

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

研究区分 : 革新型研究開発（若手枠）

研究実施期間 : 2022（令和4）年度～2024（令和6）年度

課題番号 : 3RF-2202

体系的番号 : JPMEERF20223R02

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

Project Title : Energy Conversion System Using Wood-derived Carbons that Contribute to Organic Waste Resource Recycling

研究代表者 : 中安 祐太

研究代表機関 : 東北大学

研究分担機関 : 東京科学大学

キーワード : バイオマス、地域資源、メタン発酵、微生物燃料電池、ORR

注：研究機関等は研究実施期間中のものです。また、各機関の名称は本報告書作成時点のものです。

令和7（2025）年11月



目次

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書.....	1
研究課題情報.....	3
<基本情報>	3
<研究体制>	3
<研究経費>	4
<研究の全体概要図>	5
1. 研究成果.....	6
1. 1. 研究背景	6
1. 2. 研究目的	6
1. 3. 研究目標	6
1. 4. 研究内容・研究結果.....	7
1. 4. 1. 研究内容	7
サブテーマ 1	7
サブテーマ 2	7
1. 4. 2. 研究結果及び考察.....	7
1. 5. 研究成果及び自己評価.....	8
1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献.....	8
1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価.....	9
1. 6. 研究成果発表状況の概要.....	9
1. 6. 1. 研究成果発表の件数.....	9
1. 6. 2. 主要な研究成果発表.....	10
1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動.....	10
1. 7. 國際共同研究等の状況.....	10
1. 8. 研究者略歴	11
2. 研究成果発表の一覧.....	12
(1) 産業財産権	12
(2) 論文	12
(3) 著書	12
(4) 口頭発表・ポスター発表.....	12
(5) 「國民との科学・技術対話」の実施.....	14
(6) マスメディア等への公表・報道等.....	14
(7) 研究成果による受賞	14
(8) その他の成果発表	15
権利表示・義務記載.....	15

Abstract

研究課題情報

<基本情報>

研究区分 :	革新型研究開発（若手枠）
研究実施期間 :	2022（令和4）年度～2024（令和6）年度
研究領域 :	資源循環領域
重点課題 :	【重点課題 10】地域循環共生圏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 【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
課題番号 :	3RF-2202
体系的番号 :	JPMEERF20223R02
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 :	中安 祐太
研究代表機関 :	東北大学
研究分担機関 :	東京工業大学
研究協力機関 :	

<研究体制>

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」

<サブテーマリーダー (STL)、研究分担者、及び研究協力者>

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	東北大学	学際科学フロンティア研究所	助教	中安祐太	
分担者	東京科学大学	環境・社会理工学院	准教授	大風翼	
分担者	東北大学	環境科学研究科	助教	梅津将喜	
協力者	東北大学	農学研究科	准教授	多田千佳	
協力者	東北大学	流体科学研究所	准教授	鈴木杏奈	2023年4月～ 2025年3月
協力者	東北大学	学際科学フロンティア研究所	技術補佐員	野村俊介	2022年9月～ 2024年3月

所				
協力者	東北大学	学際科学フロンティア研究所	技術補佐員	中野雄登 2024年4月~ 2025年3月

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」

<サブテーママリーダー (STL)、研究分担者、及び研究協力者>

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	東北大学	学際科学フロンティア研究所	准教授	阿部博弥	
分担者	東北大学	学際科学フロンティア研究所	助教	中安祐太	
分担者	東北大学	環境科学研究科	助教	梅津将喜	
協力者	東北大学	学際科学フロンティア研究所	技術補佐員	Edwin Nyangau Osebe	2022年6月~ 2024年3月

