



Title	オフィス空調方式による換気性能評価に関する研究
Author(s)	半澤, 久; 持田, 徹; 小野, 敦史 他
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 評価 . 2-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 63-66
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7825">https://hdl.handle.net/2115/7825</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-2-5_p63-66.pdf



2-5

オフィス空調方式による換気性能評価に関する研究

半澤 久 (株) 竹中工務店      持田 徹 (北海道大学)  
小野 敦史 (株) 竹中工務店      三坂 育正 (株) 竹中工務店  
大宅 淳 (株) 竹中工務店      樋口 祥明 (株) 竹中工務店  
高橋 紀行 (株) 竹中工務店

1. はじめに

近年、空調方式により室内環境性能を総合的に向上させるために、従来の天井吹出し空調方式にかわる方式が提案されている。本研究では、事務室内を対象としたモデルルームを設定し、天井吹出し空調方式、アンダーフロア空調方式及びディスプレイメント空調方式について、温熱環境性能、換気性能並びにタバコ煙による浮遊粉塵濃度の拡散性に関する比較を行った。まず、数値シミュレーションにより3方式の基本的な特徴・性能を比較検討し、次にモデルルームにおける実測で定量的な性能の比較を行った。

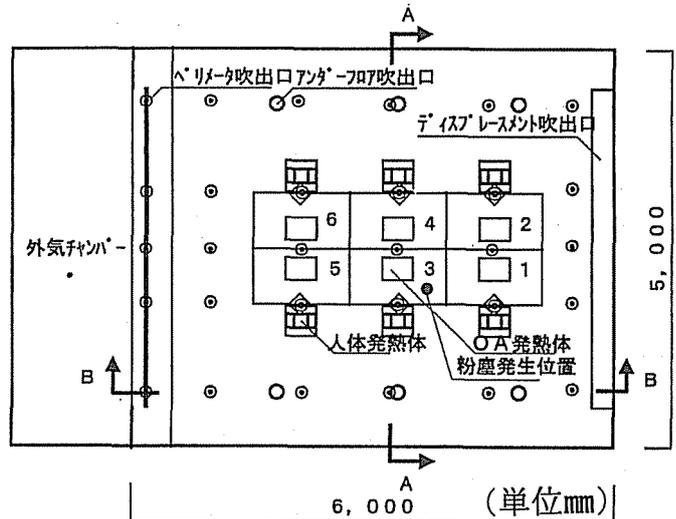


図. 1 モデルルーム平面図

2. 数値シミュレーションによる比較

2.1 計算対象モデル

検討対象としたモデルルームは、数値シミュレーションと実測とで共通である。その概要を図. 1, 2 に示す。天井にはアネモ型吹出口、床には旋回流型床吹出口、インテリア側壁面にはディスプレイメント空調用多孔板壁吹出口を設置した。吸込口は、各方式とも天井照明器具のスリットとした。ペリメータ側は、ペリカウンター吹出しと天井吸込み方式とした。

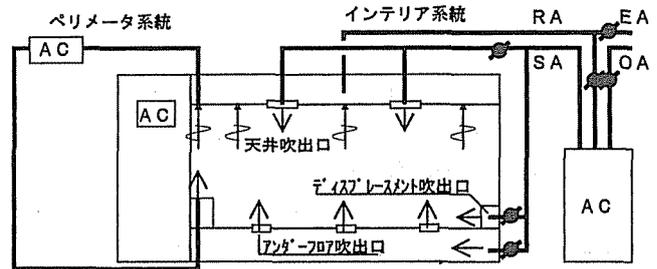


図. 2 空調系統図

表. 1 空調設定条件

空調方式	季節	室内温度	顕熱負荷 (kW)				吹出温度	吹出風量
			照明	機器	人体	合計		
インテリア CASE-1 天井吹出方式 CASE-2 アンダーフロア空調方式 CASE-3 ディスプレメント空調方式	夏期	25℃	750	1200	360	2330	15℃	694
							17	OMH
							20	
ペリメータ			外壁貫流		合計	21.6	317	
			360		360			

検討ケース並びに空調時の設定条件は、表. 1 に示す3ケースである。内部発熱負荷は、OA化された標準的な事務所ビル相当の条件とした。また、浮遊粉塵の発生量はタバコ1本分 (1mg/min.) とした。各方式の空調換気回数は等しくした。

