

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
(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、次世代グローバルグリッドの設備計画、実運用可能性、有効性検証を行うことを目的とする。国連が掲げる持続可能な開発目標 (SDG: Sustainable Development Goal) である“エネルギーをみんなに、そしてクリーンに”、“産業と技術革新の基礎を作ろう”、“気候変動に具体的な対策を”、“パートナーシップで目標を達成しよう”、などに資する。

我が国では、2011年に発生した東日本大地震により、脆くも火力発電所が損壊し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、海外に目を向けると e-Asia 参加国である、東南アジア諸国では、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、日本と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。本研究では、再生可能エネルギー導入の本質的な課題となる、①建設コストや電力損失の最小化など経済性を考慮した送電ネットワークトポロジー構造、②不確実性を持つ再生可能エネルギーのフローを求める確率潮流の導入、③不確実性の下でエネルギー安定供給計画を立案する確率型運用計画に係る課題、の解決を目指す。調査研究では、国内だけでなく、現在、研究連携を進めている 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と、設計手法、制御方法、運用方式の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。

2. 主な研究成果

本新規プロジェクトの初年度では、主に東南アジア（タイ、フィリッピン、インドネシア）の研究者との研究交流を通して、各国のエネルギーインフラの状況及び次世代グローバルエネルギーグリッドの方向性について議論し、それらの成果は、各国との研究者の共同執筆により文献③を横浜で開催された「グランド再生可能エネルギー2018」国際会議及び、文献⑧をパリで開催された I C R E R A 2018 国際会議にて発表した。さらに、各国研究者との全体進捗会議をフィリピンのケソン市フィリピン大学にて開催し、同時にフィリピンのマニラ電力 M E R A L C O の視察、意見交換を実施した。

各国との個別活動としては、下記のような成果を挙げた。

- ▶ タイ研究機関 N E C T E C とは、ビルオフィスのエネルギーマネジメントシステムの実証プロジェクトの調査に参加し、早稲田大学からは再生可能エネルギーを含む最適電源ポートフォリオをシミュレーションするツールである H O M E R を用いた分析を行い、文献⑩をワシントンで I S G T I 2 0 1 9 国際会議にて発表した。

- フィリピンのミンダナオ州立大学イリガン校工学部とは、フィリピンDOE（エネルギー省）、マニラ電力（MERALCO）、ミンダナオ電力（CEPALCO）と全電化に向けた研究方向性を議論し、現在、離島におけるマイクログリッド構築の可能性調査を始めている。
- インドネシアのサムルリンギ大学とは二国間共同執筆の文献⑩を大阪で開催されたICFEE 2019 国際会議にて発表した。

一方、早稲田大学単独では、国際学会10件、国内学会6件を発表し、地図情報の活用を考慮した計画手法のフレームワーク構築を開始し、

- ✓ 地理空間ポートフォリオ等に基づくウィンドファームの選択と中継変電所の最適配置
- ✓ 二段階確率計画手法に基づく再生可能エネルギーを考慮した送電線投資計画
- ✓ 新たなグリッド導入へのインパクト評価

などを実施した。

3. 共同研究者

中垣 隆雄（理工学術院 環境・エネルギー研究科 教授）

伊庭 健二（理工学術院 環境・エネルギー研究科 客員上級研究員）

4. 研究業績

4.1 学術論文（査読付論文誌1件、査読付き国際会議13件）

- ① Nguyen Hong Nhung, Y. Nakanishi, “Optimal Scheduling of an Isolated Wind-Diesel-Energy Storage System Considering Fast Frequency Response and Forecast Error”, *Energies*, 12(5), 843, 2019
- ② Nguyen Hong Nhung, Y. Nakanishi, “Frequency-Constrained Unit Commitment Considering Battery Storage System and Forecast Error”, *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT2019 Asia)*; IEEE, 2018; pp. 1171–1176
- ③ Kazuaki Iwamura, Yosuke Nakanishi, Hiroshi Takamori, Udom Lewlomphaisarl, Noel Estoperez, Abraham Lomi, "DEVELOPMENT AND OPERATION OF EXPANDABLE MICRO-GRID CLUSTERS BASED ON THE DESIGN FRAMEWORK, GRID OF GRIDS OPTIMAL DESIGNER", *Grand Renewable Energy 2018 International Conference and Exhibition (GRE2018)*, Yokohama, Japan, 2018/6/17-22
- ④ Kohei Nishiyama, Ryo Kobayashi, Kazuaki Iwamura, Yosuke Nakanishi, “Location Optimization Method of Newly Installable Wind Farms”, *ICEE201824th International Conference on Electrical Engineering*, G1-1704, Seoul, Korea, 2018/6/26
- ⑤ Fumiya Motegi, Kenji Iba, Yosuke Nakanishi, “A Study of Correlation of Wind Power Generation and Battery Allocation for Mitigation of Wind Farm's Fluctuation in Northern Part of Japan”, *ICEE2018 24th International Conference on Electrical Engineering*, G3-154, Seoul, Korea, 2018/6/26
- ⑥ Hong Nhung Nguyen, Huy Nguyen Duc, Yosuke Nakanishi, Joint Optimization of Energy Storage and Wind Power Generation for an Islanded system, *7TH INTERNATIONAL*

CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS
(ICRERA2018), Paris, France, 2018/10/17