<研究経費>

<研究課題全体の研究経費（円）>

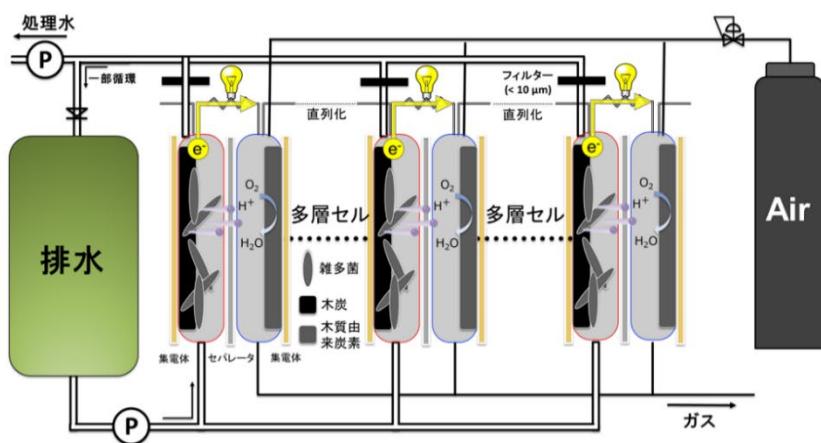
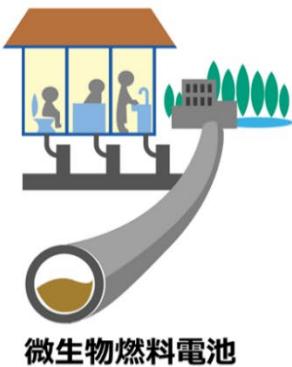
年度	直接経費	間接経費	経費合計	契約上限額
2022	3,909,462	1,172,838	5,083,000	5083000
2023	3,909,462	1,172,838	5,083,000	5083000
2024	3,909,462	1,172,838	5,083,000	5083000
全期間	11,728,385	3,518,515	15,249,000	15249000

<研究の全体概要図>

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



②家庭内下水処理



1. 研究成果

1. 1. 研究背景

2018年の日本では、約600万トンの可食部（いわゆる食品ロス）と約1930万トンの不可食部が廃棄物として処理されており、全体の約5割が肥料化・飼料化される一方で、約4割が焼却・埋め立てされている。焼却や埋め立てによる処理量の削減は、温室効果ガス（GHG）排出量およびエネルギー消費の抑制につながる。特に、不可食部で分離が難しい生ごみをメタン発酵させれば、メタンガスをエネルギー源として利用できるだけでなく、副生成物の液体肥料を農地に活用できる。

一方、下水処理・浄化技術の消費電力量は、国内総電力使用量の約0.7%（年間70億kWh）に相当し、これは100万kW級の原子力発電所1基の年間発電量に匹敵する。さらに、下水処理からは年間約223万トンの汚泥バイオマスが排出される。この下水に含まれる有機性バイオマスを電力換算すると、汚水由来で年間約120億kWh、汚泥由来で年間約40億kWhとなり、下水道部門の年間消費電力量を上回る潜在的バイオマスエネルギーを有している。しかし現状では、下水バイオマスからのエネルギー回収技術によって得られている発電量は、汚泥由来の年間約2億kWhにとどまる。特に汚水は、汚泥に比べバイオマス濃度が低く、量が膨大であるため、運搬やエネルギー回収が技術的に困難である。したがって、汚水処理とエネルギー回収を一体的に行う技術の確立が現実的かつ重要である。

1. 2. 研究目的

本研究の第一の目的は、家庭用小型メタン発酵装置を地域で運用し、生ごみを処理するとともに、生成されるメタンガスを回収・利用することである。第二の目的は、微生物代謝を利用して下水処理槽を分極させる微生物燃料電池（Microbial Fuel Cell: MFC）を用い、家庭内で下水処理と電力創成の双方を実現することである。

以上より、本研究の全体目標は、家庭内における生ごみおよび生活排水を低成本でメタンガスや電力へと変換し、廃棄物処理とエネルギー創成を同時に達成する技術を構築することである。

1. 3. 研究目標

<全体の研究目標>

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
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。

<サブテーマ1の研究目標>

サブテーマ1名	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実施機関	東北大学
サブテーマ1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。

<サブテーマ2の研究目標>

サブテーマ2名	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実施機関	東北大学

サブテーマ2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OCV1.2V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、OCV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。
----------	--

1. 4. 研究内容・研究結果

1. 4. 1. 研究内容

サブテーマ1.

