

CFD 空気環境 汚染物質
封じ込め タバコ煙 エアカーテン

J100337 柄澤 祥雄
指導教員 西村 直也



1. 概要

飲食店や喫煙所などの臭気を発する場所においては、壁などを用いて物理的に隔離することで汚染物質による様々な問題を解決する方法が広く用いられている。しかし、建築計画上壁で仕切ることが難しい場合がある。

本研究は数値流体力学(CFD)解析を用いて粉じんにおける拡散の解析を行った。喫煙者が複数存在している喫煙所において、物理的な壁で仕切らないエアカーテンによる喫煙所を構成した。その結果、エアカーテンによってタバコ煙の喫煙所外への流出を抑制する(=封じ込める)ことが可能であることを明らかにした。

2. 研究の目的と背景

我々の身近には飲食店やトイレのような臭気を発する場所が多くある。飲食や喫煙などを行っている当事者は、食べ物やタバコ煙から発せられる臭気を不快に思うことは少ない。一方、当事者でない者からすると、個人差はあるが臭気に対して気になる場合がある。このような問題を解決する方法としては、空間を物理的に隔離する方法が一般的とされている。しかし、建築計画の上、壁で仕切ることが難しい場合がある。その結果、物理的な空間の隔離に頼らない汚染物質の流出を防ぐ方法が必要となってくる。

空間を物理的に仕切らずに汚染物質を封じ込める手段として、エアカーテンを開口部に設けることがある。エアカーテンとは、開口部に気流の壁を作ることで空気中の粉じんや熱を封じ込めるものである。このようなエアカーテンは倉庫やスーパーの食品部門、コンビニなどで用いられている。

本梗概では我々の身近にあるタバコ煙を扱った。具体的には、喫煙者が複数存在している喫煙所を想定し、CFD解析を行う。その結果、エアカーテンによるタバコ煙の封じ込めに効果がある配置や風速条件を模索し明らかにすることを目的とする。

3. 解析手法

本研究では評価基準を粉じん濃度、解析対象を喫煙所とした。図1に解析対象モデルと喫煙者数、配置、エアカーテンの気流の方向を表1に解析対象概要を示す。解析を進めていく手順としては、まず喫煙所のモデル化を行う。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、解析結果に対しエアカーテンの給排気条件や配置に関する考察を行う。

3. 1 解析モデルの設定及び解析条件

喫煙所のモデル化では、実在する商業施設の喫煙所を参考に形状の決定と空調設備因子の設定を行う。今回は定常解析を行うため、タバコは火をつけ喫煙者が手に持った状態の副流煙を想定した。

解析はクレイドル社の STREAM version9 を使用し、各解析ケースの粉じん濃度を算出し、評価を行う。

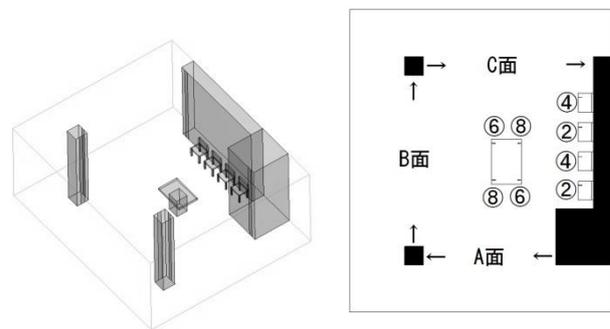


図1 解析モデル及び諸条件

表1 解析対象概要

喫煙所	延べ床面積[m ²]	18.575	
	高さ[m]	3.5	
	容積[m ³]	65.0125	
吹出口1	換気回数[回/h]	15	
	大きさ[m]	0.3×0.3	
	吹出風速[m/s]	0.2	
	風量[m ³ /s]	0.018	
	総風量[m ³ /s]	0.27	
	設置数	15	
吹出口2	大きさ[m]	0.05×1.0	
	吹出風速[m/s]	0.2	
	風量[m ³ /s]	0.01	
	総風量[m ³ /s]	0.02	
吸込口1	設置数	2	
	大きさ[m]	0.3×1.0	
	吹出風速[m/s]	0.3	
	風量[m ³ /s]	0.09	
	総風量[m ³ /s]	0.27	
吸込口2	設置数	3	
	大きさ[m]	0.05×1.0	
	設置数	2	
エアカーテン	設定	表面圧力	
	大きさ[m]	0.15×3.5	
	吹出風速[m/s]	0~25	
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	
天井面及び床面	対数則条件		
タバコ	発塵量[mg/本]	14.9	

3. 2 O/I 比について

タバコ煙における封じ込めの良否を判断する方法として、喫煙所外の空間に存在するタバコ煙の粉じん量を、喫煙所内の空間に存在するタバコ煙の粉じん量で除した値（以下、O/I 比と呼ぶ）を用いる。O/I 比の値が小さいほど封じ込めの効果があると判断する。また、空気環境の分野においては対象室外の要素を対象室の要素で除した値（=I/O 比）を用いることが一般的である。今回は考察のしやすさを考慮し、O/I 比を用いることとした。

3. 3 開口状態とエアカーテンについて

解析モデルの喫煙所は、1 面が外壁となっていると想定したため、開口部は最大で 3 面までとした。図 1 に開口部の名称を記す。また、本研究で用いるエアカーテンは、喫煙所の開口部付近の壁面や柱に埋め込み、左右から同じ風速設定で吹出・吸込を行った。

