

受動喫煙リスクの低減化に関する研究

Study on reduction of a passive smoking risk

J09099-1 望月 政成

Abstract

Recently, concern about passive smoking is increasing. But, there are various problems in establishment of a new smoking room. In offices, the demand of task-ambient air-conditioning system is increasing by an employee's diversification. Then, the dividing the workplace into smoking and non-smoking sections of the same space is carried out using partitions. This study aims at reducing non-smoker's health impairment risk by a passive smoking. Specifically, diffusion of secondary tobacco smoking is analyzed using CFD analysis.

Keywords 環境タバコ煙 (environmental tobacco smoke) 空間分煙 (separate areas for smokers and non-smokers) タスク空調 (task air-conditioning) 副流煙 (secondary tobacco smoking) 受動喫煙 (passive smoking)

1. 背景・目的

近年、健康増進法や地方自治体による受動喫煙防止条例の施行により、人々の受動喫煙に対する関心が高まってきた。学校や飲食店、病院など不特定多数の人が利用する施設では様々な形態で分煙されている。しかし、それらの喫煙可能な場所は建物の屋上や狭い喫煙スペース、敷地の隅などに存在しているため、喫煙者にとって快適な環境とは言い難い。また、喫煙室の新設は既存の部屋を改築するため、建築計画的にもコスト的にも難しい点が多い。更に、職場でのコミュニケーションの観点からも喫煙者を物理的に隔離するよりは、喫煙者と非喫煙者が同一空間内に在室する状況を想定した受動喫煙の解決法が望ましい。

従来の空調は在室者の不満足者数をいかに少なくするかを目標に設計してきた。しかし、現在は快適な温度環境が異なる女性や社員の多様化などによって、より快適な環境が求められている。特に事務室ではOA化による室内熱負荷の増加と偏在化、パーティションによる個人スペースの区画化などにより、室内環境の均一化が難しくなってきた。これらを背景に、効率良く個人の快適環境を形成しやすいタスク・アンビエント空調の需要が高まってきた。

そこで、本研究は喫煙者と非喫煙者が同時に存在する室内で、非喫煙者の受動喫煙による健康被害のリスクを低減化させるタスク空調ユニットを構築し、吹出口・吸込口を持つパーティションによる分煙の形を提案することを目的とする。具体的には数値流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)を用いて、タバコ煙の拡散を抑制する空調ユニットの制気口や給排気条件の最適化を行い、最も適した吹出口・吸込口の探査を行う。

2. 解析手法

本研究では評価基準を粉じん濃度、解析対象を事務室とした。解析対象の概要を図1及び表1に示す。本研究では、

まず事務室のモデル化を行う。次に、そのモデルの評価方法を決定し、評価値を算出するために流体解析を行う。そして、解析結果に対し制気口の給排気条件や配置に関する考察を行う。

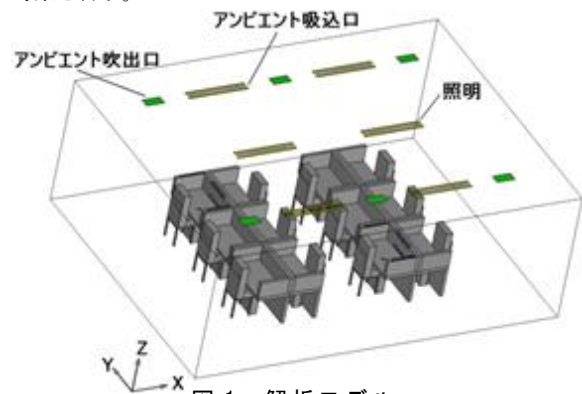


図1 解析モデル

表1 解析対象概要

事務室	延床面積[m ²]	48
	高さ[m]	2.8
	室容積[m ³]	134
	換気回数[回/h]	6.45
吹出口 (アンビエント)	大きさ[m]	0.4 × 0.2
	吹出風速[m/s]	0.5
	風量[m ³ /s]	0.04
	総風量[m ³ /s]	0.24
吸込口 (アンビエント)	吹出温度[°C]	24
	設置数	6
	大きさ[m]	1.3 × 0.01
	吸込風速[m/s]	3.08
設定	風量[m ³ /s]	0.04
	総風量[m ³ /s]	0.24
	設置数	6
	タイプ	表面圧力 埋め込み型(蛍光灯2本)
type-照明	給排気量[m ³ /s]	0.2
	最大風速[m/s]	41
A	風速[m/s]	1.08
	最大風速[m/s]	0.259
B	設置数	6
	発熱量[W]	55
C	人数	0.054
	最大風速[m/s]	0.229
D	発熱量[W]	1.80
	最大風速[m/s]	0.418
タバコ	発熱量[W]	1.08
	最大風速[m/s]	4.3
	発熱量[mg/本]	0.72
		1.08
		0.357
		14.9

