

UASB-DHS システムによる下水高度処理性能の検討

高知高専専攻科 学 ○宮地賢一, 学 浅野健二

長岡技術科学大学 学 濱口威真, 高知高専 正 山崎慎一

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、所要動力の約 40%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、湖沼や内湾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、本研究室では、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、後段の好気処理槽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 槽を組み合わせた室内連続実験装置を使用して、下水中の有機物と窒素の同時除去性能について検討を行った。

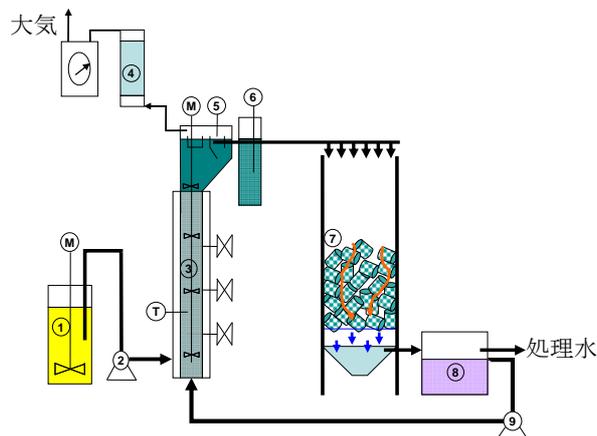
2. 実験方法

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、CODcr 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 5l (10cm^W×10cm^L×50cm^H) とし、実験開始時には嫌気性グラニューク汚泥を充填した。

UASB 処理水が流入する DHS 槽は、塩化ビニール製 (φ20cm) 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性窒素が脱窒される。

表 1 に実験条件を示す。実験開始直後は汚泥の馴致期間とし、循環比 (原水量に対する返送量の比) を 2 とし、原水量を段階的に増加させ、HRT (UASB 槽と

DHS 槽の水容量を合わせた水理的滞留時間) を 11.1 h から 4 h まで減少させ、性能評価は 44 日目以降とした。RUN 1 では、HRT 4h で一定とし、循環比を 4 に増加させた。RUN 2 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 に増加させた。RUN 3 では原水量を減少させ、HRT を 5.6h まで上昇させることで、窒素除去性能の向上と性能の長期安定性を確認した。RUN 4 ではスポンジ充填量を 5.9l から 7.2l に増加させることで、さらなる窒素除去性能の向上を検討した。



①原水タンク②原水ポンプ③UASB反応槽④脱窒槽
⑤ORP計⑥pH計⑦DHS反応槽⑧沈殿槽⑨循環ポンプ

図 1 UASB-DHS 法の室内実験装置の概要

表 1 実験条件

RUN	日数	原水量(l/d)	HRT(h)	循環比	スポンジ水容積(l)
馴致期間	43日	21.6→60	11.1→4	2.0	5
RUN1	97日	60	4.0	4.0	5
RUN2	45日	60	4.4	4.0	5.9
RUN3	260日	47.5	5.6	5.7	5.9
RUN4	63日	36	8.0	6.0	7.2

3. 実験結果及び考察

汚泥馴致後、465 日間の連続運転を通じて、UASB 槽内の ORP は、RUN 1 では-400mV 程度を維持し、RUN 2 から RUN 4 においては-250~-350mV となり、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、全期間を通し 4.0~6.5mg/l であり、

DHS 槽内の好気的環境を維持した。

図 2 に UASB 槽の槽内温度と処理水 pH の経日変化を示す。UASB 槽は全運転期間を通し 20~30℃を維持したが、冬季には槽内温度が低下したため、ヒーターによる温度制御を行った。UASB 槽の処理水 pH は至適範囲の 6.5~7.5 を維持した。

図 3 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 30~100mg/l、DHS 処理水 10~50mg/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る。

図 4 に全窒素の経日変化を示す。原水 30~45mg/l に対して、RUN 1 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 2 では DHS 処理水的全窒素濃度は若干減少した。RUN 3 では原水量を減少させ、HRT を 5.6h にすることで、全窒素濃度 10~20mg/l に減少した。RUN 4 (処理が安定するまでの運転 444~468 日を除く期間) では、HRT を 8h にし、スポンジ量をさらに 7.2l まで増加させることで、全窒素濃度 5~10mg/l に減少した。

図 5 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、平均 93%を達成することができた。また、全窒素については RUN 2 では平均 57%、RUN 3 で平均 64%、RUN 4 では平均 79%の除去率を達成することができた。

