

N-2 嫌気性EGSBリアクターによる都市下水処理性能

長岡技術科学大学 ○岩城宏幸、西山桂太

(独) 国立環境研究所 珠坪一晃

長岡技術科学大学 井町寛之、大橋晶良、原田秀樹

1. はじめに

現在、日本などの先進国では下水は主に活性汚泥法によって処理されているが、このシステムではエアレーションによる電力消費量が多く、余剰汚泥が大量に発生する。一方、嫌気性微生物を利用したメタン発酵技術はエアレーションを必要とせず、余剰汚泥発生量も活性汚泥法の数分の1以下であり、また処理プロセスの過程でメタン（エネルギー）が生成されるので非常に魅力的な処理方法である。

嫌気性排水処理法の中で最もよく使用される技術の一つにUASB法がある。一般的にUASB法はグラニューール汚泥を形成、維持するために主に中・高濃度排水の処理に使用されてきた。低濃度排水では基質濃度が低いため、グラニューールの形成、維持が困難と言われている。一方、EGSB法（Expanded Granule Sludge Bed）はUASBに比べ、上昇線流速が高いため（4~10 m/h）基質とグラニューールの接触効率が良く、低濃度排水でも生物膜を維持することができるとされている。しかし、実下水への適用例は極めて少ないのが現状である。

本研究では、EGSBリアクターを用いた実下水の無加温条件下における連続処理実験を行い、その処理特性及び保持汚泥の性状変化を調べた。

2. 実験装置と実験方法

2. 1 実験装置及び実験条件

本実験装置は、長岡中央浄化センターの分流沈砂室に設置し、供給下水にスクリーン通過後の実下水を用いた。

図-1にリアクター概略図を示す。リアクターは全長5m、カラム内径13cm、全容積70.5Lであり、水温は無加温の約9~26℃の範囲であった。植種汚泥には味噌排水処理中温グラニューール汚泥を用いた。運転開始から15日目まではHRT（水力学的滞留時間）5時間、OLR（有機物負荷）1.0~2.0 kgCOD・m⁻³・day⁻¹、上昇線流速 2.5 m/h、循環比 143%で運転し、その後、4時間（15~25日目、Lv=3 m/h、R=123%）、2時間（25日目以降、Lv=6 m/h、R=127%）とHRTを段階的に短縮した。

2. 2 分析項目及び方法

定期的に週3回、pH、COD_{Cr}、BOD、VFA（揮発性脂肪酸）硫酸塩濃度、ガス生成量、ガス組成等の分析を行った。VFAの分析はFIDガスクロマトグラフ（GC-14A, Simazu）を用いて行い、ガス組成の分析は、TCDガスクロマトグラフ（GC-8A, Simazu）によって行った。また、適宜リアクターより保持汚泥をサンプリングし、SVI（汚泥沈降指標）、MLVSS（保持汚泥濃度）、グラニューール粒径分布、メタン生成活性の測定に供した。

