

成層期・非成層期の違いが流動促進装置による流況と水質改善効果に及ぼす影響

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 ○北 真人

1. 序論

貯水池など閉鎖性水域での富栄養化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。貯水池などでは、成層の消長が流れや水質に大きく影響している上、この装置は噴流によって成層を破壊・緩和する効果がある。そこで、本研究では、成層期と非成層期において、この装置が導入された貯水池で流動・水質の現地観測を行い、成層期・非成層期の違いが装置による流況と水質改善効果に及ぼす影響を検討した。また、装置導入時の流況変化について3次元流動解析も行った。

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、表1に示す成層期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ごとに水温、DO、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本の測線について超音波ドップラー流向流速計（ADCP；TRDI社 Work Horse Sentinel）を浮体に取り付け観測船で曳航し測定した。

3. 噴流型流動促進装置の概要

噴流型流動促進装置の浄化原理を図2に示す。まず、浮体部で表層水と空気を取り込み底層の攪拌混合機へ圧送する。次に、攪拌混合器内で表層水が噴流として吐出されることにより、混合器内では負圧が発生し底層水が連行され、表層水と底層水の混合が行われる。そして、混合された水は底層の水より軽い吐出水として底層で吐出される。この結果、吐出水によって生じる浮力によって水温成層が破壊されることが期待されるが、この吐出水は表層水と底層水が混合していることから、吐出後にすぐ浮上せず、より遠方にまで、またより緩やかに成層破壊効果をもたらす。さらに、酸素が多い表層水を含み、同時に気泡が吐出されることから底層の溶存酸素を高め、貧酸素状態の解消を促す。

4. 断面流速分布による稼働能力の評価

図3に非成層期（2009/11/25）の測線①、②における断面流速分布を示す。測線①の鉛直分布中央部では、最大46cm/sの流速があり、最大流速部の周辺でも20~30cm/sの流速を確認できた。また、中央部以外の箇所では、流速2~3cm/sとなっている。このことから、中央部に発生する流れが装置によるものと考えられる。ところで、中央部には斑に空白の部分が見られる。原因としては、ADCP本体から発信される音波パルスが装置から吐出される気泡にあたり散乱したことにより、計測が出来なかったことが考えられる。装置前方30mの測線②でも、空白部があることから装置の影響が確認できる。つまり、前方30mまで気泡による酸素供給があることが推測される。

表1 観測日程

成層期	成層形成期	2009/6/26
	部分循環期	2009/9/17
非成層期	全層循環期	2008/10/15
		2008/11/19
		2009/11/25

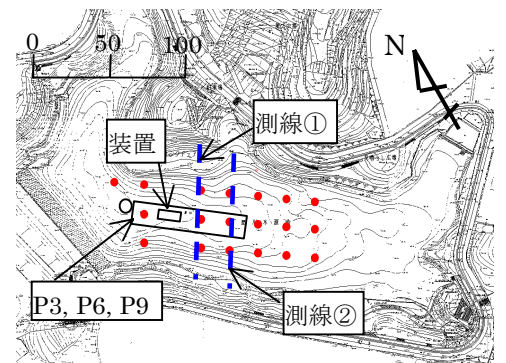


図1 地形および観測地点

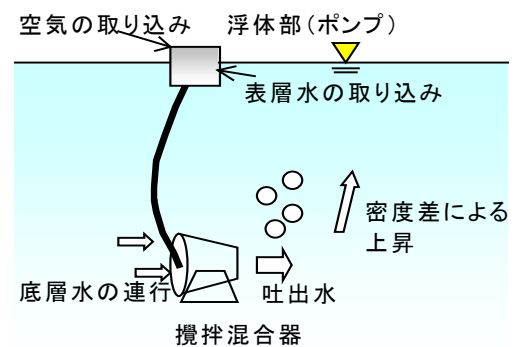


図2 流動促進装置の浄化原理イメージ

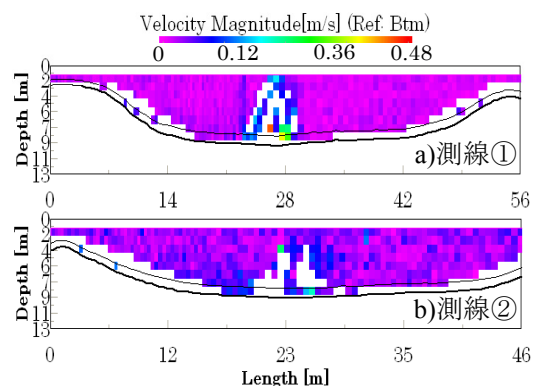


図3 断面流速分布(測線①, ②:09/11/25)

キーワード 貯水池, 噴流, 流動促進装置, ADCP, DO

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校 Tel.0823-73-8481

5. 流速水平分布による稼働能力の比較

図4に非成層期 (2008/11/19), 図5に成層期 (2009/6/26), それぞれでの水深6.52mにおける水平流速分布を示す. 非成層期 (図4) 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. また, その分布は比較的直線的である. このことから, 装置の影響は, 流下方向では35m程度まで直線的に及ぶことが分かる. 一方, 成層期 (図5) では, 分布が直線的なものとならず, また, 装置前方45m以上でも約10cm/sの流速が確認でき, 影響範囲の増加が見られた. これは, 成層の発達による吐出水の浮上の抑制により, 吐出水の流動域が下層のみとなり, 全層が流動域となる非成層期と比べて流下方向, 横断方向ともに影響範囲が拡がりやすくなったと推測される.

