

第Ⅶ部門

生物学的エタノール生成を前処理としたメタン発酵の半連続運転特性

大阪工業大学大学院 学生会員 ○高橋 開人

大阪工業大学 正会員 古崎 康哲 石川 宗孝

1.はじめに

本研究では炭水化物を比較的多く含む食品廃棄物を対象にメタン発酵の前処理として糖化・エタノール化を導入する有効性を検討した。本研究はエタノールを回収せず、そのままメタン発酵させることが特徴である。基質中の炭水化物に着目すると、従来プロセスでは(式-1~4)に示す反応がメタン発酵槽で行われ、炭水化物の最小単位であるグルコース 1mol からメタンと二酸化炭素が 3mol ずつ生成する。次に、本研究で提案する前処理プロセスでは糖化酵素の添加により炭水化物が(式-1)の反応で糖化され、(式-5)の反応でエタノールが生成する。その際に 2mol の二酸化炭素が気相に放出される。生成したエタノールをメタン発酵槽に投入すると(式-6)および(式-3,4)に示す反応により 3mol のメタンと 1mol の二酸化炭素が生成する。反応を通して発生するバイオガス組成は両系とも同じだが、前処理系はエタノール化で二酸化炭素を放出していることから、メタン発酵で得られるバイオガスは従来プロセスよりメタン濃度が濃くなることが期待できる。また、エタノール化(式-5)による炭水化物の低分子化で基質分解性の向上も期待できる。既に回分実験¹⁾でメタン濃度向上を確認できたが、本研究ではメタン発酵特性と長期的な運転の可能性を検討すべく糖化・エタノール化を行った模擬厨芥を基質とした半連続実験を行った。

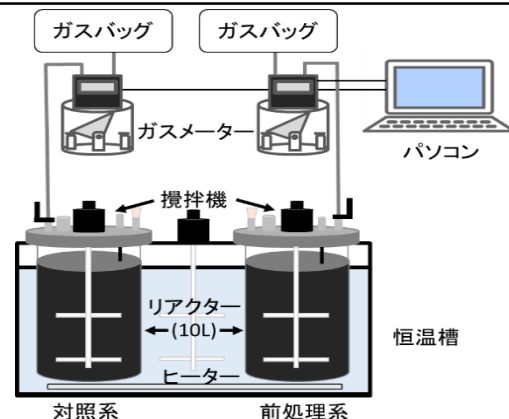
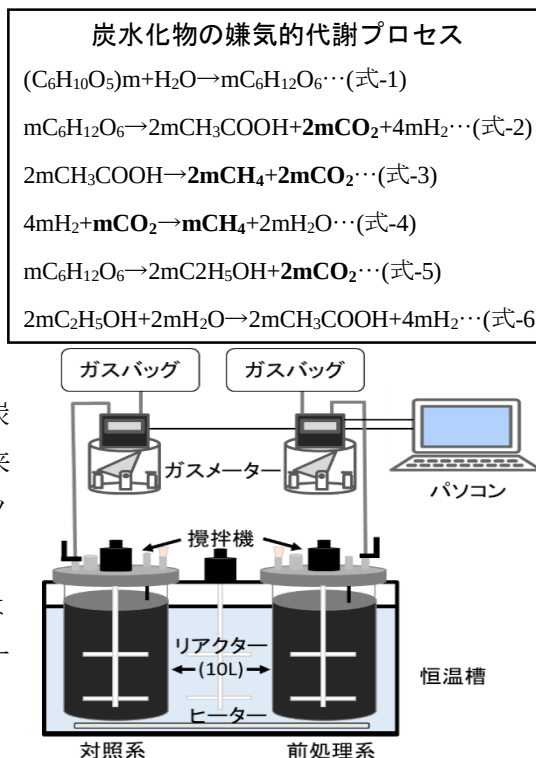


図1 実験装置概略図

2.実験方法

一槽式メタン発酵槽を用いて、前処理系と対照系の比較を行った。図1に本研究で使用した装置の概略図を示す。有効容積 10L の反応槽を使用し攪拌数 90rpm とした。対照系には TS を 10% に調整した模擬厨芥(TOC 約 50g-C/L)を 1 日 1 回 250mL 投入した。前処理系では TS を 10% に調整した模擬厨芥を糖化・エタノール化させてから投入した(エタノール濃度 約 30g/L)。糖化酵素は Novozymes 社製グルコアミラーゼ Spirzyme Fuel を 1L 当たり 7.5mL 添加し、50℃、2 時間反応させた。酵母は Alcotec 社製 48TURBO SUPERJAST を 1L 当たり 10g 添加し、26℃、17 時間反応させた。バイオガスはガスメーター(日本フローコントロール(株)MGC-1)で計測し、ガスバッグに貯留した。ガス組成分析はガスバッグからバイオガスを採取しガスクロマトグラフ法 FID で行った。消化液は TOC(燃烧-非分散赤外線分析法)、VFA(イオンクロマトグラフ法)、pH(ガラス電極法)、を分析した。実験条件は温度 37~38℃、HRT40 日、基質の投入負荷量 2.5 g-TS/L とした。引き抜きは 2 日に 1 度行い、一部を遠心分離して固形分を返送した。消化汚泥は下水処理場と牛糞処理施設から提供を受け、それらを混ぜ模擬厨芥で長期間馴致してから使用した。

3.結果と考察

図2にバイオガス中メタン濃度の推移を示す。対照系ではメタン濃度が 51~55%の間で推移した。前処理系で

Kaito TAKAHASHI, Yasunori KOSAKI, Munetaka ISHIKAWA

tkaito88@yahoo.co.jp

は3日目でメタン濃度が65%を上回り、大きな変動もなく65～70%の間で推移した。このことから、前処理を行うことでバイオガス中のメタン濃度が15%程度上昇し、その状態が長期間安定することがわかった。

