

## 中長期時における技術普及と生活習慣の変化による 家庭内需要電力の変化が社会に与える影響の検討

創造理工学専攻 環境都市コース 6164080038-0 平尾 吉晃  
(指導教員 近本智行)

### 1. はじめに

気候変動問題を背景に 2009 年に 8 月に「温室効果ガス 2050 年 80%削減のためのビジョン」と題して達成シナリオが環境省から発表され、長期目標や目標達成のためのロードマップ等が示された。シナリオの中では再生可能エネルギーの大幅導入やエコカーの普及といった新技術の普及が示され、自動車の電化による新たな電力の需要や太陽光発電による電力の需給バランスの変化が予想される。

本研究は電気自動車（以下 EV 車）の充電や太陽光発電の場となる民生家庭部門に着目する。家庭部門はエコポイントによる省エネ家電の普及の促進等の様々な施策の対象とされるも、CO<sub>2</sub> の排出量は増加し続けている。太陽光発電は家庭の消費エネルギーを減らす対策として非常に有効であるが、電力の需給バランスに変化を与える対策としても効果が高い。また近年マイクログリッドを代表に系統電源に頼らない電力供給の自立を目指した技術が研究され、電力の需給バランスの把握と安定が望まれている。そこで本研究は家庭の需給バランスに影響を与える技術に加え、初期投資のかからない生活習慣の省エネ化に着目し、機器の性能と同時に使われ方の検討を行い家庭内の負荷平準化を目指し、自立循環型の住宅の可能性について検討する。

一方で現状の発電構成では、昼間のピーク電力に対応するために発電効率の悪い旧型の火力発電などの非効率な発電が行われている。家庭部門の負荷を平準化することで社会全体の需要電力の発電構成の改善を促し、低効率な発電の低減についても検討を行う。研究フローを図 1 に示す。

### 2. 家庭部門の時刻別の消費エネルギー予測

#### 2-1 予測方法の概要

様々な種類の世帯を平均的に評価することは困難であるため標準世帯を想定し、時刻別の居住者の生活パターンを決定する。次に居住者の生活行動に伴って使用する機器を定義し、各機器の消費エネルギーを通算することで時刻別の消費エネルギーを推測する。また標準世帯の消費エネルギーに世帯数<sup>注1)</sup>を乗じる事で全体の消費エネルギーを予測する。

#### 2-2 予測に伴う設定

家族構成 勤め人（男）、専業主婦、高校生、中学生の 4 人家族とする。

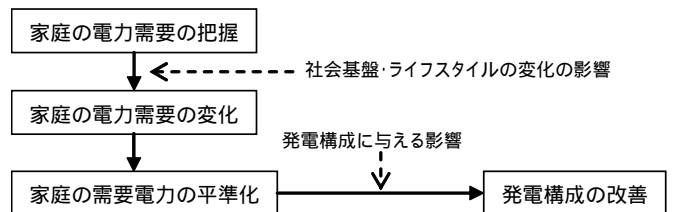


図 1 研究フロー

| 主婦   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 在宅   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 睡眠   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 食事   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 洗顔   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 着替え  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 入浴   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 炊事   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 掃除   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 洗濯   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 家庭雑事 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| テレビ  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 買い物  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 起床在宅 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

図 2 専業主婦の行動

表 1 所有機器の設定条件

| 分類      | 対象機器   | 条件設定    |             | 定格電力[W]           |
|---------|--------|---------|-------------|-------------------|
|         |        | 使用タイプ   | 調理時使用       |                   |
| 換気機器    | 台所換気扇  | 使用タイプ   | 調理時使用       | 20                |
|         | 空調換気扇  | 使用タイプ   | 常時使用        | 50                |
| 厨房機器    | 冷蔵庫    | 機器タイプ   | 普及型         | 62/78/86(冬/中間期/夏) |
|         |        | 設定強度    | 中           |                   |
|         | 電気ポット  | 使用タイプ   | 沸騰のみ使用      | 475               |
|         | 炊飯器    | 使用タイプ   | 炊飯のみ使用      | 180               |
| 食洗器     | 使用タイプ  | 1回/日使用  | 1318        |                   |
| 娯楽情報機器  | テレビ    | 機器タイプ   | 標準21型       | 121               |
|         |        | 待機電力    | あり          | 0.4               |
|         | ビデオ    | 機器タイプ   | 普及型         | 12                |
|         |        | 待機電力    | あり          | 2                 |
|         | オーディオ  | 機器タイプ   | 普及型         | 74                |
| 待機電力    |        | あり      | 0.5         |                   |
| コンピューター | 機器タイプ  | デスクトップ型 | 86.6        |                   |
|         | 待機電力   | あり      | 6.2         |                   |
| 家庭衛生機器  | 温水洗浄便座 | 強度設定    | 季節毎設定       | 40/24/12(冬/中間期/夏) |
|         | 洗濯機    | 機器タイプ   | インバータ式      | 86                |
|         |        | 機器タイプ   | 普及型         |                   |
|         | 掃除機    | 機器タイプ   | 普及型         | 333               |
|         |        | 使用タイプ   | 床種類毎に強度変更   |                   |
| ドライヤー   | 機器タイプ  | 普及型     | 450         |                   |
| アイロン    | 機器タイプ  | 普及型     | 500         |                   |
| 照明      | 室照明    | 設定方法    | 床面積当たりの値で定義 | 10                |
|         | スタンド   | 機器タイプ   | 普及型         | 30                |

