

## 住宅を対象とした常時換気システムの換気効率に関する研究 — 数値流体解析（CFD 解析）を用いた暖房時の換気手法の検討 —

F06D037E 鍛治紘子  
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、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、高气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加している。このため、国土交通省は「改正建築基準法に対応した建築物のシックハウス対策マニュアル - 建築基準法・住宅性能表示制度の解説及び設計施工マニュアル」を作成し、設置すべき機械換気設備の技術的情報、設計手法、具体的な設計例などを広く提供している。しかしながら、住宅設計者が換気システムを選定する際に、施主へシェルター性能（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することは、設計基礎資料が不足しているため困難である。従って、良好な室内温熱空気環境を実現することのできる換気システム選定方法について、設計資料を整備する必要がある。一方、設計や施工の簡便性により、近年、各居室に同時給排気型の換気扇を設置する住宅が増加している。同時給排気型換気扇は給気口と排気口が近接しているため、給気が排気口へショートサーキットすることが懸念されている。

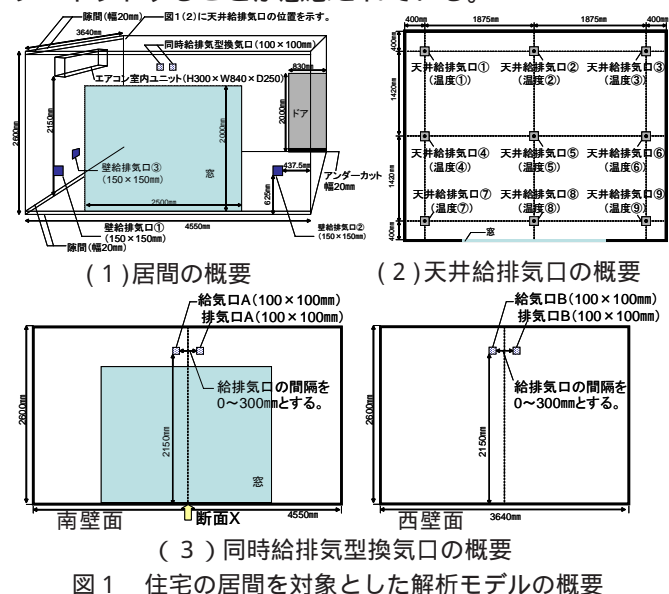


図1 住宅の居間を対象とした解析モデルの概要

本研究では、住宅の居間、戸建住宅、集合住宅を対象に、CFD解析を用いて暖房時（温風暖房、床暖房）の換気方式による居室の室内温熱空気環境の良し悪しや、換気方式、給排気口の位置によって変化する空気齢を用いた換気効率を明らかにすることを目的とする。さらに、同時給排気型換気扇における給排気口の距離が室内の換気効率に及ぼす影響に関する検討を行う。

### 2 研究概要

#### 2.1 解析対象

##### 2.1.1 住宅の居間を対象とした解析

図1に住宅の居間を対象とした解析モデルの概要を示す。解析対象は床面積16.6㎡、容積43.1㎡の居間とし、天井給排気口、壁給排気口、エアコン、同時給排気型換気扇を設置する。居間の西面・南面は、外気に面し、北面・東面・天井面・床面\*1は上下階及び隣室に面している。

##### 2.1.2 住宅全体を対象とした解析

図2に住宅全体を対象とした解析モデルの概要を示す。解析対象は次世代省エネルギー基準（地域）を満たす日本建築学会標準住宅モデル、片廊下型板状タイプ  
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×W200mm)を設置する。

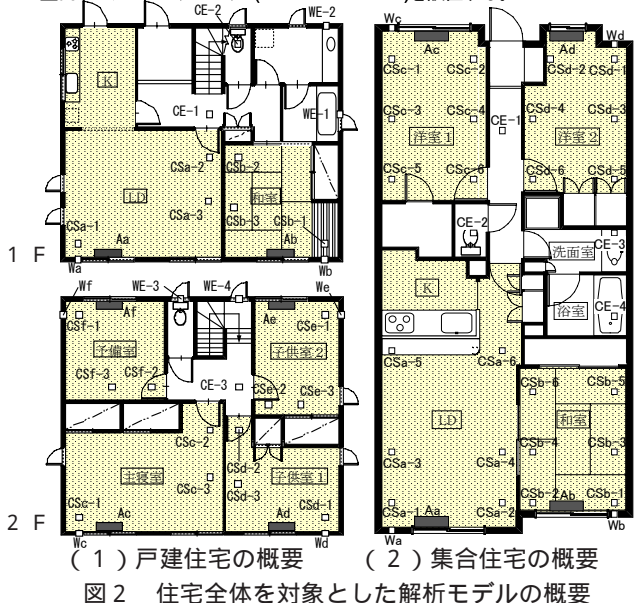


図2 住宅全体を対象とした解析モデルの概要

の集合住宅の中間階・中間住戸とし、天井給排気口、壁給排気口、空調機（エアコン、床暖房）を設置する。

## 2.2 解析方法

図3に居間を対象とした換気方式の概要を、図4にエアコンの設置位置を示す。表1に居間を対象とした解析caseを示す。換気方式は、第1種機械換気と第3種機械換気とし、給気方式と排気方式を変化させた6通りとする。エアコンの設置位置は、一般的に設置されるエアコンの位置を想定し、西壁中央（エアコン1）、南壁・西側（エアコン2）、南壁中央（エアコン3）とする。換気方式、給排気口の位置、エアコンの設置位置を変化させた29caseと同時に給排気型換気扇（南壁中央・西壁中央）の給排気口の間隔を変化させた10caseの合計39caseの解析を行う。

