

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K04466

研究課題名（和文）世帯構成の変化を踏まえた実効性ある住宅の省エネルギー方策に関する研究

研究課題名（英文）Study on effective energy-saving methods in houses considering the change of household size

研究代表者

井上 隆（Inoue, Takashi）

東京理科大学・理工学部建築学科・教授

研究者番号：30151608

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、実効性ある住宅の省エネルギー方策の構築に資することを目的とし、これまで継続的に取得している電力・ガス・水の10分間隔データを計測している首都圏2か所の大規模集合住宅各世帯のエネルギー消費実態の分析を行った。加えて、環境省による公的統計「家庭CO2統計」の各年度個票データも用いることで、ミクロ・マクロの両面から世帯属性ごとのエネルギー消費傾向の詳細な分析・省エネ提案を継続して行った。さらに2020年度からは、COVID-19感染拡大防止のための在宅勤務の普及等の社会状況の変化がエネルギー・水消費に与えた影響に関する分析も行い、時刻別や季節別の消費傾向の詳細を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

住宅においては、コロナ禍前と比べ2020年度に電力・ガス・水消費量ともに著しく増加したことに加え、各消費量のピーク時間帯や量のずれが大きかったこと、その後の年度の電力・ガス・水消費量は、2020年度と比較すると減少傾向であるもののコロナ禍以前の水準までは戻っていないこと、等を示した。併せて、夏期の電力消費量は高止まりを続けており、冬期についても以前より電力・ガス消費量が依然として大きい様子を示した。今回のようなサンプル数で詳細な実績データを扱った既往研究は少なく、貴重なデータといえる。在宅勤務がある程度定着してきた中、今後の日本における省エネ施策を検討するうえでの重要な知見が得られたと考えている。

研究成果の概要（英文）：In this research, with the aim of contribution to effective energy conservation measures at residential sector, we analyzed the energy consumption for each household in large apartment houses in the Tokyo metropolitan area for which we have continuously obtained data on electricity, gas, and water at 10-minute intervals. In addition, we analyzed individual data from the official statistics "Household CO2 Statistics" by the Ministry of the Environment for each fiscal year. From both micro and macro perspectives, we conducted detailed analysis of energy consumption trends and energy-saving proposals for each household attribute. Furthermore, since FY2020, we have also analyzed the impact of changes in social conditions, such as the spread of work from home to prevent the spread of COVID-19 infection, on energy and water consumption, and clarified details of consumption trends by time of day and by season.

研究分野：建築環境工学

キーワード：集合住宅 省エネルギー 水消費量 新型コロナウイルス COVID-19 行動変容 在宅時間 家庭CO2統計

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

今後の我が国の家庭部門の省エネルギーを考えるにあたり、急速に進行しつつある少子化・高齢化に伴う世帯構成・社会構造の変化、省エネルギー基準適合義務化に備えた住宅の外皮・設備性能の向上等、様々な状況の変化を考慮すべきである。

そこで本研究においては、申請者が以前より継続して取得している首都圏大規模集合住宅における電気・ガス・水の長期詳細実測データを用いた分析を行うとともに、環境省による家庭部門のCO<sub>2</sub>排出実態統計調査（以降、家庭CO<sub>2</sub>統計）の個票データも活用し、ミクロ・マクロの両面から近年の住宅エネルギー消費に関する分析を行うこととした。特に、実住宅において短い時間間隔の詳細データを今回のようなサンプル数で分析した研究事例は少なく、貴重なデータである。これらの分析に基づいて、今後の省エネルギー化のために有用な情報発信を行う必要がある。

### 2. 研究の目的

- (1) 少子高齢化などの現在の国内の住宅を取り巻く状況について、エネルギー消費の観点から明らかにすること。
- (2) 急速に進行する少人数化や高齢化に伴う、世帯構成・ライフスタイルの変化を反映した、住宅の温熱環境向上や省エネルギー化の可能性を検討し、より実効性ある省エネ手法を提案すること。
- (3) 研究期間内に生じた、新型コロナウイルス感染拡大が住宅のエネルギー消費に与えた影響を分析し、今後の省エネ施策検討に寄与すること。

