

蓄電池・電気自動車連携させた ZEH 住宅の性能評価 群馬県藤岡市のモデル住宅を対象とした年間での実測結果

Performance Evaluation of the ZEH Linked with the Storage Batteries and the Electric Vehicle
Measurement Results at the Model House in Fujioka City, Gunma Prefecture Throughout the year

佐藤 廉*, 三田村 輝章**, 田中 和久***, 永井 俊男***, 石田 房嗣***
Ren SATO, Teruaki MITAMURA, Kazuhisa TANAKA, Toshio NAGAI and Husatsugu ISHIDA

keywords : ZEH, Photovoltaics, Electric Vehicle, Storage Battery, Field measurement
ZEH, 太陽光発電, 電気自動車, 蓄電池, 実測調査

1. はじめに

日本国内の燃料資源は乏しく、海外からの輸入に依存し、更に石炭などの化石燃料は、その燃焼により二酸化炭素を排出することで、地球温暖化の問題が年々深刻さを増してきている。そのため、2020年10月に菅前内閣総理大臣が「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年までにカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言するなど、環境負荷の低減がより一層求められ、住宅においても ZEH の普及が進められている。一方、ZEH の実現のためには、太陽光発電による創エネが不可欠であり、近年、太陽光発電は急速に普及しつつあるが、発電した電気は日中しか使用できず、その多くは電力会社に売電するのが現状である。しかし2019年以降、高価格で売電することのできる固定価格買取制度 (FIT) が順次終了しており、売電による利益を得ることは難しくなっていることから、今後は昼間発電した電気を蓄電池などに蓄え、夜間に放電することで発電した電力の自家消費率を向上させることが経済的に優位につながると考えられる。また、度重なる気象災害や地震による停電の経験から、住宅内で電気を自給自足することによるレジリエンスの強化もますます重要性を増してきており、そのためにも蓄電池の利用は有効である。最近では、大容量の蓄電池として活用可能な電気自動車と連携させるシステムも注目されてきているが、未だ普及が進んでおらず、その実証データは少ない。

そこで、本研究では、蓄電池と電気自動車連携させた藤岡市のモデル住宅を対象とした電力収支の実測結果を分析することで、蓄電池を利用した場合の電気の自給自足の可能性について検証することを目的とする。本報では、太陽光発電と主に蓄電池のみを用いた場合の実測結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 対象住宅の概要

実測調査の対象は、群馬県藤岡市に建設された ZEH 仕様のモデル住宅である。写真 1 に建物の外観、図 1 に平面図を示す。延床面積は 146.15m²、木造 2 階建てであり、モデル住宅であるため居住者はいない。また、U_A 値は 0.51W/m²K、C 値は 2.1cm²/m² であり、換気方式は熱交換を行う第一種換気である。太陽光発電パネル (出力: 9.9kW) と、蓄電池 (容量: 5.6kWh) を 2 台備えており、電気自動車には蓄電池容量 24kWh の日産リーフを用いる。



写真 1 : 対象住宅の外観



図 1 : 対象住宅の平面図

* 前橋工科大学大学院・工学研究科 博士前期課程
Master's Program, Graduate School of Engineering, Maebashi Institute of Technology
** 前橋工科大学・工学部 准教授・博士(工学)
Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.
*** 株式会社石田屋
ISHIDAYA Co., Ltd.

2.2 連携システムの概要

図2に対象住宅における電力の流れを示す。対象住宅ではV2Hシステムにより電気自動車を住宅と連携させており、晴天日の日中は、太陽光発電により発電した電力で住宅内での消費電力を賄い、その上で余剰分は蓄電池と電気自動車に充電される。この際、最初に蓄電池が充電され、その後に電気自動車が充電される。それでも余剰電力が生じた場合は売電を行う。発電が見込めない雨天日や夜間は、蓄電池と電気自動車の蓄電によって消費電力を賄い、買電量を削減することで、電力の自給自足を目指すシステムとなっている。放電時は先に電気自動車から放電され、次に蓄電池から放電された後、不足分は買電を行う。また、停電時においては、蓄電池・電気自動車に貯められた電力により、自動復旧させることが可能である。