研究分担者の東工大大風翼が材料の発注を行い、外注先に依頼し、小型メタン発酵槽の作製を依頼する。すでに、設計は終わっており作製・運用できる段階にある。これらを宮城県川崎町に所在する合同会社百に依頼し、8世帯分の家庭で二年以上運用実験を行う。その際、発生するバイオガスはガスバックで回収し定期的にGC分析を行い、組成を明らかにする。さらに、底に溜まった汚泥も定期的に中安がサンプリングを行い、研究分担者の東北大梅津将喜がメタン菌量について、realtime PCRで測定を行い、メタン菌の付着量とメタン生成速度との関係性について明らかにする。さらに、DNA抽出を行い、16S rRNAアンプリコンシーケンシングで同定を行い、どんな微生物が各炭に付着しているのかを明らかにする。運用中に出てきた問題点を装置作製にフィードバックし、大風は装置の修正を行う。

サブテーマ2.

研究分担者の東北大阿部が鉄フタロシアニン材料や木質由来炭素材料の作製を行う。5L級のプラスチックケースを用意し、下側にアノードとして杉の炭、セパレータとしてPVA、上側にカソードとして木質由来ORR材料を積層する。そして、下側に生活排水が流れるようにする。このとき、温度を35°Cで一定にする。現状、杉の白炭アノードとナラの白炭カソードで0.70Vの電圧が取れている。1セル当たり、1.2Vを目標として、それらを直列につなぎ、スマートフォンの充電可能な5Vを超えるデバイスを作製する。このとき、代表者が排水の流量をダイヤフラムポンプで調整を行い、処理の最大値を明らかにする。また、研究分担者の梅津将喜がメタン菌量について、realtime PCR、DNA抽出、16S rRNAアンプリコンシーケンシングで同定を行い、どんな微生物が各炭に付着しているのかを明らかにする。

1. 4. 2. 研究結果及び考察

課題全体

本研究課題は、地域レベルで有機性廃棄物をエネルギーに転換し循環利用する革新的システムを提案しており、学術的に大きな意義を持つ。従来、事業系の食品廃棄物は約7割が再資源化されている一方で、家庭から出る生ごみのリサイクル率は約20%にとどまっていた。本研究はこの未利用資源に着目し、家庭や地域で未活用のバイオマスをエネルギー源として活用する独創的な取り組みである。家庭廃棄物のメタン発酵と家庭用排水の微生物燃料電池を組み合わせ、固体・液体両方の廃棄物処理とエネルギー創出を統合的に達成しようとする点に高い独創性と学際性が認められる。特にバイオマス由来の炭素材料をこれらバイオエネルギー技術に活用する手法は新規性が高く、廃棄物処理技術に材料科学および地域資源管理の知見を融合した先導的研究といえる。小型メタン発酵システムおよび下水処理用微生物燃料電池(MFC)の開発・導入を実施した結果、全体として、地域家庭レベルでの生ごみ由来バイオガス生成および排水処理による発電を実証した(成果1、成果4、成果6)

サブテーマ1 (家庭用メタン発酵)

サブテーマ1では家庭用小型メタン発酵システムの開発と実証を行い、家庭から出る生ごみを現場でエネルギー化する可能性を示した点に学術的意義がある。オガス生成を記録し、3軒の家庭で1週間あたり1.5 kg投入・100 L生成・メタン濃度50%以上の安定条件を達成した(成果6, 27)。同時に、DNA解析・16S rRNAアンプリコンシーケンシング・realtime PCRを通じ、Methanosaerina属・Methanobacterium属の投入物依存性・群集構造の季節変動・安定化条件を明らかにし、現場データに基づく生態学的知見を得た(成果6, 27)。

さらに、住民参加型の社会実験において、シュミットの戦略的経験モジュール、ラッセル円環モデルを用いた分析により、装置に対する住民の行動変容・愛着形成・共創的運用の実態を把握し、社会実装に必要な条件を可視化した。

サブテーマ2 (MFC開発)

MFC開発では、カソードに鉄アザフタロシアニンを導入し、人工排水下で1セルあたり0.6 V以上(8セル追加で5V)、排水の処理効率(COD除去率80%以上)と電圧評価を行った(成果3, 7)。特に重要なのは、もみ殻

由来のFe-N-C触媒において非晶質シリカが活性点安定化に寄与し、従来の木質材料を超える性能が得られた点である（成果1, 2, 4, 28）。その結果、酸性下でPt/Cを超える耐久性、亜鉛空気電池応用で160 mW/cm²のピーク出力を記録する成果につながった（成果1, 2, 4, 28）。

これらの研究成果は、当初の技術目標を超え、学術的革新性・地域資源活用・社会的実装条件を一体的に解明することに成功し、今後の分散型エネルギー・システムの高度化と社会導入に向けた強固な基盤を提供するものである。

