

# 住宅における床下ダクト暖房の温熱環境改善に関する検討 吹出口・ダクト形状の提案

全館空調 温熱環境 住宅  
PVT 床下暖房

正会員 ○大日向 鴻静\*1 同 高瀬 幸造\*2  
同 石倉 侃介\*3 同 前 真之\*4  
同 盧 炫佑\*5

## 1. はじめに

近年 ZEH が普及する中で、省エネ性能の向上と健康・快適な居住環境の両立が求められている。

本研究は、太陽エネルギーを用いた PVT (Photovoltaic and Thermal) とヒートポンプ (以下、HP) による全館空調システム (以下、本システム) を対象とする (図 1)。

本システムは、冬期、晴天時は太陽集熱、不足時は HP で加熱した暖気を床下へ送風することで、部屋間温度差の小さい快適な暖房を目的としているが、床下空間における温風の循環を適切に行うことが課題となる。本検討では、床下の異なる暖気供給方式による温度分布と快適性の違いについて検証した。

## 2. 床下の空気拡散を実現する吹出口形状に関する予備検討

図 2 に本研究で検討した吹出方式の一覧を示す。従来の屋根空気集熱システムでは、立下りダクトのみで暖気を床下へ送っていたが、近年では図 3 上に示す直進型ダクトを複数本床下に敷設することでより暖気を拡散する方式が主流である。本研究ではこの直進型ダクトに、図 3 下に示す水平拡散型の吹出口を取り付けた方式を提案し、さらなる暖気の拡散を目指した。全方向への拡散が得意なアネモスタット型吹出口形状を参考に床下空間の低さを考慮しフィンの間隔や向きを調整して形状を決めた。解析領域を図 4、解析条件を表 1 に示す。図 5 に示す範囲のメッシュ間隔は 4 mm×4 mm である。空気が拡散された吹出口形状の解析結果を図 6 右示す。直進型は吹き出された空気が直進しているが、それに比べて水平拡散型は平面方向に約 8 倍広く拡散されている。

## 3. 標準住宅モデルを対象とした CFD 解析

次に一般的な戸建て住宅を想定し、提案した吹出口・ダクトを使用したときの室温度・作用温度と床下の温度分布を CFD により確認した。

対象は東京大学前研究室で作成している自立循環パッシブ標準プランの新・パッシブ標準プラン\_開放型+吹抜\_大型窓 (省エネルギー基準地域区分: 6 地域、外皮平均熱貫流率: 0.50) を使用した。平面図を図 7、各パターン床下ダクト配置図を図 8、窓以外の外皮性能を表 2 に示す。熱回路網計算ソフトから暖房負荷上位 0.5[%] (=3253[W]) を求めた。また、構成部材ごとの PQ 特性をメーカー値や実験により把握したうえで、システムにおける各分岐の風量と圧力損失を収束計算により算出した。熱負荷と風量を算出したのち、図 9 のフロ

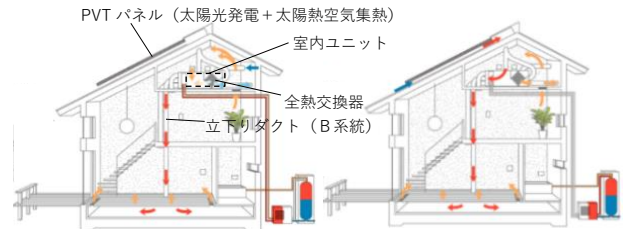


図 1 暖房期の運転モード

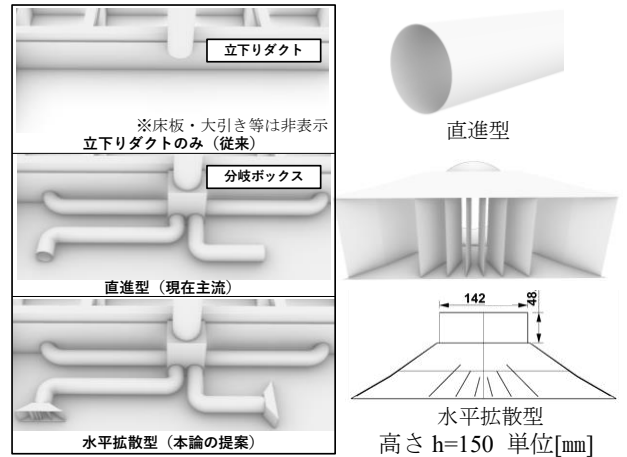


図 2 床下ダクト吹出方式 図 3 ダクト端部形状の違い

表 1 予備検討 CFD 解析条件

| 解析パターン | 直進型                              | 水平拡散型 |
|--------|----------------------------------|-------|
| 解析ソフト  | FlowDesigner2022                 |       |
| 解析内容   | 速度                               |       |
| 解析領域   | w5×d3×h0.6[単位10 <sup>3</sup> mm] |       |
| セル数    | 約230万                            | 約260万 |
| 収束判定   | 1×10 <sup>-3</sup> ~3.5          |       |
| 流入条件   | 100[m <sup>3</sup> /h]           |       |
| 流出条件   | 自然流出                             |       |

