

【課題名】 食品加工残渣を活用したRE100分散電源に関する技術開発(委託)

【代表者】株式会社日立製作所 石川 敬郎

【実施年度】令和3～令和4年度(令和5年3月終了)

(1) 技術開発・実証の概要

①【課題の概要・目的】

カーボンニュートラルな分散電源の実現に向け、有機廃棄物をバイオ燃料化するとともに、低コストで応答性に優れた発電システムを開発し、2025年に低コストで運用できるRE100オンサイト発電システムパッケージを実用化させる。

②【技術開発・実証の内容と成果】

○重要な開発要素

本課題において重要となる開発要素は、発酵・分離プロセスと発電システムである。発酵分離プロセスは、多様な食品加工廃棄物からエタノール燃料を低コストで製造し、発電システムは発酵で製造した低濃度エタノールを燃料に発電をおこなう。これらの製造したエタノール燃料を高効率で運用するエンジン開発を推進する。最終的には燃料製造から発電までのシステムパッケージを試作し運転実証を行う。

(実用化レベルに2024年到達見込)

A1. 【高温発酵分離プロセス】

糖質やでんぷん質を多く含む食品加工廃棄物を低コストで燃料に変換するプロセスを開発する。具体的には、42°Cの高温発酵と減圧分離プロセスを複合化した高温発酵分離プロセスを開発する。食品加工廃棄物から発電に必要な最低濃度である7wt%以上の発酵液を製造するとともに、同時に生成エタノールを分離回収濃縮して発酵時のエタノール飽和を回避しエタノール収率を上げるとともに、発電機の始動に必要な80wt%以上のエタノール水を回収する。また、発酵残渣の成分を分析し、飼料・肥料へ活用する。

A2. 【低濃度エタノールSOFC発電】

ペーパー触媒(PSC)を内蔵させた、改質一体型SOFCを試作する。エンジン排ガスを利用して高温化した燃料とスタックのジュール熱で自立運転可能なホットモジュール現行品を改良し試作する。また、PSC内蔵で薄い燃料でも発電可能なPSC内蔵スタック構造を検討し、純水素仕様5kW機をベースに発電システムを試作する。

その他の開発要素:

発酵液からエタノール燃料蒸気を回収するとともに、発酵残渣を乾燥し有価物を回収できる発酵液気化器を試作し、燃料と有価物の同時回収装置を設計する。

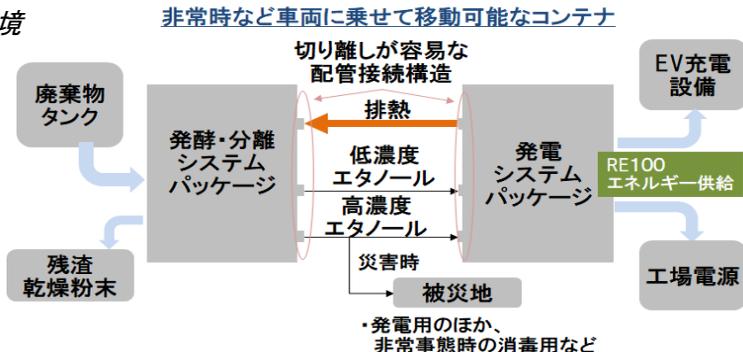
B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

中古自動車を改良したエンジン発電機を試作し、燃料組成変動に対応できる日立AIエンジン制御を実装しSOFCと連携した発電実証を行う。また、要素開発により検証した発酵分離プロセスや発酵液気化器を導入し、工場廃棄物からの燃料製造と発電を行いデータを取得し、¥30/kWh以下の発電コストの成立を検証する。

