

# 防災性・環境性に配慮した住宅街区の開発

## Development of Residential Blocks Considering Resilience and Environment

小林 雅之\*, 藤本 卓也\*, 村上 伸太郎\*, 原田 真宏\*

### 1. はじめに

日本において、東日本大震災（2011年）、熊本地震（2016年）、北海道胆振東部地震（2018年）等の大規模地震の経験から、地震災害を完全に防ぐことは困難であり、また今後も南海トラフ地震をはじめとした大規模地震が発生すると想定されている。加えて近年では、九州北部豪雨（2017年）、西日本豪雨（2018年）、房総半島豪雨（2019年）、東日本台風（2019年）、熊本豪雨（2020年）等の風水害も頻発していることから、災害への対策が必須となっている。また我が国の第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）<sup>1)</sup>において、「再生可能エネルギーの主力電源化」が求められており、住宅においては「2030年度以降新築される住宅・建築物について、ZEH（net Zero Energy House）・ZEB（net Zero Energy Building）基準の水準の省エネルギー性能の確保を目指す」とされていることから、今後、防災性・環境性に優れた住宅が求められている。

その中で、ZEH達成のためには太陽光発電（以下、PV）が必須となる。これまでは住宅のPVの発電電力のうち、住宅内で消費できない余剰電力は、固定価格買取制度（以下、FIT：Feed in Tariff）によ

り購入する電力単価よりも高いFIT単価で買取が行われてきた。しかしながら、近年はFIT単価の低下や電気代の高騰により、電力会社へ余剰電力を売電するよりも住宅内で自家消費することが推奨されている。また防災の観点からも、住宅で創ったエネルギーを住宅内で自家消費する地産地消は有効な手段である。一方で、共働世帯の増加やライフスタイルの変化等により、住宅1戸のみでは自家消費できる発電電力は限られる。そのため、より多くの発電電力を自家消費するためには、複数の建物間でPVの発電電力を融通することが望ましいと考えられる。小嶋ら<sup>2)</sup>は、電気自動車や蓄電池（以下、LIB）を用いた50戸程度の戸建住宅地域の電力融通システムについてシミュレーション評価を行っており、電力融通により電力自給率（電力消費量のうち、PVで賄うことができる割合）を向上可能であることを示している。また実際の住宅において、住宅間に自営線を敷設し電力融通を実施している事例<sup>3)</sup>もあるが、大規模な電力融通を実施するためには、高圧受電が必要になる等、大掛かりな設備投資が必要となり、導入のハードルが高い。

このような背景から、我々は千葉県船橋市の複合開発「船橋塚田プロジェクト（船橋グランオアシス）」において、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）を100%供給するまちづくりに取り組んだ。「船橋塚田プロジェクト」は、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る（Fig.1）。



Fig. 1 Full view of the project

\*大和ハウス工業株式会社 総合技術研究所  
(〒631-0801 奈良市左京6-6-2)  
e-mail: m00421618@daiwahouse.jp

当プロジェクトでは、戸建住宅や分譲マンション、賃貸住宅において、入居者が利用する電気はもちろん、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用電源にも再エネ電気を利用した。供給する再エネ電気は、大和ハウスグループ（以下、DHG）が全国で管理・運営する再生可能エネルギー発電所を中心に供給している。また再生可能エネルギー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。

その中で、戸建住宅街区「セキュレア船橋グランオアシス」において、「エネルギーを自給するまち」をコンセプトに掲げ、自らが作ったエネルギーは売るのではなく、複数の住戸間で電力を融通することで、街区内で発電した電力の地産地消ができるまちづくりを実施した。今回の電力融通システムは、低圧受電可能な容量で自営線を敷設することにより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することで、汎用性の高い仕組みとしたことが特徴である。また防災性を向上させるため、街区内は電線類地中埋設により無電柱化をし、全戸にPVとLIBを搭載した。

