

# 再生品に含まれる有害物質の溶出挙動

森本 正俊 水野 勝

建設汚泥、燃え殻、鉱さい、廃石膏及び木くずの再生品を用いて、様々な pH 条件で 10 週間の長期的な溶出試験（バッチ試験）を実施し、有害物質の溶出特性を調査した。全体的に有害物質の溶出濃度は低かったものの、廃石膏での試験など、10 週間後の濃度が、一部、土壤環境基準を超過するものもあったが、一般的な環境条件と考えられる中性付近での溶出量は少なかった。全体的な傾向として、有害物質については、ふっ素及び鉛は強酸性側で溶出量が多くなり、ほう素及びび素は強アルカリ性側で溶出量が多くなった。また、ほう素及びふっ素については、試験初期の溶出量が多く、10 週間後まで長期的に溶出する傾向があり、鉛については、試験後半での溶出量が多い傾向があった。ただし、再生品の種類によって、異なる傾向を示す有害物質もあり、それぞれの再生品における有害物質の溶出挙動を把握した上で使用する必要があることが示唆された。

キーワード 再生品、バッチ試験、溶出特性、有害物質

## 1 はじめに

最終処分される廃棄物の量を減らし、循環型の社会を構築するために、廃棄物や製品の製造工程から生じる副産物の再生利用が促進されている。愛知県における産業廃棄物の再生利用率（排出量に対する再生利用量の割合）は、2019年度には68%程度であり、70%前後の高水準で推移している<sup>1)</sup>。しかし、過去には再生品として流通、使用されたものから有害物質が溶出し、生活環境が脅かされる事例<sup>2)</sup>も発生しており、愛知県ではこれらの事例も踏まえて、2008年に再生資源の適正な活用に関する要綱<sup>3)</sup>（以下、要綱とする）を定め、再生品の環境安全性を確認している。

再生品の環境安全性の評価には、法律等で定められた基準がないため、現状の要綱では環境基本法に基づく土壤環境基準（土壤の汚染に係る環境基準について、1991年8月23日、環境庁告示第46号）や土壤汚染対策法に基づく土壤含有量基準（土壤汚染対策法施行規則、2002年12月26日、環境省令第29号）等が準用されている。しかし、再生品が使用される環境条件や使用期間は様々であり、それらの環境影響に対しての情報は十分ではないと考えられている。

これらの情報を把握するための方法として、廃棄物資源循環学会では、廃棄物等からの有害物質の溶出特性を評価する特性化試験を提案している<sup>4)</sup>。このうち、環境最大溶出可能量試験では、再生品に含まれる有害物質が、環境中へ溶出しうる最大量を評価することを

目的としており、様々な再生品について、その環境への影響を評価するための報告がある<sup>5) - 7)</sup>。また、より多くの溶媒と試料を接触させて長期的な溶出濃度の変化を評価するシリアルバッチ試験の方法も示されており、その方法を用いた報告もある<sup>8)</sup>。

本研究では、再生品が長期間、様々なpH条件で使用されることを考慮して、10週間の比較的長期でのバッチ試験を行い、再生品からの有害物質の溶出特性を検討した。浄水汚泥の再生品については既に報告しており<sup>9)</sup>、今回は再生品として建設汚泥、燃え殻、鉱さい、廃石膏及び木くずに着目し、試験を行った結果を報告する。

## 2 方 法

### 2.1 試料の調整及び検液の作製

再生品試料について、建設汚泥及び燃え殻は2015年に3箇所の事業場から採取したものを使用した。また、鉱さい、廃石膏及び木くずについては、2019年に採取したものを使用した。なお、鉱さいは3箇所の事業場から、廃石膏及び木くずは2箇所の事業場から採取したものである。それぞれの検体の名称については、本報では再生品の種類に事業場名A、BまたはCを組み合わせたものとした（例えば、A事業場から採取した建設汚泥の再生品については、「建設汚泥A」とする）。なお、再生品の使用用途として、地盤改良材として使用されているものが多く、他には建設汚泥は埋戻し材、

燃え殻は路床材、鉱さいは再生砂、廃石膏は土壌固化剤、木くずは肥料として使用されているものもある。これらの再生品については、採取後に土壌の溶出量及び含有量の試験が実施されており、その結果を表 1 にまとめた。土壌含有量基準を超過するものはなかったが、ほう素、ふっ素、六価クロム、ひ素及びセレンについて土壌環境基準（溶出量）を超過したものがあつた。

本研究の試験方法は、既報の試験方法<sup>9)</sup>に倣って実施した。

試料は、採取後 1 週間程度風乾した後、チャック付きポリ袋に入れて密封し、室温で遮光して保管した。はじめに破砕した後に 2mm のふるいを通し、試料 20g に対して超純水 1L（固液比 1:50）を共栓付きの 1L 広口ガラス瓶に入れ、試料をスターラーで攪拌しながら pH を調整した。なお、固液比の条件は既報<sup>6) 7)</sup>のとおりであるが、試料の粒子サイズについては土壌含有量試験程度とした。2019 年に建設汚泥及び燃え殻、2020 年に鉱さい、廃石膏及び木くずについて上述の試験をそれぞれ実施した。なお、サンプル数はそれぞれ 1 検体ずつである。