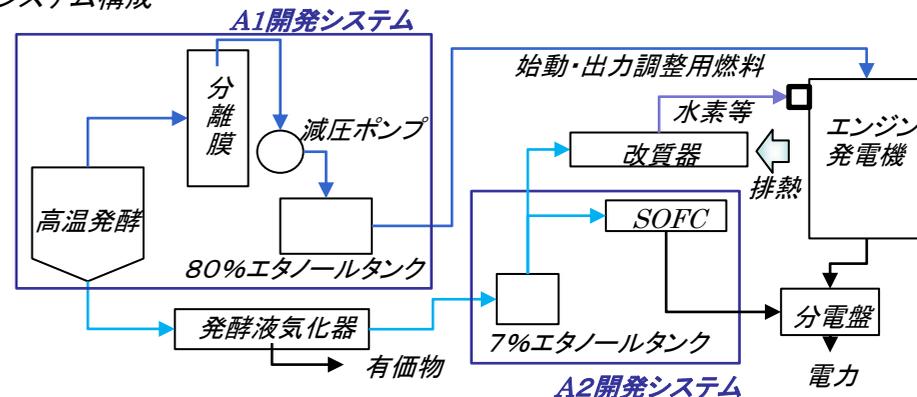
③【システム構成】

本技術開発では、食品加工廃棄物を利用して低コストで運用可能な発電システムを開発する。食品加工廃棄物を発酵させ得たエタノール水から水素を製造し、高効率に発電するシステムにより工場や移動体などへRE100の電力を供給する

・システム環境



・システム構成



④【開発・実証成果のまとめ】

○開発・実証の目標及び達成状況:

- ・ 300L発酵槽で廃棄物160kgからエタノール20kg製造。収率12.5%を確認
- ・ 中古自動車を改良した発電機とSOFCを組み合わせ45kWの出力を確認
- ・ 設備価格¥7200万、発電単価¥30/kWhで5年程度での回収見込みを得た。

○想定ユーザ・利用価値

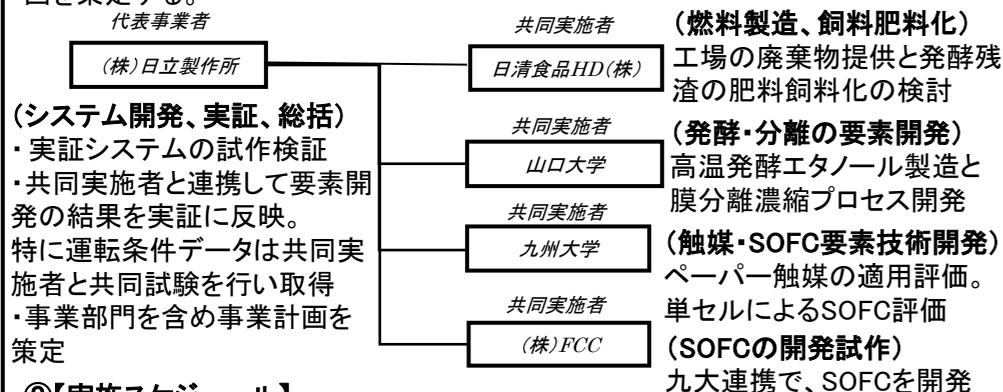
想定ユーザー: 食品加工メーカー

利用価値: 低コストな分散電源で、RE100電力を給電する。¥30/kWh以下

(2) 技術開発・実証の実施内容

①【実施体制】

(株)日立製作所が代表者として開発・実証について統括する。山口大学、九州大学は、それぞれ実績のある内容で、山口大学が廃棄物からの高温発酵分離プロセスを、九州大学は(株)FCCと連携し、ペーパー触媒(PSC)と内部改質型SOFCによる発電システムの要素開発を担当する。実証試験と事業計画は日清食品HD(株)が廃棄物を提供し、(株)日立製作所に試作機を導入して試験を実施し事業計画を策定する。



②【実施スケジュール】

A1は、麺くず、菓子くず、飲料廃棄物などから燃料を製造するとともに、発酵液から一部分離膜を用いて高濃度のエタノールを回収する。A2は、エタノール水を用いた改質一体型SOFC(5kW機改造)を試作し運転する。B、Cは、発酵分離、発酵液気化器、発電機を設置して、A1、A2の運転条件をもとに全体運転方法を設定して実証試験を実施するとともに事業計画を検討して事業化ロードマップを策定する。

	2021年度	2022年度
A1 高温発酵分離プロセス		
	16,176千円	15,404千円
A2 低濃度エタノールSOFC		
	21,665千円	44,330千円
B,Cシステム統合・実証		
	42,518千円	26,298千円
その他経費・管理費	2,896千円	3,366千円
合計	83,254千円	86,603千円