1. 5. 研究成果及び自己評価

1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献

<得られた研究成果の学術的意義>

サブテーマ1の家庭用小型メタン発酵装置による生ごみメタン化に関しては、従来の大規模集中型の生ごみ処理や施設依存型のメタン発酵に対して、家庭単位での分散型・低コストの資源循環を実現した点が革新的である（成果6, 27）。特に、住民が主体的に装置を運用し、投入物管理やトラブル対応まで含めて設計・分析対象としたことは、単なる工学的成果を超える独創的な取り組みである（成果6, 27）。サブテーマ1ではさらに、投入物の種類とメタン菌群集構造の関係性を実証現場から明らかにし、炭水化物系投入が水素資化性メタン菌の活性維持と高効率なメタン生成に寄与することを突き止めた（成果6, 27）。これは、現場の微生物動態を定量・定性両面から解明し、運用最適化に直接活用するという学際的先導性を示す成果である。

サブテーマ2の貴金属フリー微生物燃料電池（MFC）の開発（成果3）に関しては、従来のPt系触媒依存のMFC研究に対し、鉄アザフタロシアニン系分子触媒を用いて中性条件下でPtを凌駕する電力密度を達成した点が革新的である。さらに、バイライト・バイオマス・尿素から合成したFe-N-C触媒においてSi-O-Fe結合による低pH耐久性の飛躍的向上（成果1, 4）は、酸性環境下におけるFe-N-C系触媒の長期安定化というこれまでの学術的課題を克服し、燃料電池・空気電極分野のブレイクスルーとなった。さらに、これらの材料群を応用した亜鉛空気電池（ZAB）では、従来のPt/C系触媒を超える160 mW/cm²の高出力密度を達成し、実用的デバイスレベルでの応用可能性を実証した（成果1, 2, 4）。MFCとZABという異なる電気化学デバイスへの横断的展開は、触媒設計と材料科学における発展性を力強く示すものであり、将来の分散型エネルギー技術全体に大きな波及効果を持つ。

全体として、本研究は、家庭・地域単位の資源循環技術を軸に、材料化学・微生物工学・社会学的分析を融合し、技術と社会の共進化モデルを確立した。従来不可能とされてきた課題を打ち破り、理論・実証・応用・社会実装を一体化させた先導的研究であり、学術界・産業界・政策分野に大きなインパクトを与える。特に、脱炭素社会の構築、地方分散型エネルギー供給、地域資源活用といった社会課題に、強い貢献が期待される成果群である。

<環境政策等へ既に貢献した研究成果>

課題全体

特に記載する事項はない。現時点では本研究成果は環境行政や関連産業への直接的な実用化には至っていない。

サブテーマ1（家庭用メタン発酵）

特に記載する事項はない。開発した家庭用メタン発酵システムは現在実証段階であり、行政施策や企業による導入事例はまだない。

サブテーマ2（MFC開発）

特に記載する事項はない。提案されたMFC技術は研究段階にあり、環境政策や産業界での具体的活用事例は報告されていない。

<環境政策等へ貢献することが見込まれる研究成果>

本研究は、家庭単位での生ごみ・生活排水由来の分散型エネルギー変換システムを確立し、環境政策、産業、社会にわたる多面的な貢献の道筋を描き出した。サブテーマ1では、家庭用小型メタン発酵装置を地域に設置し、地域住民が投入物管理、トラブル対応、データ収集に主体的に関与するという、技術と社会が共進化する分散型資源循環モデルを構築した。これは、温室効果ガス排出削減、再生可能エネルギーの地産地消、地域循環共生圏（ローカル・サーキュラー・エコノミー）の具体化に直結し、自治体の温暖化対策・再エネ導入計画を推進する極めて実践的な技術モデルとなる。

特に重要なのは、地域のレジリエンス向上に資する点である。中央集権的なエネルギー・廃棄物処理システムは、大規模災害やシステム障害時に全体停止のリスクを抱える。対して、本研究のような家庭・地

域単位の分散型技術は、災害時にも局所的にエネルギー供給や廃棄物処理を継続可能とし、地域コミュニティの自律性・危機耐性を飛躍的に高める。住民が日常的に運用を担うことで、技術が単なる装置にとどまらず、地域の「生活知」と結びつき、いざという時に活用できるレジリエンス資源として機能する。

