

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7
実住宅におけるダクト設計および吹出風量・室内温熱環境の検証

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 前 真之*2
同 高瀬 幸造*3 同 盧 炫佑*4

1. はじめに

既報その6)で報告した通り、平面形状が整形で基礎の構成が簡易的な住宅においては、各居室の負荷に合わせて床下ダクト式空調の風量を分配することは有効であり、温熱環境が改善されることが確認できた。

本報では複雑な平面形状の実住宅における設計段階のダクト計画を示し、竣工後の実測・調整を行った結果について報告する。

2. 対象住宅の設計経緯

本住宅は滋賀県大津市に位置する2階建ての戸建て住宅である。用途はモデルハウスで展示を目的で居住者がおらず、駐在員がいる。また1Fの玄関は常時開放である。通常、本システムは室内ユニットを天井裏に配置しているが、本住宅では床下に配置している。そのため、天井裏設置時よりもB系統ダクト(主に暖房時に使用)は短くなり風量が多くなること、A・C系統ダクト(主に冷房時に使用)は長くなるため風量が少なくなることが予想された。まず表2で示す解析概要の通りに、各居室のピーク負荷を算出し、式1によって各居室の必要風量を算出した。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。A・C系統ダクト配置計画時、以下の2点をルールとした:①窓際に向かって吹き出す向きとする。②ダクトは短く、分岐はなるべく少なく・手前にする。B系統ダクト配置計画時、以下の2点をルールとした:①スタッフルームとその他の部屋の温度差を小さくする。③和室の畳を考慮し、和室の床下空間には暖気を直接送らない。またB系統の床スリットはなるべく開口部付近、床下空間に暖気が均一にすることを意識して配置した。上記を考慮し図2-1,2-2の示す配置となった。吹出口A-2~A-4では、大梁が通っていたため、A-4にはキッチン奥まで冷気が届くよう一方向のみの吹出口を採用した。C-1,C-2は吹抜の壁に位置しているが、リビングを冷やす狙いもある。B系統においては、床下空間からダクトを通して階間に伝わる暖気をより室内へ吹き出すように、階間にファンを設置した。また暖かい空気が上昇する性質を考えて、暖気が吹抜を通じて2Fに行くことで温度差が小さくすると予想した。

3. 吹出口と床スリット風量 設計値と実測値の比較

図3に風量の設計値と実測値の比較を載せた。A・C系統においては吹出口A-4を除いて30[m³/h]の差があった。各系統

表1 熱負荷計算解析条件

E邸	
外観	
平面図	
地域区分	5地域A4H3
延床面積	150.10 [m²]
UA値/ηAC値	0.34 [W/m²K] / 1.6 [-]
太陽光パネル	6.15 [kW]

表2 熱負荷計算解析条件

熱負荷計算ソフト	ホームズ君[省エネ診断エキスパート]OM版	冷房期	1986
気象データ	標準年拡張アメダス気象データ(2010年版)滋賀県大津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	3876
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	0	1000
期間	暖房期: 10月31日~4月30日/冷房期: 5月21日~10月6日	2000	3000
設定温度	暖房期: 22°C/冷房期: 27°C	4000	4000
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	定格冷房能力	4000[W]
漏気	なし	定格暖房標準能力	

$$H = \frac{Q}{3600} \times C_p \times \rho \times \Delta T$$

H 処理熱量[W] Q 風量[m³/h]
 C_p 低圧比熱[J/kg K] 毎1000 P 密度[kg/m³] 毎1.2
 ΔT 室温と吹出口の温度差[K] (10°Cを想定)

