

吉野川西原箇所における洪水時の流況及び河床変動について

徳島大学 学生会員 ○山本隼也 徳島大学大学院 正会員 武藤裕則
 ハイドロリサーチ 正会員 穴瀬康雄 徳島大学大学院 正会員 田村隆雄

1. 研究の背景と目的：平成 26 年 8 月，台風 12 号，続く 11 号によってもたらされた洪水が吉野川左岸 37k 付近の西原箇所(図 1)において約 50m の河岸侵食を発生させた．この河岸侵食の特徴として，河岸近傍がより深く洗掘されていることが挙げられる．しかし，この河岸侵食の再現計算をする際，既往研究におけるモデルでは，河岸侵食は河岸近傍の洗掘により，水中安息角に等しい斜面を形成するという仮定を採用しているため，らせん流などにより河岸近傍がより深く洗掘するという結果は得られない．そこで，本研究では，平成 26 年 8 月台風 12 号・11 号洪水によって発生した河岸侵食を再現できるモデルの開発を目的とし，その第一段階として，西原箇所における河岸侵食の発生要因として考えられる河岸に対し水流が衝突する流れについて流況計算及び河床変動計算により考察する．



図 1 河岸侵食発生地点 (平成 28 年撮影)

2. 河岸侵食について：図 1 に西原箇所周辺の河道の状況を示す．図からもわかるように，西原箇所における平常時の流路は左岸に対し衝突する形となっている．一方，平成 26 年 8 月台風 12 号・11 号洪水は，図 2 に示すとおり中規模洪水であるため，河岸侵食発生箇所近傍で河岸に対し水流が衝突する流れ(偏流)が発生していた可能性が高いと思われる．

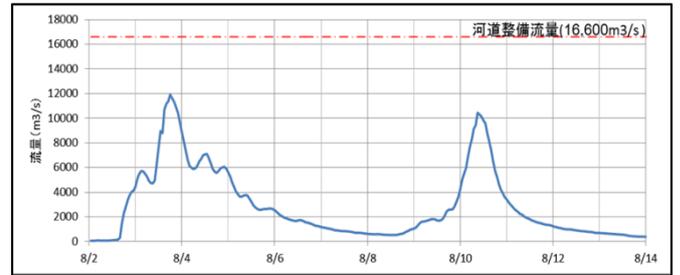


図 2 平成 26 年 8 月台風 12 号・11 号洪水の
 ハイドログラフ

3. 解析手法：本研究で用いた計算モデルは，一般座標系で表される流れの基礎式と流砂の基礎式からなる．

流れの基礎式として連続式及び運動方程式を(1)～(3)に，流砂の基礎式として連続式及び掃流砂量式を(4)～(6)に示す．掃流砂量式は，流線方向に芦田・道上の式(5)，流線と直交する方向に長谷川の式(6)を用いた．

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{h}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Uh}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{Vh}{J} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{M}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UM}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VM}{J} \right) = -gh \left(\frac{\xi_x}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_x}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho J} + \frac{\xi_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\overline{u'^2}h) + \frac{\xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\overline{u'v'}h) + \frac{\eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\overline{u'^2}h) + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\overline{u'v'}h) \quad (2)$$

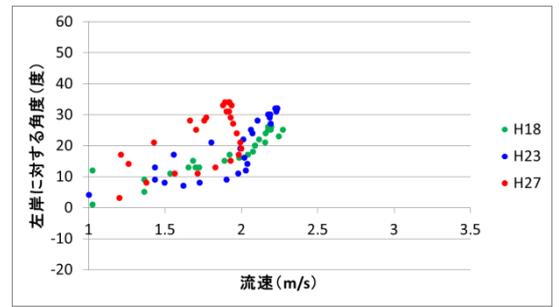
$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{N}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UN}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VN}{J} \right) = -gh \left(\frac{\xi_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho J} + \frac{\xi_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\overline{u'v'}h) + \frac{\xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\overline{v'^2}h) + \frac{\eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\overline{u'v'}h) + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\overline{v'^2}h) \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z_b}{J} \right) + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{q^\eta}{J} \right) \right] = 0 \quad (4)$$

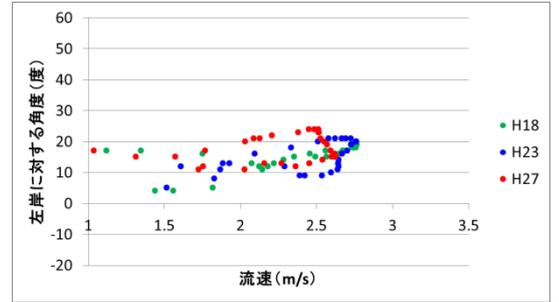
$$q_{Bs} = 17\tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right) \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}} \right) \sqrt{sgd_m^3} \quad (5)$$

$$q_{Bn} = q_{Bs} \left(-\sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\mu_s \mu_k \tau_*}} \frac{\partial z_b}{\partial n} \right) \quad (6)$$