設定する pH は、pH2.5, 4, 7, 9, 12 の 5 段階とし、設定した pH±0.1 になるようにそれぞれ 1N 塩酸または 1N 水酸化ナトリウム溶液を滴下して調整した。試験期間は 10 週間とし、室温で静置させて保管した。なお、静置期間中は外気との接触による pH の変化をできる限り低減するため、ガラス瓶のふたを閉めた。試験期間中、pH 及び電気伝導率を毎週測定し、設定した pH からずれている場合（±0.1 以上）には、1N 塩酸または 1N 水酸化ナトリウム溶液で攪拌しながら設定した pH±0.1 になるように調整した。なお、pH 調整操作による

影響を把握するために、対照として pH 調整操作を実施しない試験も実施した。

試験を実施した試料については、初めに pH 調整を行ってから 1 日後、1 週間後及び 10 週間後に pH 調整を行った場合には試料の粒子が完全に沈降するのを確認してから 500mL ずつ溶液を分取し、各フラクションの検液とした。なお、検液はメンブレンフィルター（ADVANTEC 製、25CS020AN）を使用してろ過した。溶液を分取後、500mL の超純水を追加し、pH 調整が必要なものについては、前述のとおり pH 調整を行った。

## 2.2 分析方法

分析項目は、有害物質として比較的溶出する可能性があるほう素、ふっ素、ひ素、カドミウム及び鉛の 5 項目を対象とした。

分析方法は、工場排水試験方法 JIS K 0102（2019）に示されている方法に従い、カドミウム、鉛及びほう素は ICP 発光分光分析装置（Agilent Technology 製 5110 ICP-OES）、ひ素は水素化物発生原子吸光光度計（日立製作所製 ZA3300）、ふっ素は吸光光度計（島津製作所製 AV-2550）を用いた。分析結果は、検液の分取及び超純水の追加によって溶液の濃度だけでは溶出量が正確に把握できないため、次式に従って算出した単位試料重量あたりの溶出量での比較等も行った。

$$A = (CV/M)$$

ここで、A 試料量あたりの溶出量 [mg/kg]

C 検液中の成分濃度 [mg/L]

V 試料溶液の体積 [L]

M 試料の乾燥重量 [kg]

また、累積の溶出量は、1 日後のフラクションの溶出量にその後のフラクションの溶出濃度から算出した溶出量の増加分の和から算出した。

表 1 再生品の溶出試験及び含有試験の結果

		pH	B	F	Cr (VI)	As	Se	Cd	Hg	Pb
溶出試験 (mg/L)	建設汚泥	7.7-9.9	<0.02-0.03	<0.08-0.11	<0.01	<0.005	<0.002	<0.001	<0.0005	<0.005
	燃え殻	7.0-9.2	<0.02-0.07	<0.08	<0.01-0.05	<0.005	<0.002	<0.001	<0.0005	<0.005
	鉱さい	9.4-10.8	<0.02-0.11	0.11-0.93	<0.01	<0.005	<0.002	<0.001	<0.0005	<0.005-0.006
	廃石膏	6.5-12.9	<0.02-0.33	0.21-8.2	0.02-0.10	0.005-0.013	0.002-0.012	<0.001-0.006	<0.0005	<0.005
	木くず	5.0-5.8	0.29-9.7	<0.08-0.27	<0.01	<0.005-0.007	<0.002	<0.001	<0.0005	0.006-0.007
基準値	—	1	0.8	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.0005	0.01
含有試験 (mg/kg)	建設汚泥	—	<20	<40-150	<2.0	<0.5-4.6	<0.5-0.7	<0.5	<0.02	2.4-16
	燃え殻	—	<20-24	<40-110	<2.0	<0.5-1.3	<0.5	<0.5	<0.02	<2.0
	鉱さい	—	<20-160	<40-260	<2.0	<0.5-0.7	<0.5	<0.5	<0.02	2.3-73
	廃石膏	—	<20-45	500-1200	<2.0-3.7	<0.1-1.1	<0.5-1.3	<0.5-1.9	<0.02	7.0-22
	木くず	—	<20-120	<40	<2.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.02	<2.0-3.3
基準値	—	4000	4000	250	150	150	150	15	150	

注) それぞれのサンプル数 (n) について、建設汚泥、燃え殻及び鉱さいは n=3、廃石膏及び木くずは n=2 である。

### 3 結果と考察

#### 3.1 10週間後の溶出濃度

試験開始から1日後、1週間後、10週間後の溶出液を分析した結果、どのpHでも10週間後のフラクションで概ね最大の濃度を示した。10週間後における各再生品の溶出液の有害物質の濃度を表2に示す。なお、全体的な溶出の概要を把握するために、表2ではpH条件を除き、それぞれの検体での最大値を示す。