本稿では、「セキュレア船橋グランオアシス」で構築した防災性・環境性に配慮した住宅街区の特徴について解説する。

## 2. 構築した住宅街区の概要

### 2.1 電力融通街区の構成

Fig.2に本稿における電力融通を行う街区構成を示す。各電力融通街区において低圧で受電を行うためには、電気容量を50kVA未満とする必要がある。住宅1戸あたりの電気容量が6kVA～10kVAであることから、セキュレア船橋グランオアシスでは5戸または6戸で一つの電力融通街区を形成した。

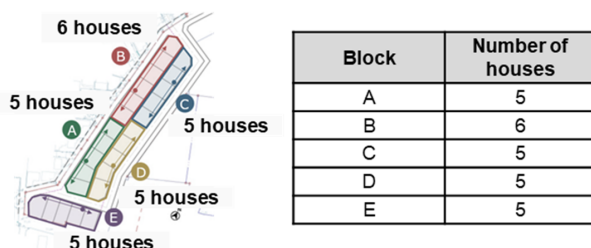


Fig. 2 Blocks of sharing electricity

電力融通実施については、我々がこれまでに培ったPVやLIB等の制御技術と、株式会社ファミリーネット・ジャパン（以下、FNJ）が電力供給サービスやインターネット提供サービスで培った知見を組み合わせることで実現した。各街区のPVの電力とLIBの放電電力及びDHGが供給する再エネ電気をFNJが組み合わせて各住戸に配電する（Fig.3）。また、引込分電盤から電力だけでなく通信も引き込むことで、インターネットサービスの提供も行う。各戸のPVの発電状況や電力利用状況にカレンダー情報や気象情報等のデータを追加し、クラウド上のAIが分析することでより高度にPVやLIB、ヒートポンプ式給湯機を最適に遠隔制御することを可能とした。これにより、お客さまは生活スタイル等を意識することなく、より多くのPVで発電した電力を街区内で自家消費することができる。

### 2.2 電力融通システム

Fig.4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

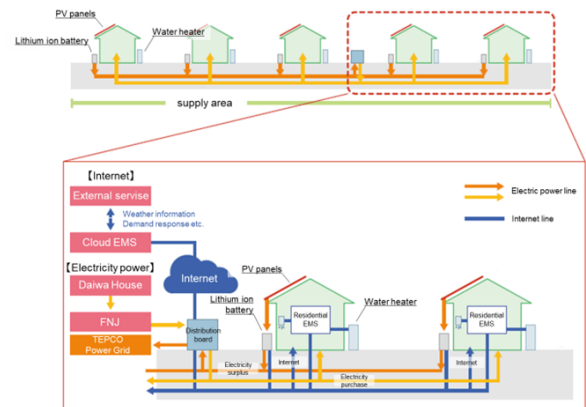


Fig. 3 Schematic diagram of sharing electricity system

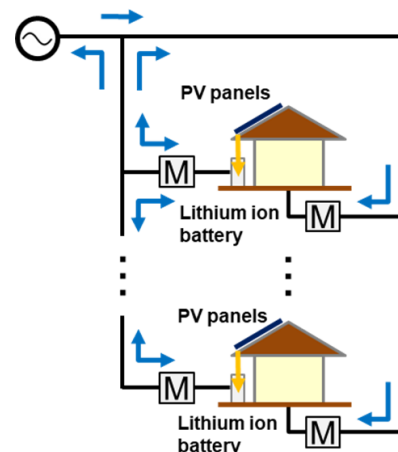


Fig. 4 Electricity flow of sharing electricity system

LIBから構成される。PV及びLIBの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の特徴である。Fig5に引込分電盤の写真を示す。左側に各住宅のPV及びLIB用のブレーカー、右側に各住宅での電力需要への供給用ブレーカーを構成している。この構成により、各電力融通街区を1つの大きな需要家としてみなすことで、PVの発電電力及びLIBの放電電力を融通可能としている。

電力融通制御におけるLIBの充放電の制御判断は、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、LIB1台当たりの充放電能力（本事例では2,000W）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系統からの不要な売買電力等を防止するため、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。

