

# スマートタウンにおける蓄電池の運用と電力融通の効果

## Effects of Storage Battery Operation and Electricity Fusion in Smart Towns

○田中大雅\*、後藤啓太\*、市村知輝\*\*、湯浅和博\*\*\*  
Taiga Tanaka, Keita Goto, Tomoki Ichimura, Kazuhiro Yuasa

keywords : energy consumption, Smart Towns , Storage Battery  
エネルギー消費、スマートタウン、蓄電池

### 1. はじめに

民生家庭部門のエネルギー消費削減、災害に強いまちづくりを目指し、スマートタウンの展開が全国的にみられ、太陽光発電などの発電システムや省エネルギー機器等が導入されている。住宅のエネルギー消費や蓄電池に関する既往研究では、平均的な生活行為時間に基づいて算定されたエネルギー消費が用いられてきたが、実態との乖離を把握する必要がある。また発電量の大半を売電する事例が多くみられるが、FIT制度の終了や電力供給の安定化のために、発電した電力をその住宅内や街全体で最大限自家消費することが望まれている。本研究は1つ目に生活行為に関する実態調査とHEMSデータからライフスタイルとエネルギー消費量の関係を明らかにする。2つ目に特定日における時刻別電力消費量を用い、戸建住宅における電力自給率の向上を目指した蓄電池の有効な運用方法を明らかにすることを目的とする。最後に戸建住宅と商業施設などの非住宅施設から成るスマートタウンを対象に電力消費量の分析を行い、まち全体における電力の自家消費の可能性を明らかにすることを目的とした。

### 2. 戸建住宅におけるエネルギー消費の実態

#### 2.1. 調査概要

表1に調査概要を示す。Fujisawaサステイナブルスマートタウン(以下、FSST)の居住者131件を対象に、2021年2月、8月の特定の1日における15分毎の生活行為と30分毎のエネルギー消費量について実態調査を行った。有効回答は19件である。住宅の設備概要を図1に示す。FSSTに並ぶ571軒の戸建住宅にはPV発電システムと蓄電池、HEMSが標準設置されている。そのうち368軒は燃料電池のある住宅(以下、PEFC住宅)で、固体高分子形燃料電池が設置されている。蓄電池の蓄電容量は5.0kWhであるが、現在は災害対策のため、原則常に満充電されていて充放電は行われていない。これより蓄電池の有効な運用方法を提案する必要があると考えられる。

#### 2.2. 時刻別、日別のエネルギー消費量

PEFC住宅のG邸(30代の夫婦、10歳未満の子供2人の4人世帯)を例に、冬期、夏期の時刻別電力消費量を図2に示す。両日晴天日のため、電力消費量よりも売電の方が大きい。日中の電力消費はPEFC発電量とPV自家消費量で賄われており、買電は生じない。また蓄電池からの放電はみられず、夜間の電力消費は買電で賄われる。図3に19件の1日の一次エネルギー消費量と売電量の関係を示す。一次エネルギー消費量の平均値は、PEFC住宅において冬期と夏期で各々231MJと106MJ、全電化住宅で164MJと112MJであり、冬期の方が大きい。冬期は7件、夏期は11件で一次エネルギー消費量よりも売電の方が大きく、回答日における正味のエネルギー消費量がゼロ以下となっている。図4に買電量と売電量の関係を示す。売電量が買電量よりも大きい世帯では、十分な蓄電池の容量がある場合、買電量を放電によ

表1 調査概要

|      |  |
|------|--|
| 調査期間 | 2021年2月、8月の晴天日(原則)   |
| 調査対象 | Fujisawa サステイナブルスマートタウンの居住者131件<br>有効回答は19件 (PEFC住宅:13件(A~M)、全電化住宅:6件(a~f))  |
| 調査方法 | アンケート調査  |
| 調査項目 | 回答日、家族構成、PVパネル積載量、住宅の種類、<br>回答日に使用した機器と台数、15分毎の1日の生活行動、<br>30分毎のPV発電量・買電量・売電量・ガス消費量・水消費量・PEFC発電量、住宅全体の電力消費量、<br>家電機器別の30分毎の電力消費量 |