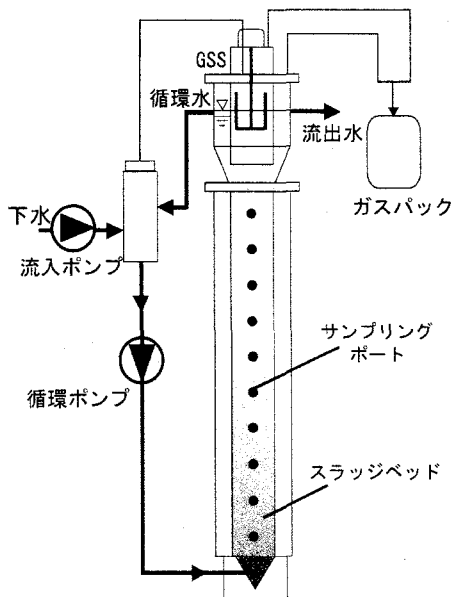


図-1 EGSBリアクター概略図

3. 実験結果及び考察

3. 1 下水処理性能

EGSB リアクターによる下水処理性能の結果を図 2 に示す。HRT 5 時間、上昇線流速 2.5 m/h で運転開始した直後、流入した SS がリアクター下部に滞留して短絡流を起こしている傾向が見られたので、運転開始 25 日目に HRT 2 時間、上昇線流速 6 m/h で運転したところ SS の滞留は解消された。この HRT 2 時間のときの COD 除去率は平均 21%、COD 除去速度は平均 $1.2 \text{ kgCOD} \cdot \text{day}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ 、BOD 除去率は平均 16%、平均 SS 除去率は 4% と全体的に低い処理性能を示した。この理由として流入水の SS 変動が大きく、高濃度 SS を含む下水が流入した場合、SS (主にセルロース) はほとんど分解されず、排水処理性能が悪化したと考えられる。実験期間前半は、水温が $10\sim 15^\circ\text{C}$ と低かったことも処理性能が発揮できなかった一因と考えられる。 SO_4^{2-} 濃度は流入水では、 $30\sim 60 \text{ mg/L}$ 、流出水では $0\sim 4 \text{ mg/L}$ で、ほぼ消費し尽くされていた。流入水の VFA 濃度は酢酸で平均 11 mgCOD/L 、プロピオン酸で平均 2 mgCOD/L と非常に低濃度であり、その他の VFA は検出されなかった。また、流出水の VFA 濃度は酢酸 4 mgCOD/L 、プロピオン酸 0 mgCOD/L と低いレベルであった。メタン生成は水温が低い時 (15°C 以下) は非常に少なかったが、水温の上昇とともに増加する傾向が見られ、平均生成速度 $0.55 \text{ kgCOD} \cdot \text{day}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ であった。

3. 2 保持汚泥の物性調査

各サンプリングポート (リアクター高さ 0.6, 1.4, 2.2, 3.0, 3.4, 3.8 m) より保持汚泥を採取し、リアクター高さ方向の保持汚泥濃度 (MLVSS) を測定した (図 3)。

運転開始時にリアクター高さ 3.0 m まで約 $30\sim 40 \text{ g/L}$ と高濃度の汚泥投入したが、運転開始 71 日目ではリアクター高さ 3.8 m まで約 $30\sim 40 \text{ g/L}$ と全体的に保持汚泥が増殖した。しかし運転開始 122, 177 日目には保持汚泥が徐々に減少していった。この保持汚泥が減少した理由として、流入 SS 濃度の影響が考えられる。実際高濃度 SS を含む下水が流入した際に、SS がグラニューールに付着しウォッシュアウトするのが観察された。また、下水排中の有機物濃度が低いため、リアクター上部の保持汚泥に基質が行き渡らず、グラニューールが崩壊し、流出したことも原因として考えられる。

サンプリングポート (リアクター高さ 0.6, 1.4 m) より保持汚泥を採取し、汚泥沈降指標 (SVI) を測定し

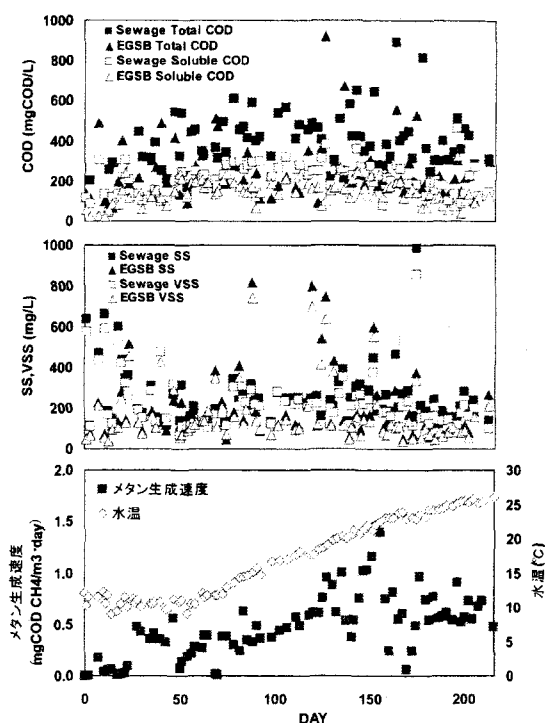


図 2 流入・流出 COD, SS, VSS, メタン生成速度、水温の経日変化

Parameter	Sewage	EGSB	Removal (%)
COD-total (mg/L)	457 (278)	356 (442)	21.5 (73)
COD-soluble (mg/L)	215 (74)	154 (55)	25.6 (22)
BOD-total (mg/L)	273 (108)	225 (148)	16.2 (43)
BOD-soluble (mg/L)	92 (27)	59 (31)	19.4 (154)
SS (mg/L)	261 (207)	253 (390)	4.1 (104)

