

木質バイオマスを活用した吸音製品の開発

Development of Sound-absorbing Products Utilizing Woody Biomass

中岡 正典*
NAKAOKA Masanori

抄 録

木質バイオマスの中でも特に県内に多い建具・家具メーカーから排出される切削木屑を対象とし、吸音材料として活用する方法を検討した。使用形態は、コストを抑えるために成型しないで不織布に入れるなど、不定形なままで用いる方法を選択した。木屑の粒子長、かさ密度、そして不織布の通気度を変化させて吸音特性を評価したところ、木屑のかさ密度の増加や被覆する不織布の通気度の低下に伴い、吸音特性が低周波側にシフトした。また、かさ密度の調整により、一般的な多孔質吸音材料の代表であるグラスウールと同等の性能を得られることがわかった。さらに、木屑のかさ密度が低密な場合、通気度が130~55[cc/cm²/sec]程度の不織布の被覆により、特定の周波数で吸音性能が向上するケースが認められた。一方、通気度が10[cc/cm²/sec]程度まで低下すると、主に高周波数域で著しく性能が低下することがわかった。

1 はじめに

県内の製材所などから排出される切削木屑は、かつては一定の割合で委託処理されていたが、現在ではカーボンニュートラルの理念のもと、バイオマス発電所、ボイラー、乾燥機などの燃料として需要が高く、無用の廃材はほとんど無いのが現状である。しかし、燃焼させない再利用の用途があれば、CO₂の排出を抑えることができ地球温暖化対策として理想的である。そこで、本研究では木質バイオマスを再利用する方法の一つとして、県内に多く存在する建具・家具メーカーから排出される木質工場残材を対象とし、吸音材料として活用する方法を検討した。

よって空隙構造が変わり、吸音性能に影響することが予想されるため、表3に示すように各木屑について低密から高密まで4段階を設定した。ここで、密度1は全く圧縮しない条件のかさ密度で、密度4は機械を使わず手作業で圧縮できる範囲で最も高密なかさ密度である。密度2及び3はそれらを3等分した値に設定した。

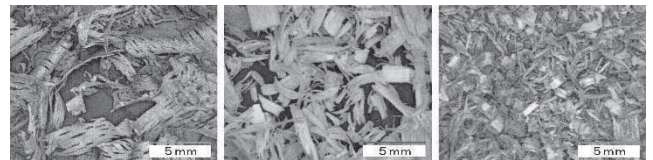


図1 木屑の写真（左からA・B・C）

2 方法

2・1 製品形態と材料

一般的な多孔質吸音材料は、材料を一定の形状に成型した製品が多いが、それらは接着材や乾燥工程などコスト高につながる要因が多い。そこで、本研究では通気性を有する不織布で木屑を被覆し、不定形なままで使用する方法を選択した。

材料の木屑は、粒子長の異なるA・B・Cの3種類とし（図1・表1）、それらを覆う不織布は、ユニチカ（株）の通気性の異なるa・b・c・dの4種類を使用した（表2）。なお、木屑については圧縮度合いに

表1 木屑の仕様

	木屑A	木屑B	木屑C
排出場所	脚物家具メーカー	建具メーカー	当センター
加工機械	5軸NCルーター	多軸モルダー	昇降盤など
樹種	ウォールナットなど	ポプラ	ラワン合板など
含水率(全乾法)	9.0%	9.0%	11.1%
粒子長	(大) 1~20mm	(中) 1~10mm	(小) 0.1~3mm

表2 不織布の通気度

	不織布 a	不織布 b	不織布 c	不織布 d
品番	20307 WTD	20507 BKD	20557 FXZ	90503 SEV
材質	ポリエステル	ポリエステル	ポリエステル	ポリエステル
通気度 [cc/cm ² /sec]	260	130	55	10

* 生活科学担当

以上の材料を用いた具体的な吸音製品の例として、壁面設置を想定した片面を吸音面とした吸音パネルと、空間に吊るして使う吸音体を試作した。また、吸音材料の応用的な用途として、建具を想定した木製遮音フラッシュパネルも製作した。以降で、各試作品の詳細を説明する。

2・2 吸音パネル

吸音パネルのベースは、断面が縦 50mm×横 30mm の LVL で周囲 4 辺のフレームを組み、裏面を 2.5mm 厚の MDF で閉じて、縦 1800mm×横 860mm×厚み 52.5mm のサイズとした。内部は、3 分割した位置と同 LVL を配置し、さらに 48 分割する位置に材厚 5.5mm の合板で仕切りを設けた。この深さ 50mm の空間に木屑を充填し、表面を不織布で被覆して吸音パネルとした(図 2)。内部を仕切りで分割したのは、パネルを立てて使用した際に木屑が沈んで偏ることを防止するためである。

2・3 吸音体

吸音体として使用することを想定し、図 3 に示すように、不織布 c で縦 800mm×横 580mm のサイズで袋を製作し、内部に木屑 B (密度 1) を充填した。ここで、袋内部は吸音パネルの場合と同様に木屑の偏りを防ぐために 4 分割した。吸音性能の評価は、空間に吊るした条件、床面設置(壁面設置を想定)、そして内部に材厚 5.5mm の合板を反射板として差し込んだ条件でそれぞれ測定し結果を比較した。

2・4 木製フラッシュパネル

一般的に、二重構造パネルの内部に多孔質材料のような抵抗材を充填すると、パネル全体の音響透過損失が増すことが知られている。そこで、吸音材料の応用的な使用例として、木製フラッシュパネルの内部に木屑を使用し、遮音効果を検証した。

試作した複数の木製フラッシュパネルについて、それらの仕様一覧を表 4 に示す。フラッシュパネルの基本構成(パネル 1)は、断面が縦 50mm×横 30mm の LVL で周囲 4 辺のフレームを組み、上下を 2 分割した位置に LVL を配置した。さらに、両面を 2.5mm 厚の MDF で閉じて、縦 1960mm×横 860mm×厚み 35mm のサイズとした。内部の 30mm 厚の空間には、表面材の MDF を接着する際に生じるプレス痕の防止やノック時の音の高級感を増すため、ペーパーハニカムコアを入れるのが一般的である(パネル 2)。

表 3 木屑のかさ密度

	かさ密度[kg/m ³]			
	密度1	密度2	密度3	密度4
木屑A	31	62	94	125
木屑B	94	126	157	189
木屑C	102	133	164	195

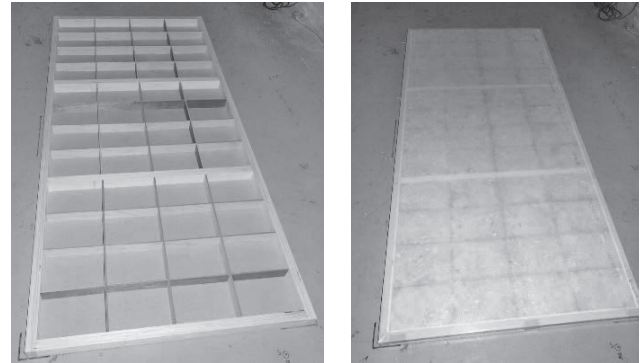


図 2 吸音ベースパネル(左)とそれに木屑を充填してさらに不織布で被覆した吸音パネル(右)

