

「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」

等の溶出試験について

昭和59年3月

廃棄物検定方法検討会

検定方法検討会委員名簿

(座長) 梅崎芳美 通商産業省  
中国工業技術試験所長

淡路宣男 神奈川県衛生研究所  
衛生工学第1科長

井上善介 大阪市環境科学研究所  
環境工学課長

早川亮太 日本工学院専門学校  
環境工学科長

渡部欣愛 環境庁公害研修所  
主任教官

## 1. はじめに

産業廃棄物等に含まれる有害物質等の判定に当たっては「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（昭和48年環境庁告示第13号）等による検定を行うこととされ、このうち埋立処分及び一部の海洋投入処分に係るものについては、いわゆる溶出試験によることとされている。

溶出操作については、告示に規定されているところであるが、その詳細については明示されておらず、当該部分の相違により、溶出値に相当の影響を与える場合があるとの指摘があった。

このため、当検討会は環境庁から依頼を受けて、5回にわたり会合を開催し、溶出操作の明確化、標準化について検討を重ねてきたところ、今般、以下のとおり結論を得た。

### （検討会の開催状況）

第1回	昭和57年11月4日
第2回	昭和58年1月27日
第3回	昭和58年6月2日
第4回	昭和58年12月12日
第5回	昭和59年3月12日

## 2. 検討の範囲及び検討方針

検討の範囲は混合液（試料と溶媒を混合したもの）の調製から、振とう後、固液分離した溶液の調製に至るまでの操作及び使用器具に関することとし、現行規定で明示のない部分等について、次の方針により技術

的な検討を行うことを基本とした。

- (1) 解釈上疑義の生じないものとすること
- (2) 溶出値の再現性を高めること
- (3) 分析機関の作業実態に即したものとすること

### 3. 検討の手順及び方法

(1) 分析機関の実態の把握及び問題点の整理のため環境庁が自治体に対して行ったアンケート調査の結果（資料1）を考慮して、検討会は次の検討事項を設定した。

- ① 振とう容器（以下「容器」という。）の容量と混合液の比率
- ② 容器の形状
- ③ 容器の材質
- ④ 混合液調製から振とう開始までの放置時間
- ⑤ 振とう方向
- ⑥ 振とう時間
- ⑦ 振とう終了から固液分離までの放置時間
- ⑧ 固液分離操作

(2) 以上の事項について、関係文献による調査を行うとともに、環境庁においては実廃棄物を使った実験を行い、データを収集した。

### 4. 検討結果のまとめ

実験データ、アンケート調査及び文献資料に基づき検討を行い、以下の結果を得た。

- (1) 容器については、その容量による影響が認められるので、統一することが望ましいが、分析機関の実情を考慮して1ℓ容(公称)乃至2ℓ容(公称)とするのが妥当であろう。
- (2) 容器の容量と混合液量との比については、0.5付近とするのが妥当であろう。
- (3) 容器の形状(円筒型ビンと角型ビン)については、その影響は認められないので、特段の統一の必要はない。
- (4) 容器の材質については、硬質ガラス製又はポリエチレン製のいずれでも差支えない。  
ただし、ふつ化物を検定する場合はポリエチレン製容器、PVC、農薬等の有機物を検定する場合は硬質ガラス製容器を使用するものとし、内面が著しく損傷したものは使用しないこととする。
- (5) 混合液調製から振とうを経て、検液の作成に至る操作については
  - (ア) 振とう前の放置時間が長い場合は一部の検定項目で検出されなくなる場合があること、
  - (イ) 振とう後の放置時間が長い場合は測定値が安定しない場合があること、

(ウ) 混合液調製から検液作成までを連続した操作で行うこと  
が望ましいこと、

等の観点から混合液調製後の操作を次のとおりとすることが望ましい。

- ① 混合液調製後、30分以内に振とうを開始する。
- ② 振とう終了後、速やかに孔径1μmのグラスファイバーフィルターペーパー（GFP）を用いて吸引ろ過する。ただし、ろ過が著しく困難な場合は毎分約3000回転で20分間遠心分離した後、上澄液を孔径1μmのGFPを用いて吸引ろ過する。  
また、ろ液についてはろ過開始時から採取するものとし、ろ過速度が極端に落ちた場合はGFPを交換して差支えない。

なお、振とう時間については特に前記(ウ)の観点からその短縮を図る方向で検討したが、実験結果によれば、振とう時間の相違により、わずかではあるが、有意の差がみとめられるものがあること、具体的な短縮時間を特定するに当たっては今回の実験結果のみでは判断しかねること、から成案を得るに至らなかった。

本件に関しては、自治体の協力も得て引き続き資料の蓄積を図り、さらに検討していくことが望ましい。

(6) 振とう方向は水平振とうが一般的と思われるが振とう条件（振とう幅、振とう回数）が同じであれば水平、垂直いずれでも差支えない。

## 5. おわりに

今回結論を得た部分については、これを反映して溶出操作の明確化、標準化が推進されるよう希望する。

ただし、溶出試験の対象となる廃棄物は多種多様であり、また各分析機関の実態にもある程度の幅があることから、そのような実施に当たっては混乱が生じないよう十分な配慮が必要と思われる。

## 資料1 検定方法に関するアンケート調査結果

### A. 実態調査（回答…77都道府県・政令市）

#### 問1. 溶出試験に使用する溶媒のpH調整について

- 1. pH5. 8~6. 3, あるいはpH7. 8~8. 3に必ず調整する。 ····· 35件(40.2%)
- 2. pH5. 8~6. 3の場合には純水をそのまま(pHを調整することなく)用い、pH7. 8~8. 3の場合には調整して用いる。 ····· 35件(40.2%)
- 3. いずれの場合とも純水をそのまま用いる。 ····· 15件(17.2%)

#### 問2. 容器容積と混合液の液量について

容器容積	混合液量比	1倍	0.8倍	0.5倍
1ℓ 44件(43%)		19%	19%	46.5%
2ℓ 29件(28%)		25	3	46
3ℓ 13件(13%)				

( )は全回答数(102件)に対する各容器容量の比

#### 問3. 容器の材質について

- 1. 硬質ガラス ····· 60件(68.2%)
- 2. 合成樹脂(ポリエチレン) ····· 26件(29.5%)
- 3. 軟質ガラス ····· 2件(2.3%)