2.1 解析モデルの設定

事務室のモデル化では、一般的な事務室を参考に形状の決定と空調設備因子の設定を行う。

空調設備因子として、吹出・吸込風速、吹出・吸込口の数、吹出・吸込口の配置を設定する。吹出口・吸込口は共に天井に設け、吸込口は照明裏から排気するものを想定した。事務室における換気回数⁵⁾は、空気調和・衛生工学会で6回/hと推奨されているので、この値以上かつ過剰にならない値に設定した。

今回は定常解析を行うため、タバコは火をつけた後、灰皿に置いた状態の副流煙を想定し、モデル化の難しい呼出煙等は想定しない事とした。

2.2 タバコの粉じん濃度と臭気強度・不快度の関係性⁵⁾

建築物環境衛生管理基準が制定された1970年代では、室内で喫煙が許される場合が多く、粉じん濃度の不適合率が高かった。このことからわかるように、室内での浮遊粉じんの最も大きな発生源はタバコである。タバコは粉じんとして汚染物質であると同時に、臭気強度・不快度と関係性があり、タバコによる不満足度を20%以下に維持するための粉じん濃度は0.04[mg/m³]以下(日本建築学会環境基準による)と建築物環境衛生管理基準より低い濃度で設定されているため、本研究ではこの値を空気環境の良否の判断基準とする。

2.3 解析条件

解析はクレイドル社のSTREAM version9を使用する。解析は定常状態になるまで行い、各解析ケースの粉じん濃度を算出し、評価を行う。解析条件を表2に示す。

2.4 評価領域について

評価領域は3種類設定し、①個人評価領域(図2参照)、②ワークスペース(以下WSと記す、図3参照)、③室全体と定義した。個人評価領域は在室者単体を対象とし、WSは在室者全員の個人評価領域を含んだ大きさになっている。

2.5 タスク空調ユニットについて

タスク空調ユニットはパーティションと一体化しており、通常のパーティションと同様の設置方法を想定している。吸込口から取り込まれた空気は、フィルタによって粉じんを除去され、清浄化された空気が吹出口からエアカーテンとして再び室内に給気される形としている。吹出・吸込風速は、大きくなると騒音が発生する。そのため事務室における一般的な吹出風速³⁾5.0[m/s]、吸込風速⁴⁾2.0[m/s]以下となるように、風速を調節する。また、個人評価領域内の最大風速が、建築物環境衛生管理基準の0.5[m/s]以下となる範囲で給排気量を調節し解析を行う。

タスク空調を設置しない状態をバックグラウンドとし、type-BGとする。また、タスク空調を制気口の配置や風速別に4種類取り上げ、それぞれtype-A～type-Dとする。各タイプの制気口配置を図4に、その概要を表3に示す。解析では、全て同じ給排気量で稼働させ、制気口の配置や風速が粉じん濃度に与える影響を検証する。

表2 解析条件

解析の種類	定常解析
気流性状	乱流
乱流モデル	標準k-εモデル
	k=0.0001
	ε=0.0001
室温[°C]	26(夏季を想定)
メッシュ数	155(X)×117(Y)×55(Z)
壁	対数則条件

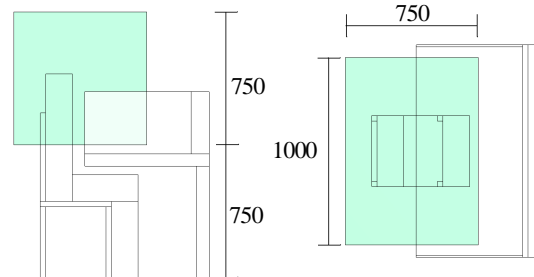


図2 個人評価領域(単位:mm)

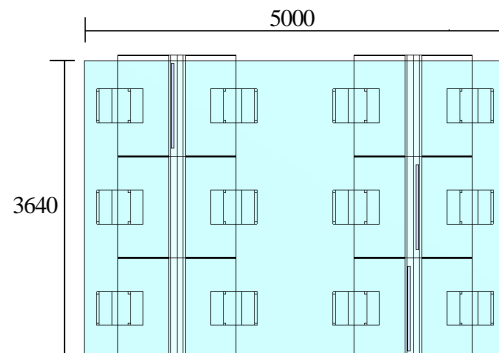


図3 WS(単位:mm)