### 3. 研究の方法

(1) 申請者が以前より継続して取得している首都圏大規模集合住宅（表1）の電気・ガス・水の10分間隔データを用いた分析を行う。また、居住者にWEBアンケートを実施し、各世帯構成やライフスタイルなどの調査を行う。さらに、これら分析に基づき、各世帯に省エネ提案を実施する。

(2) 公的統計である家庭CO<sub>2</sub>統計を用いた分析を行う。特に、都市部の住宅におけるエネルギー消費実態をマクロ的に分析する。また、(1)で実績データを取得した首都圏集合住宅のエネルギー消費実態との比較から、消費傾向の整合性を検証する。

(3) 研究期間内に生じた新型コロナウイルス感染拡大防止に係る在宅勤務等の行動変容の影響を明らかにするため、コロナ禍前後の首都圏集合住宅データおよび家庭CO<sub>2</sub>統計データを比較・分析する。

表1 調査対象首都圏集合住宅の概要

	集合住宅K	集合住宅S
所在地	東京近郊	都内
竣工年	2010年	2014年
規模	RC造、7～25階の住棟6棟	RC造43階
住戸面積	約64～132㎡	約55～90㎡
使用エネルギー種別	電力・ガス	電力
給湯熱源	潜熱回収型ガス給湯器	ヒートポンプ給湯器（多機能エコキュート） （全住戸タンク容量460L）
暖房設備・機器	・温水式床暖房（潜熱回収型ガス給湯器熱源） ・浴室乾燥暖房機（同上熱源） ・エアコン	・温水式床暖房（ヒートポンプ給湯器熱源） ・エアコン
窓仕様	Low-E複層ガラス+アルミサッシ	Low-E複層ガラス+アルミサッシ
計測項目	電力・ガス・水消費量	電力・水消費量
計測間隔	10分毎	10分毎
計測軒数	約900軒（有効世帯数は都度変化）	約600軒（同左）
計測期間	2010/9～	2014/4～

### 4. 研究成果

#### (1) 首都圏集合住宅における省エネ提案によるエネルギー削減効果

データの欠測状況が少なく、400世帯以上と多くのサンプルを確保できた全電化集合住宅を対象とした調査において、省エネ提案実施世帯でのエネルギー消費抑制効果がみられ、継続実施による効果が示された。2年連続して省エネ提案を実施した世帯では省エネ意識が高く、省エネ提案を全く実施していないもしくは1年だけの世帯よりエネルギー消費量が1割以上少ないことを示した。

#### (2) 家庭CO<sub>2</sub>統計を用いた省エネ行動分析

2017年度の個票データを用いた分析において、世帯主年齢や子供の有無によって、各省エネ行動の実施状況が変化する傾向にあることが示唆された。特に、世帯主年齢が高いと省エネ行動実施率がわずかに上昇すること、子供の年齢が低いと家族が続けて入浴するようにしている割合が増えることなどが確認された。

#### (3) 新型コロナウイルス感染拡大が住宅のエネルギー・水消費に与えた影響の分析

①2018年度～2021年度の家庭CO<sub>2</sub>統計個票データの分析を行った。分析対象とした世帯属性については表2の通りとした。

表 2 家庭 CO2 統計個票データを用いたコロナ禍前後のエネルギー消費量分析対象世帯

分析対象世帯	所在地：関東地方				
	・都市階級：政令指定都市 ・所有関係：持ち家・分譲 (住宅・マンション) ・給湯器：電気ヒートポンプ/ ガス給湯器	・床面積：50㎡以上 ・建て方：戸建/集合住宅 ・統合ウェイト考慮しない			
有効世帯数	所在地	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
	ガス給湯・戸建	202世帯	214世帯	201世帯	219世帯
	ガス給湯・集合	119世帯	139世帯	126世帯	144世帯
	電気ヒートポンプ・戸建	29世帯	23世帯	18世帯	12世帯
	電気ヒートポンプ・集合	4世帯	6世帯	9世帯	7世帯

