

長岡技術科学大学 建設工学科 正員 桃井清至  
同 原田秀樹  
同 大学院 学生員 〇竹内和雄

### 1. はじめに

流動層式脱窒は、生物学的脱窒法の中でも、コンパクト化および脱窒能力の優れている点で注目されている方法である。本研究は流動層式脱窒のモデル化を目的としており、1.) 線流速、およびC/N比の変化に伴う、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度、 $\text{TOC}$ のカラム内の変化を求める。2.) 流動層型脱窒反応をモデル化するに必要なデータの入手の2点に着目した基礎的実験を行ったので報告する。

### 2. 実験装置および実験方法

実験装置：図-1に実験装置の概要を示す。カラムは、透明アクリル樹脂製で内径30mm、高さ2mである。カラム上部に生物分離装置を取り付けた。これは、脱窒反応で生じた窒素ガスの付着したベレットから気泡を遊離させるのに有効であった。カラムには10cm間隔にサンプル採取口を、20cm間隔にマンメーターを取り付けた。キャリアは、粒径範囲0.25~0.6mm、平均径0.4mm、真比重2.0~2.1g/ccの粒状活性炭を用いた。

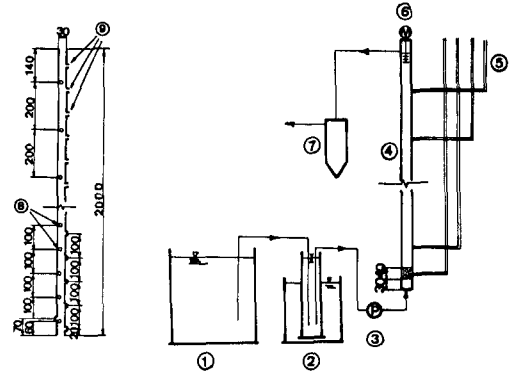
運転条件：基質中の有機炭素源はメタノールを、窒素源は $\text{NaNO}_3$ を使用した。定常運転では、メタノール/ $\text{NO}_3\text{-N}$ 比を3倍とした。本実験では全く加温は行わず、水温変化は9.8~12.9℃で行った。流量は130~220%/day 線流速(L.V)は7.5~13%/hr、滞留時間(D.T)は、8~14分の範囲で行った。

分析方法：水質項目は、下水道試験法に従って行った。生物濃度は、C-Nコーダーを用いて、生物体のN量より算定するものとした。粒径分布および生物膜厚は実体顕微鏡による写真撮影により実測した。

### 3. 実験結果および考察

流速変化に伴うカラム内の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、および $\text{TOC}$ の変化を1/2次反応として図-2に示した。同時にカラム内の $\text{NO}_2\text{-N}$ の蓄積状態を示した。これより、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度および有機炭素源の除去速度は、生物膜内の拡散現象によって律速されているものと判断される。表-1に実験条件および1/2次速度定数を示す。

$\text{NO}_2\text{-N}$ の流出は流速の増大に伴い大となり、最大 $\text{NO}_2\text{-N}$ 蓄積量は流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の10%に達した。図-3にC/N比の変動に伴う $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、および $\text{TOC}$ の変化を示す。図より有機炭素源が十分に存在する区間においては、1/2次反応に従う事が認められた。また、この区間における除去 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量に対する消費メ



①基質タンク(200L) ④脱窒カラム ⑦沈殿槽  
②加温装置 ⑤マンメーター ⑧マンメーター口  
③ポンプ ⑥分離装置 ⑨サンプル採取口

図-1 実験装置概略図

|       | L.V<br>(m/h) | D.T<br>(min) | $\text{NO}_3$<br>(mg/L) | $\text{CH}_3\text{OH}$<br>( $\text{mg/L}$ ) | 炭素源<br>( $\text{kg/m}^3\text{day}$ ) | $K_d$<br>( $\text{mg/L/day}$ ) | $K_s$<br>( $\text{mg/L}$ ) | 除去率<br>(%) |
|-------|--------------|--------------|-------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------|
| RUN 1 | 7.9          | 12.2         | 30                      | 3                                           | 3.23                                 | 0.66                           | 0.51                       | 100        |
| 2     | 9.9          | 10.0         | 30                      | 3                                           | 4.07                                 | 0.58                           | 0.51                       | 96         |
| 3     | 12.9         | 8.0          | 30                      | 3                                           | 5.29                                 | 0.41                           | 0.41                       | 84         |
| 4     | 7.3          | 13.7         | 30                      | 3                                           | 2.97                                 | 0.98                           | 0.59                       | 95         |
| 5     | 7.3          | 13.2         | 30                      | 2                                           | 2.97                                 | 0.45                           | 0.61                       | 73         |
| 6     | 7.1          | 13.9         | 30                      | 1                                           | 2.90                                 | 0.18                           | 0.53                       | 53         |

