

**PVT 活用型屋根空気集熱式ソーラーハウスのシミュレーションによる性能評価
街区密度・太陽エネルギー利用形態に着目した検討**

太陽光発電機能付き集熱器 温熱環境 パッシブ 正会員 ○鈴木 琢幹*1 同 井上 隆*2 同 前 真之*3
ゼロエネルギーハウス 高断熱 同 高瀬 幸造*4 同 崔 榮晋*5 同 盧 炫佑*6

1. はじめに

本研究では、我が国の住宅のエネルギー消費量の過半数を占める暖房・給湯用途の削減を目的とし屋根面の太陽エネルギーを発電だけでなく集熱にも利用する Photovoltaic and thermal パネル(以下、PVT)を用いた PVT 活用型屋根空気集熱式ソーラーシステム(図 1,以下、本システム)を対象とした。戸建住宅に本システムを導入する場合の快適性および暖房・給湯負荷削減効果について把握するため、省エネルギー基準における地域区分 6 地域を対象に街区密度・太陽エネルギー利用形態に着目した検討をおこなった。

2. シミュレーションの概要

本研究では、6 地域の気象データ代表地点に拡張アメダス標準年気象データ(2010 年版)を用いて、気象条件(外気温・日射量)が最も平均的であった大阪府堺を選定した。計算対象住宅については、既報¹⁾の住宅モデルを用いた。住宅モデルは延床面積 127m²で、日射熱取得を利用するため南面に大開口を持ち、吹抜のある開放的な空間構成となっている。街区モデルは、住宅モデル 6 棟とそれぞれの敷地、前面の道路で 1 街区を構成しており、対象住宅は隣りに囲まれている街区中央北側に設置した(図 2)。街区密度は、「隣棟なし」と南側境界からの距離を変化させた「境界距離 4.0m」、「境界距離 2.5m」の 3 パターンを取り扱った。断熱性能の検討については、平成 28 年省エネ基準(以下、H28 相当)・HEAT20²⁾ G1・G2 水準相当(以下、G1 相当・G2 相当)の 3 パターンを取り扱った。太陽エネルギー利用形態の検討については、住宅モデルの屋根面に Photovoltaic パネル(以下、PV)のみを用いて集熱を行わない「PV のみ」(集熱なし)と「集熱あり」を比較した。「集熱あり」については、一般的な仕様となるガラス集熱器と PVT パネルを併用することにより PVT パネルで発電しつつ温めた外気をガラス集熱器にてさらに暖めることができる「集熱器併用型」と集熱能力で劣るがガラス集熱器の面積だけ発電量が増える、PVT パネルのみを用いた「全面 PVT 型」の 2 パターンを取り扱った(表 1)。熱回路網計算ツールについては、既報⁴⁾で精度検証されている熱回路網計算ツール ExTLA を用いた。エアコン等の各種スケジュールや内部発熱などは、文献³⁾に基づき設定した(表 2)。また、年間の住宅内での発電量と一次消費エネルギー量の収支を検討するため、シミュレーションにて算出した 1 時間ごとの暖冷房・給湯・換気負荷を用いて、文献³⁾の算出方法に基づいて一次エネルギー換算した(表 3)。

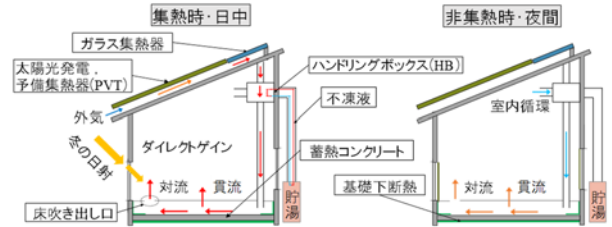


図 1 PVT 活用型屋根空気集熱式ソーラーシステム概要図

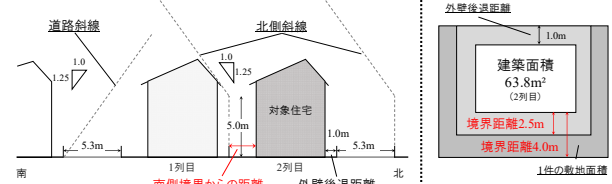


図 2 街区モデル(左:断面図,右:配置図)

表 1 太陽エネルギー活用形態 検討ケース

モード	集熱なし	集熱あり	
	PVのみ	集熱器併用型	全面PVT型
モード図			
集熱部位	-	ガラス集熱器(8.25m ²) PVT(24.75m ²)	PVT(33.0m ²)
発電能力	4.50[kW]	3.38[kW]	4.50[kW]
発電効率 (パネル)	$T_{PV}(\text{パネル表面温度}) \leq 25^{\circ}\text{C}$: 定格効率13.4% $T_{PV} > 25^{\circ}\text{C}$: $13.4\% * (1000 + (T_{PV} - 25) * -0.37) / 100$		

