

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00614

研究課題名(和文) 廃棄GFRPを再利用したセラミックスの応用に関する研究

研究課題名(英文) Application of ceramics recycling waste GFRP

研究代表者

木之下 広幸 (Kinoshita, Hiroyuki)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：80295196

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の再利用を目的に、粘土と粉砕したGFRPの混合物を焼成して、ガラス繊維強化多孔質セラミックスを作製し、その高い吸水性と透水性を利用して、ヒートアイランド現象対策としての保水性舗装ブロックおよびゲリラ豪雨対策としての透水性舗装ブロックの開発、水中の懸濁物質を除去できる濁水ろ過材の開発を行った。また、還元雰囲気焼成したGFRP/clayセラミックスが高い比表面積を持つこと、及び粘土がイオン交換機能を有することに注目して、還元焼成したGFRP/clayセラミックスの染料吸着材として利用の可能性について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

廃ガラス繊維強化プラスチックを有効利用できるとともに、環境調和機能材料を作ることができる。

研究成果の概要(英文)：For the purpose of reusing glass fiber reinforced plastic (GFRP), a mixture of clay and crushed GFRP is fired to produce glass fiber reinforced porous ceramics, and by utilizing its high water absorption and water permeability, the heat island phenomenon As a countermeasure, we developed a water-retentive pavement block and a permeable pavement block as a measure against guerrilla heavy rain, and developed a muddy water filter that can remove suspended solids in water. Also, paying attention to the fact that GFRP/clay ceramics fired in a reducing atmosphere has a high specific surface area, and that clay has an ion exchange function, with regard to the possibility of use as a dye adsorbent for reduction-fired GFRP/clay ceramics. investigated.

研究分野：機械材料

キーワード：GFRP リサイクル 多孔質セラミックス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究代表者らは、廃棄 GFRP のほとんどが埋立て処分され、環境汚染や埋立地の不足が懸念されていたことから、ガラス繊維を有効利用して廃棄 GFRP を処分する方法として、廃棄 GFRP を粉砕し、粘土と混合・焼成することにより、ガラス繊維強化多孔質セラミックスを製造する方法を提案していた。

(2) 廃棄物のリサイクルでは、廃棄物の収集やその前処理などの費用が生じるので、一般に製造コストが高くなる。また、製品の品質が廃棄物の劣化などの状態に影響しやすく、高品質化が容易ではないという課題がある。したがって、廃棄物を再利用する製品開発では、製品の機能や特徴を活かして幅広い用途が期待できることが重要である。

(3) 近年、都市部におけるゲリラ豪雨による水害、ヒートアイランド現象、PM2.5 や NOx などによる大気汚染などの環境問題が極めて重要な課題となっている。

2. 研究の目的

(1) 粘土と廃棄 GFRP の混合物を焼成して得られるセラミックスの材料特性を活かして、ゲリラ豪雨に対応できる透水性を有すると共に、ヒートアイランド現象の対策として日射熱を抑制できる舗装用ブロックの開発を目指す。

(2) PM2.5 等の空気中の微粒子や NOx 等の有害ガスを濾過できる空気浄化用セラミックス、ならびに生活排水や河川の濁水・汚水を濾過できる水質浄化用セラミックスの開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) ヒートアイランド現象対策としての保水性舗装ブロックおよびゲリラ豪雨対策としての透水性舗装ブロックの開発

まず、ガラス繊維を 40% から 60% 含有する数種類の GFRP を用いて、粉砕した GFRP の粒度、GFRP の粘土との混合率および焼成温度条件を変えることにより様々な多孔質セラミックスを作製し、それらの密度、気孔率、吸水率、曲げ強度および熱伝導率などの材料特性を明らかにする。

次に、同セラミックスを保水性舗装ブロックに適用することを目的として、高い吸水率を有し、舗装ブロックの強度の条件を満足するセラミックスについて、水分の蒸発熱による温度低減効果を実験と有限要素解析により定量的に明らかにする。

また、同セラミックスを透水性舗装ブロックに適用することを目的として、透水性舗装ブロックの規格(透水係数、曲げ強度および圧縮強度)を満足するセラミックスの製造条件を明らかにする。

