

# 中空長柱材を利用した Woody House の居住性能

## — Woody House の遮音性 —

松田 健一・野本 正樹\*・西柳 幸子\*\*

(1999年10月15日 受理)

### The Living Efficiency of Woody House Utilized the Boring of Small Log — Sound Insulation Performance in Woody House —

Kenichi MATSUDA, Masaki NOMOTO\* and Yukiko NISHIYANAGI\*\*

#### 1. はじめに

環境問題に対する関心が高まるにつれて、木材の吸湿性・保温性などが見直され、健康住宅として木造住宅が再び注目されはじめている。家の中も、和室の畳中心だったものが、和室は1部屋だけで残りはほとんどフローリング床という形式になってきている。しかし、埃の堆積やダニなどの発生が原因で健康上不都合とされながらも、防音材としての役割も持つ畳やカーペットの減少は、新たにフローリング床であるために起こる床・壁を通した上・隣の部屋からの騒音という問題を生み出した。また、需要が増えているにもかかわらず、運搬コストなどの関係から利用されることなく伐採されたまま森林に放置されている針葉樹の小径木間伐材があるという現状も見逃せない。

本研究は、針葉樹の小径木間伐材を有効に利用することをめざして中空乾燥長柱材（以下、中空長柱材）を開発した。これは、針葉樹の小径木間伐材に穿孔切削を施し、熱風乾燥させた柱材である。この中空長柱材を建築部材として活用するために、Woody Houseにおける中空長柱材の遮音性を臨床的に究明するものである。

#### 2. 中空長柱材について

針葉樹の小径木間伐材を有効に利用することは長い間いわれ続けていることだが、いまだに実現されていないのが現状である。

本研究で、スギ・ヒノキの心持ち間伐材が背割れなしで、表面割れがなく、短時間でしかも低含水率まで乾燥できる技術を開発し実用化した。心持ち間伐材が、表面割れも少なく短時間で乾燥でき、材内における水分傾斜および乾燥歪も小さくできるようになったことで、柱材の人工乾燥化を

---

\* 鹿児島大学教育学研究科

\*\* 鹿児島市立玉江小学校

はかり、品質管理された材を得ることができるようになった。

### 2. 1 加工法

写真1は、中空長柱材で組み立てられる床材・壁材の一部である。中空長柱材は、穴ぐり加工と乾燥によって製材される。

穴グリ機…ほなみ企画, HS-25

乾燥機…ほなみ企画, ND-20

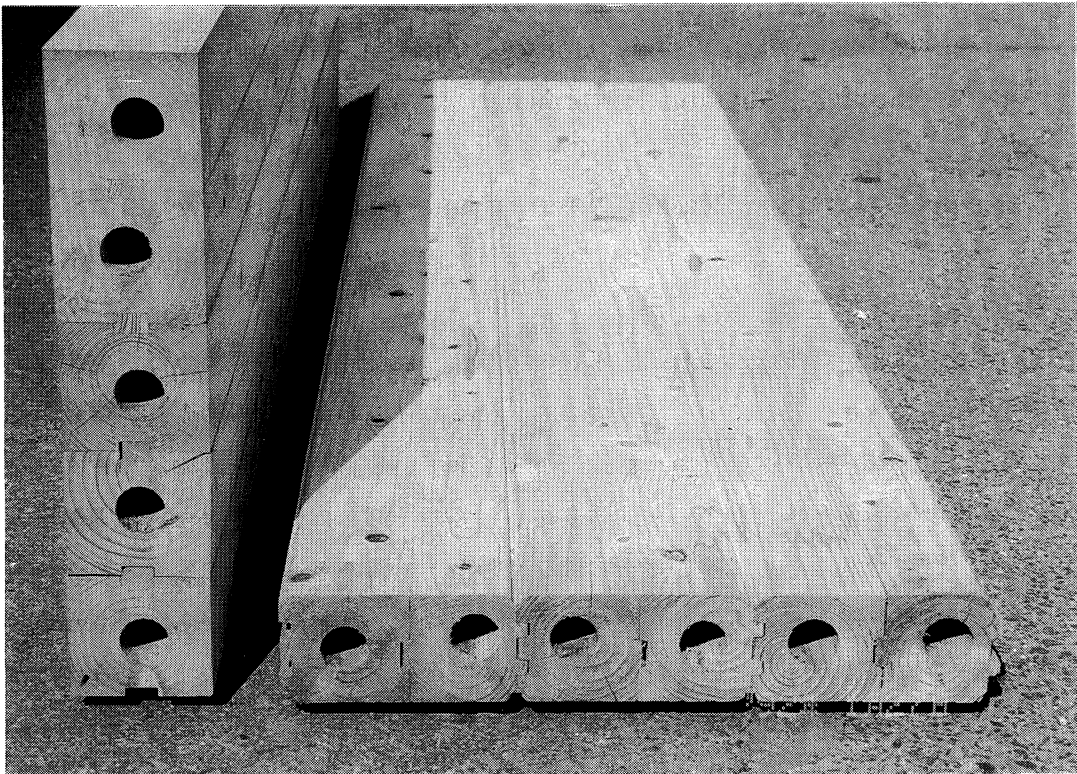


写真1 中空長柱材を利用した壁材 (右), 床材 (左)