Fig6に電力融通システムによる電力供給の例を示す。Fig6 (Case1)の例では、住宅総負荷6,400Wに対してPV総発電電力2,000W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4,400Wであるため、2台のLIBに対して放電指示をし、合計で4,000Wの放電を実施する。さらに、最上位のLIBが不足する400Wに対し放電を実施する。Fig6 (Case2)の例では、住宅総負

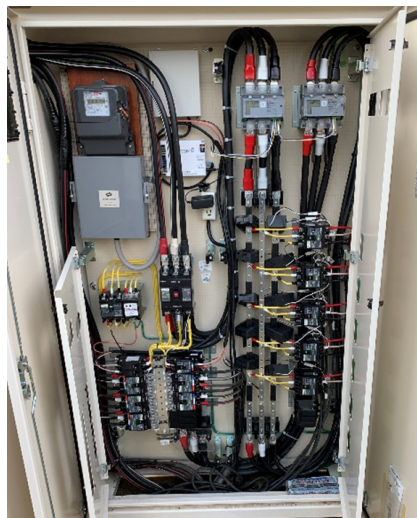
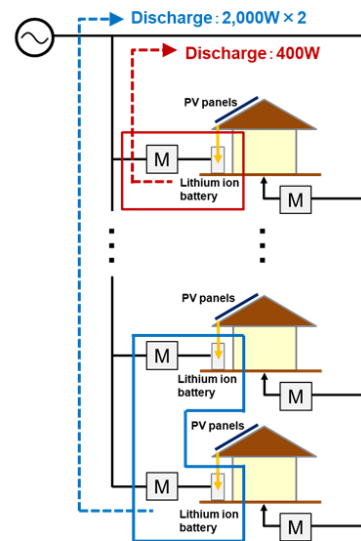


Fig. 5 Picture of power distribution board

荷2,000Wに対し、PV総発電電力7,000W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5,000Wに対し、2台のLIBに対して充電指示をし、合計で4,000Wの充電を実施する。同様に、最上位のLIBが超過する1,000Wの余剰電力に対し充電を実施する。またいずれのケースで

**Case1.**  
Electricity consumption > Electricity generation

$$\begin{aligned} \text{Total electricity consumption } 6,400\text{W} \\ = \text{Total electricity generation } 2,000\text{W} + \\ \text{Discharge } 2,000\text{W} \times 2 + \text{Discharge } 400\text{W} \end{aligned}$$



**Case2.**  
Electricity consumption < Electricity generation

$$\begin{aligned} \text{Total electricity generation } 7,000\text{W} \\ = \text{Total electricity consumption } 2,000\text{W} + \\ \text{Charge } 2,000\text{W} \times 2 + \text{Charge } 1,000\text{W} \end{aligned}$$

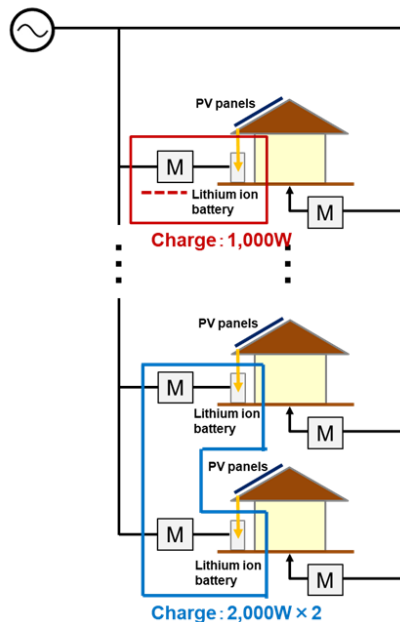


Fig. 6 Typical examples of sharing electricity



も1分以内の負荷の変動が発生した際は、充放電2,000Wまでは最上位のLIBで対応できることも電力自給率及びPV自家消費率を高める要素の一つである。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に直流電力で直接充電する場合と、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。

