

## ②鉛溶出の安定化を図るための前処理技術

鉛溶出の安定化を図るための処理方法としては、不溶化処理とコンクリート固化といった処理技術が挙げられる。

### 1) 不溶化処理

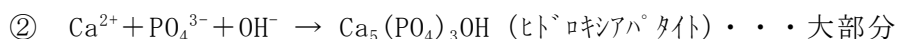
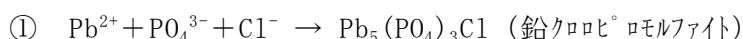
不溶化処理には、大きく分けて無機系と有機系の技術がある。無機系は、鉛を難溶性の塩として固定化する手法、有機系は、鉛を不溶性のキレート錯体として固定化する手法である。以下にそれぞれの概要を整理した。

#### 1) - 1 不溶化処理（無機系）

##### （リン酸系）

リン酸系処理の一例として、リン酸系薬剤をファンネルガラスに添加し、ヒドロキシアパタイト及び難溶性のピロモルファイトを生成することで鉛の溶出制御を図る手法がある。

リン酸を添加すると



ヒドロキシアパタイトは鉛を固定化する性質を有し、最終的に鉛はリン酸と結合して最も安定な化合物となり不溶化する。



図 1 4 リン酸系薬剤を用いた鉛の不溶化過程

(Eighmy T.T. et al., Characterization and phosphate stabilization of dusts from the vitrification of MSW combustion residues, Waste Management, 18 を参考に作成)

##### （炭酸化処理）

鉛イオンが二酸化炭素と反応して難溶性の炭酸塩を生成することで鉛の溶出制御を図る手法。（焼却飛灰の埋立処分に際して鉛等の重金属汚染を防ぐための手法）

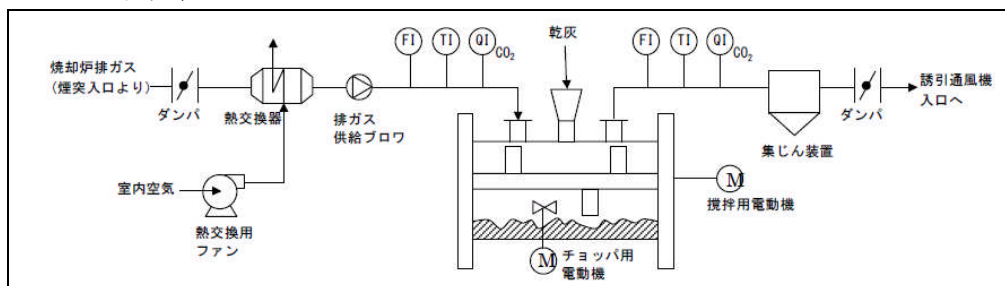


図 1 5 炭酸化処理による鉛の不溶化過程

出典：島岡隆行、「持続型環境技術による廃棄物の循環資源化－廃棄物焼却灰リサイクルの考え方と研究の取り組み－」

## 1) - 2 不溶化処理 (有機系)

有機系については、鉛を不溶性のキレート錯体として固定化する手法である。もともとは焼却飛灰中の鉛等の重金属を不溶化するための技術であり、ジチオカルバミン酸塩系及び二酸化硫黄発生を抑えたピペラジン系が主流である。

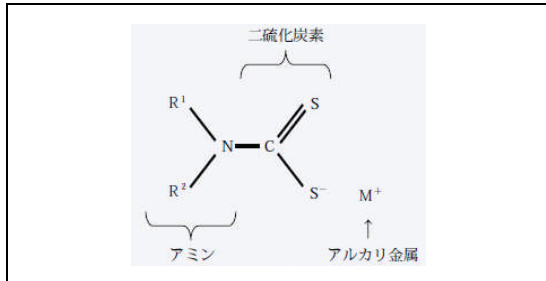


図 1 6 ジチオカルバミン酸塩の構造

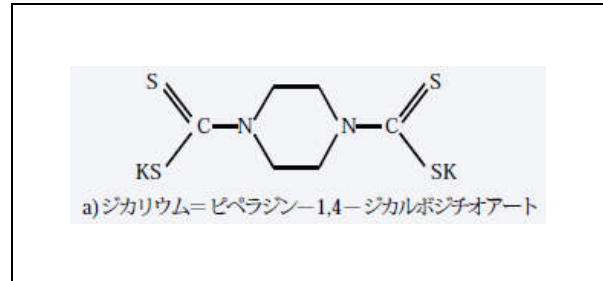


図 1 7 ピペラジン系薬剤の例  
東ソー (株) 重金属処理剤 TS-275

出典：鈴木紳正、「ジチオカルバミン酸系重金属処理剤の特性」

無機系・有機系ともに、鉛不溶化のための前処理として粉末状態になる程度の粉砕が必要と考えられるため、そのためのコスト・エネルギーが懸念される。また、処理物を管理型最終処分場に埋立処分する場合、他の廃棄物からの影響 (pH が変動するような場合等) で不溶化された鉛にどのような影響があるのか確認が必要である。したがって、技術面・経済面で課題がある。

