

オフィス空間を対象とした規準化居住域濃度のCFD解析 (その1)
空調方式の違いによる検討 (換気運転時)

○菊池世政啓 小林信行
高橋雄司 伊藤一秀

オフィス CFD 規準化居住域濃度 空気齢 換気

1 目的

換気量は汚染質の発生量と許容濃度により決められるのが適当であり、更に室内の汚染質の不完全混合場を積極的に利用する考えが省エネの観点からも必要である。

1997年に改訂された空調和・衛生工学会の換気規格 HASS102 換気規準¹⁾では、この考え方によって換気設備の技術的な規準を示しており、換気の設定設計に対し幅広い選択が可能となっている。

HASS102 によれば換気量を算出する際、室内の汚染質の混合状態により異なった算出方法が提示されている。

室内で汚染質が完全混合せず、汚染質に分布が生じる場合は、規準化居住域濃度を算出することにより、必要換気量を増減することが可能となっている。

規準化居住域濃度は室形状、換気方式、汚染質発生位置などを設定し、実験やCFD (計算流体力学) によって算出することとされているが、これらの報告例は少ない。本研究では一般的なオフィス空間における代表的な空調方式を想定し、CFDを用いて規準化居住域濃度等を解析している。本報では換気時の結果を報告する。

2 オフィス空間の概要

2.1 解析対象のオフィス 図1に解析対象のオフィスを示す。室は高さ2.7m (Y)、幅6.4m (X)、奥行き12.8m (Z)。計算は室形状が対称なためZ方向に関して半分の領域について行った。空調方式は3種。CASE1 (天井吹出・天井吸込方式) と CASE2 (天井吹出・床近傍吸込方式) は、事務室の一般的な空調方式を想定。CASE3 (床近傍吹出・天井吸込方式) は置換換気を想定した空調方式。本報では換気運転時の相違に着目した。従って室内の熱負荷等は扱っていない。2.2 計算条件 表1に計算条件、表2に解析条件を示す。汚染質は passive contaminant と仮定し空間全体で一様に発生させた。

3 解析結果と考察

表3に規準化居住域濃度と室平均空気齢を示す。居住域は床上1.8mの空間。室平均空気齢は目換気時間で無次元化。図2~図10に気流分布と空気齢分布を示す(図中の丸付き数字は各考察の番号に対応)。図2~7は吹出口を含む垂直断面。図8~10は床上1.8mの水平断面。

