

## 会員の頁

1. マイクロパーフォレーション効果による小孔加工の化粧シート付アルミ吸音内装材「Pin Hole Panel<sup>®</sup>」のご紹介
2. 防音調湿天井構造のご紹介
3. 「令和2年度一般社団法人日本音響材料協会 音響基礎講習会」開催報告
4. やさしい防音講座 —防音の基礎知識—

### 1. マイクロパーフォレーション効果による小孔加工の化粧シート付アルミ吸音内装材「Pin Hole Panel<sup>®</sup>」のご紹介

齋藤 洋平 (Youhei Saito)  
田中 明 (Akira Tanaka)  
株式会社セラーズ

#### 1. はじめに

ガラスやタイル、石材、金属パネル等、内装建材が多様化する中、天井の岩綿吸音板程度しか吸音していない建物が散見されるようになりました。このように内装材が多様化した結果、会話や放送が聞き取りにくくなる傾向があり、雰囲気作りや精神的な落ち着き、さらには非常時の緊急アナウンスを確実に聞き取るなど、近年、音環境改善の重要性が極めて高くなっています。特に最近では、コロナ禍の影響でリモート会議が増える一方、室内の反響音によって互いの声が聞き取りにくい事象が増えています。

これまで設計者が室内空間において不燃性能を有する吸音材を検討する際、岩綿吸音板、化粧グラスウール板などしか選択肢がなく、意匠性に制約を受けていました。当社は意匠性の高い化粧塩ビシートを使った内装ボードを長年製造販売しており、そこで培ったノウハウを生かして優れた吸音性能を有する内装不燃建材「Pin Hole Panel<sup>®</sup>」(以下、ピンホールパネル)に使用する化粧塩ビシートは400以上色柄があり、小ロットで生産が可能です。表面の孔は直径1.0 mm、(@4.0 mm)のため、化粧塩ビシートの色柄への影響はほとんどありません。化粧塩ビシートはすでに意匠性の高い内装材としての実績とロングライフ性が実証されて

います。

また、今までの吸音材は汚れた時の清掃に問題がありましたが、塩ビシートはクリーニング性にも優れています。

#### 2. 製品仕様

ピンホールパネルはアルミ板(0.6 mm)に化粧塩ビシート(0.2 mm)をラミネートし、微細孔をあけ、裏面にグラスウールを配した構造です。共鳴現象(マイクロパーフォレーション効果)により音エネルギーを熱エネルギーへ変換することによって吸音します。特に人の声の主音域(500~2,000 Hz)において吸音性能を発揮するよう孔径・ピッチ・背面材料を構成しており、吸音性能の目安となるN.R.C値では、岩綿吸音板や有孔板が0.4~0.5に対し、ピンホールパネルは0.76と、優れた性能を有します。表面材の化粧塩ビシートは、多色柄・小ロットの対応が可能です。軽量で強度があり、清掃性・耐食性・不燃性に優れた性能は、室内空間に最適な素材といえるでしょう。内壁だけでなく天井にも使用可能なため、従来の吸音材に比べデザイン幅が格段に広がります。

##### 2.1 剛性アルミ板タイプ

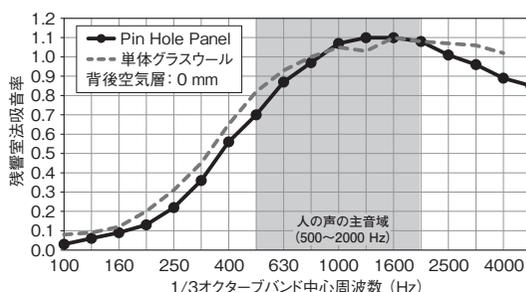


図1 グラスウールと比較した吸音率グラフ

材料構成：アルミ板 t0.6に化粧塩ビシート貼(有孔開口1.0 φ @4.0) +GW(45 kg/m<sup>3</sup>) +GW(96 kg/m<sup>3</sup>) t25/重量：4.0 kg/m<sup>2</sup>/不燃番号：NM-4037-1

## 2.2 剛性アルミ板薄型タイプ

材料構成：アルミ板 t0.6に化粧塩ビシート貼(有孔開口1.0 φ @4.0) +GW(45 kg/m<sup>3</sup>) t10/重量：2.1 kg/m<sup>2</sup>/不燃番号：NM-4167

