

生ごみのメタン発酵における CSTR 型反応槽と嫌気性 MBR の性能比較

東北大学 〇廣 雄高（学生会員）， 松井 鐘慶， 李 玉友（正会員）

1. はじめに

低炭素・循環型社会の推進が求められている今日，廃棄物の再生利用によるバイオマスエネルギーの生産が注目を集めている．特に食品系バイオマスのリサイクル処理率は低迷し，高効率かつ環境に優しい再生利用技術が必要である．そこで本研究では上記を満たす再生利用技術としてメタン発酵に着目し，中でも中空糸膜を用いた嫌気性 MBR（AnMBR）によって高効率な処理が可能ではないかと考え，室内実験によりその COD 物質収支，生成バイオガスや処理水質等について完全混合型リアクター(CSTR)との比較を行い，HRT(水理学的滞留時間)30 日における運転性能を評価した．

2. 実験方法

2.1 実験装置

図 1 に食品廃棄物を対象とした中空糸膜型 AnMBR の概要図を示す．メタン発酵槽，膜分離槽，比較対象の CSTR の有効容積はそれぞれ 12L, 2.5L, 5L であり温度はいずれも中温条件(約 35℃)とした．メタン発酵槽の後段には膜分離槽を設置し，両槽間では汚泥の循環を行い膜分離槽ではファウリング対策としてガスポンプによるガス攪拌を行った．尚，膜材質は PTFE(ポリテトラフルオロエチレン)，膜面積は 0.1m²，孔径は 0.1, 0.2μm としている．基質は TS20%の模擬生ごみ(李ら作成，1999)を水道水によって TS5%に希釈したものを用いた．生ごみは基質タンクにて 4℃に冷却させ，タイマー式のポンプによって 1 日に数回に分けてメタン発酵槽に投入した．

2.2 実験条件及び方法

メタン発酵槽の HRT を 100 日, 50 日と段階的に短縮して，HRT30 日の安定期間に達した後，膜分離槽と接続させ運転を行った．同時進行で別途に比較対象の CSTR を同様の手順で HRT30 日の安定期間で運転させ，投入基質及び同条件での CSTR と AnMBR の水質項目を分析し，比較評価を行った．各水質項目の分析方法は下水試験方法に基づいて行った．

また，HRT30 日の定常状態におけるメタン発酵液について膜の透過試験を行い中空糸膜の性能を評価した．試料には，純水に加えて通常の汚泥とそれを濃縮した汚泥を 2 種類用意し，計 4 種類の膜透過対象を用いた．膜分離槽内の汚泥から 2.5L を処理水として膜ろ過を行い槽内に残った汚泥を 1 つ目の濃縮汚泥とし，さらに濃縮を同じ手順で行い 2 つ目の濃縮汚泥を作成した．汚泥の TS はそれぞれ 8.8, 10.9, 13.8 (g/L)を示した．

3. 実験結果と考察

HRT30 日の定常状態における各水質項目の分析結果は基質の性状とともに表 1 に示す．AnMBR では，メタン発酵槽と膜分離槽の組み合わせにより COD 除去率は 99.3%となり，CSTR の 83.1%と比べて高い値を示した．同様に溶解性 COD_{Cr}，TS，SS，VS，VSS の項目においても AnMBR は CSTR に比べて高い処理能力を有していることが確認された．また，図 2 に HRT30 日の定常状態におけるバイオガス生成速度の経日変化を示す．

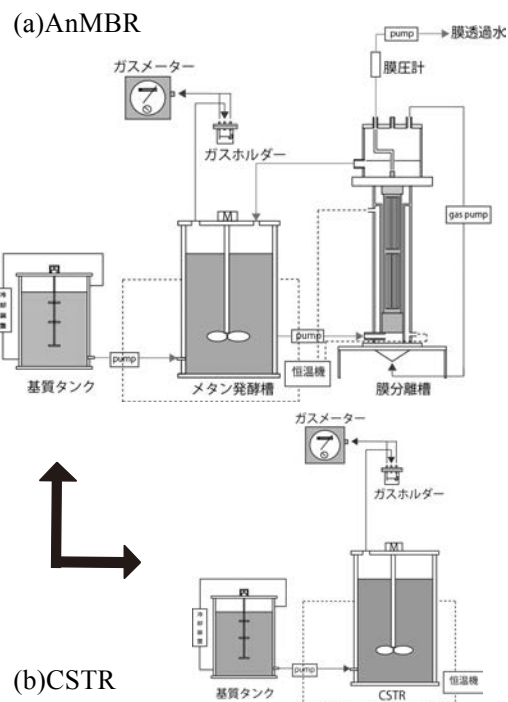


図 1 中空糸膜型 AnMBR, CSTR の概要図

ガス組成の平均値はメタン約 58.7%，二酸化炭素約 40.3%と安定していた。

AnMBR 及び CSTR の COD_{Cr} の物質収支は図 3 に示す。流入 COD_{Cr} のメタン転換率は 82.5%と良好な値を示し，79.8%となった CSTR より高い値となった。これは，膜分離槽で行われる菌体の濃縮によりメタン発酵槽への返送汚泥濃度の上昇に伴う，流入基質との接触回数の増加によるものと思われる。

