

課題番号：3RF-2202

研究課題名：有機性廃棄物資源循環に資する木質由来炭素を活用したエネルギー変換システム

研究代表者名：中安 祐太（東北大学）

体系的番号：JPMEERF20223R02

重点課題：

主：【重点課題10】地域循環共生圏形成に資する廃棄物処理システムの構築に関する研究・技術開発

副：【重点課題12】社会構造の変化に対応した持続可能な廃棄物の適正処理の確保に関する研究・技術開発

行政ニーズ：

（3-1）2050年カーボンニュートラルに向けた浄化槽システムの転換方策の検討

（3-2）地域の有機性廃棄物を活用した脱炭素化に資する自立分散型エネルギーシステム構築

研究実施期間：2022年度～2024年度

【研究体制】

サブテーマ1

中安 祐太（東北大学）

大風 翼（東京工業大学）

梅津 将喜（東北大学）

サブテーマ2

阿部博弥（東北大学）

中安 祐太（東北大学）

梅津 将喜（東北大学）

1.研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究背景】

令和3年4月時点での、項目ごとの未利用バイオマスの発生量、現在の利用率、さらには、2030年の目標利用率を示す。この中で、農業分野において、すき込みを除く農作物非食用部、食品廃棄物の利用率の低さが目立つ。これらのうち、不可食部であり分離が難しい生ごみをメタン発酵させて資源として活用することは、エネルギー源としてメタンガスを利用できるだけでなく、液体肥料を農地に活用することができる。他方、下水道のバイオマスリサイクルの利用も、現在35%しか進んでおらず、これらの使用量を増大させていくことが重要である。汚泥と比較し、汚水はバイオマス濃度が薄く大量であるため、運搬およびエネルギー回収が困難である。したがって、汚水処理とエネルギー回収を合わせて行うことが現実的である。

【研究開発目的】

そこで、本研究の一つ目の目的は、家庭用の小型メタン発酵装置を地域で運用し、生ごみの処理とメタンガスおよび消化液の回収・利用を行うことである。また、二つ目の目的は、微生物代謝を利用して下水反応槽を分極する微生物燃料電池(Microbial fuel cell: MFC)によって、家庭内で下水処理と電力エネルギー創成の双方を達成することである。

さらに、林地残材を中心とした地域のバイオマス由来炭素を活用することで、林業の活性化も促し、地域内資源循環をさらに促進することも目的とする。

未利用バイオマスの利用率

バイオマスの種類	現在の年間発生量(万トン)	現在の利用率	2030年の目標
家畜排せつ物	約 8,000	約86%	約90%
下水汚泥	約 7,900	約75%	約85%
下水道バイオマスリサイクル	-	約35%	約50%
黒液	約 1,200	約100%	約100%
紙	約 2,500	約80%	約 85%
食品廃棄物等	約 2,400	約58%	約 63%
製材工場等残材	約 510	約98%	約 98%
建設発生木材	約 550	約96%	約 96%
農作物非食用部(すき込みを除く。)	約 1,200	約31%	約 45%
林地残材	約 970	約29%	約 33%以上

1.研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究目標（全体目標）】

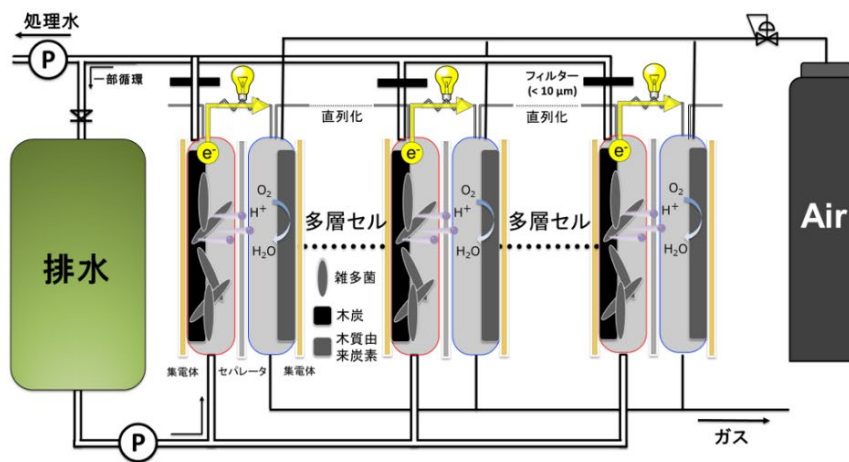
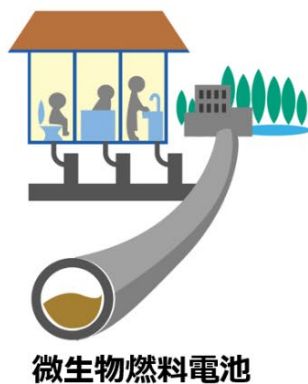
家庭内で小型メタン発酵システムを運用、および下水処理用微生物燃料電池の開発・導入を行い、メタンガス生成量、発電量、および汚泥の組成状態を明らかにする。

木質由来炭素を活用した有機性廃棄物のエネルギー変換システム

①家庭内生ごみ処理 CH_4



②家庭内下水処理



2. 研究目標の進捗状況

(1) 進捗状況に対する自己評価（サブテーマ1）

サブテーマ1：家庭用小型メタン発酵槽と木質炭を活用した有機性廃棄物のメタンガス変換

【サブテーマ1の研究目標】

直径:30 cm×高さ:50 cmの筒状の小型メタン発酵槽を9個作製する。1日300g程度の生ゴミを投入、1週間1.5 kgの生ゴミを入れ、一年を通して安定的にメタン濃度50%以上のバイオガスが一週間当たり、100 L発生することを目標とする。

