

VII-202

手賀沼底泥の無機化に関する研究

日大院理工学研究科 学生会員 小澤 裕二
日大理工学部 正会員 松島 眸

まえがき

本研究は、湖沼やダム等の自然あるいは人工の水域における水環境を保全するための底泥の無機化に関するものである。底泥は一般に有機性物質を多量に吸着付着するので、生物学的な分解作用による急速な酸素消費が進行する。そのため底泥周辺では嫌気的な環境が発生しやすく、還元的な反応の進行により様々な成分が底泥から溶出する。その結果、慢性的な水質汚濁が進行する。こうしたことから、湖沼やダム等では腐敗生の強い底泥を可及的速やかに排除あるいは無機化する必要がある。

1. 研究の目的

手賀沼には現在約54万 m^3 の底泥が堆積していると見積もられている。この底泥は水質浄化のために浚渫し、当然脱水処理あるいは天日乾燥処理する必要がある。本研究は、湖沼水の水質悪化防止とともに底泥の脱水性の改善さらに脱水汚泥の土壌への還元等の技術開発を目的としている。研究の概念は、自然界における生物学的な硝化・脱窒反応をより効果的に応用しようとするもので、底泥粒子に吸着される有機物から脱窒/化によりアンモニア性窒素成分を遊離し、ついで硝酸生成細菌により硝化せしめ、生成した硝酸性窒素は硝酸呼吸作用により液相から窒素ガスとして大気中に放出せしめ除去する反応を考慮する。この場合、同時に有機物が酸化還元反応における電子供与体となり分解する。従って、窒素成分の除去と有機物成分の酸化分解が進行する。本研究ではまず手賀沼底泥の潜在的な硝化作用の能力を試験し、その結果から硝酸生成量あるいは酸素消費量について検討することにした。

2. 試験装置と方法

一連の試験は基本的には二つの異なった環境下において検討した。一つは底泥を空気曝気し、好気的環境条件下で底泥中のアンモニア性窒素成分の溶出分離と硝化作用の程度を調べた。これを好気性試験とした。他の一つは底泥を含有する混合液を窒素ガス曝気により混合し、溶存酸素濃度を低下させた無酸素状態で硝酸呼吸による有機物分解と脱窒素の反応を調べた。これを無酸素試験とした。ただし、硝酸ナトリウムを添加し、 NO_3^- -Nとして約15 mg/Lを過剰に含有するように調整した。各々の試験は円筒形の機械攪拌装置付容器（容積25L、内径20cm、高さ80cm）を用いた回分式で行った。好気性試験では、この容器に16Lの水道水を注入し、この中に手賀沼（大津川河口部）で採取した底泥200 mLを加えた。容器の底部には散気装置を固定し、通気攪拌した。送気量は毎分約3L、機械攪拌強度約100rpm、設定水温20.0℃とした。この試験では、従属栄養性細菌はもとよりアンモニア性窒素を酸化する独立栄養性の硝酸生成細菌の増殖も進行する。

各試験は、攪拌開始後、経日的に容器から分析用試料を直接採取し、 NH_4^+ -N、 NO_2^- -N、 NO_3^- -Nの残存濃度とMLSS、MLVSS等を定量した。一方、無酸素試験では、反応槽に水道水20 Lと底泥200 mLとを加えた。この試験装置は空気の進入を防ぐ密閉式であり、また緑藻類の光合成作用を抑制するために外光を遮断する目的から反応槽をアルミ箔で覆う構造とした。また、通気ガスを窒素ガスとし、他は好気性試験と同様とした。なお、各図中のT-Nについては、 $\text{T-N} = \text{NH}_4^+$ -N + NO_2^- -N + NO_3^- -Nとした。

3. 試験結果と考察

秋季の比較的高水温期の底泥（平成7年10月9日採取、現地水温16℃）を用いた好気性試験においては、試験開始直後からアンモニア性窒素が徐々に減少し、通気開始後5日目でその残存濃度はほぼ0になった。アンモニア性窒素、亜硝酸性ならびに硝酸性窒素の濃度変化は典型的な硝酸生成反応の傾向である。試験開始後、5～6日間で全ての溶解性ならびに可溶性窒素化合物はすべて硝酸性窒素に酸化されている。これを図-1に示す。

11月の低水温期の底泥（平成7年11月6日採取、現地水温12℃）を用いた好気性試験においては、試験水温

16℃で行い試験期間7日間では硝化反応はまったく認められなかった。そこで、底泥（平成8年1月9日採取，現地水温5℃）の試験水温を20℃とし，好気性試験を継続した，その結果，当初の4～5日間は残存窒素濃度にはほとんど変化が見られず，その後に硝化反応の進行が確認され，試験開始後10日目で硝化作用が終了した，これを図-2に示す。また，送気量の違いに関連した試験では， $\text{NH}_4\text{-N}$ の初期溶出量に幾分影響するようであったが，硝化反応の程度に及ぼす影響は小さいようである。

