

令和4年度博士論文

住宅の電力消費の影響要素分析及び  
分散型エネルギーの導入効果に関する研究

北九州市立大学 国際環境工学研究科

建築デザインコース 高研究室

ル インテン  
盧 韻琴 (LU Yunqin)

# 博士論文研究概要書

## 住宅の電力消費の影響要素分析及び

### 分散型エネルギーの導入効果に関する研究

近年、生活の利便性・快適性を求めるライフスタイルの変化、世帯数の増加による、環境問題や都市化問題が大きな問題となっており、脱炭素社会の実現に向けて、特に地域の実践と密接に関わる「暮らし」「社会」分野を中心に持続可能な低炭素都市の取り組みが活発している。その取り組みの中、住宅部門においては、エネルギー消費実態の把握、エネルギー消費に影響する要素の究明が重要になってきている。また、住宅のCO<sub>2</sub>排出量の削減や電力のピークカットのため、住宅に高効率な分散型エネルギーの導入も増えている。

以上の背景を踏まえ、本論文ではスマートコミュニティにある住宅の電力消費量と世帯属性に関する実測やアンケート調査を行い、電力消費量の影響要素と電力ダイナミックプライシング（変動価格）実施時の効果を明らかにする。また、住宅に家庭用分散型エネルギーを導入する時の効果を実測とシミュレーションすることにより、環境性と経済性要因を分析し、今後の環境モデル都市づくりに新たな取り組みと省エネ事業に貢献することを目的とする。

第1章「研究背景と研究目的」では、まず、持続可能な低炭素都市の取り組みとして、スマートコミュニティ発展、オール電化の普及、分散型エネルギー導入などの背景を述べる。次に、本研究の目的「エネルギー消費の影響要素と分散型エネルギー導入の効果を解明し、省エネ事業と環境モデル都市づくりに新たな取り組みに貢献する」を述べる。最後に既往研究と各章概要と位置づけを説明する。

第2章「研究方法」では、研究に用いた研究方法について説明する。

第3章「スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性とダイナミックプライシング実施時のエネルギー消費実態」では、スマートコミュニティ住宅の電力消費の影響要素とダイナミックプライシング実施時の効果を解明するために、デマンドレスポンス実証（ダイナミックプライシング=DP）に合わせ、対象住宅を実証の有無により、グループA、Bに分け、住宅属性、世帯属性及び電気設備導入状況等、住戸のエネルギー消費構造に影響する可能性がある特徴因子を把握するため、アンケート調査を行う。その後アンケート調

査結果と DP 実施時のスマートメーターによる年間電力消費量の集計を行い、住宅及び世帯属性と DP 実施時のエネルギー消費の関連性に関する単変量解析と階層的クラスタ分析を行う。本研究では、各影響因子をグレードごとに数値に変換し、変数とし、ウォード法で、統計処理ソフトウェア SPSS を用い、分析を行う。

結果として、ダイナミックプライシングを実施することは住民たちの電気設備使用の習慣に影響を与えることが明らかにした。家庭属性因子の中、延床面積、世帯人数、世帯主の年収、エアコンの保有台数がエネルギー消費量に影響することが分かった。階層的クラスタ分析により、ダイナミックプライシングの実施は「高齢型」属性パターンに影響を与えなかったことが分かった。

第 4 章「スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の電力消費実態及び影響要因」では、より詳細の時間帯別、用途別の電力消費状況を把握するため、第 3 章と同全電化集合住宅の 13 世帯を対象に実測調査を行う。実測では、夏季、中間期、冬期に分け、エネルギー計測システムを各世帯の分電盤に取り付け（2 世帯ずつ、6 日間）、電力消費量を 1 分毎に積算電力量(kWh)を測定する。集計したデータを用い、データベースを構築し、日時別と時刻別の各用途のエネルギー消費特徴を分析する。さらに、実測を実施した 6 日間のデータを平均化し、各用途の平均日電力消費量を変数として、SPSS を用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスタ分析を行い、類似世帯の特徴を把握する。また、属性に関するアンケート調査と実測調査の結果に基づき、「世帯属性」、「季節による変動」、「各用途の電力消費」、「在宅率の検討・在宅率による電力消費量への影響」といった 4 つの視点から電力消費量に及ぼす影響要因の分析を行い。相関分析と回帰分析により、用途と日電力消費量の関係と在宅割合が日電力消費量に与える影響を検討する。

結果として、対象オール電化住宅において、エコキュートによる電力消費が世帯の電力消費量に最も強い影響を与えていることが分かった。季節による電力消費量の変化についても、冬期におけるエコキュートが最も顕著であった。それで、冬期における給湯の使い方を見直すことが、全電化集合住宅の省エネルギー化に繋がると分かった。また、在宅率が高い日ほど、電力消費量が大きくなる傾向を示すことを分かった。

第 5 章「住宅における分散型エネルギーシステムの導入効果及び経済性の要因分析」では、住宅に太陽光発電、ガス燃料電池、水素燃料電池の 3 種類の分散型エネルギーシステムを導入時の経済性を考慮した年間コストと最適容量を検討するため、シミュレーションモデルを構築し、従来エネルギーシステムに 3 種類の分散型エネルギーをそれぞれ導入したケースを設定し、解析ツールの GAMS でシミュレーションを行う。その中、電力料金、売電価格、炭素税、ガス料金、水素価格等の影響要因を挙げ、変動した時にどの程度の影響を与えるか検討する。

結果として、電力料金変動時、年間コストにおいて、太陽光電池の導入容量が多ければ、年間コストが下がる。ガス燃料電池と水素燃料電池は導入容量が多ければ、年間コストが

上がる。最適導入容量の検討において、太陽光発電の導入については、現行電力、売電価格では経済性がある。ガス燃料電池と水素燃料電池は現段階経済性がないことが分かった。

第6章「太陽光発電と燃料電池の併用住宅における電力消費特性及び設備パフォーマンス」では、住宅を対象に、家族構成や導入設備、環境意識等のアンケート調査を実施、HEMSの関心度を調査する。次に、太陽光発電と燃料電池の併用住宅のHEMSデータを入手、その設備性能、稼働状況や電力需要を分析する。これをもとに電力自給率、エネルギーシステムの季節負荷の需給関係を把握する上、分散型エネルギーの活動パターンと併用システムの経済性と環境性を検討する。

結果として、対象住宅の電力自給率は半年間で約46%であった。発電設備の稼働パターン及び電力負荷との相関が大きいであることがわかった。燃料電池は12月において電力需要の平準化に貢献できると確認した。併用システムがCO<sub>2</sub>削減の環境性とランニングコストの経済性に優れることが確認できた。

第7章では、本研究の結論と今後の展望をまとめる。

研究の位置付けは以下になる。

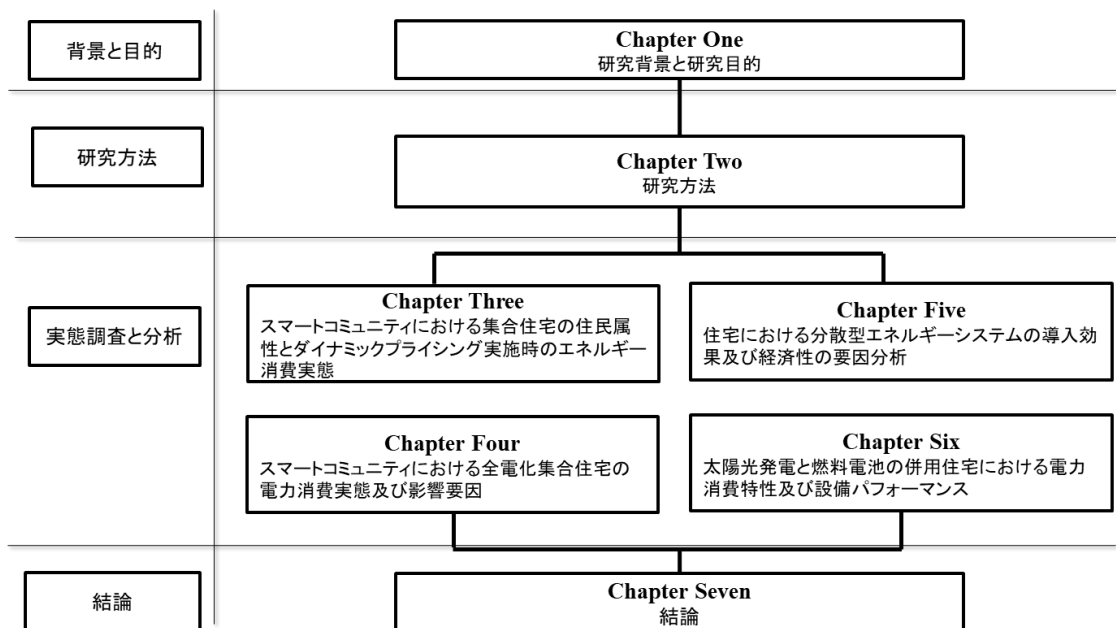


図 0.1.1 研究の位置付け



# 目次

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 研究背景と研究目的</b>   |            |
| 1.1 研究背景 .....   | 1-1        |
| 1.2 研究目的 .....   | 1-6        |
| 1.3 研究の概要と位置づけ .....                                       | 1-7        |
| 1.4 既往研究 .....   | 1-8        |
| 【参考文献】 .....   | 1-10       |
| <b>2 研究方法 .....</b>  | <b>2-1</b> |
| 【参考文献】 .....   | 2-6        |
| <b>3 スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性とダイナミックプライシング実施時のエネルギー消費実態</b> |            |
| 3.1 東田のデマンドレスポンス実証 .....                                   | 3-1        |
| 3.1.1 デマンドレスポンス実証概要（ダイナミックプライシング）                          |            |
| 3.1.2 研究対象とグループ分け  |            |
| 3.1.3 デマンドレスポンス発動条件  |            |
| 3.2 世帯属性と導入設備に関するアンケート調査と分析 .....                          | 3-4        |
| 3.2.1 調査内容と回答状況  |            |
| 3.2.2 結果分析   |            |
| 3.3 スマートメーターによるエネルギー消費量の収集と分析 .....                        | 3-13       |
| 3.3.1 エネルギー消費量の収集  |            |
| 3.3.2 年間エネルギー消費量分析   |            |
| 3.4 住宅及び世帯属性とエネルギー消費の関連性に関する解析 .....                       | 3-19       |
| 3.4.1 世帯属性因子と電力消費量の関連性に関する分析                               |            |
| 3.4.2 ダイナミック・プライシングによるエネルギー消費量の影響                          |            |
| 3.4.3 住宅・世帯属性によるクラス分類                                      |            |
| 3.5 結論 .....   | 3-34       |

|   |      |
|---|------|
| 【参考文献】 .....                                | 3-36 |
| <b>4 スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の電力消費実態及び影響要因</b> |      |
| 4.1 全電化集合住宅の実測調査 .....                      | 4-1  |
| 4.1.1 調査目的                                  |      |
| 4.1.2 実測調査対象と概要                             |      |
| 4.1.3 実測方法                                  |      |
| 4.1.4 実測結果                                  |      |
| 4.1.5 実測結果のまとめ                              |      |
| 4.2 電力消費パターンによる世帯分類 .....                   | 4-51 |
| 4.2.1 クラスタ分析の概要                             |      |
| 4.2.2 実測期間別の実測世帯におけるクラスタ分析                  |      |
| 4.2.3 全実測期間の実測世帯におけるクラスタ分析                  |      |
| 4.3 電力消費量に及ぼす影響要因の分析 .....                  | 4-61 |
| 4.3.1 世帯属性と電力消費量の関係                         |      |
| 4.3.2 季節による電力消費量の変化                         |      |
| 4.3.3 各用途の消費電力が住宅総電力消費に与える影響                |      |
| 4.3.4 在宅率の検討 ・ 在宅率による電力消費                   |      |
| 4.4 結論 .....                                | 4-84 |
| 【参考文献】 .....                                | 4-85 |
| <b>5 住宅における分散型エネルギーシステムの導入効果及び経済性の要因分析</b>  |      |
| 5.1 住宅用分散型電源のモデル .....                      | 5-1  |
| 5.1.1 モデルの計算フロー                             |      |
| 5.1.2 目標関数                                  |      |
| 5.1.3 制約条件                                  |      |
| 5.2 ケースの設定 .....                            | 5-4  |
| 5.2.1 研究対象                                  |      |
| 5.2.2 エネルギーシステムの構成                          |      |
| 5.3 データベースの構築 .....                         | 5-6  |
| 5.3.1 負荷データ                                 |      |

|       |                                      |      |
|-------|--------------------------------------|------|
| 5.3.2 | 設備データ                                |      |
| 5.3.3 | 他のデータ                                |      |
| 5.4   | 住宅用分散型電源の発電容量に関する感度分析 .....          | 5-9  |
| 5.4.1 | 年間コスト                                |      |
| 5.4.2 | 最適導入容量                               |      |
| 5.5   | 結論.....                              | 5-22 |
|       | 「参考文献」 .....                         | 5-23 |
| 6     | 太陽光発電と燃料電池の併用住宅における電力消費特性及び設備パフォーマンス |      |
| 6.1   | アンケート調査 .....                        | 6-1  |
| 6.1.1 | 城野ゼロカーボン先進街区の概要                      |      |
| 6.1.2 | アンケート調査概要                            |      |
| 6.1.3 | アンケート結果                              |      |
| 6.1.4 | アンケート調査まとめ                           |      |
| 6.2   | 計測調査概要.....                          | 6-15 |
| 6.2.1 | 計測住宅の概要                              |      |
| 6.2.2 | 計測期間                                 |      |
| 6.2.3 | 導入した機器やシステム                          |      |
| 6.2.4 | 計測結果                                 |      |
| 6.3   | 調査結果分析.....                          | 6-37 |
| 6.3.1 | 太陽光発電自家消費率                           |      |
| 6.3.2 | 太陽光発電と電力使用量の割合                       |      |
| 6.3.3 | エネファーム発電と電力使用量の割合                    |      |
| 6.3.4 | グリッドの相互作用                            |      |
| 6.3.5 | まとめ                                  |      |
| 6.4   | 設備のパフォーマンス及びその評価 .....               | 6-43 |
| 6.4.1 | 経済性評価                                |      |
| 6.4.2 | 回収年数                                 |      |
| 6.4.3 | 環境性評価                                |      |
| 6.4.4 | ピークカット能力                             |      |
| 6.5   | 結論 .....                             | 6-59 |

|                |      |
|----------------|------|
| 【参考文献】 .....   | 6-61 |
| <b>7 総括結論</b>  |      |
| 7.1 結論.....    | 7-1  |
| 7.2 今後の展望..... | 7-3  |
| 【謝辞】 .....     | 7-3  |

# 第1章

## 研究背景と研究目的

## 目次

|          |                        |             |
|----------|------------------------|-------------|
| <b>1</b> | <b>研究背景と研究目的</b> ..... | <b>1-1</b>  |
| 1.1      | 研究背景.....              | 1-1         |
| 1.2      | 研究目的.....              | 1-6         |
| 1.3      | 研究の概要と位置づけ.....        | 1-7         |
| 1.4      | 既往研究.....              | 1-9         |
|          | <b>【参考文献】</b> .....    | <b>1-11</b> |

# 1 研究背景と研究目的

## 1.1 研究背景

近年、生活の利便性・快適性を求めるライフスタイルの変化、世帯数の増加による、環境問題や都市化問題が大きな問題となっており、脱炭素社会の実現に向けて、特に地域の取組と密接に関わる「暮らし」「社会」分野を中心に持続可能な低炭素都市の取り組みが活発している。その取り組みに中、住宅部門においては、エネルギー消費形態の把握、エネルギー消費に影響する要素の究明が重要であると考え。また、化石燃料の依存度を低減するため、クリーンで高効率な分散型エネルギーの導入も重要になってきている。

### 「スマートコミュニティの発展」

人口増加や環境問題により、都市化が大きな問題となっており、都市化率は2050年までに70%近くに達すると見られている<sup>1-1)</sup>。持続可能な低炭素都市開発の話題が世界中に広がっている(Smart Cities World2020)。世界では今、スマートシティ・スマートコミュニティに関して、多数の実証プロジェクトが進行している。日本においても、2010年には、日本の経済産業省(METI)から5カ年計画の実証実験が提案された(経済産業省2011)<sup>1-2)</sup>。2010年からの2014年まで、スマートグリッドおよびスマートシティのための技術から、仕組み、ビジネスモデルまで、横浜市、豊田市、けいはんな学研都市(京都府)、北九州市の4地域で実証実験が実施されている<sup>1-3)</sup>。これまで実施されたプロジェクトのテーマはエネルギーを考えるもの、EVを考えるものなど様々であるが、いずれにしても中心となるのはコミュニティで生活や活動を行う市民である。したがって、住宅やオフィスの省エネルギー化を図るうえでは、建物の省エネ性能強化と高効率設備の導入に加えて、居住者や使用者の行動が注目されている。

北九州市は、人と環境にやさしいコンパクトシティ開発をコンセプトに、東田スマートコミュニティという新しい環境モデル都市プロジェクトを実施するモデル都市のひとつに選ばれた(北九州スマートコミュニティ推進機構2013)。東田地区は昔、官営八幡製鐵所創業の地、60年代では大気汚染は国内最悪を記録、公害問題が深刻であった。市民、企業、行政の一体となった取り組みにより、環境は急速に改善され、80年代には環境再生を果たした奇跡のまちとして国内外に紹介されるようになった<sup>1-4)</sup>。

東田スマートコミュニティでは、環境設備の改善や各種新エネルギー資源の導入により、現在東田地区は市内の他の地域に比べて約30%のCO<sub>2</sub>削減が実現している。さらに、再生可能エネルギーの導入、建物の省エネシステムの導入、グリッドによる効率の向上、交通やコミュニティシステムなどの社会システムの改善に取り組んでいる。2050年には、市内の他の地域と比較して50%以上の削減が求められていた。そのため、北九州市は2012年夏期から、季節ごとの天気や気温などによる電力の需給状況に応じて電力料金を日々変動させ、エネルギー利用が過大になると予測される時間帯に消費者に節電行動を

促し、ピークカットを行うというデマンドレスポンス実証「ダイナミックプライシング」が実施された<sup>1-5)</sup>。

現在東田は「北九州スマートコミュニティ創造事業」を推進するまちへと進化を遂げた。工場があったからこそ発電所が生まれ、地域のエネルギーをコントロールするCEMS（地域節電所）を中心に、BEMSやHEMSが誕生し、まち自らが自然エネルギーを活かし、未来のクリーンエネルギーである水素の可能性も広がる。

北九州市スマートコミュニティ創造事業の実証イメージ図を図 1.1-1に示す<sup>1-5)</sup>。概要を表 1.1-1に示す<sup>1-5)</sup>。

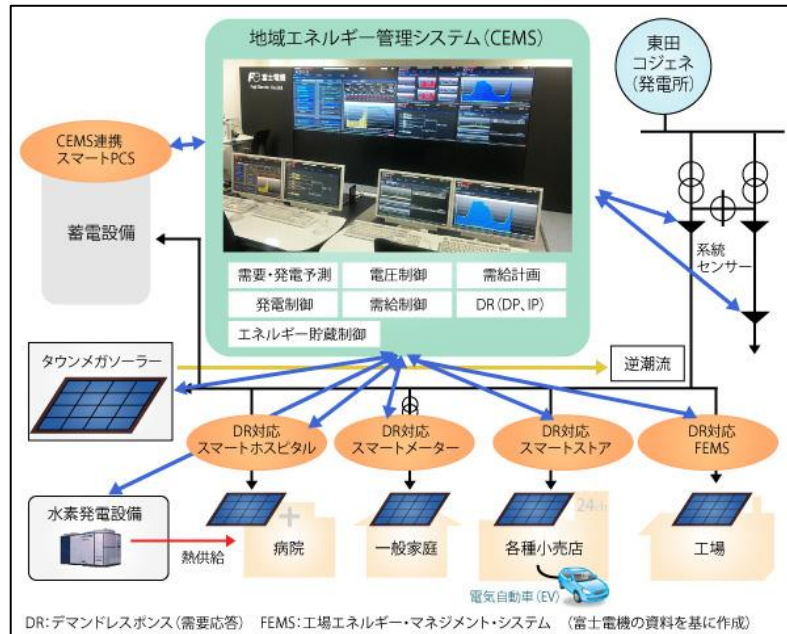


図 1.1-1 北九州市スマートコミュニティ創造事業(出所:新エネルギー導入促進協議会)

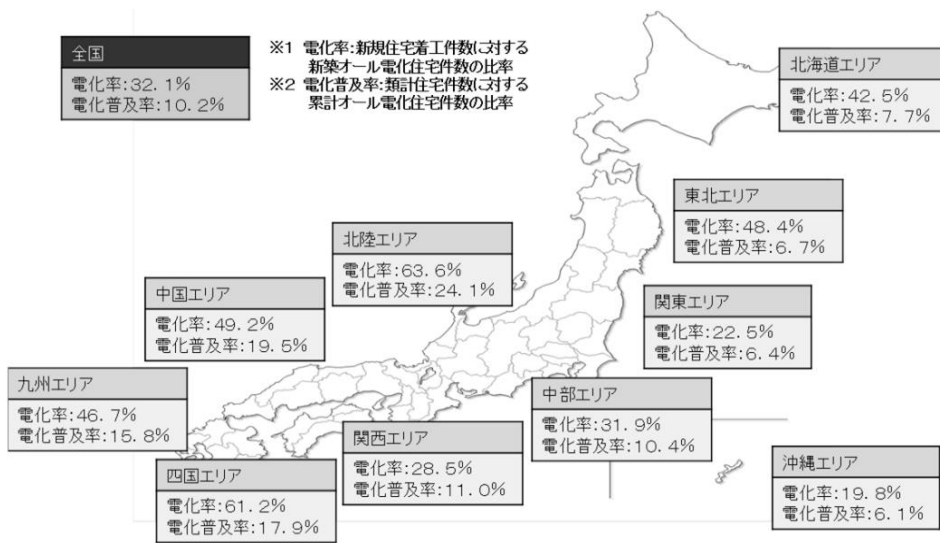
表 1.1-1 北九州市スマートコミュニティ創造事業概要

|             |  |
|-------------|--|
| 都市名         | 北九州市   |
| 面積          | 488.78km <sup>2</sup> (2011年10月時点)                                   |
| 人口          | 97万1924人 (2012年8月時点推計)   |
| 実証対象地区名     | 八幡東区東田地区   |
| 実証対象地区面積    | 1.2km <sup>2</sup>   |
| 実証対象世帯数     | 225世帯 (2012年8月時点)  |
| 実証対象事業所数    | 50事業所 (2012年8月時点)  |
| スマートメータ設置台数 | 225台 (2012年8月時点)   |
| 太陽光などの導入量   | 蓄電池：約800kW、<br>太陽光発電(PV)：約400kW、<br>燃料電池：約110kW                      |
| 実証テーマ       | 太陽光、風力、熱エネルギー、水素、CEMS、BEMS、<br>HEMS、EV、デマンドバス ライフスタイル、データセンター、ネットワーク |



「オール電化住宅の普及」

近年、住宅のエネルギー消費の全てを電気でまかなうオール電化住宅が、安全性や快適性といった観点から急速に普及している。新築市場ではオール電化率が30%を超え、地域によっては60%を超えている（図 1.1-2）。また、全体に占めるオール電化の割合も2015年度の11.8%から、2025年度には18%近くになるとの富士経済による予測もある<sup>1-6)</sup>。また九州エリアにおいては、新築と既築リフォームを合わせた電化住宅の単年度増加は2008年度に59万戸であり、新築住宅のオール電化率（戸建+集合）は29.0%となっている<sup>1-7)</sup>。九州エリアのオール電化住宅は2017年度には1000万戸を超える（図 1.1-3）、電力小売全面自由化などの電力事情を背景に、今後もさらに普及率が上がる見込みである。



出典：エネルギー需要家別マーケット調査要覧 2012〔住宅分野編〕（株式会社富士経済）

図 1.1-2 オール電化住宅の地域別普及率<sup>1-6)</sup>

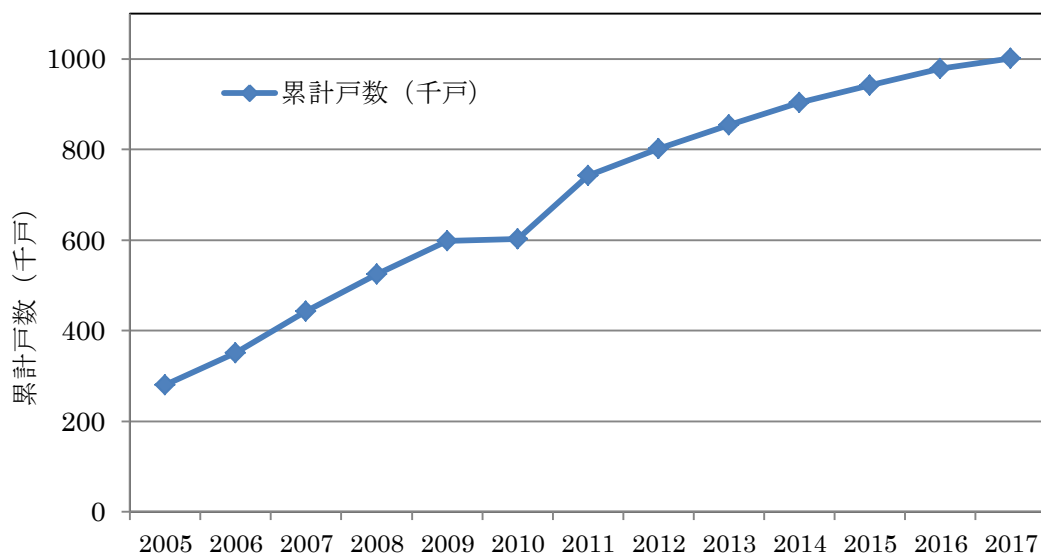


図 1.1-3 九州エリアにおけるオール電化住宅の累計戸数<sup>1-7)</sup>

## 「家庭部門のエネルギー消費と CO<sub>2</sub>排出量」

家庭部門の最終エネルギー消費は、最終エネルギー消費全体の比率は14.9%だった(2017年度) (図 1.1-5)。

家庭部門のエネルギー消費は、生活の利便性・快適性を追求する国民のライフスタイルの変化、世帯数増加などの社会構造変化の影響を受け、個人消費の伸びとともに、著しく増加した。第一次石油ショックがあった1973年度の家庭部門のエネルギー消費量を100とすると、2005年度には221.4まで拡大した(図 1.1-4)。その後、2010年度までは個人消費や世帯数が伸びたが、トップランナー制度などによる省エネルギー技術の普及と国民の環境保護意識の高揚に伴って、家庭部門のエネルギー消費量はほぼ横ばいとなった。東日本大震災以降は国民の節電など省エネルギー意識の高まりにより、個人消費や世帯数の増加に反して低下を続け、2017年度には201.5まで低下した。

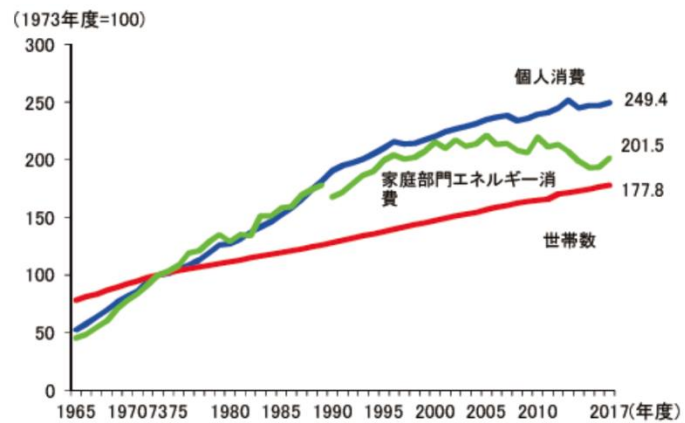
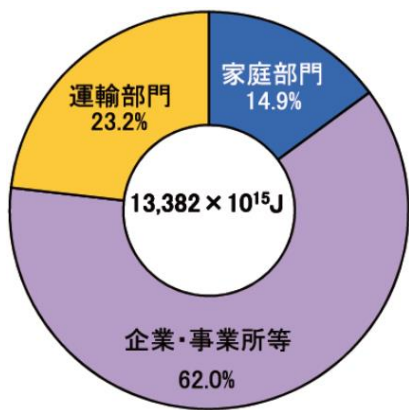


図 1.1-5 最終エネルギーの構成比<sup>1-8)</sup>

図 1.1-4 家庭部門のエネルギー消費と経済活動等<sup>1-8)</sup>

(注1) 1993年度以前の個人消費は日本エネルギー経済研究所推計。

(注2) 「総合エネルギー統計」は、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、家庭部門においては、住宅の省エネルギー性能、住宅で使用されるエネルギー転換(電化)、データ駆動型エネルギーマネジメント、家庭用分散型エネルギーの利用等に積極的に取り組んでいる。<sup>1-9)</sup>

### 「分散型エネルギーの導入」

分散型エネルギーとは比較的小規模で、かつ様々な地域に分散しているエネルギーの総称であり、従来の大規模・集中型エネルギーに対する相対的な概念である。

2011年に起きた東日本大震災の影響により福島第一原子力発電所が爆発し、日本の電力供給のおよそ30%を担っていた原子力発電を停止せざるを得なくなった。これにより電力の不足分を補うため石油等とLNGの火力発電がそれぞれ約15%増加し、ほぼ割合の変わらない石炭と合わせると火力発電全体の比率は6割から9割まで上昇した(図1.1-6)<sup>1-10)</sup>。

火力発電の割合が高くなるに従いCO<sub>2</sub>の排出量は増加するため、これ以上CO<sub>2</sub>排出量を増加させないためには一刻も早く火力への依存状態から脱出し、持続可能なエネルギー利用へと転換していく必要があった。しかし、再生可能エネルギーの導入には高いコストがかかるため中々普及が進まなかった。そこで政府が電力利用の現状を見直し、2012年7月1日から固定価格買取制度(FIT)を開始したところ、再生可能エネルギー設備導入量は急速に増加し、年平均29%の伸び率となった<sup>1-11)</sup>(図1.1-7)。さらに政府は2016年4月から電力の小売りと発電の全面自由化を開始し、価格競争を促すことで電気料金を下げ、消費者が自由に供給会社を選ぶことができるようにした。このように、地球温暖化対策として効率的な電力利用を可能にする様々な取り組みが実施され、日本の電力環境は少しずつ改善されてきた。そのため、化石燃料や原子力発電の依存度を低減するため、分散型エネルギーの導入も重要になってきている。



図 1.1-6 震災前後の電源構成比較<sup>1-10)</sup>

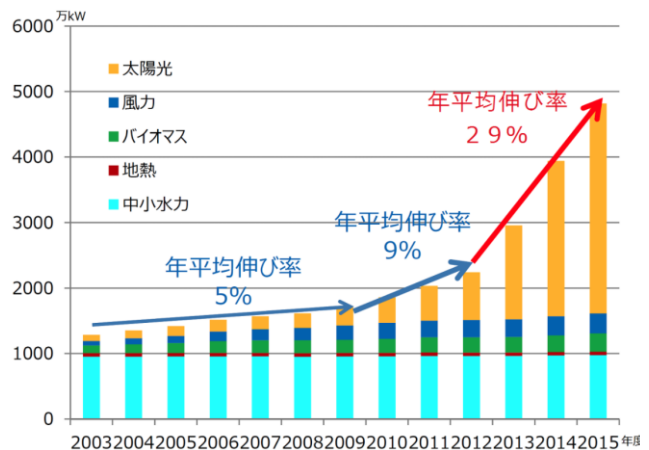


図 1.1-7 再生可能エネルギー設備容量の推移<sup>1-11)</sup>

## 1.2 研究目的

住宅エネルギー消費は及び CO<sub>2</sub>排出量に関する研究は既往研究では多数あったが、大規模オール電化の集合住宅を対象にしている研究、またデマンドレスポンス実証実験を実施するデータはまだ少ない。また、家庭用住宅分散型エネルギー導入に関する研究の中、太陽光発電システムと家庭用燃料電池併用型の実証データも少ない。

そこで、本研究ではスマートコミュニティにある住宅のエネルギー消費の影響要因、電力ダイナミックプライシング（変動価格）実施時の効果、分散型エネルギーの導入効果と経済性について研究し、主に以下の3つ目的としている。

- ① 実証実験、実測調査やアンケート調査によりデータベースを構築し、電力消費量に影響を与える因子とダイナミックプライシング（変動価格）実施の効果を明らかにする。今後の環境モデル都市づくりに新たな取り組みと省エネ事業に貢献することである。
- ② 電力料金、ガス料金、売電料金、初期投資、炭素税、水素価額等の要因を取り上げ、太陽光発電システム、ガス燃料電池、水素燃料電池をそれぞれ導入した場合の経済性についてシミュレーションモデルで解析することにより、分散型エネルギーの導入の促進に役達ことである。
- ③ 分散型エネルギーを導入した住宅の設備性能、稼働状況、経済効果、併用型代替電源におけるピークカット効果を検証し、電力供給システムに有用な資料を提供することである。

### 1.3 研究の概要と位置づけ

第1章では、研究の背景と目的、研究の位置付けについて述べる。

第2章では、各章の研究に用いた方法について説明する。

第3章では、北九州市が主催する「次世代エネルギー・社会システム実証事業北九州プロジェクト」の住宅部分に関するアンケート調査とダイナミックプライシング実証の実測値をグループ別に集計かつ分析し、エネルギー消費のデータベースを構築する上、ダイナミックプライシングの効果とその他の影響要素と要因によるパターンを明らかにする。

第4章では、実測により、オール電化住宅のエネルギー消費状況を把握する上、世帯属性と電力消費量の関係性、季節による電力消費量の変化、各家電が住宅総電力消費に与える影響、在宅率の検討・在宅率による電力消費影響を明らかにする。

第5章では、家庭用分散型エネルギーシステムを導入時、様々な要因を取り上げ、経済性を考慮した場合の各設備の最適容量又は年間コストを、計算モデルを構築し、解析ツールを用いシミュレーションし、導入経済性を分析する。

第6章では、家庭用分散型エネルギーシステム、太陽光発電と燃料電池併用住宅の各種エネルギーの電力供給と消費を分析し、経済性と環境性を検証する。

第7章では、本研究の結論と今後の課題をまとめる。

研究の位置づけは図 1.3.1 に示す。

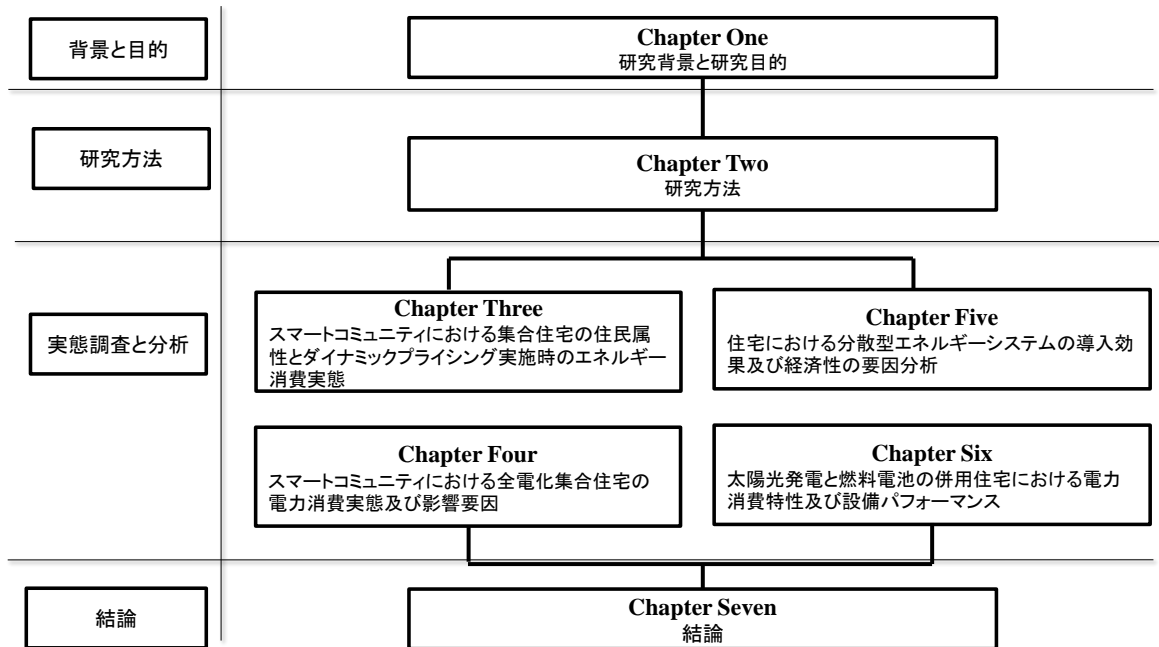


図 1.3-1 研究の位置づけ

## 1.4 既往研究

### ① 住棟全体のエネルギー消費量の推定<sup>1-12)</sup>

集合住宅におけるエネルギー消費量の削減を住棟単位で検討することを目的として、共用部を含めた集合住宅の住棟全体のエネルギー消費量の推定を行った。集合住宅の設定は、片廊下式、100戸規模の集合住宅を標準型として扱い、住戸の設定は、延べ床面積 81.05m<sup>2</sup>/戸とした。各住宅の世帯構成は4人、立地条件は東京、断熱基準は新基準、換気階数は1.0回/時とする。また、使用するエネルギーの設定として、居住部では空調・照明・家電機器に電力を、給湯・調理にガスを使用し、共用部では照明の他、エレベーター、給水システムに伴う揚水ポンプを主なエネルギー消費として捉え、それぞれに電力を使用する。エネルギー消費量推定には、生活スケジュール自動作成プログラム SUHEDULE Ver.2.0 と熱負荷算定プログラムを組み合わせを行った。推定の結果、居住部における年間の1次エネルギー消費量は住戸当たり約 67GJ/年、そして標準型集合住宅の住棟全体の1次エネルギー消費量は 8127GJ/年となり、内訳は電力消費量が 68% (5520GJ/年)、ガス消費量が 32% (2607GJ/年) であった。

### ② 世帯全体の電力消費に及ぼす影響因子の分析<sup>1-13)</sup>

広島地域に所在する全電化住宅を対象として、2008年10月1日から2009年9月30日までの1年間において「光熱費管理支援システム」のモニター試験によって得られた測定データに基づき、住宅の建物特性や居住者の世帯特性と電力消費量の関連およびその影響について検討を行った。対象住宅の年積算電力消費量の平均は 37.3GJ/(世帯・年) であり、最大は 71.9 GJ/(世帯・年)、最小は 19.2 GJ/(世帯・年) であった。また、月積算電力消費量は1月で最大：4.65 GJ/(世帯・月)、9月で最小：2.21 GJ/(世帯・月) となり、厳寒月においてその差が拡大する傾向が認められた。

### ③ 全電化住宅とガス併用住宅におけるエネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量に関する研究<sup>1-14)</sup>

給湯及び住宅全体で使用される機器の使用状況を考慮し、エネルギー消費量の時刻に着目した解析を行い、全電化住宅、従来のガス住宅及び家庭用燃料電池コージェネレーションシステム (FCCGS 住宅) を使用する住宅を対象に、シミュレーションによる住宅全体におけるエネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量の検討を行った。住宅全体のCO<sub>2</sub>排出量は、電力会社別のCO<sub>2</sub>排出原単位によって地域差が生じ、札幌、名古屋、広島を除く地域では暖房及び給湯 COP が2以上の場合、全電化住宅の住宅全体の年間CO<sub>2</sub>排出量が最も少なく、ガス住宅、FCCGS 住宅の順に多くなる。

### ④ 数百世帯規模の家庭の平均電力需要特性の評価<sup>1-15)</sup>

エネファームを導入した戸建住宅約700世帯で計測された30分間の電力需要の平均値を用いて、月別・日別・時間帯別に、平均的な電力需要パターンの傾向を示すとともに、

お盆や正月など、普段と傾向が異なることが予想される日における電力需要パターンの特徴を述べた。

エネファームを導入している世帯と一般世帯と比べ、電力需要が比較的大きいであるが、電力需要パターンやその変化の傾向としては類似していることがわかった。

#### ⑤ 太陽光発電と省エネルギー技術の大規模導入を考慮した地域電力需要の将来推計

1-16)

家庭、業務部門を含むボトムアップ型地域エネルギー最終需要モデルを構築することで、4地域を対象に将来のエネルギー需要推計を行った。

結果、戸建て住宅地においては太陽光発電の大規模導入下では現状の電力需要であっても余剰電力が発生し、省エネルギー技術により電力需要が減少し、太陽光発電の変換効率が向上する2030年にかけて余剰電力の5倍となった。結果に大きな影響を及ぼした要因として電力需要削減には照明、機器の消費電力の削減、空調COPの向上、余剰電力増加にはPV変換効率向上が挙げられた。また、余剰電力によって引き起こされる問題を解決するために、地域に蓄電池を設置した場合、2030年には戸建て住宅地においては系統負荷削減率がほぼ100%となり、蓄電池を導入することで、地域内の電力需要がすべて地域内の太陽光発電で賄うことができる結果となった。

【参考文献】

- 1-1) 国際連合広報センター 人口構成の変化
- 1-2) 経済産業省 [https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/013\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/013_haifu.html)
- 1-3) 新エネルギー導入促進協議会：<http://jscp.nepc.or.jp/index.shtml>
- 1-4) 北九州市公式サイト：[https://www.city.kitakyushu.lg.jp/kankyoku/file\\_0264.html](https://www.city.kitakyushu.lg.jp/kankyoku/file_0264.html)
- 1-5) 技術研究組合北九州スマートコミュニティ推進機構『北九州スマートコミュニティ創造事業の概要資料』(H25.10.1)
- 1-6) エネルギー需要家別マーケット調査要覧2012（住宅分野編）（株）富士経済
- 1-7) 九州電力ホームページ [http://www.kyuden.co.jp/press\\_h100525-1.html](http://www.kyuden.co.jp/press_h100525-1.html)
- 1-8) 経済産業省 資源エネルギー庁 家庭部門のエネルギー消費の動向
- 1-9) 環境省 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて  
[https://www.env.go.jp/earth/2050carbon\\_neutral.html](https://www.env.go.jp/earth/2050carbon_neutral.html)
- 1-10) 経済産業省 資源エネルギー庁 「我が国のエネルギー情勢①」
- 1-11) 経済産業省 資源エネルギー庁 「再エネのコストを考える」  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/saiene/saienecost.html>
- 1-12) 湯浅和博ほか：住棟全体のエネルギー消費量の推定 集合住宅におけるエネルギー消費量の削減に関する研究，日本建築学会環境系論文集 Vol.74, No.637, pp.397-402, 2009.3
- 1-13) 安藤元気ほか：世帯全体の電力消費に及ぼす影響要因の分析 広島地域の全電化住宅を対象とした電力消費に関する研究，日本建築学会環境系論文集，Vol.77, No.675, pp.409-416, 2012.5
- 1-14) 赤林伸一ほか：全電化住宅とガス併用住宅におけるエネルギー消費量およびCO<sub>2</sub>排出量に関する研究，日本建築学会環境系論文集，Vol.78, No.685, pp.285-290, 2013.3
- 1-15) 森田圭ら．数百世帯規模の家庭の平均電力需要特性の評価．エネルギー・資源，Vol.38, No.1, p.53 (2017)
- 1-16) 高村 しおりら．太陽光発電と省エネルギー技術の大規模導入を考慮した地域電力需要の将来推計.日本建築学会環境系論文集，Vol.77, No.680, pp.805-811, 2012.5



## 第2章

# 研究方法

# 目次

|              |     |
|--------------|-----|
| 2 研究方法.....  | 2-1 |
| 【参考文献】 ..... | 2-6 |

## 2 研究方法

本研究は、住宅のエネルギー消費の影響要因、及び家庭用分散型エネルギーの導入効果と経済性を明らかにするため、以下の方法を用いる。

第3章「スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性とダイナミックプライシング実施時のエネルギー消費実態」では、デマンドレスポンス実証（ダイナミックプライシング=DP）に合わせ、対象住宅を実証の有無により、グループ A、B に分け、住宅属性、世帯属性及び電気設備導入状況等、住戸のエネルギー消費構造に影響する可能性がある特徴因子を把握するため、アンケート調査を行う。

その後、アンケート調査結果と DP 実施時のスマートメーターによる年間電力消費量の集計を行い、住宅及び世帯属性と DP 実施時のエネルギー消費の関連性に関する単変量解析と階層的クラスター分析（HCA）<sup>注1</sup>を行う。本研究では、各影響因子をグレードごとに数値に変換し、変数とし、ウォード法で、統計処理ソフトウェア SPSS を用い、分析を行う。

注1:【階層的クラスター分析】とは

個体間の類似度あるいは非類似度(距離)に基づいて、最も似ている個体から順次に集めてクラスターを作っていく方法である<sup>2-1)</sup>。

階層的クラスター分析では、データから距離の行列を求め、距離の行列を用いて樹形図を描くためのコーフェン行列を求め、コーフェン行列に基づいて樹形図を描くというプロセスを経る(図 2-1)。N 個の対象からなるデータが与えられたとき、1 個の対象だけを含む N 個のクラスターがある初期状態をまず作る。この状態から始めて、対象 x1 と x2 の間の距離  $d(x1,x2)$  (非類似度)からクラスター間の距離  $d(C1,C2)$  を計算し、最もこの距離の近い二つのクラスターを逐次的に併合する。そして、この併合を全ての対象が一つのクラスターに併合されるまで繰り返すことで階層構造を獲得する。

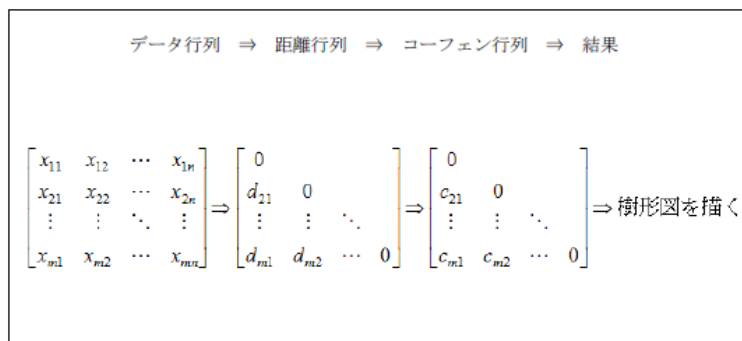


図 2-1 階層的クラスター分析の樹形図の作成プロセス

階層的クラスター分析には幾つかの方法があるが、その中でウォード法はバランスの

とれた方法と考えられていて、使用されることが多い方法であるため、本研究では使った階層的クラスター分析はクラスター内のデータの平方和を最小にするように考慮したウォード法であり、利用できる非類似度はユークリッド平方距離である。そして、階層構造を図式化した樹形図(デンドログラム)を構成する。

階層構造は図 2-2 のような樹形図 (デンドログラム) によって表示される。

樹形図 (デンドログラム) の縦軸はクラスターを結合した際の距離を表し、横軸は個体の位置を表す。樹形図は縦軸を適当な高さで切ることによって、クラスターの分類ができるという階層的構造を持っている。

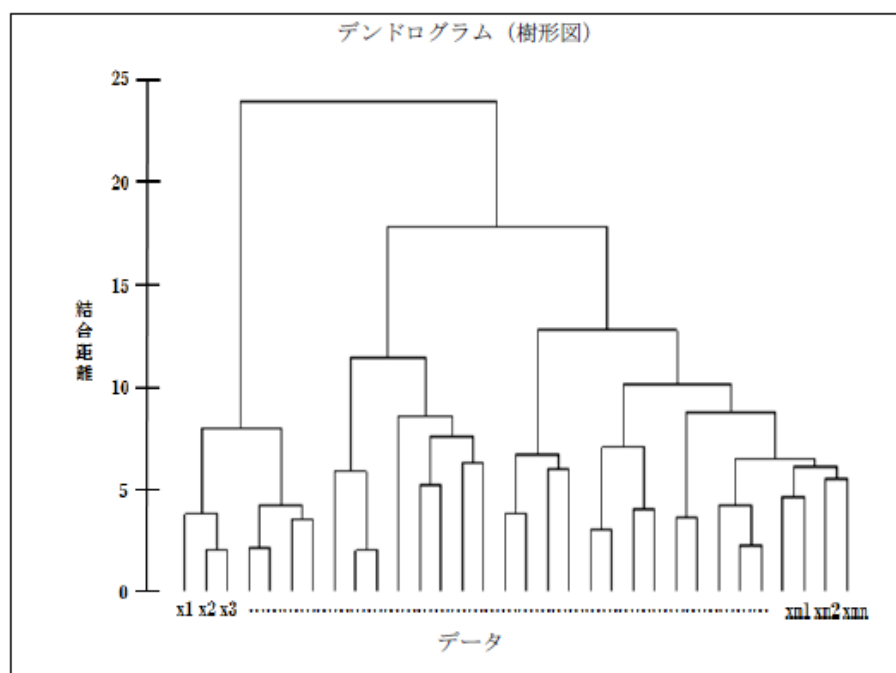


図 2-2 階層的クラスター分析の樹形図(デンドログラム)

第4章「スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の電力消費実態及び影響要因」では、より詳細の時間帯別、用途別の電力消費状況を把握するため、第3章と同全電化集合住宅の13世帯を対象に実測調査を行う。実測では、夏季、中間期、冬期に分け、エネルギー計測システムを各世帯の分電盤に取り付け(2世帯ずつ、6日間)、電力消費量を1分毎に積算電力量(kWh)を測定する。集計したデータを用い、データベースを構築し、日時別と時刻別の各用途のエネルギー消費特徴を分析する。さらに、実測を実施した6日間のデータを平均化し、各用途の平均日電力消費量を変数として、SPSSを用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスター分析を行い、類似世帯の特徴を把握する。また、属性に関するアンケート調査と実測調査の結果に基づき、「世帯属性」、「季節による変動」、「各用途の電力消費」、「在宅率の検討・在宅率による電力消費量への影響」といった4つの視点から電力消費量に及ぼす影響要因の分析を行う。相関分析と回帰分析<sup>注2</sup>により、用途と日電力消費量の関係と在宅割合が日電力消費量に与える影響を検討する。

## 注2: 統計分析手法

## 【相関分析】

「相関分析」とは、2つのデータの関係性の強さを表す指標（相関係数）を計算し、数値化する分析手法である。相関係数は1に近づくほど正の相関（正比例）の関係が強くなり、-1に近づくると負の相関（反比例）の関係が強くなる。また、0に近づくほど無関係になる。

## 【回帰分析】

「回帰分析」とは、結果となる数値と要因となる数値の関係を調べて、それぞれの関係を明らかにする統計的手法である。このとき、要因となる数値を「説明変数」、結果となる数値を「被説明変数」といい、「説明変数」が1つの場合を「単回帰分析」、複数の場合を「重回帰分析」という。回帰分析は、事象の予測・シミュレーション、検証、要因分析などを行うときに用いられる。

第5章「住宅における分散型エネルギーシステムの導入効果及び経済性の要因分析」では、住宅に太陽光電池、ガス燃料電池、水素燃料電池の3種類の分散型エネルギーシステムをそれぞれ導入時の経済性を考慮した年間コストと最適容量を検討するため、シミュレーション計算モデルを構築し、従来エネルギーシステムに3種類の分散型エネルギーをそれぞれ導入したケースを設定し、解析ツールのGAMSでシミュレーション（感度分析<sup>注3</sup>）を行った。図2-3に示すようにデマンドサイドの需要（時刻別の熱、電力負荷）、対象住宅の燃料料金（ガス、電気、水素）、分散型電源・熱源技術の情報（容量、効率、投資コストなど）を調査・整備する。調査・整備したデータを解析ツールのGAMSに入力する。次に、どのようなケースの解析を行うのかを決定する。そして、エネルギーの供給と需要のバランスと制約条件（発電容量、排熱量、技術導入容量などの制限）を決める。それから、電力料金、売電価格、炭素税、ガス料金、水素価格が変動した時にどの程度の影響を与えるか、決定したモデルの条件を満たすように最適化計算をして、年間コストを最小化するようにする。そして、決定したこれらの情報をGAMSで出力して、最適な設備容量、経済性の結果を出す。

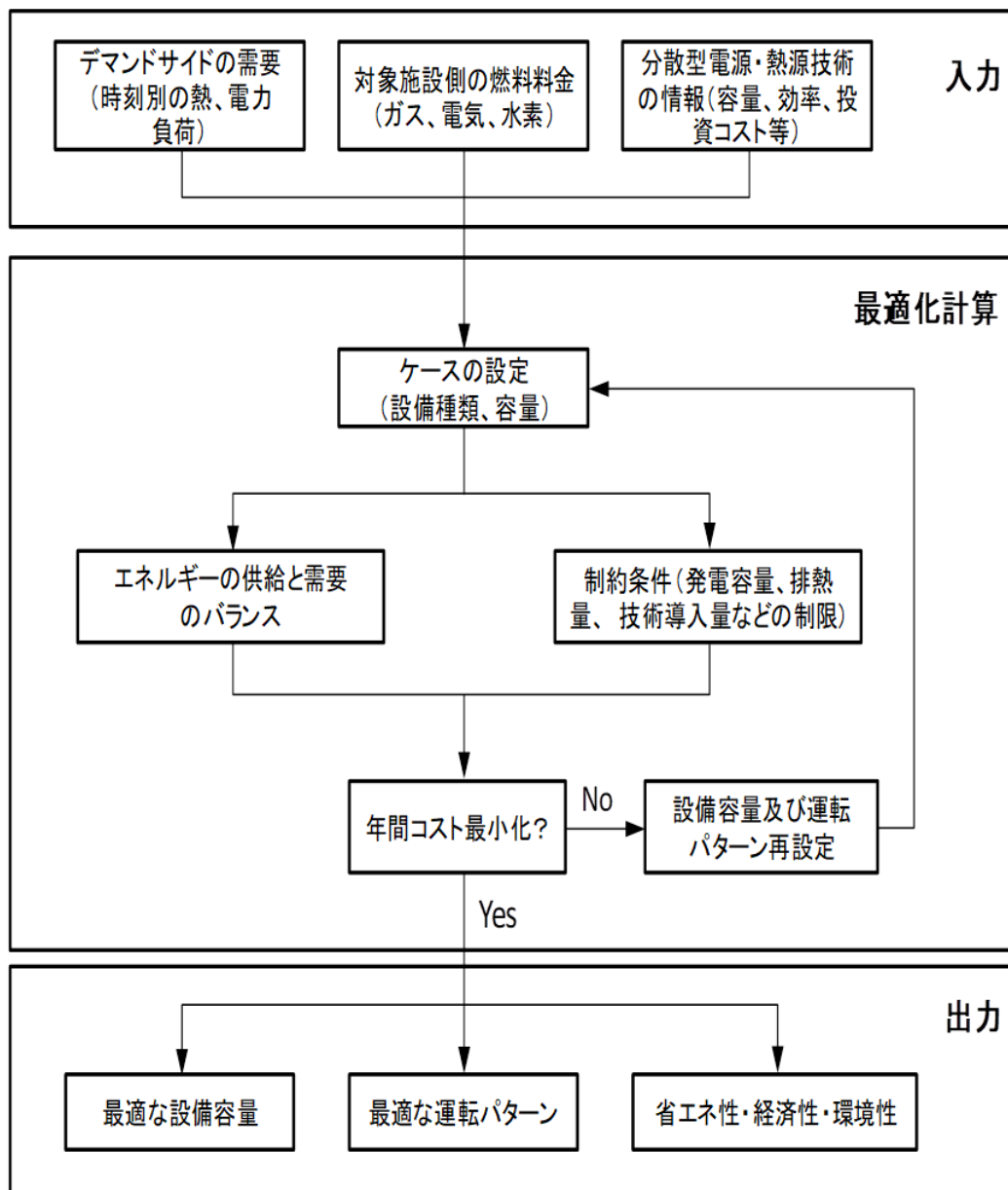


図 2-3 モデルの計算フロー

注3：【感度分析の定義】

「感度分析」とは、ある指標の変化が最終結果にどのように影響を与えるかを明らかにすることである。感度分析をすることで、環境変化により指標が変化した場合に、どの程度の損害を被るのか、あるいは予想外の利益がどの程度生まれるのかを定量化することができる。これによって、不確実な事象に対して具体的な備えをすることができるようになる<sup>5-1)</sup>。

【GAMS】

GAMS は、一般的な(general)代数的演算用の(algebraic)モデル構築用プログラミング言語(modeling system)である。

特長としては以下のようなものが挙げられる。

- ・反復計算

FORTRAN の DO ループやCの for ループでは、初期値、終値、増分を指定し、for(i=1; i<=n; i++){.....}などとして反復計算を実行しなければならないが、GAMS は半自動的に実行してくれる。

- ・データの配列（行列）

データの並びで自動的に配列のサイズを決め、データを格納してくれる。

- ・各種の解法ルーチン（Solver）が豊富ですから、自分で解法のプログラムを書く必要がない。

### 【家庭用燃料電池】

家庭用燃料電池（エネファーム）とは、「水の電気分解」の逆の原理で発電する。水素と酸素が反応すると水ができ、その時電気が発生する。また、発電時の排熱を利用し給湯に利用する。この原理を利用し発電するのが家庭用燃料電池であるが、水素は自然界には単独のものとして存在しないので、別のものから取り出す必要がある。そこで都市ガス、LP ガス、灯油などのエネルギーから水素を取り出し、燃料電池で空気中の酸素と化学反応を起こし、水の電気分解の逆の原理で発電する。

第6章「太陽光発電と燃料電池の併用住宅における電力消費特性及び設備パフォーマンス」では、住宅を対象に、家族構成や導入設備、環境意識等のアンケート調査を実施、HEMS の関心度を調査する。次に、太陽光発電と燃料電池（エネファーム）の併用住宅の HEMS データを入手、その設備性能、稼働状況や電力需要を分析する。これをもとに電力自給率、エネルギーシステムの季節負荷の需給関係を把握する上、分散型エネルギーの活動パターンと併用システムの経済性と環境性を検討する。

#### 注4：「HEMS によるエネルギー消費量測定」

HEMS とは、「Home Energy Management System（ホームエネルギーマネジメントシステム）」の略で、家庭で使うエネルギーを節約するための管理システムのことである。家電や電気設備とつないで、電気やガスなどのすべてのエネルギー使用量をモニター画面などで数値として「見える化」する。これにより家庭の電気、ガス、水道等のすべてのエネルギー使用量を把握し、使い過ぎを防ぐことができる。また家電製品をネットワーク化することで、自動制御や遠隔操作を可能にし、エネルギーの一元管理を可能にする<sup>2-2)</sup>。2016年4月から開始された電力の小売り・発電自由化により、電力を賢く使うためのインフラとして HEMS などを利用するようになったことからわかるように、HEMS は電力自由化にも大きく関わっている。また、国は 2030 年までにすべての新築住宅に HEMS を設置し、平均で ZEH(ネットゼロエネルギーハウス)の実現を目指している<sup>2-3)</sup>。図 2-4 に HEMS を利用したエネルギーの仕組み図を示す。

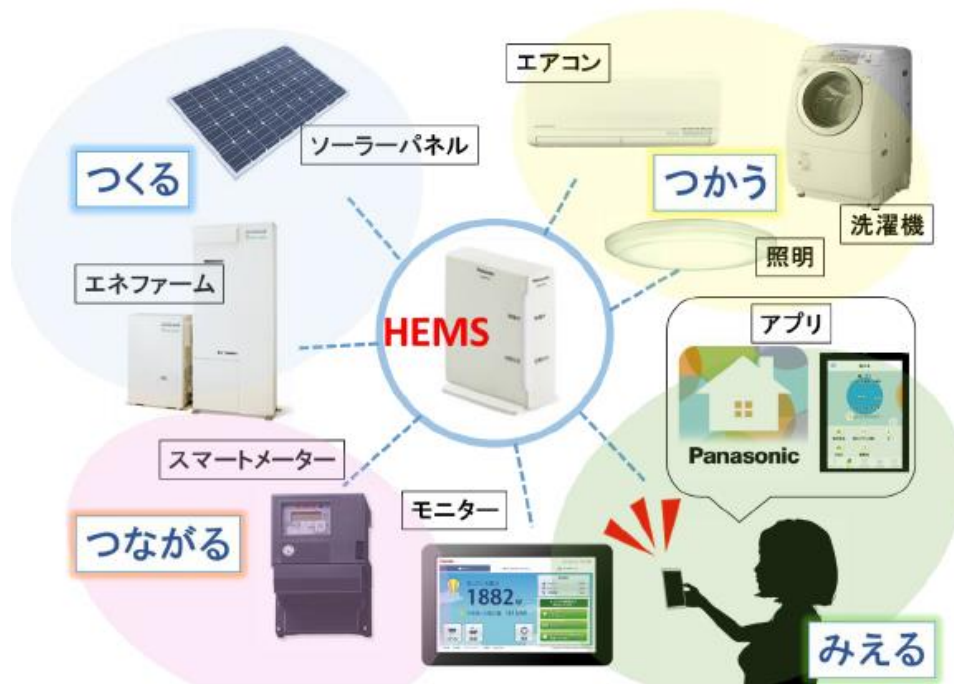


図 2-4 : HEMS の仕組み

【参考文献】

- 2-1) 同志社大学、連載フリーソフトによるデータ解析・マイニング第28回
- 2-2) Panasonicホームページ <http://www2.panasonic.biz/es/densetsu/aiseg/hems/about/index.html>
- 2-3) 経済産業省ホームページ  
<http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217003/20151217003.html>



## 第3章

スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性と  
ダイナミックプライシング実施時のエネルギー消費実態

## 目次

|       |   |      |
|-------|---|------|
| 3     | スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性とダイナミックプライシング<br>実施時のエネルギー消費実態 |      |
| 3.1   | 東田のデマンドレスポンス実証  | 3-1  |
| 3.1.1 | デマンドレスポンス実証概要（ダイナミックプライシング）                           | 3-1  |
| 3.1.2 | 研究対象とグループ分け   | 3-1  |
| 3.1.3 | デマンドレスポンス発動条件   | 3-3  |
| 3.2   | 世帯属性と導入設備に関するアンケート調査と分析                               | 3-4  |
| 3.2.1 | 調査内容と回答状況   | 3-4  |
| 3.2.2 | 結果分析  | 3-6  |
| 3.3   | スマートメーターによるエネルギー消費量の収集と分析                             | 3-13 |
| 3.3.1 | エネルギー消費量の収集   | 3-13 |
| 3.3.2 | 年間エネルギー消費量分析  | 3-14 |
| 3.4   | 住宅及び世帯属性とエネルギー消費の関連性に関する解析                            | 3-19 |
| 3.4.1 | 世帯属性因子と電力消費量の関連性に関する分析                                | 3-19 |
| 3.4.2 | ダイナミック・プライシングによるエネルギー消費量の影響                           | 3-26 |
| 3.4.3 | 住宅・世帯属性によるクラス分類                                       | 3-29 |
| 3.5   | 結論  | 3-34 |
|       | 【参考文献】  | 3-36 |

### 3 スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性とダイナミックプライシング実施時のエネルギー消費実態

本章では、北九州東田スマートコミュニティの住宅部分に関するアンケート調査とダイナミックプライシング（略称 DP）実証実測値をグループ別に集計かつ分析し、エネルギー消費のデータベースを構築する上、ダイナミックプライシングの効果とその他の影響要因と要因によるパターンを明らかにする。東田スマートコミュニティは日本初の電気料金の変動を導入した実証実験プロジェクトとして、注目を集めている。

#### 3.1 東田のデマンドレスポンス実証

##### 3.1.1 デマンドレスポンス実証概要（ダイナミックプライシング）

北九州東田スマートコミュニティでは、2050年には、市内の標準的な街区に比べて、50%以上の削減が求められていた<sup>3-1)</sup>。取り組みの一つとして、電気料金単価をピーク時間帯に変化させることで、電力の抑制を目指す「ダイナミックプライシング」(DP)の実証実験を実施した。東田地区は、官営八幡製鐵所創業の地であり、新しい市街地の開発が進んでいる。新日本製鐵が域内の住宅、オフィス、工場に電気を供給しておる特定供給のエリアであるため、その特徴を活かし、電気料金をリアルタイムで変動させ、オンサイトのコジェネで供給サイドの柔軟な供給変動など、電力系統に過度に依存せず、供給を柔軟に調整しつつ需給をバランスさせるシステムの実証が可能となる。

2012年度から夏と冬のダイナミックプライシング実証実験が行われた。

##### 3.1.2 研究対象とグループ分け

本研究は東田スマートコミュニティにある集合住宅「リビオ東田ヴィルコート」を研究対象とした。

リビオ東田ヴィルコートは2棟の建物があり、1棟は2008年に建てられた14階建、79世帯があり、1棟は2009年に建てられ13階建て、139世帯がある。

実証実験に参加した世帯はデマンドレスポンス実証（ダイナミックプライシング）の有無により、トリートメント・グループとコントロール・グループ二つ分けており、グループ別の情報は表 3.1-1 に示す。グループ A はトリートメント・グループ 120 世帯、電気料金の変動を前日の 15:00 と「その日の朝」を通知する、グループ B はコントロール・グループ 70 世帯にした。

ダイナミックプライシング実験の設計段階では、3つのグループに分かれ、各 70 世帯にし、2つトリートメント・グループ（1つは電気料金の変動通知するグループ、1つは電気料金変動通知なしグループ）と1つコントロール・グループにする予定であったが、検討の末、トリートメント・グループは同じ実証条件の1つグループとした。



図 3.1-1① 東田ヴィルコート



図 3.1-1② 東田ヴィルコート

表 3.1-1 グループ分け

| グループタイプ          |   | 対象世帯 | 実際参加<br>世帯数 | 有効<br>世帯数 | デマンドレスポ<br>ンス実証状況 |
|------------------|---|------|-------------|-----------|-------------------|
| トリートメント・<br>グループ | A | 120  | 114         | 110       | あり<br>(通知あり)      |
| コントロール・<br>グループ  | B | 70   | 66          | 65        | なし                |

### 3.1.3 デマンドレスポンス発動条件

ダイナミックプライシングの発動時間は表 3.1-2 に示すように、夏と冬 2 パターンに分けており、夏の場合は翌日予想最高気温が 30 度以上のときに、翌日の 13 時～16 時のピークタイムに発動する。冬の場合、翌日の予想最低気温が 5°C未満のときに、翌日の朝 8 時～10 時と夜の 18 時～20 時の 2 つのピークタイムに発動する。

夏と冬それぞれピーク時の料金は図 3.1-2 と図 3.1-3 が示す<sup>3-1)</sup>ように、5 つのレベルに設定し、レベル 1 は 15 円/kWh、レベル 2 は 50 円/kWh、レベル 3 は 75 円/kWh、レベル 4 は 100 円/kWh、最高レベル 5 は 150 円/kWh とし、各レベルを最大 12 日、合計で最大 48 日実施する。

表 3.1-2 ダイナミックプライシング発動時間

| 実施時期 | 実施時間                | 実施条件              |
|------|---------------------|-------------------|
| 夏    | 13 時～17 時           | 翌日の予想最高気温が 30°C以上 |
| 冬    | 8 時～10 時と 18 時～20 時 | 翌日の予想最低気温が 5°C未満  |

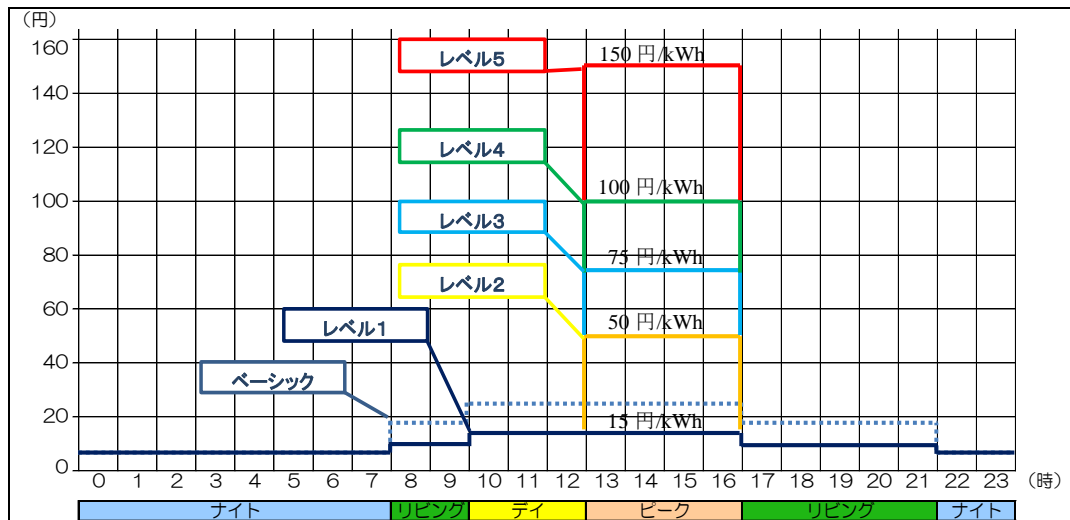


図 3.1-2 夏の料金テーブル

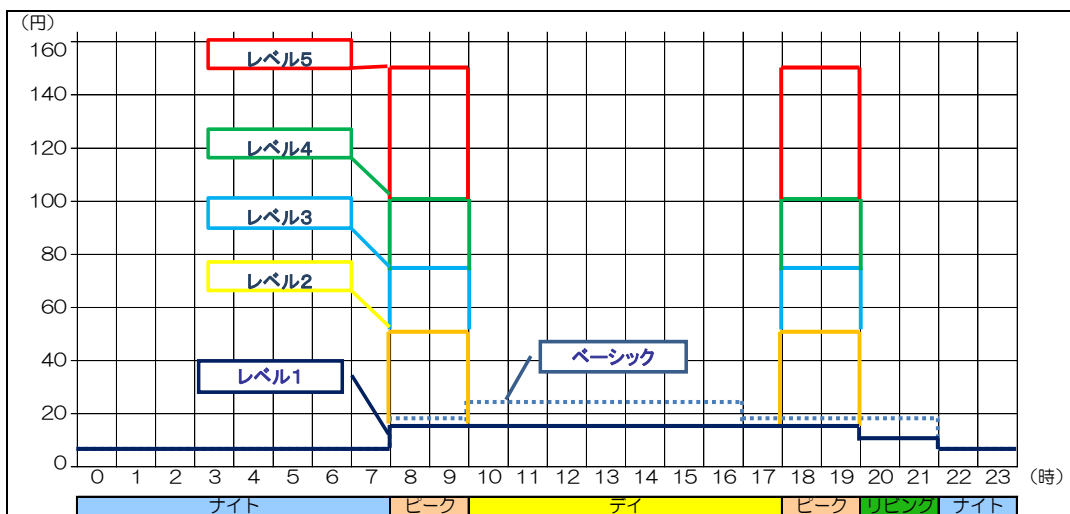


図 3.1-3 冬の料金テーブル

## 3.2 世帯属性と導入設備に関するアンケート調査と分析

東田ヴィルコート集合住宅に住んでいる住民たちの家族属性及び電気設備導入状況などの特徴を把握するため、グループ別アンケート調査を行った。

### 3.2.1 調査内容と回答状況

#### ① 調査内容：

アンケート調査の内容は表 3.2-1 に示す。本研究では、エネルギー消費量と世帯属性に関連する項目のみ抽出し、太い文字が表示された項目は集計対象となる。

日本は個人情報の安全確保や取り扱うことは非常に重視する国として、この分野でのかつての研究にはこういう個人に関するデータ（例えば、世帯主の年収など）なかなかないので、今回のアンケート調査のデータはとても貴重でユニークである。

表 3.2-1 アンケート調査の内容

| 調査項目   | 調査内容  |
|--------|---|
| 住宅属性   | 部屋番号  |
|        | 間取り図  |
|        | 延べ床面積   |
|        | 部屋方角  |
|        | 部屋数   |
| 世帯属性   | 世帯人数  |
|        | 家族の性別   |
|        | 家族の年齢   |
|        | 世帯主の最終学歴  |
|        | 世帯主の職業  |
| 電力契約情報 | 電気料金プラン   |
|        | 電力容量  |
| 住宅設備   | 電気設備の保有台数<br>(エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、乾燥機、IH<br>クック キングヒーター、食洗機、家庭用蓄電池、エ<br>コキュート 9 種類を含む) |

## ② 回答状況

表 3.2-2 はアンケートの集計結果を示す。

A グループには、全世帯数 120 に対しての参加数は 114 であり、参加率は 95 %であった。また、記入漏れ等を除いた有効回答件数は 110 件、回収したアンケートの有効回答率は 96.5% であった。

B グループには、全世帯数 70 に対しての参加数は 66 であり、参加率は 94.3 %であった。また、記入漏れ等を除いた有効回答件数は 65 件、回収したアンケートの有効回答率は 98.5% であった。

全体的、東田ヴィルコートに住む 92.1%の世帯が実証に参加した。

表 3.2-2 グループのアンケート集計結果

| グループ   | A     | B     |
|--------|-------|-------|
| 全世帯数   | 120   | 70    |
| 参加数    | 114   | 66    |
| 参加率    | 95%   | 94.3% |
| 有効回答件数 | 110   | 65    |
| 有効回答率  | 96.5% | 98.5% |

### 3.2.2 結果分析

#### ① 世帯属性

##### ● 延べ床面積

図 3.2-1 は二つグループの延べ床面積の割合を示す。今回の対象マンションの延べ床面積を 60 m<sup>2</sup>から 10 m<sup>2</sup>ずつ増やし、5つのレベルに分ける。

A グループには、多くの世帯の延べ床面積は 80 m<sup>2</sup>以上であり、全体の 88%を占める。その中で、80~90 m<sup>2</sup>と 100 m<sup>2</sup>以上の割合最も多く、それぞれ全体の 32%、33%を占める。A グループの 80 m<sup>2</sup>の世帯数の割合は B グループより、やや高いと見られる。

B グループには、世帯数の延床面積の構造は A グループと似ていて、80 m<sup>2</sup>以上の世帯は全体の 79%を占める。その中で、100 m<sup>2</sup>以上が一番多く、全体の 32%を占める。次に多いのは 80~90 m<sup>2</sup>であり、全体の 25%を占める。

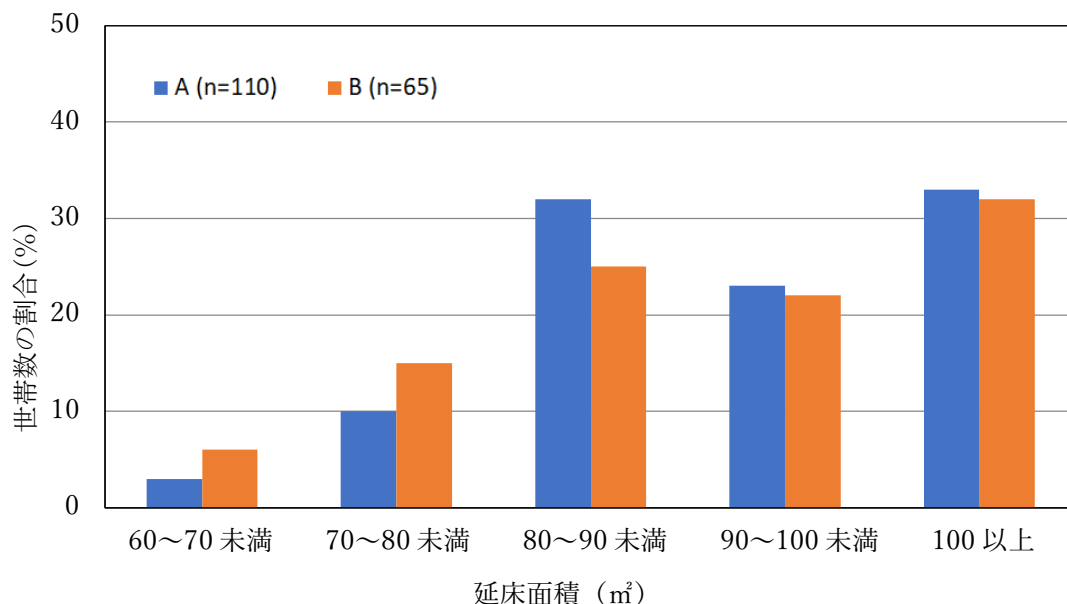


図 3.2-1 延べ床面積

##### ● 世帯人数

図 3.2-2 は二つグループの世帯人数の割合を示す。

A グループには、多くの世帯は 3 人家族であり、2 人から 4 人家族が全体の 86%を占める。

B グループには、多くの世帯は 3 人家族であり、2 人から 4 人家族が全体の 85%を占め、AB グループとほぼ同じ割合である。



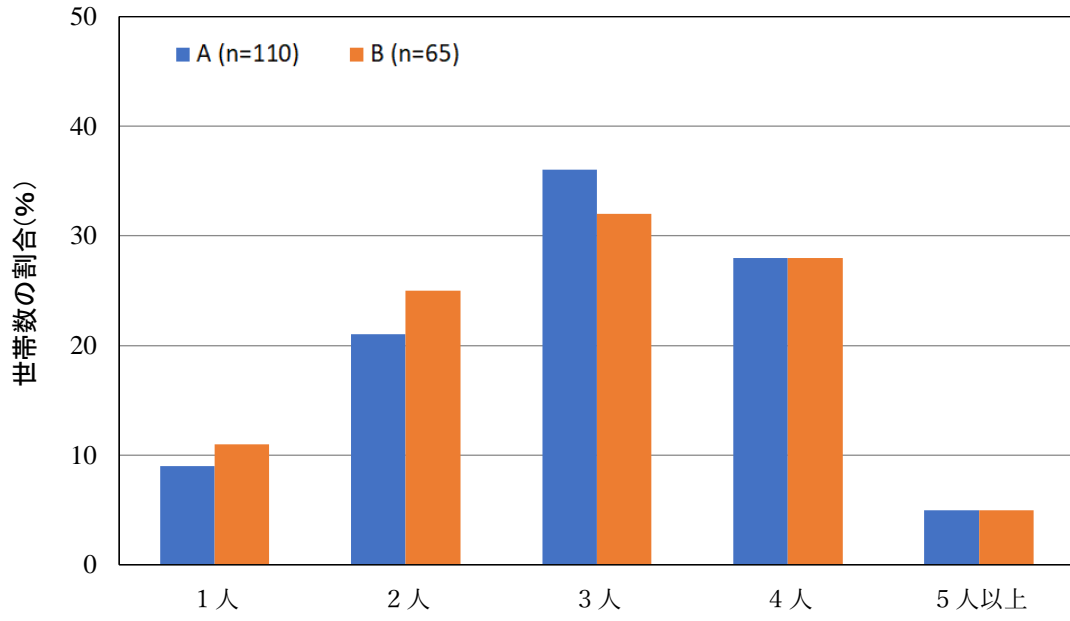


図 3.2-2 世帯人数

● 家族構成

図 3.2-3 は 2 つグループの家族構成を示す。

A グループの世帯において、夫婦のみの世帯は 14%、夫婦と子供一人の世帯は 33%、また夫婦と子供二人の世帯は 25%、その 3 種類の家族構成が主である。そして、高齢者世帯（65 歳以上）は約 17%、その中、老夫婦のみは 7%であった。

B グループには A グループと同じように、夫婦のみの世帯は 14%、夫婦と子供一人は 26%、また夫婦と子供二人 25%、その 3 種類の家族構成が主である。そして、高齢者世帯（65 歳以上）は約 21%、その中、老夫婦のみは 11%であった。A グループと比べ、高齢者割合やや高い。

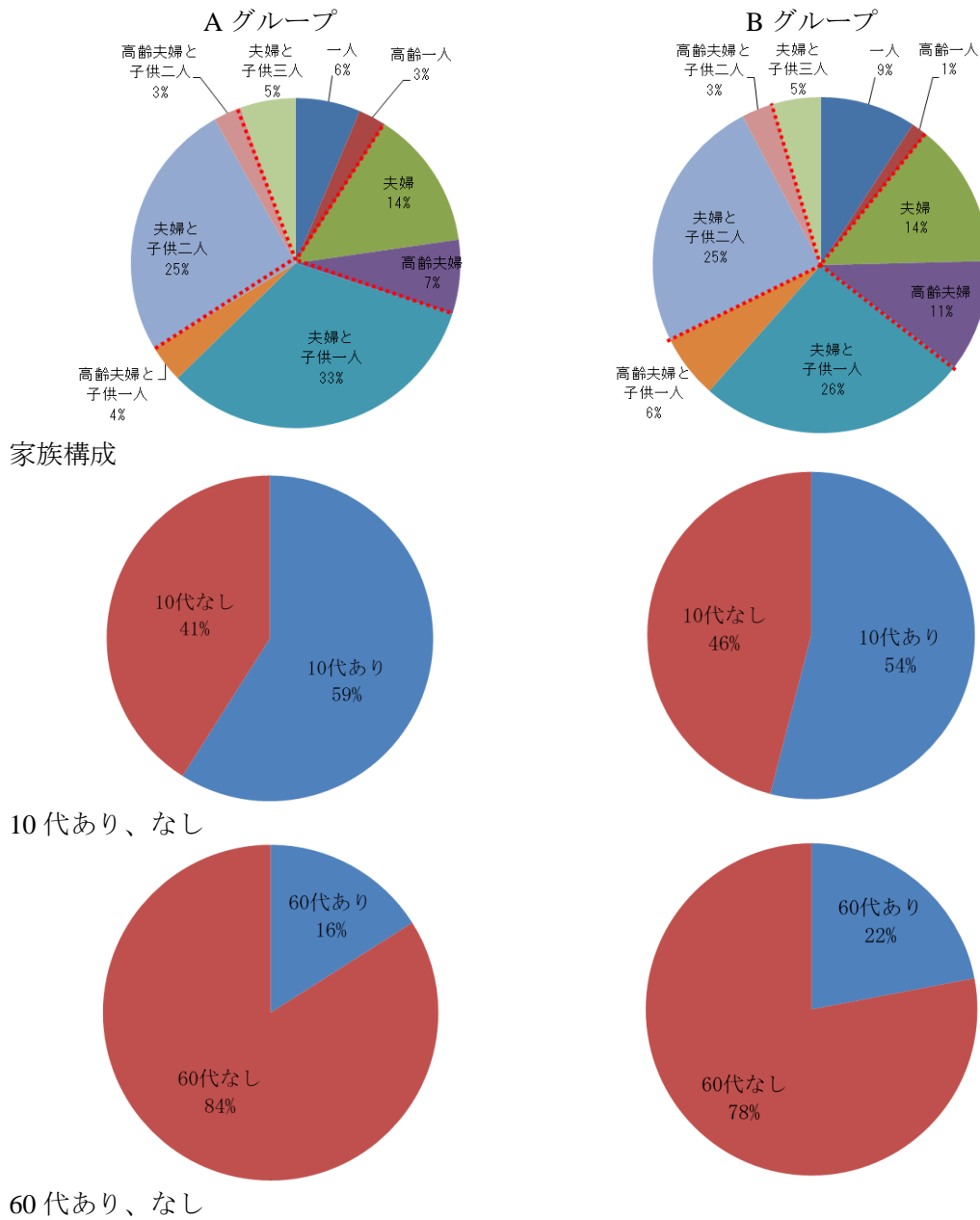


図 3.2-3 家族構成

● 世帯主最終学歴

世帯主の最終学歴に対して、図 3.2-4 に示したように、

A グループには、多くの世帯主は大学卒業であり、全体の 40% を占める。次に多いのは高校卒業であり、全体の 37% を占める。高卒と院卒の割合が B グループより多い。

B グループの世帯主の最終学歴の割合は A グループと同じように、多くの世帯主は大学卒業であり、次に多いのは高校卒業である。

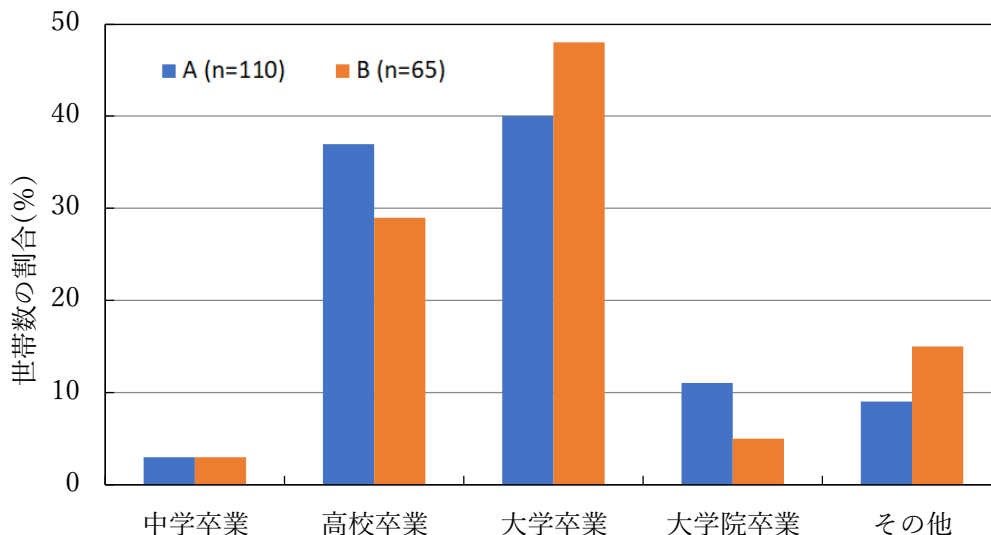


図 3.2-4 世帯主最終学歴

● 職業

世帯主の職業について、図 3.2-5 に示したように、

A グループには、会社員が圧倒的に多い、全体の 75% を占める。また経営者、公務員、また無職がほぼ全体の 10% を占める。職業を「無職」を記入した世帯主の家族構成から見ると、全ての世帯には 60 代の家族メンバーがあるため、ここの「無職」を「定年退職」であることと考える。

B グループの世帯主の職業は A グループと同じように会社員が圧倒的に多いが、その他の職業の割合は A グループよりやや増える。また、B グループの中にも、職業を「無職」を記入した世帯主の家族構成から見ると、全ての世帯には 60 代の家族メンバーがあるため、ここの「無職」も「定年退職」であることと考える。

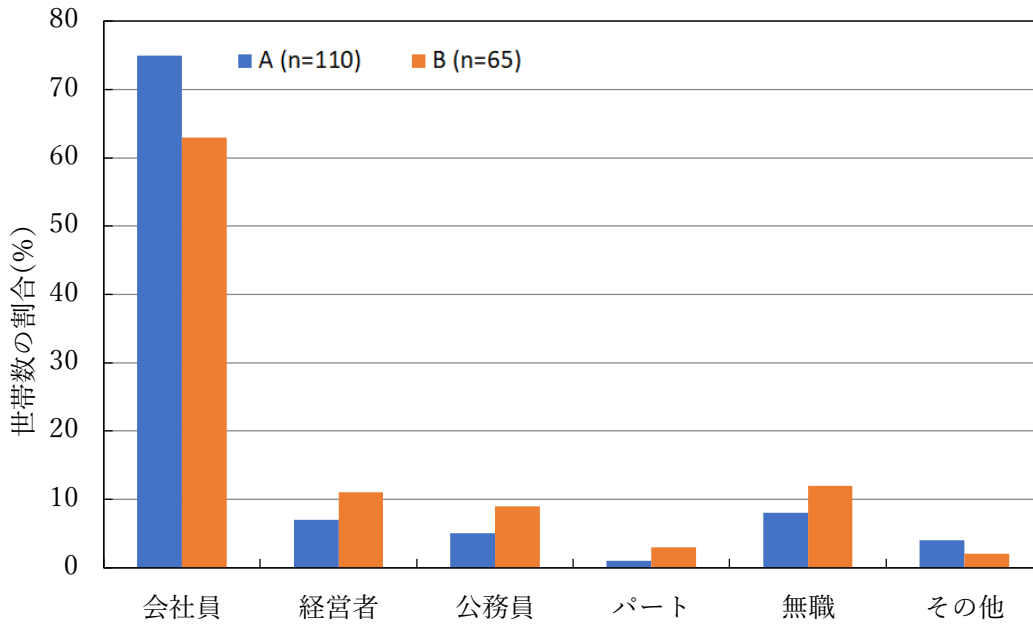


図 3.2-5 世帯主の職業

● 年収

世帯主年収に対して、図 3.2-6 に示したように、

A グループには、年収が5百万以上である世帯主は全体の69%を占める。その年収は平成24年分国税庁が統計した民間給与実態統計調査結果、日本1年を通じて勤務した給与所得者に関する一人当たり平均給与468万円（正規）<sup>3.2)</sup>より多いことが分かった。

B グループの世帯主年収に対して、年収が5百万以上である世帯主は全体の65%を占める。

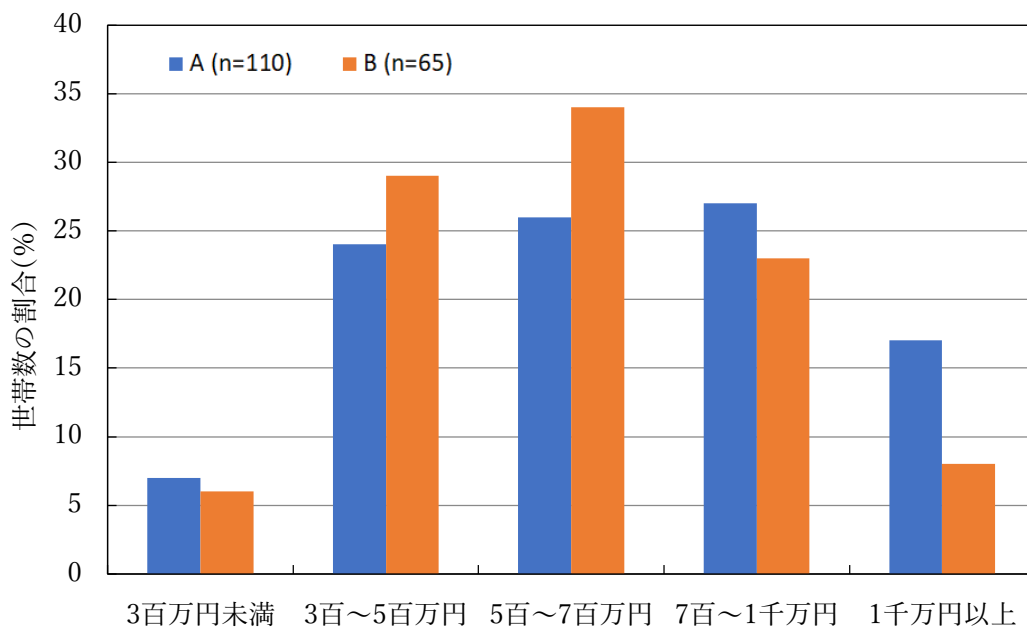


図 3.2-6 世帯主の年収

## ② 住宅設備

図 3.2-7 は A グループ、B グループの住宅設備保有数の割合を示す。

東田マンションには、電力使用量を削減するために、様々な省エネ設備を導入している。電気温水器の代わりに、エコキュートを使用するなど、図 3.2-7 に示すように、A、B グループ全ての世帯がエコキュートを持っている。殆んど世帯は IH、洗濯機、冷蔵庫を 1 台持っている。

A グループには、家庭蓄電池を持つ世帯はいない。一部の世帯は冷蔵庫 2～3 台(約 4%)を保有している。わずかな世帯が 2 台以上の IH、冷蔵庫、洗濯機を持っている。一部分の世帯は 2 台～5 台のテレビを持っている。それに、エアコンを 2 台以上持っている世帯は全体の 84%を占める。

