

集合住宅における空調方式・換気効率に関する研究 ミクロ解析による温熱空気環境の検討

山際直子
赤林伸一教授

指導教員

1 研究目的

2003年7月の建築基準法の改正により、住宅の居室に機械換気設備の設置が義務付けられた。またRC造の集合住宅は、気密性能が高いため、室内で空気汚染が生じる可能性が高く、適切な換気システムを選定する必要がある。しかし、換気計画を行う際に、設計者が施主にシェルター性能(断熱、気密性能)や空調方式、換気システムとの相互効果によって実現される室内温熱空気環境を明確に提示できないのが現状である。

本研究では、集合住宅を対象に、従来マクロ解析(回路網計算)により検討されてきた換気方式や給排気口位置の違いによる居室の室内温熱環境や換気効率を、CFD解析を用いたミクロ解析で明らかにする。さらに温風暖房時と床暖房時の相違を明らかにすることを目的とする。

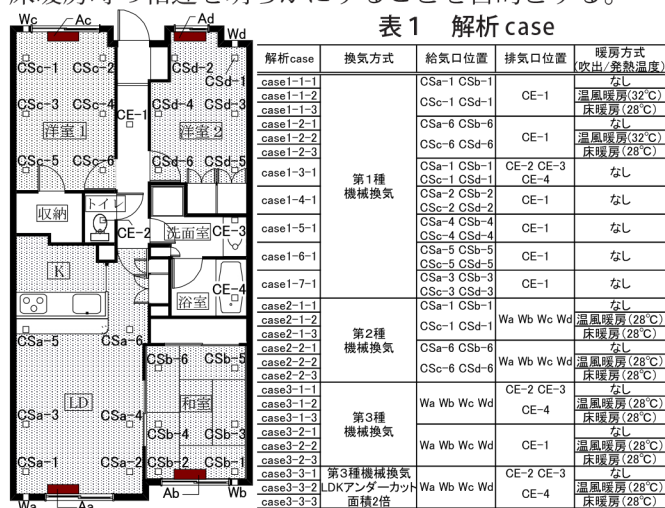


表1 解析 case

解析 case	換気方式	給気口位置	排気口位置	暖房方式 吹出/発熱温度
case1-1-1	第1種 機械換気	CSa-1 CSb-1	CE-1	なし
case1-1-2		CSa-1 CSd-1	CE-1	温風暖房(32℃) 床暖房(28℃)
case1-1-3		CSa-6 CSb-6	CE-1	なし
case1-2-1		CSa-6 CSd-6	CE-1	温風暖房(32℃) 床暖房(28℃)
case1-2-2		CSa-1 CSb-1	CE-2 CE-3	なし
case1-2-3		CSa-1 CSd-1	CE-4	なし
case1-3-1	第2種 機械換気	CSa-1 CSb-1	CE-1	なし
case1-3-2		CSa-2 CSd-2	CE-1	なし
case1-3-3		CSa-4 CSb-4	CE-1	なし
case1-4-1		CSa-4 CSd-4	CE-1	なし
case1-5-1		CSa-5 CSb-5	CE-1	なし
case1-5-2		CSa-5 CSd-5	CE-1	なし
case1-6-1	第3種 機械換気	CSa-3 CSb-3	CE-1	なし
case1-6-2		CSa-3 CSd-3	CE-1	なし
case1-7-1		CSa-1 CSb-1	CE-1	なし
case2-1-1		CSa-1 CSd-1	Wa Wb Wc Wd	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)
case2-1-2		CSa-6 CSb-6	Wa Wb Wc Wd	なし
case2-1-3		CSa-6 CSd-6	Wa Wb Wc Wd	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)
case2-2-1	第3種機械換気 LDKアンダーカット 面積2倍	CSa-1 CSb-1	CE-2 CE-3	なし
case2-2-2		CSa-1 CSd-1	CE-4	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)
case2-2-3		CSa-6 CSb-6	CE-4	なし
case2-2-4		CSa-6 CSd-6	CE-4	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)
case3-1-1		Wa Wb Wc Wd	CE-2 CE-3	なし
case3-1-2		Wa Wb Wc Wd	CE-4	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)
case3-1-3	Wa Wb Wc Wd	CE-4	なし	
case3-2-1	Wa Wb Wc Wd	CE-1	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)	
case3-2-2	Wa Wb Wc Wd	CE-1	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)	
case3-2-3	Wa Wb Wc Wd	CE-2 CE-3	なし	
case3-3-1	Wa Wb Wc Wd	CE-4	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)	
case3-3-2	Wa Wb Wc Wd	CE-4	なし	
case3-3-3	Wa Wb Wc Wd	CE-4	温風暖房(28℃) 床暖房(28℃)	