表3 規準化居住域濃度と室平均空気齢

	規準化居住域濃度	室平均空気齢[sec]
CASE1	0.98	349
CASE2	1.09	396
CASE3	1.45	526

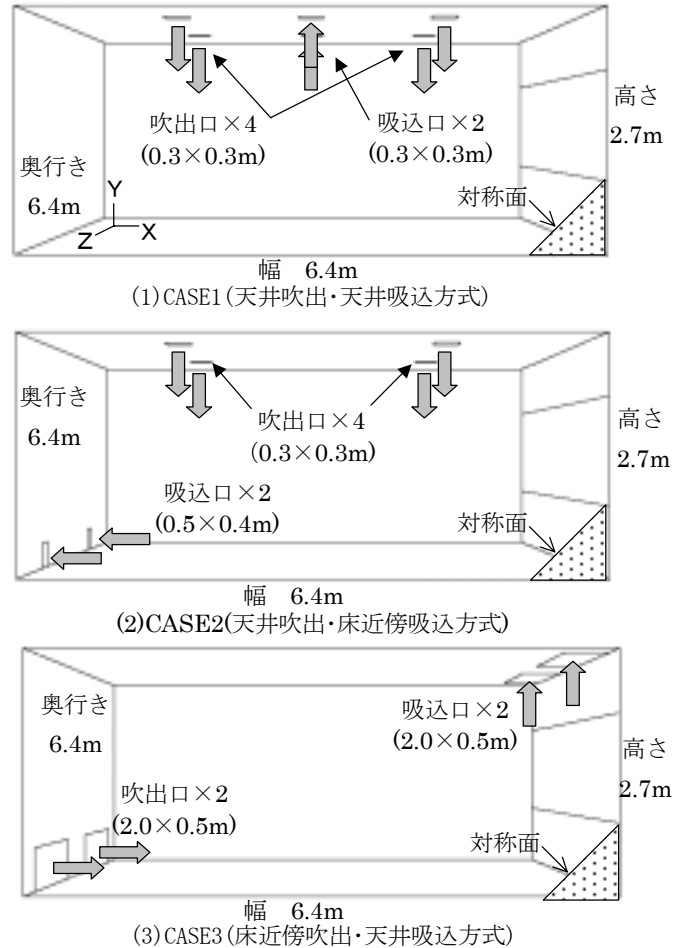


図1 解析対象オフィス

表1 計算条件

解析メッシュ数	CASE1 78×35×72=196,560 CASE2、CASE3 67×27×63=113,967
乱流モデル	標準k-εモデル
アルゴリズム	SIMPLE (定常解析)
流入境界	$U_{in}=0.85\text{m/s}$ (CASE1), $U_{in}=0.85\text{m/s}$ (CASE2) $U_{in}=0.15\text{m/s}$ (CASE3), $K_{in}=3/2(U_{in}\times 0.05)^2$, $\epsilon_{in}=C_{\mu}\cdot K_{in}^{3/2}/l_{in}$ l_{in} は吹出し幅の1/7, $C_{\mu}=0.09$
流出条件	U_{out} =質量保存, K_{out} =free slip, ϵ_{out} =free slip (passive contaminant)
壁面速度	一般化対数則
汚染質	空間一様発生

表2 解析条件

	CASE1	CASE2	CASE3
換気量 [m ² /h]	2,210	2,210	2,210
換気回数 [回/h]	10	10	10
名目換気時間 [sec]	360	360	360
吹出速度 [m/s]	0.85	0.85	0.61
Re数	17,920	17,920	5,271

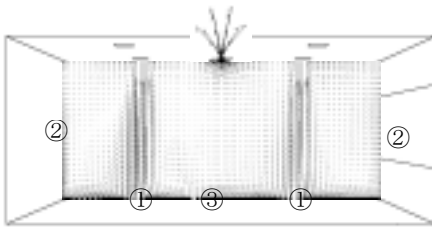


図2 CASE1の気流分布(垂直断面)

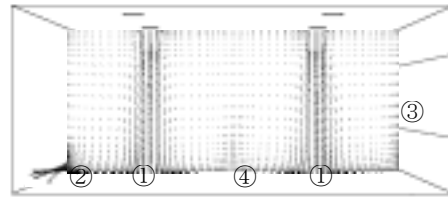


図3 CASE2の気流分布(垂直断面)

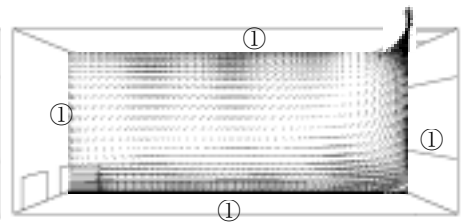


図4 CASE3の気流分布(垂直断面)

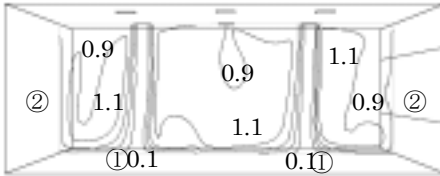


図5 CASE1の空気齢(垂直断面)

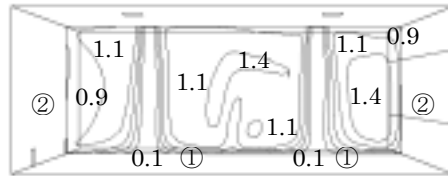


図6 CASE2の空気齢(垂直断面)

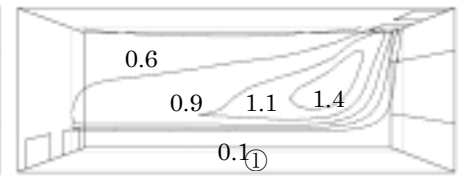


図7 CASE3の空気齢(垂直断面)

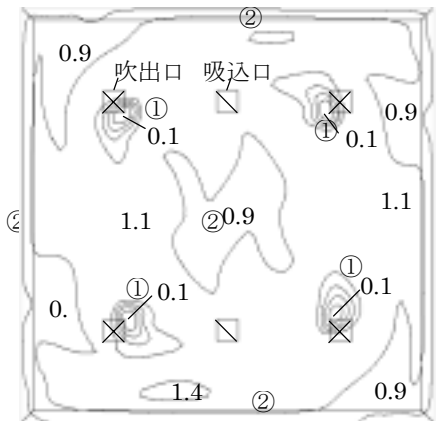


図8 CASE1の空気齢(平面)

