

研究課題番号	3RF-2202
研究領域名	資源循環領域
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（所属機関名）	中安祐太（東北大学）
研究実施期間	2022年度～2024年度
研究キーワード	バイオマス、地域資源、メタン発酵、微生物燃料電池、ORR

研究概要、研究成果等

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(図1)。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。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。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、パイライト・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結合可能性の提示による低pH耐久性の飛躍的向上は、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(図2)。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。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。



図1 サブテーマ1の概要図

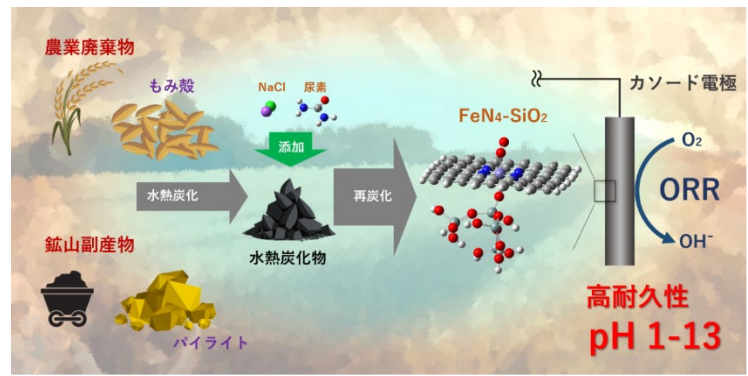


図2 バイオマス由来ORR電極触媒の概要図

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。

環境政策等への貢献

- 家庭用小型メタン発酵と住民参加型運用により、生ごみの資源化・再エネの地産地消・地域循環共生圏の具体化を同時に実現し、自治体の温暖化対策・再エネ導入計画の実装を加速する。
- Pt依存からFe-N-C触媒への転換により低コスト・高耐久な電気化学デバイスの社会実装と環境産業の市場創出を促し、産業政策と連動した脱炭素化の推進に資する。