

Ⅶ-102

手賀沼の直接浄化（2）底泥の硝化能力

日本大学大学院理工学研究科	学生員	亀谷	洋紀
日本大学理工学部	正 員	松島	眸
千葉工業大学	正 員	瀧	和夫
緑土水の研究所	正 員	森	忠洋

1. 研究の目的

手賀沼の底泥に関する汚濁物溶出試験の結果から、様々な形態の窒素成分が溶出する傾向が確認された。溶出量は手賀沼の場所にもよるが、例えばアンモニア性窒素（ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）成分では底泥 1m^3 あたり数拾～数百 g が溶出するようである。アンモニアそのものは魚介類に対する毒性作用とともに溶存酸素を消費する酸素要求成分でもある。従って何らかの方法で除去するかあるいは硝酸にまで酸化無害化する必要がある。手賀沼には約 54万m^3 にも達する底泥が堆積していると見積もられているので、底泥中の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ に関する総酸素要求量は莫大である。手賀沼の水質保全のためには底質の回復が必要不可欠であり、そのためには積極的な底泥中の汚濁物負荷量の削減が求められている。

窒素成分の除去は、自然界における生物学的代謝作用と硝化・脱窒反応あるいは物理化学的な方法あるいは現象等により達成される。底泥そのものは汚濁物負荷源となることのみならず硝化・脱窒の生物学的な能力も保有すると考えられる。本研究では、汚濁物負荷源としての底泥の酸素要求量を推定し、また潜在的な硝化・脱窒能力を検討するものである。本報告では底泥の硝化能力に関する試験検討結果を要約する。

2. 試験装置と方法

試験は機械攪拌装置付の円筒形容器（有効容積 25L ，内径 20cm ，高さ 80cm ）二基を用い、回分式で行った。これらの容器に大津川河口部で採取した底泥 200ml を入れ、水道水で 16L まで満たした。一基は機械攪拌のみ（機械攪拌槽）を行った。対照用として、他の一基は容器底部に固定した散気装置から送気量 $5\text{L}/\text{min}$ で通気し機械攪拌を併用（通気攪拌槽）することとした。各々の槽の攪拌強度は約 100rpm で攪拌翼を回転させた。設定水温は手賀沼底泥採取時（平成8年10月3日）と同じ水温 24°C とした。各試験装置への底泥投入後、経目的に容器から適量の混合液を直接採取し分析した。

3. 試験結果と考察

機械攪拌槽における形態別窒素ならびに炭素成分の経日変化をそれぞれ図-1と図-2に示す。試験開始後8日目から $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が減少し、亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の増加傾向から硝化反応の進行が認められた。完全硝化に至るまでにはさらに約6日間を要した。この硝化反応で生成した $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は底泥 1m^3 当たり 466g となる。底泥の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 初期含有量は $145\text{g}/\text{m}^3$ （底泥）で、その合計値 $611\text{g}/\text{m}^3$ は底泥 1m^3 当たりの潜在的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含有量である。遊離溶出した $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化に関する底泥の酸素要求量は $466 \times 64/14 = 2130\text{g-}\text{O}_2/\text{m}^3$ （底泥）となる。一方、通気攪拌槽では試験開始数日後から硝化反応が進行し始めている。完全硝化には実質的には約11日間を要している。機械攪拌操作のみの場合に比較して通気攪拌を実施した場合には硝化反応の速度は遅いようであった。底泥中の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は $142\text{g}/\text{m}^3$ （底泥）程度であり、硝化反応で生成した $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は $474\text{g}/\text{m}^3$ （底泥）と推定される。潜在的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含有量は $616\text{g}/\text{m}^3$ （底泥）となり、酸素要求量は $2167\text{g-}\text{O}_2/\text{m}^3$ （底泥）であり、機械攪拌の場合の試験底泥と同程度である。

機械攪拌槽における $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の最高値は通気攪拌槽でのその約2倍高い値の $6\text{mg}/\text{l}$ 程度であったが、 NH_4^+

キーワード：手賀沼・形態別窒素・酸素要求量・硝化速度

日本大学理工学部	〒101	千代田区神田駿河台1-8	TEL 03-3259-0673	FAX 03-3259-0673
千葉工業大学	〒275	習志野市津田沼2-17	TEL 0474-78-0452	FAX 0474-78-0474
緑土水の研究所	〒270-11	我孫子市湖北台5-9-1	TEL 0471-87-1686	FAX 0471-87-1686

