

大容量蓄電池や昼間運転ヒートポンプ給湯機を導入した エネルギー自給住宅の分析

村上 伸太郎 藤本 卓也 原田 真宏
Shintaro Murakami, Takuya Fujimoto, Masahiro Harada

概 要

現在、国を中心に普及を進めている ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の定義は、住宅で発電した電力量が、住宅内で消費する電力量よりも大きい住宅である。一方、電力系統の安定化のためには、発電した電力を電力系統へ逆潮流せず、自家消費することが望ましい。そこで我々は、住宅で発電した電力を極力売電せずに自家消費することで電力の自給率を高める「エネルギー自給住宅」1戸を愛知県豊田市の住宅分譲地であるセキュア豊田柿本に建設した。本エネルギー自給住宅は、多様な省エネルギー技術、大容量の太陽光パネル、大容量の蓄電池、及び昼間運転が可能なヒートポンプ給湯機を導入している。本検証では、エネルギー自給住宅の実測調査を実施し、電力自給率について評価した。その結果、電力自給率は58%となり、消費電力量の半分以上を太陽光発電で賄えることが確認できた。

Analysis of the Energy Self-Sufficient House, Equipped with Large-Capacity Storage Batteries and a Daytime-Use Heat Pump Water Heater

Abstract

Recently, ZEH (Net Zero Energy House), which is spreading mainly domestically, is defined as a house where the amount of electricity generated at the house is greater than that consumed. However, for the stability of the power grid, it is desirable to consume electricity generated in the house rather than feeding it back to the grid. Therefore, we constructed the "Energy Self-Sufficient House" in SECUREA Toyota Kakimoto, a residential area in Toyota City, Aichi Prefecture, aiming to increase the self-sufficiency rate of electricity by consuming the electricity generated at the house as much as possible without selling it. This Energy Self-Sufficient House is equipped with various energy-saving technologies: large-capacity photovoltaic (PV) panels, large-capacity storage batteries, and a daytime-use heat pump water heater (CO2HP). In this evaluation, we conducted an actual measurement survey of the Energy Self-Sufficient House and evaluated the electricity self-sufficiency rate. As a result, the self-sufficiency rate was 58%, indicating that more than half of the electricity consumption could be covered by PV generation.

キーワード：自給住宅，蓄電池，ヒートポンプ給湯機

1. はじめに

我が国の第6次エネルギー基本計画¹⁾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について、ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（以下、ZEHと略す）水準の省エネルギー性能が確保されることを目指す」ことが掲げられている。また、「2030年において新築戸建て住宅の6割に太陽光発電（以下、PVと略す）設備が設置されることを目指す」とされていることから、ZEH普及に向けた取り組みを行っていく必要がある。その中で、これまで住宅におけるPVの発電電力量のうち、住宅内で消費できない余剰電力量は、固定価格買取制度（以下、FIT：Feed in Tariffと略す）により、購入する電力料金単価よりも高い価格で買取が行われてきた。しかしながら、近年は買取価格の低下や電気料金の高騰により、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。

戸建住宅において、PV発電電力量の自家消費を向上する手法として、蓄電池（以下、LIBと略す）の導入やPVの発電時間帯への家電機器の使用タイミングの移行が挙げられる。家電機器の使用タイミングの移行に関し、時間依存性の低い自然冷媒ヒートポンプ給湯機（以下、CO2HPと略す）の運転時間を深夜時間帯から昼間時間帯に移行する手法が注目されており、2022年以降、昼間運転に対応したCO2HPが商品化され、またその商品向けの電力料金プランが設定されている²⁾。

このような動きの中、これまでに山田ら³⁾は、189世帯の実績データを基に、PV及びLIBの導入による電力自給率の向上効果の分析をシミュレーションにて実施している。その結果、PVのみの住宅は、電力自給率が平均29%に留まる一方、4.0kWhのLIBを導入することにより平均46%まで向上させることができ、さらに10.8kWhの大容量LIBを導入することで電力自給率を平均68%まで向上可能であることが示されている。

またCO2HPの有効活用検討会のシミュレーション評価⁴⁾によれば、CO2HPを昼間に運転させることで、高い外気温での運転や貯湯損失の減少によりCO2HPの消費電力量を4.7%削減可能であり、PVの自家消費率を44%から59%へ向上させることができる。さらに、6kWhのLIBを併用することで、PVの自家消費率を73%まで向上可能であることが示されている。

