

持続可能な次世代グローバルエネルギーグリッドの研究 (e-Asia)

Sustainable Next Generation of Global Energy Grid (e-Asia)

研究代表者 中西 要祐

(理工学術院 環境・エネルギー研究科 特任教授)

1. 研究課題

本研究では、実用化レベルにある再生可能エネルギー発電とエネルギー貯蔵システムを活用するための、次世代送配電ネットワークの設備計画、実運用可能性、有効性の検証を行う事を目的とする。

我が国では、2011 年の東日本大地震により、脆くも火力発電所が損壊し供給力不足が発生した。このような大規模な電力不足を経験したことから、地産地消につながる太陽光や風力発電などの再生可能エネルギーを導入することが重要となっている。また、現在、e-Asia 参加国である、東南アジア諸国との研究連携を進めている。これらの国においては全国レベルのグリッド整備は多大なコストが発生するため、同様に、地産地消が可能な再生可能エネルギー導入が期待されている。再生可能エネルギー有効活用のために、送電ネットワーク設計や運用に関して、再生可能エネルギーの不確実性、グリッドの安定性を考慮した動特性解析のためのモデルと、建設コスト最小化や経済効果の低下につながる電力損失の最小化を行うためのデータベースの構築を進める。

本研究プロジェクトでは、国内だけでなく、e-Asia 参加国とも協力し海外の各種再生可能エネルギーの特性、用途事例と、設計手法、制御方法、運用方式、および各方式を統合した数理モデルとシミュレーション手法の現状と開発課題を明らかにする。また、電力システム改革が着手され、規制緩和市場に移行する中、これらの技術が適用される事業の変化をとらえ、それぞれの事業面からの有用性などの分析を行い、社会インフラへの提言を行う。

2. 主な研究成果

第三期プロジェクト研究の主要課題として、JST/e-Asia 共同研究プログラムである「代替エネルギー」分野に対して、2025 年度新規課題「湿潤バイオマス廃棄物からの資源回収の持続可能性向上：クリーンなモビリティ向けの実験検証済み GIS ベースの統合バイオリファインリー」の受託が決定された。このため共同研究国の日本、インドネシア、タイ、フィリピンの 4 か国における、化学工学、機械工学、電気工学、環境工学、社会科学といった分野の研究者との共同研究内容の全体計画策定のための会議を実施し、5 つのワークパッケージ (WP1: 空間モデリングと廃棄物配分、WP2: 廃棄物収集と特性分析、WP3: 生化学的変換、WP4: 熱化学的変換と膜分離、WP5: 社会技術経済分析) に対して、年度計画を立案した。

また、グリッドにける需要・供給における不確実性を考慮した確率潮流計算技術を開発とその適用研究を終了し、次世代送配電ネットワーク技術として、従来の信頼度解析、制御特性を考慮した潮流計算技術の不確実性問題への拡張手法を示した。