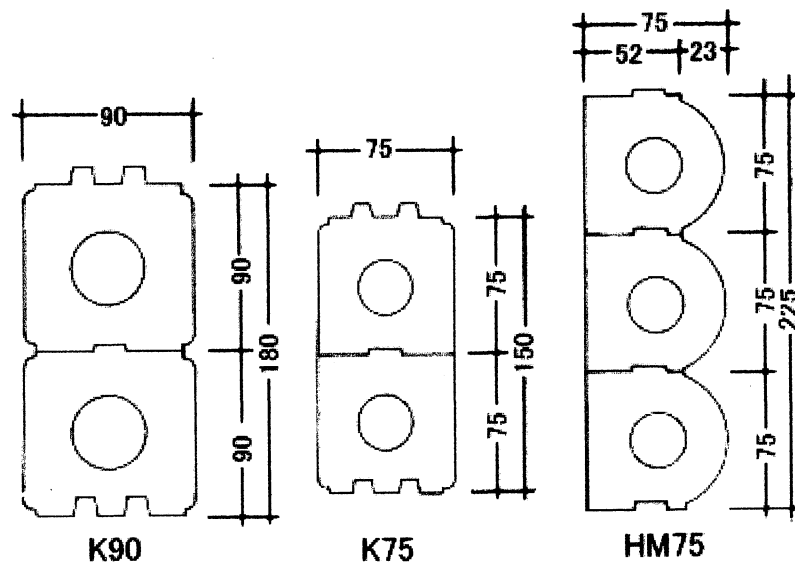


図1 中空長柱材の形状

製材は前記の機械を使用して行う。穴ぐりは、4 mの柱材の両木口からドリルのついたシャフトが進入し、切削がなされる。中空孔は完全に柱材内を貫通する。直径27~70 mmまでの数種類のドリルがあり、図1に示すような数種類の中空長柱材を製材することができる。穴ぐり加工に要する時間は、長さ4 mの柱材で5~6分である。乾燥機は蒸気式インターナルファン型で、熱風は材軸方向に、かつ中空孔内に効率良く流入するようになっている。

2. 2 特 徴

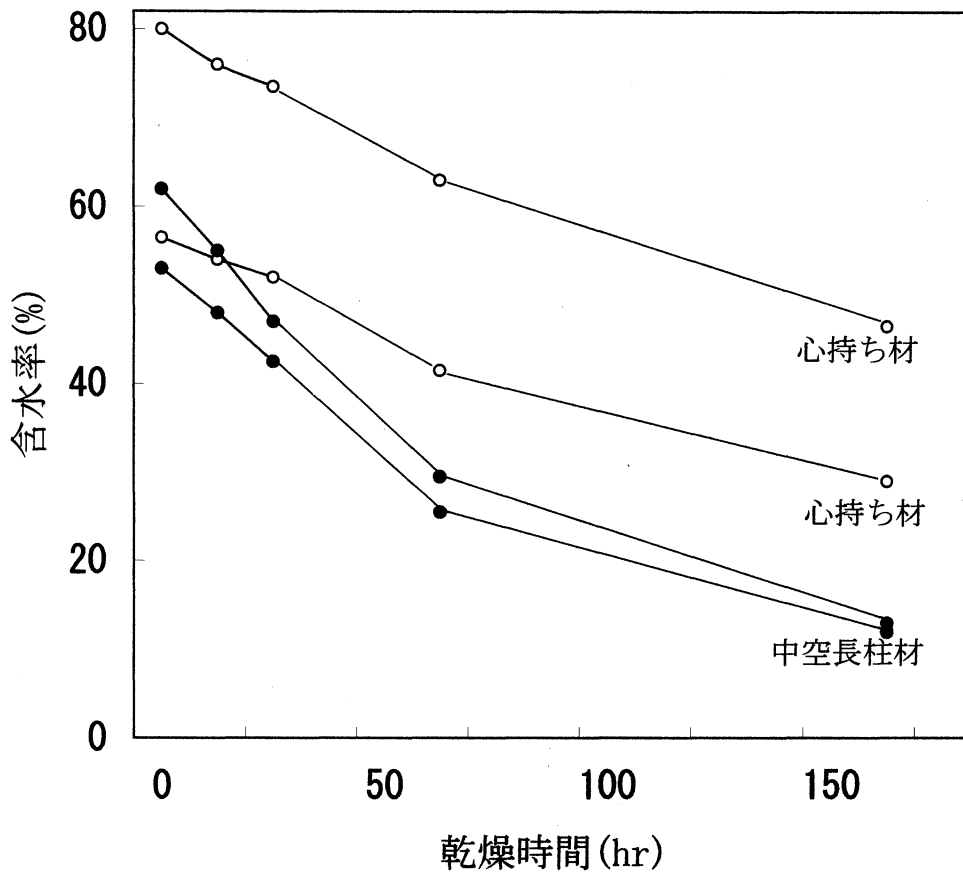


図2 ヒノキの乾燥経過

まず、中空長柱材は乾燥しにくい心材部が除去されるという特徴がある。針葉樹間伐材の1例として、ヒノキの乾燥経過を図2に示す。中空長柱材の含水率低下は心持ち材に比べて大きいのがわかる。初期含水率60%の心持ち材と中空長柱材をみると、乾燥時間150時間で心持ち材が含水率30%になるのに対し、中空長柱材は12%にまで低下する。また、乾燥による角材外形寸法の収縮率は中空長柱材と心持ち材ではほとんど同じ値を示し、中空孔ができることによる寸法のくいを意識せずに製材できるということがいえる。

ヒノキ中空長柱材の乾燥材と心持ち生材の曲げ試験での荷重-たわみ線図を図3に示す。これを見ると中空長柱材は心持ち生材にくらべてたわみ量が小さく、破壊時の最大荷重も大きい。中空長柱材は、心持ち生材より曲げ強さにおいて約2割、曲げヤング係数において約1.5割大きい。

