

ダム湖における高濃度酸素水の導入・拡散にともなう水質改善に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○村上奉行, 正会員 今井剛, 樋口隆哉, 関根雅彦
株式会社マリモ 非会員 白石和也

1. はじめに

湖沼, ダム貯水池などのいわゆる閉鎖性水域では, 夏季に上層の水温が上昇することで上層と底層の間に急激に水温が低下する層が形成される。これを温度躍層という。温度躍層が形成されると, 上層と底層の水循環が起これにくくなり, 底層部に酸素供給が十分行われず, 貧酸素状態となる。貧酸素状態下では, 底泥から藻類等の異常発生の原因となるリンなどの栄養塩が溶出する。そして, 秋季に温度躍層がなくなり水域内の攪拌が生じるとその栄養塩が巻き上げられ, それによる水質悪化が問題となる。この対策として, 水域を曝気し好気化することでリンの溶出を抑制する方法が存在するが, 酸素水が底層部に定着せず十分な効果が得られていない。そこで本研究では, 高濃度の酸素水を製造する装置を水域の湖底に設置し, 直接底層部を好気化するという技術の開発を行う。この技術は, 底層部の水を改質して高濃度酸素水を製造することで水温変化が少なく底層部に定着しやすく, 底層部を効率的に好気化できると考えられる。本報告では, 温度躍層が形成される夏期において, 長期間の連続運転より酸素水の拡散状況の把握, リンの溶出抑制効果の確認を行い, 本装置の能力を把握することを目的とする。

2. 調査及び実験方法

山口県内のダム湖(図1)に高濃度酸素水製造装置を湖底に設置し, 2006年5月16日より連続運転を行った。酸素水の拡散は底泥近傍の溶存酸素濃度(DO)を測定することにより確認した。DO及び水温は, 東西南0~30mを10m間隔で, 北については0~50mを10m間隔でDOメーターを用いて測定した。現地における高濃度酸素水供給による効果を確認するため定期的に底層水の $\text{PO}_4\text{-P}$ を測定した。また現地で得られたデータをもとに, 高濃度酸素水の拡散シミュレーションを行い, その拡散時間及び拡散範囲の検討を行った。

3. 実験結果及び考察

運転は, 運転1: 5月16日~6月19日(34日間), 運転2: 7月3日~8月10日(38日間), 運転3: 8月22日~9月17日(26日間), 運転4: 9月19日~10月27日(38日間)の4期間について行った。4期間を通して高濃度酸素水が最も拡散していた北方向におけるDO・水温の経日変化を図2に示す。運転1では, 北20m地点において10日程度で $\text{DO} 8\text{mg/L}$ が確認でき, 順調に高濃度酸素水が広がっていたことが確認された。運転1の最終日において装置北100m地点においてDOが確認でき, 広範囲における高濃度酸素水の拡散が確認できた。高濃度酸素水の拡散が確認できたため装置を停止し, 高濃度酸素水がどれぐらいで消費されるかDOの減少傾向をみた。停止1日程度ではDOはほぼ減少せず, 1週間後にほぼ 0mg/L となった。これより, 高濃度酸素水の拡散後において断続運転を行った場合でも高濃度酸素水の影響を持続させることができると考えられる。運転1, 2については高濃度酸素水の拡散が確認できたのに対し, 運転3についてはその拡散が確認できなかった。これは, 装置の設置の際に装置が傾き, 高濃度酸素水の吐出し口を泥が塞いでいたことが要因として考えられる。そこで, 装置を湖底より少し浮かせて運転を行った結果, 多少の酸素水の拡散が確認できた。運転4では, 酸素水の拡散が確認できたが, 運転1, 2と比較するとDOが低い値を示した。運転1, 2, 4の3つを比較すると徐々にDOの上昇傾向が緩やかになっているのに応じて, 水温が上昇が見られる。これは, 水温上昇により底泥中に生息している好気性微生物が活性化し, 好気性微生物の酸素消費が促進されたことでDOが確認されにくくなったと考えられる。そこで室内実験より水温変化にともなう酸素消費速度を求め, その検証を行った。結果を図3に示す。水温上昇とともに酸素消費速度が上昇する傾向がみられた。したがって, 運転1(平均水温10

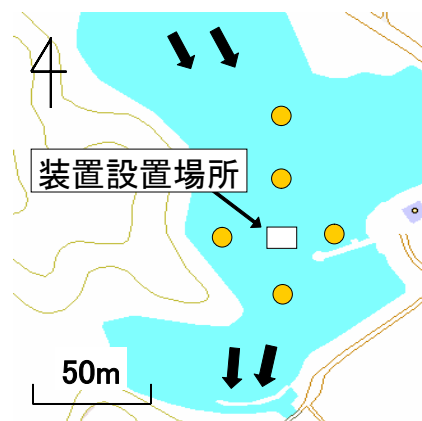


図1 本実験のフィールド概略図

キーワード 高濃度酸素水, 底泥, リン溶出抑制, 閉鎖系水域, 富栄養化

山口大学大学院理工学研究科 〒755-8011 山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 E-mail: imai@yamaguchi-u.ac.jp

