

VII-1 UASB-接触酸化処理システムの処理性能に及ぼすHRTと循環比の影響

高知高専専攻科 学生員 ○田原 実、学生員 片岡 功
徳島大学 学生員 笹岡宏光、高知高専 正会員 山崎慎一
呉高専 正会員 山口隆司、長岡技術科学大学 正会員 原田秀樹

1. はじめに

近年、湖沼や内湾等の閉鎖性水域では、都市下水等に含まれる汚濁物質の流出により富栄養化が問題となっており、その主な原因物質である窒素、リンを除去することができる高度処理の普及が望まれている。これをうけて本研究室では、処理の高速化、稼動エネルギーの省力化、廃棄汚泥の減量化、窒素除去が可能な上向流嫌気性スラッジブランケット（以下UASBと称す）反応槽と接触酸化槽を用いた高速下水高度処理システムを提案している¹⁾。本実験では、2槽式UASB-接触酸化室内実験装置を用いて長期連続運転を行い、運転ファクターである循環比、原水SO₄-S濃度、HRTを変化させ、処理特性を評価した。

2. 実験方法

図1に2槽式UASB-接触酸化室内実験装置の概要を示す。原水は1槽目と2槽目のUASB槽へ流量比1:1で供給した。1槽目UASB槽では、メタン生成菌と硫酸還元菌によって有機物が除去され、硫酸塩は硫化物に変換される。1槽目UASB槽の処理水は2槽目UASB槽を経由して接触酸化槽へ送られ、硝化菌によってアンモニアが硝酸に変換される。接触酸化処理水の一部は循環ポンプで再び2槽目UASB槽へ送られ、他栄養性脱窒菌と硫黄脱窒菌によって脱窒が行われ窒素が除去される。

各反応槽の有効容量は各々5Lの合計15Lとし、UASB反応槽への植種汚泥には食品工場廃水処理UASBグラニュール汚泥を投入し、接触酸化槽には生物付着担体を充填した。原水は都市下水を想定した人工下水とし、有機炭素源と窒素源にはしょ糖、ポリペプトン、塩化アンモニウムを用いてCOD_{Cr} 300mg/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) 30mg/l、SO₄-S 100mg/lとした。その他に緩衝剤(NaHCO₃)や無機塩類も少量添加した。COD_{Cr}、T-N、NH₄、T-Pの分析には吸光度分析計(HACH製DR2010)NO₂、NO₃、SO₄の分析にはイオンクロマトグラフィー(島津製LC-VP)を使用した。

3. 実験条件

本実験では連続実験を通じて、HRT、循環比、原水SO₄-S濃度を变化させた。循環比は2槽目UASB槽に流入する1槽目UASB処理水量に対する接触酸化処理水返送量の比を表している。

表1に実験条件を示す。RUN1-1ではHRT4.2h、循環比2、原水SO₄-S濃度33mg/lに設定し、RUN1-2では2槽目UASB槽で脱窒させるNO₃-N供給量を増加させるために循環比を4に、RUN1-3では、2槽目UASB槽に生息する硫黄脱窒菌による脱窒機能を促進させるために、原水中のSO₄-S濃度を100mg/lに増加させた。また、RUN2-1では、循環比をさらに6に増加させ、RUN2-2では上昇液流速の抑制と処理性能の安定化のためにHRTを8.3時間に変更した。なお、運転開始から84日目までと運転441~523日目までは汚泥の馴致を行っている。

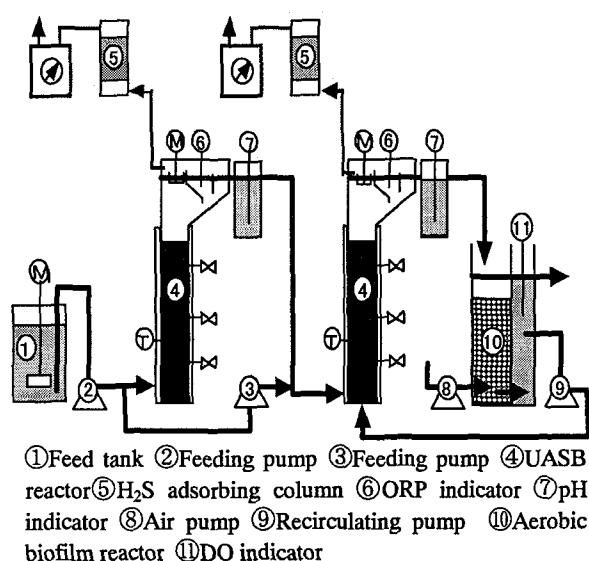


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental set-up

Table 1 Operating condition

RUN No.	RUN1-1	RUN1-2	RUN1-3	RUN2-1	RUN2-2
day	85~118	119~181	288~335	524~582	606~670
HRT(h)	4.2	4.2	4.2	4.2	8.3
Recirculation ratio(-)	2	4	4	6	6
SO ₄ -S conc.(mg/l)	33	33	100	100	100

4. 実験結果および考察

本実験では 670 日間の連続運転を行った。各槽内の pH は全期間を通じて 6.6~7.6 となり、また、各槽内の処理温度は 15~32℃の範囲を維持させた（冬季には水温低下による性能悪化を防ぐために 15℃以上に加温した）。