\* 行動に係わるエネルギー消費設定

炊事：食事前に炊飯器を 30 分、開始 15 分に電気ポット使用

掃除：掃除時に掃除機使用 洗濯：洗濯時に洗濯機使用

アイロン：洗濯後に 30 分使用 食洗機：夕食後に 30 分使用

室内灯：居間：起床在宅時に子供部屋は学外勉強時に点灯

スタンド：子供の勉強時に点灯 テレビ：居間と兄の部屋に設置。兄の在室時は部屋のテレビ視聴。両親と弟は居間で視聴

オーディオ：兄の在室時に使用 ドライヤー：入浴後 5 分使用

待機電力：空調換気扇、冷蔵庫、テレビ、ビデオ、オーディオ、コンピューター、温水洗浄便座を設定



### 3-2 太陽光発電の発電電力

家庭内の需要電力への影響を検討するため、太陽光発電の発電電力量と同時に時刻別の発電電力量の把握を行う。

#### 3-2-1 発電量の試算

発電量の全国平均推測<sup>(注4)</sup>と8月における時刻別発電量の実測値から時刻別の平均発電量を推測する。戸建て住宅における普及率によって全体での発電量を算出する。設置するシステムの発電量は3kWhとし、普及割合は10%、20%、30%の3ケースで検討を行う。

$$E \text{ [Wh]} = \text{実測値} \times \frac{\text{住宅数} \text{ [n]}}{\text{補正} \text{ [c_b]}} \times \text{普及率} \text{ [\alpha]}$$

#### 3-2-2 試算結果

時刻別の使用電力量と発電量を比較すると、朝食・昼食時の1次・2次ピークの電力を太陽光発電だけで賄う事は難しいことが分かる。(表7)

一方で11時や15時、16時には使用電力よりも発電電力が高まっている。太陽光発電と電気自動車の普及が進んだ場合、このような余剰電力を予備バッテリー等に充電を行い、夜間に充電電力を使用する等の方法を取る事が出来れば家庭の電力の自立に繋がっていく。

### 3-3 エネルギー需給バランスを考慮したライフスタイル

これまで住宅における省エネルギー対策は負荷の低減を図ることや使用機器の効率の向上を重視して行われてきた。EV車の普及や再生可能エネルギーの導入により、今後は省エネルギーの対策に加えてエネルギーの需給バランスを考慮したライフスタイルが必要となってくる。

居住者の行動の変化による需要電力量の変化について検討を行う。行動により機器の使用が抑制される物と機器の使用を直接控える物の2面から考察する。

#### 3-3-1 ライフスタイルの設定

##### 行動による抑制

1) 住宅の蓄熱性能による熱の反応遅れに対応した換気や打ち水 夜間の冷房負荷の低減

\* 昼間に日射から受熱し壁に蓄熱され、日射の無い日没後にも室内温度を上昇させている熱量を換気や打ち水により除去し、冷房開始時の負荷を低減する。今回冷房負荷が15%低減すると仮定した。

2) 居住者の同空間での行動。 冷暖房や照明時間の短縮

\* 夜間のピーク電力を考慮し、21時まで居間にいと仮定した。

##### 機器の直接抑制

3) 冷暖房の設定温度の変更 冷暖房電力の低減

表7 太陽光の発電量と使用電力

| 時刻[時]      | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 使用電力量[Wh]  | 351.1 | 537.0 | 573.0 | 452.0 | 511.5 | 157.1 | 994.9 | 885.5 | 366.0 | 157.1 | 157.1 | 914.1 | 885.5 |
| 普及率10%[Wh] | 5.3   | 37.1  | 90.1  | 111.3 | 132.5 | 164.3 | 159.0 | 153.7 | 143.1 | 121.9 | 84.8  | 47.7  | 5.3   |
| 普及率20%[Wh] | 10.6  | 74.2  | 180.2 | 222.6 | 265.0 | 328.6 | 318.0 | 307.4 | 286.2 | 243.8 | 169.6 | 95.4  | 10.6  |
| 普及率30%[Wh] | 15.9  | 111.3 | 270.3 | 333.9 | 397.5 | 492.9 | 477.0 | 461.1 | 429.3 | 365.7 | 254.4 | 143.1 | 15.9  |

