

## 使用済小型家電からのレアメタルの回収における環境管理について

## 1. 現状の廃小型家電処理のリスクに関する情報収集

## (1) 金属・難燃剤等のハザードの評価

## ① 金属、難燃剤等のハザード情報の整理

昨年度研究会報告書並びに既往研究等に基づき、レアメタルやその他の金属、難燃剤等のハザード情報について収集、整理した。

整理にあたっては、小型家電中におけるレアメタル等の存在形態が分からないケースも想定されることから、各元素とも最もハザードの高い存在形態（ワーストケース化合物）について、ハザード情報を把握することとした。急性毒性については、ワーストケース化合物のLD50<sup>1</sup>等の毒性の大きさに関するデータを、その他のハザード（遺伝毒性、発がん性等の次世代に影響を及ぼす可能性のあるハザード情報を選定）については、毒性情報の有無を整理した。

表 1 金属、難燃剤等のハザード情報の整理内容

	対象物質	整理するハザード情報	情報源
レアメタル	Li, Be, B, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Ge, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pd, In, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Pt, Tl, Bi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 急性毒性（ワーストケース化合物のLD50等）</li> <li>- 遺伝毒性</li> <li>- 発がん性</li> <li>- 生殖毒性</li> <li>- 残留性・非分解性</li> <li>- 生体蓄積性</li> <li>- 慢性毒性</li> <li>- 水生毒性</li> <li>- 土壌移動性</li> </ul>	MSDS (Material Safety Data Sheet) ・和光純薬工業株式会社 ・フルウチ化学株式会社 を基本とし、以下の情報源から一部補足。 ・IRIS (Integrated Risk Information System) : 米EPA ・EU RoHS High priority substances in EEE ・EU REACH SVHC (Substances of Very High Concern) ・初期リスク評価：NITE ・詳細リスク評価書：AIST
	上記物質の化合物 各元素のワーストケース化合物（主として塩化物）について調査対象とする		
その他金属、難燃剤等	<金属> Mg, Al, Ca, Fe, Cu, Zn, As, Ag, Cd, Sn, Au, Hg, Pb, Ru, Rh <その他> Br, Cl, Si, S, K, P, Na		
	上記物質の化合物 金属： 各元素のワーストケース化合物（主として塩化物）について調査対象とする その他： PBDE、PBB、HBCDD、テトラブロムビスフェノール A、リン酸エステル 等		

## ② 小型家電中のレアメタルを含む主要重金属類の賦存量把握

昨年度モデル事業における金属等の含有量分析結果や既往研究等に加え、本年度モデル事業から得られた含有量分析結果（詳細は参考資料 3）に基づき、小型家電中のレアメタルを含む主要重金属類の賦存量について整理した。ここで、賦存量とは、日本で年間排出され得る当該小型家電中に存在する量とする。また、各元素について、想定され

<sup>1</sup> 半数致死量 (Lethal Dose, 50%) : 投与した動物の半数が死亡する用量

る小型家電中の主たる存在形態についても整理した。

①、②の結果をまとめて、表2のとおり整理した。

表2 小型家電中のレアメタルを含む主要重金属類のハザード情報及び賦存量

原子番号	元素記号	元素名称	小型家電中の想定される存在形態	ワーストケース化合物	ハザード									賦存量 (単位: kg/年)														
					急性毒性	遺伝毒性	発がん性	生殖毒性	残留性・分解性	生体蓄積性	慢性毒性	水生毒性	土壌移動性	携帯電話	ゲーム機(小型)	ゲーム機(小型以外)	携帯音楽プレーヤー	デジカメ	カーナビ	ビデオカメラ	DVDプレーヤー	合計						
3	Li	リチウム	Li2O	LiCl	区分4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	194	15	4	1							214
4	Be	ベリリウム	BeCu Nd2Fe14B	BeSO4・4H2O	区分3	-	●	●	-	-	-	●	●	-	-	-	-	83	0	0	5	101						189
5	B	ボロン		B	区分4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,982	2,756			104	2,312	2,459	2,248	8,884	20,724	
21	Sc	スカンジウム				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
22	Ti	チタン		Ti TiO2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,030	2,176	605	385	2,513	1,460	18,624	5,158	42,931		
23	V	バナジウム		VCi3	350	●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	163				11					175	
24	Cr	クロム		Cr Cr2O3	K2Cr2O7	区分3	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	5,455	2,582	556	771	2,046	1,153	417	764	13,743		
25	Mn	マンガン		MnO2 Fe-Mn	MnO2・4H2O	区分4	-	-	●	-	-	●	●	-	-	-	-	1,365	10,298	153	227	1,966	231	3,556	9,323	27,119		
27	Co	コバルト		SmCo5	CoCl2	80	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	1,000	96	27	17	138	77	262	315	1,931		
28	Ni	ニッケル		Ni Ni2O3	NiCl2	区分3	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	29,810	14,889	3,430	1,182	10,881	7,300	29,398	11,654	108,346		
31	Ga	ガリウム		GaN		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143	8	0	6	7		12	26	202		
32	Ge	ゲルマニウム		SiGe	GeO2	1,250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33			36	20					89	
34	Se	セレン		Se	Se	6,700	-	-	●	-	-	-	●	-	-	-	-									3	3	
37	Rb	ルビジウム		Rb	Rb	4,625	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										0	
38	Sr	ストロンチウム		SrTiO3	SrCl2	1,796	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	490	1,958	525	25	503	231	963	1,146	5,841		
39	Y	イットリウム		Y2O3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	154			4	6	332			86	582	
40	Zr	ジルコニウム		ZrO2	ZrCl4	1,888	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	490	203	32	37	101	77	2,569	287	3,795		
41	Nb	ニオブ			NbCl5	1,400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	218	36	43	101		1,124		1,539		
42	Mo	モリブデン			MoO3	2,689	●	●	-	●	-	-	●	-	-	-	-	285	59	12	6	53		23	44	483		
46	Pd	パラジウム			PdCl2	2,704	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	376	34	18	46	157		1,018	57	1,706		
49	In	インジウム	(ITO)		In2O3	-	-	-	-	●	-	●	-	-	-	-	-	185			9	141	77	225		635		
51	Sb	アンチモン		Sb2O3	SbCl3	区分4	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	861	4,516	585	77	1,631	384	2,044	3,439	13,537		
52	Te	テルル		Te	Te	区分3	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	41	57		11	56		343		508		
55	Cs	セシウム			CsNO3	2,390	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-										0	
56	Ba	バリウム		BaO	BaCL2	区分3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,343	6,527	3,027	1,197	13,845	4,227	30,223	10,699	96,087		
57	La	ランタン			La2O3	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	990			61	22	214		541	1,828		
58	Ce	セリウム		Ce2O3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	225	16	5	58		127	29	483		
59	Pr	プラセオジウム		Pr2O3	Pr6O11	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	415						161		576		
60	Nd	ネオジウム		Nd2O3 Nd2Fe14B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,940			89	37	231	814	287	4,398		
61	Pm	プロメチウム				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										362	
62	Sm	サマリウム		SmCo5	Sm2O3	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	362								362		
63	Eu	ユウロピウム			Eu2O3	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
64	Gd	ガドリニウム			Gd2O3	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163				9		161		333		
65	Tb	テルビウム			Tb4O7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
66	Dy	ジスプロシウム			Dy2O3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64			4	7	45	77	73	270		
67	Ho	ホルミウム				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163				9				172		
68	Er	エルビウム		Er2O3	Er2O3	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
69	Tm	ツリウム			Tm2O3	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
70	Yb	イットリビウム			Yb2O3	>1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
71	Lu	ルテチウム			Lu2O3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
72	Hf	ハフニウム		HfO2	HfCl4	2,382	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-											
73	Ta	タンタル			Ta	区分4	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	3,358	731	117	628	5,907		10,065	219	21,026		
74	W	タングステン			WO3	1,059	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,197	80	101	14	968		1,429	19	6,808		
75	Re	レニウム				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
76	Pt	プラチナ			PtCl2	3,423	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	3		0	1		13	13	75		
81	Tl	タリウム			Tl2SO4	区分2	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-							161		161		
83	Bi	ビスマス			Bi	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	593	738	24	74	212		681	244	2,565		
12	Mg	マグネシウム		Mg	MgCl2	2,800	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	20,108	3,336		146	1,508	922	1,766	4,012	31,798		
13	Al	アルミニウム		Al	AlCl3	3,450	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	27,310	70,565	17,959	3,044	35,586	35,196	43,470	178,635	411,764		
20	Ca	カルシウム			CaCl2	7,340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,983	29,442		1,169	21,107	23,054	23,761	82,535	199,052		
26	Fe	鉄		Fe	Fe	30,000	●	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	42,684	113,522	36,321	5,178	25,072	27,127	90,004	76,995	416,902		
29	Cu	銅		Cu	CuCl2	区分3	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	433,722	248,370	82,732	21,402	231,085	223,318	224,655	645,380	2,110,664		
30	Zn	亜鉛		Zn	ZnCl2	区分4	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	11,440	13,334	4,238	845	7,912	8,376	18,947	68,111	133,202		
33	As	砒素		As2O3	As	区分4	-	●	-	-	-	●	●	-	-	-	-	262	11	8	3	136		1,311	54	1,785		
47	Ag	銀			AgNO3	区分4	-	●	-	-	-	●	●	-	-	-	-	9,852	1,211	918	415	4,985	1,614	7,456	2,828	29,078		
48	Cd	カドミウム			CdCl2	区分3	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	3	1		1	1		2	4	13		
50	Sn	錫			SnSO4	2,207	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	31,830	35,358	10,695	3,608	18,897	17,291	33,712	63,143	214,534		
79	Au	金		Au		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,953	385	73	62	743	77	980	412	4,885		
80	Hg	水銀			HgCl2	区分2	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-	-	15,977	21,924	8,677	1,341	14,885	384	35,426	38,211			