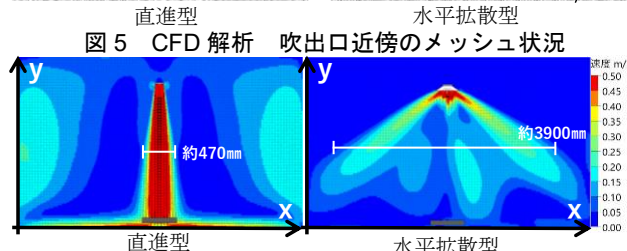
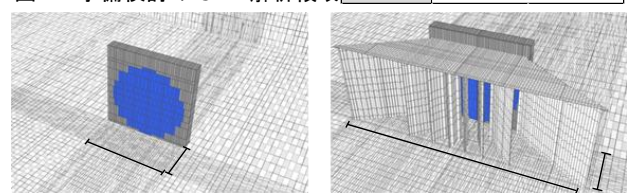


図 6 CFD 解析結果 (z=75[mm])

一により吹出温度を決定した。暖房負荷解析概要、CFD 解析概要を表 3、4 に示す。

図 10、11 に解析結果を示す。図 10 上において、立下りのみと直進型の 22℃以上の床表面はそれぞれ約 5%程度であるが、水平拡散型は約 76%になる。図 10 下において、全パターンともに図 10 上と同様な温度分布であり、立下りのみと直進型は作用温度 18~22℃が 80%以上占めているのに対して、水平拡散型では 22~26℃が 80%以上占めている。したがって、水平拡散型は立下りのみと直進型よりも快適でより効率よく暖房できていると言える。図 11 のコンター図において、立下りのみと直進型を比較すると、床下温度分布は高温域が増え改善されたと言えるが、床表面温度と 1F 室温・作用温度は変化がほとんどない。一方で総送風量と送風温度が同等の直進型と水平拡散型を比較すると床下温度分布は高温域が大幅に増え、その結果床表面温度と 1F 室温・作用温度は全体的に 4℃上昇した。

4. まとめ

水平拡散型の吹出口は現在の立下りダクトのみや直進型ダクトよりも水平方向の空気拡散に優れており、ダクトに取り付けることでより効率よく暖房し、快適な温熱環境にする可能性が高いと分かった。今後はフィンをさらに調整し全方向に均等な空気拡散を行う形を見つけていきたい。

謝辞

本研究では、“国土交通省サステナブル建築物等先導事業（省 CO2 先導型）採択案件「エネルギー自立住宅の実現に向けて～太陽光と太陽熱を活用した自立率向上と災害対応～」に係る技術検証”による成果の一部である。ご協力いただいた関係者の皆様に深く謝意を表します。

注釈

1) 熱負荷計算エンジン EESLISM を内蔵した木造戸建て住宅用省エネ検討ソフト「ホームズ君省エネ診断エキスパート」



図 7 標準プラン平面図

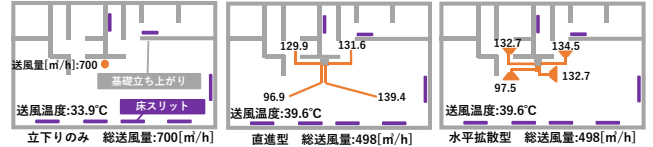


図 8 各パターン床下ダクト配置図

表 2 窓以外の外皮性能

| 部位                      | 天井   | 外壁   | 床    |
|-------------------------|------|------|------|
| U値(W/m <sup>2</sup> ・K) | 0.17 | 0.39 | 0.27 |
| U値                      | 0.50 |      |      |

表 3 暖房負荷解析概要

| 気象データ | 気象データ 2010年版<br>標準年 (観測点: 東京都東京)                            |
|-------|---|
| 在室人数  | 4人*   |
| 暖房    | 期間 10月29日~5月1日<br>設定温度 室温20℃<br>暖房スケジュール 全館空調・連続運転<br>漏気 なし |

