

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8
: 吹出口条件による温熱環境への影響の検討

全館空調 温熱環境 住宅
PVT 床下暖房

正会員 ○西島 葵*1 同 高瀬 幸造*2
同 前 真之*3 同 盧 炫佑*4
同 杉山 安奈*5

1. はじめに

既報その7から風向調整板の設置により暖気の指向性問題が解消され、室内温熱環境の改善ができると示唆された。本報では、複雑な平面形状において、CFD を用いて風向調整板を設置した場合の床下ダクト長さを検討した。

2. 対象住宅における実測

2-1.実測概要

本報で評価対象とした物件は滋賀県彦根市に位置する平屋モデルハウスである。物件の用途上、LDK へ優先的に暖気を供給するように設計段階で工夫した。コの字型で複雑なプランであり、床下暖房において不利になると推察されるため、角度45°とした風向調整板を2023年12月20日に設置し、冬期実測調査を行った。比較・検討日程は実測作業日を除いた12月1日~19日を風向調整板なし、12月21日~31日を風向調整板ありとする。温熱環境を把握するために居室空間と床下空間に計測器を設置し、計測した。同時にシステム運転状況や消費電力量等を確認するため HEMS データを用いた。図1に計測点、表2に詳細計測項目、表3に HEMS データの主な計測内容を示す。また、風向調整板の圧力損失は径150mmのダクト3m相当のものを事前に確認している。

2-2.実測結果

風向調整板による影響を把握するため、外気温度の日変動と平均外気温度が類似していた12月3日(調整板あり)と12月27日(調整板なし)を比較する。

図2の結果より、調整板ありでは吹出風量が1割程度減少し、供給熱量の変動が小さく抑えられていた。また、室内温度差が調整板なしでは10℃程度あるのに対し、調整板ありでは6℃程度になり温度むら改善された。床下空間においても同様である(図3,4)。風向調整板を用いることで圧力損失により吹出風量は減少するが、床下に満遍なく暖気が拡散され供給熱量や室内、床下温度の変動が小さくなり、安定した制御ができることが確認できた。

3. 風量測定

冬期実測日の風向調整板を設置する前に床下ダクトの風量測定を行った。B系統のみ稼働させ、設定温度を30℃、吹出風量を強に設定した。測定結果を図5に示す。

表1 対象住宅概要

外観	A邸	
	所在地	滋賀県彦根市
	地域区分	5地域 A4 H2
	床面積(m ²)	平屋 112.4
	q値(W/K)	137.4
	UA値(W/m ² K)	0.32
	ηAC値	1.8
	PVTパネル積載量(kW)	2.1
積載屋根勾配	4寸	

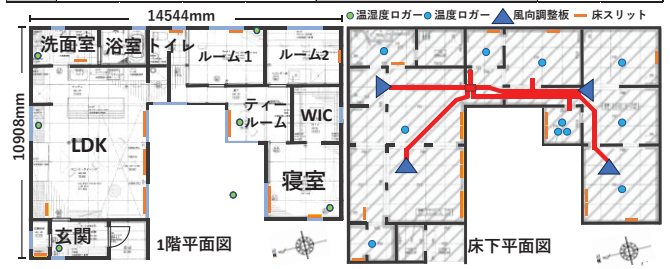


図1 A邸平面図計測点

表2 詳細計測内容

記録間隔	1分
計測内容	リビング・外気温湿度 傾斜日射量
	各居室温湿度 (主に寝室、子供室)
	非居室温湿度 (主に脱衣所、洗面室)
	可視・熱画像 床スリット温度

表3 HEMS 計測内容

記録間隔	10分
計測内容 (その他 約190項目)	リモコン室内温度
	外気温
	OA,SA,RA温湿度
	設定温度
	運転状態 (太陽熱集熱、HP暖房等)
	システム消費電力 買電量、売電量、発電量

