

ウッドチップを骨材としたポーラスモルタルのセシウムの吸着挙動

群馬大学	学生会員	○平塚 育翔
群馬大学	正会員	森 勝伸
広島大学	正会員	半井健一郎
京都大学	正会員	乾 徹
群馬大学	非会員	板橋 英之

1. 緒言

近年、地球温暖化などの環境汚染の対策が叫ばれる中、木質バイオマスの新たな利用法が求められている。木質バイオマスのリサイクル方法は様々あるが、特にサーマルリサイクルは石油に代わる熱あるいは電気エネルギー源として注目されている。しかし、この方法では最終生成物として CO_2 が発生することや原料の消費が速いことが課題となっている。一方、原料そのものを直接利用するマテリアルリサイクルは、品質の劣化や製品化によるコストの高騰が課題であるものの、原料の消費スピードを抑える有効な手段となっている。

これまで当研究室では、廃材のマテリアルリサイクル技術として、ウッドチップを重金属吸着材に適用することに成功している [1]。これは、ウッドチップが金属イオンと吸着するサイトを多く有するリグニンを多く含むためである。さらにウッドチップをセメントと混合したウッドチップ混入ポーラスモルタル (WPM) とすることで、銅 (Cu) やカドミウム (Cd) 等の重金属の吸着能を 8~20 倍に増大させることに成功している。

そこで、本研究では、WPM を 2011 年の福島第一原子力発電所事故により周辺地域に飛散した放射性セシウム（放射性 Cs）の回収に適用することを目的に、WPM の Cs に対する吸脱着性能を評価し、さらに WPM に固定化された Cs の化学形態を逐次抽出法により調査した。

2. 実験

2-1 長期浸漬による WPM へのセシウムイオン (Cs^+) の吸脱着挙動

長期浸漬における WPM の Cs^+ に対する吸着挙動並びに溶出するイオン (Ca^{2+}) の挙動を調べるために、1

mM CsCl 溶液を 500 mL 用意し、WPM (113 g, 30 × 30 × 50 mm) を浸漬した。浸漬開始から 1 週間は毎日、それ以降は 1 週間に 1 回、20 mL の採水を行い、溶液のイオン濃度を誘導結合プラズマ発光分光分析計 (ICP-AES, SCP Science 製 Spectro Blue) により、pH を pH メーター (Horiba 製 D-51) により測定した。

2-2 WPM に含まれる Cs の化学形態別分析

各試料(ウッドチップ、セメント、WPM)に含まれる Cs の化学形態を調査するため、逐次抽出法による化学形態別分析を行った[2]。逐次抽出法は、試料に対して抽出試薬を加え攪拌した後、遠心分離を行ったときのろ液中の金属イオンを測定し、さらにその残さに種類の異なる抽出溶液を加えて順次抽出する方法である。本研究では、Tisseir らが提案した逐次抽出法[2]を用い、5 段階に分画 (フラクション) された溶液中の Cs 濃度を ICP-AES により測定した。

フラクションの定義は以下の通りである。下に行くほど溶出しにくい形態となる。

Fraction 1 (F1) : 容易に溶出する形態 (イオン交換態)

Fraction 2 (F2) : 炭酸塩と結合している形態

Fraction 3 (F3) : Fe-Mn 酸化物と結合している形態

Fraction 4 (F4) : 主にコロイド状の有機物と結合している形態

Fraction 5 (F5) : ケイ酸塩岩石などの結晶中に存在する形態

各フラクションにおける抽出溶液は、F1 が 1 M MgCl_2 、F2 が 1 M $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COONa}$ 、F3 が 0.04 M $\text{NH}_2\text{OH}-\text{HCl}$ 、F4 が 0.02 M HNO_3 -30% H_2O_2 、F5 が $\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ とした。

3. 結果と考察

3-1 長期浸漬による WPM への Cs^+ の吸脱着挙動

長期浸漬による WPM への Cs^+ の吸着挙動の検討を

キーワード ウッドチップ、ポーラスモルタル、セシウム、吸着、浸漬

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学大学院理工学府・森 勝伸 TEL 0277-30-1275

行った。Fig. 1 に浸漬日数に対する Cs^+ 濃度及び pH の変化を示す。 Cs^+ は浸漬開始 1 日後から 10% 程度吸着し、1 カ月後には 50% まで吸着した。pH は浸漬直後から pH12 まで上昇し、1 か月経過してもほぼ一定であった。また、WPM の単位質量当たりの Cs 吸着量を算出すると $2.2 \times 10^{-6} \text{ mol/g}$ となり、既報[1]で行った重金属の Cu の吸着量の 200 分の 1 であった (Table 1)。

