

太陽エネルギー活用型ヒートポンプ暖冷房換気給湯システムによる住宅のエネルギー自立性向上に関する研究 その1: システム概要と実住宅における計測

正会員 ○盧 炫佑*1 同 高橋 勇斗*2 同 真島 繁*2
同 前 真之*3 同 高瀬 幸造*4 会員外 中村 正吾*5

全館空調 24時間空調 ダクト式エアコン
リアル ZEH 太陽熱利用 高断熱高気密

1. はじめに

近年、COP21 への合意や省エネルギー基準の適合義務化を受け、住宅の省エネ・省 CO2 化が求められている。一方で、日本において高齢化が進むなかで、ヒートショックや熱中症などの健康被害が注目されており、年間を通して住宅内全体を適切な温熱環境に保つことが健康性・快適性の面からより求められている。

本研究では、太陽エネルギー活用型ヒートポンプ暖冷房換気給湯システム（以下、本システム）を搭載した住宅を対象に、実測による温熱環境の把握とシミュレーションを用いた設計手法の提案を目的とする。本システムは、屋根面で太陽光発電および空気集熱を行いつつ、1 台のヒートポンプ（以下、HP）により適切な負荷率で全館暖冷房を行い、かつ冷房時の温排熱を給湯沸上に利用することで、高効率化と太陽エネルギー利用の最大化を目標としている。本報では、本システム概要と年間エネルギー消費について報告する。

2. 本システム

2.1. 本システム概要

本システムは図 1 に示すように、屋根面に設置された Photovoltaic and Thermal（以下、PVT）で太陽光発電および太陽熱集熱・夜間放射冷却を利用しながら、HP により全館暖冷房を行う。給湯も一体化しており、冷房時の排熱を給湯に利用する。また、本体に第一種全熱交換換気機能を内蔵しており、各居室に換気口を設けず 24 時間換気が可能である。空調空気は本体から給気ダクトを通じて A,B,C 系統の 3 つの送風ファン（A,C 系統は暖冷房兼用、B 系統は床下暖房時のみ使用）によって各室に供給され、階段室や吹抜けを通り小屋裏に設置された本体へ戻り住戸全体を循環する。各ファンの回転数を個別に制御することはできるが、吹出口ごとに風量制御することはできない。

2.2. 夏期の運転モード

夏は図 2 のように、A,C 系統の 2 つの送風ファンからダクトを通じて天井または壁に設置した吹出口から給気する。日中の熱負荷は HP により処理し、排気は全熱交換器

で処理した後 PVT パネルの裏面を通じて行う。夜間は、放射冷却で冷やされた空気を屋根面から取り入れ、室温が高い場合は HP 冷房を行う。また、給湯に関しては、冷房時の排熱を利用した給湯沸き上げが可能であるため 1 台の HP で冷房と給湯沸き上げの同時併用が可能である。

2.3. 冬期の運転モード

冬は図 2 のように、主に床下用ダクトを通じて床下に暖気を送るが、夏に使用する A,C 系統からの給気も併用可能。晴天時は PVT による太陽集熱により暖房を行い、集熱量が不足する場合は HP 暖房を行う。夜間あるいは曇天時は HP 暖房を行う。また、給湯に関しては、HP 暖房と HP 給湯沸き上げを同時に行うことはできない。

2.4. 運転制御（室温制御と風量制御）

主居室に設置された本システムのリモコンのセンサーが感知した温度に応じ、送風温度と合計風量を制御する。各系統のファンの風量分配比は調整できるが、各部屋で送風量や送風温度を制御できないため、主居室の温度が日射の影響等で急上昇すると個室の温度が冷えすぎるなどの、温度と設定温度の乖離が予想される。

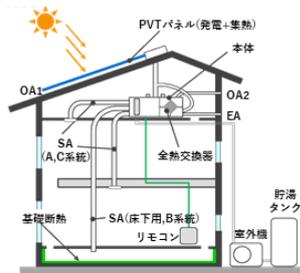


図1: 本システム概要

表1: システム能力概要

冷房	定格冷房能力[kW]	4.0
	定格冷房消費電力[kW]	1.115
	エネルギー消費効率	3.59
暖房	定格暖房標準能力[kW]	4.0
	定格冷房標準消費電力[kW]	0.905
	定格暖房低温能力	4.70
換気	定格暖房低温消費電力[kW]	1.700
	エネルギー消費効率	4.00
	定格換気風量[m ³ /h]	200
給湯	定格消費電力[W]	65
	温度交換効率[%] (夏期/冬期)	80 / 90
	全熱交換効率[%] (夏期/冬期)	75 / 85
貯湯	タンク容量[L]	370
	冬期高温消費電力[kW]	1.35
	中間期標準消費電力[kW]	1.06

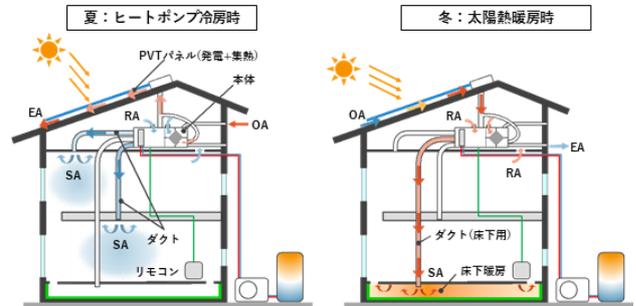
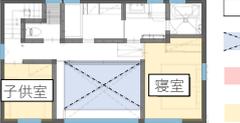