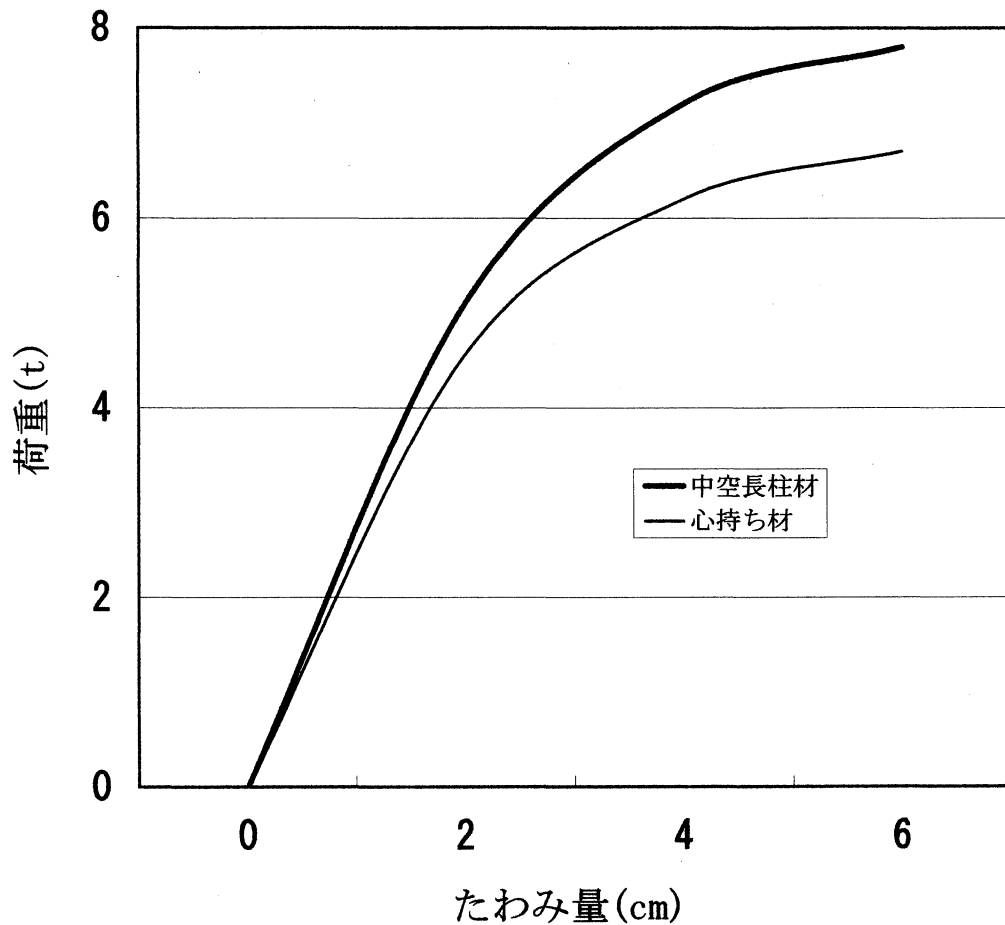


図3 ヒノキの曲げ試験における荷重—たわみ線図

これらの結果から、針葉樹の小径木間伐材を利用した中空長柱材は、床材・壁材・家具および Woody House 等の建築部材として利用できるということがいえる。

本研究では、更にスギの心持ち間伐材を利用した中空長柱材で建てた仮設実験棟と Woody House において、建築部材として利用したときの居住性能、特に遮音性に関する研究を行った。

### 3. 実験方法

音の伝わり方の特徴には、一般的にいわれる反射・屈折・干渉・回折・透過などがあるが、本研究では、主として透過について固体伝播音と空気伝播音に分けて測定する。固体伝播音とは、発生源から固体振動として固体中を伝達し、最後に空気中に音として放射され人間の耳に入ってくる音で、階上での足音（軽量衝撃音）や子どもの飛び跳ねる音（重量衝撃音）などがこれになる。空気伝播音とは、発生源から空気中に音として放出され、それが、主に空気振動によって伝わってくる音で、人の話し声やステレオの音などがこれになる。

#### 3. 1 測定器具

騒音計…音響測機株式会社 指示騒音計 OS-11 (JIS-1502 普通騒音計)

FFTアナライザ（周波数分析器）…AND社 AD-3525

タッピングマシン…Bruel & Kjaer社 Tapping Machine Type 3204

### 3. 2 供試材

供試材として、(1)スギ（*Cryptomeria japonica* D. DON）の小径木間伐材を乾燥させ、接ぎ合わせて床材に加工した素材、(2)素材の柱材全てに直径30mmの穿孔切削・熱風乾燥を施した中空長柱材、(3)畳、を使用した。畳だけでは床材として不安定であるため、下地として10mm合板を敷いた。条件を揃えるために、素材・中空長柱材とも下地に合板を敷いた状態で測定を行った。

### 3. 3 測定方法

生活騒音の中でも、主に上下に部屋を持つ住宅の階上から階下への音の伝播に注目し、階上の音を発生させる部屋を音源室とし、階下を受音室とした。音源室で音を発生し、音源室と受音室でそれぞれ音圧レベルをC-特性（物理的音圧レベル）で測定する。それぞれの音圧レベルをFFTアナライザで周波数域ごとの音圧レベルに分析する。周波数は、1/3オクターブの中心周波数を基準にした。音源室と受音室の周波数域ごとの音圧レベルから遮音率を割り出し、透過・遮音の傾向を捉える。

遮音率は以下の式で求めた。

$$\text{遮音率} = \frac{\text{音源室音圧レベル (dB)} - \text{受音室音圧レベル (dB)}}{\text{音源室音圧レベル (dB)}} \times 100 (\%)$$

実験は、(I)中空長柱材を用いて建てられた仮設実験棟における遮音率測定、(II)アンケートによる人間の反応、(III)中空長柱材を用いて実際に建てられた住宅における遮音率測定の3種類を行った。(I)、(III)についてはJIS-A-1418を基準として測定を行った。