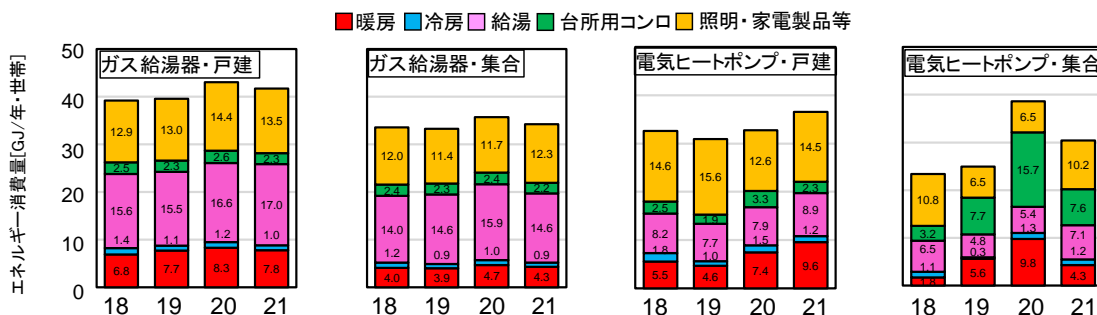


図 1 関東の政令指定都市におけるコロナ禍前後（2018～2021 年度）の建方別・給湯器別エネルギー消費量

図 1 に示した通り、関東の政令指定都市における建方別・給湯器別エネルギー消費量の分析では、サンプル数が十分に確保できているガス給湯器使用世帯において 2020 年度に戸建・集合住宅ともに顕著な増加傾向となっていた。また、2021 年度は 2020 年度と比較すると減少しているものの、コロナ禍前の 2019 年度の水準までは戻り切っていないといえる。なお、電気ヒートポンプ給湯器を使用しているサンプル世帯数は戸建・集合ともに少なかったため参考として掲載しているが、ガス給湯器利用世帯と比較すると給湯エネルギーが小さい傾向にあった。

②さらに、10 分間隔データを取得している首都圏 2 か所の集合住宅 K および S におけるエネルギー消費量の分析を行った。

まず、図 2 にて集合住宅 S における 2019 年度と 2020 年度の 5 月平日の 9 時から 18 時の電力・水消費量を世帯ごとにプロットしたものを示す。世帯間でばらつきはあるものの、電力・水消費量ともに 2020 年度は 2019 年度比で平均でも約 1.5 倍以上と大幅に増加していたことがわかった。

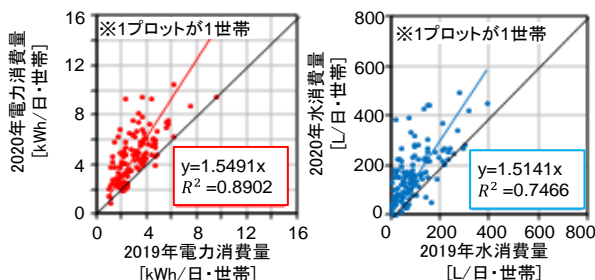


図 2 集合住宅 S の世帯平均電力・水消費量 2019・2020 年 5 月比較（9 時～18 時の集計）

図 3 左は集合住宅 K、右は集合住宅 S を対象とし、コロナ禍前（2016 年～2019 年度平均）と 2020 年の 5 月平日の有効データ取得世帯平均のエネルギー・水消費量を時系列グラフに示したものである。2020 年度 5 月は全面的な外出自粛によって、電力・水ともに朝方 7 時前からの消費量の立ち上がりが遅くなったこと、昼間の電気・ガス・水消費の増加、夕方以降のピーク時間・量の位相