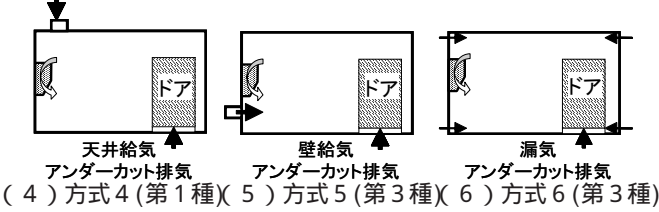
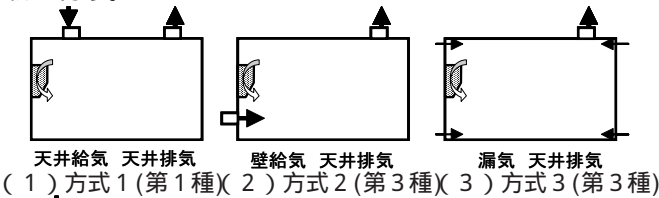


図3 換気方式の概要

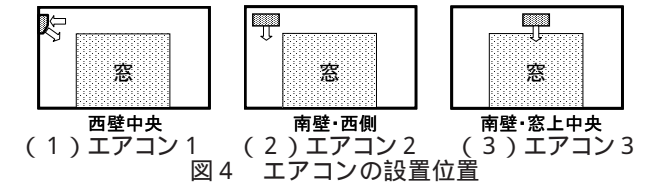


図4 エアコンの設置位置

表1 居間を対象とした解析case

解析case	換気方式	エアコン位置	解析case	換気方式	エアコン位置
居間1	天井給気口①	方式1	居間18	天井給気口①	エアコン1
居間2	天井排気口②		居間19	天井排気口②	エアコン2
居間3	壁給気口①		居間20	天井排気口③	エアコン3
居間4	天井排気口③		居間21	壁給気口①	エアコン1
居間5	壁給気口③		居間22	天井排気口③	エアコン2
居間6	天井給気口①		居間23	天井排気口③	エアコン3
居間7	アンダーカット排気		居間24	天井給気口①	エアコン1
居間8	天井給気口②		居間25	アンダーカット排気	エアコン2
居間9	アンダーカット排気		居間26	アンダーカット排気	エアコン3
居間10	天井給気口③		居間27	壁給気口①	エアコン1
居間11	アンダーカット排気		居間28	アンダーカット排気	エアコン2
居間12	天井給気口④		居間29	アンダーカット排気	エアコン3
居間13	アンダーカット排気		居間30	給排気口間隔 0mm	エアコン停止
居間14	天井給気口⑤		居間31	給排気口間隔 50mm	
居間15	アンダーカット排気		居間32	給排気口間隔 100mm	
居間16	天井給気口⑥		居間33	給排気口間隔 200mm	
居間17	アンダーカット排気		居間34	給排気口間隔 300mm	
居間18	壁給気口①	居間35	給排気口間隔 0mm		
居間19	アンダーカット排気	居間36	給排気口間隔 50mm		
居間20	壁給気口②	居間37	給排気口間隔 100mm		
居間21	アンダーカット排気	居間38	給排気口間隔 200mm		
居間22	漏気による給気	居間39	給排気口間隔 300mm		

表2に戸建住宅を対象とした解析caseを、表3に集合住宅を対象とした解析caseを示す。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<sup>2</sup>を用いた局所空気交換効率( $\rho$ )の解析を行う。機械換気設定風量は、換気回数0.5回/hとし、温風暖房の吹出温度、床暖房の発熱温度は、LDKのSET\*が22となるように設定する。解析には汎用流体解析ソフト(STREAM)を用い、標準k-モデルにより室内温度分布と空気齢を用いた換気効率の解析を行う。

## 2.3 評価方法

換気効率は、空気齢を用いた室内の換気の良否を示す指標である局所空気交換効率( $\rho$ )を用いて評価する。式(1)、(2)により求められ、完全拡散の場合に $\rho$ は1.0となり、値が大きいほど換気効率が良いことを示す。

$$\rho = n / \rho \quad (1)$$

$$n = V / Q \quad (2)$$

$\rho$ : 局所空気齢(s)  $n$ : 名目換気時間(s)

V: 室容積(m<sup>3</sup>) Q: 換気量(m<sup>3</sup>/s)

