

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

特集にあたって

The Aim of the Special Issue *The Survey on the Actual Condition of Carbon Dioxide Emissions from Residential Sector and Its Research Applications*

西 尾 健 一 郎*

Ken-ichiro Nishio

1. 特集のねらい

環境省が2017年度に開始した「家庭部門のCO₂排出実態統計調査」(以下、家庭CO₂統計)は、約1万世帯を対象とする詳細なデータを基にした政府統計である。同統計では、家庭のCO₂排出量やエネルギー使用量のみならず、それらに影響を与える世帯や住宅の属性、機器の保有・利用状況、省エネ意識・行動などが網羅的に把握されている。これらの情報は、施策の検討や学術研究の基盤として重要な役割を果たしてきた。

とりわけエネルギー・資源学会は、2019年に「家庭部門のCO₂排出実態統計調査利用研究会」を設置し、環境省から提供された調査票情報(個票データ)を多角的に分析してきた。筆者もメンバーとして参加しており、その実現に尽力された環境省ならびに事務局の関係者に対し、深く感謝申し上げる。年2回開催される夏の研究発表会および冬のエネルギーシステム・経済・環境コンファレンスでは、家庭CO₂統計に関する研究成果が継続的に報告されており、また、本誌にも学術論文が多数掲載されている。

統計調査開始から10年を待たずして、学会や研究会の内外を合わせた家庭CO₂統計を活用した成果は約150件に達している。表1に、これまでの学術論文、学会発表やシンポジウム講演などを一覧している。筆者の寡聞にして十分に把握しきれていない成果もあるかと思われ、不完全さがあればご容赦いただきたいが、成果の蓄積状況を概観する一助となれば幸いである。

成果の蓄積が進むにつれ、全体像の把握が難しくなるといふ嬉しい悩みも生じている。そこで、本特集は、家庭CO₂統計の歩みを振り返り、これまでの研究活用状況を明らかにするとともに、今後の期待を示すことを目的としている。

2. 特集の構成

本特集は以下の6件の論稿で構成されている。

1件目では、環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室が家庭CO₂統計の歩みを振り返る。地球温暖化対策の企画・立案に資する基礎資料を得ることを目的として、統

計法に基づき開始された本調査の背景や事前検討の経緯が示されており、統計の概要を理解するための導入として適した内容である。

2件目では、岡本洋明氏(住環境計画研究所)が、家庭CO₂統計の調査設計や品質向上への取組について詳しく解説する。さらに、CO₂排出量の変化要因分析や年間電力消費量の機器別構成推計など、環境省委託事業を通じて得られた貴重な知見についても、要点を押さえて紹介している。

3件目では、岩船由美子氏(東京大学)が、研究会委員長として設置当初からの研究会活動を総括する。研究会設置の目的に加えて、一般には公開されていない個票データを適切かつ効率的に取り扱うための工夫、これまでの活動成果、今後の研究活用への期待などが示されている。

4件目と5件目は、それぞれ異なる研究目的に沿った活用事例をレビューするものである。4件目では星野優子氏(ENEOS)がエネルギー需要構造に着目し、地域・住宅・世帯・所得などの属性が与える影響、および価格・気候・コロナ禍などの外的ショックの影響の2つの観点から、これまでの研究知見を俯瞰する。一方、5件目では小川順子氏(日本エネルギー経済研究所)が、省エネ行動の動機やCO₂削減効果などに着目しながら、省エネ・温暖化対策に資する研究成果をまとめている。本号には両氏による個別論文も掲載されているため、あわせて参照いただきたい。

6件目では、山田愛花氏(電力中央研究所)が、分析手法を軸として、家庭CO₂統計の活用事例をレビューしている。家庭CO₂統計のみを利用した分析から、他のデータと組み合わせで行う分析まで幅広く紹介されているほか、集計や可視化によりデータの価値を最大化する研究、回帰分析や機械学習を用いて深い洞察を得ようとする研究など、数多くの研究者による工夫が示されている。

これらの論稿は、いずれも解説やレビューとして十分な内容を備えるだけでなく、第一線で活躍する専門家がそれぞれの視点を持ち寄ることで、多面的な捉え方ができるようになっている。執筆にご協力いただいた方々に深く感謝申し上げます。本特集を通じて、家庭のCO₂排出実態、統計やアンケートデータを用いた研究への理解がさらに深まり、今後の施策検討や研究推進につながることを期待している。

*一般財団法人電力中央研究所 社会経済研究所 副研究参事
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1
E-mail: nishio@cripi.denken.or.jp

表1 家庭CO₂統計関連の学術論文・学会発表・シンポジウム講演などの例

No	件 名	著 者	年	論文誌・会議名など
1	家庭からの二酸化炭素排出量の実態調査 その1 調査方法および結果の概要	岡本 洋明；水谷 傑；鶴崎 敬大； 中上 英俊；村越 千春	2016	日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）
2	家庭からの二酸化炭素排出量の実態調査 その2 既存統計との比較と統合集計結果	水谷 傑；岡本 洋明；鶴崎 敬大； 中上 英俊；村越 千春	2016	日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）
3	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計を用いたCO ₂ 削減ポテンシャルの推計	岸田 真一；水谷 傑；鶴崎 敬大； 中上 英俊	2017	日本エネルギー学会大会講演要旨集
4	混合モード調査の統合集計方法の検討	水谷 傑；鶴崎 敬大；岡本 洋明； 中上 英俊；美添 泰人；土屋 隆裕	2017	2017年度統計関連学会連合大会講演報告集
5	家庭CO ₂ 統計に基づく全国10地方別の排出要因分析と市町村別世帯あたり排出量の推計－全国試験調査結果を用いて－	石河 正寛；松橋 啓介；金森 有子； 有賀 敏典	2018	土木学会論文集G（環境）
6	照明のLED化は家計の電力消費量をどれくらい削減しているのか？	尾沼 広基；松本 茂；有村 俊秀	2018	BECC JAPAN 2018
7	家庭と乗用車から生じる市区町村別CO ₂ 排出量に関する考察	松橋 啓介；石河 正寛	2018	日本都市計画学会都市計画論文集
8	世帯属性情報に基づく湯はり頻度予測モデルの構築	松岡 綾子；山口 容平；上林 由果； 下田 吉之	2019	空気調和・衛生工学会論文集
9	長期エネルギー需給見通しにおける家庭部門CO ₂ 排出削減見込み量の検証	松岡 綾子；杉山 みなみ； 桃木 貴志；山口 容平；下田 吉之	2019	日本建築学会環境系論文集
10	世帯の家電保有特性を考慮した家庭部門温室効果ガス排出量の推計	的場 晴香；杉山 みなみ； 松岡 綾子；山口 容平；下田 吉之	2019	第38回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
11	市町村別家庭部門CO ₂ 排出量推計モデルの改良 －欠測データ処理と非線形回帰の適用－	石河 正寛；松橋 啓介；金森 有子； 有賀 敏典	2019	土木学会論文集G（環境）
12	機器保有予測モデルの構築による世帯間エネルギー消費ばらつきの再現	的場 晴香；杉山 みなみ； 松岡 綾子；下田 吉之；山口 容平	2020	第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
13	住宅エネルギーデータシミュレーターの構築	岩船 由美子	2020	第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
14	日本における家庭の財・サービス需要：公的統計マイクロデータを用いた現況の分析と生活行動の長期的な変化の検討	魏 啓為；秋元 圭吾	2020	第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
15	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査の実施について	後藤 晃宏	2020	環境情報科学
16	家庭用エネルギー消費実態と公的統計	中上 英俊	2020	環境情報科学
17	人口減少に着目した家庭の自家用車による輸送需要の将来推計	星野 優子；森田 圭	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
18	家庭CO ₂ 統計の個票データをを用いた給湯機器の保有実態などに関する基礎検討	西尾 健一郎；中野 一慶	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
19	家庭CO ₂ 統計を用いた機器保有状況の予測手法に関する検証	向井 登志広；田中 拓朗	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
20	家庭CO ₂ 統計に基づく需要能動化を考慮した住宅PVシステムの定量評価	大竹 宏明；新富 凌汰；井上 裕史	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
21	家庭CO ₂ 統計を用いた住設機器・自家用車の電化ポテンシャルおよびCO ₂ 排出削減効果の推計	岩船 由美子；河合 俊明；森 裕子	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
22	建物の省エネ化とEV化およびPV導入による地域民生部門低炭素化の定量評価	森 俊介；桐山 恵理子；篠原 百合絵	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
23	社会統計に基づく住宅のエネルギー消費原単位の推計	鷺津 明由；中野 諭	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
24	単身・高齢者世帯地域別CO ₂ 排出原単位の経験ベイズ推定	田中 昭雄	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
25	家庭エネルギー需要とCO ₂ 排出実態の基礎分析	山崎 政人；外岡 豊	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
26	家庭CO ₂ 統計に基づくCO ₂ 排出要因による世帯類型化	新富 凌汰；大竹 宏明；井上 裕史	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
27	家庭CO ₂ 統計データの分析効率化ツールプロトタイプの構築	上野 剛；高橋 雅仁；篠原 靖志	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
28	Patterns in Japan household data associated with energy consumption profiles	Rémi Delage；中田 俊彦	2020	第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
29	集合住宅を対象とした用途別エネルギー消費量分析に基づく省エネ提案及びその効果 その3 省エネ行動と世帯属性の関係性とコロナウイルス感染防止対策の影響の把握	永倉 直武；井上 隆；高瀬 幸造	2020	令和2年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集
30	家庭CO ₂ 統計とエネルギー最終需要モデルを用いた世帯間エネルギー消費差異の成因に関する研究	的場 晴香；杉山 みなみ； 松岡 綾子；下田 吉之；山口 容平	2020	エネルギー・資源学会論文誌
31	社会統計に基づく住宅のエネルギー消費原単位の推計	鷺津 明由；中野 諭	2020	エネルギー・資源学会論文誌
32	家庭CO ₂ 統計を用いた機器保有状況の分類手法に関する検証	向井 登志広；田中 拓朗	2020	エネルギー・資源学会論文誌
33	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査と住宅・土地統計調査のマイクロデータを活用したCO ₂ 排出量推計に関する研究	重 浩一郎	2020	官民オープンデータ利活用の動向及び人材育成の取組（2020年度）
34	公的統計マイクロデータを活用した都道府県別家庭からの温室効果ガス排出量推計	重 浩一郎；西村 修	2020	土木学会論文集G（環境）
35	住宅と自動車の利用に伴うメッシュ別CO ₂ 排出量の推計と考察	石河 正寛；陳 鶴；松橋 啓介； 金森 有子；有賀 敏典	2020	土木学会論文集G（環境）
36	乗用車によるCO ₂ 排出量の経年変化とその要因の分析	橋本 陸；齋 善彬；吉田 好邦	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
37	家庭部門のエネルギー消費量の地域特性に関する統計分析	長谷川 兼一；外岡 豊	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
38	機械学習を用いた家庭部門のエネルギー消費実態に関する分析	中村 仁明；下田 吉之	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
39	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査の個票データに基づく地域別、エネルギー構成別、所得階層別のエネルギー源別価格と支出の分析	星野 優子；小川 順子	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
40	Cluster analysis of Japan households' energy consumption per resource	Rémi Delage；中田 俊彦	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
41	家庭CO ₂ 統計を活用したZEHと一般住宅の評価	田中 昭雄	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
42	自家用車の保有状況と走行距離に関する個票データをを用いた家庭部門の輸送需要の長期予測	星野 優子；森田 圭	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
43	家庭CO ₂ 統計の個票データをを用いた光熱費の実態把握	西尾 健一郎	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
44	情報化技術が家庭部門／産業部門に及ぼす影響の分析－情報トラヒックとネットワークの影響の調査データの分析－	森 俊介	2021	第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
45	需要シミュレーションツールによる地域レベルの家庭用ガス・灯油消費量の算出	上野 剛	2021	電力中央研究所報告
46	家庭CO ₂ 統計の個票データと機械学習を用いた建築時期別光熱費の実態把握	西尾 健一郎	2021	エネルギー・資源学会論文誌
47	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査の個票データに基づく地域別、エネルギー構成別、所得階層別のエネルギー源別価格と支出の分析	星野 優子；小川 順子	2021	エネルギー・資源学会論文誌
48	個票データをを用いた日本の電力需要の価格弾力性推計 －所得階層別・地域別・季節別の比較－	尾沼 広基；松本 茂	2021	環境科学会誌
49	Prevalence of energy poverty in Japan : A comprehensive analysis of energy poverty vulnerabilities	Raúl Castaño-Rosa； Shinichiro Okushima	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
50	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査の概要と3年間の調査成果	鶴崎 敬大	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム（第13回ESIシンポジウム）

No	件 名	著 者	年	論文誌・会議名など
51	エネルギー・資源学会「家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査」利用研究会の紹介	岩船 由美子	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム (第13回ESIシンポジウム)
52	家庭の自家用車による輸送需要の将来推計	星野 優子	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム (第13回ESIシンポジウム)
53	機械学習とモデル解釈手法のSHAPを用いた光熱費の分析	西尾 健一郎	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム (第13回ESIシンポジウム)
54	再生可能エネルギー利用を考慮した住宅エネルギー消費の6用途分解	田中 昭雄	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム (第13回ESIシンポジウム)
55	家庭CO ₂ 統計を活用したエネルギー最終需要モデルの高度化と精度向上	下田 吉之	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム (第13回ESIシンポジウム)
56	GISによる統計データの可視化と地域レベルのエネルギー消費量の推定	上野 剛	2021	カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査の活用シンポジウム (第13回ESIシンポジウム)
57	需要シミュレーションツールによる地域レベルの家庭用ガス・灯油消費量の算出	上野 剛	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
58	家庭CO ₂ 統計データの利用方法の検討：エネルギー消費構造の経年変化分析およびライフプランシナリオ別生涯CO ₂ 排出量の推計	岩船 由美子；河合 俊明；森 裕子	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
59	地域別家庭CO ₂ 排出量の推定手法の開発：地域別環境政策立案にむけて	鷺津 明由；中野 諭	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
60	住宅エネルギー消費の6用途分解と再生可能エネルギー利用量の推定	田中 昭雄	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
61	気象影響がエネルギー需要に及ぼす影響評価	中村 仁明；下田 吉之	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
62	家庭CO ₂ 統計の個票データと機械学習を用いた使用エネルギー種別光熱費の実態把握	西尾 健一郎	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
63	家庭部門のCO ₂ 排出量の地域性とその影響要因に関する統計分析	長谷川 兼一；外岡 豊	2021	第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
64	Energy poor need more energy, but do they need more carbon? Evaluation of people's basic carbon needs	Shinichiro Okushima	2021	Ecological Economics
65	Regional energy poverty reevaluated: A direct measurement approach applied to France and Japan	Sondès Kahouli; Shinichiro Okushima	2021	Energy Economics
66	住宅エネルギー消費の6用途分解と再生可能エネルギー利用量の推定	田中 昭雄	2022	エネルギー・資源学会論文誌
67	地域別家庭CO ₂ 排出量の推定手法の開発：地域別環境政策立案にむけて	鷺津 明由；中野 諭	2022	エネルギー・資源学会論文誌
68	人口変化と集合住宅と戸建て住宅間の世帯移動を考慮した家庭部門CO ₂ 排出調査に基づくCO ₂ 排出の地域別予測	森 俊介	2022	第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
69	家庭CO ₂ 統計に基づく戸建て住宅の電力消費と太陽光発電の実態	山田 洋行	2022	第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
70	市町村別CO ₂ 排出量表のためのバイズのアプローチ (その1) - 階層データの整理 -	田中 昭雄	2022	第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
71	家庭のライフスタイル変化を考慮したCO ₂ 排出量将来推計に関する研究	野田 朋子	2022	第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
72	家庭部門のCO ₂ 排出量の地域性とその影響要因 その1 影響要因の地域特性に関する統計分析	長谷川 兼一；外岡 豊	2022	第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
73	日本における正確な温室効果ガス排出量算定と利用について その3 - 住宅エネルギー消費とCO ₂ 排出量のマクロ推計	外岡 豊；長谷川 兼一；山崎 政人	2022	第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
74	スマートシティの効果分析のための家庭による住宅と自動車のCO ₂ 排出量原単位の作成：環境省平成30年度家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査を用いた分析	鷺津 明由；中野 諭	2022	IASS WP 2022-J002
75	家庭CO ₂ 統計に基づく戸建て住宅の電力消費と太陽光発電の実態	山田 洋行	2022	エネルギー・資源学会論文誌
76	人口変化、住宅種類選択、住宅省エネルギー技術と電力化を考慮した家庭部門市町村別CO ₂ 排出の地域別将来推計	低炭素社会戦略センター	2022	LCS-FY2021-PP-15
77	Energy and carbon management system for a city and a nation	Yoshiyuki Shimoda; Toshiki Nakanishi; Hideaki Uchida; Misaki Fujiwara; Yohei Yamaguchi	2022	eeeee 2022 Summer Study Proceedings
78	Energy expenditure and electrification progress by household heterogeneity in Japan	Yuko Hoshino; Junko Ogawa	2022	43rd IAEE International Conference (Tokyo)
79	人口変化と居住形態および電力化を考慮した家庭部門市町村別CO ₂ 排出の2050年予測および建材需要の推計	森 俊介	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
80	家庭CO ₂ 排出実態統計調査を用いた自家用車の電動化の決定要因に関する分析	星野 優子	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
81	Just transition and household energy poverty in Japan	王 楠	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
82	時系列情報を考慮した家庭部門のエネルギー需要予測モデルの構築	中村 仁明；下田 吉之；内田 英明	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
83	家庭CO ₂ 統計に基づく世帯当たりCO ₂ 排出量の経年変化の要因分析	鶴崎 敬大；中上 英俊	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
84	Demographic aging and shrinking trend imposes great challenges to carbon emission mitigation in Japan	Yin Long; 吉田 好邦	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
85	市町村別CO ₂ 排出量表のためのバイズのアプローチ (その2) - 市町村別用途別エネルギー原単位の作成 -	田中 昭雄	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
86	新型コロナウイルス感染拡大防止に係る行動変容が首都圏集合住宅のエネルギー・水消費量に与えた影響：長期実測データ、居住者アンケート及び環境省家庭CO ₂ 統計に基づく分析	石川 雄一；井上 隆；高瀬 幸造；水谷 傑；篠原 幸佑；蛭間 駿太；徐 小媛	2022	第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
87	新型コロナウイルス感染防止に係る行動変容が住宅のエネルギー・水消費に与えた影響 その1：首都圏集合住宅の長期詳細実測データに基づく検討 - 調査概要と実測・アンケート結果 -	高瀬 幸造；井上 隆；篠原 幸佑；水谷 傑；蛭間 駿太	2022	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)
88	What can be done with one tonne of CO ₂ emissions?: Reconsidering fair carbon emissions for households in relation to the use of domestic energy services	Shinichiro Okushima	2023	USAEE Working Paper
89	バイズのアプローチによる市町村別住宅環境負荷推定	田中 昭雄	2023	エネルギー・資源学会論文誌
90	家庭部門における省エネルギー対策の進捗評価と追加策	藤原 みさき；中西 利樹；下田 吉之	2023	エネルギー・資源学会論文誌
91	公的統計から見たCOVID-19が及ぼす影響：家計調査及び家庭CO ₂ 統計からの考察	水谷 傑	2022	IBECs
92	家庭部門による温室効果ガス排出量削減に向けた取組	金森 有子	2022	地球環境
93	家庭部門のCO ₂ 排出実態統計調査とエネルギー統計の階層的データ接続の検討	井上 智弘；加藤 悦史；黒沢 厚志	2023	第39回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
94	家庭CO ₂ 統計からみた家庭の暖房におけるエネルギーレジリエンス	星野 優子；小川 順子	2023	第39回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
95	家庭部門のCO ₂ 排出量の地域性とその影響要因 その2 都道府県別のCO ₂ 排出量に着目した統計分析	長谷川 兼一；外岡 豊	2023	第39回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
96	市町村別CO ₂ 排出量表のためのバイズのアプローチ (その3) - 温熱源選択モデル -	田中 昭雄	2023	第39回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
97	ロックイン問題を考慮に入れた 給湯分野の経済合理的なCO ₂ 削減可能性 - 家庭CO ₂ 統計の個票データを用いた将来分析 -	山田 愛花；西尾 健一郎	2023	電力経済研究
98	家庭用ヒートポンプ給湯機の普及シナリオ達成に向けた住宅の築年別・建て方の給湯器電化率のモデル分析	山田 智之；山本 博巳；永田 豊	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
99	家庭のCO ₂ 排出に及ぼす要因分析 - ベット所有と暖房需要についての考察	齊藤 天音；ロン イン；吉田 好邦	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
100	家庭CO ₂ 排出実態統計調査を用いた電力会社選択に影響を及ぼす要因分析	姜 凱耀；川浦 脩弥	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集

