

周波数特化型自動車用吸音材料の開発

塚脇 聡, 池田慎哉, 中司建一

Development of Sound Absorber at Low Band for Auto Mobiles

TSUKAWAKI Satoshi, IKEDA Shinya and NAKATSUKA Kenichi

We have needs for light-weight and high-sound-absorbing material of low sound band. Now, sound absorb coefficient is decrease at lower sound band. We ordinary use high-density material when we take higher sound barrier effect. There is rise of costs for processing expense, equipment cost and parts of absorber. In our study, we were developed to suit in the sound band 300Hz to 1200Hz region, which was difficult to be absorbed by using current product. Our products can absorb more than 0.5 sound absorbing coefficient 400Hz to 1200Hz regions. Also they proved to be effective because of there absorption efficiency more than 0.35 in lower range of 300 to 600Hz.

自動車用吸音材料は、軽量化と高機能化が同時に求められている。現行の吸音材料は、周波数が低くなるにつれて吸音・遮音効果が小さくなる。吸音・遮音性能を向上させると高比重材を利用することにより、低燃費化への要求に対応できなくなっている。また、吸音・遮音の部材費、加工費、要具費などによりコストアップとなる。本研究では300～1,200Hzの従来品では吸音が難しい帯域の吸音材料を開発した。400～1,200Hzの帯域での吸音効果が目標値の3dB(50%)以上となった。また、300～600Hz付近でも35%以上の吸音効果があり低周波数領域でもかなり有効であることがわかった。

キーワード：自動車, 吸音, 遮音, 軽量化, ポリマーブレンド

1. 緒 言

広島県では自動車分野が主要産業のひとつであり、業界の動向である軽量化の推進によって引き起こされる騒音の悪化に対応するため、各部品メーカーは軽量かつ高性能な吸音材料の開発が強く求められている。

自動車において加速時やトランスミッション変動時の騒音は100～2,000Hzの比較的低い周波数領域で発生する。そのため、従来の騒音対策に用いられる多孔質材料では、厚く、重い対策材料となり、軽量化の面から輸送用機械にはそぐわない。

従来品にはない低い周波数領域において「軽くて」「薄い」吸音材料の開発を行うことにより、自動車分野に活用することで自動車の軽量化と居住性の向上を確保できるため自動車の性能向上に貢献できる。

自動車用吸音材料では一般的に不織布や発泡ウレタンなど使用されている。この材料では高周波領域(2,000Hz以上)で良い吸音性能を示すが、100～2,000Hzのような低周波数領域では効果が小さくなっている。

本研究技術では新素材の熱可塑性エラストマーを中心

に従来のゴム材料も併用し、特定周波数での吸音率を高めるための共鳴の原理(1-4)を適用して低い周波数領域に特化して吸音効果の良い材料を開発した結果について報告する。

その吸音周波数と材料定数や形状のデータベース化を行い、音源にマッチした吸音材料を開発することを目的とし、熱可塑性エラストマーをポリマーブレンド、充填材の配合、発泡などの技術を用いて改良した結果について報告する。また、複合化によって吸音周波数領域を変化させる技術についても報告する。

2. 実験方法

吸音材料は、振動薄膜とそれを支持する不織布によって構成される。以下について吸音性能の調査を行った。

- ①振動吸収性能の高いエラストマー材料と自動車の内装材として多く用いられているプラスチック素材のオレフィン樹脂(ポリエチレンやポリプロピレン)のポリマーブレンドを行い、膜の性能の向上を目指した。
- ②セラミック粉体とプラスチックの間での摩擦による振動吸収効果を狙って、オレフィン樹脂に異方性のあるタルクや等方的な炭酸カルシウムを混合したフィ

ルムについて研究を行った。

- ③オレフィン樹脂に振動吸収性能の高いゴムであるブチルゴムを混練し性能を調べた。
- ④①のエラストマー材料とポリエチレンの結果を受けてこの素材を発泡成形し、性能評価を行った。

2.1 試料調整

材料は振動吸収性能の高いエラストマーA、B と低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、ポリプロピレン、タルク、炭酸カルシウム、ブチルゴム粉末を用いた。