環境管理に注意が必要である元素は、(i)急性毒性が高いもの、(ii)少量でも深刻な生体安全性、環境影響を引き起こす可能性が高いものである。

(i)については急性毒性の値を整理した。整理に当たっては、GHS 分類<sup>2</sup>に準拠し、十分な情報があり、毒性があるとして表記される区分 3 まで（経口の場合、300mg/kg 以下）を「環境管理に注意が必要」と整理した。データが不十分なため、GHS 分類がなされていないものについては、300mg/kg 以下を「環境管理に注意が必要」とした。

(ii)については、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性、残留性・非分解性、生体蓄積性について、情報の有無を整理した。

賦存量については、小型家電の基板に含まれるレアメタルの排出ポテンシャルを用い、主要な小型家電 8 品目の基板に含まれる各元素の量を推定した。

ここでは、主にハザード情報の有無という観点から情報を整理しており、「環境管理に注意が必要」であることが、ただちに「ハザードが高い」ということを表すわけではない。また、現時点ではハザード情報自体が得られていない物質もあるため、今後も継続的な情報収集が必要である。

(a) 急性毒性に関して注意が必要である元素

ベリリウム、クロム、コバルト、ニッケル、テルル、バリウム、タリウム、ビスマス、銅、カドミウム、水銀、臭素

(b) 遺伝毒性に関して注意が必要である元素

バナジウム、クロム、コバルト、ニッケル、モリブデン、アンチモン、タリウム、鉄、銅、亜鉛、カドミウム、水銀、鉛

(c) 発がん性に関して注意が必要である元素

ベリリウム、クロム、コバルト、ニッケル、モリブデン、アンチモン、砒素、カドミウム、鉛

(d) 生殖毒性に関して注意が必要である元素

ベリリウム、クロム、マンガン、コバルト、ニッケル、セレン、アンチモン、テルル、タンタル、タリウム、銅、亜鉛、銀、カドミウム、水銀、鉛

(e) 残留性・非分解性に関して注意が必要である元素

モリブデン、インジウム、セシウム、ルテニウム

(f) 生体蓄積性に関して注意が必要である元素

亜鉛、砒素、銀

※下線を引いた元素は、表 2 において賦存量合計値の多いレアメタルの上位 5 元素に含まれる元素を示す。

<sup>2</sup> 2003 年 7 月に、国連勧告として「化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS: The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)」が発表された。化学品の危険有害性を一定の基準に従って分類し、分かりやすく表示することで、災害防止や人の健康・環境の保護に寄与することを目指している。

③有害物質管理における海外の動向に関する情報の収集

海外における規制制度において規定されている対象物質や対象製品、その背景となっているハザード情報等について収集、整理した。整理対象とした制度・項目は、表3のとおり。

表3 海外における規制制度と整理項目

制度	整理項目
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ RoHS 指令</li> <li>・ スーパーRoHS (PoHS)</li> <li>・ POPs 条約</li> <li>・ WEEE 指令 (ANEEX II)</li> <li>・ 中国版 RoHS/WEEE 指令</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対象物質</li> <li>・ 対象製品</li> <li>・ 規制値</li> <li>・ 対象物質の分析方法</li> </ul>

整理結果の概要は、表4に示すとおりである。

表4 海外における有害物質管理の動向

	対象物質	動向等
RoHS 指令	鉛 水銀 カドミウム 6 価クロム ポリ臭化ビフェニル (PBB) ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE)	下記物質の追加について検討中。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 臭素系難燃剤</li> <li>・ 塩素系難燃剤</li> <li>・ ポリ塩化ビニル (PVC)</li> <li>・ フタル酸ジブチル (DBP)</li> <li>・ 塩素系可塑剤</li> <li>・ フタル酸 ジエチルヘキシル (DEHP)</li> <li>・ フタル酸ブチルベンゼン (BBP)</li> <li>・ フタル酸ジブチル (DBP)</li> </ul>
スーパ ー RoHS (PoHS) (ノルウェー 版 RoHS)	ヘキサブロモシクロドデカン (HBCDD) 中鎖塩化パラフィン C14-C17 (MCCP) ヒ素およびその化合物 鉛およびその化合物 カドミウムおよびその化合物 マスクキシレン パーフルオロオクタン酸 (PFOA) および PFOA の塩類・エステル類 ビスフェノール A ペンタクロロフェノール トリクロサン	当初 18 物質の規制案から左記 10 物質に絞り込んで規制する修正案について検討中。今回除外された 8 物質は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ テトラブロモビスフェノール A</li> <li>・ トリブチルスズ化合物 (TBT)</li> <li>・ トリフェニルスズ化合物 (TPT)</li> <li>・ マスクケトン</li> <li>・ DTDMAC</li> <li>・ DODMAC / DSDMAC</li> <li>・ DHTDMAC</li> <li>・ ジエチルエキシルフタレート (DEHP)</li> </ul>

