

# オイルミスト吸着性能を持つ珪藻土を利用した換気設備の流れ解析

苫小牧高専 ○原田洋平, 見藤歩, 田島勲, 蘇武栄治, シリカマテリアル 高田忠彦, 東京電機大 勇田敏夫

## 要 旨

一般の換気扇に使用されるフィルターは目詰まりにより機能低下が起き、常時交換をしなければいけない。本研究は換気設備内の CFD 解析を行い、油吸着性が優れている珪藻土を換気扇に取り組み事により、交換の手間を長期間省いた換気設備の開発を目指している。

### 1. はじめに

天ぷら、フライ、炒飯など油を使った調理の際には、調理油が発生し飛散する。オイルミストは調理場の壁、天井、換気扇、ダクトなどに付着し液状化してねばねばした状態になり不潔である。また、調理場から発生した火が引火し、ダクト火災などの災害も起きる。この汚れを掃除するために、大量の洗剤を使用し、汚水などが大量発生するため、清掃は大変である。これを予防するために、従来の換気扇には、ガラス繊維タイプや不織布のフィルターを使用し、オイルミストがダクト内に進入するのを防ぐものであるが、常時交換のコストと手間がかかってしまう。今回開発しようとしている換気設備は、優れたオイルミスト吸着能を発揮するメソポーラスセラミックス (MPC) を適切に組み込む事によって、換気扇の油污れを防止し、交換の手間を長期間省こうとするものである。

本研究の目的は、換気扇開発に CFD (Computer Fluid Dynamics) を導入させ、その結果を設計に生かすことで開発手法の効率化を行い、MPC をどのように換気扇に設置するかを検討するものである。なお、MPC の性能については確認されている。<sup>1)</sup>

### 2. MPC について

MPC とは、珪藻土を焼成して作成したセラミックスである。珪藻土とは、主として珪藻と呼ばれる細胞壁に非晶質の二酸化ケイ素が沈着し硬い殻となる藻類の化石から成る堆積物であり、断熱、保温、吸水、吸着、ろ過、不燃、耐火、耐食性などが優れているという特徴を持っている。単位施工面積当たりの吸収機能で  $1000\text{g}/\text{m}^2$  以上である。

### 3. 風洞実験装置作成

換気扇による空気の流れを確かめるために  $190 \times 190$  の風洞を作成した。作成した風洞を図1に示す。使用した換気扇は東芝製 VRH-25V を使用した (図2)。

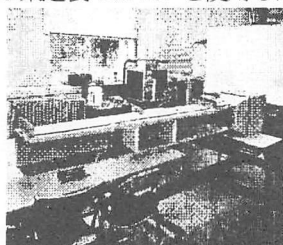


図1 風洞

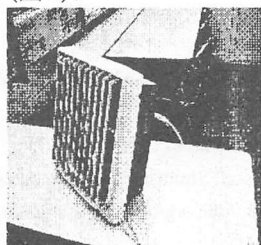


図2 VRH-25V

### 4. 実験、解析方法

本研究で開発を行おうとしている換気設備は、ダクト内に様々な形状の珪藻土板を配置する事によって流れを複雑にし、オイルミスト混入空気とダクト壁面、珪藻土板との設置面積を大きくする事でオイルミストを吸着しようとするものである。まず CFD 解析の妥当性を評価するために風洞内に図3~5のような板を設置し、ダクト入口、出口の流速を流速計にて測定した。また流れを遮断するような家庭用換気扇フィルターと板の損失流量を比較した。次に流れ解析ソフト (ANSYS CFX サイバネット社(株)) を用いて実験の同様のモデルを作成し、換気扇の PQ 特性を用いて流れ解析を行い、実験結果と比較した。今回は CFD 解析の妥当性のみ検討したため、珪藻土板の代わりに、加工しやすい断熱材を用いた。今回は3パターンの板をダクト内に配置して、風速分布を測定した。

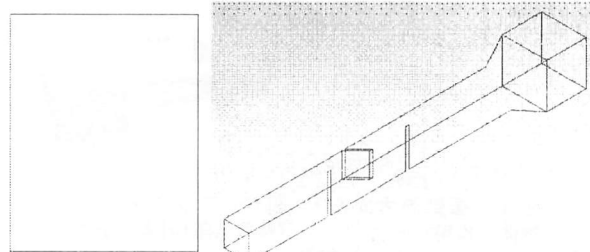


図3 パターン A

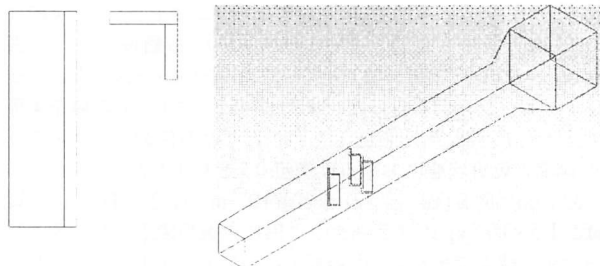


図4 パターン B

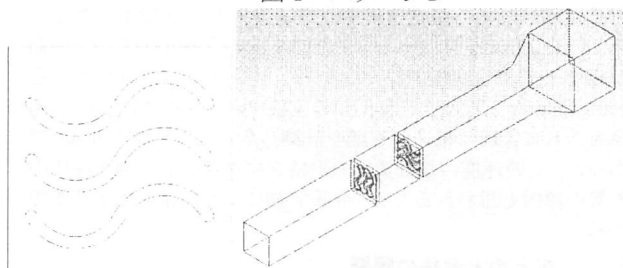


図5 パターン C

## 5. 流れ解析

### 5.1 支配方程式

数値流体力学とはコンピュータを用いたシミュレーションによる流体解析手法である。基礎方程式を以下に示す。連続の式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \rho \mathbf{V} = 0$$

