

# 超低速ろ過法を用いた富栄養化湖沼の浄化に関する研究

## —マイクロコズムでの実証実験と解析について—

九州大学大学院 学生会員 ○井上和久 フェロー 楠田哲也  
福岡大学工学部 正会員 山崎惟義 正会員 渡辺亮一

### 1. はじめに

近年、湖沼・内海・内湾等の閉鎖性水域における富栄養化の問題が深刻になっているといわれている。特に都市域にある湖沼は外部との水の交換が行われにくく汚濁物質が蓄積しやすいために、水質の改善および維持が非常に難しく富栄養化しやすい傾向にあり、景観の悪化、悪臭、魚介類の斃死などの問題が生じている。これまでに富栄養化した湖沼の水質改善の方法として、凝集沈殿法・薬剤処理・接触材浸漬法等が試みられてきたが、周辺の生態系に及ぼす影響を考慮した場合には出来る限り自然の浄化能力を利用した手法が望ましいと考えられる。そこで本研究では富栄養化湖沼の浄化手法の一つとして超低速ろ過法（湖水をろ床で緩速ろ過速度の1/10程度の速度でろ過し、湖水を循環させようとするものである。）を用いた実証実験を行った。その結果、超低速ろ過法に関して循環速度とろ材を変化させた場合に特徴的な差異が確認されたので報告させていただく。また、水—底泥間富栄養化モデルを用い超低速ろ過法の浄化機能を解析的に検討した結果についても考察を加えている。

### 2. 実験条件および分析項目

本実験では、循環速度を2週に1回・3.5日に1回・循環なしの3種類とし、各循環速度毎にろ材をマサ土とクロボクの2種類用い計6水槽で実験を行った。また、分析項目はpH、電気伝導率、濁度、溶存酸素、水温の5項目を1日1回測定し、全窒素（T-N）、溶溶性全窒素（D-T-N）、全リン（T-P）、溶溶性全リン（D-T-P）、クロロフィルa濃度、生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）を2週に1回測定した。さらに、循環ポンプからの流出流量とろ抵抗を定期的に測定した。

### 3. 実験結果および考察

図1は循環速度を変化させた場合のクロロフィルa濃度の経時変化を表している。この図から、クロロフィルa濃度は循環速度が速い方が低くなる傾向を示しており、循環速度による藻類除去効果の違いが認められる。また、ろ材毎に比較するといづれの循環速度においてもほとんど差がなく、藻類除去効果の差異はろ材によらないことが確認された。図2、3は各ろ材において循環速度を変化させた場合の溶解性リン濃度、粒子態リン濃度の経時変化を示している。この図から、藻類の活性が高い10月下旬までは、溶解性リン濃度は栄養塩を投入しているにもかかわらず低いことがわかる。また、11月以降水温の低下に伴って藻類の活性が落ちるために溶解性リン濃度が高くなり、その後水温の上昇に伴って再び低くなっている。次に粒子態リン濃度に関しては、循環させないケースでは高くなっているが、循環させたケースでは低い値で推移していることがわかる。このことから溶解性のリンが藻類に吸収され、ろ床で除去されていると考えられる。ただし、現時点では栄養塩量と藻類が吸収する量が釣り合っているため過剰な溶解性リンの流入は生じていないが、投入栄養塩量を増すと高くなる傾向が表われると考えられる。さらに、図3より、粒子態リン濃度は循環速度の速い方が低くなる傾向にあることがわ