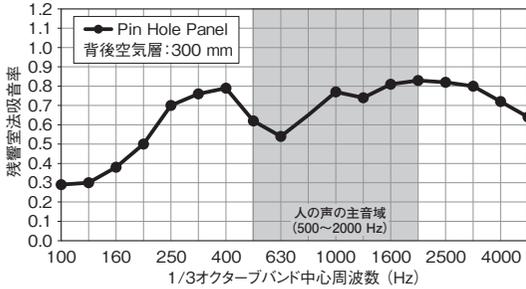


図2 薄型タイプ 背後空気層による吸音率グラフ

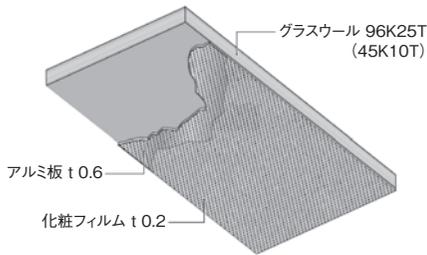


図3 ピンホールパネル構成図

## 3. 施工方法

### 3.1 接着直貼り工法

下地材(石膏ボード)に専用の接着剤+接合用両面テープで取り付ける施工方法です。主に壁に使用して

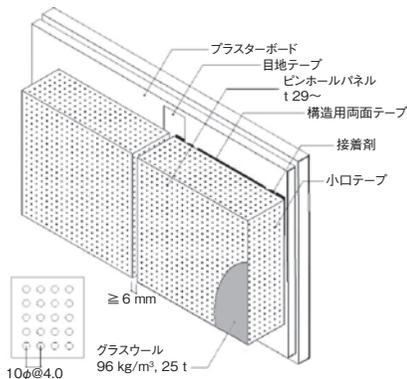


図4 ピンホールパネル(接着工法) 概念図

おり、化粧ケイカル板と組み合わせる等により、様々なデザインのバリエーションが可能です。

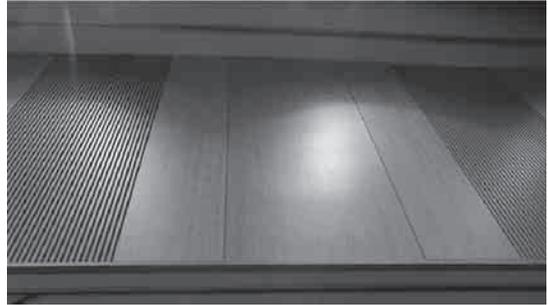


写真1 無孔板とルーバーのデザイン貼りの例

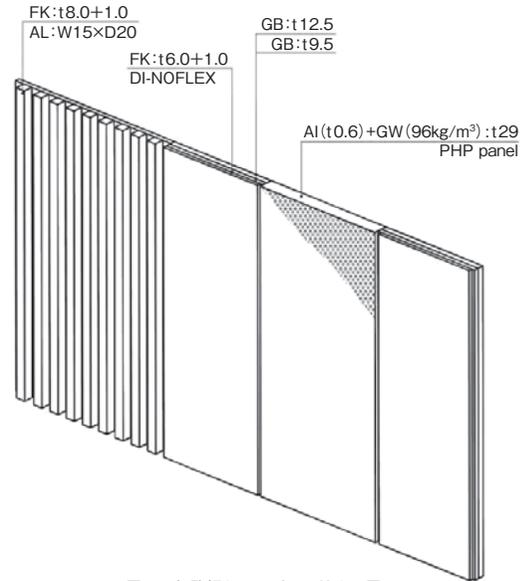


図5 無孔板とルーバーの納まり図



写真2 接着工法による天井施工例



写真3 施工事例[Gメッセ群馬]