2.2 計算方法

本研究においては、3空調方式の基本特性を比較検討することを目的として、3次元非等温層流解析を行った。計算に用いたメッシュ分割を図. 3 に示す。メッシュは  $5.8 \times 3.0 \times 6.6 = 114,840$  に分割した。なお、吹出口近傍は細かく分割し各吹出し方式の特性を再現するように設定した。

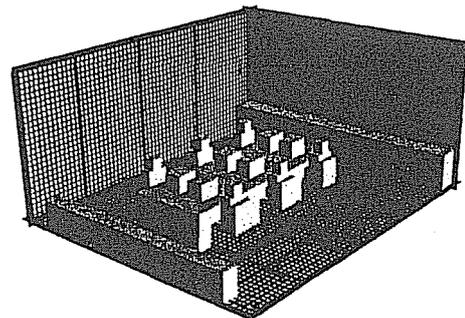


図. 3 モデルメッシュ図

2.3 計算結果

計算結果より、温度分布並びに浮遊粉塵濃度分布を、図. 4 に示す。

CASE-1：天井吹出し方式 室内発熱源の人体並びにOA機器からの上昇流が吹出口の冷風と混合拡散することにより、居室内温度分布は26℃前後でほぼ一様となっている。浮遊粉塵濃度も発生位置を中心に広範囲に一様に拡散していることがわかる。

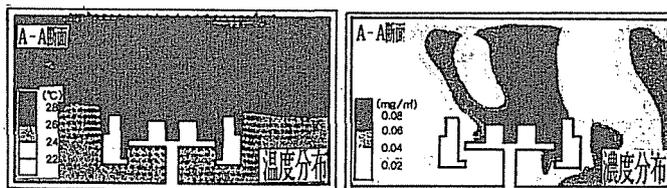
CASE-2：アンダーフロア空調方式 床吹出口からの冷風は、居住域高さ（床上1.1m）まで達した後、一部は下降しさらに室内の発熱体による上昇気流とともに天井面へ上昇し、吸込口より排出される。居室内においては温度成層が形成されており、着席者の足元から頭部までの温度は21～23℃程度となっている。浮遊粉塵は、発熱体の上昇気流により上昇し居室内上部にて拡散するため呼気域（床上1.1m）では低濃度となる。これは発熱体からの上昇気流と空調気流の方向が同じである、粉塵の排出が速やかに行われるためである。

CASE-3：ディスプレイースメント空調方式 着席者の足元から頭部までの温度は21～23℃程度となっている。吹出口からの気流は居室内床近傍を満たした後徐々に上昇し発熱体からの上昇気流となって居室内上部に上昇し吸込口より排出される。居住域においては、CASE-2 に比べて温度成層がより明確に形成される。天井近傍の隅角部の温度の高い部分は、上昇気流のうち吸込口より吸い込みきれない気流が天井近傍で循環流となっているために生じたと思われる。浮遊粉塵濃度は、CASE-2 と同様に呼気域で低濃度となっている。天井近傍にみられる浮遊粉塵濃度拡散は、循環流による混合の結果と考えられ、温度成層域である居住域とその上部の循環流域では濃度分布に明かな差が確認できる。

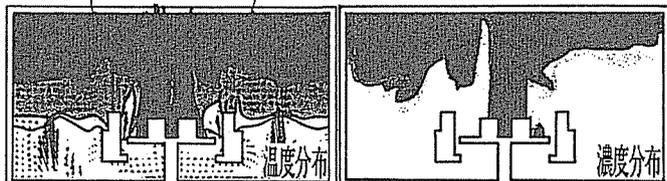
### 3. モデルルームにおける実測による比較

数値シミュレーションにより、3空調方式による温熱環境と浮遊粉塵濃度拡散について、基本的な特徴と性能の把握をおこなった。ここでは、実大モデルルームを用いて、温熱環境ならびに浮遊粉塵濃度拡散について実測し、3方式の定量的比較をおこなった結果を示す。