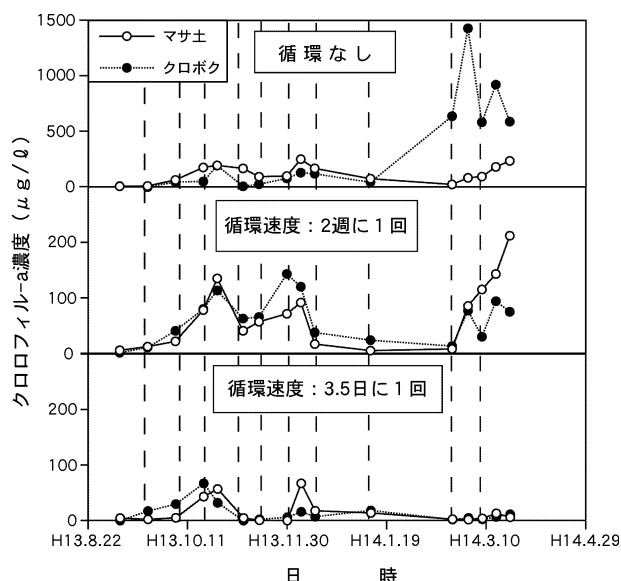


図1 各槽内のクロロフィル-a濃度の経時変化（図中の破線は栄養塩投入日）

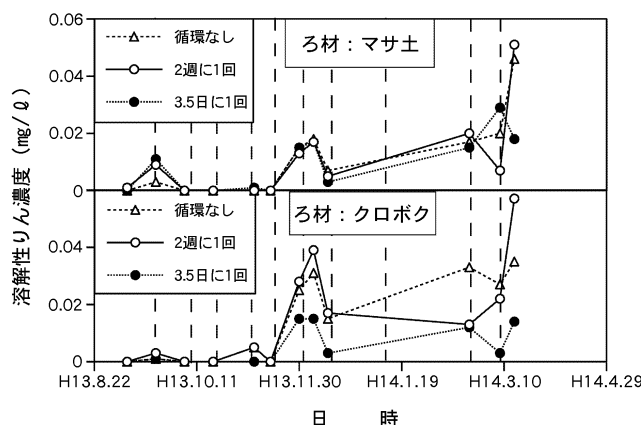


図2 循環速度による溶解性リン濃度の比較（図中の破線は栄養塩投入日）

キーワード：富栄養化・緩速ろ過法・超低速ろ過法・マイクロコズム

連絡先：九州大学大学院・都市環境システム工学専攻・都市環境工学研究室

〒812-8581 福岡市東区箱崎6丁目10-1

Tel 092-642-3241 Fax 092-642-3322

かる。ただし、2週に1回循環させたケースと循環させないケースとを比較すると、その効果は十分であることがわかった。以上の結果から、2週に1回循環させた方が運転コストの面から見ても効率的であることがわかる。次に、図4はろ材を変化させた場合の損失水頭の経時変化を表している。ろ床材としてマサ土を用いた場合には、経時的に損失水頭が大きくなっている、一方クロボクを用いた場合には、ほとんど損失水頭が見られない。このことから、マサ土はクロボクに比べろ床の目詰まりを引き起こしやすいので、維持管理面から検討した場合にはマサ土よりもクロボクの方がろ材に適していると考えられる。

#### 4. 解析手法および結果

水質予測モデルとして山崎<sup>1)</sup>により提案されている水—底泥間富栄養化モデル(図5：水塊部<sup>2)</sup>と底泥部<sup>3)</sup>)を結合させたモデル)を用いた。本モデルでは以下の仮定を設定している。

リンが制限栄養塩である。

食物連鎖は考慮せず、藻類によるリン摂取のみを考える。

水中のリンの存在形態としては藻類体内リンとリン酸態リンのみを考える。

水平方向には均一であると考え、鉛直一次元モデルとする。

また、シミュレーションに必要な主なパラメーターは、利用可能リン負荷量を  $9.79 \times 10^{-4} \text{gP/day}$ 、水深を 0.55m、流入流出は無いものとした。その他のパラメーターについては実験条件および福岡市の気象条件をもとに決定した。

図6は水槽内の12年間の藻類量と利用可能リン量の予測結果を示している。循環させない場合には藻類量が年々増加する傾向が表れている。また、循環速度を3.5日に1回にすると藻類の除去効果は大きい、利用可能リン量が増大することがわかる。これに対して、2週に1回の循環では藻類量、利用可能リン量とも低い値で推移していることがわかる。これらの結果から、湖水中の溶解性リンは藻類体内に吸収される床で除去されていると考えられ、超低速ろ過法は湖水を浄化すると共に富栄養化を抑制する効果があることがわかった。また、最適な循環速度は2週に1回程度であることが確認できた。

#### 5. まとめ

本研究の結論をまとめると以下の様になる。

- 1) 超低速ろ過法によって、槽内の懸濁粒子(藻類を含む)が除去され、それに伴って栄養塩も除去される。
  - 2) 循環速度は2週に1回程度が効率的である。
  - 3) クロボクはマサ土に比べろ抵抗が小さいので、ろ材としてはクロボクの方が適している。
- 今後は、投入栄養塩量を変化させたケースや流入流出を考慮したケースについても実験を行い考察を加えて行く予定である。

