

18. 京都市を対象とした将来のカーボンニュートラル実現に向けたシナリオ構築

桑葉 祐斗¹・藤森 真一郎²・越智 雄輝³・長谷川 知子⁴

¹ 非正会員 立命館大学 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東一丁目 1-1)
E-mail:rv0067fk@ed.ritsumei.ac.jp

² 正会員 京都大学大学院 工学研究科都市環境工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C)

³ 非会員 株式会社 E-konzal (〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 3-8-15 EPO 新大阪ビル 1207 号)

⁴ 正会員 立命館大学 理工学部環境都市工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東一丁目 1-1)

2015年のパリ協定で、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保ち、1.5°Cに抑える努力をする長期目標が掲げられた。これを受け京都市では、2019年に全国の市町村で初となる2050年にCO₂排出量実質ゼロを実現することを目標に掲げた。そこで本研究では、既存研究では行っていない既存の発電所・廃棄物分野を考慮した2050年とその間にあたる2040年の京都市のCO₂排出量を推計した。その結果、目標である2050年CO₂排出実質ゼロを実現するためには、2050年までにすべての火力発電所を停止させ、野心的に低炭素対策を導入することに加え、第一次産業で再生可能エネルギー電力が100%、第二次産業で石油・天然ガスが40%、再生可能エネルギー電力が60%とする必要があることが分かった。

Key Words: carbon dioxide emissions reduction, ExSS, Energy consumption, renewable energy

1. はじめに

世界では、2015年に行われた国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)¹⁾においてパリ協定²⁾が採択され、2016年に発効された。パリ協定では、世界共通の長期目標として2°C目標の設定、1.5°Cに抑える努力を追求することが含まれている。これによって、世界各国の温室効果ガス(GHG)排出削減への取り組みが加速した。

これを受け日本では、2020年10月に菅政権が2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した³⁾。さらに、2050年排出実質ゼロを表明する地方自治体が拡大しており、2020年12月21日時点で、198自治体にのぼると示されている⁴⁾。京都市においても、2019年5月に全国の市町村で初となる2050年に二酸化炭素(CO₂)排出量実質ゼロを実現することを目標に掲げたと示されている⁵⁾。

パリ協定で世界全体でのカーボンニュートラルが目標に掲げられてから、脱炭素社会の実現に向けた計画が各国で提案されているが、具体的な対策の実施段階では、自治体独自の削減の目標の設定やその達成に向けた行動が必要になるため、五味ら(2008)⁶⁾において、2030年の京都市への適用でCO₂排出削減可能性が示された。また、奥田ら(2020)⁷⁾において、より長期的な2050年为目标年の

CO₂排出量やエネルギー消費量について分析された。しかし、既存の発電所の寿命・エネルギー分野以外のCO₂を考慮した研究はまだ行われていない。また、短期目標である2030年や、長期目標である2050年の推計は行われているが、その間にあたる2040年におけるマクロ経済的影響と、エネルギー転換の速度に伴う影響は評価されていない。

以上を踏まえ、本稿では、2050年京都市でカーボンニュートラル実現の社会を描くために、2040年、2050年为目标年としたエネルギー部門および非エネルギー部門のCO₂排出削減可能性を明らかにし、将来の対策シナリオを提供することを目的とする。その際、新たに既存の発電所の設立年やエネルギー分野以外の廃棄物分野のCO₂を考慮する。そのために、人口、世帯数、GDP、輸送量といった活動量に加えて、新しい対策・技術が導入されることを想定した再エネと省エネに関する情報をもとにExSSモデルを用いて京都市における2040年、2050年CO₂排出量を推計する。

2. 手法

(1) シナリオの構築手順

本研究では、2050年までのCO₂排出量実質ゼロを達成するために、2040年、2050年の京都市が脱炭素社会を実現するための定量的な分析を行った。その際、人口、産業連関表、エネルギー消費量等のデータを用いて設定したシナリオにおけるCO₂排出量を推計する。この手法より、2050年のシナリオで導出された部門別のCO₂排出量、エネルギー消費量等からCO₂削減効果や再エネの導入効果等について分析し、排出目標を達成するにはどのような対策が必要になるか推計する。五味(2009)⁸⁾より参考にした推計手順は、以下の通りである。

