

## 複数の戸建住宅における電力融通効果の検証

小林 雅之 村上 伸太郎 藤本 卓也  
Masayuki Kobayashi, Shintaro Murakami, Takuya Fujimoto

### 概 要

我々は、“まちで「つかう」エネルギーは、まちで「つくった」エネルギーで”をコンセプトに「エネルギーを自給するまち」の開発に取り組んでいる。「スマ・エコ タウン晴美台」(2013年)では日本で初めてネット・ゼロ・エネルギー・タウンを実現し、「セキュア豊田柿本」(2017年)では、住宅3戸と集会所間での電力融通を実現した。さらに「セキュア船橋グランオアシス」(2019年)では、融通する住戸数を増やした上でAIを活用することにより高度なエネルギーマネジメントを実現した。今回の電力融通システムは、低圧受電可能な容量で電力融通街区を形成することで高圧受電や特定供給のための特区認定等を不要とし、汎用性の高い仕組みとしたことが特徴である。

本報では、「セキュア船橋グランオアシス」を対象に、5戸又は6戸の住宅で構成した5つの低圧受電可能なマイクログリッドにおいて電力融通を実施した結果を示し、各戸の世帯構成及び電力消費パターンが電力自給率に及ぼす影響を分析した。その結果、電力融通による電力自給率の向上効果は、電力融通街区内の世帯構成や延床面積といった属性情報の他、各世帯の電力消費パターンが与える影響が大きいことが明らかとなった。

### Evaluation of the Electricity Sharing in Multiple Detached Houses

#### Abstract

We are developing an "energy self-sufficient town" based on the concept of "energy that is used in the town is the energy that is produced in the town". SMA×ECO TOWN Harumidai (2013) was the first net zero energy town in Japan. In SECUREA Toyota Kakimoto (2017), electricity is shared between three residential houses and a meeting place. Furthermore, in SECUREA Funabashi Gran Oasis (2019), the number of houses that share electricity has been increased, and more advanced energy management has been realized using artificial intelligence (AI). This electricity sharing system is highly versatile and can reduce capital investment by creating electricity sharing districts with low-voltage power receiving capacity.

In this study, the effects of actual sharing electricity implemented in five microgrids composed of 5-6 houses living in SECUREA Funabashi Gran Oasis are described, and the effect of family composition and electricity consumption patterns on the self-sufficiency rate is analyzed.

The results showed that the improvement in self-sufficiency rate through sharing electricity is significantly affected by the attributes of the houses within the electricity sharing community, such as family composition and floor area, as well as the electricity consumption pattern of each house.

キーワード：マイクログリッド，電力融通，電力消費パターン

## 1. はじめに

我が国の第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）において、再生可能エネルギーは電源構成の36～38%を占め、主力電源と位置付けられている。近年、住宅等に搭載されている再生可能エネルギーの1つである太陽光発電（以下、PVと略す）で発電した電力は、固定買取価格の低下や系統安定化の観点から、電力会社へ売電することより自家消費することが求められている。小嶋らは、電気自動車や蓄電池を用いた50戸程度の戸建住宅地域の電力融通システムのシミュレーション評価を行っており、蓄電池を用いた電力融通を行うことで自家消費を向上することにより、電力自給率（電力消費量のうち、PVの発電量で賄うことができる割合）を向上することが可能であることを示した<sup>1)</sup>。また、スマートシティ潮芦屋（パナソニックホームズ株式会社、全441戸、分譲中）や、むつざわスマートウェルネスタウン（千葉県陸沢町、全33戸、2019年）、浦和美園E-フォレスト（埼玉県さいたま市、株式会社Loop、全52戸、2022年）では、実際にエネルギーの地産地消を促進するために住宅間に自営線を敷設し電力融通が実施されている<sup>2)</sup>。しかしながら、上記の様な大規模電力融通を実施するためには高圧受電等の設備投資や特定供給のための特区認定等が必要となることから導入のハードルが高く、広く全国に展開が出来ていない。