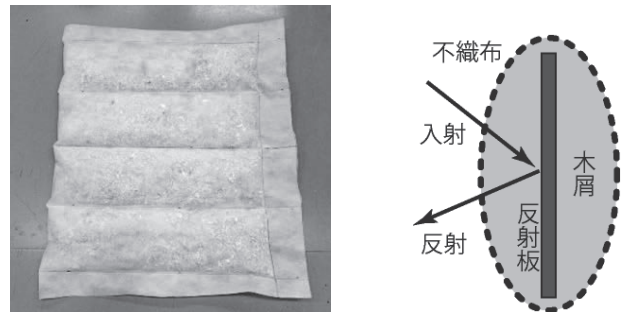


図 3 木屑を充填した不織布袋(左)とその断面(右)

表 4 各木製フラッシュパネルの構成

種類	構成	質量[kg]
パネル1	MDF2.5 + LVL30 + MDF2.5	10.3
パネル2	MDF2.5 + LVL30(ハニカム30) + MDF2.5	11.7
パネル3	MDF2.5 + LVL30(木屑充填ハニカム30) + MDF2.5	15.8
パネル4	MDF2.5 + LVL30(木屑充填不織布袋) + MDF2.5	14.9
パネル5	MDF2.5 + LVL30(グラスウール24K50mm) + MDF2.5	12.2
パネル6	MDF2.5 + LVL30(ハニカム30-50%) + MDF2.5	10.7
パネル7	MDF2.5 + LVL30(ハニカム30-50% + 木屑充填不織布袋-50%) + MDF2.5	13.7
パネル8	MDF4 + LVL30(ハニカム30-50% + 木屑充填不織布袋-50%) + MDF7	20.5

※材料名後の数値は材厚[mm]、そして()はパネル内空間の充填材料を示す。



図 4 表面材を貼る前のパネル内部(パネル 7)

ただし、これにより中・高周波数域で遮音性能が低下することがわかっている¹⁾。そこで、木屑やハニカムコアを使用しない例も含め、様々な仕様でパネルを試作し、それらの性能評価の結果から現実的な仕様を検討した。ここで、表中の「木屑充填」の表記は木屑 B (密度 1) の充填、そして「不織布袋」の表記は同材料を不織布 a で製作した袋に充填したことを示している。また、表中のパネル 7 及び 8 の「50%」の表記は、図 4 のようにペーパーハニカムの中央部分を面積比で 50%削減した仕様である。

2・5 試作品の性能評価

吸音パネルなどの吸音製品の性能評価とは別に、最初に材料自体の吸音性能を測定した。測定方法は、2本のマイクロホンとインピーダンス管で構成される伝達関数法 (JIS A 1405-2) に準拠した測定システムを用い、垂直入射吸音率を測定した (図 5)。まず、材厚を 50mm とし、表 1 の各木屑について表 3 の各かさ密度まで圧縮して吸音率を測定し、さらに表 2 の各不織布で被覆した条件で同様に測定した。

次に、上記と同様の材料構成で吸音パネルを試作し、残響室法吸音率の測定方法 (JIS A 1409) に記載されている等価吸音面積 (吸音力) の測定方法により、1/3 オクターブの周波数分解能で、パネル 1 枚当たりの吸音性能を評価した。測定に際しては、図 6 の受信室 (容積 38m³) の床に吸音パネルを設置し、木屑のかさ密度や被覆する不織布を変化させて、それらの条件が吸音性能に与える影響を検証した。ただし、残響室の容積が JIS 規格を満たさないため、測定値はあくまで参考値であり、本研究で測定した各試料間の相対的な比較においてのみ有用であることに留意する必要がある。

吸音体の測定についても、上記と同様に残響室を使って等価吸音面積 (吸音力) を測定し、吸音性能を比較した。図 7 に吸音体としての使用を想定した不織布袋を残響室内に設置した様子を示す。

木製フラッシュパネルについては、図 6 の残響室間の開口 (縦 1900mm × 横 800mm) に設置し (図 8)、パネルと開口の隙間は油粘土で埋め戻した後、音響透過損失を測定した (JIS A 1416)。ただし、吸音パネルの場合と同様に、残響室が JIS 規格を満たさないため、測定値は参考値である。

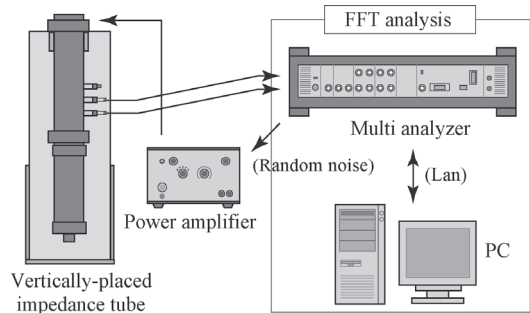


図 5 垂直入射吸音率の測定システム

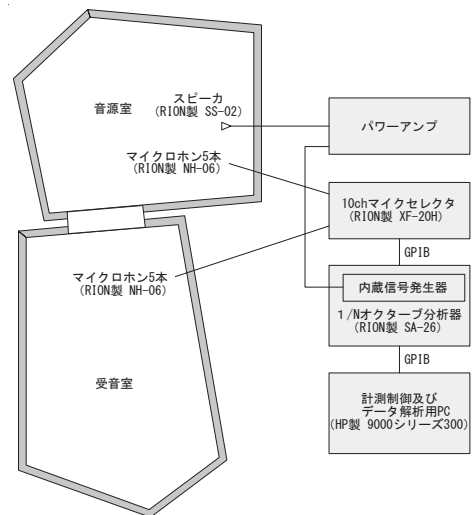


図 6 残響室を使用した測定システム



図 7 不織布袋の床面設置 (左) と吊るし設置 (右)

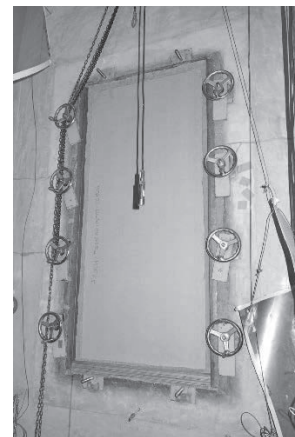


図 8 残響室開口に設置したフラッシュパネル

3 結果および考察

3・1 材料自体の吸音性能

まず、表1の各木屑について、材厚50mmで表3の各かさ密度まで圧縮した条件で、それぞれ垂直入射吸音率を測定した結果を図9に示す。なお、既存の多孔質吸音材料と比較するため、かさ密度24[kg/m³]で材厚50mmのグラスウールについても同様に測定し併記した(各図中の点線 - GW24K)。