a) 枠組みの決定

まず低炭素社会シナリオ全体の枠組みを決める。すなわち、対象地域、基準年、目標年、対象活動、環境目標、シナリオの数などである。目標年は必要な変化が実現できる程度に長く、地域の人々が想像できる程度に近いことが望ましいと考えられる。

b) データ・関連情報の収集

推計の基礎となる基準年のデータ、シナリオの想定との参考とする将来計画などの情報、及び低炭素対策に関する情報を収集する。基準年のデータとしては、人口や世帯数、生産額、GDP、輸送量といった社会経済指標のほか、エネルギー需給、GHG排出量などが必要である。これらのデータの収集には、対象となる地域の統計書や国勢調査などの国の統計調査等を用いる。将来推計に関する情報として、シナリオの想定との参考とするために、地域の各分野の将来計画や構想、目標、そして国のビジョン、エネルギー政策、環境政策などの情報を収集する。また、目標年に導入可能と思われる低炭素対策を収集する。エネルギー利用技術の普及に加え、交通構造の変革、再生可能エネルギーの活用、省エネルギー行動の実施、CO₂吸収源の拡大などが対策として考えられる。

c) シナリオの設定

収集した将来に関する地域・国の情報をもとに、基準年から目標年にかけての生活様式、産業、都市構造などの変化、低炭素対策の導入の程度を想定し、定量推計ツールExSSへの入力となる指標の値を設定する。

d) ExSSによる計算

設定した入力値をもとに、定量推計ツールExSSを用いて現状維持と排出削減対策シナリオにおける将来の社会経済指標、エネルギー消費量、GHG排出量を出力する。

e) 推計結果をもとにシナリオの再検討

推計結果を目標と照らし合わせ、必要に応じて入力値を修正し再推計を行う。

(2) ExSSモデル

五味ら(2007)⁹⁾によると、ExSS (Extend Snapshot Tool) は、都市あるいは地域の将来社会像を定量的に示し、人口や

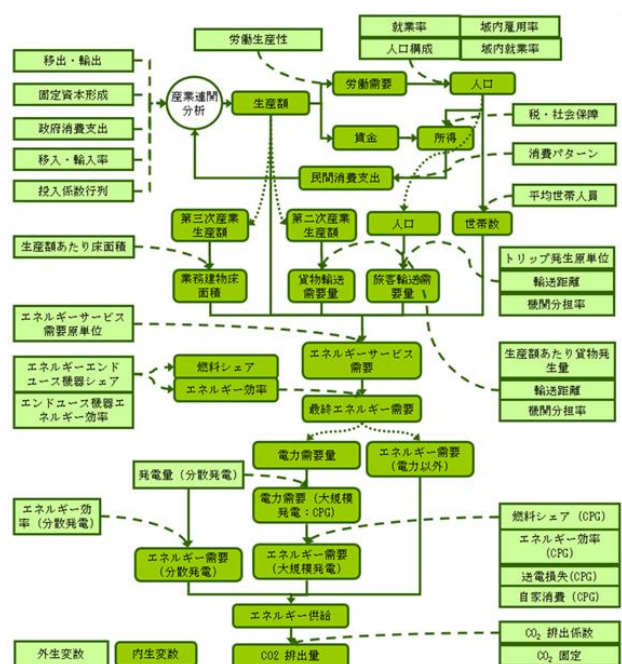


図-1 ExSSの構造(越智ら2016)¹⁰⁾

GDPなどの社会経済指標、エネルギー需要量、エネルギー利用技術などからCO₂排出量を出し、対象地域の環境目標を達成するために必要な対策と対策導入量を推計するツールであると示された。また、対策別の排出削減量を計算することができるため、特に削減効果が高い対策、あるいは地方政府独自の政策が重要になる対策の効果を示すことが可能である。なお、計算プログラムの記述はGAMSを利用し、最適化問題として定式化した。図-1にExSSの構造図を示す。活動量に関しては、5つの部門ごとに設定し、家庭部門は世帯数、業務部門は建物床面積、産業部門は生産額、旅客輸送部門は旅客輸送需要距離、貨物輸送部門は貨物輸送需要距離とした。

(3) シナリオの想定

本研究では目標年を2040年、2050年、基準年を2015年とした。基準年として推計に必要なデータの入手が可能な最新の年を設定した。シナリオの枠組みを表-1に示す。対象ガスはCO₂とし、部門を家庭、業務、産業、旅客輸送、貨物輸送に区分した。対象範囲は、地域内での企業と家庭のエネルギー消費、その地域を出発する交通によるエネルギー消費である。

