

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 2. CFD 解析による床下蓄熱方式の検討

太陽エネルギー CFD 床下蓄熱 正会員 ○森田舟哉*1 同 井上隆*2 同 前真之*3
 空気式太陽熱集熱システム 付加蓄熱 シミュレーション 同 高瀬幸造*4 同 軽部達也*5 同 盧炫佑*6

1.はじめに

既製システムの吸放熱の改善のため、床下吹き出し方式検討および床下空間に水入りペットボトルを用いた付加蓄熱材の検討を CFD 解析 (汎用ソフトの FlowDesigner を使用) にて行い、最大限に集熱量を活用できる仕様の決定を目的とする。

浜松実験棟を用いたシミュレーション精度検証¹⁾より概ね良好な再現結果を得られたため、本報においてはこの手法を用いて実住宅を対象としたシステム設計検討を行った。

2.立下りダクトからの床下吹き出し方式検討

床下吹き出し方式検討では、定常計算を用いて床下空間における温度分布および居住空間における室内の温度差を把握することにより、日射をとりこむことが難しい北側をより温めることができる床下吹き出しの適切な位置を検討する。

2-1.検討モデル、条件および計算方法

図 1 に対象物件である浜松実証住宅の再現モデル、表 1 に本検討の解析条件を示す。立下りダクト風量及び温度は最大出力を想定し 720 m³/h、40℃とした。なお、換気・給気口は自由流出とし、床吹き出し口はグリルを想定し開口率 40%とした。

本検討に用いた検討モデルを図 2 に示す。本検討では初期設計モデルに加え、北側の基礎に温風を当てるダクト短モデル、床下中央部までダクトを引っ張り分岐させる 2 方向吹き出しモデルの 3 モデルにおいて検討を進めた。また、浴室下へ流入する空気が問題であると捉え、浴室下開閉による検討を各モデルで行った。これらを踏まえ床下温度分布及び居室空間における室内の温度差を評価する。居室空間温度分布検討概要を図 3 に示す。

2-2.床下温度分布の結果

2 方向吹き出しモデルの床下温度分布の結果を図 4 に示す。左図が浴室下開、右図が浴室下閉となっており、浴室下閉としたモデルの方が浴室下へ空気が行かないため北、東へとより温かい空気が広がっている様子が見られる。このことから浴室下を閉じた方が熱を損なわず床下全体に空気を広げられることが分かる。

2-3.居室空間温度分布の結果

先述の 3 モデル(浴室下閉)の各部屋床上 600mm、1100mm における平均温度及び標準偏差を図 5 に示す。標準偏差は両地点共に初期設計モデルが最も高く、2 方向吹き出しモデルが最も低い結果となり、平均温度では 2 方向吹き出しモデルが最も高い結果となった。これらのことから 2 方向吹き出しモデルが最も室内の温度差を解消できることが分かった。

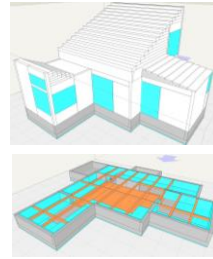


図1 浜松実証住宅モデル (上図:定常解析 下図:非定常解析)

表1 定常解析条件

計算		定常解析
メッシュ数		約990万メッシュ
収束判定条件		1 × 10 ⁻⁴
乱流モデル		標準k-ε モデル
境界条件	外気	7°C(浜松12-2月平均気温)
	土	7°C
	立ち下がりダクト	乱れの強さ 10%
		長さスケール 0.05m
床吹き出し口 開口率		720m ³ /h、40°C
		40%

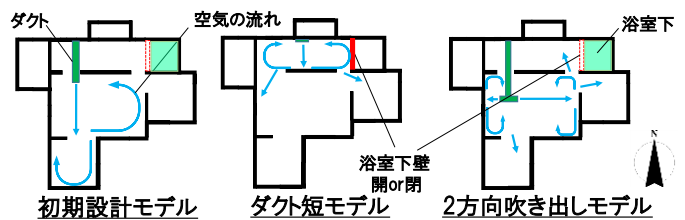


図2 床下吹き出し方式検討モデル

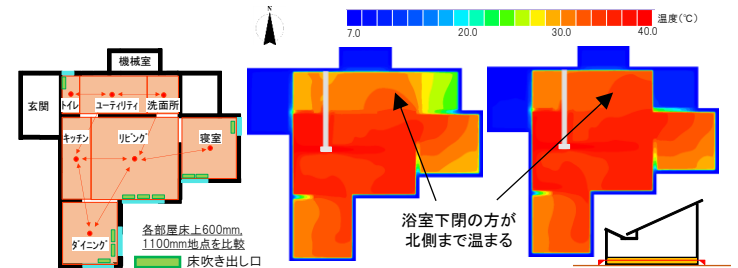


図3 温度分布検討概要

(左図:浴室下開、右図:浴室下閉)