【令和4年度研究計画】

装置設計・材料の発注を行い、小型メタン発酵装置を9個作製する。装置が完成した段階で、運用予備試験を実験室で行う。

【令和5年度研究計画】

代表者と地域住民とが連携し、日常の生ごみを投入してメタンガスの発生試験を行う。その際、投入量および投入品目を記録し、一週間当たりのガス発生量を研究代表者が回収を行い計測する。

【令和6年度研究計画】

一年間検証した後、改良すべきポイントをまとめ、フィードバックを行い、改良版メタン発酵槽の作製を行う。二年間通年で検証したあと、最終年度に家庭用メタン発酵装置の使用マニュアルを作成する。

【自己評価】 計画以上の進展がある

2. 研究目標の進捗状況

(1) 進捗状況に対する自己評価（サブテーマ2）

サブテーマ2：家庭用下水処理に資する白炭アノードと木質由来空気カソードを活用した5V級微生物燃料電池の開発

【サブテーマ2の研究目標】

アノード極に白炭、カソード極に種々の木質由来炭素材料を導入し、人工排水を用いて、1セル当たり1.2Vの微生物燃料電池を作製、さらに、5個直列につなげることで、5V以上の電圧が出ることを目標とする。さらに、家庭での実排水を用いて排水処理量および電圧値の評価を行う。

【令和4年度研究計画】

フタロシアニン鉄をカソードに用いて微生物燃料電池セルを作製する。このとき、人工排水を用いる。

【令和5年度研究計画】

窒素、硫黄、ホウ素などがドーピングされた木質由来の炭素材料を作製し、それを用いて微生物燃料電池セルを作製する。このとき、人工排水を用いる。さらに、電圧が1.2Vあることを確認する。

【令和6年度研究計画】

作製した単セルを直列につなげ、5V以上あることを確認する。その後、実排水を投入し、同様に5V以上電圧が出力するのかが確認する。

【自己評価】 計画以上の進展がある

4. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表 論文 (査読あり) : 2件

【サブテーマ1】

該当なし

【サブテーマ2】

1. Edwin Osebe Nyangau, Hiroya Abe, Yuta Nakayasu, Masaki Umetsu, Masaru Watanabe, Chika Tada, *Bioresource Technology Reports*, Iron azaphthalocyanine electrocatalysts for enhancing oxygen reduction reactions under neutral conditions and power density in microbial fuel cells, 23, 101565 (2023) (Bioresource Technology(IF:11.4)の姉妹紙, IFまだ無し)
2. Y. Nakayasu, *Adv. Energy Sust. Res.*, Toward the creation of energy storage and generation device materials promoting both the conservation and utilisation of local fuel forests, *under revision* (IF:5.8) 【予定】

(2) 口頭発表 (学会等) : 5件

【サブテーマ1】

1. 野村 俊介, 中安 祐太, 大風 翼, 梅津 将喜, 多田 千佳, 日本畜産環境学会第21回大会, 地域住民参加型の超小型メタン発酵装置を活用した資源循環 (2023)

【サブテーマ2】

1. Nyangau Edwin Osebe, Yuta Nakayasu, Masaru Watanabe, Chika Tada, Hiroya Abe, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第47回研究会(CHEMINAS47) (2023), Woody electrochemical cell for energy devices.
2. Edwin Osebe Nyangau, Hiroya Abe, Yuta Nakayasu, Masaki Umetsu, Masaru Watanabe and Chika Tada, The Water and Environment Technology Conference (2023), Microbial Fuel Cells using Iron-azaphthalocyanine Cathode towards Sustainable Wastewater Treatment.
3. Edwin Osebe Nyangau, Chie Ooka, Yuta Nakayasu, Hiroya Abe, Kazutoshi Haga and Masaru Watanabe, 令和 5 年度化学系学協会東北大会及び日本化学会東北支部80周年記念国際会議, Bio-derived Oxygen Reduction Reaction Catalyst Using a Two-Step Hydrothermal Carbonization Process 【予定】
4. Edwin Osebe Nyangau, Yuta Nakayasu, Chie Ooka, Hiroya Abe, Kazutoshi Haga and Masaru Watanabe, 化学工学会第54回秋季大会, Bio-derived Oxygen Reduction Reaction Catalyst Using a Two-Step Hydrothermal Carbonization 【予定】

(3) 知的財産権

「特に記載すべき事項はない。」

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施 : 2件

【サブテーマ1】

1. エコモーション百のやどでの常設(見学客合計100人以上) <https://www.chillnn.com/17fda43efaa2de>
2. Twitterでの活動の発信 <https://twitter.com/CH4inCommunity?s=20>

(5) マスコミ等への公表・報道等 : 1件

【サブテーマ1】

1. ミヤギテレビ OH! バンデス (2023年6月1日) (川崎町での取り組みの紹介)

(6) 本研究費の研究成果による受賞 : 1件

【サブテーマ1】

1. 日本畜産環境学会奨励賞, 野村 俊介, 中安 祐太, 大風 翼, 梅津 将喜, 多田 千佳, 地域住民参加型の超小型メタン発酵装置を活用した資源循環, 日本畜産環境学会第21回大会, 2023年6月17日

(7) その他の成果発表 : 1件

1. 住民同士のメタン発酵意見交換会が2月15日に行われた。