## 4. 結果および考察

### 4. 1 実験I 仮設実験棟の遮音性

写真2は、中空長柱材を用いて建てられた仮設実験棟である。仮設実験棟は、図4に示すように、L1およびS1～4の5つの部屋からなっており、S1とS2の間で壁の遮音性に関する実験、S2とS3の間で床の遮音性に関する実験が行えるように、それぞれ壁材・床材を変えられるようになっている。今回の実験は、主に床材としての遮音性に注目し、S2を音源室、S3を受音室とし、床材を中空長柱材に限定し、固体伝播音・空気伝播音を音源としたときの比較と、素材・中空長柱材・畳を床材とし、音源を固体伝播音に限定した床材別にみる遮音性の比較を行った。固体伝播音には、階上をハイヒールなどで歩くような足音に聞こえる軽量衝撃音と子供が飛び跳ねているときのような重量衝撃音があるが、ここでの実験においては、固体伝播音の音源として軽量衝撃音（タッピングマシン）を使った。また、空気伝播音は、カセットテープレコーダーを使いクラシック音楽を流した。固体伝播音と空気伝播音を比較するために、音量調節のできないタッピングマシンの音源室音圧レベルと同レベルになるようにカセットテープレコーダーのボリュームを調節して、空気伝

播音の音源室音圧レベルを設定した。



写真2 中空長柱材を利用した仮設実験棟

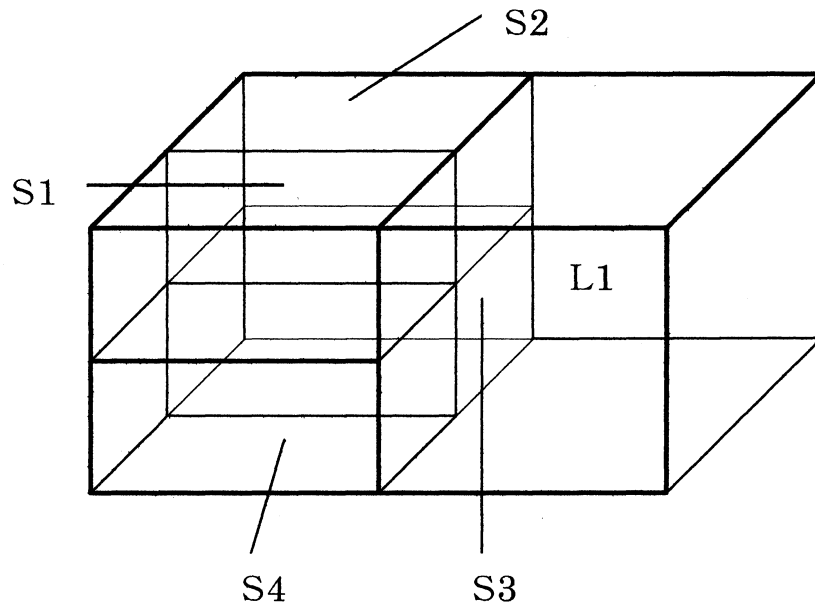


図4 仮設実験棟内部

中空長柱材を床材としたときの、固体伝播音と空気伝播音の遮音率を図5に示す。中空長柱材を床材とすると、空気伝播音に比べて固体伝播音の遮音率がかなり低くなっていることがわかる。これは、中空長柱材も木材であるため表面が固く、衝撃をあまり吸収できずに固体振動として伝えてしまうことが原因であると考えられる。それに対し空気伝播音は、空気中に放出された音が固体を振動させ伝わるために、反射や、音が固体を振動させられないなど、音の損失が生じ結果として遮音率が高くなっていると考えられる。

