

純酸素マイクロバブルを用いた貯水池深水層の浄化システム

神戸大学大学院 学生員 酒谷祐輔 神戸大学工学部 フェロー会員 道奥康治
 中電技術コンサルタンツ 正会員 松尾克美 神戸大学大学院 学生員 小林秀樹
 中電技術コンサルタンツ 非会員 尾田敏範 中電技術コンサルタンツ 非会員 原 義晴

1. はじめに： 水質汚濁が進行した貯水池などの閉鎖性水域では、様々な水質改善対策が実施されている。本研究では、深水層において溶存酸素が欠乏し栄養塩・マンガンが高濃度に溶存した R ダム貯水池を対象に、純酸素マイクロバブルを用いた水質浄化を実施した。

2. R ダム貯水池の概要： R ダム貯水池は堤高 32.1m のコンクリート重力式ダムによって形成された総貯水容量 375,000m³ の多目的ダム貯水池である。集水面積は 3.1km² である。越流標高は 175.5m, 貯水池底の標高は 156m である。出水時には常用洪水吐からの自然越流方式によって流量が調節される。調査期間においては標高 166m から常時取水されていた。

3. 水質浄化システム： R ダム貯水池では、受熱期において深層の貧酸素化が顕著であり底泥からの金属塩類が溶出し、高い電気伝導度を示している。特に、溶出マンガンと貧酸素水が浄水工程におよぼす影響が懸念される。深水層の栄養塩濃度が高いため、水質浄化に際しては成層破壊をとまなわぬ深層曝気が適切であると判断し、2004年3月からマイクロバブル・エアレータ¹⁾²⁾を用いた深層曝気を開始した。本研究で用いた水質浄化システムの特徴は、高い溶解効率を得るために作業気体として空気ではなく純酸素を初めて用いた点である。図-1に示すように、曝気装置は、ダムの中央に位置する天端からエアレータ・ユニットを吊下し、エアレータが湖底上 1.5m の EL.157.5m に位置するように設置した。写真-1 は設置前のエアレータ・ユニットの状況である。水中ポンプは吐出流量：200L/min, 揚程：30m, 出力：3.7KW である。酸素発生器の最大供給量は 1,200L/hr, 所用電力は 6.1KW である。コンプレッサーの出力は 2.2KW である。これら、地上機器はダム天端のゲートハウス内に写真-2 のように設置された。写真-3 には、設置前に確認した水面でのマイクロバブル発生状況を示す。

4. 水質浄化システムの運用実績： 2004年3月2日より、酸素供給量 1000L/hr でシステムの運転を開始した。開始後の水質観測に基づき、速やかに溶存酸素が全層で過飽和状態にまで回復していることを確認したため、5月14日に全送気量を 300L/hr にまで絞り込んだ。11月9日には自然対流によって全層が循環状態に至り、運転を中止した。

5. 溶存酸素濃度 DO の推移 (図-2)： 2002年7月～2005年12月に観測された溶存酸素濃度分布を図-2に示す。深層曝気開始前の2002年と2003年においては、受熱期に取水口以深の深水層において無酸素水塊が発達

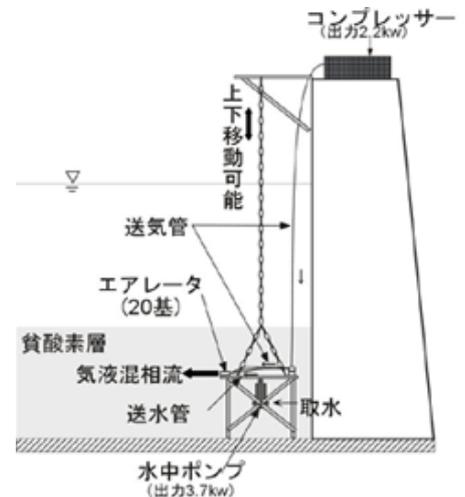


図-1 水質浄化システム

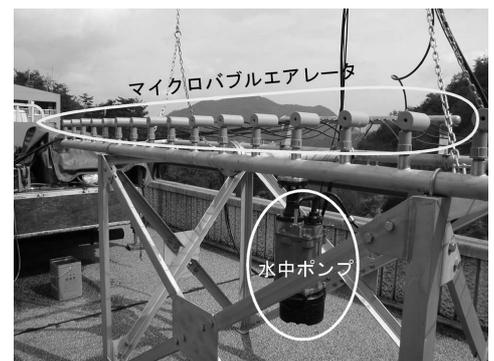


写真-1 エアレータ・ユニットの構造



写真-2 地上機器（ゲートハウス内）

キーワード：富栄養化、水質浄化、純酸素、深層曝気

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 Phone：(078)803-6056, FAX：(078)803-6069

している。2004年3月からの深層曝気によって、深水層の溶存酸素は飛躍的に回復し、溶存酸素計で計測不可能な過飽和状態（DO飽和度>200%、DO濃度>20mg/Lにまで至った。受熱期後半における内部生産ピークに備えて、酸素供給量を減らすことなく300L/hrに維持したが、全層循環に至るまで深水層の過飽和状態が継続したため、結果的には過剰な酸素供給であったことになる。この状態における深層水を汲み上げると、微細な酸素気泡が多量に発泡しており、きわめて高い濃度の酸素が水中に溶解していることが確認された。

