

令和 4 年 6 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22006

研究課題名（和文）農工連携による離島漁村集落のオフグリッドに向けた炭素・窒素の島内循環への挑戦

研究課題名（英文）Challenge of resource circulation within a remote island community through collaboration of agriculture and engineering

研究代表者

大風 翼（Okaze, Tsubasa）

東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授

研究者番号：40709739

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、家庭で導入可能な、容量30Lの小型メタン発酵装置を開発した。この装置は、ホームセンターで購入した材料で簡単に構築することができる。また、種菌など身近で入手しやすい材料を用いて安定した発酵を確立した。室内実験においては、発酵槽内の混合は行っていないが、添加した生ごみのCODに対して、メタン生成効率は理論生産値の約60%となった。瀬戸内海の離島で屋外に設置した現地での性能評価試験では、冬季でも、発酵槽全体を断熱材で包むことで、小型のヒーターで発酵槽を加温し、発酵を維持することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したメタン発酵装置は、家庭に設置し維持管理できる大きさまで小型させたものである。さらに、装置は、容易に入手しやすい材料で作成されており、自作が可能な、簡易な仕組みにもなっている。我が国の農山漁村など、生ごみの処理に大きな搬送コストなどが必要な地域だけでなく、インフラから切り離された世界の様々な地域での、地域内での生ごみの処理、バイオガスの活用、消化液の農地への活用が期待でき、資源循環型社会の形成への貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, a micro anaerobic digestion system with a 30 L capacity was developed. The system was easily constructed using materials purchased from home improvement stores. In addition, stable fermentation was established using familiar, readily available materials such as seed microorganisms. In the laboratory test, although no mixing in the fermenter was carried out, the methane production efficiency was approximately 60% of the theoretical production value for the COD of the added food waste. In the outdoor experiment on an island in the Seto Inland Sea, by covering the whole fermenter with insulation, the fermentation could be maintained with a 200 W heater even during their winter season.

研究分野：都市・建築環境工学

キーワード：メタン発酵 生ごみ バイオガス 消化液 資源循環 農山漁村 小型化

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

循環型社会の形成のためには、ごみの削減、資源化は重要である。生ごみは、水分を多く含むため、その搬送等に大きなコストがかかり、都会から離れた山村や離島等では、コストがより大きくなる。また、現状、搬送された家庭系の生ごみの多くが、焼却の後、埋め立てられている。水分を多く含む生ごみの有効な資源化として、嫌気性メタン発酵がある。メタン発酵により、得られるバイオガスはメタンを多く含み、燃焼させることができるほか、消化液は液肥として活用可能である。現状、メタン発酵システムは、スケールが大きいほど効率がよいといわれており、大規模なプラントなどでの検討が中心であるが、50 L 以下の発酵槽の家庭に設置可能なスケールまでシステムを小型化できれば、地域や家庭規模での資源循環への活用が期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、都会から離れた山村や離島等での資源循環を念頭に、各家庭に導入可能な小型のメタン発酵による生ごみ等の処理システムを開発することである。システムは、様々な地域での自作による普及も期待し、ホームセンター等で購入可能な汎用部材を用いて構築することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 家庭用メタン発酵装置の開発

部材の加工などの専門的な知識が必要のなしに自作可能な装置の開発を目指し、発酵槽は基本的にホームセンター等で購入可能な汎用の塩ビ管と関連部材を用いて作成することを試みた。発酵槽の容量は、30 L 程度とし、単層とした。担体は黒炭を用いた。30~40℃ での中温発酵とし、装置はヒーターにより加温できるようにした。バイオガスは、脱硫後にアルミバッグ等で回収できるようにし、消化液は発酵槽の側面上方に設置したバルブより抜き取ることにした。メタン発酵は嫌気性発酵であるため、生ごみの投入時に、液面が空気に触れる面積を小さくするよう工夫した。

(2) 開発した装置の基本性能評価

開発した装置を安定した室温のもとでおよそ 1 か月程度稼働させ、生ごみの分解効率や発生したバイオガスの組成を分析した。発酵槽内の水温はサーモスタット付きヒーターで約 30℃ の一定に保った。生ごみは週に 4 回、毎回 300 g 程度投入した。ガス発生量については、100 L のアルミバッグが一杯になるまでの時間を計測し、その間の平均発生量とした。消化液は、週に一度、1~3 L 引き抜き、同量の水を加えた。発生したバイオガスは、アルミバッグを交換した際に一部を抽出し、ガスクロマトグラフを用いて、その組成を分析した。