4) 機器の使用を控え、使用設定の変更

待機電力、使用電力の低減

#### 3-3-2 ライフスタイルの変化による電力量変化の試算

ライフスタイルの変化に対する各機器の消費エネルギーを再設定し、需要電力を算出する。各機器の標準型と節約型の条件を表8に示す。

#### 3-3-3 試算結果

ライフスタイルの変化による削減電力量を時刻別に比較すると夜間のピークに対して効果が上がった事が分かる(図4)。対応遅れの熱負荷の除去により全体の冷房負荷が減少したことや、家族が同じ部屋で過ごし、使用されていた個室の冷房の使用が抑制される事で夜間の冷房電力が大きく減少した。居住者の生活習慣の変化により、使用機器の制限や住宅の更新を伴わず使用電力を削減する事が出来た。

一方で朝・昼の使用電力の減少が少ない理由としては生活に必要な動きが多く、行動の抑制を行いつらいためだと考える。

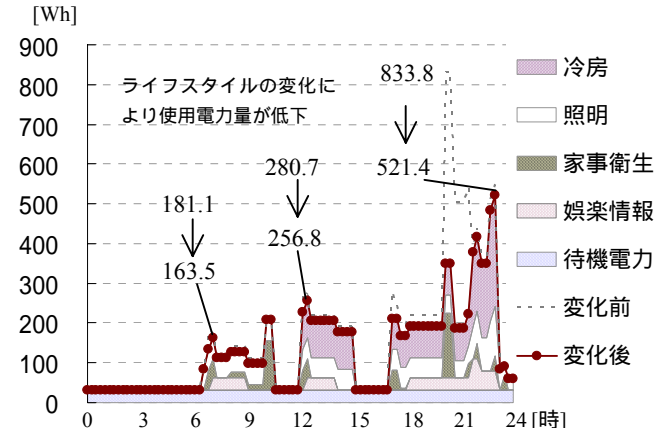


図4 ライフスタイルの変化後の15分毎の使用電力

表8 省エネ型のライフスタイルに対応した機器の設定

| 分類     | 対象機器    |                       | 標準型    | 節約型      |
|--------|---------|-----------------------|--------|----------|
|        | 厨房機器    | 冷蔵庫                   | 設定強度   | 中        |
| 電気ポット  |         | 使用タイプ                 | 沸騰のみ使用 | 使用なし     |
| 炊飯器    |         | 使用タイプ                 | 炊飯のみ使用 | 炊飯のみ     |
| 食洗器    |         | 使用タイプ                 | 1回/日使用 | 0.5回/日使用 |
| 娯楽情報   | テレビ     | 待機電力                  | あり     | なし       |
|        | ビデオ     | 待機電力                  | あり     | なし       |
|        | オーディオ   | 待機電力                  | あり     | なし       |
|        | コンピューター | 待機電力                  | あり     | なし       |
| 家庭衛生機器 | 温水洗浄便座  | 強度設定                  | 季節毎設定  | 通年最小     |
|        | 洗濯機     | 風呂湯利用                 | なし     | あり       |
|        |         | まとめ洗い                 | なし     | あり       |
| 照明     | 照明時間    | 個室の点灯時間の減少            |        |          |
| 冷房     | 運転時間    | 個室+全体の運転時間の減少<br>負荷低減 |        |          |
|        | 温度設定    | 20                    | 18     |          |

### 3-3 家庭の電力需要に与える影響

太陽光やEV車、エネルギー需給バランスを考慮したライフスタイルが家庭の電力需要の平準化にどの程度影響を与えているかを考察するために、技術普及や生活習慣の変更後の時刻別の消費エネルギーと平均消費エネルギーとで分散分析を行った(表9)。

平均使用電力量の低下により太陽光発電の普及は家庭の使用電力の削減に対して有効な事が分かる。しかし需要電力の平準化という観点においては、分散値に増加が見られ単一の技術普及では平準化は難しい事が分かる。

自立循環型の住宅を目指し家庭におけるゼロエミッションを達成するためには、徹底した省エネに加え、電力需要に影響する技術普及や、住宅内の電力需要特性を考慮した居住者の生活習慣等の複合的な対策が重要となる。

### 4 発電構成に与える影響

家庭部門の電力需要の変化が社会全体の電力需要に与える影響を考察する。

#### 4-1 社会全体の電力需要量

電源別の発電効率と時間当たりの発電量を詳細に記載したデータを入手する事は困難である。そのため今回は入手した火力・水力・原子力・その他・揚水発電の時刻別発電量のデータを用い、その中の火力発電を石炭火力と高効率火力、低効率火力と定義し考察を行う。

