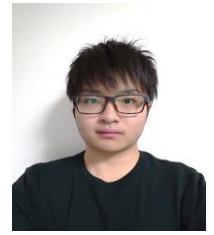


中性能フィルターにおける ETFL モデルの有効性の検証

ETFL モデル	ST モデル	透過率
仮想フィルター層	ピンホール	中性能フィルター

AJ15067
指導教員

徳地 陸
西村 直也



1. 研究の目的と背景

建築空間を清浄に保つために、エアフィルターが存在する。粒子の捕集効率によってエアフィルターの種類は分類される。またエアフィルターは部屋の目的によって使われるエアフィルターが変わり、粒子の捕集効率によってエアフィルターの種類は分類される。薬品や半導体などの製造空間では室内の空間の清浄度が求められるため粒子の捕集効率が約 99.97%の高繊維な HEPA フィルターなどが採用される。

フィルターに損傷があり、そこから粒子が漏れ出す問題を「リーク」と呼ぶ。リークが起こす主な問題はクリーンルームにおける薬品や半導体への影響が懸念されることである。過去の HEPA フィルターでの山田らの研究で「ETFL(Equivalent Thin Filter Layer)モデル」という仮想の等価薄型フィルター層が提案された。この ETFL モデルはフィルターにピンホールサイズ(0.1~0.2mm)の穴が開いた時、穴に粒子が通過する際に粒子を捕集する量をフィルターの厚さで表した仮想のモデルである。仮想フィルター層の算出された厚さは通常フィルターの約 1/12 倍になると分かった。ETFL モデルは主にプログラミングを用いてフィルターの研究を行う際に使われている。ETFL モデルが提案される前までは「ST(Simple Tube)モデル」というモデルが使用されてきた。ST モデルはピンホールサイズの穴(0.1mm 以上)があるフィルターにおいて、その穴から粒子が 100%通過すると考えるモデルである。各モデルの概略図を図 1 に示す。これらのモデルが使用されてきたのは粒子の捕集効率の高い HEPA フィルターで事象であり、その他フィルターでの有効性は検証されておらず、実用性はまだ確認されていない。

そこで同じフィルターという媒体で ETFL モデルがどの種類のフィルターまで使用できるのかという点に着目し、日常生活で使われる「中性能フィルター」を研究の軸においた。中性能フィルターを選択した理由は、我々人間が生活を営む中、日常生活の空間で中性能フィルターは使われており、比較的なじみ深い点であることと、中性能フィルターは HEPA フィルターなどの高繊維かつ高密度なフィルターより安価であり入手しやすいことより中

性能フィルターを選択した。

本研究では中性能フィルターは ETFL モデルの仮想フィルター層との数値と一致するのか、100%の粒子を透過する ST モデルに帰属するのか実証を行う。

2. 研究方法

本論分で使用するフィルターの粒子の捕集効率は 90%とする。OPS(オプティカルパーティクルサイザー)と Nanoscan を 2 台ずつ上流側と下流側に用意しフィルターを透過する前の空気と透過したあとの空気を測定する。風流に関しては LV(ロウポリウムエアサンプラ)に付属しているポンプを使用し風流を作る。測定の際のイメージ形態を図 2 に示す。理論式に基づきピンホールにおける粒子の透過率を計算し、理論式から算出される HEPA フィルターにおける透過薄型フィルター層の厚さと中性能フィルターにおける透過薄型フィルター層の厚さが一致するかを検証する。

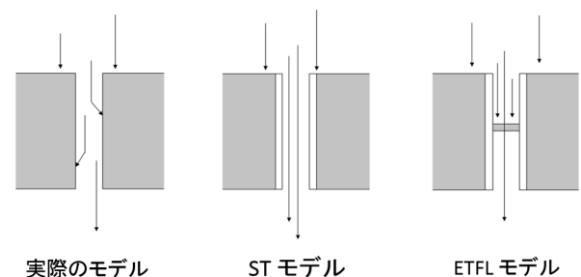


図 1 繊維状フィルターのエアロゾル浸透モデル

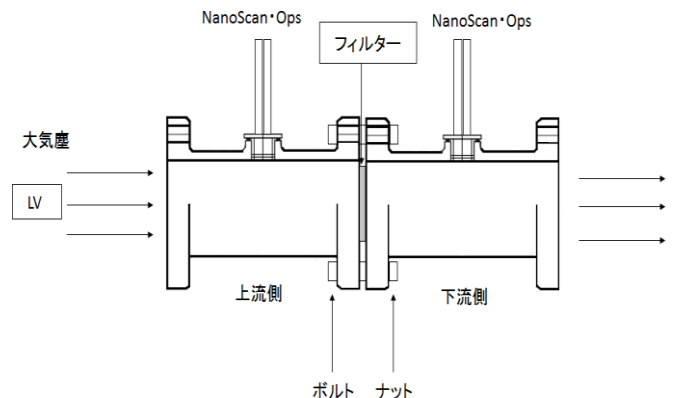


図 2 測定のイメージ図

3. 中性能フィルターにおける ETFL モデルの検証

(1) 透過率の算出

測定に使用するフィルターに各種条件をつけて実験を行う。ピンホールの直径は 0.2mm、0.15mm、0.13mm の 3 つとし、ピンホールの個数は 0、1、5、10 個とし、面風速は 20l/min、30l/min、40l/min の 3 つで測定を行う。また測定する空気は大気塵で行い、実験場所は芝浦工業大学、豊洲キャンパス研究棟 7 階の西村研究室にて行う。通常フィルターでの透過率を算出し、透過率と面風速における関係式を指数関数にて算出する。そのグラフを図 3 に示す。またピンホールがあるフィルターにて各条件下での透過率を算出する。両透過率の算出後、理論式に代入しピンホールでの透過率を算出する。ピンホールでの透過率を表 1 に示す。