図1 戸建住宅の設備概要

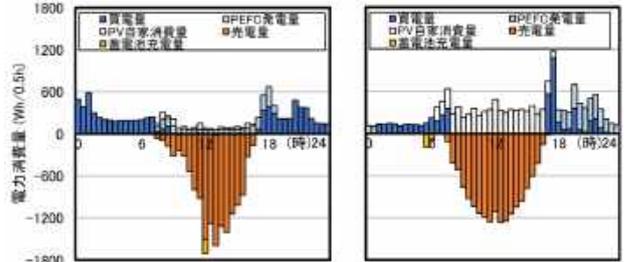


図2 時刻別電力消費量(G邸)

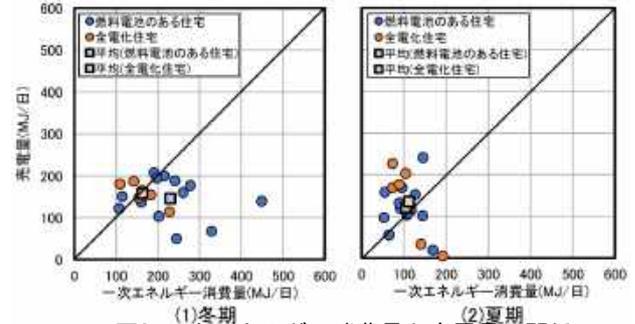


図3 一次エネルギー消費量と売電量の関係

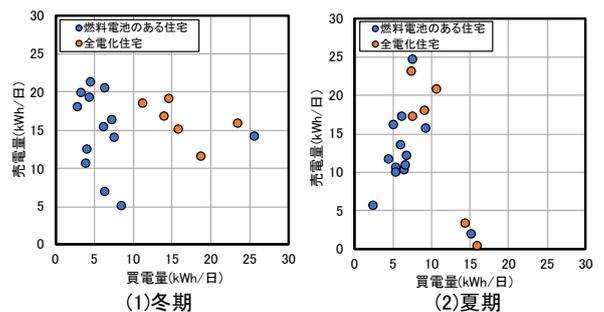


図4 買電量と売電量の関係

\*東京工業大学・環境・社会理工学院・修士課程 \*\*株式会社大林組 \*\*\*東京工業大学環境・社会理工学院 准教授・工博

\* Graduate Student, Tokyo Institute of Technology \*\*Obayashi Corporation \*\*\* Associate Prof, Tokyo Institute of Technology Dr.Eng

て賄ってもなお、売電が生じる。夏期は回答日が悪天候であった3件を除く16件がこれに該当する。一方、買電の方が大きい世帯では、売電量を全て蓄電し、自家消費することができる

### 2.3. エネルギー消費量と生活行為の関係

図5にG邸の電力消費量の内訳を示す。夏期の日中において、リビング、洋室におけるエアコンの稼働が電力消費の大半を占めているのに対し、冬期は床暖房の使用によりエアコンの電力消費がみられない。図6にG邸夫の冬期の生活行為を15分毎に示す。図5(1)にみられた、深夜から早朝にかけての洋室の電力消費は、寝室におけるオイルヒーターの使用によるものと推測される。また、キッチンにおける家電機器の使用によるものと推測される。また、キッチンにおける家電機器の使用や、外出中の電力消費の低減も図5(1)に反映されている。

## 3. 蓄電池の運用可能性

### 3.1 蓄電池の設定

エネルギー消費の実態調査結果を基に、PV 発電電力を蓄電し、買電を賄うことを想定した蓄電池の運用を検討する。先に述べたように、買電量と売電量の関係について、図4より売電量が買電量よりも大きい世帯では、十分な蓄電池の容量がある場合、買電量を放電によって賄ってもなお、売電が生じる。これより現在売電している電力について、FIT 制度の終了後、有効な利用方法として蓄電池の運用が一助になりうるということがわかる。

表2に蓄電池の設定条件を示す。蓄電容量や最大入出力電力など FSST に設置されている蓄電池の仕様を参考に、総合充放電効率を 0.85、放電深度を 60%、80%、100% の 3 段階と設定した。図7にG邸における放電深度60%の場合の蓄電池の運用方法を示す。売電が発生する時刻より充電を開始し、夕方買電が発生する時刻から放電を始める。冬期、夏期とも晴天日のため、蓄電容量の 5.0kWh まで充電する。図8に放電深度毎の充電量の推移を示す。シミュレーション開始時の充電量を放電深度から決まる最小値とし、現実はそのようではないが、回答日における電力消費が繰り返されることを想定する。PEFC 発電量は、冬期は日中に、夏期は夕方以降に見られ、買電量は夏期の方が小さいため、放電深度100%において、冬期は買電量が大きく1:00に放電が止まる。その一方で、夏期は常に充電が残っており、電力自給率100%を達成することができる。また、この場合の電力自給率とは、電力消費量に対する、PEFC 発電量と PV 自家消費量(蓄電池放電量を含む)の合計の割合を示している。

