

富栄養化を防止する無曝気省エネ型下水処理技術の開発

高知高専専攻科 学 ○宮地賢一、高知高専 正 山崎慎一
 長岡技術科学大学 学 濱口威真
 長岡技術科学大学 正 山口隆司、東北大学 正 原田秀樹

1. はじめに

従来の下水処理法である好気性処理法は、所要動力の半分以上を空気供給（曝気）が占め、大量発生する余剰汚泥の処理にも膨大なエネルギーが使用され、省エネルギー化は今後の重要な課題の一つとされている。また、湖沼や湾内などの閉鎖性水域では、流入する窒素などの栄養塩による富栄養化問題も顕在化している。このような課題に対して、本研究では、高速嫌気性処理法の UASB 槽と好気性生物膜法の接触酸化槽を組み合わせた処理プロセスにより有機物と窒素の同時除去を検討してきたが^{1),2)}、さらなる省エネ化を図るために、後段の好気処理に無曝気型生物ろ床法である DHS 槽を用いた新しい下水処理プロセスの開発を行っている。本研究では、UASB 槽と DHS 槽を組み合わせた処理装置を使用して、有機物と窒素の同時除去性能について検討を行った。

2. 実験方法

図 1 に UASB 槽と DHS 槽を組み合わせた室内実験装置を示す。原水の有機炭素源および窒素源には、ショ糖 (200mg/l)、ポリペプトン (100mg/l)、塩化アンモニウム (100mg/l) を用いて、COD_{Cr} 300 mg/l、全窒素 (T-N) 30mg/l に調整した。リン源にはリン酸二水素カリウム、硫黄源には硫酸ナトリウムを用い、全リン (T-P) 10mg/l、硫酸態硫黄 SO₄-S 100mg/l とした。その他に緩衝剤として炭酸水素ナトリウムや微量の無機塩類を添加した。原水は定量ポンプにより UASB 槽に供給した。UASB 槽の下部反応槽の有効容量は 5 ℓ (10cm^W×10cm^L×50cm^H) とし、嫌気性グラニュール汚泥を充填した。

UASB 処理水が流入する DHS 槽は、塩化ビニル製 (φ 20cm) で、3.3cm の立方体のスポンジ担体を充填し (充填率 57%)、スポンジ内水容量を 5 ℓ とした。DHS 槽の上部の散水装置により UASB 処理水はスポンジ担体に滴下され、スポンジ内を自然流下する間に、スポンジ内部あるいは表面で増殖した好気性微生物により処理される。DHS 処理水の一部は UASB 槽に返送され、原水中の有機物を利用して硝酸が脱窒されて窒素が除去される。

表 1 に実験条件を示す。RUN 1 では、循環比 (原水量に対する返送量の比) を 2 とし、汚泥馴致を考慮して原水量を 21.6 ℓ /d から 60 ℓ /d まで段階的に増加させ、HRT (UASB 槽と DHS 槽の容量を合わせた水理学的滞留時間) を 11.1 h から 4 h まで減少させて有機物の除去能力を確認した。RUN 2 では、HRT 4h で一定とし、循環比を 4 に増加させて窒素の除去性能を確認した。RUN 3 では、DHS 槽での硝化反応が不十分と判断されたため、スポンジ充填量を増加 (スポンジ内水容量を 5.9 ℓ に増加) させて HRT を 4.4h に増加させ、窒素の除去性能の向上を確認した。

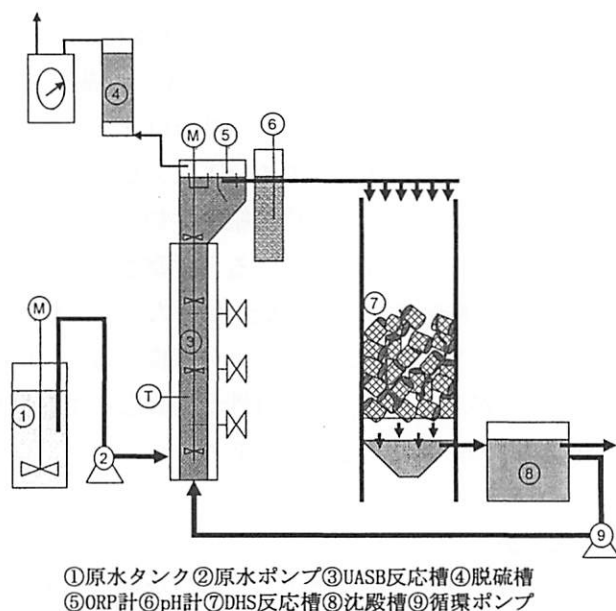


図1 UASB+DHS の室内実験装置

表1 実験条件

RUN	1	2	3
運転期間	6/17～7/30	7/31～11/4	11/5～12/19
日数(日)	44	98	43
HRT(h)	11.1→5.6→4.0	4.0	4.4
循環比	2	4	4

