

12

太陽エネルギーを活用したエネルギー自立住宅における年間 実証に関する研究

会員 ○ 盧 炫佑 (OMソーラー)
会員 相曾一浩 (OMソーラー)

会員 水野朝弘 (OMソーラー)

Research on the annual monitoring of energy self-sufficiency housing
using solar energy

Hyunwoo ROH*, Tomohiro MIZUNO*
and Kazuhiro AISO*

* OM Solar
4601 Murakushi-cho, Nishi-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka,
431-1207, JAPAN
Fax: +81-53-488-1715, E-mail: roh@omsolar.jp

ABSTRACT

This paper is described about the annual monitoring results of the real residential house equipped with OMX and power storage system, in order to demonstrate All Time Real ZEH (Zero Energy House). OMX is the solar space heating, cooling, Ventilation and hot water supply System with a Unit integrated heat pump and roof-integrated PVT Panels. As the results, the annual energy self-sufficiency rate was 104% and the annual independence rate was 56% with comfortable indoor environments throughout a year.

キーワード: ZEH, 全館空調, PVT, 蓄電システム

Keywords: Zero Energy House, Central Air Conditioning,
Photovoltaic and Thermal, Power Storage System

1. はじめに

近年、地球温暖化の深刻さが増して、脱炭素社会の実現が急がれており、住宅部門でも省CO₂がより強く求められている。そのため、住宅における年間エネルギー消費量と創エネルギー（年間発電量）の差し引きで評価するゼロエネルギー住宅（ZEH）だけではなく、創エネルギーを自家消費する自給自足が可能なエネルギー自立住宅の必要性が考えられる。

一方、日本では家電のエネルギー消費量を除いた住宅エネルギー消費量が創エネルギー量（発電量）を下回ることをZEHと定義しており、家電を含む全ての住宅エネルギー消費量が創エネルギー量（発電量）を下回ることがReal ZEHとされている。著者らが開発した太陽熱・排熱利用暖冷房換気給湯システム（OMX）は太陽光発電モジュールをPVTとして太陽熱も活用するなど自然エネルギーを活用し、さらに冷房時の排熱を利用して給湯沸き上げを行うなど様々な工夫によりエネルギー効率を高め

ることで健康で快適な住環境を確保した上で住宅におけるエネルギー消費を大幅に削減することができる。また、給湯の沸き上げを昼間に行うことで、ヒートポンプの高効率運転と夕方の入浴までの貯湯槽の熱損失を減らすことで、省エネを図っており、さらに、太陽光発電の自家消費により、少ない蓄電容量でエネルギー自立を実現することができる。

ZEH, Real ZEHは1年を通してネットゼロということであり、消費電力の大きい冬期には消費電力が発電量を上回り買電が発生する。また1日の中でも発電量がある昼間は発電量の自家消費で消費電力を賄えるが夜間は買電に依存することになる。筆者らは蓄電システムを搭載することで、できるだけすべての時間で買電に依存しない、エネルギー自立を目指したAll Time Real ZEHという概念を提案している。All Time Real ZEHの指標として「自立率[%]=1-(買電電力量/消費電力量)×100」とし、自立率が100%であれば完全自立=オフグリッドを実現できるが、年間で70%以上の自立率が実現できれば、災害時（停電時）にある程度の節電でエネルギー自立ができるレジリエンスの観点からもかなり有効であると考えている。

本報では、健康・快適な生活を最小限のエネルギーで実現するとともに、エネルギー自立を実証した年間結果を報告する。

2. 実証住宅概要

図1に実証住宅の外観及び内観の写真、図2に平面図、表1に建物概要を示す。また、表2に太陽光発電・蓄電システムの概要、表3に空調・給湯システムの概要を示す。実証住宅は静岡県浜松市に建つ築30年の建物（元OMソーラー住宅）を断熱改修し、全館空調システム（OMX）を導入した住宅で2020年12月に竣工した。一部の断熱改修・空調の対象外の部分を除く断熱性能は断熱性能等級5（UA値0.57）程度で、南東向きの屋根にPVT（発電定格容量7.38kW）が配置されている。



a) 1st floor.



b) 2nd floor.

