

コーヒーかすのメタン発酵特性

東北大・工 〇(学)高柳和幸, 喬 玮, (正)李玉友, (正)原田秀樹

1. はじめに

近年、食品工場から排出される有機性廃棄物のメタン発酵による減容化処理とエネルギー回収が注目を集めている。コーヒーかすは飲料系の工場から排出されており、日本全国における発生量は約 10 万 t に達している。その特徴は熱湯抽出が行われるため含水率が高いこと、またほとんどが有機物であるのでメタン発酵による減容化とエネルギー回収処理が望ましい。本研究は高温の嫌気性膜分離法を用いてコーヒーかす単独のメタン発酵と、余剰汚泥との共発酵による処理特性を検討した。

2. 実験方法

実験に使用した装置の概要図を図 1 に示す。有効容積は 7L である。ウォータージャケットに温水を循環させることにより 55℃ に保温した。Kubota 平膜 (膜表面積 0.116m²、公称孔径 0.2μm、塩素化ポリエチレン) を反応槽内に一枚浸漬させた。ポンプを使用して吸引 4 分と停止 1 分のサイクルで膜透過水を得るとともに、反応槽内に循環させて膜性能の評価を行った。発生したバイオガスを返送して反応槽下部から常時散気させた。基質はポンプにより日に 4 回に分けて投入をした。反応槽内の汚泥の引き抜きと膜透過水の引き抜きは日に一回行った。種汚泥は高温嫌気性処理の食品廃棄物処理場からの汚泥を植種した。

コーヒーかすは缶コーヒー製造工場から排出されたもの、また余剰汚泥は同じ施設の排水処理で発生した脱水汚泥を使用した。コーヒーかすと余剰汚泥の性状を表 1 に示す。所定の TS 濃度となるように水道水で希釈して市販のミキサーにより破碎と攪拌を行った。調整した基質は 4℃ に保存した。

3. 結果と考察

3.1 メタン発酵回分実験

分解率とメタン生成ポテンシャルを把握するために回分実験を行った。120mL のバイアル瓶に 0.84gVSS の汚泥と粒経の異なる 1g のコーヒーかすを入れて 55℃ に保温した。その結果を表 2 に示す。分解率はど

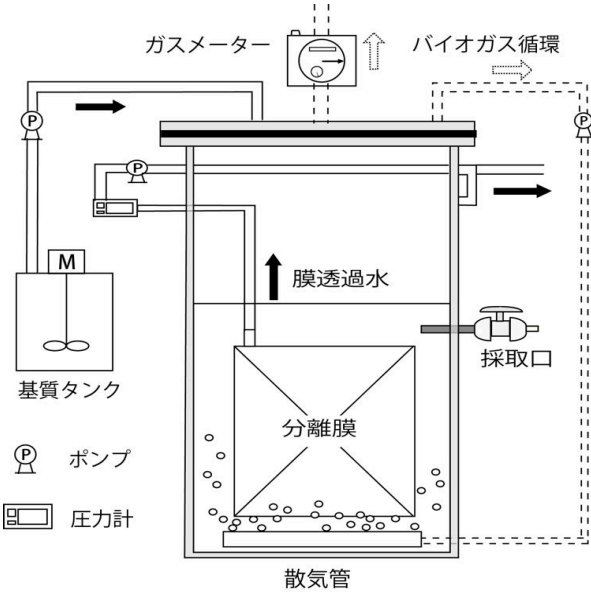


図 1 嫌気性膜分離法実験装置の概要図

表 1 コーヒーかすと余剰汚泥の性状

	コーヒーかす	余剰汚泥
TS(%)	34.47	15.80
VS(%)	34.16	12.42
VS/TS(%)	99.08	78.60
炭水化物(%)	18.82	3.78
タンパク質(%)	7.65	8.40
脂質(%)	7.65	0.24
C/N	23.7	5.8

表 2 コーヒーかすの回分メタン発酵の結果

粒経 (mm)	メタン生成ポテンシャル (mlCH ₄ /g-VS)	分解率 (%)
0.22~0.32	480.39	83.5
0.32~0.56	482.04	82.4
0.56~0.90	477.10	79.1
0.90~1.12	481.91	78.7

式 1 コーヒーかすのメタン発酵式

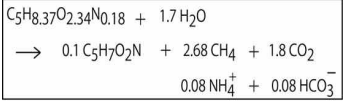


表 3 各 Phase 毎の代表的な結果

	Phase1 (コーヒーかすのみ)				Phase3 (共発酵)			
運転期間 (日)	1~16	17~27	28~38	39~53	79~84	85~90	91~98	99~104
COD 容積負荷 (kgCOD/m ³ ・d)	1.88	2.54	3.81	5.15	5.15	6.15	5.15	3.64
COD 分解率 (%)	65.5	59.3	57.6	45.2	28.2	60.1	72.3	69.9
CH ₄ 濃度 (%)	59.8	58.4	57.8	53.4	54.9	57.7	60.5	60.3

の粒経であっても 80%程度となりメタン生成量には影響がないことが確認された。

3.2 連続メタン発酵

図 2 に示す通り実験は 104 日間継続した。Phase1 ではコーヒーかすのみを基質とした運転を行い窒素や栄養塩の添加の必要性を検討した。Phase2 は基質投入を停止した期間である。Phase3 からコーヒーかすと余剰

