

廃 GFRP と粘土から作製したセラミックスの染料吸着における pH の影響

鹿児島工業高等専門学校 (正) ○安井 賢太郎,
宮崎大学大学院 佐々木 航矢, 宮崎大学 木之下 広幸

1. はじめに

現在, 国内では年間約 40 万トンの廃ガラス繊維強化プラスチック (GFRP) が埋め立てられており, そのリサイクル技術の確立及び用途開発が喫緊の課題となっている. 著者らは廃 GFRP の有効利用を目的に, 粉碎した GFRP を粘土と混合・焼成することで多孔質な GFRP/clay セラミックスを作製する方法を提案している. このセラミックスは, 焼成時にプラスチックが分解され, そこに空隙が生じるため, ガラス繊維で強化された高強度かつ多孔質であることが特徴である.

一方, 染色工場が多いアジア地域では染料排水による水質汚濁も解決すべき課題の一つであり, 既存のオゾン酸化処理などに変わる低コストの処理システムの開発が求められている. このため, この多孔質セラミックスを染料吸着材に応用することを検討している.

既往の研究では²⁾, 模擬廃水にメチレンブルー (MB) 染料を用いた染料吸着実験を行い, GFRP/clay セラミックスが染料吸着能力を有することと, 吸着の要因はセラミックス内の粘土成分のイオン交換であることが示唆された. 本研究では, 染料吸着効率の向上を目的とし, 染料排水に酸・アルカリを添加し, セラミックスの染料吸着に及ぼす pH の影響について検討した.

2. 実験方法

2.1 GFRP/clay セラミックスの作製

本研究では, セラミックスの原料として, ガラス繊維を約 40%含むポリアミド樹脂 (三菱エンジニアリングプラスチック社製, レニー) と宮崎県都城市産の緑泥石粘土を使用した. セラミックスの作製方法を以下の手順で行った (図 1).

- 1) 乾燥した粘土を高速回転ミルで粉碎し, 粒径 0.3 mm 以下にふるい分ける. GFRP も同様に粉碎し, 粒径 0.5 mm 以下にふるい分ける.
- 2) 粉碎した粘土に全体の重量比で 20%の GFRP を添加・混合し, 少量の水を加えて 10 MPa で成型する.
- 3) 成型した試料を電気炉に入れ, 400°C/h で 800°Cまで昇温したのち 1 時間保持した. この時の炉内は, 酸素供給を無くした還元雰囲気である.

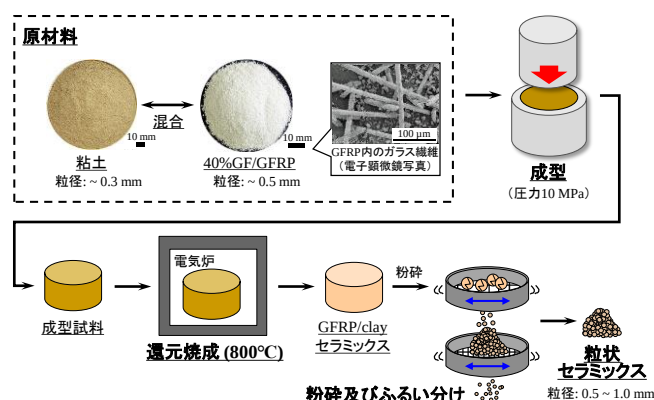


図 1 GFRP/clay セラミックスの作製方法

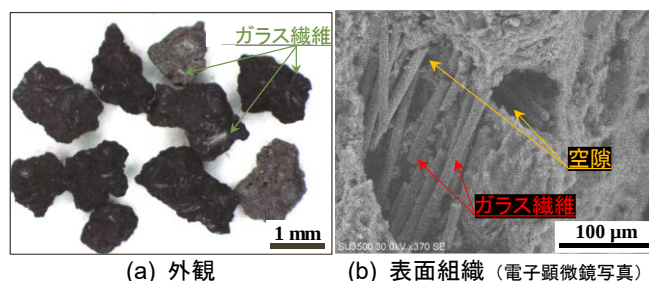


図 2 粒状セラミックス

表 1 GFRP/clay セラミックスの化学組成

化学組成	含有量 (重量%)	
	GFRP/clay	Clay
SiO ₂	62.2	63.5
Al ₂ O ₃	18.5	23.9
Fe ₂ O ₃	6.13	5.13
K ₂ O	3.73	3.76
MgO	2.24	1.79
CaO	5.34	0.51
TiO ₂	1.21	1.11
Others	0.65	0.27

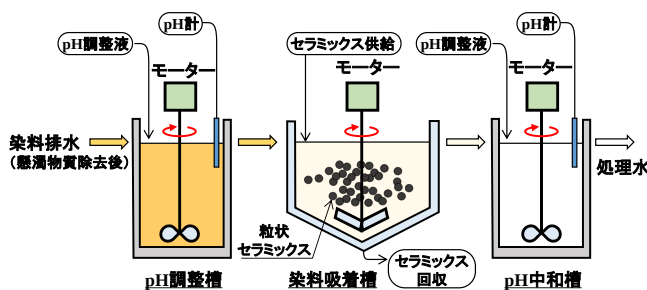


図 3 染色排水処理システム

- 4) 焼成後の GFRP/clay セラミックスを粉碎し, 粒径が 0.5~1.0 mm の範囲になるようにふるい分ける.

ここで, 図 2 は粒状セラミックスの外観および表面組織を示す. 外観が黒色を呈しているのは, 還元焼成時におけるプラスチックの炭化によるものと考えられる.

