

ヒートポンプ一体型太陽光発電パネル活用屋根空気集熱式ソーラーシステムを搭載した戸建住宅に関する研究

その1. 山口市内の戸建住宅における冬期の実測結果

太陽熱 実測 負荷 正会員 ○劉 行*1 同 前 真之*2 同 崔 榮晋*3
ヒートポンプ 温熱環境 自然エネルギー 同 高瀬 幸造*4 同 盧 炫佑*5 同 山本 遼子*1

1. はじめに

本研究では、ヒートポンプ一体型太陽光発電パネル利用屋根空気集熱式ソーラーシステム（以下、本システム）を用いた戸建住宅を対象とする。本報では、山口市内の戸建住宅での冬期実測結果について報告する。なお、実測期間は2018年2月～2019年2月予定である。

2. 研究概要

2-1. システム概要

従来の筆者らが検討してきた空気集熱式システムでは、太陽光発電一体型太陽熱集熱面（以下 PVT パネル）で外気を暖め暖房（床下を経由して居室に温風吹き出し）・給湯（小屋裏野室内ユニットで空気から液に熱交換し、貯湯タンクに蓄熱）に用い、夜間や曇天日などの太陽熱が足りない時には、個別エアコン等補助暖房や給湯用補助熱源を別々に利用していた。図1に本報で扱う戸建住宅における本システム全体図を示す。住宅の暖房・冷房・換気・給湯に必要な熱を PVT パネルで集め、太陽熱集熱とヒートポンプ運転で賄うシステムを開発した。給湯については、冬期は室温が設定温度以上の場合、ヒートポンプで沸き上げを行う（図2）。冬期の昼は集熱温度が一定以上に達すると外気取り込みが行われ、集熱量が不足している時はヒートポンプでバックアップする（図3）。また、床下に送られた熱は床下に配置された潜熱蓄熱材（以下 PCM）等の蓄熱体に蓄熱され、夜間の室内循環運転時に放熱される。なお、基礎上断熱により地中への熱損失を防ぐ。冬期の夜間は全熱交換器を通して換気を行い、暖房負荷を低減した上で、ヒートポンプ暖房を行う（図4）。

一方、夏期は冷房・給湯・換気用途にヒートポンプを用いる。夏期の昼間は冷房時のヒートポンプ排熱を使って給湯沸き上げが行われる。また換気時は、室内ユニットから排気することで、PVT パネル下を通気し、太陽電池の温度上昇による発電効率低下を防ぐ。更に夜間に PVT パネルで放射冷却を行い室内を冷却する。放射冷却が不十分な場合は、ヒートポンプによる冷房を行い、残湯量に応じて給湯沸き上げも行う。

2-2. 戸建住宅の仕様

実測対象住宅の建築面積は84.56m²、開口部面積46.78m²、外皮等面積は361.87m²である。外皮平均熱貫流率値は0.59W/m²K、冷房期の平均日射取得率値は2.7で6地域においてHEAT20のG1相当の断熱性能が確保されている（表1）。居住者は夫婦2人暮らしで、2階の家族室2、3は現在使用しておらず、日常利用している部屋（玄関、1階トイレ、洗面脱衣、

