

不燃物のリサイクル(破碎)残渣の性状調査

九州大学工学部 学生会員 岡村 聡
九州大学大学院 正会員 島岡 隆行
正会員 宮脇 健太郎

1. はじめに

家電リサイクル法の制定によって4品目(テレビ・エアコン・冷蔵庫・洗濯機)のリサイクルが開始されている。しかし、4品目以外の家電製品については、現在不燃ごみまたは粗大ごみとして自治体により回収されており、その量は年間約15万tにも上る。そして、不燃物リサイクル施設(破碎処理施設)に搬入される廃棄物の約2割は家電製品である。また、破碎処理施設へと搬入される家電製品には、多くの金属が含有していることが明らかになっている。不燃ごみまたは粗大ごみとして破碎処理施設に搬入される家電製品について様々な研究が行われている。しかし、家電製品を含んだ不燃物を破碎処理した際に生じる残渣が、埋立地に搬入された後に与える環境負荷についての検討は不十分であり、調査・検討が必要と言える。

本研究では、まず家電製品を含む不燃破碎残渣(不燃リサイクル残渣)の性状を調査し、残渣の環境負荷について検討を行った。

2. 実験

2.1 試料 本研究では、A自治体の破碎処理施設から排出された破碎残渣を試料として用いた。試料は円錐四分法により抽出し60で乾燥させた。

2.2 実験方法 4.75mmふるい上の試料は、プラスチック、金属、ガラス、陶器・石、木、プリント基板、その他に分類し、組成分析を行った。4.75mmふるい下の試料については、表面積が大きく、金属などの有害物質が溶出しやすいと予想される。そこで、4.75mmふるい下の試料について、以下のような実験を行った。

1) 含有量試験 試料は、粒子が細かったため円錐四分法により縮分した。試験法¹⁾は、電気炉で600、約2時間燃焼させた後コニカルピーカーに移し、硝酸と塩酸の混酸を加えて約150のホットプレートで加熱し酸分解する方法で行った。溶解液を秤量・希釈し、金属濃度をICP発光分析装置を用いて測定した。

2) 粒径別溶出試験 試料を4.75以下全量、4.75~2、2~1、1~0.5、0.5~0.25、0.25以下(単位:mm)にふるい分けし、廃棄物埋立基準の試験法である環境庁告示13号法と土壌埋立基準の試験法である環境庁告示46号法に準拠した試験を行い、pH、EC、ORPを測定し、溶液中の金属濃度を測定した。

3) pH依存性試験 埋立地内のpH変化を考慮し、pHを変化させた際の溶出特性を調べるために、pH依存性試験(L/S=10、pH=6~12)を行い、溶液中の金属濃度を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 組成分析 表1に破碎処理施設から排出された破碎残渣の組成割合を示す。

4.75mmふるい上では、ガラスが最も大きく、次にプラスチック、陶器・石、金属となった。組成分析では、プリント基板の破碎残渣も割合は少ないが、確認することができた。また、図1に4.75mmふるい下についての粒度分布を示す。図より粒径約1.5mm付近で通過百分率が50%の値をとった。組成分析から4.75mmふるい下が重量比で7割弱を占めることが分かった。また、粒度分布から4.75mmふるい下の約50%が粒径1.5mm以下であることが分かった。

3.2 含有量試験および溶出試験 表2、表3に含有量試験、溶出試験(13・46号)の結果を示す。含有量試験においては3つの試料の平均

表1 破碎不燃残渣の重量組成

組成	割合(%)
プラスチック	7.2
金属	5.9
ガラス	8.4
陶器・石	6.3
木	1.2
プリント基盤	0.2
その他	3.1
4.75mmふるい下	67.7
計	100

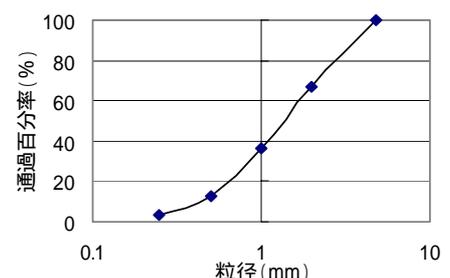


図1 粒度分布表(4.75mm以下)

表2 含有量試験の金属濃度および標準偏差、溶出試験(13・46号)の金属濃度

	No	単位	Li	B	Na	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ba	Pb
含有量試験	1	mg/kg	3.7	73	1290	360	3800	280	2350	20	2900	4700	4	27	160	2000	60	330
	2		2.7	167	770	300	1100	180	1460	3900	2300	242000	65	2000	270	1600	390	720
	3		3.2	58	970	500	1600	190	2600	20	2200	5100	5	34	30	1700	70	130
	平均	mg/kg	3.2	99	1010	390	2200	220	2100	1300	2500	84000	25	69	150	1770	170	390
溶出試験	13号	mg/L	0.03	0.11	31	2.8	0.27	20	32	<0.01	1.4	0.93	<0.01	0.05	0.14	2.2	0.03	0.13
	46号		0.04	0.1	26	2.4	0.09	13	26	<0.01	0.7	0.19	<0.01	0.06	0.15	0.9	0.02	0.06