No	件 名	著 者	年	論文誌・会議名など
101	ロックイン問題を考慮に入れた給湯分野の経済合理的なCO ₂ 削減可能性－地域性・世帯特性に着目した特徴分析－	山田 愛花；西尾 健一郎	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
102	地方区分別夫婦と子世帯当たり住宅エネルギー消費量推計と家庭CO ₂ 排出実態統計調査の照合に関する研究	吉田 友紀子；平野 勇二郎	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
103	家庭CO ₂ 統計を用いた世帯属性別のエネルギー需要の価格弾力性	星野 優子；小川 順子	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
104	居住者の省エネルギーシナリオに基づく家庭部門CO ₂ 排出削減の可能性評価	平野 勇二郎；吉田 友紀子； 吉田 崇紘；山形 与志樹	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
105	Exploring determinants of solar photovoltaic adoption and its rebound and spillover effects on household energy consumption : Evidence from Japan	Merhaba Memtimin ; Nan Wang ; Gento Mogi	2023	第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
106	コロナ禍における行動変容が住宅のエネルギー・水消費量に与えた影響 首都圏集合住宅実測調査および公的統計データの両面からの検討	蛭間 駿太；井上 隆；高瀬 幸造； 水谷 傑；篠原 幸佑	2023	令和5年度空調和・衛生工学会大会学術講演論文集
107	家庭用ヒートポンプ給湯機の普及シナリオ達成に向けた住宅の築年代別・建て方別の給湯器電化率のモデル分析	山田 智之；山本 博巳；永田 豊	2024	エネルギー・資源学会論文誌
108	Measuring energy sufficiency : A state of being neither in energy poverty nor energy extravagance	Shinichiro Okushima	2024	Applied Energy
109	バットが家庭のエネルギー消費に与える影響の分析	金森 有子；石河 正寛；張楊 玉婷； 増井 利彦	2024	国立環境研究所ディスカッションペーパーシリーズNo. 2024-01
110	家庭CO ₂ 統計を用いた地域別エネルギー需要分析と炭素価格政策への示唆	小川 順子；星野 優子	2024	第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
111	家庭部門CO ₂ 排出統計における地方別エネルギー消費構造の解明に関する研究	吉田 友紀子；平野 勇二郎； 一ノ瀬 俊明	2024	第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
112	家庭CO ₂ 統計の個票データを用いたHEMS導入世帯の特徴や省エネ効果の分析	西尾 健一郎；山田 愛花；後藤 久典	2024	第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
113	光熱費データから冷蔵庫を分離する統計モデルの研究	田中 昭雄	2024	第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
114	家庭部門におけるCO ₂ 排出量の季節変化と気温感応度の解析	平野 勇二郎；吉田 友紀子； 吉田 崇紘；山形 与志樹	2024	第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
115	家庭の燃料種別エネルギー消費量に関する回帰モデルを用いた市区町村別推計の試み	石河 正寛；松橋 啓介；金森 有子	2024	環境科学会誌
116	住宅用太陽電池発電電力の使用実態推定	田中 昭雄；本田 憲照；岡本 孝美	2024	日本建築学会九州支部研究報告
117	Demographic transitions hinder climate change mitigation for Japan's shrinking and aging households	Yin Long ; Yoshikuni Yoshida ; Liqiao Huang ; Peipei Chen ; Yi Wu ; Alexandros Gasparatos	2024	Cell Reports Sustainability
118	家庭用給湯分野への省エネ補助金の効果分析	山田 愛花；西尾 健一郎	2024	電力中央研究所報告
119	住宅電力需要の季節変動から冷蔵庫を分離する統計モデルの研究	田中 昭雄	2024	エネルギー・資源学会論文誌
120	日本と米国の公的統計を用いた在宅勤務実施世帯のエネルギー需要の特徴分析	鶴崎 敬大；玄 姫；林 礼美； 秋元 圭吾	2024	第43回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
121	家庭用給湯分野への省エネ補助金の効果分析-支給シナリオや割引率の影響-	山田 愛花；西尾 健一郎	2024	第43回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集
122	用途別・熱源別の機器利用率の実態を考慮した停電時機器利用不可世帯の割合の推定	上野 剛	2024	日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）
123	家庭CO ₂ 統計の調査票情報を用いたエネルギー消費の実態把握	羽原 宏美	2024	日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）
124	家庭CO ₂ 統計の個票データを用いたHEMS導入世帯の特徴と省エネ効果の分析	西尾 健一郎；山田 愛花；後藤 久典	2024	エネルギー・資源学会論文誌
125	戸建住宅の災害レジリエンス性能向上のためのブックレット－外皮・設備計画の考え方－	IBECs 住宅のレジリエンス向上技術検討委員会	2024	住宅・非住宅建築物の省エネルギー・脱炭素・室内環境のための技術体系に関する研究実証データに基づく技術開発プロジェクト（自立循環プロジェクト）編
126	断熱性能向上による省エネルギー住宅普及実態とCO ₂ 排出量に関する研究	吉田 友紀子；平野 勇二郎	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
127	家庭部門における用途別エネルギー消費量の気温感応度の解析	平野 勇二郎；吉田 友紀子； 吉田 崇紘；山形 与志樹；田中 昭雄	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
128	家庭環境統計データと基幹統計との連鎖手法の検討	田中 昭雄；平野 勇二郎	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
129	家庭部門のCO ₂ 排出量の地域性とその影響要因 その3 世帯類型に着目した統計分析	長谷川 兼一；外岡 豊	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
130	太陽光発電の自家消費率などの実態把握－家庭CO ₂ 統計の個票データを用いた分析－	西尾 健一郎；山田 愛花	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
131	エネルギー転換に対する社会的感情が家庭エネルギー使用行動に与える影響	銭 学鵬	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
132	家庭部門の省エネに影響を及ぼす多様な動機に関する研究：家庭CO ₂ 統計の個票データを用いた傾向スコアマッチングによる統計的分析	小川 順子；星野 優子；後藤 美香	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
133	家庭部門の自家用自動車利用の変化－コロナ禍の影響を中心に－	星野 優子；伊藤 瑞季	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
134	日本における省エネ格差の検証	伊川 萌黄	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
135	Evaluating the use of multi-task learning to estimate local level appliance adoption and household decarbonization in Japan	Andrew Marian Zajch ; 山口 容平； 重松 朋生；内田 英明；下田 吉之	2025	第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集
136	Evaluation of CO ₂ emissions reduction in the Japanese residential sector through energy-saving scenarios based on large-scale survey data	Yujiro Hirano ; Yoshida Yukiko ; Yoshida Takahiro ; Yoshiki Yamagata ; Suguru Mizutani ; Ji Xuan	2025	Energies
137	Solar photovoltaics adoption and its impacts on energy consumption : evidence from Japanese households	Merhaba Memtimin ; Nan Wang ; Gento Mogi	2025	Renewable Energy Focus
138	太陽光発電の自家消費率などの実態把握－家庭CO ₂ 統計の個票データを用いた分析－	西尾 健一郎；山田 愛花	2025	エネルギー・資源学会論文誌
139	家庭部門の省エネに影響を及ぼす多様な動機に関する研究：家庭CO ₂ 統計の個票データを用いた傾向スコアマッチングによる統計的分析	小川 順子；星野 優子；後藤 美香	2025	エネルギー・資源学会論文誌
140	太陽光発電の自家消費率などの実態把握－家庭CO ₂ 統計とZEH事業データの比較考察－	西尾 健一郎；山田 愛花	2025	日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）
141	家庭CO ₂ 統計の歩み	環境省地球環境局総務課 脱炭素社会移行推進室	2025	エネルギー・資源
142	家庭CO ₂ 統計の調査設計と品質向上に向けた取組	岡本 洋明	2025	エネルギー・資源
143	家庭部門CO ₂ 排出実態統計調査利用研究会の活動	岩船 由美子	2025	エネルギー・資源
144	家庭CO ₂ 統計の研究活用例－需要構造に着目して－	星野 優子	2025	エネルギー・資源
145	家庭CO ₂ 統計の研究活用例－地球温暖化・省エネ対策に着目して－	小川 順子	2025	エネルギー・資源
146	家庭CO ₂ 統計の研究活用例－分析手法やデータ活用法に着目して－	山田 愛花	2025	エネルギー・資源

（注）エネルギー・資源学会や家庭部門のCO₂排出実態統計調査利用研究会以外の成果も含まれている。さらに、政府統計の総合窓口（e-stat）で公表されている集計データを使用・参照したものなど、個票データに依拠しない成果も含めている。

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

家庭CO₂統計の歩み

History of the Survey on the Actual Conditions of Carbon Dioxide Emissions from Residential Sector

環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室*

Decarbonized Society Promotion Office, Global Environment Bureau, Ministry of the Environment, Japan

1. はじめに

環境省では家庭部門の詳細なCO₂排出の実態等を把握し、地球温暖化対策の企画・立案に資する基礎資料を得ることを目的として、平成29（2017）年度より統計法（平成19年法律第53号）に基づく一般統計調査として家庭部門のCO₂排出実態統計調査（以下、「家庭CO₂統計」という）を実施しており、令和5（2023）年度調査まで7回の調査結果を公表してきた¹⁾。調査結果は、中央環境審議会地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会の議論に活用されている他、国立環境研究所等における研究データとして活用されている。

本稿では家庭CO₂統計の成り立ちと歩みを紹介する。

2. 家庭CO₂統計の成り立ち

2.1 統計調査実施の背景

環境省は家庭部門におけるCO₂排出構造を詳細に把握する方法に関する検討を平成22（2010）年度に開始した。

当時、我が国の家庭部門のCO₂排出量（2008年度）は、1990年度比で約3割増加しており、効果的な削減対策を行うことが喫緊の課題となっていた。しかし、我が国では家庭におけるエネルギー消費実態、エネルギー機器の使用状況など、家庭部門におけるCO₂排出削減対策の立案や対策の実施状況の評価のために重要な情報が不足しており、地球温暖化対策の推進にあたっては、早急にこれらの情報を整備していくことが求められていた。

家庭部門のCO₂排出量については温室効果ガス排出インベントリにおいて既存の統計調査に基づく推計方法が確立されていたが、家庭のCO₂排出量を左右する世帯の構成、住宅の種類、機器の普及、エネルギー消費行動、太陽光発電等の発電設備の普及などの様々な説明要因を一体的に把握することはできなかった。

2.2 試験調査（2012～2013年度）

平成23（2011）年度までの検討を踏まえ、平成24（2012）年10月から平成25（2013）年9月に、政府の一般統計調査として「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態

調査試験調査」（以下、「試験調査」という）を実施した²⁾。試験調査の目的は、本格的な統計調査の設計の検討に資する基礎資料を得ることであり、具体的には適正なサンプルサイズ（調査世帯数）を検討すること、調査項目の必要性を評価すること等であった。

これらの目的を達するための調査仕様を検討し、北海道地方と関東甲信地方の2地方に限定して調査を実施した。調査方式については費用を抑制しつつ迅速に調査を実施するため、民間事業者が保有するインターネット調査モニターを対象とする調査（以下、「IM調査」という）とした。

試験調査では同じ世帯を対象に、連続する12か月のエネルギー使用量と属性事項を調査した。これは現在の家庭CO₂統計まで引き継がれており、他の類似の調査にはない本調査の特徴となっている。

同じ世帯に連続する12か月間の調査を行うことは、調査世帯の負担が大きくなる（回収率を維持しにくい）という欠点があるが、調査世帯の入れ替えを前提とすると、季節によって変化するエネルギーの使用量とその説明要因を一体的に把握できないという問題があった。この統計を家庭部門におけるCO₂排出削減に係る対策・施策の検討・評価に活用するに当たって、用途別のCO₂排出量及びエネルギー消費量（用途：暖房、冷房、給湯、台所用コンロ、照明・家電製品等）を提供することが重要であったが、用途別に分解（推計）するためには同じ世帯で連続する12か月間のエネルギー使用量を把握する必要があった。

2.3 全国試験調査（2014～2015年度）

試験調査の結果を踏まえ、「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査全国試験調査」（以下、「全国試験調査」という）を一般統計調査として実施することを総務省に申請し、承認を得て、平成26（2014）年10月から平成27（2015）年9月に実施することとなった。実施に先立って平成26（2014）年3月に、全国試験調査の実施が政府の「公的統計の整備に関する基本的な計画」（第Ⅱ期：平成26年3月25日閣議決定）において、環境に関する統計の整備の一項目と位置付けられた（表1）。

*〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2 中央合同庁舎5号館

表1 公的統計の整備に関する基本的な計画における全国試験調査の位置づけ³⁾

項目	内容
具体的な措置・方策等	家庭からの二酸化炭素排出実態を把握するために必要な統計調査の本格実施に向けた検証など、温室効果ガスの排出及び吸収に関する統計データの更なる充実に取り組む。
担当府省	環境省
実施時期	平成26年度から実施する。

全国試験調査は本番の統計調査を想定して実施するリハースル的な位置づけであったことから、実施に当たっては、特に調査方式が大きな論点となった。IM調査のみでは無作為性が担保されず、我が国の家庭の平均像を示す調査結果とは見なされないという課題がある一方で、無作為性を有する一般的な統計調査の実施方法を採用すれば、標本抽出や調査実施（調査票の配布・回収等）にIM調査の10倍以上の経費を要すると見積もられた。

環境省における統計の専門家を交えた検討の結果、IM調査と無作為抽出による調査（調査員が訪問して調査票を配布する方法を採用したことから、以下では「調査員調査」という）の回収数の目標を各4,000世帯に設定することになった（調査世帯数は調査員調査8,802世帯、IM調査7,600世帯）。また、調査員調査では全ての調査票を調査員が訪問して回収するのではなく、郵送による回収を組み合わせることで調査経費を縮減した。

調査結果の集計・公表方法はもう1つの重要な論点であった。IM調査と調査員調査の2つの方式で実施した結果を統合して集計することを想定したが、IM調査の妥当性が問われる状況であったため、統合集計結果のみを公表するのではなく、それぞれの調査結果を独立して公表するとともに、統合集計結果を参考として公表することとなった。統合の方法は、暫定的に調査員調査の結果とIM調査の結果を1：1で統合することとした。

全国試験調査では約4,000世帯の目標を上回り、集計世帯数は調査員調査で5,995世帯、IM調査で5,637世帯となった。想定より高い回収が見込めることとなり、本番の調査では調査世帯数を各6,500世帯ずつ（計13,000世帯）に縮減する方針とした。

3. 家庭CO₂統計の概要

二回の試験調査を経て、家庭CO₂統計は平成28（2016）年11月4日に総務省の承認を得るに至り、平成29（2017）年度から毎年実施することとなった。令和5（2023）年度までに7回の調査が実施され、結果が公表されている（表2）。令和6（2024）年度からは事業における重点を統計の利活用に置くこととなり、2年に1回の実施に変更し、

表2 家庭CO₂統計の歩み

年度	内容
2010～2011	家庭のCO ₂ 排出構造把握方法の検討
2012～2013	試験調査の実施
2014～2015	全国試験調査の実施
2016	全国試験調査結果の公表 家庭CO ₂ 統計の総務省承認
2017～2023	家庭CO ₂ 統計の実施（毎年度）
2024～	隔年調査に移行（奇数年度に実施）

奇数年度に調査を実施することとなった。本稿執筆時点では、令和7（2025）年度調査が実施中である。

家庭CO₂統計では全国の専用住宅に住む主世帯を対象に、地方10区分及び都市階級3区分の30層を設定している。調査員調査では調査市区町村を定めた上で、市区町村が管理する住民基本台帳から6,500世帯（報告者は原則20歳以上）を等間隔抽出法により選定している。IM調査では民間事業者が保有するインターネット調査モニター（20歳以上）から6,500世帯を選定している。

◆地方（10区分）：

北海道： 北海道

東北： 青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県

関東甲信：茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、長野県

北陸： 新潟県、富山県、石川県、福井県

東海： 岐阜県、静岡県、愛知県、三重県

近畿： 滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県

中国： 鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県

四国： 徳島県、香川県、愛媛県、高知県

九州： 福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県

沖縄： 沖縄県

◆都市階級（3区分）：

1. 都道府県庁所在市（東京都は区部）及び政令指定都市

2. 人口5万人以上の市

3. 人口5万人未満の市及び町村

調査の実施期間について、試験調査と全国試験調査では10月から翌年9月としていたが、平成29（2017）年度以降の家庭CO₂統計では国の会計年度に一致するように4月から翌年3月と設定している。調査は12か月間の調査と夏季・冬季に各1回実施する特別調査で構成される。初回の4月調査ではエネルギー使用量と基本的な属性事項を併せて調査している。

・エネルギー使用量調査票＋基礎情報（4月）

- ・エネルギー使用量調査票（5月～3月：11回）
- ・夏季調査票（8月）
- ・冬季調査票（2月）

各調査票の調査事項は表3の通りである。調査項目は毎年度、必要に応じて見直しを実施しているが、特に令和2（2020）年度調査と令和5（2023）年度調査では大きな見直しを行っている。令和5（2023）年度調査からは住宅の改修工事の有無（省エネ目的を含む）や交通手段の利用状況等が追加されている。

表3 調査事項（令和5年度調査）

調査票	調査事項
エネルギー使用量調査票（各月）	・エネルギー使用量及び支払金額（電気、ガス、灯油、自動車用燃料） ・太陽光発電について（月別の発電量、売却量、太陽電池の総容量）
同（4月）	・世帯について（世帯員、平日昼間の在宅者） ・住宅について（建て方、構造、建築時期、所有関係、改修工事の有無、延床面積、居室数、並びに二重サッシ・複層ガラスの窓、HEMS、蓄電システム及びコージェネレーションシステムの有無） ・省エネ行動実施理由について
同（5月～3月）	・属性変化（基礎情報等の変更）
夏季調査票	・家電製品等について（テレビ・冷蔵庫・エアコン・照明等の使用状況、冷蔵庫・家電製品に関する省エネ行動、使用場所ごとの照明種類、照明に関する省エネ行動） ・夏季の給湯について（給湯器の種類、夏の入浴状況） ・コンロ・調理について（コンロの種類、用意する食事の数、調理に関する省エネ行動） ・車両について（自動車等の使用状況、燃料の種類、排気量、実燃費、使用頻度、年間走行距離、自動車に関する省エネ行動） ・交通手段の利用状況について
冬季調査票	・暖房機器について（保有状況、使用状況） ・冬季の給湯について（冬の入浴状況、入浴やお湯の使用に関わる省エネ行動の実施状況） ・その他（世帯年収）

調査結果の公表に当たっては専門家による統計技術的検討を踏まえ、全国試験調査と同様に、調査員調査とIM調査の1:1による統合集計を実施し、統合集計の結果のみを報告している。

4. おわりに

家庭CO₂統計の調査結果は多岐にわたるため、本稿では紹介を割愛する。環境省の家庭CO₂統計ウェブサイト¹⁾に掲載の公表資料や委託業務報告書等を参照されたい。

環境省では統計法に基づき家庭CO₂統計の調査票情報の二次利用を進めており、エネルギー・資源学会の会員を中心に学術研究分野での二次利用の成果が多数蓄積されている。今後の研究の発展に期待するとともに、行政として家庭部門におけるCO₂排出削減に係る対策・施策の検討・評価等への利活用をより一層進めていきたい。

謝辞

家庭CO₂統計の企画・実施に当たっては、有識者検討会委員各位から長年にわたり多くの有益なご助言ご指導を賜った。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 環境省；家庭部門のCO₂排出実態統計調査（家庭CO₂統計）ウェブサイト（<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei.html>）
- 2) 環境省；家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 試験調査ウェブサイト（<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateitokei.html>）
- 3) 総務省；公的統計の整備に関する基本的な計画（<https://www.soumu.go.jp/toukei-toukatsu/index/seido/12.htm>）における第Ⅱ期基本計画（平成26年3月25日閣議決定）本文（https://www.soumu.go.jp/main_content/000536498.pdf）

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

家庭CO₂統計の調査設計と品質向上に向けた取組

Survey Design and Quality Improvement Approaches for the Survey on Actual Conditions of CO₂ Emissions from the Household Sector

岡 本 洋 明*
Hiroaki Okamoto

1. はじめに

当社は、家庭部門のCO₂排出実態統計調査（家庭CO₂統計）業務を平成22（2010）年度の本事業立ち上げから現在まで継続して家庭CO₂統計事業を受託しており、全国試験調査以降は㈱インテージと共同受託している。当社は主に調査の設計、データ審査、分析、および活用促進を、インテージは調査の実施と集計を、それぞれ担当している。本報では、業務実施者の視点から、家庭CO₂統計の設計や品質向上に向けた取組の一例に加え、これまでに実施してきた分析や活用に関する取組についても一例を紹介し、併せて今後への期待を述べる。なお本報で紹介する取組や分析例の多くは、主に委託業務報告書に掲載されている。内容の詳細は、参考文献欄に示す委託業務報告書^{注)}を参照されたい。

2. 調査設計の考え方と工夫

家庭CO₂統計の調査設計は、平成26～27（2014～2015）年度に実施された全国試験調査の結果がベースとなっている。ここでは標本サイズの決定方法と調査事項の選定における考え方を紹介する。

2.1 標本サイズ

標本サイズは、基本的な事項で集計を行う際に十分な精度が得られるようにすることを念頭に決定している。まず、家庭のエネルギー消費量に強い影響を持つ住宅の建て方（2区分）を基本事項と想定する。次いで、世帯類型（8区分）、世帯人数（6区分）、年間世帯収入（7区分）、延べ床面積（8区分）等といった主要な世帯・住宅属性が基本集計事項となる。よって建て方（2区分）と主要属性（6～8区分）をクロス集計すると、基本的な事項で集計する場合の区分数は12～16程度がベースになると考えられる。

次に集計区分ごとの精度については、各集計区分における世帯当たりエネルギー消費量（電気・ガス・灯油の合計）の標準誤差率を5%以内と設定する。全国試験調査の結果をもとに、その範囲に抑えるために必要となる集計世帯数

を検討すると、各区分で50～90世帯が必要になるとの結果となる。そのため必要な標本サイズは1地方あたり（12～16）×（50～90）＝600～1,440世帯となる。さらに、全国を10地方に分けるため、全国では10倍となる。

これを踏まえて目標回収数を決定する。各地方で600世帯（全国計で6,000世帯）を確保し、さらに、世帯数の最も多い関東甲信地方において上限（1,440世帯）に近い水準を確保するため、国勢調査の世帯数を基に2,000世帯を各地方に比例配分する。以上より、全国計の目標回収数を8,000世帯とし、調査員調査とインターネットモニター（IM）調査それぞれで4,000世帯としている。さらに全国試験調査における有効回答率を踏まえ、想定有効回収率をそれぞれ調査員調査62%、IM調査66%と設定した上で、調査世帯数は、安全を見込んで各6,500世帯、合計13,000世帯と設定している。詳細は文献¹⁾を参照されたい。

2.2 調査事項

本特集号の「家庭CO₂統計の歩み」²⁾の表3に、家庭CO₂統計の調査事項が示されている。これらの選定において重視する考え方の基本は、世帯あたりエネルギー種別消費量（およびCO₂排出量）を説明する上で重要となる項目を捕捉することである。具体的には、暖房、冷房、給湯、台所用コンロ、照明家電製品等の5つを家庭におけるエネルギーの主な用途として想定し、各用途別エネルギー消費量を説明する上で欠かせないものを選定している。ただし、エネルギー消費量の説明変数として必ずしも重要とは言えないものでも、政策的・社会的ニーズの大きいものについては、慎重な検討の上で調査事項として加えることもある。近年では、再生可能エネルギー100%の電気の契約状況がその例として挙げられる。

一方で、回答者にとって負担感のある調査事項の追加についてはより慎重な検討が求められる。例えば非常に強いニーズが寄せられている事項として、住宅の断熱性能に関する指標があるが、これに関しては一般の回答者が迷わずに回答できるものを選定することが非常に困難である。さらに統計調査に求められる仕様では、客観的な事実関係のみが調査事項となり、回答者の意見や感覚的なことは調査対象にはならないことも重要な点である（表1参照）。住

*株式会社住環境計画研究所 主任研究員
〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-29
E-mail: okamoto@jyuri.co.jp

宅の断熱性能は、居住者の「暑い」「寒い」といった温熱感覚との相関が高いとの調査結果もあるが、回答者の主観である温熱感覚を統計調査として捕捉することは難しい。こういった制約の中で、調査事項の選定が行われている。

表1 統計調査と意識調査の違い³⁾

	統計調査	意識調査
調査内容	客観的な事実（社会経済的属性、生活様式、経験、行動、知識）	主観的な意識（意見、評価、欲求、情緒的反応）
調査単位	世帯・事業所が多い	個人が多い
調査規模	（意識調査に比べ）大きめ	（統計調査に比べ）小さめ ※要求される誤差の水準が 違う

また自動車用燃料消費量については、通常は家庭部門ではなく運輸部門で計上されるが、家庭CO₂統計では、これも一体的に調査対象としている。近年徐々に普及が進んでいる電気自動車は家庭で充電されることが多く、さらにその普及は住宅属性との関連性が強いことから、今後家庭部門の観点から自動車用燃料消費量の分析が進むことが期待される。さらに、太陽光発電システムによる毎月の発電量、売電量および受領金額も調査をしており、この点も他統計には無い特徴と言える。

なお平成29（2017）年度の調査開始以降、新たに追加した主な調査事項は表2の通りである。

表2 平成29（2017）年度以降に追加した主な調査事項

追加年度	追加した調査事項
令和2年度 (2020年度)	・家庭用蓄電システムの使用状況 ・コージェネレーションシステムの使用状況 ・省エネルギー行動実施理由
令和3年度 (2021年度)	・在宅勤務の実施状況
令和4年度 (2022年度)	・住宅の構造
令和5年度 (2023年度)	・2010年1月以降の住宅の改修工事実施状況 ・再生可能エネルギー100%の電気の契約状況 ・交通手段の利用状況