表2 戸建住宅を対象とした解析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)
戸建1-1-1	第1種 機械換気	CSa-1, CSb-1, CSc-1	CE-1, CE-3	なし
戸建1-1-2		CSd-1, Cse-1, CSf-1	CE-1, CE-3	温風暖房(40°C) 床暖房(35°C)
戸建1-1-3		Wa, Wb, Wc	CE-1, CE-3	なし
戸建1-2-1		Wd, We, Wf	CE-1, CE-3	温風暖房(40°C) 床暖房(35°C)
戸建1-2-2		CSa-2, CSb-2, CSc-2	CE-1, CE-3	なし
戸建1-2-3		CSd-2, Cse-2, CSf-2	CE-1, CE-3	なし
戸建1-3-1		CSa-3, CSb-3, CSc-3	CE-1, CE-3	なし
戸建1-3-2		CSd-3, Cse-3, CSf-3	CE-1, CE-3	なし
戸建1-4-1		CSa-1, CSb-1, CSc-1	Wa, Wb, Wc	なし
戸建2-1-1		CSd-1, Cse-1, CSf-1	Wd, We, Wf	温風暖房(40°C) 床暖房(35°C)
戸建2-1-3		CSa-2, CSb-2, CSc-2	Wa, Wb, Wc	なし
戸建2-2-1		CSd-2, Cse-2, CSf-2	Wd, We, Wf	温風暖房(40°C) 床暖房(35°C)
戸建2-2-2	第3種 機械換気	Wa, Wb, Wc	WE-1, WE-2	なし
戸建2-2-3		WE-3	WE-1, WE-2	温風暖房(40°C) 床暖房(35°C)
戸建3-1-1		Wd, We, Wf	WE-4, CE-2	なし
戸建3-1-2	WE-3	WE-4, CE-2	温風暖房(40°C) 床暖房(35°C)	
戸建3-1-3	WE-4, CE-2	WE-4, CE-2	床暖房(35°C)	

表3 集合住宅を対象とした解析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)	
集合1-1-1	第1種 機械換気	CSa-1, CSb-1	CE-1	なし	
集合1-1-2		CSc-1, CSd-1	CE-1	温風暖房(32°C) 床暖房(28°C)	
集合1-1-3		CSa-6, CSb-6	CE-1	なし	
集合1-2-1		CSc-6, CSd-6	CE-1	温風暖房(32°C) 床暖房(28°C)	
集合1-2-2		CSa-1, CSb-1, CSc-1, CSd-1	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合1-3-1		CSa-2, CSb-2, CSc-2, CSd-2	CE-1	なし	
集合1-4-1		CSa-4, CSb-4, CSc-4, CSd-4	CE-1	なし	
集合1-5-1		CSa-5, CSb-5, CSc-5, CSd-5	CE-1	なし	
集合1-6-1		CSa-3, CSb-3, CSc-3, CSd-3	CE-1	なし	
集合1-7-1		CSa-1, CSb-1	Wa, Wb, Wc, Wd	なし	
集合2-1-1		第2種 機械換気	CSa-1, CSd-1	Wa, Wb, Wc, Wd	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)
集合2-1-2			CSa-6, CSb-6	Wa, Wb, Wc, Wd	なし
集合2-2-1	CSc-6, CSd-6		Wa, Wb, Wc, Wd	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	
集合2-2-2	第3種 機械換気	Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合2-2-3		CE-2, CE-3, CE-4	CE-2, CE-3, CE-4	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	
集合3-1-1		Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合3-1-2	第3種 機械換気	Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	
集合3-1-3		CE-2, CE-3, CE-4	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合3-2-1		Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	
集合3-2-2	第3種 機械換気	Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合3-2-3		CE-2, CE-3, CE-4	CE-2, CE-3, CE-4	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	
集合3-3-1		Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合3-3-2	第3種 機械換気	Wa, Wb, Wc, Wd	CE-2, CE-3, CE-4	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	
集合3-3-3		CE-2, CE-3, CE-4	CE-2, CE-3, CE-4	なし	
集合3-3-3		CE-2, CE-3, CE-4	CE-2, CE-3, CE-4	温風暖房(28°C) 床暖房(28°C)	

\* LDKのアンダーカットを(H200 x W200 mm)とする。

### 3 住宅の居間を対象とした換気効率の検討

#### 3.1 局所空気交換効率 ( $\rho_p$ )

##### 3.1.1 呼吸域平均局所空気交換効率\*<sup>3</sup>

図5に室内呼吸域平均  $\rho_p$  を示す。エアコン運転時の呼吸域平均  $\rho_p$  は、どの case も 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の差は小さく、外気が室内でほぼ完全拡散している。

エアコン停止時の呼吸域平均  $\rho_p$  は、隙間からの漏気による給気を行う解析 case 居間5、居間17では、1.0 を超え、エアコン運転時より大きい値を示す。それ以外の case では、1.0 以下となり、エアコン運転時の値より小さい。

換気方式4(天井給気、アンダーカット排気)の場合では、天井給気口がアンダーカットに近接して位置する居間8(天井給気)の呼吸域平均  $\rho_p$  は約0.72となり、居間7(天井給気)、居間11(天井給気)では約0.85である。天井給気口がアンダーカットから離れて位置する居間6(天井給気)居間9(天井給気)居間10(天井給気)居間12(天井給気)居間13(天井給気)居間14(天井給気)では、呼吸域平均  $\rho_p$  は約0.9~1.0である。このことから、給気口と排気口の距離は換気効率に大きく影響し、天井給気口の場合では、給気口と排気口の距離が部屋の長辺方向の半分以上離れていれば、 $\rho_p$  の差は小さい。

