

低温・低濃度有機性排水に適したスポンジ懸垂型のメタン発酵処理装置「AnDHS」リアクターの開発

岐阜工業高等専門学校 速水悠二、室田龍一、角野晴彦（正）

長岡技術科学大学 大橋晶良（正）、原田秀樹（正）

国立環境研究所 珠坪一晃（正）

1. はじめに

近年、嫌気性処理法は創・省エネルギーの観点から注目されている。なかでも、UASB 法等のグラニュール（自己造粒化生物膜）を利用する処理法が中核技術となっている。しかし、この処理法を下水のような低温・低濃度有機性排水に適用した場合、相当量の植種グラニュールを確保することやグラニュールを形成・維持することは困難である。そこで本研究では、これらの難点をクリアするために、新規嫌気性散水ろ床である AnDHS (Anaerobic Down-flow Hanging Sponge) リアクターを提案し、低温・低濃度有機性排水のメタン発酵処理性能を評価した。

2. 実験方法

図 1 に実験装置の概略を示す。ろ材には、三角柱（柱長 20 cm、断面積 4.5 cm²、孔径 0.83 mm）のスポンジを用い、塩化ビニール板に水平に 37 本接着し、カーテン状に設置した。スポンジ間隙体積は 3.0 L となり、HRT（水学的滞留時間）の算出にはこれを用いた。供給される排水は、上部より滴下し、流下中にスポンジに付着した嫌気性微生物によって処理される機構である。人工排水は 400 mgCOD/L に調整し、無機塩と緩衝剤として重炭酸水素ナトリウムを加えた。有機物の組成はスクロース、酢酸、プロピオン酸、酵母エキスを COD 比 4.5 : 2.25 : 2.25 : 1 とした。室温は 20℃に制御した。運転開始前に消化汚泥、36 日目に分散した中温グラニュールを植種した。HRT は 0～20 日：6 時間、21～160 日：4 時間、161～355 日：2 時間とした。循環比（循環流量/原水流量）は 0～49 日：0、50～209 日：2、210～265 日：1、266～355 日：0 とした。

回分試験は、連続実験で供給する人工排水を一時的に単一基質に変更し、各基質における潜在的な基質消費量を調査し、リアクター容積当たりの活性値とした。基質には、スクロース、酢酸、プロピオン酸を用い、流入 COD 濃度を段階的に変化させた。通水時間は本リアクター内の水が完全に入れ替わる 9 時間とし、その時点での処理水を分析した。

3. 実験結果と考察

図 2 に COD 除去率とメタン回収率の経日変化を示す。HRT4 時間（容積負荷 2.2 kgCOD/m³/日）・循環比 2 の条件で、全成分・溶解成分の除去率が運転開始後 120 日には 70%に達し、140 日以降には 80%以上に達した。HRT2 時間（容積負荷 4.2 kgCOD/m³/日）に短縮後、循環比 2 と 1 の条件では、全 COD 除去率は時折悪化するが、溶解性 COD 除去率は 60～70%程度で安定していた。これは、処理水的全 COD の悪化が剥離汚泥に起因することを示す。循環比 0 の条件では、平均 COD 除去率が全成分で 76%、溶解成分で 78%と良好な処理が安定して行えた。メタン回収率は、循環比を下げると低下する傾向が見られたが、除去溶解性 COD 基準で 60～90%であった。これは既存の嫌気性処理法と同レベルであり、AnDHS リアクターにおいてもメタン発酵排水処理が可能であった。また、本リアクターでは、グラニュ

