

セントラル空調利用住宅における設計手法に関する研究
その2. シミュレーションによる設計要素の検討

太陽熱 実測 熱負荷計算 正会員 ○劉 行*1 同 前 真之*2 同 盧 炫佑*3
シミュレーション 温熱環境 自然エネルギー 同 山本 遼子*4 同 溝口 暉人*1

1. はじめに

本報では前報に示された本システム利用住宅の実態調査より年間熱負荷計算及び数値流体計算を行った。地域別(3-7地域)日射遮蔽性能の設計目標の作成、設計時における吹出風量の確認手法の整理、間仕切り壁の設置箇所・設置量やプラン(吹抜の有無)などが室内温熱環境へ及ぼす影響の分析3つ項目について、全国におけるセントラル空調利用住宅の設計手法の整理を行う。

2. 代表地点の選択及び対象住宅モデル

2-1. 省エネ地域区分ごとの気象データ代表地点選定

全国における本システム導入ための必要条件の検証にあたり、暖冷房期を通して、2010年度版の拡張アメダス気象データを用い、暖房期暖房度日(Dh18)、冷房期エンタルピーデ- (Ec50) (図1)、年間積算日射量をもとに代表地点を選定した(表1)。以降のシミュレーションでは、これらの代表地点の気象データを用いた(表2)。

2-2. 計算対象住宅モデル

本報では、大石らが作成した標準住宅プランを一部変わった住宅モデルを採用した。また、間仕切り壁の設定方法による温熱環境への影響を検討するため、セントラル空調利用住宅105件の図面調査から階ごとの間仕切り壁長さを調査し、第一四分位点、中央値、第三四分位点の壁量となるよう間仕切り壁の量の調整を行った。Plan1、Plan2について間仕切り壁の量の多と少2ケースのモデルを作成した(図2)。

3. 熱負荷計算を用いた地域別必要外皮性能と負荷削減効果

3-1. 目的及び計算概要

冷房期の快適性を保つためには、断熱性能だけではなく、日射遮蔽性能の検討が重要である。本システムでは部屋ごとに供給熱量を調整することができないため、設計時に部屋別負荷を確認し、各系統風量を調整する必要がある。そこで、本システム導入対象の3-7地域(表2)において、窓性能をパラメーターとした5段階のモデルを作成し、必要性能の検討を行った。解析モデルは間仕切りがなく階段室がリビングに接続している標準プラン Plan1 とした(図2)。計算にはEESLISMを計算エンジンとする熱負荷計算ツールを用いた、表4に計算条件を示す。計算時間は1/1-12/31の一年間とし、計算時間間隔は1時間とした。家族構成は夫婦と子供2人の4人家族とし、在室スケジュールは住宅事業主の判断基準を元に作成した。冷暖房の運転方式は24時間連続運転とした。5地域外皮構成を表4に、日射遮熱レベル別開口部性能を表5に、各地域の外皮性能を表6に示す。

水平面全日射量の偏差値

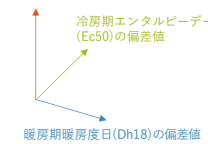


図1 算出パラメーター

表1 代表地点算出条件

気象データ	拡張アメダス標準年気象データ 2010年度版
計算対象地域	アメダス観測点842地点のうち、1~8地域の地点
計算条件	・暖房期暖房度日(18-18)、冷房期エンタルピーデ- (Ec50:22°C.65%)、年積算水平面日射量[kWh/m ²]を算出し、各地点の偏差値から、上位10地点のうち人口が最も多い地点を代表地点とした。 ・冷房期期間は建築研究所の定義に基づき下記の通り設定した。 冷房期：日最高外気温をフーリエ変換した年周期成分が23°C以上になる期間 暖房期：日平均外気温をフーリエ変換した年周期成分が15°C以下になる期間