#### 問4. 容器の種類について

- 1. 広口ビン ····· 33件(35.9%)
- 2. 三角フラスコ ····· 21件(22.8%)
- 3. 分液ロート ····· 20件(21.7%)
- 4. 細口ビン ····· 14件(15.2%)

問5. 振とう方向について

- 1. 水平往復 ····· 47件(51.6%)
- 2. 垂直往復 ····· 36件(39.6%)
- 3. 搅拌機による水平回転 ····· 6件( 6.6%)

問6. 振とう時間について

- 6時間 ····· 88件(100%)

問7. 振とうの終了時刻について

- 1. 勤務時間内 ····· 69件(70.4%) (午後3時~4時 45件(65%))
- 2. " 外 ····· 29件(29.6%) (午前6時~9時 12件(41%))

問8. 混合液調整から振とう開始までの放置時間について

- 1. 直ちに ····· 49件(54.4%)
- 2. 1時間以内 ····· 16件(17.8%)
- 3. 6時間を超える ···· 15件(16.7%)
- 4. 1~6時間内 ····· 10件(11.0%)

問9. 振とう終了後、ろ過（遠心分離）に着手するまでの経過時間について

- 1. 終了後直ちに ····· 30件(35.3%)
- 2. 6時間を超える ···· 22件(25.9%)
- 3. 1時間以内 ····· 18件(21.2%)
- 4. 1~6時間内 ····· 15件(17.6%)

問10. 振とう前後の混合液のpH測定について

- 1. まったく測らない。 ····· 40件(45.5%)
- 2. 振とうの後だけ測る。 ····· 38件(43.2%)
- 3. 前後に測る。 ····· 7件( 8.0%)
- 4. 振とうの前だけ測る。 ····· 3件( 3.4%)

問11. ろ過時の懸濁物質の扱いについて

- 1. 器底に大部分が沈降するのを待ってから上澄液をろ過する。・・・ 63件(72.4%)
- 2. 特に留意しない。 ・・・ 16件(18.4%)
- 3. よく振り混ぜて均等にした状態でろ過する。 ・・・ 8件( 9.2%)

問12. ろ過方法について

- 1. GFPをガラスフィルター上に装着して吸引ろ過を行う。 ・・・ 35件(38.9%)
- 2. GFPをブフナー漏斗に装着して吸引ろ過を行う。 ・・・ 32件(35.6%)
- 3. 自然(重力)ろ過 ・・・ 17件(18.9%)
- 4. 遠心分離 ・・・ 3件( 3.3%)

問13. ろ過用器具について

- 1. アスピレーター ・・・ 58件(63.7%)
- 2. 真空ポンプ ・・・ 18件(19.8%)
- 3. 自然ろ過 ・・・ 13件(14.3%)

問14. ろ過の際のろ紙の取扱いについて

- 1. 水洗している。 ・・・ 39件(42.4%)
- 2. ろ過時、混合液を通した後、最初の( ) mlを捨てている。 ・・・ 25件(27.2%)  
①50ml 14件、 ②100ml 7件
- 3. 特に留意しない。 ・・・ 25件(27.2%)

問15. ろ液の保存容器の材質

- 1. 硬質ガラス ・・・ 76件(76.8%)
- 2. ポリエチレン ・・・ 23件(23.2%)

問16. ろ液の保存について

- 1. JIS K 0102に従っている。 ・・・ 75件(84.3%)
- 2. 特に留意していない。 ・・・ 14件(15.7%)

問17. ろ過量について

1. 混合液全量をろ過する。 ····· 68件(78.2%)
2. 必要量だけろ過する。 ····· 13件(14.9%)
3. 上澄みだけをろ過。 ····· 4件( 4.6%)

問18. ろ過困難の判断基準

1. ろ過状況 ····· 28件(40.0%)
2. 外観により経験的に ····· 22件(31.4%)
3. ろ過速度 ····· 17件(24.3%)
4. 特になし ····· 3件( 4.3%)

問19. ろ紙が目づまりを起こした場合の処置について

1. GFPを交換する。 ····· 36件(41.9%)
2. 遠心分離に切替える。 ····· 23件(26.7%)
3. 1、2の併用 ····· 18件(21.0%)
4. 1、2の併用の後ろ過 ····· 6件( 7.0%)

問20. ろ過が著しく困難な場合、遠心分離を行うことになっているがこの様な機会は多いか

1. 少ない ····· 36件(46.2%)
2. 非常に多い ····· 14件(17.9%)
3. 多い ····· 12件(15.4%)
4. 非常に少ない ····· 11件(14.1%)
5. まったくない ····· 5件( 6.4%)

問21. 遠心分離を行った際の上澄液のろ過操作の有無について

1. いかなる場合でもろ過を行う。 ····· 34件(41.0%)
2. 表面に油膜、濁りなどが認められたら行う。 ····· 33件(39.8%)
3. いかなる場合でもろ過は行わない。 ····· 16件(19.3%)

## B. 第一次細則案に対する意見調査（回答…49都道府県・政令市）

細則案1. 振とうに用いる容器は、1㍑容（公称）の広口または細口瓶に限る。

- 1. 細則案に異議なし。 ···· 21件
- 2. 1㍑容に限定すべきでない。 ···· 16件
- 3. 広口または細口瓶に限定すべきでない。 ···· 7件

細則案2. 一容器内の混合液量は、500～550mlとする。

- 1. 細則案に異議なし。 ···· 21件
- 2. 問1に関連して、混合液量は容器の50～55%とする。 ···· 12件

細則案3. 振とう容器の材質は、以下の場合を除きガラス又はポリ容器のいずれでも可とする。

- (1) 有機系の廃棄物 ガラスに限る
  - (2) 有機りん、PCB又は有機塩素化合物に係るもの ガラス "
  - (3) ふっ化物に係るもの（有機系廃棄物に係るものと除く） ポリ "
- 1. 細則案に異議なし。 ···· 21件
  - 2. (1)について、有機系廃棄物及びガラスに限る理由を明確にする。 ···· 5件
  - 3. (2)について、分析項目、含有物質で容器を区別する。 ···· 2件