## 2) コンクリート固化

コンクリート固化は破砕した鉛ガラスを水硬性セメントと練り合わせ、鉛ガラスを固化した上で最終処分するという方法である。国立環境研究所の試験結果 (詳細は、参考資料 1 を参照) によると、「カレット単独と比較した場合、水との接触による鉛の溶解は 1/100 程度に少なくなることが期待される」という結果が示されている。

ただし考察として、遊離アルカリによる固化体の内部崩壊が起こった場合には長期にわたる固化体強度について保証が無いことや、固化体の亀裂から水が浸透した場合には鉛の溶出促進が想定されることが指摘されている。

#### 4. ブラウン管ガラスカレットを国内で埋立処分する場合の適切な技術的措置のあり方

##### (1) 技術的措置として考えられるオプションの抽出

ブラウン管ガラスカレットを国内で埋立処分する場合の適切な技術的措置の検討を行った。具体的には、ブラウン管ガラスカレットからの鉛の溶出に関する既往試験結果の整理を行い、技術的措置として考えられるオプションを検討した。

##### (既往試験結果の整理)

ブラウン管ガラスカレットからの鉛の溶出試験について家電製品協会、経済産業省、環境省の試験結果を整理した。そのうち、産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法に基づく試験（以下、「環境省告示 13 号試験」という。）を行ったものについては、参考として金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準（0.3mg/L）（以下「埋立判定基準」という。）との比較を行った。試験結果は参考資料 5 に示すこととし、以下に概要を整理した。

##### ①家電製品協会による試験結果

財団法人家電製品協会では、JIS K0058-1「スラグ類の溶出試験方法－第一部：溶出量試験方法」に準ずる方法で溶出試験を行った。試験結果から、以下の事項がまとめられている。

- ・全ての条件で埋立判定基準を下回った。
- ・破砕状態により溶出量に差がある。ガラス片（パウダー除く）の大きさが細かいほど溶出量が大きい。
- ・パウダー混入量の多いものの方が鉛の溶出量が大きい。
- ・「粗砕試料による試験」による溶出量は「利用有姿 試験」による溶出量に対して約 2.2 倍程度増加する。ただし、ばらつきや偏差を考慮する必要がある。

##### ②産業技術総合研究所及び国立環境研究所による試験結果

環境省が独立行政法人産業技術総合研究所（代表）に委託して、電子機器等に起因する有害元素の浸出に関して長期環境安全性を評価するための試験方法について検討したものである。この枠組みの中で、分担研究者である独立行政法人国立環境研究所が、CRT ガラス試料に対して、環境省告示 13 号試験の方法で試験を行った。試験結果から、微細粒子は 1.0 μm ガラス繊維ろ紙を通過することが示唆され、拡散挙動を注目する必要があることが分かった。

##### ③環境省による試験結果

環境省の試験では、環境省告示 13 号試験の方法でパネルガラス、ファ

ンネルガラスからの溶出量の測定を行った。これによれば、パネルガラスについては、検出限界以下であったが、ファンネルガラスについては、埋立判定基準を大きく上回る結果となった。また、実験条件から、pHを低く設定するほど溶出量が増加することが分かった。

#### (技術的措置として考えられるオプション)

既往試験結果より、ブラウン管ガラスカレットのうち、鉛が含有されているファンネルガラスをそのまま埋立処分した場合、鉛の溶出量が埋立判定基準を上回る可能性が示唆された。また、埋立処分する際のサイズやpH等の周辺環境によって溶出量が増加することが分かった。以上を踏まえ、埋立処分時の鉛の溶出に着目し、技術的措置として考えられるオプションとして、①前処理により溶出量を抑えて埋立処分、②埋立方法により溶出量を抑えて埋立処分、を検討した。