CS:天井給気口 CE:天井排気口 W:壁給排気口(150×150mm)
A:エアコン(H300×W840×D250mm) ■:床暖房を設置する範囲
*室内のドアにアンダーカット(H100×W200)を設置する。

図1 解析対象の概要

表2 解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM Ver. 7
乱流モデル	標準k-εモデル
境界条件	・壁境界条件は、風速は一般化対数則、温度は温度対数則。 ・南北壁は外部(外気温0℃)、東西壁、床、天井は隣室(室温20℃)と接する。
暖房条件	・温風暖房 エアコン室内ユニットに流速境界を与える。
	・床暖房 床面(合板)に面発熱を与える。
流入流出条件	・吹出温度、発熱温度は、LDKのSET*が22℃となるように設定(表1参照)。
	・機械換気設定風量 80m ³ /h(換気回数0.5回/h)
	・機械給気口 流速境界 流入温度 0℃
	・機械排気口 流速境界
	・自然給排気口 自然流入流出境界 流入温度0℃
	・住宅の気密性能は1.0cm ³ /m ³ ・熱損失係数は2.2W/(m ² ・K)とする。 漏気は、外壁面に4cm ² の隙間を20ヶ所設置し、自然流入流出境界を与える。

2 研究概要

2.1 解析対象: 図1に解析対象の概要を示す。対象集合住宅モデルは、片廊下型板状タイプの中間階・中間住戸とし、専有面積77m²の3LDKとする。天井高は居室2.5m、その他は2.1mと設定する。

2.2 解析方法: 表1に解析 case を、表2に解析条件を示す。汎用流体解析ソフト(STREAM)を用いて、換気方式、給排気口の位置、空調方式(温風暖房及び床暖房)を変化させた場合の室内温度分布と空気齢*1を用いた局所空気交換効率*2(ε_p)の解析を行う。

3 解析結果

3.1 温熱環境と居住域平均局所空気交換効率(ε_p)*3の関係: 図2にLDKと洋室1の上下温度差係数*4と居住域平均ε_pの関係を示す。床暖房時は上下温度差係数が小さく、良好な温熱環境である。温風暖房時も第3種機械換気以外は上下温度係数が0.15以下となる。居住域平均ε_pはどの換気方式でも空調方式による差は見られない。

3.2 局所空気交換効率(ε_p)の空間相対頻度分布: 図3にLDKのε_pの空間相対頻度分布を示す。暖房方式に関わらず、第1種、第2種機械換気は主にε_pが1.0以上の範囲に分布し、第3種機械換気は1.0未満の範囲に分布する。空調なしの場合は、暖房時に比較してε_pの分布が広範囲に渡り、相対頻度の最大値が小さくなる。

3.3 局所空気交換効率(ε_p)の分布と換気回数: 図4に代表的な case のε_pの分布と換気回数を示す。case1-1-1(第1種、空調なし)はキッチンと和室でε_pが1.0以下となる。case1-2-1は給気口とアンダーカットが近接している

