

閉鎖性貯水池における水質底泥改善技術の開発

九州大学大学院工学研究科 学生員○長谷部崇 フェロー 小松利光
 正会員 井上徹教 藤田和夫 学生員 西元 誠
 九州大学工学部 学生員 堺 貴臣
 西日本技術開発株式会社 正会員 井芹 寧

1. はじめに

富栄養化による水質悪化の解決方法として、DOの豊富な表層水を無酸素状態の底層部に供給する水質改善技術が提案されている。これまでの研究から、隔離水界(面積100m²)における水質底泥改善効果は証明されている¹⁾。しかし、本システムは将来的にはダム湖や港湾などの大規模な水域での活用を意図するものであることから、より広い水域での実証実験が求められていた。そこで本研究では、面積約15000m²の貯水池において、連続的に表層水を底層部に供給したことによる水質及び底泥の改善効果を検証した。

2. 実験方法

現地実験は2000年5月から9月までの期間、福岡県糟屋郡久山町に位置する井牟田池で行われた。井牟田池は最大水深約5m、面積約15,000m²の小規模な貯水池であり、3月から10月までの期間は水温成層が発達し、底層水は完全に無酸素化する。

実験装置は、貯水池の中央に設置され、表層水を獲得し、底層へ送水する機能と、送られてきた表層水を冷却し底層部に放出して混合させる機能を有する(Fig.1参照)。水上には、5m×6mの台船上にポンプが装備されている。ポンプの動力源として今回は交流電源を使用しているが、将来的には自然エネルギーの利用を考え、台船上に太陽光発電や風力発電の装置も設置して発電量が計測できるようにしている。15,000m²の水域に対するポンプ揚水量は、過去に行われた隔離水界実験¹⁾を参考にすると、1.8m³/minであるが、実験装置の能力から、0.65m³/minとしている。その内0.4m³/minは、ラジエーターの連行作用発生装置(冷却効果を上げる機能)に使用され(Fig.2参照)、残りの流量0.25m³/minが冷却器であるアルミ管を通りディフューザーから放出されて底層に供給される。

水質の計測として、多項目水質センサーによる主要項目の調査と、採水による分析調査を実施した。池中央部に設置された実験装置を起点とし、西岸に向かう測線上に10m間隔に計5ヶ所の測点を設け、Stn.1,2,3,4,5とした(Fig.3参照)。週に一度、その5測点において、水温、電気伝導度、DO濃度などの測定項目を、多項目水質計(HYDROLAB,DS4a)を用いて鉛直方向に0.5m間隔で行った。採水はStn.1,Stn.3とStn.5の表層(水深0.5m)、中層(水深2.5m)、底層(水底から0.5m)において月に二度の頻度で行い、水質分析を行った。なお、本実験に先立ち、1998年5月以降Stn.3付近(Stn.C)で比較対照用データの収集を行っている。

さらに、この水質改善システムによる底泥における効果を検証するため、未攪乱底泥コアを用いてバッチ系室内実験²⁾を行い、底泥の酸素消費速度(SOD)を算出した。実験装置稼働終了後、

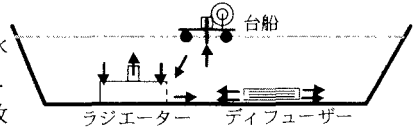


Fig.1 実験装置概略図

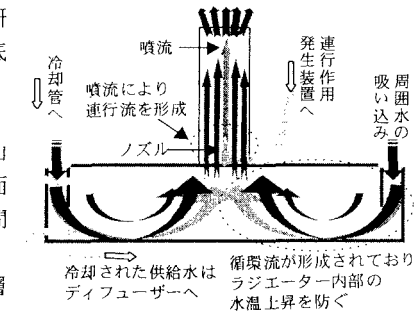


Fig.2 ラジエーター

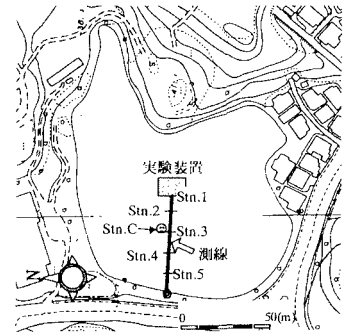


Fig.3 井牟田池測点

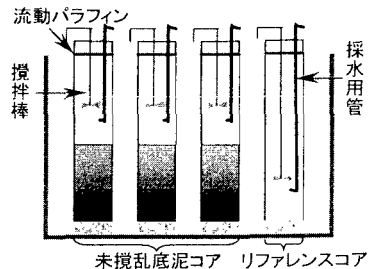


Fig.4 バッチコア系室内実験装置

Stn.1, Stn.3, Stn.4 の3地点から各地点毎に3コア採取した。それらのコアは夏期の井牟田池底層における水温とほぼ同程度の20℃に維持された恒温水槽内に設置されている。また、採水は攪拌棒を用いてコア内の水質を均一にした後に、水底から約10cmの高さで行い、その後水質分析を行った (Fig.4 参照)。

