

流水による攪乱の指標に関する研究

公益財団法人 河川財団 正会員 ○中西 史尚
 大阪工業大学 正会員 綾 史郎

1. はじめに

河川の生物にとっては、「攪乱」が重要な要素であるといわれている。多自然川づくりなどの河川整備手を加えた場合、出水時にどの程度の攪乱を受けたかを表現することは、整備の効果を評価するために重要な要素の一つである。

出水時に流水の攪乱作用の大きさがどの程度であったかを測る指標については表1に示すように様々なパラメータで表現することができる。また、出水は規模も様々で、比較的短時間に大きなピークを持つものや、規模は中程度でも長時間にわたるものがある。本論文では、それら出水の継続時間の違いも評価できるように、一つの出水で受けた攪乱をまとめて表現できる指標を抽出することを試みた。

表1. 攪乱の規模を示すパラメータ

流量	出水の規模を表現する際に、最大流量を用いた表現が多く、攪乱の基礎情報として表現できる。
冠水頻度 (回/年)	河川敷の陸域環境の場の攪乱の程度として表現できる。
冠水日数 (日/年)	河川敷の陸域環境の場の攪乱の程度として表現できる。
流速	任意の箇所における流水の速度であり、ある時点の攪乱の程度を表現できる。
流水の運動エネルギー (量)	任意の箇所における流水の運動エネルギーであり、出水の攪乱度合いを強調表現できる可能性がある。時間で積分することによってエネルギー量 (kWh 単位) で表現できる。
掃流力	流水による河床底面付近で働く力であり、攪乱の強さを表現できる。
摩擦速度	掃流力 (上記) を速度の次元で表したもので、上記と同様に河床底面付近の攪乱の強さを表現できる。
流砂量	任意の箇所が発生する流砂の量を表し、結果として移動した砂の量で攪乱の程度を表現できる。
河床変動量	河床の移動量を表し、出水で生じた河床の侵食または堆積量で攪乱の程度を表現できる。

2. 解析手法

解析は、淀川河口より 33.0~33.4km 付近に位置する「楠葉ワンド群」を対象にすることとした (図1)。楠葉ワンド群は、国土交通省淀川河川事務所によって 2001 年~2009 年にかけて整備された人工ワンドで、主にワンドの周囲の冠水頻度を考慮して整備されたワンドである。

「基礎式」

流れの解析は移動床として、水深方向に積分した以

キーワード 攪乱, 流速, 摩擦速度, 運動エネルギー量, 平面二次元河床変動計算

連絡先 〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-7-31 (公財) 河川財団近畿事務所内 TEL06-6942-2310

下の浅水流方程式, 流砂の連続式と流砂量式を基礎式として用いた。

「連続方程式」

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = 0 \quad (1)$$

ここに、 h : 水深, u : x 方向の平均流速, v : y 方向の平均流速, t : 時間, x, y : デカルト座標。

「運動量方程式」

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial}{\partial x}(h+z_b) + \frac{1}{\rho h} \left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy}) \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial}{\partial y}(h+z_b) + \frac{1}{\rho h} \left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yy}) \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} \quad (3)$$

ここに、 g : 重力加速度, z_b : 河床高, ρ : 流体の密度, τ_{ij} : レイノルズ応力, τ_b : 近河床せん断応力。

「流砂量」 掃流砂のみ考慮 : 芦田道上式。

「計算領域」 河口より 29k 地点~三川合流点より約 1km 上流地点 (木津川 0.4k 地点, 桂川 34.6k 地点, 宇治川 34.6k 地点) (図1)。

「流量条件」 平成 21 年 10 月 8 日出水 (図2)。

数値解析は上述の平面二次元流砂モデルを非構造格子有限体積法により離散化し SIMPLE 法を用いて計算するモデルを用いた。

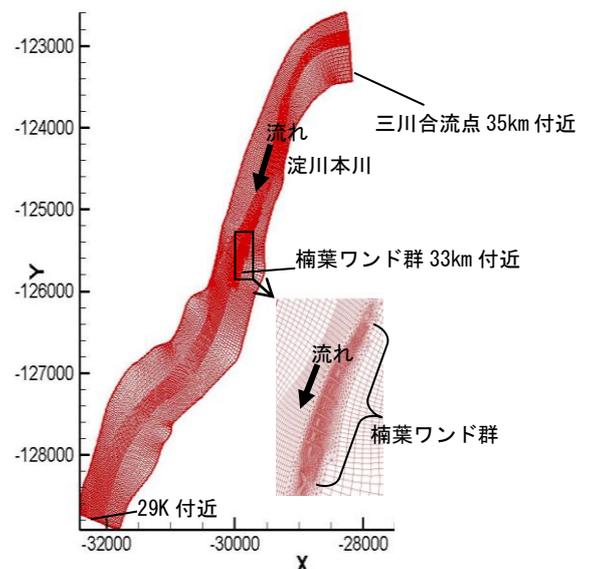


図1. 楠葉ワンド群を含む淀川本川上流域のモデル化

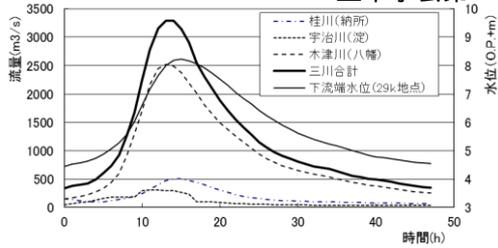


図 2. 計算で用いた出水のハイドログラフ

3. 解析結果および分析

図 3 は最大流量時の流速分布, 図 4 は一出水の運動エネルギーの時間積分値 (運動エネルギー量 単位はキロワット時 (kWh)), 図 5 は一出水の摩擦速度の時間積分値 (単位は m/s・h または km) の各平面分布を示している. 図 3 に示されるように, 楠葉ワンド群の流速分布は, 本流の流れの偏りの影響を受け, 上流側のワンドは流速が大きくなり, 下流側のワンドは小さくなる傾向にあることがわかる. 一方, 一出水の運動エネルギーの積分値 (図 4) や摩擦速度の積分値 (図 5) についてもピーク時の流速と同様の傾向を示した.