### 3.2 接着併用ビス留め工法

天井等で安全性を向上させる目的として、下地材(石膏ボード)に専用の接着剤+両面テープで施工した後、目地部に施したエッジへビス留めする工法です。

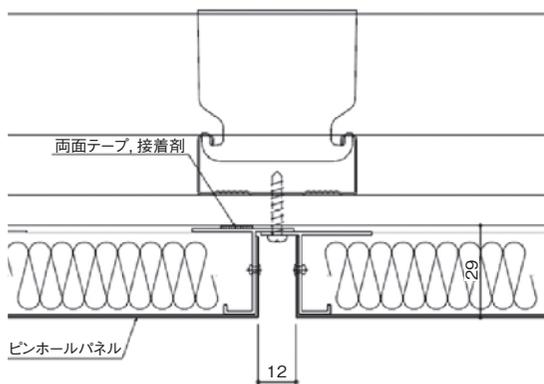


図6 接着併用ビス留め工法 納まり図

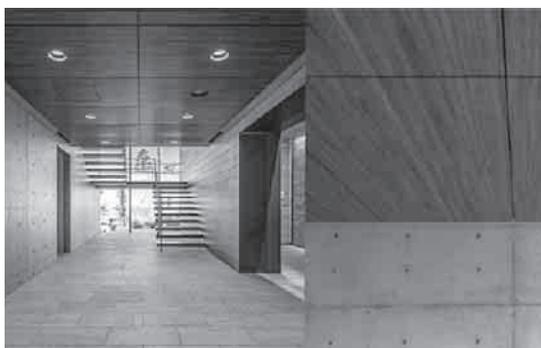


写真4 目地にビス留め天井施工例

### 3.3 スパンドレル工法

下地軽量鉄骨(野縁)へ目地部でビス留め嵌合する工法です。

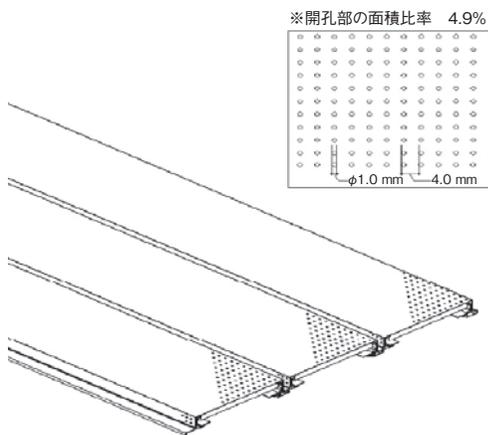


図7 接着併用ビス留め+リブ工法 納まり図



写真5 スパンドレル 天井施工事例

### 3.4 リブ工法

リブの形状に成型し、目地部でビス留めした工法です。

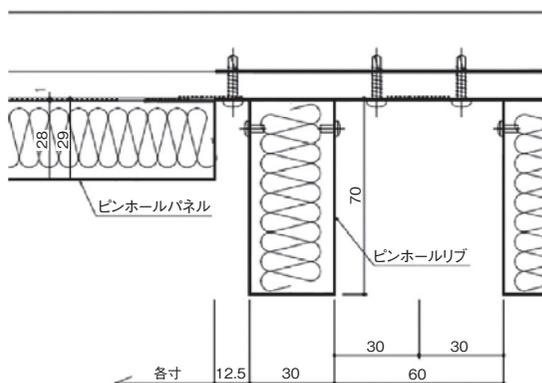


図8 リブ工法 納まり図



写真6 リブ 壁施工事例

### 3.5 接着併用ビス留め工法とリブを組合せた事例

ピンホールパネルにリブをビス固定した後、壁および天井に接着併用ビス留めした事例です。

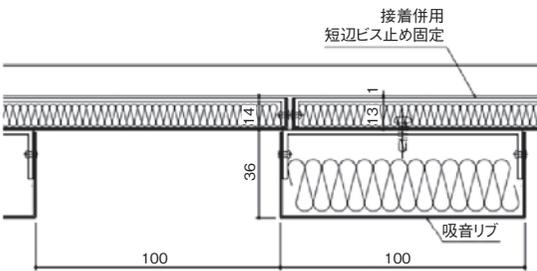


図9 接着併用ビス留め+リブ工法 納まり図



写真7 壁 天井 ピンホールパネル+リブ組合せ事例



写真8 天井 ピンホールパネル+リブ組合せ事例

### 3.6 システム天井工法

システム天井に採用した事例です。

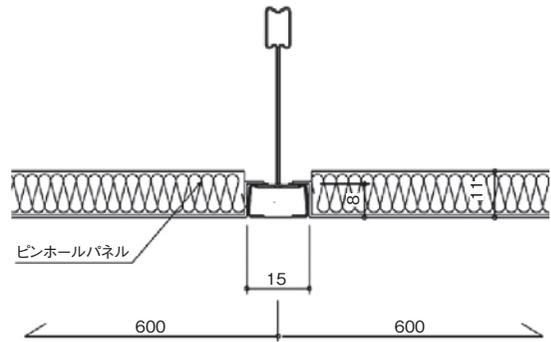


図10 システム天井工法 納まり図



写真9 システム天井納まり事例



写真10 システム天井事例

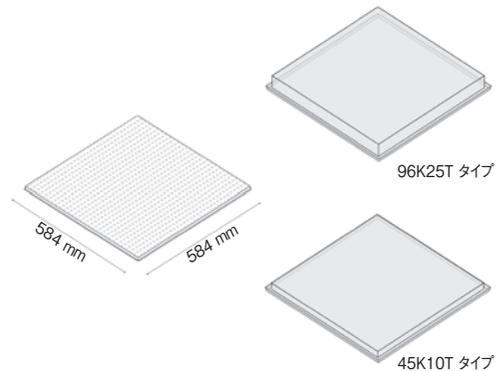


図11 システム天井パネル規格サイズ

#### 4. 機能性を備えるピンホールパネル※不燃認定外

特殊加工の機能性化粧塩ビシートをラミネートすることでプロジェクター投影用スクリーンとして、吸音性能だけでなく機能性を兼ね備えています。

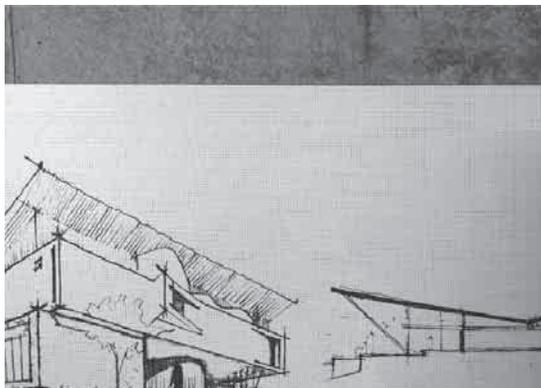


写真11 ホワイトボードパネル事例



写真12 プロジェクタースクリーン事例

また、ポスターアートや写真を印刷したピンホールパネルは、オフィスなどの非居住空間にとどまらず住宅やホテルの客室等で数多く採用されています。



写真13 アートパネル設置事例

#### 5. 最後に

多様な色・柄、優れた清掃性、不燃認定建材、同色柄の内装板と組み合わせが可能な内壁・天井用吸音板「ピンホールパネル」をご紹介いたしました。

既にオフィスビルやホテルのエントランスロビー、会議室や役員室、大規模なイベント施設、幼稚園のプレイルームなど施設規模の大小に関わらず、数多くの実績があります。

セラーズの「ピンホールパネル」をご検討いただけますようお願い致します。

<https://www.sellersphp.com/>

<https://www.dinoflex.co.jp/>

## 2. 防音調湿天井構造のご紹介

石飛 裕司 (Yuji Ishitobi)  
浅沼 友光 (Tomomitsu Asanuma)  
出雲土建株式会社  
(Izumo Doken Corporation)

### 1. はじめに

ご存知の方もおられるとは思いますが、弊社は不織布に入ったチップ状の木炭を天井裏に施工し、床衝撃音を低減する事のできる商品「天井用調湿木炭」を取り扱っております。このたび良いご縁があり、日本音響材料協会の正会員になりました。これからどうぞよろしくお願い致します。

本報では会社概要や天井用調湿木炭のPRと合わせて、技術資料についてもご紹介させていただきます。

### 2. 会社概要

弊社は島根県出雲市に本社があり土木・建築・緑化・リサイクル事業などを中心に従業員数73名で事業を行っている。平成13年、公共事業や民間工事の先細りが叫ばれる中、今後重要な環境問題に着目し、新規事業としてリサイクル率の低い廃木材(家屋の解体材)をチップ化し、木炭に生かす製造業に参入した。出雲土建(株)の木材リサイクル施設と出雲カーボン(株)の炭化プラントが併設された約2,000 m<sup>2</sup>の工場を出雲市内に建設し、平成14年1月より操業を開始した。

木炭は昔から除湿効果や消臭効果があり、とても良いものと言われていたが、科学的な根拠を持つところはほとんどなかった。お客様からの信頼や信用を得るためには、エビデンスが必要不可欠と考え、島根大学との共同研究により調湿性能の高い木炭の製造条件の確立を行った。また、家屋の床下に木炭を施工した際の湿度低下についても島根大学との共同研究により効果を実証した。

平成16年より天井用調湿木炭を天井裏に敷き詰めた鉄筋コンクリート造マンション「炭の家」を弊社の建築部門にて設計・施工し、出雲市内を中心に現在までで43棟、708戸を建設している。「炭の家」は調湿、消臭、防音、省エネの4つの効果があるマンションとして出雲市内でも人気の物件である。

### 3. 集合住宅における床衝撃音低減効果

#### 3.1 研究・開発経緯

当社では住宅居室内の湿度調整や有害ガス等の除去を目的に効果的な「調湿木炭」の開発を進めてきた。この調湿木炭を天井裏に施工した共同住宅で入居者アンケートを実施したところ、「梅雨にジメジメしない」「イヤな臭いが残らない」以外にも「上階からの音が気にならない」という感想も得られたため、空気質の向上と同時に住宅内の音環境の調整にも利用できるのではないかと考え、天井裏面への敷設時における吸音・遮音・制振に着目して重量床衝撃音遮断性能の向上方法を検討した。そして、安定した効果が発揮できる仕様設定が特定されたため、複数の実現場に適用し公的試験機関の協力を得て2年間に渡る検証測定を行い、品確法による特別評価方法認定を取得するに至った。また、室内の温度、湿度についてもデータを採取し、入居者に最適な住環境を提供するため長期にわたり研究を続けている。

#### 3.2 目的

「住宅の品質確保の推進等に関する法律」にもとづく日本住宅性能表示基準の「8. 音環境に関すること、8-1 重量床衝撃音対策、イ. 重量床衝撃音対策等級」の特別評価方法になる認定取得のため、吊り天井の下地に木炭を敷設した天井構造を施工した壁式コンクリート構造の共同住宅2棟の妻住戸(片廊下型配置の両端の住戸)および、中住戸(片廊下型配置の両隣が住戸)の居室において、JIS A 1418-2に準じて重量床衝撃音レベルの測定を行った。また、各棟中住戸の居室(LDK、洋室1および、洋室2)では、木炭を取り除いた天井条件(木炭なし)についても重量床衝撃音レベルを測定した効果(低減量)を検証した。

#### 3.3 天井用調湿木炭について

用いた天井用調湿木炭は杉・松・ヒノキを原料とした木材を特殊な破砕機によりチップ化し、800℃で1時間加熱処理して炭化させ、縦横45 cm四方の不織布

表1 天井用調湿木炭の物性値

炭素率	93%以上
比表面積	240 m <sup>2</sup> /mg
熱伝導率	0.077 W/(m・K)
嵩密度	0.15 kg/ℓ
敷設時の1 m <sup>2</sup> 当りの重量	11.2 kg/m <sup>2</sup>
敷設時の厚さ	約90 mm
敷設量	1 m <sup>2</sup> 当り5、6袋



写真1 中身



写真2 天井用調湿木炭

袋中に15リットル詰めたものである。天井用調湿木炭の物性値を表1に、天井用調湿木炭の中身を写真1に、天井用調湿木炭を写真2に示す。

### 3.4 建物および測定対象室

測定対象とした2棟の建物M(全21戸)、建物J(全15戸)は地上3階建ての壁式コンクリート構造(壁厚180mm、スラブ厚150mm)である。測定した建物2棟の総住戸数は異なるが、建物躯体のスパンおよび階高、住戸内間仕切りなどの平面プランは共通である。写真3に両建物の外観写真を示す。

