

B-11 各種廃棄物試料からの変異原物質の溶出特性

長岡技術科学大学 ○ 渡辺真行

正 小松俊哉

正 桃井清至

1. はじめに

廃棄物処理プロセスの最終段階として位置付けられる廃棄物埋立処分場には、今日の廃棄物排出量の増大やその種類の多様化から、多数の有害化学物質の存在が予想され、それらが処分場の浸出水を通して人の健康や生態系へ悪影響を及ぼすことが懸念されている。

浸出水中には未規制の有害化学物質も多く、従来の個別の化学分析では限界があり、さらに、それらの複合作用についてもほとんどが解明されていないのが現状である。また、廃棄物の埋立処分に伴う有害物質の環境に対する負荷を明らかにし、有害物質の管理と対策を進めるためには未知の有害物質の毒性をも網羅する必要がある。そのためには、埋立廃棄物試料の総括的な有害性をバイオアッセイで評価することが有効な環境安全性管理手法になると考えられ、遺伝子毒性を評価する Ames 試験法を用いた焼却飛灰の変異原性の実態と特性が報告されている¹⁾。しかし、廃棄物埋立処分場の浸出水については Ames 変異原性試験の研究報告例はあるものの²⁾、どのような種類の埋立廃棄物から溶出する成分が変異原性に寄与しているのかは明らかではない。そこで本研究では、廃棄物が埋立処分場で雨水などと接触することにより廃棄物中の変異原物質が溶出することを想定し、各種の埋立廃棄物の溶出試験を行い、それぞれの溶出液の Ames 変異原性を測定することによって廃棄物の環境安全性を検討した。

2. 実験方法

2. 1 試料の作成

現在、稼動中である最終処分場から、処分場施設内に埋立てられる飛灰・プラスチック減容固化物（以下プラスチックと記す）・不燃物を入手した（埋立てられる割合は各々約 5 : 2 : 3）。これらの各種廃棄物試料の環境安全性を評価するに当たり、以下のような溶出試験(1)を行った。また、溶出液中に含まれる変異原物質は微量であるため、濃縮を目的とした前処理(2)を予め行った。

(1)溶出試験

試料は 125 μ m ふるいを通過した飛灰、及び粉砕器で約 5mm 程度に粉砕したプラスチックまたは不燃物を使用した。固液比 1:10(飛灰)又は 3:100(プラスチック及び不燃物)を、pH 4 固定または無調整、室温 20°C の条件のもと、自公転式スターラーを用い 24 時間溶出試験を行った。pH 4 固定は酸性雨を想定したものであり、酸の種類の影響を検討するため塩酸、硫酸、硝酸を用いた。試験後の液相部を 0.45 μ m メンブランフィルターに通し、溶出液を得た。

(2)濃縮・回収方法

既報³⁾に従った。再現性の高い測定が可能な多孔質ポリスチレン樹脂である CSP800（三菱化成製 MCI ゲル/容量約 2mL）を吸着剤とし、濃縮ポンプは Sep-Pak コンセントレーター Plus(Waters 製)を使用した。濃縮時はあらかじめ H₂SO₄ を用いて pH=2 に調整したサンプルを使用した。また、通水速度は 10ml/min とし、通水量は 400ml とした。

濃縮後、変異原物質を回収するための脱離ポンプは、脱離溶媒であるジメチルスルホキシド（DMSO）に対して耐久性があり、定流量を安定して送液できる日興エンジニアリング(株)社製メタノールポンプ MRP-IX 型を使用した。DMSO を 0.15ml/min で通液して、カートリッジ内の水が DMSO に置換され、DMSO が流出し始めてからネジ口瓶に 2ml を採取し、Ames 試験用試料とした。以上の操作により濃縮倍率は 200

倍となる。

2. 2 Ames 試験

Ames 試験は労働省のガイドブックに示された方法に準じて行った。菌株には最も一般的に使用されている *Salmonella typhimurium* TA98 及び TA100 を使い、37℃で 20 分間ブレインキュベーション法により試験を行った。また、代謝活性化剤 S9mix(オリエンタル酵母工業社製)を添加した試験(+S9)も行った。陽性対照物質として、-S9 の場合には 4-ニトロキノリン-1-オキシド(4NQO)、+S9 の場合には 2-アミノアントラセン(2AA)を用いた試験も毎回行い、菌の活性を確認した。

試験結果は、正味の復帰コロニー数(試料 1 L 当りに復帰できたコロニー数から陰性対照時の復帰コロニー数を引いた値)と MR 値(=検体最大添加時の復帰コロニー数/陰性対照時の復帰コロニー数)により評価を行った。なお、MR 値が 1.4 未満の場合、確実に変異原性が陽性であるとは断定できないと考えられている。

3. 実験結果と考察

3. 1 飛灰

既報において、DMSO 抽出により飛灰自体に変異原性が菌株 TA98±S9 において確認されていることから、菌株 TA98 に関してのみ行った。結果を表 1 に示す。DMSO 抽出では変異原性が認められたが、溶出液に関しては、変異原性を有する可能性があるのは塩酸を用いて pH 調整を行った場合のみであった。従って、飛灰に含まれる変異原物質は酸性及びアルカリ性条件いずれにおいても非常に溶出しにくいことがわかった。

3. 2 プラスチック減容固化物及び不燃物

プラスチック及び不燃物の溶出液を用いた全ての試験結果を表 2 に示す。また、用量-作用関係の例として、塩酸による pH 調整時及び無調整時の菌株 TA100-S9 におけるプラスチックでの試験結果を図 1、2 に示した。