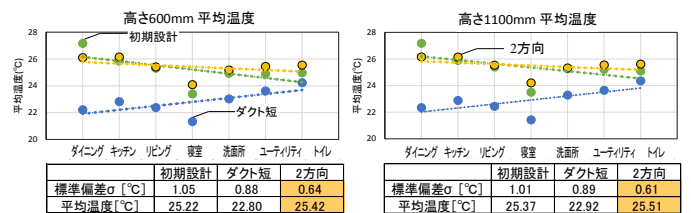
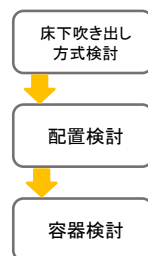


図5 床上600mm、1100mmにおける平均温度及び標準偏差

表2 非定常解析条件

解析領域	15m(x方向) × 15m(y方向) × 1.5m(z方向)	
乱流モデル	標準k-εモデル	
メッシュ	380万~990万メッシュ	
流入条件	定常計算	立下りダクト: 720m ³ /h
	非定常計算	温度: 20°C(室内循環を考慮) 立下りダクト: 720m ³ /h
流出条件	定常計算	温度: 集熱運転を考慮
	非定常計算	自動計算、吹き出し口開口率: 40%(グリル考慮) 乱れの強さ: 10% 長さスケール: 0.05m
収束判定条件	定常計算	1 × 10 ⁻⁴
	非定常計算	1 × 10 ⁻²
物性値	設計図から拾った仕様を設定	
非定常解析計算対象期間	24時間	
計算時間間隔	1min	
躯体、蓄熱体温度	初期温度20°C	
基礎外周の境界条件	7°C、0.625 (m ² ・°C/W)	
床表面の境界条件	20°C、0.043 (m ² ・°C/W)	
地盤の境界条件	7°C、11°C、15°Cと3層に分割、熱抵抗は自動計算	

図6 検討フロー



3.付加蓄熱材の検討

さらに床下吹き出し方式検討で求めたモデルを用いて吸放熱量向上のために、床下に付加蓄熱材を用いることとし、付加蓄熱材配置、容器検討を行った。本検討では吸放熱量の比較を行うため床下空間のみ再現している。

3-1.検討モデル、条件および計算方法

検討種類は床下吹き出し方式、配置、容器検討の3種の検討を行った。断面性能等は設計図から拾った仕様を設定しており、図6に検討フロー、表2に本検討の解析条件を示す。(配置検討及び容器検討の概要は図7,8を参照)床拭き出し方式検討、配置検討は2L水入りペットボトルを1000L床下に設置し、容器検討で用いる水パックは水を20Lのパックに入れたものを設置した。また、計算は初めに非集熱時の室内循環を想定した定常計算を行った際の計算結果が収束した後、その解を初期条件として集熱時を想定した非定常計算を行った。

3-2.付加蓄熱材における吸放熱量の結果

図9に3種の検討における基礎等及び付加蓄熱材の吸放熱量を示す。床吹き出し方式検討では吸放熱量においてダクト短モデルの吸放熱量が最も大きい。これは中央にある基礎立ち上がりに吹き出した空気が当たり、基礎等の吸放熱量が他の検討より大きくなっている。また、北面に温かい空気が溜まり、南面のダイニングや東面の寝室床下に十分に空気が流れていない。よって、付加蓄熱材の設置を考慮に入れ、ダクト短モデルではなく2方向吹き出しモデルを本検討において最適なモデルとし、以降の検討においても2方向吹き出しモデルを用いる。

図10に12時における横置き・上置き、縦置き・上置き、縦置き・下置きのxz面の床下温度分布を示す。結果から配置検討は吊るされた横5本×縦10本に配置された縦置き・上置きモデルが最適となった。縦置きは、横置きと比べ居室床面との距離が大きく、床下空間に大きく露出していることにより吸放熱量が大きくなった。温められた空気は上昇する性質があるため上置きが下置きより吸放熱量が大きくなった。2cm間隔に配置された2cmモデルは横6.5cm、縦9cm間隔に配置された縦置きモデルと比べ、狭い間隔で配置されているため空気が流れにくく、吸放熱量は小さくなった。