### 3.2 電力自給率の向上可能性

#### 3.2.1 生活行為の変容と電力自給率

エコキュートや食器洗乾燥機などの、夜間に稼働がみられる機器を日中に稼働し、生活行為を変容させることにより電力自給率の向上が見込まれる。図9に、給湯器の稼働時間を変更した際のa邸における蓄電池の運用方法の一例を、図10に全電化住宅の冬期、放電深度60%における、給湯器の稼働時間の変更による電力自給率を示す。a邸で39%から61%、b邸で43%から63%など、大きな電力自給率の向上がみられた。平均値を比較すると、冬期は43%から56%まで電力自給率の向上がみられた。

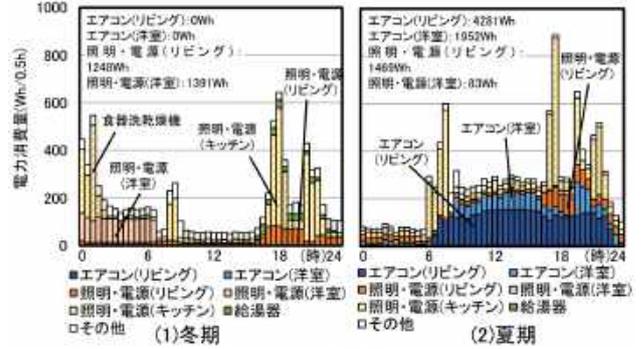


図5 時刻別電力消費量の内訳(G邸)

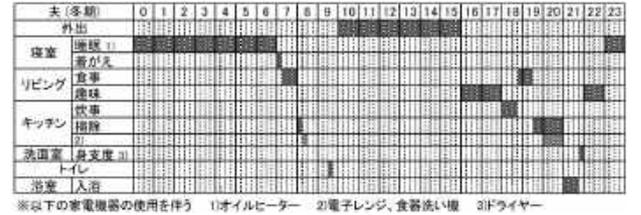


図6 時刻別生活行為(G邸夫・冬期)

表2 蓄電池の設定条件

| 項目      | 仕様           | 備考                                    |
|---------|--------------|---------------------------------------|
| 最大入力電力  | 16.5A        |                                       |
| 最大出力電力  | 26.0A        |                                       |
| 定格入出力電圧 | DC86.4V      |                                       |
| 蓄電容量    | 5.0kWh       | リチウムイオン蓄電池                            |
| 総合充放電効率 | 0.85         |                                       |
| 放電深度    | 60%、80%、100% | 蓄電容量に対する最大充電量の割合<br>停電時は現状、放電深度60%で稼働 |
| 最大充電量   | 712Wh/0.5h   | 16.5A × 86.4V/2 = 712                 |
| 最大放電量   | 1123Wh/0.5h  | 26.0A × 86.4V/2 = 1123                |

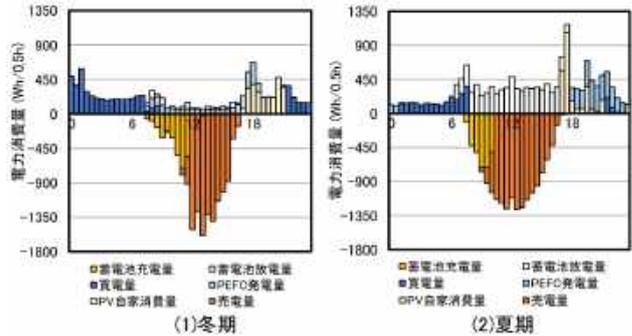


図7 蓄電池の運用方法(G邸放電深度60%)

