

平成22年6月22日現在

研究種目：若手研究(B)
研究期間：2008～2009
課題番号：20780188
研究課題名（和文）
含水率低下に伴う流動性変化を考慮した乾式メタン発酵モデルの構築
研究課題名（英文）
Dry methane fermentation model associated with low fluidity of substrates
研究代表者
遠藤 良輔 (ENDO RYOSUKE)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教
研究者番号：10409146

研究成果の概要（和文）：

混合材料の有機固形物を用いた乾式メタン発酵実験を行った結果、同一試験区におけるサンプル間のばらつきが大きくなった。反応槽内を攪拌させる実験を行ったところ、ガス発生速度は劇的に改善され、ばらつきも小さくなった。これより、乾式メタン発酵では主に加水分解の前段階において、内容物の物理的崩壊が低速もしくは不均一に行われるために初期の発生速度が遅くなっていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Organic solids as mixed substrates have induced the great variance of anaerobically generated biogas volume in dry methane fermentation. Constant agitation in the reactor decreased the variance of biogas generation and increased the volume of biogas. These results indicated that disintegration rates of organic solids would limit an initial generation rate of biogas in dry methane fermentation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：メタン発酵，乾式，再生可能エネルギー，バイオマス

1. 研究開始当初の背景

バイオマスエネルギーは、化石燃料の代替エネルギーとして研究が進められており、現在様々なエネルギー回収プロセスが開発されている。その中で、メタン発酵は廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収技術として最も主要な手法の一つであり、循環型社会の形成の主翼を担うものと期待されている。特に、乾式メタン発酵は、従来の湿式と異なり複雑な前処理や残渣の水処理設備を必要とせず、発酵残渣を後工程で堆肥又は炭化物として有効利用することができるため、今後の研究成果が期待されている。

2. 研究の目的

湿式に比べ、投入物質の含水率が低い乾式メタン発酵は、発酵槽の容積が小さくて済み、かつ発酵後の水処理問題がないというメリットがある。一方で、低含水率材料の投入が、消化槽内の流動性を低下させ、メタン生成細菌を始めとする諸成分の分布の不均一性をもたらすことについての解析は全く行われていない。バイオマスの利活用を根幹とした循環型社会の構築にあたっては、エネルギーの浪費を最大限に回避したシステムを構築する必要があるため、含水率低下に伴う消化液の流動性変化を考慮に入れた新しいメタン発酵モデルの構築は急務であると考えられる。そこで、現在までの知見及び本研究での知見をパラメータとして導入した新しいメタン発酵モデルを構築することを研究の目的とする。

3. 研究の方法

まず、グルコース及びデンプンを用いて、単一基質によるメタン発酵回分実験を行い、これらに適用できるモデルの構築を行う。本実験でこれらの基質を用いるのは、これらの基質がメタン発酵プロセスにおいて最も単純な反応経路を有しており、かつ乾式メタン発酵の基質として最重要視されている炭水化物であるためである。これにより本基質は、成果をあげる可能性の高さ、及び成果をあげる意義の二つに関して条件を満たしている。

本研究室で継代培養している乾式メタン発酵の種汚泥と、グルコース及び栄養塩を基質として加えた連続反応槽を用意し、十分な日数馴養を行う。次に、これらをバイアル瓶に振り分け、含水率90%の区、85%、80%、75%及び70%の区を設けて、それぞれ、振盪恒温水槽(EYELA NCS-1300)を用いて35℃に維持し、7日間の回分培養実験を行う。回分培養実験

では、一日に2回ガスの採取を行い、シリンジ及びガスクロマトグラフを用いてバイオガス生成量およびガス組成を詳細に測定する。また、一日に1回バイアル瓶を一つ開封し、内部の消化汚泥を採取して液体クロマトグラフを用いて中間生成物生成量を測定する。同様の実験を、デンプン及び栄養塩を基質として加えた回分培養実験についても行う。

続いて、セルロースのみの単一基質、及びデンプンとセルロースの複合基質によるメタン発酵回分実験を行い、これらに適用できるモデルの構築を行う。これにより、混合基質の実験結果並びに予測結果と単一基質の実験並びに予測結果がどのような差異が生じるのか検討を行う。本実験は、実際のメタン発酵で用いられる基質が多くは混合基質であることを考慮している。

まず、グルコース実験と同様に、本研究室で継代培養している乾式メタン発酵の種汚泥と、セルロース及び栄養塩を基質として加えた連続反応槽を用意する。試験区は、含水率90%の区、85%、80%、75%及び70%の区を設け、それぞれ、振盪恒温水槽を用いて35℃に維持し、十分な日数馴養した後に、7日間の回分培養実験を行う。回分培養実験では、一日に2回ガスの採取を行い、シリンジ及びガスクロマトグラフを用いてバイオガス生成量およびガス組成を詳細に測定する。また、一日に1回バイアル瓶を一つ開封し、内部の消化汚泥を採取して液体クロマトグラフを用いて中間生成物生成量を測定する。これについて、グルコース実験と同様の手法で、嫌気性消化モデル内のセルロース分解に関する関数の改良を試みる。

