

住宅における効率的な暖冷房・換気方式に関する研究 数値流体解析(CFD解析)を用いた温風暖房と床暖房時の比較

佐藤祐子
指導教員 赤林伸一教授

1 研究目的

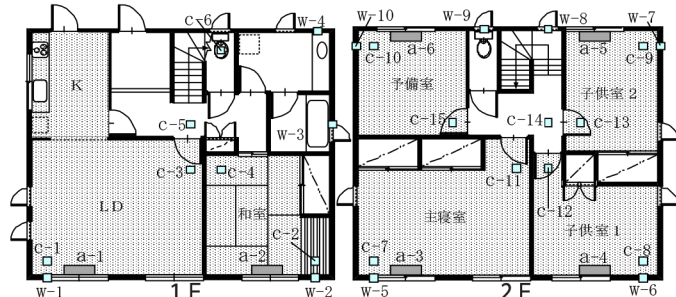
2003年7月の建築基準法の改正により、住宅の居室に機械換気設備(換気回数0.5回/h)の設置が義務付けられた。住宅を設計する際には地域性や気密性能等を考慮し、適切な換気システムを選定する必要がある。しかし、換気計画を行う際に、設計者が施主にシェルター性能(断熱、気密性能)や暖冷房方式、換気システムとの相互効果によって実現される室内温熱空気環境を明確に提示できないのが現状である。

本研究は、従来マクロ解析(回路網計算)により検討されてきた住宅全体の暖房時における換気方式の違いによる、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ことを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象: 図1に解析対象の概要を示す。日本建築学会標準住宅モデル(一部を修正)を対象とする。

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を用いて、換気方式、給排気口の位置、暖房方式(温風暖房、床暖房)を変化させた場合の室内温度分布と空気齢*1を用いた換気効率の解析を行う。



a: エアコン(h300×w840×d250mm) c: 天井給排気口(150×150mm)
w: 壁給排気口(150×150mm) ■: 床暖房を設置する範囲
*室内のドアにアンダーカット(w200×h100mm)を設置する。

図1 解析対象の概要

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
case1-1-1	第1種機械換気	天井	天井	なし
case1-1-2		c-1 c-2 c-7	c-5	温風暖房
case1-1-3		c-8 c-9 c-10	c-14	床暖房
case1-2-1		壁	天井	なし
case1-2-2		w-1 w-2 w-5	c-5	温風暖房
case1-2-3	w-6 w-7 w-10	c-14	床暖房	
case2-1-1	第2種機械換気	天井	壁	なし
case2-1-2		c-1 c-2 c-7	w-1 w-2 w-5	温風暖房
case2-1-3		c-8 c-9 c-10	w-6 w-7 w-10	床暖房
case2-2-1		天井	壁	なし
case2-2-2		c-3 c-4 c-11	w-1 w-2 w-5	温風暖房
case2-2-3	c-12 c-13 c-15	w-6 w-7 w-10	床暖房	
case3-1-1	第3種機械換気	壁	壁	なし
case3-1-2		w-1 w-2 w-5	w-3 w-4 c-6	温風暖房
case3-1-3		w-6 w-7 w-10	w-8 w-9	床暖房

3 解析結果

3.1 換気量: 図2に機械換気設定風量(0.5回/h)に対する各部位の給排気量の割合を示す。第2種、第3種、第1種機械換気の順に漏気量が多くなる。温風暖房時と床暖房時の換気量には相違が見られず、第2種機械換気では排気口からの流入が隙間からの流入の3.5倍、第3種機械換気では給気口からの流出が隙間からの流出の2倍となる。

図3に床暖房時における換気方式毎の室間相互換気量を示す。case1-1-3(第1種)は、機械換気設定風量に加えて、1Fは隙間からの流入出、2Fは隙間からの流出がある。case2-2-3(第2種)は、1Fの排気口から給気され、case1-1-3(第1種)と比較して換気量が多い。case3-1-3(第3種)は、1Fの給気口から流入する漏気量が多く、2Fの給気口からは排気が行われる。これは、暖房によって生じる室内外の温度差による浮力の影響を受け、中性帯の位置が高くなったためと考えられる。