細則案4. ポリ容器の使用に当たっては洗浄に留意するとともに、内壁に著しく傷付いたものは使用しない。

- 1. 細則案に異議なし。 ···· 21件
- 2. 変色・着色したものも使用しない。 ···· 1件
- 3. 洗浄方法を明確にする。 ···· 1件

細則案5. 混合液調整後、30分以内に振とう操作を開始する。

- 1. 細則案に異議なし。 ···· 21件
- 2. 30分に限らない。 ···· 8件
- 3. 削除する。 ···· 4件

細則案6. 振とう終了後、30分以内に遠心分離操作を開始し、毎分3000回転で20分間遠心分離した後、上澄液の全量を1μmGFPを用いて吸引ろ過する。

ただし、振とう終了後30分以内に清澄な上澄液が得られた場合にあっては、遠心分離操作を省略することができる。

- 1. 細則案に意義なし。 ···· 21件
- 2. 静置時間を長くする。 ···· 4件
- 3. 清澄な上澄液、ろ紙の目づまりの処理が不明確 ···· 4件

## 資料 2 調査実験結果

1. 振とう容器の容量と混合液の比率が溶出値に与える  
影響について

ア 試料及び測定項目

ガラス切粉 鉛 ✓

下水汚泥 銅 ✓

E P 灰 六価クロム ✓

メッキスラッジ(亜鉛) 亜鉛 ✓

コンクリート固型化物 亜鉛 ✓

イ 実験条件

振とう容器 1ℓ及び2ℓ

溶媒量 0.5 0.66 0.75 1.0 (1ℓ容器)

(ℓ) 0.5 0.75 1 1.5 (2ℓ容器)

くり返し回数 3回 (他の全ての実験について)  
て同じ

## ウ 結 果

(ア) いずれの容器についても混合液の比率が大

きい場合に溶出値が低くなる傾向を示した。

また混合液の比率が著しく大きい場合に溶

出値のはらつきが大きい。

(イ) 容器容積に対する混合液量の比が同じであ

っても、容器容積の違いによる影響がみら

れる。

1) 容器容量 1l 単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値	混 合 液 量 (l)			
			標準偏差	0.5	0.66	0.75
ガラス 切 粉	Pb	35.3	2.77	21.9	21.9	
	SD	1.59	2.19	0.86	0.42	

試 料	測 定 項 目	平均値	混 合 液 量 (l)			
		標準偏差	0.5	0.66	0.75	1.0
下 水 汚 泥	Cu	$\bar{x}$	0.90	0.87	0.89	0.82
		SD	0.11	0.053	0.070	0.008
メッキ スラッシュ	Zn	$\bar{x}$	0.48	0.46	0.35	0.28
		SD	0.022	0.017	0	0.015
EP 灰	Cr(VI)	$\bar{x}$	0.07	0.10	ND	ND
		SD	0.017	0.014	-	-
コンクリート 固型化物	Zn	$\bar{x}$	0.05	0.07	0.04	0.05
		SD	0.008	0.008	0.008	0.017

2) 容器容量 2 l

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値	混 合 液 量 (l)			
		標準偏差	0.5	0.75	1.0	1.5
ガラス 切 粉	Pb	$\bar{x}$	35.3	32.2	37.2	28.2
		SD	0.94	3.81	1.50	1.55
下 水 汚 泥	Cu	$\bar{x}$	0.92	0.86	0.69	0.60
		SD	0.045	0.026	0.029	0.012

試 料	測 定 項 目	平均値	混 合 液 量 (l)			
		標準偏差	0.5	0.75	1.0	1.5
メッキ スラッジ	$Zn$	$\bar{x}$	0.46	0.55	0.48	0.35
		SD	0.008	0.037	0.005	0.008
EP 灰	$Cr(VI)$	$\bar{x}$	0.17	0.20	0.15	ND
		SD	0.002	0.009	0.019	-
コンクリート 固型化物	$Zn$	$\bar{x}$	0.05	0.05	0.05	0.05
		SD	0.005	0	0	0.014

## 2. 振とう容器の形状が溶出値に与える影響

### ア 試料及び測定項目

ガラス切粉 鉛

メッキスラッジ(亜鉛) 亜鉛

コンクリート固型化物 亜鉛

### イ 実験条件

① 円筒型の1lポリビン

② 角型 "

## 六 結 果

いずれの容器でも溶出値に有意差はみられなかつた。

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値	水平振とう		垂直振とう	
			標準偏差	円筒型	角型	円筒型
ガラス 切 料	$Pb$	$\bar{x}$	164	170	202	209
		SD	0.21	0.36	1.31	0.75
メッキ スラッジ	$Zn$	$\bar{x}$	0.27	0.30	0.15	0.12
		SD	0.019	0.052	0.017	0.009
コンクリート 同型化物	$Zn$	$\bar{x}$	0.05	0.06	0.06	0.07
		SD	0.0047	0	0.0082	0.012

### 3. 振とう容器の材質が溶出値に与える影響

#### ア 試料及び測定項目並びに容器の種類

0.01 PPm の水銀溶液 500ml を用い、そのボリビン及び硬質ガラスビンの場合における振とう前後の溶出値を比較した。

## 1. 結 果

ポリびんでは振とう前後の溶出値に差はみられない  
かったが硬質ガラスびんでは溶出値がわずかに低下  
した。

単位  $\mu\text{g}/500\text{ml}$

試 料	<del>処理</del> 無處理	振 とう		静 過 ポリびん
		硬質ガラス	ポリびん	
	1	5.00	4.70	5.02
	2	5.01	4.90	5.00
0.01mg/l	3	5.00	4.75	5.01
	又	5.00	4.78	5.01
	SD	0.0047	0.084	0.0082
	SD%	0.09	1.78	0.16
				0.19

\* 0.01PPM 水銀溶液調製後

直ちに測定

4. 混合液調製から振とう開始までの放置時間が溶出値  
に与える影響

## ア 試料及び測定項目

ガラス切片

鉛

下水汚泥

銅

E P 灰

六価クロム

メッキスラッジ(亜鉛) 亜鉛 /

コンクリート固型化物 亜鉛

## イ 実験条件

混合液作成から振とうを開始するまでの放置時間

① 30分 ② 1時間 ③ 3時間 ④ 6時間

⑤ 12時間

## ウ 結果

放置時間による特定の傾向はみられなかったが、

E P 灰中の六価クロムは3時間以上放置した場合は検出されなかった。

試 料	測 定 項 目	平均値	放 置 時 間 (Hr)				
		標準偏差	0.5	1	3	6	12
ガラス 切 粉	$Pb$	$\bar{x}$	15.8	16.0	15.5	15.8	14.9
		SD	0.29	0.38	0.17	0.33	0.28
下 水 汚 泥	$Cu$	$\bar{x}$	0.66	0.96	0.79	0.98	0.66
		SD	0.037	0.016	0.050	0.108	0.033
EP 灰	$Cr(VI)$	$\bar{x}$	0.10	0.09	ND	ND	ND
		SD	0.022	0.008	-	-	-
コンクリート 固型化物	$Zn$	$\bar{x}$	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06
		SD	0.014	0.016	0.005	0.012	0.006
メッキ スラッジ	$Zn$	$\bar{x}$	0.28	0.31	0.36	0.33	0.35
		SD	0.005	0.005	0.014	0.025	0.008

