

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。

② 中小規模の木質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に着手した(図2)。木質チップの含水率とマテリアルバランス、エネルギーバランスを把握した。調査を継続し、年間を通じた稼働実績等を明らかにする計画である。さらに、当研究室が保有する過熱水蒸気法に基づくトレファクション試験装置を用いて、木質バイオマスのトレファクションの傾向を把握した(図3)。

(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。

② 豊島廃棄物等処理事業における処分地管理手法の高度化に関する検討

香川県豊島は国内最大級の産業廃棄物等の不法投棄が起きた場所である。この産業廃棄物不法投棄事件は、共創の理念に基づいて解決に向けた事業が行われている。本研究では、これらを支援する情報共創システムの構築を目的としている。豊島事業への寄与として航空写真測量を導入し、処分地管理手法の高度化を図った(図5)。事業終了後の跡地利用に関する検討として、掘削が完了した際の水没範囲のシミュレーションおよび埋立を行う際に必要な土量を算出した。さらに、豊島事業の LCA(Life Cycle Assessment)・LCC(Life Cycle Costing)に基づく評価を行うとともに、熔融技術の歴史的変遷を整理したうえで、その社会的役割に関する考察を行った。



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 中小規模木質バイオマスガス化発電(360kW 級)



図3 過熱水蒸気法によるトレファクション試験装置



図4 豊島の航空写真（2016年4月）

(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5)。具体的には、空気エンジンの3Dモデルを作成し(図6)、サイクルシミュレーションを行うことで、ULV の必要動力、走行距離等の到達目標を考慮したうえで、設計の改善ポイントを抽出した。また、圧縮空気の供給に伴う圧力損失が大きいことから、圧縮空気ポンプの配置方法の提案を行った。さらに、再生可能エネルギーから製造された電力によって、ULV の走行に必要な圧縮空気を木質バイオマスや太陽光等の再生エネルギーを賄う Power to Air のコンセプトを提案し、ULFCV (燃料電池) や ULEV (バッテリー+モータ) との比較・評価を行った。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、試験用の車両を新たに製作した(図7)。



図5 空気エンジン搭載車両

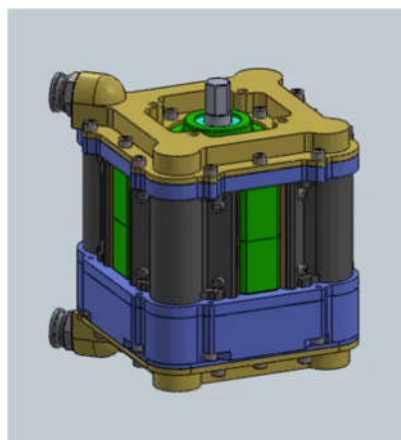


図6 空気エンジンの3Dモデル



図7 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) 宮城拓哉, 早瀬和生, 本間早矢香, 小林太一, 大村健太, 小野田弘士, 木質バイオマスの中小規模熱電併給システムの事業性評価、第 26 回環境工学総合シンポジウム 2016 講演論文集, 156-159, 2016
- (2) 梅澤諒, 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処分地管理手法の高度化に関する検討, 第 26 回環境工学総合シンポジウム 2016 講演論文集, 181-184, 2016
- (3) 松浦加奈, 根本圭祐, 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, 第 26 回環境工学総合シンポジウム 2016 講演論文集, 268-271, 2016
- (4) 山本貴文, 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～, 第 26 回環境工学総合シンポジウム 2016 講演論文集, 323-324, 2016
- (5) 大村健太, 森裕之, 劉洋, 小野田弘士, 横田昌志, 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の評価, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 27, 97, 2016
- (6) 大島俊治, 杉山晋, 高橋英和, 小島久典, 肴倉宏史, 大迫政浩, 小野田弘士, 還元型灰溶融炉を用いた溶融処理の集約によるメタル回収技術に関する考察, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 27, 197, 2016