木屑Aは、かさ密度の増加に伴い低周波側のピークが1に近づき、同時に低周波側にシフトしている。また、それ以上の周波数についても全体的に性能が増している(図9-a)。木屑Bでも同様であるが、密度3で最も低周波側のピークが高く、密度4では若干値が下がっている。ピークが1に最も近くなるかさ密度を最適値と仮定すると、木屑Bは密度3が最適値に近いと考えられる(図9-b)。木屑Cについては、最も低密な密度1が最適値で、それ以上の密度ではピークが徐々に下がり、同時に低周波側にシフトしている(図9-c)。

各木屑とも、中・高周波数域で吸音率が高く、一般的な多孔質吸音材料の特徴が表れている。また、かさ密度を最適値にコントロールすることで、グラスウールとほぼ同等の性能が得られることもわかる。

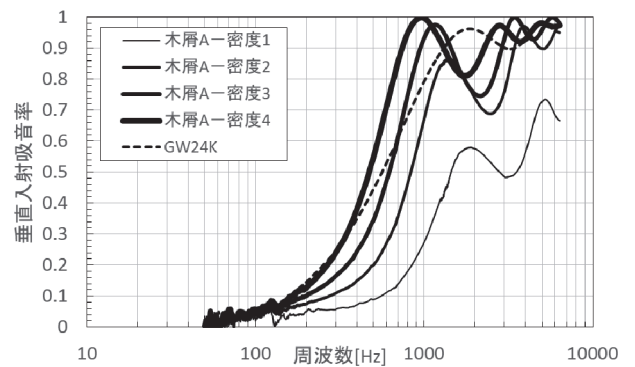
3・2 不織布の被覆による吸音性能の変化

前項に引き続き、各木屑の各かさ密度について、表2の通気度の異なる不織布で被覆した際の垂直入射吸音率を測定した結果を図10(木屑A)、図11(木屑B)、そして図12(木屑C)にそれぞれ示す。

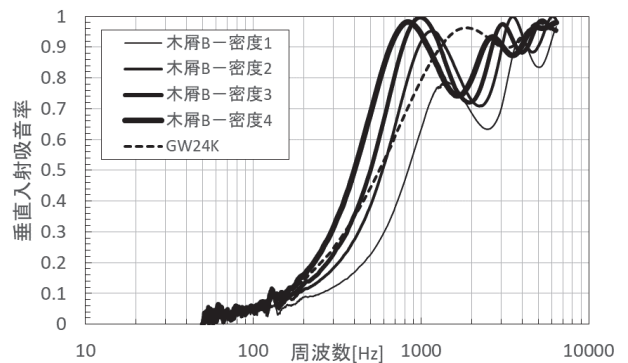
まず、木屑Aについて、低周波側のピークに着目すると、木屑のかさ密度が低い条件では、不織布の通気度の低下に伴いピークが1に近づき、同時に低周波側にシフトしている(図10-a・b)。一方、木屑のかさ密度が高く木屑のみで低周波側のピークが予め1に近い条件では、不織布の通気度の低下に伴い、ピークの値が下がっている(図10-c・d)。これらの不織布の通気度の変化に伴うピークの移動傾向は、図9で木屑のかさ密度を変化させた際のピークの移動傾向に類似している。ただし、高周波数域については、特に木屑のかさ密度が高い条件で、不織布の通気度の低下に伴い一様に性能が低下している。以上の結果から、木屑Aで高周波数域の性能をある程度維持しつつ、低周波側のピークの吸音率の値も求

める場合、木屑のかさ密度をある程度高くしつつ(密度3・4)、不織布a(通気度260[cc/cm²/sec])や不織布b(通気度130[cc/cm²/sec])のように比較的通気度の高い不織布で被覆する組み合わせが適していることがわかる。

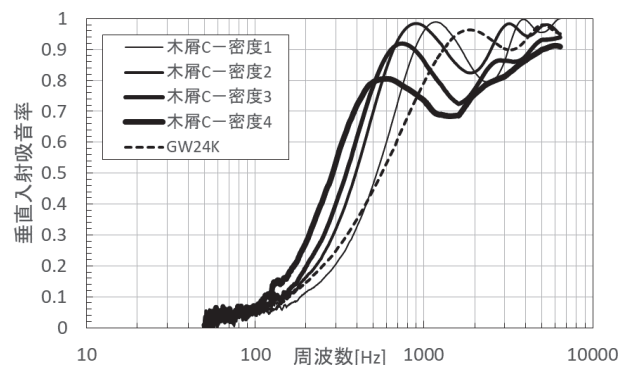
次に、木屑Bの密度1における不織布による被覆の影響は(図11-a)、木屑Aの低密時の傾向(図10-b)に類似している。密度2では(図11-b)、木屑Aの高密時の傾向(図10-c・d)に類似している。密度3・4では(図11-c・d)、木屑のかさ密度が最適値に近いため、不織布の通気度の低下に伴い、一