3. 共同研究者

小野田 弘士（理工学術院 環境・エネルギー研究科 教授）

野津 喬（理工学術院 環境・エネルギー研究科 教授）

4. 研究業績（2024 年度分）

4.1 学術論文

- ① Kazuaki Iwamura, Tsubasa Kanezaki, Motoshi Maekawa, Daiki Sakamoto, Sho Minakuchi, Yosuke Nakanishi “Stochastic Power Flow Simulation Platform based on Extendable Arbitrary Polynomial Chaos”, PMAPS2024 Auckland, New Zealand(2024)
- ② Daiki Sakamoto, Tsubasa Kanezaki, Kazuaki Iwamura, Yosuke Nakanishi, Noboru Hattori, Mamoru Kasuga, “Probabilistic Power Flow for Renewable Energies with Line Outage Distribution Factor”, 2024 IEEE PES GTD International Conference and Exposition, Ixtapa, Mexico, Nov. 2024
- ③ Kitajima, S., & Onoda, H. (2024). Consideration of CO2 Emission Reduction Potential by Utilizing Recycled Automobile Parts in China. In EcoDesign for Sustainable Products, Services and Social Systems II (pp. 257-272). Singapore: Springer Nature Singapore.
- ④ Pandyaswargo, A. H., Shan, C., Ogawa, A., Tsubouchi, R., & Onoda, H. (2024). Redesigning Municipal Waste Collection for Aging and Shrinking Communities. Smart Cities, 7(3), 1149-1168.
- ⑤ Cheng, T., Hirota, T., Onoda, H., & Pandyaswargo, A. H. (2024). LCCO2 Assessment and Fertilizer Production from Absorbed-CO2 Solid Matter in a Small-Scale DACCU Plant. Energies, 17(19), 5011.
- ⑥ Pandyaswargo, A. H., Wibowo, A. D., Sunarti, S., Risnawati, & Onoda, H. (2024). A needs-based approach to sustainable energy use: case studies of four remote villages in Indonesia. Environment, Development and Sustainability, 1-22.
- ⑦ Zhao, R., Pandyaswargo, A. H., & Onoda, H. (2024). A bottom-up approach for greenhouse gas emission estimation at the community level: A case study in Japan. Energy, 307, 132530.
- ⑧ 観光農園における営農型太陽光発電に対する消費者評価 野津喬 農業経営研究 62(3) 39-44 2024 年 査読あり
- ⑨ スマート農業へのサステナビリティ・トランジションの現状-都道府県別農業計画のサーベイに基づいて- 鷲津 明由, 野津 喬, 丸木 英明, 景浦 智也 環境科学会誌 37(3) 100-114 2024 年 査読あり

4.2 講演・学外講義

- （招待講演）小野田弘士、廃棄物処理・資源循環分野のカーボンニュートラルに向けた現状と展望～ごみ焼却施設を巡る動向を中心として～、日本機械学会講習会「カーボンニュートラル実現に向けた最新技術－燃焼プロセス・燃焼施設の最新状況－」、2024 年 12 月 17 日。
- （招待講演）小野田弘士、廃棄物処理・資源循環分野におけるデジタル技術の開発に関する取り組みと社会実装に向けた展望、資源・素材学会資源リサイクリング部門委員会 講演会、2024 年 6 月 21 日。