このリアクターから 1 日に発生する平均バイオガス量は 13.85L であり、その中でもメタンガス量は 8.13L である。このリアクターは毎日 0.4L の 4 倍希釈した模擬生ごみを処理しており，この量のメタンガス量が生み出すエネルギーはおおよそ 687000(kcal)に及ぶ。通常，バイオガスの発電効率は約 30%とされているため，これらを考慮した上で電力量に換算すると，このリアクターは生ごみ 1 m^3 あたり 240(kWh)もの電力を生み出せることが分かった。これは，実におよそ 25 世帯分の電力消費量に値する。

また，膜透過試験に関しては，実験によって得られた定常状態での流量と膜間差圧の関係を図 4 に示す。TS がおよそ 9.0～14(g/L)の範囲の汚泥に関するろ過実験においては，膜透過フラックスが 0.8($m^3/m^2/d$)を超えない範囲では膜間差圧は 0～30(kPa)の間で正常な運転ができることが確認された。

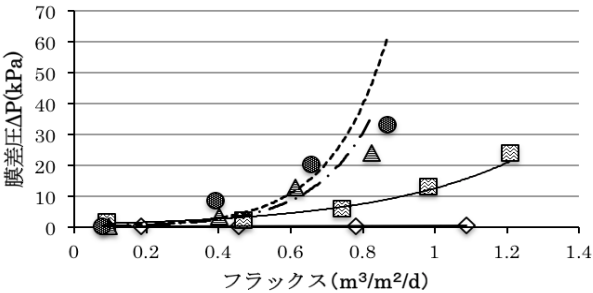


図 4 メタン発酵液の膜透過試験

4. まとめ

- 1) AnMBR では COD_{Cr} 除去率は 99.3%であり，その他項目においても CSTR と比べて優れた処理性能を持つことがわかった。メタン転換率は 82.5%を示し，CSTR と比べて高い値が得られた。
- 2) 本研究における膜分離槽は，TS がおよそ 9.0～14(g/L)の汚泥をろ過する際には，膜透過フラックスが 0.8($m^3/m^2/d$)以下の範囲では 30(kPa)の良条件での運転が可能であることが確認できた。

参考文献

1) 李玉友：生ごみ・し尿汚泥の高効率メタン発酵技術に関する基礎的検討，環境技術，水質汚濁研究，Vol. 27(1998) NO. 12 pp867-874
2) 浅野信好：食品廃棄物のメタン発酵によるバイオガス発電事例，廃棄物学会誌，Vol. 19(2008)No. 4 pp177-181

表 1 基質の性状及び HRT30 日における各リアクター流出液の水質

	T-COD	S-COD	TS	SS	VS	VSS
	g/L					
投入基質	72.0	32.2	48.2	34.9	46.3	35.3
CSTR流出水	12.2	4.9	12.9	5.8	8.4	4.7
AnMBRろ過水	0.5	0.2	3.6	0.9	0.5	0.3
CSTR除去率(%)	83.1	84.8	73.2	83.4	81.9	86.7
AnMBR除去率(%)	99.3	99.2	92.5	97.5	98.9	99.2

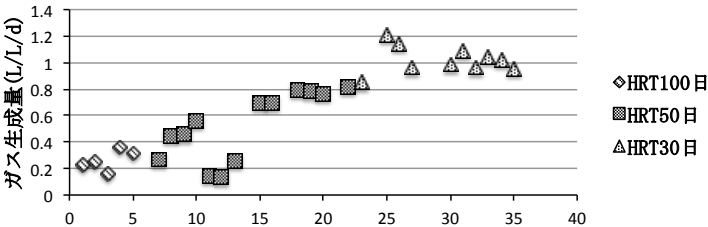


図 2 バイオガス生成量の推移

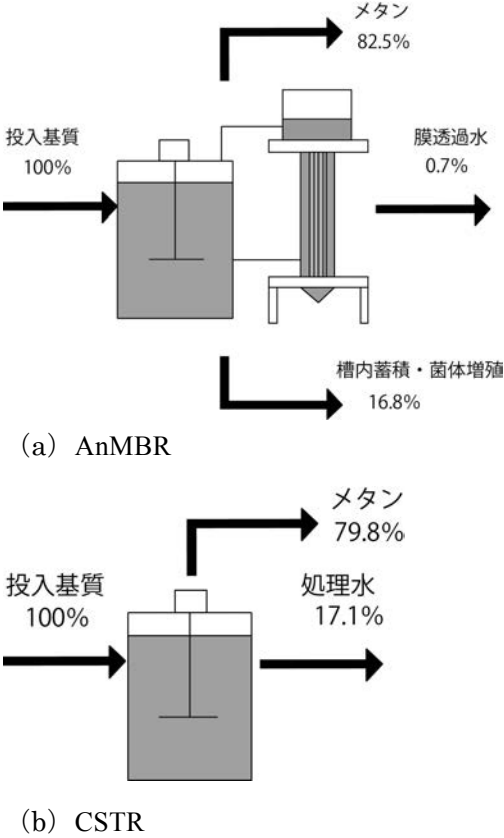


図 3 HRT30 日での AnMBR 及び CSTR の COD_{Cr} 物質収支