

相模湖/津久井湖における 硝酸性窒素除去の可能性

田所正晴, 井上 充
(環境技術部)

経常研究 [平成 17 - 18 年度]

1 はじめに

相模川水系のダム湖である相模湖及び津久井湖は、昭和 50 年代中頃からアオコの異常発生が生じるようになり、近年エアレーション装置等による水質保全対策が推進されてきた。しかし、両湖の窒素 (T-N)・リン (T-P) 濃度は、水道水源湖沼としては強度の富栄養化状態で、特に T-N は 1.5mg/L もあり、その多くが硝酸性窒素 (NO₃-N) である。

窒素流入源としては、非点源汚濁の自然系が 7 割も占めるといわれ¹⁾、発生源対策だけで削減効果を上げるには困難な状況にある。一方、最近では発生源対策だけでなく、湖水を直接浄化する技術が提案されている。

そこで、本研究では、富栄養化したダム湖における窒素除去、特にその主成分である NO₃-N の直接浄化の可能性について、接触材等を用いた生物脱窒や藻類による窒素吸収などの室内実験を行い、利水に影響が生じない程度の湖水の NO₃-N 除去の可能性について基礎的検討を行った。

2 実験方法

2. 1 生物膜を付着させた接触ろ床による湖水の生物脱窒実験

実験装置 (容量 1L) のフローを図 1 に示した。近年、植物を用いて湖水中の栄養塩類を除去するフロート型植栽浄化法 (水上設置型直接浄化法) が注目されているが、本装置は、湖に浮かべた植栽浄化施設のフロート (浮島) 下部に担体を簾状に吊り下げ、そこに付着させた生物膜による生物脱窒を想定した接触ろ床システムである。流入水には相模湖の水を、生物膜付着担体にはひも状接触材 (P.P 製、長さ 26.5cm × 3 ~ 4 本) を用いた。生物汚泥は、し尿処理施設より採取した。

実験条件は表 1 のとおりで、いずれも水温 20℃、遮光状態で行い、滞留日数は 10 日とした。槽内水は、エアリフトポンプまたは回転式送液ポンプを用いて連続的に循環した。

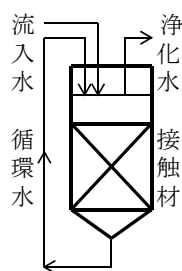


図 1 実験装置

表 1 実験条件

実験区分	A	B	C	D
流入水量 (mL/日)	100	100	100	100
循環水量 (mL/分)	180	180	6.5	50
循環方法	AL	AL	R	R
DO 濃度	飽和	飽和	低	中
生物膜量 (g/L)	2	1	2	2

注) AL:エアリフトポンプ, R:回転式ポンプ

2. 2 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実験

実験装置、流入水及び担体は、前出と同様のものを使用し、槽内液は間欠的に循環した。本装置は、担体に藻類を付着させ、湖上層で藻類による NO₃-N 及びリン酸イオン態リン (PO₄-P) の吸収を想定した接触ろ床システムである。藻類が光合成を行えるように装置は室外に設置し、自然環境下における日照状態とした。藻類には、緑藻類のアオミドロ類と藍藻類のアオコを用いた。

3 結果及び考察

3. 1 生物膜を付着させた接触ろ床による湖水の生物脱窒効果

1) 流入水 (供試水) の性状

供試水の T-N は 1.4 ~ 1.5mg/L と高く、NO₃-N が 60 ~ 70 % を占めた。BOD は 2 ~ 3mg/L で、BOD/N 比は 1.7 ~ 2.4 と低く (BOD/NO₃-N 比は 1.9 ~ 3.3)、脱窒用の有機炭素源が不足していた。このため、微生物や藻類によって生成される有機物資源等の活用が必要である。

2) 飽和酸素状態を想定した脱窒実験 (実験 A, B)

湖上層の DO が藻類の光合成により飽和状態であることを想定し、エアリフトで槽内水の循環を行い、DO を 6 ~ 8mg/L に保持して浄化した。このため、過曝気状態となり、生物膜汚泥が自己酸化して減少し、N, P, TOC 成分が溶出して、流入水よりも悪化した。実験開始 15 ~ 18 日後には最悪となり、汚泥量の多い実験 A で T-N30mg/L (湖水の 20 倍)、T-P1.3mg/L (同 4 倍)、TOC11mg/L (同 8 倍)、実験 B の場合も T-N6.1mg/L (同 4.0 倍)、T-P0.31mg/L (同 3.3 倍)、TOC2.2mg/L (同 1.6 倍) に増加した (図 2)。溶出した窒素分の多くは硝化され脱窒されなかった。なお、生物膜量が著しく減少したため、それ以後は各成分の溶出量も減少したが、脱窒されなかった。

3) 低酸素状態を想定した脱窒実験 (実験 C, D)

下層の DO はプランクトン遺骸の分解等による低酸素状態も想定されるため、送液ポンプで微量の槽内水を循環し、DO を低レベルに保持して脱窒を試みた。この結果、槽内水の DO が 2 ~ 3mg/L 付近で

あれば NO₃-N はほとんど除去され、循環水量の少ない実験 C の場合 T-N は 0.2mg/L 程度まで減少し、TOC も徐々に減少した (図 3)。実験 D でも T-N は 0.5 ~ 0.6mg/L まで除去されたが、生物膜から PO₄-P が溶出し増加した。