(2) 仮想フィルター層の算出

通常フィルターでの透過率の指数関数とピンホールでの透過率を利用し ETFL モデルの仮想フィルター層の厚さを計算する。計算結果を表 2、まとめたグラフを図 4 に示す。算出された中性能フィルターの ETFL モデルの仮想フィルター層の数値は 1/229~1/9715 と算出された。算出された数値は既存の ETFL モデルの仮想フィルター層の数値とは大きく異なることが分かった。このことから中性能フィルターにおける ETFL モデルの有効性はないということが検証された。しかし ETFL モデルの仮想フィルター層との数値とは異なるが、若干の数値も検出されたことから粒子が 100%透過する ST モデルに帰属するとは結論づけがたい。よって中性能フィルターでは等価超薄型仮想フィルター層が存在すると考えることも可能である。また本論分で検出された数値から考察すると、捕集効率や面密度が高いフィルターほど、仮想フィルター層の数値(=1/m)は高くなるという傾向が見えた。

4. 結論

中性能フィルターにおける ETFL モデルの仮想フィルター層の厚さは、本来の ETFL モデルの数値とは大きく異なることが分かった。このことから中性能フィルターにおける ETFL モデルでの数値の有効性はないということが証明された。また捕集効率や面密度が高いほど、ETFL モデルの仮想フィルター層の厚さは高くなるという傾向が見えた。今後の課題として大気塵ではなく多分散粒子(NaCl など)が含まれた空気での測定やサンプルデータの蓄積などが挙げられる。

引用・参考文献

- 1) Yuji YAMADA:A Model of Aerosol Penetration through Fibrous Filters with Pinholes 1995/12/12
- 2) 西村 直也:クリーンルームの性能評価における少数データの特性に関する研究 p54 ST Model p56.57 ETFL Model 1998 年

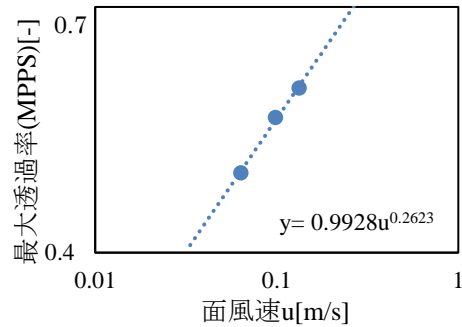


図 3 通常フィルターの透過率の指数関数

表 1 ピンホールでの透過率

ピンホール	穴数	20[l/min]	30[l/min]	40[l/min]
0.2[mm]	1[個]	0.0114	0.0092	0.0161
	5[個]	0.0062	0.0032	
	10[個]		0.0022	0.0016
0.15[mm]	1[個]	0.0234	0.0024	
	5[個]	0.002	0.0017	
	10[個]	0.002	0.0012	
0.13[mm]	1[個]	0.0187	0.0272	
	5[個]	0.0012		
	10[個]	0.0027	0.0006	

表 2 仮想フィルター層の数値

ピンホール	穴数	20[l/min]	30[l/min]	40[l/min]
0.2[mm]	1[個]	1/1728	1/1392	1/2442
	5[個]	1/941	1/492	
	10[個]		1/334	1/245
0.15[mm]	1[個]	1/6317	1/642	
	5[個]	1/545	1/457	
	10[個]	1/552	1/325	
0.13[mm]	1[個]	1/6671	1/9715	
	5[個]	1/416		
	10[個]	1/949	1/229	

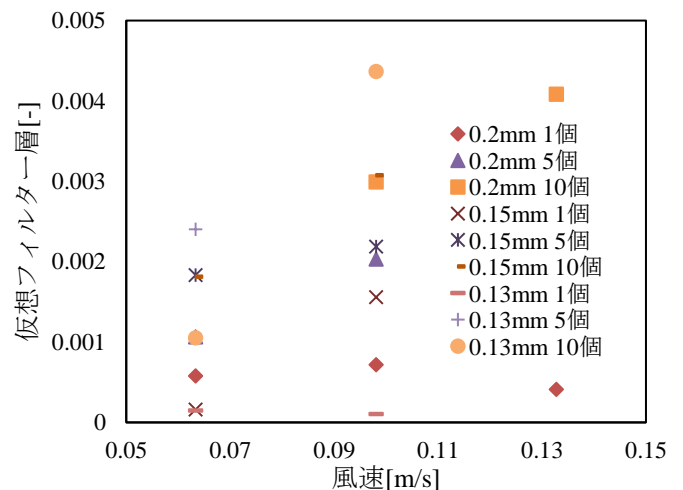


図 4 仮想フィルター層