③【成果発表状況】

- ・ Hitachi European INNOVATION FORUM(COP26 Principal Partnerとしてイギリスグラスゴーで開催2021/11/5 本実証事業の取り組みを紹介 (株)日立製作所
- ・ グローバル・コンパクト・ネットワーク・ジャパン 2021年10月22日(金)「日清食品グループの脱炭素取組」日清食品HD(株)
- ・ ENEX 東京ビックサイト 2023年 2/1~2/3 (株)エフ・シー・シー

(3) CO2削減効果の評価

【提案時当初計画】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	207t-CO2/台			
開発品(装置/システム)の耐用年数	10年			
年度	2024	2023	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.04	0.01	1.20	20.70
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.4	0.6	12	207
CO2削減コスト(円/t-CO2)	26,600	26,600	24,200	21,800

【本資料作成時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	207t-CO2/台			
開発品(装置/システム)の耐用年数	10年			
年度	2024	2025	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.04	0.01	1.20	20.70
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.4	0.6	12	207
CO2削減コスト(円/t-CO2)	34,800	34,800	33,800	33,800

(4)事業化について

【事業化計画】

(株)日立製作所では、事業終了後に再エネシステム運用プラットフォームを構築して事業化を目指す。燃料製造装置や発電機については、製造メーカーと連携し、製造販売支援を実施。

- ・2024年までに、補助事業または自社開発費用で実証を完了させシステム仕様を確定させ実用化
- ・2025年までに、発電機の低コスト化を進め販売拡大を目指す。
- ・2030年を目処に関連企業の販売ネットワークを構築しグローバルに事業化推進

○事業化の体制

- 事業とりまとめは(株)日立製作所で行い、設備等は協力企業と連携
- ・発電システム:東京電機(株)、乾燥・分離システム:活水プラント(株)
 - ・全体制御システム(株)日立製作所

○事業展開における普及の見込み

食品加工工場において、従来都市ガス発電設備の導入計画を、産業廃棄物を利用した発電システムにすることで、廃棄物処理費用とCO₂削減の両立を推進する。

- ・食品廃棄物量2760万トン(2018年度 環境省データ)想定事業規模:100億円/年
- ・導入コスト目標:160万円/kW(燃料製造設備+発電設備):使用年数10年
(従来品の価格:40万円/kW 都市ガス発電設備のみ)
- ・運用コスト目標:酵素酵母、保守費等¥200万/年、廃棄物処理費削減¥800万/年
(従来品:年間都市ガス燃料費¥470万)
- ・製品単純回収年数:5年程度

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】

年度	2024	2025	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	2	1	20	100
目標累積販売台数(台)	2	3	60	1,000
目標販売価格(円/台)	55,000,000	55,000,000	50,000,000	45,000,000

【本資料作成時点見込み】

年度	2024 (販売開始年度を記載)	2025	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	2	1	20	100
目標累積販売台数(台)	2	3	60	1,000
目標販売価格(円/台)	72,000,000	72,000,000	70,000,000	70,000,000

○量産化・販売計画

- ・2024年までに、食品加工工場用の自家発電システムを完成させるとともに、EV急速充電設備や再生可能エネルギー連携グリッドへ適用範囲を拡大
- ・2026年度までに発電機仕様や制御ソフトをシステムパッケージ化して、自動車整備工場等と連携。開発したソフトを活用しIoTプラットフォーム(PF)を構築。
- ・2030年までに、エタノール、メタン、水素など多様なバイオ燃料を利用可能なRE100電源とし事業拡大を図るとともに、EU研究開発拠点を活用して海外展開を推進。

○事業拡大シナリオ

年度	2023	2024	2026	2030 (最終目標)
適用範囲の拡大		工場電源		
汎用化PF構築		実証・検証 データ収集・解析	システムパッケージ化 PF構築	
多様な燃料への対応		食品加工廃棄物 エタノール	食品廃棄物 エタノール・メタン	再エネ 水素
海外への事業展開			EU拠点連携・開拓	EU アジア

○事業化におけるリスク(課題・障害)とその対策

- ・事業範囲の拡大のためのシステム実証、データ収集・解析
- ・SOFCの低コスト化
- ・カーボンネガティブに向けたバイオ排出CO₂の回収利用技術開発
- ・酒税法に基づく税金義務付けの要件緩和 等