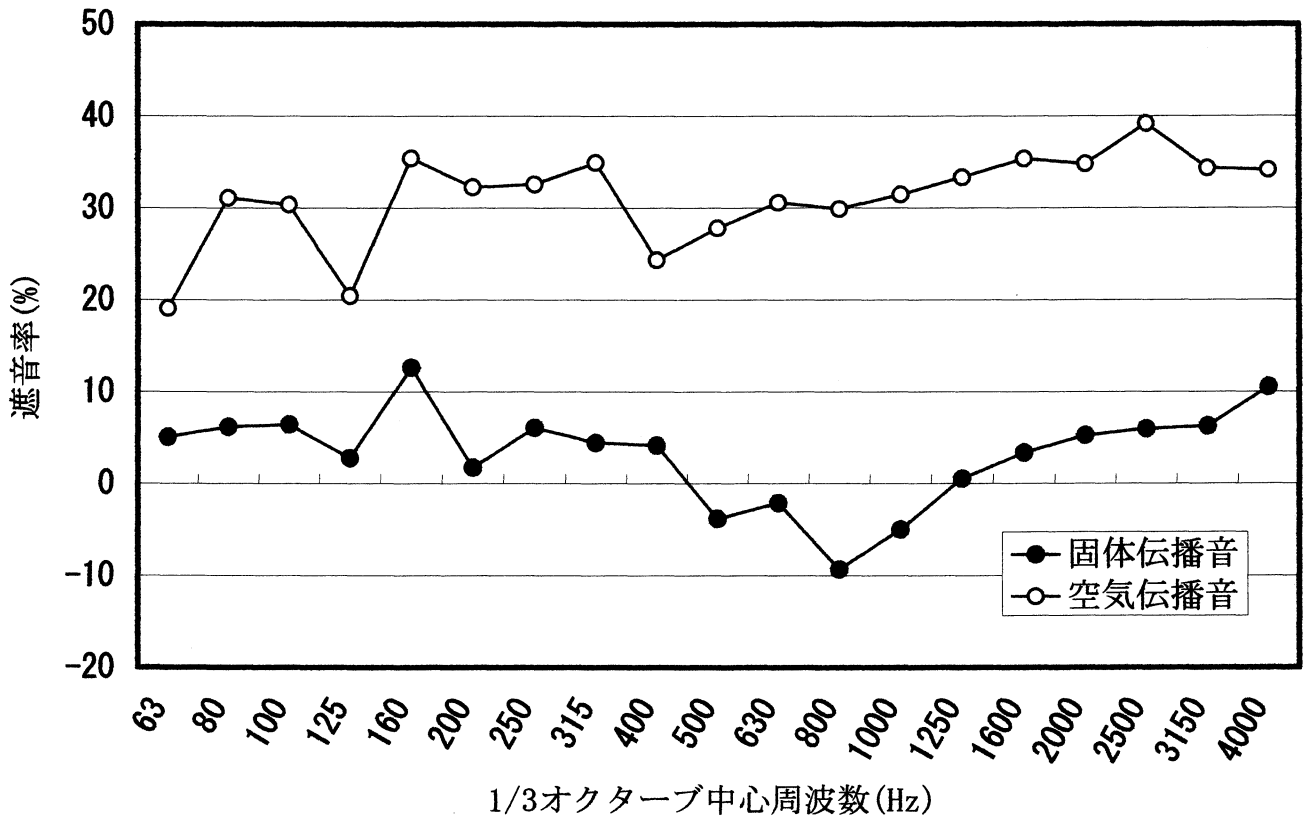


図5 中空長柱材を床材とした時の音源別による周波数域遮音率

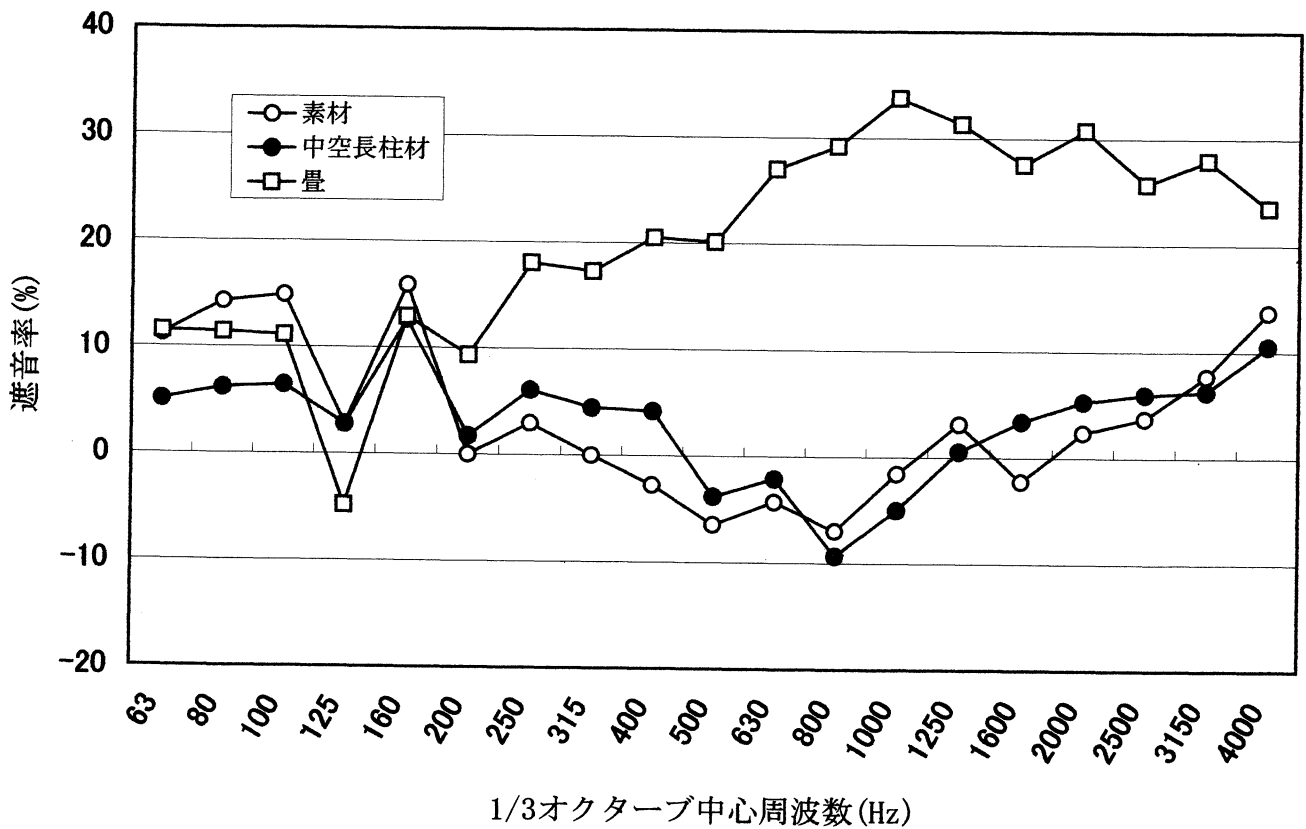


図6 床材別による軽量衝撃音の周波数域遮音率

音源を軽量衝撃音に限定し、床材別にみる遮音性の比較を図6に示す。図からも明らかであるように、音源の衝撃を吸収できる畳の遮音率が高い。素材と中空長柱材を比較すると、全体的にはほぼ同じような遮音率を示している。1/3オクターブ中心周波数ごとに比較をすると、低周波数音域においては素材が、中・高周波数音域においては中空長柱材のほうがやや高い遮音率を示している。その他の周波数域においても、素材と中空長柱材の遮音率は異なった値を示している。

この比較の中でみられる大きな特徴として挙げられるのは、低周波数音域において素材が中心周波数160 Hz以下の範囲で、畳より高い遮音率を示しているのに対し、中空長柱材は畳よりやや低い値を示していることである。中空孔を作ることにより、低周波数音域での遮音率が低下している。

