

下水からの栄養塩除去を目的とした 嫌気・無酸素回分式リアクターの処理時間が処理性能に及ぼす影響評価

長岡技科大院・工 ○(学)小林智裕, 阿部憲一, (正)幡本将史, (正)山口隆司
木更津工業高専 (正)大久保努, (正)上村繁樹 香川高専 (正)多川正

1. はじめに

我々の研究グループで都市下水処理システムとして開発を行っている上昇流嫌気汚泥床 (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket : UASB) と下降流懸垂型スポンジ (Down-flow Hanging Sponge : DHS) を組み合わせた, UASB+DHS システムは, エアレーションが不要であり, 余剰汚泥発生量の少ない省エネルギー・低コスト型システムである. 本システムは高い有機物除去性能と硝化性能を有する. 一方, 流入下水中に含まれる栄養塩の除去能力を有していない. 栄養塩は富栄養化の原因となるため, 後段に栄養塩を除去する装置が必要である. そこで我々は, 脱窒性ポリリン酸蓄積細菌 (Denitrifying Polyphosphate Accumulating Organisms : DPAOs) を利用した高度処理システムを開発している. DPAOs は嫌気・無酸素サイクルで菌体内にリンを過剰に蓄積する微生物であり, 電子受容体として硝酸を利用することから, UASB+DHS システムの高い硝化性能を活かした高度処理が可能である. DPAOs を用いた高度処理システムは, リン蓄積細菌 (PAOs) と脱窒菌を用いた既存の高度処理システムと比較し, 必要となる有機物量が少なく, エアレーションが不要な省エネルギー・低コスト型の高度処理システムである. DPAOs の培養には嫌気・無酸素サイクルが必要である. そこで, 嫌気・無酸素回分式リアクター (Anaerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactor : A₂SBR) を UASB+DHS システムの後段に設置して長期連続運転を行い, DHS 処理水からの栄養塩除去性能を評価した結果, 高いリン除去及び脱窒性能を確認している¹⁾.

しかし, UASB+DHS+A₂SBR システムは, A₂O 法等の既存の有機物, 栄養塩除去システムと比較し, 長い処理時間を要した. A₂SBR の水質プロファイルの結果, A₂SBR の処理時間の削減が可能であることが示唆された. そこで本研究では, A₂SBR の処理時間短縮を行い, 処理時間が処理性能に及ぼす影響を評価した.

2. 実験方法

図-1 に実験に用いた A₂SBR の概要図を示す. 図-2 に A₂SBR の運転サイクルを示す. A₂SBR は全容積 200 L

(容量 100 L) であり, A₂SBR と有機物貯蔵槽で構成し, 都市下水処理 UASB+DHS システムの後段に設置した. 図-2 (A) に示すサイクルでの 266 日間の運転後, 図-2 (B) のサイクルに変更した. 1 サイクルの処理時間は処理時間短縮前, 短縮後それぞれ 360 分, 180 分とした. A₂SBR の運転サイクルは嫌気条件と無酸素条件で構成した. サイクル開始時 (0 分) に攪拌を開始し, 有機物貯蔵槽より流入リン濃度に対して COD/P 比が 25 g-COD/g-P になるように酢酸ナトリウムを加え, 嫌気条件にした. 嫌気条件終了後, DHS 処理水 50 L を流入させ, 無酸素条件とした. 処理時間短縮前, 短縮後それぞれ 290 分, 140 分まで攪拌を行い, サイクル終了 10 分前から上澄み 50 L を処理水として排出した. A₂SBR 槽内の pH は, 添加する酢酸ナトリウムの pH を調整することで 7.4±0.3 に制御した. DHS 処理水の硝酸濃度が低い場合は, 無酸素条件の開始時に硝酸を加えた.