表 2 熱回路網計算条件

使用ツール	ExTLA	エアコン 設定室温	1F 暖房:20°C, 冷房:27°C 2F 暖房:20°C, 冷房:28°C
建物モデル	標準住宅モデル		
気象データ	拡張アメダス標準年データ (2010年版),大阪府堺		
計算期間	1/1~12/31(助走期間:3ヶ月)	暖房 時間	平日 6:00~9:00, 12:00~13:00, 16:00~23:00 休日 8:00~13:00, 16:00~22:00
計算時間間隔	1時間	2F	平日 20:00, 22:00~23:00 休日 8:00~11:00, 16:00~18:00, 20:00~22:00
換気	非集熱時のみ 0.5回/h	冷房 時間	平日 6:00~9:00, 12:00~13:00, 16:00~23:00 休日 8:00~11:00, 16:00~22:00
日射取得率	シミュレーション計算値	内部発熱	平日 0:00~5:00, 23:00 休日 0:00~6:00, 23:00 平日 14.39[kWh/日] 休日 17.44[kWh/日]
出湯量	40°C・450L/日		
暖房 区画	1F 居室 : LDK, 和室 2F 居室 : 寝室, ホール		
エアコン 設置位置	1F 居室 : リビング 2F 居室 : 寝室		

表 3 一次エネルギー算出概要

暖冷房	負荷計算からの入力値		外気温・暖冷房負荷の計算値
		居室の種類	
給湯	エネルギー消費効率の区分		区分(イ)
	容量可変型コンプレッサー		搭載しない
	負荷計算からの入力値		給湯負荷
発電量	機器種類		ガス給湯器
	効率(%)		78.2%(6地域)
換気	パワーコンディショナーの効率(%)		95(%)
	換気設備の種類		壁付け式第3種換気設備
照明	比消費電力[w/(m ² h)]		2(w/(m ² h))
	換気回数(回/h)		0.5(回/h)(集熱時は0(回/h))
ハンドリング ボックス	機器種類		すべてLED
	調光・他灯分散照明方式		採用しない
その他	ハンドリング ボックス	室内循環運転時[W]	96[W]
		集熱時[W]	自立運転PVTにより電力を賄い、0[W]
		家電[GJ]	17.3[GJ]/年(4人世帯)
	調理[GJ]	3.9[GJ]/年(4人世帯)	

Simulation Study on of Solar Houses with Roof-Integrated PVT
Air Collector
Study on Site Condition and Solar Energy Utilization Methods

SUZUKI Takumi, INOUE Takashi, MAE Masayuki
TAKASE Kozo, CHOI Youngjin, ROH Hyunwoo

3. シミュレーション結果

「PVのみ(集熱なし)」の場合、「隣棟なし」でも、H28 相当では、作用温度 18℃(諸外国の許容温度の規定²⁾)を下回る割合は 50%を超え(図 3)、「境界距離 2.5m」のように隣棟が建て込んでくると G1 相当でも 50%を超える(図 4)。このため、「PVのみ(集熱なし)」の場合、隣棟の建て込んだ敷地では G1 相当の断熱性能であっても快適な温熱環境を保つのは厳しいと考えられる。また、「集熱あり」の場合でも、隣棟の建て込んでくると、H28 相当だと 18℃を下回る割合が 50%を超えるため快適な温熱環境を保つのは難しいと考えられる(図 5)。しかし、G1 相当以上の断熱性能であれば、18℃を下回る割合を 50%以下に抑えられる(図 6)。

「集熱あり」の暖房・給湯の一次エネルギー消費量は、「境界距離 4.0m」でも窓面からの日射がほぼなくなるため、「境界距離 2.5m」と同程度になった(図 7)。また、「PVのみ(集熱なし)」に対する「集熱あり」の一次エネルギー削減率は、G1 相当以上で「集熱器併用型」は、3 割強、「全面 PVT 型」は、3 割程度となった。このため、本システムであれば隣棟の建て込んだ敷地であっても、暖房・給湯負荷削減効果があることが確認された。また、断熱性能が高くなるにつれて、一次エネルギー削減率が増加しているため、断熱性能が高い方がより本システムの恩恵を得ることができる(図 8)。さらに、家電等を含む住宅内の全消費エネルギーと発電量とを比較すると、今回検討した住宅モデルおよびシミュレーション条件の場合、「全面 PVT 型」ならば、隣棟の建て込んだ狭い敷地でもすべての断熱性能において年間の発電量が住宅内での一次エネルギー消費量を上回ることができた(図 9)。

4. 総括

本研究では、PVT 活用型屋根空気集熱式ソーラーシステムを搭載した住宅を対象として街区密度・太陽エネルギー利用形態に着目し検討した。今回検討した住宅モデルおよびシミュレーション条件においては、「PVのみ(集熱なし)」の場合、隣棟の建て込んだ敷地では、G1 相当の断熱性能でも作用温度 18℃(諸外国の許容温度の規定²⁾)を下回る割合が 50%を超えるため、快適性を保つことが厳しいことを示した。しかし、本システムを利用することにより、G1 相当以上の断熱性能であれば、建て込んだ敷地でも快適性を保ちつつ、暖房・給湯負荷削減効果があることを示した。さらに、「全面 PVT 型」ならば、住宅内での年間の一次消費エネルギー量を上回るのに必要な発電量を確保しつつ快適性向上と暖房・給湯負荷削減効果の両立が可能であることを示した。

