

## 再生品の溶出特性に関する研究 (第2報)

水野 勝 坂井田 稔\*

再生品の有害物質について、再生品を原材料で分類して、溶出試験や含有量試験の結果をまとめた。溶出試験では、ふっ素とほう素の濃度は38%の再生品で定量下限値以上であったが、他の有害物質の濃度は、85%以上の再生品で定量下限値未満であった。含有量試験で、カドミウム、六価クロム、水銀、セレンの濃度は、全試料の92%以上の再生品が定量下限値未満であった。他の有害物質の濃度は、23%~76%が定量下限値未満であった。浄水汚泥ではひ素やふっ素の濃度が、鉍さいではふっ素やほう素の濃度が他に比べて高い傾向であった。

再生品の環境最大溶出可能量試験を行い、再生品の有害物質の溶出について、再生品を原材料で分類して求めた。その結果、中性の試験では、有害物質の溶出はほとんどなかったが、酸性では有害物質が溶出するものがあった。また、浄水汚泥では、アルカリ性でひ素やふっ素が溶出した。

キーワード 環境最大溶出可能量試験, 廃棄物, 再生品, 有害物質, 溶出

### 1 はじめに

廃棄物の減量のために、廃棄物のリサイクルや再生資源の加工等により得られた再生品の利用が進められている。これらの再生品等は、生活安全性、環境安全性が確保されることが重要である。再生品の安全性について、現状では法律やJIS等で定められた有害性等の判定方法がなく、土壤汚染対策法による土壤の溶出試験(土壤の汚染に係る環境基準について、平成3年8月23日、環境庁告示第46号、以下溶出試験という)や含有量試験(土壤含有量調査に係る測定方法を定める件、平成15年3月6日環境省告示第19号、以下含有量試験という)の基準が準用されることが多い。しかし、再生品は種々の環境条件で使用されるため、これらの試験結果だけでは、十分ではないと思われる。廃棄物資源循環学会では、再生品等に含まれる有害物質が、環境中へ溶出し得る最大量の値を求める、環境最大溶出可能量試験(以下、最大溶出量試験という。) <sup>1), 2)</sup> を提案しており、種々の再生品について、最大溶出量試験等が実施され、データが蓄積されている。 <sup>3)</sup> 当所でも、再生品の最大溶出量試験を行い、比較のために一般廃棄物、産業廃棄物についても実施した。その中の浄水汚泥の結果については、すでに報告しており、これを第1報 <sup>4)</sup> とする。

今回は、再生品を原材料で分類して、溶出試験、含有量試験の有害物質について、その結果をまとめた。また、再生品の最大溶出量試験を行い、再生品ごとの有害物質の溶出について検討した。

### 2 方 法

#### 2.1 溶出試験と含有量試験

再生品の溶出試験と含有量試験は、土壤の溶出試験と含有量試験と同様の操作で行った。本報では有害物質を、カドミウム、鉛、六価クロム、ひ素、水銀、セレン、ふっ素、ほう素の8項目とした。

なお、再生品は、原材料から、①浄水汚泥 ②建設汚泥 ③その他汚泥 ④鉍さい ⑤燃えがら ⑥木くず ⑦その他 の7つに分類した。建設汚泥は、建設工事で発生する汚泥、建設工事に使用する粒度を調整した土砂等、その他汚泥は金属濃度の高い排水処理汚泥等、その他は①~⑥に分類できない再生品で、廃粘土、廃石膏ボード等である。

#### 2.2 最大溶出量試験

最大溶出量試験は、提案されている方法 <sup>1)</sup> に準じて行った。この試験では、試料の再生品について、pH4で溶出を行う酸系列とpH12で溶出を行うアルカリ系列の試験を行う。酸系列の試験では、中性での溶出を行い、その溶出液(試験液)を中性の試験液(A1)とし、そ

\*尾張県民事務所 知多県民センター 環境保全課

の後に酸性 (pH4) の溶出を行い、その試験液 (A2) とし、それぞれ有害物質等を分析する。アルカリ系列も同様に中性とアルカリ性 (pH12) の溶出を行い、中性の試験液 (B1) とアルカリ性の溶出の試験液 (B2) について分析する。なお、酸性での溶出は、A1+A2 を計算で求め、アルカリでの溶出は、B1+B2 を計算で求めた。

