

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。現在、運転実績に基づく実測評価を継続的に実施しており、それに基づく性能評価および需要予測手法の構築を行った。また、同様のシステムを千葉県酒々井町における福祉施設への導入を支援し、水平展開を図った。今後は、両者のデータを比較・検討し、手法の高度化を図る。

② 中小規模のバイオマスのエネルギー転換技術の評価

木質バイオマスの熱分解プロセスに焦点を充てた技術・システム評価を実施している。長野県飯田市における360kW級の中小規模木質バイオマスガス化発電の実測データに基づく評価を継続して実施した。年間を通じた稼働実績等を明らかにした。また、国内のバイオマス利活用のみならず、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」が採択され、連携を強化している。とりわけ、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(図2)。

(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 食品系バイオマスを対象としたバイオガス化実証事業

本庄市の下水処理施設において、食品系バイオマスのメタン発酵による実証事業(処理規模:1t/D)

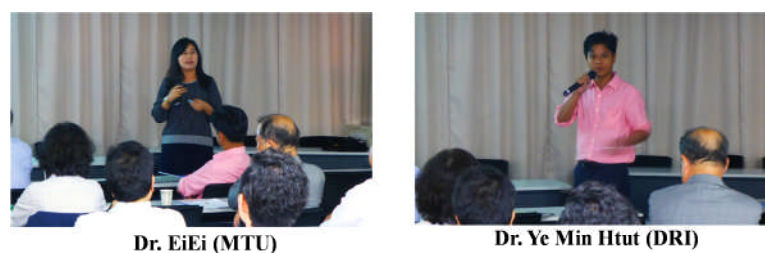
を 2015 年度に実施した。負荷が高い排水処理プロセスにおいて、下水処理施設を活用する「官民連携」、廃プラ等の残渣を地域のセメント工場で石炭代替燃料として有効利用する「産業間連携」を特徴としている。本モデルをベースとし、埼玉県や福島県・会津若松市等への事業化に向けた検討を行った。次年度以降は、人口減少社会を見据えた静脈インフラの在り方を考察すべく、MBT (Mechanical Biological Treatment) システムの社会実装に向けた環境負荷・社会コスト縮減効果等を定量化することを試みる。

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、地域循環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する計画である。



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



- “Only 34% of the total population had access to electricity in 2014”(by Dr.EiEi)
 - Rural electrification(2030-100%) (by Dr. Ye Min Htut)
- ↓
- Investigation of scenario for electrification(2030-100%)
 - Design of independent / distributed (isolated) energy system network (small and medium sized; including Connection of a large system)
 - Biomass is one of the powerful RE.

図 2 日本-ミャンマー ワークショップ (2017 年 8 月 3 日, 早稲田大学)

(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)。具体的には、空気エンジンの 3D モデルを作成し(図 4)、CFD により、圧縮空気の供給系統、圧縮空気エンジン内部の損失を可視化した。さらに、本学情報生産システム研究科・大貝研究室との連携により、部分自動運転対応の ULV の開発に着手した。当研究グループでは、新たに製作した試験用車両の走行基本性能を把握した(図 5)。



図 3 空気エンジン搭載車両

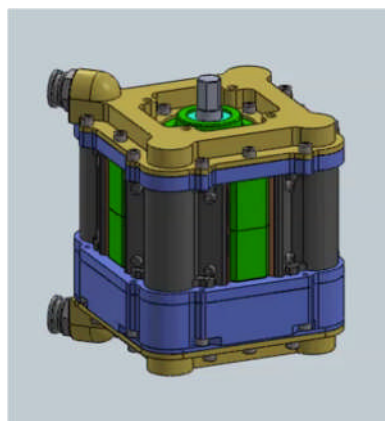


図 4 空気エンジンの 3D モデル



図 5 部分自動運転用 ULV の試作

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
清水康	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
中嶋崇史	環境総合研究センター・客員次席研究員

4. 研究業績

4.1 学術論文

- (1) 八木勝也, 松浦加奈, 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 27 回環境工学総合シンポジウム 2017 講演論文集, 2017
- (2) 上瀧将邦, 小野田弘士, 中小飲食店街における再生可能エネルギー熱利用システムの実測評価 (吸着式冷凍機を含む太陽熱・地中熱利用型空調・給湯システムを例に), JSME 第 27 回環境工学総合シンポジウム 2017 講演論文集, 2017
- (3) Ruixi ZHAO, Hao HU, Zeshi WANG, Ryota TSUBOUCHI, Kenta OMURA, Motoyuki OKADA, Hiroshi ONODA, Economic and environmental assessment of waste biomass recycling system in Aizuwakamatsu city, The 28th Annual Conference of JSMCWM, 503-504, 2017
- (4) Hao HU, Ruixi ZHAO, Kenta OMURA, Hiroshi ONODA, Development of a municipal waste management system from environmental and economic evaluation perspectives : A best available system methodology, Proceedings of EcoDesign 2017 International Symposium, 2017
- (5) Ruixi Zhao, Junichi Tabe, Hiroshi Onoda, Development of an Estimation Method of Energy Consumption and CO2 Emissions for Regional Travel Transportation, The Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment (ACSEE2017), 2017