### 3.5 測定室仕様

木炭敷設条件については1m<sup>2</sup>当り11.2kgとした。木炭敷設なしでは天井裏から全て木炭を取り除き、天井仕上げを再度行った。床断面構造仕様を図1に、測定室平面図を図2に、天井調湿木炭の敷設状況を写真4に示す。



写真3 両建物の外観(右、建物M 左、建物J)

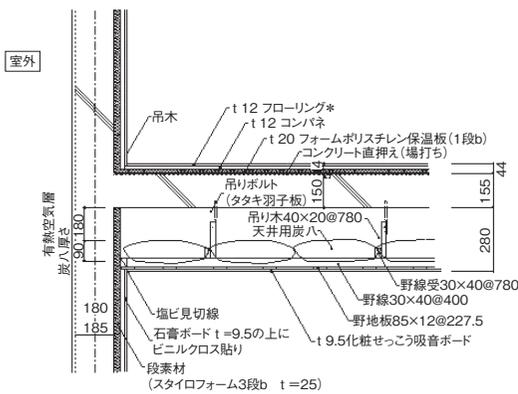


図1 床および天井仕上げ

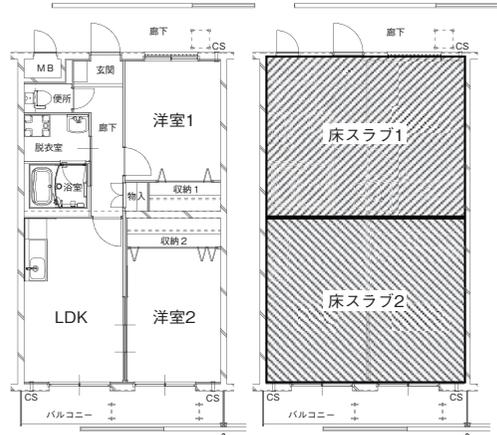


図2 測定室平面図, 床スラブ



写真4 天井用調湿木炭敷設状況

## 4. 重量床衝撃音レベルの測定方法

測定はJIS A 1418-2「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法-第2部: 標準重量衝撃源による方法」に準じて重量床衝撃音レベルの測定を行った。標準重量衝撃源(バングマシン RION FI-02 衝撃力特性(1))を用いて音源室床の加振点を衝撃した。床の養生用の保護紙がない場合は、フローリングを痛めないよう加振点部分に薄い布を敷いた。衝撃した際の直下の受音室内の測定点位置において、衝撃ごとのオクターブバンドの最大音圧レベル $L_{Fmaxj}$ ( $L_{Fmaxj}$ : 騒音計の時間重み特性Fを用いた各測定周波数帯域の最大音圧レベル)を測定した。測定対象周波数範囲は63 Hz~500 Hzとした。

## 5. 重量床衝撃音レベルの測定結果

表2に各測定室における測定値を示す。天井用調湿木炭なしの測定番号は'(ダッシュ)とした。天井裏に天井用調湿木炭を敷設した部屋は全部屋 $L_r-55$ を満たしていた。また、天井裏に天井用調湿木炭を敷設した部屋は敷設していない部屋と比べ、63 Hz帯域において8.1 dB~11.7 dBの低減がみられた。125 Hz~250 Hz

表2 各測定室における測定値

測定	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	63 Hz帯域における木炭ありなしの差 (dB)
①	74.1	60.6	53.1	50.0	—
②	77.1	66.3	58.4	54.0	—
③	77.1	63.8	54.9	52.8	—
④	71.0	60.0	52.0	48.2	9.4
④'	80.4	61.6	53.4	49.7	—
⑤	74.4	63.2	53.1	49.6	11.7
⑤'	86.1	63.2	54.4	50.5	—
⑥	72.4	64.0	51.6	49.1	8.1
⑥'	80.5	62.7	52.8	49.2	—
⑦	73.6	64.6	57.7	51.8	—
⑧	75.2	64.0	54.6	50.7	—
⑨	75.4	61.6	55.1	52.0	—
⑩	73.5	62.0	54.3	48.2	8.3
⑩'	81.8	64.5	54.5	48.8	—
⑪	77.1	62.8	54.6	50.6	10.9
⑪'	88.0	64.4	56.4	52.1	—
⑫	75.5	66.8	56.4	50.1	11.5
⑫'	87.0	65.8	57.4	51.2	—

帯域においても、わずかではあるが低減している所が多い。

## 6. 集合住宅における温湿度実測調査

### 6.1 目的

機械設備によらない調湿目的として、天井裏に炭を敷設する手法が実用化されつつある。実際のヒアリングでは夏涼しい、エアコンを稼働する時間や回数が減ったなどの回答が得られており、湿度だけではなく温度についても何らかの効果を持っている事が推察される。本研究は上記においてご紹介した壁式コンクリート構造とほぼ同様の集合住宅を対象とし、床および天井面に敷設された木炭の効果を明らかにすべく、温湿度実測を行った。

### 6.2 測定室仕様

対象としたのは出雲市内に新築されたRC造3階建て集合住宅における、1階にある2戸(102室, 105室)である。図3に平面図を示す。105室は天井調湿木炭が未使用であるが、102室は天井用調湿木炭が天井裏(懐高さ200 mm)に敷設されている。天井の仕上げ材は有孔ボードで室内と天井裏との通気が図られており、天井裏空間は南側外壁に換気口が設けられている。

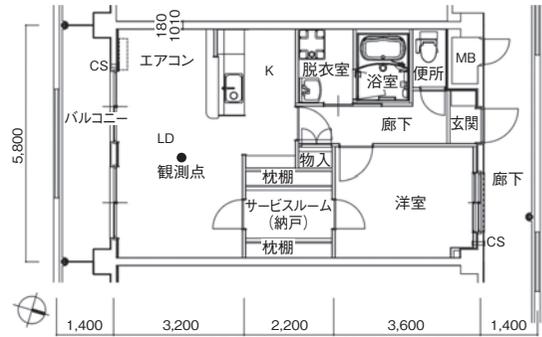


図3 平面図および観測点

### 6.3 測定方法

測定項目はLD空間のほぼ中央(床上110 cm)の温湿度、天井裏の温湿度、および105室バルコニーにおける外気温湿度である。測定には自動記録式温湿度計(CHINO HN-CHN)を用いた。温度・湿度を30分間隔で計測し、期間中7月22日~25日については、8時~9時、17時~18時の間にLD空間に設置されたエア・コンディショナー(DAIKIN F22HTNS-W)を設定温度22℃にて冷房運転させた。観測中はLDK空間のドア・窓等の開口を全て閉め、カーテンも閉めた状態であった。

