

A<sub>2</sub>SBR を用いた UASB+DHS 処理水からの高度下水処理システム開発

長岡技術科学大学大学院 ○(学) 出濱和弥, 小野心也, Tserin Tashi, Namita Maharjan,  
(正) 幡本将史, (正) 山口隆司, 東北大学大学院 (正) 高橋優信

1.序論

我々の研究グループでは、UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) +DHS (Downflow Hanging Sponge) システムを用いた下水処理に関する研究を進めている。UASB+DHS システムは曝気を必要としない省エネルギー型廃水処理技術である。しかしながらシステムの構成上処理水中に硝酸態窒素・リンなどの栄養塩が残留するといった欠点を有する。そこで脱窒とリン蓄積を同時に行なう、脱窒性リン蓄積細菌 (Denitrifying Phosphorus Accumulating Organisms: DNPAOs) を利用したシステムに着目した。DNPAOs は嫌気環境下で有機物を摂取・蓄積し、無酸素環境下において蓄積した有機物を用いて脱窒とリン取り込みを行なうため、廃水中から窒素・リンの同時除去が可能となる。またリン蓄積細菌と脱窒細菌を組み合わせた窒素・リン除去プロセスと比較しても、必要な有機物量の低減、余剰発生汚泥量の低減等が可能になるとして注目されている<sup>1)</sup>。しかし DNPAOs の詳しい生物学的性質や種類は明らかになっておらず、また UASB+DHS システムの後段に DNPAOs を適用した事例も少なく、適切な運転方法等の知見は少ない。

本研究では DNPAOs を利用した嫌気・無酸素回分式リアクター (Anaerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactor: A<sub>2</sub>SBR)を用いて、UASB+DHS システム処理水からの栄養塩除去に関する処理性能の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図 1 に実験装置及び運転条件を示す。実験装置は A<sub>2</sub>SBR と有機物貯槽より構成した。流入水は UASB+DHS 処理水を使用した。1 バッチの運転時間は 360 分間（嫌気条件：90 分間、無酸素条件：270 分間）とした。嫌気条件開始時に有機物の添加、槽内の攪拌を開始した。無酸素開始時に UASB+DHS 処理水を 50 L 供給、槽内水量を 100 L にした。その後攪拌を停止し汚泥を沈降分離させ、上澄みを処理水として排出した。表 1 に運転条件を示す。A<sub>2</sub>SBR の温度制御は行なわなかった。pH は 7.4±0.2

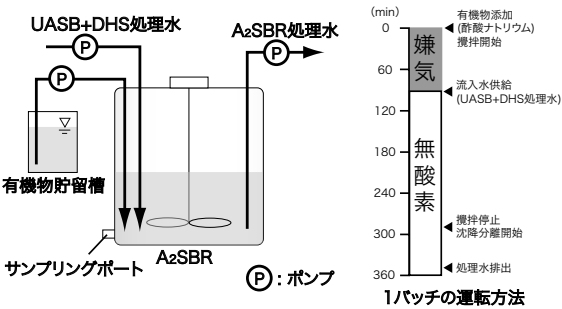


図 1 実験装置及び運転方法

表 1 運転条件

| 運転条件     |           |      |
|----------|-----------|------|
| 条件       | 数値        | 単位   |
| 水温       | ambient   | ℃    |
| pH制御     | 7.4 ± 0.2 |      |
| 反応槽容積    | 50        | L    |
| 槽内MLSS濃度 | 2,000     | mg/L |
| COD / P  | 25        | g/g  |
| 添加有機物    | 酢酸ナトリウム   |      |

に制御した。有効反応容積を 50L とし、槽内汚泥濃度は予備実験結果より窒素除去量に対するリン除去の割合が最も良好だった 2,000 mg/L に設定した。有機物添加量はリン除去に必要な最小量となるよう IWA の活性汚泥モデル No.2d<sup>2)</sup>より、添加 COD/流入 P (g/g) が 25 になるよう調整した。添加有機物は酢酸ナトリウムを使用した。

3. 実験結果および考察

3.1 連続処理実験結果

運転開始から 30 日目までを汚泥馴養期とした。運転 30 日目に有機物を添加した直後の嫌気環境時における上澄み液を回収することで、槽内に蓄積したリンを排出させた。その後槽内の MLSS 濃度が 2,000 mg/L になるよう汚泥引抜きを行なうなど適宜調整した。

運転 80 日目以降から前段 UASB+DHS システムの硝化性能の悪化が確認された。流入水中の硝酸態窒素濃度が低下することでリン除去性能の悪化など、システム全体に悪影響が生じたため 106 日目以降、A<sub>2</sub>SBR 流入水に対

キーワード DNPAOs, A<sub>2</sub>SBR, UASB, DHS, リン除去, 窒素除去  
連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系  
水圏土壌環境制御工学研究室 TEL 0258-47-1611(内線 6466) E-mail: s093290@ics.nagaokaut.ac.jp

し硝酸ナトリウム添加を開始した。

### 3.2 保持汚泥あたりのリン蓄積量による影響

運転初日における MLSS 濃度が 1,021 mg/L と設定値よりも低濃度だったため、汚泥馴養期は汚泥濃度上昇に向け汚泥引き抜きやリン回収を行わず運転を行なった。その結果保持汚泥あたりのリン蓄積量が 0.01 から 0.10 g-P / g-MLVSS まで上昇した。運転開始から 20 日までは槽内の保持汚泥あたりのリン蓄積量が急激に上昇したが、20 日目以降から上昇傾向だった保持汚泥あたりのリン蓄積量が安定し、同時に脱窒・リン除去性能が悪化した。この原因は過剰なリン蓄積に伴い、汚泥あたりが保持可能なリンの量が飽和状態になったためだと考えられる<sup>3)</sup>。

