

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20016

研究課題名（和文）地域経済の好循環に着目した再生可能エネルギー技術の導入に伴う環境・社会経済性評価

研究課題名（英文）Environmental and socio-economic evaluation of renewable energy technologies focusing on local economy

研究代表者

兵法 彩（Heiho, Aya）

東京大学・総括プロジェクト機構・特任助教

研究者番号：30790216

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：地域における気候変動対策への期待が高まっており、自然・社会・技術的観点から地域に適したオプション選択および施策設計が求められている。本研究は再生可能エネルギー技術の効果的な導入促進に資することを目的として、地域の産業構造と技術導入効果に着目したライフサイクル評価に取り組んだ。具体的には地域の産業構造を反映している地域産業連関表の活用を軸として、国内における地域産業連関表の作成・応用実態調査や地域における事例研究、資源循環に着目した将来性ライフサイクル評価を展開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題を通じて再エネ技術の導入効果分析ツールとしての産業連関表の有用性を明らかにした。他方、市町村レベルの分析を行うためには地域産業連関表の整備や応用に向けた専門的スキルの活用が重要となることがわかった。また、脱炭素社会に向けた再エネ技術導入を加速する一方で、住民の省エネ行動促進や資源循環システムの構築も同様であることが明らかになった。地域に適した選択肢の促進や資源循環のための技術の社会実装促進のためには、導入実態を踏まえたマテリアルフロー分析などによる量的・時間的観点を含めた議論の展開と科学的根拠に基づく適切な普及方策・導入戦略の策定が期待される。

研究成果の概要（英文）：In local climate change measures, it is important to select options and design measures that are appropriate from natural, social, and technological perspectives. This study aims to contribute to the effective introduction and promotion of renewable energy technologies. In particular, the study focused on the industrial structure of the region and the effects of technology introduction and evaluated them based on life cycle thinking. Research consisted of a survey on the actual status of the creation and application of regional input-output tables in Japan, case studies in the region, and a prospective life cycle assessment targeting resource recycling.

研究分野：環境工学

キーワード：再生可能エネルギー 脱炭素社会 地域産業連関表 地域循環共生圏 類型化 ライフサイクル評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能資源を用いたエネルギー技術（以下、再エネ技術）は、気候変動対策やエネルギー安全保障の観点よりその導入が期待されており、パリ協定の実現に向けても国内における更なる導入拡大が見込まれる。また、特定地域内で利用可能な資源を最大限、地域で循環させる「地域循環共生圏」¹⁾の形成においても、再エネ技術による資源および地域経済の好循環への期待は大きい。再エネ技術の開発や技術特性に関する評価研究は広く実施されている²⁾⁻⁵⁾が、量的・質的に効果的な導入促進においては、導入地域の特性（産業構成等）と技術の適合性に関する議論が重要となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、再エネ技術の効率的な導入促進に資するために、再エネ導入に伴う産業への影響および地域の基盤産業を踏まえた分析を通じて、地域に適した再エネ技術を環境・社会経済性の観点から議論することである。具体的には、地域の産業・需給構造をまとめた統計表である都道府県産業連関表や市町村産業連関表の活用に着目し、(1) 都道府県・市町村産業連関表の作成・応用実態調査、(2) 都道府県産業連関表を用いた地域類型化、(3) 技術導入に伴うライフサイクル評価、(4) 太陽光発電技術の将来性評価、(5) 再エネ導入実績に基づく普及方策・導入戦略の検討を展開した。

3. 研究の方法

本研究は、上述した(1)～(5)で構成されている。以下に各種調査・分析方法を記述する。

(1) 都道府県・市町村産業連関表の作成・応用実態調査

都道府県・市町村産業連関表の作成状況および応用例を明らかにするために、都道府県が公表している 2011 年産業連関表の作成状況と、文献レビューによる市町村産業連関表の作成・応用例を調査した⁶⁾。市町村産業連関表の文献レビューは、国内文献の主要検索サイトである J-stage、CiNii、Google Scholar を活用し、“地域産業連関”、“市産業連関”、“町産業連関”、“村産業連関”を検索キーワードとした。

(2) 都道府県産業連関表を用いた地域類型化

2011 年都道府県産業連関表を用いて産業構成の違いに着目した地域類型化を行った。都道府県の各部門の特化係数を式(1)より推計し、統計ソフト IBM SPSS Statistics 27 で階層クラスタ分析を行った。このときクラスタ化方法はグループ間平均連結法とし、間隔にはユークリッド平方距離を用いた。

