

生物学的脱窒過程に与える水温の影響に関する回分実験

東北大学 正 松本順一郎
学 〇 今井雄二
〃 池田宣男

1. はじめに

生物処理過程に与える水温の影響は大きいことが知られており、特に、東北、北海道のような寒冷地では、水温は処理效果に大きく影響し、重要な問題であると考えられる。本研究は、近年、富栄養化防止対策として排水中から窒素を除去するための有用な方法として注目されている生物学的脱窒法について、環境因子として水温をとりあげ、活性汚泥中に生息する通性嫌気性脱窒菌の脱窒作用に及ぼす影響を回分実験により検討したものである。

2. 実験装置、材料および方法

図-1に実験装置を示す。脱窒素反応槽は透明塩化ビニール板製で、高さ30.0cm、内径19.6cm、全量9.1ℓの円筒型であり、また、ガスの捕集を行なうため、流動パラフィンによる測定管を取り付けた。実験の開始にあたって、反応槽内部を嫌氣的にするために、 N_2 ガス曝気用の散気球を取り付けた。この反応槽を恒温槽に入れ、サーモスタット型ヒーターおよびクルックスで温度を一定に保った。攪拌はマグネチックスターラーにより行なった。用いた活性汚泥は、スキムミルクを合成下水として1ヶ月以上水温 $22^{\circ}C$ 、fill and draw方式で培養したものを用いた。この汚泥を水道水で3回洗浄し、予め脱酸素した水道水が投入されている反応槽に懸濁させ、さらに N_2 ガスにより曝気し、内部を嫌氣的にして、表-1の培地となるように、有機炭素源としてクエン酸ナトリウム、硫酸塩として硝酸ナトリウムおよび無機塩類を投入した。測定はその後経時的に行なった。測定項目は、 NO_2-N 、 NO_3-N 、 NH_4-N 、 COD_{Cr} 、PH、MLSS および N_2 ガス発生量である。なお検討した水温は $5^{\circ}C$ および $12^{\circ}C$ から $47^{\circ}C$ まで $5^{\circ}C$ 間隔の8段階とした。

3. 実験結果、および考察

図-2~4に、検討した水温の中から $5^{\circ}C$ 、 $22^{\circ}C$ および $42^{\circ}C$ の場合における回分実験の結果を示す。これによれば、PHの変化は初期に7.0~7.5の範囲に設定したが、脱窒反応の進行につれ、8.0付近に上昇することが知られる。また NH_4-N も増加が示されている。図-5に生成した NH_4-N /MLSSと水温との関係を示す。これによれば、活性汚泥の培養温度である $22^{\circ}C$ から離れるに従って、 NH_4-N /MLSSの値が大きくなる。脱窒菌による同化により NO_3-N が同化されるという報告があるが、設定汚泥濃度が 5000mg/l 以上と高濃度であるために、

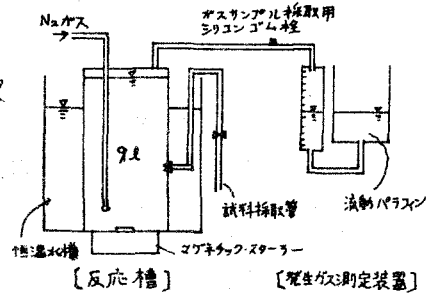


図-1 実験装置

表-1 培地組成

$C_6H_5O_7Na_3$	322.5 (mg/l)
$NaNO_3$	182.1 (g)
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	1.0 (g)
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	1.0 (g)
$MnSO_4 \cdot H_2O$	1.0 (g)
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	1.0 (g)
KH_2PO_4	17.5 (g)