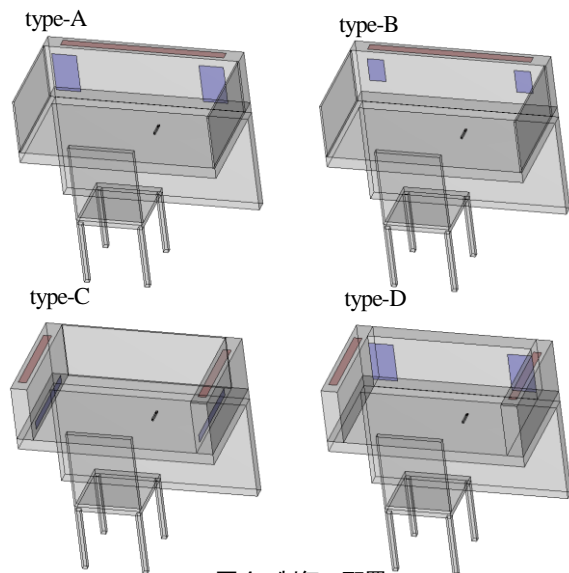


図4 制気口配置

表3 解析タイプ概要

type	吸込口			吹出口		
	位置	大きさ[m×m]	設置数	位置	大きさ[m×m]	設置数
A	正面	0.25×0.15	2	正面上部	1.00×0.05	1
B	正面	0.15×0.10	2	正面上部	1.00×0.05	1
C	横面	0.50×0.05	2	横面上部	0.50×0.05	2
D	正面	0.25×0.15	2	横面上部	0.50×0.05	2

3. 解析結果・考察

本解析における座席表を図5に示す。図中の数字は、在室者の個人評価領域の番号を表している。喫煙者の位置は③⑦⑩とする。2.5節で述べた条件のもと解析を行った結果、type-Aは35ケース、type-Bは11ケース、type-Cは13ケース、type-Dは9ケースであった。各タイプのcase9におけるコンター図を図6に、給排気条件を表4に示す。

3.1 type-BGについて

タスク空調を設置していないため、喫煙者を中心に高濃度のタバコ煙が拡散している。在室者にとって良好な空気環境とは言い難い。粉じん濃度の平均値は、全ての評価領域で基準値を超えている。

3.2 type-Aについて

タスク空調吹出口をパーティションの正面上部に設置したため、喫煙者の左右よりも正面に対する分煙の効果が大きい。部屋の壁付近で渦流が発生し、そこに粉じんが滞留することで、局所的に高濃度となった。粉じん濃度の平均値が基準値を超えた評価領域は、喫煙者の③、⑦、⑩とWSである。

3.3 type-Bについて

type-Aと同様に、タスク空調吹出口をパーティションの正面上部に設置したため、喫煙者の左右よりも正面に対する分煙の効果が大きい。部屋の四隅付近で渦流が発生し、そこに粉じんが滞留することにより、局所的に高濃度となっている。また、他のタイプと比べると全体的に不良な結果となっている。粉じん濃度の平均値が基準値を超えた評価領域は喫煙者の③、⑦、⑩とWSである。

3.4 type-Cについて

タスク空調吹出口をパーティションの横面上部に設置したため、喫煙者の正面よりも左右に対する分煙の効果が大きい。天井付近に粉じんの滞留が見られるが、非喫煙者への漏出は少ないと思われる。粉じん濃度の平均値が基準値を超えた評価領域は喫煙者の③、⑦、⑩のみである。

3.5 type-Dについて

タスク空調吹出口をパーティションの横面上部に設置したため、喫煙者の正面よりも左右に対する分煙の効果が大きい。他のタイプと比べ、粉じんを非喫煙者付近で封じ込めることができているため、良好な結果となった。粉じん濃度の平均値は、全ての評価領域で基準値を下回っている。

4. 解析結果の比較

各タイプのcase9における粉じん濃度を表5に、そのグラフを図7に示す。表中の灰色で塗りつぶした箇所は、粉じん濃度が基準値を超えた評価領域である。各タイプの喫煙者③周辺の気流ベクトル図を図8に示す。タスク空調を設置しないtype-BGにおいて、最も高濃度のタバコ煙に曝されている⑩で、このときの粉じん濃度は0.01253[mg/m³]ある。この値を100%とすると、type-Aで16%、type-Bで20%、type-Cで0.04%、type-Dで0.001%まで減少している。