(2) 浄化用セラミックスの開発

GFRP/clay セラミックスの高い透水性と強度を活かして、水中の懸濁物質を除去できる濁水ろ過材の開発を行う。0.01 cm/s 以上の透水係数を持つセラミックス試験片について、カオリンおよびシリカ粉末を混合した模擬濁水、ならびに河川水のろ過試験を行う。

次に、還元雰囲気焼成した GFRP/clay セラミックスが酸化焼成したセラミックスよりも高い比表面積を持つこと、および粘土がイオン交換機能を有することに着目して、還元焼成した GFRP/clay セラミックスを染色排水を浄化するための染料吸着材として利用することを目指し、粒状セラミックス試料を作製し、メチレンブルー (MB) 染料の吸着試験を行う。

さらに、粒状セラミックス試料を用いて、NO₂ 吸着試験を行う。

4. 研究成果

(1) ガラス繊維を 40% から 60% 含有する数種類の GFRP を用いて、粉砕した GFRP の粒度、GFRP の粘土との混合率および焼成温度条件を変えることにより様々な多孔質セラミックスを作製し、それらの密度、気孔率、吸水率、曲げ強度および熱伝導率などの材料特性を明らかにした。特に、マトリックスがガラス繊維により強化されるため、極めて高い気孔率を有するセラミックスを作製できることを明らかにした。

(2) 保水性舗装ブロックに適用することを目的として、高い吸水率を有し、舗装ブロックの強度の条件を満足するセラミックスについて、水分の蒸発熱による温度低減効果を実験と有限要素解析により定量的に明らかにした。

(3) 同セラミックスを透水性舗装ブロックに適用することを目的として、透水性舗装ブロックの規格(透水係数、曲げ強度および圧縮強度)を満足するセラミックスの製造条件を明らかにした。

(4) 0.01 cm/s 以上の透水係数を持つ GFRP/clay セラミックス試験片について、カオリンまたはシリカ粉末を混合した模擬濁水及び河川水のろ過試験を行い、数ミクロン以上の懸濁物質に対して、高いろ過能力を有することを明らかにした。

