

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560080

研究課題名(和文) 農業系副産物の天然構造を利用した電磁遮へい・吸収材料の開発とその応用

研究課題名(英文) Development of electromagnetic wave shielding/absorption properties in composite material with agricultural by-product

研究代表者

飯塚 博 (Iizuka, Hiroshi)

山形大学・理工学研究科・教授

研究者番号：90142215

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)： 籾殻・大豆皮等の植物非食部を炭化焼成して得られる炭素粉体を用いたプラスチック複合材料の電磁波遮蔽・吸収材料としての可能性について検討した。複合材料の製造は、作製した炭素粉体と複合材料の母相となるプラスチック繊維を水中で分散混合する抄紙法を用いて行った。

その結果、電磁波遮蔽性については、複合材料の導電性と良い相関があり、有意に材料設計が可能になった。電磁波吸収性には炭素粉体の粒径、粉体配合率、試料厚さ、導電性等が複雑に影響した。したがって、それらの最適な組み合わせを合理的に決定する手法の確立が求められた。本研究では電磁波の無反射曲線を求め、そこから製造条件を決定する手法を確立した。

研究成果の概要(英文)： The author developed carbon powders for electromagnetic wave shielding and absorption material, which was made from three kinds of agricultural by-products, i.e. rice hull, soy hull, and plant skin. The plastic composite materials with the carbon powders were manufactured by mixing the powder and polyethylene fiber, using a wet-papermaking method. The electric conductivity, the electromagnetic wave shielding and absorption properties were measured for the composite materials. Especially, the effect of powder species, the powder content and the thickness of the composite materials were discussed. Finally, the design method were discussed to obtain a optimum electromagnetic wave absorption material, using the transmission line theory.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械材料・材料力学

キーワード：炭素材料 電磁波吸収材料 電磁波遮蔽材料 プラスチック複合材料 植物非食部

1. 研究開始当初の背景

籾殻や大豆皮などの植物の非食部を工業材料として利用することは、リサイクル等の観点の他に、天然素材の持つ機能を積極的に活用しようという観点からも重要である。天然素材の特徴は、植物由来の多孔質構造を有する点、さらに、素材特有のミネラル成分も含有している点である。この多孔質構造は、もみ殻では蜂の巣状の構造、大豆皮では外皮・内皮を柱状物が繋ぐ構造等、植物の種類によって多様である。そして、これまでの研究から、これらの素材を炭化焼成した粉体には、電磁波遮蔽・吸収性があることが明らかにされている。

また、近年、自動車の電動化等の動きが加速し、電磁波による制御システムの誤作動が問題化している。軽量・安価な電磁波遮蔽・吸収材量の開発が待たれている。

2. 研究の目的

本研究では、植物由来の炭素粉体をフィラーとして用いたプラスチック複合材料を製造する手法を確立し、実用化に繋がる電磁波遮蔽・吸収材料を開発する。また、粉体に多孔質構造を残すと電磁波遮蔽・吸収性が向上する科学的機構を、素材の誘電率等の物性値を測定して解明する。

3. 研究の方法

はじめに、植物由来素材の焼成粉体をプラスチック中に多量に配合できる製造方法を確立する。本研究では、母相となるプラスチックの繊維と焼成粉体を水中で攪拌混合し、和紙を製造する手法と同様な抄紙法を用いて複合組織化を行う。

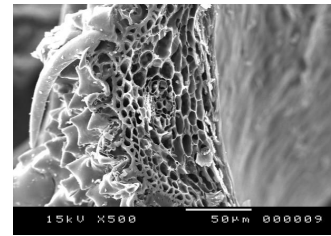
図1に、籾殻、大豆皮、および植物渋皮の多孔質構造を示す。各植物特有の構造を持っていることがわかる。また、空隙のサイズは全てほぼ $10\mu\text{m}$ 程度である。籾殻には 18%程度 Si が含有し、大豆皮と植物渋皮にはミネラル成分がほとんど含まれていない。

天然素材の焼成は、900 窒素雰囲気中にて行った。その後、分級し、各素材の焼成粉体を作製した。籾殻焼成粉体を RHC、大豆皮焼成粉体を SHC、そして植物渋皮焼成粉体を PHC と略記する。