DNPAOs による硝酸・リン除去を実施する場合、保持汚泥あたりのリン蓄積量が過度に上昇しないよう、槽内のリン蓄積量を管理する必要があると考えられる。

### 3.3 A<sub>2</sub>SBR によるリン除去性能

図 3 に全リン及びリン酸態リン濃度の経日変化を示す。運転 30 日目の槽内の汚泥制御開始以降、80 日目まで全リン濃度  $0.6 \pm 0.2$  mg/L、リン酸態リン濃度  $0.4 \pm 0.2$  mg/L と安定して良好な処理を実現した。図 4 に硝酸の経日変化を示す。運転 30 日目以降における処理水中の硝酸態窒素濃度は  $2 \pm 3$  mg/L となった。運転 60 日目から 80 日目にかけて気温が 15 から 10 °C まで低下し、同時に UASB+DHS システムの硝化性能が悪化した。UASB+DHS システムにおける硝化性能の悪化に伴い、リン除去性能が悪化した。この原因は A<sub>2</sub>SBR 流入水中の硝酸態窒素濃度低下の影響で硝酸塩が不足し DNPAOs によるリン除去が起こらなくなったため、処理水中にリンが残留したものと考えられる。

リン除去が良好に行なわれた期間 (30-88 日目) における UASB+DHS 処理水中の硝酸態窒素濃度が  $12 \pm 2$  mg/L だったのに対し、それ以降 (運転 89-164 日目) の硝酸態窒素濃度は  $4 \pm 1$  mg/L となった。そこで 106 日目以降に流入水中に硝酸ナトリウムを添加しながら運転を行なったところリン除去性能の回復が確認された。

DNPAOs は流入水中の硝酸態窒素濃度により処理性能が左右されるため、冬期は流入水中に硝酸を添加するか、UASB+DHS に対し加温する必要があると考えられる。

硝酸添加を開始した 106 日以降の期間は、硝酸ナトリウムを過剰に添加しすぎると処理水中に硝酸が残留し、添加量が少ないとリンの蓄積が満足に行なわれなくなった。このことから DNPAOs を用いた硝酸・リンの同時除

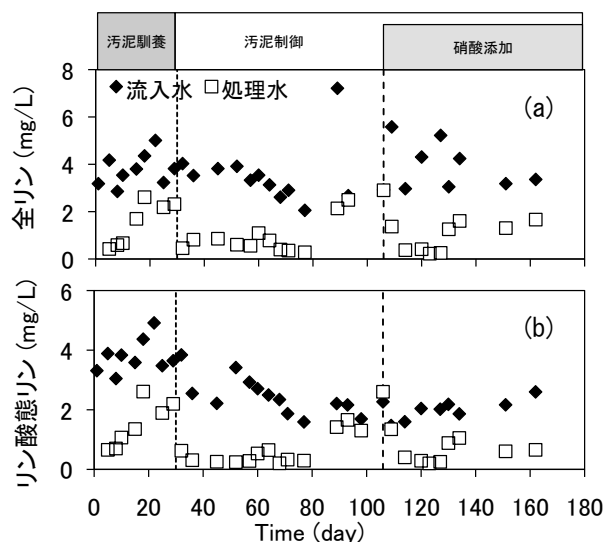


図 3 リン除去経日変化  
(a) 全リン (b) リン酸態リン

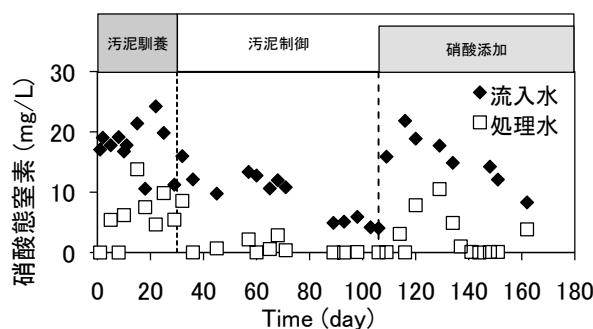


図 4 硝酸濃度経日変化

去は C/P 比の管理に加え N/P 比についても考慮する必要があると考えられる。

## 4. 結論

本研究では DNPAOs を用いた A<sub>2</sub>SBR にて、UASB+DHS システム処理水からの硝酸、リン同時除去の連続処理実験を行ない、以下の知見を得た。

- 1) A<sub>2</sub>SBR 槽内に蓄積するリン量が過剰に上昇することで硝酸・リン処理性能がともに低下する。
- 2) 実験期間を通じ、処理水の全リン濃度は  $1.0 \pm 0.7$  mg/L、リン酸態リン濃度は  $0.7 \pm 0.6$  mg/L だった。本装置のリン除去性能は硝酸による影響が大きくみられた。
- 3) DNPAOs による良好な硝酸・リンの除去を実施するには C/P 比の制御に加えて N/P 比の管理が重要になってくる。

## 参考文献

- 1) 下水道施設計画・設計指針と解説 (後編) 2009 年版 pp.216
- 2) Barnard et al., Water SA 10 1984 121-126.
- 3) Graciela et al., Applied And Environmental Microbiology, 2011.