

東京理科大学 正員 出口 浩 学生員○浦部 幹夫 正員 柏谷 衛

1. はじめに

筆者らはスポンジキューブ固定化担体(以下担体という)を硝化液循環プロセスの室内実験に適用し、反応タンク内の微生物濃度を高め、処理効率の改善を図ってきた¹⁾。微生物は担体1ℓ当たり10g~25g(VSS)固定され、担体内部を観察すると、微生物は担体内全域でほぼ均一に分布していた。これは基質や酸素が担体内全域に輸送されていることを意味し、この輸送がどのように行なわれているのかを明らかにする必要がある。輸送の原動力はタンク内水の移動速度と担体の移動速度の差であると考えて、反応タンクをビデオ撮影し、トレーサーと流速計を用いて速度差を求めた。また、担体自身の透水性を測定した後、速度差に対して、タンク内水がどの程度担体内へ移流しているのかを実測した結果に考察を加え以下に報告する。

2. 担体と反応タンク内水の相対速度差と担体内への水の移流について

攪拌機(回転数8rpm)と散気装置(空気量4ℓ/min)を備えた室内反応タンク(直径30cm, 高さ50cm, 有効容積30ℓ)に担体(15×12×12mm)を10%(v/v)添加し、硝化液循環プロセスに準じて運転を行なってきた。1サイクルの時間配分は無酸素工程90分、好気工程110分、沈殿・排水40分の計240分としている。この反応タンク運転中のタンク内流動状況を調べた。

この結果、反応タンク内水の平均移動速度は無酸素工程で6.5cm/s、好気工程で19.6cm/s、担体の移動速度はそれぞれ5.4cm/s、17.1cm/sであった。すなわち、担体1個当たりの速度差の平均値は、無酸素工程で1.1cm/s(最大値4.5cm/s)、好気工程で2.5cm/s(最大値9.4cm/s)となった。これは、各工程の時間配分から考えて、無酸素及び好気工程で担体が静水中をそれぞれ59m、165m移動するのと等しいことになる。これを模式的に示したのが図-1である。側面積(6面)の平均値を担体の投影面積(担体1個当たり1.68cm²)と考えると、担体1個当たり無酸素及び好気工程でそれぞれ10ℓ、28ℓの反応タンク内水が担体に衝突することになる。担体にその内部への水の移流に対する抵抗がなければ、この衝突する水量が全て担体内部に入ることになる。担体内への水の移流が、この速度差によって引き起こされると考えるならば、担体の持つ移流に対する抵抗(透水係数)と、形状抵抗を考慮する必要がある。

図-1 各工程における水と担体の移動距離の差

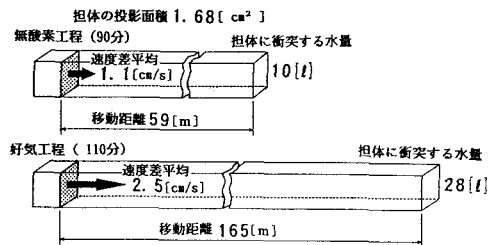


図-1 各工程における水と担体の移動距離の差

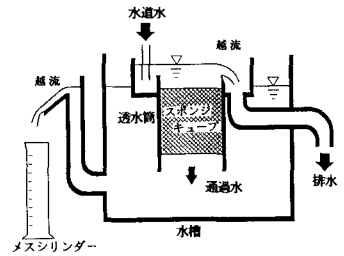


図-2 透水試験の実験装置

3. 担体の透水係数の測定

担体の透水性を調べるため、担体の定水位透水試験²⁾を行なった。実験装置は越流部を備えた水槽及び透水筒より構成される(図-2 参照)。実験に使用した担体は反応タンクに添加した担体と同じ材質の

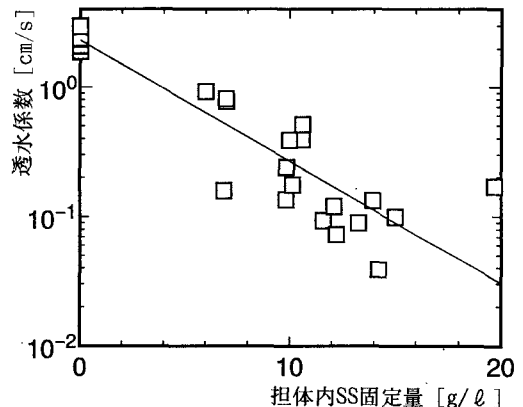


図-3 担体内SS固定量と担体の透水係数の関係

スポンジキューブ(5×5×5cm)で、微生物(以下SSで表わす)固定量6~20g/ℓ及びSS固定のない場合について実験を行なった。透水試験によって得られた担体の透水係数をSS固定量との関係で整理し、図-3に示す。