プラスチックに関しては、pH 4 固定、菌株 TA100-S9 において 15,300 net rev./L と最も高い変異原性が確認された。また、殆どの場合、pH 4 の場合に溶出液の変異原性強度が高くなり、中でも塩酸で pH 調整を行った溶出液に高い傾向があった。

不燃物に関しても塩酸による pH 4 固定、菌株 TA100-S9 において最大の 7750 net rev./L を示した。プラスチックと比較すると、低い変異原性強度であったが、類似の傾向が認められた。従って、不燃物に含まれる変異原物質はプラスチック由来の可能性があると考えられる。なお、プラスチック、不燃物とも同一条件の試験を複数回行ったが、大きな違いはなかったことがわかる。

浸出水はアルカリ性を示すことも多いため、今後、アルカリ域での変異原物質の溶出特性も検討する予定である。

3. 3 繰り返し溶出試験

プラスチックに関しては高い変異原性が認められたため、24 時間溶出試験後、さらに 24 時間繰り返し溶出試験を行った。その結果、繰り

表 1 飛灰及び溶出液の変異原性

(net rev./L, **は net rev./g)			
TA98			
	pH	TOC	
飛灰溶出液	9.8(無調整)	6.0	N.D.
	4(HCl)	3.2	190*
	4(H ₂ SO ₄)		N.D.
	4(HNO ₃)		N.D.
飛灰(DMSO抽出)**		7430, 7010	2480, 1410

*MR 値 = 1.2 ~ 1.4 N.D. (MR 値 < 1.2)

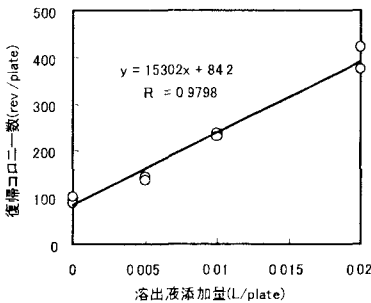


図 1、プラスチック減容固化物(pH4 固定)の TA100-S9 における用量-作用関係

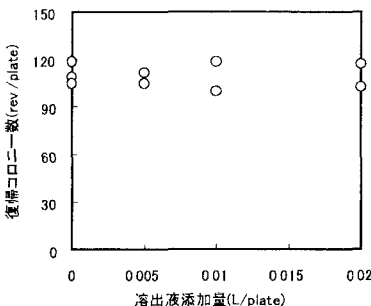


図 2、プラスチック減容固化物(pH 無調整)の TA100-S9 における用量-作用関係

返し試験後の変異原性強度は、初回の溶出試験結果に比べ大幅に低下した(表2)。従って、初回の溶出試験で変異原物質の大部分が溶出したことがわかった。

表2 プラスチック減容固化物及び不燃物溶出液の変異原性

(net rev./L)						
pH	TOC (mg/L)	溶出時間(hour)	TA98		TA100	
			-S9	+S9	-S9	+S9
8.3(無調整)	79	0 - 24	N.D.	1430	N.D.	1950*
8.2(無調整)	142		N.D.	1580	N.D.	1180*
プラスチック 減容固化物	4(HCl)	0 - 24	950	870	9500	2300
			1150	N.D.	13700	2600
			530	290*	15300	4330
	4(HCl)	24 - 48	N.D.	N.D.	1570	N.D.
	4(H ₂ SO ₄)	0 - 24	N.D.	680*	4270	2900
			N.D.	1300	6520	3330
不燃物	4(HNO ₃)	0 - 24	800	960	3580	1630*
			660	340*	8630	1740
	10.2(無調整)	0 - 24	N.D.	710*	N.D.	1000*
	10.3(無調整)		N.D.	1020	1690*	N.D.
	4(HCl)	0 - 24	520*	840	5320	N.D.
			N.D.	830	7750	N.D.
4NQO or 2AA 1 μg当り			677 - 1253	185 - 483	2840 - 5462	227 - 620
			* : MR値=1.2~1.4		N.D.(MR値<1.2)	

4. まとめ

- 埋立廃棄物の遺伝子毒性的観点からの評価・管理に向け、各種廃棄物の溶出液について Ames 変異原性試験を行った結果、以下のことが明らかになった。
- (1) 飛灰溶出液に変異原性が殆ど確認できなかったことから、飛灰中の変異原物質は非常に溶出しにくい。
 - (2) プラスチックの溶出液は、酸性域で変異原性強度が高くなり、特に TA100-S9 で高い値を示した。
 - (3) 不燃物の溶出液も類似の傾向を示したが、プラスチックよりは低い変異原性強度であった。
 - (4) プラスチックの繰り返し溶出試験の結果、変異原性強度は初回に比べ大幅に低下した。

参考文献

1) 川口英嗣ら：廃棄物焼却飛灰及び中間処理灰の Ames 変異原性、第 35 回環境工学研究フォーラム講演集 165-167 (1998)

2) 花嶋正孝、立藤綾子：変異原性試験による廃棄物埋立地の安全性評価、廃棄物学会誌 Vol.9 394-403 (1998)

3) 浦野紘平ら：水道水の Ames 変異原性に関する研究 第 1 報、水環境学会誌 Vol.17 451-460(1994)

謝辞：本研究を行うにあたっては(財)昭和シェル石油環境研究助成財団より援助を受けました。ここに記して謝意を表します。