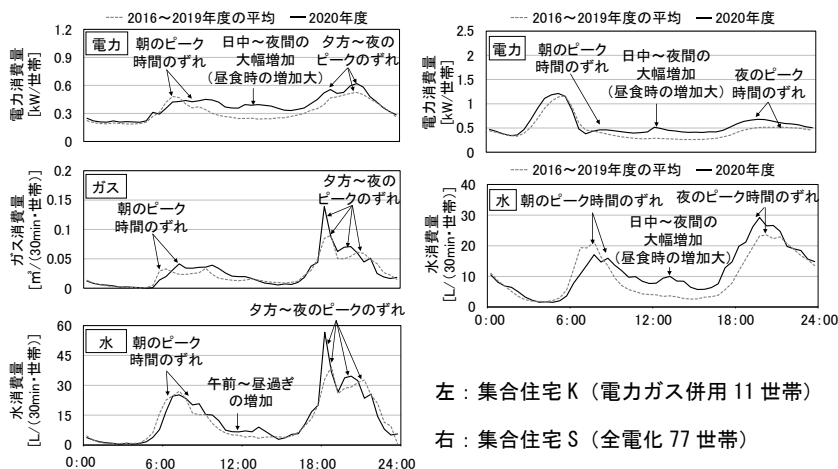


図 3 集合住宅 K・S の世帯平均時刻別 電力・ガス・水消費

が変化したことがわかる。なお、集合住宅 S は、深夜時間帯のエコキュートによる給湯沸き上げが生じるため、朝の起床時からの電力のピークのずれが分かりづらいが、水消費とともにピークが 8 時前後にまで遅れている様子が分かる。

次に、集合住宅 K・S における日平均エネルギー・水消費量の年次推移を図 4 に示す。集合住宅 K では 2018 年度～2019 年度にデータの欠測があり、2020 年度も夏季データが欠測したために限定的な比較になるものの、2016、2017 年度と比べ、2020～2022 年度において電力消費量は少し増加した。集合住宅 S では、2016～2019 年までのコロナ禍前と比較して、エネルギー・水消費量ともに 2020 年度に大きく増加していた。2022 年度の電力消費量は 2021 年度と比べ増加しているが、水消費量は減少していることから、水消費量を抑える行動が増加したと考えられる。

また集合住宅 K においては、水とガス消費の 10 分間隔データを用いて時刻ごとのガス用途分解を行うとともに、月ごとの電力消費データから月ごとのガス・電力の用途推計を行った。図 5 に示す用途推計結果のグラフでは、冷房において 2017 年度から 2021 年度において約 34% 増加、2022 年度では約 63% 増加した。給湯用途においては各年度最も消費量の大きい 1 月を比較すると、約 4% 増加したが、2021 年度から 2022 年度において約 11% 減少した。同様に暖房において、2017 年度から 2021 年度において約 6% 増加、2021 年度から 2022 年度において約 19% 減少した。