表2 省エネ地域区分ごとの気象データ代表地点選定結果

地域区分	代表地点		各地点 数値			各地域 平均 (参考)		
	No.	都道府県 地点	暖房期暖房度日 (Dh18)	冷房期エンタルピーデ- (Ec50)	年積算日射量 [kWh/m ²]	暖房期暖房度日 (Dh18)	冷房期エンタルピーデ- (Ec50)	年積算日射量 [kWh/m ²]
1地域 (1a)	104	北海道 シベツナ	4529	86	1725	4460	87	1619
2地域 (1b)	134	北海道 トマコマイ	3814	254	1659	3862	203	1605
3地域 (II)	224	岩手 モリオカ	3221	564	1566	3073	667	1614
4地域 (III)	296	福島 コオリヤマ	2524	1041	1700	2616	996	1688
5地域 (IVa)	510	新潟 タカダ	2130	1484	1655	2099	1430	1725
6地域 (IVb)	617	岡山 クラシオ	1710	1798	1874	1624	1758	1865
7地域 (V)	752	長崎 サモボ	1249	2212	1936	1181	2208	1930
8地域 (VI)	831	沖縄 ナハ	0	4490	1885	23	4611	1818

表3 熱負荷解析概要

間仕切り壁量少プランの壁設去箇所	熱負荷計算のための条件	
	使用ツール	EESLISMを計算エンジンとする熱負荷計算ツール
	建物モデル	標準住宅モデル(Plan1吹抜なし)
	気象データ	拡張アメダス標準年データ(2010年度版)
	計算期間	1/1-12/31
	計算間隔	1時間
	家族構成	4人(夫婦+子2人)
	住宅の属性	木造住宅、延べ床面積120m ² (坪) [110m ² 、2階m ²]
	住宅在室時間率	住宅事業主の判断基準をもとに作成
	冷房運転時間率	24時間連続運転
	設定室温度	暖房時：18-20°C 冷房時：27°C(60%)
	補助冷房機	なし
	在室人数	年間総発熱量:2761kWh
	照明	年間総発熱量:1480kWh
	家電	年間総発熱量:2816kWh
	外気炎	年間総発熱量:27kg
換気	24時間連続 1396m ³ 、熱交換効率:無し 行わない	
換気量(家計)	無し	
換気の影響	一律20k/m ² K 考慮する	

図2 間仕切り壁位置変更モデルプラン

表4 5地域外皮構成部材一覧

層別	断熱仕様/位置	仕様	λ (W/mK)	断熱厚み (mm)	U値 (W/m ² K)
屋根	充填	高性能GW16K	0.038	105	0.19
	外張り	押出法ポリスチレンフォーム断熱材3種bA	0.028	85	
外壁	充填	高性能GW24K	0.036	100	0.4
	断熱・表面	漆に彫装	-	-	
開口部	窓: 開口面以外	漆に彫装	-	-	4.65
	ドア	ハニカムフラッシュ構造	-	-	
べた基礎 (基礎断熱)	立ち上がり(室内側)	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種	0.028	100	0.34 (線熱貫流率)
	立ち上がり(外気側)	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種	0.028	50	
	基礎床土全面	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種	0.028	50	

表5 日射遮蔽レベルごと別開口部性能(5地域)

レベル	ガラス	サッシ	日射遮蔽部材	Uw値 [W/m ² K]	
				Uw値	η値
レベル1	東・西	Low-E複層(G8-G16 日射取得型)	金属・樹脂(木)複合材料性	-	2.33 0.51
	南・北	Low-E複層(G8-G16 日射取得型)	金属・樹脂(木)複合材料性	-	2.33 0.51
レベル2	東・西	Low-E複層(G12以上 日射遮蔽型)	木製又は樹脂製	-	1.90 0.46
	北・東・西	Low-E複層(G12以上 日射遮蔽型)	木製又は樹脂製	-	1.90 0.46
レベル3	北	Low-E複層(G12以上 日射取得型)	-	-	1.90 0.29
	南	Low-E複層(G12以上 日射取得型)	-	-	1.90 0.46
レベル4	東・西	Loe-E複層(G12以上 日射取得型)	庇	-	1.90 0.29
	北	Loe-E複層(G12以上 日射取得型)	庇	-	1.90 0.29
レベル5	東・西	Loe-E複層(G12以上 日射取得型)	庇・外付けブラインド	-	1.90 0.08
	南	Loe-E複層(G12以上 日射取得型)	庇	-	1.90 0.29