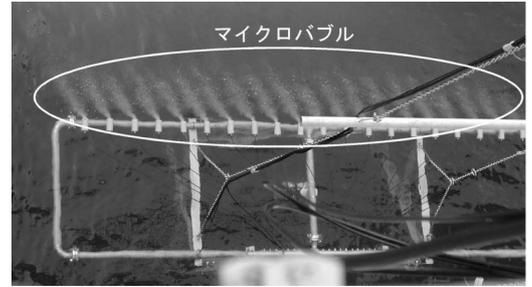


写真-3 マイクロバブル発生状況の確認

6. 水温分布の季節変化（図-3）： 純酸素マイクロバブルによる深層曝気の目的は、高い溶解効率によって成層を破壊することなく深層水を浄化することである。したがって、深層曝気が水温成層におよぼす影響を検証する必要がある。図-3に水温分布の季節変化を示す。深層曝気が行われる以前においては、受熱期にEL.164m付近に水温躍層が形成され、深水層は緩やかに成層化しており、安定的に成層化している。2004年3月以降における水温分布を見ると、受熱期における安定な水温成層は維持され、深層曝気が成功していることが確認される。しかし、水温躍層の位置が曝気開始以前よりもやや上方のEL.166mにまで上昇し、深水層の弱い成層構造は消失して一様な水温分布となっている。また、表層水が深水層へ連行されるために、深層曝気開始後はそれ以前よりも深水層の水温が6~7℃程度高い傾向が見られる。以上のことから深水層内では曝気とともに弱い鉛直混合が生じていることが示唆される。

7. 電気伝導度 EC（図-4）： 2002年、2003年の受熱期では、深水層に高い電気伝導度が検出されている。これより、深水層に溶存態物質が高濃度に存在している事が示唆される。しかし、曝気開始後においては、このような高塩分水塊は消失しており、深層曝気によって底泥からの嫌氣的溶出がかなり抑制されていることが確認される。

8. まとめ： 純酸素マイクロバブルによる深層曝気の水質改善効果は非常に大きいことが水質観測より明らかになった。しかし、溶存酸素濃度は過飽和状態にまで至っているため、より少ない酸素送気量によって水質浄化システムの運用を適正化する必要がある。今後、現地観測と水質シミュレーションによって溶存酸素の消費や水質変化を定量的に評価し、費用対効果を考慮したシステム規模・出力の最適化が必要である。

参考文献

- 1) 道奥・神田・大成・西川・松尾・木戸：水工学論文集，第44巻，pp.1119-1124，2000年
- 2) 道奥・神田・大成・森口・松尾・松尾：水工学論文集，第46巻，pp.1091-1096，2002年。

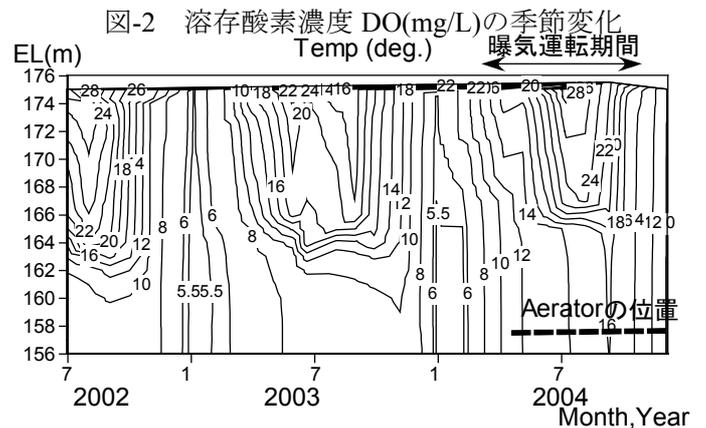
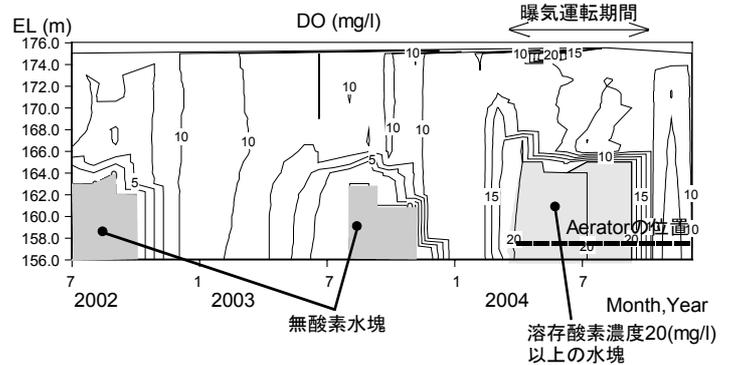


図-3 水温の季節変化

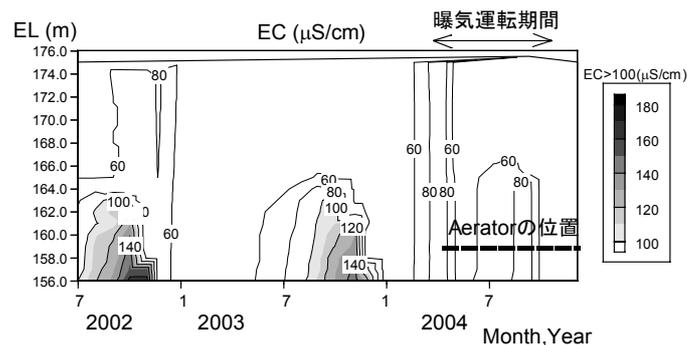


図-4 電気伝導度 EC (μS/cm)の季節変化