

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560253

研究課題名(和文) バイオマスを利用した吸音材料に関する研究

研究課題名(英文) Study of sound absorbing materials using biomass

研究代表者

坂本 秀一 (Sakamoto, Shuichi)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：40211932

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：古紙などを想定した、薄い材料を用いて作られた二面間の隙間について様々な構造・寸法について吸音率の測定を行った。また計算値を算出した。

稲藁の断面のように様々な断面形状の細穴の集合体について、幾何学的な寸法のみから管内の減衰を考慮した吸音率ならびに透過損失を推定し、実験結果との比較を行った。

稲藁を音波入射方向に対して斜めに配置することにより、見かけの厚さの削減を行い、かつ吸音材の実効厚さを維持した。

研究成果の概要(英文)：In this study, the sound-absorption coefficients of the sound-absorbing structure using bundle of narrow clearances between a number of thin plates were measured for various formations and size. We discussed the experimental results and conducted a theoretical analysis on several different sound-absorbing structures that take into account the viscosity of the boundary layer at the clearances. We developed a theoretical estimation method with respect to various cross sectional narrow hole bundle structures by using just their dimensions, and verified its effectiveness by comparing the results with those of experiments.

We placed these biomass resources at an incline with respect to the sound wave incident direction and obtained the following results. Arranging bundles of rice straw elements at an incline allows us to reduce the apparent thickness of sound-absorbing materials without impacting sound-absorption characteristics in the low-frequency range.

研究分野：工学

キーワード：吸音材料 バイオマス 稲藁 古紙 リサイクル

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 典型七公害の苦情件数において騒音によるものは大気汚染に次いで2番目に多い。生活の質の向上が叫ばれる昨今、産業界にとっても、騒音を受ける工場・現場等の作業員や住民にとっても、騒音制御技術は重要性を増してきている。

また、バイオマスの再利用は炭素の固定にも繋がり、後に焼却処理されてもカーボンニュートラルである。

上記に述べたような背景を踏まえて、本研究では、バイオマスを応用した多孔質吸音材料として、稲藁・籾殻およびそば殻などを用いた研究を行うことにした。

(2) 連続気孔を持つ多孔質体は吸音材料として有用であることが知られている。天然物による多孔質体の吸音例としては、例えば鉄道スラブなどで砕石の吸音効果が知られている。このような、微細な隙間による音波の減衰については、Biotパラメータを用いて導出することが試みられており、研究代表者も(文献①)において、Biotパラメータの一部について研究を行っている。

植物由来材料による吸音効果に関する報告は、海外では麦藁(文献②)、国内では畳床(文献③)に関するものがある。畳などでは藁が横向きになっているため、吸音効果はさほどではない。研究代表者は、稲藁の断面を入射面に向けて使うことで高い吸音性能を発揮することを明らかにした(文献④⑤)。

(3) 研究代表者は以前より、粒状材料や多孔質材料を扱っており、音響的な微細構造に関する研究を行ってきた。稲藁や籾殻を吸音材料に利用する考えは、粒状体に関する(文献①⑥⑦)から着想が得られたものである。また、稲藁の利用については、(文献⑧⑨)における細管内における音波の減衰に関する知見から、当時着想に至ったものである。

## 2. 研究の目的

(1) 多孔質の吸音材料はグラスウール、ロックウールに代表され、最近では樹脂の繊維も高性能化している。このように現在多用されている多孔質の吸音材料は、繊維系の材料が多い。その理由は、物量が多い建築材料ではコスト的に繊維系材料が圧倒的に有利なためである。

一方で、その他の有用な方法も数多く提案されてきた。稲藁の断面の幾何学やそれらを束ねた時の吸音効果は興味深く、吸音材料用に作られたのかというほど吸音に適した幾何学になっている。しかしながら、稲藁をこのような形態で吸音材料に応用した例はなく、その吸音機構の解明は学術的に価値がある。そば殻や籾殻についても、このような系統立った研究は他になく、学術的に価値がある。

本研究は、コストが安く、製造に多くのエ

ネルギーを要しない材料は、農業などで生産される副産物に多く存在するという事に着目している。このような、天然素材の活用は、農業と建設業、工業一般などとの共存共栄をもたらし、将来的に持続可能な社会に貢献するものと考えられる。

## 3. 研究の方法

(1) 断面積を漸進的に絞った吸音材料で所望の性能が得られるよう試作を行った。

(2) 上記で得られた知見を基に、古紙による吸音構造について理論的に音響特性を解明した。

(3) バイオマスなどの試料の幾何学的形状や寸法が音響特性へ及ぼす影響因子の切り分けを行った。稲藁形状に類似したものを人工的に作ることも容易ではない。そのため、どの部分が吸音性能に寄与しているかを樹脂や金属の細管等を用いて模擬した実験を行った。

