

II-563

硝化細菌の固定化担体内における増殖特性

日本大学 正員 田中和博 糸川直樹
日立プラント建設（株） 正員 美川一洋 角野立夫

1. はじめに

筆者らは、ポリエチレングリコールを主材料とした高分子ゲルに微生物を包括固定化した担体を硝化槽に添加し、従来の活性汚泥循環変法の滞留時間を標準活性汚泥法と同程度に短縮した硝化促進型循環変法の開発を進めてきた^{1) 2)}。本報告では、馴養期間及び定常運転期間での硝化活性とともに硝化細菌数を計測し、担体内部における硝化細菌の遷移現象について若干の知見を得たので報告する。

2. 実験方法

使用した担体は、主材料をポリエチレングリコール製とし、活性汚泥を2%含有する3mm角形の包括固定化担体である。表1に、供試した合成無機廃水の組成を示す。これを基準液とし、水道水で所定の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に調製して原水として使用した。表2に、アンモニア酸化細菌計測用培地の組成を示す。硫酸アンモニウムを100mg/l含有する培地をL培地、5000mg/l含有する培地をH培地と定義した³⁾。いずれもイオン交換水を用いて調製し、0.45 μm フィルタで除菌濾過後使用した。図1に、担体の馴養及び定常運転に用いた実験装置を示す。曝気槽は容量500mlで、担体を50ml添加し充填率を10%とした。また、酸素の供給と担体の攪拌の為に5l/分の通気量で曝気を行った。原水は、前述の合成無機廃水の基準液を、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度20($\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷として67mg-N/l-担体/h)、60(2000mg-N/l-担体/h)、100(333mg-N/l-担体/h)mg/lに調製したものをを用い、滞留時間3h、20℃で運転した。担体の硝化細菌数は、前処理³⁾として担体をホモジナイザで破碎し、超音波処理装置で菌を分散した後、最確値法(Most Probable Number法)によって求めた。

表1 合成無機廃水の組成

成 分	濃度 (mg/L)
NH_4Cl	382
NaHCO_3	1170
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	116
NaCl	51
KCl	24
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	24
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	84

($\text{NH}_4\text{-N}$ として200mg/L含有)

表2 アンモニア酸化細菌数の計測用培地

成 分	濃度 (mg/L)	
	L 培地	H 培地
K_2HPO_4	200	200
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50	50
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	20	20
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1	1
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	100	5,000

3. 実験結果と考察

馴養期間及び定常運転期間は処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度により期間を区分し、それぞれの期間での硝化細菌の遷移現象を検討した。馴養期間及び定常運転期間の処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経日変化を図2に示す。原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を20mg/lで実験を開始したところ、14日目から処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は1mg/l前後で安定し、馴養が完了したと判断した。以降、原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を60mg/l、1000mg/lの順に変化させ、負荷を増加させた。いずれも安定した良好な処理水が得られてからを定常期間とした。馴養期間中、処理水中には $\text{NO}_3\text{-N}$ が残存していたが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は検出されず、硝酸型反応が進行していた。図3に定常運転期間における $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷と硝化速度及び除去率の

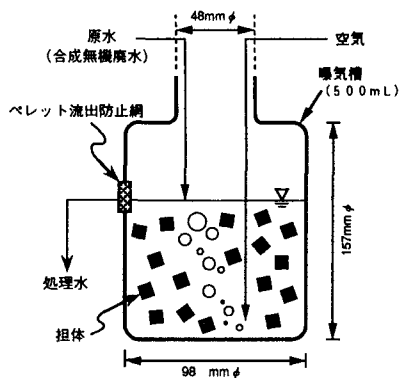


図1 担体の馴養および定常運転に用いた実験装置

関係、図4に原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度と硝化速度の関係を示す。原水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 100 mg/l の時、 $320\sim330\text{ mg-N/l-担体/h}$ と高い硝化速度を得ることができ、高負荷でも除去率が90%以上と安定した硝化が行われた。