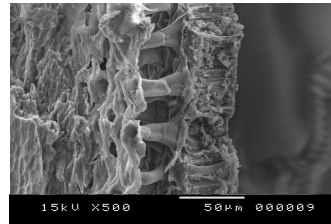
図2に抄紙法を用いて実施した製造工程の概略図を示す。焼成粉体とプラスチック繊維を水中で分散混合させ、脱水・成形・表面溶融させ、標準材で 2.0mm 厚のシート材を作製した。

作製した複合材料の導電率、電磁波遮蔽性・吸収性、誘電率等の物性値を測定し、各特性への焼成粉体の効果を評価した。図3に、誘電率測定装置の概観を示す。

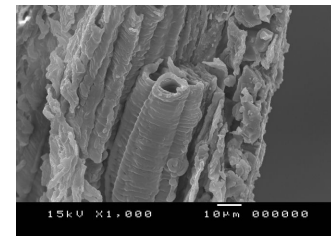
入射波と透過波間の透過係数を測定して誘電率を算出した。



(a) 籾殻の八ニカム構造



(b) 大豆皮の多孔質構造



(c) 植物渋皮の多孔質構造

図1 各種天然素材のマクロな多孔質構造

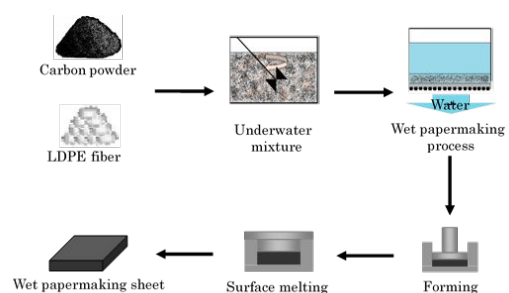


図2 抄紙法による電磁波遮蔽・吸収シートの作製工程

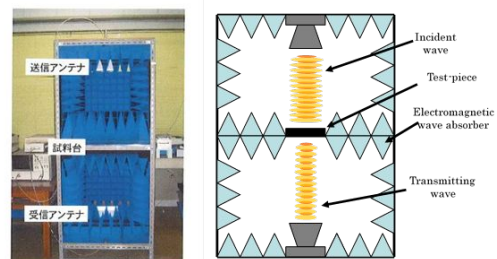


図3 誘電率測定装置

4. 研究成果

(1) 電磁波遮蔽特性

電磁波シールド特性は、KEC 法およびDFFC 法を用いて測定した。メガヘルツ帯において、PSC を配合した抄紙シート材の電磁波遮蔽性は約 60dB を示した。車載用の遮蔽板に求められる目標値は 60dB であり、低周波数域でその基準が達成されている。Si が含まれる SHC 配合シート材では、導電性が低く、遮蔽性も低くなっている。

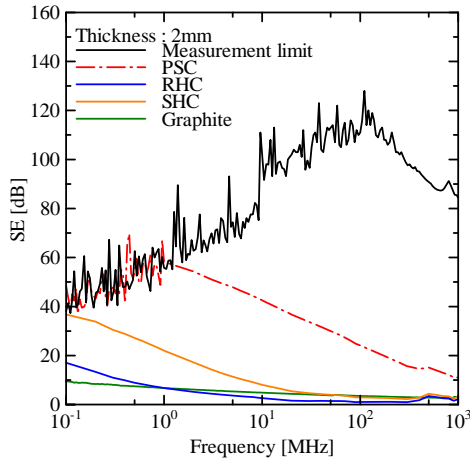


図 4 各粉体シート材の電磁波遮蔽特性

(2) 電磁波吸収特性

図 5 に、各粉体を 30wt.% 配合した 2.0mm 厚シート材の電磁波吸収特性を示す。植物由来焼成炭素粉体を配合したシート材には電磁波を吸収する特性が発現することがわかる。本研究で対象としている植物由来炭素粉体には電磁波吸収体用の素材としての可能性は高いことがわかる。

