

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420006

研究課題名(和文) 電磁波遮へい・吸収性を有する植物由来炭素粉体を配合したプラスチック複合材料の開発

研究課題名(英文) Development of Plastic Composite Material with Carbon Powders made from Agricultural By-products for Electromagnetic Wave Absorber

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：もみ殻、大豆皮、あるいは落花生内皮等の植物非食部は、現在、飼料や肥料等として利用されている。近年、これらの多くは、ライスセンター、製油メーカーあるいは菓子メーカー等の特定の場所にほぼ年間を通して安定的に発生しており、貯蔵や運搬の経費をかけずに入手できる状況にある。本申請者らは、これらを工業用資源ととらえ、工業的に有効利用する手法を検討している。そして、これまでに、これらを窒素雰囲気中で高温焼成して多孔質炭素粉体を得る製造法を確立してきた。本研究では、こうして得られた炭素粉体をプラスチック用の機能性添加物(フィラー)として用い、電磁波遮へい・吸収性を有する複合材料の開発を目指す。

研究成果の概要(英文)：Rice hull, soybean skin and peanut skin are inedible part of the vegetation. They are used as feed or manure now. In late years these are obtained stably in the specific places such as rice center, an oil manufacture maker or the cake maker through the year. Therefore, it is available without taking an expense of a storage and the transportation. The authors treat these with resources for the industry and examine technique to make good use of industrially. And we have established a manufacturing process to burn at high temperature, and to get porous carbon powders. In this study, we use the carbon powders as a functional additive (filler) for the plastic and aim at the development of the composite material having an electromagnetic wave absorbency.

研究分野：工学

キーワード：電磁波吸収特性 多孔質炭素粉体 プラスチック複合材料 抄紙法 射出成形

1. 研究開始当初の背景

天然素材を炭化焼成して多孔質の炭素材料として有効利用した例には、廃材・米糠・竹炭・もみ殻等がある。また、近年では、植物からセルロース繊維を取り出して複合材料を製造する手法等、植物由来の素材への関心がますます高まっている。

一方、近年の電気自動車の開発促進に伴い、電磁波による電子機器や制御回路の誤作動等が問題になっている。これらの対策として、電磁波遮へい・吸収性を有するシート材を使用して電子回路等を守ることが有効とされている。現在、このような用途に使用されている素材には、金属板あるいは酸化亜鉛・酸化チタン等の金属粉体を配合した複合材料がある。この際、金属を使用すると成形性・価格・重量の面で不利であり、今後は、射出成形等の手法で複雑形状も容易に安価に製造でき、電磁波遮へい・吸収性を有する高分子系複合材料の開発が叫ばれている。

2. 研究の目的

もみ殻、大豆皮および落花生内皮等の植物非食部は、現在、飼料や肥料等として利用されている。近年、これらの多くは、ライスセンター、製油メーカあるいは菓子メーカ等の特定の場所にはば年間を通して安定的に発生しており、貯蔵や運搬の経費をかけずに入手できる状況にある。本研究代表者は、これらを工業用資源ととらえ、工業的に有効利用する手法を検討している。そして、これまでに、これらを窒素雰囲気中で高温焼成して多孔質炭素粉体を得る製造法を確立してきた。本研究では、こうして得られた炭素粉体を高分子用の機能性添加物(フィラー)として用い、電磁波遮へい・吸収性を有する複合材料の開発を目指す。

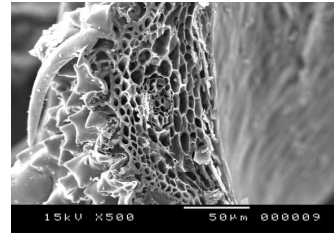
3. 研究の方法

(1) 高分子複合材料製造 図1に、籾殻・大豆皮・落花生内皮における多孔質構造の違いを示す。落花生内皮にはらせん状の部位が含まれており、電気的特性への効果に興味を持たれる。これらを炭化焼成し、図2に示す手順で、多孔質炭素粉体を作製した。

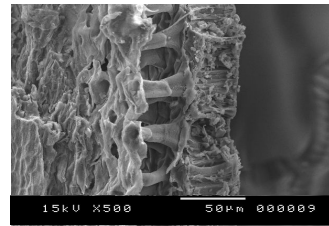
本研究ではまず、炭素粉体の基本手花特性を評価するために、図3に示した抄紙法によって作製したシート材を用いて電磁波吸収特性の評価を行った。その後、図4に示す加圧成形法、そして最終的には射出成形によって作成したシート材の特性評価を行った。