また、ガラス繊維の周りに空隙が生成されていることが確認できる。表 1 は GFRP/clay セラミックスの化学組成を示す。ここで、粘土のみで作製した Clay セラミックスの化学組成と比較すると、2つのセラミックス共に主な成分は SiO_2 と Al_2O_3 である。ただし、GFRP/clay セラミックスは CaO の割合が高い。これはガラス繊維を含むことによるものと推察される。

2.2 染色排水吸着実験

図 3 は本研究で想定する染色排水処理システムを示す。懸濁物質等を除去した後に pH を調整することで染料吸着効率を高めるものである。本研究ではこのシステムの基礎データを得るために、回分式で染料吸着実験を行った。図 4 は染料吸着試験の概略図を示す。本試験では模擬排水に $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ に調整した MB (分子式: $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$) 染料を使用し、以下の手順で行った。

- 1) MB 水溶液に HCl または NaOH を滴下し、初期 pH を 2, 4, 6, 8, 10, および 12 に調整する。
- 2) セラミックス試料 1 g を 50 mL の MB 水溶液が入ったビーカーに入れ、攪拌速度 150 rpm で攪拌する。ここで、セラミックス試料は蒸留水で洗浄した後、105°C で乾燥させたものを使用した。
- 3) MB 水溶液中の染料濃度及び pH を攪拌開始から 1, 10, 30, 60 および 120 分後に測定する。なお、染料濃度は、排水着色度計・色汚染度計 (日本電色工業製, NDR-2000) で水溶液の吸光度を測定し、吸光度と MB 水溶液濃度の関係を表す検量線から求めた。

3. 実験結果

図 5 は MB 水溶液濃度低減率の時間変化を示している。水溶液の初期 pH を 12 に調整した場合における濃度低減率が最も高く、初期 pH が 2 から 10 に調整した場合には顕著な差が見られなかった。このことから、高アルカリ環境下において MB 濃度の低減率が高くなることが明らかになった。また、攪拌試験後の MB 水溶液を pH に調整したところ、MB 水溶液の濃度が変化しないことも確認している。

図 6 は MB 水溶液 pH の時間変化を示している。すべての条件において、攪拌開始 30 分以降の pH の変化は少しずつ中性側に変化しているようである。

ここで、MB 水溶液の濃度低減率は既往の研究²⁾の結果よりも低い値を示した。これは還元焼成の際の酸素混入や試験体の焼成量の違いによるものと考えられ、電気炉を用いた焼成方法の確立が今後の課題である。

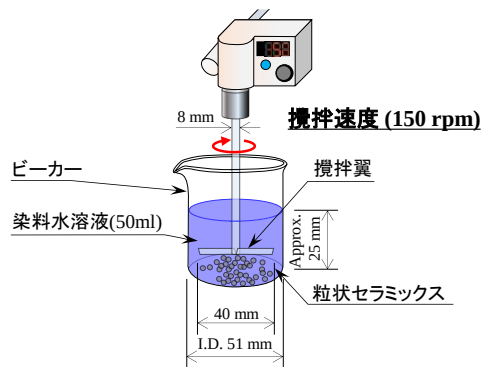


図 4 染色排水吸着実験装置

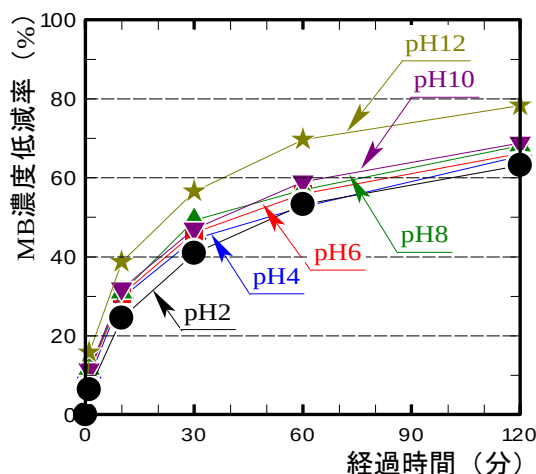


図 5 MB 濃度低減率の時間変化

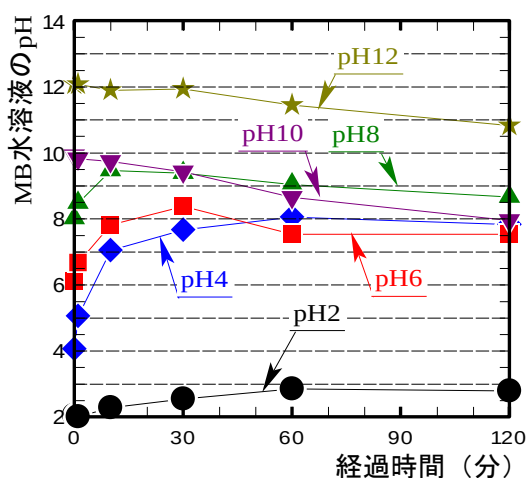


図 6 MB 水溶液 pH の時間変化

4. まとめ

本研究では、粒状の GFRP/clay セラミックスを用いて、pH を調整した染色排水中の MB 吸着実験を行った。実験結果からセラミックスによる吸着性能は、MB 水溶液を pH12 に調整した場合が最も高く、pH2 から pH10 の間に調整した場合には顕著な差が見られなかった。

参考文献

- 1) 環境省, (公財)地球環境戦略研究機関(IGES); WEPA アジア水環境管理アウトルック, (2018), pp.38-133.
- 2) Kentaro Yasui, *et al.*; Dye adsorbent materials based on porous ceramics from glass fiber-reinforced plastic and clay, *Applied Sciences*, 9-8(2019), 1574 (15 pages).