サブテーマ2では、従来Pt系触媒に依存してきた微生物燃料電池（MFC）や亜鉛空気電池（ZAB）の基盤材料を、貴金属フリー・高耐久・高性能なFe-N-C触媒に置き換えることに成功した。特に、酸性条件下でのSi-O-Fe結合による耐久性向上は、燃料電池・空気電極分野の学術的ブレイクスルーであり、電気化学デバイスの低コスト化・長寿命化を一気に推進する。この成果は大手企業が主導する貴金属触媒市場への「対抗」ではなく、「共創」の道を開くものであり、企業と連携しながら新たな商業用MFC・ZAB製品群の開発・社会実装を行うことで、環境産業の革新と市場創出に寄与する。

これらの成果は、国内政策への貢献だけにとどまらない。IPCC提言に基づく2050年ネットゼロ目標、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の長期目標、SDGsのエネルギー・資源循環関連目標（特に目標7、12、13）に対し、日本発の独自技術として国際的な貢献力を有する。また、電力・廃棄物管理インフラが未整備な開発途上国において、持続可能な発展を支える分散型ソリューションとして輸出・展開可能であり、国際共同研究・技術移転を通じた環境外交の強化も期待される。

今後は、実証フィールドで得られたデータと技術改良をもとに、自治体・産業界・国際機関との連携を深化させ、まずは国内で地域実装モデルを展開していく計画である。総じて本研究は、学術的革新、技術的実証、社会的実装、産業的共創、政策的提案の全てを貫き、地域のレジリエンス強化と国際的な持続可能な社会構築に実質的な貢献を果たす「共創型の先導的研究」である。単なる研究成果にとどまらず、社会・産業・政策の現場で広がり、地域の脱炭素化、災害対応力強化、経済的波及効果を生み出し続ける未来志向の成果群である。

1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価

<全体達成状況の自己評価> ······ 2. 目標を上回る成果をあげた

<サブテーマ1 達成状況の自己評価> ······ 2. 目標を上回る成果をあげた

<サブテーマ2 達成状況の自己評価> ······ 2. 目標を上回る成果をあげた

1. 6. 研究成果発表状況の概要

1. 6. 1. 研究成果発表の件数

成果発表の種別	件数
産業財産権	2
査読付き論文	2
査読無し論文	0
著書	0
「国民との科学・技術対話」の実施	5
口頭発表・ポスター発表	13
マスコミ等への公表・報道等	4
成果による受賞	3

1. 6. 2. 主要な研究成果発表

成果番号	主要な研究成果発表 (「研究成果発表の一覧」から10件まで抜粋)
1	特許出願 PCT/JP2025/010845 特開W02025/216028
2	特願2025-169810
3	E. O. Nyangau, H. Abe*, Y. Nakayasu*, M. Umetsu, M. Watanabe, C. Tada, Bioresource Technology Reports 2023, 23, 101565. 鉄アザフタロシニンをカソードに利用したMFC
4	E. O. Nyangau, H. Abe, K. Haga, C. Ooka, K. Hayashida, N. Nagamura, K. Takeyasu, M. Watanabe, Y. Nakayasu*, J. Power Sources, 2025, 653, 237784. 高性能かつ高耐久性を持つバイオマス由来カソード
19	住民との意見交換会(メタンパーティー)②
23	テレビ放映/N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)
25	もみ殻から燃料電池触媒 東北大、白金代替で環境負荷減 NIKKEI GX 2025年9月3日
26	里山資源、燃料電池部材に／東北大・中安助教、もみ殻から触媒 電気新聞 2025年10月14日
27	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
28	Best oral presentation student award, High activity Fe-N-C-Si oxygen reduction reaction catalyst synthesised from rice husk and mining waste, 10th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng2024) ○Edwin Osebe NYANGAU, Yuta NAKAYASU, Hiroya ABE, Chie OOKA, Kazutoshi HAGA, Masaru WATANABE

注：この欄の成果番号は「研究成果発表の一覧」と共通です。

1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動

本研究課題での成果普及活動は、合計で26件行った。そのうち、特に重要なもののとしては、地域住民を対象とした「メタンパーティー」の開催や、テレビ番組による特集報道、学会・シンポジウムにおける成果発表が挙げられる。宮城県川崎町で開催された「メタンパーティー」は、住民参加型の科学・技術対話の場として機能し、家庭用小型メタン発酵装置の運用経験を共有し合うことで、技術の単なる説明を超え、地域内の行動変容とコミュニティ形成を促進する効果を持った。