加圧性計では、二軸混練機を用いて製造したペレットを用いて、金型を用いた低圧の加圧成形を行い、焼成粉体の粒径や分布状況を観察するための試料を作

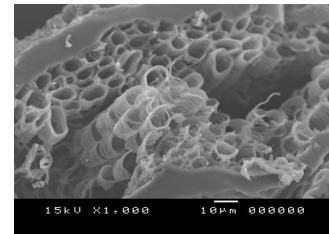
製した。射出成形は企業に製造を外注して準備した。また、粉体の分散性評価には、ボロノイ分割の手法を用いて定量的に実施した。



(a) 籾殻の八二カム構造



(b) 大豆皮の多孔質構造



(c) 落花生内皮のらせん構造

図1 各種天然素材の多孔質構造比較

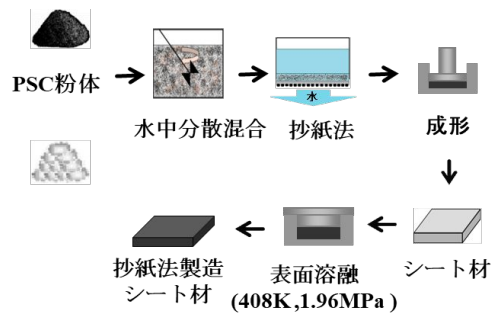


図2 抄紙法によるシート材の製造

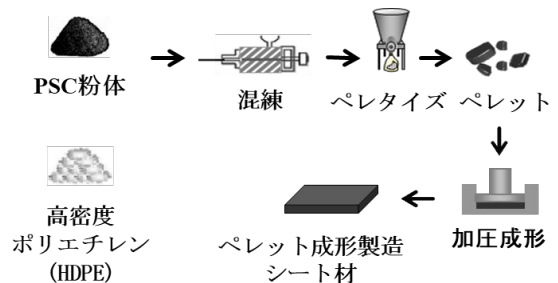


図3 加圧成形によるシート材の製造

(2) 電磁波吸収特性の評価 図4に電磁波球種特性の評価装置を示す。評価に際しては、兵庫県立大学・山本准教授および京都産業支援センターと連携して作製された試料の誘電率を測定した。

さらに、射出成形体と抄紙法製造体における特性比較を行い、射出成形による多量製造時における粉体配合量等の最適値について検討した。

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の評価した。図2に、誘電率測定装置の概観を示す。入射波と透過波の間の透過率を測定して誘電率を算出した。

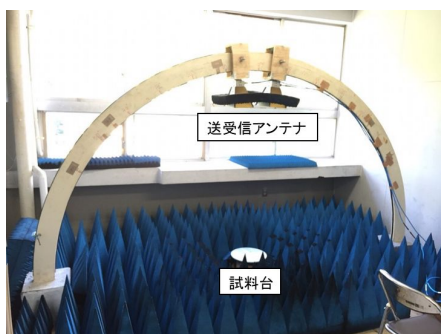
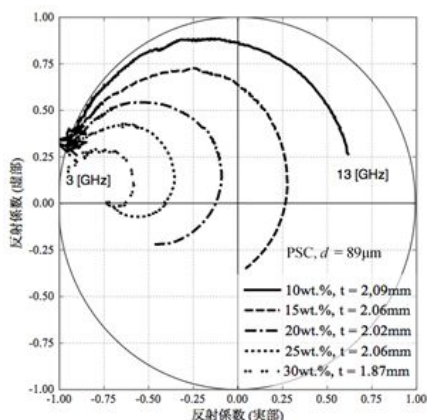


図4 電磁波吸収特性の評価装置 (兵庫県立大学)

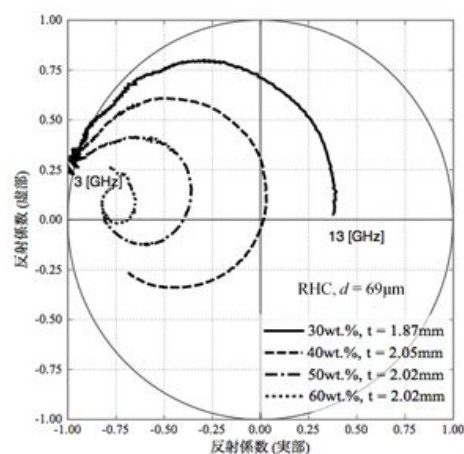
4. 研究成果

(1) 電磁波吸収特性 図5に反射係数の測定結果を示す。本研究で注目しているPSCについては、20wt.%配合したシート材で(0,0)点の左側を通る曲線になっており、配合量過多になっている。

