

長良川河口堰上流水域の植物プランクトンおよび DO の数値解析

中部大学大学院工学研究科建設工学専攻 学生会員○山田悠平
 服部組 西川 諒
 中部大学工学部都市建設工学科 正会員 武田 誠
 水資源機構長良川河口堰管理所 高阪英樹

1. はじめに

長良川河口堰上流水域では、堰建設や河床浚渫に伴う河川水の流下速度の低下により、水質悪化が懸念され、特に、底層 DO の低下や表層植物プランクトンの増殖が問題視されている。現在、堰上流水域の水質保全を目的に堰のフラッシュ操作が実施されている。これは、多くの流量を一気に流し、堰上流域の流動を促進させるものであり、底層 DO の改善のためにはアンダーフロー操作が、表層植物プランクトンの改善のためにはオーバーフロー操作が行われている。本研究では、フラッシュ操作による水質変化を再現する解析モデルを構築し、フラッシュ操作の水質変化に与える効果の定量的評価を目的とする。

2. 計算方法

1) 計算モデル

基礎方程式として、連続式、運動量方程式、水温および水質（植物プランクトン（クロロフィル a）、動物プランクトン（炭素濃度）、有機態窒素 (NO)、無機態窒素 (NI)、有機態リン (PO)、無機態リン (PI)、DO) の収支式を用い、各方程式を鉛直二次元解析モデルに展開した。数値解析には有限体積法を用い、時間項には前進差分、移流項には Quick スキーム、その他の項には中央差分を用いる。

水質の収支式には、植物プランクトンの増殖、死滅、動物プランクトンによる植物プランクトンの捕食を、動物プランクトンの増殖、死滅を、NO (PO) の無機化、植物プランクトン増殖に伴う NO (PO) の増加と NI (PI) の減少、動物プランクトンの植物プランクトン捕食時の排泄による NO (PO) の減少と NI (PI) の増加、NI (PI) の底泥からの溶出を、植物プランクトンの光合成による DO 増加、呼吸に伴う DO 消費、水面の再曝気、底泥による DO 消費を考慮した。

2) 計算条件

図 1 は長良川河口堰上流水域の計算領域であり、流下方向に 250m、鉛直方向に 0.5m の格子が配置されている。計算

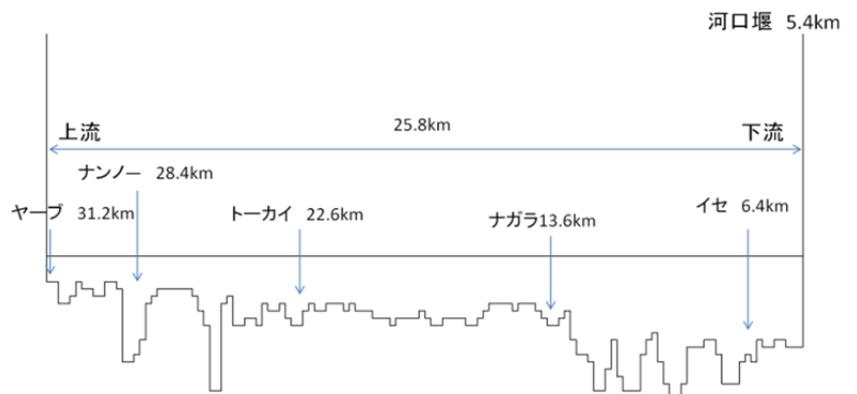


図 1 計算領域

は、流れが比較的安定し、かつ、大きな DO 変化がある 3つの期間（期間 1：2011/6/1 0:00～2011/7/6 19:00、期間 2：2011/7/25 0:00～2011/8/23 0:00、期間 3：2011/9/9 0:00～2011/9/20 0:00）を対象とした。境界条件として、上流端に流入流量、流入水温、流入水質（クロロフィル a、動物プランクトン（炭素濃度）、NO、NI、PO、PI、DO）を、水表面に堰管理所で計測された風速、全天日射量、雲量、気温を与えている。また、10 門のゲートの流出流量と開度および越流水深の情報から、オーバーフローおよびアンダーフローの総流出流量とその流出個所（鉛直方向の流出格子）を求めて、下流端条件に与えている。初期条件として、計算初期の水位および水質分布を与えている。自動監視装置では動物プランクトン、NO、NI、PO、PI は計測されていない。そこで、動物プランクトンの炭素量は、クロロフィル a の 1%の値とし、全窒素、全リンの値から、NI:NO は

キーワード：長良川河口堰上流水域， DO， 植物プランクトン， フラッシュ操作
 連絡先：中部大学， 〒487-8501， 愛知県春日井市松本町 1200， TEL 0568-51-1111， FAX 0568-52-0134

0.596 : 0.404、PI : P0 は 0.726 : 0.274 の比としている。なお、長良川では動物プランクトンの増殖は顕著ではないことを想定している。

3. 再現計算結果及び考察

(1) 水位：流出流量および日平均流入流量を用いて計算を行った。その結果、計算値と観測値の水位に差が生じていたため、同じ水位の期間は総流入流量＝総流出流量とみなし、流出流量が正しいとして流入流量を補正した。その結果計算値の水位が観測値の水位に十分近い値となった。