pH調整なしの結果と表1の溶出試験の結果を比較すると、建設汚泥のほう素など10週間後の方が、濃度が高くなったものもあるが、概ね同程度の値となった。

表2 各再生品の有害物質濃度（10週間後）

検体	pH条件	EC (mS/m)	有害物質 (mg/L)				
			B	F	As	Cd	Pb
建設汚泥 (n=3)	調整なし (pH8.8-9.4)	24	0.65	0.34	<0.005	<0.001	<0.005
	pH2.5	517	0.20	0.39	0.017	<0.001	0.18
	pH4	294	0.28	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005
	pH7	86	0.12	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005
	pH9	24	0.59	0.08	0.010	<0.001	<0.005
	pH12	260	2.83	0.04	0.035	<0.001	0.006
燃え殻 (n=3)	調整なし (pH8.1-10.0)	21	0.36	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005
	pH2.5	225	0.60	0.33	<0.005	<0.001	0.051
	pH4	56	0.69	0.29	<0.005	<0.001	<0.005
	pH7	30	0.36	0.10	0.007	<0.001	<0.005
	pH9	26	0.17	0.08	0.005	<0.001	<0.005
	pH12	171	1.03	0.18	0.055	<0.001	0.008
鉱さい (n=3)	調整なし (pH5.5-10.4)	63	0.34	0.31	<0.005	<0.001	0.006
	pH2.5	449	0.86	0.39	<0.005	<0.001	0.25
	pH4	96	0.38	0.39	<0.005	<0.001	0.063
	pH7	44	0.27	0.42	<0.005	<0.001	<0.005
	pH9	19	0.21	0.28	<0.005	<0.001	0.041
	pH12	190	0.66	0.38	<0.005	<0.001	0.006
廃石膏 (n=2)	調整なし (pH5.5-12.4)	696	0.12	7.1	<0.005	<0.001	0.005
	pH2.5	1496	0.41	17	0.010	0.018	0.070
	pH4	836	0.44	10	0.009	0.001	<0.005
	pH7	836	0.69	4.2	0.018	<0.001	<0.005
	pH9	838	0.54	5.0	0.006	<0.001	<0.005
	pH12	530	0.47	5.5	<0.005	<0.001	<0.005
木くず (n=2)	調整なし (pH5.6-6.7)	11	1.3	0.13	<0.005	<0.001	<0.005
	pH2.5	153	0.53	0.14	<0.005	<0.001	<0.005
	pH4	24	0.48	0.36	<0.005	<0.001	<0.005
	pH7	14	0.47	0.14	<0.005	<0.001	<0.005
	pH9	55	0.49	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005
	pH12	270	1.6	0.35	<0.005	<0.001	<0.005
基準値			1	0.8	0.01	0.01	0.01
定量下限値			0.02	0.08	0.005	0.001	0.005

注1) EC及び有害物質濃度は、それぞれの検体での最大値を示す。

注2) カドミウムの基準値は、令和3年4月より0.003 mg/Lに改正された。

したがって、今回使用した再生品については、要綱で定められている土壌の溶出試験方法でも長期的な溶出傾向を概ね把握できていることが確認された。森下ら<sup>10)</sup>や水野ら<sup>11)</sup>が愛知県における再生品の土壌溶出量試験及び土壌含有量試験の結果をまとめており、廃石膏ではふっ素が溶出しやすく、燃え殻・ダスト類では、ひ素、ふっ素、ほう素の溶出が多いなど、再生品ごとに溶出する物質の傾向は本研究においても同様であった。なお、建設汚泥、燃え殻、鉱さい、廃石膏及び木くずの再生品の電気伝導率(pH調整なし)の最大値は、それぞれ、24 mS/m、21 mS/m、63 mS/m、696 mS/m、11 mS/mであり、廃石膏でより多くの物質が溶出していることが示唆された。

pHの変化による各有害物質の溶出について、カドミウムは、ほとんどの再生品で定量下限値未満となったが、それ以外の有害物質については定量下限値以上の濃度が検出された。ほう素及びひ素はアルカリ性で溶出しやすい傾向があり、ふっ素、カドミウム及び鉛は酸性で溶出しやすい傾向があった。中性付近ではどの再生品でも有害物質の濃度は低くなる傾向があったため、一般的な環境では、有害物質はそれほど溶出しにくいと考えられる。ただし、廃石膏の再生品では、ふっ素濃度がA、BともにすべてのpHで溶出基準を超過した。

#### 3.2 再生品からの各有害物質の溶出量

溶出試験の各フラクションの濃度から、累積溶出量(mg/kg)を算出した。それぞれの再生品における有害物質の累積溶出量(pH調整なしとpH調整あり)を図1から図5に示す。溶液の濃度が各フラクションともに定量下限値未満だった場合には、溶出量を0mg/kgとし、各pH濃度で溶出が確認された有害物質のみを図示した。なお、各再生品のpH調整なしとpH調整ありを比較して、建設汚泥ではpH調整なしの場合のpHは9前後となり、pH9に調整した場合の累積溶出量と比較してみると、大きな差異は確認されなかった。同様に他の再生品についても、pH調整なしの場合の検体のpH及び累積溶出量をpH調整ありのグラフにあてはめてみると、概ね同等の結果が得られたことから、pH調整操作による溶出への影響は小さかったと考えられる。このことから、再生品からの有害物質の溶出量は、接触する溶媒のpHに影響されることが示唆された。

