

温度および水分条件がバガスのメタン発酵に及ぼす影響に関する研究
 Study in the Influence of Temperature and Moisture Conditions
 on Methane Fermentation from Sugarcane Bagasse

芝 尚子¹⁾, 酒井 一人²⁾

Shiba Naoko, Sakai Kazuhito

1. はじめに

タイでは BCG(バイオ循環型グリーン)経済モデルを発表し、2050 年までにカーボンニュートラルを達成する目標等が掲げられている。国内で供給しているエネルギー源のうちバイオマスが二番目に多く、再生可能エネルギーであるバイオマスは、カーボンニュートラル実現のために重要である。

サトウキビの搾りかすであるバガスは、製糖工場で発電燃料として使われており、重要なバイオマス燃料となっている。しかし、保管中に自然発火による火災が生じ、想定していたエネルギーを得ることができない問題が起こっている。その火災において、メタン発酵により発生するメタンガスが火災被害を助長しているのではないかと懸念されている。しかし、保管中のバガスからどのようにメタンガスが発生するかについての知見はない。また、バガスのメタン発酵については、自然状態に近い条件を対象とした研究は少ない。そこで、本研究では、温度および水分条件を変えたバガスからのメタン発生量を測定し、どのような条件でメタン発生量が変化するかについて検討した。

2. 材料・方法

材料: 東北タイ、コンケン近郊の複数の製糖工場が発生したバガスを実験室に持ち帰り、実験に用いた。2mm 篩にかけたバガスに水を加え、約 40 度に加温した状態で数日養生した。その後、風乾したものを試料とした。3 つの容器に風乾バガス 10g に水 200g を加えた試料(質量含水比 2000%)を入れ、それぞれの温度を高温(Ex-1)、中温(Ex-2)、室温(Ex-3)に設定し実験を行った。

FTIR の検量線作成: 窒素で満たした循環システムに、メタンを 0 μl ~200 μl の範囲で 10 μl ずつ注入し、各ガス濃度での赤外線(3.3 μm)透過率を測定した。そして、修正ランベルト・ベールの法則に基づき、以下の式を使い検量線を作成した。

$$ABS = SPAN(1 - e^{-bx^c}) \quad (1)$$

ここで、ABS:吸光度、SPAN, b, c:係数、x:ガス濃度(ppm)である。

水蒸気補正式作成: FTIR では、メタンの赤外吸収波長における水蒸気の影響を把握する必要がある。そこで、水蒸気にだけ吸収される赤外線(IR1 3.05 μm)の吸光度とメタンの最大吸収赤外線(IR2 3.3 μm)の吸光度から、水蒸気補正式を作成した。

赤外線スペクトル測定: 電磁弁を使って 40 分間隔で測定する容器を変え、各条件の測定は 1 日で 12 回行った。また、換気用の電磁弁を使って、40 分のうち、初めの 10 分は換気を行い、30 分間で測定を行った。FTIR のスペクトル測定間隔は 2 分とした。測定時間 24 時間 10 分で測定を中断し、容器質量測定、温度データ回収、pH と ORP 測定を行い、実験を再開した。

解析方法: 作成した検量線を用いてメタンの濃度を求め、その結果をもとに各実験条件での観測 6 分間の濃度変化(=フラックス[ppm min⁻¹])を求めた。そして、時間と濃度の相関係数が 0.9 以上であり、測定終了時間に近いフラックス値をその測定時間のフラックスとした。

1) 近畿農政局 Kinki Regional Agricultural Administration Office

2) 琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

Keywords: サトウキビバガス、メタン発酵、FTIR

3. 結果および考察

検量線作成結果: 本研究で用いた検量線 Eq(1)は、検量線作成に用いた濃度範囲の外では精度が落ちることが確認されている。実験でのメタン濃度の範囲が不明であったので高濃度(0~85ppm)と低濃度(0~20ppm)の2つの濃度範囲での検量線作成を行った。高濃度では、SPAN= 0.686, b= 0.013, c= 0.9490 ($R^2=0.9995$), 低濃度では、SPAN= 55.28, b= 0.0002, c= 0.943 ($R^2=0.9992$)という結果となり、どちらも精度の高い検量線を作成した。