Fig. 1 Photographs of the demonstration house.

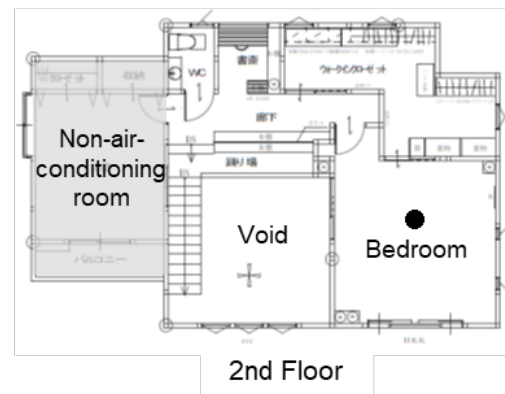
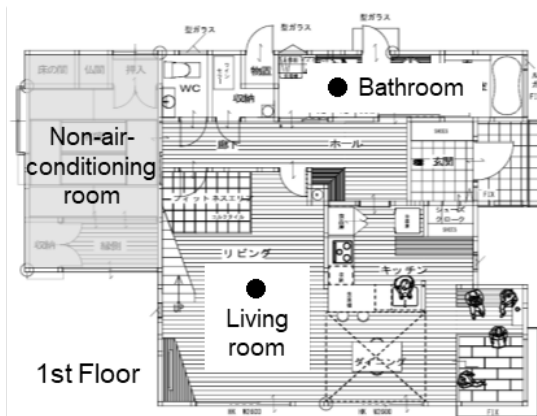


Fig. 2 Floor plan of the demonstration house.

Table 1 Specification of the demonstration house.

Item	Value
Location	Hamamatsu
Tilt angle of roof and PVT	24.2 deg.
Azimuth of building and PVT	21.6 deg. to east
Air conditioning area	160 m ²
UA	0.57 W/m ² K
η AC	1.7

Table 2 Specification of PVT.

Item	Value
PVT area	37.1 m ²
PV generation capacity	7.38 kW
Storage battery capacity	7.04 kWh
Discharge depth of battery	10 %

Table 3 Specification of OMX.

Item	Value
Cooling capacity	4.0 kW
Power consumption for cooling	1.115 kW
Heating capacity	4.0 kW
Power consumption for heating	0.905 kW
Ventilation air volume	200 m ³ /h
Storage tank capacity for DHW	370 L

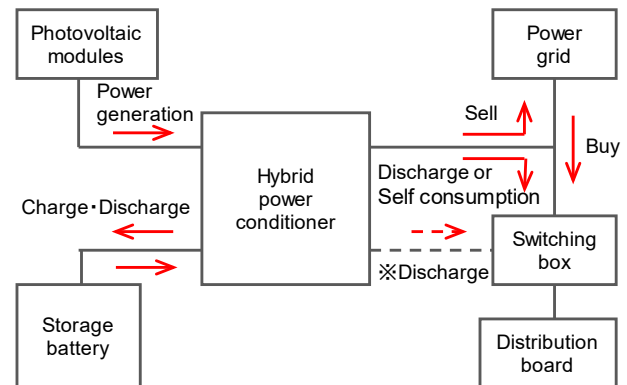


Fig. 3 Diagram of power storage system

3. 蓄電システム

図3に蓄電システムの構成図を示す。太陽光発電モジュールと蓄電池はハイブリッドパワーコンディショナーで制御され、停電時には電源切替ボックスにて自動的に回路が切り替わり、蓄電池から分電盤に電力が供給される。昼間発電時には発電電力はまず自家消費に利用され、余った電力は蓄電池に充電される。蓄電池の充電が100%になると余った電力が売電される。充電された蓄電池は優先して消費電力を賄い、充電残量が10%になると放電を終了する。その後の消費電力は買電で賄われる。発電と蓄放電により、買電を削減することで、エネルギー自立を図る。

