

Ⅶ-28

湖沼底泥の脱窒特性に関する基礎的試験

○日本大学大学院 学生員 武藤 健夫
 オリジナル設計(株) 正 員 牧瀬 統
 日本大学理工学部 正 員 松島 眸
 日本大学工学部 正 員 中村 玄正

1. 研究目的

湖沼等の堆積底泥は栄養塩類を溶出する水質汚濁発生源であるが、一方では自然界での自浄作用に関与する様々な細菌群が生息する重要な場である。この意味からは浚渫等による堆積底泥の除去は必ずしも望ましい方法であるとはいえず、堆積底泥そのものの生物学的な特性について十分に検討すべきである。富栄養した湖沼では長年にわたり有機質成分に富む底泥が堆積してきているが、当然、この堆積底泥には硝化・脱窒作用を発現する細菌群が生息している。本研究は、湖沼の堆積底泥の保有する脱窒特性を回分式試験により検討するものである。

本試験では、脱窒反応での電子供与体の供給源を堆積底泥中の有機物とする消石灰散布処理を行い、様々な散布量のもとで消石灰が湖沼底泥の脱窒特性に及ぼす影響を検討した。消石灰の添加は、リンの不溶化にも作用するなど底質改善の目的をも保有する。試験結果から、消石灰の添加量が 300g/m^2 の場合には、pH が 10 以上と高く維持され、この場合、硝酸性窒素はまず亜硝酸性窒素に還元されて蓄積し、その後、脱窒される傾向が確認された。その内容を報告する。

2. 試験方法

本試験に供した湖沼底泥は手賀沼の大津川河口部にて直接採取した。この試料底泥(湿潤状態) 1L を円筒形反応槽(内径 20cm,高さ 80cm,有効容積 25L)に分取し、その後、全容積で 20L となるように水道水を注入した。反応槽上部の蓋には攪拌装置を装着し、反応槽内の混合液が懸濁状態となるよう攪拌強度約 100rpm で強制攪拌した。大気からの酸素溶解を防ぐために反応槽底部から N_2 ガス(流量 100ml/min)を常時通気した。反応槽は恒温水槽内に固定設置し、混合液の水温を底泥採取時の現地水温 24°C に保持した。

一般に堆積底泥からの $\text{NO}_3^- \text{-N}$ の溶出量は極めて低いかほとんどない。底泥から溶出する窒素成分のほとんどはアンモニア性窒素である。手賀沼底泥の硝化能力に関する好気性試験(投入底泥 1L,空気曝気量 5L/min ,その他は本試験と同条件)の結果によれば、多くの場合、 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 約 15mg/l 程度が生成した。そのため、反応槽内での $\text{NO}_3^- \text{-N}$ の初期濃度が 15mg/l となるように NaNO_3 を添加した。

一連の試験は回分式で行い、消石灰の散布量は湖沼単位面積 1m^2 あたり 0,100,200,300g とした。

3. 試験結果

消石灰散布量を $0 \sim 300\text{g/m}^2$ とする 4 つのいずれの試験においても、添加した $\text{NO}_3^- \text{-N}$ はそのほとんどが還元、脱窒された。散布量を $0,100,200\text{g/m}^2$ とした場合、 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ の残存濃度が約 5mg/l 近辺を境にして減少傾向に変化が見られた。すなわち、残存濃度が 5mg/l より高い場合には $\text{NO}_3^- \text{-N}$ の減少傾向は直線的であり、濃度に依存しない 0 次の反応であり、残存濃度が 5mg/l より低い場合には $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 濃度の減少傾向は漸減的に変化し、反応次数が 1 次である、Monod 型の速度式で表示できると考えられる。

$\text{NO}_3^- \text{-N}$ が 5mg/l より高い濃度域での直線的な減少傾向を平均の $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 減少速度として計算すると、

キーワード：湖沼底泥 脱窒特性 消石灰 pH 亜硝酸の蓄積

日本大学理工学部	〒 101-8101	千代田区神田駿河台 1-8	TEL 03-3259-0673	FAX 03-3259-0673
オリジナル設計(株)	〒 162-0814	新宿区新小川町 1-1	TEL 03-5261-9600	FAX 03-5261-0317
日本大学工学部	〒 963-8642	郡山市田村町徳定 1	TEL 0429-56-8707,8	FAX 0429-56-8707

