

# 蓄電池・EV・オフィスをシェアする 分散型電力システム地区の経済性分析

蜂谷 日奈子<sup>1</sup>・谷下 雅義<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 学生非会員 東京工業大学大学院 環境・社会理工学院 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

E-mail: hinakohachitani@gmail.com

<sup>2</sup> 正会員 中央大学理工学部 (〒112-8551 東京都文京区春日一丁目 13-27)

E-mail: mtanishita.45e@g.chuo-u.ac.jp (Corresponding Author)

本研究では、太陽光パネルを設置した住宅地で、平日は蓄電池として土日は移動手段として扱うシェアEVに加え蓄電池とオフィスについてもシェアをし、なおかつコンビニを有する分散型電力システム地区を対象として、電力需給シミュレーションを行い、最適な蓄電池容量およびシェアEV台数の組合せについての検討を行った。その結果、シェアEVを導入することでコミュニティ蓄電池の容量を節約でき、設備費と買電費用の和である総費用を節約できること、また太陽光発電量が蓄電池価格やEV蓄電池容量よりも総費用や電力自給率に大きな影響を及ぼすことなどを明らかにした。

**Key Words:** *electricity self-sufficiency, solar panel, community storage battery, share office*

## 1. はじめに

現在、太陽光等の再エネや蓄電池やEV等の分散型リソースの導入・拡大が進んでいる。電力制度面においても小売全面自由化や法的分離等を踏まえて卸電力市場、需給調整市場、容量市場等の各種電力市場の運開が進み、それぞれの市場への分散型リソースの参入も実現している。2022年からは特定卸供給事業（アグリゲーター）、配電事業、特定計量やFIP、また2025年度からは次世代スマートメーターが導入予定など分散型リソースの活用拡大に向けた制度の整備も進展している。経済産業省では、これらの分散型リソースの潜在価値を「使い尽くす」ため、どういった措置が必要となるかという観点から「次世代の分散型電力システムに関する検討会」が設置され、議論が進められている。

分散型電力システム地区もつくられている。例えば、埼玉県さいたま市浦和美園E-フォレスト第3街区では、51の住宅を1つの地区とみて、各住宅の太陽光パネルで発電した電力を一つの蓄電池（コミュニティ蓄電池と呼ばれる）と2台のEV（電気自動車）に貯め、そこから複数の家庭で電力消費が行われる。

この動きとあわせて個々の住戸でなく、地区・都市レベルにおける電力需給シミュレーションを行う研究も進んでいる。例えば、小嶋ら<sup>1</sup>は、浦和美園E-フォレスト

第3街区を対象に蓄電池容量の検討を行い、電力自給率は60%になることを明らかにしている。また室町ら<sup>2</sup>は都市単位で蓄電池とEVを導入したときのコストを考慮して都市のゼロエミッション化の実現可能性についてシミュレーションを行っている。

しかし、前者の研究ではコンビニエンスストア（以下、コンビニと記す）やシェアオフィスといった生活関連施設は扱われていない。またEV台数が2台と固定されており、シェアEVを地区に導入するときの最適台数の検討は行われていない。また後者については、都市単位となっており、コミュニティ蓄電池やシェアEVを導入する空間的単位が明示されておらず、分散型電力システム地区を前提とした分析を指向しているものではない。

そこで、本研究では太陽光パネルを設置した住宅地で、コミュニティ蓄電池・シェアEVに加え、コンビニやシェアオフィスを有する分散型電力システム地区を対象として、電力需給シミュレーションを行い、費用の観点から最適な蓄電池容量とシェアEV台数の組合せについて検討することを目的とする。

## 2. 前提となる諸仮定とデータ

### (1) 分散型電力システム地区

本研究では、50戸で150人居住している地区（150人/ha, 1ha）を単位として分析を行う。コンビニが成立する商圏人口は3,000人とされていることから、この単位地区が20集まり、1,000世帯3,000人が暮らす街を考える。

50世帯の単位地区の中心にシェアオフィスを一ヶ所設置する。シェアオフィスのある場所には後述するコミュニティ蓄電池やシェアEVも配置し、地区の拠点として位置づける。

この地区に居住する人は、平日は徒歩あるいは自転車で移動し、シェアオフィスで働くとともにコンビニで買物や他の生活支援サービスをうける、また土日はシェアEVも使って地区外で活動することを想定する。

