

VII-19 シュレッダーダストからのビスフェノールAの溶出速度に関する検討

高知大学 学生会員○玉田 徹、正会員 藤原 拓、正会員 大年邦雄

伊予銀行 福田称子、岡山大学 正会員 小野芳朗、愛媛大学 正会員 西村文武

1. はじめに

最終処分場内部保有水の水質形成メカニズムを検討・解明することにより、浸出水の安全性を確保するための新たな処分方法を提案することは、地域住民の安心を得るために重要である。そこで本研究では、浸出水から高頻度・高濃度で検出され、親水性かつ内分泌攪乱作用の疑いのあるビスフェノール A（以下 BPA とする）を対象物質とし、廃棄物からの BPA の溶出速度について検討することを目的とした。

2. 実験方法

BPA の溶出起源の一つとされているシュレッダーダストからの BPA の溶出速度に pH が及ぼす影響を検討する目的で、表 1 の条件で繰り返し溶出実験を行った。50℃の恒温器内で一定時間静置後の溶出液を採取し、新たな溶媒と交換した。溶出液は pH と温度を測定し、ガラス繊維ろ紙（WhatmanGF/B）でろ過した後、速やかに BPA の分析に供した。この作業を一定期間毎に繰り返し行い、溶出液中の BPA の累積溶出量より溶出速度を評価した。繰り返し溶出実験の結果より、焼却飛灰への BPA の吸着があると考えられたことから、表 2 に示す条件で吸着実験を行った。振とうは、20℃、1 気圧、振とう強度 200 回/分、振幅 4～5cm の条件で行った。RUN2-2～2-7 の振とう時間は RUN2-1 の結果に基づき 24 時間とした。BPA の初期濃度は 200 μg/L とし、溶媒は蒸留水 300ml とした。焼却飛灰の含水率はいずれも 0.04%以下であった。pH および水温はポータブル pH メーター（TOA - DKK HM21P）で測定した。BPA の分析では、固相抽出後にガスクロマトグラフ質量分析計（Agilent Technologies 社 5973inert）を用いて選択イオン検量法で定量した。

表 1 BPA の溶出速度に及ぼす pH の影響に関する実験条件

RUN	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7
埋立物試料	シュレッダーダスト 50g						シュレッダーダスト 50g+焼却飛灰*25g
含水率	8.6%						8.8%
溶媒	pH4	pH7	pH9	pH11	pH12	蒸留水	
	緩衝液 500ml					500ml	

* 焼却飛灰セメント処理物（焼却飛灰をセメント 10%で処理）

表 2 焼却飛灰への BPA の吸着に関する実験条件

RUN	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
焼却飛灰 (g)	3.0	0.03	0.06	0.12	0.3	0.6	1.2
振とう時間 (h)	0,2,4,6,8,12,18,24,36			24			

3. 結果及び考察

廃棄物からの BPA の溶出は表面からの溶解だけではなく試料内部から表面への拡散浸出も考えられる。拡散浸出による溶出フラックス J (mg/m²/s) と累積溶出量 M (mg/m²) はそれぞれ式(1)、式(2)で表せるとされている¹⁾。ここで、C₀: 内部濃度 (mg/m³)、D_e: 有効拡散係数 (m²/s) である。式(2)より、log t と log M の関係として勾配 0.5 の直線が得られるかによって拡散律速の判定を行うことができる。実験結果より、14 日後以降は勾配 0.5 にほぼ沿っており拡散律速であると判断できたのに対して、初期の 7 日間については表面洗浄の影響が大きいと考えられた。そこで、この期間について表面洗浄による溶出速度の検討を行った。

廃棄物からの BPA の溶出速度は試料表面の残存量に比例すると考え、表面洗浄によるシュレッターダストからの BPA の溶出速度を式 (3) で表した。ここで、 S : 累積溶出量 ($\mu\text{g/g}$)、 S_0 : 最大溶出可能量 ($\mu\text{g/g}$)、 t : 累積溶出時間 (day)、 k : 溶出速度係数 (day^{-1}) である。図 1 より、累積溶出量は日数の経過と共に一定に漸近すると考えられるので、累積溶出量 S を式 (4) により表した。ここで、 S_0 : 最大溶出可能量 ($\mu\text{g/g}$)、 K : 半飽和定数 (day) である。算出した S_0 と k を図 2 に示す。

$$J = C_0 \sqrt{\frac{D_e}{\pi \cdot t}} \quad - (1) \quad M = 2C_0 \sqrt{\frac{D_e \cdot t}{\pi}} \quad - (2)$$

$$\frac{dS}{dt} = k(S_0 - S) \quad - (3) \quad S = \frac{S_0 t}{K + t} \quad - (4)$$