をとり、標準偏差を計算した。標準偏差を見ると、試料ごとにばらつきがあることが分かる。特に、重金属において大きな値を示している。試料は円錐四分法による縮分を行ったが、破碎残渣の細かい粒子で重金属含有量が不均質であることが推測される。表2より、不燃破碎残渣中には様々な金属が含有している。有害性が問題となるCd、Crなどは破碎不燃残渣中に含有するが、溶出試験結果に関しては定量下限値以下であった。Pb 溶出濃度は廃棄物埋立基準値(0.3mg/L : 13号溶出試験)より低い値を示し、処分場に埋立られる場合に環境負荷は低いと推測される。なお、土壤環境基準より高い値を示し、一般環境中で土木資材へのリサイクルなどを検討する場合には

表3 粒度別金属濃度 (単位:mg/L)

mm	Li	B	Al	Ni	Cu	Ba	Pb
13-4.75-	0.03	0.11	0.27	0.05	0.14	0.03	0.13
13-4.75-2	0.03	0.08	0.22	0.05	0.09	0.03	0.11
13-2-1	0.03	0.14	0.31	0.05	0.13	0.03	0.13
13-1-0.5	0.03	0.09	0.24	0.05	0.13	0.03	0.11
13-0.5-0.25	0.03	0.11	0.30	0.06	0.19	0.03	0.16
13-0.25-	0.06	0.23	0.15	0.13	0.48	0.05	0.11
46-4.75-	0.04	0.10	0.09	0.06	0.15	0.02	0.06
46-4.75-2	0.03	0.08	0.04	0.04	0.08	0.02	0.03
46-2-1	0.03	0.11	0.09	0.05	0.13	0.02	0.05
46-1-0.5	0.02	0.09	0.04	0.04	0.12	0.02	0.03
46-0.5-0.25	0.03	0.12	0.05	0.05	0.18	0.03	0.04
46-0.25-	0.06	0.22	0.11	0.12	0.47	0.05	0.08

対策が必要である。表3に粒径別の溶出結果を示す。Cuについては、粒径が小さくなるにしたがって、濃度が増加する傾向が認められた。他の元素については、粒径による特徴的な傾向はほとんど認められなかった。

表4 pH依存性試験溶出液の金属濃度 (単位:mg/kg)

pH	Li	B	Na	Mg	Al	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Sb	Ba	Pb
6.7	0.41	2.5	460	37	1.2	300	670	39	3.8	0.86	0.88	1.7	170	0.09	0.77	0.39
7.8	0.36	2.7	580	30	2	1050	520	18	4.5	0.12	0.68	1.9	47	0.03	0.74	0.58
9.3	0.3	1.7	690	21	2.6	850	270	2	4.9	0.03	0.46	1.3	6	0	0.24	0.73
10.5	0.27	2	3220	3	63	1070	260	2	17	0.04	0.47	1.8	8	0.02	0.16	1.7

3.3 pH依存性試験 表4にpH依存性試験結果を示す。pHについては、最終値を結果とした。表4より、Pb、Fe、Naなどは、pHが上昇するに連れて、Mg、Ni、Co、Mnなどは、pHが下降するに連れて溶出量が上昇しているのが分かった。一例として図2、図3にPbおよびMgの結果を示す。尚、Ti、V、Cr、Cd、Sb、Moについては定量下限値以下であった。重金属の金属濃度を含有量試験結果と比較すると、どの値も1/10以下となっており、pH変化が不燃破碎残渣の金属溶出に与える影響は大きくないと考えられる。しかし、含有量試験でも述べたように、不燃破碎残渣の試料にはばらつきがあるため、引き続き検討する必要がある。

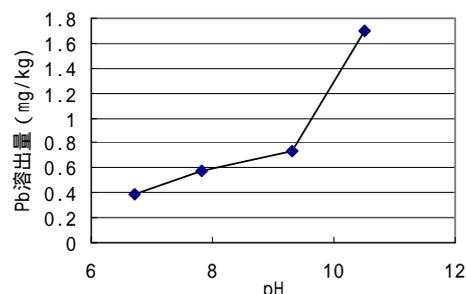


図2 各pHにおけるPb溶出量

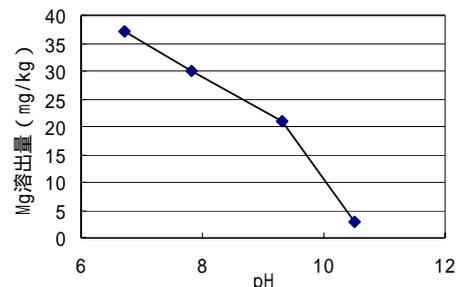


図3 各pHにおけるMg溶出量

4. まとめ

本研究では、破碎処理施設から排出される不燃破碎残渣の性状を調べ、不燃破碎残渣が環境に与える負荷を検討した結果、以下の結論を得た。

破碎処理施設から生じる不燃破碎残渣は、細かい粒子も多く含み、多種の金属を含有している。有害物質の溶出に関して、Pb以外は規制値を下回っており、不燃破碎残渣が環境に与える負荷は低いと考えられる。また、pH変化は、不燃破碎残渣中の金属の溶出に影響を与えるが、金属含有量と比較すると、多大な影響を及ぼすものではないと考えられる。ただし、試料の標準偏差は大きな値を示しており、引き続き検討が必要である。

今後は、破碎施設へ搬入される家電製品量などのデータより、家電製品がどの程度金属含有に影響を与えているかを検討する予定である。

【参考文献】1) 関戸知雄ら：家庭系粗大ごみ中に含まれる鉛量の推定、土木学会論文集、No.671/ -18、49-58、2001. 2