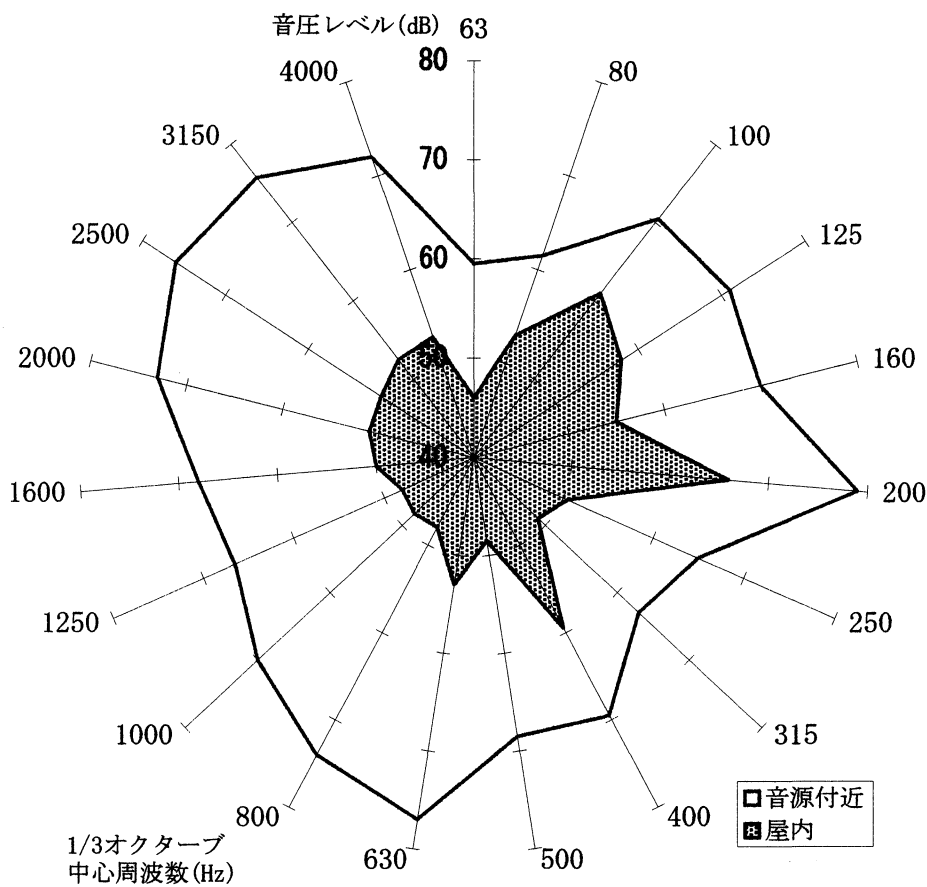


図7 中空長柱材壁材の室外音に対する遮音性

図7は、音源を空気伝播音に絞って測定したものである。私達がよく経験する生活騒音で、屋外を車などが走っているときの屋内に聞こえてくる音を想定して、実験を行った。屋外からの音に対する遮音性能を測定したものである。実験では、音源として屋外に2サイクルエンジン4気筒の自動二輪を設置した。音源付近の音圧レベルが実験Iの音源室音圧レベルと同レベルになるように6,000 rpmで回転させた。屋内の音圧レベルは、L1の中央で測定を行った。このときの音の減衰を音源付近の音圧レベルと中空長柱材の壁を通した屋内の音圧レベルで表した。空気伝播音において高い遮音率を示すことは、図をみても明らかである。中・高周波数音域に対し、低周波数音域の遮音率が



少し低い値を示すのは、軽量衝撃音の遮音率と同様に低周波数音域の音を遮音しにくくなっていることと、低周波数音域の音の方が中空長柱材に振動を伝えやすいことが原因であると考えられる。

周波数分析のためのバンドフィルターを通さず、騒音計の指示値（以下 Overall値）で音の大小だけを捉え比較したものを図8に示す。床材として、素材・中空長柱材・畳を使用し、音源として軽量衝撃音・重量衝撃音・空気伝播音を使用して実験を行った。重量衝撃音の音源として、軽自動車タイヤ2.1気圧を使い1 mの高さから自由落下させた。1/3オクターブ分析による遮音率の比較と同様に、固体伝播音に対して空気伝播音の遮音率が高い。素材・中空長柱材とも軽量衝撃音よりも重量衝撃音の遮音率が高く、畳と同じレベルまたはそれ以上の値を示している。これは、タイヤの表面がゴムであるために、衝撃を緩衝しやすいことが原因であると考えられる。

