

## 再生品の溶出特性に関する研究

水野 勝 坂井田 稔\* 三輪 のり子 大須賀 吉政\*\*

再生品の有害物質について、溶出試験や含有量試験の結果をまとめた。溶出試験では、有害物質の濃度はほとんどが基準値未満であった。有害物質では、ふっ素とほう素が定量下限値以上のものが多く、他は定量下限値未満が多かった。含有量試験では、有害物質の濃度はほとんどが基準値未満であった。また、浄水汚泥のひ素やふっ素の濃度が他の再生品に比べて高い傾向であった。

再生品の安全性に関する試験方法の一つとして、環境最大溶出可能量試験が提案されている。浄水汚泥について、環境最大溶出可能量試験を行い、有害物質の溶出を検討した。環境最大溶出可能量試験の中性の試験では有害物質の溶出が見られなかったが、アルカリ系列では、ひ素、ふっ素が溶出した。この一因として、検液が褐色になったことから、汚泥中の有機物の分解等がおこり、有害物質が溶出したと推定された。

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

循環型社会の形成に向けて、廃棄物や製品の製造工程から生じる副生物の有効利用、リサイクルが進められている。また、再生資源の加工等を行い、得られた再生品の利用も進められている。これらにより、最終処分される廃棄物の量が減少し、最終処分場の延命につながっている。

再生品は、生活安全性の支障がなく、環境安全性の確保が求められており、流通の前に有害性の有無や産業廃棄物を再生品と偽っていないか等の確認のため、届出が必要である。

再生品について、現状では法律や JIS 等で定められた有害性の判定方法がないため、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）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）の基準が準用されることが多い。しかし、再生品を使用する環境条件はさまざまであり、これらの試験の基準の適用だけでは、環境影響の評価が十分ではないと思われる。土壤汚染に関する環境基準以外に、再生品の安全性を評価することを目的とした基準として、廃棄物資源循環学会では、再生品等の固体試料に含まれる有害

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<sup>1)</sup>（以下、最大溶出量試験という。）や pH 依存試験、シリアルバッチ試験、カラム通水試験等を提案している。そして、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きている<sup>2)-7)</sup>。

産業廃棄物や土壤の溶出試験では、pH を調整した蒸留水を溶媒として使用している。通常の蒸留水を用いた溶出試験で有害物質の溶出がない場合でも、溶媒を酸性、アルカリ性の溶液に変えた場合には、有害物質が溶出する可能性が考えられる。最大溶出量試験では、溶媒を酸性、アルカリ性の溶液をした場合の有害物質の溶出量も求めている。

当所でも、種々の再生品について、最大溶出量試験を実施した。さらに、比較のために産業廃棄物や一般廃棄物について最大溶出量試験を行い、これまでに、その結果について、一部を発表した<sup>8)</sup>。

ここでは、最近の本県の再生品について、溶出試験、含有量試験の有害物質の結果をまとめた。また、浄水汚泥を試料とした最大溶出量試験での有害物質の溶出について、まとめた。

## 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の方法と同様の操作で行った。操作の概

\* 知多県民センター 環境保全課

\*\* 東三河総局 環境保全課

要を図1に示す。

土壌の溶出試験は、産業廃棄物の溶出試験と溶媒や振とうの条件は同じであるが、試料調整で乾燥後に粒度調整をすることや、検液のろ過に用いるろ紙の孔径が異なる。また、含有量試験と溶出試験の違いは、含有量試験では溶媒が1N塩酸溶液であること、振とう時間が2時間であることである。

有害物質は、ここではカドミウム、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、測定方法はJIS法によった。

### 再生品の溶出試験

- ① 試料を風乾・粉砕し、2mmのふるいにかける。液固比 10:1
- ② 試料を100g量り取り、溶媒（pHを調整した蒸留水）を1000ml加える。（1例）
- ③ 振とう機で6時間連続振とうする（振とう幅4～5cm）。
- ④ 静置後、遠心分離する（3000回転/分で20分）。
- ⑤ 孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、濾液を検液とする。

### 再生品の含有量試験

- ① 試料を風乾・粉砕し、2mmのふるいにかける。液固比 100:3
- ② 試料を30g量り取り、溶媒（1N塩酸溶液）を1000ml加える。（1例）
- ③ 振とう機で2時間連続振とうする（振とう幅4～5cm）。
- ④ 静置後、遠心分離する（3000回転/分で20分）。
- ⑤ 孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、濾液を検液とする。

図1 溶出試験と含有量試験の操作の概要

4年間（平成26～29年度）に採取した再生品及び浄水汚泥の有害物質の溶出試験、含有量試験の結果をまとめた。再生品の検体は溶出試験が333検体、含有量試験が282検体であり、含有量試験の検体は、溶出試験の検体とほとんどが重複している。なお、異なる年度では同じ事業所を採取した検体もある。そのうち、浄水汚泥は溶出試験が42検体、含有量試験が36検体である。