[参考文献]

- 1) 山本遼子 他, 空気式太陽熱集熱システムを採用した実証住宅に関する研究 その 9. 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2017.9
- 2) 2020 年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会:「HEAT20 設計ガイドブック+Plus」2016
- 3) 「平成 25 省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 II 住宅」2013
- 4) 崔 榮晋 他, 空気式太陽熱集熱システムを採用した実証住宅に関する研究 第 5 報 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2016.9

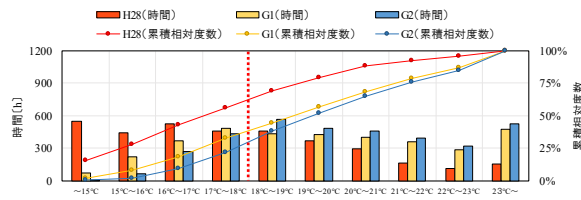


図 3 作用温度分布：断熱性能の比較(PVのみ-隣棟なし)

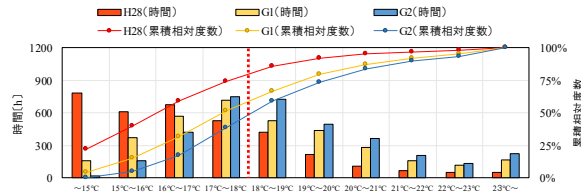


図 4 作用温度分布：断熱性能の比較(PVのみ-2.5m)

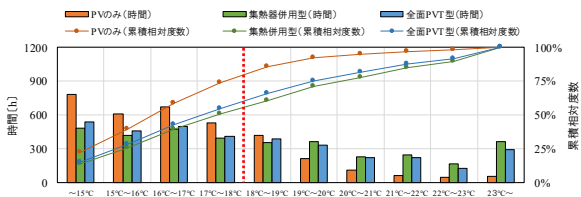


図 5 作用温度分布：本システム有無の比較(H28-2.5m)

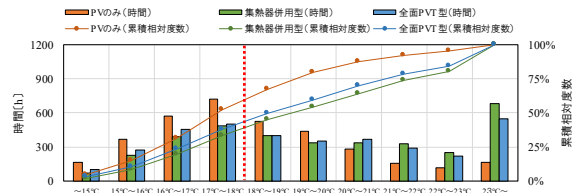


図 6 作用温度分布：本システム有無の比較(G1-2.5m)

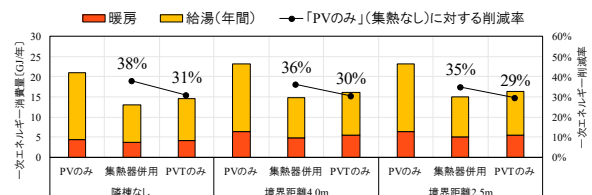


図 7 敷地条件の比較での削減効果：G1

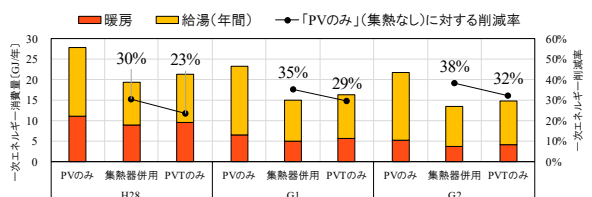


図 8 本システム有無での削減効果：2.5m

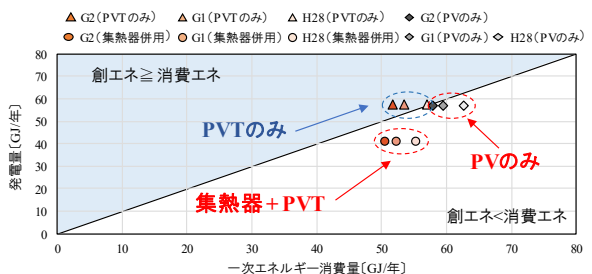


図 9 年間一次エネルギー量の比較(G1-2.5m)

- *1 東京理科大学 大学院生
- *2 東京理科大学 教授 工博
- *3 東京大学大学院 准教授 博士(工学)
- *4 九州大学 助教(当時、東京大学) 博士(工学)
- *5 東京理科大学 助教 博士(工学)
- *6 OM ソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)

- *1 Graduate student, Tokyo Univ. of Science
- *2 Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
- *3 Assoc. Prof., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
- *4 Assist. Prof., Kyusyu University, Dr. Eng.
- *5 Assist. Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
- *6 Director, OM Solar Inc., Dr. Eng.