

太陽光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  
住まい方を考慮した室温制御による暖房負荷削減効果及び快適性への影響

太陽エネルギー シミュレーション 空気式集熱 快適性 温度制御 負荷削減 正会員 同 樋口 暉人\*1 同 前 真之\*2 同 崔 榮晋\*3 同 盧 炫佑\*4 同 山本 遼子\*1

1.研究目的・背景

太陽光パネル活用屋根空気集熱式ソーラーシステム(以下、本システム)は屋根面で集熱した太陽熱を床下の基礎コンクリートに蓄熱させ、夜間の暖房負荷を削減する。本システム利用住宅の設計指針に関する研究は既に行われている一方、居住者の住まい方に沿った利用方法は十分に研究されていない。本報では在室スケジュールに沿って時間毎のエアコン(以下、AC)の設定温度による暖房負荷削減と快適性への影響を検討する(図1、図2)。

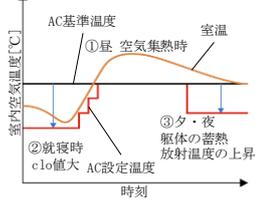
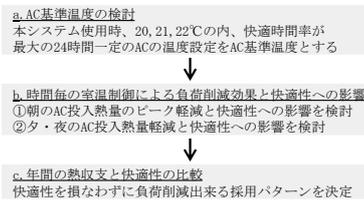


図1 検討方法

図2 温度制御

2.時間毎の室温制御による負荷削減量と快適性の検討

2-1.解析条件

表1に解析条件を示す。解析には「建築熱環境・エネルギーシミュレーションプログラム EESLISM」を計算エンジンとするソフトウェア\*1を使用する。計算対象住宅には既報\*2の標準プランの吹き抜けのある木造住戸を用いる(建築面積 63.76 m<sup>2</sup>、延べ床面積 111.5 m<sup>2</sup>、開口面積 33.5 m<sup>2</sup>)。周辺状況について、南面の道路幅 5.3m、外壁後退距離 1m、建蔽率は 42%とする。空調室はリビング、ダイニングキッチン(DK)、寝室、子供部屋 1・2とする。室温とPMV はリビングを代表室として検討する。断熱性能はHEAT20のG1レベルとする。代表地点は既報\*3に基づき、6地域の暖房度日のほぼ中央値の堺とする。

生活スケジュールは 2014 年に前研究室の小原らが集計した全国 100 件の本システム利用住宅の HEMS データとアンケートから作成した(表 2)。また、既報\*4に基づき、時刻ごとの clo 値と met 値を設定した。これを基に温度制御パターンを作成した(表 3)。室温・放射温度は解析により算出し、室内の風速は 0.1m/s と仮定、clo 値と met 値は表 2-2 の設定を用いて PMV を計算する。

表1 解析条件

条件設定	
家族構成	4人(父・母・子供1・子供2)
モデル	標準住宅モデル(前研究室作成)
入力条件	各時間における室の補助暖房設定温度
断熱性能	G1(U <sub>0</sub> 値:0.56W/m <sup>2</sup> 、μ <sub>0</sub> 値:2.1)
代表地点	大阪府堺市(6地域H3)
期間	1年間(暖房期間は11/8~4/21)
気象データ	拡張アメダス標準年気象データ 2010年度版

表2 設定スケジュール

時間帯	リビング	外出	寝室	子供部屋1	子供部屋2
時刻[時]	0~6	7~8	9~18	18~19	# 21~23
夫					
妻					
子供1					
子供2					
clo値	3		1.2		
Met値	0.8		1.2		

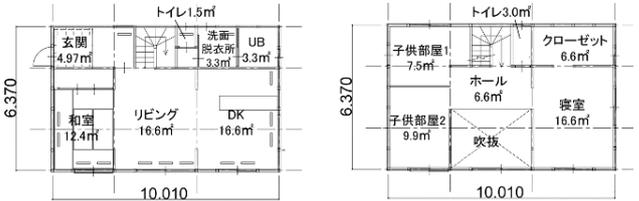


図3 標準プラン1,2階平面図  
表3 AC温度設定パターン(単位は℃)

時刻[時]	AC基準温度20℃の場合							AC基準温度21℃の場合						
	0~3	4	5	6	7	8~16	17~23	0~3	4	5	6	7	8~16	17~23
Case1						20							21	
Case2						18							18	
Case3		18				20							21	
Case4		18	19			20							21	
Case5						20							20	
Case6		18				20	19						21	19
Case7						20	18						21	18

表4 本システム設定

集熱器	設定場所	設置面積(m <sup>2</sup> )	設定場所
ガラス集熱器	屋根面	10.5	ハンドリング(最大風量12m <sup>3</sup> /min)
PV集熱器(発電量4125W)	傾斜1/5.5	31.5	2階 小屋裏

2-2.解析結果

a.AC基準温度の検討(堺(6地域H3)、G1)