#### [参考文献]

- 1) 山崎惟義：池水の浄化対策シミュレーション，福岡大学工学集報，第55号，pp1-14(1990)
- 2) 松岡 譲：霞が浦の富栄養化モデル，国立公害研究所報告 No 54，pp.53-242(1984)。
- 3) 細見正明 他：湖沼底泥からのリンの溶出モデルに関する研究，土木学会衛生工学研究論文集，23巻，pp.15-28 (1987)

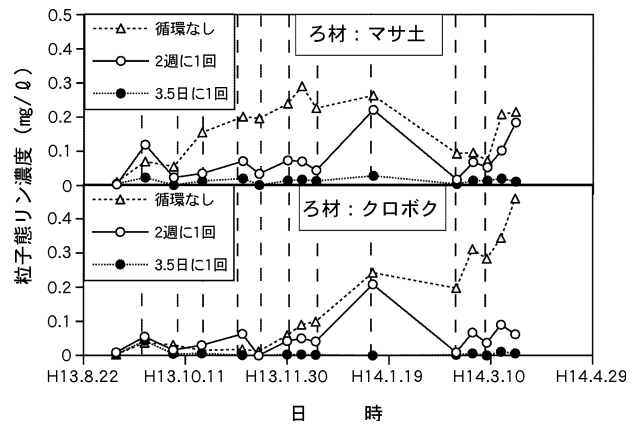


図3 循環速度による粒子態リン濃度の比較  
(図中の破線は栄養塩投入日)

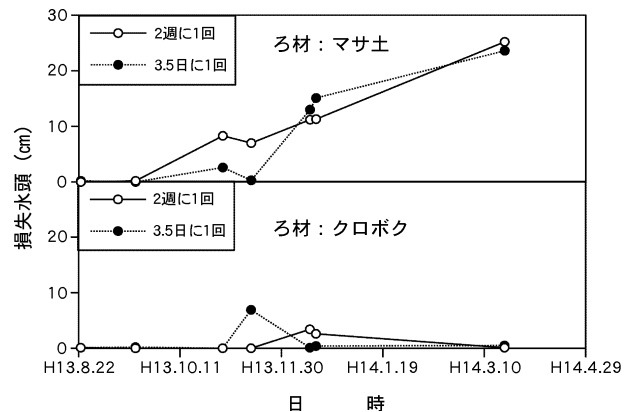


図4 各ろ材の損失水頭の経時変化

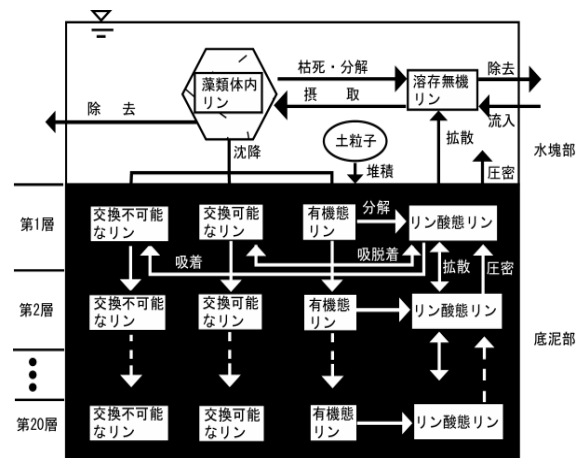


図5 水 - 底泥間富栄養化モデル

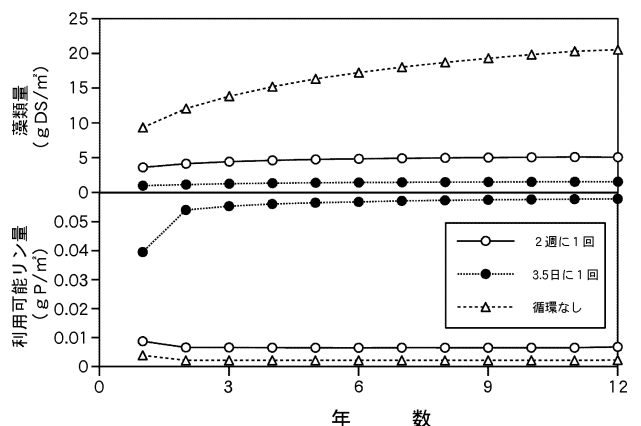


図6 浄化対策後の予測値(12年分)