

太陽エネルギー活用型ヒートポンプ暖冷房換気給湯システムによる住宅のエネルギー自立性向上に関する研究 その6
CFDを用いた床下ダクト計画検討

正会員 ○杉山 安奈*1 同 高瀬 幸造*2
同 前 真之*3 同 盧 炫佑*4

全館空調 温熱環境 住宅
PVT 床下暖房

1. はじめに

本報では、既報その4)で報告した通りSA温度が上昇するに伴い、消費電力量が増加していることを踏まえ、省エネルギー性と快適性の両立を目指し、CFDを用いた床下ダクト計画検討を行った。

2. シミュレーション検討に関する条件設定

シミュレーションに用いる建物モデルには、パッシブ標準プランを使用する(図1)。建物モデル概要を表1、平面図を図2に示す。省エネルギー基準地域区分を6地域、外皮性能は U_A 値を $0.46\text{W/m}^2\text{K}$ (HEAT20 G2 レベル)、 η_{AC} 値を1.9とした。また、床下空間の中央部にB系統の吹出口が位置するよう立下りダクトを通し、床スリットの大きさは各空間の窓面積に合わせ変更している。

熱負荷計算ソフトには宇田川による熱負荷計算プログラムEESLISMを内蔵しているホームズ君 Ver4.24E、CFD解析にはFlowDesigner2022を用いた。表2に熱負荷計算概要、表3にCFD解析条件、表4に境界条件を示す。気象データは標準年拡張アメダス気象データ(2010年版)東京を用いた。解析対象日は最低外気温を記録した1月2日とし、土壌温度は解析対象日の熱負荷計算結果より算出した。

実測で計測したHEMSデータよりCOPが最も高くHP(ヒートポンプ)が高効率で運転できる 35.2°C をSA温度(床下吹出温度)とし、解析を行う。対象期間は2021年12月~2022年2月とし、外気温は 0°C で固定した。床下吹出風量は、ダクトの圧損計算より $534\text{m}^3/\text{h}$ とした。また、床下温度が低い場合、温熱環境に影響を与えるため床下の目標温度を 29.7°C とした。

3. CFD解析を用いた床下ダクト計画検討

3.1 事前検討

ここでは床下空間から暖気の影響を受けやすい床スリットのある部屋を主な検討対象室とし、各部屋のピーク暖房負荷より算出した風量を目標風量とした。図3にCase0の解析で用いる床下平面図および床下吹出風量・各床スリットの目標風量を示す。解析の結果、外周部(和室、洗面室、キッチン等)の床スリット風量は目標風量の半分程度であった。また床下温度分布より、立上りにより外周部まで暖気が行き渡っておらず、温度むらが生じた(図4)。このことから、床スリット風量が温熱環境に関係していると確認できた。

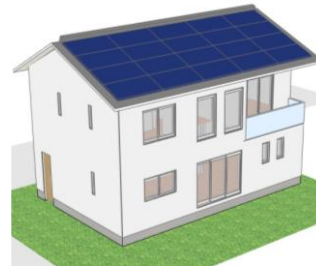


図1 パッシブ標準プラン

表1 建物モデル概要

建物モデル	パッシブ標準プラン
構造種別	木造2階建て
屋根方式・勾配	切妻・4寸
軒長さ(mm)	600(全方位)
所在地	東京都23区(6地域)
断熱方式	屋根断熱
	大壁充填・外張断熱 基礎断熱
U_A 値/ η_{AC} 値	0.46/1.9
PVTパネル(kW)	8.2

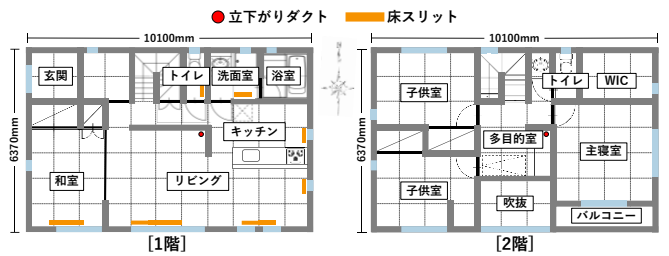


図2 パッシブ標準プラン平面図

表2 熱負荷計算概要

熱負荷計算ソフト	ホームズ君[省エネ診断エキスパート]Ver4.24E	
気象データ	標準年拡張アメダス気象データ(2010年版)東京	
在室人数	4人[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]を参考に作成	
暖房	期間	10月29日~5月1日
	設定温度	室温 22°C
		床下温度 24°C
生活熱/換気量	[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]を参考に作成	
漏気	なし	