B グループは冷蔵庫、食洗器、乾燥機、テレビの保有台数の割合は A グループと同じ傾向を示す。わずかの世帯は乾燥機 2 台を持っている。

A グループと比べ、B グループ 5%未満の世帯は家庭蓄電池を持っている。また食洗機、乾燥機、IH の所有世帯の割合がやや低い。また、2 台以上エアコンを所有する比例が低いことが分かった。

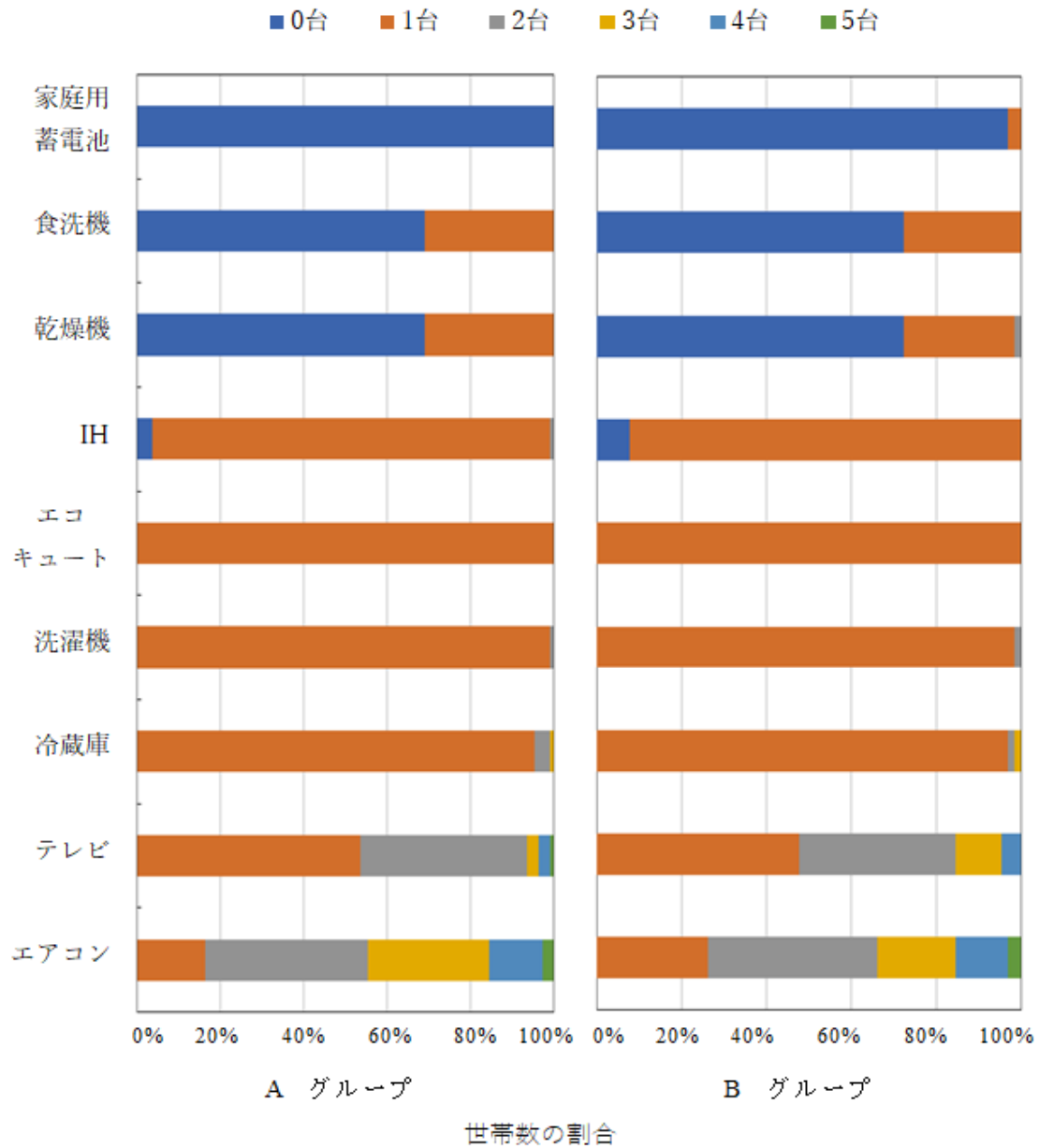


図 3.2-7 A、B グループの住宅設備保有数の割合

### 3.3 スマートメーターによるエネルギー消費量の収集と分析

#### 3.3.1 エネルギー消費量の収集

本研究の研究対象である、東田スマートコミュニティにおける集合住宅、リビオ東田ヴィルコートはオール電化住宅であるため、エネルギー消費量は全て電力消費量となる。

2010年4月に各家庭の中にスマートメーターを設置し、電力消費使用状況のデータの収集を始めた。同時に、室外に温度測定機器を設置することによって、室外温度変化を把握することも可能となった。更に、2012年から電気料金によるピーク時間の電力使用抑制効果の検証を目的として、夏季ピーク時間と冬季ピーク時間の料金が低い仮定の料金メニューを設定したダイナミックプライシング実証試験を実施した。

スマートメーターによる電力消費の年間別データベースの情報は表 3.3-1 に示す。また、ダイナミックプライシング実施の時間と条件について、表 3.3-2 に示す。

表 3.3-1 スマートメーターによる電力消費の年間別データベース情報

| 年別                    | データベース種類 |
|-----------------------|----------|
| 2010(2010.04-2011.03) | 月ごとに     |
| 2011(2011.04-2012.03) | 月ごとに     |
| 2012(2012.04-2013.03) | 30分ごとに   |
| 2013(2013.04-2014.03) | 30分ごとに   |

表 3.3-2 ダイナミックプライシング実施の時間と条件

| 実施時期 | 実施時間           | 実施条件            |
|------|----------------|-----------------|
| 夏    | 13時～17時        | 翌日の予想最高気温が30℃以上 |
| 冬    | 8時～10時と18時～20時 | 翌日の予想最低気温が5℃未満  |

本章では、Aグループ（トリートメント・グループ）とBグループ（コントロール・グループ）のそれぞれのスマートメーターによる集計し、データベースを構築、電力消費状況の比較により、以下の内容を明らかにすることを目的とする。

- 二つグループの電力消費の実態（全体）
- 温度機器による室外温度と電力消費量の関係
- ダイナミックプライシング実施の有無による電力消費の実態
- ダイナミックプライシングの実施は実際に住民たちの意識に影響

### 3.3.2 年間エネルギー消費量分析

#### ① 年間電力消費量（4年間分）

二つグループのそれぞれの電力消費状況を全体的に把握するために、まずスマートメーターによって収集した2012年から2014年までの4年間の年度別の年間消費量を集計した。前述したように、スマートメーターのデータ収集がスタートしたのは2010年4月だが、ダイナミックプライシング実施を始めたのは2012年4月からである。

また日本では毎年の4月から翌年の3月までの12ヵ月を一事業年度とする習慣があり、ちょうどスマートメーター設置のスタート期間と同じなので、ここで一年間を日本の決算月で区きりする。

結果は図 3.3-1 に示す。



図 3.3-1 AグループとBグループの年間電力消費量

4年間、ダイナミックプライシング実施に関わらず、各グループの年間電力消費量はほぼ毎年同じである。

BグループはAグループより、年間電力消費量がやや多い。



② 月別電力消費量と室外温度との関係（2010～2012年）

北九州市の気候は全般的に温和であるが、冬季は曇りの多い日本海式気候を呈する。八幡で年平均気温 16.2℃、年降水量 1729.3 ミリメートル（1981～2010 年平均値）である<sup>3-3)</sup>。

今まで多くの研究では、温熱環境とエネルギー消費量と関係があることを明らかにした。また温熱環境の変化は冷暖房の使用に関係があるので、ライフスタイルに影響を与える要因の一つだと考えられる。

図 3.3-2 から図 3.3-5 までは二つのグループの 2010 年から 2014 年までの 4 年間の月別電力消費量と室外温度の関係を示す。

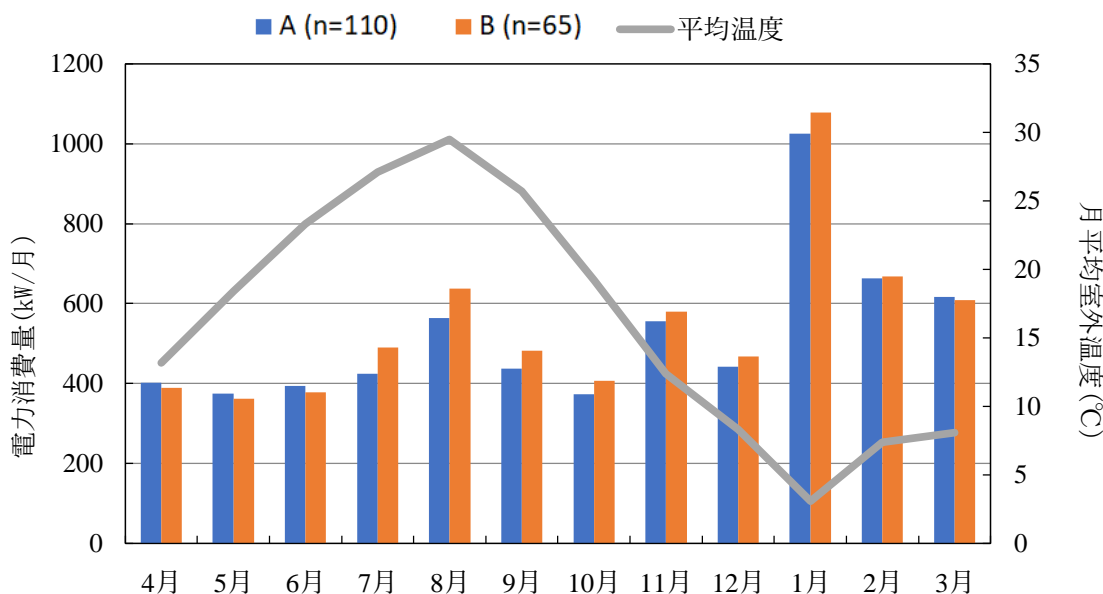


図 3.3-2 2010年月別電力消費量と室外平均温度との関係(AグループとBグループ)

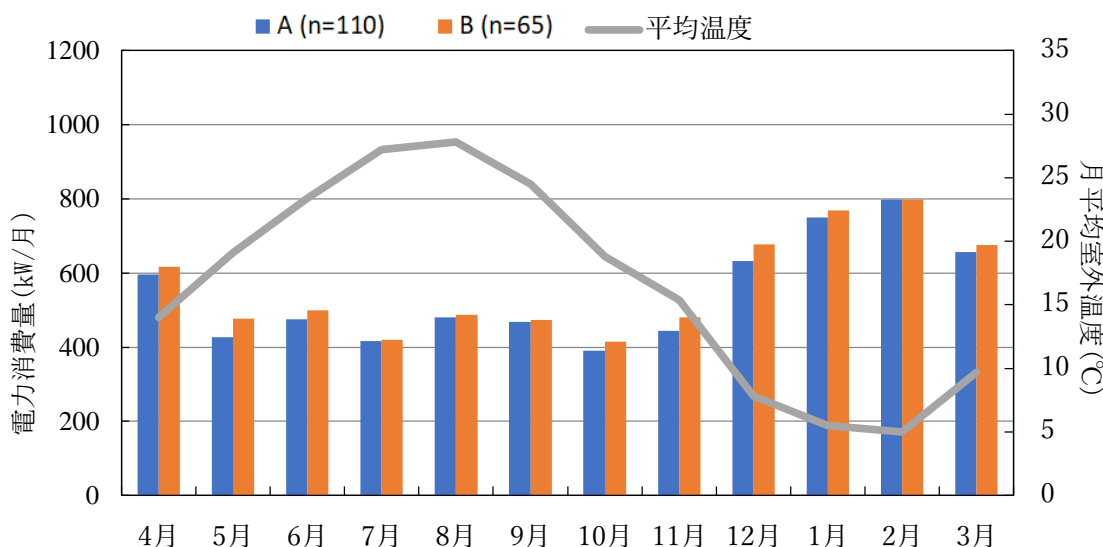


図 3.3-3 2011年月別電力消費量と室外平均温度との関係(AグループとBグループ)

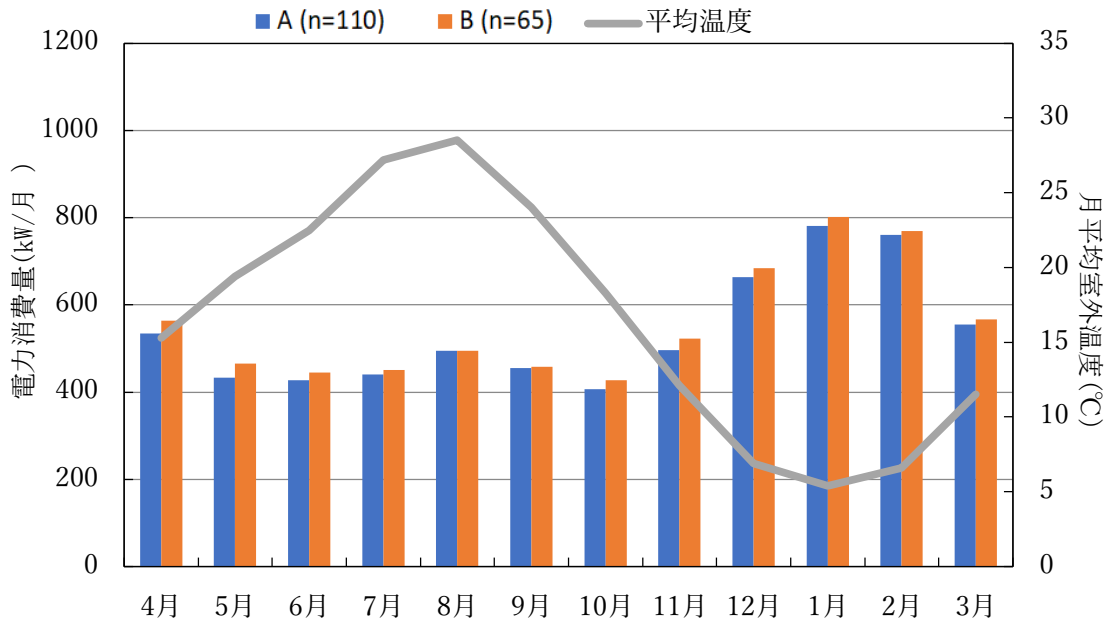


図 3.3-4 2012年月別電力消費量と室外平均温度との関係(AグループとBグループ)

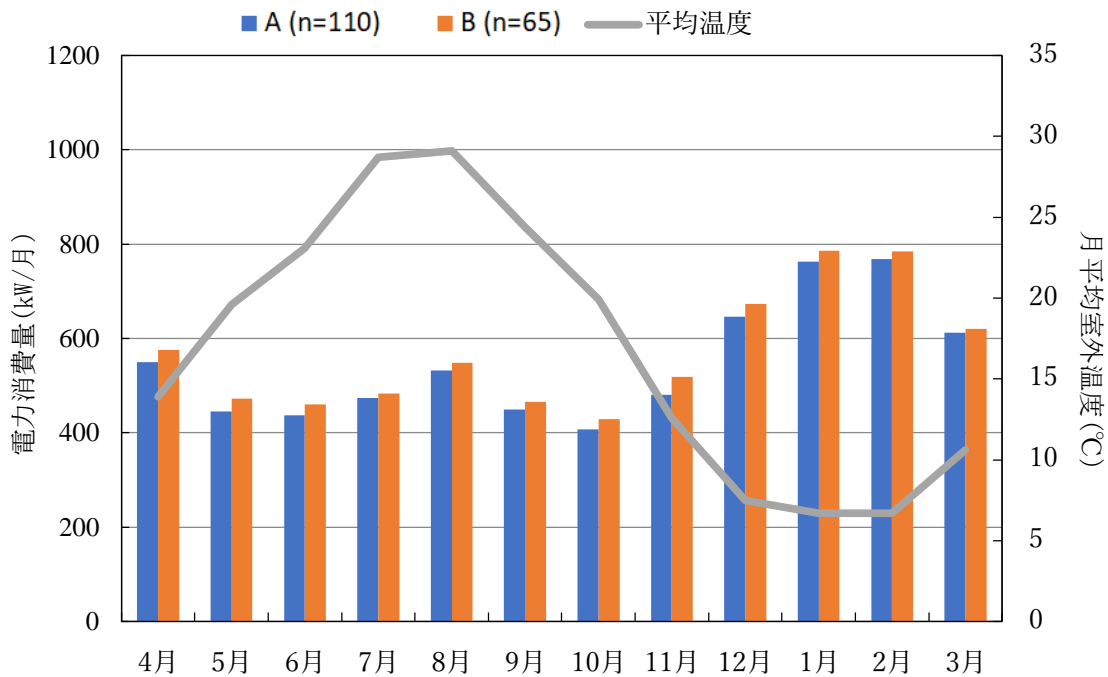


図 3.3-5 2013年月別電力消費量と室外平均温度との関係(AグループとBグループ)

以上の四つの図から下記の内容が分かった。

- 電力消費量は室外の平均温度に大きく関わり、気温が高くなるほど、あるいは低くなるほど、電気消費量が高くなる。

- 一年中、夏と冬の電力消費量が他の季節より多い、冬の電力消費量が一番多い。2010年を除き（室外平均温度が例年より異常に低いため）、集計したほかの3年間、冬の1月～2月の電力消費量がほぼ800kwに達した。また、夏の場合、2010年を除き（室外平均温度が例年より異常に高いため）、集計したほかの3年間、室外平均温度が一番高い8月の電力消費量は多かった。その原因としては、冷暖房設備である「エアコン」の使用だと考えられる。

室外温度が高くなると、冷房に使う電力消費量が多くなる。一方、室外温度が低くなると、暖房に使う電力消費量が多くなる。実際、資源エネルギー庁による「家庭におけるエネルギー消費実態について」の調査<sup>34)</sup>にも、家庭用電力消費量の機器別内訳に関しては、「冷蔵庫」、「照明器具」、「テレビ」と年中使用される機器に次いで、冷暖房機器である「エアコン」の消費量の割合が多いことが示されている。

- データを収集した4年間、7月の室外平均温度は毎年9月より高かったが、月電力消費量は9月とほぼ同じである原因としては、人の体感温度と忍耐力にあると考えられる。

### ③ 日平均電力消費量の集計と比較（2012年）

図 3.3-6 図 3.3-7 には2012年夏と冬にDPが発動した日の日平均電力消費量を示す。

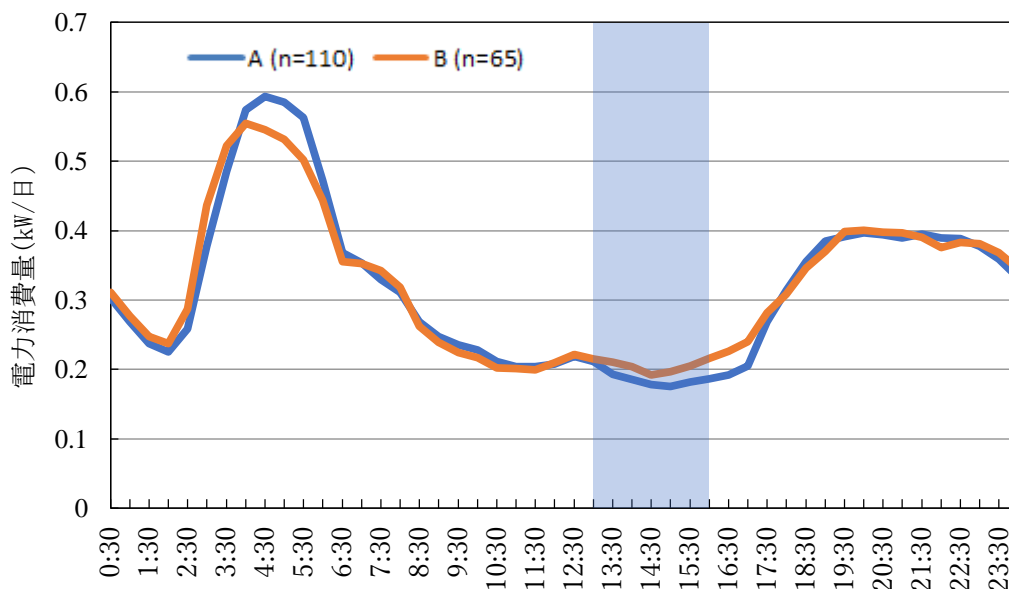


図 3.3-6 2012年夏にDPが発動した日の日平均電力消費量(AグループとBグループ)

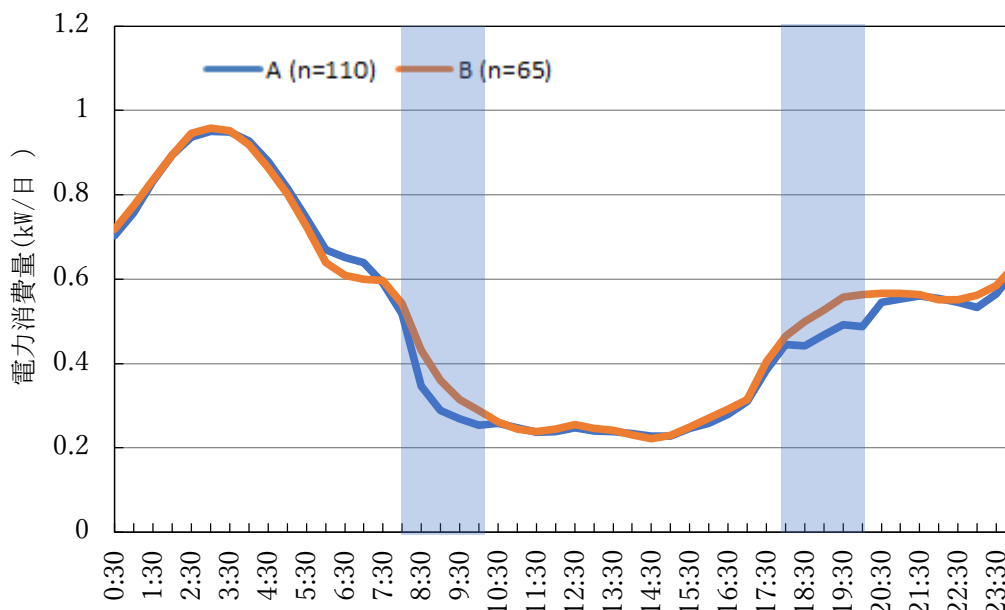


図 3.3-7 2012年冬にDPが発動した日の日平均電力消費量(AグループとBグループ)

以上の二つの図から見ると、青いブロックが表示されたダイナミックプライシングが発動した時間範囲内に、ダイナミックプライシングを実施していないBグループより、ダイナミックプライシングを実施しているAグループの電力消費量が明らかに低くなるのが分かった。また、その以外の時間帯に、両グループの電力消費量がほぼ同じであることが分かった。ダイナミックプライシングの実施がライフスタイルに影響を与えたことが明らかにした。

2グループとも深夜の電力消費量が一日のピークとなっている、その理由として、すべての世帯はエコキュートで夜間の安い電気料金で熱湯を作っているためである。また、4:00~6:00の間グループAはグループBよりも電力消費量が高かった、グループAは夜間の電力消費量が高いとも言える。

### 3.4 住宅及び世帯属性とエネルギー消費の関連性に関する解析

#### 3.4.1 世帯属性因子と電力消費量の関連性に関する分析

本節では、アンケート調査結果と電力消費量データベースを合わせ、住民たちの属性面における幾つかの影響因子と年間電力消費量との関連性をグループ別に分析して、どの影響因子が年間電力消費量に影響を与えるか、またその影響因子が年間電力消費量とはどのような関係があるかを研究することを目的とする。

##### ① 延べ床面積と年間電力平均消費量の関係

2012年ダイナミックプライシングを実施しているAグループと、ダイナミックプライシングを実施していないBグループのそれぞれの五つの範囲内で分けられた延べ床面積と、その範囲内の世帯の平均年間電力消費量との関係を集計した（図 3.4-1）。

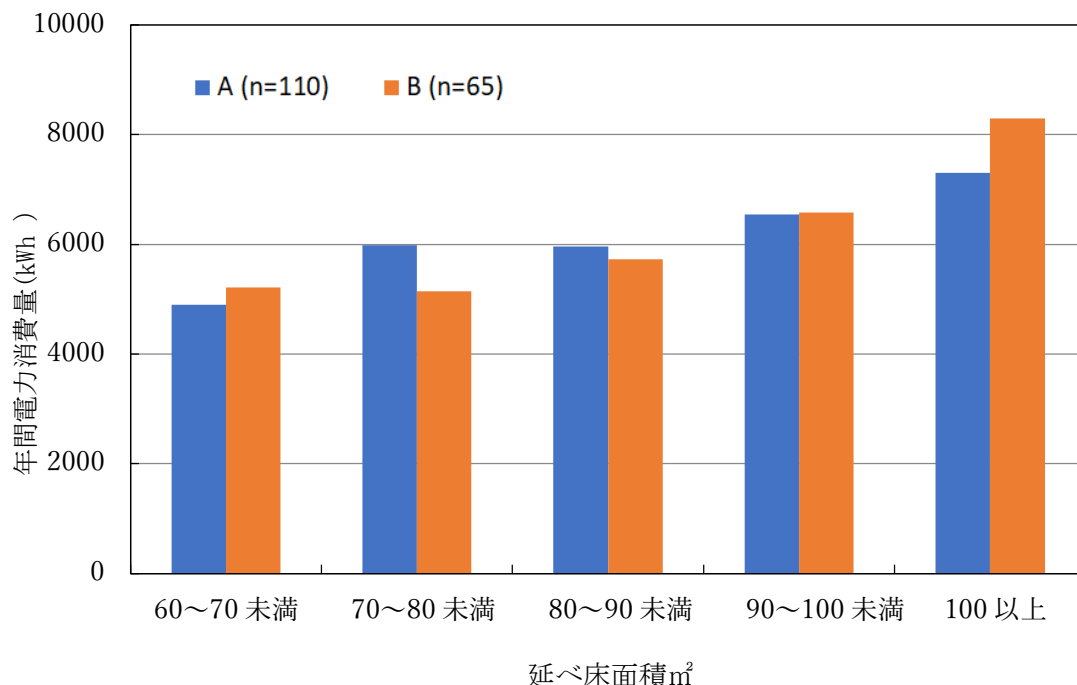


図 3.4-1 2012年AグループとBグループの延べ床面積別の年間電力消費量の比較

結果から見ると、AグループとBグループは同じように、延べ床面積が大きければ大きいほど、年間電力消費量が多くなる傾向がある。延べ床面積70 m<sup>2</sup>を超え90 m<sup>2</sup>未満の住宅においては、トリートメント・グループAの年間電力消費量はコントロール・グループBより高かった。100 m<sup>2</sup>を超えの住宅においては、コントロール・グループBの年間電力消費量はトリートメント・グループAより明らかに高かった。

## ② 世帯人数と年間電力平均消費量の関係（全員分と1人当たり分）

次ぎ、ダイナミックプライシングを実施しているAグループと、ダイナミックプライシングを実施していないBグループのそれぞれの世帯人数と、各世帯人数範囲内の平均年間電力消費量との関係を集計した（図 3.4-2）。

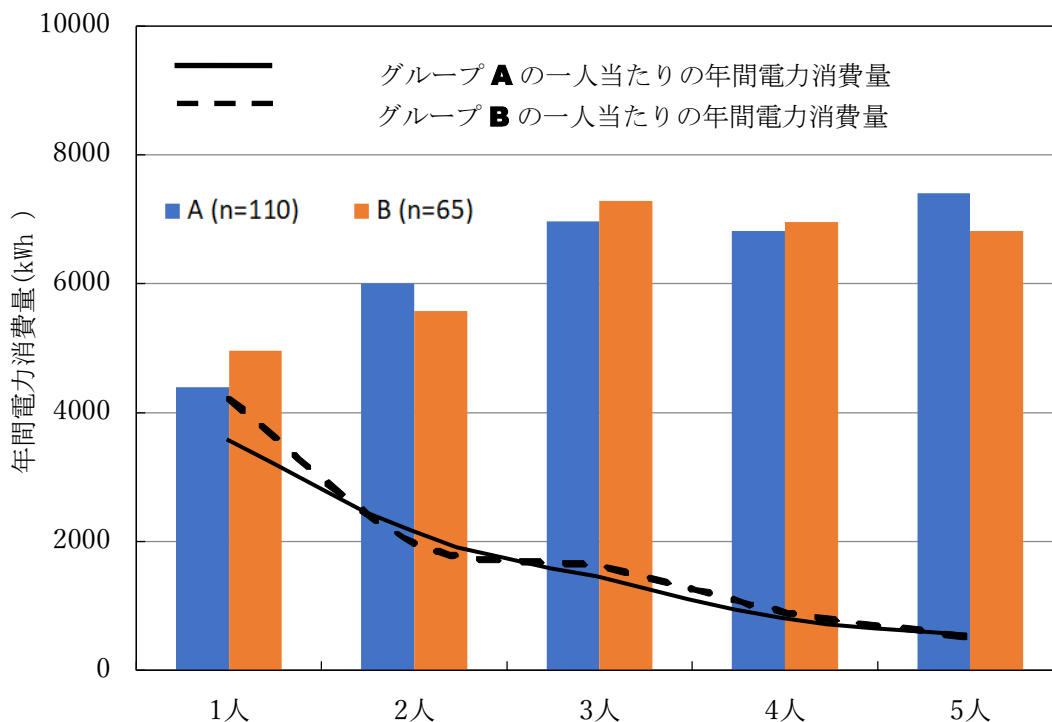


図 3.4-2 2012年 Aグループと Bグループの世帯人数別の年間電力消費量の比較

結果から見ると、

1人世帯から3人世帯まで、人数が多ければ多いほど、年間電力消費量が高くなる傾向がある。

世帯人数が多ければ多いほど、一人当たりの年間電力消費量が低くなる傾向がある。

3人、4人、5人家族の年間電力消費量の差が小さい。

## ③ 家族構成と年間電力消費量の関係

家族構成の年間電力消費量を図 3.4-3 に示した。

2人家族を除き、同じ世帯人数の家族の中、高齢者のいる世帯のほうは年間電力消費量が少ないことがわかった。

2人家族を除き、全ての家族構成には、Aグループと比べBグループの年間電力消費量が多いことがわかった。ダイナミックプライシングはAグループ世帯の電力使用に影響を与えらる。

図 3.4-4 は家族に10代の子供の有無を示す。10代がいる世帯の平均年間電力消費量が多いことが分かった。

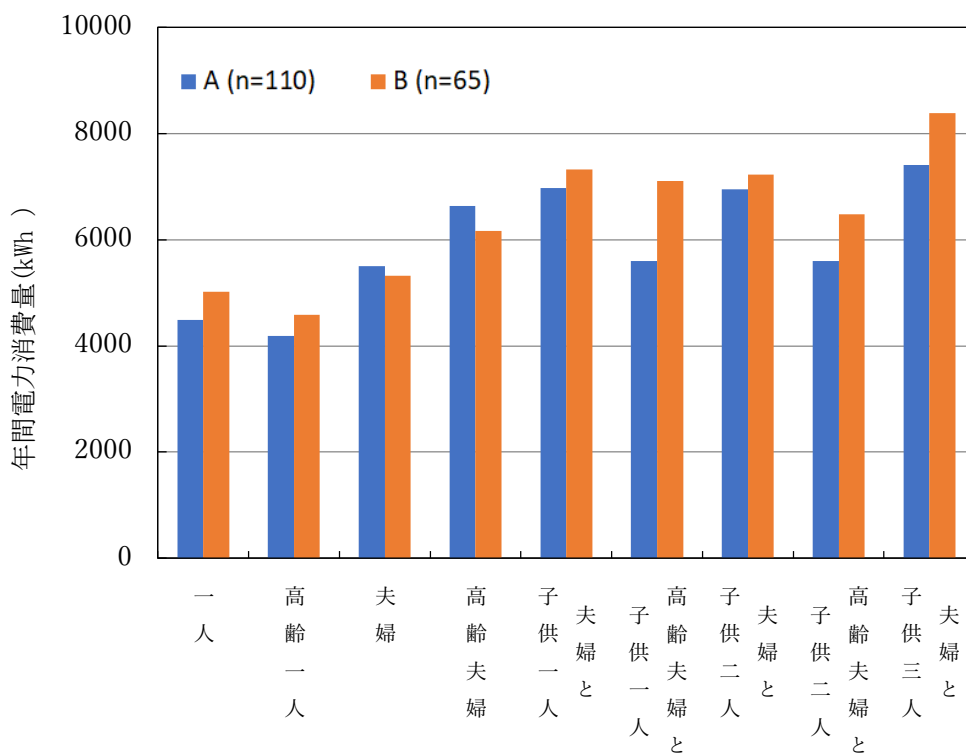


図 3.4-3 2012年 A グループと B グループの家族構成別の年間電力消費量の比較

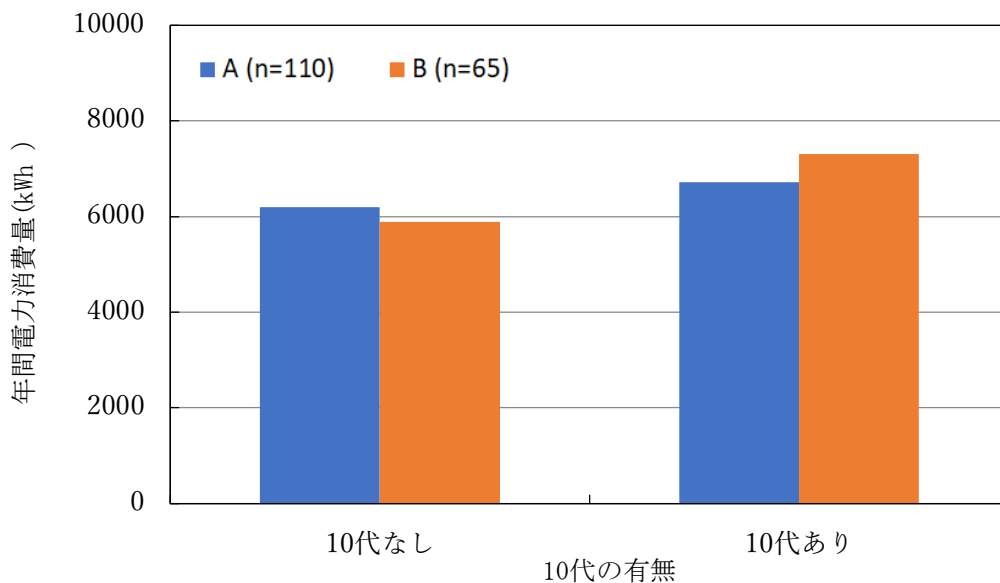


図 3.4-4 2012年 A と B グループの 10 代有無の世帯平均年間電力消費量の比較

④ 社会的属性と年間電力平均消費量の関係（職業、年収）

ダイナミックプライシングを実施している A グループと、ダイナミックプライシングを実施していない B グループの社会的属性の職業、年収と、その世帯の平均年間電力消費量との関係を集計した（図 3.4-5、図 3.4-6）。

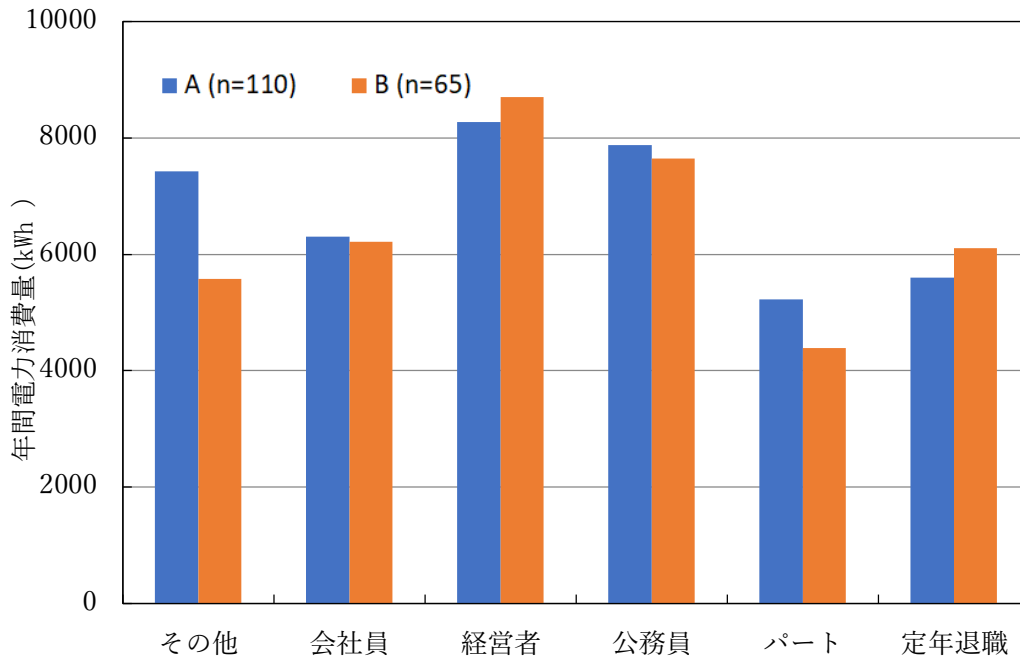


図 3.4-5 A グループと B グループの世帯主職業別の年間電力消費量の比較

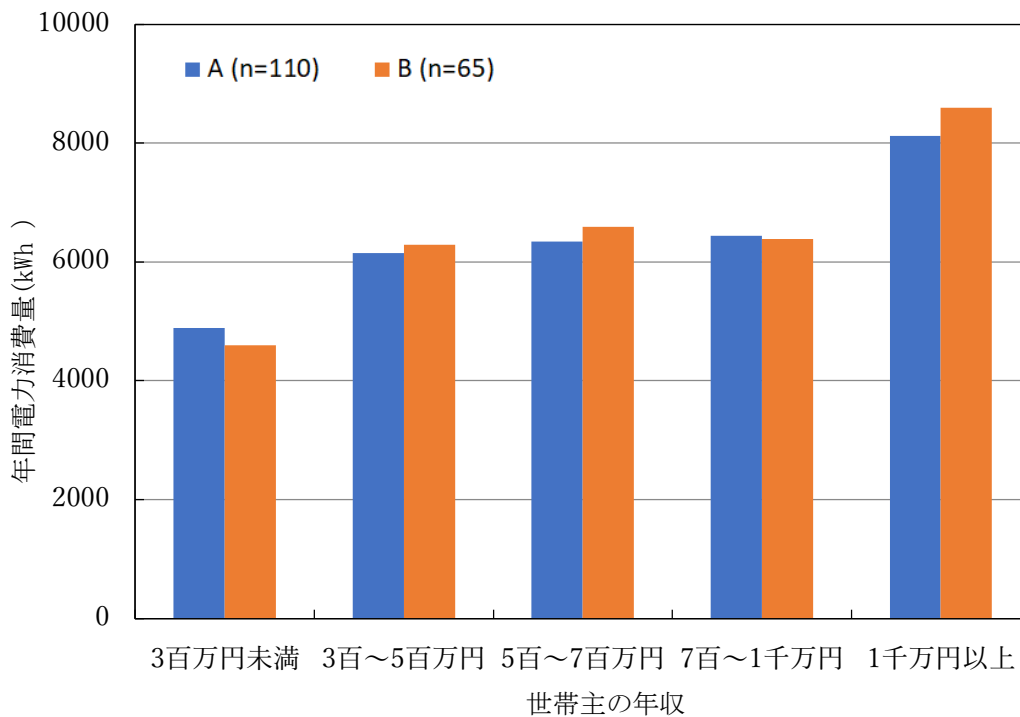


図 3.4-6 A グループと B グループの世帯主年収別の年間電力消費量の比較



結果からみると、世帯主の職業においてはどちらのグループにも、世帯平均電力消費量が一番多いのは「経営者」の世帯であり、続いては「公務員」の世帯平均電力消費量が多いという結果になった。職業割合が最も多い「会社員」の世帯の平均電力消費量が比較的少ないことが分かった。

両グループ世帯主の職業が「そのた」や「パート」の世帯は3つ以下であるため、確率的に偶然性があると考えられる。

世帯主の年収とその世帯平均電力消費量の関係から見ると、AグループとBグループは同じように、世帯主の年収が多ければ多いほど、年間電力消費量が多くなる傾向がある。

⑤ 住宅設備と年間電力平均消費量の関係（エアコン、テレビ、乾燥機、食洗機）

前節では9種類の住宅設備保有台数について集計した。9種類の住宅設備の中で、全ての世帯の保有台数が同じの設備（エコキュート、IH、洗濯機、冷蔵庫）についての分析を省略する。またわずかの世帯（3つ以下）しか持っていない住宅設備に対して、確率的に偶然性があると考えられるため、今回世帯平均年間電力消費量との関係の分析を省略した。

本節は「エアコン」、「テレビ」、「乾燥機」、「食洗機」の4種類の設備に絞って分析する。

図 3.4-7 は DP を実施している A グループと実施していない B グループのエアコン保有台数を示している。各グループにおいて、エアコンの保有台数が多いほど、年間電力消費量が多くなる傾向である。エアコン4台と5台を保有する世帯においては、コントロール・グループ B の平均年間電力消費量がトリートメント・グループ A より高かった。それはデマンドレスポンス発動により、省エネに気を配ったと考えられる。

両グループとも「エアコンの保有台数」が「5台」である世帯は3つ以下であるため、確率的に偶然性があると考えられる。

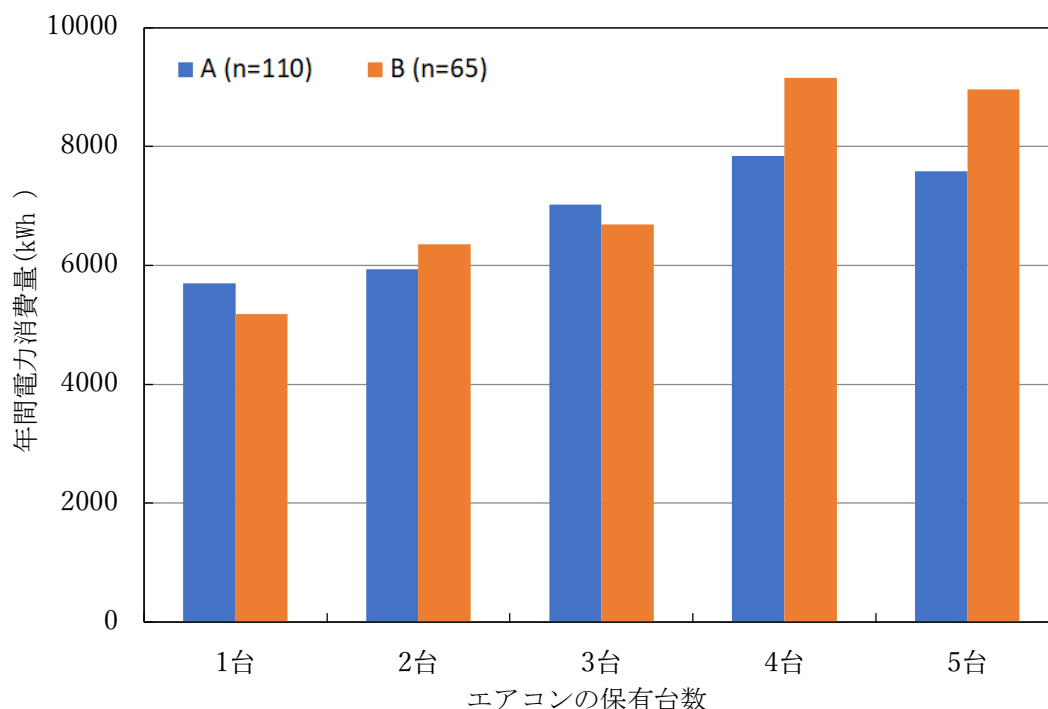


図 3.4-7 A グループと B グループのエアコン保有台数別の年間電力消費量の比較

図 3.4-8 には二つのグループのテレビ保有台数別とその世帯平均電力消費量の関係を示す。コントロール・グループ B には、テレビの保有台数が多いほど、年間電力消費量が多くなる傾向がある。トリートメント・グループ A はその傾向を見られなかった。グループ A のテレビ保有台数が「3台」、「4台」の世帯の平均電力消費量がグル

ープ B より大幅に低かったが、「1 台」、「2 台」の世帯の平均電力消費量がグループ B より多いことが分かった。

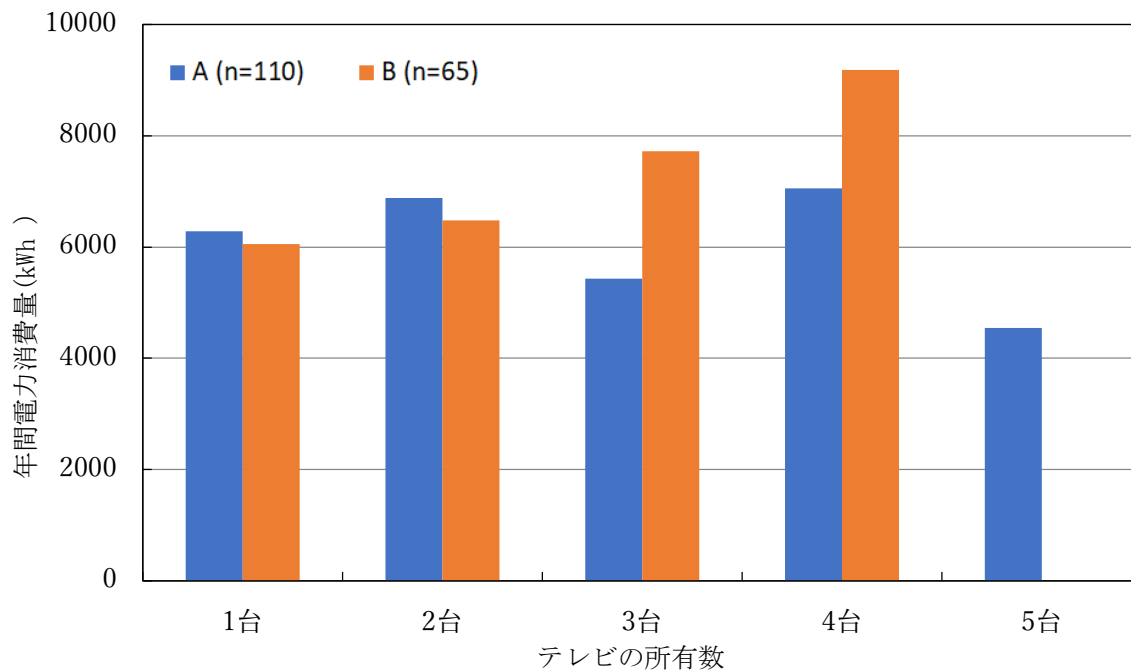


図 3.4-8 A グループと B グループのテレビ保有台数別の年間電力消費量の比較

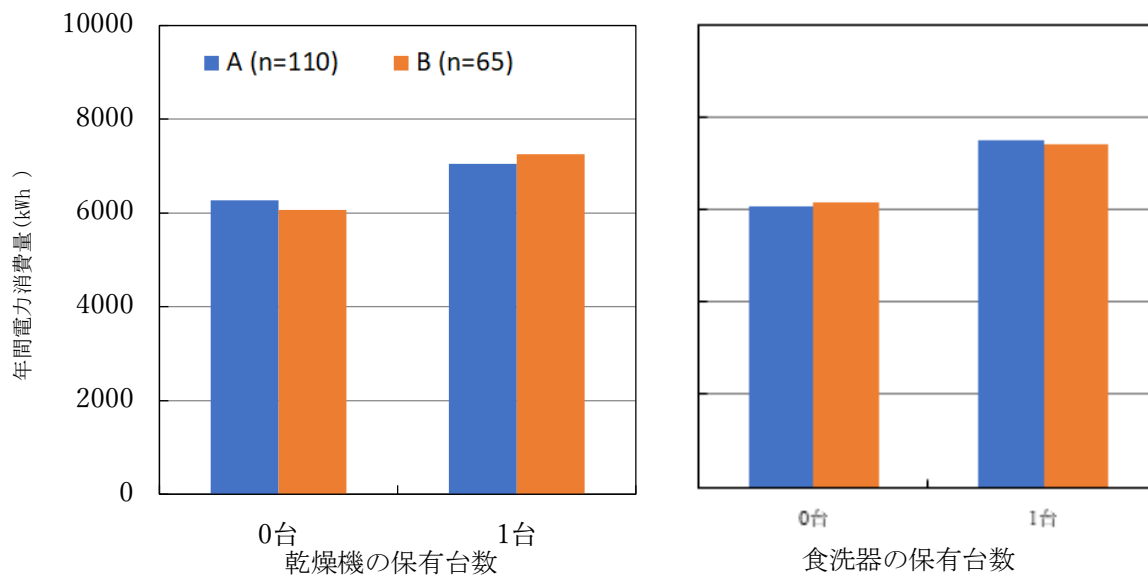


図 3.4-9 グループと B グループの乾燥機と食洗器保有台数別の年間電力消費量の比較

図 3.4-9 に示すように、乾燥機と食洗器とも保有台数が多いほど、年間電力消費量が多くなる傾向がある。

### 3.4.2 ダイナミックプライシングによるエネルギー消費量の影響

前述したように、ダイナミックプライシングの発動時間は夏と冬 2 パターンに分けており、夏の場合は翌日予想最高気温が 30°C 以上のときに、翌日の 13 時～16 時のピークタイムに発動する。冬の場合、翌日の予想最低気温が 5°C 未満のときに、翌日の朝 8 時～10 時と夜の 18 時～20 時の 2 つのピークタイムに発動する。また発動時の料金も 5 つレベルに設定されている。

前節の日平均電力消費量の集計と比較から、ダイナミックプライシングの実施がピーク時ライフスタイルに影響を与えたことが明らかにした。以下は、夏と冬 DP 発動した日数と省エネ効果を分析する。

図 3.4-10 は DP の発動日、レベルと最高温度を示している。2012 年の夏 DP 発動した日は全部で 40 日だった、7 月は 15 日、8 月は 20 日、9 月は 5 日であった。

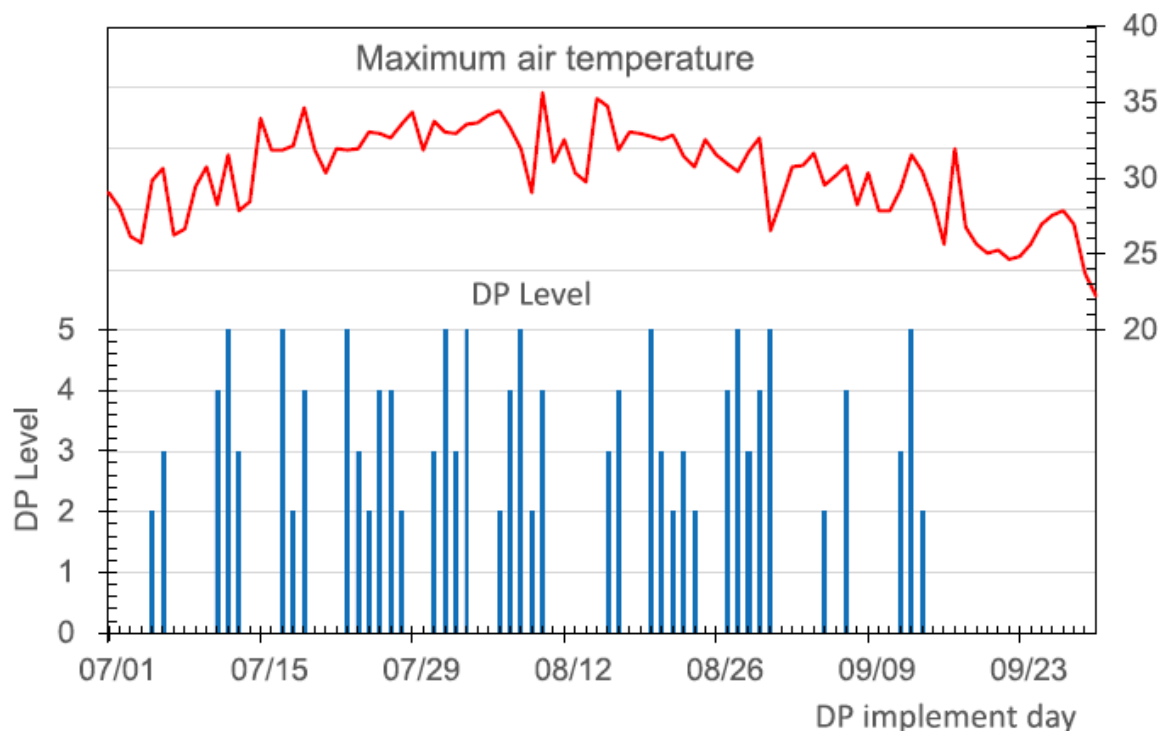


図 3.4-10 2012 年夏 DP 発動時間レベルと最高温度

図 3.4-11 は夏場に DP が発動した 7 月、8 月、9 月の日平均電力を示す。DP 発動した日の平均電力消費量は、トリートメント・グループ A がコントロール・グループ B より、7 月に 11.3%、8 月に 13%、9 月に 0.8%低い。結果からみると、ダイナミックプライシングは夏場に、家庭のエネルギー使用に大きな影響を与えているとも言える。

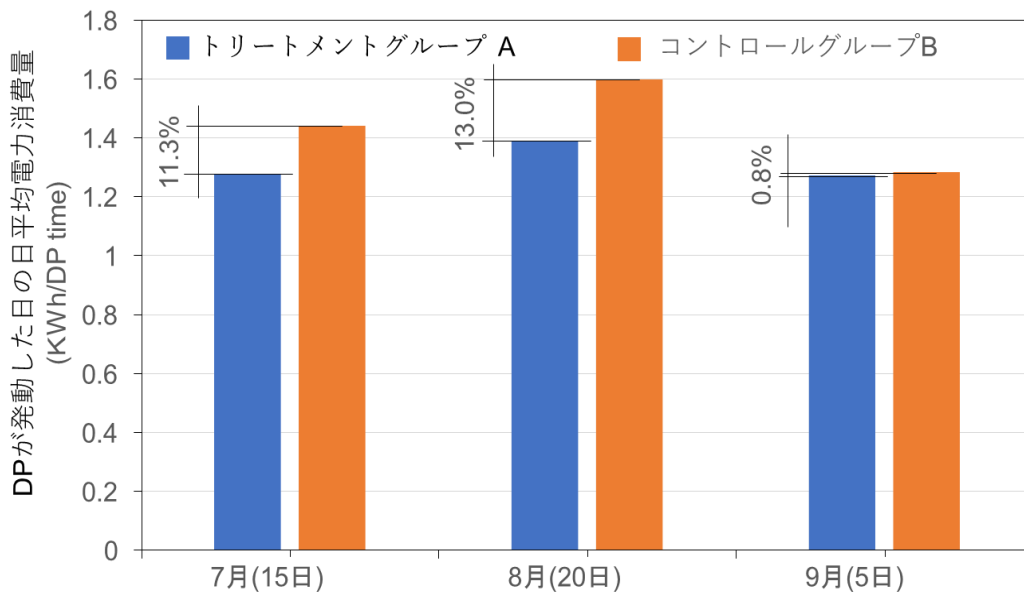


図 3.4-11 2012年夏にDPが発動した日の月平均電力消費量(AグループとBグループ)

図 3.4-12 は冬場 DP 発動日やレベルと最低温度を示している。冬 DP 発動した日は 5 つレベル、全部で 42 日だった、12 月は 13 日、1 月は 17 日、2 月は 12 日であった。

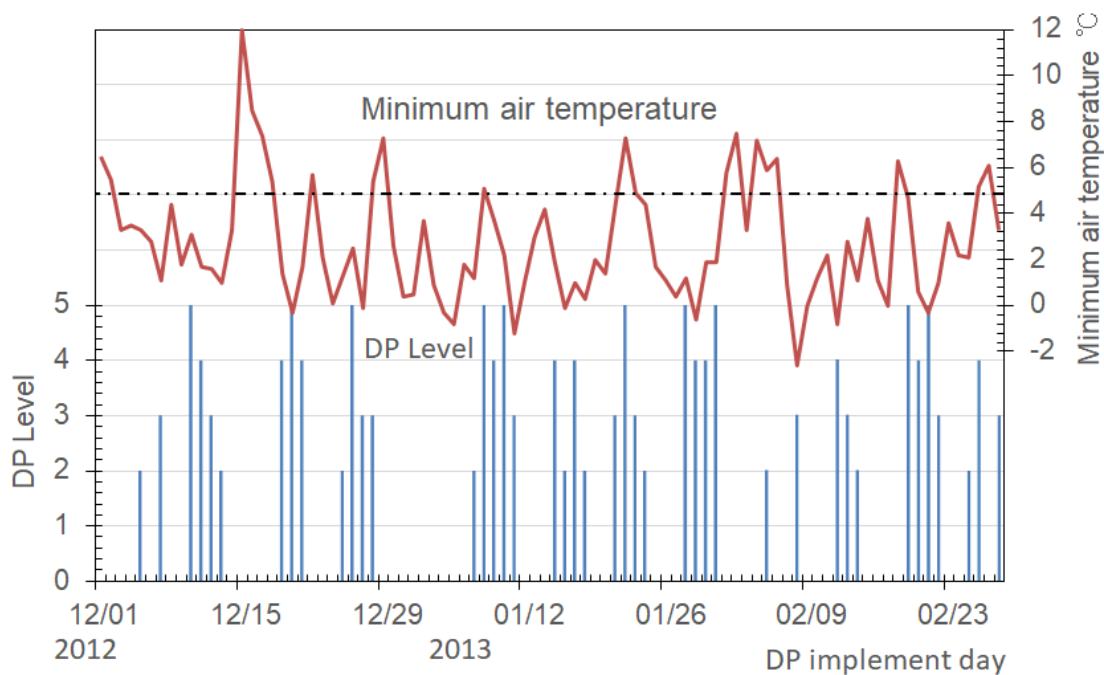


図 3.4-12 2012年冬 DP 発動時間レベルと最低温度

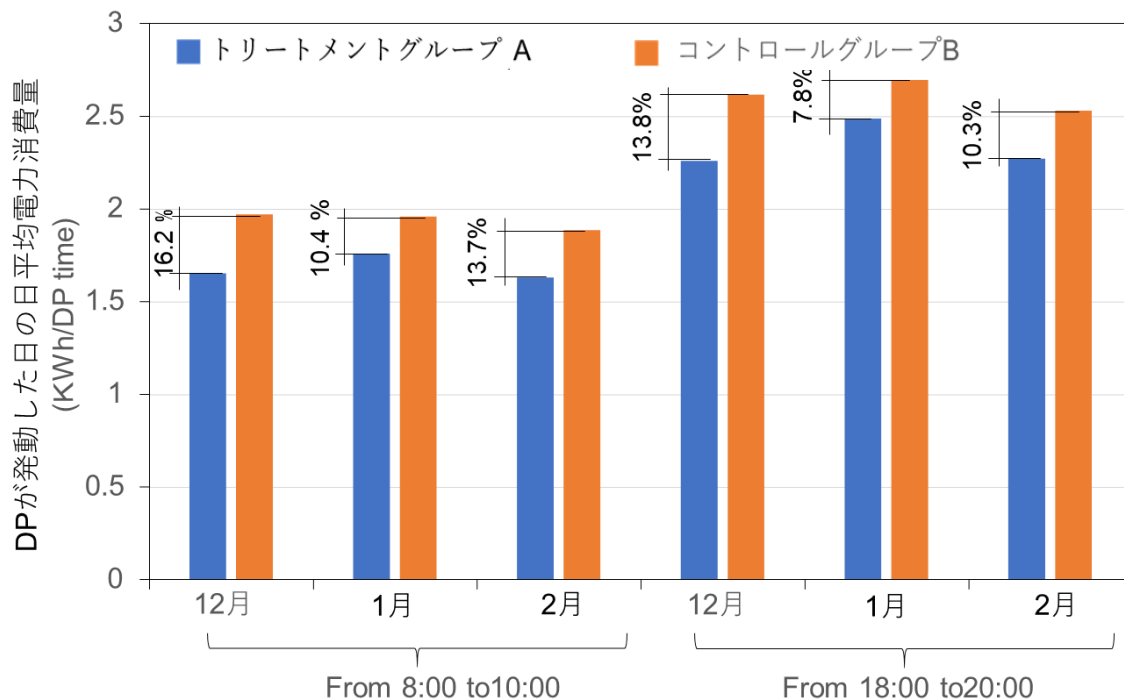


図 3.4-13 2012年冬にDPが発動した日の日平均電力消費量(AグループとBグループ)

図 3.4-13 冬場に DP が発動した 12 月、1 月、2 月の日平均電力を示す。DP 発動した日の平均電力消費量は、トリートメント・グループ A がコントロール・グループ B より、午前 8 : 00 ~ 10 : 00 の間 10.4% ~ 16.2% 低く、午後 18 : 00 ~ 20 : 00 の間は 7.8% ~ 13.8% 低い。結果からみると、冬にもダイナミックプライシングは家庭のエネルギー使用に大きな影響を与えているとも言える。

### 3.4.3 住宅・世帯属性によるクラス分類

これまでの分析により、住宅や世帯属性と世帯平均の年間電力消費量との関係と影響をある程度明らかにしたが、いずれも単変量解析にすぎないため、ここからは単変量解析から多変量解析を用い、その関連性を分析する。

今節では、実証実験に参加するり全ての世帯を各対象（x=部屋番号）とした。また、2012年ダイナミックプライシングを実施しているトリートメント・グループAと、ダイナミックプライシングを実施していないコントロール・グループBを比較するため、別々で階層的クラスター分析を行った。

データの各特徴は表 3.4-1 に示したように、グレード1からグレード6まで、六つのグレードに分けられており、各影響因子をグレードごとに数値に変換され、変数としてしている。要因には家族の人数、床面積、年収、職業、学歴等が含まれる。

表 3.4-1 住宅と世帯属性影響因子によるグレード分類

| 因子        | 単位             | グレード<br>1 | グレード<br>2 | グレード<br>3 | グレード<br>4 | グレード<br>5 | グレード<br>6 |
|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| NO.       | -              | 0         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         |
| 延べ床面積     | m <sup>2</sup> | -         | 60~70     | 70~80     | 80~90     | 90~100    | 100以上     |
| 世帯人数      | 人              | -         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5以上       |
| 世帯主の最終学歴  | -              | そのた       | 中卒        | 高卒        | 大学卒       | 大学院卒      | -         |
| 世帯主の職業    | -              | そのた       | 会社員       | 経営者       | 公務員       | パート       | 無職        |
| 世帯主の年収    | 百万円            | -         | <3        | 3~5       | 5~7       | 7~10      | >10       |
| 住宅設備の保有台数 | -              | 0         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         |
| 10代の有無    | -              | なし        | -         | -         | -         | -         | あり        |
| 60代の有無    | -              | なし        | -         | -         | -         | -         | あり        |

今回階層的クラスタ分析のデータの数が多いため、SPSS で出力した結果を図 3.4-14 のように簡略化した。二つのグループの樹形図を切断して、三つのクラスターができた。グループ A は3つのクラスター (TypeAI~III) を作成できる。グループ B も同じ3つのクラスター (TypeBI~III) に分割できる。

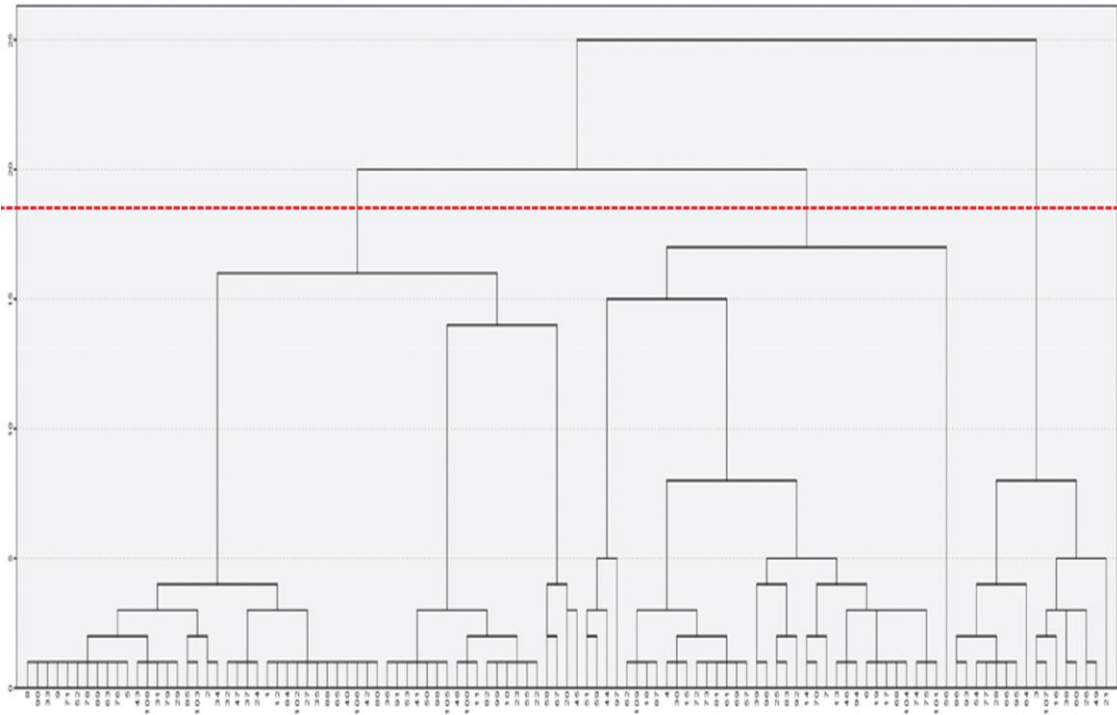


図 3.4-14 階層的クラスタ分析の樹形図(ウォード法、Type A)



図 3.4-15 はグループ A とグループ B の世帯属性のパターンを示す。(AI、BI)、(AII、BII)、(AIII、BIII) は近い構造であることが分かった。

この調査対象の集合住宅の世帯はエアコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機等ほとんどの電化製品を所有し、近似する生活環境を維持していることが分かる。

パターン (AI、BI) では、60 歳以上で引退した高齢者が多く、「高齢型」タイプと呼ぶことができる。これらのパターンの年収は他のパターンより低かった。床面積については、パターン AI で約 90~100 m<sup>2</sup>、タイプ BI で 70~80 m<sup>2</sup> だった。

パターン (AII、BII) では、世帯人数、床面積、年収が高い値を示している。それらの世帯は 3 台以上のエアコンを持っていた。このタイプの家族は「高指数型」パターンと呼ぶことができる。家族構成の中 10 代がいる要因について、パターン AII はタイプ BII より多かった。

パターン (AIII、BIII) では、床面積は「高指数型」より小さく、ほかのようにも比較的中間値に位置するため、「中間指数型」パターンと呼ぶことができる。

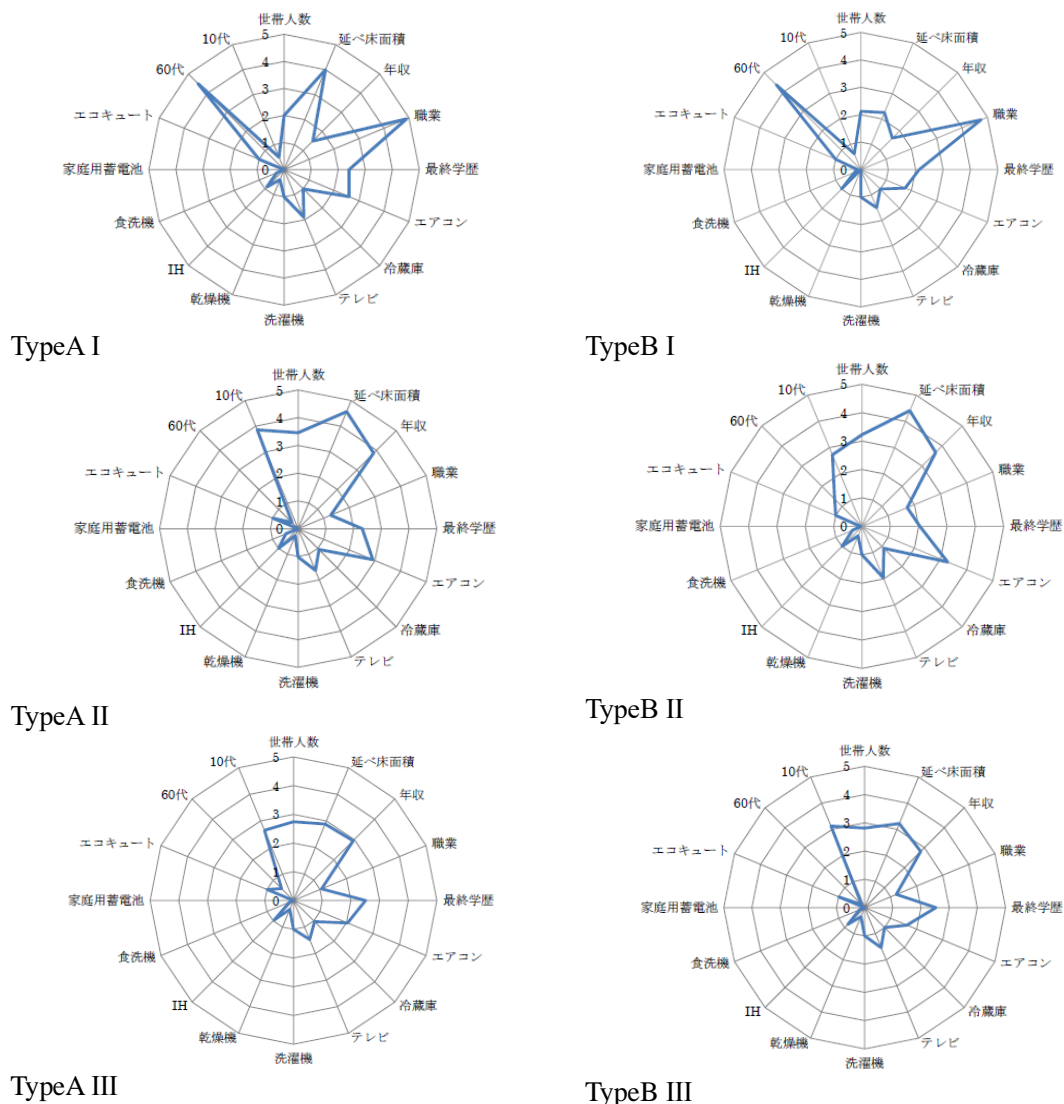


図 3.4-15 世帯属性のクラスター分析

各パターンの割合は図 3.4-16 に示すように、「中間指数型」パターンが最も多く、「高齢型」が最も少ないことが分かった。

トリートメント・グループ A は「高指数型」の比例 44% があり、コントロール・グループ B より 9% 高いことが分かった。

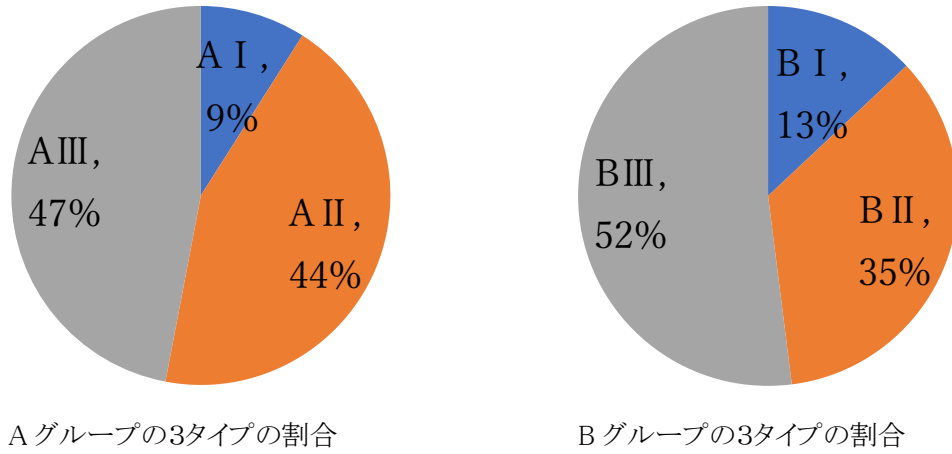


図 3.4-16 各グループ 3 パターンの割合

グループ A とグループ B のそれぞれの世帯属性・パターンの年間電力消費量の区間と平均年間電力消費量を図 3.4-17 に示した。

「高指数型」パターンの年間電力消費量は他のパターンより多かった。

「高指数型」の平均年間電力消費量において、トリートメント・グループ A がコントロール・グループ B より 14.3%低かった。「中間指数型」について比較しても 1.7%低かった。これはダイナミックプライシングシステムによる影響だと考えられる。

「高齢者」タイプは、家に住む人が少ないため、他のタイプよりも消費電力が少ないですが、トリートメント・グループ A (A<sub>I</sub>) がコントロール・グループ B (B<sub>I</sub>) より 9.8%高い。理由はパターン A<sub>I</sub>の床面積はパターン B<sub>I</sub>より大きく、「高齢者」パターンの世帯はダイナミックプライシングに対し応答しなかったと考える。言い換えれば、デマンドレスポンス実証は「高齢者」タイプのライフスタイルに与える影響が低かったと考えられる。

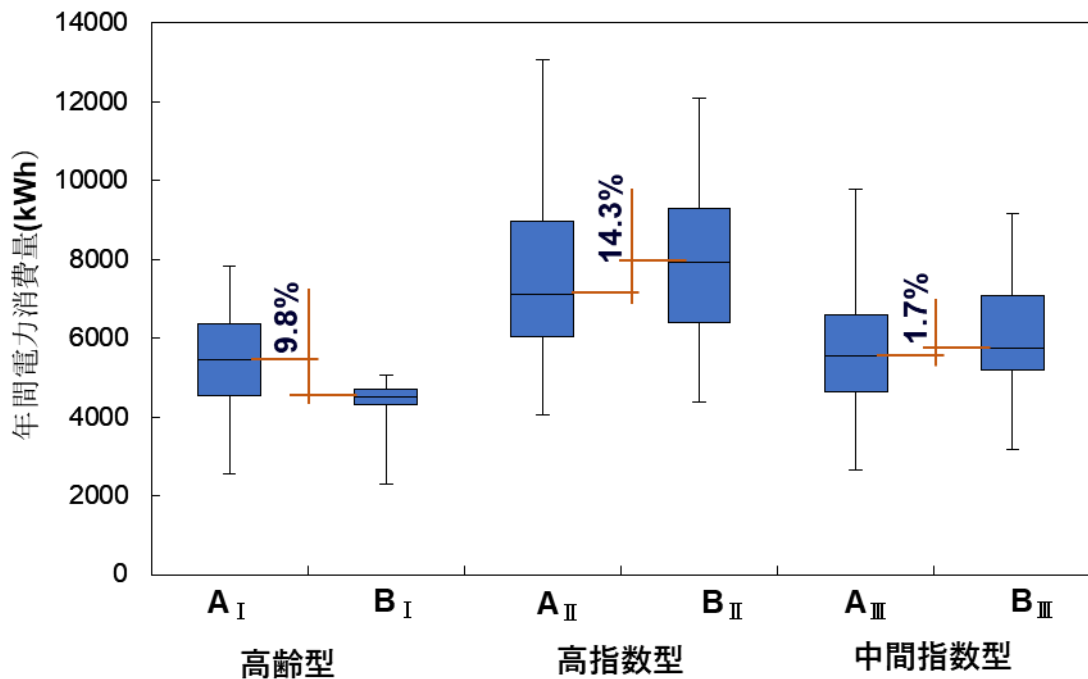


図 3.4-17 世帯属性・タイプ別平均年間電力消費量

### 3.5 結論

この研究では、北九州東田スマートコミュニティにある集合住宅の住民を対象に、デマンドプライシング実施時電力消費量と世帯属性の関係に注目した。トリートメント・グループ A (110 世帯) とコントロール・グループ B (65 世帯) の 2 つグループに分かれて検証した。結果は以下にまとめた。

- 1) デマンドレスポンス実証に参加した A グループ、とデマンドレスポンス実証に参加しなかった B グループの各属性情報について、大きな差がないことがわかった。調査対象の世帯では、2 人以上の世帯が 86% 以上を占めた。世帯主の最終学歴は大卒者が最も多く、全体の 40% を占め、続いては高卒者である。世帯主の職業は会社員が圧倒的に多い (75%)。世帯主の年収が 500 万円以上の世帯が 69% を占め、日本平均年収 (468 万円) より多い。
- 2) 全ての世帯が EcoCute を保有し、ほとんどの世帯が IH を保有している。さらに、一部の世帯は冷蔵庫 2~3 台 (約 4%) と 2~5 台テレビ (約 50%) を保有している。A グループの 84% の世帯が 2 台以上のエアコンを保有している。
- 3) スマートメーターから収集したエネルギー消費量の分析により、年間電力消費量において、デマンドレスポンス実証に参加した A グループが参加しなかった B グループより電力消費量は低かった。日平均電力消費量から見ると、ダイナミックプライシングが発動した時間範囲内に、B グループより A グループの電力消費量が明らかに低く、またその以外の時間帯に、A グループと B グループの電力消費量がほぼ同じであることから、ダイナミックプライシングを実施することは住民たちの電気設備使用に影響を与えることが明らかにした。
- 4) 2012 年夏場の DP 発動した 7 月、8 月、9 月の日平均消費電力において、トリートメント・グループ A がコントロール・グループ B より、7 月に 11.3%、8 月に 13%、9 月に 0.8% 低い。冬場の DP 発動した 12 月、1 月、2 月の日平均消費電力トリートメント・グループ A がコントロール・グループ B より、午前 8:00~10:00 の間 10.4%~16.2% 低く、午後 18:00~20:00 の間は 7.8%~13.8% 低い。ダイナミックプライシングは家庭のエネルギー使用に大きな影響を与えていることが分かった。
- 5) 家庭属性因子と年間電力消費量との関連性を単変量解析により、延べ床面積、世帯人数、家族年齢(子供の有無)、世帯主の年収、また住宅設備(「エアコン」、「テレビ」、「乾燥機」、「食洗機」)の保有台数は年間電力消費量と一定の関係を持つことが分かった。家族が多いほど、年間電力消費量が高い、一人当たりの消費量が低い。年収

高いほど、年間電力消費量が高い。エアコン台数が多ければ、電力消費量が高い。

- 6) 階層的クラスター分析により、各属性・パターンの世帯の特徴が明らかにした。また、ダイナミックプライシング実施の有無は実際の年間電力消費量には影響を与えるが、「高齢型」ライフスタイル・パターンには影響を与えないことが分かった。今後省エネ事業などへの新たな取り組みとして、高齢世帯とエネルギー消費量との関連性を念頭に入れる必要があると考えられる。

**【参考文献】**

- 3-1) 技術研究組合北九州スマートコミュニティ推進機構『北九州スマートコミュニティ創造事業の概要資料』(H25. 10. 1)
- 3-2) 国税庁「平成 24 年分民間給与実態統計調査結果について」
- 3-3) 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jp/yoho/>
- 3-4) 資源エネルギー庁: 平成 22 年度省エネルギー政策分析調査事業「家庭におけるエネルギー消費実態について」, 2011. 2

## 第4章

# スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の 電力消費実態及び影響要因

# 目次

|       |  |      |
|-------|--|------|
| 4     | スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の電力消費実態及び影響要因 ..... | 4-1  |
| 4.1   | 全電化集合住宅の実測調査 .....                       | 4-2  |
| 4.1.1 | 調査目的 .....                               | 4-2  |
| 4.1.2 | 実測調査対象と概要 .....                          | 4-2  |
| 4.1.3 | 実測方法 .....                               | 4-4  |
| 4.1.4 | 実測結果 .....                               | 4-6  |
| 4.1.5 | 実測結果のまとめ .....                           | 4-49 |
| 4.2   | 電力消費パターンによる世帯分類 .....                    | 4-51 |
| 4.2.1 | クラスター分析の概要 .....                         | 4-51 |
| 4.2.2 | 実測期間別の実測世帯におけるクラスター分析 .....              | 4-51 |
| 4.2.3 | 全実測期間の実測世帯におけるクラスター分析 .....              | 4-58 |
| 4.3   | 電力消費量に及ぼす影響要因の分析 .....                   | 4-61 |
| 4.3.1 | 世帯属性と電力消費量の関係 .....                      | 4-61 |
| 4.3.2 | 季節による電力消費量の変化 .....                      | 4-65 |
| 4.3.3 | 各用途の消費電力が住宅総電力消費に与える影響 .....             | 4-70 |
| 4.3.4 | 在宅率の検討 ・ 在宅率による電力消費 .....                | 4-76 |
| 4.4   | 結論 .....                                 | 4-84 |
|       | <b>【参考文献】</b> .....                      | 4-85 |



## 4 スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の電力消費実態及び影響要因

本章では、北九州市八幡東区に所在する全電化集合住宅 13 世帯を対象として、2015 年から 8 月 5 日から 2016 年 2 月 1 日まで、夏期、中間期、冬期に分けて、世帯における電力消費量の実測調査を行う。この実測調査によって得られた測定データに基づき、各世帯の電力消費の特徴を明らかにし、世帯属性・季節・各用途の電力消費・在宅率が世帯における電力消費量に与える影響についての分析を行う。そして、今後も増加すると予測される全電化住宅のエネルギー消費量に関するデータベース構築し、世帯電力消費量の影響因子を明らかにすることを目的とする。

## 4.1 全電化集合住宅の実測調査

### 4.1.1 調査目的

家庭部門におけるエネルギー消費量を削減するためには、家庭におけるエネルギーの使い方、ピークの時間帯といった現状を把握しなければならない。安全性や快適性といった観点から、全電化住宅の普及が急速に進んでいる現在において、全電化住宅では、どの時間帯にどの用途の電力が消費されているかを詳細に実測調査することが必要である。そこで本研究は、北九州市八幡東区東田地区に所在する全電化集合住宅の13世帯を対象に電力消費量の実測調査を行った。

### 4.1.2 実測調査対象と概要

実測調査を行った集合住宅は北九州スマートコミュニティ創造事業の一環としてCO2排出量の30%削減めざして「環境共生」をテーマに建築された集合住宅である。特徴としては、次世代省エネ基準対応、Low-E 複層ガラス採用、高断熱の外壁、太陽光発電を設置、オール電化などが挙げられる。

集合住宅の概要を表 4.1-1 に示す。図 4.1-1 に示したように集合住宅はI 街区とII 街区の2 つから構成されており、それぞれ 14 階建 79 戸、13 階建 139 戸である。また、構造は RC 構造である。

表 4.1-1 集合住宅概要

|       |       |                        |
|-------|-------|------------------------|
| 敷地面積  |       | 7386.86 m <sup>2</sup> |
| 構造    |       | RC 構造                  |
| 階数・戸数 | I 街区  | 14 階・79 戸              |
|       | II 街区 | 13 階・139 戸             |



図 4.1-1 対象の集合住宅の外観

前章では、本集合住宅の170世帯の2012年夏から2013年冬にかけ「ダイナミックプライシング実証実験」に参加した年間エネルギー消費量を得られた。さらに、どの時間帯、どの用途の電力が消費されているか、より詳細な実測調査を行うため、13世帯の協力を得ることができた。この実測調査を行った世帯をそれぞれA~M世帯とし、各世帯の概要を表4.1-2に示す。居住人数をみると、A世帯とL世帯が2人と最も少なく、E世帯が6人であり最も多い事が分かる。その他の世帯は3~4人の世帯であり、全世界帯を平均すると3.5人/世帯であった。K世帯とL世帯の世帯主は60代であり、高齢者世帯である。設備機器の項目をみると、全ての世帯でエコキュートを利用して給湯を行っており、B世帯とI世帯はエアコンの所有台数が4台であり、他の世帯と比較すると特に多いことが分かる。

表 4.1-2 実測対象世帯の概要

| 部屋番号    | A世帯     | B世帯       | C世帯     | D世帯     | E世帯     | F世帯     | G世帯     | H世帯     | I世帯       | J世帯     | K世帯   | L世帯       | M世帯     |   |
|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-------|-----------|---------|---|
| 部屋数     | 3       | 4         | 4       | 4       | 3       | 3       | 4       | 4       | 4         | 4       | 3     | 3         | 4       |   |
| 延べ床面積   | 75.26   | 98.98     | 104.78  | 98.98   | 80.46   | 83.12   | 87.98   | 86.68   | 107.77    | 98.98   | 80.17 | 83.46     | 98.98   |   |
| 方向      | s       | sw        | sse     | sw      | sse     | sse     | sse     | sse     | sse       | sw      | s     | s         | sw      |   |
| 階数      | 8       | 2         | 4       | 10      | 2       | 4       | 4       | 4       | 5         | 11      | 2     | 3         | 1       |   |
| 世帯主の職業  | 会社員     | 経営者       | 会社員     | 会社員     | 会社員     | 会社員     | 会社員     | 公務員     | 会社員       | 会社員     | 無職    | 会社員       | 公務員     |   |
| 年収(万円)  | 300-500 | 700-1,000 | 500-700 | 500-700 | 500-700 | 500-700 | 300-500 | 500-700 | 700-1,000 | 500-700 | -300  | 700-1,000 | 500-700 |   |
| 居住人数(人) | 2       | 3         | 4       | 4       | 6       | 3       | 4       | 3       | 4         | 4       | 3     | 2         | 3       |   |
| 大人      | 男性      | 1         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1       | 1     | 1         | 1       |   |
|         | 女性      | 1         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1       | 2     | 1         | 1       |   |
| 子ども     | 男性      |           |         |         | 2       |         |         | 1       | 1         | 2       |       |           | 1       |   |
|         | 女性      |           | 1       | 2       |         | 4       | 1       | 1       |           | 2       |       |           |         |   |
| 設備機器(台) | エアコン    | 1         | 4       | 2       | 2       | 2       | 2       | 3       | 2         | 4       | 2     | 1         | 3       | 2 |
|         | 冷蔵庫     | 1         | 1       | 1       | 1       | 2       | 1       | 1       | 1         | 1       | 1     | 1         | 1       | 1 |
|         | テレビ     | 1         | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 1       | 1         | 1       | 1     | 1         | 1       | 2 |
|         | 洗濯機     | 1         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1       | 1     | 1         | 1       | 1 |
|         | 乾燥機     | 1         | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1         | 1       | 0     | 0         | 0       | 1 |
|         | IH      | 1         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1       | 1     | 1         | 1       | 1 |
|         | 食洗機     | 0         | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1         | 1       | 0     | 0         | 0       | 0 |
|         | エコキュート  | 1         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1       | 1     | 1         | 1       | 1 |

### 4.1.3 実測方法

世帯のエネルギー消費量測定のため、エネルギー計測システムを各世帯の分電盤に取り付け、各設備機器のエネルギー消費量の電力消費量を1分毎に積算電力量(kWh)を測定し、記録した。図 4.1-2 に示すエネルギー計測システムを2台用いて、2つの世帯を同時に実測した。実測期間は、1つの世帯を6日間とし、毎週火曜日にエネルギー計測システムの設置、撤去を行ったため、火曜日のデータを削除している。2015年8月5日（A世帯、B世帯）から、2016年2月1日（C世帯、L世帯）までの期間で実測調査を行った。なお、調査期間は夏期、中間期、冬期というように季節によって分類して実測調査に取り組んだ。測定項目は表 4.1-3 に示す。対象世帯それぞれの実測した期間とその期間の平均気温(4-1)を

表 4.1-4 と図 4.1-3～図 4.1-5 に示す。



図 4.1-2 エネルギー計測システム設置状況

表 4.1-3 測定項目

|      |              |
|------|--------------|
| 測定項目 | 照明           |
|      | エアコン         |
|      | エコキュート       |
|      | 冷蔵庫コンセント     |
|      | I Hクッキングヒーター |
|      | 台所用コンセント     |
|      | リビングコンセント    |
|      | トイレ用コンセント    |
|      | 洗濯機用コンセント    |
|      | 浴室乾燥機        |

表 4.1-4 世帯別実測期間と平均気温

| 部屋番号         |     | A世帯       | B世帯      | C世帯       | D世帯       | E世帯         | F世帯        | G世帯         | H世帯         | I世帯         | J世帯         | K世帯         | L世帯        | M世帯         |
|--------------|-----|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 実測期間         | 夏期  | 8/5-8/10  | 8/5-8/10 | 8/12-8/17 | 8/12-8/17 | 8/25-8/30   | 8/25-8/30  | 9/3-9/8     | 9/3-9/8     |             |             |             |            |             |
|              | 中間期 |           |          | 12/2-12/7 | 11/4-11/9 | 11/25-11/30 | 12/9-12/14 | 11/11-11/16 | 11/11-11/16 | 10/21-10/26 | 11/4-11/9   | 11/25-11/30 | 12/9-12/14 | 10/21-10/26 |
|              | 冬期  | 1/20-1/25 | 1/6-1/11 | 1/27-2/1  | 1/6-1/11  | 1/13-1/18   |            | 1/13-1/18   | 1/20-1/25   | 12/16-12/21 | 12/23-12/30 |             | 1/27-2/1   | 12/23-12/28 |
| 実測期間平均気温(°C) | 夏期  | 29.6      | 29.6     | 26.3      | 26.3      | 24.3        | 24.3       | 23.6        | 23.6        |             |             |             |            |             |
|              | 中間期 |           |          | 10.5      | 18.3      | 10          | 11.9       | 17          | 17          | 18.6        | 18.3        | 10          | 11.9       | 18.6        |
|              | 冬期  | 2         | 7.5      | 8.4       | 7.5       | 6.2         |            | 6.2         | 2           | 7.8         | 6.8         |             | 8.4        | 6.8         |

