

ダム湖における高濃度酸素水の底質への影響とその拡散

山口大学 ○若林大嗣，今井剛，水上雅昭，浮田正夫，関根雅彦，樋口隆哉

1. はじめに

閉鎖性水域では夏季において温度成層が生じ鉛直方向の水の循環がほとんどなくなる。それにともなってい底質は嫌気化し、水質悪化の原因となる栄養塩類が溶出する。底質の改善策としてこれまでに浚渫や覆砂等が行われてきたが、周辺の水環境へ悪影響を及ぼす、あるいは要するコストのわりに十分な効果を得ることができない等の問題点を有する。したがって新たな底質改善の方法が強く求められている。栄養塩類の溶出を抑制する方法として“底質に酸素を水に溶存させた状態で供給し好気化する”ものが考えられる。この酸素水を夏季に水域底層部へ底層の水温とほぼ同じ温度で供給すれば底層部に確実に酸素を供給でき、底質の環境を改善することが可能である。本研究では昨年度までに開発を行った高濃度酸素水製造装置をダム湖の底層に設置し、その場で高濃度酸素水を製造する原位置方式を採用する。原位置方式の大きなメリットとして、底層水をその場で高濃度酸素水に改質して供給できるため、改質前後の温度変化を極力小さくできることが挙げられる。また水深に応じた水压を酸素の溶解に利用できるため低コストの運転が可能である。昨年度の研究により、高濃度酸素水と底質との接触によるリン溶出の抑制効果及び温度成層を壊すことなく底層へ高濃度酸素水を供給可能であることが明らかとなっている。よって本研究では装置から供給される高濃度酸素水による底質の浄化作用とその拡散状況について調べ、本装置実用化のための基礎データを得ることを目的とする。

2. 高濃度酸素水製造装置の概略

本装置ではシャボン玉のように酸素と酸素との間に水の膜を形成させることにより極めて効率的に酸素を水に溶解させることができる。すなわち図1に示すように水の液膜と酸素との接触面積が大きく、かつ水の液膜の両側から加圧された酸素を接触させることができるため、溶解効率を飛躍的に増大させることが可能である。また装置の内部の概略図を図2に示す。溶け残った酸素は気体回収部から回収されて再利用されるため、供給された酸素は水に溶けることでしか装置の外に出ることはない。よって供給された酸素は無駄なくほぼ100%利用できる。

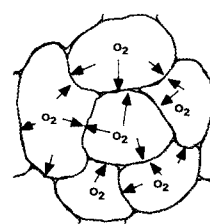
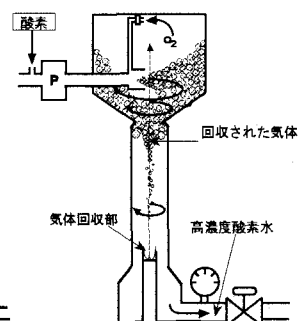
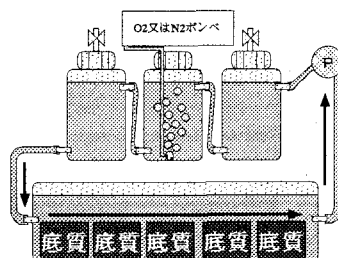
図1 水の液膜化による
酸素溶解効率の向上

図2 装置概略図

3. 高濃度酸素水の底質浄化効果の把握

3. 1 実験装置及び方法

高濃度酸素水に長期間曝された底質の浄化の程度を調べるために図3に示す装置を用いて室内実験を行う。図に示した装置を2セット用意し、一方は酸素曝気した高濃度酸素水を底質に接触させ、もう一方は対照系として窒素曝気し嫌気的な条件にした。底質はサンプリングしやすいように小型容器に分けて入れた。サンプリングは実験開始から3週間目に行い、底質の表面から5mmの表層とその下層1cmの酸素消費速度を調べた。この室内実験では高濃度酸素水の底質への浄化作用をよりわかりやすく調べるため、底層部が夏に短期間嫌気化するパイロットプラントを設置した山口県下松市の末武川ダムの底質ではなく、長期間嫌気化している山口県柳井市の黒杭貯水池の底質を用いた。

図3 底質の浄化作用
実験概要図

3. 2 室内実験の結果及び考察

図4にそれぞれ高濃度酸素水を接触させた底質の表層とその下層、嫌気条件にした底質の表層とその下層の酸素消費速度の変化を示す。高濃度酸素水を接触させた底質では表層の酸素消費速度が減少した。これは高濃度酸素水によって底質の有機性成分が酸化されてその量が減少し、底質の浄化が進んだことによると考えられる。また下層の酸素消費速度も減少していたため底質の浄化が進んでいたと考えられる。