また、地方メディアで研究成果が取り上げられることやXでの発信によって、地域外の一般市民や行政関係者にも本研究の意義が広く伝わり、分散型エネルギーシステムの必要性や、住民主体の取り組みの重要性に対する社会的理解が進んだ。さらに、国内外の学会・シンポジウムにおける発表・議論を通じ、アカデミアおよび産業界との接点が広がり、共同研究や産業実装に向けたネットワークの構築が加速している。

今後は、このメタン発酵の取り組みを町内で引き続き続けていくとともに、仙台市内の公共施設でも部分的に展示が行われている。これらの普及活動の経験を生かし、より多様なステークホルダーを対象とした公開ワークショップや市民向け講座の開催、政策提言を兼ねた成果報告会を通じて、研究成果を社会に一層浸透させる計画である。

1. 7. 国際共同研究等の状況

<国際共同研究の概要>

国際共同研究を実施していない。

<相手機関・国・地域名>

機関名（正式名称）	(本部所在地等の) 国・地域名

注：国・地域名は公的な表記に準じます。

1. 8. 研究者略歴

<研究者（研究代表者及びサブテーマリーダー）略歴>

研究者氏名	略歴（学歴、学位、経歴、現職、研究テーマ等）
中安祐太	研究代表者及びサブテーマ1リーダー 東北大学大学院環境科学研究科博士後期課程修了 博士（環境科学） 東北大学多元物質科学研究所助教を経て、 現在、東北大学学際科学フロンティア研究所助教 専門は材料プロセス工学、研究テーマはバイオマス由来炭素材料の電極応用
阿部博弥	サブテーマ2リーダー 東北大学大学院環境科学研究科博士後期課程修了 博士（学術） 東北大学材料科学高等研究所助手を経て、 現在、東北大学学際科学フロンティア研究所准教授 主に電気化学・高分子化学を基盤に研究

2. 研究成果発表の一覧

注：この項目の成果番号は通し番号です。

(1) 産業財産権

成果番号	出願年月日	発明者	出願者	名称	出願以降の番号
1	2024年3月19日	中安祐太、エドウイン ニヤンガウ オセベ、阿部博弥、渡邊賢	国立大学法人東北大学	酸素還元反応触媒の製造方法および酸素還元反応触媒	特開W02025/216028
2	2025年10月8日	中安祐太、エドウイン ニヤンガウ オセベ、阿部博弥、渡邊賢	国立大学法人東北大学	酸素発生反応および酸素還元反応触媒の製造方法、ならびに、酸素発生反応および酸素還元反応触媒弹性波デバイス	特願2025-169810

(2) 論文

<論文>

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
3	2023	E. O. Nyangau, H. Abe*, Y. Nakayasu*, M. Umetsu, M. Watanabe, C. Tada, Bioresource Technology Reports 2023, 23, 101565. 鉄アザフタロシニンをカソードに利用したMFC	2	有
4	2025	E. O. Nyangau, H. Abe, K. Haga, C. Ooka, K. Hayashida, N. Nagamura, K. Takeyasu, M. Watanabe, Y. Nakayasu*, J. Power Sources, 2025, 653, 237784. 高性能かつ高耐久性を持つバイオマス由来カソード	2	有

(3) 著書

<著書>

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
該当なし			

(4) 口頭発表・ポスター発表

<口頭発表・ポスター発表>

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
5	2023	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	無
6	2023	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 ○野村 俊介, 中安 祐太, 大風 翼, 梅津 将喜, 多田 千佳	1	無
7	2023	Edwin Osebe Nyangau, Hiroya Abe, Yuta Nakayasu, Masaki Umetsu, Masaru Watanabe and	2	無