## 2.2 最大溶出量試験

最大溶出量試験の操作の概要を図2、図3に示す。

最大溶出量試験は、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、最初に中性域での溶出を180分行う。検液のpHが中性域（pH7.5以下）でなければ、酸溶液（1N硝酸溶液）を添加して、pHを中性域に調整する。その検液（溶出液）をろ過し、ろ液をA1とする、残渣に蒸留水を加え、溶出を180分行う。検液のpHが酸性域（pH4.1以下）でなければ、酸溶液（1N硝酸溶液）を添加して、pHを調整する。この溶液をろ過し、その検液をA2とし、それぞれ有害物質等を

分析した。アルカリ系列も同様に中性とアルカリ溶液の溶出を行い、中性の検液をB1、アルカリ性の検液をB2とし、有害物質等を分析した。なお、酸性での溶出量は、A1+A2を計算で求め、アルカリでの溶出量は、B1+B2を計算で求めた。

さらに、pHの影響を調べるため、上述の最大溶出量試験で設定されている以外に、pH5.5とpH9でも同様にこの試験を行った。

### 酸系列

- ① 試料を乾燥・粉砕し、125μmのふるいにかける
- ② 試料を10g量り取り、蒸留水を800ml加える 液固比 50:1
- ③ 200回転/分で180分間攪拌する
- ④ 10分後にpHを測定し、pH>7.5の場合HNO<sub>3</sub>で7に調整。
- ⑤ 20分毎pHを測定、pH>7.5の場合HNO<sub>3</sub>で7に調整（180分まで）
- ⑥ 遠心分離後（3000回転/分で20分）、孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過 → 検液(A1)(中性)
- ↓
- 残渣+蒸留水800ml
- ⑦ 200回転/分で180分間攪拌する
- ⑧ 10分後にpHを測定し、pH>4.1の場合HNO<sub>3</sub>で4に調整。
- ⑨ 20分毎pHを測定、pH>4.1の場合HNO<sub>3</sub>で4に調整（180分まで）
- ⑩ 遠心分離後（3000回転/分で20分）、孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過 → 検液(A2)(酸性)

図2 最大溶出量試験（酸系列）の操作の概要

### アルカリ系列

- ① 試料を乾燥・粉砕し、125μmのふるいにかける
- ② 試料を10g量り取り、蒸留水を800ml加える 液固比 50:1
- ③ 200回転/分で180分間攪拌する
- ④ 10分後にpHを測定し、pH<6.5の場合HNO<sub>3</sub>で7に調整。
- ⑤ 20分毎pHを測定、pH<6.5の場合HNO<sub>3</sub>で7に調整（180分まで）
- ⑥ 遠心分離後（3000回転/分で20分）、孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過 → 検液(B1)(中性)
- ↓
- 残渣+蒸留水800ml
- ⑦ 200回転/分で180分間攪拌する
- ⑧ 10分後にpHを測定し、pH<11.9の場合NaOHで12に調整。
- ⑨ 20分毎pHを測定、pH<11.9の場合NaOHで12に調整（180分まで）
- ⑩ 遠心分離後（3000回転/分で20分）、孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過 → 検液(B2)(アルカリ性)

図3 最大溶出量試験（アルカリ系列）の操作の概要

最大溶出量試験は、土壌の溶出試験及び含有量試験とは、溶出の操作（振とうと攪拌）やその時間が異なり、溶媒のpHも異なる。また、液固比が最大溶出量試験では50:1であり、土壌の溶出試験や含有量試験が10:1である。さらに、試料調整で検体の粒度が異なり、最大溶出量試験のほうが、粒径の細かい試料を用いる。

最大溶出量試験を行った再生品の検体は、平成28年度に採取した県内5カ所の再生品の浄水汚泥（A～E）である。浄水汚泥は、浄水場の水処理施設から発生し、園芸用土等に利用されている。

### 3 結果と考察

#### 3.1 再生品の有害物質

再生品及び浄水汚泥の有害物質の溶出試験，含有量試験の結果について，有害物質の濃度を定量下限値未満，基準値未満～定量下限値以上，基準値以上にわけ，それぞれの検体数を図4，図5にまとめた．基準値及び定量下限値は表1に示す．

表1 再生品の有害物質の基準値と定量下限値

		Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
溶出試験	基準値 (mg/L)	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0005	0.01	0.8	1.0
	定量下限値 (mg/L)	0.001	0.005	0.01	0.005	0.0005	0.002	0.008	0.02
含有量試験	基準値 (mg/kg)	150	15	150	150	250	150	4000	4000
	定量下限値 (mg/kg)	0.5	2	2	0.5	0.02	0.5	40	20