<p>POPs 条約</p>	<p>●付属書 A 記載物質：製造、使用の原則禁止  アルドリリン（殺虫剤）、ディルドリン（殺虫剤）、エンドリン（殺虫剤）、クロルデン（殺虫剤）、ヘプタクロル（殺虫剤）、トキサフェン（殺虫剤）、マイレックス（防火剤）、ヘキサクロロベンゼン（殺菌剤）、PCB（絶縁油、熱媒体等）  ●付属書 B 記載物質：製造、使用の原則制限  DDT（殺虫剤）  ●付属書 C 記載物質：排出の削減  ダイオキシン・ジベンゾフラン、ヘキサクロロベンゼン、PCB</p>	<p>2009年5月に対象物質追加。  ●付属書 A：テトラブロモジフェニルエーテル、ペンタブロモジフェニルエーテル、クロルデコン、ヘキサブロモジフェニル、リンデン（<math>\gamma</math>-HCH）、<math>\alpha</math>-ヘキサクロロシクロヘキサン、<math>\beta</math>-ヘキサクロロシクロヘキサン、ヘキサブロモジフェニルエーテル、ヘプタブロモジフェニルエーテル  ●付属書 B：ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）とその塩、ペルフルオロオクタンスルホン酸フルオリド（PFOSF）  ●付属書 C：ペンタクロロベンゼン</p>
<p>WEEE 指令 (ANEX II)</p>	<p>WEEE 指令の第 6 条の処理において、有害性の観点から、WEEE（電気・電子機器廃棄物）から取りだして別に処理するものとして全ての液体と以下が規定。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポリ塩化ビフェニル(PCB) を含むコンデンサー</li> <li>・水銀を含む部品。スイッチやバックライト用ランプなど</li> <li>・電池類</li> <li>・携帯電話一般ならびにその他デバイスのプリント基板のうち、プリント基板の表面積が 10 平方 cm を超えるもの</li> <li>・トナー・カートリッジ。液状か粘着粉末かを問わず、カラー・トナーも含む</li> <li>・臭素系難燃剤を含むプラスチック</li> <li>・石綿（アスベスト）廃棄物及び石綿含有物</li> <li>・陰極線管</li> <li>・クロロフルオロカーボン（CFC）、ヒドロクロロフルオロカーボン（HCFC）、ヒドロフルオロカーボン（HFC）、ヒドロカーボン（HC）</li> <li>・ガス放電型ランプ</li> <li>・液晶ディスプレイのうち、表面積が 100cm を超えるもの、ならびにガス放電ランプをバックライトとして使用しているものすべて</li> <li>・外部電線</li> <li>・耐火性セラミック・ファイバーを含む部品</li> <li>・放射性物質を含む部品</li> <li>・電解コンデンサー（25mm × 25mm 以上）</li> </ul>	
<p>中国版 RoHS /WEEE 指令</p>	<p>鉛  水銀  カドミウム  6 価クロム  ポリ臭化ビフェニル (PBB)  ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE)</p>	<p>左記物質の含有表示義務が 2007 年 3 月 1 日から施行。  左記物質の使用制限の対象となる製品を記載した重点管理目録案について検討中。</p>

(2) 小型家電中の金属、難燃剤等の測定手法の標準化

①含有量試験の調査方法

本年度、研究会事務局ならびに各モデル事業にて行う含有量試験は、以下に示す標準分析方法を参考に実施した。

<本年度含有量試験実施内容>

分析対象	プリント基板
分析項目	レアメタル等及び臭素系難燃剤等
分析方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>レアメタル等については、破碎→篩い分け（粒度0.1mmで、試料量1g。凍結粉碎機を持たない機関では粒度は0.5~2mmになると考えられるが、その場合、試料量は5~10gとする）を行った後、王水分解+アルカリ溶融を行うものとし、可能であれば、ICP発光分析装置及びICP質量分析装置を併用することとする（以下の図「レアメタル等含有量共通試験法」を参照）</li> <li>Hgは冷原子吸光法</li> <li>As, Se, Sbは水素化物発生-原子吸光法・ICP発光法（直接法でも可）</li> <li>臭素系難燃材等化合物については、ガスクロマトグラフ質量分析（GCMS）</li> </ul>

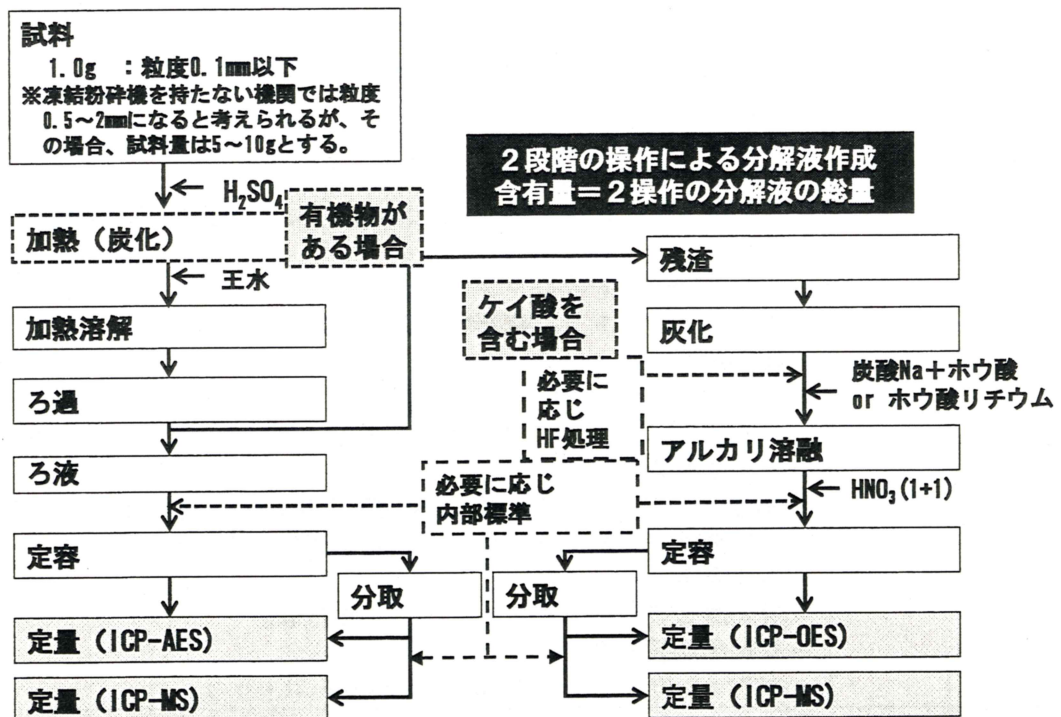


図1 レアメタル等含有量共通試験法

②溶出試験の調査方法

本年度、研究会事務局ならびに各モデル事業にて行う溶出試験は、以下に示す標準分析方法を参考に実施した。

<本年度溶出試験実施内容>

分析対象	部品類、プリント基板の中間処理生成物等（昨年度溶出試験を実施していない部品類等を想定）
分析項目	Cd, Pb, Cr6+, As, Hg, Ni, Sb, Zn, Mo,
試料調整方法	破碎→篩い分け（粒度 0.5～5mm）
分析方法	溶出量（13号）試験

③各モデル事業での分析機関に対する標準物質を用いた含有量試験精度調査の設計

含有量の分析におけるばらつきの主たる要因は、以下の2つに区分することができる。

a) 試料調整方法（複合素材部品のサンプリング）

b) 分析方法（レアメタル自体の分析の難しさ）

このうちb)の要因を分析するためには、各モデル事業で分析を実施する分析機関において、標準物質を用いた精度調査（含有量試験）を実施することが有効と考えられることから、以下に示す精度調査を実施した。

<精度調査実施内容>

分析対象	・焼却主灰：無機性鉱物を主体とする試料 ・パソコン基板破碎物：プラスチック類、ガラス・セラミック類、合金等の複合素材かつ含ハロゲンの試料
分析項目	①国家備蓄鉱種（レアメタル）：Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, V, Ga, In ②要注視鉱種（レアメタル）：Pt, Nb, Sr, Ta, 希土類（ランタノイド） ③その他のレアメタル：Pd, Sb, Zr ④貴金属：Au, Ag ⑤その他の主要元素・有害元素：Al, Fe, Cu, Pb, Cd
試料調整方法	破碎→篩い分け （粒度 0.1mm で、試料量 1g。凍結粉碎機を持たない機関では粒度は 0.5～2mm になると考えられる。その場合、試料量は 5～10g とする。）
分析方法	王水分解＋アルカリ溶融とし、可能であれば、ICP 発光分析装置及び ICP 質量分析装置を併用することとする