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て得られた知見を以下に示す。

- 1) DHS 槽のスポンジ量を増加させて HRT を段階的に上昇させることで窒素除去性能は向上することを確認した。
- 2) HRT 8h において COD_{Cr} (有機物) は平均 93%、全窒素は平均 79%の除去性能を確認でき、従来法と比べて同等以上の処理性能を有することを確認した。
- 3) DHS 槽内に残存している窒素の形態がアンモニアであったため、硝化反応を促進させることでさらなる性能の向上が図られることを確認した。

謝辞：本研究は兼松エンジニアリング株式会社と高知高専の共同研究において遂行された。記して感謝いたします。

参考文献

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

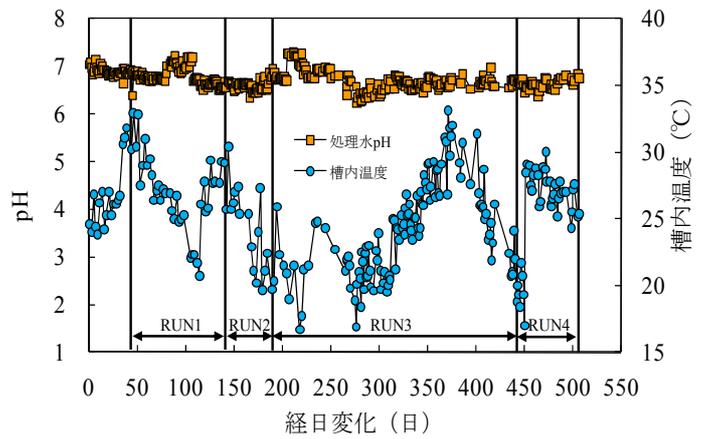


図 2 UASB 槽内の槽内温度と処理水 pH の経日変化

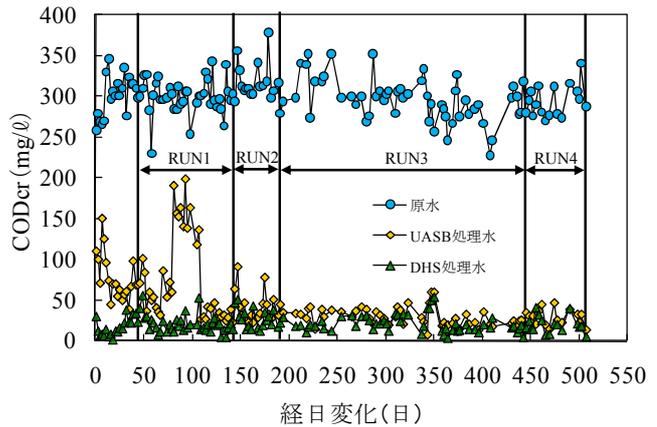


図 3 COD_{Cr} の経日変化

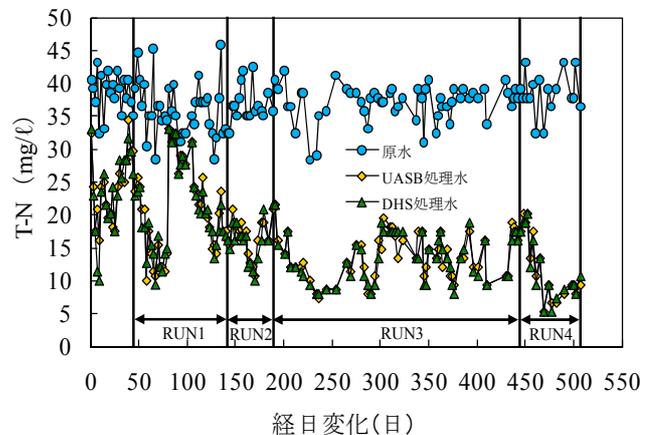


図 4 T-N の経日変化

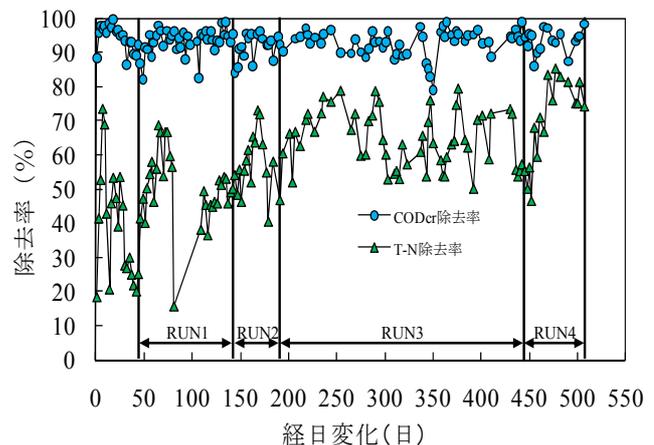


図 5 COD_{Cr} 及び T-N 除去率の経日変化