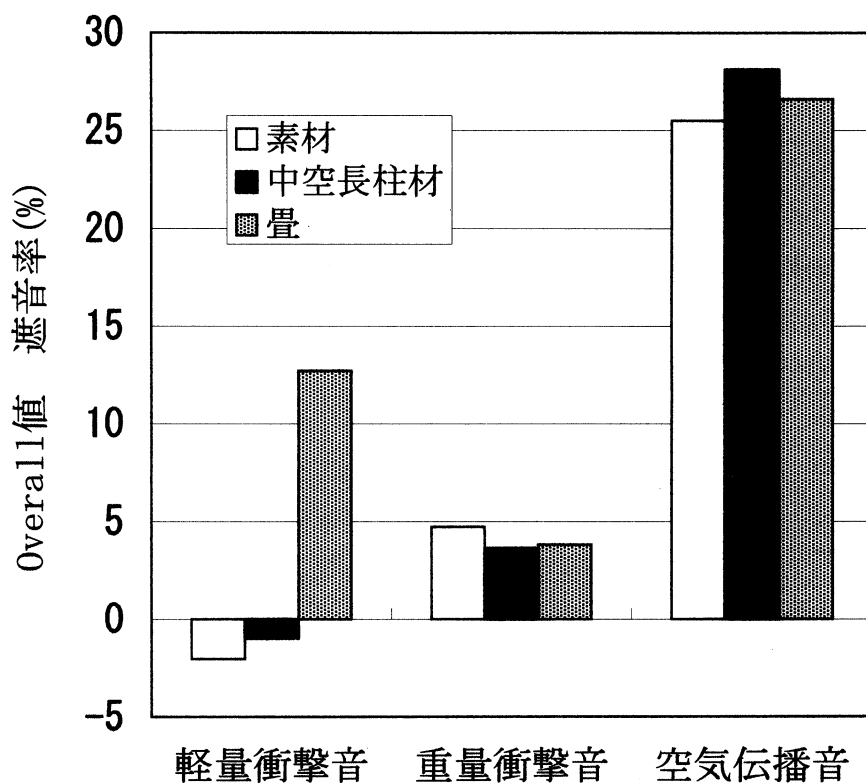


図8 床材別 Overall値による遮音率

一方、素材と中空長柱材の軽量衝撃音における Overall値の遮音率は負の値を示している。これは、音源室で測定される音圧レベルよりも受信室で測定される音圧レベルの方が高いということを意味している。軽量衝撃音においては、素材・中空長柱材を床材とすると、音源室で聞く音よりも固体振動の伝播によって放出される受信室の音の方がうるさいということになる。木材を床材として利用していくには、軽量衝撃音に対する対策が必要になる。

#### 4. 2 実験Ⅱアンケートによる人間の反応

実験Ⅰにおいては、騒音計のC特性すなわち物理的音圧レベルで測定を行ったが、人間が実際に感じる音は、人間の耳によって補正されている。その補正を機械的に行い音圧レベルとして表し

たものを、A-特性の音圧レベルという。A-特性による一般的な感覚を表1に示す。これを基準とし、人間の感じ方をアンケートによって調査した。アンケート調査時の床材として、中空長柱材と畳を使用した。音源は、軽量衝撃音と空気伝播音とした。空気伝播音の音源であるカセットテープレコーダーのボリュームは、受信室音圧レベルが軽量衝撃音の受信室音圧レベルと同レベルになるように調節した。被験者には、床材2種類、音源2種類の組み合わせで4種類の音を聞いてもらった。

表1 A-特性による人間の感覚と騒音レベル

騒音レベル (dB-A)	音源の種類	人間の感覚
140		耳が壊れそう
110	飛行機のエンジン近く	
	電車通過時のガード下	非常にやかましい
80	騒々しい工場の中	
	交通量の多い道路	電話が聞こえない
50	静かな事務所	
		静か
20	置き時計の秒針の音	非常に静か

表2 アンケート集計結果

材料・音源		(% )			
		まったく うるさくない	あまり うるさくない	やや うるさい	非常に うるさい
中空材	固体伝播音	0	0	5	95
	空気伝播音	0	0	50	50
畳	固体伝播音	0	25	55	20
	空気伝播音	0	40	45	15

アンケートを集計して、表2に示す結果を得た。中空長柱材を床材として音源にタッピングマシンを使用したときに、「非常にうるさい」と回答した人が95%を占めた。音源を空気伝播音にしても、「うるさくない」と回答した人はいなかった。C-特性の傾向と同じく、畳に比べて中空長柱材を床材としたときにうるさいと感じる傾向がある。

中空長柱材を床材として、音源を軽量衝撃音としたときの音は、85%の被験者が全体を通じて最も「不快」に感じた」と回答している。不快に感じた理由として被験者が挙げたのは、「高い音が響いたから」、「振動を感じたから」というものであった。生活騒音として考えると、振動を伴う高い音

