

東北大学 正 松本順一郎
神奈川県 〃 〃 今井雄二

1. まえがき

近年、水域の富栄養化防止対策として、排水中から窒素を除去することが叫ばれている。その有用な一方法として注目されている生物学的脱窒素法は、ある程度の実用化段階に達している。そこで、その脱窒素過程で主役を演じる通性嫌気性脱窒素菌の代謝作用に関する基礎的知見を得るために行なった回分実験および半連続実験の結果を検討して報告する。

2. 実験装置、材料および方法

図-1に実験装置(回分)を示す。脱窒素反応槽は透明塩化ビニール板製で、高さ30 cm、内径19.6 cm、全量9.1 lの円筒型である。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ールニクスで温度を一定に保った。攪拌はマグネチックスターにより行なった。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℃、fill and draw方式で培養したものを用いた。この汚泥を下水道で3回洗浄し、予め脱酸素した下水道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、硝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。半連続投入実験は、図-1の実験装置をfill and draw方式に改良し、1日1回沈殿の後、上澄液を引き抜き、先ほどの培地となるように基質を投入する操作を続け、経過日数毎に回分実験を行なった。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、水温は5℃および12℃から47℃まで5℃間隔の9段階とした。

3. 実験結果および考察

図2~4に、回分実験結果の代表例として、水温5℃、22℃および32℃の場合を示す。これによると、 COD は NO_2-N 、 NO_3-N の除去に従って除去されていることが示されている。またpHの変化は、初期に7.0~7.5の範囲に設定したが、脱窒素反応の進行につれ、8.0付近に上昇することが知られる。また NH_4-N も

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)

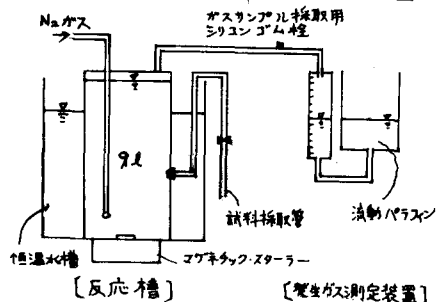


図-1 実験装置

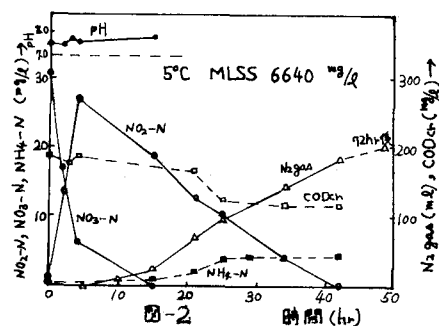


図-2

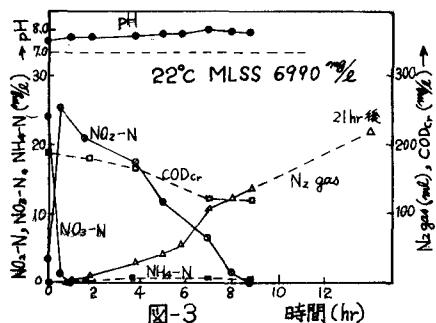


図-3

反応の進行につれ、増加することが知られる。表-2に除去されたCODと除去された $\text{NO}_3\text{-N}$ の比の結果を示す。除去されたCODと除去された $\text{NO}_3\text{-N}$ との関係は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の酸素当量から次のように求められる。

$$\frac{48 \text{ g O}_2}{14 \text{ g NO}_3\text{-N}} = 3.43 \text{ g O}_2/\text{g NO}_3\text{-N}$$

