



| | |
|------------------|---|
| Title | 小規模処理場向け窒素除去システム |
| Author(s) | 有川, 悦朗; 矢澤, 賢一郎; 加藤, 孝 |
| Description | 第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 7 水処理 3 . P7-6 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集, 8, 284-287 |
| Issue Date | 2000-11-01 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/7251 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 8-7-6_p284-287.pdf |



7-6

小規模処理場向け窒素除去システム

○有川 悦朗、矢澤 賢一郎、加藤 孝（三機工業株式会社）

1. はじめに

閉鎖性水域である内海や湖沼では、窒素やリンによる富栄養化により赤潮、貧酸素水塊やアオコが発生し、水質汚濁、漁業への被害、異臭などで問題となっている。これを防止するために環境基準が定められ、この達成に向けて都道府県による上乘せ排水基準が設定されるようになってきている。また、環境基準の達成が難しい東京湾、伊勢湾、瀬戸内海などでは、窒素やリンの総量規制の導入が検討されており、現状よりもいっそう厳しい、窒素、リンの排水基準の設定が予想される。とくに新設の下水処理場は既設処理場に比べて排水基準が厳しくなる。

一方、平成11年度末の下水道普及率は全国平均で約60%であるが、5万人未満の小規模都市では24%未満と低く、今後は小規模都市での下水処理場の新設が主流になる。

以上の背景のもとで、新設の小規模処理場を対象にした窒素除去システムの開発を目的にパイロット試験装置（処理量6m³/日）による実証実験を行った。この窒素除去システムは前段に脱窒用流動床、後段に移動床式好気性ろ床を組み合わせたシステムで、コンパクト性と維持管理容易性を特徴とする小規模に適したシステムである。実証実験は実際の小規模処理場（計画処理下水量2000m³/日）の下水を原水として、処理水全窒素濃度10mg/L以下を目標に行った。

2. 実験方法

2.1 試験装置

図1に窒素除去実証実験装置のフローを、表1に試験装置の仕様を示す。リアクター原水には実設備最初沈澱池の越流水を使用し、試験装置に一定流量で供給した。脱窒流動床では、担体に珪砂を用い、これをリアクター原水と硝化液の混合液による上向流で流動させ、担体のまわりに生成した生物膜により脱窒処理を行う。流動床を出た液は移動床式好気性ろ床に流入し、BOD、SSの除去および硝化が行われるフローである。

