

噴流型流動促進装置導入による貯水池内の流況特性と水質の変化

広島大学大学院工学研究科 学生員 ○北 真人 呉工業高等専門学校 正会員 黒川岳司
 呉工業高等専門学校専攻科 学生員 平原 裕

1. 序論

貯水池などの閉鎖性水域において生じるアオコの発生等の水質問題に対する浄化対策のひとつに、噴流型流動促進装置の導入がある。しかし、実地での装置の導入例が少なく、装置が水域内の流況および水質に与える影響ついて実証が十分ではない。そこで、本研究では、実際に装置が導入された貯水池において、超音波ドップラー流向流速計(ADCP)を用いた流動観測により、装置導入時における流況の特性を明らかにするとともに、溶存酸素(DO)などの水質分布観測を行うことにより、装置による水質の変化を検証した。また、装置や水域の条件により、水域内の流況特性がどのように変化するかを検討することを目的として三次元流動解析を行った。

2.対象貯水池の地勢・地形と現地観測

本研究で対象とする貯水池は、湛水面積は2.2ha、流域面積1.09km²、総貯水量は約112,000m³の一般的なため池である。本研究では、季節変化による装置の影響を検討するため、成層期(成層形成期,部分循環器)と非成層期において流動と水質の現地観測を実施した。水質分布観測では、**図1**に示す各測点において鉛直方向0.5mごとにDO,水温,pH,濁度を多項目水質センサー(HORIBA;W-22XD)により測定した。また、流動観測では測線①や②のように横断方向の8本の測線についてADCP(TRDI;Work Horse Sentinel)を浮体に取り付け観測船で曳航し測定した。

3. 現地観測結果

3.1 水平流速分布による装置導入時の流況の変化

図2に非成層期(2008年11月19日)における貯水池の水平流速分布を示す。水深6.52mの水平分布では、装置前方約30~35mまで周囲より流速が大きくなっていることが分かる。このことから、装置の影響範囲は流下方向では35m程度であることが分かる。流速分布は横断方向の拡がり幅が抑えられ、比較的直線的となった。

図3に成層期(2010年7月6日)における水平流速分布を示す。非成層期(**図2**)と比較すると、分布が直線的なものとならず、また、装置前方45m以上でも10cm/s以上の流速が確認できた。これは、成層の発達により吐出水の浮上が抑制され、吐出水の流動域が下層のみとなり、全層が流動域となり鉛直方向にも影響範囲が広がる非成層期と比べて、水平二次元的に、流下方向、横断方向に影響範囲が拡がりやすくなったと推測される。

3.2 鉛直水質分布による装置導入時の溶存酸素(DO)の変化

図4に非成層期(2009年11月25日)、成層形成期(2009年6月26日)、部分循環期(2009年9月17日)におけるP3~P18列の縦断鉛直DO分布を示す。非成層期では、装置付近では分布は全水深にわたって一様となっている。季節変化により、成層が弱まったことに加え、装置による循環作用が生じたことにより、上・下層の混合が行われたことが考えられる。また、底部では僅かにDOの上昇が見られ、噴流と同時に吐出される気

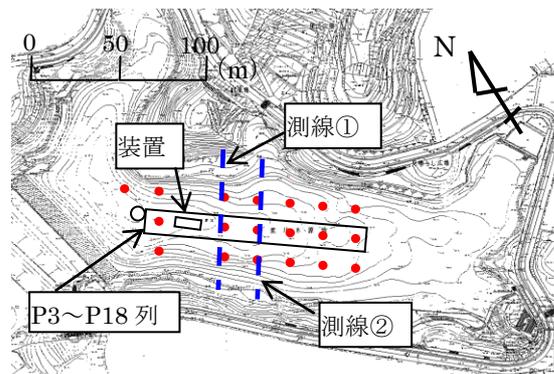


図1 地形および観測地点

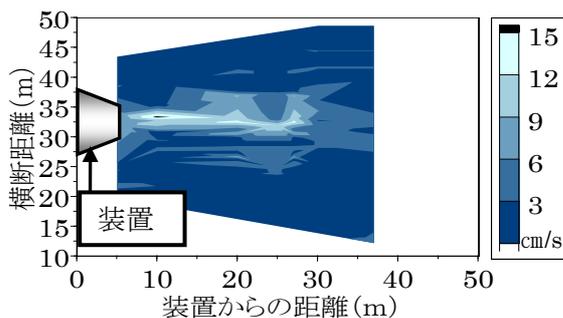


図2 流速水平分布(水深6.52m:非成層期)

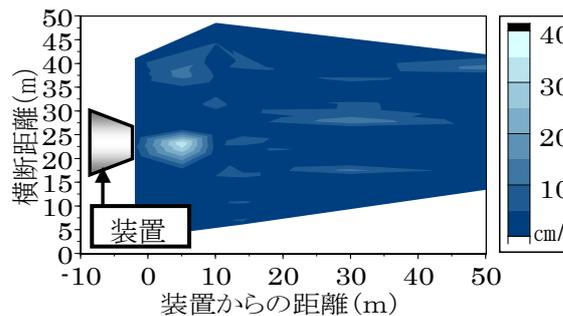


図3 流速水平分布(水深6.52m:成層期)