が全体的に不快感を与えるようである。

実験Ⅰの中で、中空長柱材が素材に比べて低周波数音域の音を遮音しにくくなったという結果が  
 だが、このことをは性能的に大きく劣ると考える必要はない。

4. 3 実験Ⅲ 中空長柱材を利用したWoody Houseの遮音性



写真3 中空長柱材を利用したWoody House

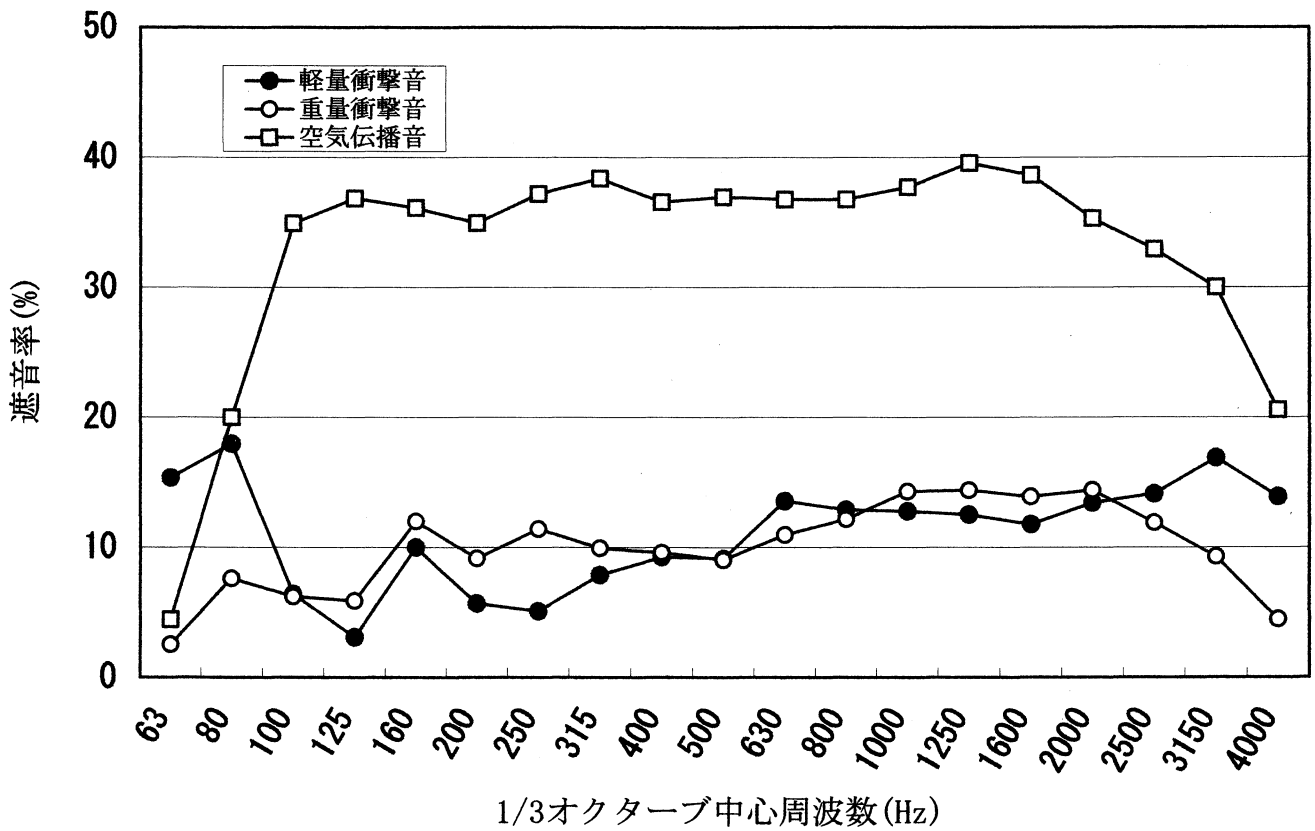


図9 Woody Houseにおける音源別の周波数域遮音率

写真3は、実際に人が生活している中空長柱材を利用して建てられた Woody House である。2階の1室を音源室、1階の1室を受音室として、JIS-A-1418を基準とした遮音率の測定を臨床的に行った。床材は、下地なしの状態の中空長柱材である。音源として、軽量衝撃音・重量衝撃音・空気伝播音（軽量衝撃音の音源室音圧レベルに合わせたボリュームに設定）を使った。

図9に結果を示す。全体として空気伝播音に対する遮音率が高いのはこれまでの実験結果の傾向と変わらないが、衝撃音の遮音率がどの中心周波数域においても正の値を示している。また、各中心周波数域における遮音率の差があまりみられなくなった。その結果を図5の実験棟における軽量衝撃音の遮音率と比較しても、中・高周波数音域における遮音率の向上が顕著である。これは、測定する部屋が実験棟に比べて広くなったことで、音源室および受音室それぞれの音圧レベルが低くなったことが大きな要因の1つである。更に詳細に実験を行う必要があるが、中空長柱材の持つ空気層の体積が大きくなったことも要因の1つになっている。仮設実験棟での実験結果と比較して遮音率が向上している事実は、中空長柱材を建築部材として活用するのに大きな意味を持つと考えられる。

## 5. 結 論

中空長柱材を利用した Woody House の居住性能として、固体伝播音（軽量衝撃音・重量衝撃音）・空気伝播音に対する遮音性の臨床的究明を試みた。中空長柱材の遮音性に対する適正条件を見出せば更に高い居住性能を発揮することが期待できる。そのためには、柱材の木口寸法と中空孔の径など中空長柱材の規格と強度および遮音性の関わり、中空孔における吸音材の利用と影響などを、なお詳細に実験して明らかにする必要があるが、一応、今回の実験から得られた結果を総括すると次の通りである。

- (1) 針葉樹の小径木心持ち間伐材に穿孔切削を施し、中空孔から熱風乾燥させた中空長柱材は、表面割れがほとんどなくなるということ、乾燥までの時間が大幅に短縮される上に含水率が10～13%と安定していること、乾燥による乾燥歪が小さいことから、建築部材への応用が期待される新しい材料となる。
- (2) 中空長柱材を使って建てた Woody House における遮音性は、畳などのように緩衝材の役割も果たす床材には及ばないが、素材と比べると低周波数音域の音の遮音率がやや低下するものの、多くの人間が不快に感じると答えた高周波数音域における音の遮音率が高くなるため、素材を使って建てる Woody House と比較して居住性能は向上するといえる。
- (3) 空気伝播音に対して、振動を伴う固体伝播音の遮音性が著しく低いため、緩衝材との融合・調和を図れば有用な建築部材になる可能性を持っている。

最後に、中空長柱材の開発および仮設実験棟建設に多大な協力をいただいた(株)日栄住宅工業の大川秀利氏に感謝の意を表します。

### 引用文献

- 1) 松田健一, 野本正樹：中空乾燥長柱材を利用したLog Houseの居住性能.  
日本林学会九州支部. 発表(1991)
- 2) 梅本孝生, 大川博徳：中空乾燥技術の開発.
- 3) 日本木材学会編：もくざいと科学. 海青社(1989).
- 4) 前川純一, 岡本圭弘：誰にもわかる騒音防止ハンドブック. 共立出版株式会社(1981).
- 5) 日本音響学会：騒音・振動(上)・(下). コロナ社(1978)・(1982).
- 6) 守田栄：新版 騒音と騒音防止. オーム社(1985).
- 7) 先田政弘：フローリング騒音トラブル対策マニュアル. マンション問題研究会(1989).
- 8) 日本木材学会編：住まいと木材. 海青社(1990).
- 9) 五十嵐壽一, 山下充康：騒音工学. コロナ社(1988).