④各モデル事業を通じたデータの収集・整理

<含有量試験結果>

本年度モデル事業における含有量試験結果（暫定値）を表5及び表6に示す（昨年度及び本年度モデル事業における含有量試験結果の詳細については、参考資料3を参照。）。

表5 含有量試験結果の整理結果（暫定値）（1/2）

分析名称		携帯電話・PHS			携帯音楽プレーヤー	ゲーム機	デジカメ		ビデオカメラ			
		福岡 (H21)		京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	福岡 (H21)	京都 (H21)	福岡 (H21)	京都 (H21)		
レアメタル検出数		18	17	17								
原子番号	元素記号	元素名称	携帯電話 (2000年以前)	携帯電話 (2000年以降、カメラなし)	携帯電話 (2000年以降、カメラ有り)	携帯用電話 PHS	ポータブル音楽プレーヤー	家庭用ゲーム機本体	デジタルカメラ	デジタルカメラ	ビデオカメラ	ビデオカメラ
3	Li	リチウム										
4	Be	ベリリウム										
5	B	ボロン										
21	Sc	スカンジウム										
22	Ti	チタン										
23	V	バナジウム										
24	Cr	クロム	0.011	0.0053	0.021				0.016		0.0077	
25	Mn	マンガン	0.0063	0.0023	0.0083				0.0026		0.0060	
27	Co	コバルト	0.014	0.0054	0.0049	0.041	0.018	0.0048	0.0068	0.024	0.014	0.013
28	Ni	ニッケル	0.10	0.13	0.19	2.0	0.91	0.44	0.031	0.66	0.097	4.3
31	Ga	ガリウム	0.0	0.0	0.0				0.0		0.0	
32	Ge	ゲルマニウム										
34	Se	セレン										
37	Rb	ルビジウム										
38	Sr	ストロンチウム										
39	Y	イットリウム	0.003	0.001	0.002				0.054		0.0027	
40	Zr	ジルコニウム										
41	Nb	ニオブ										
42	Mo	モリブデン	0.0	0.0026	0.0069				0.0038		0.0	
46	Pd	パラジウム	0.0	0.0	0.0	0.024	0.044	0.0050	0.0	0.024	0.0	0.0070
49	In	インジウム	0.017	0.026	0.021				0.014		0.018	
51	Sb	アンチモン	0.0084	0.022	0.023	0.089	0.13	0.32	0.049	0.38	0.086	0.078
52	Te	テルル	0.0	0.0	0.0	0.010	0.013	0.0040	0.0	0.011	0.0	0.043
55	Cs	セシウム										
56	Ba	バリウム	1.5	0.53	0.55				0.66		1.6	
57	La	ランタン	0.0037	0.0026	0.0015				0.023		0.0041	
58	Ce	セリウム	0.0	0.0	0.0				0.0058		0.000	
59	Pr	プラセオジム										
60	Nd	ネオジム	0.0020	0.0028	0.0				0.0		0.0021	
61	Pm	プロメチウム										
62	Sm	サマリウム										
63	Eu	ユウロビウム										
64	Gd	ガドリニウム										
65	Tb	テルビウム										
66	Dy	ジスプロシウム	0.0012	0.0	0.0				0.0		0.0012	
67	Ho	ホルミウム										
68	Er	エルビウム										
69	Tm	ツリウム										
70	Yb	イッテルビウム										
71	Lu	ルテチウム										
72	Hf	ハフニウム										
73	Ta	タンタル	0.0017	0.0024	0.013	0.28	1.2	0.14	0.0038	1.1	0.035	1.5
74	W	タングステン	0.14	0.090	0.092				0.14		0.20	
75	Re	レニウム										
78	Pt	プラチナ										
81	Tl	タリウム										
83	Bi	ビスマス	0.011	0.0053	0.021	0.046	0.029	0.013	0.015	0.035	0.0075	0.043
		レアメタル%計	1.5	0.6	0.6	0.4	1.5	0.5	1.0	1.6	2.0	1.6
12	Mg	マグネシウム										
13	Al	アルミニウム	0.42	0.59	1.4	1.8	3.2	4.2	0.88	3.6	0.44	0.97
20	Ca	カルシウム										
26	Fe	鉄	0.20	0.22	0.29	4.0	2.3	1.7	0.45	1.3	0.18	1.6
29	Cu	銅	1.2	2.1	1.6	31	22	23	0.65	28	1.1	15
30	Zn	亜鉛	0.089	0.053	0.040	0.024	0.022	0.017	0.027	0.67	0.087	2.3
33	As	砒素	0.040	0.023	0.019				0.036		0.24	
47	Ag	銀	0.093	0.1	0.24	0.48	0.55	0.13	0.096	0.31	0.011	0.61
48	Cd	カドミウム	0.0	0.0	0.0				0.0		0.0	
50	Sn	錫	0.15	0.12	0.17	2.6	4.5	2.4	0.13	2.7	0.017	1.7
79	Au	金	0.019	0.023	0.015	0.17	0.061	0.043	0.0027	0.097	0.019	0.091
80	Hg	水銀							0.0008		0.0	
82	Pb	鉛	0.067	0.046	0.013	0.92	1.8	1.4	0.37	1.9	0.066	1.1
44	Ru	ルテニウム	0.0	0.0	0.0				0.0006		0.0000	
45	Rh	ロジウム	0.0	0.0	0.0				0.0		0.0	
		レアメタル外%計	2.3	3.3	3.8	41.5	34.5	33.0	2.6	39.1		
35	Br	臭素	0.020	0.11	0.12				0.15		0.0	
17	Cl	塩素										
	Si	ケイ素										
	S	硫黄										
	K	カリウム										
	P	リン										
	Na	ナトリウム										