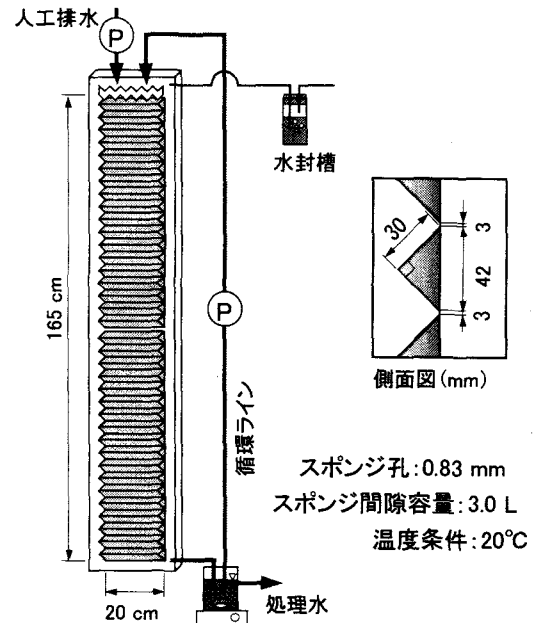


図1 実験装置の概要

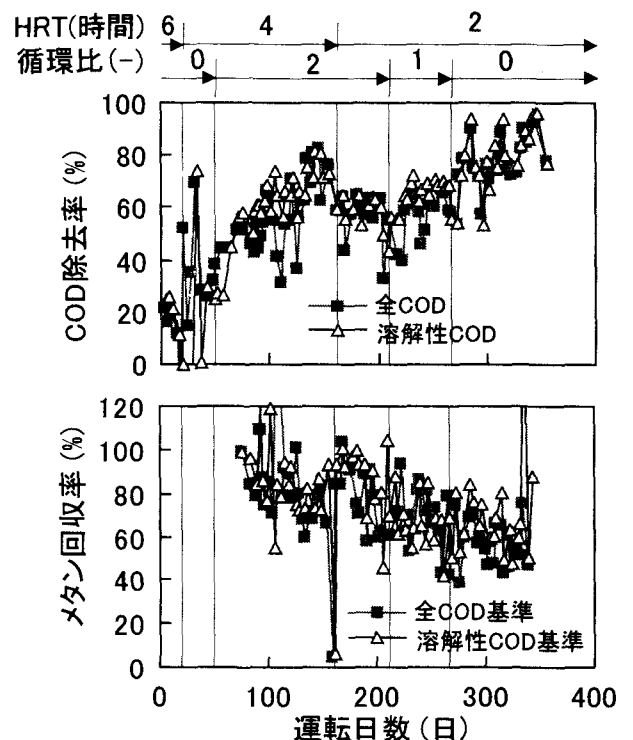


図2 COD除去率とメタン回収率の経日変化

ール汚泥の植種を行わずとも生物膜は順調に形成・維持され、汚泥に関するトラブルは皆無であった。

表 1 に HRT2 時間における各循環比の処理性能を示す。循環比を 2、1、0 と下げるにつれ、平均全 COD 除去率は 54、57、76%、平均溶解性 COD 除去率は 59、66、78% となり、循環比を下げたほうが高い処理性能を示した。処理水の固形性 COD は循環比 2、1 で 40、51 mg/L と多く、それに比べ、循環比 0 では、16 mg/L と少なかった。循環流量を無くし実流入水量を少なくすることで剥離汚泥を軽減し COD 除去率を向上できた。溶解性 COD は循環比を上げ基質と汚泥の接触を増加させるよりも実流入水（人工排水と循環水を混合したもの）の基質濃度を高め反応速度を上げることが、COD 除去率を向上できた理由と考えられる。

図 3 に回分試験結果を示す。酢酸基質では流入 500 mgCOD/L 以下の場合、流出水中の酢酸は 10 mgCOD/L 以下となった。流入酢酸濃度が 1000 mgCOD/L 以上になると、除去 COD 濃度は最大値を示し、ほぼ一定となった。ここでの除去 COD 濃度より、リアクター容積当たりの活性値を求めると 13.0 kgCOD/m³/日となった。この値は連続処理運転の容積負荷（4.2 kgCOD/m³/日）の 3.1 倍となり、本リアクターの潜在的なメタン生成能力が高いことが分かった。スクロース、プロピオン酸基質について、酢酸基質で最大消費量を示す基質濃度（1000 mgCOD/L 以上）を供給し活性値とすると、それぞれ 10.4、9.2 kgCOD/m³/日となり、酢酸基質と比べて 0.80、0.71 倍となった。連続処理実験において、処理水中の残存 COD は酢酸とプロピオン酸であった（データ不提示）。今後は、このような回分試験でリアクターの基軸方向の基質プロファイルを調査し、さらに浄化機構の解明を行う必要がある。

表 1 HRT2時間における各循環比の処理性能

循環比 (-)	運転日数 (日間)	箇所	全COD (mg/L)	溶解性COD (mg/L)	固形性COD (mg/L)	全COD 除去率 (%)	溶解性COD 除去率 (%)
2	49	人工排水	358 (29)	303 (36)	55 (30)	54 (14)	59 (6)
		流入水※	227 (47)	182 (27)			
		処理水	166 (59)	126 (25)	40 (44)		
1	56	人工排水	361 (34)	327 (40)	35 (20)	57 (8)	66 (6)
		流入水※	259 (27)	216 (21)			
		処理水	163 (38)	111 (14)	51 (35)		
0	90	人工排水	354 (47)	293 (77)	55 (27)	76 (10)	78 (12)
		処理水	84 (42)	68 (43)	16 (6)		

※: 計算値、(): 標準偏差

4. まとめ

- 1) AnDHS リアクターで、低温（20℃）の条件で低濃度有機性排水（300～400 mgCOD/L）の連続処理した結果、HRT2 時間で COD 除去率 70%以上を達成し、メタン回収も可能であった。また、グラニュー汚泥の植種を行わずとも生物膜は形成・維持され、汚泥に関するトラブルは皆無であった。
- 2) 循環比による処理性能を検討したところ、循環比 0 の場合が最も高い性能を発揮した。実流入水量を少なくすることで剥離汚泥を軽減し、流入する基質濃度を高め反応速度を上げることが COD 除去率の向上に効果的であったと考えられる。
- 3) 回分試験から求めた AnDHS リアクターの酢酸基質のメタン生成活性は、連続処理時の COD 容積負荷の約 3 倍を許容する結果となった。本リアクターでは潜在的なメタン生成能力が高いことが分かったが、今後は基軸方向の基質プロファイルの調査等により、さらに浄化機構の解明を進める。

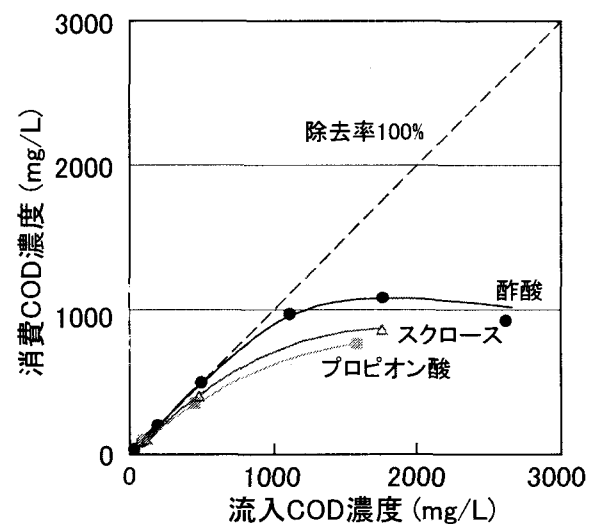


図3 回分試験結果

謝 辞 本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「産業技術研究助成事業費助成金」（研究代表者：珠坪一晃、課題番号 03B68004）の助成を受けて実施しました。記して関係各位に感謝致します。