3. 品質向上に向けた取組および検討

家庭CO₂統計の品質向上のための主な観点として、(1)有効回答率を高めること、(2)継続的に安定した結果を得ること、(3)統計の利活用価値を高めることが挙げられる。(1)については、調査世帯からの回収票データに対して適切に審査および修正・補完を実施することに加え、回答難易度が高くなく、誤解を招かないような調査票を設計・改善してゆくことが重要になる。(2)については、他統計との比較を通じて、家庭CO₂統計の調査結果が有している特

徴を捕捉し、乖離要因を評価することが重要となる。(3)については、利用者のニーズに即した調査項目や、利用しやすい調査仕様を検討することが重要となる。ここでは(1)～(3)に資する取組の一例について、その概要を述べる。

3.1 有効回答率を高めるための取組

(1) データ審査および修正・補完

家庭CO₂統計は12ヶ月間連続で毎月のエネルギー使用量および支払金額を聴取する他に、3回の属性調査（4月調査、夏季調査、冬季調査）も実施している。そのため調査世帯にとっては非常に回答負荷の高い調査となっており、設問間・調査票間で齟齬のある回答や蓋然性の低い回答が混入する要因となっている。そのため、回収された調査票データを審査し、必要に応じてデータの除外や修正を実施することが必要となる。また、年間エネルギー使用量および支払金額の算出には12ヶ月分の回答が全て揃う必要があるが、そのうちの何ヶ月分かの回答に欠測や異常値が混入することも多い。そのため1回でも欠測や異常値が回答に混入した世帯を全て除外してしまうと有効回答率を大幅に低下させてしまうため、欠測値や不明値に対する適切な補完方法を検討し、実装している。詳細は文献⁴⁾を参照されたい。

(2) 設問文・注釈の検討および回答の手引きの提供

前述の通り、家庭CO₂統計の設問は事実関係を問うているものではあるが、回答者にとっては、必ずしもその全てが自明であるわけではない。一方で、統計設計者および統計利用者にとっては、いずれの設問も基本的な事項であると感じやすく、回答者の認識とはギャップがある。新たな設問を追加する際には、その設問で問われている対象が、回答者にとって十分理解されるものかを調査・検討して調査可否を判断するとともに、適切な設問文や注釈等の検討を行っている。

例えば給湯設備の種類は、設計者・利用者にとっては基本的な事項として確実に捕捉したいものだが、実際の回答を見ると疑わしい回答が少なくない。特に賃貸の集合住宅に住む回答者にとっては、自身が給湯機器を購入するわけでもなく、また普段は目にすることも無いため、より意識されにくいものとなっており、場合によっては熱源すら適切に判別されないこともある。そのため家庭CO₂統計では、給湯機器のイラストを掲載するとともに、部分的ではあるが設置場所に関する補足情報も加えて、可能な限り回答者が正しく答えられるような工夫をしている。

また調査世帯には、回答の際に悩みそうな設問に対するアドバイスをまとめた回答の手引きを用意しており、調査員調査世帯には冊子で配布し、IM調査世帯にはWEB回答画面で確認できるようにしている。

3.2 継続的に安定した結果を得るための取組

継続的に安定した結果を得るためには、調査結果が他の調査結果と比較してどのような差異を含んでいるのかを継続的に把握することが重要となる。そこで家庭CO₂統計では、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の家庭部門エネルギー消費量との比較を行っている。

総合エネルギー統計の家庭部門エネルギー消費量は、総務省「家計調査」を元に需要側から推計する方法を採用している（都市ガスのみ供給側から捕捉している）。そこで、この推計方法をもとに家計調査から総合エネルギー統計の値を再現し、その値と家庭CO₂統計の世帯当たりエネルギー消費量を全国大に拡大した値を比較することで、家庭CO₂統計が有する特徴を把握している。また、この比較分析を調査の都度実施することで、結果の安定性の検証も実施している。

図1に、令和5（2023）年度調査結果を総合エネルギー統計（再現値）と比較した結果を示す。ここに示すように、両者の比較においては、エネルギー消費原単位要因と、それ以外（推計方法やバウンダリの違い等）の要因に大別している。詳細は文献⁵⁾を参照されたい。

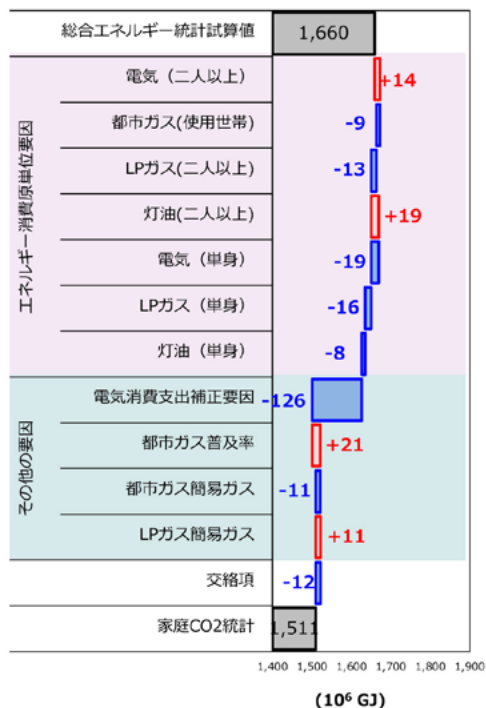


図1 総合エネルギー統計(再現値)と家庭CO₂統計の乖離要因(令和5(2023)年度/電気・ガス・灯油合計)⁵⁾

3.3 統計の利活用価値を高めるための取組

学術研究や、国や自治体での計画・政策、企業等での取り組み等において、家庭CO₂統計の活用を促進させるために、家庭CO₂統計の活用が期待される主体や、家庭CO₂統計の個票情報の活用経験のある主体に対し、調査項目や調査仕様等に関するニーズを伺うためのヒアリングを実施している。表3に、これまで実施したニーズ把握ヒアリング

のヒアリング先と件数を示す。初期は研究者の他に自治体やエネルギー事業者を対象としたヒアリングが多かったが、近年は環境省施策での活用に繋げることを念頭に、ヒアリング先の幅を広げて実施している。直近年度（令和6（2024）年度）に実施したニーズ把握ヒアリングの詳細については文献⁶⁾を参照されたい。

また、家庭CO₂統計の結果を広く紹介するためのWEBコンテンツ⁷⁾も作成しており、環境省ホームページ内に公開している。

表3 ニーズ把握ヒアリングの実施件数

	2015 (H27)	2017 (H29)	2020 (R2)	2021 (R3)	2022 (R4)	2023 (R5)	2024 (R6)
研究者							
大学		2	2	1	2		1
公的研究機関		3			1		2
民間、その他	1			1	1		
シンクタンク・コンサルティング事業者						1	
自治体	2	4	3	2			
団体		1			1	1	
地球温暖化防止活動推進センター							2
NPO/NGO等						1	
業界団体							
エネルギー事業者	4	2	2				1
大手エネルギー事業者				1			
新電力事業者							
民間企業	1						
ハウスメーカー	2					1	
家電・設備メーカー	1						
エネルギーマネジメント事業者						1	
家電量販店							1
公告事業者							
合計	11	12	7	5	5	5	7

4. 分析例

家庭CO₂統計の分析例は、エネルギー・資源学会を始め、様々な場面で積み上がってきているが、家庭CO₂統計業務の中で実施されてきた分析や検討もある。ここではその一部を紹介する。

4.1 世帯当たり年間CO₂排出量の変化要因の分析

平成29（2017）年度に家庭CO₂統計が始まって以来、これまで7年分のデータが蓄積されてきた。それに伴い、世帯当たり年間CO₂排出量等の経年変化の要因に関する分析への関心が高まっている。特に、新型コロナウイルスの蔓延に伴う外出自粛や、ウクライナ危機以後の燃料費高騰といった社会変化が起こったこともあり、それらが世帯当たり年間CO₂排出量に対してどの程度の影響を有していたのかを評価することの重要性が増してきている。そこで、家庭CO₂統計では、世帯当たりCO₂排出量の過年度からの変化量を、CO₂排出原単位要因、気候要因、エネルギー価格要因、特殊要因（COVID-19感染拡大）、トレンド要因（省エネ・属性変化等）の計5要因に分解して分析し、確報値と併せて公表している。なおこの方法については、調査票情報に依拠せず、公表されている統計表と気象データに基づき、世帯当たり年間CO₂排出量の変化に関する要因分析を行っている。図2に、2023年度値の世帯当たり年間CO₂排出量の変化量における各要因の影響量の分析結果を示す。この分析に関する詳細は文献⁸⁾を参照されたい。

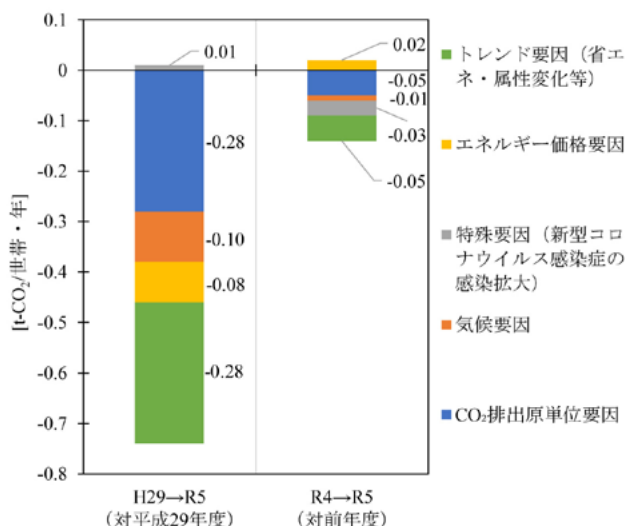


図2 世帯当たり年間CO₂排出量の変化量における各要因の影響量 (令和5 (2023) 年度値)⁸⁾

4.2 世帯当たり年間CO₂排出量の自治体別値推計モデルの検討

家庭CO₂統計では地方10区分・都市階級3区分による30層を設定して標本抽出を行い、調査を実施しているため、集計における地域区分は10地方別を基本としている。しかし、地球温暖化対策の観点から地方公共団体においても家庭部門のCO₂排出実態に関するデータのニーズは強く、少なくとも都道府県別レベルのデータが求められているところである。環境省が公表している「自治体排出量カルテ」では、自治体のCO₂排出量と関連指標を包括的に提供している。このうち家庭部門のCO₂排出量については、都道府県別エネルギー消費統計 (資源エネルギー庁による加工統計) の都道府県別値が、世帯数で市区町村別に按分されている。これは同じ都道府県の市区町村間には世帯当たりCO₂排出量に差がないことを仮定していることとなるが、現実には世帯・住宅属性や気候の差異があるため、世帯当たりCO₂排出量にも考慮すべき差があると考えられる。そこで家庭CO₂統計業務の一環で、調査票情報を用いて自治体別の世帯当たりCO₂排出量の推計を試みている。これは石河らの研究⁹⁾を踏襲して、世帯当たりCO₂排出量を地方別に推定するモデルを構築し、そこに特定の市町村の世帯・住宅統計値などを適用 (代入) し、当該市町村の世帯当たり年間CO₂排出量を算定するものである。図3は、このモデルを用いて推計される全国1,741市区町村の世帯当たり年間CO₂排出量 (2020 (令和2) 年度値) の分布を示したものである。詳細は文献¹⁰⁾を参照されたい。

4.3 家電機器の電力消費量の推計

家庭CO₂統計では月別・年間電力消費量の把握は可能であるものの、個別の家電機器の電力消費量を把握することはできない。しかし家庭における身近な省エネ・省CO₂対策を検討する上では、電力消費量に占める各家電製品の

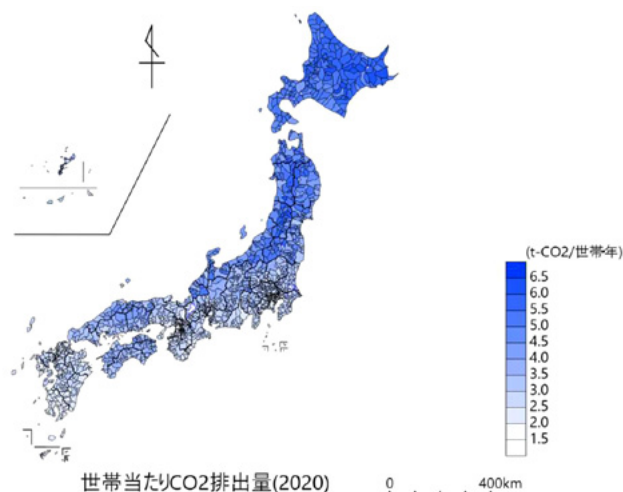


図3 市区町村別世帯あたり年間CO₂排出量推計結果 (令和2 (2020) 年度)¹⁰⁾

割合を捕捉することは重要となる。そこで平成27 (2015) 年度に、全国試験調査の結果を活用し、家電機器のカatalog調査や、実家庭を対象とした実測調査やアンケート調査等も併せて実施することで、主要な家電機器の電力消費量およびその構成比を推計した。その後令和3 (2021) 年度には、平成27年度の推計結果に加えて、その時点で最新の文献データと平成31 (2019) 年度の家計CO₂統計の調査結果を活用し、家電機器の電力消費量の推計結果を更新した。詳細は文献¹¹⁾を参照されたい。図4は、その結果を、全国地球温暖化防止活動推進センターが「すぐ使える図表集」¹²⁾として活用したものである。

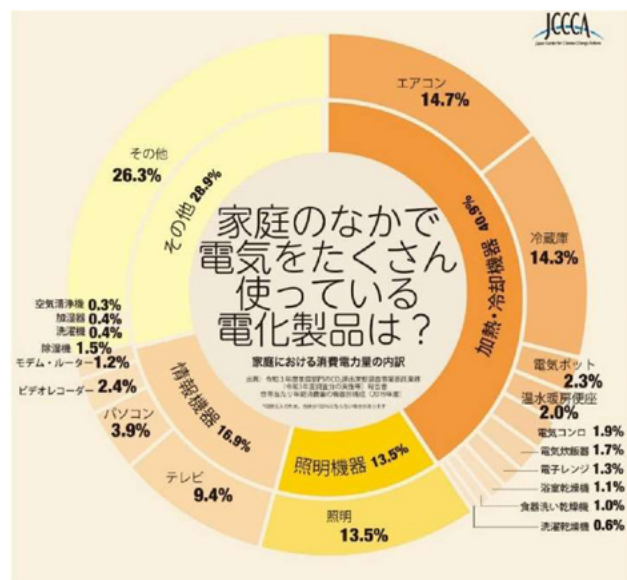


図4 世帯当たり年間電力消費量の機器別構成 (平成31 (2019) 年度)¹²⁾

4.4 世帯当たり用途別エネルギー消費量の国際比較

最後に、家庭CO₂統計業務以外での活用例を示す。図5は、世帯当たり用途別エネルギー消費量を国際比較したもので、環境省の令和2年版環境・循環型社会・生物多様性白書に掲載されている¹³⁾。図中の日本の値は、家庭CO₂統

計の平成30(2018)年度調査結果である。アメリカの値は、アメリカの家庭用エネルギー消費量の詳細把握を行っている統計調査Residential Energy Consumption Surveys(RECS)¹⁴⁾を、またイギリス、フランス、ドイツの各値については、欧州における需要端でのエネルギー消費実態に関するオンラインデータベースOdyssee Database¹⁵⁾を、それぞれ引用している。家庭CO₂統計の調査開始により、このように家庭部門エネルギー消費量の国際比較において公的統計を用いることが可能となった。今後は、情報の更新に加え、より詳細な国際比較に関する分析研究が進展することも期待したい。

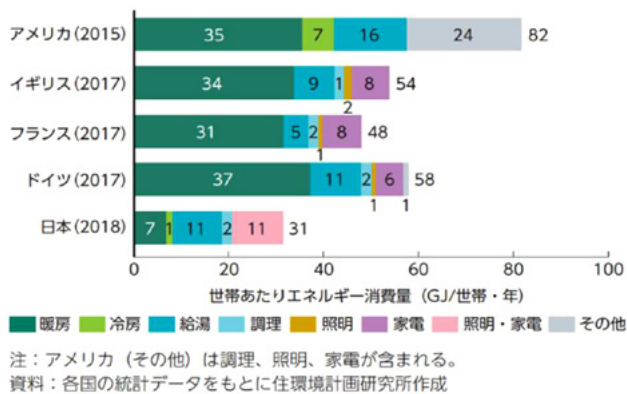


図5 世帯当たり用途別エネルギー消費量の国際比較¹³⁾

5. 今後の期待

家庭CO₂統計はこれまで7年分の結果を蓄積してきた。その間には新型コロナウイルスの蔓延やウクライナ危機という未曾有の事態も発生し、社会にも人々のライフスタイルにも大きな変化が起きたが、それらも家庭CO₂統計は捕捉した。また、家庭CO₂統計は需要端で家庭部門のエネルギー消費量・CO₂排出量を現況把握していることも重要な意味がある。エネルギー消費は生活の足あとである。人々の暮らしに関する関連指標をエネルギー消費量と関連付けて調査できていることは、多くの人々にとって関心の薄いエネルギー問題や気候変動問題を、生活と紐づけて分析することが可能になることを意味するため、研究者や自治体だけでなく、一般の方々への普及啓発にも活用が期待できる。

このように、家庭CO₂統計の持つ価値は非常に大きく、更なる活用促進が期待されるが、7年というのは統計の蓄積としては決して長くはない。より大きな変化が顕在化するようになるまで、調査が長く継続されることが重要となる。そのためには更なる品質の維持向上と活用促進が欠かせない。現在は電気も都市ガスも小売りが自由化され、検針票の廃止や請求の遅れが顕著になってきて、調査世帯にとってはエネルギー消費量や支払金額を回答することの難易度が上がってきている。また、調査員調査とIM調査の維持も重要となる。訪問調査への忌避感やコスト上昇、イ

ンターネットモニターの維持等、調査実施に係る課題も多い。ひとつひとつ丁寧に課題に向き合って、時代に応じた最善の手法を検討してゆくことが必要となる。

(注)

家庭CO₂統計の委託業務報告書は、環境省のホームページ¹⁶⁾にて電子版が公開されている。参考に、主な内容がどの報告書に掲載されているのかを表4に示す。ここには本報で紹介できなかった内容も含まれている。詳しい内容を確認されたい場合は、この表を参考に報告書を閲覧されたい。

表4 主な内容と報告書の対応

報告書	主な内容
平成27年度 (2015年度)	全国試験調査の結果、データ審査および補完の方法、調査員調査とIM調査の統合方法、用途推計方法、ニーズ把握ヒアリング、家電製品および照明の実態把握調査、家庭CO ₂ 統計の本格調査の設計、海外類似統計調査、他
平成28年度 (2016年度)	GHGインベントリ(総合エネルギー統計)との比較、都道府県別値推計方法の検討、家庭CO ₂ 統計を活用したCO ₂ 削減ポテンシャル分析、IM調査のモニター特性調査、他
平成29年度 (2017年度)	準備等業務 調査の準備状況、調査員調査とIM調査の統合方法の再検討、コージェネレーションシステム・蓄電池・電気自動車の扱いに関する検討、GHGインベントリ(総合エネルギー統計)との比較
	実施等業務 中間集計結果、ニーズ把握ヒアリング、用途推計改善検討、家電機器の電力消費量の推計
平成30年度 (2018年度) 以降	準備等業務 調査の準備状況、調査変更申請の状況、ニーズ把握ヒアリング
	実施等業務 中間集計結果、調査の合理化・効率化の検討、家電機器の電力消費量の推計(2021年度)
	集計等業務 調査結果、過年度結果との比較、調査員調査とIM調査の結果比較、GHGインベントリ(総合エネルギー統計)との比較、変化要因分析、調査項目の評価、自治体別推計モデルの検討(2021年度・2022年度)、他

謝辞

家庭CO₂統計の調査設計と品質向上に向けた取組を検討・実施するに当たっては、有識者検討会を設置し、委員各位から長年に渡り多くの有益な助言ご指導を賜った。委員各位の手厚いご協力無しには、家庭CO₂統計が政府の一般統計調査として実現することは無かった。

またニーズ把握ヒアリングにてご意見をお聞かせくださった方々からは、統計の更なる利活用に向けた重要な示唆を賜り、それが調査票や公表資料の改善に大きく寄与してきた。

ここに改めて、有識者検討委員各位とニーズ把握ヒアリングに応じていただいた方々に、心からの謝意を示す。

参考文献

- 1) 株式会社インテージ, 株式会社住環境計画研究所; 平成27年度 家庭部門における二酸化炭素排出構造詳細把握委託業務報告書 (2016.3), pp.175-180; <https://www.env.go.jp/content/900447026.pdf> (アクセス日 2025.7.7)
- 2) 環境省地球環境局脱炭素社会移行推進室; 家庭CO₂統計の歩み, エネルギー・資源, 46-5 (2025) .
- 3) 総務省統計局統計データ利活用センター; EBPM活用塾セミナー編 (2) ～調査実施と分析; <https://www.stat.go.jp/dstart/point/seminar/02/1-1-1.html>; (アクセス日 2025.7.7)
- 4) 株式会社インテージ, 株式会社住環境計画研究所; 平成27年度 家庭部門における二酸化炭素排出構造詳細把握委託業務報告書 (2016.3), pp.175-180; <https://www.env.go.jp/content/900447026.pdf> (アクセス日 2025.7.7)
- 5) 株式会社インテージ, 株式会社住環境計画研究所; 令和6年度家庭部門のCO₂排出実態統計調査事業委託業務 (令和5年度調査分の集計等) 報告書 (2025.3), pp.23-40.
- 6) 株式会社インテージ, 株式会社住環境計画研究所; 令和6年度家庭部門のCO₂排出実態統計調査事業委託業務 (令和7年度調査分の実施等) 報告書 (2025.3), pp.20-32.
- 7) 環境省; 家庭部門のCO₂排出実態統計調査 (統計紹介用WEBコンテンツ); <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/kateico2tokei/> (アクセス日 2025.7.7)
- 8) 環境省; 家庭部門のCO₂排出実態統計調査における主要項目の経年比較及びCO₂排出量の変化要因分析 (参考資料) (2025.6), pp.8-9; <https://www.env.go.jp/content/000323452.pdf> (アクセス日 2025.7.7)
- 9) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典; 市町村別家庭部門CO₂排出量推計モデルの改良－欠測データ処理と非線形回帰の適用－, 土木学会論文集G (環境) (2019), 75 (5), I_89-98.
- 10) 株式会社インテージ, 株式会社住環境計画研究所; 令和4年度家庭部門のCO₂排出実態統計調査事業委託業務 (令和3年度調査分の集計等) 報告書 (2023.3), pp.92-104; <https://www.env.go.jp/content/000288330.pdf> (アクセス日 2025.7.7)
- 11) 株式会社インテージ, 株式会社住環境計画研究所; 令和3年度家庭部門のCO₂排出実態統計調査事業委託業務 (令和3年度調査分の実施等) 報告書 (2022.3), pp.38-50; <https://www.env.go.jp/content/000288360.pdf> (アクセス日 2025.7.7)
- 12) 全国地球温暖化防止活動推進センター; 家庭における消費電力量の内訳, 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト, すぐ使える図表集, 5-11; <https://www.jccca.org/download/12981> (アクセス日 2025.7.7)
- 13) 環境省; 令和2年版 環境・循環型社会・生物多様性白書 (2020.6), 第1部 第3章 図3-1-7, <https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/html/hj20010301.html>; (アクセス日 2025.7.7)
- 14) U.S. Energy Information Administration; Residential Energy Consumption Survey (RECS); <https://www.eia.gov/consumption/residential/> (アクセス日 2025.7.7)
- 15) Odyssee-Mure; Odyssee Database; <https://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-efficiency-database.html> (アクセス日 2025.7.7)
- 16) 環境省; 家庭部門のCO₂排出実態統計調査 (家庭CO₂統計); <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateico2tokei.html> (アクセス日 2025.7.7)