建設汚泥について、ほう素、ふっ素、ひ素及び鉛の

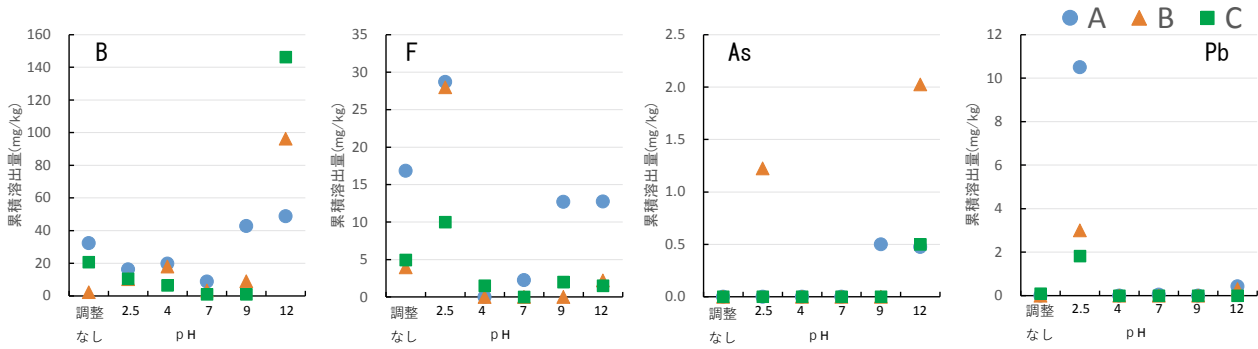


図1 有害物質の累積溶出量（建設汚泥）

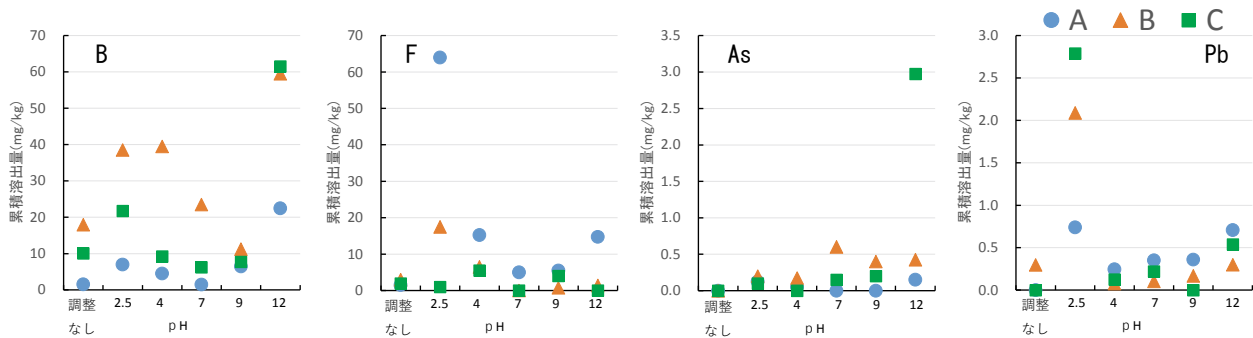


図2 有害物質の累積溶出量（燃え殻）

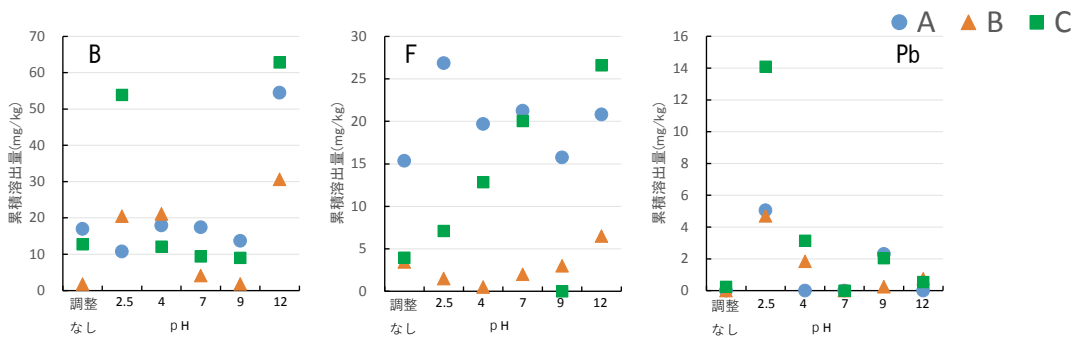


図3 有害物質の累積溶出量（鉱さい）

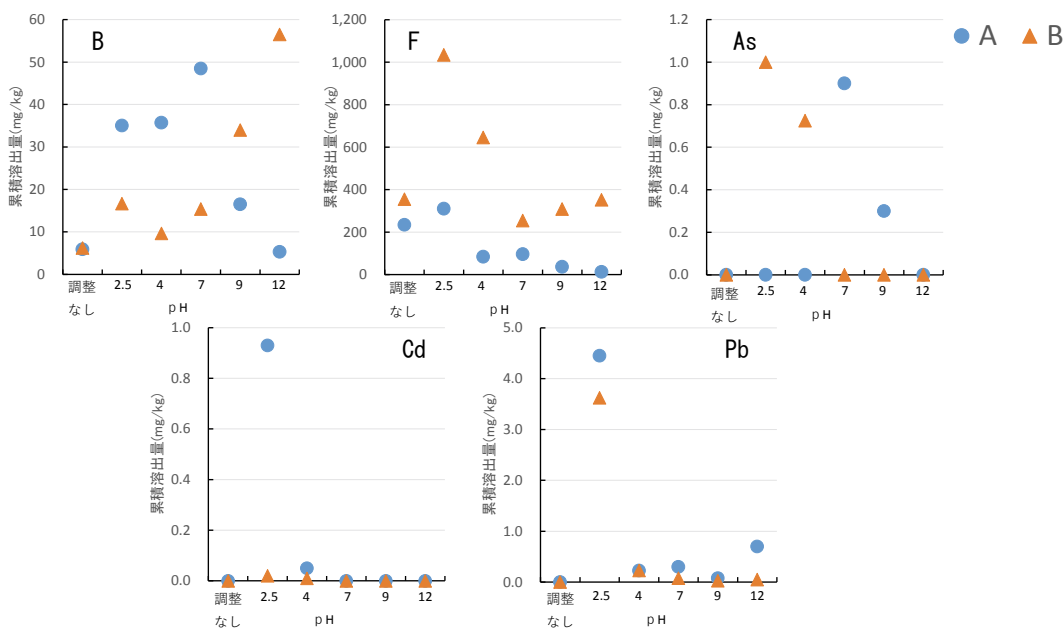


図4 有害物質の累積溶出量（廃石膏）

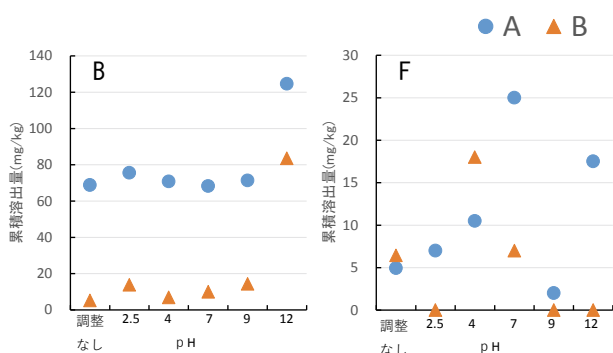


図5 有害物質の累積溶出量（木くず）

累積溶出量を図1に示す。ほう素及びひ素は、建設汚泥BではpH2.5でもひ素の溶出が認められるが、pH12のアルカリ性側で溶出量が大きくなる溶出パターンを示した。一方、ふっ素及び鉛は、pH2.5の酸性側で溶出量が大きくなるパターンを示した。アルカリ性側でひ素が溶出すること<sup>12)</sup>や、鉛が酸性側で溶出しやすいことが知られており<sup>13)</sup>、今回も同様の結果となった。ただし、建設汚泥Aでは鉛の溶出量が比較的多く、建設汚泥Cではほう素の溶出量が比較的多いなど、検体によって、ばらつきが大きかった。また、溶出量としてはほう素が最も多く、ひ素が最も少なかった。

燃え殻について、ほう素、ふっ素、ひ素及び鉛の累積溶出量を図2に示す。各有害物質の溶出パターンは、建設汚泥と同様の傾向を示した。ただし、ほう素については、燃え殻BではpH4以下、燃え殻CではpH2.5の酸性側でも溶出量が多くなる傾向があった。溶出パターンがずれる要因として、そもそもの含有量の違いや、溶液中の共存イオン濃度の違いが影響している可能性があるが、詳細な検討は行っていない。溶出量としては、ほう素及びふっ素が同程度で多く、ひ素及び鉛が少なかった。