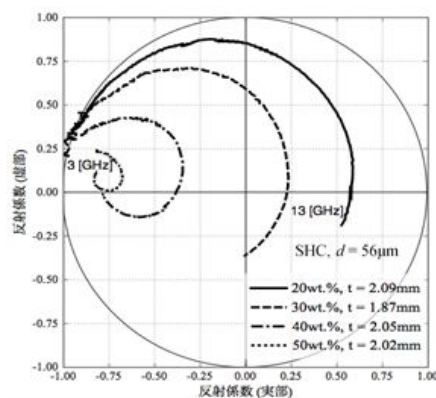
これに対して、RHCシート材では、40wt.%の曲線が(0,0)点をほぼ通過しており、最適値に近いことがわかる。すなわち、PSCはRHCよりも粉体配合量が半分以下まで減らせることになる。



(a) PSC シート材



(b) RHC シート材



(c) SHC

図5 各試料の反射係数と電磁波吸収特性

また、SHCでは、30~40wt.%の間に(0,0)点を通る最適値があることから、SHCはRHCよりは配合量が少なくて済むが、PSHよりは倍近い量が必要になることがわかる。

以上の結果から、粉体の種類とその混合率を制御し、誘電率の実数部と虚数部を最適な値に調整することで、所望の周波数域で高い電磁波吸収特性が得られることがわかる。その際に、PSCが吸収素材としては最も高性能であることがわかる。

(2) 成形方法の影響 抄紙法、加圧成形、および射出成形の製造方法の違いが電磁波吸収特性に与える影響について検討した。図6に抄紙法・加圧成形・射出成形で作製した反射係数の比較を示す。射出成形で作製したシート材の特性は、加圧成形で作製したシート材の特性に近かった。これに対して、抄紙法で作製したシート材では、導電特性が高く、電磁波吸収特性も少量の炭素粉体配合で効果が表れた。

図7に、射出成形で作製したシート材の反射係数を示す。焼成粉体を30wt.%配合しても特性曲線は(0,0)点の右側に位置しており、さらに配合量を増加させないと最適な吸収特性は得られない。射出成形では30wt.%以上

の配合はペレットの流動特性が低下して成形不可能になることから、この電磁波周波数帯で、2mm 程度の薄さの電磁波吸収体を射出成形で製造することは難しいことがわかった。

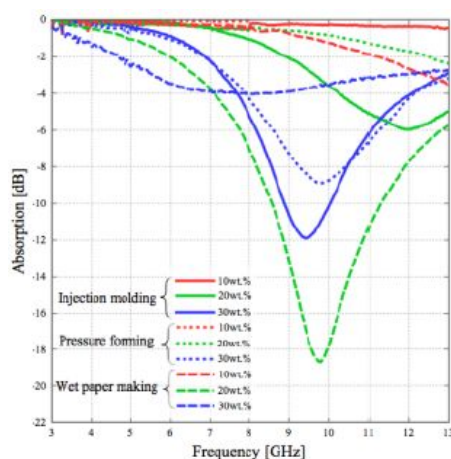


図 6 各種製造法の電磁波吸収特性への影響

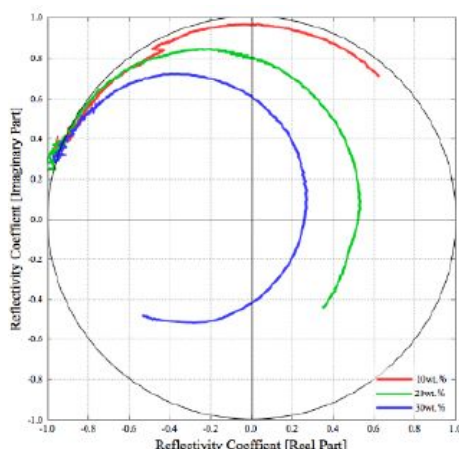


図 7 射出成形シート材の反射係数

(3) その他電磁波吸収素材との比較 植物には天然由来の多孔質構造が発達している。その天然由来構造が電磁波吸収特性に及ぼす影響について、他の炭素粉体等と比較し、天然素材由来炭素粉体の優位性等について検討した。シート材はSHCとPSCの電磁波吸収素材とポリエチレン繊維を水中攪拌混合して抄紙法により成形した。比較材として球状活性炭 (BEAPS-AC) 及びカーボンマイクロコイル (CMC) 10wt.%) をフィラーとして用いたシート材を準備した。電磁波吸収特性はアーチ型装置を用いて測定した。

各シート材における反射係数と電磁波吸収量の比較を図 8 に示す。今回用いたシート材作製条件下では、電磁波吸収量が最も高いシート材は CMC であり、次いで PSC となった。これら 2 種類のシート材には共通してコイル状の helical 構造を持つ粉体が混合されてい

