

嫌気性 DHS+UASB 法と傾斜土槽法を組み合わせた新規排水処理システムの性能評価

香川高等専門学校 正会員 ○多川 正, 長岡技術科学大学 学生会員 出濱和弥
(株)四電技術コンサルタント 生地正人, 末次 綾, 井上雄二

1. はじめに

嫌気性処理は、高濃度有機性排水の処理を得意とし、浄化の際に有用エネルギーであるメタンを回収できるため、資源循環・低炭素社会を実現する排水処理システムとして注目されている。代表的な嫌気性排水処理技術である UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法 (以下 UASB と称す) は、酸生成、メタン生成に関与する複雑な嫌気性微生物叢によって構成される顆粒状のグラニューク汚泥をリアクター内に高濃度に保持することにより、生物分解性の高い食品系の産業廃水に対して高速処理が可能な優れた技術として広く用いられている。しかしながら、排水中に高濃度に含まれる浮遊物質 (SS) や脂質、ナトリウム (Na)、化学物質などは、UASB のグラニューク汚泥の生長・保持に対して短期的・長期的に影響を及ぼすため、現在のところ UASB 単独で処理可能な排水種は限定される。そこで我々の研究グループでは、UASB の前に新規の嫌気性 DHS (Downflow Hanging Sponge) を設置して有機物の荒取りをした後、後段の傾斜土槽装置¹⁾によって河川放流レベルの水質を目指した新規の排水処理システムを考案した。

本報告では、醤油製造廃液を供給基質として、高濃度排水を供給した場合の処理パフォーマンス、汚泥性状および両浄化技術の組み合わせによる悪影響がないかの実証試験を行った結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 基質性状

連続処理実験には、これまで焼却処分として島外に搬出されていた、香川県小豆島の醤油製造廃液を使用基質として用いた。醤油製造廃液 (主に、醤油もろみ粕) は表面に油が浮いている TS で 36% のスラリー状の廃棄物であり、n-ヘキサン抽出物質は 48,929 mg/L と非常に高濃度の油分を含んでいた。この醤油製造廃液 5 g を溶解して蒸留水 1 L にて調整したものを分析に供した結果、COD_{Cr} 5,060 mg/L, BOD₅ 2,655 mg/L, SS 1,869 mg/L といずれも高濃度であった。スラリー状の醤油製造廃液を無加水にて処理

するには困難であるため、既設の活性汚泥処理水 (他工程の総合廃水を処理) を醤油製造廃液の濃度調整の希釈水として用いるプロセスを想定し、本連続実証実験においては醤油製造廃液を水道水にて希釈 (最大負荷時: 50kg 廃液を 2m³ に希釈, 工場における 1 日の廃棄物排出量に相当) を行い、20%-NaOH にて pH を中性域に中和後、原水として供給した。

2.2 嫌気性 DHS+UASB プロセス

前段の嫌気性排水処理 (嫌気性 DHS+UASB) では、嫌気性 DHS において、浮遊物質の可溶化、脂質等難分解成分の低分子化および VFA 化といった、酸生成の部分を高速度で行う。また、後段の UASB では易分解性となった嫌気性 DHS 処理水を連続して UASB に供給することで、高速に有機物の除去と有用メタンエネルギーの回収を行う。実験に用いた実験装置の概要を図 1 に示した。

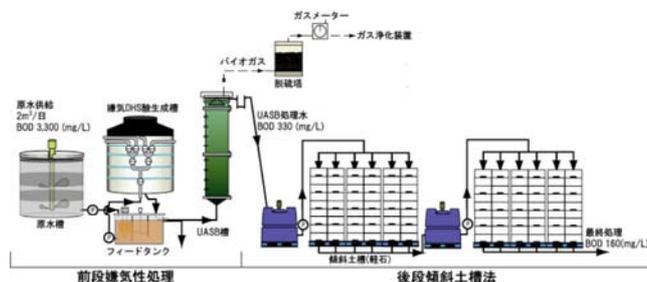


図 1 嫌気性 DHS+UASB+傾斜土槽排水処理プロセス

主な実験装置は、原水槽、フィードタンク、嫌気性 DHS、UASB から構成される。原水は原水槽にて一時的に貯留され、処理量 (最大処理量 2m³/日) だけポンプによりフィードタンクに移送される。フィードタンクからは移送された原水と嫌気性 DHS 処理水の混合原水 (温度は 30°C 程度に調節) が嫌気性 DHS (全容量 2m³, 1.42mφ×1.315mWD×2.26mH, スポンジ担体 0.96m³ 充填) 上部より常に循環・散水されて酸生成が行われる。酸生成された原水は後段の中温 (35°C) UASB (容量 1.2m³, 0.85mφ×2.2mWD×2.7mH) に供給され、残存有機物の更なる分解と発生したメタンガスの回収を行った。

