

省エネ型嫌気好気法（UASB-DHS システム）による人工下水の処理性能

長岡技科大 学 ○宮地賢一, 高知高専専攻科 学 永岩拓馬, 高知高専 正 山崎慎一
長岡技科大 正 山口隆司, 高橋優信, 長岡高専 正 荒木信夫, 東北大 正 原田秀樹

1. はじめに

環境保全や地球温暖化の防止が日常的に謳われている現代において、エネルギーの使用抑制はその中でも最たる改善策として注目されている。また、湖沼や内湾などの閉鎖性水域においては窒素やリンなどの栄養塩流出による富栄養化が問題となっており、赤潮やアオコなどの水質障害を引き起こしアサリや養殖物に甚大な被害を及ぼしている。

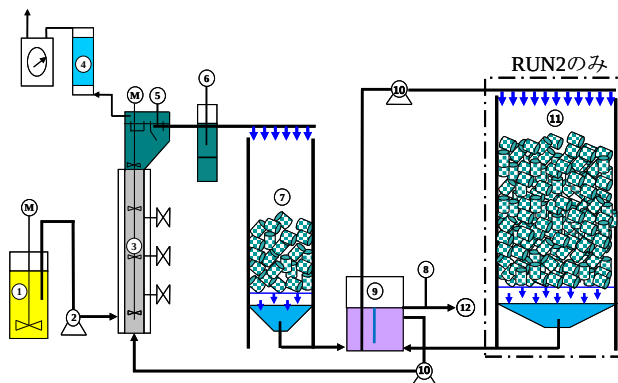
そこで本研究では、余剰汚泥の削減と省エネルギー化が可能な UASB 槽と DHS 槽を組み合わせた省エネ型嫌気好気法を提案する¹⁾。本研究の目的は、本システムの処理時間と処理性能の関係を把握し、従来法である標準活性汚泥法+循環式硝化脱窒法と同等以上の有機物及び窒素の除去性能（COD_{Cr} 除去率 90%，T-N 除去率 80%以上）が期待できるかを確認すること、そして、冬季の槽内温度の低下を想定して、処理温度が処理性能に及ぼす影響について調査することである。具体的には、本システムの室内実験装置を使用して、人工下水による長期間の連続運転を通じて、処理時間や処理温度などを変化させて有機物及び窒素の除去性能を検討する。

2. 実験方法及び実験条件

図1にUASB法とDHS法を併用した室内実験装置を示す。UASB槽は有効容量5ℓとし、嫌気性グラニュール汚泥を充填した。後段のDHS槽には1辺3.3cmの立方体のスポンジ担体を充填した。原水は、有機炭素源および窒素源としてショ糖、ポリペプトン、塩化アンモニウムを用いてCOD_{Cr} 300mg/ℓ、T-N 30mg/ℓに調整した。また、リン源にはリン酸二水素カリウム (T-P 10mg/ℓ)、硫黄源には硫酸ナトリウム (SO₄-S 100mg/ℓ)、その他に緩衝剤や微量の無機塩類を添加した。本システムの窒素除去は、前段のUASB槽において原水中の有機性窒素がアンモニア性窒素へ分解され、後段のDHS槽でアンモニア性窒素が硝酸性窒素に硝化される。そのDHS処理水をUASB槽へ循環させることで、硝酸性窒素が窒素ガスに脱窒されて、処理水中から窒素が除去される仕組みになっている。

表 1 に実験条件を示す. RUN 1 の実験では原水量と DHS 槽内のスポンジ充填量を段階的に変化させ, HRT を 4.0~8.1hr の 4 段階に設定して, 有機物及び窒素の除去性能を観察した. RUN 2 の実験では, 2 槽目 DHS

槽を1槽目 DHS 槽の後段に追加して、HRT を 66.6hr に設定して無加温で連続運転を行った。なお、各 RUN の前には1ヶ月以上の汚泥馴致運転を行った。



⑭モーター ①原水タンク ②原水ポンプ ③UASB槽
④脱硫槽 ⑤ORP計 ⑥pH及び温度計 ⑦DHS槽 (5ℓ) ⑧DO計
⑨沈殿槽 ⑩循環ポンプ ⑪DHS槽 (87.8ℓ) ⑫処理水

