

広島大学工学部 正員 寺西 靖治  
 広島大学工学部 正員 山口 登志子  
 広島市役所 正員 増田 亨

### 1. はじめに

土壌処理法は、N・P・有機物等の除去に対して有効であるが、Nは他の汚濁物質と比較して除去しにくいいため、Nの除去効率を高めることが土壌処理効率を左右するといっても過言ではない。N除去プロセスは硝化-脱窒プロセスから成り、両プロセスをいかに促進するかがN除去効率を高める鍵となっている。本研究は、N除去プロセスのうち硝化プロセスに着目し、下水二次処理水を想定した人工下水の土壌カラム実験を行うことにより硝化作用を効率よく遂行させるための各要因の制御方法を明らかにしたものである。

### 2. 土壌カラムの構造

実験装置として用いる土壌カラムは、図-1に示すように、塩化ビニールパイプ(肉厚5mm)を使用し、カラム長500mmで、同材質の流出乳として直径7mmの穴のあいたキャップをパイプ底部に取り付け内径5mmのビニールパイプを流出路として底部に接続し、流出水をカラム下の容器にうつけるものとした。

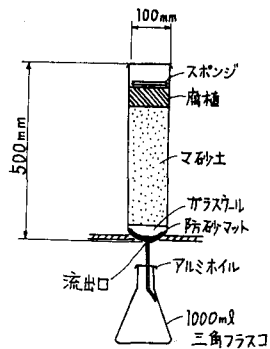


図-1 土壌カラム詳細図

### 3. 実験方法

本実験で用いた人工下水の組成を表-1に示す。人工下水のPH調整は、0.1NのHClと0.01NのNaOHを用いた。人工下水の散布は毎日行い、流出水は3日間に流出したものを容器に溜めたコンポジットサンプルとして採水した。流出水の水質分析項目は、PH・T-N・NH<sub>4</sub>-N・NO<sub>3</sub>-Nであり、それぞれイオン電極法・T-N分析計・比色法・イオン電極法により測定した。なお、本実験で土壌カラムに与えた実験条件を表-2にまとめた。

表-1 人工下水の組成

| 成分                                            | 濃度 (mg/l)                   |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|
| NH <sub>4</sub> Cl                            | NH <sub>4</sub> -Nとして 10~80 |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>               | PO <sub>4</sub> -Pとして 1     |
| C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> | 有機炭素として 8~64                |
| 蒸留水                                           | 希釈水                         |

### 4. 結果および考察

#### 4-1 硝化率および硝化速度

硝化作用に関与すると思われる各要因の効果を検討するため、硝化作用の評価指標として、硝化率・硝化速度を以下に定義した。

$$\text{硝化率} (\%) = \frac{\text{定常期での流出水中の平均 NO}_3\text{-N 量 (mg/l)}}{\text{散布人工下水中の NH}_4\text{-N 量 (mg/l)}} \times 100$$

$$\text{硝化速度} = \frac{\text{定常期での流出水中の平均 NO}_3\text{-N 濃度 (mg/l)}}{(\text{mg/l} \cdot \text{h}) \quad \text{カラム内平均滞留時間 (h)}}$$

表-2 実験条件

| 要因                          | 条件          |
|-----------------------------|-------------|
| 散布NH <sub>4</sub> -N (mg/l) | 10 20 40 80 |
| 散布速度 (mm/h)                 | 10 20 30 40 |
| PH                          | 5 7 9       |
| 温度 (°C)                     | 10 20 30    |

#### 4-2 流出水水質の経日変動

流出水のN組成およびPHの経日変動の一例を図-2に示す。図-2は本実験で最大負荷を与えた土壌カラムであり、実験条件は温度30°C・PH7・NH<sub>4</sub>-N濃度80mg/l・散布速度40mm/hである。PHは、NO<sub>3</sub>-Nの増加に伴って減少しており、NO<sub>3</sub>-Nは、散布開始から20日前後で定常期に達した後しばらく定常状態を維持し、約50日目から急激に減少している。NH<sub>4</sub>-Nは、NO<sub>3</sub>-Nの減少に伴って増加している。NH<sub>4</sub>-Nの増加は、土壌NH<sub>4</sub>-N吸着容量が飽和に達したためであり、アンモニア吸着実験により確認された。