図4に本システムを使用時、20,21,22℃で24時間AC運転した時の室内投入熱量とPMV出現率を示す。PMVが-0.2~0.2、-0.5~0.5、-0.7~0.7の範囲をカテゴリーA、B、Cとする(それぞれPPDが6,10,15%未満である)\*5。AC投入熱量が最小でカテゴリーBの割合が最大(84%)の20℃をAC基準温度とする。

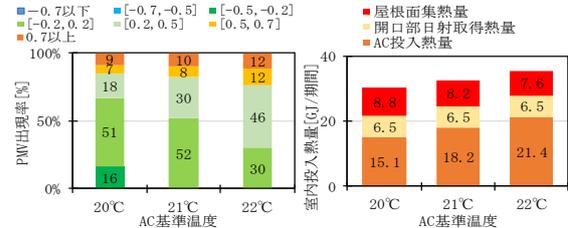


図4 PMV出現率年間と室内投入熱量

次に本システム使用時のパターン毎の検討を行う。図5に年間の室内投入熱量とPMV出現率を示す。

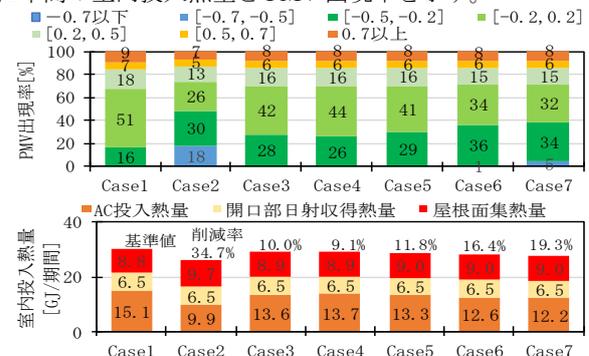


図5 各パターンのPMV出現率と室内投入熱量

**b.就寝時と朝の設定温度の検討(堺(6 地域 H3), G1)**

clo 値が高い就寝時に設定温度を 18℃に下げると、朝に温度を上げる際に AC 投入熱量のピークが生じる。一般に AC 投入熱量の 50%付近で効率のピークになる為、Case3~5 で AC 投入熱量の朝のピークを下げる検討を行う。代表日の外気温と日射量を図 6 に示す。図 7 に示すように、AC 投入熱量のピークはCase5 が最小で、AC 投入熱量の積算値も最も少ない。年間 PMV 出現率もカテゴリーB の割合が 86%で快適性・負荷削減効果の両面で適当である。

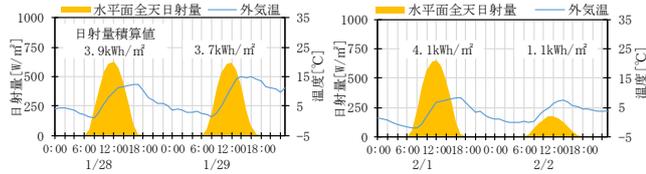


図 6 代表日(晴天:1/29,曇天:2/2)の外気温と天空日射量

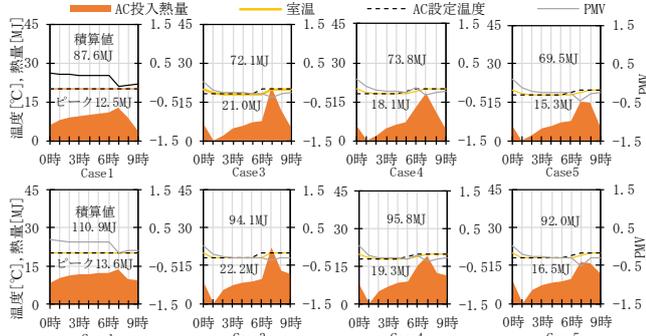


図 7 室温と暖房負荷の変化(上段 1/29,下段 2/2)

**c.夕方と夜の設定温度の検討(堺、(6 地域 H3)G1)**

夕方と夜の設定温度による時刻ごとの実現室温と PMV への影響の検討を Case5~7 を比較して行う(図 8)。AC 投入熱量が最少の Case7 では晴天日は昼間の集熱により室温 19℃以上、PMV-0.5 以上となり、曇天日の PMV は最低でも-0.5 付近となる。また、年間の PMV 出現率はカテゴリーB の割合が 81%である。よって、快適性・負荷削減効果の両面で適当な Case7 を採用パターンとする。また、Case7はCase1と比べて AC 投入熱量を 19.3%削減出来る。

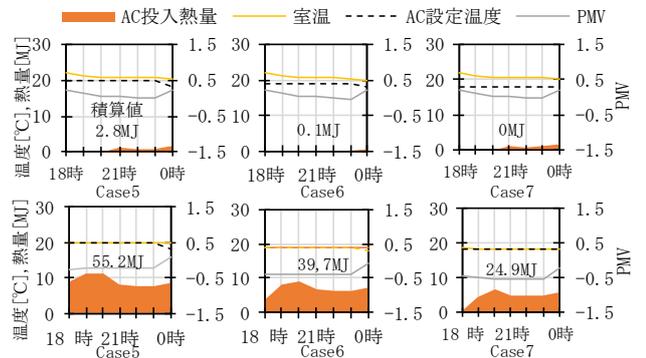


図 8 室温と PMV の変化(上段 1/29,下段 2/2)