シナリオについては、京都市と日本全体のビジョンや計画をもとに2040年、2050年時点の社会経済状況、系統電力の電源構成および低炭素対策の導入についての異なる想定を準備し、これらの異なる想定を組み合わせた複数のシナリオを検討した。具体的には、系統電力の電源構成の想定による5つのシナリオと、低炭素対策の導入強度の想定による2つのシナリオを組み合わせた10のシナリオに、2050年CO₂排出実質ゼロの目標を達成する

表-1 シナリオの枠組み

項目	内容
対象地域	京都市
基準年	2015年
対象年	2040年、2050年
対象ガス	二酸化炭素
シナリオ	系統電力の電源構成、低炭素対策強度の違い
対象部門	家庭部門：住宅におけるエネルギー消費 業務部門：事務所・店舗等におけるエネルギー消費 産業部門：製造業・建設業・農業等におけるエネルギー消費 運輸部門：人・モノの輸送におけるエネルギー消費

シナリオを加えた計 11 のシナリオを準備した。それぞれ(3)の a), b), c) で説明する。これまでの算定で、京都市の 2018 年 CO₂ 吸収量は、235(k_t-CO₂) と示されている¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。対象としているのは、森林、農地、都市緑地による吸収量である。吸収量については、すべてのシナリオで同じ想定をした。

a) 社会経済状況

社会経済状況については、すべてのシナリオで同じ変化が起こることを想定した。人口については、まち・ひと・しごと・こころ京都創生総合戦略¹⁶⁾を参考に、京都市の人口が 2015 年の 147 万人から 2040 年には 142.5 万人、2050 年には 140 万人に減少すると設定した。また、経済については、内閣府や厚生労働省による報告を参考に、市内総生産(GDP)の年平均成長率を 1.2%/年とした。移輸出、最終需要についても同様に成長し、過去の傾向から第三次産業への転換が進むと想定した。

b) 系統電力の電源構成によるシナリオ

電源構成については、関西電力¹⁷⁾・大阪ガス¹⁸⁾の発電所をもとに以下で説明する 5 つのシナリオを準備した。ここでの「更新」とは、発電所の稼働可能年数がたった時、それらを修復し同じ発電所として使用可能にすることを示す。稼働可能年数については、石油、石炭、天然ガスが 40 年、原子力、水力が 60 年、再生可能エネルギーが 20 年とした。また、原子力発電所においては稼働可能年数が経過した場合、すべてのシナリオで再生可能エネルギーによる発電所へ変更することを想定している。まず、①既存発電所更新シナリオでは、2021 年時点で存在するすべての既存発電所を更新することを想定した。②一部更新シナリオは、2030 年(2035 年)まではすべての既存発電所を更新するが、それ以降は火力発電所のみ稼働可能年数が経過した場合、再生可能エネルギーによる発電所に変更すると想定した。③更新なし再エネ変更シナリオは、火力発電所のみ更新は行わず、稼働可能年数が経過したとき再生可能エネルギーによる発電所に変更すると想定した。④一部早期撤退シナリオは、③と同様、火力発電所のみ更新は行わず、稼働可能年数が経過したとき再生可能エネルギーによる発電所に変更することに

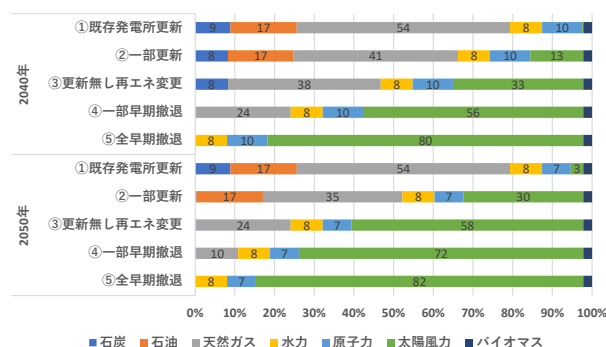


図-2 京都市シナリオごとの電源構成比

加え、2010 年(2015 年)までに建設された火力発電所を 2040 年(2050 年)以前に早期撤退させ、再生可能エネルギーによる発電所に変更することを想定した。⑤全早期撤退シナリオは、2040 年(2050 年)時点ですべての火力発電所を撤退させ、再生可能エネルギーによる発電所に変更することを想定した。2040 年、2050 年でそれぞれ上記の①既存発電所更新シナリオ、②一部更新シナリオ、③更新なし再エネ変更シナリオ、④一部早期撤退シナリオ、⑤全早期撤退シナリオの 5 つのシナリオを想定した。