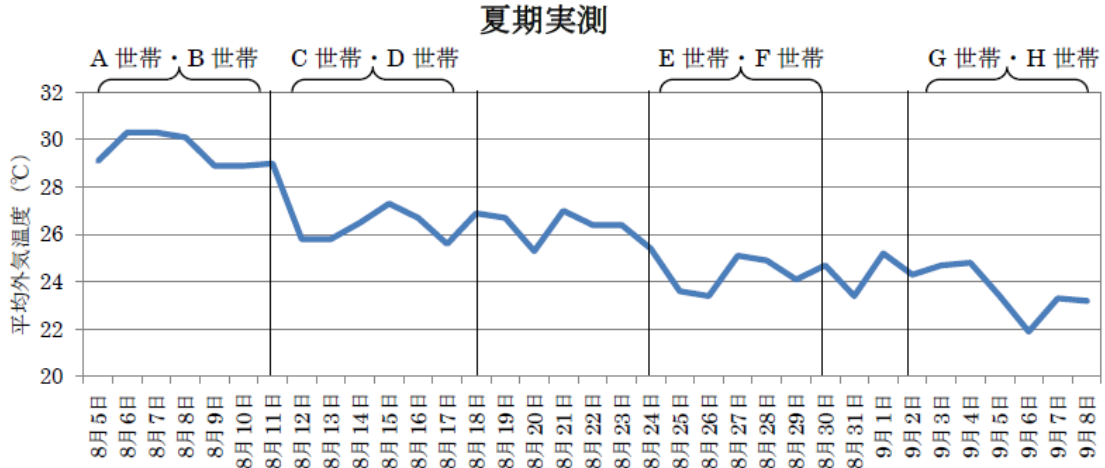


図 4.1-3 夏期実測期間の外気温変動

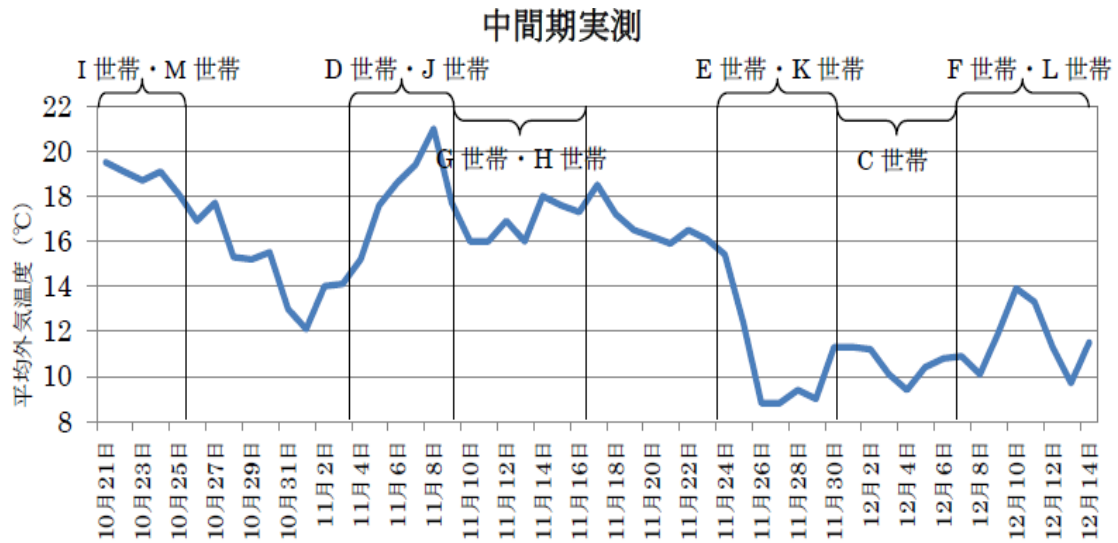


図 4.1-4 中間期実測期間の外気温変動

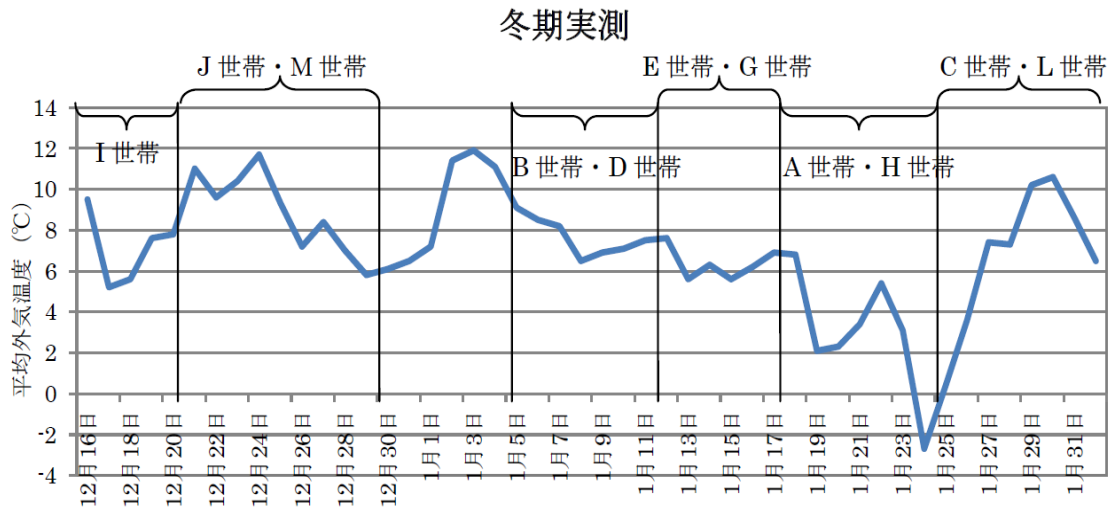


図 4.1-5 冬期実測期間の外気温変動

4.1.4 実測結果

● A 世帯

A 世帯は、夏期（8月5日から8月10日）と冬期（1月20日から1月25日）の2つ期間で実測調査を実施した。図4.1-6に用途別に分類した日電力消費量を示す。冬期エコキュートの電気消費量は夏期より大きい。また図4.1-5に示すように、他の世帯の実測期間と比較すると、夏期実測では外気温が高く、冬期実測では外気温が低い期間での実測調査となった。A世帯においては、冬期実測期間の電力消費量が高く、特に1月24日は平均外気温が0°Cを下回っており、浴室乾燥機の電力消費量が高いことから、最も電力消費量が高い日になっている。

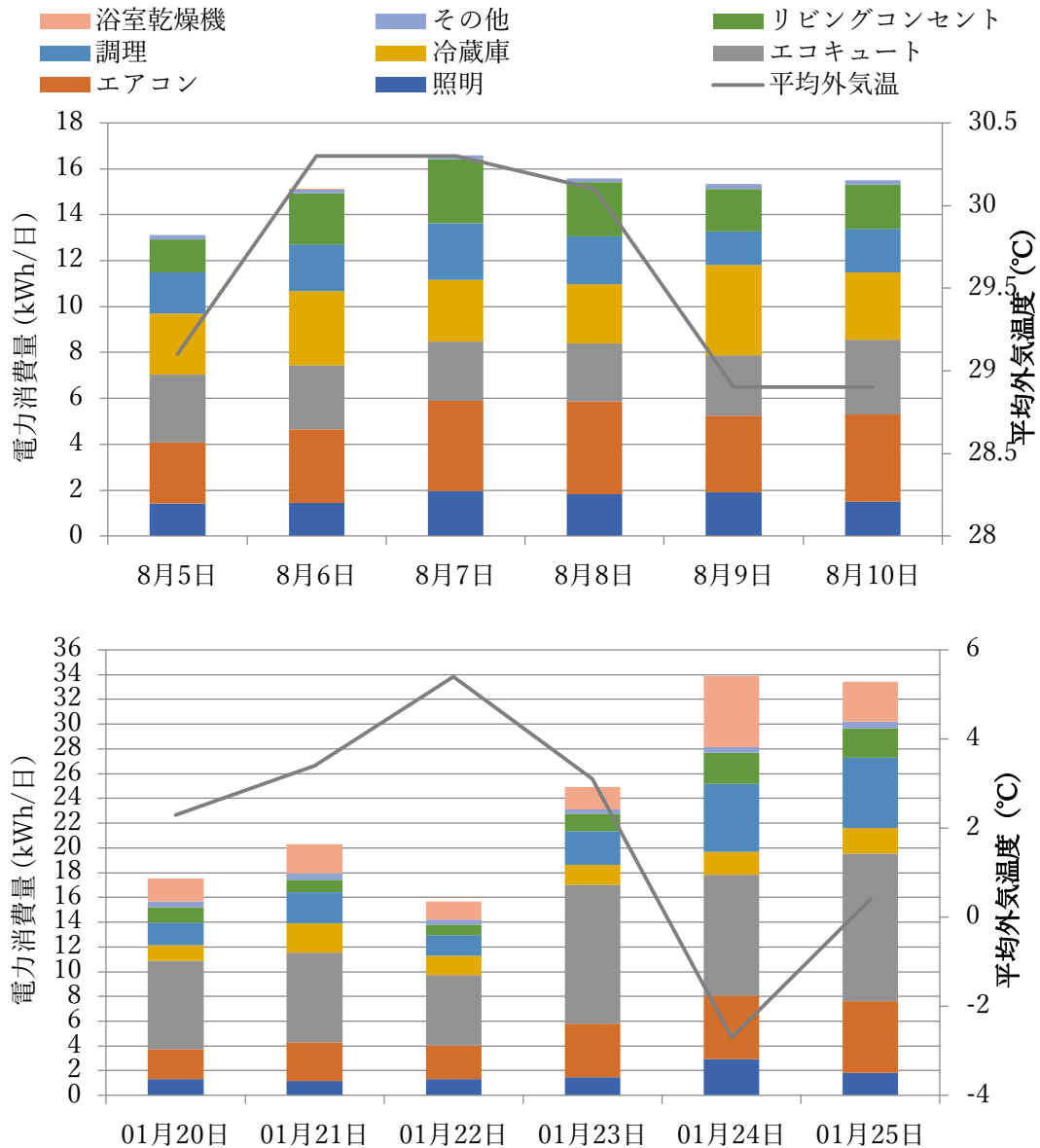


図 4.1-6 A 世帯日電力消費量実測結果

A 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-7 に示す。ほとんどの時間帯においてエアコン稼働させており、在宅する時間帯が長い世帯であると推測できる。エコキュートは深夜から早朝まで運転し、熱湯を作っている。

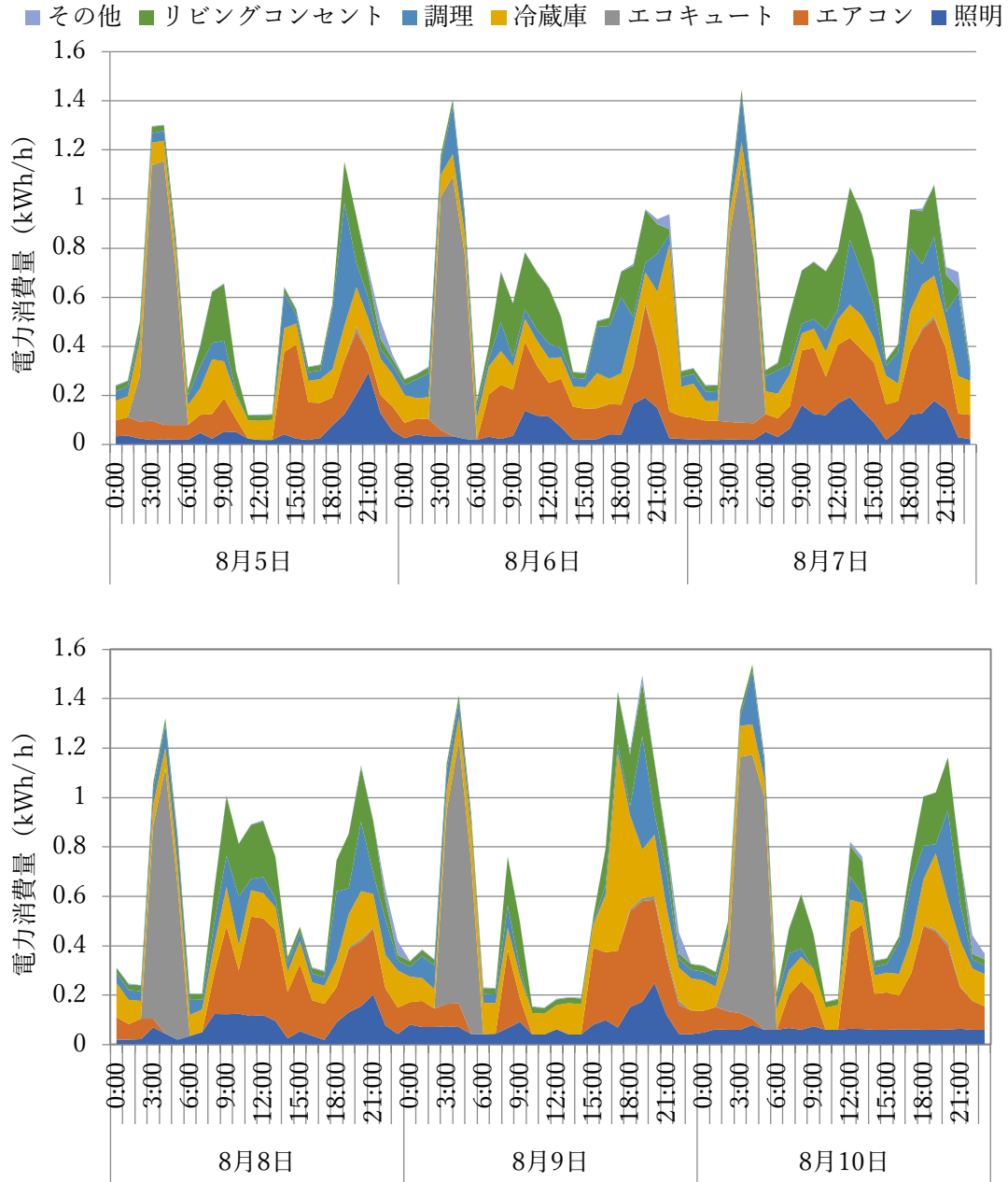


図 4.1-7 A 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

A 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-8 に示す。1 月 20 日から 1 月 23 日までの昼間は、冷蔵庫と家電製品の待機電力のみの電力消費時間帯（以下最低電力消費量時間帯）であり、比較的不在宅時間が長い日であると推測する。

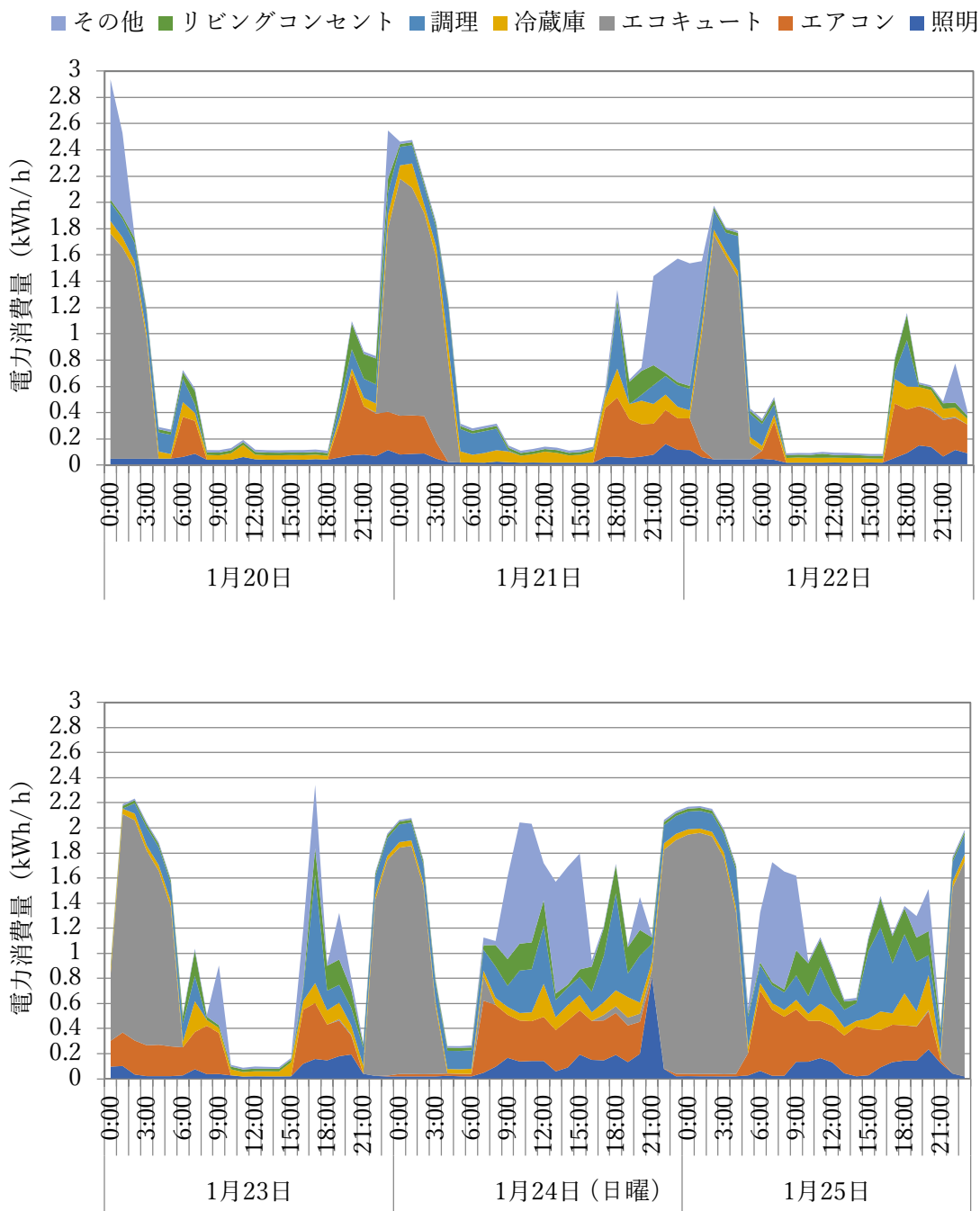


図 4.1-8 A 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移



● B 世帯

B 世帯は、夏期（8月5日から8月10日）と冬期（1月6日から1月11日）の2つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-9 に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は8月6日の9.2 (kWh/世帯・日)、最大は1月9日の16.1 (kWh/世帯・日)であった。夏期実測において、照明、エアコンの電力消費量の日変動が大きく、それ以外の用途については日変動が少ない。これより一日のライフスタイルが一定でないと推測する。また冬期は、エアコンを使用せずに暖をとっている。

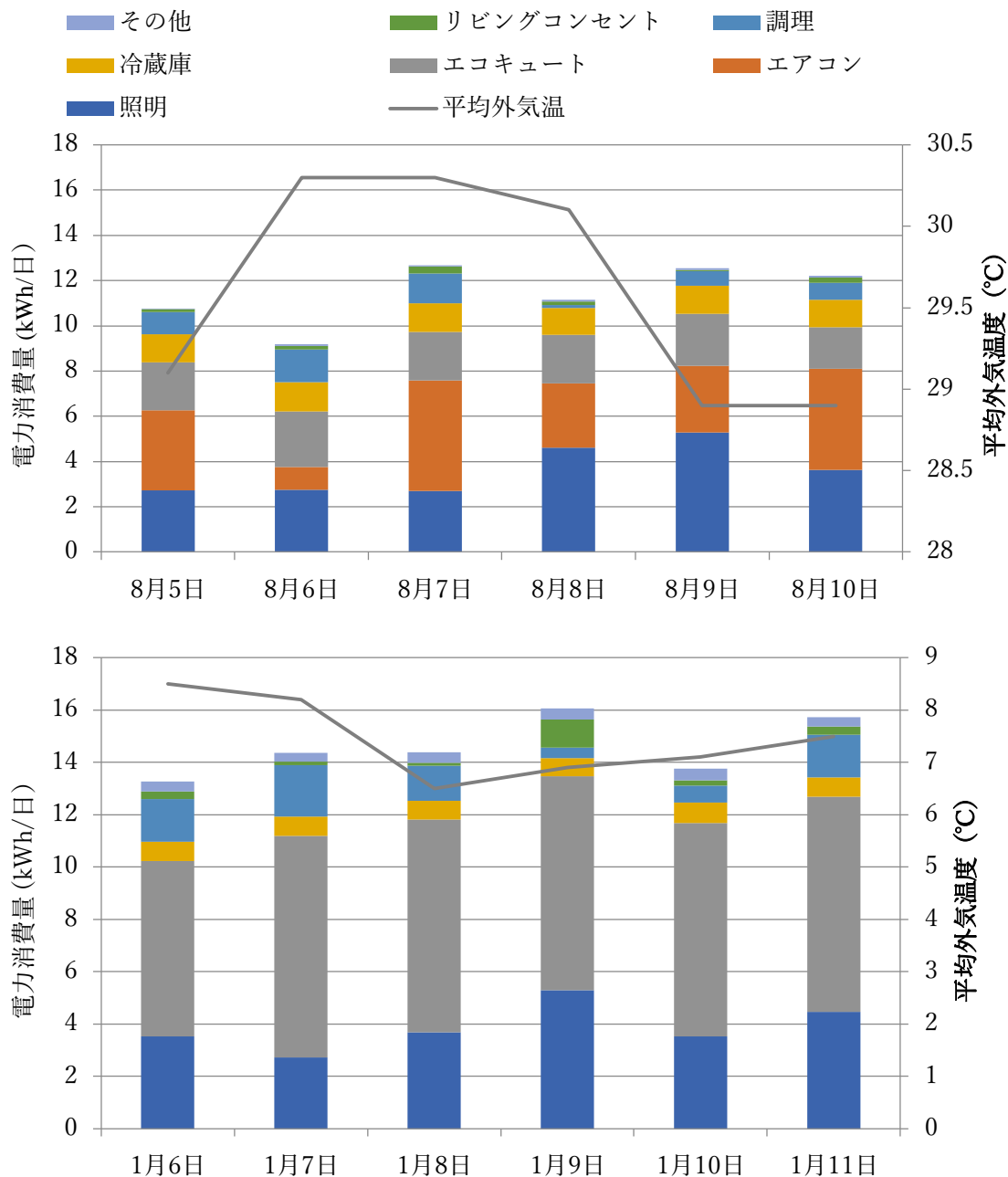


図 4.1-9 B 世帯日電力消費量実測結果

B 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-10 に示す。就寝時間の深夜にエアコンを使用していないが、使用している時間帯のエアコンによる電力消費が大きいことが分かる。またリビングコンセントの電力消費時間が短いという特徴がある。

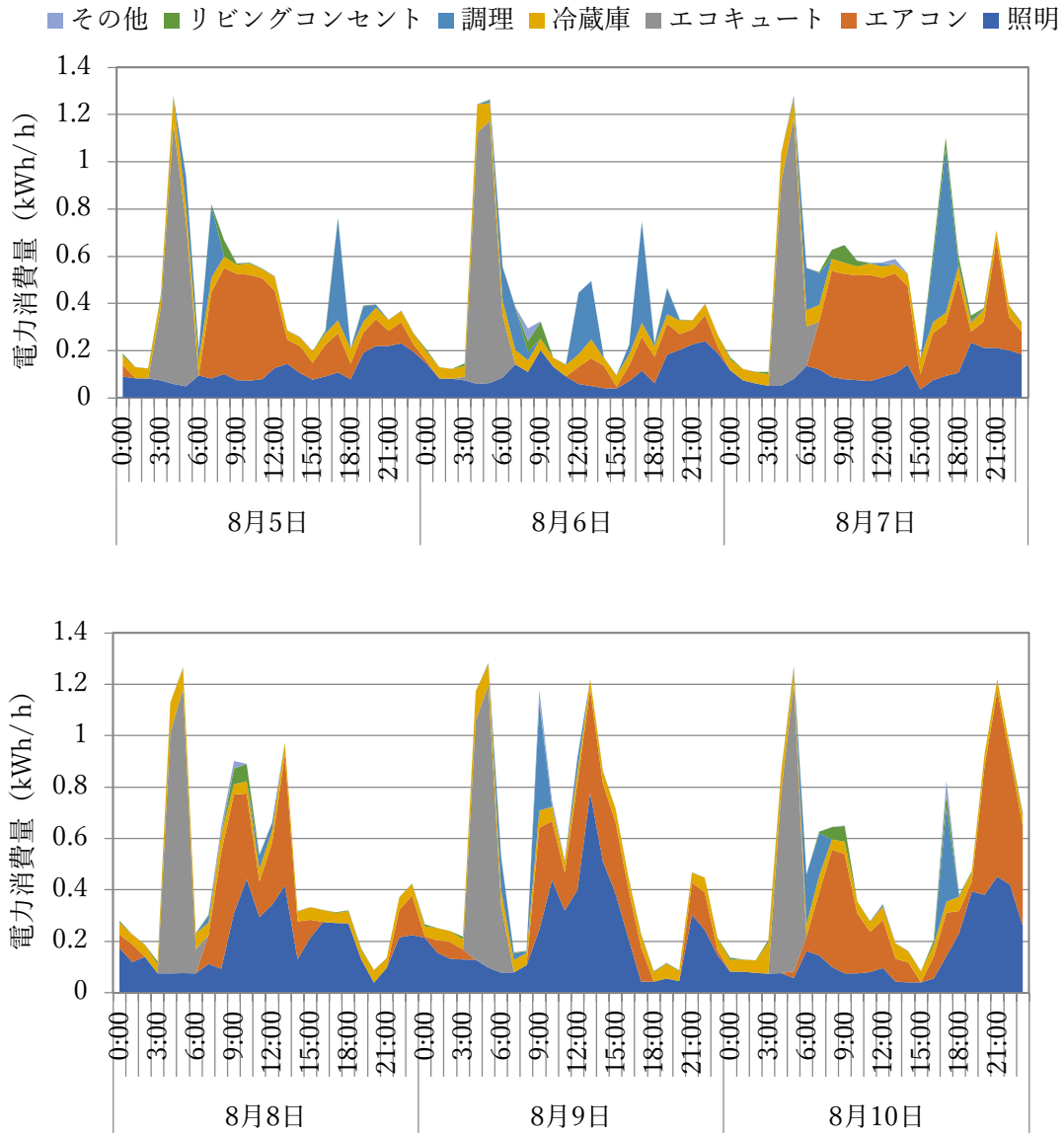


図 4.1-10 B 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

B 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-11に示す。B 世帯は、エアコンによる電力消費がない。また、夏期と同様にリビングコンセントによる電力を消費している時間帯が短いことが分かる。

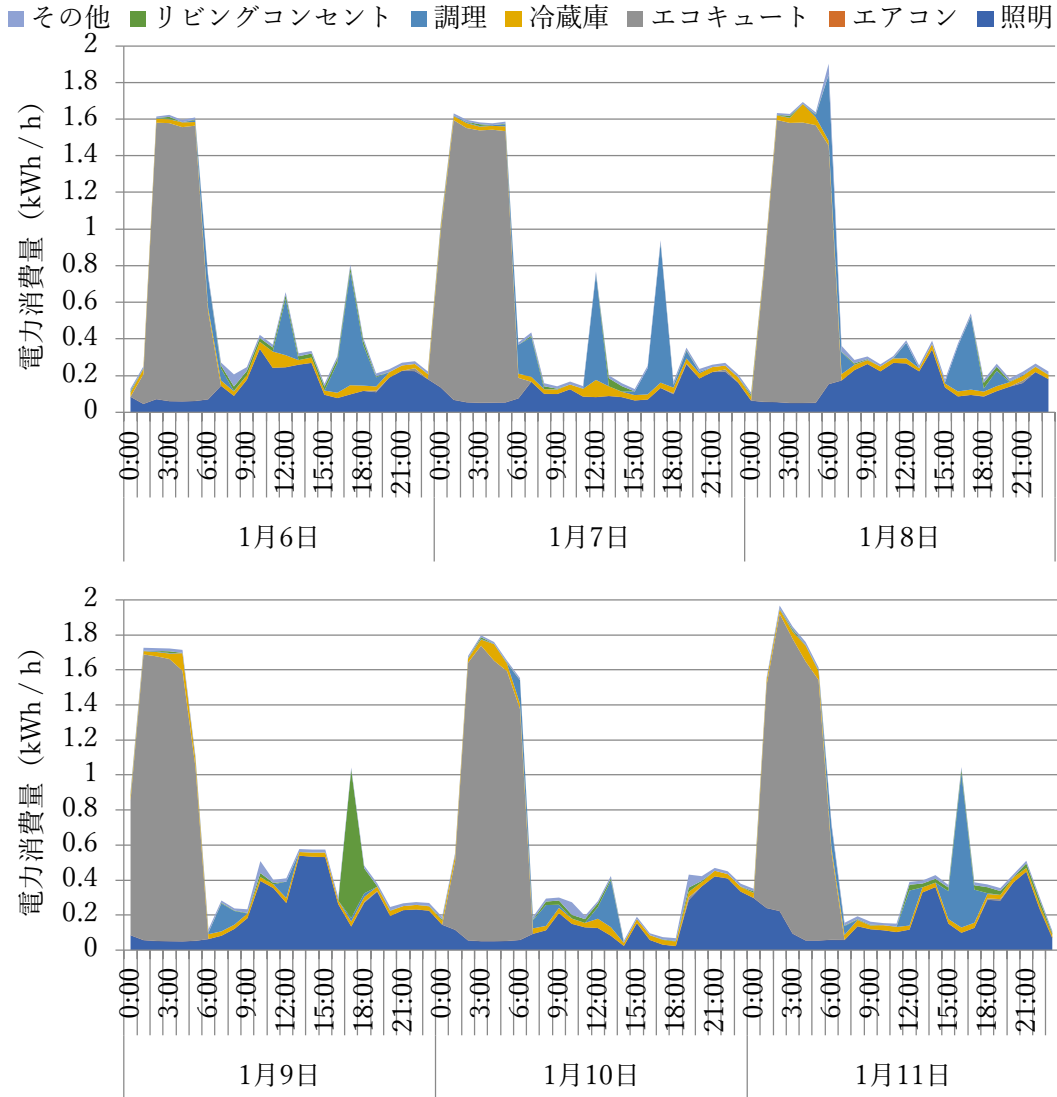


図 4.1-11 B 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● C 世帯

C 世帯は、夏期(8月12日から8月17日)、中間期(12月2日から12月7日)、冬期(1月27日から2月1日)の3つの期間で実測調査を実施した。図4.1-12に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は8月16日の13.2(kWh/世帯・日)、最大は1月28日の21.1(kWh/世帯・日)であった。C世帯は、夏期においてエアコンによる電力消費が非常に小さく、冬期においてはエアコンによる電力消費がない。

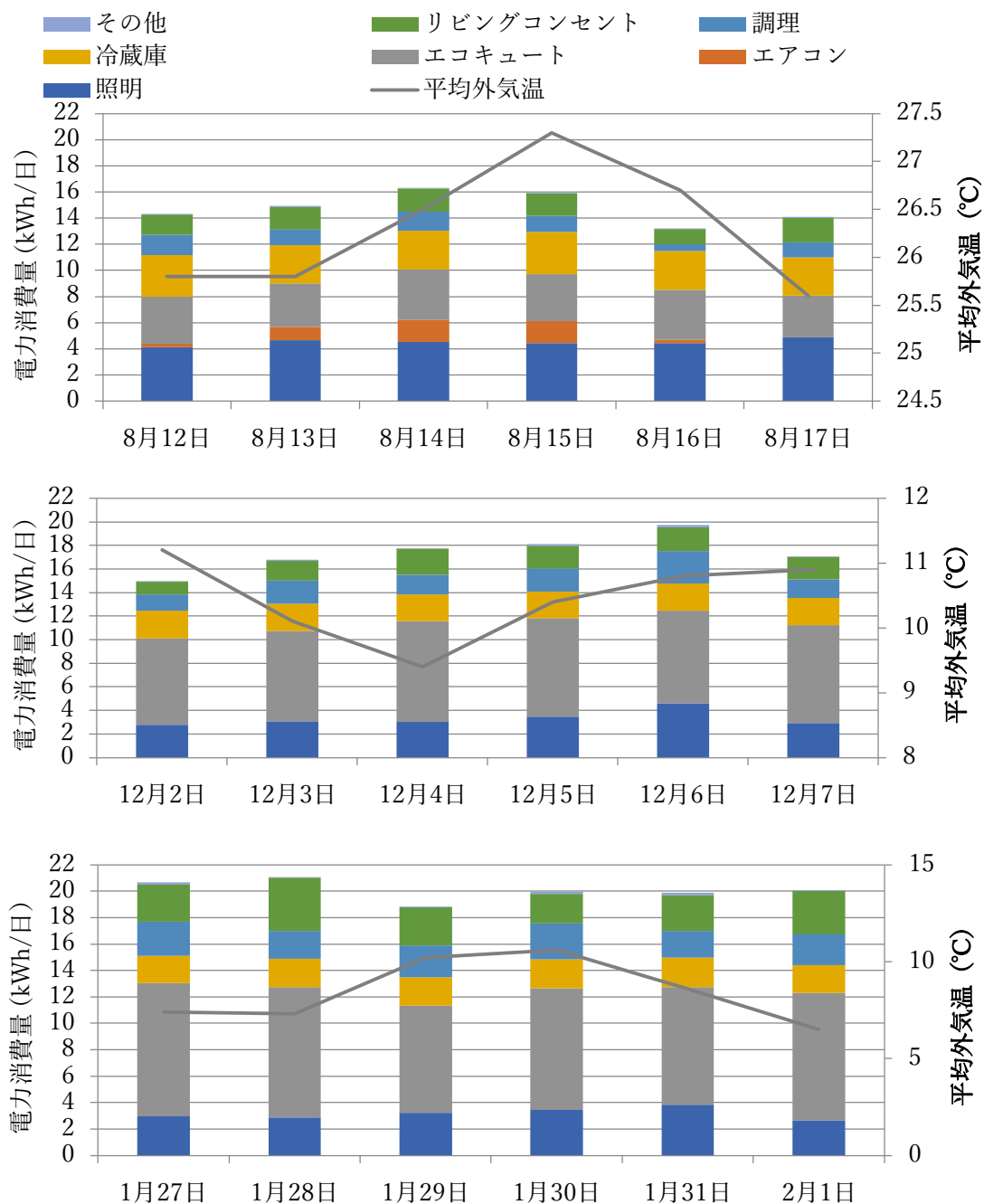


図 4.1-12 C 世帯日電力消費量実測結果

C 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-13に示す。電力の消費の構造から在宅していると考えられる時間帯に、必ずしもエアコンを使用しているとは限らないという特徴がある。

■ その他 ■ リビングコンセント ■ 調理 ■ 冷蔵庫 ■ エコキュート ■ エアコン ■ 照明

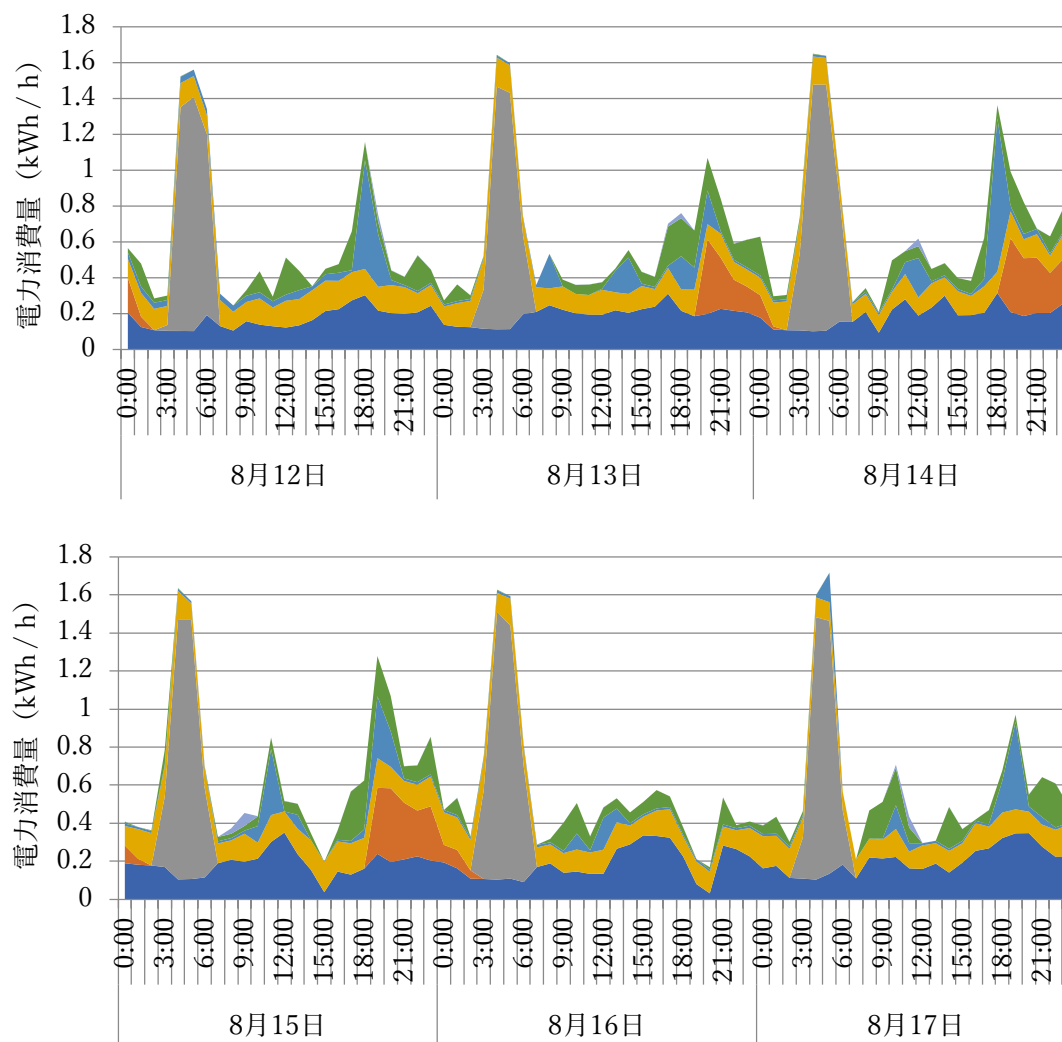


図 4.1-13 C 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

C 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-14 に示す。C 世帯の特徴として、12月6 日には常にリビングコンセントによる電力消費があることが挙げられる。

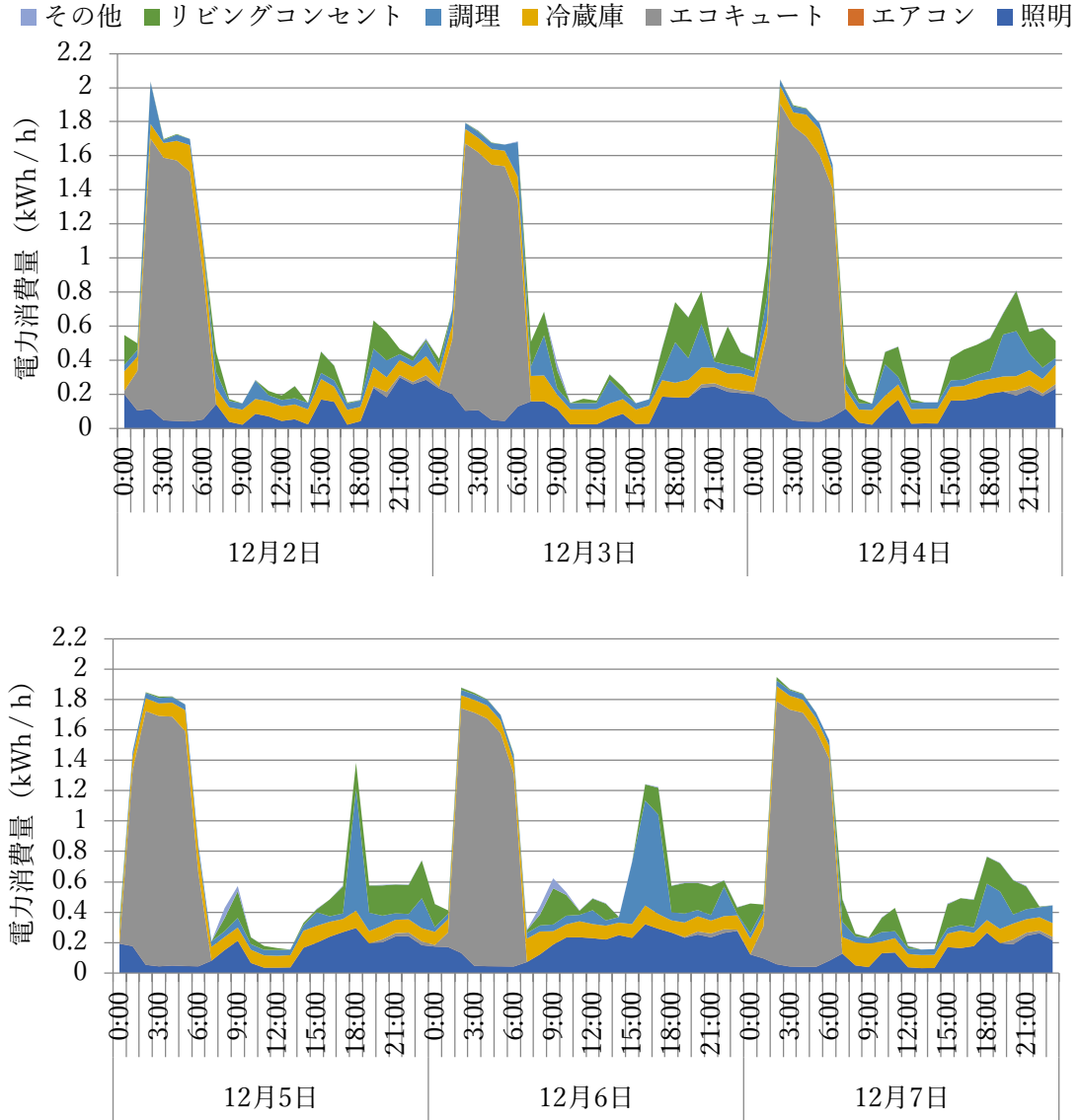


図 4.1-14 C 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

C 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-15 に示す。他の 2 つの実測期間と比較すると、18 時から 19 時における調理部門の電力消費量が高い。また、C 世帯冬期の特徴として、エアコンによって暖をとっていないことが挙げられる。

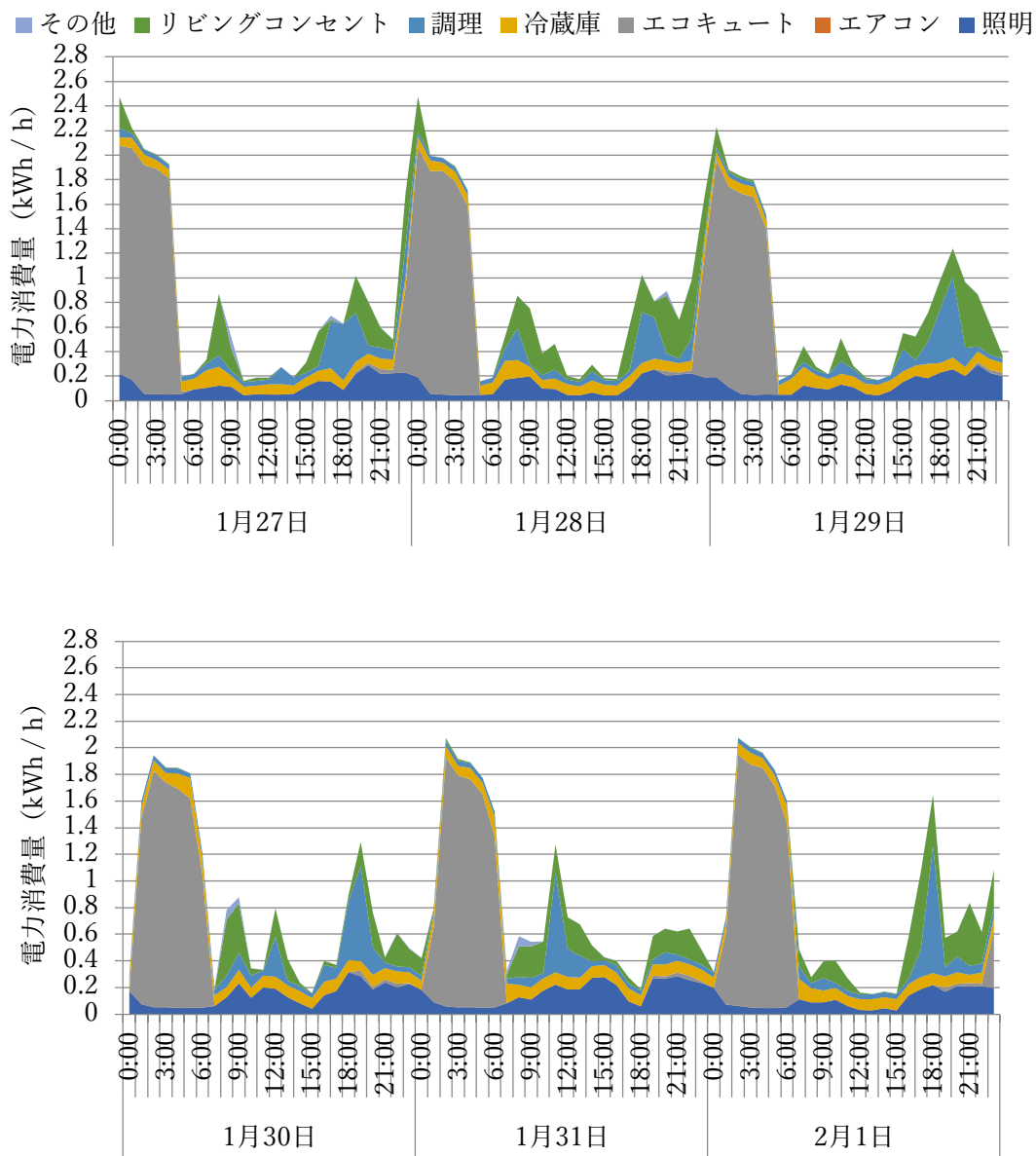


図 4.1-15 C 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● D 世帯

D 世帯は、夏期(8月12日から8月17日)、中間期(11月4日から11月9日) 冬期(1月6日から1月11日)の3つの期間で実測調査を実施した。図4.1-16に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は11月4日の12.8(kWh/世帯・日)、最大は1月8日の28.9(kWh/世帯・日)であった。夏期において、エアコンによる電力消費量に日変動が大きいという特徴がある。

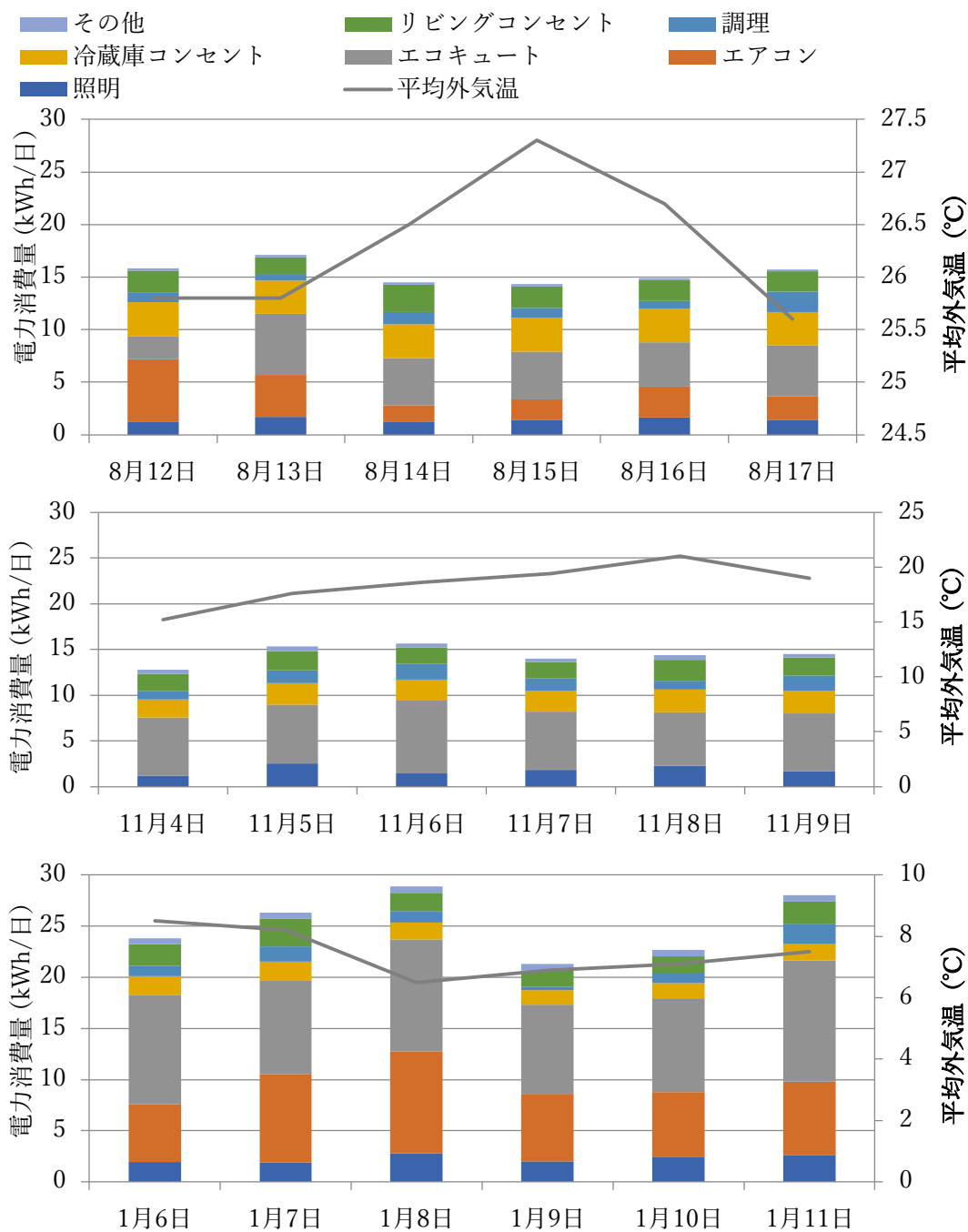


図 4.1-16 D 世帯日電力消費量



D 世帯夏期期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-17 に示す。深夜時間帯のエアコンによる電力消費が目立ち、これが世帯全体の電力消費量に影響を与えていると考えられる。

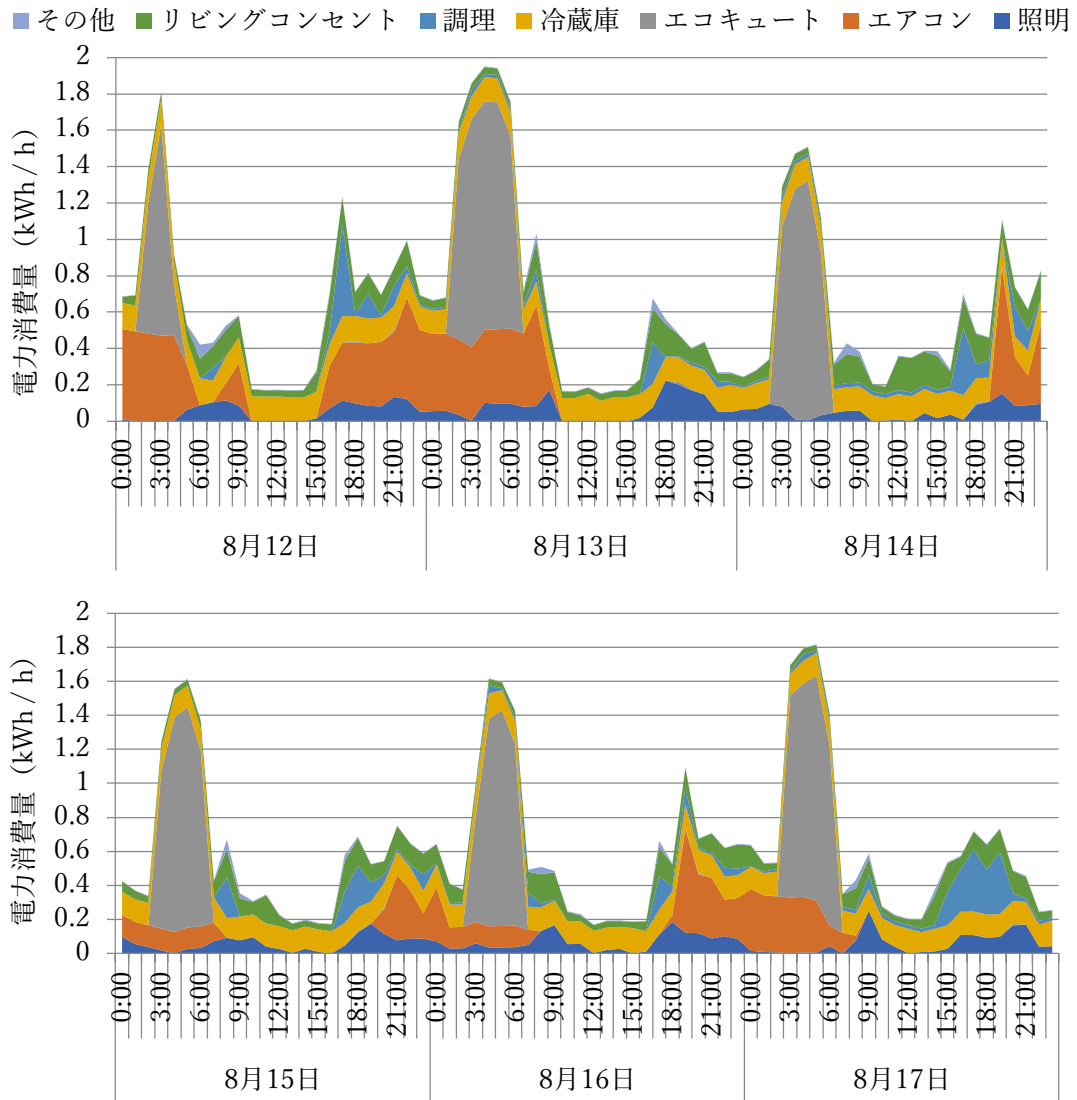


図 4.1-17 D 世帯夏期期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

D 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-18 に示す。どの時間帯においても、リビングコンセントによる電力消費が一定以上あるという特徴がある。

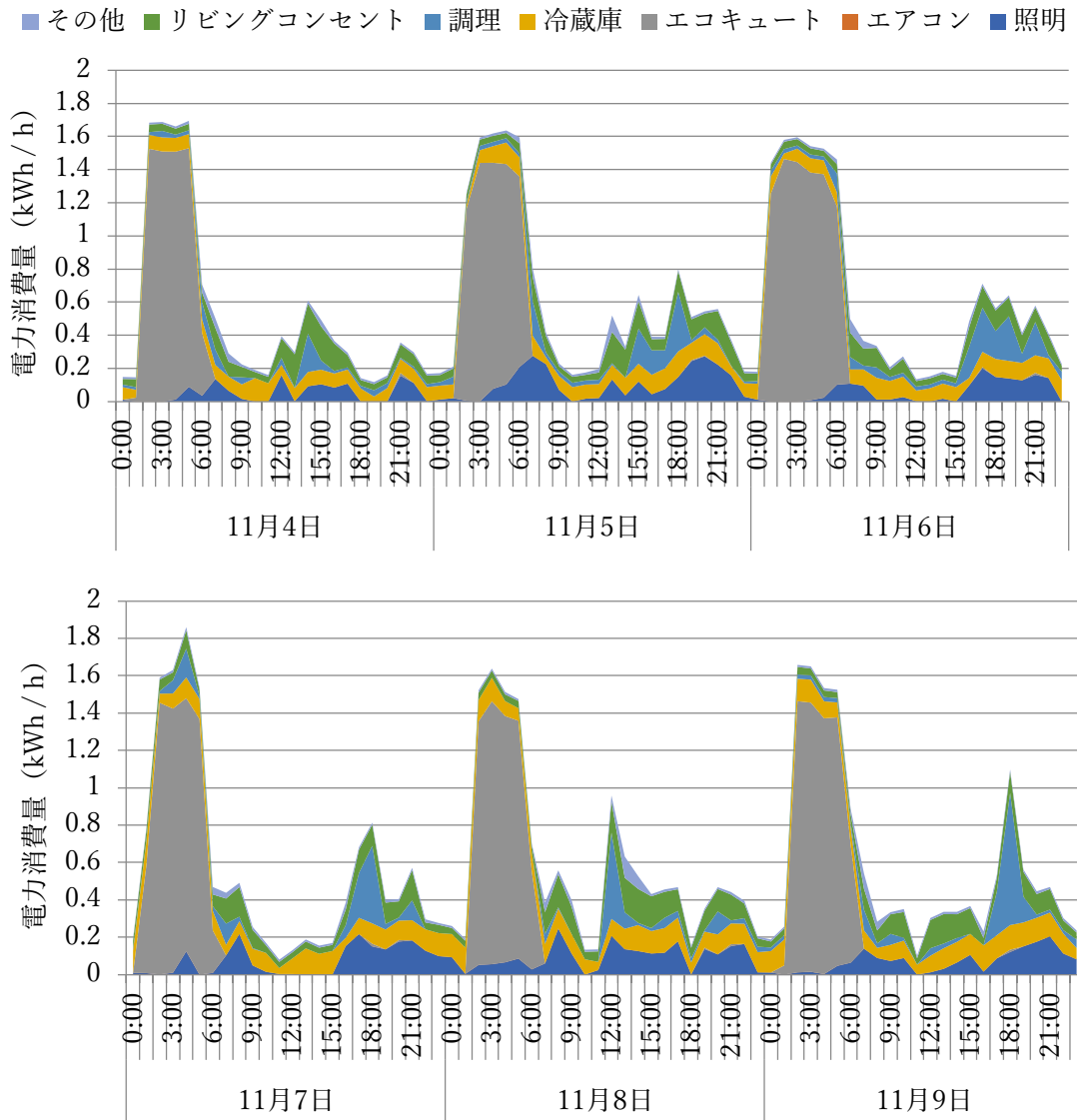


図 4.1-18 D 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

D 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-19 に示す。エアコンにより電力を消費している時間が、長い傾向にある。よってエアコンの使い方を見直すことによって、更なる節電の可能性があると考えられる。

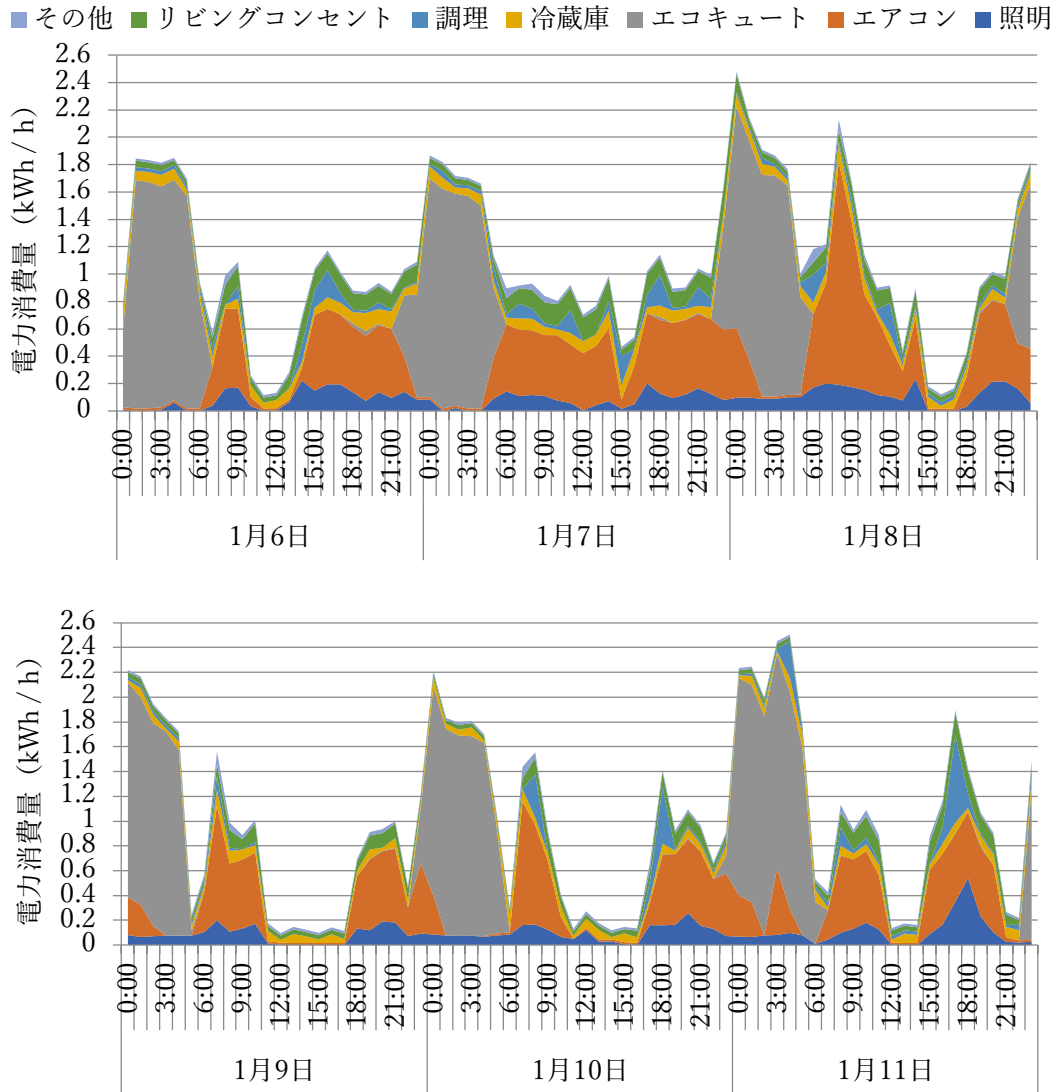


図 4.1-19 D 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● E 世帯

E 世帯は、夏期（8 月 25 日から 8 月 30 日）、中間期（11 月 25 日から 11 月 30 日）冬期（1 月 13 日から 1 月 18 日）の 3 つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-20 に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は 8 月 26 日の 9.8 (kWh/世帯・日)、最大は 1 月 14 日の 29.3 (kWh/世帯・日) であった。冬期に比べて、夏期の方がエアコンによる電力消費が高い傾向がある。

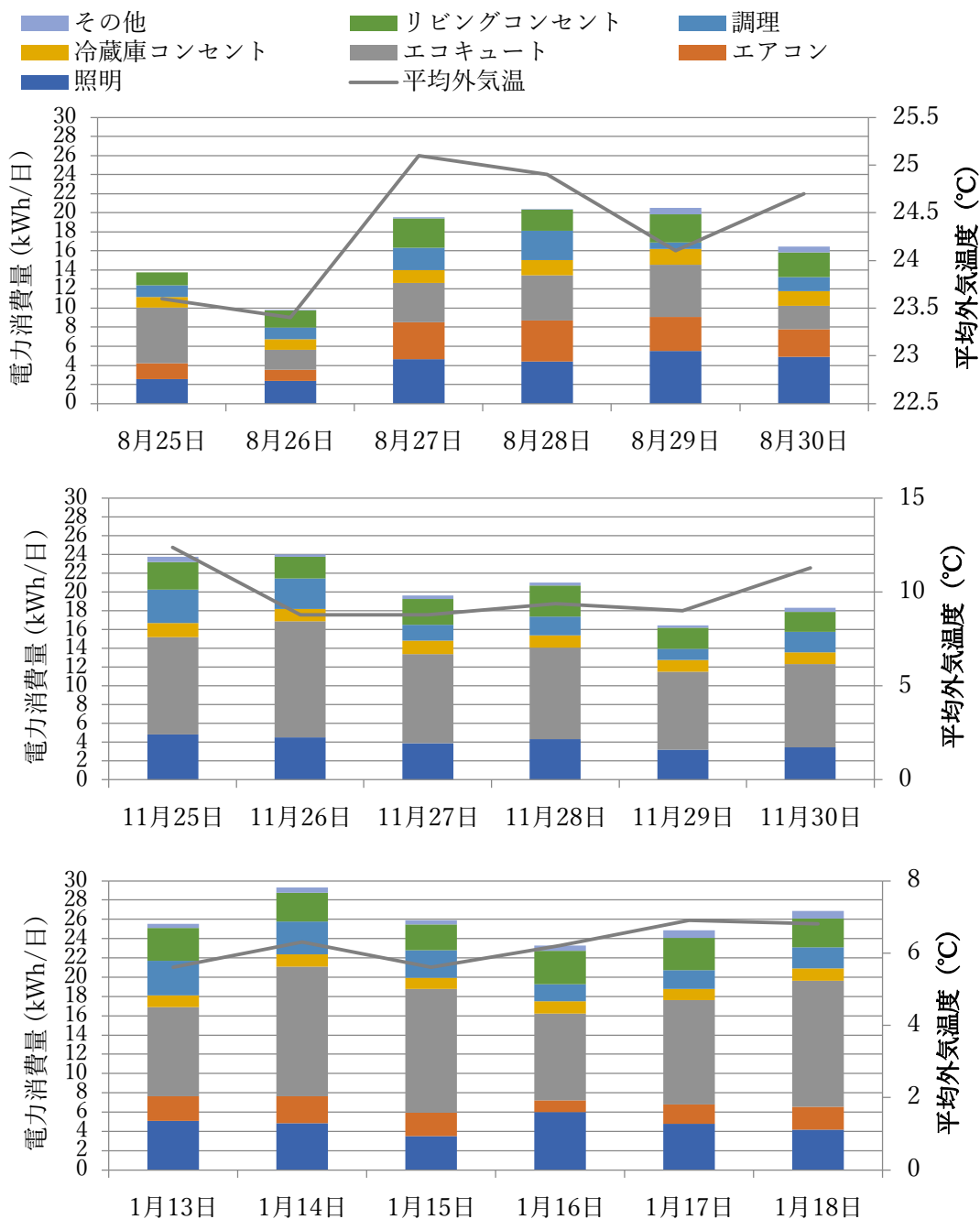


図 4.1-20 E 世帯日電力消費量

E 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-21 に示す。8 月 25 日の 12 時から 8 月 26 日の 18 時にかけては、最低電力消費時間帯である。8 月 26 日の 18 時以降の在宅と考えられる時間帯においては、全ての時間帯でエアコンによって電力を消費している。

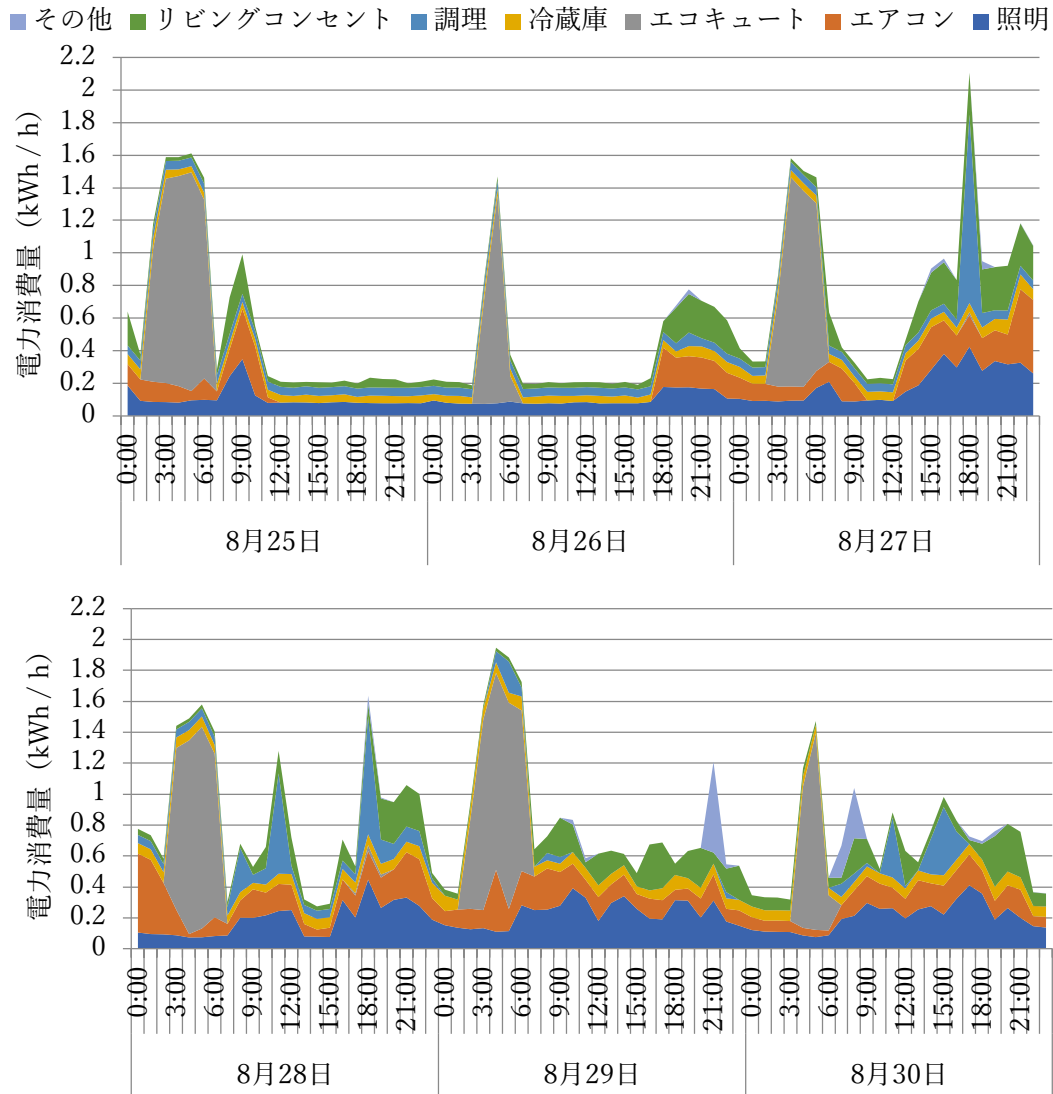


図 4.1-21 E 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

E 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-22 示す。E 世帯は他の世帯と違い、エコキュートによる電力消費量のピーク時間帯が 1 日に 2 度ある。E 世帯は世帯人数が 6 人と多いことから、1 日当たりのお湯の使用量が多いことが原因であると考えられる。電気料金の安い深夜電力以外の電力を利用しているため、電気料金を抑えるためには、エコキュートの容量を大きくする検討が必要である。

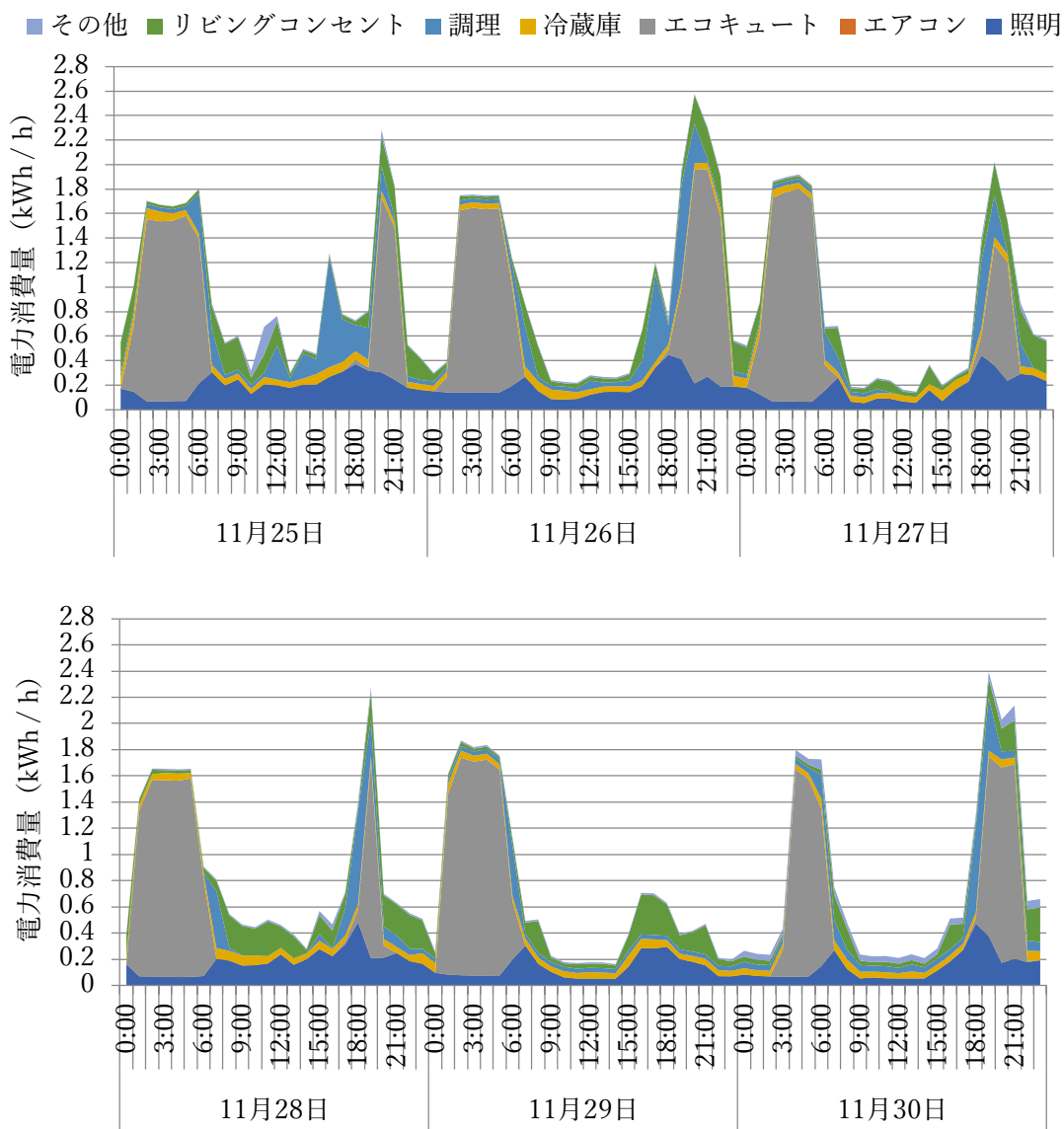


図 4.1-22 E 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

E 世帯冬間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-23に示す。冬期実測でも中間期と同様に、エコキュートによる電力消費量のピーク時間帯が 1 日に 2 度ある。また、夏期と違い、冬期は在宅していると考えられる時間帯においても、エアコンを使用していないことが分かる。

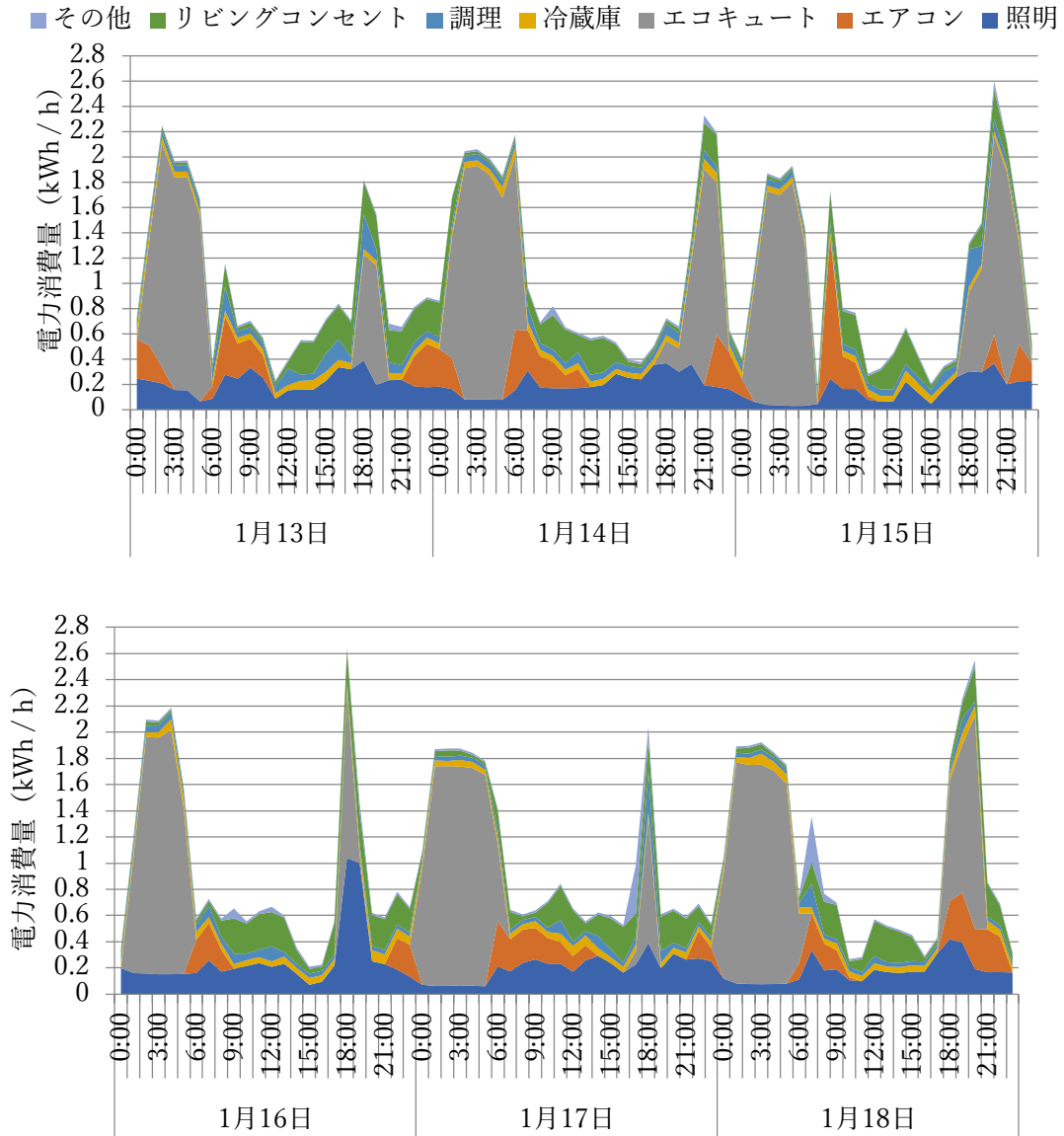


図 4.1-23 E 世帯冬間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● F 世帯

F 世帯は、夏期（8 月 25 日から 8 月 30 日）、中間期（12 月 9 日から 12 月 14 日）の 2 つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-24 に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は 8 月 30 日の 10.6 (kWh/世帯・日)、最大は 12 月 9 日の 14.4 (kWh/世帯・日) であった。特徴として、調理部門における電力消費量の日変動が大きい。また、8 月 26 日と 8 月 30 日は、1 日当たりの総電力消費量が 10kWh 以下であった。

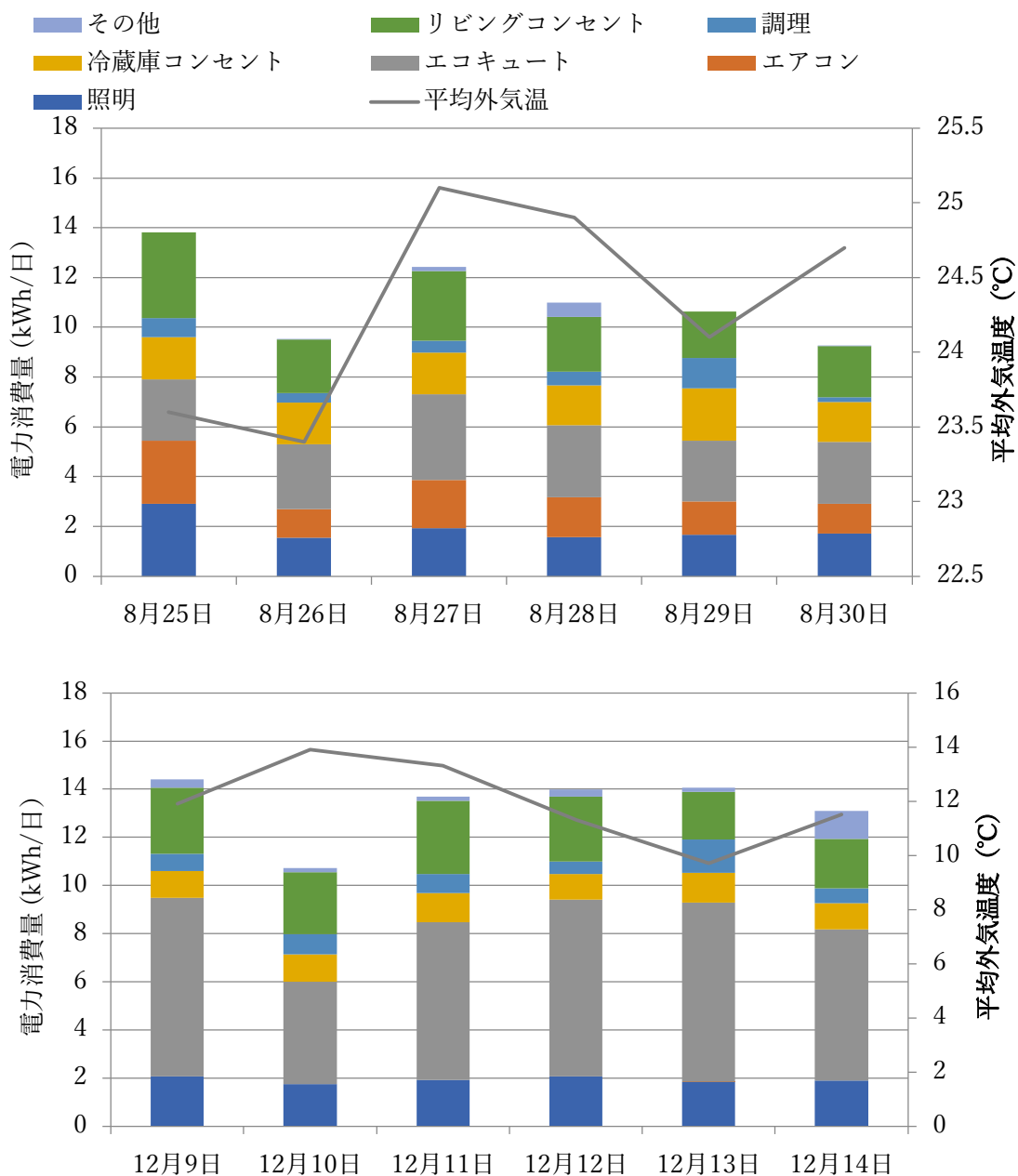


図 4.1-24 F 世帯日電力消費量



F 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-25 に示す。8 月 25 日のみ不在宅と考えられる時間帯がなく、その他の日にちは 9 時から 15 時の間に、最低電力消費時間帯が 2 時間以上ある。

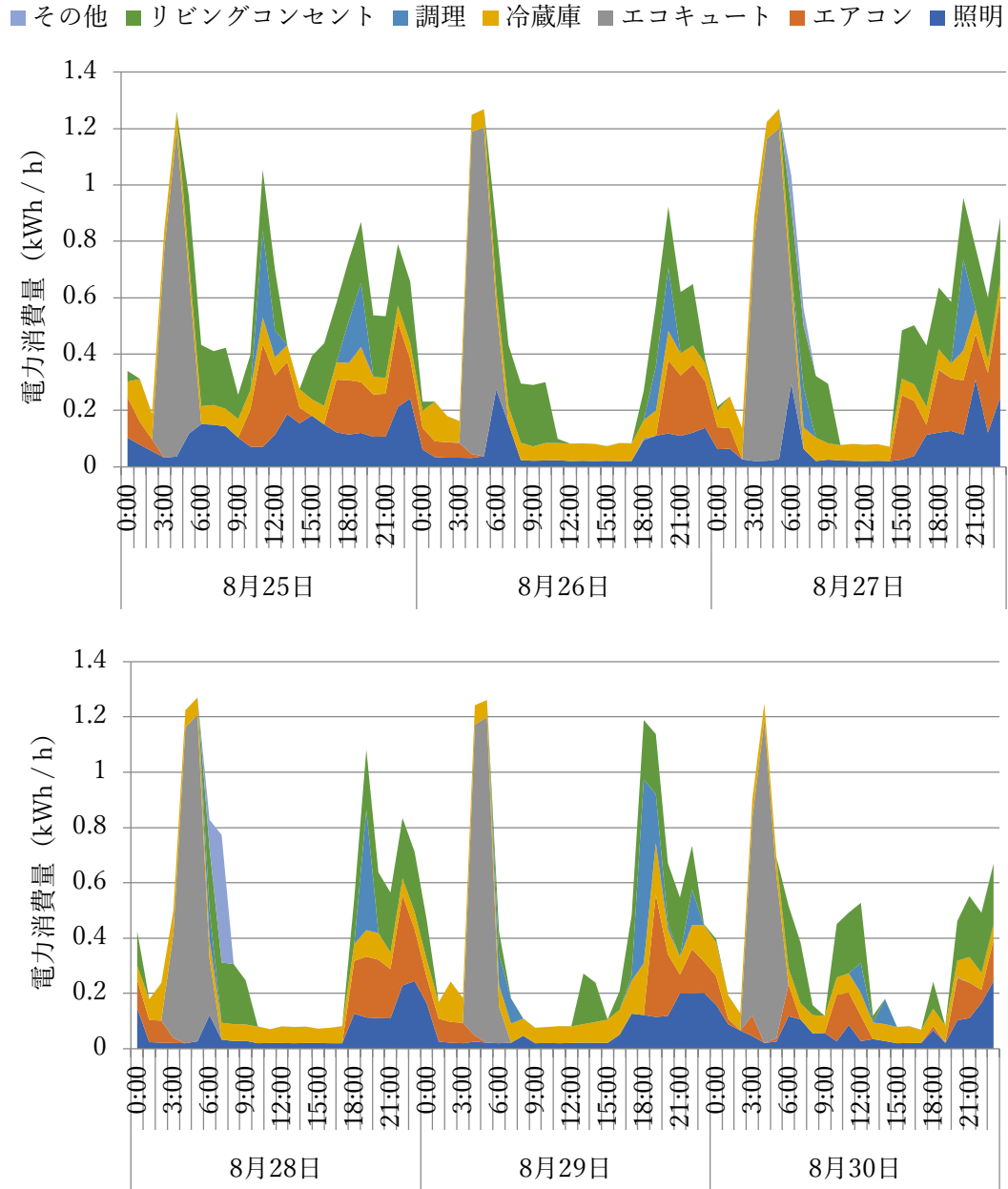


図 4.1-25 F 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

F 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-26 に示す。調理における電力消費が、12 月 13 日 18 時に特に大きくなっている。

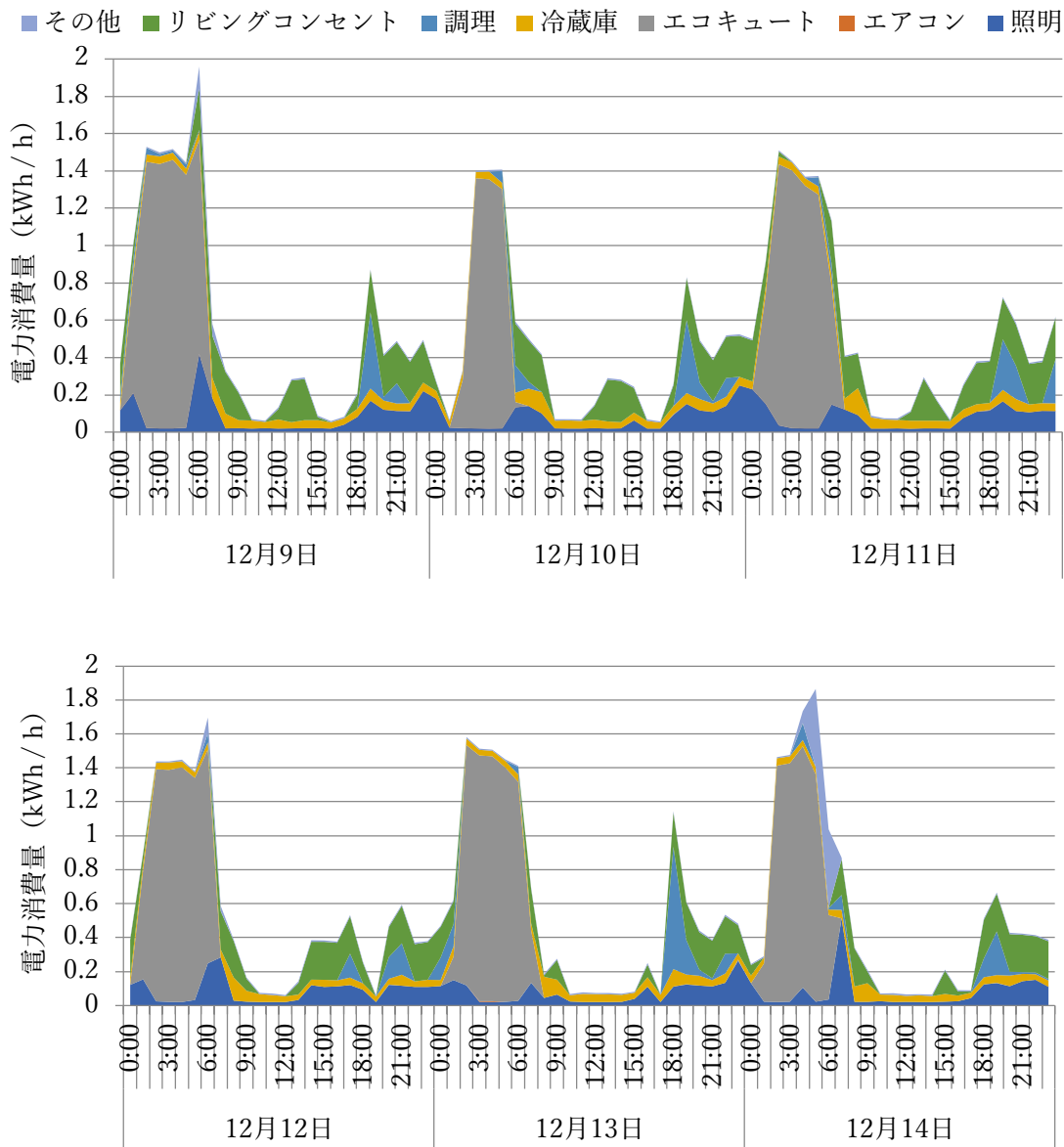


図 4.1-26 F 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● G 世帯

G世帯は、夏期（9月3日から9月8日）、中間期（11月11日から11月16日）、冬期（1月13日から1月18日）の3つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-27に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は9月5日の8.8（kWh/世帯・日）、最大は11月11日の19.8（kWh/世帯・日）であった。9月5日と11月15日は10kWh/日以下で、特に低いことが分かる。

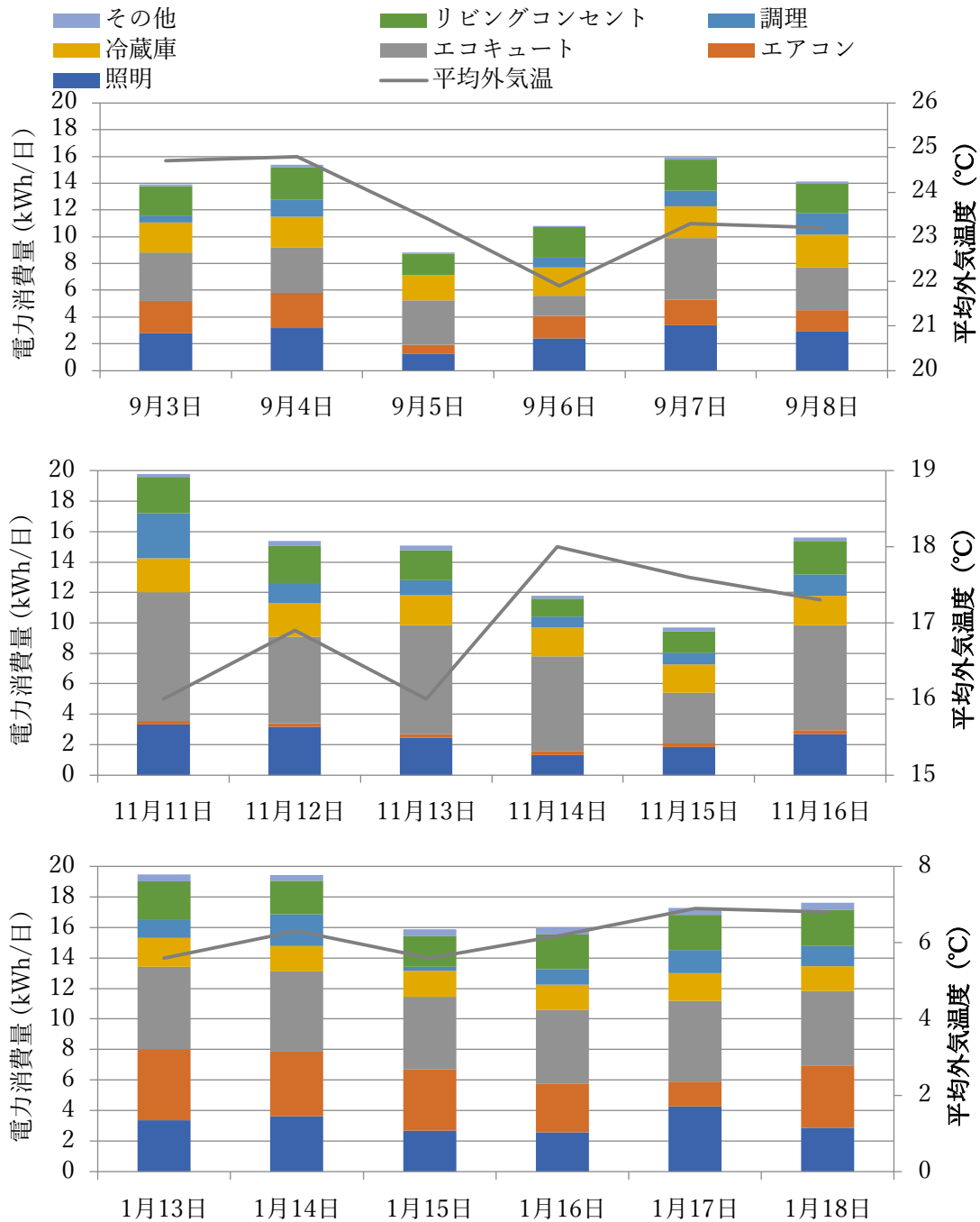


図 4.1-27 G 世帯日電力消費量

G世帯夏期実測調査における1時間当たりの電力消費推移を図 4.1-28に示す。9月5日9時から9月6日の17時までに、最低電力消費量時間帯であり、不在宅であると考えられる。また、19時から20時における電力消費量が大きく、特に9月6日の19時における電力消費量が大きい。

