

スマートコミュニティの実現に向けた環境配慮エネルギー・循環システムの構築に関する研究

研究代表者 小野田 弘士
(環境・エネルギー研究科 教授)

1. 研究課題

環境配慮型社会の実現に向けて、自立・分散型エネルギーシステム、資源循環システム、次世代モビリティシステム等を導入したスマートコミュニティの構築が国内外で注目されている。本研究では、地域・産学官等との強固なネットワークを活用し、下記のサブテーマを設定することにより、その実現に向けたアプローチを行うことを目的としている。

- ・再生可能エネルギーを導入した自立・分散型エネルギーの構築に向けた技術・評価手法の開発
- ・安全・安心な資源循環システムの高度化に向けた検討
- ・次世代モビリティシステムとしての超軽量小型モビリティ ULV (Ultra Lightweight Vehicle) の開発と実証

2. 主な研究成果

(1) 再生可能エネルギーを導入した自立・分散型エネルギーの構築に向けた技術・評価手法の開発

① 太陽熱・地中熱複合利用システム

埼玉県本庄市における新幹線・本庄早稻田駅の北側街区におけるまちづくり事業と連携し、本庄スマートエネルギータウンプロジェクトを展開してきた。大規模ショッピングモールの一角に立地する飲食店3店舗の共有熱源として、太陽熱・地中熱の複合利用システムを整備した(図1)。太陽熱の冷房利用を目的とした吸着式冷凍機を導入しており、2015年4月より本格稼働している。2018年7月夏期の猛暑により、空調システムのトラブルが発生したが、その要因分析とシステムの改善提案を行った。また、類似のシステムを導入した千葉県酒々井町の福祉施設においても実測データの取得と評価を行った。これらの知見を相模原市、唐津市等の他地域へ展開する。

② 中小規模のバイオマスのエネルギー転換技術の評価

東南アジア各国におけるバイオマス利活用を推進する JST / e-ASIA 共同研究プログラム「東アジアにおけるバイオマスエネルギーの社会実装に関わる実現可能性調査」の一環として、電化率が低いミャンマーを重点連携対象国と位置づけ、現地ニーズに立脚した自立・分散型エネルギーシステムの構築を支援する国際共同研究に着手した。バイオマスのエネルギー転換技術に関する TRA (Technology Readiness Assessment) の試行、現地で未利用となっている籾殻のトレフアクションに関する実験的検討(図2)、ミャンマーの無電化地域の現地調査等を実施した。プロジェクトの最終年度となる次年度に向けての基礎的な情報を整備した。

(2) 安全・安心な資源循環システムの高度化に向けた検討

① MBT (Mechanical Biological Treatment) システムの社会実装に向けた検討

人口減少社会を見据えた静脈インフラの在り方を考察すべく、MBT (Mechanical Biological

Treatment) システムの社会実装に向けた環境負荷・社会コスト削減効果等を定量評価が可能な手法を構築した。具体的には、ごみ処理施設と下水処理施設の連携モデルを実例に基づき、6 パターンに体系化し、それらに基づく環境性・経済性評価を可能なデータベースを構築した。

② 「廃棄物処理・リサイクル IoT 導入促進協議会」における取り組み

廃棄物処理・リサイクル分野におけるイノベーションの促進、循環型社会・低炭素社会に向けた政策提言を行うことを目的とした「廃棄物処理・リサイクル IoT 導入促進協議会」における活動が活発化している。協議会内に設置された「低炭素化 WG」を通じて、環境省の地域循環共生圏等の政策と連動したフラッグシッププロジェクトを創出に向けた検討を継続的に実施した。



図 1 本庄スマートエネルギータウンにおける太陽熱・地中熱複合熱源システム



図 2 過熱水蒸気法によるトレファクション試験装置

(3) 次世代モビリティシステムとしての超軽量小型モビリティ ULV (Ultra Lightweight Vehicle)の
開発と実証

超軽量小型モビリティ ULV は、省エネルギー性を追求した競技用車両をベースに、早稲田大学の永田勝也・小野田弘士研究室で開発された一人乗りのコンセプトカーである。「自転車以上自動車未満」をコンセプトに、必要最低限の機能を付加するという考え方で開発を行ってきた。