表-1 実験条件、および1/2次速度定数

ノール(メタノール=2.67  
× TOC)の比は0.95であ  
った。

図-4にカラム単位体積  
当りの生物濃度分布を示す。  
生物濃度は40,000 mg/lと  
カラム内に均一であった。

定常時(LV=7.9 m/hr)で  
は、滞留時間4.5分で90%

の脱窒が得られており、脱

窒速度は8.37 mg-NO<sub>3</sub>-N/g-MLSS/hrと観測された。浮遊  
型脱窒反応器においては、最大脱窒速度で12.6 mg/g-MLSS

/hrが得られており、流動層反応器が浮遊型反応器に比し  
て高効率なのは、高生物濃度の維持が可能であるからと

判断できる。図-5にカラム内の粒子(担体+生物膜厚)  
分布及び、平均径を示す。粒子はカラム内にはほぼ一様

に分布しており、平均粒径はカラム高さ方向に一定であ  
った。これは、生物膜内で脱窒反応が生じるとN<sub>2</sub>が生成

され、見掛け密度が軽減し、カラム上部に浮上った粒子  
は、ガス遊離と同時にカラム下部へ沈降し、少くとい

った粒子の上下運動に起因するものと判断される。また、  
粒径については、単に表面積拡大の立場から

#### 4. まとめ

1) NO<sub>3</sub>-N濃度およびTOC量は生物膜内  
拡散律速となり、1/2次反応に従った。

2) 流動層反応器は、40,000 ppmという高  
い生物濃度を保持しており浮遊型反応器の10  
倍程度の処理能力が期待できる。

3) 流動層反応器においては、生物膜厚と  
担体の大きさが重要なパラメータであると判  
断される。

#### 参考文献

1) Poul. Harremoës "The significance of pore diffusion to filter denitrification"

Journal WPCF, Vol 48, No 2 (1976)

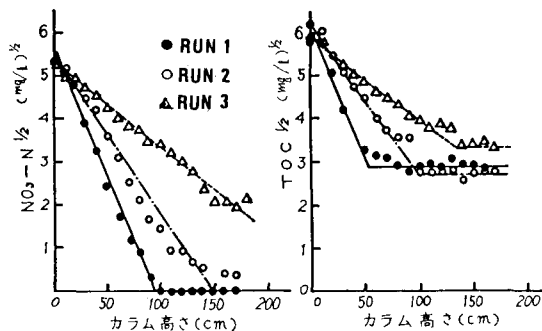


図-2 流速変動におけるNO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, TOCの塔内変化

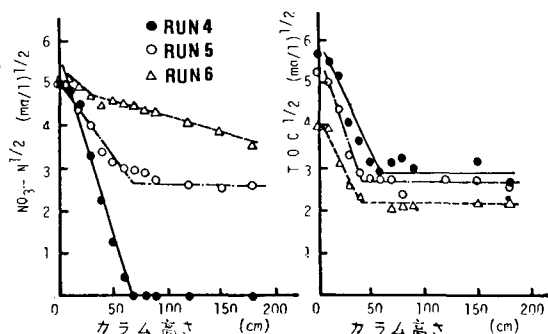


図-3 %N比変動におけるNO<sub>3</sub>-N, TOCの  
塔内変化

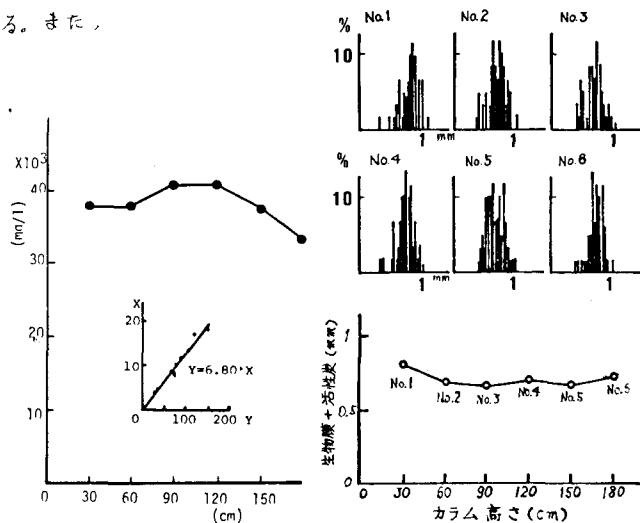


図-4 生物濃度分布

図-5 粒径分布及び  
平均粒径