

戸建住宅における空気式太陽熱集熱システムの性能向上に関する研究
その2. シミュレーションによる性能改善効果

蓄熱体 暖房負荷 給湯負荷
熱負荷計算

正会員 ○高瀬 幸造*1 正会員 崔 榮晋*2
正会員 小原 克哉*3 正会員 前 真之*4
正会員 佐藤 誠*5 正会員 盧 炫佑*6

1. はじめに

本報では、空気式太陽熱集熱システムの改善案として以下の4点について検討する。ケース1では集熱器の熱損失を減らして集熱量を増やす方法として、ガラス集熱器のガラスを単板ガラスからLow-Eガラスに変更した。ケース2では蓄熱体の吸放熱量を増加する方法として、基礎コンクリート下に断熱材を設置した。ケース3では蓄熱体に蓄えた熱を非集熱時に居室に取り出すために居室と床下空間の間で室内循環を行う。さらにケース4では床下空間の熱容量を増やす方法として、容積比熱が大きい顕熱蓄熱体である水を20Lのパックに入れたものを床下空間に合計3000L設置した際の室温安定効果を検討する。図1にて、これらの改善点の概念図を示す。

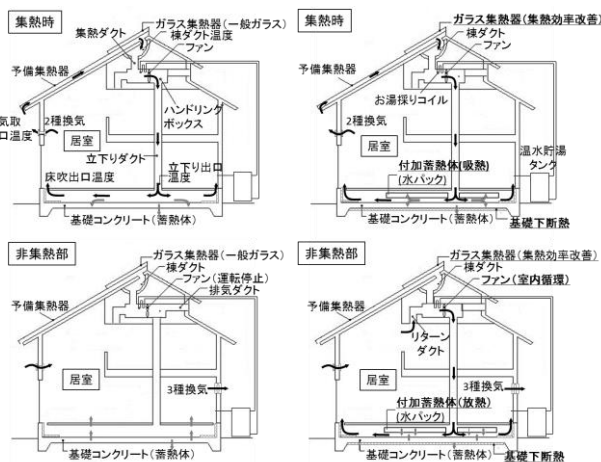


図1 空気式集熱システムの改善点
(左: 既存空気式集熱システム、右: 改善システム)

2. シミュレーション条件

対象建物は平成11年省エネ基準にて定められている住宅モデル¹⁾とし、各階でそれぞれ暖房室と非暖房室に区分した。また集熱面積確保のため、屋根面を南向き傾斜面とし、屋根面・集熱器の傾斜角は検討地域である東京の緯度と同じに設定した。また、周辺建物による日陰を想定し、1階の窓は日射熱取得率をゼロとした。その他のシステム運転条件等は表1に示したとおりとする。

3. シミュレーション結果

3-1 既存空気式システム

まず既存空気式集熱システムを適用した場合について、厳冬期の1月7日から5日間の計算結果を示す(図2)。昼間は集熱した空気を室内に吹き出すことで室温は上が

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)東京
暖房設定室温	20℃
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
集熱器傾斜角	東京の緯度(35.4°)
計算範囲	助走期間: 1月1日~4月30日
	対象期間: 5月1日~翌年4月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40℃で出湯)
内部発熱	1日あたり13.26kWh
集熱面積	予備集熱器45m ² 、ガラス集熱器15m ²
集熱風量	空気風量: 780m ³ /h

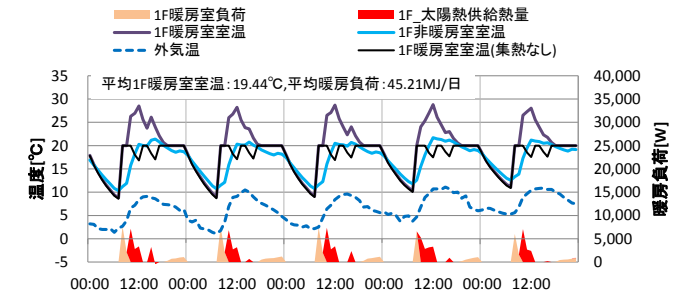


図2 既存空気式集熱システムの室温結果(1/7~1/11)