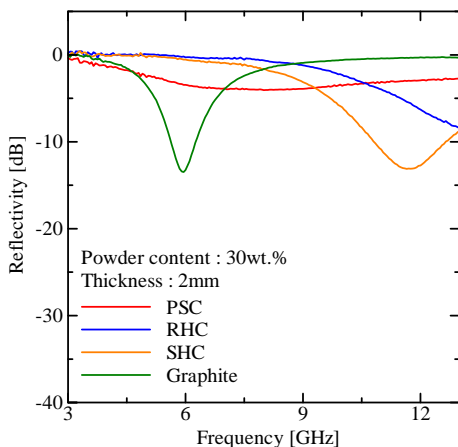


図 5 各粉体シート材の電磁波吸収特性

ただし、電磁波を吸収させるには、まず吸収体に電磁波が入射する必要がある。高導電率体では表面で電磁波を反射してしまうこ

とから、導電性の高い複合材料の吸収特性は低くなる。したがって、通常の炭素粉体や金属を多く配合しただけでは、吸収特性は改善されない。

また、どの周波数域で吸収性を高めるかにはシート材の厚さも関係することから、多くの製造パラメータを調整して所望の周波数域の電磁波を吸収する必要がある。より論理的にこれら粉体の特性を比較・評価するには、素材の比誘電率を測定し、検討していくことが必須であることがわかった。

(3) 比誘電率と無反射曲線を用いた評価

図 6 に、上述した電磁波吸収体設計の手順を示す。電磁波吸収材の理論設計では、はじめに試料の誘電率等の物性値を測定する。その後、その電磁波吸収材を用いて目的とする電磁波周波数帯で特性を発現する電磁波吸収体の実現可否を、伝送線路理論に基づいて検討する。続いて、この電磁波吸収材を用いて、理論上、電磁波吸収材実現の可能性が確認された場合、理論に従い、具体的なシート材の配合率および試料厚さを設計、試作するという流れで行う。

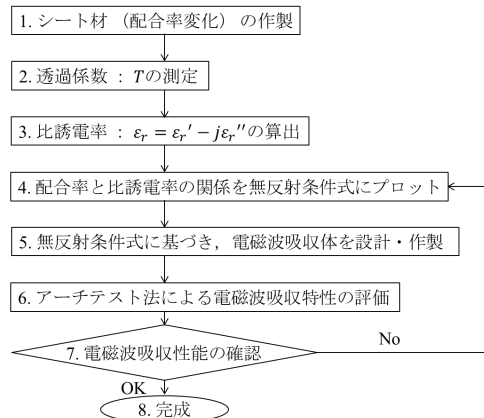


図 6 電磁波吸収体設計のフローチャート

具体的には、以下に示す電磁波の無反射条件式を用いて検討を進める。ここで、 ϵ_r は試料の比誘電率、 d/λ_0 は(試料厚さ/波長)である。

$$1 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \tanh \left(j \frac{2\pi d}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon_r} \right)$$

図 7 に、この条件を満たす比誘電率の実部と虚部の関係をプロットした図(無反射曲線)を示す。この曲線と、任意の周波数における粉体配合率を変化させた試料の比誘電率の関係を示す曲線を重ね、その交点における(試料厚さ/波長)の値を計算することで最適な粉体配合率と試料厚さを求めることができる。

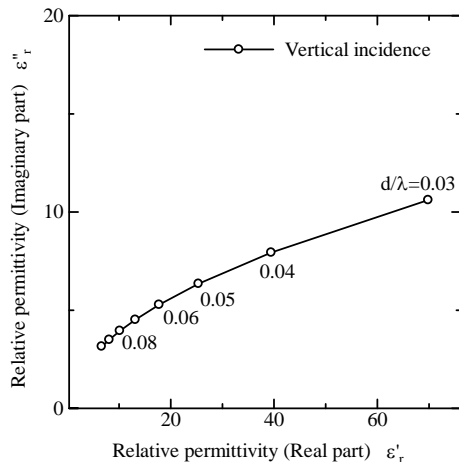


図7 資料表面からの電磁波無反射曲線

図8に、植物渋皮の配合量変化に伴う比誘電率特性を示す。粉体配合率の増加に伴い誘電率の実部と虚部ともに増加している。この要因として、比誘電率の虚部と体積固有抵抗率の間には、導電性が良いほど電荷が移動しやすく、分極しやすい関係があるためと考えられる。