#### ①前処理により溶出量を抑えて埋立処分

ブラウン管ガラスに一定の前処理を行うことで、溶出量を抑えることを狙うオプション。前処理方法としては以下の手法が想定できる。

##### 1) コンクリート固化

水硬性セメントと練り合わせて固形化する手法が一般的であり、有害廃棄物の最終処分にあたって行われる代表的な無害化法の1つ。

##### 2) 薬剤による不溶化処理

不溶化剤の添加等の処理により、ブラウン管ガラスに含有される鉛を難溶性の塩や不溶性のキレート錯体として固定化し、不溶化する方法。

#### ②埋立方法により溶出量を抑えて埋立処分

ブラウン管ガラスを埋立処分する際の形状や方法を規定することで、溶出量を抑えることを狙うオプション。既往試験結果によれば、粒度が高い（粉末状に近い）ものほど溶出試験における溶出量が増加する傾向が見られることから、破碎・粉砕をある程度抑えた粗い状態で埋立することで溶出量を下げることが考えられるが、埋立処分時及び処分場内でのブラウン管ガラスの挙動（粉砕、微粒子化等）を考慮する必要がある。

## (2) 技術的措置として考えられるオプションの検証

上述の検討結果を踏まえ、技術的措置として考えられるオプションの検証を行った。具体的には、既往調査結果が存在するものは、同結果に基づく検証を行い、既往調査結果のみでは結果の解釈が難しい場合については、本検討会にて新たに溶出試験（試験方法の詳細は参考資料6を参照）を実施し、結果の考察を行った。

### ①前処理により溶出量を抑えて埋立処分

#### 1) コンクリート固化

コンクリート固化については、国立環境研究所の既往調査結果に基づき検証を行うこととする。

国立環境研究所の試験では、環境省告示13号試験でファンネルガラス、パネルガラス及びファンネルガラスのコンクリート固化物の溶出量の測定を行った。これによれば、固化物が物理的に崩壊しなければ、ファンネルガラス単独と比較した場合、水との接触による鉛の溶解は1/100程度に少なくなることが期待されるとの結果が示されている。ただし、調査結果の考察として、遊離アルカリによる固化体の内部崩壊が起こった場合には長期にわたる固化体強度について保証が無いことや、固化体の亀裂から水が浸透した場合には鉛の溶出促進が想定されることが指摘されている。

表2 モルタル固化物の振とう溶出試験と攪拌溶出試験

ガラス試料の種類		試料粒径	溶媒	溶出方法	ろ紙	Pb
						mg/L
カレットモルタル粉砕物	洗浄済み	0.5-5mm	純水	振とう	GFF1.0	9.2
				攪拌	GFF1.0	5.2
	未洗浄	0.5-5mm	純水	振とう	GFF1.0	7.5
				攪拌	GFF1.0	4.4
カレットモルタル固化体	洗浄済み	50mmφ 100mmH	純水	繰り返し攪拌1回	GFF1.0	0.057
				繰り返し攪拌3回	GFF1.0	0.085
	未洗浄	50mmφ 100mmH	純水	繰り返し攪拌1回	GFF1.0	0.040
				繰り返し攪拌3回	GFF1.0	0.066

出典：国立環境研究所：ブラウン管ガラス溶出試験について

## 2) 薬剤による不溶化処理

不溶化処理は、大きく、有機系と無機系の技術に分けることができる。

- ・有機系については、キレート剤そのものが人工合成した薬剤であり、自然界における微生物による分解が困難と考え、ヨーロッパでは将来の自然環境への影響問題を懸念して、その使用を規制している<sup>16</sup>。また有機系であるジチオカルバミン酸塩系のキレート剤は、pH変動の要因となりうる硫黄分を含んでおり、現時点で pH 変動につながる懸念を払拭できないため、今回、技術的措置として考えられるオプションの検証対象外とした。
- ・無機系については、リン酸化処理、炭酸化処理が想定できる。炭酸化処理は、鉛の不溶化が技術的には可能である。しかしながら、ラボベースでの検討段階であり、ブラウン管ガラスへの適用については、実プロセスでの処理可能性が現状では不透明であることから、今回、技術的措置として考えられるオプションの検証対象からは除外した。以上より、リン酸化処理を技術的措置として考えられるオプションとして検証を行うこととした。

リン酸化処理については、実プロセスでの処理可能性を念頭に、既に市販されている薬剤として、栗田工業株式会社のスラグナイトの不溶化効果の検証を行うこととした。検証は、同社が実施した既往調査結果と検討会事務局が実施した調査結果に基づき行った。検証の観点は以下のとおりである。