-Nの完全酸化に要した時間はいずれの槽においてもほぼ同程度であった。この結果からは機械攪拌操作のみでも硝化反応は十分に進行していたようで、光合成反応の進行により必要な酸素が供給されていた結果と思われる。試験開始直後においては溶存酸素は一時的に低下したが、硝化反応が進行し始めた頃には4~5mg/l程度にまで増加していた。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の減少と同時にpHも低下し始め、特徴的な硝化反応の傾向が認められる。また、試験開始直後には、有機性窒素成分が検出されているが硝化反応の開始とともに減少し、硝化反応の完了に近づくにつれて再度増加する傾向が認められる。底泥粒子の微細化にともなう窒素成分の溶出があると考えられ、こうした形態別成分の変化傾向は複雑である。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の減少あるいは $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の増加の傾向から、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の減少速度または $\text{NO}_x^-\text{-N}$ ($=\text{NO}_2^-\text{-N}+\text{NO}_3^-\text{-N}$)の増加速度が0次の反応速度とした場合について手賀沼底泥の硝化能力を検討した。図-1に示した形態別窒素成分の経日変化にもとづけば、試験開始8日後に $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が最大濃度を示し、同時に硝化反応が開始したとみなすことができる。そこで、試験開始8日目の分析結果を初期データとして整理した。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、そして $\text{NO}_x^-\text{-N}$ の変化量の関係を図-3に示す。この結果は、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の減少量は、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の増加量とは対応していないが、 $\text{NO}_x^-\text{-N}$ の増加量とほぼ対応していることを示している。残存する $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が低いいためその減少速度は0次の速度式では必ずしも表記しえないが、ほぼ直線的に変化する試験開始後8日から12日までの期間内のデータにもとづいて平均の速度係数を算出した。その結果、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の減少速度係数は3.3mg-N/g-VSS/day、また $\text{NO}_x^-\text{-N}$ の増加速度係数は3.1mg-N/g-VSS/day程度となった。回分式活性汚泥法の硝化速度は、水温20~25℃においては2~3mg-N/g-SS/hr程度である。VSS/SS=0.75と仮定すると、手賀沼底泥の硝化能力は活性汚泥法の1/20~1/30程度と推察される。

4. まとめ

底泥には汚濁物負荷源としてのみならず硝化・脱窒の生物学的な能力も保有すると考えられる。本研究では、底泥から溶出する $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化に要する酸素要求量は概ね2100~2200g- O_2 /m³-(底泥)にも達することが示された。また、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の減少と $\text{NO}_x^-\text{-N}$ の増加傾向から底泥の硝化速度が2~3mg-N/g-VSS/day程度で、この値は活性汚泥法の1/20~1/30程度であることが推察された。

本研究は、財団法人千葉県工業技術振興センター（平成8年度産学官共同研究事業補助）ならびに日本大学（平成8年度総合研究「水環境と人間」）の研究助成を受けたものであることを付記し、関係各位に感謝の意を表します。

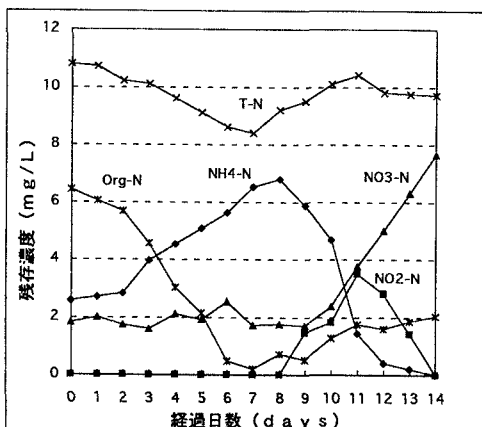


図-1 形態別窒素成分の経日変化

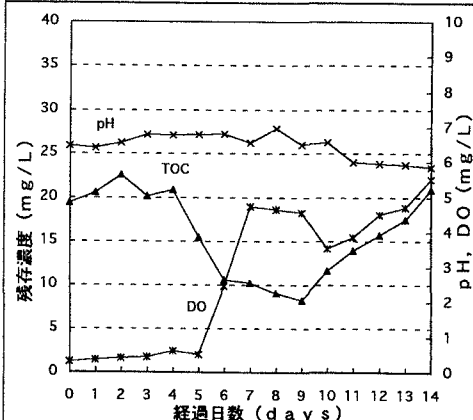


図-2 形態別炭素成分の経日変化

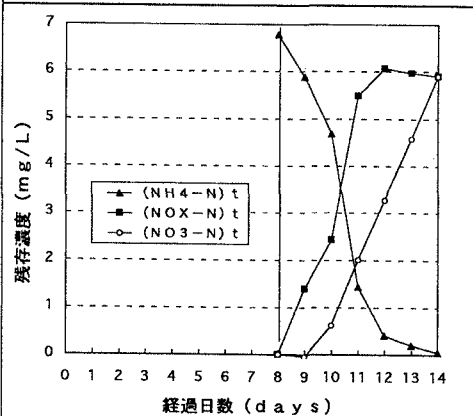


図-3 経過日数に対応した変化量