※数値は%に統一。定量限界以下については0(ゼロ)として標記  
※すべて、対象小型家電中の電子基板の分析値。

層	%オーダー
例	~1,000ppm
凡	~100ppm
	~10ppm
	分析対象外

表6 含有量試験結果の整理結果（暫定値）（2/2）

分析名称		その他											
		京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)	京都 (H21)		
レアメタル検出数													
原子番号	元素記号	元素名称	電子辞書	電卓	ポータブル式ラジオ	携帯液晶テレビ	家庭用ゲーム機ソフト	増設メモリ	CPU	電子手帳	PC周辺機器	パソコン基板	小型家電混合
3	Li	リチウム											
4	Be	ベリリウム											
5	B	ボロン											
21	Sc	スカンジウム											
22	Ti	チタン											
23	V	バナジウム											
24	Cr	クロム											
25	Mn	マンガン											
27	Co	コバルト	0.0051	0.0034	0.0067	0.016	0.0047	0.026	0.72	0.079	0.0034	0.0079	0.77
28	Ni	ニッケル	2.8	0.46	0.40	1.1	0.91	0.80	3.0	2.0	0.47	0.79	0.47
31	Ga	ガリウム											
32	Ge	ゲルマニウム											
34	Se	セレン											
37	Rb	ルビジウム											
38	Sr	ストロンチウム											
39	Y	イットリウム											
40	Zr	ジルコニウム											
41	Nb	ニオブ											
42	Mo	モリブデン											
46	Pd	パラジウム	0.0044	0.0015	0.039	0.019	0.003	0.013	0.0068	0.014	0.0032	0.0065	0.0025
49	In	インジウム											
51	Sb	アンチモン	0.059	0.030	0.097	0.24	0.33	0.016	0.030	0.035	0.24	0.49	0.064
52	Te	テルル	0.0019	0.0029	0.0053	0.0080	0.0035	0.0025	0.0077	0.0016	0.001未満	0.0029	0.0088
55	Cs	セシウム											
56	Ba	バリウム											
57	La	ランタン											
58	Ce	セリウム											
59	Pr	プラセオジウム											
60	Nd	ネオジウム											
61	Pm	プロメチウム											
62	Sm	サマリウム											
63	Eu	ユウロビウム											
64	Gd	ガドリニウム											
65	Tb	テルビウム											
66	Dy	ジスプロシウム											
67	Ho	ホルミウム											
68	Er	エルビウム											
69	Tm	ツリウム											
70	Yb	イッテルビウム											
71	Lu	ルテチウム											
72	Hf	ハフニウム											
73	Ta	タンタル	0.093	0.0016	0.060	0.031	0.0066	0.0065	0.0055	0.014	0.0030	0.0027	0.0097
74	W	タングステン											
75	Re	レニウム											
78	Pt	プラチナ											
81	Tl	タリウム											
83	Bi	ビスマス	0.022	0.0056	0.010	0.010	0.012	0.0015	0.001未満	0.0023	0.0074	0.012	0.0020
レアメタル%計			0.2	0.0	0.2	0.3	0.4	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5	0.1
12	Mg	マグネシウム											
13	Al	アルミニウム	3.2	1.4	8.0	9.3	1.9	2.6	13.407	3.4	3.5	3.8	8.1
20	Ca	カルシウム											
26	Fe	鉄	0.95	1.7	3.1	5.2	2.3	1.7	7.8	1.8	1.2	2.2	1.9
29	Cu	銅	19	6.3	17	18	15	26	5.6	21	26	14	7.1
30	Zn	亜鉛	0.0071	0.014	3.2	1.7	0.0049	0.0060	-	0.0072	0.040	0.070	0.0080
33	As	砒素											
47	Ag	銀	0.27	0.032	0.53	0.26	0.28	0.025	0.38	0.045	0.082	0.098	0.058
48	Cd	カドミウム											
50	Sn	錫	2.0	2.2	5.2	4.0	1.8	0.60	0.50	1.6	2.0	3.2	0.67
79	Au	金	0.049	0.0048	0.011	0.013	0.021	0.054	0.080	0.023	0.020	0.015	0.016
80	Hg	水銀											
82	Pb	鉛	0.59	1.5	2.5	2.9	1.0	0.36	0.16	1.2	1.1	1.9	0.33
44	Ru	ルテニウム											
45	Rh	ロジウム											
レアメタル外%計			26.4	13.2	39.1	41.2	22.5	31.5	27.9	28.7	33.5	25.1	18.1
35	Br	臭素											
17	Cl	塩素											
	Si	ケイ素											
	S	硫黄											
	K	カリウム											
	P	リン											
	Na	ナトリウム											

※数値は%に統一。定量限界以下については0(ゼロ)として標記  
 ※すべて、対象小型家電中の電子基板の分析値。

層別凡	%オーダー
	~1,000ppm
	~100ppm
	~10ppm
	分析対象外

<溶出試験結果>

本年度モデル事業における溶出試験結果（暫定値）を表7に示す（昨年度及び本年度モデル事業における溶出試験結果の詳細については、参考資料3を参照。）。

表7 溶出試験結果の整理結果（暫定値）

種別 分析項目 単位	溶出試験(13号)結果							
	カドミウム mg/L	鉛 mg/L	六価クロム mg/L	ひ素 mg/L	水銀 mg/L	ニッケル mg/L	アンチモン mg/L	
分析方法	JIS K 0102 55.3	JIS K 0102 54.3	JIS K 0102 65.2.1	JIS K 0102 61.3	環境庁 告示 第59号 付表1	JIS K 0102 59.3	JIS K 0102 62.3	
掃除機 -5mm	秋田(H21)	0.005	1.5	<0.04	<0.005	0.0008	0.02	0.011
ラジカセ -5mm	秋田(H21)	0.003	0.46	<0.04	<0.005	<0.0005	0.02	0.062
オーディオ -5mm	秋田(H21)	0.003	0.57	<0.04	<0.005	<0.0005	0.01	0.074
ビデオ -5mm	秋田(H21)	0.005	0.077	<0.04	<0.005	<0.0005	<0.01	0.037
プリンター -5mm	秋田(H21)	0.003	0.89	<0.04	<0.005	<0.0005	0.04	0.035
その他 -5mm	秋田(H21)	<0.001	0.018	<0.04	<0.005	<0.0005	<0.01	0.038
デジタルカメラ	福岡(H21)	<0.01	0.85	<0.01	<0.01	0.0009	<0.01	0.04
ビデオカメラ	福岡(H21)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	0.08	0.03
携帯電話 (2000年以前)	福岡(H21)	<0.01	0.19	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	0.02
携帯電話 (2000年以降、カメラなし)	福岡(H21)	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	0.02
携帯電話 (2000年以降、カメラ有り)	福岡(H21)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	0.03
デジタルカメラ(プリント基板)	京都(H21)	<0.03	0.05	<0.1	<0.03	<0.0005		
ビデオカメラ(プリント基板)	京都(H21)	<0.03	0.18	<0.1	<0.03	<0.0005		
携帯用電話・PHS(樹脂)	京都(H21)	<0.03	0.16	<0.1	<0.03	<0.0005		
携帯用電話・PHS(樹脂)	京都(H21)	<0.03	0.06	<0.1	<0.03	<0.0005		
家庭用ゲーム機本体(樹脂)	京都(H21)	<0.03	<0.03	<0.1	<0.03	<0.0005		
家庭用ゲーム機ソフト(樹脂)	京都(H21)	<0.03	0.1	<0.1	<0.03	<0.0005		
デジタルカメラ(液晶ガラス)	京都(H21)	<0.03	<0.03	<0.1	<0.03	<0.0005		
ビデオカメラ(液晶ガラス)	京都(H21)	<0.03	0.07	<0.1	<0.03	<0.0005		

<精度調査結果>

現在、結果の取りまとめ中。

⑤各モデル事業結果に基づく分析方法の標準化に関する留意事項、課題

分析方法の標準化に関する課題としては、以下のものが挙げられる。

- ・ Agについては標準分析方法として暫定法の提示となっており、更なる検討による改定が望まれる。
- ・ 精度調査では基板粉碎試料を検体として用いたが、基板以外にも合金、ガラス・セラミックス等の素材について検討が必要である。
- ・ 磁石については、消磁処理後、蛍光 X 線分析をする等の方法が考えられるが、標準的な分析方法が定められておらず、その標準化が課題であると考えられる。
- ・ 小型家電中のレアメタル分析については、通常分析しない元素の多元素同時分析であることから、本年度の精度調査で実施したような標準試料を用いた精度管理について継続的な検討が必要であると考えられる。

### (3) 処分した場合とリサイクルした場合の環境影響ポテンシャルの検討

小型家電の処理に伴い発生する有害物質によるヒトや周辺環境への影響（環境リスク）を評価する場合、小型家電に含まれる物質のハザード、処理に係る各プロセスにおけるリスクイベント及び曝露の頻度・範囲・量を評価することが考えられるが、曝露可能性が把握できていない現状では、潜在的なリスクの存在量を事前に把握しておくこともリスク管理の観点から重要と考えられる。ここでは、潜在的なリスクの存在量として、環境影響ポテンシャル（小型家電が適切に処理されなかった場合に想定される環境リスクの最大値）という指標を提案し、小型家電が適正に処理されない場合のリスクの潜在的存在量の推計を試みる。