2.3 測定方法

測定項目は、蓄電池と電気自動車への充放電量、照明やコンセント、空調などによる消費電力量、太陽光発電による発電量と売電量、電力会社からの買電量であり、モデル住宅での電力収支を分析することで、システム連携の有効性を検証する。分析にはHEMS（型番MKN713、パナソニック製）の収録データを用いる。また、温湿度についても計測しており、HEMSと連携させた温湿度センサー（型番MKN7511W、パナソニック製）を用いて測定する。測定点は、図1の平面図に併せて示す。

2.4 測定条件

測定は、2021年1月から開始し、現在も測定中であるが、本報では、2021年1月1日～12月31日までの電力収支の測定結果について報告する。蓄電の設定条件は、蓄電池の放電下限値は10%、電気自動車の放電下限値は30%としている。実測対象はモデル住宅であるため居住者がいないが、換気、冷暖房が常に行われており、モデル住宅の営業時間中(概ね9時～18時)は、ほぼ全室の照明が点灯し、その他、冷蔵庫、テレビなど家電製品の待機電力が主な消費電力となっており、給湯は行われていない。なお、本報では電気自動車は業務で使用するため住宅との連携は最小限に留められており、主に太陽光発電と蓄電池のみでどの程度の電力を賄うことができるかを検証する。

3. 実測結果

3.1 年間の実測結果

図3に2021年1月～12月までの月別の電力収支の内訳を示す。太陽光による発電量は4月が最も多く1591.7kWh、夏期の8月では1291.9kWh、冬期の12月では最小で776.4kWhとなっている。4月で発電量が最多となっているのは、前橋地方気象台による観測データから、日射量の合計値が4月は569.3MJ/m²、8月は492.6MJ/m²と4月が最も多かつたことと、太陽光発電パネルは25℃を超えると発電効率が低下することによると考えられる。次に、消費電力量と買電量に注目してみると、1月～3月では、発電量が比較的少ない時期であるが、暖房のため消費電力量が多くなり、買電量も多くなっている。4月以降は発電量が増加し、外気温が上昇するため暖房負荷も小さくなり、消費電力量は減少し、太陽光発電と蓄電池からの放電を利用することで、買電量は殆ど発生しない。8月は冷房を利用しているため消費電力量がやや増加しているが大きな影響はなく、買電量もほとんど発生していない。9月以降は発電量が減少し、11月頃からは再び暖房によって消費電力量が増加するため、蓄電池のみでは消費電力を賄うことが出来ず、買電量が多くなっている。今回の実測では居住者がいないため、居住住宅よりも消費電力量は少

