

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10. シミュレーションによる床下蓄熱手法の検討

太陽熱
CFD 解析

空気式集熱
熱負荷計算

蓄熱
負荷削減効果

正会員 ○永田 卓也*1 同 軽部 達也*1
同 崔 榮晋*2 同 高瀬 幸造*3
同 前 真之*4 同 井上 隆*5

1. はじめに

前報で示した床下蓄熱部の有効蓄熱範囲及び最適運転風量の結果を踏まえ、床下蓄熱手法ごとの熱性状及び空気集熱式太陽熱集熱システム(以下、本システム)の地域別適応性についてシミュレーション検討を行った。本報で扱った基礎床コンクリート及び水入りペットボトル(以下、水 PET)を蓄熱部位とした検討 case1~3 を表 1 に示す。

2. CFD 解析による蓄熱手法の熱性能検証

2.1 CFD 解析概要

汎用ソフトの FlowDesigner2017 を使用し、蓄熱手法ごとの熱伝達性状把握及び室内快適性の検証を行った。解析モデルには、前報同様に HEAT20 G1 相当(断熱性能 $U_A=0.52W/m^2K$)の標準住宅モデルを使用した。また、前報で選定した 6 地域の代表地点(山口)の気象データを用い、日平均外気温が 1,2 月の平均外気温に近い晴天日の 2 日間(2/11 7:00~2/13 9:00, 平均外気温 4.0°C)を代表期間とした。各室の日射熱取得量や立下りダクト出口温度、土壌温度等の境界条件は、熱回路網計算ツール ExTLA を用い算出した(図 1)。解析条件を表 2、入力条件を図 2 に示す。なお、集熱温度 30°C を超える時間を集熱暖房運転、それ以外の時間は室内循環運転(RA:2F 天井部)を行う設定とした。その他、空間全体に内部発熱(13.26kWh/日)を与えた。

2.2 蓄熱手法ごとの熱伝達性状把握

前報の結果を踏まえ、集熱風量を 600m³/h とし case1~3 の検証を行った。2/12 の主居室室温を図 3 に示す。case2,3 においては、室温のピーク時間に 30 分程度遅れが見られた。また、case1,2 と比べ case3 は循環運転時の室温が 1°C 程度高く推移しているが、朝方ではそのほかと同程度となっており、case2 が最も室温変動が小さいことがわかる。

次に、床下熱収支を図 4 に示す。居室供給熱量(貫流)及び基礎吸放熱については CFD 熱流値から算出し、居室供給熱量(対流)及び水 PET 吸放熱量は図 5 のように算出した。水 PET の導入により基礎床への吸熱量は 2 割程度減少し、全体の吸熱量及び循環時の居室供給熱量(貫流+対流)は 6 割程度上昇が見られ、基礎の吸放熱比にも改善が見られる。また、case2,3 について比較すると基礎床上断熱を行うことにより、水 PET への吸熱量は 4 割程度増加し、循環時の居室供給熱量も微増した。ただし、case3 は吸熱分のほぼ全量を翌朝までに放熱しており、翌日が曇天日だった場合の室温維持効果は望めないと考えられる。

表 1: 蓄熱手法検討ケース

	case1	case2	case3
水PETなし	基礎床外周部のみ断熱	基礎床外周部のみ断熱	基礎床上全面断熱
水PETあり			
モード図			
蓄熱部位	基礎床コンクリート	基礎床コンクリート 水PET	水PET

※コンクリートは有効蓄熱厚み0.2mとして算出

表 2: CFD 解析条件

使用ソフト	FlowDesigner2017
流体モデル	標準k-εモデル
収束判定条件	(非定常)1.0×10 ⁻²⁵
解析領域サイズ	X, Y, Z:10.01m, 6.37m, 5.3m
解析期間	2/11 7:00~2/13 7:00(48時間)
計算時間間隔	10分間隔
境界条件	外気 気象データ外気温 表面熱伝達率18.6W/m ² K 土壌 接触温度固定・基礎床下外周部/中心部別 乱流強度10%・長さスケール比0.01
流入条件	風量 集熱時600m ³ /h 循環時300m ³ /h 温度 ExTLAにより算出
流出条件	自由流出入

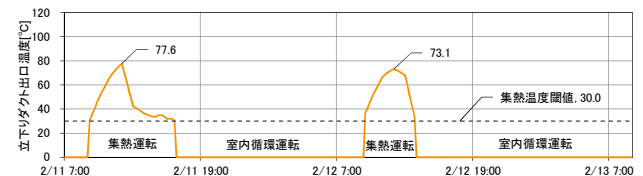
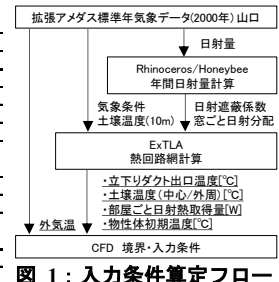


図 2: 立下りダクト出口温度 (入力条件)

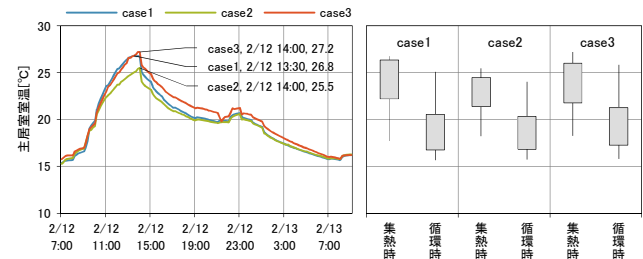


図 3: 蓄熱手法ごとの室温 (左) と室温分布箱ひげ図 (右)

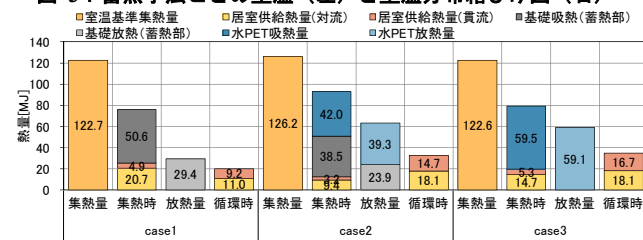


図 4: 蓄熱手法ごとの蓄熱部熱収支 (2/12 9:00~2/13 9:00)

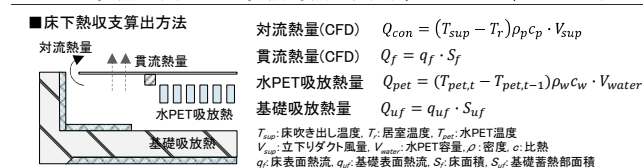


図 5: 床下熱収支算出方法