この推計の実施に当たり、本年度は、「小型家電の処理方法別処理量の推計」、「環境影響ポテンシャルに係る基礎情報の整理」を行った。

#### ①自治体（モデル地域）の小型家電の処理方法別の割合の把握

モデル事業実施地域への聞き取り調査等により、自治体における小型家電処理方法別の割合（破碎処理、焼却処理、埋立処分における処理割合）を推計した。

<推計方法>

i：モデル事業実施地域の自治体における小型家電の回収量を、小型家電に該当する分別区分の回収量と当該分別区分に占める小型家電の割合から推計。

※小型家電に該当する分別区分に占める小型家電の割合が不明な自治体については、データの存在する自治体のうち、小型家電に該当する分別区分が不燃ごみ、粗大ごみであるものの平均割合（2.05%）を用いて推計。

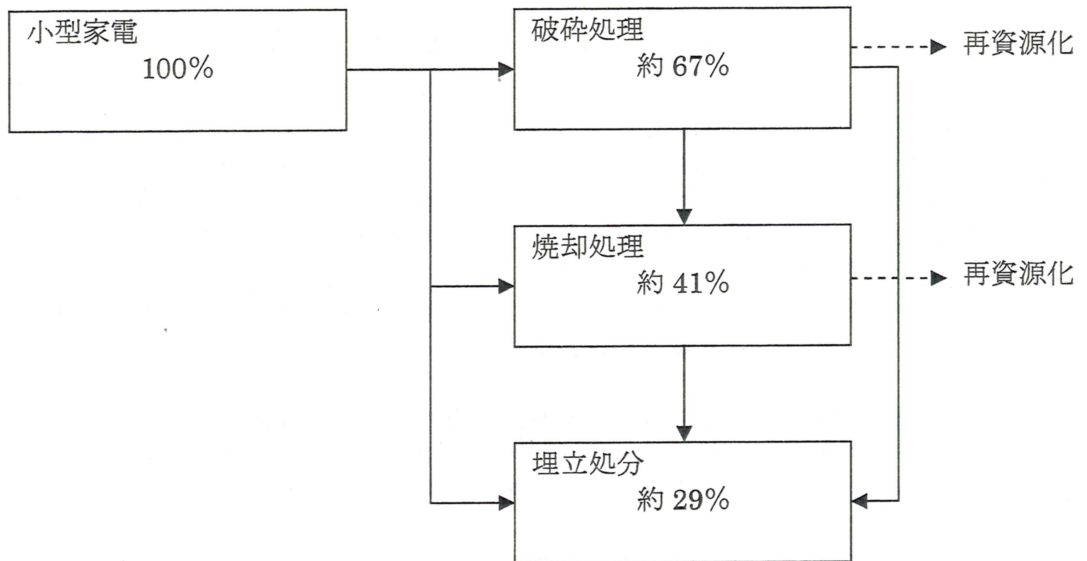
ii：上記の方法にて算出した小型家電の回収量を分母として、モデル事業実施地域の自治体における小型家電の破碎量（破碎施設への投入量）、焼却処理量（焼却施設への投入量）、埋立処分量（最終処分場への投入量）をそれぞれ分子として処理方法別の処理割合を推計。

・破碎処理割合（%）：破碎処理への小型家電投入量（407（t））／小型家電の回収量合計（607（t））×100

・焼却処理割合（%）：焼却処理への小型家電投入量（249（t））／小型家電の回収量合計（607（t））×100

・埋立処分割合（%）：埋立処分への小型家電投入量（175（t））／小型家電の回収量合計（607（t））×100

推計結果を図2に示す。



※小型家電のうち当該処理（処分）に投入される割合を推計した。複数の処理方法を介する場合があるため、処理方法割合の合計は100%とはならない。

図2 自治体における小型家電処理方法別の処理割合の推計結果

②小型家電の処理総量の検討

小型家電の処理総量は、一年間に全国の廃棄物処理施設で処理される小型家電の量を示すが、この量は、消費者から排出され廃棄物処理施設に回収される使用済小型家電の量と捉えることができる。小型家電の処理総量を、モデル事業データに基づく「回収ポテンシャル」と、統計データに基づく「排出ポテンシャル」から推計した。

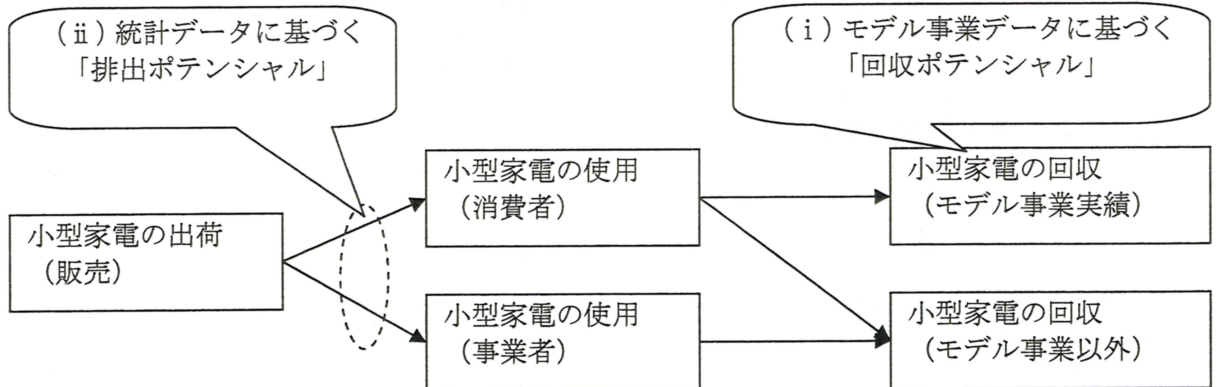


図3 小型家電の処理総量の検討内容

<推計方法>

(i) モデル事業データに基づく「回収ポテンシャル」

モデル事業実施地域の回収重量原単位 (kg/1,000人・月) に日本の人口をかけ合わせて「回収ポテンシャル」を算出。複数のモデル事業実施地域で回収が行われている品目は、推計値の最大値を示した。

(ii) 統計データに基づく「排出ポテンシャル」

製品の出荷台数から各品目の平均重量を乗ずることにより「排出ポテンシャル」

を推計。製品の出荷台数としては、例えば、平均使用年数が3年の品目については、3年前の出荷台数の数値を用いている。データの制約上、統計より推計できなかった品目（斜体の数値）については、次の仮定に基づき推計を行った。

- ・回収ポテンシャル及び排出ポテンシャルの両データが存在する品目を対象に「回収ポテンシャル」の合計値を「排出ポテンシャル」の合計値にて除すことにより平均比率を算出。

$$(5,435 \text{ (t)}) \div 178,598 \text{ (t)} = 3.04 \text{ (\%)}$$

- ・排出ポテンシャルを推計できなかった品目については、回収ポテンシャルと上記にて算出した比率を用いて推計した。

例) オーディオ・テープレコーダー：1,470 (t) ÷ 3.04 (%) = 48,318 (t)

表8 小型家電の処理総量の推計結果

	処理量 t/年	
	(i) モデル事業データに基づく「回収ポテンシャル」	(ii) 統計データに基づく「排出ポテンシャル」【参考】
携帯電話	1,330	6,466
ビデオデッキ	1,763	61,744
ゲーム機	1,274	8,204
オーディオプレーヤー・レコーダー	1,470	48,318
HDD (ハードディスク)	1,022	17,936
ラジカセ	1,138	37,396
ACアダプタ	1,120	36,816
リモコン	1,026	33,714
プリンター	806	26,475
ワープロ	1,945	16,426
ケーブル	713	23,434
回路基板	336	11,057
携帯音楽プレーヤー	230	637
電卓	199	1,052
デジタルカメラ	178	10,679
電話機	178	5,846
携帯用ラジオ	158	5,208
ビデオカメラ	111	61,744
ポータブルDVDプレーヤー	75	8,642
電子手帳	84	2,757
電子辞書	51	374
カーナビ	65	1,119
携帯テレビ	36	1,183
合計 (処理総量)	13,862	427,228

