第Ⅶ部門　　油分抽出前後のゴムの実を基質とした嫌気性消化特性の比較

立命館大学大学院理工学研究科　学生員　○川井　慎友
立命館大学大学院理工学研究科　非会員　片山　大河
立命館大学理工学部　非会員　福田　悟
立命館大学総合科学技術研究機構　非会員　澤田　和子
立命館大学理工学部　正会員　惣田　訓

１．はじめに

アジア諸国では人口増加や都市化に伴い機性廃棄物の発生量が増加しており、その適正処理と再生可能エネルギー回収を両立できる技術として嫌気性消化法が注目されている。天然ゴム生産の副産物であるゴムの実は、地域資源としての活用が期待される未利用バイオマスであるが、現状では十分に利用されずに廃棄されている。ゴムの実は含油率が高く、嫌気性消化の基質として有望であるが、多量の脂質は有機酸の蓄積による酸敗やメタン生成阻害を引き起こす可能性がある。

既往研究[1)]では、油分抽出後残渣の嫌気性消化への利用可能性が示されている。油分抽出は、油を有価物として回収できる一方、追加の工程とコストを要する。これに対し、ゴムの実を油分抽出せずに直接利用できれば、処理工程の簡略化が期待できる。そこで本研究では、油分抽出前のゴムの実と油分抽出後残渣を同一条件で嫌気性消化し、メタン生成特性およびプロセス安定性を比較することを目的とした。

２．実験方法

2.1 模擬生ごみを基質とした嫌気性消化のスタートアップ

有効容量5Lの嫌気性消化リアクター2基（AF-5-2-S, 株式会社大同工業所）に下水処理場から採取した中温消化汚泥を投入した。両リアクターには模擬生ごみとしてドッグフードを供給し，同一条件で運転した。2 日に 1 回、500 mL の基質投入と汚泥引抜を行い、滞留時間（HRT）を 20 日として 80 日間運転した。

2.2 ゴムの実を基質とした嫌気性消化の連続試験

スタートアップ後の 2 基のリアクターを，それぞれ油分抽出前系および油分抽出後系とした。油分抽出前系にはドッグフードと油分抽出前のゴムの実、油分抽出後系にはドッグフードと油分抽出後残渣の混合物を基質として供給し、連続運転した。表 1 に示すように全投入揮発性固形物（VS）に占めるゴムの実または油分抽出後残渣の割合を段階的に 10%ずつ増加させた。基質の理論メタン生成量（theoretical methane yield, TMY）を以下の式で算定した。

$$\mathrm{TMY} = \frac{(k_p \times P) + (k_L \times L) + (k_C \times C)}{w} \times 10^3$$

TMY (mL/g-VS)、P= タンパク質(%)、L= 脂質(%)、C = 炭水化物 (%)、k_P = 0.49 L-CH_4/g-VS、k_L = 0.85L-CH_4/g-VS、k_C = 0.395 L-CH_4/g-VS、w: VS (%)

表１　ゴムの実とドッグフードの混合比率（%-VS）

日数	0～80	80～100	100～120	260～280
ゴムの実	0	10	20	100
DF	100	90	80	0

３．実験結果・考察

3.1 模擬生ごみを基質とした嫌気性消化のスタートアップ

嫌気性消化リアクターの pH、VS 除去率および分解 VS 当たりのメタン収率を図 1～3 に示す。ドッグフードの TMY は 477 ml/g-VS であった。初期に pH が低下したものの約 20 日後には安定し、その後の VS 除去率は 85%以上であった。Day 21 以降の TMY に対するメタン収率は、油分抽出前系で 83.5%、油分抽出後系で 75.8%であり、初期の pH 低下が大きかった油分抽出後系でやや低かった。

3.2 ゴムの実を基質とした嫌気性消化の連続試験

ゴムの実の脂質含有率は、油分抽出前の 39.5%から抽出後には 29.5%へ低下した一方、タンパク質含有率は油分抽出前の 19.1%から抽出後には 29.5%と増加した。これに伴い、TMY は 599mL/g-VS から 565mL/g-VS へ低下したものの、油分抽出後残渣も高いメタン生成

Shinyu KAWAI, Taiga KATAYAMA, Satoru FUKUDA, Kazuko SAWADA, Satoshi SODA* (Ritsumeikan Univ.),
* soda@fc.ritsumei.ac.jp

ポテンシャルを有していた。

両リアクターで、ゴムの実の混合割合が 60%に達する Day 200 までは、pH は大きく低下せず、安定して推移した。一方、油分抽出前系では、ゴムの実の投入比率が 80%を超えると pH が徐々に低下し、100%投入時には 6.5 を下回った。メタン生成菌は酸性条件に弱いことから、pH の低下により活性が著しく抑制されることが知られていることから、酸生成速度に対して有機酸の消費が追いつかず、メタン生成菌の活性が低下し、ガス生成が困難になったものと考えられる。