再生品の溶出試験では，有害物質の濃度は，ほとんどの検体が定量下限値未満であった．カドミウム，鉛等では，定量下限値以上～基準値未満のものは10%以下であり，ふっ素の定量下限値以上の検体は49%，ほう素では62%であった．また，基準値を超過する検体も少なからずあり，基準値以上（超過）の検体は，ひ素が4.8%，ふっ素が4.2%であり，他の有害物質に比べてやや多かった．他の基準値以上の有害物質は，2.4%以下であった．なお，基準値を超過した場合は，行政担当者から業者に対して，原因究明や管理の徹底などの指導がなされている．

浄水汚泥の溶出試験では，有害物質の濃度が基準値を超過するものはなかった．溶出試験では，ふっ素やほう素で定量下限値以上の検体が多かったが，他の有害物質は，ほとんどが定量下限値未満であった．

再生品の含有量試験では，有害物質の定量下限値以上である検体が多い項目は，鉛，ひ素，ふっ素であった．基準値を超過した項目は，鉛，ほう素が各1検体のみであった．

浄水汚泥の有害物質の含有量は，他の再生品と同様の傾向であり，すべての検体で基準値を超過するものはなかった．

浄水汚泥と他の再生品の有害物質の平均濃度を求めた．定量下限値未満は，ゼロとして，計算した．結果を表2に示す．

浄水汚泥で，ひ素とふっ素が他の再生品に比べて高い傾向であった．

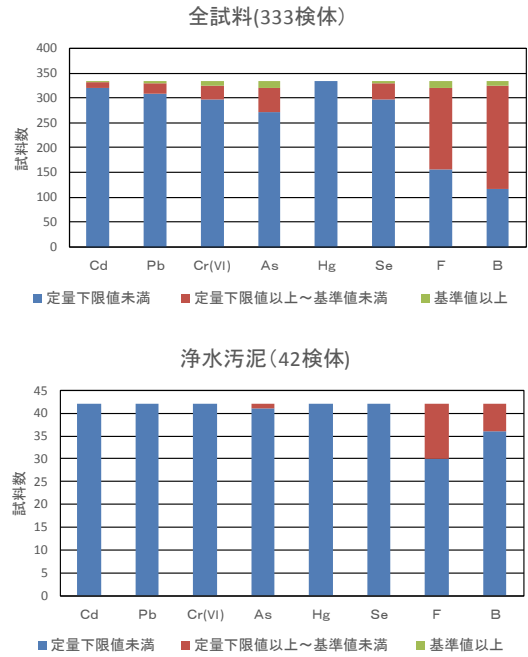


図4 再生品の有害物質（溶出試験）

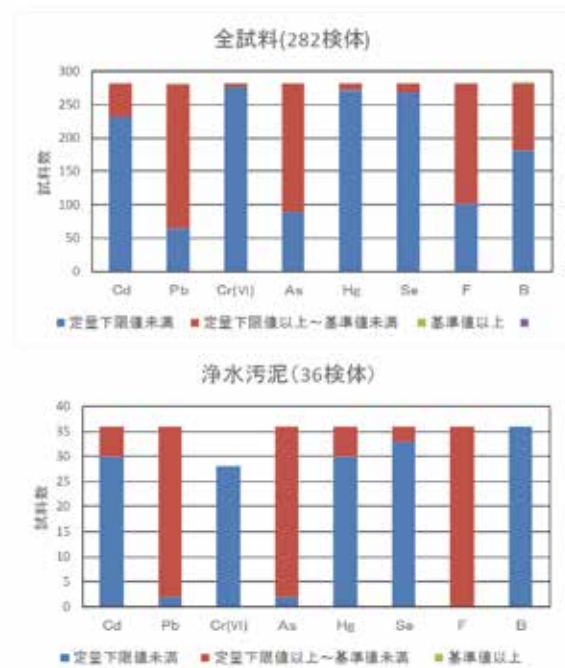


図5 再生品の有害物質（含有量試験）

表2 再生品の有害物質（含有量）の平均値

	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
定量下限値 (m/kg)	0.5	2	2	0.5	0.02	0.5	40	20
浄水汚泥以外 (246検体)	<0.5 (0.3)	11	<2 (0.7)	2.8	<0.02	<0.5 (0.04)	160	68
浄水汚泥 (36検体)	<0.5 (0.2)	13	<2	22	<0.02 (0.01)	<0.5 (0.07)	380	<20

次に、溶出試験で、有害物質の溶出には検液の pH が大きく関係すると思われる。3年間(平成27～29年度)に採取した258検体について、検液の pH を図6に示す。