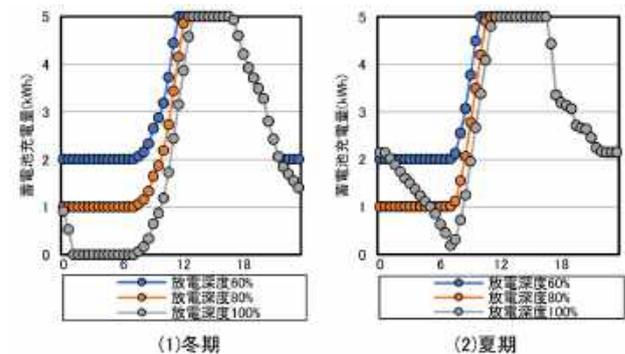


図8 シミュレーションによる時刻別充電量(G邸放電深度60%)

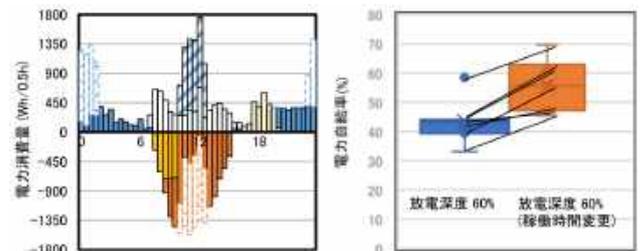


図9 蓄電池の運用方法 (a邸放電深度60%)

図10 電力自給率の比較 (全電化住宅放電深度60%)

### 3.2.2 放電深度と電力自給率

図11に放電深度を60%、80%、100%と変化させた際の電力自給率の算定結果を示す。FSSTの停電時の設定である放電深度60%において、冬期と夏期の電力自給率の平均は、PEFC住宅で74%と73%、全電化住宅で43%と51%となる。PEFC住宅では冬期と夏期で電力自給率の大きな違いは見られないが、全電化住宅では夏期の方が、電力自給率が大きい傾向が見られた。これは冬期に給湯等に利用される買電量が大きいことが理由としてあげられる。PEFC住宅では、冬期に放電深度80%、夏期に放電深度60%において電力自給率100%を達成する世帯が各々1件みられた。一方、全電化住宅では、放電深度100%において冬期は最大67%、夏期は最大78%となり、電力自給率を向上させるためには、より容量の大きい蓄電池の導入が必要と考える。

### 3.2.3 蓄電容量と電力自給率

図11に放電深度を60%、80%、100%のそれぞれのケースにおいて、蓄電容量を5.0kWhから22.5kWhまで変化させた際の電力自給率の推移を示す。売電量が買電量よりも小さい世帯では、売電量以上を蓄電できる容量においても充電量が変化せず、電力自給率は向上しない。放電深度60%において、PEFC住宅では電力自給率100%を達成できる世帯は、現在の5.0kWhで夏期の1件のみであり、12.5kWhで冬期は10件、夏期は8件と初めて半数以上となった。一方、全電化住宅では、冬期に22.5kWh以上、夏期に15.0kWh以上で初めて電力自給率100%を達成する。特に全電化住宅では、冬期よりも夏期の方が電力自給率の増加率が大きく、より小さい容量で電力自給率100%を達成する世帯がみられる。これは、冬期は夜間に稼働する電気ヒーターの暖房機器や給湯器の電力消費量が大きく、夏期に比べて買電量が大きいからである。

今後は1,2週間や1ヶ月など特定の期間におけるエネルギー消費量の実態調査結果を用いて、同様の分析を行う予定である。

## 4. 電力融通の可能性

### 4.1 調査概要

表3に電力融通の可能性についての調査概要を示す。Fujisawaサスティナブルスマートタウンの戸建住宅573世帯（燃料電池のある住宅369世帯、全電化住宅194世帯）、非住宅施設A、B、Cの電力消費量について実態調査を行った。施設A、Bは商業施設であり夕方以降の電力消費が多いことから照明設備による電力消費が激しくなっていると予想できる。また施設Cは介護施設であり、一日中電力需要があることがわかる。また対象日は晴天率の高さから、5月を対象とし、平日晴天日を選択した。5月25日を対象に分析を行った。図13にFSST全体の一次エネルギー消費量を示す。FSST全体では買電量が67GJ/日、ガス消費量が56GJ/日であった。年間の一次エネルギー消費量原単位に換算すると、燃料電池のある住宅で337.5MJ/m<sup>2</sup>・年、全電化住宅で261.8MJ/m<sup>2</sup>・年となり、ガスを消費する燃料電池のある住宅の方が全電化住宅よりも大きい。