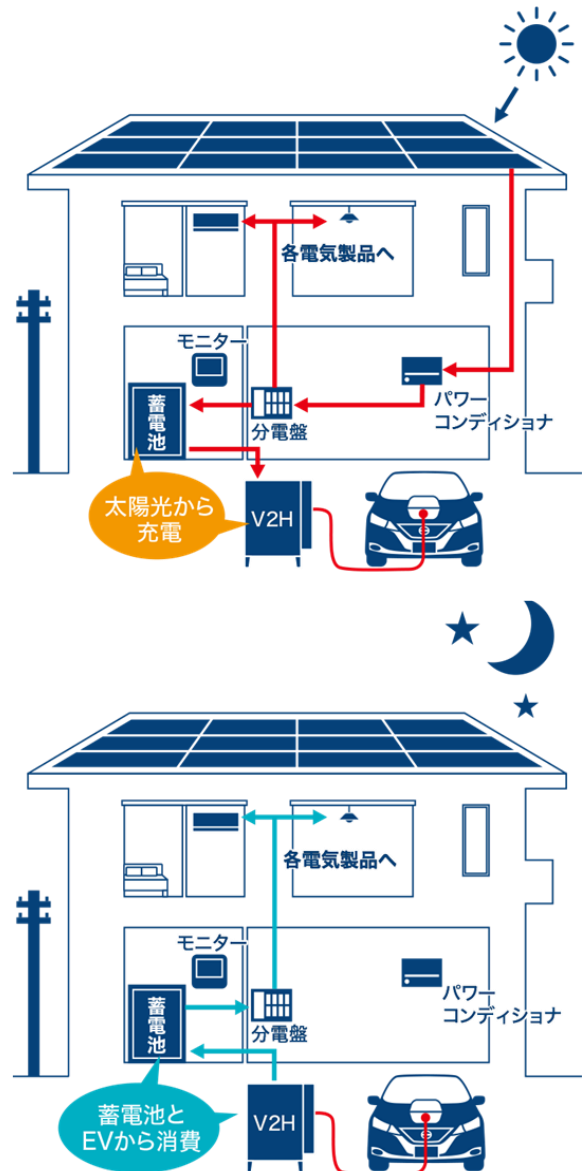


図2：対象住宅における電力の流れ¹⁾

ないと考えられることから、実際は冬期の暖房や給湯による消費電力が課題になると考えられる。

3.2 春期の実測結果

図4に春期における、晴天日と雨天日について1日の中での電力収支の推移を示す。4月19日は日射量が23.8MJ/m²の晴天日である。0時から発電が始まるまでの時間は、前日も晴天日であり蓄電池の残量が残っていたため、蓄電池から放電させることで買電せずに電気を賄っている。春期は冷暖房負荷が小さい時期であるため、消費電力量の合計値が17kWhと少なく、発電量の合計値は72kWhと十分であるため太陽光発電の余剰電力で蓄電池への充電も行い、午前中には充電を完了し、残りは全て売電している。発電できない夕方以降の時間帯に蓄電池から放電することで、1日中、買電に頼らずに電気を賄っている。次に、4月17日は日射量が2.0MJ/m²の雨天日である。前日は曇天日であり蓄電池の残量が残っていたため0時から発電が始ま

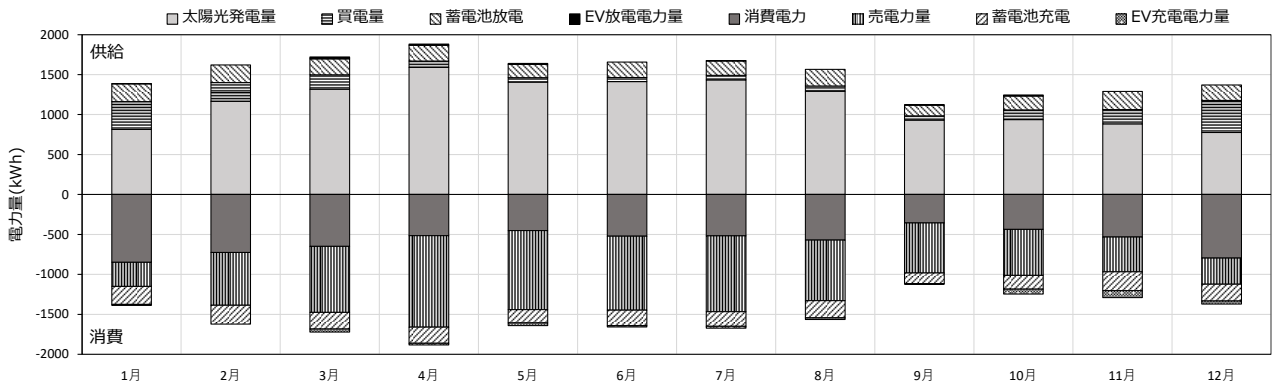


図3：月別の電力収支の内訳(2021年1月～12月)

