

東京都市大学  
博士学位論文

# 燃料電池を有する集合住宅における冷暖房利用 と環境調整行動および省エネ効果に関する研究

Study on air conditioning use, occupant behaviours and energy  
saving effect in the fuel cell installed condominium

東京都市大学 大学院 環境情報学研究科  
環境情報学専攻

学籍番号 1993105 吉田 一居

Kazui Yoshida

指導教員 リジャル ホム・バハドゥル 教授

2022 年 3 月



# 目次

<b>第 1 章 序論</b>	1
1-1 はじめに	2
1-2 研究の背景	3
1-2-1 脱炭素社会に向けた国際動向と日本の政策	3
1-2-2 取組の課題	3
1-2-3 世帯構成および生活スタイルの変化	5
1-2-4 住宅におけるエネルギー利用特性に関する先行研究	7
1-2-5 家庭用燃料電池に関する先行研究	9
1-3 研究の目的	10
1-4 本論文の構成	11
<b>第 2 章 研究方法</b>	13
2-1 はじめに	14
2-2 本研究の概要	14
2-3 調査対象建物	15
2-3-1 既存集合住宅グループ 1	15
2-3-2 既存集合住宅グループ 2	17
2-3-3 新築集合住宅グループ 1	19
2-3-4 新築集合住宅グループ 2 (SK)	20
2-4 分析データ	21
2-4-1 HEMS データ	21
2-4-2 居住者アンケート調査	23
2-4-3 気象・水温データ	23
2-5 分析方法	24
2-5-1 一次エネルギー消費量および CO <sub>2</sub> 排出量の換算係数	24
2-5-2 データ整理と統計解析	25
<b>第 3 章 集合住宅における省エネ行動とエネルギー利用の実態把握</b>	27
3-1 はじめに	28
3-2 実測データ分析の意義	28
3-3 オール電化住宅と電気ガス併用住宅のエネルギー利用の比較	29

3-4 築年差と地域差によるエネルギー利用の比較	30
3-5 新築住宅グループにおける電力使用量の比較分析	33
3-6 集合住宅 SK における省エネ行動とエネルギー利用の分析	34
3-6-1 集合住宅 SK における居住者の属性	34
3-6-2 集合住宅 SK における居住者の省エネ行動と冷暖房機器の保有状況	35
3-6-3 集合住宅 SK における HEMS 利用	36
3-6-4 集合住宅 SK における電力・ガス・水使用量	37
3-7 集合住宅間の省エネ行動の差異	40
3-8 全国調査との比較	41
3-9 省エネ行動とエネルギー利用の実態把握の総括と課題	43
3-10 まとめ	43
 <b>第 4 章 集合住宅における冷暖房利用タイプに基づいたエネルギー利用           および省エネ行動の特性</b>	 45
4-1 はじめに	46
4-2 タイプ区分に基づいた冷暖房利用および省エネ行動の分析の意義	46
4-3 分析方法	47
4-4 LD エアコン利用の季節変動と冷房期間における傾向	47
4-4-1 LD エアコン利用の季節変動	47
4-4-2 冷房利用開始期と終了期の傾向	49
4-4-3 冷房期間におけるエアコンの最大出力と電力使用量の関係	53
4-5 LD エアコン利用タイプによる傾向の分析	54
4-5-1 LD エアコン利用の季節変動によるタイプ分類	54
4-5-2 エアコン利用月数による傾向	56
4-5-3 エアコン利用タイプと省エネ行動の関係	57
4-6 住戸特性の影響	58
4-6-1 間取タイプによる差異	58
4-6-2 住戸位置による差異	58
4-7 居住者特性の影響	60
4-7-1 世帯人数による差異	60
4-7-2 世帯主の年齢による差異	63
4-7-3 子供の年齢による差異	65
4-7-4 主婦の就業タイプによる差異	67
4-8 在宅時間がエネルギー消費量に与える影響	68



4-9 冷暖房利用の季節変動タイプに基づいた分析の総括と課題	69
4-10 まとめ	70
<b>第5章 集合住宅における燃料電池の省エネ効果および CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の検証</b>	73
5-1 はじめに	74
5-2 集合住宅における燃料電池（FC）による省エネ効果測定の意義	74
5-3 燃料電池コージェネレーションシステム（FC-CGS）の仕組み	75
5-4 分析方法	77
5-5 年間エネルギー利用と燃料電池の省エネ効果との関係	78
5-5-1 燃料電池による年間の省エネ効果の実績水準	78
5-5-2 年間電力使用量と燃料電池の省エネ効果の関係	80
5-5-3 年間ガスおよび水使用量と燃料電池の省エネ効果の関係	82
5-6 エネルギー利用と燃料電池の省エネ効果の季節変動	84
5-7 居住者特性と燃料電池の省エネ効果の関係	87
5-8 集合住宅における燃料電池の普及に向けたエネルギー効率の向上策の検討	88
5-9 燃料電池の省エネ効果の総括と課題	90
5-10 まとめ	91
<b>第6章 総括</b>	93
6-1 本研究の結論	94
6-2 本研究の課題	95
6-3 今後の展望	96
<b>参考文献</b>	97
<b>業績一覧</b>	109
<b>謝辞</b>	119
<b>巻末資料</b>	121
1. 住宅・建築物省 CO <sub>2</sub> 先導事業 提案申請書	
2. アンケート調査 質問票（集合住宅 SK 3 回目）	
3. 集合住宅 SK 竣工図（ガス床暖房、AC コンセント、AC スリーブ）	



# 第 1 章 序論

## 1-1 はじめに

## 1-2 研究の背景

### 1-2-1 脱炭素社会に向けた国際動向と日本の政策

### 1-2-2 取組の課題

### 1-2-3 世帯構成および生活スタイルの変化

### 1-2-4 住宅におけるエネルギー利用特性に関する先行研究

### 1-2-5 家庭用燃料電池に関する先行研究

## 1-3 研究の目的

## 1-4 本論文の構成

## 1-1 はじめに

気候変動問題がひっ迫する中で、2015 年パリ協定の締結以降に各国が温室効果ガス (Greenhouse gas; GHG) 排出量の削減目標を定めた。さらに 2020 年の COP25 では産業革命からの気温上昇を 1.5°C に抑える方向に目標が見直され、日本政府も 2050 年カーボンニュートラル宣言を行った。この宣言を受け、政府が策定した「地球温暖化対策計画」は 2021 年に見直しが行われ、2013 年度に対する 2030 年度の家庭部門における GHG 排出量の削減目標が 40% から 66% に強化された。住宅の省エネは喫緊の課題である。

2021 年に見直された「地球温暖化対策計画」では、住宅における省エネ策として「住宅の省エネルギー化」および「省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進」というハードな側面と、居住者の HEMS 利用による「徹底的なエネルギー管理の実施」、さらに国民の理解と行動変容に基づく「脱炭素型ライフスタイルへの転換」というソフトな側面が掲げられている。

居住者が主体となるソフトな対策を実現するためには、住宅におけるエネルギー使用実態を把握してその変動要因を明らかにすることで、エネルギー使用実態の情報提供とともに、個々の生活スタイルに応じた健康を損なわない効果的な省エネ策の提案が求められる。

住宅のエネルギー利用に関しては多くの先行研究が見受けられる。しかしここ 20 年の住宅および居住者の家族構成に関する変化は大きく、先行研究の前提条件と現状の乖離が見える。また現在は居住世帯の 4 割を占める集合住宅において、実際のエネルギー使用実績データと居住者の生活スタイルとの関係を分析して居住者特性に即した省エネ策を考察した研究は少ない。

また政府のハードな対策の中では、省エネ性能の高い機器の一つとして家庭用燃料電池 (Fuel cell; FC) の普及を目指している。しかし現状は必ずしも計画通りに進んでおらず、特に集合住宅における普及が滞っている。この原因の一つとして、FC 導入による省エネ効果の実績、および FC の持つエネルギー効率を発揮する居住者特性や生活スタイルに関する情報が不足していることも挙げられる。FC に関する先行研究も見受けられるが、戸建住宅におけるシミュレーションが中心で、実際の集合住宅における省エネ実績を分析した事例はみられない。

本研究では燃料電池を有する先進的な集合住宅を含む複数の集合住宅において、新型コロナウイルス発生前の時期ではあるが、実測データに基づく最近のエネルギー利用の実態と居住者特性や生活スタイルを把握し、これらがエネルギー利用に及ぼす影響を分析した。第 3 章と第 4 章では、住戸特性および居住者の特性や生活スタイルがエネルギー利用、特に冷暖房利用に与える影響を明らかにすること、さらに個々の居住者に適した快適性を伴う効果的な省エネ策を考察することを目的とした。また第 5 章では、FC の省エネ効果の実績を把握して居住者による差異の要因を明らかにし、さらに FC 普及に向けたエネルギー効率の向上策を考察することを目的とした。併せて実測データに基づく分析の意義を示すことを目指した。

## 1-2 研究の背景

### 1-2-1 脱炭素社会に向けた国際動向と日本の政策

地球規模の気候変動が進む中、気温上昇の緩和策として二酸化炭素を始めとする GHG 排出量の削減目標について国際的な議論が進められている。国連気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)は、地球温暖化に対する科学的知見を第 5 次評価報告書(Fifth Assessment Report; AR5) [1] にまとめ、2014 年に公表した。この報告書を前提に、2015 年に開催された The Conference of Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change 21 (COP 21)では、今世紀末の気温上昇を工業化以前と比べて 2°C未満に抑えることを目指した「パリ協定(Paris Agreement)」 [2] が採択された。日本政府はこれを受けて「日本の約束草案」 [3] を提出し、2030 年度における GHG 排出量を 2013 年度比で 26%削減する目標を掲げた。

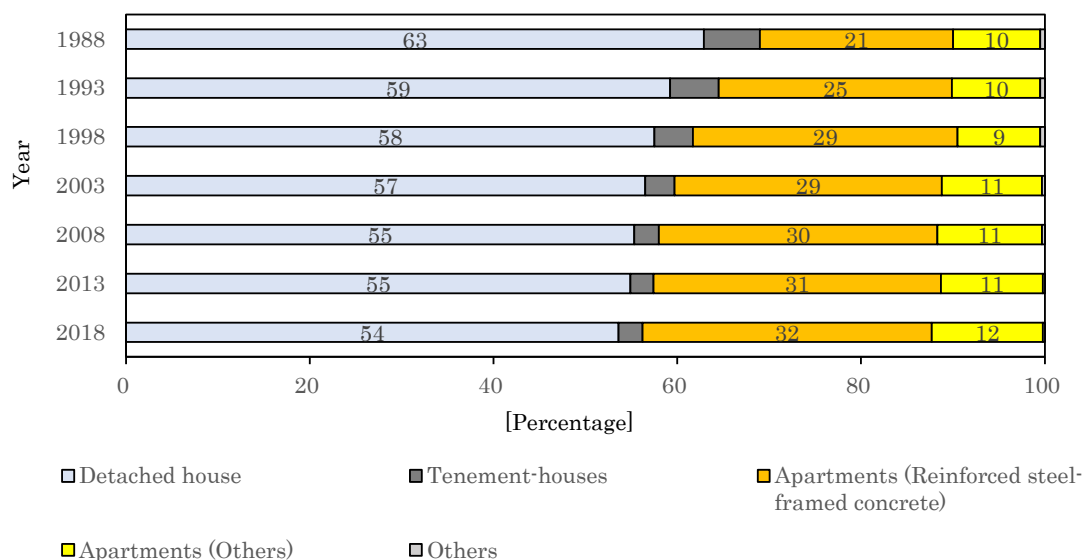
この約束草案の実現に向け、政府は 2016 年に「地球温暖化対策計画」 [4] を策定し、部門別の削減目標を設定した。家庭部門の 2030 年度における GHG 排出量の削減目標は 2013 年度比で 46%減とし、取組として「住宅の省エネ化」、燃料電池を始めとする「省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進」、HEMS (Home Energy Management System) を利用した「徹底的なエネルギー管理の実施」を掲げた。

IPCC による第 6 次評価報告書(Sixth Assessment Report; AR6) [5]の作成が進む中で気候変動に対する危機感はいよいよ高まり、2019 年に開催された COP25 では気温の上昇を従来の 2°C から 1.5°Cに抑える目標に引き上げる必要性が議論された。これを受けて各国が 2050 年までに脱炭素を目指す方向に舵を切り、日本も 2020 年 10 月に「2050 年カーボンニュートラル」 [6] を宣言した。「地球温暖化対策計画」も見直され [7]、2030 年における GHG 排出量の削減目標は従来の 26%から 46%に引き上げられた。家庭部門の削減目標も 40%から 66%に引き上げられ、取組として「住宅の省エネルギー化」「省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進」「徹底的なエネルギー管理の実施」と共に「脱炭素型ライフスタイルへの転換」が新たに加えられた。家庭部門のエネルギー消費量は、2019 年度では日本全体の 14% [8] である。二酸化炭素排出量は 1990 年度以降増加傾向にあったものの、2012 年度をピークに減少に転じ、2019 年度には 2013 年度比で 23.3%減となっている [7]。

### 1-2-2 取組の課題

我国の住宅ストックに占める共同住宅の割合は、Figure 1-1 に示すように 1988 年の 31% から一貫して上昇し、2018 年には 44%を占めるに至っている。また鉄骨・鉄筋コンクリート造の集合住宅、いわゆるマンションは 21%から 32%に上昇している [9]。所有形態でみると、持ち家の共同住宅、即ち分譲集合住宅の 2018 年における全住宅数に占める比率は、全国では 11%であるが、関東大都市圏では 18%、近畿大都市圏では 14%を占めている [9]。政府が掲げた目標の実現には、戸建住宅だけではなく、集合住宅における省エネ策も重要である。居住者が「脱炭素型ライフスタイルへ転換」して「徹底的なエネルギー管理を実

施」するためには、まずエネルギー利用の実態を把握し、エネルギー利用の差異を生み出す要因を解明し、居住者特性や生活スタイルに応じた快適性を損なわない効果的な省エネ策を提案することが求められる。住宅のエネルギー利用については、1-2-4 で述べるように多くの先行研究が見受けられる。しかし集合住宅における居住者特性に応じたエネルギー利用の実態把握は不十分である。



**Figure 1-1 Building type of Japanese residence**

また「徹底的なエネルギー管理の実施」は HEMS の普及が前提となる。「地球温暖化対策計画」における目標は 2030 年度までに全世帯への導入である。この目標は 2012 年に内閣府国家戦略室が策定した「グリーン政策大綱」[10] の中で掲げられ、様々な政策が進められてきた。集合住宅においては 2010 年代前半に高圧一括受電と併せた HEMS の導入が「スマートマンション導入加速化推進事業費補助金 (MEMS)」を通じて政策的に推進された [11]。

しかし集合住宅の場合、HEMS は管理組合が契約する有償サービスであり、居住者の多くは入居当初には HEMS 画面を閲覧するものの次第に利用しなくなり、契約更新に至らないケースもみられる (3-6-3 参照)。さらに HEMS データは居住者には画面で提供されるものの、第三者がデータログを取得するためには個人情報保護法をクリアする必要があり、大半の集合住宅において計測したデータを省エネ策の提案に向けた研究に活かすことができない。

「地球温暖化対策計画」の別の課題として、ハードな取組「省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進」の対象に家庭用燃料電池 (Fuel cell; FC) が含まれている。これも「グリーン戦略大綱」[10]において 2020 年時点で 140 万台、2030 年までに世帯数の 1 割に相当する 530 万台という目標が設定され、2014 年に策定された「水素・燃料電池戦略ロー

ドマップ」[12]に引き継がれたものである。東京都も同年に「水素社会の実現に向けた東京戦略会議」[13]において、家庭用FCの普及目標を2020年15万台、2030年100万台というロードマップを策定した。

しかし家庭用FCの導入実績は2020年度までに393千台[14]、特に集合住宅では2018年度までに5千台[15]のレベルに留まっている。この原因としては、機器導入の際の補助金制度により一部が補填されるものの初期コストが高いこと、余剰電力の売電が認められていないことに加え、FCによる省エネ効果の実績や高いエネルギー効率を発揮するための条件に関する情報が不足していることが考えられる。家庭用FCに関する先行研究も1-2-5で述べるようにいくつか見受けられる。しかしその大半は戸建住宅におけるシミュレーションであり、集合住宅における実績に関する研究は未だない。なお「地球温暖化対策計画」の2021年における見直しでは、家庭用FCの2030年目標が300万台に下方修正されている[7]。

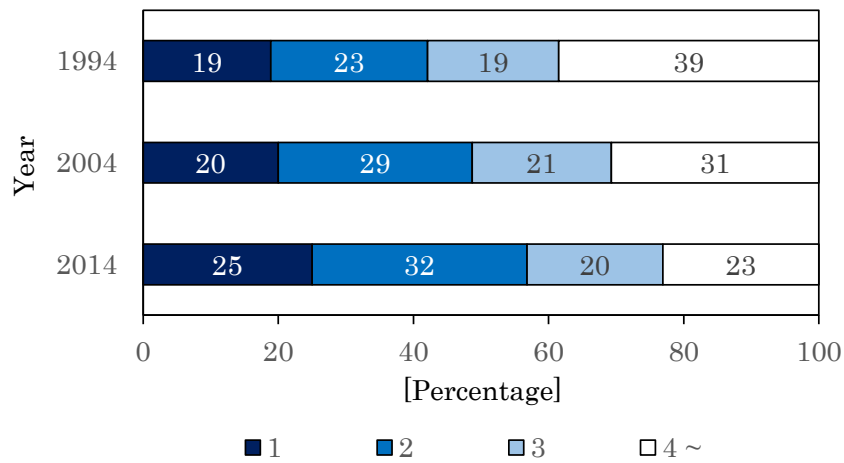
「地球温暖化対策計画」のもう一つのハードな取組である「住宅の省エネルギー化」の2030年度目標は、新築住宅の100%がZEH基準の省エネ水準に適合、および既存住宅ストックの30%が省エネ基準に適合である[7]。既存住宅の省エネ化や設備機器の更新を推進するためにも実施主体である居住者への情報提供が欠かせない。

### 1-2-3 世帯構成および生活スタイルの変化

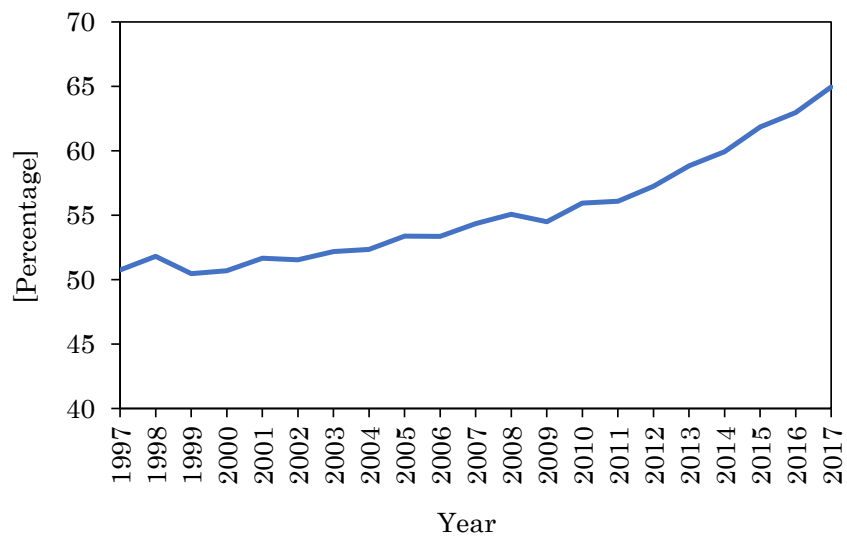
住宅におけるエネルギー利用の実態をみる上で、この数十年の世帯構成および生活スタイルの変化も重要なファクターである。

少子高齢化に伴う家族人数の変化をみると、Figure 1-2に示すように1994年から2014年の20年間に4人以上の世帯が全世帯に占める比率は39%から23%まで減少し、平均世帯人数は3.1人から2.5人まで低下している[16]。主婦の就業率も変化し、Figure 1-3に示すように共働き世帯の占める比率は1997年の51%から2017年の65%に増加している[17]。エアコンの普及率は、Figure 1-4に示すように2012年には2人以上の世帯で90%に達し[18]、冷房はもちろん暖房でもストーブに代わる一般的な手段となっている。

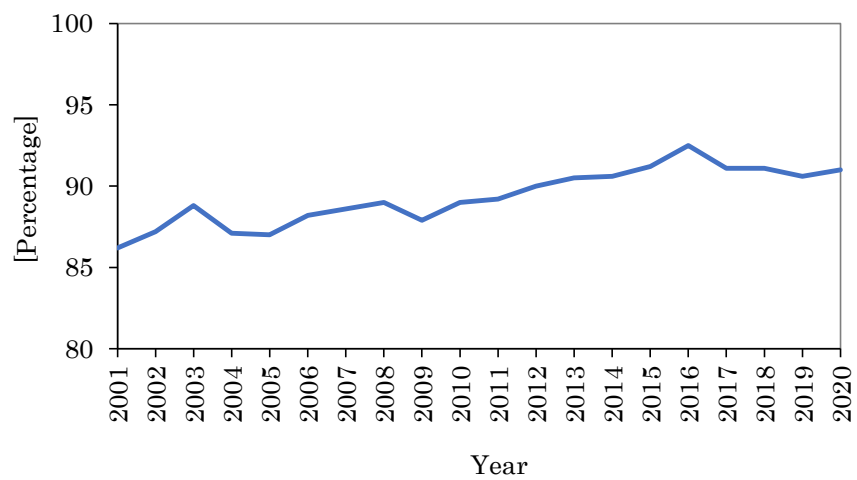
現在はコロナ禍の影響で生活スタイルが大きく変化しつつある。連合総合生活開発研究所の調査[19]によると、首都圏・関西圏においてコロナ発生前は在宅勤務割合が8.2%、平均0.3日/週であったが、緊急事態宣言期間中の2020年5月にはそれぞれ34%、1.3日に増加し、9月に低下したものの24%、0.8日となっている。コロナ終息後も在宅勤務がニューノーマルとして定着する可能性がある。



**Figure 1-2** Number of household members



**Figure 1-3** Share of the dual-earner in married women



**Figure 1-4** Air conditioner penetration rate



2011 年の東日本大震災による電力不足の中で、オフィスや住宅で極端な省エネ対策を強いられた経験を経て、住宅居住者の省エネ意識も変化した。しかし被災後の実地調査に基づく Indraganti ら[20]の研究および田辺ら[21]の研究は、度を超えた省エネ対策は居住者の生産性を損なう可能性があることを示した。居住者の快適性・健康性を損なわずにエネルギー消費量の削減を実現するためには、生活実態に基づいた省エネ策の提案が必要である。

#### 1-2-4 住宅におけるエネルギー利用特性に関する先行研究

住宅のエネルギー利用特性に関しては多くの研究が報告されてきた。

欧州では、Buttitta ら [22] が英国において多様な住宅のタイプを統合して国レベルの熱需要を計算する手法を開発した。Ortiz と Bluysen [23] はオランダとフランスで居住者調査を実施し、エネルギー使用と意識に関するクラスター分析を用いて 5 タイプの居住者に類型化した。Cali ら [24] は南ドイツの住宅で実地調査を行い、窓開けのキードライバーが時間帯、外気温度、CO<sub>2</sub>濃度であることを明らかにした。

米国では、Jain ら [25] がニューヨーク市の都市住宅で実験を行い、エネルギー使用量の直接的なフィードバックよりも CO<sub>2</sub> 排出量のオフセットに相当する木の数で表現するような「エコフィードバック」の方が効果的だとした。Meinrenken ら [26] は北米の様々な集合住宅をカバーした 10 秒単位の電力利用データセット (Multifamily Residential Electricity Dataset; MFRED) によるケーススタディを紹介している。カナダでは、Stopps と Touchie [27] がトロントの高層住宅で実地調査を行い、年間を通じた過度の空調が居住者に慢性的な不快感を生じさせている実態を報告している。オーストラリアでは、James と Ambrose [28] がヴィクトリア州の住宅で行われた比較検証を分析し、改修を伴わない行動変容は大きな改善を生んでいないとした。

アジア諸国では、Chen ら [29] が中国の東海岸に位置する住宅で調査を行い、高齢の居住者はエネルギー利用が少ない傾向にあり、その要因は質素な行動パターンにあるとした。Ren ら [30] は中国の異なった気候帯の住宅におけるエアコン利用を分析し、エアコン利用条件の確率モデルを開発した。Xia ら [31] は中国南部の住宅で現地調査を行い、エアコン利用に関する居住者の行動は運転時間帯で 3 パターンに分かれるとした。Indiraganti [32] はインドの住宅で現地調査を行い、最上階でエアコン利用が多いとした。Zaki ら [33]、Aqilah ら [34]、Sena ら [35] はマレーシアの住宅における電力利用を分析し、リビングルームよりも寝室におけるエアコン利用が多いとした。

日本においては、澤地ら [36]、坊垣ら [37, 38] による全国規模のアンケート調査、長谷川と井上[39]、水谷ら [40] によるインターネット調査、田中ら [41] による統計データの利用を通じて、生活行動および用途別エネルギー消費量を推定し、地域特性・住戸特性・居住者特性がエネルギー消費に与える影響を分析した研究がある。しかし大半の研究は 1990 年代から 2000 年代に行なわれたものであり、現在の建物性能や居住者特性に反映するのは難しい。

現状を反映するデータとしては環境省が毎年「家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査」[42]を実施しており、的場ら[43]がこのデータを用いて世帯別のエネルギー消費特性を分析しているが、エアコン利用は同一の前提条件としたシミュレーションにとどまっている。また吉野ら[44]、小澤と吉田[45, 46]が統計調査やアンケート調査データを基にエネルギー消費量計算モデルを提案しているが、標準家族（専業主婦と子供 2 人の 4 人家族）における試算にとどまっている。

集合住宅を対象にした研究では、洪[47]が東京周辺の複数の住宅において床面積・家族人数などがエネルギー消費量へ与える影響を定性的に分類し、前ら[48]が東京都心部などの複数の住宅において帰宅時刻や就寝時刻などの違いにより生活行動をパターン分類している。また広瀬と高口[49]が東京近郊の集合住宅の竣工図を利用して無断熱相当と次世代省エネ基準レベルを想定し、空調二次エネルギー消費量の差異を分析しているが、いずれも居住者特性の差異に基づく提案とはなっていない。

エネルギー消費実績を用いた研究では、細井ら[50]が東京近郊の集合住宅団地において、電力・ガス・水道消費量の用途別分析により、世帯人数と暖房用エネルギー消費量およびそこに占めるガス使用割合が比例する傾向を明らかにした。大塚ら[51~53]は横浜市の全電化集合住宅において、電力消費量とアンケート調査により価値観・エネルギー意識・省エネ行動の関係を分析して、在宅状況などのライフスタイル要因と電力消費量の関係を明らかにした。またその結果を首都圏の 2 世代世帯を対象としたインターネット調査で検証している。高瀬ら[54]は東京都内の全電化集合住宅において、新型コロナウイルス感染拡大（3~5 月）前後の比較により、在宅時間の増加による電力・水消費量の増加傾向を明らかにしている。

エアコン利用に着目した研究では、羽原ら[55]がリビングルームと主寝室のエアコンと窓の操作を測定し、これらの操作は居住者の室内温熱環境の好みに影響されることを見出した。吉野ら[56]は冷暖房を含むエネルギー利用を測定し、個々の世帯による室内温度の範囲の差によりエネルギー利用に大きな差異が生じることを報告している。前ら[57]および矢野ら[58]は、関東地域の住宅（集合住宅 5 戸）においてアンケート調査結果も踏まえ、エネルギー消費量の住戸差は空調の影響が大きいこと、エアコンの定格消費電力が負荷と比較して大きいことを明らかにした。また小野ら[59]は摂津市の集合住宅において、外気温の変化に居住者が気付かずエアコン運転が続いていることを明らかにしている。金田一ら[60]は広島周辺の戸建住宅においてエアコン利用を計測し、運転時間の短縮が省エネに効果的であるとした。

集合住宅においては 2010 年代前半以降に HEMS 導入が政策的に進められてきた。そこで設置された HEMS の主たる目的は居住者のエネルギー「見える化」サービスであり、居住者の行動変容により 9%の省エネ効果を認めた上野ら[61]の研究もある。しかし 1-2-2 で述べたようにその効果は持続せず、またほとんどの事例でデータログが利用できる形で蓄積されていない。また計測対象も大半は主幹電力のみであり、電力の分岐回路やガス・水の

消費量まで計測されている事例は少ない。

世帯構成や生活スタイルは多様化し、さらにコロナ禍により在宅勤務が拡大する兆しもある。また建物の環境性能およびエアコンの普及率や性能も大きく変化している。そのような状況下で居住者の生活様式とエネルギー消費量の関係を分析し、快適性・健康性を損なわない省エネ行動や温熱環境への適応手法を提案するための情報を蓄積する必要がある。

### 1-2-5 家庭用燃料電池に関する先行研究

住宅における燃料電池コージェネレーションシステム (Fuel cell co-generation system; FC-CGS) のエネルギー利用および CO<sub>2</sub> 排出量削減効果に関する既往研究は国内外でいくつか見受けられる。Ferguson と Ugursal [62] は、固体高分子形燃料電池 (Polymer electrolyte fuel cell; PEFC) の運転効果を予測するシミュレーション・ツールを開発した。その上でカナダの戸建住宅におけるケーススタディにより複数の規格容量の FC を検証し、住宅用 FC は能力が 3kW の場合に住宅全体の電力需要の 93% をカバーし、最適なサイズだとした。Dorer ら[63, 64] は、FC と他のガスボイラー設備の一次エネルギーおよび CO<sub>2</sub> 排出量削減能力をスイスの住宅におけるシミュレーションで比較し、FC が一次エネルギー需要を 6–48% 削減できることを確認した。Pellegrino ら[65] は、イタリアと他のヨーロッパ諸国における住宅用 FC-CGS に対する様々な補助制度の効果を比較している。Di Marcoberardiano と Manzolini [66] は、5 kW の能力の FC を対象にヨーロッパにおける様々なエネルギー構成における技術的および経済的な評価を行っている。

欧米諸国と日本では熱エネルギーの利用に大きな相違点がある。欧米では蒸気または熱供給による暖房やセントラル給湯システムが多く、湯を用いて洗濯を行っている国もある。一方で日本では戸別ガス給湯器が一般的である。また入浴のための湯の需要が欧米と比較してかなり大きい。建物の環境性能基準は欧米では義務化が進んでいるが、日本ではまだ住宅の省エネルギー性能の義務化はこれからの予定である。電力利用をみると、FC 発電出力の送電線への逆潮流は欧米と異なって認められていない。

日本でも燃料電池に関する幾つかの研究が見受けられる。黒木ら[67] は、戸建住宅における PEFC-CGS の省エネルギー効果、CO<sub>2</sub> 排出量削減効果、光熱費削減効果についてシミュレーションを行い、寒冷な地域ほど削減効果が大きいことを検証した。涌井ら[68] は、混合整数線形計画に基づく最適運用計画モデルを用い、戸建住宅においてプラグインハイブリッド自動車との組み合わせによる FC-CGS の省エネルギー効果を分析した。青木ら[69] は、戸建住宅の様々な家族構成について 3 種類の CGS でシミュレーションを行い、省エネルギー効果は日中在宅の家族人数および入浴頻度に影響されるとした。小野ら[70] は、家庭用 FC-CGS の水素製造余力を水素自動車ステーションの補完機能として活用することを提案し、その可能性を東京多摩地域の集合住宅を対象に定量的に評価した。山本ら[71–73] は、集合住宅において 1 台の家庭用 FC を 2 住戸で共有する効果を推計した。また戸建住宅における HEMS データを用いた家庭用 FC の実態分析を行った。さらに戸建住宅

2 住戸における家庭用 FC の詳細な計測により、省エネルギー効果および電力負荷変動への追従性能を分析して既存の評価手法と比較した。赤林ら[74] は東北電力管内において、冬期は 10~30 万台、夏期は 70~150 万台の家庭用 FC の余剰電力を逆潮流させるシミュレーションを行い、電力需要のピークカット効果を確認した。有波ら[75] は、家庭用 FC を全国規模で導入して余剰電力を利用した場合の一次エネルギー消費量削減効果についてシミュレーションを行った。

このように大半の既往研究はシミュレーションによる分析であり、集合住宅を対象に実地で計測されたデータに基づく研究は少ない。2018 年には住宅の 44%を共同住宅が占めており[9]、集合住宅を対象にした調査分析は重要である。

### 1-3 研究の目的

これまで述べたように、グローバルな課題である住宅の省エネ化を進めるためには、建物や設備機器のハードな性能を向上させるだけでなく、生活スタイルとエネルギー利用の関係というソフトな側面を居住者自身が理解し、健康性・快適性と両立する省エネ行動を実行することが必要である。しかし特に集合住宅においてはエネルギーデータを分析できる事例が少なく、実態把握は不十分である。また国は家庭用 FC の普及を目指しているが、導入はロードマップ通りに進んでいない。この理由の一つに、特に集合住宅における FC の省エネ効果の実態把握がなされていないことが挙げられる。

本研究では集合住宅用に開発された FC を世界で初めて全戸に導入した集合住宅 SK において、エアコンなどの分岐回路を含む電力使用量、FC による発電量、ガス・水使用量を HEMS で計測し、そのデータを研究に利用することを購入条件に加えることで全戸の HEMS データを取得した。さらに他の集合住宅 21 棟においてもアンケート調査などを通じて居住者の同意を得て HEMS データを取得した。この 22 棟においてエネルギー利用実績とアンケート調査による居住者の生活スタイルをクロスして分析することで、建物（ハード）と住まい方（ソフト）が省エネ効果に及ぼす影響の差異を特に以下の二つの側面に焦点を当てて検証した。

第一に、居住者の冷暖房利用を中心とするエネルギー利用と温熱調整行動の実態を把握し、建物・住戸特性、居住者の特性・生活スタイルが与える影響を検証した。この結果は、居住者が適切な温熱環境調整行動を進めるための情報として役立つことが期待される。

第二に、集合住宅における FC の省エネ効果を把握し、居住者の特性・生活スタイルが与える影響を検証した。さらに FC の省エネ効果の向上策を考察した。この結果は、特に集合住宅における居住者の FC 導入のための情報として役立つと共に、国や自治体が FC の普及を加速させるための施策立案に貢献することが期待される。

これらの情報提供により、本研究は気候変動問題に対する緩和策である脱炭素型社会の実現への貢献に資すると考える。

### 1-4 本論文の構成

本章に続く各章の構成は以下の通りである。

第 2 章では、本研究における研究方法を説明する。具体的には、研究概要、調査対象建物、分析データと分析方法である。

第 3 章では、複数の集合住宅の特性によるエネルギー利用の差異を比較分析し、築年・地域差・エネルギー源などによる差異の要因を考察する。さらに電力の分岐回路を含むエネルギー利用実績を計測して全住戸のデータを取得した集合住宅 SK を対象に、省エネ行動の傾向、住戸特性・居住者特性によるエネルギー利用の傾向と季節変動の要因を分析する。

第 4 章では、集合住宅 SK を対象に、冷暖房利用の傾向により居住者のタイプ分類を行い、エネルギー利用と居住者特性・生活スタイルの関連性を分析した。さらに居住者に応じた健康性・快適性と両立する省エネ策を考察する。

第 5 章では、家庭用 FC を有する集合住宅 SK を対象に、集合住宅における FC の省エネ効果の実績と居住者の特性・生活スタイルが与える影響を検証した。さらに FC の省エネ効果の向上策を考察する。

第 6 章では、本研究で得られた成果、課題、今後の展望について総括を行う。



## 第 2 章 研究方法

2-1 はじめに

2-2 本研究の概要

2-3 調査対象建物

2-3-1 既存集合住宅グループ 1

2-3-2 既存集合住宅グループ 2

2-3-3 新築集合住宅グループ 1

2-3-4 新築集合住宅グループ 2 (SK)

2-4 分析データ

2-4-1 HEMS データ

2-4-2 居住者アンケート調査

2-4-3 気象・水温データ

2-5 分析方法

2-5-1 一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub>排出量の換算係数

2-5-2 データ整理と統計解析

## 2-1 はじめに

本章では、本研究の実施方法について以下の構成で説明する。

2-2 では、本研究の全体概要について説明する。

2-3 では、集合住宅 SK を含む調査対象建物 22 棟について、4 グループ毎に建物概要を説明する。

2-4 では、分析に用いた HEMS データ、アンケート調査の回答、気象・水温の外部データについて説明する。

2-5 では、エネルギー利用の換算係数、データ整理と統計解析の方法について説明する。

## 2-2 本研究の概要

本研究は、家庭用燃料電池（Fuel cell; FC）を有する集合住宅 SK を軸に、既存・新築合わせて 22 棟の集合住宅における実績データに基づく分析である。研究の全体スキームは、ハードな建物性能とソフトな住まい方に基づく省エネ効果の検証という提案で 2013 年度に採択された「住宅・建築物省 CO<sub>2</sub> 先導事業」[巻末資料 1] に基づき、東京都市大学と集合住宅 SK などを分譲した T 社グループを中心とする産学連携で実施した。集合住宅 SK において低炭素建築物認定や FC 装備などのハードな提案を行い、さらに新旧の集合住宅 21 棟を加えてアンケート調査を行った。併せて研究目的の利用について同意を得た入居者の HEMS データを取得した。集合住宅 SK および他の新築住宅 1 棟では、HEMS データを研究目的に用いることを予め購入の条件に加えて販売し、全戸のデータを取得した。

調査対象の集合住宅は、研究開始時に既に入居済みであり、アンケート調査を入居後の調査のみ実施した既存住宅 2 グループ、および研究開始時に建築工事中であり、入居前と入居後にアンケート調査を行った新築住宅 1 グループと集合住宅 SK、の 4 グループで構成される。2013 年度末の先導事業採択を受けて 2014 年度から調査を開始し、各々の集合住宅で 2016 年度または 2018 年度までの HEMS データを取得した [Figure 2.1]。

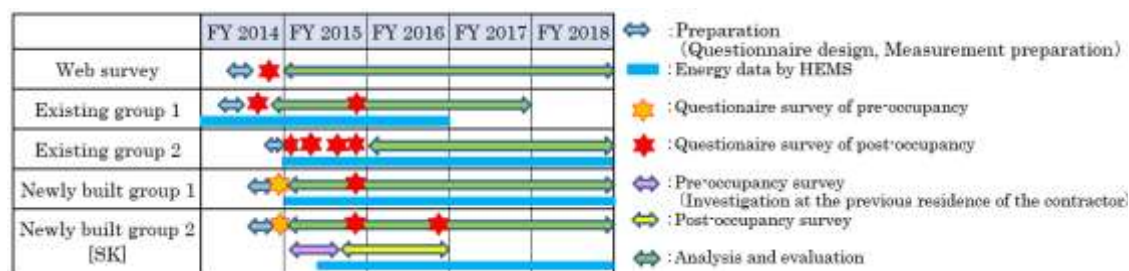


Figure 2.1 Outline of the survey



## 2-3 調査対象建物

22 棟の概要を Table 2.1 に示す。

**Table 2.1** Investigated condominiums

ID	Location	N of flats	Completed time	Floor area [m <sup>2</sup> ]	N of QS collected	Remarks
Existing group 1						
F-1	Shinjuku-ku, Tokyo	27	Jan. 2012	43 ~ 84	10	All-electric
F-2	Bunkyo-ku, Tokyo	29	Nov. 2013	42 ~ 71	13	All-electric
F-3	Suginami-ku, Tokyo	24	Feb. 2013	42 ~ 77	11	
F-4	Meguro-ku, Tokyo	47	Feb. 2014	62 ~ 83	16	
F-5	Meguro-ku, Tokyo	23	Mar. 2014	62 ~ 80	13	
F-6	Takatsu-ku, Kawasaki	63	Mar. 2014	62 ~ 77	27	
F-7	Toshima-ku, Tokyo	64	Mar. 2014	42 ~ 84	27	
F-8	Sagamihara, Kanagawa	254	Feb. 2014	66 ~ 96	98	
Existing group 2						
T-1	Aoba-ku, Yokohama	88	Jan. 1978	74 ~ 98	20	
T-2	Chigasaki, Kanagawa	59	Oct. 1989	79	15	
T-3	Toda, Saitama	60	Dec. 1994	50 ~ 90	12	
T-4	Fujisawa, Kanagawa	67	Nov. 1995	55 ~ 68	20	
T-5	Kasukabe, Saitama	62	Feb. 1997	58 ~ 77	9	
T-6	Minami-ku, Kyoto	86	Oct. 1998	56 ~ 99	16	
T-7	Fushimi-ku, Kyoto	84	Mar. 1999	61 ~ 84	20	
T-8	Suita, Osaka	82	Dec. 2003	72 ~ 107	21	
T-9	Nishinomiya, Hyogo	78	Mar. 2005	65 ~ 87	21	
T-10	Chukyo-ku, Kyoto	48	Apr. 2012	43 ~ 74	13	
Newly built group 1						
IG	Aoba-ku, Yokohama	176	Sept. 2014	66 ~ 78	11	
IH	Aoba-ku, Yokohama	140	Nov. 2014	72 ~ 78	37	
T	Totsuka-ku, Yokohama	109	Dec. 2015	42 ~ 75	93	
Newly built group 2						
SK	Shinagawa-ku, Tokyo	356	Nov. 2015	71 ~ 90	181	Fuel cell
Total		2026			704	

N: number; QS: questionnaire survey

### 2-3-1 既存集合住宅グループ 1

既存集合住宅グループ 1 は、T 社が分譲し、新築時から HEMS サービスが設定された東京都と神奈川県都心型・郊外型の集合住宅 8 棟であり、竣工は 2012~2014 年である。HEMS サービス提供は F 社である。エネルギー利用の内訳は、オール電化住宅が 2 棟 (F1, F2)、電気ガス併用住宅が 6 棟である。7 棟は電気の分岐回路・ガス・水の使用量を計測しているが、郊外型の 1 棟 (F-8 (FR)) は購入電力使用量のみ計測している。居住者のアンケート調査を 2014 年度と 2015 年度の 2 回行った。アンケート調査において HEMS データを産学連携の研究に利用することに承諾を得た住戸を対象に、2014~2016 年度 3 年分のデータログを HEMS サービス事業者から取得した。



F-1 (IN)



F-2 (BM)



F-3 (NO)



F-4 (H)



F-5 (NM)



F-6 (M)



F-7 (SO)



F-8 (FR)

**Photo 2.1** Existing condominiums - group 1

## 2-3-2 既存集合住宅グループ2

既存集合住宅グループ2は、集合住宅の管理を業とするT社グループのTC社が、「スマートマンション導入加速化推進事業費補助金(MEMS)」制度のMEMSアグリゲータとして、管理受託対象の集合住宅に高圧一括受電を導入した際にHEMSサービスが設置された分譲集合住宅10棟である。首都圏5棟、近畿圏5棟であり、竣工は1978年から2012年に亘っている。HEMSサービス提供はE社である。エネルギー量の計測は購入電力使用量のみであるが、HEMSサービスの一環で室内環境(温度、湿度、照度)を1か所計測している。居住者のアンケート調査を2015年度に順次行った。アンケート調査においてHEMSデータを産学連携の研究に利用することに承諾を得た住戸を対象に、2015~2018年度4年分のデータログをHEMSサービス事業者から取得した。



T-1 (IA)



T-2 (C)



T-3 (TK)



T-4 (FZ)



T-5 (K2)



T-6 (J)



T-7 (KF)



T-8 (SY)



T-9 (NK)



T-10 (SM)

**Photo 2.2** Existing condominiums - group 2



### 2-3-3 新築集合住宅グループ 1

新築集合住宅グループ 1 は、T 社が分譲し、新築時から HEMS サービスが設定された神奈川県の外型集合住宅 3 棟である。HEMS サービス提供は E 社である。エネルギー量の計測は購入電力使用量のみであるが、HEMS サービスの一環で室内環境（温度、湿度、照度）を 1 か所計測している。

アンケート調査を入居前の 2014 年度と入居後の 2015 年度に 2 回行った。IG と IH はアンケート調査において HEMS データの研究目的への利用に承諾を得た住戸を対象に、入居後から 2018 年度までのデータログを HEMS サービス事業者から取得した。集合住宅 T では HEMS データを産学連携の研究に利用することを住宅販売時の購入条件に加え、全戸を対象に入居後から 2018 年度までのデータログを HEMS サービス事業者から取得した。



IG



IH



T

**Photo 2.3** Newly built condominiums - group 1

### 2-3-4 新築集合住宅グループ 2 (SK)

本研究の軸となる新築集合住宅グループ 2 (SK) は、T 社が分譲した東京都品川区に立地する 18 階建て総戸数 356 戸の先進的な分譲集合住宅である (Photo 1 (a))。2015 年 9 月末に入居を開始し、アンケート調査は入居前、入居開始直後、入居開始 1 年後の 3 回行った。全戸南向きで、間取は 3LDK (71.01~77.13m<sup>2</sup>) 272 住戸および 4LDK (80.86~90.23 m<sup>2</sup>) 84 住戸であり (Figure 2.2)、販売価格帯は 32~69 百万円台である。



Photo 2.4 Condominium SK and installed fuel cell

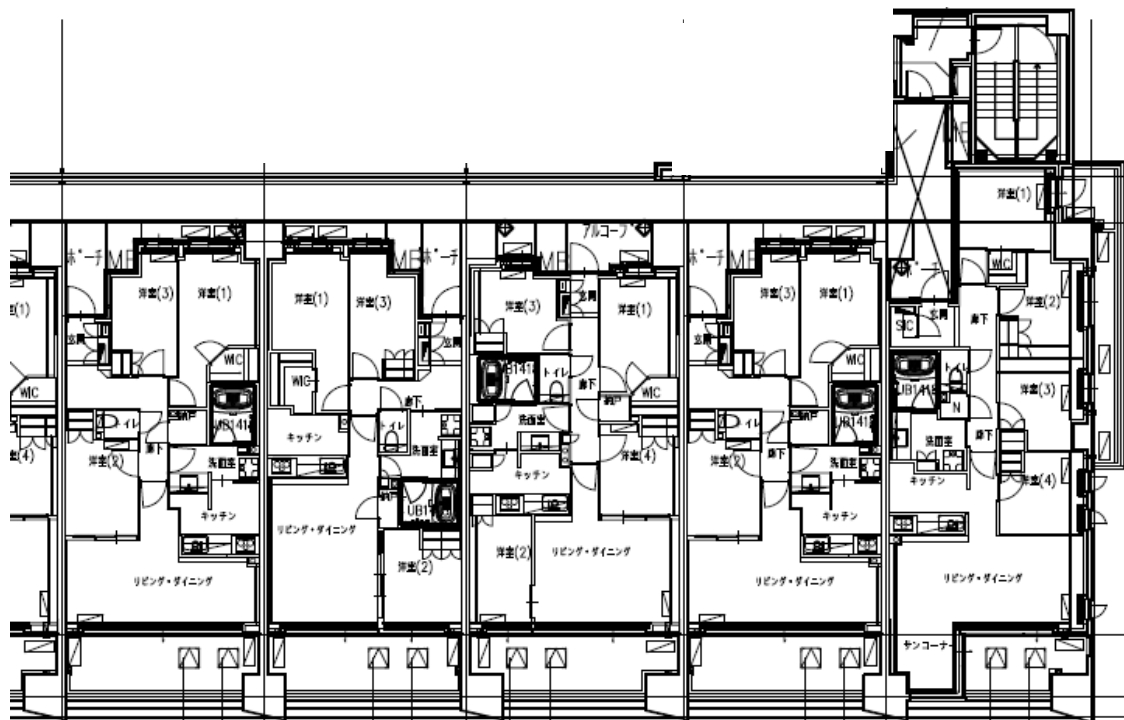


Figure 2.2 Plan of condominium SK (eastern end)

外皮の断熱性を向上させて（外壁 U 値＝0.69W/m<sup>2</sup>・K）低炭素建築物認定を取得し、また玄関に通風のためのパスダクトを設置して自然換気に配慮、低層部分の 2~6 階には夏の日射遮蔽のためのグリーンカーテン用フックを設けるなど、パッシブ設計も行っている。

集合住宅用に開発された固体高分子形燃料電池 (Polymer electrolyte fuel cell; PEFC) が世界で初めて全戸に設置されている (Photo 1 (b))。LD にガス床暖房が設置されているが、熱源は燃料電池 (Fuel cell; FC) ではなく、バックアップボイラーから供給されている。各室にエアコン専用コンセント、および外壁にエアコンダクト用のスリーブを設置している [巻末資料 3]。

HEMS サービス提供は E 社である。購入電力量と分岐 8 回路の電力量、FC による発電量、ガス利用量、水利用量を計測している。また HEMS サービスの一環で室内環境（温度、湿度、照度）を 1 か所計測している。

入居後の実績データを産学連携の研究に利用することを住宅販売時の購入条件に加え、全戸を対象に入居後から 2018 年度までの 3 年半分のデータログを HEMS サービス事業者から取得した。アンケート調査は入居前の 2015 年 2 月から入居開始 1 年後後の 2016 年 11 月までの 3 回実施し [Table 2.2]、181 世帯分の回答を取得した。

**Table 2.2** Questionnaire survey conducted at SK

Survey Period	Surveys Distributed	Surveys Collected
1: February 2015 (before completion)	104	77
2: November 2015 (immediately after completion)	225	93
3: November 2016 (1 year after completion)	356	115

集合住宅 SK では、Rijal ら [76] および KC ら [77~79] がアンケート調査と室内環境測定により、日本の気候に即した室内温熱環境に対する適応行動をモデル化する研究を行った。また阿部が [80] が、エネルギー消費量データとアンケート回答の関係性の分析により、アンケート調査結果だけを用いて高エネルギー利用世帯を簡易に検出する手法を提案した。

## 2-4 分析データ

### 2-4-1 HEMS データ

調査対象建物に導入された HEMS は 30 分間隔でエネルギー実績を計測し、1 日 48 個のデータログとして蓄積されている。2-3 の各項で述べた手順で取得したデータログの内、欠損または異常値のない住戸のデータを分析対象とした。各集合住宅の分析対象住戸数を Table 2.3 に示す。集合住宅 SK の 309 戸は 2018 年度の分析対象戸数であり、2016 年度および 2017 年度の分析対象は Table 3-6 に記載したように未入居の住戸があるため少なくなっている。また第 4 章における夏期の分析においては、同条件における分布を確認するため、同一の住戸および居住者特性の 37 世帯で分析した。

集合住宅 SK では、主幹電力（購入電力）および分岐 8 回路（①LD エアコン、②洋室 1 エアコン、③LD／④洋室 1／⑤洋室 2／⑥台所／⑦洗面所／⑧玄関廊下トイレ各室の照明およびコンセント）の電力使用量、FC の発電量を CT センサ（比誤差 $\pm 2\%$  F.S.）で計測、ガス使用量をガスメーター（検定公差 3%）で計測、水使用量を流量計（器差 $\pm 5\%$ ）でパルス計測している。また卓上センサにより室内の気温・相対湿度・照度を 2~10 分間隔で計測している（温度センサ誤差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）。これらのデータログはインターネットを介して HEMS サービス事業者のクラウドサーバに蓄積される。居住者は PC やスマートフォン画面でエネルギー利用実績をリアルタイムに確認することができる。

**Table 2.3** Number of households in each building where HEMS data were analyzed

Exiting group 1	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8		
	7	9	7	13	8	18	16	75		
Exiting group 2	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
	9	7	6	9	4	11	16	13	10	7
Newly build group 1 & 2	IG	IH	T	SK						
	9	26	58	309						



(a) PC



(b) Smart phone



(c) Measuring device

**Photo 2.5** Monitor screen of HEMS (a)(b) and measuring device of indoor environment



## 2-4-2 居住者アンケート調査

調査対象建物の居住者に実施したアンケート調査の質問項目は、家族属性、生活スタイル、使用設備機器、省エネ行動などである [巻末資料 2]。省エネ行動については、過去の事例を参考にして 36 項目を設定した。内 12 項目が温熱環境調整行動に関する項目である。

**Table 2.4 Conducting behavior for the energy saving in terms of thermal comfort**

**Q15** 省エネのための方法や行動には様々なものがあります。以下の行動を現在のお住まいで実行していますか。

工夫内容	設問	1	2	3	4
		実行している	今後実行したいが 実行していない	今後実行しない	該当しない あてはまらない
暖冷房・空調・通風	1 エアコン（暖冷房）の設定温度をやや低め・高めに設定する	1	2	3	4
	2 夏場、エアコン（冷房）ではなく、扇風機を使用する	1	2	3	4
	3 夏場、エアコンと一緒に扇風機を活用する	1	2	3	4
	4 暖冷房時に部屋のドアやふすまを閉め、暖冷房範囲を小さくする	1	2	3	4
	5 昼の暖冷房機器の使用を控える	1	2	3	4
	6 夜の暖冷房機器の使用を控える	1	2	3	4
	7 暖冷房時にカーテンやブラインドを閉める	1	2	3	4
	8 夏場、窓にすだれをかける	1	2	3	4
	9 夏場、緑のカーテンをつくる	1	2	3	4
	10 涼しい・暖かいところへ外出し、なるべく家にいないようにする	1	2	3	4
	11 窓を開けて積極的に通風を図る	1	2	3	4
	12 エアコンのフィルターを定期的に掃除する	1	2	3	4