そこで我々は、「エネルギーを自給するまち」をコンセプトに掲げ、2013年にまちびらきをしたネット・ゼロ・エネルギー・タウン「スマ・エコタウン晴美台」等を実現した実績を基に、大規模な設備投資等が不要な低圧受電可能なマイクログリッドでの電力融通について取り組んできている。2017年にまちびらきをした「セキュレア豊田柿本」では、住宅3戸と集会所間に自営線を敷設し、PVとリチウムイオン蓄電池（以下、LIBと略す）の配置と制御等を工夫することにより、低圧受電での電力融通を日本で初めて大和エネルギー株式会社と実現している。そして、2021年には全26戸の戸建分譲住宅街区「セキュレア船橋グランオアシス」で、自らが作ったエネルギーは売るのではなく、街区内でできる限り消費することで地産地消を促進するまちを目指すため、融通する住戸数を5戸～6戸に増やした上でAIを活用し、PVやLIB等を高度にエネルギーマネジメントすることにより電力自給率を向上させる電力融通を株式会社ファミリーネット・ジャパンと実現している。

この電力融通を導入した「セキュレア船橋グランオアシス」がある「船橋グランオアシス」は、2019年7月3日より千葉県船橋市の「AGCテクノグラス中山事業場」跡地で分譲マンション（11階建て・計571戸）、賃貸住宅（3階建て・計39戸、11階建て・計223戸）、戸建住宅（計26戸）、商業施設を計画した事業面積57,456.19m<sup>2</sup>の大規模複合開発プロジェクトであり、日本初の「施工」から「暮らし」まで実質再生可能エネルギー電気（以下、再エネ電気と略す）を100%供給するまちづくりである。実際に、戸建住宅や分譲マンション、賃貸住宅において、ご入居者が利用される電気はもちろん、共用部や街灯の電気等も再エネ電気のみを供給するとともに、居住街区及び商業施設における施工時の工事中用電源にも再エネ電気を利用してきた。供給する再エネ電気は、大和ハウスグループが全国で管理・運営する再生可能エネルギー発電所のうち、2018年10月より本格稼働した岐阜県飛騨市の「菅沼水力発電所（発電出力約2MW）」で発電した電気を中心に供給している。また、同発電所で発電した電気であることを証明する非化石証書（トラッキング付）を購入することで、再エネ電気のみを利用するまちづくりを実現するとともに、国際的な「RE100」のルールにも準拠する仕様としている。以上のような取り組みの中でも、戸建分譲住宅街区「セキュレア船橋グランオアシス」では、「再エネ電気100%の暮らし」の実現に向け、まちで創った電力をまちでできる限り使うため、低圧受電可能な容量で電力融通街区を形成し、高圧受電や特定供給のための特区認定等を不要とした汎用性の高い戸建住宅間での電力融通を導入することにした。本報では、「セキュレア船橋グランオアシス」で構築した電力融通街区の特徴について解説する。また、実際に電力融通を実施した結果に関し、各戸の世帯構成及び電力消費パターンが電力自給率に及ぼす影響について分析した結果を示す。

## 2. 電力融通街区の概要

### 2.1 電力融通システム

図1に電力融通システムの構成図を示す。本電力融通システムは、各住宅に搭載されたPV及びLIBから構成され、パワーコンディショナーはハイブリッド型を採用した。本電力融通システムは、各住宅での電力需要とPVによる発電を別々にまとめた上で連系している点が特徴的である。このように構成することで、各電力融通街区を1つの大きな需要