4. 流況計算結果：流況計算では、河岸侵食発生箇所近傍での偏流を検証するため、1000m³/s から 4000m³/s まで 500m³/s 刻みに流量を通水した。計算結果として、平成 18 年、23 年、27 年地形における 36.6k 断面(河岸侵食発生箇所近傍)での、2000m³/s 及び 4000m³/s 時の流線の左岸に対する角度(偏角)と流速との関係を図 3 に示す。図より、2000m³/s 時には平成 23 年(河岸侵食発生直前の地形)において、平成 18 年より大きな角度を持って流れるという結果となった。また、4000m³/s 時にはすべての年において約 20 度付近に収束している。4000m³/s は流路が完全に冠水する流量であるため、この結果は、流路全体が左岸に対し約 20 度の角度を持っていることを示している。すなわち、平成 23 年地形は、平成 18 年地形より、大きな偏流が発生しており、河岸侵食が発生しやすい状況であったと考えられる。



(a) 2000m³/s



(b) 4000m³/s

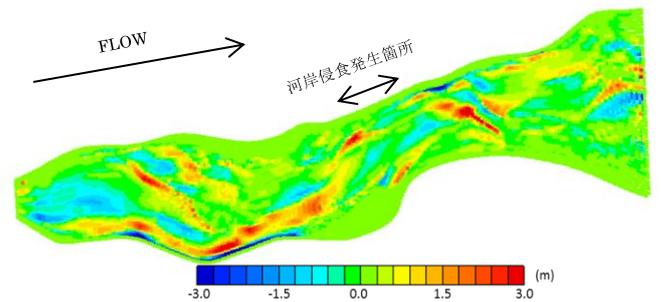
図 3 偏角と流速の関係

5. 河床変動計算結果：河床変動計算は、平成 19 年台風 4 号洪水と平成 26 年台風 12 号洪水を対象として、表 1 のような流量分割を行って通水した。それぞれの洪水による平成 18 年地形及び平成 23 年地形からの河床変動量を図 4 に示す。

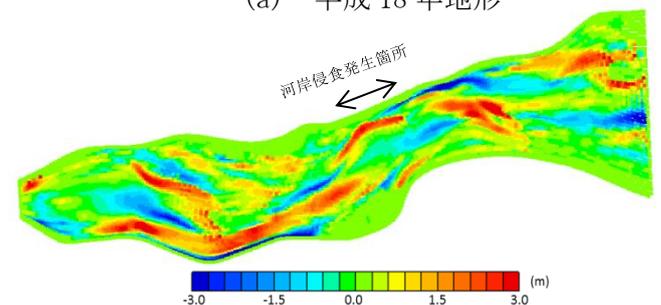
表 1 洪水の流量分割

流量区間(m ³ /s)	500~2000	2000~4000	4000~6000	6000~8000	8000~10000	10000~12000
供給流量(m ³ /s)	1000	3000	5000	7000	9000	11000

図より、洪水規模が大きい平成 26 年台風 12 号洪水を通水したときの河床変動量 (b) では、河岸侵食発生箇所上流側で堆積が見られる。この堆積により、偏流が阻害され、河岸侵食発生箇所下流側で大きく洗掘されていることが考えられる。図 5 に河岸侵食発生箇所近傍である 36.4 断面における平成 26 年台風 12 号洪水による河床変動の計算結果を示す。平成 27 年地形は平成 23 年地形と比べ、左岸から約 150m~350m において堆積しているが、計算では逆に洗掘されるという結果になった。また、100m 地点におけるみお筋部の大きな洗掘についても過小評価されていることがわかる。これは、横断方向における掃流力の評価に原因があると考えられる。



(a) 平成 18 年地形



(b) 平成 23 年地形

図 4 河床変動量

6. まとめ：本研究で行った流況計算の計算結果から、平成 26 年 8 月台風 12 号・11 号洪水において、西原地区河岸侵食発生箇所近傍で、河岸に対し大きな角度を持った流れが発生しており、河岸近傍では、河岸を直接洗掘するような縦渦が発生していた可能性が高い。しかし、河床変動計算の計算結果において、堆積すべき場所での洗掘の発生やみお筋部の洗掘が過小評価されているなどの問題が発生しているため、河床変動計算モデルの改良が必要である。

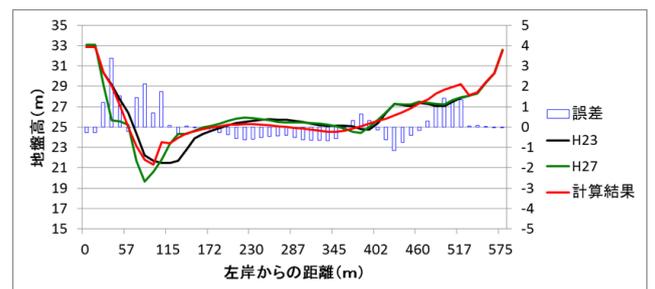


図 5 平成 23 年 36.4k 断面における計算