\*: 在室人数および家電等機器発熱・照明スケジュール、換気量・経路・スケジュールは『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

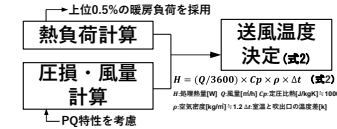


図 9 決定フロー

表 4 CFD 解析概要

| 解析ソフト | FlowDesigner2022       |
|-------|------------------------|
| 解析内容  | 温度、平均放射温度、作用温度、速度      |
| メッシュ数 | 約1300万                 |
| 収束判定  | 1 × 10 <sup>-3.5</sup> |
| 対象日時  | 12月22日 午前7時            |
| 外気温   | 1.1℃ (土壌温度: 16.9℃)     |

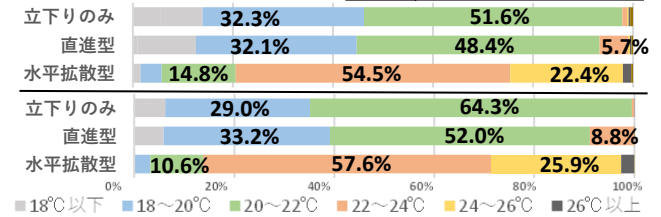


図 10 上 床表面温度分布面積比率 (1F 全床面、トイレ等含む)  
下 作用温度分布体積比率 (1F 全居室、トイレ等含む)

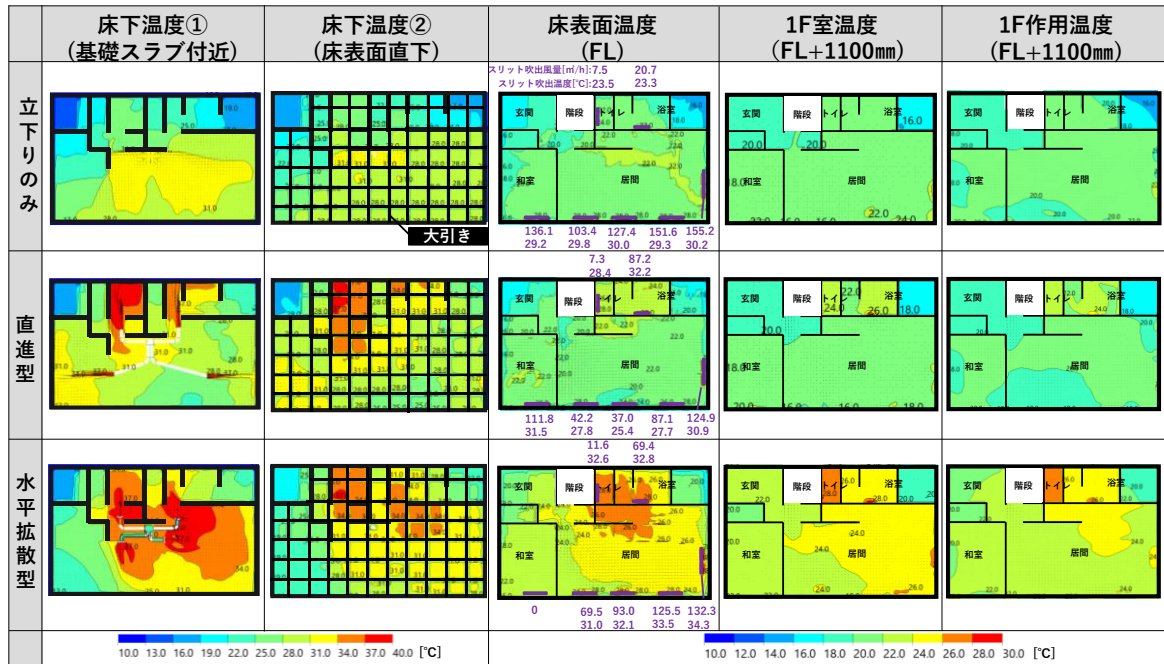


図 11 CFD による標準プラン温熱解析結果一覧

\*1 東京大学大学院 修士課程  
\*2 東京理科大学 講師・博士 (工学)  
\*3 東京理科大学 修士課程  
\*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 Graduate student, the University of Tokyo.  
\*2 Junior Assist. Prof., Tokyo University of Science, Dr. Eng.  
\*3 Graduate Student, Tokyo University of Science.  
\*4 Assoc. Prof., the University of Tokyo, Dr. Eng.  
\*5 Director, OM Solar Inc., Dr. Eng.