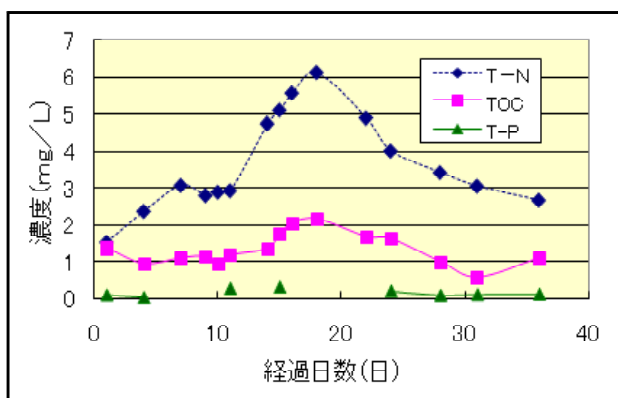


図 2 接触ろ床による N, P, C の経日変化 (実験 B)

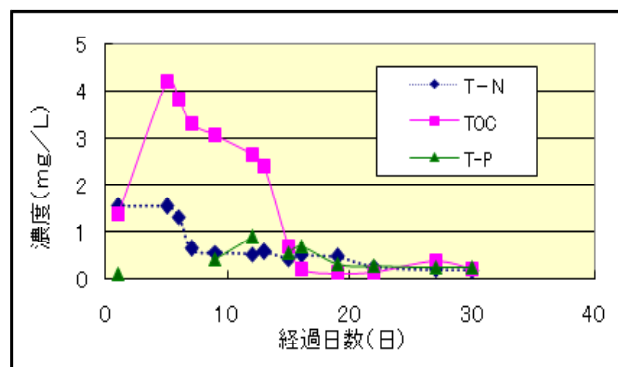


図 3 接触ろ床による N, P, C の経日変化 (実験 C)

3. 2 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効果

1) 供試水の性状

T-N は 1.1 ~ 1.2mg/L で、NO₃-N が 0.8 ~ 0.9mg/L を占めた。T-P は 0.12 ~ 0.14mg/L で、PO₄-P は約 0.05mg/L であった。BOD は 2 ~ 3mg/L で、BOD/N 比は 1.7 ~ 2.4 と低かった。夏季には多量のアオコが混入したため脱脂綿でろ過して用いた。

2) 実験装置 (反応槽) の状況

藻類は付着性が弱いので、ひも状の接触材を用い、反応槽下部から低流速で緑藻類含有水を循環させ付着させる方法が有効であったが、それでも多量に付着させることは困難であった。アオコ (藍藻類) はガス泡により浮上して全く付着しなかった。

槽内の環境条件は、水温 25 °C 以上の場合、藻類の光合成により pH は 9 以上となり、DO も飽和状態で、光が届く湖上層の状況を呈していた。

3) 処理水質

藻類により処理水の NO₃-N は 0.02 ~ 0.03mg/L に低下し、高率に除去された (除去率 95 % 以上)。T-N は 0.4 ~ 0.5mg/L に低下したが、除去率は 60 % 程度

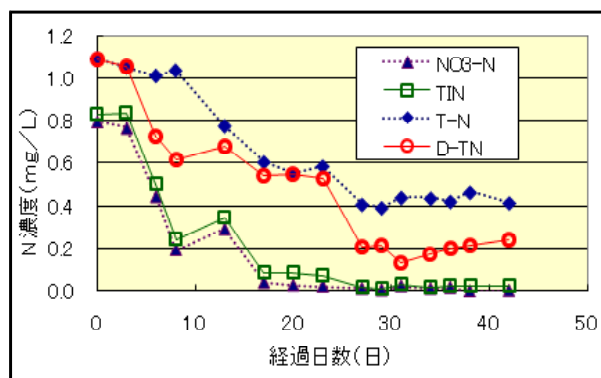


図 4 藻類を付着した接触ろ床による窒素の経日変化

と低かった (図 4)。T-P は、処理開始後初期には 0.02 ~ 0.05mg/L 程度まで低下したが、処理経過と共に増加する傾向があり、最大では 0.5mg/L と供試水以上に高い濃度を示した。TOC (DOC) も、供試水が 0.7 ~ 1.0mg/L であったのに対し、処理後は 1.4 ~ 6.1mg/L まで増加した。

4 まとめ

フロート下部に吊下げた接触ろ床による湖水の窒素除去を想定し、室内実験を行った結果、以下のような知見が得られた。

- 1) 湖下層の低酸素状態を想定し、接触材に生物膜汚泥が付いた実験装置で脱窒を試みた結果、槽内水の DO を 2 ~ 3mg/L の低レベルに保持することにより NO₃-N をほとんど除去できた。従って、湖内に低酸素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 NO₃-N 除去が可能と考えられた。ただし、ダム湖の水量は莫大であることから、本技術の活用方法を検討する必要がある。
- 2) 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除去を想定し、藻類による接触ろ床処理の室内実験を行った結果、NO₃-N は 95 % 以上と高率に除去できた。ただし T-N 除去率は約 60 % と低く、T-P や TOC の除去も不安定であった。また、藻類の接触材への付着性が劣ること、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、リンや TOC などは原水よりも高くなる場合があ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さらに検討が必要と思われた。

参考文献

- 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)

研究発表等

- 第 40 回日本水環境学会年会 (2007)