同時給排気型換気扇を用いた場合では、給排気口間隔が0mmの解析 case 居間30(南壁中央設置)、居間35(西壁中央設置)では、呼吸域平均  $\rho_p$  は約0.8となり、給排気口間隔が50mmの居間31(南壁中央設置)、居間36(西壁中央設置)では、室内呼吸域平均  $\rho_p$  は約0.95で1.0以下となる。給排気口間隔が100~300mmでは、室内呼吸域平均  $\rho_p$  はほぼ1.0となり、外気が室内で完全拡散していると考えられる。

##### 3.1.2 局所空気交換効率 ( $\rho_p$ ) の分布

図6に解析 case 居間1と居間18の  $\rho_p$  の分布(床上1.1m水平断面)を示す。換気方式1(天井給気、天井排気)の場合では、エアコンを停止した解析 case 居

間1の  $\rho_p$  は、給気口付近で  $\rho_p$  が1.0以上と大きく、西壁面、南壁面付近では1.0となり、居間全体では  $\rho_p$  が1.0以下の領域が生じる。エアコンを運転した居間18(エアコン1)の  $\rho_p$  は、居間全体でほぼ1.0である。エアコンを運転した場合には、居室全体の換気効率は向上し、室内の換気効率の分布は小さくなる。エアコンを停止した場合には、換気効率の高い領域と低い領域が生じる。

図7に居間の代表的な解析 case の  $\rho_p$  の分布(床上1.1m水平断面)を示す。換気方式4(天井給気、アンダーカット排気)の場合、給気口がアンダーカットと離れて

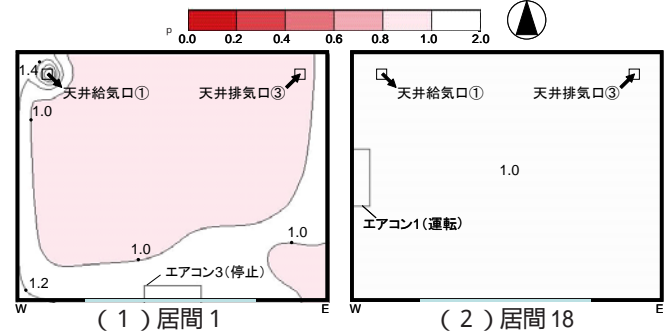


図6 解析 case 居間1と居間18の  $\rho_p$  分布(床上1.1m)

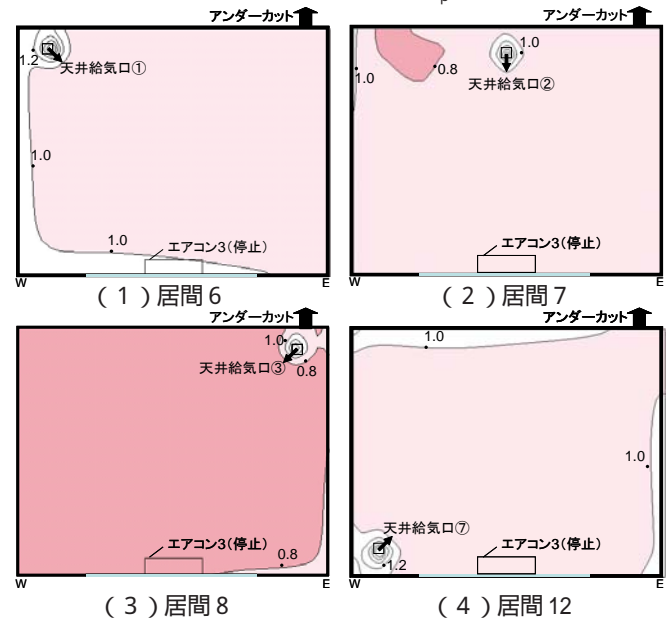


図7 居間の代表的な解析 case の  $\rho_p$  分布(床上1.1m)