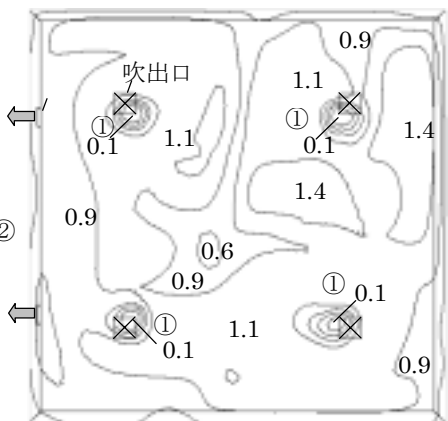


図9 CASE2の空気齢(平面)

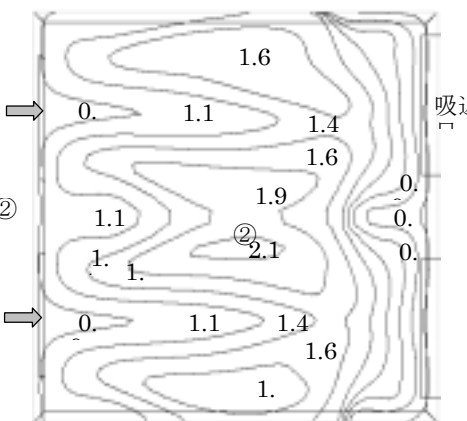


図10 CASE3の空気齢(平面)

3.1 CASE1 : 気流分布 (図2) ①吹出し気流は床面に到達。②室の外周部で床面から壁面に沿って上昇。③室中央では、床付近でわずかに渦流がみられる。**空気齢分布 (図5, 図8)** ①吹出口の直下は約 0.1。吹出し気流から離れるにしたがって急激に大きな値になる。②室の外周部と室中央付近では約 0.9、その他の領域で最も値が大きい部分では約 1.4 となっている。

3.2 CASE2 : 気流分布 (図3) ①吹出し気流は床面に到達。②吸込口側は、床面に沿って吸込口へ流れる。③窓側の壁付近では床から壁面に沿って上昇している。④室中央部の床付近ではわずかに上昇する流れがある。**空気齢分布 (図6, 図9)** ①吹出口の直下では約 0.1 と小さい値を示している。②吸込口側の壁付近は 0.9~1.1、窓近傍は 1.1~1.4。

3.1 CASE3 気流分布 (図4) ①吹出口から床に沿って壁伝いに上昇する気流と、吸込口付近の天井に沿って壁伝いに下降する気流がみられる。**空気齢分布 (図7, 図10)** ①吹出口高さより低い領域では約 0.1 である。②室内循環流の中心部が大きい (平面図では 2.1 以上)

4 結論 汚染質の分布

天井吹出 - 天井吸込方式 吹出口の直下では空気齢が極端に小さく清浄。その他の領域では、ほぼ同じ濃度。

天井吹出 - 壁吸込方式 吹出口の直下では空気齢が極

端に小さく清浄。吸込口側の壁付近は停滞し難く、窓側の壁付近は停滞しやすい。広範囲に渡って濃度は高い。**壁吹出 - 天井吸込方式** 吹出口高さより低い領域は汚染質が少なく清浄。室内循環流の中心部で汚染質の濃度が高い。吹出口側の付近では汚染質の濃度は減少している。居住域は、他の空調方式よりも汚染質の濃度が高い。

2 室平均空気齢

天井吹出・天井吸込方式の室平均空気齢の時間が最も短く、汚染質の排出が早い。壁吹出・天井吸込方式の室平均空気齢の時間が最も長く、汚染質の排出が遅い。

3 換気効率

規準化居住域濃度の値は、天井吹出・天井吸込方式が 0.98、天井吹出・壁吸込方式が 1.09、壁吹出・天井吸込方式が 1.45 であり、CASE1 である天井吹出・天井吸込方式が最も換気効率が良い結果となった。置換換気を想定した壁吹出・天井吸込方式は今回の条件 (換気回数 10 [回/h]、等温) では換気効率は最も悪い結果となった。

今後は、冷房・暖房を考慮した解析を行う予定である。

<参考文献>1) HASS102-1997 換気規準・同解説、空気調和・衛生工学会規格、1997.10 2) CFDによる建築・都市の環境設計工学、村上周三、東京大学出版会、2000.9 3)換気システムを変化させた場合の規準化居住域濃度、VisitationFrequency、PurgingFlowRate の系統的解析(第1報)オフィス空間を対象とした居住域換気効率の評価に関する研究、加藤信介・伊藤一秀・村上周三、空気調和・衛生工学会論文集 2000年 78号 <謝辞> 本研究にあたり、岡田祐介氏、森川菜津子氏 (当時東京工芸大学小林研究室学生) に多大なる協力を得ました。ここに記して深謝いたします。