

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の住宅への導入に関する研究 その1 :
システム概要と実住宅における計測

正会員 ○前 真之*1 同 大平 豪士*2 同 孫 路寧*2
同 高瀬 幸造*3 同 盧 炫佑*4 会員外 中村 正吾*5

全館空調 24時間空調 セントラルエアコン
ZEH 太陽熱利用 高断熱高気密

1. はじめに

ヒートショックや熱中症などが健康に与える悪影響が注目される時代に入り、年間を通して住戸内全体を適切な温熱環境に確保することが健康・快適の面から強く求められている。一方で、住宅の省エネ・省CO₂化は危急の課題であり、可能な限り太陽を中心とした自然エネルギーを活用し、全館連続空調を高効率に運転することが大きな課題となっている。

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方法への提案を行う。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、高効率化の徹底と太陽エネルギー利用の最大を目標としている。実測の概要と年間エネルギー消費について報告する。

2. 対象システム

2.1. 対象システム概要

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、ヒートポンプによる暖冷房を行う。給湯も一体化しており、冷房時の排熱や余剰集熱を給湯に使用する。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ないが、吹出口ごとに風量制御することはできないCAV（定風量型）である。

2.2. 夏期の運転モード

夏は2つの送風ファンからダクトを通じて天井あるいは壁に設置した吹出口から室内に給気する。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パネル裏面を通して行う。夜間は、放射冷却により

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冷房で補う。また給湯について、夏の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併用が可能である。

2.3. 冬期の運転モード

冬は主に床下用ダクトを通じて床下に暖気を送るが、夏期に使用するA,C系統からの給気を併用することも可能。晴天時はPVTによる太陽熱集熱により暖房を行い、集熱量が不足する場合はHP暖房で補う。夜間もしくは曇天時にはHP暖房を行う。また給湯に関して、HP暖房とHP給湯沸き上げを併用することは出来ない。

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することはできないCAV方式であるため、主居室の温度が日射の影響等で急上昇すると個室が冷えすぎるという懸念点も考えられる。

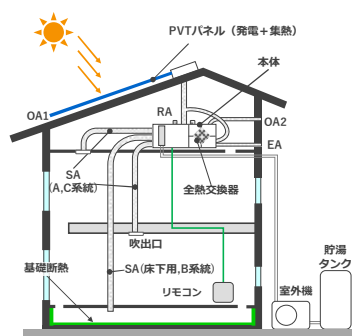


図1：本システム概要

表1: システム能力概要

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
定格暖房標準能力[kW]	4.0
定格冷房標準消費効率[kW]	0.905
暖房	
定格暖房低温能力	4.70
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
換気	
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
タンク容量[L]	370
給湯	
冬期高温消費電力[kW]	1.35
中間標準消費電力[kW]	1.06