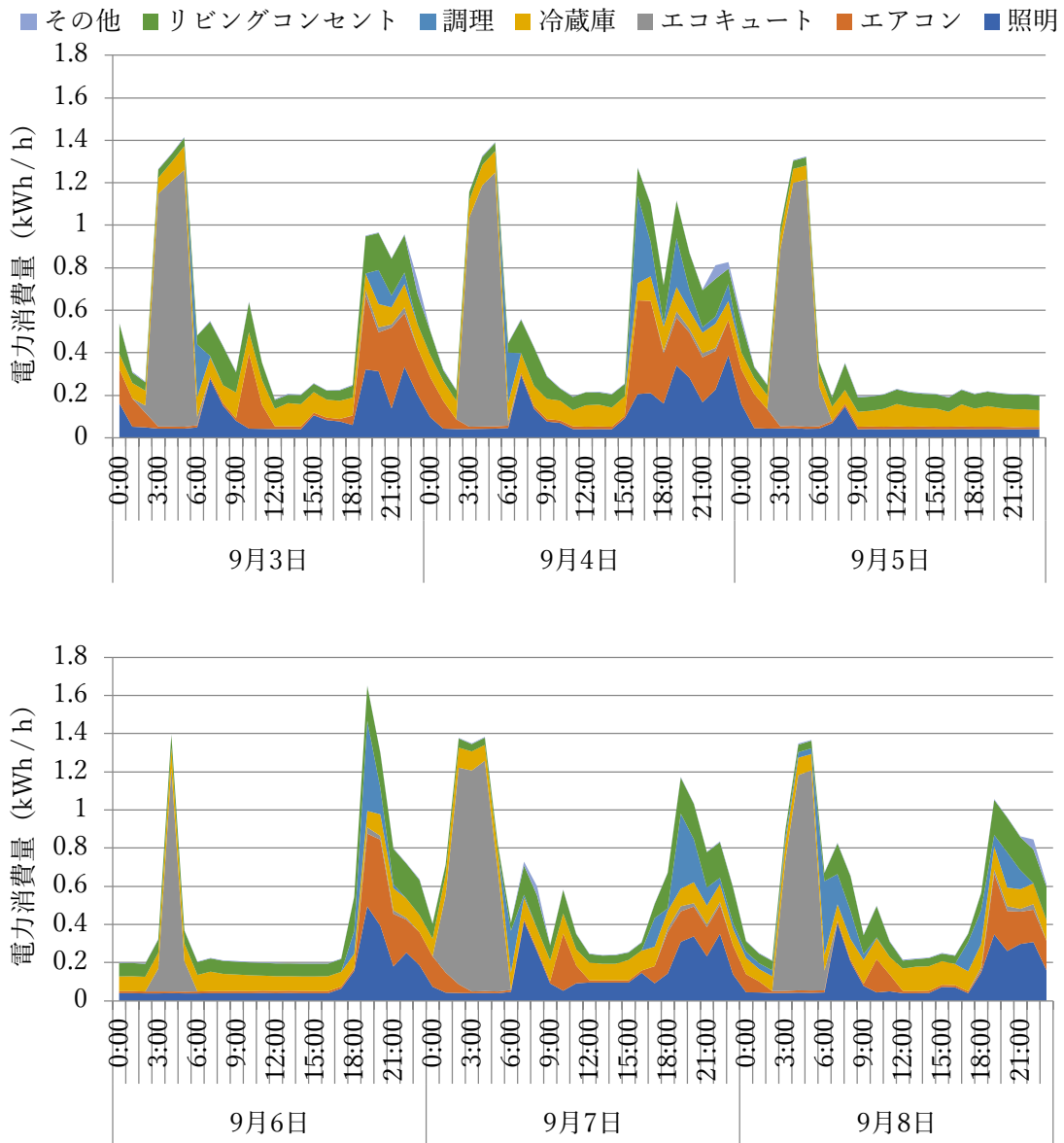


図 4.1-28 G 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

G 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-29 に示す。11 月 14 日 10 時から 11 月 15 日 18 時までにおいては、最低電力消費量時間帯であり、不在宅であったと考えられる。11 月 11 日 18 時から 21 時までの時間帯の調理部門の電力消費が他の日と比較すると、大きいことが分かる。

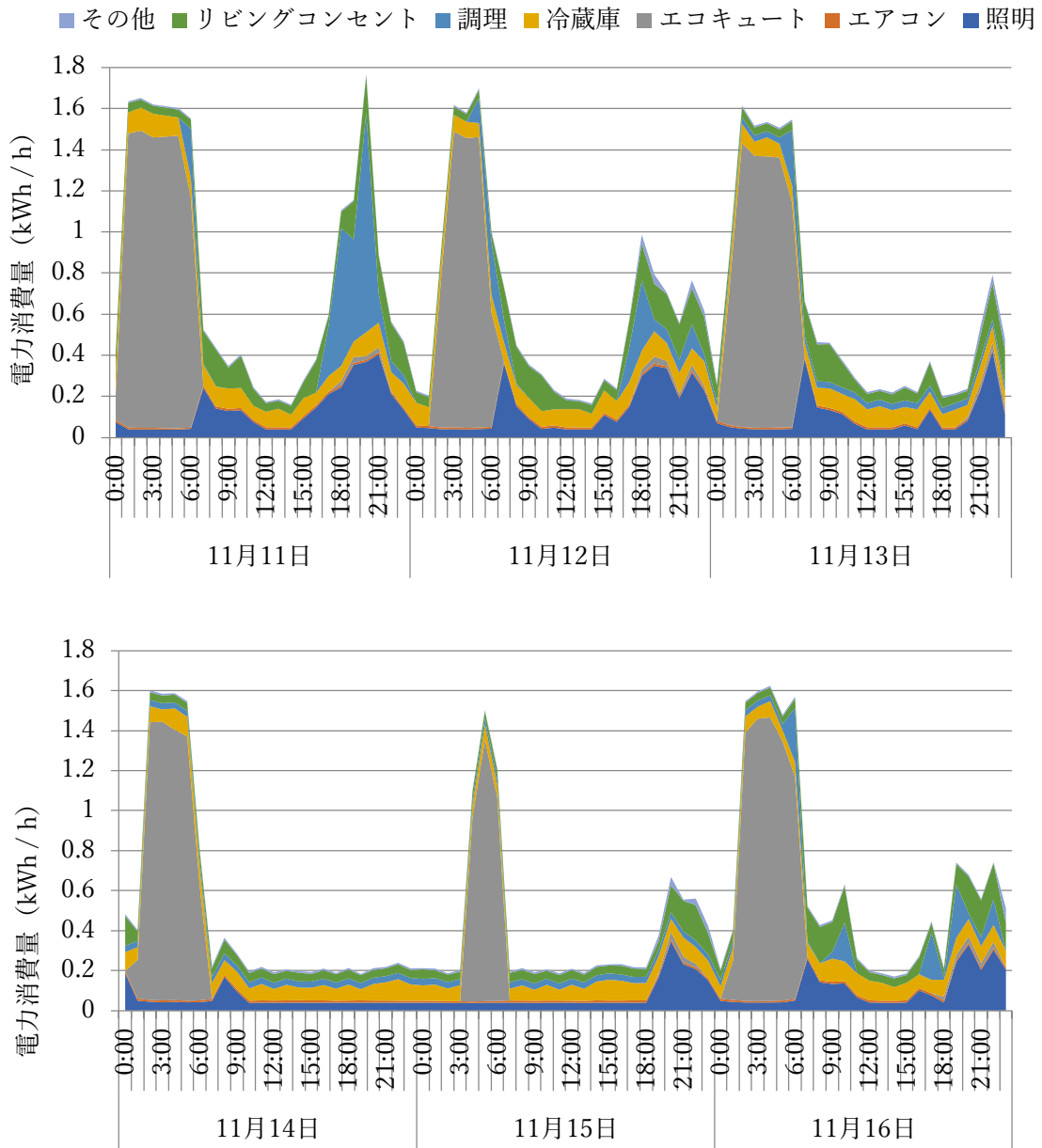


図 4.1-29 G 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

G 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-30 に示す。大きな特徴としてピークの時間帯が、エコキュートが稼働している深夜時間帯でなく、6 時から 9 時の間か 18 時から 20 時の間となっている。

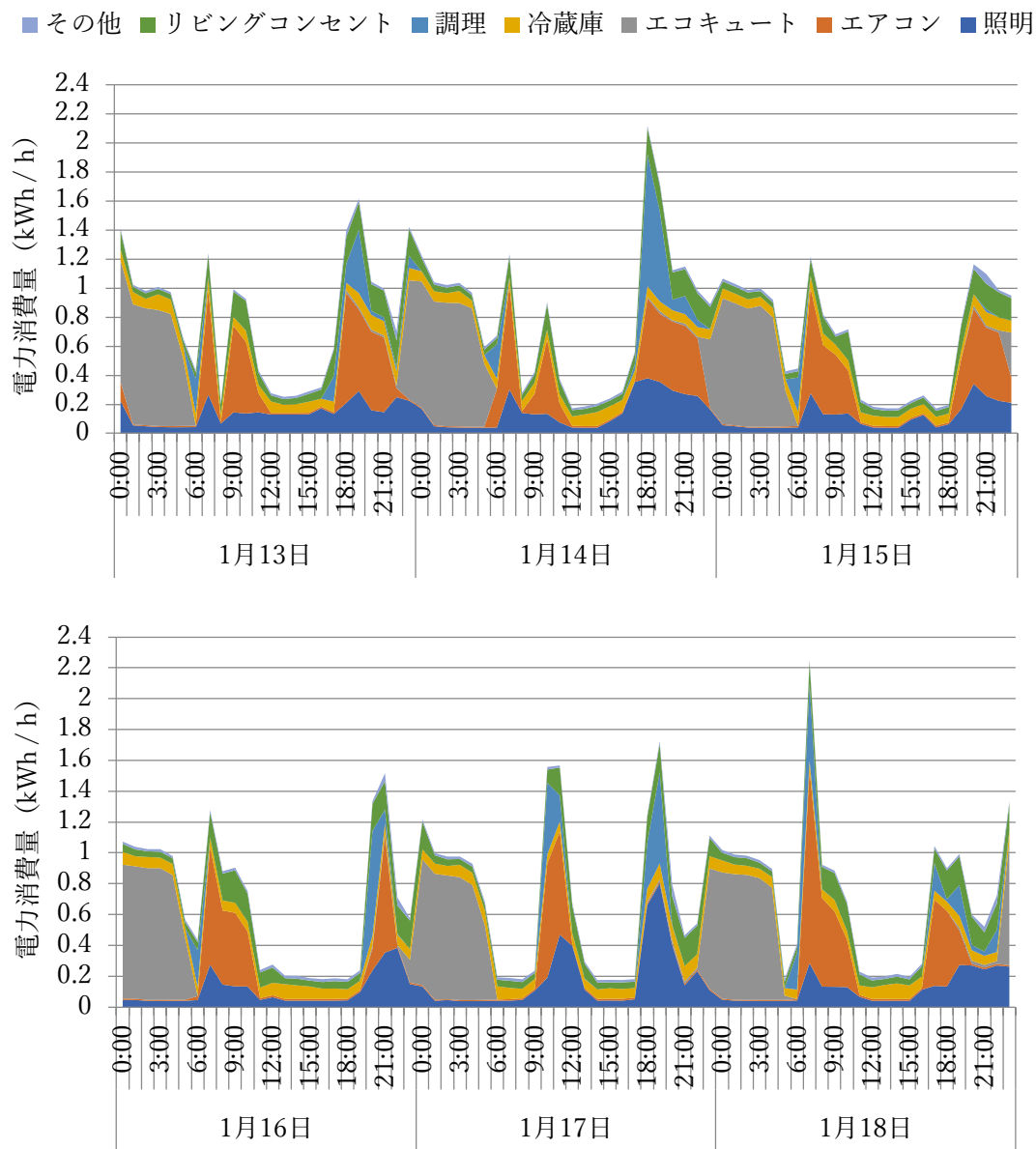


図 4.1-30 G 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● H 世帯

H世帯は、夏期（9月3日から9月8日）、中間期（11月11日から11月16日）、冬期（1月20日から1月25日）の3つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-31に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は9月5日（土）の10.6（kWh/世帯・日）、最大は1月24日の39.8（kWh/世帯・日）であった。

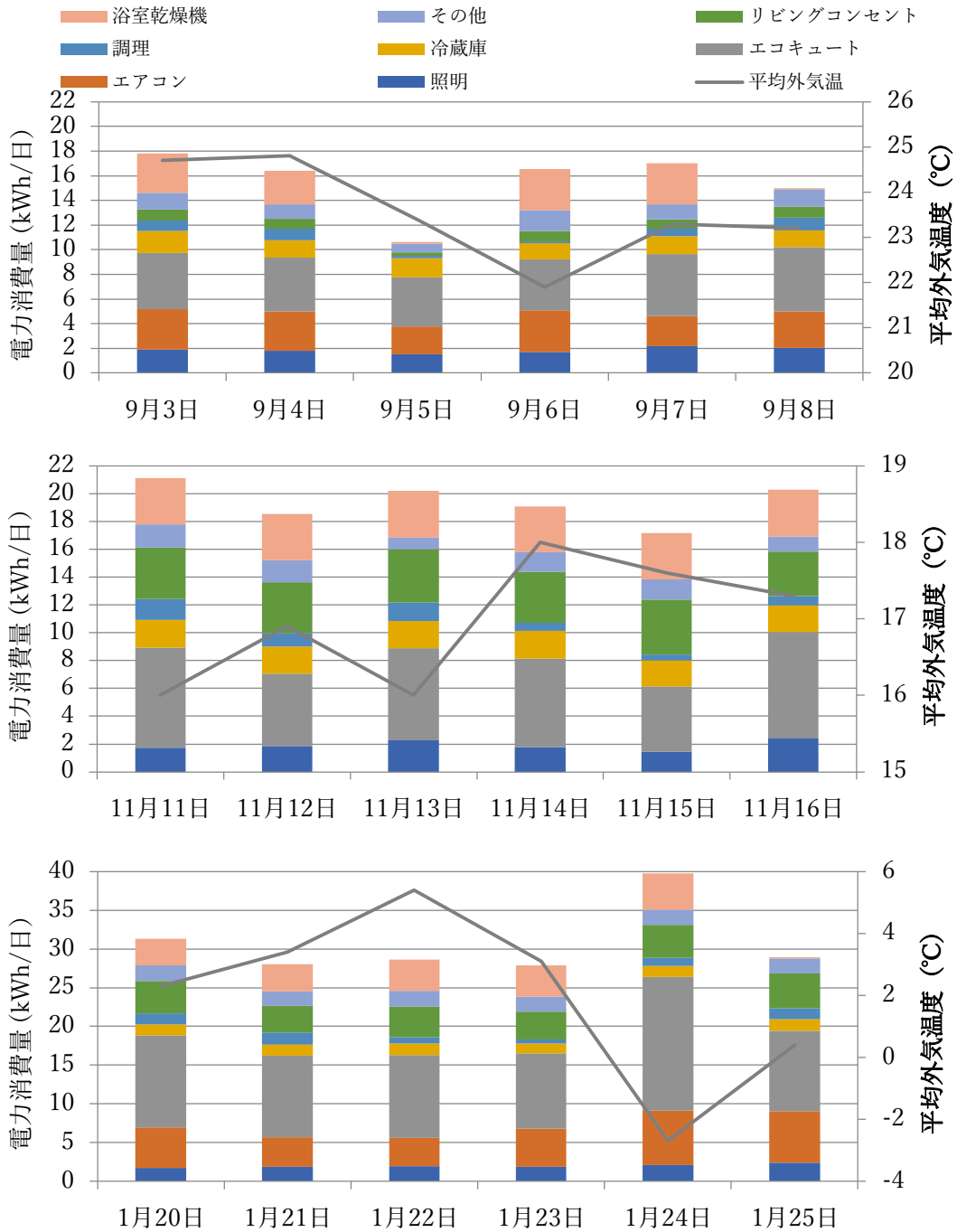


図 4.1-31 H 世帯日電力消費量

H 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を  
 図 4.1-32 に示す。エアコンにおける電力消費時間帯は、6 時から 12 時と 15 時以降  
 の夕方に集中する傾向がみられる。

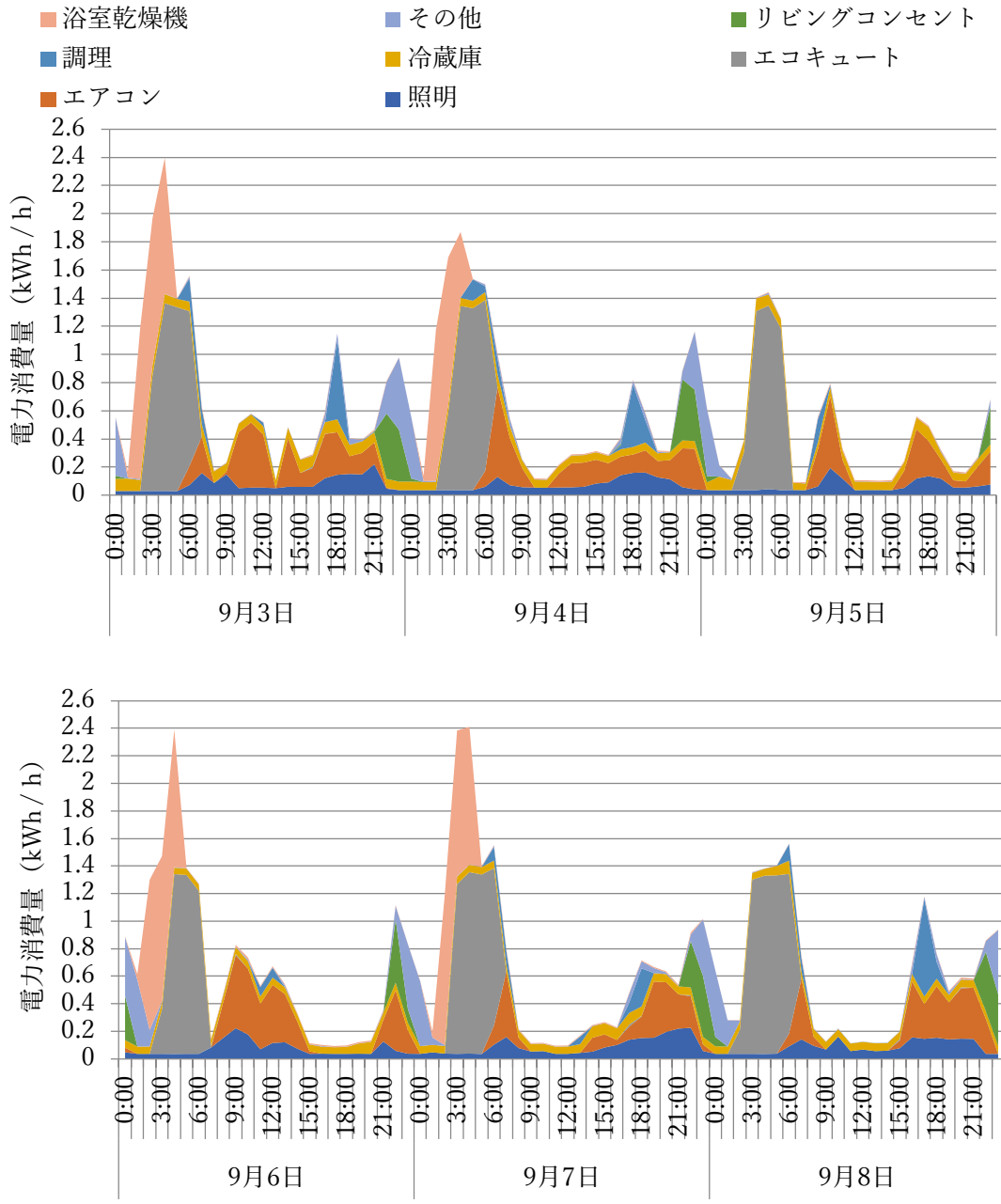


図 4.1-32 H 世帯夏期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移



H 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-33 に示す。特徴として、その他（洗面所コンセント・トイレコンセント）による電力消費量が目立つ時間帯がある。また、浴室乾燥機を毎日稼働させており、これが世帯電力消費量に大きな影響を与えていると考えられる。

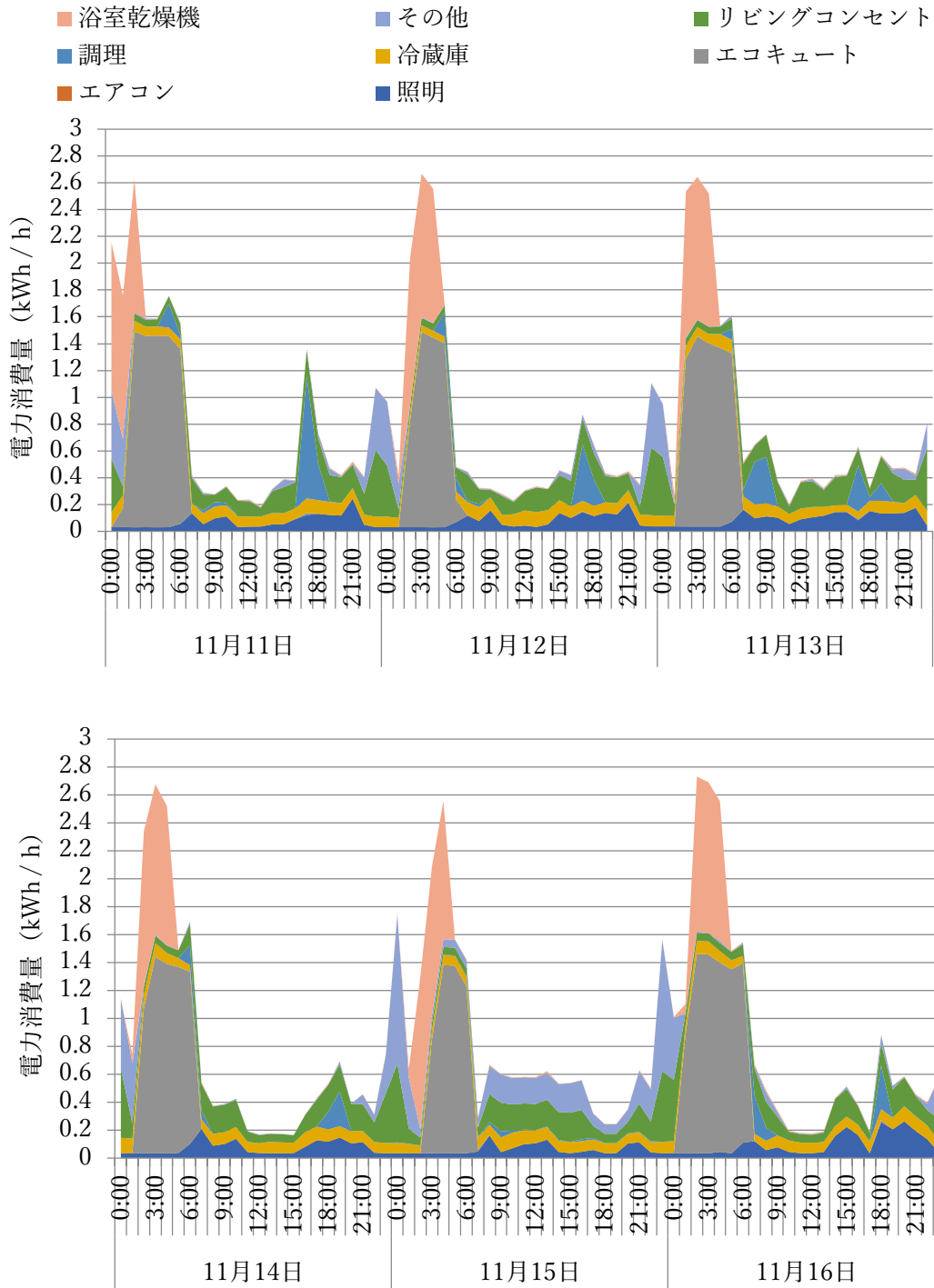


図 4.1-33 H 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

H 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-34 に示す。1 月 24 日と 1 月 25 日は、1 日に 2 度エコキュートが稼働している。また、1 月 20 日から 1 月 24 日までの深夜時間帯に、エコキュート、その他（洗面所コンセント・トイレコンセント）、浴室乾燥機による電力消費が重なり、他の時間帯と比較すると、圧倒的な大きさで電力を消費している。

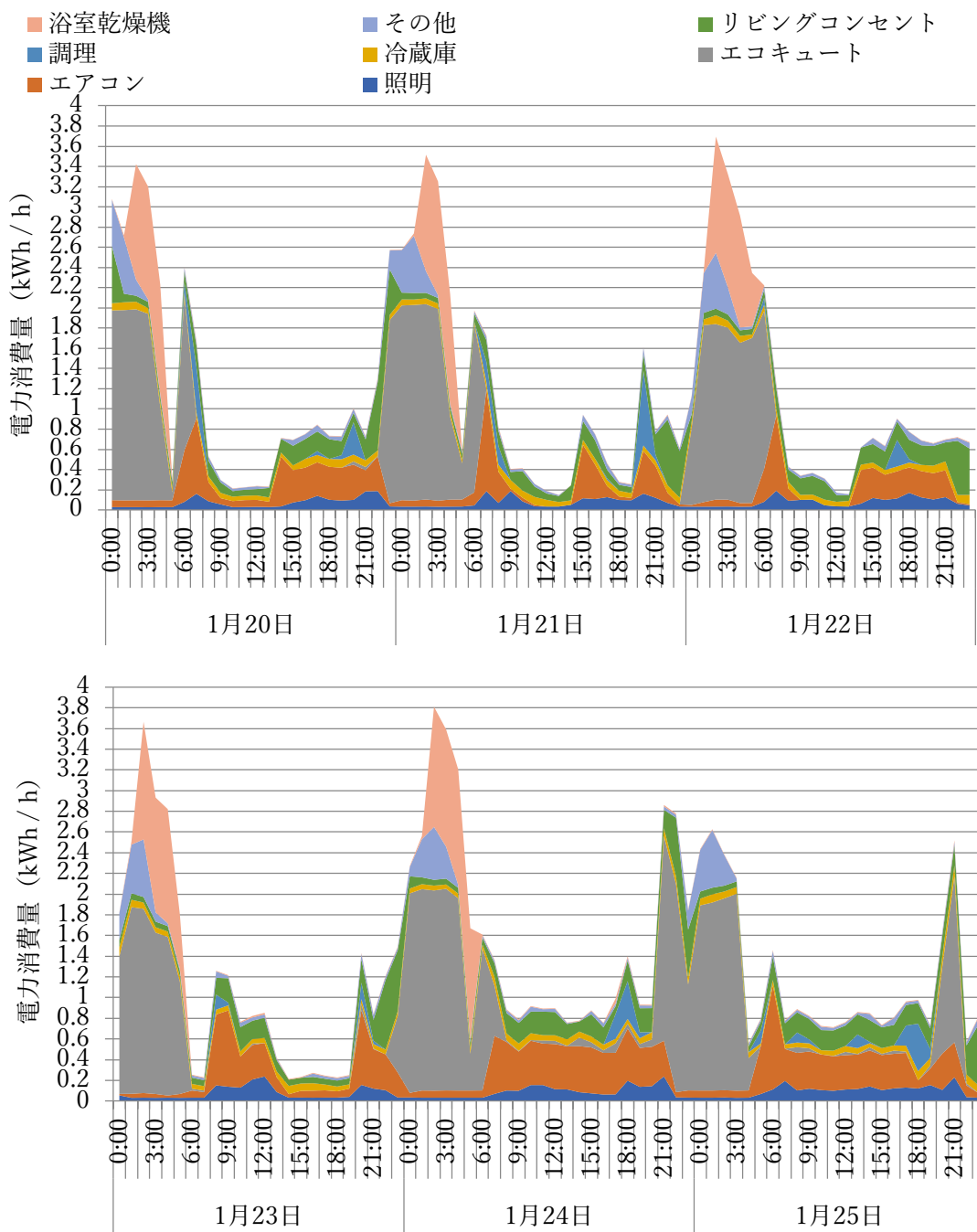


図 4.1-34 H 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● I 世帯

I 世帯は、中間期（10 月 21 日から 10 月 26 日）、冬期（12 月 16 日から 12 月 21 日）の 2つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-35 に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は 10 月 22 日の 17.4 (kWh/世帯・日)、最大は 12 月 20 日の 41.4 (kWh/世帯・日)であった。照明における電力消費は日変動しているが、それ以外の用途については大きな日変動がみられず、一定である。

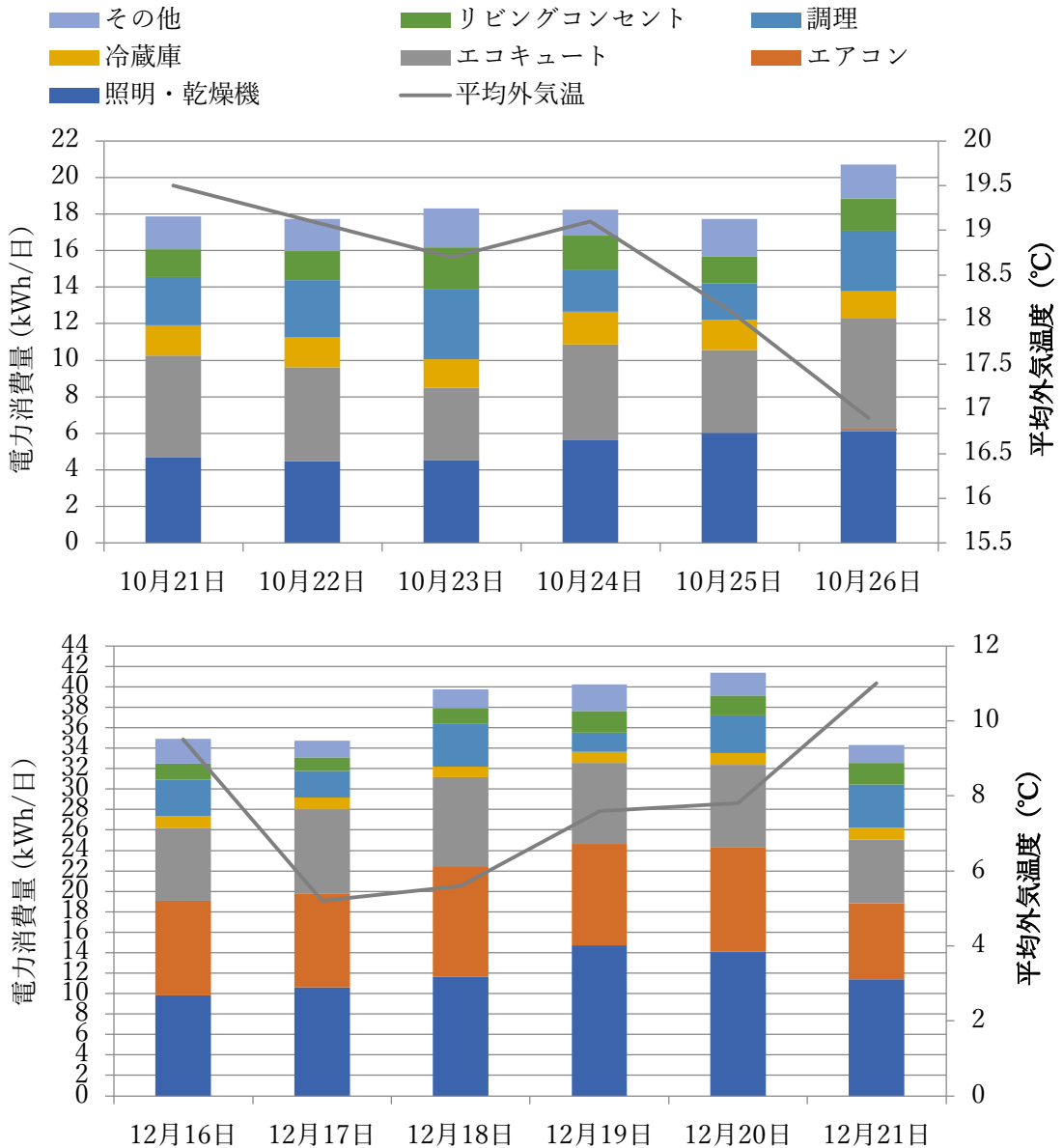


図 4.1-35 I 世帯日電力消費量

I 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-36に示す。特徴は、最低電力消費量時間帯がないことであり、不在宅になる時間帯がないライフスタイルであると推測する。調理における電力消費時間帯が長いことも挙げられる。

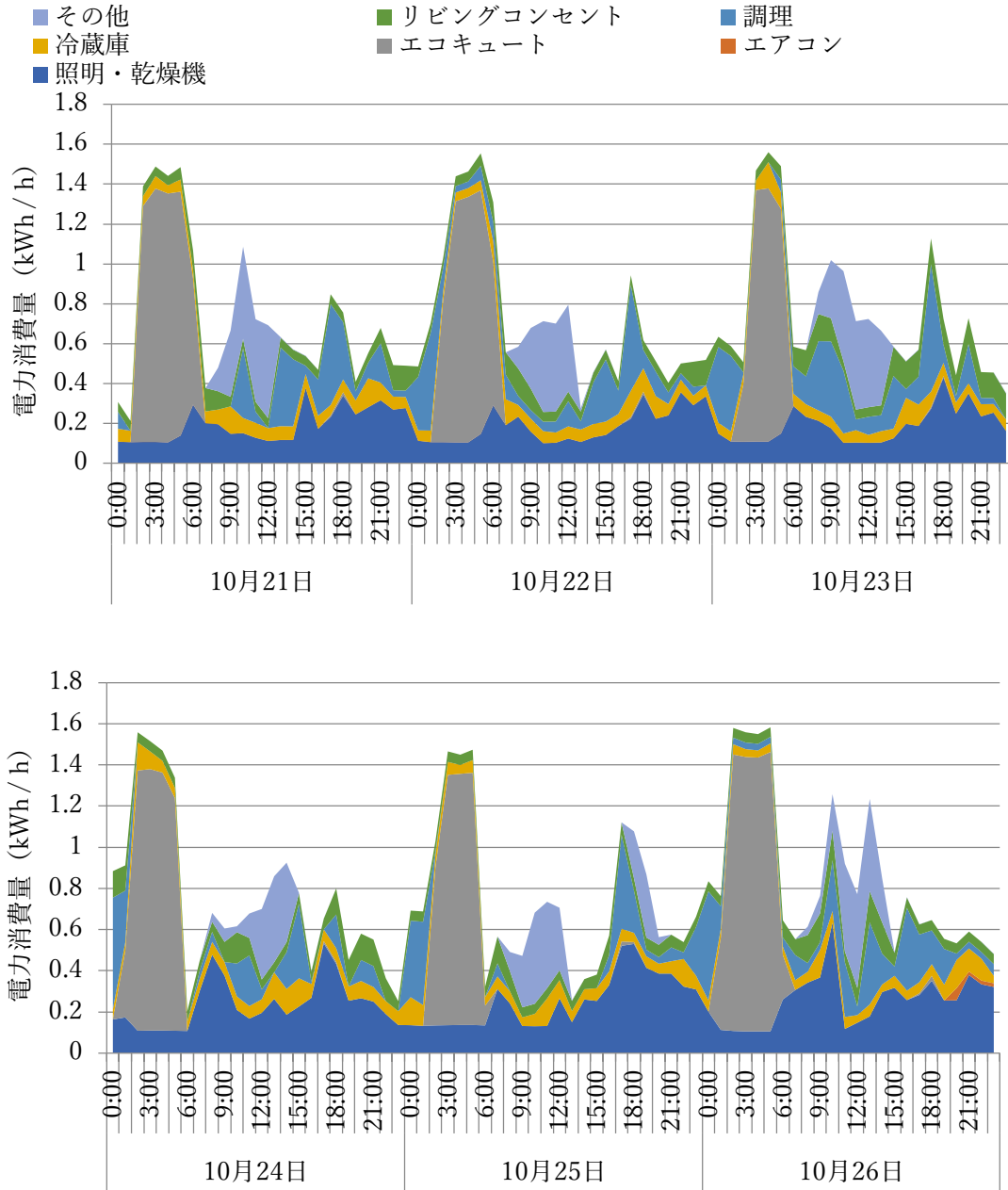


図 4.1-36 I 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

I 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を

図 4.1-37 に示す。特徴は、中間期同様に最低電力消費量時間帯がないことであり、不在宅になる時間帯がないライフスタイルであると推測する。また、調理における電力消費時間帯が長く、常にエアコンによる電力消費があることも挙げられる。

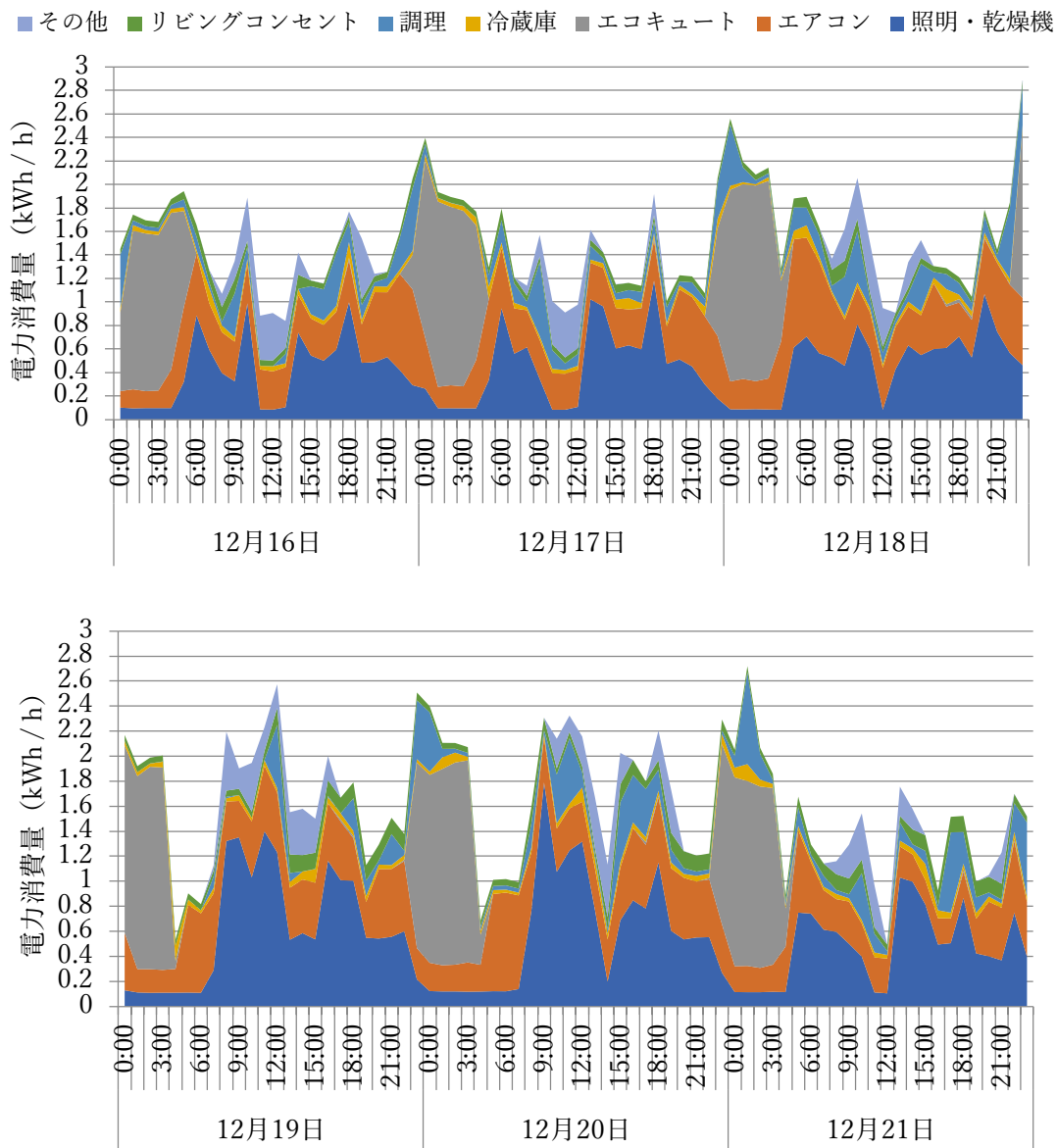


図 4.1-37 I 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● J 世帯

J 世帯は、中間期（11 月 4 日から 11 月 9 日）、冬期（12 月 23 日から 12 月 28 日）の 2 つの期間で実測調査を実施した。図 4.1-38 に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は 11 月 7 日の 12.3 (kWh/世帯・日)、最大は 12 月 28 日の 27.3 (kWh/世帯・日) であった。

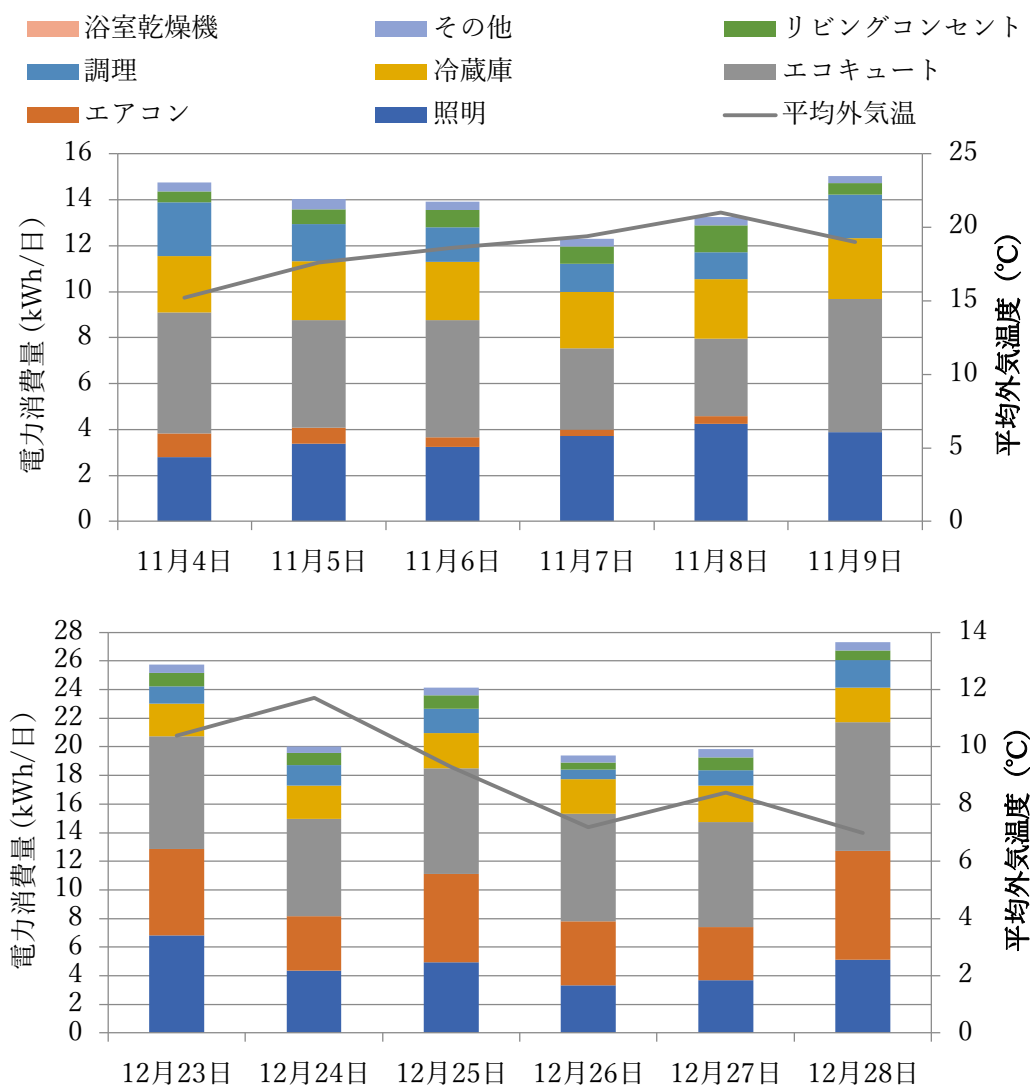


図 4.1-38 J 世帯日電力消費量

J 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-39 に示す。平日である11月4、5、6、9日だけを見ると、電力消費する時間帯が一定である。

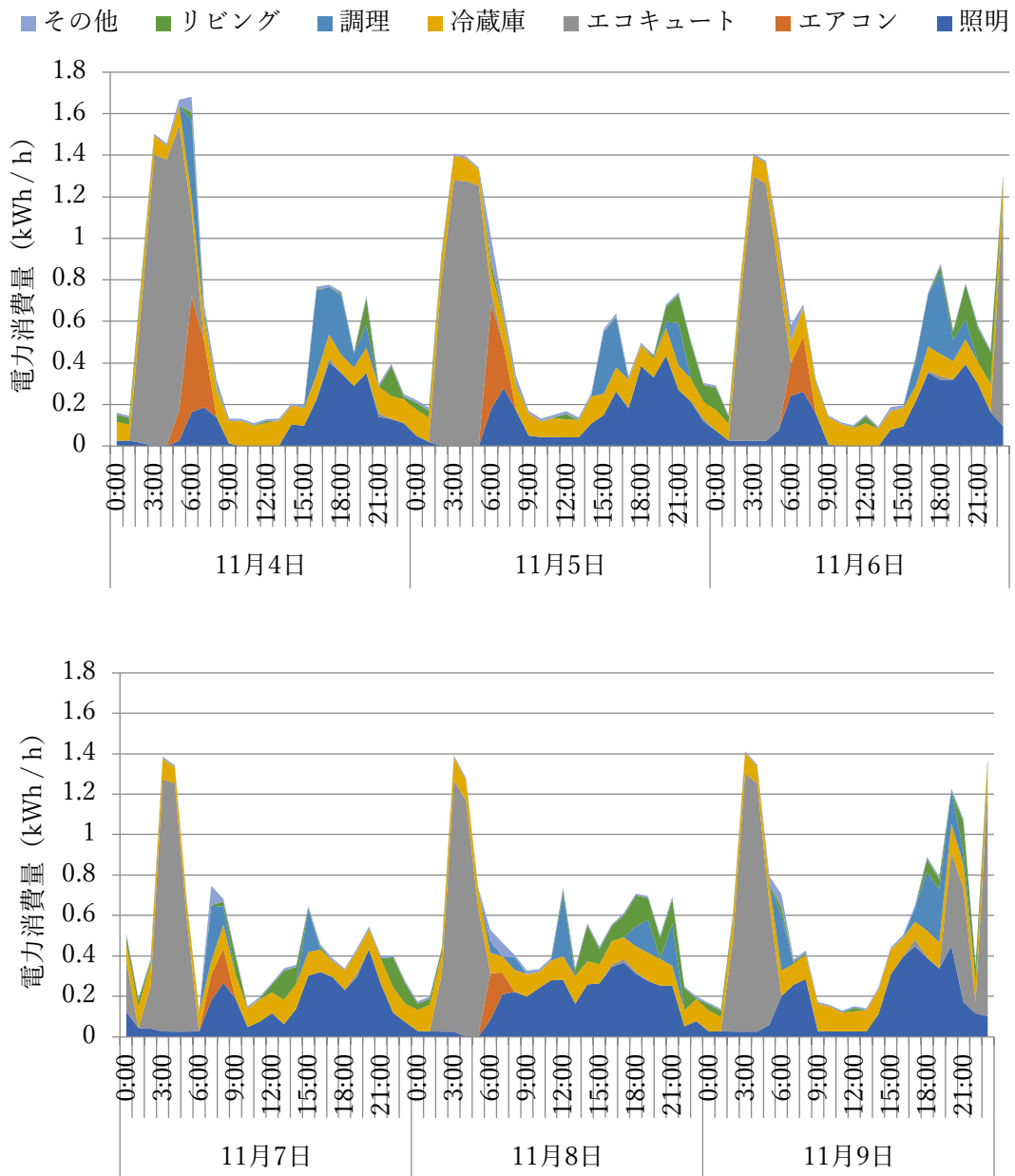


図 4.1-39 J 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

J 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-40 に示す。12 月 23 日の日中の時間帯はエアコンが稼働し続けている。これは、12 月 23 日は祝日であることが影響していると考えられる。

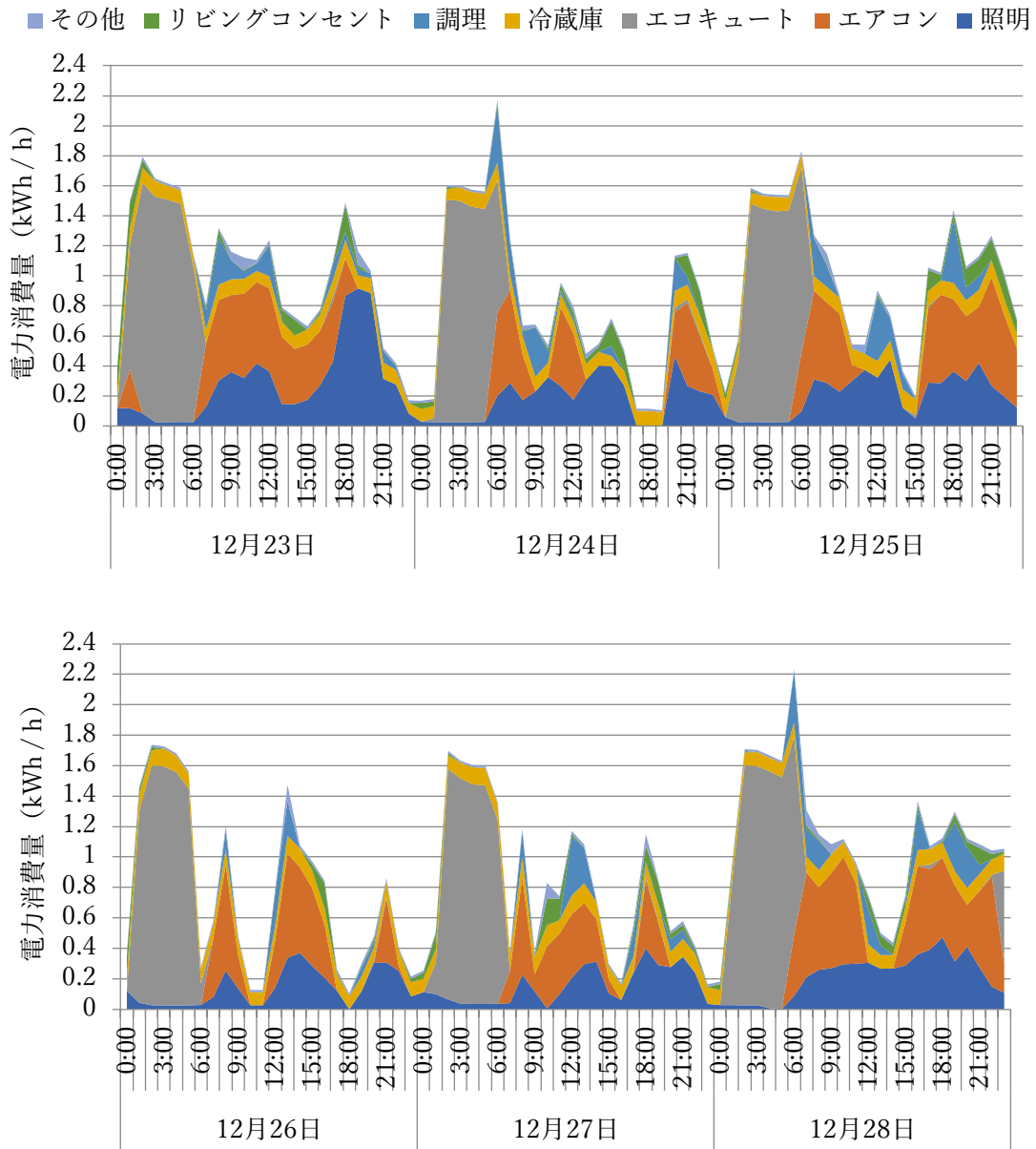


図 4.1-40 J 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移



● K 世帯

K世帯は、中間期（11月25日から11月30日）の期間で実測調査を実施した。図4.1-41に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は11月26日の12.3(kWh/世帯・日)、最大は11月27日の16.8(kWh/世帯・日)であった。11月27日は、他の実測日に比べて、エコキュートの日電力消費量が約60%増加していることが、日電力消費量が最大になった原因であると考えられる。

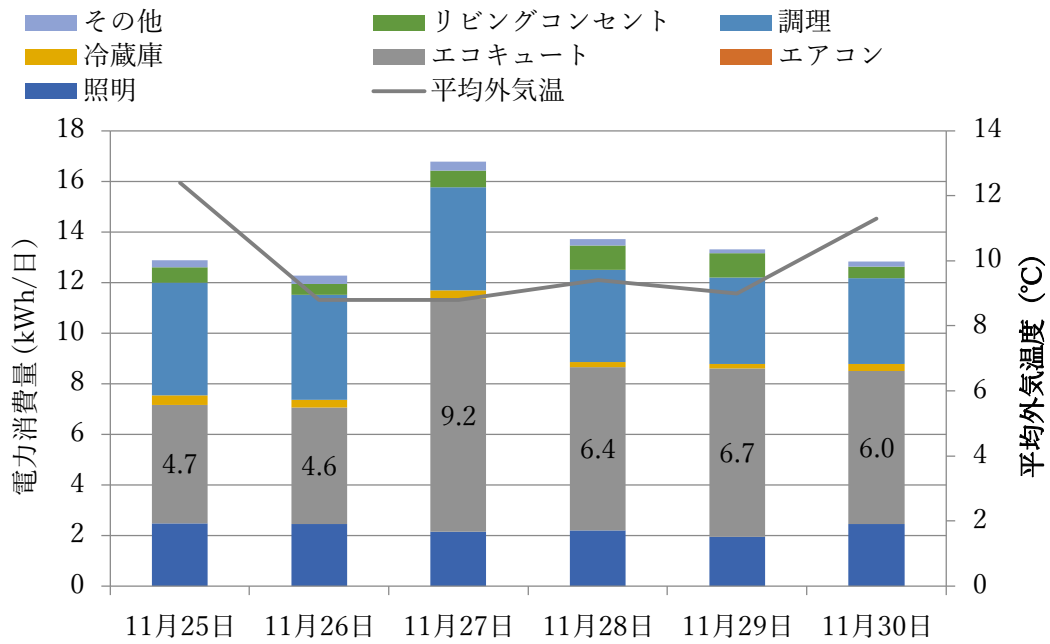


図 4.1-41 K 世帯日電力消費量

K 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-42 に示す。特徴は、調理における 1 時間単位の電力消費量が高いことが挙げられる。

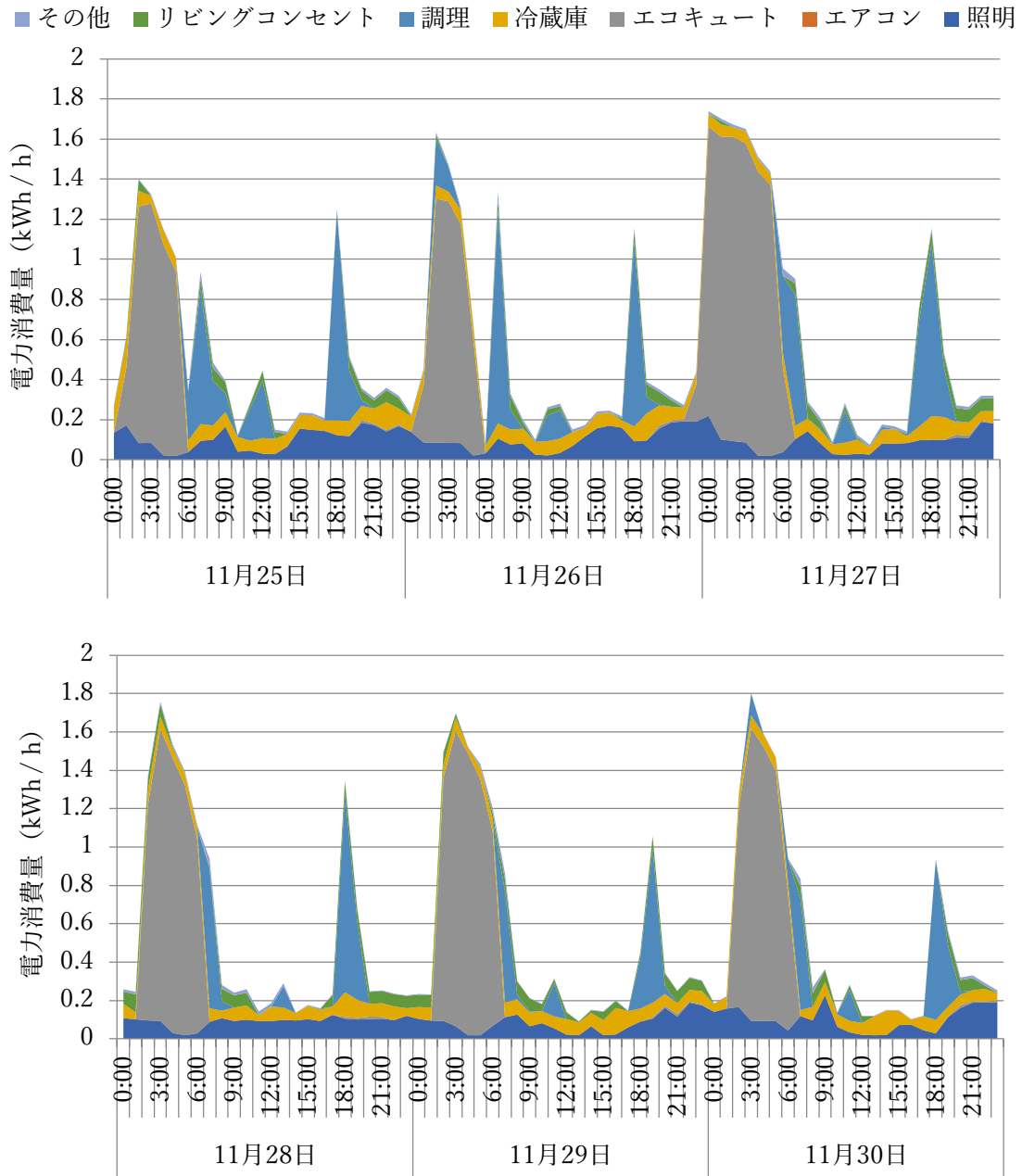


図 4.1-42 K 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● L 世帯

L 世帯は、中間期(12月9日から12月14日)、冬期(1月27日から2月1日)の期間で実測調査を実施した。図 4.1-43 に用途別に分類した日電力消費量を示す。日電力消費量の最小は12月10日の13.6(kWh/世帯・日)、最大は1月27日の22.6(kWh/世帯・日)であった。中間期実測において、12月13日の世帯の日電力消費量が顕著に高くなっている。用途別にみると、リビングコンセントによる電力消費が特に大きいことが分かる。

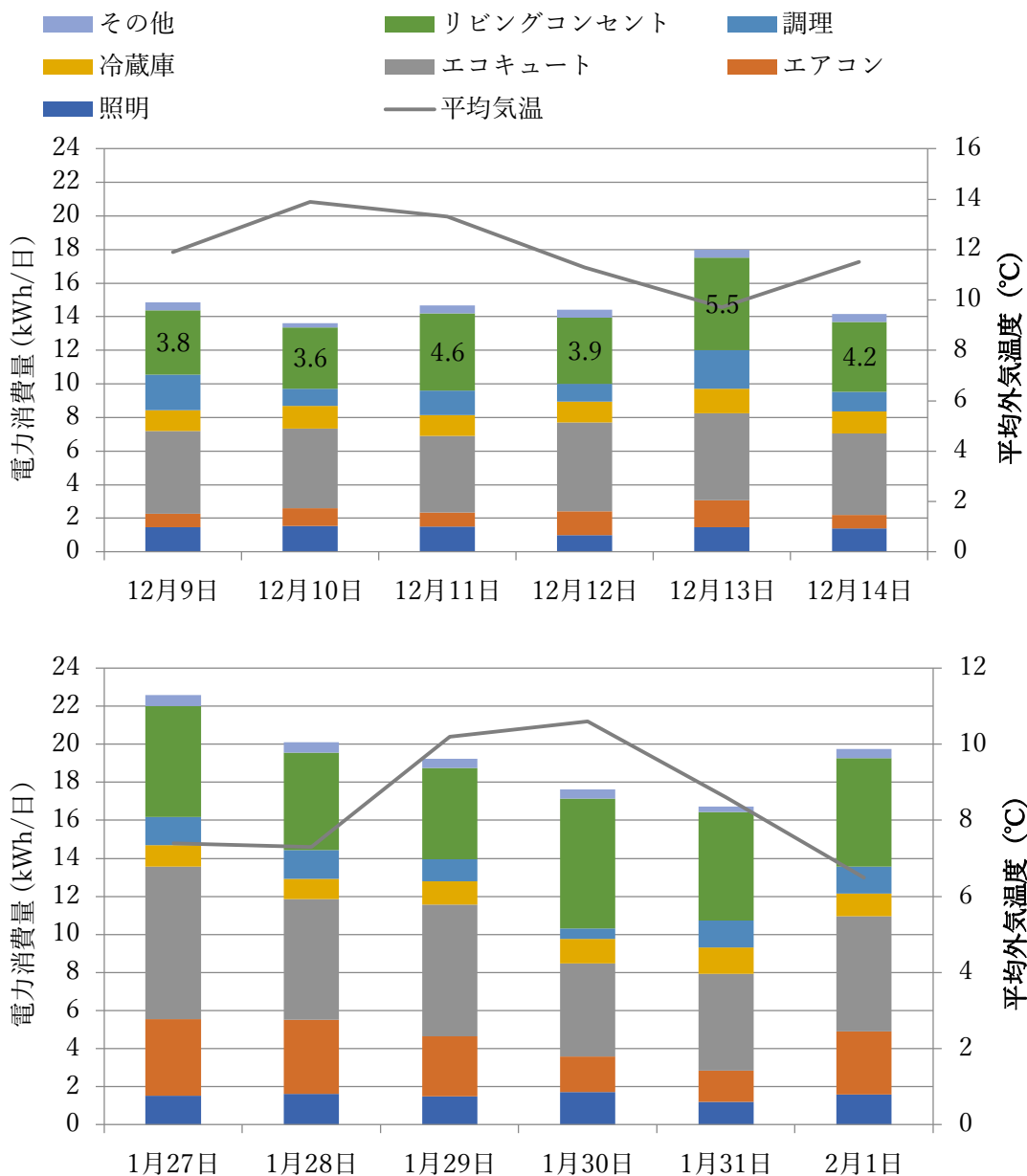


図 4.1-43 L 世帯日電力消費量

L 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-44 に示す。特徴は、リビングコンセントによる電力を消費している時間帯が長いことが挙げられる。特に 12 月13 日 13 時における電力消費量は、調理とリビングコンセントによる電力消費が重なり、エコキュートが稼働する深夜時間帯と変わらない 1 時間当たりの電力消費量となっている。

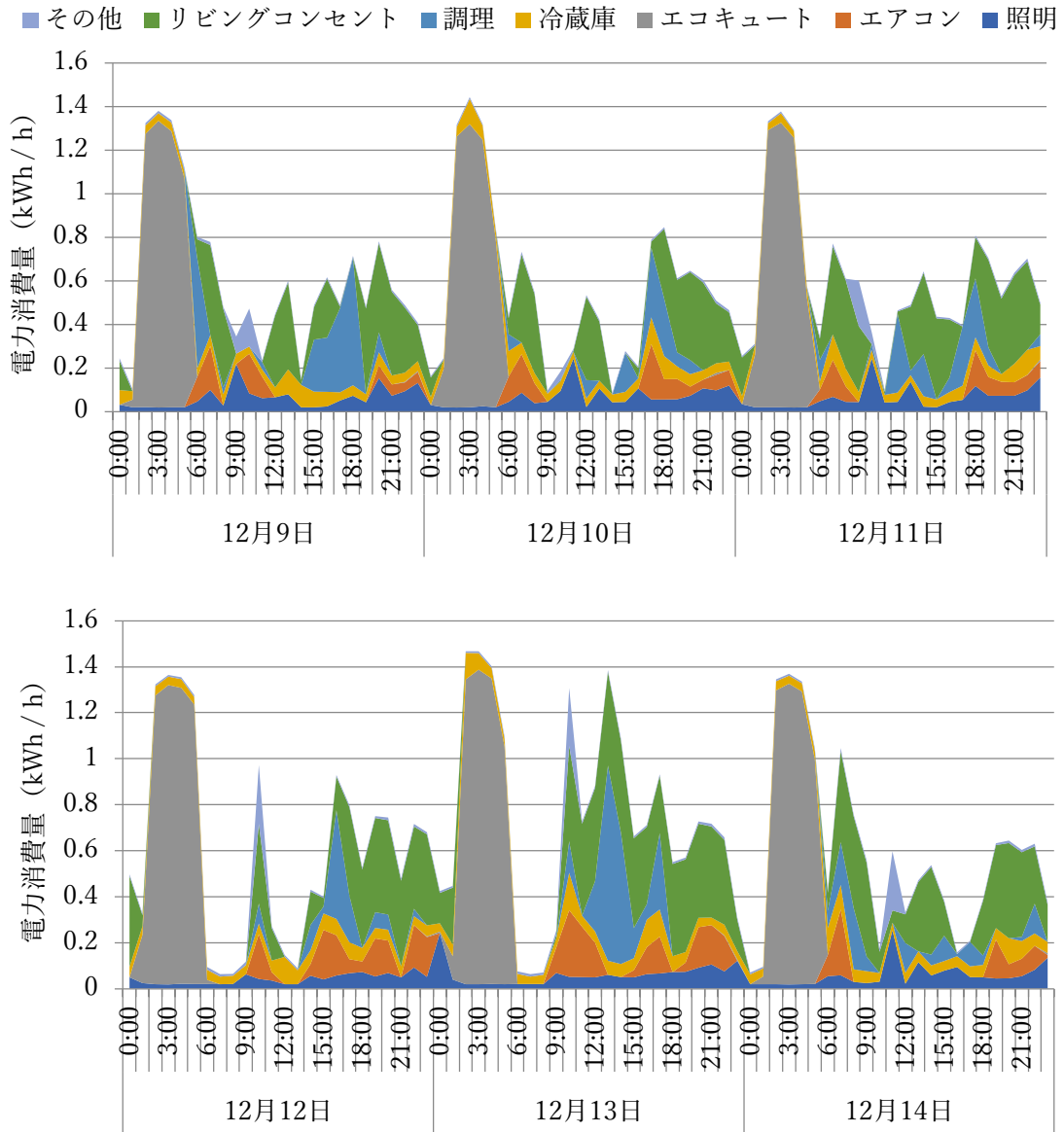


図 4.1-44 L 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

L 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-45 に示す。特徴は、中間期同様に、リビングコンセントによる電力を消費している時間帯が長いこと、また最低電力消費量時間帯が短いことが挙げられる。

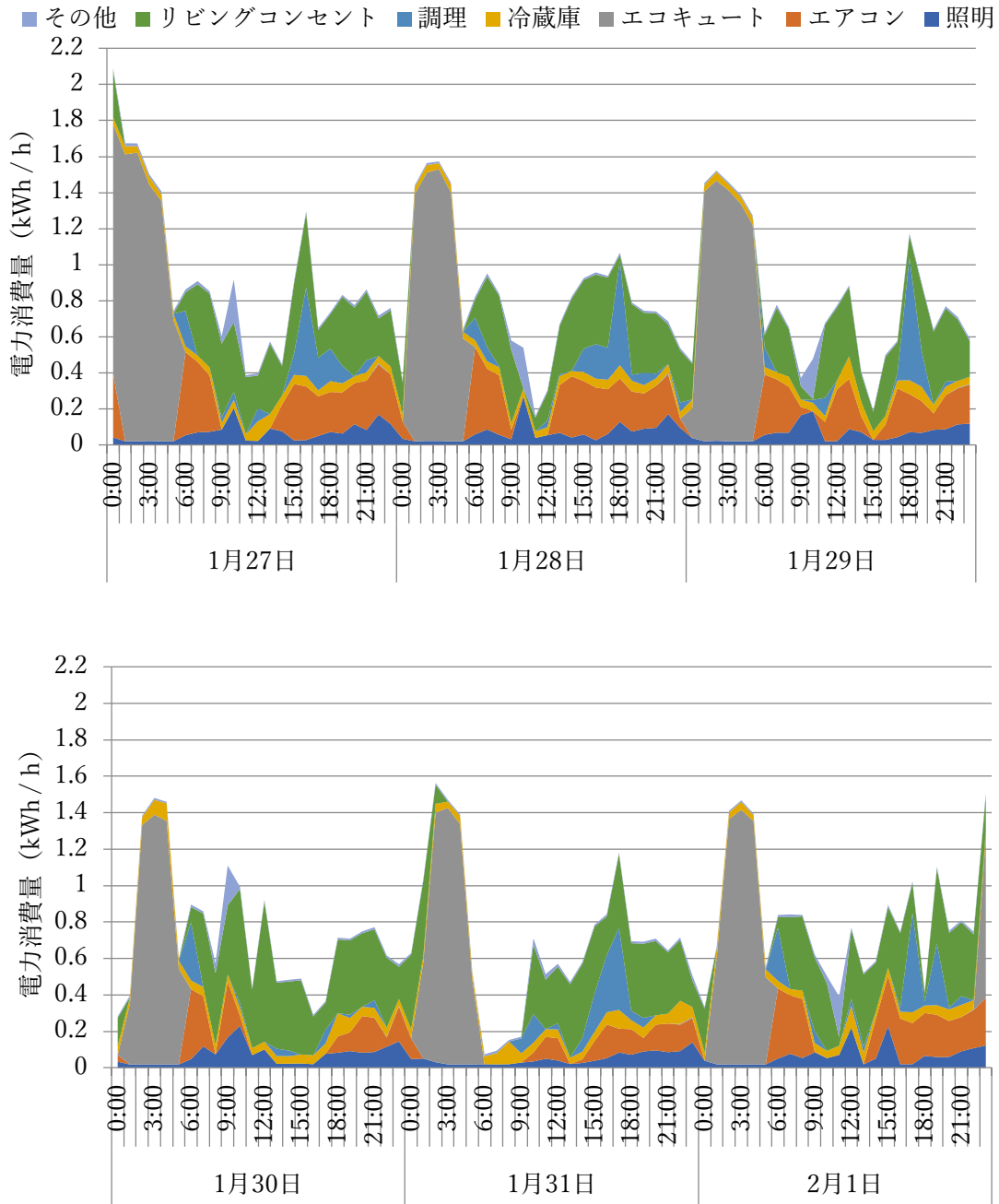


図 4.1-45 L 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

● M 世帯

M 世帯は、中間期（10 月 21 日から 10 月 26 日）、冬期（12 月 23 日から 12 月 28 日）の期間で実測調査を実施した。図 4.1-46 に用途別に分類した日電力消費量を示す。なお、M 世帯の分電盤は、照明と浴室乾燥機が繋がっていたため、それぞれを別に実測することが出来なかった。日電力消費量の最小は 10 月 22 日の 19.9 (kWh/世帯・日)、最大は 12 月 28 日の 39.2 (kWh/世帯・日) であった。冬期実測におけるエアコンによる電力消費量の日変動が大きいいため、エアコンの使い方によって世帯全体の日電力消費量が大きく変化すると考えられる。

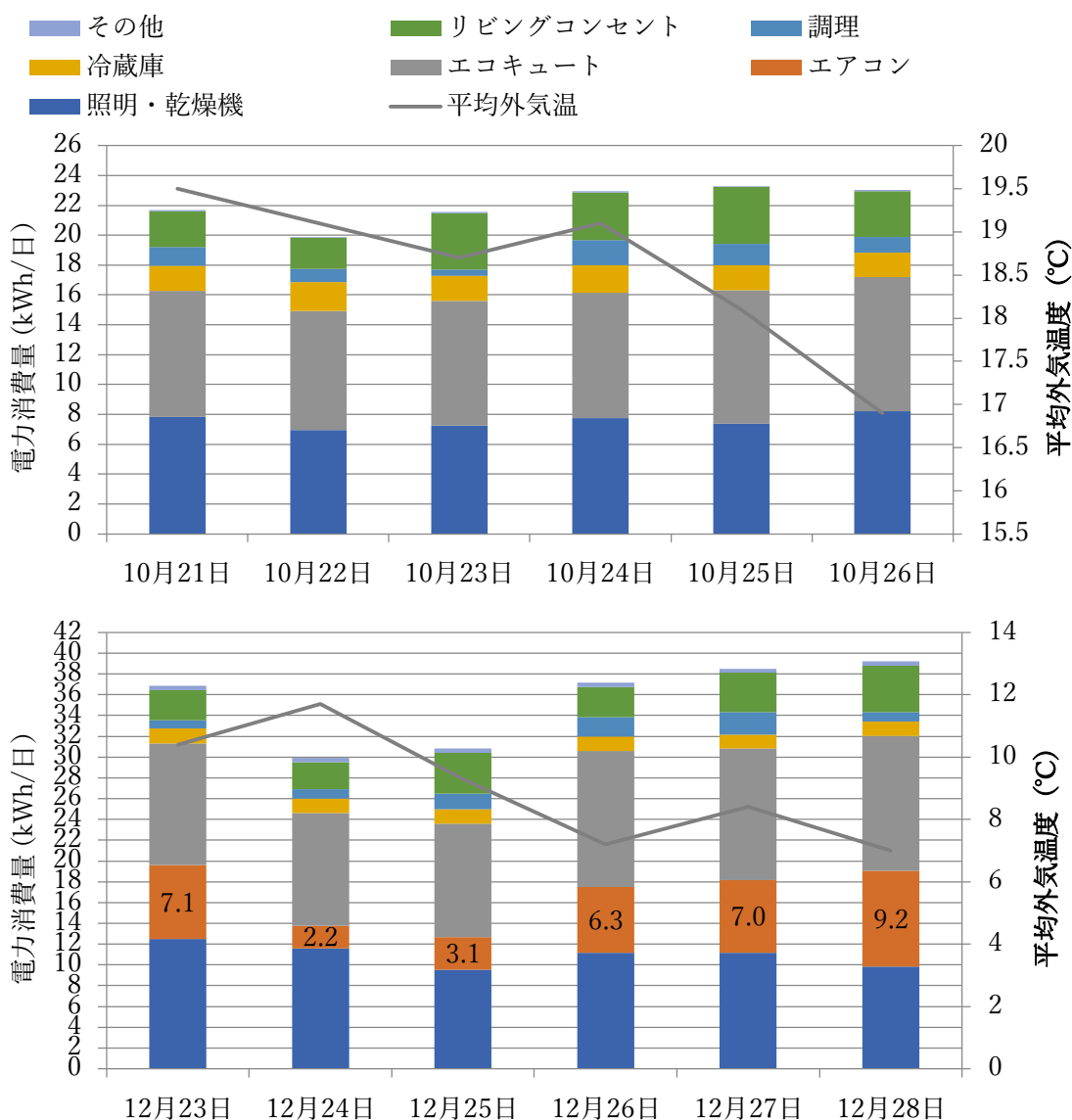


図 4.1-46 M 世帯日電力消費量

M 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-47 に示す。電力消費量のピーク時間帯は、照明・乾燥機、エアコン、エコキュート、リビングコンセントによる電力消費量が重なる1時から2時にかけてである。

■ その他 ■ リビングコンセント ■ 調理 ■ 冷蔵庫 ■ エコキュート ■ エアコン ■ 照明・乾燥機

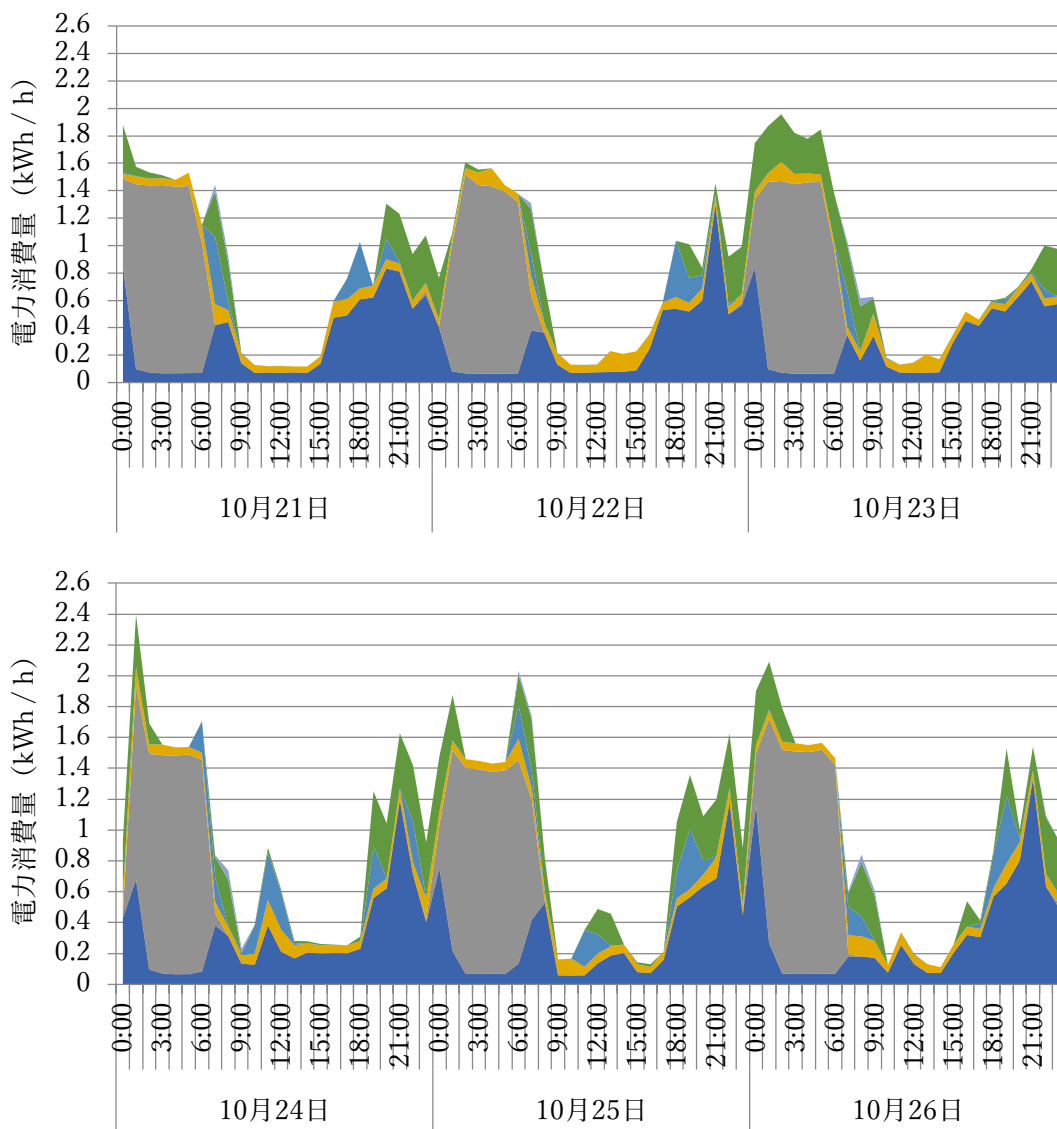


図 4.1-47 M 世帯中間期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移

M 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移を図 4.1-48 に示す。電力消費量のピーク時間帯は、中間期同様に、照明・乾燥機、エアコン、エコキュート、リビングコンセントによる電力消費量が重なる1時から2時にかけてである。

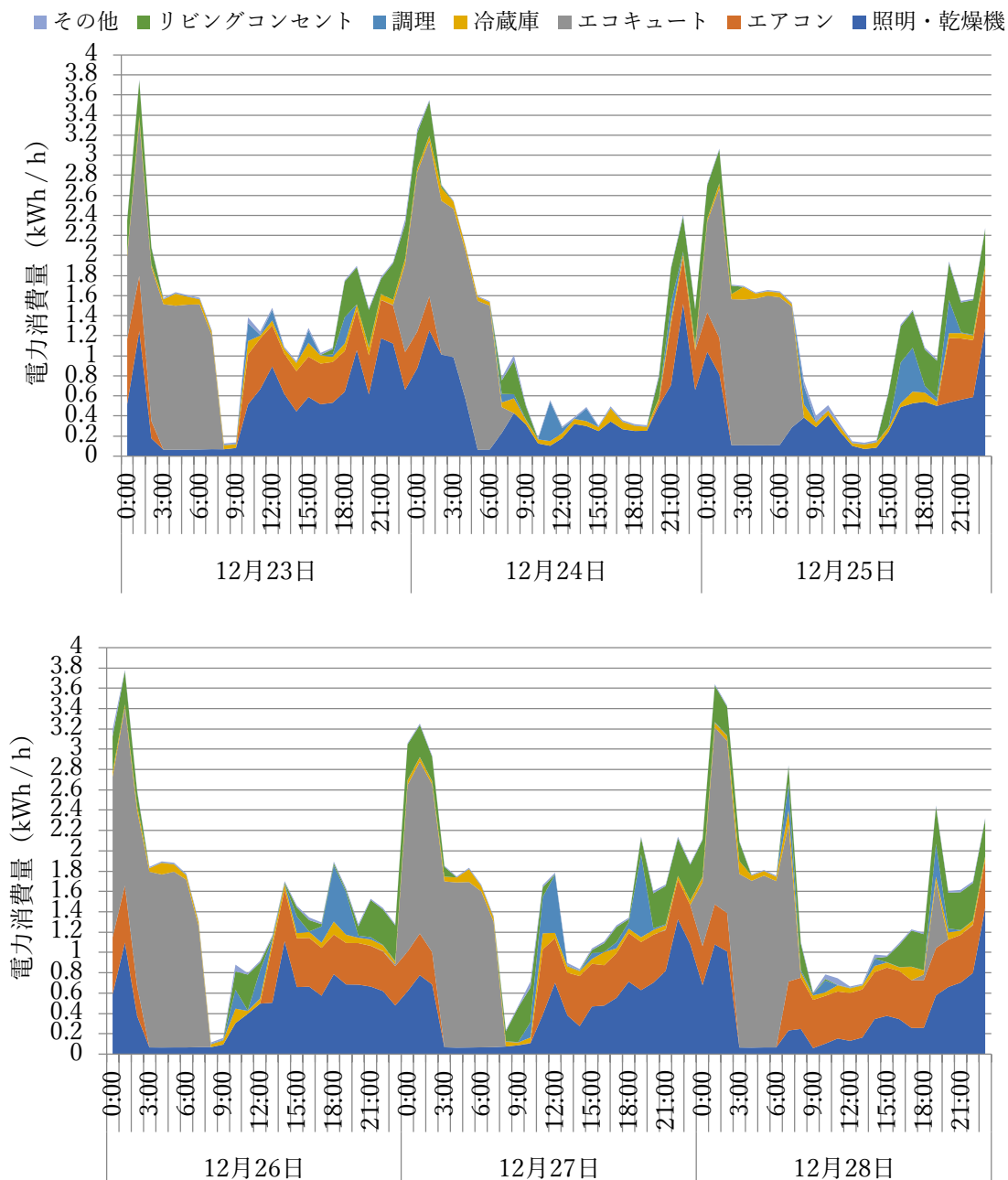


図 4.1-48 M 世帯冬期実測調査における 1 時間当たりの電力消費推移



### 4.1.5 実測結果のまとめ

本研究で実測を実施した 13 世帯を、実測期間別に日電力消費量を比較した。その結果を以下図 4.1-49～図 4.1-51に示す。

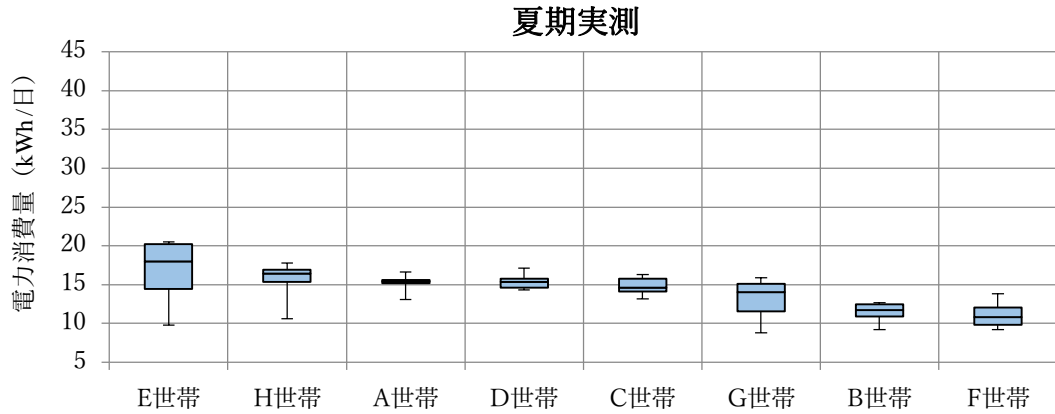


図 4.1-49 夏期実測世帯の日電力消費量の比較

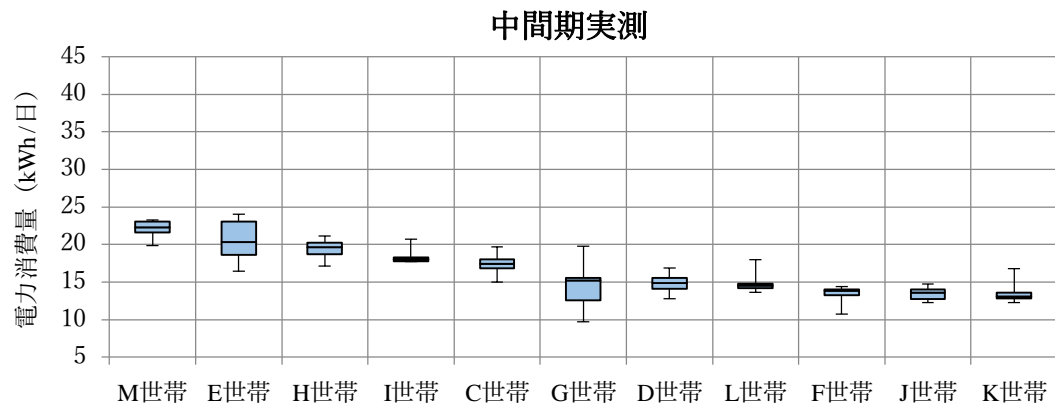


図 4.1-50 中間期実測世帯の日電力消費量の比較

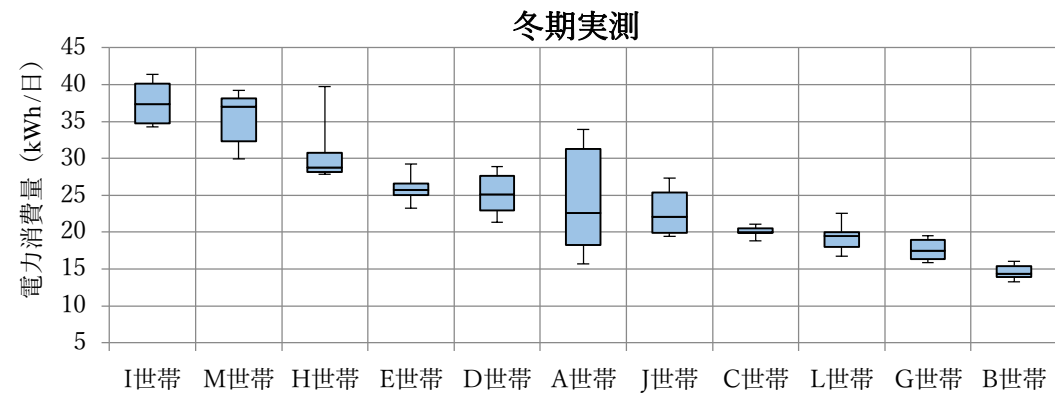


図 4.1-51 冬期実測世帯の日電力消費量の比較

夏期実測の1日当たりの電力消費量の最小はG世帯の8.82(kWh/世帯・日)、最大はE世帯の20.51(kWh/世帯・日)であり、最大値と最小値の差は11.69kWhとなった。中間期実測の1日当たりの電力消費量の最小はG世帯の9.71(kWh/世帯・日)、最大はE世帯の24.05(kWh/世帯・日)であり、最大値と最小値の差は14.31kWhとなった。冬期実測の1日当たりの電力消費量の最小はG世帯の13.28(kWh/世帯・日)、最大はI世帯の41.41(kWh/世帯・日)であり、最大値と最小値の差は28.13kWhとなった。冬期における電力消費量が顕著に高く、世帯による1日当たりの電力消費量のばらつきが大きくなっている。以上より、冬期の方が世帯によって、電力の使い方に差が大きくなっており、冬期における電力の使い方を見直すことが、省エネルギー対策により効果的であると考えられる。

次に、表4.1-5に実測期間別の日電力消費量の平均値を示す。測定日夏季の気温が涼しく(平均25.9°C)、中間期の気温が低いため(平均14.7°C)、夏季のエアコンの電力消費量が低く、中間期のエコキュートの電力消費量が高いため、中間期の電力消費量が夏季より大きい結果になる。

表 4.1-5 実測期間別の日電力消費量の平均値

|         | 日電力消費量の平均値 (kWh/世帯・日) |
|---------|-----------------------|
| 夏期実測世帯  | 14.17                 |
| 中間期実測世帯 | 17.37                 |
| 冬期実測世帯  | 25.74                 |

図の各世帯の日電力消費量の中央値と表に示した実測期間別の日電力消費量の平均値を比較する。実測期間別に日電力消費量の中央値が日電力消費量の平均値を上回った世帯を以下に記す。

夏期実測：E世帯、H世帯、A世帯、D世帯、C世帯

中間期実測：M世帯、E世帯、H世帯、I世帯、C世帯

冬期実測：I世帯、M世帯、H世帯、E世帯、D世帯

以上より、実測に関わった全ての期間で日電力消費量の中央値が日電力消費量の平均値以上だった世帯は、E世帯、H世帯、I世帯、M世帯であった。この4つの世帯は、浴室乾燥機を利用しているという共通点がある。浴室乾燥機を利用する世帯は、利用していない世帯に比べて、世帯総電力消費量が大きい傾向があると考えられる。

## 4.2 電力消費パターンによる世帯分類

### 4.2.1 クラスタ分析の概要

4.1 節では、データベースを構築し、日時別と時刻別の各用途のエネルギー消費特徴を分析した。本節では、クラスタ分析によって世帯を分類し、各世帯がそれぞれどのような電力の使い方をしているか分析する。

### 4.2.2 実測期間別の実測世帯におけるクラスタ分析

本研究では、今回の実測に参加する世帯を対象に、実測を実施した 6 日間のデータを平均化し、各用途の平均日電力消費量を変数として、SPSS を用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスタ分析を行った。なお、I 世帯と M 世帯の分電盤は照明と乾燥機が繋がっていたため、それぞれの項目を分離して実測できなかった。よって、この 2 つの世帯は、他の世帯と各用途での電力消費量の比較できないことから、この章のクラスタ分析では、I 世帯と M 世帯は考慮していない。