水蒸気補正式作成結果: 水蒸気補正式として最小二乗法により次式を得た。

$$AB_2 = 0.2453AB_1 - 0.0003 (R^2 = 0.997) \quad (2)$$

ここで、 $AB_1:IR1$ の水蒸気による吸光度, $AB_2:IR2$ の水蒸気による吸光度である。

メタンガスフラックス測定結果:

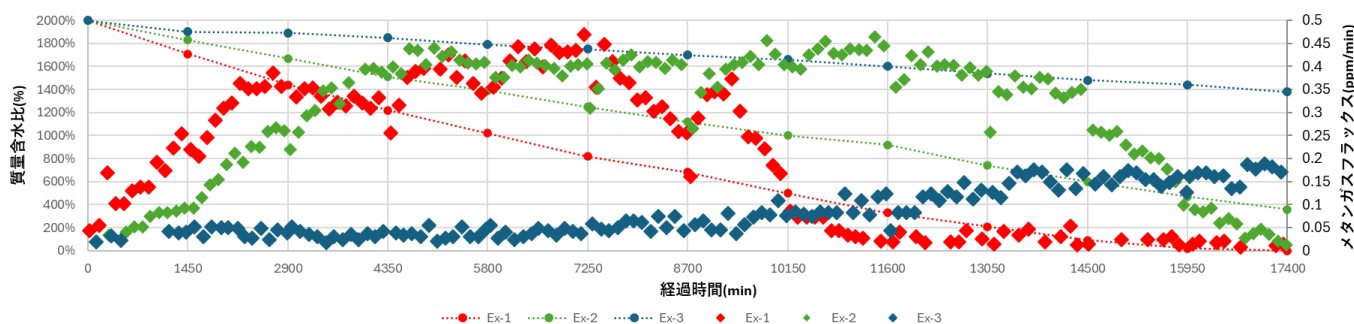


Figure 1 質量含水比およびメタンガスフラックスの経時変化

Figure1 にメタンガスフラックスの時系列を示す。縦線は測定中断時間である。Figure2 に各容器の温度範囲を示す。pHはメタン発酵に最適な7~8であった。実験開始直後は Ex-1 のフラックスが高く、その後、Ex-2 のフラックスも上昇し、Ex-1 と同等になった。Ex-3 は5日目までは室温(約 20°C)に変動がなく、平均フラックスが 0.04ppm/min であったが、5日目以降気温が上昇してしまい、平均フラックスが 0.11ppm/min(5~12日目の平均温度:21°C)になった。このことより温度帯により、メタンガス発生の違いがあることがわかった。メタン生成菌は中温域(30~37°C)と高温域(50~55°C)で活動が活発化することが知られており、本研究でも同様の結果となった。また Ex-1 の温度が Ex-2 よりも高く、メタン生成菌の増殖速度が大きいため、実験開始直後は Ex-1 の方が高かったと考えられる。加えて、実験中断時にふたを開けて質量等を確認するため、必然的に容器の温度が低下する時間がある。その結果、発酵活性が悪くなるため、実験再開直後はフラックスが減少しているが、数時間後にはフラックスが前回の実験時の値に戻っている。このことから、温度条件でメタンガスフラックスは一定値をとると考えられた。Ex-1 と Ex-2 では、乾燥バガス 10g 当たりの最大ガスフラックスは 0.45ppm/min であった。8700分経過後、680%辺りで Ex-1 のフラックスが減少、また、14500分経過後、600%辺りで Ex-2 のフラックスが急に減少した。これは蒸発により質量含水比が減少し、メタン発酵活性が落ちる水分状態になったためであると考えた。

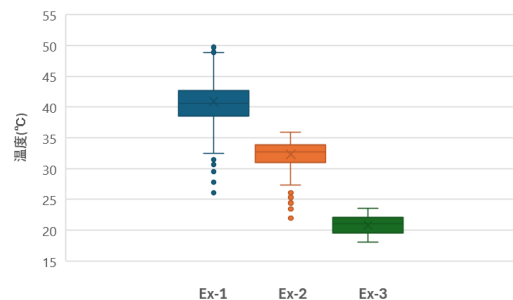


Figure 2 温度範囲

4. 終わりに

20°C付近である Ex-3 ではガスフラックスが低く、中温域に近い Ex-1 と Ex-2 はガスフラックスが高いことがわかった。また、質量含水比約 600%でメタン発酵が阻害されることがわかった。