### 2.3 各住宅及び設備の構成

Table.1に各住宅の概要を示す。各住宅には3.045kWのPV、5.4kWhのLIBを搭載している。給湯器に関しては、全てのお客さまが潜熱回収型ガス給湯器を選択されている。

導入したLIBに関し、防災性を向上させるため、上記の電力融通制御とは独立して停電リスクを検知した場合に、事前にLIBを満充電にする機能を搭載している。具体的には、翌日に台風規模の悪天候が予測され、風速20m/sもしくは降水量30mm/hの条件を満たした場合、上記の電力融通制御から停電予測制御に切替を行い、LIBを満充電にする。本制御により、環境性や経済性だけでなく、万が一の停電が発生しても、電力融通制御により世帯間で格差なくLIBによる防災性を最大限に活用することが可能になる。

また分析に使用するデータについては、5つに分けた電力融通街区を対象に、2021年4月から2022年3月の1年間30分間隔で計測を行った。

Table. 1 The outline of measured data

Location	Funabashi-shi, Chiba
Number of houses	26 houses
Floor space	99.55~135.13 m <sup>2</sup>
PV capacity	3.045 kW
Water heater	Latent heat recovery water heater
Target period	2021/4~2022/3
Data interval	30 minutes

### 3. 各世帯の分析

本章では、電力融通効果を評価するため、電力融通を実施しない場合の電力自給率及びPV自家消費率を用いる。Fig.7に各世帯における年間電力消費量と年間発電量を示す。年間電力消費量は約2,000~8,000kWh/年/世帯と世帯によって大きくばらついている。また同じ家族構成であっても年間電力消費量が大きく異なる。一方、年間発電量は、PV容量を3.045kWで統一しているためばらつきは少なく、平均4,153kWh/年/世帯であった。

Fig.8に各世帯の年間電力消費量に対する電力自給率を示す。電力自給率については、年間電力消費量のうち、PV発電量で賄えた割合から算出した。Fig.8より、電力自給率は35~55%であり、電力消費量が増えるにつれて小さくなる傾向が見られるが、家族構成には依存せず、世帯によるばらつきが大きいことを確認した。

Fig.9に各世帯の年間電力消費量に対するPV自家消費率を示す。PV自家消費率については、PV発電量のうち住宅内で活用できた割合から算出した。Fig.9より、PV自家消費率は35~87%であり、

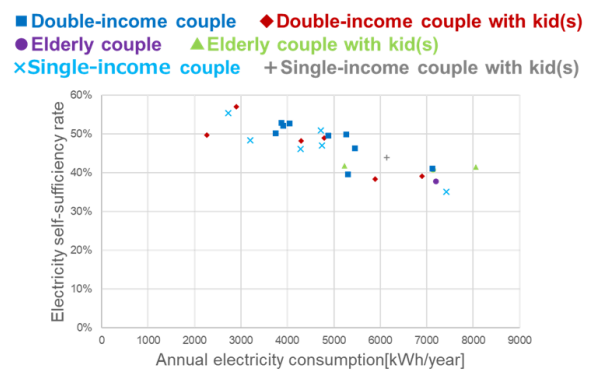


Fig. 8 Annual electricity consumption versus electricity self-sufficiency rate for each house

