東北大学
TOHOKU UNIVERSITY

Press Release

2025 年 9 月 1 日

報道機関　各位

国立大学法人東北大学

京都市郊外では太陽光発電と電気自動車の組み合わせで 90%の CO_2 削減が可能に

― 国内や他のアジア諸国・地域の都市部での適用効果にも期待 ―

【発表のポイント】

- 1997 年に「京都議定書（注 1）」が採択された気候変動対策の象徴都市・京都市を対象に、屋根上太陽光発電（PV）と電気自動車（EV）の統合による環境改善効果を分析し、郊外住宅地で最大 90%の CO_2 削減ポテンシャルと高い自給率を確認しました。
- 京都市を対象に、東北大学が進める「SolarEV City 構想（注 2）」を都市区（1km メッシュ）ごとに詳細解析しました。
- PV＋EV の組み合わせは、PV 単独導入に比べてほぼ 2 倍のコスト削減効果がある可能性が示されました。

【概要】

人間の生産活動によって地球全体に二酸化炭素（CO_2）に代表される温暖化ガスが増え続け、それが原因と思われる気候変動によって大規模な自然災害が起きています。そのため特に CO_2 排出量の大きい世界の都市部では、様々な気候変動対策が講じられています。

東北大学環境科学研究科の小端拓郎准教授らの研究チームは、1997 年に「京都議定書」が採択された京都市を対象に、屋根に設置する太陽光発電と電気自動車を組み合わせた新しい都市モデル「SolarEV City 構想」を分析しました。その結果、中心部では屋根の狭さから自給率が限られる一方、郊外の住宅地では最大で 9 割程度の CO_2 削減と高い自給率が可能になることが分かりました。さらに、電気自動車を電池として活用することで、従来の太陽光だけの場合に比べて約 2 倍のコスト削減効果も見込めます。京都から得られた知見は、日本や他の国々・地域の都市にも応用でき、持続可能な社会づくりに大きな示唆を与えるものです。

本成果は 2025 年 8 月 20 日に持続可能な都市の研究の専門誌 Sustainable Cities and Society に掲載されました。

研究

【詳細な説明】

研究の背景

都市は人々の暮らしや経済活動の中心であり、世界のエネルギー消費や CO_2 排出の大部分を占めています。なかでも京都市は、1997 年に気候変動対策の国際的枠組みである「京都議定書」が採択された地として知られ、気候変動対策の象徴的な都市です。近年、京都市は人口減少や高齢化といった社会的変化を抱えながらも、再生可能エネルギーの導入や省エネの推進を積極的に進めています。しかし、都市の中心部は屋根の面積が限られており、PV を広く導入するには物理的制約があります。また、昼に太陽光が発電しても、夜に電力需要が高まるという時間のずれも課題です。

こうした要因から、都市の再生可能エネルギー導入は「どの地区で、どのように進めるか」を緻密に設計する必要があります。EV の普及は、この課題を解決する鍵の一つです。EV は走行に使うだけでなく、大容量の電池を備えているため、家庭や地域の電力を一時的にためて使う「動く蓄電池」として機能します。PV と EV を組み合わせれば、余った電気をためて夜間に利用できるだけでなく、停電時の非常用電源としても役立ちます。

今回の取り組み

東北大学の研究チームは、京都市を対象に「屋根の太陽光発電」と「電気自動車の電池利用」を組み合わせた都市モデルを分析しました。特徴は、京都市を 1 キロメートル四方のメッシュ（区画）ごとに分けて評価した点です。これにより、市内のどの地域がどの程度、再生可能エネルギーの導入効果を発揮できるのかを細かく見える化しました。

分析の流れは次のようになります。まず、建物データをもとに、各地区ごとに屋根へ設置可能な太陽光発電の容量を算出します。次に、気象データを用いて 1 時間ごとの電力需要と発電量を再現します。その上で、電気自動車を家庭とつなぎ、昼間に余剰となった電力を蓄え、夜間に利用するという前提で試算を行います。最後に、「太陽光のみ」のケースと「太陽光＋電気自動車」のケースを比較し、CO_2 削減効果や電気料金の削減効果、さらに初期投資の回収期間を推計しました。

