

II-585

固定化微生物における攪拌強度と基質利用速度の関係について

岩手大学大学院 学生員 ○竹ヶ原竜大

岩手大学工学部 正 員 海田 輝之 大村達夫

1. はじめに

固定化微生物(付着微生物や自己固定化微生物も含めて)を用いた廃水処理は、微生物のwash-outを防ぎ、反応槽内に高濃度の微生物を維持できる利点を有する。一方、微生物集塊のサイズが大きくなれば、外部及び内部拡散抵抗が増加し、処理効率を悪化させることにもなる。著者らは、微生物が分散している場合の基質利用速度がMichaelis-Menten式で表せるとき、その微生物が固定化されたときに、液本体の基質濃度で表した基質利用速度式を導いた。その結果、基質利用速度はMichaelis-Menten式で表せない場合や、みかけ上Michaelis-Menten式で表し得る場合もあることを示した¹⁾。

本研究では、イオン交換樹脂内部に固定化したアンモニア酸化菌について、誘導した式の妥当性を検討するため、反応槽の攪拌強度を変えて、即ち、外部拡散抵抗の大きさを変えて回分実験により基質利用速度を測定して検討したものである。

Table 1 Composition of synthetic substrate

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.1415g (30mg as N)
NaCl	0.085g
K_2HPO_4	0.283g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.085g
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.0085g
Tap Water	1.0l

2. 実験装置及び方法

イオン交換樹脂アンバーライト(IRA-938)に充分に硝化菌を付着させるために三相流動床を用いた。アンバーライト、Table1に示す培地、岩手県北上川上流域流域下水処理場のエアレーションタンク内より採取した活性汚泥を植種として入れ水温を20°Cとして、約20日間通気回分培養を行った。その後連続的にTable1に示す基質をHRT=2h(0.95l/h)で流入させ、流出水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が定常になるまで行った。

基質の利用速度は円筒形の反応槽に基質4lと流動床より採取した所定量の担体を入れ、翼径15.3cm、翼幅5cmのパドルにより攪拌し、経時的に $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を測定して求めた。ただし、G値は攪拌機の回転数を変えることにより2段階とし、各々のG値で基質の初期濃度を1~50mg/lに変化させた。なお、G値は以下の式より算出した。

$$G = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} \quad \epsilon = \frac{2\pi NT_r}{V}$$

ここで、G:攪拌強度(s^{-1})、 ϵ :単位体積、単位時間当りのエネルギー損失量($\text{g}/\text{cm}^3 \cdot \text{s}$)、 μ :粘性係数($\text{g}/\text{cm} \cdot \text{s}$)、 T_r :攪拌に要したトルク($\text{dyne} \cdot \text{cm}$)、N:翼回転速度(rps)、V:容器中の体積(cm^3)である。

3. 実験結果及び考察

Fig. 1に基質利用速度の測定に用いた反応槽のパドルの回転速度Nと攪拌強度Gとの関係を示す。両者の関係は $G \sim N^{3/2}$ となり、本実験での回転速度では乱流域であるといえる。

流動床からの流出 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は、基質利用速度を測定した期間

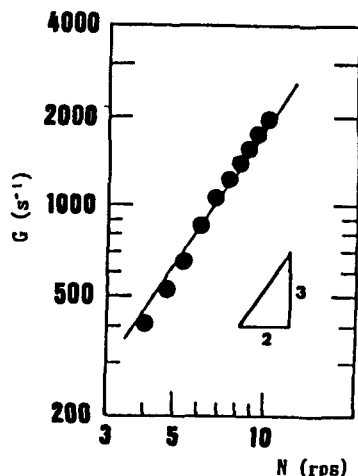


Fig. 1 NとGの関係

では1mg/l以下でほとんど変化しておらず、定常状態に達していた。従って、この期間に流動床内の担体に付着していたアンモニア酸化菌は、同一の状態であったと考えられる。

