

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656329

研究課題名(和文) 生分解性プラスチック含有有機性廃棄物のメタン発酵機構とその効率化に関する研究

研究課題名(英文) Mechanisms and promotion of methane fermentation of kitchen garbage with biodegradable plastics

研究代表者

西村 文武(Nishimura, Fumitake)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60283636

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：生分解性プラスチックは有機性廃棄物等を原料にできることから、その広い活用が希求されている。一方で、生分解プラスチックの利用方法では、最終的には生物分解を受けることが求められることから、実際の・効率的な活用のためには生物による分解特性を把握する必要がある。本研究では、生分解性プラスチックを生ごみ回収袋として活用し、袋と中身の生ごみをメタン発酵原料としメタン回収・エネルギー回収を行うことを想定し、そのために求められる設計・操作因子を実験を行い調査し、基質条件、温度条件やアンモニア添加効果等について考察・検討し、混合消化条件や、80℃の超高温可溶化が必要であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Biodegradable plastics can be made from organic waste such as kitchen garbage, therefore it is expected that biodegradable plastics are going to be used widely from the point of reducing fossil fuel usage and effective utilization of organic waste. In using the biodegradable plastics, it should be finally biodegraded, and biodegradability should be understood in order to establish effective usage of biodegradable plastics. In this study, it is assumed that biodegradable plastics is used as garbage bags and kitchen garbage will be used for methane fermentation by the bagful made from biodegradable plastics. Considering such kind of usage, design and operational parameters are investigated and it is concluded that hyperthermophilic treatment and addition of ammonia are useful for effective methane production from kitchen garbage with biodegradable plastics.

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：土木環境システム

キーワード：生分解性プラスチック 有機性廃棄物 メタン発酵

1. 研究開始当初の背景

近年、気候変動枠組み条約等、国際的な取り組みが推進される中で、有機性廃棄物の利活用の重要性は益々高まりつつある。有機物に着目した研究では、発酵技術により生分解性プラスチック(ポリ乳酸)の原料となるL-乳酸の発酵技術が開発され、簡易な操作で安定して光学純度の高いL-乳酸を確保する発酵技術が確立されてきている。またエネルギー源として着目したものは古くからメタン発酵技術が検討されており、下水汚泥の安定化や資源回収で多くの知見が得られてきている。しかし、多くは単一反応に着目した研究であり、多種多様な有機物混合態としての特性に着目した例は少なく、物質収支的な観点から、排出される有機物性廃棄物の全量利用を見据えた研究や、排出実態に即した実現可能な有効利用方法に関する研究はほとんど無い状況である。有機性廃棄物の特性を利用段階ごとに活用して、遍く利用する方法にカスケード利用が考えられる。例えば、乳酸発酵→ポリ乳酸(生分解性プラスチック)生成→プラスチック活用→メタン発酵と活用することで、有機性廃棄物の利用による廃棄削減、プラスチック利用による化石燃料の削減(マテリアルリサイクル)、使用後のメタン発酵・回収によるエネルギー回収(サーマルリサイクル)など、複数回にわたる活用も考えられるが、有機性廃棄物の総合利用に関する技術開発は必ずしも十分にはなされていない背景がある。

2. 研究の目的

本研究では、有機性廃棄物のカスケード利用による複数回にわたる有効活用の実現と、実用化への可能性が高い、生分解性プラスチック(ポリ乳酸)の生物学的メタン発酵について、影響因子とその作用、そして効率的なメタン発酵を行うための操作・制御手法について明らかにすることを目的とした。具体的には生ごみとポリ乳酸のメタン発酵や発酵促進のための因子について検討し、その影響を明示することを目的とした。

3. 研究の方法

実際に用いられている生分解性プラスチック(ポリ乳酸)を用いて、ラボスケールでの実験を実施し、処理温度条件、生ごみとの混合消化条件そして反応促進のためのアンモニア添加の効果について、検討した。図-1に本研究で検討したリアクターシステムの構成を示す。また図-2に本研究で用いたリアクターの概要を示す。

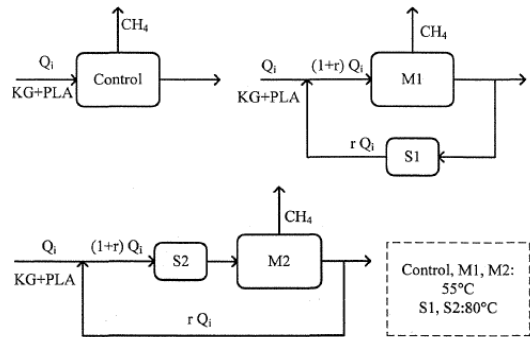


図-1 本研究で検討したリアクターシステムの構成(S:可溶化槽、M:メタン発酵槽)

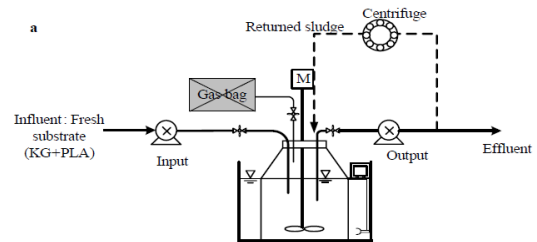


図-2 本研究で用いたリアクターの概要

4. 研究成果

はじめに、ポリ乳酸(PLA)の可溶化槽での可溶化率およびメタン発酵槽でのメタン転換率がより向上する条件などを把握することを目的とする回分実験を実施した。超高温可溶化槽と高温メタン発酵槽を組み合わせた二段式嫌気性消化プロセスを想定し、PLAを基質として、各槽での処理機能の特性を調査し、以下の知見を得た。