		Chika Tada, The Water and Environment Technology Conference (2023), Microbial Fuel Cells using Iron-azaphthalocyanine Cathode towards Sustainable Wastewater Treatment.		
8	2023	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	2	無
9	2023	Nyangau Edwin Osebe, 中安祐太, 大岡千恵, 阿部博弥, 芳賀一寿, 渡邊賢, 化学工学会第54回秋季大会, Biomass-derived Oxygen Reduction Reaction Catalyst by Two-Step Hydrothermal Carbonization	2	無
10	2024	バイオ炭も入れた里山資源の活用と持続可能なコミュニティづくり 中安祐太 バイオ炭公開セミナー「バイオ炭の新たな利活用を求めて」 2024年7月10日 立命館大学日本バイオ炭研究センター／日本バイオ炭コンソーシアム	1	招待
11	2024	High activity Fe-N-C-Si oxygen reduction reaction catalyst synthesized from rice husk and mining waste Edwin Osebe NYANGAU, Yuta NAKAYASU, Hiroya ABE, Chie OOKA, Kazutoshi HAGA, Masaru WATANABE 10th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng24) 2024年8月21日	2	有
12	2024	Fe-N-C-Si universal pH ORR catalyst synthesized from unused environmental resources via hydrothermal doping and carbonization Nyangau Edwin Osebe, 中安祐太, 阿部博弥, 武安光太郎, 林田健志, 芳賀一寿, 大岡千恵, 渡邊賢 化学工学会第55回秋季大会 2024年9月11日	2	無
13	2024	もみ殻, 鉱石, 尿素から作る高活性な酸素還元反応触媒 中安祐太, エドウィン ニヤンガウ オセベ, 阿部博弥, 大岡千恵, 芳賀一寿, 渡邊賢 第22回日本炭化学会研究発表会 2024年9月20日	2	無
14	2024	High Activity pH-Universal Oxygen Reduction Reaction Catalyst: Tri-Doped Porous Carbon Material Derived from Agricultural and Mining Wastes Edwin Osebe Nyangau, Yuta Nakayasu, Hiroya Abe, Chie Ooka, Kazutoshi Haga, Masaru Watanabe PRIME 2024 2024年10月8日	2	有
15	2024	Fe-N-C ORR catalysts with high durability derived from rice husk through hydrothermal carbonization	2	無

		Nyangau Edwin, 中安 祐太, 武安 光太郎, 阿部 博弥, 林田 健志, 芳賀 一寿, 渡邊 賢 第51回炭素材料学会年会 2024年11月27日		
16	2025	Energy Devices Based on Diverse Biomass-Derived Carbon Electrodes Yuta Nakayasu The 2nd International Workshop on Fundamental and Applied Research of Novel Nanocarbon Derivatives 2025年5月30日	2	招待
17	2025	Binary Fe-Co Sites on Biomass-Derived Carbon for Bifunctional ORR/OER in Metal-Air Batteries Edwin Osebe NYANGAU, Hiroya ABE, Masaru WATANABE, Yuta NAKAYASU The 7th International Symposium on Innovative Materials and Processes in Energy Systems 2025年10月29日	2	無

(5) 「国民との科学・技術対話」の実施

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
18	2022	住民との意見交換会(メタンパーティ)①	1
19	2023	住民との意見交換会(メタンパーティ)②	1
20	2023	住民との意見交換会(メタンパーティ)③	1
21	2024	住民との意見交換会(メタンパーティ)④	1
22	2024	住民との意見交換会(成果発表会)⑤	1

(6) マスメディア等への公表・報道等

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
23	2023	N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)	1
24	2025	東北大など、もみ殻で燃料電池触媒 白金上回る耐久性 NIKKEI Tech Foresight 2025年7月17日	2
25	2025	もみ殻から燃料電池触媒 東北大、白金代替で環境負荷減 NIKKEI GX 2025年9月3日	2
26	2025	里山資源、燃料電池部材に／東北大・中安助教、もみ殻から触媒 電気新聞 2025年10月14日	2

(7) 研究成果による受賞

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
27	2023	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	1
28	2024	Best oral presentation student award, High activity Fe-N-C-Si oxygen reduction reaction catalyst synthesised from rice husk and mining waste, 10th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng2024) ○Edwin Osebe NYANGAU, Yuta NAKAYASU, Hiroya ABE, Chie OOKA, Kazutoshi HAGA, Masaru WATANABE	2

29	2025	The Most Excellent Poster Award, Binary Fe-Co Sites on Biomass-Derived Carbon for Bifunctional ORR/OER in Metal-Air Batteries, The 7th International Symposium on Innovative Materials and Processes in Energy Systems ○Edwin Osebe NYANGAU, Hiroya ABE, Masaru WATANABE, Yuta NAKAYASU	2
----	------	--	---