図3に投入VTS当たりのメタンガス発生量の推移を示す。日曜日には基質の投入・ガス計測を行わないことから月曜日に増加し火曜日に減少する傾向が見られた。メタンガス発生量を平均して比較すると、対照系は0.42L-CH₄/g-投入VTS、前処理系は0.46L-CH₄/g-投入VTSとなった。このことから、前処理系では対照系よりも多くのメタンガスを安定して得られることがわかった。これは、前処理により低分子化が進んだため基質の分解性が向上したと考えられる。

図4に槽内VSS濃度の推移を示す。対照系ではVSS濃度が16g/L前後で推移しており、定常状態での運転が可能であった。前処理系ではVSS濃度が実験開始から減少し、汚泥の増殖が少ないことがわかった。そこで、菌体を槽内に維持するため47日目から引抜汚泥を全て固液分離し、固形分を返送した。その結果、56日目以降VSSを増加させることができた。56日目以降の汚泥生成速度は、対照系では0.21g/L/日、前処理系では0.13g/L/日であり、前処理系は約半分であった。このことから、前処理した基質を用いると汚泥が増殖しにくくなることがわかった。

図5に投入基質250mL当たりのTOCの物質収支を示す。対照系では模擬厨芥のTOCが12gであり、メタン発酵槽で分解されるとバイオガスとしてメタンが5g-C、二酸化炭素が5g-C生成され、消化液として2gが系外引き抜きであった。前処理系でも模擬厨芥のTOCが12gであり、酵素・酵母の添加量は1g-Cであった。前処理後のTOCは11gであり、模擬厨芥の7gがエタノール化され、5g-Cのエタノールと2g-Cの二酸化炭素が得られ、二酸化炭素は気相に放出された。また、模擬厨芥の炭水化物成分は基質中に全糖として82g/L含まれており、そのうちの79%が糖化し、そのほぼ100%がエタノール化された。前処理後厨芥をメタン発酵槽で分解するとバイオガスとしてメタンが7g-C、二酸化炭素が3g-C生成され、1gが系外引き抜きであった。系外引き抜きから算出した基質の分解率は対照系が83%、前処理系が92%となり、基質分解性の向上が見られた。

4.まとめ

前処理として糖化・エタノール化させた基質をメタン発酵槽に投入することで、バイオガス中のメタン濃度が15%程度上昇し、基質分解性が向上することでメタンガス生成量が多く、汚泥生成量が少なくなることがわかった。また、発酵槽を長期間安定して運転できることがわかった。

(本研究は科研費 No.2634010 の助成を受けて行われた。)

〈参考文献〉1)田中量也,古崎康哲,石川宗孝:糖化・エタノール化を前処理としたメタン発酵の効率化に関する研究,第26回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿, pp279-280 (2015)

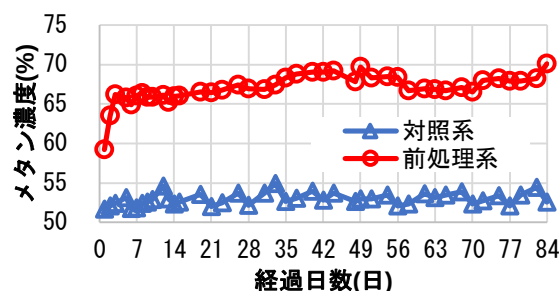


図2 バイオガス中メタン濃度の推移

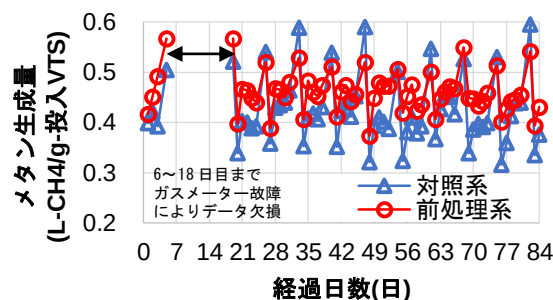


図3 投入VTS当たりメタンガス発生量

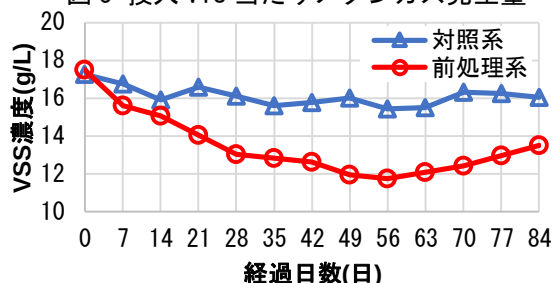


図4 槽内VSS濃度の推移

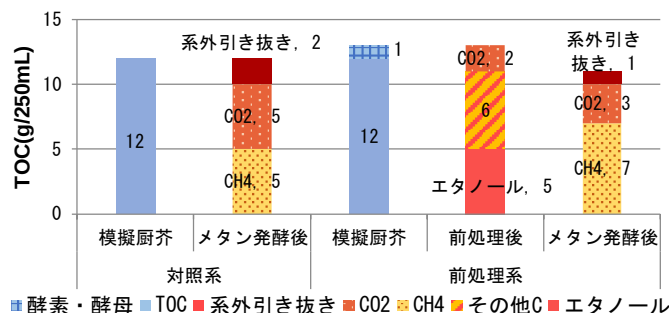


図5 基質250mL当たりのTOCの物質収支