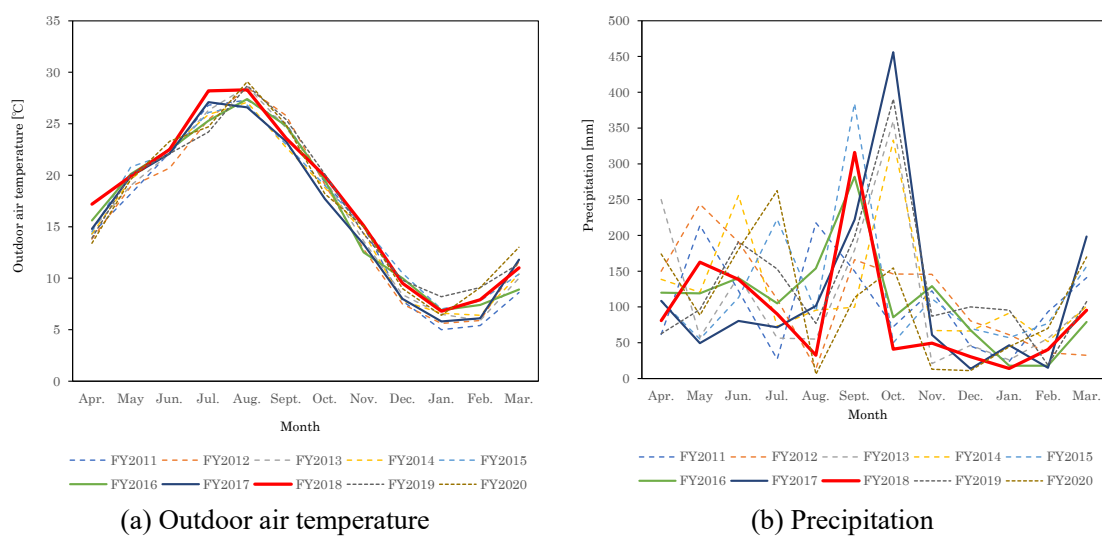
## 2-4-3 気象・水温データ

集合住宅 SK の分析において、各月の平均気温などの気象データは気象庁の地域気象観測システム（アメダス：AMeDAS）[81] から SK の近傍に位置する羽田観測所における 2016～2018 年度のデータを用いた。各月の水温は東京都水道局の公開データ（平成 30 年度）[82] を用いた。

分析対象期間を含む 2011～2020 年度の 10 年間の気象データの比較を Figure 2.3 および Table 2.5 に示す。2018 年度の月平均気温は 4 月と 7 月に他の年度より高くなっている。2018 年度において、日最高気温が 35℃以上となった日数は 6 日と 10 年間平均の 2.9 日より多く、日最低気温が 0℃未満となった日数は 1 日と 10 年間の平均の 4.7 日より低く最低であった。2018 年度の気象条件について、気温は高めであったものの、全体的には他の年度の傾向と大きな違いはなかったといえる。2017 年度は夏期から冬期にかけて他の年度よりも低い傾向であり、日最低気温が 0℃未満となった日数も 8 日と 10 年間で最も多かった。2016 年度は日最高気温が 35℃以上となった日数、日最低気温が 0℃未満となった日数ともに 10 年間の平均値レベルである (Figure 2.3 (a), Table 2.5)。

降水量は各年度によるばらつきが大きい、2018 年度は 9 月に多く、10～1 月が少なめで

ある。2017年度は5・6月が10年間で最低、10・3月が最高と変動が激しい（Figure 2.3 (b)）。



**Figure 2.3** Weather data of each month for ten years (FY2011 ~ FY2020): (a) Mean outdoor air temperature; (b) Precipitation total

**Table 2.5** Days above 35°C and below 0°C in each year.

Description	Days of the maximum temperature above 35°C	Days of the minimum temperature below 0°C
Apr. 2016 ~ Mar. 2017	2	5
Apr. 2017 ~ Mar. 2018	2	8
Apr. 2018 ~ Mar. 2019	6	1
Average	2.9	4.7
Maximum	9 (FY2020)	8 (FY2017)
Minimum	0 (FY2019)	1 (FY2018, FY2019)

## 2-5 分析方法

### 2-5-1 一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量の換算係数

電力の換算係数は、一次エネルギー消費量が省エネ法における計算方法 [83]、CO<sub>2</sub> 排出量は環境省・経済産業省による 2016 年度実績値 [84] および 2018 年度実績 [85]における全国平均係数（＝一般送配電事業者）を用いた。ガスの換算係数は、一次エネルギー消費量（＝発熱量）および CO<sub>2</sub> 排出量（低圧供給）ともに東京ガスの公表値 [86] を用いた (Table 2.6)。

**Table 2.6** Conversion factors for energy consumption and CO<sub>2</sub> emission.

Energy Source	Primary Energy Consumption (GJ)	CO <sub>2</sub> Emission (t-CO <sub>2</sub> )
Electricity (MWh)	9.76 GJ/MWh	0.518 t-CO <sub>2</sub> /MWh (FY2016) 0.462 t-CO <sub>2</sub> /MWh (FY2018)
Gas (m <sup>3</sup> )	0.045 GJ/m <sup>3</sup>	0.00221 t-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>

### 2-5-2 データ整理と統計解析

HEMS データについては、30 分値を月毎に合計して各月の 1 日当りの平均値を算出した。分析対象 22 棟における比較分析は、既存集合住宅グループ 1 は 2016 年度の HEMS データ、その他のグループは 2016～2018 年度の HEMS データを用いた。集合住宅 SK 単独の分析については、入居が進んだ後の 2018 年度の HEMS データを用いた。

集合住宅 SK の電力使用量は、購入電力量と FC による発電量の合計値とした。またガス使用量は用途別に計測されていないが、FC の発電に伴うガス使用量については発電量から推計した。

アンケート調査の回答については、居住者により回答回数と時期が異なるため、各住戸の最終回答を優先して回答結果を一つに集約した。集合住宅 SK においては、HEMS データと対応がとれる 162 世帯分の回答を分析対象とした。また分析対象の HEMS データが 2018 年度でありアンケート実施時期と異なるため、年齢についてはアンケート実施時期との 2018 年度の差異を補整して分析を行った。

アンケート調査の質問項目の内、温熱環境調整行動に関する省エネ行動 12 項目は、4 択の中で「実行している」回答率を「実行度」として分析した。

統計分析には IBM SPSS Statistics 26 を用い、相関分析・t 検定・ $\chi^2$  検定を行った。



## 第 3 章 集合住宅における省エネ行動とエネルギー利用の実態把握

3-1 はじめに

3-2 実測データ分析の意義

3-3 オール電化住宅と電気ガス併用住宅のエネルギー利用の比較

3-4 築年差と地域差によるエネルギー利用の比較

3-5 新築住宅グループにおける電力使用量の比較分析

3-6 集合住宅 SK における省エネ行動とエネルギー利用の分析

3-6-1 集合住宅 SK における居住者の属性

3-6-2 集合住宅 SK における居住者の省エネ行動と冷暖房機器の保有状況

3-6-3 集合住宅 SK における HEMS 利用

3-6-4 集合住宅 SK における電力・ガス・水使用量

3-7 集合住宅間の省エネ行動の差異

3-8 全国調査との比較

3-9 省エネ行動とエネルギー利用の実態把握の総括と課題

3-10 まとめ

### 3-1 はじめに

本章では、集合住宅 SK を含む調査対象建物 22 棟を対象に、HEMS データとアンケート調査結果の建物間における比較分析により、建物特性がエネルギー利用に与える影響の差異を考察する。さらに電力の分岐回路を含むエネルギー利用実績を計測して全住戸のデータを取得した集合住宅 SK を対象に、居住者特性、省エネ行動の傾向、エネルギー利用の実態を分析する。

3-2 では、実測データによる比較分析の意義を説明する。

3-3 では、既存集合住宅グループ 1 において、2016 年度のオール電化住宅と電気ガス併用住宅の一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量の比較分析を行う。

3-4 では、既存集合住宅グループ 2 において、2016～2018 年度の建物の築年と立地する地域による電力使用量の比較分析を行う。

3-5 では、新築集合住宅グループにおいて、2016～2018 年度の電力使用量を比較分析する。

3-6 では、集合住宅 SK における居住者特性、省エネ行動、HEMS 利用、エネルギー利用を分析する。

3-7 では、集合住宅間の省エネ行動の差異を分析する。

3-8 では、今回の分析結果を全国調査の結果と比較する。

3-9 では、本章の成果を総括し、課題を説明する。

3-10 では、本章のまとめを行う。

### 3-2 実測データ分析の意義

1-2-2 で述べたように、政府が掲げている地球温暖化対策計画における家庭部門の取組を進めるためには、集合住宅における省エネ策が重要である。居住者の「脱炭素型ライフスタイルへ転換」および「徹底的なエネルギー管理を実施」に向けたエネルギー利用の実態把握、エネルギー利用の差異を生み出す要因の解明、居住者特性や生活スタイルに応じた快適性を損なわない効果的な省エネ策の提案が必要である。さらに既存住宅の省エネ改修の意義に関する情報提供も重要である。しかし集合住宅のエネルギー利用実績データを研究に活用できる事例は非常に少なく、居住者特性に応じた省エネ行動やエネルギー利用の実態把握は不十分である。

また 1-2-4 で示したように、エネルギー消費量計算モデルを提案した先行研究も見受けられるが、ここでは前提条件として標準家族を専業主婦と子供 2 人の 4 人家族としている。しかし 1-2-3 で示したように、現在の世帯構成は大きく変化し、4 人以上の家族は 23%まで減少している。

現時点の家族構成を反映した全国的な調査としては、環境省が「家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査」[42]を毎年実施している。しかしアンケート調査に基づくデータのため、エネルギー利用の経時的な変化までは把握できない。

1-3 で述べたように、本研究は分譲集合住宅 22 棟において居住者の同意に基づき HEMS データを取得し、アンケート調査に基づく居住者特性や生活スタイルとのクロス分析を行うことで、住宅におけるエネルギー利用の差異を生み出す要因の解明と適切な省エネ策の策定に貢献するものとする。

### 3-3 オール電化住宅と電気ガス併用住宅のエネルギー利用の比較

本項では、既存住宅グループ 1 において建物間のエネルギー利用の傾向を比較する。既存住宅グループ 1 は東京都と神奈川県に立地するオール電化 2 棟、電気・ガス併用住宅 6 棟である。各建物におけるアンケート調査の回答数と平均世帯人数・世帯主年齢を Table 3-1 に示す。また HEMS データの分析対象戸数と 2016 年度の年間電力・ガス使用量、一次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量を Table 3-2 に示す。

オール電化住宅は電気・ガス併用物件より、一次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量が多い傾向となっている。各建物における月毎の日当り平均一次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量の推移を Figure 3-1 に示す。オール電化住宅は、特に冬期に一次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量が多い。なおエネルギー利用が極端に少ない物件 F-3 は、7 世帯の中で 6 世帯が単身世帯である。

**Table 3-1** Profile of residents in condominiums of existing group 1

<b>ID</b>	<b>Number of questionnaire surveys collected</b>	<b>Mean number of household members</b>	<b>Mean age of householder</b>
F-1	10	2.7	41
F-2	13	2.5	37
F-3	11	1.2	42
F-4	16	2.5	43
F-5	13	2.5	40
F-6	27	2.4	41
F-7	27	2.0	40
F-8	98	2.6	44

Table 3-2 Annual energy use in condominiums of existing group 1

ID	Number of HEMS data	Mean annual electricity use [kWh/year /household]	Mean annual gas use [m <sup>3</sup> /year /household]	Primary energy Consumption [GJ/year /household]	CO <sub>2</sub> emission [t-CO <sub>2</sub> /year /household]
F-1	7	7064	No use	68.9	3.66
F-2	9	6915	No use	67.5	3.58
F-3	7	2186	309.7	35.3	1.82
F-4	13	3418	460.9	54.1	2.79
F-5	8	3737	444.5	56.5	2.92
F-6	18	3153	402.2	48.9	2.52
F-7	16	3935	506.2	61.2	3.16
F-8	75	2802	No data	-	-
Total	153	-	No data	-	-
F-1~2	16	6980	No use	68.1	3.62
F-4~7	55	3528	452.5	54.8	2.83
F-3~7	62	3377	436.4	52.6	2.71
F-3~8	137	3062	No data	-	-

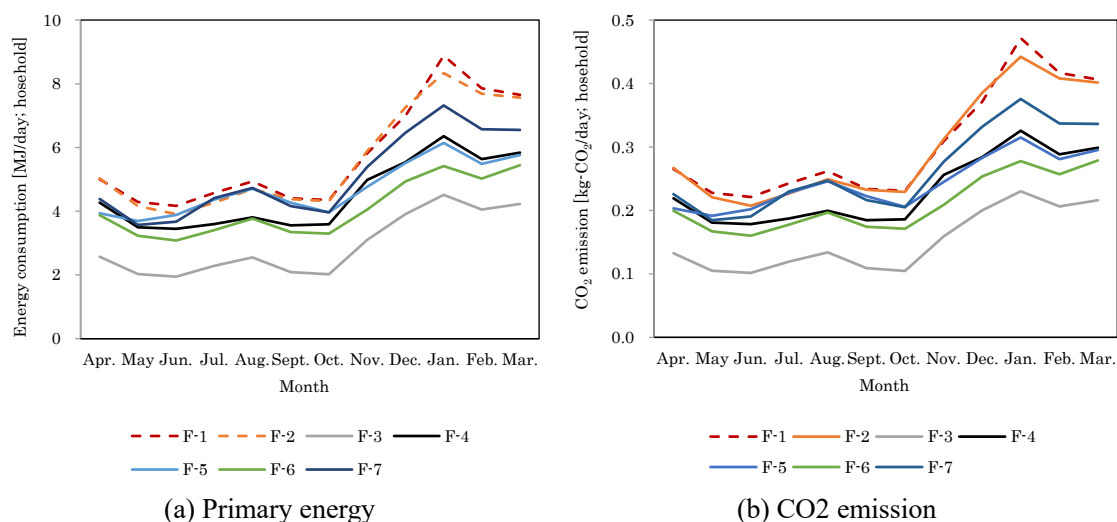


Figure 3-1 Monthly change of energy use per day in the condominiums of existing group 1: (a) primary energy consumption [MJ]; (b) CO<sub>2</sub> emission [kg-CO<sub>2</sub>]

### 3-4 築年差と地域差によるエネルギー利用の比較

本項では、既存住宅グループ 2 において建物間のエネルギー利用の傾向を比較する。既存住宅グループ 2 は、首都圏と近畿圏に立地する電気・ガス併用住宅 10 棟である。計測対象は全体の電力使用量のみであり、ガス使用量は計測していない。各建物におけるアンケ



ート調査の回答数と平均世帯人数・世帯主年齢を Table 3-3 に示す。また HEMS データの分析対象戸数と 2016～2018 年度の年間電力使用量を Table 3-4 に示す。

日本の省エネ基準は昭和 55 年（1980 年：いわゆる旧基準）に制定され、その後平成 4 年（1992 年：いわゆる新基準）、平成 11 年（1999 年：いわゆる次世代基準）と段階的に厳しくなってきた。既存集合住宅グループ 2 における各建物の竣工年をみると、T-1 は省エネ基準が設定される前、T-2 は旧基準から新基準の間、T-3 ～7 は新基準から次世代基準の間、T-8 ～10 は次世代基準後である。首都圏に立地する T-1 は電力使用量が大きく、T-2 も首都圏に立地するその他の住宅（T3 ～5）よりも大きめである。Figure 3-2 に 3 年分のデータがある住戸を対象に各建物で平均した月毎の日当たり平均電力使用量の推移を示す。冬期のピーク 1・2 月は建物間の電力使用量の差が大きい。この理由としては、旧型の設備機器のためエネルギー効率が低いことと共に、建物の断熱性能が低いために暖房エネルギーが大きくなっていることが推測される。広瀬ら [49] は、断熱性能の差による空調二次エネルギー消費量の違いについてシミュレーションを行い、無断熱相当と次世代基準レベルでは 2.4 倍の差があるとしたが、今回の研究でも同様の傾向が窺える。「地球温暖化対策計画」では、2030 年に住宅ストックの 30%を省エネ基準に適合させるという目標を掲げている。これを実現するためには、建物断熱性能の差がエネルギー消費量に影響を与えることを建物所有者に認知させる必要があり、本研究のようなフィールド調査は重要である。

1994 年以降の竣工物件では、首都圏に立地する住宅（T-3 ～5）より近畿圏に立地する住宅（T-6 ～10）における電力使用量が多い傾向となっている。これは東日本大震災以降における東西の省エネ意識の差が影響している可能性がある。近畿圏において新基準から次世代基準の間の建物（T-6, 7）と次世代基準後の建物（T8 ～10）の間に差異はみられない。

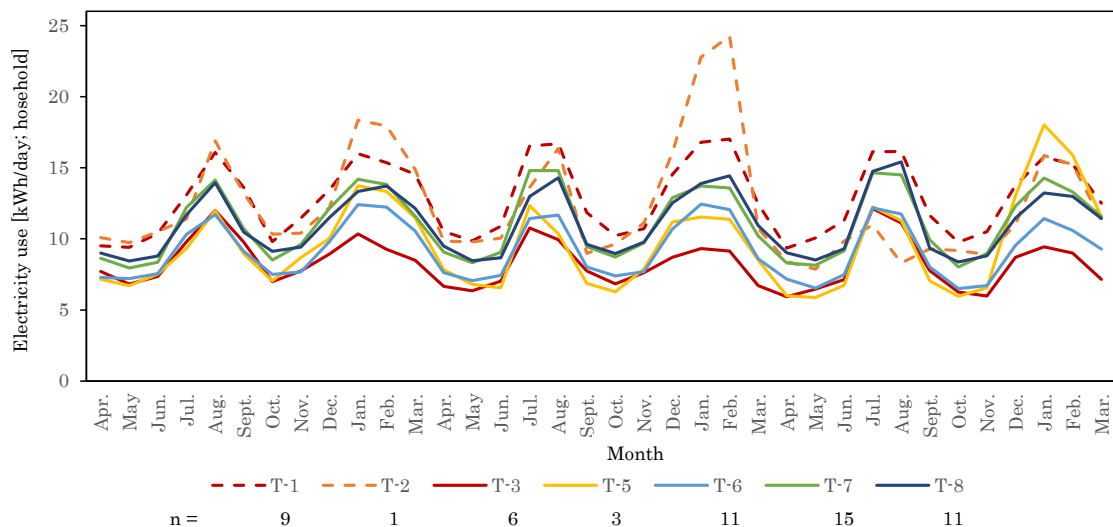
**Table 3-3** Profile of residents in condominiums of existing group 2

ID	Number of questionnaire surveys collected	Mean number of household members	Mean age of householder
T-1	20	2.4	63
T-2	15	2.5	60
T-3	12	2.9	47
T-4	20	2.6	53
T-5	9	2.1	46
T-6	16	2.2	45
T-7	20	2.8	49
T-8	21	3.3	50
T-9	21	2.3	50
T-10	13	2.5	52

**Table 3-4** Annual energy use in condominiums of existing group 2

ID	Number of HEMS data			Mean annual electricity use [kWh/year/household]		
	FY2016	FY2017	FY2018	FY2016	FY2017	FY2018
T-1	9	9	9	4643	4806	4630
T-2	1	7	7	4736	3718	3628
T-3	6	6	6	3202	2946	2957
T-4	9	0	6	2815	No data	3560
T-5	4	3	3	3385	3271	3653
T-6	11	11	11	3446	3409	3263
T-7	15	16	16	4011	3975	3940
T-8	12	13	11	3957	4073	4037
T-9	10	0	11	3763	No data	3594
T-10	0	7	7	No data	3681	3714
Total	77	72	87	3738	3842	3747
T-1~2	10	16	16	4652	4330	4191
T-3~5	19	9	15	3057	3054	3337
T-6~7	26	27	27	3,772	3,744	3,664
T-8~10	22	20	29	3,869	3,936	3,791
T-6~10	48	47	56	3816	3826	3730
T-3~10	67	56	71	3601	3702	3647

T1~2: Build before the energy-saving standard of 1992 in Metropolitan area; T3~5: Build after the energy-saving standard of 1992 in Metropolitan area; T-6~7: Build during the energy-saving standard of 1992 in Kinki area; T-8~10: Build after the energy-saving standard of 1999 in Kinki area; T-6~10: Build in Kinki area; T-3~10: Build after the energy-saving standard of 1992



**Figure 3-2** Monthly change of electricity use in condominiums of existing group 2 for three years (Apr. 2016 ~ Mar. 2019)

### 3-5 新築住宅グループにおける電力使用量の比較分析

本項では、新築住宅グループにおいて建物間のエネルギー利用の傾向を比較する。新築住宅グループ 1 は、神奈川県に立地する電気・ガス併用住宅 3 棟である。計測対象は全体の電力使用量のみであり、ガス使用量は計測していない。この 3 棟に集合住宅 SK を加えた各建物におけるアンケート調査の回答数と平均家族人数・世帯主年齢を Table 3-5 に示す。また HEMS データの分析対象戸数と 2016～2018 年度の年間電力使用量を Table 3-6 に示す。

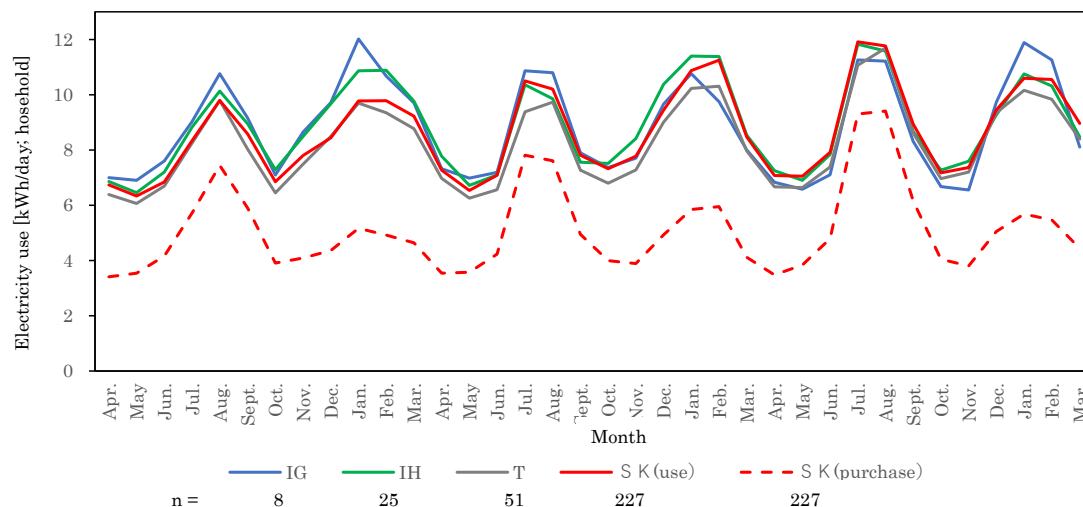
新築住宅グループ 1 の年間平均電力使用量 3019～3141kWh/年は、既存住宅 F-3～8（電気・ガス併用）の平均値 3062kWh/年および T-3～5（首都圏に立地する築年が新しい住宅）の平均値 3054～3337kWh/年と同水準である。また各月の日当たり平均電力使用量の推移を Figure 3-3 に示す。集合住宅 SK は電力購入量、および燃料電池（Fuel cell; FC）による発電を加えた使用量（購入量+FC 発電量）の 2 通りを示した。SK の平均電力使用量も新築住宅グループ 1 とほぼ同水準であり、燃料電池（Fuel cell; FC）による発電が年間電力使用量の約 40%をカバーしている。

**Table 3-5** Profile of residents in condominiums of newly built group

ID	Number of questionnaire surveys collected	Mean number of household members	Mean age of householder
IG	11	3.1	35
IH	37	3.2	40
T	93	2.3	50
SK	181	2.7	40

**Table 3-6** Annual energy use in condominiums of existing group 2

ID	Number of HEMS data			Mean annual electricity use [kWh/year/household]		
	FY2016	FY2017	FY2018	FY2016	FY2017	FY2018
IG	9	9	8	3494	3265	3208
IH	26	26	26	3214	3250	3315
T	58	56	55	2933	2873	3049
Total	93	91	89	3066	3019	3141
	229	299	309	2999	3206	3355
SK	Purchased			1741	1882	2049
	Generated by FC			1258	1324	1309



**Figure 3-3** Monthly change of electricity use in condominiums of newly build group  
for three years (Apr. 2016 ~ Mar. 2019)

### 3-6 集合住宅 SK における省エネ行動とエネルギー利用の分析

#### 3-6-1 集合住宅 SK における居住者の属性

本項では、集合住宅 SK における居住者の属性を間取タイプ別にみる。Table 3-7 に世帯人数と世帯主の年齢を示す。Table 3-8 に主婦の就業タイプ、末子の年齢層の比率を示す。世帯主と末子の年齢は、2018 年度の HEMS データに合わせるため、アンケート実施時の回答値を補正した。

3LDK と 4LDK の居住者を比較すると、4LDK の居住者は世帯人数が多め、世帯主年齢が高め、専業主婦の比率が高め、末子の年齢は 5 歳未満が多め、といった傾向があるが、いずれの項目においても有意差はない。世帯構成を 1-2-3 で述べた全国平均値と比較すると、以下のような特徴がみられる。

- ・ 世帯人数 2.72 人は全国平均の 2.5 人 [16] よりも若干多い。これは 1 人世帯が少なく（本建物 10%、全国平均 25%）、3 人世帯が多い（本建物 39%、全国平均 20%）ことによる。
- ・ 共働き世帯は全国平均と同じ 65% である [17]。専業主婦世帯は共働き世帯と比較して、3 人世帯（75%）が  $\chi^2$  検定で有意に多く（ $p=0.02$ ）、55 歳以上の世帯（22%）も有意に多い（ $p=0.002$ ）。

**Table 3-7** Characteristics of household.

Description	Total		3 LDK		4 LDK	
	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.
Number of household members (n = 161)	2.72	0.99	2.66	0.98	3.00	1.00
Age of householder (n = 160)	42.4	9.5	42.0	9.5	44.0	9.6

LDK: living, dining and kitchen; Avg.: average; S.D.: standard deviation.

**Table 3-8** Employment status of married women and age of children.

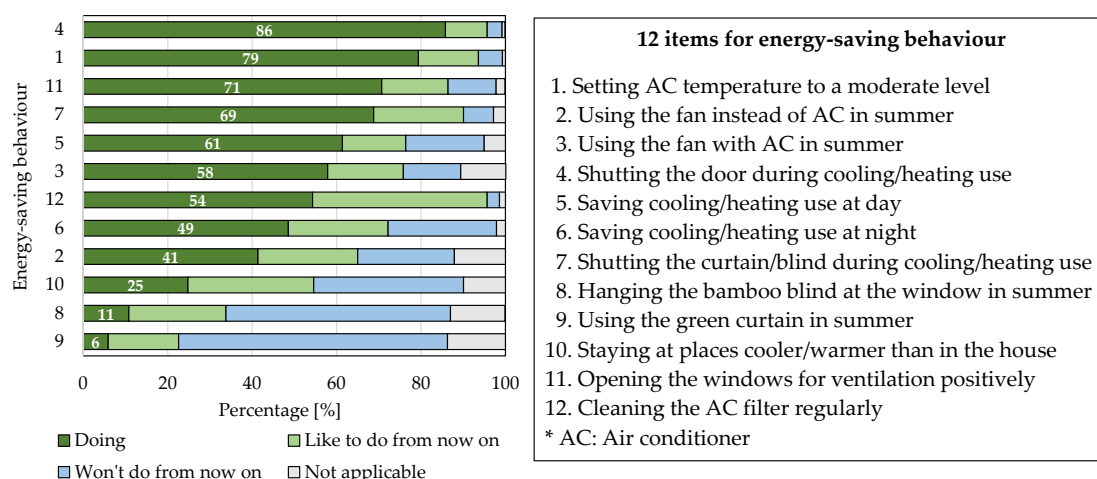
Description	Type	Total		3LDK		4LDK	
		n	p (%)	n	p (%)	n	p (%)
Employment status of married women	Working outside	90	64	77	66	13	54
	Full-time housewife	51	36	40	36	11	46
Age of youngest child	≤5 years old	56	62	43	60	13	68
	6–15 years old	23	25	19	26	4	21
	≥16 years old	12	13	10	14	2	11

LDK: living, dining and kitchen; n: number of households; p: percentage.

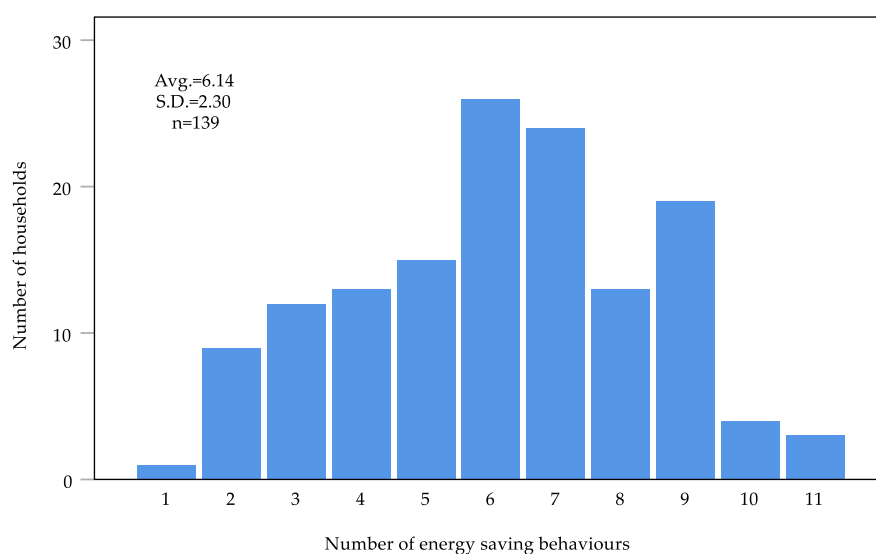
### 3-6-2 集合住宅 SK における居住者の省エネ行動と冷暖房機器の保有状況

本項では、集合住宅 SK におけるアンケート調査結果に基づき、居住者の省エネ行動および冷暖房機器の保有状況を見る。アンケート調査では 36 項目の省エネ行動について「実施している」「今後実施したい」「今後も実施しない」「当てはまらない」の 4 択で質問した。Figure 3-4 は温熱環境調整行動に関する省エネ行動 12 項目について、「実行している」と回答した比率（以下「実行度」）の高い順である。実行度の高い項目は「4.暖冷房時に部屋のドアやふすまを閉める」「1.エアコンの設定温度をやや低め・高めに設定」「11.窓を開けて通風を図る」「7.カーテンやブラインドを閉める」の 4 項目であり、簡易な動作で可能な省エネ行動である。逆に実行度が低い項目は「9.緑のカーテンをつくる」「8.窓にすだれをかける」「10.涼しい・暖かいところへ外出する」の 3 項目であり、時間または手間がかかる省エネ行動といえる。

温熱環境調整行動に関する省エネ行動 12 項目の内、各住戸が実行している省エネ行動項目数の分布を Figure 3-5 に示す。実行項目数は 6 項目を中心に 1～11 項目に広く分布しており、世帯による実行度のばらつきが大きい。この実行度の差がエネルギー使用量に与える影響を検討する必要がある。



**Figure 3-4** Percentage of energy saving behaviors



**Figure 3-5** Number of energy-saving behaviours practised in households

アンケート調査（3 回目）に基づく冷暖房機器の保有状況を Table 3-9 に示す。居間と主寝室には殆どの世帯がエアコンを設置しているが、子供部屋は世帯により設置率が異なる。エアコンの平均所有台数は 2.72 台である。暖房器具については、電気ストーブ、ファンヒーター、コタツが各々10%台の保有率であるが、ガスまたは石油式のストーブ、ファンヒーターの保有率は 1%未満である。扇風機は 4 分の 3 世帯が保有している。

**Table 3-9** Retention rate of cooling / heating equipment in condominium SK

Equipment	Retention rate	Equipment	Retention rate
AC in LD	97.4	Gas stove	0.9
AC in master bedroom	91.2	Electric stove	14.9
AC in bedroom 2	51.7	Oil stove	0.9
AC in bedroom 3	27.2	Gas fan heater	0.9
AC in bedroom 4	9.7	Electric fan heater	11.4
Fan / Circulator	75.4	Oil fan heater	0.9
Hot carpet	0.9	Oil heater	5.3
Kotatsu	14.0		

### 3-6-3 集合住宅 SK における HEMS 利用

本項では、集合住宅 SK におけるアンケート調査結果に基づき、居住者の HEMS（Home energy management system）サービスの利用実態をみる。1-2 で述べたように、日本政府の「地球温暖化対策計画」では居住者の「徹底的なエネルギー管理」を行う前提として、2030 年までに HEMS を全世帯に導入することを目録化している。HEMS 導入の省エネ効果を検証した先行研究もある [61]。

集合住宅 SK における HEMS 利用度について、Figure 3-6 に入居直後と 1 年後のアンケート調査結果を示す。入居後に HEMS 利用手続きを行った居住者は 70%程度である。手続きを行っていない理由は、HEMS が装備されていることを知らなかった（11%）、利用手続きが必要なことを知らなかった（26%）、利用手続きに手間がかかる（34%）と、入居者への情報提供が十分に行われていなかったことがわかる。他の調査対象建物では更に手続き率が低く、既存集合住宅グループ 1 では 53%、既存集合住宅グループ 2 では 60%、新築集合住宅グループ 1 では 41%である。集合住宅 SK の手続き率が相対的に高い理由は、居住者が当該建物を先進的な集合住宅という認識を持って購入したことによると考えられる。

しかし手続きを行った居住者も利用率は低く、入居 1 年後にはさらに利用度が低下している。集合住宅において HEMS は有償サービスのため、集合住宅 SK では入居開始から 5 年後の契約更新時にサービス利用を継続しなかった。居住者が HEMS を継続的に利用することで省エネ行動を促すためには、メニューの魅力度向上、プッシュ型の通知などの工夫が必要である。

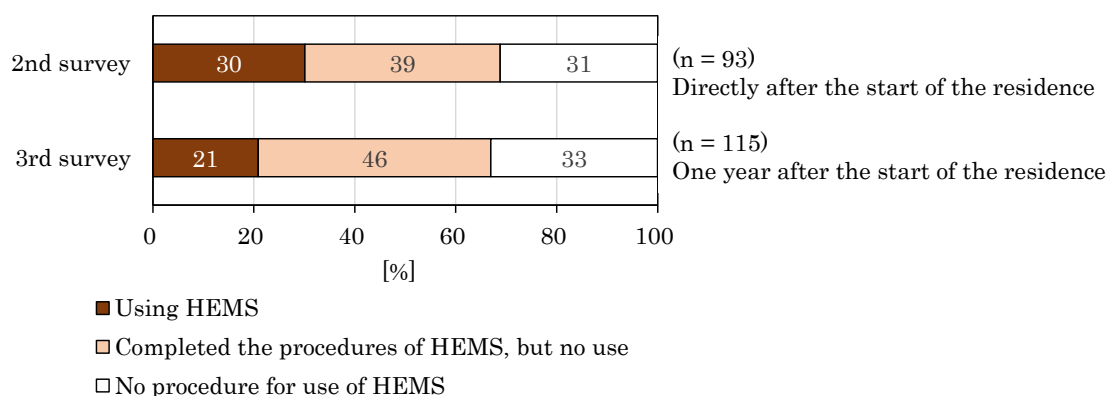
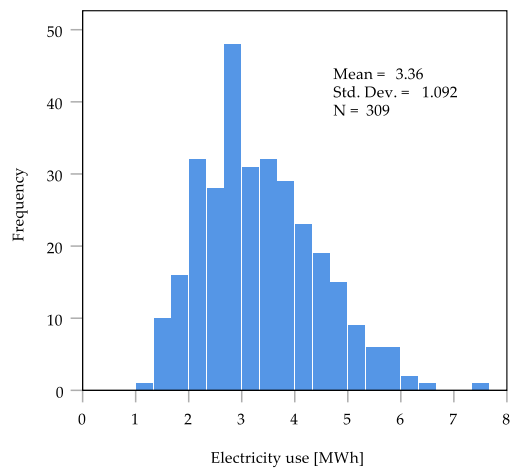


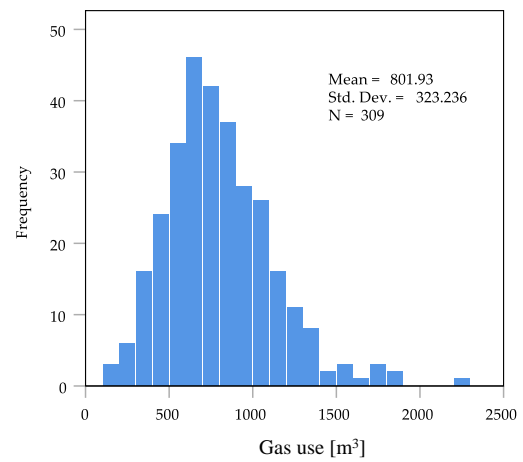
Figure 3-6 Use of HEMS

#### 3-6-4 集合住宅 SK における電力・ガス・水使用量

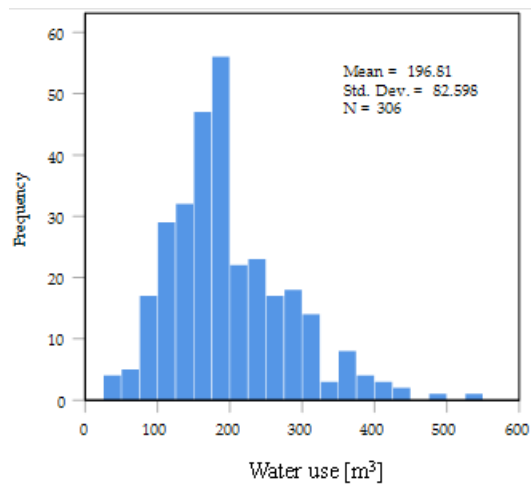
本項では、集合住宅 SK におけるエネルギー利用の実態をみる。Figure 3-7 に集合住宅 SK の 309 戸について、2018 年度 1 年間の電力・ガス・水使用量、一次エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量の分布を示す。数値は何れも住戸間で大きくばらついているが、年間電力使用量の平均値は、3-5 で述べたように他の調査対象建物の内で首都圏に立地する築年が新しい建物とほぼ同水準である。



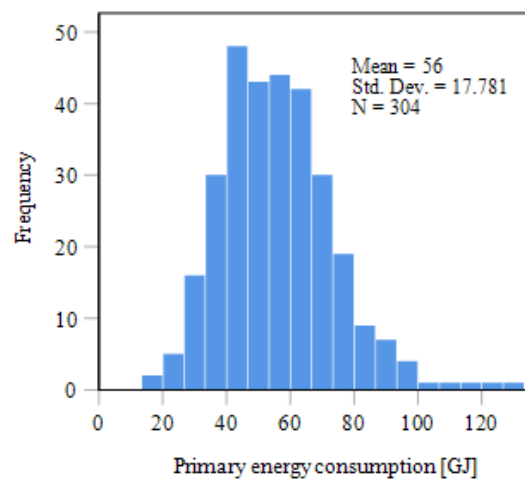
(a) Annual electricity use



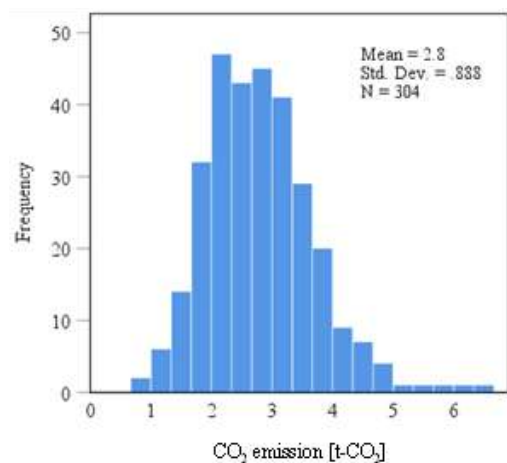
(b) Annual gas use



(c) Annual water use



(d) Primary energy consumption



(e) CO<sub>2</sub> emission

**Figure 3-7** Annual distribution of (a) electricity; (b) gas; (c) water use; (d) primary energy consumption; (e) CO<sub>2</sub> emission



各月の一日当たり平均電力使用量をさらに分岐回路毎に区分した図を Figure 3-8 に示す。3-6-2 で述べたように、アンケート調査によるとエアコン保有台数は世帯平均 2.72 台であったため、主寝室のエアコン電力使用量の 0.72 台分をその他の部屋のエアコン電力使用量と推計して全体の電力使用量から区分した。夏期と冬期に増加するエアコン利用が電力使用量の季節変動に大きく影響していることが窺える。

Figure 3-9 (a)に月別の一日当たり電力利用量の分布と各月の平均外気温度との関係を示す。住戸間のばらつきが大きいいため、全世帯の平均値で示すと(Figure 3-9 (b))回帰係数は双方で一致し、決定係数( $R^2$ )は世帯個々の値による分析よりも高くなる [87]。2 次関数曲線は 17~18 °C で最も低くなっている。現在の日本では、個々の部屋に設置されたエアコンは冷房だけでなく暖房にも利用されることが一般的になっており、リビングダイニングでもガス床暖房とともにエアコンが暖房に使用されている。その結果として夏期と冬期に電力利用量が高くなっているといえる。

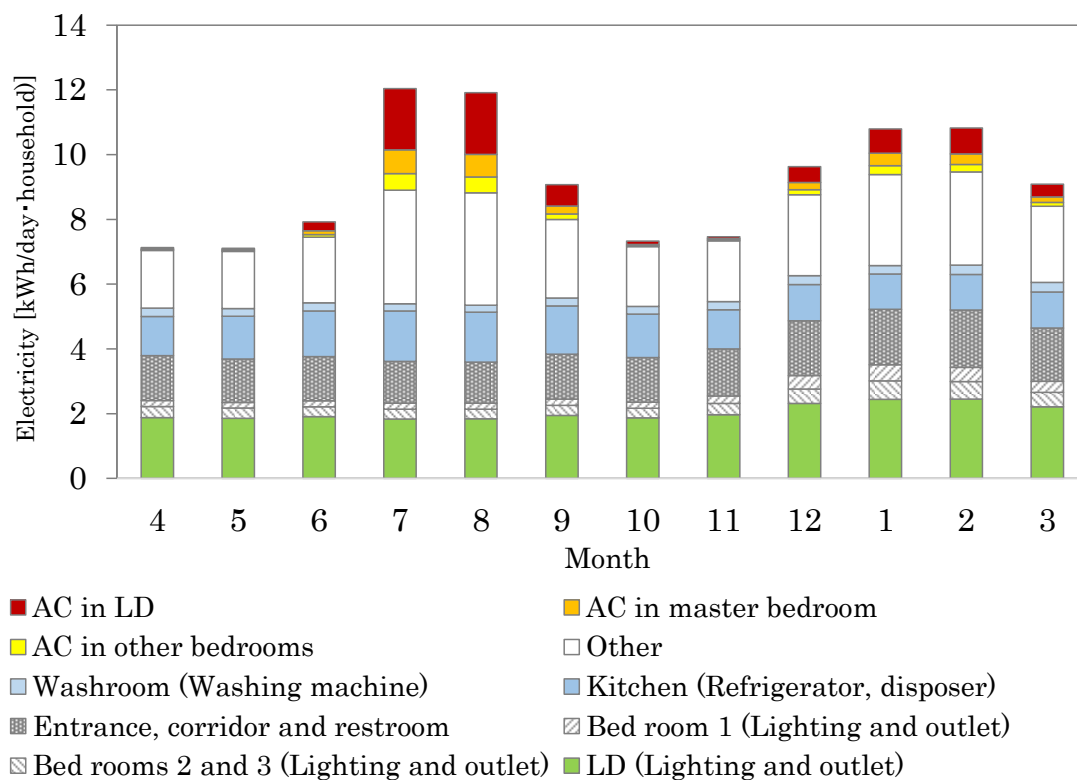
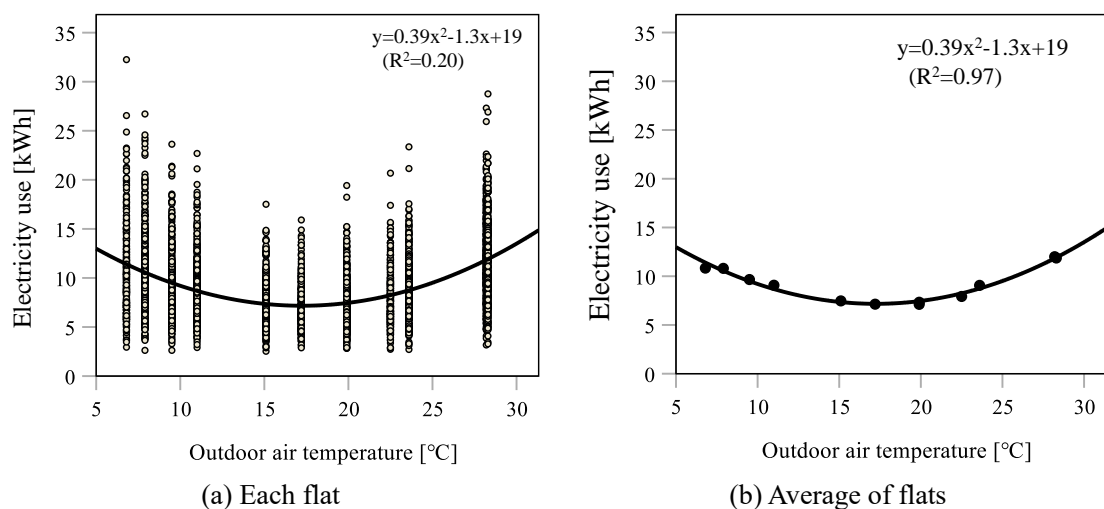


Figure 3-8 Monthly change of mean daily electricity use of each branch circuit



**Figure 3-9** Relationship between the electricity use and the outdoor air temperature: (a) monthly mean value of each flat (n = 3648); (b) monthly mean value (n = 12).