表3 CFD解析条件

解析ソフト	FlowDesigner2022
解析内容	温度/速度/放射
解析領域[m]	$10.01 \times 6.37 \times 7.5$
メッシュ数	約900万メッシュ
収束判定	1×10^{-3}
解析対象日時	1/2 7:00
外気温	-0.5°C
床下吹出風量	$534\text{m}^3/\text{h}$
流入条件 SA温度	35.2°C
流出条件 床下吸込風量	$534\text{m}^3/\text{h}$

表4 CFD境界条件

部材/材質	熱抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	外表面熱伝達 [W/m^2]	内表面熱伝達率 [W/m^2]	
外壁	グラスウール	2.56	19.9	自動計算
屋根	グラスウール	7.69	19.9	自動計算
窓	Low-Eガラス	0.43	19.9	自動計算
内壁	杉板	0.27	自動計算	自動計算
床	杉板	0.53	自動計算	自動計算
基礎立上り	コンクリート	2.86	自動計算	自動計算
断熱材	押出ポリスチレンフォーム3種B		自動計算	自動計算

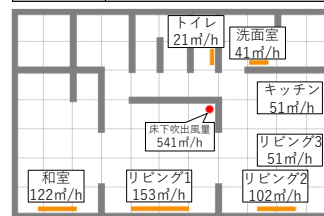


図3 床下平面図および床下吹出風量・各床スリット目標風量

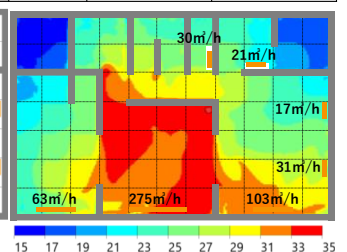


図4 床スリット風量結果と床下温度分布[Case0]