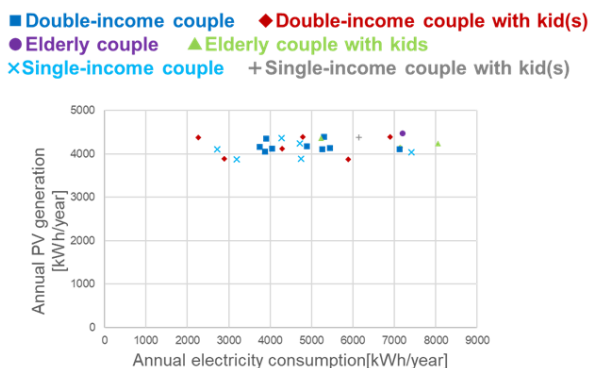


Fig. 7 Annual electricity consumption and PV generation for each house

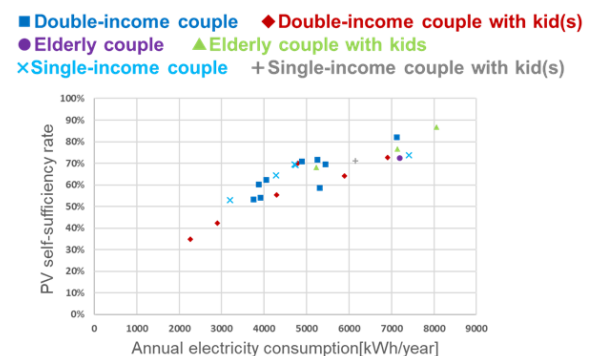


Fig. 9 Annual electricity consumption versus PV self-consumption rate for each house

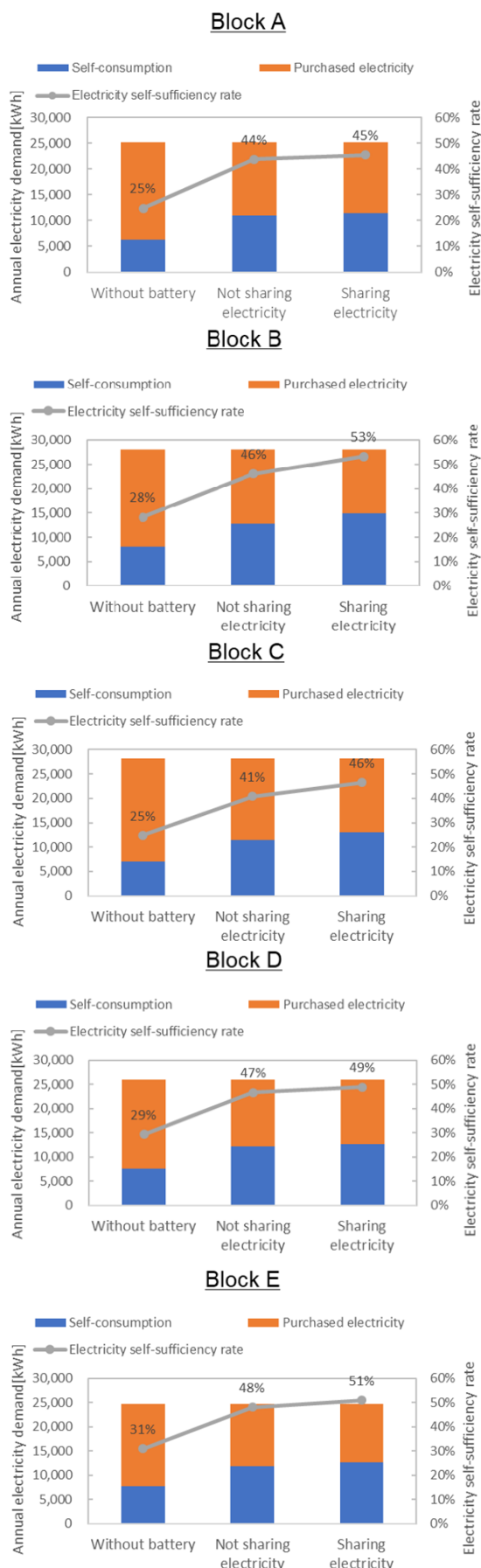


Fig. 10 Electricity self-sufficiency rate for each block

電力消費量が増えるにつれて大きくなる傾向が見られるが、日中に発電される電力と各住宅の電力需要のバランスによるもので電力自給率と同様に家族構成に依存せず、ばらつきが大きいことを確認した。

#### 4. 電力融通効果の評価

電力融通街区では、複数の住宅間での電力融通による電力自給率の向上を目的としている。電力融通による電力自給率の向上効果を評価するため、電力融通を実施しない場合及び LIB を導入しない場合の電力自給率のシミュレーションを実施し、電力融通街区での実績値と比較を行う。

