

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 m²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 ² /mg
熱伝導率	0.077 W/(m・K)
嵩密度	0.15 kg/ℓ
敷設時の1 m ² 当りの重量	11.2 kg/m ²
敷設時の厚さ	約90 mm
敷設量	1 m ² 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1m²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)

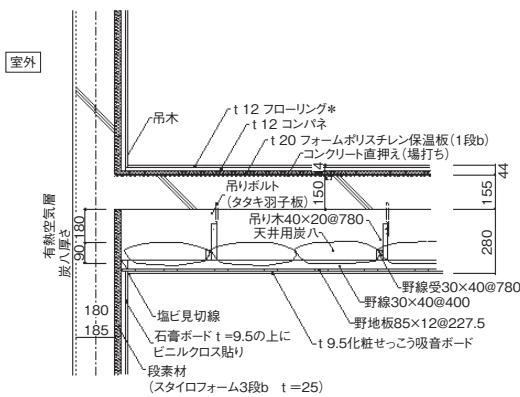


図1 床および天井仕上げ

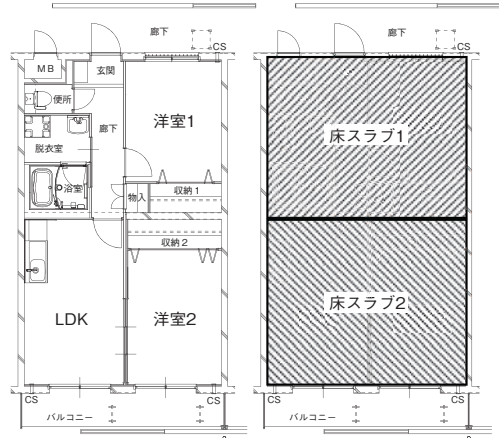


図2 測定室平面図, 床スラブ



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(バンクマシン 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。

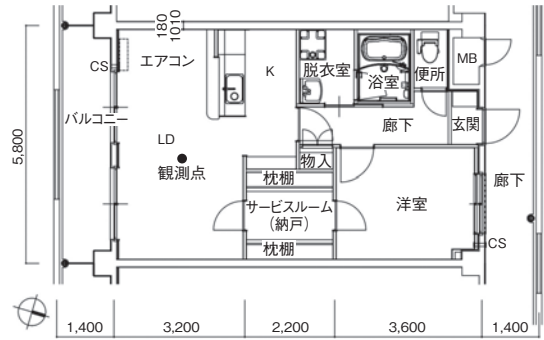


図3 平面図および観測点

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

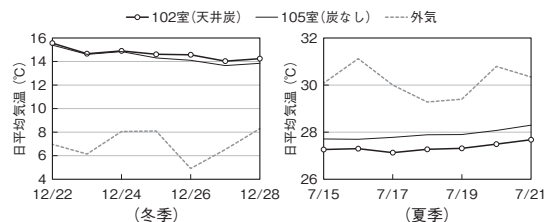


図4 LD空間における日平均気温

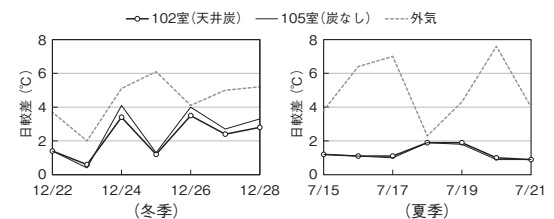


図5 LD空間における日較差

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。

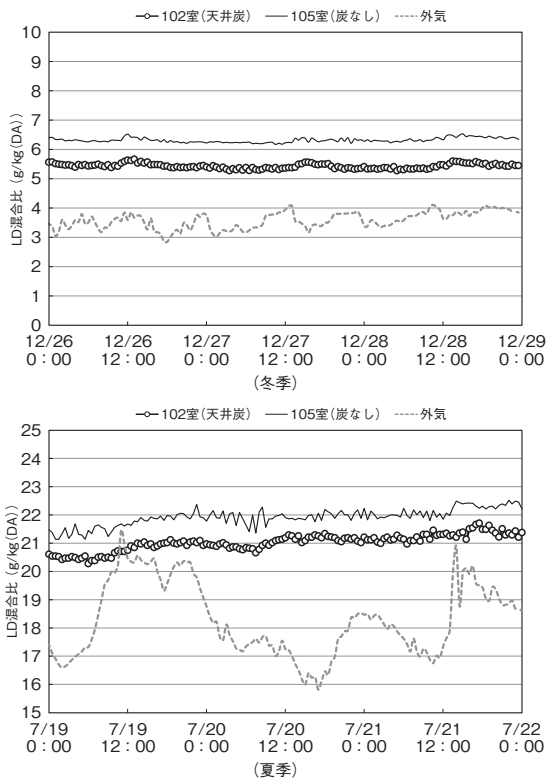


図6 LD空間における夏季と冬季の混合比(上:冬季 下:夏季)

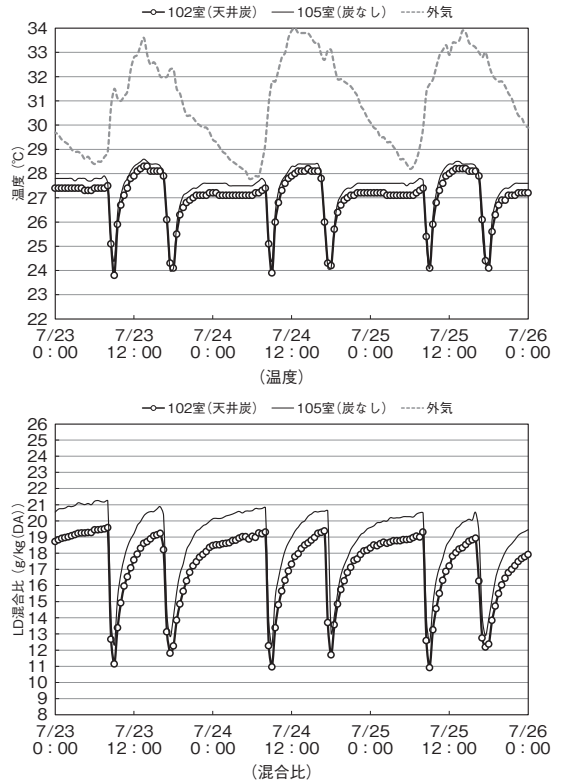


図7 LD空間におけるエアコン稼働時の温度と混合比

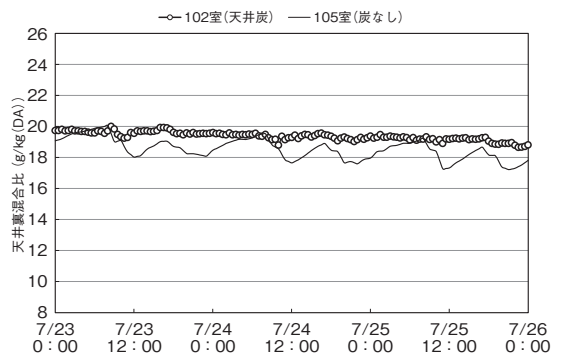


図8 夏季エアコン稼働時の天井裏混合比

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9 cm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