

不燃ごみ破碎残渣中の希少金属濃度と鳥取県内排出量の推計

【リサイクルチーム】

門木秀幸 成岡朋弘 有田雅一

要旨

一般廃棄物不燃ごみの破碎残渣中の有用金属及び希少金属の含有量の調査を行った。分析は、王水分解を前処理として ICP-AES、ICP-MS により定量した。レアメタルとして、Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, Pd, Pt, Nb, Sb, Zr, Sr, Ta, Ga, In 及び希土類 (Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 及び Lu) を対象とした。また、貴金属として、Ag 及び Au, 有用金属として、Al, Fe, Cu, Pb を対象とした。この結果、Ta, Pt, Ho, T, Yb, Lu を除く元素が検出された。また、この結果を基に県内のごみ破碎残渣の発生量から、県内の希少金属の排出量を推計した。

1 はじめに

小型電気電子製品（以下「小型家電」）は、小型化・高性能化が急速に進んでおり、その製造にはレアメタル等の希少金属が不可欠である。近年安定かつ継続的な資源確保の観点からも、廃小型家電からの希少金属のリサイクルのための取り組みが求められている。しかし、現在家庭から排出される廃小型家電は、不燃ごみ（以下「不燃物」）等として収集され、破碎・選別処理により、鉄、アルミニウム等の一部の金属は回収されているが、残渣は埋立等により処分されており、希少金属資源の有効利用は行われていない。

そこで本研究では、希少金属等のリサイクルを進めることを目的として、基礎的な情報として不燃ごみ破碎残渣中の希少金属濃度を分析するとともに、県内の潜在的な資源量の推計を行った。

2 実験方法

(1) 不燃物処理残渣

不燃物中間処理施設から、破碎・選別処理を行った不燃物処理残渣（以下「不燃残渣」）を、4月、5月、6月、8月、10月、12月に各1回採取した。

(2) 分析方法

- 1) まず採取した不燃残渣を目開き 5mm の篩にかけた。
- 2) 篩上に残った試料を万能はさみで 5mm 以下に切断し篩に通した。この時、金属、ガラス、陶磁器の塊は切断が困難なため除いた。
- 3) 試料 100g をビーカーに取り、硝酸 100mL、塩酸 300mL を入れ、加熱した。
- 4) 酸の液量が少なくなったら、硝酸 100mL を追加して分解した。
- 5) ろ紙 5B でろ過し、ろ液を 1L のメスフラスコに入れた。
- 6) ろ紙上の残渣を、硝酸と精製水で洗浄し、洗液をメスフラスコに合わせ入れ、1L に定容した。
- 7) Al と Fe は、ICP-AES（セイコーインスツルツメンツ社、SPS3500）により、それ以外は ICP-MS（セイコーインスツルツメンツ社製、SPQ9200）により目的元素を定量した。

(3) 分析項目

レアメタルとして、国家備蓄 7 鉱種 (Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn 及び V) の内、V を除く 6 鉱種、及び要注視 10 鉱種 (Pd, Pt, Nb, Sb, Zr, Sr, Ta, Ga, In 及び希土類 (Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu,

Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 及び Lu) を対象とした。また、貴金属として、Ag 及び Au, 有用金属として、Al, Fe, Cu, Pb を対象とした。

3 結果

(1)不燃物処理施設での希少金属の分配

廃小型家電のプリント基板等には、多様な希少金属が集積しており、不燃物として一般家庭から排出される。不燃物処理施設は一般的に、破碎-物理選別により、鉄、アルミニウムが選別回収され、一部の施設では銅も回収されている。特にレアメタル等の希少金属は廃小型家電の主にプリント基板等に含まれているが、ほとんどが選別・回収されずに不燃残渣に入る¹⁾と考えられる。

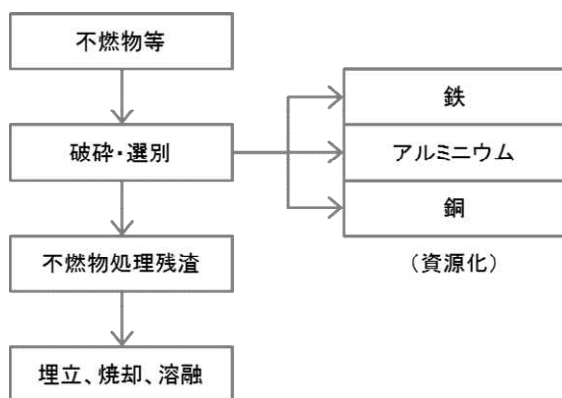


図1 不燃物の一般的な処理フロー

(2)不燃残渣中の金属濃度

不燃残渣中の希少金属等についての分析結果を表1に示す。本研究で分析を行った30種類の金属類の内、Pt, Ho, Tm, Yb, Lu 以外の25種類の金属元素が検出された。最も含有量の高いレアメタルは、Mnの1000mg/kgであり、続いてNiが440mg/kgであった。レアアースでは、Nd: 8.7mg/kgが最も高く、次にLa: 4.5mg/kgであった。貴金属では、Agが12mg/kg、続いてAuが0.5mg/kg含まれていた。現在は焼却、溶融又は埋立処分されている不燃残渣中に多様な希少金属等が含有していることが確認された。

また、Pbも400mg/kg含まれていた。Pbは有害な重金属として環境法令等で規制されている金属であるが、同時にバッテリーの材料等として重要な金属資源である。Pbを含めこれらの金属は小型家電の基板等に多く含有されている¹⁾。従って、廃小型家電のリサイクルを進めることは、同時に不燃残渣中のPbの低減につながると思われる。