(a) 木屑 A

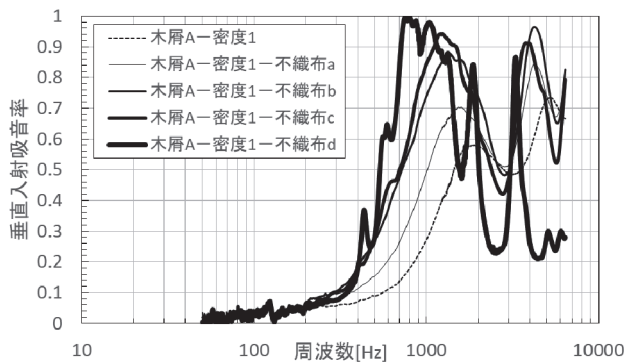


(b) 木屑 B

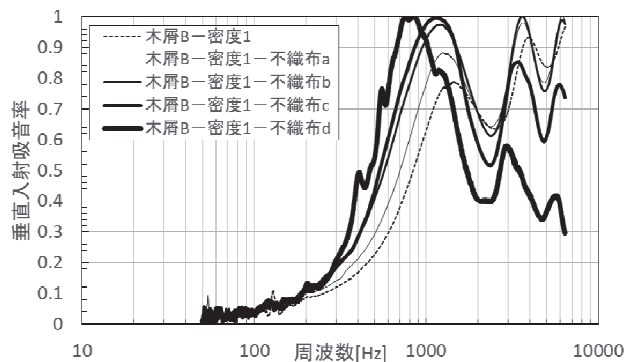


(c) 木屑 C

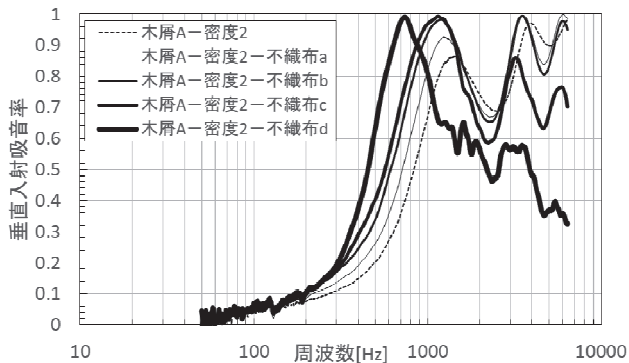
図9 かさ密度が吸音性能に及ぼす影響



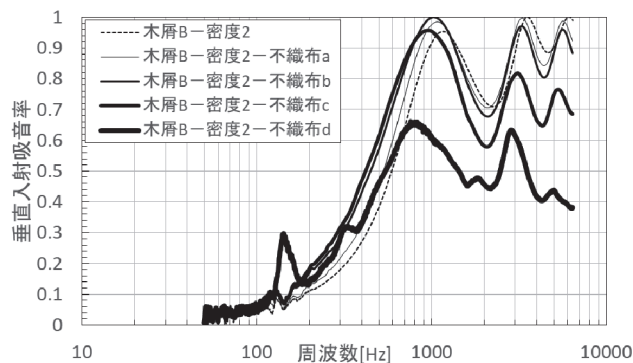
(a) 木屑 A 密度 1



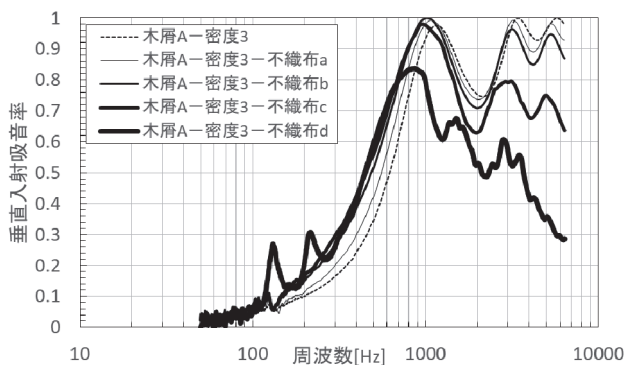
(a) 木屑 B 密度 1



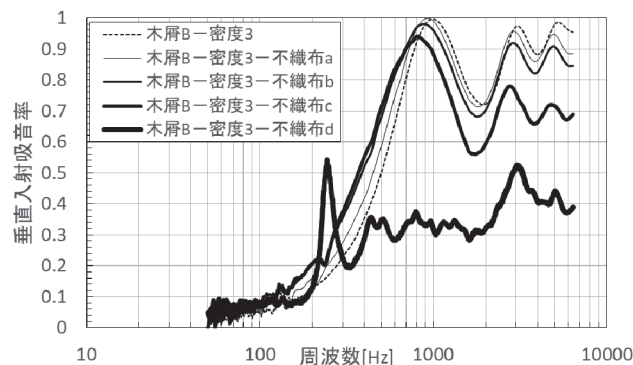
(b) 木屑 A 密度 2



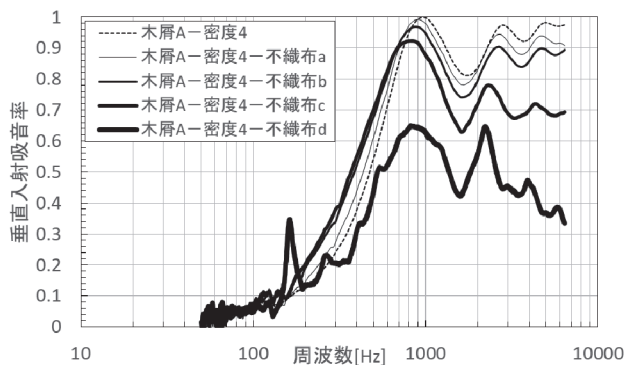
(b) 木屑 B 密度 2



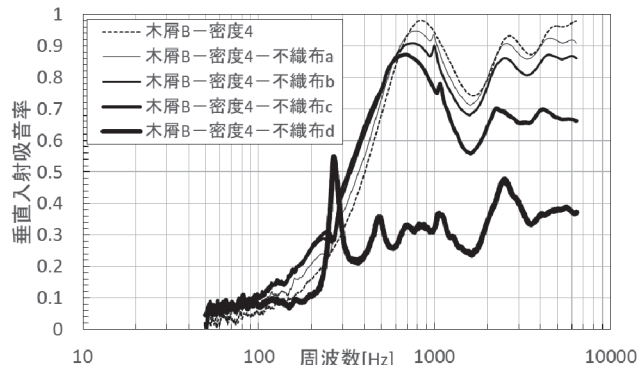
(c) 木屑 A 密度 3



(c) 木屑 B 密度 3



(d) 木屑 A 密度 4



(d) 木屑 B 密度 4

图 10 不織布が吸音性能に及ぼす影響 (木屑 A)

图 11 不織布が吸音性能に及ぼす影響 (木屑 B)

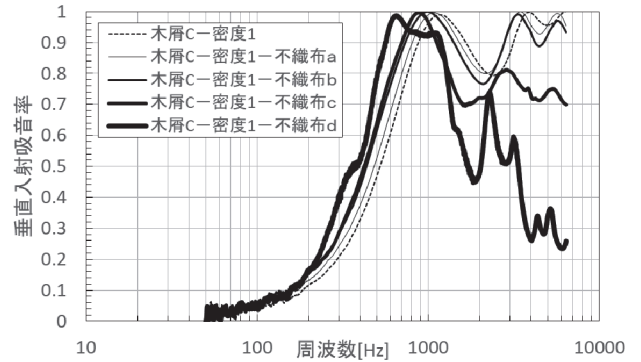
様に吸音率が低下している。特に不織布 d (通気度 10[cc/cm²/sec]) で被覆した条件では、250Hz 近辺のピークを除き、全測定周波数域にわたり、極端に性能が悪化していることがわかる。以上の結果から、木屑 B で高い吸音性能を得るためには、密度 1 では不織布 b・c、密度 2 以上では不織布 a・b の組み合わせで用いるのが適切であることがわかる。なお、一定の空間に木屑を詰め込む際には、かさ密度の増加が必ず伴うため、若干の圧縮によるかさ密度の増加で最適値に近くなる木屑 B と、通気度の高い不織布 a・b による被覆は、吸音製品に利用しやすい組み合わせであると思われる。