図1 UASB - DHS法の実験装置の概要

表 1 実験条件

		積算日数	日間間隔	流量 (ℓ/d)	HRT (hour)	循環比	スポンジ 水容積(ℓ)
Start-up		1～43	43	21.6→60	11.1→4.0	2.0	5
RUN1	1-1	44～140	97	60	4.0	4.0	5
	1-2	141～185	45	60	4.4	4.0	5.9
	1-3	186～444	259	47.5	5.5	5.6	5.9
	1-4	445～507	63	36	8.1	6.0	7.2
Start-up		508～545	38	36	8.1+58.5	6.0	7.2+87.8
RUN2	2-1	546～597	52	36	8.1+58.5	6.0	7.2+87.8
	2-2	598～731	134	36	8.1+58.5	10.0	7.2+87.8

3. 実験結果及び考察

3.1 処理時間と処理性能の関係

運転44～507日目のRUN 1において、処理温度は17～33℃、処理水pHは6.5～7.5を維持した。UASB槽内のORPは一時的に急激な変動が見られたが、概ね脱窒反応に問題のない-300mV程度の還元域が保持された。

図2に原水、UASB処理水、DHS処理水のCOD_{Cr}の経日変化を示す。全運転期間を通し原水のCOD_{Cr}は約300mg/lに対し、DHS処理水は10～50mg/l、除去率で平均92%以上の水質を得ることができた。

図3に原水、UASB処理水、DHS処理水のT-N濃度の経日変化を示す。原水のT-N濃度は約40mg/lに対して、DHS処理水はHRT 4.0hr (RUN 1-1) では平均20mg/lであった。しかし、HRTを8.1hr (RUN 1-4) に延長すると平均8.3mg/lに減少し、除去率は平均79%に向上した。

キーワード：下水処理，嫌気好気法，UASB，DHS，窒素除去

連絡先：〒783-8508 高知県南国市物部乙 200-1 高知高専環境都市デザイン工学科 TEL/FAX 088-864-5671

3.2 処理性能に及ぼす処理温度の影響

運転546～731日目のRUN 2において、運転680日目までの処理温度は15～30℃であったが、それ以降は15℃以下に低下した。処理水pHは6.5～7.5であり、処理に問題のない範囲を維持した。UASB槽内のORPは、循環比10 (RUN 2-2) への変化後は-400～+200mVに大きく変動する不安定な状態となった。これはDO濃度の高いDHS処理水のUASB槽への循環量が増加したことで、UASB槽内の嫌気状態が維持し難くなったためである。

図4に原水、UASB処理水、1槽目及び2槽目DHS処理水のCOD_{Cr}の経日変化を示す。原水のCOD_{Cr}濃度300～400 mg/lに対して、処理温度が15℃以下の場合でも、2槽目DHS処理水は1～30 mg/lと良好な水質の処理水が得られ、除去率は平均98%以上を獲得した。

図5に原水、UASB処理水、1槽目及び2槽目DHS処理水のT-N濃度の経日変化を示す。原水約40 mg/lに対して、循環比6 (RUN 2-1) での2槽目DHS処理水は平均 6.8 mg/l となり良質な処理水を得ることができた。処理温度が15℃以下へ低下した以降では処理水温の低下により、UASB槽内での有機性窒素のアンモニア性窒素への分解と硝酸性窒素の脱窒、DHS槽内でのアンモニア性窒素の硝化の生物活性が低下し、2槽目DHS処理水は平均19 mg/lとなり、除去率では平均53%であった。なお、循環比6と10では処理性能に著しい変化はみられなかった。

4. まとめ

以下に、本実験によって得られた知見をまとめる。

- 1) 処理時間と処理性能について、COD_{Cr} 除去率はHRT4.0～8.1hr では平均 92%以上の値が得られた。T-N 除去率は、HRT の延長で次第に向上し 8.1hr では平均 79%となり、従来法 (標準活性汚泥法+循環式硝化脱窒法) とほぼ同等の処理性能を得た。
- 2) UASB 槽の後段の DHS 槽を2槽式に変更した結果、COD_{Cr} 除去率は平均 98%以上、T-N 除去率はDHS 槽での硝化が促進されて平均 83%に向上した。しかし、処理温度が15℃程度以下に低下すると、槽内の生物活性が低下し、T-N 除去率は60%以下に減少することを確認した。