表2 解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM Ver. 6
乱流モデル	標準k-εモデル
境界条件	・壁面境界条件は、風速は一般化対数則、温度は温度対数則。 ・外気温は0°C、初期室温は20°Cとする。
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。吹出温度35°C。 ・放射暖房 床面(合板)に面発熱を与える。発熱温度40°C。
流入流出条件	・機械換気設定風量(換気回数0.5回/h) ・機械給気口 流速境界 流入温度0°C ・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°C ・住宅の気密性能は、2.0cm ² /m ² とし、漏気は、各壁面に4cm ² の隙間を16ヶ所設置し、自然流入流出境界を与える。

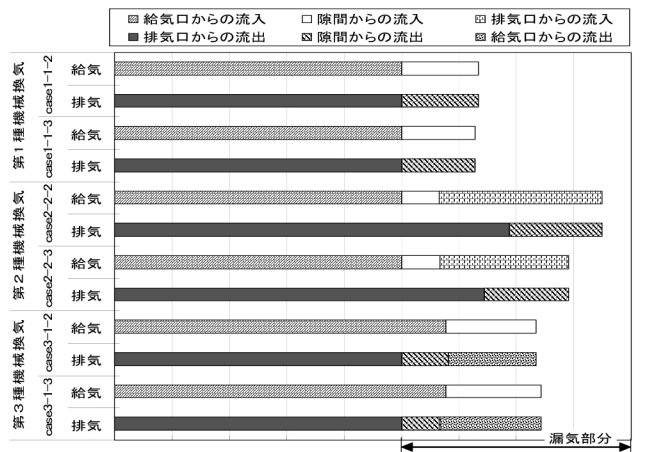


図2 機械換気設定風量(0.5回/h)に対する各部位の給排気量の割合

3.2 温熱環境と居住域平均局所空気交換効率 ($\bar{\epsilon}_p$) の関係*2*3: 図4にLDKと主寝室の上下温度差係数*4と $\bar{\epsilon}_p$ の関係を示す。床暖房時は、上下温度差係数が小さく、温風暖房時に比較して相対的に良好な温熱環境である。 $\bar{\epsilon}_p$ はどの換気方式でも温風暖房時と床暖房時の間に明確な差は見られない。

3.3 局所空気交換効率 (ϵ_p): 図5に代表的なcaseの ϵ_p の分布を示す。case1-1-2 (第1種) と case1-1-3 (第1種) では、 ϵ_p の分布に大きな相違は見られず、暖房方式による差はない。case2-2-3 (第2種) は、1Fの排気口から給気されるため、1Fの居室の ϵ_p の値は1.6~2.0と大きく、2Fの居室は1.0となり、換気効率は良い。case3-1-3 (第3種) は、1Fの全ての室で、1.0を超え、換気効率は良い。2Fの居室は1Fの空気が階段室を通り、アンダーカットから流れ込むため、居室の給気口から新鮮な外気が流入せず ϵ_p の値は1.0以下となる。

4 まとめ

- ①暖房時の換気量は、換気方式に関わらず設定換気風量 (0.5回/h) を超え、第2種、第3種、第1種機械換気の順に多くなる。
- ②浮力の影響を受けるため、第2種機械換気は1Fの排気口で、第3種機械換気は2Fの給気口で逆の流れが生じる。
- ③床暖房は、温風暖房より、室内上下温度差、室内外温度差が小さいため、室内温熱環境は良好である。
- ④局所空気交換効率 (ϵ_p) は、暖房方式 (温風暖房、床暖房) による違いは見られない。
- ⑤換気効率は、換気方式によって差が見られる。第1種、第

2種機械換気では、居室の ϵ_p の値が1.0程度または1.0以上となり、換気効率は良く、第3種機械換気は2Fの ϵ_p が1.0以下となり、換気効率は悪くなる。