#### ● 夏期実測期間の実測世帯におけるクラスタ分析

夏期実測に参加した世帯を対象に、実測を実施した 6 日間のデータを平均化し、各用途の日電力消費量を変数として、SPSS ver.16 を用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスタ分析を行った。その結果を図 4.2-1 階層的クラスタ分析の樹形図(夏期実測) に示す。

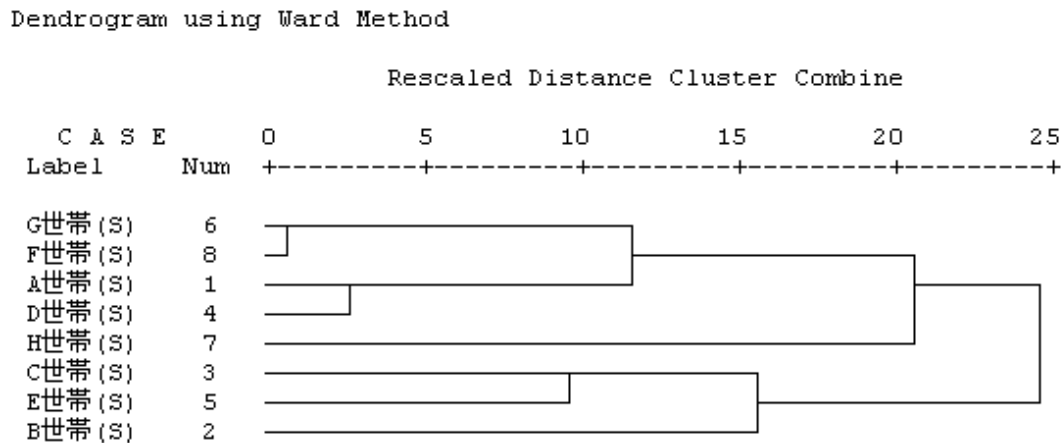


図 4.2-1 階層的クラスタ分析の樹形図(夏期実測)

電力の使い方の類似性が強い世帯を明らかにするために、図 4.2-1 に示すクラスタ分析の結果から、各世帯をグループ化の過程を図 4.2-2 に示す。夏期実測におけるクラスタ分析の樹形図では、結合レベル 22 で切断した結果、2 つのクラスターに分類でき、それぞれ S1,S2 とする。

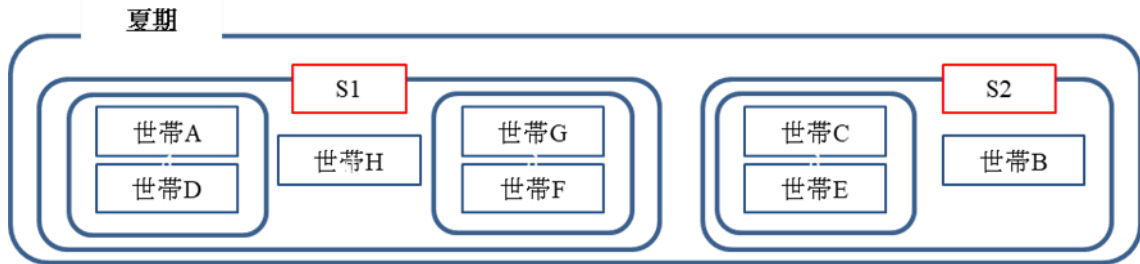


図 4.2-2 クラスタ分析の結果からのグループ化(夏期実測)

クラスタ分析によるそれぞれのグループの特徴を以下のレーダーグラフを図 4.2-3 に示す。また、図 4.2-4 は、夏期実測における実測世帯の実測期間 6 日間のデータを平均化し、1 日当たりの電力消費量を世帯別に比較したグラフである。

S2 グループに分類された B 世帯、C 世帯、D 世帯は、S1 グループに分類された世帯と比較すると、照明における電力消費が約 2 倍高いという特徴がある。また、A 世帯、D 世帯は、冷蔵庫における 1 日あたりの電力消費量が 3kWh 以上であり、他の世帯と比較すると、多くの電力を消費していることがわかる。

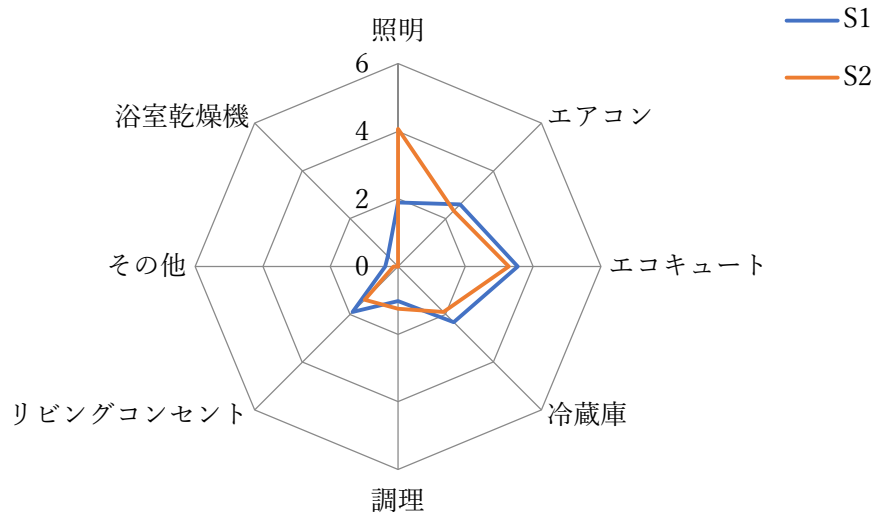


図 4.2-3 夏期実測におけるグループ別の特徴

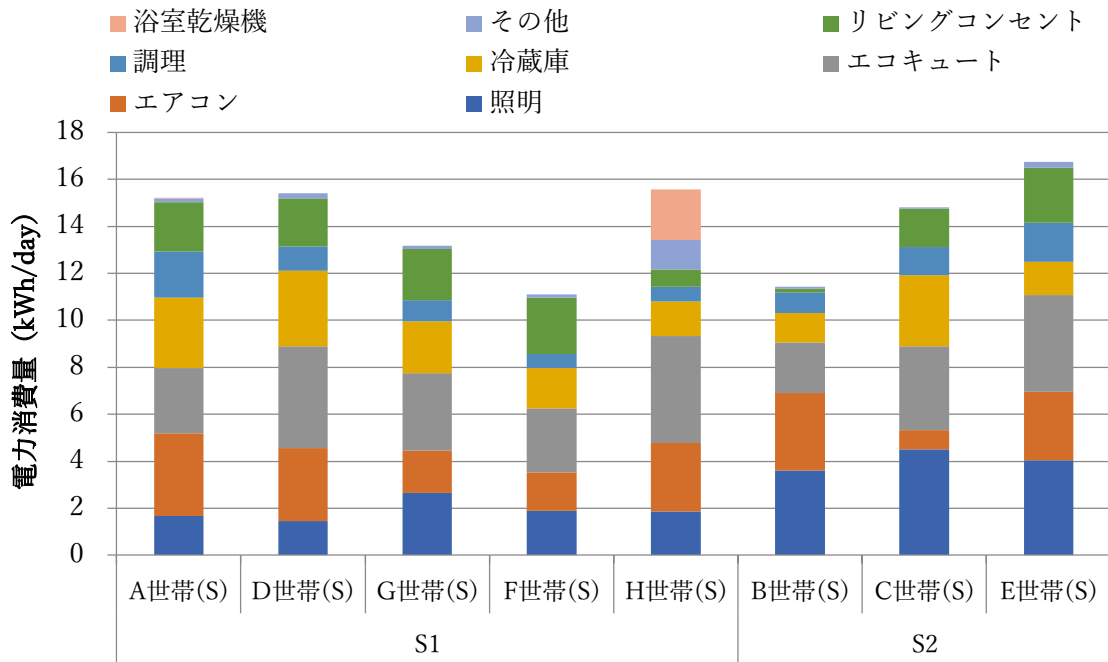


図 4.2-4 夏期実測における週平均した日電力消費量の比較

● 中間期実測期間の実測世帯におけるクラスター分析

中間期実測に参加した世帯を対象に、実測を実施した6日間のデータを平均化し、各用途の平均日電力消費量を変数として、SPSSを用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスター分析を行った。その結果を図4.2-5に示す。

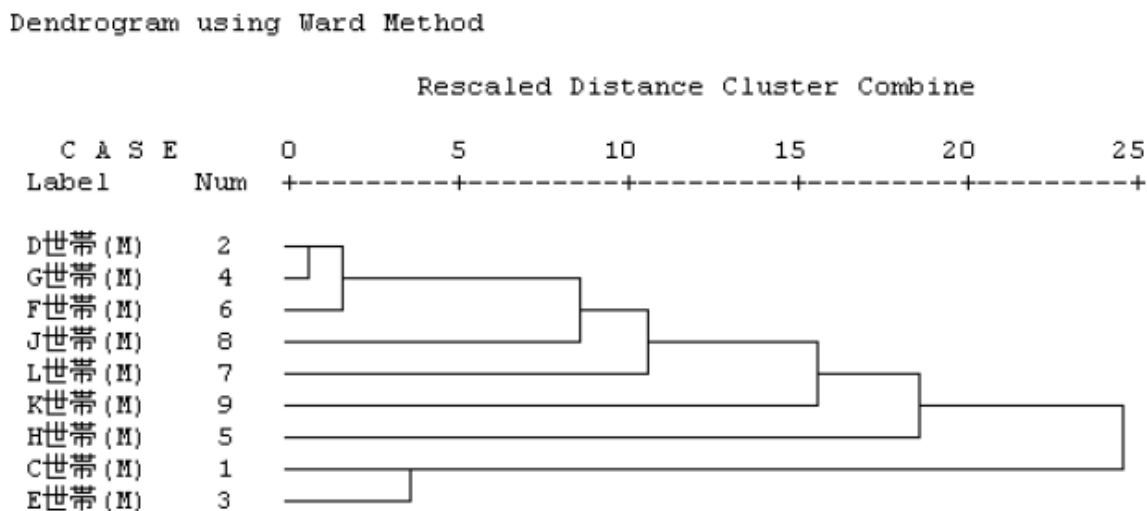


図 4.2-5 階層的クラスター分析の樹形図(中間期実測)

電力の使い方の類似性が強い世帯を明らかにするために、図4.2-5に示すクラスター分析の結果から、各世帯をグループ化の過程を

図4.2-6に示す。中間期実測におけるクラスター分析の樹形図では、結合レベル20で切断した結果、2つのクラスターに分類でき、それぞれM1,M2とした。



図 4.2-6 クラスター分析の結果からのグループ化(夏期実測)

クラスター分析によるそれぞれのグループの特徴を以下のレーダーグラフを 図 4.2-7 に示す。また、図 4.2-8 は、中間期実測における実測世帯の実測期間 6 日間のデータを平均化し、1 日当たりの電力消費量を世帯別に比較したグラフである。

M2 グループに分類された C 世帯、E 世帯は、他の世帯と比較すると、エコキュートにおける電力消費量が 1 日あたり 8kWh 以上であり、給湯における電力消費量が高いことが分かる。また、L 世帯と H 世帯はリビングコンセントにおける電力消費が高い結果となった。

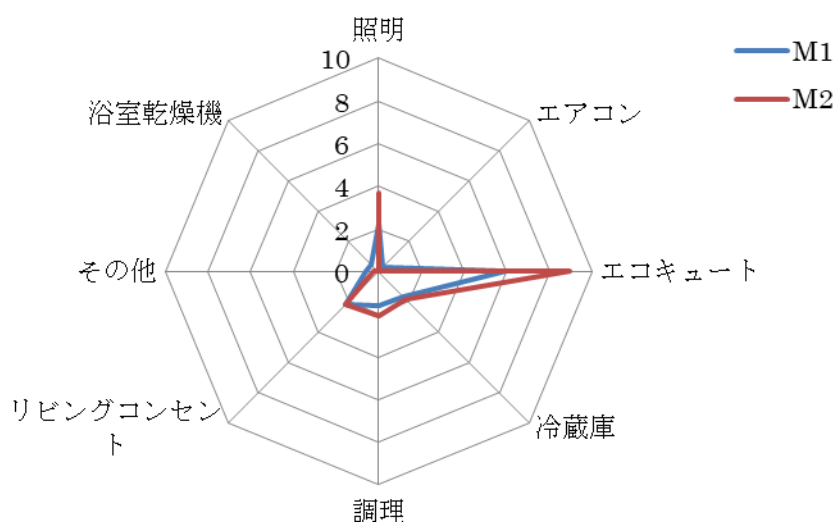


図 4.2-7 中間期実測におけるグループ別の特徴

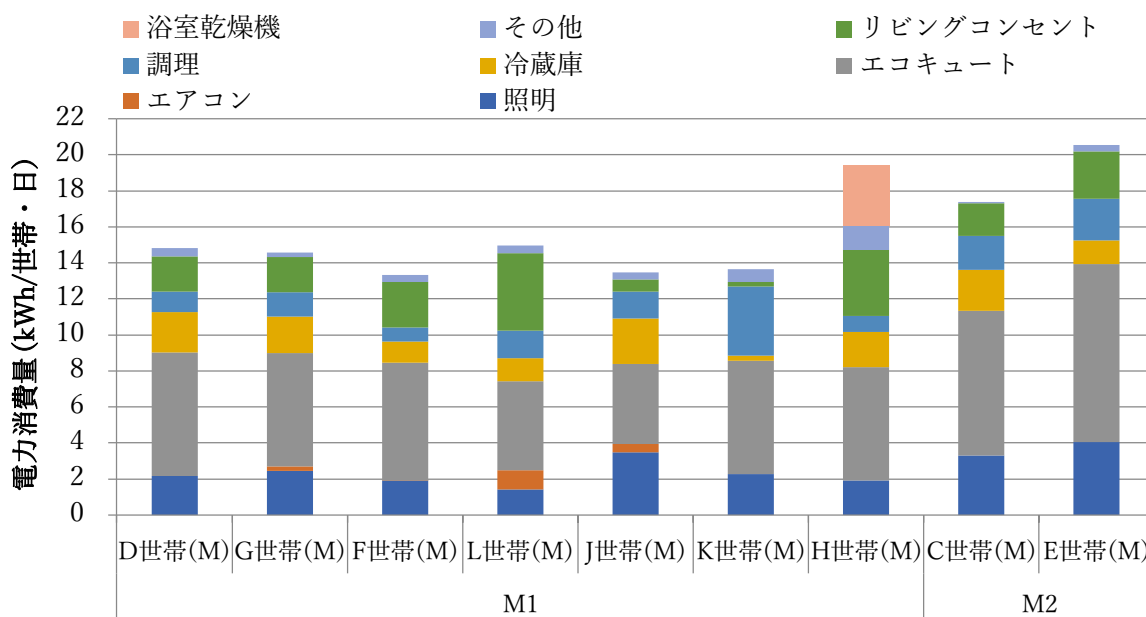


図 4.2-8 中間期実測における週平均した日電力消費量の比較

● 冬期実測期間の実測世帯におけるクラスター分析

冬期実測に参加した世帯を対象に、実測を実施した6日間のデータを平均化し、各用途の平均日電力消費量を変数として、SPSSを用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスター分析を行った。その結果を図4.2-9に示す。

Dendrogram using Ward Method

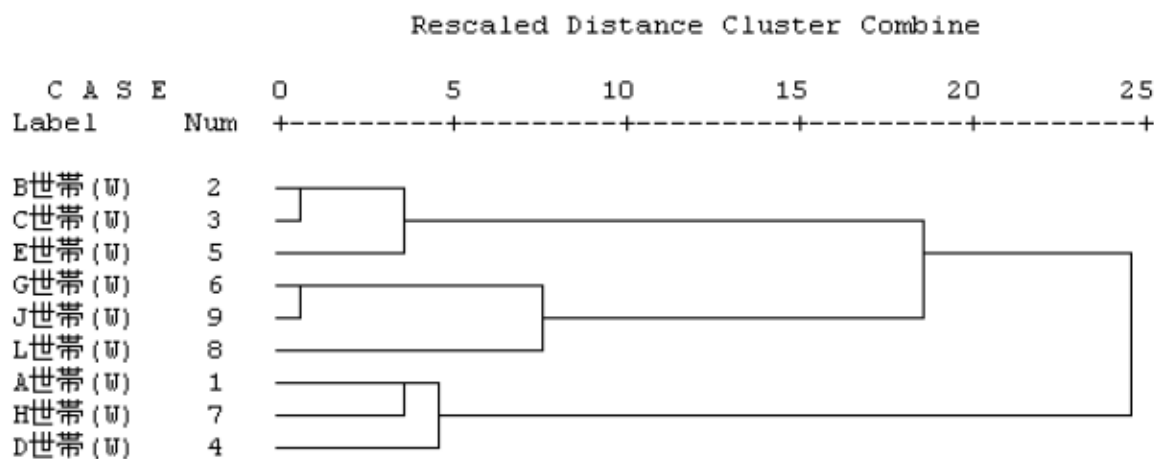


図 4.2-9 階層的クラスター分析の樹形図(冬期実測)

電力の使い方の類似性が強い世帯を明らかにするために、図4.2-9に示すクラスター分析の結果から、各世帯をグループ化の過程を図4.2-10に示す。冬期実測におけるクラスター分析の樹形図では、結合レベル10で切断した結果、3つのクラスターに分類でき、それぞれW1,W2,W3とした。

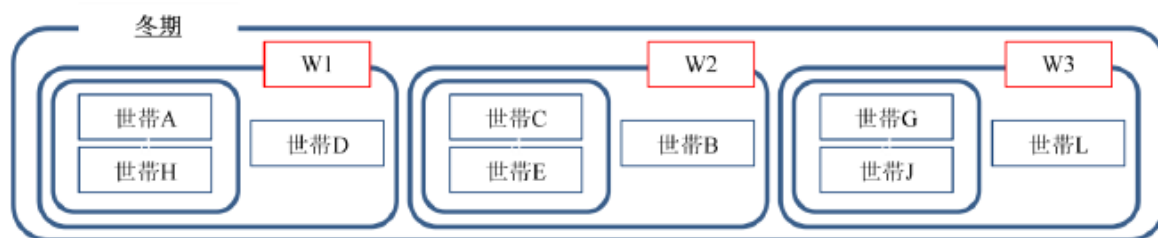


図 4.2-10 クラスター分析の結果からのグループ化



クラスター分析によるそれぞれのグループの特徴を以下のレーダーグラフを図4.2-11に示す。また、図4.2-12は、冬期実測における実測世帯の実測期間6日間のデータを平均化し、1日当たりの電力消費量を世帯別に比較したグラフである。

W1に分類された世帯はエアコンにおける電力消費が高く、W2に分類された世帯はエアコンにおける電力消費が低い結果となった。また、W1に分類されたB世帯、E世帯、W3に分類されたJ世帯は、照明における電力消費が、他の世帯と比較すると高いことがわかる。また、中間期と同様にL世帯はリビングコンセントにおける電力消費が高い結果となった。

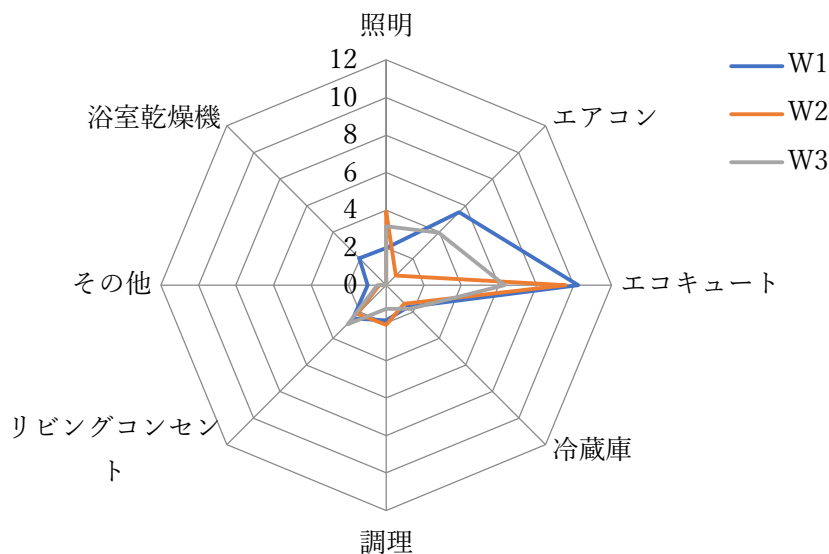


図 4.2-11 冬期実測におけるグループ別の特徴

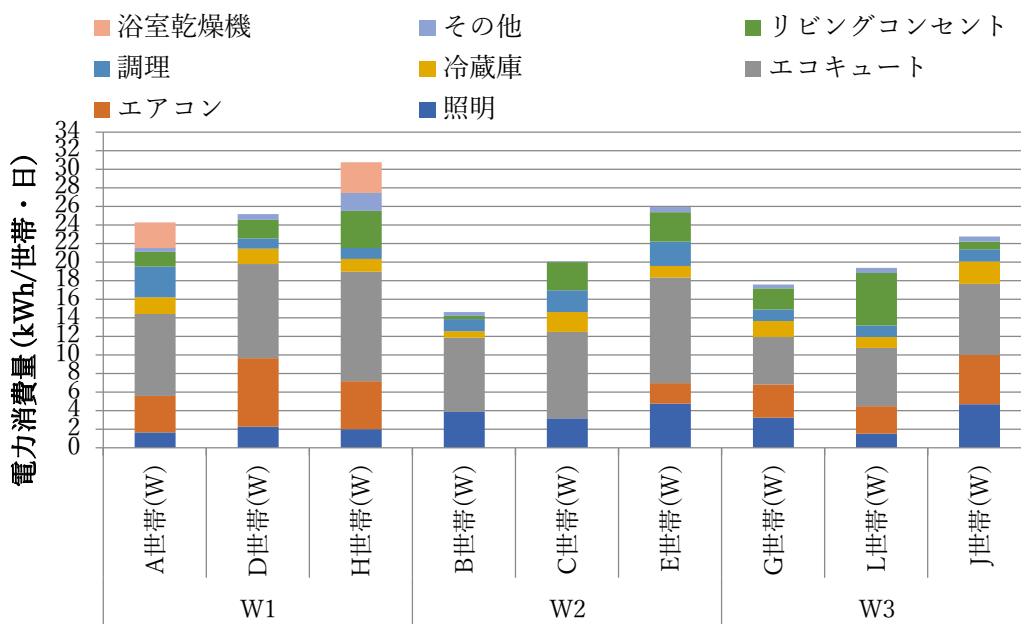


図 4.2-12 冬期実測における週平均した日電力消費量の比較

### 4.2.3 全実測期間の実測世帯におけるクラスター分析

次に、実測期間による分類をせずに、今回の実測に参加した世帯を対象に、実測を実施した6日間のデータを平均化し、各用途の日電力消費量を変数として、SPSSを用いて、ウォード法のユークリッド平方距離により、階層的クラスター分析を行った。その結果を図4.2-13に示す。

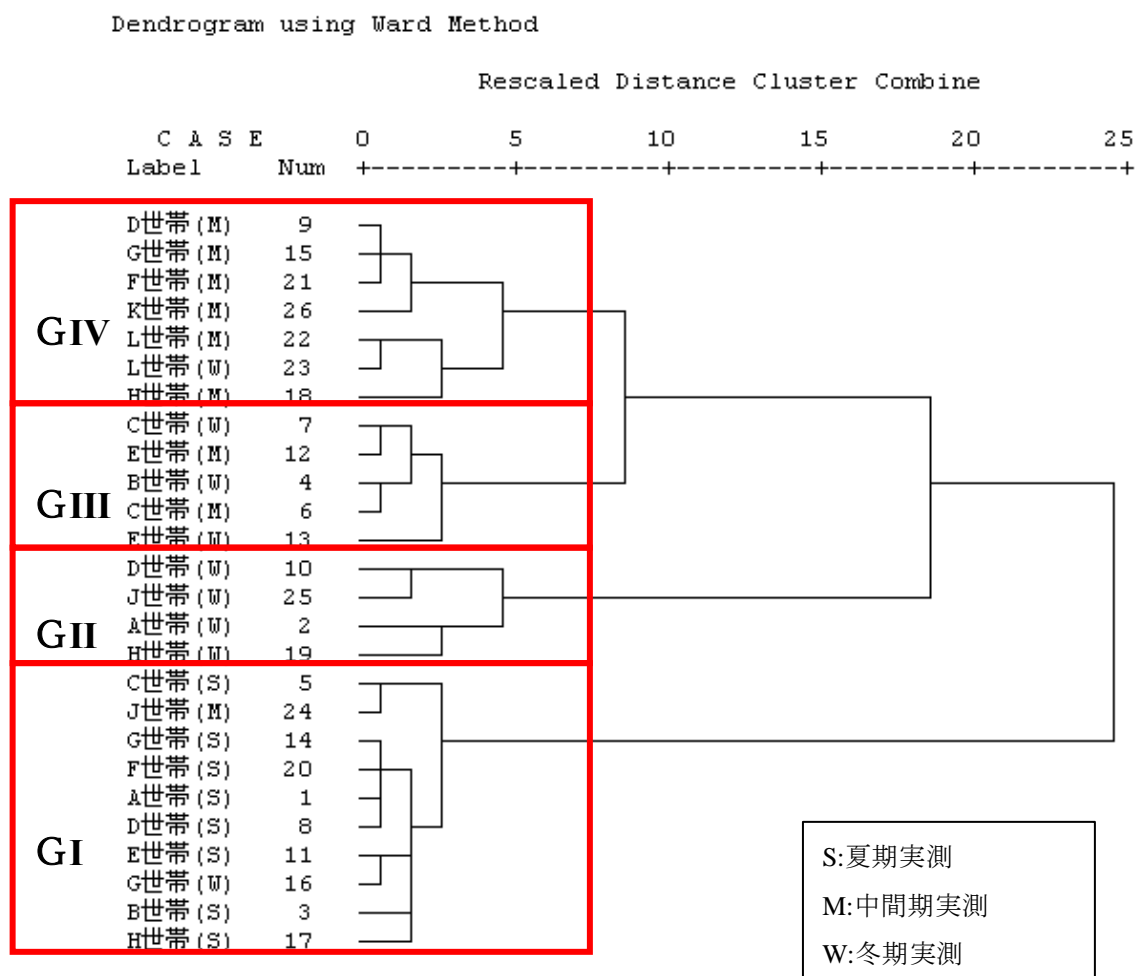


図 4.2-13 階層的クラスター分析の樹形図(ウォード法)

図4.2-13より、樹形図は結合レベル7で切断し、4つのクラスターの分類ができた。つまり、変数属性の類似性と相違性に基づいて、各用途の電力消費量によって実測世帯を4種類に分けられた。また、図4.2-13から同じ世帯による各用途の電力消費の類似性よりも、実測期間による各用途の電力消費の類似性があることが分かる。この4つのグループをそれぞれG1、G2、G3、G4とし、各グループの特徴を図4.2-14に示し、表4.2-1にその特徴をまとめた。

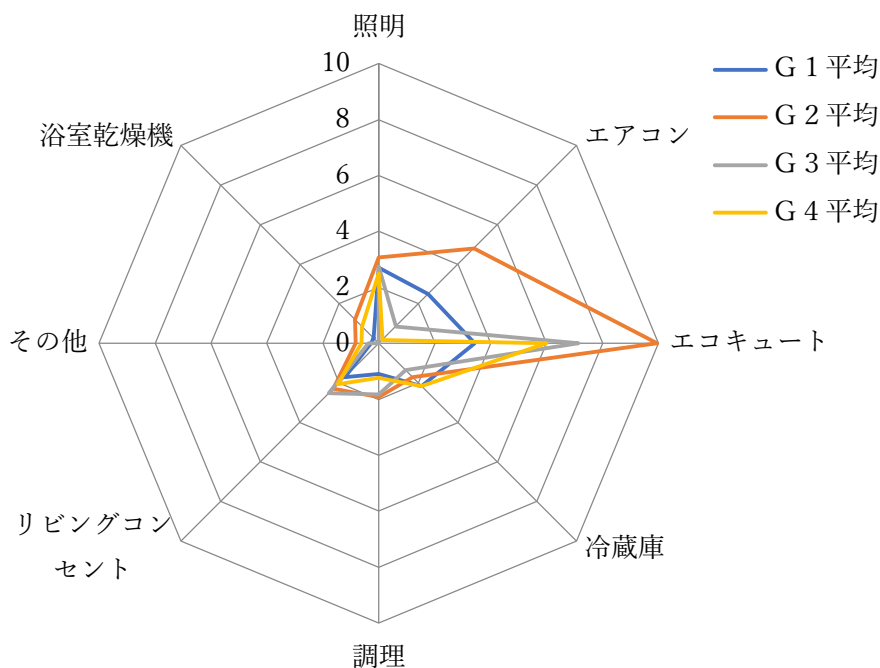


図 4.2-14 各グループの特徴

表 4.2-1 各グループの特徴と分類名

|    | 分類世帯数 | 分類世帯の特徴                        | 電力消費の特徴   |
|----|-------|--------------------------------|---|
| G1 | 10 世帯 | 夏期に実測された世帯が多い<br>夏期実測世帯：8 世帯   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・冷蔵庫が高い</li> <li>・エアコンが中間</li> <li>・エコキュートが低い</li> <li>・調理が低い</li> </ul> |
| G2 | 4 世帯  | 冬期に実測された世帯が多い<br>冬期実測世帯：4 世帯   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・エコキュートが高い</li> <li>・エアコンが高い</li> <li>・浴室乾燥機が高い</li> </ul>               |
| G3 | 5 世帯  | 中間期実測世帯：2 世帯<br>冬期実測世帯：3 世帯    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・エコキュートが高い</li> <li>・照明が高い</li> <li>・エアコンが低い</li> </ul>                  |
| G4 | 7 世帯  | 中間期に実測された世帯が多い<br>中間期実測世帯：6 世帯 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・リビングコンセントが高い</li> <li>・エコキュートが中間</li> <li>・エアコンが低い</li> </ul>           |

階層的クラスター分析によって分類された、各グループの日電力消費量の箱ヒゲ図を図 4.2-15 に示す。

「夏期実測世帯が多いグループ 1」と「中間期実測世帯が多いグループ 4」、それぞれの電力消費量の中間値を比較すると、差があまりないことがわかる。これは「グループ 4」ではエアコンを使用しないライフスタイルであるが、中間期の気温が低いためエコキュートの電力消費量が増加したことが原因であると考えられる。「グループ 2」と「グループ 3」の電力消費量の差は、エアコンの電力消費量の差であると考えられる。

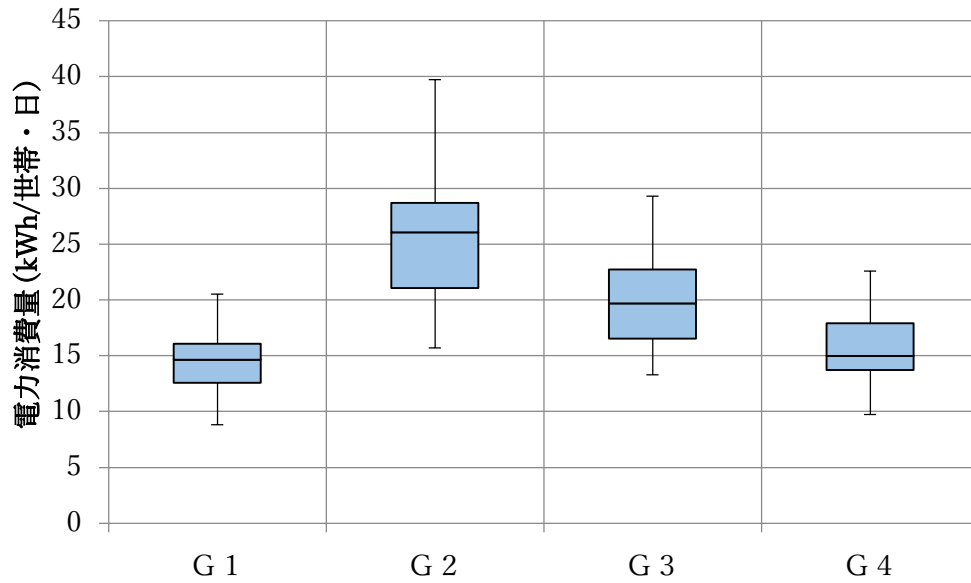


図 4.2-15 各グループの日電力消費量

### 4.3 電力消費量に及ぼす影響要因の分析

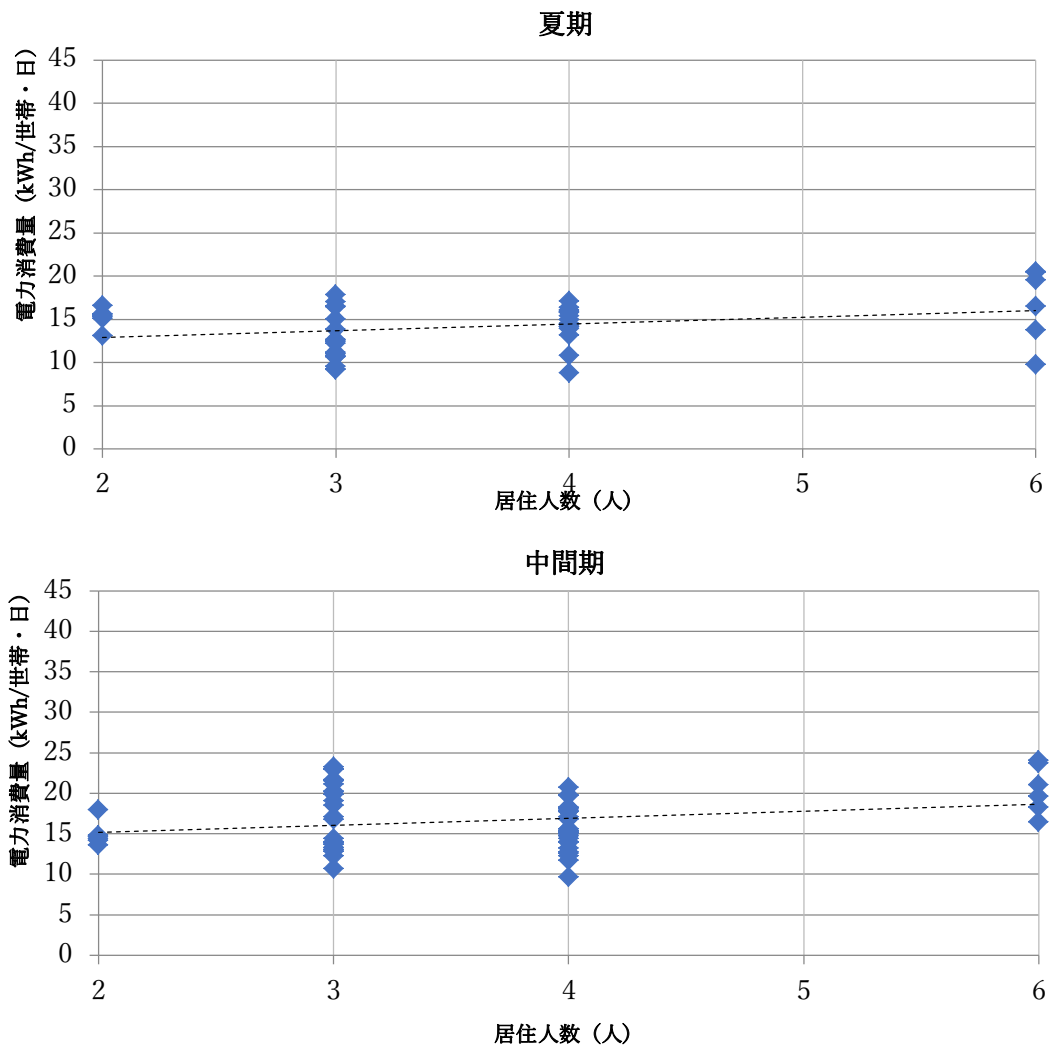
本節では、アンケート調査と実測調査の結果に基づき、「世帯属性」、「季節による変動」、「各用途の電力消費」、「在宅率の検討・在宅率による電力消費量への影響」といった4つの視点から電力消費量に及ぼす影響要因の分析を行う。

#### 4.3.1 世帯属性と電力消費量の関係

世帯属性と電力消費量の関連性を明らかにするうえで、まずアンケート調査によって得た世帯属性と電力消費量の関係を分析する。世帯属性の中でも、「居住人数」「延べ床面積」「世帯年収」の3つの項目と電力消費量の関係を分析した。

##### ● 居住人数と電力消費量の関係性

各世帯の居住人数と日電力消費量の関係性を実測期間別に図 4.3-1 に示す。夏期、中間期、居住人数が多い世帯になるにつれて日電力消費量も大きいことがわかる。冬期において、日電力消費量のばらつきが大きいいため、居住人数と日電力消費量の関係が弱い。



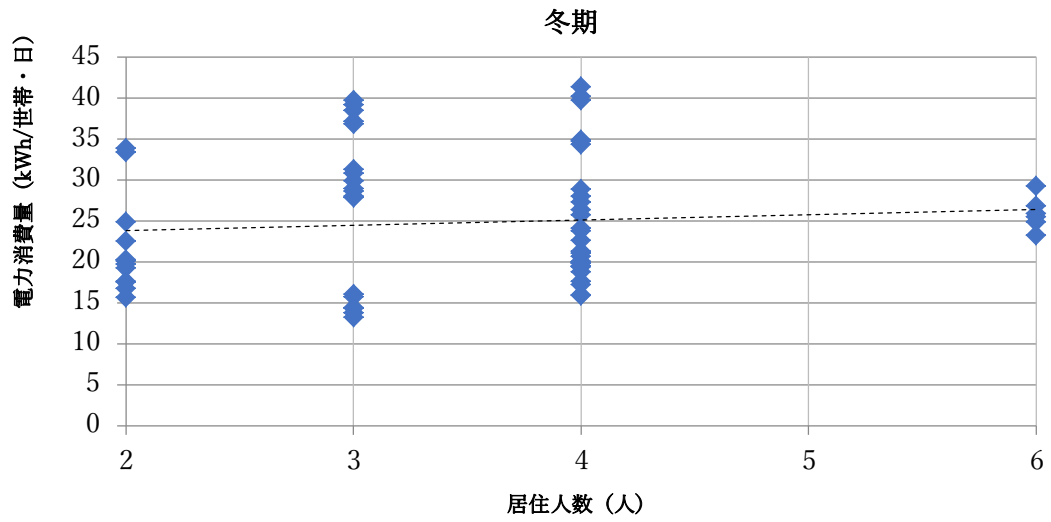


図 4.3-1 実測期間別の居住人数と電力消費量の関係性

● 延べ床面積と電力消費量の関係性

各世帯の延べ床面積と日電力消費量の関係性を実測期間別に図 4.3-2 に示す。夏期においては延べ床面積と世帯日電力消費量の関係性を示さなかったが、冬期においては延べ床面積が大きい世帯のほうが日電力消費量も大きくなる傾向を示した。冷房時よりも暖房時の電力消費の方が、延べ床面積と関係が大きいと推測する。

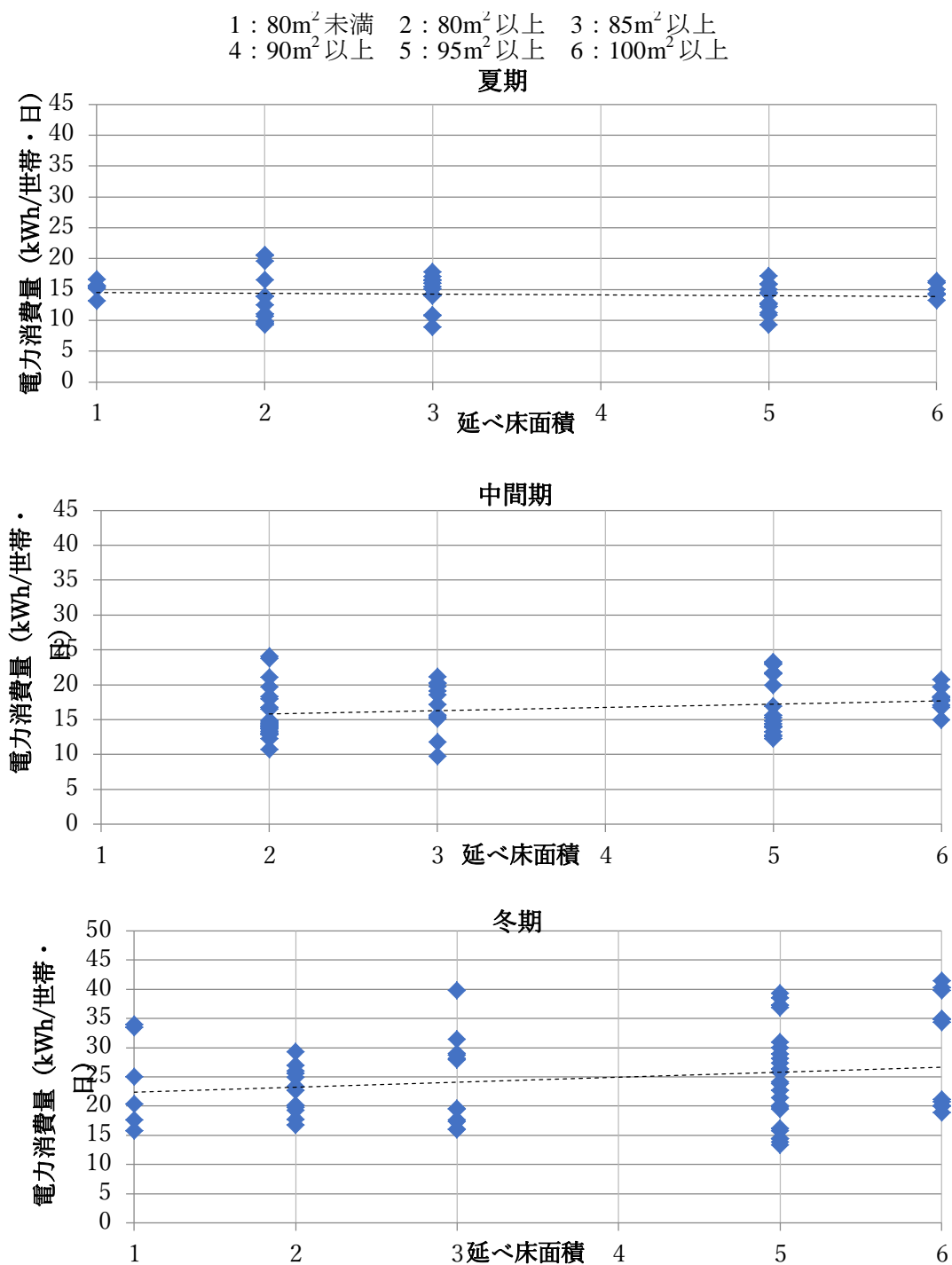


図 4.3-2 実測期間別の延べ床面積と電力消費量の関係性

● 世帯年収と電力消費量の関係性

各世帯の年収と日電力消費量の関係性を実測期間別に図 4.3-3 に示す。夏期においては、年収が多い世帯ほど電力消費が少ない傾向を示す結果となったが、中間期、冬期においては年収が多い世帯ほど電力消費も大きい傾向を示した。

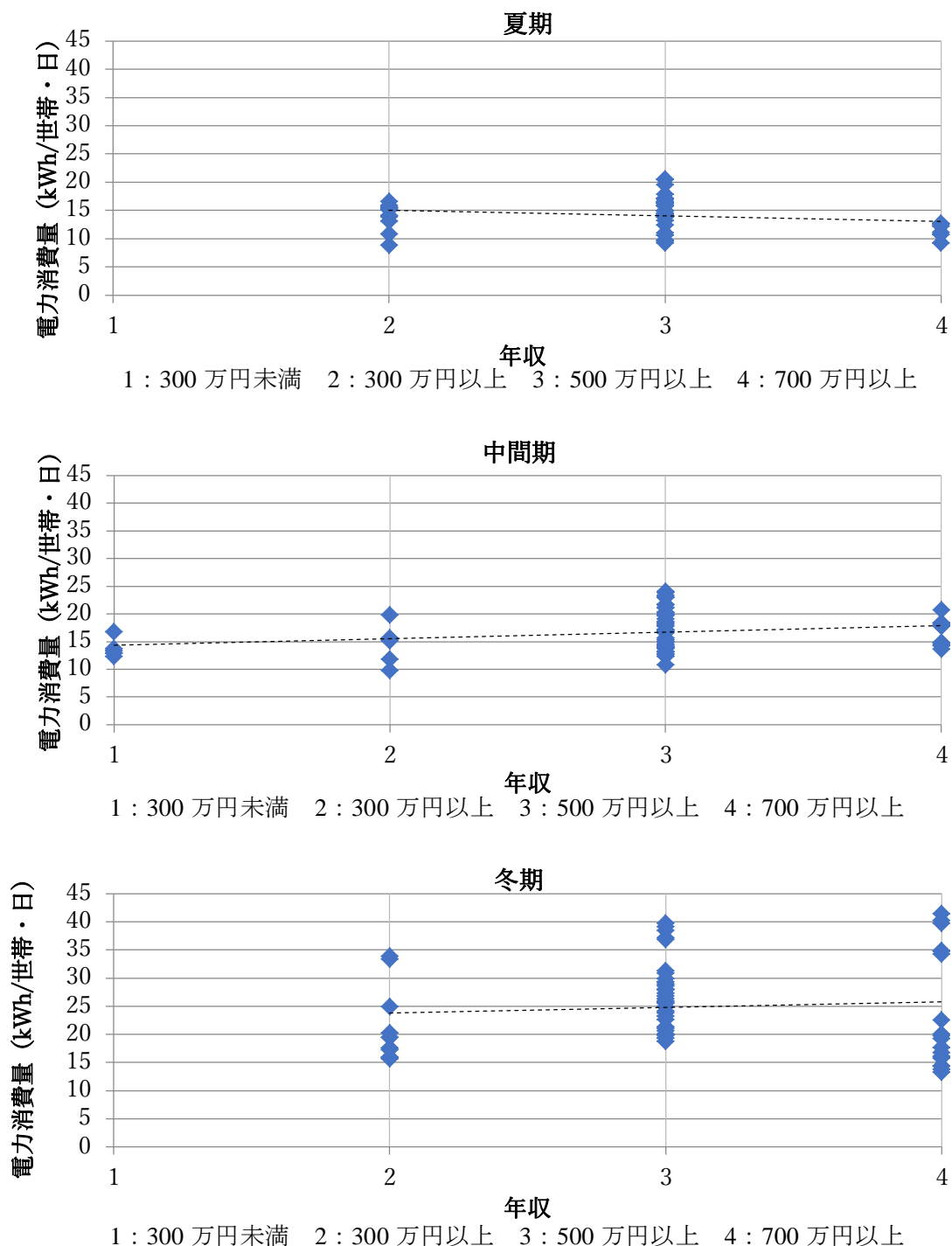


図 4.3-3 実測期間別の年収と電力消費量の関係性



### 4.3.2 季節による電力消費量の変化

季節、気温変動によって、電力需要がどのように変化するかを把握する必要がある。そのため、実測期間によって実測世帯の分類を行い、分析した。

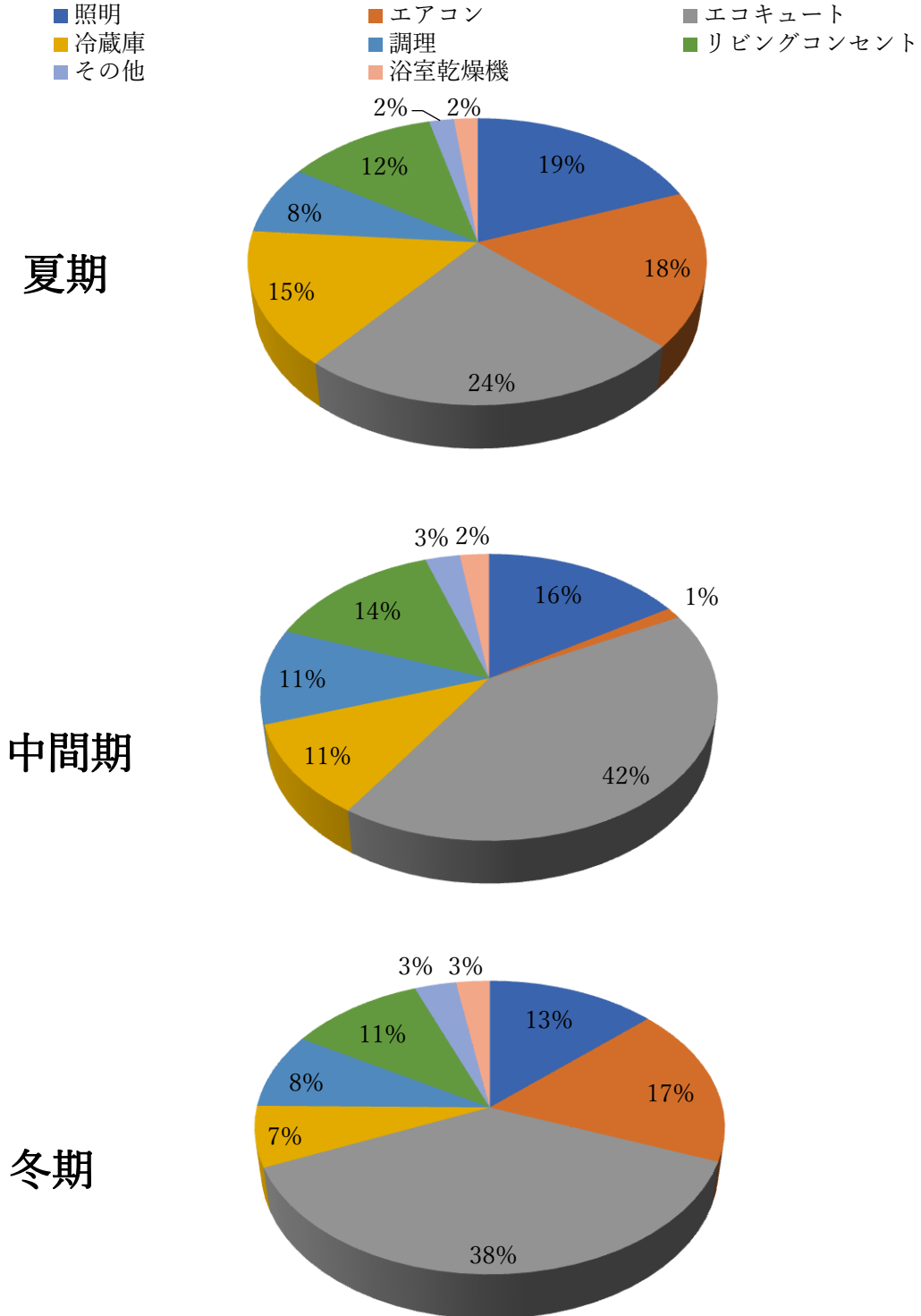


図 4.3-4 季節別の電力消費量の割合

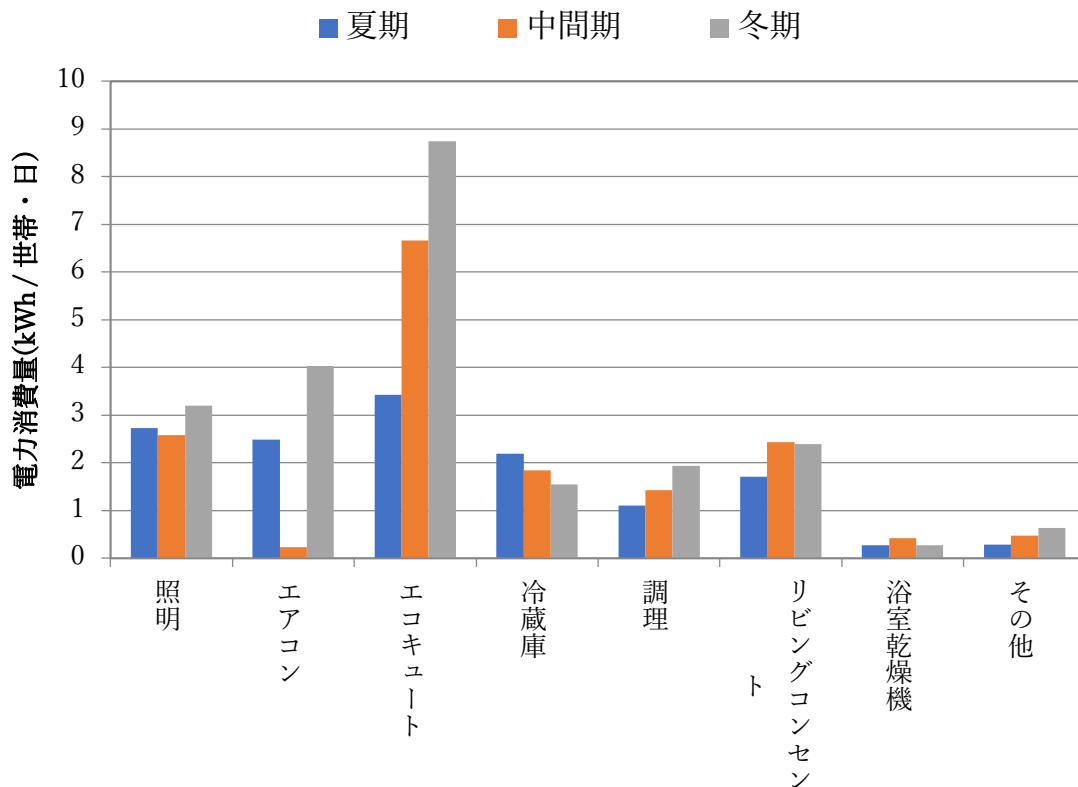


図 4.3-5 季節別の電力消費量の変化

図 4.3-4は、各世帯の日平均電力消費量に対して、各用途がどのくらいの電力消費の割合を占めていたかを季節別に表したグラフである。また、図 4.3-5は、実測調査した全世帯の各用途の平均日電力消費量を季節別に表したグラフである。

実測期間による各用途の電力消費量について「照明」とリビングコンセントの季節変化があまり見られなかった。「エコキュート」と「調理」では気温が低くなると電力消費量が増加する傾向が見られた。一方、気温が低くなる季節の方がより電力消費量が減少する用途は「冷蔵庫」であることが分かる。

エアコンの項目をみると、冬期では1日に占める電力消費量の割合は変化していないが、日平均電力消費量は約1.5kWh増加している。また、実測期間による電力消費量の変化が顕著な項目はエコキュートであった。夏期に比べて冬期のエコキュートの日平均電力消費量は約5.2kWh増加している。

次に、実測期間による電力消費量の変化が見られた「エアコン」、「エコキュート」、「冷蔵庫」の項目の外気温と電力消費量の関係を以下に示す。

### エアコン

エアコンにおける電力消費量と気温の関係を図 4.3-6 に示す。平均気温とエアコンの電力消費量の関係を見ると、暖房用途での使用の方が、より高い電力を消費していることが分かる。

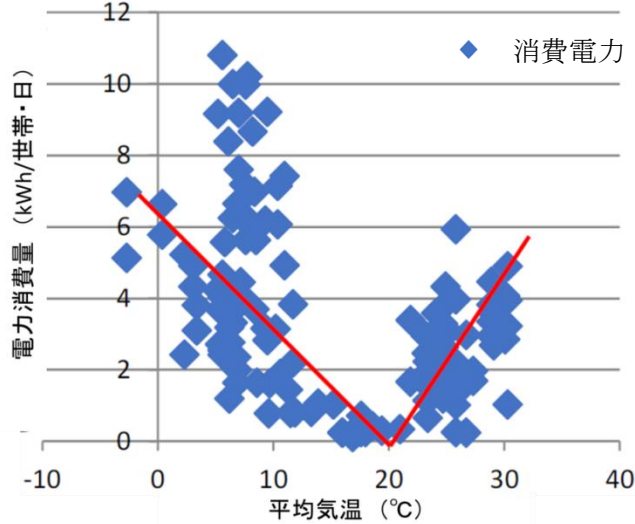


図 4.3-6 エアコンにおける電力消費量と気温の関係

### エコキュート

エコキュートにおける電力消費量と気温の関係を図 4.3-7 に示す。回帰直線の決定係数は0.5942と比較的に高く、気温と電力消費量の相関関係が認められる。エコキュートの「外気温度の低下による機器効率の低下」という特徴と、冬期の方が湯を使う回数が増えるというライフスタイルの変化から、気温が低くなると電力消費量が増加する関係がみられた。

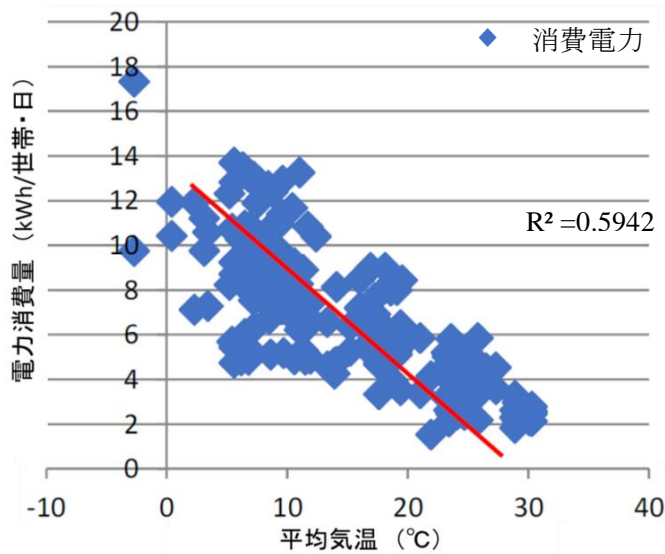


図 4.3-7 エコキュートにおける電力消費量と気温の関係

### 冷蔵庫

冷蔵庫における電力消費量と気温の関係を図 4.3-8 に示す。平均気温が上がると電力消費も増加する傾向がみられるが、回帰直線の決定係数は 0.1987 と比較的到低い結果となった。

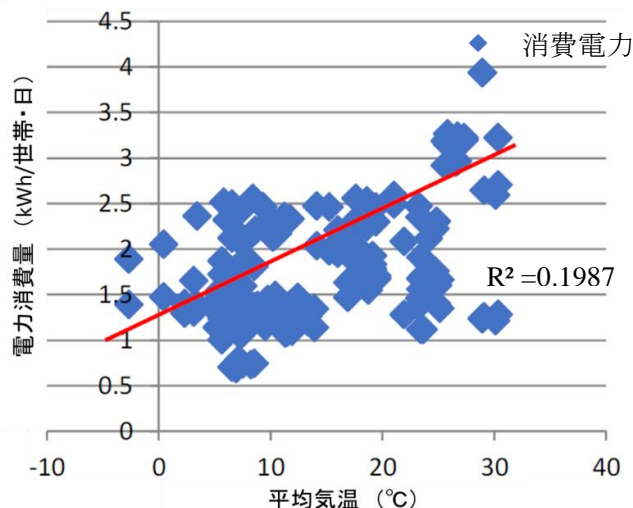


図 4.3-8 冷蔵庫における電力消費量と気温の関係

- 【世帯全体電力需要の季節による変化】

実測期間別世帯全体の日電力消費量を説明する箱ヒゲ図を図 4.3-9 に示す。それぞれの中央値を見ると、夏期実測世帯、中間期実測世帯、冬期実測世帯の順に、日電力消費量は高くなっている。また、世帯によるばらつきも、夏期実測世帯、中間期実測世帯、冬期実測世帯の順に大きくなっている。このことから、気温が低い冬期の方が、電気の使い方に差が出るといえる。

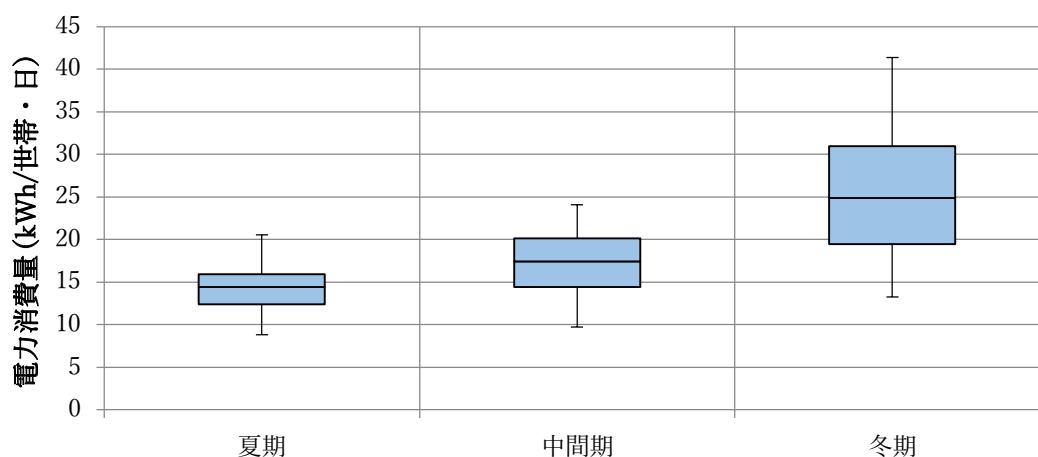


図 4.3-9 実測期間別の日電力消費量

### 1時間当たりの電力消費量

1分ごとで測定した電力消費量を1時間単位で積算し、実測世帯全ての1時間当たりの電力消費量を平均化した。このデータを用いて、世帯全体の夏期・中間期・冬期における時刻推移による平均電力消費量を図 4.3-10に示す。

夏期と中間期実測では、どの曜日でも1時間当たりの電力消費量の動きは変化がないが、冬期実測では、日曜日の10時から15時の間の1時間当たりの電力消費量は、他の曜日の同時刻と比較すると、大きくなっていることが分かる。また、深夜時間帯での冬期の電力消費量が、中間期、夏期に比べて特に高くなっている。

世帯全体の電力消費ピーク時間帯は、主にエコキュートの稼働時間帯と重なり、夏期は4時、中間期が3時、冬期は2時となっている。世帯全体の電力消費量ピーク時間帯においてもエコキュートが強い影響を与えていることが分かる。

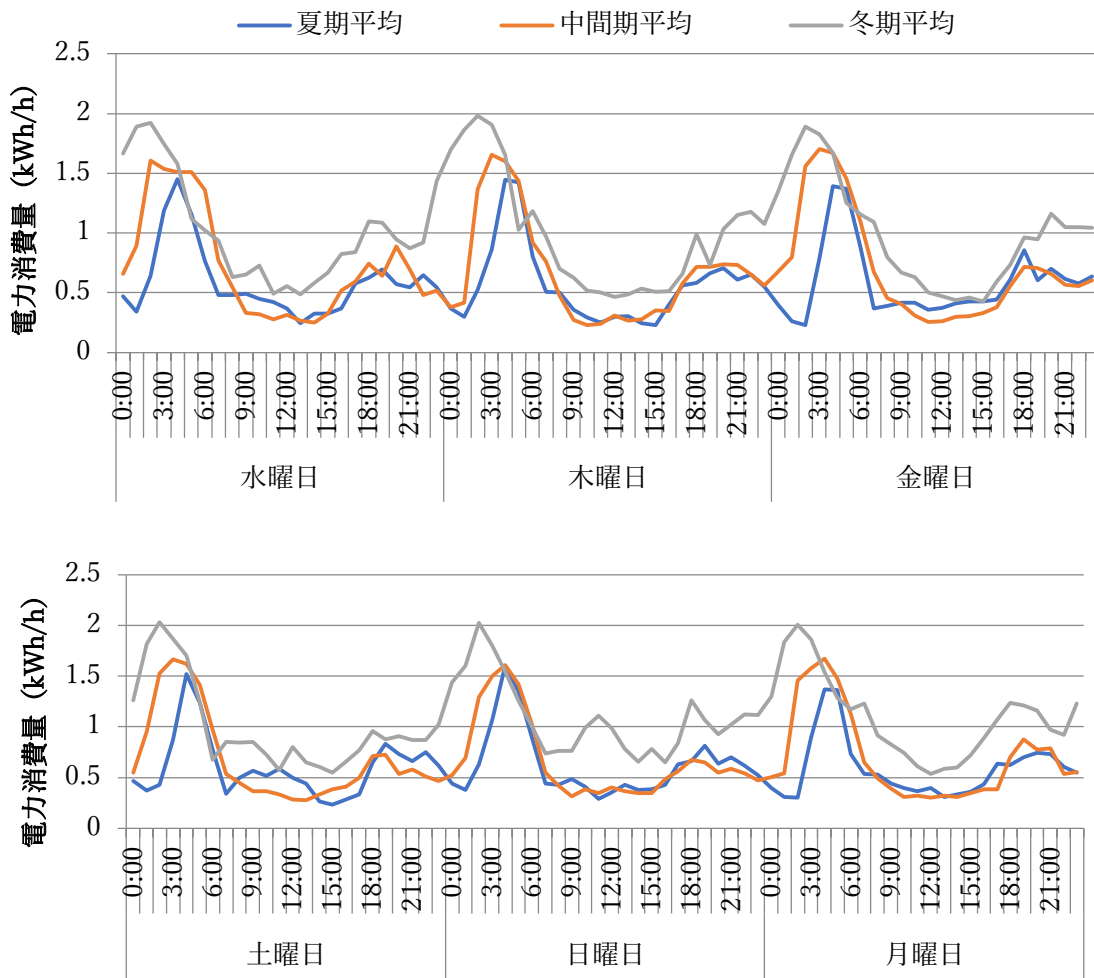


図 4.3-10 夏期・中間期・冬期における時刻推移による平均電力消費量

### 4.3.3 各用途の消費電力が住宅総電力消費に与える影響

家庭では家電製品が普及し、生活の利便性・快適性を求めるライフスタイルの変化によって、家庭部門からのCO<sup>2</sup>排出量は急に増加してきた<sup>4-2)</sup>。このような背景で家庭部門では、どのような用途・家電製品によって電力が消費されており、どのように世帯総電力消費量に影響を及ぼしているかを把握する必要がある。

- 用途別電力消費ピーク時間帯

実測世帯の1時間当たりの電力消費量を平均化し、用途別の時刻推移の電力消費量を以下に示す。

#### 照明

照明における電力消費は、7時と19時の2つの時間帯でピークが発生している。

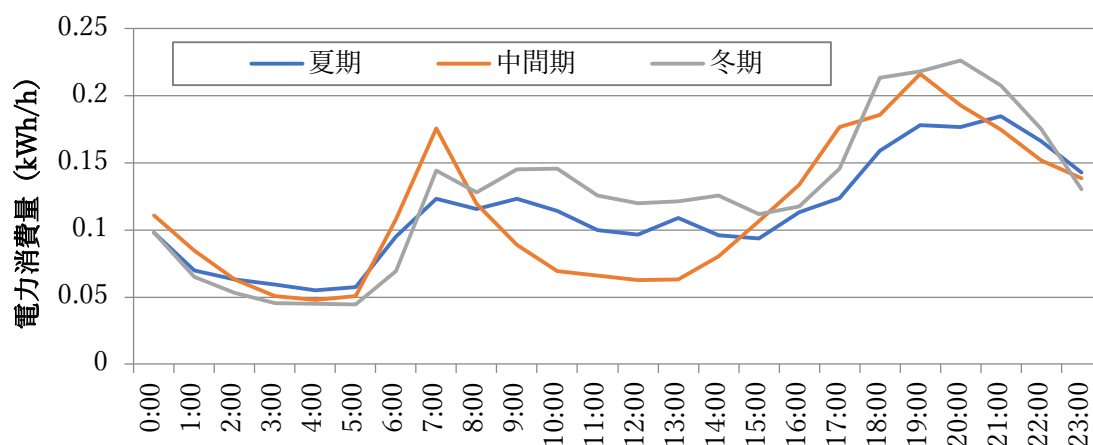


図 4.3-11 照明における電力消費量ピーク時間帯

#### エアコン

エアコンにおける電力消費は、夏期は20時にピークが発生し、冬期は7時にピークが発生している。冬期は起床したらエアコンを利用するライフスタイルの世帯が多いと推測できる。

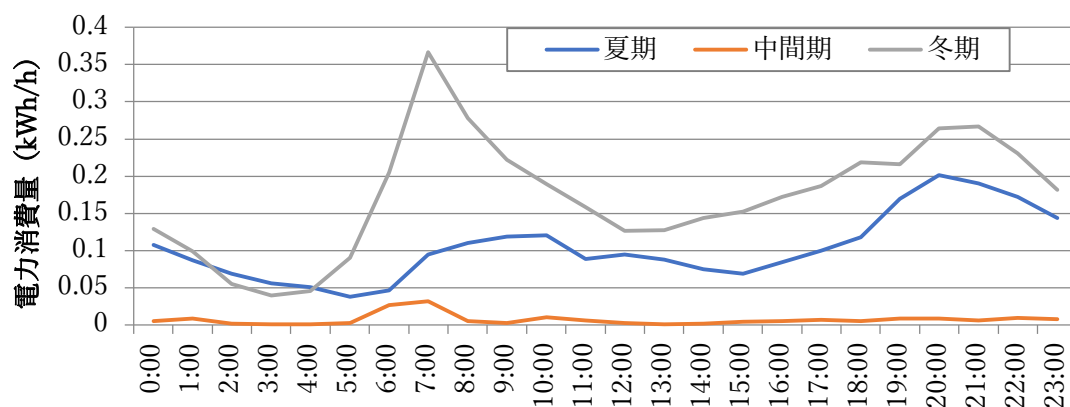


図 4.3-12 エアコンにおける電力消費量ピーク時間帯

### エコキュート

エコキュートにおける電力消費は、夏期は 4 時に、中間期は 3 時から 4 時にかけて、冬期は 2 時にピークが発生しており、気温が低くなるほど、エコキュートの稼働開始時間が早くなっていると推測できる。また、冬期実測世帯の中には、日をまたぐ前の 22 時から稼働している世帯もあった。中間期・冬期の 17 時から 22 時の間の電力消費はエコキュートの追い焚き機能によるものだと考えられる。

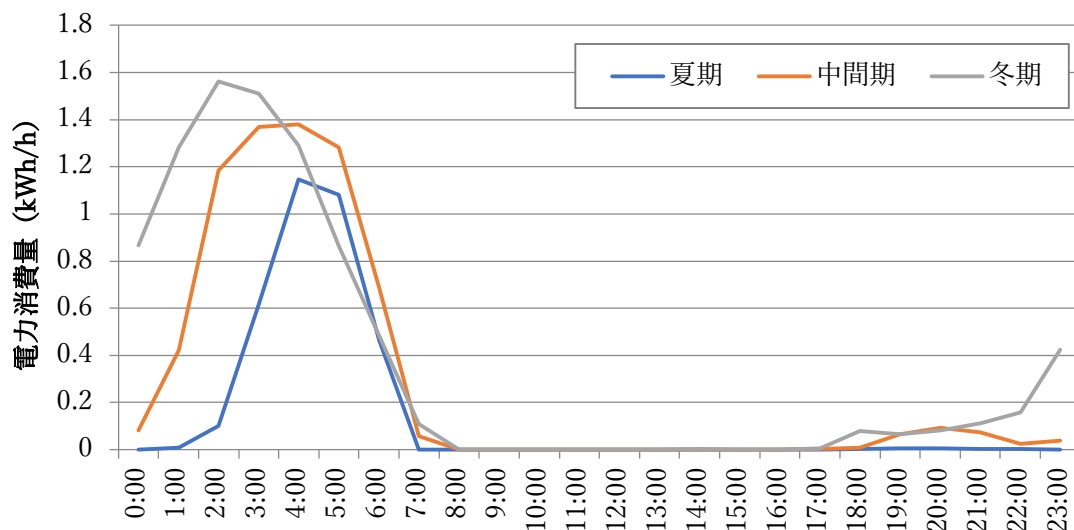


図 4.3-13 エコキュートにおける電力消費量ピーク時間帯

### 冷蔵庫

冷蔵庫における電力消費は、時刻による変動は少なく、ある程度一定の電力消費で絶えず稼働している。どの時刻においても、夏期、中間期、冬期の順に電力消費量が高いことが分かる。

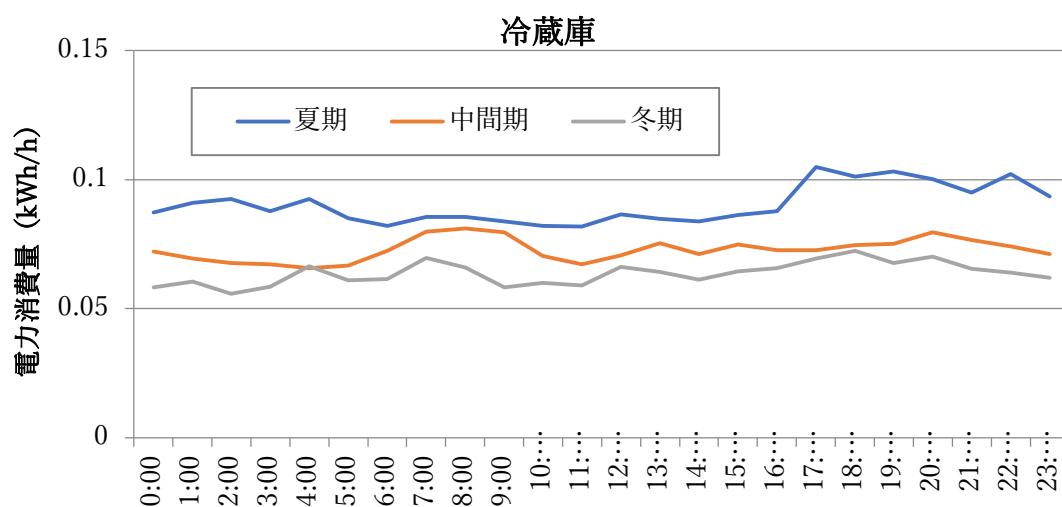


図 4.3-14 冷蔵庫における電力消費量ピーク時間帯

## 調理

調理部門における電力消費は、全ての実測期間で、夕食時間帯である 18 時ピークが発生している。朝食時間帯の電力消費が夕食時間帯の電力消費の約 1/2 であり、昼食時間帯の電力消費は朝食時間帯よりも低いことが分かる。これは、調理に費やす時間の違いが原因であると考えられ、夕食、朝食、昼食の順に調理時間が長いライフスタイルの世帯が多いと推測できる。

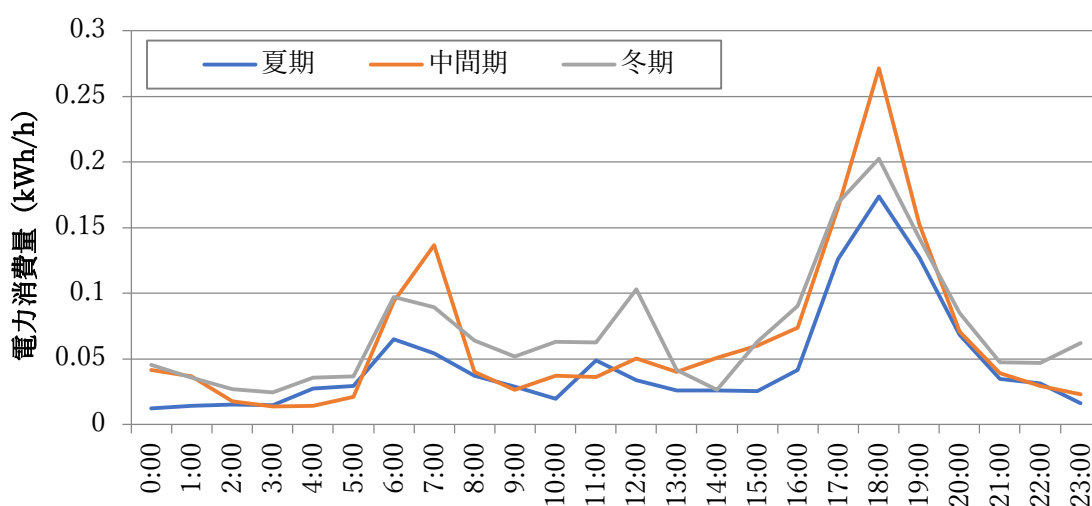


図 4.3-15 調理部門における電力消費量ピーク時間帯

## リビングコンセント

リビングコンセントにおける電力消費は、15 時から夜にかけて増加していき、22 時にピークが発生している。深夜時間帯が最も低い電力消費時間帯であることが分かる。また早朝5時から増加していき、中間期は7時、夏季と冬期は8時に早朝ピークが発生している。

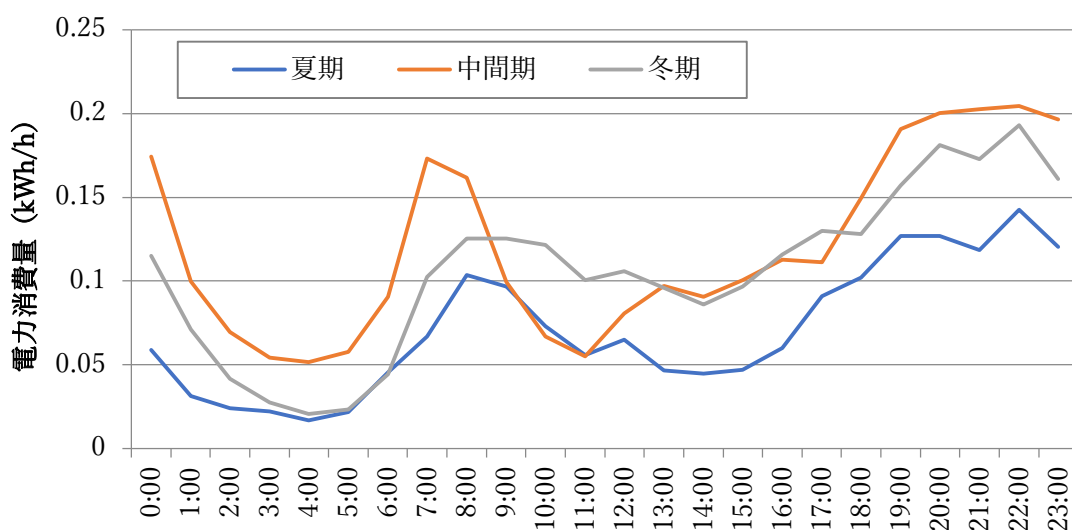


図 4.3-16 調理部門における電力消費量ピーク時間帯



● 用途別電力消費と世帯総電力消費量との相関分析

各用途間、また各用途の日電力消費量と世帯総日電力消費量の間を数値で表すために、統計解析ソフト SPSS を用いて相関分析を行った。「各用途の日電力消費量」「世帯総日電力消費量」「日平均外気温」の項目間における相関係数を表 4.3-1に示す。

表 4.3-1 相関行列

|           |                     | 照明      | エアコン   | エコキュート  | 冷蔵庫     | 調理      | リビングコンセント | その他     | 浴室乾燥機   | 平均外気温   | 世帯総日電力消費量 |
|-----------|---------------------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 照明        | Pearson Correlation | 1       | -.024  | .158*   | .027    | .156    | -.236**   | -.204*  | -.262** | -.051   | .200*     |
|           | Sig. (2-tailed)     |         | .767   | .049    | .742    | .051    | .003      | .011    | .001    | .531    | .012      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| エアコン      | Pearson Correlation | -.024   | 1      | .150    | .089    | -.041   | .066      | .247**  | .183*   | -.118   | .554**    |
|           | Sig. (2-tailed)     | .767    |        | .062    | .267    | .615    | .415      | .002    | .022    | .142    | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| エコキュート    | Pearson Correlation | .158*   | .150   | 1       | -.266** | .372**  | .231**    | .387**  | .269**  | -.792** | .810**    |
|           | Sig. (2-tailed)     | .049    | .062   |         | .001    | .000    | .004      | .000    | .001    | .000    | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| 冷蔵庫       | Pearson Correlation | .027    | .089   | -.266** | 1       | -.163*  | -.031     | -.281** | -.061   | .442**  | -.044     |
|           | Sig. (2-tailed)     | .742    | .267   | .001    |         | .042    | .705      | .042    | .449    | .000    | .589      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| 調理        | Pearson Correlation | .156    | -.041  | .372**  | -.163*  | 1       | -.033     | -.087   | .040    | -.357** | .370**    |
|           | Sig. (2-tailed)     | .051    | .615   | .000    | .042    |         | .680      | .281    | .619    | .000    | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| リビングコンセント | Pearson Correlation | -.236** | .066   | .231**  | -.031   | -.033   | 1         | .231**  | .176*   | -.263** | .390**    |
|           | Sig. (2-tailed)     | .003    | .415   | .004    | .705    | .680    |           | .004    | .028    | .001    | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| その他       | Pearson Correlation | -.204*  | .247** | .387**  | -.281** | -.087   | .231**    | 1       | .704**  | -.350** | .500**    |
|           | Sig. (2-tailed)     | .011    | .002   | .000    | .000    | .281    | .004      |         | .000    | .000    | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| 浴室乾燥機     | Pearson Correlation | -.262** | .183*  | .269**  | -.061   | .040    | .176*     | .704**  | 1       | -.219** | .475**    |
|           | Sig. (2-tailed)     | .001    | .022   | .001    | .449    | .619    | .028      | .000    |         | .006    | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| 平均外気温     | Pearson Correlation | -.051   | -.118  | -.792** | .442**  | -.357** | -.263**   | -.350** | -.219** | 1       | -.629**   |
|           | Sig. (2-tailed)     | .531    | .142   | .000    | .000    | .000    | .001      | .000    | .006    |         | .000      |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |
| 世帯総日電力消費量 | Pearson Correlation | .200*   | .554** | .810**  | -.044   | .370**  | .390**    | .500**  | .475**  | -.629** | 1         |
|           | Sig. (2-tailed)     | .012    | .000   | .000    | .589    | .000    | .000      | .000    | .000    | .000    |           |
|           | N                   | 156     | 156    | 156     | 156     | 156     | 156       | 156     | 156     | 156     | 156       |

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表 4.3-1より、各用途間での相関関係をみると、「エコキュートと調理」、「エコキュートとその他」、「浴室乾燥機とその他」の間での相関関係が認められた。相関関係がみられたこの3つの項目について表 4.3-2 にまとめた。

調理部門における電力消費量が増加する原因として、調理時間の長さが考えられる。調理時間が長いとお湯を使う量も増え、エコキュートの電力消費量の増加に繋がることから、エコキュートと調理の間には正の相関関係がみられたと考えられる。また、その他には洗濯機による電力消費量が含まれているため、その他と浴室乾燥機の間には高い正の相関関係がみられた。

表 4.3-2 用途間の相関関係

|            | 相関係数      | 有意確率(両側) |
|------------|-----------|----------|
| エコキュートと調理  | r = 0.372 | p < 0.01 |
| エコキュートとその他 | r = 0.387 | p < 0.01 |
| その他と浴室乾燥機  | r = 0.704 | p < 0.01 |

次に、各用途の日電力消費量と世帯総日電力消費量の関係の強さを表したグラフを図4.3-17に示す。図からエコキュートの相関係数が 0.81 ( $P < 0.01$ ) と非常に高く、エコキュートの電力消費量が各世帯の総日電力消費量に与える影響が最も強いことが分かる。それに次いで、エアコン ( $r = 0.554, p < 0.01$ )、その他 ( $r = 0.500, p < 0.01$ )、浴室乾燥機 ( $r = 0.475, p < 0.01$ )、リビングコンセント ( $r = 0.390, p < 0.01$ )、調理 ( $r = 0.370, p < 0.01$ ) の順に各世帯の総日電力消費量との相関関係が強い結果となった。また、各世帯の総日電力消費量と平均外気温は強い負の相関関係 ( $r = -0.629, p < 0.01$ ) である。以上のことから、気温が低くなる期間の給湯の使い方について考えていくことが、家庭部門の省エネルギー政策の第一歩になると考える。

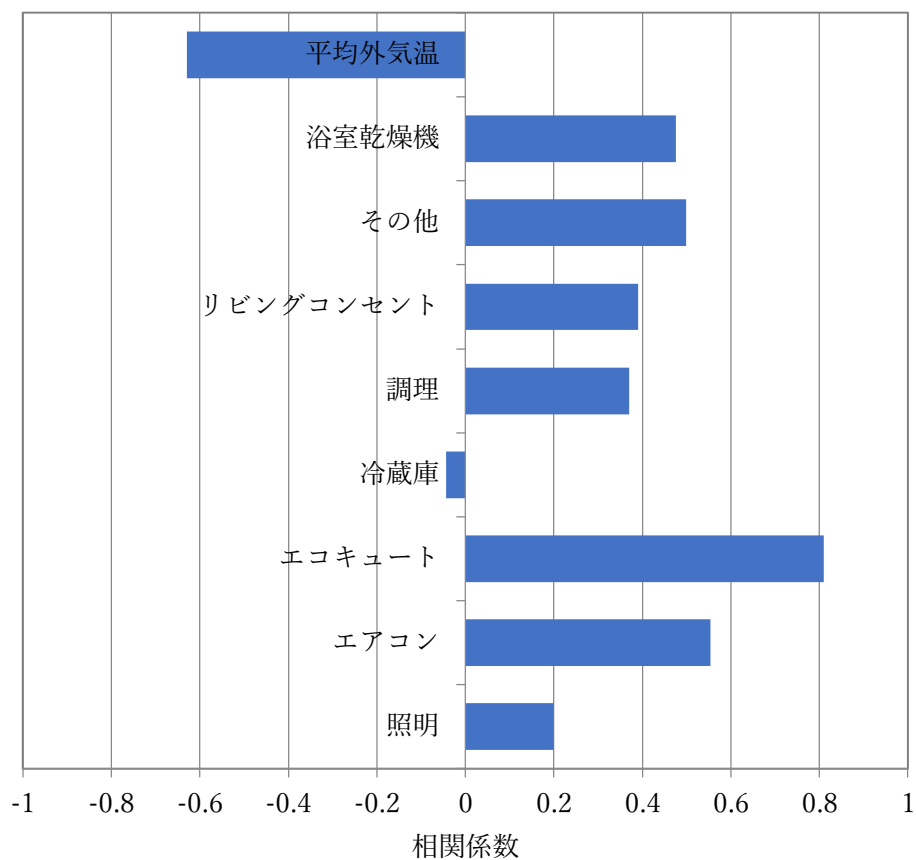


図 4.3-17 各用途の日電力消費量と世帯総日電力消費量

前節で、電力消費量が季節によって変化することを示した。そこで、世帯の総日電力消費量を目的変数とし、各用途の日電力消費量を説明変数として、各用途の日電力消費量が世帯の日電力消費量に及ぼす影響について季節別に検討した。その結果を図 4.3-18 に示す。夏期、中間期、冬期ともに世帯全体の日電力消費量に及ぼす影響が最も強い用途は、エコキュート（夏期； $r=0.58$ 、中間期； $r=0.74$ 、冬期； $r=0.78$ ）であった。また、冬期実測において、相関係数が高い項目は、外気温、浴室乾燥機、その他、エコキュート、エアコンであり、他の期間と比較すると多く、冬期は日電力消費量に与える影響が強い項目が多いといえる。よって、冬期の世帯による日電力消費量のばらつきが大きくなったと推測する。

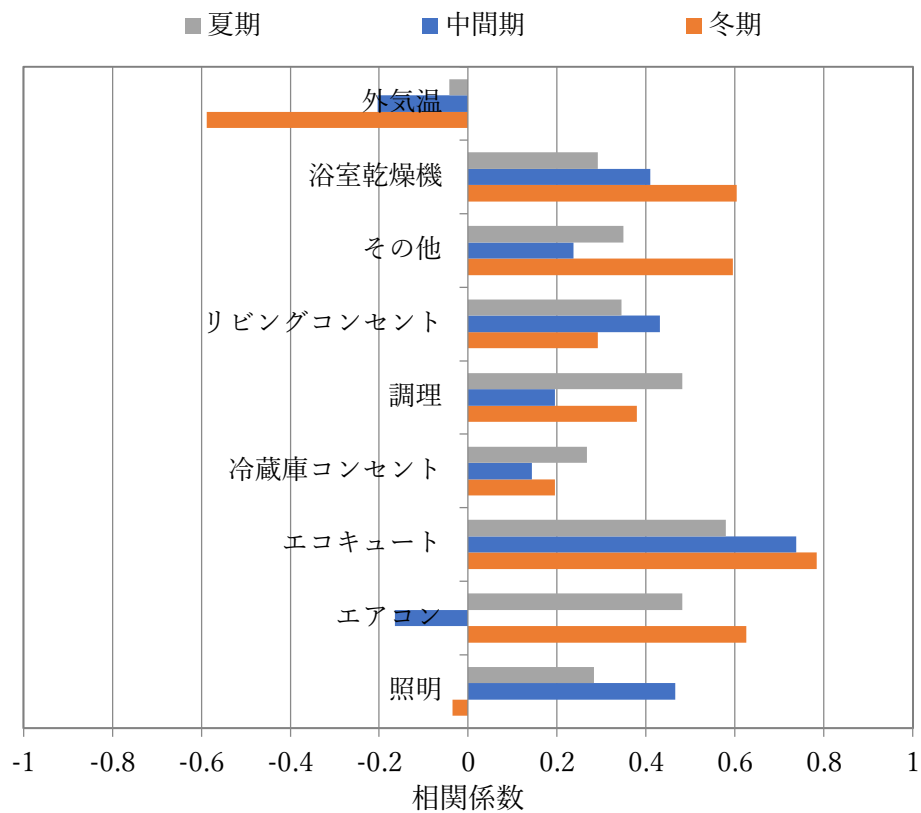


図 4.3-18 季節別各用途相関分析の結果

#### 4.3.4 在宅率の検討 ・ 在宅率による電力消費

近年は共働きの核家族も増え、昼間は家に誰もいないという世帯が増加している。共働き2人世帯の1日当たりの消費電力が、在宅2人世帯の1日当たりの消費電力と比べ、4分の3程度まで減少するというデータもある<sup>4,2)</sup>。このような文献から、在宅率と世帯における電力消費量には、大きな関係があると考えられる。そこで本研究では、1時間当たりの電力消費量から在宅率の検討を行い、在宅率と電力消費量の関連性について明らかにする。

##### ● 在宅率の検討

本研究では、エネルギー計測システムから得られた各世帯の1分単位の消費電力量のデータを1時間単位に積算し、このデータを用いて、各世帯の外出を判定した。判定方法を以下に示す。

家庭において、例えば家電の待機電力や冷蔵庫が消費する電力量のように、外出して人が家に居ない時間帯でも消費される電力量がある。この電力量の平均値よりも世帯で消費された電力量が下回った時間帯の電力消費量を、その世帯の最低電力消費量とし、外出判定の基準とした。

外出時に家庭で消費される電力量の平均値を、「早稲田大学アカデミックソリューション(2014)事業所向け&住宅向けダイナミックプライシング分析結果報告会発表資料」<sup>4,3)</sup>では1時間当たり 0.23kWh であるとし、「資源エネルギー庁(2011)家庭の節電対策メニュー」<sup>4,4)</sup>では1時間当たり 0.34kWh であるとしている。このことから、外出時に家庭で消費される1時間当たりの電力量は、各世帯の家電の種類や数によって異なることが分かる。このことをふまえ、本研究では、4.1.4節実測結果で示した各世帯の1時間当たりの電力消費量の時刻推移のグラフと照らし合わせると、1時間当たり 0.2kWh 付近で電力の使い方に大きな差があった。よって、本研究では、「早稲田大学アカデミックソリューション」の1時間当たり 0.23kWh を不在宅時間帯の平均値として採用し、1時間当たり 0.23kWh より大きい時間帯を各世帯の在宅時間帯とする。なお、深夜時間帯は睡眠していると考えられる深夜時間帯は1時間当たり 0.23kWh となっても在宅していると推測できる。