### 6.4 測定結果

図4に各1週間における各住戸LD空間と外気の日平均気温を示す。夏季において102室が低い傾向にあるが、冬季においては102室がやや高い傾向にある。

図5に各1週間における各屋LD空間と外気の日較差を示す。冬季において、102室が小さい傾向にある

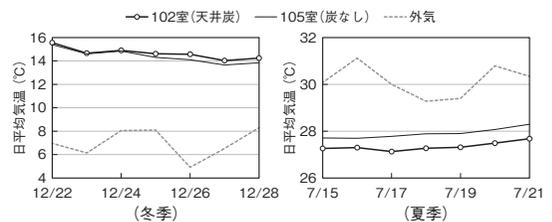


図4 LD空間における日平均気温

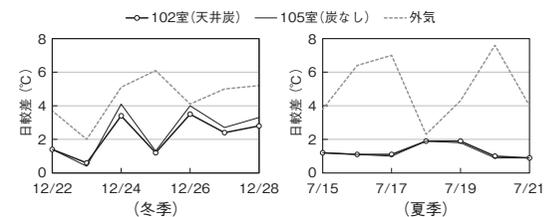


図5 LD空間における日較差

が夏季はほとんど変わらない。

図6にLD空間における夏季・冬季の混合比(乾燥空気に対する水蒸気の質量の比)を示す。夏季において、105室は約22 g/kg(DA)で推移し、102室はそれより約1 g/kg(DA)低い。冬季において、105室は6~6.5 g/kg(DA)で推移し、102室はそれより約1 g/kg(DA)低い。

図7に夏季のエアコン稼働時である7月23日~25日におけるLD温度の経時変化を示す。LD温度について各部屋ともエアコン運転開始とともに降下し、運転停止とともに上昇して昼間は28℃~28.5℃、夜間は27℃~28℃で安定する。全体として105室が高く、102室はそれより約0.5℃前後低く推移する。

LD混合比について各部屋ともエアコン運転開始とともに下降し、運転停止とともに上昇する。105室よりも102室の方が低く、運転停止後にそれぞれ20.5 g/kg(DA)~21 g/kg(DA)・19 g/kg(DA)~19.5 g/kg(DA)に達する。

図8に夏季の天井裏の混合比を示す。天井裏の混合比について、102室が105室よりも高く推移する。

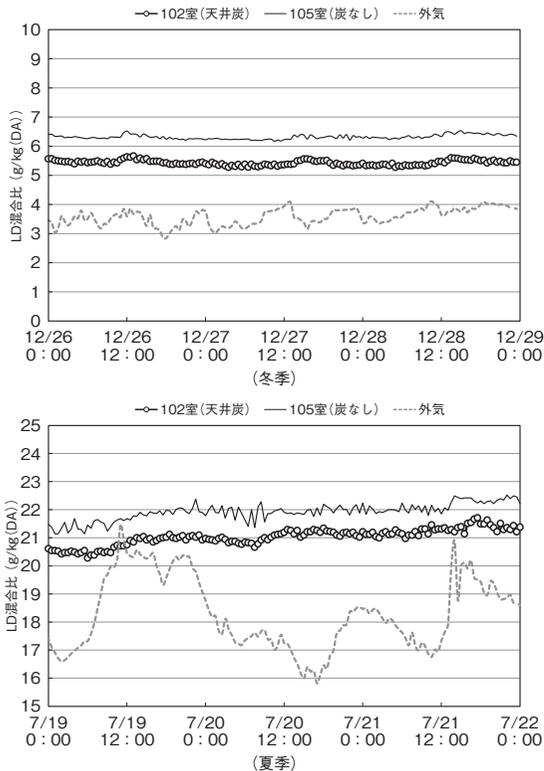


図6 LD空間における夏季と冬季の混合比(上:冬季 下:夏季)

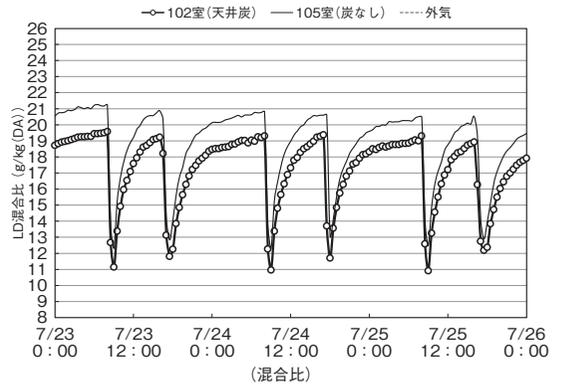
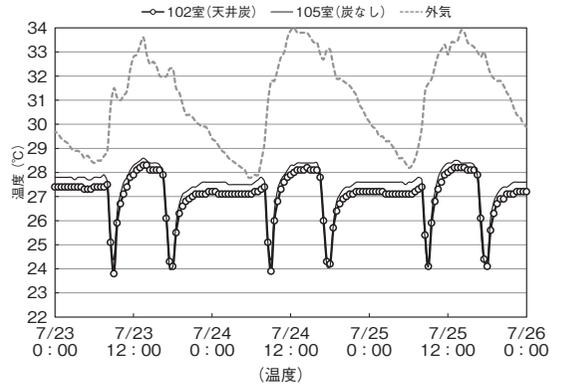


図7 LD空間におけるエアコン稼働時の温度と混合比

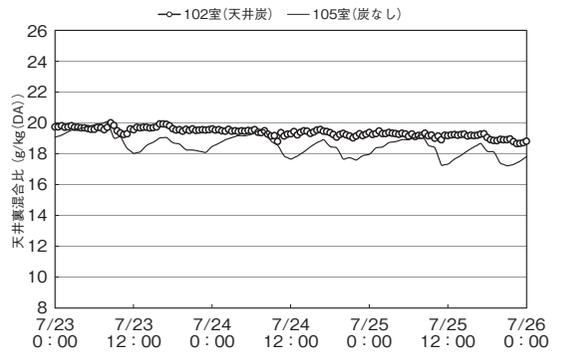


図8 夏季エアコン稼働時の天井裏混合比

## 6.5 考察

### 6.5.1 温度

図5に示すように、冬季は102室の日較差が小さい状態であるため、1日を通して室内の温度変化が少なく、快適に過ごしやすい傾向にあると考えられる。

また、天井用調湿木炭は、グラスウールやロックウールほどではないが熱伝導率が小さく、敷設厚さも約9cmになることから、天井裏に木炭を施工した102室は105室に比べれば断熱性能が高かったと考えられる。

エアコンの冷房運転時における102室のLD気温がやや低い傾向にあったことから、天井裏に木炭を敷設した部屋は空調効率が低い可能性が示唆される。

### 6.5.2 湿度

LD混合比において冬季、夏季を通じて天井裏に木炭を敷設した102室は敷設していない105室より低く、天井裏の木炭によって除湿されていることが明確に読み取れる。

夏季において、エアコンの冷房運転により除湿され、運転・停止の繰り返しに伴いLD湿度は急激に変動する。102室においてエアコンを稼働させなかった前1週間では混合比が約21 g/kg(DA)で推移し、105室より約1 g/kg(DA)低い値を示していたが、エアコン稼働時は約1.5～2 g/kg(DA)低い値を示したことから、エアコンによる湿度低下により木炭が湿気を吐きだし、エアコン稼働前と比べて吸湿力が回復したため、102室の混合比が低くなったと考えられる。102室の天井裏混合比はエアコン稼働による変動は小さく102室の方が105室より高いことから、天井裏の木炭によって放湿され、急激な減湿の影響が和らげられていたと推察される。