Fig. 2に例として回分実験で $G=1441s^{-1}$ とし、初期 NH_4-N 濃度を变化させた場合の NH_4-N 濃度の経時变化を示す。但し、担体量は初期 NH_4-N 濃度が0.5mg/lでは25ml、15mg/l及び30mg/lでは100mlその他は50mlである。回分実験初期ではどの場合も NH_4-N 濃度は直線的に低下している。この直線の勾配を最小自乗法で求め、担体量及び基質量を考慮して担体単位体積当りの NH_4-N 利用速度 ν に換算し、それらと初期 NH_4-N 濃度との関係をFig. 3に示す。同様にして $G=415s^{-1}$ として得た結果をFig. 4に示す。Lineweaver-Burkプロットより、 $G=415s^{-1}$ の時、 $\nu=0.18C_b/1.39+C_b$ 、 $G=1441s^{-1}$ の時、 $\nu=0.17C_b/0.38+C_b$ となった。実測値との相関係数を求めると各々0.94、0.99となり、両者とも充分にMichaelis-Menten式で表し得ることがわかる。

著者らは、固定化微生物の基質利用速度を液本体の基質濃度 C_b で表したとき、

$$\nu = \frac{\eta_p \nu_m C_b}{C_b + K_m / K + \delta_p} = \frac{\nu_m C_b}{C_b + K_m} \quad (1)$$

で表せることを示した。ここで、 η_p :有効係数で担体の内部拡散抵抗より生じ、 K :分配係数、また δ_p は

$$\delta_p = \frac{\phi_m^2 \eta_p}{3Sh} K_m \quad (2)$$

であり、 Sh :Sherwood数、 ϕ_m^2 :液体での基質の拡散係数で表したThiele's moduleである。

実験より得た ν_m の値は、各々0.18、0.17mg- NH_4 /ml-media·hでは近い値であった。これは、本実験では同じ状態の担体に付着したアンモニア酸化菌を用い、さらに η_p は液本体の NH_4-N 濃度でなく担体表面での濃度で定義しているので、 G 値にかかわらず同一の値を持つことから明らかである。一方、実験より得た K_m 値は、 $G=1441s^{-1}$ の方が $G=415s^{-1}$ より明らかに小さく、 G 値が大きい程外部拡散抵抗が小さくなることを示している。つまり式(2)で G 値が大きい程、式(2)中の Sh が大きくなり、他の変数は G 値に依存しないので、 δ_p が小さくなることに相当する。

今後は式(2)での変数を各々の実験より求めて、 δ_p の妥当性を検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 海田輝之、Jerzy J. Ganczarczyk、大村達夫、相沢治郎 (1992) 固定化微生物の基質利用速度に関する研究、水環境学会誌、第15巻、第6号、pp. 377~383

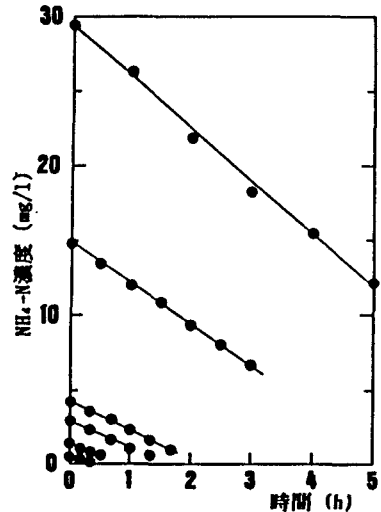


Fig. 2 NH_4-N 濃度の経時変化

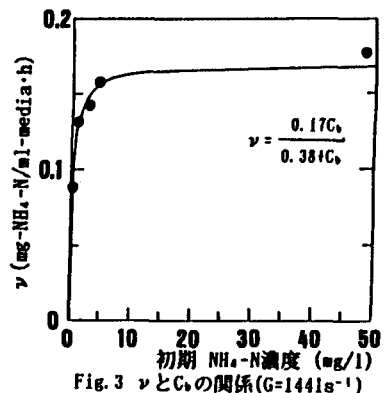


Fig. 3 ν と C_b の関係($G=1441s^{-1}$)

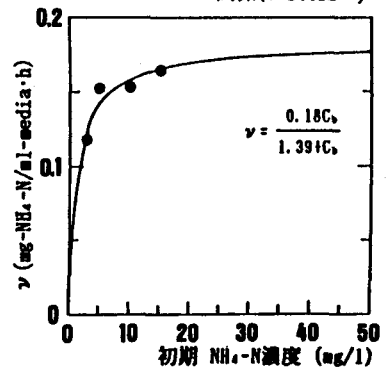


Fig. 4 ν と C_b の関係($G=415s^{-1}$)