##### 4-1-1 石油火力の設定

石炭火力割合：一次エネルギー供給の統計<sup>注5)</sup>から石炭火力の使用割合を算出。(20.3%)

高効率・低効率発電割合：揚水発電から電力が供給され始めた1時間後から供給が終わる1時間前の間、2割が低効率で発電されると仮定した。

#### 4-2 家庭部門の影響が発電構成に与える影響

時刻別・電源別の発電構成と家庭部門での変化電力量を用いて家庭の電力需要の変化が社会全体の電力需要にどのような影響を与えるかの検討を行う。

##### 4-2-1 設定条件

太陽光発電30%普及、EV車50%普及、省エネ型ライフスタイルの導入といった家庭の平準化が最も進んだケースをcase1。case1に対し省エネ型ライフスタイルの実行度50%にしたケースをcase2とする。

##### 4-2-1 結果

昼間の電力が抑制させると低効率な火力発電が削減され、深夜の電力需要の増加により電力の平準化が起こり

原子力発電の使用量の増加が期待出来る。しかしcase1の場合、深夜の電力は増加しているが21時付近の需要が現在の最低需要量を下回っており、平準化による原子力の増加は望めない(図5)。削減量はcase2よりも多いが、排出量原単位では下回る結果となった。原子力発電の割合の向上を目指し、全体の電力需要を改善するためには極端な対策ではなく、需給バランスを考慮した対策の普及が必要であることを確認した。

### 5.まとめ

太陽光発電、EV車、省エネ型のライフスタイルの導入による家庭内電力需要の平準化と全体の発電構成に与える影響について検討した。家庭内の電力平準化は、需給バランスを変化させる技術の普及に加えて電力需要を考慮した行動が必要であり、電源構成の改善には対策の普及バランス等による全体の発電に対する電力需給バランスの考慮が重要であることを確認する。

表9 消費電力の平均値との分散値

|                     | 平均    | 分散      |
|---------------------|-------|---------|
| case1:対策なし          | 165.2 | 27836.2 |
| case2:太陽光発電(普及率30%) | 133.9 | 29501.0 |
| case3:EV車(普及率50)    | 180.2 | 24704.4 |
| case4:ライフスタイルの変化    | 127.9 | 12366.7 |
| case5:対策網羅          | 103.6 | 6463.8  |

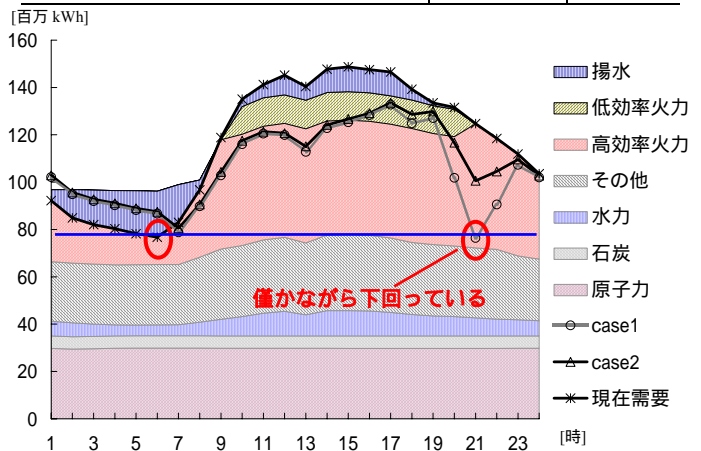


図5 時刻別発電構成

表10 家庭部門の変化が発電構成へ与える影響

|       | 削減量<br>[百万 kWh] | 低効率火力削減量<br>[百万 kWh] | 原子力増加<br>[%] | 排出量原単位<br>[g-CO2]<br>(現在:423.0) |
|-------|-----------------|----------------------|--------------|---------------------------------|
| case1 | 370.5           | 129.2                |              | 354.7                           |
| case2 | 281.8           | 94.1                 | 12.6         | 329.1                           |

注1) 2005年度国政調査(統計局)を参考にした。

注2) 文献1)に記載のデータを参考にした

注3) 燃費アワード2007(<http://response.jp/e-nenpi/award20072008/>)を参考に設定した。

注4) 住環境研究所のSOLAR CLINIC(<http://www.jyuri.co.jp/solarclinic/>)を参考に月別の平均発電量と、沖縄での実測による時刻別の発電量を基に時刻別発電量の平均値とした。(http://ameblo.jp/mixturet/entry-10383054355.html)

注5) 資源エネルギー庁のエネルギー白書2007を参考に設定した。

文1) 吉野 博: ミクロモデルを用いた省エネライフスタイルによる省エネルギー効果の検討、回住宅エネルギーシンポジウム 2005年6月  
文2) 団野直子、木谷文樹: 入浴におけるミニマム水量算定のための基礎的検討、日本建築学会計画系論文集、第461号、pp81-86、1994年