### 3-7 集合住宅間の省エネ行動の差異

本項では、調査対象建物 22 棟の 4 グループをさらに細分化して、アンケート調査結果に基づき、省エネ行動に対する自己評価の比較を行なった。Figure 3-10 は「普段から省エネをしているか」という質問に対する回答の分布である。

既存集合住宅グループ 1 では、オール電化住宅が電気・ガス併用住宅に比べて「実施層(=している+少ししている)」が 7%p 低く、さらに「積極的实施層(=している)」は 13%p 低くなっている。エネルギー消費量が高い傾向は、省エネ行動の傾向と一致する結果となっている。この要因として、オール電化住宅には省エネ行動の実行度が低い世帯が入居する傾向にあるのか、建物特性など他の要因が影響しているのか、さらに精査が必要である。

既存集合住宅グループ 2 では、1989 年以前の竣工物件は「実施」層の比率が高いにも関わらず電力使用量が高くなっており、建物性能が低いことの影響が伺える。また近畿圏の物件は首都圏の物件より「積極的实施」層・「実施」層ともに低く、電力使用量が高い傾向を裏付ける結果となっている。

集合住宅 SK では、竣工直後に比較して竣工 1 年後の「積極的实施」層が減少しているが、省エネ意識は継続しているものの十分な行動が伴っていない、という自己評価の反映と推察される。

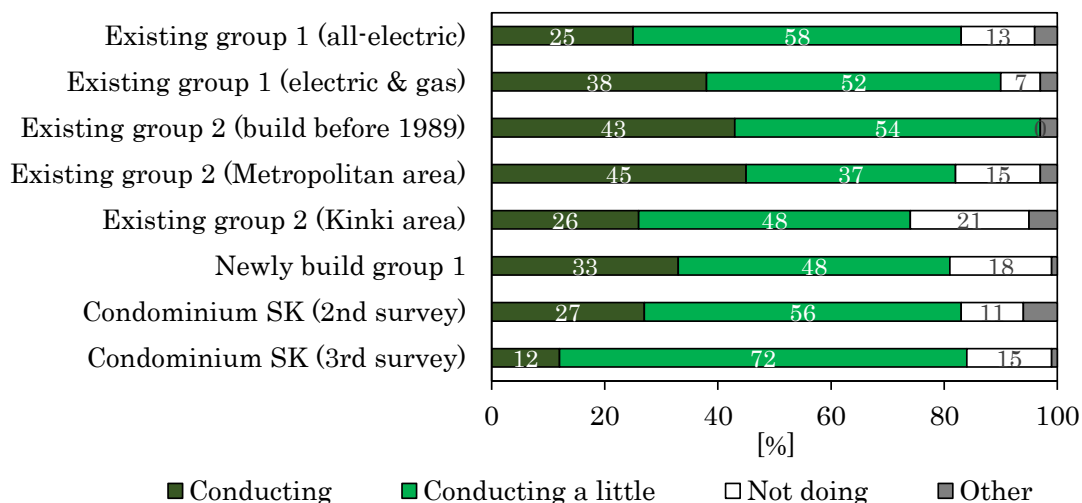


Figure 3-10 Self-Assessment of energy saving behavior

### 3-8 全国調査との比較

本項では、環境省が毎年実施している全国調査「平成 30 年度 家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査」[42] の公開データを本研究の結果と比較する。Table 3-10 に環境省の調査におけるエネルギー種別の年間 CO<sub>2</sub> 排出量結果を示す。関東甲信地方に立地する集合住宅における年間 CO<sub>2</sub> 排出量は 1.96t-CO<sub>2</sub>/世帯である。

本研究の既存集合住宅グループ 1 における世帯当りの年間 CO<sub>2</sub> 排出量は、環境省の調査よりも大きい。集合住宅 SK において FC による削減分がなかったものと仮定して試算した年間 CO<sub>2</sub> 排出量は、全体では 3.12 t-CO<sub>2</sub> であるが、世帯人数別にみると、単身世帯は 2.61 t-CO<sub>2</sub>、2 人世帯は 2.89 t-CO<sub>2</sub>、3 人世帯は 3.22 t-CO<sub>2</sub>、4 人以上世帯は 3.80 t-CO<sub>2</sub> となる。これを環境省の調査と比較すると、単身世帯は 1.39 t-CO<sub>2</sub> の差、2 人世帯は 0.64 t-CO<sub>2</sub> の差があるが、3 人以上世帯では 0.36~0.44 t-CO<sub>2</sub> の差に縮まる。環境省の調査では、世帯年収・床面積の増加により年間 CO<sub>2</sub> 排出量も増加する傾向となっており、また分譲マンションは関東甲信地方では 2.27t-CO<sub>2</sub> と、集合住宅全体の平均値より 0.31 t-CO<sub>2</sub> 大きい傾向である。環境省の調査では単身世帯または 2 人世帯の住宅は床面積も小さく、賃貸住宅の比率が高いことが推測される。本研究の数値はこれらの差の要素が複合的に影響して高水準となっており、全国値と大きな乖離はなく、一定の普遍性があると考えられる。従ってこの分析結果を一般化して広く活用することが可能だと思われる。

Table 3-11 に最もよく使う暖房機器の比率を示す。エアコンの比率が最も高く、電気カーペット・こたつが続く。関東甲信地方の集合住宅では石油ストーブの利用率は低く、石油の消費量も全国の集合住宅の 0.12t-CO<sub>2</sub> と比較して 0.04t-CO<sub>2</sub>、さらに政令指定都市・県庁所在地では 0.03t-CO<sub>2</sub> とかなり小さい。集合住宅 SK における暖房機器の保有率 (Table 3-9) もこの調査結果と近い傾向を示しており、暖房利用は集合住宅 SK についても一般的な集合住宅と同様の生活スタイルと考えられる。

**Table 3-7 CO<sub>2</sub> emission in the various residents in Japan (FY 2018)**

Attribute	n	Annual CO <sub>2</sub> emission [kg-CO <sub>2</sub> ]				Energy total
		Energy type				
		Electricity	City gas	LPG	Kerosene	
■ Throughout Japan						
All type	9996	1953	401	172	375	2900
Apartment house	3645	1282	392	170	116	1962
■ Location of apartment house in Kanto-koushin area						
All area	792	1318	473	128	41	1959
City grade 1	411	1337	555	59	25	1979
■ Number of household members living at apartment house in Kanto-koushin area						
1	213	956	255	93	21	1323
2	282	1515	583	99	53	2249
3	179	1785	758	229	92	2864
4 ~	118	2100	969	247	43	3361
■ Age of householder living at apartment house in Kanto-koushin area						
~ 29	23	843	179	181	18	1219
30 ~ 39	92	1147	361	218	27	1754
40 ~ 49	154	1331	478	176	49	2032
50 ~ 59	211	1383	519	128	54	2086
60 ~64	90	1364	551	113	44	2071
65 ~	208	1380	495	47	36	1959
■ Annual household income living at apartment house in Kanto-koushin area						
~ 2.5 million yen	124	1072	325	90	32	1521
2.5 ~ 5 million yen	253	1204	400	160	36	1802
5 ~ 7.5 million yen	185	1365	435	177	71	2050
7.5 ~ 10 million yen	121	1530	712	96	40	2378
10 million yen ~	105	1866	851	60	16	2794
■ Build year of apartment house in Kanto-koushin area						
~ 1980	128	1252	484	26	40	1800
1981 ~ 1990	132	1356	462	98	63	1976
1991 ~ 2000	211	1386	538	128	33	2086
2001 ~ 2010	175	1453	535	171	43	2199
2011 ~	66	1214	392	174	15	1794
■ Ownership of apartment house in Kanto-koushin area						
Condominium	350	1534	683	33	24	2274
■ Floor are of flat in apartment house in Kanto-koushin area						
50 ~ 75 m <sup>2</sup>	383	1460	573	155	46	2237
75 ~ 100 m <sup>2</sup>	126	1621	730	17	24	2395
■ Number of rooms in flat of apartment house in Kanto-koushin area						
4	336	1600	688	122	46	2455
5 ~	47	1919	666	67	31	2686

City grade 1: Prefectural capital or government-designated city; LPG: liquefied petroleum gas

Table 3-8 Most frequently used in the various residents in Japan (FY 2018)

Most frequently used heating equipment [%]	Throughout Japan		Kanto-koushin area	
	Apartment	Detached	Apartment	Detached
Air-conditioner	37	29	43	35
Electric stove	10	5	11	3
Electric carpet / Kotatsu	19	14	20	15
Gas stove	5	5	7	10
Oil stove	20	34	9	25
Gas floor heating	2	2	7	6
No equipment	4	1	2	0
Other / Unknown	3	10	1	6

### 3-9 省エネ行動とエネルギー利用の実態把握の総括と課題

1-2-2 で述べたように、我国の住宅ストックに占める鉄骨・鉄筋コンクリート造の共同住宅、いわゆる分譲または賃貸マンションの割合は増加しており、2018年には31%を占めている[9]。国のCO<sub>2</sub>排出量削減目標を実現するためには集合住宅におけるエネルギー利用の実態把握は重要な課題であるが、実績データを用いた研究事例は限られている。

本章では、複数の集合住宅で取得した HEMS データでエネルギー量の実態を把握した。さらにアンケート調査による省エネ行動の差異と建物間のエネルギー利用の差異との関係を考察した。その結果、分譲集合住宅としてはエネルギー利用がほぼ同様の水準にあるものの、建物の断熱性能の差、居住者の省エネ意識の差がエネルギー利用の差異に影響していることが示唆される結果となった。

本研究では HEMS データから各月の日平均量を算出した数値による分析に留まっている。今後の課題としては、さらに時間単位の推移まで比較分析することで生活スタイルの影響をより明確に把握し、一般的な住宅にもこの成果を適用できるようにすることであると考える。

### 3-10 まとめ

本章では、集合住宅 SK を含む調査対象建物 22 棟を対象に、建物特性がエネルギー利用に与える影響の差異を考察した。さらに電力の分岐回路を含むエネルギー利用実績を計測して全住戸のデータを取得した集合住宅 SK を対象に、居住者特性、省エネ行動および HEMS サービス利用の傾向、エネルギー利用の実態を分析した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) オール電化住宅は電気ガス併用住宅と比較して、エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量が高い傾向であった。また省エネ意識の差異もみられた。
- (2) 築年が古い建物では、居住者の省エネ意識が高いにも拘らず、電力使用量が高い傾向であった。これは建物の断熱性能の低さが影響していることが推察される。

- (3) 近畿圏の住宅では首都圏の住宅よりも電力使用量が多い傾向であった。近畿圏の居住者は省エネ意識も低く、この要因としては東日本大震災後の省エネに対する意識の差異が影響している可能性が考えられる。
- (4) 電力使用量はエアコン利用の影響により夏期と冬期に高くなっていた。電力使用量は外気温度の変化に対し、17~18℃を底とする2次関数曲線で近似することができる。
- (5) 今後の課題は、時間単位の推移まで比較分析することで生活スタイルの影響をより明確に把握し、一般的な住宅にもこの成果を適用できるようにすることである。

## 第 4 章 集合住宅における冷暖房利用タイプに基づいたエネルギー利用および省エネ行動の特性

### 4-1 はじめに

### 4-2 タイプ区分に基づいた冷暖房利用および省エネ行動の分析の意義

### 4-3 分析方法

### 4-4 LD エアコン利用の季節変動と冷房期間における傾向

#### 4-4-1 LD エアコン利用の季節変動

#### 4-4-2 冷房利用開始期と終了期の傾向

#### 4-4-3 冷房期間におけるエアコンの最大出力と電力使用量の関係

### 4-5 LD エアコン利用タイプによる傾向の分析

#### 4-5-1 LD エアコン利用の季節変動によるタイプ分類

#### 4-5-2 エアコン利用月数による傾向

#### 4-5-3 エアコン利用タイプと省エネ行動の関係

### 4-6 住戸特性の影響

#### 4-6-1 間取タイプによる差異

#### 4-6-2 住戸位置による差異

### 4-7 居住者特性の影響

#### 4-7-1 世帯人数による差異

#### 4-7-2 世帯主の年齢による差異

#### 4-7-3 子供の年齢による差異

#### 4-7-4 主婦の就業タイプによる差異

### 4-8 在宅時間がエネルギー利用に与える影響

### 4-9 冷暖房利用の季節変動タイプに基づいた分析の総括と課題

### 4-10 まとめ

## 4-1 はじめに

本章では、2-3-4 で説明したように、エアコン電力の分岐回路を含むエネルギー利用実績を計測して全住戸のデータを取得した集合住宅 SK を対象に、リビングダイニング (LD) における冷暖房利用の季節変動に基づいて居住者を 3 タイプに区分した。各タイプのエネルギー利用実績に基づき、住戸特性、居住者特性や生活スタイルがエネルギー利用に与える影響を考察する。

4-2 では、冷暖房利用タイプに基づいたエネルギー利用および省エネ行動の分析の意義を説明する。

4-3 では、この章における分析方法について説明する。

4-4 では、LD エアコン利用の季節変動の傾向、冷房期間における外気温度の変化とエアコン利用の関係、エアコンの推定定格能力と冷房期間の電力使用量との関係を分析する。

4-5 では、エアコン利用の季節変動パターンにより居住者を 3 タイプに区分し、タイプによる省エネ行動の違いを分析する。

4-6 では、住戸特性の影響を分析する。

4-7 では、居住者特性の影響を分析する。

4-8 では、在宅時間がエネルギー利用に与える影響を考察する。

4-9 では、本章の成果を総括し、課題を説明する。

4-10 では、本章のまとめを行う。

## 4-2 タイプ区分に基づいた冷暖房利用および省エネ行動の分析の意義

3-6 で示したように、エネルギー利用は住戸による差異が大きい。また電力利用の季節変動には、夏期と冬期におけるエアコン利用が大きく影響している。一方で省エネ行動も居住者による差異が大きく、居住者特性や省エネ行動の差異がエネルギー利用に影響している可能性がある。

一方 3-2 で述べたように、居住者自らが効果的な省エネ策を進めるためには、居住者のエネルギー利用の実態把握、エネルギー利用の差異を生み出す要因の解明、居住者特性や生活スタイルに応じた快適性を損なわない省エネ策の提案が必要である。しかし集合住宅のエネルギー利用実績データを研究に活用できる事例は非常に少なく、居住者特性に応じた省エネ行動やエネルギー利用の実態把握は不十分である。

1-3 で述べたように、本研究ではエアコンなどの分岐回路を含む電力使用量、ガス・水使用量を HEMS で計測した先進的な集合住宅 SK において HEMS データを取得するとともにアンケート調査を実施した。本章では特に LD における冷暖房利用に着目し、その季節変動パターンが異なるタイプに区分して傾向分析を行った。これにより全体平均では見えてこない居住者タイプ毎の傾向を明らかにすることができると考えた。タイプ分けした居住者毎のエネルギー消費実績とアンケート調査に基づく居住者特性や生活スタイルとのク



ロス分析を行うことで、住宅における冷暖房利用の差異を生み出す要因を明らかにし、個々の居住者特性に相応しい省エネ策の策定に貢献するものとする。

### 4-3 分析方法

本研究では集合住宅 SK における 2018 年度 HEMS データの中で欠損がない 309 戸分のデータを用い、年間使用量および月毎の 1 日当り平均使用量を主たる分析対象とした。ただし冷房利用期間の分析においては 1 日単位のデータを用い、住戸特性や居住者特性の影響を排除するため 3LDK 中間住戸に居住する子供が 5 歳以下の 3 人家族という同一条件の 37 世帯を分析対象とした。

一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量は 2-5 で説明した換算係数を用いて計算した。電力使用量は購入電力量と燃料電池による発電量を合計して算出した。外気温度は 2-4-3 で説明したように、気象庁の地域気象観測システム（アメダス：AMeDAS）[81] から SK の近傍に位置する羽田観測所における 2018 年度のデータを用いた。

Figure 4-1 に示すプロセスで、HEMS データと建物情報・アンケート調査結果をクロス分析した。LD エアコン利用における住戸特性および居住者特性の影響について検討を行い、各戸の特性に応じた省エネ策の可能性を考察した。

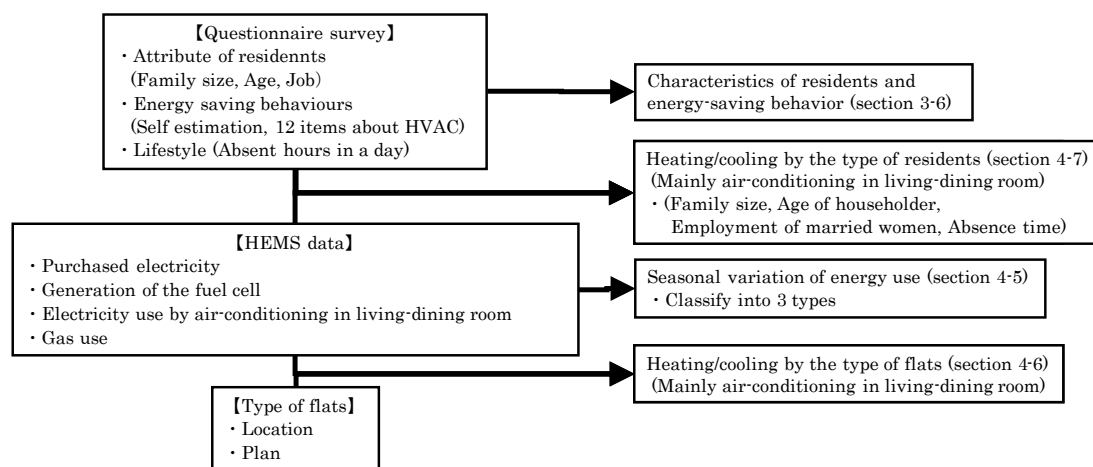


Figure 4-1 Scheme of the study

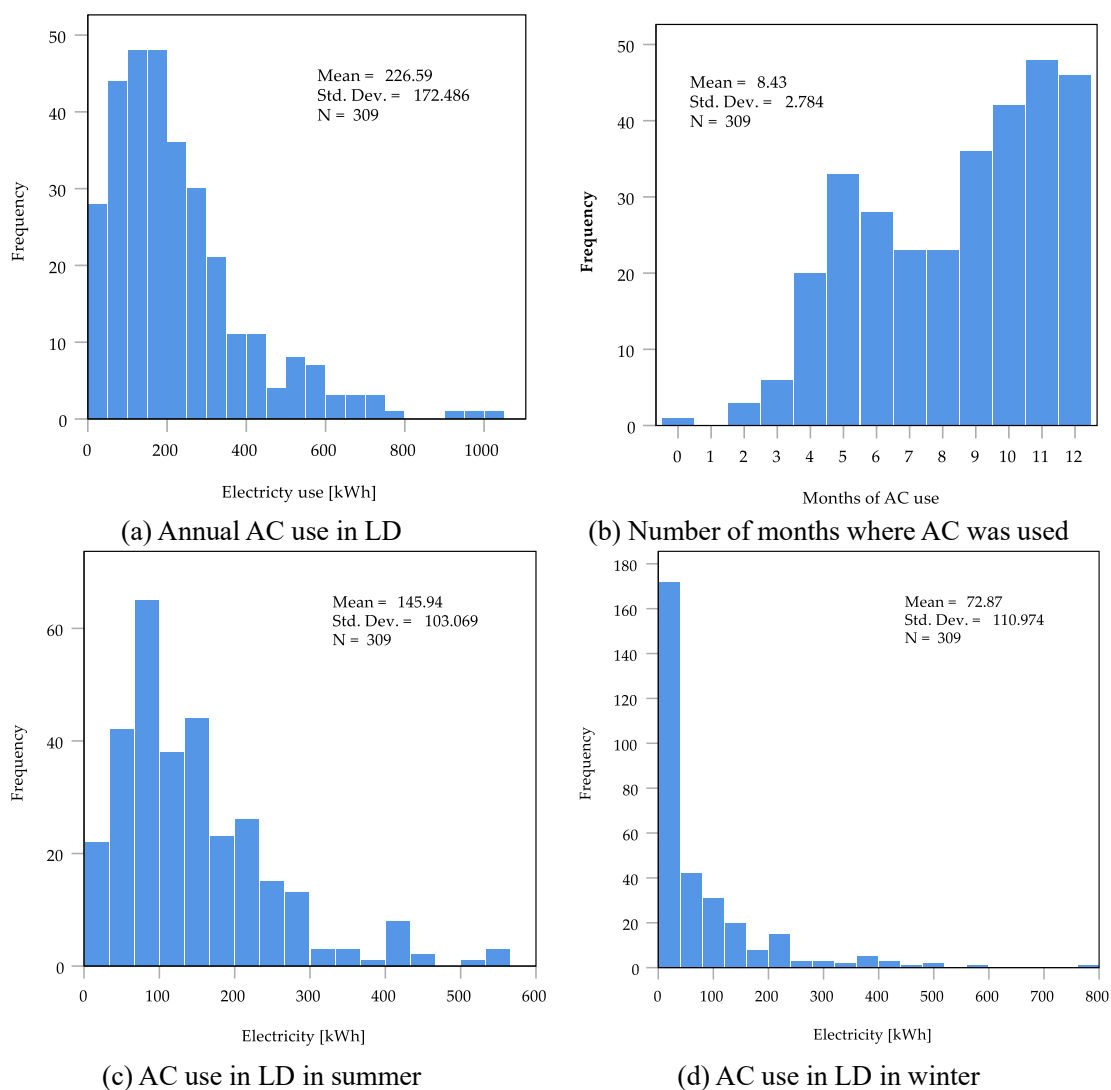
### 4-4 LD エアコン利用の季節変動と冷房期間における傾向

#### 4-4-1 LD エアコン利用の季節変動

3-6-3 で示したように、電力使用量の季節変動には夏期と冬期のエアコン利用が大きく影響している。本項では、集合住宅 SK において LD エアコン利用の季節変動をみる。

Figure 4-2 に、各住戸の一日当り LD エアコン電力使用量を月ごとに示す。夏は 7~8 月をピークにして主に 6~9 月の 4 ヶ月でエアコンが利用されている。冬は 1~2 月をピークに主に 12~3 月の 4 ヶ月でエアコンが利用されている。本研究では「夏期」を冷房利用月の 6~9 月、「冬期」を暖房利用月の 12~3 月として分析を進める。



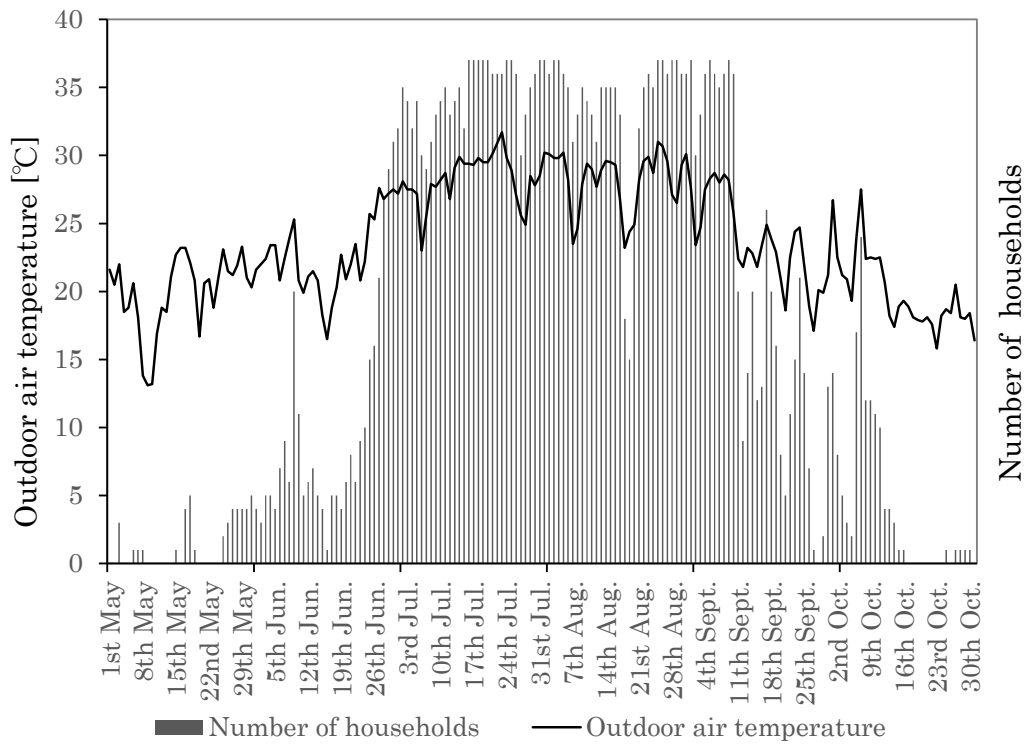


**Figure 4-3 AC use in living-dining room (LD)**

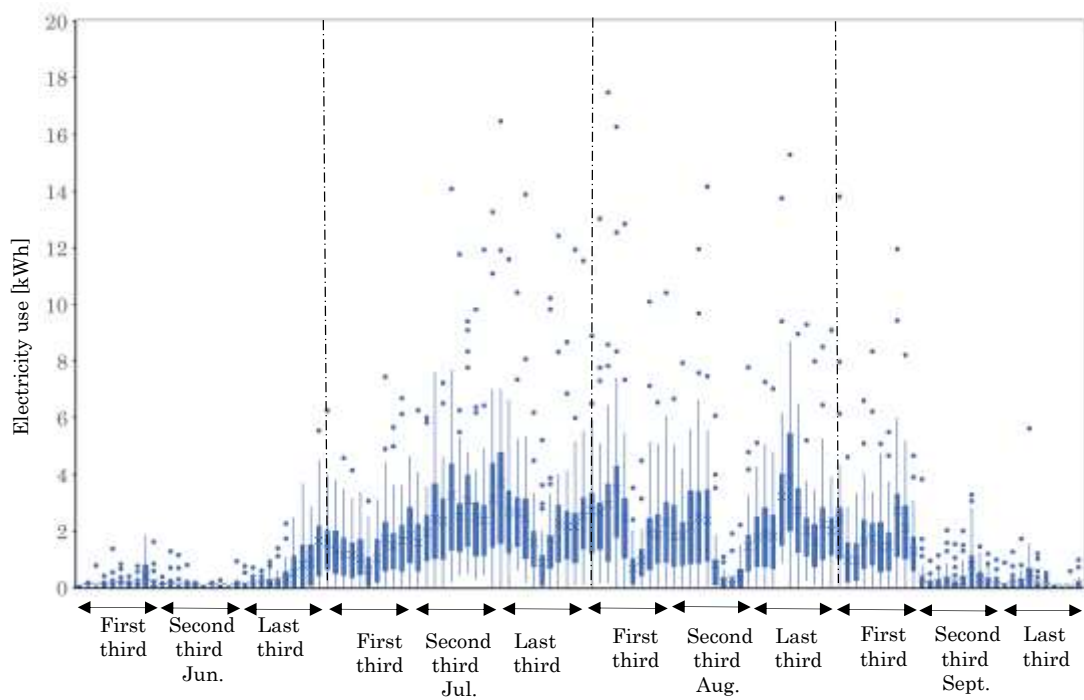
#### 4-4-2 冷房利用開始期と終了期の傾向

本項では、集合住宅 SK において、夏期の冷房期間における日毎の LD エアコン利用の実態を把握する。住戸特性や居住者特性の影響を排除するため、3LDK 中間住戸に居住する子供が 5 歳以下の 3 人家族という同一条件の 37 世帯に分析対象を絞る。

Figure 4-4 に 5~10 月の日毎の平均外気温とエアコン利用住戸数を示す。過半数の住戸がエアコンを使用しているのは 6 月下旬から 9 月中旬の約 80 日間であり、この期間の平均外気温は 25℃以上である。Figure 4-5 に 6~9 月の日毎のエアコン電力使用量を示す。7 月中旬から 9 月上旬にエアコン電力使用量のばらつきが大きくなり、エアコン利用度の高い世帯がみられる。



**Figure 4-4** Daily change in the number of households using AC use in LD and outdoor air temperature during cooling period



**Figure 4-5** Daily electricity use for AC in LD of each household during cooling period

先行研究をみると、洪 [47] が 1991 年に実施したアンケート調査では、東京郊外に立地するファミリータイプの集合住宅における冷房使用日数は 66~70 日であった。坊垣ら [38] が 1992~1993 年に実施したアンケート調査では、東京においてクーラー使用率が 50%となる外気温は 24~25℃であり、期間は 7 月上旬から 9 月上旬であった。水谷ら [40] が 2002~2003 年に実施したアンケート調査では、全国平均の集合住宅における暖房期間 3.9~4.1 ヶ月、冷房期間 1.8~2.4 ヶ月であり、暖房期間は冷房期間の約 2 倍となっていた。

本研究対象建物で月毎にエアコン利用が発生している住戸の比率をみると、5~10 月の冷房期間前後 5 ヶ月が 78~99%の比率、暖房期間 12~3 月の 4 ヶ月が 58~68%となり、残りの 3 ヶ月も 37~47%の住戸でエアコン利用が発生している。先行研究における冷暖房期間との差異は、調査時点に 15 年ほど開きがあることにより建物の断熱性能向上が向上して暖房需要が減少したこと、逆に住宅の高気密化やエアコンの普及により冷房需要が増加したこと、さらには気候変動による外気温度上昇が影響していると推測される。

細井ら [50] が分析対象とした電力・ガス併用集合住宅では、冷房の二次エネルギー消費量は 7 月と 8 月が約 10MJ/日、6 月と 9 月が約 5MJ/日である。一方で暖房（電力）の二次エネルギー消費量は、2 月が 20 MJ/日、12 月・1 月・3 月が約 15~20MJ/日であり、暖房の方が冷房よりも大きい。また細井らはガスの用途推計により暖房二次エネルギー消費量を世帯人数別に算出し、1~3 人世帯で平均 40MJ/日、4・5 人世帯で平均 60MJ/日程度とした。大塚ら [52] による全電化集合住宅の調査から平日の LD 冷暖房電力使用量を推計すると、7 月が 2.0 kWh/日、2 月が 3.1 kWh/日となり、冷房よりも暖房の使用量の方が大きい。

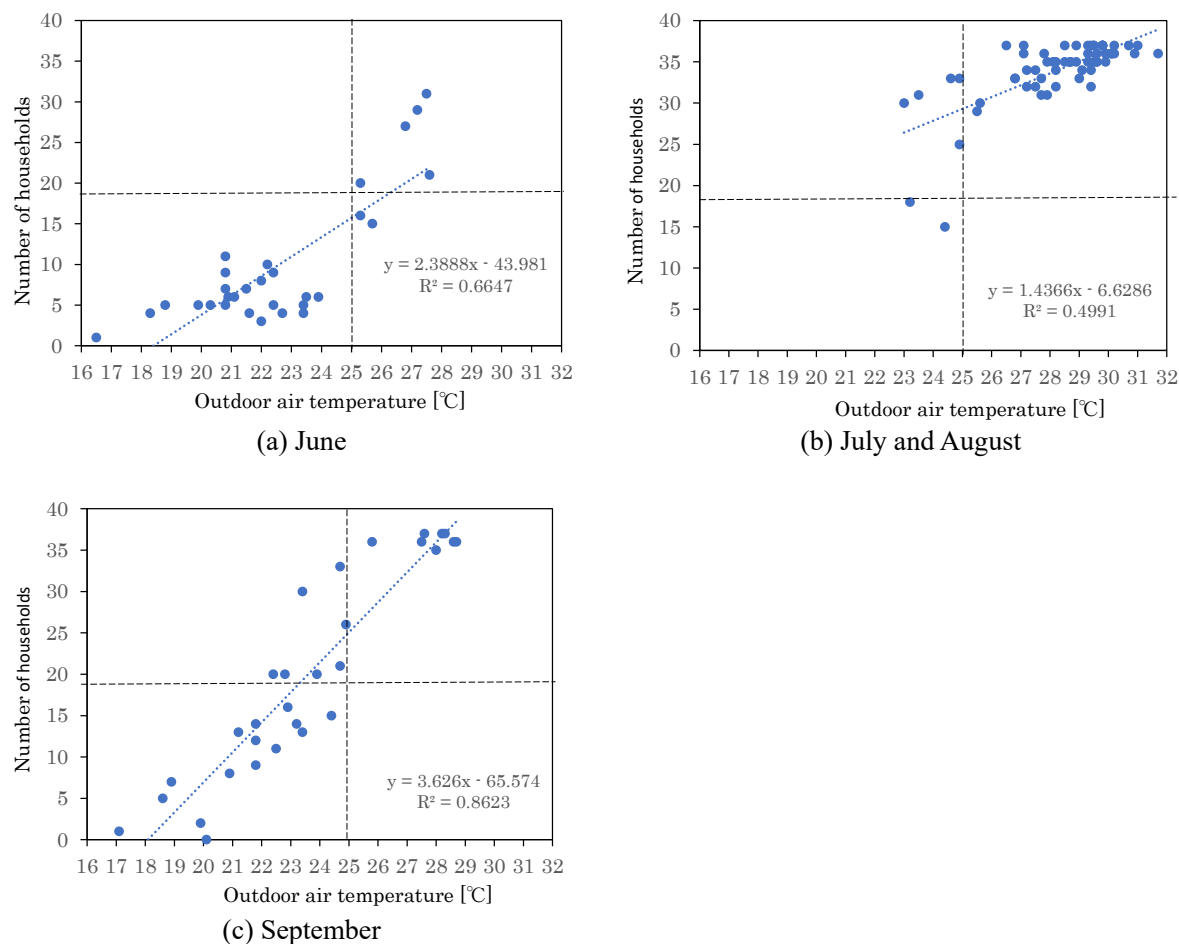
本研究では、冬期のエアコン電力使用量が夏期よりも少ない。冬期のエアコン依存度が低い要因としては、低炭素認定を取得している対象建物では先行研究の対象建物よりも冬期の熱損失が少ない可能性があること、エアコンよりも床暖房を活用する生活スタイルの住戸が多いことが推測される。しかし対象建物においては用途別、すなわち燃料電池

(Fuel cell; FC)、バックアップボイラーによる給湯 (FC からの給湯の不足分を補充)、バックアップボイラーからの床暖房・浴室暖房乾燥 (ミストサウナ機能付) への熱源供給、および台所コンロのガス消費量毎の値が計測されておらず、ガス床暖房の利用実態についてはさらに精査する必要がある。

冷房期を開始期の 6 月、中央期の 7・8 月、終了期の 9 月に分け、各日の LD エアコン利用世帯数と日平均気温との関係を Figure 4-6 に示す。

各月の LD エアコン利用住戸数を比較すると、6 月では半数以上の住戸がエアコンを使い始めるのは 25℃を超えてからだが、7・8 月では 23℃程度の涼しい日でも約 8 割がエアコンを利用しており、9 月では 23℃を切っても半数以上がエアコンを利用している日がみられる。坊垣ら [38] は「クーラーは、使い始めるときよりも外気温度が低めになるまで使い続けられる傾向がある」とし、「春より秋の方が、太陽高度が低く日射が侵入して室温が上がりやすいことが、その一因になっていると考えられる」と考察している。この傾向に影響を及ぼしている他の要因として、躯体の蓄熱の影響により外気温度の低下と室内温度の

低下に時差が生じていることが推測されるが、さらに夏の間や秋口に外気温度が低下しても冷房利用の習慣を引きずってエアコンを利用し続けていることも要因の一つとして考えられる。この時期に外気温度の低下を居住者が把握して適切なエアコン稼働を行うことで、省エネにつながる可能性が示唆される。

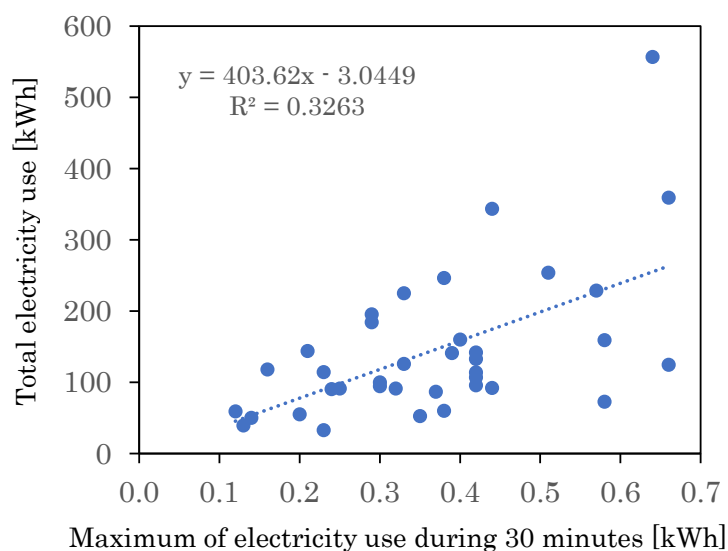


**Figure 4-6** Mean daily outdoor air temperature and number of households using AC in LD during cooling period

#### 4-4-3 冷房期間におけるエアコンの最大出力と電力使用量の関係

本項では、集合住宅 SK において 4-4-2 と同様に同一の住戸および居住者特性に絞り込んだ 37 世帯を対象に、エアコンの定格能力と冷房期間中の電力利用量の関係について推測する。

冷房期間中（6/26～9/10）における 30 分値の最大値と期間全体の電力使用量との関係を Figure 4-7 に示す。各住戸のエアコンの定格能力は把握していないが、冷房期間における 30 分値の最大値をエアコンの最大出力とみなして推測することが可能だと考えた。30 分値の最大値が増加すると期間全体の電力使用量も増加傾向である。この傾向は、必要以上に定格能力の大きいエアコンを使用しているために冷房期間全体の電力使用量が増加している住戸の存在を示唆している。これは矢野ら [58] による「夏の平均定格比は多くの住戸において 1 を大きく下回っており、負荷に対して定格消費電力が大きいと考えられる」という考察と一致する。



**Figure 4-7.** Maximum value of 30 minutes data and total electricity use of AC in LD during cooling period (26<sup>th</sup> June ~ 10<sup>th</sup> September)

## 4-5 LD エアコン利用タイプによる傾向の分析

### 4-5-1 LD エアコン利用の季節変動によるタイプ分類

Fig. 4-2 をみると、特に夏期と冬期にエアコン利用のばらつきが大きい。本項では、集合住宅 SK において LD エアコン利用の季節変動パターンに基づいて居住世帯をタイプ分類し、タイプ毎の利用特性を分析する。

Figure4-3 (d) に示すように、冬期 4 ヶ月は 74 戸が LD エアコンを利用しておらず、0kWh から 780kWh まで広範囲に分布している。各住戸の LD エアコン電力使用量の季節変動パターンをみると、夏期と冬期の利用に異なる傾向がみられたため、居住世帯を以下のよう  
に 3 タイプに分類した。すなわち夏期は LD エアコンを使用するが冬期は利用しない住戸を「S」タイプ、夏期・冬期ともにエアコンを利用するが 6~9 月の間に月毎の日当り最大値が発生する住戸を「Sw」タイプ、夏期・冬期ともにエアコンを利用するが 12~3 月にの間に月毎の日当り最大値が発生する住戸を「Ws」タイプとした。3 タイプの比率は、「Sw」タイプ 57%、「S」タイプ 24%、「Ws」タイプ 19%となった。なお 1 世帯は年間を通じて LD エアコンを利用していない。

Table 4-1 に、年間電力使用量、LD エアコンの年間／夏期／冬期電力使用量および使用発生月数、ガス使用量、水使用量、一次エネルギー消費量を示す。各タイプの分布について、相互の有意差をみるために t 検定を行った結果を表の右側に示す。これらの数値からは以下の傾向が読み取れる。

- ・年間電力使用量は「Ws」「Sw」「S」の順に多いが、「Sw」と「Ws」はほぼ同水準であり、双方とも「S」と有意差がある。
- ・年間 LD エアコン電力使用量および利用発生月は「Ws」「Sw」「S」の順に多く、相互に有意差がある。
- ・夏期の LD エアコン電力使用量は「Sw」「S」「Ws」の順に多く、「Sw」と「Ws」間で有意差がある。
- ・冬期のガス使用量は「Sw」が高く、「S」「Ws」双方と有意差がある。
- ・冬期以外のガス使用量、年間一次エネルギー消費量は「Sw」「Ws」「S」の順に多く、「S」と「Sw」「Ws」の間に有意差がある。

これらの結果から、冬期にエアコン利用のない「S」タイプおよび冬期のエアコン利用度が低くガス消費量が多い「Sw」タイプを合わせると全体で 80%を占め、これらの住戸は冬期の主暖房としてガス床暖房を利用していることが推測される。一方で冬期にエアコン利用度が高い「Ws」タイプは冬期もエアコンを主暖房として利用している住戸であることが推測される。

Figure 3-5 で示した各世帯の省エネ行動実行項目数を用いて実行項目 6 以下の世帯と 7 以上の世帯に二分し、LD エアコン利用 3 タイプとの関係を見ると、7 項目以上の省エネ行動を実行している世帯の比率は「S」タイプが 66%、「Sw」タイプが 45%、「Ws」タイプが 21%であった。また  $\chi^2$  検定で 3 タイプ間の省エネ行動実行項目数を比較すると、1%水準の有意差



がある。冬期にエアコン暖房を使用していない「S」タイプは「Sw」「Ws」タイプと比べて年間を通してエネルギー利用が少なく、省エネ行動の実行度も高いことから省エネ実行世帯群であると考えられる。一方で冬期にエアコン暖房利用度の高い「Ws」タイプは省エネ行動の実行度が低い世帯群といえる。

**Table 4-1** Energy use variables by 3 types of AC use in living-dining room (LD)

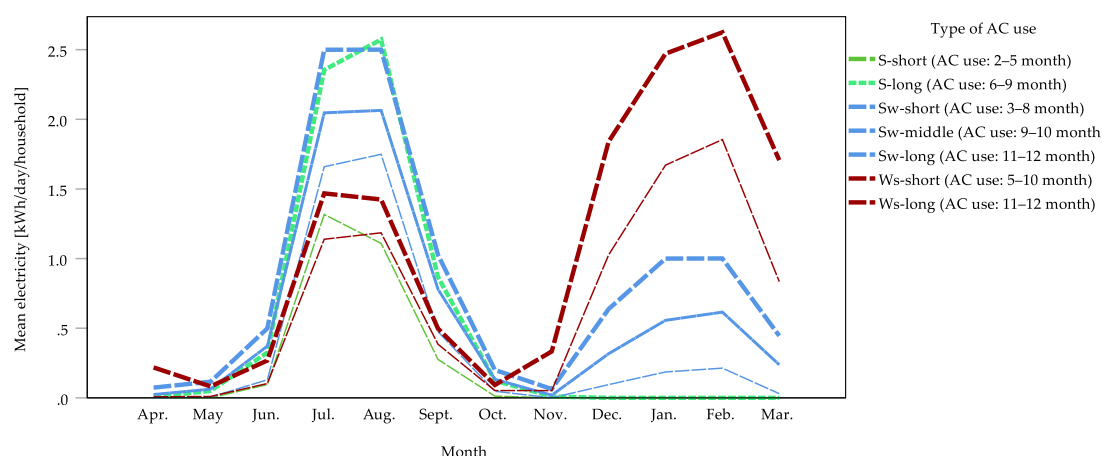
Variable	Type of AC use in LD						P value of t-test		
	S (n=73)		Sw (n=175)		Ws (n=60)		S : Sw	Sw : Ws	S : Ws
	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.			
Annual electricity use [kWh/household]	2,871	1,127	3,500	1,039	3,521	1,052	< 0.001	0.90	0.001
Annual AC use in LD [kWh/household]	144	121	223	149	342	221	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Number of months where AC was used	5.1	1.4	9.2	2.2	10.4	1.7	< 0.001	< 0.001	< 0.001
AC use in LD in summer [kWh/household]	141	118	162	101	108	77	0.17	< 0.001	0.06
AC use in LD in winter [kWh/household]	0	0	53	67	219	147	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Gas use in winter [m <sup>3</sup> /household]	360	177	434	169	361	116	0.002	< 0.001	0.96
Annual primary energy [GJ/household]	60	24	73	22	68	18	< 0.001	0.11	0.02

S: AC use in summer but not use in winter; Sw: Max. AC use in summer but also use in winter; Ws: Max. AC use in winter but also use in summer, Avg.: average; S.D.: standard deviation, Electricity use was sum of the purchased electricity and the generated electricity by fuel cell cogeneration system (FC-CGS)

#### 4-5-2 エアコン利用月数による傾向

本項では、集合住宅 SK における LD エアコン利用について、各世帯でエアコン利用が発生する月数による傾向を分析する。LD エアコン利用月数で 3 タイプを 2~3 に再分割して 7 区分を設定し、区分毎の LD エアコン電力使用量/日の推移を Figure 4-8 に示した。

LD エアコンを 11~12 ヶ月利用している住戸（図中の太線）は、冷房／暖房のピーク月（7・8 月／1・2 月）における LD エアコン電力使用量も多い。利用月数とピーク月の電力使用量の相関分析を行うと、3 タイプ共に、利用月数の多い世帯は少ない世帯よりピーク月のエアコン電力使用量が夏期・冬期とも有意に多い（「S」タイプで 5%水準、「Sw」「Ws」タイプで 1%水準）。また LD エアコン利用月数の多い世帯は洋室 1 のエアコン電力使用量も多く、「Sw」タイプでは有意差がある。このエアコン依存度の高い世帯では、居住者特性に共通の特徴はみられないが、ガス・水道の利用量も多く「エネルギー多消費世帯」ということができる。省エネ提案に向け、多消費の要因（省エネ行動との関係など）を検討する必要がある。



**Figure 4-8** Monthly mean electricity use per day for AC in living-dining room (LD) in each group based on the number of months where AC was used

(S: AC use in summer but not use in winter; Sw: Max. AC use in summer but also use in winter; Ws: Max. AC use in winter but also use in summer)

### 4-5-3 エアコン利用タイプと省エネ行動の関係

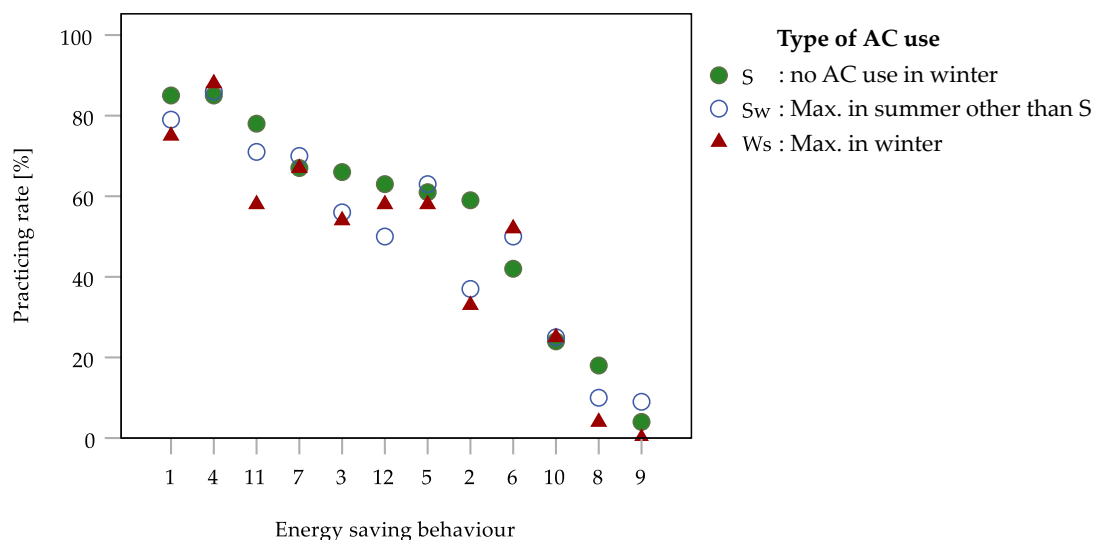
本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と省エネ行動との関係进行分析する。Figure 4-9 に 3 タイプ毎の省エネ行動の実行度を示す。

「2.エアコンではなく扇風機を使用」は「S」で実行度が有意に高く（「S」対「Sw」で  $p=0.03$ 、22%pt 差）、「3.エアコンと一緒に扇風機を活用」も高め（「S」は「Sw」「Ws」と 10~12%pt 差）である。その他「1.エアコンの設定温度」「8.すだれ」「11.窓を開けて通風」「12. AC フィルター清掃」も 5~20%pt 高い。

省エネ実行世帯の「S」タイプでは、夏期に扇風機を積極的に利用するなど、様々な省エネ行動の総合としてエアコン電力使用量を抑制していることが示唆される。一方、前項で言及したエアコン依存度の高い世帯を他の世帯と比較すると、「Sw」と「Ws」タイプで項目 2・3 の扇風機活用度が低く、特に「Ws」タイプでは項目 3 が有意に低い。

以上により、「Sw」「Ws」タイプに含まれるエネルギー多消費世帯に対しては、「S」タイプでみられる各種の省エネ行動の積極的な実行を促す情報提供などの誘導策が有効と考えられる。

以下の分析では、「S」「Sw」「Ws」タイプ間で有意差のある「年間 LD エアコン電力使用量」「利用発生月数」「夏期（6~9 月）LD エアコン電力使用量」「冬期（12~3 月）LD エアコン電力使用量」「冬期ガス電力使用量」の比較により考察を行う。



**Figure 4-9** Practicing rate of each energy saving behavior in each type of AC use  
(See Figure 3-3 for behavior number)

## 4-6 住戸特性の影響

### 4-6-1 間取タイプによる差異

本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と間取タイプとの関係进行分析する。中間住戸と角住戸で床面積帯の異なる 3LDK (71~77m<sup>2</sup>) と 4LDK (80~90m<sup>2</sup>) の構成比率が異なるため、中間住戸と角住戸に分割し、各々の 3LDK と 4LDK の年間エネルギー利用を比較した (Table 4-2)。

一次エネルギー消費量は、中間住戸および角住戸ともに 4LDK が大きい傾向であるが有意差はない。一方で角住戸ではエアコン利用が夏期・冬期ともに 4LDK の方が少ない傾向である。LD エアコン利用については、間取タイプの差による影響はないと考えられる。

Table 4-2 Energy use values in each plan type

Location of flat	Energy values	Type of floor plan				p value of t-test
		3LDK		4LDK		
		Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	
Corner	Annual electricity use [kWh/household]	3980	957	3824	1249	0.65
	Annual AC use in LD [kWh/household]	349	243	224	135	0.02
	Number of months AC was used	9.1	2.8	9.2	2.6	0.89
	AC use in LD in summer [kWh/household]	173	96	125	96	0.09
	AC use in LD in winter [kWh/household]	156	165	93	92	0.07
	Gas use in winter [m³/household]	412	153	466	175	0.27
	Annual primary energy [GJ/household]	76	17	78	24	0.68
Intermediate	Annual electricity use [kWh/household]	3215	1031	3396	1120	0.37
	Annual AC use in LD [kWh/household]	215	161	250	229	0.29
	Number of months AC was used	8.3	2.8	7.7	2.8	0.27
	AC use in LD in summer [kWh/household]	145	98	167	144	0.28
	AC use in LD in winter [kWh/household]	62	103	78	134	0.43
	Gas use in winter [m³/household]	386	163	422	155	0.26
	Annual primary energy [GJ/household]	66	22	71	22	0.31

### 4-6-2 住戸位置による差異

本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と住戸位置との関係进行分析する。住戸位置によるエネルギー消費傾向について、先行研究では水谷ら [40] が中間階・中間住戸は外気に接する面積が少なく断熱性・気密性に有利となるため暖房用エネルギーが少ないことを示している。

角住戸と中間住戸、かつ最下階 (2F)・中間階・最上階 (18F) に区分し、LD エアコン利用タイプ毎のエネルギー量を Table 4-3 に示す。角住戸は中間住戸と比較して「Ws」タイプの比率が多く、0.1%水準の有意差がある。また「S」「Sw」タイプの比較可能な全ての区分において床暖房使用を含んでいるガス使用量が、角住戸において多くなっている。特に最

上階の角住戸（Sw のみ）は際立って多く、6 戸以上ある「S」「Sw」タイプの他の区分のいずれとも有意差が認められる。冬期の LD エアコン電力使用量についても、「Sw」タイプの中間階と最上階で角住戸が中間住戸より 48%以上多くなっている。中間階全体で角住戸の一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量が中間住戸よりも 5%水準の有意差で大きく、特に「Ws」タイプでその傾向が顕著である。以上により、中間住戸と角住戸の間取構成比ないしは面積帯の違いに関わらず、角住戸の冬期における暖房エネルギー使用量は中間住戸より大きいと考えられる。

なお中間住戸で最上階と中間階を比較すると、「Ws」タイプでは最上階のエネルギー使用量が大きくなっているが、「S」「Sw」タイプではむしろ小さ目である。また最下階の

「Sw」はエアコン利用期間が長く、夏期の利用も多い傾向である。最下階では、隣接する高速道路に近いなどの外部環境条件のため、騒音対策・プライバシー対策としてエアコン利用が多くなっている可能性がある。

「地球温暖化対策計画」においては、新築住宅だけではなく既存住宅においても断熱性の向上を目指している。そのためには現状の建物における断熱性能強化の余地を把握し、居住者にその必要性に対する認識を波及させる必要がある。広瀬ら [49] は、断熱性能が次世代省エネ基準レベルの建物と無断熱相当の建物を比較し、空調二次エネルギー消費量で 2.4 倍の差を示した。本研究対象建物は次世代省エネ基準よりもさらに高い断熱性能の低炭素建築物認定レベルであるが、角住戸においてはまだ断熱性向上の余地があることが分かった。断熱性能を中間住戸と角住戸で変えることは一般的ではないが、住戸位置の差を解消するためには、角住戸の断熱材を増量するといった設計・施工上の配慮が求められる。

**Table 4-3** Mean energy use values in each location of flat

Location of flat	Type of AC use in LD	Type S			Type Sw			Type Ws	
	Floor level	2nd	3-17	18th	2nd	3-17	18th	3-17	18th
Corner	Number of households [units]	1	7	0	1	24	4	21	0
	Annual AC use in LD [kWh]	294	94	-	168	253	268	325	-
	Number of months AC used	5.0	5.0	-	6.0	9.5	10.0	10.4	-
	AC use in LD in summer [kWh]	280	92	-	167	174	178	99	-
	AC use in LD in winter [kWh]	0	0	-	0.2	73	74	212	-
	Gas use in winter [m <sup>3</sup> ]	659	435	-	521	452	767	380	-
Intermediate	Number of households [units]	5	58	2	11	126	9	36	3
	Annual AC use in LD [kWh]	127	151	79	244	216	200	341	478
	Number of months AC used	5.2	5.1	4.0	10.3	9.2	8.0	10.4	10.3
	AC use in LD in summer [kWh]	126	148	79	175	159	146	107	183
	AC use in LD in winter [kWh]	0	0	0	63	49	49	220	269
	Gas use in winter [m <sup>3</sup> ]	398	344	303	390	426	388	350	352

S: AC use in summer but not use in winter; Sw: Max. AC use in summer but also use in winter; Ws: Max. AC use in winter but also use in summer, LD: living-dining room

## 4-7 居住者特性の影響

### 4-7-1 世帯人数による差異

本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と世帯人数との関係を分析する。水谷ら [40] は、世帯人数が増加するとエネルギー使用量も増加するが、一人当たりエネルギー使用量は減少することを示している。大塚ら [52] は全電化集合住宅の調査から、四季各々において電力使用量は世帯人数と有意な相関関係にあることを示している。3-8 で触れたように、環境省の「平成 30 年度 家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査」[42] でも年間 CO<sub>2</sub> 排出量は同様の傾向を示している。

Figure 4-10 は、世帯人数毎の年間 LD エアコン電力使用量を LD エアコン利用タイプ別に示したものである。世帯人数が増加すると年間 LD エアコン電力使用量が多くなっており、水谷ら [40]・大塚ら [52] の分析結果と一致する。なお LD エアコン利用タイプ毎の平均世帯人数は、「S」タイプで 2.69 人、「Sw」タイプで 2.78 人、「Ws」タイプで 2.55 人であるが、相互の有意差はない。

Table 4-4 は、上段がエネルギー使用量と世帯人数との間の相関係数、下段が不在時間と世帯人数との相関係数である。冬期に床暖房を活用する「S」「Sw」タイプでは冬期のガス使用量と世帯人数に有意な正の相関がある。細井ら [50] は冬期の世帯別暖房消費量を分析し、世帯人数が増加するにつれ暖房・その他用途のガス消費量が多くなる傾向となり、この要因として、人数の少ない世帯では立ち上がりの早いエアコンなどの使用が多く、人数が多い世帯では床暖房を長時間使用していると推察している。

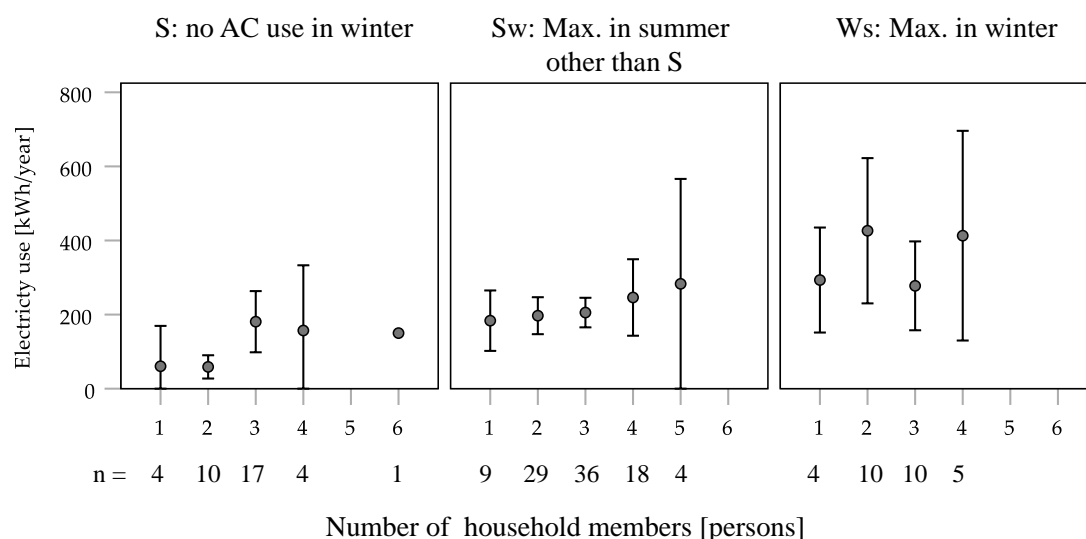


Figure 4-10 Annual AC use in living-dining room (LD) by family size in three types

**Table 4-4** Correlation coefficient with the number of household members

Items	Description	Type S	Type Sw	Type Ws
Energy use	Annual AC use in LD	0.31	0.16	0.01
	Number of months AC used in LD	0.08	-0.10	-0.04
	AC use in LD in summer	0.31	0.19	-0.05
	AC use in LD in winter	-	0.07	0.07
	Gas use in winter	0.36 *	0.37 **	0.12
Absence time	Weekday	-0.49 *	-0.30 *	-0.23
	Weekend	-0.51 **	-0.26	0.38

S: AC use in summer but not use in winter; Sw: Max. AC use in summer but also use in winter;  
Ws: Max. AC use in winter but also use in summer, LD: living-dining room, Significant level: \*\*:  $p < 0.01$ ; \*:  $p < 0.05$