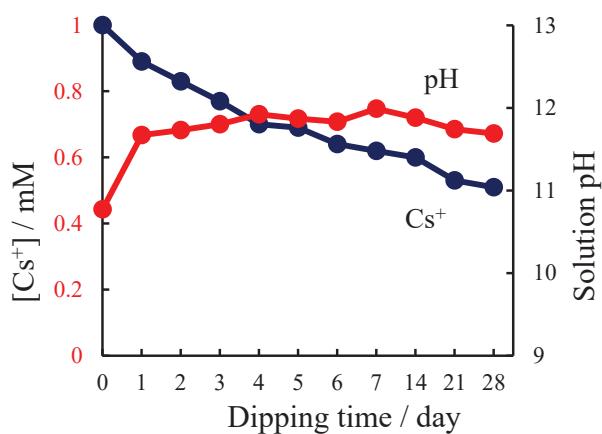


Fig. 1 WPM 浸漬中の Cs^+ 濃度と pH の変化

Table 1 ウッドチップ、WPM への Cs^+ 、 Cu^{2+} の単位質量当たりの吸着量

	ウッドチップ	WPM
Cs^+ (mol/g)	1.6×10^{-5}	2.2×10^{-6}
Cu^{2+} (mol/g)	6.7×10^{-5}	4.4×10^{-4}

3-2 WPM に含まれるセシウムの化学形態別分析

次に、 CsCl 水溶液浸漬前後の WPM に存在する Cs の化学形態を予測するため逐次抽出法を用いた化学形態別分析を行った。比較として、ウッドチップ及びセメントも同様の検討を行った。

その結果、 CsCl 水溶液浸漬前では、Fig. 2a に示されるように、可溶態の Cs (F1 及び F2) の割合は、ウッドチップでは約 40%，セメントでは約 50%，WPM では約 30% であった。一方、Fig. 2b に示されるように、 CsCl 水溶液浸漬後は、全ての試料において可溶態の割合が増加することが分かった。

4. 考察

以上の結果から、 CsCl 水溶液に WPM を長期浸漬しひとき、Cs に対する最大吸着量は重金属 (Cu) と比

較して低い値を示した。

これは、Cs が重金属とは異なり、ウッドチップに対しキレート結合やセメント内の水酸化物沈殿が生じず、ウッドチップやセメントの水酸基へのイオン結合に留まったためであると考えられる。また、Cu の結果[1]と比較しても、WPM への Cs の吸着量と脱着が平衡に達するまでに時間を要していたことから、重金属よりも保持が弱いものと考えられる。従って、Cs に対する WPM の保持能を向上させるには、化学的あるいは物理的作用の付与が必要であると結論する。

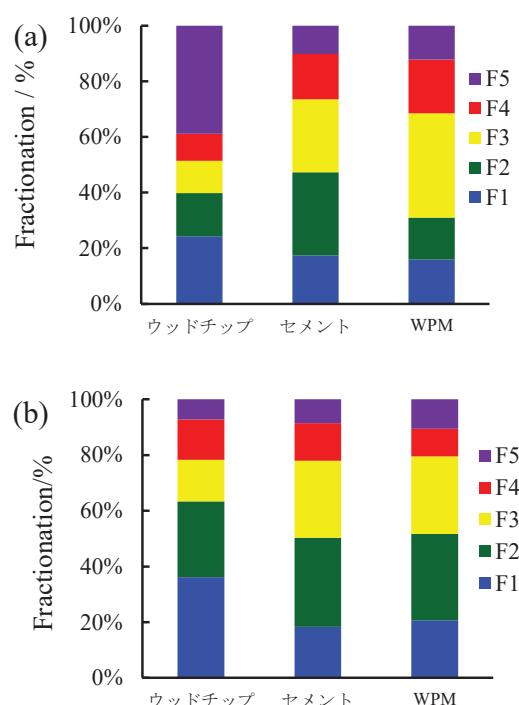


Fig. 2 Cs のフラクション割合

(a) CsCl 水溶液浸漬前、(b) CsCl 水溶液浸漬後

謝辞

本研究は科学研究費助成事業(課題番号 25289134)の援助により得られた成果であり、ここに謝意を表します。

文献

- [1] M. Mori, K. Nakarai, H. Itabashi, et al.: Chem. Eng. J., 215 (2013) 202.
- [2] A. Tessier, et al.: Anal. Chem., 51 (1979) 844.