

二種類の深層曝気方式における酸素回復性能の比較

神戸大学大学院	学 生 員	○大川 奈津子
神戸大学工学部	フェロー会員	道奥 康治
滋賀県立大学	非 会 員	南川 久人
神戸大学大学院	学 生 員	小林 憂三
東京都庁	正 会 員	青木 千夏

1. はじめに

受熱期の貯水池では成層の鉛直混合抑制効果と有機物の沈降分解により深水層が貧酸素化する。本研究では、二種類の形式のマイクロバブル深層曝気を実施し、酸素回復性能を比較検証した。

2. 水質浄化システム (図-1)

試験Ⅰは水中ポンプとエアレータを一体化したユニットで、ポンプで汲み上げた底層水に高濃度酸素を送りこみ、マイクロバブルを深水層に供給し酸素を溶解させる。試験Ⅱは水中ポンプで深水層水を水面近くに汲み上げてエアレータで酸素マイクロバブルを圧入して深水層に還元する。試験Ⅰは、著者らが従来から検討してきた方式¹⁾、試験Ⅱは大気圧条件下にエアレータを設置して、コンプレッサ動力を軽減することをねらっている。溶存酸素濃度(DO)が 5mg/l~10mg/l の範囲内になるように、試験Ⅰ、試験Ⅱともに ON/OFF を繰り返す間欠運転を 3 回ずつ実施した。送気量は期間④においてのみ 0.4m³/hr であり、その他の期間においては 0.6m³/hr に設定した。

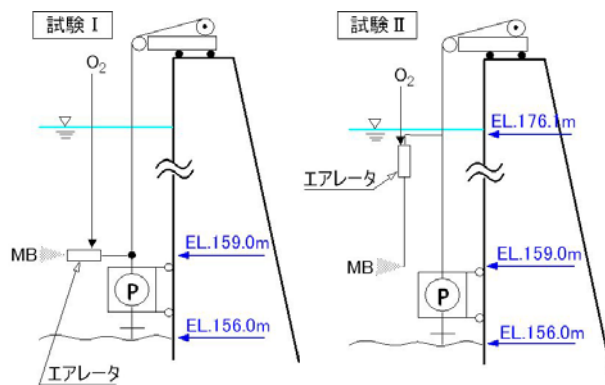


図-1 曝気試験装置

還元する。試験Ⅰは、著者らが従来から検討してきた方式¹⁾、試験Ⅱは大気圧条件下にエアレータを設置して、コンプレッサ動力を軽減することをねらっている。溶存酸素濃度(DO)が 5mg/l~10mg/l の範囲内になるように、試験Ⅰ、試験Ⅱともに ON/OFF を繰り返す間欠運転を 3 回ずつ実施した。送気量は期間④においてのみ 0.4m³/hr であり、その他の期間においては 0.6m³/hr に設定した。

3. 水温、溶存酸素濃度(DO)

水温の経時変化を図-2 に示す。観測開始時(2007年5月16日)にはすでに EL.172m 付近に躍層が形成されており、11月末の循環期まで水温成層が維持された。曝気装置稼動期間(図中の色塗り部)において、中層以深の水温が上昇傾向にあるが、躍層は破壊されず、深水層の取水によって上水利用に障害が及ぶことはない。溶存酸素濃度の経時変化を図-3 に示す。曝気開始前には深水層が貧酸素状態であったが、曝気を開始すると速やかに DO は回復した。

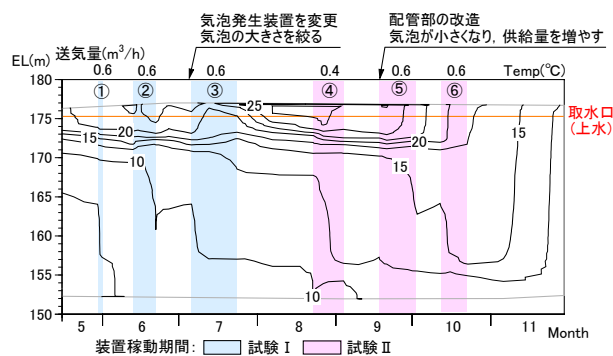


図-2 水温分布(°C)の経時変化

しかし、曝気装置の設置標高(EL.156m)以深では無酸素水塊が存在していた。8月から9月にかけての表層では、水温躍層よりもやや下方まで過飽和状態になった。曝気装置稼動期間においては、EL.156m~EL.169m の範囲での酸素回復が顕著であり、それ以浅の表層では植物プランクトンの炭酸同化作用による酸素生産が行われている。また、期間③においては他の期間に比べて曝気装置の稼動期間が長い

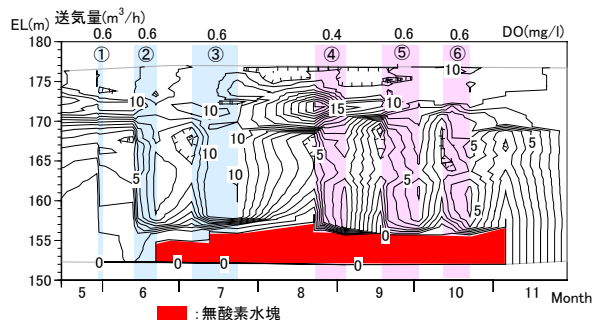


図-3 溶存酸素濃度 DO(mg/l)の経時変化

キーワード：深層曝気，貧酸素化，曝気効率，酸素消費速度，酸素溶解速度

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

に酸素回復速度が小さく、装置の曝気効率が低い期間があった。
8月8日は試験Ⅰから試験Ⅱへの移行期間であり、曝気装置の設置
工事により期間③と期間④の間の曝気休止期間が長引き、酸欠
状態に近づいたため、酸素の消費速度が低下したと推定される。