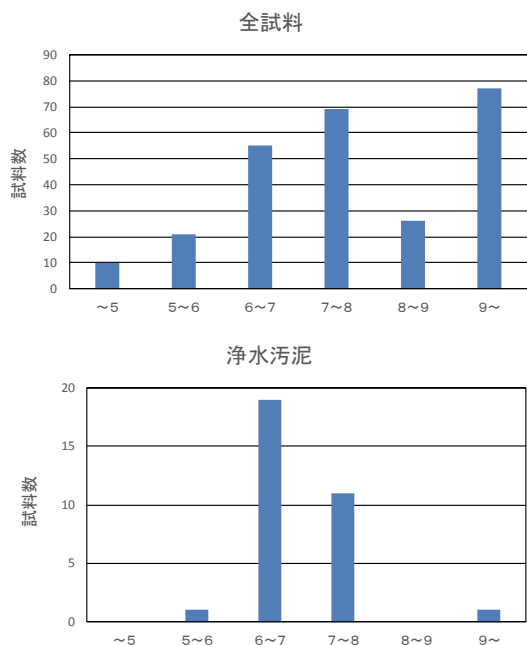


図6 再生品の溶出試験検液の pH

再生品の検液の pH は、6～8 の中性付近のものが約半分であり、9以上のアルカリ性のものが約30%であった。検液の pH が中性からアルカリ性であることは、金属類の溶出と関連していると推定される。浄水汚泥の検液では、ほとんどが6～8であった。

### 3.2 浄水汚泥の最大溶出量試験

使用した浄水汚泥の有害物質の溶出試験及び含有量試験の結果を表3に示す。

種々の再生品との比較のために産業廃棄物や一般廃棄物についても、最大溶出量試験を行った。その中で、浄水汚泥は検体による有害物質の含有量の差が比較的小さく、ひ素やふっ素の濃度が他の再生品に比べて高い傾向にあった。そこで、浄水汚泥について、有害物質等の溶出をまとめた。

実験に用いた浄水汚泥(A～E)は、いずれも溶出試験や含有量試験の基準を超過したものはなかった。溶出試験では、3カ所の浄水汚泥で、ふっ素が定量下限値以上であったが、それ以外の有害物質は、定量下限値以下であった。含有量試験では、カドミウム、六価クロム、セレン、ほう素がいずれの検体とも定量下限値

表3 浄水汚泥の有害物質(溶出試験, 含有量試験)

		pH	Cd	Pb	Cr(VI)	As	Hg	Se	F	B
溶出試験 (mg/L)	A	7.3	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	0.17	<0.02
	B	6.4	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	<0.02
	C	6.5	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	<0.02
	D	6.9	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	0.10	<0.02
	E	7.8	<0.001	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.002	0.10	<0.02
含有量 試験 (mg/kg)	A	-	<0.5	9.4	<2.0	20	<0.02	<0.5	560	<20
	B	-	<0.5	17	<2.0	42	0.03	<0.5	670	<20
	C	-	<0.5	15	<2.0	52	0.06	<0.5	840	<20
	D	-	<0.5	11	<2.0	24	<0.02	<0.5	850	<20
	E	-	<0.5	20	<2.0	19	<0.02	<0.5	490	<20

未満であった。鉛、ひ素、ふっ素の含有量は、定量下限値以上であり、それぞれの有害物質の最大値と最小値の差は、1.7～2.7倍であり、検体ごとの差は小さかった。

#### 3.2.1 pH

最大溶出量試験で、浄水汚泥(A)の時間経過と pH の変動の関係を図7に示す。また、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(累計)を図8に示す。

浄水汚泥では、中性域での変動が小さく、酸系列、アルカリ系列とも浄水汚泥5検体の検液の pH は、平均で6.5であった。pH調整に添加する酸溶液、アルカリ溶液はほとんどなかった。

酸系列では、次に残渣に蒸留水を加えてその検体の pH を3.9～4.1に調整する。検液の pH は、酸溶液添加で pH を20分毎に調整するが、時間経過とともに、浄水汚泥からの溶出物質で pH が中性側に変化するので、pH4付近にもどす。浄水汚泥の場合、180分後には、検液の pH は4に近くなり、平均で4.1であった。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、時間経過とともに検液の pH は4付近となり、酸溶液の添加量は減少した。また、pH5.5の溶出試験では、酸溶液の添加量は pH4の試験ほど多くなかった。

アルカリ系列では pH を11.9～12.1に調整する。20分毎にその pH になるまで、アルカリ溶液を添加する。検液はアルカリ溶液添加で pH を調整するが、酸系列と同様に、浄水汚泥からの溶出物質で pH が中性側に変化する。検液は20分毎の pH 調整で、pH12付近にもどす。

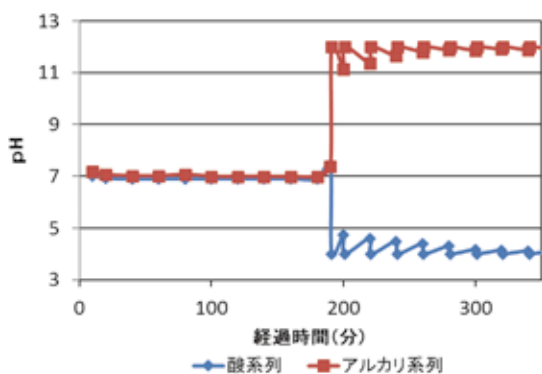


図7 経過時間と検液の pH の変化 (浄水汚泥 (A))

