

瓦製造法による導電セラミック粒子製造手法と電磁波吸収・遮へい材実用化に関する研究開発 (072307001)

Study of Conductive Ceramic Particle Production, EM-Wave Absorber and Shielding Material Design Using Roof Tile Smoking Process

研究代表者

畠山賢一 兵庫県立大学

Kennichi Hatakeyama University of Hyogo

研究分担者

中村龍哉 兵庫県立大学

Tatsuya Nakamura University of Hyogo

研究期間 平成 19 年度～平成 20 年度

概要

伝統的瓦製造手法であるいぶし瓦製造法は、瓦粘土を成形・乾燥し、およそ 1000℃で焼成する工程において炭化水素ガスを炉内に導入し、成形体表面に“いぶしの膜”を形成する手法である。この膜の分析、導電性評価の結果、いぶしの膜は導電性に富むグラファイトであり、電波吸収体用の損失材として適していることがわかった。瓦粒子を燻化して導電化する手法と導電粒子を応用した吸収体設計、および瓦粘土をピラミッド形に成形し、ピラミッド形電波吸収体を構成する検討を行った。この手法で製作したピラミッド吸収体は、瓦同様の耐候性を有するので屋外使用に適すること、耐熱性に富むので大電力用吸収体として使用できること等、従来の電波吸収体にはない非常に優れた特徴を有する。ピラミッドは高さ 1m 程度の大型（数 GHz 帯用）から高さ 20mm 程度の小型（ミリ波）までの検討を行い、製品化した。前者はマイクロ波吸収体として、後者は自動車レーダ用不要散乱波対策材としての用途が見込まれる。

Abstract

In the traditional roof-tile process, clay was molded, dried and calcined at approximately 1000°C, where hydrocarbon gas was introduced into the furnace and the decomposed product results in the carbon coating layer over the ceramics. It was found that this coating layer is suitable for the electromagnetic wave absorber application, since it has graphite-like structure with high conductivity. Then, the conducting particles were prepared by the carbon coating onto the clay particles and embedded within organic matrix, which is applicable to the electromagnetic devices. In addition, the clay was molded into pyramidal shape and subjected to this carbon coating in order to fabricate the electromagnetic absorber. It has a superior environmental stability as well as a thermal stability against large microwave power incidence. Adjusting the pyramidal height from 20mm to 1m enables us to attain the electromagnetic wave absorber working in wide frequency range, especially, that working in automobile radar system.

1. まえがき

伝統的地域産業であるいぶし瓦製造法は、瓦粘土成形体を高温で焼成した後、炭化水素ガスを導入して成形体表面にいぶしの膜を形成する手法である。この膜は導電性に富むグラファイトが主成分である。瓦粉砕粒子を燻化処理して導電性粒子とし、電波吸収素材とする検討、および瓦粘土をピラミッド形に成形し、燻化によりピラミッド形電波吸収体とする検討を行った。この手法によるピラミッド形電波吸収体は、耐候性、耐熱性に優れるなど、従来の吸収体では得られない特徴を有する。

2. 研究内容及び成果

2.1 いぶしの膜の特性

瓦粘土を粉砕した粒子を炉に入れ、いぶし瓦製造法により作製される膜の分析を行った。図 1 はラマン分光法により調べた結果である。測定されたスペクトル（黒の実線）は、赤の破線で示した 1350 cm^{-1} と 1600 cm^{-1} 付近にピークを持つグラファイト類似構造 (sp^2) に由来するものと、青の破線で示した 1210 cm^{-1} と 1350 cm^{-1} 付近にピークをとるダイヤモンド類似構造 (sp^3) に由来するものの重ねあわせとなっている。前者は導電性の高い構造、後者は導電性の寄与が少ない構造であり、スペクトルを分析したと

ころ、約 60%が導電性のグラファイト類似構造のカーボンからできていることが確認できた。

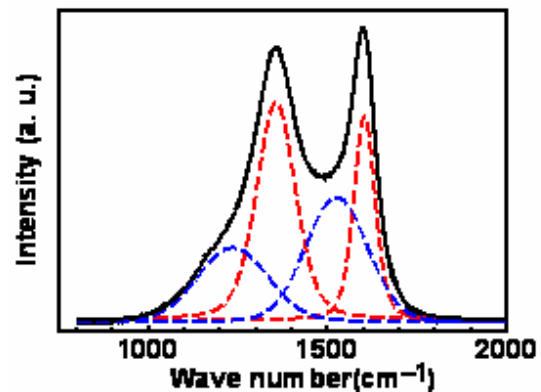


図 1 燻化処理後の瓦粒子のラマンスペクトル

実際に瓦年度でロッド状成形体を作成し、いぶし後の表面抵抗を測定したところ、70～150 Ω 程度であり、電波吸収素材として使用できることがわかった。

2. 2 電波吸収特性

瓦粉碎粒子を電波吸収素材とする検討、およびピラミッド形電波吸収体を検討した。

瓦粉碎粒子を煇化により導電セラミックとし、これをゴムに混合してゴムシート形電波吸収体を作成した。このゴムシートのみでは吸収材とするには損失分が足りないのので、人工材料（金属線を周期配列したシート）と組み合わせる方式をとった。厚み 2mm と 1mm のゴムシートの上に人工材料を挿入することで図 2 の電波吸収特性を得た。反射係数 Γ が -20dB 以下となる帯域は 2GHz ほどになり、広帯域な吸収特性が得られた。