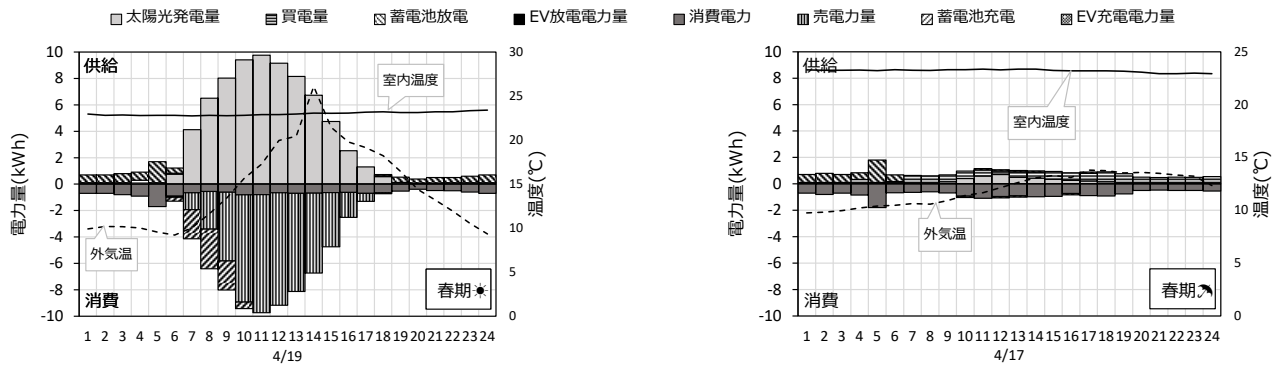


図4：春期における晴天日と雨天日の電力収支の推移

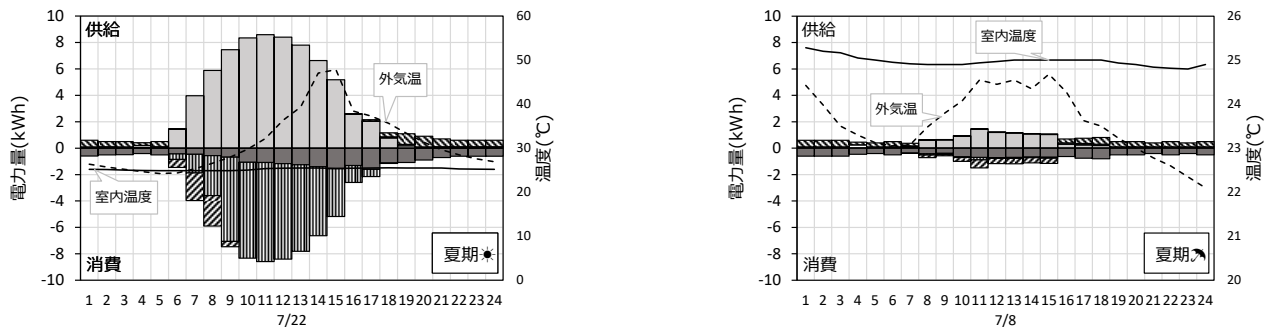


図5：夏期における晴天日と雨天日の電力収支の推移

るまでは蓄電池と、不足する分を買電で電気を賄っている。日中の発電量の合計値は 3.8kWh とかなり少ない。そのため蓄電池への充電は行えず、発電できる時間でも消費電力量の方が多くなり、買電を行っている。その後の夕方以降の発電できない時間も全て買電によって電気を賄っている。1日の買電量の合計値は 10.6kWh と、雨天日では1日を通して買電に頼る結果となった。

3.3 夏期の実測結果

図5に夏期における、晴天日と雨天日について1日の中での電力収支の推移を示す。7月22日は、日射量が 25.8MJ/m²の晴天日である。蓄電池に前日の残量が残っており、0時から発電が始まるまでは蓄電池で電気を賄っている。この日の発電量は 69kWh、消費電力量 21kWh となり、冷房により消費電力量が増加するが、冷房負荷が特に大きくなる時間帯は 12時から 15時の時間帯であり、この時間は発電が行える時間帯であるため電気の自給自足にはあまり影響はなく、夕方以降についても蓄電池で十分賄うことができている。そのため、1日を通して買電量は殆ど発生していない。次に、7月8日は日射量が 3.2MJ/m²