### <検証の観点>

- ・様々な条件下におけるスラグナイト添加による不溶化効果
  - －試料粒径による溶出量
  - －酸性、中性、アルカリ性における溶出量 (pH 依存性の確認)
  - －長期安定性の確認
- ・一般的なリン酸化処理 (リン酸水素ナトリウム添加) と栗田工業株式会社の不溶化剤 (スラグナイト) の溶出量の差

### <試料>

試料は、実プロセスでの処理可能性を念頭に、家電リサイクルプラントにて現状の破碎処理が行われた未洗浄カレット<sup>17</sup>とした。

<sup>16</sup> 株式会社環境開発、燃え殻の除熱処理工程における重金属類の不溶化処理方法、特開2010-46593(P2010-46593A)

<sup>17</sup> 試料とするブラウン管ガラスは家電リサイクル法に基づく再商品化を実施している家電リサイクルプラントから提供を受けた。

### <試験方法>

家電リサイクルプラントにて現状の破砕処理が行われた未洗浄カレット (<100mm) を使用し、①未処理のまま、②リン酸水素ナトリウムを添加、③スラグナイトを添加、の3つの試料において、以下の試験を実施した。

- ・pH 依存性を確認するため、酸性、中性、アルカリ性の3条件で試験実施。
- ・長期安定性を確認するため、液固比 (L/S) 10、100 の2条件で試験実施 (液固比 10 は環境省告示 13 号試験の条件、液固比 100 は溶出時間数百年程度の長期試験に相当する条件<sup>18)</sup>)。
- ・カレット粒径による不溶化剤の効果への影響を確認するため、スラグナイト添加の試験について、粒径<150mm、<100mm<sup>19)</sup>、20-50mm、10-20mm、5-10mm、<5mm の6種類のカレットで実施。溶出試験は、環境省告示 13 号の試験方法又は同方法に準じて実施した。

### <試験結果>

#### ■未処理のファンネルガラスカレット

- ・対照試験として測定した未処理のガラスカレットについては、液固比 100 の一部サンプルを除いた全てのサンプルで鉛の溶出量が埋立判定基準の 0.3mg/L を超過した。
- ・pH の変動による影響については、アルカリ性で溶出量が顕著に増加。酸性でも、液固比 100 の条件で溶出量が増加。
- ・長期安定性については、単位カレット重量当たりの鉛溶出量を比較すると、概ね液固比 100 の方が液固比 10 よりも溶出量は高くなっており、酸性では約 8.3 倍~11.5 倍となったが、中性では約 1.2 倍~1.8 倍、アルカリ性では約 2.5 倍~3.5 倍程度であった。液固比 100 を溶出時間数百年程度と考えると、埋立初期の溶出量が高く、長期的には溶出量が低下していくことが示唆される。

#### ■一般リン酸化処理

- ・リン酸水素ナトリウムによる処理の結果、すべてのサンプルで埋立判定基準の 0.3mg/L を超過し、未処理のファンネルガラスカレットよりも溶出量は概ね高くなっている。
- ・pH の変動による影響については、酸性、アルカリ性で溶出量が増加し、特にアルカリ性では顕著。

<sup>18)</sup> van der Sloot, H. A., Piepers, O., Kok, A.: A standard leaching test for combustion residues, Studiegroep Ontwikkeling Standard Uitloogtesten Verbrandingsresiduen, BEOP-31 (1984)

<sup>19)</sup> 家電リサイクルプラントにおける現状の処理サイズを基準に設定。溶出試験は、100mm に近いサイズの試料を選択して実施している。

- ・長期安定性については、単位カレット重量当たりの鉛溶出量を比較すると、一部を除いて液固比 100 の場合、液固比 10 よりも溶出量は低くなった。液固比が高いことは溶出時間が長いことを示すため、本来であれば液固比が高い方が単位カレット重量当たりの鉛溶出量は高くなることが想定される。これより一般リン酸化処理によって長期的には溶出量が抑制される可能性が示唆されるが、あくまでも液固比による加速試験結果であるため、引き続き検討が必要と考えられる。