本研究対象建物において世帯人数と床暖房との関係をさらに検討するため、冬期のガスおよび水使用量の世帯人数別分布をみた (Figure 4-11)。細井ら [50] によるガス使用量の用途推計では、冬期は「給湯」が 70MJ 前後/日、「暖房その他」が 30MJ 前後/日であり、両者がガス全体使用量に占める比率は 7 割 : 3 割である。この比率を本研究対象建物に利用し、「給湯」ガス使用量は水使用量に比例すると仮定して、「暖房その他」ガス使用量が世帯人数の増加によって増加する比率を以下のように推計した。

1. ガス全体使用量の増加率に占める給湯用ガス使用量の増加分 (A) = 水使用量の増加率  $\times$  70%
2. 暖房等用ガス使用量の増加分 (B) = ガス全体使用量 - (A)
3. 暖房その他用ガス使用量の増加率 = (B) / 30%

例えば 1 人から 2 人世帯に増加した場合を計算すると、「給湯」ガス使用量による増加は 11% (= 16%  $\times$  0.7)、「暖房その他」ガス使用量による増加は 3% (= 14% - 11%) となる (16%と 14%については Figure 4-11 参照)。「暖房その他」ガス使用量の増加率を逆算すると、1 人世帯から 2 人世帯は 10% (= 3% / 0.3) 増加する。このように各世帯人数間で計算した結果を Table 4-5 に示す。「暖房その他」ガス使用量の増加の大半は床暖房の利用度が影響していると推察され、世帯人数が多いほど床暖房の利用度が高いと推計している細井ら [50] の分析結果と一致している。

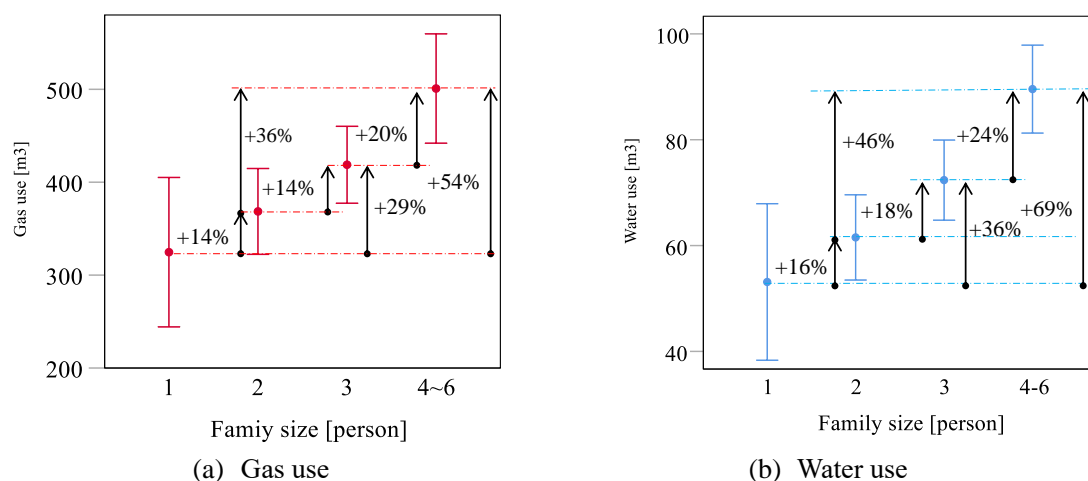


Figure 4-11 Gas or water use in winter by family size

Table 4-5 Estimation of increase rate of gas use for heating and others by the change of family size

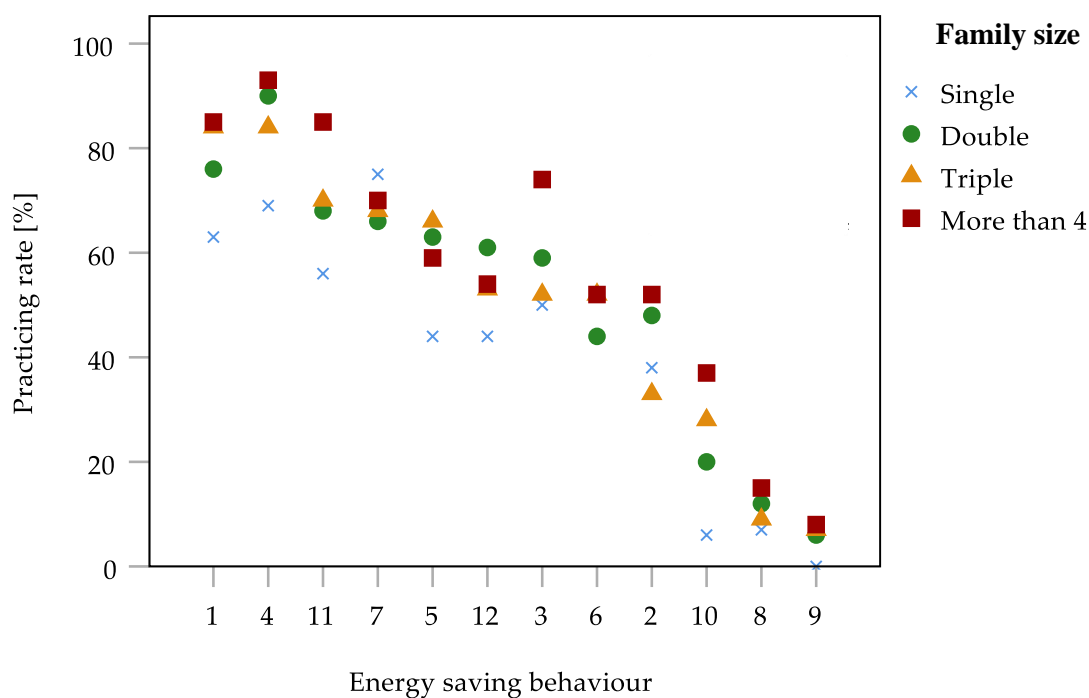
Change of family size [person]	1 to 2	1 to 3	1 to 4~6	2 to 3	2 to 4~6	3 to 4~6
Increase rate of gas use for heating and others [%]	+ 10	+ 13	+ 20	+ 3	+ 13	+ 10

世帯人数で2人以下世帯と3人以上世帯に二分割し、Table 4-4 に示すエネルギー使用量と不在時間の各項目も各々大小の2グループに分割して、世帯人数の2グループと各項目各々の2グループごとに $\chi^2$ 検定を行った。その結果は、「S」において年間および夏期LDエアコン電力使用量の高い世帯の比率が2人以下世帯に比べて3人以上世帯で有意に高くなった。また「Sw」において平日および休日の不在時間の少ない世帯の比率が2人以下世帯に比べて3人以上世帯で有意に高い。不在時間と世帯人数は「S」の平日・休日および「Sw」の平日でも有意な相関があり (Table 4-4)、在宅時間がエネルギー使用量に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

世帯人数別の温熱環境調整行動に関する省エネ行動実行度を Figure 4-12 に示す。大半の省エネ行動項目で、世帯人数が多い方が実行度も高くなっている。特に4人以上の世帯では、窓の開閉 (項目 11) と扇風機の利用 (項目 3) が高くなっている。

以上により、世帯人数とエネルギー使用量や暖房方式との定性的な関係は明らかにすることができた。しかし世帯人数に関連する効果的な省エネ策を提案するためには、さらに定量的な関係性を明らかにすることが不可欠であり、個室のエアコンや床暖房の使用実態などの分析を可能にする調査が必要となる。



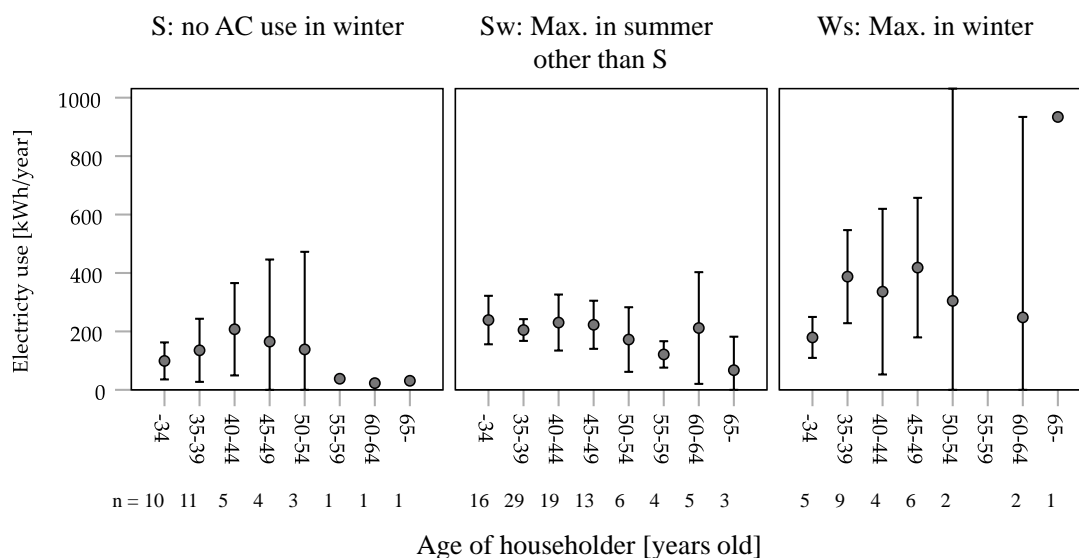


**Figure 4-12.** Practicing rate of each energy saving behavior by the family size  
(See Figure 3-3 for behavior number)

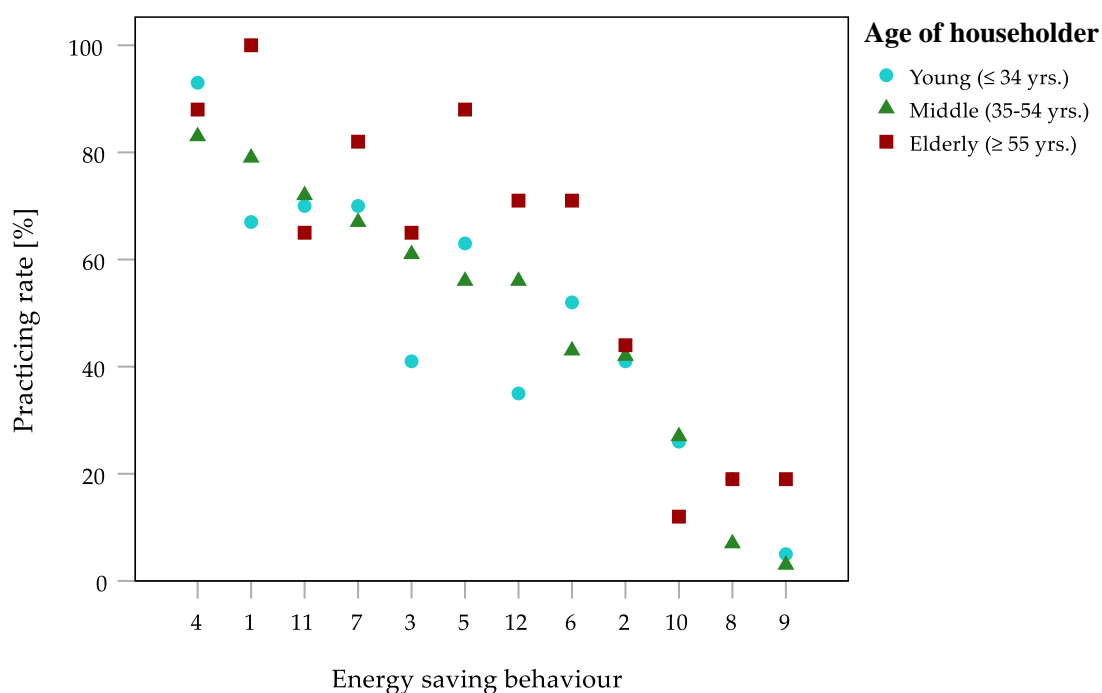
#### 4-7-2 世帯主の年齢による差異

本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と世帯主の年齢との関係进行分析する。Figure 4-13 に世帯主年齢（5 歳間隔）毎の年間 LD エアコン電力使用量を示す。35~54 歳の世帯が大きめ、55 歳以上の世帯が小さ目の傾向である。なお LD エアコン利用タイプ毎の平均世帯主年齢は、「S」で 40.9 歳、「Sw」で 42.6 歳、「Ws」で 43.1 歳であるが、相互の有意差はない。

若年層（～34 歳）・中年層（35～54 歳）・高年層（55 歳～）に 3 区分し、各々の温熱環境調整行動に関する省エネ行動実行度を Figure 4-14 に示す。高年層の全世帯（n=17）が「1. エアコンの設定温度をやや低め・高めに設定」を実行しており、また「5. 昼の暖冷房機器の使用を控える」と「6. 夜の暖冷房機器の使用を控える」の実行度も高い。高年層は 1 人および 2 人の比率が高い一方で平日の在宅時間が長く、エアコン利用を抑制しようという意識が高いことが推測される。



**Figure 4-13.** Annual AC use in living-dining room (LD) by the age of householder in three types



**Figure 4-14.** Practicing rate of each energy saving behavior by the age of householder  
(See Figure 3-3 for behavior number)

「S」タイプの全体では夏期4ヵ月間のLDエアコン電力使用量が世帯平均141kWh (Table 4-1) であるが、高年層 (n=3) の使用量は30kWhと極端に低い。省エネ行動については、項目2および3の扇風機活用の実行度が100% (nは各1および2) であるのに対し、「11. 窓を開けて積極的に通風を図る」 (n=2) はいずれも「実行していない」と回答している。

「Sw」タイプの高年層（n=12）でも、夏期4ヵ月間のLDエアコン電力使用量が世帯平均127kWhと「Sw」タイプ全体の世帯平均使用量162kWh（Table 4-1）に対して少ない。省エネ行動項目2および3の扇風機活用の実行度は50%および75%と高い回答結果であり、項目11の窓開けも83%と高い。「Sw」タイプの高年層も「S」タイプと同様に扇風機の利用によりエアコン利用を抑制する省エネ生活スタイルの可能性がある。

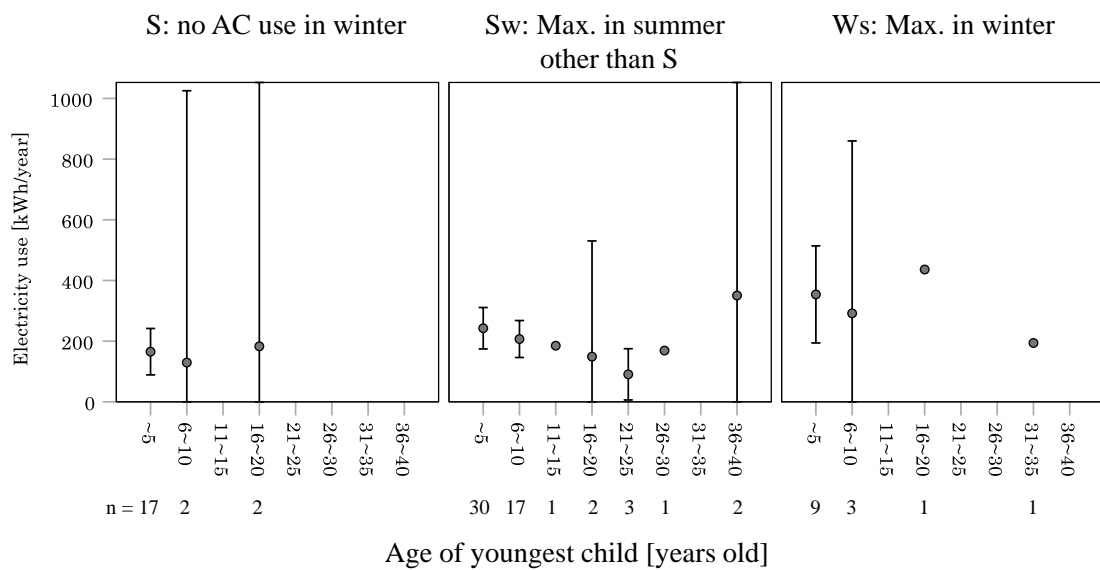
ただし冷房利用がピークとなる7・8月における平均室温を年齢層で比較すると、若年および中年層16世帯では30.6℃（標準偏差1.1℃）であるのに対し、高年層2世帯（「S」および「Sw」タイプ）では32.0℃と高い。高年層は省エネを図る一方で熱中症リスクが大きくなっている可能性がある。

一方で、「Ws」タイプの高年層（n=3）は12ヵ月を通じてLDエアコンを利用しており、夏期もLDエアコン利用量も多めである。省エネ行動項目2および3の扇風機活用は行っておらず、項目11の窓開けも33%と低い。

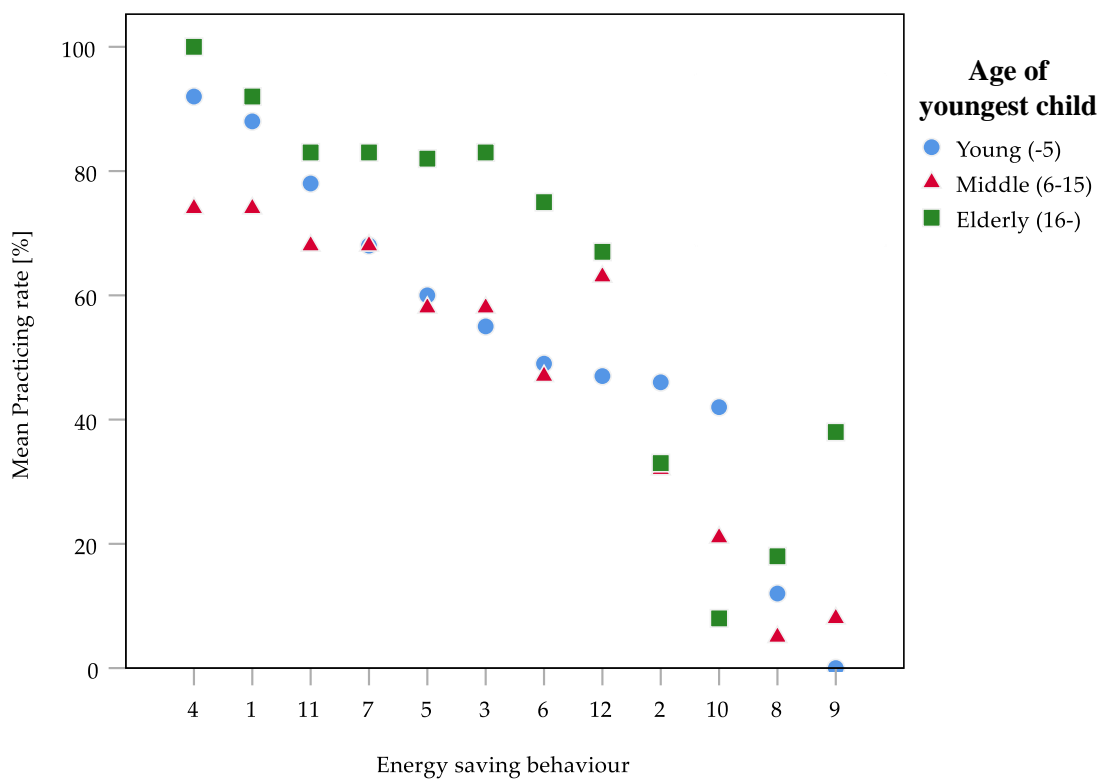
以上の通り、高年層は全体としてはエアコン電力使用量が少なめではあるが、1年を通してエアコンを利用する世帯もあり、また極端な省エネ生活スタイルをとっている世帯もあるなど、生活スタイルは多様である。したがって有効な省エネ策を検討するためには、全体で捉えるのではなく、様々な生活スタイルに見合った個別の提案を行う必要がある。例えば、エアコン利用度が高く扇風機の利用度が低いグループに対しては、当該建物に採用されている玄関のパスダクトや窓開けによる通風促進、扇風機の活用などが提案できる。一方で、極端な省エネスタイルのグループに対しては、熱中症等のリスクを下げるために、エアコンの積極的な活用や扇風機の利用をアピールする必要がある。

#### 4-7-3 子供の年齢による差異

本項では、集合住宅SKにおいて、LDエアコン利用の傾向と末子の年齢との関係を分析する。Figure 4-15に末子の年齢（5歳間隔）毎の年間LDエアコン電力使用量を示す。末子の年齢により5歳以下・6～15歳・16歳以上の世帯に3区分すると、末子が5歳以下の世帯が61%を占め、6～15歳の世帯が24%を占める。末子が5歳以下の世帯は6～15歳の世帯よりも年間LDエアコン電力使用量は大きめであるが、両者に有意差はない。3区分毎の温熱環境調整行動に関する省エネ行動実行度をFigure 4-16に示す。末子が5歳以下の世帯では、「2.エアコンではなく扇風機を使用」「10.涼しい・暖かいところへ外出」の実行度が高く、その他の省エネ行動項目は末子が16歳以上の世帯で高めである。末子が5歳以下の世帯は、一方で「9.緑のカーテン」を実行している世帯がなく、「12.エアコンのフィルターを定期的に掃除」の実行度も他の年齢層より低い。5歳以下の子供がいる世帯は子育てに忙しいため、手間のかかる省エネ行動が実行されていない可能性がある。



**Figure 4-15.** Annual AC use in living-dining room (LD) by the age of youngest child in three types



**Figure 4-16.** Practicing rate of each energy saving behavior by the age of youngest child  
(See Figure 3-3 for behavior number)

#### 4-7-4 主婦の就業タイプによる差異

本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と主婦の就業タイプとの関係进行分析。共働き（外部勤務）世帯と専業主婦世帯のエネルギー使用量を Table 4-6 に、不在時間の分布を Figure 4-17 に示す。LD エアコン利用タイプ毎の共働き率は、「S」タイプで 63%、「Sw」タイプで 64%、「Ws」タイプで 67%であるが、相互の有意差はない。

平日の不在時間のピークは共働き世帯で 10 時間、専業主婦世帯で 2 時間であり両者に有意差がある。共働き世帯は専業主婦世帯より冬期ガス使用量が小さいが、LD エアコン電力量は夏冬ともに大きい（有意差はなし）。Figure 4-18 に主婦の就業タイプ別の温熱環境調整行動に関する省エネ行動実行度を示す。共働き世帯は「2.エアコンではなく、扇風機を使用」「6.夜の暖冷房機器の使用を控える」の実行度が専業主婦世帯と比較して有意に低い（2:  $p=0.005$ , 6:  $p=0.019$ ）。以上により、平日の不在時間が長い共働き世帯では、夏期は日中の不在時に上昇した室温を帰宅後に直ぐに冷やすために扇風機よりもエアコンを集中的に運転し、冬は帰宅後に立ち上がりの早いエアコンで室温を直ぐに上昇させることで LD エアコンへの依存度が高くなる状況が推察される。

日中の長い不在時間に伴う室温上昇や低下を緩和できれば、帰宅後のエアコン電力の削減が可能である。そのためには、夏期にはすだれや緑のカーテン、玄関のパスダクトなどの活用、また夜間の気温低下を活用した扇風機や窓開放が有効である。さらにエアコンのタイマー運転や外部からの起動で緩やかな予熱・予冷を行えば、総量としての電力量削減や快適性向上に寄与できると考えられる。

**Table 4-6.** Energy use in each group of the employment status of married women

Description	Dual-earner	Fulltime housewife	p value
Annual AC use in LD [kWh/household]	224	206	0.53
Number of months AC used in LD	8.5	8.5	0.95
AC use in LD in summer [kWh/household]	144	138	0.76
AC use in LD in winter [kWh/household]	74	61	0.52
Gas use in winter [m <sup>3</sup> /household]	390	479	0.003

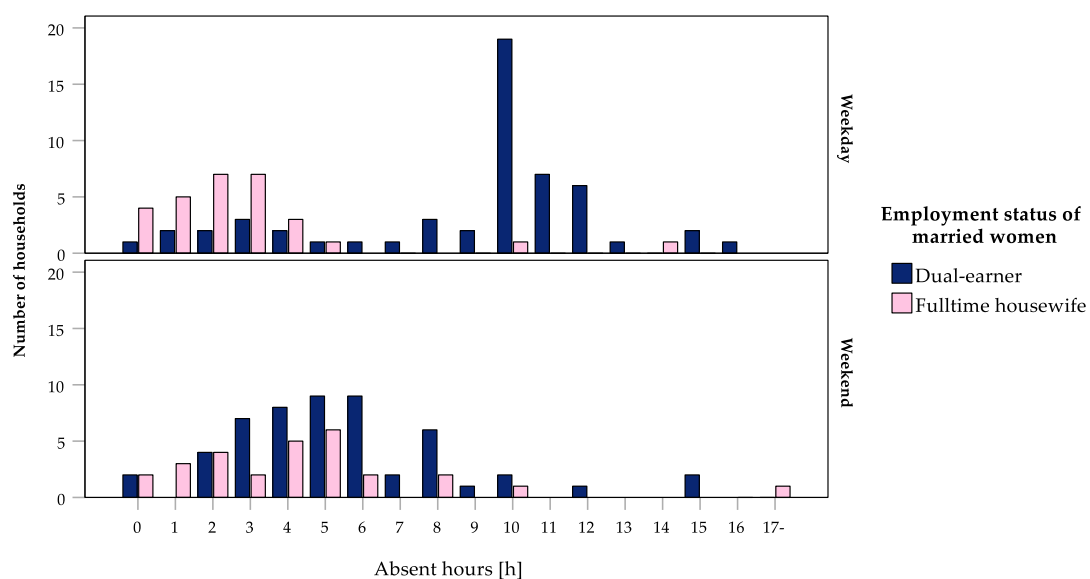


Figure 4-17. Absence time away from home in a day

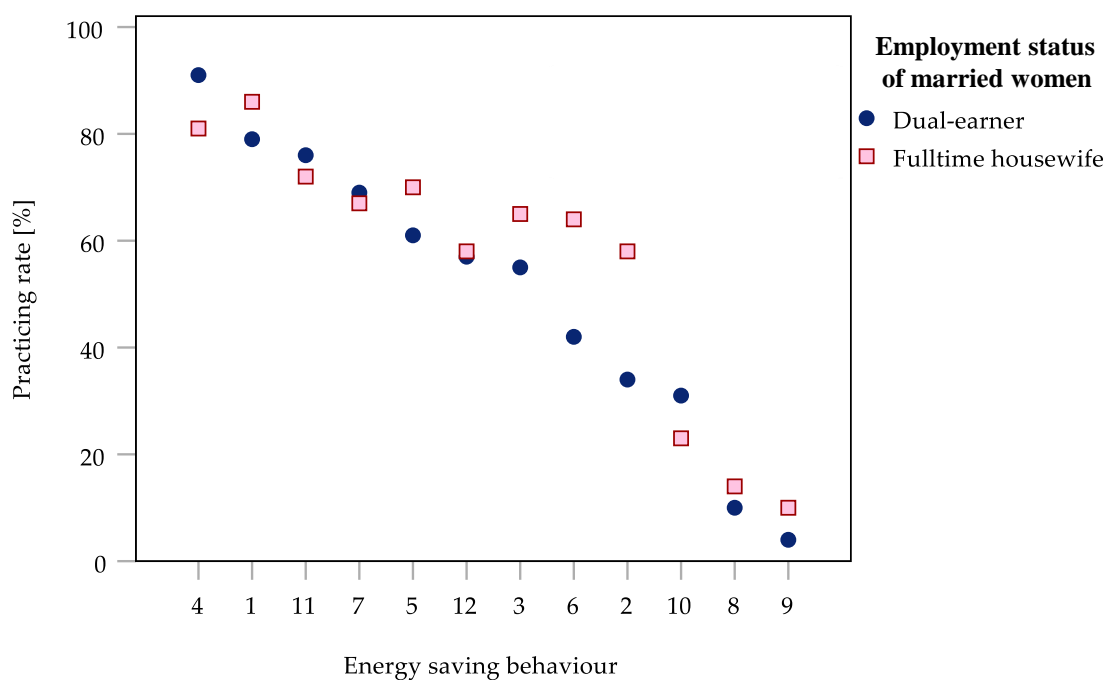


Figure 4-18 Practicing rate of each energy saving behavior by the employment status of married women (See Fig. 3 for behaviour number)

#### 4-8 在宅時間がエネルギー消費量に与える影響

本項では、集合住宅 SK において、LD エアコン利用の傾向と平日・休日の不在時間との関係を分析する。平日・休日の不在時間と年間の電力使用量、LD エアコン電力使用量、ガス使用量、水使用量の相関分析を Table 4-7 に示す。電力・ガス・水道の年間使用量は平日の不在時間と 1%未満の有意水準で相関関係があるが、LD エアコン電力量は不在時間と

有意な相関はみられない。前項で示した通り、在宅時間の短い共働き世帯の方が専業主婦世帯よりもエアコン利用が多い傾向もみられる。このことは、エアコン利用が在宅時間そのものよりも温熱環境への適応スタイルに影響されることを示している。省エネ行動「8.すだれ」および「9.緑のカーテン」を実施している世帯と実施していない世帯を比較すると、実施している世帯においては在宅時間が長かつ年間 LD エアコン電力使用量は少ない（有意差はなし）。コロナ禍を契機としたニューノーマルへの変化の中では、在宅時間の増加に対応した温熱環境への適応スタイルの変革が求められる。そのためにはパッシブな省エネ対応や衣服の工夫などの余地があり、その効果の確認と発信が必要である。

**Table 4-7** Correlation coefficient with the absent hours in a day

Description	Correlation analysis	
	Weekday	Weekend
Annual electricity use	-0.29 **	-0.20 *
Annual AC use in LD	-0.06	-0.08
Annual gas use	-0.28**	-0.16
Annual water use	-0.35 **	-0.19

LD: living-dining room, Significant level: \*\*:  $p < 0.01$ ; \*:  $p < 0.05$

#### 4-9 冷暖房利用の季節変動タイプに基づいた分析の総括と課題

1-2-2 で述べたように、集合住宅におけるエネルギー利用の実態把握は重要な課題であるが、実績データを用いた研究事例は限られている。本章では、低炭素建築物認定を取得してパッシブ設計を採用した先進的な分譲集合住宅を対象に、分岐回路を含む電力・ガス・水使用量を計測した HEMS データを用いて、リビングダイニング (LD) におけるエアコン利用を中心に冷暖房利用の傾向を分析した。居住者により季節変動パターンが異なることから 3 タイプに区分し、住戸特性、居住者の特性や生活スタイルとの関係を考察した。

ハードな側面としては、角住戸において冬期に暖房利用が多い傾向がみられた。現在我が国では住宅の省エネ基準は義務化されておらず、一定規模以上の住宅建築の際に報告が求められる指標に留まっている。集合住宅 SK で取得した低炭素建築物認定は、住宅省エネ基準の最高等級レベルをさらに 1 割強化する基準である。しかし妻壁の断熱性能をより高めることで、省エネ効果と居住者の快適性向上を実現する可能性がある。

居住者の特性や生活スタイルについては、少人数家族や共働き世帯など在宅時間の短い世帯と、高年層など在宅時間の長い世帯とでは、省エネ行動およびエネルギー使用の傾向が異なることが認められた。在宅時間の短い世帯は帰宅後にエアコンを集中利用することで結果的にエアコン電力使用量が多くなっている。一方で在宅時間の長い世帯は扇風機の利用や窓の開閉などによりエアコン利用を抑制していることが窺える。

本研究の対象は都内の分譲集合住宅を購入できる世帯を対象としたものである。その中でも冷暖房利用タイプは多様である。本研究により冷暖房利用における住戸特性、居住者の特性や生活スタイルの影響に関する幾つかの知見を得ることができた。

今回の分析で得られた知見に基づく具体的な行動提案としては、以下の項目がある。

- ・ 政府の課題となっている既存建物の省エネ性能向上の視点でみると、次世代省エネ基準レベルでも外壁の断熱改修により省エネ向上を図る余地がある。これは住戸内の温熱快適性の向上につながる。
- ・ 少人数世帯や共働き世帯などの不在時間の長い世帯については、日中の不在時における室温制御の工夫が望まれる。夏期においては、すだれや緑のカーテンなどによる日射抑制が有効である。
- ・ 夏期のエアコン依存度の高い世帯においては、外気温度の変化を把握して通風の活用や扇風機の利用によりエアコン利用を抑制することが推奨される。
- ・ 高齢者は省エネ意識が高い傾向であるが、室温の変化に鈍感になってくる傾向があるといわれている。夏期の熱中症など室温の適正化に考慮しながら省エネ対策を行う必要がある。

調査時期はコロナ禍以前の 2018 年度のエネルギー使用データに基づく分析であるが、現在はコロナ禍の影響で生活スタイルが大きく変化している。1-2-3 および 1-2-4 で触れたように、コロナ発生後には在宅勤務割合が増加し [19]、電力・水使用量も増加している [54]。本研究では今後の在宅時間の変化がもたらす影響を考察する上で一助となる分析結果も得られたと考える。

しかし現段階では HEMS データから各月の日平均量を算出した数値による分析に留まっている。今後の課題としては、居住者特性に対応した効果的かつ健康・快適性を損なわない省エネ策の提案に向けて、さらに時間単位の推移まで比較分析することで生活スタイルの影響をより明確に把握し、在宅時間の変化に応じた温熱環境調整行動のあり方などを明らかにして、一般的な住宅にもこの成果を適用できるようにすることであると考ええる。

#### 4-10 まとめ

東京都南東部に位置する環境性能の高いファミリー向け分譲集合住宅において、居間に設置されたエアコンの冬期と夏期の各住戸の利用特性に基づき 3 分類した。すなわち冬期にエアコンを利用していない「S」タイプ、冬期より夏期のエアコン利用度が高い「Sw」タイプ、夏期より冬期のエアコン利用度が高い「Ws」タイプである。この 3 タイプと、住戸位置および世帯人数・世帯主年齢・主婦の就業形態などの居住者特性による冷暖房利用の傾向を分析して以下の結果を得た。

- (1) LD エアコン利用タイプの「S」と「Sw」を合わせた全世帯の 80%が床暖房を主暖房として利用している。



- (2) 冬期にLDエアコンを全く使用していない「S」世帯は全世帯の23%を占め、年間を通じて他のLDエアコン利用タイプに比べてエネルギー使用量が少なく、省エネ行動の実行項目が多いことから省エネ実行世帯群といえる。
- (3) 角住戸は中間住戸と比較して、冬期にエアコンを主暖房とする「Ws」の比率が高く、「S」「Sw」でも冬期のエアコン利用およびガス利用度が高い傾向である。外気に接する住戸では冬期の熱損失の影響が暖房利用度の高さに影響していることが示唆される。角住戸の妻壁において躯体の断熱性能を低炭素認定レベルより向上させることにより、省エネ効果と快適性の向上を実現し、角住戸と中間住戸の熱損失の差が解消される可能性がある。
- (4) 床暖房を主暖房とする「S」「Sw」は世帯人数が多い世帯ほど冬期ガス使用量が有意に多い。また専業主婦世帯の冬期ガス使用量も共働き世帯よりも有意に多い。この二つの居住者特性は在宅時間と有意な相関関係があり、在宅時間が長い世帯では床暖房の利用度が高く、短い世帯ではエアコン暖房の利用度が高いことが推測される。
- (5) 共働き世帯は夏期・冬期ともエアコン利用度が高めの一方で、夏期の扇風機の利用度が有意に低い。共働き世帯は帰宅後の集中的なエアコン利用が推測される。ここでは不在時の室温上昇・低下の抑制策とともに、夏期には帰宅後の扇風機や窓開放による省エネが有効である。
- (6) 「Ws」の高年層（55歳以上）はエアコン依存度が高い。また「Sw」の若年層（34歳以下）でもエアコン依存度が高めである。これらのエアコン依存度が高い世帯では、いずれも夏期の扇風機の利用度が低い。夏期には扇風機の利用や窓開放により省エネと快適性向上を図ることが有効と考えられる。
- (7) 高年層は全体としては、在宅時間が長い中でエアコン利用を節約する省エネスタイルの傾向が見受けられる。これらの世帯では室温が上昇することで熱中症となる可能性が懸念されることから、エアコンや扇風機の積極的な活用を誘導する必要がある。
- (8) 電力・ガス・水道使用量は在宅時間と有意な相関関係がある一方、エアコン利用は相関関係がみられない。コロナ禍により在宅時間の増加が予想される中、パッシブな環境調節対策の導入など温熱環境への適応スタイルの変革が求められる。

今後の課題は、時間単位の推移まで比較分析することで生活スタイルの影響をより明確に把握し、コロナ禍を経た在宅時間の変化の影響も見極めながら、一般的な住宅にもこの成果を適用できるようにすることである。



## 第 5 章 集合住宅における燃料電池の省エネ効果および CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の検証

5-1 はじめに

5-2 集合住宅における燃料電池（FC）による省エネ効果測定の意義

5-3 分析方法

5-4 燃料電池コージェネレーションシステム（FC-CGS）の仕組み

5-5 年間エネルギー利用と燃料電池の省エネ効果との関係

5-5-1 燃料電池による年間の省エネ効果の実績水準

5-5-2 年間電力使用量と燃料電池の省エネ効果の関係

5-5-3 年間ガスおよび水使用量と燃料電池の省エネ効果の関係

5-6 エネルギー利用と燃料電池の省エネ効果の季節変動

5-7 居住者特性と燃料電池の省エネ効果の関係

5-8 集合住宅における燃料電池の普及に向けたエネルギー効率の向上策の検討

5-9 燃料電池の省エネ効果の総括と課題

5-10 まとめ

## 5-1 はじめに

本章では、2-3-4 で説明したように、集合住宅用に開発された固体高分子形燃料電池 (Polymer electrolyte fuel cell; PEFC) を世界で初めて全戸に設置 [76] した集合住宅 SK を対象に、燃料電池コージェネレーションシステム (Fuel cell co-generation system; FC-CGS) の省エネ効果の実績検証と、省エネ効果に影響を与える要因を分析する。

5-2 では、集合住宅における燃料電池 (Fuel cell; FC) による省エネ効果測定の意義を説明する。

5-3 では、FC-CGS の仕組みについて説明する。

5-4 では、この章における分析方法について説明する。

5-5 では、FC の年間の省エネ効果の実績、電力・ガス・水使用との関係を分析する。

5-6 では、FC の省エネ効果の季節変動を分析する。

5-7 では、居住者特性と FC の年間の省エネ効果との関係を分析する。

5-8 では、集合住宅における FC の普及に向けたエネルギー効率の向上策を検討する。

5-9 では、本章の成果を総括し、課題を説明する。

5-10 では、本章のまとめを行う。

## 5-2 集合住宅における燃料電池 (FC) による省エネ効果測定の意義

オンサイトで電力と熱を同時に生成するコージェネレーションシステム (Co-generation system; CGS)、特に燃料電池 (Fuel cell; FC) は、高いエネルギー効率が注目されている。供給側の視点では、大規模発電所に課せられた電力供給量のピーク負荷を削減すると同時に、発電所から使用場所への送電中のエネルギー損失の削減が期待される。需要側の視点では、平常時の購入電力量の節約と同時に、非常時の発電やタンクに貯蔵された給湯利用が期待される。

日本では家庭用燃料電池「エネファーム」が開発されて実用化が始まってから、戸建では 10 年以上、集合住宅では 5 年以上が経過している。1-2-2 で述べたように、日本政府や東京都も FC 普及の目標値を設定し、ロードマップを策定しているが、計画が予定通りに進捗しているとはいえない。その原因としては 1-2-2 で述べたように、購入価格が従来の給湯器と比較してかなり高額であること、余剰電力を売電に活用できない仕組みに加え、FC-CGS を実際の建物に設置することによる省エネ効果、およびシステムの潜在能力を実現するための条件に関する十分な情報が用意されていないことも影響していると思われる。1-2-5 で述べたように FC に関する先行研究も見受けられるが、大半は戸建住宅におけるシミュレーションであり、集合住宅を対象に実地で計測されたデータに基づく研究は未だない。2018 年には住宅の 44% を集合住宅が占めており [9]、集合住宅を対象にした調査分析は重要である。

1-3 で述べたように、本研究では集合住宅用に開発された FC を世界で初めて全戸に導入し、電力使用量、FC による発電量、ガス・水使用量を HEMS で計測した集合住宅 SK にお

いて HEMS データを取得するとともにアンケート調査を実施し、集合住宅における FC の省エネ効果、居住者の特性・生活スタイルが与える影響を検証した。さらに FC の省エネ効果の向上策を考察した。これにより標準モデルによるシミュレーションでは見えてこない実際の省エネ効果、および FC-CGS の潜在能力を実現させるための条件を明らかにすることを旨とした。これらの成果は特に集合住宅における居住者の FC 導入のための情報として役立つと共に、国や自治体が FC の普及を加速させるための施策立案に貢献するものとする。

### 5-3 燃料電池コージェネレーションシステム (FC-CGS) の仕組み

燃料電池は、都市ガスから取り出された水素と空気中の酸素の化学反応により電気と水を生成させ、この時に発生する排熱を利用して貯湯タンクの水を加熱するシステムである (Figure 5-1)。燃料電池には、調査対象建物で採用された固体高分子形燃料電池 (Polymer electrolyte fuel cell; PEFC) と、固体酸化物形燃料電池 (Solid oxide fuel cell; SOFC) の 2 タイプがある。PEFC は発電時の発熱量が多く、出力を変動させる場合に適している。SOFC は発電時の発熱量が少なく、定格運転に適している。

集合住宅 SK に導入した PEFC の場合、運転開始および停止は 1 日 1 回、発電可能時間は最大 22 時間である。瞬間の発電量の上限はその時点の電力利用量であり、一方で一日の発電量の上限は 1 日の給湯需要に見合った排熱量によって決まる。給湯量の不足分はバックアップボイラーによって補われる。この制約条件の中で FC は個々の居住者に即した最適パターンを学習して自動的に運転する。集合住宅 SK に設置された PEFC の仕様を Table 5-1 に示す [76]。

#### エネファームのしくみ

##### ① 発電のしくみ

都市ガスから取り出した水素と、空気中の酸素を化学反応させることで発電します。

##### ② 給湯のしくみ

発電時に発生する熱を利用して約60℃のお湯をつくり、設定温度になるよう水と混ぜて出湯します。

●貯湯タンクのお湯がたりない時や、お風呂の湯いときはバックアップ熱源機で加熱します。

##### ③ 暖房のしくみ

暖房設備に使う温水は、バックアップ熱源機でつくります。床暖房の温水は、エネファームの発電時に発生する熱でも温めます。

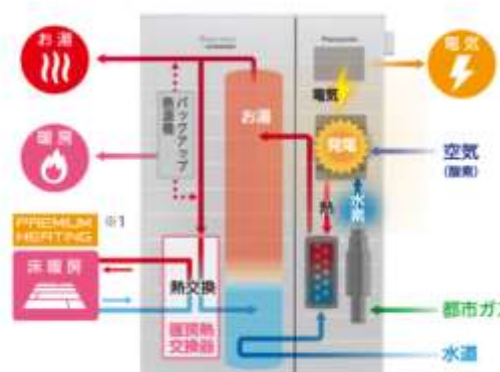


Figure 5-1 Residential fuel cell [Enefarm]

**Table 5-1** Performance values of PEFC-CGS for a condominium.

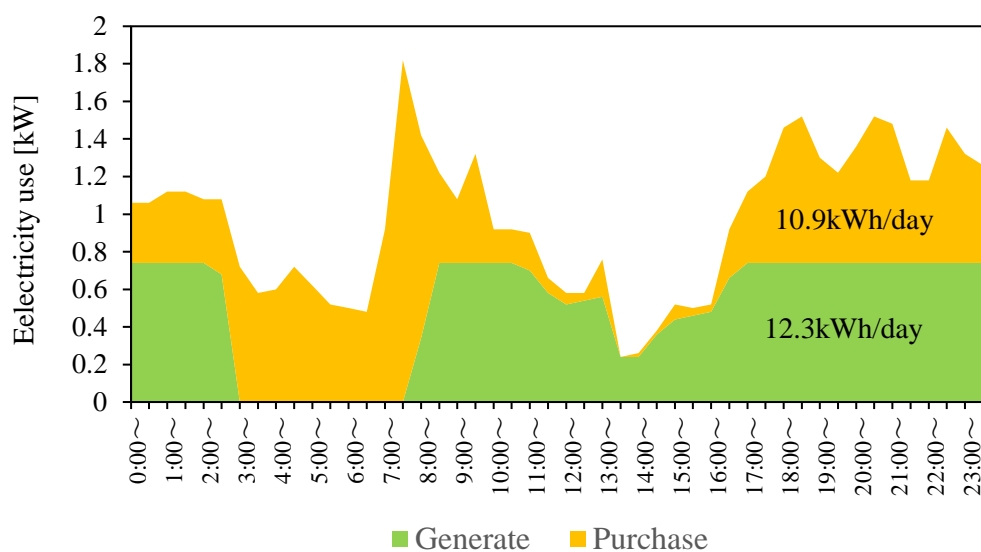
Item	Value
Electricity generation output [W]	(minimum) 200–750 (rated)
Rated hot water output [W]	1080
Rated generation efficiency based on LHV [%]	39
Rated heat recovery efficiency based on LHV [%]	56
Rated integrated efficiency based on LHV [%]	95
Water tank capacity [Litre]	147

LHV: Lower heating value

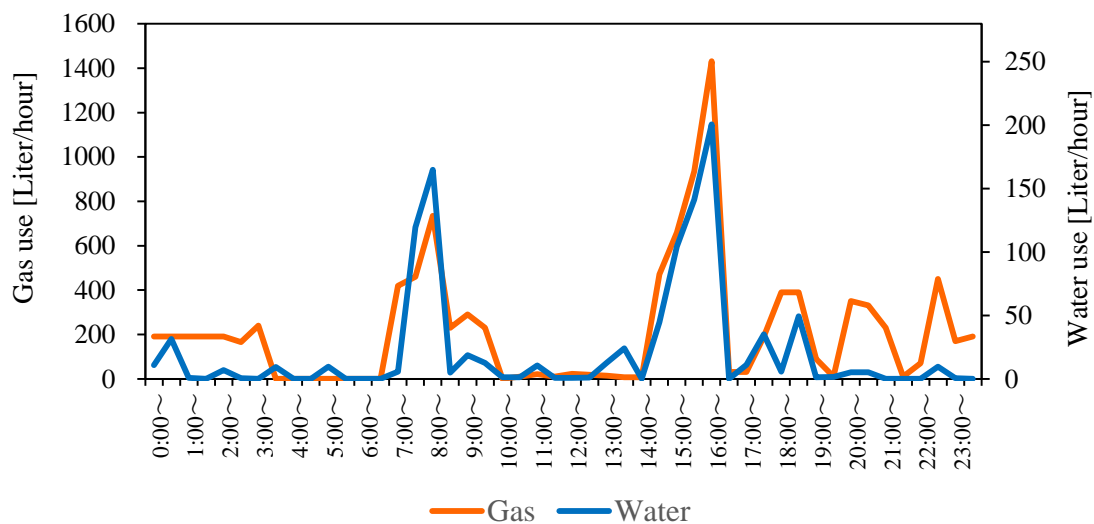
Figure 5-2 に冬期における 1 日のエネルギー利用パターンの一例を示す。ここでは計測した 30 分データを 1 時間値に換算して示した。従って電力利用量の値は各時間帯における kW の平均値を示している。

この事例では、FC は朝 7:30 に運転を開始し、早朝 3:00 に停止している。運転中は定格運転能力の 750W を限度にその時点の電力需要に基づいて出力している。一方で発電量は 1 日の給湯需要量に基づいて制限される。この事例では、FC は 8:30 から 11:00 および 17:00 から翌朝 2:30 に定格運転を行っていることが読み取れる。発電で不足する電力需要分は電力会社から購入している(Figure 5-2 (a))。

FC の運転中に発生する熱により、1 日の給湯需要の範囲内で貯湯槽の水が加熱され、その時点で貯湯量の不足分はバックアップボイラーから給湯される。従って給湯需要が FC の出力範囲を超える場合、FC 以外で利用されるガス利用量は増加する。逆に水利用を伴わないガス利用の大半は床暖房と判断できる(Figure 5-2 (b))。



(a)



(b)

**Figure 5-2** Variation of daily energy use (example data of a flat on Feb. 1): (a) electricity generated by CGS and purchased; (b) gas use (except for CGS) and water use.

#### 5-4 分析方法

本研究では集合住宅 SK において、HEMS により計測された電力・ガス・水の利用量および FC による発電量データの内、2018 年度データの内欠損がない 304 戸分のデータを用い、年間使用量および月毎の 1 日当り使用量を主たる分析対象とした。一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量は 2-5 で説明した換算係数を用いて計算した。電力使用量は購入電力量と燃料電池による発電量を合計して算出し、電力使用量に占める発電量の割合を FC の「寄与率」とした。

ガス使用量は個々の用途別には計測されていないため、FC 発電量から FC によるガス使用量を推計し、計測された全体のガス使用量から FC の推計使用量を除いた数値を「その他の用途のガス使用量」として算出し、主として分析対象とした。その他の用途にはバックアップボイラーと台所の調理台が含まれ、バックアップボイラーは FC による給湯量の不足分を供給するとともに、リビングダイニングルームに設置された床暖房の熱源、浴室のミストサウナ機能付き乾燥機の熱源を供給している。

FC による一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果については、一般ガスボイラーの給湯効率を 80% [76] として比較することにより算出した。省エネルギー法においては住戸に設置されたガスボイラーの基準エネルギー効率を 78.2%としている [89]。一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量の削減値は、FC の発電による電力購入削減量、および FC と一般ガスボイラーの給湯効率との差によるガス使用増加量の相殺となり、以下の計算式で算出される。

$$RV_{pe} = 9.76E_g - 0.045G_{fc}(1-56/80) \quad (5-1)$$

$$RV_{CO_2} = 0.462E_g - 0.00221G_{fc}(1-56/80) \quad (5-2)$$

ここで  $RV_{pe}$  は一次エネルギー削減量(GJ)、 $RV_{CO_2}$  は CO<sub>2</sub> 排出削減量(t-CO<sub>2</sub>)、 $E_g$  は発電量(MWh)、 $G_{fc}$  は FC のガス利用量(m<sup>3</sup>)、9.76 は電力の一次エネルギー換算値(GJ/MWh)、0.045 はガスの一次エネルギー換算値、0.462 は電力の CO<sub>2</sub> 排出換算係数、0.00221 はガスの CO<sub>2</sub> 排出換算係数、56% は FC の定格熱回収効率、80% は一般ガスボイラーの熱効率である。

外気温度は 2-4-3 で説明したように気象庁の地域気象観測システム（アメダス：AMeDAS）[81] から SK の近傍に位置する羽田観測所における 2018 年度のデータを用いた。同様に各月の水温は東京都水道局の公開データ（平成 30 年度）[82] を用いた。

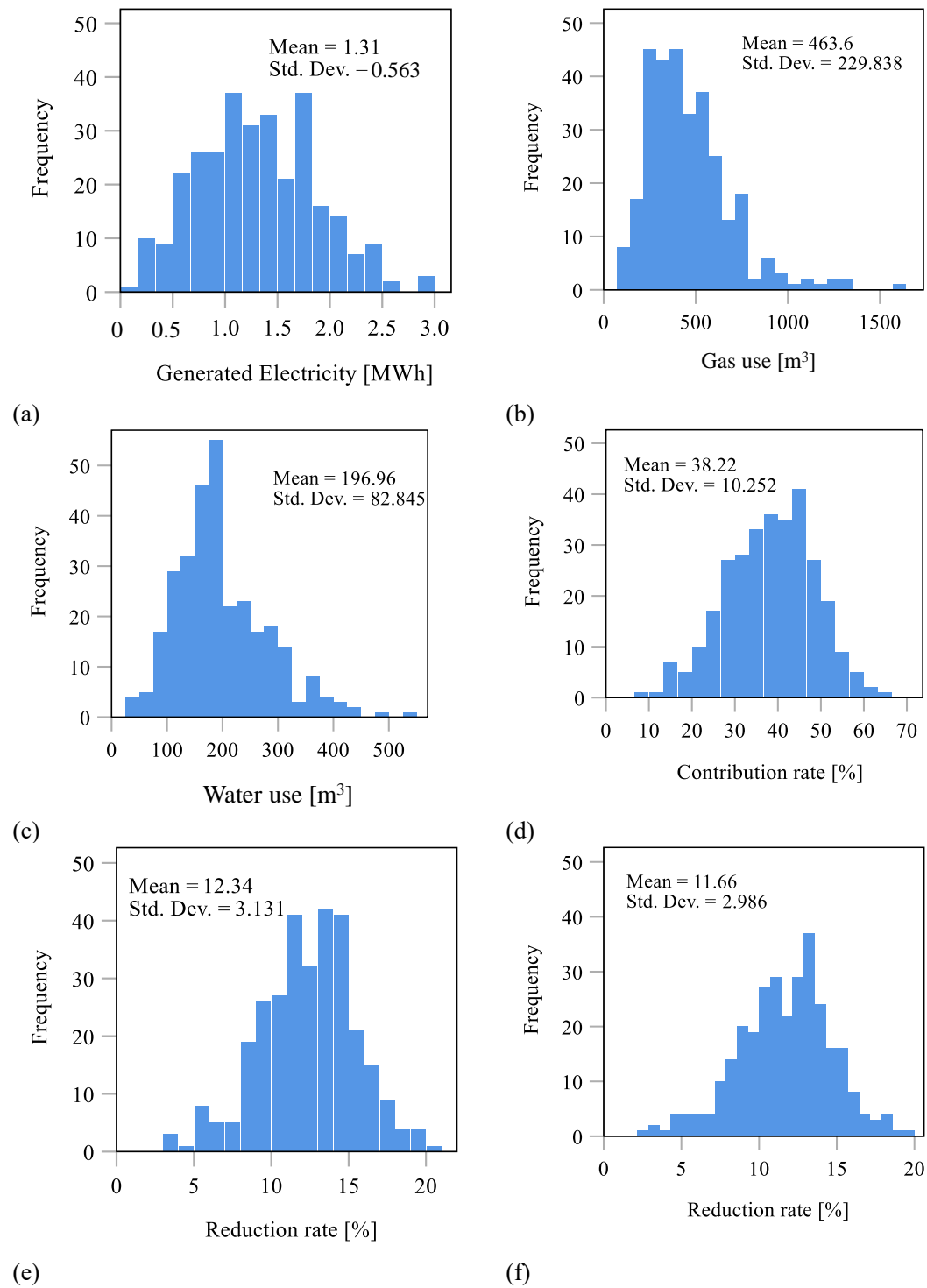
## 5-5 年間エネルギー利用と燃料電池の省エネ効果との関係

### 5-5-1 燃料電池による年間の省エネ効果の実績水準

本項では、燃料電池コージェネレーションシステム(FC-CGS)の発電による年間エネルギー利用削減効果について分析する。「寄与率」は電力総利用量に占める発電量の割合である。

年間の発電量、ガス使用量、水使用量、および FC のエネルギー削減効果として寄与率、一次エネルギー消費量削減率、CO<sub>2</sub> 排出量削減率を Figure 5-3 に示す。集合住宅 SK では、平均 1.31 MWh/戸・年が発電された。これは電力利用量 3.35 MWh/戸・年に対する 38.2%の寄与率になる。一次エネルギー消費量は平均 64.2 GJ/戸・年から 56.0 GJ/戸・年に 12.3%削減され、CO<sub>2</sub> 排出量は平均 3.12 t-CO<sub>2</sub>/戸 から 2.74 t-CO<sub>2</sub>/戸に 11.7%削減された (Figure (e), (f))。





**Figure 5-3** Annual distribution (n = 304): (a) electricity generation; (b) gas use (except for CGS); (c) water use; (d) contribution rate; (e) reduction rate of primary energy consumption; (f) reduction rate of CO<sub>2</sub> emission.