ULV のコンセプトのひとつである Multi - PM(Multi Prime Mover)の拡張の一環として、空気エンジンの搭載を検討している(図 3)。本年度は、従来のプロトタイプの圧縮空気エンジンの比較対象として、市販のロータリーエアモータ(図 4)の性能試験および ULV への搭載を検討し、シャシーダイナモでの走行試験を実施した(図 5)。次年度以降に駆動系の改善を行い、さらなる性能改善を図る予定である。



図 3 超軽量小型モビリティ ULV



図 4 ロータリーベーン式エアモータ



図 5 シャシーダイナモによる走行試験

3. 共同研究者

南川秀樹	環境総合研究センター・客員上級研究員(研究院客員教授)
内藤克彦	環境総合研究センター・客員上級研究員
村元康	グローバルエデュケーションセンター・客員教授
永井祐二	環境総合研究センター・主任研究員(研究院准教授)
胡浩	環境総合研究センター・客員主任研究員

4. 研究業績

4.1 学術論文

(査読付)

- (1) HU, H., ZHAO, R., OMURA, K., & ONODA, H., Development of a Municipal Waste Management System from Environmental and Economic Evaluation Perspectives: A Best Available System Methodology, Technologies and Eco-innovation towards Sustainability II, 81-97, 2019
- (2) (Scopus) Kenta Omura, Pandyaswargo Andante Hadi and Onoda Hiroshi, LCCO₂ of coal co-firing with imported torrefied woody biomass in Japan, E3S Web of Conferences, 74 (03001), 1-8, 2018
- (3) Ruixi ZHAO, Masakuni WATAKI, Daiki YOSHITOME, Andante Hadi PANDYASWARGO, Hao HU, Hiroshi ONODA, Technical Assessment of a Hybrid Solar-geothermal System Including Adsorption Refrigerator for Energy Supply to Restaurants in Smart City, American Journal of Civil Engineering and Architecture, 6 (5), 199-205, 2018
- (4) Ruixi Zhao, Junichi Tabe, and Hiroshi Onoda, Development of A Method for Estimating Local Tourism Transportation-Induced Energy Consumption and CO₂Emissions, Modern Environmental Science and Engineering, 4 (6), 487-498, 2018
- (5) 小林溪太, 寺本洋次郎, 塩田真吾, 小野田弘士, コミュニケーションロボットを活用した教育方法の体系的整理と学習効果の検討ーGiver 型と Receiver 型の比較を通してー, コンピュータ & エデュケーション, 44, 79-84, 2018
(査読なし)
- (6) 胡浩, 権田樹, 小野田弘士, 還元溶融プロセスによる焼却灰からの金属回収システムの評価, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 365-366, 2018
- (7) 中野建太郎, 井口琢朗, 永井祐二, 小野田弘士, 永田勝也, 豊島廃棄物等処理事業における環境性・経済性の評価, JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (8) 清水道悦, 中嶋崇史, 小野田弘士, 自動車の解体プロセスにおけるリユース部品生産率の実態把握, JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (9) 中嶋崇史, 清水道悦, 小野田弘士, 自動車解体業者におけるリユース部品販売の実態把握, JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (10) 宮原樹, 大村健太, 小野田弘士, 中小規模木質バイオマスガス化発電システムの実測評価, JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (11) 大村健太, 小川凱也, 宮城拓哉, 早瀬和生, 小野田弘士, トレフアクションによる木質バイオマスの石炭混焼プロセスの LCCO₂, JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (12) Ruixi ZHAO, Zeshi WANG, Hao HU, Hiroshi ONODA, Current Situation Analysis of Waste Management in China and Recommendation to Introduce Methane Fermentation Technology, JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (13) 長谷川貴彦, 小野田弘士, 太陽光発電設備のリサイクルシステムのあり方に関する研究 (埼玉県近郊における太陽光発電パネルの排出量予測とそれに基づくリサイクルシステムの提案), JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018, 2018
- (14) 胡浩, 青野泰典, 佐藤義和, 小野田弘士, 中国における製鋼煙灰資源循環システムの構築

に向けた検討（現地実態調査と事業化に向けた課題），JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018，2018

- (15) 友成一暉，八木勝也，小野田弘士，圧縮空気エンジン搭載小型モビリティの開発と性能評価，JSME 第 28 回環境工学総合シンポジウム 2018 講演論文集，2018