<著者紹介>



岡本 洋明 (おかもと ひろあき)

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻博士課程単位取得退学。博士 (環境学)。東京大学大学院特任研究員を経て、2015年株式会社住環境計画研究所入社。現在、同・主任研究員。家庭部門のエネルギー消費構造分析、エアコン等のエネルギー消費性能評価法の検討、他の業務に従事。

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

家庭部門CO₂排出実態統計調査利用研究会の活動

Activities of the Research Group on the Use of The Survey on the Actual Conditions of
Carbon Dioxide Emissions from Residential Sector

岩 船 由 美 子*

Yumiko Iwafune

1. 研究会の概要

「家庭部門のCO₂排出実態統計調査利用研究会」は、環境省が実施する「家庭部門のCO₂排出実態統計調査」(以下「家庭CO₂統計」)の調査票データを活用し、委員がそれぞれの専門分野から多角的な分析・検討を行い、その成果をエネルギー・資源学会内外に還元することを目的として、2019年度に設置された研究会である。委員長は筆者が務め、幹事は電力中央研究所の上野剛氏が担当している。

家庭CO₂統計は、家庭部門におけるCO₂排出の実態を把握するために環境省が実施している貴重な統計調査である。調査票データ(個票データ)には、個別世帯レベルのエネルギー使用量(電力、ガス、灯油、自動車燃料など)と、家族構成、住宅構造、機器保有状況などの属性情報が対応づけられており、極めて高い分析価値を有する。

このような個票データは、匿名化されていても再識別のリスクが懸念されるため、基本的には非営利の学術機関等に限定して提供されている。特に、民間企業の研究者が本データに直接アクセスするのは困難であり、大学や公的機関との共同研究を通じて、大学側が申請・管理し、企業がその成果を共有するという形式が一般的である。

それでもなお、申請手続きは厳格であり、利用目的や範囲、利用者情報、成果の公開方針、倫理的配慮に関する誓約などを記載した申請書の提出と、環境省またはデータ管理機関による審査を経る必要があり、利用開始までに相当の時間を要する。

本研究会は、こうした利用上のハードルを下げ、より多くの研究者が調査票データを活用できるようにするために設立されたものである。大学や企業に所属する研究者は、本研究会に参加することで、簡素な手続きでデータを利用できる。なお、提供されたデータは営利目的での利用が禁止されており、再配布も認められていない。利用後には、学会内の会議等において成果を報告することが求められる。

家庭CO₂統計は2017年度(平成29年度)に開始され、2023年度(令和5年度)までに計7年分のデータが蓄積さ

れている(2025年6月時点では2023年度分は速報値のみ)。新型コロナウイルス感染症の影響を含む経年変化の分析も可能となっており、その価値はますます高まっている。

2. 研究会の活動

研究会の参加者は毎年20~30名程度であり、各自が多様な視点から研究を行い、当学会の夏季の研究発表会(8月)やコンファレンス(1月)において企画セッションとして成果を発表してきた。学会や研究会の内外を合わせた研究成果は、巻頭で西尾氏により整理されている通りであり、その約7割は研究会メンバーによるものである。当初は需要と属性の相関分析などに関する発表が多かったが、近年はより研究が多様化し、複数年度のデータをまとめて分析する研究も増加傾向にある。研究委員会ウェブページ¹⁾には、データ利用にあたっての条件・注意事項とともに、企画セッション予稿が掲載されているので参照されたい。

企画セッションやメンバー間の会合では、研究者同士の活発な議論を通じて、統計のあり方に関する現場の課題や改善要望を取りまとめ、環境省に対して建設的な提案を行ってきた。

2021年7月には、東京大学にて「カーボンニュートラルに向けた家庭部門の対策とデータ活用」をテーマにシンポジウムを開催し、研究成果の社会的発信も行っている²⁾。シンポジウム前半の研究会メンバーによる講演では、自動車や機器の使われ方の分析、機械学習によるデータ分析方法、データの視覚化など、活用のためのヒントを様々な視点から提供することができた。その後、2050年に向けて、家庭部門で何を指すべきか、何ができるのか、というパネルディスカッションが行われ、人々の生活は、都市と地方、温暖地と寒冷地で大きく異なり、結果として取り組むべき対策の優先順位も異なるため、2050年カーボンニュートラルに向けては、多様性を考慮しつつ、信頼しうるデータに基づき的確な対策を検討し実行していく必要がある、という議論がなされた。

研究会内の会合は、2020年1月に初回会合を対面で開催したのち、その後はコロナ禍の影響もありオンラインにて実施している。人数も多いため開催頻度は限られているものの、新たに加わるメンバーもいることから、毎回簡単

*東京大学生産技術研究所 教授
〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1
E-mail: iwafune@iis.u-tokyo.ac.jp

な自己紹介や、各自の取り組み・分析課題等の共有を通じて、活発な情報交換・相互刺激の機会となっている。特に、データの取り扱いや解釈については、その場ならではの実践的な知見共有がなされる場合も多い。今後も本統計の継続的な整備と歩調を合わせつつ、この仕組みを持続させ、学会活動の活性化にも貢献していきたいと考えている。

3. 調査票データの活用によって可能となる分析

家庭CO₂統計の調査票（個票）データは、家庭部門におけるエネルギー消費の実態を多面的に分析するための、極めて有用な情報源である。先行研究の詳細については他稿を参照いただきたいが、本データを活用することで可能となる主な分析は以下の通りである。

①世帯属性とエネルギー消費量の相関分析

住宅の広さや築年数、家電製品の新旧、世帯収入など、世帯属性と自動車を含めたエネルギー消費量との関係を明らかにすることができる。また、電気自動車や蓄電池を保有している世帯の特徴についても把握可能である。

②将来の家庭部門エネルギー消費量の予測

世帯類型の変化（高齢化、単身世帯増加など）を前提としたエネルギー需要の将来予測が可能である。人口動態やライフスタイルの変化を踏まえた長期的シナリオの構築に適している。

③季節的・経年的なエネルギー需給分析

月別データを用いることで、冷暖房等の季節変動に対応した需要分析が可能である。また、複数年度にわたる経年比較により、コロナ禍における生活行動の変化とエネルギー消費量の関係なども把握できる。

④特定の属性世帯（地域・世帯類型）における需要分析

都市部と地方、高齢世帯や単身世帯といった属性ごとのエネルギー消費傾向を明らかにすることができる。地域特性や世帯構成に応じた対策立案に資する。CO₂統計データをもとに地域別のエネルギー消費推計モデルが提案されており、これを活用することで、自治体の脱炭素シナリオ策定に生かすことが可能である。

⑤エネルギー需給シミュレーションにおけるデータ設定・妥当性検証

月別のエネルギー種別データを活用することで、需要予測モデルの精度を高めることができる。住宅単位のデマンドレスポンスの評価や、モデルの現実適合性を検証する際の基礎データとして有用である。ボトムアップシミュレーションによる需要推計結果の妥当性を確認することも可能である。

⑥制度設計・政策効果の定量評価

機器保有状況や建物構造、エネルギー消費量の関係を分

析することにより、ZEH（ゼロエミッションハウス）・高効率エアコン・ヒートポンプ給湯器などの実際の省エネ効果を推計できる。機器効率の推移や導入量の推移から、トプランナー制度の実効性や各種の補助金政策の費用対効果の評価にもつながる。

⑦災害対応力の地域評価（レジリエンス指標）

電気・ガス・灯油などのエネルギー利用手段の分散傾向を把握することで、非常時の家庭のエネルギーレジリエンスを地域別に評価できる。防災・減災計画にも応用可能。

⑧カーボンプライシング影響評価

電力やガスなどに炭素価格が上乗せされた場合、どの世帯層にどの程度の負担がかかるかを試算できる。低所得世帯や高齢世帯への影響評価、および負担軽減策の設計に資する。

⑨エネルギー貧困（energy poverty）の実態把握

収入や世帯構成に対するエネルギー支出比率を把握することで、エネルギー貧困に陥るリスクのある世帯を特定できる。地域別・属性別に課題を可視化し、支援政策の検討に活用可能である。

⑩世帯間の炭素排出格差の定量化と社会的公正性分析

同じ電力価格であっても、住まいや機器構成により世帯ごとの炭素排出量は大きく異なる。この格差を可視化し、「公平なエネルギー移行（Just Transition）」の議論に根拠を与える。

ここに挙げた以外でも、まだまだ活用の可能性があるだろう。家庭CO₂統計の調査票データは、エネルギー政策・制度設計・需要予測・モデル検証など多岐にわたる研究領域において、高い分析価値を持つリソースである。今後も継続的なデータ整備と利活用の促進が期待される。

最後に、本研究会の活動は、環境省およびエネルギー・資源学会事務局の多大なるご支援・ご協力のもとに維持・発展しており、ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 「家庭部門のCO₂排出実態統計調査利用研究会」研究委員会；
<https://www.jsr.gr.jp/category/committee/>
- 2) 「家庭部門のCO₂排出実態統計調査利用研究会」；
カーボンニュートラルに向けた家庭部門CO₂排出実態統計調査の活用シンポジウム（第13回 ESI シンポジウム），
<https://www.esisyab.iis.u-tokyo.ac.jp/symposium/20210701/sympo20210701.html>

<著者紹介>

岩船 由美子（いわふね ゆみこ）

北海道大学大学院工学系研究科修了，東京大学大学院博士課程修了，博士（工学）。㈱三菱総合研究所，住環境計画研究所勤務を経て現在，東京大学生産技術研究所教授。エネルギーシステム，特に需要サイドの研究に従事。

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

家庭CO₂統計の研究活用例 – 需要構造に着目して –

Examples of Utilizing the Household CO₂ Statistics : Focusing on Demand Structures

星 野 優 子*

Yuko Hoshino

1. はじめに

エネルギー・資源学会の家庭CO₂統計研究会を通じて、環境省の「家庭部門のCO₂排出実態統計調査¹⁾」での世帯単位の個票データが利用可能になったことで、家庭におけるエネルギーの需要構造に関して、集計量では捉えられなかった粒度で様々な角度からの意欲的な研究が行われている。本稿では、家庭におけるエネルギー需要構造について、以下の2つの論点で整理していきたい。

まず論点1では、観察される世帯間の差異が何に起因するものなのか、居住地域、住宅タイプ・建築特性、世帯人数・世帯構成、所得水準といった世帯属性に着目して整理する。

次に論点2では、世帯属性の違いによって、さまざまな外的ショックに対する反応にどのような影響が生じるのかに着目する。取り上げる外的ショックとしては、①エネルギー価格の影響、②気候の影響、③コロナ禍の影響である。

2. 論点1：世帯属性と需要構造

世帯属性によるエネルギー需要への影響については、山崎他²⁾で世帯属性別の特徴が整理されている。また環境省においても家庭部門のCO₂排出実態調査の結果概要として、調査結果をもとにしたクロス集計による分析結果が公表されている。本稿執筆時点で確報値が得られる最新年は令和4年度のものであることから、以下ではエネルギー需要に関する同分析結果をベンチマークとしてこれを参照する（（環境省¹⁾）と表記する）。

2.1 地域別の特徴

環境省¹⁾によれば、世帯当たりエネルギー消費量は北海道、東北、北陸で多く、いずれも他の地域と比較して灯油需要が際立って大きい。また北陸では電力の消費量も他地域より大きい。

長谷川他³⁾では、用途別にみた地域別の特徴をあげている。「台所」「家電・照明」では地域の差は小さいのに対し、「暖房」「冷房」「給湯」には地域間で差がみられること、特に

暖房用途で地域別の違いが顕著であることを指摘している。暖房の仕方では、「24時間暖房」の割合は北海道で34.4%と高く、南下するに従い暖房時間が短くなる傾向があること、東北や北陸では「在室時に暖房」が、その他の地域では「寒い時のみ暖房」の割合が高いことを指摘している（長谷川他⁴⁾）。吉田他⁵⁾でも同様に、北海道、東北、北陸では、エネルギー消費構造に在室人数と昼間在宅者有無の影響が大きいことを指摘している。また都市部では都市部特有のライフスタイルの影響があることも指摘している。

長谷川他⁶⁾では、寒冷な地域と温暖な地域とで「二重サッシ、複層ガラスの有無」の普及率に差が見られたものの、CO₂排出量に対する影響は小さく、暖房の仕方、住宅規模や家族人数の影響がより大きいと指摘している。伊川⁷⁾では、冬季暖房ニーズを「室内温度を24℃に保つために必要な熱負荷」と定義し、住宅ストックから暖房ニーズを計算し、実際の暖房用エネルギー消費量との差を明らかにしている。その結果、北海道では暖房ニーズ比率の値が1に最も近く、次いで東北が高くなっており、これらの地域では必要な暖房ニーズが実際の暖房用途エネルギー消費によって賄われる度合いが高いのに対して、それ以外の地域では暖房ニーズ比率は非常に小さな値となっている。星野他⁸⁾によれば、暖房のエネルギー需要が大きい寒冷地ではエネルギー源を多様化する傾向にありオール電化を選択する確率が低くなる。これは冬場の暖房を確保するエネルギーレジリエンスの観点が重要であることを示唆している。

以上の気温・気候の違い以外にも地域別の特徴が指摘されている。石川他⁹⁾では、世帯当たりのエネルギー源別消費量の回帰モデルを用いて、市区町村別の世帯当たり消費量の説明を試みている。そこで用いられている都市ごとの特徴量として、都市の規模や気候（気温）要因以外では都市ガス普及率が用いられている。

こうしたエネルギー選択の地域差を生じる要因として、地域によるエネルギー価格の違いにも注意する必要がある。環境省¹⁾から、2022年度の地域別の年間世帯平均の電気料金単価を推計すると、全国平均は33.4円/kWh、最も低いのが九州の29.2円/kWhで、以下は順に四国30.2円/kWh、近畿30.4円/kWh、北陸30.9円/kWh、沖縄31.4円/kWh、東北32.9円/kWh、中国33.7円/kWh、北海道34.4

*ENEOS株式会社 中央技術研究所 技術戦略室

〒100-0003 東京都千代田区大手町1-1-2

E-mail : hoshino.yuko@eneos.com

円/kWh, 東海34.7円/kWhで、最も高いのが関東甲信の36.0円/kWhとなる。ただし、2022年はロシアのウクライナ侵攻に伴い燃料価格が高騰した時期のため、エリア別の電源構成の影響を受けていることには注意が必要である。

2.2 住宅・設備の影響

環境省¹⁾によれば、世帯当たりの戸建て住宅のエネルギー消費は集合住宅の1.7倍であった。エネルギー源別にみると、都市ガス、LPガスの消費量はほとんど変わらないのに対し、電力と灯油の消費量はそれぞれ戸建て住宅が集合住宅の1.8倍、5倍であった。しかし後述するように、戸建て住宅では集合住宅に比べて平均世帯人員が多く、一般に延べ床面積も広いため単純な比較はできない。

新富他¹⁰⁾では、クラスタリングによる世帯の類型化を行い、住宅・地域特性、設備特性、世帯特性、生活スタイルの特徴を比較している。集合住宅では若年層の割合が高く、世帯人数の大小で2つのクラスターに分かれるのに対し、戸建て住宅では、世帯人数のほかに太陽熱利用、太陽光発電の利用、オール電化といった設備保有の状況で特徴づけられる5つのクラスターに分けられるとしている。このうち太陽光発電とオール電化に特徴づけられるクラスターでは、若年層の割合が多くなる傾向も確認している。エネルギー消費量の言及はないため、世帯当たり年間CO₂排出量を比較すると、灯油利用の多い「寒冷地」に次いで、「オール電化」、「戸建 大」が大きく、「集合 小」が最も小さい。ともに世帯人員の多い「戸建 大」と「集合 大」では、「戸建 大」が「集合 大」の約1.8倍であった（文献中の図より目算）。

西尾他¹¹⁾では、HEMS導入による省エネ効果を分析している。戸建て、床面積が100 m²以上、建築時期は2011年以降、特に2016年以降の世帯でHEMSを導入する傾向が高くなるとしている。西尾¹²⁾では、住宅の建設時期が新しいほど光熱費の支払額が減少する要因として、住宅の断熱性能の向上、電化（ヒートポンプ給湯器（HP）やIH調理器（IH）の普及）および家電や照明の高効率化をあげている。

環境省¹⁾では、冷蔵庫、エアコン、暖房機器、照明など機器の保有・所有状況ごとの世帯当たり年間エネルギー消費量が整理されているものの、それぞれの機器でのエネルギー消費量の情報は得られない。的場他¹³⁾では、テレビと冷蔵庫について、世帯属性から製造時期ごとの保有状況、機器効率を予測し、買い換えによる省エネポテンシャルを推計している。テレビ、冷蔵庫の保有台数は、延床面積が大きく、高収入・多人数世帯であるほど増加すること、世帯年収が低く高齢者世帯や建築時期が古い住宅の世帯では買い替えが進みにくく機器効率の改善が進まないことなどを指摘している。

世帯属性と電化の関係について、Hoshino et al.¹⁴⁾では、戸建て、PVを設置し、世帯収入が高く、建築年が新しいほどオール電化を選択する確率が高まることを指摘している。岩船他¹⁵⁾は、住宅設備機器の電化の現状を整理している。集合住宅では、暖房の電化率が70.9%であり、戸建ての54.5%を上回っているものの、賃貸契約が多いことや設置スペースの確保が難しいため、「IH」、「HP」の割合は少ない。IHを例に電化の要因を抽出したところ、地域区分、持ち家、太陽光発電システム使用、世帯年収、都市階級といった説明変数の影響力が強いという結果を得ている。

2.3 世帯人数・世帯構成の影響

環境省¹⁾の資料編によれば、単身、夫婦のみ世帯、夫婦と子供世帯のいずれの世帯類型においても、高齢者世帯は若中年世帯と比較してエネルギー消費量が多い。またエネルギーの内訳をみると灯油の割合が高い。また世帯人数が少なくなるほど一人当たりの消費量は増加する。

世帯人員・世帯構成など世帯属性には相互依存性があるため、これらの影響を考慮した分析として、例えばDelage et al.¹⁶⁾、田中¹⁷⁾がある。Delage et al.¹⁶⁾は、似通った需要構造を持つ世帯をクラスタリングし、長谷川他⁶⁾でも指摘されているように、特に寒冷地において需要構造を分けるのが世帯人員であり、これが住宅の広さ、世帯収入、自動車所有の有無に影響を与えていると指摘している。世帯人数は生活スタイルの違いにも関わる。前節で取り上げた新富他¹⁰⁾によると、戸建て、集合住宅ともに、世帯人数の少ないクラスターではシャワー浴が多く、世帯人数の多いクラスターでは浴槽に湯を張る入浴が多くなる。

また田中¹⁷⁾では、様々な世帯属性の階層構造やその相互作用を踏まえた分析から、高齢者世帯は、ほとんどのエネルギー用途で増エネの傾向を持つこと、単身世帯では冷房用途と自動車用途で、夫婦のみ世帯のうち若中年世帯では、給湯用途と自動車用途でそれぞれ増エネの傾向を持つことが示されている。

また金森他¹⁸⁾、齊藤他¹⁹⁾では、家族の一員でもあるペット飼育に伴うエネルギー需要への影響について分析している。金森他¹⁸⁾では、ペットのいない世帯に比べて、ペットのために冷房をする世帯は月平均47 kWh (0.17 GJ)、ペットのために暖房する世帯は月平均75 kWh (0.27 GJ)、それぞれ電力需要が増加するという結果を得ている。これは世帯人員が1人増加することによる増分69 kWh (0.25 GJ)と比較しても決して小さくない。ペットを飼育する世帯の比率が20%で、ペットのために冷暖房する世帯はおよそ半分程度であることから、日本全国の年間電力消費量に与える影響は1%程度にも及ぶと指摘している。齊藤他¹⁹⁾では、犬猫と魚に分けてペット飼育世帯のエネルギー需要の増加を分析しており、犬猫と暮らす世帯では年間

1.20 GJ (単純月平均で28 kWh (0.10 GJ)), 魚と暮らす世帯では1.24GJ (単純月平均で28 kWh (0.10 GJ)) の電力需要増をもたらすとしている。齊藤他¹⁹⁾ ではペットを飼育していてもペットのために冷暖房をしない世帯も含むためインパクトは小さくなると考えられる。

2.4 所得水準とエネルギー消費・エネルギー貧困の関係

環境省¹⁾ によれば, 年間世帯収入が大きい世帯ほどエネルギー消費量は大きくなるが1,500~2,000万円世帯と2,000万円以上世帯では大きな差はみられない。エネルギーの内訳をみると, 世帯収入が少ない世帯ほど都市ガスの割合が減少し, 灯油・LPガスの割合が増加する。

所得水準とエネルギー需要の関係は, 「エネルギー貧困」の文脈から関心の高いテーマである。小川他²⁰⁾ では, 地方世帯や低所得世帯において光熱費負担が重くなる傾向があり, カーボンプライシングには「逆進性」があること, 揮発油税や再エネ賦課金などエネルギー間で税・賦課金負担に差があることで, 地域によるエネルギー需要構成の違いが税負担の地域差にも影響することを指摘している。星野他²¹⁾ では, 地域別に所得水準とエネルギー需要の関係を分析している。北日本, 西日本では中日本に比べてより低所得世帯の割合が高いことから, 暖房用のエネルギー支出が大きくなる北日本の低所得世帯においては, エネルギー支出の負担が大きくなることを指摘している。これらは「アフォーダビリティ (支払い能力)」の側面からみたエネルギー貧困を論点としたものであるのに対して, Okushima²²⁾, Kahouli et al.³⁾ では, (社会的および物質的に) 適切なエネルギーサービスの水準が充足できていない状況をエネルギー貧困ととらえて分析している。Okushima²²⁾ では, 充足されるべきエネルギーサービス水準を達成するために必要な炭素排出量を「Basic Carbon Needs (BCN)」として測定し, 日本の貧困世帯では適切なエネルギーサービス水準を満たすためにより多くの炭素排出量が必要である実態を明らかにしている。Kahouli et al.³⁾ では, エネルギー貧困について日本とフランスの国際比較を行っている。その結果, 両国ともにエネルギー貧困への対応では, 冬季の暖房が最も重要であり, 冬の暖房に使用されるエネルギー源 (日本では灯油, フランスではガス) の確保が不可欠になること, さらに脱炭素にむけては暖房用エネルギー源をいかに低炭素なものに置き換えていくかが重要になることを指摘している。

Wang²⁴⁾ では, エネルギー支出面からアフォーダビリティに着目したLIHC (Low Income High Cost) 指標と, エネルギー使用量水準に着目した2つの指標により, 世帯類型別に日本のエネルギー貧困の実態を計測している。その結果, 全国平均ではLIHC指標で10.9%, エネルギー使用量による指標で12.7%の世帯がエネルギー貧困のリスクにさら

されていることを指摘している。地域別ではLIHC指標でみた貧困世帯率は沖縄の20.6%に次いで北海道で16.3%と高くなっている。さらに, ジニ係数を用いてエネルギー支出とエネルギー消費量の格差を計測し, 太陽光発電の設置がエネルギー格差を拡大させている可能性を指摘している。