FCによる年間の省エネルギー効果について、本研究と先行研究との比較を Table 5-2 に示す。年間発電量は本研究の結果が先行研究よりも若干高い。寄与率は先行研究の分布範囲内にある[65, 69 70]。

日本政府は 2030 年までに 530 万台の FC-CGS を導入することを目標として掲げている。有波ら[75]は、日本政府の目標に沿って全国で 11%に相当する住戸に FC を導入した場合のマクロなエネルギー削減効果をシミュレーションした。その結果、一次エネルギー削減量は 75 PJ/年、削減率は最大のケースで 1.3%となった。年間一次エネルギー消費量の削減率は本研究の結果が先行研究よりも高い結果となっている。しかし CO<sub>2</sub> 排出量の削減率は本研究の結果が既往研究よりも低い[67, 68]。

総体的には実測に基づく本研究の結果はシミュレーションに基づく先行研究と類似した結果といえる。しかし省エネルギー効果は広範囲に分布している。例えば寄与率は 8%から 65%に亘っている。また CO<sub>2</sub> 排出量の削減量は、東京ガスと製品メーカーの試算では年間約 1.0 t-CO<sub>2</sub> [76] であったが、集合住宅 SK における実績は 0.03 ~ 0.9 t-CO<sub>2</sub> と住戸による差が大きく、平均値は 0.39 t-CO<sub>2</sub> であった。従って省エネルギー効果の差異に影響を与えている要因を明らかにすることが重要である。

**Table 5-2** Annual effect values of cogeneration system (CGS) in previous studies.

Author	Type of House	Method	G (MWh)	CR (%)	RR <sub>PE</sub> (%)	RR <sub>CE</sub> (%)
This study	Condominium	Measured data	1.31	38.2	12.3	11.7
Kuroki et al. [65]	Detached house	Simulation		45	10	13–17
Wakui et al. [66]	Detached house	Simulation				17
Yamamoto et al. [69]	Apartment house	Simulation	1.2	31	7	
Yamamoto et al. [70]	Detached house	Measured data	2.2 (1.0~2.5)	30		
Arinami et al. [73]	Apartment house	Simulation (Tokyo)			7.3	

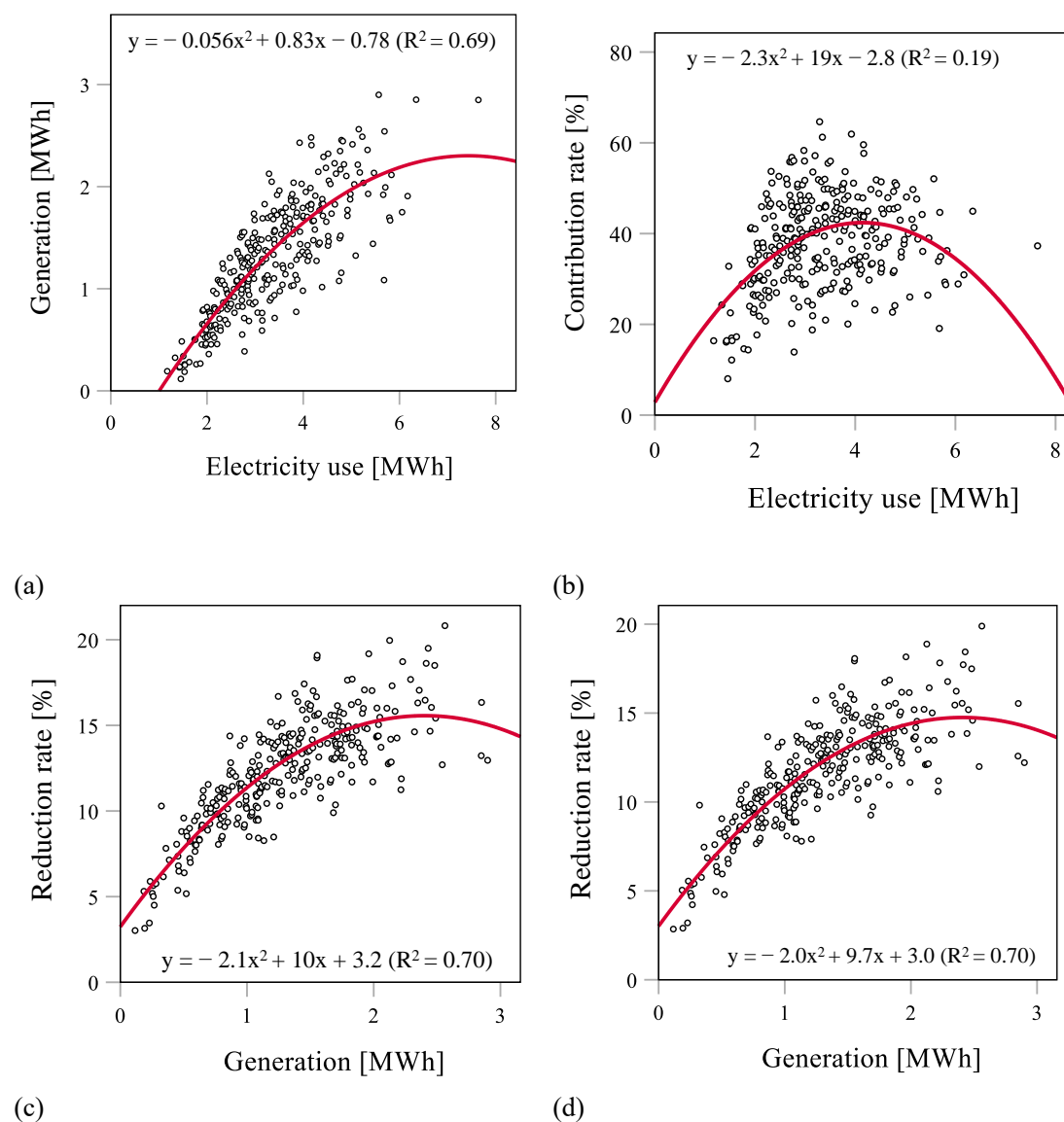
G: Generation; CR: Contribution Rate; RR: Reduction Rate; PE: Primary Energy; CE: CO<sub>2</sub> Emission

#### 5-5-2 年間電力使用量と燃料電池の省エネ効果の関係

本項では、電力利用量と FC による省エネルギー効果の指標（発電量、寄与率、一次エネルギー消費量の削減、CO<sub>2</sub> 排出量の削減）との関係について分析する。

Figure 5-4 (a)は FC によると年間の電力利用量と発電量との関係である。両者は有意の相関関係があるが、年間電力利用量が 4 MWh/戸を超えると発電量の増加率は鈍化する傾向にある。Figure 5-4 (b)は年間の電力利用量と FC の寄与率との関係である。年間電力利用量

が 4 MWh/戸を超えると寄与率は減少傾向になる。これらの傾向は FC の発電能力に起因していると思われる



**Figure 5-4** Relationship of annual values in each household ( $n = 304$ ): (a) generation and electricity use; (b) contribution rate and electricity use; (c) reduction in primary energy and generation; (d) reduction in CO<sub>2</sub> emission and generation.

一次エネルギー消費量および CO<sub>2</sub> 排出量の削減量は、回帰分析により以下の発電量の一次線形式で近似される。

$$RV_{pe} = 6.6E_g - 0.45 \quad (R^2 = 0.998) \quad (5-3)$$

$$RV_{CO_2} = 0.31E_g - 0.024 \quad (R^2 = 0.997) \quad (5-4)$$

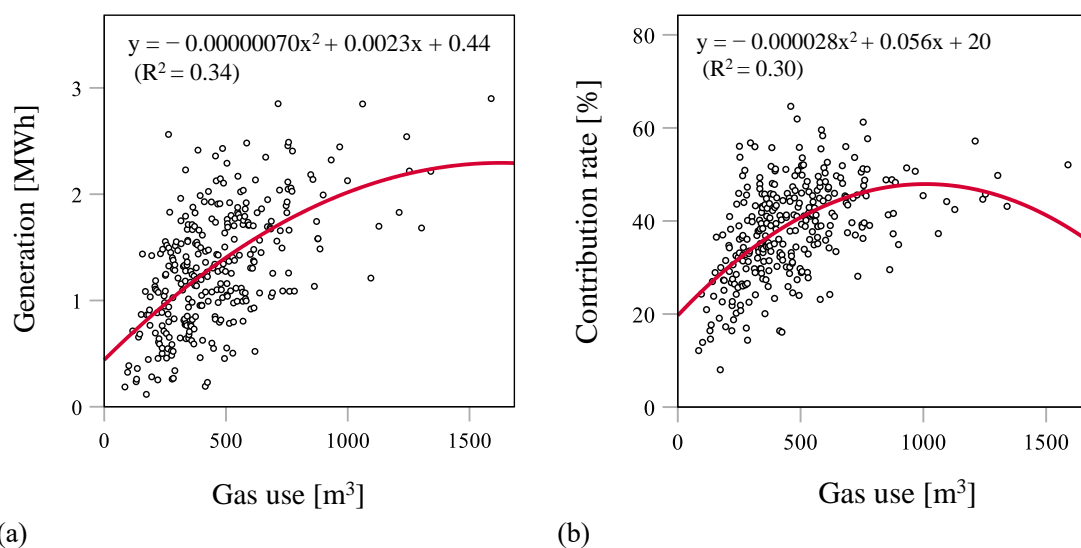
ここで  $RV_{pe}$  は一次エネルギー消費量の削減量(GJ)、 $RV_{CO_2}$  は  $CO_2$  排出量の削減量(t- $CO_2$ )、 $E_g$  は発電量(MWh)である。

Figure 5-4 (c) (d) は各々、年間の発電量と一次エネルギー消費量または  $CO_2$  排出量の削減率との関係である。年間発電量が 2 MWh/戸を超えると、どちらの削減率も減少傾向に転じる。これは電力利用量が高い領域で FC-CGS の寄与率が減少傾向に転じる (Figure 5-4 (b)) ことと関係していると思われる。

### 5-5-3 年間ガスおよび水使用量と燃料電池の省エネ効果の関係

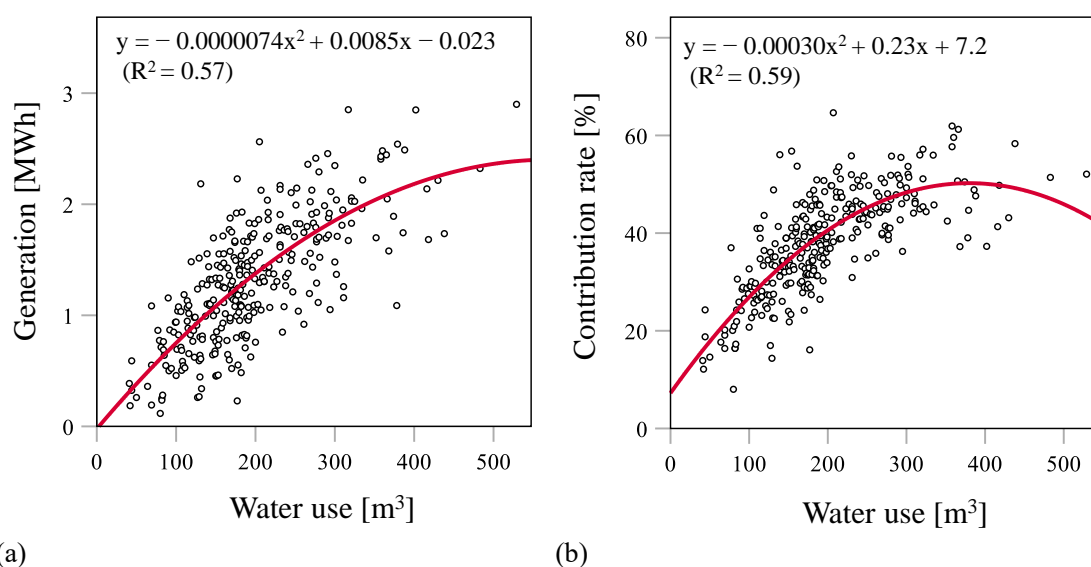
燃料電池コージェネレーションシステム(FC-CGS)は発電時に発生した熱を給湯に利用する。本項では、FC 以外のガスおよび水の利用量と FC による省エネルギー効果（発電量、寄与率）の関係进行分析する。

Figure 5-5 に年間ガス（FC 以外）利用量と FC による省エネルギー効果の関係を示す。両者は有意な相関関係があるが、決定係数  $R^2$  値は 0.3 で高くない。これは FC 以外のガス使用量に給湯以外の利用、即ち床暖房、調理、浴室暖房の利用が含まれているため、ばらつきが大きくなっていることによると思われる。



**Figure 5-5** Relationship between the annual gas use (except for CGS) and the energy-saving effects of CGS in each household (N = 304): (a) generation; (b) contribution rate.

Figure 5-6 に年間の水利用と FC-CGS による省エネルギー効果の関係を示す。こちらも両者は有意な相関関係があり、さらに  $R^2$  値は 0.6 で高い。特に寄与率は電力またはガスと比較して高くなっている。従って水利用量が FC の寄与率に影響を与えている主要な要因と考えられる。



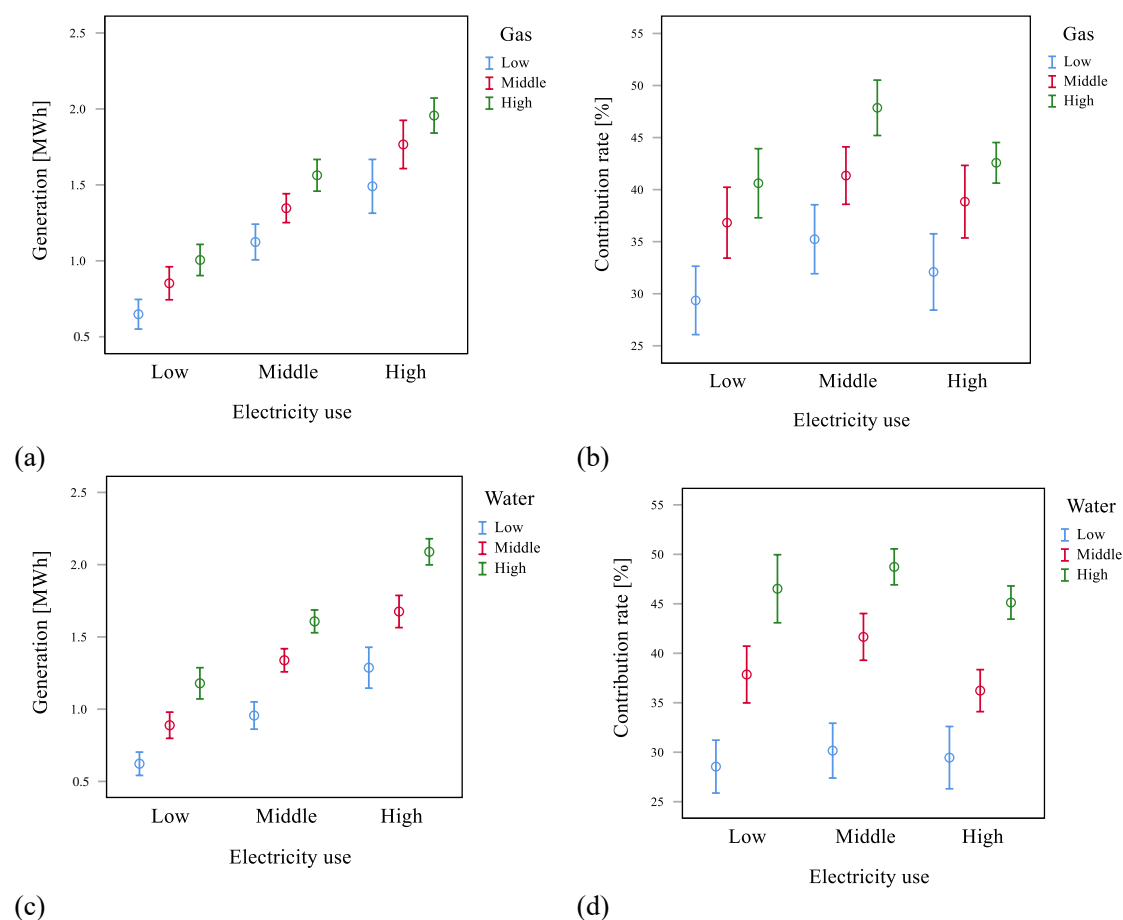
**Figure 5-6** Relationship between the annual water use and the energy-saving effects of CGS in each household (N = 304): (a) generation; (b) contribution rate.

ここで電力・ガス（FC 以外）・水の年間利用量の影響度を比較するため、Table 5-3 のように 101~102 住戸毎の 3 グループに分割した。Figure 5-7 に 3 グループ毎の FC による年間発電量と寄与率の分布を示す。

電力とガスの利用量の大小による影響度を比較すると、発電量は電力利用量の影響が大きい（Figure 5-7 (a)）。しかし寄与率はガス利用量の影響が大きくなっている（Figure 5-7 (c)）。一方で電力と水の利用量の大小による影響度を比較すると、発電量・寄与率ともに水利用量の影響が大きい（Figure 5-7 (b) (d)）。特に水利用量が大きいグループでは、電力利用量の多寡に関わらず寄与率が高くなっている。居住者の入浴習慣の差が FC の省エネルギー効果に影響していることが推察される。これは青木ら [69] による戸建住宅におけるシミュレーションの結果と一致する。

**Table 5-3** Three levels of annual electricity, gas, and water use in each household.

Items	Low	Middle	High
Electricity use (MWh)	1.17–2.77	2.78–3.78	3.79–7.64
Gas use (m³)	85–341	343–519	521–1589
Water use (m³)	41–156	157–215	216–529



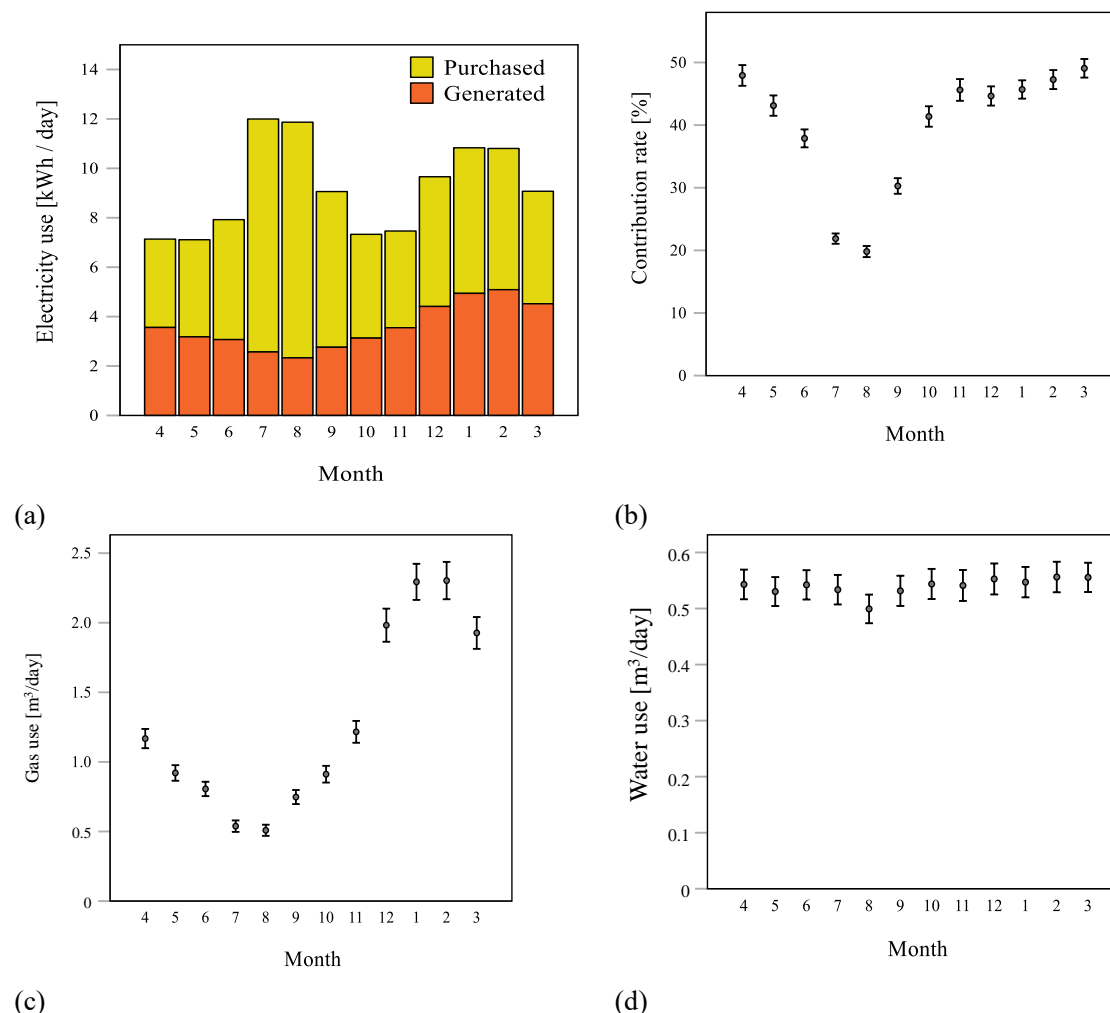
**Figure 5-7** Relationship between the annual energy-saving effect of cogeneration system (CGS) and the annual electricity use by three levels of gas use (except for CGS) or water use (n = 304): (a) generation by gas use; (b) contribution rate by gas use; (c) generation by water use; (d) contribution rate by water use.

## 5-6 エネルギー利用と燃料電池の省エネ効果の季節変動

本項では、エネルギー利用と FC による省エネルギー効果について、月別の変動を分析する。Figure 5-8a は各月の一日当り電力利用量の世帯平均を示す。電力利用量は FC による発電量と購入電力量の合計である。Figure 5-8 (b)~(d) は各月毎の FC の寄与率、一日当りガスおよび水利用量の分布である。

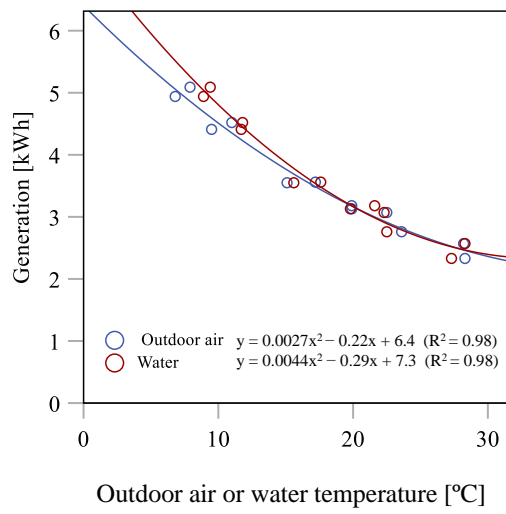
電力利用量 (Figure 5-8 (a)) は夏期と冬期で高くなっているが、これは第 4 章で示したようにエアコン利用の影響が大きい。FC による発電量は、8 月に最も低く (2.3 kWh/日・戸)、2 月に最も高い (5.1 kWh/日・戸)。また FC の寄与率 (Figure 5-8 (b)) は、8 月の 20% から 3 月の 49% まで変動している。山本ら [72] による戸建住宅における実測では、平均寄与率は 8 月の 11% から 4 月の 41% に変動していた。有波ら [75] のシミュレーションでは、夏の最も涼しい日における寄与率が 15% であった。これらの値は本研究の結果よりも低くなっているものの、同様の傾向となっている。

FC 以外のガス利用量 (Figure 5-8 (c)) も 8 月の平均  $0.5 \text{ m}^3/\text{日} \cdot \text{戸}$  から 2 月の平均  $2.3 \text{ m}^3/\text{日} \cdot \text{戸}$  に変動している。一方で水利用量 (Figure 5-8 (d)) は最低が 8 月の  $0.5 \text{ m}^3/\text{日} \cdot \text{戸}$ 、最高が 2 月の  $0.56 \text{ m}^3/\text{日} \cdot \text{戸}$  と、一年中ほぼ同水準で推移している。

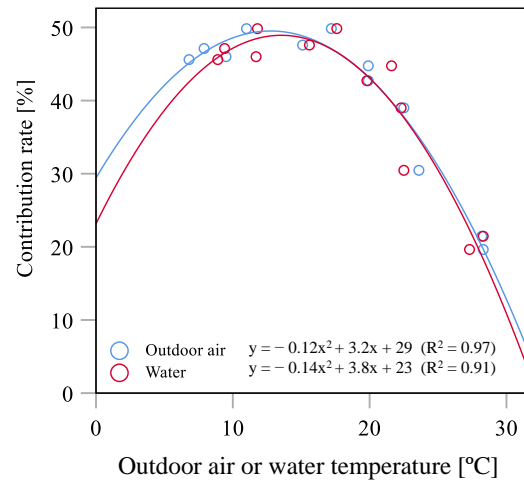


**Figure 5-8** Monthly variation (n = 304): (a) electricity use; (b) contribution rate; (c) gas use (except for CGS); (d) water use.

Figure 5-9 に、各月の FC による省エネルギー効果の世帯平均と外気温と水温の関係を示す。外気温または水温の上昇に伴って FC による発電量が減少している (Figure 5-9 (a))。温度の低い冬期に発電量が多い原因としては、水使用量は年間を通じてほぼ同水準 (Figure 5-8 (d)) であるものの、水温が低いために給湯のエネルギー使用量が大きくなること、また冬期は冷水よりも温水が好まれることが推測される。FC の寄与率は  $13 \sim 14^\circ\text{C}$  を頂点とする 2 次関数曲線となっている (Figure 5-9 (b))。



(a)



(b)

**Figure 5-9** Relationship between the energy-saving effect of cogeneration system (CGS) and the outdoor air or water temperature (n = 12): (a) generation; (b) contribution rate.

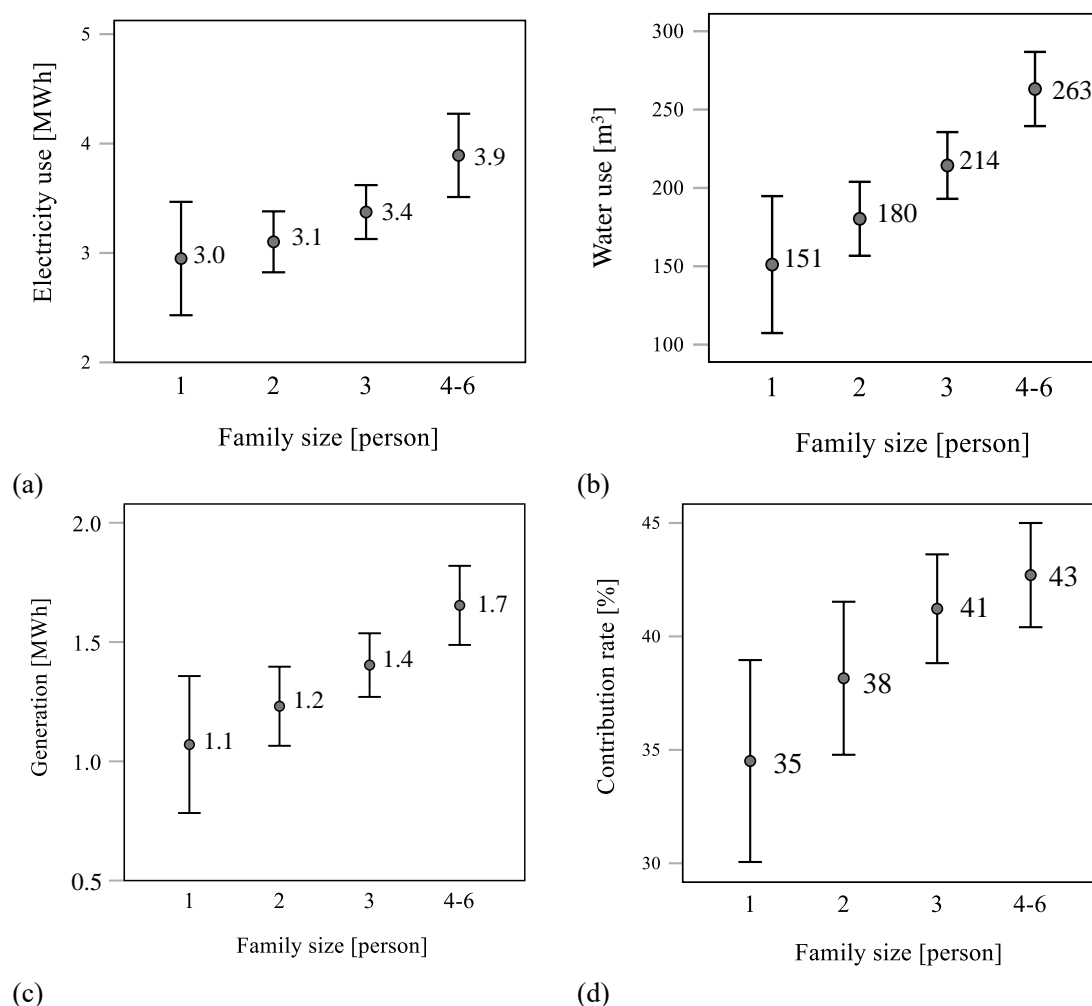


## 5-7 居住者特性と燃料電池の省エネ効果の関係

本項では、FCによる省エネルギー効果と居住者特性との関係について考察する。居住者特性としては、世帯人数、世帯主の年齢、末子の年齢、主婦の就業がある。

電力利用量、水利用量、FC-CGSによる発電量、FC-CGSの寄与率の世帯人数毎の分布をFigure 5-10に示す。寄与率が単身世帯の35%から4~6人世帯の43%に増加していることをはじめ、家族人数の増加に伴って全ての指標が増加傾向であり、単身世帯と4~6人世帯は有意差がある。大人数の家族は少人数の家族と比較してFCをより効果的に利用しており、この要因としては電力需要に加えて給湯需要が大きいことが推察される。

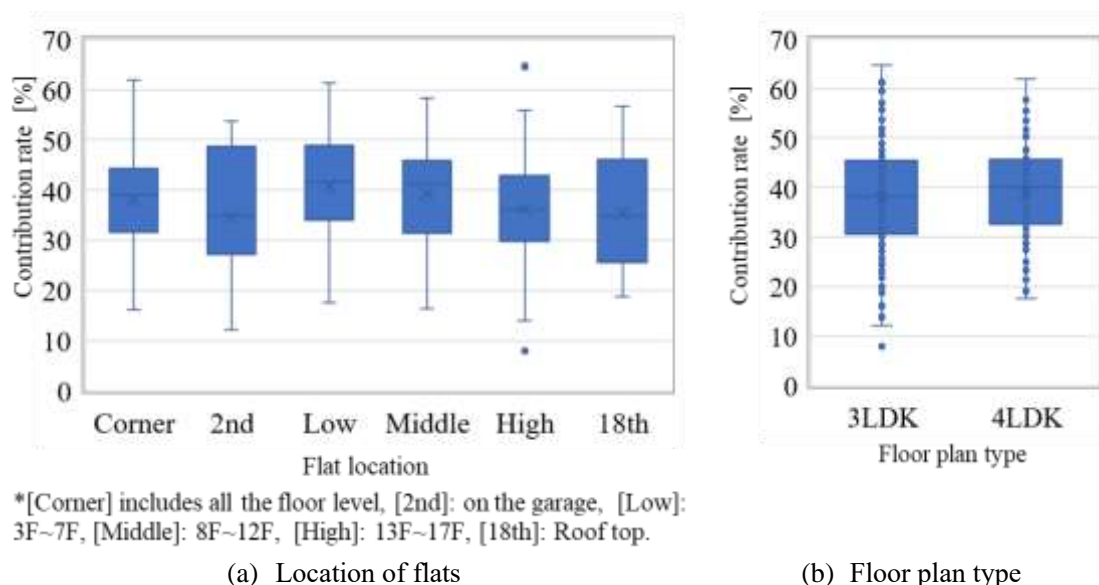
居住者特性としての世帯主年齢、末子の年齢、主婦の就業タイプの影響についても分析したが、何れもFCによる省エネルギー効果に有意差はみられなかった。



**Figure 5-10** Variation by the family size (n = 161): (a) electricity use; (b) water use; (c) electricity generation by cogeneration system (CGS); (d) contribution rate.

住戸特性として、住戸位置および間取タイプによるFCの寄与率の差異をFigure 5-11に示す。何れも有意差はみられない。なお住戸位置の影響について、高層階にいくほど寄与率

が低下傾向にあるが、これは平均世帯人数が低層階 2.9 人、中層階 2.7 人、高層階 2.2 人と高層になるほど低下していることによると思われる。



**Figure 5-11** Variation of contribution rate by the type of flat: (a) location; (b) plan type

## 5-8 集合住宅における燃料電池の普及に向けたエネルギー効率の向上策の検討

1-2-2 で述べたように、家庭用燃料電池 (FC) はその高いエネルギー効率から政府の「地球温暖化対策」でも取組の一つとして掲げられている。しかし現状では目標通りに導入が進んでおらず、特に集合住宅では普及が進まない。その理由の一つに、日本では余剰電力の売電が認められていないこともあり、FC の潜在能力を活かしきれていない、ということが考えられる。

先行研究では FC の稼働効率向上に向けて、PHV 車への充電 [66]、水素ステーションの補完 [70]、集合住宅の 2 住戸で共有 [71]、余剰電力のマクロな利用 [74, 75] といったシミュレーションが行われている。集合住宅では、専有住戸と共用部で電力が使用されており、さらに専有住戸における FC の余剰電力を共用部で活用することが考えられる。

専有住戸については、5-6 で述べたように、冬期には各住戸に設置された FC の発電量が增加する。しかし FC の寄与率が高い住戸では、給湯需要が高く発電余力があるにも拘らず、電力需要が少ないために発電量が抑えられているケースが存在する可能性がある

(Table 5-4)。Figure 5-2 の事例でも、11 ~ 17 時の間で電力利用量が少ないために定格運転が行われていない。このような場合、電力使用量を増加させて定格運転時間を増加させることにより、バックアップボイラーによって補われる給湯量を削減できる可能性がある。

**Table 5-4** Pattern of energy use and energy efficiency.

Case	Electricity demand	Hot water demand	Operation of FC	Potential for improving energy efficiency
1	Large	Large	Full operating already	×
2	Small	Large	Shortage of hot water supplied by FC is supplemented by backup boiler	Hot water supply increases by the external use of surplus electricity
3	Large	Small	Shortage of electricity is purchased	×
4	Small	Small	Low operating according to low demand	×

集合住宅 SK における共用部の電力利用システムを Figure 5-12 に、時系列の電力使用実績を Figure 5-13 に示す。この建物では屋上に 30kW の太陽光発電が設置されており、春から夏の需要のピークを押し下げている。結果としてピーク需要は冬期にきている。共用部の電力契約単価はピーク月の電力利用量で決まるため、ピーク月の電力の抑制は契約料金にも影響する課題である。

また専有住戸においても電力需要が上がることで FC の稼働率が上がり、給湯需要におけるバックアップボイラーへの依存度が低下する。結果として FC のエネルギー効率が向上し、建物全体のエネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量の削減に貢献する可能性がある。



(a) Electricity management system



(b) PV on the roof

**Figure 5-12** Electricity of common area in the condominium SK: (a) configuration diagram; (b) PV on the roof

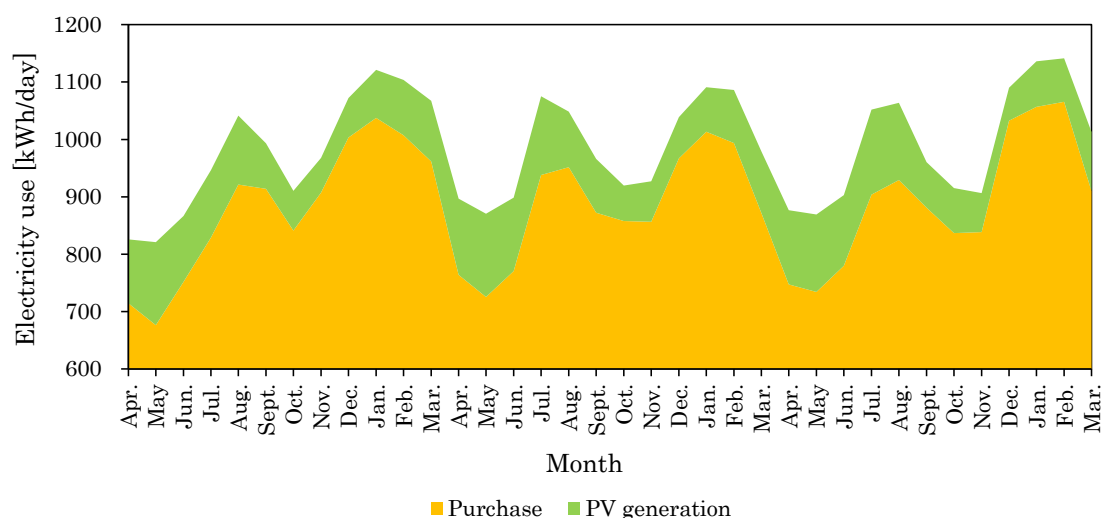


Figure 5-13 Electricity use in the common area in the condominium SK.

## 5-9 燃料電池の省エネ効果の総括と課題

5-1-1 で述べたように、家庭用燃料電池コージェネレーションシステム（FC-CGS）の導入は供給側・需要側の双方にメリットがある。国の政策においても 1-2-2 で述べたように、FC の普及は脱炭素社会に向けた取組の一つであるが、目標通りに進捗しておらず、特に集合住宅における普及は進んでいない。その要因としては、FC による省エネ効果の実績や高いエネルギー効率を発揮するための条件に関する情報が不足していることも影響していると想定される。FC に関する先行研究は大半が戸建住宅におけるシミュレーションである。

本章では、集合住宅用に開発された FC を世界で初めて全戸に搭載した分譲集合住宅を対象に、電力・ガス・水使用量、および FC による発電量を計測した HEMS データを用いて、FC の省エネ効果の実績を分析した。年間の省エネ効果の平均値は先行研究のシミュレーション結果とほぼ同等の結果となったが、季節変動があり、また住戸による大きなばらつきが見受けられた。省エネ効果は冬期が高くなっており、給湯需要が大きい住戸で発電効率が低いことが推測された。

さらに集合住宅における FC の稼働効率を向上させるため、共用部との連携の可能性も検討した。居住者の特性や生活スタイルを考慮しながら既存建物および新築建物において FC の設置を推進することが、日本政府の掲げる省エネルギーおよび CO<sub>2</sub> 排出量の削減への貢献の点でも期待される。

本研究により集合住宅における FC の省エネ効果の実績を把握し、その変動要因を見極めることで、今後の FC の普及に必要な情報提供に貢献できると考える。しかし現段階では HEMS データの年間合計値と各月の日平均値を算出した数値による分析に留まっている。今後の課題としては、さらに時間単位の推移まで分析することで、FC の省エネ効果に

及ぼす影響をより明確に把握し、省エネ効果が発揮できる条件とエネルギー効率向上策を明らかにしてゆくことであると考えている。

## 5-10 まとめ

固体高分子形燃料電池 (Polymer electrolyte fuel cell; PEFC)を世界で初めて全戸に設置した集合住宅 SK において 1 年間のエネルギーデータを分析し、以下の結果を得た。

- (1) 調査対象建物に設置された FC は給湯需要の一部と電力需要の 38%を供給し、購入電力量を削減した。この FC の発電により、従来の給湯器を使用して必要電力を全て購入している世帯と比較して、一次エネルギー消費量が 12.3%削減、CO<sub>2</sub> 排出量が 11.7%削減された。
- (2) FC による発電量は電力・ガス・水の利用量に影響を受けているが、最も大きな要因は給湯需要である。FC の寄与率は電力利用量の増加に応じて増加するが、年間 4 MWh/戸を超えると減少傾向に転じる。一方で水の利用量が多い世帯では電力利用量が少なくても寄与率は高い。これは水の利用量の大きさが給湯需要の高さを示していると推察される。
- (3) FC による発電量は季節で変動する。8 月に最低 (2.3 kWh/日・戸)、2 月最高 (5.1 kWh/日・戸) となり、発電量は外気温度または水温と連動関係が伺える。水の利用量は一年を通してほぼ一定であるが、冬期は給湯需要が増大すると同時に、水温と給湯の温度差が大きくなるため、必要な熱エネルギーが増大することが要因と考えられる。日本特有の入浴習慣の差が FC の効率に影響していることが推察される。
- (4) 家族人数が多い世帯では電力利用とともに水利用が大きくなり、これが高い省エネルギー効果を生み出している。例えば平均寄与率は、単身世帯では 35%なのに対し、4~6 人家族では 43%である。

これらの分析結果の結論としては、電力需要の高い世帯では FC による発電量が多く、一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量の削減に貢献している。一方で購入電力量の削減効果を表す寄与率には、給湯需要の大きさが貢献しているといえる。さらに専有住戸と教養部の連携、すなわち FC の発電余力を共有部に利用することで、FC のエネルギー効率がさらに高まる可能性がある。



## 第 6 章 総括

- 6-1 本研究の結論
- 6-2 本研究の課題
- 6-3 今後の展望

## 6-1 本研究の結論

気候変動問題に対する緩和策として、住宅の省エネは喫緊の課題となっている。日本政府の地球温暖化対策計画では、家庭部門における取組として、「住宅の省エネルギー化」「省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進」「徹底的なエネルギー管理の実施」「脱炭素型ライフスタイルへの転換」を掲げている。

居住者が主体となって取組を進めるためには、住宅におけるエネルギー使用実態を把握してその変動要因を明らかにし、個々の生活スタイルに応じた健康を損なわない効果的な省エネ策を提案することが求められる。しかし現在は居住世帯の 4 割を占める集合住宅において HEMS データを研究に利用できる事例は少なく、現在の住宅における実際のエネルギー使用実績データと居住者の生活スタイルとの関係を分析して居住者特性に即した省エネ策を考察した研究は充分に行われていない。

また国は省エネ性能の高い機器の一つとして家庭用燃料電池 (Fuel cell; FC) の普及を目指しているが、特に集合住宅における普及は進んでいない。この原因の一つとして、導入による省エネ効果および居住者の生活スタイルとの適性に関する情報が不足していることも挙げられる。FC に関する先行研究も見受けられるが、戸建住宅におけるシミュレーションが中心で、実際の集合住宅における省エネ実績を分析した事例はみられない。

本研究では、世界で初めて全戸に FC を設置し、併せてエネルギー利用データを測定した先進的な集合住宅を含む複数の集合住宅において、アンケート調査と居住者の同意に基づく HEMS データの取得により、エネルギー利用の実態と居住者特性や生活スタイルなどがエネルギー利用に及ぼす影響を分析した。得られた知見に限りはあるものの、実住宅における実測データのミクロな分析を行うことにより、マクロな分析では見えてこないエネルギー利用の変動要因の実態を明らかにすることの意義は示すことができたと考える。各章で得られた主な成果は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景として、気候変動問題に対する国際動向および我が国の政策、住宅居住者の変化、住宅におけるエネルギー利用と FC に関する先行研究を俯瞰することで実測データを取得して分析した本研究の意義を説明した。

第 2 章では、「住宅・建築物省 CO<sub>2</sub> 先導事業」に基づいた本研究の概要、調査対象建物、分析データおよび分析方法を説明した。

第 3 章では、22 棟の集合住宅において比較分析を行い、建物特性と居住者の省エネ意識・行動がエネルギー利用に影響している可能性を見出した。具体的には、オール電化と電気ガス併用の比較では、オール電化住宅のエネルギー利用が大きい結果となった。築年の比較では、築年の古い集合住宅で電力使用量が大きい結果となった。地域の比較では、首都圏よりも近畿圏に立地する集合住宅で電力使用量が大きい結果となった。さらに研究の中核となる集合住宅 SK において、温熱環境調整に係る居住者の省エネ行動および電



力・ガス・水使用量の実態を把握した。

第4章では、集合住宅SKにおいて冷暖房利用の季節変動パターンで居住者を3タイプに区分することで、全体の統計的な分析では見えてこない住戸特性・居住者特性・生活スタイルが冷暖房利用に影響を与えている可能性を見出した。住戸特性としては、角住戸における暖房エネルギー利用が大きい結果となり、側壁の断熱性向上による省エネの余地が示唆された。居住者特性としては、家族人数、世帯主の年齢、主婦の就業の影響を分析した。温熱環境調整行動は在宅時間が大きく影響していることが示される結果となった。さらに日射遮蔽による不在時間における温度変化の抑制、扇風機や窓からの通風を活用したエアコン利用の抑制など、居住者特性や生活スタイルに即した快適性を伴う効果的な省エネ策を考察した。

具体的な行動提案としては以下の項目がある。

- ・ 既存建物は次世代省エネ基準レベルでも外壁の断熱改修により省エネ向上を図る余地がある。これは住戸内の温熱快適性の向上につながる。
- ・ 不在時間の長い世帯については、日中の不在時における室温制御の工夫が望まれる。夏期においては、すだれや緑のカーテンなどによる日射抑制が有効である。
- ・ 夏期のエアコン依存度の高い世帯においては、通風の活用や扇風機の利用によりエアコン利用を抑制することが可能である。
- ・ 高齢者は省エネ意識が高い傾向であるが、夏期の熱中症など室温の適正化に考慮しながら省エネ対策を行う必要がある。

第5章では、FCの発電実績を把握し、先行研究のシミュレーションと同水準の省エネ効果を確認しつつ、居住者特性や生活スタイルがFCの省エネ効果に影響を及ぼしている可能性を見出した。FCによる発電量が電力使用量に占める寄与率は、水温が低下する冬期に高くなり、また給湯ニーズが高い世帯で高くなる結果となった。さらにFC普及に向け、集合住宅共用部の電力にFCの発電余力を利用することによるエネルギー効率の向上策を考察した。

## 6-2 本研究の課題

フィールド調査に基づく研究は、その成果を一般化することが期待される。本研究は複数の集合住宅において30分間隔で計測されたHEMSデータを取得し、建物間の比較分析を可能とした数少ない事例である。しかしここでは主として年間の合計値および各月の1日当たり平均値を算出した数値に基づく分析に留まった。本研究においてエネルギー利用実態を居住者特性や生活スタイルとクロス分析することで幾つかの傾向を把握することができたが、さらにその知見を一般化するためには、時間単位の推移まで踏み込んだ分析により行動特性とエネルギー利用の関係を明確にすることが必要である。また住戸・居住者特性とエネルギー利用の関係を個々に分析したため、各要因の影響度を見極める段階まではた

どり着いていない。これらの点は今後の研究余地として残ることになった。

また本研究は新型コロナウイルス発生前の 2018 年度が調査対象期間である。コロナ禍を経て予想されるテレワークの普及など、生活スタイルの変化に対応した調査と考察が必要になる。

### 6-3 今後の展望

1-1 で述べたように、地球温暖化対策計画では住宅および設備機器の省エネ化というハードな取組と、居住者の脱炭素型ライフスタイルへの転換とエネルギー管理というソフトな取組を掲げている。

ハードな取組については、デベロッパーや住宅メーカーが 2030 年に新築住宅における ZEH 達成を掲げている。またエネルギー供給事業者も低炭素化を目指している。しかし既存住宅については、建物性能の差がエネルギー消費量に与える影響について所有者の認識を図り、省エネ改修を促す仕掛けは未だ不十分である。本研究で試みた築年の差に関するフィールド調査がさらに進むことを期待したい。

一方で、居住者によるソフトな対策を実現するためには、住宅におけるエネルギー使用実態を把握してその変動要因を明らかにすることが必要であるが、現状では HEMS の設置が進まず、設置された場合も研究に活用できるケースは稀である。

一方でコロナ禍を機に、住宅において新しい生活様式が進展する可能性がある。また少子高齢化の進展や未婚率の増加など、家族構成の変化も予測される。これらの変化を踏まえた生活スタイルとエネルギー利用の実態を把握し、効果的な省エネ策を示すことが欠かせない。

この研究をさらに進めることで、HEMS データを活用した分析の重要性が見直され、個々の居住者特性や生活スタイルに応じた健康・快適性を損なわない効果的な省エネ策が提案できるようになり、居住者が主体的に省エネ策を進めることで「脱炭素社会型ライフスタイルへの転換」が可能になると考える。

## 参考文献

1. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (accessed on 26 December 2021).  
文部科学省, 経済産業省, 気象庁, 環境省 : 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 5 次 評 価 報 告 書 統 合 報 告 書 の 公 表 に つ い て, 2014.11.2. [https://www.jma.go.jp/jma/press/1411/02a/ipcc\\_ar5\\_syr.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/press/1411/02a/ipcc_ar5_syr.pdf)
2. United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement. Available online: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf) (accessed on 25 July 2021).
3. Government of Japan. Submission of Japan's Nationally Determined Contribution, 17 July 2015. Available online: [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Japan%20First/20150717\\_Japan's%20INDC.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Japan%20First/20150717_Japan's%20INDC.pdf) (accessed on 9 April 2021).  
日本国: 日本の約束草案, 2015.7.17. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000090897.pdf> (参照 2021.4.9)
4. 環境省 : 地球温暖化対策計画, 2016.5.13. <https://www.env.go.jp/press/102512.html> (参照 2021.4.9)
5. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> (accessed on 26 December 2021).  
環境省 : 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 6 次評価報告書第 I 作業部会報告書 (自然科学的根拠) の公表について, 2021.8.9. <https://www.env.go.jp/press/109850-print.html> (参照 2021.12.26)
6. Prime Minister of Japan and His Cabinet. Greenhouse Gas Emissions to Zero by 2050. Available online: [https://japan.kantei.go.jp/tyoukanpress/202010/26\\_p.html](https://japan.kantei.go.jp/tyoukanpress/202010/26_p.html) (accessed on 25 July 2021)  
首相官邸 : グリーン社会の実現. <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/tokushu/green.html> (参照 2021.12.26)
7. 環 境 省 : 地 球 温 暖 化 対 策 計 画, 2021.10.22. <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html> (参照 2021.12.24)
8. 経済産業省 資源エネルギー庁 : 令和 2 年度エネルギーに関する年次報告 (エネルギー白書 2021) . <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/html/index.html> (参照 2021.8.19)
9. 総務省統計局 : 平成 30 年住宅・土地統計調査, 11 住宅の建て方(4 区分), 構造(5 区分)別

