

シュレッダーダストからのフェノール類の溶出特性に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○小林一樹, 大西豊 愛媛大学大学院 正会員 西村文武
高知大学農学部 正会員 藤原拓 岡山大学大学院 正会員 小野芳朗

1. はじめに

最終処分場浸出水には搬入される廃棄物に由来する多様な種類の化学物質が含まれていることが明らかになっている。そして、この化学物質の中には内分泌攪乱作用が疑われる化学物質も確認されている¹⁾。このような化学物質を管理・制御するには、まず、その処分場内での挙動を把握することが必要となる。しかし、廃棄物最終処分場内での化学物質の挙動解明は緒に就いたばかりである。そこで本研究では、廃棄物埋立地内での化学物質例として、実際の処分場浸出水より検出されており、中には内分泌攪乱化学物質と疑われるものも含まれているフェノール類をとりあげた。挙動に影響を与えられと考えられる因子として、空気混入の有無、温度に着目し、実験室規模のカラム溶出実験を行い、フェノール類の溶出特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

実験室規模のカラム装置を4基(カラムA, B, C, D)設置した。カラム装置の概要図を図-1, 図-2に、カラム装置の実験条件を表-1に示す。充填物には実廃棄物である廃プラスチック含有シュレッダーダストをふるいにかけ、粒径を0.5~5mmとしたものを使用した。このシュレッダーダストをカラムA, Bには700g, カラムC, Dは二重管となっているので、内管部に2500g充填した。そして、光による影響を避けるため、カラムA, Bは塩化ビニル製のウォーターバス内に設置し、カラムC, Dはカラム全体をアルミホイルで覆った。カラム内の設定温度は、カラムA, Bは25℃, カラムCは50℃, カラムDは80℃とした。温度の保持は、カラムA, Bはヒーターを用いて水温を調整することにより、カラムC, Dは外管部に循環恒温槽より温水を循環させることにより行った。試験溶媒の通水はポンプを用いて行い、カラムA, Bは流量0.1mL/minで下向流にて、カラムC, Dは流量0.25mL/minで上向流にてカラム内に通水した。この試験溶媒は、生物反応を防ぐ目的で、蒸留水にアジ化ナトリウムを100mg/Lの濃度となるように添加したものを使用した。ただし、カラムA, Bは実験開始後180日目から、カラムC, Dは実験開始時からアジ化ナトリウムを添加したものを試験溶媒とした。また、空気混入の有無による相違を見るため、カラムBは20日間通水を行い、その後通水を止めカラム内にある試験溶媒をすべて採水した後、ウォーターバス内で10日間放置するという操作を交互に繰り返した。サンプルは、カラムA, Bにおいては4日で約200mL貯留したものを、カラムC, Dにおいては2日で約600mL貯留したものを1サンプルとした。本研究では、カラム内温度、浸出水量、pH、ORP、TOC、BPA(ビスフェノールA)、クロロフェノール類、アルキルフェノール類の測定・分析を行った。

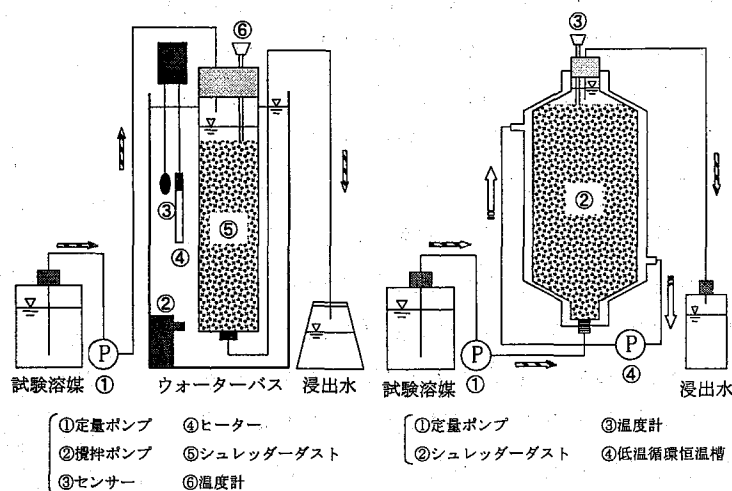


図-1 カラム A, B 概要図

図-2 カラム C, D 概要図

表-1 実験条件

項目	A	B	C	D
シュレッダーダスト充填量(g)	700		2500	
カラム内温度(℃)	25		50	80
試験溶媒流量(mL/min)	0.10		0.25	
空気混入の有無	無	有	無	無

この試験溶媒は、生物反応を防ぐ目的で、蒸留水にアジ化ナトリウムを100mg/Lの濃度となるように添加したものを使用した。ただし、カラムA, Bは実験開始後180日目から、カラムC, Dは実験開始時からアジ化ナトリウムを添加したものを試験溶媒とした。また、空気混入の有無による相違を見るため、カラムBは20日間通水を行い、その後通水を止めカラム内にある試験溶媒をすべて採水した後、ウォーターバス内で10日間放置するという操作を交互に繰り返した。サンプルは、カラムA, Bにおいては4日で約200mL貯留したものを、カラムC, Dにおいては2日で約600mL貯留したものを1サンプルとした。本研究では、カラム内温度、浸出水量、pH、ORP、TOC、BPA(ビスフェノールA)、クロロフェノール類、アルキルフェノール類の測定・分析を行った。

3. 結果・考察

カラム実験の結果より、カラムA, B, C, DのBPA累積溶出量の変化を図-3に示す。図-3より温度の上昇に伴い、BPA累積溶出量も増加していた。また、空気混入の有無に関しては、空気混入を行っている方がBPA累積溶出量は減少していた。