2.3 傾斜土槽[®]の概要

傾斜土槽[®]は、底面に傾斜をつけた薄層構造体(発泡スチロール:0.5mW×1mL×0.1mWD, 容量 50L/1 層, 底面に遮水板を設置)各々に固形の浄化担体(軽石)を充填し、薄層構造体を高さ方向に9段設置した(図2)。この9段設置を1ユニットとし、平行処理として6系列まとめたものを第1傾斜土槽とした。更なる処理の向上を目的として、同一の規模(9段配置×6系列)の設備を第2傾斜土槽として設置し、最終処理水を得た。UASB からの処理水は最上段の薄層構造体に流入させることで、薄層構造体内に設けた傾斜により、充填担体中を通過することで担体に付着・保持された微生物等により浄化され、最下段から処理水が流出する。傾斜土槽はエアレーションが不要であるため、省エネルギー型の好気性浄化技術である。



図2 軽石を充填した薄層構造体および傾斜土槽

3. 実験結果および考察

原水処理量 2m³/日において、嫌気性 DHS では 11.5 時間、UASB では 14.4 時間、トータルシステムとして 25.9 時間の滞留時間まで到達した。傾斜土槽においては、原水流入から処理水が得られるまでの時間(通過時間)はわずか 50 分程度であった。有機物許容負荷 COD_{Cr} 容積負荷は、嫌気性 DHS において 14~17kgCOD_{Cr}/m³・d、UASB において 11 kgCOD_{Cr}/m³・d であり、これまで UASB では処理ができない醬油濃厚廃液においても高い COD_{Cr} 容積負荷を許容することが可能であった。COD 除去率としては、嫌気性 DHS にて 20%程度が除去(メタン回収)されると同時に VFA 化が進行し、UASB 処理水としては 94%と高い COD 分解能力を維持しながら処理を許容することが可能であった。UASB からは排水からメタン回収が良好に行われ、メタン濃度 70%、回収量として 0.25m³/kgCOD のメタンが

回収可能であった。

BOD では、原水 2,450mg/L に対して、嫌気性 DHS 処理水で 1,530mg/L、UASB 処理水 150mg/L、第1傾斜土槽処理水 50mg/L および第2傾斜土槽処理水 30mg/L と、河川放流が可能なレベルの高い除去性能が得られた。SS に関しては、原水で平均約 990mg/L (最大 4,130mg/L) していたものが、嫌気性 DHS 処理水では約 600mg/L 程度まで低減し、UASB では 257mg/L 程度まで減少した。この要因として、スポンジ担体への捕捉と嫌気性微生物による可溶化が進行したものであると推察された。また実験期間中、SS の蓄積による閉塞(嫌気性 DHS) および UASB グラニューールのウォッシュアウトは観察されなかった。また、傾斜土槽では第2傾斜土槽での最終処理水として、T-N 除去率 39% (UASB 処理水で 250mg/L 程度含有)、T-P 除去率 16% (同 150mg/L 程度) と、一部ではあるが硝化脱窒およびリンの同時浄化も確認された。窒素の形態も冬期の低温時期を除くと活発な硝化が進んでいた。

表1 連続実証試験結果(総括)

characteristics	Unit	Influent	Effluent from An-DHS reactor	Effluent from UASB reactor
pH		6.7 ± 0.5	6.4 ± 0.3	7.0 ± 0.2
Temperature	°C	26 ± 5.8	29 ± 4.7	32 ± 4.2
COD _{Cr}	mg・L ⁻¹	5,867 ± 3,303	4,140 ± 2095	818 ± 514
COD _{Cr} (max.)	mg・L ⁻¹	20,180	9,060	2,342
BOD ₅	mg・L ⁻¹	2,454 ± 1195	1,530 ± 696	150 ± 106
SS	mg・L ⁻¹	991 ± 799	596 ± 402	257 ± 214
SS (max.)	mg・L ⁻¹	4,130	1,760	980
	Unit		An-DHS reactor	UASB reactor
COD _{Cr} removal	% of total		29 ± 20	86 ± 10
	% of sol.		20 ± 18	94 ± 3
BOD removal	% of total		38 ± 18	94 ± 4
Methane production	m ³ ・kgCOD ⁻¹			0.254
Methane content	%			70

4. 結論

以上の結果より、これまでは処理が困難で産業廃棄物処分されていた油分や SS 成分を多く含有する醬油製造廃液からもメタンエネルギーの回収や排水の河川放流が可能なレベルまで処理が可能となり、本研究で開発した新規の排水処理システムの有効性が確認できた。嫌気性 DHS [®] プレスにおいてはこれまで嫌気性微生物の流出により処理を断念していた排水種に対して、適応性が飛躍的に拡大する可能性を秘めている。傾斜土槽[®] プレスは充填する軽石も安価で容易に入手でき、かつ運転管理が容易であるため、日本以外にも海外の途上国などの排水処理にも適していると考えられる。

参考文献

1) 生地正人ら：傾斜土槽法を用いた富栄養化対策 その1 台所排水および排水路の直接浄化, 用水と廃水, vol.47, No.11, 62-68, 2005