4. 酸素消費速度

曝気装置休止期間における DO 低下速度から推定される酸素
消費速度の経時変化を図-4 に、酸素消費速度のコンターを図-5
に示す。全層が循環していた11月6日～11月30日を除いて標
高ごとに酸素消費速度の変動に規則性が見られた(図中の
(i)～(iii))。(i)においては、曝気休止期間であっても表層で酸
素量が増加しており、光合成による酸素生産を反映してい
る。(ii)においては、表層から中層にかけて、特に EL.169m
付近で大きな酸素消費が見られる。躍層付近に溜まってい
た植物プランクトンがゆっくりと沈降して無光層に至った
ため死滅し、分解無機化される過程で酸素を消費したと考
えられる。(iii)の部分は、中層から下層にかけて水深とと
もに酸素消費が増加している様子をあらわしている。

EL.156m以深の層では水温成層が形成されている期間を通

して無酸素状態が維持され、酸素消費量の算出が不可能であった。また、6月と8月に水温躍層以浅の表層付
近で溜まって生産活動を行っていた大量の植物プランクトンが時間をかけ沈降し、それぞれ7月と9月に無光
層に至り、呼吸による酸素消費や成長できずに分解されて酸素を消費した様子が見られる。

5. 酸素溶解速度と曝気効率

EL.156m～EL.169m を曝気層と考え、それ以外の層への
酸素の散逸率を期間ごとに算定し図-6 に示す。期間③にお
いては、前述のように曝気期間が長かったために曝気効率
が低下した。その他の期間においても、期間の前半より後
半の方が酸素濃度が増加して溶解効率が低下するため散逸
率は高い。酸素の溶解速度は、飽和溶存酸素 C_s と水中の
DO 濃度 C との差である不飽和度($C_s - C$)に比例し、水中の
DO が少ないほど酸素要求量が大きく、酸素溶解速度も大き
い。これを一次反応式で表すと、次式のようにになる。

$$\frac{dC}{dt} = k_l(C_s - C) \quad (1)$$

曝気装置バブル吐出口標高 EL.159m における酸素の不飽
和度と溶解速度との関係を図-7 に示す。期間④では送気量
が少なかったため、除外すると試験Ⅱの近似曲線は点線の
ようになる。ほとんどの期間において曝気期間の前半は、
曝気休止期間直後であるため不飽和度が高く、酸素溶解速
度が大きい。また、この相関図から得られる物質移動係数 k_l (図中の傾き)に基づいて、曝気装置の酸素供
給効率を評価すると、試験Ⅱの近似曲線の傾きが試験Ⅰよりも大きい。同じ送気量において試験Ⅱの方が曝気
効率における性能が高いと判断される。

参考文献：1) 道奥他：水工学論文集，第 52 巻，pp.1279-1284，2008 年

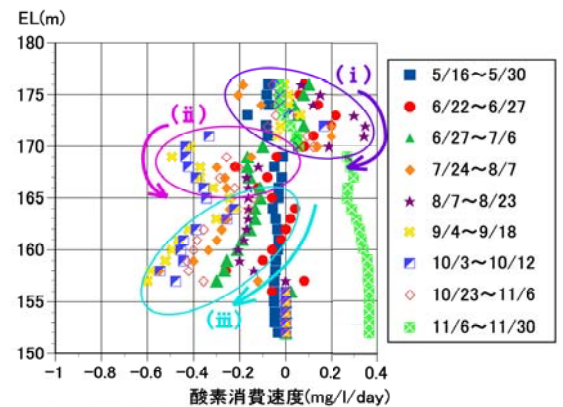


図-4 曝気休止期間における酸素消費速度

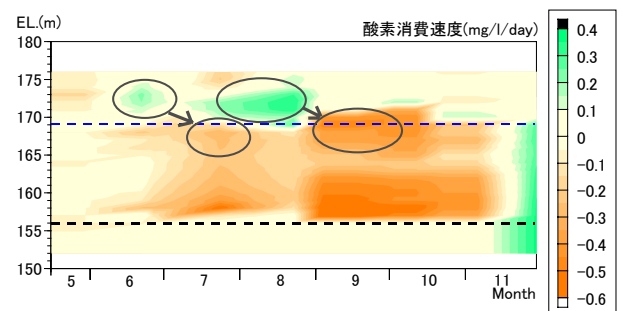


図-5 酸素消費速度

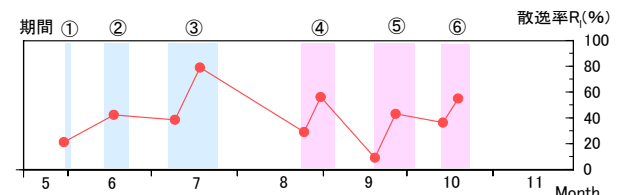


図-6 曝気の散逸率の変化

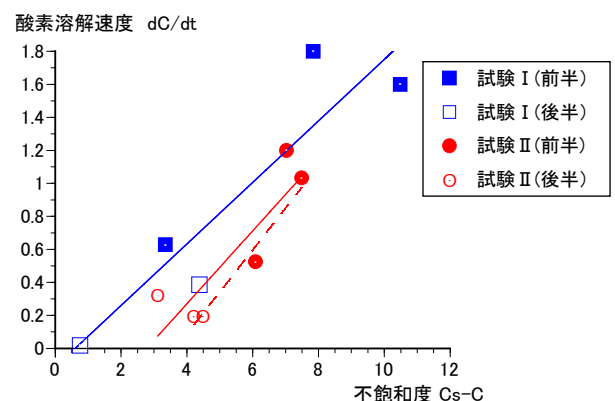


図-7 酸素の不飽和度と溶解速度との関係