

33

太陽エネルギーを活用したエネルギー自立住宅の
実証に関する研究

会員 ○ 水野 朝弘 (OMソーラー)

会員 盧 炫佑 (OMソーラー)

会員 相曾 一浩 (OMソーラー)

Research on the demonstration of energy self-sufficiency housing
using solar energy

Tomohiro MIZUNO, kazuhiro AISO, Hyunwoo ROH

OM Solar, Inc
4601 Murakushi-cho, Nishi-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka,
431-1207, JAPAN
Fax: +81-53-488-1700, E-mail: mizuno@omsolar.jp

ABSTRACT

In order to achieve a decarbonized society with a healthy and comfortable indoor environment, this paper is described about the results of a demonstration project aimed at achieving All Time Real ZEH (Zero Energy House) in a house equipped with OMX and battery system. OMX is a 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 energy self-sufficiency rate was 105% and the independence rate was 55.8%.

キーワード: ZEH, 全館空調, PVT, 蓄電システム

Keywords: Zero Energy House, Whole building air conditioning, Photovoltaic and Thermal, Storage battery system

1. はじめに

脱炭素社会の実現のため住宅のエネルギー消費を削減することは必須である。住宅の省エネルギー・創エネルギー性能向上の指標として家電などを除く住宅の消費電力が創エネルギー量(発電量)を下回る ZEH が推進されている。さらに家電まで含んだ住宅の消費電力全てが創エネルギー量(発電量)を下回る Real ZEH という概念がある。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 ZEH, Real ZEH で必須となる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。このシステムを導入することで多くの住宅の ZEH 化, Real ZEH 化を実現している。ただし 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す

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%以上の自立率を実現できれば停電時にある程度の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。今回その実証実験の結果の一部を報告する。

2. 実証住宅概要

表 1 に実証住宅の概要、図 1 に住宅の平面図を示す。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高断熱住宅の標準的な仕様である HEAT20 G1(省エネ基準地域 6:UA 値 0.56)程度で日照条件の良い丘陵地に立地している。また切妻屋根の南面に PVT が配置されている。

Table1. Specification of demonstration housing

Item	Value
Location of building	Hamamatsu-shi Sizuoka
Tilt angle of roof and PVT	24.2°
Azimuth of building and PVT	21.6° to east
Air conditioning area	160m ²
UA	0.57 W/m ² K
ηAC	1.7

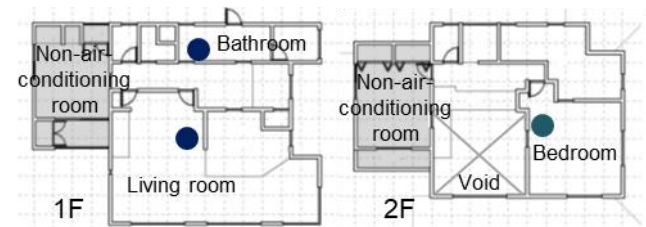


Fig1. Floor plan of demonstration housing

Table2. Specification of PVT and Storage battery

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

Table2. Specification of OMX

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

3. 蓄電システムの動き

図 2 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に接続され系統と連携されている。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、蓄電池からの放電がハイブリッドパワーコンディショナーを介して分電盤に供給される。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は売電される。夕方、発電が終了すると蓄電池に蓄電された電力で優先して消費電力を賄う。蓄電池残量が 10%になると放電を終了し、その後の消費電力は買電で賄われる。発電をしていない時間帯の消費電力を蓄電池の充電電力で賄うことで買電を削減することをねらう。

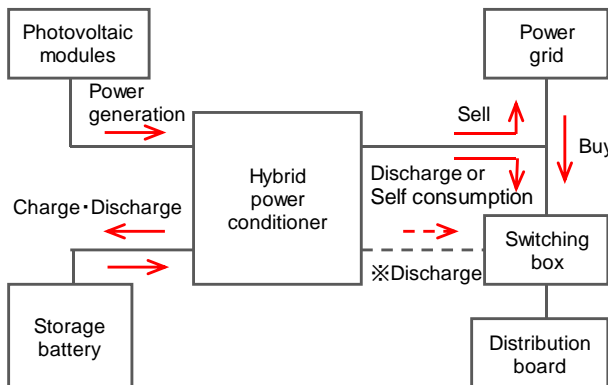


Fig2. Diagram of battery system

4. 温熱環境

空調による消費電力を削減しても、居住空間の温熱環境が上質のものでないと意味がない。まず実証住宅の温熱環境を確認する。計測点は図 1 の平面図に示す。空調機の設定温度は概ね冬期で 22℃、夏期で 27℃である。図 3 に 1 月の外気温とリビング室温の推移を示す。外気温は -5~15℃程度で変動しているがリビング室温は 22℃前後で安定し、昼間は太陽熱暖房により 22℃以上になっている。図 4 に 1 月のリビング室温と 1F 洗面、2F 寝室の室温の差を示す。1F 洗面の室温とリビング室温との差は概ね 3℃以内、2F 寝室は 2℃以内におさまっており、水平・垂直方向ともに室温の温度差が小さく、均一で快適だと考えられる。同様に 8 月の室温推移と室温の差を図 5、図 6 に示す。外気温は 22~35℃程度で変動しているがリビング室温は 27℃前後で安定

