

三春ダム貯水池内の曝気循環による流動と水質への影響

東北大学工学部 学生員 ○堀井貴之

東北大学大学院工学研究科 正会員 梅田 信

1. はじめに

貯水池の富栄養化に起因する藍藻類の異常繁殖（アオコ）は景観の悪化、悪臭の発生、浄水ろ過障害といった利水および環境面で問題視されており、流動制御による水質対策が現在多くの貯水池で運用されている。曝気循環は、アオコ対策としての効果が高いとされる水質改善技術の一つであるが、曝気循環による水温躍層以深の流動の把握は未だ不十分であり、曝気循環によって生じる流動を詳細に把握することが効率的な曝気循環施設の運用と効果的な水質保全につながると考えられる。本研究では、福島県の三春ダムを対象として、まず曝気装置の比較的近傍に設置した流速計と水温計により約3週間に渡る計測を行った。つぎに、曝気循環を考慮した数値解析を行い、結果を実測データと比較しながら曝気循環による流動と水質の関係についての検討を行っていく。

2. 研究対象の概要

本研究では、福島県三春町の阿武隈水系大滝根川上に位置する三春ダムを対象とした。三春ダムは平成9年度に完成した比較的新しいダムであり、総貯水量は $4.28 \times 10^7 \text{ m}^3$ 、貯水池湛水面積 2.9 km^2 である。図-1に三春ダム貯水池の平面図を示す。三春ダム流入量の85%を大滝根川が占める。また、やつで状の複雑な形状をしているために水の流れが局所的に滞留しやすく、入り江ではアオコの発生が顕著に見られる。現在までに利水上の問題は発生していないが、湖内負荷の蓄積による水質悪化が懸念されている。

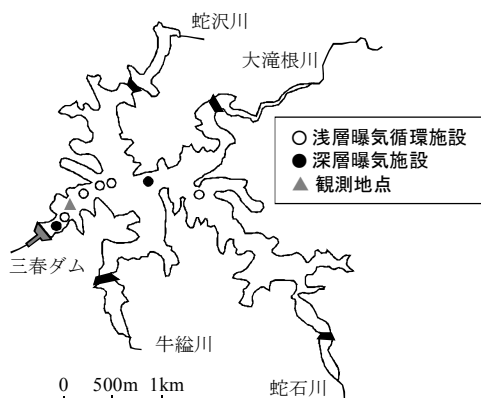


図-1 三春ダム貯水池の平面図

三春ダム貯水池内の水質保全としては、表層曝気循環施設5台及び深層曝気施設2台が設置されている。ただし、深層曝気装置については、深層水塊に及ぼす効果・影響の検証を目的に、昨年度より稼働を停止している。

3. 現地観測の概要

本研究では、三春ダム堤体付近において2011年7月14日から8月1日までの約3週間の水温鉛直分布と流速鉛直分布の連続観測を行った。観測地点付近の縦断面模式図を図-2に示す。曝気装置から貯水池内全体へと広がる流動の把握が目的であるため、最も近傍の浅層曝気装置から上流側に約95m離れた位置に流速計を設置した。流速計はNortek社のAquadopp Profilerを用い、層厚0.4mで底上2.1mの位置から水表面より5m程深部までの23.6mの区間の流速を10分間隔で測定した。曝気装置の主な散気口高さは標高301mであり、測定した区間の中央に位置している。また、水温計はOnset製Tidbit（精度 0.2°C ）を使用し、これらを0.5m間隔でロープに取り付け、流速の測定とはほぼ同程度の区間を5分間隔で計測した。さらに、湖内の水質状況を確認するために7月14日と8月1日の両日において多項目水質計による測定を行った。多項目水質計はJFEアドバンテック社のRINKO-Profilerを用いて、0.1m間隔で水質の鉛直分布を測定した。

4. 観測結果

図-3に8月1日の流速計設置地点における多項目水質計の観測結果として、水温、DO、Chl-aの結果を示す。観測結果から、水温躍層形成の様子が確認され、Chl-aについては水表面と躍層上部での増加が見られた。また、DOにおいては躍

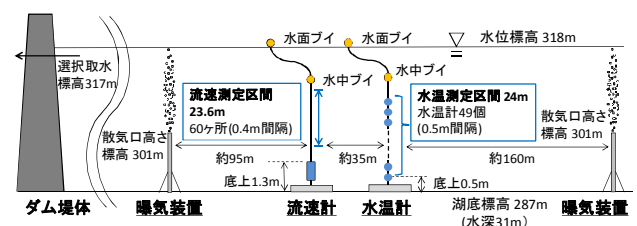


図-2 観測地点付近の縦断面模式図

キーワード：曝気循環、イントリュージョン、貯水池、水温躍層

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 環境水理学研究室 Tel 022-795-7453 Fax 022-795-7453