その結果、都市中心部は屋根面積の制約により自給率が低い一方で、郊外の住宅地では大きな効果が確認されました。郊外では最大で約 90%の CO_2 削減が可能であり、電気の自給率は 87%以上に達する地区もありました。また、電気代の節約効果は、PV だけの場合に比べて約 2 倍に増えることが示されました。初期投資の回収は、2030 年のコスト水準で 6〜7 年程度が目安となり、実用的な水準です。これらの結果は、京都市のように中心部と郊外で条件が大きく異なる都市において、地域ごとに適した導入戦略を立てることの重要性を浮き彫りにしました。

今後の展開

今回の分析は京都市を対象としましたが、その知見は日本全国、さらには他のアジア諸国・地域の多くの都市に応用できます。特に人口密度が高く土地の制約がある都市では、屋根上 PV と EV の活用は有力な選択肢となります。社会的な波及効果も大きく、以下のような展望が広がります。

- 家計への効果：電気代の削減に直結し、エネルギー価格の変動に強い暮らしを実現。
- 防災への貢献：停電時に EV が非常用電源となり、避難所や地域の安心につながる。
- 公平なエネルギー移行：郊外住宅地を中心に導入が進むことで、都市全体の排出削減と暮らしの安定が両立。
- 政策への示唆：各都市が「どの地区に重点的に導入すべきか」を見える化し、効率的で効果的な再生可能エネルギー政策の立案に役立つ。

京都議定書から四半世紀が過ぎた今、再び京都から世界に向けて「持続可能な都市づくりの具体像」を発信できることは大きな意味を持ちます。本研究は、都市が直面するエネルギーと気候の課題に対して、現実的かつ国際的に共有可能な解決策を示すものです。

