

第Ⅱ部門

環境負荷を考慮した深層曝気システムの経済評価

神戸大学大学院 学生員 小林 憂三
 神戸大学工学部 フェロー 道奥 康治
 神戸大学大学院 学生員 ○大川 奈津子

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、様々な水質改善施策が導入され、その有用性についても様々な報告がなされている。しかし、施策の評価指標として、費用便益分析を考慮に入れてその妥当性を評価した事例は少ない。

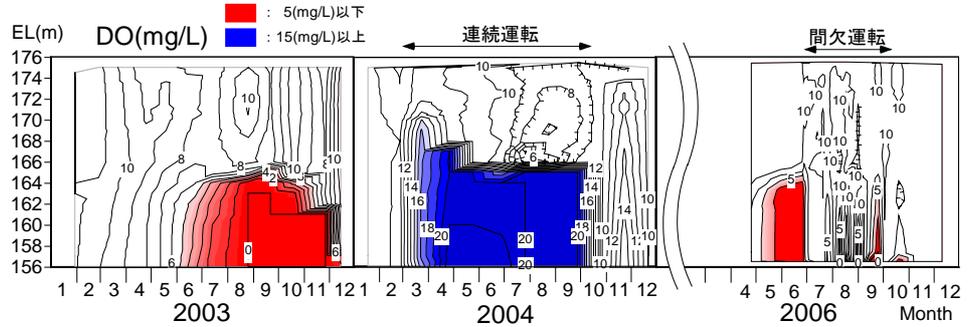


図-1 各年における溶存酸素濃度分布

対象貯水池では、2004年、マイクロバブル・エアレータを用いた深層曝気技術を駆使し、自然大気のかわりに酸素を供給することにより、水温躍層を維持したまま、図-1に示すように酸素が回復し深層水質は改善された¹⁾。さらに、2006年、コンプレッサや酸素発生器の定格出力で運転しながらの、システムの運転/停止を間欠的に繰り返す実証実験を行い、システムのライフサイクルコストを下げ、維持点検を省力化するシステムの効率的な運用を水質観測値に基づいて検討を行った²⁾。

本研究では、水質シミュレーションを用いて、水質浄化施策の経済評価方法を提案する。

2. 曝気の有無にともなう酸素消費量の違い

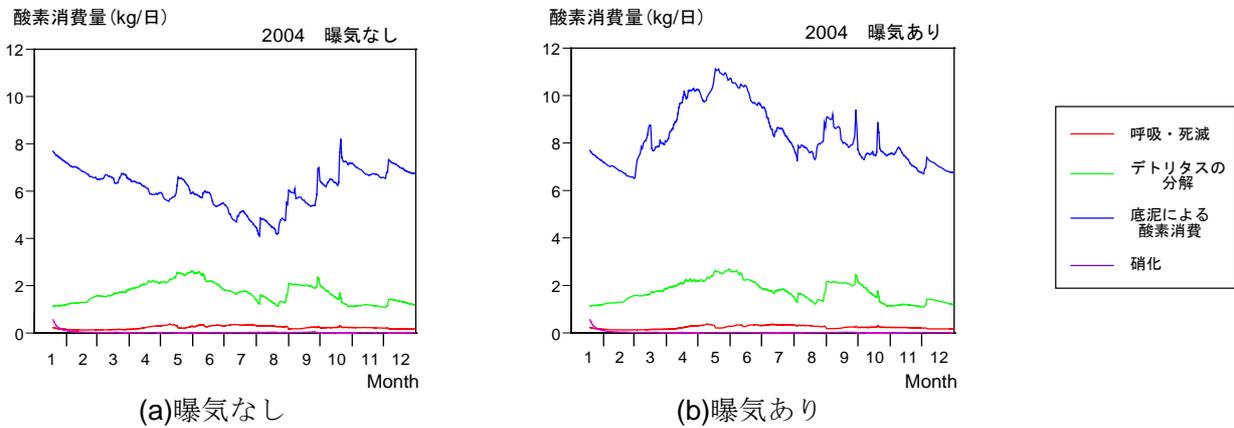


図-2 酸素消費量の時系列(2004)

酸素消費要因を植物プランクトンによる呼吸・死滅、デトリタスの分解、底泥による酸素消費、溶存態窒素の硝化の4項目に分け、貯水池全体の酸素消費量を算出した。数値シミュレーションにより得られた2004年の池内における酸素消費量の時系列を図-2に示す。底泥による酸素消費が最も大きく、次いで、デトリタスの分解に溶存酸素を大きく消費する。硝化による酸素消費は他の成分よりもかなり小さく、主に底泥堆積物やデトリタスといった有機物の分解が貧酸素化の要因となる。また、曝気によって底泥の酸素消費が抑制される。