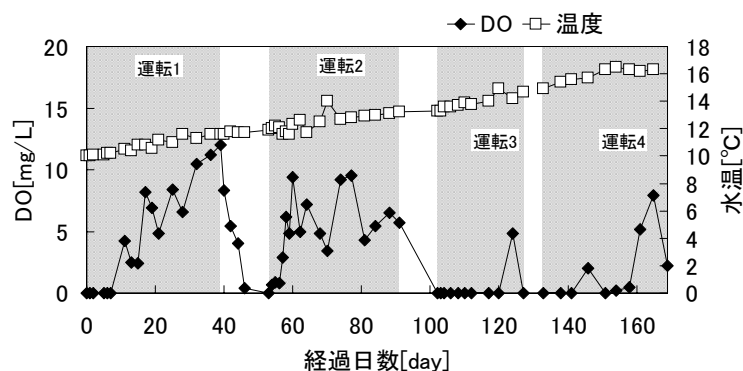


図2 装置北(底層部)のDOおよび水温の経日変化

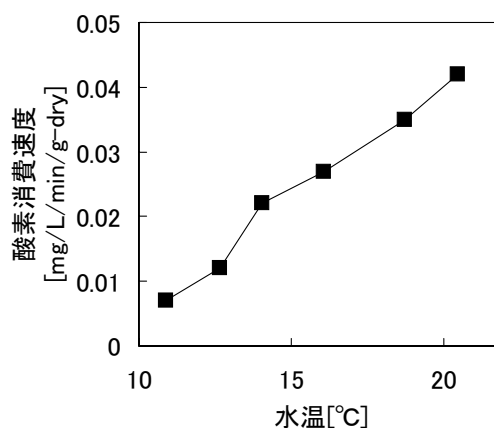


図3 水温による酸素消費速度の変化

) ~ 運転4(平均水温 16)の季節変化による水温上昇により DO が確認されにくくなったものと考えられる。

次に、高濃度酸素水供給による水質改善効果を確認するため、リン濃度を測定した(図4)。運転1の0m, 50m, 運転2の0m地点で高濃度酸素水導入後にリン濃度が低下したことがわかる。しかし、運転4の50m地点においてはDOが確認されなかったにもかかわらず、リン濃度が低下していた。これは、底泥によって酸素が消費されたためDOが確認できなかったが、高濃度酸素水の影響があったものと考えられる。

4. 高濃度酸素水拡散シミュレーション

高濃度酸素水が影響を及ぼす範囲を予測するため、昨年度に本研究で開発された高濃度酸素水の拡散モデルを用いて、シミュレーションを行った。

本実験のフィールドにおいて最も広範囲の拡散が確認できた運転1の装置北においてDOが確認された点を拡散距離の実測値とした。運転1における実測値をシミュレーションのパラメータとして、DOの収支にかかわる底泥の深さを1cmにおいて計算を行った。計算値と実測値の比較を図5に示す。装置稼働から10日間について多少の違いがみられるが、これはシミュレーションにおいて底層水による希釈効果や湖底の起伏を考慮していなかったためと考えられる。しかしながら、計算結果は、ほぼ傾向が示せていることから本モデルの有効性が示されたと考えられる。以上で決定したパラメータと運転1の実測のパラメータを用いたシミュレーションによる拡散距離の計算結果を図6に示す。図より温度躍層が形成される5月~11月の約6ヶ月(180日間)に連続運転を行うと仮定した場合、本装置で最大約225mまで高濃度酸素水の効果があると予測された。

5. まとめ

嫌気化が進行した水域において高濃度酸素水製造装置を長期間連続運転行うことにより広範囲の高濃度酸素水の拡散、リンの溶出抑制効果が確認できた。DOが確認できない点においてリン溶出の抑制効果が確認できたことから、高濃度酸素水拡散シミュレーションより高濃度酸素水の効果の範囲を検証した結果、本装置を用いた場合、6ヶ月間で最大半径225mの範囲において高濃度酸素水の効果があると予測された。

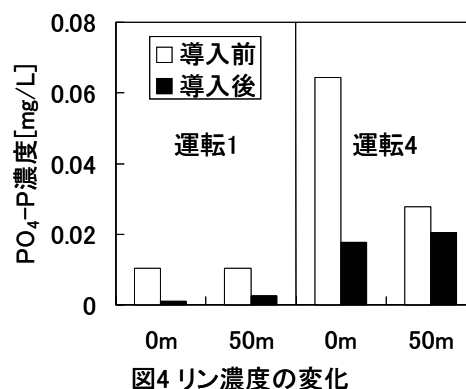


図4 リン濃度の変化

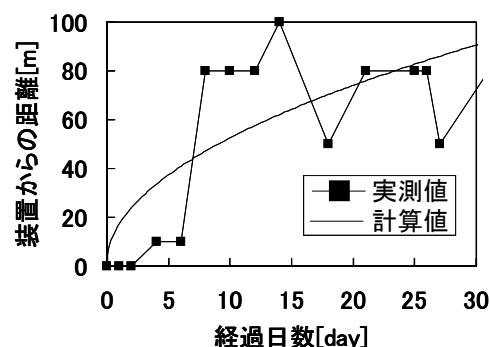


図5 実測値と計算値の比較

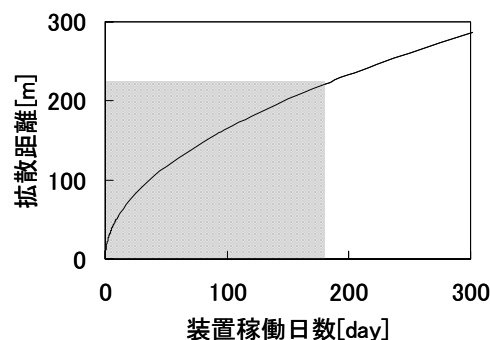


図6 シミュレーション結果