その他、水谷⁵⁾は、CO2HPの昼間運転による自家消費等への影響評価を実測にて実施しており、昼間運転によりCO2HPのCOPが12%向上することが示されている。

既往論文にて、大容量LIB及びCO2HPの昼間運転により、消費電力量の削減が可能であり、かつPVの自家消費に効果的であることが明らかにされた。一方、特にCO2HPの昼間運転評価については、その多くがシミュレーションに基づくものであり、実際にお客さまが居住されている実使用環境での評価は少ない。

そこで本検証では、愛知県豊田市のセキュレア豊田柿本に建設した大容量PV、大容量LIB及び昼間運転のCO2HPを導入したエネルギー自給住宅と、標準的なPV、LIB及び夜間運転のCO2HPを導入した住宅に関し、実使用環境での実測結果を比較することで、大容量LIB及びCO2HPの昼間運転が、電力自給率及びPVの自家消費率に及ぼす影響について評価した。

2. エネルギー自給住宅の概要

本報で対象とするエネルギー自給住宅（以下、House Aと略す）の概要を表1に示す。House Aでは、ZEH基準を超える断熱性能を有した建物に、PV（6.16 kW）、大容量LIB（6.2 kWhを2台）、CO2HPを導入した。PVによる発電電力は住宅内の家電機器に供給される。余剰電力は蓄電池に充電し、PVの発電が得られない時間帯の家電機器に対し放電することで自家消費を向上させる。蓄電池に充電しても余る場合は、電力系統へ逆潮流する。CO2HPは、PVの発電電力を直接活用するため、主に昼間に運転する仕様とした。

上記の他、特に空調負荷の削減を目的に、全熱交換型24時間換気システムや、春～秋の室内の熱の排出を促進する換気システム、夏季に床下の冷気を活用する床下熱交換システムの導入、及び吹抜けや遮熱平板舗装等を活用したパッシブデザインを採用した（図1）。

表1 エネルギー自給住宅の概要

	House A（エネルギー自給住宅）
場所	愛知県豊田市
床面積	126.28 m ²
PV容量	6.16 kW
LIB容量	12.4 kWh
給湯器	CO2HP（昼間運転）

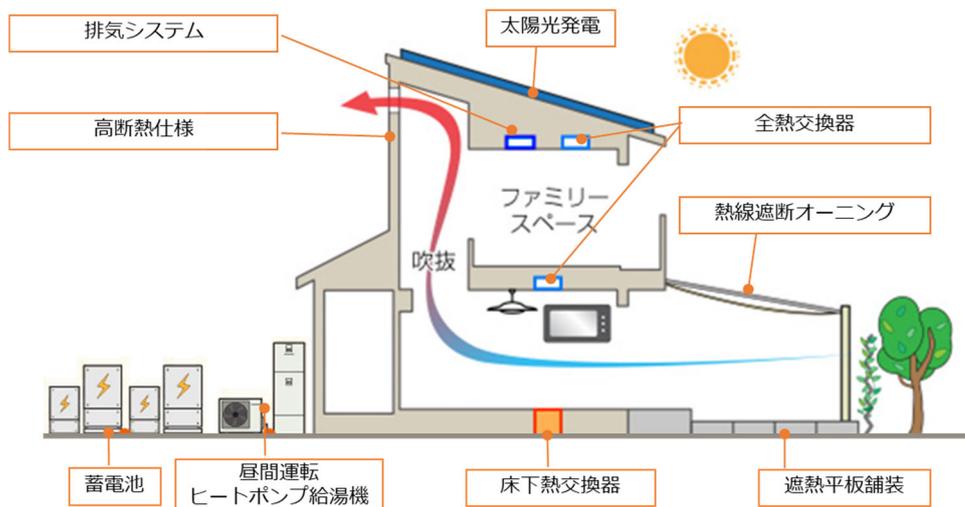


図1 エネルギー自給住宅の採用技術

本検証では、主に大容量 LIB や昼間運転に変更した CO2HP といったエネルギー設備機器の導入効果について評価する。

3. エネルギー自給住宅の評価

3.1 評価方法の概要

大容量 PV、大容量 LIB 及び CO2HP によるエネルギー自給効果への影響を評価するため、エネルギー自給住宅と同一地域の住宅 2 戸（以下、House B、House C と略す）を比較対象とした。

