

多孔質セラミック材の微視構造モデリングおよび 微粒子捕集フィルターの音響透過損失予測

○秋元 優佑 山本 崇史
(工学院大学大学院) (工学院大学)

Microstructural modeling of porous ceramic materials by homogenization method
and prediction of sound transmission loss of particulate collection filter

Yusuke AKIMOTO Takashi YAMAMOTO
(Kogakuin University) (Kogakuin University)

近年の自動車市場では環境負荷の小さい車の需要が高まっている。これを受け、多くの自動車の排気システムには有害微粒子捕集フィルターが搭載されている。また、車外騒音規制が年々厳格化している背景がある。そこで、このフィルターの音響性能に着目した。本研究では、フィルターの実使用状況を想定した実験手法を検討する。実験治具を作成し、簡易的な実験系で実験を行う。実測値と解析値を比較し、評価手法の妥当性を検証する。

Key words : 遮音, 音響管, 透過損失, 実験解析, FEM

1 緒言

近年、世界各国の自動車市場では地球環境への影響を憂慮し、低燃費かつクリーンな自動車が必要とされている。しかし、自動車の排気ガスには有害微粒子 (PM: Particulate Matter) が多く含有されており、呼吸器や大気への悪影響が懸念されている。実際に健康障害の例も報告されている⁽¹⁾。この問題を解決すべく、欧州を中心に世界各国で、DPF(Diesel Particulate Filter)・GPF (Gasoline Particulate Filter) と呼ばれる排気ガス浄化装置の自動車への搭載が進んでいる。本研究では、前陳の背景を受け、DPF・GPFの遮音材としての音響性能に着目した。DPFの材料であるセラミック材の微視構造を電子顕微鏡などで観察し、得られた空孔径や空孔率などの分析結果から、微視構造モデルを検討する。検討したモデルを用いて、均質化法により音響透過損失を算出し、実験結果と比較することで微視構造モデルの妥当性を検証する。

さらに、従来ではASTM2611の規格に準拠し、音響管を用いて音響透過損失を算出していた。しかし、音響管では、DPF・GPFの実使用環境を再現することが不可能であり、算出した音響透過損失も理論的

な数値に過ぎない。そこで、ASTM2611を発展させ、実際の排気管を用いて音響透過損失を算出することを目指す。この目標に到達するために、実験治具を自作する。また、自作した治具の精度を検証するために、直円管で予備実験を行う。さらに、この実験系を模した有限要素モデルを作成し、計算を行い、実測値と、計算値を比較することで実験治具の精度を検証する。

2 均質化法による動的特性の予測手法

2段階に分けて解析することによって吸音率を求める。まず、流体相における粘性および熱の散逸による減衰の両方を考慮した上で、多孔質材の微視構造に漸近展開法による均質化法を適用し、微視構造から多孔質材の動的特性の予測に必要な等価特性を求める。次に、求めた等価特性を多孔質材のマクロモデルに適用することで、吸音率を求める。

2.1 ミクロスケールの支配方程式

ミクロスケールにおいて多孔質材の固体相の支配方程式は弾性テンソルを c_{ijkl}^s とすると、以下に示す