最後に、木屑 C について不織布の被覆による効果を検証した。まず、低周波側のピークに着目すると、木屑のかさ密度が最適値の直前である密度 1 の条件では、低周波側のピークは吸音率を 1 近くに保ったまま低周波側にシフトしている。(図 12-a)。密度 2 以上については、いずれも不織布の通気度の低下に伴い、低周波側のピークの吸音率が低下している(図 12-b~d)。一方、高周波数域については、特にかさ密度が 2 以上の条件で、不織布の通気度の低下に伴い、全周波数帯域にわたって吸音率が一様に低下している(図 12-b~d)。なお、不織布 d については、木屑 B の場合と傾向が類似しており、特に木屑が密度 3・4 の条件で著しく性能が悪化している。以上の結果から、木屑 C で高い吸音性能を得るためには、木屑は低密(密度 1)で、不織布は a・b などの通気度の高い組み合わせで用いる必要があることがわかる。

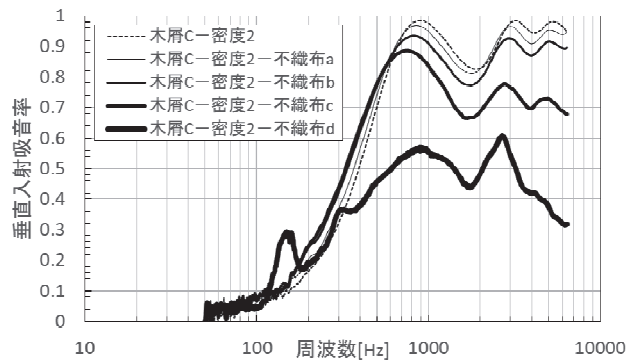
3・3 吸音パネルの吸音性能

前項までは、木屑単独あるいは不織布を組み合わせ、材料のみによる吸音性能を垂直入射吸音率の測定により検証した。本項では、それらの材料を使用して図 2 のような吸音パネルを試作し、等価吸音面積(吸音力)の測定により、パネル 1 枚当たりの吸音性能を評価した。木屑の充填のみで表 3 の密度 1~3 の範囲でかさ密度を変化させた条件、そしてさらに各かさ密度について表 2 の通気性の異なる各不織布で被覆した条件について、それぞれ等価吸音面積を比較した結果を図 13~図 15 に示す。

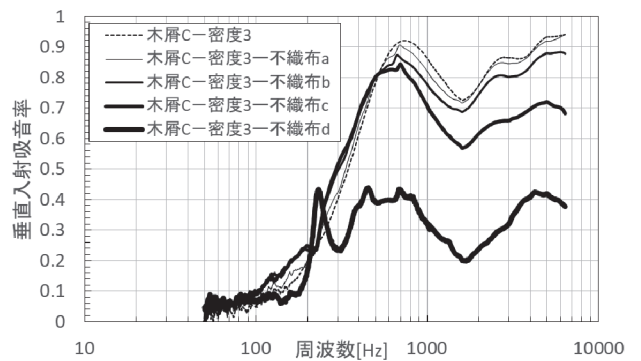
まず、木屑 A を充填した不織布無しの吸音パネルで、かさ密度を変化させて比較すると(図 13-a)、



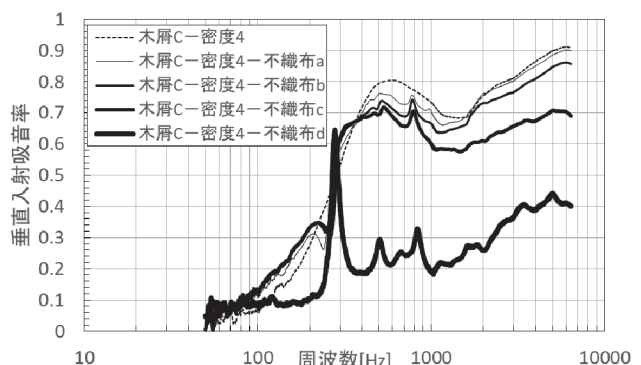
(a) 木屑 C 密度 1



(b) 木屑 C 密度 2

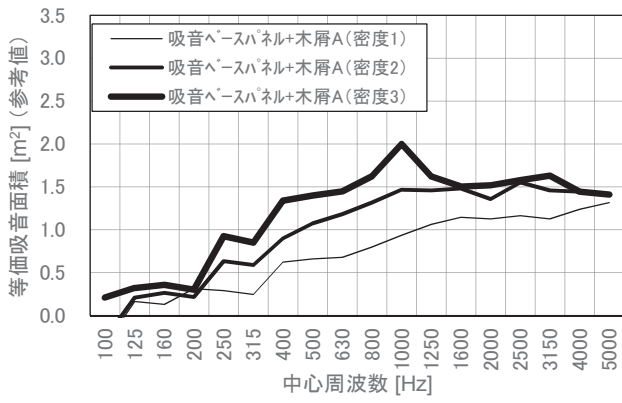


(c) 木屑 C 密度 3

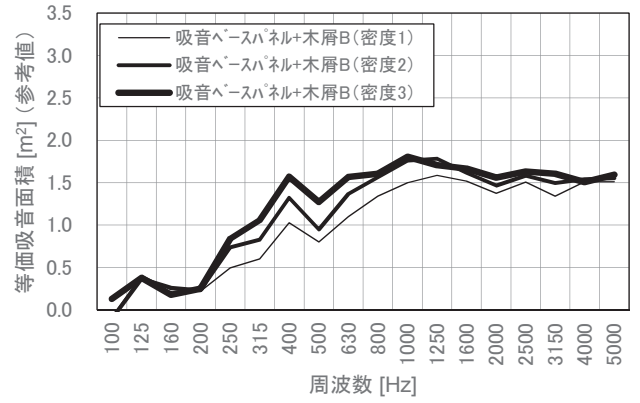


(d) 木屑 C 密度 4

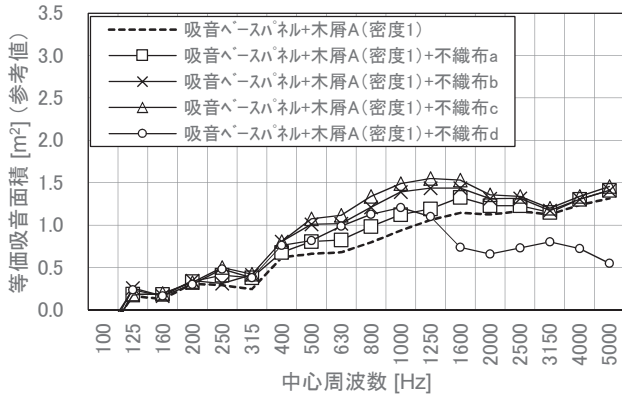
図 12 不織布が吸音性能に及ぼす影響(木屑 C)