鉱さいについて、ほう素、ふっ素及び鉛の累積溶出量を図3に示す。ほう素及び鉛についてはこれまでとほぼ同様の溶出パターンだったが、ふっ素において他の再生品とは異なる溶出パターンを示した。ふっ素の累積溶出量は、検体ごとのばらつきが大きく、アルカリ性側で溶出量が多くなる傾向も見られるが、一貫した傾向ではなかった。なお、鉛の溶出量は、今回試験した再生品の中では最も多かった。これは、この鉱さいにおける鉛の含有量が多いためと考えられる。

廃石膏について、今回検討したすべての有害物質で溶出が確認された。ほう素、ふっ素、ひ素、カドミウム及び鉛の累積溶出量を図4に示す。カドミウムにつ

いては、廃石膏のみで溶出が確認された。ふっ素、カドミウム及び鉛は、酸性側で溶出量が大きくなるパターンを示し、特にカドミウムについては廃石膏Aで極端に溶出量が多かった。一方、ほう素及びひ素については、廃石膏AとBで異なる傾向を示し、一貫した溶出パターンは得られなかった。廃石膏AとBではpH調整なしの場合のpHがそれぞれ12.4, 5.5(10週間後)となっており、再生品の原料や添加物が大きく異なっていた可能性が高い。廃石膏ではふっ素の溶出量が他の再生品と比較して極めて多かった。廃石膏の主成分は硫酸カルシウムであるが、石膏の生成過程で混入するふっ素化合物が多いため<sup>14)</sup>、その成分が酸性条件下で溶出したと考えられる。なお、廃石膏については、過去からふっ素や重金属類の溶出が懸念されており、その不溶化技術が進められている。<sup>14) 15)</sup>