ポリマーブレンドやフィラーの充填は主として二軸押出機を用いて行った。二軸押出機(TEX30HSS-325PW-2P (株)日本製鋼所製)は、スクリュー外径 32mm, セグメント方式, L/D 32.5 のものを使用した。シリンダー温度 180℃ で押し出し、水冷してカッティングして、ペレットに加工した。押し出速度は 15-20kg/h であった。

2.2 測定用試料の成形

フィルム成形は、プレス成形法、インフレーション成形法、Tダイ押し出し成形法の3種類で行った。

プレス成形法は、平板金型の間に 0.1mm のスペーサーを入れ、2.1 で加工したペレットを加圧、加熱を行うことによって薄板に成形した。

プレス成形では厚みの調節が非常に困難であったので、インフレーション成形法によって試料の調整を行った。この技術により 20 μm~200 μm の薄膜成形が可能となった。

発泡成形の場合は、インフレーション成形では発泡が難しかったので、Tダイによる押し出し成形で行った。

得られたフィルムと不織布(0.23mg/mm³)をスプレーのりで張り合わせて、トムソン刃で打ち抜きにより吸音用の試料を作製した。

2.3 吸音率の測定

吸音率は、JIS A1405-1「音響管による吸音率及びインピーダンスの測定-第一部：定在波比法」によって測定した。垂直吸音管を用いて、100Hz~2kHz までの比較的 low 周波数領域についての検討を行った。

3. 実験結果

3.1 エラストマーとオレフィン樹脂のポリマーブレンド

振動吸収性能の高いエラストマー材料2種類(A, B)を入手し、低密度ポリエチレン(LDPE)、高密度ポリエチレン(HDPE)を配合した。このペレットをフィルム成形し、不織布と張り合わせたものの吸音率を測定した。

低密度ポリエチレンにエラストマーAを0, 30, 50%配合した場合の吸音率の結果について図1に示す。図に見られるように、エラストマーを配合しても吸音率に大きな変化は見られなかった。