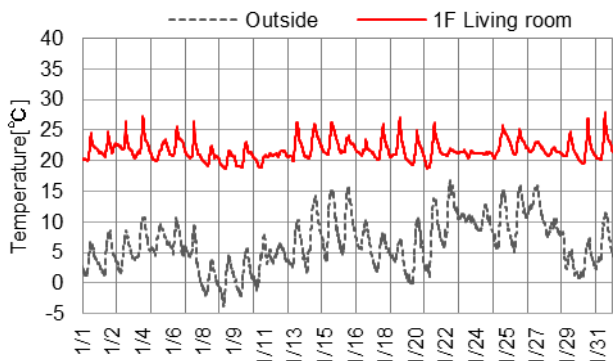


Fig. 4 Room air temperature in January (2021).

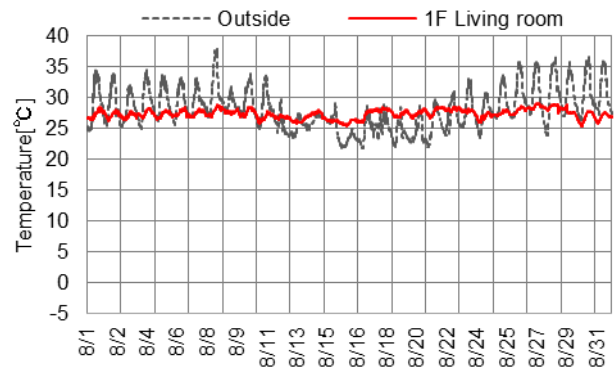


Fig. 5 Room air temperature in August (2021).

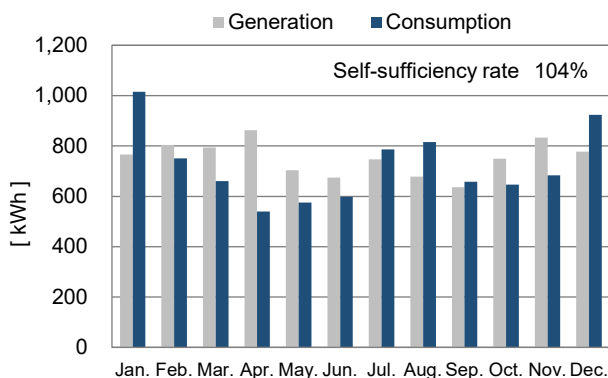


Fig. 6 Monthly energy generation and consumption (2021).

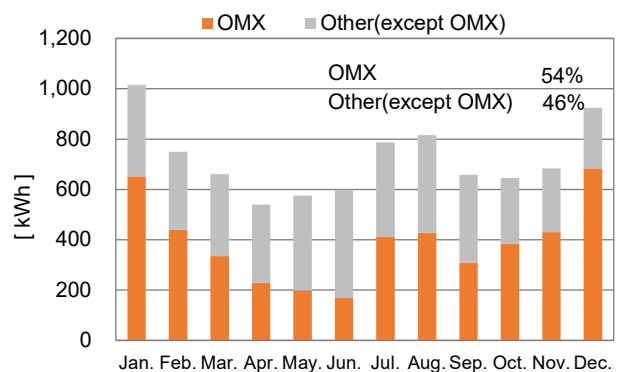


Fig. 7 Monthly energy consumption (2021).

4. 快適性

図4に冬期におけるリビングの室温変動を示す。外気温は $-5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 程度で変動しているが、リビング室温は 18°C 以上になっている。なお、昼間は太陽熱暖房により室温が 25°C 程度になっている。

図5に夏期におけるリビングの室温変動を示す。外気温は $22\sim 35^{\circ}\text{C}$ 程度で変動しているが、リビング室温は 27°C 前後で安定している。

本実証住宅において、これらの実測結果により、暖冷房を必要とする冬と夏を概ね快適に過ごせる室内温熱環境が実現できていると考えられる。

5. 電力自給率

図6に2021年1月～12月の月別の発電量、消費電力、電力自給率を示す。1月は暖房負荷が大きくOMXの消費電力が大きいため全体の消費電力が大きく、月間の電力自給率は75%であった。4月は空調負荷がほとんどないため1月と比較するとOMXの消費電力が大幅に低減し、一方発電量は増加しているため、月間の電力自給率は160%となった。8月は消費電力、発電量ともに1月と4月の中間程度で月間電力自給率は83%となった。また、10月、11月は電力自給率が100%を上回り、暖房負荷が大きくなる12月は電力自給率が100%を下回る。年間の電力自給率は104%となり、Real ZEHを達成している。