最大溶出量試験において、土壌の溶出試験及び含有量試験では、溶出の操作 (振とうと攪拌)、時間が異なるが、その他に固液比が最大溶出量試験では 1:50、土壌の溶出試験と含有量試験では 1:10 と異なる。さらに、試料調整で試料の粒度が異なり、最大溶出量試験の粒度は 125 $\mu$ m 以下、土壌試験では 2mm 以下であり、最大溶出量試験のほうが細かくした試料を用いる。

### 3 結 果

#### 3.1 溶出試験

最近 5 年間 (平成 26~30 年) に採取した再生品の溶出試験の結果を、再生品を分類して有害物質ごとにまとめた。溶出試験での有害物質濃度を、①定量下限値未満 ②定量下限値以上~基準値未満 ③基準値以上に分け、各項目について、分類した再生品の試料数に対するその割合 (%) を求め、その結果を表 1 に示す。たとえば、浄水汚泥では試料数が 59 検体であり、ほう素濃度が定量下限値未満の試料は 45 検体であり、計算でその割合を求めると、76%となる。分類した再生品の試料数で少ない場合は、その割合に考慮が必要な場合が考えられる。溶出試験を行った再生品は、457 検体であり、異なる年度に同じ事業所で採取した試料もある。

再生品の全試料について、溶出試験の有害物質濃度が定量下限値未満の試料の割合は、ふっ素(38%)、ほう素(39%)であったが、他の有害物質については、85%以上が定量下限値未満であった。

分類した再生品では、ふっ素濃度が定量下限値以上の試料の割合が 24~73%であった。定量下限値以上の割合が高い試料は、鉍さい(73%)、木くず(72%)、建設汚泥(70%)であり、低い試料は浄水汚泥(24%)であった。

分類した再生品で、ほう素濃度が定量下限値以上の割合は 14~100%であった。ほう素濃度が定量下限値以上の割合が高い試料は、木くず(96%)、鉍さい(78%)、その他汚泥(100%)であり、低い試料は浄水汚泥(14%)であった。

ふっ素とほう素以外の有害物質では、概ね溶出試験

の濃度が定量下限値未満であった。分類した再生品で定量下限値以上の割合が 15%以上の有害物質は、鉛が木くず(16%)、六価クロムが建設汚泥(16%)、その他汚泥(20%)、燃えがら(24%)、その他(16%)であった。また、ひ素は建設汚泥(18%)、木くず(22%)、燃えがら(19%)であり、セレンが燃えがら(22%)、鉍さい(20%)、その他(18%)であった。カドミウム、水銀では、定量下限値以上の割合は、すべての再生品で 15%未満であった。

分類した再生品の有害物質で定量下限値以上の割合は、浄水汚泥はふっ素(24%)、建設汚泥は、ひ素(18%)と六価クロム(16%)、その他汚泥は六価クロム(20%)、鉍さいはセレン(22%)、燃えがらは六価クロム(24%)、ひ素(19%)、セレン(16%)、木くずは鉛(16%)、ひ素(22%)、その他は六価クロム(16%)、セレン(18%)であった。

再生品の溶出試験の有害物質濃度は、低いものがほとんどであったが、基準値を超過する試料も少なから

表 1 再生品の溶出試験の有害物質濃度の割合 (%)

再生品	検体数	(%)	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
定量下限値(mg/L)			0.001	0.005	0.01	0.005	0.0005	0.002	0.08	0.02
基準値(mg/L)			0.01	0.01	0.05	0.01	0.0005	0.01	0.8	1.0
浄水汚泥	59	①	100	100	100	98	100	100	76	86
		②	0	0	0	2	0	0	22	14
		③	0	0	0	0	0	0	2	0
建設汚泥	158	①	100	96	84	82	100	94	30	46
		②	0	4	15	18	0	6	69	54
		③	0	0	1	0	0	0	1	1
その他汚泥	10	①	100	100	80	100	100	100	40	0
		②	0	0	0	0	0	0	40	40
		③	0	0	20	0	0	0	20	60
鉍さい	55	①	98	98	87	91	100	80	27	22
		②	2	0	11	4	0	16	58	69
		③	0	2	2	5	0	4	15	9
燃えがら	37	①	95	89	76	81	100	78	35	35
		②	3	5	5	16	0	14	49	54
		③	3	5	19	3	0	8	16	11
木くず	75	①	97	84	95	77	100	99	28	4
		②	3	15	5	17	0	1	72	96
		③	0	1	0	5	0	0	0	0
その他	63	①	86	95	84	84	100	83	46	40
		②	14	5	11	5	0	16	37	59
		③	0	0	5	11	0	2	17	2
全試料(合計)	457	①	97	94	87	85	100	91	38	39
		②	3	5	9	12	0	7	55	58
		③	0	1	3	3	0	1	7	4