(3) 離島での稼働試験

基本性能評価を行った装置を、瀬戸内海の島のひとつの家庭（香川県高松市）に設置し、現地での稼働試験を行うとともに、実用上の課題の抽出等も行った。生ごみの投入時に、臭いの拡散などが考えられることから、現地調査や数値流体解析などに基づき検討した。

4. 研究成果

(1) 開発したシステムの概要

本研究で開発した装置を図 1 に示す。性能評価にあたり槽内での各種作業の容易さを優先し、天板はフランジを塩ビ溶接により取り付け固定したが、図 2 に示すように汎用の塩ビキャップで代用可能であり、この場合、塩ビ溶接は不要である。



(1) 側面



(2) 上面

図 1 開発したメタン発酵装置



図2 装置の上蓋を汎用塩ビキャップによるものに付け替えた様子

(2) 基礎的性能把握のための室内実験

実験を行った1か月間中の消化液の水素イオン濃度は、pH7.4で安定していた。図3に分析期間毎の生ゴミ1kg(wet)あたりのメタン生産量(L/kg)を示す。期間によって多少ばらつきがあるものの、生ゴミ1kgあたり60~90(L/kg)程度メタンガスが生成されていた。1日あたりの発生量に換算するとバイオガスは、安定して10(L/日)程度生成されていた。図4に示す通り、発生したバイオガスのメタン濃度は50%以上を常に維持していた。生ごみを原料としたメタン発酵でのメタンの濃度は50~60%程度と報告されており、同様の結果が得られた。今回の期間を通しての生ゴミの投入量は5.244kg、平均COD値は、300.2(g/kg)であった。生ごみがすべて分解された際の1gCODあたりのガス発生量の理論値は0.35Lであることから収率は550L程度である。一方、バイオガスの発生量は372Lであったことから、平均生成効率は、約68%と計算される。

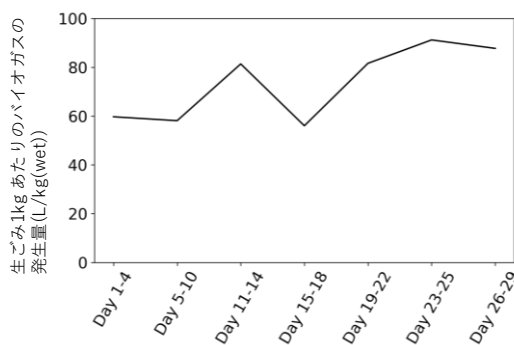


図3 生ゴミ1kgあたりのバイオガス発生量

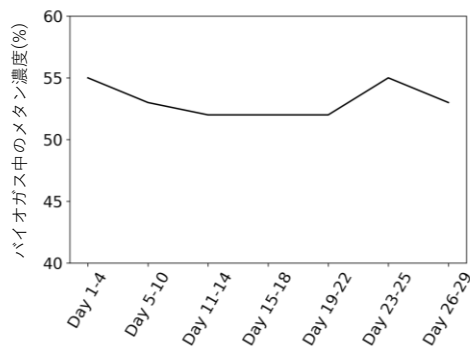


図4 発生したバイオガス中のメタン濃度

家庭より排出される1人当たりの一日の生ごみの量が200g程度といわれている。週に4回300gの生ごみを投入しているが、これは、1人暮らし、或いは、生ごみ排出を減らす努力をしている2人暮らしの規模の生ごみ排出量に相当すると考えられる。投入する生ごみは、粉碎、均一化すると分解の効率が上がると言われているが、家庭での粉碎の手間を考慮し、今回は主として、ゴミを直接投入した際の装置の性能を評価している。投入した生ごみは、図5に示すようなもので、COD計測時以外は、粉碎等を行わず、そのまま投入したが、変換効率が85%と高い値を示す期間もあった。また、得られた消化液は、電気伝導率が10~20mS/cm程度であり、10~20倍程度の希釈で、液肥として活用できることがわかった。



図5 投入した生ごみの例

(3) 離島での稼働試験

瀬戸内海の離島で稼働試験を行った結果、冬期の屋外でも、装置を断熱材で包むことにより、200W程度のヒーターで発酵が継続することを確認した。島内でのバイオガスの活用や消化液の畑地への利用に関して検討を行ったほか、装置の実用上の改善点についての知見を得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	多田 千佳 (Tada Chika) (30413892)	東北大学・農学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	米澤 千夏 (Yonezawa Chinatu) (60404844)	東北大学・農学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	川島 範久 (Kawashima Norihisa) (70738533)	明治大学・理工学部・専任講師 (32682)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関