#### ■スラグナイト処理

- ・スラグナイトによる処理の結果、全体的に鉛の溶出量が低減され、中性、液固比 10 の条件では、一部を除いて検出下限値以下（ $<0.05\text{mg/L}$ ）が得られた。
- ・カレットの粒径の変化による影響については、粒径 50mm 以下のサンプルでは全て検出下限値以下（ $<0.05\text{mg/L}$ ）となったが、粒径が  $<100\text{m}$  のサンプルでは  $0.3\text{mg/L}$  を超過した。
- ・pH の変動による影響については、酸性では中性とほぼ同程度の溶出量に抑えられており、アルカリ性では溶出量が増加するものの、未処理のカレットよりも溶出量が低減されている。
- ・長期安定性については、単位カレット重量当たりの鉛溶出量を比較すると、概ね液固比 100 の方が液固比 10 よりも溶出量は高くなっており、酸性では約 5.6 倍～7.4 倍、中性では約 1.4 倍～3.5 倍、アルカリ性では約 1.1 倍～1.3 倍となり、未処理のガラスカレットと同様の傾向を示した。



表7 溶出試験結果（不溶化処理）

試料	試料粒径 (mm)	溶媒	液固比	サンプル NO	溶出液の水素イオン濃度 (溶出液温度℃)	鉛※1 (単位：mg/L)	鉛※2 (単位：mg/g)	
1. ファンネル ガラス カレット	<100	酸性	10	1	7.7 (19.5℃)	2.0	0.020	
				2	8.4 (19.4℃)	2.6	0.026	
				3	7.7 (19.4℃)	2.4	0.024	
			100	1	5.4 (19.4℃)	2.3	0.23	
				2	5.6 (19.3℃)	2.4	0.24	
				3	5.5 (19.5℃)	2.0	0.20	
		中性	10	1	8.2 (19.1℃)	2.1	0.021	
				2	8.6 (19.2℃)	1.9	0.019	
				3	8.7 (19.3℃)	1.8	0.018	
			100	1	7.0 (19.5℃)	0.29	0.029	
				2	6.9 (19.4℃)	0.22	0.022	
				3	6.8 (19.5℃)	0.32	0.032	
		アルカリ 性	10	1	12.0 (19.4℃)	20	0.20	
				2	12.0 (19.4℃)	17	0.17	
				3	12.1 (19.4℃)	17	0.17	
			100	1	12.1 (19.1℃)	5.5	0.55	
				2	12.0 (19.3℃)	6.0	0.60	
				3	12.0 (19.4℃)	4.2	0.42	
1. 1 一般リン 酸化処理	<100	酸性	10	1	8.9 (19.3℃)	5.3	0.053	
				2	9.1 (19.1℃)	4.9	0.049	
				3	8.9 (18.8℃)	4.4	0.044	
			100	1	6.6 (19.0℃)	0.50	0.050	
				2	6.4 (18.9℃)	0.45	0.045	
				3	6.4 (19.0℃)	0.46	0.046	
		中性	10	1	9.3 (19.2℃)	6.9	0.069	
				2	9.4 (19.1℃)	8.2	0.082	
				3	9.4 (19.0℃)	8.2	0.082	
			100	1	7.3 (19.0℃)	0.56	0.056	
				2	7.3 (19.0℃)	0.57	0.057	
				3	7.3 (19.1℃)	0.74	0.074	
		アルカリ 性	10	1	12.1 (19.5℃)	20	0.20	
				2	12.1 (19.3℃)	16	0.16	
				3	12.1 (19.2℃)	19	0.19	
			100	1	12.1 (19.2℃)	0.99	0.099	
				2	12.1 (19.1℃)	0.65	0.0069	
				3	12.1 (19.1℃)	0.99	0.0066	
1. 2 スラグナ イト処理	<100	酸性	10	1	7.5 (19.2℃)	0.69	0.0069	
				2	7.5 (19.1℃)	0.66	0.0066	
				3	7.5 (19.1℃)	0.47	0.0047	
			100	1	7.4 (19.1℃)	0.45	0.045	
				2	7.5 (19.1℃)	0.37	0.037	
				3	7.5 (19.2℃)	0.35	0.035	
		<150 <100	中性	10	1	6.7(-)	<0.05	-
				10	1	7.6 (19.0℃)	1.6	0.016
					2	7.6 (19.1℃)	1.1	0.011
	3				7.6 (19.0℃)	2.2	0.022	
	100			1	7.9 (19.0℃)	0.32	0.032	
				2	7.8 (19.0℃)	0.39	0.039	
				3	8.0 (20.1℃)	0.30	0.030	
	20-50			10	1	7.2(-)	<0.05	-
	10-20				1	7.2(-)	<0.05	-
	5-10	1	7.5(-)		<0.05	-		
	<5	1	7.3(-)		<0.05	-		