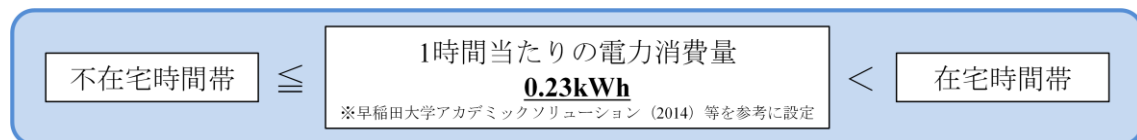


図 4.3-19 在宅率の検討方法

上に述べた検討方法を用いて、在宅率の検討を行った。在宅率は1日に対する在宅していた時間とし以下に計算式を示す。

$$\text{在宅率 (\%)} = (\text{在宅時間(h)}/24(\text{h})) \times 100$$

なお、在宅時間には、睡眠時間と考えられる0時から7時の間に0.23kWh/h以下であった場合も在宅していると仮定し、在宅時間に含めた。

表 4.3-3に各世帯の在宅時間を示す。

表 4.3-3 実測世帯の在宅時間

| 世帯名  | 実測<br>期間 | 在宅時間 (h) |     |     |     |     |     |
|------|----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
|      |          | 水曜日      | 木曜日 | 金曜日 | 土曜日 | 日曜日 | 月曜日 |
| A 世帯 | 夏期       | 21       | 24  | 24  | 23  | 18  | 22  |
|      | 冬期       | 13       | 16  | 15  | 18  | 24  | 24  |
| B 世帯 | 夏期       | 11       | 8   | 9   | 6   | 0   | 0   |
|      | 冬期       | 20       | 15  | 19  | 24  | 17  | 18  |
| C 世帯 | 夏期       | 24       | 24  | 23  | 23  | 22  | 23  |
|      | 中間期      | 17       | 19  | 19  | 20  | 24  | 21  |
|      | 冬期       | 20       | 20  | 20  | 22  | 23  | 20  |
| D 世帯 | 夏期       | 19       | 18  | 22  | 19  | 19  | 21  |
|      | 中間期      | 17       | 19  | 18  | 18  | 20  | 22  |
|      | 冬期       | 22       | 24  | 21  | 17  | 19  | 20  |
| E 世帯 | 夏期       | 13       | 14  | 22  | 24  | 24  | 24  |
|      | 中間期      | 24       | 22  | 19  | 24  | 16  | 18  |
|      | 冬期       | 24       | 24  | 23  | 22  | 24  | 24  |
| F 世帯 | 夏期       | 24       | 17  | 19  | 16  | 16  | 16  |
|      | 中間期      | 16       | 18  | 18  | 18  | 16  | 15  |
| G 世帯 | 夏期       | 19       | 20  | 8   | 13  | 24  | 21  |
|      | 中間期      | 21       | 21  | 19  | 10  | 14  | 19  |
|      | 冬期       | 23       | 21  | 18  | 18  | 18  | 19  |
| H 世帯 | 夏期       | 22       | 21  | 16  | 17  | 17  | 16  |
|      | 中間期      | 23       | 24  | 23  | 19  | 21  | 19  |
|      | 冬期       | 22       | 22  | 22  | 21  | 24  | 24  |
| L 世帯 | 中間期      | 23       | 20  | 23  | 19  | 22  | 21  |
|      | 冬期       | 24       | 23  | 23  | 24  | 21  | 24  |
| I 世帯 | 中間期      | 24       | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  |
|      | 冬期       | 24       | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  |
| J 世帯 | 中間期      | 19       | 19  | 17  | 23  | 23  | 19  |
|      | 冬期       | 23       | 21  | 23  | 20  | 22  | 24  |
| K 世帯 | 中間期      | 20       | 19  | 17  | 18  | 16  | 17  |
| M 世帯 | 中間期      | 17       | 17  | 19  | 24  | 19  | 20  |
|      | 冬期       | 22       | 23  | 21  | 22  | 24  | 24  |

「各世帯の在宅率」と「各世帯の在宅率と日電力消費量の相関係数」を表 4.3-4にまとめた。

表 4.3-4 実測世帯の在宅率

| 世帯名  | 実測期間 | 在宅率 (%) |       |       |       |       |       |       | 相関係数   |
|------|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|      |      | 水曜日     | 木曜日   | 金曜日   | 土曜日   | 日曜日   | 月曜日   | 平均    |        |
| A 世帯 | 夏期   | 87.5    | 100.0 | 100.0 | 95.8  | 75.0  | 91.7  | 91.7  | 0.348  |
|      | 冬期   | 54.2    | 66.7  | 62.5  | 75.0  | 100.0 | 100.0 | 76.4  | 0.975  |
| B 世帯 | 夏期   | 91.7    | 79.2  | 95.8  | 87.5  | 75.0  | 83.3  | 85.4  | 0.174  |
|      | 冬期   | 83.3    | 62.5  | 79.2  | 100.0 | 70.8  | 75.0  | 78.5  | 0.448  |
| C 世帯 | 夏期   | 100.0   | 100.0 | 95.8  | 95.8  | 91.7  | 95.8  | 96.5  | 0.281  |
|      | 中間期  | 70.8    | 79.2  | 79.2  | 83.3  | 100.0 | 87.5  | 83.3  | 0.888  |
|      | 冬期   | 83.3    | 83.3  | 83.3  | 91.7  | 95.8  | 83.3  | 86.8  | -0.146 |
| D 世帯 | 夏期   | 79.2    | 75.0  | 91.7  | 79.2  | 79.2  | 87.5  | 81.9  | -0.476 |
|      | 中間期  | 70.8    | 79.2  | 75.0  | 75.0  | 83.3  | 91.7  | 79.2  | -0.590 |
|      | 冬期   | 91.7    | 100.0 | 87.5  | 70.8  | 79.2  | 83.3  | 85.4  | 0.534  |
| E 世帯 | 夏期   | 54.2    | 58.3  | 91.7  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 84.0  | 0.859  |
|      | 中間期  | 100.0   | 91.7  | 79.2  | 100.0 | 66.7  | 75.0  | 85.4  | 0.868  |
|      | 冬期   | 100.0   | 100.0 | 95.8  | 91.7  | 100.0 | 100.0 | 97.9  | 0.640  |
| F 世帯 | 夏期   | 100.0   | 70.8  | 79.2  | 66.7  | 66.7  | 66.7  | 75.0  | 0.868  |
|      | 中間期  | 66.7    | 75.0  | 75.0  | 75.0  | 66.7  | 62.5  | 70.1  | -0.326 |
| G 世帯 | 夏期   | 79.2    | 83.3  | 33.3  | 54.2  | 100.0 | 87.5  | 72.9  | 0.977  |
|      | 中間期  | 87.5    | 87.5  | 79.2  | 41.7  | 58.3  | 79.2  | 72.2  | 0.800  |
|      | 冬期   | 95.8    | 87.5  | 75.0  | 75.0  | 75.0  | 79.2  | 81.3  | 0.903  |
| H 世帯 | 夏期   | 91.7    | 87.5  | 66.7  | 70.8  | 70.8  | 66.7  | 75.7  | 0.589  |
|      | 中間期  | 95.8    | 100.0 | 95.8  | 79.2  | 87.5  | 79.2  | 89.6  | 0.083  |
|      | 冬期   | 91.7    | 91.7  | 91.7  | 87.5  | 100.0 | 100.0 | 93.8  | 0.614  |
| I 世帯 | 中間期  | 100.0   | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | —      |
|      | 冬期   | 100.0   | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | —      |
| J 世帯 | 中間期  | 79.2    | 79.2  | 70.8  | 95.8  | 95.8  | 79.2  | 83.3  | -0.355 |
|      | 冬期   | 95.8    | 87.5  | 95.8  | 83.3  | 91.7  | 100.0 | 92.4  | 0.908  |

|      |     |       |      |      |       |       |       |      |        |
|------|-----|-------|------|------|-------|-------|-------|------|--------|
| K 世帯 | 中間期 | 83.3  | 79.2 | 70.8 | 75.0  | 66.7  | 70.8  | 74.3 | -0.384 |
| L 世帯 | 中間期 | 95.8  | 83.3 | 95.8 | 79.2  | 91.7  | 87.5  | 88.9 | 0.370  |
|      | 冬期  | 100.0 | 95.8 | 95.8 | 100.0 | 87.5  | 100.0 | 96.5 | 0.598  |
| M 世帯 | 中間期 | 70.8  | 70.8 | 79.2 | 100.0 | 79.2  | 83.3  | 80.6 | 0.628  |
|      | 冬期  | 91.7  | 95.8 | 87.5 | 91.7  | 100.0 | 100.0 | 94.4 | 0.401  |



● 在宅率と電力消費量の関係性

在宅率と日電力消費量の関係について明らかにする。夏期実測、中間期実測、冬期実測の結果を分けて、分析を行った。

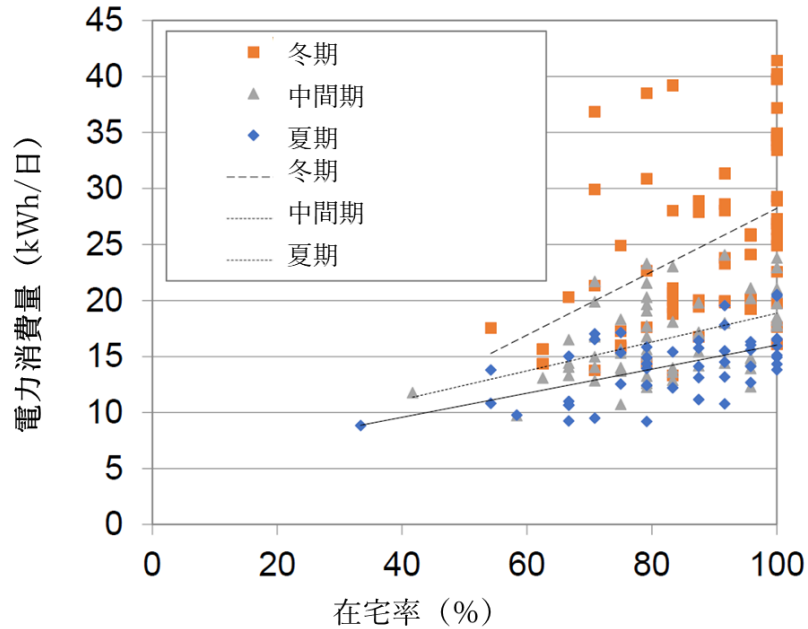


図 4.3-20 在宅率と日電力消費量の関係

図 4.3-20 在宅率と日電力消費量の関係に示すように、夏期、中間期、冬期において、在宅率が高い日になるほど、日電力消費量が増える傾向がみられる。また、回帰直線の決定係数は夏期が 0.3056、中間期が0.2145、冬期が0.186 である。冬期は、夏期、中間期に比べ世帯当たりの電力消費量が増加し、世帯によって日電力消費量のばらつきが大きくなるため、夏期、中間期と比較すると冬期の決定係数は低い値となったと考えられる。

● 時間帯に対する在宅世帯の割合

時間帯に対する在宅世帯の割合を図 4.3-21 に示す。図 4.3-21 より、9 時から徐々に在宅世帯の割合が低下しており、12 時に最も低い在宅世帯の割合を示し、20 時にかけて上昇している。最も低い時間帯でも、50%以上の在宅世帯があることが分かる。これは、今回の実測では、小さい子どもがいる世帯が 13 世帯のなかで 9 世帯と多かったことが原因であると考えられる。

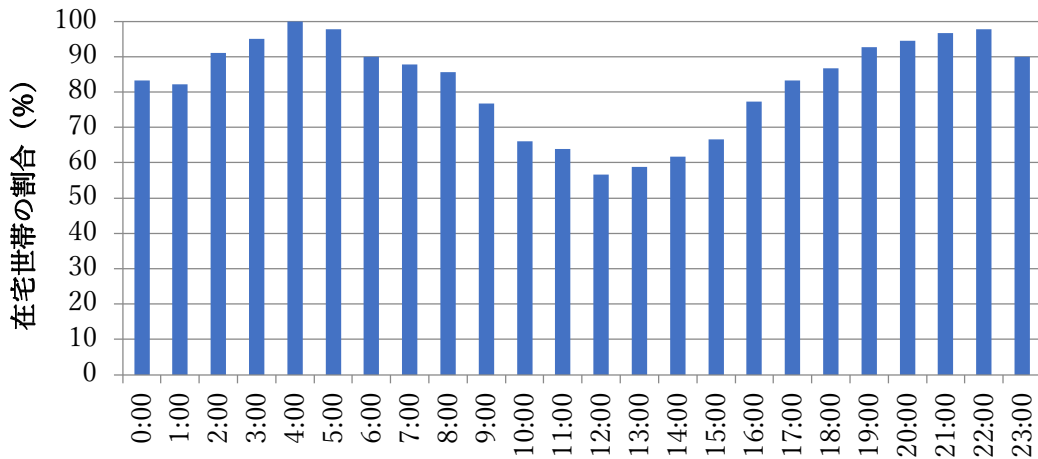


図 4.3-21 時間帯別在宅世帯の割合

図 4.3-22 に平日と休日の在宅世帯の割合の比較を示す。図 4.3-22 より、9 時から 15 時の間は休日の在宅世帯の割合が高く、16 時以降は平日の在宅世帯の割合が高い結果となった。これより、休日は平日に比べて、家族全員で外食をするといった理由から、夜に外出する世帯が多い傾向があると分かる。また、6 時から 9 時の間は、休日の在宅世帯の割合が明らかに低くなっている。これは、休日の方が遅くまで寝るライフスタイルの世帯があることから、睡眠によって 1 時間あたりの電力消費量が 0.23kWh 以下になる時間帯が増加したからだと推測する。

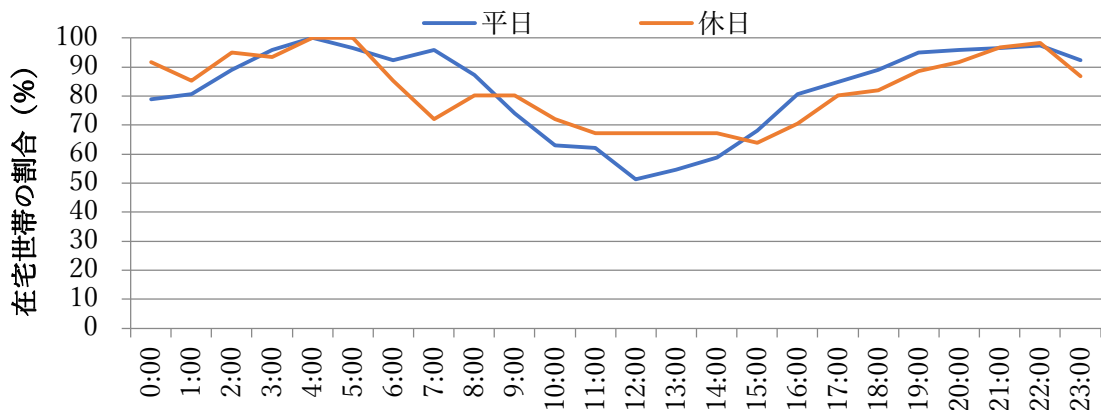


図 4.3-22 平日と休日の在宅世帯の割合の比較

時間帯別の在宅世帯の割合とその時間帯における1時間当たりの電力消費量の関係を図4.3-23に示す。これに用いた1時間当たりの電力消費量のデータは、実測した全世帯の1時間当たりの電力消費量を平均化したデータを使用した。なお、睡眠していると考えられる0時から7時の間のデータは削除した。図4.3-23より、回帰直線の決定係数は0.8435と非常に高く、時間帯に対する在宅世帯の割合とその時間帯の電力消費量には、正の相関関係があると認められる。

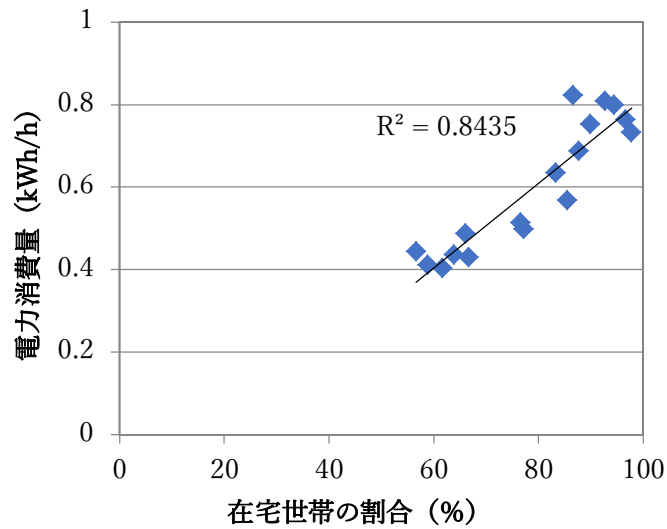


図 4.3-23 在宅世帯の割合と電力消費量の関係

#### 4.4 結論

本研究では、北九州市八幡東区に所在する全電化集合住宅 13 世帯を対象として、2015 年から 8 月 5 日から 2016 年 2 月 1 日まで、夏期、中間期、冬期に分けて、世帯における電力消費量の実測調査を行った。この実測調査によって得られた測定データに基づき、各世帯の電力消費の特徴を明らかにし、世帯属性・季節・各用途の電力消費・在宅率が世帯における電力消費量に与える影響についての分析を行った。

本研究によって、得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 実測世帯の日電力消費量の平均値は、夏期 14.2 (kWh/世帯・日)、中間期 17.4 (kWh/世帯・日)、冬期 25.7 (kWh/世帯・日) であり、冬期における日電力消費量の平均値が最も大きいことが確認できた。また、浴室乾燥機を利用する世帯は、利用していない世帯に比べて、世帯総電力消費量が大きい傾向があった。
- 2) 実測期間による分類をせずに行ったクラスター分析の結果から、同じ世帯による各用途の電力消費の類似性よりも、実測期間による各用途の電力消費の類似性があることが分かった。
- 3) 実測期間による電力消費量の変化が顕著な項目はエコキュートであった。夏期に比べて冬期のエコキュートの日平均電力消費量は世帯当たり約 5.2 (kWh/世帯・日) 増加している。
- 4) 世帯における電力消費量のピーク時間帯についての分析を行い、世帯全体、各用途、それぞれの電力消費量のピーク時間帯を明らかにした。その結果、世帯全体の電力消費ピーク時間帯は、主にエコキュートの稼働時間帯と重なる結果（夏期：4 時、中間期：3 時、冬期：2 時）となった。
- 5) 各用途の日電力消費量と世帯総日電力消費量における相関分析を行った結果、エコキュートの相関係数が 0.81 ( $P < 0.01$ ) と最も高く、それに次いで、エアコン ( $r = 0.554$ ,  $p < 0.01$ )、その他 ( $r = 0.500$ ,  $p < 0.01$ )、浴室乾燥機 ( $r = 0.475$ ,  $p < 0.01$ )、リビングコンセント ( $r = 0.390$ ,  $p < 0.01$ )、調理 ( $r = 0.370$ ,  $p < 0.01$ ) の順になり、エコキュートによる電力消費が世帯の電力消費量に最も影響を与えている。また各世帯の総日電力消費量と平均外気温は強い負の相関関係 ( $r = -0.629$ ,  $p < 0.01$ ) であった。以上のことから、気温が低くなる期間の給湯の使い方について考えていくことが、家庭部門の省エネルギーに貢献すると示した。
- 6) 在宅率の検討を行い、在宅率と電力消費量の関連性について季節別に分析した結果、それぞれの在宅率と日電力消費量の回帰直線の決定係数は、夏期 0.3056、中間期 0.2145、冬期 0.1864 となった。

**【参考文献】**

- 4-1) 気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 4-2) 電力計画COM : <http://standard-project.net/energy/statistics/energy-consumption-day.html>
- 4-3) 早稲田大学アカデミックソリューション (2014) 事業所向け&住宅向けダイナミックプライシング分析結果報告会発表資料
- 4-4) 資源エネルギー庁 (2011) 家庭の節電対策メニュー

## 第5章

# 住宅における分散型エネルギーシステムの 導入効果及び経済性の要因分析

## 目次

|       |   |      |
|-------|---|------|
| 5     | 住宅における分散型エネルギーシステムの導入効果及び経済性の要因分析 ..... | 5-1  |
| 5.1   | 住宅用分散型電源のモデル .....                      | 5-1  |
| 5.1.1 | モデルの計算フロー .....                         | 5-1  |
| 5.1.2 | 目標関数 .....                              | 5-2  |
| 5.1.3 | 制約条件 .....                              | 5-3  |
| 5.2   | ケースの設定 .....                            | 5-4  |
| 5.2.1 | 研究対象 .....                              | 5-4  |
| 5.2.2 | エネルギーシステムの構成 .....                      | 5-4  |
| 5.3   | データベースの構築 .....                         | 5-6  |
| 5.3.1 | 負荷データ .....                             | 5-6  |
| 5.3.2 | 設備データ .....                             | 5-7  |
| 5.3.3 | 他のデータ .....                             | 5-8  |
| 5.4   | 住宅用分散型電源の発電容量に関する感度分析 .....             | 5-9  |
| 5.4.1 | 年間コスト .....                             | 5-9  |
| 5.4.2 | 最適導入容量 .....                            | 5-15 |
| 5.5   | 結論 .....                                | 5-22 |
|       | 【参考文献】 .....                            | 5-23 |

## 5 住宅における分散型エネルギーシステムの導入効果 及び経済性の要因分析

最近、電力供給形態を大規模集中型から小規模分散型へ移行を目的とした研究・開発が盛んに行われている。本研究では住宅用分散型電源の計算モデルを構築し、住宅に家庭用太陽光電池、ガス燃料電池、水素燃料電池の3種類の分散型エネルギーシステムを導入した時、それぞれの経済性を考慮した場合の各発電設備の最適容量又は年間コストを解析ツールのGAMSを用いて算出する。そして、GAMSによる解析結果から各々の分散型エネルギーシステムの経済性を要因分析することを目的とする。

### 5.1 住宅用分散型電源のモデル

#### 5.1.1 モデルの計算フロー

図 5.1-1 に示すようにデマンドサイドの需要（時刻別の熱、電力負荷）、対象住宅の燃料料金（ガス、電気、水素）、分散型電源・熱源技術の情報（容量、効率、投資コストなど）を調査・整備する必要がある。調査・整備したデータを解析ツールのGAMSに入力する。次に、どのようなケースの解析を行うのかを決定する。そして、エネルギーの供給と需要のバランスと制約条件（発電容量、排熱量、技術導入容量などの制限）を決める。それから、GAMSを使って、決定したモデルの条件を満たすように最適化計算をして、年間コストを最小化するようにプログラミングする。そして、決定したこれらの情報をGAMSで出力して、最適な設備容量、最適な運転パターン、省エネ性・経済性・環境性の結果を出す。



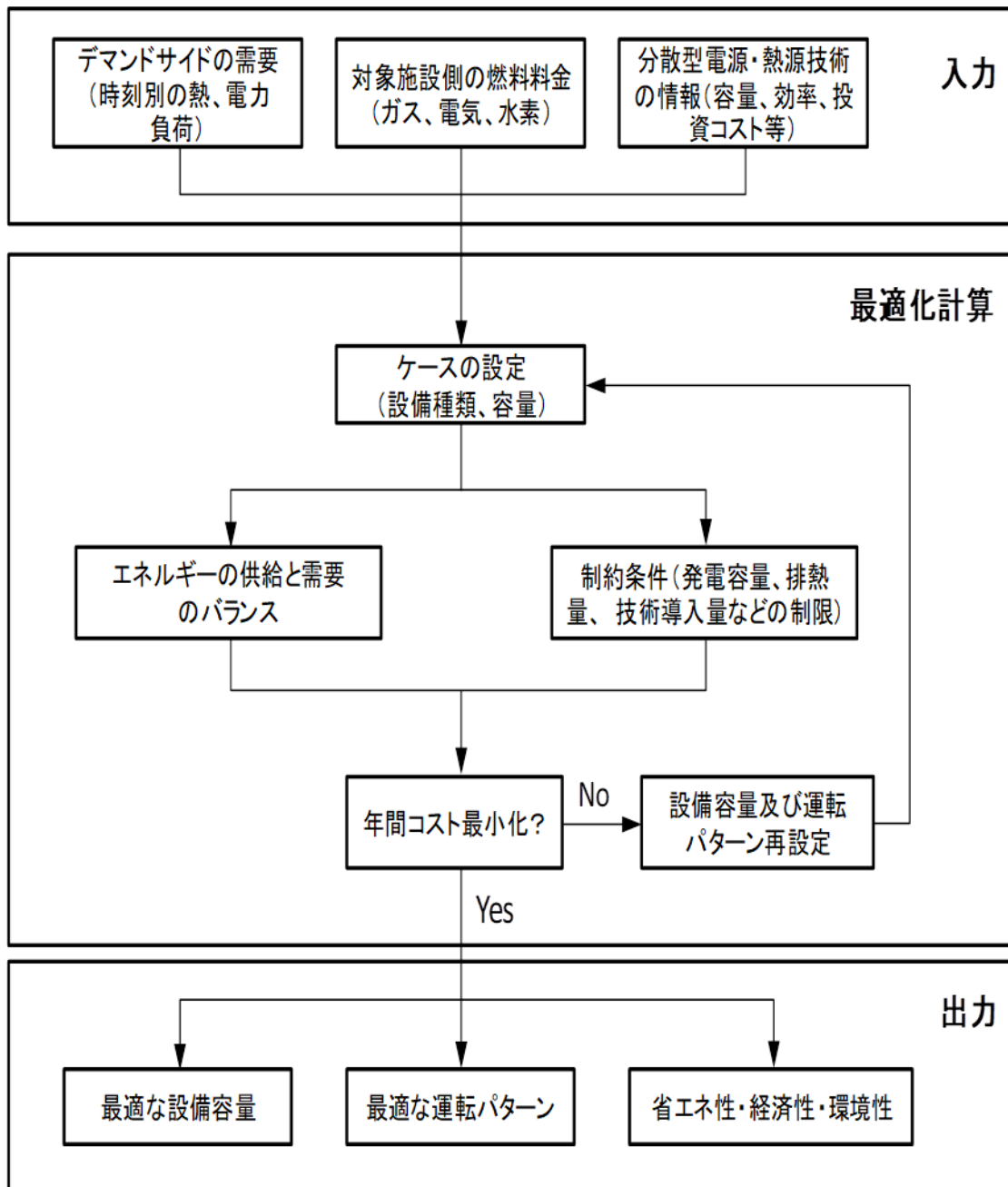


図 5.1-1 モデルの計算フロー

### 5.1.2 目標関数

目標関数は発電設備のランニングコストに発電設備のイニシャルコストを加えたものである。式で表わすと以下のようになる。

年間コスト  $\min = \text{発電} \cdot \text{熱源設備のランニングコスト} + \text{発電} \cdot \text{熱源設備の年間経常費}$   
 年間経常費は、長期的な経済性の効果を評価することができる最も簡便な指標で、イニシャルコストも含めて単年度当たりの経費に換算して従来型システムと比較評価するものである。すなわち、イニシャルコストを耐用年数や金利などを考慮して、1年当た

りの金額に換算した固定費に、変動費（ランニングコスト）を加えたもので、以下の式で求められる。

$$\text{年間経常費} = \text{変動費} + \text{固定費}$$

$$\text{固定費} = \text{設備費} \times \text{固定比率}$$

$$\text{固定比率} = \text{利率} \times (1 + \text{利率})^{\text{耐用年数}} / \{ (1 + \text{利率})^{\text{耐用年数}} - 1 \}$$

### 5.1.3 制約条件

以下の（1）～（4）を制約条件とする。

#### （1）各時刻の電力需要バランス

電力需要は発電設備総電気出力に購入電力を加えたものから売電量を引いた値になるものとする。式で表すと以下のようになる。

$$\text{電力需要} = \text{発電設備総電気出力} + \text{購入電力} - \text{売電量}$$

#### （2）各時刻の熱需要バランス

熱需要は発電設備総熱出力と熱源設備出力の合計値よりも小さいものとする。式で表すと以下のようになる。

$$\text{熱需要} \leq \text{発電設備総熱出力} + \text{熱源設備出力}$$

#### （3）契約電力の制限

契約電力は購入電力よりも大きいものとする。式で表すと以下のようになる。

$$\text{契約電力} \geq \text{購入電力}$$

#### （4）契約ガスの制限

契約ガスは発電・熱源設備のガス消費量よりも大きいものとする。式で表すと以下のようになる。

$$\text{契約ガス} \geq \text{発電} \cdot \text{熱源設備のガス消費量}$$

#### （5）発電設備の発電量の制限

各時刻の発電量は発電設備の容量よりも小さいものとする。式で表すと以下のようになる。

$$\text{各時刻の発電量} \leq \text{発電設備の容量}$$

#### （6）熱源設備の排熱生産量の制限

各時刻の排熱量は発電設備の容量に熱回収効率をかけた値よりも小さいものとする。式で表すと以下のようになる。

$$\text{各時刻の排熱量} \leq \text{発電設備の容量} \times \text{熱回収効率}$$

## 5.2 ケースの設定

### 5.2.1 研究対象

本論文では、構築したモデルを用いて、福岡県北九州市八幡東区東田 2-2-6 にある木造2階建ての住宅を対象として分析を行った。この建物の延べ床面積は 183.43 m<sup>2</sup>。



図 5.2-1 研究対象写真

### 5.2.2 エネルギーシステムの構成

エネルギーシステムのモデルを

図 5.2-2 に示す。電力 (EL)、エアコン (AC) は系統電力 (UG) から購入し、太陽光電池 (PV) は UG に売電する。ガス燃料電池 (FC)、ガスボイラ (GB) は都市ガス (CG) から購入し、FC、水素燃料電池 (FH) は UG に売電するものとする。冷房負荷 (CL) と暖房負荷 (HL) は AC から供給される。FC、FH は熱交換器 (HE) を通して給湯負荷 (WL) に利用される。また、PV、FC、FH の最大容量は 3kW とする。各ケースのモデルを以下の様に設定する。

ケース 1：従来型のシステムに PV を導入した場合のモデル

ケース 2：従来型のシステムに FC を導入した場合のモデル

ケース 3：従来型のシステムに FH を導入した場合のモデル

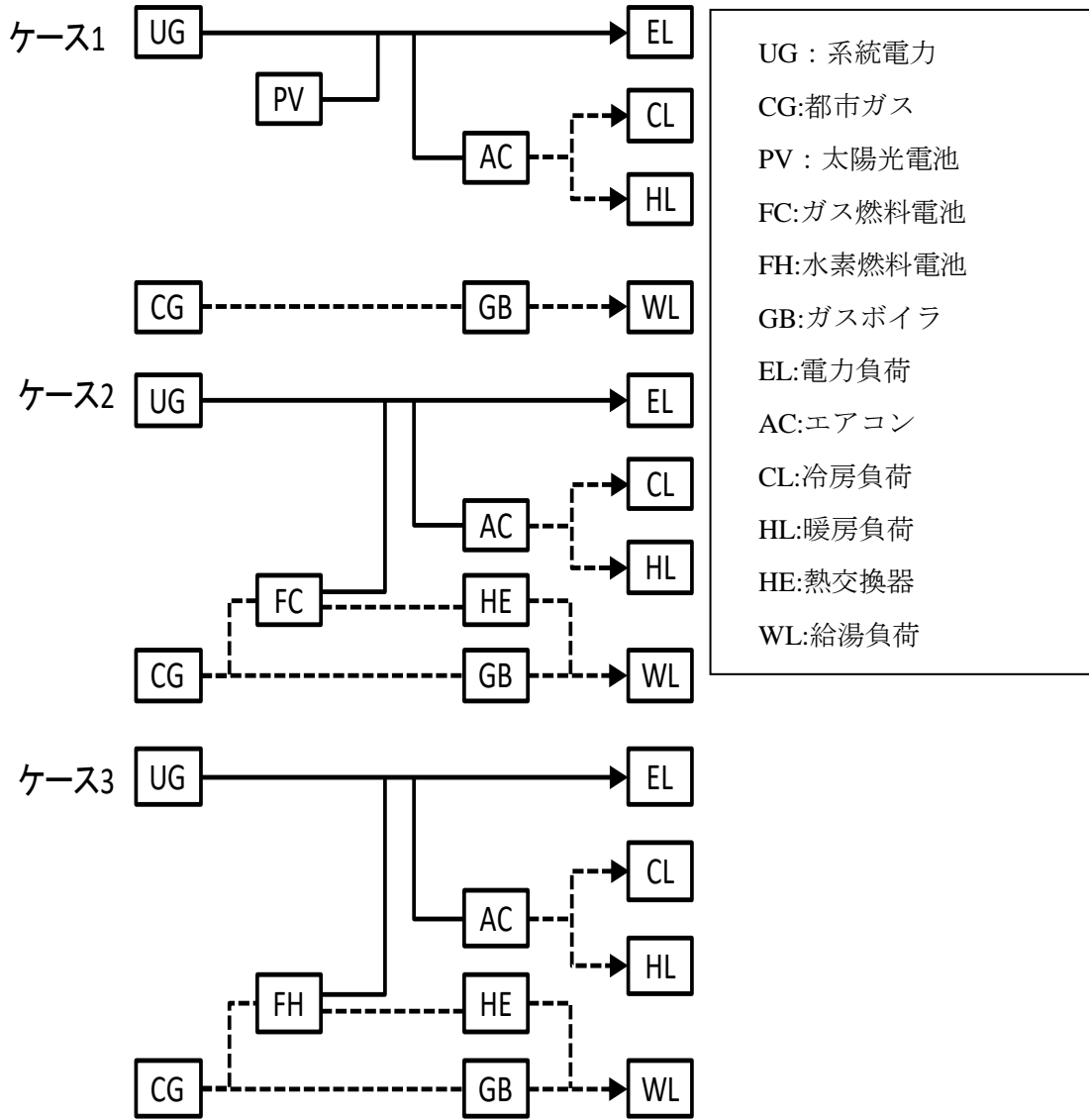


図 5.2-2 ケースモデル

### 5.3 データベースの構築

#### 5.3.1 負荷データ

研究対象の住宅における季節ごとの時刻別の暖房、冷房、給湯及び電力負荷量の解析を行った。時刻別の暖房、冷房、給湯及び電力負荷量はエネルギー原単位を使って求めた。図 5.3-1 は冬季（2 月）、図 5.3-2 は夏季（8 月）、図 5.3-2 は中間期（10 月）の月平均の時刻負荷を示す。図から時刻別の暖房と給湯負荷は一般電力負荷より変動が大きく、熱と電力負荷のピークが異なる時間に発生していることが分かる。そして、熱と電力負荷のピーク発生時は 18 時から 23 時までの間にある。また、図から冬季のエネルギー負荷が夏季、中間期よりもはるかに大きいということが読み取れる。

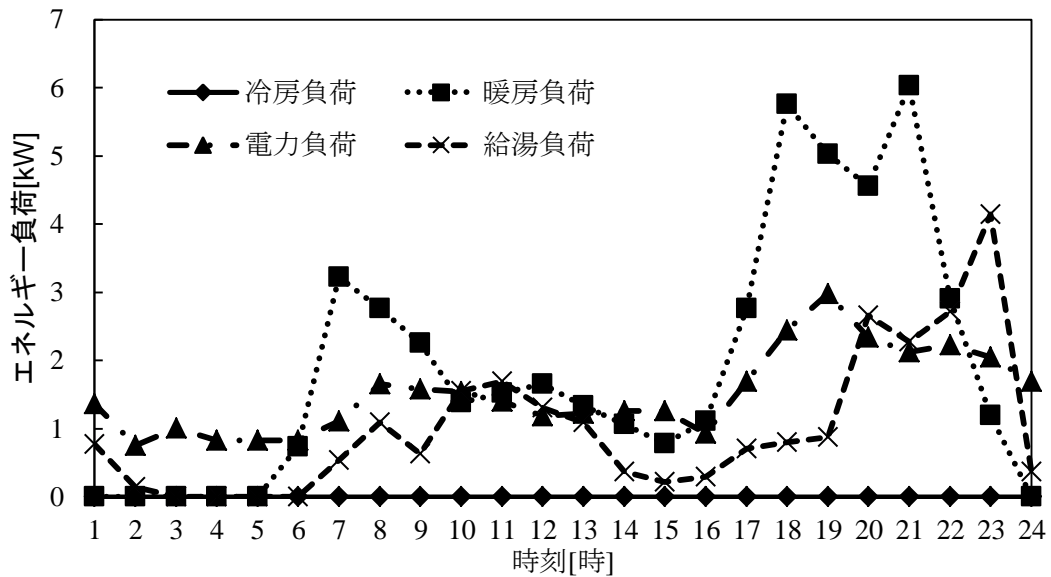


図 5.3-1 冬季（2 月）月平均の時刻負荷

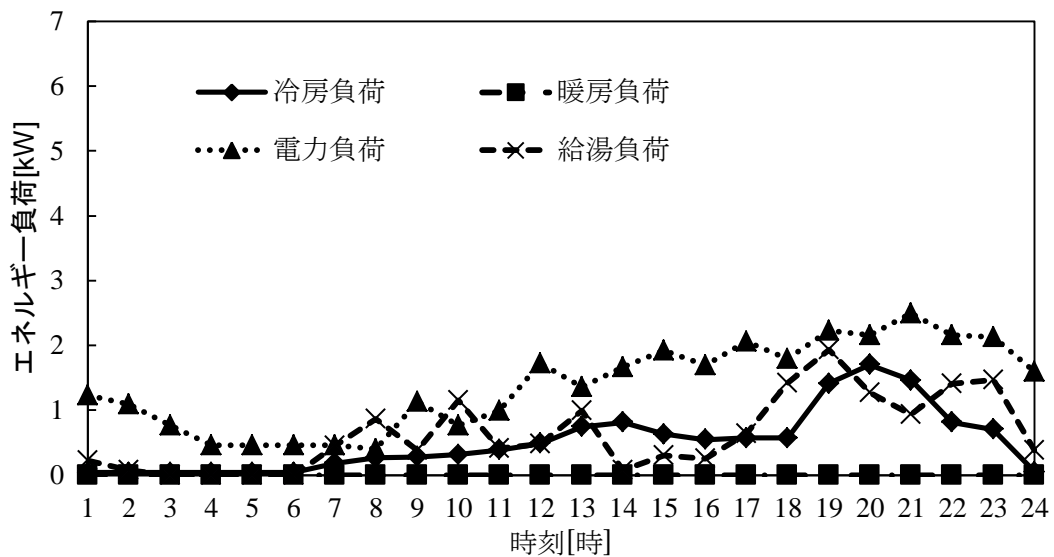


図 5.3-2 夏季（8 月）月平均の時刻負荷

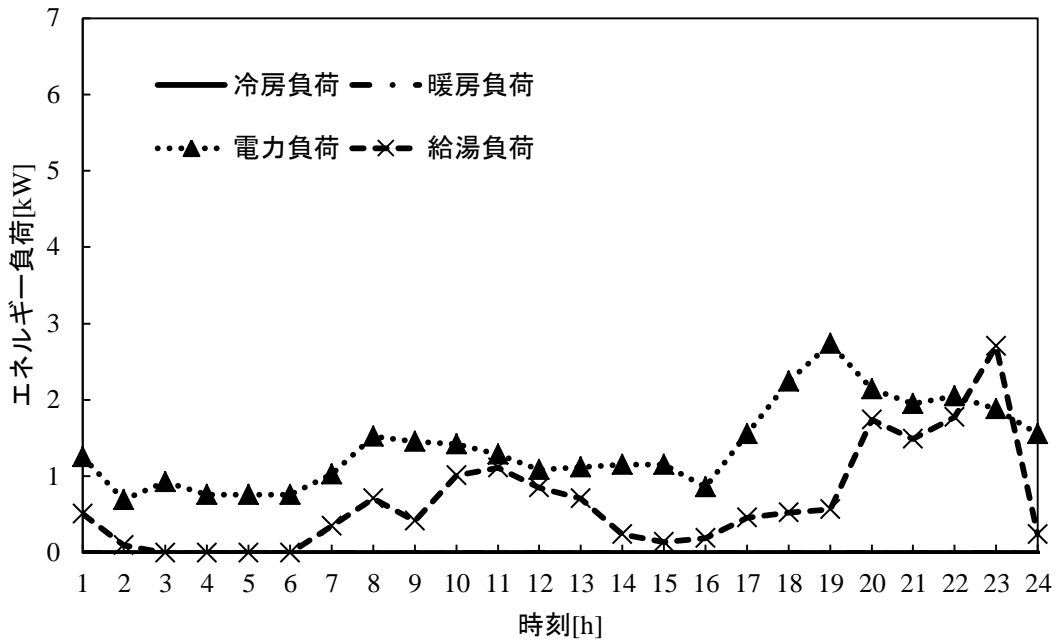


図 5.3-3 中間期（10月）平均の時刻負荷

### 5.3.2 設備データ

研究対象の住宅における発電設備の容量、発電効率、熱回収率、初期投資、寿命のデータを表 5.3-1 に示す。熱源設備の供給能力、COP、初期投資のデータを表 5.3-2 に示す。発電設備においては PV、FC、FH をそれぞれ導入することとする。熱源設備においてはエアコン、ガスボイラ、熱交換器を導入することとする。

表 5.3-1 発電設備データ

| 発電設備 | 容量 (kW) | 発電効率 (%) | 熱回収率 (%) | 初期投資 (万円/kW) | 寿命 (年) |
|------|---------|----------|----------|--------------|--------|
| PV   | 0~3     | 14       | /        | 60           | 20     |
| FC   | 0~3     | 36       | 50       | 260          | 15     |
| FH   | 0~3     | 48       | 42       | 260          | 15     |

表 5.3-2 熱源設備データ

| 熱源設備 | 供給能力 (kW) |     | COP |     | 初期投資(万円/kW) |
|------|-----------|-----|-----|-----|-------------|
|      | 冷凍        | 加熱  | 冷凍  | 加熱  |             |
| AC   | 7         | 7   | 4.5 | 4.5 | 1.8         |
| GB   | /         | 4.5 | /   | 0.9 | 1.5         |
| HE   | /         | 5   | /   | 0.9 | 1           |

## 5.3.3 他のデータ

研究対象の住宅におけるエネルギー料金、売電価格、北九州地区エネルギー別発熱量及び CO<sub>2</sub> 排出量の換算係数を表 5.3-3、表 5.3-4、表 5.3-5 に示す。

表 5.3-3 エネルギー料金

|    | 料金構成 | 価格                      |
|----|------|-------------------------|
| 電力 | 基本料金 | 1134 円/月                |
|    | 従量料金 | 20 円/kWh                |
| ガス | 基本料金 | 1501.5 円/月              |
|    | 従量料金 | 198.52 円/m <sup>3</sup> |
| 水素 | 従量料金 | 80 円/m <sup>3</sup>     |

表 5.3-4 売電価格

|                   |            |          |             |
|-------------------|------------|----------|-------------|
| PV の<br>現行売電価格    | 常時         | 購入単価     |             |
|                   |            | 42 円/kWh |             |
| FC、FH の<br>現行売電価格 | 季節区分・時間帯区分 | 購入単価     |             |
|                   |            | 夏季昼間     | 7 円50 銭/kWh |
|                   |            | その他季昼間   | 6 円60 銭/kWh |
|                   |            | 夜間       | 3 円60 銭/kWh |

表 5.3-5 CO<sub>2</sub> 排出量の換算係数

|    | 発熱量の換算係数                | CO <sub>2</sub> 排出量の換算係数 |
|----|-------------------------|--------------------------|
| 電力 | 9.97MJ/kWh              | 0.69kg/kWh               |
| ガス | 45MJ/m <sup>3</sup>     | 2.26kg/m <sup>3</sup>    |
| 水素 | 12.79MJ/ m <sup>3</sup> | /                        |

## 5.4 住宅用分散型電源の発電容量に関する感度分析

感度分析とは、ある指標の変化が最終結果にどのように影響を与えるかを明らかにすることである。感度分析をすることで、環境変化により指標が変化した場合に、どの程度の損害を被るのか、あるいは予想外の利益がどの程度生まれるのかを定量化することができる。これによって、不確実な事象に対して具体的な備えをすることができるようになる<sup>5-1)</sup>。

本研究では対象住宅に PV、FC、FH を導入した時の年間コストと各発電設備の最適導入容量を GAMS による解析を行い、グラフを作成した。また年間コストと各発電設備の最適導入容量は感度分析によって決定した。本論文の感度分析は、年間コスト、各発電設備の最適導入容量に対して電力料金、売電価格、炭素税、ガス料金、水素価格が変動した時にどの程度の影響を与えるか調べる手法である。対象住宅に PV、FC、FH の各々を導入した時の感度分析を用いたグラフを作成した。

### 5.4.1 年間コスト

年間コストのグラフには、縦軸に年間コストをとり、横軸には各発電設備の導入容量をとった。

#### ● 電力料金の影響

電力料金変動する時の PV の年間コストのグラフを図 5.4-1 に示す。図 5.4-1 のグラフから、PV は電力料金変動する場合、年間コストの変化の仕方はほぼ直線で、ほとんど一緒のような形のグラフになった。このグラフから、PV は導入容量が大きくなるにつれて、年間コストは下がっていることが分かる。

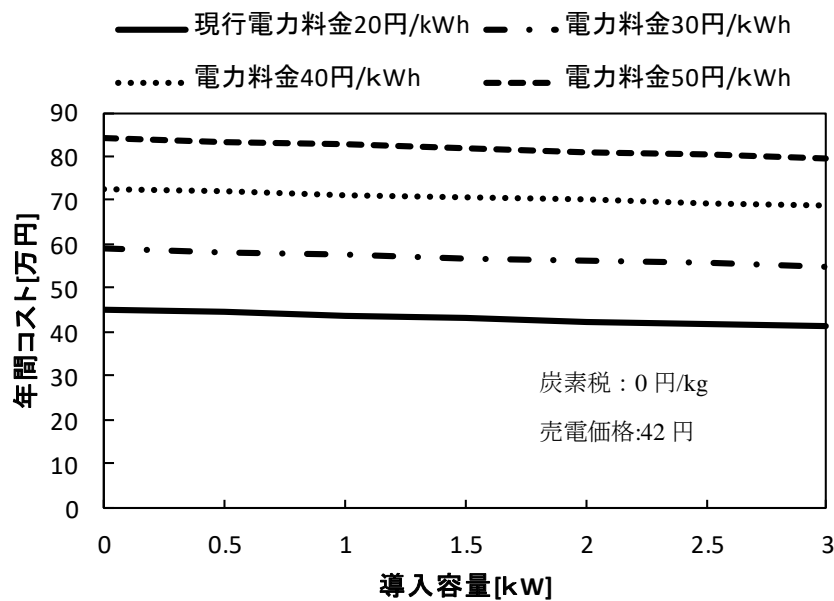


図 5.4-1 PV の年間コスト



電力料金の変動する時のFCの年間コストのグラフを図5.4-2に示す。図5.4-2のグラフから、FCは電力料金の変動する場合、PVの年間コストのグラフのようなきれいな直線ではなく、最初は曲線で次第に直線に近づいていくようなグラフになった。このグラフから、FCは導入容量が大きくなるにつれて、年間コストは上がっていくことが分かる。

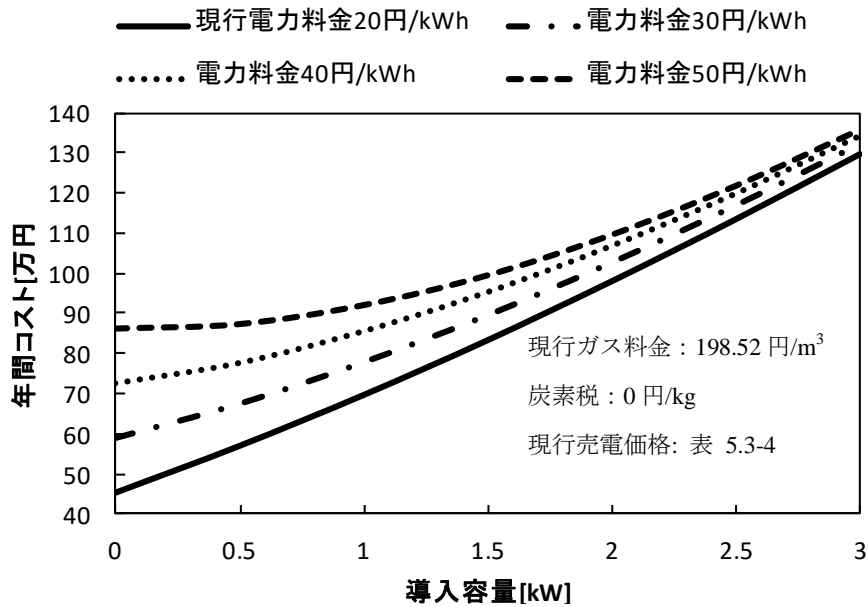


図 5.4-2 FC の年間コスト

電力料金の変動する時のFHの年間コストのグラフを図5.4-3に示す。図5.4-3のグラフから、FHの場合も、FCと同様の形のグラフになった。

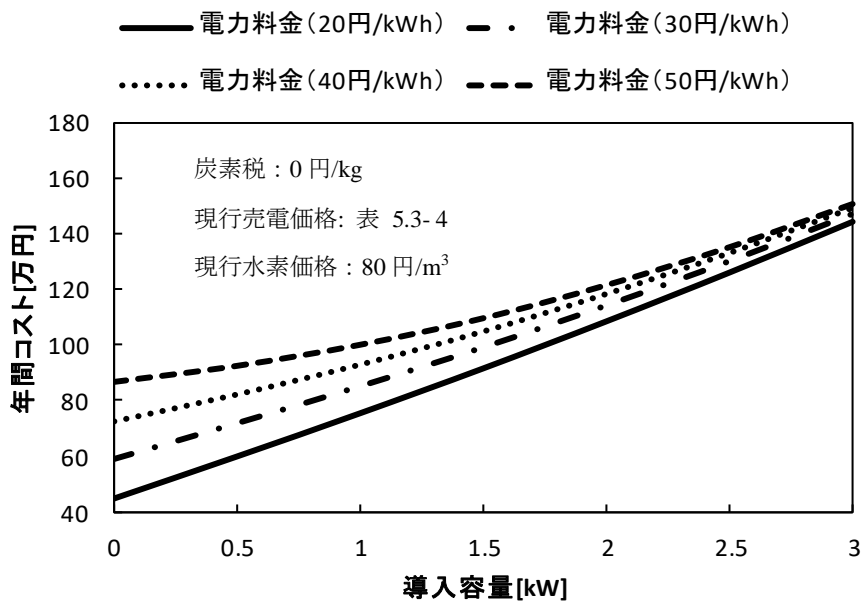


図 5.4-3 FH の年間コスト

● 売電価格の影響

売電価格が変動する時のPVの年間コストのグラフを図5.4-4に示す。図5.4-4のグラフから、PVは売電価格が変動する場合、売電価格が0円/kWhと20円/kWhの時のグラフは導入容量が大きくなれば、年間コストは上がっていき、ほとんど同じくらいの年間コストとなった。売電価格が42円/kWhの場合は、導入容量が大きくなれば、年間コストは下がっていくようなグラフになった。

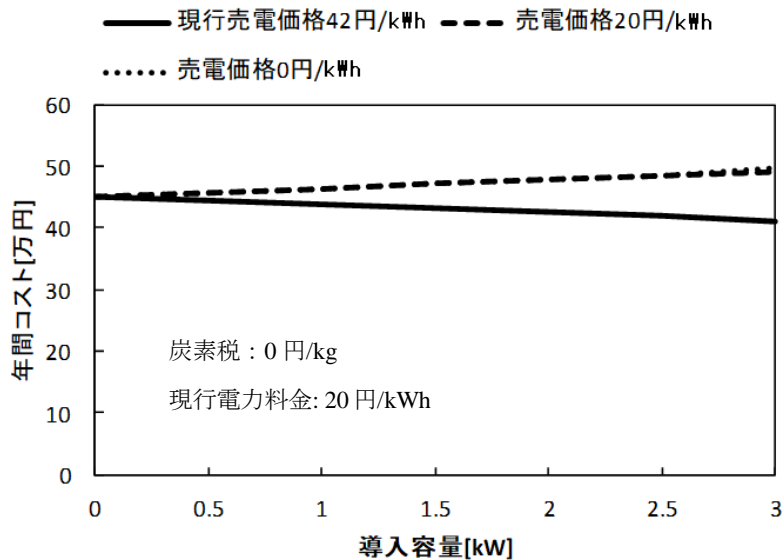


図 5.4-4 PV の年間コスト

売電価格が変動する時のFCの年間コストのグラフを図5.4-5に示す。図5.4-5のグラフから、FCは売電価格が上がるにつれて、年間コストの上昇率は下がっていった。しかし、導入容量が大きくなるにつれて、年間コストは上がっていくことが分かる。

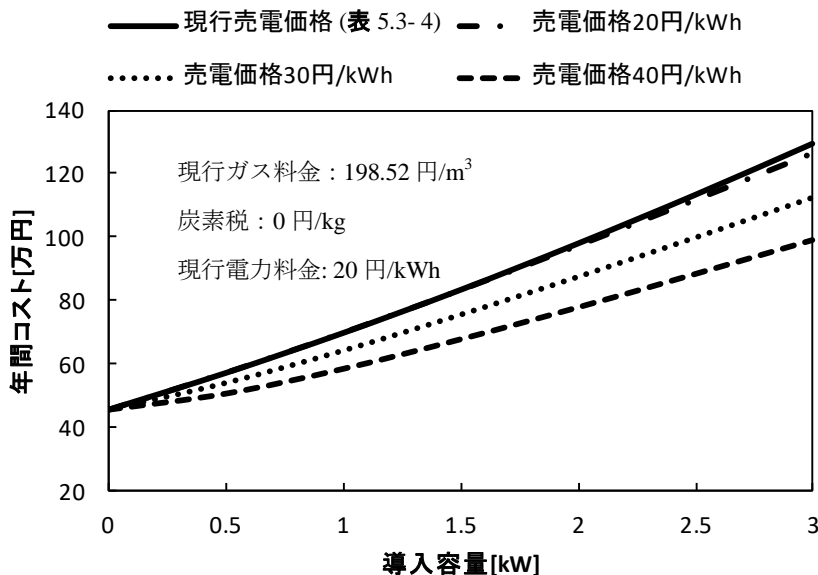


図 5.4-5 FC の年間コスト

売電価格が変動する時の FH の年間コストのグラフを図 5.4-6 に示す。図 5.4-6 のグラフから、FH は FC のグラフとほぼ同じような形のグラフになった。

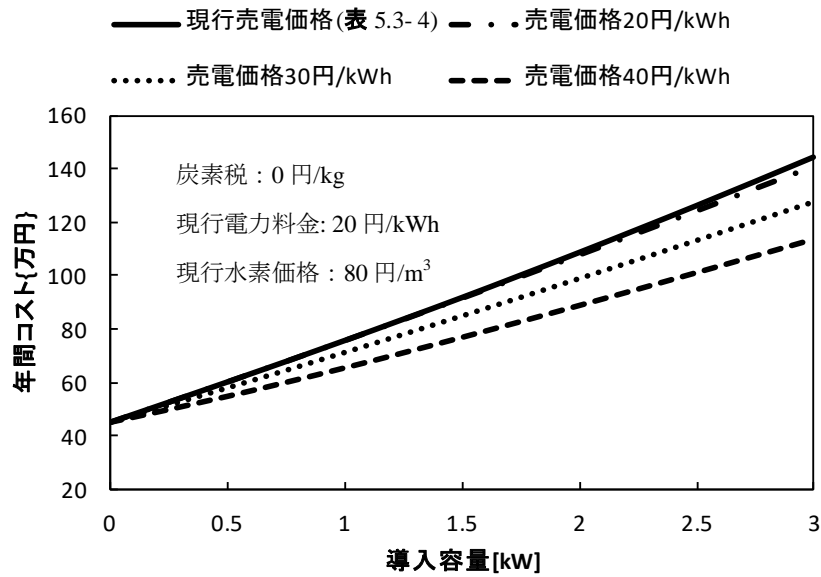


図 5.4-6 FH の年間コスト

● 炭素税の影響

炭素税が変動する時の PV の年間コストのグラフを図 5.4-7 に示す。図 5.4-7 のグラフから、炭素税が上がるにつれて、年間コストも上がっていくことが分かる。また、導入容量が大きくなるにつれて年間コストは下がっていくことが分かる。

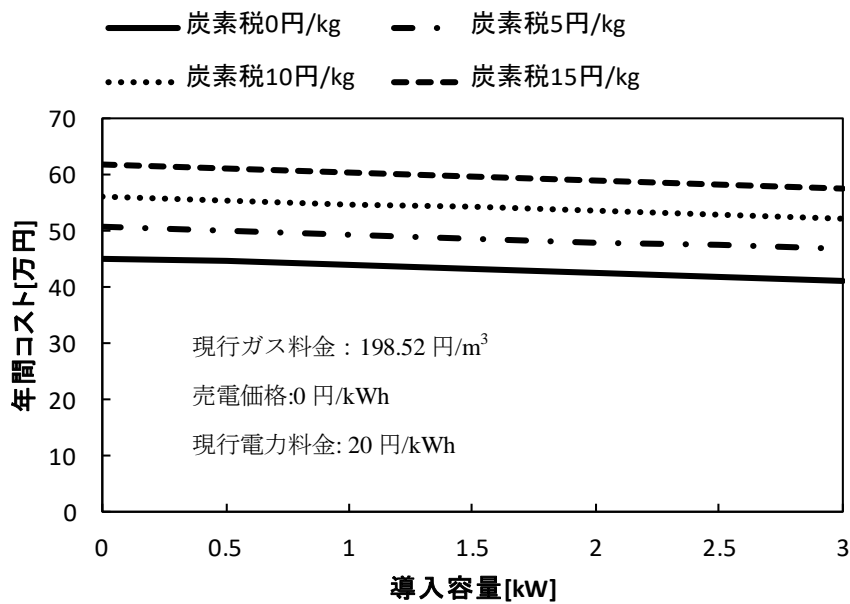


図 5.4-7 PV の年間コスト

炭素税が変動する時の FC の年間コストのグラフを図 5.4-8 に示す。図 5.4-8 のグラフから、PV 同様炭素税が上がるにつれて、年間コストも上がっていくことが分かる。また、導入容量が大きくなるにつれて、年間コストは上がっていくことが分かる。

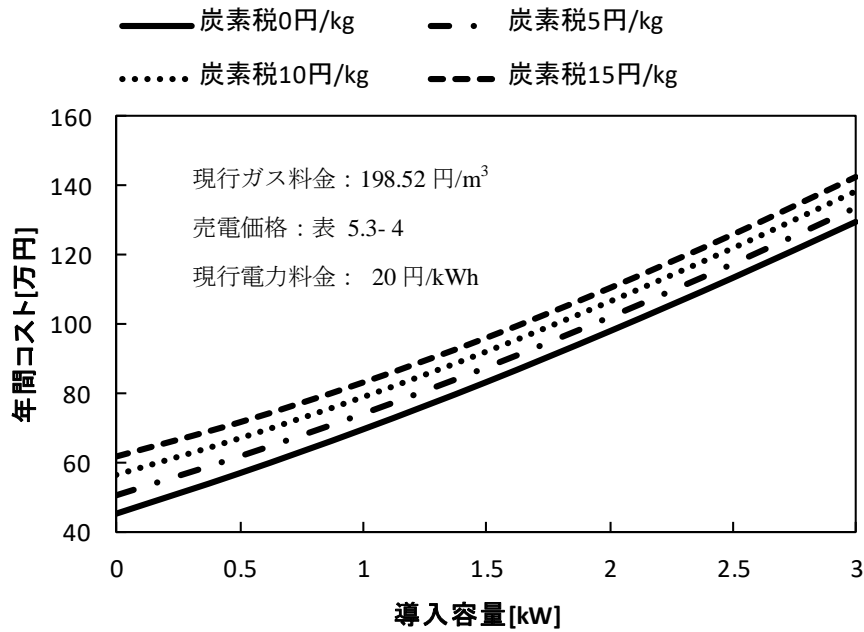


図 5.4-8 FC の年間コスト

炭素税が変動する時の FH の年間コストのグラフを図 5.4-9 に示す。図 5.4-9 のグラフから、FH は FC のグラフとほぼ同じような形のグラフになった。

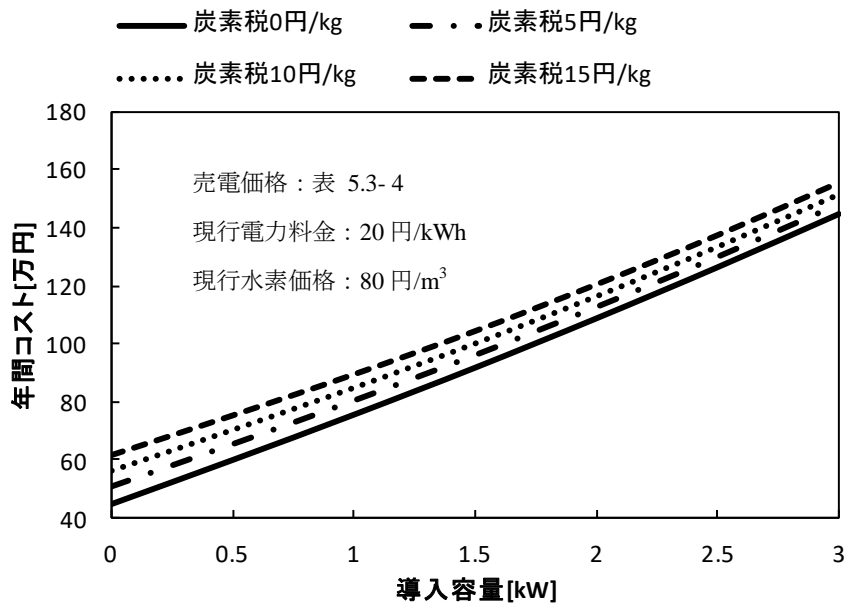


図 5.4-9 FH の年間コスト

● ガス料金の影響

炭素税が変動する時の FC の年間コストのグラフを図 5.4-10 に示す。図 5.4-10 のグラフから、FC はガス料金が下がるにつれて、年間コストも下がることが分かる。また、導入容量が大きくなるにつれて、年間コストは上がっていくことが分かる。

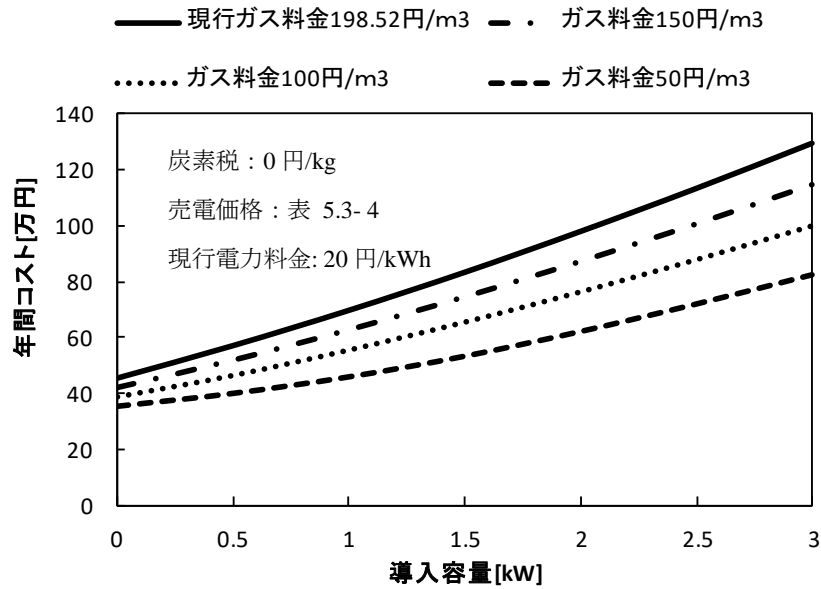


図 5.4-10 FC の年間コスト

● 水素価格の影響

水素価格が変動する時の FH の年間コストのグラフを図 5.4-11 に示す。図 5.4-11 のグラフから、FH は水素価格が下がるにつれて、年間コストも下がることが分かる。また、導入容量が大きくなるにつれて、年間コストは上がっていくことが分かる。

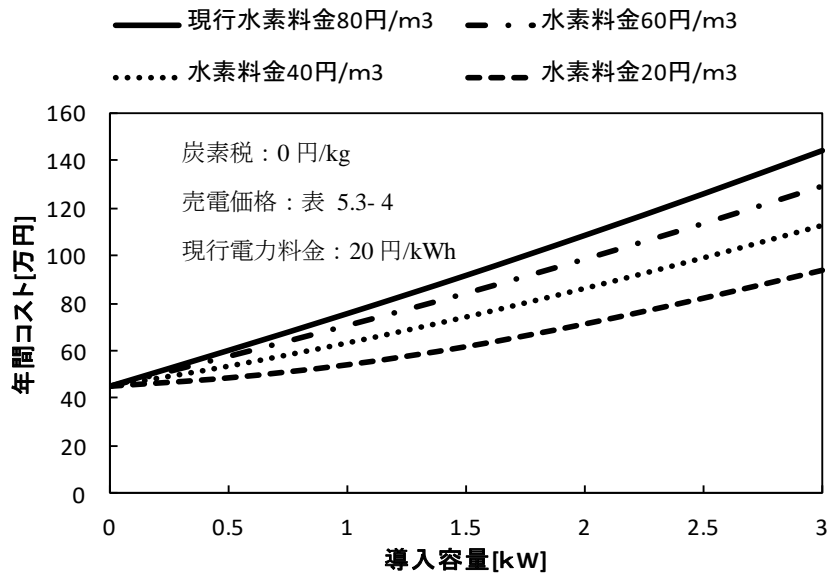


図 5.4-11 FH の年間コスト

### 5.4.2 最適導入容量

各発電設備の最適導入容量には縦軸に最適導入容量をとり、横軸には変化が一番顕著に現れる初期投資をとった。最適導入容量の値が 0 を超えた時がその発電設備を導入すれば、経済性があるものとする。以下では電力料金、売電価格、炭素税、ガス料金、水素価格が各発電設備にどのような経済的影響が与えられるのかを検証した。

図 5.4-1 の年間コストのグラフから、PV の現行売電価格の 42 円/kWh だと導入すれば、経済性が見込めることが分かったので、PV の最適導入容量を求める時は売電価格を 0 円/kWh として、解析を行った。

#### ● 電力料金の影響

電力料金の変動する時の PV に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-12 に示す。図 5.4-12 のグラフから、PV は電力料金が現行の 20 円/kWh のままだと、初期投資が 35 万円/kW 以下に下がると導入効果があることが分かった。電力料金が 30 円/kWh になれば、初期投資が 55 万円/kW まで下がると導入効果があることが分かった。電力料金が 40 円/kWh になれば、初期投資が 60 万円/kW のままでも導入効果があることが分かった。

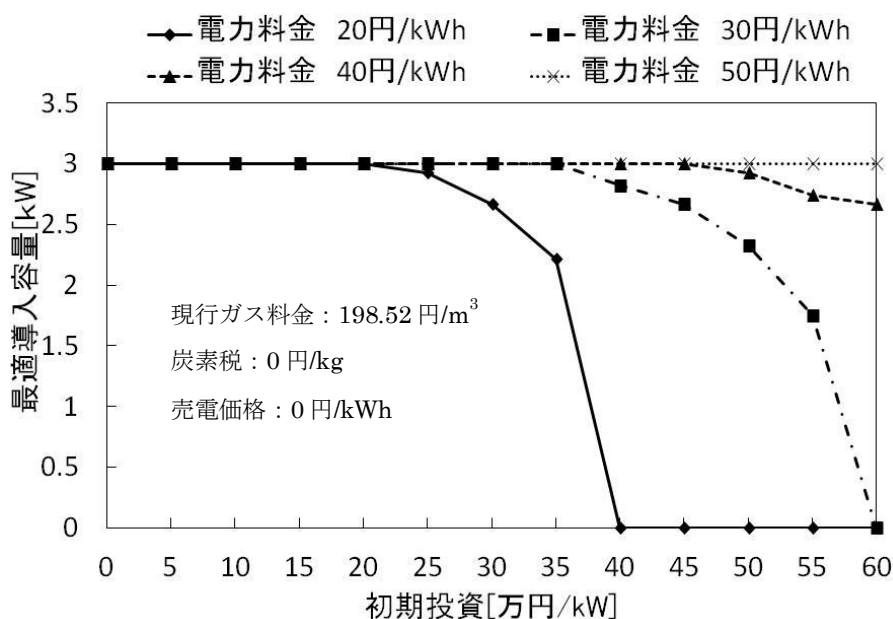


図 5.4-12 PV の最適導入容量

電力料金の変動する時の FC に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-13 に示す。FC は電力料金が 30 円/kWh になれば、初期投資が 40 万円/kW 以下に下がると導入効果があることが分かった。電力料金が 40 円/kWh になれば、初期投資が 160 万円/kW 以下に下がると導入効果があることが分かった。電力料金が 50 円/kWh になれば、初期投資が 260 万円/kW のままでも導入効果があることが分かった。

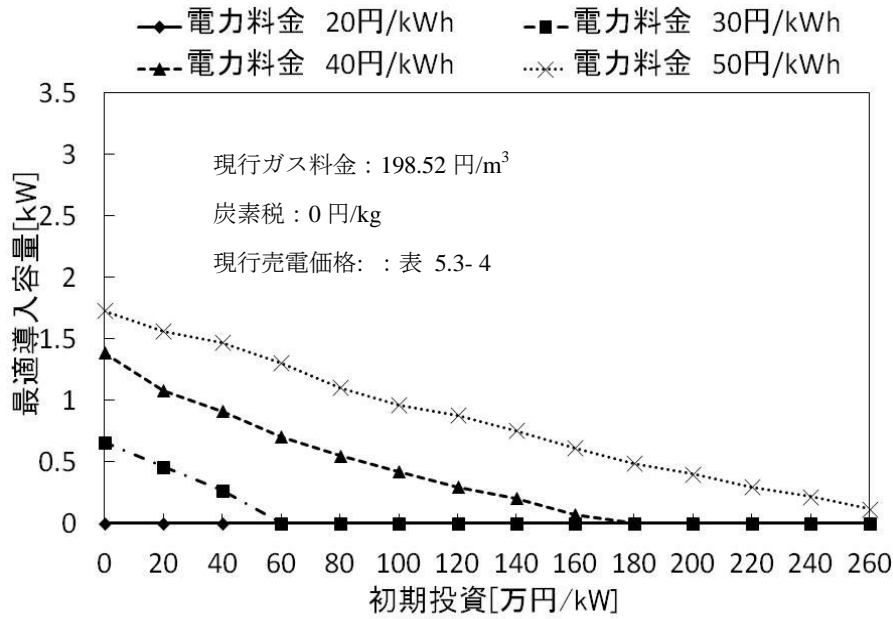


図 5.4-13 FC の最適導入容量

電力料金の変動する時の FH に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-14 に示す。図 5.4-14 のグラフから、FH は電力料金が 40 円/kWh になれば、初期投資が 40 万円/kW 以下に下がると導入効果があることが分かった。電力料金が 50 円/kWh になれば、初期投資が 180 万円/kW まで下がると、導入効果があることが分かった。電力料金が 30 円/kWh 以下の場合、経済的導入効果がないことが分かった。

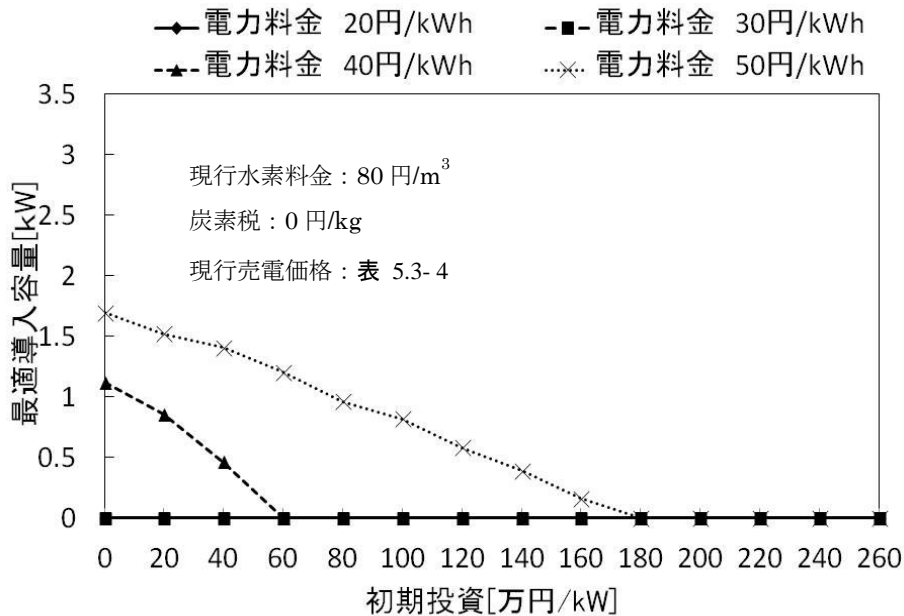


図 5.4-14 FH の最適導入容量

● 売電価格の影響

売電価格が変動する時の PV に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-15 に示す。  
 図 5.4-15 のグラフから、PV は売電価格が 0 万円/kWh になれば、初期投資が 35 万円/kW 以下に下がると導入効果があることが分かった。

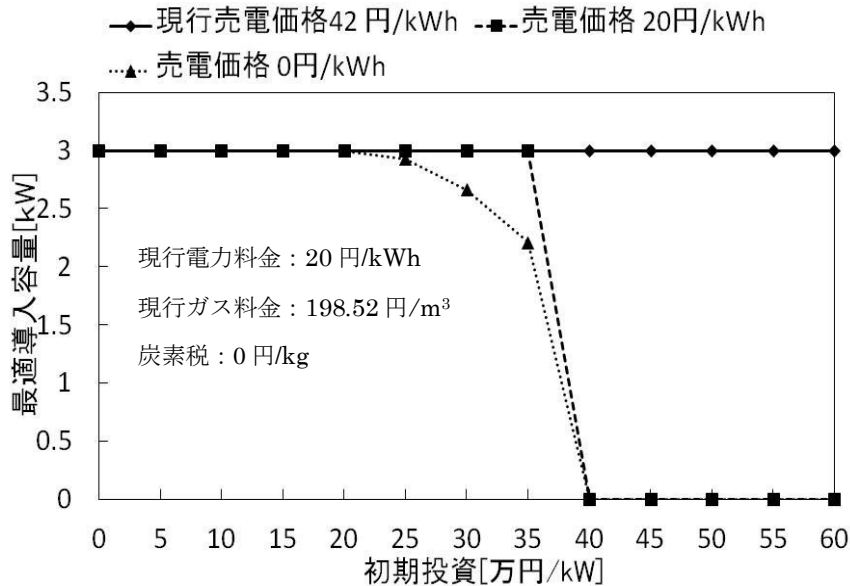


図 5.4-15 PV の最適導入容量

売電価格が変動する時の FC に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-16 に示す。  
 図 5.4-16 のグラフから、FC は売電価格が 40 円/kWh になれば、初期投資が 160 万円/kW まで下がると導入効果があることが分かった。売電価格が 60 円/kWh になれば、初期投資が 260 万円/kW のままだでも導入効果があることが分かった。

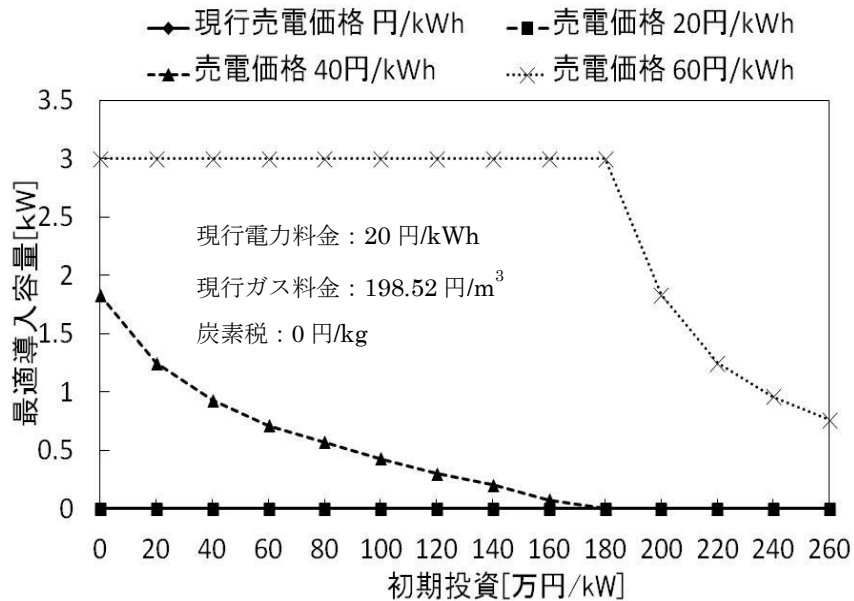


図 5.4-16 FC の最適導入容量



売電価格が変動する時の FH に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-17 に示す。図 5.4-17 のグラフから、FH は売電価格が 40 円/kWh になれば、初期投資が 40 万円/kW 以下になると導入効果があることが分かった。売電価格が 60 円/kWh になれば、初期投資が 260 万円/kW のままでも導入効果があることが分かった。

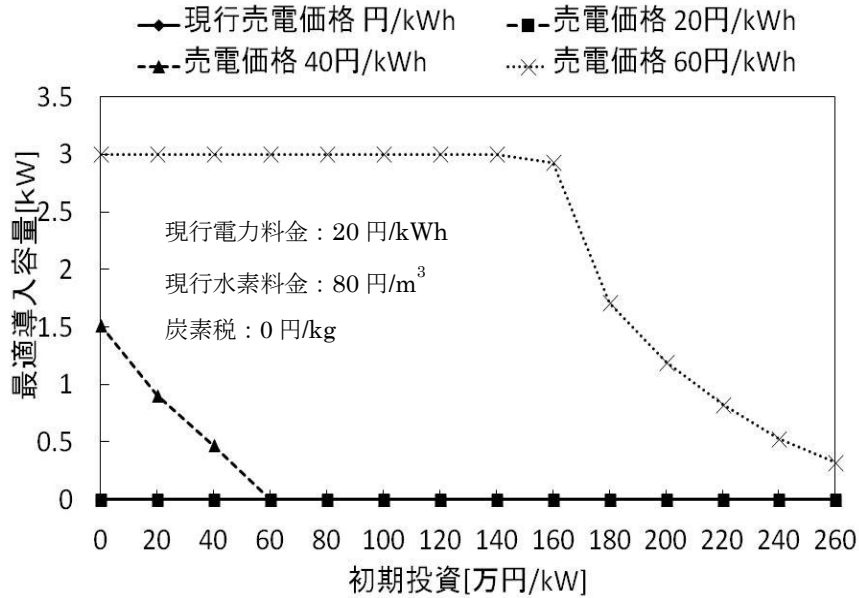


図 5.4-17 FH の最適導入容量

● 炭素税の影響

炭素税が変動する時の PV に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-18 に示す。図 5.4-18 のグラフから、PV は炭素税が 0 円/kg のままでも、初期投資が 35 万円/kW 以下に下がると、導入効果があることが分かった。炭素税が 10 円/kg になれば、初期投資が 50 万円/kW まで下がると、導入効果があることが分かった。炭素税が 20 円/kg になれば、初期投資が 60 万円/kW のままでも導入効果があることが分かった。

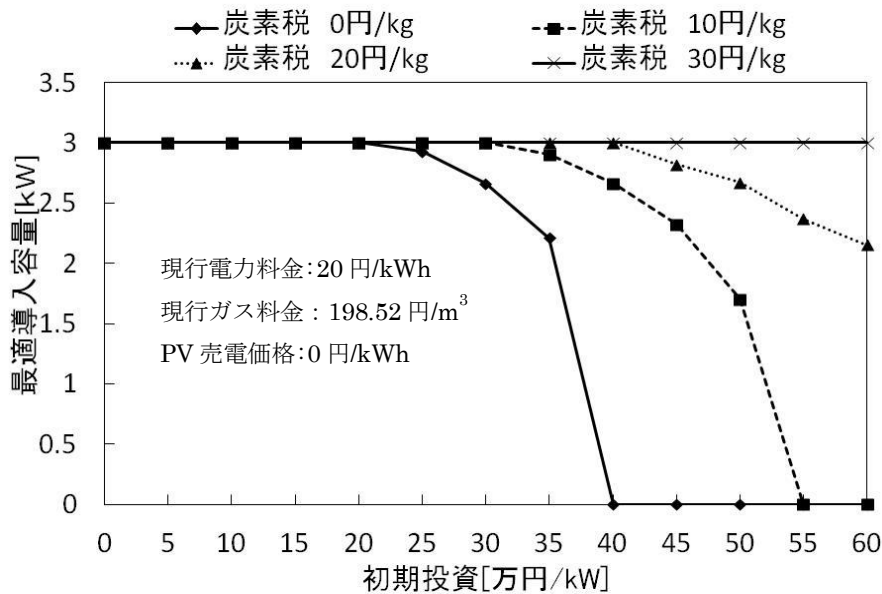


図 5.4-18 PV の最適導入容量

炭素税が変動する時の FC に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-19 に示す。図 5.4-19 のグラフから、FC は炭素税が 50 円/kg になれば、初期投資 180 万円/kW 以下に下がると、導入効果があることが分かった。炭素税が 100 円/kg になれば、初期投資が 260 万円/kW のままでも導入効果があることが分かった。

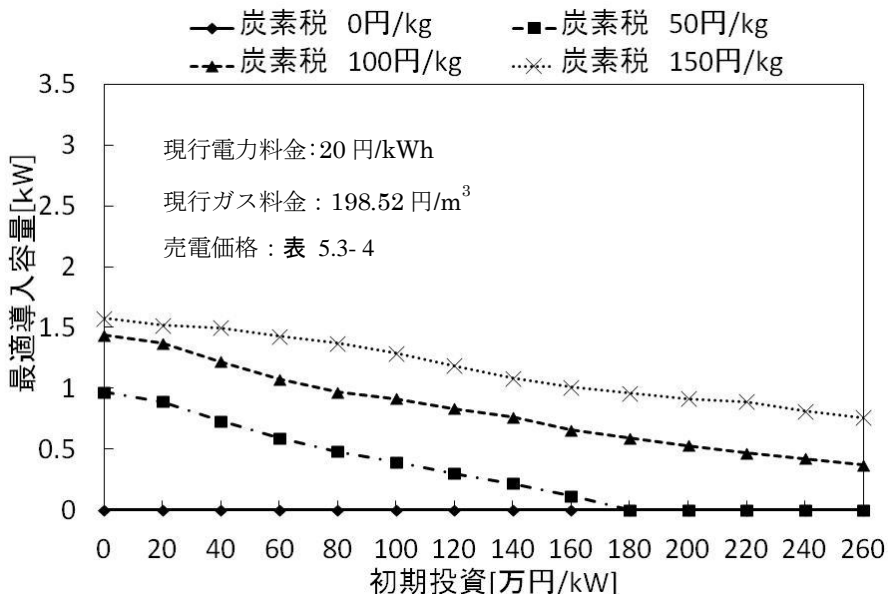


図 5.4-19 FC の最適導入容量

炭素税が変動する時の FH に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-20 に示す。図 5.4-20 のグラフから、FH は炭素税が 50 円/kg になれば、初期投資 100 万円/kW 以下に下がると、導入効果があることが分かった。炭素税が 100 円/kg になれば、初期投資が 260 万円/kW のままでも導入効果があることが分かった。

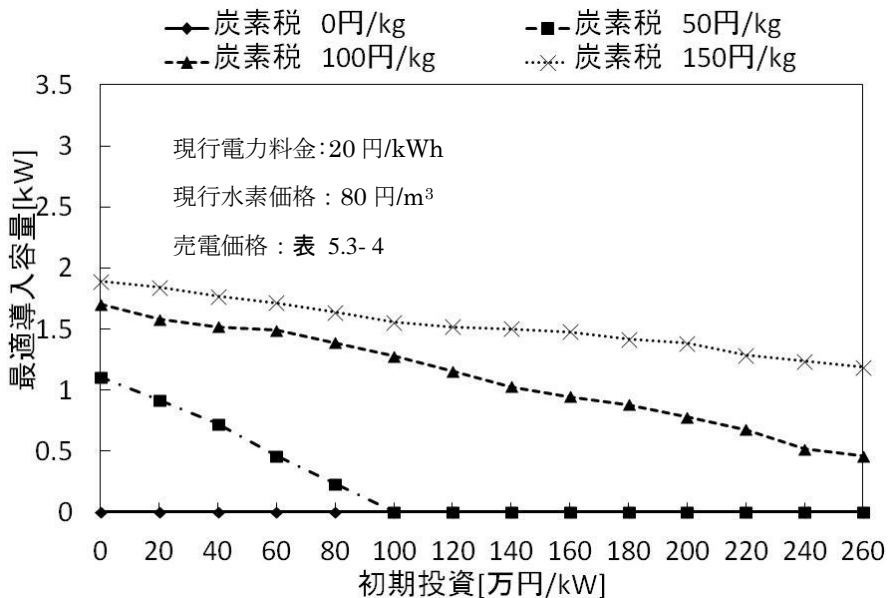


図 5.4-20 FH の最適導入容量

● ガス料金の影響

ガス料金の変動する時の FC に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-21 に示す。図 5.4-21 のグラフから、FC はガス料金が 150 円/m<sup>3</sup> になれば、初期投資が 0 万円/kW まで下ると導入効果があることが分かった。ガス料金が 100 円/m<sup>3</sup> になれば、初期投資が 60 万円/kW まで下ると、導入効果があることが分かった。ガス料金が 50 円/m<sup>3</sup> になれば、初期投資が 140 万円/kW まで下ると、導入効果があることが分かった。

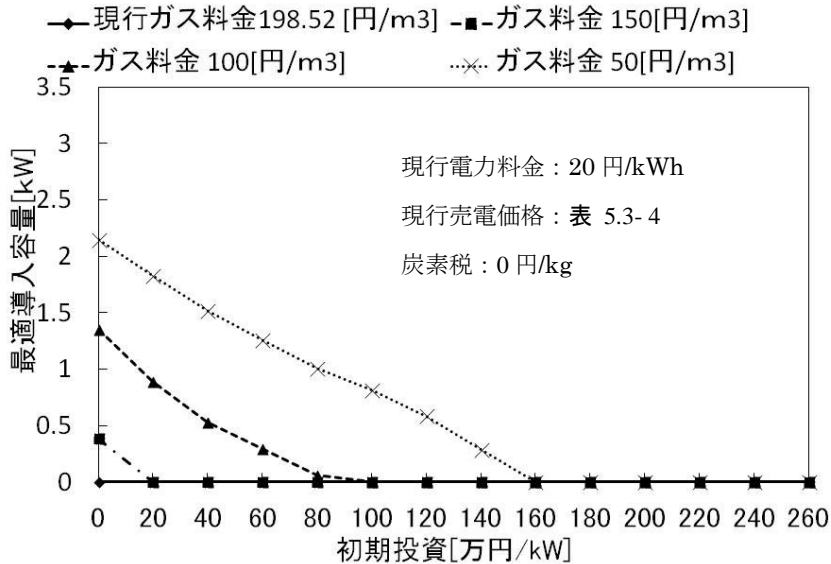


図 5.4-21 FC の最適導入容量

● 水素価格の影響

水素価格の変動する時の FH に与えられる経済的影響のグラフを図 5.4-22 に示す。図 5.4-22 のグラフから、FH は水素価格が 40 円/m<sup>3</sup> になれば、初期投資 80 万円/kW 以下に下ると、導入効果があることが分かった。水素価格が 20 円/m<sup>3</sup> になれば、初期投資 220 万円/kW 以下に下ると、導入効果があることが分かった。

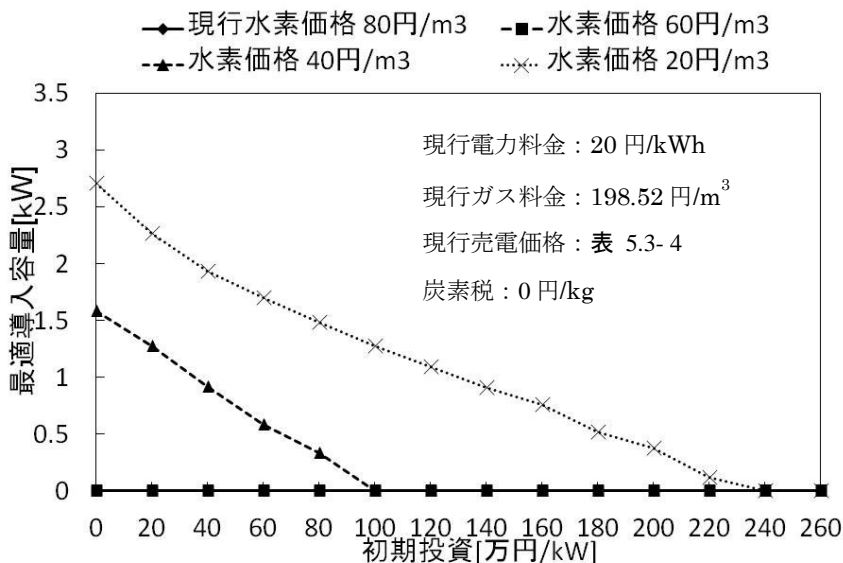


図 5.4-22 FH の最適導入容量

## 5.5 結論

本研究では、住宅に太陽光電池、ガス燃料電池、水素燃料電池の発電設備を導入した場合の各々の経済性に関する解析を行った。経済性に関わる要因として、電力料金、ガス料金、売電価格、初期投資、炭素税、水素価格を取り上げた。解析結果として、FC と FH のグラフの形は似ていて、FH の方が環境性の高い分、経済性にかけることが分かった。解析結果のまとめを以下に示す。

### 1) 電力料金におけるまとめ

PV は電力料金が 40 円/kWh、FC は電力料金が 50 円/kWh まで上がれば、現在の初期投資でも経済性が見込めることが分かった。FH は電力料金が 50 円/kWh まで上がっても、現在の初期投資では経済性は見込めず、初期投資が 160 万円/kW まで下がれば、経済性が見込めることが分かった。

### 2) 売電価格におけるまとめ

PV は現行売電価格の 42 円/kWh であれば、現在の初期投資でも十分な経済性が見込めることが分かった。しかし、FC と FH の売電価格は現在、安すぎるので、売電価格が 60 円/kWh まで上がらなければ、現在の初期投資では経済性が見込めないことが分かった。

### 3) 炭素税におけるまとめ

PV は炭素税が 20 円/kg、FC と FH は炭素税が 100 円/kg まで上がれば、現在の初期投資でも経済性が見込めることが分かった。

### 4) ガス料金におけるまとめ

ガス料金は FC にしか影響しないが、ガス料金が 50 円/m<sup>3</sup> になっても、現在の初期投資では経済性が見込めず、初期投資が 140 万円/kW まで下がれば経済性が見込めることが分かった。

### 5) 水素価格におけるまとめ

水素価格は FH にしか影響しないが、水素価格が 20 円/m<sup>3</sup> になっても、現在の初期投資では経済性が見込めず、初期投資が 220 万円/kW まで下がれば経済性が見込めることが分かった。

### 6) 以上のまとめから、以下のことが分かった。

- ・ PV は現在、導入すれば、経済性が見込めることが分かった。
- ・ FC は現在、導入しても経済性はほとんどないことが分かった。
- ・ FH は非常に効果的な環境性、省エネルギー性を図ることが可能なので、現在、経済性を図ることは FC よりも難しいことが分かった。