減少速度は消石灰の散布量に応じて幾分速くなる傾向であった。この傾向は、底泥中の有機物が消石灰のアルカリ成分により洗浄作用を受けて TOC 成分として液相中に供給された結果であり、散布量に比例して底泥からの溶出有機質成分が脱窒反応に効果的に使用されたためと推察される。しかしながら、消石灰の散布量を 300g/m^2 とした場合、試験開始当初において pH は 11 程度ときわめて高くなり、試験開始日～3 日目まで NO_3^- -N の減少速度そのものは、0 ～ 200g 散布した場合と比較すると著しく遅い結果となった。3 日目以降においては、pH が 10 以下にまで低下した (fig-1 参照)。この場合、同時に NO_3^- -N 濃度が急速に減少し始め、この現象と対応するように NO_2^- -N が生成、蓄積する結果となった。この現象は、明らかに脱窒反応経路において NO_3^- -N の還元速度が相対的に遅い状態を意味している。その後、生成された NO_2^- -N 濃度は直線的に減少する傾向が認められた。 NO_3^- -N の生成・蓄積の傾向は消石灰散布量が多いほど顕著であった (fig-3 参照)。

4. 結論

消石灰散布量を 0 ～ 200g/m^2 散布した場合、散布量に応じて底泥からの溶出有機質成分が脱窒反応に効果的に使用されると考えられる。 NO_3^- -N の減少速度に関する反応次数は 0 次から 1 次に変化するようである。

脱窒反応による NO_3^- -N の生成と蓄積傾向は、消石灰散布量に応じて顕著であった。とくに散布量を 300g/m^2 とした場合、脱窒反応は pH10 以下（試験開始 3 日目以降）において急速に進行したが、この場合 NO_3^- -N はまず NO_2^- -N へ還元されて液相中に蓄積し、その後において脱窒される傾向であった。

脱窒反応において最終的に系外へ放出される窒素成分の形態は、 N_2 あるいは N_2O 等が考えられている。温室効果を高めるガス成分でもある N_2O の生成経路は NO_2^- の蓄積濃度に影響されると考えられているので、この意味からは、脱窒工程における NO_2^- -N の蓄積傾向が N_2O の生成に大きく関与するおそれがあると言えよう。この観点からは、消石灰散布あるいは pH 上昇の原因そのものが湖沼での脱窒特性に直接影響する重要な因子であることが推察される。

参考文献

・武藤ら, "消石灰散布が湖沼底泥の脱窒作用に及ぼす影響", 第 33 回日本水環境学会年会講演集, p321 (1999,3)

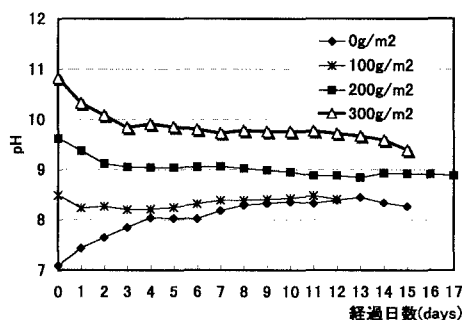


fig-1 消石灰散布量別 pH の経日変化

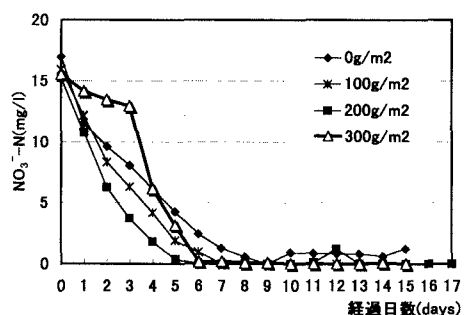


fig-2 消石灰散布量別 NO_3^- -N の経日変化

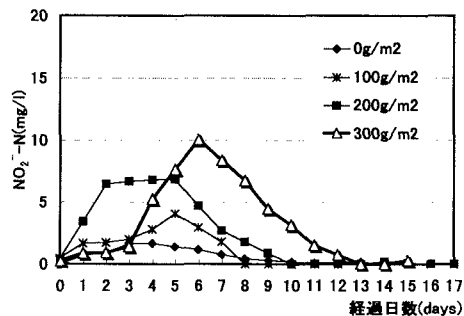


fig-3 消石灰散布量別 NO_2^- -N の経日変化

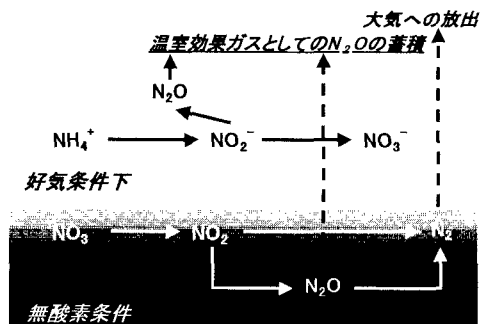


fig-4 窒素反応経路図