

## VII-198 浅い湖の貧酸素層への酸素供給に関する検討

建設省土木研究所 正会員 島谷幸宏  
同上 正会員 保持尚志

## 1. はじめに

霞ヶ浦をはじめとする浅い湖沼において、藻類の発生による水質汚濁が問題となっている。そして底泥からのリン・窒素の溶出は、藻類発生の原因の一つである。

ここでリンに着目すると、底泥直上水の溶存酸素量が少ないほど、溶出速度は大きくなることが知られている。（例えば細見ら<sup>1)</sup>）。また河合らは、底泥の表面に発生する酸化層の有無がリンの溶出を制御していると述べている<sup>2)</sup>。酸化層の有無は、その直上の溶存酸素量によると考えられ、このように溶存酸素はリンの溶出に大きく関係している。

実際の湖沼における溶存酸素状況について、霞ヶ浦を例にみる。石川は1987年7月～8月にかけて行った調査から<sup>3)</sup>、水域に水温の日成層が発生し、かつ成層を壊すほどの風がない状況が連続すると、湖底付近の溶存酸素量は減少し、リン酸態リン濃度が上昇すると報告している。また建設省霞ヶ浦工事事務所の観測結果では（図-1）、7月～11月の水温の高い時期に、底層での溶存酸素濃度が低い状況が見られ、石川らの調査と合わせて考えると、この時期には多量のリンが溶出していることが予想される。

このような検討から、リンの溶出を抑制するためには、湖沼底泥の貧酸素状況を改善し、底泥表面に酸化層を形成することが効果的と考えられる。本論文で筆者らは、その方法を提案し可能性を検討した。

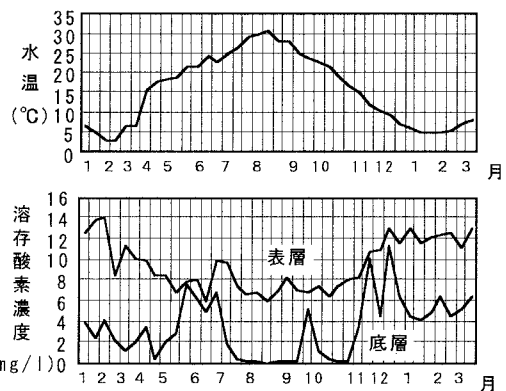


図-1 霞ヶ浦における水温と溶存酸素の変化

## 2. 浅い湖における底層への酸素供給法

筆者らは湖底に敷設したパイプによって溶存酸素濃度の高い水を供給し、底層域の溶存酸素濃度を高める方法を提案する（図-2）。本方法の利点として、①酸素を溶け込ませた水を送り込むので、直接バク気によって溶解効率を高めることができる、②酸素を底層へ効果的に送り込むことができる、③塩分成層のある汽水湖でも、底層の塩水を吸引し酸素を供給してから戻すことで、溶存酸素濃度を高めることができる、等が考えられる。

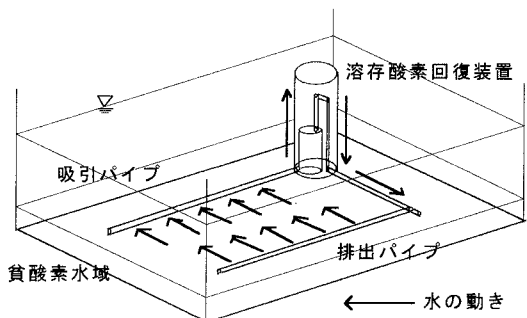


図-2 水循環装置イメージ図

## 3. 水の流れに関するシミュレーション

では湖底にパイプを敷設し水を供給したとき、貧酸素層の溶存酸素濃度はどのように変化するのか。数値解析により検討した。

## (1) 計算条件

図-3に解析モデル図を示した。解析領域として縦10m、幅100mの断面2次元モデルをデカルト座標系で作成し、計算格子の分割は領域両端が細くなる不等間隔で、104×101に分割した。今回の解析では水面を高さ5mの位置に設定し、5×100mの領域を計算した。

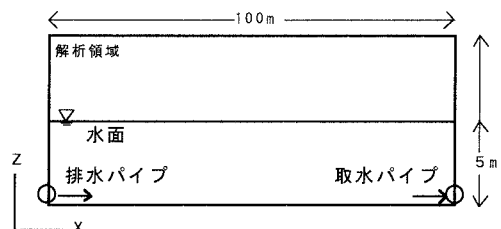


図-3 解析領域

水面および領域側面は対称境界条件とし、湖底面には粗度係数 $n=0.022$ を与えた。領域両端の底部にパイプ（直径0.5m）を設置し、排水パイプの側面（幅0.25m）から一定の流速（0.1m/s）、酸素濃度（8mg/l）、水温（25度）で水を噴き出させ、取水パイプから同流速で吸引させた。また取排水面は50%だけ開口しているとして面透過率0.5を設定した。本検討では酸素消費については湖水、湖底とも考慮していない。