4.2 総説・著書

- (1) 小野田弘士, 失敗から学ぶ「早稲田式」地域エネルギービジネス, エネルギーフォーラム, 2017
- (2) 2050 年戦略研究会 (内藤克彦他), 2050 年戦略 モノづくり産業への提案-エネルギー, 環境, 社会インフラから考える未来予想図, 化学工業日報社, 2017
- (3) 小野田弘士, 官民連携・産業間連携による食品系廃棄物のバイオガス化実証事業, 月刊下水道 Vol.41 No.5, 19-25, 2018
- (4) 小野田弘士, モビリティシステムの社会受容性, 高速道路と自動車, Vol.61 No.2, 13, 2018
- (5) 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～, 電気ガラス, 58 号, 9-12, 2018
- (6) 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, Vol.17 No.4, 33-37, 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, 中国の第 13 次 5 カ年計画における自動車リサイクル政策の推進と日中協力シンポジウム, 招待講演「日本における自動車リサイクル制度の成果と経験, 中国への示唆」, 一般社団法人環境政策対話研究所, 2017.3.7
- (2) 小野田弘士, 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 (関西)、「廃棄物エネルギーの利活用に係る推進の意義について」, 環境省, 2017.2.19
- (3) 小野田弘士, 荒川区職員ビジネスカレッジ「エネルギー問題の見方と地域に求められる対応」, 東京都荒川区, 2017.12.7
- (4) 小野田弘士, 日本廃棄物コンサルタント協会技術セミナー, 「廃棄物処理・リサイクル分野にお

ける IoT の活用の可能性」, 日本廃棄物コンサルタント協会, 2017.11.29

- (5) 小野田弘士, 電気硝子工業会第 48 回技術セミナー, 「廃棄物処理・リサイクル分野における IoT の活用の可能性」, 電気硝子工業会, 2017.11.21
- (6) 小野田弘士, 地域エネルギーと水素の利活用セミナー, 基調講演「再生可能エネルギー等を活用した地域エネルギーシステムについて」, 唐津市, 2017.11.14
- (7) 小野田弘士, 平成 29 年度分散型エネルギー関連政策立案研修, 「地域新電力の可能性」, 経済産業省・資源エネルギー庁, 2017.11.1
- (8) 小野田弘士, IoT・AI (人工知能) に係る勉強会, 「廃棄物処理・リサイクル分野における IoT の活用の可能性」, 埼玉県・資源循環工場事業者協議会事務局, 2017.10.24
- (9) 小野田弘士, 「次世代水上交通システムによる低炭素社会の実現」『スマートシティの実現と舟運による活性化』, 基調講演「スマートシティの実現に向けて～地域エネルギービジネスの可能性～」, 一般財団法人電池推進船普及研究財団, 2017.10.10
- (10) 小野田弘士, 水素・再生可能エネルギー導入セミナー, 基調講演「再生可能エネルギーを活用した地域エネルギーシステムに関する動向」, 鹿児島県, 2017.10.5

4.4 受賞・表彰

- (1) 『環境工学総合シンポジウム研究奨励表彰』; 八木勝也, 松浦加奈, 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 27 回環境工学総合シンポジウム 2017 講演論文集, 2017

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) 公益財団法人本庄早稲田国際リサーチパーク, 本庄早稲田オープンイノベーションネットワーク, 環境・エリアマネジメント研究部会 (部会長)
- (4) 内閣府・地域活性化伝道師
- (5) 平成 29 年度低炭素型の行動変容を促す情報発信 (ナッジ) による家庭等の自発的対策推進事業～家電・自動車等利用に関するナッジを活用した低炭素型行動変容モデルの構築～「低炭素行動変容推進方策検討委員会」(委員)
- (6) 環境省・平成 29 年度エネルギー起源 CO₂ 排出削減技術評価・検証事業検討会 (委員)
- (7) 環境省・平成 29 年度水素利活用 CO₂ 排出削減効果評価・検証検討会 (委員)
- (8) 環境省・平成 29 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)
- (9) 環境省・使用済小型電子機器等再資源化促進に向けた検討会 (委員)
- (10) 環境省・平成 29 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 29 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) 環境省・「地域循環圏高度化ワーキンググループ」及び「産業・地域共生のための動静脈ネットワーク会議」(委員)

- (14) 経済産業省・小型家電リサイクル制度の持続的発展に向けた検討会（委員）
- (15) 国土交通省・「リサイクルポータル施策の高度化研究会」（委員）
- (16) 国土交通省・まち・住まい・交通の創畜省エネルギー化モデル構築支援事業タスクフォース(委員)
- (17) 埼玉県・埼玉県水素エネルギー普及推進協議会（副会長）
- (18) 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）
- (19) 岡崎市・市政アドバイザー
- (20) 平成 29 年度「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）
- (21) 渋谷区・環境基本計画等改定委員会（委員）
- (22) 新宿区・リサイクル清掃審議会（副会長）
- (23) 中央区・環境行動計画推進委員会（委員）
- (24) 横浜市・廃棄物減量化・資源化等推進審議会（委員）
- (25) 産業廃棄物適正管理能力検定検討委員会（委員）
- (26) 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）
- (27) 一般社団法人美園タウンマネジメント・「浦和美園地区・地産地消型再生可能エネルギー活用マスタープラン策定事業」検討会（委員）
- (28) エックス都市研究所・「銚子市の地場産業エネルギー需要特性を考慮した CEMS 構築可能性調査」検討会（委員）
- (29) 平成 29 年度地域中核企業創出・支援事業「リユース蓄電池を活用した低コスト EV 充電システム製品化支援事業」（専門家）

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、大規模な再開発事業の計画がある神奈川県某所におけるケーススタディおよび計画の策定支援を行う。さらに、ミャンマー等の海外の非電化地域における自立・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、産学官連携のプラントフォームとして、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、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、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。