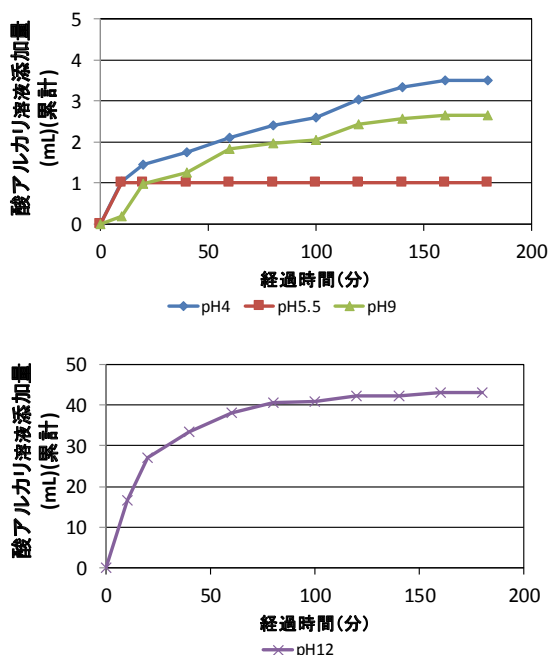


図8 経過時間と pH 調整の酸, アルカリ溶液の添加量 (浄水汚泥 (A))

浄水汚泥の場合, 180 分後には, 溶液の pH は 12 に近くなり, 平均で 11.9 であった。

アルカリ溶液の添加量は, 酸系列と同様に, 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, 時間経過とともに検液の pH は 12 付近となり, アルカリ溶液の添加量は減少した。また, pH9 の試験では, アルカリ溶液の添加量は pH12 の試験ほど多くなかった。pH12 に調整するアルカリ添加量は, pH4 や pH9 に比べて, 10 倍以上多かった。

また, 溶液の外観はいずれの浄水汚泥も, 中性域及び酸性域では無色であったが, アルカリ性では褐色となった。時間経過とともに, 色調が濃くなったことから, 浄水汚泥中の有機物の分解が推定された,

### 3.2.2 電気伝導率

電気伝導率は溶液の電気の伝わり易さを示し, 溶液の電気抵抗の逆数である。水溶液中のイオン量と関係があり, イオン量が多く含まれると, 電気が流れやすくなり, 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, 値は異なる。

pH 調整に用いた酸溶液 (1N 硝酸溶液) を, 蒸留水 800mL, 蒸留水 800mL+汚泥 16g に添加した場合の, 硝酸溶液の添加量と電気伝導率の関係を図 9 に示す。また, 同様にアルカリ溶液 (1N 水酸化ナトリウム溶液) の場合を図 10 に示す。

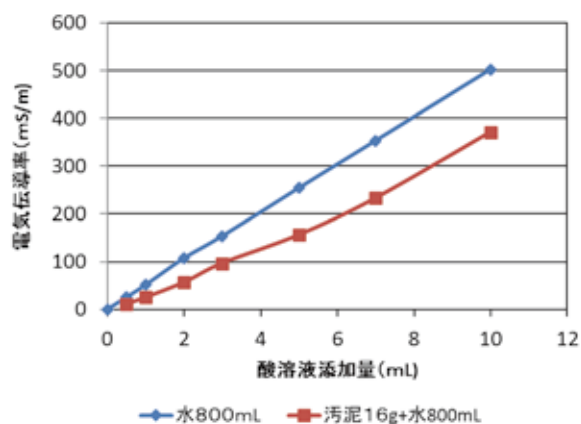


図9 酸溶液添加量と電気伝導率の関係

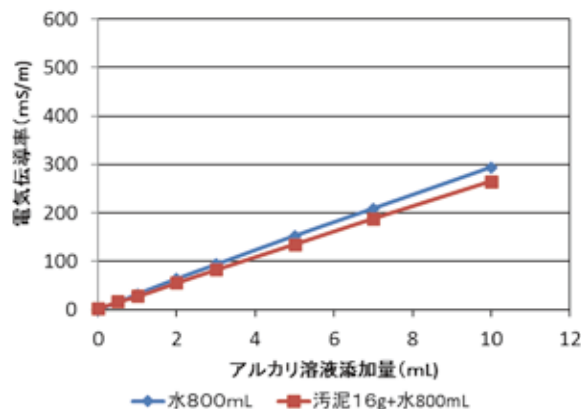


図10 アルカリ溶液添加量と電気伝導率の関係

酸溶液を蒸留水に添加した場合, 添加量の増加にほぼ比例して, 電気伝導率が増加した。浄水汚泥を含む蒸留水でも, 酸溶液を添加すると, 同様に添加量の増加とともに, 電気伝導率の値も増加した。この場合の電気伝導率は, 蒸留水と汚泥の和の電気伝導率の値になると予想したが, 蒸留水のみの場合に比較して, 低い値となった。硝酸イオンと汚泥の反応, pH の変動,

