

## N-7 多機能セラミックスを用いた浸透ろ床の開発

○櫻井 英二<sup>1</sup>・相川 晃平<sup>2</sup>・山下 恭広<sup>3</sup>・池本 良子<sup>3\*</sup>・高野 典礼<sup>4</sup>

<sup>1</sup>スプリングフィールド有限公司 (〒921-8031 金沢市泉野町4丁目9番5号)

<sup>2</sup>金沢大学理工研究域 (〒920-1192 金沢市角間町)

<sup>3</sup> (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 (〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2)

<sup>4</sup>石川工業高等専門学校 (〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1)

\* E-mail: rikemoto@t.kanazawa-u.ac.jp

### 1. はじめに

下排水中のアンモニアの効率的硝化とリンの回収を目的として、鉄鋼スラグと珪藻土から作られた発泡セラミックスを用いた浸透ろ床について検討を行った。

発泡セラミックスは内部に扁平状の連続貫通気孔を持ち、気孔率が高く透水性、保水性、断熱性に優れているので、硝化槽の微生物付着担体として有効であると考えられる。さらに、その構造上、物理的吸着能に優れていると考えられる。

本研究では、まず、人工排水を用いて、発泡セラミックスを充填した浸透ろ床による処理実験を行い、硝化およびリン吸着能の評価を行った。次に、実下水処理場に、前段には発泡セラミックス充填浸透ろ床を、後段には杉チップと鉄を充填した生物ろ床とアスペン材と鉄を充填した生物ろ床を用いた処理装置を設置し、活性汚泥処理水を用いた処理実験を行うことにより、本処理装置の長期的な処理性能を評価するとともに、処理速度を求めた。

スの乾燥が認められたために、170 日目に活性汚泥処理水を曝気しながら 24 時間通水した。210 日目からは空塔滞留時間 19 時間および 14 時間に延長した運転を行った (Phase 4, 5)。

定期的に流入水、装置流出水を採水して、pH、TN、TOC (TOC 計)、0.2 μm ろ液の TP、リン酸態リン濃度 (AACSIII)、有機酸濃度 (イオンクロマトグラフ有機酸分析システム)、硫酸塩、亜硝酸塩、硝酸塩濃度、アンモニウム塩濃度 (イオンクロマトグラフ) を測定した。

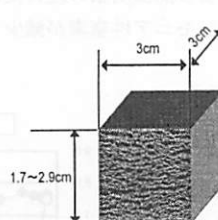


図1 発泡セラミックス担体

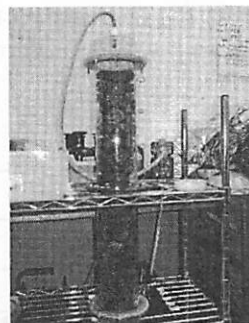


図2 室内実験装置の概要

### 2. 実験方法

#### (1) 人工排水を用いた処理実験

本研究では、生物付着担体として屋上緑化材として用いられている発泡セラミックス(株式会社アースエンジニアリング製のハイセラ)を、約 3cm×3cm×3cm の立方体に切断して用いた (図1)。担体は、あらかじめ、種汚泥として金沢市城北水質管理センターから採取した活性汚泥に浸し、5 時間曝気することにより植種を行った後、図2に示す内径 9.5cm、高さ 58cm、容積 4.11L のアクリル製カラムに充てんした。担体の充填率は 63.7% である。本装置を、20℃の恒温室に設置し、表1に示す人工排水を通水し、運転を開始した。運転開始時は空塔滞留時間 12 時間 (担体容積あたりの滞留時間 7.8 時間) とし、6 時間、3 時間と段階的に滞留時間を減少させて運転を行った (phase1-3)。その間、カラム内のセラミック

表1 人工排水の組成

| 成分                                                       | 濃度(mg/L) |
|----------------------------------------------------------|----------|
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                          | 47.5     |
| CaCl <sub>2</sub>                                        | 46       |
| NaHCO <sub>3</sub>                                       | 35(350)  |
| NH <sub>4</sub> Cl                                       | 382      |
| BOD D液<br>(FeCl <sub>3</sub> ・6H <sub>2</sub> O 0.25g/L) | 1ml/L    |
| Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ・12H <sub>2</sub> O     | 100mM    |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                          | 100mM    |

#### (2) 活性汚泥処理水を用いた処理実験

図3に示す実験装置を、金沢市城北水質管理センターの最終沈殿池脇に設置し、最終沈殿池越流水を通水した。浸透ろ床の微生物付着担体として(1)と同様の発泡セラ

ミックスを 5cm 角にしたものを充填し、装置下部の循環槽へ活性汚泥処理水を通水し、装置下部からの水をポンプでくみ上げて装置上部から散水する循環方式とした。浸透ろ床の HRT を 0.5h~21.1h、循環比は 5~30 とした。定期的に流入水、流出水を採水して水質分析を行った。