VS 除去率は、ゴムの実の投入比率が 60%に達する Day200 まで、油分抽出前系で 87.1±7.5%，油分抽出後系で 85.8±7.1%と、いずれも高い値し示した。一方、Day200 以降は低下傾向となり、油分抽出前系で 81.2±1.9%、油分抽出後系で 80.5±1.9%であった。

分解 VS 当たりのメタン収率は、ゴムの実の混合割合が 60%に達した Day180 以降、油分抽出前系で高い傾向を示した。これは、油分抽出前のゴムの実の TMY が抽出後残渣よりも高かったことと整合しており、少なくとも混合割合 60%までの条件では、脂質による明確なメタン生成阻害は生じなかったと考えられる。

消化液中の溶存有機炭素（DOC）濃度は、油分抽出前系で 619±78 mg/L，油分抽出後系で 768±100 mg/L で推移した。また、アンモニア態窒素濃度は、それぞれ 996±337 mg/L および 1,160±261 mg/L であった。これらの濃度範囲では、pH や VS 除去率の低下を伴う明確なプロセス阻害は認められなかった[2)]。

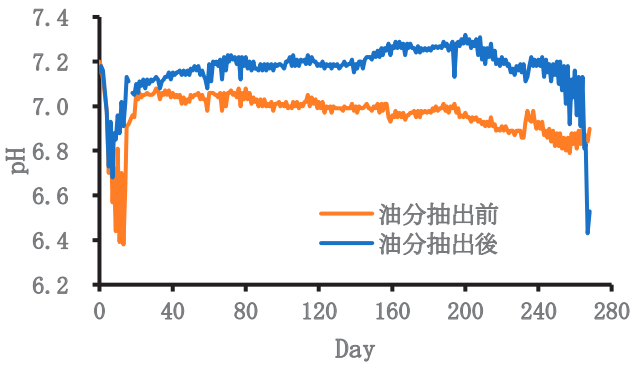


図 1　油分抽出前後のゴムの実を基質とした嫌気性消化リアクターにおける pH の経日変化.

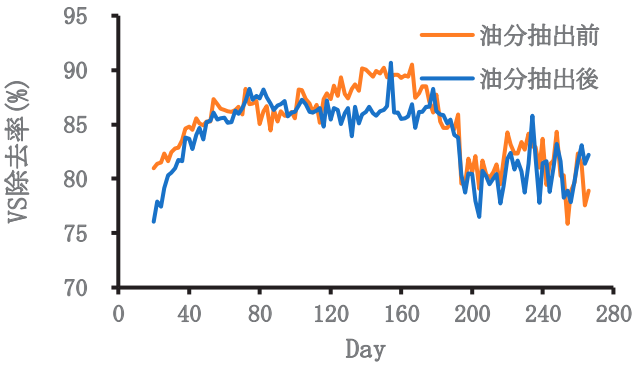


図 2　嫌気性消化リアクターにおける VS 除去率

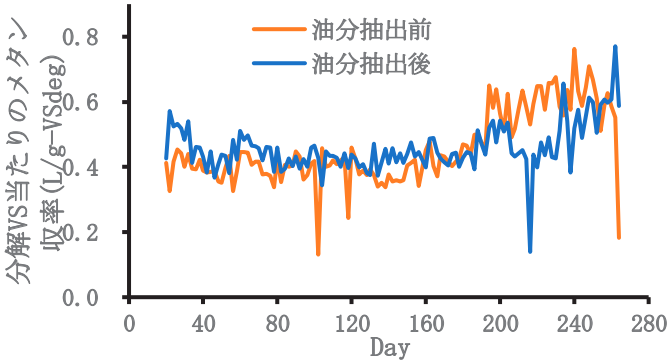


図 3　嫌気性消化リアクターにおける分解 VS 当たりのメタン収率.

4. 結論

ゴムの実は嫌気性消化基質として利用可能であり、油分抽出の有無にかかわらず、混合割合 60%までは安定した運転と高い VS 除去率が得られた。特に油分抽出前系では、より高いメタン収率が得られた。一方、混合割合を 80%以上に高めると pH が低下し、100%では酸敗によりガス生成が停止した。したがって、ゴムの実を安定して嫌気性消化するには、混合割合を 60%程度以下に設定することが望ましいと考えられる。

謝辞

ゴムの実をご提供いただいた川谷光隆氏（INNOVARE 株式会社）に深く感謝申し上げます。

参考文献

1）松原 帆乃香, 大庭 有善, 大谷 一斗, 多賀谷 将司, 川谷光隆, Marquez Gian Powell, 惣田 訓（2025）ゴムの実の残渣と模擬生ごみの混合嫌気性消化によるメタン生成能の評価.第 59 回日本水環境学会年会講演プログラム p.470.

2）佐藤 和明（2009）第 4 章 プロセスの制御因子 4.7 重金属等による阻害と反応の促進，メタン発酵 野池達也編，技法堂出版，125.