

UASB-接触酸化処理システムの処理特性と槽内微生物の脱窒活性

高知高専専攻科 学 ○片岡 功, 学 田原 実

徳島大学 学 笹岡宏光, 高知高専 正 山崎慎一

呉高専 正 山口隆司, 長岡技術科学大学 正 原田秀樹

1. はじめに

近年、湖沼や内湾などの閉鎖性水域では富栄養化が問題となっており、排水中に含まれる窒素やリンの除去可能な高度処理の普及が望まれている。しかし、現在用いられている高度処理法は処理に時間を要し、エネルギーの消費も大きい。そこで本研究室では、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UASB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-接触酸化処理システムを使用して、連続運転における処理性能と、槽内微生物の活性度測定による窒素除去メカニズムについて検討した。

2. 実験方法

2.1 連続処理実験

図1に2槽式UASB-接触酸化処理システムの概要を示す。原水は1槽目と2槽目のUASB槽へ供給し、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る。その処理水は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。その後、処理水の一部は循環ポンプで再び2槽目UASB槽へ返送され、硝酸が他栄養性脱窒菌と硫黄脱窒菌によって脱窒される。

UASB反応槽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て、炭素源及び窒素源としてショ糖、ポリペプトン、 NH_4Cl を使用し、 $\text{COD}_{\text{Cr}}300\text{mg/l}$ 、 $\text{T-N } 30\text{mg/l}$ になるように調整した。緩衝材には NaHCO_3 を使用し、無機塩類も少量添加した。

表1に実験条件を示す。汚泥の馴致期間を84日間とし、RUN1ではHRT4.2時間、循環比（原水流入量に対する循環水量の比）2、原水中の $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度を 33mg/l として運転を開始した。RUN2では循環比を4に変化させた。RUN3では、2槽目UASB槽での硫黄脱窒に利用される硫化物量を増加させるために原水中の $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度を3倍の 100mg/l に増加させた。またRUN4ではさらに循環比を6に増加させ、RUN5では槽内の上昇流速を低減させるためHRTを8.4時間に変更した。

2.2 リアクター汚泥の活性試験

汚泥馴致前、馴致完了後（84日目）、RUN3（380日目）において1槽目と2槽目のUASB槽底部から汚泥採取し、メタン生成活性、硫酸還元活性、他栄養性脱窒活性、硫黄脱窒活性を測定した。活性試験には容量122mlのバイアル瓶を用い、リン酸緩衝液（ 25mM 、 $\text{pH}7.0$ ）、 Mg 等の微量無機塩、酸化還元試示薬（ 1mg/l resazurin）、還元剤（ 250mg/l $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ）、分散処理グラニュール汚泥（ $2\sim 5\text{gVSS/l}$ ）、テスト基質（酢酸塩は 2000mg COD/l 、 $\text{H}_2 + \text{CO}_2$ は80:20で1.4 atm、硫酸塩とチオ硫酸塩は $200\sim 400\text{mgN/l}$ ）を各々投入した。また、メタン生成活性以

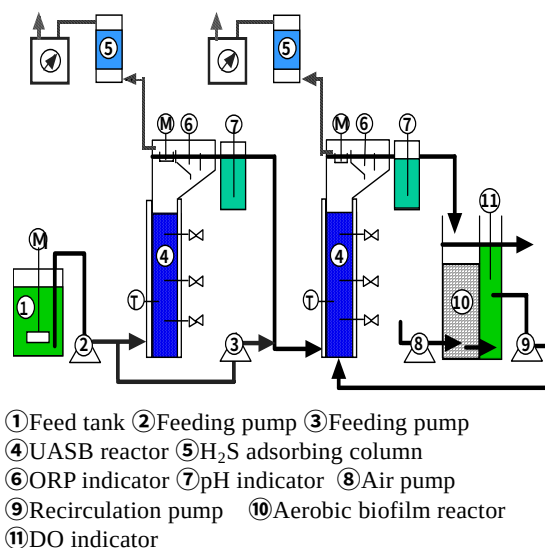


Fig.1 Schematic diagram of the experimental set-up

Table 1 Operating conditions

RUN	1	2	3	4	5
Days	85~118	119~209	247~523	524~575	576~670
HRT(h)	4.2	4.2	4.2	4.2	8.4
Recirculation ratio	2	4	4	6	6
$\text{SO}_4\text{-S}(\text{mg/l})$	33	33	100	100	100

キーワード：UASB、接触酸化、下水処理、窒素除去、硫黄脱窒

連絡先：〒783-8508 高知県南国市物部乙 200-1 高知高専建設システム工学科 TEL/FAX088-864-5671

外のバイアル瓶には、メタン生成を停止させる目的でクロロホルム（5mg/l）を注入した。バイアル瓶は $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の振とう培養器で培養し、経時的に発生ガス及び上澄液のサンプリングとその分析を行って各種活性を評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1 連続処理性能