①定量下限値未満 ②定量下限値以上基準値未満 ③基準値以上

ずあり、基準値以上（超過）の試料は、ふっ素が7%、ほう素が4%であり、他の項目に比べてやや多かった。他の項目は3%以下であった。なお、基準値を超過した場合は、行政から業者に対して、管理の徹底などの指導がなされている。

また、溶出試験で、有害物質の溶出には溶出液のpHが大きく影響していると思われる。再生品ごとの溶出液のpHの平均値とpHの範囲を表2にまとめた。なお、pHの測定は平成27年度から行い、4年間（平成27～30年）で369検体である。

再生品ごとのpHの平均値は6.7～9.5であり、中性～アルカリ性であった。平均値が9.0以上の試料は、建設汚泥、鉱さいであった。アルカリ性では多くの金属類は溶出しにくいことが推察された。

表2 溶出試験の溶出液のpH（平均）

	浄水汚泥	建設汚泥	その他汚泥	鉱さい	燃えがら	木くず	その他	合計
検体数	48	120	7	49	29	64	52	369
pH	6.8	9.4	7.8	9.1	8.9	6.4	7.3	8.0
pH範囲	5.7～7.8	6.6～12.3	7.4～9.8	7.0～12.6	6.3～12.8	4.2～7.9	4.2～12.8	4.2～12.8

### 3.2 含有量試験

溶出試験と同様に5年間（平成26～30年）に採取した再生品について、含有量試験の結果を再生品ごとに分類し、その濃度を定量下限値未満等においてその割合を求め、その結果を表3に示す。試料は390検体であり、一部は溶出試験のみを行った。

再生品の全試料の含有量試験では、カドミウム、六価クロム、水銀、セレンの濃度は、定量下限値未満が92%以上であり、他の有害物質の鉛、ひ素、ふっ素、ほう素は、23%～76%であった。

分類した再生品の有害物質濃度が定量下限値以上の割合が70%以上の項目は、鉛は浄水汚泥(94%)、建設汚泥(90%)、その他(83%)であった。ひ素は浄水汚泥(92%)、建設汚泥(81%)、ふっ素は浄水汚泥(100%)、建設汚泥(71%)、鉱さい(98%)、ほう素がその他汚泥(80%)、鉱さい(86%)であった。基準値を超過したものは鉛(1%)、ふっ素(1%)であり、溶出試験結果と比べて少なかった。

次に、再生品ごとの含有量試験の平均濃度を求め、表4に示す。定量下限値未満は、ゼロとして平均濃度を求めた。

再生品の有害物質の平均濃度が5mg/kg以上のものは、ふっ素、ほう素、鉛、ひ素の順であった。

また、再生品ごとの平均濃度は、ふっ素とほう素が他の有害物質と比べて高い傾向であった。ふっ素は鉱さい、浄水汚泥、ほう素は鉱さい、燃えがら、ひ素

表3 再生品の含有量試験の有害物質濃度割合（%）

再生品	検体数	(%)	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
定量下限値(mg/kg)			0.5	2	2	0.5	0.02	0.5	40	20
基準値(mg/kg)			150	15	150	150	250	150	4000	4000
浄水汚泥	52	①	100	6	100	8	79	88	0	98
		②	0	94	0	92	21	12	100	2
		③	0	0	0	0	0	0	0	0
建設汚泥	140	①	94	10	100	19	99	87	29	88
		②	6	89	0	81	1	13	71	12
		③	0	1	0	0	0	0	0	0
その他汚泥	5	①	100	80	80	60	100	100	60	20
		②	0	20	20	40	0	0	40	60
		③	0	0	0	0	0	0	0	20
鉱さい	51	①	98	35	100	67	100	96	2	14
		②	2	65	0	33	0	4	94	86
		③	0	0	0	0	0	0	4	0
燃えがら	33	①	91	48	85	36	88	88	58	58
		②	9	52	15	64	12	12	42	42
		③	0	0	0	0	0	0	0	0
木くず	62	①	100	40	100	79	98	100	92	95
		②	0	60	0	19	2	0	8	5
		③	0	0	0	2	0	0	0	0
その他	47	①	79	17	94	40	83	98	49	81
		②	21	83	6	60	17	2	51	19
		③	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	390	①	94	23	98	38	93	92	37	76
		②	6	77	2	62	7	8	63	23
		③	0	1	0	0	0	0	1	0