高密度ポリエチレンにエラストマーAを0, 20, 40, 100%配合した場合、吸音率の結果について図2に示す。図に

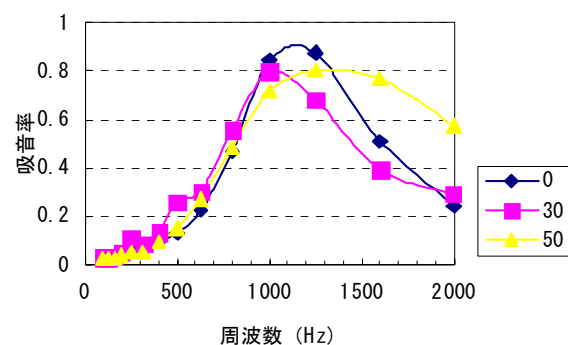


図1 LDPEへのエラストマーAの配合による吸音率

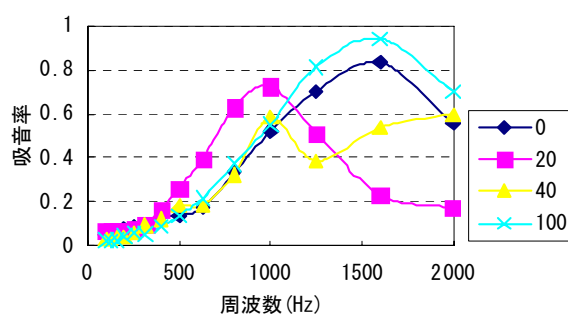


図2 HDPEへのエラストマーAの配合による吸音率

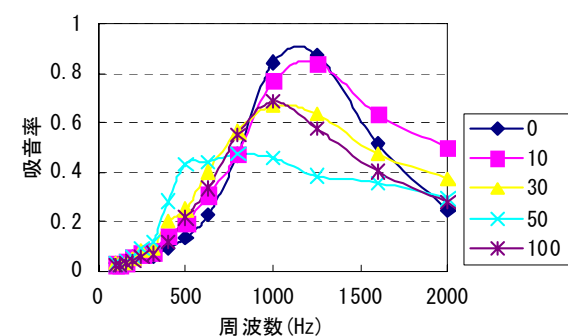


図3 LDPEへのエラストマーBの配合による吸音率

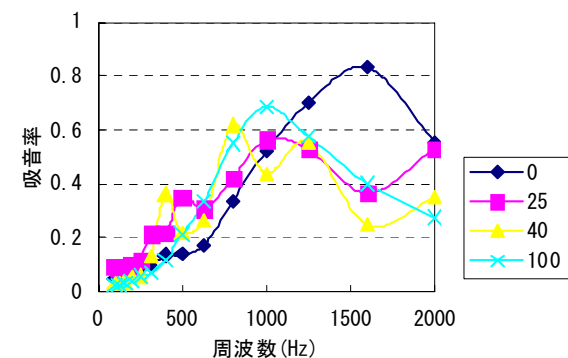


図4 HDPEへのエラストマーBの配合による吸音率

見られるように、20%エラストマーを配合した材料の吸音率のグラフでは低周波数領域に吸収ピークが表れた。

低密度ポリエチレンにエラストマーBを0, 10, 30, 50, 100%配合した場合、吸音率の結果について図3に示す。図に見られるように、50%エラストマーを配合した材料の吸音率のグラフでは低周波数領域に吸収ピークが表れた。

高密度ポリエチレンにエラストマーBを0, 25, 40, 100%配合した場合、吸音率の結果について図4に示す。図に見られるように、25, 40%エラストマーを配合した材料の吸音率のグラフでは低周波数領域に吸収ピークが表れた。

3.2 セラミック充填材とオレフィン樹脂

セラミック充填材をオレフィン樹脂に分散させることによってその摩擦効果により振動吸収性能を高めることが知られている。⁵⁾このため、LDPEとHDPEに炭酸カルシウム(炭カル)とタルクを配合した材料を用いて吸音効果を測定した。

低密度ポリエチレンに炭酸カルシウムを0, 20, 40%配合した場合の吸音率の結果について図5に示す。図に見られるように、炭カルを20%配合すると吸音ピークが低周波数領域に移動した。

高密度ポリエチレンに炭酸カルシウムを0, 20, 40%配合した場合、吸音率の結果について図6に示す。図に見られるように、40%炭カルを配合した材料の吸音率のグラフでは低周波数領域に吸収ピークが表れた。

低密度ポリエチレンにタルクを0, 20, 40%配合した場合、

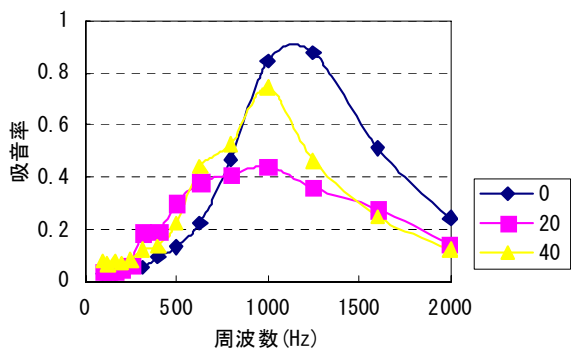


図5 LDPEへの炭カル配合による吸音率

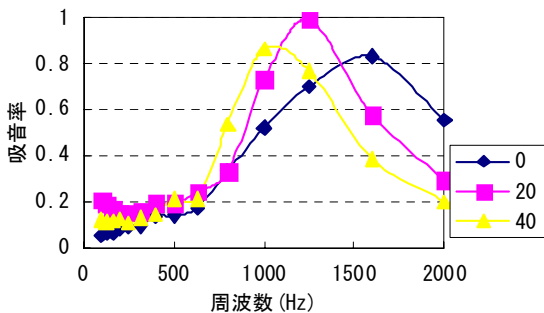


図6 HDPEへの炭カル配合による吸音率

吸音率の結果について図7に示す。図に見られるように、40%タルクを配合した材料の吸音率が低周波数領域に吸音ピークが見られた。

高密度ポリエチレンにタルク0, 20, 40%配合した場合、吸音率の結果について図8に示す。図に見られるように、40%タルクを配合した材料の吸音率が低周波数領域に吸音ピークが見られた。