泡によるものだと考えられる。また、前方 30m 付近において、表層の DO の低下が見られ、装置の流下方向の影響範囲と一致することから、装置による成層の緩和が確認できた。成層形成期では、前方 40m 付近で表層の DO の若干の低下が見られることから、装置による成層の緩和効果が見られた。このことから、成層形成期では成層を維持するエネルギーが上回るが、装置の混合作用による若干の DO の改善効果が期待できる。部分循環期では非成層期と同様に底層で DO の上昇が見られ、前方 30m 付近で成層の緩和が確認できた。また、成層形成期と比較して装置付近では底層水が表層へ押し上げられる様子が見られた。以上のことから、非成層期では、成層が弱まり、装置直近において、装置による混合促進効果が明確に見られた。一方、成層期においては、成層が強固となることから、混合促進効果が不明瞭となり、この傾向は特に成層形成期で顕著であった。

4. 三次元流動解析

空間モデルの天面を 26℃、床面を 23℃とし、装置モデルの吐出速度を 0.5m/s、1.5m/s にした流速分布を図 5、図 6 に示す。図 5、図 6 より、吐出速度の増加に伴い、流下方向の影響範囲が増加したが、吐出速度 0.5m/s では水面まで影響が達するのに対し、1.5m/s では水面まで浮上せず直接的な影響範囲となる違いが見られた。そこで、図 7 のように吐出速度と影響範囲の関係をまとめると、流速 ≤ 0.75m/s の場合と、流速 ≥ 1.0m/s の場合では、影響範囲の広がりには違いが見られた。図 7 より、吐出速度を n 倍にした場合、流下方向への影響範囲は流速 ≤ 1m/s のとき約 n 倍、流速 ≥ 1m/s のとき n 倍より小さく広がると考えられる。これは、図 6 の様に流速が上がると流下方向への影響範囲が増加するため、吐出水が密度差による浮力で成層まで上昇する前に、吐出水周囲の底層水が連行現象により、吐出水と十分に混合され、上層まで上昇しなかったことが考えられる。このことから、吐出速度の増加に伴い、流下方向の影響範囲も増加するが、吐出水が水面まで達しないほどの吐出速度となると、影響範囲の増加率が鈍ることが明らかになった。このことは、影響範囲で考えると、最も効率的な装置の条件が存在することを示している。なお、流速 1.5m/s (図 6) の場合、影響範囲 (40m) と装置前方 5m 地点での流速 (0.5m/s) が観測での実測値 (図 3) とほぼ一致しているため、再現性が高いといえる。

5. 結論

本研究で得られた知見を以下に列挙する。1) 流下方向では非成層期で装置前方 35m まで流速が確認でき、成層期に関しては前方 40m まで流れが確認でき、両期における流況の違いが見られた。2) 水質分布の変化では、非成層期において、装置直近で、成層の破壊が見られた。一方、成層期の成層形成期では、成層の緩和が僅かで、部分循環期では、底層水が表層水を押し上げる様子が成層形成期よりも見られたことから、成層の消長による装置の混合促進効果の違いが見られた。3) 流動解析では、吐出速度を変化させることで、最も効率的な装置の条件が存在することが分かった。

謝辞：本研究を行うにあたり株式会社共立には多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

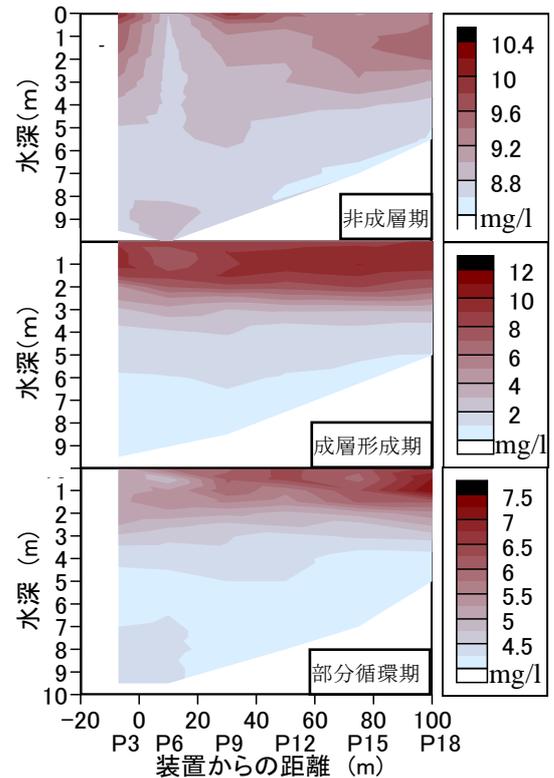


図 4 縦断鉛直 DO 分布



図 5 流速分布 (吐出速度 0.5m/s)

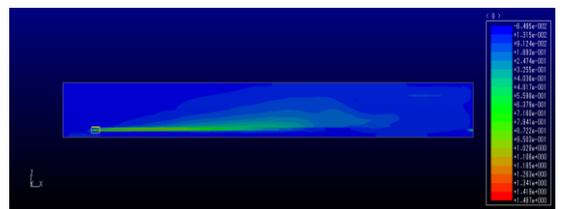


図 6 流速分布 (吐出速度 1.5m/s)

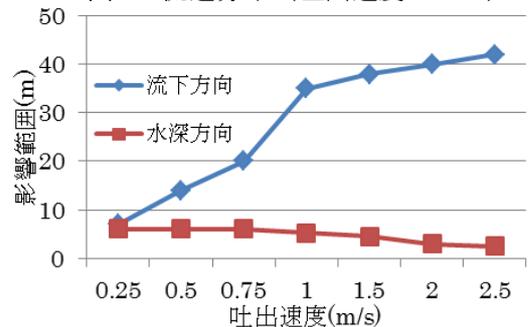


図 7 吐出速度と影響範囲の関係