6. 装置導入時の3次元流動解析

図6に3次元流動解析の結果を示す. 空間モデルの天面を26℃, 床面を23℃とし水温成層を再現した. また, 流入流出機器の温度設定を26℃とし, 表層で取り込んだ水の吐出を再現した.

これらの条件で計算を行った結果, 装置モデルから約15m地点までモデルによる流れが見られた. また, 15m付近でベクトルが上向きになり, 浮力による吐出水の上昇であると考えられる. しかし, 流動観測の結果と比較して, 流下方向の影響範囲は小さいものとなった. これは, 実機の攪拌混合器内で生じる混合がモデルでは表現できなかったことにより, 吐出水が短距離で浮上したことが考えられる.

7. 水質の鉛直分布による水質改善効果の比較

図7に成層期 (2009/6/26), 図8に非成層期 (2009/11/25), それぞれでのP3, P6, P9点のDOと水温の鉛直分布を示す. 成層期 (図7) に関しては, 水深4m以深ではDO分布は一樣となり, 4m以浅では値の上昇が見られた. また, P6点 (装置前方10m) についても他の地点と比較して明確な違いが見られず, 直接的な水質改善効果が見られなかった. 理由としては, 同日の水温分布においても同様な傾向が見られたことから, 強い水温成層の形成によるものと考えられる. 一方, 非成層期 (図8) において, P6点ではDO, 水温とも分布が一樣となった. 季節変化により成層が弱ったことに加え, 装置による鉛直循環が生じたことにより上・下層の混合が行われたと考えられる. また, 底層では僅かなDOの上昇が見られ, 気泡による酸素供給であると推測される. さらに, P9点 (装置前方30m) ではDO, 水温ともに緩い成層が確認できた. このP9点での水質変化は, 装置の流下方向の影響範囲 (図4) と一致することから, 装置による流動に伴って成層が緩められたことを意味し, 水質改善効果が見られた.

8. 結論

得られた知見を列挙する. 1) 成層期では, 非成層期に比べ, 流動域が狭まることから流下距離, 横断方向ともに影響が拡がりやすくなる. 2) 流動解析では, モデル前方15m付近まで流れが発生し, 浮力による上昇が見られた. 3) 非成層期では, 装置前方10mで水質分布が一樣となり, また前方30m付近で成層の緩和が確認でき, 水質改善効果が見られた.

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.

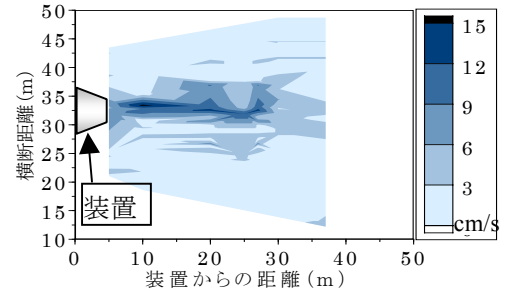


図4 流速水平分布(水深6.52m:非成層期)

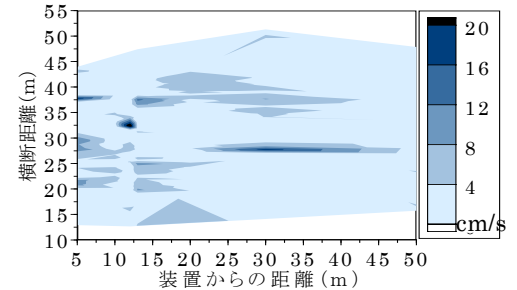


図5 流速水平分布(水深6.52m:成層期)

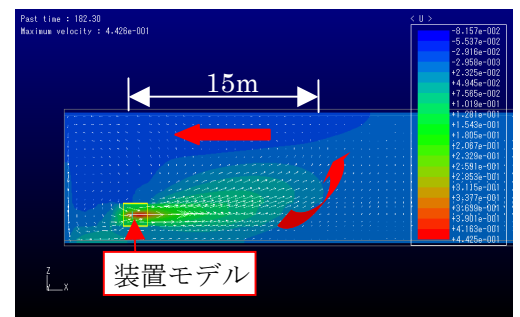


図6 解析結果コンター図

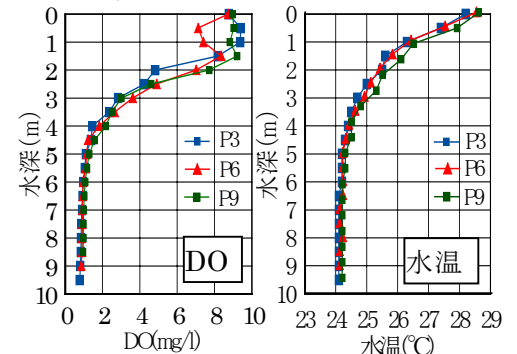


図7 成層期(6/26)の水質鉛直分布

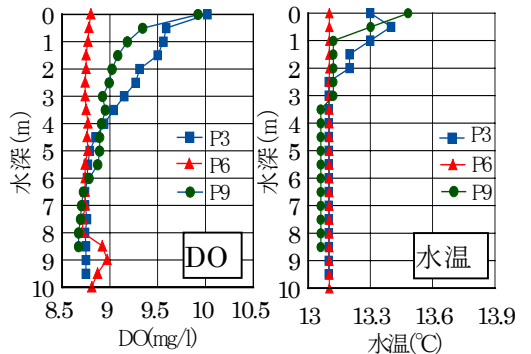


図8 非成層期(11/25)の水質鉛直分布