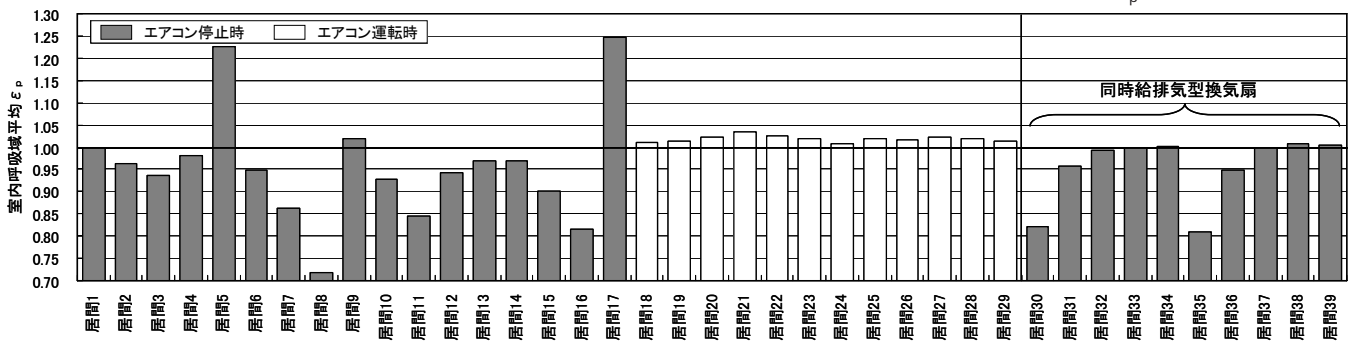


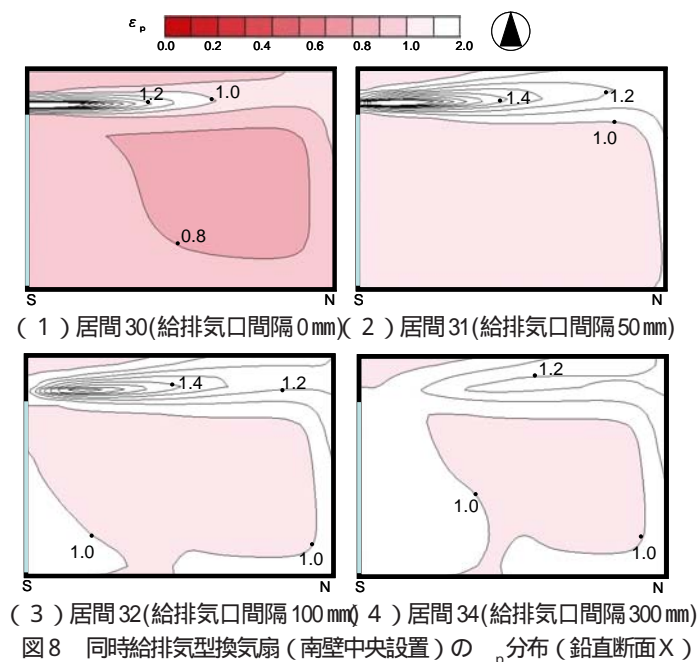
図5 室内呼吸域平均  $\rho_p$

位置する解析 case 居間6(天井給気)、居間12(天井給気)では、天井給気口、床面付近の $\rho_p$ は1.0以上となり、呼吸域の $\rho_p$ は0.8~1.0の範囲に入る。居間7(天井給気)は、北壁面付近で0.6~0.8と低い領域が生じるが、床上1.1mの $\rho_p$ は、ほぼ0.8~1.0の範囲に入る。給気口がアンダーカットと近接して位置する居間8(天井給気)は、天井給気口付近の $\rho_p$ は1.0以上となるが、室全体の $\rho_p$ は0.6~0.8と低くなる。給気口と排気口の位置が近接するほど、ショートサーキットが生じ、換気効率の低い領域が生じる。

図8に同時給排気型換気扇(南壁中央設置)の $\rho_p$ 分布(鉛直断面X)を示す。解析 case 居間30(給排気口間隔0mm)の $\rho_p$ は、給気口部分で1.0以上となるが、呼吸域で0.6~0.9と低く、換気効率の低い領域が生じる。居間31(給排気口間隔50mm)の $\rho_p$ は、給気口より高い領域で1.0以上となり、居間30(給排気口間隔0mm)と比較して、1.0以上の領域が増加するが、呼吸域の $\rho_p$ は0.9~1.0の範囲となる。居間32(給排気口間隔100mm)居間34(給排気口間隔300mm)の $\rho_p$ は、給気口からの新鮮な空気が北壁面を通り、床面へと流れる為、給気口より高い領域、壁面、床面付近で1.0以上となり、換気効率は向上する。同時給排気型換気扇の場合、給排気口の間隔が狭い場合は、給気口から排気口へショートサーキットが生じ、給気口より低い領域へ新鮮な空気が行き渡らず、換気効率が悪くなる。

### 3.2 室内の上下温度と温度差

図9に温度 $\text{①}$ と温度 $\text{⑦}$ の温度と上下温度差を、図10に温度 $\text{③}$ の温度と上下温度差を示す。上下温度差は、

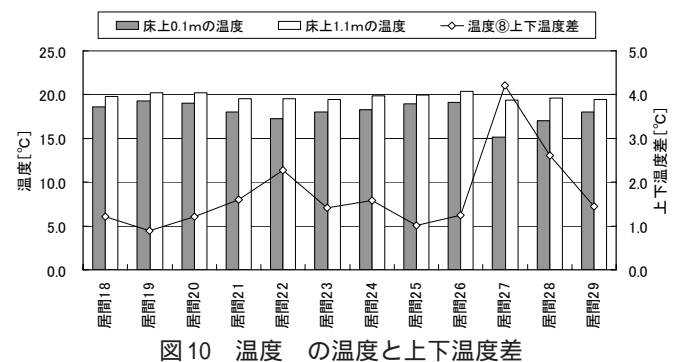
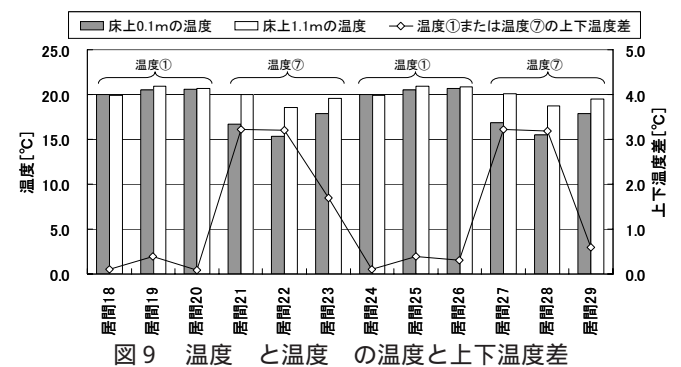