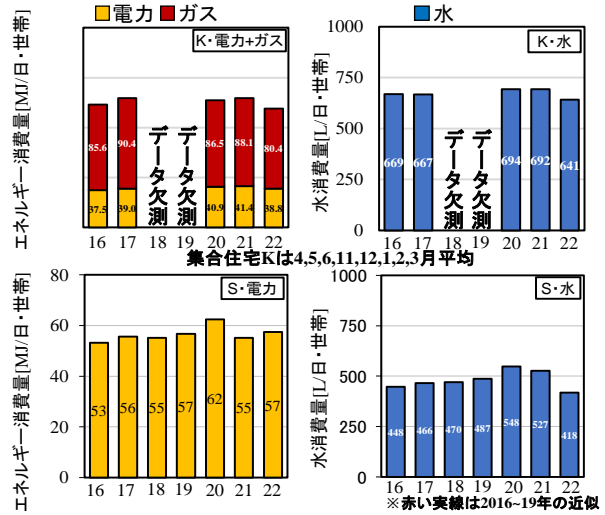


図 4 集合住宅 K・S の日平均エネルギー・水消費量の年次推移

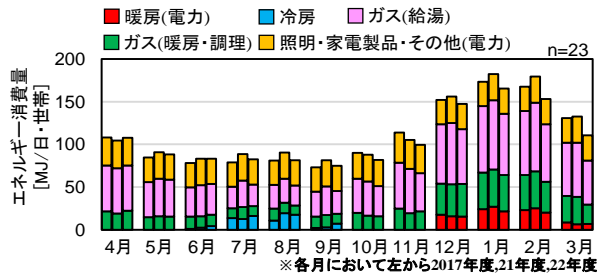


図 5 集合住宅 K の月別エネルギー消費量

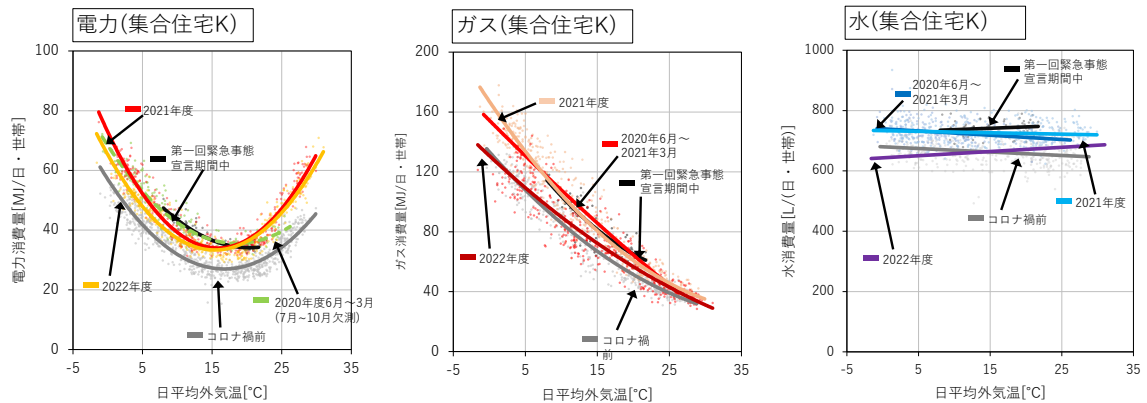


図 6 集合住宅 K (電力・ガス併用) におけるコロナ禍前後の日平均外気温と電力・ガス・水消費量の相関

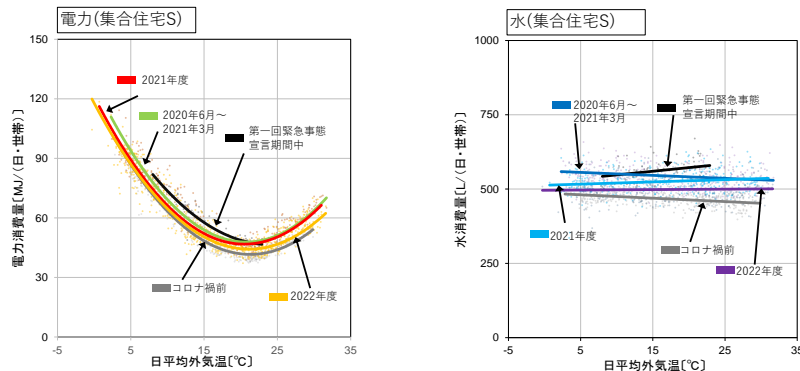


図 7 集合住宅 S (全電力) におけるコロナ禍前後の日平均外気温と電力・水消費量の相関

図6および図7に、集合住宅K・Sにおける各年度の外気温別エネルギー・水消費量を示す。期間は両集合住宅ともに、コロナ禍前、第一回緊急事態宣言下、2020年度の第一回緊急事態宣言解除後から年度末、2021年度、2022年度の5つの期間に分けた。集合住宅Kにおいてはデータ欠測が多いため、宣言解除後の2020年7月10日～10月8日を除いている。集合住宅K、Sともにエネルギー消費量は、コロナ禍前と比べて、緊急事態宣言下や宣言後の3年間で外気温を考慮しても大幅に増加していることが確認できた。電力・ガス・水消費量全てにおいて、緊急事態宣言以降徐々に減少していたが、コロナ禍前の水準には戻っていない。特に夏期の電力において減少が小さい様子となっていた。