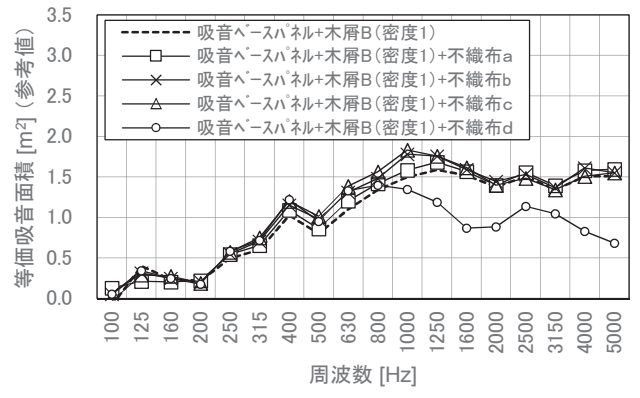
(a) 木屑 A



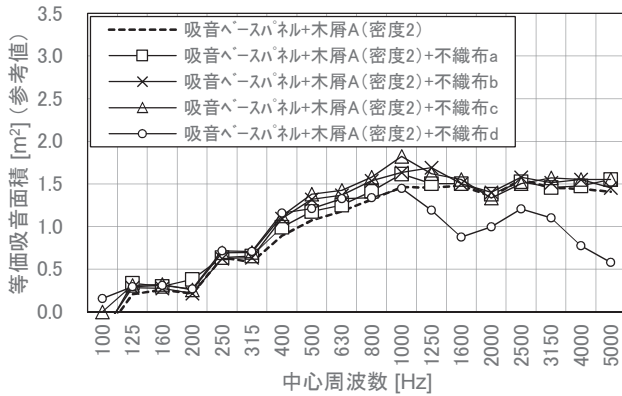
(a) 木屑 B



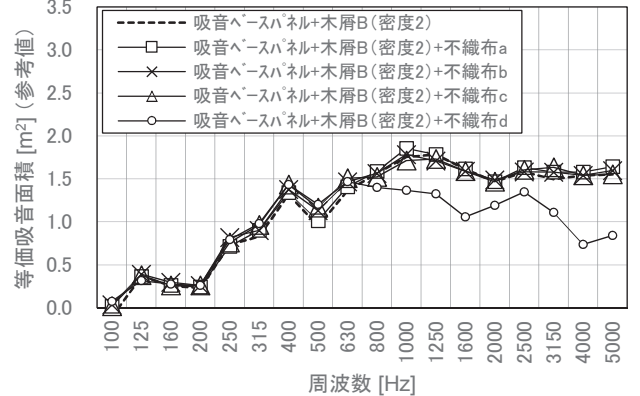
(b) 木屑 A 密度 1 に不織布で被覆



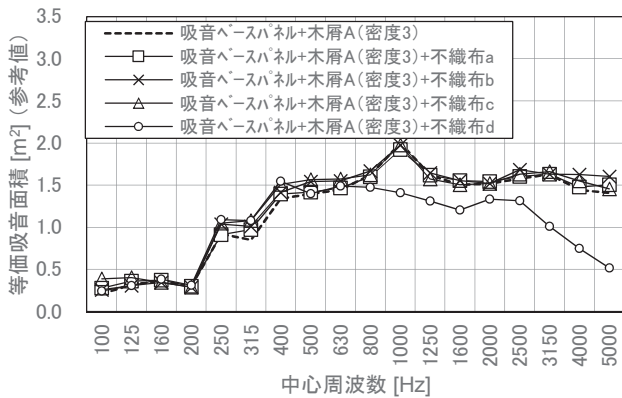
(b) 木屑 B 密度 1 に不織布で被覆



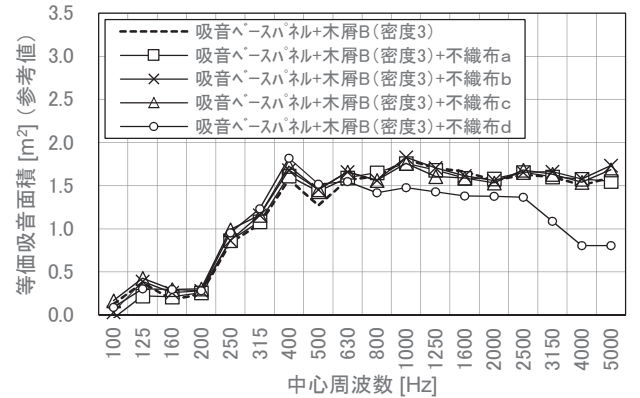
(c) 木屑 A 密度 2 に不織布で被覆



(c) 木屑 B 密度 2 に不織布で被覆



(d) 木屑 A 密度 3 に不織布で被覆



(d) 木屑 B 密度 3 に不織布で被覆

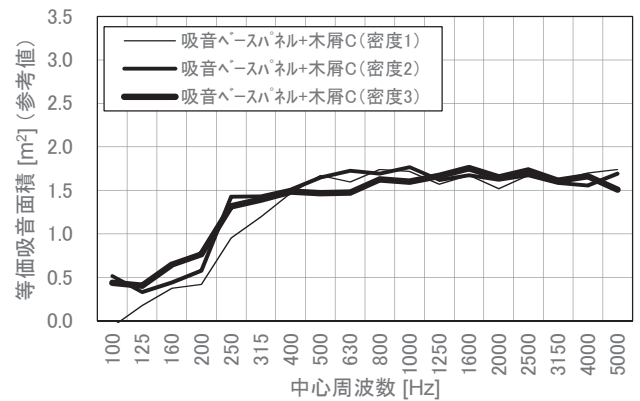
図 13 吸音パネルの性能 (木屑 A)

図 14 吸音パネルの性能 (木屑 B)

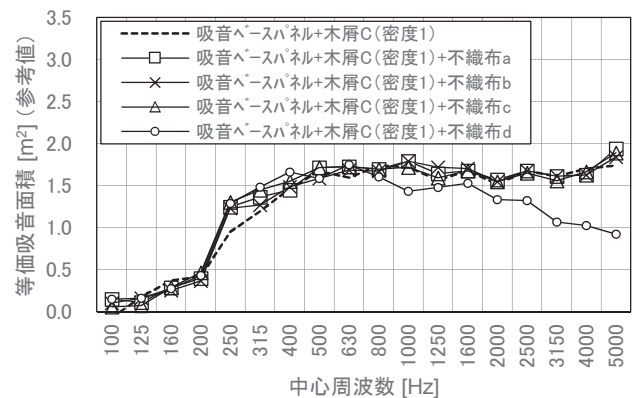
かさ密度の増加に伴い250Hz以上の周波数帯域で吸音性能が向上しているが、特に1kHzで顕著である。等価吸音面積の測定では1/3オクターブごとの測定値になるため、垂直入射吸音率に比べ周波数分解能が劣り、直接比較はしづらいが、木屑のみで垂直入射吸音率を比較した図9-aと概ね同様の傾向を示していることがわかる。また、木屑Aの各かさ密度について、被覆する不織布の通気度を変化させた比較では(図13-b~d)、かさ密度が高くなるに従い、不織布の種類による吸音率の差が小さくなっている。これは、材料のみの状態で垂直入射吸音率により比較した図10-a~cの低周波側のピーク周辺の様子と類似している。ただし、高周波数域については様子が異なり、吸音パネルでは不織布dによる吸音性能の低下を除き、不織布a~c間による差はほとんど生じていない。結果として、粒子長が大きい木屑Aを用いた吸音パネルでは、かさ密度が低い条件では不織布c、そしてかさ密度が高い条件では不織布d以外との組み合わせが適切であることがわかった。