4. 研究成果

グルコース粉末添加時の乾式メタン発酵による累積バイオガス生成量の経時変化について調べた。実験開始より約3時間後からバイオガスの発生が見られた。ガスの発生速度は、1日目では湿式メタン発酵試験区より大きい傾向が見られたが、その後発生速度は減少した。しかし、湿式メタン発酵試験区では3日目以降にガス発生量がほぼ横ばいになったのに対し、乾式メタン発酵試験区ではガス発生速度は実験開始から100時間を経過しても極端に小さくなることはなかった。最終的なガス蓄積量は乾式メタン発酵試験区の方がやや大きかった。なお、同一試験区におけるサンプル間のばらつきは、特に3日目以降

で湿式メタン発酵に比べて大きく、バイアル瓶内での一連のメタン発酵反応が不均一な条件下で行われたことを示唆していた。

続いて、セルロース粉末添加時のメタン発酵による累積バイオガス生成量の経時変化について調べた。試験区は、含水率 90%の区、85%、80%、75%及び70%の区を設け、それぞれ、平振盪恒温水槽を用いて35℃に維持し、十分な日数馴養した後に、7日間の回分培養実験を行った。回分培養実験では、ミリガスカウンターを用いて連続的にガス発生量を測定し、さらに一日2回ガスの採取を行い、ガスクロマトグラフを用いてバイオガスの組成を測定した。実験開始より約30分後からバイオガスの発生が見られた。ガスの発生速度は、1日目では含水率の高い試験区がより大きい傾向が見られ、含水率の低い試験区では発生速度が低かった。その後、含水率が高い試験区でも発生速度は上昇したが、蓄積バイオガス発生量は70%試験区で最小であった。バイオガス組成については、85%試験区が最もメタンの割合が大きく、70%試験区ではメタンの割合が最も小さかった。

さらに、混合材料の有機固形物を用いた乾式メタン発酵実験を行った。本実験では、最初のガス発生までに約三日を要し、実験期間中のガス発生速度は湿式試験区より大きくなることはなかった。また、同一試験区におけるサンプル間のばらつきも大きかった。実験システムを改良し、反応槽内を攪拌させる実験を行ったところ、ガス発生速度は劇的に改善された。また、サンプル間のばらつきも小さくなった。

これらの結果から、乾式メタン発酵では主に加水分解の前段階において、内容物の物理的崩壊が低速もしくは不均一に行われるために初期の発生速度が遅くなっていることが示唆された。これは、ADMIモデルに、内容物の物理的崩壊に関するパラメータを加えることで表現できると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

①Endo, R., Takemura K., Uchida H., Noike T., The effect of the agitation in the dry methane fermenter on the characteristic of generated biogas, Proceedings of the 5th International Symposium on Material Cycling Engineering, 査読無, 5, 61-62, 2010.

② Shibuya, T., Endo, R., Hayashi, N., Kitamura, Y., Kitaya, Y., Potential photosynthetic advantages of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings grown under fluorescent lamps with high red:far-red light., HortScience, 査読有, 45, 553-558, 2010.

③赤星栄志・木谷収・遠藤良輔・石山徹・舟山秀太郎, 資源作物アサの有効利用のためのペレット燃料化の検討, 日本エネルギー学会誌, 査読有, 88, 900-905, 2009.

[学会発表] (計8件)

①Endo, R., Takemura K., Uchida H., Noike T., Kitani, O., The effect of the agitation in methane fermentation of solid wastes on the volume and the composition of generated biogas, International Symposium on Agricultural Meteorology 2010, 2010.03.18, Meijo University.

②Endo, R., Takemura K., Uchida H., Noike T., The effect of the agitation in the dry methane fermenter on the characteristic of generated biogas, The 5th International Symposium on Material Cycling Engineering, 2010.03.11, Osaka Prefecture University.

③遠藤良輔, メタン発酵技術によるバイオマス利活用の現状と展望, 日本農業気象学会近畿支部 2009年度大会, 2009年12月12日, 大阪府立大学(大阪府).

④M. Takasago, R. Endo, M. Endo and K. Omasa, Responses of spectral reflectance indices and whole-plant shape to reversible and irreversible water stresses in cucumber, tomato and melon plants, 1st International Plant Phenomics Symposium, 2009.04.22, ANU, Australia.

⑤ R. Endo, M. Endo and K. Omasa, Quantitative analysis of responses of stomatal conductance, FPSII and whole-plant shape to early water stress in cucumber plants, 1st International Plant Phenomics Symposium, 2009.04.22, ANU, Australia.

⑥R. Endo, O. Kitani, T. Noike and K. Omasa, Fluorescence Measurement as an Assessment Method for the Anaerobic Digestion Activity, 2008 APGC Symposium, 2008.12.09, Creswick, Australia.

⑦遠藤良輔, 木谷 収, 野池達也, 大政謙次,

バイオマス利活用による循環型社会の展望
～メタン発酵を中心として～, 2008 生態工学会
年次大会, 2008.06.19, 東京大学.

⑧R. Endo, O. Kitani, T. Noike, M. Tosaka
and K. Omasa. The effect of the agitation
in the dry methane fermenter on the
characteristic of generated biogas, 5th
International workshop on innovative
anaerobic technology, 2008.04.03, Nihon
University.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遠藤 良輔 (ENDO RYOSUKE)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教
研究者番号: 10409146