温度 $\text{①}$ 、温度 $\text{⑦}$ 、温度 $\text{③}$ (図1(2)参照)において、それぞれ床上1.1mの温度と床上0.1mの温度の差とする。給気方式が天井給気の場合、温度 $\text{①}$ の上下温度差は0.5以下となり、温度 $\text{⑦}$ の上下温度差は2以下と小さい。給気方式が壁給気の場合、温度 $\text{①}$ の上下温度差は、エアコン1(西壁中央設置)とエアコン2(南壁西側設置)の case で3以上と大きく、エアコン3(南壁窓上中央設置)の case では2以下と小さい。温度 $\text{③}$ の上下温度差は、解析 case 居間27(壁給気、アンダーカット排気、エアコン1)で、窓面のコールドドラフトの影響を受けるため、3以上と大きくなる。天井給気の場合、エアコンの設置位置に関係なく窓面や給気口からの冷気による影響が少なく、壁給気の場合、エアコンの設置位置をエアコン3(南壁窓上中央設置)とした場合に、良好な温熱環境となる。

## 4 戸建住宅を対象とした換気効率の検討

### 4.1 換気量

図11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、温風暖房時と床暖房時の換気量には相違が見られない。第2種機械換気の場合、温風暖房時には排気口からの流入が隙間からの流入の4.3倍、床暖房時には3.4倍、第3種機械換気の場合、温風暖房時には給気口からの流出が隙間からの流出の1.9倍、床暖房時には2.6倍となり、第2種機械換気は第3種機械換気と比較して、自然排気口からの逆流量が多い。



#### 4.2 温熱環境と居住域平均局所空気交換効率 ( $\rho_p$ ) の関係\*4

図12にLDKと主寝室の上下温度差係数と平均  $\rho_p$  の関係を示す。上下温度差係数は、上下温度差(床上1.1mの温度と床上0.1mの温度との差)を室内外温度差で割った値である。床暖房時は、上下温度差係数が0.15より小さく、温風暖房時に比較して相対的に良好な温熱環境である。 $\rho_p$  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。

#### 4.3 局所空気交換効率 ( $\rho_p$ ) の分布

図13に戸建住宅の代表的な解析 case の  $\rho_p$  の分布(床上1.1m水平断面)を示す。解析 case 戸建1-1-2(第1種、温風暖房)と戸建1-1-3(第1種、床暖房)では、1Fの居室の  $\rho_p$  は1.2~2.0と大きく、2Fの居室は1.0となり、 $\rho_p$  の分布に大きな相違は見られず、空調方式による差はない。戸建2-2-3(第2種、床暖房)は、1Fの排気口から給気されるため、1Fの居室の  $\rho_p$  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。戸建3-1-3(第3種、床暖房)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  $\rho_p$  は1.0以下となる。