木くずについて、ほう素及びふっ素の溶出のみが確認された(図5)。それぞれの溶出パターンは他の再生品とは異なり、ほう素については、pH12で溶出量が増加し、ふっ素については中性付近で溶出量が多くなるというパターンを示した。

過年度に実施した浄水汚泥の再生品での試験<sup>9)</sup>では、ほう素、ふっ素及びひ素がアルカリ性側で溶出量が多くなるパターンを示しており、本研究では、ふっ素については酸性側で多く溶出しているため、再生品の種類によって溶出パターンが異なることが示された。また、浄水汚泥の再生品では、ふっ素の累積溶出量が最大約500mg/kg、ひ素の累積溶出量が最大約40mg/kgであったことから、浄水汚泥と比較して、廃石膏でのふっ素を除き、今回の再生品で極端に多い溶出量を示したものはなかった。ただし、検体によるばらつきも多く確認されており、再生品には廃棄物の他に使用用途によって様々な添加物が含まれていると考えられるため、溶出パターンや溶出量をさらに明らかにするためには、原料等によって区別し、サンプル数を増やす必要があると考えられる。

### 3.3 有害物質の溶出量の経時変化

それぞれの再生品で溶出量が比較的多かった有害物質について、試験開始から10週間後までの溶出量の経時変化(10週間後までの累積溶出量を100%とする)を図6から図10に示す。なお、基本的に中性付近ではほとんどの項目で溶出量が少なかったことから図示せず、ほう素及びふっ素はpH2.5及びpH12の結果を、ひ素はpH12の結果を、そして鉛はpH2.5の結果を示した。