試料	試料粒径 (mm)	溶媒	液固比	サンプル NO	溶出液の水素イオン濃度 (溶出液温度℃)	鉛※1 (単位：mg/L)	鉛※2 (単位：mg/g)
スラグナイト処理	<100	アルカリ性	10	1	11.9 (19.5℃)	7.7	0.077
				2	11.9 (19.5℃)	6.6	0.066
				3	11.9 (19.7℃)	10	0.10
			100	1	12.0 (19.4℃)	0.86	0.086
				2	12.0 (19.5℃)	0.75	0.075
				3	12.0 (19.6℃)	1.1	0.11

※1：単位溶出液量当たりの鉛濃度

※2：単位カレット重量当たりの鉛溶出量（「-」は検出下限値以下であったため、濃度を算定できず）

## ②埋立方法により溶出量を抑えて埋立処分

埋立方法により溶出量を抑える方法については、ブラウン管ガラスを埋立処分する際の形状や方法を規定することが考えられるが、既往試験結果を参考に、埋立処分の形状を規定する方法（ある程度大きな粒径で埋め立てる方法）の検証を行うこととした。現状の家電リサイクルプラントにおけるファンネルガラスカレットをそのまま埋め立てた場合の溶出量を確認することを目的に、本検討会にて新たに溶出試験を実施し、結果の考察を行った。

### <試験方法>

溶出試験の実施内容を次表に示す。試料は、家電リサイクルプラントにて現状の破碎処理が行われた未洗浄カレット<sup>20</sup> (<100mm) とし、カレット有姿 (<100mm) の場合、環境省告示 13 号試験の試験粒径 (0.5-5mm) まで粉碎した場合、の 2 パターンの試験を実施した。なお、pH 依存性を確認するため、pH を酸性、中性、アルカリ性の 3 条件、長期安定性を確認するため、液固比 (L/S) を 10 (環境省告示 13 号試験の試験条件)、100 (溶出時間数百年程度の長期試験に相当する条件) の 2 条件、それぞれの試料に対して実施した。

<sup>20</sup> 試料とするブラウン管ガラスは家電リサイクル法に基づく再商品化を実施している家電リサイクルプラントから提供を受けた。

表 8 溶出試験の実施内容（埋立処分の形状）

No.	2. 1	1. (再掲)
試料	ファンネルガラスカレット	
試料の状態	家電 RP にて現状の破碎処理が行われた未洗浄カレット (<100mm (ほぼ 100mm 程度))	
試料粒径	有姿 (<100mm (ほぼ 100mm 程度))	0.5-5mm
溶媒	①pH : 4 程度、②pH : 5.8~6.3、③pH : 12 程度	
液固比 [L (ml) /S (g)]	①10、②100	
溶出時間 [h]	6	
振とう方法	平行振とう	
固液分離	1 μ m GFF	
分析項目	Pb	
溶出回数	1 回	
サンプル数	N=3	

<試験結果>

■ ファンネルガラスカレット有姿 (<100mm)

- ・液固比 10 の場合、酸性のひとつのサンプル以外のすべてのサンプルで 0.3mg/L を超過したが、環境省告示 13 号試験の試験粒径 (0.5-5mm) のファンネルガラスカレットよりも溶出量は概ね低い (アルカリ性を除く)。
- ・pH の変動による影響については、酸性では中性と溶出量はほぼ同様もしくは微増であり、アルカリ性では溶出量が顕著に増加。
- ・長期安定性については、単位カレット重量当たりの鉛溶出量を比較すると、酸性では、液固比 100 の方が液固比 10 よりも高く、中性、アルカリ性では一部を除いて液固比 100 の方が液固比 10 よりも低くなった。前述のとおり、液固比が高いことは溶出時間が長いことを示すため、本来であれば液固比が高い方が単位カレット重量当たりの鉛溶出量は高くなることが想定される。本試験は液固比による加速試験結果であるため、引き続き検討が必要と考えられる。
- ・同一条件のサンプル間での鉛溶出量のばらつきが大きいのが、これは試験に使用したカレット試料の不均一性によるものと考えられ、カレットの形状、表面積の違いにより溶出量が変動すると考えられることに留意が必要である。