なお、表1の分析結果は、あくまでも不燃残渣等から王水(硝酸+塩酸)で抽出された金属成分であり、必ずしも不燃残渣等に含まれる金属の全含有量ではないことに留意が必要である。特に、AgはAgClを生成するため十分に溶解できないことが報告²⁾されている。またTa, W, Nb, Moの分解には、HFが必要となることが指摘²⁾されており、これらの元素は全含有量より低値となっている可能性がある。

鳥取県内の粗大ごみ及び不燃物の中間処理施設から残渣量(焼却又は埋立処分)は、4931t/年(平成22年度)であり、仮に今回調査した不燃残渣の成分組成で代表させると、県内の不燃残渣中の金属量は表1のとおり推計された。

4 まとめ

現在、家庭から排出される廃小型家電は、不燃物として収集され、中間処理施設において破碎・選別され、鉄、アルミニウム等の一部の金属のみ回収され、不燃残渣は埋立等により処分されている。従って、小型家電に含まれる希少金属等は、残渣として処分されていると考えられる。本研究では、王水分解により不燃残渣中の希少金属等の含有量の分析を行った。この結果、不燃残渣中に多様な希少金属が含有していることが確認された。また、鳥取県内において不燃残渣として排出される希少金属量の見積もりを行った。例えば、Auとしては、2.9kg/年が県内で不燃残渣として排出されていると推計された。仮にAuの単価を4000円/gとすると、約1200万円/年に相当する。こうした不燃ごみ

からの希少金属等の回収・再利用が期待される。一方、希少金属等の再資源化のためには小型家電の分別・回収が不可欠であり、また、これら多様な希少金属等を効率よく回収するための新たな分離・濃縮技術の開発が重要と考えられる。

性・有害性金属の分配挙動とフロー解析，第21回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，pp.169-170，2010。

2) 貴田晶子，宮崎徹，倉持秀敏，製品中のレアメタルを含む多元素分析法，廃棄物資源循環学会誌，Vol.22，No.1，pp.19-27，2011。

参考文献

1) 小口正弘，肴倉宏史，寺園淳，滝上英孝，使用済み電気・電子製品の破碎選別における資源

表1 不燃残渣中の金属類分析結果及び県内の金属類の排出量の推計

		濃度 / mg/kg						平均	県内 排出量 ^a kg/年
		採取月							
		4月	5月	6月	8月	10月	12月		
	Cr	120	260	83	470	50	120	180	910
	Mn	890	2600	670	490	680	830	1000	5000
	Co	35	22	14	9.2	9.2	13	17	84
	Ni	210	450	130	1200	260	390	440	2200
	Ga	2.5	3.1	1.7	1.7	1.8	1.1	2.0	9.8
	Sr	210	350	130	43	64	200	170	820
	Zr	2.4	1.2	3.5	2.0	1.6	5.0	2.6	13
	Nb	0.5	1.2	0.6	0.9	0.5	0.3	0.7	3.3
	Mo	6.8	32	6.6	6.6	3.0	3.7	9.8	48
	Pd	0.6	3.1	1.0	0.4	0.3	0.7	1.0	5.0
	In	2.5	3.1	0.9	1.0	0.9	1.1	1.6	7.8
	Sb	43	67	19	45	15	27	36	180
	Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
	W	2.3	4.4	1.7	1.0	1.3	1.5	2.0	10
	Pt	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
レアアース	Sc	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	1.1
	Y	3.3	4.4	3.8	1.6	2.8	2.7	3.1	15
	La	8.2	8.3	3.9	2.0	2.7	2.1	4.5	22
	Ce	5.7	5.4	4.3	1.7	2.3	1.6	3.5	17
	Pr	2.8	6.4	4.8	0.5	0.9	0.8	2.7	13
	Nd	6.3	25	12	2.3	3.4	3.1	8.7	43
	Sm	1.0	1.6	0.7	0.2	0.4	0.2	0.7	3.4
	Eu	0.6	0.7	0.5	0.2	0.3	0.4	0.4	2.2
	Gd	2.1	4.7	3.2	0.5	0.8	0.7	2.0	9.8
	Tb	0.3	0.5	0.3	0.1	<0.1	<0.1	0.2	1.0
	Dy	0.4	0.9	1.2	0.2	0.3	0.6	0.6	3.0
	Ho	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
	Er	0.7	0.5	0.3	<0.1	0.1	<0.1	0.3	1.3
Tm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	
Yb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	
Lu	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	
貴金属	Ag	28	25	5.8	3.8	8.2	3.9	12	61
	Au	0.4	0.7	0.2	0.1	1.8	0.2	0.6	2.9
その他	Al	11000	8700	4100	9900	9900	3700	7900	39000
	Fe	28000	23000	24000	7900	11000	8400	17000	8400
	Pb	940	1000	240	100	300	210	460	2300
	Cu	4700	17000	3000	9400	2200	3600	6600	33000

a 県内排出量 = 金属類の濃度(mg/kg) × 県内不燃残渣排出量(t/年) / 1000

Metals Contents in Residues from Incombustible Resource Recovery Facilities and Estimation of Metals Emission

Hideyuki Mongi, Tomohiro Naruoka, Masakazu Arita

Metal contents including rare metals in residues from incombustible resource recovery Facilities were examined. Analysis samples of residues were decomposed by aqua regia and determined quantity by ICP-AES or ICP-MS. Rare metals (Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, Pd, Pt, Nb, Sb, Zr, Sr, Ta, Ga, In), rare earths (Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb and Lu), noble metals (Ag, Au) and useful metals (Cu, Pb) were analyzed. A wide variety of Metals were determined other than Ta, Pt, Ho, T, Yb and Lu. By using this results and amounts of residues from incombustible resource, amounts of metal emissions in tottori prefecture were estimated