さらにワンド群の特定箇所に視点をおき, 上流側, 中流側, 下流側のワンド (各々1号, 4号, 8号) の縦断方向及び, ワンドの本流側, 中央部, 高水敷側の横断方向にみた各項目の値を整理した. その結果, 図 6 に示すように最大流量時での流速では, 上流部の 1号ワンド中央部で 3.0m/s, 8号ワンド中央部で 1.5m/s となっており, 下流側ワンドと上流側ワンドでは 2.0 倍の差があった. また, 図 7 の一出水における運動エネルギー

ギー量をみると, 1号ワンド中央部で 58.9 キロワット時に対し, 8号ワンド中央部で 11.2 キロワット時となり, 両者には 5.3 倍の差があった. さらに, 図 8 の一出水における摩擦速度の積分値においては, 同様に 2.7 倍の差であった. また, 同一ワンドにおいてはいずれも本川側の値が高く, 高水敷側ほど値は小さい傾向がみられた. この結果が示すように, 水の運動エネルギー量は流速の二乗の項の存在により場所による差が顕著に出ることとなった.

4. まとめ

以上の結果から, 運動エネルギー量や摩擦速度の合計値で攪乱度を示すことは, 攪乱の評価を顕著に表現できる指標と考えられる.

今後は, 出水の特徴の違いによる攪乱量の比較評価や現地の生物の反応等を整理し, 出水のエネルギー量や摩擦速度等を指標とした河川の自然再生の評価手法を研究していく.

謝辞 本研究にあたり, 国土交通省淀川河川事務所より貴重なデータを提供して頂きました. ここに記して謝意を表します.

参考文献

佐藤ら: 淀川楠葉地区の復元ワンド群の土砂移動に関する研究, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 2013 年.

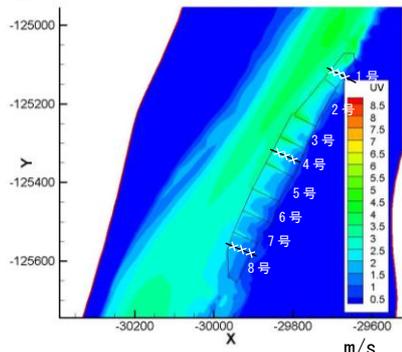


図 3. 最大流量時の流速分布

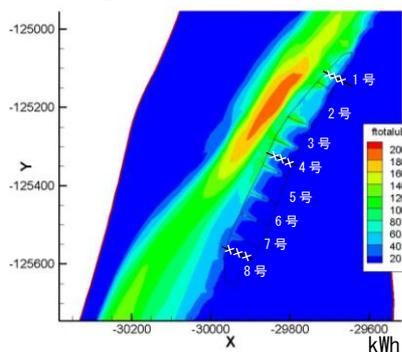


図 4. 一出水の運動エネルギーの積分値 (エネルギー量)

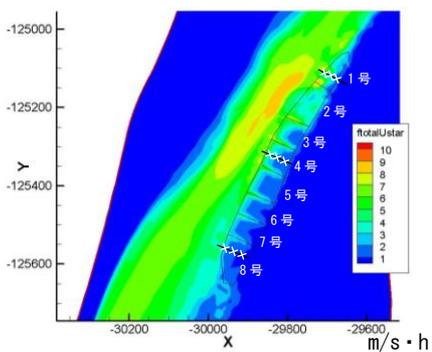


図 5. 一出水の摩擦速度の積分値

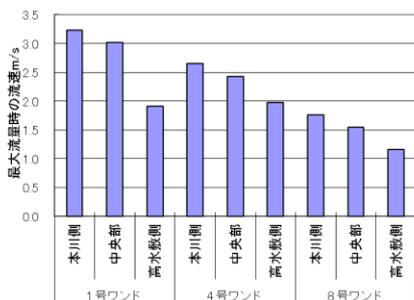


図 6. 地点別の最大流量時の流速

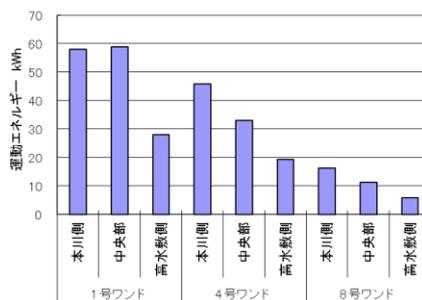


図 7. 地点別の一出水の運動エネルギーの積分値

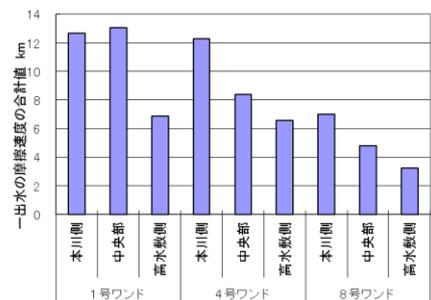


図 8. 地点別の一出水の摩擦速度の積分値