表9 溶出試験結果（埋立処分の形状）

試料	溶媒	液固比	サンプル NO	溶出液の水素イオン濃度 (溶出液温度℃)	鉛※1 (単位：mg/L)	鉛※2 (単位：mg/g)
2. 1 ファンネルガラス カレット 有姿 <100mm	酸性	10	1	7.8 (19.7℃)	0.13	0.0013
			2	8.7 (19.8℃)	2.0	0.020
			3	7.5 (19.7℃)	0.96	0.0096
		100	1	4.5 (19.6℃)	0.050	0.0050
			2	4.4 (19.5℃)	0.47	0.047
			3	4.5 (19.5℃)	1.0	0.10
	中性	10	1	8.7 (19.2℃)	1.1	0.011
			2	7.4 (19.3℃)	0.51	0.0051
			3	8.9 (19.4℃)	0.77	0.0077
		100	1	7.3 (19.3℃)	0.028	0.0028
			2	6.9 (19.3℃)	0.005 未満	—
			3	6.7 (19.4℃)	0.005	0.0005
	アルカリ 性	10	1	12.0 (19.5℃)	19	0.19
			2	12.0 (19.4℃)	15	0.15
			3	12.0 (19.5℃)	34	0.34
		100	1	12.1 (19.2℃)	2.4	0.24
			2	12.0 (19.3℃)	0.036	0.0036
			3	12.1 (19.0℃)	0.064	0.0064
1. ファンネル ガラス カレット 0.5-5mm (再掲)	酸性	10	1	7.7 (19.5℃)	2.0	0.020
			2	8.4 (19.4℃)	2.6	0.026
			3	7.7 (19.4℃)	2.4	0.024
		100	1	5.4 (19.4℃)	2.3	0.23
			2	5.6 (19.3℃)	2.4	0.24
			3	5.5 (19.5℃)	2.0	0.20
	中性	10	1	8.2 (19.1℃)	2.1	0.021
			2	8.6 (19.2℃)	1.9	0.019
			3	8.7 (19.3℃)	1.8	0.018
		100	1	7.0 (19.5℃)	0.29	0.029
			2	6.9 (19.4℃)	0.22	0.022
			3	6.8 (19.5℃)	0.32	0.032
	アルカリ 性	10	1	12.0 (19.4℃)	20	0.20
			2	12.0 (19.4℃)	17	0.17
			3	12.1 (19.4℃)	17	0.17
		100	1	12.1 (19.1℃)	5.5	0.55
			2	12.0 (19.3℃)	6.0	0.60
			3	12.0 (19.4℃)	4.2	0.42

※1：単位溶出液量当たりの鉛濃度

※2：単位カレット重量当たりの鉛溶出量（「—」は検出下限値以下であったため、濃度を算定できず）

### (3) 国内で埋立処分する場合の適切な技術的措置に対する考え方

(前処理により溶出量を抑えて埋立処分)

#### ①コンクリート固化

コンクリート固化については、上述の国立環境研究所による試験結果を踏まえると次のとおり整理することができる。

- ・コンクリート固化による鉛の不溶化が技術的に可能。
- ・埋立時の固化体強度や亀裂等の問題が指摘されていることから、埋立処分後に崩壊しないような埋立方法の検討や埋立後の適正な管理が必要と考えられる。
- ・コンクリート固化を行った場合、資源として再利用することが難しい。

#### ②リン酸化処理（薬剤による不溶化処理）

リン酸化処理については、本検討会にて実施した溶出試験結果や既往試験結果を踏まえると次のとおり整理することができる。

- ・適切な不溶化剤を選択することで、リン酸化処理による鉛の不溶化が技術的に可能。ただし、リン酸化処理を行う試料の粒径が大きい場合、埋立処分後の微粒子化を想定した場合に鉛の溶出可能性があるため、ある程度小さな粒径（20～50mm程度）まで破碎を行う等の前処理の検討が必要と考えられる。
- ・未処理の場合と比較すると、アルカリ性域において鉛の溶出を低減する可能性あり。
- ・未処理の場合にも同様に言えることであるが、リン酸化処理を行った場合でも埋立初期の溶出が大きく、長期的には溶出量は小さくなっていく。
- ・リン酸化処理を行った場合、資源として再利用することが難しい。

(埋立方法により溶出量を抑えて埋立処分)

埋立方法により溶出量を抑える方法について、本検討会にて実施した溶出試験結果や既往試験結果を踏まえると次のとおり整理することができる。

- ・粉碎を抑えて埋立処分することで、鉛の溶出量を低減することが可能と考えられる。ただし、ガラスカレットの形状、表面積により溶出量が変動する可能性があること及び埋立処分後に粉碎が進み粒度が高くなる場合や pH が変動する場合によって溶出量が変化することに注意が必要であり、粒度の変化や pH の変動を抑える埋立処分方法を検討することが必要と考えられる。
- ・なお、再利用を念頭においた処理を行い、埋立後に適切な管理を行うことで、資源として再利用することが可能である。