## 5. 塵とく方向が溶出値に与える影響

### ア 試料及び測定項目

塗料工場汚泥

カドミウム、六価クロム

メッキスラッジ(銅系)

銅、豆鉛

六価クロム、シアン

ガラス研磨汚泥	鉛、ひ素	✓
メッキ汚泥	カドミウム 水銀	シアル
下水処理汚泥	銅、亜鉛	
ガラス切粉	亜鉛、ひ素	✓
塗料工場燃えがら	カドミウム、銅	✓
清掃工場焼却灰	鉛、亜鉛	✓
鉄鋼業ばいじん	鉛、水銀	

#### イ. 実験条件

- ① 水平振とう（振幅 4.5 mm、振とう数 170回/分  
振とう時間 6時間）
- ② 亜直振とう（振幅、振とう数、振とう時間は水平と同じ）

ウ. 10試料中 2試料で有意差が認められたが、特に一定の傾向はみられなかった。

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値	振 と う 方 向	
		標準偏差	水 平	垂 直
塗料工場 汚 泥	Cr(VI)	2.490	2.863	
		SD	0.010	0.015
" " "	Cd	0.002	0.0013	
		SD	0	0.0006
塗料工場 もえがら	Cd	0.0077	0.0053	
		SD	0.0006	0.0006
" " "	Cu	0.133	0.127	
		SD	0.015	0.006
清掃工場 焼却灰	Pb	0.677	0.297	
		SD	0.049	0.015
" " "	Zn	0.430	0.633	
		SD	0.056	0.032
メッキ ブランジ (Cu系)	Cu	3.367	3.900	
		SD	0.626	0.063
" " "	Zn	0.500	0.563	
		SD	0.122	0.012

試 料	測 定 項 目	平均値	振 と う 方 向	
		標準偏差	水 平	垂 直
メキ工場 汚 泥	$\text{Cr}^{(VI)}$	$\bar{x}$	1.490	1.497
		SD	0.017	0.040
" " " "	$\text{CN}$	$\bar{x}$	0.050	(ND)
		SD	0.010	-
ガラス 研 磨 汚 泥	AS	$\bar{x}$	0.343	0.357
		SD	0.035	0.042
" " " "	$\text{Pb}$	$\bar{x}$	2.877	3.413
		SD	0.040	0.315
鉄鋼業 ばいじん	$\text{Hg}$	$\bar{x}$	0.00333	0.00143
		SD	0.00021	0.00050
" " " "	$\text{Pb}$	$\bar{x}$	5.430	3.890
		SD	0.261	0.642
メキ業 汚 泥	$\text{Cd}$	$\bar{x}$	0.0340	0.0350
		SD	0.0017	0.0010
" " " "	$\text{CN}$	$\bar{x}$	0.540	0.257
		SD	0.061	0.015

単位 mg/l

試料	測定項目	平均値	振とう方向	
		標準偏差	水平	垂直
メッキ業 汚泥	Hg	$\bar{x}$	0.00147	(NO)
		SD	0.00029	-
下水 処理場 汚泥	Cu	$\bar{x}$	1.793	2.010
		SD	0.040	0.020
"	Zn	$\bar{x}$	0.253	0.289
		SD	0.023	0.045
ガラス 切粉	As	$\bar{x}$	0.133	0.190
		SD	0.012	0.036
"	Zn	$\bar{x}$	11.93	9.71
		SD	0.666	0.130

## 6. 振とう時間が溶出量に与える影響

### ア 試料及び測定項目

塗料工場汚泥

カドミウム、六価クロム

メッキスラッジ(銅系)

銅、亜鉛

六価クロム、シアン

ガラス研磨汚泥	鉛、ひ素 ✓
メッキ汚泥 （鉛）	カドミウム、水銀 ✓
	シアン
下水処理汚泥	銅、亜鉛 ✓
ガラス切粉	亜鉛、ひ素 ✓
塗料工場燃えがら	カドミウム、銅 ✓
清掃工場焼却灰	鉛、亜鉛 ✓
鉄鋼業ばいじん	鉛、水銀 ✓

#### イ 実験条件

- ① 水平振とう、2時間、2時間、6時間
- ② 垂直 " " " "

#### ウ 結 果

水平振とう、垂直振とう共に振とう時間により、溶出値に有意差の出るもののがみられたが、2時間溶出と6時間溶出で一定の傾向はみられなかった。

2時間の場合はかなり溶出値の小さいものがあった。

6-1 振とう時間が溶出値に与える影響について(水平振とう)

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値	振 と う 時 間		
		標準偏差	2	4	6
塗工場汚泥	Cr <sup>(VI)</sup>	$\bar{x}$	2.243	2.377	2.490
		SD	0.042	0.040	0.010
" " "	Cd	$\bar{x}$	0.002	0.002	0.002
		SD	0	0	0
塗工場もえがら	Cd	$\bar{x}$	0.006	0.007	0.0077
		SD	0	0	0.0006
" " "	Cu	$\bar{x}$	0.063	0.100	0.133
		SD	0.006	0.010	0.015
清掃工場焼却灰	Pb	$\bar{x}$	0.510	0.867	0.677
		SD	0.035	0.058	0.049
" " "	Zn	$\bar{x}$	0.613	0.533	0.430
		SD	0.093	0.210	0.056