表3に集合住宅K・Sの居住者を対象とした生活実態アンケート調査の概要を示す。アンケートに協力頂いた回答者は大半が集合住宅Kでは60代、集合住宅Sでは40代であった。図8に示す1週間における平日日中の在宅日数では、集合住宅K・Sともにコロナ禍前と比較し、週5日以上いた世帯は増加し、ほとんどいないと回答した世帯は減少しており、家庭CO2統計と類似している。図9に集合住宅K・Sのリモートワーク実施人数を示す。時期ごとに国内のCOVID-19新規感染者数に差がある一方で集合住宅K・Sともに時期による実施世帯の割合にあまり変化はなかった。図10にリモートワーク等の一日平均実施時間を示す。どの期間においても集合住宅K・Sともに8時間以上10時間未満と回答した世帯が多い。実施時間別に見ると、集合住宅Sでは2021年12月からの1年間で時間の増減はあまり見られなかった。図11にリモートワーク等の定着見込みを示す。多くの世帯でコロナウイルスの感染拡大状況に依らず実施されており、今後も一定の世帯においてリモートワーク等の実施が継続すると考えられる。

表3 生活実態アンケート調査

調査方法	インターネット調査			
調査時期	夏期:2022年11月10日~2022年11月27日 冬期:2022年12月27日~2023年1月16日			
調査対象	集合住宅K:26世帯	集合住宅S:36世帯		
有効回答数	集合住宅K	夏期 14世帯	冬期 13世帯	両方回答 10世帯
	集合住宅S	16世帯	16世帯	14世帯
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ意識</li> <li>・暮らし方</li> <li>・調理状況</li> <li>・暖冷房使用状況</li> <li>・給湯使用状況</li> <li>・換気状況</li> <li>・洗濯・乾燥状況</li> <li>・設備機器・家電利用状況</li> <li>・省エネ行動実施状況</li> <li>・世帯属性</li> </ul>			

