

【4-12-e】

住宅の効率的な暖冷房・換気手法に関する研究
その1 数値流体解析を用いた暖冷房・換気効率の検討

Reserch on air-conditioning and ventilation system in house
Part 1 The efficiency of various air-conditioning and ventilation systems analyzed by CFD

正会員 赤林伸一¹⁾ 同 坂口 淳²⁾ 同 ○鍛冶祐子³⁾
AKABAYASHI Shin-ichi, SAKAGUCHI Jun, KAJI hiroko

本研究では、暖冷房時の換気方式による居室の室内温熱環境の良し悪しや、換気方式によって変化する換気効率を明らかにし、住宅設計者が良好な換気システムの選定を行う為の資料を整備することを目的とする。エアコン運転時の室内呼吸域局所空気交換効率 (Ve) は、1.0 程度の値となり、外気は室内で完全拡散しているのに対し、エアコン停止時は Ve に大きな分布が生じる。また、給気口と排気口が近接しているほど、換気効率の悪い領域が増加する。

Indoor temperature environment, Ventilation efficiency, Indoor breath region, Limited part air exchange efficiency
室内温熱環境、換気効率、室内呼吸域、局所空気交換効率

1 研究目的

2003年7月の建築基準法の改正により、2004年7月から住宅の居室に機械換気設備の設置が義務付けられた。また近年、住宅の高断熱、高気密化が寒冷地以外でも進行しており、計画換気的重要性が増している。住宅を設計する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。

しかしながら、換気システムを選定する際に、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。そこで、適切な換気システムを選定する為のマニュアルの整備が必要であると考えられる。

本研究では、暖冷房時の換気方式による居室の室内温熱環境の良し悪しや、換気方式によって変化する換気効率を明らかにし、住宅設計者が良好な室内温熱空気環境を実現できる換気システムの選定を行う為の資料を整備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を参考に、エアコン、給気口、排気口が設置された10畳(16.6㎡)の居室を対象とする。南面、西面は外気に面しており、天井及び北面、東面は隣室に面している。

2.2 解析方法

図2に換気方式の概要を、図3にエアコンの設置位置を示す。表1に解析ケースを、表2に解析条件を示す。給気口、排気口の位置とエアコンの位置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、汎用流体解析ソフト(STREAM)を用いて行う。

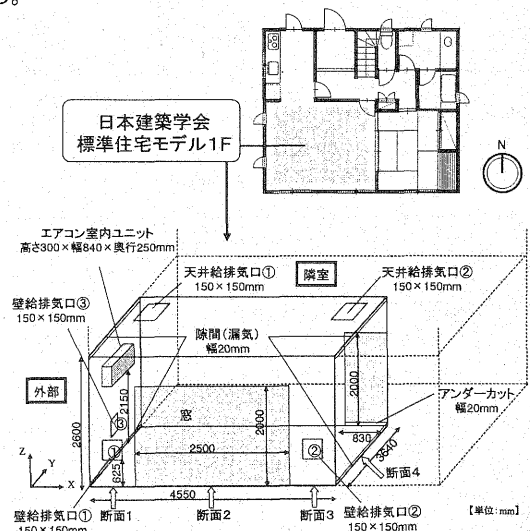


図1 解析対象の概要

- * 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 : 局所空気交換効率は室内の換気の良否を示す指標で、値が小さいほど換気の効率が良い。
- * 3 : 室内呼吸域は床上0.5m~1.8mの範囲

1) 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士
2) 県立新潟女子短期大学 助教授 博士(工学)
3) 新潟大学自然科学研究科 大学院生

1) Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
2) Assoc. Prof., Dept. of Human Life and Environmental Science, Niigata Woman's College, Dr. Eng.
3) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

3 解析結果

3.1 局所空気交換効率(Ve)*2

図4に室内呼吸域*3平均Veを示す。エアコン運転時の平均Veは、全てのケースで1.0程度の値となり、エアコン運転時は換気方式やエアコンの設置位置に関係なく、外気が室内でほぼ完全拡散している。エアコン停止時の平均Veの値は、漏気による給気を行うcase5-4、case10-4でエアコン運転時より小さい値を示す。それ以外のケースでは1.0を超えており、エアコン運転時の値より大きくなる。図5にcase5-3、case5-4のVeの分布を示す。case5-3のVe(図5(1))は1.0の値を示し、case5-4(図5(2))では0.6~2.1の範囲に入る。エアコン停止時Veは、エアコン運転時に比較して分布が大きく、換気の効率の悪い領域が生じる。