### 5 集合住宅を対象とした換気効率の検討

#### 5.1 温熱環境と居住域平均局所空気交換効率 ( $\rho_p$ ) の関係

図14にLDKの上下温度差係数と平均  $\rho_p$  の関係を示す。

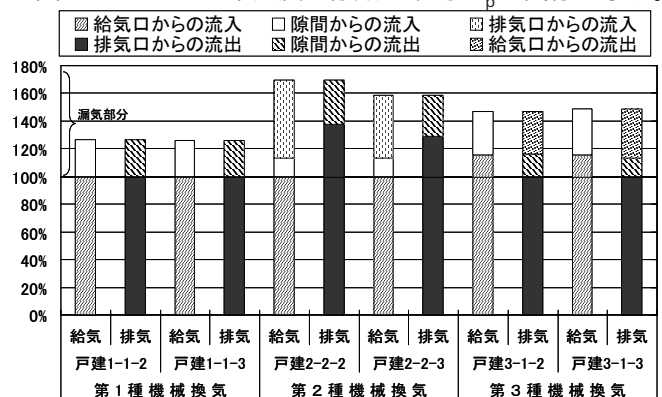


図11 機械換気設定風量(0.5回/h)に対する各部位の給排気量の割合

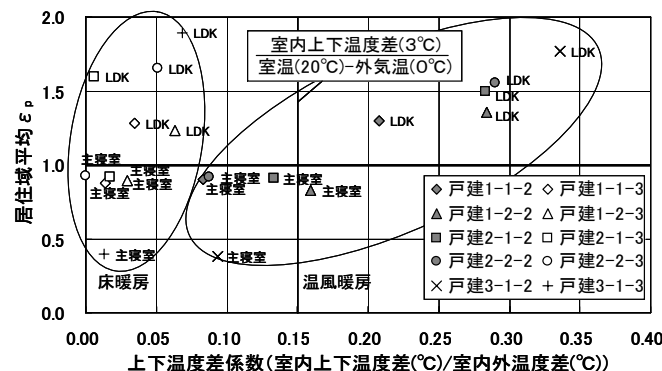


図12 LDKと主寝室の上下温度差係数と平均  $\rho_p$  の関係

床暖房時では、上下温度係数が0.15より小さく、第1種、第2種機械換気の場合に平均  $\rho_p$  は1.0以上となり、温熱環境、換気効率ともに良好となる。温風暖房時では、第1種、第2種機械換気の場合に上下温度差係数は0.15より小さく、平均  $\rho_p$  は1.0以上となり、温熱環境、換気効率共に良好となる。第3種機械換気の場合、上下温度差係数は0.15以上と大きく、平均  $\rho_p$  は1.0以下となり、温熱環境、換気効率ともに悪くなる。

#### 5.2 局所空気交換効率 ( $\rho_p$ ) の分布

図15に集合住宅の代表的な解析 case の  $\rho_p$  の分布(床上1.1m水平断面)を示す。解析 case 集合1-1-1(第1種、

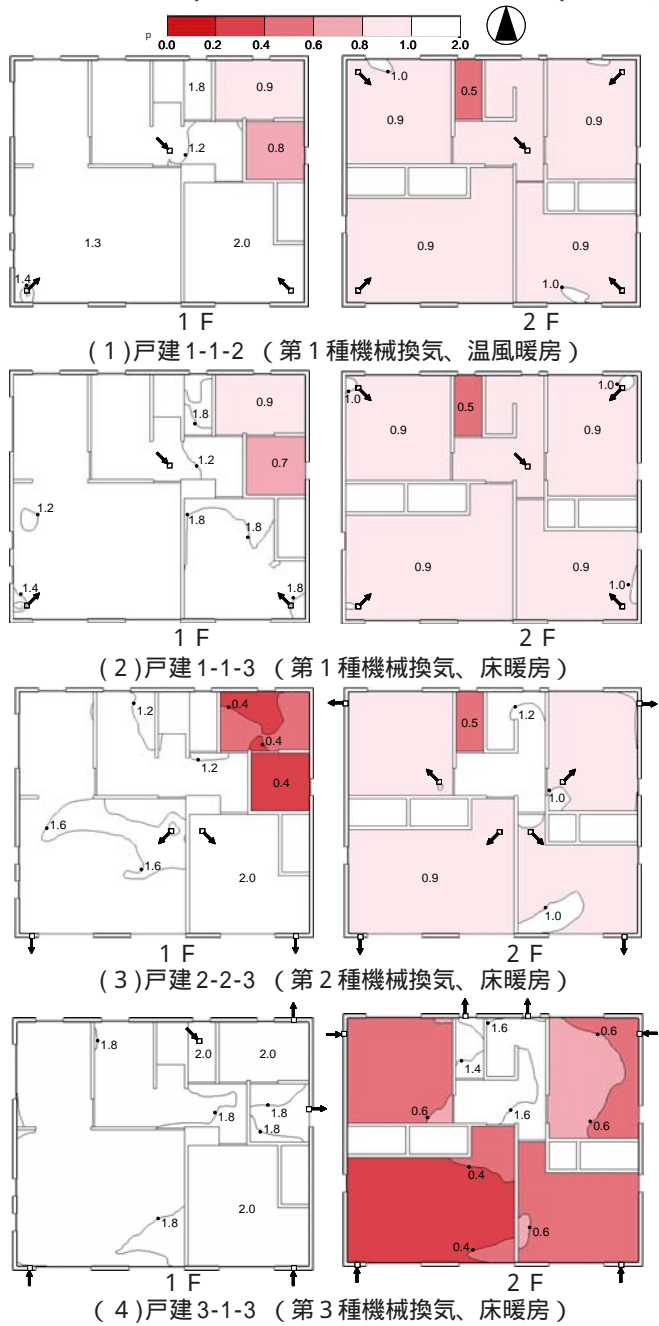


図13 戸建住宅の代表的な解析 case の  $\rho_p$  分布(床上1.1m)

空調なし)では、キッチンと和室で  $\rho_p$  が1.0以下の領域が生じ、換気効率の良い領域と悪い領域が生じる。集合1-1-2(第1種、温風暖房)と集合1-1-3(第1種、床暖房)では、全ての居室で  $\rho_p$  は1.0~1.2の範囲に入り換気効率は良い。また、 $\rho_p$  の分布、換気回数ともに大きな相違は見られず、空調方式(温風暖房、床暖房)による差はない。集合2-2-3(第2種、床暖房)では、LDK、和室、洋室1の  $\rho_p$  は1.0を超え、換気効率は良いが、洋室2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、 $\rho_p$  は1.0以下となる。集合3-1-3(第3種、床暖房)は、LDK、和室での換気回数は0.5回/h未満となり、 $\rho_p$  は1.0以下と小さくなるが、洋室1、洋室2では、給気口から多量の外気が流れ込むため、換気回数は1回/hを超え、 $\rho_p$  の値は1.6~1.8の範囲に入り、換気効率は良い。