①定量下限値未満 ②定量下限以上基準値未満 ③基準値以上

表4 含有量試験の平均濃度 (mg/kg)

再生品	検体数	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
浄水汚泥	52	0.2	13	0	21	0	0.1	370	0
建設汚泥	140	0.1	16	0	6.2	0	0.1	170	6.0
その他汚泥	5	0	1.8	11	0.5	0	0.1	170	6.0
鉱さい	51	1.6	9.1	0	1.0	0	0	590	100
燃えがら	33	0.1	5.1	0.4	5.2	0	0.2	50	84
木くず	62	0	3.6	0	0.7	0	0	9.7	0.7
その他	47	0.1	8.4	0.2	2.0	0	0	110	8.0
合計	390	0.31	8.1	1.6	5.2	0	0.1	210	29

は浄水汚泥、鉛は建設汚泥、浄水汚泥で高かった。

### 3.3 最大溶出量試験

#### 3.3.1 最大溶出量試験の試料

最大溶出量試験を行った再生品は、平成 27～29 年度に採取した浄水汚泥、建設汚泥、その他汚泥、燃えがら、鉍さいの 14 検体である。試験を行った試料の溶出試験及び含有量試験の結果を表 5、6 に示す。なお、鉍さいはアルミドrossを用いた。また、複数試料で行った再生品は、濃度を平均値で示す。

比較のために、有害物質や金属の含有濃度が高いと思われる産業廃棄物（メッキ汚泥 2 検体）や一般廃棄物（焼却灰、飛灰の 2 検体）も最大溶出量試験を行ったが、本報では再生品のみ結果を示した。

溶出試験では、その他汚泥などの試料でほう素の濃度のみが定量下限値以上であったが、他の項目はすべて定量下限値未満であった。

表 5 試料の溶出試験結果 (mg/L)

再生品	検体数	pH	EC	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
定量下限値	—	—	—	0.001	0.005	0.01	0.005	0.0005	0.002	0.08	0.02
浄水汚泥	6	6.9	15	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	<0.02
建設汚泥	3	8.6	8.7	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	<0.02
その他汚泥	1	7.4	150	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	1.3
鉍さい	1	10	130	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	0.18
燃えがら	3	7.9	56	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	0.04

表 6 試料の含有量試験結果 (mg/kg)

再生品	検体数	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
定量下限値	—	0.5	2	2	0.5	0.02	0.50	40	20
浄水汚泥	6	<0.5	8.3	<2	2.9	<0.02	<0.5	98	<20
建設汚泥	3	<0.5	15	<2	30	<0.02	<0.5	630	<20
その他汚泥	1	<0.5	<2	33	<0.5	<0.02	<0.5	<40	<20
鉍さい	1	<0.5	17	<2	0.8	<0.02	<0.5	46	<20
燃えがら	3	<0.5	<2	<2	<0.5	<0.02	<0.5	<40	<20

含有量試験では、カドミウム、水銀、セレン、ほう素がいずれの試料も定量下限値未満であり、他の鉛、六価クロム、ひ素、ふっ素の含有濃度は、定量下限値以上の試料もあった。ふっ素の含有濃度が他の有害物質に比べて、高い値であった。

#### 3.3.2 pH

最大溶出量試験では、酸系列、アルカリ系列とも、中性域と酸性またはアルカリ性の溶出を行い、酸溶液（1N 硝酸溶液）またはアルカリ溶液（1N 水酸化ナトリウム溶液）を添加して pH を調整する。各 180 分後の溶液の pH を表 7 に示す。pH 調整に使用する酸溶液（1N 硝酸溶液）、アルカリ溶液（1N 水酸化ナトリウム溶液）の添加量（180 分間の累計）を表 8 に示す。