## 「参考文献」

- 5-1) 感度分析による解説 [http://www.nsspirit-cashf.com/logical/kando\\_bunseki.html](http://www.nsspirit-cashf.com/logical/kando_bunseki.html)

## 第 6 章

### 太陽光発電と燃料電池の併用住宅における 電力消費特性及び設備パフォーマンス

## 目次

|  |      |
|--|------|
| 6 太陽光発電と燃料電池の併用住宅における電力消費特性及び設備パフォーマンス | 6-1  |
| 6.1 アンケート調査と分析                         | 6-2  |
| 6.1.1 城野ゼロカーボン先進街区の概要                  | 6-2  |
| 6.1.2 アンケート調査概要                        | 6-4  |
| 6.1.3 アンケート結果分析                        | 6-5  |
| 6.1.4 アンケート調査まとめ                       | 6-14 |
| 6.2 計測調査概要と分析                          | 6-15 |
| 6.2.1 計測住宅の概要                          | 6-15 |
| 6.2.2 計測期間                             | 6-18 |
| 6.2.3 導入した機器やシステム                      | 6-19 |
| 6.2.4 計測結果分析                           | 6-23 |
| 6.3 調査結果分析                             | 6-37 |
| 6.3.1 太陽光発電自家消費率                       | 6-37 |
| 6.3.2 太陽光発電と電力使用量の割合                   | 6-38 |
| 6.3.3 エネファーム発電と電力使用量の割合                | 6-39 |
| 6.3.4 グリッドの相互作用                        | 6-41 |
| 6.3.5 考察                               | 6-42 |
| 6.4 設備のパフォーマンス及びその評価                   | 6-43 |
| 6.4.1 経済性評価                            | 6-43 |
| 6.4.2 回収年数                             | 6-49 |
| 6.4.3 環境性評価                            | 6-55 |
| 6.4.4 ピークカット能力                         | 6-57 |
| 6.5 結論                                 | 6-59 |
| 【参考文献】                                 | 6-61 |



## 6 太陽光発電と燃料電池の併用住宅における電力消費特性 及び設備パフォーマンス

持続可能な社会を実現するうえで、環境への意識が高くゼロカーボン技術を導入している特定地域に焦点を当て、実際にゼロカーボン技術を活用し、CO<sub>2</sub> 排出量ゼロを徹底した先進的な暮らしが実行されているか検証する必要がある。既往の研究では住宅における太陽光発電システム或いはエネファーム導入効果を検証するものが多数あるが、太陽光発電システムとエネファームの併用住宅の実証データを用いる研究は少ない。

本研究では、太陽光発電システムとエネファームを導入した住宅を対象として、その設備性能、稼働状況や電力需要を把握し、各時期のパターンの特徴を明らかにする。そして、実測データに基づいて、電気を買取りされた後の経済効果、コスト回収期間、環境効果について検証する。最後に、原子力発電が廃止した場合、その代替電源として、分散化電源である家庭用燃料電池や太陽光発電が多数配置した所（仮想発電所）におけるピークカット効果について検証する。これらを解析することで、日本の電力供給システムの改善のための有用な資料となることを目的とする。

## 6.1 アンケート調査と分析

本研究では、まず、2017年11月までに城野ゼロカーボン先進街区に住む160世帯を対象にアンケートを実施した。このうち、住宅形態は戸建て住宅と集合住宅が含まれている。

### 6.1.1 城野ゼロカーボン先進街区の概要

#### 城野ゼロカーボン先進街区について

本研究で対象とした住宅は福岡県北九州市小倉北区域野に位置する（図6.1-2）。JR 小倉駅の南方約3km（JR 所要時間およそ 10 分）、JR 城野駅の北側徒歩 1 分のこの地域は、みんなの未来区BONJONO ボン・ジョーノ（以下、ボン・ジョーノ）とも呼ばれ、これまでにない新しいまちである。この地域は、「環境未来都市北九州市」の主要プロジェクトとして、「街区モデル：城野地区低炭素先進モデル街区の形成」という位置づけのもとその恵まれた地区特性を活かし、暮らしに関する二酸化炭素排出量の大幅な削減と、子どもから高齢者まで多様な世代が暮らしやすく将来にわたって住み続けられる持続可能なまちづくりが計画され、北九州市都市計画事業城野駅北土地地区画整理事業（事業面積：約 18.9ha）により公共施設等の整備が実施されている。まちづくりの基本的方向として、「ゼロ・カーボン」（図6.1-1）「子育て支援・高齢者対応」「人がつながり、多世代が暮らし続けられる」という 3 点をコンセプトに掲げ、様々な活動に取り組んでいる<sup>6-1)</sup>。



図 6.1-2 城野地区の位置

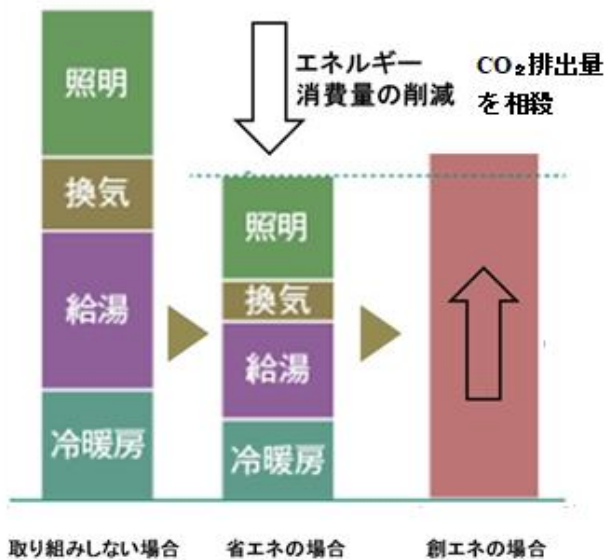


図 6.1-1 ゼロ・カーボンイメージ図

先進街区の住宅において、具体的な取り組みは以下になる。

#### 6.1-1住宅における取組<sup>6-1)</sup>

| 戸建て住宅                                     | 集合住宅   |
|---|--|
| ① 長期優良住宅又は低炭素住宅の認定                        | ① 長期優良住宅又は低炭素住宅の認定   |
| ② 太陽光発電設備の設置                              | ② 高効率給湯器の設置（家庭用燃料電池を設置した場合は不要）   |
| ③ 高効率給湯器の設置（家庭用燃料電池を設置した場合は不要）            | ③ 住戸数の概ね2分の1以上は、家庭用燃料電池又は太陽熱給湯設備を設置                                    |
| ④ 住戸数の概ね2分の1以上は、家庭用燃料電池又は太陽熱給湯設備を設置       | ④ CEMS と連携可能で、ECHONET Lite に準拠した HEMS の設置                              |
| ⑤ CEMS と連携可能で、ECHONET Lite に準拠した HEMS の設置 | ⑤ 常時接続された通信環境の整備   |
| ⑥ 常時接続された通信環境の整備                          | ⑥ 敷地面積から建築物の建築面積を除外した面積に対して、165[m <sup>2</sup> ]あたり高さ2.5m以上の中高木を2本以上植栽 |
| ⑦ 高さ2.5m以上の中高木を1戸あたり2本以上植栽                | ⑦ 高圧一括受電設備の設置  |

## 6.1.2 アンケート調査概要

住宅の基本的な特性を把握するため、対象住宅の居住者を対象とした「居住者属性調査」を行われた。また、各世帯の環境意識、現時点自家発電設備の満足度、システムの利用状況、システム各機能の満足度などアンケートによって実施した。表 6.1-2にアンケート調査表の質問項目を示す。

アンケート調査は2017年11月から12月下旬にかけて実施しており、配布数160件に対する回収数は73件であった。

表 6.1-2 アンケート調査内容

| 大分類     | 小分類                     |
|---------|-------------------------|
| 住宅属性    | 延べ床面積、電気契約会社、契約電気プランと容量 |
|         | 太陽光発電設備の有無、蓄電池の有無       |
|         | 給湯設備                    |
|         | 加熱調理設備 など               |
| 世帯属性    | 家族構成、人数                 |
|         | 職業、年収、学歴など              |
|         | 車台数、燃料別種類               |
| 環境意識    | 引越し前後環境意識の変化            |
|         | ライフスタイルの変化              |
|         | 電気代、ガス代の変化              |
|         | 発電設備利用満足度               |
| システム利用度 | コミュニティサイト「ココクル」の利用頻度    |
|         | ヘムス画面を見る頻度など            |

### 6.1.3 アンケート結果分析

アンケート調査対象のうち、戸建て住宅が34件（平屋2件、2階建て32件）で、集合住宅が38件（分譲37件、賃貸1件）であった。



図 6.1-3 居住形態の分類

- 世帯属性と導入設備に関する結果

世帯人数では「2人」と「3人」が最も多く、それぞれ全体の34%と33%を占める。また、平均世帯人数は2.8人である。

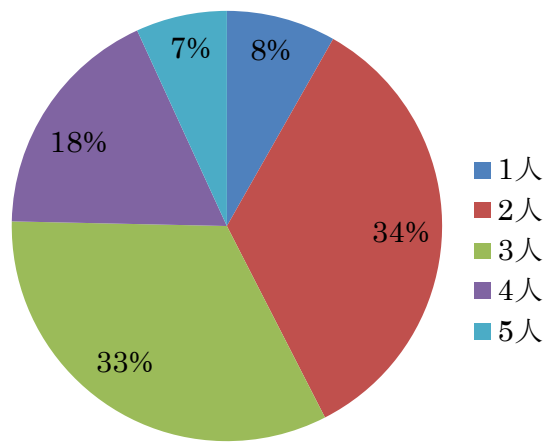


図 6.1-4 世帯人数

延べ床面積では、50~80㎡や80~100㎡の住宅が20件ずつで最も多く、全体の約57%を占める。その中のほとんどが集合住宅である。次いで多いのは100~120㎡の15件と120~150㎡の13件であり、全体の約97%を占める。

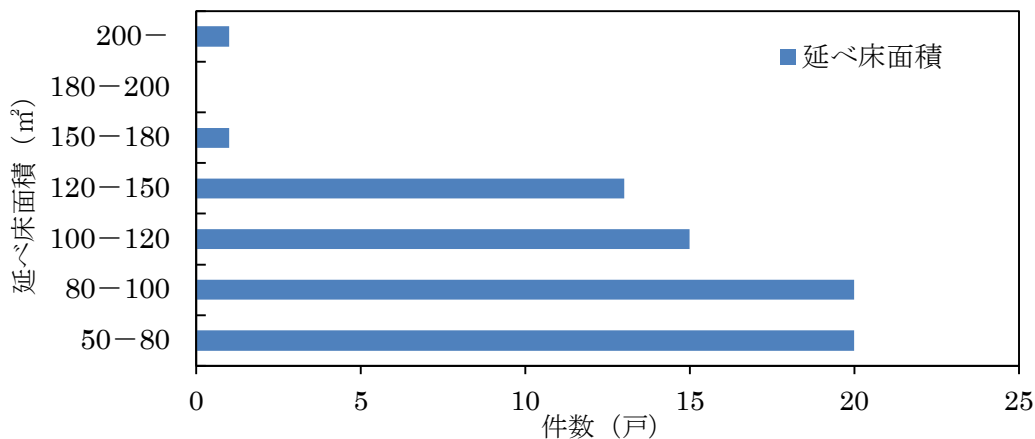


図 6.1-5 延べ床面積

各世帯の電気契約会社について、九州電力が最も多く、全体の約47%を占める。次いでBBIQ電力が約42%を占める。2016年に電力自由化の対象が一般家庭や小規模店舗にまで拡大され、自分が住んでいる地域の既存の電力会社に縛られることはなくなった。

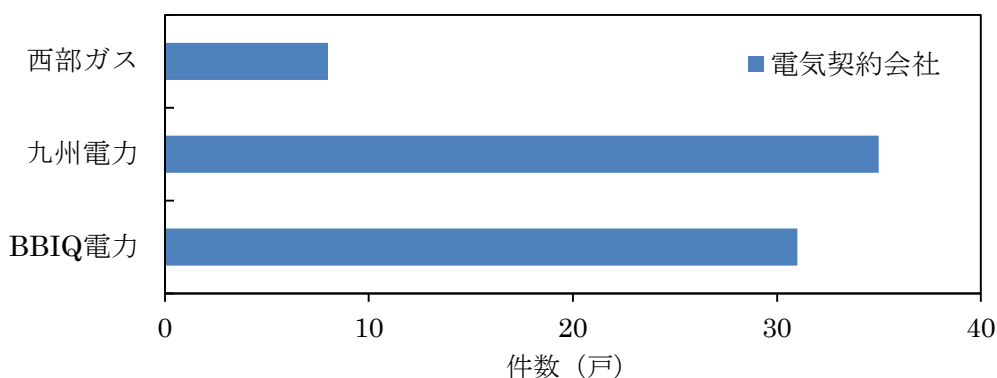


図 6.1-6 各世帯の電力契約会社

電力契約会社に対し、ガス契約会社の地域独占が続いている。西部ガスがガス契約会社全体の約87%を占めている。そのほか、ガスが契約されていない世帯もいる。すなわち、オール電化世帯が全体の1割を占めることがわかる。

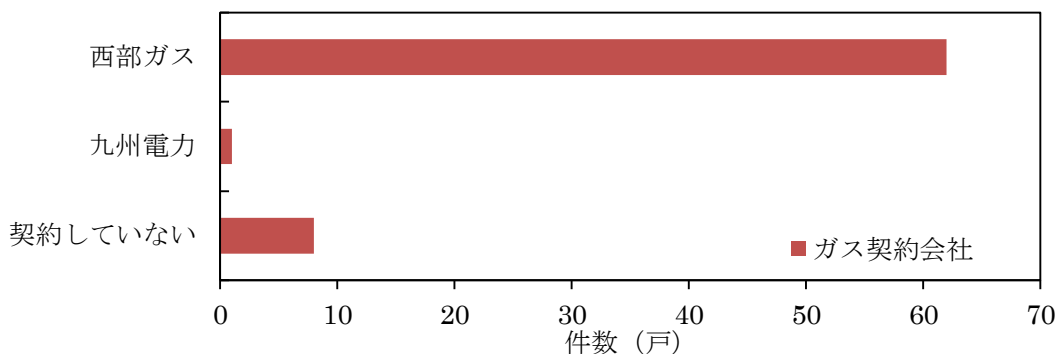


図 6.1-7 各世帯のガス契約会社

各世帯の蓄電池導入状況について、蓄電池の導入件数が2件のみ、ほとんどの世帯が蓄電池を導入していない。

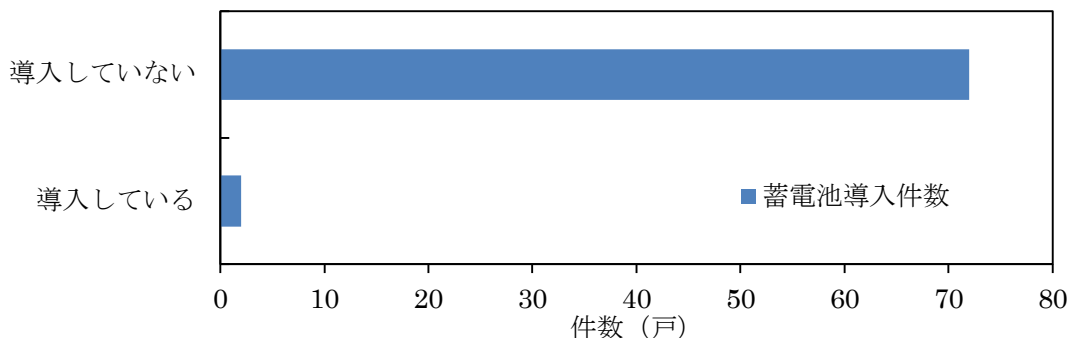


図 6.1-8 蓄電池の導入状況

太陽光発電設備の導入状況では、集合住宅には太陽光発電設備を導入していないが、戸建て住宅はすべての世帯が導入している。導入容量については4～6kWが最も多く、全体の67%を占める。

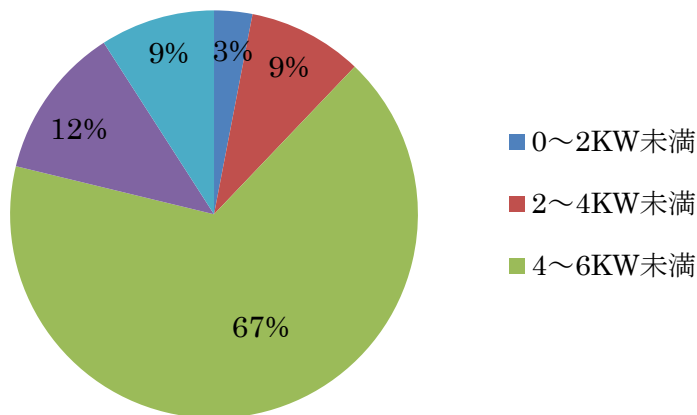


図 6.1-9 太陽光発電の導入状況

床暖房の導入状況について、全体の約43%が床暖房を導入している。そのうち、約8割が温水式床暖房、約2割が電気式床暖房となっている。住宅形態別に分けると、集合住宅の床暖房導入率は約18%、戸建て住宅の69%と比較すると非常に低いことがわかった。

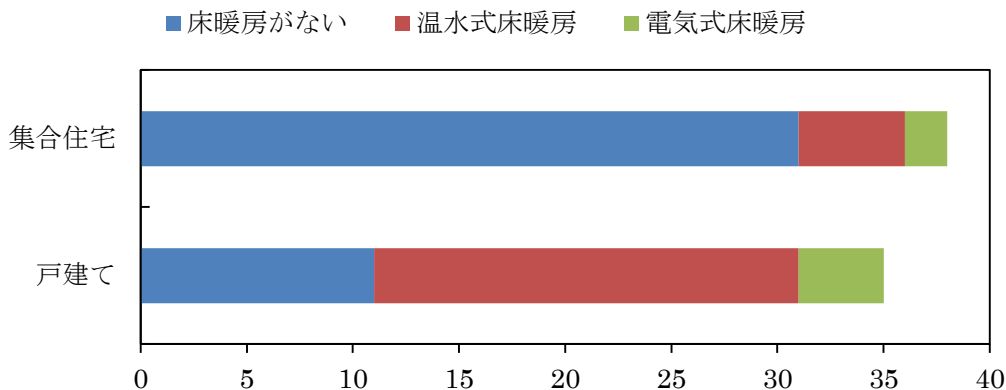


図 6.1-10 床暖房の導入状況

車の所有台数に関しては、1台を所有している世帯が最も多く、全体の約64%を占める。次いで2台を所有している世帯は全体の約28%を占める。また、平均所有台数は1.26台である。

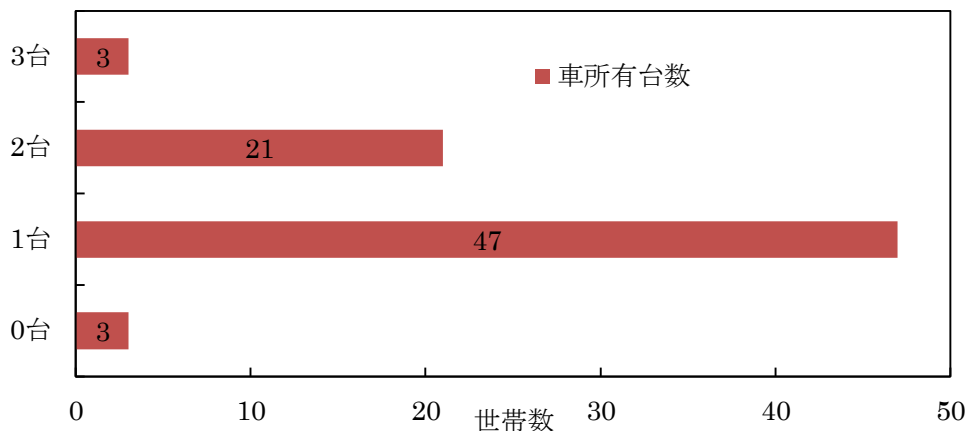


図 6.1-11 1世帯の車所有台数

車の燃料別で分けると、ガソリン車は依然として最も多く、普通自動車と軽自動車を合わせると全体の約72%を占めるが、ハイブリット車が22%を占めており、今後ハイブリット車の普及が期待できる。

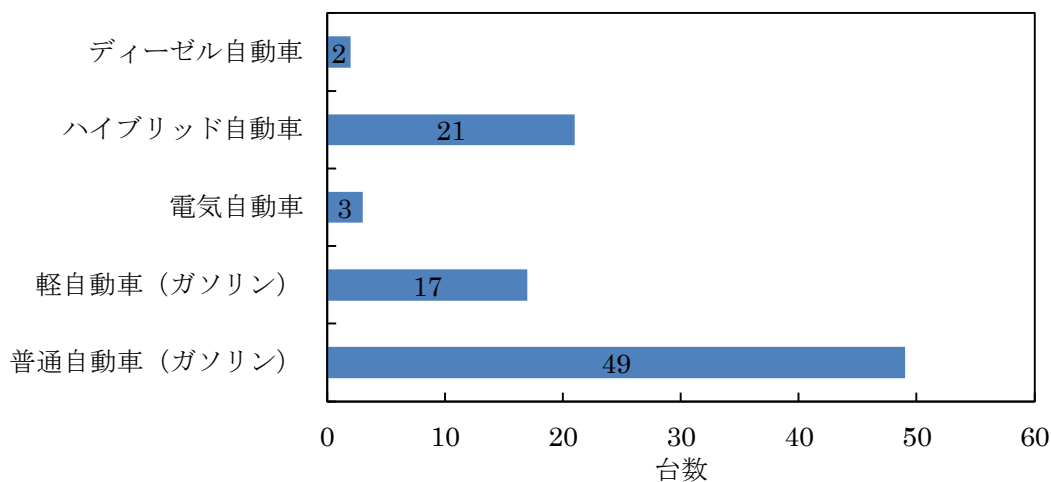


図 6.1-12 燃料別車の台数

各世帯の給湯設備に関しては、エネファームの比率が最も高く、全体の約86%を占める。住宅形態別で分けると、集合住宅に住む世帯がすべてエネファームを使用し給湯されている。戸建て住宅世帯は約73%がエネファームを導入している。



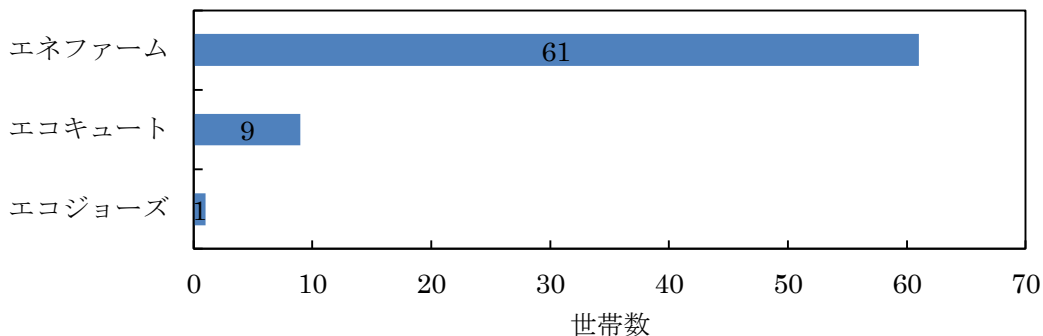


図 6.1-13 各世帯の給湯設備

各世帯の加熱調理設備に関しては、IHクッキングヒーターを使用する世帯が最も多く、全体の約67%を占める。日本全国平均の20%を遥かに超えている。ガス契約をしている世帯が多数あるが、その大半がエネファームに供給していることがわかる。

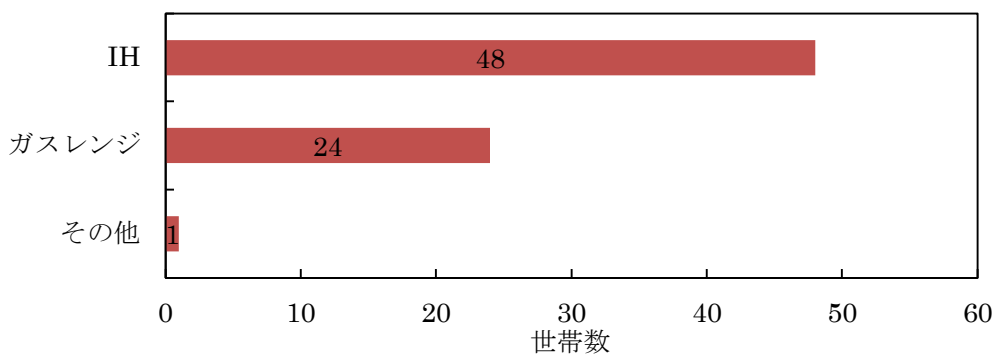


図 6.1-14 各世帯の調理設備

エアコン所有台数では、2台、または3台の世帯が多く、両者を合わせると全体の78%を占める。

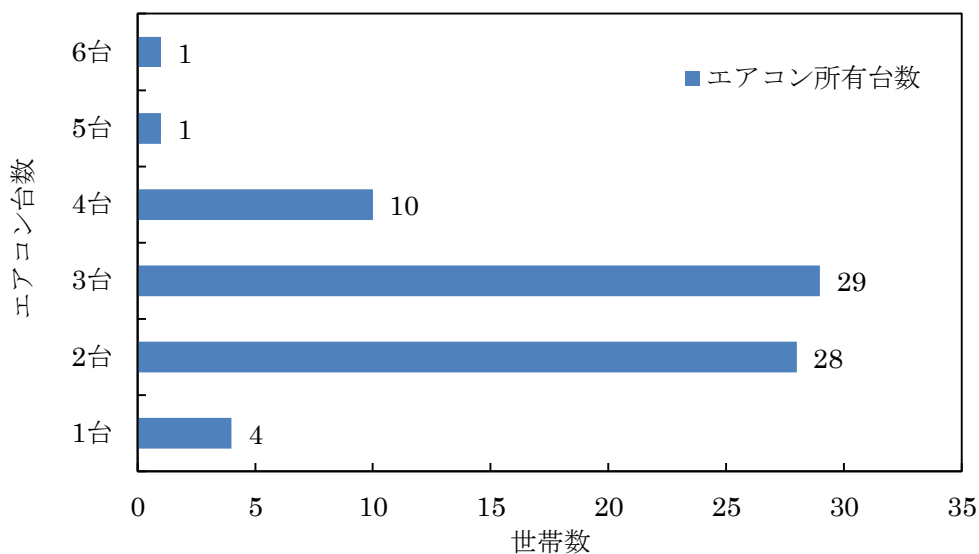


図 6.1-15 各世帯のエアコン台数

● 環境意識に関する結果

城野ゼロカーボン先進街区に引っ越したあと、節電意識の変化に対して、最も多い回答は「少し高くなった」で、次いで多い回答は「以前意識あり、ほとんど変わらない」であった。城野に引っ越したあと、節電意識が高くなった世帯が全体の約65%を占めている。

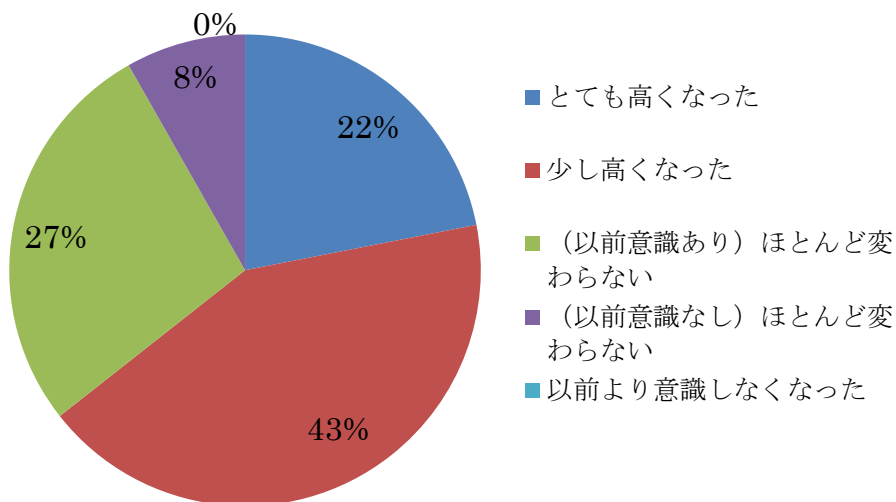


図 6.1-16 節電意識の変化

城野ゼロカーボン先進街区に引っ越したあと、環境配慮意識の変化に対して、最も多い回答は「以前意識あり、ほとんど変わらない」で、次いで多い回答は「少し高くなった」であった。城野に引っ越したあと、環境配慮意識が高くなった世帯が全体の約49%をしめている。

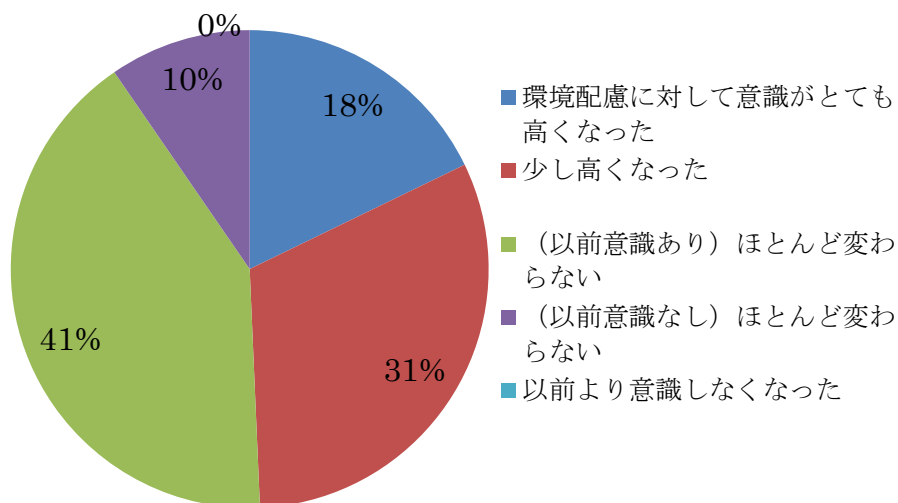


図 6.1-17 環境配慮意識の変化

城野ゼロカーボン先進街区に引っ越したあと、電気料金の変化に対して、最も多い回答は「少し下がった」で、次いで多い回答は「かなり下がった」であった。全世帯の約80%の電気料金が下がったことがわかる。

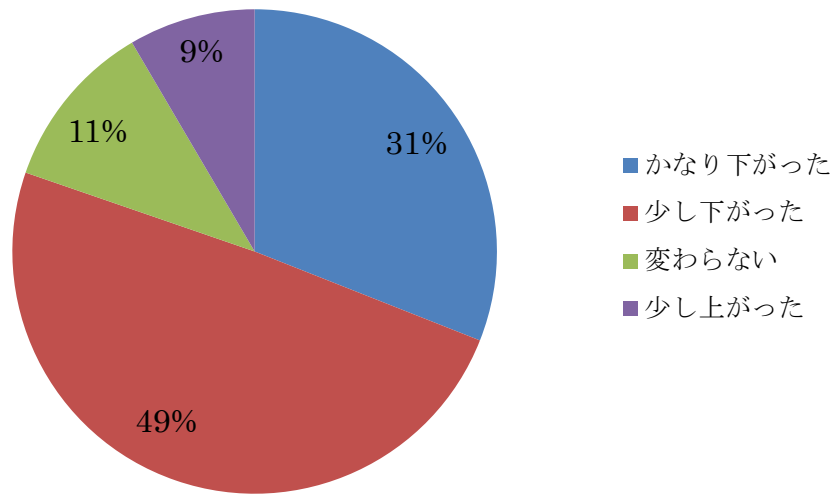


図 6.1-18 電気料金の変化

城野ゼロカーボン先進街区に引っ越したあと、ガス料金の変化に対して、最も多い回答は「少し下がった」で、次いで多い回答は「変わらない」であった。ただし、「ガス料金が上がった」という回答が全体の19%を占めている。理由としてエネファームの使用と家族人数が増えたと考えられる。

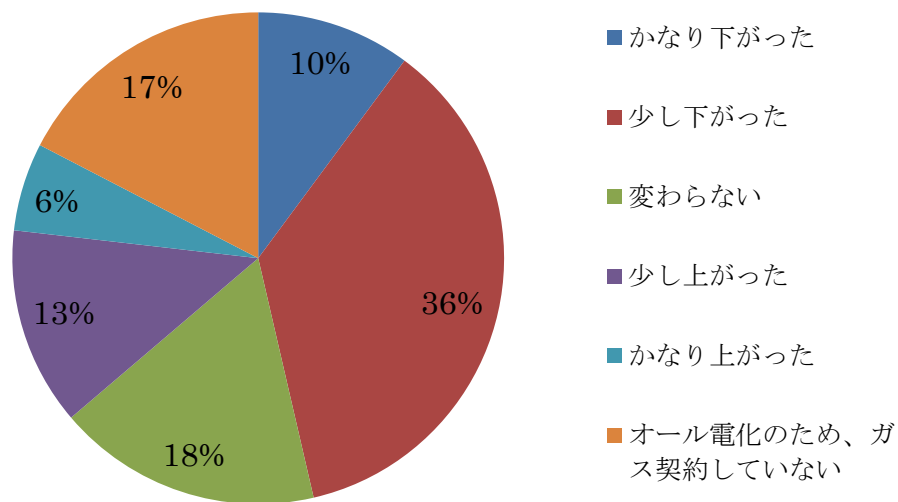


図 6.1-19 ガス料金の変化

太陽光発電による売電の料金収支に対する満足度について、最も多い回答は「どちらかというと満足している」で、58%を占める。次いで多い回答は「とても満足している」で、18%を占める。合わせると太陽光発電導入した世帯の約76%が売電収入に満足しているといえる。回答が「わからない」となる理由について引越した直後で検針票がないと考えられる。

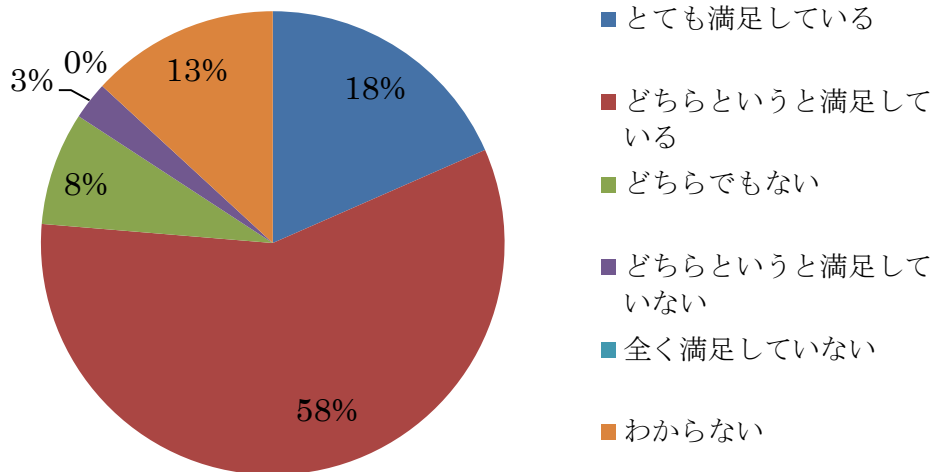


図 6.1-20 売電収入の満足度

城野先進街区の低炭素住宅の価値の感じ度について、「とても感じている」と回答した世帯が全体の約52%、次いで「少し感じている」と回答した世帯が約40%で、9割以上の世帯が低炭素住宅の価値を感じている。

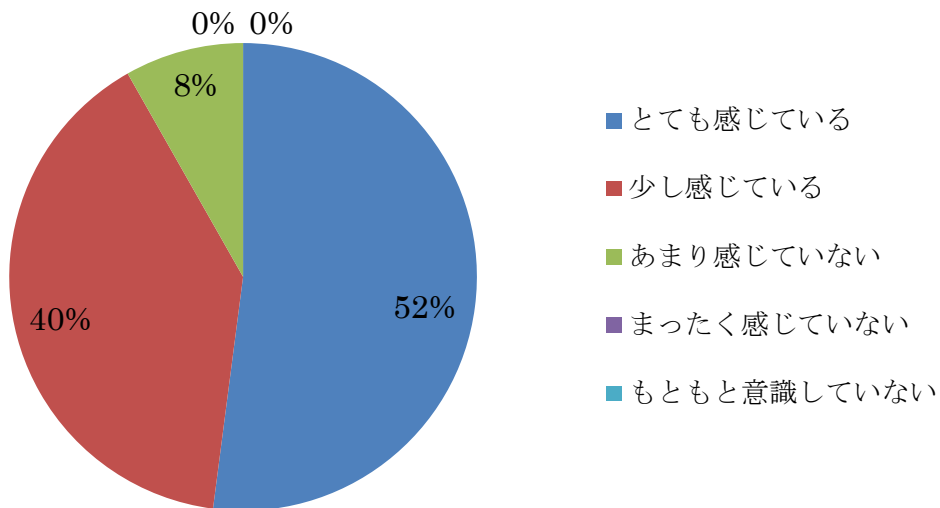


図 6.1-21 低炭素住宅の価値の感じ度

コミュニティサイト「ココクル」を利用する頻度について、毎日見る世帯は1世帯もなかった。週1回以上見る世帯は全体の8%に過ぎず、最も多い回答は「見たことがない」で、全体の約44%を占める。次いで多いのは「ほとんど見ることがない」で、約38%。2

つ合わせると、全体の80%を超えている。城野先進街区に住む世帯の大半がコミュニティサイト「ココクル」を利用していないことがわかる。

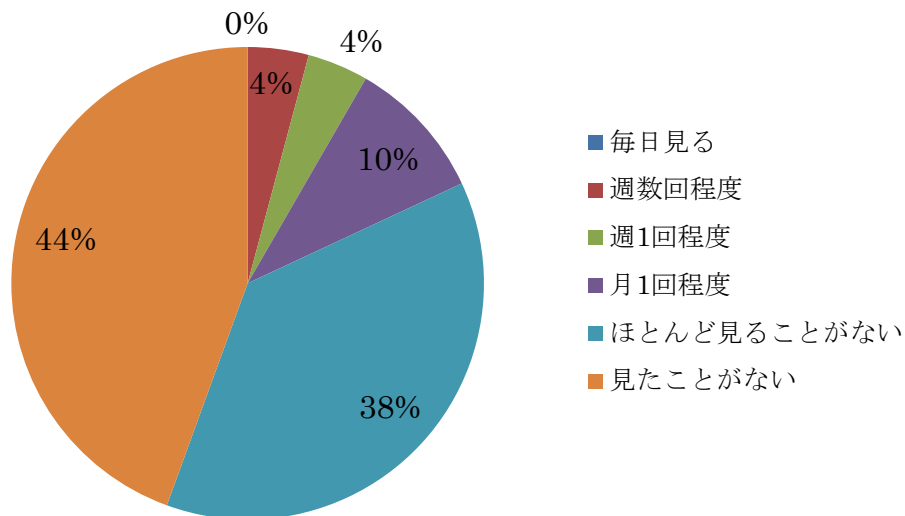


図 6.1-22 ココクルサイトの利用頻度

家中にあるHEMSの画面を見る頻度について、最も多い回答が「見たことがない」で、全体の約38%を占める。次いで多い回答は「ほとんど見ることがない」で、約25%であった。2つ合わせると全世帯の約63%である。コミュニティサイト「ココクル」より見る頻度が高いが、低い値となっている。

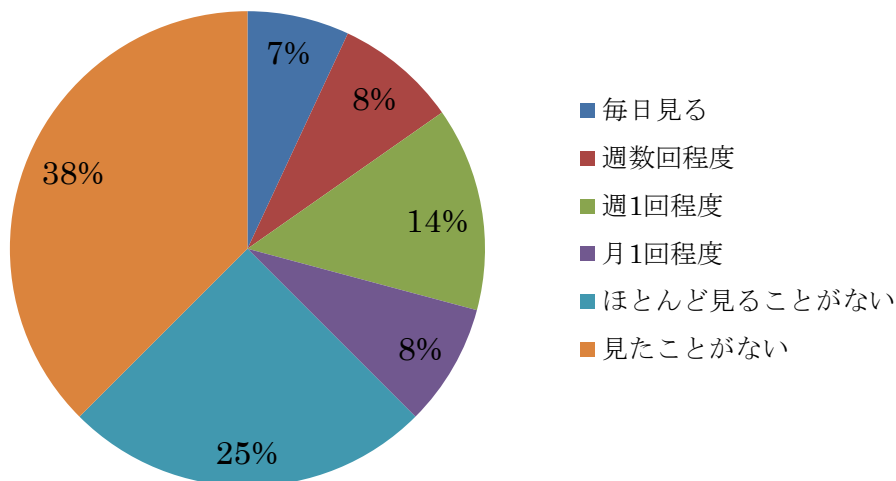


図 6.1-23 HEMS画面を見る頻度

#### 6.1.4 アンケート調査まとめ

今回のアンケート調査では城野ゼロカーボン先進街区に住む160世帯を対象に、アンケートを実施し、合計73世帯から回答が回収できた。このうち、戸建て住宅と集合住宅がそれぞれ約半分を占める。世帯人数では「2人」と「3人」が最も多く、平均世帯人数は2.8人で、年齢構成が子どもから高齢者まで幅広く、高齢者世帯や子育て世帯が多数見られた。

各世帯の電気契約会社について、九州電力が最も多く、集合住宅世帯のほとんどがBBIQ電力と契約しているが、戸建て住宅世帯ではそれぞれ違う電力供給会社と契約しており、電力自由化後の事業者の間で競争より電気料金は安くなる可能性が示されている。また、消費者からより自分が適した電気プランを選べることができるようになり、電気料金の低減が期待できる。

各世帯の加熱調理設備に関しては、IHクッキングヒーターを使用する世帯が全体の約67%を占め、日本全国平均の20%を遥かに超えている。

車の所有台数に関しては、平均で一世帯所有台数は1.26台である。車の燃料別で分けると、ガソリン車が全体の約72%を占めるが、ハイブリット車が22%を占めており、普及率が高い。

城野ゼロカーボン先進街区に引っ越したあと、節電意識と環境配慮意識の変化について、節電意識が高くなった世帯が全体の約64%を占め、環境配慮意識が高くなった世帯が全体の約49%を占めている。また、引越し以前、環境意識が高い世帯が多いことを示した。

システム利用頻度に関しては、利用頻度が非常に低いことがわかった。アンケート回答の中に「使い方がわからない」との指摘が複数あり、説明が必要となる。また、サイトにログインする際にポイントを獲得できる仕組みになるなど、参加への積極性を高める必要がある。

## 6.2 計測調査概要と分析

家庭部門のエネルギー消費量を削減するために、家庭におけるエネルギーの使い方、使用量、ピークの時間帯を把握しなければならない。また、系統電力に対する影響の観点から、発電設備の稼働時間、稼働パターン、家庭内で消費される割合などを詳しく把握するために、実測調査が必要となる。そこで本研究は、城野ゼロカーボン先進街区に所在する戸建て住宅1世帯を対象に実測調査を行った。

### 6.2.1 計測住宅の概要

本研究で実測対象とした住宅(以下 U 邸)の平面図及び立面図を図6.2-1、6.2-2、6.2-3、に、住宅の各面積、主要設備を表6.2-1 に示す。U 邸は、延床面積 122.67 m<sup>2</sup>、敷地面積167.91 m<sup>2</sup>の二階建ての戸建住宅で、ダイニングの上部に吹き抜けが設けてある。

導入設備では、南側と西側の屋根に太陽光発電システム(発電容量4.84KW)を設置し、エネファームを導入している。太陽光発電やエネファームによる発電は優先的に自家電力消費に供給し、余剰電力は系統に売電する。電力消費が発電機器の発電を上回る場合、系統から買電する。温水はエネファームより供給する。図 6.2-4に計測対象住宅の電力及び温水供給システムイメージを示す。



図 6.2-1 U 邸平面図



図 6.2-2 U 邸立面図（左から南側、東側）



図 6.2-3 U 邸立面図（左から北側、西側）

表 6.2-1 計測対象住宅属性

|           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 住宅形態      | 木造2階戸建住宅                         |
| 延床面積      | 122.67㎡(うち1階66.41㎡、2階56.25㎡)     |
| 世帯人数      | 4人(大人2人+子ども2人)                   |
| 断熱性能(UA値) | 0.58                             |
| 発電設備      | 太陽光発電システム(4.84kw)                |
|           | エネファーム(700W)                     |
| 給湯設備      | エネファーム(1050W)                    |
| 調理器具      | ガスレンジ                            |
| 主な家電設備    | エアコン(3台)、冷蔵庫、テレビ、<br>浴室乾燥機、洗濯機など |



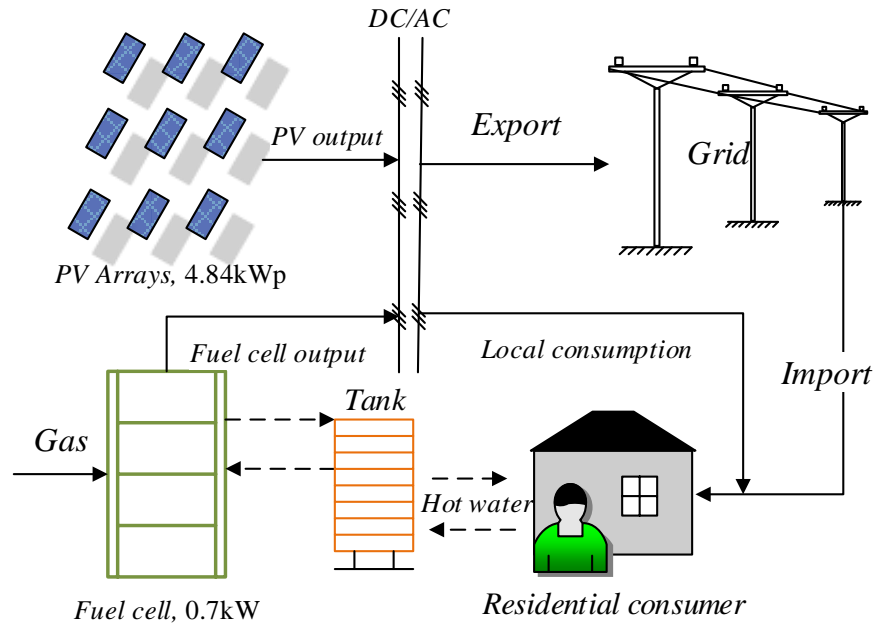


図 6.2-4 計測対象住宅の電力と温水供給システム

### 6.2.2 計測期間

実測時間は2017年7月1日から2017年12月31日まで夏季、中間期、冬季をわたり、継続で行った。図 6.2-5と図 6.2-6には計測期間中の平均気温と日降水量を示す。期間中の最高平均気温は8月4日の30.4℃、最低平均気温は12月12日の3.2℃であった。降水量については、10月の雨日が最も多く18日、7月の降水量が最も多いである。最も降水量が多い日は7月7日の203mmであり、2017年7月上旬に九州北部で発生した集中豪雨期間であった。

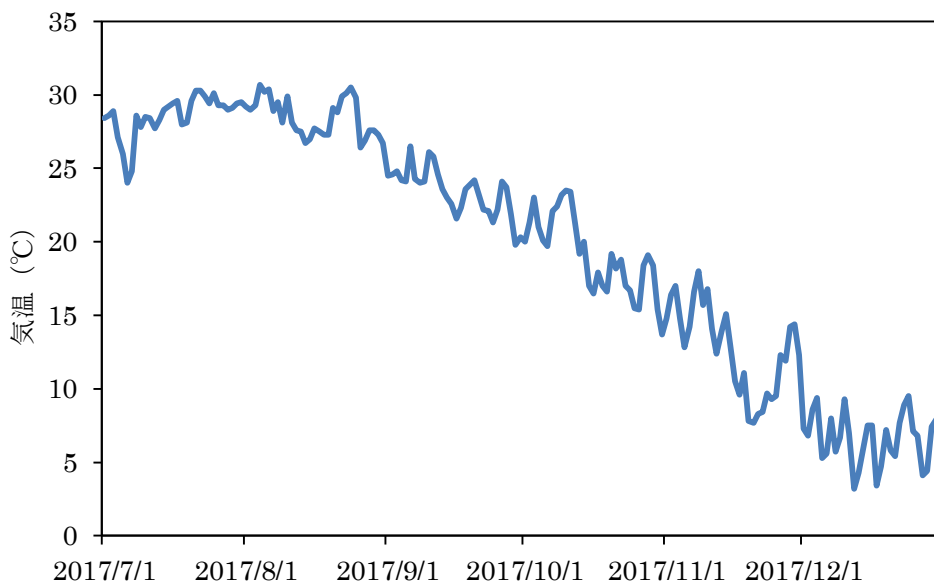


図 6.2-5 計測期間内平均気温

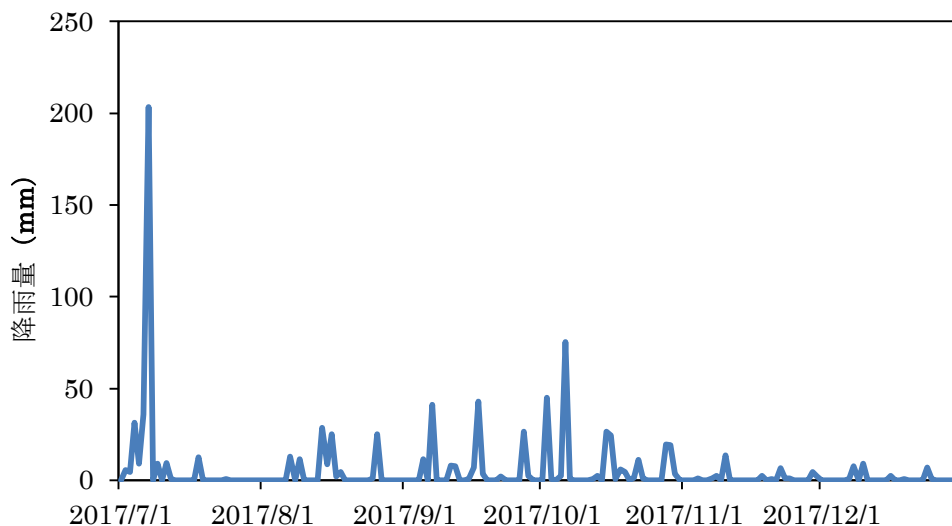


図 6.2-6 計測期間内の降水量

## 6.2.3 導入した機器やシステム

## ●HEMS

## HEMSの概要

HEMSとは「Home Energy Management System (ホーム エネルギー マネジメント システム)」の略で、家庭で使うエネルギーを節約するための管理システムである。2016年3月に発表された政府の「地球温暖化対策計画(案)」の中でも、家庭部門の取組みとして「住宅そのものの省エネ化」「省エネ機器の導入」と並んで、「徹底的なエネルギー管理の実施」が挙げられており、「住宅のエネルギー管理システム(HEMS)が2030年までにほぼ普及することを目指す」との目標が示されている。

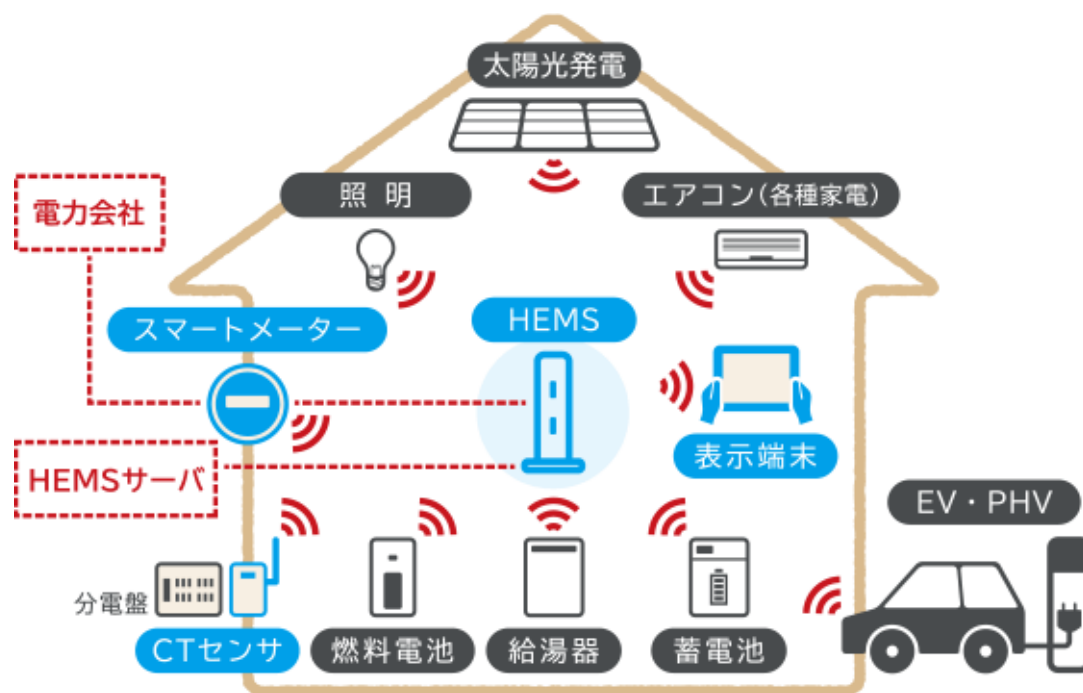


図 6.2-7 HEMSシステム導入イメージ図<sup>6-2)</sup>

## HEMS使用のメリット

家庭全体や家電機器の使用電力量を「見える化」することにより、家族全員の節電意識が高まり、電気使用のムダを省いて電気代を節約できる。また、お出かけ時にHEMS対応家電の一括OFFなどの制御を行うことにより、電源の消し忘れなどのムダを省くことができる。さらに、電気使用情報より、子どもの在宅状態を検出し、連携したスマートフォンにプッシュ通知でお知らせすることができるなど家族の見守りにも役が立つ。

## ●エネファーム

### エネファームの概要

エネファームとは家庭用燃料電池コジェネレーションシステムの愛称で、都市ガスやLPガス等から水素を作り、その水素と空気中の酸素の化学反応により発電する。また、発電時の排熱を利用し給湯に利用する。主に2種類に分けられ、それぞれ固体高分子形燃料電池（PEFC）と固体酸化物形燃料電池（SOFC）である。発電で発生した排熱を直接利用できるため、エネルギー利用効率が高い。ほかに送電ロスが少ない、湯切れ心配がない、停電時発電可能など利点がある<sup>6-3)</sup>。

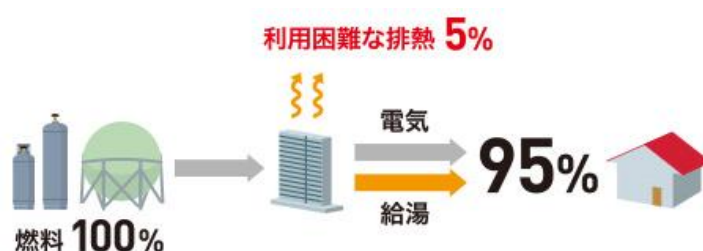


図 6.2-8 エネファームのエネルギー利用効率

### エネファームの構成

エネファームの構成を図 6.2-9に示す。エネファームは燃料電池ユニットと貯湯ユニットで構成され、ユニット間は熱回収用の温水循環配管と通信線で接続される。

燃料電池ユニットは、燃料処理装置、燃料電池スタック、インバータ、熱回収装置、空気供給装置等で構成されている。始めに燃料処理装置にて都市ガスまたLPガスから変換された改質ガスと空気中の酸素を燃料電池スタックに供給し、燃料電池スタックで発生した直流電力をインバータで交流電力に変換して、家庭に供給する仕組みとなっている。一方貯湯ユニットは、貯湯タンク、バックアップ熱源機等で構成される。燃料電池スタック等から発生した熱は、熱回収装置でお湯として貯湯タンクに蓄熱され、給湯として家庭に供給される。また貯湯タンク内の湯量が不足した場合でも、バックアップ熱源機を介してお湯が供給されるため、湯切れの心配がない。

### 構成装置

- 燃料処理装置：都市ガスやLPガスと水蒸気の反応を利用して水素を取り出す装置である。
- 燃料電池スタック：内部で水素と酸素を化学反応させて電気と水を発生させる機器である。発電する際、併せて熱も発生する。
- 空気供給装置：空気（酸素）を燃料電池スタックに供給する装置である。
- インバータ：燃料電池スタックで発生させた直流の電気を交流に変え、家庭用として利用できるようにする装置である。
- 熱回収装置：燃料電池スタックで発生した熱で水を温めお湯にする装置である。

- ・ 貯湯タンク：排熱回収装置でつくられたお湯を貯え、必要なときに供給する。
- ・ バックアップ熱源機：お湯が不足した場合や追い炊きが必要になったときに作動して、湯切れを防ぐ装置である。

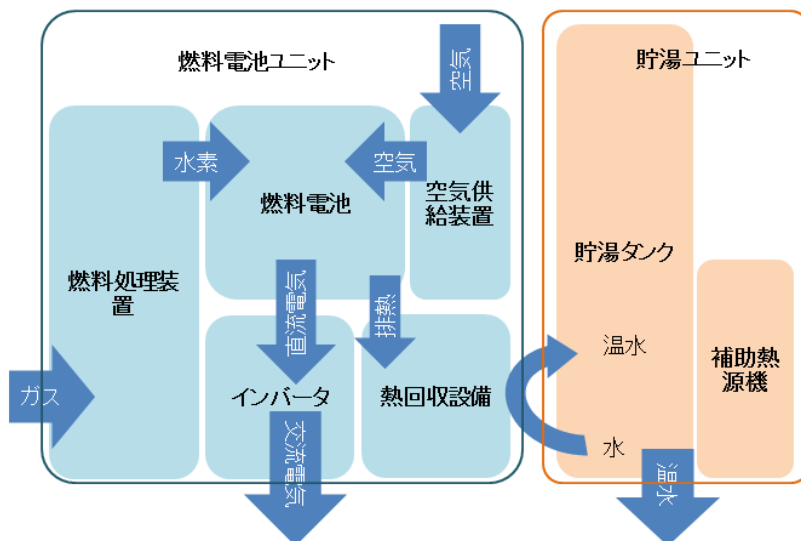


図 6.2-9 エネファームの構成

エネファームの稼働イメージ

エネファームは、1日に使うお湯の使用量を予測し、家庭の電力負荷に応じて発電を行う。発電した電気がすべて家庭内で消費され、売電はできない。発電量が不足する時や発電していない時間帯は電気事業者から買電する。1日1回起動し、発電停止後は2時間以上運転を停止する。お湯の使用量に合わせて発電をするため、貯湯タンク内のお湯が満タンになった段階で運転を停止する。お湯が満タンになった状態で、発電のみの運転は行わない。お湯が足りない時、バックアップ熱源機が稼働する。ただし、電気とお湯の使用状況によって発電しないことがある。

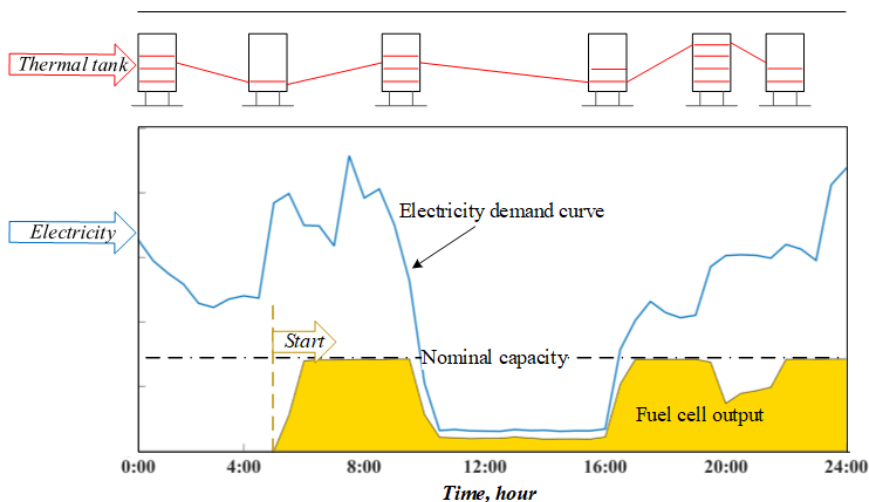


図 6.2-10 エネファームの稼働イメージ例

### ●太陽光発電システム

太陽光発電とは、太陽光、太陽電池を用いて直接的に電力に変換する発電方式である。ソーラー発電、略してPVとも呼ぶ。太陽電池は、シリコン系、化合物系、有機系とあって、それぞれに発電効率が異なり、現在の主流はシリコン系で世界の生産量の約8割を占めている。太陽電池が発電した直流電力を、パワーコンディショナにより交流電力に変換し、家庭内の家電製品に電気を供給する。一般には電力会社の配電線とつながっているので、発電電力が消費電力を上回った場合は、電力系統に送電することができる。逆に、曇りや雨日など発電した電力では足りない時や夜間などは、電力系統から電気を輸入する。

発電量が気候に依存し不安定である一方、昼間の電力需要ピークを緩和し、温室効果ガス排出量を削減できる。また、構造的にシンプルであるため、ほかの発電システムに比べメンテナンスが簡単で、寿命も比較的長いである<sup>6-4)</sup>。

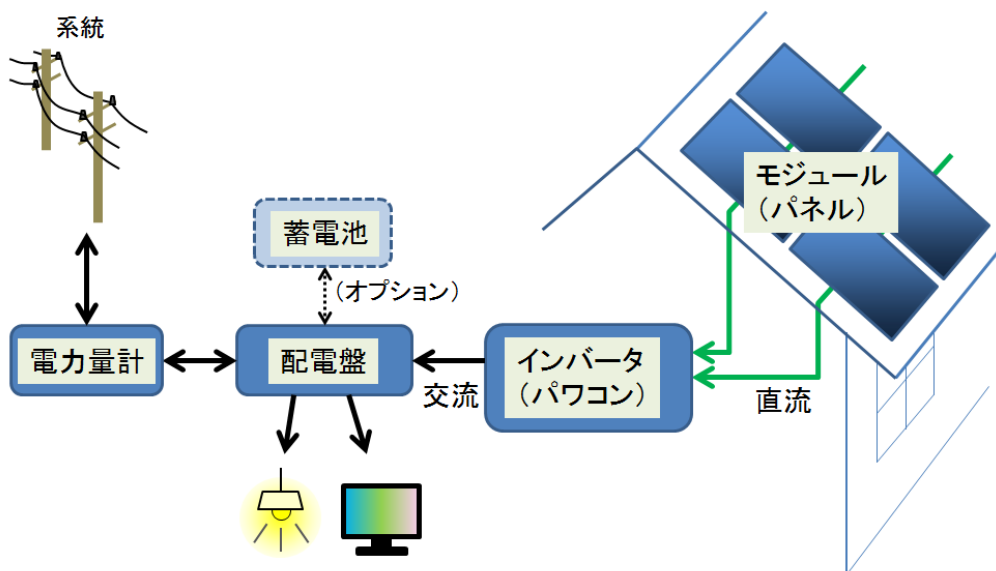


図 6.2-11 太陽光発電システムの仕組み<sup>6-4)</sup>

### 6.2.4 計測結果分析

7月1日から12月31日までの 60 分間隔でHEMS のモニタリングデータを収集した。

#### ●エネファーム発電計測結果

図 6.2-12～図 6.2-14に8月、10月、12月のエネファーム発電データよりカラースケールで分布や変動状態を表した。高い値ほど黄色に近く、低い値ほど紺色に近い。縦軸は計測時刻、横軸は計測日を意味する。

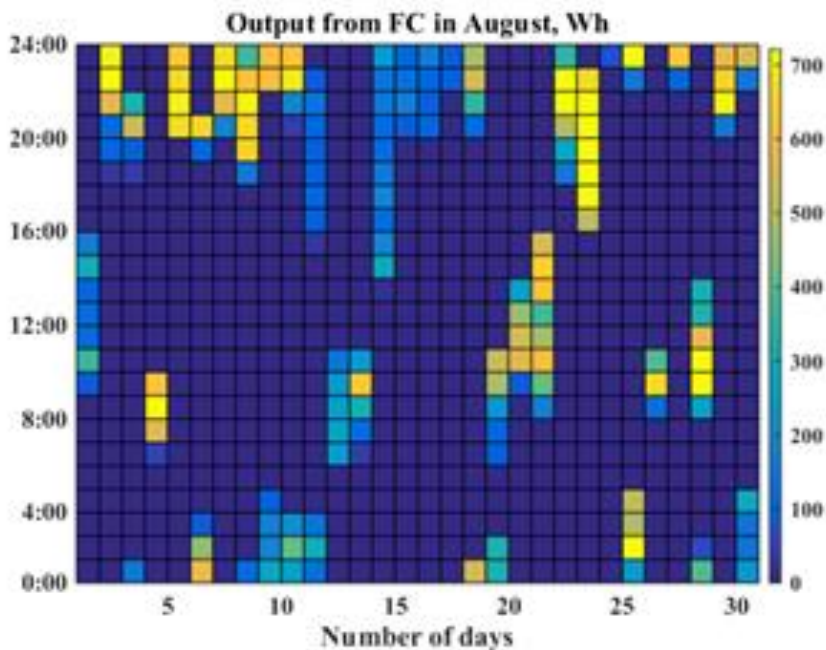


図 6.2-12 8月エネファーム発電

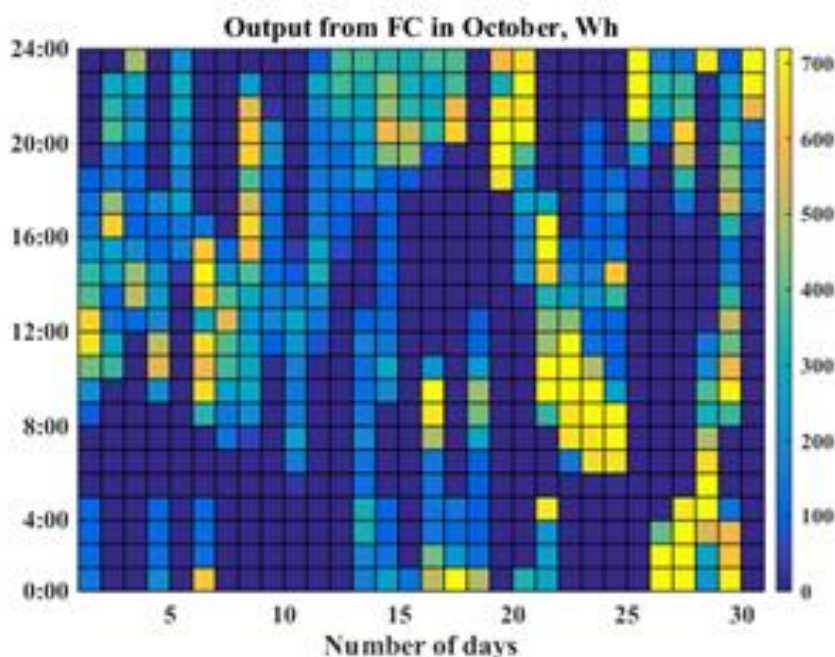


図 6.2-13 10月エネファーム発電



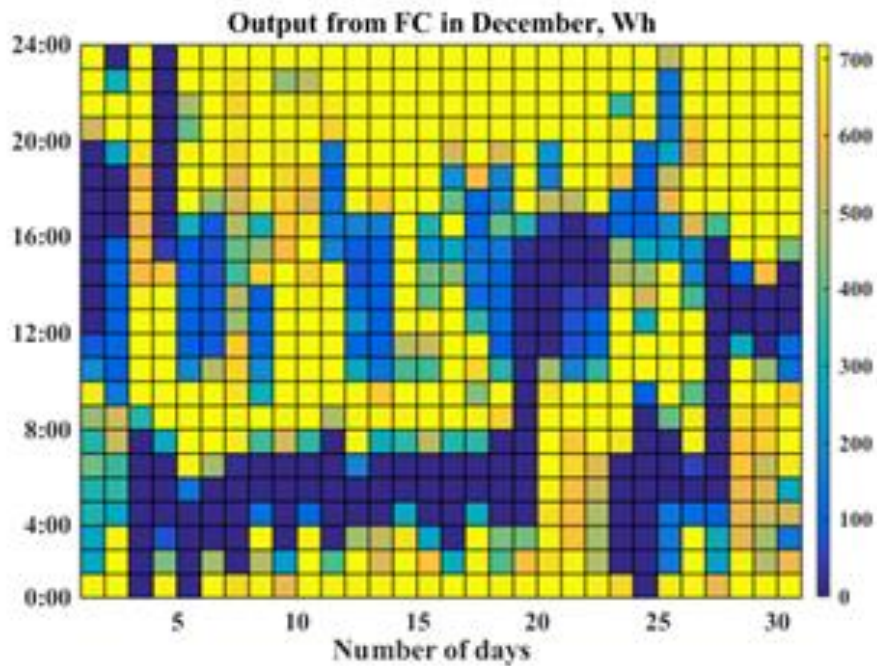


図 6.2-14 12月エネファーム発電

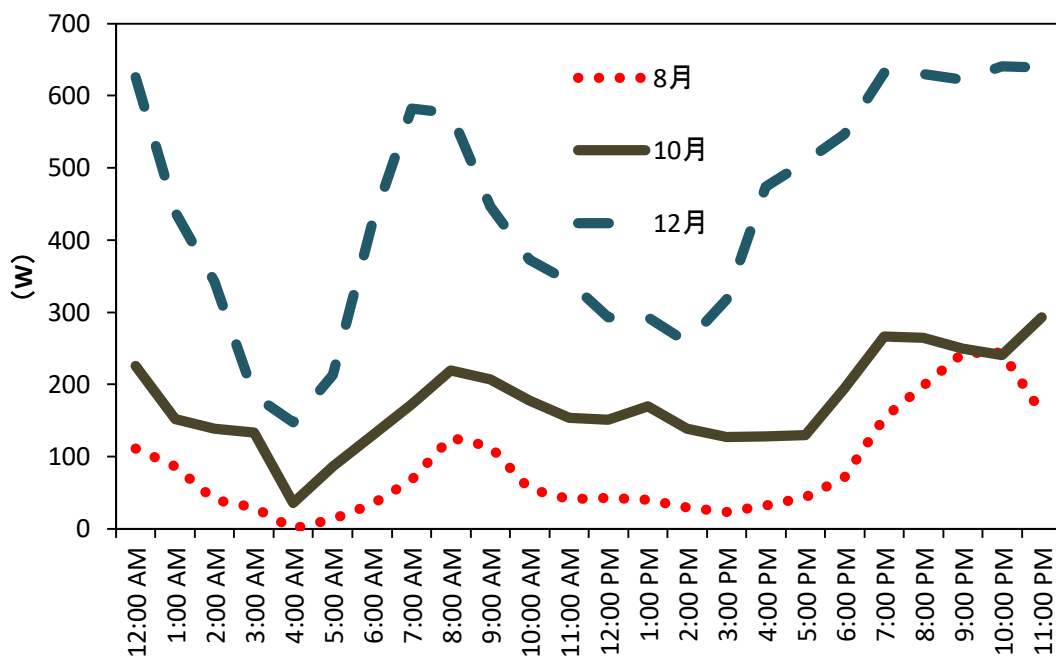


図 6.2-15 月別エネファーム1日稼働パターン



### ●エネファーム発電パターン

図 6.2-15に8月、10月、12月におけるエネファームの稼働パターンを示す。エネファームの稼働時間と発電量は季節によって大きく変化していることがわかる。季節別の発電量が大きく違うが、傾向が大まかに一致しており、稼働ピークは午前7時から9時と午後19時から翌日1時までとなっている。12月には午後7時から12時まで定格稼働している。

図 6.2-16に、エネファーム発電量はその日の気温の関係を示す。気温が下がるとともに、エネファームの発電量が多くなることがわかる。これは寒くなると、温水需要が大きくなるため、エネファームが応じて温水を作ると同時に、発電したと考えられる。

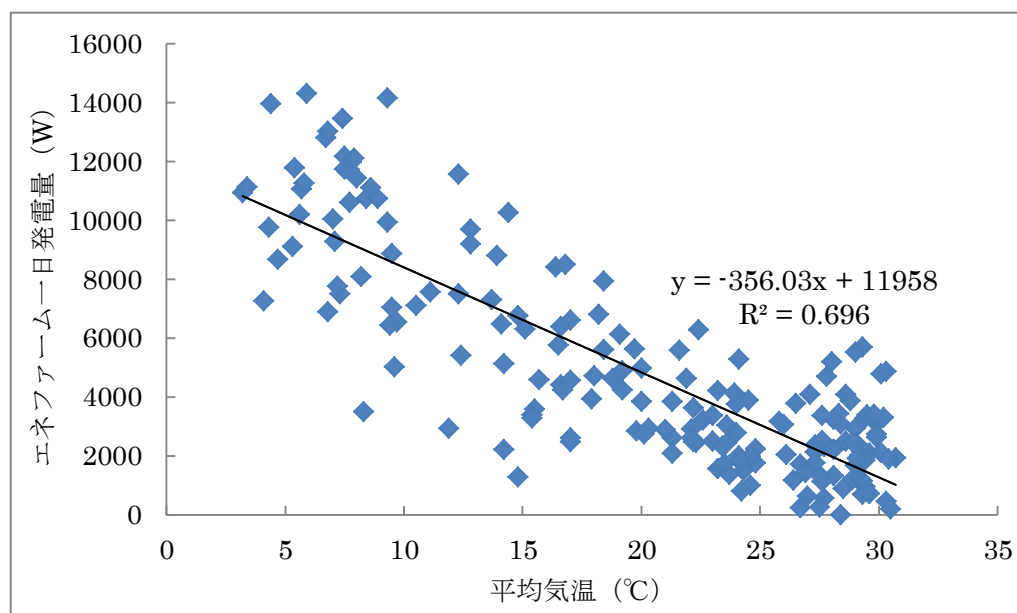


図 6.2-16 発電量と平均気温との関係

### ●エネファーム発電量

計測対象住宅のエネファーム発電量を月別で統計した。結果は表に示す。

表 6.2-2 月別エネファーム発電量

| 月   | 一ヶ月発電量 (Wh) |
|-----|-------------|
| 7月  | 81132       |
| 8月  | 62074       |
| 9月  | 85675       |
| 10月 | 129694      |
| 11月 | 214655      |
| 12月 | 327040      |

表 6.2-2を見ると、7月から12月にかけてエネファーム発電量は8月が最も少なく、12月が最も多いことがわかる。発電が最も多い12月は最も少ない8月の約5.3倍となる。8

月の発電量を100にした場合、7月が131、9月が138、10月が209、11月346、12月が527という結果になった。夏季と比較して、冬季は遥かに多いことがわかった。

●エネファーム稼働時間

図 6.2-17は 60 分ごとのエネファーム発電データを月別で降順並び替えたグラフである。横軸はエネファームの稼働時間、縦軸は1時間の発電量を意味している。

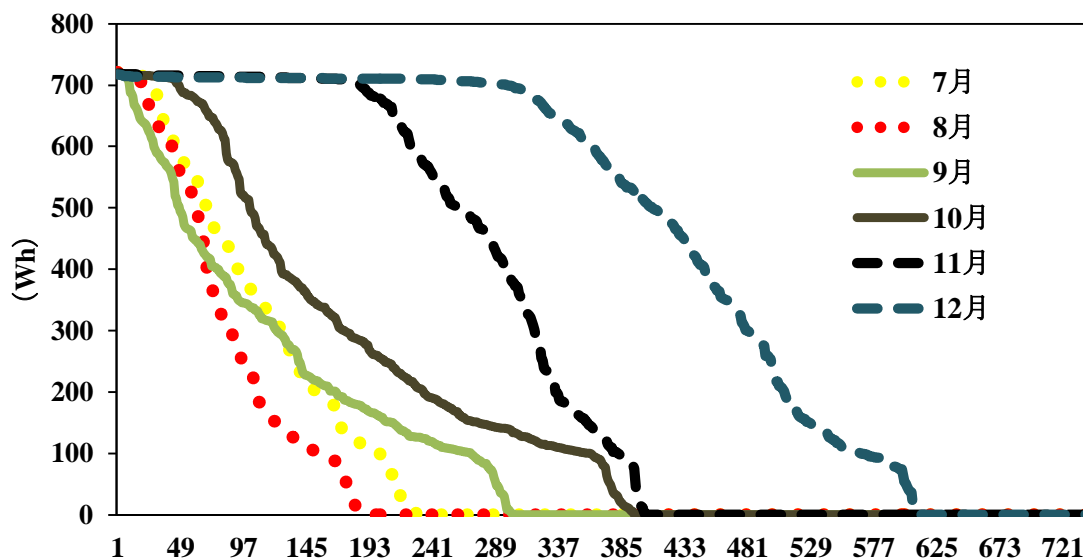


図 6.2-17 エネファームの稼働時間

図 6.2-17 の横軸を見ると、各月エネファームの運転時間が12月 609 時間、11月 402 時間、10月 394 時間、9月300 時間、8月189 時間、7月229 時間という結果となった。12月が最も長く、8月が最も短いことがわかる。

定格運転時間については12月が最も長く、約 310 時間に達する、その次は11月約 200 時間、10月約 60 時間、その他の月は定格運転する時間は20～30 時間ほどにとどまる。

●太陽光発電計測結果

図 6.2-18～図 6.2-20に8月、10月、12月の太陽光発電データよりカラースケールで分布や変動状態を表した。高い値ほど黄色に近く、低い値ほど紺色に近い。縦軸は計測時刻、横軸は計測日を意味する。

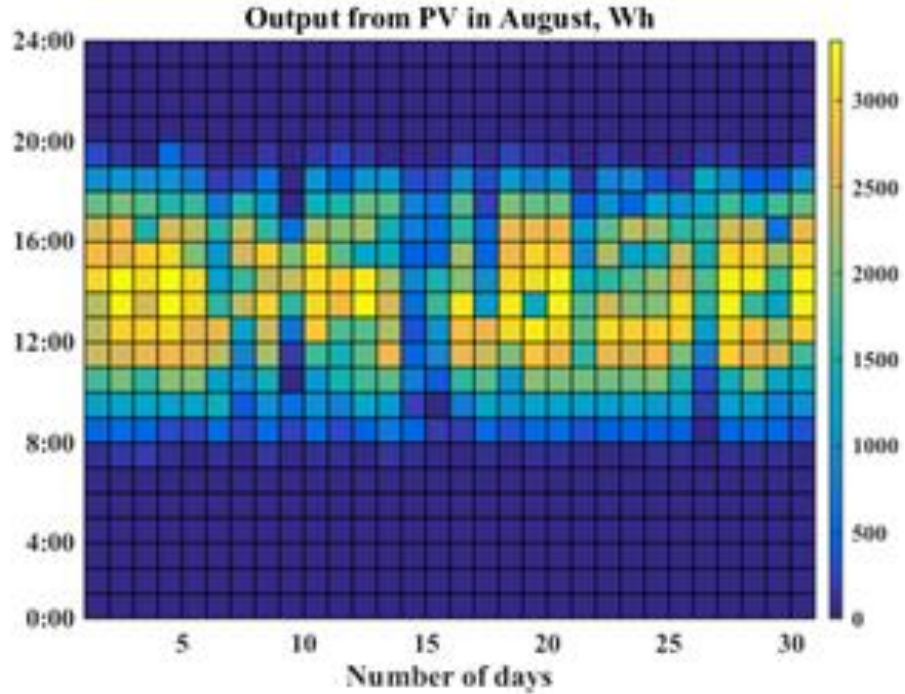


図 6.2-18 8月太陽光発電

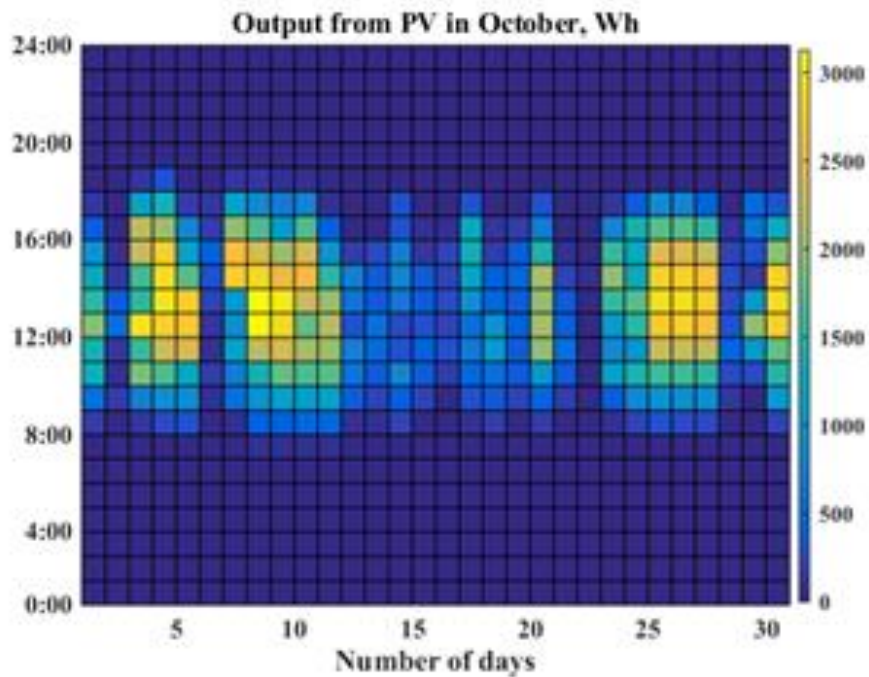


図 6.2-19 10月太陽光発電

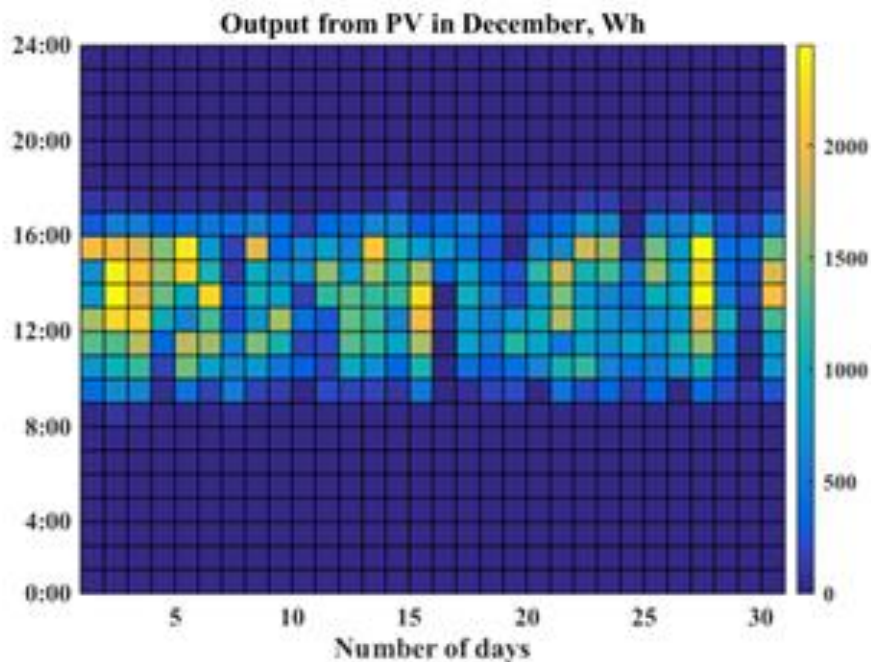


図 6.2-20 12月太陽光発電

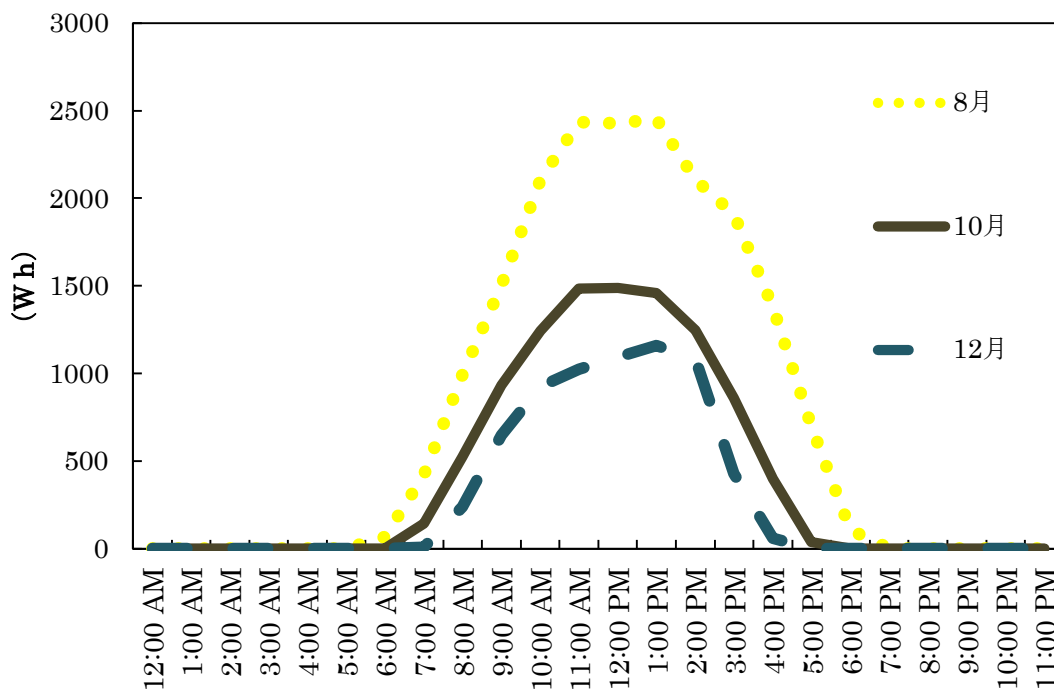


図 6.2-21 太陽光発電1日発電パターン

●太陽光発電パターン

図 6.2-21に8月、10月、12月の太陽光発電パターンを示す。発電傾向が一致しており、太陽光発電ピークは午前11時から午後1時までである。また、同じ時間帯においても、8月は12月の2倍ほど発電することがわかった。その理由としては太陽角度、気温などが考えられる。

### ●太陽光発電量

計測対象住宅の太陽光パネルによる発電量を月別で統計した。結果は表 6.2-3に示す。

表 6.2-3 月別太陽光発電発電量

| 月   | 一ヶ月の発電量 (Wh) | 一日平均発電量 (Wh) |
|-----|--------------|--------------|
| 7月  | 513324       | 16559        |
| 8月  | 576733       | 18604        |
| 9月  | 379339       | 12645        |
| 10月 | 304433       | 9820         |
| 11月 | 294043       | 9801         |
| 12月 | 206758       | 6670         |

太陽光発電量は夏季が最も多く、冬季が最も少ないことがわかる。8月一日の発電量は12月の3倍近くに達する。その理由として夏季は日照時間が長く、日射量が多いためと考えられる。

### ●太陽光発電システム発電時間

図 6.2-22は60分ごとの太陽光発電データを月別で降順並び替えたグラフである。横軸は太陽光システムの発電時間 (h)、縦軸は1時間の発電量を意味している。

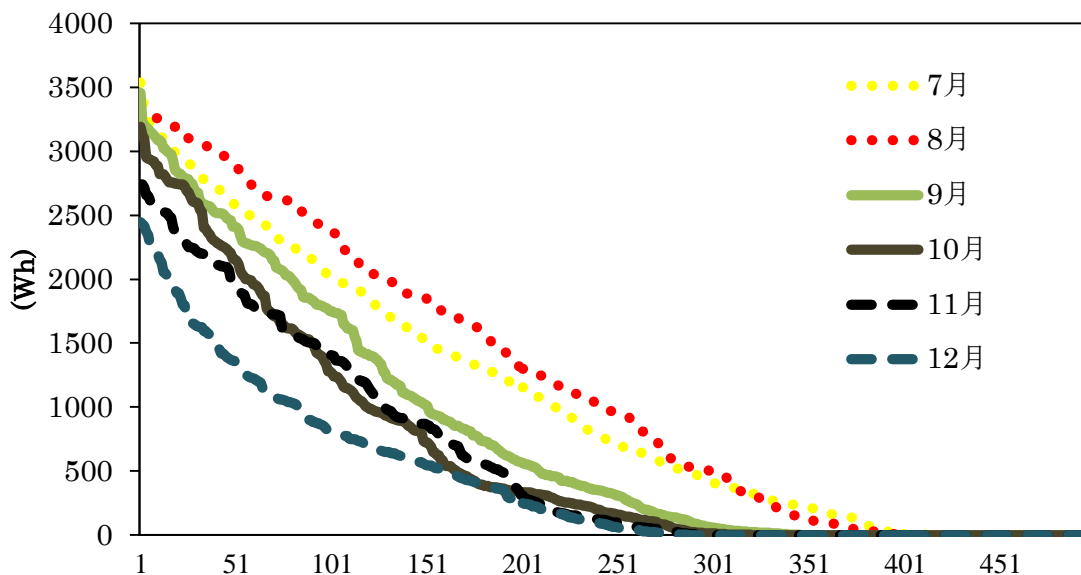


図 6.2-22月別太陽光発電時間

図 6.2-22の横軸を見ると、太陽光システムの発電時間がそれぞれ7月418時間、8月400時間、9月352時間、10月325時間、11月299時間、12月293時間となっている。

季節によって太陽光発電時間が大きく違うことがわかる。12月の発電時間は7月より125時間も短い。



●電力使用量計測結果

図 6.2-23～図 6.2-25に8月、10月、12月の電力使用データよりカラスケールで分布や変動状態を表した。高い値ほど黄色に近く、低い値ほど紺色に近い。縦軸は計測時刻、横軸は計測日を意味する。