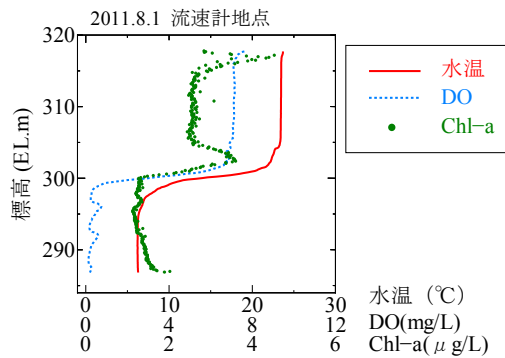


図-3 水質計の観測結果

層以深で変動が生じていることから、曝気装置により躍層以深の流動にも影響を与えている可能性が示唆される結果となった。

観測時の貯水池状況として流入量、流入水温、曝気装置の散気口高さ、また、観測結果として水温分布、流速分布を図-4に示す。流速分布については、曝気装置から流速計に向かう流動を把握するために貯水池の上流方向（概ね北東－南西方向）の成分として整理している。

まず水温分布の結果から、曝気循環の影響により標高300m付近で水温躍層が形成されている様子と、期間内に大きな変動が生じていないことを確認した。

流速分布の結果からは、曝気循環による流動の特徴として既往の研究により示されているイントリュージョン¹⁾の挙動が確認された。標高312mから302mの間で上下する赤で示された流速の領域（厚さが2m程度）がイントリュージョンに対応すると考えられる。また、水温躍層と対応している標高302mから298mの間の流速が小さく、標高298m以下の躍層以深では、躍層付近と比較して流速が大きいことが示された。この結果から、躍層以深において乱流が発生している可能性が推測される。

さらに、図-4に示した貯水池状況と観測結果の相関についての検討を行った。曝気装置の散気口が上昇した7月26日からの約1日の期間において、イントリュージョンにおいても大幅な上昇が確認され、測定地点付近の流動に浅層曝気装置が大きく影響していることが示された。また、流入量や流入水温の変動時についてもイントリュージョン付近の流速分布や躍層より上部の水温分布に影響が現れたが、躍層以深には影響が現れないという結果が示された。

5. おわりに

本研究では、三春ダムを対象として流速、水温、水質の現地観測を行った。その結果から、躍層上部においてイントリ

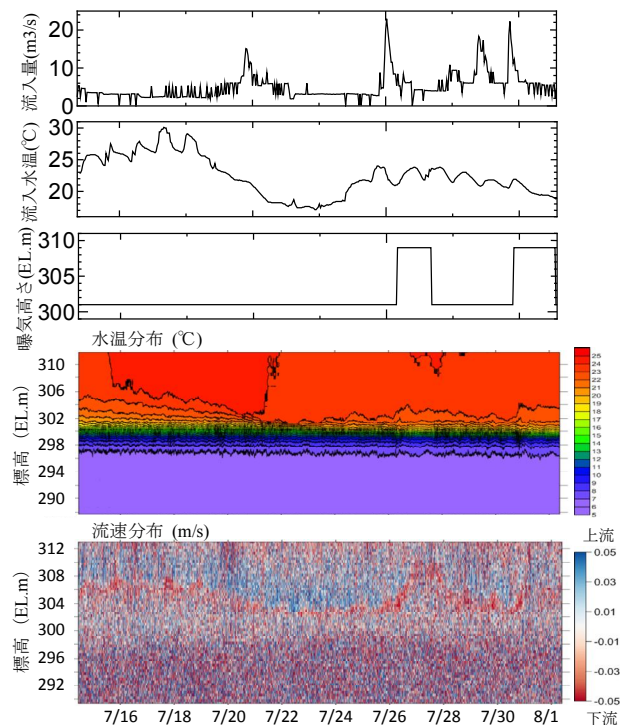


図-4 観測時の貯水池状況と観測結果

ュージョンの挙動が確認された。また、躍層付近の流速は小さく、躍層以深の流速が比較的大きいという結果が示され、躍層以深で流動が生じている可能性が示唆された。この流動については多項目水質計によるDOの観測結果からも可能性が示唆されている。ただし、貯水池に関するデータとの比較から、躍層より上部、特にイントリュージョン付近に貯水池データの変動が大きく影響しており、躍層より下部には影響は現れていないことが推測される結果となった。したがって、躍層より下部の流動についてはより詳細な検討を行っていくことが必要と考えられる。

今後は曝気装置を考慮した2次元モデルによる貯水池内流動の数値解析を行い、数値解析結果と実測結果を比較することによりさらなる検証を実施していく。

謝辞： 現地観測に際して、国土交通省東北地方整備局三春ダム管理所およびダム水源環境整備センターの木村文宣さんにご協力頂いた。また本研究は水源生態研究会および環境研究総合推進費（S-8-1（I））の援助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 梅田信，宮崎貴紅子，富岡誠司：曝気循環により生じる貯水池内流動の現地観測，土木学会論文集，No.775/II-69，pp.55-68,2004.