本システムはUASB 槽、DHS 槽ともに曝気を必要としないことや余剰汚泥の発生量が極めて少ないため従来法に比べ大幅なエネルギー削減が可能であり、下水処理における省エネルギー化に関し非常に優位性があることが確認できた。冬季の槽内温度の低下に関しては、処理温度の低下による性能低下を防ぐためヒーター導入による装置の加温や流入水の加温が行えるような装置設計が必要である。

参考文献

- 1) 宮地賢一, 浅野健二, 山崎慎一ら, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.65th, Disk 2, 7- 046, 2010

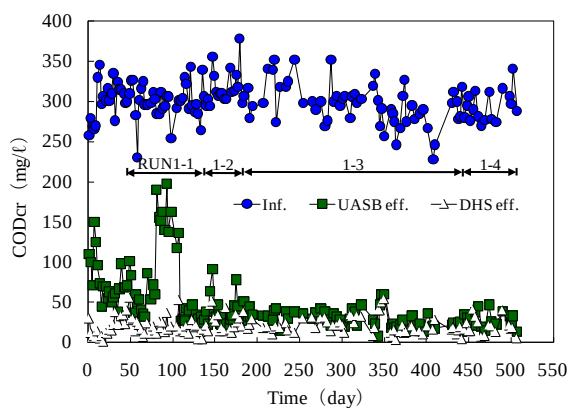


図2 RUN1におけるCOD_{Cr}の経日変化

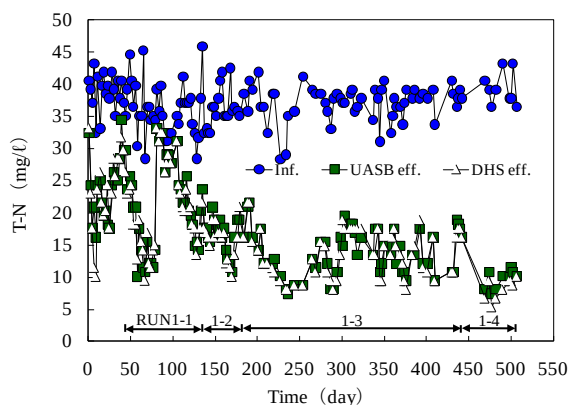


図3 RUN1におけるT-Nの経日変化

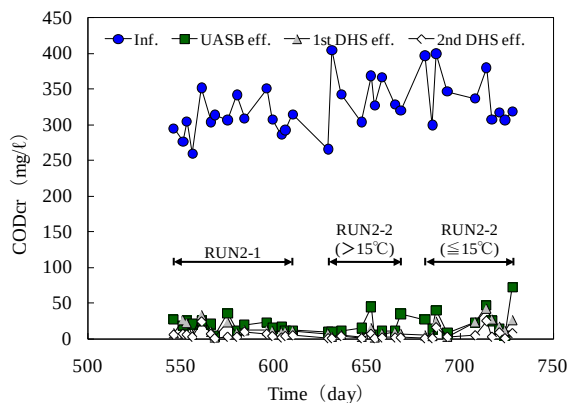


図4 RUN2におけるCOD_{Cr}の経日変化

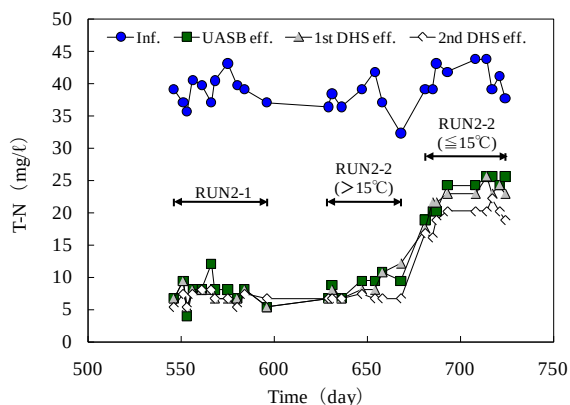


図5 RUN2におけるT-Nの経日変化