House B、C の概要を表 2 に示す。PV 及び LIB の容量は、House A の概ね半分である。LIB については、深夜電力を充電するものとし、PV の発電電力は充電しない。また、給湯器として CO2HP を導入しているが、比較対象住宅では深夜に運転するものとした。

表 3 に各測定項目を示す。測定期間は、2018 年 4 月から 2020 年 3 月までの 2 年間とし、測定間隔は 1 時間とした。

House A での消費電力量 E_d 及び自家消費量 E_{self} については、購入電力量、PV 発電電力量、余剰電力量、LIB の充電電力量、及び LIB の放電電力量を用いて、式(1)、(2)により算出した。CO2HP の消

費電力量は、House A のみ測定した。また本報では、PV 発電電力の自家消費量最大化を目的としているため、消費電力量に対する自家消費量の割合は電力自給率 R_{self} 、PV 発電電力量に対する自家消費量の割合は PV の自家消費率 R_{PV_self} 、PV 発電電力量と消費電力量の比を正味電力自給率 R_{net_self} とし、評価指標に採用した。また、電力自給率は式(3)、PV の自家消費率は式(4)、正味電力自給率は式(5)によりそれぞれ算出した。

$$E_d = E_p + (E_{PV} - E_s - E_c) + E_{dc} \quad (1)$$

$$E_{self} = (E_{PV} - E_s - E_c) + E_{dc} \quad (2)$$

$$R_{self} = E_{self} / E_d \quad (3)$$

$$R_{PV_self} = E_{self} / E_{PV} \quad (4)$$

$$R_{net_self} = E_{PV} / E_d \quad (5)$$

3.2 時系列データの評価

2018 年 4 月から 2020 年 3 月の期間について、時刻毎に House A、B 及び C の消費電力量、PV 発電電力量、LIB の充電電力量、放電電力量、CO2HP の消費電力量（House A のみ）の平均値を算出した。

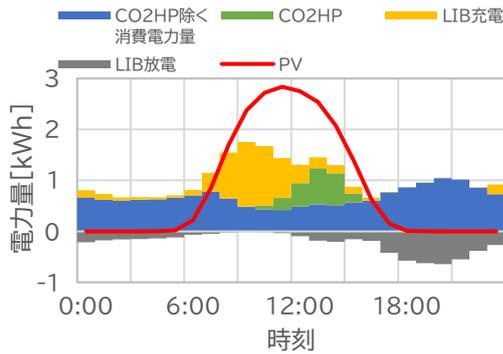
図 2 に House A、B 及び C の時間帯別平均電力量を示す。放電電力量は負の値で表し、消費電力量

表 2 比較対象となる住宅の概要

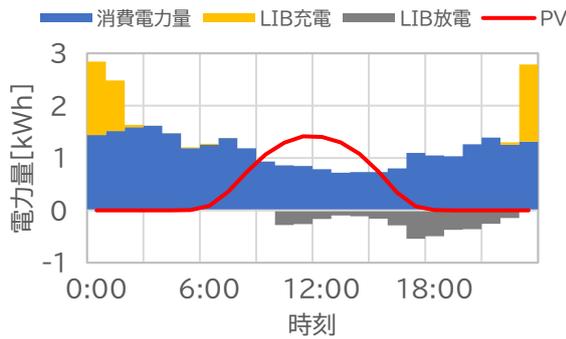
	House B	House C
場所	愛知県豊田市	
床面積	125.30 m ²	138.61 m ²
PV 容量	3.04 kW	3.65 kW
LIB 容量	6.2 kWh	
給湯器	CO2HP (深夜運転)	