(3) 技術導入に伴うライフサイクル評価

島根県海士町を例とした事例研究として、海士町産業連関表を用いた技術導入効果の分析を行った。また、地域の脱炭素に向けた選択肢として再エネ技術導入による創エネと、住民の行動による省エネ効果を比較するために、冷蔵庫買い替えを例とした分析を行った。冷蔵庫買い替えの効果分析に関しては、島内の全世帯を調査対象に質問紙を配布し、基本属性（世帯人数、年齢、職業）、冷蔵庫保有台数、冷蔵庫の種類・大きさ（内容積）・購入時期、冷蔵庫に関する省エネ行動実施状況を調査した。

(4) 太陽光発電技術の将来性評価

脱炭素社会の実現に向けて太陽光発電の導入が加速する一方で、製品寿命等による太陽光パネルの廃棄問題が懸念されている⁷⁾ことを受け、国内で実験・実証が進められている複数の開発技術に着目し、フォアグラウンドデータに基づくインベントリ分析およびライフサイクル環境影響評価を通じて、近い将来に社会実装されうる代替システムの将来性評価（Prospective Life Cycle Assessment）を行った。これまでの市場導入量が上位の多結晶シリコン太陽光パネル 1module (0.96m², 15.48kg, 54 セル)を機能単位とし、原料採掘から太陽光パネル製造、処理・リサイクル効果までを評価した⁸⁾。

(5) 再エネ技術導入実績に基づく普及方策・導入戦略の検討

資源エネルギー庁が公表している再エネ発電事業計画の認定情報の発電設備（太陽光 20 kW 未満を除く）⁹⁾と、再エネ電気の利用促進に関する特別措置法情報公開用ウェブサイト¹⁰⁾の導入状況に基づき、固定価格買取制度（FIT 制度）の下で行われた国内の再エネ技術導入実績を体系的に整理した。事業者情報と発電設備情報から、各設備を「地域内事業者が域内に設置」または「域外事業者が設置」に分類した。運転開始年 / 調達期間終了年別の件数や認定容量、容量別域外事業者の割合に従って都道府県別の認定及び導入設備の特徴を分析した。このとき、20kW 未満太陽光の地域内外の事業者割合は各都道府県における 20kW と同程度と仮定した。また、バイオマス発電設備は、FIT 制度の 5 つの分類に従って集計した。

4. 研究成果

4.1 調査・分析(1)～(5)で得られた成果

(1) 都道府県・市町村産業連関表の作成・応用実態調査

都道府県産業連関表は1990年を対象年次とする作成以降、47都道府県すべてで全国を対象とする産業連関表と同様に5年おきに作成・公表が行われている。一方で部門分類やその詳細さに関しては任意となっており一律の評価や比較分析に用いる際には、専門的スキルが求められ場合によっては粒度の粗い部門分類での分析となることがわかった。また、国内の市町村産業連関表は約9割の地域で整備されておらず、Excel等による公表を行っている地域はさらに少ないことが明らかとなった。特に作成の継続性に注目すると行政機関の関与が重要で、専門的スキルを要する大学等の外部機関との連携が整備に向けて必要であることが示唆された。

(2) 都道府県産業連関表を用いた地域類型化

都道府県産業連関表から推計した特化係数に基づき、47都道府県をクラスタリングした結果、一次産業の特化係数を主たる決定要因とする分類が得られた。また、全体的な傾向として二次産業と三次産業の構成比は負の相関が確認された。得られた結果をベンチマークとして地域の傾向を示す指標の特定・活用への応用が可能であることを明らかにした。

(3) 技術導入に伴うライフサイクル評価

海士町の再エネ技術導入実績に基づき2,000kW風力発電と4kW太陽光発電70基の導入効果を分析した。島外(隣接離島)のディーゼル発電に依存する海士町においては、再エネ導入効果は環境・社会経済的側面の両方で効果的であることが明らかになった。また、冷蔵庫の保有実態・買い替え効果を分析した結果、他の地域よりも平均保有台数が多く、使用年数が16年を超える製品の多さから、適切な買い替え・廃棄支援によって島内の住宅用太陽光発電のCO₂削減効果に相当する量の削減効果が期待できることが明らかとなった。