住宅数一全国, 3 大都市圏, 都道府県, 大都市(昭和 63 年～平成 30 年) および 10 住宅の所有の関係(5 区分), 建て方(3 区分)別住宅数一全国, 3 大都市圏, 都道府県, 大都市(昭和 58 年 ～ 平成 30 年) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200522&tstat=000001127155&cycle=0&year=20180&month=0&tclass1=000001140366&tclass2val=0> (参照 2021.7.24)

10. 国 家 戦 略 室 : グ リ ー ン 戦 略 大 綱 ( 骨 子 )  
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20121127/shiryo4-1.pdf> (参照 2021.7.24)
11. (一社)環境共創イニシアチブ (SII) : スマートマンション導入加速化推進事業費補助金 (MEMS)  
<https://sii.or.jp/hems/device/list/archives/> (参照 2021.12.26)  
<https://sii.or.jp/mems/first.html#:~:text=%E8%A3%9C%E5%8A%A9%E9%87%91%E3%82%92%E7%94%B3%E8%AB%8B%E3%81%99%E3%82%8B,%E3%81%93%E3%81%A8%E3%81%8C%E3%81%A7%E3%81%8D%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82>
12. 経済産業省 資源エネルギー庁 : 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」をとりまとめました, 2014.6.24.  
[https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso\\_nenryodenchi/pdf/report01\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/pdf/report01_01_00.pdf) (参照 2021.12.26)
13. 東京都 : 水素社会の実現に向けた東京戦略会議 (平成 26 年度) とりまとめ, 2015.2.  
<https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/hydrogen/kaigi.files/26torimatome.pdf> (参 照 2021.12.26)
14. コ ー ジ エ ネ 財 団 : エ ネ フ ァ ー ム メ ー カ ー 販 売 台 数  
[https://www.ace.or.jp/web/works/works\\_0090.html](https://www.ace.or.jp/web/works/works_0090.html) (参照 2021.5.30)
15. エネファーム パートナース : エネファーム普及拡大に向けた今後の展望, 第 5 回エネファーム パートナース総会, 2018.6.14 [https://www.gas.or.jp/user/comfortable-life/enefarm-partners/common/data/20180614\\_web.pdf](https://www.gas.or.jp/user/comfortable-life/enefarm-partners/common/data/20180614_web.pdf) (参照 2021.5.30)
16. 国立社会保障・人口問題研究所 : 2014 年社会保障・人口問題基本調査 第 7 回世帯動態調査, 2004 年同調査および 1994 年同調査 [http://www.ipss.go.jp/ps-dotai/j/DOTAI7/NSHC07\\_top.asp](http://www.ipss.go.jp/ps-dotai/j/DOTAI7/NSHC07_top.asp) (参照 2021.12.26)
17. 厚生労働省 : 平成 30 年版厚生労働白書 第 2 部 第 1 章  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/wp/hakusyo/kousei/18/index.html> (参照 2021.12.26)
18. 内閣府 : 消費動向調査 2020 年 3 月調査 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00100405&tstat=000001014549&cycle=0&tclass1=000001136604&tclass2=000001139086&tclass3val=0> (参照 2021.12.26)
19. 公益財団法人 連合総合生活開発研究所「第 40 回「勤労者短観」新型コロナウイルス感染症関連一次集計結果」(2020. 10. 28)による。<https://www.rengo-soken.or.jp/work/cb97f7cd3a7dc12b8884304d2e91d7ce2de37d13.pdf> (参照 2021.12.26)

20. Indraganti, M.; Ooka, R.; Rijal, H.B. Thermal comfort in offices in summer: Findings from a field study under the 'setsuden' conditions in Tokyo, Japan. *Build. Environ.* 2013, 61, 114–132. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.12.008>.
21. Tanabe, S.; Iwahashi, Y.; Tsushima, S.; Nishihara, N. Thermal comfort and productivity in offices under mandatory electricity savings after the Great East Japan earthquake. *Archit. Sci. Rev.* 2013, 56, 4–13. <https://doi.org/10.1080/00038628.2012.744296>.
22. Buttitta, G.; Turner, W.J.N.; Neu, O.; Finn, D.P. Development of occupancy-integrated archetypes Use of data mining clustering techniques to embed occupant behaviour profiles in archetypes. *Energy and Buildings.* 2019, 198, 84-99. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.056>.
23. Ortiz, M.A.; Bluysen, P.M. Developing home occupant archetypes First results of mixed-methods study to understand occupant comfort behaviours and energy use in homes. *Building and Environment.* 2019, 163, 106331. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106331>.
24. Cali, D.; Andersen R.K.; Müller, D.; Olesen B.W. Analysis of occupants' behavior related to the use of windows in German households. *Building and Environment.* 2016, 103, 54-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.024>.
25. Jain, R.K.; Taylor, J.E.; Culligan, P.J. Investigating the impact eco-feedback information representation has on building occupant energy consumption behavior and savings. *Energy and Buildings.* 2013, 64, 408-414. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.011>.
26. Meinrenken, C.J.; Rauschkolb, N.; Abrol, S.; Chakrabarty, T.; Decalf, V.C.; Hidey, C.; McKeown, K.; Mehmani, A.; Modi, V.; Culligan, P.J. 10 second interval real and reactive power for groups of 390 US apartments of varying size and vintage. *Scientific data.* 2020, 7:375, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00721-w>.
27. Stopps, H.; Touchie, M.F. Managing thermal comfort in contemporary high-rise residential buildings: Using smart thermostats and surveys to identify energy efficiency and comfort opportunities. *Building and Environment.* 2020, 173, 106748. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106748>.
28. James, M.; Ambrose, M. Retrofit or behaviour change? Which has the greater impact on energy consumption in low income households? *Procedia Engineering.* 2017, 180, 1558-1567. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.318>.
29. Chen, J.; Wang, X.; Steemers, K. A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China. *Energy and Buildings.* 2013, 66, 193-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.045>.
30. Ren, X.; Yan, D.; Wang, C. Air-conditioning usage conditional probability model for residential buildings. *Building and Environment.* 2014, 81, 172-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.022>.
31. Xia, D.; Lou, S.; Huang, Y.; Zhao Y.; Li, D.H.W.; Zhou, X. A study on occupant behaviour related

- to air-conditioning usage in residential buildings. *Energy and Buildings*. 2019, 203, 109446. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109446>.
32. Indraganti, M. Behavioural adaptation and the use of environmental controls in summer for thermal comfort in apartments in India. *Energy and Buildings*. 2010, 42, 1019-1025. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.014>.
  33. Zaki, S.A.; Hanip, N.F.M.; Hagishima, A.; Yakub, F.; Ali, M.S.M. Survey of Resident Behaviour Related to Air Conditioner Operation in Low-Cost Apartments of Kuala Lumpur. *Chemical Engineering Transactions*. 2018, 63, 259-264. <http://doi.org/10.3303/CET1863044>.
  34. Aqilah, N.; Zaki, S.A.; Hagishima, A.; Rijal, H.B.; Yakub, F. Analysis on electricity use and indoor thermal environment for typical air-conditioning residential buildings in Malaysia. *Urban Climate*. 2021, 37, 100830. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100830>.
  35. Sena, B.; Zaki, S.A.; Rijal, H.B.; Ardila-Rey, J.A.; Yusoff, N.M.; Yakub, F.; Ridwan, M.K.; Muhammad-Sukki, F. Determinant Factors of Electricity Consumption for a Malaysian Household Based on a Field Survey. *Sustainability* 2021, 13, 818. <https://doi.org/10.3390/su13020818>.
  36. Sawachi, T.; Bogaki, K.; Yoshino, H.; Suzuki, K.; Akabayashi, S.; Inoue, T.; Ohno, H.; Matsubara, N.; Hayashi, T.; Morita D. Energy consumption for different uses in dwelling and its estimation formulas – Study of energy consumption in residential buildings from the viewpoint of life style, on the basis of national scale surveys (Part 1). *J. Plan. and Environ. Eng. AIJ* 1994, 462, 41-48. <https://doi.org/10.3130/aija.59.41>.  
 澤地孝男, 坊垣和明, 吉野博, 鈴木憲三, 赤林伸一, 井上隆, 大野秀夫, 松原斎樹, 林徹夫, 森田大: 用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成 全国的調査に基づく住宅のエネルギー消費とライフスタイルに関する研究 (第 1 報), 日本建築学会計画系論文集 第 462 号, pp. 41-48, 1994.8
  37. Bogaki, K.; Sawachi, T.; Yoshino, H.; Suzuki, K.; Akabayashi, S.; Inoue, T.; Ohno, H.; Matsubara, N.; Hayashi, T.; Morita, D. Study on the living room temperature and its regional differences in summer & winter season – Study of energy consumption in residential buildings from the viewpoint of life style, on the basis of national scale surveys (Part 2). *J. Plan. and Environ. Eng. AIJ* 1998, 505, 23-30. [https://doi.org/10.3130/aija.63.23\\_1](https://doi.org/10.3130/aija.63.23_1).  
 坊垣和明, 澤地孝男, 吉野博, 鈴木憲三, 赤林伸一, 井上隆, 大野秀夫, 松原斎樹, 林徹夫, 森田大: 夏期および冬期の居住室室温とその地域性に関する研究-全国的調査に基づく住宅のエネルギー消費とライフスタイルに関する研究-第 2 報, 日本建築学会計画系論文集 第 505 号, pp. 23-30, 1998.3
  38. Bogaki, K.; Sawachi, T.; Yoshino, H.; Suzuki, K.; Akabayashi, S.; Inoue, T.; Ohno, H.; Matsubara, N.; Hayashi, T.; Morita, D. Study on the heating and cooling pattern and heating & cooling period in residential buildings on the basis of national scale surveys. *J. Plan. and Environ. Eng. AIJ* 1998,

509, 41-47. [https://doi.org/10.3130/aija.63.41\\_2](https://doi.org/10.3130/aija.63.41_2).

坊垣和明, 吉野博, 鈴木憲三, 赤林伸一, 井上隆, 大野秀夫, 松原斎樹, 林徹夫, 森田大: 全国的調査に基づく住宅の暖冷房時間および暖冷房期間に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 第 509 号, pp. 41-47, 1998.7

39. Hasegawa, Y; Inoue, T. Energy consumption in housing on the basis of national scale questionnaire – Study on influence of residential characteristic and dispersion of energy consumption (Part 1). J. Environ. Eng. AIJ 2004, 583, 23-28. [https://doi.org/10.3130/aije.69.23\\_4](https://doi.org/10.3130/aije.69.23_4).  
長谷川善明, 井上隆: 全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 - 世帯特性の影響と世帯間ばらつきに関する考察-その 1, 日本建築学会環境系論文集 第 583 号, pp. 23-28, 2004.9
40. Mizutani, S.; Inoue, T.; Oguma, T. Energy consumption for different uses in housing and energy usage – Analysis based on national scale questionnaire, J. Environ. Eng. AIJ 2006, 609, 117-124. <https://doi.org/10.3130/aije.71.117>.  
水谷傑, 井上隆, 小熊孝典: 住宅内における用途別エネ類—消費と住まい方の実態に関する研究-アンケート調査に基づく分析-, 日本建築学会環境系論文集, 第 609 号, pp. 117-124, 2006.11
41. Tanaka, A.; Kubo, R.; Nakagami, H.; Ishihara, O. Attribution analysis of family area and of household energy use and its future prediction. J. Environ. Eng. AIJ 2008, 73, 823-830. <https://doi.org/10.3130/aije.73.823>.  
田中昭雄, 久保隆太郎, 中上英俊, 石原修: 世帯属性を考慮した住宅用エネルギー消費原単位の推定と将来予測、日本建築学会環境系論文集, 第 73 巻, 第 628 号, pp. 823-830, 2008.6
42. 環境省: 家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査 (家庭 CO<sub>2</sub> 統計) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search?page=1&query=%E5%AE%B6%E5%BA%AD%E9%83%A8%E9%96%80%E3%81%AEco2%E6%8E%92%E5%87%BA%E5%AE%9F%E6%85%8B%E7%B5%B1%E8%A8%88%E8%AA%BF%E6%9F%BB&layout=dataset&metadata=1&data=1> (参照 2022.1.15)
43. Matoba, H.; Sugiyama, M.; Matsuoka, A.; Shimoda, Y.; Yamaguchi, Y. Analysis on differences of energy consumption among households by simulation and statistics. Journal of Japan Society of Energy and Resources 2020, 41, 209-218. [https://doi.org/10.24778/jjser.41.5\\_209](https://doi.org/10.24778/jjser.41.5_209).  
的場晴香, 杉山みなみ, 松岡綾子, 下田吉之, 山口容平: 家庭 CO<sub>2</sub> 統計とエネルギー最終需要モデルと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 第 41 巻, 第 5 号, pp. 209-218, 2020
44. Yoshino, H.; Yuasa, K.; Hasegawa, K.; Ishida, K.; Muro, K.; Mitamura, T.; Chiba, T.; Inoue, T.; Murakami, S. Development of calculation methodology for housing energy consumption, AIJ J. Technol. Des. 2005, 22, 359-362. <https://doi.org/10.3130/aijt.11.359>.  
吉野博, 湯浅和博, 長谷川兼一, 石田建一, 室恵子, 三田村輝章, 千葉智成, 井上隆, 村上周

- 三: 住宅内エネルギー消費量予測モデルの構築, 日本建築学会技術報告集 第 22 号, pp. 3, 59-362, 2005.12
45. Ozawa, A.; Yoshida, Y. Estimation of household energy demand by simulating our daily active with Markov chain. *Papers of environmental information science* 2013, 27, 97-102. [https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis27.0\\_97](https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis27.0_97).  
小澤暁人, 吉田好邦: マルコフ連鎖を用いた生活行動再現による家庭エネルギー需要の推定, 環境情報科学 学術研究論文集 27, pp. 97-102, 2013
46. Ozawa, A.; Yoshida, Y. Residential energy modelling based on questionnaire surveys. *Journal of Japan Society of Energy and Resources* 2015, 36, 12-23. [https://doi.org/10.24778/jjser.36.5\\_12](https://doi.org/10.24778/jjser.36.5_12).  
小澤暁人, 吉田好邦: アンケート調査に基づく家庭エネルギー需要モデル, エネルギー・資源学会論文誌 第 36 巻, 第 5 号, pp. 12-23, 2015
47. Hong, W. Analysis on the annual energy use and the housing property in the apartment houses. *J. Archit. Plann. Environ. Engng AIJ* 1993, 445, 53-61. [https://doi.org/10.3130/aijax.445.0\\_53](https://doi.org/10.3130/aijax.445.0_53). (in Japanese)  
洪元和: 集合住宅における住戸属性と年間エネルギー消費量の分析, 日本建築学会計画系論文報告集 第 445 号, pp. 53-61, 1993.3
48. Mae, M.; Nabeshima, M.; Kamata, M. The study on pattern categorization of time schedule on daily life – Life style and energy consumption of resident on urban apartment (Part 1). *J. Environ. Eng. AIJ* 2003, 573, 103-109. [https://doi.org/10.3130/aije.68.103\\_3](https://doi.org/10.3130/aije.68.103_3).  
前真之, 鍋島美奈子, 鎌田元康: 生活時間のパターン分類-都心部集合住宅居住者のライフスタイルとエネルギー消費に関する研究 その 1 -, 日本建築学会環境系論文集, 第 573 号, pp. 103-109, 2003.11
49. Hirose, T.; Takaguchi, H. Investigation of insulation efficiency of existing apartments and energy saving of insulation renovation. *J. Environ. Eng. AIJ* 2011, 76, 581-586. <https://doi.org/10.3130/aije.76.581>.  
広瀬拓哉, 高口洋人: 既存集合住宅の断熱性能実態及びその改修による省エネルギー効果に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 76 巻, 第 664 号, pp. 581-586, 2011.6
50. Hosoi, R.; Inoue, T.; Takase, K.; Sugawara, K.; Matsuki, Y.; Yamaura, K.; Kobayashi, K. Analysis of energy consumption in each use by electricity, gas and water consumption data in apartment housings – Study on estimation method of consumption of gas and electricity in each usage and grasp of actual usage in houses in metropolitan area (Part 1). *J. Environ. Eng. AIJ* 2016, 81, 1155-1162, <https://doi.org/10.3130/aije.81.1155>.  
細井里紗, 井上隆, 高瀬幸造, 菅原清峻, 松木義也, 山浦賢, 小林謙介: 集合住宅の電力・ガス・水道消費量データを用いた用途別エネルギー消費量分析-首都圏の住宅を対象とした電力・ガス用途推計と実態把握 (その 1), 日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻, 第 730 号, pp. 1155-1162, 2016.12



51. Otsuka, A.; Hirano, Y.; Narumi, D. People's values and energy cognition behind energy-saving behavior. *J. Environ. Eng. AIJ* 2017, 82, 811-820. <https://doi.org/10.3130/aije.82.811>.  
大塚彩美, 平野勇二郎, 鳴海大典: 省エネルギー行動の背景にある価値観・意識に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 82 巻, 第 739 号, pp. 811-820, 2017.9
52. Otsuka, A.; Hirano, Y.; Narumi, D. Lifestyle factors affecting electricity consumption within households – A case study of an all-electric apartment with HEMS. *J. Environ. Eng. AIJ* 2018, 83, 781-790. <https://doi.org/10.3130/aije.83.781>.  
大塚彩美, 平野勇二郎, 鳴海大典: 電力消費量に影響を与える住生活に関連するライフスタイル要因-HEMS を標準設置した全電化集合住宅を対象として, 日本建築学会環境系論文集, 第 83 巻, 第 751 号, pp. 781-790, 2018.9
53. Otsuka, A.; Masuda, T.; Narumi, D. A study on lifestyles promoting energy-saving – Focusing on people's values, energy-cognition and energy consumption among two-generation families in Tokyo Metropolitan Region. *J. Environ. Eng. AIJ* 2020, 85, 767-777. <https://doi.org/10.3130/aije.85.767>.  
大塚彩美, 増田達矢, 鳴海大典: 省エネルギーを推進するライフスタイルに関する研究-首都圏在住の親子 2 世代世帯の価値観、意識およびエネルギー消費に着目して, 日本建築学会環境系論文集, 第 85 巻, 第 776 号, pp. 767-777, 2020.10
54. Takase, K.; Nagakura, N.; Inoue, T. Influence of behavior change to prevent the expansion of COVID-19 on energy consumption of all-electric apartment house in Tokyo. *AIJ J. Technol. Des.* 2021, 27, 303-308. <https://doi.org/10.3130/aijt.27.303>.  
高瀬幸造, 永倉直武, 井上隆: 新型コロナウイルス感染拡大防止を目的とした行動変容が全電化集合住宅のエネルギー消費量に与えた影響, 日本建築学会技術報告集, 第 27 巻, 第 65 号, pp. 303-308, 2021.2
55. Habara, H.; Yasue, R.; Shimoda, Y. Survey on the occupant behaviour relating to window and air-conditioner operation in the residential buildings. 13th Conference of International Building Performance Simulation Association. 2013, 2007–2013. [http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p\\_2430.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p_2430.pdf).
56. Yoshino, H.; Xie, J.C.; Mitamura, T.; Chiba, T.; Sugawara, H.; Hasegawa, K.; Genjo, K.; Murakami, S. A two year measurement of energy consumption and indoor temperature of 13 houses in a cold climatic region of Japan. *J. Asian Archit. Build. Eng.* 2018, 5 (2), 361–368. <https://doi.org/10.3130/jaabe.5.36>.
57. Mae, M.; Iio, A.; Inoue, T.; Muro, K.; Tanaka, T.; Hirayama, S.; Sekizaki, M. Annual sum and monthly fluctuation of energy consumption for each stage – Study on energy consumption in houses in Kanto district. *J. Environ. Eng. AIJ* 2006, 610, 91-98, <https://doi.org/10.3130/aije.71.91>.  
前真之, 飯尾明彦, 井上隆, 室恵子, 田中俊彦, 平山翔, 関崎真: 用途別エネルギー消費量の

年合計および月変動-関東地域における住宅のエネルギー消費量に関する調査研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 610 号, pp. 91-98、2006.12

58. Yano, K.; Mae, M.; Hirayama, S.; Inoue, T. Cooling electricity consumption of residential air-conditioner – Study on energy consumption in houses in Kanto district. *J. Environ. Eng. AIJ* 2008, 73, 1093-1099, <https://doi.org/10.3130/aije.73.1093>.  
矢野慶一, 前真之, 平山翔, 井上隆: 家庭用エアコンの冷房用消費電力に関する検討-関東地域における住宅のエネルギー消費量に関する調査研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 73 巻, 第 631 号, pp. 1093-1099, 2008.9
59. Ono, T.; Hagishima, A.; Tanimoto, J.; Ikegaya, N. Statistical analysis of time-series data of electricity consumption of air conditioners observed in multiple dwellings. *Transactions of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan*. 2017, 239, 1-9, [https://doi.org/10.18948/shase.42.239\\_1](https://doi.org/10.18948/shase.42.239_1).  
小野哲嗣, 萩島理, 谷本潤, 池谷直樹: 大規模集合住戸のエアコンの電力使用量の時系列データに基づく統計分析, 空気調和・衛生工学会論文集 No.239, pp. 1-9, 2017.2
60. Kindaich, S.; Nishina, D.; Murakawa, S.; Ishida, M.; Ando, M. Analysis of energy consumption of room air conditioners: An approach using individual operation data from field measurements. *Applied Thermal Engineering*. 2017, 112, 7-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.10.017>.
61. Ueno, T.; Sano F.; Seki, O.; Tsuji, K.: Effectiveness of an energy-consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data. *Applied energy* 2006, 83, 166-183, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2005.02.002>.
62. Ferguson, A.; Ugursal, V.I. Fuel cell modelling for building cogeneration applications. *J. Power Sources* 2004, 137, 30–42, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2004.05.021>.
63. Dorer, V.; Weber, R.; Weber, A. Performance assessment of fuel cell micro-cogeneration systems for residential buildings. *Energy Build.* 2005, 37, 1132–1146, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.06.016>.
64. Dorer, V.; Weber, R.; Weber, A. Energy and CO2 emissions performance assessment of residential micro-cogeneration systems with dynamic whole-building simulation programs. *Energy Convers. Manag.* 2009, 50, 648–657, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.10.012>.
65. Pellegrino, S.; Lanzini, A.; Leone, P. Techno-economic and policy requirements for market-entry of the fuel cell micro-CHP system in the residential sector. *Appl. Energy* 2015, 143, 370–382, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.007>.
66. Di Marcoberardino, G.; Manzolini, G. Investigation of a 5 kW micro-CHP PEM fuel cell based system integrated with membrane reactor under diverse EU natural gas quality. *Intern. J. Hydrog. Energy* 2017, 42, 13988–14002, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.016>.
67. Kuroki, H.; Shimizu, S.; Takaguchi, H.; Watanabe, T. Effective operation methods and energy

conservation effect of housing polymer electrolyte fuel cell co-generation systems—Installation effect of distributed power and heat source system for housing (Part 1). J. Environ. Eng. AIJ 2006, 610, 67–73.

黒木洋, 清水章太郎, 高口洋人, 渡辺俊行: 家庭用固体高分子形燃料電池 CGS の運転方法と導入効果 家庭用分散型電熱源の導入効果に関する研究 その 1, , 日本建築学会環境系論文集, 第 610 号, pp. 67-73, 2006.12

68. Wakui, T.; Wada, N.; Yokohama, R. Energy-saving effect of a residential polymer electrolyte fuel cell cogeneration system combined with a plug-in hybrid electric vehicle. *Energy Convers. Manag.* 2014, 77, 40–51, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.09.018>.

69. Aoki, T.; Habara, H.; Shimoda, Y. Analysis of the effect of introducing residential cogeneration systems based on the demand characteristics of households. *J. Jpn. Soc. Energy Resour.* 2015, 37, 9–16.

青木拓也, 羽原宏美, 下田吉之: 世帯の需要特性を考慮した住宅用コージェネレーションシステムの導入効果分析, *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, Vol. 37, No. 1, pp. 9-16, 2015

70. Ono, Y.; Haneda, T.; Ikegami, T.; Akisawa, A. Potential of producing hydrogen for fuel-cell vehicles by residential fuel cell co-generation utilizing idle capacity. *J. Jpn. Inst. Energy* 2017, 96, 478–486.

小野優輔, 羽田貴英, 池上貴志, 秋澤淳, 家庭用燃料電池システムの水素製造余力を用いた燃料電池自動車用水素製造可能性の評価, *Journal of Japan Institute of Energy*, 96, pp. 478-486, 2017

71. Yamamoto, T.; Amatatsu, K.; Sumiyoshi, D. Estimation energy saving effects of sharing fuel cell with two households by simulation program. *J. Environ. Eng. AIJ* 2018, 83, 365–374, <https://doi.org/10.3130/aije.83.365>.

山本高広, 天辰公史郎, 住吉大輔: シミュレーションによる 2 世帯での燃料電池共有効果の推計 集合住宅における家庭用燃料電池の効率的な運用に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 83 巻, 第 746 号, pp. 365-374, 2018.4

72. Yamamoto, T.; Sumiyoshi, D. Analysis of fuel cell performance on detached house with HEMS measurement data in a smart town. *AIJ J. Technol. Des.* 2018, 24, 727–732, <https://doi.org/10.3130/aijt.24.727>.

山本高広, 住吉大輔: スマートタウンにおける HEMS データを用いた家庭用燃料電池の実態分析, 日本建築学会技術報告集, 第 24 巻, 第 57 号, pp. 727-732, 2018.6

73. Yamamoto, T.; Sumiyoshi, D.; Choi, Y. Study of energy saving effect and catch up to electric, demand of fuel cell for residence with detailed measurement survey in an actual house, *J. Environ. Eng. AIJ* 2020, 85, 45–54, <https://doi.org/10.3130/aije.85.45>.

山本高広, 住吉大輔, 崔榮晋: 実住宅を対象とした詳細計測に基づく家庭用燃料電池の省

エネルギー効果および電力負荷追従性能に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 85 巻, 第 767 号, pp. 45-54, 2020.1

74. Akabayashi, S.; Sakaguchi, J.; Oshima, T.; Ichikawa, H.; Arinami, Y. Peak electricity demand reduction by installation of fuel cell cogeneration system in residences—Part 1 Results of simulations for the district of Tohoku electric power company. *J. Environ. Eng. AIJ* 2013, 78, 639–644.

赤林伸一, 坂口淳, 大嶋拓也, 市川裕幸, 有波裕貴: 家庭用燃料電池による電力需要のピークカットに関する研究 その 1 東北電力管内を対象としたシミュレーション結果, 日本建築学会環境系論文集, 第 78 巻, 第 690 号, pp. 639-644, 2013.8

75. Arinami, Y.; Sakaguchi, J.; Akabayashi, S. Study on primary energy reduction effect by installing home-use fuel cell cogeneration system. *J. Environ. Eng. AIJ* 2019, 84, 687–697. (in Japanese)  
有波裕貴, 坂口淳, 赤林伸一: 家庭用燃料電池を導入した場合の一次エネルギー削減効果に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 84 巻, 第 761 号, pp. 687-697, 2019.7

76. Tokyo Gas Co., Ltd.; Panasonic Corporation. World's First "Ene-Farm" Home Fuel Cell for Condominiums to be Released, 2013.10. Available online: <https://news.panasonic.com/global/press/data/2013/10/en131021-5/en131021-5.html> (accessed on 27 September 2021).

東京ガス, パナソニック: 世界初マンション向け家庭用燃料電池「エネファーム」の発売について, 2013.10 <https://news.panasonic.com/jp/press/data/2013/10/jn131021-1/jn131021-1.html> (参照 2021.9.27)

77. Rijal, H.B.; Yoshida, K.; Humphreys, M.A.; Nicol, J.F. Development of an adaptive thermal comfort model for energy-saving building design in Japan. *Archit. Sci. Rev.* 2021, 64, 109–122, <https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1747045>.

78. KC, R.; Rijal, H.B.; Shukuya, M.; Yoshida, K. An investigation of the behavioral characteristics of higher- and lower-temperature group families in a condominium equipped with a HEMS system. *Buildings* 2019, 9, 4, <https://doi.org/10.3390/buildings9010004>.

79. KC, R.; Rijal, H.B.; Shukuya, M.; Yoshida, K. An in-situ study on occupants' behaviors for adaptive thermal comfort in a Japanese HEMS condominium. *J. Build. Eng.* 2018, 19, 402–411, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.05.013>.

80. KC, R.; Rijal, H.B.; Yoshida, K.; Shukuya, M.: Feasibility study on the use of HEMS for thermal comfort and energy saving in Japanese residential buildings. *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* 2016, 10, 1097–1103, <https://doi.org/10.5281/zenodo.1126431>.

81. Abe, H.; Bogaki, K.; Rijal, H.B.; Sugiyama, M. Detecting Anomalous Energy Consumption from Profiles, *Earth and Enviro. Sci.* 2019, 294, 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/294/1/012072>.

82. 国土交通省気象庁：過去の気象データ検索  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (参照 2021.4.9)
83. 東京都水道局：水道水の水温  
[https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suigen/topic/03/03\\_kako\\_h30.html](https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suigen/topic/03/03_kako_h30.html) (参照 2021.7.24)
84. 経済産業省資源エネルギー庁：省エネ法の概要  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/summary/pdf/2017\\_gaiyo.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/2017_gaiyo.pdf)  
(参照 2022.1.2)
85. 環境省・経済産業省：電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）－平成 28 年度実績－ H29.12.21 公表 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/109569.pdf>  
(参照 2022.1.2)
86. 環境省・経済産業省：電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）－平成 30 年度実績－ R2.1.7 公表、R2.9.15 一部追加・修正  
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114735.pdf> (参照 2022.1.2)
87. 東京ガス：都市ガスの種類・熱量・圧力・成分 <https://home.tokyo-gas.co.jp/gas/userguide/shurui.html> (参照 2021.11.21)
88. Gautam, B.; Rijal, H.B.; Shukuya, M.; Imagawa, H. A Field Investigation on the Wintry Thermal Comfort and Clothing Adjustment of Residents in Traditional Nepalese Houses. *J. Build. Eng.* 2019, 26, 100886, <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100886>.
89. 建築研究所：建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報  
[https://www.kenken.go.jp/becc/documents/house/7-1\\_210401\\_v23.pdf](https://www.kenken.go.jp/becc/documents/house/7-1_210401_v23.pdf) (参照 2021.9.22)
90. Yoshida, K; Rijal, H.B.; Bogaki, K.; Mikami, A; Abe, H. Field Study on Energy-Saving Behaviour and Patterns of Air-Conditioning Use in a Condominium. *Energies* 2021, 14, 8572. <https://doi.org/10.3390/en14248572>.
91. Yoshida, K; Rijal, H.B.; Bogaki, K.; Mikami, A; Abe, H. Energy-saving and CO2-emissions-reduction potential of a fuel cell cogeneration system for condominiums based on a field survey. *Energies* 2021, 14, 6611, <https://doi.org/10.3390/en14206611>.



## 業績一覧

### 1. 査読付学術雑誌論文 6 件

- (1) Yoshida, K.; Rijal, H.B.; Bogaki, K.; Mikami, A; Abe, H. Field Study on Energy-Saving Behaviour and Patterns of Air-Conditioning Use in a Condominium. *Energies* 2021, 14, 8572. <https://doi.org/10.3390/en14248572>.
- (2) Yoshida, K.; Rijal, H.B.; Bogaki, K.; Mikami, A; Abe, H. Energy-saving and CO<sub>2</sub>-emissions-reduction potential of a fuel cell cogeneration system for condominiums based on a field survey. *Energies* 2021, 14, 6611, <https://doi.org/10.3390/en14206611>.
- (3) Rijal, H.B.; Yoshida, K.; Humphreys, M.A.; Nicol, J.F. Development of an adaptive thermal comfort model for energy-saving building design in Japan. *Archit. Sci. Rev.* 2021, 64, 109–122, <https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1747045>.
- (4) KC, R.; Rijal, H.B.; Shukuya, M.; Yoshida, K. An investigation of the behavioral characteristics of higher- and lower-temperature group families in a condominium equipped with a HEMS system. *Buildings* 2019, 9, 4, <https://doi.org/10.3390/buildings9010004>.
- (5) KC, R.; Rijal, H.B.; Shukuya, M.; Yoshida, K. An in-situ study on occupants' behaviors for adaptive thermal comfort in a Japanese HEMS condominium. *J. Build. Eng.* 2018, 19, 402–411, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.05.013>.
- (6) KC, R.; Rijal, H.B., Yoshida, K.; Shukuya, M.: Feasibility study on the use of HEMS for thermal comfort and energy saving in Japanese residential buildings. *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* 2016, 10, 1097-1103, <https://doi.org/10.5281/zenodo.1126431>.

### 2. 国際会議論文 7 件

- (1) Yoshida, K.; Rijal, H.B.; Bohgaki, K.; Mikami, A; Abe, H. Study on the energy-saving effect of fuel cell co-generation system in condominium based on the performance data. *Indoor Air 2020*, virtual, 1-4 Nov. 2020
- (2) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K. Importance of behavioral adjustments for adaptive thermal comfort in a condominium with HEMS system, *RETRUD.018*, Kathmandu, Nepal, 2018
- (3) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K. (2018), The occupants' perception about indoor air temperature and humidity in a HEMS condominium, *Grand Renewable Energy*, Abstract (P-En-3-1), Pacifico Yokohama, Japan, 17-22 June 2018
- (4) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K. A study on seasonal indoor thermal environment

- in condominiums under the use of HEMS system, *Proceedings of 10th Windsor Conference: Rethinking Thermal Comfort*, pp. 1151-1161, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 12-15 Apr. 2018. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, <http://nceub.org.uk>
- (5) Rijal H.B., Yoshida K. Development of the adaptive model for thermal comfort in HEMS condominium, *The 17th Conference of the Science Council of Asia*, pp. 153-159, Philippines, 14-16 Jun., 2017.
- (6) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K. A study on indoor thermal environment and its associated occupants' responses in a HEMS condominium, *The 17th Conference of the Science Council of Asia*, pp. 241-247, Philippines, 14-16 Jun., 2017.
- (7) KC R., Rijal H.B., Yoshida K., Shukuya M. Feasibility study on the use of HEMS for thermal comfort and energy saving in Japanese residential buildings, *ICAAEBS 2016*, 18 (9) Part III, pp. 443-449, World Academy of Science, Engineering and Technology, Singapore, 8-9 Sept. 2016,

### 3. 国内学会発表

- (1) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 集合住宅における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 1 既存マンション居住者に対するアンケート調査および電力消費調査の結果, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (大阪)*, 都市のサステナビリティII, pp. 33-36, 2015.9.
- (2) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 集合住宅における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 2 WEB アンケートによる省エネ関連情報と HEMS・エネファームの認知度等に関する検討, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (大阪)*, 都市のサステナビリティII, pp. 37-40, 2015.9.
- (3) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 3 全体概要及び新築マンション居住者に対する入居前アンケート調査結果, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (鹿児島)*, 集合住宅のエネルギー評価, pp. 125-128, 2016.9.
- (4) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 4 既存マンションにおける省エネルギーに関するアンケート調査結果, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (鹿児島)*, 集合住宅のエネルギー評価, pp. 129-132, 2016.9.
- (5) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 5 既存マンションにおけるエネルギー消費調査結果, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (鹿児島)*, 集合住宅のエネルギー評価, pp. 133-136, 2016.9.
- (6) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と



- 意識に関する研究 その 6 新築マンション居住者に対する入居前後ならびに竣工 1 年後アンケート調査結果, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (高知)*, 住宅の実態調査I, pp. 297-300, 2017.9.
- (7) 三神彩子, 坊垣和明, 吉田一居, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 7 エネファームを設置した省エネ型マンションにおけるエネルギー使用量調査, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (高知)*, 住宅の実態調査I, pp. 301-304, 2017.9.
- (8) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 8 新築集合住宅電力使用量による生活パターン分類と電力削減目標の算定, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (高知)*, 住宅の実態調査I, pp. 305-308, 2017.9.
- (9) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 9 WEB アンケートの分析と暮らし方塾について, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (高知)*, 住宅の実態調査I, pp. 309-312, 2017.9.
- (10) 吉田一居, 坊垣和明., 阿部寛人, リジャル H.B, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 10 各種マンション居住者のエネルギー消費実績に関する比較分析, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (名古屋)*, 住宅の実態調査III, pp. 261-264, 2018.9.
- (11) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, リジャル H.B, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 11 エネファーム設置マンションにおけるエネルギー消費実績に関する分析, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (名古屋)*, 住宅の実態調査III, pp. 265-268, 2018.9.
- (12) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, リジャル H.B: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 12 省エネルギー効果に結びつく生活行動情報の有効性検証, *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (名古屋)*, 住宅の実態調査III, pp. 269-272, 2018.9.
- (13) 吉田一居, 坊垣和明, 阿部寛人, 三神彩子, リジャル H.B.: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 13 集合住宅のエネルギー消費と外気温/住戸・家族タイプとの相関に関する考察, *空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 (札幌)*, 第 8 巻, pp. 41-44, 2109.09.18
- (14) 坊垣和明, 三神彩子, 吉田一居, リジャル H.B., 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 14 集合住宅におけるエネファームの効果に関する分析, *空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 (札幌)*, 第 8 巻, pp. 45-48, 2109.09.18
- (15) 吉田一居, リジャル H.B., 坊垣和明, 阿部寛人, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー

- ギー行動と意識に関する研究 その 15 集合住宅における L D エアコン電力消費量の季節変動に関する考察, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 (オンライン), 第 8 巻, pp. 241-244, 2020.9.
- (16) 坊垣和明, リジャル H.B., 吉田一居, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 16 集合住宅における燃料電池の効果に関する分析, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 (オンライン), 第 8 巻, pp. 245-247, 2020.9.
- (17) 吉田一居, リジャル H.B., 坊垣和明, 阿部寛人, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 17 集合住宅における冷暖房利用の季節変動と居住者特性の関係性, 空気調和・衛生工学会 学術講演論文集 (オンライン), 2021.9.16
- (18) 坊垣和明, リジャル H.B., 吉田一居, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究その 18 床暖房使用がエネルギー使用量に及ぼす影響に関する分析, 空気調和・衛生工学会 学術講演論文集 (オンライン), 2021.9.16
- (19) 小林玄明, リジャル H.B., 廣木亮哉, 阿部寛人, 吉田一居, 飯島健太郎, 太田明: 集合住宅におけるグリーンカーテンに関する 研究: その 8 エネルギー削減と温熱改善の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (オンライン), 第 6 巻, pp.173-176, 2020.9.
- (20) 廣木亮哉, リジャル H.B., 小林玄明, 阿部寛人, 吉田一居, 飯島健太郎, 太田明: 集合住宅におけるグリーンカーテンに関する研究: その 9 冷房利用と温熱環境の関係, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (オンライン), 第 6 巻, pp. 177-180, 2020.9.
- (21) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 1 全体概要及び既存マンション居住者に対するアンケート調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学I, pp. 955-956, 2015.9.
- (22) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 2 既存マンションにおける夏期エアコン電力消費量と省エネ行動・意識の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学I, pp. 957-958, 2015.9.
- (23) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 3 WEB アンケートによる生活関連情報の認知・実践に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学I, pp. 959-960, 2015.9.
- (24) 三神彩子, 坊垣和明, 吉田一居, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 4 WEB アンケートによる HEMS・エネファームの認知

- 度等に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学I, pp. 961-962, 2015.9.
- (25) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 5 新築マンション居住者に対する入居前後のアンケート調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 環境工学I, pp. 1149-1150, 2016.8.
- (26) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 6 既存マンションにおける省エネルギーに関するアンケート調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 環境工学I, pp. 1151-1152, 2016.8.
- (27) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 7 既存マンションにおけるエネルギー消費調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 環境工学I, pp. 1153-1154, 2016.8.
- (28) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 8 新築マンション居住者に対する入居前後ならびに入居 1 年後のアンケート調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 環境工学I, pp. 1059-1060, 2017.8.
- (29) 三神彩子, 坊垣和明, 吉田一居, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 9 エネファームを設置したマンションにおけるエネルギー使用量の調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 環境工学I, pp. 1061-1062, 2017.8.
- (30) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 10 新築マンション電力使用量による生活パターン分類と電力削減目標の算定, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 環境工学I, pp. 1063-1064, 2017.8.
- (31) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 11 WEB アンケートの分析と暮らし方塾について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 環境工学I, pp. 1065-1066, 2017.8.
- (32) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 12 各種マンション居住者のエネルギー消費実績に関する比較分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), 環境工学I, pp. 1071-1072, 2018.9.
- (33) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 13 エネファーム全戸設置マンションにおける電力消費実績に関する分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), 環境工学I, pp. 1073-1074, 2018.9.

- (34) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 14 省エネルギー効果に結びつく生活行動情報の有効性検証, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北)*, 環境工学I, pp. 1075-1076, 2018.9.
- (35) 吉田一居, 坊垣和明, 阿部寛人, 三神彩子, リジャル H.B.: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 15 集合住宅における2年間のエネルギー消費実績比較と月平均気温の変動との相関に関する考察, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸)*, 環境工学I, pp. 1173-1174, 2019.9.6
- (36) 吉田一居, リジャル H.B., 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 16 集合住宅におけるLDエアコン利用の季節変動パターンに関する考察, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)*, 環境工学, pp. 861-862, 2020.9.
- (37) 坊垣和明, 吉田一居: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 17 エネルギー消費に及ぼす燃料電池の効果に関する分析, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)*, 環境工学, pp. 862-863, 2020.9.
- (38) 吉田一居, リジャル H.B., 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その 18 集合住宅における冷暖房利用の季節変動と居住者特性の関係性, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海)*, 環境工学, 2021.9.10
- (39) 田苗創基, 坂倉杏介, 川口英俊, 吉田一居, 坊垣和明: 高齢者住宅の多世代交流サロンの設計とコミュニティ形成に関する研究 その 1 マンションと高齢者住宅の複合開発における産学連携の試み, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国)*, 建築計画, pp. 875-876, 2017.8.
- (40) 魚住知宏, 坂倉杏介, 川口英俊, 田苗創基, 吉田一居, 坊垣和明: 高齢者住宅の多世代交流サロンの設計とコミュニティ形成に関する研究 その 2 パターンラングージの制作を通じた産学連携のデザイン手法, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国)*, 建築計画, pp. 877-878, 2017.8.
- (41) 長谷川尚輝, 坂倉杏介, 川口英俊, 田苗創基, 吉田一居, 坊垣和明: 高齢者住宅の多世代交流サロンの設計とコミュニティ形成に関する研究 その 3 コミュニティ特有の空間パターン言語を利用した空間と家具の設計, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国)*, 建築計画, pp. 879-880, 2017.8.
- (42) リジャル H.B., 吉田一居: 適応モデルに関する研究: その 7 関東地域の HEMS 使用集合住宅における適応モデルの検討, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北)*, 選抜梗概(OS), 環境工学II, pp. 289-292, 2018.9.
- (43) リジャル H.B., 吉田一居: 適応モデルに関する研究: その 6 関東地域の HEMS 使用集合住宅における適応モデルの検討, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (中*

- 国), 選抜梗概(OS), 環境工学II, pp. 13-16, 2017.8.
- (44) 清水麻央, リジャル H.B., 吉田一居: 快適温度に関する研究 その 2 関東のオフィスビルにおける快適温度に関する研究調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 環境工学II, pp. 245-246, 2016.8.
- (45) 朝田真帆, リジャル H.B., 吉田一居: 想像温度に関する研究 その 5 関東のオフィスにおける想像温度に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 環境工学II, pp. 247-248, 2016.8.
- (46) 佐野裕介, リジャル H.B., 吉田一居: オフィスビルにおける温熱環境と執務者の熱的快適性に関する実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学II, pp. 311-312, 2015.9.
- (47) 高瀬直紀, リジャル H.B., 吉田一居: オフィスビルにおける執務者の行動的適応に関する実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学II, pp. 313-314, 2015.9.
- (48) 吉田一居, リジャル H.B., 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 集合住宅におけるエアコン使用の年間変動パターンに関する考察, 第 90 回 日本建築学会東支部研究報告集II, 環境工学, pp.147-148, 2020.3.3
- (49) 吉田一居, リジャル H.B., 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 集合住宅の居間における冷暖房利用の季節変動に関する研究 - 省エネルギー行動および世帯人数によるエネルギー消費傾向の分析 -, 第 91 回 日本建築学会東支部研究報告集II, 環境工学, pp.11-14, 2021.3.2
- (50) 佐藤風太, リジャル H.B., 吉田一居: 集合住宅における外気温と電力消費量に関する研究, 第 91 回 日本建築学会東支部研究報告集II, 環境工学, pp.7-8, 2021.3.2
- (51) 清水麻央, リジャル H.B., 吉田一居: 快適温度に関する研究 その 1 関東のオフィスビルにおける快適温度に関する研究, 第 86 回 日本建築学会関東支部研究発表会, pp. 121-124, 2016.3.
- (52) 朝田真帆, リジャル H.B., 吉田一居: 想像温度に関する研究 その 4 関東のオフィスにおける想像温度に関する研究, 第 86 回 日本建築学会関東支部研究発表会, pp. 125-128, 2016.3.
- (53) 小瀧悠馬, リジャル H.B., 吉田一居: 関東オフィスビルにおける光環境と明るさ感に関する研究, 第 85 回 日本建築学会関東支部研究発表会, pp. 125-128, 2015.3.
- (54) 高瀬直紀, リジャル H.B., 吉田一居: オフィスビルにおける執務者の行動的適応に関する研究, 第 85 回 日本建築学会関東支部研究発表会, pp. 213-216, 2015.3.
- (55) 佐野裕介, リジャル H.B., 吉田一居: オフィスビルにおける温熱環境と執務者の熱的快適性に関する研究, 第 85 回 日本建築学会関東支部研究発表会, pp. 217-220, 2015.3.

- (56) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K., The influence of humidity on thermal comfort in a condominium equipped with HEMS, *Summaries of Technical Papers of AIJ Annual Meeting*, Environmental Engineering 2, pp. 305-306, 2018.9.
- (57) KC Rajan, Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K., Seasonal Difference in Indoor Thermal Environment Engendered in a Condominium Equipped with HEMS, *AIJ Kanto Chapter Architectural Research Meeting*, Vol. 88, pp. 31-32, 2018.3.
- (58) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K., A study on passive and active behaviors of the occupants for thermal adjustment in a HEMS condominium, *The Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan*, Vol. 8, pp. 5-8, 2017.9.
- (59) KC R., Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K., Analysis on clothing insulation and air temperature in HEMS condominium during summer and winter, *Summaries of Technical Papers of AIJ Annual Meeting*, Environmental Engineering 2, pp. 569-570, 2017.8.
- (60) KC Rajan, Rijal H.B., Shukuya M., Yoshida K., A case study on indoor air temperature and thermal comfort level in a HEMS supported condominium, *AIJ Kanto Chapter Architectural Research Meeting*, Vol. 87, pp. 173-176, 2017.2.
- (61) KC R., Rijal H.B., Yoshida K., Literature review of HEMS and thermal comfort survey in HEMS managed building, *Technical Papers of Annual Meeting, The Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan*, Vol. 6, pp. 9-12, 2016.9.
- (62) KC Rajan, Rijal H.B., Yoshida K., Study on thermal comfort level of male and female in a HEMS managed residential building, *Summaries of Technical Papers of AIJ Annual Meeting*, Environmental Engineering 2, pp. 371-372, 2016.8.
- (63) KC Rajan, Rijal H.B., Yoshida K., Investigation of thermal comfort and clothing insulation in HEMS managed residential building, *AIJ Kanto Chapter Architectural Research Meeting*, Vol. 86, pp. 209-212, 2016.3.