3. 実験結果および考察

185 日間の連続運転を通じて、pH は UASB 処理水及び DHS 処理水ともに至適範囲の 6.5～7.5 を維持し、処理温度も 20～30℃を保持した。UASB 槽内の ORP は、循環比 2 の場合の RUN 1 では-400mV 程度を維持し、循環比 4 の場合の RUN 2 及び RUN 3 では-250～-350mV となったが、脱窒反応に問題ない還元域が保持された。DHS 処理水の DO については、RUN 1 で 3～4 mg/l を維持したが、RUN 2 及び RUN 3 では若干低めの 2～3mg/l であった。

図 2 に COD_{Cr} の経日変化を示す。全運転期間を通じて、原水の COD_{Cr} は約 300mg/l に対し、UASB 処理水 30～60mg/l、DHS 処理水 20～30mg/l の良好な水質を得ることができた。なお、運転 81～107 日に UASB 処理水が悪化しているが、これは循環ポンプの故障によって処理水循環が停止してしまったためであり、処理性能の評価からは除外した。

図 3 に全窒素の経日変化を示す。原水 40mg/l 程度に対して、RUN 2 の 108 日目以降の DHS 処理水は 15～25mg/l であった。DHS 処理水中にはアンモニアが比較的多く残存しており、DHS 槽内で硝化が十分に機能していないことが予想されたため、142 日目に DHS 槽内のスポンジ充填量を増加させた。その結果、RUN 3 での DHS 処理水の全窒素濃度は 15～20mg/l に減少し、窒素除去性能を向上させることができた。

図 4 に COD_{Cr} および全窒素の除去率を示す。COD_{Cr} 除去率は、全運転期間を通じて、概ね 90% 以上を達成することができ、また、全窒素についても RUN 3 で 60～70%程度の除去率を達成することができた。今後、DHS 処理水の DO を上昇させ、HRT を 6 時間程度に下げること、DHS 槽の硝化効率が高まり窒素の処理性能のさらなる向上が期待できると考えられる。

4. まとめ

UASB 槽と DHS 槽による無曝気省エネ型下水処理装置を使用して、有機物と窒素の除去性能を検討した結果、COD_{Cr} (有機物) は 90%以上、全窒素は 60～70%の除去性能を確認することができた。この処理プロセスは、従来法と比べて同等以上の処理性能を有することが明らかとなった。

謝辞 本研究の成果は、三機工業株式会社との共同研究において得られたものである。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 濱口, 山崎ら: 土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), Vol.63rd, Disk 2, 7-049, 2008
- 2) 濱口, 山崎ら: 日本水環境学会年会講演集, Vol.42, p.385, 2008

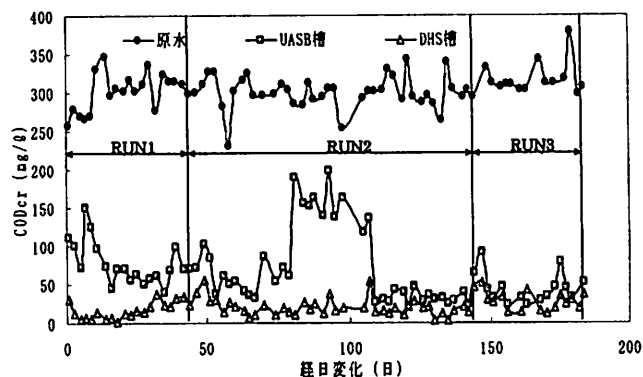


図 2 COD_{Cr} の経日変化

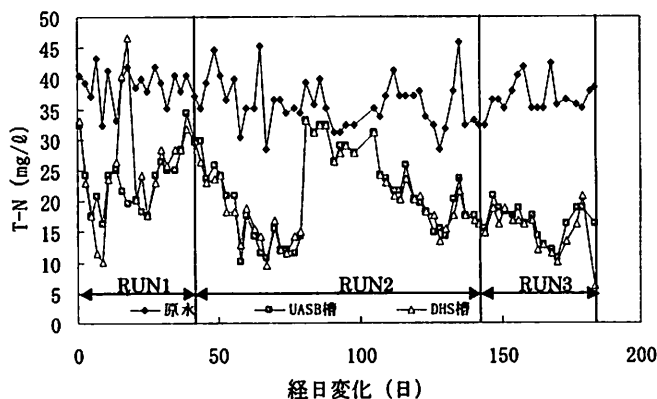


図 3 全窒素の経日変化

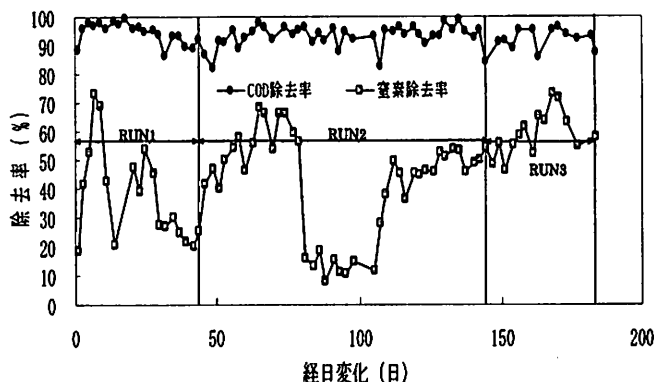


図 4 除去率の経日変化