(): standard deviation

表 1 EGSB リアクターの下水処理性能

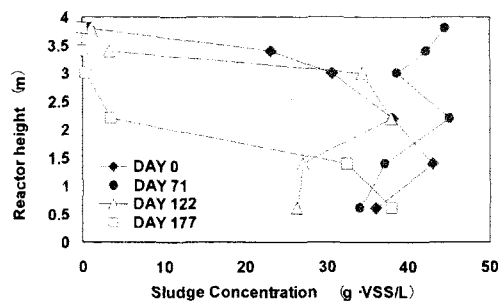


図-3 保持汚泥濃度の経日変化

た。運転開始0日目は8~13 ml/gVSS と良好な沈降性を示したが、運転開始122日では、20~22ml/gVSS と沈降性が悪化した。しかし、運転開始177日目では18 ml/gVSS と沈降性が回復した。サンプルを採取した際にセルロース様の SS が混在しているのが観察され、これが沈降性悪化の一因と考えられる。

図4にサンプリング port 2 (高さ60 cm) より採取したグラニューールの個数基準、体積基準の粒径分布を示す。リアクター運転開始177日目は粒径自体はそれほど大きな変化はなかったが、1.0 mm 以下の剥離、崩壊した生物膜の破片が多くなった。しかしリアクター運転開始177日目でも、まだ崩壊していないグラニューールが多数残っており、EGSB リアクターは下水処理においても保持汚泥を維持できることがわかった。

3. 3 保持汚泥のメタン生成活性

図5にサンプリング port 2より採取したリアクター保持汚泥のメタン生成活性の経日変化を示す。水素基質においてメタン活性は運転開始時に比べほとんど変化はないが、酢酸基質におけるメタン活性は大きく低下した。この理由として、実下水中の酢酸濃度が非常に低いため、保持汚泥の酢酸分解能が低下したものだと考えられる。

保持汚泥のメタン活性は低下したものの、処理水質には大きな変化は見られなかった。これは下水中の酢酸濃度及びSSの可溶化速度が低いため、下水処理に大きな影響を及ぼさなかったと考えられる。

また、 H_2/CO_2 及び酢酸資化性メタン生成活性は35℃で活性値が最大になったことから、リアクター保持汚泥のメタン生成細菌は中温性の細菌群であることが分かった。低温条件下で下水を処理した時にメタン生成細菌は低温性の細菌には変化していないようである。

4. まとめ

EGSB リアクターによる無加温条件下における実下水連続処理実験を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 高濃度 SS を含む下水が流有した場合、リアクター処理水に悪影響を及ぼす。
- 2) リアクター上部 (リアクター高さ2.2 m 以上) のグラニューールはほとんど流出してしまったが、リアクター下部 (リアクター高さ1.4 m 以下) のグラニューールは依然高濃度で維持されていた。
- 3) 酢酸基質における保持汚泥のメタン生成活性は運転開始前に比べ非常に低くなっていたが、処理水質には大きな影響を及ぼしていない。

[謝辞]

本研究の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「産業技術助成事業費助成金」の助成を受け実施した。

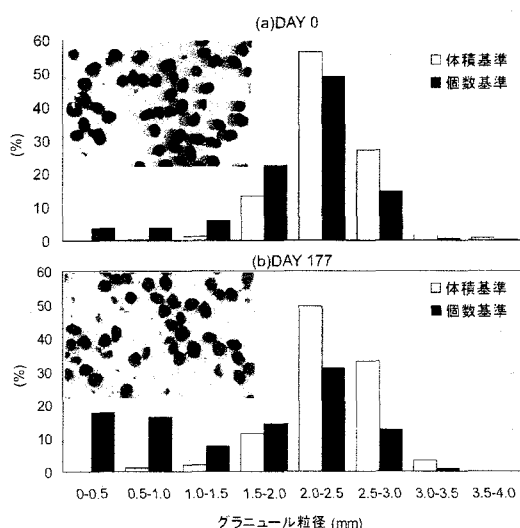


図-4 体積基準、個数基準による粒径変化

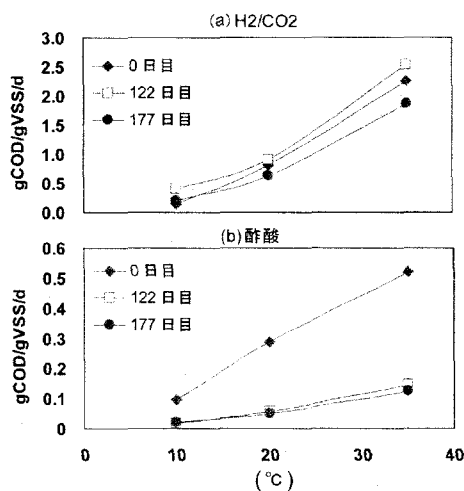


図-5 温度変化によるメタン活性