

P03 急流河川における瀬-淵構造の分布について

○ 新潟県系魚川土木事務所

岩崎 敏

新潟大学積雪地域災害研究センター 丸井 英明

1. はじめに

砂礫を河床材料とする河川では、瀬と淵が組になった流路形態が見られ、これらは瀬-淵構造と呼ばれている。河川生態学を中心としたこれまでの研究によって、この瀬-淵構造が個々の水生生物の生息と直結した微小な環境要素の多くを包含していることが明らかにされている(竹門, 1991)。従って瀬-淵構造は、多様な水生生物の生息を補償する存在であり、河川環境の構成要素として不可欠な機能を有している。

適正な河川環境の維持管理が重視される現在、河川事業においてこのような瀬-淵構造を保全していくことは極めて重要な課題となりつつある。こうした課題の実現に際しては、その前提として、瀬-淵構造の形成・維持に関わる水理的条件を把握する必要がある。従来の河川水理学及び土砂水理学の研究によって、瀬-淵の配置形態が砂州や反砂堆といった河床波の発達に関連していることが明らかにされている。河床波の形状特性が水理量に規定されているように、瀬や淵の形状特性もある水理量に規定されているものと推察される。

こうした観点から、本研究では瀬-淵構造の構成要素である淵に焦点を当てる。一般に、淵の規模が河川縦断方向に対して変化することは知られているが、そこにどのような法則性があるかは明確にされていない。そこで、まず河道内に点在する淵の長さを計測し、河川縦断方向に対する淵の分布特性を明らかにする。次に現地調査で得た淵の形状特性を踏まえて、淵の長さがいかなる水理量に規定されているかを検討する。最後にその検討結果と実測値に基づいて、淵の長さを示す数式を誘導する。

2. 調査対象河川の概要

新潟県西頸城郡能生町を流れる能生川は、溶雅山(1498.5m)・火打山(2462m)の裾野を水源とし日本海に注ぐ全長 25km、流域面積 100km² 強の二級河川である(図-1)。一般的な大規模河川とは異なり、山地急流河川が谷底平野を流下して扇状地を持たぬまま直接海へ達するような河川形状を呈している。また急流河川であることから、土砂礫の流下過程において分級作用が発揮されず、河床勾配や河床材料が均一となる河道区間(セグメント)が明瞭に表れていない。流路延長に対する河床勾配は、河口から 23km 付近の勾配の遷移点に至るまで、極めてなめらかな変化を示している(図-2)。

3. 淵の分布調査の方法及び結果

3.1 淵の分布調査の方法

ここでは、調査範囲及び淵の選定方法・計測方法について述べる。本研究において調査対象とする淵は、流路の屈曲部に形成される M 型の淵とする。この M 型の淵は、他のタイプの淵より規模が大きいことから河川の環境構成要素として重要視されており、また砂州との配置関係からその形成を規定する水理量はその形状特性に反映され易いものと推察される。能生川の縦断的な流況変化を可視の河川形態区分に従って表現すると、河口から流路延長の中間点付近までが Bb 型、そこから上流が Aa-Bb 推移型、さらに源頭部付近になるとほぼ Aa 型である。Bb 型の河川形態に M 型の淵が分布することから、淵の調査範囲は河口を出発点として上流域で Bb 型が見られる限界点までとした。淵の選定に際しては、調査範囲から無作為に抽出することを原則とした。また、淵の長さを一義的に決定可能とするため、淵の長さの定義を「早瀬を経

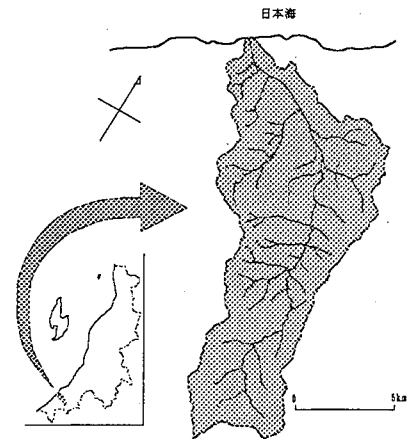


図-1 能生川の位置および流域図

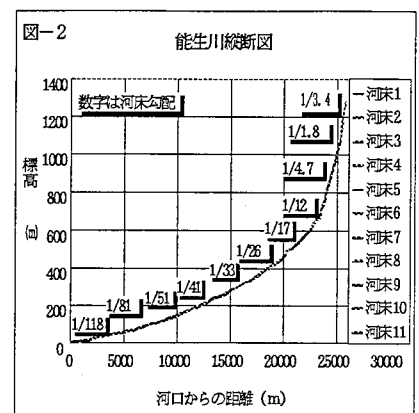


図-2

能生川縦断図

て淵に流入する落ち込みから淵を経てその後流速が速くなりだす流速の変換点まで」とした。

3.2 淵の分布調査の結果

上述の方法に基づいて本研究では合計 40 個の淵を計測し、図-3 に示す結果を得た。全体的な傾向として、淵の長さは上流に向かって小さくなっていくことがわかる。しかし、近接した淵でも 2 倍以上の大きさの違いが見られ、淵の長さは概して多様である。現地調査で確認された砂州と淵の配置関係から、近接した淵の長さの差異は、出水時に発達する砂州の規模に起因しているものと考えられる。そこで、規模の大きな砂州に隣接する淵のみを選定し、河川縦断方向にその長さを比較する。淵の選定条件には、視覚的判断並びに水理学的根拠の点から次の 3 項目を用いた。