Fig.10 に街区ごとの電力自給率を示す。Fig.10 より、LIB を導入しない場合では電力自給率が 25～29% であるのに対し、LIB を導入することで電力自給率が 41～48% まで増加する。さらに A～E の 5 街区でそれぞれ電力融通を実施した場合 45～53% の自給率となり、電力融通により電力自給率が 1～7% 向上し、電力消費量の概ね半数を街区内の PV 由来の電力で賄うことができているのを確認した。この電力自給率の向上効果については、A～E の 5 街区の中央値である街区 E で 3.0% であった。一方、街区 B 及び C の電力自給率の向上効果は 5.6%, 7.2% と大きく、街区 A 及び D の電力自給率の向上効果は 1.8%, 2.3% と小さい結果であった。

Fig.11 に各電力融通街区の家族構成を示す。電力融通効果が高い街区 B 及び C については、電力消費量の大きい世帯（専業主婦世帯や子育て世帯及び高齢夫婦世帯）と電力消費量の小さい世帯（共働世帯）といった多様な世帯が属していることが分かる。一方、電力融通効果が低い街区 A 及び D については、比較的電力消費量の小さい世帯（共働世帯）に偏っていることが分かる。

Fig.12 に街区ごとの PV 自家消費率を示す。

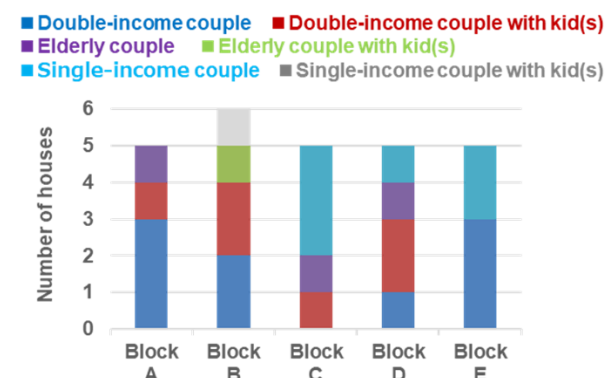


Fig. 11 Family composition for each block

Fig.12より、LIBを導入しない場合ではPV自家消費率が31～39%であるのに対し、LIBを導入することで、PV自家消費率が52～62%まで増加する。さらにA～Eの5街区でそれぞれ電力融通を実施した場合56～67%のPV自家消費率となり、電力融通を実施しない場合と比較して5街区全てで1～8%向上することを確認した。またPV自家消費率の向上効果は、中央値である街区Eで34%であった。一方、街区B及び街区CのPV自家消費率の向上効果は84%、71%と大きく、街区A及び街区DのPV自家消費率の向上効果は1.6%、1.8%と小さい結果であった。

### 5. まとめ

防災性・環境性に配慮した住宅街区として、5戸～6戸の住宅における電力融通の取り組みについて紹介した。本事例の特徴として、高圧受電や特定供給のための特区認定等を不要とし、低圧受電可能な容量で自営線により電力融通街区を形成することで、汎用性の高い仕組みとしたことが挙げられる。電力融通により、街区内の地産地消が促進され、電力自給率及びPV自家消費率を向上させることが可能であることを確認した。また電力融通の効果は、電力融通街区内の家族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。

電力融通効果の大きい街区の特徴は、以下が挙げられる。

- ①電力消費が小さい世帯と多い世帯が混在する
- ②朝・昼の電力消費量が小さく、PV余剰電力量が大きい共働世帯が属する

また電力融通効果の小さい街区の特徴として、以下が挙げられる。

- ①朝・昼の電力消費量が大きく、PV余剰電力量が小さい専業主婦世帯や子育て世帯及び高齢夫婦世帯が属する
- ②各世帯が同様の電力消費パターンである

### 参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁、第6次エネルギー基本計画(2021年10月)、pp.33-46.
- 2) 小嶋祐輔, 荒井綾希子, 阿部力也, 岩船由美子, 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及びその評価, 第39回エネルギー・資源学会研究発表会,