表 3 測定項目

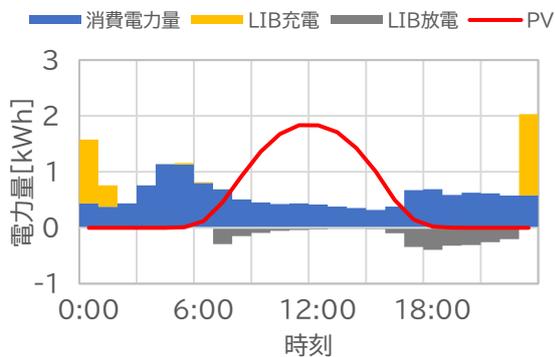
対象	測定項目
住宅	・購入電力量 (E_p) ・余剰電力量 (E_s)
PV	・PV 発電電力量 (E_{PV})
LIB	・充電電力量 (E_c) ・放電電力量 (E_{dc})
CO2HP	・消費電力量 (E_{HP}) ※House A のみ



(a) House A (エネルギー自給住宅)



(b) House B (比較住宅①)



(c) House C (比較住宅②)

図2 時間帯別平均電力量

の一部を賅っている。図2(a)より、エネルギー自給住宅では、CO2HPを昼間に運転することで、PVの発電電力量を直接CO2HPで消費していることが分かる。またLIBは、主にPV発電の余剰電力を充電し、PVの発電が得られない夜間等に放電していることが分かる。また図2(b)(c)より、比較住宅のCO2HPの消費電力量は、23:00~7:00の深夜電力時間帯に主に稼働し、図中の消費電力量に含まれる。また、LIBの充電も深夜時間帯に行っている。CO2HP及びLIBの運転方法の違いから、House Aと比較してHouse B、Cでは昼間にPV発電の余剰電力が多く発生していることを確認した。

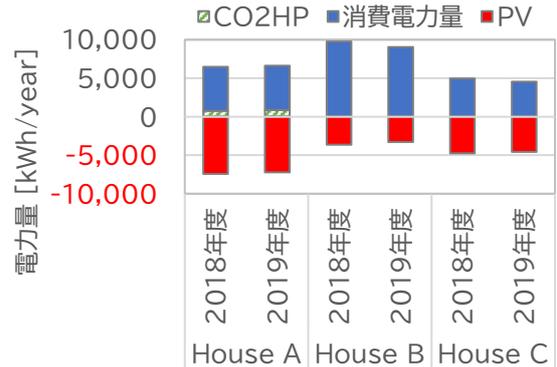


図3 年間の消費電力量と発電電力量

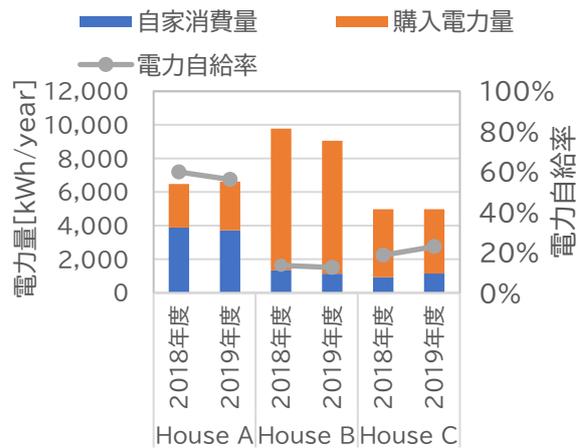


図4 電力自給率

3.3 年間電力量の評価

図3にHouse A、B及びCにおける2018年4月から2020年3月の2年間の年間消費電力量及び発電電力量を示す。CO2HPを含む消費電力量は正の値で、PV発電電力量は負の値で示す。図3より、House AのCO2HPの年間消費電力量は平均804 kWh/年であった。House Aにおいて、年間発電電力量が年間消費電力量を上回り、正味電力自給率 R_{net_self} は平均112%であった。一方、House B及びHouse Cでは、年間発電電力量よりも年間消費電力量が上回り、正味電力自給率 R_{net_self} はHouse Bで平均36%、House Cで平均98%であった。特にHouse Bの消費電力量が大きいことから、正味電力自給率が小さいことを確認した。

3.4 電力自給率の評価

図4にHouse A、B及びCにおける2018年4月から2020年3月の2年間の電力自給率 R_{self} の推計結果を示す。図中の棒グラフは消費電力量であり、自家消費量と購入電力量の内訳を示す。また、図中の折れ線グラフは電力自給率を示す。図4より、