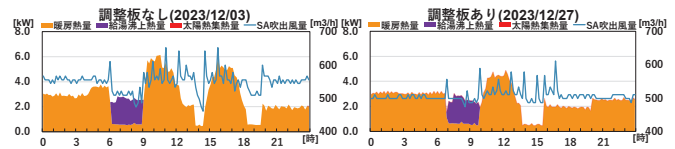


図2 供給熱量と吹出風量

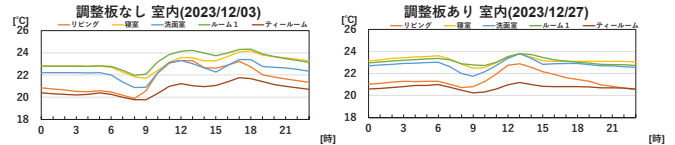


図3 室内温度推移

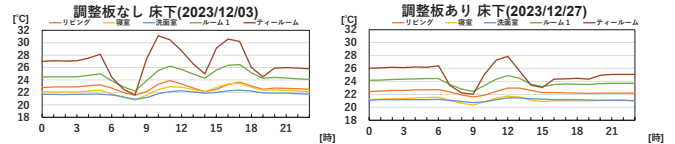


図4 床下温度推移

Research on Improving the Energy Independence of House by Using Air-Conditioning and Hot-Water Supplying System Utilizing PVT Air Collector & Heat Pump for Houses. Part8. Effects of air outlet conditions on the thermal environment.

NISHIJIMA Aoi, TAKASE Kozo
MAE Masayuki, ROH Hyunwoo
SUGIYAMA Anna

各ダクトの吹出口では平均して 100~260m³/h の風量であった。最もダクト長さが長く曲がり角が多い寝室へ伸びているダクト⑥の吹出風量が少なかったことから、ダクトの長さ、曲がり角による圧力損失の大きさが風量に影響していると推察される。

4. 床下ダクト計画検討

4-1. 床下ダクト長さ検討

風向調整板の吹出状況はモーメント法を用いてモデル化し、再現した。解析条件を決定した熱負荷計算の解析概要を表4、CFDの解析概要を表5に示す。

ダクトの本数や長さによって床下空間をゾーニングし、各吹出口がそれぞれのゾーンに入っているように計画した。Case1 は風向調整板がない本物件の現状とする。Case2 は Case1 と風向調整板の影響を把握するため、現状長さのままで風向調整板を本物件と同様の位置に設置した。また、ダクトの短縮による影響を把握するため、Case3 ではダクト①、ダクト⑥をそれぞれ約 1m 短くし、Case4 は同様のダクトを約 3m 短くした(表6)。

4-2. シミュレーション結果

シミュレーション結果を表6に示す。表内にある数字はゾーニングした部分の平均温度である。

Case2 の結果より風向調整板の有無によって、全体的に暖気が広がり室内最低温度が約 0.5℃上がった。また、Case3 では基礎壁によって暖気があまり広がらず床下の温度むらが大きくなり、室内の温度むらにも影響した。Case4 では Case3 同様に暖気が基礎壁によって阻まれて片側のみ広がったが、壁に沿って暖気が広がり床下の温度むらが改善した。図6からCase4では風向調整板を設置しダクト長さを3m短縮することで、外周部にある床スリットまで暖気が届き各床スリット風量のばらつきが小さくなったことが分かる。さらに、風量分配が一樣になったことで床下、室内の温度差が小さくなった(図7)。また作用温度においても同様に、床下空間で均一に暖気が広がることで各居室の作用温度差が小さくなり Case4 では0.8℃まで抑えることができた(図8)。

5. 総括

- 風向調整板を設置することで吹出風量が約 1 割小さくなり、各居室の日変動が約 3℃改善した。
- 複雑な平面プランでも風向調整板を設置し増えた圧力損失分だけダクトの長さを短縮させることで、暖気が横方向にも拡散され床下温度と室内へ供給される床スリット風量が均一になることから、安定した制御が行われ室内温熱環境の改善効果があることを確認できた。

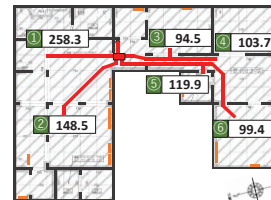


図5 風量測定結果[m³/h]
風向調整板なし

表4 熱負荷計算解析概要

熱回路計算ソフト	ホームズ君[省エネ診断エキスパート]Ver4.31B	
気象データ	標準年拡張アメダス(2010)	
暖房	期間	10月29日~4月30日
	設定温度	24時間室温22℃
	暖房スケジュール	連続運転
生活熱・換気	『住宅事業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5 CFD解析概要

