

－ダム湖における硝酸性窒素除去の可能性－

環境技術部 ○田所正晴、井上充

水源となっている湖や地下水の水質汚染が県内でも問題となっています。アオコで話題になっている相模湖・津久井湖における水質の現状や水質保全対策のほか、水上設置型直接浄化技術を活用した接触ろ床処理システムによる硝酸性窒素の除去の可能性を中心に、新しい浄化技術について紹介します。

1 はじめに

相模川水系のダム湖である相模湖と津久井湖は、県民の貴重な水源ですが、昭和 54 年にアオコの大量発生が初めて確認されると、昭和 50 年代後半には毎年のように異常発生するようになりました。アオコが大量に発生すると、水面は緑色のペンキを流したような状態になります(写真1)。アオコの原因となる藻類(ミクロキスティス属など)が湖で大量発生すると、腐敗して悪臭を発生したり、魚類の死亡を招きます。

こうした状況により、その後両湖にはアオコの増殖を抑制するエアレーション装置等(写真2)が設置され、水質保全対策が推進されてきました。しかし、依然として両湖の窒素(N)・リン(P)濃度は非常に高く、水道水源湖沼として全国でも富栄養化が進んだ湖の一つになっています。特に窒素濃度は約 1.5mg/L もあり、その多くが硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)です。このため、流域の汚濁源対策とともに、湖水の $\text{NO}_3\text{-N}$ の直接浄化対策が求められています。

ここでは、富栄養化したダム湖における $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去の可能性を中心に報告します。



写真1 津久井湖に発生したアオコ



写真2 相模湖のエアレーション装置

2 湖水の浄化対策技術と浄化実験

2. 1 アオコ対策技術

アオコ対策としては、①湖水強制循環（エアレーション等）のほか、②湖面遮光、③アオコの回収除去、④底泥の浚渫除去などの方法があります。しかし、これらはいずれも窒素やリンなどの栄養塩類を除去することはできず、対症療法的な対策といえます。

2. 2 湖水浄化技術

湖水の直接浄化技術には、①湖外設置型技術（湖外に設置した装置に湖沼から原水を導入し処理水を再び湖に戻す）、②水中設置型技術（空気揚水筒の底から空気を注入して泡を作り、底の冷たい水を湖面に運んでアオコ発生を抑制するなど）、③水上設置型技術（筏やフロートで浮島を作り、その浮力で機構を支えながら湖沼内に装置を設置する）などの方法があります。浄化項目としては、アオコなどの浮遊物質（SS）回収除去、BODなどの有機物除去、N・Pなどの栄養塩類除去などを対象とした技術があります。ただし、湖の水面積や容量は大規模であるため、装置の規模も極端に大きくなることや、自然変動を除去するために十分な措置が求められることにも留意する必要があります。

2. 3 ダム湖のNO₃-N除去の可能性

2. 3. 1 実験方法

湖水の直接浄化には様々な技術の導入が想定されますが、ここでは、富栄養化したダム湖におけるNO₃-N除去の可能性を確認するため、植物を用いて栄養塩類を除去する植栽式水上設置型技術を基本にした湖水の窒素除去システムのイメージ図を作成しました（図1）。