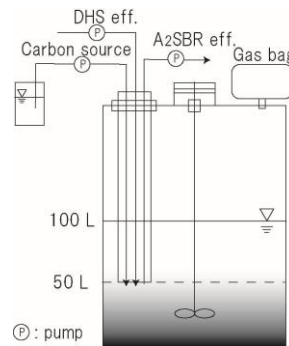


図-1 A₂SBR 概要図

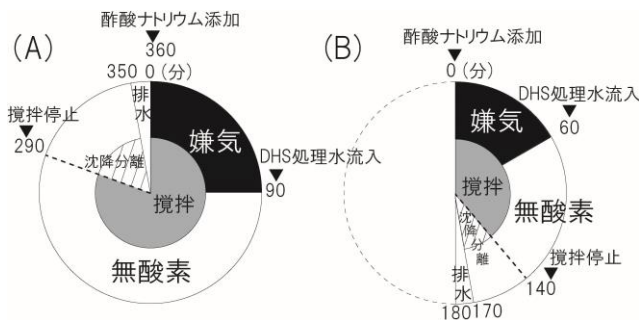


図-2 A₂SBR 運転サイクル (A) 処理時間短縮前, (B) 処理時間短縮後

嫌気条件時 (槽内液量 50 L) の MLSS 濃度は、槽内汚泥を引き抜き、2000 mg/L に調整した。

3. 結果及び考察

3.1 栄養塩除去性能

処理時間短縮前の栄養塩除去性能の経日変化を **図-3**、処理時間短縮後の栄養塩除去性能を **図-4** に示す。処理時間短縮前における A₂SBR 流入水の全リン濃度は 3.35 ± 1.00 mg-P/L, A₂SBR 処理水の全リン濃度は 0.94 ± 0.89 mg-P/L であり、全リン除去率は 71 ± 26% だった。A₂SBR 流入水の硝酸塩濃度は 11.7 ± 8.0 mg-N/L, A₂SBR 処理水の硝酸塩濃度は 3.2 ± 4.6 mg-N/L であり、硝酸塩除去率は 74 ± 28% だった。これらの結果から、A₂SBR は高い窒素・リン除去能力を有していることが確認された。処理時間短縮後においては、A₂SBR 流入水の全リン濃度は 3.23 ± 0.38 mg-P/L, A₂SBR 処理水の全リン濃度は 1.93 ± 0.55 mg-P/L であり、40 ± 15% まで除去率が低下した。A₂SBR 流入水の硝酸塩濃度は 20.7 ± 5.3 mg-N/L, A₂SBR 処理水の硝酸塩濃度は 6.7 ± 3.5 mg-N/L だった。硝酸の除去率は 65 ± 15% であり、処理時間短縮前後で大きな変化はないため、処理時間短縮による硝酸除去性能への影響は少ないと考えられる。既報²⁾では無酸素条件下で除去されなかった硝酸が次サイクルの嫌気条件下でのリン放出量を低下させる可能性を報告している。処理時間短縮後、A₂SBR 処理水の硝酸濃度が増加しており、リン放出量及び除去性能の低下を引き起こしていた可能性が考えられた。

3.2 水質プロファイル

処理時間短縮後の A₂SBR の水質プロファイル結果を **図-5** に示す。DPAOs 特有の代謝が確認され、サイクル終了時の液中のリン酸塩濃度は 0.49 mg-P/L と低い値となっていた。しかし、処理水中の全リン濃度は 1.32 mg-P/L となっており、沈降時間が不足している可能性が考えられた。また既報¹⁾ではリン放出量の低下がリン除去性能低下を引き起こす可能性があるとして報告されている。しかし、本実験での水質プロファイルでは、リン放出量は少ないが、サイクル終了時の液中のリン酸濃度も低い値となっていた。

4. まとめ

- 1) 処理時間短縮前では A₂SBR の全リン除去率は 71 ± 26%, 硝酸除去率は 74 ± 28% であり、高いリン除去、脱窒性能を示した。
- 2) 処理時間短縮後の硝酸除去率は 65 ± 15% であり、脱窒性能に大きな変化はなかったが、全リン除去率は 40 ± 15% であり、処理時間短縮によりリン除去性能が低下することが示唆された。
- 3) リン除去性能低下の原因として無酸素条件終了後の

硝酸の残存、また水質プロファイルから沈降時間の不足が考えられた。

今後は沈降時間の最適化を行い、処理水質を維持しつつ運転時間の短縮を試みる。

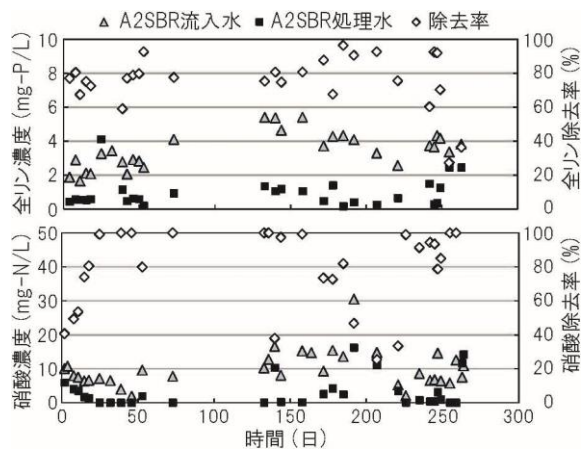


図-3 処理時間短縮前の栄養塩除去性能

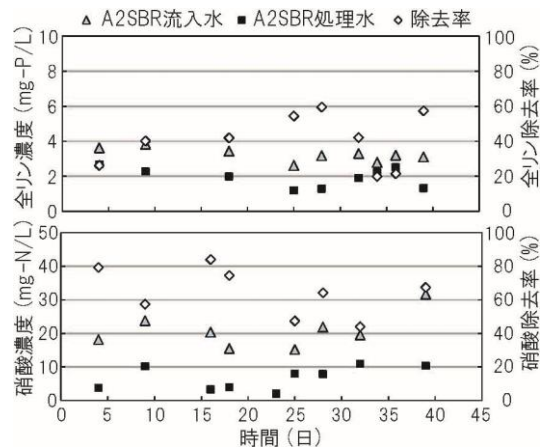


図-4 処理時間短縮後の栄養塩除去性能

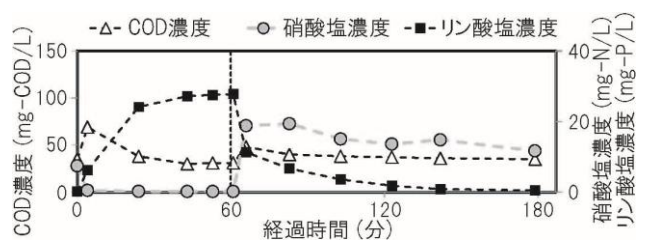


図-5 水質プロファイル結果 (処理時間短縮後 39日目)

参考文献

- 1) 坂本ら, 土木学会論文集G(環境), Vol.69, No.7, III _121-III_127, 2013
- 2) Shaoqi Zhou et al., Bioresource Technology., vol. 101, pp. 1603-1610, 2010

謝辞

本研究の一部は、地球規模課題対応国際科学技術協力事業「エネルギー最小消費型の下水処理技術の開発」の一環として実施致しました。記して感謝致します。