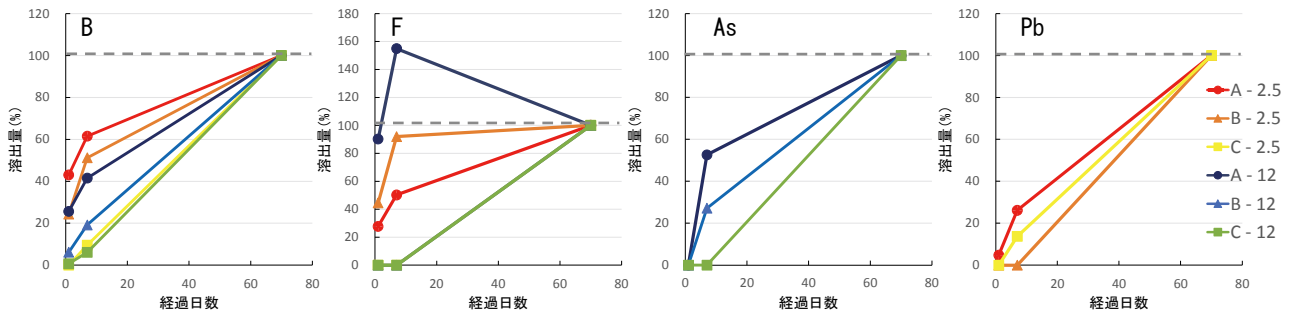


図6 累積溶出量の経時変化（建設汚泥）

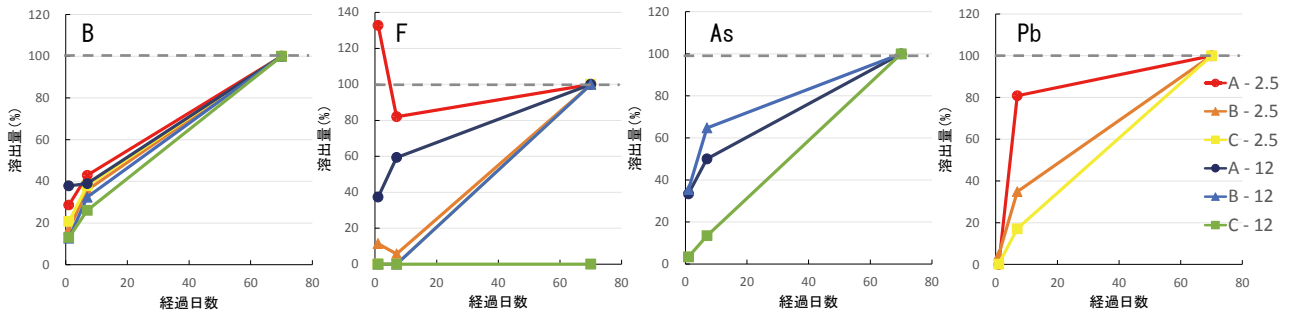


図7 累積溶出量の経時変化（燃え殻）

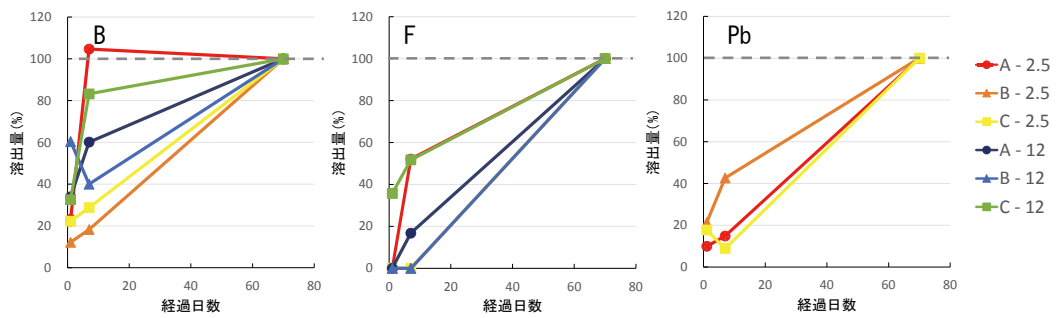


図8 累積溶出量の経時変化（鉱さい）

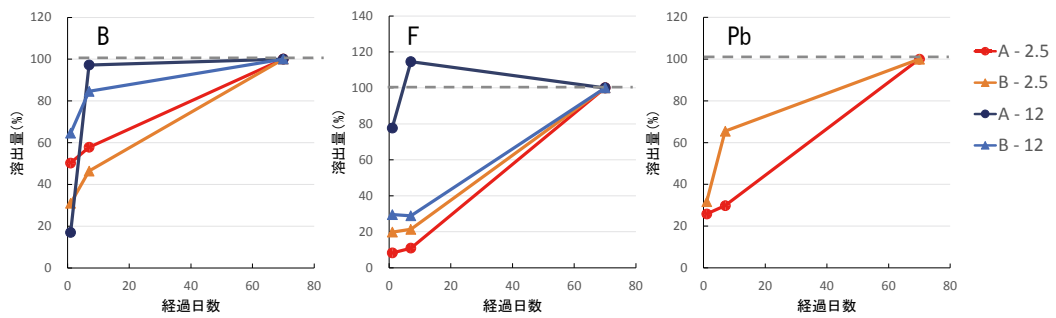


図9 累積溶出量の経時変化（廃石膏）

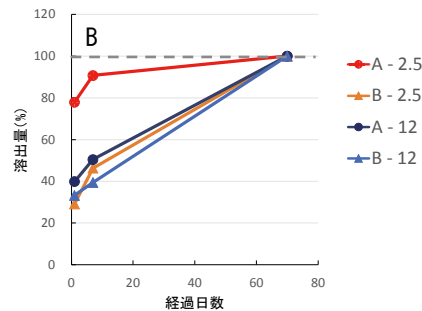


図10 累積溶出量の経時変化（木くず）

建設汚泥について、ほう素、ふっ素、ひ素及び鉛の経時変化を図 6 に示す。溶出増加量が検体によってばらつきはあるが、建設汚泥 A の 1 週間後までの溶出量がいずれの有害物質でも多かった。ほう素では、累積溶出量が多かった pH12 に着目すると、平均で 1 日後のフラクションで約 10%、1 週間後のフラクションで約 22%の溶出が見られた。また、ふっ素の pH2.5 では、平均で 1 日後のフラクションで約 24%、1 週間後のフラクションで約 47%の溶出が見られた。ただし、建設汚泥 C では 1 週間後までのフラクションで、それぞれ溶出がなかった。全体的に、溶出量が少ないと、溶出量が 0%で推移したり、溶出量が増減する現象が見られたことから、ある程度、試料への吸着が起こっていると考えられる。ひ素及び鉛については、初期の溶出量がほとんどなく、1 週間後及び 10 週間後のフラクションでの溶出が多かった。したがって、今後も長期的に溶出する可能性がある。

燃え殻についても、ほう素、ふっ素、ひ素及び鉛の経時変化を図 7 に示す。ふっ素を除いて検体ごとのばらつきが小さく、ほとんどの有害物質について初期からの溶出が認められた。ほう素については平均で 1 日後のフラクションで約 21%、1 週間後のフラクションで約 35%の溶出が見られた。ふっ素ではばらつきが大きく、pH2.5 でもっとも溶出量が多かった燃え殻 A の検体では、初期の溶出量が最も多いという結果になった。ひ素についても初期に 20%程度の溶出があり、その後増加する傾向が見られた一方、鉛の初期溶出量は少なかった。

鉱さいについて、ほう素、ふっ素及び鉛の経時変化を図 8 に示す。ほう素で溶出量が多かった pH12 に着目すると、初期で平均約 42%の溶出がすでにあり、1 週間後までのフラクションで約 61%に達していた。一方、ふっ素及び鉛の初期の溶出量は少なく、項目によって大きな差が見られた。