ネビア・ストークス方程式

$$\frac{D\mathbf{V}}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \text{grad}P + \mathbf{K} + \nu \Delta \mathbf{V}$$

ここで、 $\rho$ は流体の密度[kg/m<sup>3</sup>]  $\mathbf{V} = (u, v, w)$  は流速[m/s],  $\mathbf{K}$  は外力,  $\nu$ は動粘度[m<sup>2</sup>/s]である。

またオイルミスト吸着量を定量評価するために、流れの複雑さである乱流エネルギー $K$ と流体の回転量を表す渦度 $\omega$ で評価しようと考えた。以下に各式を示す。

$$(\omega_x, \omega_y, \omega_z) = \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}, \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

$$K = \frac{1}{2} U_i^2 \quad [\text{m}^2/\text{s}^2]$$

ここで、 $U_i$  は平均流からの変動流速である。

## 6. 実験結果、及び考察

パターン A~C の風速測定および解析を行った結果を表1に示す。

表1 実験値と解析値の入口、出口の平均流速

	入口流速 [m/s]		出口流速 [m/s]	
	実験	解析	実験	解析
パターンA	1.11	1.37	1.38	1.78
パターンB	1.03	1.01	1.28	1.01
パターンC	0.93	0.80	1.09	1.14

実験値と解析値を比較すると、大きな違いは見られなかった。この結果より、CFD解析は妥当に行われたといえる。

CFDによる吸着量性能評価のため、それぞれのパターンの乱流エネルギーと渦度を算出した。各結果を図6,7に示す。乱流エネルギーは平均流からのずれの大きさを表す量に対して、渦度は流体粒子の回転を表す量なので乱流エネルギーと渦度に相関関係はないと考えられる。

次にダクト内に何も取り付けない状態での風速を測定し、換気扇の流量を算出した後、各パターンと家庭用フィルターの損失流量を算出した。その結果を図8に示す。なお流量は以下の式で求めた。

$$Q = AV$$

ここで、 $Q$ は流量 [m<sup>3</sup>/s]  $A$ は断面積[m<sup>2</sup>]  $V$ は平均流速[m/s]である。図8より、今回実験を行った3パターンと家庭用フィルターを比較すると、特に大きな違いは見られなかった。

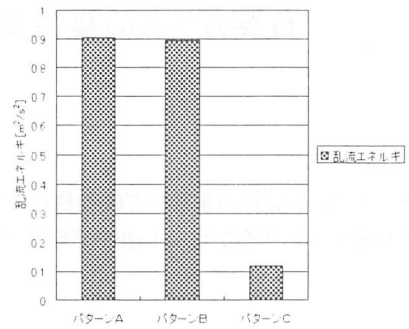


図6 乱流エネルギーの比較

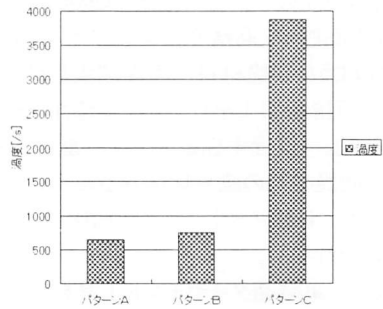


図7 渦度の比較

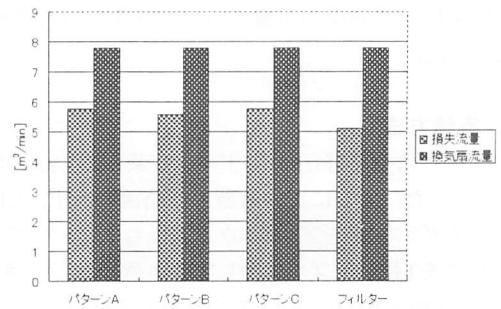


図8 換気扇流量と損失流量

## 7. 結論

- (1) CFD解析について換気扇特性を境界条件に組み込む事ができた。
- (2) 実験結果と CFD 解析結果に大きな違いが見られなかったということから、換気扇開発に CFD を導入できる可能性が見えた
- (3) 今回はオイルミスト吸着の実験は行ってないが、今後実験を行い、吸着量と乱流エネルギー、渦度との関係性を検討する必要がある。
- (4) 流れの可視化を行って、オイルミストがダクト中をどのように流れるか検討する必要がある。
- (5) フィルターと板では損失流量がさほど変わらなかったため、MPC を利用した換気設備の開発ができる可能性が見えた。

## 8. 参考文献

- 1) 水野 明哲, 流れの数値解析入門, 朝倉書店, 1999.
- 2) 高田 忠彦, メソポーラス自然素材を利用した調湿素材の開発とその建築への応用
- 3) サイバネットメカニカルサポートセンター