図7に月別消費電力の内訳を示す。この実証住宅は全電化住宅であり、OMXは暖冷房・給湯・換気を賄っている。OMXの消費電力量は冬期に全体の50%より大きく、空調負荷がほとんどなく給湯負荷もやや少ない中間期は小さい、夏期は冷房負荷があるが、給湯負荷は冷房排熱により賄っており、冬期と比較してOMXの消費電力は小さい。OMXの消費電力が全体に占める割合は年間でおおよそ50%であった。その他の消費電力は1月～9月まで概ね400kWh/月程度であったが、10月から減少している。なお、その他の消費電力には計測器の消費電力(おおよそ70kWh/月)が含まれる。なお、全館空調の連続運転を行ったが、年間電力消費量は8,653kWhであり、温暖地における建物断熱等級4の居室間欠運転時の年間エネルギー消費量程度の結果であった。

6. 電力自立率

図8～図10に冬期(1月)、中間期(4月)、夏期(7月)代表日(晴天日)各1日の電力消費、発電、充電、放電の動きを示す。冬期(図8)は深夜から朝方の暖房負荷が大きく、その間の消費電力を買電で賄っている。発電が始まると消費電力は自家消費で賄い、余った電力で蓄電池を充電する。蓄電池の充電が100%になると余った電力は売電される。発電量がなくなると消費電力は蓄電池からの放電で賄われる。夕方から深夜までの消費電力は小さく、昼間の集熱+暖房+ダイレクトゲインによ

り暖められた室温が高断熱のため維持されている効果と考えられる。昼間の自家消費のうち 7 時～9 時ごろ、および 12 時～13 時ごろに消費電力が 1kW を超えている部分は給湯沸き上げの消費電力で、OMX が給湯沸き上げ時間を発電があり外気温が高い昼間にして、買電電力量を低減させる効果がみてとれる。中間期(図 9)は空調負荷がないため消費電力が小さい。昼間充電された電力は発電量がなくなった後の消費電力を賄うために放電される。買電は発電が始まる前の 3 時間程度の時間のみ発生し、その間の消費電力は小さいため買電電力量は小さい。夏期(図 10)は昼間空調負荷が大きいが発電している時間と重なるため自家消費で賄うことができている。また同じ時間帯で冷房の排熱を利用して給湯沸き上げを行っているためこちらも自家消費で賄うことができている。発電量がなくなった後、消費電力を放電で賄うがその時間帯の消費電力量が大きいので、4 時間程度で蓄電量を使い切り、その後は買電に依存している。買電時間帯の消費電力はある程度小さいので買電電力量は小さい。いずれの季節においても晴天日は蓄電池が 100%まで充電され、余剰電力の売電が発生している。買電電力量を小さくするには発電している時間帯の自家消費を増やし、発電していない時間帯の消費電力を減らすことが効果的である。実証実験の結果から給湯沸き上げを昼間時間帯に行う効果は確認できた。夏期に効果的な日射遮蔽を行うことで昼間から夕方の消費電力を削減すれば買電発生量を低減することができると考えられる。一方、蓄電池の容量を大きくして売電を減らして充電を増加することも考えられる。

図 11 に月別の電力自立率を示す。56%のエネルギー自立率の結果であった。延床面積 160 m²の規模と家電の消費電力から、蓄電池容量を増やす必要がある。

7. まとめ

実証実験の結果を下記にまとめる。

- ・ 実証住宅の温熱環境は概ね快適だと考えられる。
- ・ 建物断熱等級4の居室間欠運転時の年間エネルギー使用量で、全館空調の連続運転ができた。
- ・ 電力自給率は104%であり、Real ZEHを達成した。(計測機器の消費電力を含む)
- ・ 天候と住宅規模、その他の電力使用量の影響もあり、エネルギー自立率は56%であった。