#### 4. 研究会発表

- (1) KC R., Rijal H.B., Yoshida K.: A review on HEMS and thermal comfort evaluation of HEMS managed residential building in Japan, *The NEAJ/NESAJ Symposium 2016 on Technologies and Development Policies*, The University of Tokyo, Komaba Research Campus, 2016.6.18.
- (2) 坊垣和明, 吉田一居: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 ― 既存マンション居住者に対するアンケート調査結果 ―, 口頭発表, *BECC JAPAN 2015*, 一橋大学 一橋講堂, 2015.9.8
- (3) 吉田一居, 坊垣和明: 既存マンションにおける夏期エアコン電力消費量と省エネ行動・意識の検討, ポスター発表, *BECC JAPAN 2015*, 一橋大学 一橋講堂, 2015.9.8
- (4) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と

- 意識に関する研究 新築マンション居住者に対する入居前後のアンケート調査結果, 口頭発表, *BECC JAPAN 2016*, 慶應義塾大学 三田キャンパス, 2016.9.6
- (5) 吉田一居, 坊垣和明, 阿部寛人, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 既存マンションにおける省エネルギーに関するアンケート調査結果, ポスター発表, *BECC JAPAN 2016*, 慶應義塾大学 三田キャンパス, 2016.9.6
- (6) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 既存マンションにおけるエネルギー消費調査結果, ポスター発表, *BECC JAPAN 2016*, 慶應義塾大学 三田キャンパス, 2016.9.6
- (7) 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 研究の全体概要と省エネルギー情報提供のあり方に関する検討結果, 口頭発表, *BECC JAPAN 2017*, JA 共済ビル カンファレンスホール, 2017.9.5
- (8) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 新築マンション居住者に対する入居前後ならびに竣工 1 年後のアンケート調査結果, ポスター発表, *BECC JAPAN 2017*, JA 共済ビル カンファレンスホール, 2017.9.5
- (9) 三神彩子, 坊垣和明, 吉田一居, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 エネファームを設置したマンションにおけるエネルギー使用量と省エネ行動の関係, ポスター発表, *BECC JAPAN 2017*, JA 共済ビル カンファレンスホール, 2017.9.5
- (10) 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 新築マンション電力使用量による生活パターン分類と削減目標の算定, ポスター発表, *BECC JAPAN 2017*, JA 共済ビル カンファレンスホール, 2017.9.5
- (11) 吉田一居, 坊垣和明, 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 東急グループで取り組む省 CO<sub>2</sub> 推進プロジェクト」の全体概要, ポスター発表, *BECC JAPAN 2018*, 一橋大学 一橋講堂, 2018.8.23
- (12) 吉田一居, 坊垣和明, リジャル H.B., 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 複数の集合住宅における年間電力消費量に関する考察, ポスター発表, *BECC JAPAN 2019*, 東京大学 生産技術研究所, 2019.8.23
- (13) 吉田一居, 坊垣和明, リジャル H.B., 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 集合住宅におけるエネルギー利用の季節変動、住戸・居住者タイプとの関係性, 口頭発表, *BECC JAPAN 2020*, オンライン開催, 2020.8.25
- (14) 吉田一居, 坊垣和明, リジャル H.B., 三神彩子, 阿部寛人: 家庭内における省エ

エネルギー行動と意識に関する研究 集合住宅におけるエネルギー利用の季節変動  
と居住者の特性・省エネ行動との関係性，ポスター発表，*BECC JAPAN 2021*，オ  
ンライン開催，2021.8.31



## 謝辞

本学位論文は、筆者が東京都市大学大学院 環境情報学研究科 博士後期課程に在籍中の研究成果を中心に執筆したものです。研究室のリジャル ホム・バハドゥル教授には、本学入学前は省 CO<sub>2</sub> 先導事業に基づく産学連携の共同研究者として、入学後は指導教授として、研究全般において懇切丁寧なご指導をいただきました。特に私の業務上の都合およびコロナ禍の影響により対面で指導いただく機会が制限された中で、3年の在籍期間内に2編の査読付き論文を英文誌に掲載することができたことはリジャル先生のサポートによるところが大きいです。ここに厚く御礼申し上げます。

副指導教授および審査委員をお引き受けいただいた飯島健太郎先生には、貴重なご助言をいただき、論文の説得力の向上に役立てることができました。厚く御礼申し上げます。

審査委員をお引き受けいただいた丹羽由佳里准教授には、統計分析について貴重なご助言をいただき、私の力不足でその全てを反映させることは叶わなかったものの、論文の説得力の向上に役立てることができました。厚く御礼申し上げます。

審査委員をお引き受けいただいた加用現空准教授には、論文の論理構成について複数の視点でご助言をいただき、私の力不足でその全てを反映させることは叶わなかったものの、論文の説得力の向上に役立てることができました。厚く御礼申し上げます。

外部審査委員をお引き受けいただいた坊垣和明名誉教授には、本学入学前から本日に至るまで、学会発表および査読論文執筆など研究全般において懇切丁寧なご指導をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

工学部に在籍されておられた現大阪大学特任教授の太田豊先生には、省 CO<sub>2</sub> 先導事業に基づく産学連携の共同研究者として、集合住宅共用部のエネルギーマネジメントに関する分析を実施いただき、貴重な情報を得ることができました。厚く御礼申し上げます。

環境情報学研究科で博士号を取得された阿部寛人様には、省 CO<sub>2</sub> 先導事業に基づく産学連携の共同研究者として、また大学院の先輩として、論文の推敲に加えて博士課程の取り組み方について貴重なご助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

東京ガス株式会社の三神彩子様を始めとする関係者の皆様には、省 CO<sub>2</sub> 先導事業に基づく産学連携の共同研究者として、論文執筆の際の貴重なご助言に加え、燃料電池のデータ分析に関する重要な知見をいただきました。厚く御礼申し上げます。

私が在籍していた株式会社 東急不動産 R&D センターを始めとする東急不動産ホールディングス・グループの関係各社、および HEMS データを提供いただいた株式会社ファミリーネット・ジャパンおよび株式会社エナリスの関係者の皆様には、省 CO<sub>2</sub> 先導事業に基づく産学連携の共同研究を進める上で大変なご協力をいただきました。また調査対象建物の居住者の皆様には快くアンケート調査および HEMS データ提供にご協力いただきました。

厚く御礼申し上げます。

3年間在籍したリジナル研究室の皆様にも発表資料作成などの際に有益なご助言をいただきました。今回の調査建物で取得したデータを研究対象としていただいた院生および学部生の皆様もおられました。また横浜キャンパスの事務方の皆様にも大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

最後に、現在私が在籍する東急不動産ホールディングス株式会社グループ経営企画部サステナビリティ推進室の皆様、ならびに私の家族には、業務や家庭にかけるべき時間の一部を割いて研究を進めることに理解を示していただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

## 巻末資料

1. 住宅・建築物省CO<sub>2</sub>先導事業 提案申請書
2. アンケート調査 質問票（集合住宅 SK 3 回目）
3. 集合住宅 SK 竣工図（ガス床暖房、AC コンセント、  
AC スリーブ）



平成 25 年 10 月 25 日

国土交通大臣 太田 昭宏 殿

## 住宅・建築物省CO<sub>2</sub>先導事業 提案申請書

(平成25年度 第2回募集)

### [住宅(共同住宅)]

以下の内容により、住宅・建築物省CO<sub>2</sub>先導事業の提案を申請します。

プロジェクト名: 東急グループで取り組む省 CO2 推進プロジェクト

#### 提案事業の種類

提案事業の種類	提案事業 (当てはまるものに○をつけてください)
①住宅・建築物の新築	○
②既存住宅・建築物等の改修	
③省CO <sub>2</sub> のマネジメントシステムの整備	○
④省CO <sub>2</sub> に関する技術の検証(社会実験、展示等)	○

(代表提案者)提案団体名 東急不動産株式会社 住宅事業本部

代 表 者 取締役常務執行役員 本部長 大瀧岩男 印

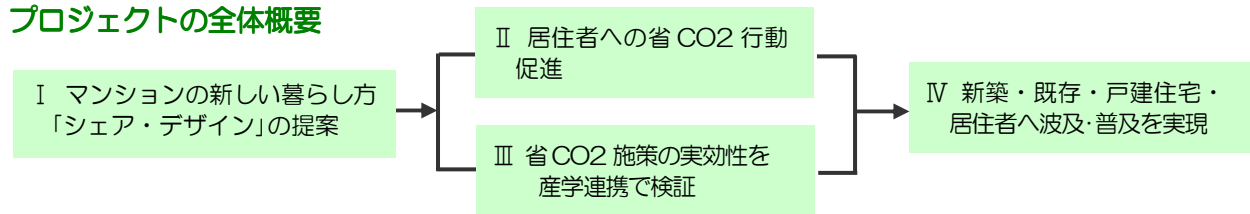
## フェイスシートー提案概要 (A 4・1 枚)

プロジェクト名	東急グループで取り組む省CO2推進プロジェクト	
1 提案者	(代表提案者) 東急不動産株式会社 (共同提案者1) 株式会社東急コミュニティー (共同提案者2) 株式会社東急住生活研究所	
2 事務連絡先	所 属	東急不動産株式会社 住宅事業本部
	役 職 名	商品計画第二部 主任
	担 当 者 氏 名	来住野浩亮 (キノノリカ)、近藤肖和 (コトノヲハ)
	住 所	〒150-0043 渋谷区道玄坂1-2-2 東急プラザ渋谷7F
	電 話	03-5458-0887
	F A X	03-5458-3725
	E - m a i l	Kousuke_Kishino@tokyu-land.co.jp ayana_kondo@tokyu-land.co.jp
3 提案者以外の関係者の有無	<input type="checkbox"/> なし <input checked="" type="checkbox"/> あり	
4 営業エリア	全国	
5 実績	直近3年間の住宅の年間平均供給実績 年間平均2,533戸 (全て次世代省エネ基準。うち、提案する低炭素建築物認定水準の住宅0戸)	
6 事業概要	省 エ ネ 仕 様	<input type="checkbox"/> 1種類 <input checked="" type="checkbox"/> 複数 (5種類)
	提 案 件 数	1棟(356戸)・新築および既存の戸建・共同住宅(2,300戸予定)
	事 業 期 間	平成25年度～平成30年度
	事 業 費 総 額	9,018.7 百万円 (平成25年度 950.1 百万円)
	補 助 申 請 額	450.9 百万円 (平成25年度 47.5 百万円)
7 他の補助金の有無	<input type="checkbox"/> なし <input checked="" type="checkbox"/> あり ( <input checked="" type="checkbox"/> 交付決定済み <input checked="" type="checkbox"/> 申請中又は申請予定 ) ※該当部分が、住宅・建築物省CO2先導事業採択による補助金交付で重複扱いになる場合は辞退 ①スマートマンション導入加速化推進事業費補助金 (交付決定済み) ②家庭の創エネ・エネルギーマネジメント促進事業 (申請予定)	
8 提案の概要	<p><b>A. プロジェクトのアピールポイント</b></p> <p>本件は、先導的な省エネ措置を導入するとともに産学協同で検証を実施し、実効性と普及効果を高めるプロジェクトとして「省CO2先導事業」に対し、東急不動産(代表提案者)が初めて提案するものである。以下の4つの取り組みを実施し、実効性のある省CO2施策の波及・普及を目指す。</p> <p><b>I マンションの新しい暮らし方「シェア・デザイン」の提案</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー、モビリティなど6つの「シェア」で省エネ・省CO2の暮らしを進める</li> <li>・新規開発のマンション向けエネファームを世界で初めて採用</li> <li>・次世代クラウド型 HEMS を導入。温度・湿度・照度を計測し省CO2行動を光で誘発するエナジーオープンで見える化と制御</li> <li>・PV+蓄電池+カーシェア用EV車を連携するマルチパワコンシステムをマンションで初めて導入</li> <li>・普及版MEMSと上記システムを連携。平常時はエネルギーピークカット、非常時はエネルギー自立</li> </ul> <p><b>II 居住者への省CO2行動促進</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・次世代クラウド型 HEMS を活用したインセンティブ付与</li> <li>・熱環境改善サポートプログラム実施などコミュニティマネジメント</li> <li>・太陽光発電の売電収益を原資とした、コミュニティマネジメント運営</li> </ul> <p><b>III 省CO2施策の実効性を産学連携で検証</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新築/既存マンション・戸建にHEMSを設置、使用エネルギーとライフスタイルの相関を分析</li> <li>・東京都市大学との共同研究で、建物&amp;居住者タイプに適した実効性のある省CO2施策を検証</li> </ul> <p><b>IV 新築・既存・戸建住宅・居住者へ波及・普及を実現</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・II、IIIの成果を、新築/既存マンション・戸建・居住者へフィードバック、省CO2を推進</li> </ul> <p><b>B. 提案する住宅の省エネ措置の内容等の特徴</b></p> <p>「シェア・デザイン」によるハードとソフトの取り組みで、▲67%の大幅な省CO2を実現</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建物躯体の環境性能 CASBEE - S、低炭素建築物認定、専有部&amp;共用部のパッシブ設計</li> <li>・省エネ設備 <ul style="list-style-type: none"> <li>(専有部) 世界初のマンション向けエネファーム全戸採用、次世代クラウド型HEMS</li> <li>エナジーオープン・スマホ・PCでエネルギー&amp;室内環境の見える化と家電コントロール</li> <li>(共用部) マルチパワコンシステム・MEMSによる平常時ピークカットと非常時自立</li> </ul> </li> <li>・コミュニティマネジメント 太陽光発電の売電収益を原資としたコミュニティマネジメント運営、居住者への省エネサポートプログラム、ライフスタイルによる省エネアドバイス、CASBEE健康チェックリストによる健康アドバイス、省CO2行動に応じたインセンティブ付与(東急ストア買物優待)、エコカーシェアリング、居住者&amp;地域でシェアする緑地</li> </ul> <p><b>C. 普及・波及に向けた取組体制の特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新築・既存住宅への波及を実現 東急不動産グループの多様な住宅へ検証結果を水平展開</li> <li>・コミュニティマネジメント 居住者への省CO2行動促進、省エネサポートプログラム、省エネアドバイス、省CO2行動に応じたインセンティブ付与、検証後に実効性のある省CO2行動を居住者にフィードバック</li> <li>・産学連携の研究結果を情報開示 居住者にフィードバック、グループ事業で水平展開リリース、ホームページ掲載、公開セミナー、学会発表、講演会等で一般へ公開</li> </ul>	

## プロジェクトの全体概要 (A 4・最大 2 枚)

プロジェクト名	東急グループで取り組む省 CO2 推進プロジェクト
対応する特定課題 (口を■で選択してください)	<input type="checkbox"/> 課題 1: 街区、複数建築物におけるエネルギー融通、まちづくりの取り組み <input checked="" type="checkbox"/> 課題 2: 非常時のエネルギー自立にも対応した取り組み <input type="checkbox"/> 課題 3: 被災地において省 CO2 と震災復興につながる取り組み <input checked="" type="checkbox"/> 課題 4: 上記以外の先導的な省 CO2 技術の導入、普及にかかる取り組み

## プロジェクトの全体概要

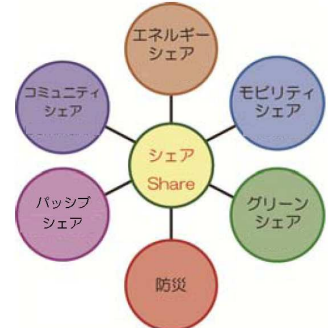


## I. マンションの新しい暮らし方「シェア・デザイン」の提案

勝島プロジェクトでは、マンションの生活は土地・建物、暮らしを共有して「シェア」というコンセプトのもと、6つの「シェア」の取り組みで、居住者のコミュニティ活性化をサポートし、集まって住むことで可能となる省 CO2 の実現を図る。

## 勝島マンションプロジェクト概要

- ・戸数：356 戸
- ・所在地：東京都品川区勝島一丁目
- ・構造規模：地下 1 階 地上 18 階
- ・延床面積：36,362.88 m<sup>2</sup>
- ・建築面積：3,189.24 m<sup>2</sup>
- ・竣工予定：2015 年 7 月



## シェア・デザイン



## エネルギーシェア

- ・世界初のマンション向けエネファームを全戸採用
- ・次世代クラウド型 HEMS。省 CO2 行動を光で誘発するエナジーオーブで見える化と制御
- ・PV+蓄電池+カーシェア用 EV 車を連携するマルチパワコンシステムをマンションで初めて導入
- ・普及版 MEMS と上記システムを連携、平常時はエネルギーピークカット、非常時はエネルギー自立
- ・太陽光発電を、共用部用&売電用の 2 系統設置



## モビリティシェア

- ・EV車、プラグインハイブリッド車計 3 台をカーシェアリング
- ・電動自転車 10 台をシェア



## グリーンシェア

- ・生態系調査を実施。生物多様性保全に配慮した樹種を選択
- ・地域の緑をつなぐエコロジカルネットワーク形成
- ・居住者のコミュニティ緑化活動を促す植栽スペース
- ・購入マンション面積と同等の森林保全を実施。森林からの産出木材をガーデン・ファニチャーなどに利用し、循環サイクルを形成



## 防災

- ・停電時の 72 時間電源確保
- ・シェアラウンジ利用の非常時自立（防災用品備蓄、電気、水、情報インフラ確保。IH キッチン利用）
- ・災害用浄水器 ・断水時のエネファーム貯湯タンク水利用 ・エネファーム停電対応オプション（開発中）
- ・共用トイレ（停電時）、マンホールトイレ（断水時） ・防災備蓄の定期サポート ・防災避難訓練



## パッシブシェア

- ・専有部 通風活用（サッシ、建具、バスタクト）、サンルーム（日射活用&抑制）、グリーンフック（温熱環境コントロール）
- ・共用部 シェアラウンジ（屋上緑化遮熱、ライトシェルフ&オーニングによる日射コントロール、温度差換気）
- ・運河と緑化のクールスポット創出、太陽光利用ソーラー街路灯
- ・保水性舗装ブロック採用（雨水の打ち水利用）



## コミュニティシェア

- ・シェアラウンジ、シェアガーデンで省エネ等サポートプログラム実施
- ・太陽光発電の売電収益を原資としたコミュニティマネジメント運営
- ・共用ディスプレイで MEMS データ見える化
- ・居住者向け web アプリ「シェアボード」で、エネルギー、モノ、マップ、ノウハウの 4 つを共有化



地域の生態系調査結果から緑化樹種を決定



現地調査で撮影された地域の生き物



シェアラウンジ共用ディスプレイで情報共有



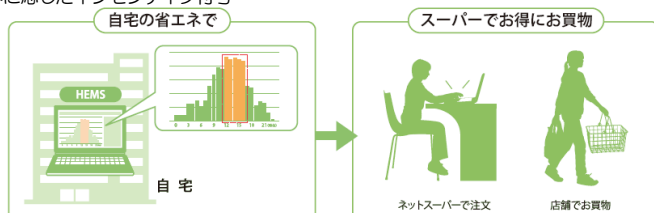
## II 居住者への省 CO2 行動促進

- 次世代クラウド型 HEMS を活用したインセンティブ付与
  - ・省 CO2 行動に応じたインセンティブ付与（東急ストア買物優待）
  - ・ユーザー組織により CO2 排出量削減を「J-クレジット」化して活用
- 熱環境改善サポートプログラム実施などコミュニティマネジメント
  - ・体験型「熱環境改善サポート」プログラム実施。居住者で省 CO2 対策を共有して推進
  - ・シェアラウンジ、シェアガーデンを活用した環境活動のサポート
  - ・省エネ活動ワークショップ、居住者による緑化活動、雨水利用の打ち水プロジェクト、等
  - ・ライフスタイルによる省エネアドバイス ・省エネに応じたインセンティブ付与（東急ストア買物優待）
  - ・エコカーシェアリング ・居住者向け Web アプリ「シェアボード」で省エネ情報共有
- 太陽光発電の売電収益を原資としたコミュニティマネジメント運営

省エネサポートプログラム

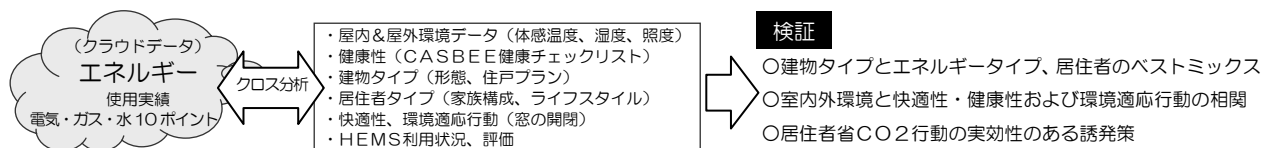


省エネに応じたインセンティブ付与



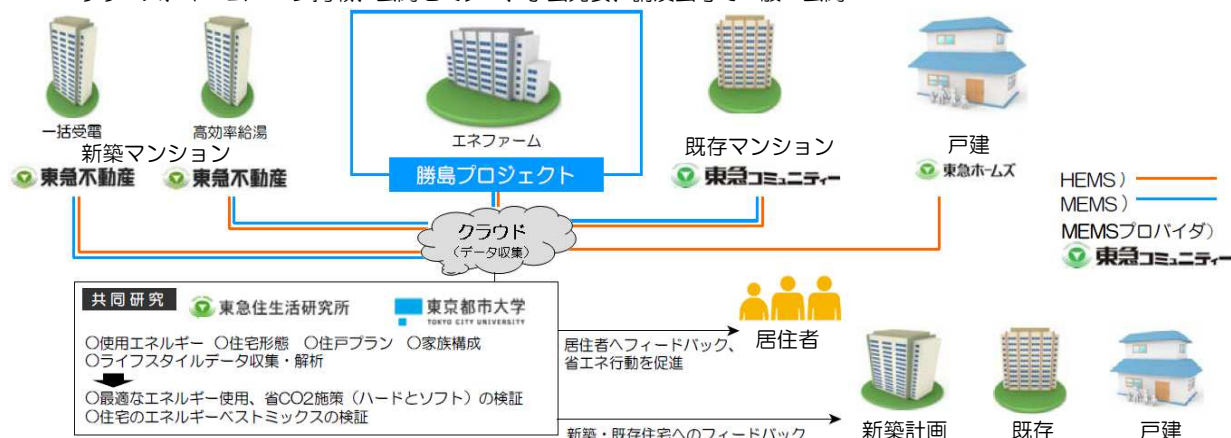
## III 省 CO2 施策の実効性を産学連携で検証し、活用・開示

- 新築／既存マンション・戸建に HEMS を設置、使用エネルギーとライフスタイルの相関を分析
- CASBEE 健康チェックリストを用いたアドバイスで、健康ライフを支援
- 東京都市大学との共同研究で、建物＆居住者タイプに適した実効性のある省 CO2 施策を検証

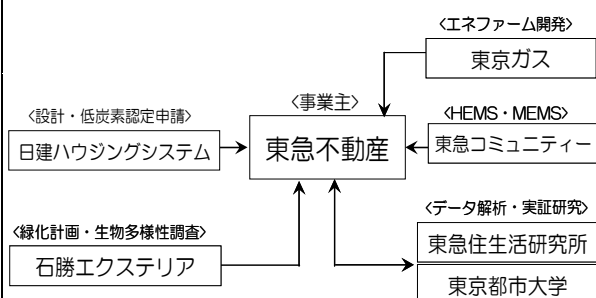


## IV 新築・既存・戸建住宅・居住者へ波及・普及を実現

- 新築・既存住宅への波及を実現。東急不動産グループの多様な住宅へ検証結果を水平展開  
実行性のある居住者への省 CO2 行動促進、住宅タイプやライフスタイルに即したエネルギータイプの導入計画
- 検証の成果を勝島マンション居住者にフィードバック  
コミュニティマネジメントに反映、省エネサポートプログラム、省エネアドバイス等
- 産学連携の研究結果を情報開示。住宅市場における波及・普及に貢献  
リリース、ホームページ掲載、公開セミナー、学会発表、講演会等で一般へ公開



### 〔実施体制〕






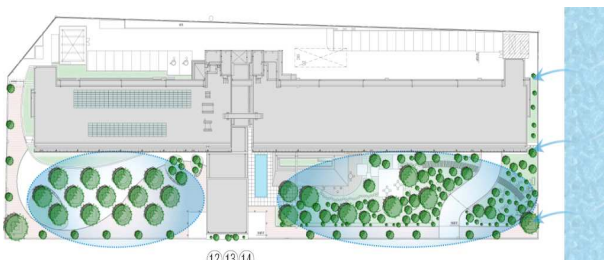
### 〔スケジュール〕

	H25 2013	H26 2014	H27 2015	H28 2016	H29 2017	H30 2018	H31 2019	H32 2020
●データ収集								
・既存マンション、一戸建	1100戸							
・勝島マンションプロジェクト	工事着手							
・異なる1棟タイプ別の共同住宅	200戸							
●分析検証、居住者サポート								
・アンケート								
・データ分析								
・居住者フィードバック								
●他プロジェクトへの波及・普及								
・既存マンション		年1000戸						
・新築マンション					年600戸			
・一戸建					年100戸			



## 審査基準に関する事項-1 導入する省エネ措置等の内容 (A4・最大2枚)

プロジェクト名	東急グループで取り組む省 CO2 推進プロジェクト
①従来行ってきた省エネ措置の内容	<p>■躯体（外皮）：次世代省エネ基準（全物件）</p> <p>■設備（住戸部分）：高効率給湯（エコジョーズ、エコキュート）HEMS（一部物件）、節水機器</p> <p>■設備（共用施設）：太陽光発電・太陽熱利用（一部物件）</p>
今回導入する省エネ措置の内容	<p>■躯体（外皮）</p> <p>①低炭素建築物認定 東京都扱い第一号認定（1万㎡超え規模で初）</p> <p>②Low-E ガラスサッシ採用</p> <p>■設備（住戸部分）</p> <p>①新規開発のマンション向けエネファーム初採用 ・自宅発電で発生熱も利用。大幅に CO2 排出量を削減 ・マンション向けに新規開発、省スペース化・耐震性・耐風性向上</p> <p>②次世代クラウド型 HEMS ・クラウドでエネルギーデータ計測 ・スマホでエネルギー見える化と家電制御 ・エナジーオーブで室内温度、湿度、照度を計測。発光で省 CO2 行動を誘発 プラス家電コントローラー機能付き</p> <p>マンション向けエネファーム</p>  <p>MEMS データ見える化 + 家電制御コントローラー 一体型アプリ</p> <p>●スマホ</p> <p>インターネット回線</p> <p>データセンター</p> <p>【共用部】MEMS 計測端子</p> <p>【専有部】</p> <p>【分電盤】</p> <p>分電盤計測センサ</p> <p>計測/HA制御端子</p> <p>HA端子制御対象</p> <p>床暖房</p> <p>お湯はり</p> <p>屋内温度・湿度・照度センサ付</p> <p>●エナジーオーブ</p> <p>赤外線リモコン家電</p> <p>赤外線</p> <p>WiFi EchonetLite 搭載家電</p> <p>Hems ゲートウェイ</p> <p>LAN</p> <p>【共用部】エネルギー管理システム</p> <p>太陽光発電 PV (10kW) + マルチ発電システム (定置型 10kW + EV1 台 24kW) を切り替えて使用。PV 発電時のエネルギーも蓄電池の電力とミックスして供給。夜間充電と昼間の電力供給を自動的に制御し、低コストの夜間電力を利用。</p> <p>EMS等 上位システム (オプション)</p> <p>太陽電池</p> <p>電力供給</p> <p>電力供給</p> <p>システム電源</p> <p>モニター</p> <p>蓄電池</p> <p>充電中</p> <p>PCS</p> <p>V2H</p> <p>EV</p> <p>居住者</p> <p>クラウド (データ収集)</p> <p>○行動誘発 居住者への働きかけ</p> <p>HEMS</p> <p>○エネルギーコンサルティング 居住者へ有効な省CO2行動をフィードバック</p> <p>普及型次世代 MEMS</p> <p>専用部</p> <p>○エネファーム…マンション用燃料電池採用</p> <p>○低炭素建築物認定…Low・Eガラス一部採用、外皮の断熱性能を強化</p> <p>○見える化…家電リモコン・見守り・コミュニティポータル機能を付加し、利用頻度を高め居住者の省エネ活動を促進</p> <p>エネファーム</p> <p>シェアボード</p> <p>コミュニティポータル・デマンドレスポンス</p> <p>見える化・家電制御・見守りメール</p> <p>エナジーオーブ</p> <p>温度・湿度・照度を計測 発光で行動誘発</p> <p>共用部 エネルギー管理システム共用部使用エネルギーのピークカット</p> <p>○シェアラウンジ (共用スペース) 屋上緑化による 遮熱、ライトシェルフ (深い軒とオーニングによる日射コントロール、トップライトによる温度差換気)</p> <p>共用ディスプレイで見える化</p> <p>OEV蓄電池利用システム (PV/PAコン+蓄電池+EV充電機)・クラウドMEMSで、ピークカットと非常時電源確保</p> <p>EV蓄電池</p> <p>蓄電池</p> <p>太陽光発電</p> <p>○太陽光発電システム (10kW)</p> <p>○ハイブリッド PCS充電/放電</p> <p>②MEMSによる平常時ピークカットと非常電源確保 普及タイプのクラウド型 MEMS による平常時のピークカット、非常時の電源確保電力の供給</p> <p>③売電用 PV (20KW) 設置。売電収益はコミュニティマネジメントの原資として利用。非常時は共用部でエネルギー使用。</p> <p>④EV 1 台 + PHV 2 台でカーシェアリング</p> <p>⑤LED 照明採用</p>

	<p>■コミュニティマネジメント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①省 CO<sub>2</sub> 削減に応じたインセンティブ付与（東急ストア買物優待）</li> <li>②エコカーシェアリング、居住者&amp;地域でシェアする緑地</li> <li>③太陽光発電の売電収益を原資としたコミュニティマネジメント運営 <ul style="list-style-type: none"> <li>・全量売却用 PV（20KW）設置</li> <li>・売電収益でコミュニティマネジメントの実行を継続</li> </ul> </li> </ul>
<p>③省エネ性能の高い住宅の波及・普及に向けた取り組み内容</p>	<p>■新築・既存住宅へ検証結果をフィードバック、波及を実現</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①新築マンション（東急不動産が開発）</li> <li>②既存マンション（東急コミュニティーが管理）</li> <li>③戸建（東急不動産、東急ホームズ）</li> </ul> <p>■コミュニティマネジメント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①居住者への省エネサポートプログラム</li> <li>②ライフスタイルによる省エネアドバイス</li> <li>③CASBEE 健康チェックリストによる健康アドバイス</li> </ul> <p>■産学連携の研究結果を情報開示</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①クラウド型HEMSを多様な住宅に設置、比較データを取得</li> <li>②東京都市大と共同研究で、実効性のある省 CO<sub>2</sub> 施策を検証</li> <li>③研究結果は、HP・研究発表、講演会等で一般へ公開</li> </ul>
<p>④その他の特徴的な省エネ・省CO<sub>2</sub>への取り組み内容</p>	<p>■専有部のパッシブ設計</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①南側に空地を設けた配棟＋全住戸南向き</li> <li>②専有部サニールームによると夏季の日射遮蔽</li> <li>③玄関パスタクトによる通風</li> <li>④下部アンダーカット扉</li> <li>⑤グリーンカーテン用フックを設置 湿熱環境をコントロール</li> <li>⑥自然換気ストッパー付サッシ</li> </ul>       <p>③パスタクトイメージ ④アンダーカットイメージ ⑤グリーンカーテンイメージ ⑥自然換気ストッパーサッシ ⑦Low-Eガラスイメージ</p> <p>■共用部（シェアラウンジ）のパッシブ設計</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑦屋上緑化による遮熱</li> <li>⑧ライトシェルフ&amp;オーニングによる日射コントロール</li> <li>⑨LOW-E ガラスサッシ</li> <li>⑩トップライト光利用</li> <li>⑪温度差換気</li> </ul>  <p>⑦屋上緑化 ⑧ライトシェルフ&amp;オーニング ⑨Low-Eガラス ⑩トップライト ⑪換気</p> <p>■緑化・舗装</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑫保水性インターロッキング</li> <li>⑬エコロジカルネットワークに配慮した緑化 シェアラウンジの屋上緑化、シェアガーデン</li> <li>⑭太陽光利用ソーラー街路灯</li> </ul>  <p>⑫ ⑬ ⑭</p>

## 審査基準に関する事項-2 建築物の環境効率の評価結果等(新築・改修のみ)

## (CASBEE 活用)

※CASBEEを活用しない場合は、新築は建築物の環境効率とLCCO<sub>2</sub>の計算結果を、改修は建築物の環境効率を、別に作成してください。

CASBEE評価ツール	<input type="checkbox"/> CASBEE-新築(2010年版) <input checked="" type="checkbox"/> CASBEE-新築[簡易版](2010年版) <input type="checkbox"/> CASBEE-改修(2010年版) <input type="checkbox"/> CASBEE-改修[簡易版](2010年版) <input type="checkbox"/> 上記以外のCASBEE ( )
CASBEE評価書作成者 (CASBEE評価員が作成した場合)	登録番号: O1081 - 17      氏名: 小柳津 伸生

※“CASBEE 評価にてLCCO<sub>2</sub>計算を行わない場合”は、別にLCCO<sub>2</sub>の計算結果を作成してください。

## CASBEE® 新築[簡易版] 評価結果

■使用評価マニュアル: CASBEE-新築(簡易版) 2010年版 ■使用評価ソフト: CASBEE-NCb\_2010(v.1.8)

1-1 建物概要	1-2 外観
建物名称 ブランズシティ品川勝島 建設地 東京都品川区 用途地域 準工業地域、防火地域 気候区分 地域区分IV 建物用途 集合住宅 竣工年 2015年9月 0.0 敷地面積 7,958 m <sup>2</sup> 建築面積 3,145 m <sup>2</sup> 延床面積 36,481 m <sup>2</sup>	階数 地上18F、地下1F 構造 RC造 平均居住人員 1,424 人 年間使用時間 8,760 時間/年 評価の段階 実施設計段階評価 評価の実施日 2013年9月17日 作成者 小柳津伸生 確認日 2013年9月17日 確認者



3 設計上の配慮事項	その他
<b>総合</b> エネルギー自給率を高めるべく、家庭用コージェネレーション(燃料電池発電)として日本初のマンション用エネファームを全戸採用。低炭素建築物認定・東京都扱い第1号案件(1万㎡を超える大規模計画初)	外廊下側片持ちスラブ等をPc化し、建設工事における廃棄物削減を図っている。
<b>Q1 室内環境</b> 騒音測定を実施し、各住戸毎に開口部遮音性能を設定した。	<b>Q2 サービス性能</b> 下層階においては階高3,160と高めの階高設定とした。
<b>Q3 室外環境(敷地内)</b> 周辺地域の植生調査を実施し、地域種を主体とした植栽計画を行った。	<b>LR1 エネルギー</b> 自然エネルギーの直接利用として、太陽光発電パネルを合計29kw/h設置。「モニタリング」が住宅では評価対象外の為、スコアには反映できないが「HEMS」導入により、各戸でエネルギー消費量を「見える化」することで、エネルギー消費削減を促進
<b>LR2 資源・マテリアル</b> グリーン購入法における「特定調達品目」「エコマーク商品」を使用予定	<b>LR3 敷地外環境</b> EV車1台、PHV車2台によるカーシェアリングを導入し、交通負荷の抑制に努める計画としている。

■CASBEE: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (建築環境総合性能評価システム)  
 ■Q: Quality (建築物の環境品質)、L: Load (建築物の環境負荷)、LR: Load Reduction (建築物の環境負荷低減性)、BEE: Building Environmental Efficiency (建築物の環境効率)  
 ■「ライフサイクルCO<sub>2</sub>」とは、建築物の部材生産・建設から運用、改修、解体廃棄に至る一生の間の二酸化炭素排出量を、建築物の寿命年数で除した年間二酸化炭素排出量のこと  
 ■評価対象のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量は、Q2、LR1、LR2中の建築物の寿命、省エネルギー、省資源などの項目の評価結果から自動的に算出される  
 ■LCCO<sub>2</sub>の算定条件等については、「LCCO<sub>2</sub>算定条件シート」を参照されたい



審査基準に関する事項-3 先導的技術に係る省CO<sub>2</sub>効果に関する説明

(最大A4・2枚)

プロジェクト名	東急グループで取り組む省CO <sub>2</sub> 推進プロジェクト	
事業全体の 省CO <sub>2</sub> 効果  (CASBEE 標準計算)	CO <sub>2</sub> 排出量 (比較対象: a) 2083.22 t-CO <sub>2</sub> /年	CO <sub>2</sub> 排出量 (提案事業: b) 事業全体の 1433.06 t-CO <sub>2</sub> /年
	CO <sub>2</sub> 排出削減量 (c = a - b) 650.16 t-CO <sub>2</sub> /年 (CASBEE評価項目以外を加えた場合=1409.12 t)	CO <sub>2</sub> 排出削減率 (c ÷ a × 100) 31.20% (CASBEE評価項目以外を加えた場合=67.22%)

■先導的技術に関する省CO<sub>2</sub>効果と費用対効果

当プロジェクトは「エコ設計仕様」の建築物そのものにおいては、多様な要素が複雑に関連しあう為、個々の技術による省CO<sub>2</sub>効果を立証することは困難である。そこで省CO<sub>2</sub>効果を試算するに当り、建物の様々な要素を客観的・複合的に評価することが可能な「CASBEE-新築[簡易版](2010年度版)」におけるLCCO<sub>2</sub>の標準計算結果を利用することとする。

また、「CASBEE-新築[簡易版](2010年度版)」の評価項目以外については、別途算出し合計した数値を当プロジェクトのCO<sub>2</sub>排出削減量として換算する。

①「エコ設計仕様」の建築物による省CO<sub>2</sub>効果 (CASBEE標準計算)【一般集合住宅LCCO<sub>2</sub>算出結果】

(設定)建物規模: 36,362.88㎡ 構造種別: RC 造 予想耐用年数30年

(排出量)建設段階: 21.94kg・CO<sub>2</sub>/年・㎡ 修繕・更新・解体段階: 14.10kg・CO<sub>2</sub>/年・㎡

運用段階: 21.25kg・CO<sub>2</sub>/年・㎡ よって一般集合住宅のLCCO<sub>2</sub>は2083.22t・CO<sub>2</sub>/年

【本計画の集合住宅におけるLCCO<sub>2</sub>算出結果】

(設定)建物規模: 36,362.88㎡ 構造種別: RC 造 予想耐用年数90年(劣化対策等級3より)

(排出量)建設段階: 7.47kg・CO<sub>2</sub>/年・㎡ 修繕・更新・解体段階: 16.23kg・CO<sub>2</sub>/年・㎡

運用段階: 15.71kg・CO<sub>2</sub>/年・㎡ よって計画建物のLCCO<sub>2</sub>は1433.06t・CO<sub>2</sub>/年

以上より、LCCO<sub>2</sub>の算出結果におけるCO<sub>2</sub>排出削減効果は、  
2083.22 t-CO<sub>2</sub>/年 - 1433.06 t-CO<sub>2</sub>/年 = 650.16 t-CO<sub>2</sub>/年 の削減効果が見込まれる。

この数値は一般集合住宅比 約31.20%のCO<sub>2</sub>排出削減を達成している。

■CASBEE 評価項目外の内容に関する省CO<sub>2</sub>の算出

CASBEE 評価項目に含まれない取り組みのうち、省CO<sub>2</sub>効果が大きいものについて、個別に検証し、上記CASBEEにより算出した排出量比較に加算する。

②太陽光発電設備設置による省CO<sub>2</sub>効果

太陽光発電設備29.74kW 導入による発電量シミュレーション結果によると、発電量26.135kWh/年、それに伴い8.21t・CO<sub>2</sub>/年の削減効果が見込まれる。

※ 排出係数は東京電力の炭素クレジットを反映した値=0.332kg-CO<sub>2</sub> による



太陽光パネルイメージ

### ③居住者の意識向上による省CO2効果（見える化・省エネインセンティブ等）

東急コミュニティのHEMS 導入他物件実績から、各世帯平均で約10%のCO2削減効果が見込める。今回の提案ではそれ以上の省CO2削減を目指す、実績のデータを基とする。

また、使用エネルギーの見える化、省CO2行動に応じたインセンティブ付与として東急ストア買物優待の受け取り、省エネサポートプログラム、ライフスタイルによる省エネアドバイスなどにより、居住者賞エネ意識が向上し、行動を促進する仕組みを形成している。

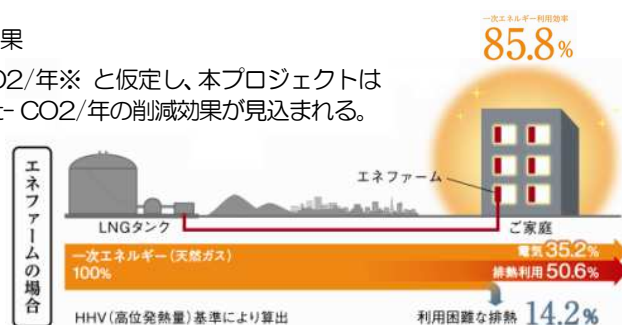
世帯あたりの年間平均CO2 排出量を5.06t-CO2/年※ と仮定し、参加者世帯当たりのCO2削減量の目標を0.5t-CO2/年とする。本プロジェクトには356世帯であるため、全世帯合計としては、178t-CO2/年の削減効果が見込まれる。

※ 出典)独立行政法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の1990～2011 年度 の温室効果ガス排出量データ」(2013.4.12 発表)。家庭からのCO2 排出量は、家庭部門、運輸(旅客)部門の自家用乗用車(家計寄与分)、廃棄物(一般廃棄物)処理からの排出量、および水道からの排出量を足し合わせたものである。

### ④マンション向けエネファーム採用による省CO2効果

世帯あたりの年間平均CO2 削減量を1,037 kg-CO2/年※ と仮定し、本プロジェクトは356 世帯であるため、全世帯合計として、369.17t-CO2/年の削減効果が見込まれる。

※ 東京ガスによる



### ⑤エコカーシェアリングによる省CO2 効果

周辺分譲マンション駐車場設置率は約56%である。本物件では駐車場設置率を32%(114 台/356 戸)へと低減していることから、上記数値を前提とした場合、約24%(85台分)のマイカー削減効果があるといえる。これをCO2排出量削減に換算すると下記になる。

＜前提＞周辺分譲マンションでの設置車を全てガソリン車として想定  
 カーシェアリング導入車内訳：日産リーフ1台、トヨタプリウスPHV 2台  

$$\{(\text{ガソリン車削減台数}) \times (\text{ガソリン車年間CO2 排出量}) - \{(\text{日産リーフ1台} \times \text{年間CO2排出量}) + (\text{トヨタプリウスPHV 2台} \times \text{年間CO2排出量})\}$$

$$(85 \text{台}) \times (2.32 \text{ t} \cdot \text{CO}_2/\text{年} \times 1) - \{(1 \times 0 \text{ t} \cdot \text{CO}_2/\text{年}) + (2 \times 0.41 \text{ t} \cdot \text{CO}_2/\text{年} \times 2)\}$$

$$= 196.38 \text{ t} \cdot \text{CO}_2/\text{年} \text{の削減効果が見込まれる。}$$



日産リーフ



トヨタプリウスPHV

※ ガソリン車年間CO2 排出量は、環境省地球環境局策定の環境家計簿による原単位の手で1万km 走行した場合を想定

※ 日産リーフのCO2排出量は、日産「リーフ」公式HP公表数値を採用

※ トヨタプリウスPHV年間CO2排出量は、トヨタ「プリウスPHV」公式HPのCO2 排出原単位で1 万km 走行した場合を想定

### ■CO2 排出量の削減量のまとめ

CO2 排出源と削減項目	排出量(t - CO2/年)	達成率(%)
一般集合住宅年間CO2 排出量	2083.22	—
省CO2 効果		
①エコ設計仕様の建築物	650.16	31.20
②太陽光発電設備設置	8.21	0.39
③見える化・インセンティブ等の居住者の意識向	178.00	8.54
④マンション向けエネファーム	369.17	17.70
建物による省CO2効果	1,205.54	57.83
⑤エコカーシェアリング	196.38	9.39
総削減量	1409.12	67.22

小計

合計

※ 対象期間3年間のCO2排出削減量は4,227 t - CO2であり、787百万円の追加経費に対する費用対効果は、186千円/ t - CO2となる。

## 審査基準に関する事項ー4 特定課題に対応したプロジェクトの特徴(課題2)

(A4・最大1枚)

プロジェクト名 東急グループで取り組む省CO2推進プロジェクト

## ■課題2：非常時のエネルギー自立にも対応した取り組み、目標

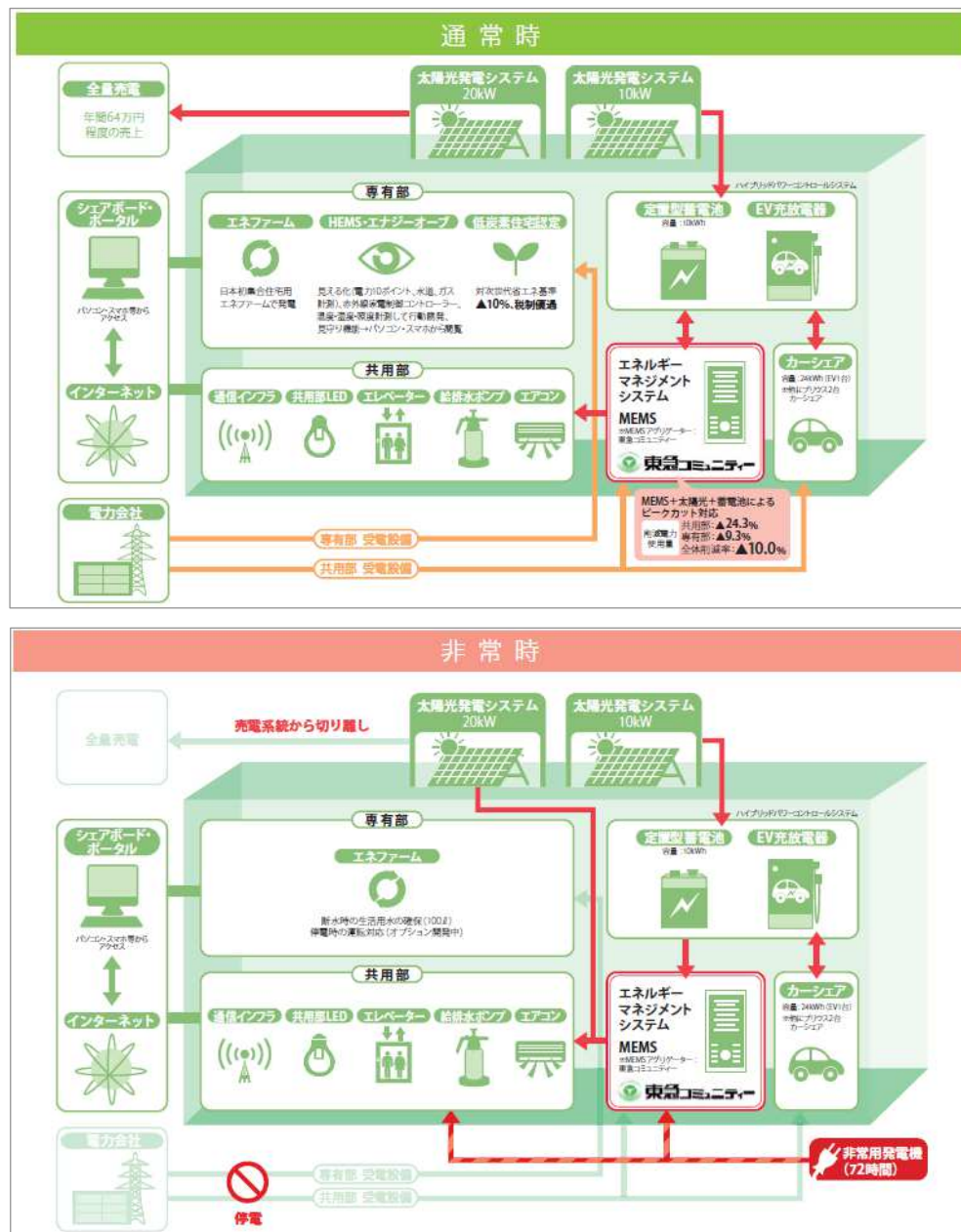
## 1) 建物の機能維持に関わる基本的な考え方

- ・ 停電時 72 時間以上のエネルギー自立  
使用可能場所 シェアラウンジ(照明、コンセント、情報インフラ、IH キッチン)、非常用エレベータ、給排水ポンプ、機械式駐車場
- ・ 断水対策、防災用品の備蓄

## 2) 目標を実現するための追加的設備

- ・ 停電対策設備 非常用発電機、マルチパワコンシステム(PV+定置型蓄電池+EV)、エネファーム停電対応オプション(開発中)、太陽光利用ソーラー街路灯
- ・ 断水対策設備 エネファーム貯湯タンク水利用、浄水器、マンホールトイレ、
- ・ 防災用品備蓄など 備蓄品定期サポート、防災避難訓練等の災害対策サポート、各戸に防災グッズ配布

## ●エネルギーマネジメントシステム概念図





2013年10月21日

**世界初 マンション向け家庭用燃料電池「エネファーム」の発売について**東京ガス株式会社  
パナソニック株式会社

東京ガス株式会社（社長：岡本 毅、以下「東京ガス」）とパナソニック株式会社（社長：津賀一宏、以下「パナソニック」）は、世界で初めて、マンション向けの家庭用燃料電池「エネファーム」（以下「本製品」）を共同で開発しました<sup>\*1、2</sup>。東京ガスは、本製品について2014年4月1日（火）に発売します。

マンションのパイプシャフト内<sup>\*3</sup>に燃料電池ユニット、貯湯ユニット、バックアップ熱源機を全て設置できる仕様として製品化したのは、世界初<sup>\*4</sup>となります。

本製品は、戸建て住宅に比べ、より設置条件に制約があるマンション向けに、機器本体の気密性を高めることなどにより、開放廊下側<sup>\*5</sup>のパイプシャフト内への設置を可能にしました。また、マンションの設置基準に対応するため、機器本体をアンカー固定する脚部の強度を向上させることで耐震性を高めるとともに、給排気構成の変更などにより強風時でも運転できるように耐風性を高め、高層階での設置も可能にしました。

本製品は、火力発電所からの電気と都市ガス給湯器からの給湯を行なう方式<sup>\*6</sup>と比べ、定格発電時にCO<sub>2</sub>排出量を約49%、一次エネルギー消費量を約37%削減できます<sup>\*7</sup>。モデルケースでの年間光熱費は約3～4万円節約、年間CO<sub>2</sub>排出量を約1.0トン削減できます<sup>\*8</sup>。

東京ガスは、本製品を2014年度に500台受注する計画です。

なお、東京ガスは本製品の発売について、2013年度中に発表する予定であることを昨年度から表明しており、本日10月21日（月）時点で、総合地所株式会社および東急不動産株式会社から自社が供給する分譲マンション（計2物件、456戸）に本製品を採用する意向をいただいています<sup>\*9</sup>。

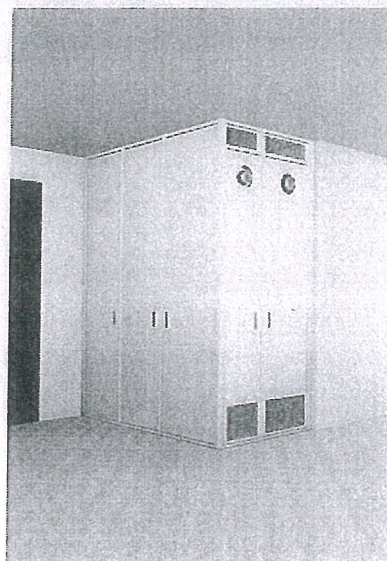
東京ガスとパナソニックは、これからも「エネファーム」の普及を通じてお客さまの快適な暮らしと地球環境の保全、電力ピークカットなどに貢献してまいります。

**【商品外観（パイプシャフト内設置時）】**

パイプシャフトの扉を開いた状態

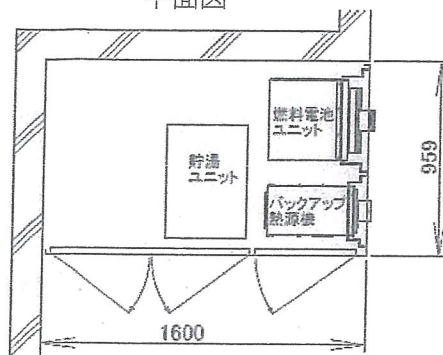


パイプシャフトの扉を閉じた状態

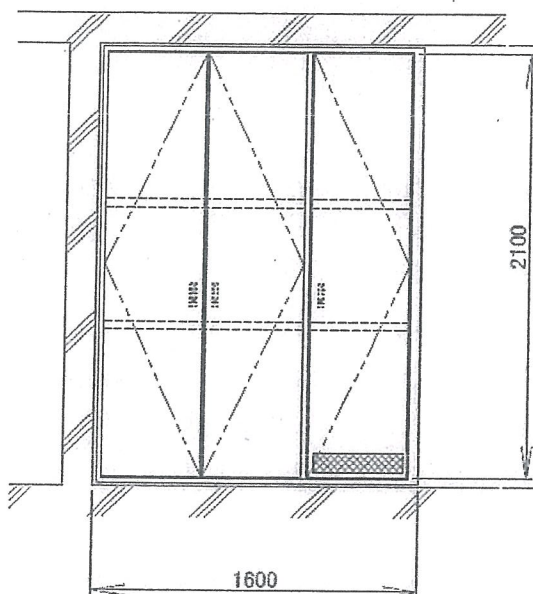


【設置レイアウト例（単位：mm）】

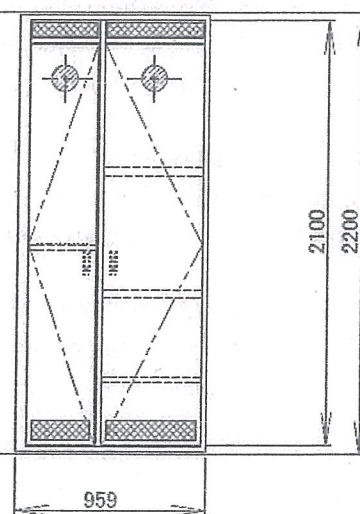
平面図



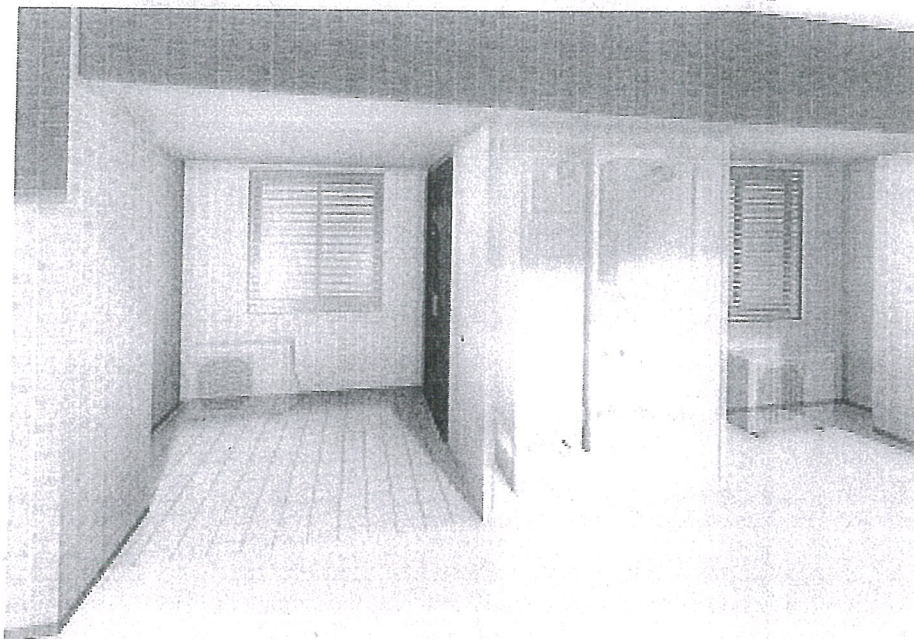
立面図（側面）



立面図（正面）



【マンション解放廊下側パイプシャフト内への設置イメージ例】





- ※1：開発にあたっては、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られた成果を一部活用しています。
- ※2：エネファームの「貯湯ユニット」および暖房用温水の加熱や貯湯タンクにお湯がなくなった場合にお湯をつくる「バックアップ熱源機」は、東京ガス、株式会社ガスターおよびリンナイ株式会社が共同で開発しました。
- ※3：パイプシャフトとは、マンションの上下階を貫通する給水管やガス管などを収納するスペースで、多くのマンションではパイプシャフトは玄関横に配置されています。
- ※4：これまでは、戸建用エネファームに個別の改良を施し、マンション設置のための基準に準拠させ、パイプシャフト外（マンションの玄関前で、外壁面から少しくぼんだ形になっているアルコーブと呼ばれる空間）などに導入した事例はありますが、本製品は標準仕様としてマンション設置のための基準に準拠し、パイプシャフト内に燃料電池ユニット、貯湯ユニット、バックアップ熱源機を全て設置できるものです。
- ※5：開放廊下とは、マンションなどで、片側に住戸が並び、もう一方に外に面した廊下が配置されている場合の廊下のことをさします。
- ※6：電気は火力発電所から供給し、熱は東京ガスが供給する都市ガスを使用する方式です。
- ※7：定格運転時の発電量（0.75kWh）と熱回収量（1.08kWh/約37.0・40℃）を、従来の火力発電所からの電気と、都市ガス給湯器からの給湯を行なう方式でまかなった場合との比較です。
- ※8：[試算条件]
- (1)一次エネルギー換算値：電気 9.76MJ/kWh（エネルギーの使用の合理化に関する法律）、ガス 45MJ/m<sup>3</sup>（東京ガスデータ）、給湯効率 80%
  - (2)CO<sub>2</sub>排出係数：電気 0.69kg-CO<sub>2</sub>/kWh（「中央環境審議会地球環境部目標達成シナリオ委員会中間取りまとめ」平成13年7月より）、ガス 2.29kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>（東京ガスデータ）
  - (3)年間負荷／給湯：13.01GJ、風呂保温：1.45GJ、調理：1.8GJ、冷房：4.15GJ、床暖房：7.75GJ、エアコン暖房：2.77GJ、照明他：11.41GJ（マンション（延床面積80m<sup>2</sup>）3人家族を想定）
  - (4)電力需要／ガス・電気併用住宅の電気消費量：3,643kWh（東京ガス調べ）
  - (5)ガス料金／従来システム：「暖らんぷらん」適用、エネファーム：「エネファームで発電エコぷらん」適用。電気料金／従来システム、エネファームともに従量電灯B適用、契約40アンペア。  
ガス・電気料金／2013年1月時点での調整単位料金に基づく試算。
- ※9：採用の意向をいただいている企業、物件は以下のとおりです（五十音順）。
- 総合地所株式会社（物件名：(仮称)ルネスカイプレミア品川中延 戸数100戸（予定）、  
所在地：東京都品川区西大井6丁目、販売開始予定：2014年2月）
  - 東急不動産株式会社（物件名：プランズシティ品川勝島、戸数356戸（予定）、  
所在地：東京都品川区勝島1丁目、販売開始予定：2014年4月）