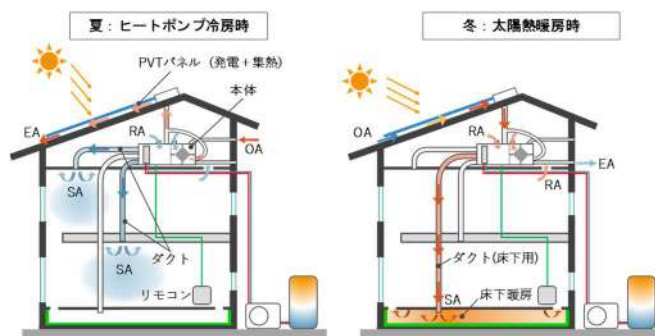


図2：夏期と冬期の運転モード

表 2 : 実測物件の概要

	a邸				b邸				c邸				d邸				e邸			
外観																				
地域区分	6地域 A4 H2				6地域 A3 H4				6地域 A3 H5				6地域 A4 H4				6地域 A3 H4			
床面積	1階	140.1㎡	2階	-	1階	60.8㎡	2階	50.0㎡	1階	58.0㎡	2階	51.3㎡	1階	59.4㎡	2階	48.9㎡	1階	81.2㎡	2階	50.1㎡
UA値 / η AC値	0.41 / 1.4				0.47 / 1.2				0.42 / 1.4				0.45 / 1.6				0.42 / 1.6			
家族構成	夫婦2人+子供2人				夫婦2人+子供1人				夫婦2人+子供2人				夫婦2人+子供2人				夫婦2人+子供2人			
太陽光パネル	6.96kW				5.8kW				5.8kW				6.09kW				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=0.040	240mm	屋根	λ=0.032	190mm	屋根	λ=0.036	200mm	屋根	λ=0.034	210mm	屋根	λ=0.040	200mm					
	外壁	λ=0.040	120mm	外壁	λ=0.035	105mm	外壁	λ=0.028	85mm	外壁	λ=0.034	105mm	外壁	λ=0.040	120mm					
	基礎 外周 底盤	λ=0.028	50mm 25mm	基礎 外周 底盤	λ=0.028	50mm 30mm	基礎 外周 底盤	λ=0.028	50mm	基礎 外周 底盤	λ=0.019	90mm	基礎 外周 底盤	λ=0.028	50mm 30mm					
	窓	北	U=2.33 / η=0.27	北	U=1.51 / η=0.29	北	U=1.23 / η=0.22	北	U=1.31 / η=0.29	北	U=1.90 / η=0.46									
		南	U=2.33 / η=0.27	南	U=1.51 / η=0.44	南	U=1.23 / η=0.22	南	U=1.31 / η=0.46	南	U=1.23 / η=0.46									
西		U=2.33 / η=0.27	西	U=1.51 / η=0.29	西	U=1.23 / η=0.22	西	U=1.31 / η=0.29	西	U=1.23 / η=0.46										
東		U=2.33 / η=0.27	東	U=1.51 / η=0.29	東	U=1.23 / η=0.22	東	U=1.31 / η=0.29	東	U=1.23 / η=0.29										

3. 実測の概要と測定(年間)

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5物件の詳細計測を行った(表2)。いずれも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新築住宅である。平屋型と2階建て吹抜け型に大別され、子育て世代の家族が住んでいる。屋根には5.22~6.96kW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」を計測した。(床表面温度は主居室のみ計測) 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。本報では計測開始から2020年の1月末までの結果を報告する。また夏期・冬期ともに各物件に訪問し、居住者の中で在室時間の最も長い人を対象にヒアリング調査も行った。

表3に計測期間における家全体の消費電力量(家電消費分を含む)とPVTパネルによる発電量を示した。b, d邸について対象期間が短いため参考程度であるがa, c, e邸は計測期間において発電量が消費エネルギーを上回っていることが確認できた。発電量が消費量を上回っているc邸について、月ごとの消費電力量と発電量を図3に示す。4

表 3 : 5 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 [kWh]	期間発電量 [kWh]	発電消費
a邸	2019/4/1~2020/1/31	6,783	7,322	108%
b邸	2019/11/1~2020/1/31	1,953	1,348	69%
c邸	2019/2/1~2020/1/31	6,622	7,297	110%
d邸	2019/8/1~2020/1/31	3,681	3,339	91%
e邸	2019/3/1~2020/1/31	5,534	6,028	109%

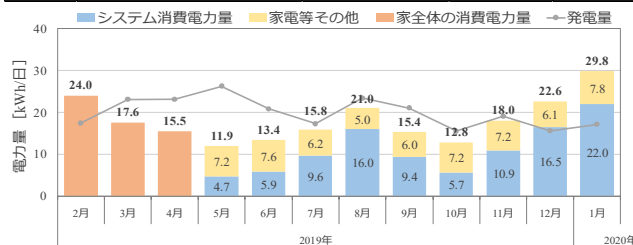


図 3 : c 邸の消費電力量 (家電消費分含む) と発電量
月から6月にかけての発電量が消費電力量を上回り冬期において発電量が消費電力量を下回っている。この傾向は他の物件でも確認された。

4. まとめ

太陽熱活用型暖冷房給湯換気システム採用5住戸を実測し、3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。次報では夏期冷房の詳細について報告する。

謝辞：本研究は、平成29年度の国土交通省サステナブル建築物等先導事業(省CO2先導型)に採択された、太陽と共棲する新世代パッシブソーラーハウス推進PJの技術の検証の一環として行った。研究の実施に際し、ご指導頂きました本事業事務局の一般社団法人環境共生住宅推進協議会ほか、測定にご協力いただいた居住者と工務店の関係者各位に感謝の意を表します。

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

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