(4) 上記で得られた知見を基に、種々の幾何学形状および寸法を持つ吸音構造について理論的に音響特性を解明した。

(5) 稲藁の配置を斜めにすることにより、吸音材料の実効厚さを増大させた。

## 4. 研究成果

(1) 「吸音材の専有体積を半分にする」ための研究を、古紙を再利用した吸音材料について行った。断面積を漸進的に絞った吸音材料(図1)について多くの試作を行った。これにより同じ厚さで両面の吸音が可能となった。紙を利用した吸音材料について、多くの実験結果が得られ日本機械学会に論文として掲載された。

(雑誌論文③、学会発表⑤)

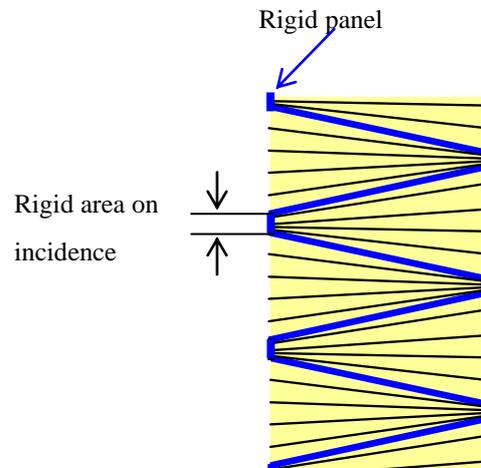


図1 断面積を漸進的に絞った吸音材料

(2) 上記の、古紙を利用した吸音材料について、様々な構造および寸法における吸音率を

求めるための理論解析を行った。まず平行な二平面による隙間を用いた吸音構造について、理論解析を行った。続いて、屏風形の構造について、音波が入射する垂直方向に伝達マトリクスを分割することにより解析を行った。次に、音波が入射する奥行き方向に向かって隙間が狭くなる楔形構造について、音波の入射方向に伝達マトリクスを分割することにより解析を行った。これらの解析対象について、吸音率の計算結果を求めた。また、解析対象に相当する試料を製作し吸音率の測定を行い、計算結果との比較を行った(図2)。その結果は日本機械学会に論文として掲載された。

(雑誌論文①、学会発表③)

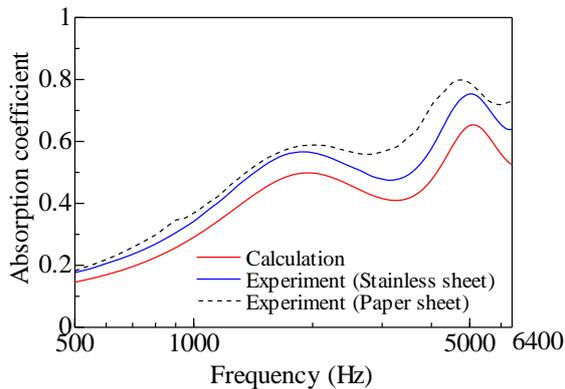


図2 理論解析結果と実験値の比較

(3) 「構造の音響特性への影響因子の切り分け」について、細い円管に関しては、吸音率や透過損失がシミュレーション可能になった。(図3、4)これに関して実験と計算を比較した結果が、日本機械学会に論文として掲載された。

(雑誌論文②)



図3 細穴の集合体の実験試料

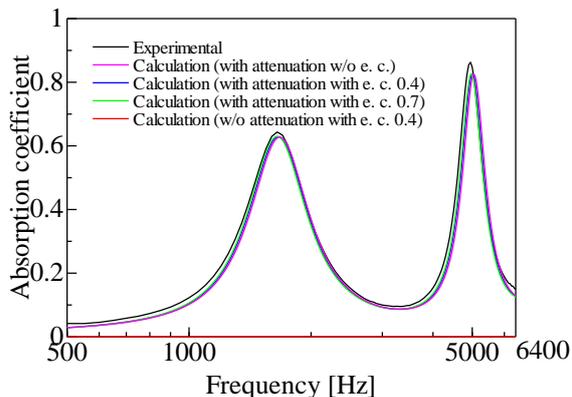


図4 上記資料の吸音率(計算値と実験値)

(4) さらに、稲藁を束ねた際の異形の隙間について、3つの円柱に挟まれた隙間(図5)について実験および理論解析を行った。

(学会発表④)

その結果は学術雑誌に投稿中である。



図5 円柱間の隙間に関する実験試料

(5) 加えて、稲藁の断面に存在する同心円状の隙間について(図6)も実験および理論解析を行った。

(学会発表①)

その結果は学術雑誌に投稿中である。



図6 同心円の隙間に関する実験試料

(6) 稲藁を斜めに配置することにより、吸音材の実効厚さを増大させる実験を行った。そのためインピーダンス測定管に対して、稲藁を斜めに配置できる装置(図7)を機械加工により製作した。実験と、基礎的な理論解析を用いて、60度傾けた稲藁材料は、実効長さが見かけの2倍になることと、傾けない場合の半分の物量に等価であることを示した。

(学会発表②)

インピーダンス管に入らない大きな稲藁試料の吸音率を粒子速度プローブにより測定することが出来た。また粒子速度プローブによりこれらの試料の斜め入射吸音率を測定できる目処が立った。



図7 稲藁を斜めに配置できる装置

<引用文献>

① 坂本秀一、堤 雄二、柳本憲作、渡部誠二、粒状材料の含水率による音響特性変化に関する研究、日本機械学会論文集C編、75巻、757号、2009、2515-2520

② C. McGinnes, M. Kleiner, N. Xiang, An Environmental and Economical Solution to Sound Absorption Using Straw, J. Acoust. Soc. Am. Vol. 118, No. 3, 2005, 1869-1869.