#### 4-3 硝化作用に対する各要因の影響

①. PH 図-3に硝化率とPH

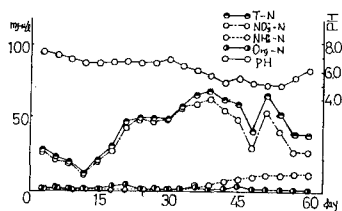


図-2 流出水の経日変動

との関係を示したが、硝化作用に対するPHの影響は顕著に表われない。

これは、土壤の緩衝作用によりPHが一定値に保持されたためと思われる。

b). NH<sub>4</sub>-N濃度 硝化率とNH<sub>4</sub>-N濃度の関係を図-4、図-5に示す。温度30℃の場合、NH<sub>4</sub>-N濃度40mg-N/lで散布した時最大硝化率を示した。40mg-N/l以下の濃度で散布した場合、硝化菌の働きにより、NH<sub>4</sub>-NがNO<sub>3</sub>-Nに変換された後、高温度のため硝化菌の活性が活発となり、NO<sub>3</sub>-NがさらにN<sub>2</sub>ガスに変換されたため、見かけの硝化率が低下したと考えられる。80mg-N/lで散布し

た時、硝化率が低下するのは、この濃度が、硝化菌にとって過負荷になることを示している。10℃の場合、硝化率は、最低濃度で散布した時でさえ、最大40%の値しか得られず、硝化作用は低温度において、著しく活性が低下することが明らかにされた。

c). NH<sub>4</sub>-N負荷量 図-6、図-7に硝化速度とNH<sub>4</sub>-N負荷量の関係を示す。温度20℃の場合、散布負荷量6mg-N/g付近を変曲点として、同様に30℃では10mg-N/g付近で、硝化速度の増加量が急激に減少している。これらのことは、それぞれの変曲点において、硝化効率が最も良好であり、それ以上負荷を増加させても、硝化率の向上は期待できないことを示している。

d). 温度 硝化率、硝化速度と温度の関係をそれぞれ図-8、図-9に示す。硝化菌の活性は、温度25～28℃で最大になることは明らかにされているが、本実験でも同様の結論を得た。10℃付近では硝化作用が著しく低下すること

から、硝化作用に影響を及ぼす諸要因の中で、温度の影響が最も大きいことが判った。

5. おわりに 本研究では、硝化作用に影響を及ぼす諸要因の検討を行ったが、その結果は以下の事項に要約される。

- 1) PHの影響は、土壤の緩衝作用のため顕著に表われない。
- 2) NH<sub>4</sub>-N濃度80mg-N/l、散布速度40mm/hは、硝化菌に対して過負荷となり、硝化率は低下する。
- 3) 最適散布負荷量は、温度20℃；30℃でそれぞれ6mg-N/g、10mg-N/gの値を得た。
- 4) 温度10℃では、硝化率は最大40%程度しか得られない。
- 5) 硝化作用に対する各要因の中で、温度が最大の影響力を持つ。

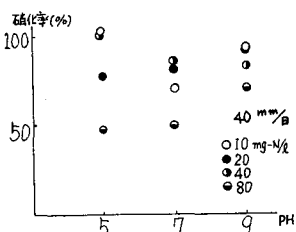


図-3 硝化率-PH

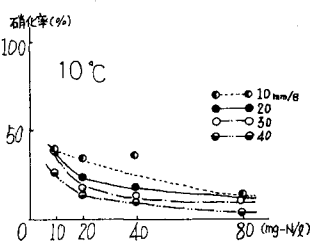


図-4 硝化率-NH<sub>4</sub>-N濃度

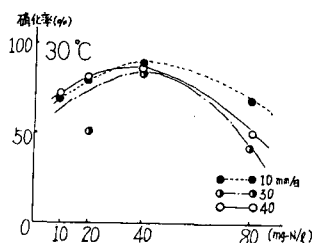


図-5 硝化率-NH<sub>4</sub>-N濃度

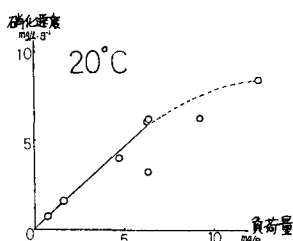


図-6 硝化速度-NH<sub>4</sub>-N負荷量

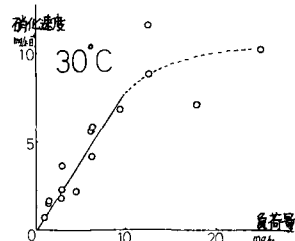


図-7 硝化速度-NH<sub>4</sub>-N負荷量

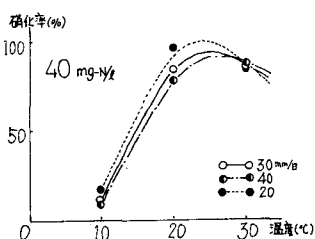


図-8 硝化率-温度

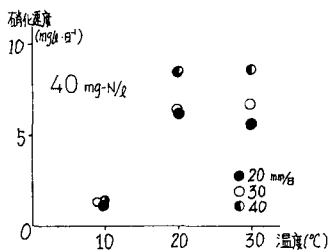


図-9 硝化速度-温度