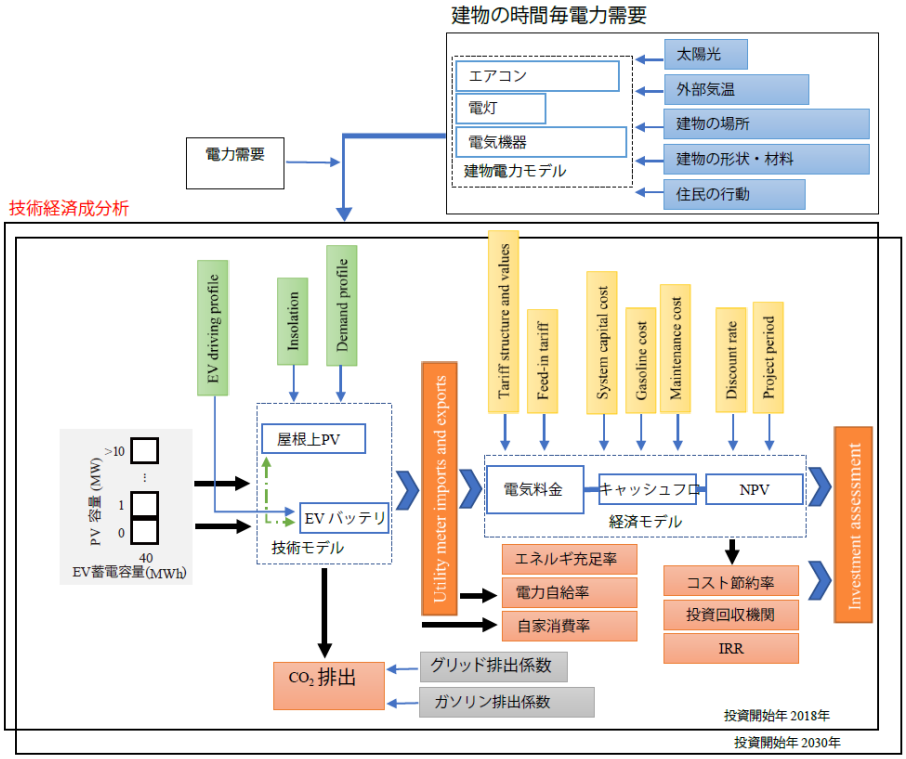

図 1. 技術経済性分析の概略図

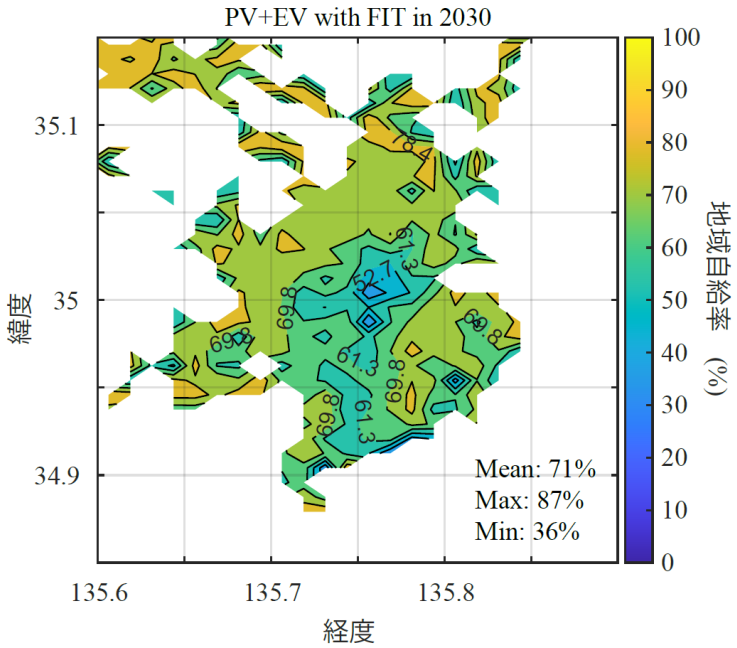

図 2. 屋根上太陽光発電（屋根面積の 70%）と EV を活用した京都の電力システムの地域自給率

【謝辞】
本研究は、日本学術振興会（JSPS）科研費（基盤 C、課題番号 23K11520）の助成を受けて実施されました。

【用語説明】
注1. 京都議定書：1997年、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の締約国会議（Conference of the Parties：COP）の3回目（COP3）が京都で開催されました。ここでCO_2、メタン（CH_4）、一酸化二窒素（N_2O）、ハイドロフルオロカーボン（HFC）、パーフルオロカーボン（PFC）、六フッ化硫黄（SF6）の6種類の温室効果ガスを対象に、先進国の排出削減について法的拘束力のある数値目標などを定めて採択された文書が「京都議定書」です。
注 2. SolarEV City 構想：小端准教授が前職である国立環境研究所特別研究員の時から中心となって進めている、都市における再生可能エネルギーと電動モビリティを統合的に活用し、低炭素かつ持続可能な都市社会を実現するための新しいモデルです。具体的には、都市部の屋根上太陽光発電（PV）を基盤とし、電気自動車（EV）を「移動可能な蓄電池」として利用することで、電力の自給率向上、二酸化炭素排出削減、エネルギーコスト削減、災害時のレジリエンス強化を目指します。さらに、家庭や地域のエネルギーマネジメントシステム（HEMS や V2H 技術）を組み合わせることで、電力の需給調整や地域内でのエネルギー循環を可能にします。

【論文情報】
タイトル：Enabling maximum decarbonization from districts in Kyoto through rooftop PVs by integrating with EVs as battery
著者：Takuro Kobashi*, Junbin Xiao, Tuo Zhang
*責任著者：東北大学大学院環境科学研究科　准教授　小端拓郎
掲載誌：Sustainable Cities and Society
DOI：10.1016/j.scs.2025.106717
URL：
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670725005918

【問い合わせ先】
（研究に関すること）
東北大学大学院環境科学研究科
准教授　小端拓郎
TEL: 022-752-2259
Email: takuro.kobashi.e5@tohoku.ac.jp

（報道に関すること）
東北大学大学院環境科学研究科
情報広報室
TEL: 022-752-2241
Email: kankyo.koho@grp.tohoku.ac.jp