

(Ⅶ-8) 多孔質結合固定化担体による脱窒細菌固定に関する基礎的研究

東京理科大学理工学部土木工学科 ○正会員 出口 浩

1. はじめに

本研究は、多孔質結合固定化担体への脱窒用微生物の固定を扱ったものである。下排水処理法の効率改善が研究の背景にある。結合固定化担体の適用については、槽内に維持しようとする処理に関与する微生物を高濃度に保持するということが主な目的と考えられてきている。本研究では、担体としてスポンジキューブを用いた。スポンジキューブは、軽質であり、攪拌混合が容易であると考えられることから、その実用化が期待されている。しかし、スポンジキューブでは、保持できる微生物量を担体単位体積あたりの重さで表すにとどまっている。この考え方は、確かに槽内の微生物量を高めるという観点からは有効といえる。しかし、スポンジキューブ内部に固定した微生物群のすべてが機能しているかどうかについては十分に解明されていないと考えられる。

筆者らは、スポンジキューブに微生物群を固定するということとは？という原点に立ち返って本研究を開始した。すなわち、固定した微生物群はいわゆる浮遊性微生物群を単に濃縮したもののかあるいは生物膜なのか？という疑問を設定した。

生物膜としての解析については、多くの研究者が生物膜内の物質収支に基づいてそのツールを公開してきている。すなわち、拡散律速の場合と非拡散律速の場合の反応速度式である。そのツールに基づいて、実験を計画し、実施してきた。以下にその結果を述べる。

2. 実験および条件など

本研究の実験は多孔質担体への微生物の固定およびその担体に付着したままの微生物を用いた動力学的実験である。

1) 微生物の固定

スポンジキューブは $12 \times 12 \times 15 \text{ mm}$ のサイズである。これを反応槽の容積の10%入れた。ポアサイズは27個/インチである。硝酸性窒素およびメタノールを主成分とする基質を用意し、 $3.5 \text{ gN/m}^2/\text{d}$ の負荷で微生物を固定した。この基質の Cm/N 比は7.5としている。脱窒に必要とされる Cm/N 比は通常2.5であるが、メタノールが脱窒反応を律速することが無い様理論値の3倍量のメタノールを供給している。反応槽は容量30リットルのケモスタット型である。

対照として非多孔質のアクリルキューブを使用した。

2) 動力学的実験

本研究では、スポンジキューブが多孔質であることから、担体と槽内水の接触のさせ方について次の3通りを設定した。

a) スポンジの表面のみを流下する。b) スポンジの表面だけでなく内部にも自然に水が流入する。c) 強制的にスポンジ内部に槽内水を供給する。

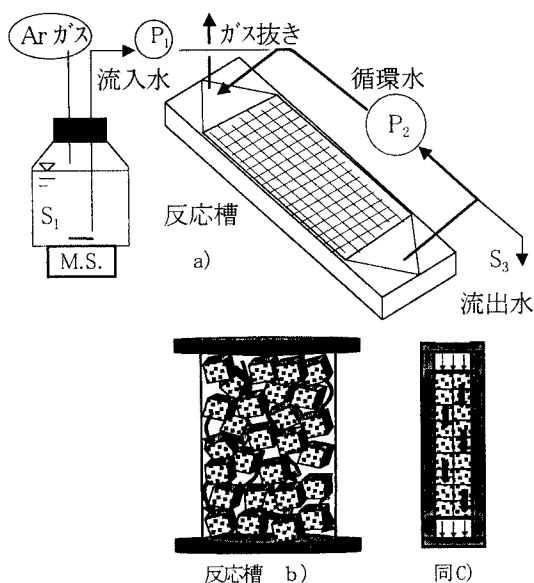


図-1 動力学的実験装置

動力学的実験装置の概要を図-1に示す。槽内水との接触の条件の違いによって反応槽も3通り用意した。いずれも実験中は密閉されており、可能な限り実験の系外からの酸素の進入を防ぐ工夫をした。また、脱窒反応によって発生する窒素ガスを放出させるため、反応槽の上部にはガス抜きが設けられている。反応槽a)はスポンジキューブを敷き詰めて密閉すると蓋とスポンジキューブの間に5mmの空間が出来るようになっており、ここを槽内水が流下する。反応槽b)は円筒型であり、スポンジキューブを単に投入したものである。両反応槽ともスポンジキューブの形状表面積は等しく 0.09 m^2 としている。反応槽c)はアクリル製の立方体形状で、担体保持部 $24 \times 300 \times 12 \text{ mm}$ にスポンジキューブを詰めた。