3. 論点2: 外的ショックに対する需要の反応

以下では, エネルギー価格変化, 気候の変化, コロナ禍といった外的ショックに対する需要の反応に関する分析事例を整理する。

3.1 エネルギー価格変化による影響

エネルギー価格の変化による需要への影響は, 一般に需要の価格弾力性として推定される。

星野他²¹⁾ では, 北日本, 中日本, 西日本の3地域別において, それぞれの典型的なエネルギー構成を持つ世帯 (北日本では電気, LPG, 灯油使用世帯, 中日本では電気, 都市ガス使用世帯, 西日本では電気, LPG使用世帯) を対象に, 世帯収入別のエネルギー価格弾力性を計測している。その結果, 所得階層では収入が低い世帯ほど, 地域別では北日本において, 価格弾力性は小さくなることを指摘している。これは, 低所得世帯ではエネルギー価格が上昇しても, 省エネ機器への買い替えが進みにくく, 結果的にエネルギー価格の上昇がエネルギー支出負担をより大きくすることを意味する。また, エネルギー価格変化による電力と非電力エネルギーの代替弾力性は, 西日本は北日本より小さくなっている。西日本では, 既に電力のシェアが高く, 暖房用途にもエアコンを多く利用していることから, 他の地域と比べて 相対価格が変化しても他のエネルギーへの代替が起きにくいと予想される。星野他²⁵⁾ では, 価格の内生性に対応するため, 都道府県別平均値に集計したうえで複数年のプーリングデータを用いて, 世帯属性別の標本から価格弾力性を推定している。電力についてみると, 戸建て世帯, 非単身世帯, 一人当たり収入が低い世帯においては, 価格弾力性が低くなる傾向にあり, エネルギー価格の上昇時はエネルギー支出の負担が高止まりしやすくなることが示唆された。2章でみたように, 世帯属性の間には互いに関係の強いものもあることから, ここでの推定値の差異にはその影響も含まれることに注意が必要である。

以上は年データを用いた分析であるのに対し, 尾沼他²⁶⁾ では, 月次データを用いて, 所得階層別, 地域別の電力需要の価格弾力性を推定し, 季節による弾力性の違いも検証している。まず所得階層別の推定では, 年収750~999万世帯, 1,000~1,499万円世帯を除くと, 所得が高いほど価格弾力性は大きくなる傾向にある。ただし750~999万世帯, 1,000~1,499万円世帯ではこの逆の動きになっていることには注意が必要である。地域別には東日本及び日本海側の

寒冷地が多い地域では価格弾力性が相対的に低く、西日本及び太平洋側の比較的温暖な地域では弾力性が高くなる傾向にある。寒冷地では暖房の電化が進んでいないため電力の用途が限定的になり、電力価格の上昇に対する節電の選択肢が少ないことが理由として挙げられている。また、冬季と夏季では、夏季の方が価格弾力性は大きくなる傾向にある。また、電力の不需要期にも価格弾力性は大きくなることを指摘している。

現状では、家庭CO₂統計を用いて価格弾力性を推定した文献数が限られることから、最後に家庭CO₂統計の米国版である米国エネルギー省のResidential Energy Consumption Survey (RECS) データ (EIA²⁷⁾) を用いた研究にふれたい。上記であげた日本の研究では、いずれも世帯属性別の価格弾力性の推定を行っているのに対して、以下のRECSデータを用いた分析では、世帯属性や居住地の違いは固定効果として処理し、家庭部門について単一の価格弾力性の推定を試みている。

Barnet et al.²⁸⁾ では、複数年のパネルデータを基に、機械学習を用いて選択した需要モデルから価格弾力性を推定し、電力では、EPRIの既往研究 (Neeman et al.²⁹⁾) の幅-0.2～-0.6と概ね一致した結果を得たとしている。Miller et al.³⁰⁾ では、RECSのほか2年おきに特定の家 (世帯ではなく) を対象にしたパネルデータであるAHS、数千社に上る公益事業会社のパネルデータであるForms EIA-861データからそれぞれ価格弾力性を推定している。その結果、サンプル期間、集計レベル、パネルデータの使用、操作変数の使用、住宅特性および住宅設備変数の使用の有無などによって、推定結果が大きく影響を受ける可能性を指摘している。例えば集計レベルが高くなると、あるいは住宅の特徴や住宅設備を制御すると価格弾力性が低くなる傾向がみられたとしている。

先に見た家庭CO₂統計を用いた分析では、推定モデルや対象となるエネルギー種の違いがあるため、異なる文献間で価格弾力性の水準を単純に比較することはできないが、地域特性や世帯収入などの属性によって価格弾力性の値に一定の傾向があることは示唆される。具体的には、寒冷地や所得の低い世帯では、価格弾力性は低くなる傾向がみられ、エネルギー価格上昇時にエネルギー支出が高止まりする度合いが大きくなることが懸念される。カーボンプライシングなどによるエネルギー価格政策では、2.4節で取り上げた「逆進性」に留意する必要がある。

3.2 気候の変化による影響

気候の違いによる地域間のエネルギー需要への影響については2.1節で整理したが、以下では気温感応度に代表されるような気候 (気温等) の変化による需要への影響に関する分析を整理する。

平野他³¹⁾ では、気温とCO₂排出量の季節変化パターンからCO₂排出量を夏季増分・冬季増分・ベース需要に分解し、気温による変動成分を抽出することで、気温感応度を推計している。その結果、気温感応度には明確な地域性は観察されず、CO₂排出量の季節変動の地域特性は、気温自体の地域による差異が主要因であると結論づけている。同じく平野³²⁾ では、同様の方法でCO₂排出量ではなくエネルギー需要と気温との関係を分析し、同様に気温感応度に地域差は見られず、もっぱら気温そのものの差で地域差が生じていると指摘している。なお平野他³¹⁾、平野他³²⁾ ともに夏季、冬季のそれぞれについて戸建て、集合住宅別に分析しているが、夏季の需要増分は冷房用、冬季の需要増分は暖房用途とみなし、給湯用を区別していないことには注意が必要である。試みに平野他³²⁾ の図から気温感応度を目算で推計すると、冬季の気温感応度は夏季に比べて約1.6～3.4倍高く、戸建住宅の気温感応度は集合住宅に比べて約1.3～2.7倍高いという結果が得られている。このことから寒冷地の戸建て住宅での断熱化の重要性が示唆される。なお、家庭CO₂統計以外の統計を用いた分析ではあるが、平野他³³⁾ では同様の手法 (月別原単位法) を用いて東京のみを対象に気温感応度を推定している。それによると冷房では戸建が2.61 (MJ/日/世帯/℃)、集合が1.95 (MJ/日/世帯/℃)、暖房では戸建が-9.73 (MJ/日/世帯/℃)、集合が-5.05 (MJ/日/世帯/℃) と推計されている。

2.3節でも取り上げた伊川⁷⁾ では、冬季の暖房ニーズに対する実際のエネルギー消費量から推計される充足率が、北海道、東北でより高いという結果を得ている。他方で平野他³²⁾ では、気温感応度の地域差がないという結果が得られていることから、寒冷地では暖房のエネルギー効率や住宅の断熱化がそれ以外の地域に比べて優れていることが推測される。

以上は気温に関する分析であるが、気温だけでなくより幅広い気象変化も需要に影響を与える可能性がある。中村他³⁴⁾ では、ニューラルネットワークモデルを用いて地域・エネルギー種別に気象が需要に与える影響 (気象影響) を推計している。環境省の温室効果ガス排出インベントリで使用される気温感応度は、気温と燃料消費量の線形関係から算出されているため、降雪量や風速、他燃料種との競合などの非線形な要因を考慮できない可能性があることを指摘している。

3.3 コロナ禍による影響

本稿執筆時点で、当研究会では2022年度までの個票データが利用可能であり、2019年度末から始まったコロナ禍の前後の家庭におけるエネルギー消費実態を見ることができるとの貴重なデータでもある。

石川他³⁵⁾ では、著者らによる首都圏のマンションにお

ける実測およびアンケート調査の分析を行い、サンプル数の不足を家庭CO₂統計による個票で補って分析している。家庭CO₂統計に基づく分析によれば、「夫婦と子・高齢世帯」を除く世帯類型において、平日昼間の在宅日数が増加しており、コロナ禍以前と比べて2020年度のエネルギー消費量は増加していたことがわかった。2021年度は2020年度比で減少したものの、依然としてコロナ禍前の減少トレンドには戻っていない。アンケート調査の結果より、窓開け換気の増加による冷暖房負荷の増加の影響も指摘されている。

鶴崎他³⁶⁾では、2021年度の家庭CO₂統計と2020年の米国の「住宅エネルギー消費量調査(RECS)EIA²⁷⁾」から、コロナ禍における日米での在宅勤務世帯でのエネルギー利用状況を比較している。日本の都道府県庁所在地および政令指定都市では、在宅勤務世帯のエネルギー消費量は、それ以外と比べて8%多かったものの、他の都市部や米国では有意差は見られていない。また、自動車の燃料消費量は、日本では都道府県庁所在地および政令指定都市で37%、人口5万人以上の都市で28%減少したものの、それ以外では有意差は見られていない。蛭間他³⁷⁾でも同様にコロナ禍前後の需要の変化を分析している。政令指定都市では、2020年度は対前年比で冷房・暖房用途でそれぞれ25%、22%の増加、人口5万人以上の都市では、暖房、台所用コンロにおいてそれぞれ26%、18%の増加であった。

鶴崎他³⁸⁾では、2017年度から2020年度までの世帯当たり月間エネルギー消費量の変化を要因分解している。同期間中の世帯当たり月間CO₂排出量は3年間で0.32トンの減少であったが、コロナ禍によるエネルギー需要の増加は0.18トンの増加に寄与していることが分かった。

田中³⁹⁾では、家庭CO₂統計に加えて、東京都の「都民のくらしむき」データからコロナ禍前後の東京都民のエネ

ルギー消費量を分析している。総エネルギー量は変化していないが、調理や暖房など用途別割合に変化が確認された。「片親と未婚子」では調理や暖房用で総エネルギー需要が8%増大している。

星野他⁴⁰⁾では、2022年までのデータを用いて、家庭の自動車利用(走行距離及び燃料消費量)への影響を分析している。その結果、家庭における自家用利用はコロナ禍によって約10%減少しており、2022年時点でもその影響が継続している。自動車の使用頻度もコロナ禍以降変化しており、毎日利用する世帯数が減少しており、代わって使用頻度が1日未満の世帯が増える傾向にあることも指摘している。

以上をまとめると、家の中の需要については、経済活動の減退で所得効果がマイナスに働く一方で、外出控え、オンライン授業やテレワークの浸透による在宅時間の増加がプラスに働いたことで、都市部を中心に概ね1~2割の増エネが観察されている。これに対して自動車による需要は外出控えの影響から減少している。これらコロナ禍の影響が消費者行動に何らかの持続的な変化をもたらしたのか否かについては、さらに継続した調査に期待したい。

4. まとめ

本稿では、家庭CO₂統計を用いて需要構造について分析した研究を整理した。表1は、今回着目した2つの論点「世帯属性と需要構造」、「外的ショックに対する需要の反応」のそれぞれについて、今回整理した文献間で概ね合意が得られている内容と、特徴的な分析内容についての概要をまとめたものである。なお、論点を絞ったことで、本来取り上げられるべき文献すべてを扱えなかったことをこの場でお断りしたい。

表1 論点ごとの整理

論点		概ね合意が得られている内容	特徴的な分析
世帯属性と 需要構造	地域別の特徴	・暖房用途で地域差が大きい。特に寒冷地では、灯油を中心にエネルギー需要が大きい ・北陸地方では電力の消費量も他地域より大きい	・都市部特有のライフスタイルの影響もある ・都市ガスインフラやエネルギー価格の差もエネルギー選択に影響 ・寒冷地ではエネルギーレジリエンスの観点も重要
	住宅・設備	・戸建では設備の装備率が高くエネルギー消費も多い ・新しい住宅ほど断熱性能や高効率機器で省エネの傾向	・集合の方が暖房の電化率が高いが、HP、IHは少ない ・低所得、高齢、高経年住宅の世帯では機器更新が遅れる
	世帯人員・世帯構成	・寒冷地の需要構造を分けるのは世帯人員 ・高齢者世帯は、ほとんどの用途で増エネの傾向	・世帯人数が少ないとシャワー、多いと入浴が増える ・ペット飼育世帯は冷暖房で年間1.2~3.2GJの増エネに
	所得水準とエネルギー貧困	・低所得世帯では電化が遅れ光熱費負担が大きくなりやすい ・エネルギー貧困への対応では冬季の暖房が重要	・日本ではコスト負担面でのエネルギー貧困世帯の割合は0.9%、エネルギー使用面での同割合は2.7%
外的ショック に対する需 要の反応	エネルギー価格の変化	・所得や地域で価格に対する感応度が異なり、低所得層や寒冷地で価格弾力性は小さくなる傾向にあり、エネルギー価格の上昇時に負担が高止まりしやすい	・冬季より夏季の方が価格弾力性は大きくなる傾向 ・電力の不要期に価格弾力性は大きくなる傾向 ・戸建、非単身、一人当たり収入低いと価格弾力性は小さい傾向
	気候の変化	・気温感応度には明確な地域差がなく、地域性は気温そのものに起因することが多い	・暖房ニーズの充足率は、北海道、東北の順に高く、それ以外の地域や低所得世帯の充足率は低い
	コロナ禍の影響	・家庭内(暖房、調理用)、情報通信関連で需要増、自動車利用は減少。いずれも都市部で影響が顕著	・コロナ禍以降、自動車利用頻度は、「毎日利用する世帯」が減少し、「週1日未満の世帯」が増加している ・気温以外の幅広い気象影響も需要に影響を与える

今後の家庭CO₂統計に期待することとしては、多くの分析でも言及されている点として、標本の拡充があげられる。世帯属性と需要構造の観点でより掘り下げた分析をしようとする、標本数の制約から十分な結果が得られない場合も少なくない。ここでは取り上げられなかったが、市町村など標本数の少ないセグメントのデータを推計・補完する試みも行われており、その発展とともに、標本数自体の拡充に期待したい。

最後に、本研究会は個票データにアクセスできる非常に貴重な枠組みであり、改めて関係者のご尽力に心から感謝したい。家庭CO₂統計に限らず公的機関による良質な一次データへのアクセスは、広く共有されるべき社会基盤の一つだと考える。家庭CO₂統計に限らず、公的統計へのアクセスについて、民間の研究者も含めて広く門戸が開かれるようになることを期待したい。

参考文献

- 1) 環境省；家庭部門のCO₂排出実態統計調査（家庭CO₂統計）および調査の概要（各年版）
- 2) 山崎政人，外岡豊；社会統計に基づく住宅のエネルギー消費原単位の推計，第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2020
- 3) 長谷川兼一，外岡豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因 その3 世帯類型に着目した統計分析，第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2025
- 4) 長谷川兼一，外岡豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因 その2 都道府県別のCO₂排出量に着目した統計分析，第39回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2023
- 5) 吉田友紀子，平野勇二郎，一ノ瀬俊明；家庭部門CO₂排出統計における地方別エネルギー消費構造の解明に関する研究，第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2024
- 6) 長谷川兼一，外岡 豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因 その1 影響要因の地域特性に関する統計分析，第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2022
- 7) 伊川萌黄；日本における省エネ格差の検証，第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2025
- 8) 星野優子，小川順子，家庭CO₂統計からみた家庭の暖房におけるエネルギーレジリエンス，第39回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2023
- 9) 石河正寛，松橋啓介，金森有子；家庭の燃料種別エネルギー消費量に関する回帰モデルを用いた市区町村別推計の試み，環境科学会誌，37巻2号pp33-42，2024
- 10) 新富凌汰，大竹宏明，井上裕史；家庭CO₂統計に基づくCO₂排出要因による世帯類型化，第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2020
- 11) 西尾健一郎，山田愛花，後藤久典；家庭CO₂統計の個票データを用いたHEMS導入世帯の特徴と省エネ効果の分析，エネルギー・資源学会論文誌，45巻5号pp162-172，2024
- 12) 西尾健一郎；家庭CO₂統計の個票データと機械学習を用いた建築時期別光熱費の実態把握，エネルギー・資源学会論文誌，42巻3号pp175-184，2021
- 13) 的場晴香，杉山みなみ，松岡綾子，山口容平，下田吉之；世帯の家電保有特性を考慮した家庭部門温室効果ガス排出量の推計，第38回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2019
- 14) Hoshino, Yuko, Junko Ogawa；Energy expenditure and electrification progress by household heterogeneity in Japan, The 43rd IAEE International Conference in Tokyo, 2022
- 15) 岩船由美子，河合俊明，森裕子；家庭CO₂統計を用いた住設機器・自家用車の電化ポテンシャルおよびCO₂排出削減効果の推計，第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2020
- 16) Delage, Remi, Toshihiko Nakata；Patterns in Japan household data associated with energy consumption profiles, 第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2020
- 17) 田中昭雄；単身・高齢者世帯地域別CO₂排出原単位の経験ベイズ推定，第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2020
- 18) 金森有子，石河正寛，張楊玉婷，増井利彦；ベットが家庭のエネルギー消費に与える影響の分析，国立環境研究所ディスカッションペーパーシリーズNo. 2024-01, 2024
- 19) 齊藤天音，ロンイン，吉田好邦；家庭のCO₂排出に及ぼす要因分析ーベット所有と暖房需要についての考察，第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2023
- 20) 小川順子，星野優子；家庭CO₂統計を用いた地域別エネルギー需要分析と炭素価格政策への示唆，第40回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，2024
- 21) 星野優子，小川順子；家庭部門のCO₂排出実態統計調査の個票データに基づく地域別，エネルギー構成別，所得階層別のエネルギー源別価格と支出の分析，エネルギー・資源学会論文誌，42巻4号pp194-203, 2021
- 22) Okushima, Shinichiro；Energy poor need more energy；but do they need more carbon? Evaluation of people's basic carbon needs, Ecological Economics, Vol. 187, 107081, 2021
- 23) Kahouli, Sondès, Shinichiro Okushima；Regional energy poverty reevaluated：A direct measurement approach applied to France and Japan, Energy Economics, Vol. 102, 105491, 2021
- 24) Wang, Nan；Just transition and household energy poverty in Japan, 第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2022
- 25) 星野優子，小川順子；家庭CO₂統計を用いた世帯属性別のエネルギー需要の価格弾力性，第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，2023
- 26) 尾沼広基，松本茂；個票データを用いた日本の電力需要の価格弾力性推計ー所得階層別・地域別・季節別の比較ー，環境科学会誌，34巻3号pp172-183，2021
- 27) EIA/DOE；Residential Energy Consumption Survey
- 28) Barnett, Wesley, L. Lynne Kiesling；How do machines predict energy use? Comparing machine learning approaches modeling household energy demand in United States, Energy Research & Social Science, Vol.91, 107715, 2022
- 29) Neeman, Nernard, Jiyong Eom；Price elasticity of demand for electricity：A primer and synthesis, Technical Report, EPRI, 2008
- 30) Miller, Mark, Anna Alberni；Sensitivity of price elasticity of demand to aggregation, unobserved heterogeneity, price trends, and price endogeneity：evidence from U.S. data, Energy Policy Vol.97, pp235-249, 2016
- 31) 平野勇二郎，吉田友紀子，吉田崇紘，山形与志樹；家庭部門におけるCO₂排出量の季節変化と気温感応度の解析，第40回エ

- エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 2024
- 32) 平野勇二郎, 吉田友紀子, 吉田崇紘, 山形与志樹, 田中昭雄; 家庭部門における用途別エネルギー消費量の気温感応度の解析, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 2025
- 33) 平野勇二郎, 亀掛川幸浩, 玄地裕, 近藤裕昭; 事務所および住宅における空調・給湯用エネルギー消費量の気温感応度算定に関する各種手法の相互比較, エネルギー・資源学会誌, 第27巻3号, pp218-224, 2006
- 34) 中村仁明, 下田吉之; 気象影響がエネルギー需要に及ぼす影響評価, 第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 2021
- 35) 石川雄一, 井上隆, 高瀬幸造, 水谷傑, 篠原幸佑, 蛭間駿太, 徐小婕; 新型コロナウイルス感染拡大防止に係る行動変容が首都圏集合住宅のエネルギー・水消費量に与えた影響: 長期実測データ, 居住者アンケート及び環境省家庭CO₂統計に基づく分析, 第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 2022
- 36) 鶴崎敬大, 玄姫, 林礼美, 秋元圭吾; 日本と米国の公的統計を用いた在宅勤務実施世帯のエネルギー需要の特徴分析, 第43回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 2024
- 37) 蛭間駿太, 井上隆, 高瀬幸造, 水谷傑, 篠原幸佑; コロナ禍における行動変容が住宅のエネルギー・水消費量に与えた影響 首都圏集合住宅実測調査および公的統計データの両面からの検討, 令和5年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2023
- 38) 鶴崎敬大, 中上英俊; 家庭CO₂統計に基づく世帯当たりCO₂排出量の経年変化の要因分析, 第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 2022
- 39) 田中昭雄; 住宅エネルギー消費の6用途分解と再生可能エネルギー利用量の推定, エネルギー・資源学会論文誌, 43巻1号 pp25-32, 2022
- 40) 星野優子, 伊藤瑞季; 家庭部門の自家用自動車利用の変化ーコロナ禍の影響を中心にー, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 2025

<著者紹介>



星野 優子 (ほしの ゆうこ)
筑波大学社会学部社会学類卒業, (株)開発計算センター, 筑波大学修士課程経営政策科学研究科修了, 東洋大学経済学部博士後期課程修了, 博士(経済学), 電力中央研究所社会経済研究所を経て現在, ENEOS株式会社中央技術研究所技術戦略室 上席研究員。

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

家庭CO₂統計の研究活用例 －地球温暖化・省エネ対策に着目して－

Examples of Utilizing the Household CO₂ Statistics : Focusing on Climate Change and Energy-Saving Measures

小 川 順 子*
Junko Ogawa

1. はじめに

国際連合気候変動枠組条約第28回締約国会議（2023年）におけるGlobal Stocktake報告では、現行の各国目標であるNDC（Nationally Determined Contributions）では、2050年ネットゼロ実現に必要な排出削減ペース（2019年比で2030年-43%、2035年-60%）に大きく届かないと指摘し、そのギャップを埋める鍵として「エネルギー効率向上と需要側管理」を最重要かつ費用対効果に優れた対策の一つに位置づけている。同報告は、産業部門の効率改善、政治・制度的強化や技術革新に加え、「行動変容を含む需要側措置」がエネルギー需要削減を加速する不可欠な要素であるとし、全社会的アプローチによる実装を各国に求めている¹⁾。

行動変容の必要性は国際機関の分析でも繰り返し強調されている。国際エネルギー機関（IEA）の“Net Zero by 2050”ロードマップは、「最終的に、エネルギー関連の商品やサービスに対する需要を牽引するのは人々であり、社会的規範と個人の選択が、エネルギーシステムを持続可能な道へと導く上で決定的な役割を果たす」と指摘する²⁾。そして、2050年には、世界の経済規模は現在の2倍以上、人口は20億人増加すると指摘し、人々がどう考え、どう行動するのかといった視点がますます重要になっている。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書の政策決定者向け要約では、需要側対策は2050年までに世界の温室効果ガス排出を40～70%削減するポテンシャルがあるとまとめている。そして、供給側技術に加え、需要側の対策を行うことにより低コストかつ社会的便益が大きい取り組みになるとしている³⁾。これは、世界全体で家庭レベルの行動がCN達成の鍵であることを示している。