なお、本数値解析はアプリケーションソフトウェア「 $\alpha$ -FLOW」（（株）富士総合研究所）の非圧縮性流体解析モジュールを使用して行った。また乱流モデルは $K-\epsilon$ 2方程式モデルを使用した。

初期条件として、X、Z方向の流速0m/s、さらに図-4に示した水温分布、溶存酸素濃度分布を与え、計算は約10時間分を行った。時間ステップは「 $\alpha$ -FLOW」の自動時間刻み機能を使用したため一定ではなく、計算の結果からみると、0.625秒±数%であった。

## （2）結果

図-5. 1～5. 4に溶存酸素濃度の経時変化を示した。

なお図では縦方向を10倍して表示してある。これによると底層の貧酸素層が時間と共に消滅していく様子がみられる。ただし排水パイプから約50mまでは濃度が8mg/lに上昇しているが、それ以遠には低濃度部分が残る傾向が見られる。10時間経過後の流向の分布を見ると（図-6）約50mまでの底層域には右向きの流れ、それ以降は逆向きの流れが見られる。このことから、今回の条件下での酸素濃度の変化は、約50mまでは移流が支配的、それ以降では拡散が支配的になっていると考えられる。

## 4. 結論

この結果から、今回提案した溶存酸素の回復手法は、今後検討すべき事項は多いものの、現実に応用できる可能性があると考えられる。

いっぽう湖沼底層域の溶存酸素の回復は、新生堆積物の好気分解を促進する、好気性ペントスの生息を可能にする、などの効果が考えられ、リンの溶出抑制以外にも良い影響があると思われる。検討を進めていきたい。

今後検討する必要がある事項は、研究的には、酸素濃度の回復による効果の評価や送り込む水の質・量に関して、技術的にはこのようなシステムの構築に関して、実際の適用という面からはコストに関して、などが挙げられよう。

## 謝辞

本検討にあたり、霞ヶ浦の観測データを提供していただいた霞ヶ浦工事事務所に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 細見, 須藤: 霞ヶ浦底泥からの窒素及びリンの溶出について, 国立公害研究所研究報告, 51号, p191-p217, 1984.
- 2) 河合, 大槻, 相崎, 西川: 底泥からのリンの溶出機構, 国立公害研究所研究報告, 51号, p219-p240, 1984.
- 3) 石川: 霞ヶ浦の日成層・・日成層研究の序, 東工大 土木工学科研究報告, No40, p69-p82, 1989.

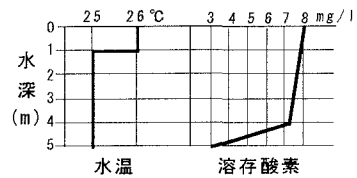


図-4 初期条件

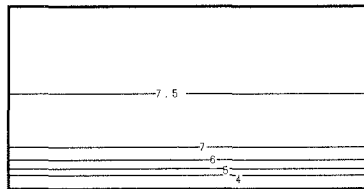


図-5.1 0時間後

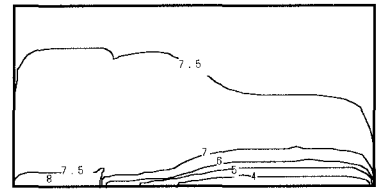


図-5.2 2時間後

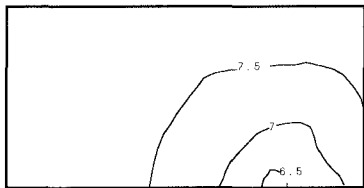


図-5.3 6時間後

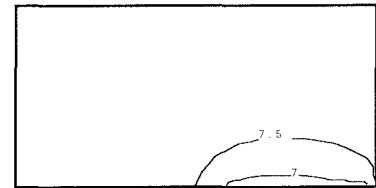


図-5.4 10時間後

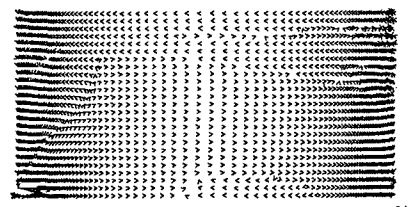


図-6 流向図 10時間後