表6 地域別必要外皮性能

	3地域	4地域	5地域	6地域	7地域
レベル1U ₀ 値(η値)	0.38(2.2)	0.45(2.2)	0.46(2.3)	0.55(2.4)	0.56(2.3)
レベル2U ₀ 値(η値)	0.38(2.0)	0.44(2.0)	0.44(2.1)	0.53(2.2)	0.55(2.1)
レベル3U ₀ 値(η値)	0.36(1.8)	0.43(1.8)	0.43(1.9)	0.51(2.0)	0.52(1.9)
レベル4U ₀ 値(η値)	0.36(1.4)	0.43(1.4)	0.43(1.5)	0.51(1.7)	0.52(1.6)
レベル5U ₀ 値(η値)	0.36(1.3)	0.43(1.3)	0.43(1.4)	0.51(1.5)	0.52(1.4)

3-2. 日射遮蔽性能による負荷削減効果と地域別必要性能

5地域を代表例として計算結果を示す(図3)。レベル1-3では冷暖房負荷ともに減少し、レベル3-5では暖房負荷が増加するものの冷房負荷は削減され、積算で見ると日射遮蔽レベルの増加に伴い負荷は減少した。年間負荷変動(図4)を見ると、冷房負荷よりも暖房負荷の方が大きい、冷房より暖房の方が換気と給気の温度差が大きいため必要風量は小さくなり、吹出風量を計算すると暖房は十分に処理できることが確認できた(表7)。一方で冷房は換気と給気の温度差が暖房に比べ小さくなる。建物全体での最大負荷、上位1%、5%負荷に対して必要となる風量と吹出可能風量を比較する(図5)。風量の算出は温度差10°Cで仮定する。最大負荷での設計は平常時の吹出過大になる可能なため、本報では上位1%の負荷を必要性能の最低ラインとする。計算結果から5地域ではレベル4以上の日射遮蔽性能が必要となることが確認できた。

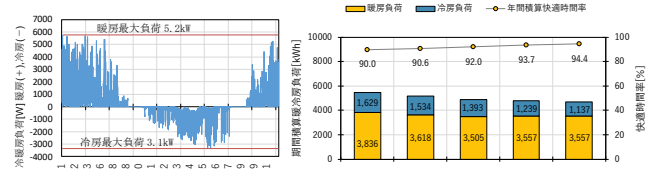


図3 負荷変動(5地域 Lv.4)

図4 年間積算冷暖房負荷

	吹出風量 [m³/h]	必要風量[m³/h]									
		レベル1		レベル2		レベル3		レベル4		レベル5	
		最大	上位1%	最大	上位1%	最大	上位1%	最大	上位1%	最大	上位1%
冷房	850.0	1121.6	973.3	1087.6	965.4	986.2	880.3	822.5	707.9	789.1	711.2
暖房	815.9	748.8	593.7	726.1	565.9	706.8	535.4	706.6	535.2	706.6	535.2

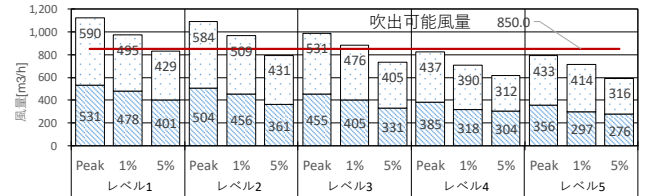


図5 5地域日射遮蔽レベル別冷房必要風量

4. 設計要素の室内温熱環境と気流分布への影響

4-1. 目的及び計算概要

前報より間仕切り壁や吹出口の設置位置が室内温度ムラの発生要因であることが予想された。本報では間仕切り壁の多さや吹出口の設置位置に関する吹抜の有無が室内温熱環境や気流分布に与える影響について検証を行った。対象プランは図面調査をもとに作成した全6ケースのモデルとした。解析条件を表8に、解析モデルは図6に示す。

表8 CFD解析条件

解析コード	FlowDesigner2018
流体モデル	高レイノルズ数型標準k-εモデル
数値解法	乱流強度:10%、長さスケール比:0.07
収束判定条件	流速-圧力補正:SIMPLEC、風上:1st-order
収束判定条件	(定常)1.0×10 ⁻⁵
解析領域サイズ	X,Y,Z = 10.01m,6.37m,4.8m
メッシュ数	4,997,608
行列解法の最大計算回数	流速100回、温度500回
境界条件	外気: 外気温:30.5°C 外表面熱伝達率:水平面17.4[W/m²K]、垂直外壁面 表面温度固定:28.8°C
床	Plan1:A系統(170.2/134.2/120.6),C系統 (170.9/134.3/119.9)
流入条件	風量[m³/h] 17°C,斜め吹出(30°)
流出条件	自動流入・開口率40%
解析対象日時	8/31 13:00
内部発熱	人体発熱:117W,照明発熱:0W,家電発熱:308.2W
日射取得	748.4W(ホームズ君計算結果より算出)