次にシュレッダーダストからの BPA 溶出機構について考察を行う。固体試料からの溶出機構には、固体試料内部から表面への内部拡散に加え、固体試料表面に付着する易溶解性成分の溶解(表面洗浄)があると考えられる。溶出が内部拡散のみの場合では、Fick の法則に基づく拡散溶出機構より溶出フラックス $J[\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{day}]$ の経時変化は時間の $-1/2$ 乗に比例することになる²⁾。シュレッダーダストの表面積が変化しないとすると、溶出速度は溶出フラックス J に比例するため、溶出速度の経時変化が時間の $-1/2$ 乗に比例するか否かを観察することで、拡散の状況について検討した。しかし、カラム実験の結果より、カラム A, B, C, D のすべてにおいて溶出速度と時間の両対数をとったものの勾配が $-1/2$ に沿っていなかったことから、4つのカラムは依然表面洗浄の段階にあると考えられた。そこで、表面洗浄の終了後内部拡散に至ると考えると、表面洗浄段階でのシュレッダーダストからの BPA 溶出量は次のように表せるとした。

$$M = M_1(1 - e^{-kt}) \quad (1)$$

ここで、 M は累積溶出量 $[\mu\text{g}/\text{g}]$ 、 M_1 は固体試料表面に付着する易溶解性成分量 $[\mu\text{g}/\text{g}]$ 、 k は溶出速度定数 $[\text{1}/\text{day}]$ 、 t は時間 $[\text{day}]$ である。式(1)において、カラム実験の結果を用いて最小二乗法により M_1 、 k の値を推定した。 M_1 、 k の値について、温度及び空気混入の有無との関係を図-4、図-5 に示す。 M_1 の関係については、温度の上昇に伴い、 M_1 も増加するという傾向が得られた。温度定数を用いて定式化を行ったところ、 $M_1 = 0.2968 \cdot (1.0376)^{T-25}$ で増加していくことがわかった。また、空気混入を行っている方が低い値となっていた。 k の関係については、 50°C の値が 25°C の約 13 倍、 80°C の約 4 倍となっていた。また、空気混入を行っている方が高い値となっていた。

4. まとめ

表面洗浄段階であると判断した時、易溶解性成分量は温度影響により指数関数的に増加していくことが示された。また、空気混入の有無に関しては、空気混入を行うことにより、易溶解性成分量は小さく、溶出速度定数は大きくなることから、表面洗浄が終了し内部拡散に至るまでの時間が早くなるものと推察された。

謝辞

本研究は科学技術振興調整費・重点課題解決型研究「廃棄物処分場の有害物質の安全・安心保障」(代表:小野芳朗 岡山大学教授)により実施されました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山田和哉, 浦瀬太郎, 松尾友矩, 鈴木規之:異なる形式の廃棄物処分場の浸出水中の微量有機成分の計測とその浸出水処理過程での挙動, 水環境学会誌, 第 22 巻, 第 1 号, pp.40-45, 1999
- 2) 肴倉宏史, 水谷聡, 田崎智宏, 貴田晶子, 大迫政浩, 酒井伸一:利用形状に応じた拡散溶出試験による廃棄物溶融スラグの長期溶出量評価, 廃棄物学会論文誌, 第 14 巻, 第 4 号, pp.200-209, 2003

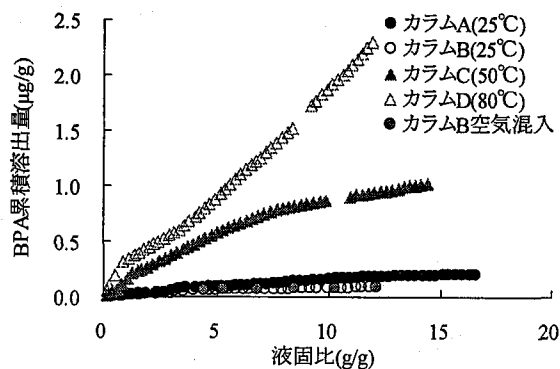


図-3 BPA 累積溶出量

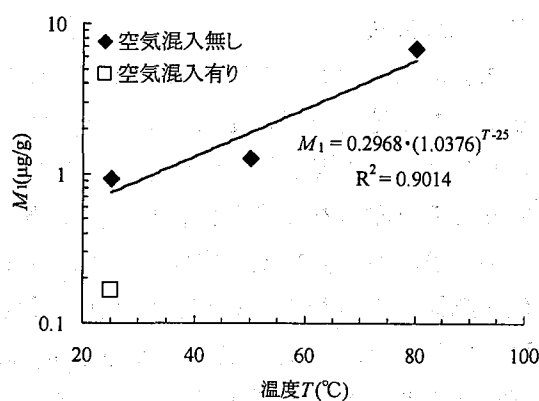


図-4 易溶解性成分量 M_1

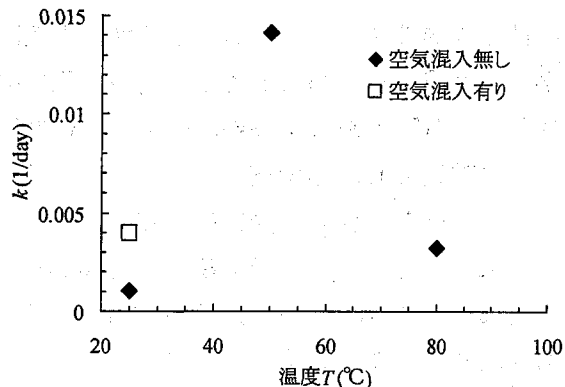


図-5 溶出速度定数 k