翻って日本について概観すると、2050年カーボンニュートラル（以下、CN）実現に向けては、全部門での総力戦

が不可欠な状況にある。部門別の取り組みの状況において、家庭部門の削減進捗は産業部門・発電部門に比べ依然として緩やかであり⁴⁾、エネルギー効率の高い機器導入「だけ」では限界が見え始め、生活者自身の行動変容と省エネ意識の醸成が喫緊の課題となっている。

この点については、CN目標の達成に向け、脱炭素や省エネルギーに対する国民意識の重要性が様々な場面で強調されている。たとえば、日本政府の「グリーン成長戦略」⁵⁾は、CNの実現には国民一人ひとりがその意義を理解し自発的に行動を起こすことが不可欠であると指摘している。また「令和3年国土交通白書」⁶⁾では、脱炭素化への取り組みには、人々の多様な意識に配慮しつつ、社会全体が長期的に持続的に脱炭素を意識した生活を送ることが重要だとしている。さらに「第7次エネルギー基本計画」⁷⁾も、2050年のカーボンニュートラル目標の達成には、企業やエネルギー事業者のみならず、国民一人ひとりが脱炭素社会を「じぶんごと」として認識し、積極的に行動することが求められるとしている。

一方で、省エネ意識が家庭のエネルギー消費に及ぼす定量的影響を大規模サンプルで検証した統計や分析は限定的であった。この状況を打破したのが、2017年度以降環境省が実施する「家庭部門のCO₂排出実態統計調査（以下、家庭CO₂統計）」⁸⁾である。同調査は全国1万世帯超を対象とし、エネルギー使用量、世帯属性、住宅属性、機器使用状況、省エネ行動等を調査し、2020年度からは省エネを意識する理由を尋ねるといった人々の動機を問う設問も導入した。

そこで、本稿では、家庭CO₂統計の研究的活用について、地球温暖化・省エネ対策の3本柱となるハード（設備・建築・インフラ）、ソフト（行動・運用）、マインド（意識・動機）に関する既往研究を整理する。これらの既往研究を踏まえ、家庭CO₂統計のメリット、および同統計の発展の方向性を検討する。

2. 省エネに関する既往研究

家庭CO₂統計は、設備保有・居住属性から省エネ行動・環境意識に至るまでを同一個票で把握できる国内国唯一の

*一般財団法人日本エネルギー経済研究所 環境ユニット

気候変動グループ 研究主幹

〒104-0054 東京都中央区勝どき1-13-1 イヌイビルカチドキ10階

E-mail : junko@tky.ieej.or.jp

公的マイクロデータであり、2017年度の本調査開始以降、研究テーマは多岐にわたっている。ここでは、前節で述べた①ハード（設備・建築・インフラ）、②ソフト（行動・運用）、③マインド（意識・動機）という地球温暖化・省エネ推進の3本柱に着目し、代表的な研究の成果を概観する。

2.1 ハード層（設備・建築・インフラを扱う研究）

ハード層に関する研究は、当初、市町村別の排出要因を抽出する実態把握が中心であったが、最近の傾向としては機器や住宅インフラの省エネ定量評価分析が行われている。例えば、石河ら^{9,10)}は重回帰分析を用いて全国・市町村別のCO₂排出要因を提示し、地域固有の設備改善余地を可視化した。鶴崎・中上¹¹⁾は、世帯当たりのCO₂排出量の変化要因を、重回帰モデルで分析、電力のCO₂排出係数、気候係数、省エネや属性変更などのトレンド要因に分解した。長谷川・外岡¹²⁾は年間エネルギー消費量（暖房含む）について数量化Ⅰ類を用いて、家庭部門の需要特性を分析、地域区分が最大の寄与要因であることを指摘している。伊川¹³⁾は25年分の住宅・土地統計と家庭CO₂統計を結合し、低所得層で最も省エネ等級が低い住宅が50%以上、暖房ニーズ充足度は最低となり、“断熱格差”を可視化した。下田ら¹⁴⁾は、家庭CO₂統計を地球温暖化対策計画の進捗率、機器のカタログ値等と統合した全国民生エネルギー需要モデル（TREES）を開発した。その他、森ら¹⁵⁾、上野ら¹⁶⁾は、地域別の住宅部門や運輸部門のエネルギー消費やCO₂排出量に関する詳細なシミュレーションモデルをそれぞれに開発し、家庭部門の省エネ政策進捗評価の基盤となっている。

個別機器に目を向けると、岩船ら¹⁷⁾は給湯・空調・自家用車の電化の蓋然性を重回帰分析で推計し、電化導入率と削減余地を定量化した。山田・山本ら¹⁸⁾は住宅ストックの将来推計モデルと家庭CO₂統計を用いて、シナリオ毎のヒートポンプ給湯器の将来ストックを試算した。山田・西尾¹⁹⁾は、各種給湯機器の単価やその設置・交換工事に伴う費用、交換時の現実的な制約を踏まえ、費用を抑えた家庭用給湯分野の脱炭素化に必要な機器シェアの変化を分析した。尾沼ら²⁰⁾は、居間の主照明をLEDに交換した世帯とそうでない世帯を比較し、実際にどれだけ節電できるかを統計的に推定した。西尾²¹⁾は、住宅の建設期間による公共料金の支払い額に差が生じる要因について、勾配ブースティング決定木を用いて分析し、住宅の断熱性能の向上に加え、ヒートポンプ給湯器やIH調理器の普及が支払額の減少要因となっていると指摘している。

2.2 ソフト層（行動・運用を扱う研究）

ソフト層に関する研究は、在宅勤務など新しいライフスタイルを扱う研究に発展し、現在は高効率機器と省エネ行動を同時に扱う分析、政策効果分析も行われるようになった。例えば、星野ら²²⁾は世帯収入階層別の価格弾力性を

推計し、高所得層で大きく、低所得層で小さいことを報告した。価格弾力性は、低所得ほど、地方ほど、小さくなることから、エネルギー価格が上昇する政策には慎重な検討が必要であることを指摘している。山田・西尾²³⁾は費用最小化モデルで複数パターンの補助を比較し、ヒートポンプ給湯器への補助は、既築より新築住宅を優先し、フリーライダー世帯への支給を絞るほど、補助1円当たりのCO₂削減効果を最大化できると示した。

省エネ行動による省エネ効果については、鷺津ら²⁴⁾は、一次エネルギー消費原単位に対して、世帯人員数や世帯主年齢は正の効果がある一方で、冷蔵庫の購入時期が新しいことや夏季のエアコンの設定温度が高いこと、省エネ行動達成率が高いことは、原単位が下がる効果を持つことを確認した。永倉・井上・高瀬²⁵⁾は省エネ行動と世帯属性の相関を解析しつつ、都内高層オール電化マンションに用途別フィードバック付き省エネレポートを配布し、レポート送付前後のエネルギー消費を比較、さらにコロナ外出自粛による在宅行動変化が電力・水道に与えた影響を評価した。平野ら²⁶⁾は、住戸ごとの月別排出パターンをベース需要、冷暖房、給湯、照明・動力に需要に分解し、省エネ行動シナリオ、および省エネ機器導入シナリオを用いて用途別・世帯属性別のCO₂削減ポテンシャルを試算した。

フィードバックや見える化の効果については、向井・田中²⁷⁾は、ランダムフォレストやXGBoost等の機械学習を用いて、機器保有を高精度に判別し郵送先ターゲットを分類することで、世帯へのアドバイス情報提供の費用を節約できることを実証した。また、西尾・山田・後藤²⁸⁾は、家庭部門の電力消費の見える化に資するHEMS（Home Energy Management System）の省エネ効果量を、因果推論手法を用いて検証した。

コロナ禍以降のライフスタイルの変化における影響については、鶴崎ら²⁹⁾は日本統計（家庭CO₂統計）、と米国統計（RECS）の個票を用い、在宅勤務実施世帯と非実施世帯における、家庭用エネルギーおよび自動車燃料を多変量回帰で比較したクロスセクション分析を行い、都市階級や都市化区分毎の差異を可視化した。

2.3 マインド層（意識・志向を扱う研究）

家庭CO₂統計を用いた省エネマインド層の研究はまだ件数こそ多くないが、心理・社会的ファクターがハード対策およびソフト施策の実効性を規定するという視点が指摘される研究に広がりが見られる。星野³⁰⁾は、世帯における電気自動車の導入に影響を与える要因の一つとして、省エネ意識の有無があることを指摘している。岩船・河合・森³¹⁾は、ライフステージにおけるエネルギー消費の経年変化を分析し、省エネ意識がライフステージごとのCO₂排出量削減に影響を与えると指摘している。銭³²⁾はSNSを用いた

感情指数と家庭CO₂統計を結合し、ポジティブ・ネガティブ感情は、いずれもエネルギー使用に有意な影響を与えなかったとした。小川・星野・後藤³³⁾は、省エネ動機の質と量に着目し、省エネ動機パターン別省エネ量を重回帰分析と傾向スコアマッチング手法で推計し、省エネ動機を複数持つ世帯ほど省エネ量が大きくなることを実証した。

2.4 小括

これまでの家庭CO₂統計を活用した既往研究を概観すると、ハード層では省エネ機器ストック状況の精緻化や省エネ設備による省エネ効果量分析に加え、住宅区分・地域単位での政策手段を具体的に示す研究がみられた。ソフト層では価格・情報・行動介入が省エネ機器への投資を促進あるいは補完する可能性があること、マインド層では省エネ意識が投資と行動を左右する決定因と考えられる研究が行われる様子がうかがえた。こうした研究蓄積により、家庭CO₂統計は、設備・建築・インフラ(ハード)、行動・運用(ソフト)、意識・動機(マインド)という視点からエネルギー需要を同時に分析できるプラットフォームとしての地位を確立しつつあることが解かった。

この状況を踏まえ、家庭CO₂統計の研究分野における貢献について次の章でまとめてみたい。

3. 家庭CO₂統計の省エネ研究分野への貢献

3.1 大規模データのスケールメリット

家庭CO₂統計は毎年約13,000世帯を対象とし、機器保有・光熱費・行動意識まで網羅した詳細個票を国費で収集・整備している。民間や大学の研究者が同等規模の調査を独自に実施しようとすれば、標本抽出、人員訓練、訪問・郵送・オンライン回収、データクリーニングに至るまで莫大な費用と時間がかかる。例えば、ランダム化比較試験(RCT)の調査コストは一般的に高額(数億から数十億)になる傾向が指摘されている³⁴⁾。これを政府統計によって一括化することで、調査コストを圧倒的に圧縮できていると考える。特に省エネ行動や省エネ動機に関する設問が2020年に追加されたことで、本来であればRCT実験の対象となるような分析が、家庭CO₂統計を活用して行える点は、莫大な費用メリットを公共に提供していると言える。

3.2 研究コストの削減

3.1で述べたような、国が一括して調査の費用と実施を担うことのスケールメリットに加え、研究に対するメリットも非常に大きくなった。現在、家庭CO₂統計の個票データの二次利用は大学・研究機関に提供されているが、研究者は高品質データを“既製品”として取得できるため、時間と資金をサンプリングや実査ではなくモデル構築・理論検証に振り向けられる。実際、本誌特集の研究論文はすべて公的個票を用い、わずか数か月でコロナ禍の在宅時間と

電力需要の関係や、省エネ補助金の効果測定を公表している。民間や研究機関がゼロからデータ収集を行えば、同じ成果に到達するまでに1-3年のラグが避けられず、研究サイクルが大幅に遅延する可能性がある。

3.3 社会全体でみた費用対効果の向上

上述の通り、統計作成費用は国が一度負担すれば、後続の研究者・政策担当者が何度でも無料で再利用できる「公共財」となる。これにより、日本全体での重複投資(同じテーマの小規模調査を各所で繰り返す費用)を抑制しつつ、地球温暖化・エネルギー施策分析の成果が実際の政策立案が波及していく。エビデンスに基づく政策が迅速に実装されれば、無駄な補助金や規制コストも削減できるため、統計への初期投資以上の便益が社会に還元されると考える。

4. 家庭CO₂統計の今後の発展

最後に、これまでの家庭CO₂統計を用いた研究状況や国内外の既往研究を踏まえ、(1)統計構造、(2)設問拡充、という観点から、家庭CO₂統計の今後の発展について、研究者の立場から検討してみたい。

4.1 統計構造

(1) 実施頻度

家庭CO₂統計は2017-2023年度までは年次実施され、地域・世帯属性別の排出動向を高頻度で追跡できる希少なマイクロデータを形成してきたが、2023年度調査以降は、隔年実施に変更となった。他方で、少なくとも年次の途切れのないデータ取得も、次の観点から望ましいとも考える。

例えば、年ごとに発生するショックは隔年調査では見逃される。星野³⁵⁾は、家庭CO₂統計における毎年の個票データは、コロナ禍前後の家庭におけるエネルギー消費実態をみることできる貴重なデータであると指摘している。また、家庭CO₂統計が開始される前にさかのぼるが、2011年の東日本大震災において、東北・関東圏を中心として計画停電を行うなどの大規模な節電対策が行われた。筆者は当時、政府の省エネ対策検討を支援する業務に従事していたが、振り返ると、家庭CO₂統計が当時実施されていたならば、世帯における設備状況と省エネ行動の実態を踏まえることで、迅速かつ効果的な節電対策の検討ができたのではないかと強く感じている。こういった突然的に発生するイベントの影響をとらえるためには、継続して切れ目なくデータを取り続けることが重要であると言える。

(2) パネルデータ

家庭CO₂統計は現在のところパネル設計ではない。したがって2017-2023年度に蓄積されたデータは年次横断面の積み上げであり、同一世帯の行動変化や政策影響を「時系列で追う」分析を適用できない設計となっている。しかし限定期間でもパネルを組めば、政策評価・対策立案分析

の幅は飛躍的に高まる。同じ世帯を2-3年追跡すれば、機器更新や価格改定がエネルギー消費に与える事後事前の効果検証、補助金・税制措置の効果検証、極端気象やコロナ禍のような年次ショックへの家計レジリエンス因果推定等を検証することができる。

実際、一般統計でも途中からローテーション・パネルを導入した例がある。代表的なのが中小企業庁の「中小企業実態基本調査」であるが、2019年調査から標本設計を改定し、企業の約3分の1を2年間継続して追跡、毎年1/3ずつ入れ替える方式を採用した³⁶⁾。一般統計の設計変更は、統計法に基づけば、総務大臣承認を得れば足りるため、基幹統計のように政令指定や詳細審査を必ずしも経る必要がない³⁷⁾。この前例は、家庭CO₂統計でも同様のローテーション・パネル層を後から追加できる参考事例になる。

以上を踏まえれば、家庭CO₂統計でも全標本を毎年入れ替えるのではなく、たとえば抽出世帯の一部を3年間追跡するローテーション・パネル層を設定することは実施できる余地があるのではないかと考える。期間限定パネルを加えることで、日本の地球温暖化・省エネの検討に対して、動学的なエビデンスを用いたより精度の高い政策検討の基盤を提供できるようになるだろう。

4.2 設問の拡充

(1) 属性

属性に関する設問は、家庭部門のエネルギー需要をより深く理解し、効果的な政策立案のためには不可欠である。この観点から、本節では、家庭CO₂統計の属性設問に含む方が良いと考える内容について掲げていきたいと思う。

まず、現時点の家庭CO₂統計の属性設問には性別に関する設問が存在しない。他方で、ノーベル経済学者のリチャード・セイラーは、家計管理調査のインタビュー結果を紹介し、「夫婦世帯では請求書を処理し家計を実質的に統括する“家計CFO”は多くの場合妻である」と述べている³⁸⁾。この観察は、家計の選択や決定が性別により偏在する可能性を示唆している。さらに、米国の大規模消費者調査は、女性が消費支出の85%を直接または間接的にコントロールしていると報告しており³⁹⁾、購買決定への女性の影響力を定量的に裏付ける。これらの情報は、家庭内のエネルギー関連投資や省エネ行動の意思決定においても、性別が影響することが示唆される。したがって、家庭CO₂統計においては、少なくとも、世帯主の性別を設問に設けるべきであると考えられる。性別による意思決定構造がエネルギー消費水準や設備導入行動に与える効果を分析できるようにすることで、性差に基づくターゲティング政策（例：女性向け省エネ施策の情報提供）の効果検証ができ、より効果的な行動介入の設計に資するだろう。

その他にも、教育水準・職種についても省エネ行動を左

右する重要な社会経済要因であることが指摘されている。教育については、近年の実証研究では高学歴ほどエネルギー効率投資への参加確率が有意に高いことを示し^{40, 41)}、職種が可処分時間・収入水準・通勤形態を規定しており、これらの特性を媒介して省エネ投資決定や行動頻度を決定するとの報告もある⁴²⁾。多様な属性に関する設問を追加することで、それらがエネルギー消費や省エネ設備導入に与える影響を定量化でき、気候や所得だけでは説明できない省エネ行動のより精緻な分析が可能となるだろう。

(2) 心理的情報

家庭部門における省エネ行動を説明・促進するうえで不可欠となる心理的動機の測定を新たな設問として組み込むことも重要である。行動経済学および動機づけ理論の蓄積は、エネルギー消費を左右するのは単なる価格インセンティブだけではなく、行動主体が抱く内発的・外発的動機の質と構成であることを繰り返し示してきた。とくに、自己決定理論 (Self-Determination Theory: SDT)⁴³⁾ に基づく、人間の行動持続性は「温暖化防止に貢献したい」という内発的動機と「光熱費を節約する」という外発的動機が自律的に統合されるほど高まる可能性が複数指摘されている。たとえばWebbら⁴⁴⁾は家庭調査から、内発的動機づけと外発的動機づけが省エネ行動に与える影響を検証し、内発的動機づけが高い消費者ほど省エネ行動を積極的に行う傾向にあると報告した。国内でも、森ら⁴⁵⁾による、旭川市を対象とした長期追跡研究が「省エネ行動を“楽しい”と評価する参加者ほど、外的介入終了後も行動を維持しやすい」ことを示している。さらに、Spenceら⁴⁶⁾の実験では、複数動機を組み合わせたメッセージが単独フレームより行動変容を後押しする傾向が確認されている。以上の先行研究が示すように、人々の心理的情報と実際の省エネ行動や省エネ購買の関係を解明することができれば、効果的な政策立案に資することができるだろう。

他方で、こういった目に見えない情報を、日本の政府統計として集めることは可能なのだろうか、という疑問も出てくる。「統計調査」の定義について、統計法³⁷⁾においては、第二条5項で次のように定めている。

“この法律において「統計調査」とは、行政機関等が統計の作成を目的として個人又は法人その他の団体に対し事実の報告を求めることにより行う調査をいう”としており、その事実が主観的意識か客観的現象かまでは限定をしていない。実際、政府統計には既に主観・心理項目を恒常的に計測している前例が複数存在する。例えば、同様の一般統計に分類されている内閣府の「消費動向調査」においては、家計の「暮らし向き」や「雇用環境不安」を5段階で回答者が回答する。例えば、「職の安定性、みつけやすさなどの雇用環境は、今後半年間にいよりも良くなると思いま

すか、悪くなると思いますか（ご自身や家族、近隣地域の状況からお答えください）」という質問に対して回答者は 1. よくなる, 2. やや良くなる, 3. 変わらない, やや悪くなる, 悪くなる, から選択する。この質問と選択肢からも、主観的情報を収集していることがわかる⁴⁷⁾。

以上を踏まえると、家庭 CO₂ 統計に、省エネ動機を問う心理設問を組み込むことは、制度的にも前例的にも十分許容されるとともに、行動経済学的知見を活かした精緻な地球温暖化・省エネ施策分析を可能とする統計的土台を提供するものとする。

5. まとめ

本稿では、家庭 CO₂ 統計が提供する年次 1 万世帯を超える大規模ミクロデータを用いて既往研究について、地球温暖化・省エネ政策に関する研究事例を、1. ハード（設備・建築）、2. ソフト（行動・運用）、3. マインド（意識・動機）という切り口から整理を行った。既往研究の蓄積からは、第一に、住宅ストックと機器更新の省エネ効果を精緻に推計し得ること、第二に、価格・情報・補助といった行動介入の政策評価を迅速に行えること、第三に、省エネ意識の効果という新しい切り口からの政策検討が行い得ること等が判明した。

これらの成果は、国が統計基盤を一括整備し、研究者が二次利用できる仕組みによってスケールメリットが最大化された結果である。例えば、公的統計データ利用の現状と課題をまとめた日本労働研究雑誌の特集号⁴⁸⁾では、「公的機関が集める大規模データはサンプル偏りが小さく低コストで利用でき、エビデンス重視の政策判断に不可欠である。北欧諸国などでは、こうした行政・研究データの二次利用が既に広く進んでいる」と指摘している。

家庭 CO₂ 統計は、既に有用なエビデンスを提供しているが、調査頻度の維持・パネル層の導入・属性／心理設問の拡充が進めば、設備投資から行動変容まで一体で検証できる重要なデータ基盤となる。こうした科学的エビデンスの収集が進めば、日本の地球温暖化・省エネ施策の評価・検討をいっそう確かなものにするだろう。今後の家庭 CO₂ 統計の発展に大いに期待したい。

参考文献

- 1) UNFCCC ; Technical dialogue of the first global stocktake. Synthesis report by the co-facilitators on the technical (2023).
- 2) International Energy Agency ; Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, (2021).
- 3) Intergovernmental Panel on Climate Change ; Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Summary for Policymakers, (2022).
- 4) 環境省；地球温暖化対策計画, (2025.2).
- 5) 日本政府；2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, (2021.6).
- 6) 国土交通省；令和3年版 国土交通白書, (2021).
- 7) 日本政府；第7次エネルギー基本計画, (2025.2).
- 8) 環境省；家庭部門のCO₂排出実態統計調査, <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei.html> (アクセス日 2025.7.6)
- 9) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典；家庭CO₂統計に基づく全国10地方別の排出要因分析と市町村別世帯あたり排出量の推計, 土木学会論文集G, 74 (6), (2018).
- 10) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子；家庭の燃料種別エネルギー消費量に関する回帰モデルを用いた市区町村別推計の試み, 環境科学会誌, 37 (2) (2024), pp.33-42.
- 11) 鶴崎敬大, 中上英俊；家庭CO₂統計に基づく世帯当たりCO₂排出量の経年変化の要因分析, 第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2022).
- 12) 長谷川兼一, 外岡豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因 その3 世帯類型に着目した統計分析, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).
- 13) 伊川萌黄；日本における省エネ格差の検証, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).
- 14) 下田吉之；シミュレーションによる家庭部門のエネルギー需要・CO₂排出削減の要因分析（その2）, 地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会, (2023.8).
- 15) 国立研究開発法人科学技術振興機構；人口変化, 住宅種類選択, 住宅省エネルギー技術と電力化を考慮した家庭部門市町村別CO₂排出の地域別将来推計, (2022.5).
- 16) 上野剛, 篠原靖志；地域エネルギー需要シミュレーションツールの開発に向けた地域の住宅群の電力消費推定モデルの構築と精度検証, 電気学会論文誌B, 142 (8) (2022), pp.366-375.
- 17) 岩船由美子, 河合俊明, 森裕子；家庭CO₂統計を用いた住設機器・自家用車の電化ポテンシャルおよびCO₂排出削減効果の推計, エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 39 (2020.7), pp.262-269.
- 18) 山田智之, 山本博巳, 永田豊；家庭用ヒートポンプ給湯機の普及シナリオ達成に向けた住宅の築年代別・建て方別の給湯器電化率のモデル分析, 第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2023).
- 19) 山田愛花, 西尾健一郎；ロックイン問題を考慮に入れた給湯分野の経済合理的なCO₂削減可能性－地域性・世帯特性に着目した特徴分析－, 第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2023).
- 20) 尾沼広基, 松本茂, 有村俊秀；照明のLED化は家計の電力消費量をどれくらい削減しているのか?, BECC JAPAN 2018, (2018).
- 21) 西尾健一郎；家庭CO₂統計の個票データを用いた光熱費の実態把握, 第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2021).
- 22) 星野優子, 小川順子；家庭CO₂統計データに基づく地域別, エネルギー構成別, 所得階層別のエネルギー源別価格と支出の分析, エネルギー・資源学会論文誌, 42 (4) (2021), pp.194-200.
- 23) 山田愛花, 西尾健一郎；家庭用給湯分野への省エネ補助金の効果分析-支給シナリオや割引率の影響-, 第43回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2024), pp.491-496.
- 24) 鷲津明由, 中野諭；社会統計に基づく住宅のエネルギー消費原単位の推計, エネルギー・資源学会論文誌, 41 (6) (2020), pp.282-288.