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値	振 と う 時 間		
		標準偏差	2	4	6
メッキ スラッジ (Cu系)	Cu	$\bar{x}$	3.740	3.623	3.367
		SD	1.010	0.491	0.626
" "	Zn	$\bar{x}$	0.617	0.517	0.500
		SD	0.150	0.032	0.122
メッキ 工 場 汚 泥	Cr(VI)	$\bar{x}$	1.517	1.507	1.490
		SD	0.021	0.025	0.017
" "	CN	$\bar{x}$	0.063	0.057	0.050
		SD	0.021	0.015	0.010
ガラス 研 磨 汚 泥	AS	$\bar{x}$	0.363	0.353	0.343
		SD	0.031	0.035	0.035
" "	Pb	$\bar{x}$	4.113	4.180	2.877
		SD	0.350	0.304	0.040
鉄鋼業 ばいじん	Hg	$\bar{x}$	0.00357	0.00327	0.00333
		SD	0.00036	0.00012	0.00021
" "	Pb	$\bar{x}$	8.643	6.230	5.430
		SD	0.325	0.489	0.261

試 料	測 定 項 目	平均値	振 と う 時 間		
		標準偏差	2	4	6
メキシ業 汚 泥 (亜鉛系)	Cd	$\bar{x}$	0.0317	0.0310	0.0340
		SD	0.0038	0	0.0017
"	Cr	$\bar{x}$	0.283	0.473	0.540
		SD	0.031	0.029	0.061
"	Hg	$\bar{x}$	0.00127	0.00123	0.00147
		SD	0.00006	0.00021	0.00029
下 水 処理場 汚 泥	Cu	$\bar{x}$	1.523	1.653	1.793
		SD	0.055	0.064	0.040
"	Zn	$\bar{x}$	0.174	0.180	0.253
		SD	0.073	0.020	0.023
ガラス 切 粉	As	$\bar{x}$	0.183	0.157	0.133
		SD	0.061	0.023	0.012
"	Zn	$\bar{x}$	11.17	10.99	11.93
		SD	0.929	0.996	0.866

6-2 振とう時間が溶出値に与える影響について(垂直振とう)

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値 標準偏差	振とう時間 (hr)		
			2	4	6
塗料 汚泥	Cr(VI)	— SD	2.633 0.015	2.760 0.036	2.863 0.015
	Cd	— SD	0.0013 0.0006	0.0017 0.0006	0.0013 0.0006
塗料 工場 燃えがら	Cd	— SD	0.0047 0.0006	0.0057 0.0006	0.0053 0.0006
	Cu	— SD	0.073 0.015	0.097 0.006	0.127 0.006
清掃 工場 焼却灰	Pb	— SD	0.190 0	0.250 0.010	0.297 0.015
	Zn	— SD	0.553 0.031	0.630 0	0.633 0.032
メンテ スラッシュ (Cu系)	Cu	— SD	3.563 0.174	4.180 0.182	3.900 0.063

単位 mg/m

試 料	測 定 項 目	平均値	振 と う 時 間 (hr)		
		標準偏差	ス	4	6
メンマ スラッジ (Cu系)	Zn	$\bar{x}$	0.577	0.657	0.563
		SD	0.040	0.046	0.012
メッキ 工 場 汚 泥	Cr(VI)	$\bar{x}$	1.473	1.500	1.497
		SD	0.015	0.017	0.020
ガラス 研 磨 汚 泥	As	$\bar{x}$	0.313	0.297	0.357
		SD	0.025	0.038	0.042
"	Pb	$\bar{x}$	3.277	3.753	3.413
		SD	0.685	0.275	0.315
鉄鋼業 ばいじん	Hg	$\bar{x}$	0.0016	0.0016	0.00043
		SD	0.0004	0.00017	0.00050
"	Pb	$\bar{x}$	5.893	5.883	3.870
		SD	0.058	0.040	0.643
メッキ業 汚 泥	Cd	$\bar{x}$	0.0303	0.0297	0.0250
		SD	0.0015	0.0029	0.0010
"	Cr	$\bar{x}$	0.207	0.167	0.237
		SD	0.015	0.023	0.015

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均値 標準偏差	振 と う 時 間 (Hr)		
			2	4	6
下水 処理場 汚泥	Cu	$\bar{x}$	1.680	1.883	2.010
		SD	0.089	0.055	0.020
" " "	Zn	$\bar{x}$	0.280	0.393	0.289
		SD	0.046	0.015	0.045
ガラス 切 粉	As	$\bar{x}$	0.170	0.183	0.190
		SD	0.046	0.032	0.036
" " "	Zn	$\bar{x}$	10.35	10.28	9.71
		SD	0.423	0.400	0.130

ク、振とう終了からろ過開始までの放置時間溶出値に与  
える影響

#### ア 試料及び測定項目

ガラス切粉

鉛

下水汚泥

銅

E.P灰

六缶クロム

メンニスラッジ(重鉛)

重鉛

コンクリート固型化物

重鉛

## イ 実験条件

振とう終了後、ろ過操作開始までの放置時間

- ① 30分、② 1時間、③ 3時間、④ 6時間
- ⑤ 12時間

## ウ 結 果

今回の実験では、放置時間の違いが溶出値に与える影響は特定できなかったが、放置時間により有意差のみられるものもあった。

単位 mg/g

試 料	測 定 項 目	平均値	放 置 時 間 (Hr)				
		標準偏差	0.5	1	3	6	12
ガラス 切 料	<i>Pb</i>	$\bar{x}$	16.2	16.1	15.7	13.9	10.6
		SD	0.57	0.26	0.29	0.19	0.56
下水汚泥	<i>Cu</i>	$\bar{x}$	0.66	0.81	0.86	0.61	0.50
		SD	0.065	0.063	0.078	0.046	0.074
メッキ スラッジ	<i>Zn</i>	$\bar{x}$	0.29	0.34	0.39	0.54	0.50
		SD	0.009	0.012	0.012	0.017	0.005
EP 灰	<i>Cr(VI)</i>	$\bar{x}$	0.13	0.16	0.17	0.19	0.18
		SD	0.012	0.012	0.014	0.005	0.012

単位 mg/l

試 料	測 定 項 目	平均 値	放 置 時 間 (Hr)				
		標準偏差	0.5	1	3	6	12
コンクリート 固型化物	$\bar{x}_n$	$\bar{x}$	0.05	0.07	0.09	0.06	0.06
		$s_D$	0.005	0.014	0.005	0.017	0.019

