

## N-1 嫌気性散水ろ床による低濃度有機性排水のメタン発酵処理

岐阜工業高等専門学校 角野晴彦 速水悠二 ○室田龍一  
 長岡技術科学大学 大橋晶良  
 国立環境研究所 珠坪一晃

## 1. はじめに

嫌気性排水処理法は好気性排水処理法と比較して、エアレーションによる電力が不要である、余剰汚泥が削減できる、メタンガス回収による創エネルギーができる、といった利点を有する。なかでも、UASB に代表される自己造粒化生物膜（グラニューール）を利用する処理法が普及している。この処理法は、易分解性の中高濃度有機性排水（ $1.5\sim 10\text{ gCOD/L}$ ）に適用される場合が多く、またメタン生成細菌の至適温度である中温域（ $30\sim 35^\circ\text{C}$ ）で運転されている。この条件を満たせない低温・低濃度有機性排水を UASB 法に適用すると、生物膜の保持が不安定となり、処理水質の悪化を招く。そこで、生物膜崩壊やバルキング等の汚泥によるトラブルを回避でき、高い汚泥濃度・長い SRT を安定して得られる新たな生物膜の利用方法が必要と考えた。本研究では、新規の嫌気性散水ろ床として AnDHS（Anaerobic Down-flow Hanging Sponges）リアクターを提案し、低温・低有機物排水の連続処理実験を行い、提案プロセスの排水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、三角柱のスポンジ（柱長  $20\text{ cm}$ 、断面積  $4.5\text{ cm}^2$ 、孔径  $0.83\text{ mm}$ ）を用い、図 1 のように塩化ビニール板に水平に 37 本（有効容積  $3.0\text{ L}$ ）接着し、カーテン状のろ床を作成した。36.0 L の密閉槽内にろ床を設置し、窒素置換を行った。供給する排水は、上部の越流型供給水分散器を経てスポンジ担体に滴下され、流下中にスポンジに保持され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、スクロース、酢酸ナトリウム、プロピオン酸、酵母エキスを無機塩を加え、 $400\text{ mgCOD/L}$  に調整したものを用いた。緩衝剤として、重炭酸水素ナトリウムを  $1\text{ g/L}$  となるように添加した。運転は、 $20^\circ\text{C}$  の恒温室内で行った。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ールを植種した。植種方法は、適宜希釈した汚泥を 1 日間、ろ床に滴下循環させた。2 回の植種でリアクターに捕捉さ

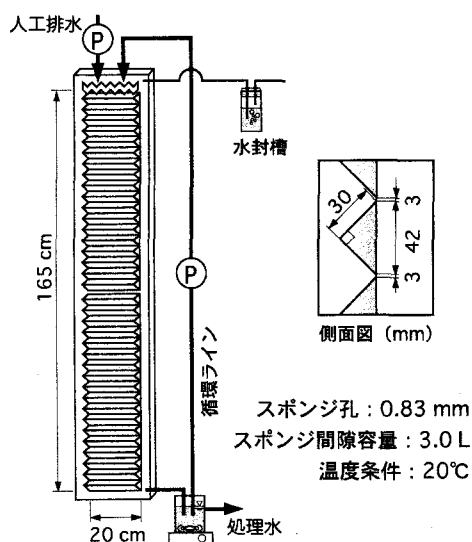


図1 実験装置の概要

れた汚泥は、スポンジ間隙で 7400 mgVSS/L となった。

### 3. 実験結果と考察

図 2 に AnDHS リアクターの排水処理状況として、HRT、循環比、OLR：有機物容積負荷、および ORP の経日変化を示す。HRT (時間)：循環比 (-) は、0～20 日で 6:0、21～48 日で 4:0、49～160 日で 4:2、161～209 日で 2:2、210～265 日で 2:1、266～309 日で 2:0 とした。循環比は、循環流量/原水流量とした。OLR は、HRT 2 時間において  $4.2 \text{ kg/m}^3/\text{日}$  となった。人工排水の ORP は、基質の作成と保存で変動していた。処理水の ORP は、50 日以降運転条件に関わらず  $-200 \text{ mV}$  程度であり、本装置ではメタン発酵可能なレベルの嫌氣的雰囲気を確保できた。

図 3 に有機物除去特性として、全 COD、COD 除去率およびメタン転換率の経日変化を示す。COD は、20 日を経過すると除去が進行し、HRT 4 時間・循環比 2 の条件 (140 日以降) で、除去率が全成分・溶解成分で 80% 以上に達した。HRT 2 時間に短縮後、循環比 2 と 1 では、全 COD 除去率が時折悪化しているが、溶解性 COD 除去率はそれに伴わず 60～70% で安定していた。これは保持汚泥の剥離が、COD 除去の低下の原因であることを示している。HRT 2 時間・循環比 0 の 266～309 日では、全 COD は  $100 \text{ mg/L}$  を下回るレベルとなり、平均 COD 除去率は全成分で 73%、溶解性成分で 74% を示した。連続運転中、汚泥に関するトラブルは皆無であり、汚泥引き抜き操作も全く不要で、良好な処理が行えた。メタン転換率は、循環比を下げると低くなる傾向が見られるが、除去溶解性 COD 基準で 90～60% となった。これは、既存嫌気性処理法と同レベルであり、散水ろ床型の本装置においてもメタン発酵排水処理が可能であった。写真 1 に HRT 2 時間・循環比 0 で運転しているスポンジ担体の写真を示す。300 日を経過しても担体の閉塞は観察されず、ガスの生成が目視できる。今後は、スタートアップ期間短縮のために、より早く生物膜成長させるための最適な