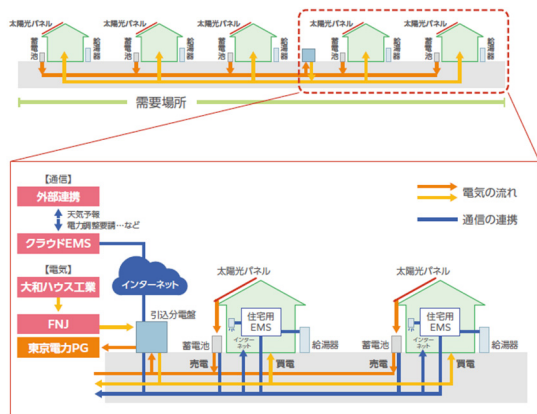


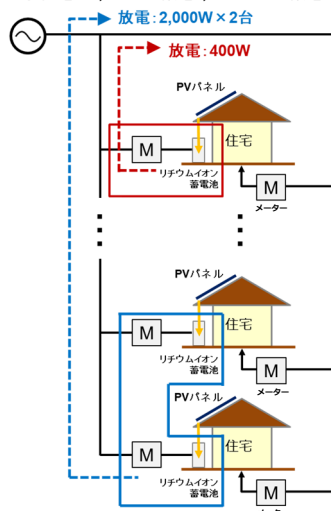
図1 電力融通システム構成図

家としてみなすことができ、PVの発電電力及びLIBの放電電力を融通することが可能となる。

電力融通制御における LIB の充放電の制御判断については、各街区内の PV 総発電電力（各住戸の PV 発電の合計）と住宅総負荷（各住戸の電力需要の合計）を比較することで行う。具体的には、PV 総発電電力が住宅総負荷より大きい場合、LIB に充電指示を行い、PV 総発電電力が住宅総負荷より小さい場合、LIB に放電指示を行う。この際、LIB 1 台当たりの充放電能力（本事例では 2,000 W）を勘案し、充放電指示を行う LIB の台数を決定する。LIB への充放電指示は、1 分単位で実施する。また、各街区の最上流の LIB は、充放電指示のタイムラグによる不要な売買電等を防止するため、連系点潮流を監視し、1 ミリ秒単位で充放電する構成とした。

図 2 に電力融通システムによる電力供給の例を示す。図 2 上の例では、住宅総負荷 6,400 W に対して PV 総発電 2,000 W で電力融通制御を実施した際の電力の流れを示す。この場合、不足電力が 4,400 W であるため、2 台の LIB に対して放電指示を実施し、合計で 4,000 W の放電を実施する。さらに、最上位の LIB が不足する 400 W に対し、放電を実施することで 1 分以内の負荷の変動に対応する。図 2 下の例では、住宅総負荷 2,000 W に対し、PV 総発電 7,000 W で電力融通制御を実施した際の電力の流れを示す。この場合、余剰電力 5,000 W に対し、2 台の LIB に対して充電指示を実施し、合計で 4,000 W の充電を実施する。同様に、最上位の LIB が超過する 1,000 W の余剰電力に対し、充電を実施することで 1 分以内の負荷の変動に対応し、電力自給率を高める。なお充電については、各住宅の PV 発電に対して当該住宅の LIB に直接直流電力を充電する場合と、街区内の交流電力である余剰電力を直流電力に変換して充電する場合もある。