図13に住宅、非住宅施設の時刻別電力消費量を示す。住宅においては、売電量が見られる時間帯では買電量は0であるが、電力消費量は夕方から夜間にかけて増加する傾向にあり、系統電力からの買電により電力消費が顕著されている。一方、非住宅施設においてはPV発電量は全て自家消費されており、買電量は18時頃にピーク値をとるが、深夜から早朝にかけて一定の需要がある。

### 4.2 電力融通の概要

まち全体における電力の自家消費の可能性を探るため、3段階に分けて住宅の余剰電力量を融通・蓄電することにより、住宅、非住宅施設を買電量を賅うことを考える。自営線による余剰電力の融通、蓄電池の設置を想定し、それぞれのCaseを表4に示す。蓄電池は、日没から朝、夜間の住宅、非住宅施設を買電量を賅う分

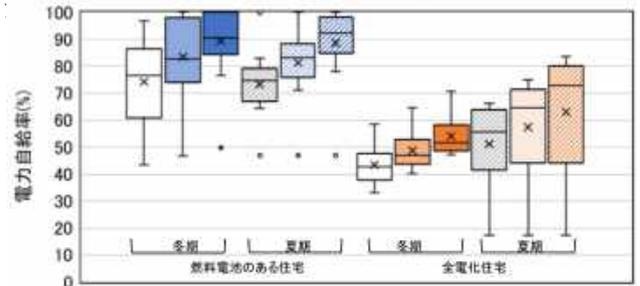


図11 放電深度別の電力自給率

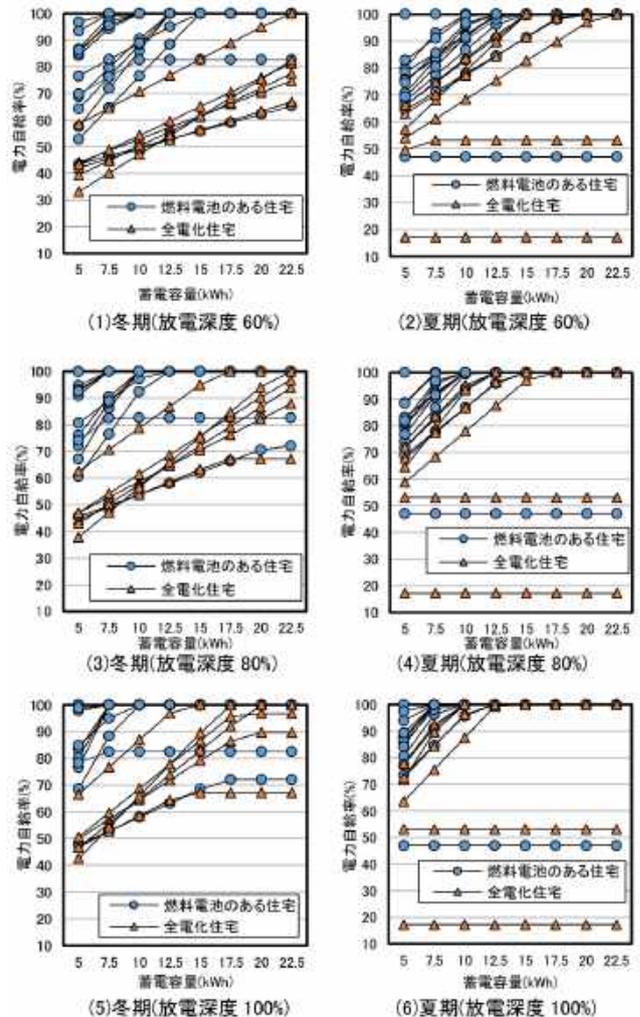


図12 蓄電容量別の電力自給率

表3 調査概要

|       |   |
|-------|---|
| 調査対象  | Fujisawa サスティナブルスマートタウン(FSST)   |
| 住宅    | 戸建住宅 573世帯 分析対象:燃料電池のある住宅(369世帯)、全電化住宅(194世帯)   |
| 非住宅施設 | 施設A:施設Bと併設され、FSSTのマネジメント機能を持つ。<br>施設B:書店を中核としたカフェ等を有する商業施設。<br>施設C:特別養護老人ホームや各種クリニック、保育所が一体となった複合施設 |
| 調査対象日 | 2021年5月24日(月)から5月28日(金)   |
| 調査項目  | 戸建住宅(PV発電量、買電量、売電量、電力消費量、燃料電池発電量)<br>非住宅施設(PV発電量、買電量、電力消費量、ガス消費量)                                   |