京都市の使用可能電力を求めるために用いた式を式(1-3)に示す。また、それによって求めたシナリオごとの電源構成を図-2 に示す。

$$EGC_{Kyoto} = EGC_{Kansai} \times PDR \quad (1)$$

$$EGC_{Kansai} = MO \times OR \times 24 \times 365 \quad (2)$$

$$PDR = PD_{Kyoto} \div PD_{Kansai} \quad (3)$$

EGC_{Kyoto} : 京都市の年間発電量(Wh)

EGC_{Kansai} : 関西電力、大阪ガスの年間発電量(Wh)

MO : 最大出力(W)

OR : 設備稼働率(%)

PDR : 電力需要比率(%)

PD_{Kyoto} : 京都市における電力需要(Wh)

PD_{Kansai} : 関西における電力需要(Wh)

c) 低炭素対策の導入強度によるシナリオ

エネルギー需要側の低炭素対策の導入に関して、その強度に応じて「低位シナリオ」、「高位シナリオ」と「目標達成シナリオ」の 3 つを想定した。3 つのシナリオの想定を表-2 に示す。まず「低位シナリオ」は、ここでは「既の実施・想定されている対策・施策を継続する将来社会」と定義し、現在予測されている経済発展を続けることを想定している。シナリオにおいては、国立環境研究所 AIM プロジェクトチームによる国の削減シナリオの対策低位ケース¹⁹⁾などを参考に設定した。次に「高位シナリオ」は、ここでは「所与の社会経済状況の下で低炭素目標を達成するまで対策を導入した状態」と定義し、導入可能な最大限の対策を見込み、それを推進

表-2 低炭素対策の強度に関するシナリオの想定

	低位	高位	目標達成
家庭	基準年より再生エネの導入率は増加するが、石油や天然ガスがエネルギー源に含まれる	再生エネ電力100%	再生エネ電力100%
業務	石油や天然ガスが含まれる基準年と等しいエネルギーシェアを想定	石油・天然ガス70%、再生エネ電力30%	石油・天然ガス40%、再生エネ電力60%
第一次産業	基準年より再生エネの導入率は増加するが、石油や天然ガスがエネルギー源に含まれる	再生エネ電力100%	再生エネ電力100%
第二次産業	基準年より再生エネの導入率は増加するが、石油や天然ガスがエネルギー源に含まれる	再生エネ電力100%	再生エネ電力100%
運輸	基準年より再生エネの導入率は増加するが、石油や天然ガスがエネルギー源に含まれる	再生エネ電力100%	再生エネ電力100%

する施策が実施されることを想定している。シナリオにおいては、AIMプロジェクトチームによる国の削減シナリオの対策高位ケース¹⁹⁾などを参考に設定した。また、2050年のシナリオに2050年CO₂排出実質ゼロの目標を達成できる「目標達成シナリオ」を想定した。このシナリオは、系統電力では⑤全早期撤退とし、排出量が吸収量の235(k_t-CO₂)以下になるよう第一次産業、第二次産業で再生可能エネルギー電力割合を増やしていくことを繰り返した。

(4) 導入を想定した排出対策一覧

シナリオの想定において、設定した低炭素対策の一覧と対応部門を表-3に示す。

表-3 導入を想定した低炭素対策の一覧と対応部門

分野	施策例	部門
(1) ライフスタイルの転換	エネルギー効率の高い住宅の普及	家庭
	環境・社会に配慮した消費の推進	家庭
(2) ビジネスの転換	持続可能な資源・エネルギー利用	産業・業務
	ICTの活用	産業・業務
	義務規定による更なる削減の推進	産業・業務
	グリーンファイナンスの推進	産業・業務
	テレワークの推進	運輸
(3) エネルギーの転換	環境に配慮した製品・サービスの提供の推進	産業・業務
	再生可能エネルギー設備の導入の推進	家庭・産業・業務
(4) モビリティの転換	再生可能エネルギー由来の電気の選択の推進	家庭・産業・業務
	電気自動車をはじめとした次世代自動車の普及	運輸
	新たな交通システムの構築	運輸