している。室温の差は 1F 洗面で概ね 2℃以内、2F 寝室で 3℃以内で温度分布はかなり均一で快適だと考えられる。

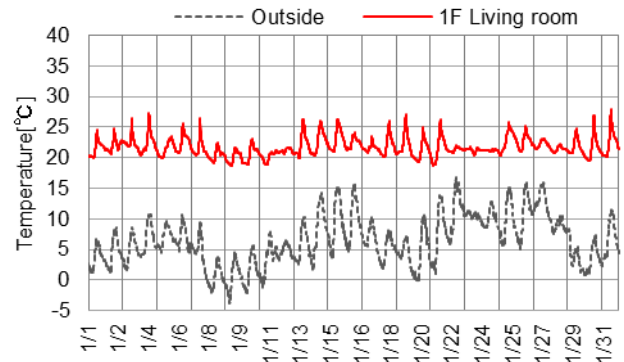


Fig3. Room air temperature in January

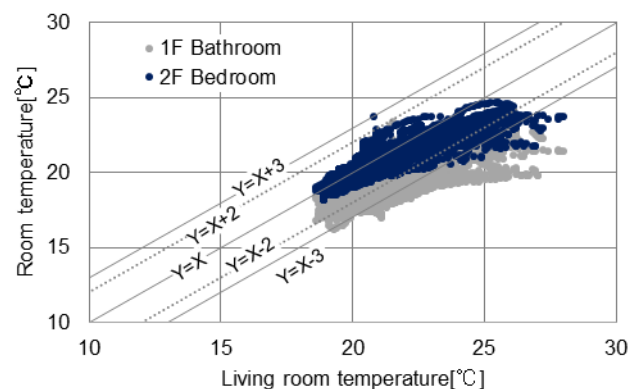


Fig4. Room air temperature distribution in January

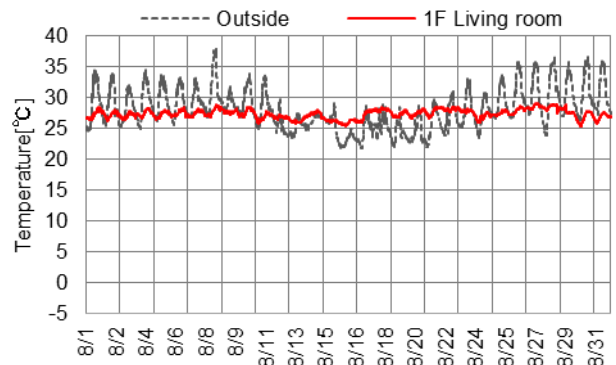


Fig5. Room air temperature in August

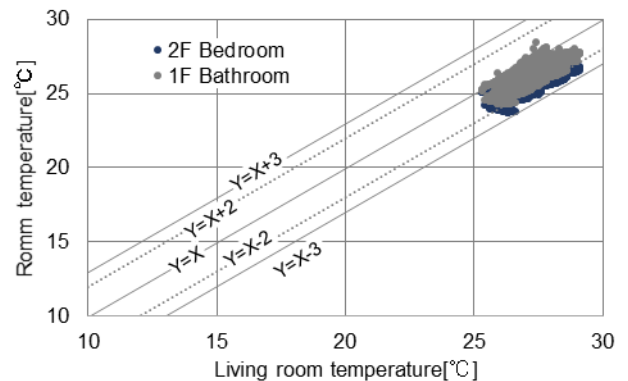


Fig6. Room air temperature distribution in August

5. 電力自給率

図7に1月～8月の月別の発電量、消費電力、電力自給率を示す。また図8に月別の消費電力の内訳を示す。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。1月～8月の合計の電力自給率は105%とReal ZEHを達成している。OMXの消費電力(暖冷房・給湯・換気消費電力)は冬期は全体の50%より大きく、空調負荷がほとんどない中間期は小さい、夏期は冷房負荷があるが冬期と比較して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1月～8月の合計ではおよそ50%であった。その他の消費電力は期間を通して概ね400kWh/月程度であったが、5月に居住者にお子様が生まれてライフスタイルに変化があったことで、それ以降の消費電力が増加傾向にある。また、その他の消費電力には計測器の消費電力(およそ70kWh/月)が含まれる。