図6に代表的なケースのVeの分布を示す。排気位置を天井排気とした場合、天井排気口から離れた位置から給気するcase1-4(方式1)のVeは0.5~1.1の範囲に入る。天井排気口に近い位置から給気するcase3-4(方式2)のVeは0.9~1.2の範囲に入り、Veの

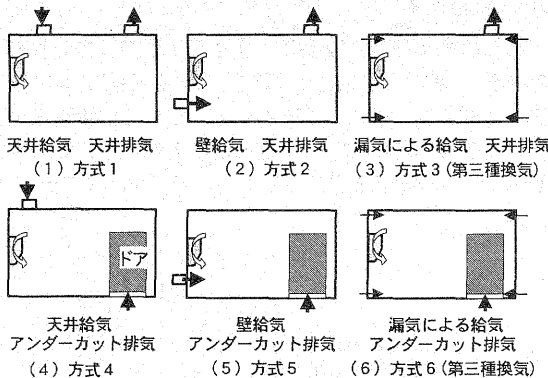


図2 換気方式の概要

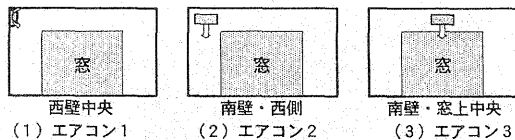


図3 エアコンの設置位置

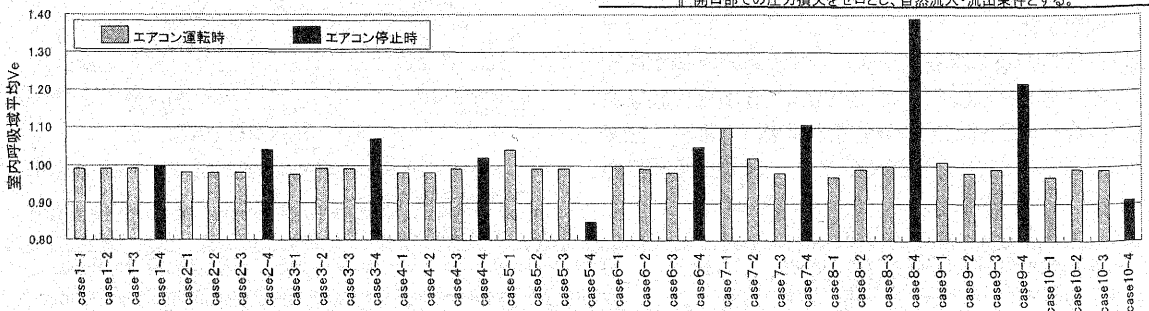


図4 室内呼吸域平均Ve

分布が大きくなる。また、排気位置をドアのアンダーカットとした場合、アンダーカットから離れた位置から給気するcase6-4(方式4)のVeは0.8~1.1に、case7-4(方式5)のVeは0.9~1.2の範囲に入る。アンダーカットから近い位置から給気するcase8-4(方式4)は0.8~1.5に、case9-4(方式5)は1.0~1.3の範囲に入り、排気位置が天井排気のケースと比較してもVeの分布が大きくなる。給気口と排気口の距離は換気効率に大きく影響し、近接しているほど換気効率の悪い領域が増加する。

3.2 気流分布

図7に代表的なケースの気流分布の一部を示す。給気方式が天井給気の場合、給気は床面に到達した後左右に分かれる。case1-4、case6-4は居室中心部に流れが生じているが、case8-4はショートサーキットが起これ、居室中心部の換気効率の悪い領域が生じる。壁給気の場合、給気は北壁面に到達した後上下に分かれる。case3-4、case7-4は給気口高さより上部においても流れが生じているが、case9-4は下降した空気がアンダーカットへと流れ、ショートサーキットが生じる。

表1 解析ケース

	換気方式	エアコン位置	換気方式	エアコン位置
case1-1	方式1	天井給気口①	方式4	天井給気口①
case1-2		天井排気口②		天井給気口①
case1-3		エアコン停止		天井給気口①
case1-4		エアコン停止		天井給気口①
case2-1	方式2	壁給気口①	方式5	壁給気口①
case2-2		天井給気口①		天井給気口①
case2-3		天井給気口②		天井給気口①
case2-4		エアコン停止		天井給気口①
case3-1	方式2	壁給気口①	方式4	天井給気口②
case3-2		天井給気口①		天井給気口②
case3-3		天井給気口①		天井給気口③
case3-4		エアコン停止		天井給気口③
case4-1	方式2	壁給気口③	方式5	壁給気口②
case4-2		天井給気口①		天井給気口②
case4-3		天井給気口①		天井給気口③
case4-4		エアコン停止		天井給気口③
case5-1	方式3	漏気による給気	方式6	漏気による給気
case5-2		天井排気口②		天井給気口①
case5-3		エアコン停止		天井給気口②
case5-4		エアコン停止		天井給気口③