3.3 クロロプレンゴムとオレフィン樹脂

クロロプレンゴムは、振動吸収性能の高い材料として知られており、加硫済みのクロロプレン粉末をオレフィン樹脂に分散させシートとすることで吸音性能が向上するかを検証した。

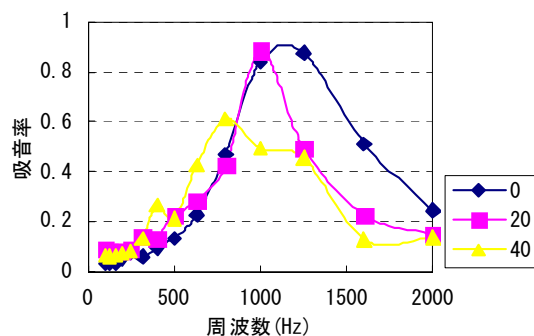


図7 LDPEへのタルクの配合による吸音率

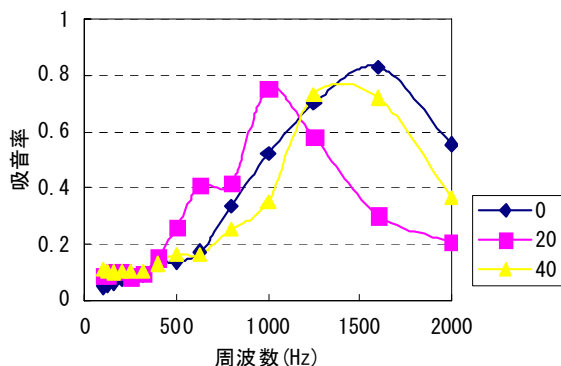


図8 HDPEへのタルクの配合による吸音率

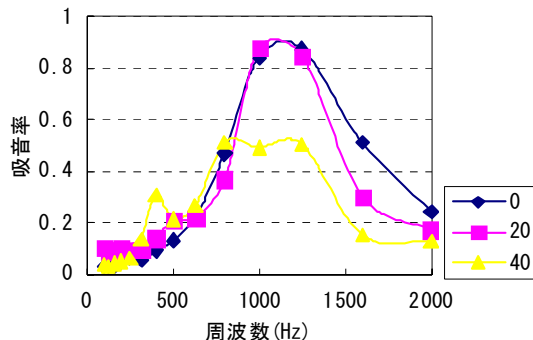


図9 LDPEへのクロロプレンゴムの配合による吸音率

図9にクロロプレンゴムを0, 20, 40%低密度ポリエチレンに混合した試料の吸音率の結果を示す。40%程度混ぜると低周波数に特徴のあるピークが現れた。

3.4 サブミクロン発泡材料

3.1で比較的良好な結果が得られたエラストマーBを発泡し、不織布を張り合わせずに吸音材料を形成させた。サブミクロン発泡では、エラストマーBと低密度ポリエチレンに加えて相容化剤として塩素化ポリエチレンを添加した材料に、発泡剤を加えて加熱成形した。

エラストマーB(10~50%)、低密度ポリエチレン(70~40%)、塩素化ポリエチレン(0, 5%)、発泡剤(0, 5%)の条件で、発泡材料を作製した。残念ながら吸音性能はほとんど見られなかった。得られた結果の代表的な吸音率のグラフを図10に示す。また、断面の走査型電子顕微鏡写真を図11に示す。

図11に見られるように発泡が均質で連泡していないために音が通らないので十分な吸音効果が得られなかったのではないかと考えられる。

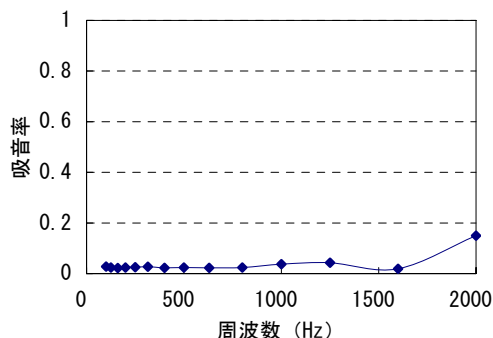


図10 発泡材料の吸音率結果の一例 (密度 0.48)

