

稲わらの嫌気性消化に及ぼす硫酸塩および膨張軟化処理の影響

金沢大学大学院 学生会員 大月紳司
 金沢大学理工研究域 正会員 ○池本良子
 石川工業高等専門学校 正会員 高野典礼
 神座豊, 鍛冶達彦

1. はじめに

近年, エネルギー問題や地球温暖化問題の解決のために, バイオマスの有効活用が求められているが, 植物系バイオマスである稲わらはバイオマスとしての利用率が低いだけでなく, 最も多く行われている農地への鋤きこみは大気中にメタンを放出する危険性が高いことが指摘されている。稲わらは炭水化物主体の有機物であるため, 基本的にはメタン発酵の原料に適しているが, ヘミセルロースやリグニンによって強固な組織を形成しているために, 微生物分解性が悪いという特徴がある。本研究室では硫酸塩還元条件で稲わらが分解されることを明らかにしており, 硫酸塩還元細菌を利用することで稲わらの分解が進み, 混合消化の促進に繋がる可能性がある。一方, 本研究では人工的に植物系バイオマス強固な組織を破壊する方法の一つとして, 膨張軟化処理に着目した。膨張軟化とは原料に水分添加しながら, 圧縮加圧することにより断熱圧縮と摩擦により, 内部水分温度が上昇する。その後, 大気中に放出し, 急激な圧力変化を受けることで, 原料中の水分が急膨張し, 蒸気となり, その膨張力によって, 組織の内部から破壊されるというものである。稲わらに前処理として膨張軟化を行うことで, 汚泥との均一な混合状態が維持できるとともに, 細胞の破壊により嫌気性消化反応が促進されることが期待される。

そこで本研究では, 稲わらと下水汚泥の混合消化を想定し, 稲わらの嫌気性消化の有効性及び嫌気性消化に及ぼす硫酸塩添加と膨張軟化前処理の影響について, 回分式嫌気性消化実験によって検討を行った。

2. 消化汚泥と稲わらの回分式嫌気性消化実験

2-1. 実験方法

稲わらは石川県白山市で産出されたものを水道水で洗浄し, 約5cmに切断したもの及び, 切断後に膨張軟化を施し, 冷蔵保存したものを使用した。(図1) 消化汚泥は, 金沢市城北水質管理センターの嫌気性消化槽から採取し, TSを10,000mg/Lに調整したものを使用した。実験には, 図2に示す容積50mLのプラスチック製シリンジを用いた。

消化汚泥と稲わらをシリンジに投入し, 内部の気泡を取り除いたのち, ゴムチューブと金属性クリップで密閉することで嫌気条件を維持した。各条件のシリンジを数本準備し, 37℃の恒温槽内で静置培養を行う。一日ごとのガス発生量をシリンジの目盛を用いて, 読み取るとともに, 培養3日後に発生したガス及び消化汚泥を採取し, ガス組成及び脱離液中のイオン濃度を測定した。実験条件を表1に示す。実験1-0, 2-0は, ブランクとして消化汚泥のみの条件(メタン発酵条件)および, 消化汚泥に硫酸塩濃度200mg/Lとなるように硫酸ナトリウムを添加した条件(硫酸塩還元条件)で行ったものであり, 実験1-1, 2-1は洗浄, カットした稲わら, 実験1-2, 2-2は膨張軟化を施した稲わらを添加して, 同様にメタン発酵条件および硫酸塩還元条件で行ったものである。



図1 実験に使用した稲わら
(左:カット 右:膨張軟化処理)

表1 実験条件

実験 No.	硫酸塩 濃度 (mg/L)	稲わら	
		添加量 (g-dry weight)	処理方法
1-0	0	0	—
1-1		1	カット
1-2		1	膨張軟化
2-0	200	0	—
2-1		1	カット
2-2		1	膨張軟化

