

VII - 4

ダム湖前貯水池の底質からの栄養塩溶出及びその酸素消費特性

東北大学工学部 学生員 ○山口肇征
 東北大学工学部 正 員 我妻貞男
 仙台市下水道局 大高重光
 東北大学工学部 正 員 宮原高志
 東北大学工学部 正 員 野池達也

1. はじめに

ダム湖の富栄養化は、景観を損ねるばかりでなく、水源として利用する際にも大変問題となっている。現在建設中のMダムは流域に多くの非特定汚濁源が存在するため、土粒子の流出により供給される懸濁態のリンによる富栄養化が懸念されている。そのため流入河川水直接浄化のためダムの上流に栄養塩除去を目的とした前貯水池も同時に建設されている。

水質浄化を目的とした前貯水池において、除去された汚濁負荷は大部分が底質に蓄積されることになる。ところが、底層が嫌気の状態になると、リンをはじめとする栄養塩が溶出する。このため前貯水池においては、底質の管理が特に重要になり、底質の性質を知ることが重要となってくる。そこで本研究は、底質の直上水の溶存酸素を変化させ、リン及び鉄、マンガンなどの溶出との関係および底質の酸素消費特性に関して検討した。

2. 実験方法

2.1 底質からの栄養塩溶出に関する室内実験

実験装置を図-1に示す。実験に用いた底質は、1996年11月19日にH前貯水池中央部（水深5.5m）で採取したもので、採泥にはエックマン・バージ型採泥器を用いた。また、供給水はポンプを用いて、貯水池底層（水深5m）より採水し、濾紙（Whatman GF/C）で濾過したものを十分窒素曝気して溶存酸素を追い出したものを使用した。直上水はDOコントローラーを用いて、窒素ポンプとエアープンプとでDOを一定に保った。DOは、最初は0mg/lとし、リン濃度が定常に達した実験開始後30日で2mg/lに46日後に4mg/l上げた。また、装置を恒温室内に置き水温を25℃に保った。底質上の直上水の体積は約11.4l、滞留時間は約1時間である。またDOは、おおよそ設定値±0.1mg/lで安定していた。実験分析項目は、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、pH、ORP、D-Fe、D-Mnなどを行った。

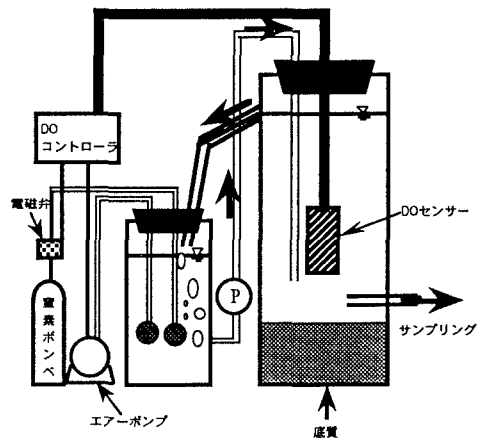


図-1 実験装置

2.2 底質の酸素消費特性に関する室内実験

底質の酸素消費特性を把握するために、直径38mm、容量約100mlのフランビンに2.1で用いた底質を3000rpm、20分間遠心分離し、よく混和した湿試料を100mlあたり4gになるように加えた。試水は2.1と同様のものを空気ですべて曝気した。その後、静かに試水を加えて空気が入らないように栓をし、フランビンをよく振とうさせて試料と試水をよく混ぜ合わせ、測定回数分用意した。フランビンはそれぞれ15℃（RunA）、20℃（RunB）、25℃（RunC）の恒温水槽に水没させて遮光し、温度を一定に保った。また、同時に微生物の活性を抑制するためにストレプトマイシン硫酸塩を試水に0.5mg/l添加した系を20℃（RunD）と25℃（RunE）で行った。測定は試料が安定した1時間後から開始した。実験分析項目は、2.1