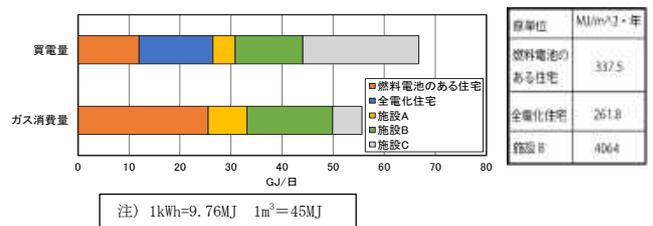


図13 街全体の一次エネルギー消費

だけ住宅の売電から充電するものとし、蓄電の充放電に伴う電損失は15%とした。現実的にはこのような蓄電池の運用をあり得ないが今回は、1日における電力融通の可能性を試算するためこのような条件となっている。

### 4.3 電力融通の試算

図15(1)にCase1とCase2における融通量、蓄電量を示す。Case1において、1日の住宅売電量の14.7%にあたる1,642kWhを日中の非住宅施設に融通する。Case2においては、夜間の非住宅施設を買電を賄うため、さらに住宅の売電量の25.4%にあたる2,837kWhを蓄電する。今回はグラフの表現として正の値を電力消費量、負の値を太陽光発電量としておりグラフの負の部分から正の部分に電力を融通していることを表している。

図15(2)にCase3の結果を示す。蓄電容量約6MWhの蓄電池を導入し、住宅の売電量の68.7%にあたる7,673kWhを融通・蓄電に利用することにより、5月の平日晴天日において、まち全体の電力消費量を賄うことができることが明らかになった。また、図6(3)には平日曇天日である5月24日において平日晴天日の場合と同様の3段階の電力融通を行うことを考え、その試算結果を示す。Case3における融通の可能性として、住宅の売電量の82.0%にあたる7,291kWhを利用することにより、同様に電力の自家消費の可能性が示された。

### 5. まとめ

- 1) スマートタウンの戸建住宅を対象に、時刻別の生活行為とエネルギー消費について実態調査を行った。夏期の晴天日において半数以上の世帯で正味のエネルギー消費量がゼロ以下であった。
- 2) 放電深度60%において、冬期と夏期の電力自給率の平均は、PEFC住宅で74%と73%、全電化住宅で43%と51%とPEFC住宅の方が大きい。
- 3) 放電深度60%において、PEFC住宅では蓄電容量12.5kWhで半数以上の世帯が両期間の晴天日における電力自給率100%を達成できること、全電化住宅では、冬期に電力自給率100%を達成するために22.5kWh以上の蓄電容量が必要となることを明らかにした。
- 4) 全電化住宅では冬期よりも夏期の方が電力自給率の増加率が大きく、より小さい容量で電力自給率100%を達成する世帯がみられる。これは、冬期は夜間に稼働する電気ヒーターの暖房機器や給湯器の電力消費量が大きく、夏期に比べて買電量が多いからである。
- 5) FSSTにおける5月の平日晴天日でまち全体の電力融通による自家消費の可能性を明らかにした。また曇天日においても同様の可能性を明らかにした。

参考文献 1) 市村、湯淺：第1報Fujisawaサステナブルスマートタウン居住者の省エネルギー意識スマートタウンにおける住宅のエネルギー消費に関する研究、日本建築学会学術講演論文集、2020年  
 2) 吉野ら：住宅内のエネルギー消費量予測モデルの構築、日本建築学会技術報告集、2015年12月  
 3) 空気調和・衛生工学会：生活スケジュール自動生成プログラムSCHEDULE Ver. 2.0 マニュアル、2000年  
 4) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構：SMASH For Windows Ver. 2 マニュアル、2000年  
 5) NHK放送文化研究所：国民生活時間調査 2020年度版  
 6) 藤井、佐藤、湯淺：住宅におけるエネルギーの自立性、日本環境管理学会大会学術講演梗概集、2016年  
 7) 下田ら：新規住宅街区におけるスマートコミュニティ開発に関する研究 - エネルギーシミュレーションによるエネルギー性能評価 - 日本都市計画学会都市計画論文集Vol. 54 No. 3 2019年10月