○情報発信の実績

- ・ Hitachi European INNOVATION FORUM (COP26 Principal Partnerとして
イギリス グラスゴーで開催)11/5 本実証事業の取り組みを紹介 (株)日立製作所
- ・ グローバル・コンパクト・ネットワーク・ジャパン 10月22日(金)「日清食品グループの脱炭素取組」日清食品HD(株)
- ・ 日刊工業新聞の取材対応 10月18日 取材の中で本開発実証事業の内容を紹介。後日新聞掲載予定。 山口大学
- ・ 国際シンポジウムThe 19th Young Scientist Seminar, “Establishment of International Research Network for Bioresources and Their Utilization” 11月26-27日 山口大
- ・ 化学工学会第53回秋季大会 2022年9月14-16日 山口大学
- ・ ENEX 東京ビックサイト(オンライン展示会でも掲載予定) 2/1~2/3 (株)エフ・シー・シー
- ・ タイ カセサート大学創立80周年記念アカデミックフォーラムにて基調講演 2023年2月2日 山口大
- ・ 第5回 ジャパン・エナジー・サミット 2/28~3/2 (株)エフ・シー・シー
- ・ 13th International Congress on Membranes and Membranes Process(ICOM 2023) 7月9~14日 山口大

○ロビー活動の実績

グローバル・コンパクト・ネットワーク・ジャパン 第4回環境経営分科会	2021年 10月22日 (金)
WWFジャパン	2021年 11月15日 (月)
(株)野村総合研究所 (茨城県カーボンニュートラル技術実証推進事業委託業務に係るヒアリング)	2021年 11月17日 (水)
林野庁 森林整備部計画課、林政部木材利用課	2021年 12月1日 (水)
主婦連合会	2022年 12月15日 (水)
全国消費者団体連絡会	2022年 12月15日 (水)
全国地域婦人団体連絡協議会	2022年 12月22日 (水)
経済産業省資源エネルギー庁新エネルギーシステム課	2022年 2月17日 (木)
(公財) 産業廃棄物処理事業振興財団 資源循環推進部 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社	2022年 2月25日 (金)
環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物規制課	
農林水産省 水野総括審議官 農林水産省 新事業・食品産業政策課 ファイナンス室	2022年 3月4日 (金)
農林水産省 大臣官房 新事業・食品産業部 食品製造課 食品企業行動室 ESG関連業務担当	2022年 4月25日 (月)
食品産業センター環境委員会	2022年 7月12日 (火)
イオンWRI 10×20×20×30イニシアチブ 食ロス削減に向けた個別ヒアリング イオン(株)商品戦略部、イオン(株)環境・社会貢献部、イオントップバリュ(株)、イオン商品調達(株)	2022年 9月7日 (水)

※今後も各所に情報発信し、技術開発及びシステムの普及活動を継続していく。

事後評価結果

評価点 6. 1点 (10点満点中。(10点:特に優れている、8点:優れている、6点:問題ない、4点:多少問題がある、2点:大きな問題がある))

評価コメント

[評価される点]

- ・ 要素技術開発及びシステムの実証試験は目標を概ね達成し、また大手食品メーカーがシステム導入を検討している点は評価できる。

[今後の課題]

- ・ 500時間程度のSOFCの耐久性評価を実施しているが、長時間の運転を目指す事業化には不十分である。SOFC触媒の耐久性を検証するためには、硫黄成分を人為的に添加する加速劣化試験や更なる長時間連続運転の実施が望まれる。
- ・ エタノール発酵時に副生する有機酸はSOFC触媒の劣化の一因である。雑菌による有機酸生成を抑制する発酵条件の検討が望まれる。また、実用化には高価な高温耐熱性酵母の繰り返し利用を図り、使用する食品廃棄物からの雑菌汚染を防ぐ方策の検討が望まれる。
- ・ 本事業では各要素技術を個別に実証しているが、事業化を前提にして発酵槽からのエタノール膜分離プロセス、エンジン発電機及びSOFC発電システムを統合したシステムとしての実証試験の実施が望まれる。

[事業化に向けたコメント]

- ・ 発電コスト30円/kWhは太陽光発電と比較すると高く、このままではRE100電源として展開するのが難しい。エンジン発電機の43kWと比べると設備が高価なSOFCの出力は3.3kWと小規模であることから、調達先の状況を踏まえたSOFC発電システム構成を検討することが望ましい。