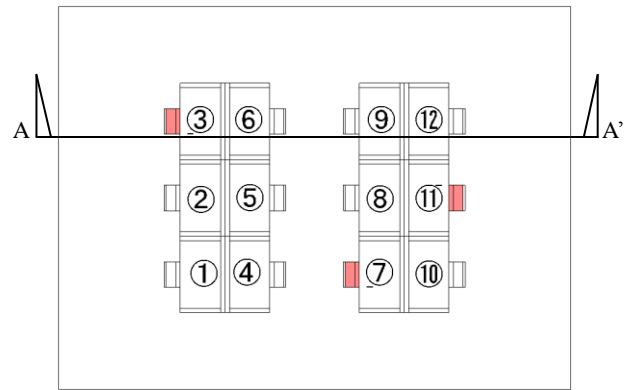


図5 座席表と喫煙者位置

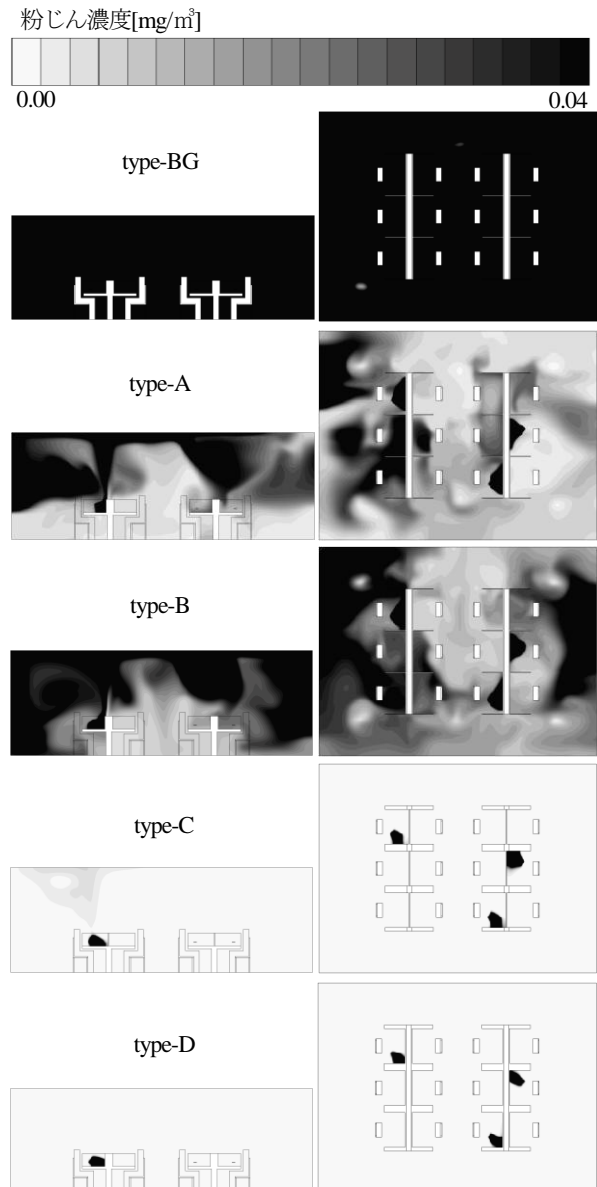


図6 粉じん濃度コンター図(左:A-A' 断面 右:FL+0.9m)

表4 給排気条件(case9)

type-	給排気量[m ³ /s]	風速[m/s]		最大風速 [m/s]
		吸込口	吹出口	
A	0.054	0.72	1.08	0.259
B		1.80	1.08	0.229
C		1.08	1.08	0.418
D		0.72	1.08	0.357

4.1 タスク空調吹出口の位置について

表5及び図7より、type-Cとtype-Dの粉じん濃度が他2タイプと比べ、全ての評価領域で低いことが分かる。type-Cとtype-Dの特徴は、タスク空調吹出口がパーティションの横面上部に設置されていることである。このことから、タバコ煙の拡散を抑えるためにはパーティションの横面上部から気流吹出を行い、エアカーテンとして隣接者への漏出を防ぐことが有効であると考えられる。

4.2 タスク空調吸込口の形状と風速について

type-Aとtype-Bは、吸込口の面積と吸込風速が異なる。type-Aは比較的大きな面積かつ弱い吸込風速で吸込み、対してtype-Bはその逆である。表5及び図7より、②⑧以外の評価領域ではtype-Aの方が低濃度となっている。このことから、タバコ煙の拡散を抑えるためには、弱い風速で気流性状を乱さず、大きな面積で吸込むことができる形状がよいと考えられる。