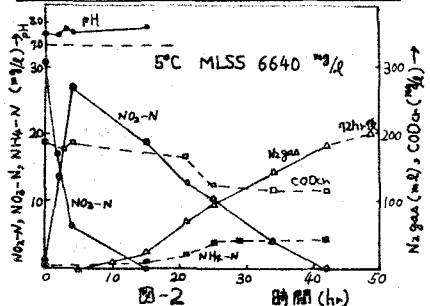


図-2

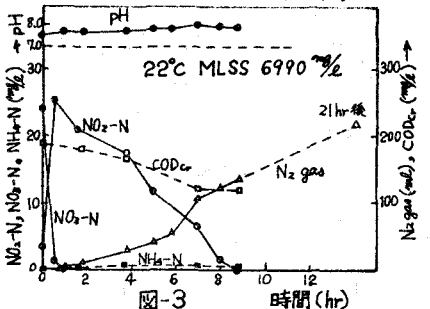


図-3

汚泥の自己分解に起因するものであると考えられる。また $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, N_2 ガス発生量の経時変化から、脱窒素反応による窒素の形態変化が示されるが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の $\text{NO}_2\text{-N}$ への還元が終了した後、 $\text{NO}_2\text{-N}$ が N_2 に還元される2段階の経路をもつことが知られる。従って、この2段階と、ガス化段階の反応速度定数を考えることにより、水温の影響を検討した。

$$\text{NO}_3\text{-N 除去速度定数} : 1.11 \times 10^{-3} \sim 6.51 \times 10^{-3} \frac{\text{mg NO}_3\text{-N}}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$$

$$\text{NO}_2\text{-N 除去速度定数} : 1.07 \times 10^{-4} \sim 13.50 \times 10^{-4} \frac{\text{mg NO}_2\text{-N}}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$$

$$\text{N}_2 \text{ ガス発生速度定数} : 0.84 \times 10^{-3} \sim 10.7 \times 10^{-3} \frac{\text{mg N}_2 \text{ gas}}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$$

であった。ここで N_2 ガス発生速度は図に見られるように lag 相が存在するので、最大ガス発生速度を用いた。図-6~8 に $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去速度定数、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 除去速度定数、および N_2 ガス発生速度定数における水温の影響を Arrhenius プロットにより示す。これによれば、水温 $12^\circ\text{C} \sim 5^\circ\text{C}$ の間に臨界温度が存在し、水温 $12^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ の間で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去速度定数、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 除去速度定数、および N_2 ガス発生速度定数より求めた活性化エネルギーは、9880、8830 および 9440 cal/mol とほぼ同一の値であることが知られる。また生物反応に対する温度効果を表す Streeter-Phelps 式により、各単位脱窒速度に関する水温の影響を検討した。

$$K_T = K_{20} \theta^{T-20} \quad \begin{matrix} K_T: T^\circ\text{C} \text{ の時の反応速度係数} \\ \theta: \text{温度係数} \end{matrix}$$

これによれば、温度係数 θ は $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去速度定数、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 除去速度定数、および N_2 ガス発生速度定数に関して $12^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ の範囲で 1.07、1.05 および 1.05 であり、 θ_{10} 値は 1.97、1.62 および 1.62 となり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去速度の温度依存性が大きいことが知られる。

4. あすび

活性汚泥を用いた混合培養系の脱窒素回分実験により、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の N_2 への還元反応は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の還元段階と $\text{NO}_2\text{-N}$ の還元段階の2段階を経て行われており、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去速度定数、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 除去速度定数、および N_2 ガス発生速度の温度依存性を示す活性化エネルギーは水温 $12^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ で、9880、8830 および 9440 cal/mol とほぼ同一の値を示す。また、温度係数は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の $\text{NO}_2\text{-N}$ への還元段階において $12^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ の範囲で最大値を示した。

5. あわりに

本実験を行なうにあたり、貴重な助言を下された東北大学工学部助教牧野光道先生に感謝致します。

<参考文献>

- 1) Dawson, R.N. and Murphy, K.L. The Temperature Dependency of Biological Denitrification, Water Research, vol. 6, pp 71-83 (1972)
- 2) Dawson, R.N. and Murphy, K.L.: Factors Affecting Biological Denitrification of Wastewater, In Advances Water pollution Research pp 671-683 (1973)