(2) 水温：熱収支をモデル化し、さらに、鉛直方向の渦動粘性係数および渦拡散係数をリチャードソン数(Ri)の関数

$(0.001 \exp(-10R_i))$ とする

ことで、各観測地点の水温変化が再現できた。図2は期間1の結果であり、横軸は計算開始からの時間を示す。

(3) 水質：まず、クロロフィル a の変化に着目してパラメータ設定を行った。図2のように、期間1では計算値が観測されたイセのクロロフィル a の変化を概ね表現している。期間2では、イセにおいて、計算値に期間後半のクロロフィル a の減少が見られなかったが、全体的な変化およびピーク値などは計算値と観測値が一致していた。また、ナガラでは値が小さいが個々の変動周期は計算値と観測値で一致していた。期間3でも、計算値と観測値の高い再現性が示された。つぎに、DO 変化に着目してパラメータ設定を行った。図2のように、期間1では計算値の表層のDO変化が小さく現れているが、底層DOの値とその変化は良い再現性を示している。期間2も同様である。期間3では、観測値の表層と底層のDOの差も再現でき、イセとナガラの違いも十分に表現できた。したがって、課題はあるものの水質変化を表す解析モデルが構築できた。

4. フラッシュ操作の効果に関する数値実験

期間1～期間3ではオーバーフローとアンダーフローの堰操作が混在しており、フラッシュ操作はアンダーフローで行われている。オーバーフローのみの堰運用は、堰直上流底層の流れが停滞するので、底層のDO低下が懸念される。そこで、現行の堰運用とオーバーフローのみによる堰運用の水質変化への影響を検討した。これにより、イセ（堰上流1km）には堰運用による水質変化が見られ、オーバーフローよりもアンダーフローの方が堰上流底層のDOが改善されたが、ナガラ（堰上流8.2km）には堰運用に伴う水質変化が見られなかった。

5. おわりに

本検討により、フラッシュ操作による水質変化を表現する数値解析モデルが構築された。また、フラッシュ操作の流出形態の違い（オーバーフロー、アンダーフロー）による水質変化を定量的に示すことができた。しかし、表層DOの変化、水温やDOのピーク値などの再現性が十分でなく、計算モデルの課題も残されている。参考文献：1) 松尾・鶴田：長良川河口堰上流域の流れと水質に及ぼす風の影響に関する数値解析，水工学論文集，第41巻，pp. 451 - 456，1997。

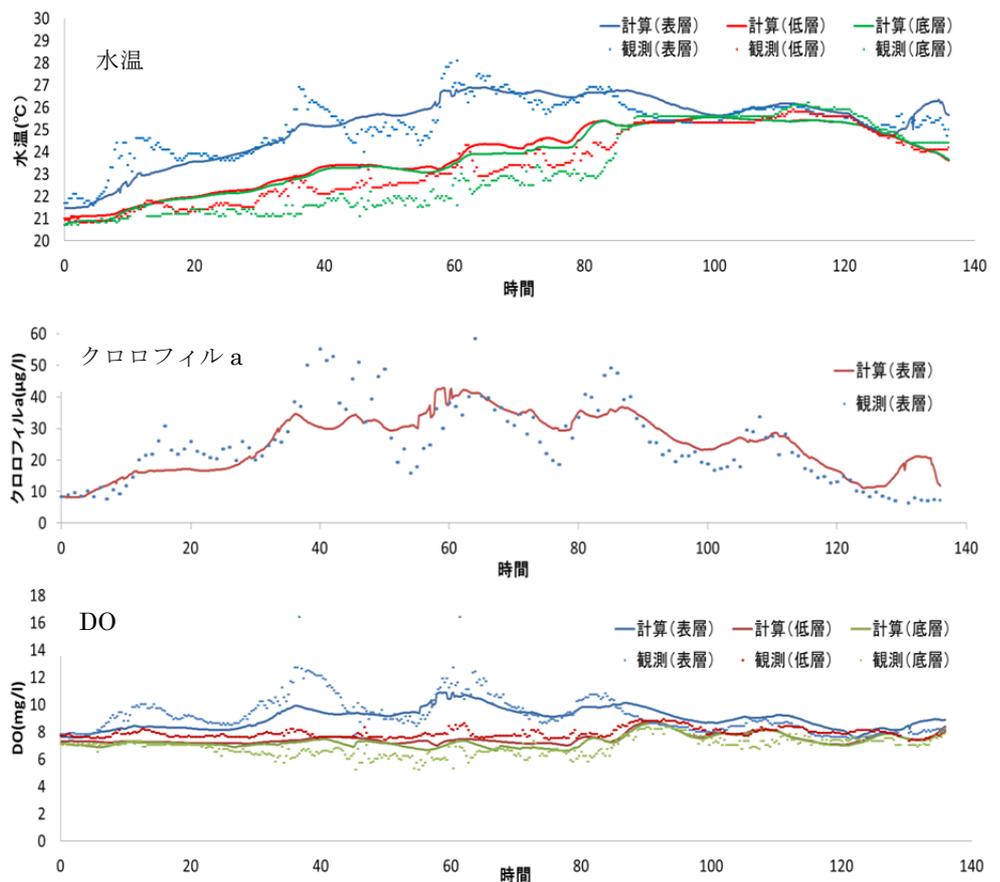


図2 計算結果（期間1／イセ）