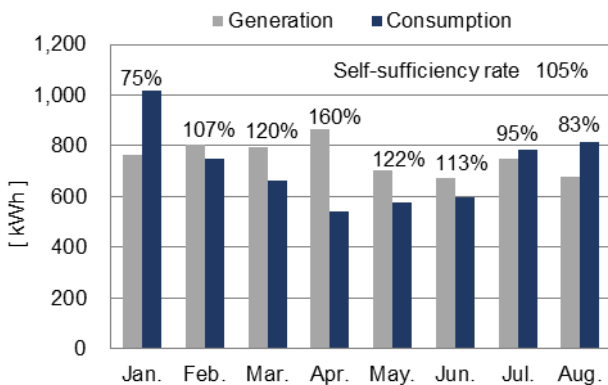


Fig7. Power generation and Consumption

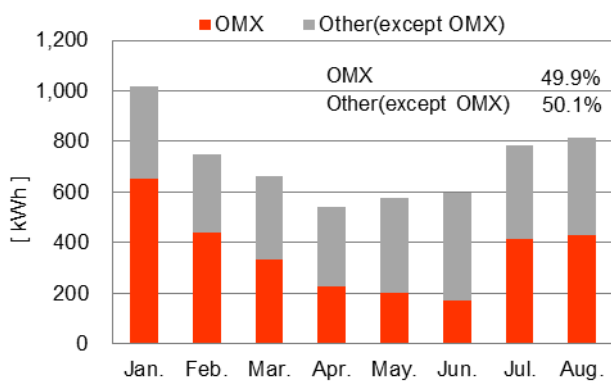


Fig8. Power consumption for OMX and Other(except OMX)

6. 電力自立率

図9～図11に1月、4月、8月の日毎の自立率を示す。1月は晴天日には40～60%程度の自立率となり、月間の自立率は38.6%になった。4月は晴天日の自立率は70～90%、月

間自立率は67.1%、8月は晴天日の自立率は60～70%、月間自立率は59.7%になった。8月は中旬に曇天・雨天が続く、その期間の自立率は小さい。図12に1月～8月の自立率を示す。期間合計の自立率は55.8%となった。