この結果からは，現地水温の低下により硝化細菌が不活性化状態であり，再活性化するまでには水温が20℃以上の場合でも少なくとも4～5日間の時間を要することが推察される。また，この試験における日間の平均硝化速度（単位時間，単位SS量当たりの硝酸性窒素生成量）を求めると，その最大値は約0.7～1.0 $\text{mg-NO}_3\text{-N/g-SS/day}$ 程度であった。ただし， VSS/SS 比は0.25～0.26程度である。この結果は図-3に示す。

硝酸性窒素の推定生成量はつぎのようである。図-1の結果から底泥200mlあたり3.84 $\text{mg/L} \times 16 \text{ L} = 61.4 \text{ mg}$ の硝酸性窒素が生成されるので，手賀沼の底泥54万 m^3 からは約165tの硝酸性窒素が生成されることになる。

無酸素試験の結果によれば，今回の試験では硝酸呼吸に関する反応は認められなかった。その理由としては，反応槽内が無酸素状態に維持されていなかったか，反応に必要な溶解性の有機物量が不足していたためと考えられる。今後において検討を加えたい。

むすび

自然水域における底泥の有する潜在的汚濁物量は極めて多い。水環境保全の面からは，汚濁物の流入負荷量の低減はもとよりいかにして沈殿堆積している底泥の汚濁物量を削減するかが重要な課題であることはいうまでもない。本試験の結果から，手賀沼全体の硝酸性窒素生成量は約165tとなり，酸素要求量に換算すればその値は約750tに達する。さらに，有機物汚濁量を考慮すれば手賀沼の全酸素要求量は莫大な量となる。

春期から秋期にの比較的高水温期において採取された底泥の硝化速度は上述のように極めて遅い結果であった。また，低水温時の底泥を巻き上げたような場合には，底泥1 m^3 あたり少なくとも240g程度の $\text{NH}_4\text{-N}$ が遊離溶出すると推察され，底泥の懸濁化は水質汚濁を助長することが推察される。

最後に，本研究に着手するにあたり我孫子市環境保全課鈴木良一氏より多くのご教示を賜り厚くお礼申し上げます。

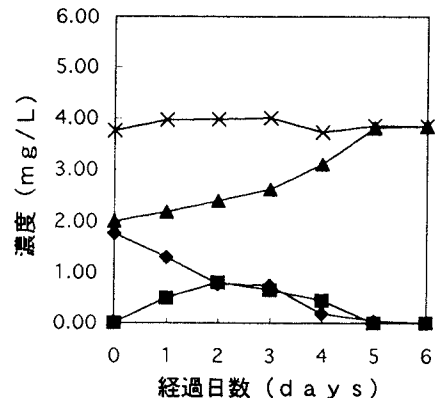


図-1 好気性試験（10/9採取）

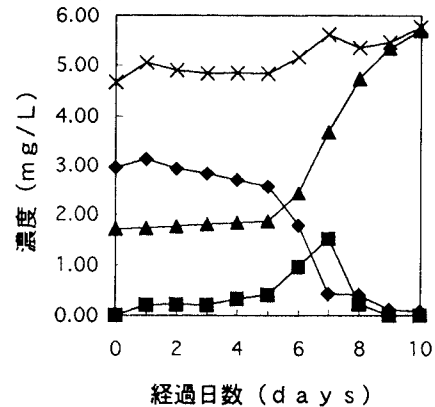


図-2 好気性試験（1/9採取）

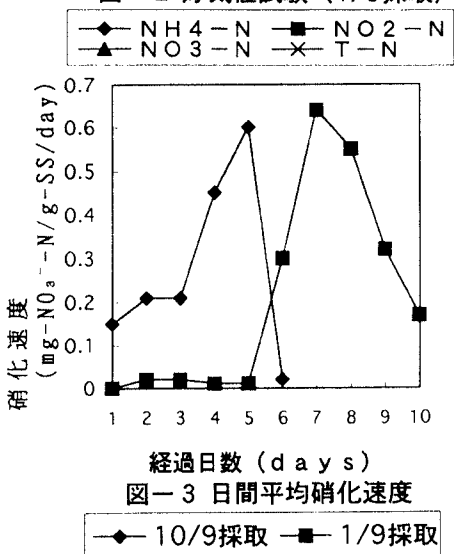


図-3 日間平均硝化速度