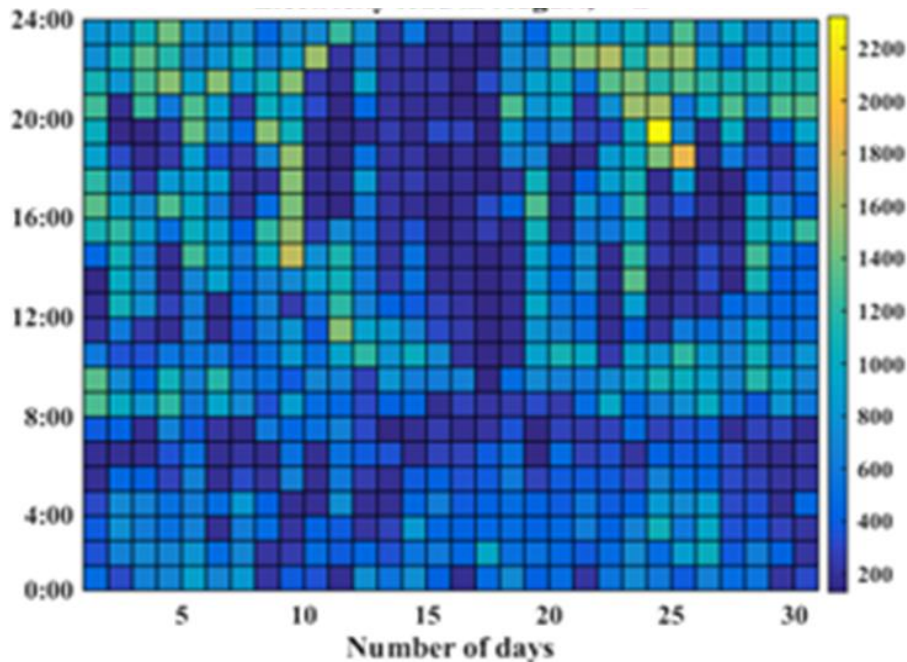


図 6.2-23 8月電力使用量

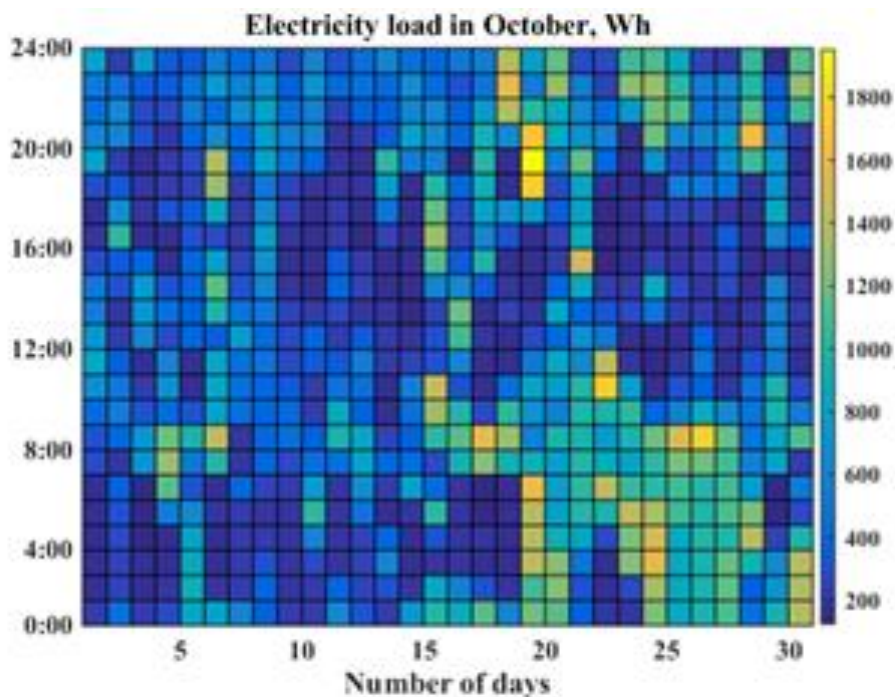


図 6.2-24 10月電力使用量

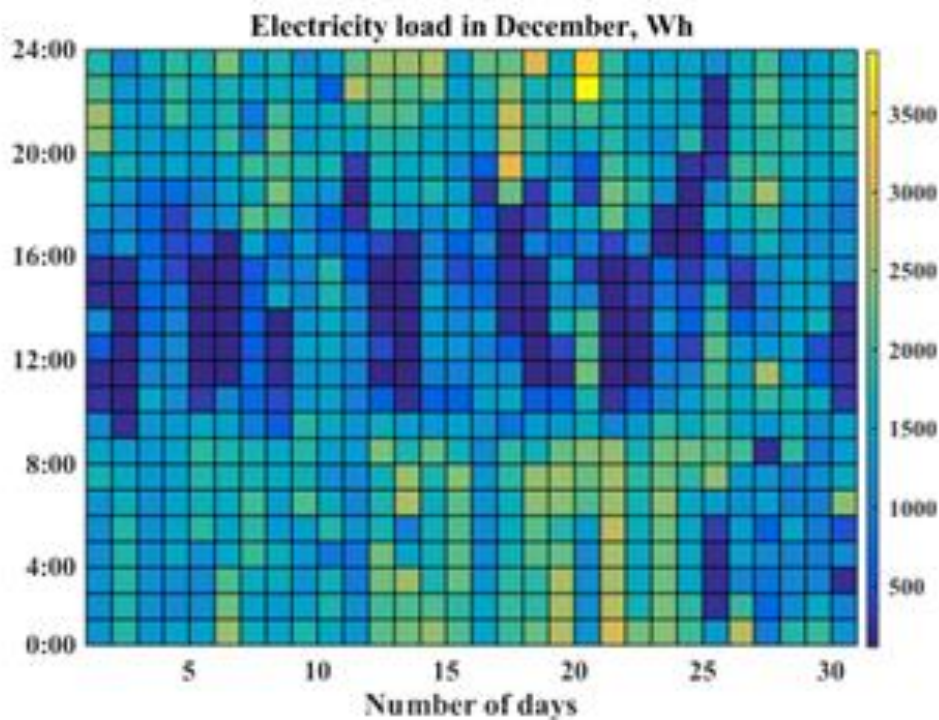


図 6.2-25 12月電力使用量

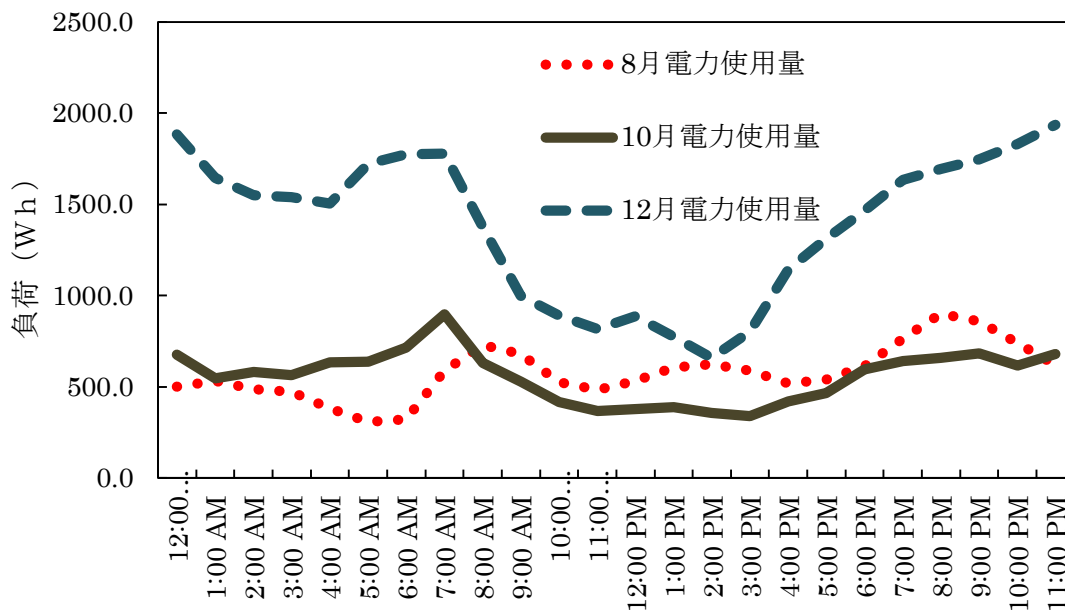


図 6.2-26 電力使用パターン

●電力使用の特徴

図 6.2-26 に季節別の電力使用パターンを示す。電力の使用ピークは、一般に午前7時から午前9時までと午後17時から22時までであることがわかる。対象世帯が午前のピークに出勤や通学し、午後のピーク初めである5時ごろ帰宅するというライフスタイルが予想できる。また、電力需要変化によってテレビや洗濯機などの生活パターンがわか

る。

表 6.2-4 に月ごとの電力使用量を示す。特に 12 月の電力需要は他の季節と大きく異なり、電力使用量最も少ない 9 月の 2.4 倍となる。また、深夜時間帯の電力使用量が非常に大きいことがわかった。この電力需要は暖房用と考えられる。

表 6.2-4 月別電力使用量

| 月   | 一ヶ月電力使用量(kWh) |
|-----|---------------|
| 7月  | 481           |
| 8月  | 432           |
| 9月  | 319           |
| 10月 | 416           |
| 11月 | 691           |
| 12月 | 1034          |



### ●電力使用量と外部気温の関係

今まで多くの研究では、温熱環境とエネルギー消費量と関係があることを明らかにした。また温熱環境の変化は冷暖房の使用に関係があるので、ライフスタイルに影響を与える要因の一つだと考えられる。

図 6.2-27に電力消費量と室外温度の関係を示す。

電力消費量は室外の平均温度に大きく関わり、気温が高くなるほど、あるいは低くなるほど、電気消費量が高くなる。その原因としては、冷暖房設備である「エアコン」の使用だと考えられる。室外温度が高くなると、冷房に使う電力消費量が多くなる。一方、室外温度が低くなると、暖房に使う電力消費量が多くなる。ただ、冬の場合は夏より2倍以上高いことがわかった。

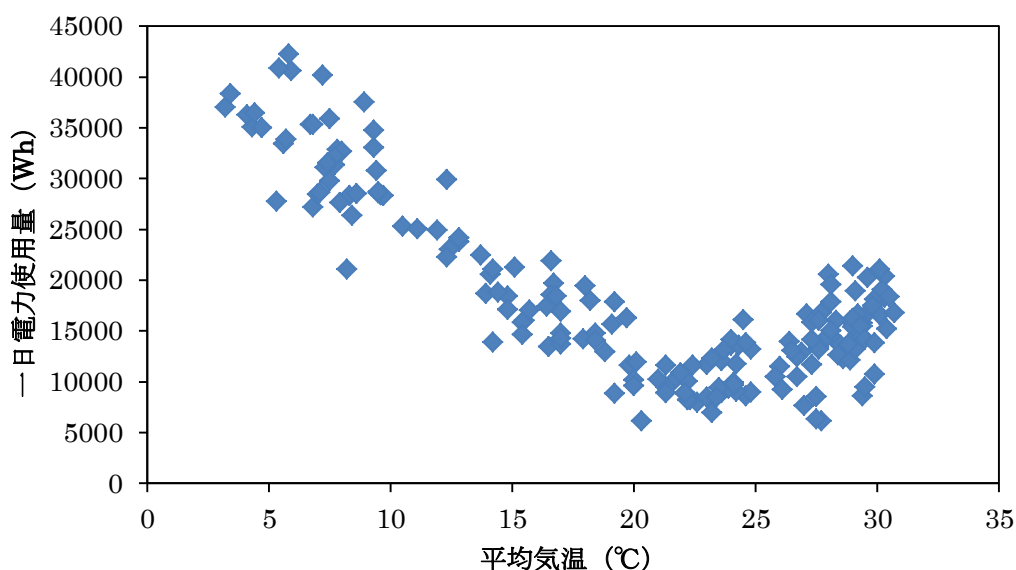


図 6.2-27 電力消費量と室外温度の関係

表 6.2-5に計測期間中対象住宅のエアコンなどの家電製品の電力使用量とその割合を示す。電力使用量の中、最も高いのはエアコンであり、約半分を占める。次いでキッチン関係設備が15%を占める。この中には、キッチン照明、食器洗浄乾燥機、電子レンジが含まれる。割合が大きい要因として、電子レンジの使用があると考えられる。図 6.2-28にはエアコンとそのほかの家電製品の電力使用量を示す。電力使用量が季節によって大きく変わることがわかる。エアコンは中間期にほぼ使用していないが、夏季と冬季に高い割合を占めている。夏季と比べ、冬季のほうが電力を消費していることがわかる。また、エアコンの使用は気温と大きく係っているため、近い日でも電力使用量が大きく変化している。

実際、資源エネルギー庁による「家庭におけるエネルギー消費実態について」の調査にも、家庭用電力消費量の機器別内訳に関しては、「冷蔵庫」、「照明器具」、「テレビ」と年中使用される機器に次いで、冷暖房機器である「エアコン」の消費量の割合が多いことが示されている。

表 6.2-5 各家電の電力費用量と割合

|            | 電力使用量 (kWh) | 割合    |
|------------|-------------|-------|
| キッチンコンセント  | 525.57      | 0.15  |
| ダイニングコンセント | 51.63       | 0.014 |
| リビングコンセント  | 241.83      | 0.068 |
| バスルームコンセント | 115.73      | 0.032 |
| トイレコンセント   | 120.05      | 0.034 |
| 食器洗い乾燥機    | 120.47      | 0.034 |
| 洗濯機        | 178.6       | 0.05  |
| エアコン       | 1673.56     | 0.47  |
| その他        | 535.68      | 0.15  |

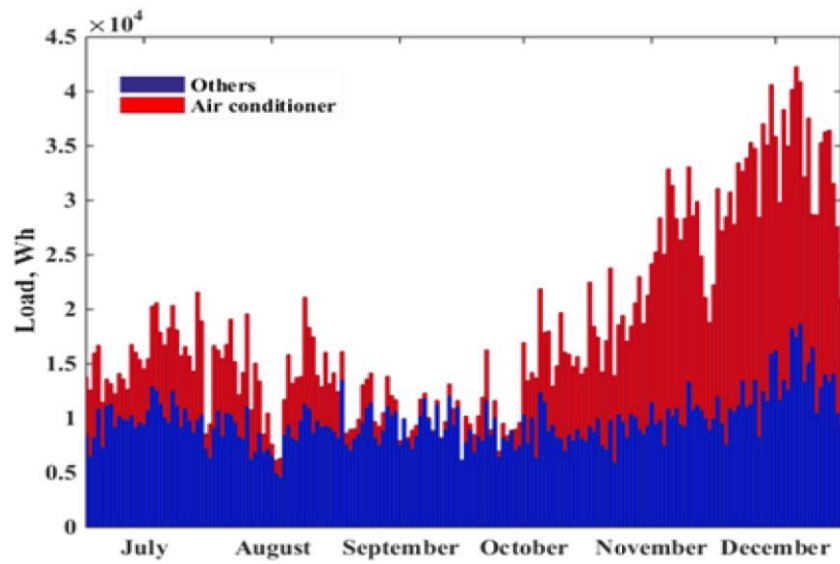


図 6.2-28 電力使用中、エアコンの割合

図 6.2-29~図 6.2-31には、8月、10月、12月の太陽光発電とエネファーム併用システムの平均時間電力推移を示す。青線は電力需要、赤線は太陽光発電量、黄線はエネファーム発電量、紫線は系統電力からの電力輸出入（買電がプラス値、売電がマイナス値）を示す。8月、10月昼間の太陽光発電量が電力需要に大きく上回り、余剰電力が売電している。12月の電力需要が高く、太陽光発電量が夏より少なく、エネファームが稼働し、一部電力を供給していることが分かる。

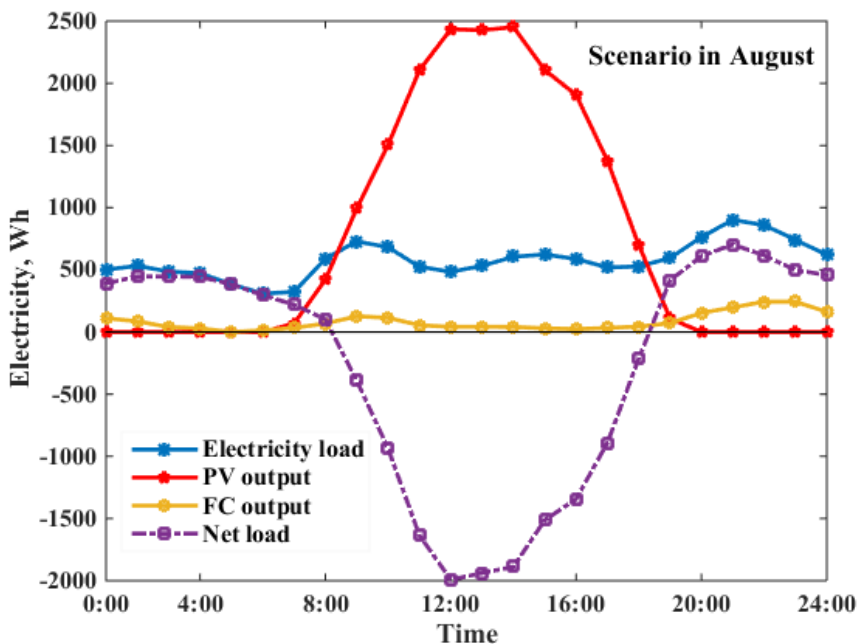


図 6.2-29 8月平均時間電力推移

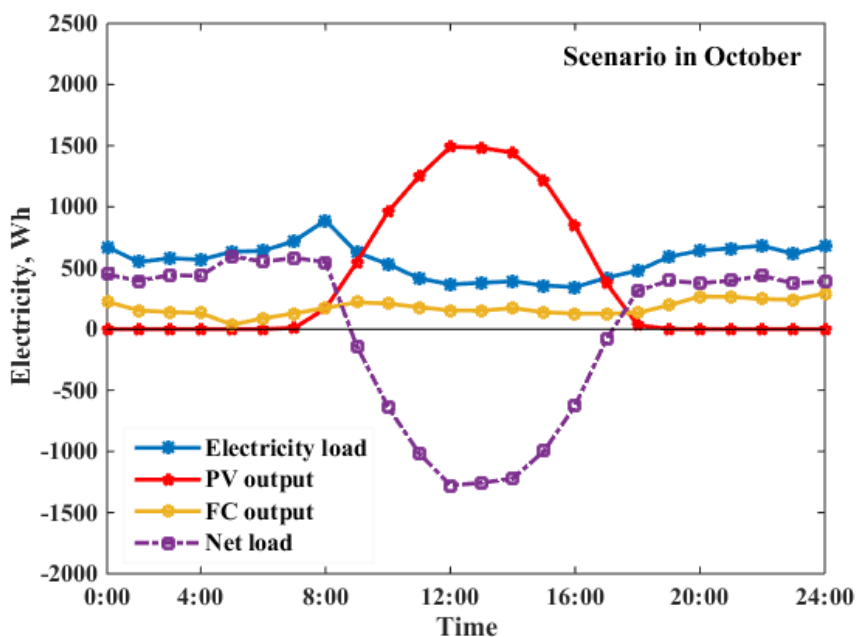


図 6.2-30 10月平均時間電力推移

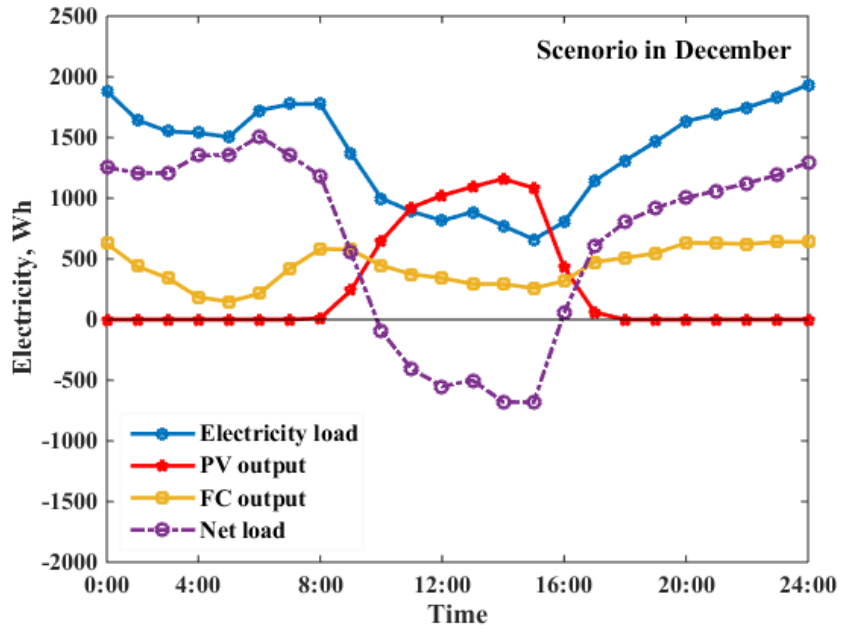


図 6.2-31 12月平均時間電力推移

### 6.3 調査結果分析

#### 6.3.1 太陽光発電自家消費率

太陽光発電の自家消費率とは、発電した太陽光発電のうちどれだけ建物内で利用したかを割合で示したものである。

全国の住宅に設置された太陽光発電では約3割<sup>6-5)</sup>の電力が自家消費されている。これは全国平均4.5kWを屋根に載せられた場合の自家消費率で、4.5kWで得られる年間発電量約5130kWhのうち1539kWhを自家消費し、余剰3591kWhを売電している計算になる。

自家消費の比率を低くすれば、売電収入が増えることになるが、売電単価が買電単価と変わらない程度まで下がってきている今は、無理に設置容量を増やして自家消費率を低める（余剰分を増やす）メリットよりも、より建物内で消費して電気代を節約するメリットの方が高くなると考えられる。また、消費する電力よりも自家発電する電力が多くなると、その余剰電力は電力会社の線側に戻っていく。これを逆潮流と呼ぶ。大規模な逆潮流が発生することで、配電線の電圧品質の悪化や、保護協調の不良を発生させる原因となる。

下の式で対象住宅の太陽光発電自家消費率を計算する。

$$\varphi_{PV} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \min(l(t) - g_{FC}(t), g_{PV}(t)) dt}{\int_{t_1}^{t_2} g_{PV}(t) dt}$$

$l$  : 電力需要

$g_{FC}$  : エネファーム発電量

$g_{PV}$  : 太陽光発電量

図 6.3-1に季節別の対象住宅の太陽光自家消費率の四分位を示す。対象住宅の太陽光発電自家消費率は平均で26%であった。全国平均よりわずかに低い結果となった。

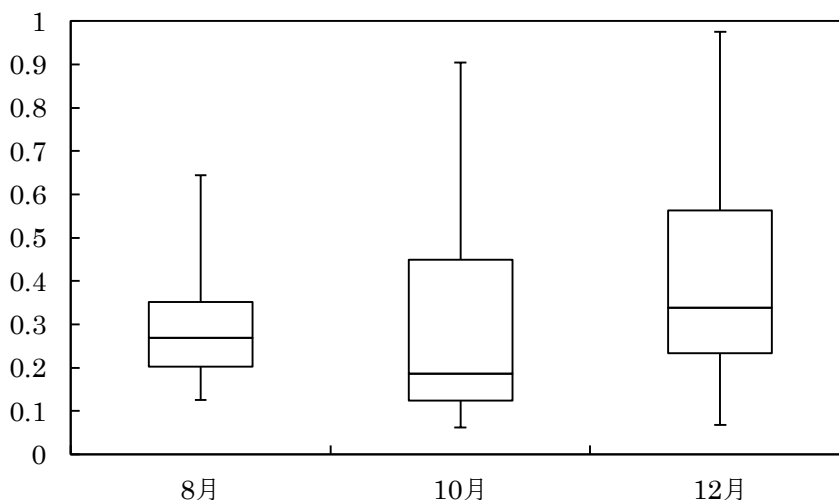


図 6.3-1 月別太陽光発電自家消費率

### 6.3.2 太陽光発電と電力使用量の割合

実際、家庭内で使用した電気の何割が太陽光発電によって賄ったのかを下の式で計算する。なお、エネファーム発電は売電できないため、エネファームと太陽光発電が同時に出力する場合はエネファームの電力を優先に消費される。

$$\gamma_{PV} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \min(l(t) - g_{FC}(t), g_{PV}(t)) dt}{\int_{t_1}^{t_2} l(t) dt}$$

$l$  : 電力需要

$g_{FC}$  : エネファーム発電量

$g_{PV}$  : 太陽光発電量

$\gamma_{PV}$  : 太陽光発電の割合

図 6.3-2に季節別の電力需要の中、太陽光発電の割合の四分位を示す。夏季には37%と高い比率であったが、中間期と冬季は低い値となっている。

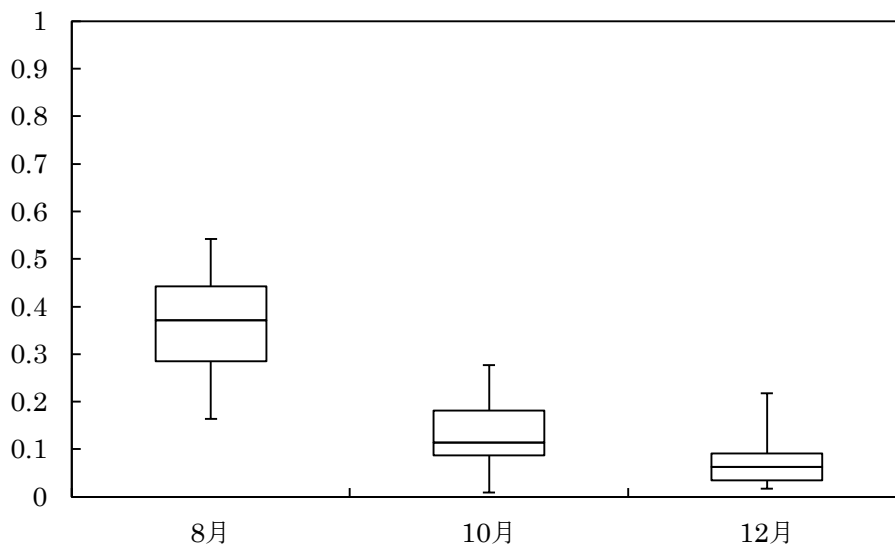


図 6.3-2 月別電力需要中太陽光発電割合

### 6.3.3 エネファーム発電と電力使用量の割合

実際、家庭内で使用した電気の何割がエネファーム発電によって賄ったのかを下の式で計算する。なお、エネファーム発電は電力会社に売電することができないため、自家消費率を100%とする。

$$\gamma_{FC} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} g_{FC}(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} l(t) dt}$$

$l$  : 電力需要

$g_{FC}$  : エネファーム発電量

$\gamma_{FC}$  : エネファーム発電の割合

図 6.3-3に季節別の電力需要の中、エネファーム発電の割合の四分位を示す。冬季と中間期に高い比率を示している。また、最大値と最小値の差が比較的小さく、安定して電力を供給していることがわかる。

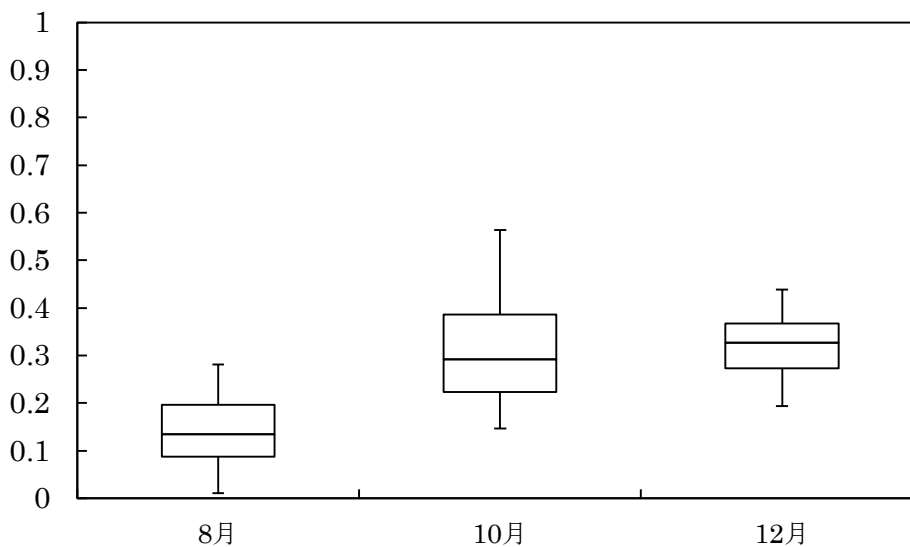


図 6.3-3 月別電力需要中エネファーム発電割合

計測期間中（7月1日から12月31日まで）半年間計測対象の電力供給元を図 6.3-4に示す。エネファームは27%を占め、自家消費した太陽光発電は19%を占める。そして、残った54%は電力会社から買電していることがわかった。

図 6.3-5に月別の供給元割合を示す。夏季においては太陽光発電が多く、家庭内では使用しきれないため、系統電力に輸出しなければならない。冬季においては暖房の電力負荷が非常に大きい。一方、太陽光発電の出力が少なく、電力網への逆流電力が少ない。

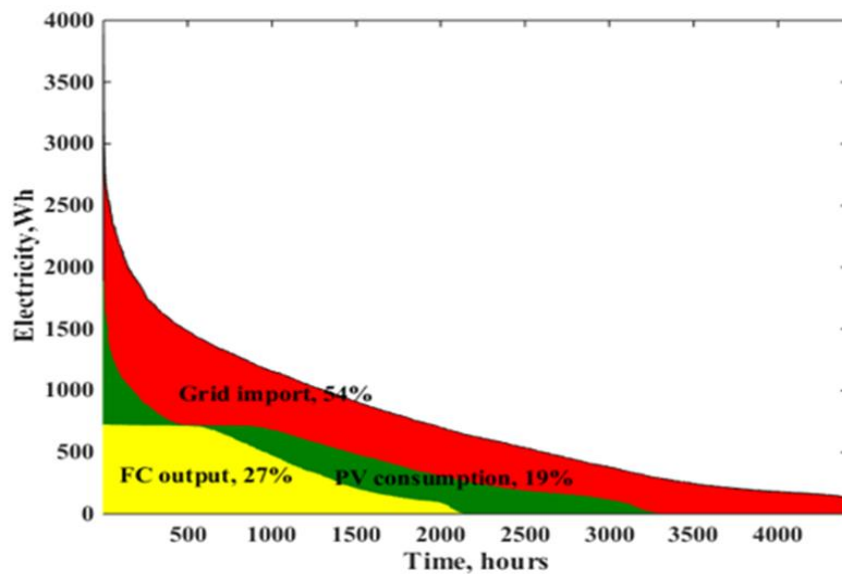


図 6.3-4 電源別電力供給源

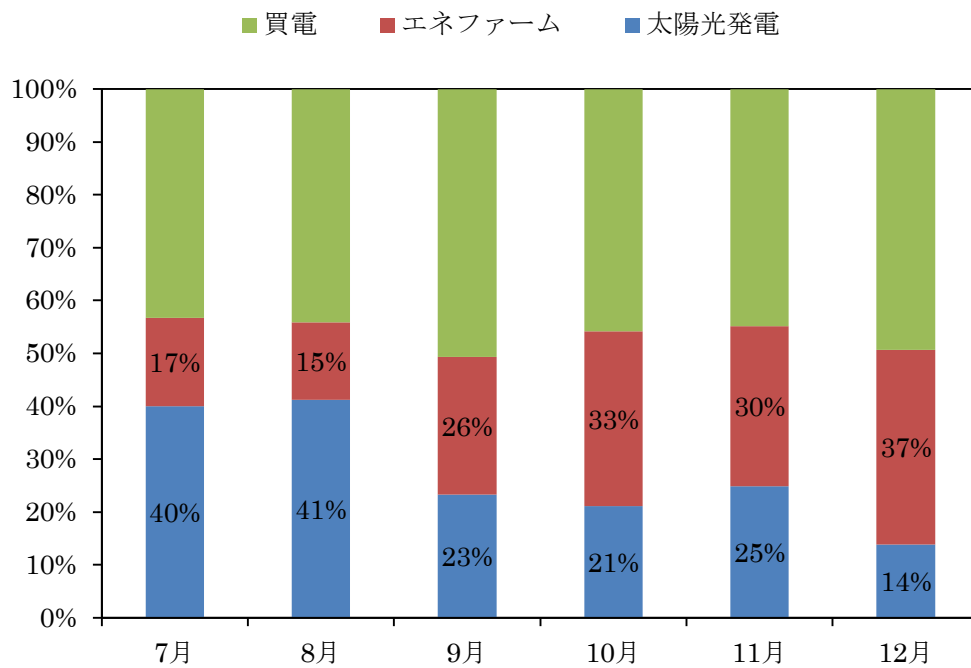


図 6.3-5 月別電力供給源



## 6.3.4 グリッドの相互作用

太陽光発電、エネファームによる発電は電力系統に連係される場合、電力系統に電力品質、安定性に悪影響を及ぼすおそれがある。これに対して悪影響を及ぼすことがないように、十分検討が必要である。

以下の式によってグリッドの相互作用を検討する

$$net_{grid,i} = l_i - g_{FC,i} - g_{PV,i}$$

$$f_{grid,T} = STD\left(\frac{net_{grid,i}}{\max |net_{grid,i}|}\right)$$

ここで、 $l_i$ : 電力需要、 $g_{FCi}$ : エネファームによる発電、 $g_{PVi}$ : 太陽光発電、

計測対象住宅の測定データを使用し、太陽光発電のみ、エネファームのみ、または太陽光発電とエネファーム併用システムのグリッド相互作用性能をシミュレートした。

シミュレートした結果が図 6.3-6に示す。青い棒が併用システム、赤い棒が太陽光発電のみ、緑棒がエネファームのみを示す。

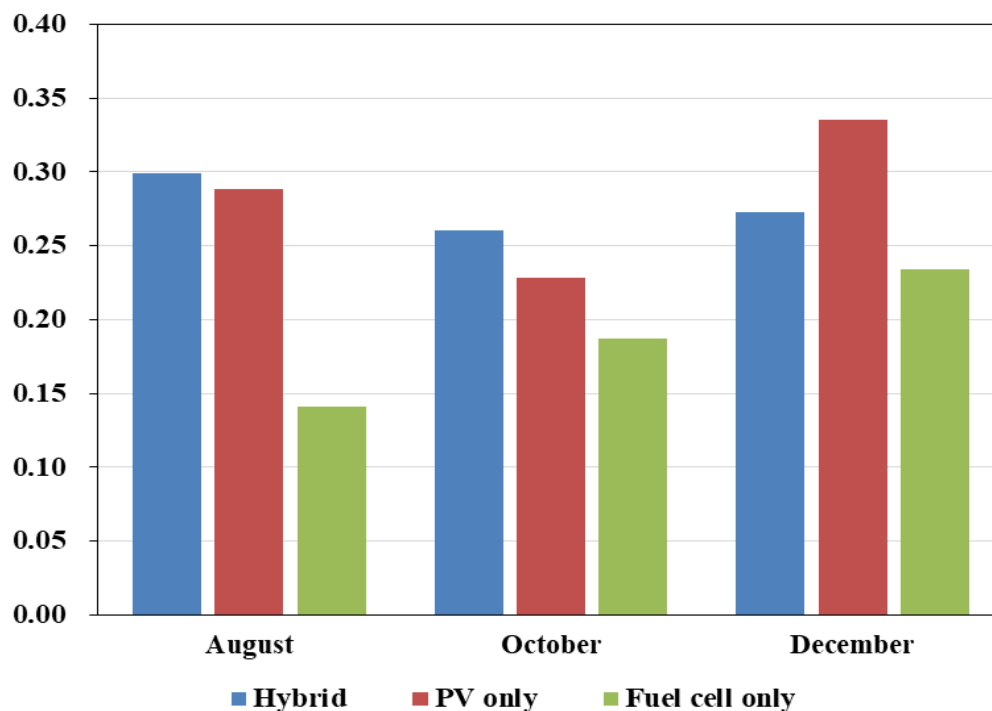


図 6.3-6 グリッドに対する影響

太陽光発電システムのみの場合と両システム併用の場合の結果を比較すると、8月と10月にグリッドの相互作用がわずかに増加しているが、12月には減少が見られる。

その理由は8月と10月においてエネファームの発電により、太陽光発電が系統への逆潮

流が多くなる。12月においてはエネファームの活躍により電力需要を大きく貢献している一方、太陽光発電の出力が低下するため、グリッドへの逆潮流が小さい。その結果、冬の場合にはエネファーム導入により、グリッドへの相互作用が小さくなることがわかる。

### 6.3.5 考察

8月、10月、12月それぞれの値を見ると、8月には太陽光発電家庭内消費率が37%と高い値となっている。理由として夏季の熱需要が限られて、エネファームの稼働が少ない。夏季の冷房電力需要に供給する太陽光発電が最大能力を発揮したからである。また、8月の太陽光発電家庭内消費率が高いが、発電量が大きいため余剰電力が系統に輸出していることがわかる。

10月には熱需要が増加し、エネファームの電力供給率が高くなっているが、電力需要が低下しており、太陽光発電の家庭内消費率が低く、余剰電力が系統に輸出していることがわかる。

12月には電力需要と熱需要が極めて高く、エネファームが早朝や夜間に最大能力を発揮している。エネファームによる発電が電力需要と相殺し、家庭電力需要の37%を供給している。一方、太陽光発電は日照時間が低いため、発電量が低く、家庭電力需要のわずかに14%を供給している。また、8月、10月と比べ、余剰電力が少なく、系統への逆潮流が少なくなることがわかった。

## 6.4 設備のパフォーマンス及びその評価

### 6.4.1 経済性評価

太陽光発電システムとエネファーム併用住宅のエネルギーシステムの経済性を理解するために、実測対象住宅のHEMSデータのもとに、発電設備による発電量、売電量、使用量及び買電量を表 6.4-1にまとめた。

表 6.4-1 電力収支

| 月   | 太陽光発電量<br>(KWh) | 太陽光売電量<br>(KWh) | 太陽光使用量<br>(KWh) | エネファーム<br>発電量(KWh) | 電力使用量<br>(KWh) | 買電量(KWh) |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------|
| 7月  | 513.3           | 345.7           | 167.6           | 81.1               | 481.1          | 232.5    |
| 8月  | 576.7           | 419.4           | 157.4           | 62.1               | 431.6          | 211.2    |
| 9月  | 379.3           | 300.9           | 78.5            | 85.7               | 319.3          | 155.1    |
| 10月 | 304.4           | 252.0           | 52.4            | 129.7              | 416.4          | 234.3    |
| 11月 | 294.0           | 193.6           | 100.5           | 214.7              | 690.7          | 374.1    |
| 12月 | 206.8           | 135.1           | 71.7            | 327.0              | 1034.2         | 635.4    |
| 合計  | 2274.5          | 1646.7          | 628.1           | 900.3              | 3373.3         | 1842.6   |

現在、各電力会社とガス会社は様々な料金プランが用意しており、各世帯が自分のライフスタイルや世帯人数などに応じて、最適な料金プランを選択することができる。

本研究は実測対象世帯の世帯人数、導入設備、世帯人数などを考慮し、電気料金の計算に当たって、九州電力のスマートファミリープラン [ガスセット] の50アンペア契約を採用する。この料金計算制度は段階制であり、電気使用量に応じて電力量料金単価が変わる料金制度である。電気の使用量が一定の量を超えると、それ以降の料金の単価が高く計算され、多く使うほど不利になる。今回採用されたプランの電力量料金単価は、3段階に分けられており、段階ごとに1kWhあたりの電力量料金単価が変化する。第1段階は、ナショナル・ミニマム（国が保障すべき最低生活水準）の考え方を導入した比較的低い料金、第2段階は標準的なご家庭の1か月のご使用量を踏まえた平均的な料金、第3段階はやや割高な料金となっている。図 6.4-1は該当電気プランの単価イメージを示す。表 6.4-2に基本料金及び電力量料金を示す。

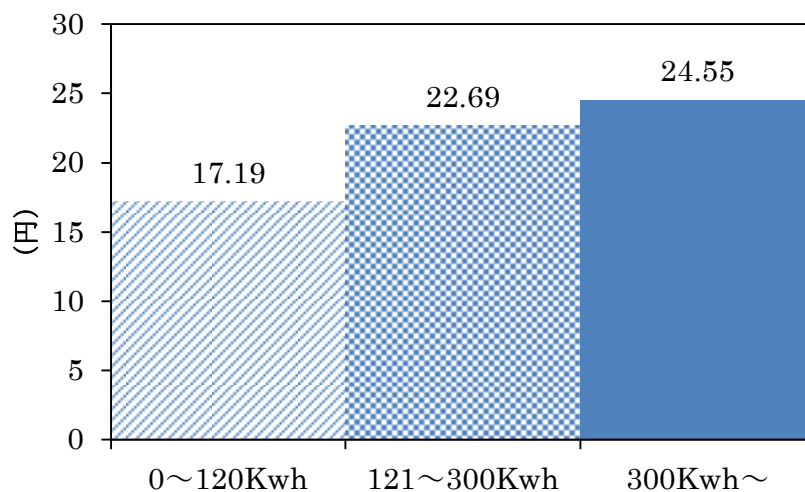


図 6.4-1 電力料金計算精度

表 6.4-2 基本料金と電力量料金

| 区分    |                  | 単位    | 料金単価     |
|-------|------------------|-------|----------|
| 基本料金  | 10アンペア           | 1 契約  | 291.6    |
|       | 15アンペア           |       | 437.4    |
|       | 20アンペア           |       | 583.2    |
|       | 30アンペア           |       | 874.8    |
|       | 40アンペア           |       | 1,166.40 |
|       | 50アンペア           |       | 1,458.00 |
|       | 60アンペア           |       | 1,749.60 |
| 電力量料金 | 最初の120kWhまで      | 1 kWh | 17.19    |
|       | 120kWh超過300kWhまで |       | 22.69    |
|       | 300kWh超過分        |       | 24.55    |

計測対象世帯の月電力使用量を見てみると、毎月の電力使用量が300KWhを超えていることがわかる。特に12月の電力消費は1000KWhで、はるかに300KWhを上回っている。発電設備を導入しない場合、割高の電気料金に適応され、電気料金が高くなる。

表 6.4-3 導入しない場合の電気料金

|     | 電力使用量 (KWh) | 発電設備を導入しない場合の<br>電気料金(円) |
|-----|-------------|--------------------------|
| 7月  | 481.1       | 10593                    |
| 8月  | 431.6       | 9378                     |
| 9月  | 319.3       | 6621                     |
| 10月 | 416.4       | 9005                     |
| 11月 | 690.7       | 15739                    |
| 12月 | 1034.2      | 24172                    |
| 合計  | 3373.3      | 75508                    |

表 6.4-3に月別の電気料金を示す。12月が最も高く、基本料金を足すと25630円、電力消費が最も少ない9月の料金が基本料金足して8079円である。半年合計の電気支出は84255円となり、年間の電力支出が15万円を超えることが予想できる。

表 6.4-4 固定価格買取制度価格<sup>6-8)</sup>

| 電源  | 調達区分               |                    | 1 KWhあたり調達価格 |           |           |           | 調達<br>期間 |
|-----|--------------------|--------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|     |                    |                    | 平成<br>28年    | 平成<br>29年 | 平成<br>30年 | 平成<br>31年 |          |
| 太陽光 | 10KW未満             | 出力制御対応危機<br>設置義務なし | 31円          | 28円       | 26円       | 24円       | 10<br>年間 |
|     |                    | 出力制御対応危機<br>設置義務あり | 33円          | 30円       | 28円       | 26円       | 10<br>年間 |
|     | 10KW未満 (ダ<br>ブル発電) | 出力制御対応危機<br>設置義務なし | 25円          | 25円       | 25円       | 24円       | 10<br>年間 |
|     |                    | 出力制御対応危機<br>設置義務あり | 27円          | 27円       | 25円       | 26円       | 10<br>年間 |

太陽光発電システムを導入した場合、その太陽光発電による売電収入を計算した。売電価格は「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」により10kW未満の太陽光発電ダブル発電・余剰買取の1KWhあたり25円とする。

表 6.4-4に各年度の買取価格を示す。太陽光発電のみの場合、平成29年においては28円で余剰電力を買い取られるが、ダブル発電にすると、25円である。ダブル発電の買取単価が安い理由として、現在の住宅用買取制度は燃料電池などの普及拡大を目的としたものではなく、太陽光発電以外の電気の買取義務はない。そのためエネファームなどの自家発電設備で発電した電力は売電できなく、すべて自家消費される。結果、太陽光で発電した電気を売る量が増加し、太陽光発電のみの場合より減額した単価で買い取るようになった。

表6.4-5に月別の売電収入を示す。8月の太陽光売電量が最も多く、売電収入が1万円以上に達した。12月は日照時間が短いため、太陽光発電が少なく、売電量も少ない。半年合計の売電収入は41164円である。

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」にもとづき国が定めた制度であり、平成24年より実施された。この制度は、電気事業者に対し、再生可能エネルギーにより発電された電気を一定の期間、固定価格で買い取ることを義務付ける。地球温暖化への対策やエネルギー源の確保、環境汚染への対処などの一環として、再生可能エネルギーの普及拡大と価格低減の目的とした制度である。

しかし、制度で定める期間を過ぎると規制が取れ、電力会社や電気事業者は電力を買う義務がなくなる。ただ買取自体は続くと予想でき、価格の目安としては電力の卸売市場で取引されている10円/kWh程度が予測される。

表 6.4-5 月別売電収入

|     | 太陽光売電量(KWh) | 売電収入<br>(円) |
|-----|-------------|-------------|
| 7月  | 345.69      | 8642        |
| 8月  | 419.35      | 10483       |
| 9月  | 300.88      | 7522        |
| 10月 | 252.02      | 6301        |
| 11月 | 193.57      | 4839        |
| 12月 | 135.07      | 3377        |
| 合計  | 1646.58     | 41165       |

次に、太陽光発電システムとエネファームが導入した場合、発電された電力は優先的に家庭内で消費されるため、系統からの買電が少なくなる。そのため、段階制の料金制度で比較的安い単価で買電することができる。導入後の電気料金が表 6.4-6に示す。

表 6.4-6 発電設備を導入したあと、電力料金の差

|     | 本来電気料金(円) | 現在電気料金 (円) | 差分(円) |
|-----|-----------|------------|-------|
| 7月  | 10593.005 | 4615.425   | 5977  |
| 8月  | 9377.78   | 4132.128   | 5245  |
| 9月  | 6620.815  | 2859.219   | 3761  |
| 10月 | 9004.62   | 4656.267   | 4348  |
| 11月 | 15738.685 | 7966.155   | 7772  |
| 12月 | 24171.61  | 14381.07   | 9790  |

最後に、エネファームは都市ガスから水素を取り出し、空気中の酸素を反応して発電する。発電時、排熱を利用し温水を供給する。本研究はエネファームの発電効率を39%とし、給湯効率を51%とする。エネファームが消費したガスを算出し、ガス料金を計算した。表 6.4-7に月ごとのガス料金を示す。都市ガスは205円/m<sup>3</sup>とする。

表 6.4-7 月別エネファームのガス料金

|     | エネファーム発電(KWh) | 使用したガス (m <sup>3</sup> ) | ガス料金 (円) |
|-----|---------------|--------------------------|----------|
| 7月  | 81.1          | 9.99                     | 2047     |
| 8月  | 62.1          | 7.64                     | 1566     |
| 9月  | 85.7          | 10.54                    | 2161     |
| 10月 | 129.7         | 15.96                    | 3272     |
| 11月 | 214.7         | 26.42                    | 5415     |
| 12月 | 327           | 40.25                    | 8251     |
| 合計  | 900.3         | 110.80                   | 22714    |

売電収入と節約できた電気料金をあわせ、ガス料金を引くと収入となる。月別の収入が表 6.4-8と図 6.4-2に示す。半年間で合計55346円相当の収入が得られた。夏季が多く、冬季が少ないことがわかる。月平均で9224円であり、8月が最も多く14163円、12月が最も少なく4915円となる。

夏季においては太陽光発電システムが活躍することで、売電収入が多く、大きな利益がもたらした。中間期においては、熱需要がわずかに上昇する一方、太陽光発電の出力が減るため、利益が減少していく。冬季においては電力需要と熱需要ともに非常に高く、エネファームの発電で家庭電力需要に供給するが、ガス料金が増える。また、太陽光出力の低下などによって、純利益が減少する。

表 6.4-8 月別利益

|     | 売電収入 (円) | 節約した<br>電気料金 (円) | エネファーム<br>ガス料金(円) | 利益 (円) |
|-----|----------|------------------|-------------------|--------|
| 7月  | 8642     | 5977             | -2047             | 12572  |
| 8月  | 10483    | 5245             | -1566             | 14163  |
| 9月  | 7522     | 3761             | -2161             | 9121   |
| 10月 | 6300     | 4348             | -3272             | 7376   |
| 11月 | 4839     | 7772             | -5415             | 7195   |
| 12月 | 3376     | 9790             | -8251             | 4915   |
| 合計  | 41164    | 36896            | -22714            | 55346  |

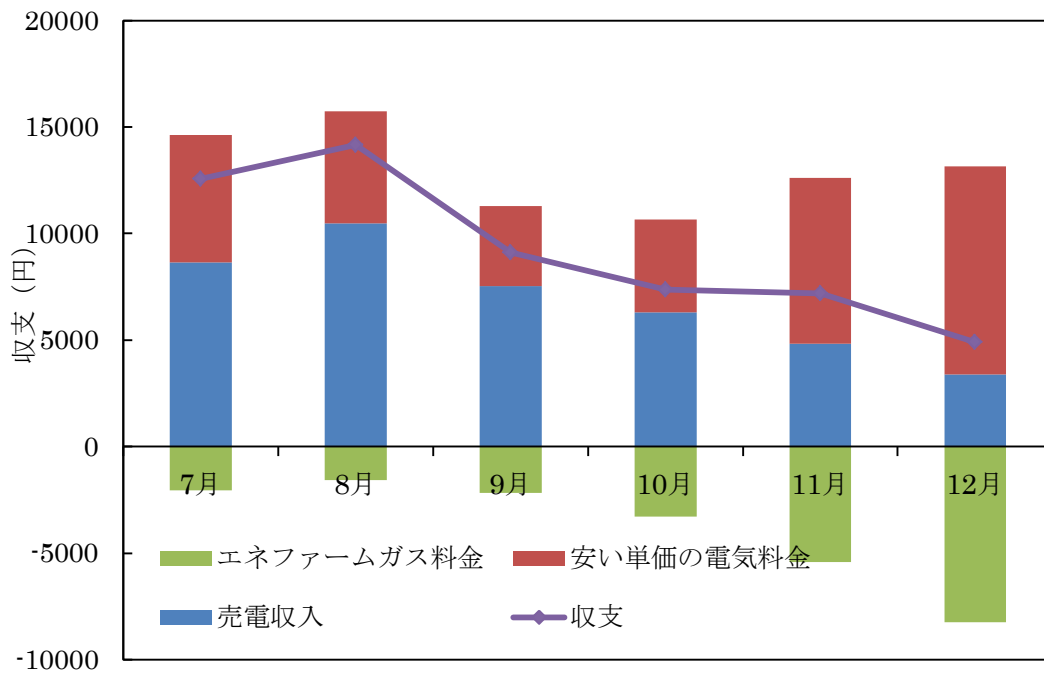


図 6.4-2 月別利益



### 6.4.2 回収年数

ここで太陽光発電システムとエネファームの導入コストをもとに、回収年数について検討する。

エネファーム一台を100万で使用寿命10年とし、太陽光発電パネルを1キロワットアワで20万円、使用寿命20年とした場合、正味現在価値法で、導入コストが回収できるかどうかを検証した。

$$NPV = \sum_{j=1}^n R_j \cdot (1+i)^{-j} - C_0$$

$$= \sum_{j=1}^n R_j \cdot (1+i)^{-j} - (I_{pv} + I_{FC} (1 + \frac{1}{(1+i)^{N_{FC}}}))$$

上式に示すように、一般年度  $j = [1, 2, 3, \dots, n]$  の貯蓄額である。これは売電収入、節約した電気料金とエネファームによる節約できたガス料金で構成される。

$(R_j)$  : 現金流入量、 $C_0$  : 投資額、 $I_{pv}$  : 太陽光発電システムの設備費用

$I_{FC}$  : エネファームの設備費用       $i$  : 割引率 0.04とする

エネファーム使用寿命が10年と仮定したため、10年後二台目のエネファームの投資を加えて検討する。

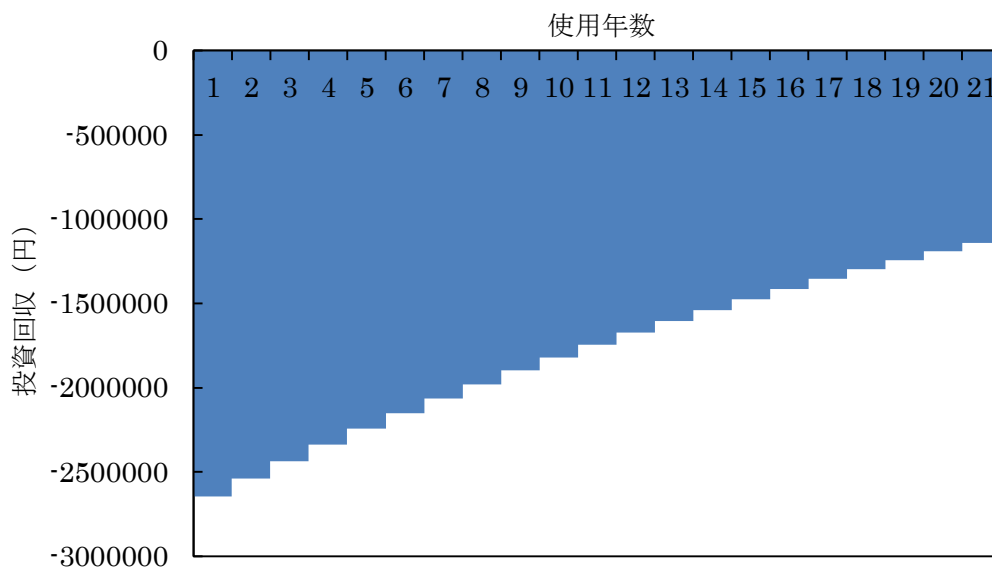


図 6.4-3 現在価格での投資回収状況

図 6.4-3に使用年数につれて、投資の回収量を示す。一年目の縦軸に設備の初期投資を示す。年数が増えると、投資回収の速度が緩めていく。20年度はマイナスの値になっていることがわかる。結果、現在は設備コストが回収できないとなっている。現時点の設備投資の自立性がよくないと判断する。

経済産業省の資料によれば、2010年度の1kwあたりの平均価格は、約56万円であった。太陽光発電システムが国内で初めて販売された1993年度が1kwあたりの価格が370万円であったから、17年間で6分の1以下まで下がったことになる。図 6.4-4に1993年から2010年まで太陽光発電システム価格の推移を示す。

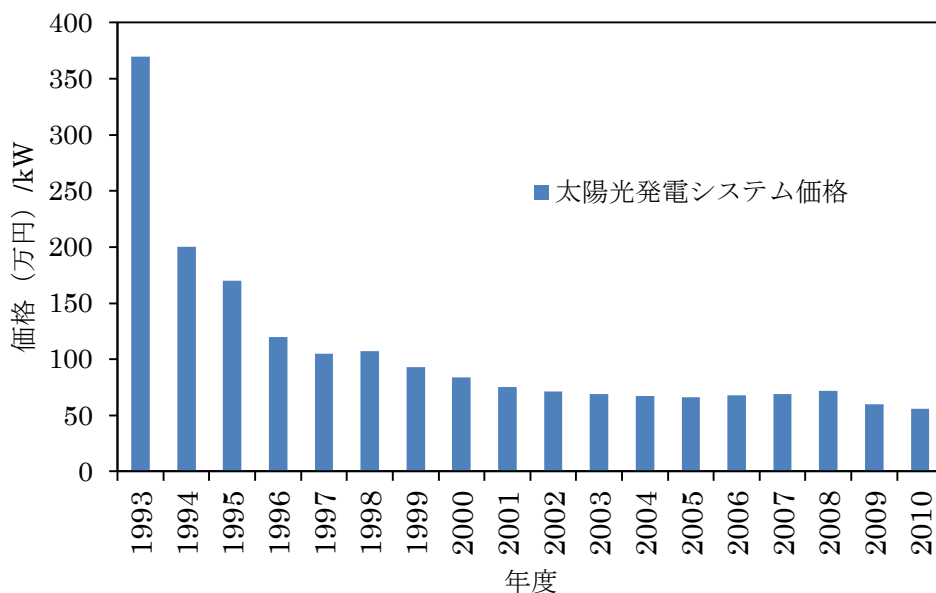


図 6.4-4 太陽光発電システム価格の推移

量産効果や技術革新より、太陽光発電システムの導入コストは全世界で下がり続けて、2015年には出力1kWあたり1800米ドルになった。同年の為替レートで計算すると21～22万円である。今後さらに太陽電池モジュールなどのコストダウンが進み、2025年には800米ドル（約9万6000円）まで低下すると予想される。

エネファームも2009年に一般販売を開始してから、普及とともにコストダウンが進んでいる。2016年度の普及台数は2015年から約4万台増え、20万台弱にまで広がった。価格は当初の300万円超から近年は100万円台にまで下がり、小型化も進んだ。政府は補助金制度を設け、普及を後押しし、2020年に140万台、2030年には全世帯の1割に相当する530万台の普及を目指している。今後、さらなる低価格の実現や耐久性の向上を予想し、太陽光発電システムのように大幅なコストダウンが考えられる。

将来、エネファームや太陽光発電システムの市場価格が下がっていくこととエネファームの使用壽命を20年であることを仮定し、さまざまなケースを設けて、その回収年数を検証した。表 6.4-9に各ケースの設備価格を示す。

表 6.4-9 設備価格

| ケース | エネファーム価格 (一台) | 太陽光発電パネル価格 (1 KW) |
|-----|---------------|-------------------|
| 1   | 100万          | 20万               |
| 2   | 80万           | 20万               |
| 3   | 60万           | 20万               |
| 4   | 40万           | 20万               |
| 5   | 100万          | 15万               |
| 6   | 80万           | 15万               |
| 7   | 60万           | 15万               |
| 8   | 40万           | 15万               |
| 9   | 100万          | 10万               |
| 10  | 80万           | 10万               |
| 11  | 60万           | 10万               |
| 12  | 40万           | 10万               |
| 13  | 100万          | 5万                |
| 14  | 80万           | 5万                |
| 15  | 60万           | 5万                |
| 16  | 40万           | 5万                |

まず、太陽光発電システムの価格が20万円と維持し、エネファーム価格が100万、80万、60万、40万である場合の収支図を図 6.4-5に示した。

太陽光発電システム価格を20万円にした4ケースでは、仮にエネファームが60万円まで値下げたとしても、投資が回収できないとなっている。エネファームが40万円であれば、19年目の収支がプラスになった。

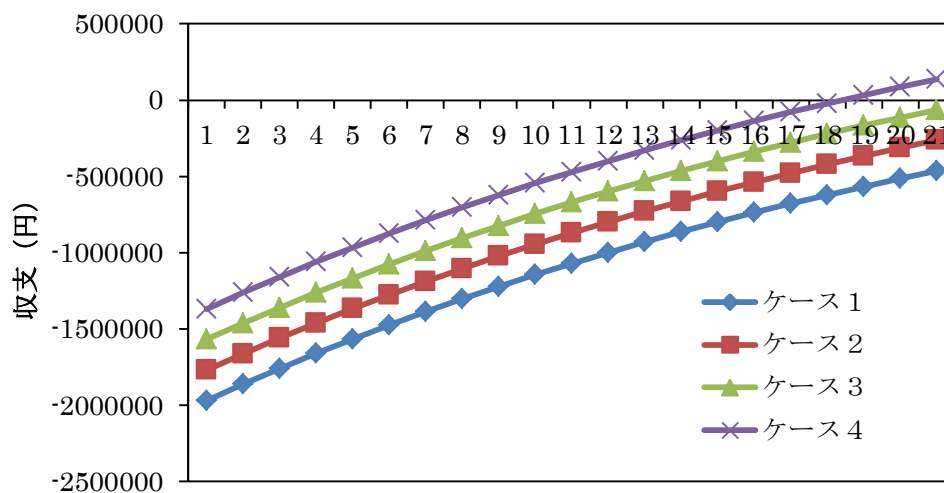


図 6.4-5 ケース1~4の投資回収状況

太陽光発電システム価格が15万円を維持し、エネファーム価格が100万、80万、60万、40万である場合の収支図を図 6.4-6に示した。

太陽光発電システム価格を15万にした4ケースでは、エネファームが80万円まで値下げたとしても、投資が回収できないが、エネファームが60万であれば、18年目の収支がプラスになった。

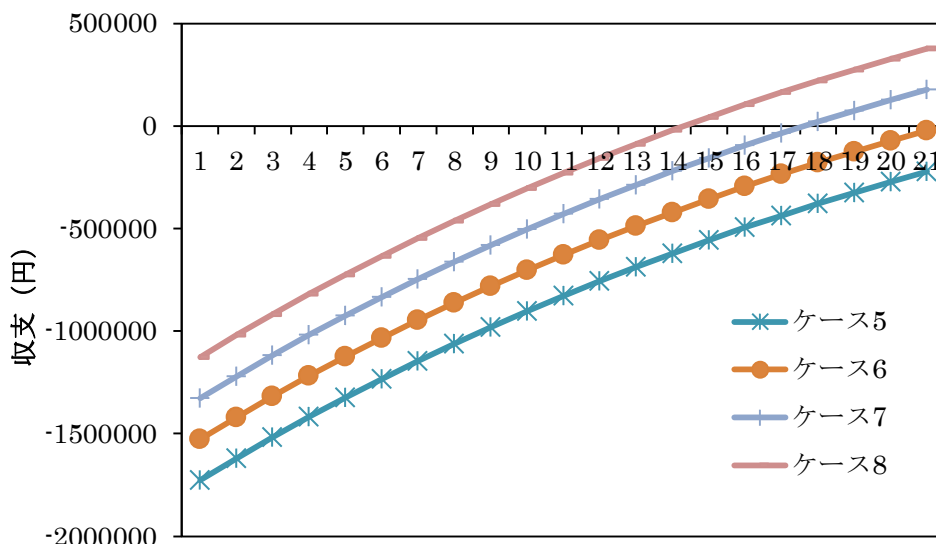


図 6.4-6 ケース5~8の投資回収状況

太陽光発電システム価格が10万円と想定し、エネファーム価格が100万、80万、60万、40万である場合の収支図を図 6.4-7に示した。

太陽光発電システム価格を10万にした4ケースでは、エネファーム価格が100万円の場合は投資回収できないが、エネファームが80万であれば、17年目の収支がプラスになった。

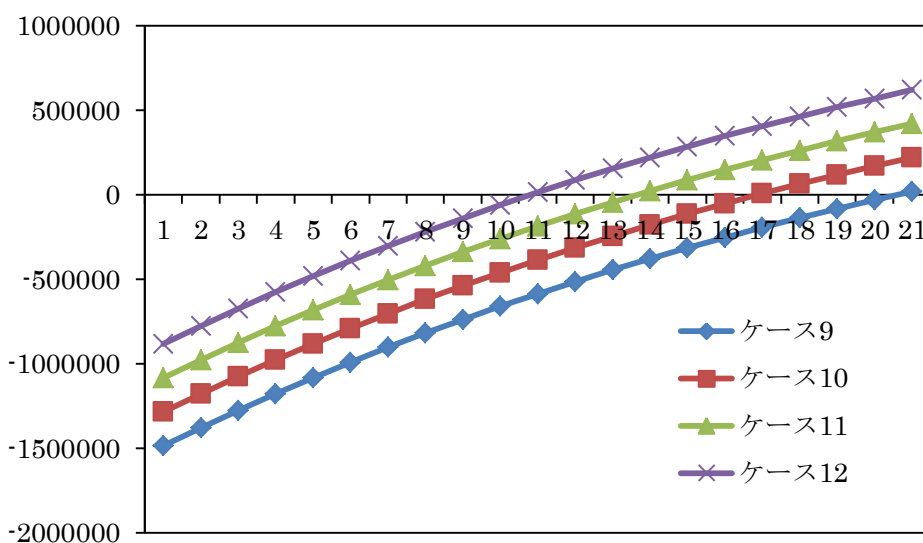


図 6.4-7 ケース9~12の投資回収状況

太陽光発電システム価格が5万円と想定し、エネファーム価格が100万、80万、60万、40万である場合の収支図を図 6.4-8に示した。

太陽光発電システム価格を5万にした4ケースがすべて投資を回収できる結果となった。太陽光発電システム価格を5万円、エネファームを40万円にしたケースでは、8年目に投資回収ができる結果となった。20年目に90万円近くの利益があると見込む。

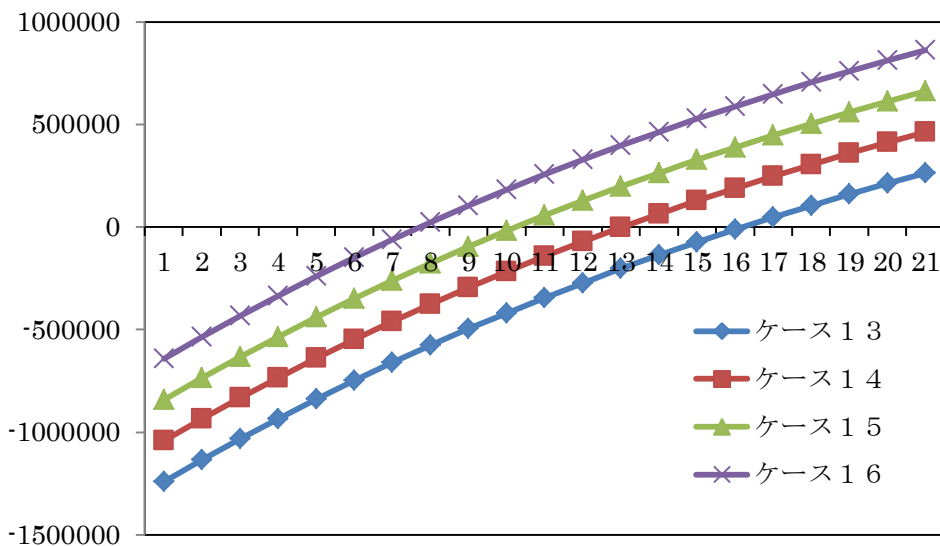


図 6.4-8 ケース13~16の投資回収状況

図 6.4-9に各ケースの導入後の使用利益を示す。現在の市場価格においては大きなマイナスの値となっているが、今後は価格が下がるにつれて、利益が出るようになる。

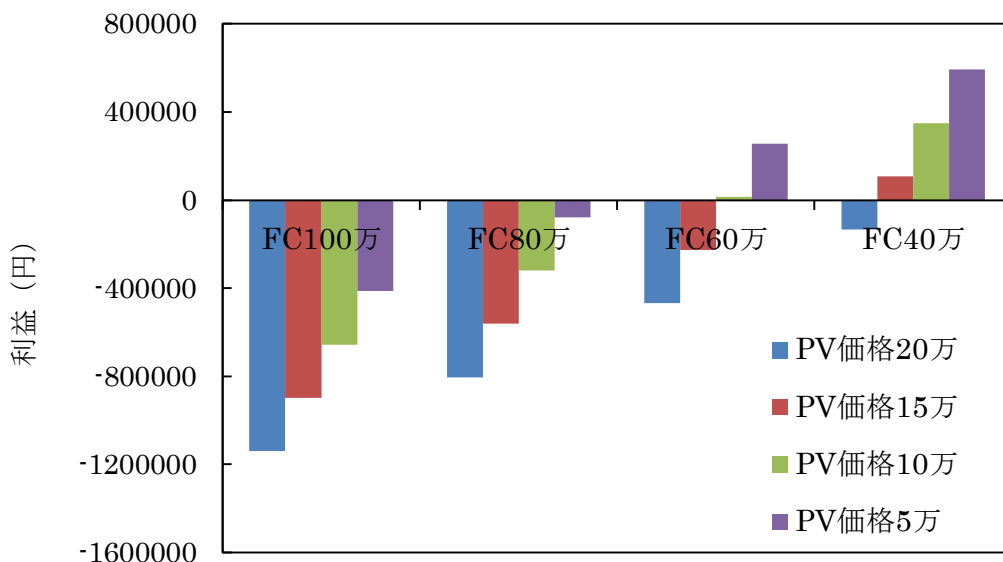


図 6.4-9 投資回収年数

設備コストによる回収年数の検討

図 6.4-9にケースごとの投資回収年数を示す。

現在の市場価格にすると、設備投資が非常に大きく、政府からの補助金がなければ、回収が困難である。

エネファームの設備価格が現在の半分まで下げたとしても、ギリギリ回収ができない状況となっている。太陽光発電とエネファームとも現在の半分まで価格が下げた場合、15年目ほど回収できると見込まれる。

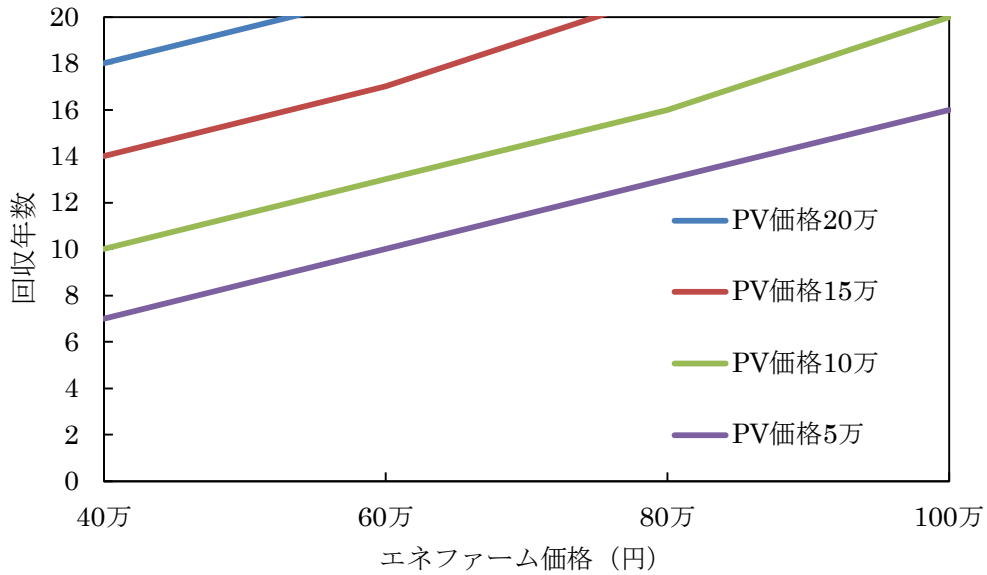


図 6.4-10 各ケースの回収年数

### 6.4.3 環境性評価

仮に一般住宅が計測対象世帯の電力需要、熱需要が同じの場合、両者のCO<sub>2</sub>排出量を比較した。表 6.4-10に電力需要と熱需要が同じの場合の買電量や都市ガス使用量を示す。対象住宅が発電設備による発電を優先的に消費するため、系統からの買電が少ない。しかし、エネファームによるガス使用量が一般住宅より多くなる。

エネファームの発電効率を39%、給湯効率を51%とする。天然ガスのCO<sub>2</sub>排出係数が2.29kg/Nm<sup>3</sup>とする<sup>6-6</sup>。九州電力(平成28年度)のCO<sub>2</sub>排出係数は0.483kg/kWhとする<sup>6-7</sup>。

表 6.4-10 対象住宅と一般住宅の買電量とガス使用量

|                           | 対象住宅  | 一般住宅  |
|---------------------------|-------|-------|
| 電力需要 (kWh)                | 6746  | 6746  |
| 買電量 (kWh)                 | 3685  | 6746  |
| 熱需要 (kWh)                 | 2355  | 2355  |
| 都市ガス使用量 (m <sup>3</sup> ) | 369.3 | 188.4 |

注：対象住宅半年の需要から推定

表 6.4-11に太陽光発電とエネファーム併用住宅と一般住宅のCO<sub>2</sub>排出量を示す。家庭部門におけるCO<sub>2</sub>排出が電力使用やガス使用2つに分けられる。それぞれ計算した。また、太陽光発電による電力のなか、家庭内で使用しきれず、系統に輸出した部分は電力網を通して家庭外に供給するため、マイナスとなっている。

対象住宅が電力使用によるCO<sub>2</sub>排出量が一般住宅より半減できた。ガス使用においては一見一般住宅より多くCO<sub>2</sub>を排出しているが、それはエネファームが都市ガスを使用し電力と温水を同時に生産するため、熱需要を供給しながら買電量の削減に貢献している。都市ガスによるCO<sub>2</sub>排出は電力のCO<sub>2</sub>排出と切り替えすることができる。

表 6.4-11 電力使用と温水使用によるCO<sub>2</sub>排出量

|      | 電力使用によるCO <sub>2</sub> 排出 | ガス使用によるCO <sub>2</sub> 排出 | 売電によるCO <sub>2</sub> 削減 | トータルCO <sub>2</sub> 排出量 |
|------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 対象住宅 | 1779.95                   | 816.24                    | -1590.58                | 1005.6                  |
| 一般住宅 | 3258.49                   | 416.28                    | 0                       | 3674.7                  |
| その差  |                           |                           |                         | 2669.1                  |

結果、同じ負荷の場合、一般住宅CO<sub>2</sub>排出量が3674Kgに対し、計測対象住宅では1005Kgである。計測対象住宅は一般住宅の27%、一般住宅と比べて年間約2670KgのCO<sub>2</sub>排出を削減することができた。太陽光発電システムとエネファーム併用住宅が普及すれば、大幅にCO<sub>2</sub>を削減することが寄与できる。

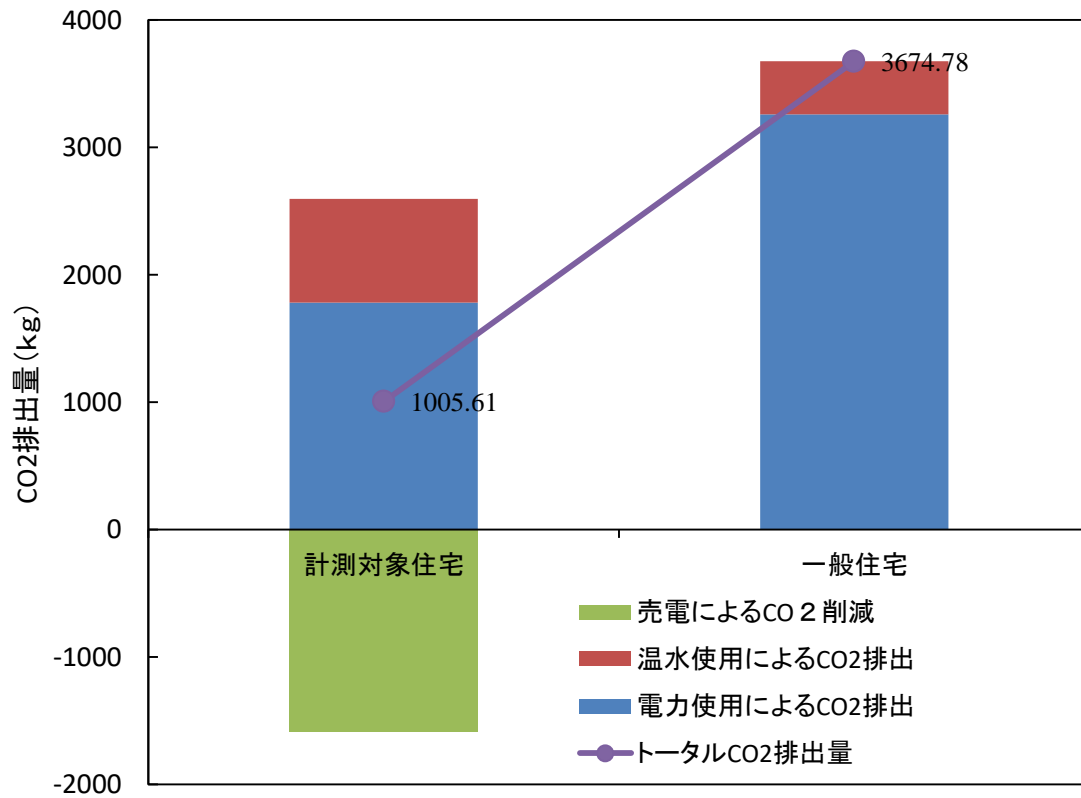


図 6.4-11 CO<sub>2</sub>排出量の比較



## 6.4.4 ピークカット能力

九州電力管内の住宅において対象住宅発電設備の定格出力を50万倍にした場合、すなわち、対象住宅50万件が存在する場合に発電設備を稼働させ、余剰電力を逆潮流した場合における電力需要のピークカット効果について検証する。

表 6.4-12に九州電力管内の主要発電設備、九州電力管内電力供給量の実績データをもとに、図 6.4-12に冬季（12月）、夏季（8月）の電力供給量を示す。夏季のピーク時間は午前11時から午後20時まで合計9時間であり、冬季のピーク時間は午後18時から20時まで合計2時間である。冬季より夏季のほうピーク時間が長いことがわかる。

表 6.4-12 九州管内主要の発電設備

| 発電方法 | 発電所数 | 最大出力         |
|------|------|--------------|
| 火力   | 8箇所  | 10,264,400kW |
| 水力   | 12箇所 | 3,583,681kW  |
| 原子力  | 2箇所  | 4,699,000kW  |
| 地熱   | 6箇所  | 207,960kW    |
| 内燃力  | 17箇所 | 395,540kW    |

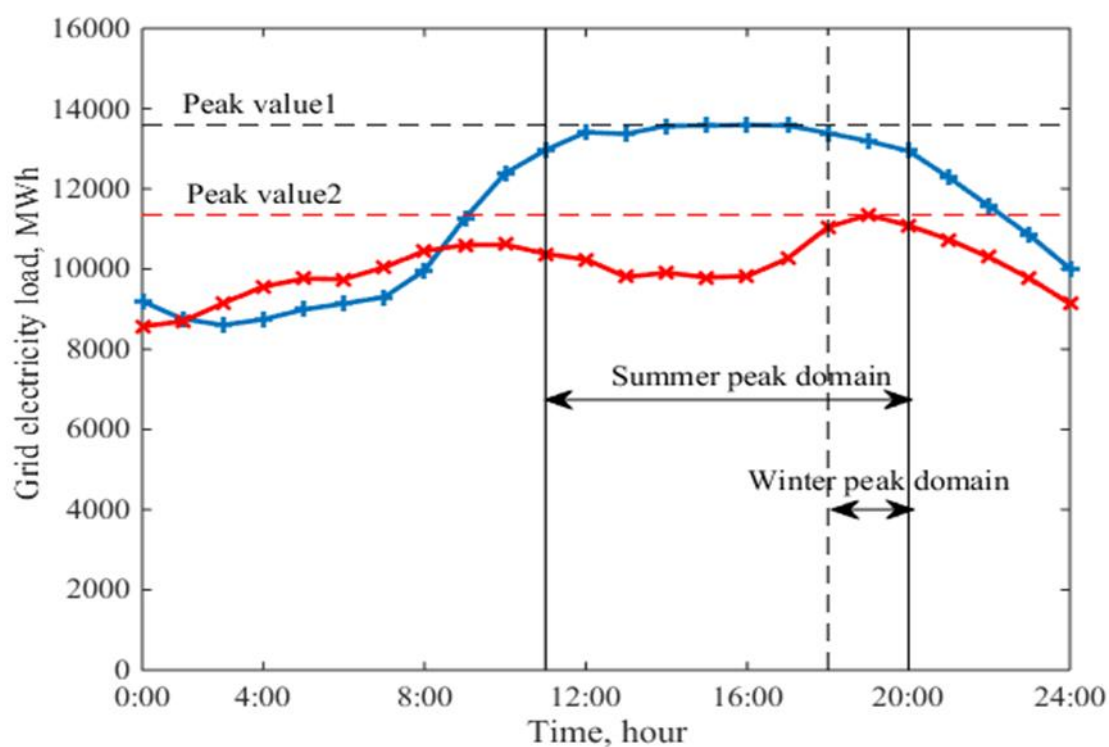


図 6.4-12 九州管内電力需要

図 6.4-13はシミュレーションの結果を示す。実線は実際の電力供給量で、点線は導入した後九州地区管内の電力負荷を示す。ピークカット効果では、夏季において昼時間帯に太陽光発電がグリッドへの逆潮流が起こし、午後14時に最大9%以上のピーク低減率を達した。冬季においてはピーク時間が午後18時から20時に対し、ピーク時間内での19時に約2.4%のピークカット率が達成できた。夏季、冬季とともにピークカットは達成できた。太陽光発電、エネファーム併用住宅の普及により、電力削減及び電力需要の平準化は概ね達成できたといえる。なお、夏季はピーク時間が長いため、全体のコントロールが難しくなる可能性がある。冬季の場合、エアコンの消費電力が削減できれば、より大きなピークカット効果が期待できる。

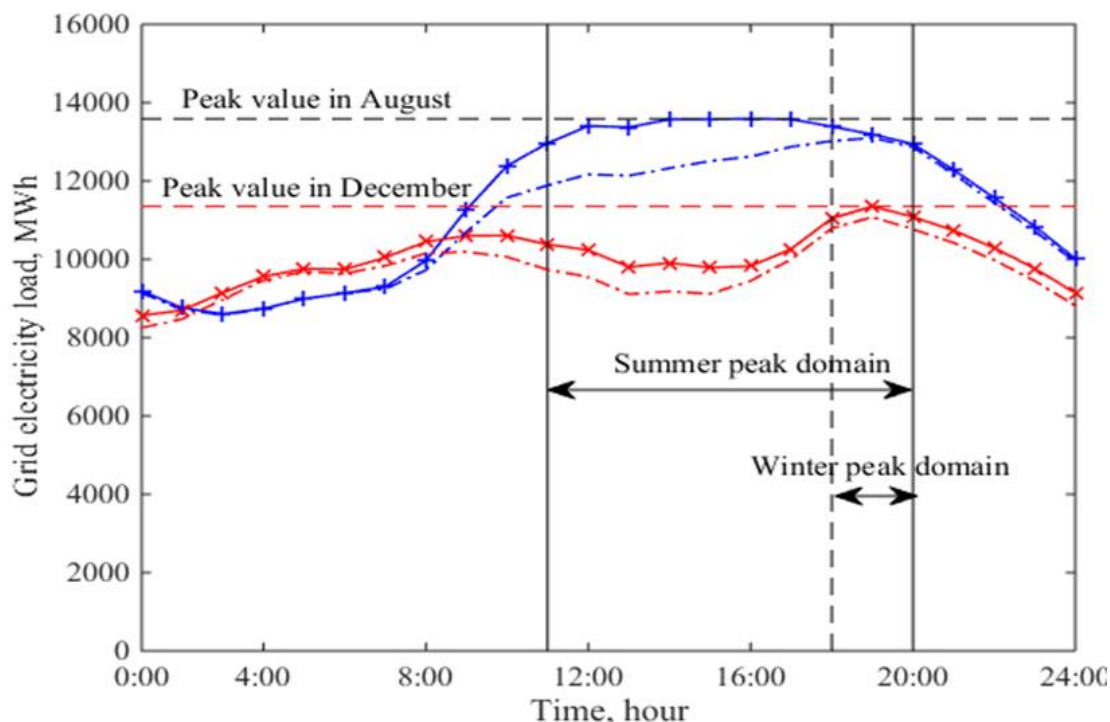


図 6.4-13 導入後のカット効果

## 6.5 結論

本研究は北九州市城野ゼロカーボン先進街区に住む世帯を対象とするアンケートを実施した。また、該当街区の1世帯から協力をいただき、太陽光発電システムと燃料電池の併用住宅1軒を対象とした計測調査を夏季、中間期、冬季にわたって行った。この計測調査で得られたデータに基づき、電力消費、発電設備の性能を明らかにし、その環境性、経済性、ピークカット能力について評価した。

本研究によって、得られた知見を以下にまとめる。

- 1) アンケートの統計より、城野ゼロカーボン先進街区に住む世帯の平均世帯人数は2.8人で、年齢層が幅広く分布している。戸建て住宅はすべて太陽光発電システムを導入しているが、蓄電池はほとんど導入していないことがわかった。そして、各世帯の電力契約会社が地元の電力会社のみならず、新参入事業者を契約と結ぶ世帯も多く見られた。一世帯車の平均所有台数は1.26台であり、その中、ハイブリット車が22%を占めており、普及率が高い。
- 2) 城野ゼロカーボン先進街区に引っ越したあと、半分以上の世帯が節電意識と環境配慮意識が高くなった。なお、引越し以前、環境意識が高い世帯が多いことがわかった。また、システム利用頻度に関しては、利用頻度が非常に低いことがわかった。使い方の説明が必要となる。
- 3) 計測調査については、実測世帯の日電力消費の平均値は夏季13.9kWh、中間期13.4kWh、冬季33.4kWhであった。電力消費量は室外の平均温度に大きく関わり、気温が高くなるほど、あるいは低くなるほど、電気消費量が高くなる。ただ、冬における電力消費は夏より大きいことが確認できた。電力使用中、最も使用量が多いのはエアコン、約半分を占めている。
- 4) 太陽光発電とエネファームによる発電は季節によって、発電量、発電時間が全く違うことが確認できた。7月から12月までの半年間で、太陽光発電、エネファーム発電がそれぞれ家庭電力負荷の19%、27%を占める。残りの54%は電力会社から買電していることがわかった。夏季また中間期においてはエネファームの稼働時間が短く、発電量が少ないが、太陽光発電量が多く、家庭内では使用しきれず、系統に逆潮流を生じていることが確認できた。冬季においてはエネファームが長時間継続的に定格稼働し、12月電力消費の32%を供給した。
- 5) 太陽光発電とエネファームは相性がよく、日中や夏季に威力を発揮する太陽光発電と、夜間や冬季に供給量の多くなるエネファームとは、補完する関係にあることが認識できた。
- 6) 経済性に関しては、現在の電気料金制度とガス料金であれば、月平均で9200円であった。夏季において太陽光発電による売電は利益に大きく寄与できる。冬季においてはエネファームの活躍により電力料金の節約に役立つ。ただ、導入コストが非常に大きく、導入後の収入では投資回収できない。低価格モデルが投入され

- るまでは、富裕層向けの商品となりそうである。将来に太陽光発電システムとエネファームのコストダウンを予測し、導入利益がますます増大する予見できる。
- 7) 環境面では、太陽光発電システムとエネファームの導入により、同じ負荷の場合、一般住宅CO<sub>2</sub>排出量が3674Kgに対し、計測対象住宅では1005Kgである。一般住宅と比べて年間約2670KgのCO<sub>2</sub>排出を削減することができた。CO<sub>2</sub>の排出を大幅に削減できた。
  - 8) ピークカット能力に関して、50万軒導入した場合、ピーク時の電力需要を効果的に削減し、8月に9.2%のピーク低減を達成でき、12月には2.4%低減した。太陽光発電、エネファーム併用住宅の普及により、電力削減及び電力需要の平準化は概ね達成できたといえる。

## 【参考文献】

- 6-1) 北九州市 HP  
[https://www.city.kitakyushu.lg.jp/business/menu03\\_00006.html](https://www.city.kitakyushu.lg.jp/business/menu03_00006.html)
- 6-2) iエネ コンソーシアム「HEMS とは？」 <http://www.ienecons.jp/hems/>
- 6-3) 製造業技術用語集 <https://www.ipros.jp/monosiri/term/>
- 6-4) ウィキペディア (Wikipedia) 太陽光発電
- 6-5) エコライフ <https://standard-project.net/>
- 6-6) 九州電力 平成 28 年度の CO2 排出係数について  
[http://www.kyuden.co.jp/environment\\_notice02.html](http://www.kyuden.co.jp/environment_notice02.html)
- 6-7) 西部ガス CO2 排出係数等について  
[http://www.saibugas.co.jp/business/otehrs/co2\\_emission\\_factor/index.htm](http://www.saibugas.co.jp/business/otehrs/co2_emission_factor/index.htm)
- 6-8) 経済産業省資源エネルギー庁 固定価格買取制度  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/kakaku.html#h30](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html#h30)

## 第7章

### 総括 結論

## 目次

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>7 総括結論</b> ..... | <b>7-1</b> |
| 7.1 結論.....         | 7-1        |
| 7.2 今後の展望.....      | 7-3        |
| 【謝辞】 .....          | 7-3        |

# 7 総括結論

## 7.1 結論

本論文では住宅エネルギー消費量と世帯属性に関する実測やアンケート調査によって得られた測定データに基づき、スマートコミュニティにある住宅のエネルギー消費の影響要因、電力ダイナミックプライシング（変動価格）実施時の効果を明らかにした。また、住宅に家庭用分散型エネルギーの使用状況を実測とシミュレーション分析することより、導入効果と経済性を明らかにした。今後の環境モデル都市づくりに新たな取り組みと省エネ事業に貢献することを目的とする。

第1章「研究背景と研究目的」では、環境問題や都市化問題により、持続可能な低炭素都市の取り組みについて述べた。また、本論文の研究目的と既往研究について述べた。

第2章「研究方法」では、各章の研究に用いた研究方法について説明した。

第3章「スマートコミュニティにおける集合住宅の住民属性とダイナミックプライシング実施時のエネルギー消費実態」では、北九州市が主催する「次世代エネルギー・社会システム実証事業北九州プロジェクト」の住宅部分に関するアンケート調査とダイナミックプライシング実証実験実測値をグループ別に集計かつ分析し、エネルギー消費のデータベースを構築する上、ダイナミックプライシングの効果とその他の影響要因と要因によるパターンを明らかにした。

結果として、ダイナミックプライシングを実施することは住民たちの電気設備使用の習慣に影響を与えることが明らかにした。家庭属性因子の中、延床面積、世帯人数、世帯主の年収、エアコンの保有台数がエネルギー消費量に影響することが分かった。階層的クラスタ分析により、ダイナミックプライシングの実施は「高齢型」属性パターンに影響を与えなかったことが分かった。

第4章「スマートコミュニティにおける全電化集合住宅の電力消費実態及び影響要因」では、実測により、全電化住宅のエネルギー消費状況を把握する上、季節による電力消費量の変化、各家電が住宅総電力消費に与える影響、在宅率の検討・在宅率による電力消費影響を明らかにした。

結果として、対象オール電化住宅において、エコキュートによる電力消費が世帯の電力消費量に最も強い影響を与えていることが分かった。季節による電力消費量の変化についても、冬期におけるエコキュートが最も顕著であった。それで、冬期における給湯の使い方を見直すことが、全電化集合住宅の省エネルギー化に繋がると分かった。また、在宅率が高い日ほど、電力消費量が大きくなる傾向を示すことを分かった。



第5章「住宅における分散型エネルギーシステムの導入効果及び経済性の要因分析」では、住宅に家庭用分散型エネルギーシステムを導入時、それぞれの経済性を考慮した場合の各発電設備の最適容量又は年間コストを、解析ツールを用いシミュレーションし、導入の経済性を分析した。

結果として、電力料金変動時、年間コストにおいて、太陽光電池の導入容量が多ければ、年間コストが下がる。ガス燃料電池と水素燃料電池は導入容量が多ければ、年間コストが上がる。最適導入容量の検討において、太陽光電池の導入については、現行電力、売電価格では経済性がある。ガス燃料電池と水素燃料電池は現段階経済性がないことが分かった。

第6章「太陽光発電と燃料電池の併用住宅における電力消費特性及び設備パフォーマンス」では、住宅を対象に、家族構成や導入設備、環境意識等のアンケート調査を実施、HEMSの関心度を調査した。次に、太陽光発電と燃料電池の併用住宅のHEMSデータを入手、その設備性能、稼働状況や電力需要を分析し、これをもとに電力自給率、エネルギーシステムの季節負荷の需給関係を把握する上、家庭用分散型エネルギーの稼働パターンと併用システムの経済性と環境性を検討した。

結果として、対象住宅の電力自給率は半年間で約46%であった。発電設備の稼働パターン及び電力負荷との相関が大きいであることがわかった。燃料電池は12月において電力需要の平準化に貢献できると確認した。併用システムがCO<sub>2</sub>削減の環境性とランニングコストの経済性に優れることが確認できた。

第7章では、本研究の結論と今後の展望をまとめた。

## 7.2 今後の展望

本研究では電力消費に関するデータベース構築のために、幅広く、出来るだけ多くの世帯の実測調査を実施し、電力消費量と属性について分析を進めた。しかしながら、さらなる電力消費に関するデータベース構築を進めるうえでは、月積算値などに関するデータの蓄積が重要であることから、今後、長い期間において実測調査が必要である。

ダイナミックプライシングの効果を検証した。今後、社会インフラとしてデマンドレスポンス制度を継続的に実施するには、事業者や需要家と国の協力が必要と考える。

太陽光発電とエネファームの併用住宅の電力消費、機器性能及び環境性などについて分析した。しかしながら、日本の電力供給システムの改善のための有用な資料となるために、できるだけ多くの世帯の計測調査を実施したいと考え、計測の積み重ねが必要とされる。

### 【謝辞】

本研究に着手し推進するにあたり、電力消費量の実測調査にご協力くださった住宅の住民の皆様に心より感謝をいたします。

また、本研究全体を通じて指導してくださった北九州市立大学 高偉俊 教授、同研究室の皆様に心から厚く御礼申し上げます。

This research is partly supported by China National Key R&D Program (2018YFE0106100) “Improvement of Energy Efficiency and Health Performance of Buildings Based on Lifecycle Carbon Reduction” and by International S&T Cooperation Program, Ministry of Housing and Urban-Rural Development(2020-H-002) “Research on international standard and application of industrialization system of zero carbon intelligent building”