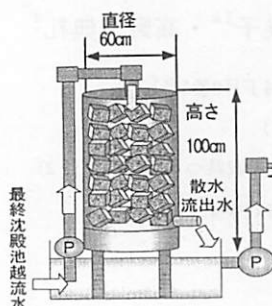


図3 下水処理水を用いた実験装置の概要

### (3) 汚濁水路水を用いた処理実験の方法

汚濁の進んだ七尾市内の水路から萩川への流入口に(2)と同様の浸透ろ床を設置し、連続運転を行った。不定期に採水を行い水質分析を行った。

## 3. 実験結果と考察

### (1) 室内実験の結果

図4に HRT, pH,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , および無機炭素の経日変化を示す。実験期間を通じて、アンモニア性窒素が減少し、

硝酸性窒素が増大していること、無機炭素の増大が認められることから硝化が進行したことがわかる。実験開始から 35 日目までは、亜硝酸塩の蓄積が認められたが、その後は、ほとんど認められなかった。Phase 1 の後半で硝化の進行による pH の低下が認められたために、phase 2 から人工排水中の重炭酸塩を増加させた結果、pH の低下が認められなくなった。しかし、phase 4, 5 で、人工排水中の重炭酸塩の添加量が不足したこと、硝化の進行により、再び pH の低下が認められた。一方、実験期間を通じてリンの除去が行われていたが、その除去率は滞留時間に大きく依存した。

図5に実験装置の前で減少したアンモニア性窒素と増加した硝酸性窒素の関係を示す。両者がほぼ一致しており、流入したアンモニアの硝化が良好に進行したことがわかる。図6に硝化反応に伴って減少した無機炭素減少量と硝酸塩増加量の関係を示す。pH が著しく低下した時期以外は、下式に従ってほぼ硝化が進行していたことがわかる。



図7に硝化速度と流入流量の関係を示した。硝化速度は流量に大きく依存していることがわかる。これは、流量が少ないと担体全体に水がいきわたらず、一部乾燥が認められたためであると考えられる。硝化速度を向上させるためには、流量を保つことが必要であることから、処理水質向上のためには、循環が必要であると考えられ

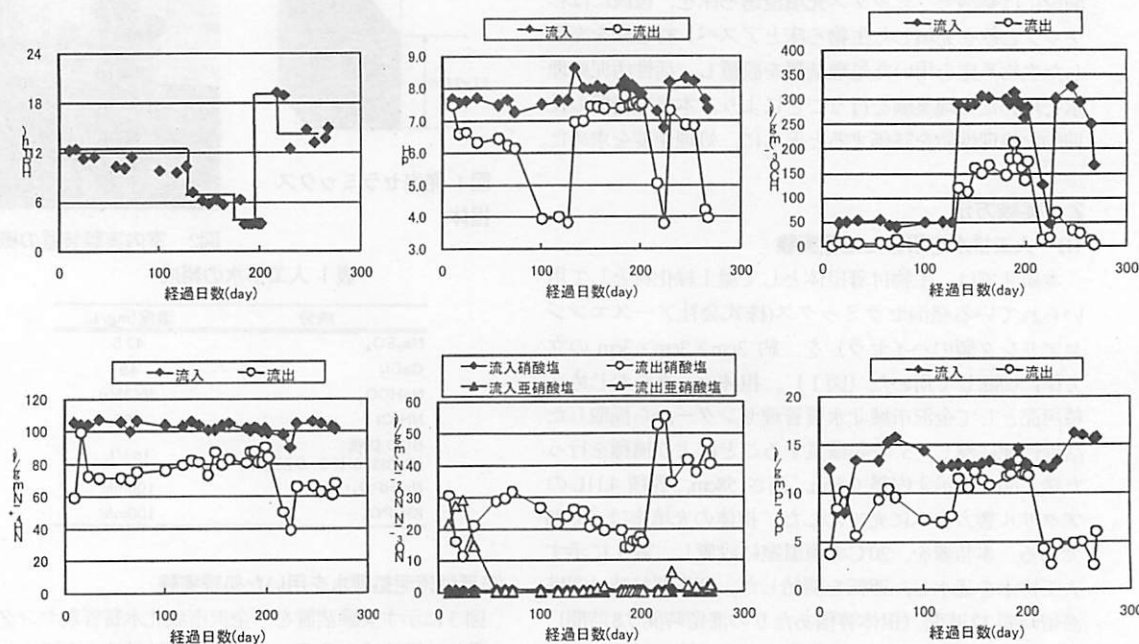


図4 水質の経日変化

た。一方、りん除去速度は、図8に示すように逆に流量が小さい方が早い傾向が認められた。運転期間269日を通じて、セラミックス体積あたりのりん除去量は $10.45(\text{mg}/\text{cm}^3)$ であった。