住宅総負荷6,400W  
= PV総発電量2,000W + 放電2,000W × 2 + 放電400W



PV総発電量7,000W  
= 住宅総負荷2,000W + 充電2,000W × 2 + 充電1,000W

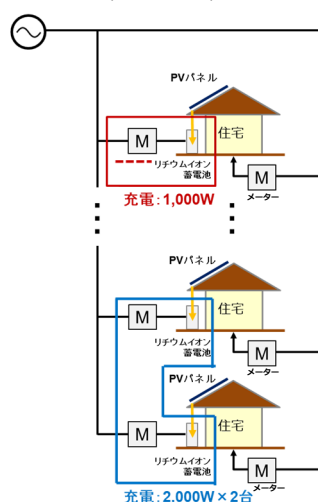


図2 電力供給の例

## 2.2 電力融通街区の構成

図 3 にセキュレア船橋グランオアシスにおける電力融通を行う街区構成を示す。図 3 に示すように、全 26 戸で構成される住宅街区の中で、5 戸又は 6 戸の戸建住宅を 1 つのマイクログリッドとし、A～E の 5 つの電力融通街区を構築した。表 1 に電力融通街区の詳細情報を示す。表 1 に示すように、各住宅には 3.045 kW の PV、5.4 kWh の LIB が搭載されている。また、今回ヒートポンプ式給湯機を制御する機能を備えていたが、採用された給湯器はエコジョーズのみであった。データについては、2021 年 4 月から 2022 年 3 月の 1 年間計測した 30 分値の電力データを用いて、対象世帯を“共働夫婦”・“共働夫婦と子”・“専業主婦夫婦”・“専業主婦夫婦と子”・“高齢夫婦”・“高齢夫婦と子”に分類した世帯構成

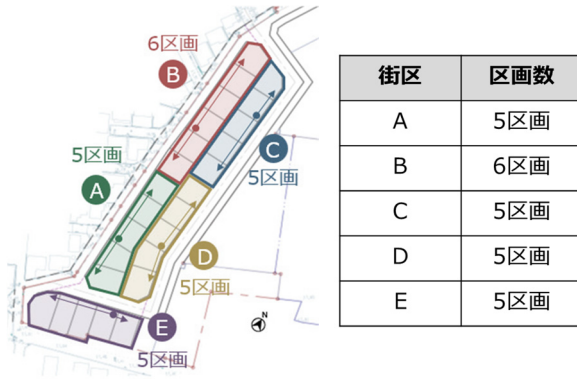


図3 電力融通街区

表1 電力融通街区詳細情報

立地場所	千葉県船橋市
対象戸数	26戸 (5街区)
床面積	99.55 ~ 135.13m <sup>2</sup>
PV・LIB容量	3.045kW・5.4kWh
給湯器	エコジョーズ
対象期間	2021年4月～2022年3月
電力収集間隔	30分値[kWh]

等の情報を加えることで、電力融通による電力自給率の分析を実施した。

### 3. 各世帯の分析

#### 3.1 年間電力消費量及び電力自給率

図4に各世帯の年間電力消費量に対する電力自給率を示す。図4に示すように、電力自給率は年間電力消費量が増えるにつれて低くなる傾向が見られるが、世帯構成には依存せず、世帯によるばらつきが大きいことを確認した。なお、世帯当たりの年間発電量は平均4,153 kWh/年であった。

#### 3.2 電力消費パターン

PVの自家消費量を向上するためには、時別の電力消費パターンが重要になる。そこで、全26戸の各世帯における電力消費パターンについて、橋本ら<sup>3)</sup>の分類手法を参考に、電力を使用する時間帯4区分(夜中:0時～6時, 朝:6時～12時, 昼:12時～18時, 夜:18時～24時), 季節3区分(夏期:6月～9月, 冬期:12月～3月, 中間期:4月～5月及び10月～11月), 電力消費量3区分(小:4.2kWh未満, 中:4.2kWh～8.4kWh, 大:8.4kWh以上)を