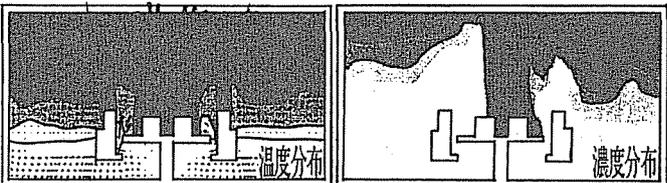
#### 3. 1 測定項目と測定点



CASE-1 天井吹出し方式



CASE-2 アンダーフロア空調方式

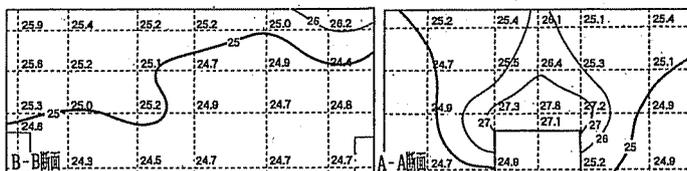


CASE-3 ディスプレースメント空調方式

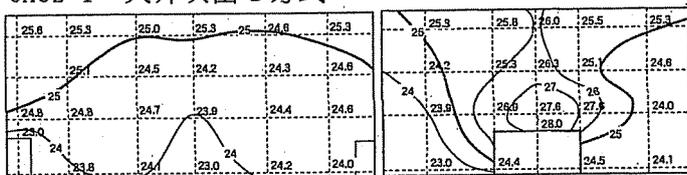
図. 4 数値シミュレーション結果

表. 2 測定項目・方法

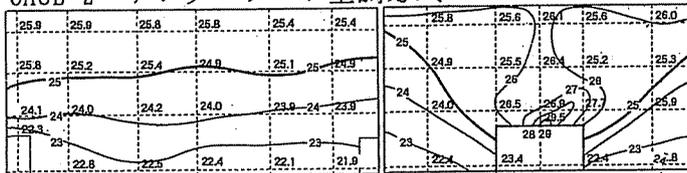
測定項目	測定方法	測定点数	記号
温度	熱電対温度計	129	・
粉塵濃度	ビヱツバランス式	6	◇
トレーサガス濃度	光学フイル赤外線吸収方式	120	○
気流風速	3次元超音波風速計	120	○



CASE-1 天井吹出し方式



CASE-2 アンダーフロア空調方式



CASE-3 ディスプレースメント空調方式

図. 5 温熱環境測定結果 (単位°C)

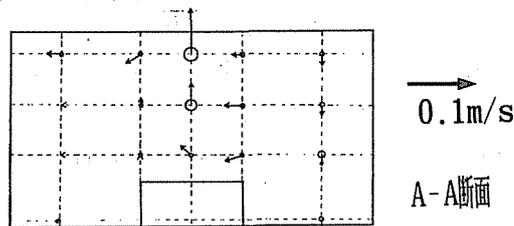


図. 6 気流測定結果 (CASE-3)

実測 に用いたモデルルームは、先に図. 1, 2 に示したとおりである。このモデルルームでは、天井吹出し空調、アンダーフロア空調、そして壁面吹出しによるディスプレイメント空調の3方式の設定ができ、外気条件室を用いたペリメータ空調との併用運転もできる。

今回3方式の比較のために実測した項目とその測定方法を表. 2 に示す。

### 3. 2 測定結果

#### (1) 温度分布測定結果

測定の結果を図. 5 に示す。室全体の温度分布傾向は各方式ともそれぞれ数値シミュレーション結果と概ね一致している。

CASE-1：室内全体が25~26℃でほぼ一様な温度分布となっており、天井吹出し気流による混合が充分に行われていることを示している。

CASE-2：居住域において若干上下温度分布がみられる。一方室上部はほぼ一様な温度となっており、混合域であることを示している。

CASE-3：居住域において温度成層の形成が確認でき、その温度差は2~3℃である。また室上部の温度分布はほぼ一様であり、循環流による混合域であることを示している。

#### (2) 風速測定結果

CASE-3における気流測定の結果を図. 6 に示す。発熱体からの上昇気流及び居室内上部における循環流の様子が確認できる。

#### (3) 換気性能測定結果

換気性能の比較はトレーサガス (SF<sub>6</sub>) 定常発生による濃度分布測定により行った。トレーサガスの発生位置は図. 1 に示す机上の点とし、定常状態における濃度を測定した。図. 7 に床上1mの高さの水平濃度分布とA-A断面(図. 1 参照)での垂直濃度分布を示す。図中の濃度は、各測定点の実測濃度を排気濃度で除した無次元濃度で表している。したがってこの数値が小さいほど清浄度が高い、すなわち換気性能が高いと云える。なお図中の網掛け部分は無次元濃度が完全混合時(1.0)より高い範囲を示している。