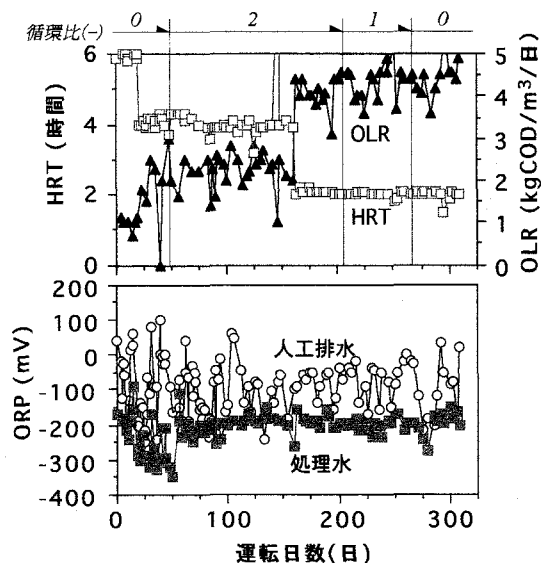


図2 排水処理状況

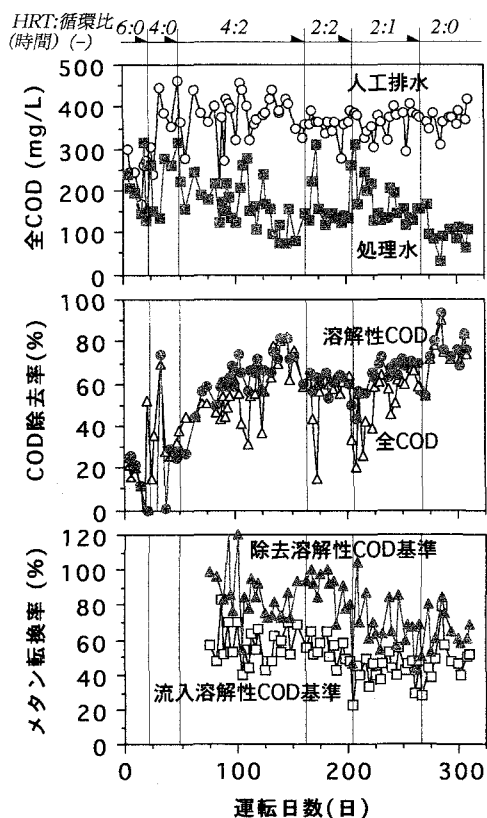


図3 有機物除去特性

スポンジサイズの選択が必要となる。

表1にHRT 2時間における各循環比の処理特性を示す。COD 除去は循環比を下げた方が、高い能力を示した。処理水の固形性 COD は循環比 0 で 14 mg/L であり、循環比 2 と 1 の 51 mg/L と比べて少なく、リアクターを流下する水量が少なくなること剥離汚泥を軽減できた。溶解性 COD の平均除去率は、循環比 2、1、0 について、59、66、74 % と循環比を下げることによる差が明確に現れた。残存する溶解性 COD 成分は、循環比に関係なく酢酸とプロピオン酸が大部分を占めていた（データ示さず）。循環比を上げて基質-汚泥の接触を増加させるより、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 除去に効果的であったと考えられる。



写真1 ガス生成状況  
(HRT 2時間、循環比0)

表1 HRT 2時間における各循環比の処理特性

| 循環比<br>(-) | 運転日数<br>(日間) | 箇所   | 全COD<br>(mg/L) | 溶解性COD<br>(mg/L) | 固形性COD<br>(mg/L) | 全COD<br>除去率 (%) | 溶解性COD<br>除去率 (%) |
|------------|--------------|------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 2          | 49           | 人工排水 | 358(28)        | 303(35)          | 55(29)           |                 |                   |
|            |              | 流入水※ | 234(52)        | 182(26)          |                  |                 |                   |
|            |              | 処理水  | 176(68)        | 125(25)          | 51(59)           | 51(17)          | 59(6)             |
| 1          | 56           | 人工排水 | 361(34)        | 327(40)          | 35(20)           |                 |                   |
|            |              | 流入水※ | 259(27)        | 216(21)          |                  |                 |                   |
|            |              | 処理水  | 163(38)        | 111(14)          | 51(35)           | 55(11)          | 66(6)             |
| 0          | 44           | 人工排水 | 369(26)        | 318(42)          | 51(23)           |                 |                   |
|            |              | 処理水  | 100(39)        | 86(40)           | 14(6)            | 73(10)          | 74(11)            |

※:計算値、():標準偏差

#### 4. まとめ

AnDHS リアクターに低濃度有機性排水 (300~400 mgCOD/L) を供給し、低温 (20℃) の条件で連続処理を行った。その結果、HRT 2 時間という短時間で 70%以上の COD 除去率を達成し、メタン回収可能であった。循環比による COD 除去性能を検討したところ、循環を行わない場合が最も高い性能を発揮した。リアクターに流入する基質濃度を高め、反応速度を上げることが効果的であったと考えられる。実験期間中、汚泥引き抜き操作は不要でメンテナンスフリーであった。よって、提案する処理法は、嫌気性処理でもグラニュールに依らない新規な生物膜利用法で、従来法と同程度の処理性能をより簡単な維持管理で達成できた。

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。