## 【主な特長】

### （1）パイプシャフトに設置可能

機器本体の気密性の向上や外装パネルの素材を厚くすることなどにより、開放廊下側のパイプシャフト内に燃料電池ユニット、貯湯ユニット、バックアップ熱源機を設置することを可能にしました。また、燃料電池ユニットの排気等の吹き出し口を1箇所集約し、パイプシャフトの扉内への設置に対応するとともに、バックアップ熱源機と隣接して設置した際にも統一感のある構成にしました。

### （2）マンション設置のための基準に準拠

マンションの設置基準に準拠するため、機器本体をアンカー固定する脚部の強度を向上させて耐震性を高めました。また、燃料電池ユニットの給排気等の吹き出し口を集約した構成への変更や機器内部への風圧の影響低減により、秒速30mの強風時でも運転できるように耐風性を高め、高層階での設置も可能にしました。

### （3）さまざまな設置方法に対応

燃料電池ユニット、貯湯ユニット、バックアップ熱源機の3つのユニットを1つのパイプシャフトにまとめて設置する以外に、複数のパイプシャフトに分離して設置することもできます。また、燃料電池ユニットとバックアップ熱源機に複数の排気方法を

用意することや、バックアップ熱源機については標準型以外にスリム型を用意することで、集合住宅のさまざまな設置方法に対応します。

#### 【仕様概要】

発売日		2014年4月1日予定
性能	発電出力	200W～750W
	定格発電効率	39.0% (LHV) ※10、35.2% (HHV)
	定格熱回収効率	56.0% (LHV) ※10、50.6% (HHV)
	総合効率	95.0% (LHV) ※10、85.8% (HHV)
	貯湯タンク容量	147 リットル
寸法	燃料電池ユニット	H1, 750mm×W399mm×D395mm
	貯湯ユニット	H1, 850mm×W400mm×D560mm
	バックアップ熱源機	給湯暖房 (標準) H750mm×W480mm×D250mm 給湯暖房 (スリム) H900mm×W250mm×D450mm
重量 (乾燥)	燃料電池ユニット	99 kg
	貯湯ユニット	54 kg
	バックアップ熱源機	給湯暖房 (標準) 44 kg 給湯暖房 (スリム) 49 kg
希望小売価格		オープン価格
無償メンテナンスサポート		10 年間

※10：低位発熱量基準(Lower Heating Value)の略。燃料ガスを完全に燃焼したときの発熱量から水蒸気の凝縮潜熱を差し引いた値。(対比：HHV=高位発熱量基準、HHV≒0.903×LHV)

#### 【エネファームについて】

「エネファーム」は都市ガスから取り出した水素を空気中の酸素と化学反応させて発電し、発電した電気は家庭内で利用します。その際に出る熱も給湯に利用します。電気をつくる場所と使う場所が同じであるため送電ロスがなく、また発電時に出る熱を無駄なく活用できる環境に大変やさしいシステムです。

東京ガスは2009年5月に世界で初めて「エネファーム」の一般販売を開始し、2013年9月末までにパナソニックが全国で累計約31,000台を出荷、内東京ガスが累計約24,000台の販売を行なっています。2013年度は、パナソニックが年間15,000台以上の生産体制を構築し、東京ガスが12,000台の販売を目指しています。また、東京ガスは、2020年に累計300,000台の販売を目指しています。

以上

#### ＜報道機関からのお問合せ先＞

東京ガス株式会社 広報部 報道グループ 岩下、伊藤  
〒105-8527 東京都港区海岸1丁目5番地20号  
TEL：03-5400-7675 FAX：03-3437-9130

パナソニック株式会社 アプライアンス社 広報・渉外グループ 溝口  
〒525-8520 滋賀県草津市野路東2丁目3番1-1号  
TEL：077-561-3101 FAX：077-561-3200

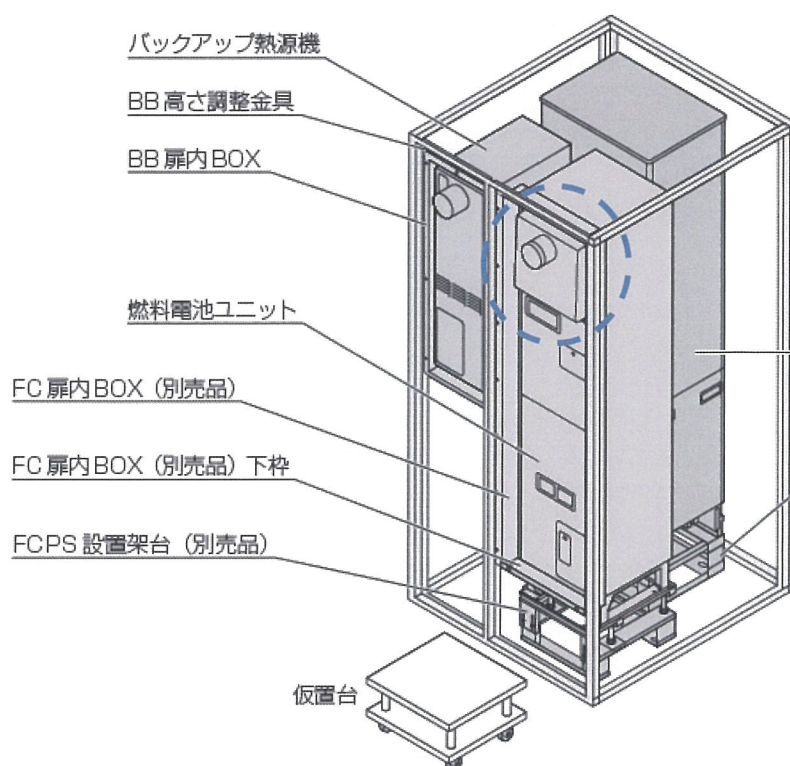


# 戸建用エネファームからの変更点

Confidential  
2013年10月8日  
東京ガス株式会社

## 耐風性(超高層対応)

内容	
旧仕様	風速15m/s以下(超高層NG)
新仕様	風速30m/s以下(超高層OK)
狙い	超高層マンションの設置を可能とする。
変更点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本体の換気・排気ガスを統合し、排気流速アップを図ることで、耐風性を向上</li> <li>・FC扉内ボックスと本体、及び本体と扉との間の隙間をなくし、給排気口が同一風圧帯の中に入るよう工夫することで耐風性を向上</li> <li>・機器内部構造の一部見直し</li> </ul>



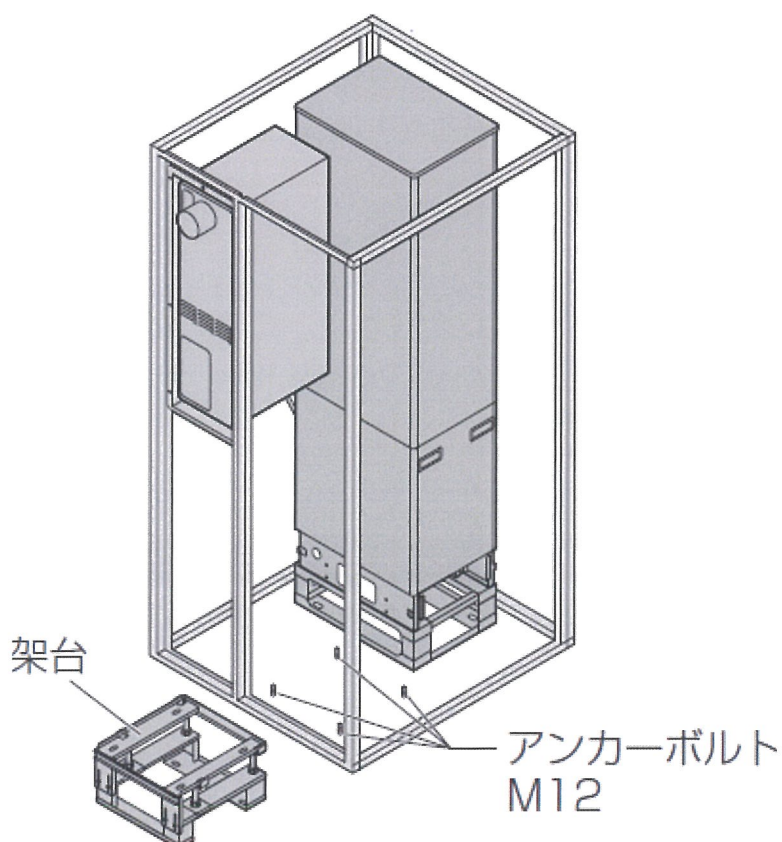
1

# 戸建用エネファームからの変更点

Confidential  
2013年10月8日  
東京ガス株式会社

## 耐震性の向上

内容	
旧仕様	戸建のみ設置可能
新仕様	集合住宅へ設置可能
狙い	集合住宅へEFを設置する場合の設計震度はすべて1.0Gの値を使用する。(耐震クラスB)※戸建は0.4G
変更点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器本体をアンカー固定する脚部の強度を向上させた、アンカーボルト選定の最適化した(M12固定ボルトを使用)。</li> <li>*戸建はM10固定ボルト</li> </ul>



2



# 戸建用エネファームからの変更点

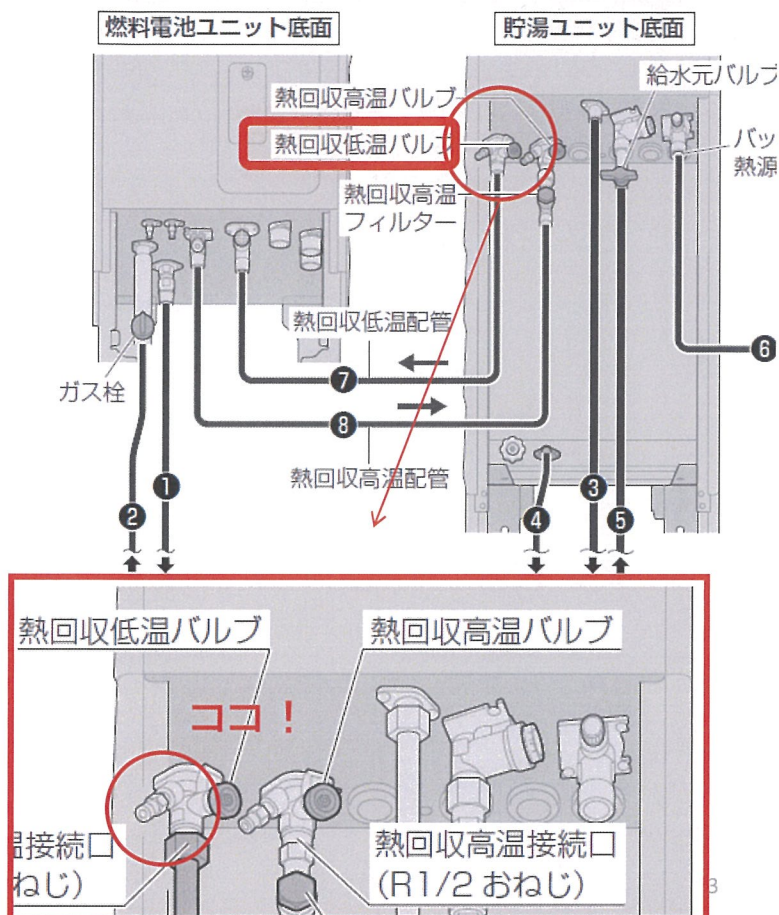
Confidential  
2013年10月8日  
東京ガス株式会社

## 非常用タンク水の利用

内容	
旧仕様	排水配管からの排水
新仕様	熱回収低温配管の水抜き栓より排水
狙い	・水抜き栓から約100リットルの水を有効に利用することができる。(タンク内の水を全て利用したい場合は別設定の部材が必要)
仕様の変更点	・水抜き栓(TK→FC:低温側)の水抜き栓から水を取り出すことが可能。操作には専用の治具を使用する。



戸建用貯湯ユニット排水配管  
(集合用EFでも対応予定、ただし別部材)

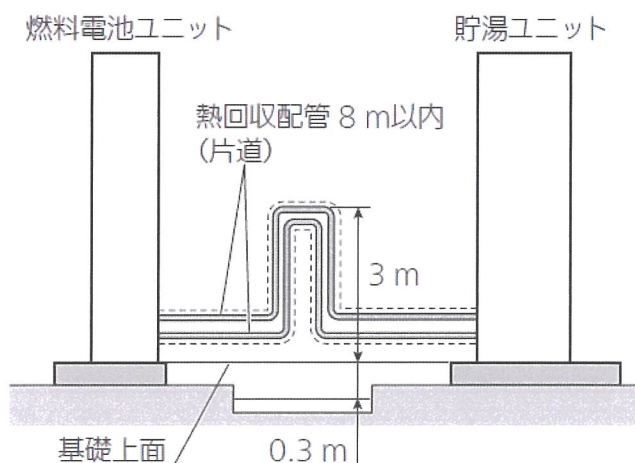


# 戸建用エネファームからの変更点

Confidential  
2013年10月8日  
東京ガス株式会社

## 鳥居配管

内容	
旧仕様	上方1m
新仕様	上方3m
狙い	集合住宅において、①住戸玄関をまたいで配管すること②天井裏配管をすることを想定すると、3mの鳥居配管に対応する必要がある。
変更点	特になし



## インテリジェント通信6版

内容	
旧仕様	なし
新仕様	インテリジェント通信6版対応
狙い	台所リモコンでのミスト準備報知機能
変更点	対応

## 次世代クラウド型 HEMS について

勝島マンションプロジェクトに導入する HEMS は、専有部の環境に関わる屋内外の計測データ、創エネ～消費のエネルギーライフサイクルデータを統合活用し、ご家庭のエネルギー利用の最適化とホームオートメーションを通じて快適とエコを両立するライフスタイルを実現致します。

### 1. 「光」でお知らせ機能 ユニバーサルデザイン

丸型の筐体に搭載の 7 色 LED ライトが光の色で電力消費量や住まいの快適性に関する情報をお知らせ致します。PC やスマートフォンを立ち上げなくともお知らせサインを住居者に届けることが可能のため、子供や高齢者においてもお知らせすることが可能です



### 2. 便利な「快適・見守りお知らせ機能」

丸型の端末内に「温度センサー」、「湿度センサー」、「照度センサー」等を搭載しており、お部屋の快適指標をスマートフォンや光でお知らせいたします。計測データに基づき、快適性に関する情報を提供し、住居者の関心を高めるとともに、快適性と省エネを両立するシーン（特に外気取り込みにて十分快適性が担保させるシーン）においては、省エネ行動を積極的に取るようアドバイス致します。宅内の温度・湿度のデータと外気の気象データを掛け合わせ、独自のアルゴリズムにより判定し、リアルタイムのアドバイスを行います。

#### 【主な提供情報】

①熱中症予防指標 (6月～9月提供)	屋内の熱中症指数に応じて、危険度をスマホ表示 (30分更新)
②うるおいキープ指標/カゼ防止指標 (11～5月提供)	湿度センサー情報から指数を割出し、乾燥状態をスマホ表示 (30分更新)
③外気取り込みレコメンド (年間提供)	お住まい地域の気象データから外気取り込みの推奨をスマホでお知らせ。空調利用をセーブすることで節電を促す
④見守り指標 (年間提供)	エネルギー消費量の変化量と夜間の居間の点灯度合(照度変化)を見守り。変化が少ない場合は登録先にメッセージ送信



### 3. 家電の遠隔制御を実現する赤外線家電コントローラ機能

専用のアプリをダウンロードすることで、スマートフォンを通じて外部より家電の ON/OFF を実現致します。家電側に追加モジュールが不要であり赤外線リモコン搭載機器であれば家電メーカー問わず家電制御が可能です。この機能により、無駄な電力消費である家電の付けっ放しの抑制や帰宅時のエアコンの急冷による高負荷を避けることが可能です。また、事前に住居者が需要旺盛時に取り節電行動（エアコンの OFF 等）を登録しておく、クラウドセンターから住居者に代わり、節電行動を実行致します。また、音声対話型のユーザーインターフェイスも搭載しており、声で家電制御をすることで、より住居者が節電行動を取りやすい仕組みとなっています。



日経産業新聞 9月6日

日経産業新聞

## エナリス

### エナリスのHEMSのしくみ

エナリスは、スマートフォンのアプリを通じて、家庭内の家電を遠隔で制御できる。エアコン、照明、テレビ、冷蔵庫など、対応する家電にエナリスのHEMSモジュールを接続することで、スマートフォンから家電のON/OFFや設定が可能になる。また、エナリスのクラウドサービスを利用することで、自宅からでも家電の稼働状況を確認できる。さらに、エナリスのクラウドサービスを利用することで、自宅からでも家電の稼働状況を確認できる。さらに、エナリスのクラウドサービスを利用することで、自宅からでも家電の稼働状況を確認できる。

## HEMS、声で家電制御

スマートフォンのアプリで、家庭内の家電を遠隔で制御できる。エアコン、照明、テレビ、冷蔵庫など、対応する家電にエナリスのHEMSモジュールを接続することで、スマートフォンから家電のON/OFFや設定が可能になる。また、エナリスのクラウドサービスを利用することで、自宅からでも家電の稼働状況を確認できる。さらに、エナリスのクラウドサービスを利用することで、自宅からでも家電の稼働状況を確認できる。さらに、エナリスのクラウドサービスを利用することで、自宅からでも家電の稼働状況を確認できる。

スマホ活用 サーバーが返答も

#### 【製品主要仕様】

HEMS ゲートウェイ		型番	GW2000
	無線方式	IEEE802.11b/g: ECHONET Lite <sub>TM</sub> 機器、赤外線コントローラ、電力センサ類用	
	インターフェース	WPA2-AES: セキュリティ方式 LAN (10BASE-T/100BASE-TX): インターネットルータ接続用 RS232C: 保守作業用 USB2.0 Type A: 外部メモリ専用	
	インジケータ	緑色LED: 電源表示、赤色LED: エラー表示	
	ECHONET Lite <sub>TM</sub>	ECHONET Lite <sub>TM</sub> バージョン 1.10 レビジョンC対応。 ECHONET Lite <sub>TM</sub> 対応機器を操作可能。	
	電力測定	10分間隔で、電力センサとタップセンサが計測した電力量をサーバにアップロード	
	赤外線制御	IR2000赤外線コントローラを制御し、赤外線対応家電機器を操作可能 ●ルームエアコン: 温度設定、運転モード(自動、冷房、暖房、除湿)、電源ON/OFF ●その他の機器: 電源ON/OFF	
	電源	AC100V入力 (付属のACアダプタを使用)	
		外形寸法	115mm(W) x 60mm(H) x 35mm(D)
赤外線 コントローラ		型番	IR2000
	無線方式	IEEE802.11b/g: HEMSゲートウェイ接続用	
	インジケータ	WPA2-AES: セキュリティ方式	
	赤外線	点型LED: 7色表示、三日月型LED: 7色表示	
	環境センサ	水平: 360°上下角: 0~90°到達距離 5m	
	電源	温度、湿度、照度センサ搭載	
		電源	AC100V入力 (付属のACアダプタを使用) または、単3アルカリ電池 x 3本 (別売の単3型充電式EVOLTAスタンダード電池も使用可能)
		外形寸法	直径100mm、高さ35mm

## 「お住まいにおける省エネルギーへの取り組みに関するアンケート」のお願い

このアンケートは「ブランドシティ品川勝島」に入居された皆様に、お住まいでの省エネに関する取り組みやエネルギーの使用についてお伺いするものです。

一部の方には既にご記入いただいている設問もありますが、改めてのご回答をお願い致します。

### I 「以前のお住まい」について

**Q1** あなたの以前のお住まいに当てはまるものを**1つ**お選び下さい。

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1. 自己所有一戸建て（配偶者所有を含む） | 2. 自己所有マンション（配偶者所有を含む） |
| 3. 賃貸一戸建て             | 4. 賃貸マンション             |
| 5. UR（公団）・公社賃貸        | 6. 公営住宅                |
| 7. 賃貸アパート             | 8. 社宅・官舎               |
| 9. 寮                  | 10. 親元                 |
| 11. その他（ ）            |                        |

**Q2** 以前のお住まいの構造等についてお聞きます。当てはまるものを**1つ**選択、またはご記入下さい。

- ① 所在地 （都・道・府・県）
- ② 建物構造 1. 木造 2. 鉄骨造 3. 鉄筋コンクリート造 4. 不明
- ③ 住戸面積（集合住宅の場合は専有部分の面積） m<sup>2</sup>（小数点以下四捨五入）
- ④ 住戸タイプ（間取り例：2LDK）
- ⑤ 部屋数とエアコンの数 部屋数  部屋 エアコン  台
- ⑥ 住戸位置 i 一戸建ての場合 階数： 階建て  
 接道：1. 道路沿い 2. その他  
 リビングの向き：1. 南向き 2. 東向き 3. 西向き 4. 北向き
- ii 集合住宅の場合 階数： 階建ての  階に居住していた  
 住戸の位置：1. 角にあった 2. 隣の住戸に挟まれていた  
 リビングの向き：1. 南向き 2. 東向き 3. 西向き 4. 北向き
- ⑦ 建築年と居住年数 西暦  年完成 居住年数  年
- ⑧ 建物性能  
 室内：1. 暑さや寒さを感じていた 2. 快適だと感じていた 3. 不明  
 隙間風：1. あると感じていた 2. 無いと感じていた 3. わからない  
 日当たり：1. 良かった 2. 少し良かった 3. どちらでもない 4. 少し悪かった 5. 悪かった  
 風通し：1. 良かった 2. 少し良かった 3. どちらでもない 4. 少し悪かった 5. 悪かった

**Q3** はじめての方はお答えください。以前のお住まいにおける**1年分のエネルギーの使用**について、ご記入下さい。  
 ※わかる範囲で結構です。また、使用していない場合は不使用に○印をご記入下さい。

電気				水道			
年間 合計	<input type="text"/>	円		年間 合計	<input type="text"/>	円	
ガス				ガソリン			
年間 合計	<input type="text"/>	円	不使用	年間 合計	<input type="text"/>	円	不使用
灯油							
年間 合計	<input type="text"/>	円	不使用				

**Q4** 以前のお住まいに、ガスや電気の使用量が計測できる **HEMS 機器等**が設置されていましたか。（ひとつ選択）

1. 設置されていた ⇒ **Q5** へ 2. 設置されていなかった ⇒ **Q6** へ 3. わからない ⇒ **Q6** へ

**Q5** 以前のお住まいに **HEMS 機器等**が設置されていた方のみにお聞きします。**HEMS 機器等**のエネルギー表示を見ていましたか。

※「4. 全く見ていなかった」方はその理由もお答え下さい。

1. 日に1、2回見ていた      2. 週に1、2回見ていた      3. 月に1、2回見ていた
4. 全く見ていなかった ➡ 理由    a. 時間がない    b. エネルギー消費量に関心がない    c. 画面が見づらい  
d. 見たいと思う情報がない    e. その他（ ）

## Ⅱ 「現在のお住まい」での家族構成と生活時間について

**Q6** 現在のお住まいであなたご自身および同居されている方についてお聞きします。

あなたご自身については **a** に、同居のご家族については **b** 以降の回答欄に、また 1、4、5 の設問は、  
あてはまる番号を右枠内より選び、それぞれ番号をご記入下さい。※2の設問は年齢をご記入下さい

[illegible]

**07** あなたもしくは同居されている方がどなたも自宅にいない時間を以下にご記入ください。

平日：家に誰もいない時間  時間 休日：家に誰もいない時間  時間

### Ⅲ 「現在のお住まい」での省エネについて

**08** あなたは、普段から省エネをしていますか。(ひとつ選択)

1. している      2. 少ししている      3. していない      4. 省エネをするつもりはない

|Q9 ^

Q10  $\wedge$

**Q9** Q8で 1、2 と回答された方のみにお聞きします。

あなたは省エネを実行して、エネルギー消費量を低減したという実感がありますか。(ひとつ選択)

1. とてもある    2. ややある    3. あまりない    4. 全くない

**Q10** Q8で3、4と回答された方のみにお聞きします。

あなたが省エネしない理由は何ですか。(ひとつ選択)

1. 時間がない      2. 面倒である      3. お金がかかると思う      4. 実行してもメリットがあると思わない  
5. その他( )

**＜全員にお聞きします。＞**

**Q11** ご家族の中で（同居している方）で、普段から省エネに積極的な方はいますか。

1. いる      2. いない

**Q12** 省エネについて、どんな目的のためと考えていますか。（あてはまるもの全て選択）

1. 地球環境のため      2. 自宅の光熱費節約のため      3. 地域や近隣とのルールのため  
4. その他（ ）

**Q13** 省エネの情報をどこから得ていますか。（あてはまるもの全て選択）

1. テレビ    2. 本    3. 周りの人々（両親や近所の人など）    4. セミナー    5. インターネット（パソコン）  
6. 携帯電話・スマートフォン・タブレット    7. 自治体広報等    8. その他（                      ）    9. 得ていない



## IV「現在のお住まい」での使用機器について

**Q14** 現在のお住まいで使用されている機器について、保有状況をお答え下さい。設置済の機器については省略してあります。

※3（新規に購入）に○をしたもので、購入時に4（省エネタイプを選択したもの）があれば、○を付けてください。

用途	機器	1	2	3	4
		持っていない	前住居から持ってきた	新規に購入した	⇒3に○をした方 ⇒省エネタイプを選択した
空調・換気・暖房	例 ファンヒータ	1	2	3	4
	1 エアコン（居間）	1	2	3	4
	2 エアコン（個室1）	1	2	3	4
	3 エアコン（個室2）	1	2	3	4
	4 エアコン（個室3）	1	2	3	4
	5 エアコン（個室4）	1	2	3	4
	6 ストープ【ガス】	1	2	3	4
	7 ストープ【電気】	1	2	3	4
	8 ストープ【石油】	1	2	3	4
	9 ファンヒータ【ガス】	1	2	3	4
	10 ファンヒータ【電気】	1	2	3	4
	11 ファンヒータ【石油】	1	2	3	4
	12 ホットカーペット	1	2	3	4
	13 オイルヒーター	1	2	3	4
	14 扇風機・サーキュレータ	1	2	3	4
	15 こたつ	1	2	3	4
	16 除湿器	1	2	3	4
	17 加湿器	1	2	3	4
	18 空気清浄機	1	2	3	4
情報通信・娯楽	19 電話・FAX	1	2	3	4
	20 テレビ（居間）	1	2	3	4
	21 テレビ（個室1）	1	2	3	4
	22 テレビ（個室2）	1	2	3	4
	23 テレビ（個室3）	1	2	3	4
	24 テレビ（個室4）	1	2	3	4
	25 BD/HDD/DVDレコーダ	1	2	3	4
	26 パソコン	1	2	3	4
	27 パソコン【2台目】	1	2	3	4
	28 プリンター	1	2	3	4
	29 テレビゲーム機	1	2	3	4
	30 オーディオ	1	2	3	4
	31 電子楽器	1	2	3	4
	32 水槽（ヒーター・ポンプ付）	1	2	3	4
衛生	33 洗濯機【乾燥付】	1	2	3	4
	34 洗濯機【乾燥無】	1	2	3	4
	35 衣類乾燥機【ガス】	1	2	3	4
	36 衣類乾燥機【電気】	1	2	3	4
	37 衣類乾燥機【石油】	1	2	3	4
	38 布団乾燥機	1	2	3	4
	39 掃除機	1	2	3	4
	40 アイロン	1	2	3	4

用途	機器	1	2	3	4
		持っていない	前住居から持ってきた	新規に購入した	⇒3に○をした方 ⇒省エネタイプを選択した
厨房	41 卓上コンロ【ガス】	1	2	3	4
	42 卓上コンロ【電気】	1	2	3	4
	43 卓上コンロ【石油】	1	2	3	4
	44 卓上電磁調理器【IH】	1	2	3	4
	45 電子レンジ	1	2	3	4
	46 オープン	1	2	3	4
	47 トースター	1	2	3	4
	48 炊飯器	1	2	3	4
	49 電気ポット・ケトル	1	2	3	4
	50 ホットプレート	1	2	3	4
	51 冷蔵庫	1	2	3	4
	52 冷蔵庫【2台目】	1	2	3	4
	53 生ごみ処理機	1	2	3	4
	54 コーヒーメーカー	1	2	3	4
	55 食洗器【ビルトイン】	1	2	3	4
	56 食洗器【卓上】	1	2	3	4
照明	57 リビング照明【白熱灯】	1	2	3	4
	58 リビング照明【蛍光灯】	1	2	3	4
	59 リビング照明【LED】	1	2	3	4
	60 ダイニング照明【白熱灯】	1	2	3	4
	61 ダイニング照明【蛍光灯】	1	2	3	4
	62 ダイニング照明【LED】	1	2	3	4
	63 個室照明1【白熱灯】	1	2	3	4
	64 個室照明1【蛍光灯】	1	2	3	4
	65 個室照明1【LED】	1	2	3	4
	66 個室照明2【白熱灯】	1	2	3	4
	67 個室照明2【蛍光灯】	1	2	3	4
	68 個室照明2【LED】	1	2	3	4
	69 個室照明3【白熱灯】	1	2	3	4
	70 個室照明3【蛍光灯】	1	2	3	4
	71 個室照明3【LED】	1	2	3	4
	72 個室照明4【白熱灯】	1	2	3	4
	73 個室照明4【蛍光灯】	1	2	3	4
	74 個室照明4【LED】	1	2	3	4
美容・健康	75 ドライヤー	1	2	3	4
	76 ヘアアイロン	1	2	3	4
	77 シェーバー／ひげ剃り機	1	2	3	4
	78 アロマ加湿器	1	2	3	4
	79 ウォーターサーバー	1	2	3	4
	80 マッサージチェア	1	2	3	4
	81 その他（ ）	1	2	3	4

## V 「現在のお住まい」における生活とエネルギーの使用について

**Q15** 省エネのための方法や行動には様々なものがあります。以下の行動を現在のお住まいで実行していますか。

工夫内容	設問		1	2	3	4
			実行している	今後実行したいが 実行していない	今後実行しない	該当しない あてはまらない
暖冷房・空調・通風	1	エアコン（暖冷房）の設定温度をやや低め・高めに設定する	1	2	3	4
	2	夏場、エアコン（冷房）ではなく、扇風機を使用する	1	2	3	4
	3	夏場、エアコンと一緒に扇風機を活用する	1	2	3	4
	4	暖冷房時に部屋のドアやふすまを閉め、暖冷房範囲を小さくする	1	2	3	4
	5	昼の暖冷房機器の使用を控える	1	2	3	4
	6	夜の暖冷房機器の使用を控える	1	2	3	4
	7	暖冷房時にカーテンやブラインドを閉める	1	2	3	4
	8	夏場、窓にすだれをかける	1	2	3	4
	9	夏場、緑のカーテンをつくる	1	2	3	4
	10	涼しい・暖かいところへ外出し、なるべく家にいないようにする	1	2	3	4
	11	窓を開けて積極的に通風を図る	1	2	3	4
	12	エアコンのフィルターを定期的に掃除する	1	2	3	4
照明	13	使用していない部屋の照明をこまめに消す	1	2	3	4
	14	照明の数を減らし、間引く	1	2	3	4
	15	白熱灯をLEDなどの省エネタイプに替える	1	2	3	4
家電	16	家電製品の主電源を消し、コンセントから抜く	1	2	3	4
	17	テレビを見る時間を少なくする（見る番組を絞る）	1	2	3	4
	18	家電を買い替える時に省エネタイプを選ぶ	1	2	3	4
	19	テレビの画面を明るすぎないように調整する	1	2	3	4
	20	パソコンの電源をこまめに「オフ」にするかスタンバイ機能を使う	1	2	3	4
厨房	21	炊飯ジャーの保温を使わない	1	2	3	4
	22	コンロの炎がなべ底からはみ出さないようにする	1	2	3	4
	23	調理時になべにふたをする	1	2	3	4
	24	圧力鍋や保温鍋を利用する	1	2	3	4
	25	食器洗浄機を効率的に利用する	1	2	3	4
	26	冷蔵庫の温度を高め設定する	1	2	3	4
トイレ・洗濯・浴室	27	トイレの暖房便座の設定温度を季節ごとに変え、電源を切る	1	2	3	4
	28	暖房便座のふたを開けたままにしないようにする	1	2	3	4
	29	まとめて洗濯をして、洗濯回数を減らす	1	2	3	4
	30	衣類乾燥機や洗濯機の乾燥機能を使わないようにする	1	2	3	4
	31	お風呂やシャワーの温度を低めに設定する	1	2	3	4
	32	お風呂やシャワーのお湯をこまめに止める	1	2	3	4
	33	家族がお風呂に続けて入るようにする	1	2	3	4
	34	未使用時は、お風呂のふたを閉める	1	2	3	4
	35	風呂の残り湯を洗濯に使う	1	2	3	4
	36	節水シャワーヘッドをつける	1	2	3	4

**Q16** あなたと配偶者（いらっしゃる場合）についてお伺いします。

現在のお住まいでの生活で、定期的に実行している事について、番号に○を付けてください。（当てはまるものすべて選択）

定期的に継続して実行している事			本人	配偶者
a	会話や交際	家族・友人・知人・親戚とのつきあい、おしゃべり、電話、電子メール、家族・友人・知人とのインターネット（携帯・スマホ含む）でのやりとり	1	1
b	スポーツ	体操、運動、各種スポーツ、ボール遊び等	2	2
c	行楽・散策（旅行含む）	行楽地・繁華街へ行く、街をぶらぶら歩く、散歩、釣り	3	3
d	趣味・娯楽・教養	趣味・けいこごと・習いごと、観賞、観戦、遊び、ゲーム	4	4
e	趣味・娯楽・教養のインターネット	趣味・娯楽・遊びとしてインターネット利用	5	5
f	テレビ	B S、C S、C A T V、録画、インターネット配信の視聴も含む	6	6
g	ラジオ	インターネットラジオを含む	7	7
h	新聞	朝刊・夕刊・業界紙・広報紙を読む（チラシ・電子版も含む）	8	8
i	雑誌・マンガ・本	週刊誌・月刊誌・マンガ・本を読む（カタログ・電子版も含む）	9	9
j	音楽を聞く	C D・オーディオプレイヤー・テープ・パソコンなどラジオ以外で音楽を聞く	10	10
k	ボランティア・社会活動	環境美化・被災地支援・地域活動など	11	11

**Q17** あなた、もしくは家族の、普段の生活で当てはまる番号に○をつけてください。（当てはまるものすべて選択）

あなた、家族の普段の生活		○印
a	自分または同居者が暑がり（または寒がり）なため、冷暖房設備の設定温度は他の人より低め（または高め）にしている	1
b	家に誰もいない時間が多いため、帰宅時の室内が暑く（または寒く）冷暖房設備を急速運転させる	2
c	自分や同居者は体感温度が異なるため、個別に好みの設定ができる個室に滞在しがちだ	3
d	エアコンなどの冷暖房設備に頼りすぎて体調を崩したりするので、できるだけ使用しない工夫をしている	4
e	エアコンの自動運転では快適にならない場合が多い（例：夏、運転をやめると暑く、運転すると寒くなる等）	5
f	生活の中で、エアコンの設定を急激に変化させることがある（例：お風呂上り、調理中等）	6
g	外が涼しい（または温かい）ことを知らずに冷房（または暖房）機器を使用し、後から気づいた事がある	7
h	冷暖房機器を操作できない同居者がいるため、冷暖房機器を運転させて外出している	8
i	ペットの健康維持のため、冷暖房機器を運転させて外出している	9

**Q18** あなたの普段の感覚と生活行為で当てはまる項目に○をつけてください。（それぞれひとつ選択）

	感覚・生活行為	選択項目
a	体質	1. 暑がり    2. どちらでもない    3. 寒がり    4. 暑がりです寒がり
b	冷房の好み	1. 好む    2. どちらでもない    3. 嫌い
c	暖房の好み	1. 好む    2. どちらでもない    3. 嫌い
d	よく過ごす環境	1. 自然通風の環境    2. 暖房している環境    3. 冷房している環境    4. 暖房・冷房している環境
e	前の住宅との比較	1. 前の住宅の方が快適    2. 今の住宅の方が快適
f	今の住宅の冬の寒さ	1. 非常に寒い    2. 寒い    3. やや寒い    4. やや暖かい    5. 暖かい    6. 非常に暖かい
g	今の住宅の夏の暑さ	1. 非常に暑い    2. 暑い    3. やや暑い    4. やや涼しい    5. 涼しい    6. 非常に涼しい
h	暖房を使用するのは	1. 少し寒く感じた時    2. 寒く感じた時    3. 非常に寒く感じた時
i	冷房を使用するのは	1. 少し暑く感じた時    2. 暑く感じた時    3. 非常に暑く感じた時
j	寒い時まずすること	1. 着衣を増やす    2. 運動する    3. ストーブ・ヒーターを使う    4. エアコン暖房    5. 床暖房    6. その他
k	暑い時まずすること	1. 着衣を減らす    2. 扇風機を使う    3. 冷房する    4. その他（                      ）
l	一般的な設定温度	1. 冷房： _____℃    2. エアコン暖房： _____℃    3. 床暖房： _____℃
m	今の住宅の明るさ感	1. 非常に暗い    2. 暗い    3. やや暗い    4. ほどよく明るい    5. やや明る過ぎる    6. 明る過ぎる    7. 非常に明る過ぎる
n	明るさの好み	1. もっと明るく    2. もう少し明るく    3. このままで良い    4. もう少し暗く    5. もっと暗く
o	昼間の明るさの確保	1. 照明をつける    2. 自然の光を入れる
p	作業のしやすさ	1. 非常にしやすい    2. しやすい    3. ややしやすい    4. ややしにくい    5. しにくい    6. 非常にしにくい
q	今の住宅の快適感	1. 非常に快適    2. 快適    3. やや快適    4. やや不快    5. 不快    6. 非常に不快

**Q19** 現在のお住まいで使用されている自家用車についてお聞きます。

Q19-1 現在のお住まいに入居されるに際して、自家用車はどうされましたか。

1. 新規に購入した
2. 買い替えた
3. 以前の車を今も使用している
4. 処分した
5. 以前も現在も所有していない

Q19-2 あなたは現在どんな自家用車を使用していますか。(あてはまるもの全て選択)

1. ガソリン車
2. ハイブリッド車
3. ディーゼル車
4. 電気自動車
5. その他 ( )
6. カーシェアリングを使用

## VI 「HEMS」について

あなたがお住まいの住居にはガスや電気の使用量が計測できる、「エナリスのHEMS」サービスが導入されています。HEMSについてお聞きます。



**Q20** あなたは「東急コミュニティー管理支援サービス」利用申込みの手続きをしていますか。

1. 手続きをしている ➡ Q21へ
2. 手続きをしていない ➡ Q22へ

**Q21** Q20で「1.手続きをしている」と回答された方のみにお聞きます。

Q21-1 あなたは「エナリスのHEMS」の表示画面を見ていますか。

また、4と回答された方は理由もお聞かせ下さい。(ひとつ選択)

1. 日に1、2回見る
  2. 週に1、2回見る
  3. 月に1、2回見る
  4. 全く見ない
- } Q21-2へお進みください

理由

1	時間がない	1～4を選択した方は Q23へお進みください
2	エネルギー消費量に関心がない	
3	画面が見づらい	
4	見たいと思う情報がない	
5	接続がうまくいかない	
6	まだエナジーオーブを接続していない	
7	その他 ( )	

Q21-2 「エナリスのHEMS」の画面は「スマートフォンアプリ」と「Web画面」2種類があります。あなたはどの機器でどの画面をご覧になっていますか。当てはまるものに○印をご記入ください。

使用機器	利用画面	1.最もよく利用する (一つのみ)	2.次によく利用する(複数可) (無ければ未記入で結構です)
a	スマートフォン	スマートフォン専用アプリ	1
b	スマートフォン	WEB画面(パソコン用画面)	2
c	タブレット	スマートフォン専用アプリ	3
d	タブレット	WEB画面(パソコン用画面)	4
e	パソコン	WEB画面(パソコン用画面)	5

Q21-3 「スマートフォンアプリ」と「Web画面」には各々以下のメニューがあります。  
あなたはどのメニューを利用されていますか。あてはまるものに○印をご記入ください。

1. 「スマートフォンアプリ」メニュー

		1.最も良く利用（一つ選択）	2.次に利用（複数可）	3.利用していない（複数可）
a	パワーモニター	1	1	1
b	温度・湿度・照度表示	2	2	2
c	気象データ	3	3	3
d	「窓開け」メッセージ	4	4	4
e	「熱中症予防」メッセージ	5	5	5
f	家電リモコン	6	6	6
g	音声操作	7	7	7

2. 「Web画面」

		1.最も良く利用（一つ選択）	2.次に利用（複数可）	3.利用していない（複数可）
a	電力消費量・内訳表示	1	1	1
b	電力消費量・前日などの比較	2	2	2
c	料金データ	3	3	3
d	宅内使用状況	4	4	4

Q21-4 現在、あなたが**HEMS**を意識的にご覧になるのはどのような時ですか。

平日／休日、それぞれあてはまるものすべてに○印をご記入下さい。

※ここでの平日は学校や仕事がある日を、休日は学校や仕事がない日を指します。

就業・通学していない方は、土・日・祝を休日としてお答え下さい。

		平日	休日
a	起床直後	1	1
b	出掛ける前	2	2
c	帰宅直後	3	3
d	入浴の前	4	4
e	入浴の後	5	5
f	くつろいでいる時	6	6
g	就寝前	7	7

		平日	休日
h	食事作りの前	8	8
i	食事作りの最中	9	9
j	食事作りの後	10	10
k	掃除・洗濯などの家事の前	11	11
l	掃除・洗濯などの家事の最中	12	12
m	掃除・洗濯などの家事の後	13	13
n	その他	14	14

Q21-5 ご家庭の電気やガスの使用状況を「見える化」できることは、あなたやご家族が節電や省エネの取り組みを行うきっかけになりますか。（ひとつ選択）

1. きっかけになる      2. どちらかというと、きっかけになる      3. どちらともいえない  
4. どちらかというと、きっかけにならない      5. きっかけにはならない

Q21-6 このような機能に満足していますか。また、4,5と回答された方は理由もお聞かせ下さい。（ひとつ選択）

1. 満足      2. どちらかというと、満足      3. どちらとも言えない  
4. どちらかというと、不満足      5. 不満足

⇒ 理由（ ）

Q21-7 今後も継続して、「エナリスのHEMS」を利用したいと思いますか。（ひとつ選択）

1. 今後も利用したい  
2. どちらかというと、今後も利用したい  
3. どちらともいえない  
4. どちらかというと、今後は利用したくない 理由（ ）  
5. 今後は利用したくない 理由（ ）

（Q23）へ進んで下さい。

**Q22** Q20で「2.手続きをしていない」と回答された方のみにお聞きます。

Q22-1 なぜ手続きをしないのか理由をお聞かせ下さい。（ひとつ選択）

1. エネルギー消費量に興味がない  
2. 見たいと思う情報がない  
3. 利用手続きに手間がかかる  
4. 利用に手続きが必要であることを知らなかった  
5. 「エナリスのHEMS」があることを知らなかった  
6. その他（ ）

Q22-2 今後「エナリスのHEMS」を利用しようと思いますか。（ひとつ選択）

1. このアンケートを機会に利用する
2. コンテンツ・中身が充実すれば利用する  
⇒下に充実を希望する具体的な内容を記入してください

3. HEMSの接続手続きにサポートがあれば利用する
4. 現在の状況から利用するつもりはない

<全員の方にお聞きします。>

**Q23** 今後のHEMSサービスには何が必要だと考えますか。

利用している方はより積極的に利用するにはどうしたら良いか、利用していない方は利用しようと思うようになるにはどうしたら良いか、あなたのアイデアをお聞かせ下さい。

**Q24** あなたのお住まいでご覧になれる「シェアボード」には、以下のメニューが含まれています。

あなたはどのメニューを利用されていますか。（あてはまるもの全て選択）

1. お天気
2. 現在のエコ・ログポイント（省エネクイズ）
3. マンションピークグラフ
4. ゴミの分別情報
5. モノシェア
6. 共有部のエネルギー
7. カーシェアの情報
8. みんなの快適度調査
9. エコな暮らし方塾



## Ⅶ エネファームの利用について

**Q25** エネファームは、自宅で電気とお湯を作り出す環境に優しいシステムです。

あなたは、発電時に生まれる熱を無駄なく回収して作ったお湯が、お風呂やキッチンで使われていることをご存ですか。

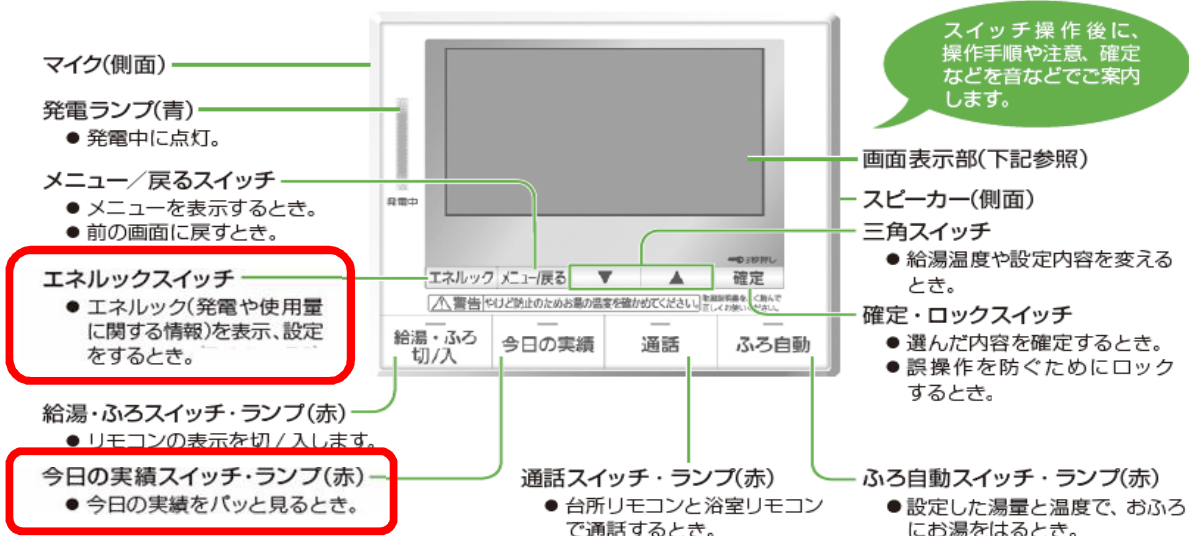
1. 知っていた
2. 知らなかった

**Q26** エネファームは、お客様の電気とお湯のご利用状況を毎日記憶し、自動運転で省エネを実現します。

あなたは、この「学習機能」があることをご存じでしたか。

1. 知っていた
2. 知らなかった

—以下の質問 Q27、Q28 は、エネファームのリモコン（下の絵参照）の操作についてお伺いします。—



**Q27** リモコンの【今日の実績】ボタンを押すと、当日の「エネファームの実績」や「エコ貢献」を確認することができます。

Q27-1 あなたは、「今日の実績：エネファーム」の画面（下の絵参照）を、どれくらい見ていますか。

1. 毎日見る
2. 週に2～3回程度見る
3. 月に2～3回程度見る
4. ほとんど見ない

今日の実績：エネファーム		昨日
発電	206円 10.3kWh	9.5kWh
自給率	50%	46%
給湯	403L	371L
自給率	80%	73%

『今日の実績』スイッチで次へ

Q27-2 あなたは、「今日の実績：エコ貢献」の画面（下の絵参照）を、どれくらい見えていますか。

1. 毎日見る
2. 週に2～3回程度見る
3. 月に2～3回程度見る
4. ほとんど見ない

今日の実績：エコ貢献		昨日
CO <sub>2</sub> 削減量	280枚	266枚
換算すると...		
レジ袋	375枚	357枚
乗用車	70.0km	66.5km
エアコン	121時間	115時間

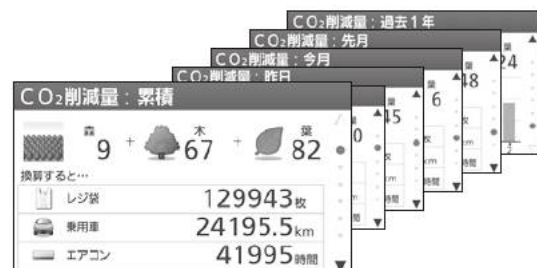
『今日の実績』スイッチで終了

**Q28** リモコンの【エネルギー】ボタンを押すと、「エコ貢献度」や「電気・ガスなどの使用量」に関して、過去の実績などの詳しいデータを確認することができます。

Q28-1 あなたは、「エコ貢献度」の画面（下の絵参照）を、どれくらい見えていますか。

この画面は、【エネルギー】から【エコ】→【CO<sub>2</sub>削減量】を選択すると見ることができます。  
（CO<sub>2</sub>削減量を森・木・葉で表現しています）

1. 毎日見る
2. 週に2～3回程度見る
3. 月に2～3回程度見る
4. ほとんど見ない



この画面は、【エネルギー】から【使用量】を選択すると見ることができます。(電気の使用量の例)

- 
- Figure 1 shows the 'Electricity Usage' (電気) screen in the 'Energy Management' (エネルギー管理) app. The screen displays a stack of summary cards for electricity usage over different periods: '過去1年' (Past 1 Year), '先月' (Last Month), '今月' (This Month), '昨日' (Yesterday), and '今日' (Today). Each card shows the usage in kWh and the cost in yen. Below these cards is a bar chart showing hourly electricity usage for '今日' (Today). The chart has a green '目標' (Target) line at 20.00 kWh and a green '実績' (Actual) line at 18.40 kWh. A green circle with '100%' is next to the actual usage bar. The x-axis is labeled '時' (Hour) and ranges from 0 to 23. The y-axis is labeled 'kWh' and ranges from 0 to 20.00. The chart shows usage starting around 10:00 and peaking around 18:00.

1. 太陽光発電や蓄電池で共用部の電気を効率良く使うシステム
2. カーシェア（電気自動車・ハイブリッド車）
3. 電動アシスト自転車のシェア
4. 地域の生態系に配慮したグリーンスペース「勝島の森」
5. 共用部（シェアラウンジ）のパッシブデザイン設計（自然の光・風・熱を利用）
6. 専有部のパッシブデザイン設計（自然の光・風・熱を利用）
7. コミュニティーをシェアする共用施設（シェアラウンジ・シェアライブラリー・キッズルーム等）
8. 共用部の防災対策（非常電源・防災備蓄）
9. 『低炭素建築物』に認定された建築環境性能
10. その他（ ）

[http://www.jsbc.or.jp/CASBEE/health\\_check/index.html](http://www.jsbc.or.jp/CASBEE/health_check/index.html)







記号	液管	ガス管
㊦	6.4φ	9.5φ
㊧	6.4φ	12.7φ
㊨	9.5φ	15.9φ
㊩	9.5φ	25.4φ
㊪	15.9φ	28.6φ



普工	• •	• •	
竣工	• •	• •	
監理		• •	
		• •	
施工		• •	

代表となる設計者	吉田 和弘	一級建築士 第 301223 号	印	日建ハウジングシステム	東急不動産 株式会社 ブランドシティ品川勝島	機	—
							— 18
設備設計一級建築士	高山 治三	第 1112 号	印	15.09.29	空調設備 3階～18階平面図	S=1/200 (A1) S=1/400 (A3)	No. A — 120083 —

記号	品名及物名
—BH—	PT-10 L-D C D (線積付エナレン管・積付C D管)
—10 D	PT-10 L-D C D (線積付エナレン管・積付C D管)
—7 E	PT-7 L-D C D E (線積付エナレン管・積付C D管)
—10 E	PT-10 L-D C D E (線積付エナレン管・積付C D管)
□	10×10×1.5 鋼板(厚さ1.5mm)
□	線積付コナラ板 PT-10 L-A-B D 30
△	線積付コナラ板 NAKR14A-BE213MV
△	線積付コナラ板 NAKR14ABDE213MV
△	バネ線積付
△	バネ線積付
△	バネ線積付
△	フタ
△	フタダブー 12A-L

磨工			
竣工			
監理			
施工			