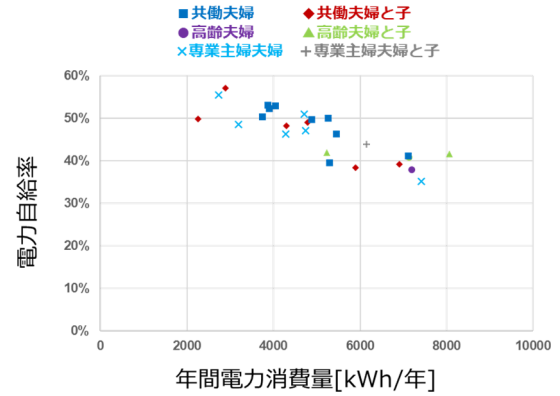


図4 年間電力消費量に対する電力自給率

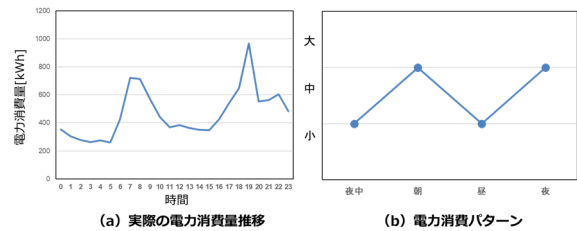


図5 電力消費パターンの分類

用いて分類した。これにより、時間帯4区分における電力消費量の推移から、電力消費パターンを分類することが可能となる。

図5に実際の時間ごとの電力消費量(左)と電力消費パターン(右)に分類した例を示す。本例では、夜中から朝及び昼から夜にかけて電力消費量が上昇するパターンを「朝夜型」タイプとした。表2に本分析で用いた電力消費パターンを示す。全26戸の電力消費パターンについては、「上昇型」・「フラット型」・「朝夜型」・「夜中昼型」の4つの電力消費タイプに集約した。また、表3に各世帯の電力自給率、季節別(夏期×冬期×中間期)の電力消費パターン、世帯構成を電力自給率の昇順でまとめる。

図6に表3で示した電力自給率及び電力消費タイプと年間電力消費量の関係を示す。図6に示すように、夏期・中間期のように電力消費が少ない季節において、電力消費タイプが「上昇」である世帯については、昼間のPV発電量を自家消費できないことから、電力自給率が低くなっていることを確認した。一方で、年間を通じて電力消費が少ないフラット×フラット×フラットの場合は電力自給率が高くなることから、電力自給率には電力消費パターンが影響していることが示された。

### 4. 電力融通効果の評価

本報における電力融通の実施は、発生する電力消

表2 電力消費パターン/タイプ

パターン	パターン図	タイプ名	パターン	パターン図	タイプ名
小小小中		上昇型	中中中中		フラット型
小小中中		上昇型	小小小小		フラット型
小中中大		上昇型	小中中中		朝夜型
小中中中		上昇型	中中小小		夜中昼型
中中中大		上昇型			

表3 電力自給率/電力消費タイプ/世帯構成

No.	電力自給率	電力消費タイプ	世帯構成
1	35%	上昇×上昇×上昇	専業主婦夫婦
2	38%	上昇×朝夜×上昇	共働夫婦と子
3	38%	上昇×上昇×上昇	高齢夫婦
4	39%	上昇×フラット×フラット	共働夫婦と子
5	39%	上昇×朝夜×上昇	共働夫婦
6	41%	フラット×上昇×上昇	高齢夫婦と子
7	41%	上昇×上昇×上昇	高齢夫婦と子
8	41%	上昇×フラット×上昇	共働夫婦
9	42%	フラット×上昇×フラット	高齢夫婦と子
10	44%	上昇×上昇×上昇	専業主婦夫婦と子
11	46%	フラット×上昇×フラット	専業主婦夫婦
12	46%	上昇×朝夜×上昇	共働夫婦
13	47%	フラット×夜中昼×フラット	専業主婦夫婦
14	48%	フラット×朝夜×フラット	共働夫婦と子
15	48%	フラット×フラット×フラット	専業主婦夫婦
16	49%	上昇×上昇×フラット	共働夫婦と子
17	49%	フラット×フラット×フラット	共働夫婦と子
18	49%	フラット×上昇×フラット	共働夫婦
19	49%	フラット×朝夜×フラット	共働夫婦
20	50%	フラット×上昇×フラット	共働夫婦
21	51%	フラット×上昇×フラット	専業主婦夫婦
22	52%	フラット×上昇×フラット	共働夫婦
23	53%	フラット×上昇×フラット	共働夫婦
24	53%	フラット×フラット×フラット	共働夫婦
25	55%	フラット×フラット×フラット	専業主婦夫婦
26	57%	フラット×フラット×フラット	共働夫婦と子

■ 上昇×上昇×上昇 ▲ 上昇×朝夜×上昇 ▲ 上昇×フラット×フラット ● フラット×上昇×上昇  
 □ 上昇×フラット×上昇 ◇ フラット×上昇×フラット △ フラット×夜中昼×フラット  
 ○ フラット×朝夜×フラット × フラット×フラット×フラット + 上昇×上昇×フラット