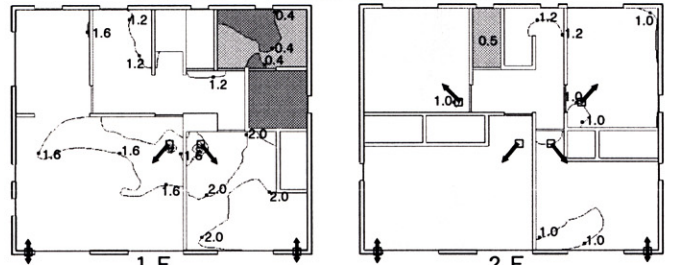
- *1: 空気齢は、外気が室内に供給されてからある点に到達するまでの平均時間であり、短いほど新鮮な外気が供給される。
- *2: 居住域は、床上0m~2.0mの範囲。
- *3: 局所空気交換効率は室内の換気の良否を示す指標で、完全拡散の場合に1.0となり値が大きいほど換気の効率が良い。
- *4: 上下温度差係数は上下温度差 (床上1.1m-0.1m) を室内外温度差で割った値。



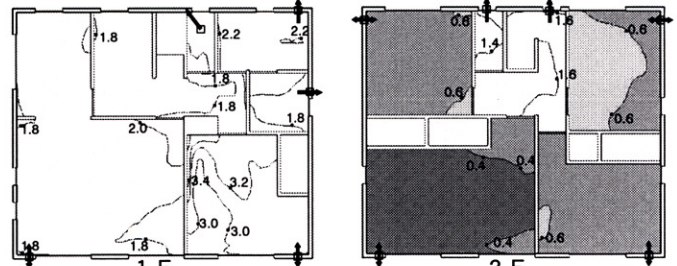
(1) case1-1-2 (第1種機械換気、温風暖房)



(2) case1-1-3 (第1種機械換気、床暖房)



(3) case2-2-3 (第2種機械換気、床暖房)



(4) case3-1-3 (第3種機械換気、床暖房)

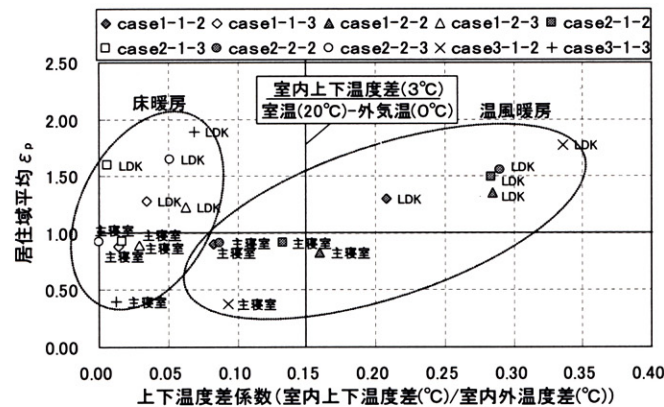


図4 上下温度差係数と $\bar{\epsilon}_p$ の関係

図5 代表的なcaseの ϵ_p の分布 (床上1.1m水平断面)

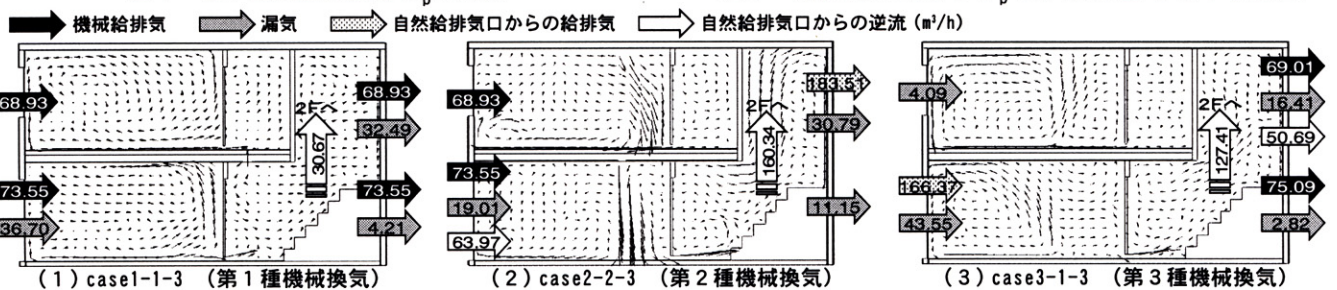


図3 床暖房時における換気方式毎の室間相互換気量

0.5m/s