

B-4 学校下水を連続処理する 嫌気性散水ろ床(AnDHS リアクター)の特性 — 並列運転する UASB リアクターとの比較 —

○室田 龍一^{1*}・角野 晴彦²・原田 秀樹³・大橋 晶良⁴・珠坪 一晃⁵

¹岐阜工業高等専門学校 建設工学専攻 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2)

²岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2)

³東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市荒巻字青葉 6-6)

⁴広島大学大学院 工学部研究科 社会システム工学専攻 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)

⁵独立行政法人 国立環境研究所 水土壤環境研究領域 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

*E-mail: 2006k09@edu.gifu-nct.ac.jp

1. はじめに

嫌気性処理は活性汚泥法と比べ、省・創エネルギーが可能、余剰汚泥が少ないといった利点を持つ。嫌気性処理が高い性能を発揮するには、生物膜を保持し、リアクター内の汚泥濃度を高くすることが必要とされている。下水のような低濃度有機性排水を嫌気性処理に適用した場合、処理を担う微生物の至適条件を外れることや、生成ガスが少ないうえに微生物・基質が接触不足となることにより、生物膜の形成・維持が困難になる恐れがある。

そこで我々は、低濃度有機性排水に適した新規の嫌気性散ろ床 (AnDHS リアクター: Anaerobic Down-flow Hanging Sponge) を提案した。本リアクターは、散水型の処理方式に多孔質なスポンジろ材を合わせた。これは、移流による基質供給によって微生物・基質の接触と汚泥保持を容易にすることを期待した。本リアクターによって 400 mgCOD/L (設定値) の人工排水を連続処理 (600 日間以上) した結果、室温 20℃・HRT 2 hr、室温 10℃・HRT 10 hr、いずれも循環なしの運転条件において、全 COD 除去率は 70~80 %であった。汚泥濃度は平均 18.7 gVSS/L sponge に達した。全実験期間を通じて汚泥に関するトラブルは皆無であり、従来法より簡便な維持管理であった。

本研究は、本リアクターの適用排水種の拡大を目的とし、学校下水の連続処理実験を行った。また、既存技術である UASB リアクターを並列運転し、AnDHS リアクターの処理特性を明確にした。

2. 実験方法

図 1 に本実験に用いた AnDHS リアクターの概要を示す。ろ材には、ネットリング (φ3 cm×H3 cm) にスポンジ (孔径 0.56 mm) を詰めたものを用いた。これを密閉したカラム (W13×D13×H159 cm) 内に 4 層に分けてランダムに充填した。スポンジの全間隙容積は 8.0 L であり、これを HRT の算定に用いた。下水は、上部散水装置より滴下され、微生物が付着したスポンジろ材を流下することで処理される。

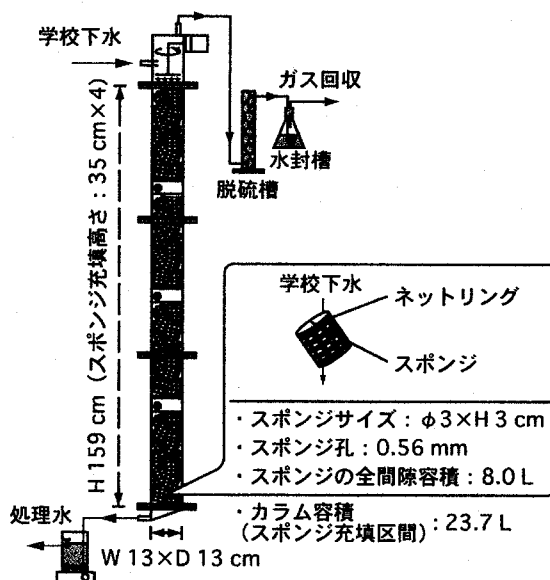


図 1 AnDHS リアクターの概要

並列運転する UASB リアクターは、カラム 6.0 L (φ8 cm×H105 cm) と GSS (Gas Solid Separator) 2.0 L からなり、全水容積は 8.0 L である。

下水は、本校の合併浄化槽調整槽 (沈砂後) より採取した。これを 2.5 mm 孔のスクリーンに通し、連続処理実験に供した。植種污泥には、消化污泥と分散処理した中温グラニュールを用いた。植種後の污泥濃度は、AnDHS リアクターで 3.2 gVSS/L-sponge、UASB リアクターで 10.2 gVSS/L であった。

両リアクターともに、室温は 20℃ に制御し、HRT は、運転開始～43 日目までは 10 hr、以降は 6 hr とした。AnDHS リアクターでは、運転 162 日目に、各層で一旦ろ材を取り出し、充填し直す作業を行い、ろ材を混合させた (以降、ろ材の混合作業とする)。