## (2) 需要・発電量のデータ

本研究では、全国55世帯の太陽光発電量、電力需要量のデータと、コンビニ・シェアオフィスの消費電力のデータを利用する。世帯ごとのデータについては、一般社団法人「環境共創イニシアチブ」の「ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業」により公開されていた（2022年7月4日時点）令和二年度の1時間ごと1年分のデータを使用した。ただし、本研究で用いた住宅の年間電力消費量の平均値（約6,400kWh）は、日本全体の世帯当たり年間電力消費量の平均値（約3,000kWh）の約2倍となっていることに注意が必要である。

またコンビニとシェアオフィスについては時間ごとのデータが公開されておらず、入手できなかった。そのためコンビニについては、年間の電力消費量および冬季と夏季の需要量曲線<sup>9</sup>から1時間ごとの値を設定した。なおコンビニは、20の単位地区で1店舗として考えており、1/20として計算に用いる。シェアオフィスについては、年間で住宅20戸分の電力消費量があるものと仮定し、かつ一日の需要曲線<sup>9</sup>から1時間値を設定した。なお土日については夜間と同じであると仮定している。これらの設定の妥当性は今後の課題である。

またコンビニとシェアオフィスの屋根でも太陽光パネルを設置し発電を行うことを仮定するが、個々の住宅も含め、パネル設置面積や角度などの発電設備費用については考慮しない。これも今後の課題である。

## (3) コミュニティ蓄電池

蓄電池は容量を増加させれば昼の余剰電力を貯めることができ、太陽光発電を行えない夜間に余剰電力を使用することが可能である。そのため、蓄電池の容量が増加すれば、夜間に使用できる電力が増えるため、買電量が減り、エネルギー自給率は増加する。

## (4) シェアEV

50世帯の地区で共有して利用する「シェアEV」とし

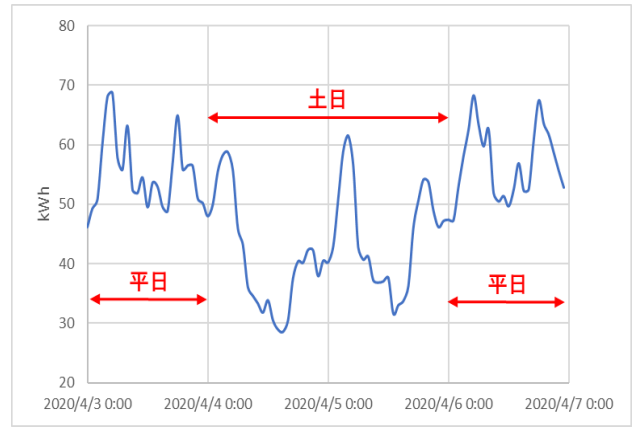


図-1 平日と土日の需要変動

て位置付ける。平日と土日における電力消費量の変動パターンの違い(図-1)に着目し、平日は蓄電池として、蓄電池容量の一部(30kWh)を利用し、土日は移動手段としてEVを利用するものとする。

## (5) その他の仮定

蓄電池やEVに充電・放電する際にロスが生じる。本研究ではその際のロス率を10%と仮定する。

## 3. 電力需給シミュレーションと評価指標

時刻nにおいて、太陽光発電量をSup, 電力需要量をDem, 充電量Ec, 放電量Ed, 買電量Eb, 蓄電量Es(n), 蓄電池の最大容量Emax, ロス率lossとする。蓄電池に関しては、定置用蓄電池とEVに蓄電できるとする。