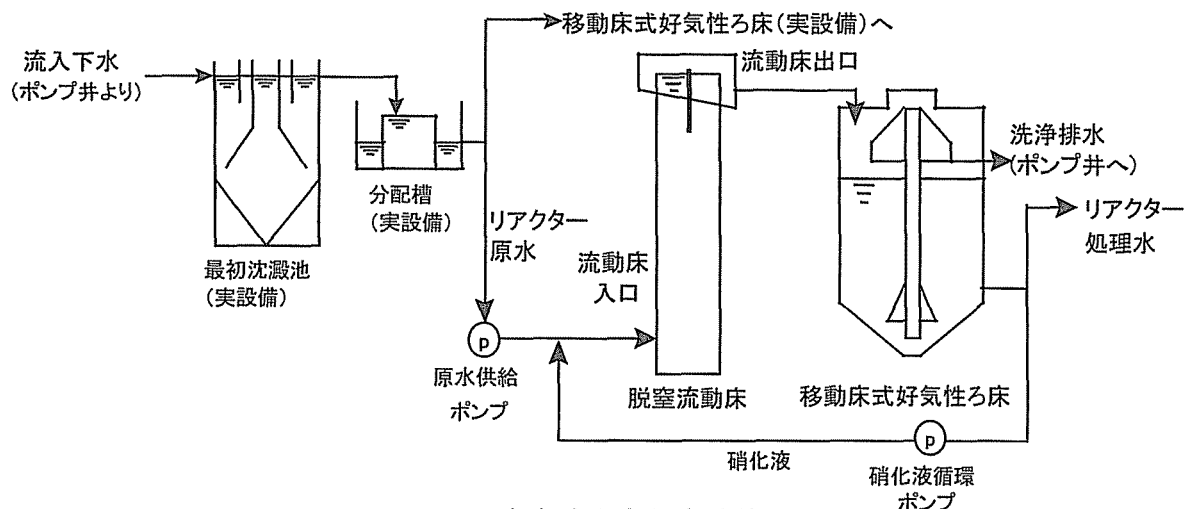


図1 窒素除去実証実験装置

表1 実験装置の仕様

| | 脱窒流動床 | 移動床式好気性ろ床 |
|------|---------------------|-------------------|
| 寸法 | 250mmφ × 5000mmH | 800mmφ × 3500mmH |
| 有効高さ | 3.8m | 2.0m |
| 有効容積 | 0.186m ³ | 1.0m ³ |
| 使用担体 | 珪砂(有効径0.3mm) | アンスラサイト(有効径3.0mm) |

2. 2 実験条件

実験条件を表2に示す。原水量に対する硝化液循環量の比である循環比を2, 3, 4と変化させて実験を行った。また、水質分析用の試料には、オートサンプラーにより1時間間隔で採取した24本の試料を、等量ずつ混合したものを用いた。

表2 実験条件

| NO. | 循環比 | 原水量 m ³ /日 | 硝化液 循環量 m ³ /日 | 脱窒流動床 通水量 m ³ /日 | 脱窒流動床 通水速度 m/日 | 移動床式 好気性ろ床 通水速度 m/日 | 実験期間 |
|-----|-----|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------|
| | | | | | | | |
| 1 | 2 | 6 | 12 | 18 | 360 | 36 | '00.1.18~1.31 |
| 2 | 3 | 6 | 18 | 24 | 480 | 48 | '00.2.1~2.14 |
| 3 | 4 | 6 | 24 | 30 | 600 | 60 | '99.10.18~11.8 |

3. 結果および考察

3. 1 脱窒性能

3. 1. 1 脱窒流動床のスタートアップ

図2にスタートアップ時の脱窒流動床内生物(VSS)濃度の経日変化、図3に流動床入口・出口のNO₃-N濃度の経日変化を示す。VSS濃度は4日目以降から増加し、18日目には流動床底部から3.5mの高さで9700mg/Lとなった。その後、生物膜剥離装置を動かして界面を3.8mで維持した。また、流動床出口NO₃-N濃度は、4日目以降2mg/L以下、18日目には定量下限以下となった。スタートアップ時期が水温は28℃以上と高い時期であったが、良好にスタートアップできた。

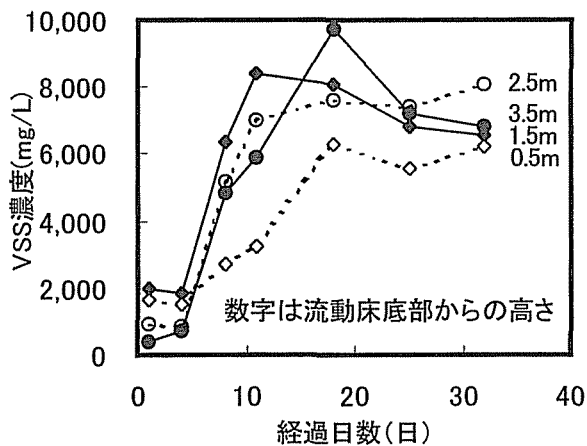


図2 脱窒流動床内VSS濃度の経日変化

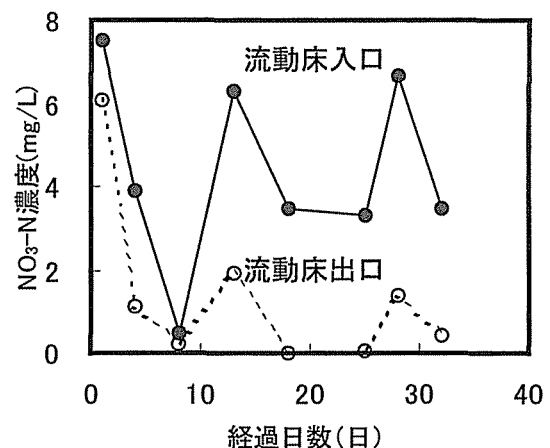


図3 脱窒流動床入口・出口NO₃-N濃度の経日変化

3. 1. 2 脱窒流動床内生物

図4に脱窒流動床内における通水速度とVSS濃度の関係を、図5に脱窒流動床の担体、および、通水速度480m/日における生物膜が付着した担体の顕微鏡写真を示す。通水速度が小さいほどVSS濃度が大きくなっており、通水速度360m/日でのVSS濃度は20,000mg/Lと高濃度であった。