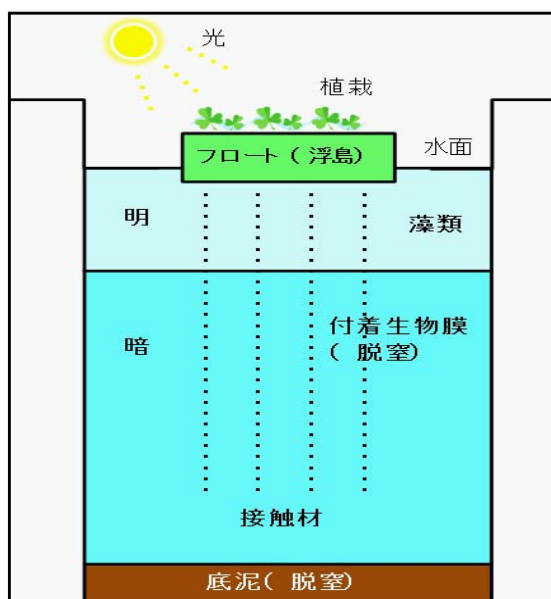


図1 湖水の窒素除去システムのイメージ



写真3 接触ろ床処理実験装置

これは、湖にフロートを浮かべ、水生植物を植栽して $\text{NO}_3\text{-N}$ を吸収させるだけでなく、フロート下部にひも状の接触材を吊り下げて藻類や微生物を付着させ、湖の上層（有光層）では藻類の光合成による $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収を、下層では低酸素状態による生物脱窒を想定したものです。

このイメージ図をもとに、接触ろ床処理実験装置(写真3)を作成し、①接触材に生物膜を付着させ、溶存酸素(DO)を低レベルに保持した生物脱窒と、②接触材に固着させた藻類の光合成による $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去の室内実験を行いました。

2. 3. 2 生物膜を付着させた接触ろ床による湖水の生物脱窒の可能性

流入水には相模湖の水を用いました。全窒素(T-N)は $1.4 \sim 1.5\text{mg/L}$ と高く、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が約 70 % を占めていました。BOD は $2 \sim 3\text{mg/L}$ で、BOD/N 比は $1.7 \sim 2.4$ と低く、脱窒用の有機炭素源が不足していました。実験条件は、水温 20°C 、滞留日数は 10 日とし、遮光状態で行い、槽内水は連続的に循環しました。

その結果、約 2 週間の馴養後には、槽内水の DO が $2 \sim 3\text{mg/L}$ 付近であれば $\text{NO}_3\text{-N}$ はほとんど除去され、T-N は 0.2mg/L 程度まで減少することがわかりました(図2)。従って、湖内に低 DO 状態となる場所を確保できれば、本法のような接触材を利用した $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去が可能と考えられました。ただし、低 DO 状態となる水域は、水深や季節が限定されるなどの課題が残りました。

2. 3. 3 藻類を付着させた接触ろ床による湖水の硝酸性窒素除去の可能性

フロート下部に吊下げた藻類付着接触材による湖水の窒素吸収を想定し、緑藻類(ミドロ類)(写真4)による接触ろ床処理の室内実験を行った結果、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は 95 % 以上除去できました(図3)。ただし T-N 除去率は約 60 % と低く、全リン(T-P)や全有機炭素(TOC)の除去も不安定でした。また、藻類は接触材への付着性が劣り、増殖には光や水温などの無機的環境の影響が大きいこと、光が届くのは上層付近のみでアオコ発生時には表層にも届かなくなること、など課題も少なくないことから、長期間安定して高率に窒素を除去するには更なる検討が必要です。