4.2 総説・解説記事

- (1) 小野田弘士，自動車リサイクルの質の向上に向けた取り組みの現状と課題，えねるみくす，98 (1)，78-82，2019
- (2) 小野田弘士，廃棄物・リサイクル分野における IoT 活用の可能性～低炭素化に向けた取り組みを中心として～，33 (5)，13-19，INDUST，2018
- (3) 土井麻記子，中石一弘，小野田弘士，廃棄物処理・リサイクル分野における情報技術活用プラットフォーム構築について，廃棄物資源循環学会誌，29 (3)，209-213，2018
- (4) 小野田弘士，廃棄物・リサイクル分野における IoT 活用の可能性～安全・安心への対応策を中心として～，58，9-12，電気ガラス，2018
- (5) 小野田弘士，スマートコミュニティと水素エネルギーの可能性，燃料電池，17 (4)，2018

4.3 招待講演

以下，研究代表者（小野田弘士）の主たるものを抜粋する。

- (1) 小野田弘士，基調講演「地域エネルギービジネスの現状と方向性」，新たな地域活性化を実現する地域エネルギー構想セミナー（唐津市，早稲田大学），2019.02.20
- (2) 小野田弘士，「廃棄物処理・リサイクルのシステム構築が社会に及ぼす影響について」，The Workshop Program on Waste Management for Costa Rica（経済産業省），2019.02.18
- (3) 小野田弘士，「地域循環共生圏による地域産業の活性化に向けて」，シンポジウム「資源循環から考える地域での SDGs の実現-エコタウンから地域循環共生圏へ-（環境省），2019.02.13
- (4) 小野田弘士，「地域への新たな価値創出と施設整備へのアプローチ」，廃棄物資源循環学会セミナー，地域に新たな価値を創出する廃棄物処理施設（廃棄物資源循環学会），2019.01.31
- (5) 小野田弘士，基調講演「廃棄物エネルギーの利活用に係る推進の意義等について」，平成 30 年度廃棄物エネルギーの地域での利活用促進に関する説明会（環境省），2018.11.22
- (6) 小野田弘士，基調講演「AI・IoT の活用と資源循環」，第 17 回産業廃棄物と環境を考える全国大会（全国産業資源循環連合会，日本産業廃棄物処理振興センター，産業廃棄物処理事業振興財団），2018.11.16
- (7) 小野田弘士，「エネルギー問題の動向と地域に求められる対応」，平成 30 年度荒川区職員ビジネスカレッジ（荒川区），2018.11.01
- (8) 小野田弘士，基調講演「地域循環共生圏による地域産業の活性化に向けて」，たからの環ワークショップ～地域循環共生圏の形成に向けて～in 三重（環境省），2018.09.27
- (9) 小野田弘士，基調講演「地域エネルギービジネスの現状と展望」，再生可能エネルギー導入促進セミナー（九州経済産業局），2018.09.27
- (10) 小野田弘士，第 1 回相模原 PPP/PFI 地域プラットフォーム設置記念フォーラム（相模原市），「公民連携による地域エネルギー事業の可能性」，2018.09.11
- (11) 小野田弘士，「自動車リサイクルの質の向上に向けた取り組みの現状と課題～ASR 処理を中心として～」，日本エネルギー学会 [リサイクル・バイオマス・ガス化] 三部会（RGB）シン

ポジウム『持続可能性社会構築に向けた資源循環技術、バイオマス利用技術の最新動向』（日本エネルギー学会／リサイクル部会・バイオマス部会・ガス化部会），2018.07.04

- (12) 小野田弘士，「廃棄物処理・リサイクル分野における IoT・AI の活用可能性について」，2018NEW 環境展記念セミナー「廃棄物分野への AI・IoT 導入と省人・省力・技術革新」（日報ビジネス），2018.05.25
- (13) 小野田弘士，「低炭素社会・次世代自動車を巡る政策動向と自動車リサイクルへの影響～国内外の最近の話題から～」，世界的 EV シフトと次世代自動車がりサイクル&レアメタル業界へ与えるインパクト～アジア圏と電池材料の先端動向にフォーカスした特別セミナー～（新社会システム総合研究所），2018.05.24
- (14) 小野田弘士，「廃棄物処理・リサイクル分野における IoT・AI の活用可能性について」，フォーラム環境塾・環境技術講座（第 18 期）（フォーラム環境塾），2018. 05.16
- (15) 小野田弘士，循環型社会・低炭素社会に向けた政策動向からみた環境・エネルギー分野の技術開発の在り方，第 31 回環境工学連合講演会講演論文集，65-68，2018