4. 解析結果

今回は O/I 比の値が最も低かったものを開口状態と喫煙者数別に選定した。解析結果を表 2 と図 2・図 3 に示す。

喫煙者が 4 人までのときは、エアカーテンを作動させない状態が最もタバコ煙が喫煙所外へ流出せず、喫煙所内・外におけるタバコ煙の総粉じん量が最も低い値となった。これは、喫煙者が吸気口付近にいたため、タバコ煙が吸気口から排出されたと考えられる。

喫煙者が 6 人以上のときは、エアカーテンの風速が 1m/s と 25m/s の状態が最も O/I 比が低い値となった。風速が 25m/s の状態では、喫煙所内外のタバコ煙の総粉じん量がともに低い値であった。これは、エアカーテンの吸気口からタバコ煙が多く排出されたことが考えられる。一方、風速が 1m/s の状態では、喫煙所内におけるタバコの煙の総粉じん量は多く、喫煙所外においては喫煙所内と比べて非常に低い値をとる傾向であった。以上のことから、今回解析したモデルのエアカーテンによる気流を用いた封じ込めに関しては、風速が 1m/s 付近で最も効力を発揮することが分かった。

5. 結論

今回解析したモデルでエアカーテンを用いた場合、風速が 1m/s の付近で最も封じ込めの効果が表れる。また、風速を大きくするに従って解析領域内におけるタバコ煙の総粉じん量は減少するが、大幅な減少はなく、O/I 比の値に大きな変化はなかった。

6. 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，空気調和・衛生工学会論文集，106 号，(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)置換還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，(2010)

表 2 解析結果及びモデル条件

識別番号	開口位置	タバコ本数 [本]	エアカーテン風速 [m/s]	喫煙所内における総粉じん量 [mg/m ³]	喫煙所外における総粉じん量 [mg/m ³]	O/I 比
1	B	2	0	0.790041	3.94884E-23	4.99828E-23
2	A	4	0	1.67471	2.20821E-17	1.31856E-17
3	A	6	1	16.851552	0.874554	0.051897534
4	A	8	1	29.815836	1.507719	0.050567725
5	AB	2	0	0.739103	2.77569E-21	3.75548E-21
6	AB	4	0	1.66931	1.46688E-12	8.78733E-13
7	BC	6	25	1.3131216	0.3806125	0.289853202
8	AB	8	1	27.11117	6.23097	0.229830361
9	ABC	2	0	0.762822	1.4351E-15	1.8813E-15
10	ABC	4	0	1.571491878	1.05629E-05	6.72157E-06
11	ABC	6	25	1.3333116	0.353064	0.264802316
12	ABC	8	25	2.0277016	0.429147	0.211642088

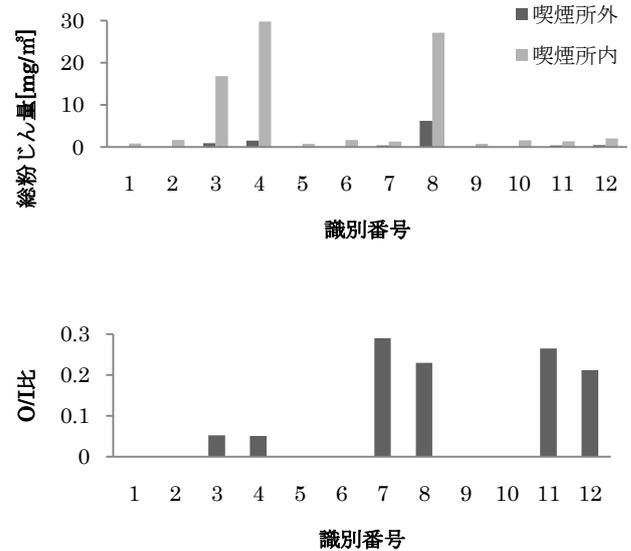


図 2 解析結果

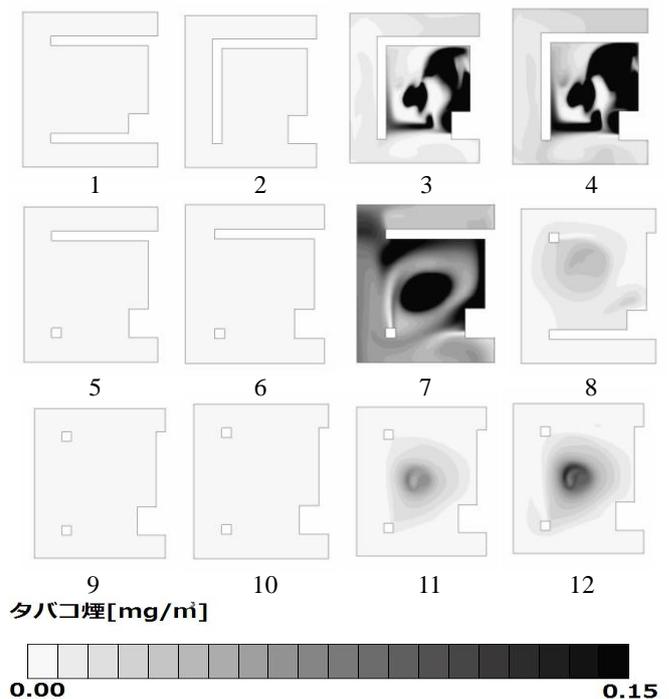


図 3 粉じん濃度のコンター図 (FL=1.5m)