と平瀬は  $Fr=0.12$  で、平瀬と淵は  $Fr=0.05$  で区分できる閾値を得た。
- (2) 花貫川は、早瀬と平瀬は  $Fr=0.29$  で、平瀬と淵は  $Fr=0.09$  で区分できる閾値を得た。
- (3) 水深、流速による瀬淵区分と水面勾配による瀬淵区分が一致しなかった。またその主な原因は落水にある。

参考文献

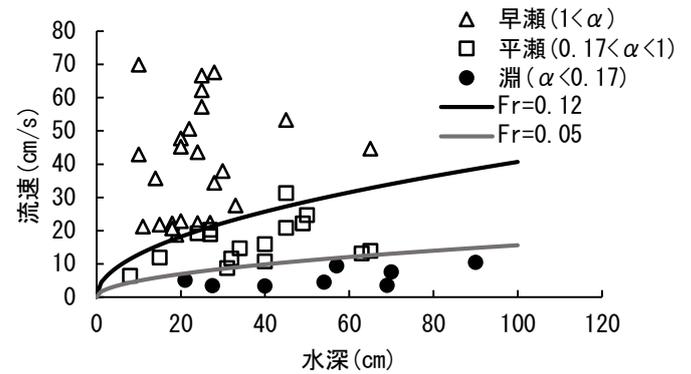
野上毅ら、「急流河川におけるハビタットの定量的区分」、水工学論文集、2003年度

表1 瀬淵区分の定義

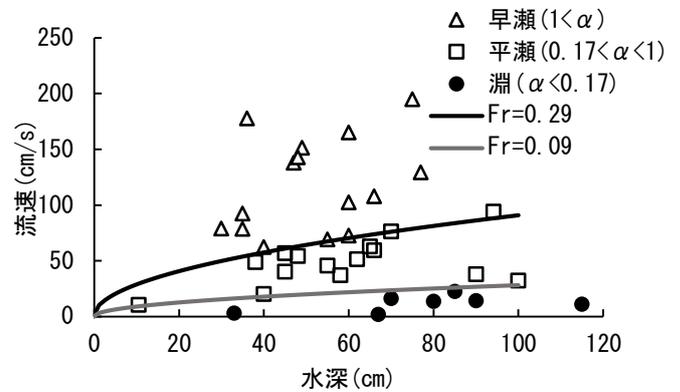
淵	平瀬	早瀬
$\frac{i_w}{i_{wa}} \leq 0.17$	$0.17 < \frac{i_w}{i_{wa}} < 1$	$1 \leq \frac{i_w}{i_{wa}}$

表2 対象地点概要

水系	花貫川	那珂川
河川	花貫川	皇都川
河床勾配	1/25	1/55
区間長(m)	200	250
流域面積(km <sup>2</sup> )	23.4	6.2
流量(m <sup>3</sup> /s)	1.250	0.084



(a) 皇都川



(b) 花貫川

図1 各河川の瀬淵区分

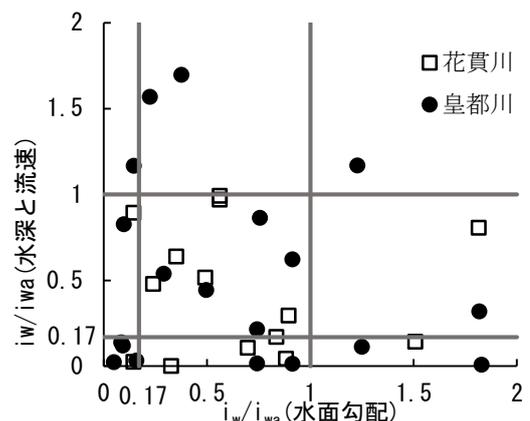


図2 各河川での水深、流速と水面勾配を用いた  $i_w/i_{wa}$