余剰 (Sup>Dem) が発生するとき、Ed=Eb=0。充電量、放電量、蓄電量に関しては、以下で示すように定義する。

① 蓄電池が最大容量に達しているとき、余剰分を蓄電できないため

$$Ec = 0, \quad Es(n) = Emax$$

② 蓄電池に空きがあるが、余剰を足すと上回るとき、

$$Ec = Emax - Es(n - 1)$$

$$Es(n) = Emax$$

③ 蓄電池に空きありで、余剰を足しても上回らないとき、

$$Ec = (Sup - Dem) * (1 - loss)$$

$$Es(n) = Es(n - 1) + Ec$$

④ 不足 (Dem>Sup) が発生するとき、Ec=0になる.. 不足が蓄電量で賄える時、

$$Eb = 0, \quad Ed = (Dem - Sup) * (1 - loss)$$

$$Es(n) = Es(n - 1) - Ed$$

不足が蓄電量で賄えないとき、

$$Eb = (Dem - Sup) - Es(n - 1) * (1 - loss)$$

$$Ed = Es(n - 1)$$

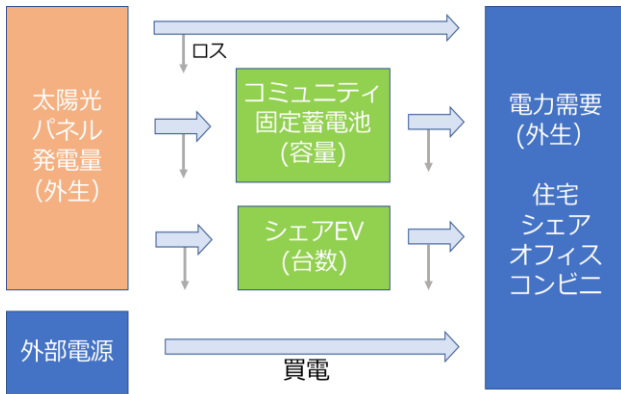


図-2 シミュレーションモデルの概要

$$Es(n) = 0$$

これらの式を図式化したものが図-2である。

ExcelのVBAを用いて、上記の仮定を基に充電量・放電量・蓄電量・買電量を算出する。太陽光発電による余剰分を蓄電する仮定として、まず蓄電池に貯め、その後EVに貯めるという順序にする。放電する際は、まず蓄電池から使用し、その後EVという形をとる。

蓄電量を需要量が上回り、不足が発生した際は系統電力から買電するものとする。反対に発電量が蓄電容量を上回ってしまった場合の売電は考慮しない。

蓄電池の容量や仮定を変えたシミュレーションを1時間単位、1年8760時間で行う。出力される指標の一つは買電量(kWh)である。この買電量から、電力自給率を導出することができる(次式)。

$$\text{エネルギー自給率(\%)} = 1 - \frac{\text{買電量(kWh)}}{\text{総電力需要(kWh)}}$$

また買電量に買電価格(30円/kWh)を乗じることで買電費用(円/年)が算出される。

当然であるが、蓄電池の容量が増えることで、この買電量が減少し、電力自給率が高くなることが期待される。その一方で設備コストが高くなる。本研究ではこの設備コストについて、室町<sup>2)</sup>らとMamie Shaw<sup>3)</sup>の数式を参考に算出した。Mamie Shawらの研究からは、コミュニティ蓄電池におけるコスト計算の式を、室町らの研究からは、蓄電池のコストに用いるパラメータを参考にした。蓄電池の耐用年数を10年と仮定し、年換算コストを求める。

そして設備費と買電費用の総費用が最小となる蓄電池容量が最適であると判断する。なお本研究では、太陽光発電施設は外生で扱っているため、蓄電池とEVについての年間設備費を扱う。

技術が日々進展している分野であり、適切な数値設定は容易ではないが、本研究では蓄電池は7万円/kWh/年、EVは12万円/台/年の設備費を仮定する。もちろんこの仮定は結果に大きな影響を与えるため、感度分析を行う。

#### 4. ケース設定

シミュレーションでは、まずコミュニティ蓄電池の導入効果について分析を行う。次に最適なコミュニティ蓄電池容量とシェアEV台数の組合せについて検討する。

<コミュニティ蓄電池の導入効果>

先行研究で知られているように、個々の住宅に蓄電池を導入するよりも、50戸の住宅に集計した単位で蓄電池を導入する方が需要の平準化に対応できるため、その容量を節約できるはずである。ここではこの両者の比較を行う。なおこの比較においては、EVは考慮しないで行うこととし、またコミュニティ蓄電池の導入単位は100kWhとして計算を行う。

<最適なコミュニティ蓄電池容量とシェアEV台数の組合せ>

平日シェアEVを蓄電池として活用することにより、コミュニティ蓄電池の容量を小さくでき、結果として総費用を低くすることができると考え、蓄電池容量とともに導入台数を変化させて、総費用が最小となる最適な組合せについて検討する。

#### 5. 結果

##### (1) コミュニティ蓄電池の導入効果

個別の住宅に蓄電池を導入する場合、12kWhの蓄電池を導入するとき費用が最小となると算出され、50世帯の合計の蓄電池容量は500kWhとなった。

50世帯とコンビニ(1/20)、シェアオフィスを考慮した地区において、コミュニティ蓄電池の最適容量を算出したところ、400kWhの時に最小となった。

すなわちコミュニティ蓄電池の導入により、その容量を100kWh節約できることがわかった。またこのときの総費用は約755万円/年、電力自給率は約66%であった。

##### (2) 最適なコミュニティ蓄電池容量とシェアEV台数の組合せ

コミュニティ蓄電池300kWh+シェアEV10台のときに最も総費用が小さくなり、731万円/年と推定された。この数値は400kWhのコミュニティ蓄電池を導入するときよりも約3%安いことがわかる(図-3)。