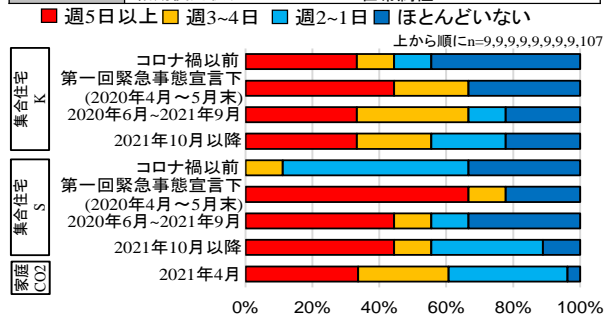


図8 1週間における平日日中の在宅状況

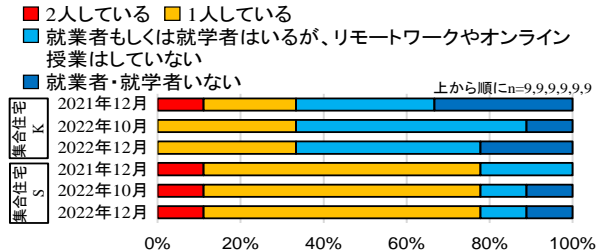


図9 リモートワーク等の実施人数

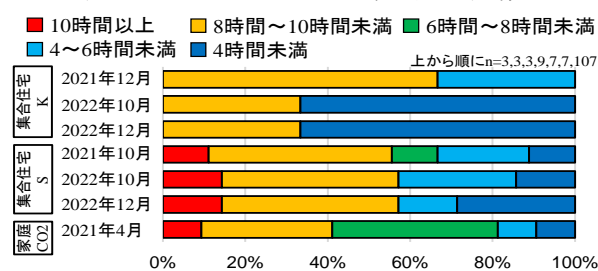


図10 リモートワーク等の一日平均実施時間

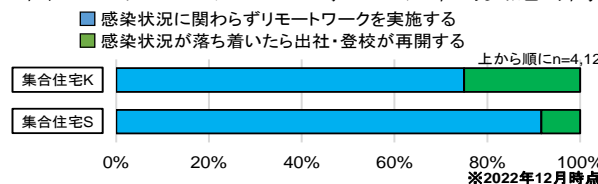


図11 リモートワーク等の定着の見込み

③まとめ

家庭CO2統計や首都圏集合住宅の詳細実測データ、生活実態アンケート調査を用いて、省エネ行動を実施しやすい世帯属性の考察や、省エネ行動実施による省エネ効果を明らかにした。さらに、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の分析を行った。家庭CO2統計の分析結果から、2020年度ではコロナ禍前を大きく上回るエネルギー消費量であることを示した。2021年度では2020年度より減少しているもののコロナ禍前までには戻っていない。集合住宅の実測データから、2020年度以降の電力消費量は夏期において高止まりしていることが示された。また、冬期の消費量では2021～2022年度には2020年度よりも減少したもののコロナ禍前の水準には戻っていないことも確認された。居住者を対象とした生活実態アンケート調査ではコロナウイルス感染拡大の終息後も一定の世帯においてリモートワークの実施が継続すると考えられ、新たなライフスタイルが定着しつつあることが確認できた。今後2021年度以降でのエネルギー価格の高騰の影響による省エネ行動変化の有無等を居住者アンケートによって分析するなど、引き続き動向を注視する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 TAKASE Kozo, NAGAKURA Naomu, INOUE Takashi	4. 巻 27
2. 論文標題 INFLUENCE OF BEHAVIOR CHANGE TO PREVENT THE EXPANSION OF COVID-19 ON ENERGY CONSUMPTION OF ALL-ELECTRIC APARTMENT HOUSES IN TOKYO	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 303 ~ 308
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.27.303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 高瀬幸造、井上隆、篠原幸佑、水谷傑、蛭間駿太
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 蛭間駿太、高瀬幸造、井上隆、水谷傑、篠原幸佑
2. 発表標題 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2:首都圏集合住宅の長期詳細実測データに基づく検討 季節ごとのエネルギー・水消費量の変化
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水谷傑、井上隆、高瀬幸造
2. 発表標題 新型コロナ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3:家庭部門のCO2排出実態統計調査による東京都集合住宅に着目した分析
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石川雄一、井上隆、高瀬幸造、水谷傑、篠原幸佑、蛭間駿太、ジョシヨウケツ
2. 発表標題 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~
3. 学会等名 第41回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 蛭間駿太、高瀬幸造、井上隆、水谷傑、篠原幸佑
2. 発表標題 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4: 家庭CO2統計と首都圏集合住宅の実測データを用いたエネルギー・水消費量の比較
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 蛭間駿太、高瀬幸造、井上隆、水谷傑、篠原幸佑
2. 発表標題 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帳面からの検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永倉直武、井上隆、高瀬幸造
2. 発表標題 集合住宅における用途別エネルギー消費実態 その6: 省エネ提案による居住者の省エネ意識変化及びその効果の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高瀬幸造、井上隆、永倉直武
2. 発表標題 集合住宅における用途別エネルギー消費実態 その7：設備機器がエネルギー消費に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永倉直武、井上隆、高瀬幸造
2. 発表標題 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
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永倉直武、井上隆、高瀬幸造、渡辺青岳
2. 発表標題 新型コロナウイルス感染防止に係る行動変容が住宅内のエネルギー・水消費に及ぼす影響～首都圏集合住宅における長期詳細実測データに基づく検討～
3. 学会等名 第37回 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス（エネルギー資源学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清原勇樹、井上隆、高瀬幸造
2. 発表標題 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2 全電化集合住宅も含めた検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 高瀬幸造、井上隆、清原勇樹、齋藤美雪、永倉直武、伊藤大樹
2. 発表標題 世帯構成の変化が住宅のエネルギー消費に及ぼす影響 第2報 首都圏の集合住宅におけるHEMSデータと環境省個票データに基づく少人数世帯や高齢世帯に着目した分析
3. 学会等名 第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kozo Takase, Takashi Inoue, Yuki Kiyohara
2. 発表標題 Influence of Changes of Household Size and Age of Residents on Energy Consumption in Japan
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高瀬 幸造  (Takase Kozo)  (20739148)	東京理科大学・理工学部建築学科・講師    (32660)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------