### 7. おわりに

木炭には未だ解明されていない様々な効果があると考えられている。今回とほぼ同様の天井裏に木炭を施工した鉄筋コンクリート造において、人体に及ぼす影響についての測定を冬季に行った結果、ストレスを感じた時に血液中に分泌される副腎皮質刺激ホルモンが木炭のある部屋に入居した方は低い傾向にある事がわかってきた。また、木炭のある部屋においてエアコンの消費電力が、夏場に約20%～30%、冬場に約10%～20%削減できるという試験結果も出ている。今後も木炭の新たな可能性について調査を続ける。

出雲土建株式会社

<https://www.i-doken.co.jp/>

出雲カーボン株式会社

<https://www.sumi8.jp/>

### 〔参考文献〕

- 1) 中森, 吉村, 浅沼, 井上: 天井用調湿木炭による床衝撃音低減効果に関する検討, 日本音響学会講演論文集, pp.1137-1140, 2009.3
- 2) 中森, 豊田, 杉江, 吉村: 床衝撃音に対する調湿木炭敷設天井の吸音の影響について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.173-174, 2009.9
- 3) 中井毅尚, 大谷忠, 石飛裕司, 松岡康二: 山陰地域における束石工法ならびに布基礎工法の住宅床下の木炭敷設による環境変化の実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.393-394, 2006.
- 4) 石飛裕司, 浅沼友光: 天井用調湿木炭による重量床衝撃音の低減, 音響技術, No164, 2013.12

### 3. 「令和2年度一般社団法人日本音響材料協会 音響基礎講習会」開催報告

運営委員会

本協会主催の2020年度音響基礎講習会が11月18日(水)に吉野石膏株式会社 虎ノ門ビル 大会議室にて開催されました。

本講習会は、音の基礎知識と最近の技術動向を再確認されたい方、人事異動等により音響関連の専門知識を改めて必要とされる方、新入社員の方などを対象として、年1回開催しています。講師陣は音のプロフェッショナルとして活躍する実務者の方々に、音響の基礎知識についてポイントを押さえ、時に経験談を交えながらわかりやすく解説していました。

また、実際に様々な音を出して、物理量と聴感上の比較が出来るデモ等もあり、音の初心者にもやさしい構成となっていました。

尚、本年度は、新型コロナウイルス感染拡大防止対策のため、受講人数を例年より大幅に減らし席間隔の確保、会場内換気、入場時の検温、各種飛沫防止対策を徹底して、講習会を開催しました。

講習会は次の1～5のテーマで開講されました。

1. 音の基礎知識
2. 音響材料について
3. 騒音・振動の防止
4. 室内音場
5. 音響測定



写真1 講習会風景



写真2 コロナ対策(入場時の検温)



写真3 コロナ対策(受付の飛沫対策)

#### 1. 音の基礎知識

最初のテーマは、音とはどういうものかについて基礎的な内容の講義で音とは空気の振動であるということ、音の伝わり方や拡散・反射・屈折・回折・干渉といった音の現象、音の印象を決定する三要素(大きさ・高さ・音色)についての解説がありました。

続いて、騒音の評価方法や騒音に係る法規制についての体系的な説明がありました。

#### 2. 音響材料について

2番目のテーマは音響材料について、材料の音響的な機能から吸音、遮音、防振、制振の4種類に分類して、それぞれの機能についての説明があり、種類・選定方法・使用例の解説、ならびに測定方法の説明がありました。

それぞれの材料は、サンプルをその都度紹介しながらの解説がありました。

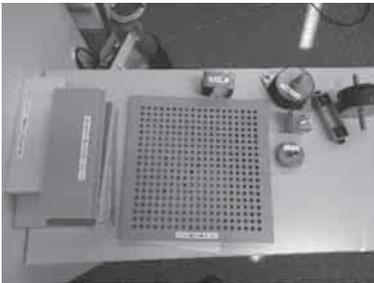


写真4 講習で紹介された音響材料



写真5 講習で紹介された計測機器-1



写真6 講習で紹介された計測機器-2

### 3. 騒音・振動の防止

床衝撃音についての概要説明とその評価方法についての解説がありました。

「間違えやすい騒音対策方法」では、音の知識が無いとついやってしまいがちな、あまり効果の無い(または逆効果となってしまう)対策を実例に沿って幾つか紹介がありました。

最後に、騒音対策において注意すべき点について、部位別に具体的な事例を挙げて紹介されました。

### 4. 室内音場

音環境を重要とする施設、例えばホール、映画館、無響室などは勿論のこと、音は特別重要視されないと考えられる施設(体育館、教室、会議室)などにおいても配慮すべきであるとの説明がありました。

室内音場計画を実施することによって音の響きがどう変わるかを体験するため、音楽のドライソースと残響付加音を聴き比べる聴感デモがありました。

また、大空間残響対策の実例として、会議室、プール、駅コンコース、空港ターミナルの例が紹介されました。

また、ホールやスタジオなどの室内音場の設計手法として、音響模型実験や音響数値シミュレーションの説明がありました。最後に映画館の音場改修事例として、音の可視化ツールを用いた改修効果の確認例が紹介されました。

### 5. 音響測定

音響測定することの意味、音を物理量にすることの重要性について説明があり、騒音計、音響構成器、ノイズジェネレータ、振動レベル計、レベルレコーダ、データレコーダなどの計測器についての説明がありました。

床衝撃音の測定方法では、タッピングマシン、バンダマシン、インパクトボールで実際に床を加振する実演を行いました。

最後に、音の可視化ツール(アコースティックカメラ)によるデモが実施され、映像で音源を探索できる様子がプロジェクターに映し出されました。



写真7 床衝撃音測定 インパクトボール落下の実演

4. やさしい防音講座  
 ー防音の基礎知識①ー  
 1. 音とは？ 防音とは？

運営委員会 岡本 健久

当協会の音響基礎講習会・勉強会の受講者から、音の基礎知識を、分かりやすく解説した資料が欲しいとの要望が見受けられる。

そこで、本誌会員の頁で、「やさしい防音講座」を連載することにしました。

この講座では、防音の基礎知識として、音の基本的な解説から、吸音・遮音・防振材料、室内音場、音響測定方法などを解説します。

第1回 となる今回は、音が聞こえる仕組みや、音の性質を決める音の3要素、防音の3つのタイプなどを学んでいきます。

1. 音とは

私たちは、さまざまな音を耳で聞いています。音は、振動しているもの(音源、振動源)が、振動を伝えるもの(媒質：空気、水、金属など)を通じて、われわれの聴覚で認識されます。従って、振動するもの(音源、振動源)がない場合はもちろん、振動を伝えるもの(媒質)がない場合、音は聞こえません。例えば、振動を伝える空気がない真空中では、音は伝わりません。