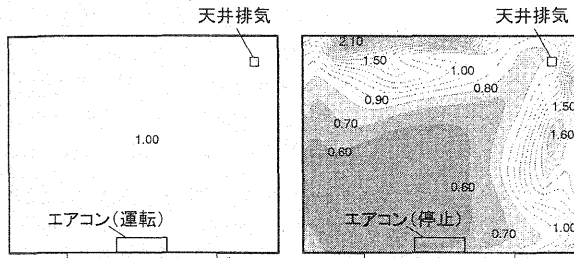
表2 解析条件

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。床・天井および、東壁面、北壁面は隣室を想定し、断熱条件で与える。その他の壁面 東面負荷 324.0W 西壁面負荷 68.1W 南壁面負荷(窓面を除く) 47.2W	
輻射条件	各壁面内側に輻射率0.9を与える。	
吹出風速	壁給気・天井給気(換気回数0.5回/h)	
	吹出風速 = 0.26581m/s, K = 7.07E-04, ε = 2.94E-04, 温度=0°C	
	-エアコン吹出(6.55m³/min) 下向き45°	
	吹出風速 = 2.17m/s, K = 4.69E-02, ε = 3.98E-01, 温度=24.5°C	
	-エアコン吸込 吸込風速 = 0.722m/s	
-漏気 南・西壁面上下に設置された幅2cmの隙間より均等に室内へ流入。吹出風速 = 0.018256m/s, K = 3.33E-06, ε = 7.14E-07, 温度=0°C		
天井排気・アンダーカット排気		
開口部での圧力損失をゼロとし、自然流入・流出条件とする。		

3.3 温度分布

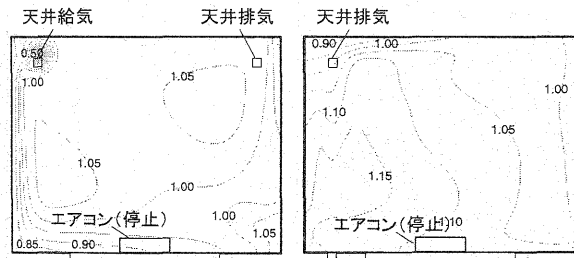
(1) 室内上下温度

図8に窓から325mmの位置の床上0.1mと1.1mの温度を、図9に給気口を含む断面の床上0.1mと1.1mの温度を示す。給気方式が天井給気の場合、窓、給気口の床上0.1mと1.1mの温度差は2℃以下と小さく、給気や窓面の冷気による影響が少ない。壁給気（給気口から325mmの位置）の場合、エアコンの位置がエアコン1（西壁中央）とエアコン2（南壁・西側）のケースでは給気口の床上0.1mと1.1mの温度差が3℃以上と



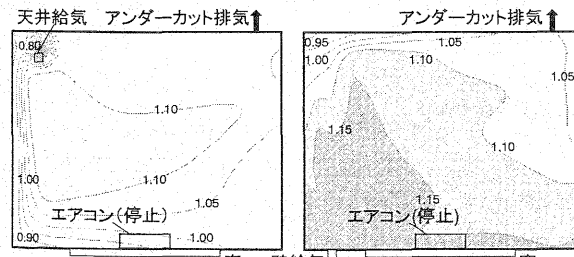
(1) case5-3(エアコン運転時) (2) case5-4(エアコン停止時)

図5 case5-3, case5-4のVe分布(床上1.1m水平断面)