CASE-1：濃度は広い範囲にわたり0.8以上と高くなっており、呼気域高さの濃度は発生点以外の場所でも高い(図. 7)。発生点からの水平距離減衰の勾配もなだらかであり全体に高

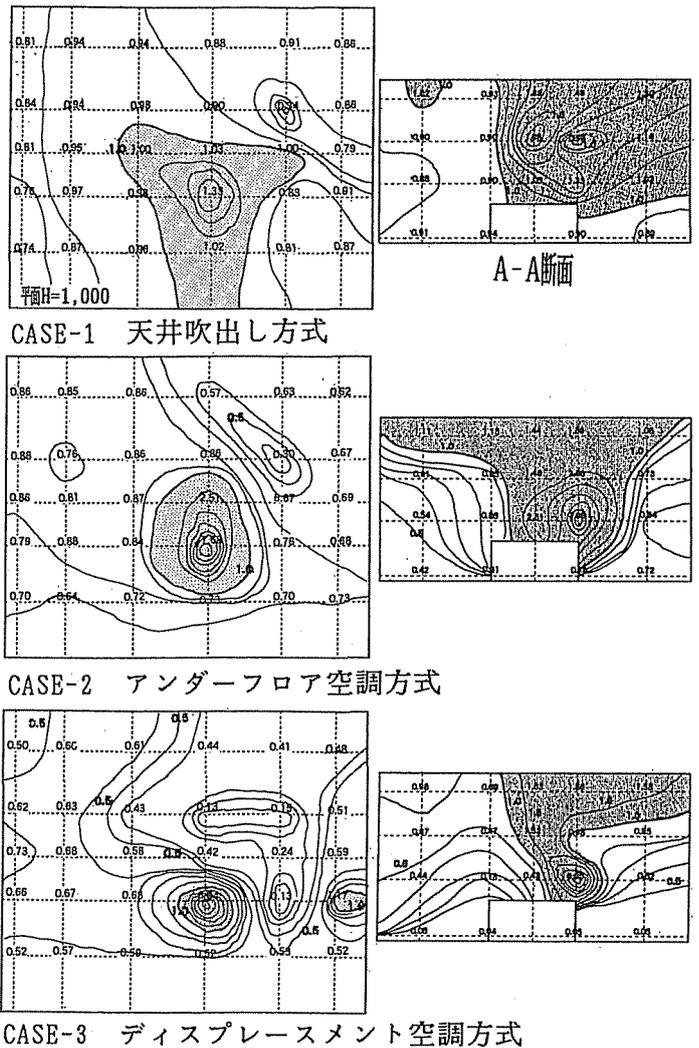


図. 7 換気性能測定結果

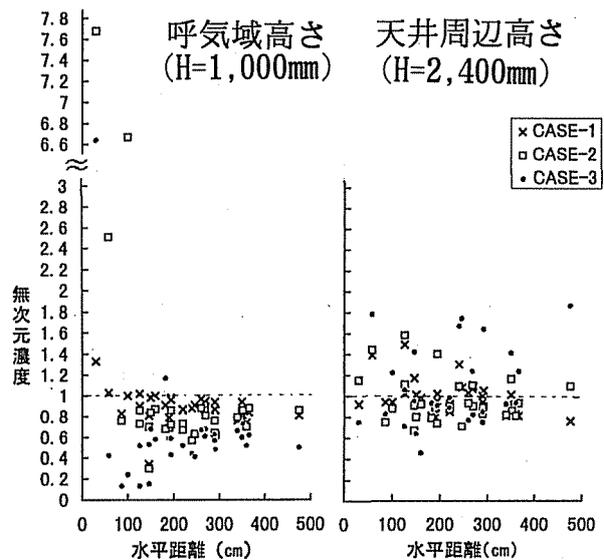


図. 8 無次元濃度の水平距離減衰  
表. 3 無次元濃度の呼気域平均値

空調方式	CASE-1	CASE-2	CASE-3
無次元濃度	0.806	0.724	0.364

めの濃度になっている(図. 8)。これらは天井吹出し気流による居室内の混合拡散によるものである。

CASE-2: CASE-1に比べて高濃度の範囲が発生点に近い範囲に限定される傾向にある。呼気域高さの濃度分布は発生点周辺が高く、それ以外は低濃度となっている。一部発生点より下部に高濃度域が確認されるが、これは床吹出口からの吹出し気流による誘引の影響と思われる(図. 7)。発生点近傍はCASE-1より高濃度になり、呼気域高さにおける水平距離減衰は発生点近傍から急激に減衰する。一方天井周辺高さでは減衰は小さく、全体に高濃度になっている(図. 8)。