音の伝わり方は、縦波です。縦波とは、媒質が揺れる方向が、波の進行方向と同じ波です。音源が、周りにある空気を押します。押し出した空気は薄く(疎)なり、押された空気は濃く(密)となります。その圧力変化が波となって伝わるのが音波です。(図1)

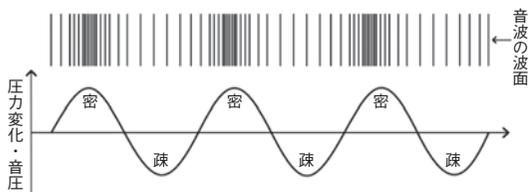


図1 正弦音波

2. 音の伝わり方

音速  $c = 331.5 + 0.6 t$  (m/s)で、温度  $t$  (°C)によって

変化します。この式より、音速は温度が低い時には遅く、温度が高い時には速くなるのが分かります。なお、一般的に音速という場合、温度15°Cの時の約340 m/sを示しています。

また、空気中の音の伝わり方は、一様ではありません。伝わる距離が長いほど、音は小さくなります。空気の状態や音の周波数によっても変化します。周波数とは、音の高低を決める要素です。

空気による音の吸収には、3つの傾向があります。周波数が高い音(高音)ほど、空気による吸収が大きくなります。温度が高いほど吸収は大きく、湿度は高いほど吸収が小さくなります。ただし、霧や小雨はほとんど影響しません。このような特性から、低い周波数成分を持った音だけが遠くまで聞こえたり、夏と冬で聞こえてくる音が異なったりします。

地表から上空までの温度差によっても、音の伝わり方が異なります(図2)。地表の温度が上空より低い夜間、音は音源から地表へ降り注ぐように伝わります。一方、地表の温度が上空より高くなる昼間は、音は音源から上空に向かって広がり、Shadow Zone(音が伝わらないエリア)が生まれます。昼には聞こえなかった電車の音などが、夜になると聞こえる現象は、温度差によって音の伝搬が変化することで発生しています。なお、図2左のように、音源から音の伝わる方向が地面側に向かって伏せたドーム形になるものをCAP(帽子)型、図2右のように、上空に開いているものをCUP(茶わん)型と呼びます。

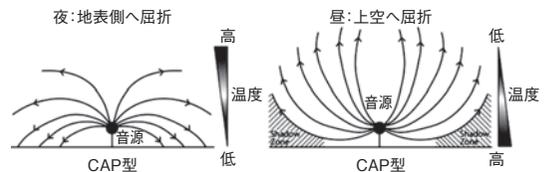


図2 地表から上空までの温度差による音の伝搬の違い

3. 音の基本現象

音の広がり方には、拡散、反射と屈折、回折という3つの特性があります。これらを詳しく解説します。

(1) 拡散

ある位置から発生した音は、周りの空気には振動を伝えながら広がっていく特性を持っています。また、音源の種類によって、音の広がり方が異なります。スピー

カなどの点音源、道路交通騒音などの線音源、窓や壁全体が音源となる面音源の3つの場合を見てみましょう(図3)。点音源は、音が球状に広がるのに対し、線音源は、円筒状に広がります。面音源は、面の面積以上にはあまり広がらず、音が直進する特性があります。音源の種類によって、距離による音の減衰量も異なります。

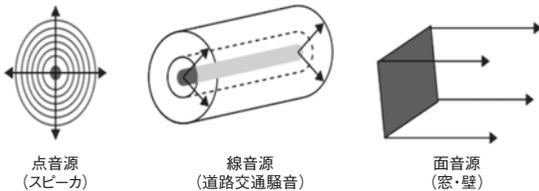


図3 音源タイプによる音の拡散模式図

(2) 反射と屈折

音には、光と同じように反射と屈折の現象があります(図4)。反射とは、音が地面や壁などの面に当たり、跳ね返る現象です。屈折とは、2つの媒質の境目で、音の進行方向が変化(屈折)することです。

図4にあるように、入射角を $\theta_1$ 、反射角を $\theta_2$ とすると、音の反射は入射角 $\theta_1 = \text{反射角} \theta_2$ と表すことができます。媒質中の音速(媒質1の音速： $c_1$ 、媒質2の音速： $c_2$ )によって変化する音の屈折は、屈折角を $\theta_t$ とすると、 $\sin \theta_1 / \sin \theta_t = c_1 / c_2$ と表すことができます。

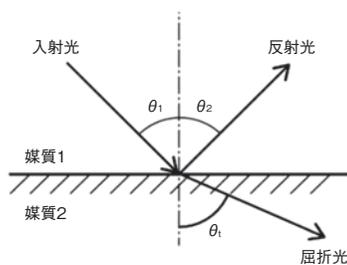


図4 音の反射・屈折角

(3) 回折

回折とは、音の進行方向に壁などの障害物があった場合、音が障害物の後方に回り込んで伝わる現象をいいます(図5)。壁の後ろや物影にいて、音源が直接見えない場合でも音が聞こえるのは、この回折現象のためです。

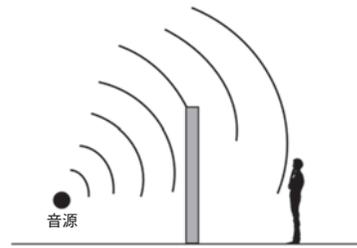


図5 音の回折

4. 音の3要素

音の性質を決める最も基本的な要素を、音の3要素といいます。音の3要素とは、音の大きさ、音の高さ、音色(ねいろ)です。

(1) 音の大きさ

音のレベルを表す場合、音圧レベル(Lp)と騒音レベル(LA)という2つのレベルで表します。単位は、ともにdBです。音圧レベル(Lp)とは、音の大きさの物理的なレベルです。対して騒音レベル(LA)とは、人間が感じる音の大きさ(ラウドネス)を表したものです。2つの音のレベルは、何が違うのでしょうか？

人間が聞きとれる音の周波数(音の高低)範囲は、20~20,000 Hzです。また、人間が感じる音の大きさは、音圧レベルだけでなく、周波数によって変わります。それを数値で示したのが、等ラウドネス曲線(図6)です。この曲線は、1 kHzを基準として、人間がその音と同じ大きさに聞こえる音圧レベルをプロットしています。つまり平均的な聴力の人間が、ある音圧レベル(Lp)、ある周波数の音を耳にした時、どの程度の大