また図は省略するが、コミュニティ蓄電池の容量を200kWhとしたときの最適なシェアEVの導入台数は11台、100kWhとしたときの最適なシェアEVの導入台数は14台となったが、これらのときの総費用も400kWhのコミュニティ蓄電池のみ(シェアEV導入なし)の場合よりも安くなった。

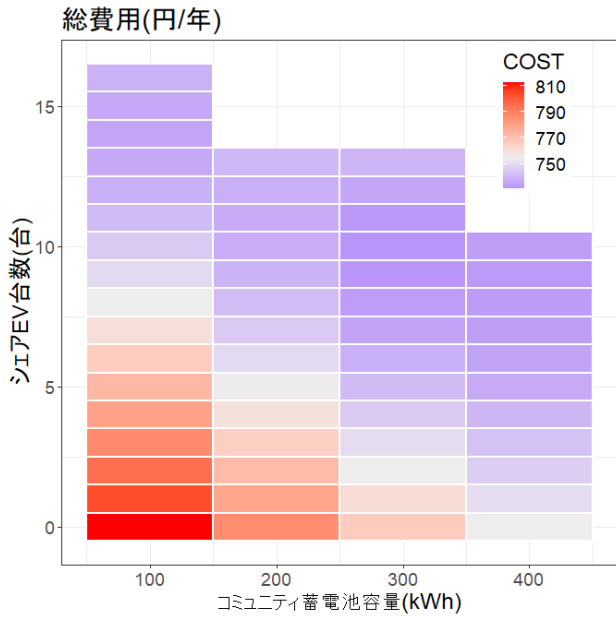


図-3 コミュニティ蓄電池容量とシェアEV台数別の総費用

表-2 感度分析のまとめ

	コミュニティ蓄電池容量(kWh)	シェアEV台数(台)	電力自給率(%)	総費用(万円)
EV0	400	0	65.5	755
ベース	300	10	70.9	731
発電量-10%	200	11	52.8	737
発電量+10%	400	11	79.4	696
蓄電池価格-10%	400	9	75.0	704
蓄電池価格+10%	100	14	63.9	731
EV容量-10%	400	4	69.6	747
EV容量+10%	100	13	64.2	719

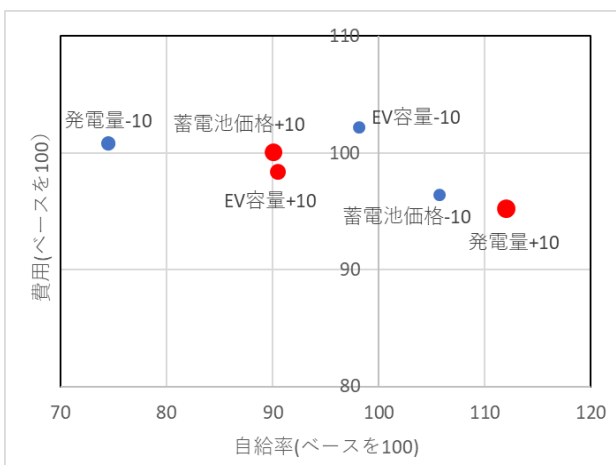


図-4 発電量・蓄電池価格・EV蓄電池容量をそれぞれ±10%変化させたときの最適コミュニティ蓄電池容量・シェアEV台数における電力自給率と総費用  
(+10%が赤，-10%が青，○の大きさは最適シェアEV台数であり，大きいほど台数が多いことを表す)

## 6. 感度分析

本研究では多くの仮定をおいてシミュレーションを行っている。そのため設定したパラメータの感度を理解しておくことは重要である。ここでは、発電量、蓄電池価格、EVの蓄電池として用いる容量の3つの変数について、それぞれプラスマイナス10%変化させたときの、最適なコミュニティ蓄電池容量およびシェアEV導入台数の変化、その結果としての総費用と自給率の変化について示す。