(8) その他の成果発表

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
30	2022-2024	Xでの投稿	1
31	2022-2024	宿泊施設でのゲストへの説明	1

権利表示・義務記載

特に記載する事項は無い。

この研究成果報告書の文責は、研究課題に代表者又は分担者として参画した研究者にあります。
 この研究成果報告書の著作権は、引用部分及び独立行政法人環境再生保全機構（ERCA）のロゴマークを除いて、原則的に著作者に属します。
 ERCAは、この文書の複製及び公衆送信について許諾されています。

Abstract**[Project Information]**

Project Title :	Energy Conversion System Using Wood-derived Carbons that Contribute to Organic Waste Resource Recycling
Project Number :	JPMEERF20223R02
Project Period (FY) :	2022-2024
Principal Investigator :	Yuta Nakayasu
(PI ORCID) :	ORCID0000-0003-2744-099X
Principal Institution :	Tohoku University Sendai City, Miyagi, JAPAN Tel: +81227955872 E-mail: nakayasu@tohoku.ac.jp
Cooperated by :	Institute of Science Tokyo
Keywords :	Biomass, Local resources, Methane fermentation, Microbial fuel cells, ORR

[Abstract]

This study examines an integrated system that couples household-scale anaerobic digestion (methane fermentation) with microbial fuel cells (MFCs) that employ biomass-derived carbon materials, with the goal of advancing sustainable local resource utilization and decentralized energy generation. By relying on locally sourced biomass—including white charcoal and biochar produced from agricultural residues and wood—the study outlines a pathway to reduce dependence on fossil-based or imported carbon materials, strengthen regional resource circularity, and mitigate environmental impacts.

Subtheme 1. Small-scale anaerobic digesters were installed across multiple households within a local community. These units convert organic wastes, primarily food waste, into biogas (methane) via microbial digestion. This study emphasized not only gas recovery but also community-based participatory operation: residents engaged directly in routine maintenance, monitoring, and incremental innovation, fostering ownership and experiential learning. The digestate by-product was used both as a soil amendment and as an experimental anode material in MFCs, thereby assessing its multifunctional potential. Although the recovered biogas does not yet meet total household energy demand, it offsets a portion of fossil gas use (e.g., for water heating) and thus provides a practical entry point for integrating decentralized renewable energy.

Subtheme 2. MFCs utilizing synthetic wastewater as the substrate and biomass-derived carbon electrodes were developed. By harnessing the metabolic activity of microorganisms, these cells generate electricity while simultaneously providing partial wastewater treatment. Despite historically low power densities in MFCs, recent advances in electrode materials—such as biochar-based cathodes and materials that enhance the oxygen reduction reaction (ORR)—show considerable

promise. This study investigates performance characteristics and the principal factors influencing power output, operational stability, and scalability under conditions approximating real-world deployment.

Beyond technological performance, the study highlights the importance of social acceptance, alignment with environmental policy, and regulatory clarity. It calls for interministerial coordination (e.g., the Ministry of the Environment; the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries; and the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) to clarify the classification of these systems as "circular resources" and to embed them within future sustainability strategies. The findings also point to educational benefits and the accrual of social capital stemming from community engagement, indicating that the successful deployment of small-scale, locally integrated energy technologies depends not only on engineering innovation but also on social learning and cooperative practice. Collectively, the results suggest a promising model for decentralized, biomass-based energy systems aligned with Japan's broader decarbonization and regional revitalization goals.

[References]

- Nyangau EO, Abe H, Nakayasu Y, et al. (2023) Iron azaphthalocyanine electrocatalysts for enhancing oxygen reduction reactions under neutral conditions and power density in microbial fuel cells. *Bioresource technology reports* 23(101565). Elsevier BV: 101565.
- Nyangau EO, Abe H, et al. (2025) High activity pH-universal oxygen reduction reaction catalyst: Tri-doped porous carbon material derived from agricultural and mining wastes. *Journal of Power Sources* 653(237784). Elsevier BV: 237784

This research was performed by the Environment Research and Technology Development Fund (JPMEERF20223R02) of the Environmental Restoration and Conservation Agency provided by Ministry of the Environment of Japan.