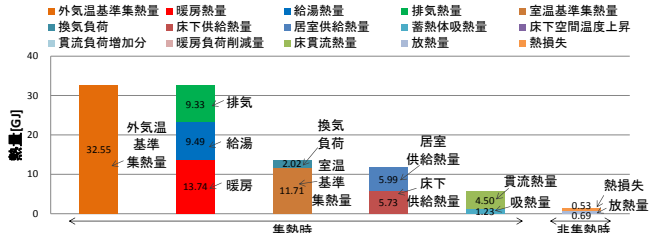


図3 既存システムの熱バランス(冬期11/15~4/30)

るが、高温の集熱空気が室内に入ってきて昼間はオーバーヒートする一方、夜間には室温が下がっていた。図3では冬期(11月15日~4月30日)の熱バランスを示すが、集熱量に対して非集熱時の基礎からの放熱量は0.69GJと僅かであった。非集熱時の暖房負荷低減のためには放熱量を増加する必要があるといえる。

3-2 集熱器の改良(ケース1)

ここでは集熱量増加のため、ガラス集熱器を単板ガラス(熱貫流率6.0W/m²K、日射透過率0.88)からLow-Eガラス(熱貫流率2.7W/m²K、日射透過率0.74)に変更時の年間暖房・給湯削減量を検討した。ガラス集熱器の変更により年間集熱量は2.1GJ増加し、冬期(11月15日~4月30日)の集熱時暖房負荷削減量は既存空気式集熱システムと比べ0.33GJ増加した。しかし、集熱量

増加とともに日中オーバーヒートする一方で夜間は室温低下したため、暖房負荷低減効果は小さかった(図4)。

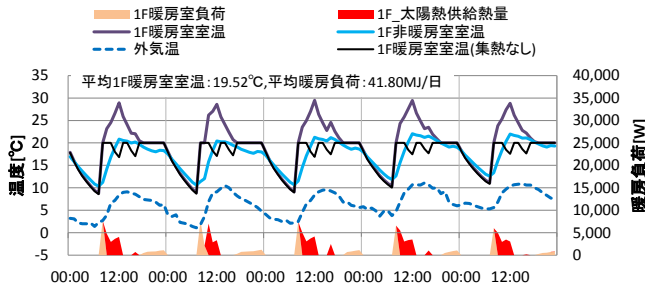


図4 ケース1の室温・暖房負荷(1/7~1/11)

3-3 基礎下断熱(ケース2)

基礎コンクリートから地中への熱損失低減のため、基礎下に断熱材(押出法ポリスチレンフォーム3種50mm)を設置した際の効果を検討した。この結果、夜間の室温は既存システムやケース1の結果とほとんど同等であり、非集熱時の基礎コンクリートから床下空間への放熱が不十分なため暖房負荷削減量は微増するのみであった。

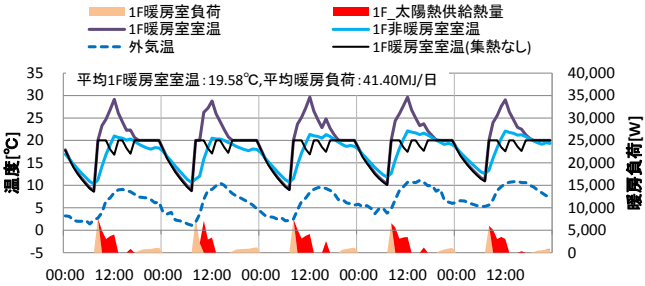


図5 ケース2の室温・暖房負荷(1/7~1/11)

3-4 非集熱時の室内循環(ケース3)

ケース2で課題となった非集熱時の基礎コンクリートからの放熱量が小さいという問題に対して、ハンドリングボックス内のファンを利用して非集熱時に居室と床下空間の間の空気を循環させることで、蓄熱体からの放熱が促進されて非集熱時の暖房負荷削減に寄与すると考えた。図6において、集熱なしと比較してケース3の計算結果では最低室温が約5°C上がった結果、冬期の非集熱時の暖房負荷削減量は2.34GJとなり、1,2階合計の暖房負荷は8.4GJとなった。

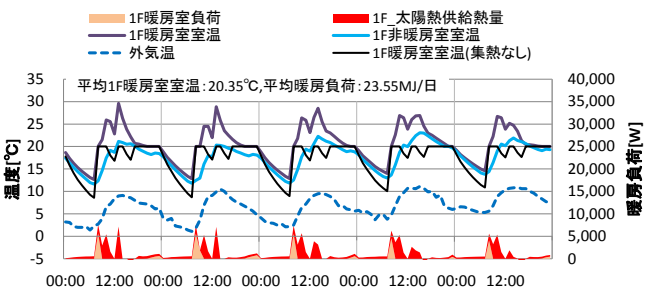


図6 ケース3の室温・暖房負荷(1/7~1/11)