(4) 太陽光発電技術の将来性評価

実験・実証データに基づく廃太陽光パネルのリサイクル技術の将来性ライフサイクル評価の結果、気候変動、資源消費の両側面で効果的であることが明らかとなった。ただし、回収した資源の有効活用方法に関しては、受け入れ先となる利害関係者との協働が重要となることが示唆された。この結果より、再エネ技術の導入促進を進めると同時に資源循環に向けた技術の社会実装の加速が重要であることが明らかとなった。

(5) 再エネ導入実績に基づく普及方策・導入戦略の検討

導入実態に基づく普及方策の提案に向け、公表値を活用した事業の特徴を整理した。再エネ技術の中でもバイオマス発電設備は比較的地域内事業者の割合が高くなる傾向にあり、地域主体の取り組みとして今後、重要な役割を果たす可能性が示唆された。

4.2 本課題まとめ・今後の展望

本課題を通じて再エネ技術の導入効果分析ツールとしての産業連関表の有用性を明らかにした。他方、市町村レベルの分析を行うためには地域産業連関表の整備や応用に向けた専門的スキルの活用が重要となることがわかった。また、脱炭素社会に向けた再エネ技術導入を加速する一方で、住民の省エネ行動促進や資源循環システムの構築も同様に重要であることが明らかになった。地域に適した選択肢の促進や資源循環のための技術の社会実装促進のためには、導入実態を踏まえたマテリアルフロー分析などによる量的・時間的観点を含めた議論の展開と科学的根拠に基づく適切な普及方策・導入戦略の策定が期待される。

参考文献

- 1) 環境省, 地域循環共生圏, http://www.env.go.jp/recycle/circul/area_cases.html, 参照日 2023/5/31
- 2) Orfanos, N., Mitzelos, D., Sagani, A., Dedoussis, V. (2019) Renewable Energy, 139, 1447-1462
- 3) Thakur, A., Canter, E. C., Kumar, A. (2014) Applied Energy, 128, 246-253
- 4) 兵法彩, 本藤祐樹, 森泉由恵(2015) 日本エネルギー学会誌, 94(2), 159-169
- 5) 森泉由恵, 本藤祐樹, 中野諭(2017) 日本エネルギー学会誌, 96(1), 16-27
- 6) 兵法彩, 菊池康紀(2021) 日本LCA学会誌, 17(3), 174-192
- 7) 環境省(2018), 太陽光発電設備リサイクル等の推進に向けたガイドライン(第二版), 109pp.
- 8) Heiho, A., Suwa, I., Dou, Y., Lim, S., Namihira, T., Koita, T., Mochidzuki, K., Murakami, S., Daigo, I., Tokoro, C., Kikuchi, Y. (2023) Resources, Conservation and Recycling, 192, 106922
- 9) 資源エネルギー庁, 再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公開ウェブサイト, <https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary>, 参照日 2023/1/13
- 10) 資源エネルギー庁, 事業計画認定情報 公表用ウェブサイト 2022年3月31日時点, <https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo>, 参照日 2022-8-3

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 兵法彩, 菊池康紀	4. 巻 17
2. 論文標題 市町村産業連関表の作成・応用実態に基づく作表フローの構築	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本LCA学会誌	6. 最初と最後の頁 174-192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3370/lca.17.174	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Heiho Aya, Suwa Izuru, Dou Yi, Lim Soowon, Namihira Takao, Koita Taketoshi, Mochidzuki Kazuhiro, Murakami Shinsuke, Daigo Ichiro, Tokoro Chiharu, Kikuchi Yasunori	4. 巻 192
2. 論文標題 Prospective life cycle assessment of recycling systems for spent photovoltaic panels by combined application of physical separation technologies	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Resources, Conservation and Recycling	6. 最初と最後の頁 106922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.resconrec.2023.106922	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 兵法彩, 諏訪出, 竇毅, 所千晴, 菊池康紀
2. 発表標題 多結晶シリコン太陽電池の資源循環に向けたライフサイクル思考
3. 学会等名 化学工学会 第53回秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兵法彩, 鹿嶋俊宏, 藤井祥万, 菊池康紀
2. 発表標題 バイオマス発電事業の実態に基づく資源循環の実現に向けた普及方策
3. 学会等名 第18回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兵法彩, 菊池康紀
2. 発表標題 住民の省エネ行動促進のための施策設計に向けた温室効果ガス削減ポテンシャルの分析：島根県海士町の例
3. 学会等名 第17回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兵法彩, 菊池康紀
2. 発表標題 市町村における産業連関表の作成・応用に関する文献レビュー
3. 学会等名 第16回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関