図2: 夏期と冬期の運転モード

表2：詳細実測物件の概要

	a邸		b邸		c邸					
外観										
地域区分	6地域 A3 H4		6地域 A3 H5		6地域 A3 H4					
床面積	1階 60.8㎡	2階 50.0㎡	1階 58.0㎡	2階 51.3㎡	1階 81.2㎡	2階 50.1㎡				
UA値/ηAC値	0.47/1.2		0.42/1.4		0.42/1.6					
家族構成	夫婦2人+子供1人		夫婦2人+子供2人		夫婦2人+子供2人					
太陽光パネル	5.8kW		5.8kW		5.22kW					
1階平面										
2階平面										
断熱性能 (断熱材の熱伝導率と厚み)	屋根	λ=0.032	190mm	屋根	λ=0.036	200mm	屋根	λ=0.040	200mm	
	外壁	λ=0.035	105mm	外壁	λ=0.028	85mm	外壁	λ=0.040	120mm	
	基礎	λ=0.028	50mm	基礎	λ=0.028	50mm	基礎	λ=0.028	50mm	
	外周底盤		30mm	外周底盤		30mm	外周底盤		30mm	
	窓	北	Uw=1.51 / ηw=0.29		北	Uw=1.23 / ηw=0.22		北	Uw=1.90 / ηw=0.46	
		南	Uw=1.51 / ηw=0.44		南	Uw=1.23 / ηw=0.22		南	Uw=1.23 / ηw=0.46	
		西	Uw=1.51 / ηw=0.29		西	Uw=1.23 / ηw=0.22		西	Uw=1.23 / ηw=0.46	
		東	Uw=1.51 / ηw=0.29		東	Uw=1.23 / ηw=0.22		東	Uw=1.23 / ηw=0.29	
		東	Uw=1.51 / ηw=0.29		東	Uw=1.23 / ηw=0.22		東	Uw=1.23 / ηw=0.29	

3. 実測の概要と測定

表2に示す2019年1月以降に竣工した新築戸建て住宅で、本システムを搭載した全国3件の詳細計測を行った。全て省エネルギー地域区分で6地域に立地し、断熱性能はHEAT20が定めるG1もしくはG2の基準をクリアした高断熱高気密の住宅である。いずれも2階建てで吹き抜けを有し、子育て世代の家族が住んでいる。屋根には5.22~5.8kWの太陽光発電パネルを搭載しており、家電分の消費電力を含めた年間でのネット・ゼロエネルギーを目標に設計されている。各物件に20点の計測機器を設置し、「温湿度/CO2濃度/日射量/熱流/床表面温度（主居室のみ計測）」を計測した。また、同時に本システムに組み込まれたHEMSにより機器の運転状況と消費電力を計測している。本報では、対象期間（表3）における結果を報告する。なお、対象期間は欠測期間や計測条件が異なる期間を除いた期間となっている。

表3に対象期間における家全体の消費電力量（家電消費分を含む）PVTパネルによる発電量を示す。また、システム消費電力量とは、消費電力量のうち本システムで消費した電力量を指す。b,c邸は対象期間において発電量が消費電力量を上回っていることが確認できた。a邸は発電量が消費電力量を下回っているが、a邸は本システムと第3種換気を併用しており、暖房負荷や換気動力が増大したためと推察される。発電量が消費量を上回っているb邸について、月ごとにおける日平均の消費電力量と発電量を

表3：3物件の消費電力量（家電消費分含む）と発電量

物件名	対象期間	期間消費電力量 (内システム消費電力量) [kWh]	期間発電量 [kWh]	発電消費
a邸	2020/2/1~2020/9/30	4,665(2,359)	4,505	97%
b邸	2020/1/1~2020/12/31 (2020/10/22~2020/10/31を除く)	7,214(3,715)	7,392	102%
c邸	2020/2/1~2020/7/31	3,288(1,856)	3,684	112%

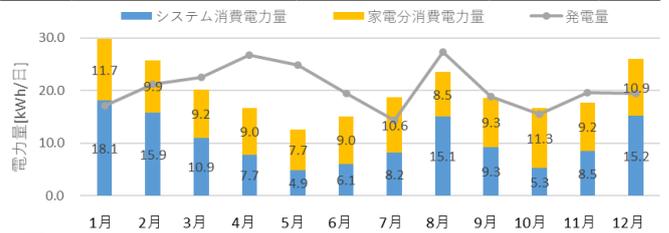


図3：b邸の消費電力量（家電消費分含む）と発電量

図3に示す。冬期（12月~2月）では発電量が消費電力量を下回り、それ以外の期間においては概ね発電量が消費電力量を上回るか同等程度であった。

4. まとめ

本システムを搭載した3住戸を実測し、2住戸で期間の発電量が全消費電力量を上回る結果となった。次報では、冬期において、24時間住宅全館で快適な温熱環境を最も省エネルギーで実現するシステム運用方法の開発を目的として、a,c邸を題材として2021年1月~3月にかけて行った検証の概要について報告する。

謝辞：本研究は、「国土交通省サステナブル建築物等先導事業（省CO2先導型）採択案件「エネルギー自立住宅の実現に向けて～太陽光と太陽熱を活用した自立率向上と災害対応～」に係る技術検証」による成果の一部である。実測にご協力いただいた居住者、工務店をはじめとする関係者の皆様深く謝意を表します。

- *1 OMソーラー 取締役・技術部長・博士（工学）
- *2 東京大学大学院 修士課程
- *3 東京大学大学院 准教授・博士（工学）
- *4 東京理科大学 講師 博士（工学）
- *5 OMソーラー

- *1 Director, OM Solar Inc., Dr. Eng.
- *2 Graduate student, the Univ. of Tokyo.
- *3 Assoc. Prof., the Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
- *4 Junior Assoc. Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
- *5 OM Solar Inc.