

貯水位低下操作に伴う河床変動特性

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○鈴木 崇正
京都大学工学研究科 正会員 角 哲也

1. はじめに

近年，貯水池土砂管理の観点から一時的に貯水位を低下させる例が増えているが，水位低下途中の流れの非定常流性及びそれが土砂移動に与える影響に関する研究事例は少ない。

本研究の対象である蒲原大堰は，信濃川下流域に位置し，併設の中ノ口水門とともに洪水時の流量制御，農業用水及び水道水の確保を目的としている．特徴として，毎年10月から11月にかけて鮭の遡上を促すことを目的にゲート全開による水位低下操作を行っている．本研究は，現地観測及び数値解析を行うことにより，この水位低下操作中の流れ及び土砂移動について検討することを目的とした．

2. 数値解析モデルによる流れの再現

(1) 流れの解析方法

本研究では，鉛直方向の水位低下と流下方向の流速が支配的となることから，**図-1**に示す境界条件により一次元非定常流解析を行った．解析における基礎式は次のように表される．

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = -gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + i_f \right) \quad (2)$$

ここに， x :流下方向の座標軸 [m]， t :時間 [s]， Q :流量 [m^3/s]， A :断面積 [m^2]， H :水位 [m]， g :重力加速度 [m/s^2]， i_f :エネルギー勾配である．

上式を LeapFrog 法¹⁾と MacCormack 法²⁾を用いて差分法により解析したが，両者はほぼ一致し，以下 MacCormack 法による結果を示す．

(2) 現地観測及び結果

現地観測では，**図-1**に示す観測地点(尾崎)での流速を計測した(流速は河川中央にてプロペラ流速計を用いて計測)．観測地点には，堰から上流に約1km離れ，比較的变化が早く，かつ分流の影響が低いと思われる尾崎を選んだ(**図-2**)．

貯水位は H20.10.1 の10時より低下が開始された．

図-3に水位低下途中の水深方向の流下方向流速分布

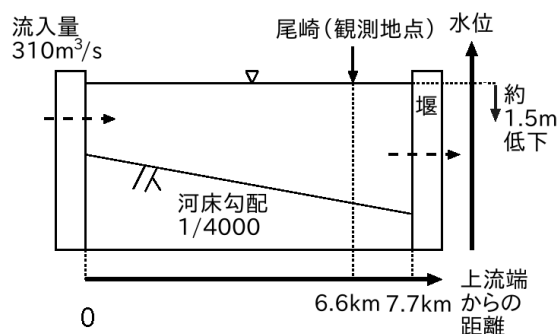


図-1 蒲原大堰の貯水池の1次元モデル

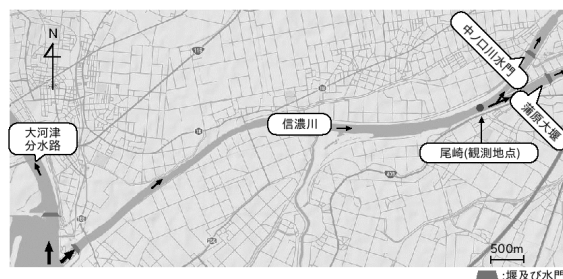


図-2 蒲原大堰の貯水池 (google map より)

を，また**図-4**にこれを水深方向に平均したものを時間経過で示す．観測結果をみると，水位は急激な放流による下流域への危険性を考慮して段階的に下げていて，また正午前後で低下速度が最大値を示している．水深方向の流速分布はほぼ対数則に従っており，また，断面平均流速は水位低下速度が最大となった正午過ぎにピークを示した後少し低下して安定した．

(3) 解析結果

解析に用いた計算条件を表-1に示す．

図-4に(H20.10.1における)流速の計算結果及び観測結果を示す．観測値と比較するといずれもほぼ再現できており，特に，観測値で認められた水位低下途中の流速ピークが良好に再現されている．また，他の地点での流速，下流端での水位低下速度を変えた解析を行った結果，堰に近いほど，また水位低下速度が大きい程流速ピークが大きくなることが明らかとなった³⁾．

3. 濁り及び河床変動への影響

(1) 濁りの評価

先に示した尾崎地点で (H20.10.1 における) 濁度を (JFE-Alec Compact-HTW により) 計測した。図-5 より、濁度は流速より約 2 時間遅れてピークがあらわれている。このピークは、水位低下により流速が上昇して、上流部にて堆積していた細粒土砂が浮上して流下してきたものと思われる。