CFD解析ソフト	FlowDesiner2022	収束判定条件	(定常)1.0×10 ⁻³ ~3.0
解析内容	温度、速度、輻射、快適性	内部発熱条件	内部発熱なし
総メッシュ数	約120万	境界温度条件	外気温度:0.2℃(1月の最低外気温)
数値解法	流速・圧力補正:SIMPLEC 差分スキーム:QUICK	流入条件	調整板なし:824.3m ³ /h 調整板あり:761.3m ³ /h
乱入条件	標準k-εモデル	流出条件	調整板なし:824.3m ³ /h 調整板あり:761.3m ³ /h 吹出温度:33.4℃
流入乱流条件	$k=(U/10)^2$ $\epsilon=(0.09^{3/4}) \times (k^{3/2})/D$ U:ネック風速 D:吹出口幅		

表6 検討パターンと解析結果

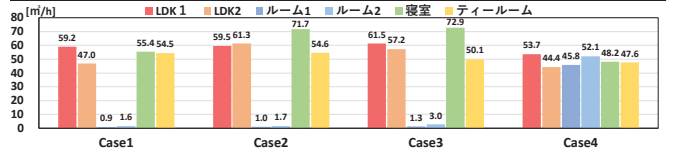
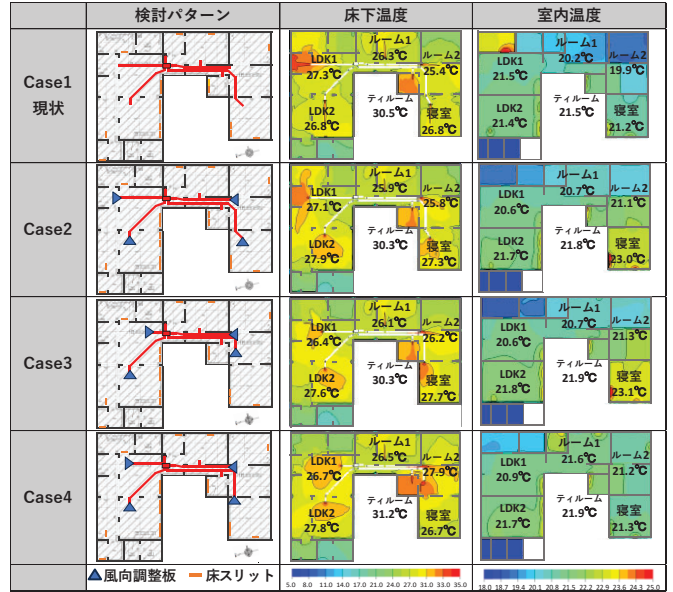


図6 各ケースの床スリット風量[m³/h]

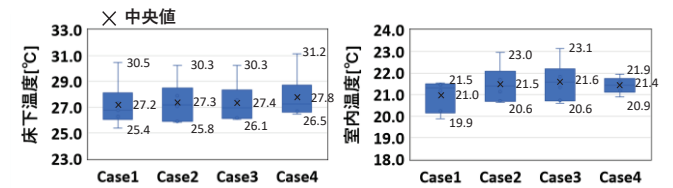


図7 床下温度, 室内温度分布

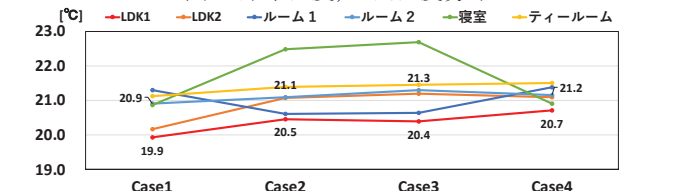


図8 作用温度分布

*1 東京理科大学大学院
*2 東京理科大学 准教授・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・技師部長・博士(工学)
*5 東京理科大学大学院

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