## 6 結論

エアコン停止時の局所空気交換効率( $\rho_p$ )は、1.0以上となる領域が大きくなるが、換気効率の低い領域と高い領域が生じる。

エアコン運転時の  $\rho_p$  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、外気が室内で完

全拡散の状態となると考えられる。

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は向上する。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を超えると、 $\rho_p$  の分布の差は小さくなる。

同時給排気型換気扇の場合では、給気口と排気口の距離は最低が100mm以上離して設計する必要がある。

エアコンを窓上に設置した場合と給気方式が天井給気の場合は、換気効率が良く、窓面の冷気による影響が小さい換気空調方式である。

戸建住宅では、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。

戸建住宅、集合住宅ともに、床暖房時では、温風暖房時より、室内上下温度差、室間温度差が小さく、室内の温熱環境は良好である。

戸建住宅、集合住宅ともに、 $\rho_p$  には、暖房方式(温風暖房、床暖房)による差は見られない。

換気効率は、換気方式によって差が見られる。戸建住宅では、第1種、第2種機械換気では、居室の  $\rho_p$  は1.0程度または1.0以上となり、換気効率は良く、第3種機械換気では2Fの  $\rho_p$  は1.0以下となり、換気効率は悪くなる。集合住宅では、第1種機械換気では、居室の  $\rho_p$  は1.0程度または1.0以上となり、換気効率は良く、第2種、3種機械換気では居室の  $\rho_p$  は1.0以下となり、換気効率は悪くなる。

- \* 1: 床からの熱損失はないものとしている。
- \* 2: 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。空気齢の算出には、漏気も加えた換気量を用いた。
- \* 3: 呼吸域は、床上0.5m~1.8mの範囲。
- \* 4: 居住域は、床上0m~2.0mの範囲。

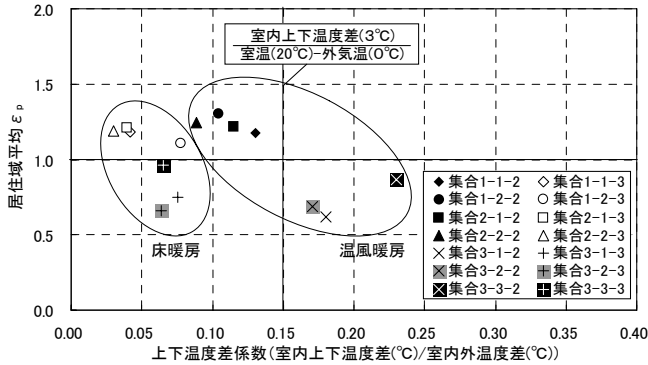


図14 LDKの上下温度差係数と平均  $\rho_p$  の関係

< > 内は換気回数

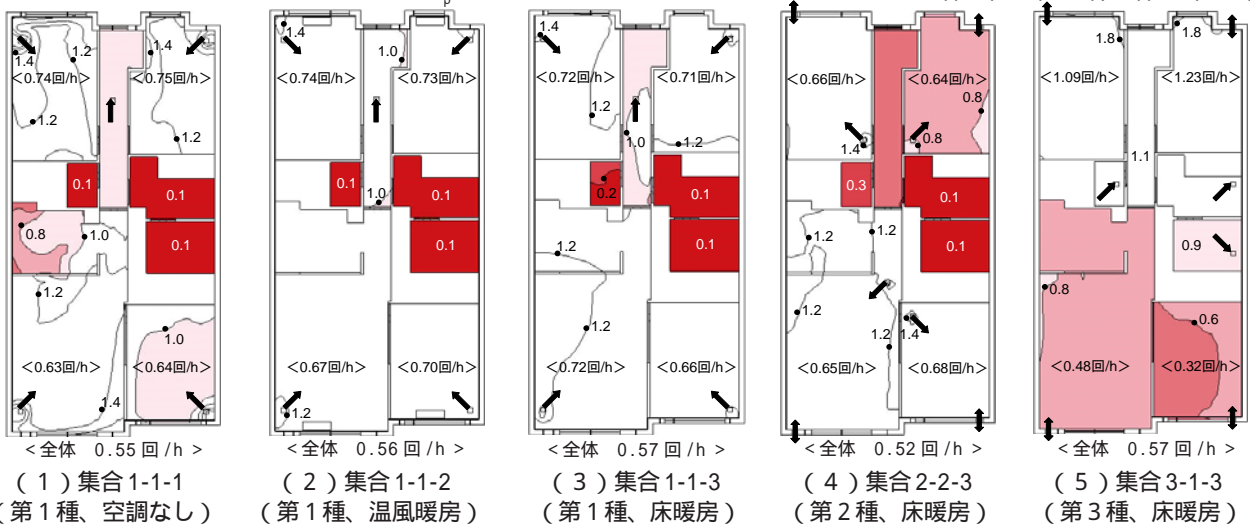
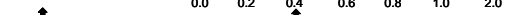


図15 集合住宅の代表的な解析 case の  $\rho_p$  分布(床上1.1m)