図 2 より、溶出速度係数 k は pH4 の条件を除けば pH の上昇とともに増加しており、最大溶出可能量も pH の上昇とともに増加している。pH 12 の緩衝液を使用した RUN1-5 と焼却飛灰を加えた RUN1-7 の採水時の pH は 11.1 および 11.4 とほぼ同程度にもかかわらず、最大溶出可能量に差が見られた。この結果より、焼却飛灰への BPA の吸着が考えられたことから、表 2 に示す条件で焼却飛灰への BPA の吸着実験を行った。その結果、図 3 に示す吸着等温線が得られ、BPA の焼却飛灰への吸着は式 (5) の Freundlich 型の吸着式で表されることが示された。

$$q = k \cdot C^{\frac{1}{n}} \quad - (5)$$

ここで、 q : 平衡吸着量 ($\mu\text{g/g}$)、 k : 定数、 C : 液相中濃度 ($\mu\text{g/l}$)、 n : 指数である。一般に $1/n$ が 0.1～0.5 なら吸着は容易とされているが、今回の実験では 0.6484 となり、BPA が焼却飛灰へ比較的吸着しやすいことが確認された。

4. まとめ

表面洗浄が卓越していると判断した期間では、シュレッターダストからの BPA の溶出速度に pH が及ぼす影響は、最大溶出可能量と溶出速度係数の双方に強くあらわれた。また、吸着等温線より、BPA は焼却飛灰へ比較的吸着しやすいことも明らかになった。

謝辞：

本研究は科学技術振興調整費、重要課題解決型研究「廃棄物処分場の有害物質の安全・安心保障」の支援を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 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、Vol.14、No.4、pp.200-209、2003

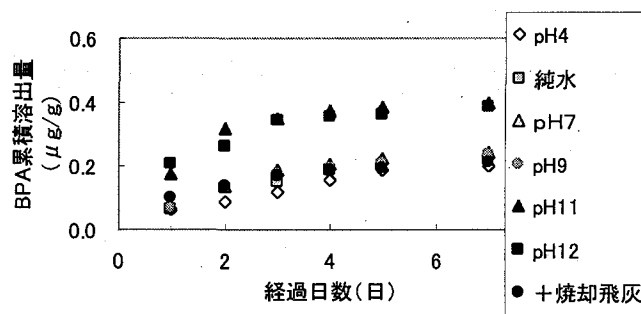


図 1 7 日間の累積溶出量

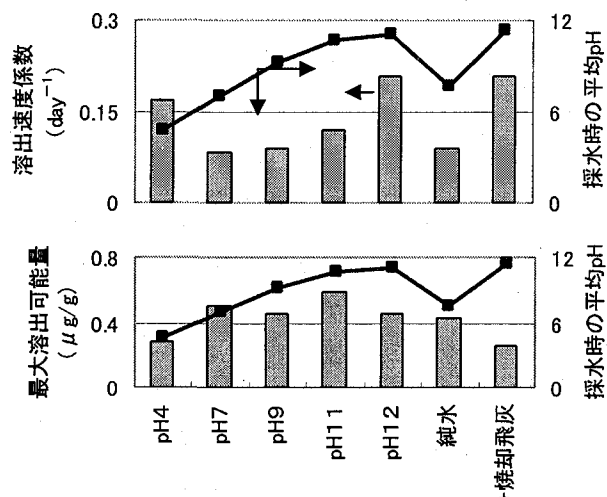


図 2 溶出速度係数と最大溶出可能量

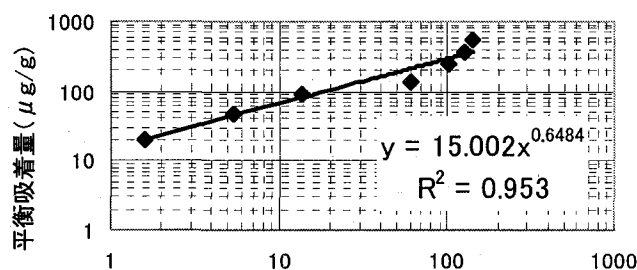


図 3 吸着等温線