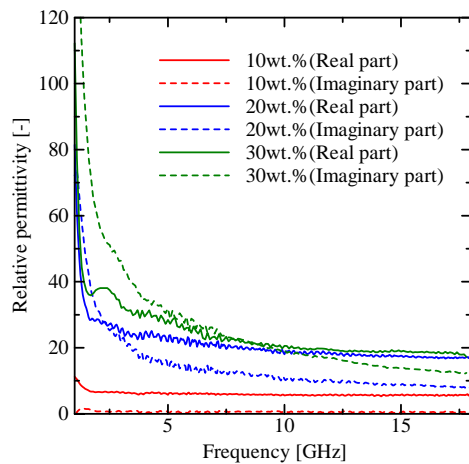


図8 植物渋皮焼成粉体配合シート材の比誘電率特性の配合量依存性

(4) 電磁波吸収体の設計

以上の考察から、(3)で展開した無反射曲線を用いた手法を本研究で製造した植物渋皮焼成粉体に適用すると、以下のような結果が得られる。図9に、無反射曲線と本研究で測定した比誘電率特性を併記する。実線が抄紙法で作製したシート材の特性である。配合量は13wt.%程度の値、 d/λ_0 の値は0.08付近で、無反射の条件を満たしている。この条件でシート材を作製すると、シート材に電磁波が進入して、最も電磁波が吸収されると推察される。

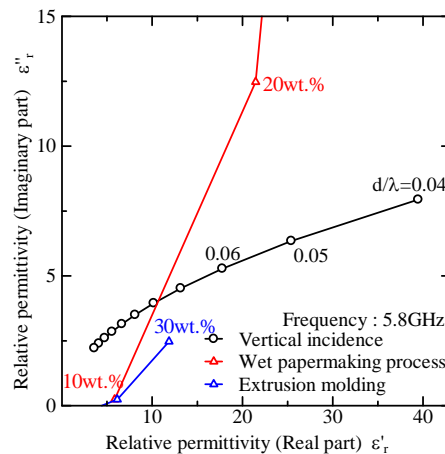


図9 無反射曲線とシート製造条件

(5) まとめ

以上の結果から、植物非食部を用いて植物由来の炭素粉体を製造し、それを用いて電磁波の遮蔽・吸収特性を有するシート材の開発は、可能性が極めて高いことがわかった。また、吸収体の設計手法を無反射曲線を用いて整理することができた。この手法を用いて実用化を目指すことが可能である。

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0件)

〔学会発表〕(計4件)

石川 隆純, 兼岩 敏彦, 高橋 武志, 飯塚 博, 農業系副産物を配合したプラスチックシート材の電磁波シールド・吸収特性, 日本機械学会東北支部第49期総会・講演会, 2014年3月14日, 東北大学工学部東北大学工学部青葉記念会館

中里 真彬, 兼岩 敏彦, 高橋 武志, 飯塚 博, 農業系副産物を配合したプラスチック複合材料, 第23回日本MRS年次大会, 2013年12月10日, 横浜情報文化センター, C-P10-004

古川 晃, 兼岩 敏彦, 高橋 武志, 飯塚 博, Electric Properties of Plastic Sheets with Rice Hull Carbon, IUMRS-ICEM 2012 国際会議, 2012年09月28日, パシフィコ横浜

千葉 俊吾, 兼岩 敏彦, 後藤 浩之, 高橋 武志, 飯塚 博, 農業系廃棄物を利用したプラスチック系複合材料の有用性の検討, 日本機械学会東北支部第48期総会・講演会, 2013年03月15日, 東北大学工学部東北大学工学部青葉記念会館

〔図書〕(計1件)

金原 繁 監修, 「コンジット材料の混

鍊・コンパウンド技術と分散・界面制御」,
(株)技術情報協会,2013,(飯塚博,第
6章第7節 pp.609-614,植物由来炭素
複合材料のコンパウンド技術と電磁遮
蔽・吸収性)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

飯塚研究室ホームページ

http://iizukalab_hp.yz.yamagata-u.ac.jp/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯塚 博 (Iizuka Hiroshi)

山形大学大学院理工学研究科・教授

研究者番号：90142215

(2) 研究分担者

なし

(3) 研究協力者

兼岩 敏彦 (Kaneiwa Toshihiko)

(株)旭機材工業

研究者番号：なし

高橋 武志 (Takahashi Takeshi)

(株)三和油脂

研究者番号：なし