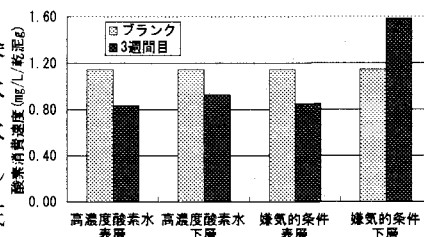


図4 酸素消費速度の変化

また嫌気的条件下では表層の酸素消費速度が減少したのに対して下層では増加した。これは今回の室内実験装置における嫌気的条件下では平均してD0が0.8mg/L程度であったため、表層では多少酸化が進んだが下層では酸化されることはなく嫌気化が進み、より酸素の要求量が増加したためと考えられる。

よって高濃度酸素水による底質の浄化効果は深さ方向にもあると考えられる。

4. パイロットプラントによる現地実験について

4. 1 実験方法

山口県下松市末武川ダムに高濃度酸素製造装置を設置し、運転を行った。装置下部に杭をつけて着底させ、高濃度酸素水を底層部近くに供給できるようにした。また高濃度酸素水の拡散状況を把握しやすくするために供給気体として純酸素を選定し、高濃度酸素水の吹き出し方向を一方向とした。図5のように水の流れを考慮して測定ポイントを装置直近、装置から25m付近、50m付近、100m付近に設置した。また酸素を大気圧下換算で49L/min供給し、平成16年10月5日から11月11日までの約1ヶ月間運転した。なお、この運転期間中に台風などの影響により数回装置を停止した。さらに空気を大気圧下換算で73L/min供給し、平成16年12月1日から12月8日までの1週間運転した。

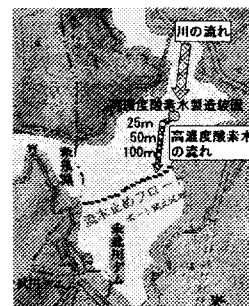


図5 装置の位置

4. 2 パイロットプラントから供給される高濃度酸素水拡散調査の結果及び考察

高濃度酸素水製造装置に酸素を供給した場合、空気を供給した場合、およびブランク（装置運転以前）の装置から50mと100mの測定ポイントにおけるD0の鉛直分布をそれぞれ図6、図7に示す。

装置に酸素を供給した場合、50m付近では湖底から1m高い位置、100m付近では湖底から2m高い位置でそれぞれD0は7.8mg/L、8.3mg/Lとなり高濃度酸素水の影響を確認することができた。この高濃度酸素水が確認された水深の水温は9.3℃であり、高濃度酸素水も同じであった。よって高濃度酸素水の影響が湖底の上方で確認された理由は高濃度酸素水が製造された水深の水温の層に拡散したためと考えられる。また装置に空気を供給した場合、50m付近の湖底のD0は3.3mg/L、100m付近の湖底から4m高い位置のD0は3.0mg/Lとなり、ブランクにおける同じ水深のD0の1.7mg/Lより高い値が確認された。100m付近では酸素を供給した場合と同じように、高濃度酸素水は製造された位置と同じ水温の層に拡散したため影響が湖底より上方で確認されたと考えられる。

装置から供給される高濃度酸素水のD0は、酸素を供給した場合にD0計の測定上限の20mg/Lを超えたが、空気を供給したときは8mg/Lとなった。これはD0を装置の排出口の直近で測定する際に、高濃度酸素水が排出口から出た瞬間に周囲に存在するD0の低い底層水によって希釈されたため計算値(20mg/L:40mの水深で空気中の酸素が完全に水に溶解した場合のD0の計算値)より低く測定されたと考えられる。

一般に底質の状態により酸素の消費量が違うため、見かけ上の高濃度酸素水の作用範囲は変化する。したがって本実験結果より装置から少なくとも100mまで高濃度酸素水の作用範囲があったものと考えられる。また高濃度酸素水の作用範囲を広げるには酸素濃度の高い気体を供給すること、もしくは空気を長期間連続的に供給することによりそれが可能になると考えられる。

5. まとめ

高濃度酸素水を貧酸素化した底層部に供給することで底質を浄化することが可能である。

パイロットプラントの装置では少なくとも装置から100mまで高濃度酸素水の作用範囲を広げることが可能であると確認された。水温によって拡散する層が決まるため一番深い位置に装置を設置することで高濃度酸素水を効果的に供給することが可能である。また流れに沿って拡散させるために上流に設置することも1つの方法である。

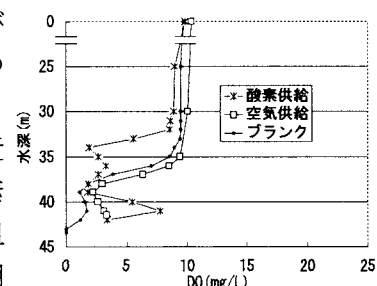


図6 装置から50mにおけるD0の鉛直方向変化

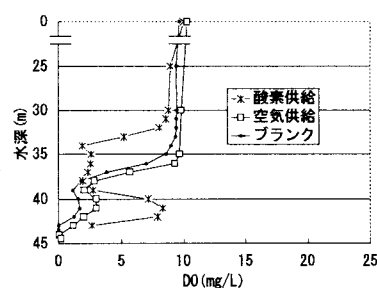


図7 装置から100mにおけるD0の鉛直方向変化