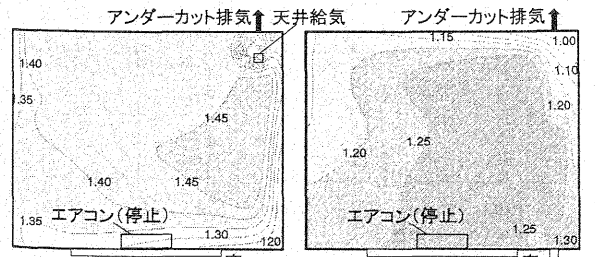
(1) case1-4

(2) case3-4



(3) case6-4

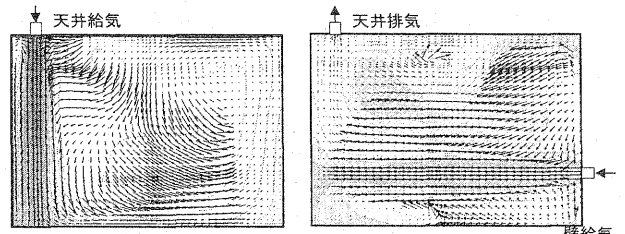
(4) case7-4



(5) case8-4

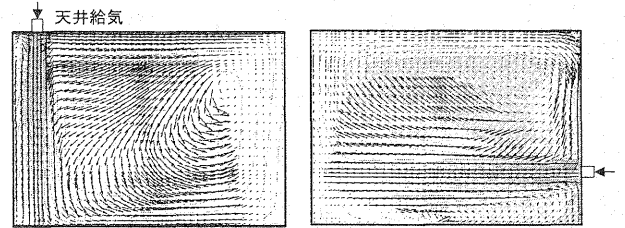
(6) case9-4

図6 代表的なケースのVe分布(床上1.1m水平断面)



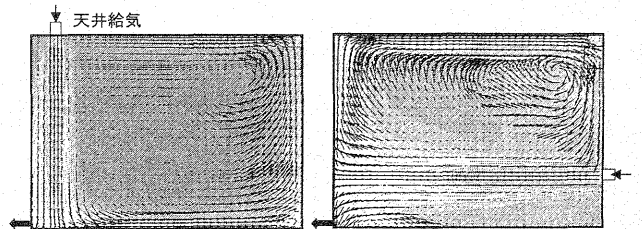
(1) case1-4(鉛直断面1)

(2) case3-4(鉛直断面1)



(3) case6-4(鉛直断面1)

(4) case7-4(鉛直断面1)



(5) case8-4(鉛直断面3)

(6) case9-4(鉛直断面3)

図7 代表的なケースの気流分布(エアコン停止時)

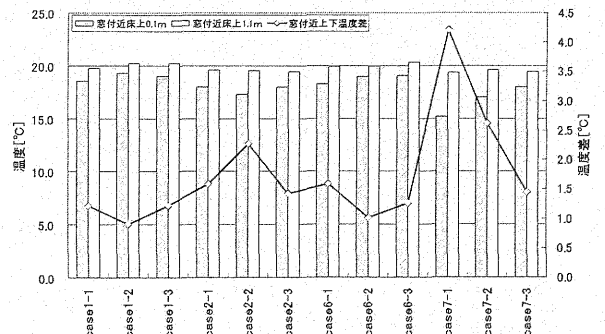


図8 窓から325mmの位置の床上0.1mと1.1mの温度

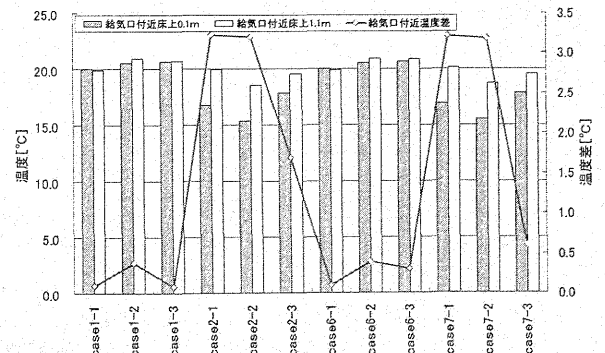


図9 給気口を含む断面の床上0.1mと1.1mの温度

大きく、エアコン3(南壁・窓上中央)のケースでは2℃以下と小さい。

(2) 鉛直温度分布

図10に各ケースの窓、給気口を含む断面の鉛直温度分布を示す。窓に近い部分の鉛直温度分布(図10(1))は、ほぼ17~22℃の範囲に入り、床表面で最も低くなる。エアコンの位置がエアコン1(西壁中央)のケースが最も温度が低く、エアコン3(南壁・窓上中央)のケースが最も温度が高い。給気口部分の鉛直温度分布(図10(2))は、給気方式が天井給気であるcase1とcase6の場合、高さ2.5~2.6mの地点で最も低くなるが床から2.3mの範囲では20℃前後でほぼ一定となる。壁給気であるcase2とcase7の場合、14~21℃の範囲に入り、床表面で最も低温となる。エアコン1とエアコン2(南壁・西側)のケースは、上下方向の温度分布が大きく、上下温度差が大きい。

4 まとめ

① エアコン運転時の室内呼吸域局所空気交換効率(Ve)