また、容器検討では2L水入りペットボトルが最も吸放熱量が大きくなった。水パックは施工上、下置きとなり上昇する空気に接しないため吸放熱量は小さくなった。500ml水入りペットボトルは2L水入りペットボトルと比べ、表面積は約2.5倍と大きい。水入りペットボトル間が狭まるため吸放熱量は小さくなった。

4.総括

本研究では、空気式太陽熱集熱システムを用いた住宅においてシミュレーションにより蓄放熱の検討を行った。以下に主な知見を示す。

1)立ち下がりダクトからの吹き出し方式の違いにより床下空間の温度分布、室内の温度差、付加蓄熱材の吸放熱量が異なることを示し、床下空間や居室全体を温め、大きな吸放熱量を示すのは2方向吹き出し方式であることを明らかにした。

2)付加蓄熱材の吸放熱量は設置位置、設置間隔に大きく依存し、これらを考慮した2L水入りペットボトルモデルは初期設計モデル(浴室下開)と比較し、吸放熱量が大幅に向上した。

参考文献 1)軽部達ら 空気集熱式太陽熱暖房システムにおける蓄熱部位で吸放熱量に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年9月

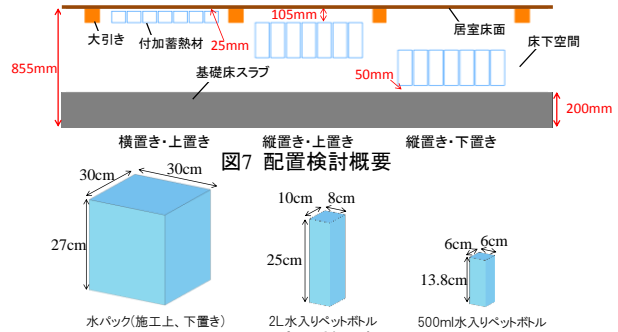


図7 配置検討概要

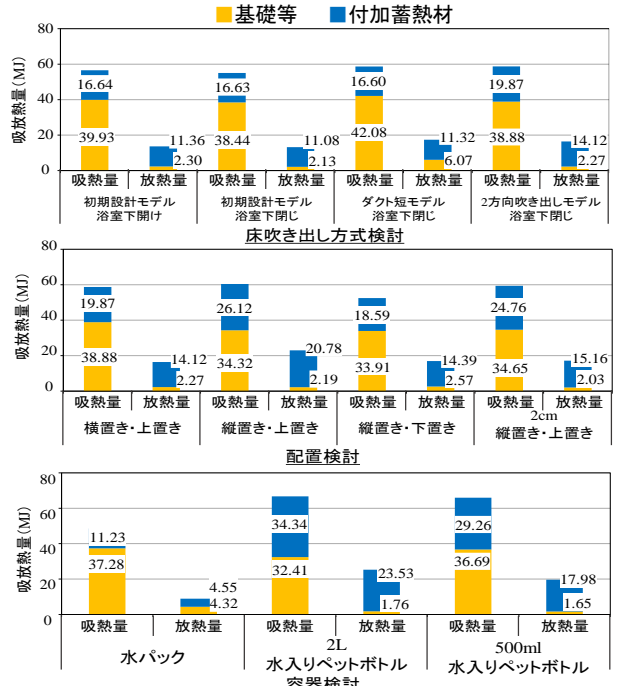


図9 付加蓄熱材吸放熱量の違い

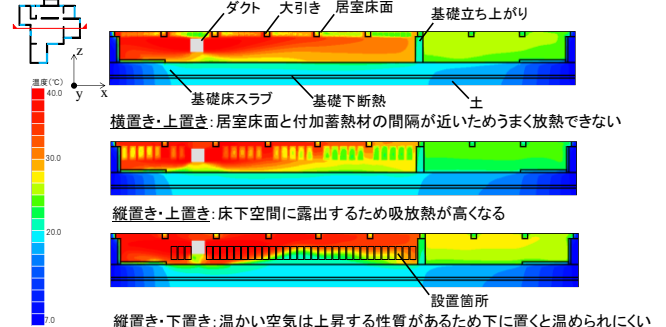


図10 12:00におけるxz面床下温度分布図

*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 東京理科大学 助教 博士(工学)
 *5 東京大学 大学院生
 *6 OM ソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)

*1 Graduate school, Tokyo Univ. of Science
 *2 Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng
 *3 Assoc. prof., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng
 *4 Assistant. prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng
 *5 Graduate school, The Univ. of Tokyo
 *6 Director, R&D Department, OM Solar Inc., Dr. Eng.