図 2 に UASB 槽内の ORP と接触酸化槽の DO の経日変化を示す。1 槽目 UASB 槽内の ORP は、RUN1-1~RUN2-1 は-400~-500mV であったが、RUN2-2 では HRT の増加（流入負荷の減少）により-300~-200mV に変化した。2 槽目 UASB 槽の ORP は、接触酸化処理水の DO が不安定となり変動している時期があるが、-200mV 以下の嫌気条件を維持した。接触酸化槽の DO は、供給空気量の調整ミスにより RUN2 で一時的に 6mg/l 以上になり、2 槽目 UASB 槽の処理性能に若干の影響を及ぼした（硝酸の残存が認められた）。よって、接触酸化槽の DO は 2~4mg/l に維持する必要があることがわかった。

図 3 に COD_{Cr} と T-N の除去率の経日変化、表 2 に各 RUN における処理性能の平均値を示す。RUN1-1~RUN1-3 において、接触酸化処理水の COD_{Cr} 除去率は平均 93.7~96.3%の値が得られた。T-N 除去率は、RUN1-1 で平均 65.7%、循環比を 4 とした RUN1-2 では平均 67.7%であったが、RUN1-3 では、2 槽目 UASB 槽への硫化物供給量が増加して平均 75.5%の高い値を得ることができた。これは 2 槽目 UASB 槽内の硫黄脱窒菌による脱窒量の増加によるものと推測され、原水中の SO₄-S 濃度 100mg/l への増加は T-N 除去率の向上に効果があることがわかった。

RUN1-3 の条件で循環比を 6 とした RUN2-1 では、処理性能はさほど変化せず、T-N 除去率は平均 72.3%となった。この原因は 2 槽目 UASB 槽に流入する過剰な処理水循環量（過大な上昇液流速）によるものと考えられ、UASB 槽内で水の短絡流が生じて微生物との接触効率が低下し処理性能が悪化したと推察される。この上昇液流速を低減させる目的で HRT を 8.3h に変更した RUN2-2 では、UASB 槽内で水の短絡流は確認されず、また流入負荷も減少したことで、接触酸化処理水の COD_{Cr} 除去率は平均 97.2%、T-N 除去率は 81.8%を達成した。

5. 結 言

2 槽式 UASB-接触酸化処理システムによって長期連続処理を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 窒素除去について、原水中の SO₄-S 濃度の増加は T-N 除去率の向上に効果があることがわかった。
- 2) 槽内温度 15~32℃、HRT8.3h、循環比 6、原水 SO₄-S 濃度 100mg/l の条件において、COD_{Cr} 除去率は平均 97.2%、T-N 除去率は 81.8%を達成することができた。

謝 辞

本研究は、NEDO より産業技術研究事業費補助金、広島県産業科学技術研究所産学官共同研究費、科学研究費補助金（基盤研究 C）を受けて遂行した。記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 山崎慎一ら、UASB-接触酸化下水処理システムによる有機物と窒素の同時除去特性、土木学会論文集, No734/VII-27, p135-142, 2003

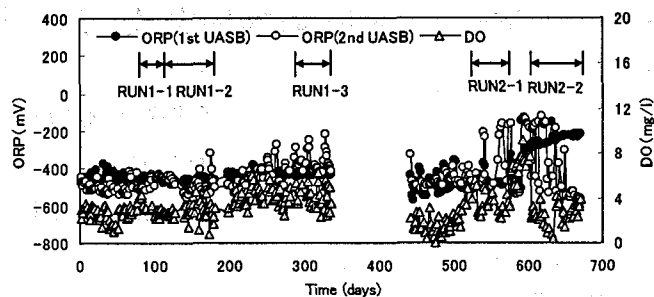


Fig. 2 Time course of ORP and DO

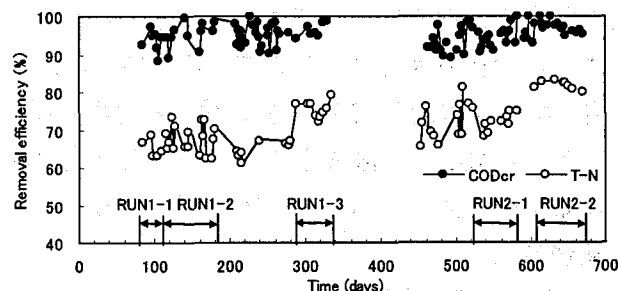


Fig. 3 Time course of COD_{Cr} and T-N removal

Table 2 Summary of treatment performance

RUN No.		RUN1-1	RUN1-2	RUN1-3	RUN2-1	RUN2-2
Reactor temperature	Aerobic biofilm (°C)	31.6	32.6	18.1	28.1	21.6
	1st UASB (mV)	-421	-460	-429	-448	-243
ORP	2st UASB (mV)	-459	-492	-370	-417	-411
	DO					
Aerobic biofilm eff.	Aerobic biofilm (mg/l)	2.9	2.9	4.2	4.0	2.5
	pH (-)	7.4	7.5	7.1	7.3	7.1
	COD _{Cr} (mg/l)	14.5	10.8	10.3	13.6	7.4
	T-N (mg/l)	12.1	9.9	7.4	8.8	7.0
	NH ₄ -N (mg/l)	0.4	0.8	0.5	0.1	0.4
	NO ₂ -N (mg/l)	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
	NO ₃ -N (mg/l)	7.1	7.1	5.7	5.4	4.6
	Removal efficiency					
Removal efficiency	COD _{Cr} (%)	93.7	95.3	96.3	94.7	97.2
	T-N (%)	65.7	67.7	75.5	72.3	81.8