**3.各地域の採用パターンでの熱負荷・快適時間率の比較**

同様の方法で 1~7 地域において平成 28 年度省エネ基準(H28),HEAT20 の G1,G2 のそれぞれの断熱性能での採用パターンを検討した。暖房期間は日平均温度が 15℃度未

満の期間とする。UA 値の一覧を表 5 に、採用パターンは表 6 に示す。

図 9 に採用パターンの年間の PMV 出現率と室内投入熱量を示す。AC 投入熱量削減率は採用パターンの AC 基準温度からの削減率を表す。6・7 地域の PMV0.5 以上の割合に着目すると、6 地域では H28 で 9%、G1 で 14%、G2 で 21%、7 地域は H28 で 18%、G1 で 28%、G2 で 36%である。6・7 地域では断熱性能を上げると PMV が 0.5 以上の割合が増加していく事が分かり、原因は晴天日の日中のオーバーヒートと考えられる。

AC 投入熱量の削減率が最大の地域は H28 では 6 地域 (19%)、G1,G2 では 5 地域(それぞれ 21%,27%)である。また、AC 投入熱量の削減率が最小の地域は H28,G1,G2 いずれも 1 地域(それぞれ 7%,9%,10%)であった。6・7 地域について、晴天日の日中の集熱を給湯に用いる事や、床下に付加蓄熱材を導入により夜間の AC 投入熱量削減に利用する事で、AC 投入熱量削減率を上げ、且つ PMV 出現率のカテゴリーB の割合を増加させる事が出来ると考えられる。

表 5 UA 値一覧

	H28	G1	G2
1地域(佐呂間)	0.4	0.33	0.28
2地域(石狩)	0.4	0.33	0.28
3地域(茨波)	0.56	0.36	0.28
4地域(長野)	0.74	0.4	0.33
5地域(御殿場)	0.83	0.44	0.33
6地域(堺)	0.83	0.56	0.41
7地域(水尻)	0.83	0.56	0.41

単位は W/m²

表 3-2 採用パターン

	時刻[時]	0~4	5	6	7~16	17~23
H28	1地域	18	19	20	21	20
	2~6地域	18	19	20	21	19
	7地域	18	19	20	21	19
G1	1~5地域	18	19	20	21	19
	6,7地域	18	19	20	21	19
G2	1~5地域	18	19	20	21	19
	6,7地域	18	19	20	21	18

単位は℃

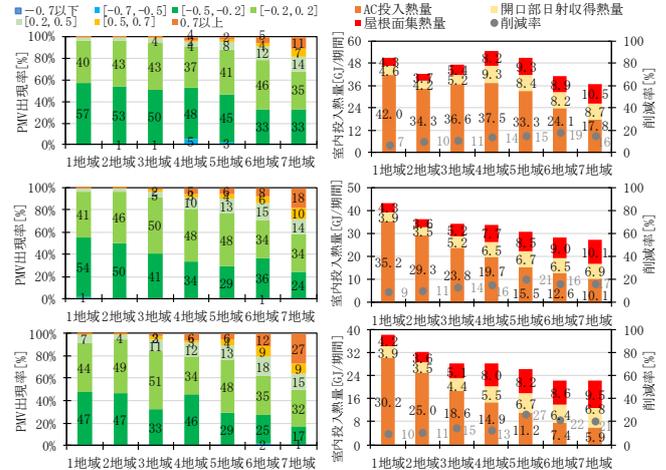


図 9 年間 PMV 出現率と室内投入熱量 (上から H28,G1,G2)

**4.総括**

本報では AC 投入熱量削減率が G1 では最小で 9%(1 地域)、最大で 21%(5 地域)である事、温暖な 7 地域の G1 で PMV0.5 以上が 36%と高い割合を占める事が分かった。今後は床下に付加蓄熱体がある場合でのパターン検討が課題となる。

※1 住宅性能診断士ホームズ君「省エネ診断」エキスパート  
 ※2 山本『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. シミュレーションによる床下蓄熱体の有効蓄熱範囲と適正風量の検討』2017-07  
 ※3 永田『空気集熱式太陽熱利用住宅の地域別適用条件に関する研究』2018-1  
 ※4 深澤、須永『居住者の環境行動を考慮した温熱性能評価方法』日本建築学会論文集第 617 号,81-86,2007-7  
 ※5ISO7730

\*1 東京大学 大学院生  
 \*2 東京大学大学院 准教授 博士(工学)  
 \*3 九州大学 助教(東京大学) 博士(工学)  
 \*4 OMソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)

\*1 Master's Student, Univ.of Tokyo  
 \*2 Assoc.prof., The Univ.of Tokyo,Dr.Eng  
 \*3 Project Researcher, the Univ. of Tokyo, Dr. Eng  
 \*4 Director, OM Solar Inc., Dr. Eng