吸着や汚泥からの何等かの物質の溶出の影響が考えられた。添加した硝酸溶液の量から、電気伝導率を求め、検液の電気伝導率から差し引いて、汚泥から溶出した物質の検液の電気伝導率を求めようと考えたが、単純な計算では求められなかった。

アルカリ溶液の添加でも、電気伝導率は酸溶液添加と同様な結果となった。

次に、5カ所の浄水場の浄水汚泥5検体（A～E）について、最大溶出量試験後の検液のpHと電気伝導率の関係を図11に示す。以下の図のA～Eも同様である。

酸性とアルカリ性で、電気伝導率が高くなった。電気伝導率は、酸溶液やアルカリ溶液の添加量の電気伝導率よりは低い値であった。アルカリ溶液添加量が酸溶液添加量より多いので、アルカリ性のほうが電気伝導率は高かった。また、浄水汚泥ごとの電気伝導率の差は、小さかった。

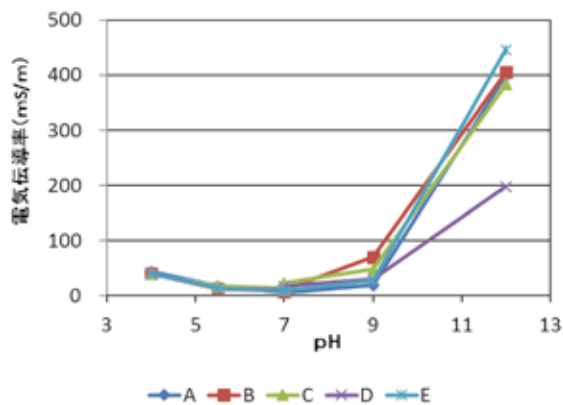


図11 検液のpHと電気伝導率の関係

### 3.3 浄水汚泥の有害物質の溶出濃度

表3に示した浄水汚泥の溶出試験の結果では、ふっ素が3検体で定量下限値以上であったが、他の有害物質は定量下限値未満であった。また、有害物質の含有量は、ひ素、鉛、ふっ素がいずれの検体も検出され、他の再生品に比べて、高い傾向にあった。他の有害物質は、いずれも定量下限値未満であった。

#### 3.3.1 ひ素

浄水汚泥の溶出試験では、ひ素は検出されなかった。最大溶出量試験で、検液のpHとひ素の濃度の関係を図12に示す。なお、pHは実験で設定したpHで示し、pH7はA1である。ひ素の値は、pH7がA1、pH4及び5.5はA2、pH9及びpH12はB2である。以下の項目も同様に示した。

最大溶出量試験で、ひ素は中性の試験では定量下限値未満であり、酸系列のpH4でも定量下限値未満であった。しかし、アルカリ系列のpH12でひ素が溶出した。これは検液が褐色に着色しており、汚泥の有機物がアルカリ性で分解し、その影響で含有しているひ素が溶出したことが、一因として考えられた。以下の示すふっ素等にも同様に、アルカリ性で溶出が見られた。ひ素やふっ素のアルカリ性での溶出の詳細について、今後も検討を続けていく予定である。

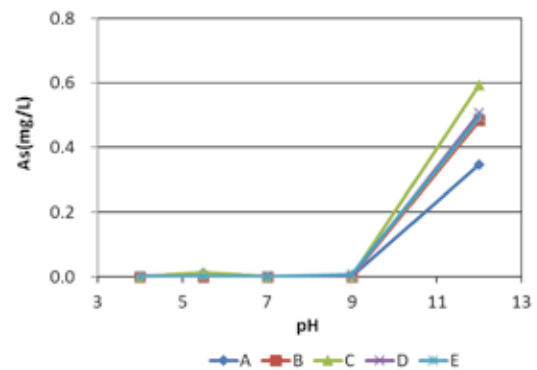


図12 検液のpHとひ素濃度の関係

#### 3.3.2 ふっ素

浄水汚泥の溶出試験では、ふっ素は3検体のみが検出された。最大溶出量試験で、検液のpHとふっ素の濃度の関係を図13に示す。

最大溶出量試験で、ふっ素は中性付近で定量下限値未満であったが、酸系列のpH4では、各検体とも溶出した。また、アルカリ系列ではpH9、pH12では溶出し、ひ素と同様にpH12では溶出の濃度が高くなった。