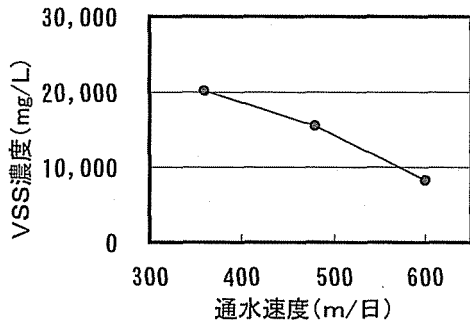


図4 脱窒流動床における通水速度と生物濃度の関係

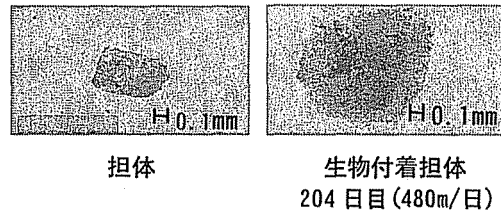


図5 脱窒流動床担体の顕微鏡写真

3. 1. 3 脱窒速度

図6に脱窒流動床の反応容積当りの脱窒速度を示す。図中には、VSS濃度2,000mg/Lと仮定して、文献⁽⁴⁾にもとづき計算した同一水温での活性汚泥法嫌気槽の脱窒速度も記した。循環比2の実験では、脱窒流動床の脱窒速度は、活性汚泥法嫌気槽と比べて約10倍であり、循環比3, 4の実験では約7倍であった。脱窒流動床では脱窒菌が高濃度に濃縮されているため、活性汚泥法嫌気槽に比べ大きな値となったと考えられる。

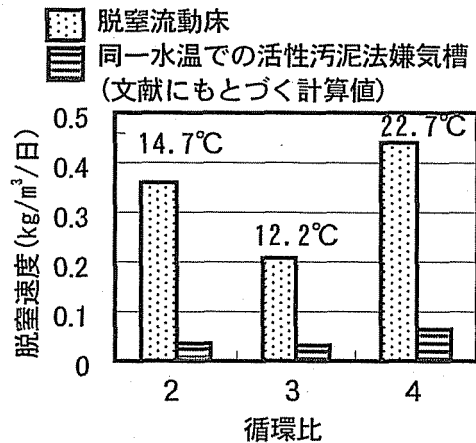


図6 脱窒流動床の脱窒速度 (図中の温度は水温)

3. 2 硝化性能

図7にBOD負荷と処理水K-N濃度およびK-N除去率の関係を示す。BOD負荷0.7~0.8kg/m³/日は秋季の実験、1.1~1.4kg/m³/日は冬季の実験である。K-N除去率は93%でほぼ一定であり、冬季においても良好な硝化が行われていることがわかる。また、ここで示したBOD負荷は移動床式好気性ろ床に対するもので、BOD値には原水BOD値から脱窒流動床で脱窒のために使用された分を差し引いた値を用いた。窒素1kgを除去するのに2.9kgのBODが使用されるものとした。

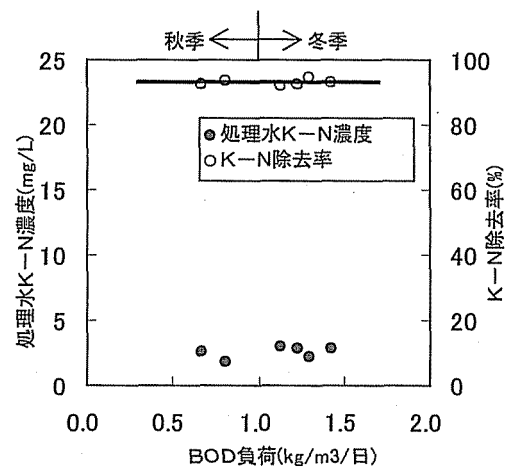
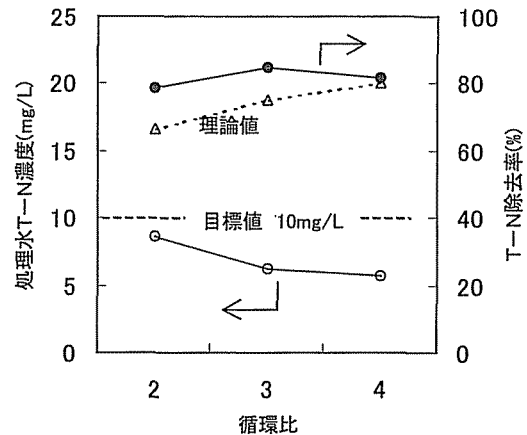


