

下水からの窒素・リン除去を目的とした 嫌気・無酸素回分式リアクターの処理時間短縮の検討

長岡技科大院・工 ○(学)小林智裕, (学)坂本健一, (正)幡本将史, (正)阿部憲一, 中村明靖, (正)山口隆司
木更津工業高等専門学校 (正)大久保努, (正)上村繁樹 香川工業高等専門学校 (正)多川正

1. はじめに

我々の研究グループでは、省エネルギー・低コスト型の下水処理システムとして上昇流嫌気汚泥床 (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 システムを開発している。本システムは高い有機物除去性能と硝化性能を有している。しかし、本システムは流入下水中に含まれる栄養塩を除去する能力を有していないため、高度処理を行うには後段に栄養塩を除去するためのシステムを導入する必要がある。そこで我々の研究グループでは、生物学的栄養塩除去法として脱窒性ポリリン酸蓄積細菌 (Denitrifying Polyphosphate Accumulating Organisms : DPAOs) の代謝を利用した高度処理システムの開発を行っている。DPAOs は硝酸を電子受容体として利用してポリリン酸を菌体内に蓄積する微生物であり、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。また、DPAOs の代謝による窒素・リン除去は、リン蓄積細菌 (PAOs) を用いた既存の栄養塩除去システムと比較し、必要となる有機物量が少ない、余剰汚泥の生成量が少ないといった利点がある。DPAOs の培養には嫌気と無酸素のサイクルが必要である。これを実現するために、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、高いリン除去および脱窒性能を確認している¹⁾。

しかし、本実験に用いた A₂SBR による回分運転は、UASB+DHS システムに対して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、処理時間短縮前後での栄養塩除去性能を比較することで、処理時間の短縮が可能であるか評価した。

2. 実験方法

図-1 に実験に用いた A₂SBR の概要図を示す。また図-2 に A₂SBR の運転サイクルを示す。A₂SBR は全容積 200 L (液容量 100 L) であり、A₂SBR と有機物貯蔵槽より構成した。本装置は都市下水を処理する UASB+DHS システムの後段に設置した。初期の条件での 266 日間の運転後、処理時間を短縮して運転を行った。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、また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、A₂SBR 槽内を嫌気条件にした。嫌気条件終了後、DHS 処理水を 50 L 流入させ、無酸素条件とした。処理時間短縮前、処理時間短縮後それぞれ 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。また 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の添

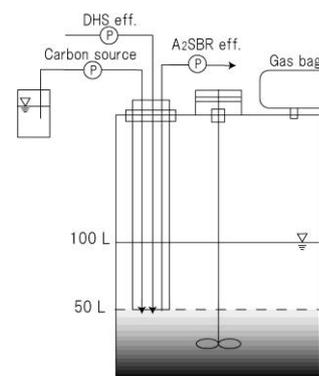


図-1 A₂SBR 概要図

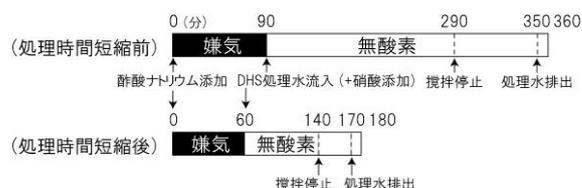


図-2 A₂SBR 運転サイクル

キーワード A₂SBR 栄養塩除去 処理時間

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL. 0258-47-1611 E-mail. s091030@stn.nagaokaut.ac.jp

加を行った。A₂SBR 処理水排出後 (50 L) の MLSS 濃度は、槽内汚泥を継続的に引き抜くことにより、約 2000 mg/L となるように調整した。

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 $71 \pm 26\%$ 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 $74 \pm 28\%$ 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、 $40 \pm 15\%$ 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 $65 \pm 15\%$ 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。また処理時間短縮後、リン除去は行われていないが、硝酸除去は行われていた。そのため DPAOs ではなく脱窒菌による硝酸除去が行われていた可能性が考えられる。

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

処理時間短縮前では A₂SBR の全リン除去率は $71 \pm 26\%$ 、硝酸除去率は $74 \pm 28\%$ であり、高いリン除去、脱窒性能が確認された。処理時間短縮後の硝酸除去率は $65 \pm 15\%$ であり、脱窒性能に大きな変化は

見られなかったが、全リン除去率は $40 \pm 15\%$ であり、リン除去性能の低下が確認された。水質プロファイルから除去性能低下の原因として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。

参考文献

- 坂本健一, 嫌気無酸素回分式リアクターを用いた都市下水からの栄養塩除去とリン回収, 土木学会論文集G (環境), Vol.69, No.7, III_121-III_127, 2013

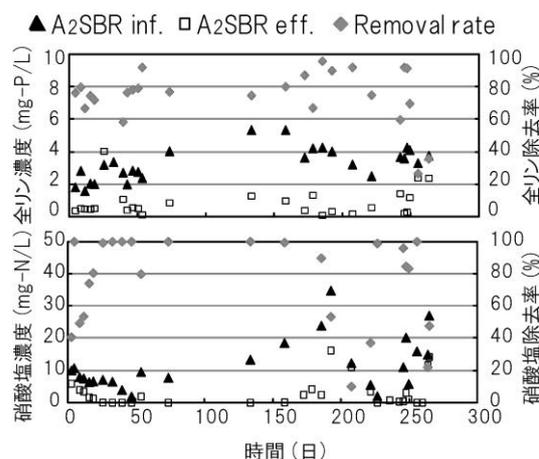


図-3 処理時間短縮前の栄養塩除去性能

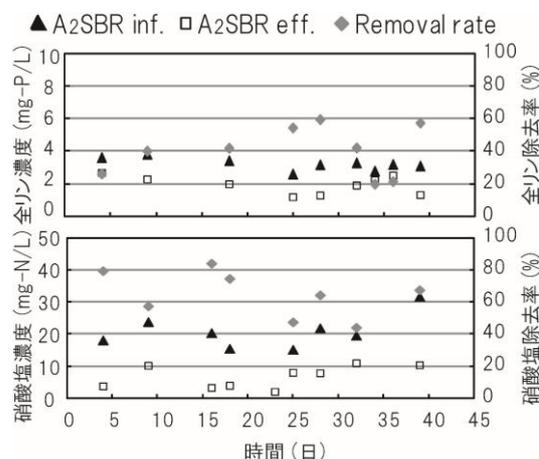


図-4 処理時間短縮後の栄養塩除去性能

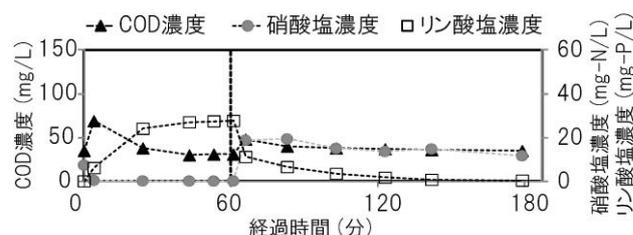


図-5 水質プロファイル結果 (処理時間短縮後 39日目)