謝辞 本研究に関してアンケート調査のご協力を賜り、各種データのご提供をいただきましたFujisawaサステナブルスマートタウンにお住いの皆様およびマネジメント株式会社の皆様に感謝の意を表します。

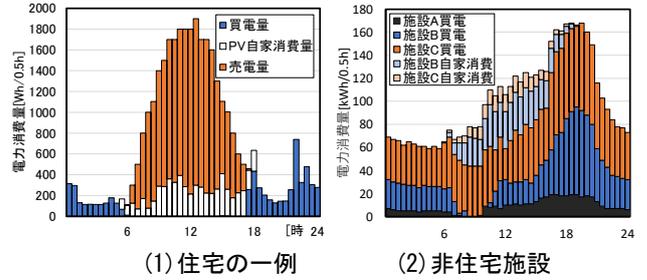


図14 住宅・非住宅施設の電力消費量時刻変動

表4 3段階の電力融通

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| Case 1 | 日中に住宅のPV発電量の余剰分を非住宅施設に融通する。          |
| Case 2 | Case1 からさらに日中の発電量を蓄電し、夜間の非住宅施設に融通する。 |
| Case 3 | Case2 からさらに蓄電し、夜間の住宅買電量分を融通する。       |

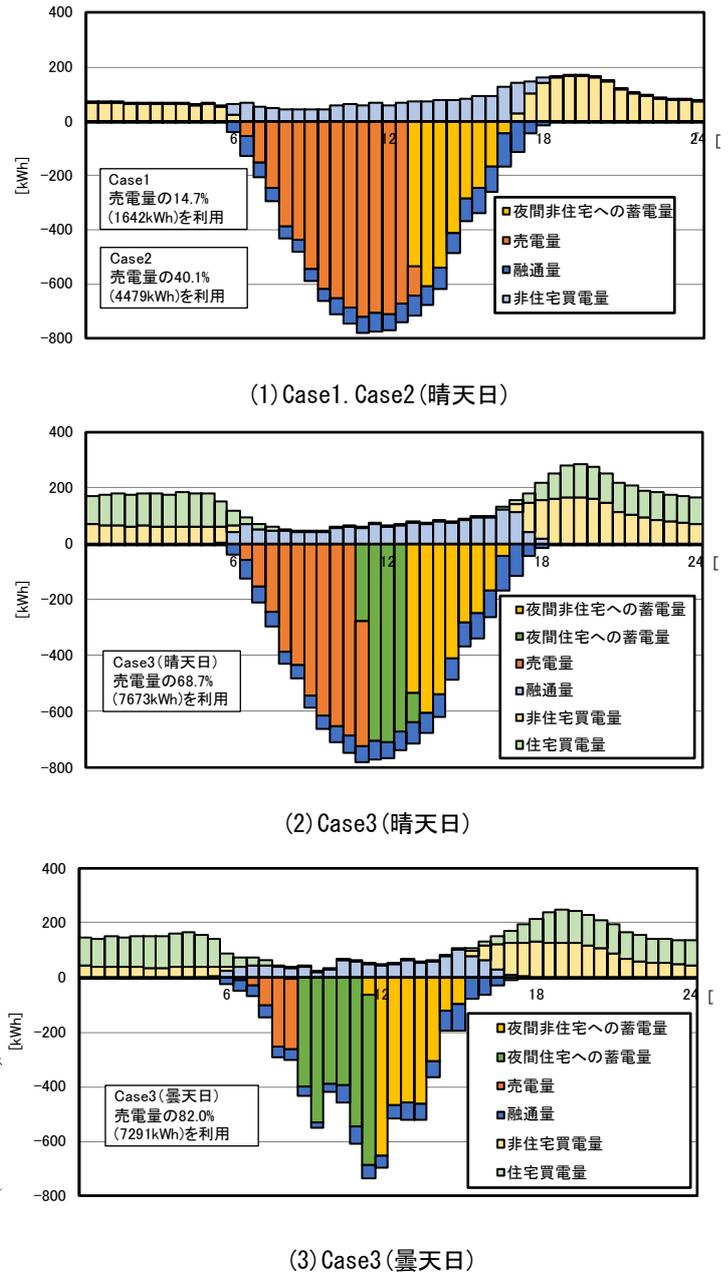


図15 電力融通の試算結果