

長良川河口堰のフラッシュ操作による堰上流域の流動状況の把握

(独) 水資源機構 長良川河口堰管理所 正会員 ○加藤正典, 実松利朗  
(株) 建設環境研究所 非会員 田仲成男, 東根 聡

1. はじめに

長良川河口堰上流域では、水温が上昇し河川流量が減少する夏季において、底層溶存酸素量(DO)の一時的局所的な低下及び表層クロフィル a 量の増加が確認されている。そのため堰運用開始以降、DO の低下及びクロフィル a の増加抑制を目的に、一時的に堰放流量を増やして堰上流域の水塊を堰下流へ流出させ、水質を改善するフラッシュ操作を実施している。

フラッシュ操作は、DO の低下抑制のために下段ゲートを上昇させてゲート下に流水を通すアンダーフロー操作と、クロフィル a の増加抑制のため上段ゲートを下降させてゲート上に流水を通すオーバーフロー操作により実施されている。アンダーフローによるフラッシュ操作は、基本的に 10 門ある河口堰の調節ゲートのうち、河川中央近傍のゲート数門をアンダーフロー状態にすることで行われており、その水質改善効果はある程度確認されているが<sup>1)</sup>、そのメカニズムや定量的な効果について不明な点が多い。

本研究では更なる DO 低下抑制のためのゲート操作を検討するための基礎検討として、現状の操作による堰上流域の流動状況の把握を試みた。

2. 検討手法

アンダーフロー・フラッシュ操作による堰上流域の水塊の流動状況を把握するため、操作による堰上流域の流動状況を推定し、その後現地調査により流動状況の確認を行った。

堰上流域の流動状況の推定を行うために、フラッシュ操作実施時に堰上流域の流れが鉛直方向の密度分布によってその流動範囲が制約されると仮定し、下式<sup>2)</sup>を用いて操作による流動層厚を推定した。ここで、流出は底層流出とし、 $\rho_0$ は底層の密度、 $\rho_y$ は表層の密度とした。

現地調査は、フラッシュ操作前、操作中、操作後における河口堰上流域の流動状況を把握する目的で、河口堰から 0.2-5.0km 上流区間の河川中央縦断面の、流向・流速

$$\delta_0 = G^{-1/3} \left( \frac{Q_0}{\theta \sqrt{g \varepsilon_0}} \right)^{1/3}$$
$$\delta_0: \text{流出層の鉛直方向厚さ}(m)$$
$$G: \text{日野, 大西の無次元数(表層・底層流出 } G = 0.324)$$
$$Q_0: \text{流出流量}(m^3/s)$$
$$\theta: \text{流出口開口角}(\theta = \pi)$$
$$g: \text{重力加速度}(9.8m^2/s)$$
$$\varepsilon_0: \text{密度勾配 } \varepsilon_0 = \frac{\rho_0 - \rho_y}{\rho_0 \cdot \Delta y}$$
$$\rho_0, \rho_y: \text{流出点の密度, 流出点より } \Delta y \text{ 離れた点の密度}(g/cm^3)$$
$$\Delta y: \text{流出点の水深}(m)$$

と水温の鉛直観測を行った。流向・流速の観測は、ADCP 観測 (Acoustic Doppler Current Profilers, RD Instrument Co.) により行った。ADCP は調査船の舷側に取り付け、船速約 4 ノットで走行しながら計測した。水温の観測 (UK-2000, セントラル科学) は河口堰の上流 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0km 地点において、フラッシュ操作前 1 回、操作中 2 回、操作後 2 回実施した。観測箇所の位置等を図 2 に示す。また、現地調査を実施した際の諸元を表 1 に示す。