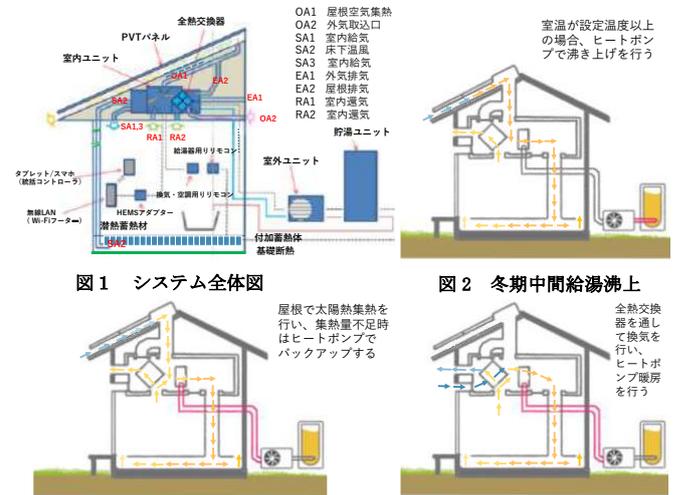


図1 システム全体図

図2 冬期中間給湯沸上

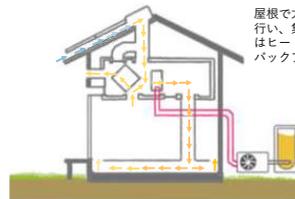


図3 冬期暖房（昼）

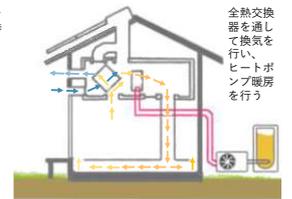


図4 冬期暖房（夜）

気象条件	省エネルギー基準地域区分	6地域（山口県山口市（旧山口市））
建物条件	年間/暖房期日射量地域区分	A4/H4
	建築面積/延床面積 [m ²]	84.56/154.37
熱性能	開口部面積/外皮等面積 [m ²]	46.78/361.87
	外皮平均熱貫流率Ua値 [W/m ² K]	0.59
部位ごとの断熱仕様・構成	冷房期の平均日射取得率ηAC値	2.7
	屋根（勾配2寸）	屋根充填断熱（セルロースファイバー120mm+Q1ボード30mm）
	外壁	真壁 充填セルロースファイバー55K95mm 妻壁 大壁充填セルロースファイバー95mm
	ドア	金属製断熱遮断構造（フラッシュ構造）
	窓の仕様	Low-E複層ガラス（アルゴンガスタイプ）金属製断熱材構造
	基礎	外周部 充填 スタイロフォーム50mm+Q1ボード50mm
	基礎底板	スタイロフォーム50mm+べた基礎+Q1ボード50mm
床下	充填 PCM蓄熱材	
太陽熱集熱面	PVTパネル面積 [m ²]	21.06

表1 実測対象戸建住宅仕様

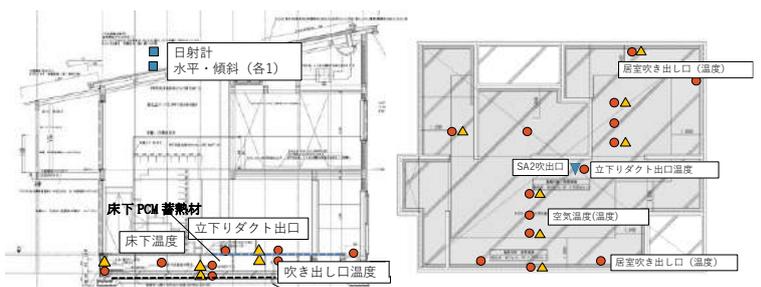


図5 実測対象住宅断面図・外気条件計測点

図6 実測対象住宅床下平面図・計測点



図7 実測対象住宅平面図・居室温度計測点

納戸、2階寝室以外)の窓のみLow-E複層ガラスに改修工事済で、1階和室を寝室として利用している。周辺に隣棟がなく、太陽熱利用に適した立地である。

3. 実測概要及び結果

3-1. 計測概要

戸建住宅の測定点として、気象計や日射計2点(図5)、床下空間の基礎表面とPCM表面熱電対19点、熱流センサー12点(図6)、各居室の温湿度と一部居室の床・壁・窓面の温度(図7)を設置した。測定間隔は室温等の比較の変動が小さいものについては1分、本システムの運転状況の把握に取って重要なポイントについては1秒とした。

本報では初期検討として、冬期暖房時を対象としたシステム動作状況及び室温変動について把握した。比較的晴れ外気温が一日中低い、2017年2月11日の結果を報告する。なお、今回の検討では給湯の分析には至っておらず、今後の課題とする。

3-2. 実測結果

今回、暖房設定室温の設定範囲は16℃から20℃で1℃刻みの5段階とし、日中の設定室温は20℃、夜間は就寝の設定室温の緩和を考慮したものとした(図9)。日中集熱のピーク時に、太陽熱集熱だけで室内ユニット入口が外気温を上回り最大10℃程度となった。室内からの排気(RA1)、外気導入(OA2)と屋根集熱器出口(OA1)全熱交換した後で、給気(SA1)温度が最大40℃まで上昇し、室内に拡散することで循環を実現できる(図10)。

次に床下の温度変化について考案する。2月11日の昼は熱回収と換気の為にヒートポンプが動いた際の立下りダクト出口温度は約30℃となった(図11)。また、給気温度変動と立下りダクト出口温度変動の傾向は同じであり、それぞれの温度が突然低下するのは、デフロスト運転が行われたことが原因として考えられる。