の雨天日であるが、蓄電池に前日の残量があり、朝方は蓄電池で電気を賄っている。この日の発電量は 8.9kWh、消費電力量 13.5kWh となり、気温が低いため冷房負荷も小さく、消費電力量は少ない。そのため日中に多少充電も行うことが出来ている。夕方以降の発電できない時間帯についても蓄電池で賄うことができおり、1日を通して買電量はほとんど発生していない。

3.4 秋期の実測結果

図6に秋期における、晴天日と雨天日について1日の中での電力収支の推移を示す。10月21日は日射量が 16.7MJ/m²の晴天日である。0時から発電が始まるまでの時間は、前日も晴天日であり蓄電池の残量が残っていたため、蓄電池から放電を行い、5時頃までは電気を賄っているが、5時から発電が始まるまでは蓄電池の残量が不足して買電が生じている。中間期であり冷暖房負荷が小さい時期であるため、消費電力量の合計値は 17.9kWh と少ない。発電量の合計値も 46.4kWh と夏期までに比べて減少してはいるが、11時には蓄電池の充電が終わり、売電する余裕もある。発電できない夕方以降の時間帯についても蓄電池から放電することで、24時まで買電に頼らずに電気を賄

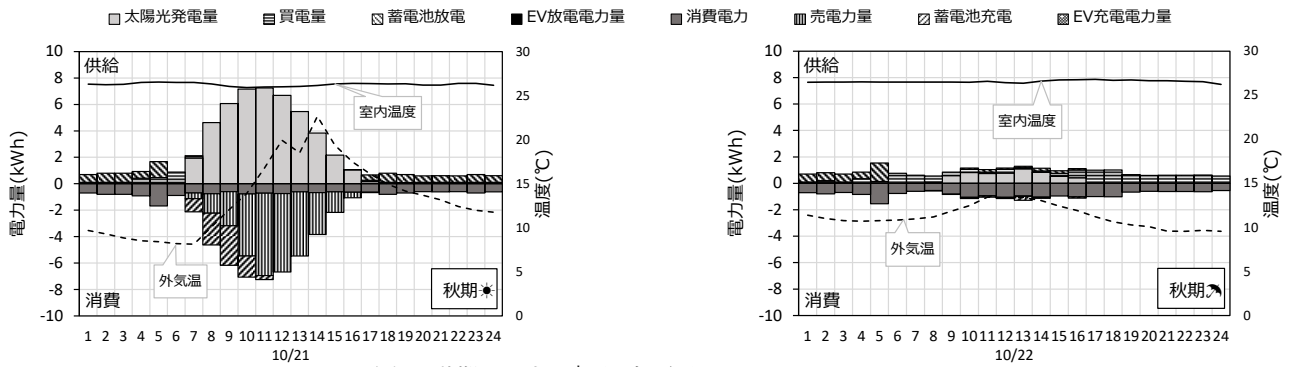


図6：秋期における晴天日と雨天日の電力収支の推移

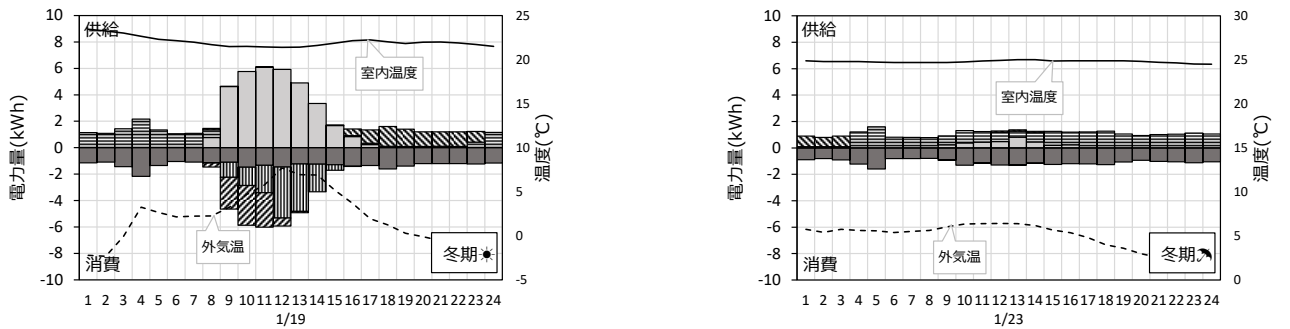


図7：冬期における晴天日と雨天日の電力収支の推移

うことができている。1日を通して買電量は3.1kWhと朝方に多少の買電が生じる結果となった。次に、10月22日は日射量が2.8MJ/m²の雨天日である。0時から発電が始まるまでの時間は蓄電池から放電を行っているが、蓄電池の残量が不足し、買電が生じている。日中は、発電量の合計値が6.0kWhと少なく、蓄電池への充電は殆ど出来ずに日中でも多少の買電が発生している。夕方以降についても蓄電池の残量がないため、全て買電によって電気を賄っている。消費電力量は合計値20.0kWhであった。晴天日より多くなっているが、天候が悪く気温が低下し、暖房負荷が増加していることが考えられる。1日の買電量の合計値は10.2kWhであり、買電が多い結果となった。このように、秋期は晴天日が続いても多少の買電が発生し、雨天日になると更に買電に頼らざるを得ないことがわかる。

3.5 冬期の実測結果