AnDHS リアクターでは、運転 0 (植種前)、161、164、291 日目において、塩化ナトリウム添加法 (下水試験法 1997) によって、トレーサー試験を行った。

両リアクターにおいて、運転 33、99、137、207、290 日目に酢酸を唯一の有機源とする基質を一時的に供給し、酢酸の分解能力を評価した。供給した酢酸基質は、1000 mgCOD/L とし、嫌気性微生物に必要な無機塩類を添加した。流出水は、HRT の 4 倍時間後に採取した。流入水と流出水の酢酸濃度の差を、消費酢酸濃度として評価した。

3. 実験結果と考察

(1) 連続処理実験

図 2 に全 BOD、SS の経日変化を示す。下水の平均は、全 BOD 91 (標準偏差±37) mg/L、溶解性 BOD 28 (±13) mg/L、SS 124 (±43) mg/L であった。下水中の全 BOD の約 7 割を固形性 BOD が占めていた。両リアクターの污泥の馴致期間として、HRT 10 hr で運転したところウォッシュアウト等の污泥に関するトラブルがなかったため、運転 44 日目に HRT 6 hr に短縮した。

直後から AnDHS リアクター処理水の全 BOD、SS は変動し、全 BOD で 50 mg/L 以上をしばしば示した。AnDHS リアクターでは運転 162 日目に、ろ材の混合作業を行った。これにより処理水質の変動は一旦収まり、運転 163～193 日目で、平均全 BOD は 32 (±7) mg/L、平均 SS は 18 (±3) mg/L であった。しかし、運転 200 日目付近より再び処理水質は変動した。

一方、UASB リアクター処理水は、HRT 6 hr の期間中において安定しており、平均全 BOD は 26 (±12) mg/L、平均 SS は 29 (±33) mg/L であった。

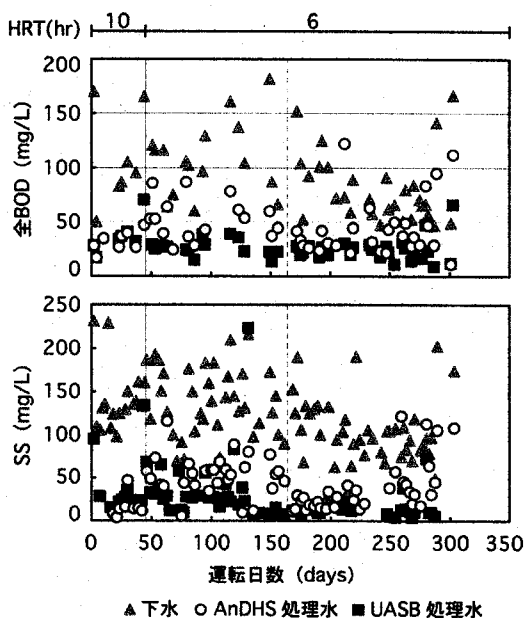


図 2 全 BOD、SS の経日変化

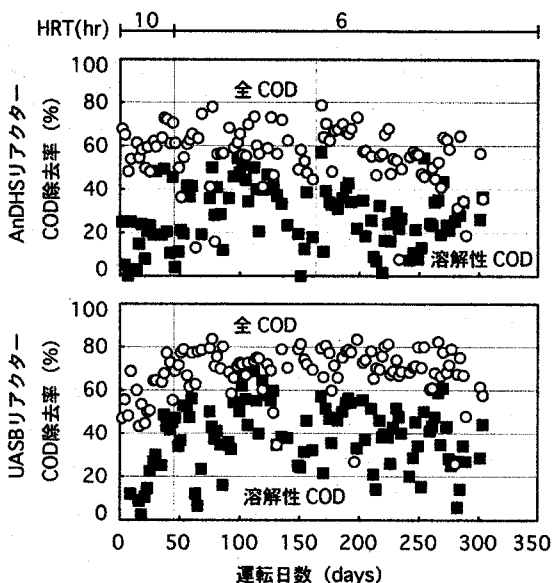


図 3 AnDHS、UASB リアクターの COD 除去率の経日変化

図 3 に AnDHS、UASB リアクターの COD 除去率の経日変化を示す。AnDHS リアクターでは運転開始後間もなく、不安定ではあるが溶解性 COD の除去が認められた。HRT 6 hr に短縮直後から、処理水全 BOD と同様に全 COD 除去率は変動した。運転 120 日目付近から溶解性 COD 除去率は低下傾向となり、運転 151 日目では 0 % を示した。溶解性 COD 除去率の低下に伴い、この間では全 COD 除去率も低下傾向を示した。運転 162 日目におけるろ材の混合作業後、全・溶解性 COD 除去率は、同時に向