3. 結果

(1) 二酸化炭素排出量

2040年に各高位シナリオを経由した2050年目標達成シナリオと、全更新低位シナリオのCO₂排出量を図-3に示す。目標達成シナリオでは、2050年CO₂排出量が231(k_t-CO₂)となり、京都市のCO₂吸収量235(k_t-CO₂)を考慮したとき実質ゼロを実現できることが分かった。また、特に追加で対策を行わない全更新低位シナリオでは2050年に4,512(k_t-CO₂)となることが分かった。

(2) 部門別二酸化炭素排出量

各シナリオのCO₂排出量を部門別に推計した結果を図-4に示す。2050年目標達成シナリオでは、部門別にみると、家庭、業務、旅客輸送、貨物輸送部門でCO₂排出量ゼロを実現することができたが、産業部門・廃棄物分野ではそれぞれ129(k_t-CO₂)、102(k_t-CO₂)となった。

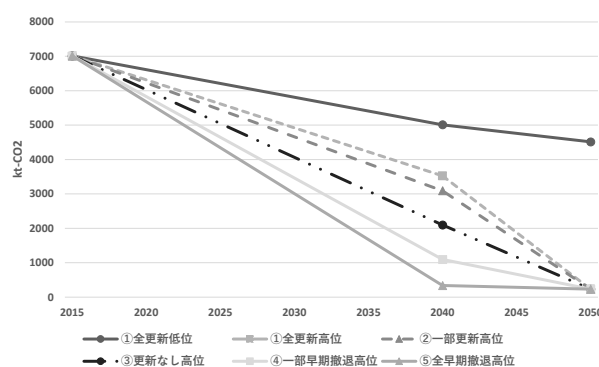


図-3 2040年、2050年の京都市二酸化炭素排出量

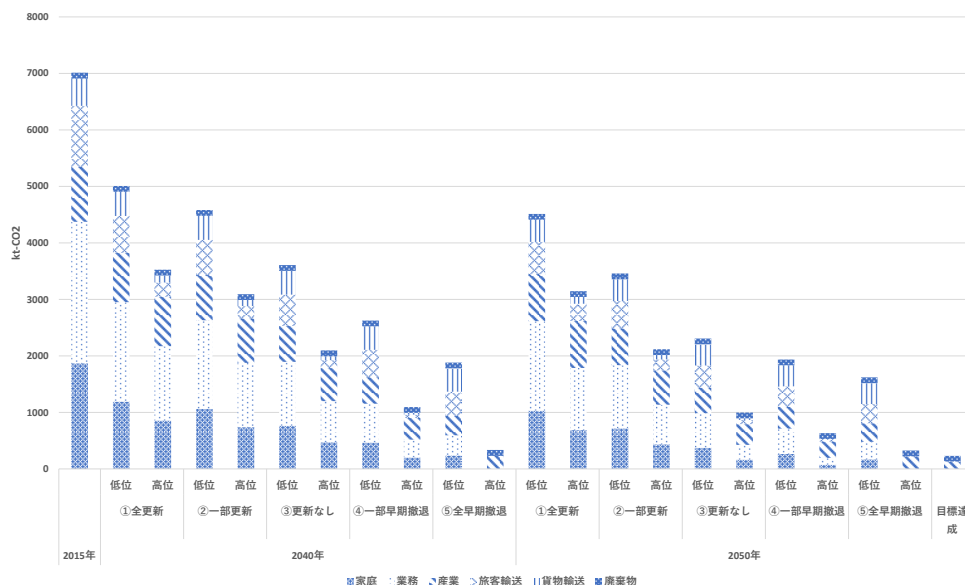


図-4 2040年、2050年の京都市部門別二酸化炭素排出量

(3) 削減速度

2015年から2040年の各高位シナリオ、2040年の各高位シナリオから2050年の目標達成シナリオまでの二酸化炭素排出量削減速度を図-5に示す。③更新なし高位シナリオのとき、2015年から2040年では年平均197(k_t-CO₂/year)、2040年から2050年では年平均187(k_t-CO₂/year)のペースで排出量が減少することが分かり、全シナリオの中で最も速度の差が少ないことが分かった。