(2) 河床変動

水位低下操作の前後で超音波センサを用いて河床高を計測した (図-6)。水位低下開始に伴い流速が増加し、河床高が減少し始め、変動が大きくなっている。また長期的に見たとき、3ヶ月後の河床高が約 40cm 削られていることが確認できた⁴⁾。

4. 結論

- 解析によって、貯水位低下時における蒲原大堰の貯水池の観測地点での流速及び水位の時間変化を再現することができた。また貯水位低下時には、湛水域内において、最終的な流速より大きな流速ピークが現れ、その値は堰に近い程、また水位低下速度が速い程大きくなることが明らかとなった。
- 水位低下操作によって流速が増加し、濁りの発生及び河床変動が生じることが確認できた。今後、貯水位低下による流速の増加に伴う、土砂移動の開始のタイミングと侵食速度について引き続き検討する必要がある。

参考文献

1) 土木学会水理委員会水理公式集改訂委員会編. 水理公式集 昭和 46 年改訂版. 土木学会, 1971.
2) 砂防学会. 山地河川における河床変動の数値計算法. 山海堂, 2000.
3) 鈴木崇正, 角哲也. 貯水位低下操作時における非定常流解析. 土木学会関西支部, 投稿中, 2009.
4) 角哲也, 中川一, 鈴木崇正, 馬場和史, 小田将広. 河床変動に対応した河川流量観測システムの開発と実河川実験. 河川技術論文集第 15 巻, 投稿中, 2009.

表-1 計算条件

	設定値
流入量	310m ³ /s
下流端水位	堰の水位データを利用
断面	長方形断面一定 (幅は 90m)
河床勾配	1/4000
マニング係数	0.033s・m ^{-1/3}
差分間隔	Δx = 10m, Δt = 0.1s

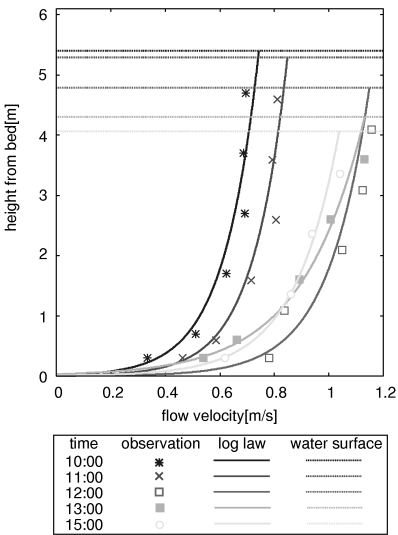


図-3 尾崎での水深方向の流速分布の変化

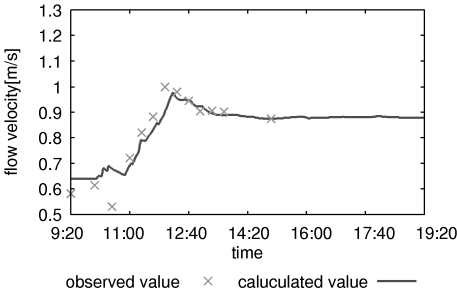


図-4 流速の観測結果及び計算結果

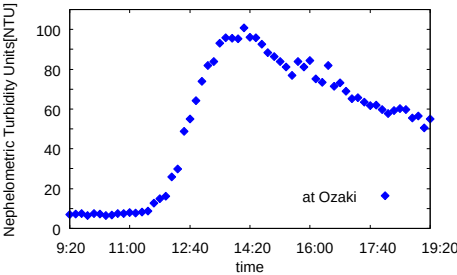


図-5 尾崎での濁度

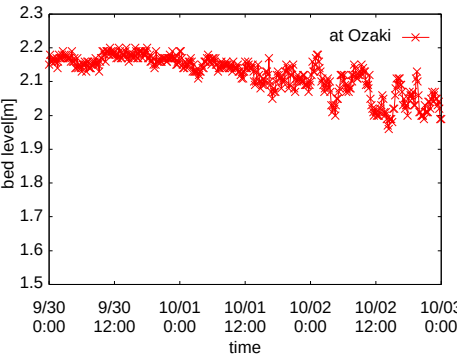


図-6 尾崎 (中央部) での河床高