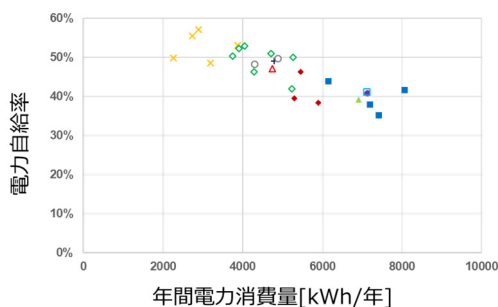


図6 電力消費パターンに対する電力自給率

費量に対する電力融通街区内のPV発電量で賄える電力量の割合である電力自給率を向上させることを目的としている。電力融通による電力自給率の向上効果を評価するため、街区ごとの電力自給率について、電力融通を実施しない場合及びLIBを導入しない場合のシミュレーションを実施した上で、電力

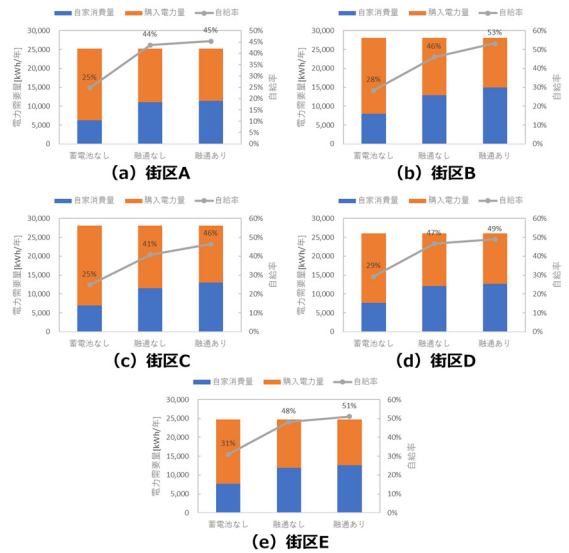


図7 各街区の電力自給率

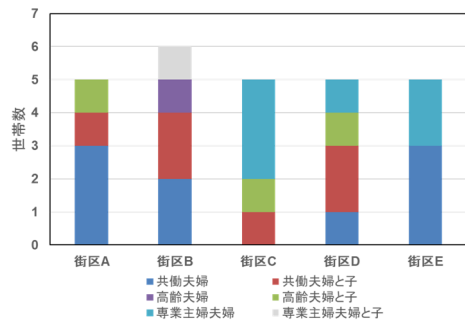


図8 各街区の世帯構成

融通街区での実績値との比較を行った。図7に街区ごとの電力自給率の比較を示す。図7より、A～Eの5街区でそれぞれ電力融通を実施した場合の自給率は45～53%であり、電力融通を実施しない場合と比較した結果、5街区全てで1～7%向上していることを確認した。電力自給率の向上効果については、A～Eの5街区の中央値は街区Eで3%であり、街区B及びCは5.6%、7.2%と高く、街区A及びDは1.8%、2.3%と低い結果であった。

図8に各電力融通街区の世帯構成を示す。街区B及びCのように電力融通効果が高い街区については、専業主婦世帯及び子育て世帯並びに高齢夫婦世帯及び共働世帯といった多様な世帯が属していることから、電力消費の多い世帯と電力消費の少ない世帯が混在していると考えられる。一方、街区A及びDのように電力融通効果が低い街区は、共働世帯が偏っていることから、比較的電力消費の少ない世帯が多いと考えられる。