式1 風量と熱量の関係式

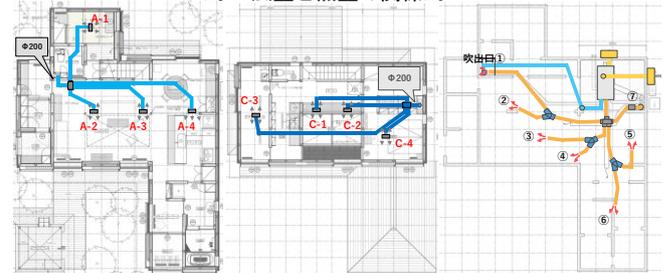


図2-1 A・C系統ダクト配置

図2-2 B系統ダクト配置

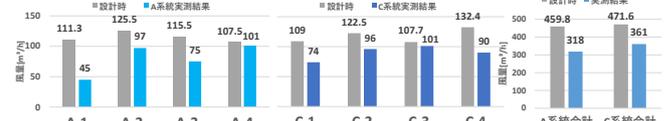


図3 A・C系統吹出口風量(設計値と実測値比較)

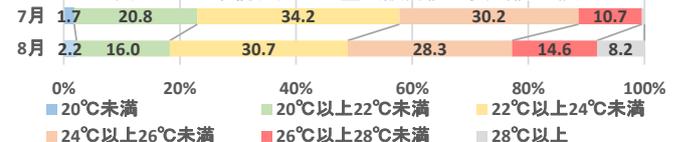


図4 7月・8月居室温度分布(実測値)

の合計風量の実測値を比較すると、1FのA系統よりも2FのC系統の合計風量が大きくなった。設計時においても、C系統のほうが風量が多く、設計時と同じ傾向となった。図4において、約80%の時間が26℃以下であり快適であったと考えられる。最暑日（7月8日大津市の平均気温が最高の日）において、居室は15時～18時を除いて28℃以下であった。また、各主居室の温度差は15時～17時を除いて5℃以内に収まっていた。ティーコーナーは西面の窓に面しており、モデルハウスのため外部の日射遮蔽をしていないので、特に西日の影響を受けて温度が上昇した。展示のために常時開放のリビング温度はもっと高くなることを予想したが、設計の狙い通り吹抜の吹出し口C-1,C-2がリビングを冷やし、過度な温度上昇を抑えた。

B系統において、床下ダクト吹出口の合計は設計値を上回った。特に吹出口①と③は設計値を50[m³/h]上回った。しかし床スリット風量の合計においては、実測値が160[m³/h]未満であり、設計時の1/3以下であった。図9において、両月とも20℃以上の時間が70%以上であった。最寒日（1月2日大津市の平均気温が最低の日）の温度推移（図10）において、暖気が直接吹き出されない和室が最も低く、一日中18℃付近を推移していた。スタッフが常駐する2Fスタッフルームは常時18℃以上であり、設備による発熱も考慮すると、快適な暖かさであったと考えられる。各主居室の温度差は最大で12時～13時で6℃であった。床スリットからの風量は少ないものの、居室の温度は快適範囲内にあると言えるので床下の暖気が床スリット以外のどこかから室内に漏れていると考えられる。

4. さらなる暖気拡散の試み

本システムにおいて図11のようにダクトの切りっぱなしが主流であり、暖気の直進性が懸念であった。そこで、図12の示す風向変更板を取り付けて暖気の拡散を試みた。暖気が板にあたり、暖気が拡散する様子が見られた。図13は風量調整板ありの期間（1/4～1/20）・なしの期間（1/23～2/8）の温度分布である。あり期間のほうが20℃以下の時間が減少し、24～26℃の時間が増加した。図14は床下の測定点位置を示しており、図15のグラフは、各日の温度グラフを重ねたものである。各測定点の温度差が縮まり、「あり」のほうが「なし」よりも温度分布がより均一になったと言える。図16（消費電力量）4～6℃を見ると、「あり」のほうが消費電力量が少ない傾向にある。

5. まとめ

複雑な平面形状の実住宅の設計を行い、設計時と実測時の風量を比較した。吹出口や床スリットからの風量が設計値よりも少ないが、主居室の温度差は快適範囲内に保たれていることが示された。また暖気の指向性の問題については、風向変更板を取り付けてることが有効であると示唆された。

