

II-370

ウレタンフォーム付着脱窒菌による好気性条件下での硝酸性窒素除去に関する研究

京都大学 学生員 山田登志夫

京都大学 正 員 宗宮 功

京都大学 正 員 津野 洋

京都大学 近藤 誠

1. はじめに

硝酸性窒素を生物学的に脱窒する方法では、嫌気性条件下における通性嫌気性菌の反応を利用している。この方法では、硝化菌のために好気性条件である硝化槽を別に設ける必要がある。本研究では好気性条件下でも脱窒能を有する細菌に注目し、ウレタンフォームを担体として、し尿処理生物反応槽より単離培養した脱窒菌（*Pseudomonas*属）¹⁾を付着させた反応器による好気性条件下での脱窒処理法の検討を試みた。本反応器では、嫌気性条件下では140mgN/ℓ・hもの高速の脱窒能が得られることは既に報告している²⁾。

2. 実験方法

本研究では図-1で示されるようにウレタンフォームを微生物付着担体とした6槽の完全混合槽列の付着微生物反応器を用いた。1槽の槽容積は1ℓであり、単離し増殖させた脱窒菌をしみこませた一辺1cmの立方体のウレタンフォームを1槽当たり100個入れた。また純酸素および空気で曝気を行い、純酸素で曝気する場合は、DOコントローラと電磁弁を用いることによりDOを1.0～1.3mg/ℓに制御した。空気曝気の場合DOは1～4mg/ℓであった。表-1に流入水の人工基質組成を示す。表-2に培養条件を示す。培養を開始してから約2週間脱窒反応が見られないため、その後40日間嫌気性条件下にして培養を行い、安定した脱窒活性がみれるようになった56日目から第1槽においてのみ純酸素で曝気を行い、さらに78日目からは第2槽～6槽において空気曝気を行い全槽好気性条件とした。流入水NO₃⁻-N濃度については、第1槽への流入水濃度を100mg/ℓで開始したが31日目に200mg/ℓに変更し、さらに86日目からは第1槽へ流入させている水質と同水質、同流量の基質を第4槽へ流入水として加えた。よって第4槽への流入水NO₃⁻-N濃度は約160mg/ℓとなり、第4槽～6槽までの1槽当りの水理学的滞留時間（HRT）は第1槽～3槽までの半分の1時間である。86日目以降の第1槽～3槽までの実験をRUN8-A、第4槽～6槽までの実験をRUN8-Bとしている。これらの実験期間中、3～4日に1日の割合で流入水および反応器より採水し、pH、DO、ORP、アルカリ度、NO_x⁻-N、NH₄⁺-N、SNおよびDOCについて分析を行った。また培養開始後152日目にウレタンフォーム付着菌のDNA量³⁾測定した。

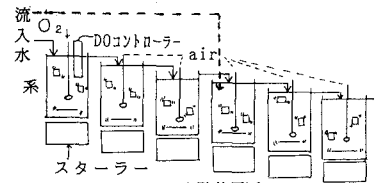


図-1 実験装置図

表-1 基質組成（水道水1ℓ当り）

NO ₃ ⁻ -N:100mg	KNO ₃ :720mg
200mg	KNO ₃ :1440mg
DOC :400mg	99%メタノール:1.6CC
NH ₄ ⁺ -N:40mg	NH ₄ Cl:150mg
PO ₄ ³⁻ -P:250mg	KH ₂ PO ₄ :625mg
	K ₂ HPO ₄ :400mg
	Na ₂ HPO ₄ ・12H ₂ O:400mg
ミネラル	:Cu ²⁺ 、M ₆ ⁶⁺ 、Mn ²⁺ 、Mg ²⁺ 各0.5mg

表-2 培養条件

RUN NO	日数	流入NO ₃ ⁻ -N濃度 (mg/ℓ)	HRT (h)	条件
RUN 1	1～15	100	2	好気
RUN 2	16～30	100	2	嫌気
RUN 3	31～55	200	2	嫌気
RUN 4	56～61	200	2	1槽のみ
RUN 5	62～70	1000	5	
RUN 6	71～77	200	2	好気
RUN 7	78～85	200	2	
RUN8-A	86～142	200	2	全槽好気
RUN8-B	86～142	160	1	