図9に電力融通街区ごとの各世帯の電力消費パターンを示す。図9に示すように、電力融通効果の

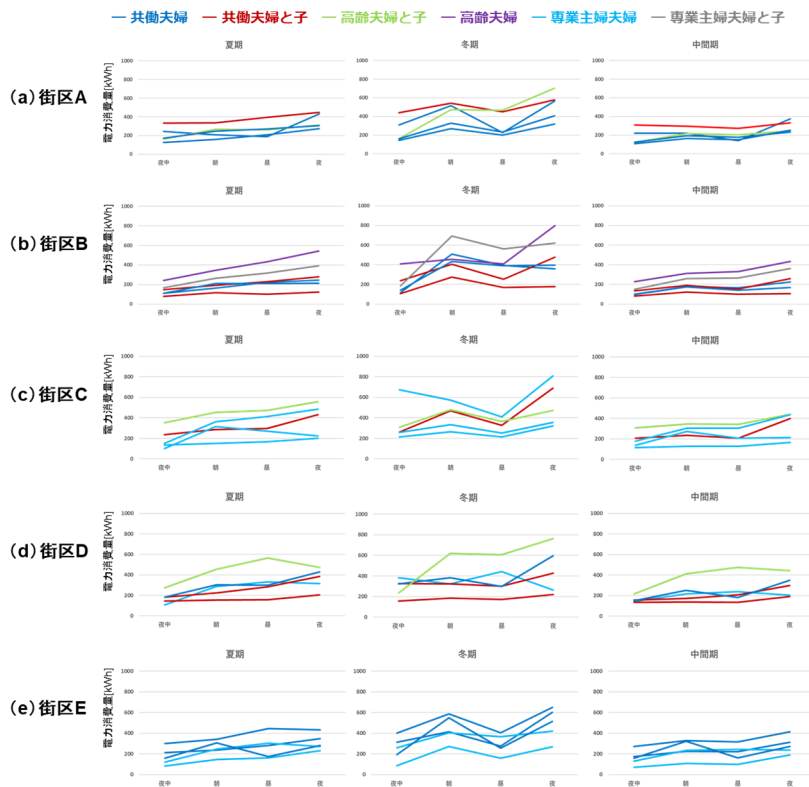


図9 各街区の電力消費パターン

高い街区 B 及び C の電力消費パターンより、図 8 での想定のように電力消費が少ない世帯が多く含まれ、電力消費が多い世帯と混在していることを確認した。また、朝・昼の電力需要が小さい世帯が多く属していることも確認した。一方、電力融通効果の小さい街区 A 及び D では、特に冬期の朝・昼の電力消費が大きく、また、街区内の世帯間で電力消費が大きい時間帯が重複している傾向にあることを確認した。

## 5. まとめ

本報では、5 戸又は 6 戸で構成されるマイクログリッドにおける電力融通による電力自給率の向上効果を分析した。その結果、電力融通による電力自給率の向上効果は、電力融通街区内の世帯構成や延床面積といった属性情報の他、各世帯の電力消費パターンが与える影響が大きいことが明らかとなった。

電力融通効果の高い街区の特徴は、以下が挙げられる。

- ① 電力消費が少ない世帯と多い世帯が混在する
- ② 朝・昼の電力消費が少ないため、PV 余剰電力

が多く発生する共働世帯が属する  
 ③ 昼間から夜間に需要が増える  
 また、電力融通効果の低い街区の特徴は、以下が挙げられる。

- ① 朝・昼の電力消費が多いため、PV 余剰電力が少ない
- ② 各世帯が類似した電力消費パターンである

## 参考文献

- 1) 小嶋祐輔, 荒井綾希子, 阿部力也, 他: 電気自動車・蓄電池を用いた戸建て住宅地域の電力融通システムの設計方法の確立およびその評価, 第 39 回エネルギー・資源学会研究発表会, Vol.42, No.2, pp.50-57, 2020
- 2) 住環境計画研究所: マイクログリッドの導入事例に関する調査報告書, 2021
- 3) 橋本整, 山羽基: 住宅の時系列電力消費パターンを用いたパターン分類手法に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集, pp.57-60, 2015

## 執筆者紹介

### ひとこと

複数の戸建住宅における電力融通効果の要因を世帯構成等の観点から検証した。環境エネルギー関連事業の持続的な推進のため、データ活用を中心とした技術開発等を進めていく。



小林 雅之  
修士 (工学)