

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4. 年間負荷計算による性能改善効果

太陽熱 空気式集熱 熱負荷計算
付加蓄熱 負荷削減効果

正会員 ○崔 榮晋*1 正会員 深野木 託 *2
正会員 高瀬 幸造*3 正会員 前 真之 *4
正会員 盧 炫佑 *5

1. はじめに

本報では前報に示された浜松実証住宅の年間負荷シミュレーションを行った。検討内容は既存空気式太陽熱システムの性能を把握し、集熱・断熱・蓄熱改善や太陽熱冷房適用による年間冷暖房・給湯負荷削減効果を検討する。本研究で使用したシミュレーション (ExTLA) は、東京大学前研究室で開発した熱負荷計算ツールで、Microsoft Excel の循環参照や反復計算機能を用いる。¹⁾

2. シミュレーション条件

本計算では標準的な4人家族を想定し、給湯で40℃の450L/日の湯消費 (修正 M1 モード²⁾ の「平日・大」のスケジュールを基に年間平均値である450L/日に合わせるように一部修正) とした。内部発熱は既往研究³⁾ の機器・人体・照明発熱を1時間間隔のスケジュールで入力して計算を行った。表1にシミュレーション条件を示す。計算は1時間間隔で土壌・基礎コンクリートなどの温度安定を考慮して、1年間助走計算後に対象期間1年間計算を行った。また室温26℃以上、外気温24℃以下の条件では10回/h換気するように設定して中間期の通風効果を反映した。付加蓄熱材の表面熱伝達率はその2のCFD結果を用いて計算を行った。また太陽熱冷房は実験室での負荷削減率の実験データを用いて、本報の太陽熱冷房なしの計算結果から換算した。

表1 シミュレーション条件

気象データ	拡張アメダス標準年 (2000年) 浜松
計算間隔	1時間
暖房設定温度	20℃
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、 16:00~23:00
冷房設定温湿度	26℃/60%
冷房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00 ~23:00
暖房期間	11月17日~4月16日
冷房期間	6月8日~9月26日
計算期間	助走期間1月1日~12月31日、 対象期間翌年1月1日~12月31日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日 (40℃で出湯) 貯湯層: 420L
内部発熱	1日 13.26kWh
通風計算	室温 26℃以上、外気温 24℃以下の条件 ⇒ 10回/h換気

表2 シミュレーションケース

	集熱器	断熱有無 基礎下	付加蓄熱 (水)	太陽熱冷房	PCM 建材	真空断熱材 使用建具
ケース1	×	×	×	×	×	×
ケース2	従来	×	×	×	×	×
ケース3	新型	○	○	○	○	○
ケース4	集熱パネル	○	○	○	○	○

シミュレーションケースは、 U_A 値 $0.51W/m^2K$ の高断熱住宅の集熱なし (ケース1) を基準として、将来の集熱器を採用する既存システム (ケース2)、ガラス集熱器に Low-E ガラスを採用した新型集熱パネルや基礎下断熱設置・床下空間に付加蓄熱材設置・太陽熱冷房を適用したケース3、さらに夜間断熱用真空断熱材と PCM 建材を採用したケース4を対象として計算を行った。付加蓄熱として、床下空間に500mlの水ペットボトルを設置した。PCMは床裏面に $0.86 \times 1.86 \times 0.0048m$ のボード26枚 (5.16MJ、延床面積あたり $65.3KJ/m^2$) と天井面に $0.9 \times 2.0 \times 0.0048$ のボード25枚 (5.58MJ、延床面積あたり $70.6KJ/m^2$) を設置した。真空断熱材は、夜間の開口部からの熱損失を減らすため、建具として窓の室内側に設置した。

3. シミュレーション計算結果

まず付加蓄熱材として水ペットボトルの設置容量による年間冷暖房・給湯負荷の計算を行った。表3のように、設置する水ペットボトルの容量が多いほど年間負荷は減るが、集熱時に室温のオーバーヒートが減って暖房運転時間が増え、給湯負荷は増加する傾向も見られた。本報では、床下空間での現実的な設置可能体積を考慮して水ペットボトル2000Lを最終検討対象とする。

表3 付加蓄熱容量検討

		暖房 負荷 [GJ]	冷房 負荷 [GJ]	給湯 負荷 [GJ]	年間 負荷 [GJ]
ケース4	なし	0.54	1.52	3.36	5.42
	500L	0.43	1.52	3.4	5.35
	1000L	0.25	1.52	3.43	5.20
	2000L	0.12	1.52	3.39	5.04

次に、ケース2から4のシステム効果を検討するために、年間計算を行った。最寒日を基準として1週間 (2月20日

～2月26日)の気象条件、室温と暖房負荷結果を図1に示す。検討期間中外気温は最低-2.7℃・最高16℃で、ケース1の集熱なしの場合に最低室温が13.2℃まで下がるが、既存システム(ケース2)を適用することで最低温度が16.7℃まで上がった。しかし、昼間室温が30.8℃までオーバーヒートすることを確認した。基礎下断熱と水ペットボトルの付加蓄熱を適用したケース3は蓄熱効果で室温が最高29.8℃・最低19.1℃に安定した。さらに真空断熱材とPCM建材を使うことで最高温度が28.6℃、最低温度が20.0℃で無暖房の可能性を確認した。