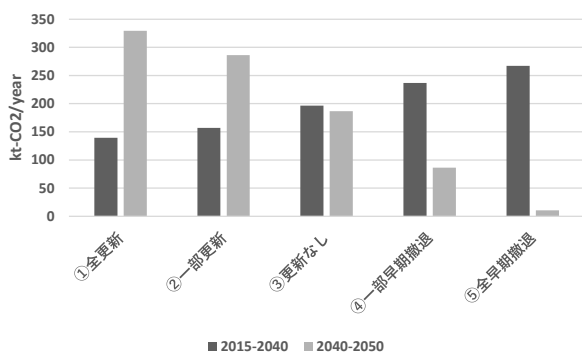


図-5 京都市二酸化炭素排出量削減速度

4. まとめ

(1) 本研究の結論

本研究では、既存発電所の稼働可能年数を考慮し、複数のシナリオで京都市の2040年、2050年CO₂排出量を推計し、目標の2050年CO₂排出実質ゼロを達成し得る低炭素シナリオを作成した。本研究の結果から以下の2点の結論を得た。

第一に、京都市の目標である2050年CO₂排出実質ゼロを実現するためには、2050年までにすべての火力発電所を撤退させ、低炭素対策の強度が高い高位シナリオに加え、第一次産業で再生可能エネルギー電力が100%、第二次産業で石油・天然ガスが40%、再生可能エネルギー電力が60%とする必要があることが分かった。上記条件の場合、排出量は231(k_t-CO₂)となり吸収量235(k_t-CO₂)を考慮したとき実質ゼロを実現できる。

第二に、③更新なし高位シナリオのとき、2015年から2040年では年平均197(k_t-CO₂/year)、2040年から2050年では年平均187(k_t-CO₂/year)のペースで排出量が減少することが分かり、全シナリオの中で最も速度の差が少ないことが分かった。

(2) 本研究の考察

a) 既存研究との比較

奥田ら(2020)⁹⁾の研究では、全早期撤退高位シナリオと同じ条件で2050年二酸化炭素排出量実質ゼロを実現可

能となった。本研究では廃棄物分野を新たに考慮したため同条件ではCO₂排出量実質ゼロに至らず、低炭素対策をさらに強化した目標達成シナリオにおいて実現可能と示された。また、本研究のExSSによる2015年推計結果は7,013(k_t-CO₂)、京都市環境政策局²⁰⁾による2015年排出量は7,128(k_t-CO₂)であり、結果の信頼性は確認できた。

b) 考察

2050年目標達成シナリオを達成する過程の2040年について、①全更新と②一部更新シナリオでは火力発電所を更新したにもかかわらずそれらを早期撤退させる必要があり負担が大きい。③更新なしシナリオでは、2040年までと2040年以降で削減速度があまり変わらない。それに加え、火力発電所が座礁資産にならず、将来世代に過度な削減の負担を残さない点、京都市は2030年度の目標として2013年比45%以上減の4,071 k_t-CO₂未滿を掲げており、③更新なしシナリオの2030年排出経路では4,063 k_t-CO₂となりそれを満たしている点から、③更新なしシナリオが最も有力な候補である。さらに野心的な経路として2040年時点で火力発電所を早期撤退させる④一部早期撤退と⑤全早期撤退シナリオもある。2050年に二酸化炭素排出量を実質ゼロにするには、2040年に③更新なしシナリオかそれ以上の対策シナリオを設定する必要がある。

火力発電所を寿命に関わらず早期撤退させ再生可能エネルギーによる発電所に変更させることは難しい想定ではあるが、目標達成のためには必要である。そのため、再現性を考え実際に火力発電所を撤退させるのではなくバックアップの予備として残しておく案が考えられる。

(3) 今後の課題

本研究の課題は、以下の2点である。第一に、本研究ではエネルギー起源、廃棄物起源のCO₂を考慮しているが、農業起源は考慮できていないため、それを考慮することで精度を上げる必要がある。第二に、CO₂以外のGHGを考慮することである。メタンや代替フロンなどを追加することでカーボンニュートラル実現シナリオを構築することができる。

謝辞：本研究の実施において藤森は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20211001)および住友財団環境研究助成による支援を受けた。長谷川は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20212004)による支援を受けた。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 外務省、2020年以降の枠組み：パリ協定、n.d.a. Retrieved February 2, 2021, from