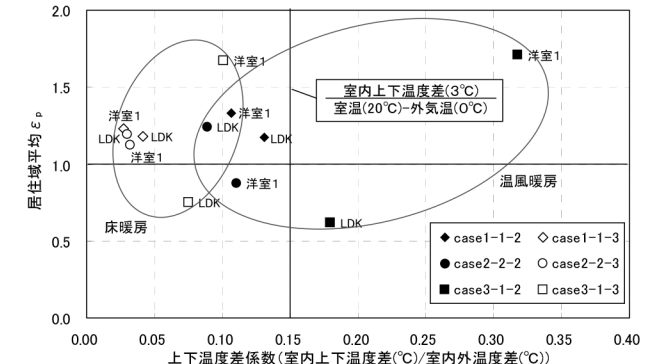


図2 上下温度差係数と居住域平均ε_pの関係

為、ショートサーキットを起こし、換気効率は悪くなる。case1-5-1、case1-6-1は、case1-1-1と同等な ϵ_p となり、給気口と排気口の距離が、部屋平面の長辺方向の半分以上であれば、換気効率には差が見られない。case1-1-2(第1種、温風暖房)とcase1-1-3(第1種、床暖房)では、空気が室内で完全拡散し、全ての居室で ϵ_p が1.0を超える。温風暖房時と床暖房時の ϵ_p の分布に大きな差は見られず、空調方式による差は見られない。case2-2-2(第2種、温風暖房)はLDKと和室の換気効率は良いが、洋室1、洋室2では廊下から汚染された空気が洋室のドアのアンダーカットを通じて流れ込む為、 ϵ_p は1.0以下となる。case3-1-2(第3種、温風暖房)は洋室1、洋室2の ϵ_p は1.0を超えるが、LDK、和室は複数のアンダーカットを経由する為、換気量が減少し、新鮮外気が流入せず、換気効率が悪くなる。case3-3-2(第3種、温風暖房)でアンダーカット面積を2倍にすると、LDK、和室の ϵ_p は大きくなり、洋室1、洋室2は小さくなる。住宅全体の換気回数は漏気の影響により、全てのcaseで0.5回/hを超え、第3種、第1種、第2種機械換気の順に漏気量が多い。

4 まとめ

- ①床暖房は、温風暖房より室内上下温度差が小さく、温熱環境は良好である。
- ②空調なしの場合は、暖房時に比較して ϵ_p の分布が広範囲に渡り、相対頻度の最大値が小さくなる。
- ③暖房時は空気が室内で完全拡散する為、換気効率が向上し、 ϵ_p は空調方式(温風暖房及び床暖房)による差が見られない。
- ④給気口と排気口の位置が近接すると、ショートサーキットが起こり、換気効率が悪い領域が増加する。
- ⑤換気方式によって換気効率に差が見られる。第1種機械換気では、全ての居室で ϵ_p が1.0を超えるが、第2種機械換気では洋室1、洋室2で、第3種機械換気ではLDK、和室で1.0以下となり、換気効率が悪くなる。
- ⑥換気量は、換気方式に関わらず設定換気風量を超え、第3種、第1種、第2種機械換気の順に多くなる。

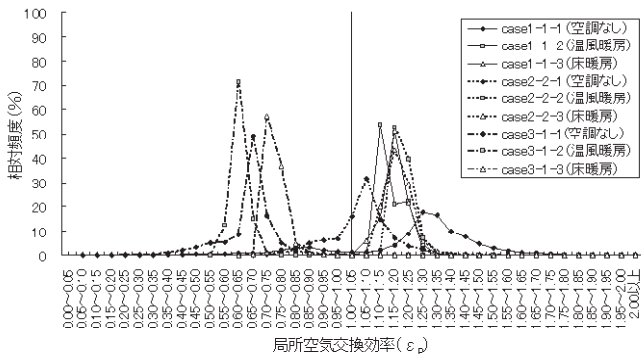


図3 LDKの ϵ_p の空間相対頻度分布

- * 1: 空気齢は、外気が室内に供給されてからある点に到達するまでの平均時間であり、短いほど新鮮な外気が供給される。
- * 2: 局所空気交換効率(ϵ_p)は室内の換気の良否を示す指標で、完全拡散の場合に1.0となり値が大きいほど換気の効率が良い。
局所空気交換効率=名目換気時間/局所空気齢 名目換気時間=室容積/換気量
- * 3: 居住域は床上0m~2.0mの範囲。
- * 4: 上下温度差係数は上下温度差(床上1.1m-0.1m)を室内外温度差で割った値。