これによると、汚泥の自己分解による有機物が基質として利用されたことを示すものである。図-5に生成した $\text{NH}_4\text{-N}/\text{MLSS}$ と水温の関係を示す。これによれば、活性汚泥の培養温度である 22°C から離れるに従って、 $\text{NH}_4\text{-N}/\text{MLSS}$ の値が大きくなる。このことは、脱窒菌による $\text{NO}_3\text{-N}$ の同化より、汚泥の自己分解に起因する $\text{NH}_4\text{-N}$ の生成と考えられる。また、回分実験の結果より、好氣的に培養した汚泥を嫌氣的にし、脱窒素反応を起こらした場合、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の $\text{NO}_2\text{-N}$ への還元よりも、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の N_2 への還元が律速段階となっていることが示された。また、 N_2 ガス発生量は投入 $\text{NO}_3\text{-N}$ の約90%以上であった。図-6に N_2 ガス発生速度によるアレニウスプロットを示す。これによれば、活性化エネルギーは 9440 cal/mol 、また、温度依存性を示す式における温度係数は1.05、 Q_{10} 値は1.62となり、従来の値と一致した。図-7に半連続投入実験により、嫌氣的に馴養した活性汚泥を用いた実験結果を示す。これによれば、好氣的に培養した活性汚泥による回分実験結果と比較すると、亜硝酸の蓄積がなく、見かけ上、硝酸から N_2 ガスへの1段階の反応となることが知られる。また水温 $5^\circ\text{C} \sim 22^\circ\text{C}$ の範囲で、一般に脱窒速度として用いられている硝酸除去速度係数は、好氣的に培養した汚泥では、 $1.11 \sim 2.22 \times 10^{-3} \frac{\text{mg NO}_3\text{-N}}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$ 、嫌氣的に培養した汚泥では、 $1.65 \sim 10.49 \times 10^{-3} \frac{\text{mg NO}_3\text{-N}}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$ であったが、 N_2 ガス発生速度により比較すると、 $0.84 \sim 5.15 \times 10^{-3} \frac{\text{mg N}_2}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$ 、 $9.8 \sim 51.7 \times 10^{-3} \frac{\text{mg N}_2}{\text{mg MLSS} \cdot \text{hr}}$ と、嫌氣的に培養した汚泥が10倍大きくなることが知られた。

4. あとがき

活性汚泥を用いた混合培養系の脱窒素回分実験および半連続投入実験により、好氣的培養汚泥では $\text{NO}_3\text{-N}$ の N_2 への還元反応は $\text{NO}_3\text{-N}$ の還元段階よりも、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の N_2 ガスへの還元段階が律速段階となり、反応系に亜硝酸の蓄積が起こり、嫌氣的培養汚泥では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の還元段階が律速段階となり、亜硝酸の蓄積はなく、見かけ上1段階となることが示された。また、嫌氣的培養汚泥のほうが $\text{NO}_3\text{-N}$ 還元の活性が大きく、 N_2 ガス発生速度により比較すると、約10倍となった。

<参考文献> 松本、今井、池田「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」東北支部研究発表会報告集 1977.3

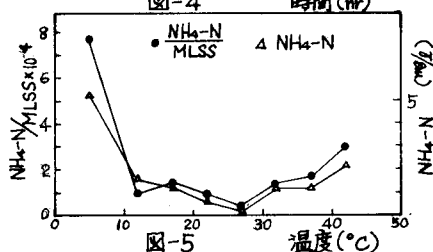
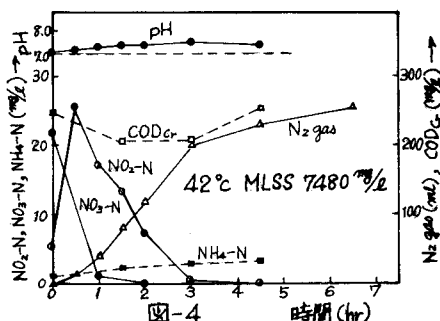


表-2

水温(°C)	除去COD/除去 $\text{NO}_3\text{-N}$	水温(°C)	除去COD/除去 $\text{NO}_3\text{-N}$
5	1.95	27	2.09
12	1.82	32	2.27
17	3.71	37	2.99
22	2.20	42	0.01