次に、木屑Bを充填した不織布無しの吸音パネルで、かさ密度を変化させて比較すると(図14-a)、かさ密度の増加に伴い250Hzから3150Hzの周波数範囲で吸音性能の向上が認められ、400Hzに生じているピークを除き、材料のみで垂直入射吸音率により比較した図9-bと同様の傾向であった。また、木屑を不織布で被覆したパネルの比較で(図14-b~d)1000Hzのピーク周辺に着目すると、不織布a~cについては木屑のかさ密度の増加に伴い吸音率の差が小さくなっており、これは材料のみで垂直入射吸音率により比較した図11-a~cとほぼ同様の傾向である。ただし、吸音パネルの高周波数域については、不織布による差がほとんど生じておらず、図11と結果が異なった。なお、不織布dの被覆による吸音性能の低下度合いについては、吸音パネルで木屑のかさ密度を増加させた場合に比べ(図14-b~d)、垂直入射吸音率で比較した図11-a~cにおける差の方が顕著である。結果として、木屑Bを用いた吸音パネルでは、かさ密度が低い条件では不織布b・c、そしてかさ密度が高い条件では、不織布d以外との組み合わせが適切であることがわかった。

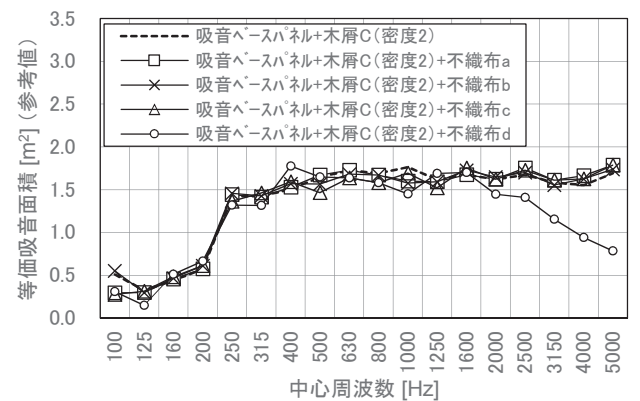
最後に、木屑Cを充填した不織布無しの吸音パネルで、かさ密度を変化させて比較すると(図15-a)、



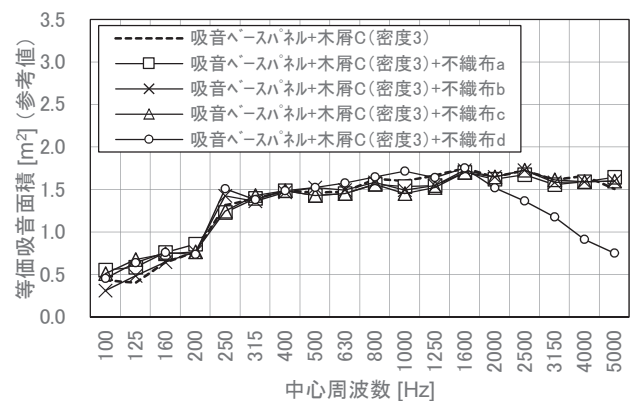
(a) 木屑 C



(b) 木屑 C 密度 1 に不織布で被覆



(c) 木屑 C 密度 2 に不織布で被覆



(d) 木屑 C 密度 3 に不織布で被覆

図 15 吸音パネルの性能 (木屑 C)

250Hzにおける急激な吸音率の立ち上がりを除き、かさ密度の増加に伴う低周波数域の吸音特性の改善という点では、垂直入射吸音率で比較した図9-cと同様の傾向を示している。一方、不織布で被覆した際の比較では(図15-b~d)、不織布dを除き、高周波数域を中心にほとんど差異が認められず、材料のみで垂直入射吸音率により評価した図12-a~cと異なった。また不織布dの被覆による吸音率の低下についても、木屑Bの場合と同様に吸音パネルの性能低下が高周波数域に限定されており(図15-b~d)、図12-a~cの結果と異なった。結果として、木屑Cを用いた吸音パネルで低周波数域の性能を優先する場合は、木屑のかさ密度を高くし、不織布についてはd以外を選択する組み合わせが適切であることがわかる。

以上の結果をまとめると、不織布による被覆無しの木屑充填のパネルについて、等価吸音面積により評価した結果は、材料のみで垂直入射吸音率により評価した3・1項の吸音特性の結果と概ね同様の傾向を示した。一方、不織布による被覆の影響については、低周波側のピーク周辺の周波数帯域では、材料のみで垂直入射吸音率により評価した3・2項の結果と概ね同様の傾向を示したが、高周波数域では差異が生じにくいことがわかった。

3・4 吸音体の吸音性能

吸音体を想定して試作した木屑充填の不織布袋(木屑B密度1)について(図3)、その設置方法による吸音性能の違いを等価吸音面積の測定により比較した(図16)。床置き(壁面設置を想定)に対し、吊りし設置した条件が全測定周波数域において優れており、袋内に反射板を挿入した条件では、630Hz以上の周波数帯域でさらに性能が向上した。これは、反射板により反射波どうしの干渉が増加して吸音効果が表れたものと考えられる。

3・5 木屑を充填した木製フラッシュパネルの遮音性能

建具を想定した木製フラッシュパネルについて、遮音性能を向上させるために内部に木屑を使用したパネルや、比較対象として仕様の異なる複数のパネルを試作し、それらの音響透過損失を測定して遮音性能を比較した。

まず、表4の各木製フラッシュパネルの中から、

パネルの内部空間に様々な材料を充填して遮音性能を比較した結果を図17に示す。なお、グラフ内には建具の遮音性能の下限目標値であるT-1等級線(点線)を併記した。結果は、充填材の無いパネル1に対し、内部にペーパーハニカムコアを充填したパネル2では、500Hz以上の周波数帯域で大幅に遮音性能が低下した。しかし、このハニカムコアのセル内に木屑B(密度1)を充填したパネル3では、全測定周波数帯域にわたり性能改善し、パネル1と比較して平均で5.5dB改善した。同様に、パネル内部に木屑B(密度1)内蔵の不織布袋(不織布a)を設置したパネル4、そしてかさ密度24[kg/m³]のグラスウ