夜8時頃の外気温が最低温度は-1.6℃になる時でも、主居室温度は設定室温と同程度に維持できることがわかる。夜間はヒートポンプ運転停止時においても、床下及び床表面温が室温よりやや高く、床下の蓄熱材が放熱する影響と言える(図12)。

各居室温度を見ると、主居室と同様に、温度変動が小さく、安定していることが確認出来た(図13)。ダクトの給気温度と立下りダクト出口温度がデフロスト運転により低下したが、室内温度にはあまり影響しないことが確認できた。

4. まとめ

本報では、ヒートポンプ一体型太陽光発電パネル利用屋根空気集熱式ソーラーシステムの効果について、山口市内の

戸建住宅で冬期暖房実測によって得られたデータを用いて検討した。今後は中間期・夏期の実測を継続し、室内温熱環境や消費エネルギーの分析を行うとともに、他の本システムを採用した住宅においても各地域で実測評価を行う。

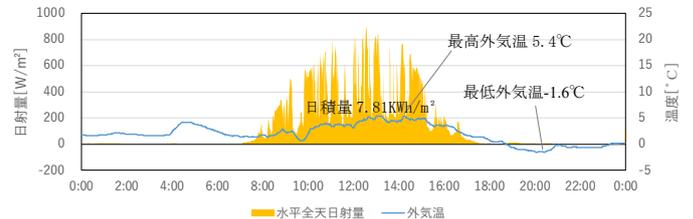


図8 外気条件(2月11日)

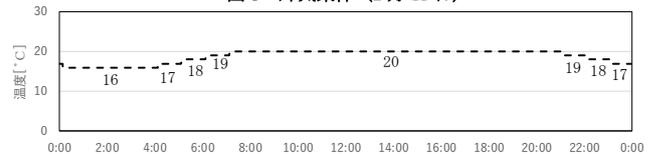


図9 暖房運転設定室温(2月11日)

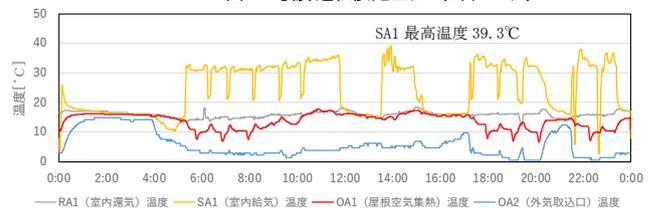


図10 室内ユニット周りダクト内温度(2月11日)

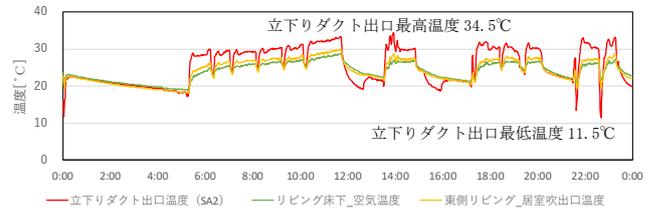


図11 床下温度(2月11日)

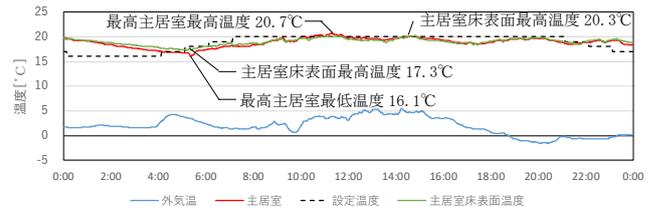


図12 主居室温度(2月11日)

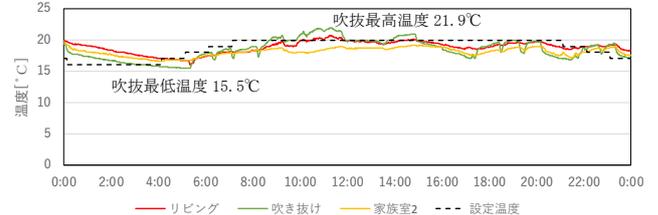


図13 室内温度(2月11日)

*1 東京大学大学院 大学院修士課程
 *2 東京大学大学院 准教授・博士(工学)
 *3 九州大学 助教(当時東京大学)博士(工学)
 *4 東京理科大学 助教・博士(工学)
 *5 OMソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)

*1 Master's Student, Dept. of Architecture, the Univ. of Tokyo
 *2 Assoc. Prof., the Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
 *3 Assist. Prof., Kyushu University, Dr. Eng.
 *4 Assistant Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
 *5 Director, R&D Department, OM Solar Inc., Dr. Eng.