- (1) 淵の上流側に連なる瀬が河道を斜めに完全に横断していること
- (2) 出水時に流水が集中する淵であること
- (3) 人工工作物の影響が無視できる淵であること

3 項目に基づく判定の結果、合計 20 個の淵を選定され、次の図-4 が得られた。この図から、砂州に隣接する淵には明瞭な法則性が見られる。砂州の配置形態は川幅水深比に規定されており、さらに川幅水深比は河床材料の代表粒径・河床勾配・支配流量によって評価できる(山本, 1994)。よって、砂州をもとに形成された淵の長さも、この 3 量によって評価できるものと推察される。

さらにこの 3 量について考察し、淵の長さを表す数式を誘導する。縦断方向に対する河床材料の変化は、主に分級作用の結果として捉えることができるため、代表粒径は流量及び河床勾配に規定されると見なせる。また流量は、ラショナル式に見られるように集水面積によって置換できる。従って、淵の長さは集水面積と河床勾配によって評価され、この 2 量のべき関数であると仮定すれば①式によって表せる。ここに、 $L = kA^\alpha I_b^\beta$ -----①
 k は比例定数、 α 及び β は集水面積 A と河床勾配 I_b の指数(定数)である。①式に実測値を代入し各定数を算出すると、 $k=0.11$, $\alpha=1$, $\beta=-0.5$ という結果が得られ、①式は②式のようなになる。

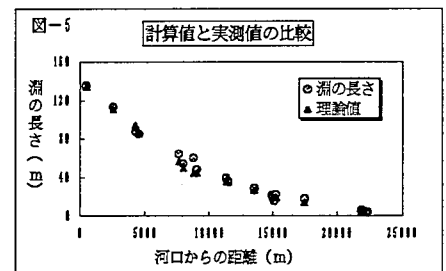
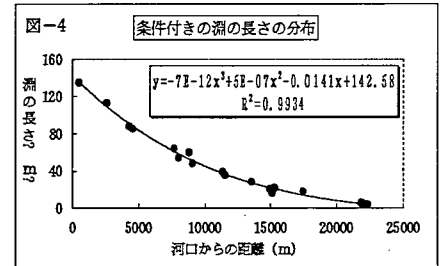
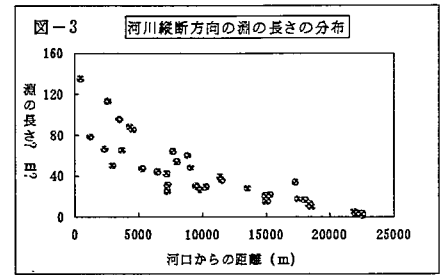
この②式によって得られる計算値と図-4 の実測値を比較したのが次の図-5 である。このように計算値と実測値がよく一致していることから、淵の長さは集水面積と河床勾配によって評価できるものと考えられる。②式によれば、淵の長さは集水面積に比例し河床勾配の 1/2 乗に反比例することになる。また河床勾配については、限界掃流理論を応用すると、次の③式によって表現される。ここに、 S は礫の水中比重、 g は重力加速度、 d は礫の直径、 h は水深である。この③式を②式に代入し、新たに定数を C' とすれば、淵の長さは④式のように書き換えられる。④式より、淵の長さは、水深を代表粒径で除した相対水深の 1/2 に比例することになる。

4. まとめ

淵の長さは集水面積と河床勾配によって評価され、集水面積とは比例関係に、河床勾配とはその 1/2 乗に反比例する関係にある。さらに相対水深とは、その 1/2 乗に比例する関係にある。能生川における淵の長さに関する上述の法則性は、集水面積 104~11km²、河床勾配 1/125~1/13 の河口から源頭部付近まで適用可能である。

<文献>

竹門康弘, 1991: 動物の目から見た河川のあり方, 関西自然保護機構会報, No.13, pp.5~18.
 山本晃一, 1994: 沖積河川学(一堆积環境の視点から), 山海堂。



$$I_b = \frac{CSd}{gh} \text{-----} \textcircled{3}$$

$$L = C' A \sqrt{\frac{h}{d}} \text{-----} \textcircled{4}$$