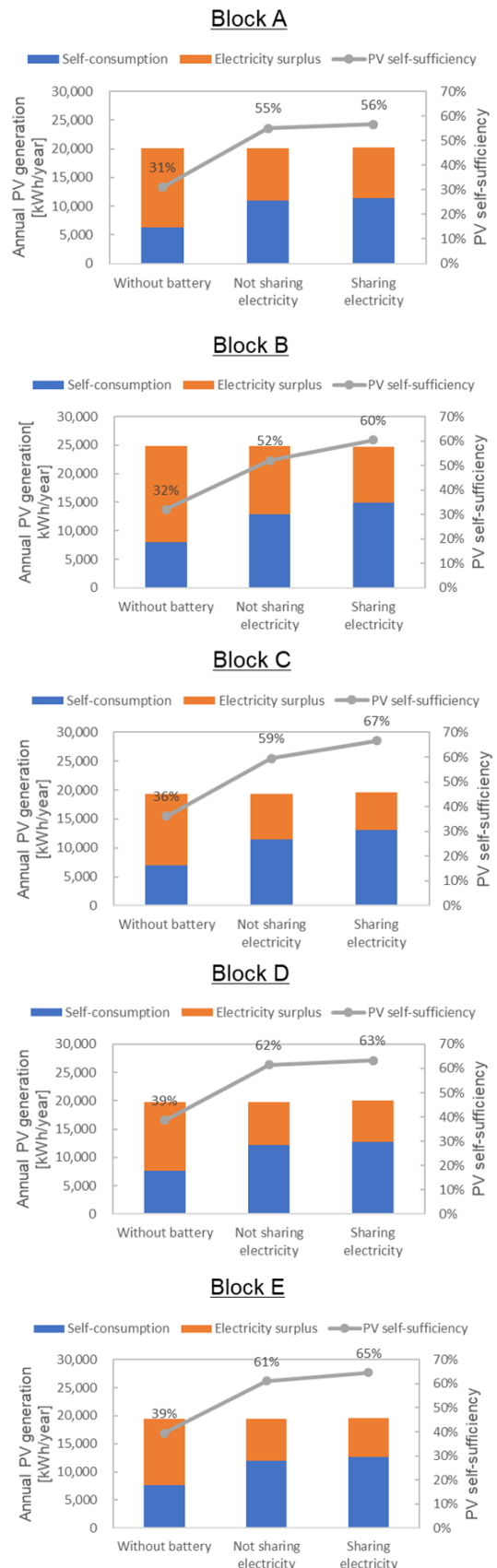


Fig. 12 PV self-consumption rate for each block

Vol.42, No.2 (2020), pp.50-57.

- 3) 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), pp.3-16.

### 著者略歴



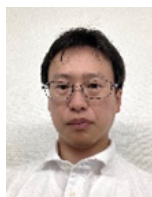
小林 雅之 (コバヤシ マサユキ)

2019年3月東海大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月大和ハウス工業株式会社入社。主に研究開発におけるデータサイエンス領域に従事。



藤本 卓也 (フジモト タクヤ)

2012年3月大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年4月大和ハウス工業株式会社入社。2017年9月大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了。主にエネルギーマネジメントシステムの開発等に従事。  
博士 (工学)。



村上 伸太郎 (ムラカミ シンタロウ)

2008年3月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。同年4月大和ハウス工業株式会社入社。主にエネルギーマネジメントシステムの開発等に従事。



原田 真宏 (ハラダ マサヒロ)

2007年3月東京都立大学大学院工学研究科博士課程修了。2005年4月～2007年3月日本学術振興会特別研究員 (DC2) を兼任。2007年4月財団法人神奈川科学技術アカデミー入職。2009年12月大和ハウス工業株式会社入社。主に環境エネルギー関連のシステム開発等に従事。  
博士 (工学)。