図7 BOD負荷と処理水K-N濃度およびK-N除去率の関係

3. 3 循環比の影響

図8に硝化液循環比と処理水T-N濃度および窒素除去率の関係を示す。理論的には循環比が高いほど除去率が高くなるが、循環比3の時85.5%と最も高い値を示し、循環比2で78.6%、循環比4で81.9%であった。また、処理水T-N濃度は、循環比3および4で約6 mg/L、循環比2では8.6 mg/Lであった。循環比2でも目標水質である10mg/L以下を十分に満足する結果となった。



T-N除去率の理論値は次式により算出した。

$$\text{理論T-N除去率} = \frac{\text{循環比}}{\text{循環比} + 1}$$

図8 循環比と処理水T-N濃度およびT-N除去率の関係

3. 4 水質

表3に各循環比における原水・流動床出口・処理水水質とT-N除去率を示す。どの循環比においても、処理水のT-N濃度が10mg/L以下であり、また、SSおよびBOD濃度がともに20mg/L以下で問題なかった。

表3 各循環比における原水・流動床出口・処理水水質とT-N除去率

| 項目 | 単位 | 2 | | | 3 | | | 4 | | |
|--------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | | 原水 | 流動床出口 | 処理水 | 原水 | 流動床出口 | 処理水 | 原水 | 流動床出口 | 処理水 |
| 水温 | ℃ | 14.7 | | | 12.2 | | | 22.7 | | |
| pH | | 6.7 | 6.7 | 6.4 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.4 |
| アルカリ度 | 度 | 190 | 140 | 99 | 190 | 130 | 100 | 190 | 95 | 68 |
| SS | mg/L | 233 | 96 | 10 | 290 | 82 | 15 | 150 | 46 | 3 |
| BOD | mg/L | 227 | 85 | 10 | 251 | 64 | 18 | 155 | 34 | 5 |
| S-BOD | mg/L | 50 | 6 | 2 | 42 | 40 | 3 | 54 | 4 | 2 |
| T-P | mg/L | 8.2 | — | 3.1 | 7.2 | — | 3.0 | 6.0 | — | 2.8 |
| K-N | mg/L | 40.0 | 16.0 | 2.7 | 42.0 | 14.0 | 2.9 | 31.5 | 8.7 | 2.2 |
| NH ₄ -N | mg/L | 20.7 | 7.1 | 1.1 | 20.0 | 5.8 | 1.7 | 18.5 | 4.2 | 1.2 |
| NO ₂ -N | mg/L | <0.02 | 0.04 | 0.06 | <0.02 | 0.31 | 0.06 | <0.02 | 0.02 | 0.09 |
| NO ₃ -N | mg/L | <0.1 | 0.2 | 5.8 | <0.1 | 0.5 | 3.2 | <0.1 | <0.1 | 3.4 |
| T-N | mg/L | 40.0 | 16.2 | 8.6 | 42.0 | 14.8 | 6.2 | 31.5 | 8.7 | 5.7 |
| T-N除去率 | % | — | — | 78.6 | — | — | 85.3 | — | — | 81.9 |

4. おわりに

前段に移動床式好気性ろ床を後段に脱窒流動床を組合わせた、小規模処理場向け窒素除去システムの検討を、実験装置により行い、以下の性能を確認した。

- (1) 目標値としたT-N濃度10mg/L以下を満足するには、循環比は2で十分である。
- (2) 脱窒流動床の反応容積当たりの脱窒速度は、活性汚泥法嫌気槽の7~10倍であった。
- (3) 脱窒流動床のスタートアップは18日以内で完了した。
- (4) 移動床式好気性ろ床の硝化率は冬季でも93%と良好であった。

参考文献：

- (1) 「微生物を利用した窒素およびリン除去プロセスに関する第三次報告書」, 日本下水道事業団