る。シート材厚さや粉体混合率を調整することで、より安価に製造可能な植物系副産物を活用した PSC シート材の特性を CMC シート材の優れた特性に近づけることができると考えている。

また、PSC 配合シート材の特性は配合量 20wt.% であり、その特性は (0,0) 点の左側に位置している。すなわち、吸収特性の最適値は 20wt.% 以下であり、17wt.% 程度のところに在ることがわかった。CMC は人工的な製造したカーボンナノコイルであり、高価である。PSC 粉体は CMC と構造が似ており、さらに 2 倍弱の配合量で、高い電磁波吸収特性が得られる可能性があることから、工業的な利用についても大いに期待できると考えている。

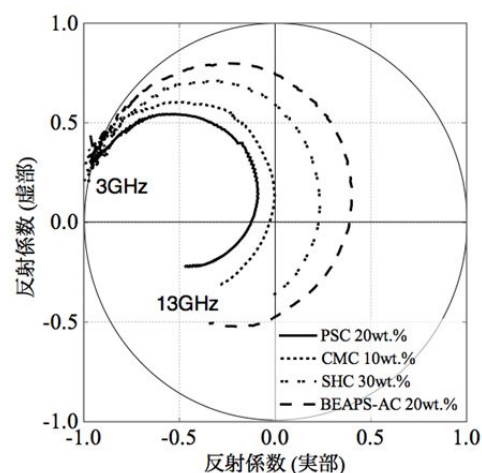


図 8 各種電磁波吸収素材の反射係数比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- 1) M. Shishido, T. Sato, T. Takahashi and H. Iizuka, Compressive Strength by Atmospheric Exposure Tests of Porous Carbon Materials made from Rice Hull, Trans. Mat. Res. Soc., Japan, 査読有, 41-1, pp.61-63 (2016)
- 2) T. Sato, T. Takahashi, T. Sato, H. Iizuka and M. Shishido, Strength Properties of Adhesive Containing Porous Carbon Materials made from Rice Hull, Trans. Mat. Res. Soc., Japan, 査読有, 41-1, pp.117-120 (2016)
- 3) 吉田圭吾, 清水有星, 飯塚博, 米ぬか焼成多孔質粉体を利用した産業用摩擦材の開発, 日本機械学会論文集, 査読有, 81-827, 15-00098 (2015)
- 4) T. Itagaki, H. Takahashi, M. Takahashi, H. Iizuka, R. Nemoto, Injection Molded Plastic Crossed Helical Gears filled with Carbon Powder made from Rice Hull, Inter. Conf. on High Performance

Plastic Gears 2015 (Munich, GERMANY),
VDI-Berichte, 査読有, pp.1163-1172
(2015)

山形大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：90142215

〔学会発表〕(計6件)

- 1) 大宮一寿, 兼岩敏彦, 山本真一郎, 飯塚博, 農業系副産物を用いた電磁波吸収対の開発, 電気学会全国大会, 富山大学 (2017.3.15)
- 2) 羽賀大真, 兼岩敏彦, 山本真一郎, 飯塚博, 植物由来多孔質構造の電磁波吸収特性への影響, 電気学会全国大会, 富山大学 (2017.3.15)
- 3) 羽賀大真, 兼岩敏彦, 山本真一郎, 飯塚博, 電磁波吸収体の製造方法と吸収特性の関係, 電気学会全国大会, 東京都市大学 (2016.3.16)
- 4) 大宮一寿, 兼岩敏彦, 山本真一郎, 飯塚博, 電磁波吸収特性への植物由来多孔質構造の影響, 電気学会全国大会, 東京都市大学 (2016.3.16)
- 5) 吉田隆幸, 兼岩敏彦, 山本真一郎, 飯塚博, 農業系副産物を用いた電磁波吸収体の開発, EMCJ2015, 電子情報通信学会, 機械振興会館 (2016.3.11)
- 6) 佐藤貴洋, 増山知也, 高橋武志, 飯塚博, 穴戸道明: 粉殻焼成多孔質炭素材料の疲労強度と寸法効果, 第25回日本MRS年次大会, 横浜開港記念館 (2015.11.9)

〔図書〕(計2件)

- 1) 飯塚博 他 (分担執筆), 電磁波吸収・シールド材料の設計、評価技術と最新ノイズ対策, 第2章第19節「農業系副産物を用いた電磁波吸収・遮蔽材料の作製技術と特性評価」, 技術情報協会, (2016)
- 2) 飯塚博 他 (分担執筆)「, バイオマス由来の高機能材料, 第6章第4節植物非食部の焼成粉体を配合した複合材料の機械的及び電気的特性」, 株式会社エヌ・ティ・エス, (2016)

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者 飯塚 博 (IIZUKA Hiroshi)