キーワード：長良川河口堰、フラッシュ操作、アンダーフロー、DO、ADCP

連絡先：〒511-1146 三重県桑名市長島町十日外面 136 独立行政法人水資源機構 長良川河口堰管理所 Tel.0594-42-5012

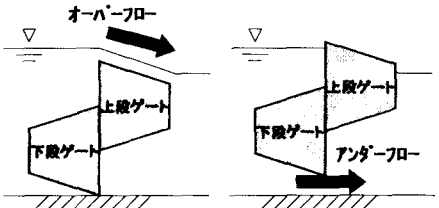


図 1 ゲート操作状況

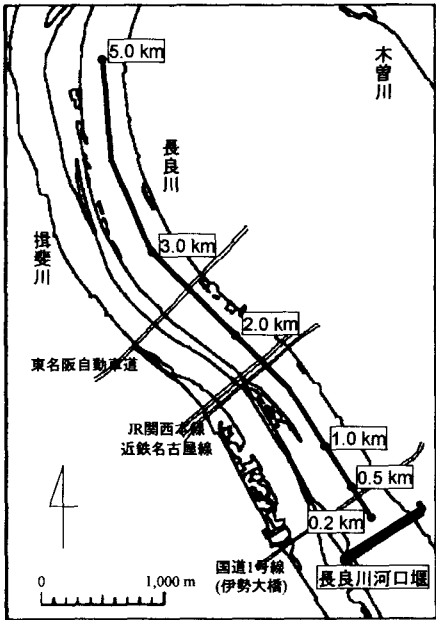


図 2 調査位置図

表 1 現地調査実施時の状況

| 日 時      | フラッシュ操作時間(分) | フラッシュ操作中風向 | フラッシュ操作中風速(m/s) | 堰流出量(m³/s) |              |          |
|----------|--------------|------------|-----------------|------------|--------------|----------|
|          |              |            |                 | フラッシュ操作前   | フラッシュ操作中(最大) | フラッシュ操作後 |
| H17.9.20 | 50           | 北東         | 約 2             | 約 83       | 531          | 約 44     |

3. 検討結果

流動層厚の計算結果を表2に示す。計算は以下の3つのパターンで行った。

パターン1：流出流量、層別水温共に現地調査時と同条件

パターン2：流出流量はアンダーフラッシュ操作による最小可能放流量、層別水温は現地調査時と同条件

パターン3：流出流量はアンダーフラッシュ操作による最小可能放流量、層別水温は現地で起こりうる表層と底層の最大水温差がつく条件

パターン1の流動層厚は29.2mに及び、パターン3についても6.5mになることから、操作を行った場合、堰上流の全層が流動することが示唆された。

現地調査結果を図3に示す。フラッシュ操作時の堰上流域の流動状況を見ると、フラッシュ操作前のものと比較して、流動層厚の計算結果と同様に、全層にわたり流速が増しており、層別水温差が小さくなっていることがわかる。フラッシュ操作後の流動状況を見ると、フラッシュ操作前と比較して、層別水温差が小さくなっているものの、流速はほぼ同程度になっていることがわかる。また、堰上流近傍の底層部に表層とは逆方向の流れが形成されているが、これはアンダーフラッシュ操作終了後直ちに通常操作であるオーバーフラッシュ操作に移行するため、流水の慣性などの影響により底層に潜り込む流れが形成されたためと推定される。

4. おわりに

アンダーフラッシュ操作による堰上流域の流動状況を流動層厚の計算により推定し、そこから全層流動という結果が得られたとともに、現地調査から同様の挙動が確認された。よって、アンダーフラッシュ操作では、D0が低下している底層の水塊を選択して放流することが難しく、堰上流域全体の水塊を放流する、全層の混合・攪乱が促進されるような操作を行うことで、D0低下を抑制できる可能性が示唆された。

現地調査ではフラッシュ操作後堰上流底層付近で逆流が形成されることや、堰上流域近傍の河川横断面では右岸寄りの流れが発生していることが確認されており、また、堰上流域の流動状況は風によりかなり変化すること<sup>1)3)</sup>も報告されていることから、今後これら諸現象を総合的に考慮したゲート操作の検討を行う。

