

CT イメージングを連携した PM2.5 のバグフィルター透過シミュレーション手法の開発と検証

広島大学大学院工学研究科・准教授 石神 徹



バグフィルターは、織布や不織布をフィルターとして用いて処理ガス中の粉塵 (PM2.5 など) をろ過捕集する集じん装置であり、産業的に広く用いられている。バグフィルターの性能評価の指標のひとつとして、フィルターの圧力損失が挙げられる。圧力損失を可能な限り抑制し、高い捕集効率を有するフィルターの開発が望まれている。バグフィルターの圧力損失についてこれまでに多くの報告例があるが、未だに詳細な機構は明らかではない。本研究では、実際に使用されているフィルターをマイクロ X 線 CT を用いたイメージングにより数値データ化し、その数値的に作製したフィルター周りの透過挙動をシミュレートする手法を開発する。本研究ではその第一段階として分散相が存在しない気体单相流の透過シミュレーションを行い、異なるフィルターにおける圧力損失特性を解析するとともに、実験結果と比較検証を行った。

本研究ではポリフェニレンサルファイド (PPS) とポリイミド (PI) 製の 2 種類の不織布バグフィルターを用いた。X 線 CT を用いて、空間分解能 781 nm/voxel にてフィルターの CT スキャンを実施した。なお、両フィルターとも繊維群の空間分布にばらつきが大きかったため、ランダムに 7 箇所以上サンプリングしてシミュレーションに用いた。流体運動は非圧縮性流体の連続の式および Navier-Stokes 方程式を解き求めた。また、フィルターと流体間の相互作用は体積力強制型の埋込境界法により付与した。シミュレーション結果と比較検証を行うため、フィルターの気体透過の実験を実施した。

Fig. 1 に PPS フィルターの圧力分布の一例を示す。図より、フィルター内部で圧力が顕著に低下し、フィルターの存在により圧力損失が生じていることがわかる。上記のシミュレーションおよび実験により得られた圧力損失から Darcy の式により、フィルターの透過係数を算出した。Fig. 2 に透過係数とフィルターの空隙率を整理して示す。図より、空隙率が大きくなるに伴い、いずれのフィルターにおいても透過係数が増大する傾向を示す。これはフィルター内の繊維体積が減少するに伴い、気体との摩擦損失が低減されるためだと考えられる。また、この傾向に、両フィルターの実験結果も良好に相関していることがわかる。従って、本シミュレーション手法は定量的に精度よく圧力損失を予測できることがわかった。

その他、本研究期間では PPS と PI フィルターの性能比較およびその機構解明、ならびに Kozeny-Carman 式への応用も実施し、本研究で構築したシミュレーション手法の有用性を示した。

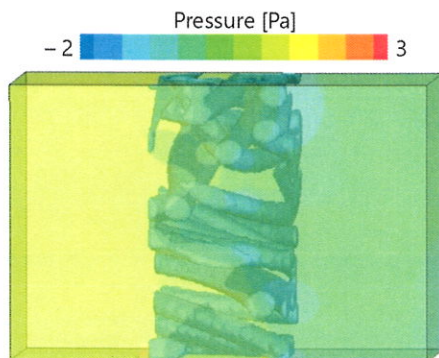


Fig. 1 Pressure contour for PPS filter domain of $\varepsilon = 0.853$

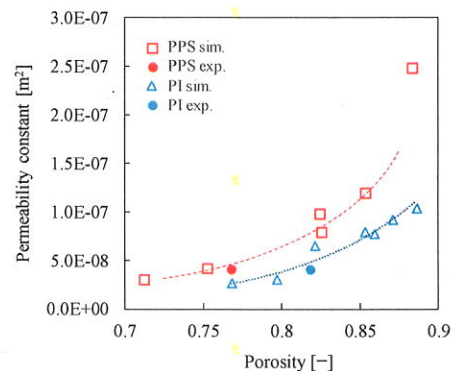


Fig. 2 Relationship between permeability and porosity of filter domains