酸系列の酸溶液の添加量は、試験開始時には pH4 との差が大きいため、添加量が多かったが、時間経過とともに試験液の pH は 4 に近づき、酸溶液の添加量は減少した。累計で、3～130mL であり、建設汚泥、その他汚泥、鉍さいが添加量が多かった。

また、建設汚泥の一試料について、最大溶出量試験での試験液の経過時間と pH の変化の関係を図 1 に示す。また、この試料の pH 調整で添加した累計の酸溶液、アルカリ溶液の量を図 2 に示す。

酸系列、アルカリ系列とも、中性域では pH の変動が小さく、中性域での酸溶液添加量は 8mL 以下、アルカリ溶液量では、0.1mL 以下で多くなかった。

酸系列の酸性の試験では、180 分後の試験液の pH は 4.1～6.1 であった。鉍さいはその溶出する物質が多いと推定され、酸を添加しても pH が中性に変化し、180

表 7 試験液の pH

	酸系列		アルカリ系列	
	A1	A2	B1	B2
浄水汚泥	7.3	4.2	9.4	11.9
建設汚泥	7.8	4.6	10.1	11.9
その他汚泥	7.4	4.7	7.8	12.0
鉍さい	7.8	6.1	9.8	11.7
燃えがら	7.1	4.1	9.5	11.2

表 8 酸アルカリ添加量

	酸添加量 (mL)		アルカリ添加量 (mL)	
	A1	A2	B1	B2
浄水汚泥	0	3.0	0.1	47
建設汚泥	8.0	35	0	4.8
その他汚泥	1.5	130	0	160
鉍さい	4.5	24	0	19
燃えがら	1.0	2.6	0	4.5

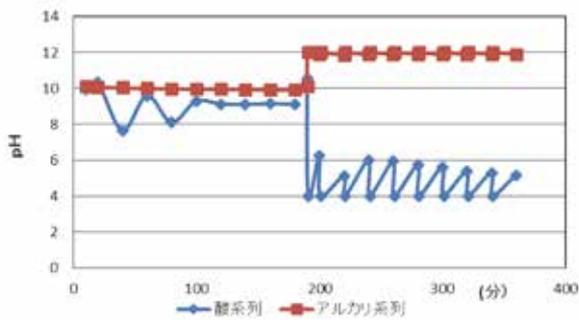


図1 経過時間と pH の変化 (建設汚泥)

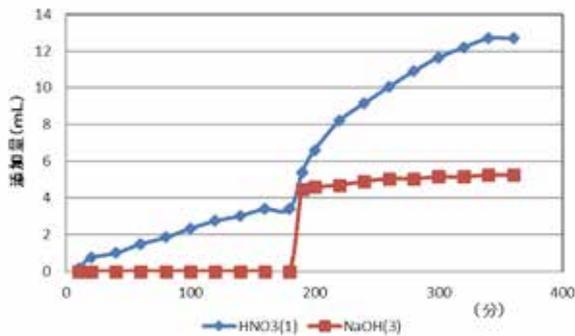


図2 pH と酸、アルカリ溶液の累計添加量 (建設汚泥)

分後に pH4 付近にならず、pH は 6.1 であった。他の再生品は酸の添加で 180 分後に 4.7 以下の pH となった。

アルカリ系列のアルカリ性での溶出は、180 分後には試験液の pH は 11.2~12.0 となった。アルカリ溶液の添加量は、酸系列と同様の傾向で、試験開始時には pH12 との差が大きいため、添加量が多かったが、時間経過とともに試験液の pH は 12 に近づき、アルカリ溶液の添加量は減少した。アルカリ溶液の添加量は、累計で 4.5~160mL であり、その他汚泥、浄水汚泥で添加量が多かった。

### 3.3.3 電気伝導率

電気伝導率は溶液の電気の伝わり易さを示す指標であり、水溶液中のイオン量と関係がある。イオンが多く含まれると、電気伝導率も高い数値を示す。イオンの濃度が高くなると電気伝導率も高くなるが、同じ濃度でもイオンの種類ごとにより、値は同一ではないが、イオン量の目安となる。pH 調整に酸溶液、アルカリ溶液を添加するが、その溶液の電気伝導率が增加する。添加量と電気伝導率は比例するが、最大溶出量試験では再生品からの溶出や pH の変化等がある。酸溶液、アルカリ溶液の添加量から添加した溶液の電気伝導率を計算で求めて差し引き、再生品から溶出したイオン量