(5) 還元雰囲気焼成した GFRP/clay セラミックスが、酸化焼成したセラミックスよりも高い比表面積を持つこと、及び粘土がイオン交換機能を有することに着目して、還元焼成した GFRP/clay セラミックスを、染色排水を浄化するための染料吸着材として利用することを目指し、粒状セラミックス試料について、メチレンブルー (MB) 染料の吸着試験を行った。その結果、40% 或いは 60%GFRP/clay セラミックスは粘土のみから作製したセラミックスよりも著しく高い MB 染料吸着能力を有することが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yasui, K., Tanaka, A., Ito, K., Fujisaki, M., and Kinoshita, H.	4. 巻 11
2. 論文標題 Experimental and Numerical Analyses of Temperature-Reducing-Effect by Heat of Water Evaporation on a Moss-Greening Ceramic Utilizing Waste Silica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1548
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ma11091548	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yusuke Yasuda, Hayato Iwasaki, Kentaro Yasui, Ayako Tanaka and Hiroyuki Kinoshita	4. 巻 6
2. 論文標題 Development of walkway blocks with high water-permeability using waste glass fiber reinforced plastic	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIMS Energy	6. 最初と最後の頁 1032-1049
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3934/energy.2018.6.1032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yasui, K.; Sasaki, K.; Ikeda, N.; Kinoshita, H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Dye Adsorbent Materials Based on Porous Ceramics from Glass Fiber-Reinforced Plastic and Clay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Sci.	6. 最初と最後の頁 1574
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.3390/app9081574	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 ;Y., Yasuda, H., Kinoshita, K., Yasui, T., Yuji, K., Yasui, S. Goto,	4. 巻 3
2. 論文標題 Ceramics utilizing glass fiber-reinforced plastic as civil engineering materials to counteract the heat island phenomenon	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 No.4, 1 - 12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/mej.16-00078	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 ;K., Yasui, S., Goto, H., Kinoshita, et al.	4. 巻 75
2. 論文標題 Ceramic waste glass fiber-reinforced plastic-containing filtering materials for turbid water treatment	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Environmental Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 1135-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12665-016-5933-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計19件(うち招待講演 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 田中絢子, 木之下広幸
2. 発表標題 廃シリカゲルを再利用したセラミック基盤を持つコケ緑化材の蒸発熱による日射熱低減効果
3. 学会等名 日本機械学会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畑奉佑, 田中絢子, 安井賢太郎, 伊藤健一, 藤崎稔, 木之下広幸
2. 発表標題 廃シリカゲルを利用したコケ緑化材の水分の蒸発熱による温度低減効果に関する有限要素解析
3. 学会等名 日本機械学会講九州支部
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安井賢太郎, 佐々木航矢, 池田侃也, 山下優, 木之下広幸
2. 発表標題 廃棄ガラス繊維強化プラスチックから作製した多孔質セラミックスの染料吸着材への応用
3. 学会等名 日本機械学会九州支部
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田 侃也, 木之下広幸
2. 発表標題 廃棄GFRPをリサイクルした多孔質セラミックスの染色廃水吸着性能
3. 学会等名 日本機械学会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki KINOSHITA, Hayato IWASAKI, Kentaro YASUI, Ayako TANAKA and Yusuke YASUDA
2. 発表標題 Porosities and Strengths of Ceramics Utilizing Waste Glass Fiber Reinforced Plastic
3. 学会等名 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kentaro YASUI, Ayako TANAKA, Hiroyuki KINOSHITA
2. 発表標題 Finite Element Analysis of the Temperature Change during Solar Radiant Heat Reception of a Moss-Greening Ceramic Utilizing Waste Silica
3. 学会等名 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ayako TANAKA, Hiroyuki KINOSHITA
2. 発表標題 Suppression Effect of Temperature Increase by Solar Radiant Heat of a Moss-Greening Ceramic Utilizing Waste Silica
3. 学会等名 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, (2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦 直弥
2. 発表標題 廃棄ガラス繊維強化プラスチックを再利用した粒状セラミックによる染色廃水処理
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第71期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩崎 勇斗
2. 発表標題 廃棄ガラス繊維強化プラスチックを再利用したセラミックスの曲げ強度およびリサイクル性
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第71期総会・講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩崎 勇斗
2. 発表標題 廃棄ガラス繊維強化プラスチックと粘土から作製したセラミックスのリサイクル性
3. 学会等名 日本機械学会九州支部久留米講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安田 雄祐
2. 発表標題 廃棄ガラス繊維強化プラスチックを再利用したセラミックスの機械的特性と機能性舗装ブロックへの応用
3. 学会等名 日本機械学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安井 賢太郎
2. 発表標題 廃棄ガラス繊維強化プラスチックを再利用したセラミックスのメチレンブルー吸着性能
3. 学会等名 日本機械学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 絢子
2. 発表標題 廃シリカゲルを再利用したセラミック基盤を持つコケ緑化材の地表面温度低減効果
3. 学会等名 日本機械学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke YASUDA
2. 発表標題 Application to Water-Permeable Paving Blocks of Ceramics using Waste Glass Fiber Reinforced Plastic
3. 学会等名 12th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kentaro YASUI
2. 発表標題 Moss-greening Material with Ceramic Base Utilizing Waste Silica
3. 学会等名 12th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤彰吾, 安井賢太郎, 瀬崎満弘, 岡村好美, 木之下広幸
2. 発表標題 廃棄GFRPと粘土を混合・焼成したセラミックスの濾過材への応用
3. 学会等名 日本機械学会講演会論文集, No.178-1 (2017), 149-150
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩崎勇人, 河野光貴, 安田雄祐, 後藤彰吾, 安井 賢太郎, 瀬崎満弘, 木之下広幸
2. 発表標題 廃棄GFRPと粘土を混合・焼成したセラミックスの舗装ブロックへの応用
3. 学会等名 日本機械学会講演会論文集, No.178-1 (2017), 243-244 .
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 絢子, 安井 賢太郎, 伊藤 健一, 藤崎 稔, 木之下 広幸
2. 発表標題 廃シリカゲルと粘土を混合・焼成した多孔質セラミックにコケを活着させた緑化基盤材 (コケ緑化基盤材の蒸発熱による輻射熱低減効果)
3. 学会等名 日本機械学会講演会論文集, No.178-1 (2017), 151-152 .
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S., Goto, K., Yasui, Y., Okamura, T., Yuji, S., Kamiuntem, Y., Yasuda, N., Mungkung, H., kinshita
2. 発表標題 Development of Permeable Paving Blocks Using Waste Glass Fiber Reinforced Plastic
3. 学会等名 Proceedings of ICSTE 2016, (2016), 85-88 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----