

II-561

下水処理に適用したセル構造体内における基質消費に関する一考察

東京理科大学 正員 出口 浩, 正員 柏谷 衛

㈱日水コン（元 東京理科大学大学院生） 正員 浦部 幹夫

1. はじめに

筆者らは、硝化液循環プロセスの反応タンク内微生物濃度を微生物固定化担体を用いて高濃度に保持することで、同プロセスの効率改善を行なうことを考え、室内実験を実施してきた。微生物固定化担体としては、ポリウレタン製の軽質で、強靱なセル構造体（以下、担体という）を使用した。反応タンクへの担体添加によって認められる効果について現象面からその一部を報告してきた¹⁾。

本研究では、担体内における基質消費について、解析的な側面から検討を行なうため、担体における物質収支に基づいた簡単な反応速度式を提示し、基質消費特性について若干の考察を加えた。また、室内実験を行なっている硝化液循環プロセスの反応タンクから得た担体を用いて、基質消費に関する実験を行い、提示した式の妥当性を検討した。以下に結果を報告する。

2. 担体内における基質除去反応式

反応タンク内で浮遊状態に保たれている担体内における基質除去について、 dt 時間において担体内外の水交換にともなって担体内に移行する基質と担体内から流出する基質（図-1参照）間の物質収支をもとに式-1で表した。

$$C_t \cdot Q \cdot dt - C_{t+dt} \cdot Q \cdot dt = \gamma_F \quad (1)$$

但し、 $\gamma_F = \mu \cdot \frac{C_t}{K + C_t} \cdot X_F \cdot V \cdot dt$ μ ; 最大基質除去速度 (1/h)

Q ; 担体に流入および流出する水量 (ℓ/h), C_t ; ある時刻 t における反応タンク内基質濃度 (mg/ℓ),

K ; 飽和常数 (mg/ℓ), X_F ; 担体に固定した微生物濃度 (mg/ℓ), V ; 担体1個当たりの体積 (ℓ/個)

式-1の右辺第2項の分子、分母に $Q \cdot dt / X_F / V$ を掛けて式を整理すると式-2が得られる。

$$(C_t - C_{t+dt}) \cdot Q \cdot dt = \mu \cdot \frac{C_t \cdot Q / X_F / V}{K \cdot Q / X_F / V + C_t \cdot Q / X_F / V} \cdot X_F \cdot V \cdot dt \quad (2)$$

Q は、反応タンクの攪拌条件等の物理的な運転条件が変化しない限り一定と考えられるので、式-2右辺中の $K \cdot Q / X_F / V$ は一定値となる。また、 $C_t \cdot Q / X_F / V$ は、担体に固定した微生物に対する基質負荷を表すことになり担体内における基質除去反応はマクロ的には担体に固定した微生物に対する負荷によって表されるものと考えられる。

3. 担体に固定した微生物による基質消費の実験

3.1 実験装置および供試原水

担体に固定した微生物による基質消費実験は、微生物を担体に固定したままの状態、基質を含む供試原水を定量ポンプにより担体内に直接通水させることで実施した。実験装置の概要を図-2に示す。微生物を固定したままの担体は図中の担体設置筒内に挿入した。供試原水の通水前後における基質濃度と通水流量から基質除去速度を算出した。

供試原水は次の①～③の3種類を準備した。

① スキムミルクベースのT0C含有水

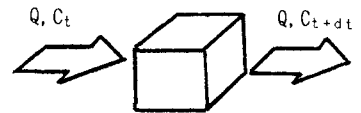


図-1 担体内外の水交換の模式図

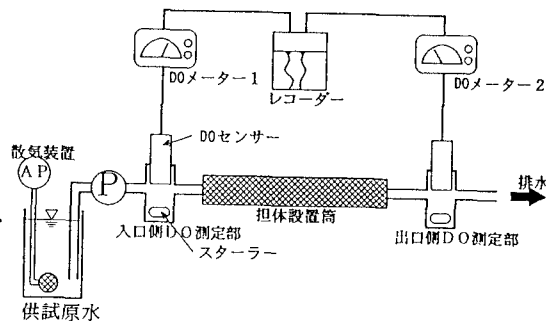


図-2 通水型基質消費実験装置

②硝化液循環プロセスの室内実験における好気工程終了時の硝酸性窒素を含む反応タンク内水の上澄水を窒素ガスによるエアレーションで脱窒素したもの（一部はスキムミルクによってTOC成分を調整した）