本実験では 670 日間の連続運転を行った。実験結果を表 2 に示す。全運転期間を通じて、各槽内の pH は 6.6～8.0、UASB 槽の ORP は -100～-500mV、接触酸化槽の DO は 2～4mg/l 程度、槽内温度は 3 槽ともに 15～35℃ を維持した。COD_{Cr} 除去率は、全運転期間を通じて平均 93～97% の高い値が得られた。T-N 除去率は、RUN1 では平均 63%，循環比を 4 とした RUN2 では平均 65% であったが、原水中の $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度を 100mg/l に増加させた RUN3 では、1 槽目 UASB 槽での硫酸還元量の増加によって平均 71% に向上した。また、循環比を 6 とした RUN4 では平均 67% と除去率は低下したが、HRT を 8.4h に上げた RUN5 では、平均 80% の高い除去率を得ることができた。

3.2 活性試験による処理性能の検討

図 2 及び図 3 に汚泥馴致前、馴致完了後（84 日目）、RUN3（380 日目）において UASB 槽内汚泥のメタン生成、硫酸還元、他栄養性脱窒、硫黄脱窒の活性の測定結果を示す。図 2 に示した 1 槽目 UASB 汚泥の場合、運転開始時の植種汚泥を馴致することにより、水素資化性メタン生成活性が約 1.6 倍に増加、酢酸資化性メタン生成活性が約 6 倍に増加、水素資化性硫酸還元活性が約 2 倍に増加した。次いで原水 $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度を 33mg/l から 100mg/l に増加した RUN3 では、水素資化性メタン生成活性は約 1/2 に減少したが、水素資化性硫酸還元活性はさらに約 2.4 倍増加した。RUN3 では、原水 $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度の増加によって酢酸資化性メタン生成菌とともに水素資化性硫酸還元菌が優先的に 1 槽目 UASB 槽内で増殖していると推察される。

図 3 の 2 槽目 UASB 汚泥の場合、汚泥馴致により脱窒活性が著しく向上した。また、RUN3 では他栄養性脱窒活性が 6 割程度に減少したが、硫黄脱窒活性が約 2 倍に増加した。原水 $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度の増加により 2 槽目 UASB 槽内で硫黄脱窒菌の増殖が活発化していることが示唆される。RUN3 で T-N 除去率が向上した原因は、原水 $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度を 100mg/l に増加したことで、1 槽目 UASB 槽での硫酸還元量が増加し、その処理水中の硫化水素を 2 槽目 UASB 槽内の硫黄脱窒菌が利用して、全体の脱窒量が増加したと推測される。

4. まとめ

- 1) COD_{Cr} 除去率は全期間を通じて 93～97% の高い値を得た。また T-N 除去率は、循環比 6、HRT 8.4 時間、原水 $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度 100mg/l の条件において平均 80% の高い除去性能を得ることができた。
- 2) 活性試験の結果、原水の $\text{SO}_4\text{-S}$ 濃度を 100mg/l に増加した RUN3 では、1 槽目 UASB 槽で硫酸還元菌が、2 槽目 UASB 槽では硫黄脱窒菌が優先的に増殖していることが判明した。

謝辞：本研究は、NEDO より産学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：2 槽式 UASB-接触酸化処理システムにおける有機物と窒素の除去特性，土木学会論文集，No.811/VII-38，87-94，2006.2

Table 2 Summarized data of performance

RUN		1	2	3	4	5
Reactor temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Aerobic biofilm	31.6	32.6	18.1	28.1	21.6
ORP (mV)	1st UASB	-421	-460	-429	-448	-243
	2nd UASB	-459	-492	-370	-417	-411
DO (mg/l)	Aerobic biofilm	2.9	2.9	4.2	4.0	2.5
COD _{Cr} removal (%)		93.7	93.4	94.4	94.4	96.5
T-N removal (%)		63.2	65.4	71.1	67.1	80.2

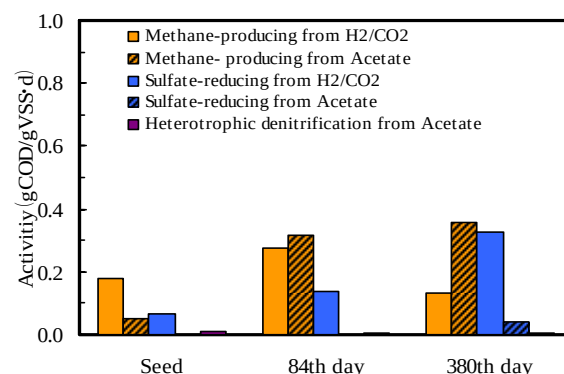


Fig.2 Activity of 1st UASB reactor sludge

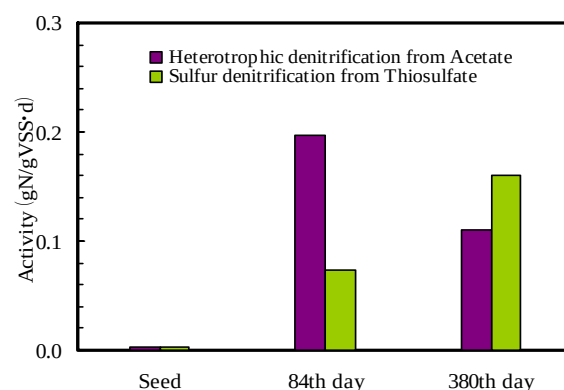


Fig.3 Activity of 2nd UASB reactor sludge