反応槽は、循環ポンプの作用により完全混合の状態に保たれている。

キーワード：生物膜、多孔質結合固定化担体、拡散律速

連絡先：千葉県野田市山崎2641 東京理科大学 理工学部 土木工学科

これらの反応槽を用いて、基質のCm/N比を一定に保ちながら、濃度を变化させて動力学実験を行なった。

3. 実験結果

生物膜内の拡散の理論に従うとすると、単位面積辺りの反応速度は、反応槽内の基質濃度の平方根に比例する。図-2 に反応槽 a)を用いた実験の結果を示す。スポンジキューブを用いた場合も対照も単位面積辺りの脱窒速度が反応槽内の基質濃度に比例していることが見て取れる。このことから反応槽 a)を用いた場合にはスポンジキューブに固定した微生物群は生物膜の扱いが出来るといえる。

反応槽 b)を使用した動力学実験の結果を図-3 に示す。この場合も、反応槽 a)と同様、脱窒速度が反応槽内の基質濃度の平方根に比例している。

反応槽 c)を使用した場合の結果を図-4 に示す。この場合には、脱窒速度が反応槽内の基質濃度の平方根には比例しなかった。すなわち、反応槽 a)b)では、スポンジキューブに固定した微生物群は、生物膜として取り扱うことが出来るといえる。これに対してスポンジキューブに直接槽内の水を流入させると同じ微生物群であるものの生物膜としては扱えないということが判明した。

4. 考察

反応槽 a), b)および c)の実験結果を同一の座標軸上に再度整理したものを図-5 に示す。反応槽 c)の結果が図中最も左側に展開させたことから、同じ濃度であれば最も高い反応速度が得られることが分かった。このデータにmonod型の式で最小2乗法を適用したところ飽和定数が0.49mg/l、最大脱窒速度が14 gN/m²/dとなった。

同一の基質濃度であれば、次に高い脱窒速度を得ることが出来るのは、反応槽 b)であった。スロープの傾きは2 g^{1/2}/m^{1/2}/dとなっている。もっとも低い結果となったのが、反応槽 a)の場合であった。また、得られた実験結果も脱窒速度が約3 g/m²/dを境にその傾向が異なっていた。スロープの傾きは脱窒速度が3 g/m²/d以下では0.57 g^{1/2}/m^{1/2}/d、3 g/m²/d以上では1.77 g^{1/2}/m^{1/2}/dであった。スロープの傾きの大きい場合でも反応槽 b)で得られたスロープの傾きよりも小さかった。

これは、反応槽 a)では、基質の輸送律速が顕著に表れた結果であるのに対し、反応槽 c)では、基質の輸送は何ら律速にはならず、基質濃度そのものが反応速度に影響を及ぼしたといえる。

5. まとめ

多孔質結合固定化担体に固定した微生物群は生物膜としての取り扱いが出来る。しかし、基質輸送において拡散が卓越しない場合にはmonod型の式で反応速度を近似できる。

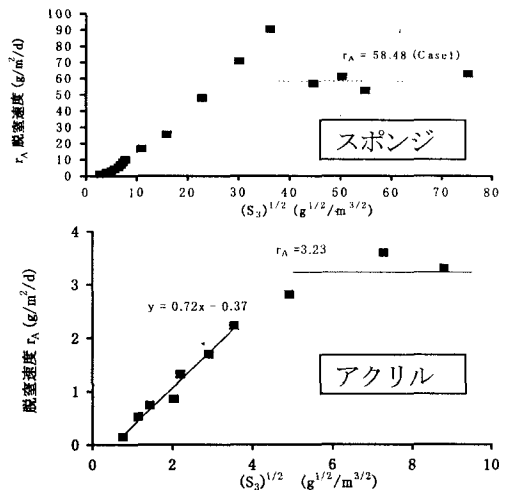


図-2 反応槽 a)の結果

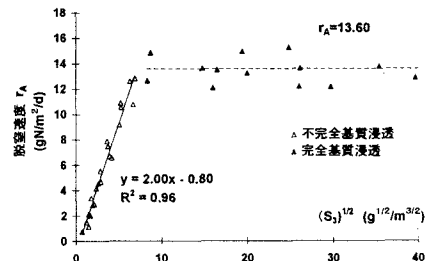


図-3 反応槽 b)の結果(スポンジ)

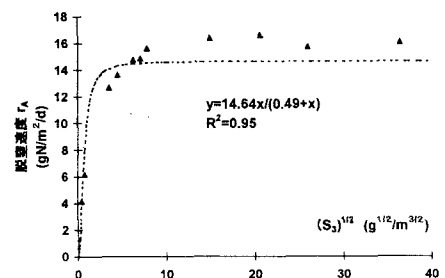


図-4 反応槽 c)の結果(スポンジ)

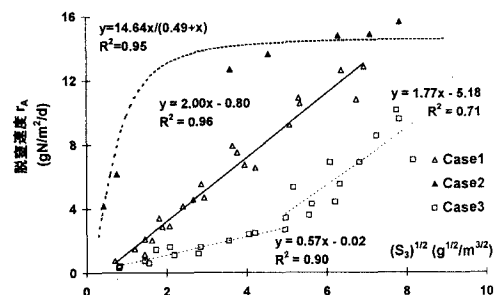


図-5 基質濃度の平方根と脱窒速度の関係