3. 結果および考察

Fig.5 に夏期の代表的な鉛直分布の例として、1998年7月15日のStn.C, 2000年7月18日の各測点におけるDO濃度の鉛直分布を示す。表層付近を除くといずれも水深が増すに従いDO濃度は減少している。底層に注目してみると、Stn.1のみ表層水供給の影響を受け、水底から50cm付近で微量のDO濃度回復が見られるが、いずれの点も水底では完全に嫌氣的であった。

Fig.6 に2000年夏期のStn.1,3,5及び1998年夏期のStn.Cの底層(水底より0.5m)におけるNH₄⁺-N濃度、PO₄³⁻-P濃度の経時変化を示す。Stn.Cの経時変化から、例年の夏期には堆積物からの溶出に伴い、NH₄⁺-N濃度は500から1500mg/l程度まで、PO₄³⁻-P濃度は30から50mg/l程度までの上昇が見られる期間であると言える。Stn.5の栄養塩濃度がStn.1やStn.3に比べ低い値となっているのは、水深がStn.1やStn.3に比べ約1m浅く、無酸素化の程度が比較的弱ため、堆積物からの溶出が抑えられているためと考えられる。実験装置の運転を開始すると、Stn.1とStn.3のNH₄⁺-N、PO₄³⁻-P濃度はいずれも徐々に減少を始め、7月18日にはStn.5とほとんど変わらない低い濃度を示すようになった。

Fig.7 に室内実験により求められた底泥によるSODとDO濃度の関係を示す。(a)は現地実験前のStn.Cの底泥を用いた結果で、(b)は現地実験後のStn.3の底泥を用いた結果である。現地実験前の底泥においては、DO濃度が約2mg/l以上の場合はDO濃度に関係なくSOD値は一定であるが、2mg/l以下になるとDO濃度の減少に伴いSOD値も直線的に減少する。この結果から現地実験前の底泥による酸素消費速度とDO濃度との間にはミカエリス・メンテン型のような関係があり、生物反応が酸素消費の支配的な要因になっていると考えられる。これは、現地実験前の底泥中では水温成層期間において好氣的な分解が起っていないため比較的多くの有機物が存在するため、主に生物反応により酸素が消費されたためと考えられる。それに対して現地実験後の底泥は、現地実験前の底泥に比べてDO濃度に関係なくSODが低い。これは、実験装置稼働により供給された溶存酸素が、底泥を酸化し、夏期における底泥内部の有機物分解を促進した結果と考えられる。

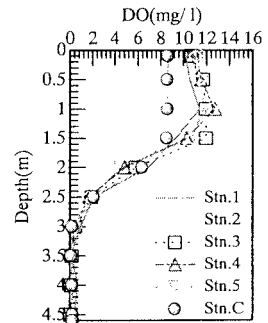


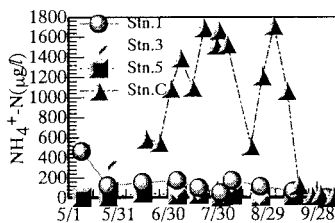
Fig.5 1998年7月15日のStn.C, 2000年7月18日の各測点のDO濃度の鉛直分布

4. 結論

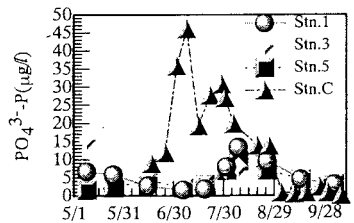
現場実測の結果から、本システムは、DO濃度を増加させるまでには至らなかったが、DO供給地点から20m離れた水底においても、栄養塩の溶出を抑制していることがわかった。また、バッチ系室内実験結果から、底泥が酸化されることにより、内部の有機物分解が進み、底泥の酸素消費が軽減されたことがわかった。

参考文献

- 1) 小松利光, 岡田知也, 中村由行, 中島信一, 長谷部崇, 藤田和夫, 井芹寧: 閉鎖性水域底層への表層水供給による水質改善効果, 海岸工学論文集, No. 46, pp. 1111-1115, 1999.
- 2) 中村由行・井上徹教・山室真澄・神谷宏・石飛裕 (1996): 未攪乱底泥コアを用いた連続培養系での酸素消費・溶出試験, 海岸工学論文集, No. 43, pp.1091-1095.

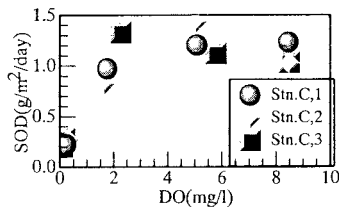


(a) NH₄⁺-N濃度の経時変化

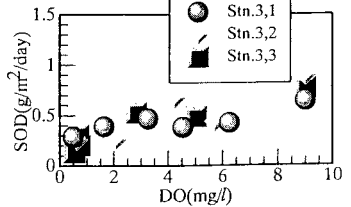


(b) PO₄³⁻-P濃度の経時変化

Fig.6 水底から50cmにおける栄養塩濃度の経時変化



(a) 現地実験前 Stn.C



(b) 現地実験後 Stn.3

Fig.7 底泥による酸素消費速度 (SOD) とDO濃度の関係