上し、運転163～193日目においては、概ね安定しており平均66(±7)・36(±11)%となった。運転200日目付近より、全・溶解性COD除去率は再び低下する傾向を示した。

UASBリアクターではHRT6hrにおける全COD除去率は、平均70(±10)%でありAnDHSリアクターより安定していた。溶解性COD除去率は、下水濃度の変化などにより変動した。

(2) トレーサー試験

表1にAnDHSリアクターのトレーサー試験の結果を示す。植種前の設定HRT600、120minの試験において、実HRT/設定HRTは21、25%であった。溶解性COD除去率が最も悪化した付近である運転161日目において、実HRT/設定HRTは4%、実HRTはわずか16minであり、極度の短絡流が発生していた。運転162日目におけるろ材の混合作業後、実HRT/設定HRTは55%に向上し、短絡流は改善された。同時に全・溶解性COD除去率も回復した。よってAnDHSリアクターでは、高い実HRT/設定HRTを確保することが、高いCOD除去率を得るために重要であると考えられる。運転291日目における実HRT/設定HRTは、7%であり再び短縮されていた。流入するSSが、ろ材表面や隣り合うろ材間を埋めるように蓄積していた様子が観察されており、これが短絡流発生の原因と考えられる。

(3) 酢酸供給実験

表2に酢酸基質供給実験の結果を示す。供給した酢酸は、900～1030mgCOD/Lであった。運転33日目におけるAnDHSリアクターの消費酢酸濃度は、74mgCOD/Lであり、UASBリアクターの1/2以下であった。運転99日目に269mgCOD/Lまで増加し、UASBリアクターの値を上回った。以降、運転137日目に若干低下するが、ろ材の混合作業後の運転207日目には308mgCOD/Lまで上昇した。運転290日目では、運転33日目の4.3倍の酢酸消費濃度を示した。

一方UASBリアクターの消費酢酸濃度は、運転33～207日目と顕著な増加はなかった。運転290日目における酢酸消費濃度は236mgCOD/Lにまで増加(運転33日目の1.4倍)したが、AnDHSリアクターの酢酸消費濃度の3/4であった。

トレーサー試験の結果(前節参照)より、AnDHSリアクターでは十分な実HRTが確保されていない。また植種後の汚泥濃度もUASBリアクターの約1/3であった。よ

表1 AnDHSリアクターにおけるトレーサー試験の結果

運転日数 (days)	設定HRT (min)	実HRT (min)	実HRT / 設定HRT (%)
0 ^{*1}	600	124	21
	120	30	25
161	360	16	4
164 ^{*2}	360	199	55
291	360	24	7

^{*1} 植種前 ^{*2} ろ材の混合作業後

表2 酢酸供給実験の結果

運転日数 (days)		33	99	137	207	290
消費酢酸濃度 (mgCOD/L)	AnDHS	74	269	235	308	316
	UASB	166	166	173	181	236

ってAnDHSリアクターは、UASBリアクターよりも相当高い酢酸消費活性を引き出していると考えられる。

4 まとめ

- (1) 室温20℃、HRT6hrの条件で学校下水をAnDHSリアクターとUASBリアクターを並列で連続処理した。UASBリアクターは、平均全BODで26(±12)mg/Lの安定した処理水が得られた。AnDHSリアクターではろ材の混合作業によって、実HRT/設定HRTが55%となった後の約1ヶ月で、UASBリアクターと同レベルの処理水が得られた。
- (2) 一時的に約1000mgCOD/Lの酢酸基質を供給した。その結果、運転99日目以降、AnDHSリアクターの消費酢酸濃度はUASBリアクターを上回った。AnDHSリアクターでは、実HRTが短く、植種後の保持汚泥濃度がUASBリアクターの1/3であった。AnDHSリアクターは、UASBリアクターよりも相当高い酢酸消費活性を引き出していると考えられる。

参考文献 1) 室田、角野ら：嫌気性懸垂型スポンジろ床(AnDHSリアクター)による低濃度有機性排水の低温条件での連続処理、土木学会中部支部平成18年度研究発表会概要集、p521-522、2007

謝辞 本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業総合開発機構(NEDO)「産業技術研究助成事業費助成金」(研究代表者：珠坪一晃)、国土交通省「建設技術研究開発費補助金」(研究代表者：大橋晶良)の助成を受けて実施しました。記して関係各位に感謝します。