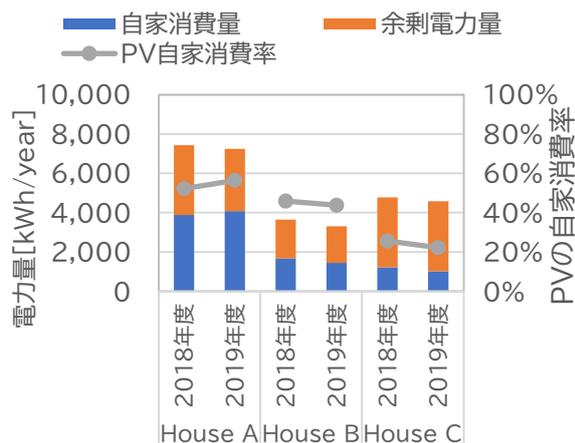


図5 PVの自家消費率

House A では、年間消費電力量の多くを自家消費量が占めており、電力自給率は平均 58 %であった。一方、House C の消費電力量はエネルギー自給住宅と同程度であるが、LIB の充電及び CO2HP の稼働時間が夜間であるため、電力自給率は平均 24 %と小さい。さらに、House B は消費電力量が大きく購入電力量の割合が大きいため、電力自給率は平均 13 %と小さい。上記の結果より、House A では、電力自給率を 30%以上向上させ、消費電力量の半数以上を PV 発電電力量で賄うことが可能であることが示された。

図 5 に House A, B 及び C における PV の自家消費率の推計結果を示す。図中の棒グラフは PV 発電電力量であり、PV 発電電力量の自家消費量と余剰電力量の内訳を示す。また、図中の折れ線グラフは PV の自家消費率を示す。図 5 より、House A では、PV 発電電力量の多くを自家消費量が占めており、PV の自家消費率は平均 54%であった。一方、House C は House A に比べ PV 発電電力量がおよそ半数であるが、PV の自家消費率は平均 24 %に留まった。また、House B は House A と比較して、PV 発電電力量が小さく、消費電力量が大きいため、PV 発電電力量の自家消費には適しているが、PV の自家消費率は平均 45 %と House A よりも小さい。上記の結果より、House A では、LIB による余剰電力の充電及び CO2HP の昼間運転により PV の自家消費化を促進することで、PV 発電電力量の半数以上を活用することが可能であることが示された。

4. まとめ

本検証では、大容量 PV、大容量 LIB 及び昼間運転 CO2HP を導入したエネルギー自給住宅について、実測結果に基づき、電力自給率及び PV の自家消費率の向上効果の分析を行った。その結果、電力自給率が 58 %、PV の自家消費率が 54 %であることから、消費電力量の半分以上を PV の発電電力で賄うことが可能であり、また、PV 発電に対する余剰電力の割合を半分に以下に抑制することが可能であることを示した。調査対象の物件が 1 戸であることに留意する必要があるが、これらの数値は既往のシミュレーション評価⁴⁾と同等の数値であり、エネルギー自給住宅は、系統電力へ影響が少なく、電気料金等の外部影響を抑制可能な住宅であることが実測に基づき示された。

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，pp.33-46, 2021.
- 2) 東京電力エネジーパートナー株式会社：“カーボンニュートラル社会の実現に向けた新しい暮らし方のご提案について” ニュースリリース, 2022-1-25, https://www.tepco.co.jp/ep/notice/pressrelease/2022/1671377_8667.html, (参照 2023-08-01)
- 3) 山田愛花, 西尾健一郎, 岩船由美子：自給自足住宅の多面的評価—PV・蓄電池の大容量化や運用高度化ポテンシャルの分析—, 電気学会論文誌 B, vol.143, No.4, pp.226-238, 2023.
- 4) ヒートポンプ給湯機の有効活用検討会：卒 FIT に向けた余剰電力の自家消費におけるヒートポンプ給湯機の有用性の評価報告書, 2019.
- 5) 水谷傑：実測によるヒートポンプ給湯機の昼間蓄熱運転による自家消費等への影響評価，第 40 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，pp.410-415, 2021.

執筆者紹介



村上 伸太郎
修士（工学）

ひとこと

エネルギー自給住宅や複数住戸での電力融通により電力自給率の向上や PV の自家消費率の向上に取り組んできた。住宅だけでなく、事務所やメガソーラなど対象を拡大したエネルギー提案に向けて技術開発を行っていく。