は、換気方式やエアコンの設置位置に関わらず、1.0程度の値となり、外気が室内でほぼ完全拡散している。

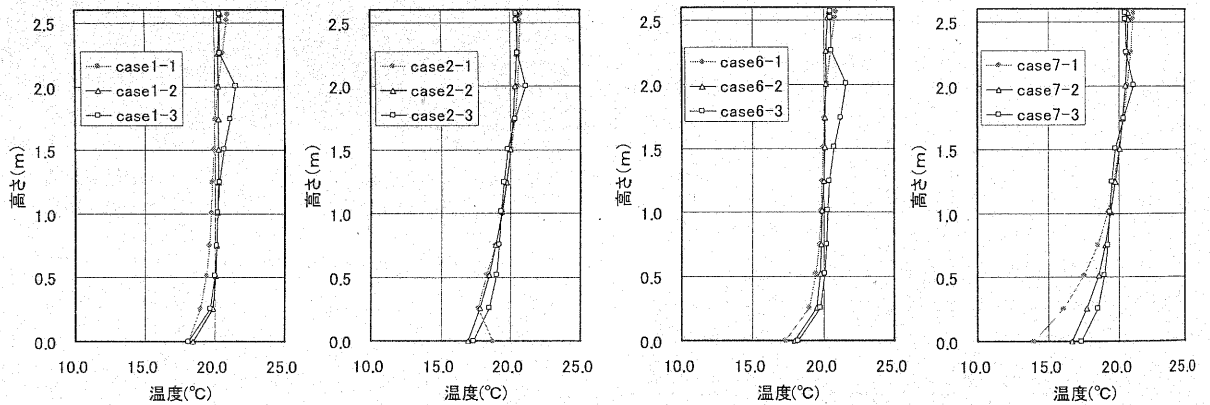
② エアコン停止時の室内呼吸域Veは、エアコン運転時の約1.0~1.4倍の範囲に入り、換気効率はエアコン運転時と比較して分布が大きく、Veの悪い領域が生じる。

③ 給気口と排気口の距離は換気効率に影響し、給気口と排気口の位置が離れるほど換気効率が向上する。給気口と排気口の位置が近接する場合には、ショートサーキットを起こし、換気効率の悪い領域が増加する。

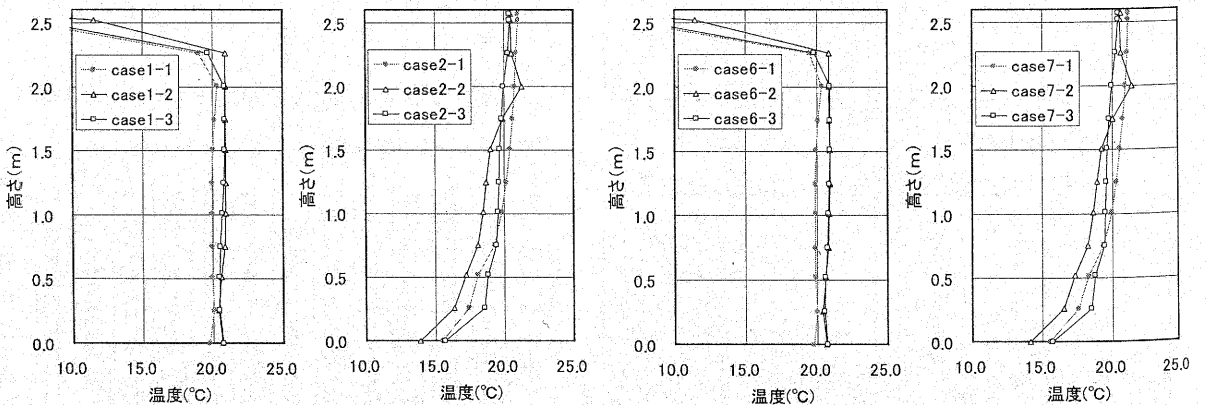
④ エアコンの位置が窓上の場合及び給気方式が天井給気の場合に、最も給気や窓面の冷気による影響が少なく、上下温度差は2℃以下となる。

【謝辞】

本研究の一部は、トステム建材産業振興財団の協力で設立された「住まいの換気研究会(委員長:小峰裕己 千葉工業大学教授)」で行ったものである。関係各位に深く感謝の意を表する。



(1) 窓に近い部分の鉛直温度分布



(2) 給気口部分の鉛直温度分布

図10 窓、給気口を含む断面の鉛直温度分布