の電気伝導率を求めようと試みたが、マイナスの値を示した。

再生品ごとの最大溶出量試験後の電気伝導率を表 9 に示す。

酸系列では、その他汚泥、建設汚泥で電気伝導率は高く、アルカリ系列では鉱さい、建設汚泥、その他汚泥の順で高かった。試料からの溶出による物質の電気伝導率によるが、pH 調整で添加する酸溶液及びアルカリ溶液の量が電気伝導率に大きく関係していると思われる。

表 9 試験液の電気伝導率 (S/cm)

	酸系列		アルカリ系列	
	A1	A1+A2	B1	B1+B2
浄水汚泥	8	40	12	104
建設汚泥	112	431	22	276
その他汚泥	66	1140	58	247
鉱さい	39	274	77	373
燃えがら	48	78	38	151

### 3.4 有害物質の溶出濃度

#### 3.4.1 ふっ素、ほう素

今回最大溶出量試験で使用した試料の溶出試験では、表 5 に示すように、ほう素以外の有害物質濃度は、定量下限値未満であった。

各再生品の最大溶出量試験で、試験液のふっ素濃度を表 10 に示す。

表 10 試験液のふっ素濃度 (mg/L)

	酸系列		アルカリ系列	
	A1	A1+A2	B1	B1+B2
浄水汚泥	<0.08	0.80	0.11	8.5
建設汚泥	<0.08	0.84	0.16	0.34
その他汚泥	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
鉱さい	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
燃えがら	0.10	0.35	<0.08	0.15

ふっ素の濃度は、中性の溶出試験 (A1, B1) では定量下限値未満また定量下限値付近の低い値であった。酸性の溶出試験 (A1+A2) では、浄水汚泥、建設汚泥、燃えがらは定量下限値以上であった。また、アルカリ性の溶出試験 (B1+B2) では、浄水汚泥、建設汚泥、燃えがらが定量下限値以上であり、浄水汚泥の値が、他に比べて高かった。これは浄水汚泥の試験液が時間経過とともに褐色になったことから、汚泥の分解がおり、

ふっ素等が溶出したことが一因として推定された。

次に、各再生品の最大溶出量試験で、ほう素の濃度を表 11 に示す。

中性の溶出試験では、表 5 に示すようにその他汚泥でやや高い濃度であったが、他は定量下限値未満または定量下限値付近の低い濃度であった。酸性とアルカリ性の溶出では、ともに中性より高い濃度であり、その値を比べると、アルカリ性のほうが高い値であった。

表 11 試験液のほう素濃度 (mg/L)

	酸系列		アルカリ系列	
	A1	A1+A2	B1	B1+B2
浄水汚泥	<0.02	<0.02	<0.02	0.49
建設汚泥	0.15	0.25	0.06	0.27
その他汚泥	0.73	1.7	0.72	2.8
鉍さい	0.19	0.26	0.14	0.97
燃えがら	0.05	0.08	0.03	0.10

### 3.4.2 ひ素、鉛、他の有害物質

最大溶出量試験の試験液のひ素、鉛等の有害物質濃度は、ほとんどが定量下限値未満か定量下限値付近の低い値であったため、結果を表で示さなかった。なお、実験試料の分析は、試料量が限られており、定量下限値を高くした項目がある。

ひ素は溶出試験で定量下限値未満であり、最大溶出量試験の試験液でも、ひ素濃度は中性と酸性の試験で定量下限値未満 (0.02mg/L 未満) であった。アルカリ性の試験では、浄水汚泥のみが定量下限値以上であったが、他は定量下限値未満であった。

鉛の濃度も溶出試験では定量下限値未満 (0.02mg/L 未満) であり、最大溶出量試験でも、鉍さいのみがアルカリ性の試験で、定量下限値付近の値であったが、他は定量下限値未満であった。中性、酸性の試験ではいずれも定量下限値未満であった。

カドミウム、クロム、セレンは、酸性及びアルカリ性の試験でどの試料も試験液の濃度は、定量下限値未満であった。これは、表 5 に示したように、カドミウム、クロム、セレンの含有量が低いと推定された。

