微小電極を用いた活性汚泥中の脱窒反応の解析

八戸工業大学 正〇佐藤 久、小野英樹、中村吉志

1. はじめに

活性汚泥法は生物学的下・廃水処理法として最も普及している処理法である。活性汚泥のような微生物集合体の内 部には極めて複雑な生育環境が形成される¹⁾。その結果、比較的大きな直径を持つ活性汚泥中には物質輸送抵抗に より嫌気的領域が形成され、脱窒反応や硫酸塩還元反応が起こると考えられる。活性汚泥槽における窒素除去や活 性汚泥中に硫酸塩還元細菌が存在することが報告されているものの、実験的に活性汚泥中に無酸素領域が存在する ことを明らかにした研究は少ない。そこで本研究は、微小電極を用いて活性汚泥中に無酸素領域が形成される条件を 検討し、活性汚泥中における脱窒反応について解析することを目的とした。

2. 実験装置と実験方法

本研究で解析した活性汚泥は八戸市内の A 汚水処理場内の第一活性汚泥槽から採取した。経日的に活性汚泥 槽の流入水と流出水の水質を測定した。水質測定項目はアンモニア(NH4⁺)、亜硝酸(NO2⁻)、硝酸(NO3⁻)、DOC、溶 存酸素(O2)とした。

活性汚泥中の基質濃度分布を測定するため、本研究室において O_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpH微小電極を製作した。 活性汚泥を採取した後、直ちに実験室に持ち帰り、人工培地(組成: $NH_4Cl=300 \mu$ M、 $NaNO_3=300 \mu$ M、 $Na_2HPO_4=570 \mu$ M、 $MgCl_2 \cdot 6H_2O=84 \mu$ M、 $CaCl_2=200 \mu$ M、および EDTA $\cdot 2Na=270 \mu$ M、pH は 7.5 に調整)を満たし た水槽(4.0L)内に 5 本の針を用いて固定した。測定条件下で 30 分間馴養した後、各種微小電極を用いて活性汚泥 中の基質濃度分布を測定した。測定中は培地をスターラーで撹拌した。活性汚泥表面から $O_2=10\mu$ Mの地点までを O_2 浸入深さ(La(O_2))と定義した。

測定した NO₃⁻濃度分布から、Fick の拡散方程式を用いて全 NO₃⁻消費速度(J(NO₃⁻); [µmol/cm²/h])を算出した。さらに、単位 体積あたりの NO₃⁻消費速度(R(NO₃⁻); [µmol/cm³/h])を算出した²⁾。

3. 実験結果と考察

3-1. 活性汚泥槽の運転状況

活性汚泥槽内の O_2 濃度は約 $20\mu M$ であった。流入した $NH_4^+($ 平均濃度は $2020\mu M$)が $770\mu M$ まで減少したことから硝化 反応が生じていたことがわかった。 NH_4^+ 、 NO_2^- および NO_3^- の合 計濃度も $2050\mu M$ から $1250\mu M$ に減少したことから、この活性汚 泥槽においては脱窒反応も生じていたことが明らかとなった。

<u>3-2.</u>活性汚泥中の La(O₂)

Fig.1 に液本体中の O₂ 濃度の変動に伴う活性汚泥中の La(O₂)の変化を示した。La(O₂)は、表面から O₂ 濃度が 10µM

キーワード:活性汚泥、無酸素領域、脱窒反応、微小電極 連絡先 青森県八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学 佐藤 久 Tel.0178-25-8067

-328-



Fig.1 O_2 penetration depth (La(O_2)) under different bulk O_2 concentrations.

の地点までの距離と定義したため、液本体中の O_2 濃度が 10μ M以下の場合には0となる。 O_2 濃度が約 20μ Mの場合にも La(O_2)が0であるのは、活性汚泥表面近傍に存在する濃度拡散層内において O_2 濃度が 10μ M以下になったためである。Fig.1から、 O_2 濃度が約 20μ M以上では活性汚泥内に O_2 が浸透し、その深さは液本体中の O_2 濃度の増加に伴い増大することが明らかとなった。本研究では半径 400μ m以上の活性汚泥を解析したため、液本体中の O_2 濃度が約 130μ M以下の条件においてはほとんどの活性汚泥中に無酸素領域が検出された。

3-3. 活性汚泥中の脱窒反応

Fig.2 に活性汚泥中の無酸素領域の半径(すなわち活性汚 泥中心から O₂ 濃度が 10μM の地点までの距離)と J(NO₃⁻)と の関係を示した。硝酸の消費は主に脱窒反応によるものと考 えた。無酸素領域の半径が約 200μm の場合には脱窒反応 が見られない場合があったが、無酸素領域の半径が約 300μm 以上になると脱窒反応が生じた。J(NO₃⁻)は無酸素領 域の半径の増大と共に増加する傾向が見られた。

活性汚泥中の脱窒活性を詳細に解析するため、R(NO3)を 算出し、無酸素領域の半径とR(NO₃)の空間的分布の関係 を解析した。3 種類の活性汚泥の無酸素領域の半径は約 360µm(●)、約 590µm(△)、約 700µm(■)であった。脱窒反 応は無酸素領域内に限られており、好気領域では顕著な脱 窒反応は生じなかった。無酸素領域の半径によらず活性汚 泥の中心付近において R(NO₃)が最大となった。R(NO₃)の 最大値は、無酸素領域の半径が約 360µm の場合には 1.2µmol/cm³/h、約 590µm の場合には 2.1µmol/cm³/h、約 700µm の場合には 2.8µmol/cm³/h と、無酸素領域の半径の 増大と共に増加した。以上の結果から、大きな無酸素半径を もつ活性汚泥ほど単位体積あたりの脱窒活性が高くなり、脱 窒効率が高まることが明らかとなった。無酸素領域内で脱窒 活性が異なったことから、脱窒活性は O, 濃度以外の要因 (ORP 等)の影響を受ける事が示された。中心に近づくほど脱 窒細菌の基質である有機物濃度や NO;濃度は減少するもの の、本研究の測定条件では反応を律速するほどには減少し なかったと考えられた。

4. まとめ

本研究では微小電極を用いて活性汚泥内の基質濃度分布を測定した。その結果、活性汚泥中に無酸素領域が形成

Fig.2 NO_3 consumption rates (J(NO_3)) of the activated sludges with various radius of anoxic zone.



Fig.3 Spatial distributions of specific NO_3^{-1} consumption rates (R(NO_3^{-1})) in the

activated sludges with various radius of anoxic zone.

される可能性があること、無酸素領域では脱窒反応が生じ、脱窒速度は中心部において高いことを実験的に明らかにした。

-329-

[参考文献] 1) Schramm et al. (1999) Applied and Environmental Microbiology, 65(9) 4189-4196.

2) Santegoeds et al. (1999) Applied and Environmental Microbiology, 65(10) 4618-4629.