注）HRT：1槽当りの水理学的滞留時間

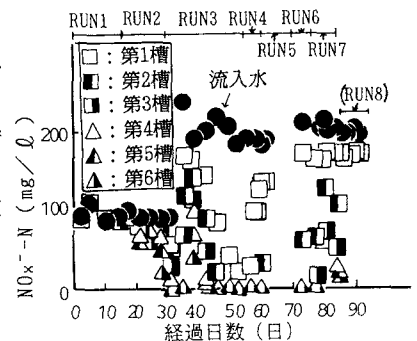


図-2 各槽の流出NO_x-N濃度の経日変化（RUN1～7）

3. 実験結果および考察

RUN 1～7（1～85日目）までの各槽の流出 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の経日変化を図-2に示す。15日目から嫌気性条件にした後変化が現れた。50日目頃から第1槽の $\text{NO}_x\text{-N}$ は $40\text{mg}/\ell$ となったため、56日目から第1槽のみ純酸素で曝気を行った。曝気直後から第1槽の $\text{NO}_x\text{-N}$ は上昇はしたが、 $\text{DO}:1.0\sim1.3\text{mg}/\ell$ のもとでも脱窒は継続して生じており、 $175\text{mg}/\ell$ 前後で安定している。第2槽以降は嫌気性条件のため $\text{NO}_x\text{-N}$ 減少量は多く、第2槽の $\text{NO}_x\text{-N}$ は約 $60\text{mg}/\ell$ であった。RUN8-A、RUN8-B（86日目以後）の $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の経日変化を図-3、4に示す。図-3より第1槽への流入 $\text{NO}_x\text{-N}$ は $200\text{mg}/\ell$ に対し、第1、2、3槽の $\text{NO}_x\text{-N}$ は各々約175、145、110 mg/ℓ であり、図-4より第4槽への流入 $\text{NO}_x\text{-N}$ は $160\text{mg}/\ell$ に対し、第4、5、6槽の $\text{NO}_x\text{-N}$ は各々約150、135、120 mg/ℓ であった。また、これら各槽の $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の減少量を各槽のHRTで割った脱窒速度の経日変化を図-5に示す。第2槽における好気性条件下（RUN8）での速度は、嫌気性条件下（RUN4～7）での速度に比べ約 $1/3$ となっているが、いずれの槽でも $15\text{mgN}/\ell\cdot\text{h}$ の脱窒速度を保持している。表-3にRUN8-A、Bにおける各槽の脱窒速度の平均値、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1 mg 脱窒量に対するDOC減少量の平均値、ウレタフォーム1個当たりのDNA量およびそのDNA量から計算で求めた1槽当りのウレタフォームに付着したSS量を示す（SSに対するDNA含量を4.5%とした）³⁾。嫌気性条件下での $\text{NO}_x\text{-N}$ 1 mg の脱窒量に対するDOC減少量の理論値は $0.93\text{mg}^{4)}$ である。第1槽で嫌気性条件下での値は 1.26mg であったが²⁾、好気性条件下での各槽の値は表に示すように $2\sim3\text{mg}$ であり、この結果から消費されたDOCは有機物の好気的酸化および脱窒の両方に用いられたと考えられる。

4. 結語

本研究では、し尿処理場の生物反応槽より単離した菌を付着させた一辺1 cm の立方体のウレタフォームを10%で充填した生物反応器を $\text{DO}1\sim4\text{mg}/\ell$ の好気性条件下で操作し、硝酸性窒素の除去特性を検討した。得られた主な結果は以下の通りである。

- 1) 脱窒速度は $10\sim15\text{mgN}/\ell\cdot\text{h}$ である。
- 2) 好気性条件下での $\text{NO}_x\text{-N}$ 1 mg の脱窒に伴うDOC除去量は $2\sim3\text{mg}$ である。
- 3) 各槽のウレタフォームには容器1 ℓ 当たり $8\sim10\text{g}$ という大量のSSが付着しておりウレタフォームが担体として有用であることが認められた。

最後であるが、本論文の遂行過程において細菌単離用汚泥の収集等で（株）アタカ工業の援助を受けたことを記して感謝します。

参考文献 1) 山田、宗宮、津野：脱窒菌の好気性条件下における硝酸塩還元能の把握に関する研究、平成2年度土木学会年次講演集 2) 山田、宗宮、津野：ウレタフォーム付着脱窒菌による硝酸性窒素除去に関する研究、平成4年度下水道研究発表会講演集 3) 金子：活性汚泥の微生物活性とその評価に関する研究、京都大学博士論文 4) 宗宮：微生物による環境制御管理技術マニュアルー栄養塩の除去処理、環境技術研究

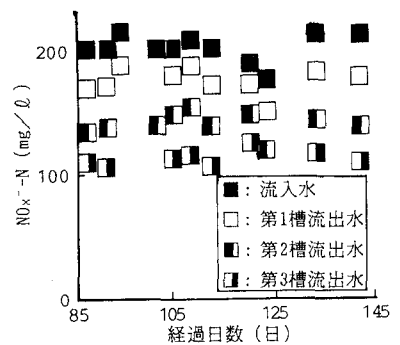


図-3 各槽の流出 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の経日変化（RUN8-A）

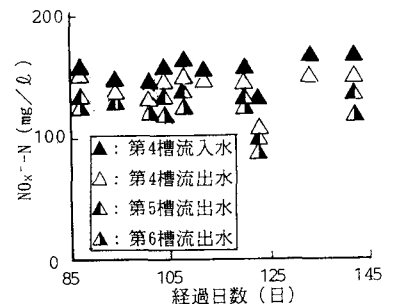


図-4 各槽の流出 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の経日変化（RUN8-B）

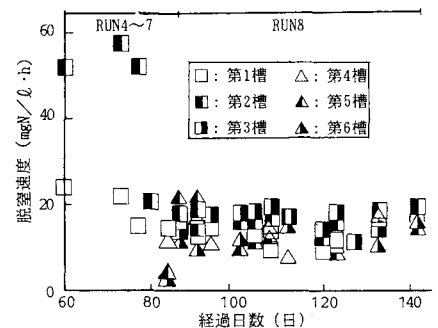


図-5 脱窒速度の経日変化

表-3 RUN8-AおよびBの結果

槽NO	1	2	3	4	5	6
脱窒速度 ($\text{mgN}/\ell\cdot\text{h}$)	13.3	16.4	15.8	12.8	14.8	12.0
$\Delta\text{DOC}/\Delta\text{NO}_x\text{-N}$	2.7	2.6	1.9	2.8	2.5	2.3
ウレタフォーム1個当たりのDNA量 (mg)	4.5	4.1	3.5	3.7	4.2	3.7
1槽 (1 ℓ) 当りのSS量 (g)	10.0	9.1	7.8	8.2	9.3	8.2