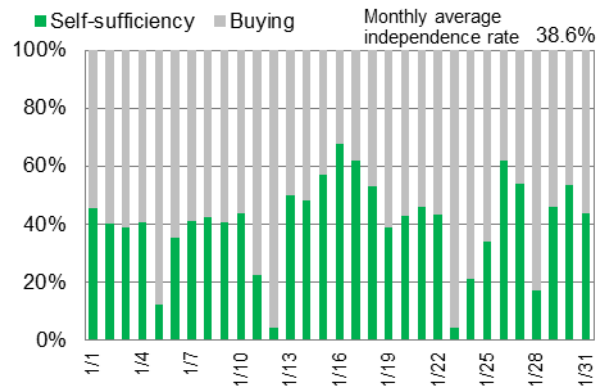


Fig9. Daily energy independence rate in January

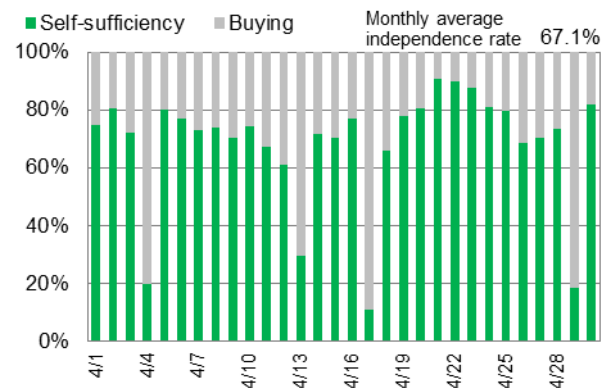


Fig10. Daily energy independence rate in April

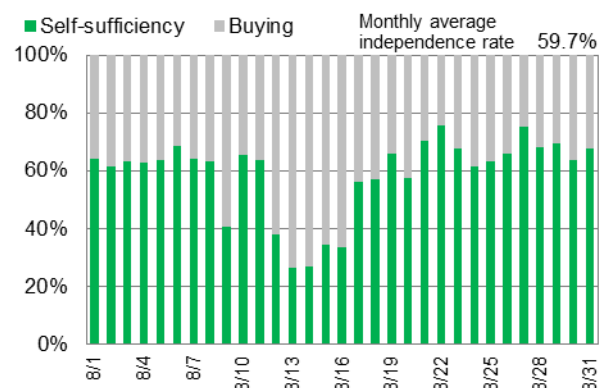


Fig11. Daily energy independence rate in August

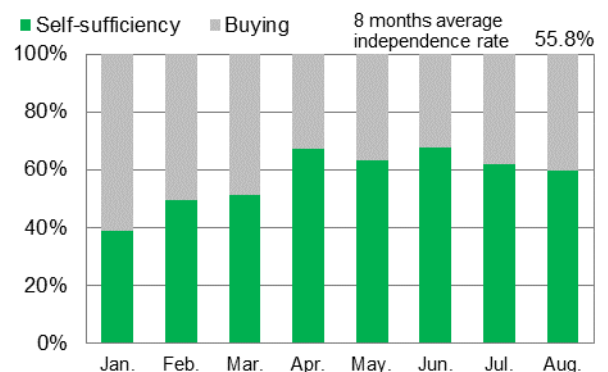


Fig12. Monthly energy independence rate

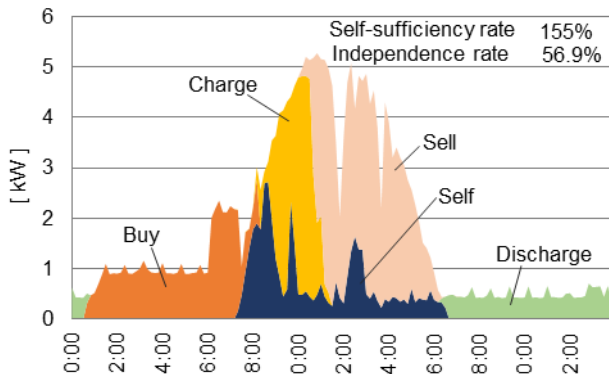


Fig13. Daily power consumption on January 15th

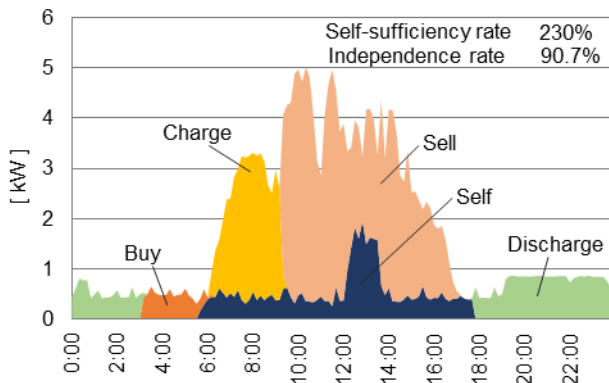


Fig14. Daily power consumption on April 22nd

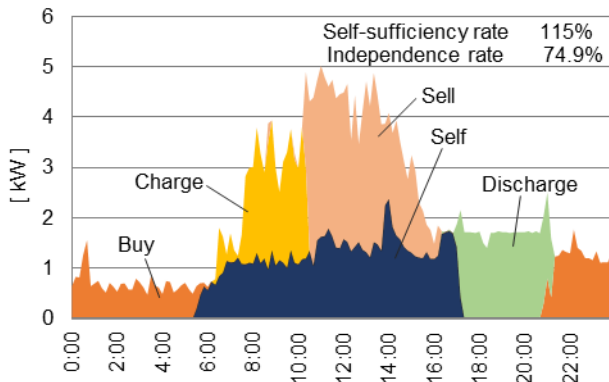


Fig15. Daily power consumption on July 28th

図 13～図 15 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 13)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度が高い昼間にして、買電電力量を低減させる効果がみとれる。中間期(図 14)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 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 15)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 16 に蓄電容量を 2 倍の 14kWh にした場合の自立率のシミュレーション結果を示す。自立率は 70%を超えることがわかる。

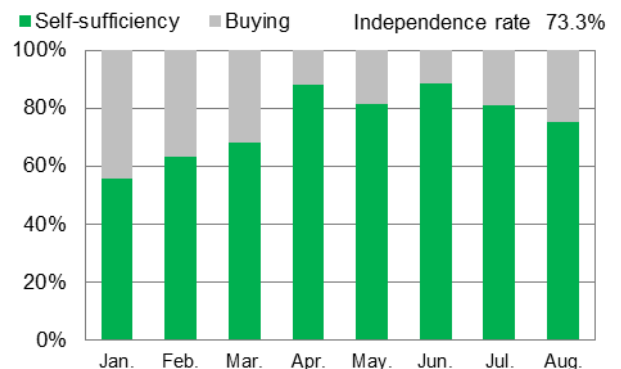


Fig16. Simulated energy independence rate (Battery capacity 14kWh)

7. まとめ

1 月～8 月の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。
- ・ 電力自給率は 105%であり、Real ZEH を達成している。
- ・ 天候とその他の電力使用量の影響もあり、自立率は 55.8%で、目標とする 70%を達成することができなかった。

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 達成のための課題検討、レジリエンス観点での検討を行う。

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