これらの実証結果を基に2022年10月にOMXの快適性及び省エネ性の改善と蓄電池容量を増やす改良を行ったので、引き続き実証実験を継続し年間の運転状況の確認、All Time Real ZEH 達成のための検討、レジリエンス観点での検討を行う。

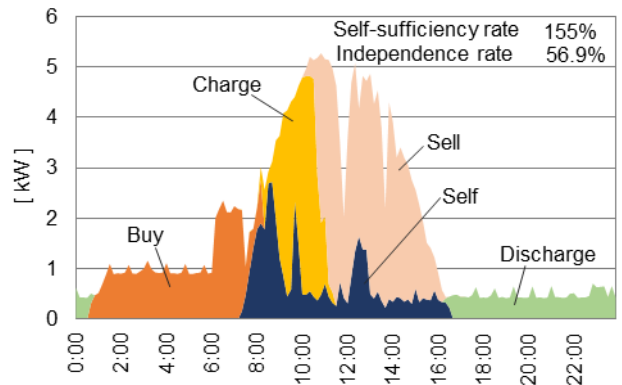


Fig. 8 Daily power consumption on January 15th (2021).

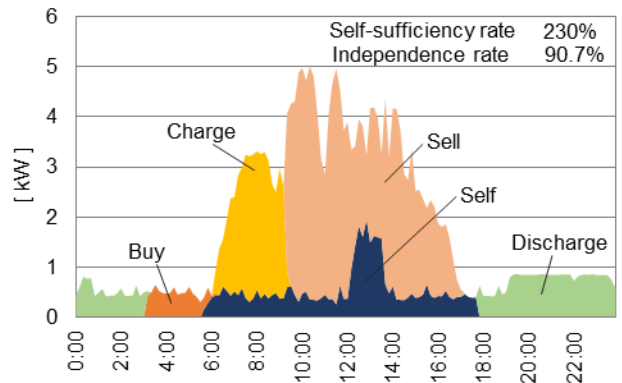


Fig. 9 Daily power consumption on April 22nd (2021).

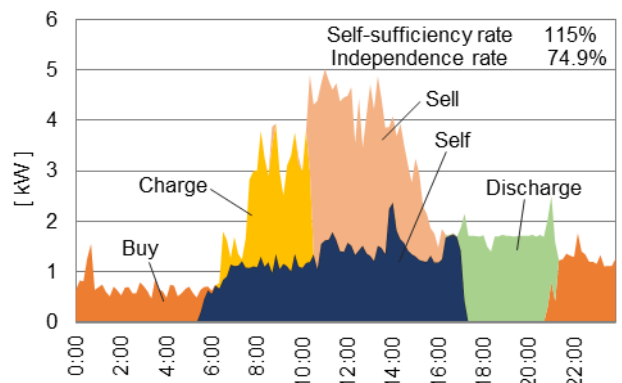


Fig. 10 Daily power consumption on July 28th (2021).

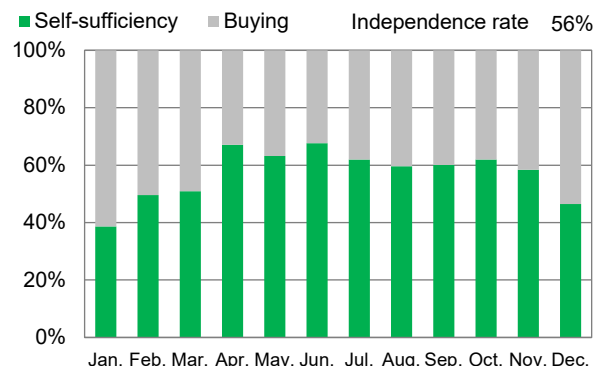


Fig. 11 Monthly energy independence rate (2021).

8. 参考文献

- 1) 相曾, 盧, 太陽熱・排熱利用暖冷房換気給湯システム(OMX)の運転実績, 太陽/風力エネルギー講演論文集(2019), pp137-140.