図5に担体内部のアンモニア酸化細菌（AL菌、AH菌）数の変化を示す。固定化初期では、担体内部にAL菌が $1.63\times 10^5\text{ cells/ml-担体}$ 、AH菌が $6.90\times 10^4\text{ cells/ml-担体}$ でAL菌が優占していた。これは、一般的に活性汚泥にはAL菌が優先するとされている筆者等の報告⁴⁾と一致している。馴養後の定常運転期間においても、AL菌が優占しており、原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が低い場合はAL菌が優占するものと考えられる。馴養期間でのAL菌の増殖はかなり早く、10日目で $2.33\times 10^8\text{ cells/ml-担体}$ に達している。0日目と10日目のAL菌の菌数から(1)式を用いて倍化時間（Dt：Doubling Time）求めると、AL菌の倍化時間は18hでなった。

$$dX/dt = \mu X \quad \text{----- (1)}$$

$$Dt = \ln 2 / \mu \quad \text{----- (2)}$$

ここで、X：菌体濃度（cells/ml-担体）

t：培養時間（h）

μ ：比増殖速度（1/h）

Dt：倍化時間（h）

この値はこれまで報告されている液体培養の文献値 $Dt = 7\sim 22\text{ h}$ と一致した。今回の実験はポリエチレングリコールゲル中での硝化細菌の増殖速度であるにもかかわらず液体培養の値と一致したことは、 $10^4\sim 10^8\text{ cells/ml-担体}$ の菌体密度では、基質や酸素の拡散による律速を受けにくかったためと考えられる。定常運転期間でのAL菌数は $2.57\times 10^7\sim 1.81\times 10^9\text{ cells/ml-担体}$ で振動しながら推移した。この細菌数は、担体内部で硝化細菌が増殖と死滅（自己分解）を繰り返している結果と考えられる。

4. まとめ

1. 硝化細菌 $1.63\times 10^5\text{ cells/ml-担体}$ の造粒直後の担体を、原水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 20 mg/l 、滞留時間3h、充填率10%で馴養した結果、10日間で $2.33\times 10^8\text{ cells/ml-担体}$ に増殖した。
2. 馴養立ち上げ（ 67 mg-N/l-担体/h ）における担体中の硝化細菌の比増殖速度は 0.921 d^{-1} 、倍化時間18hであり、液体培養での比増殖速度や倍化時間と同等であった。
3. 担体馴養後の定常運転期間での担体内部の硝化細菌数は $10^7\sim 10^8\text{ cells/ml-担体}$ で振動しながら遷移した。

1) 茂木ほか；硝化促進型循環変法の実規模施設への適用，第29回下水道研究発表会（1992）

2) 江森ほか；硝化促進型循環変法における反応槽構造の検討，第28回下水道研究発表会（1991）

3) 角野ほか；包括固定化微生物ペレット内部の硝化菌数の検討，第27回水環境学会講演集（1993）

4) 角野ほか；包括固定化微生物ペレットによる硝化処理とペレット内の生菌の挙動，第27回水環境学会講演集（1993）

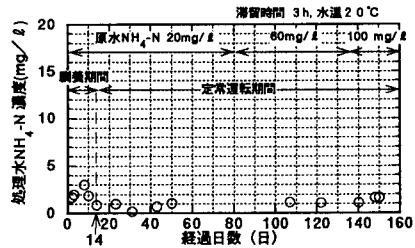


図2 馴養期間及び定常運転期間での処理経過

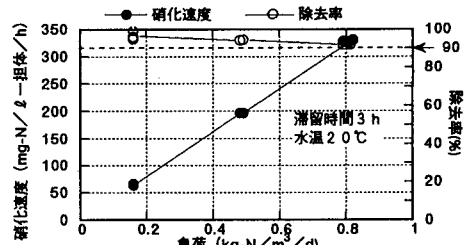


図3 負荷と硝化速度、除去率の関係

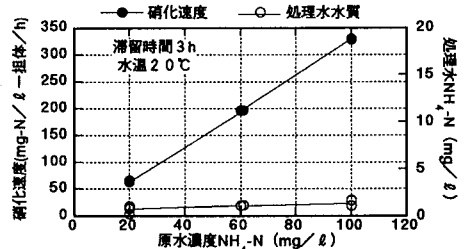


図4 原水アンモニア濃度と硝化速度との関係

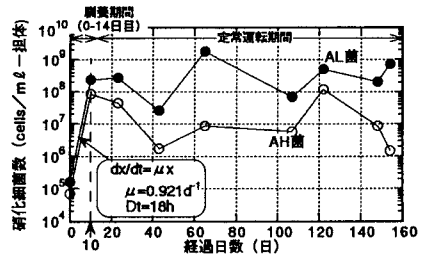


図5 馴養期間及び定常運転期間における担体内硝化細菌（AL菌、AH菌）の増殖曲線