表-2 および図-4 に結果を示す。総費用を最小化すべく最適なコミュニティ蓄電池容量やシェアEVの組み合わせが変化する。相対的に蓄電池が活用されやすくあるいは kWh の価格が安くなる方向に変化させると、当然だが最適容量は増加し、自給率は上昇することが確認できる。特に発電量が 10%低下するときには、自給率は大きく減少する。また EV 蓄電池容量については、費用を最小化するとき、その増減にかかわらず自給率が低下するという結果となった。

そして総費用および自給率に最も影響を与えるのは発電量であることがわかる。±10%の変動により、自給率は約 36%、総費用は約 6%変化した。一方、コミュニティ蓄電池価格や EV 蓄電池容量の感度は相対的に小さく、価格は約 4%の変化に留まることがわかった。

## 7. おわりに

本研究では太陽光パネルを設置した住宅地に、蓄電池・EV・オフィスシェアし、なおかつコンビニを有する分散型電力システム地区を対象として、電力需給のシミュレーションを行って、費用の観点から最適な蓄電池容量やシェアEV台数の組合せについての分析を行った。多くの前提・仮定のもとでの計算であるが、以下の知見を得た。

- 平日は蓄電池、土日は移動手段として利用するシェアEVと組み合わせることにより、最適コミュニティ蓄電池容量を小さくでき、費用も低下する。
- 太陽光発電量、コミュニティ蓄電池価格、EVの蓄電池容量について、±10%変化させる感度分析を行ったところ、発電量の影響が最も大きく、自給率は約 36%、総費用が約 6%変化する。

今後の課題は少なくない。まず多くの前提仮定のもとでの計算であり、それらの妥当性の検討が不可欠である。特に本研究で10%としたロス率については低減することで電力自給率を高められると考える。またシェアEVについては、蓄電池としての評価しか行っておらず、移動

手段としての評価はできていない。そして電力のみならず、ガスや灯油なども含めたエネルギー全体の自給率の検討も必要である。

## REFERENCES

- 1) 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および評価，*Journal of Japan Society of Energy and Resources*, Vol.42, No.2. Pp.50-57, 2021.  
[Iwahune, Y. Kojima, Y. Arai, A. and Abe, R.: Design and Evaluation of Microgrid Energy Systems for Residential Area with Electricity Sharing using Battery and Electric Vehicles, *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, Vol.42, No.2. Pp.50-57, 2021 ]
- 2) 室町泰徳・川崎直哉：東京都市圏におけるEV・PV・定置用蓄電システムを活用した都市のゼロエミッション化に関する分析，*日本都市計画学会 都市計画論文集*, Vol.56, No. 3, pp. 1366-73, 2021.  
[ Muromachi, Y. and Kawasaki, N. : Building Zero-Emission
- Cities with EV, PV, and Stationary Battery System in Tokyo Metropolitan Area, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.56, No.3, pp.1366-73 2021. ]
- 3) 鷺頭紀幸：商業部門における電力消費実測調査からの一考察 スーパー・コンビニの省電力・負荷平準化の可能性について，*日本エネルギー経済研究所第352回定例研究報告会*, 1999年4月22日。  
[Washizu, N. : A Consideration of Commercial Electricity Use Based on Measured Consumption Records – Electricity Saving and Leveling Potentials at Supermarkets and Convenience Stores, *The Institute of Energy Economic Japan, 352nd Regular Seminar*, April 22nd, 1999. ]
- 4) パナソニックインフォメーションシステムズ株式会社：エネルギーマネジメント eview – 節電のヒント [Panasonic Information Systems Inc. Energy management, eview, *Setsudenmohinto*]
- 5) Mamie Shaw : Community batteries: a cost/benefit analysis, Australian National University

(Received ????)

(Accepted ????)

## ECONOMIC ANALYSIS IN A DECENTRALIZED POWER SYSTEM DISTRICT WITH SHARED STORAGE BATTERIES, ELECTRIC VEHICLES AND WORKPLACE

Hinako HACHITANI and Masayoshi TANISHITA

In this paper, we simulated power supply and demand in a decentralized power system district with solar panels, shared community storage batteries, workplace and electric vehicles, which are treated as storage batteries on weekdays and as a means of transportation on weekends. We calculated the optimal combination of storage battery capacity and the number of shared EVs. As a result, by introducing shared EVs, it is possible to save the capacity of the community storage battery, and the total cost, which is the sum of the equipment cost and the power purchase cost. And it was clarified that the amount of photovoltaic power generation has a greater impact on the total cost and the power self-sufficiency rate than on the battery price and EV storage battery capacity.