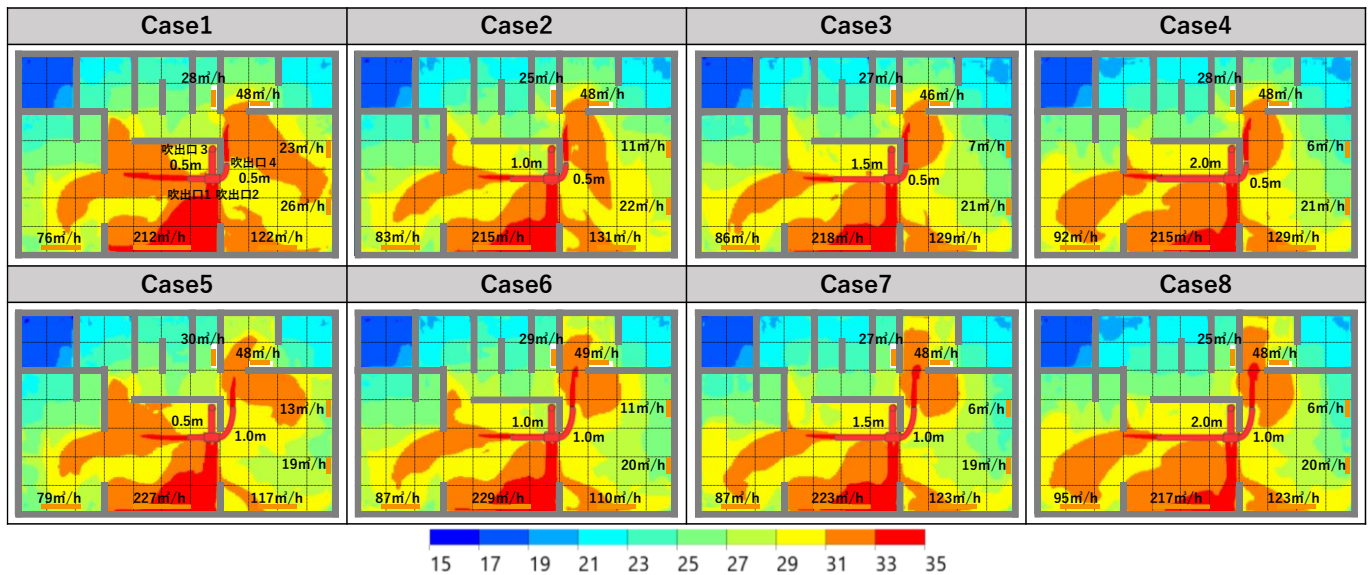


図5 各ケース床下平面図および床スリット風量結果・床下温度分布

3.2 床下ダクト長さ検討

暖気が行き渡っていない外周部に着目し、吹出口 3,4 の床下ダクト伸ばし床スリット風量および温熱環境を確認する(図5)。吹出口と床スリットの位置関係より、吹出口3は2m、吹出口4は1mまでとし、0.5m 間隔で伸ばした。図5より、吹出口3の床下ダクトを伸ばすにつれ、和室の床スリット風量が増加し、暖気も広がっていることが確認できた。Case1,5 ではキッチンまで暖気が行き渡っていることが確認でき、床下ダクトと床スリットの位置関係および吹出口風量の変化が関係していると考えられた。また、吹出口4の床下ダクト長さの違いによる洗面室やトイレの床スリット風量の違いは大きく見られなかった。

各ケースの床下温度分布より Case1 において床下目標温度とした 29.7°C に最も平均値が近く、その他のケースにおいても床下温度の平均値が 29.0°C 前後となり、目標値まで到達する可能性が見られた(図 6)。また、各ケースの最大値と最小値の温度差は 6°C 程度で、床下ダクト長さの違いによる大きな温度むらの差は見られなかった。

各床スリット風量結果を目標風量で割り平均した数値を目標風量達成率とし、作用温度が 22~23°C の空間内での体積割合との関係を示す(図 7)。目標風量達成率が高く、快適性の高い空間といえるパターンとして右上にある Case1 を本報では最適な床下ダクト長さとした。

Case0 を含めた作用温度体積割合を示す(図8)。ここでは、22°C~23°C の部分を快適性の高い空間とと比較すると、全ケースにおいて 60% 程度の体積割合を占めており、床下ダクトを用いることで温度むらが改善され、床下空間における床下ダクトの重要性が分かった。また、Case1 においては 70% 以上の割合を占めており Case0 と比べ最も改善され、快適性の高い空間となった。

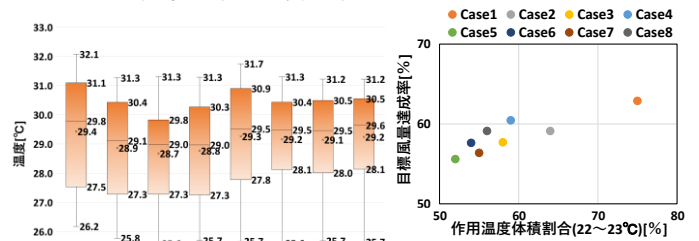


図7 作用温度体積割合と目標風量達成率

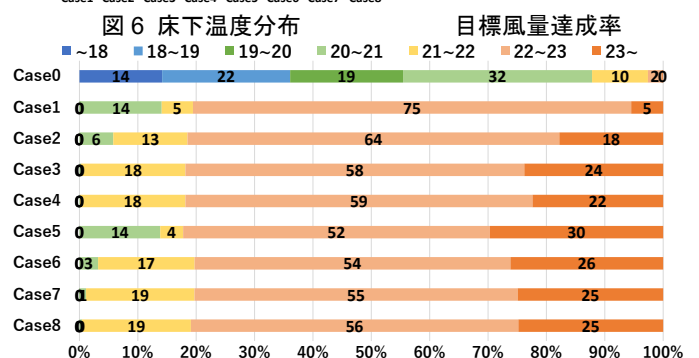


図8 作用温度体積割合

4. まとめ

PVT・HP 活用全館空調システムを搭載した住宅における CFD を用いた床下ダクト計画提案を目的とし、床下ダクト吹出口条件と床スリットを考慮した CFD 解析に基づき、床下ダクト計画検討を行った。

床スリット風量に伴い、温熱環境が変化していることから各部屋のピーク負荷に合わせた風量分配は有効である可能性が示唆された。また本報では、平面形状が整形で基礎構造が簡易的なため、床下ダクトを 0.5m 伸ばすだけでも外周部まで暖気が行き渡ることが確認できた。次報では、複雑な平面形状の実住宅における床下ダクト計画に加え、吹出口風向の検討を行う。

*1 東京理科大学大学院
 *2 東京理科大学 講師・博士 (工学)
 *3 東京大学 准教授・博士 (工学)
 *4 OM ソーラー 取締役・技術部長・博士 (工学)

*1 Graduate Student, Tokyo University of Science.
 *2 Junior Associate. Prof., Tokyo University of Science, Dr. Eng.
 *3 Assoc. Prof, the Univ of Tokyo, Dr. Eng.
 *4 Director, OM Solar Inc, Dr. ENG.