の分析項目にDO追加したものである。サンプリングは任意の時間間隔で行った。

3. 実験結果および考察

3.1 溶出試験

窒素濃度の経時変化を図-2に、リン濃度およびORPの経時変化を図-3に示す。これより、実験開始から10日目までは硝酸消費過程であり、その後30日目までは硫酸還元過程であることがわかる。また、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度をみると、硝酸消費過程と硫酸還元過程ではその溶出速度が大きく違うことがわかる。ORPも $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の減少とともに値が下がっていき硫酸還元過程では、約-50mV前後で安定する。硝酸消費過程と硫酸還元過程の $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出速度を求めると、それぞれ $2.09\text{mg/m}^2/\text{day}$ ($R=0.98$)、 $19.89\text{mg/m}^2/\text{day}$ ($R=0.995$)となり、同じ $\text{DO}=0\text{mg/l}$ の状態でも底質の状態により、その値は約10倍違うことがわかる。底質が硫酸還元状態に達したときの溶出速度は、他の文献値と比較しても非常に高く、前貯水池において底質が栄養塩の供給源として無視できないものであるといえる。

30日以降 $\text{DO}=2$ 、 4mg/l に上げると、リン濃度がほぼ線形に減少していくことがわかる。これは、底質が酸化状態になりリンが吸着しているためと思われる。この好気条件での底質によるリンの吸着速度を求めると、 $17.57\text{mg/m}^2/\text{day}$ ($R=0.999$)となる。このため、この底質には好氣的条件で自浄作用があるといえる。

以上より、前貯水池においては、底質を好氣的状態に保つことが非常に重要であり、曝気による効果は高いことが推定される。

3.2 酸素消費特性実験

図-4にRunA, B, Cの結果を示す。これからわかるように、温度が高いほど底質の酸素消費速度が速いことがわかる。25℃を基準に考えると、定常に達するまでの時間は、20℃で約2.5倍、15℃で5倍である。この結果は、夏期における底質管理が特に重要であることを示している。

4. まとめ

1) 前貯水池において、底質からの $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶出速度は、硝酸呼吸過程では $2.09\text{mg/m}^2/\text{day}$ 、硫酸還元過程では $19.89\text{mg/m}^2/\text{day}$ 、好氣的条件では $-17.57\text{mg/m}^2/\text{day}$ となった。

2) 底質の酸素消費は水温が高いほど速い。

3) 前貯水池底質においては、夏期における底質の管理（曝気など）が非常に重要であり、底質を好氣的条件に保つことにより自浄作用があることがわかった。

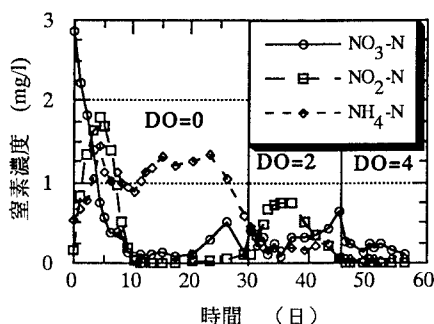


図-2 形態別窒素濃度の経時変化

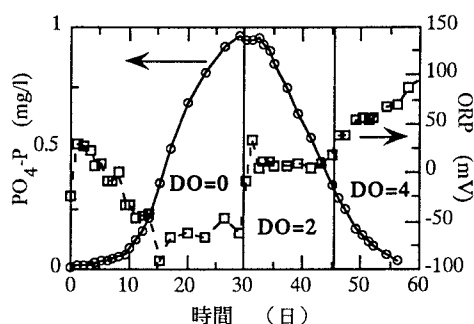


図-3 リン濃度およびORPの経時変化

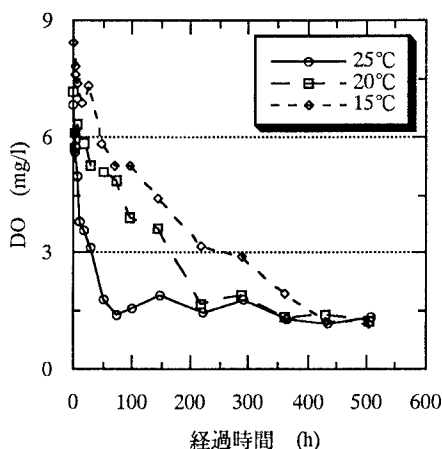


図-4 DO濃度の経時変化