CASE-3: 高濃度域は発生点近傍に限定され、それ以外では低濃度である(図. 7)。特に呼気域高さでは発生点以外における濃度はかなり低く、発生ガスが周囲に拡散することなく速やかに上昇している様子が確認できる。天井周辺の高濃度域の広がりもCASE-2と同様であり、これは前述した居室上部における循環流による混合拡散分布の影響である(図. 8)。

発生点以外の各座席の呼気域の無次元濃度平均値を表. 3に示す。他の方式と比較してCASE-3の換気性能が高いことが確認できる。

#### (4) 浮遊粉塵濃度測定結果

たばこ煙による浮遊粉塵濃度は図. 1に示す机上(測定点3)に置きたばこ1本を約10分間燃焼させ、各座席の人体模型の呼気域における浮遊粉塵濃度を2分間隔で測定した。測定結果を表. 4に示す。なお表中の濃度は測定中の最高値である。

測定の結果、浮遊粉塵濃度分布はトレーサーガスによる換気性能実験と同様の傾向が確認された。すなわち呼気域における発生点以外への拡散は3方式中CASE-3が最も小さい。これは発生させた浮遊粉塵(たばこ煙)が最も速やかに排出された結果であるといえる。

次にたばこ煙を2点(測定点3、5)で発生させた場合について、CASE-2とCASE-3の結果を表. 5に示す。この場合もCASE-2に比較してCASE-3の濃度の増加は少なくその換気性能の高さが確認できる。

表. 4 浮遊粉塵濃度測定結果(発生点1点)

測定点	1	2	3	4	5	6	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
CASE-1	0.09	0.03	0.26	0.03	0.04	0.04	
CASE-2	0.04	0.03	0.48	0.02	0.03	0.03	
CASE-3	0.01	0.02	0.10	0.01	0.01	0.02	

表. 5 浮遊粉塵濃度測定結果(発生点2点)

測定点	1	2	3	4	5	6	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
CASE-2	0.04	0.08	0.16	0.06	0.08	0.07	
CASE-3	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	

#### 4. まとめ

3空調方式に関する換気性能に関する数値シミュレーション及びモデルルームによる測定の結果以下のことが確認できた。

- 天井吹出し方式は発生させた粉塵が混合拡散気流により広範囲に拡散するため、他の方式と比較して換気性能は低い。
- アンダーフロア空調方式は粉塵が呼気域にて拡散することなく速やかに排出されるため、呼気域における換気性能は高い。
- ディスプレイメント空調方式もアンダーフロア空調方式と同様の傾向を示す。しかし吹出し風速がきわめて小さく、また呼気域における気流の乱れも少ない。この結果呼気域における換気性能は高く、粉塵もより速やかに上昇し、周辺呼気域に対する影響は3方式中最も少ない。
- アンダーフロア空調方式及びディスプレイメント空調方式では、居室内上部域における循環流の影響により混合分布に近い状態になる。粉塵もこの域内にて拡散する。

今後はディスプレイメント空調方式の有効性を向上させるため、室内発熱負荷と吹出し風量の関連や、混合域の高さをより上方に保つ方法の検討を行う予定である。

謝辞: 本研究にあたり日本たばこ産業(株)松倉正雄博士他の方々にも多大な御指導・御協力を頂いたことに感謝の意を表します。

(参考文献)

- 小金井他: 「ディスプレイメント・ベンチュレーションに関する実験的研究」 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(1990.10)
- 井ノ口他: 「ディスプレイメント・ベンチュレーションによる室内空気質の改善」 第10回空気清浄とコンダミネーションコントロール研究大会
- Nagasawa Y., et al.: SCALE MODEL EXPERIMENTS ON VENTILATION AND TEMPERATURE EFFECTIVENESS IN OFFICE ROOMS WITH MIXING, UNDERFLOOR AND DISPLACEMENT SYSTEMS. EUROPEAN CONFERENCE ON ENERGY PERFORMANCE AND INDOOR CLIMATE, IN BUILDINGS(1994)