4.3 タスク空調吸込口の位置について

type-Cとtype-Dは、吸込口の位置が異なる。type-Cはパーティションの横面に、type-Dは正面に設置した。表5及び図7より、全ての評価領域でtype-Dの方が低濃度となっている。これは、机の左右奥は気流が発生しにくく、粉じんが滞留しやすい。type-Dはその滞留しやすい場所に吸込口があり、タバコ煙を効率良く排気しているが、type-Cは横面に吸込口が設置してあるので、排気効率が悪いためであると考えられる。

5. 本研究の成果

本研究で得られた成果を以下に示す。

1. 粉じん濃度は、タスク空調の給排気量が大きくなるにつれ、低下する傾向がある。
2. 部屋の壁付近で気流が渦を形成し、粉じんが滞留することで局所的に高濃度となる場合がある。
3. 天井付近に滞留したタバコ煙が、アンビエント空調からの気流によって、再び吹き下ろされる場合がある。
4. 粉じん濃度は吸込風速より面積に依存する傾向がある。
5. タスク空調の吸込口は、パーティションの横面より正面の両端に設置した方が、粉じん濃度は低くなる傾向にある。
6. タスク空調の吹出口は、パーティションの正面上部に設置するより横面上部に設置した方が、粉じん濃度は低くなる傾向にある。

6. 今後の課題

本研究では定常解析を用いているが、タバコ煙が拡散・排気される様子を把握するため、非定常解析を行う必要がある。同時に、今回解析しなかった呼出煙をモデル化し、考慮する必要がある。また、アンビエント空調の吸込口を改良し、天井付近に滞留する高濃度のタバコ煙を処理する必要があると考えられる。

表5 粉じん濃度(case9)

評価領域	粉じん濃度[mg/m ³]						
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
type-BG	0.0584	0.0854	0.3862	0.0721	0.1069	0.0992	0.4830
type-A	0.0343	0.0352	0.0669	0.0177	0.0196	0.0081	0.0446
type-B	0.0375	0.0291	0.0807	0.0265	0.0278	0.0125	0.0646
type-C	0.0000	0.0003	0.0607	0.0000	0.0002	0.0006	0.0656
type-D	0.0000	0.0000	0.0258	0.0000	0.0000	0.0000	0.0269
評価領域	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	WS	全体
type-BG	0.1067	0.0927	0.1234	0.3809	0.1253	0.1585	0.1414
type-A	0.0212	0.0090	0.0048	0.0539	0.0196	0.0400	0.0197
type-B	0.0192	0.0094	0.0151	0.0732	0.0256	0.0471	0.0327
type-C	0.0000	0.0002	0.0000	0.0419	0.0000	0.0140	0.0015
type-D	0.0000	0.0000	0.0000	0.0278	0.0000	0.0076	0.0007

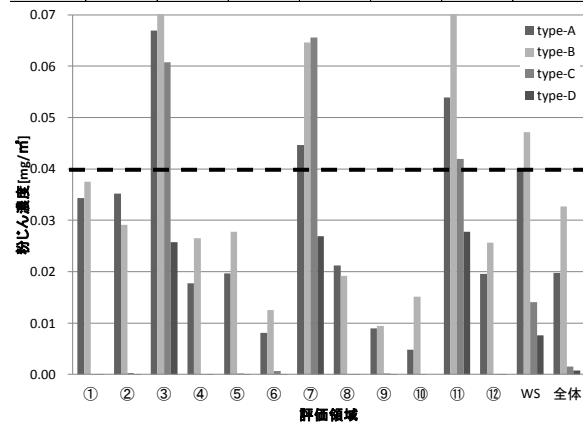


図7 粉じん濃度グラフ(case9)



図8 ③周辺の気流ベクトル図

(左上:type-A 右上:type-B 左下:type-C 右下:type-D)

【参考文献】

- 1) 梁禎訓他：CFD解析による大開口吹出のパーソナル空調における呼吸空気質の検討，空調和・衛生工学会論文集，106号，p21-30，(2006)
- 2) 近藤靖史他：飲食店の喫煙区域における空気環境改善に関する研究（その1）置換換気による居住域粉塵濃度の低減効果に関するCFD解析，日本建築学会大会学術講演梗概集，p727-728，(2010)
- 3) Carrier Co：Handbook of AC System Design, McGraw-Hill, (1965)
- 4) ASHRAE Handbook 2001 Fundamentals, 32.15, Table5, Recommended Return Inlet Face Velocities
- 5) 日本建築学会：AIJES-A003-2005 室内の臭気に関する対策・維持管理基準・同解説，p23，(2005)