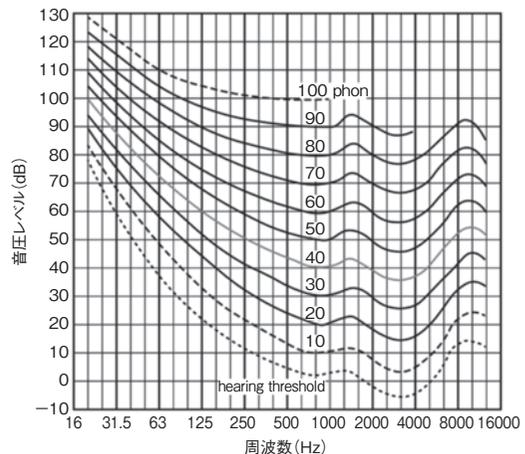


図6 等ラウドネス曲線(引用：ISO 226: 2003)

きさの音に聞こえるのかを示しています。物理的な音圧レベル・周波数の数値を、人が聞こえる音の大きさに置き換える際の目安として用いられます。なお曲線には、人間が感じる音の大きさを表す単位 phon が使われています。

一例として、図6の40 phonの曲線を見てください。周波数1 kHzでは、音圧レベル40 dBの音は、体感でも同じ大きさ(40 phon)に聞こえます。しかし周波数31.5 Hzの低音の場合、90 dBに近い音圧レベルでないと、40 phonの大きさには聞こえません。音圧レベルの低い低音は、人間には聞き取りにくいことが分かります。

人間の聴感の特長は、2～4 kHzの音の感度が良い(小さな音でも聞こえる)ことです。従って、家電製品のブザーなどの警告音に使われます。聴感の感度が劣化しやすい帯域なので、聴覚検査にも使われます。そして低い周波数になればなるほど、大きな音圧レベルにならないと聞こえません。なお低音域では、等ラウドネス曲線が詰まっています。これは少しの音圧レベルの上昇で、人間が感じる音の大きさが大きく変わることを示しています。

音圧レベルと騒音レベルの話に戻りましょう。音の物理的な大きさを表す音圧レベルに、A特性の聴感補正を行った数値が、騒音レベルとなります。A特性とは、周波数の違いによる音の聞こえやすさ・聞こえにくさを考慮した重み付け特性のことで、等ラウドネス曲線の40 phonの曲線を基に、JIS規格で決められています。一般的に「音の大きさ」といった場合、音圧レベ

ルではなく、人間の感覚に合わせた騒音レベルでの数値、すなわち人間の音の強さに関する聴感上の感量を指しています。一般的な聴力の人が聞くことのできる音圧レベルの範囲は、0～140 dBです。表1に、代表的なレベルの音と、人間の感じ方の例を示します。

### (2) 音の高さ

音の高さとは、音に高低の印象を与える属性です。音の高さは周波数と関係があり、周波数が高い音は高く、周波数が低い音は低く聞こえます。音の周波数の単位Hzは、1秒間に音の波の山谷(図1)が何回繰り返されるかを示しています。一般的な人間の聴覚では、20～20,000 Hzまでの範囲を聞くことができます。しかし加齢に伴い高音や小さな音が聞こえにくくなった、大きな音に継続的にさらされると聞こえが悪くなる(難聴)ことがあります。

### (3) 音色(ねいろ)

音色とは、音の印象のことです。人間にとっては、音源がどのようなものかを識別する手掛かりになります。同じ音の大きさで、同じ音階を弾いたとしても、バイオリン、ピアノ、管楽器など、それぞれの楽器が持っている音の印象は、違います。このような音の印象の違いが、音色です。音色は極めて感覚的・情緒的なもので、定量的に表現することは簡単ではありません。一般的に音色は、美的・情緒的因子、量的・空間的・迫力因子、明るさ・金属性因子、柔らかさの因子などに分類できます。

## 5. 防音とは

建物内や部屋内にいる人間が感じる騒音を軽減・シャットアウトすることを、防音といいます。しかし一言に防音といっても、吸音・遮音・防振など、複数の要素が含まれています。

吸音とは、その部屋で発生した音の反射を小さくするように、天井や壁に吸音材を設置し、室内の響きの低減・反射の抑制・室内騒音レベルを低減させることです。なお吸音材は室内の音を吸収しますが、室内の音を外に漏れないようにする遮音性はあまりありません。

遮音とは、音を遮ることです。壁、ドアなどから入る外部からの音を遮断したり、内部の音が外へ漏れないようにします(図7)。

防振とは、振動する機械や空調機などの振動体から、建物へ振動が伝わることを防ぐことです。騒音は、振

表1 騒音レベルと代表的な音

騒音レベル (dB)	代表的な音	人間の感じ方
140	—	耳が壊れそう
130	ジェット機の離陸音	耳が痛くなる
120	リベット打ち	—
110	自動車の警笛	叫び声 (30cm)
100	電車のガード下	非常にやかましい
90	地下鉄の車内	怒鳴り声
80	交通量の多い道路	電話が聞こえない
70	—	大声で会話
60	TV、ラジオの音	普通の会話
50	一般的な事務室	—
40	静かな事務室	静か、夜は睡眠が妨げられる
30	夜の郊外の住宅地	非常に静か
20	木の葉のそよぎ	ささやき声

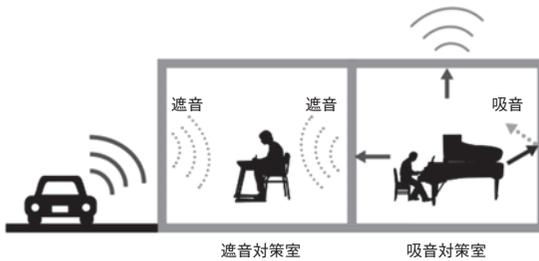


図7 吸音(右)と遮音(左)

動している機械から発生するだけではありません。振動体から床・壁・天井に振動が伝わり、他の部屋の床・壁・天井を振動させます。その振動が空気を揺らし、別の室内に音として放射されることを固体伝搬(でんぱん)音といいます(図8)。防振材の使用により、固体伝搬音を減らせます。室内の騒音問題では、この固体伝搬音が問題になることがあります。

今回の「やさしい防音講座」では、「吸音、遮音の基礎知識」を予定しています。



図8 固体伝搬音と防振

## 令和3年 一般社団法人 日本音響材料協会の年間講習会

### ■勉強会

ビギナーを対象とした防音の勉強会で、初めて音の知識を学ぶ方にも理解いただける講習会です。防音について初歩の知識を会得し深めることができます。また、質疑では、種々の防音問題の解決への指針をアドバイス致します。

### ■基礎講習会

防音問題に興味のある方、音にかかわる業務を円滑に進めたい方達께서しっかりした基礎知識を習得できる講習会です。音響の実務経験豊かな講師から理論や各種測定方法の解説があり、音を聞く実演からは音の実際感覚も得られます。

### ■技術講習会

建築学会や業界の第一線で活躍なされている講師から、実際面での事例に基づいた問題点の指摘や具体的な最新防音対策技術が提起されます。音に関する設計や施工、音響材料開発の場ですぐに生かせる技術を習得する事ができます。

※コロナ感染症の状況により変更あり、詳しくはホームページに掲載いたします。