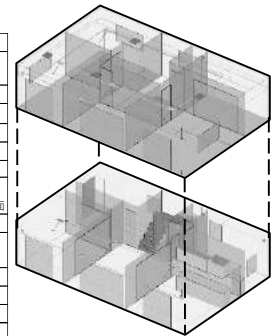


図6 解析モデル

4-2. 間仕切り壁量と吹抜の有無が温熱環境に与える影響

解析結果を図7に示す。間仕切り壁の減少に伴い、温度ムラは改善され、PMV-0.3~0.3の空間割合は建物全体で2.6%増加した。間仕切り壁を少なく設計することの有効性が確認できた(図7上)。また吹抜の有無は間仕切り壁の位置の影響が大きく、吹抜が設置されている場合でも2階からの吹出空気が1階に到達しないケースも見られた。吹抜の有無によって間仕切り壁の少ないモデルにおけるPMV-0.3~0.3の空間体積率の増加は確認できたが、間仕切り壁の量が平均的なモデルと最大のモデルでは吹抜の有無によって体積率は大きく変化せず、設置効果が低いことが明らかとなった。(図7下)

4. まとめ

本報では熱負荷計算により、全国における本システムの必要外皮性能を明らかにし、間仕切り壁の変更や吹抜の有無が室内温熱環境及び気流分布に及ぼす影響について検証した。今後は腰壁や吹出口形状などのデザインが温熱環境に及ぼす影響について検証していく必要がある。また今回のCFD解析においては全熱交換器による熱交換は考慮しておらず、今後より精度の高い検討を行う際には湿度成分の検討も必要になると考えられる。

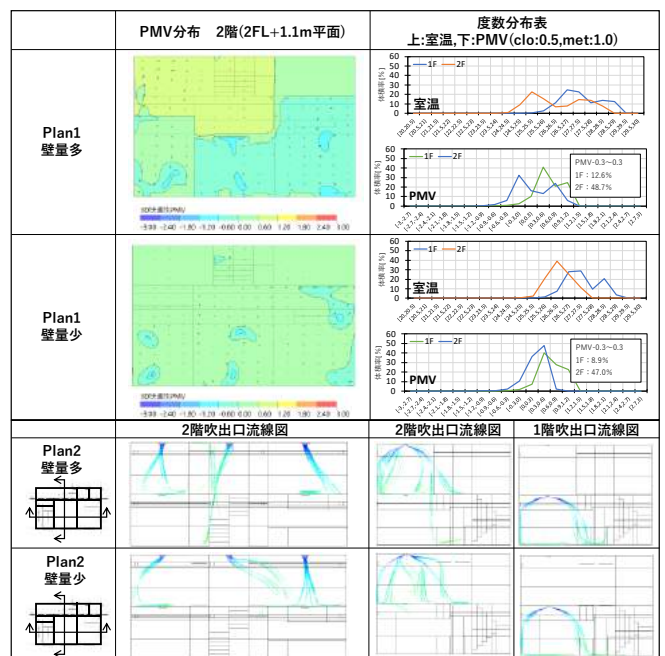


図7 CFDによる室内温熱環境結果(2FPMV・PMV度数分布・流線図)

[参考文献]

- 1) 「HEAT20設計ガイドブック+Plus G1G2住宅の設計・評価-全国版」
- 2) インテグラル 住宅性能診断士ホームズ君省エネエキスパート&住まいのエコナビOM版
- 3) 株式会社アドバンスナレッジ研究所ホームページ 2019.3.25取得

- *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 OMソーラー 取締役・技術部長・博士(工学)
- *4 元東京大学大学院 修士課程

- *1 Master's Student, Dept. of Architecture, the Univ. of Tokyo
- *2 Assoc. Prof., the Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
- *3 Director, R&D Department, OM Solar Inc., Dr. Eng.
- *4 Former Master's Student, the Univ. of Tokyo