## 5. まとめ

検討にあたっての基本的な考え方でも示したとおり、まずは「資源として有効利用する」という観点から、ブラウン管ガラスは可能な限りカレット化してブラウン管ガラスの原材料として水平リサイクルすることが望ましいと言える。

水平リサイクルを重視しつつも、それが困難な場合は、次に、水平リサイクル以外のリサイクルを検討する。ブラウン管ガラスのファンネルガラス中の鉛含有率は、酸化鉛ベースで21～24%であり、現状の鉛精錬原料よりも品位は劣るものの、十分に鉛原料として考えることができる。また、今後も鉛の海外需要は増加することが予想されており、日本国内で鉛が不足することも考えられる。このため、水平リサイクルが困難となった場合でも、最終処分ではなく、鉛製錬等によるリサイクルを優先すべきである。

なお、鉛精錬等の受入可能量が少ない場合は、ブラウン管ガラスの排出量が2011年前後をピークに漸減する見込みであることから、ブラウン管ガラスを保管して少量ずつリサイクルしていくことも検討すべきである。ただし、ブラウン管ガラスが廃棄物となったものを保管する場合、廃棄物処理法の基準が適用されることに留意が必要である。

以上のように、資源の有効利用という観点からリサイクルを優先することとするが、海外での水平リサイクルについても中長期的な動向には不透明な部分があり、ブラウン管ガラスの発生量がリサイクルの受入可能量を大幅に上回り、全てをリサイクルすることが困難となる場合、埋立処分等の最終処分を検討する必要がある。本検討会での溶出試験や既往試験結果を踏まえると、環境省告示13号試験では埋立判定基準以上の鉛の溶出量となることが確認されており、埋立処分を行う場合は、鉛の溶出量を抑える技術的措置の検討が必要となる。

具体的な措置としては、コンクリート固化、リン酸化処理、粉碎を抑えた粒度の粗い状態での埋立等により、溶出量を抑えることが技術的に可能となる。一方で、技術的措置を行った場合でも、埋立後の粉碎やpHの変動等により、鉛が溶出する懸念も指摘されていることから、埋立後の粉碎やpHの変動を抑える埋立方法についても併せて検討が必要である。また、処分場内の環境のモニタリング等の適正な最終処分場の維持管理を行うことが鉛の溶出抑制に効果的であると考えられる。既往研究による最終処分場における重金属の挙動に関する知見も踏まえ、鉛溶出を抑える適切な技術的措置と埋立方法を組み合わせることで、ブラウン管ガラスを適正に埋立処分することが可能であると考えられる。

なお、ブラウン管ガラスの逆有償でのリサイクル又は処理を行う場合、その費用が過大である場合には最終的に排出者の負担が増加する可能性がある点には留意が必要である。

また、自治体によるブラウン管ガラスの埋立処分の実態については、破損でリサイクルが困難である等の特段の事情が無い限り、製造業者等に適切に引き渡され、適正にリサイクル又は処理されるよう、国が自治体及び製造業者等に

促すことが必要である。

以上の考察を踏まえ、今後、ブラウン管ガラスの水平リサイクルの動向やリサイクル技術の進展を引き続き注視しつつ、関係者の協力により可能な限りリサイクルを行っていくとともに、必要に応じて、埋立処分を行う場合の措置を法的に位置づけることを検討していくべきである。

その他、検討会において委員から以下のような指摘がなされた。本検討会はブラウン管ガラスのリサイクル・処理技術の評価と埋立処分を行う場合の技術的措置のあり方についての検討を行ったものであるが、これらの指摘事項についても留意が必要である。

- ・ 関係者間の情報共有を密にし、ブラウン管テレビの排出台数、ガラスカレットの排出重量及び水平リサイクル等の受入可能量を推定し、どの程度余剰量が発生する可能性があるのかを定量的に検証しておくべきではないか。
- ・ 昭和48年に制定された環境省告示13号に基づく溶出試験結果のみでなく、他の試験条件や試験方法による知見も踏まえ、埋立処分のあり方を総合的に判断すべきである。
- ・ 埋立処分場における金属の挙動に関するデータ等の分析を行い、埋立処分の環境影響について長期安定性等も考慮の上で、評価を行うことが必要である。