4.3 合宿ゼミ・見学会（研究代表者の活動を記載）

2024年10月16-18日 夏合宿 宮古島マイクログリッド・植物工場見学

2025年1月27日 五島沖洋上風車設備見学会（日本風力エネルギー学会企画）

4.4 学会発表および学会活動

- 2024IEEE Power & Energy Society General Meeting ポスターセッション 2 件発表（7/23）

- Daiki Sakamoto, Tsubasa Kanezaki, Kazuaki Iwamura, Yosuke Nakanishi, “Analysis of Grid Conditions using a Stochastic LODF Power Flow Including Renewable Energies”
- Method for Determining Optimal PCS Reactive Power Control Parameters
- 電気学会 2024 年 B 部門大会 ポスターセッション 4 件発表(9 月 4 日)
 - 鄒宇軒, 鄭培鈞, 中西要祐, ”マイクログリッドの運転計画における拡張 BPSO を用いた特定対象機器設備に適応できる最適化手法”, P37
 - 水口祥, 岩村一昭, 中西要祐, 服部昇, 春日衛, ”確率潮流計算を用いた任意の潮流断面に対する系統解析”, P38
 - 川島大輝, 中西要祐, 鈴木亮平, 藤本久, ”確率潮流計算を用いた PCS 無効電力制御パラメータの決定手法の提案”, P39
 - 坂本大空, 水口祥, 岩村一昭, 中西要祐, 服部昇, 春日衛, ”確率潮流計算を用いた送電線事故時の系統状態解析に関する研究”, P41, (YPC 優秀発表賞受賞)
- 久保田耕介, 張式鐸, 小川聡久, 壺内良太, & 小野田弘士. (2024). 非接触ごみ収集システムの要素技術の開発とその評価 (特定空間内におけるユースケースの提案). In 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 第 35 回廃棄物資源循環学会研究発表会 (p. 27). 一般社団法人 廃棄物資源循環学会.
- 林大地, & 小野田弘士. (2024). Work Chain Management (WCM) の導入による産業廃棄物処理工程の業務効率化に関する検討. In 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 第 35 回廃棄物資源循環学会研究発表会 (p. 99). 一般社団法人 廃棄物資源循環学会.
- 吉留大樹, & 小野田弘士. (2024). 再生可能・未利用エネルギーを利活用したエネルギーシステムの体系化および評価指標の高度化に関する研究. In 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2024.34 (p. 213). 一般社団法人 日本機械学会.
- 農業政策における脱炭素化の位置づけに関する分析 —都道府県の農業総合計画を対象として— 野津喬, 鷺津明由 2025 年度日本農業経済学会大会 2025 年 3 月 30 日
- 地域産材を活用した熱供給事業における支援組織の役割 —ステークホルダー間の連携体制構築に着目して— 廣川 詩織, 野津喬 2024 年度農村計画学会全国大会 (秋期大会) 2024 年 12 月 1 日
- 「複層的空間利用」から農山村の脱炭素化と持続可能性を考える 野津 喬, 上野 裕士, 奥田 進一, 左村 公, 本田 恭子, 森本 英嗣, 渡辺 貴史 2024 年度農村計画学会秋期大会 2024 年 12 月 1 日
- EPI (環境政策統合) の理念に基づくスコットランドの土地利用戦略 —脱炭素と土地の多機能的利用— 板橋 千明, 野津喬 2024 年度農村計画学会全国大会 (秋期大会) 2024 年 11 月 30 日
- 小水力発電の復活事業において旧発電所の存在が果たす役割 中尾 京子, 野津喬 2024 年度農村計画学会全国大会 (秋期大会) 2024 年 11 月 30 日
- 都道府県における農業分野の脱炭素化の方向性 野津喬, 鷺津明由 第 43 回エネルギー・資源学会研究発表会 2024 年 8 月 7 日

4.5 学会および社会的活動

- 日本機械学会学会横断テーマ「循環経済の実現に向けた機械工学の役割」(テーマリーダー: 小野田弘士)
- トランザクションデジタルプラクティス Vol. 5 No. 2 「人とロボットが共存し協調して働く社会のプラクティス」ゲストエディター (小野田弘士)
- 電気学会電力エネルギー部門電力技術委員会 (中西要祐)
- CIGRE/C1, C6 国際エキスパート (中西要祐)

4.6 講演会開催・設備視察（研究代表者の活動を記載）

電力技術懇談会講演会 （2024 年 7 月 17 日）

電力技術懇談会講演会 （2024 年 10 月 18 日）

電力技術懇談会主催設備視察（2024 年 11 月 12-13 日）

電力技術懇談会講演会 （2025 年 2 月 4 日）

電力技術懇談会講演会 （2025 年 3 月 6 日）

5. 研究活動の課題と展望

これまで構築してきた海外研究機関、大学との共同プロジェクト提案を提出し、来年度の研究プログラムとして採択された。具体的には、次の 3 つの主要な要素を開発し統合する：

（1）市町村固形廃棄物（OFMSW）と農産物残渣のソース分布の空間モデル；（2）廃棄物の収集と分離、高温消化、触媒熱水処理、膜分離、湿潤酸化の性能の実験データの取得；（3）GIS ベースのバイオリファイナリーの社会技術経済 STE および環境分析。この 3 つの主要要素に対して、来年度は 4 か国が協力して 5 つの共同作業パッケージを遂行する。

来年度（2025 年）の具体的な課題では、各加盟国のバイオ廃棄物の関係者が直面している具体的な課題を特定し、利用可能なデータを明確にし、入手できないデータを得るためのアプローチを特定することが主な焦点とする。また、アンケートの作成を行い、フォーカスグループディスカッション、フィールド観察、調査などのツールを活用する。また、2025 年 4 月下旬には、タイ・バンコクにて意見交換会を開催し、実質的なキックオフを行う。

本プロジェクト研究の現研究代表者の退職に伴い、来年度以降（第 3 期 2 年度）からの研究代表者に交替を行い、さらにエネルギーのグローバル化に取り組む。