廃石膏について、ほう素、ふっ素及び鉛の経時変化を図 9 に示す。ひ素及びカドミウムの溶出も見られたが、ひ素は、累積溶出量が少なく、一貫した増加傾向が見られなかったため、図示していない。なお、カドミウムについて、図 9 には示さないが、1 週間後まで溶出は見られず、1 週間後から 10 週間後までのフラクションですべての溶出があった。鉱さいと同様にほう素の 1 週間後までの溶出量が多く、鉛については 1 週間後までに平均 50%程度溶出していた。ふっ素について、溶出量が多かった pH2.5 に着目すると、1 日後のフラク

ションで約 14%の溶出が見られ、1 週間後まで横ばいとなった。その後、10 週間後までのフラクションで大部分が溶出していた。

木くずについて、ほう素の経時変化のみ図 10 に示す。中性付近でふっ素の溶出も見られたが、廃石膏でのカドミウムと同様に、1 週間後から 10 週間後までのフラクションですべて溶出していた（図示はしていない）。ほう素については、pH2.5 の木くず A では 1 日後に約 80%の溶出が見られたのに対し、それ以外では、1 日後のフラクションで 35%程度、1 週間後までで 10%程度増加した。

いずれの再生品についても、ほう素及びふっ素は初期の溶出量が比較的多いことが明らかになったことから、極端に酸性側、アルカリ性側で再生品を使用する場合には、初期においてこれらの溶出に注意する必要があると推察される。ただし、どの有害物質でも 1 週間後から 10 週間後までのフラクションで溶出が多く確認されていることから、使用期間中、長期的に各有害物質が溶出する可能性がある。松本らは、一般廃棄物溶融スラグを用いて 2 段バッチ試験を実施した場合には、ふっ素は長期での溶出が増加することを報告している<sup>5)</sup>。しかし、浄水汚泥の試験ではひ素は 5 週間後までに溶出量がほぼ最大になっている<sup>9)</sup> ことから、10 週間後までの間に平衡に達している可能性もあり、今後の検討が必要である。

#### 4 ま と め

本研究では、建設汚泥、燃え殻、鉱さい、廃石膏及び木くずの再生品について、様々な環境を想定した長期的なバッチ試験を行い、有害物質の溶出特性を把握した。今回の試験に用いた再生品について、肥料や土壌改良材等として一般的に使用されると考えられる pH 範囲（試験では pH4、pH7 や pH9）では有害物質の溶出量は少なく、土壌溶出試験との結果とも概ね一致していたことから、要綱に基づいた試験により環境安全性は確認できると考えられる。しかし、一般的な環境条件ではない強酸性や強アルカリ性の過酷な状況に長期間晒されることがあると、再生品によって異なるが、一部の有害物質の溶出量が増加する結果が得られた。

多くの再生品で、強酸性側の条件下では、有害物質としてふっ素及び鉛の溶出量が多く、強アルカリ性側の条件下では、ほう素及びひ素の溶出量が多くなるという結果が得られた。

また、ほう素及びふっ素は 1 日後から溶出量が比較的多く、初期に溶出して、その後も長期的に溶出する傾向を示した。一方、鉛では 1 週間後から 10 週間後にかけて多く溶出しやすい傾向が認められた。

再生品の種類によって有害物質の溶出特性が異なるため、それぞれの再生品の特性を実際に使用する前によく把握しておくことが必要になると考えられる。

学会誌, 7(5), 410-421 (1996)

- 14) 井上雄三：廃石膏ボードの再利用技術システムの構築に関する研究, 平成 22 年度循環型社会形成 推進科学研究費補助金総合研究報告書 (2010)
- 15) 遠藤和人：廃石膏ボードリサイクルの品質管理の在り方と社会実装, 平成 29 年度～平成 30 年度環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 (2019)

## 文 献

- 1) 愛知県環境局：令和元年度産業廃棄物処理状況等調査 (2021)
- 2) 三重県フェロシルト問題検討委員会：フェロシルト問題に関する検討調査最終報告書 (2015)
- 3) 愛知県環境部：再生資源の適正な活用に関する要綱 (2008)
- 4) 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, 365-387, 一般社団法人廃棄物資源循環学会 (2015)
- 5) 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証, 熊本県保健環境科学研究所所報, 36, 77-83 (2006)
- 6) 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)
- 7) 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 年度愛知県環境調査センター研究発表会 (2018. 1)
- 8) 大里 賢, 宮脇健太郎：不燃破碎残渣の長期溶出傾向 (シリアルバッチ試験), 第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 595-596 (2010)
- 9) 森本正俊, 加藤景子, 水野 勝：廃棄物の溶出特性, 愛知県環境調査センター所報, 47, 1-8 (2019)
- 10) 森下一行, 野田珠生, 岩田杉夫, 鈴木恵美子：蛍光 X 線分析法による再生品等のスクリーニング分析の検討, 愛知県環境調査センター所報, 42, 35-39 (2014)
- 11) 水野 勝, 坂井田稔：再生品の溶出特性に関する研究 (第 2 報), 愛知県環境調査センター所報, 47, 35-41 (2019)
- 12) 一般社団法人産業環境管理協会：新・公害防止の技術と法規 (水質編, 技術編), 247 (2018)
- 13) 貴田晶子, 野馬幸生：廃棄物の溶出特性, 廃棄物