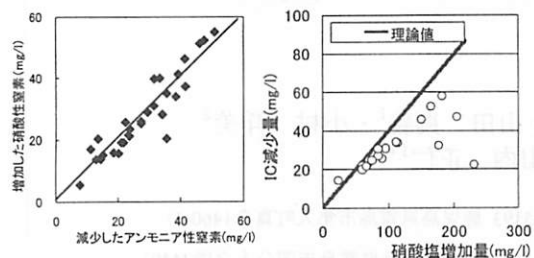


図5 アンモニア性窒素減少量と硝酸性窒素増加量の関係 (人口排水) 図6 無機炭素減少量と硝酸塩増加量の関係 (人工排水)

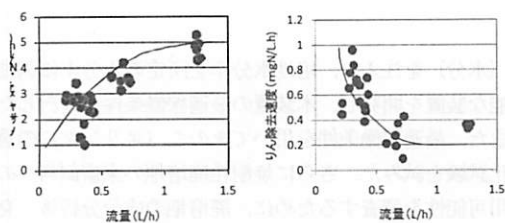


図7 流量と硝化速度の関係 図8 流量とりん除去速度の関係

## (2) 実下水を用いた処理実験の結果

図9に、実下水処理場に設置した浸透ろ床の窒素濃度の変化を示す。最終沈殿地越流水を流入水として用いたが、活性汚泥処理の硝化率が水温によって大きく異なるために、流入アンモニア濃度が夏季に大きく低下したが、実験期間を通じて硝化が進行していることがわかる。図10、11に示した、アンモニア性窒素減少量と硝酸性窒素増加量および、硝酸塩増加量とIC減少量は、室内実験と同様に理論値とよく一致した。平均硝化速度は $6.9 \text{ mg/l} \cdot \text{h}$ であり、硝化速度は水温が $15^\circ\text{C}$ 以下でも、 $4.5 \text{ mg/l} \cdot \text{h}$ を維持していた。

本実験では、長期間工場排水処理に用いた発砲セラミックスを再利用したために、りん除去率は極めて低かった。りんを吸着したセラミックスは、屋上や法面緑化などに用いることができることから、交換が必要であろう。

## (3) 汚濁水路水を用いた処理実験の結果

水路の浄化実験の結果を図12に示す。採水を行ったのは冬季に限定されていたにもかかわらず、高いBOD、COD、SS除去が認められた。また、窒素りんが除去されていることがわかる。

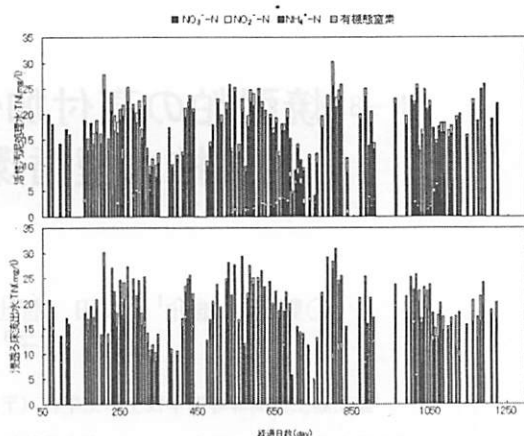


図9 浸透ろ床前後の窒素濃度の変化

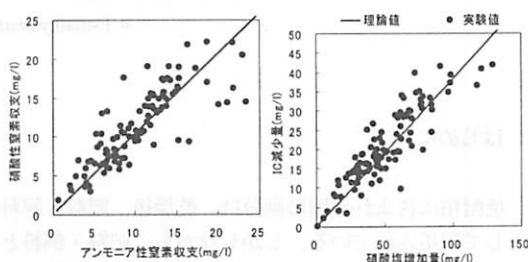


図10 アンモニア性窒素減少量と硝酸性窒素増加量の関係 図11 無機炭素減少量と硝酸塩増加量の関係

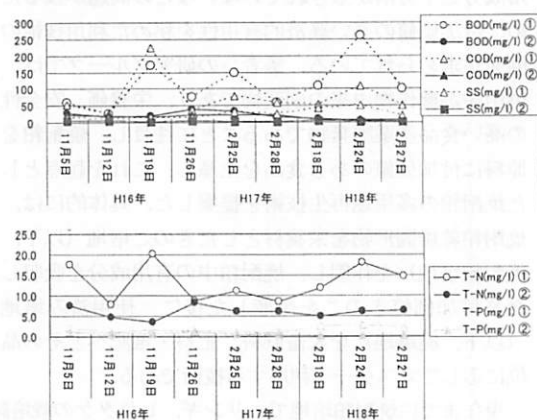


図12 汚濁水路浄化実験の結果  
(① 流入水 ② 処理水)

## 4. まとめ

発砲セラミックスを充てんした浸透ろ床による窒素りん除去法について、人工排水、下水処理水、汚濁水路水を対象とした処理実験を行った結果、高い硝化能とりん除去能が認められたことより、排水処理や水路浄化に利用可能であることが示された。