- 25) 永倉直武, 井上隆, 高瀬幸造; 集合住宅を対象とした用途別エネルギー消費量分析に基づく省エネ提案及びその効果その3 省エネ行動と世帯属性の関係性とコロナウイルス感染防止対策の影響の把握, 令和2年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 8 (2020), pp.249-252. https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2020.8.0_249
- 26) 平野勇二郎, 吉田友紀子, 吉田崇紘, 山形与志樹; 居住者の省エネルギーシナリオに基づく家庭部門CO₂排出削減の可能性評価, 第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2023).
- 27) 向井登志広, 田中拓朗; 家庭CO₂統計を用いた機器保有状況の分類手法に関する検証, エネルギー・資源学会論文誌, 41-6 (2020), pp.328-335.
- 28) 西尾健一郎, 山田愛花, 後藤久典; 家庭CO₂統計の個票データを用いたHEMS導入世帯の特徴と省エネ効果の分析, エネルギー・資源学会論文誌, 45-5 (2024), pp.162-172.
- 29) 鶴崎敬大, 玄姫, 林礼美, 秋元圭吾; 日本と米国の公的統計を用いた在宅勤務実施世帯のエネルギー需要の特徴分析, 第43回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2024), pp.253-258.
- 30) 星野優子; 家庭CO₂排出実態統計調査を用いた自家用車の電動化の決定要因に関する分析, 第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2022).
- 31) 岩船由美子, 河合俊明, 森裕子; 家庭CO₂統計データの利用方法の検討: エネルギー消費構造の経年変化分析およびライフプランシナリオ別生涯CO₂排出量の推計, 第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2021).
- 32) 銭学鵬; エネルギー転換に対する社会的感情が家庭エネルギー使用行動に与える影響, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).
- 33) 小川順子, 星野優子, 後藤真香; 家庭部門の省エネに影響を及ぼす多様な動機に関する研究: 家庭CO₂統計の個票データを用いた傾向スコアマッチングによる統計的分析, エネルギー・資源学会論文誌273号, 46-5 (2025). pp.237-248
- 34) Robert William Sanson-Fisher, Billie Bonevski, Lawrence W. Green, Cate D'Este; Limitations of the Randomized Controlled Trial in Evaluating Population-Based Health Interventions, Preventive Medicine, Volume 33, Issue 2 (2007), pp.155-161.
- 35) 星野優子; 家庭CO₂統計の研究活用例 - 需要構造に着目して -, エネルギー・資源273号, 46-5, (2025). pp.300-306
- 36) 中小企業庁, 中小企業実態基本調査 https://www.chusho.meti.go.jp/koukai/chousa/kihon/index.html?utm_source=chatgpt.com (アクセス日 2025.7.15)
- 37) 統計法, https://laws.e-gov.go.jp/law/419AC0000000053/?utm_source=chatgpt.com (アクセス日 2025.7.15)
- 38) リチャード・セイラー, 遠藤真美 (翻訳); 行動経済学の逆襲, 2016年, 早川書房
- 39) The Future of Household Spending : New Data Shows Who Controls and Influences Budgets (2024), <https://www.salsify.com/blog/data-shows-controls-household-spending-and-budget> (アクセス日 2025.7.6)
- 40) Jasmina Pekez, Jelena Stojanov, Visnja Mihajlovic, Una Marceta, Ljiljana Radovanovic, Ivan Palinkas, Bogdana Vujic; The impact analysis of education on raising awareness towards climate change and energy efficiency, International Journal of Technology and Design Education, (2024.6).
- 41) Abigail Nana Ama Baidoo, Jones Abrefa Danquah, Edward Kweku Nunoo, Simon Mariwah, Georgina Nyarko Boampong, Eric Twum, Emmanuel Amankwah, Johnie Kodjoe Nyametso; Households' energy conservation and efficiency awareness practices in the Cape Coast Metropolis of Ghana, Discover Sustainability, 5 (2) (2024).
- 42) Belaid, Fateh; Ben Youssef, Adel; Omrani, Nessrine; Investigating the factors shaping residential energy consumption patterns in France : Evidence from quantile regression, The European Journal of Comparative Economics, Vol. 17 (2020), Iss. 1, pp. 127-151.
- 43) Edward L. Deci, Richard M. Ryan; Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior, Perspectives in Social Psychology, (1985).
- 44) Dave Webb, Geoffrey N. Soutar, Tim Mazzarol, Patricia Saldaris; Self-determination theory and consumer behavioural change : Evidence from a household energy-saving behaviour study, Journal of Environmental Psychology, 35 (2013), pp.59-66.
- 45) 森康浩, 小林翼, 安保芳久, 大沼進; 家庭での省エネルギー行動に対する内発的動機付けの長期的な効果, 社会心理学研究, 31 (3) (2016), pp.160-171.
- 46) Spencd A., Leygue C., Bedwel B., O'Malley C.; Engaging with energy reduction : Does a climate change frame have the potential for achieving broader sustainable behaviour?, Journal of Environmental Psychology, Volume 38 (2014), pp.17-28
- 47) 内閣府, 消費動向調査 https://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/menu_shouhi.html (アクセス日 2025.7.13)
- 48) 日本労働研究雑誌 2025年6月号 (No.779), <https://www.jil.go.jp/institute/zassi/backnumber/2025/06/index.html> (アクセス日 2025.7.15)

<著者紹介>



小川 順子 (おがわ じゅんこ)

青山学院大学国際政治経済学研究科修了(国際経済学修士)。(一財)アジア太平洋エネルギー研究センターを経て、(一財)日本エネルギー経済研究所環境ユニット気候変動グループ研究主幹。気候変動と省エネルギー政策に関して定性的・定量的側面からの政策評価研究に従事。

特集 家庭部門のCO₂排出実態統計調査とその研究活用

家庭CO₂統計の研究活用例 －分析手法やデータ活用法に着目して－

Examples of Utilizing the Household CO₂ Statistics :
Focusing on Analytical Methods and Data Application

山 田 愛 花*

Manaka Yamada

1. はじめに

気候変動対策において家庭からの二酸化炭素（CO₂）排出量の削減は重要な課題である。実態把握や政策立案にはデータに基づく分析が不可欠であり、「家庭部門のCO₂排出実態統計調査（以降、家庭CO₂統計）」¹⁾の果たす役割は大きい。本稿では、家庭CO₂統計を用いた研究事例を、データの活用方法や分析手法に着目して整理する。統計の概要や整備の背景、分析目的に焦点を当てた解説は本号の他稿に詳述されているため、本稿では繰り返さない。筆者視点の整理であり、紙幅の都合上すべての事例を網羅するものではないものの、今後の研究や実務における統計の利活用を考えるうえでの一助となれば幸いである。

構成として、まず第2章で、家庭CO₂統計が単独で用いられるのか、他の統計と組み合わせて使われているのかといった活用パターンを把握する。次に第3章で、主な分析手法と具体的な適用事例を挙げる。第4章では、研究でみられたデータ処理の工夫を紹介する。最後に、レビュー結果をまとめるとともに、今後の分析可能性を考察する。

2. 家庭CO₂統計の活用パターン

2.1 活用形態による分類

家庭CO₂統計を用いた研究は、データ活用形態によって表1のように分類できる。

(1) 単独利用型

家庭CO₂統計のみを用いた分析形態である。

例えば、尾沼他²⁾は、LEDの節電効果の実態を家庭CO₂統計から推計している^{注1)}。西尾・中野³⁾は、アンケート回答の処理方法を工夫し、給湯機器保有実態などを建築時期や地域別に明らかにしている。岩船他⁴⁾は、世帯属性と住設機器や乗用車の関係を分析し、電化の可能性と電化がCO₂排出量に及ぼす影響を推計している^{注2)}。

その他にも、向井・田中⁵⁾の世帯属性や住宅属性からの機器保有状況の分類、山田⁶⁾の全国と10地域での戸建住宅の電力消費量、太陽光発電容量、発電量、売電量、自

表1 活用形態による分類

活用形態	概要	特徴
単独利用型	家庭CO ₂ 統計のみを用いる形態	- 同じ統計データを利用した分析であっても、テーマは幅広い - 他データを連携する必要がない
組み合わせ型	家庭CO ₂ 統計を主体として、他のデータを補足的に組み合わせて分析する形態	- 気象情報との組み合わせが多い - 外的要因を明示的に考慮することで、分析精度や幅の向上につながる
バックデータ型	様々なデータを結合した推計において、家庭CO ₂ 統計を数多くあるデータの一種として活用する形態	家庭CO₂統計が世帯類型の設定やばらつき考慮に用いられることで、分析の精緻化につながる
比較利用型	家庭CO ₂ 統計以外で得られた結果を検証するための比較対象として活用する形態	他の知見や推定の裏付けに使われている

(注) 1つの研究で複数の活用形態が用いられる場合もある。

家消費率の実態調査、Long・吉田⁷⁾の世帯類型化、齊藤他⁸⁾や金森他⁹⁾のペットの所有が電力消費量に与える影響の調査、姜・川浦¹⁰⁾の旧一般電力会社と新電力事業者の電力会社選択の予測、長谷川・外岡¹¹⁻¹³⁾の家庭部門のエネルギー消費量やCO₂排出量に影響を与える要因の分析などがある。

これらの事例は、家庭CO₂統計単体でも、工夫次第で多様な視点から家庭部門のエネルギー実態を捉え、知見が得られることを示している。設備保有やエネルギー利用の実態把握、消費者の行動分析、エネルギー消費の要因解析など、幅広い研究目的に対応できる柔軟性があり、統計データとしての完成度の高さが活かされている。加えて、外部データとの連携が難しい場合や、純粋に家庭内部の要因を分析したい場合にも有効であり、今後も多様な研究テーマでの継続的な活用が期待される。

(2) 組み合わせ型

家庭CO₂統計と他のデータを組み合わせて分析する形態である。家庭CO₂統計があくまで主体であり、補足的に他のデータを組み合わせている点が特徴である。

注1) 分析内では、家庭CO₂統計から得た推計結果を工学的に得た結果とも比較している。工学的な結果の算出には別統計を用いており、比較の部分は組み合わせ型といえる。

注2) 住設機器と世帯属性の関係に関しては、家庭CO₂統計のみを用いて分析している。それに対して、住設機器の電化前後のエネルギー消費量の推計ではCDDとHDDも活用しており、次の組み合わせ型の活用形態である。

*一般財団法人電力中央研究所

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1 (大手町ビル)

E-mail: omura3902@criepi.denken.or.jp

組み合わせられることが多いのは気象情報で、特に冷房度日 (CDD) と暖房度日 (HDD) の活用事例が多い。星野・小川¹⁴⁾ のエネルギー価格の変化が家庭のエネルギー需要に与える影響の分析、尾沼・松本¹⁵⁾ の電力需要の価格弾力性の推計、星野¹⁶⁾ の自家用車の電動化の決定要因に関する分析などがある。CDDやHDD以外も、例えば、中村・下田¹⁷⁾ や中村他¹⁸⁾ では、月別燃料種別の家庭のエネルギー消費量を予測するモデルを作成しており、日最高 (低) 気温、風速、相対湿度、降水量などの多様な気象データも活用している。鶴崎・中上¹⁹⁾ では、世帯当たり月間エネルギー消費量の推定モデルに、全国平均気温とその2乗値を用いている。家庭CO₂統計には、地域、エアコンの設定温度やエアコンの使用時間等、気象情報に関連しうる情報は存在しているものの、より明示的に気象影響を考慮する点で有用である。

気象情報以外を組み合わせている事例も存在する。例えば、水谷他²⁰⁾ は、家庭CO₂統計の前身である全国試験調査の結果を、統合エネルギー統計などの既存統計と比較している。石河他^{21, 22)} や鷺津・中野²³⁾ では、家庭CO₂統計データを用いた重回帰モデルを作成してパラメータを推定し、他の統計データを代入することで、地域別の排出量やエネルギー消費量の推計を行っている^{注3)}。銭²⁴⁾ は、エネルギー転換に対する社会的感情を分析するために、家庭CO₂統計に加え、月平均気温やX (旧Twitter) データを用いている。

上述のように、家庭CO₂統計を他データと組み合わせることで、単独では捉えきれない外的要因 (気象、社会的動向、他統計との整合性など) を明示的に分析に取り込むことが可能となる。これにより、分析の精度が向上するほか、分析の幅が広がる効果もあると考えられる。

(3) バックデータ型

様々なデータを結合して推計を行う際に、家庭CO₂統計も活用する形態である。組み合わせ型と異なり、家庭CO₂統計は数多くあるデータの一種の扱いである。

岩船²⁵⁾ は、家庭CO₂統計を用いて給湯種類、厨房種類、主暖房種類の組み合わせで世帯を類型化し、その類型化に沿って抽出したHEMS (Home Energy Management System) データをもとに、年間需要をシミュレーションしている。的場他²⁶⁾ は、需要推計モデル (Total Residential End-use Energy Simulation: TREESモデル) で、湯はり頻度モデルや給湯・暖冷房ストック分布モデル、家電機器保有状況の推計モデルを組み合わせ需要を推計している。このうち、家電機器保有状況の推計モデルでは、家庭CO₂統計を用いて世帯特性と機器所有の関係をモデル化し、世帯間の機器保有状況のばらつきの再現を可能にしている。TREESモデルは、Shimoda et al.²⁷⁾ による住宅部

門^{注4)} の地球温暖化対策計画の進捗評価や、藤原他²⁸⁾ による省エネルギー対策の進捗評価と今後の施策の方向性の検討にも活用されている。重・西村²⁹⁾ は、家庭CO₂統計、住宅・土地統計調査、国勢調査、国立社会保障・人口問題研究所の人口、世帯数の将来推計データを活用し、都道府県別の家庭からのCO₂排出量を推計している。伊川³⁰⁾ は、日本における省エネ格差の検証のため、住宅ストックにおける省エネ性能の推定や、冬季暖房ニーズと実際の暖房エネルギー消費量の比較を行っている。冬季暖房ニーズの推定の際に、既往研究の値、HDDなどと共に家庭CO₂統計の回答情報を用いている。

このように、バックデータ型の活用では、家庭CO₂統計が分析の精緻化 (例えば、世帯類型の設定や機器保有のばらつきの考慮) に重要な基礎データとして機能しており、統計の持つ汎用性や実用性の高さがうかがえる。

(4) 比較利用型

家庭CO₂統計以外で得られた結果を、家庭CO₂統計と比較することで検証する活用形態である。

松岡他³¹⁾ では、独自に実施した湯はり頻度に関するアンケート調査の代表性を確認するため、冬の湯はり頻度分布を家庭CO₂統計と比較している。松岡他³²⁾ では、独自に構築した家庭部門エネルギーエンドユースモデルの年間エネルギー消費量の推計精度を確認するために、各種統計値との比較を実施しており、家庭CO₂統計は、気象条件や家族構成などの影響を適切に反映できているのかの確認のため用いている。

他の知見や推定値を裏付けるための比較対象としての価値を持つ点で、家庭CO₂統計のもう一つの重要な活用方法であるといえる。

2.2 活用年数による分類

単年度の調査結果を利用するか、複数年度の調査結果を利用するかの違いもある。初期の研究では、利用可能なデータが限られており、単年度利用が主流であった。約1万世帯という大規模サンプルにより、単年度利用でも統計的に有意な分析結果を得ることが可能である。

調査開始から年を経てデータが蓄積されてくると、複数年度のデータを活用した分析も多くみられるようになっていく。複数年度のデータ活用には、経年変化に着目したい場合とサンプルサイズを増やしたい場合の2つの理由があると推察される。統計的に有意な結果を得られやすくなるため、近年の統計分析事例では、複数年度データの活用でサンプルサイズを増やすのが一般的になっている。

経年変化に着目した例として、岩船他³³⁾ はエネルギー消費構造の経年変化の分析のため、水谷³⁴⁾ は新型コロナナ

注3) 石川他^{21, 22)} では、重回帰モデルの作成時に、家庭CO₂統計のデータだけでなくHDDも使用している。

注4) 非住宅部門の評価もされている。しかしながら、TREESモデル活用しているわけではないため、住宅部門のみ記載している。

ウイルスが及ぼす影響を把握するため、鶴崎・中上¹⁹⁾はCO₂排出量の経年変化の要因分析のため、それぞれ複数年の結果を用いている。西尾・山田³⁵⁾は、太陽光発電(PV)容量、発電量、自家消費量、売電量の経年変化を把握する目的と、十分なサンプル数での統計分析を行う目的の両方から、6年度分の統計調査を用いている。

3. 主要な分析手法と適用事例

3.1 記述統計アプローチ

続いて、分析手法に焦点を当て、図1のように分類した。

(1) 基本統計量・クロス集計

統計調査で得られた数多くの項目から、目的に応じた項目を選び出し、基本統計量やクロス集計値を算出して議論が展開されている。岡本他³⁶⁾では、家庭CO₂統計の前身である全国試験調査の内容と、得られた結果が示されている。水谷他²⁰⁾では、全国試験調査を既存統計と比較するとともに、建て方別や地域別の機器の使用状況、世帯類型別や建て方・世帯人数別のCO₂排出量などが示されている。西尾・中野³⁾は、建築時期別や建て方・世帯人数・建築時期別の給湯機器シェア、主暖房機器シェア、台所用コンロシェアなどを、クロス集計により明らかにしている。山田⁶⁾は、個票データを集計し、住宅の地方別、PV導入年度別の買電量、PV容量、発電量、売電量、自家消費率を実態把握している。さらに、PV導入世帯と非導入世帯の世帯人数、世帯年収、住宅の築年度、延床面積の差をX²検定で評価している。

(2) 可視化技術

家庭CO₂統計などから得られた情報を整理し、地図上で可視化する試みもみられる。例えば、上野³⁷⁾は、家庭CO₂統計の各個票の所在地を全国地方公共団体コードと紐づけることで、気象データや国勢調査データとの連携を行っている。そのうえで、研究者の効率的な分析の支援のため、GUI上で可視化・フィルタリング・他データベース

との連携を行う分析効率化ツールのプロトタイプを構築している。具体的に、所在地を日本地図上で表示する機能、表示対象を属性でフィルタリングする機能、関連データのグラフ表示機能を備えている。上野³⁸⁾は、家庭CO₂統計を含めた複数の統計データ等から、電力・都市ガス・LPガス・灯油の熱源別に、用途別(暖房・厨房・給湯)のエネルギー需要を計算するツールを構築しており、市区町村別の結果をGUIビューアで地図上に表示する機能を持たせている。石河他³⁹⁾は、家庭CO₂統計と地域メッシュ統計、国土数値情報などを用いて3次メッシュ別の住宅および自動車からの一人当たり年間排出量を求め、日本地図上で可視化している^{注5)}。

(3) 構成比を用いた推計

統計モデルは作成せず、統計値を掛け合わせて推計を行う研究事例も見られる。重・西村²⁹⁾は、世帯人数、建て方、65歳以上の高齢者の有無、地域のセグメント別に、年度ごとの世帯数と排出基礎係数(1世帯当たりの年間CO₂排出量)を求め、掛け合わせて集計する形で都道府県別のCO₂排出量を推計している。山田他⁴⁰⁾では、家庭CO₂統計の個票データを集計してエリアごとの住宅の築年代別、建て方別の給湯機器種別の実績シェアを算出している。これを基に、戸建/集合および新築/既築の4セグメントごとに将来シナリオ別の給湯機器シェアを設定し、将来の住宅ストック予測と組み合わせて、2030年および2050年の給湯機器ストック台数をシナリオ別に推計している。

3.2 計量経済学的アプローチ

(1) 回帰分析

家庭CO₂統計を用いた数多くの研究で、回帰分析が適用されている。

初めに、目的変数が連続値で、主な目的が作成したモデルに任意の説明変数を代入しての推定である事例を挙げる。石河他²¹⁾は、世帯当たり年間排出量を、世帯属性とHDDを用いて説明する重回帰モデルを構築し、推定されたパラメータを用いて市区町村別の世帯当たり年間CO₂排出量を推計している。鷺津・中野²³⁾は、床面積当たりの1次エネルギー消費量を、世帯属性や住宅属性、設備や行動、地域などで説明する重回帰モデルを構築し、推定されたパラメータを用いて東京都の市区町村別の家庭の1次エネルギー消費総量を推計している。石河他²²⁾は、適合度の高い予測モデルの構築のため、既存モデル²¹⁾に対して、一般化線形モデルによる非線形回帰の適用、多重代入法を用いた欠損データの処理、という改良を加えている。

続いて、目的変数が連続値で、主な目的が偏回帰係数の取得や有意性の確認の事例を挙げる。尾沼他²⁾は、世帯の

記述統計アプローチ	計量経済学アプローチ
(1) 基本統計量・クロス集計 統計調査で得られた項目から基本統計量やクロス集計値を算出して分析 (2) 可視化技術 地図上での可視化やGUIツールによる分析支援 (3) 構成比を用いた推計 統計モデルを作成せず、統計値を掛け合わせて推計	(1) 回帰分析 重回帰分析は多くの事例あり。値の推定目的や、偏回帰係数の取得や有意性の確認目的 (2) 多段階分析 バイアス軽減のため複数段階に分析を分割 (3) 因果推論手法 交絡因子の影響を抑制した効果推定
機械学習アプローチ	その他のアプローチ
(1) 教師あり学習 決定木、ランダムフォレスト、XGBoost、ANNなどの活用事例 (2) 教師なし学習 世帯のパターン発見とクラスタの特徴分析	・用途分解・推計手法への新たな手法の活用や詳細化 ・小地域問題・統計的課題への対応