キーワード 嫌気性消化, 稲わら, メタン発酵, 硫酸塩還元, 膨張軟化

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学理工研究域 TEL076-234-4641

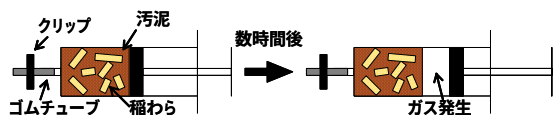


図2 回分式嫌気性消化実験

2-2. 実験結果及び考察

(1) 硫酸塩添加の影響

培養3日後のガス発生量を図3に、脱離液の溶存態炭素塩濃度を図4に示す。ブランクとして消化汚泥のみを投入した実験1-0ではメタンガスは検出されず、微量の二酸化炭素のみ検出された。一方、稲わらを投入した実験1-1では1gの稲わらあたり約15mLのガスが発生した。ガス中のメタン濃度は60～70%であり、脱離液中の酢酸、プロピオン酸の蓄積も少ないことから、良好なメタン発酵が進行していたことがわかる。硫酸塩還元条件で行った実験2-0～2-2の硫酸塩濃度の経日変化を図4に示す稲わらを投入していない実験2-0でも硫酸塩還元が進行したが、ガスの生成は認められず、脱離液中に溶存態有機物の増大も認められなかったことから、汚泥中に蓄積された有機物の完全酸化による硫酸塩還元が進行したものと考えられる。一方、稲わらを添加した実験2-1では、硫酸塩還元が進行し硫酸塩を添加していない実験1-1と比較するとメタンガス発生量約1.5倍に増大していることがわかる。脱離液中には、高濃度の酢酸およびプロピオン酸が蓄積されており、pHがやや低下した。以上より実験2-1では硫酸塩還元細菌により生成した酢酸をメタン生成菌が利用することにより、メタン生成が促進されていた可能性が考えられる。膨張軟化を施した稲わらを投入した実験1-2、2-2では、ガス発生量が非常に多く、共に実験に用いたシリンジの限界値となったために、両者の差異を確認することはできなかった。しかし、実験2-1と2-2では、硫酸塩還元速度に差が認められなかったことから、膨張軟化処理は、硫酸塩還元にはほとんど影響しないものと考えられる。

(2) 膨張軟化前処理の影響

膨張軟化を施した稲わらを用いた実験1-2では、実験1-1と比較して、ガス発生量が2倍以上に増大し、脱離液中の溶存態有機物濃度が増加した。硫酸塩還元条件の実験2-1および2-2においても、膨張軟化処理により、ガス生成量、有機酸生成量ともに増大している。以上のことから、膨張軟化処理によりメタン発酵が促進されることがわかる。しかし、実験2-1、2-2において、有機酸の蓄積によるpHの低下が認められたこと、ガス発生量がシリンジの限界値となっていたことから、実験方法を見直すことによりガス発生量はもっと増大するものと推定できる。

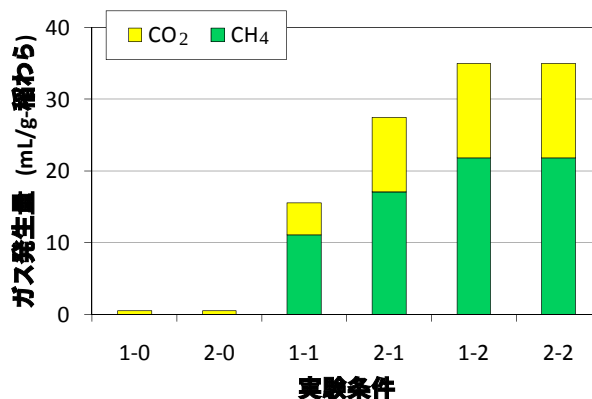


図3 培養3日後のバイオガス発生量

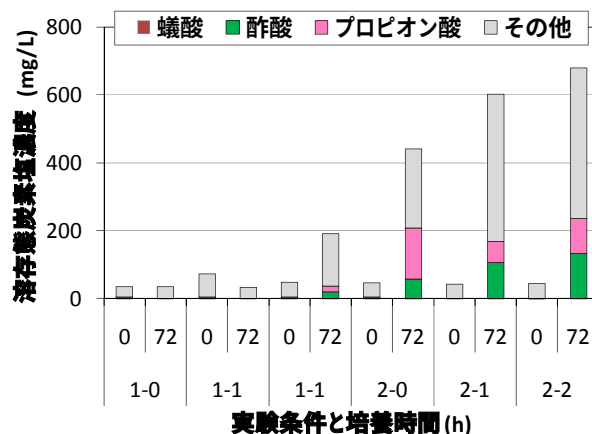


図4 脱離液の溶存態炭素塩濃度

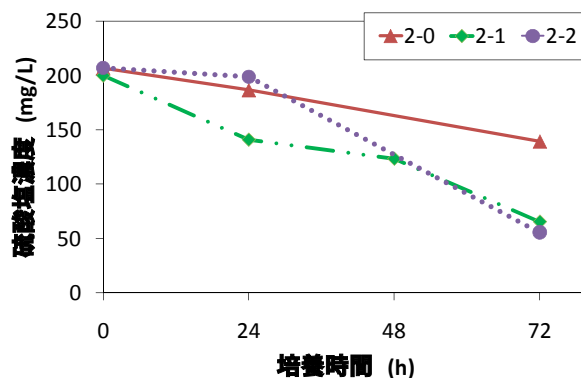


図5 硫酸塩濃度の経日変化

3. まとめ

下水処理場から採取した中温消化汚泥を用いて、稲わらの回分式消化実験を行い、稲わらの分解性及び硫酸塩添加、膨張軟化処理の影響を検討した。その結果、稲わらから多くのメタンガスが生成可能であった。また硫酸塩添加により、メタンガス生成量が増加する可能性が示唆された。さらに稲わらに膨張軟化処理を施すことで、稲わらの分解性が向上し、嫌気性消化が促進されることが明らかとなった。