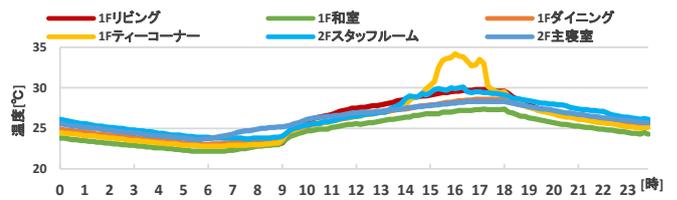


図5 最暑日8/1居室温度推移（実測値）



図6 床スリット位置（左1F,右2F）

図7 床スリットの比較

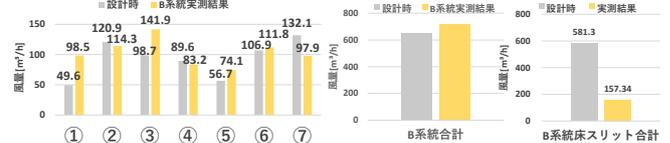


図8 床下ダクト吹出口・床スリット合計風量比較

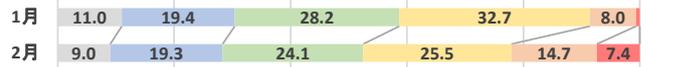


図9 1月・2月居室温度分布（実測値）

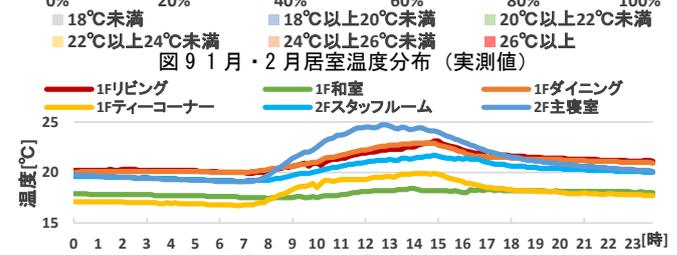


図10 最寒日1/25居室温度推移（実測値）



図11 風向変更板なし

図12 風向変更板あり

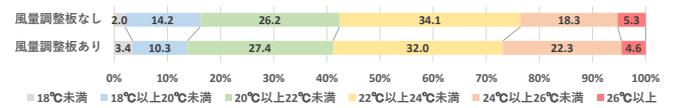


図13 対象期間居室温度分布（実測値）

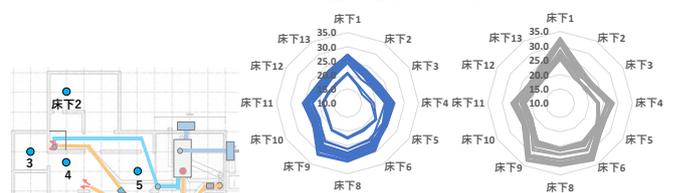


図14 床下測定点位置

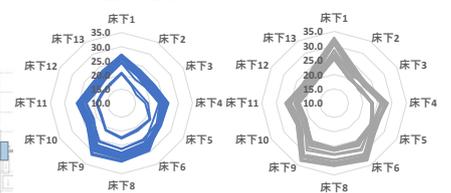


図15 床下温度分布（実測値,左:あり,右:なし）

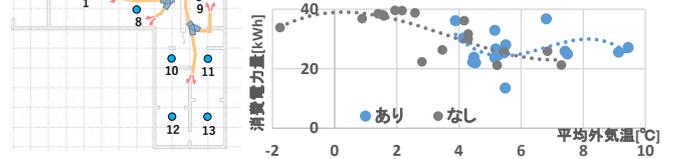


図16 本システム消費電力量期間積算値

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

*1 Graduate student, the University of Tokyo.
 *2 Assoc. Prof., the University of Tokyo, Dr. Eng.
 *3 Junior Assist. Prof., Tokyo University of Science, Dr. Eng.
 *4 Director, OM Solar Inc., Dr. Eng.