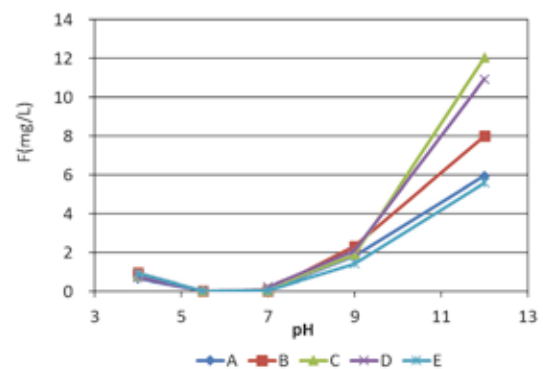


図13 検液のpHとふっ素濃度の関係

#### 3.3.3 他の有害物質

鉛は含有量試験で低い濃度のためか、最大溶出量試

験では、検液の濃度が定量下限値未満であった。また、ほう素は中性や酸系列では定量下限値未満であったが、アルカリ系列では低い濃度で溶出した。

最大溶出量試験で、カドミウム、セレン、六価クロムは検液の濃度は定量下限値未満であった。含有量試験では、これらの有害物質は定量下限値未満であったことから、有害物質の含有量が定量下限値未満であれば、溶出試験の検液の濃度は、定量下限値未満か低い濃度となると推定される。

### 3.3.4 金属類

一般的に、金属類は酸性条件で廃棄物等から溶出し、アルカリ性条件では溶出せず、アルミニウムや亜鉛などの両性金属類は溶出することが知られている<sup>9)10)</sup>。最大溶出量試験の検液について、JIS法のICP発光分光分析法で種々の金属を分析した。検液のpHとアルミニウム濃度の関係を図14に、検液のpHとマンガン濃度の関係を図15に示す。

酸性(pH4)とアルカリ性(pH12)の検液の濃度が、定量下限値(0.01mg/L)以上の金属についてまとめた。

酸性、アルカリ性の検液とも濃度が定量下限値未満の測定した金属は、リチウム(Li)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)、アンチモン(Sb)であり、先に示したように有害物質ではカドミウム(Cd)、クロム(Cr)、鉛(Pb)であった。これらは、溶出しないというより、含有濃度が低いため、検液の濃度が低いことが推察される。

アルカリ性の検液が定量下限値未満であり、酸性では溶出した金属は、バリウム(Ba)、マグネシウム(Mg)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)であった。逆に酸性の検液では定量下限値未満であり、アルカリ性では検出された物質は、コバルト(Co)、銅(Cu)、バナジウム(V)であった。有害物質では、ひ素(As)、ほう素(B)がある。酸性とアルカリ性の検液とも、0.01mg/L以上の

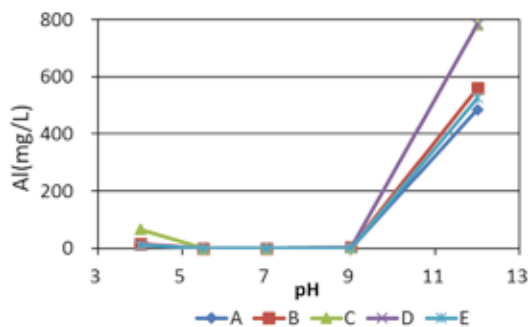


図14 検液のpHとアルミウム濃度の関係

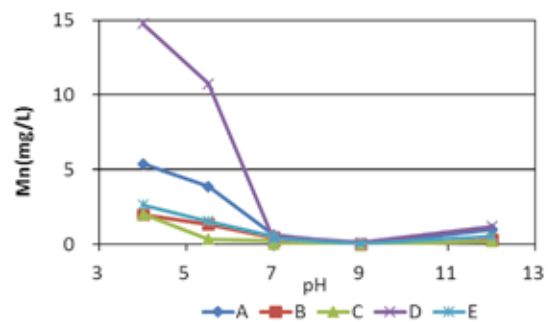


図15 検液のpHとマンガン濃度の関係

項目は、アルミニウム(Al)、鉄(Fe)、けい素(Si)であった。アルカリ性では、アルミニウムなどの両性金属類は溶出するが、多くの金属類は溶出しないことが知られている。しかし、今回は、金属類の濃度が大きく増加した。これは、汚泥の分解が一因として考えられた。

### 3.3.5 溶出の割合

再生品の溶出試験や最大溶出量試験の有害物質について、溶出の割合を求めた。

溶出試験や最大溶出量試験に用いた再生品の検体量とその有害物質の含有濃度から含有量(A)を求める。一方、検液量(1L)とその有害物質の濃度から溶出した量(B)を計算で求める。A及びBから、

$$\text{溶出の割合 (\%)} = (B/A) * 100$$

を求めた。

浄水汚泥の溶出試験では、検液の有害物質の濃度が、ふっ素以外は定量下限値未満であり、溶出の割合は求められなかった。ふっ素は3検体で検液の濃度が定量下限値以上のものがあり、浄水汚泥のふっ素は含有量がすべて定量下限値以上であるので、3検体について、溶出の割合を求めると0.11~0.30%であった。