③ 戸田建設、技術研究報告、31号、2005

④ 坂本秀一、高内悠揮、柳本憲作、渡部誠二、Study for Sound Absorbing Materials of Biomass Tubule etc. (Measured Result for Rice Straw, Rice Husks, and Buckwheat Husks)、Journal of Environment and Engineering、Vol 6、No. 2、2011、352-364

⑤ 坂本秀一、高内悠揮、柳本憲作、渡部誠二、バイオマスの細管等を応用した吸音材料に関する研究(稲藁・籾殻およびそば殻の測定結果)、日本機械学会論文集C編、75巻、760号、2009、3223-3229

⑥ 坂本秀一、佐々木勝、小浦方格、柳本憲作、渡部誠二、柔らかく軽量の粒状材料の吸音特性に関する基礎的研究(発泡スチロールビーズにおける基礎的特性)、日本機械学会論文集C編、76巻、770号、2010、2545-2551

⑦ 坂本秀一、佐久間陽介、柳本憲作、渡部誠二、粒状材料の音響特性に関する基礎的研究(粒径の異なる層が重なる場合の垂直入射吸音率)、日本機械学会論文集C編、74巻、745号、2008、2240-2245

⑧ 坂本秀一、長瀬功育、中川雅哉、新田 勇、柳本憲作、渡部誠二、音響を利用した中空光ファイバにおける漏洩検出(実験および理論解析)、日本機械学会論文集C編、77巻、777号、2011、2096-2106

⑨ 特許 第4719894号、光ファイバの欠損や詰りを検出する方法及びその装置、発明者：坂本秀一、2011年。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① 坂本秀一、樋口克也、斎藤和幸、小関将太、Theoretical Analysis for Sound-absorbing Materials Using Layered Narrow Clearances between Two Planes、

Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing、査読有、8巻、3号、2014、Paper No. 14-00302、16 pages  
DOI: 10.1299/jamdsm.2014jamdsm0036

② 坂本秀一、星野 陽、須藤浩太、佐藤 孝、細穴の集合体の寸法による吸音率と透過損失の推定(理論解析と実験結果の比較)、日本機械学会論文集 C編、査読有、79巻、807号、2013、4164-4176  
DOI:10.1299/kikaic.79.4141

③ 坂本秀一、斎藤和幸、村山信明、樋口克也、二面間の狭い隙間の集合体を利用した吸音材料に関する実験的研究、日本機械学会論文集 C編、査読有、79巻、807号、2013、4141-4152  
DOI:10.1299/kikaic.79.4164

[学会発表] (計5件)

① 中野新、坂本秀一、谷川裕彦、丸山裕貴、細管集合体における音波の伝搬特性の推定と実験(断面形状が二重円筒による隙間の場合)、日本機械学会講演論文集、No. 157-1、2015.03.07、新潟工科大、講演番号0305、2頁

② 藤橋貴史、坂本秀一、鶴巻太盛、バイオマスの細管を応用した吸音材料に関する研究(稲藁を斜めに配置した場合の特性インピーダンスと伝搬定数による吸音率の算出)、日本機械学会講演論文集、No. 147-1、2014.03.08、富山県立大、講演番号907、2頁

③ 樋口克也、坂本秀一、小関将太、二面間の狭い隙間の集合体を利用した吸音材料に関する理論的研究、日本機械学会講演論文集、No. 147-1、2014.03.08、富山県立大、講演番号908、2頁

④ 須藤浩太、坂本秀一、中野新、浅見貴也、

谷川裕彦, 細管集合体における音波の伝搬特性の推定と実験 (断面形状が三つの接する円による隙間の場合)、日本機械学会講演論文集、No. 147-1、2014. 03. 08、富山県立大、講演番号909、2頁

- ⑤ 齋藤和幸、坂本秀一、樋口克也、牛島勇樹、二平面間の狭い隙間を用いた吸音材料に関する研究、日本機械学会講演論文集、No. 137-1、2013. 03. 09、福井大、講演番号809、2頁

[その他]

ホームページ

機械音響研究室

<http://sakamoto.eng.niigata-u.ac.jp/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

坂本 秀一 (SAKAMOTO, Shuichi)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：4 3 1 9 9 3 2 2