### ③小型家電の処理方法別処理量の推計

①にて推計した自治体における小型家電処理方法別の処理割合と、②にて推計した小型家電の処理総量を乗じることで、小型家電の処理方法別処理量を推計した。結果を表9に示す。

表9 小型家電の処理方法別処理量の推計結果

処理方法	処理割合	処理量 t/年	
		モデル事業データに基づく 「回収ポテンシャル」	(ii) 統計データに基づく 「排出ポテンシャル」【参考】
破碎処理	約 67%	9,287	286,245
焼却処理	約 41%	5,690	175,373
埋立処分	約 29%	3,999	123,245

#### ④環境影響ポテンシャルに係る基礎情報の整理

##### 1) 過去の含有量試験・溶出試験結果の整理

ダストの曝露リスクや埋立処分のリスク等の把握に用いるべく、昨年度モデル事業における含有量試験・溶出試験の結果を整理した。含有量試験・溶出試験の結果については、参考資料3を参照。

##### 2) 処理方法毎のポテンシャルの検討項目の整理

###### a) 破碎処理・焼却処理した場合の環境影響ポテンシャルの検討項目の整理

現在、破碎施設・焼却施設では、例えば、排ガスは、バグフィルター等により、基準値以下に処理された後、排出されている。一方、環境管理WGにて定義する環境影響ポテンシャルとは、処理を行う前の環境影響（最大想定される環境影響）を把握することを目的としているため、最終出口におけるデータではなく、破碎施設・焼却施設におけるレアメタルの分配挙動等を把握し、最大想定される環境影響について検討しておく必要がある。

このため、次年度のモデル事業等により、以下に掲げるデータを収集することが必要と考えられる。

###### <収集すべき事項>

- ・破碎施設における排ガス、残渣、ダスト、場内大気等へのレアメタル等の分配挙動
- ・焼却施設における排ガス、排水、焼却残渣等へのレアメタル等の分配挙動

次年度は、上記の事項についてデータ等を収集し、破碎施設・焼却施設におけるリスク管理の考え方を整理する。なお、整理にあたっては、破碎処理・焼却処理毎に複数ケース（環境影響ポテンシャルが高い場合と低い場合）を想定する。なお、国立環境研究所では、自治体の清掃センターを対象に破碎処理・焼却処理・溶融処理した場合のレアメタルの分配挙動についてデータ収集を行っているところであり、当該データも有用な検討材料となると考えられる

###### b) 埋立処分した場合の環境影響ポテンシャルの検討項目の整理（含有量試験・溶出試験結果の整理）

小型家電を直接埋立処分した場合の環境影響ポテンシャルについては、前述のとおり含有量試験・溶出試験結果にて把握することができる。含有量試験・溶出試験の結果については、参考資料3を参照。また、焼却残渣等を埋立処分した場合の環境影響のポテンシャルについては、次年度のモデル事業等により、焼却残渣等の溶出試験を通じて把握する必要があると考えられる。

## 2. リサイクル施設でのリスクイベント評価と適正管理技術の考え方

### (1) 現状の回収・中間処理・レアメタル回収におけるリスクイベントの把握

#### ①各モデル事業における回収・中間処理施設等におけるリスクイベントの整理

モデル事業実施地域への聞き取り調査等を踏まえ、使用済小型家電の回収・中間処理・レアメタル回収・残渣の管理において想定されるリスクイベントを、表10のとおり整理した。

表10 使用済小型家電の回収・中間処理・レアメタル回収・残渣の管理において  
想定されるリスクイベント

段階	分類	想定されるリスクイベント	想定されるリスク回避対策
小型 家電 回収	・ごみの混入	・有害物質の混入の可能性 ・臭気の発生 ・害虫の発生	・監視 ・回収対象品目の掲示 ・分別（手選別）
	・飲料等液体混入	・腐食による有害物質の漏出 ・臭気の発生 ・害虫の発生	・監視 ・回収対象品目の掲示 ・分別（手選別）
	・たばこの混入	・火災の発生による有害物質及び副次的な有害物質の発生	・監視 ・回収対象品目の掲示 ・火災予防措置
	・雨水の浸入	・雨水浸入による有害物質の漏出	・回収ボックスの屋内設置 ・蓋付きコンテナの使用 ・屋内保管、雨水防止 ・屋根付トラックでの輸送
	・電池の混入	・有害物質の混入の可能性及び腐食による有害物質の漏出／電池ショートによる火災の発生	・電池の事前分別 ・電池の抜き取り ・分別、火災予防措置
	・内蔵電池からの液漏れ	・液漏れによる有害物質の漏出	・分別（手選別） ・保護パーツの設置
	・液晶部の破損	・液晶の漏出による腐食による有害物質の漏出	・液晶部分別回収、破損防止 ・保護パーツの設置
	・火災の発生	・火災の発生による有害物質及び副次的な有害物質の発生	・分別（手選別） ・火災予防措置
中間 処理	・電池の混入、液漏れ	・有害物質の混入の可能性及び腐食による有害物質の漏出／電池ショートによる火災の発生	・電池の事前分別 ・電池の抜き取り ・分別、火災予防措置
	・内蔵電池からの液漏れ	・液漏れによる有害物質の漏出	・保護パーツの設置
	・火災の発生	・有害物質の発生	・アース接地 ・火災予防措置 ・作業手順の確認
	・作業員への暴露	・蛍光管の破損による水銀暴露 ・電池の液漏れによる皮膚等への影響	・作業手順の確認
	・粉じんの発生	・粉じんの発生及び有害成分の生成	・保護具マスクの着用 ・集塵機の設置 ・作業手順の確認
	・粉塵爆発の発生（破碎機）	・産物の飛散、有害物質の漏出、火災の発生による有害物質の発生	・分別の徹底（ライター、スプレー缶、電池類の語投入の防止）
	・ごみの混入	・有害物質混入の可能性	・分別（手選別）
	・飲料等液体混入	・腐食による有害物質の漏出	・分別（手選別）
・廃水の発生	・プリンタトナーなどの発生と火災予防のための散水による汚水の発生	・廃水処理装置	

レアメタル 回収	・回収に伴う有害物質の発生	・排ガスへの有害物質の移動の可能性	・排ガス処理装置の設置
	・飛灰、スラグ中への有害物質混入	・スラグへの有害物質の混入の可能性 ・有害物質の生成の可能性	・飛灰、スラグからの有害物質の拡散防止対策 ・飛灰、スラグからの有害物質の溶出対策
	・廃水の発生	・廃水中への有害物質の混入	・廃水処理装置
残渣の 管理	・有害物質の混入	・リサイクル物への有害物質の混入の可能性 ・有害物質の飛散、漏出等	・分別及び事前分析 (溶出試験による確認) ・残渣物の適正保管(容器保管、養生など)
	・リサイクルでの副次生成物発生	・有害物質の飛散、漏出、曝露等	・屋内保管、輸送中の飛散防止対策 ・溶融処理による無害化 ・公害防止装置、曝露防止

※ モデル事業実施地域における使用済小型家電の回収・中間処理・レアメタル回収・残渣の管理において想定されるリスクイベントを全て整理した。

### ②リスクイベント評価のため各モデル事業で情報収集すべき事項の整理

小型家電の回収・中間処理等におけるリスクイベントの大きさの把握やリスク回避対策の検討のために、各モデル事業にて情報を収集すべき事項を、表11のとおり整理した。

表11 各モデル事業で情報を収集すべき事項

リスクイベントの把握	各モデル事業において実際に起こったリスクイベントとその具体的内容
リスク回避対策	各モデル事業において実施したリスク回避方策、リスク管理上の留意点、課題