- ⑦ Hong Nhung Nguyen, Yosuke Nakanishi, Optimal Scheduling of an Isolated Wind-Diesel-Battery System considering Forecast Error and Primary Frequency Response, 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS (ICRERA2018), Paris, France, 2018/10/16
- ⑧ Kazuaki Iwamura, Yosuke Nakanishi, Hiroshi Takamori, Udom Lewlomphaisarl, Noel Estoperez, Abraham Lomi, “Optimization Design Suite for Expandable Micro-Grid Clusters”, 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS (ICRERA2018), Paris, France, 2018/10/16
- ⑨ Kazuaki Iwamura, Ryo Kobayashi, Kohei Nishiyama, Yosuke Nakanishi, Global Geospatial Optimization of the Location of Wind Farms and the Configuration of Transmission Networks Wind Integration Workshop 2018 (WIW-18), 2018/10/18
- ⑩ Kazuaki Iwamura, Ryo Kobayashi, Kohei Nishiyama, Yosuke Nakanishi, “A Combined Geospatial Approach to Extension Planning of Wind Farms and Transmission Networks”, 8th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe 2018), Sarajevo, Bosnia-Herzegovina, 2018/10/24
- ⑪ Meita Rumbayan, Sherwin Sompie, Yosuke Nakanishi, "Empowering Remote Island Communities with Renewable Energy, “A Preliminary Study of Talaud Island", 9th International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2019), Osaka Japan, 2019/1/9-11
- ⑫ Kohei Nishiyama, Kazuaki Iwamura, Yosuke Nakanishi, “Optimized Site Selection for New Wind Farm Installations Based on Portfolio Theory and Geographical Information”, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT2019 North American), Washington DC, USA, 2019/2/18
- ⑬ Shyuehi Miyake, Kazuaki Iwamura, Jasada Kundtongngam, Yosuke Nakanishi I, “A Combined Geospatial Approach to Extension Planning of Wind Farms and Transmission Networks”, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT2019 North American), Washington DC, USA, 2019/2/18
- ⑭ Yusuke Morimoto, Kazuaki Iwamura, Hiroshi Takamori, Yosuke Nakanishi, "A Transmission Expansion Plan for Introducing Large-scale Renewable Energies", IEEE PES GTD2019, 2019/3/25

4.2 ワークショップ、招待講演での発表

- 中国地質大学にて講義（2018年5月3-5日）
- 東京大学 ESI シンポジウムにて講演（2018年7月9日）
- マニラフィリッピン大学にて e-Asia JRP 会議発表（2018年8月27日）
- 慶尚大学 The 6th International Symposium on Green Energy Policy Innovation 2018 にて招待講演（Keynote Speech）（2018年12月11日）
- タイ・バンコク JASTIP 会議発表（2019年5月3-5日）

4.3 学会発表および学会活動

- 電気学会全国大会（平成 31 年電気学会全国大会,北海道科学大学）での発表
 - ① 付 文雄、三宅修平、岩村一昭、中西要祐、「HOMER を用いた拡張型マイクログリッド向け設備導入コストの検討」6-271、2019/3/12
 - ② 梁 維家、西山航平、岩村一昭、中西要祐、「風力発電電力送電における中継変電設備の導入効果の検討」7-119、2019/3/12
 - ③ 周 意誠、岩村一昭、中西要祐、伊庭健二、「新たなグリッド導入へのインパクト評価 (1) 一フレームワークの基礎的検討」6-254、2019/3/12
 - ④ 高森 寛、周 意誠、岩村一昭、中西要祐、「再生可能エネルギー電源事業のオプション価値」6-159、2019/3/12
- 電気学会 研究会(京都), 電力・エネルギー部門大会（徳島大学）での発表
 - ① 森元雄介、張宇萌、岩村一昭、高森寛、中西要祐、「再生可能エネルギーの不確実性を考慮した電力インフラ拡張に向けての二段階計画問題のモデル化」新エネルギー・環境研究会/高電圧研究会,京都テルサ,2018/6/8
 - ② 森元雄介、張宇萌、岩村一昭、高森寛、中西要祐、「再生可能エネルギー電源導入に向けた二段階計画の検討」平成 30 年電力・エネルギー部門大会、229、2018/9/12
- 電気学会での活動
 - ✓ 電気学会「風力発電大量導入時の系統計画・運用・制御技術調査専門委員会」委員長として、学会活動中
 - ✓ 電気学会 B 部門誌解説記事執筆：「再生可能エネルギー導入拡大に向けた地理空間情報技術の活用」2018 年 138 巻 11 号 p. 850-853, 2018/11/01
 - ✓ 電気学会「電力系統解析技術の歴史調査専門委員会」委員として、研究会発表 2019/01/29

4.4 海外教授・学生の短期留学研究室受入れ

チェラロコン大学訪問学生（3ヶ月）受入（2018 年 4 月より）

4.5 講演会開催

電力技術懇談会講演会	（2018 年 6 月 13 日）
電力技術懇談会講演会	（2018 年 9 月 27 日）
電力技術懇談会講演会	（2018 年 11 月 16 日）
電力技術懇談会講演会	（2019 年 2 月 07 日）
電力技術懇談会講演会	（2019 年 3 月 15 日）

5. 研究活動の課題と展望

本年度の成果を踏まえ、地図情報の活用を考慮した計画手法のフレームワーク構築のためのテストベッドを開発し、実際の適用準備を行う。実適用対象として、協力国の現地データを取得し、新たなプロジェクト提案に結び付ける。また、プロジェクト中間報告及びそのワークショップを開催する。