4.4 受賞・表彰

なし

4.5 学会および社会的活動

以下，研究代表者（小野田弘士）の主たるものを抜粋する．

- (1) 日本機械学会環境工学部門 第 2 技術委員会（委員）
- (2) 廃棄物処理・リサイクル IoT 導入促進協議会（副会長）
- (3) 内閣府・地域活性化伝道師
- (4) 公益財団法人本庄早稲田国際リサーチパーク（参与）
- (5) 環境省「CCUS の早期社会実装会議～実証事業の到達点と今後の道筋～」（委員）
- (6) 一般財団法人日本総合研究所「ジェロントロジーに関する体系的研究会」（研究会メンバー）
- (7) 国土交通省「まち・住まい・交通の地域エネルギー・環境に配慮した モデル構想策定支援事業タスクフォース」（委員）
- (8) 経済産業省我が国循環経済構築に向けた調査「循環経済ビジョン研究会」（委員）
- (9) 環境省・平成 30 年度再生可能エネルギーに関するゾニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務（外部アドバイザー）
- (10) 環境省・平成 30 年度廃棄物エネルギー利活用計画策定調査検討会（委員）
- (11) 環境省・平成 30 年度廃棄物処理等に関わる中長期行動指針等策定業務（委員）
- (12) 公益財団法人廃棄物・3R 研究財団・MBT（メタン発酵＋SRF 製造）システムの中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収に関する調査」検討会（委員）
- (13) 宮城県・再生可能エネルギー等・省エネルギー促進審議会委員（委員）
- (14) 岡崎市・市政アドバイザー
- (15) 敦賀市・「敦賀市調和型水素社会形成計画」にかかる意見交換会（委員）
- (16) 荒川区・荒川区清掃審議会（委員）
- (17) 新宿区・リサイクル清掃審議会（副会長）
- (18) 中央区・環境行動計画推進委員会（委員）
- (19) 横浜市・廃棄物減量化・資源化等推進審議会（委員）

- (20) 産業廃棄物適正管理能力検定検討委員会（委員）
- (21) 相模原商工会議所・スマートコミュニティ調査研究特別委員会（アドバイザー）
- (22) 浜松市・スマートプロジェクトマスタープラン策定業務「中区スマートプロジェクト実施計画策定検討委員会」（座長）

5. 研究活動の課題と展望

- (1) 再生可能エネルギーを導入した自立・分散型エネルギーの構築に向けた技術・評価手法の開発
太陽熱，地中熱利用を複合利用した熱源システムは，福祉施設等への水平展開が実現できている．これらに加え，木質バイオマスや下水汚泥由来のバイオガスを熱源としたシステムの実測を随時，拡張予定である．これらを含めた実測データ体系化を図ることにより，新規の計画に活用できるデータ基盤を整備する．また，VPP(Virtual Power Plant)やエネルギー貯蔵等を含めたスマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメントシステムの高度化に向けた検討を行う．具体的には，公共施設の更新や大規模開発案件が計画されている相模原市や「唐津スマートレジリエンス拠点構築事業」が進展している唐津市等がターゲットとなる．さらに，ミャンマーやインドネシア等の海外の無電化地域におけるエネルギー需要を定量的に把握し，それに対応した自立・分散型エネルギーシステムの検討に着手する．
- (2) 安全・安心な資源循環システムの高度化に向けた検討
2016 年度に，産学官連携のプラットフォームとして，廃棄物処理・リサイクル IoT 導入促進協議会を発足した．これまで検討してきた食品リサイクルや労働安全分野において，IoT を活用することにより，低炭素効果やリスク低減効果等が期待できる．同協議会と連携することにより，新たな研究展開を継続的に模索する．
- (3) 次世代モビリティシステムとしての超軽量小型モビリティ ULV (Ultra Lightweight Vehicle)の開発と実証
空気エンジンの設計改善およびその搭載車両の開発を継続して行う．さらに，「地産地活」やスマートコミュニティにおける新たなモビリティサービスのビジネスモデルを検討することを目的に，MaaS (Mobility as a Service)の考え方を導入し，部分自動運転や地域におけるモビリティシステムの設計支援手法の開発を検討する．具体的には，愛知県岡崎市や埼玉県秩父市をモデルケースとして，ULV の自動運転の実証事業の企画・立案を行う．