- https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000119.html
- 2) UNFCCC, *Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the President*, 2015.
<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
 - 3) 首相官邸, 首相官邸ホームページ, 2020.
https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2020/1026shoshinhyomci.html
 - 4) 環境省, *地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況*, 2020.
<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>
 - 5) 京都市, *京都市: 「1.5°Cを目指す京都アピール」について*, 2019. <https://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/0000252588.html>
 - 6) 五味馨, 仲座方伯, & 松岡譲, *地域経済の開放性を考慮した低炭素社会シナリオ構築手法の開発と京都市への適用*, *ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH*, Vol.36, pp.1-9, 2008. <https://doi.org/10.2208/PROER.36.1>
 - 7) 奥田啓太, 越智雄輝, 長谷川知子, & 五味馨, *京都市を対象とした2050年二酸化炭素排出実質ゼロの姿の定量化*, *地球環境研究論文集: 地球環境シンポジウム*, Vol.29, pp.285-292, 2021. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40022736593>
 - 8) 五味馨, *地方自治体における低炭素社会シナリオ構築手法の開発に関する研究*, 2009.
<https://ci.nii.ac.jp/naid/500000504277>
 - 9) 五味馨, 島田幸司, & 松岡譲, *地方自治体における統合環境負荷推計ツール開発と滋賀県への適用*, *環境システム研究論文集*, Vol.35, pp.255-264, 2007.
https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=200902274976918333
 - 10) 越智雄輝, & 松岡譲, *京都市における温室効果ガス排出量の削減目標達成への道筋と進捗の定量的分析*, *環境システム研究論文発表会講演集 = Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research*, Vol.44, pp.211-219, 2016. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021016465>
 - 11) 独立行政法人環境再生保全機構, *大気浄化植樹マニュアル*, 2014.
https://www.erca.go.jp/yobou/pamphlet/form/05/archives_584.html
 - 12) 農業環境変動研究センター農業機構, *土壌のCO2吸収「見える化」* サイト, n.d.-l. Retrieved December 17, 2021, from <https://soilco2.rad.naro.go.jp/>
 - 13) 京都市, *統計で見る京都市の農林業京都市: 京都市農林統計資料*, 2018. <https://www.city.kyoto.lg.jp/menu2/category/32-4-5-0-0-0-0-0-0-0.html>
 - 14) 京都府, *地図情報 統合型地理情報システム (GIS)*, n.d.-n. Retrieved December 17, 2021, from https://www.pref.kyoto.jp/hq-gov/gis_system.html
 - 15) 京都市, *森林の保全及び整備による温室効果ガスの吸収量の算定に関する要綱*, 2020.
<https://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/0000127434.html>
 - 16) 京都市, *「まち・ひと・しごと・こころ京都創生」総合戦略*, 2015. <https://www.city.kyoto.lg.jp/sogo/page/0000197278.html>
 - 17) 関西電力, *発電所 | 事業所・関連施設 | 会社案内 | 企業情報 | 関西電力*, 2022.
https://www.kepcoco.jp/corporate/profile/community/plant_list.html
 - 18) 大阪ガス, *発電事業 発電所一覧 | Daigas G&P Solution*, 2022. <https://www.daigasgps.co.jp/service/powergeneration/>
 - 19) 国立環境研究所AIMプロジェクトチーム, *対策導入量等の根拠資料*, 2012. https://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/index_j.html
 - 20) 京都市環境政策局, *京都市: 2015 (平成27) 年度の温室効果ガス排出量について*, 2017.
<https://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/0000241255.html>

Scenario building for future carbon neutrality for Kyoto City

Yuto KUWABA, Shinichiro FUJIMORI, Yuki OCHI, and Tomoko HASEGAWA

The 2015 Paris Agreement set a long-term goal of keeping the global average temperature increase well below 2°C above pre-industrial levels and striving to limit it to 1.5°C. In response to this, Kyoto City set a goal in 2019 to become the first municipality in Japan to achieve zero CO₂ emissions by 2050. Here we estimated the CO₂ emissions of Kyoto City in 2040 and 2050, taking into account existing power plants and waste fields, which has not been analyzed in existing studies. The results showed that in order to achieve the target of net zero CO₂ emissions in 2050, all thermal power plants must be retired by 2050, and in addition to the high intensity low-carbon measures, 100% of electricity from renewable energy sources in the primary industry, 40% from oil and natural gas, and 60% from renewable energy sources in the secondary industry are required.