<参考文献>

- 1) 実松ら：長良川河口堰のフラッシュ操作による堰上流域の水質改善効果検証，土木学会第60回年次講演会講演概要集，2005.9
- 2) 土木学会水理委員会：水理公式集[平成11年度版]，丸善，1999
- 3) 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，451-456，1997

表2 流動層厚の推定

| パターン                                | 1      | 2      | 3      |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| 流出流量Q (m <sup>3</sup> /s)           | 531    | 12.5   | 12.5   |
| 表層の水深 (m)                           | 0      | 0      | 0      |
| 底層(流出点)の水深y (m)                     | 5.5    | 5.5    | 5.5    |
| 表層の水温 (°C)                          | 24.5   | 24.5   | 31.0   |
| 底層の水温 (°C)                          | 23.5   | 23.5   | 27.0   |
| 表層の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 0.9972 | 0.9972 | 0.9953 |
| 底層の密度 $\rho_b$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 0.9974 | 0.9974 | 0.9965 |
| 流出層の鉛直厚さ $\delta_0$ (m)             | 29.2   | 8.4    | 6.5    |

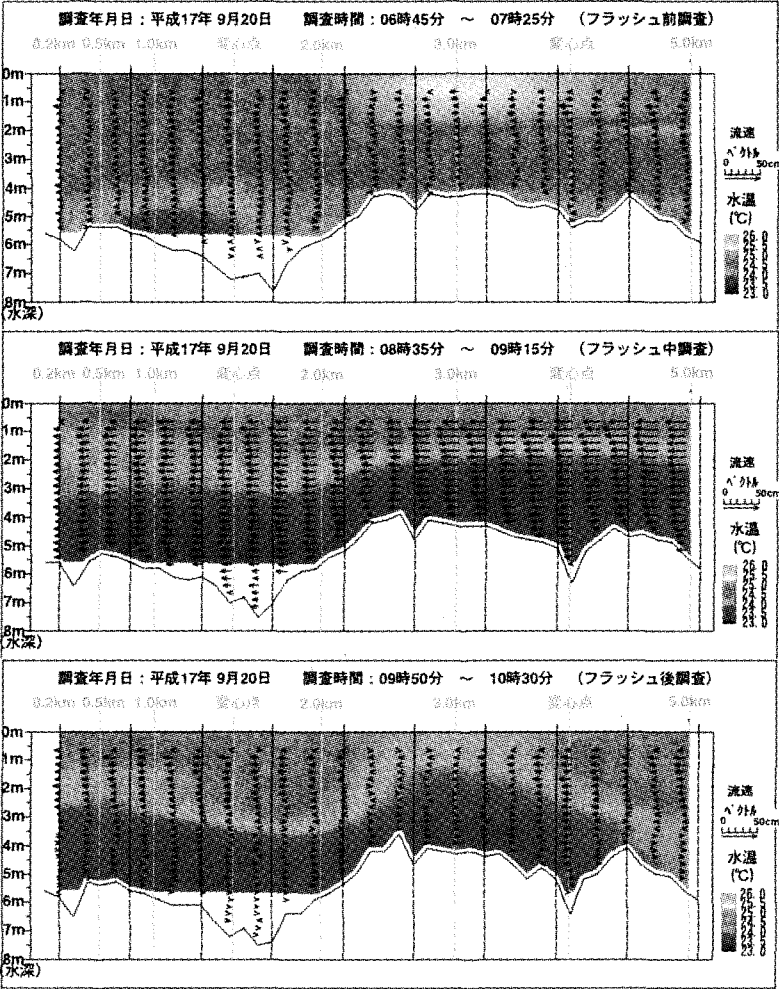


図3 堰上流域の流向・流速・水温の状況

(上段：フラッシュ操作前，中段：フラッシュ操作中，下段：フラッシュ操作後)