最大溶出量試験でも、有害物質の溶出の割合を同様に求めた。

酸性のpH4の検液は、鉛、ひ素、ふっ素が検出され、これらの有害物質では、含有量が定量下限値以上であり、溶出の割合を求めることができる。溶出の割合の平均は、鉛が0.5% (0~2.5%)、ひ素が0.15% (0~4.8%)、ふっ素が6.3% (4.3~9.5%)であった。また、アルカリ性のpH12の検液でも、検出された有害物質は、同様の鉛、ひ素、ふっ素であった。溶出の割合の平均は、鉛が0.2% (0~0.96%)、ひ素が80% (57~100%)、ふっ素が55% (25~72%)であった。浄水汚泥の場合、アルカリ性の溶出の割合が高かった。

#### 4 ま と め

再生品の有害物質について、溶出試験や含有量試験の結果をまとめた。溶出試験では、基準値を超える濃度の有害物質は少なかった。有害物質の中で、ふっ素とほう素が定量下限値以上のものが多く、他の有害物質は定量下限値未満がほとんどであった。含有量試験では、基準値を超える濃度の有害物質はほとんどなかった。有害物質の中で、鉛、ひ素、ふっ素が定量下限値以上のものが多かった。また、浄水汚泥では、他の再生品に比べてひ素やふっ素の含有量が高い傾向が見られた。

再生品の浄水汚泥について、最大溶出量試験を行い、有害物質の溶出について検討した。中性では有害物質の溶出はなかったが、酸性、アルカリ性で溶出する有害物質があった。特に、アルカリ性では、ひ素やふっ素などが溶出し、その一因として、試験溶液が褐色になったことから、汚泥の分解があり、有害物質が溶出したことが推定された。再生品の利用にあたっては、pHの影響について配慮が必要と思われた。

最大溶出量試験は、いろいろな再生品についても行っており、それらについても今後まとめる予定である。また、浄水汚泥は、有害物質を吸着することも知られている<sup>11)-13)</sup>。浄水汚泥によるひ素等の吸着についても、検討をしており、一部を発表した<sup>14)</sup>が、さらに詳細な検討を継続していく予定である。

#### 文 献

- 1) 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)
- 2) 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)
- 3) 中村公生, 森下敏朗, 岩佐美紀子, 館山 諒, 富山幸子, 関戸知雄: 廃棄物再生利用における環境影響評価について, 宮崎県衛生環境研究所年報, **22**, 113-118, (2011),
- 4) 吉岡 理, 山崎美香, 吉村英基, 秋永克三: 廃棄物リサイクル製品の安全性評価のための分析手法に関する研究, 三重県保健環境研究所年報, **12**, 80-85, (2010)
- 5) 六車満由美, 藤田久雄: 再生材における単一バッチ溶出試験(13号及び46号)と2段バッチ溶出試験の比較, 香川県環境保健研究センター所報, **3**, 175-180(2004)
- 6) 松本尚己, 今村 修: リサイクル建設資材の化学的安全性の検討, 熊本県保健環境科学研究所年報, **36**, 77-83(2006)
- 7) 門木秀幸, 増川雅俊: 廃棄物・再生材の溶出試験における溶出条件の影響, 鳥取県衛生環境研究所報, **51**, 13-16 (2010)
- 8) 三輪のり子, 坂井田稔, 水野 勝, 加藤三奈, 大須賀吉政: 再生品の元素組成及び溶出特性に関する研究, 平成29年度愛知県環調調査センター研究発表会(2018.1)
- 9) 貴田晶子, 野馬幸生: 廃棄物の溶出特性, 廃棄物学会誌, **7**, **5**, 410-421 (1996)
- 10) 水野 勝, 石田一磨: 産業廃棄物からの金属の溶出に関する検討, 愛知県環境調査センター所報, **18**, 45-50, (1990)
- 11) 中尾賢志, 西尾孝之: 浄水発生度によるリン回収過程における各所元素の挙動とKMPとしての回収可能性, 大阪市立環境化学研究所報告, **75**, 45-49(2013)
- 12) 吉岡 理, 片山貴幸, 市岡高男, 塚田 進: 浄水汚泥を原料とした環境浄化材料の開発, 三重県保健環境研究所年報, **11**, 63-73, (2009)
- 13) 海野修司, 岡本正美, 長瀬正夫: 浄水汚泥を用いたリン除去技術, 土木学会論文集 **741**・VII-28, 111-121 (2003)
- 14) 坂井田稔, 三輪のり子, 水野 勝, 加藤三奈, 大須賀吉政: 浄水汚泥による有害物質等の吸着の可能性について, 平成29年度愛知県環調調査センター研究発表会(2018.1)