図1 分析手法による分類

注5) 自動車排出量も推計・可視化しているものの、可視化のための推計モデルに家庭CO₂統計は用いられていない。

電気使用量をLEDの有無やその他の世帯属性で説明する回帰モデルを作成し、LEDの有無の偏回帰係数で節電効果を推計している。星野・小川¹⁴⁾は、地域別や所得別に、世帯人員を考慮したエネルギー需要の合計を、エネルギー価格や世帯年収、暖房度日、冷房度日で説明する回帰モデルを構築し、価格弾力性を求めている。加えて、電力以外のエネルギー投入に対する電力投入の比率を求める回帰モデルから、電力と電力以外のエネルギーの代替弾力性も推定している。尾沼・松本¹⁵⁾は、前月からの電力消費量の変化率を、前月の電気料金や冷房度日、暖房度日、世帯属性で説明する回帰モデルを構築し電力の価格弾力性を求めている。鶴崎他⁴¹⁾は、重回帰分析により、気候や世帯属性、住宅属性等の影響も踏まえたうえで、在宅勤務がエネルギー消費量に及ぼす影響を分析している。家庭CO₂統計をもとに日本での影響を推定するだけでなく、米国の家庭用エネルギー消費量を詳細把握している統計調査(Residential Energy Consumption Survey: RECS)のデータでも同様の分析を行い、結果を比較している。西尾・山田³⁵⁾は、自家消費率に影響を与える要因を、PV容量や日総電気使用量、日昼間在宅率などを説明変数にとる重回帰モデルで明らかにしている。長谷川・外岡¹¹⁻¹³⁾は、エネルギー消費量やCO₂排出量を地域区分や世帯属性、設備、行動など(質的変数のみ)で説明する数量化I類(連続変数を質的変数で予測する手法)で推定し、各変数が与える要因を評価している。

最後に、目的変数が離散値の場合の例として、岩船他⁴⁾では、電化世帯であるか否かを世帯属性で説明するロジスティック回帰により、電化世帯とその世帯属性の関係を明らかにしている。的場他²⁶⁾は、多項ロジスティック回帰により家電機器保有状況を推計している。保有台数に関しては順序ありの多項ロジスティック回帰分析を、それ以外の製造時期、大きさ(TVに関しては液晶・プラズマ・ブラウン管といった種類も)に関しては順序なしの多項ロジスティック回帰分析を適用している。姜・川浦¹⁰⁾は、新電力との契約確率をロジスティック回帰で予測している。

(2) 多段階分析

多段階分析では、複数の段階に分析を分けている。例えば、鷺津・中野⁴²⁾は、自動車による1世帯当たりのCO₂排出量を推計する際に、自動車保有世帯に限ることでサンプルにバイアスが生じる可能性があるため、推定の代表制を保つ目的でヘックマンの2段階推定モデルを用いている。具体的には、1段階目に全サンプルを対象に自動車の保有の有無を求め、2段階目に自動車保有世帯を対象に自動車による1世帯当たりのCO₂排出量を推定している。星野¹⁶⁾は、意思決定を「自動車を保有するか否か」「電動車を保有するか否か」「BEVとPHEVのどちらを選択するか」の3段階に分けて、バイナリロジスティック回帰モデルを用

いて分析し、各段階に影響を与える変数を考察している。石河他⁴³⁾は、世帯当たりの燃焼種別エネルギー消費量を推計する際、バイアスの少ない推定値を得るため、燃料の使用有無を表現するモデルと、燃料使用世帯に限定して使用量を推定するモデルを作成し、2つのモデルの出力結果を掛け合わせてエネルギー消費量を推定している。

(3) 因果推論手法

西尾他⁴⁴⁾は、重回帰分析に加え、二重にロバストな推定法を用いた傾向スコアマッチング分析により、HEMS導入による効果(電力消費量の変化)を定量化している。小川他⁴⁵⁾でも、重回帰分析に加え、最近傍マッチング法による傾向スコアマッチング分析により、省エネ意識がもたらす省エネ効果(エネルギー消費量の変化)を検証している。傾向スコアマッチング分析の価値は、交絡因子の影響を抑制できる点にある。例えば、HEMS導入の効果分析の場合、導入世帯と非導入世帯では世帯属性や住宅属性などに偏り(バイアス)が生じやすく、そういった交絡因子も電力消費量に影響を与えうる。そのため、傾向スコアを用いてバイアスを減らしている。

3.3 機械学習アプローチ

(1) 教師あり学習

向井・田中⁵⁾では、15種類の住設機器の保有状況を2値分類問題として扱い、二項ロジスティック回帰のほか、決定木、ランダムフォレスト、XGBoost(eXtreme Gradient Boosting)の機械学習アプローチも用いて分類精度を検証している。西尾⁴⁶⁾は、XGBoostを用いて、世帯・住宅属性や機器保有・利用行動などの244の特徴量から年間合計の光熱費支払額を推定している。そのうえで、機械学習の解釈可能性を高める手法であるSHAP(Shapley Additive exPlanations)を応用することで、建築時期による光熱費差異の要因分析を実施している。中村・下田¹⁷⁾は、月別燃料種別の家庭のエネルギー消費量を人工ニューラルネットワーク(ANN)で予測している。同様のデータセットで構築したLasso(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)回帰モデルと比較したところ、決定係数はすべての燃料種でANNがLasso回帰を大きく上回ったことと、平均絶対誤差もすべての燃料種でANNがLasso回帰よりも小さかったことを報告している。Andrew et al.⁴⁷⁾は、世帯属性や住宅情報を用いて、ANNにより調理用コンロ、給湯、暖房、床暖房の設備種別を推定するモデルを構築し、シングルタスク学習とマルチタスク学習を比較している。マルチタスク学習によって各分類タスクの精度が顕著に向上することではなく、特に電気機器の分類精度は全体的に低いことや、説明変数が限られる中では、類似する世帯属性でも設備選択が多様であることから、予測精度に限界があることを確認している。

(2) 教師無し学習

新富他⁴⁸⁾は、CO₂排出量や世帯属性、住宅属性、設備保有、居住者の行動などを説明変数として、非階層型クラスタリング手法であるk-means++法を用いてクラスタリングをしている。結果から、各クラスタの特徴や、排出量が大きいクラスタの削減対策を考察している。Delage・中田⁴⁹⁾では、電気、都市ガス、LPガス、灯油、車両用燃料の年間消費量を説明変数として、密度ベースのアルゴリズムであるHDBSCAN (Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) を用いてクラスタリングを行っている。HDBSCANでは、クラスタ数を指定する必要がなく、外れ値を同時に検出できる。クラスタリングした結果から、各クラスタに対応する地域特性、世帯人数、年収などの情報を比較して特徴を考察している。比較時に各属性がクラスタ外と有意に異なるかの検定もしており、ブートストラップ法が用いられている。

3.4 その他のアプローチ

家庭CO₂統計では、暖房、冷房、給湯、台所用コンロ、照明・家電製品等の5用途別のエネルギー消費量の推計値が示されている。田中⁵⁰⁾では、家庭CO₂統計が推計に用いている負荷季節変動パターン解析(LC法)とは別の手法である特異値分解法(Regularized Singular Value Decomposition Method: RSVD)で、融雪も含めたエネルギー消費量の6用途分解を行っている。齊藤他⁸⁾は、家庭CO₂統計で用途別あるいはエネルギー別のCO₂排出量は推計されているものの、用途別かつエネルギー別のCO₂排出量は推計されていないことから、家庭CO₂統計の用途別エネルギー消費量の推計手順を再現して暖房需要のCO₂排出量をエネルギー別に推計している。

田中⁵¹⁾では、家庭CO₂統計の小地域問題(標本調査において回収数が少ないことが原因で統計データが不安定になる問題)を踏まえ、ベイズの定理と一般化状態空間モデルを用いて市区町村別のエネルギー原単位を推定し、さらに、温熱源エネルギー選択モデルを用いて地域ごとのエネルギー構成を考慮したうえでCO₂原単位も推計している。田中・平野⁵²⁾では、調査対象の偏りや調査規模の制約により地域別の詳細情報の把握が困難であるという課題に対し、複数の統計情報を分散表現ベクトルに変換し、得られた情報をベイズ的に統合する「Multi-SIG」というシステムを構築し、高精度な環境統計情報の作成を試みている。

4. データ処理の工夫

各研究で目的に応じたデータ処理がなされている。ここでは、いくつか処理の例を示す。

4.1 家庭CO₂統計データの処理

(1) 回答値の処理

西尾・中野³⁾は、複数回答方式で得られた所有する給

湯機器を、単回答方式データに変換している。複数回答世帯は1割近く存在するため、それらを除外するのではなく、各給湯機器種別の特性や用途を踏まえた手順で処理して単回答方式データに変換している。中村・下田¹⁷⁾は、家庭CO₂統計で計上されている灯油消費量が、正確には灯油購入量である点を考慮している。使用月と購入月がずれる可能性があるため、四半期ごとに灯油購入量を合計し、同期間の都市ガス(都市ガス需要がない場合はLPG)消費量を按分指標に各月に分配している。

(2) 欠損値の処理

欠損値を含むサンプルは分析対象から除外するアプローチが多い一方で、XGBoostのような、欠損値をそのまま特徴として扱える手法の活用事例も見られる。このほか、中村他¹⁸⁾は、ANNで学習を行うにあたりデータ数を維持するために欠損値補完を行っている。具体的には、個票Aの項目aに欠損値がある場合、項目aと強い相関がある5つの他項目を抽出し、その項目を使って個票をグループ分けしたのち、個票Aが属するグループ内の項目aの中間値を用いて欠損値を補完している。石河他²⁰⁾では、既存モデル²¹⁾で欠損を含む対象者のデータをすべて削除した結果、サンプルサイズの約30%が削除されたことを踏まえ、多重代入法で処理している。多重代入法では、欠損値の事後予測分布から確率的に代入する値を決めて複数の疑似完全データを作成し、各データで計算された推定値を統合する。

(3) データ抽出

岩船他⁴⁾は、集合住宅や賃貸住宅では既設設備を使用する以外の選択肢がなく導入が困難である可能性も踏まえ、例えば、「IH」の電化可能性の分析では戸建住宅世帯のみなど、機器により分析対象世帯を決定している。西尾・山田³⁵⁾では、住宅用PVの自家消費率の分析のため、欠損値が含まれるサンプルや、発電量を全量買い取りされる可能性のあるサンプル、特異値が含まれる可能性があるサンプル、燃料電池などのコージェネレーションによる発電量の影響が混在するサンプルを除外している。

4.2 他データ結合時の処理

他データを結合する際に、家庭CO₂統計の特色に応じて、組み合わせる側のデータ処理を工夫している例もみられる。中村他¹⁸⁾は、電気や都市ガスの検針は地域ごとに月初から月末の間で実施されており、検針日によって計上される燃料使用量の対象期間が異なるため、暦月で集計した気象データとはずれが生じる点を考慮している。具体的には、「検針日ごとの世帯数は一定」と仮定し、X月の気象データについては、X-1月初日から月中までは線形に増加し、月中からX月末までは線形に減少する関数を用いて、重み付けして算出した日平均気象データを用いている。

5. まとめ

本稿では、家庭CO₂統計を用いた研究事例を、データの活用方法や分析手法に着目して整理した。その結果、家庭CO₂統計は単独でも他データと組み合わせても、幅広い分析目的に対応できる柔軟性を備えており、設備保有やエネルギー利用の実態把握、消費者の行動分析、エネルギー消費の要因解析など、多様な分野で活用されていると明らかになった。さらに、推計モデルのバックデータや別で取得した推計値との比較にも用いられており、統計の持つ汎用性の高さがうかがえる。

手法に関しては回帰分析の適用が多く、統計値から算出した構成比を掛け合わせての推計、統計情報の可視化の試み、因果推論手法への応用、機械学習の適用などへの広がりもある。分析目的に応じて、家庭CO₂統計側や結合するデータ側の処理にも工夫がみられた。

今後の分析可能性も幅広いと考えられ、ここでは特に2点を挙げる。1点目は、経年変化に着目した分析である。近年は、複数年度データの蓄積により、社会的変化や突発的事象の影響を捉える分析が可能となっており、さらにデータが蓄積されれば、長期傾向の把握も可能になると考えられる。調査の安定的な継続が、統計の価値をさらに高めている^{注6)}。2点目は、新たな分析手法の活用である。目的に応じた手法の選択を前提としつつ、因果推論手法や機械学習などの多様な手法を導入することで、新たな知見の抽出や分析の精緻化が今後一層進展することが期待される。

家庭CO₂統計は、家庭部門のエネルギー利用やCO₂排出の実態を把握するうえで重要なデータであり、今後の研究や施策形成においても、その役割の重要性は増していくと考えられる。

最後に、著者は家庭CO₂統計を活用した研究経験が浅く、理解や整理に至らぬ点があるかもしれない。誌面の都合や整理の限界により記載できなかった事例があることをお詫び申し上げる。先行研究から多くを学ぶ貴重な機会となり、このような場を頂けたこと、ならびにご指導・ご助言を賜った関係者の皆様に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省、家庭部門のCO₂排出実態統計調査；<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei.html>（アクセス日2025.7.10）
- 2) 尾沼広基、松本茂、有村俊秀；照明のLED化は家計の電力消費量をどれくらい削減しているのか？、BECC JAPAN 2018, (2018).
- 3) 西尾健一郎、中野一慶；家庭CO₂統計の個票データを用いた給湯機器の保有実態などに関する基礎検討、第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2020).
- 4) 岩船由美子、河合俊明、森裕子；家庭CO₂統計を用いた住設機器・自家用車の電化ポテンシャルおよびCO₂排出削減効果の推計、第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2020).
- 5) 向井登志広、田中拓朗；家庭CO₂統計を用いた機器保有状況の分類手法に関する検証、エネルギー・資源学会論文誌、41-6, (2020), pp.328-335. https://doi.org/10.24778/jjser.41.6_328
- 6) 山田洋行；家庭CO₂統計に基づく戸建て住宅の電力消費と太陽光発電の実態、エネルギー・資源学会論文誌、43-3, (2022), pp.103-112. https://doi.org/10.24778/jjser.43.3_103
- 7) Long Yin, 吉田好邦；Demographic aging and shrinking trend imposes great challenges to carbon emission mitigation in Japan, 第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2022).
- 8) 齊藤天音、ロンイン、吉田好邦；家庭のCO₂排出に及ぼす要因分析ーペット所有と暖房需要についての考察、第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2023).
- 9) 金森有子、石河正寛、張楊玉婷、増井利彦；ペットが家庭のエネルギー消費に与える影響の分析、国立環境研究所ディスカッションペーパーシリーズNo. 2024-01, (2024).
- 10) 姜凱耀、川浦脩弥；家庭CO₂排出実態統計調査を用いた電力会社選択に影響を及ぼす要因分析、第42回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2023).
- 11) 長谷川兼一、外岡豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因に関する統計分析、第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2021).
- 12) 長谷川兼一、外岡豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因 その1 影響要因の地域特性に関する統計分析、第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、(2022).
- 13) 長谷川兼一、外岡豊；家庭部門のCO₂排出量の地域性とその影響要因 その3 世帯類型に着目した統計分析、第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、(2025).
- 14) 星野優子、小川順子；家庭部門のCO₂排出実態統計調査の個票データに基づく地域別、エネルギー構成別、所得階層別のエネルギー源別価格と支出の分析、エネルギー・資源学会論文誌、42-4, (2021), pp.194-203. https://doi.org/10.24778/jjser.42.4_194
- 15) 尾沼広基、松本茂；個票データを用いた日本の電力需要の価格弾力性推計ー所得階層別・地域別・季節別の比較ー、環境科学会誌、34-3, (2021), pp.172-183. <https://doi.org/10.11353/sesj.34.172>
- 16) 星野優子；家庭CO₂排出実態統計調査を用いた自家用車の電動化の決定要因に関する分析、第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2022).
- 17) 中村仁明、下田吉之；気象影響がエネルギー需要に及ぼす影響評価、第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2021).
- 18) 中村仁明、下田吉之、内田英明；時系列情報を考慮した家庭部門のエネルギー需要予測モデルの構築、第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2022).
- 19) 鶴崎敬大、中上英俊；家庭CO₂統計に基づく世帯当たりCO₂排出量の経年変化の要因分析、第41回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集、(2022).
- 20) 水谷傑、岡本洋明、鶴崎敬大、中上英俊、村越千春；家庭からの二酸化炭素排出量の実態調査 その2 既存統計との比較と統合集計結果、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)、(2016).
- 21) 石河正寛、松橋啓介、金森有子、有賀敏典；家庭CO₂統計に基

注6) 統計データが蓄積し、経年変化の分析の可能性も広まっている矢先に隔年調査に移行された点は惜しまれる。例えば、1年ラグを用いた分析ができなくなる。さらに、突発的事象はいつ生じるかわからず、隔年調査ではそうした出来事が生じたときの情報が取得できない可能性もある。

- づく全国10地方別の排出要因分析と市町村別世帯あたり排出量の推計－全国試験調査結果を用いて－, 土木学会論文集G (環境), 74-6, (2018), pp. II_193-II_201.
https://doi.org/10.2208/jscejer.74.II_193
- 22) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典; 市町村別家庭部門CO₂排出量推計モデルの改良－欠測データ処理と非線形回帰の適用－, 土木学会論文集G (環境), 75-5, (2019), pp.I_89-I_98. https://doi.org/10.2208/jscejer.75.I_89
https://doi.org/10.2208/jscejer.74.II_193
- 23) 鷲津明由, 中野諭; 社会統計に基づく住宅のエネルギー消費原単位の推計, エネルギー・資源学会論文誌, 41-6, (2020), pp.282-289. https://doi.org/10.24778/jjser.41.6_282
- 24) 銭学鵬; エネルギー転換に対する社会的感情が家庭エネルギー使用行動に与える影響, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).
- 25) 岩船由美子; 住宅エネルギーデータシミュレーターの構築, 第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2020).
- 26) 的場晴香, 杉山みなみ, 松岡綾子, 下田吉之, 山口容平; 家庭CO₂統計とエネルギー最終需要モデルを用いた世帯間エネルギー消費差異の成因に関する研究, エネルギー・資源学会論文誌, 41-5, (2020), pp.209-218.
https://doi.org/10.24778/jjser.41.5_209
- 27) Shimoda Yoshiyuki, Nakanishi Toshiki, Uchida, Hideaki, Fujiwara Misaki, Yamaguchi Yohei; Energy and carbon management system for a city and a nation, eceee 2022 Summer Study Proceedings, (2022).
- 28) 藤原みさき, 中西利樹, 下田吉之; 家庭部門における省エネルギー対策の進捗評価と追加策, エネルギー・資源学会論文誌, 44-6, (2023), pp.274-283.
https://doi.org/10.24778/jjser.44.6_274
- 29) 重浩一郎, 西村修; 公的統計マイクロデータを活用した都道府県別家庭からの温室効果ガス排出量推計, 土木学会論文集G (環境), 76-7, (2020), pp.III_521-III_528. https://doi.org/10.2208/jscejer.76.7_III_521
- 30) 伊川萌黄; 日本における省エネ格差の検証, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).
- 31) 松岡綾子, 山口容平, 上林由果, 下田吉之; 世帯属性情報に基づく湯はり頻度予測モデルの構築, 空気調和・衛生工学会論文誌, 44-264, (2019), pp.35-44.
https://doi.org/10.18948/shase.44.264_35
- 32) 松岡綾子, 杉山みなみ, 桃木貴志, 山口容平, 下田吉之; 長期エネルギー需給見通しにおける家庭部門CO₂排出削減見込み量の検証, 日本建築学会環境系論文誌, 84-757, (2019), pp.323-333. <https://doi.org/10.3130/aije.84.757>
- 33) 岩船由美子, 河合俊明, 森裕子; 家庭CO₂統計データの利用方法の検討: エネルギー消費構造の経年変化分析およびライフプランシナリオ別生涯CO₂排出量の推計, 第40回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2021).
- 34) 水谷傑; 公的統計から見たCOVID-19が及ぼす影響: 家計調査及び家庭CO₂統計からの考察, IBECs, 43-3, (2022), pp.22-26.
- 35) 西尾健一郎, 山田愛花; 太陽光発電の自家消費率などの実態把握－家庭CO₂統計の個票データを用いた分析－, エネルギー・資源学会論文誌, (2025).
- 36) 岡本洋明, 水谷傑, 鶴崎敬大, 中上英俊, 村越千春; 家庭からの二酸化炭素排出量の実態調査 その1 調査方法および結果の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), (2016).
- 37) 上野剛, 高橋雅仁, 篠原靖志; 家庭CO₂統計データの分析効率化ツールプロトタイプの構築, 第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2020).
- 38) 上野剛; 需要シミュレーションツールによる地域レベルの家庭用ガス・灯油消費量の算出, 電力中央研究所報告, C20010, (2021).
- 39) 石河正寛, 陳鶴, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典; 住宅と自動車の利用に伴うメッシュ別CO₂排出量の推計と考察, 土木学会論文集G (環境), 76-6, (2020), pp.II_199-II_207.
https://doi.org/10.2208/jscejer.76.6_II_199
- 40) 山田智之, 山本博巳, 永田豊; 家庭用ヒートポンプ給湯機の普及シナリオ達成に向けた住宅の築年代別・建て方別の給湯器電化率のモデル分析, エネルギー・資源学会論文誌, 45-1, (2024), pp.31-39. https://doi.org/10.24778/jjser.45.1_31
- 41) 鶴崎敬大, 玄姫, 林礼美, 秋元圭吾; 日本と米国の公的統計を用いた在宅勤務実施世帯のエネルギー需要の特徴分析, 第43回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2024), pp.253-258.
- 42) 鷲津明由, 中野諭; 地域別家庭CO₂排出量の推定手法の開発: 地域別環境政策立案にむけて, エネルギー・資源学会論文誌, 43-1, (2022), pp.15-24. https://doi.org/10.24778/jjser.43.1_15
- 43) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子; 家庭の燃料種別エネルギー消費量に関する回帰モデルを用いた市区町村別推計の試み, 環境科学会誌, 37-2, (2024), pp.33-42.
<https://doi.org/10.11353/sesj.37.33>
- 44) 西尾健一郎, 山田愛花, 後藤久典; 家庭CO₂統計の個票データを用いたHEMS導入世帯の特徴と省エネ効果の分析, エネルギー・資源学会論文誌, 45-5, (2024), pp.162-172.
https://doi.org/10.24778/jjser.45.5_162
- 45) 小川順子, 星野優子, 後藤美香; 家庭部門の省エネに影響を及ぼす多様な動機に関する研究: 家庭CO₂統計の個票データを用いた傾向スコアマッチングによる統計的分析, エネルギー・資源学会論文誌, (2025).
- 46) 西尾健一郎; 家庭CO₂統計の個票データと機械学習を用いた建築時期別光熱費の実態把握, エネルギー・資源学会論文誌, 42-3, (2021), pp.175-184.
https://doi.org/10.24778/jjser.42.3_175
- 47) Andrew Marian Zajch, 山口容平, 重松朋生, 内田英明, 下田吉之; Evaluating the use of multi-task learning to estimate local level appliance adoption and household decarbonization in Japan, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).
- 48) 新富凌汰, 大竹宏明, 井上裕史; 家庭CO₂統計に基づくCO₂排出要因による世帯類型化, 第39回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2020).
- 49) Delage Remi, 中田俊彦; Cluster analysis of Japan households' energy consumption per resource, 第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2021).
- 50) 田中昭雄; 住宅エネルギー消費の6用途分解と再生可能エネルギー利用量の推定, エネルギー・資源学会論文誌, 43-1, (2022), pp.25-32. https://doi.org/10.24778/jjser.43.1_25
- 51) 田中昭雄; ベイズ的アプローチによる市町村別住宅環境負荷推定, エネルギー・資源学会論文誌, 44-6, (2023), pp.265-273. https://doi.org/10.24778/jjser.44.6_265
- 52) 田中昭雄, 平野勇二郎; 家庭環境統計データと基幹統計との連鎖手法の検討, 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2025).

<著者紹介>



山田 愛花 (やまだ まなか)

2021年3月早稲田大学大学院電気・情報生命専攻修了。同年4月(一財)電力中央研究所に入所し、現在に至る。住宅のエネルギーマネジメント研究や家庭部門の省エネ研究等に従事。