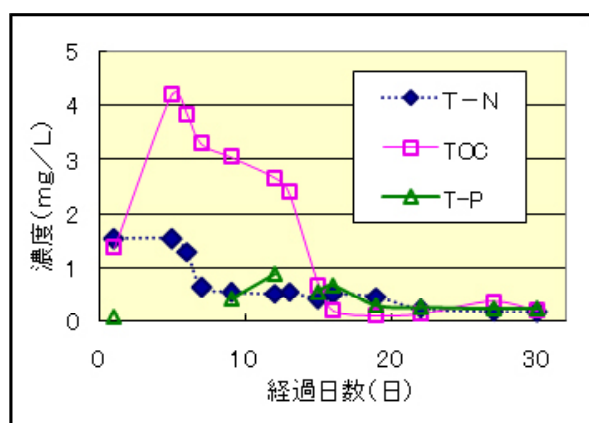


図2 湖水の接触ろ床処理による窒素、リン及び全有機性炭素濃度の経日変化

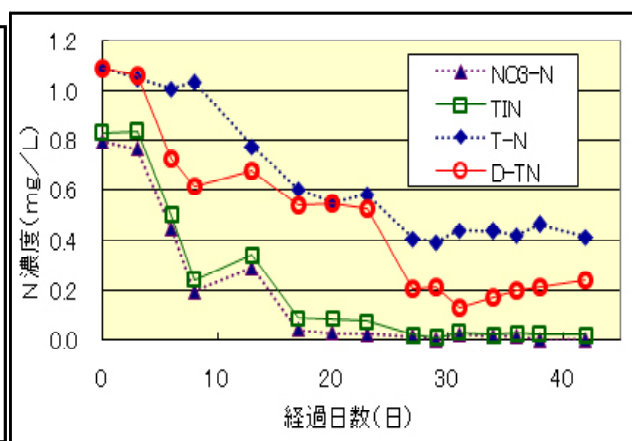


図3 湖水の藻類処理(ミドロ類)による窒素濃度の経日変化

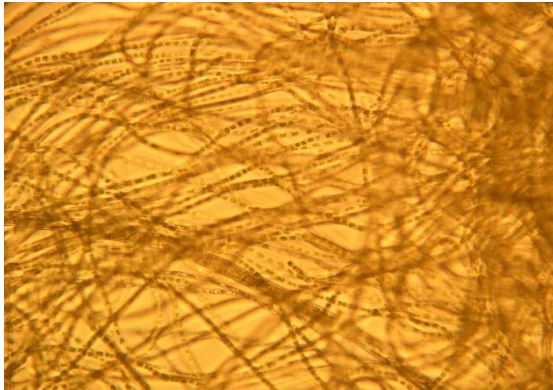


写真4 実験に用いた緑藻類(ミドロ類)

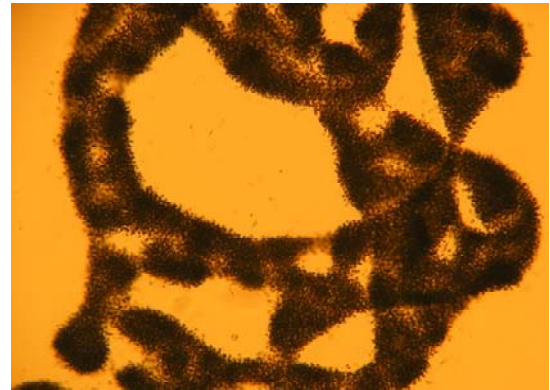


写真5 相模湖に発生したアオコ(参考)

4 まとめ

相模湖・津久井湖にはアオコの増殖を抑制するエアレーション装置等が設置され、水質保全対策が推進されてきましたが、依然として N・P 濃度が高く、富栄養化状態にあるため、流域の汚濁源対策とともに、湖水の $\text{NO}_3\text{-N}$ の直接浄化対策が求められています。

そこで、フロート表面で植栽浄化する水上設置型直接浄化技術を活用し、その下部に吊下げた接触ろ床で湖水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ を除去する簡便なシステムを想定し、室内実験を行いました。その結果、上層の有光層では藻類により、下層の低酸素層では生物脱窒により、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去の可能性が確認できました。ただし、接触ろ床から TOC や T-P が再溶出したり、下層では低 DO 水域の水深や季節が限定されること、上層では藻類の増殖には光や水温など無機的环境の影響が大きく、担体への付着性が悪いこと、など多くの課題が残されています。また、ダム湖の水面積や容量は莫大であるため、装置の規模も極端に大きくなることから、本技術の水質保全対策としての活用方法については、さらに基礎的な検討が必要です。

引用文献

- 1) 地域交流センター企画(株)：平成 8 年度桂川・相模川流域環境基礎調査に係る桂川・相模川流域の水質汚濁負荷量調査、46 (1997)
- 2) 田所正晴、井上充：ダム湖の硝酸性窒素除去に関する基礎的検討、第 40 回 日本水環境学会年会講演集 (2006)