透水係数はSSの固定がない場合2~4cm/s, SSを10g/ℓ固定した場合約0.2cm/sであった。固定したSS量の増加に伴い、透水係数は減少する傾向を示したが、土質工学の分類ではいずれも“砂及び礫”の透水係数に属しており、担体の透水係数は極めて高いことがわかった。

4. 担体内への水の移流量の測定

4.1 実験装置及び方法 担体内への水の移流量の測定には模型スポンジキューブ(5×5×5cm)を用い、MLSS固定のないものと、SSを6~25g/ℓ固定したものを使用した。実験にあたっては、図-4に示すように幅30cm、高さ35cm、長さ1.5mで、流路断面の中心部に分流路を持つ開水路を準備し、この分流口(5×5cm)に模型スポンジキューブを設置した。反応タンク内水と担体の速度差に対応させるため、レイノルズ相似則に従い、開水路の平均流速 v を0.3~2.5cm/sの範囲に設定した。

測定項目は流入水量 Q_0 、分流路を通して流出してくる水量(Q_b 及び Q_b')である。模型スポンジキューブを設置しない場合(Q_b)を基準として模型スポンジキューブを設置した場合(Q_b')の水量低下の割合を調べた。

4.2 実験結果 Q_b' と Q_b の比を求め、開水路内平均流速 v との関係を図-5に示す。

MLSS固定のない場合、 v が0.3cm/s以上1cm/s以下では、 v の増加に伴い Q_b'/Q_b は減少する傾向を示したが、 v が1cm/sないし2.5cm/sでは20%前後で安定していた。また、SS固定量が6g/ℓの場合、 Q_b'/Q_b は15~19%, SS固定量25g/ℓの場合では2~5%の値ではほぼ一定値を示した。すなわち、担体内に移流する水量は、SS固定量によって大きく影響を受けることが見いだされた。

4.3 考察 無酸素工程におけるタンク内水と担体の速度差1.1cm/sは $v \approx 0.3$ cm/s, 好気工程の速度差2.5cm/sは $v \approx 0.8$ cm/sに相当する。このときの Q_b'/Q_b を担体内SS固定量で整理して図-6に示す。担体内SS固定量の増加に伴い Q_b'/Q_b は減少する傾向を示した。このことは、担体内SS固定量の増加に伴う透水係数の減少によるものと考えられる。

また、筆者らが用いている反応タンクにおいて、担体添加率10%(v/v)でSS固定量25g/ℓの場合での反応タンク全担体内への移流量を試算すると、無酸素及び好気工程でそれぞれ304ℓ, 912ℓとなり、1サイクルに反応タンク容積の40倍の水量が担体内に移流することになる。

参考文献 1) 出口・浦部・柏谷: スポンジキューブ固定化担体を用いる高濃度微生物処理(3), 第30回下水道研究発表会講演集, 1993 2) J I S A 1218-1977 土の透水試験法, 定水位透水試験

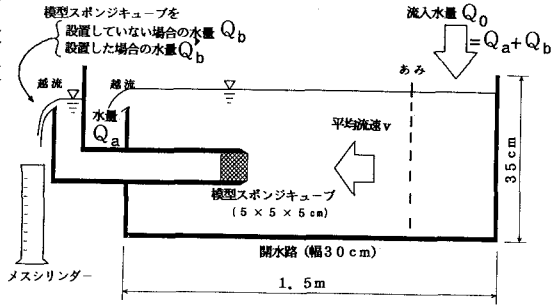


図-4 分流路付き開水路

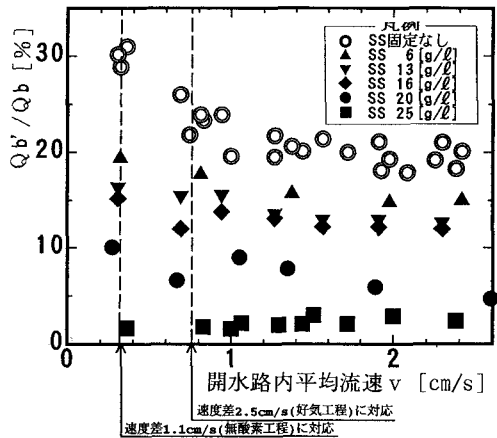


図-5 開水路内平均流速と Q_b'/Q_b の関係

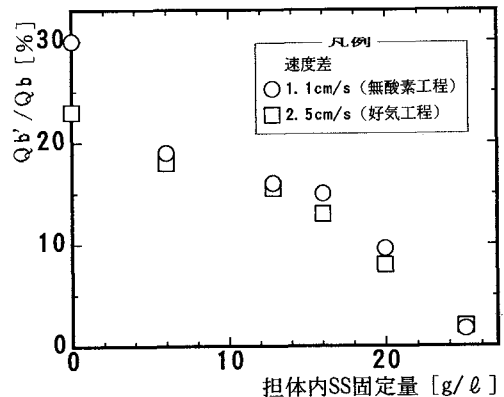


図-6 担体内SS固定量と Q_b'/Q_b の関係