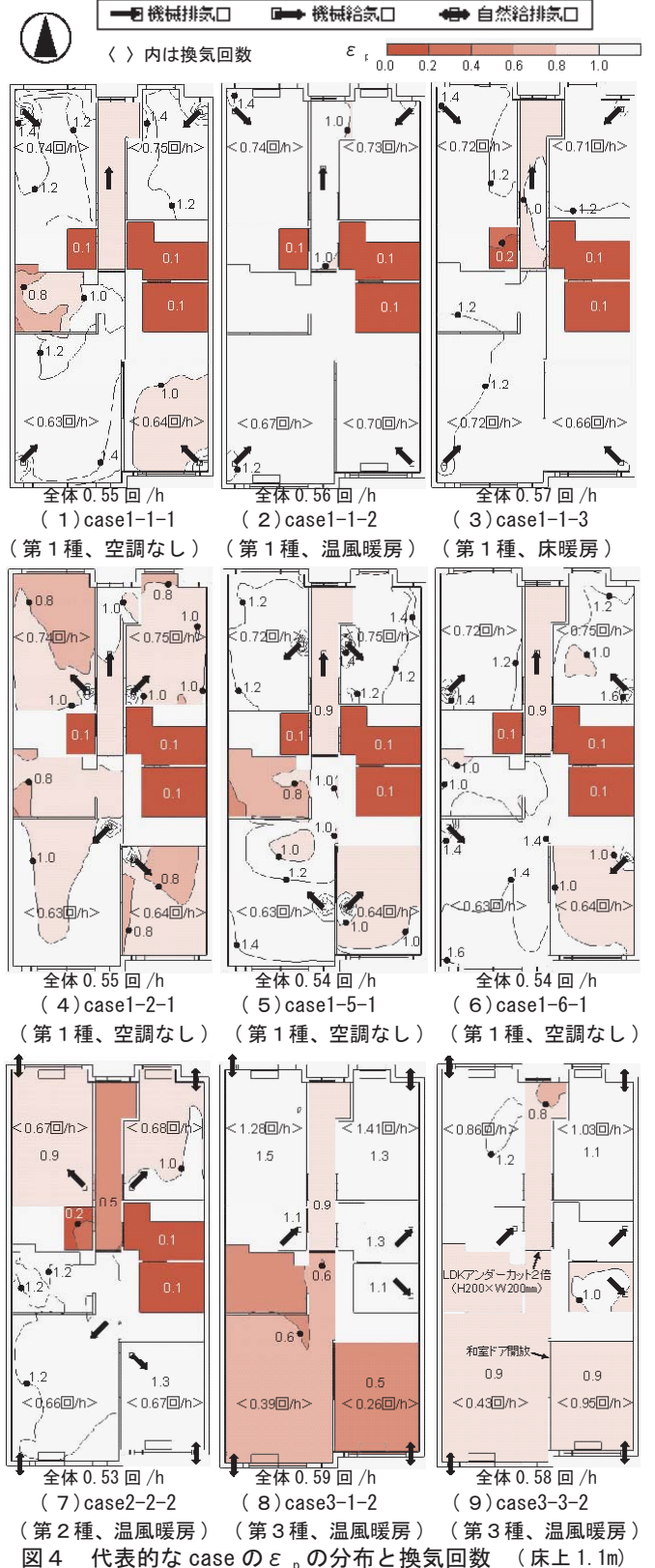


図4 代表的なcaseの ϵ_p の分布と換気回数(床上1.1m)