汚泥を 9:1 とし、かつ炭酸水素アンモニウムを添加した基質で運転を行った。Phase1 は基質濃度と投入量を調整することにより COD 容積負荷を上昇させた。Phase1 を通してのバイオガス発生量は 0.52L/g-TS となり、バイオガス中のメタンと二酸化炭素の平均濃度はそれぞれ 57.1%と 41.2%，またバイオガス中の硫化水素は 22.5ppm であった。Phase3 では基質濃度を一定にして HRT を変化させることで COD 容積負荷を変化させた。Phase3 を通してのバイオガス発生量は 0.57L/g-TS となり、バイオガス中のメタンと二酸化炭素の平均濃度はそれぞれ 58.4%と 41.2%，また硫化水素は 25ppm であった。Phase3 では基質投入を再開してから 1 週間で分解率は安定し、その後 pH は 6.9 から 7.2 の範囲で処理は継続された。連続実験における代表的な結果を表 3 に示す。連続実験の結果と式 1 を比較すると式 1 は良く連続実験の結果を反映していることが確認された。

3.3 阻害因子の検討

連続実験 27 日目以降 pH の低下と VFA の蓄積が見られた。その原因としてアルカリ剤の不足、または栄養塩の不足が考えられた。そこでまずはアルカリ剤を投入して効果を検討した。アルカリ剤を投入しつつ処理を継続したがその間も VFA は蓄積を続けて、さらに連続 45 日目からバイオガス生成量が減少し始めたのでアルカリ剤の他に栄養塩の不足が考えられた。基質の投入を停止して、連続実験 54 日目に鉄、コバルト、ニッケルを添加、連続実験 68 日目に他の微量元素を添加した。連続 78 日目にバイオガスの発生と VFA の減少が確認されたことから、コーヒーかす単独でメタン発酵を継続するにはアルカリ剤と微量元素の添加が必要であると考えられる。

3.4 膜分離の性能評価

フラックスと SS、VSS の変化を図 3 に示す。フラックスの初期設定は 0.124m/d とした。連続実験 104 日目には SS が 52000mg/L、また VSS が 48000mg/L まで増加したが連続実験 101 日目までフラックスの減少は確認されなかった。バイオガスの返送による膜面洗浄のみで連続 104 日間の運転が可能であった。

4.まとめ

- (1)回分実験におけるコーヒーかすの分解率は 80%程度となり、粒径による影響は少なかった。
- (2)コーヒーかすを単独でメタン発酵するには、アル

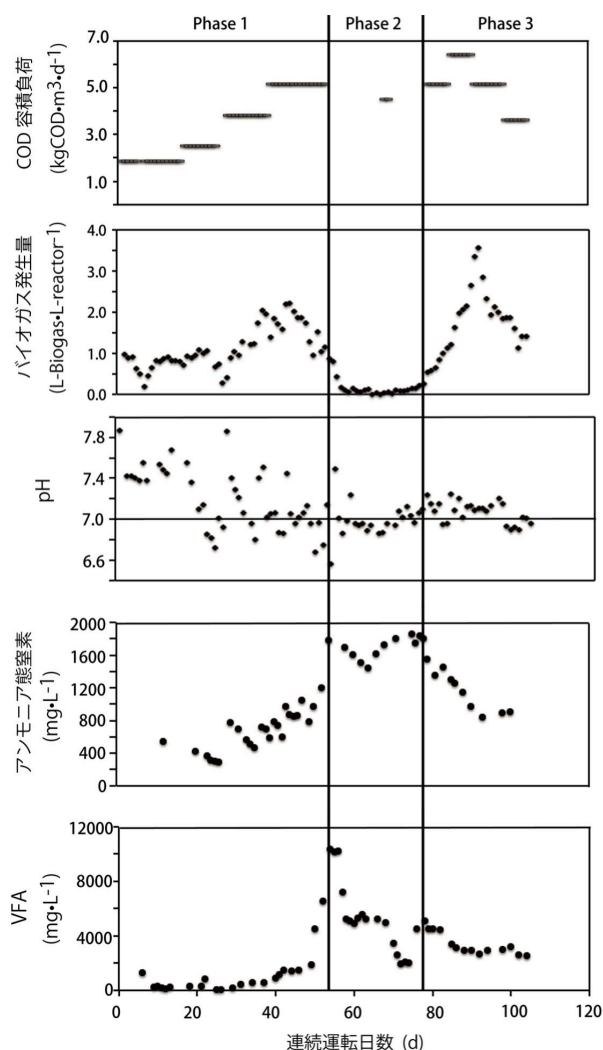


図2 連続実験における COD 容積負荷、ガス生成量、pH、アンモニア態窒素、VFA の経時変化

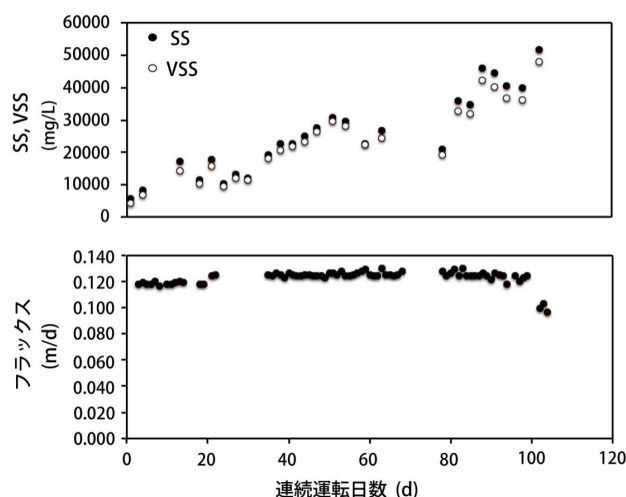


図3 反応槽内 SS とフラックスの変化

カリ剤の添加と栄養塩の添加が必要となることが確認された。

(3)余剰汚泥との共発酵により安定した処理が可能だった。0.57L/g-TS のバイオガスが発生して、メタン濃度は 58.4%となった。

(4)膜の運転はバイオガスの返送による膜表面の洗浄のみで 104 日間の運転が可能であった。