4.2 総説・著書

該当なし

4.3 招待講演

- (1) 小野田弘士, 平成 28 年度廃棄物エネルギーの利活用に関する説明会, 基調講演「廃棄物エネルギー利活用推進の意義」, 環境省, 2017.3.15
- (2) 小野田弘士, 廃棄物資源循環学会セミナー『情報技術(アプリ・IoT 等)による資源循環・廃棄物処理事業の新展開』, 「廃棄物処理・リサイクル分野における IoT の活用の可能性」, 廃棄物資源循環学会, 2017.3.3
- (3) 小野田弘士, 地域低炭素塾(兵庫県), 「スマートコミュニティについて」, 環境省, 2017.2.15
- (4) 小野田弘士, 環境と暮らしをテーマにした勉強会『賢いエネルギーの使い方』, 電力・ガスの自由化や未来のエネルギーについて」, 東京都新宿区若松地区協議会環境美化分科会, 2017.1.26
- (5) 小野田弘士, 地域循環圏形成推進のための研修, 「地域循環圏における新規ビジネス, プロジェクト創出のポイント」, 環境省, 2016.12.15
- (6) 小野田弘士, 地域低炭素塾(静岡県), 「スマートコミュニティについて」, 環境省, 2016.11.16
- (7) 小野田弘士, 平成 28 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」, 資源エネルギー庁, 2016.11.2
- (8) 小野田弘士, 宇部市バイオマス産業共創コンソーシアム設立総会及び記念講演会, 基調講演「コンソーシアム型産学官連携プロジェクトの事例紹介」, 宇部市, 2016.10.13
- (9) 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活性化に向けて - スマートコミュニティの現実に向けて - 」, 東京都荒川区, 2016.8.4
- (10) 小野田弘士, スマコミ実現による地域活性化に向けて, 基調講演「スマコミによる地域活性化について」, 関東経済産業局, 2016.6.16
- (11) 小野田弘士, 第 29 回環境工学連合講演会, 特別講演「スマートコミュニティへのアプローチ」, 日本学術会議 土木工学・建築学委員会学際連携分科会, 2016.5.13

4.4 受賞・表彰

該当なし

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) 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) 環境省・平成 28 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)
- (5) 環境省・組織のサプライチェーン GHG 排出量等算定方法検討会(委員)
- (6) 環境省・平成 28 年度水素利活用 CO2 排出削減効果評価・検証検討会(委員)
- (7) 環境省・平成 28 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報の整備・公開等及び再生可能エネルギー設備導入に係る実績調査に関する委託業務(外部アドバイザー)
- (8) 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)
- (9) 環境省・平成 28 年度廃棄物エネルギー利活用計画策定調査検討会(委員)
- (10) 環境省・平成 28 年度市町村等による廃棄物処理施設整備の適正化推進事業検討委員会(委員)

- (11) 環境省・産業・地域共生のための動静脈ネットワーク会議（委員）
- (12) 環境省・使用済製品等のリユース促進事業研究会（委員）
- (13) 環境省・自動車リサイクルに係る 3R の推進・質の向上に向けた検討会（委員）
- (14) 環境省・自動車リサイクル制度の安定的な運用及び環境配慮設計の推進に向けた研究会（座長）
- (15) 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）
- (16) 経産省関東経済産業局・平成 28 年度新エネルギー等導入促進基礎調査委託費（マッチング等を活用した分散型エネルギー導入支援事業）における地方公共団体対象としたアドバイス業務（アドバイザー）
- (17) 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）
- (18) 東京都低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃焼機器認定委員会（委員）
- (19) 埼玉県・埼玉県水素エネルギー普及推進協議会（副会長）
- (20) 宮城県・エコタウン推進委員会ワーキンググループ（スーパーバイザー）
- (21) 岡崎市・市政アドバイザー
- (22) 渋谷区・環境基本計画等改定委員会（委員）
- (23) 松戸市・水素ステーション利活用プラン（仮）策定に向けた調査研究委員会（委員）
- (24) 新宿区・リサイクル清掃審議会（委員）
- (25) 新宿区・基本構想審議会（委員）
- (26) 中央区・環境行動計画推進委員会（委員）
- (27) 北栄町・木質バイオマスエネルギー活用検討会（委員）
- (28) 酒々井町・酒々井町カーボン・マネジメント有識者委員会（委員）
- (29) 産業廃棄物適正管理能力検定検討委員会（委員）
- (30) 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）
- (31) 日本環境協会・エコマーク「シュレッダー」基準策定委員会（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。
- (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．