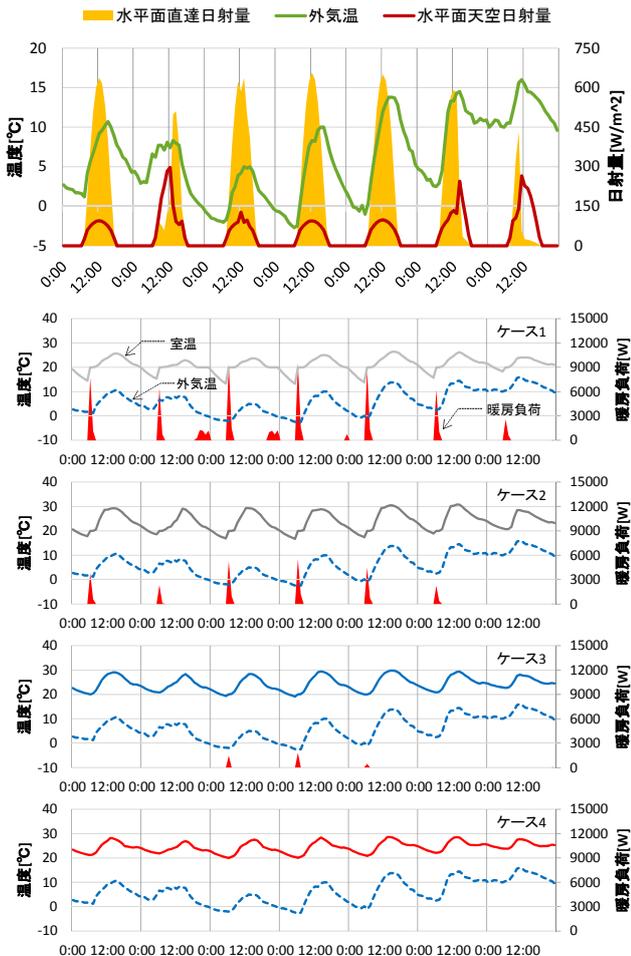


図1 冬期の気象条件と室温結果(2月20日～26日)

図2には1年中の毎月5日、15日、25日の24時間冷暖房負荷の結果を示す。蓄熱・断熱の強化によって冷暖房運転時間が減るが、ケース4の1月の結果のように日射量が少ない日は蓄熱量を増やすことで暖房負荷が増加することも確認した。各ケースの年間冷暖房・給湯負荷結果を図3に示す。年間負荷は集熱なし(ケース1)に比べて既存システムを適用(ケース2)することで年間冷暖

房・給湯負荷が62.2%削減、新型集熱パネルや基礎下断熱・付加蓄熱材・太陽熱冷房を適用(ケース3)すると79.5%削減、ケース4の真空断熱材とPCM建材を適用することで80.5%まで削減ができる結果となった。

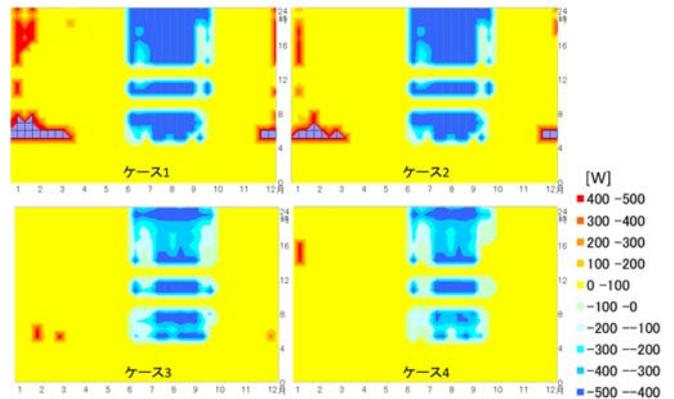


図2 年間冷暖房負荷(赤:暖房負荷、青:冷房負荷)

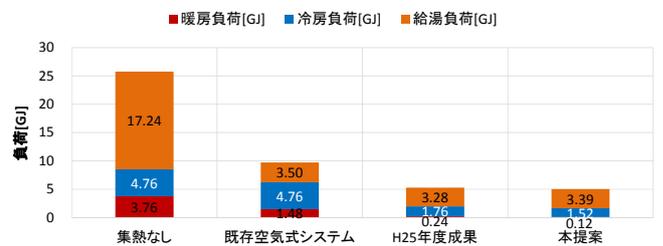


図3 各ケースの年間冷暖房・給湯負荷

[GJ]	暖房負荷	冷房負荷	給湯負荷	年間負荷	負荷削減率[%]
ケース1	3.76	4.77	17.24	25.77	
ケース2	1.48	4.77	3.50	9.75	62.2%
ケース3	0.24	1.76	3.28	5.28	79.5%
ケース4	0.12	1.52	3.39	5.04	80.5%

5. まとめ

本報では、集熱なしの高断熱住宅(ケース1)を基準として、将来の集熱器を採用する既存システム(ケース2)、ガラス集熱器にLow-Eガラスを採用した新型集熱パネルや基礎下断熱設置・床下空間に付加蓄熱材設置・太陽熱冷房を適用したケース3、さらに夜間断熱用真空断熱材とPCM建材を採用したケース4による年間冷暖房・給湯負荷削減効果を検討した。

[参考文献]

- 1) 崔 榮晋 他, 実験棟における冬季の床下吸放熱特性の評価、空気式太陽熱集熱を利用した住宅のシステム性能改善に関する研究(その1)、日本建築学会環境系論文集 79(697), pp. 271-280, 2014年3月
- 2) 自立循環型住宅への設計ガイドライン、財団法人 建築環境・省エネルギー機構
- 3) 住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説、財団法人 建築環境・省エネルギー機構

*1 東京大学大学院 特任研究員・博士(工学)
 *2 東京大学大学院 大学院生
 *3 東京理科大学 助教・博士(工学)
 *4 東京大学大学院 准教授・博士(工学)
 *5 OMソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)

*1 Project Researcher, the Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
 *2 Graduate Student, Dept. of Architecture, the Univ. of Tokyo
 *3 Assistant Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
 *4 Assoc. Prof., the Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
 *5 Director, R&D Department, OM Solar Inc., Dr. Eng.