③同室内実験の無酸素工程終了時のアンモニア性窒素を含む反応タンク内水の上澄水をエアレーションを行ない酸素を飽和させたもの（一部、塩化アンモニウムによりアンモニア性窒素濃度を調整した）

これを様々な流量，基質濃度の組合せで担体に通水した。

3.2 基質消費実験に使用した担体

基質消費実験に使用した担体は，筆者らの硝化液循環プロセスの室内実験の反応タンクから得たものである。この室内実験では，担体が無酸素／好気の状態を交互に受けるタイプ（一体型）と無酸素のみおよび好気のみ状態を受けるタイプ（分離型）の2通りの反応タンクがTOC容積負荷 $0.16 \text{ kg/m}^3/\text{d}$ で運転されている。担体適用形式の相違が基質消費特性に影響を及ぼすかどうかを併せて調べるために，両タイプの担体を使用した。

4. 実験結果とその考察

基質消費実験の結果を供試原水①～③についてそれぞれ図-3～5に示す。TOCの除去とアンモニア性窒素の酸化反応については，各基質の担体に固定した微生物に対する負荷によるmonod型の関数で近似できることが見いだされた。硝酸性窒素の脱窒素が，硝酸呼吸による有機物の分解過程の一つと考え，脱窒速度を担体に固定した微生物に対するTOCの負荷で整理するとmonod型の関数で表すことが出来た。したがって，担体内に固定した微生物による基質の除去特性は，本実験の範囲においてその微生物に対する負荷に応じて決まるといえる。

また，基質消費実験では，一体型および分離型の反応タンクから得られた担体を使用しているが，両者のデータ群はほぼ同じ位置にプロットされていることから実験の範囲では両者に有意な差異は無いといえる。

5. まとめ

(1)担体内における基質除去の反応について，担体に固定した微生物に対する負荷のmonod型関数として表せた。

(2)微生物を担体固定した状態で実施した基質除去の実験で，基質除去速度が微生物に対する基質の負荷に対してmonod型の関数で整理できたことから提示した式の妥当性が見いだされた。

謝辞 本研究の基質消費の実験を行なうに当たって，当時卒業生であった（現在，東京理科大学大学院生）古橋威史君，山本整君の多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献1)出口，柏谷，田中；スポンジ型を結合固定化担体とした硝化液循環プロセスに関する研究，衛生工学研究論文集，vol. 28

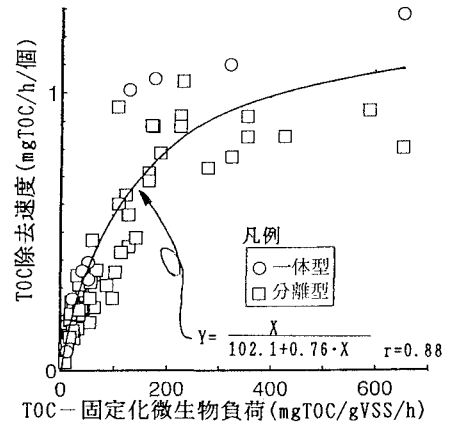


図-3 TOC-固定化微生物負荷とTOC除去速度

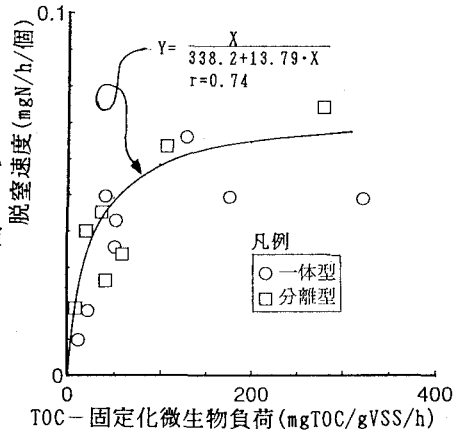


図-4 TOC-固定化微生物負荷と脱窒速度

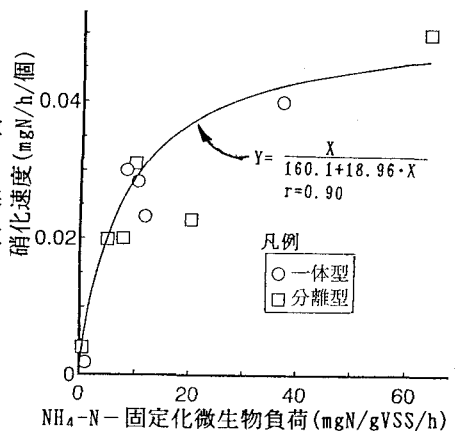


図-5 $\text{NH}_4\text{-N}$ -固定化微生物負荷と硝化速度