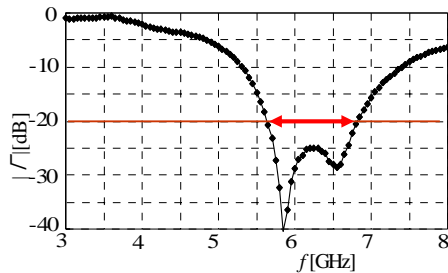
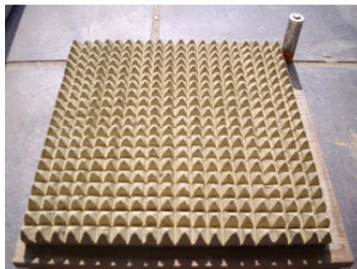
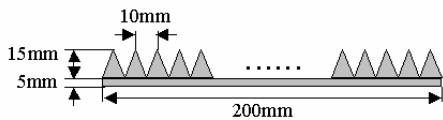
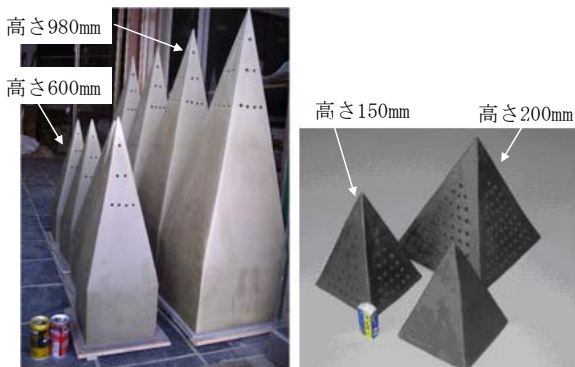


図 2 厚み 3.3mm の瓦粒子混合ゴムシートと人工材料の積層構造による電波吸収体

また、瓦粘土で成形したピラミッド成形体を煇化し、ピラミッド形電波吸収体を作成した。図 3 は試作した各種サイズのピラミッド形電波吸収体を示す。(a) はミリ波用のピラミッド高 20mm の吸収体であり、自動車レーダの不要電磁波抑制用として使用することを狙っている。(b) は



(a) ミリ波用瓦ピラミッド吸収体 (乾燥後の写真)。ピラミッド高は 20mm。



(b) マイクロ波用瓦ピラミッド吸収体

図 3 試作した各種サイズの瓦ピラミッド吸収体

マイクロ波用の電波吸収体である。いずれの電波吸収体も実用的には十分な吸収特性を持っていることを測定により確認した。

2. 3 瓦ピラミッド吸収体の特徴と応用

瓦ピラミッド吸収体は、組成、製造法ともに通常のいぶし瓦と基本的には同じである。したがって、屋外使用における耐候性に優れ、数 10 年程度の耐用年数が見込まれる。近年自動車レーダが普及しつつある。レーダから放射された電磁波が道路脇の物体により散乱されると誤動作の原因となるので、ガードレール、コンクリート擁壁、トンネル内壁面、陸橋やその他の建築物などからの電波散乱を抑制し、自動車レーダの正常な動作の保証が望まれる。この目的の吸収体は基本的に屋外使用であり、耐候性に優れた瓦吸収体が適している。自動車レーダに限らず、道路とその周辺を含めた領域の電磁環境を整備することは ITS の円滑な発展に必須であり、本研究の成果である瓦吸収体の応用が期待される。

さらに、瓦ピラミッド吸収体は煇化による形成されるカーボン膜を利用するので、耐熱性に富む。18kW/m² のマイクロ波を高さ 15cm のピラミッド形吸収体に照射すると 50 分ほどで 300℃を超えるまで発熱するが、素材・電波吸収特性ともに変化は見られない。

以上の耐候性、耐熱性は通常の電波吸収体素材では得られないもので瓦ピラミッド吸収体の特徴である。

3. むすび

地域伝統産業であるいぶし瓦製造法を用いて、電波吸収体素材とする検討を行った。瓦粉碎粒子を煇化した導電セラミックは、ゴムと混合してシート形電波吸収体を構成できることがわかった。また、瓦ピラミッド吸収体は十分な吸収特性を持ち、耐候性、耐熱性に優れるという従来の吸収体にはない特徴を有する。これらの特徴を生かし、ITS における不要電磁波散乱防止用として応用することが期待される。

以上述べたように、いぶし瓦の技術を電波吸収体に応用することにより、地域伝統産業が ICT の分野へ参入する道を開いた。また、いぶしの技術を導電膜形成法として利用することの可能性を示した。

【誌上发表リスト】

- [1] 畠山賢一、中村龍哉、葭内暁、廣瀬美佳、“煇し瓦製造法を用いたピラミッド形電波吸収体の耐電力特性について”、電気学会論文誌 A, IEEJ Trans. FM, Vol.128, No.7, pp.497-498, (2008 年 7 月)
- [2] 畠山賢一、中村龍哉、廣瀬美佳、葭内暁、“いぶし瓦製造法によるピラミッド成形体の電波吸収特性”、電子情報通信学会 Vol.J91-B, No.8, pp.870-872 (2008 年 8 月)
- [3] 畠山賢一、中村龍哉、葭内暁、廣瀬美佳、“いぶし瓦製造法による損失材料を用いた電波吸収体の実用化検討”、電子情報通信学会環境電磁工学研究会, EMCJ2008-1, pp.39-44, 2008 年 11 月

【申請特許リスト】

- [1] 畠山賢一、中村龍哉、廣瀬美佳、葭内暁、電波吸収体、日本国、平成 20 年 1 月 25 日

【報道発表リスト】

- [1] “「いぶし瓦」の技活用”、日本経済新聞 (近畿経済・兵庫)、2008 年 3 月 19 日
- [2] “いぶし瓦の製法活用、ピラミッド型電波吸収体 東北化工と開発”、日刊工業新聞、2008 年 3 月 18 日
- [3] “伝統のいぶし瓦応用 電磁波吸収体が完成”、産経新聞、2008 年 5 月 28 日