図7に冬期における、晴天日と雨天日について1日の中での電力収支の推移を示す。1月19日は日射量が12.8MJ/m²の晴天日である。前日も晴天日であり、蓄電池の充電も十分できていたが、前日の夜中までで使い切っており、0時から発電が始まるまでは買電によって電気を賄っている。消費電力量は合計値31.3kWhと暖房によって消費電力量が増加している。日中は、発電量の合計値が34.2kWhとなり、秋期より更に減少したが、蓄電池の充電は12時頃までに完了しており、売電する余裕もある。夕方以降、発電できない時間は日中充電した蓄電池から放電を行っているが、23時頃に使い切ってしまう、そこからは買電を行っている。1日の買電量の合計値は12.2kWhであり、1月は晴天日が続いても翌日の朝方まで買電なしでは電気を賄えないとわかる。次に、1月23日は日射量が1.3MJ/m²の雨天日である。前日は晴天日であり、蓄電池の残量も残っていたが、午前3時には使い切ってしまう、それ以降は買電を行っている。日中は、発電量の合計値は3.3kWhと少なく、発電量だけでは消費電力量を賄えずに日中でも買電を行っている。夕方以降、発電できない時間についても日中に蓄電池へ充電できなかったため、

全て買電によって電気を賄っている。消費電力量は合計値26.0kWhであった。1日の買電量の合計値は20.5kWhであり、雨天日は1日を通して買電に依存する結果となった。冬期は発電できない時間帯である朝方や夕方以降に外気温が低くなり、暖房負荷が特に増加するため、発電できない時間の消費電力量が多くなることから、より余剰電力を蓄電利用することの重要性が高まり、電気の自給自足のためには大きな課題であることがわかる。

4. まとめ

本研究では、群馬県藤岡市におけるモデル住宅を対象に実測調査を行い、電気の自給自足の可能性について検討した。その結果、太陽光発電と蓄電池のみでは、春期から夏期にかけては概ね電気の自給自足が可能となるが、秋期から冬期は天候によって、発電出来ない時間を買電せざるを得ないことが分かった。しかし、太陽光発電による余剰電力は秋期、冬期においても十分にあるため、電気自動車へ充放電を行うことで更に多くの電力を賄うことが出来ると考えられる。

今後は、電気自動車と連携させ、居住状態を想定した模擬電力負荷実験を行い、更に調査を継続していく予定である。

謝辞

実測調査の実施にあたり、株式会社石田屋藤岡店の高田恭葉様、前橋工科大学学部生の野村颯太氏をはじめ、関係各位にご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 株式会社石田屋のホームページ、
<https://ishidaya-net.co.jp/>