## 8. 3過量が溶出値に与える影響

### ア 試料及び測定項目

ガラス切粉 鉛

下水汚でい 銅

EP灰 六価クロム

### イ 実験条件

振とう終了後、3過ヌは遠心分離によって得られた検液について 50 ml を 1 画分として、5画分又は 7画分づつ採取し、分析。

### ウ 結 果

3過量による影響は認められなかった。

単位: mg/l

試 料	測 定 項 目	値 標準偏差	3液回分						
			1	2	3	4	5	6	7
ガラス 切 粉	Pb	$\bar{x}$	16.3	16.8	16.3	16.5	16.1	15.6	15.2
		SD	0.29	0.82	0.71	0.67	0.87	0.66	0.62
下水汚泥	Cu	$\bar{x}$	0.67	0.64	0.64	0.67	0.68		
		SD	0.038	0.058	0.036	0.017	0.012		
EP 灰	Cr(VI)	$\bar{x}$	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13
		SD	0.008	0.005	0.005	0.009	0.012	0.021	0.009

#### 資料4 各国の溶出試験方法に関する文献情報

各国の溶出試験	Title	Authors	Journal or Book	Volume Number or method number	Country	year
Leaching characteristics of solid earthy and stony building and waste materials.	Leaching tests. Determination of the availability of inorganic components leaching	NEN 7341	Nederlandse	1995		
Leaching characteristics of solid earthy and stony building and waste materials.	Leaching tests. Determination of the leaching of inorganic components from granular materials with the column test.	NEN 7343	Nederlandse	1995		
Leaching characteristics of solid earthy and stony building and waste materials.	Leaching tests. Determination of the leaching of inorganic components from building and monolithic waste materials with the diffusion test.	NEN 7345	Nederlandse			
Extraction procedure (EP) toxicity test method and structural integrity test	Toxicity characteristic leaching procedure	EPA method 1310A USA	USA	1992		
Synthetic precipitation leaching procedure	EPA method 1311 USA	USA	1992			
Multiple extraction procedure	EPA method 1312 USA	USA	1992			
Extraction procedure for oily wastes	EPA method 1320 USA	USA	1986			
Modified purge-and-trap and extraction for volatile organics in soil and waste	EPA method 1330A USA	USA	1992			
Determination of the volatile organic concentration of waste samples	EPA method 5035 USA	USA	1993			
Standard test method for Shake extraction of solid waste with water	EPA method 5100 USA	USA	1992			
Standard test method for Sequential batch extraction of waste with water	ASTM(american society for testing and materials) (Reapproved 1992)	D 3987-85 USA	USA	1992		
Standard test method for Leaching solid material in a column apparatus	ASTM(american society for testing and materials)	D 4793-93 USA	USA	1993		
Standard test method for Single batch extraction method for wastes	ASTM(american society for testing and materials)	D 4874-95 USA	USA	1995		
Standard test method for Sequential batch extraction of waste with acidic extraction fluid	ASTM(american society for testing and materials)	D 5233-92 USA	USA	1992		
German standard methods for the examination of water, waste water and sludge.	DIN 38 414 part 4 German	Germany	1984			
Sludge and sediments (group S). Determination of leachability by water (S4).	XP X 31-211 France	France	1994			
Waste-Test for the determination of the leachability of a solid waste material (initially massive or generated by a solidification process)	XP X 31-212 France	France	1995			
Waste-Determination of the massive solid characteristic	H.A.VAN DER SLOOT D.HOEDE P.BONOUVRIE	Netherlands Energy Research Foundation ECN	Netherlands	1991		
Comparison of different regulatory leaching test procedures for waste materials and construction materials	H.A.van der WASON-97	(Studies in Environmental Science '70)	(ELSEVIER Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokyo)			
Harmonization of Leaching/Extraction tests	Sloot, L.Hesman, Ph.Quevailler					
Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges	CEN Technical Committee 292 [Leaching test procedure]	Document 25 Revision 10 (Tenth Draft)	EU and EFTA countries	June 22, 1994		
Compliance test for leaching monolithic materials of regular shape	CEN Technical Committee 292 [Leaching test procedure]	Document 78 Revision 2 (Second Draft)	EU and EFTA countries	November 15, 1996		
Technische Verordnung über Abfälle (TVA)					Switzerland	vom 10. Dezember 1990