1)PLA を可溶化するには 55 の高温処理のみでは困難であり、80 の超高温可溶化槽が不可欠であることが示された。しかし 80 の超高温可溶化槽を用いても汚泥やその上澄み液を用いなければ可溶化効果は小さく、汚泥を用いた場合の可溶化効果は汚泥やその上澄み液を用いなかった場合と比べ約3倍であることを明らかにした。

2)超高温可溶化槽にアンモニアを添加することによってPLA可溶化率の向上が見られ、アンモニア添加量が4gN/Lの範囲まででは、添加量が多いほどその効果も大きく、アンモニアを4gN/L添加した場合、添加しなかった場合と比べ約3倍の可溶化効果が得られた。

3)PLAのみを基質として嫌気性消化を行った場合、消化日数60日におけるメタン転換率はわずか11.7%であった。これは、高温条件下ではPLAの分解率が低いためであると考えられる。

4)混合消化によるメタン発酵促進効果を検証することを目的として、PLAおよび生ごみを混合し、メタン発酵の基質として用いて実験を行った。その結果、混合消化を行うことによりPLAの生分解性の向上が見られた。消化日数60日においては、投入PLAの約半分が

メタンに転換された。

5)超高温処理を行うことにより、PLAの生分解性は混合消化を行った場合と比較してさらに向上した。PLAの大部分は超高温処理により乳酸に分解され、後段の高温消化においてメタン生成菌群により消費された。本研究で用いた2種類のPLAの最終的なメタン転換率は消化日数22日においてそれぞれ81.8%および77.0%であった。

次に、連続処理を行う際の基礎的な知見を得ることを目指して、組成がほぼ一定している人工生ごみを基質とした連続運転実験を行った。80で運転した超高温可溶化槽および55で運転したメタン発酵槽を組み合わせた連続運転を実施した。また対照系として55のメタン発酵槽のみの運転も行った。結果として、以下のような知見を得ることができた。

1) 80の超高温可溶化処理を導入した場合、PLA可溶化率を促進できることが分かった。

2) 超高温可溶化槽にアンモニアを添加することによってPLA可溶化率とメタン転換率の向上が見られた。

3) PLAと生ごみの混合消化を行うことで、PLAのみをメタン発酵した場合と比較して、メタン転換率の向上が見られた。

4) 処理の安定性においては高温可溶化槽を組み込んだM1+S1系およびM2+S2系が優れていた。COD基準のメタン転換率は70~80%程度であり、PLA濃度は5~10g/L程度まで低下し、コントロール系と比較して処理効率の優位性が見られた。さらにCST測定により、脱水性も向上することが分かった。

以上の成果から、超高温処理により、PLAが乳酸に効率的に分解され、メタンガス転換率が向上することが示された。また超高温可溶化槽を組み込んだ二段式嫌気性消化システムは、一槽式のシステムと比較してメタン転換率・COD除去率、PLA分解率およびメタン発酵汚泥の脱水性等が向上することが明らかとなった。超高温可溶化プロセスにより、有機性廃棄物のより効率的な活用、ひいては、温室効果ガス削減が期待できるものと考えられた。

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4件)

・Feng Wang, Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Jun Tsubota: Co-digestion of polylactide and kitchen garbage in hyperthermophilic and thermophilic continuous anaerobic process, *Bioresource Technology*, Vol.112, pp.67-74, 2012.

・F. Wang, T. Hidaka, T. Oishi, S. Osumi, J. Tsubota, H. Tsuno: Degradation characteristics of polylactide in thermophilic anaerobic digestion with hyperthermophilic solubilization condition, *Water Science and Technology*, Vol,64, No.11,

pp.2135-2142, 2011.

・Feng Wang, Hiroshi Tsuno, Taira Hidaka, Jun Tsubota: Promotion of polylactide degradation by ammonia under hyperthermophilic anaerobic conditions, *Bioresource Technology*, Vol. 102, Issue 21, pp.9933-9941, 2011.

・Feng WANG, Taira HIDAKA, Hiroshi TSUNO and Jun TSUBOTA: Biodegradation of polylactide under thermophilic and hyperthermophilic anaerobic digestion condition, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol, 67, No.7, pp.III_267-III_275, 2011.

[学会発表](計3件)

Feng WANG, Takumi OISHI, Taira HIDAKA, Fumitake NISHIMURA and Hiroshi TSUNO: Co-digestion of polylactide and kitchen garbage in continuous hyperthermophilic and thermophilic anaerobic process, 第14回日本水環境学会シンポジウム講演集, pp.144-145, 2011.

西村文武, 渡邊航介, 水野忠雄, 高部祐剛: コーヒー滓の高温メタン発酵における発酵阻害と阻害回避に関する研究, *環境衛生工学研究*, in press.

[図書](計0件)

[産業財産権]

○出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

西村 文武(京都大学・准教授)

研究者番号: 60283636

(2)研究分担者

津野 洋(大阪産業大学・教授)

研究者番号： 40026315

日高 平（土木研究所・主任研究員）

研究者番号： 30346093

(3)連携研究者
なし