3-5 床下付加蓄熱(ケース4)

ケース3に対してさらに熱容量を増加して非集熱時の室温を安定させるため、床下空間への付加蓄熱として20Lのパックに合計3000Lの水を入れた効果を検討した。水パックの熱容量は12.5MJ/Kで、床下空間のコンクリートの熱容量比で約44%に相当する量であった。図7,8に示すように水パックを付加して非集熱時の蓄熱体からの放熱量が増加した結果、明け方の室温が上昇して非集熱時の暖房削減量が増加したことで、合計暖房負荷は7.9GJとなった。表2に各ケースの冬期暖房・給湯負荷の内訳と削減率を示す。集熱量の増加、基礎熱損失の低減、非集熱時の放熱量の改善を組み合わせたケース4では集熱なしとの比較で合計負荷削減率は57.8%となった。

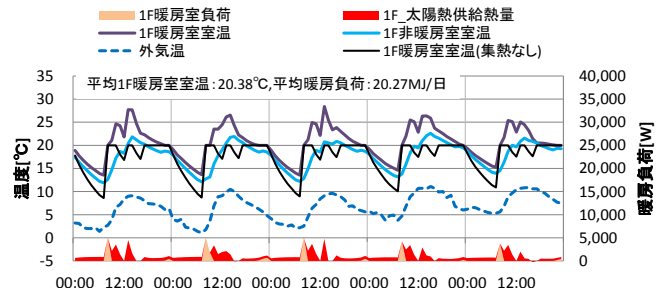


図7 ケース4の室温・暖房負荷(1/7~1/11)

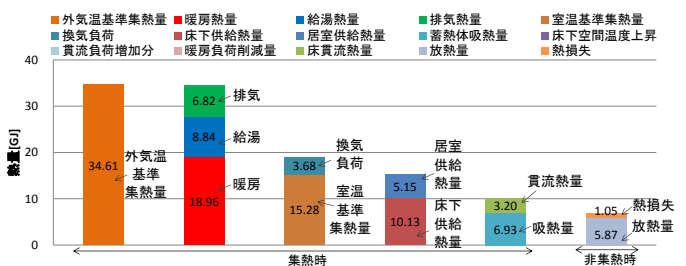


図8 ケース4における熱バランス(冬期11/15~4/30)

表2 各ケースにおける暖房・給湯負荷と削減率

	1階暖房負荷[GJ]	2階暖房負荷[GJ]	給湯負荷[GJ]	外気温基準集熱量[GJ]	暖房負荷削減量[GJ]	給湯負荷削減量[GJ]	負荷削減率[%]
集熱なし	9.7	6.9	15.9				
既存空気システム	5.7	5.6	5.6	71.9	5.4	10.3	48.3%
ケース1	5.3	5.5	5.2	76.2	5.8	10.7	50.8%
ケース2	5.3	5.5	5.2	76.2	5.9	10.7	51.0%
ケース3	3.6	4.8	5.6	76.2	8.3	10.3	57.0%
ケース4	3.3	4.6	5.8	76.2	8.7	10.1	57.8%

4. まとめ

本報では前報のシミュレーションモデルを基に、平成11年省エネ基準の住宅モデルを対象として各種改善手法を順に適用した際の、暖房・給湯負荷削減効果について検討した。今後は、その他手法の検討を行うこととする。[謝辞] 本研究は平成23~25年度 NEDO 太陽熱エネルギー活用型住宅技術開発助成事業(実施者: OMソーラー(株)、東京大学、工学院大学)により実施したものである。関係各位に感謝の意を表します。[参考文献] 1) 住宅の省エネルギー基準の解説 第3版(8刷), (財)建築環境・省エネルギー機構, 2011年

*1 東京理科大学 助教・博士(工学)
 *2 東京大学大学院 特任研究員・博士(工学)
 *3 東京大学大学院 大学院生
 *4 東京大学大学院 准教授・博士(工学)
 *5 佐藤エネルギーリサーチ 代表取締役・博士(工学)
 *6 OMソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)

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