資料5 我が国における基準一覧表

種類	飲料水基準	水質環境基準	地下水環境基準	土壤環境基準	地下水基準	特定施設	埋立場所等	汚入		処分		洋上焼却
								対象	飲料水	河川等	土壤・地下水	
試験方法	含有量試験	含有量試験	含有量試験	含有量試験	含有量試験	含有量試験	含有量試験	無機性汚泥*5	有機性汚泥*5	廃アルカリ	水底土砂	廃アルカリ
参考基準	飲料水	飲料水	飲料水	飲料水	飲料水	飲料水	土壤環境基準	水質環境基準	水質環境基準	排水基準	排水基準	排水基準
倍率	×1	×1	×1	×1	×10	×10	×1 or 3	×1 or 3	×1	×1	×1	×1
金属性の項目	単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/kg
1 アルキル水銀化合物	—	不検出	不検出	不検出	0.0005	0.0005	0.0005	不検出	不検出	不検出	不検出	—
2 水銀又はその化合物	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.025	0.025	0.005	—
3 カドミウム又はその化合物	0.01	0.01	0.01	(米:1)*3	0.1	0.01	0.005	0.005	0.01	0.1	0.1	—
4 鉛又はその化合物	0.05	0.01	0.01	(EPN:0.006)	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	1	1	5
5 有機燃焼化合物	0.05	0.05	0.05	(EFN:0.006)	0.05	0.05	0.04	1.5*2	0.05	0.5	0.5	25
6 六価クロム化合物	0.05	0.01	0.01	(田:15)*3	0.1	0.005	0.005	0.01	0.15	0.15	0.1	5
7 酸素又はその化合物	0.01	0.01	0.01	(田:15)*3	0.1	0.1	0.1	1	1	1	1	—
8 シアン化合物	0.01	0.01	0.01	不検出	0.003	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	—
9 PCB	—	不検出	不検出	不検出	0.03	0.03	0.002	0.3	0.03	0.3	0.3	—
10 トリクロロエチレン	0.03	0.03	0.03	不検出	0.01	0.01	0.005	0.1	0.01	0.1	0.1	15
11 テトラクロロエチレン	0.01	0.01	0.01	不検出	0.02	0.02	0.002	0.2	0.02	0.2	0.2	5
12 シクロロメタン	0.02	0.02	0.02	不検出	0.002	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.02	10
13 四塩化炭素	0.002	0.002	0.002	不検出	0.004	0.004	0.004	0.04	0.04	0.04	0.04	1
14 1,2ジクロロエタン	0.004	0.004	0.004	不検出	0.02	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.02	2
15 1,1ジクロロエチレン	0.02	0.02	0.02	不検出	0.004	0.004	0.004	0.04	0.04	0.04	0.04	10
16 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04	0.04	0.04	不検出	0.004	0.004	0.004	0.04	0.04	0.04	0.04	不検出
17 1,1,1-トリクロロエタン	(0.3)	1	1	不検出	0.0005	0.0005	0.0005	3	1	3	3	150
18 1,1-2-トリクロロエタン	0.006	0.006	0.006	不検出	0.006	0.006	0.006	0.06	0.06	0.06	0.06	3
19 1,3-ジクロロプロペン	0.002	0.002	0.002	不検出	0.006	0.006	0.006	0.02	0.02	0.02	0.02	1
20 チウラム	0.006	0.006	0.006	不検出	0.003	0.003	0.003	0.03	0.03	0.03	0.03	不検出
21 シマジン	0.003	0.003	0.003	不検出	0.002	0.002	0.002	0.2	0.02	0.2	0.2	1.5
22 チオベンカルブ	0.02	0.02	0.02	不検出	0.01	0.01	0.001	0.1	0.01	0.1	0.1	10
23 ベンゼン	—	—	—	(田:125)*3	—	—	—	—	—	10	10	5
24 セレン又はその化合物	—	—	—	(5)	—	—	—	—	—	—	—	450
25 有機塩素化合物	—	—	—	(15)	—	—	—	—	—	15	15	40
26 銀又はその化合物	(10)	—	—	(10)	—	—	—	—	—	—	—	125
27 亜鉛又はその化合物	(10)	—	—	(10)	—	—	—	—	—	2	2	100
28 ヨウ素化合物	0.8	(0.8)	—	(15)	—	—	—	—	—	1.2	1.2	60
29 ベリウム又はその化合物	—	—	—	(2)	—	—	—	—	—	1.5	1.5	75
30 ニッケル又はその化合物	—	(0.01)	—	(0.01)	—	—	—	—	—	—	—	—
31 バナジウム又はその化合物	—	(0.005)	—	(5)	—	—	—	—	—	—	—	—
32 フェノール類	—	—	—	(5)	—	—	—	—	—	—	—	—
33 油分	—	—	—	(鉱物油:5)	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	(鉱物油:30)	—	—	—	—	—	—	—	—

注) \* 1:汚泥燃え殺・ばいじん・鉛を含む。(燃え殺・ばいじん・鉛といふ語が考證されている。(×3))

\* 2: Cd・Pb・Cr6+・As・Seは、土壤中の吸着が考慮される。(×3)

\* 3: 農用地土壤における土壤汚染防止法による。(試験法が異なる。)

\* 4: 含有量試験による。

\* 5: 有機性汚泥などは溶出試験。

\* 6: 下水汚泥の基準は50mg/Lである。

( )内の数字: 有り項目以外

## 資料6 溶出に関する文献一覧

著者・編者	論文名又は單行本	雑誌名	巻(号)	頁	発行年	出版社
Ed. by H.A. van der Sloot, L. Heasman, and Ph. Quevaillier; International Ash Working Group;	Harmonization of Leaching/Extraction Tests (Studies in Environmental Science 70)				(1997)	Elsevier
Ed. by J.J.M. Goumans, H.A. van der Sloot and Th. G. Halbers	An International Perspective on Characterisation and Management of Residues from Municipal Solid Waste Incineration, Final Document				(1995)	
Ed. by J.J.J. M. Goumans, H.A. van der Sloot and Th. G. Halbers	Environmental Aspects of Construction with Waste (Studies in Environmental Science 60)				(1994)	Elsevier
Ed. by J.J.J. M. Goumans, H.A. van der Sloot and Th. G. Halbers	Waste Materials in Construction (Studies in Environmental Science 48)				(1991)	Elsevier
H.A. van der Sloot, D. Hoede and P. Bonouvrrie	Comparison of Different Regulatory Leaching Test Procedures for Waste Materials and Construction Materials	Netherlands Energy Research ECN-C-91-082			(1991)	
H.A. van der Sloot, G.L. Groot and J. Wikström	Leaching Characteristics of Construction Materials and Stabilization Products Containing Waste Materials,	ASTM Spec. Tech. Pub.	No. 1033,	125-149	(1989)	
J.A. Philipp, R. Endell, J. Raguin and O. Dechelle	Leaching Test Characterization of Iron and Steel Industry Waste	ASTM Spec. Tech. Pub.	No. 933	7-27	(1986)	
K.J. Perry, N.E. Prauge and W.F. Garvey;	Long-Term Leaching Performance for Commercially Stabilized Waste,	ASTM Spec. Tech. Pub.	No. 1123,	242-251	(1992)	
S.A. Peterson, J.C. Greene and W.E. Miller;	Toxicological Assessment of Hazardous Waste Samples Extracted from Leachate Extracted with Ionized Water of Sodium Acetate (TCLP) Leaching Media,	ASTM Spec. Tech. Publ., No. 1062,	107-129	(1990)		
W.E. Shively and M.A. Crawford;	Extraction Procedure Toxicity and Toxicity Characteristic Leaching Procedure Extractions of Industrial and Solidified Hazardous Waste,	ASTM Spec. Tech. Publ., No. 1033,	150-169	(1989)		
D.J. Hassett;	Innovative Leaching for the Prediction of Environmental Effects of Coal Conversion Solid Waste Disposal,	DOE METC-90/565-576			(1989)	
T. Brambyd;	Leaching of Heavy Metals from Solid waste Incinerator Ashes,	Energy Recovery Waste Combust.,	326-329	(1988)		
A.M. Fallman and J. Hartlen	Leaching of Slags and Ashes-Controlling Factors in Field Experiments versus Laboratory Tests	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	39-54	(1994)		
H.A. van der Sloot, G.L.J. van der Wegen, D. Hoede and G.L. de Groot	Intercomparison of Leaching Tests for Stabilized Waste	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	63-76	(1994)		
R. Garavaglia and P. Caramuscio	Coal Fly Ash Leaching Behaviour and Solubility Controlling Solids	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	87-102	(1994)		
R.N.J. Comans and J.A. Meima	Modelling Ca-Solubility in MSWI Bottom Ash Leachants	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	103-110	(1994)		
T.T. Eighmy, J.D. Eusden, Jr., K. Marsella, J. Hogan, D. Domingo, J.E. Krzanowski and D. Stampfli	Particle Petrogenesis and Speciation of Elements in MSW Incineration Bottom Ashes	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	111-136	(1994)		
O. Hjelmar, E.A. ahansen, K.I. Andersen, J.B. Andersen and E. Bjornestad	An Approach to the Assessment of the Environmental Impacts of Marine Applications of Municipal Solid Waste Combustion Residues	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	137-160	(1994)		
M. Janssen-Jurkovicova, G.G. Hollman, M.M. Nas and R.D. Schuiling	Quality Assessment of Granular Combustion Residues by a Standard Column Tests: Prediction Versus Reality	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	161-178	(1994)		
P.J.C. Bloem, F.L.M. Lamers and L. Tamboer	Leaching Behaviour of Building Materials with Byproducts under Practical Conditions	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.,	195-204	(1994)		