### 3.4.3 金属類

最大溶出量試験の試験液について、アルミニウム、亜鉛、銅、鉄、マンガン等の金属も ICP 法で測定した。アルミニウムの結果を表 12 に、亜鉛の結果を表 13 に示す。

アルミニウムなどの両性金属類は酸性の他に、アルカリ性でも溶出することが知られている。中性の試験液では、鉍さい以外は定量下限値付近の低い値であったが、他は酸性、アルカリ性の試験で、高い値の試料が多かった。鉍さいはアルミドロスであり、アルミニウムの含有量が他の試料と比べて非常に高く、中性の試験液の濃度が低かった。

亜鉛、銅、鉄、マンガンは中性の溶出では、濃度が定量下限値未満か定量下限値付近の低い値であったが、酸性の試験では定量下限値以上であった。アルカリ性の試験では、ほとんどが定量下限値未満であった。金属類の多くは、酸性で溶出し、アルカリ性では溶出してこないことが知られている。また、金属の溶出濃度は、pH が関連しているが、含有量も関連していると考えられる。

表 12 試験液のアルミニウム濃度 (mg/L)

	酸系列		アルカリ系列	
	A1	A1+A2	B1	B+B2
浄水汚泥	0.05	0.80	0.11	8.5
建設汚泥	0.04	3.5	0.79	4.5
その他汚泥	0.08	0.44	0.03	0.07
鉍さい	52	56	0.70	1300
燃えがら	0.34	2.9	0.27	3.8

表 13 試験液の亜鉛濃度 (mg/L)

	酸系列		アルカリ系列	
	A1	A1+A2	B1	B+B2
浄水汚泥	<0.02	0.40	<0.02	0.02
建設汚泥	<0.02	0.73	<0.02	<0.02
その他汚泥	<0.02	1.5	<0.02	<0.02
鉍さい	<0.02	0.52	<0.02	<0.02
燃えがら	0.02	0.10	<0.02	<0.02

また、溶出試験や最大溶出量試験の有害物質について、溶出の割合 (溶出率) を求めることを検討し、既に報告した。溶出の割合 (溶出率) は、試験に用いた試料量とその含有濃度から含有量を求める。有害物質の溶出率がわかれば、含有濃度から、溶出濃度が推定できると思われる。しかし、今回は多くの有害物質で、溶出試験と含有量試験の一方または両方の濃度が定量下限未満であり、ほとんどが求めることができなかった。最大溶出量試験でも、定量下限値未満のものが多かった。再生品の含有量と溶出率については、今後も検討を続けていきたい。

## 4 考 察

廃棄物等の再生品について、有害物質の溶出試験や含有量の試験結果について、再生品を原材料で分類し、まとめた。溶出試験では、ふっ素とほう素の濃度は他の有害物質に比べて定量下限値以上の試料が多かったが、他の有害物質の濃度は、ほとんどが定量下限値未満であった。含有量試験で、カドミウム、六価クロム、水銀、セレンの濃度は、全試料の92%以上の再生品が定量下限値未満であった。浄水汚泥や建設汚泥のひ素やふっ素の濃度が他に比べて高かった。

再生品の最大溶出量試験では、中性では有害物質の溶出はほとんどなかったが、酸性、アルカリ性で溶出する試料があった。特に、浄水汚泥では、アルカリ性の試験でひ素やふっ素などの濃度が他の有害物質の濃度に比べて高かった。

再生品からの有害物質の溶出については、いろいろな試験方法が提案されており、それらを比較するなど、今後も検討を継続していきたい。

本研究は、当所の特別枠研究（平成26～29年度）で実施したものである。

## 文 献

- 1) 酒井伸一, 貴田晶子監修: 廃棄物関連試料の分析マニュアル, 一般社団法人廃棄物資源循環学会 (2015)
- 2) 大迫政浩, 肴倉宏史: 再生品の環境安全性に関する現状と今後の展望, 廃棄物学会誌, 17(4), 206-233 (2006)
- 3) 宮脇健太郎, 大迫政浩, 肴倉宏史: 再生製品の環境安全評価試験データの蓄積, 廃棄物学会第19回研究発表会 (2008.11)
- 4) 水野 勝, 坂井田稔, 三輪のり子, 大須賀吉政: 再生品の溶出特性に関する研究, 愛知県環境調査センター所報, 46, 47-54 (2018)