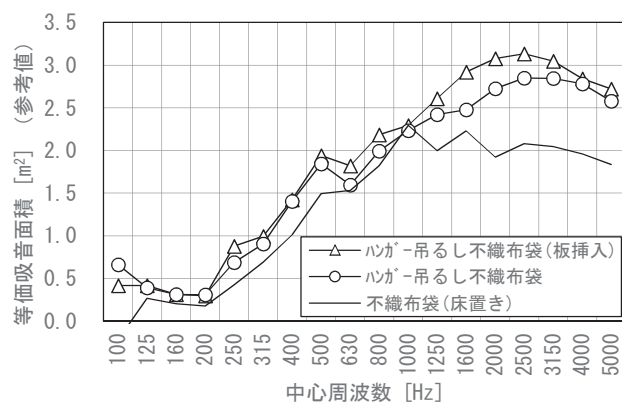


図16 不織布袋の設置方法による吸音性能の差

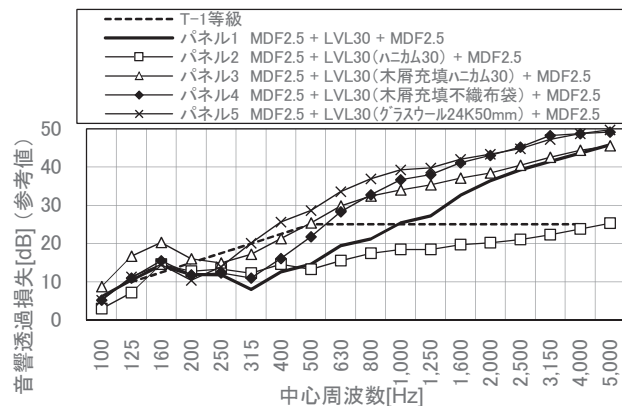


図17 フラッシュパネルの遮音性能の比較(1)

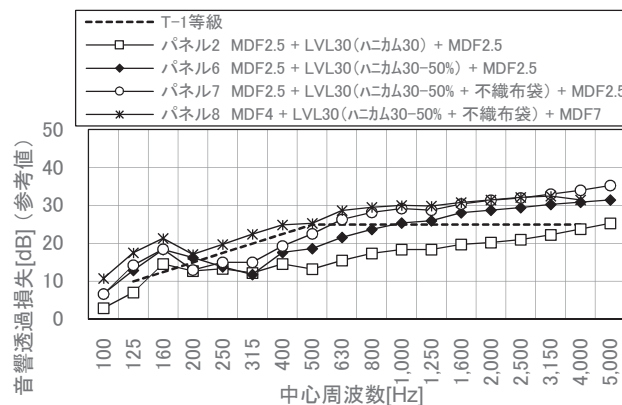


図18 フラッシュパネルの遮音性能の比較(2)

ールを充填（材厚 50mm を 30mm の空間に圧縮）したパネル 5 では、パネル 1 に対しそれぞれ平均で 5.2dB と 7.4dB の改善が得られた。ただし、両パネルとも低周波数域の改善量が小さい。一方、パネル 3 は曲げ剛性の増加により低周波数域で他のパネルに比べ相対的に値が高く、それにより T-1 等級線との乖離が小さいため、追加対策による目標値の達成が容易であると考えられる。また、2・4 項で述べたとおり、表面材に生じるプレス痕やノック音対策にハニカムコアは必要である。しかし、建具メーカーの生産ラインでセル内に木屑を充填するのは、専用設備がないと現実的な仕様ではない。

そこで、ペーパーハニカムコアを残しつつ、木屑を使う折衷案を検討するため、追加でパネルを試作し遮音性能を比較した（図 18）。表面材にプレス痕が生じるのは、下部に芯材がある部分であるため、芯材周辺だけハニカムコアを残し、中央部分のハニカムコアを面積比で 50%削減したのがパネル 6 である。これを全面にハニカムコアを用いたパネル 2 と比較すると、平均で 5.5dB の改善が得られた。そしてさらに、ハニカムコアを削減した部分に木屑 B（密度 1）を充填した不織布袋を設置したのがパネル 7（図 4）で、パネル 6 に比べ平均で 2.3dB 改善した。これは不織布袋のみによる改善量であるが、ハニカムコアの削減も含めたパネル 2 との比較では、合計で 7.8dB の改善が得られたことになる。ただし、T-1 等級線には達していないので、さらに追加対策として表面材の MDF の材厚を 2.5mm から 4mm と 7mm に増したのがパネル 8 である。これにより、パネル 7 から平均して 2dB の改善が得られ、特に 315Hz 周辺の落ち込みが改善したことにより、T-1 等級を達成することができた。

4. まとめ

粒子長の異なる 3 種類の木屑について、木屑のかさ密度やそれを被覆する不織布の通気度を変化させて、それらの条件が吸音性能に与える影響を検証した。その結果、木屑のかさ密度の増加や被覆する不織布の通気度の低下に伴い、吸音性能が低周波側にシフトすることが確かめられた。また、木屑のかさ密度のコントロールにより、グラスウールと同等の

吸音性能を得られることがわかった。木屑のかさ密度とそれを被覆する不織布の組み合わせについては、木屑の種類とかさ密度により、吸音性能が最大化する不織布の通気度が変化することがわかった。

吸音パネルを試作して等価吸音面積で評価した実験では、不織布による被覆無しの場合や低周波側のピーク周辺の周波数については、材料のみで垂直入射吸音率により評価した結果と概ね同様の傾向を示したが、特に高周波数域については、不織布の被覆による差異が生じにくいことがわかった。

木屑を充填した不織布袋を吸音体と想定し、床置き（壁面設置を想定）と空間に吊るした条件で比較した実験では、吊るした条件の方が 1250Hz 以上の周波数帯域で吸音性能が勝り、不織布袋内に反射板を挿入することでさらに性能が向上した。

木製フラッシュパネル内に木屑を使用して遮音性能を評価した実験では、パネル内部のハニカムコアを一部削減して空いたスペースに木屑を充填した不織布袋を設置し、さらに表面材の MDF の材厚を増すことで、T-1 等級を達成することができた。

最後に、製品化を見据えて各木屑を比較した感想を述べる。木屑 A は吸音性能を高めるために高密にする必要があり充填に手間がかかる。粒子が小さい木屑 C は、不織布から粉が漏れやすく、また作業時に粉塵が舞いやすいため作業環境が悪くなる。一方、木屑 B は若干の圧縮でかさ密度が最適値に達し易いが、そもそも不織布袋や吸音ベースパネルへの木屑の充填時には、必ず圧縮によるかさ密度の増加が伴うため都合がよく、吸音製品の材料として扱い易いと感じた。

謝辞

切削木屑を提供していただいた県内の建具および家具メーカーの方々に対し、この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

1) 中岡正典. “ハニカムフラッシュ構造の音響特性について”. 徳島県立工業技術センター研究報告, 2013, 22, p.17-22.