著者・編者	論文名又は単行本	雑誌名	巻(号)	頁	発行年	No. 2 出版社
G. A. Rood, M. H. Broekman and T. G. Aalbers:	Investigating a Leaching Test for PCBs and Organochlorine Pesticides in Waste and Building Materials Utilization Status, Issues and Criteria Development for Municipal Waste Confustor Residues in the United States	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	255-270	(1994)		
D. S. Kosson, B. A. Clay, H. A. van der Sloot	Municipal Waste Confustor Residues in the United States Validation of Dutch Standard Leaching Tests Using NEN-ISO 5725	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	293-304	(1994)		
T. T. Kosson	Burning of Hazardous Wastes as Co-Fuel in a Cement Kiln	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	305-314	(1994)		
G. L. de Groot and D. Hoede		Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	433-452	(1994)		
K. H. Karstensen		Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	453-466	(1994)		
H. A. van der Sloot, D. S. Kosson, T. T. Eighmy, R. N. J. Comans and O. Hielmar	Approach towards International Standardization: A Concise Scheme for Testing of Granular Waste Leadability Speciation of As and Se during Leaching of Fly Ash	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	467-476	(1994)		
E. E. van der Hoek and R. N. J. Comans	The Influence of Reducing Properties on Leaching of Elements from Waste Materials and Construction Materials	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	483-490	(1994)		
H. A. van der Sloot, D. Hoede and R. N. J. Comans	Role of Facilitated Transport in the Emissions of Secondary Raw Materials	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	507-518	(1994)		
J. J. Skeetee, J. C. M. de Wit, G. L. Roosum and L. G. C. M. Urulings	A Unified Approach to Leaching Behavior of Waste Materials	Environ. Asp. Constr. Waste Mater.	979-988	(1994)		
P. P. Bosscher, R. Bachofen, H. Brändl: M. Kersten:	Metal Leaching of Fly Ash from Municipal Waste Incineration by <i>Aspergillus niger</i> , Aqueous Solubility Diagrams for Cementitious Waste Stabilization Systems I. The C-S-H Solid-Solution System, Lead release from Smelter and Mine Waste Impacted Materials under Simulated Gastric Conditions and Relation to Speciation,	Environ. Sci. Technol.	30(10), 30(7),	3066-3070, 2286-2293	(1996)	
U. G. Gasser, W. J. Walker, R. A. Dahlgren, R. S. Forch and R. G. Bureau: E. E. van der Hoek and R. N. J. Comans:	Modelling Arsenic and Selenium Leaching from Acidic Fly Ash by Sorption on Iron (hydr)oxide in the Fly Ash Matrix, Estimation of Lead and Arsenic Bioavailability Using a Physiologically Based Extraction Test, Comprehensive Approach toward Understanding Element Speciation and Leaching Behavior in Municipal Solid Incineration Electrostatic Precipitator Ash, Fractionation and Oxidation of Chromium in Tannery Waste and Sewage Sludge Amended Soils,	Environ. Sci. Technol.	30(2), 30(3), 30(2),	422-430, 761-769, 517-523	(1996)	
M. V. Ruby, A. Davis, R. Schoof, S. Everle and C. M. Sellstone:	Chemical and Mineralogical Characterizations of Pb in a Contaminated Soil: Reactions with Synthetic Apatite:	Environ. Sci. Technol.	29(3),	629-646	(1995)	
T. T. Eighmy, J. E. Krazaowski, D. S. Domingo, D. Staempfli, J. R. Martin and P. M. Erickson: R. Milacic and J. Stupar:	Speciation of Lead and Arsenic Bioavailability Using a Physiologically Based Extraction Test, Comprehensive Approach toward Understanding Element Speciation and Leaching Behavior in Municipal Solid Incineration Electrostatic Precipitator Ash, Fractionation and Oxidation of Chromium in Tannery Waste and Sewage Sludge Amended Soils,	Environ. Sci. Technol.	29(2),	506-514	(1995)	
V. Lapenche, S. J. Traina, P. Gaddam and T. J. Logan:	Chemical and Mineralogical Characterizations of Pb in a Contaminated Soil: Reactions with Synthetic Apatite:	Environ. Sci. Technol.	29(2),	506-514	(1995)	
G. Heron, C. Crouzet, A. C. M. Bourg and T. H. Christensen:	Speciation of Fe(II) and Fe(III) in Contaminated Aquifer Sediments Using Chemical Extraction Techniques:	Environ. Sci. Technol.	28(9),	1698-1705	(1995)	
P. Vachon, R. D. Tyagi, J. -C. Auclair and K. V. Wilkinson:	Chemical and Biological Leaching of Aluminum from Red Mud,	Environ. Sci. Technol.	28(1),	26-30	(1994)	
C. S. Kirby and J. D. Rimstidt:	Interaction of Municipal Solid Waste Ash with Water,	Environ. Sci. Technol.	28(3),	443-451	(1994)	
C. S. Kirby and J. D. Rimstidt:	Mineralogy and Surface Properties of Municipal Solid Waste Ash,	Environ. Sci. Technol.	27(4),	652-660	(1993)	