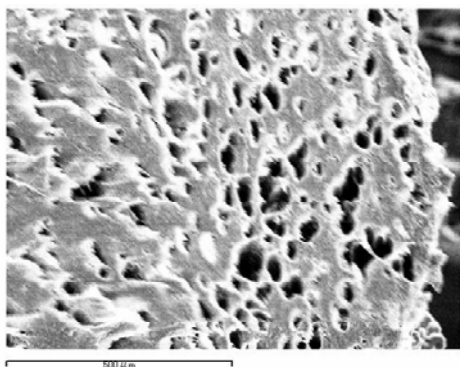


図11 エラストマーB/LDPE/CI-PE/発泡剤=30/55/10/5

3.5 傾斜材料

3.1~3.4の実験を通して比重差のある界面が吸音効果に有効に働いていることが明らかになってきたため、傾斜材料でより吸音効果を得られるかどうかについて検証を行った。

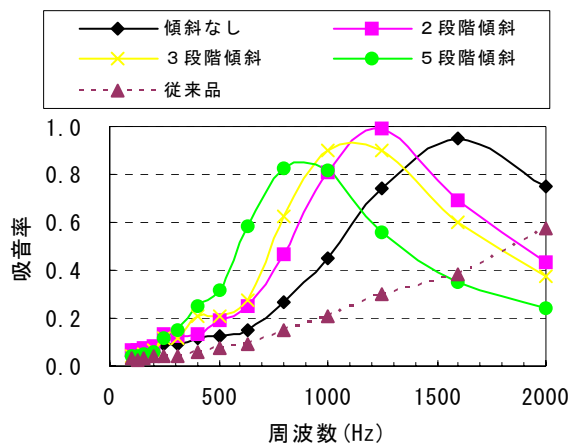


図12 傾斜材料での吸音率の周波数依存性

3.1で得られたエラストマーBと低密度ポリエチレンのコンパウンドフィルムを下記の条件で貼りあわせを行い、得られた傾斜フィルムに不織布を貼り合わせて吸音率の測定を行った。

傾斜なし：エラストマーB：低密度ポリエチレン=50:50のみのフィルム

2段階傾斜：エラストマーB：低密度ポリエチレン=50:50とエラストマーB：低密度ポリエチレン=10:90の張り合わせ

3段階傾斜：エラストマーB：低密度ポリエチレン=50:50, エラストマーB：低密度ポリエチレン=30:70, エラストマーB：低密度ポリエチレン=10:90の貼り合わせ

5段階傾斜：エラストマーB：低密度ポリエチレン=50:50, エラストマーB：低密度ポリエチレン=40:60 エラストマーB：低密度ポリエチレン=30:70, エラストマーB：低密度ポリエチレン=20:80 エラストマーB：低密度ポリエチレン=10:90の貼り合わせ

図12に傾斜材料の吸音率を示す。図に見られるように、張りあわせを多く行うことにより吸音率が低周波数領域にシフトしていることがわかった。

4. 結 言

低周波数領域での顕著な吸音特性と軽量化を両立できる材料の探索を行い、従来品と比較して十分な性能の吸音体を試作することに成功した。

現状60種類以上の組み合わせで吸音量をデータベース化しており、傾斜材料により周波数の制御が容易にできることがわかった。

600~1200Hzでの吸音効果が3dB(50%)以上となり、300~600Hz付近でも35%以上の吸音効果があり低周波数領域でもかなり有効であることがわかった。

現在、地元企業に輸送用機械の天井材料、マット材料などに展開するために技術提供を行っている。

文 献

- 1) 建築音響工学ハンドブック 日本音響材料協会
- 2) 通産省工業技術院編 公害と防止対策 騒音・振動
- 3) 福田基一, 奥田襄介 騒音対策と消音設計
- 4) 飯野香 防音装置の設計
- 5) フィラー研究会編 フィラー活用事典