3. 環境負荷を考慮した水質改善効果の経済評価

ダム貯水池における水質汚濁及び貧酸素化による水質汚染などの諸問題の多くは有機物の生産及び、分解に起因する。よって、貯水池の溶存酸素不足量をBODとみなし、下水処理費用に換算することで、水質改

善効果を経済的に評価する。

ダム貯水池における正常な生態系の溶存酸素濃度を、流入河川水温の飽和濃度 DO_{rmax} (mg/L)とし、貯水池における酸素不足総量 M_S (g)を式(1)のように算出する。

$$\text{if } DO_j \leq DO_{rmax} \text{ then} \quad (1)$$

$$M_S = \sum_{j=1}^N \{(DO_{rmax} - DO_j) \times V_j\}$$

ここで、 N ：分割された層の総数、 V_j ：第 j 層における体積(m^3)、 DO_j ：第 j 層における溶存酸素濃度(mg/L)である。

曝気による酸素不足総量の削減分 M_B は次式で表される。

$$M_B = M_{SN} - M_{SA} \quad (2)$$

ここで、 M_{SN} は曝気がない状態での酸素不足総量、 M_{SA} は曝気を実施した時の酸素不足総量である。図-3、図-4 に 2004 年、2006 年の曝気による酸素不足総量の削減分 M_B を示す。

曝気により M_B だけ BOD が低下したと仮定し、貯水池全体の仮想的な平均 BOD が次式のように算出される。

$$BOD = \frac{M_B}{\sum_{j=1}^N V_j} \quad (3)$$

この BOD を有する貯水池水が放流された場合の総有機物量 M_{BOD} は、次式のようにある。

$$M_{BOD} = \int_{te}^{ts} BOD \times Q_{out} dt \quad (4)$$

ここで、 Q_{out} は流出量(m^3 /hour)、 ts は曝気開始時間、 te は曝気終了時間である。

公共下水道における汚水処理費用を参照して、BOD の処理総量 34,509(t)に対し 19,445(百万円)の費用が掛かることから、1 年あたりの水質改善効果価値 B_A (円)は次式で算出される。

$$B_A = M_{BOD} \times \frac{19445}{34509} \quad (5)$$

4. 浄化システム運用における費用便益分析

年価値法によって、1 年あたりの浄化システム運用の費用 C_A (円)は次式で算出される。

$$C_A = C_1 \times \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} + C_2 \quad (6)$$

ここで、 C_A ：1 年当たり費用(円)、 C_1 ：設備投資費用(Initial Cost)(円)、 C_2 ：年間運転経費(Running Cost)(円)、 r ：利率、 n ：耐用年数(年)である。

その結果、得られた費用対効果 B_A/C_A を表-1 に示す。2006 年は、運転開始が遅れたため、費用対効果が小さい結果となった。本論文では、曝気による効果に「BOD の減少」しか考慮していない。そのため、小さい費用対効果となったと考えられる。

5. 参考文献

- 1) 道奥康治・酒谷祐輔・松尾克美・尾田敏範・原義晴：酸素マイクロバブルを用いた貯水池の水質浄化システム，水工学論文集，第 50 巻，pp.1357-1362，2006。
- 2) 道奥康治・小林憂三・青木千夏・原義晴・松尾克美：成層安定度を考慮した深層曝気の必要送気量の推算，水工学論文集，第 52 巻，pp.1279-1284，2008。

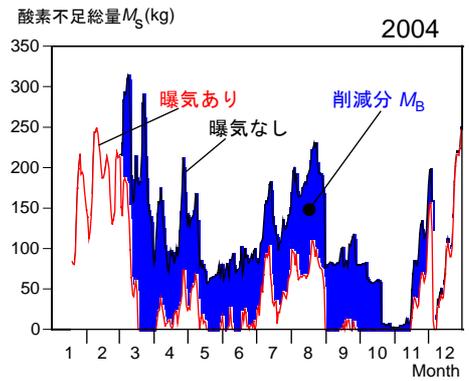


図-3 曝気の有無における酸素不足総量 (2004)

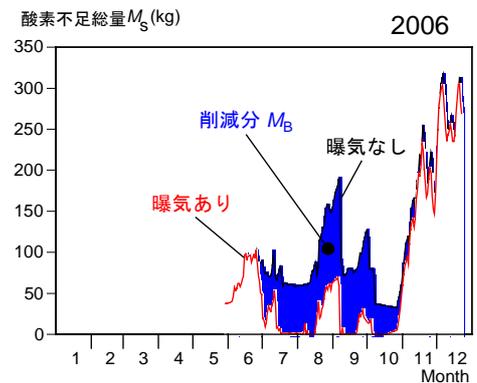


図-4 曝気の有無における酸素不足総量 (2006)

表-1 費用対効果

	2004年	2006年
費用対効果 B_A/C_A	0.34	0.20