### ③各モデル事業における回収・中間処理施設のリスクイベント別のポテンシャル把握

②にて整理した、各モデル事業で情報収集すべき事項に基づき、モデル事業実施地域において実際に起こったリスクイベントや実施したリスク回避対策を、表12のとおり整理した。

なお、リスクイベント及びリスク回避対策については、次年度のモデル事業を通じて継続的に情報収集を行うこととする。

表12 モデル事業実施地域において実際に起こった  
リスクイベント・実施したリスク回避対策

段階	リスクイベント	リスク回避対策
小型 家電 回収	●ごみの混入 ・有害物質の混入の可能性あり	●ごみの混入 ・ごみの分別 (想定される対策としては、ボックス設置場所の工夫や使用済小型家電回収ボックスであることの明示等(ごみ箱ではないことの明示)が考えられる。)
	●有害な異物の混入(12月、1月のボックス・イベント回収での実績) ・電池(一次電池): 16kg ・電池(二次電池): 7.8kg ・蛍光管: 1.1kg	●有害な異物の混入 ・異物の混入後は、分別を行い、除去する。 (有害な異物の混入防止対策は特段実施していない。想定される対策としては、回収対象外である品目の掲示が考えられる。)
中間 処理	●火災の発生の懸念(有害物質の発生) ・電池類を含む機器(携帯電話、デジタルカメラ、ビデオカメラ、ポータブル音楽プレイヤーなど)が多数あったが機器に電池が装着された状態であった	●火災の発生の懸念(有害物質の発生) ・火災予防措置(専用容器) ・作業手順の確認

	め、火災の危険性は低かった。	
	<p>●粉じん（粉じんの発生及び有害成分の生成）</p> <p>&lt;解体試験&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・回収対象小型家電は筐体の密閉性が高く、解体時に肉眼で確認するほどの粉じんは発生しなかった。</li> <li>・液晶パネルの解体時に蛍光管を破損するケースあり。液晶パネルの構造は機器毎に異なっており、蛍光管が非常に細かくもろいため、解体時に破損無く取り出すことは困難。特に破損を注意すべき機器は（デジタルカメラ、ビデオカメラの液晶パネル中の蛍光管）</li> </ul> <p>&lt;破砕試験&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・破砕機出口部にて粉じんの発生が見られたが、ビニール袋を取り付けたため、外部への飛散はなし（破砕試験であり、バッチ運転）。</li> <li>・携帯電話の液晶パネル中の蛍光管の破砕による水銀を含んだ粉じんの発生可能性あり（破砕機出口はフレコンバックで密閉されており、外部への飛散はないものと想定）。</li> </ul>	<p>●粉じん（粉じんの発生及び有害成分の生成）</p> <p>&lt;解体試験&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・防護用マスクの着用</li> <li>・作業手順の確認</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・液晶パネルの構造を調査し、解体手順書を作成</li> <li>・液晶パネル解体時に局所集塵を設置し、作業環境に水銀が漏れ出ることがないように対策</li> </ul> <p>&lt;破砕試験&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・防護用マスクの着用（バッチ運転の場合）</li> <li>・集塵機の設置（連続運転の場合）</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集塵機の設置（連続運転の場合）</li> <li>・活性炭フィルターの設置（連続運転の場合、水銀対策）</li> </ul>
	<p>●灰溶融炉の寿命低下の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小型家電がリサイクルに回ることにより、従来の焼却残渣の組成が変化。それに伴い、灰溶融施設における運転条件が変化することで、灰溶融炉の寿命の低下の可能性がある。</li> </ul>	<p>●灰溶融炉の寿命低下の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・継続的なモニタリングを通じて左記事項の検証を行う。</li> </ul>
レアメタル回収	<p>●焼却・溶融に伴う有害物質の発生</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・排ガスへの有害物質の移動の可能性。小型家電を銅製錬炉に投入処理した際に Pb、Zn、Hg、S、Cl、Br 等が揮発し排ガスへ移行すると考えられる。</li> </ul>	<p>●焼却・溶融に伴う有害物質の発生</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・既存排ガス処理装置の適正管理。排ガス系電気集塵機の電圧、電流値、ガス洗浄装置（スクラバー）の循環水量を適正管理により無害化可能。</li> </ul>
	<p>●スラグ中への有害物質混入</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スラグへの有害物質の混入。小型家電を銅製錬炉に投入処理した際に、一部の Pb、Zn がスラグへ移行する。</li> </ul>	<p>●スラグ中への有害物質混入</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スラグからの有害物質溶出挙動の適正管理。スラグの溶出試験を実施し、溶出しないことを確認。</li> </ul>
	<p>●排水の発生</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃水中への有害物質の混入。排ガスへ移行した Pb、Zn は電気集塵機で煙灰として回収されるが、一部は排ガス洗浄装置で回収され、洗浄水（排水）へ移行する。また、Hg や Cl、Br 等のハロゲンも同様に排ガス洗浄装置で回収され、洗浄水へ移行する。</li> </ul>	<p>●排水の発生</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・既存排水処理装置の適正管理。排水処理工場の薬剤添加量及び pH 制御、沈降分離装置の適正管理により無害化可能。排水スラッジとして回収。</li> </ul>
残渣の管理	本年度のモデル事業の実施期間では、リスクイベントの発生はなかったものの、継続的な情報収集により、リスクイベントの発生状況を把握する必要がある。	本年度のモデル事業の実施期間では、リスクイベントの発生はなかったものの、継続的な情報収集により、リスク回避対策を把握する必要がある。

## (2) 製錬施設による重金属等の処理技術、状況把握

小型家電のレアメタル回収でのリスクイベントを評価し、その適正な管理技術について検討するためには、製錬施設におけるプロセスフローに沿ってリスクイベントを事前に把握した上で、モデル事業を通じてイベント別のリスク管理における留意点を整理することが有効であると考えられる。

本年度の環境管理WGでは、2. (1) にて前述のとおり、製錬施設において想定されるリスクイベントを整理するとともに、文献調査等に基づき、製錬施設における重金属等の処理実態を整理した。なお、製錬施設におけるレアメタル回収におけるリスクイベントについては、次年度のモデル事業を通じて情報収集することとしている。

### ①製錬施設における重金属類処理実態の把握

製錬施設における重金属等の処理実態について、モデル事業の実態や、実際に大規模にレアメタルの回収が行われている状況を踏まえ、銅製錬、鉛亜鉛製錬を対象に情報収集を行った。この情報収集により、銅製錬、鉛亜鉛製錬のプロセスフロー（銅製錬、鉛亜鉛製錬のプロセスフローについては、資料3のp.6を参照）を把握するとともに、銅製錬施設では副産物としてスラグが産出されること、鉛亜鉛製錬施設では副産物又は廃棄物としてスラグが産出されることを把握した。また、国内の銅製錬、鉛亜鉛製錬の主要企業・工場の概要（資料3のp.7を参照）を把握した。

### ②リスクイベント評価のため各モデル事業で情報収集すべき事項の整理

①における実態把握を踏まえると、リスクイベント評価のため次年度のモデル事業において情報収集すべき事項としては、表13のものが考えられる。

表13 次年度のモデル事業において情報収集すべき事項

リスクイベントの把握	各モデル事業におけるレアメタル回収のプロセスフローと想定されるリスクイベント
	各レアメタル回収時の発生廃棄物、排ガス・排水、作業環境等の有害物質等*濃度
リスク回避対策の把握	モデル事業において実施したリスク回避方策、リスク管理上の留意点、課題

\*有害物質等：Pb、Cd、As、Br、Cr<sup>6+</sup>、Hg、Ni、Zn、・・・