

## 長期液浸試験による再生品に含まれる有害物質等の溶出

森本 正俊 加藤 景子 水野 勝

浄水汚泥の再生品を用いて、様々な pH 条件で 10 週間の長期的な液浸試験を実施し、有害物質や金属類の溶出量を調査した。有害物質については、ほう素、ふっ素及びひ素の溶出が確認され、ほう素及びひ素についてはアルカリ性側で特に溶出し、ふっ素については、酸性側とアルカリ性側で溶出が確認された。アルカリ性側で溶出した場合には、初期の溶出量が比較的多く、その後、再生品の pH 緩衝作用が消失するまで溶出し続ける可能性が示唆された。一方、酸性側で溶出した場合には、初期にはほとんど溶出せず、その後 10 週間後まで溶出量は増加し続けた。金属類については、アルミニウム、マンガン、鉄及び亜鉛の溶出が確認されたが、物質によって、溶出量の経時変化は異なる傾向を示した。

10 週間後までの累積溶出量と環境最大溶出可能量との比較では、ふっ素やアルミニウム、鉄は、同程度の溶出量となったが、ほう素やひ素、マンガンについては長期間の累積溶出量の方が多くなる結果となった。したがって、再生品の種類によっては、長期的な溶出量の把握が必要になってくることが示唆された。

キーワード 再生品, 浄水汚泥, 溶出試験, 有害物質

### 1 はじめに

循環型社会の構築のためには最終処分される廃棄物の量を減らすことが重要であり、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。浄水場から発生する汚泥（浄水汚泥）は園芸用土として活用されることが多く、鉄鋼スラグは埋戻し材として利用されている。しかし、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>1)</sup>も発生している。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方法がないため、現状では土壤汚染対策法の土壤環境基準（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）や土壤汚染含有量基準（土壤含有量調査に係る測定方法を定める件、2003年3月6日、環境省告示第19号）が準用されていることが多い。なお、土壤環境基準（溶出量）については、土壤から地下水に有害物質が溶出し、その地下水を摂取することによる健康被害を防止する観点から、土壤汚染含有量基準については、土壤を直接摂取することによる健康被害を防止する観点からそれぞれ設定されている。

しかし、これらの基準は、環境安全品質の観点から

は十分な機能を発揮すると考えられるものの、再生品が使用される様々な環境条件や使用期間に対する環境影響の評価については十分ではないと考えられる。

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おり<sup>2)</sup>、その中でも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た試験方法が示されている。これまでに、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なされており<sup>3) - 6)</sup>、当センターでも、浄水汚泥の再生品について環境最大溶出可能量試験を実施し、これまでにその結果を報告している<sup>7) 8)</sup>。

環境最大溶出可能量試験では、酸系列（pH4）とアルカリ系列（pH12）に試料を数時間液浸及び攪拌して検液を得るが、環境中ではより長期間、様々なpHに再生品等が晒される場合もあり、その間に再生品等の性状が変化し、溶出特性が変化する可能性が考えられる。長期的な溶出特性を確認する方法として、カラム通水試験など様々な試験方法による報告<sup>9) 10)</sup>はあるが、試験期間としては約30日である。試料を溶液に浸し、攪拌することで溶出させる液浸試験では、廃棄物について最長60日間、試験を行った報告<sup>11)</sup>があるが、再生品については長期的に行われた報告は少ない。

そこで、本研究では再生品からの有害物質等の溶出

について、10週間の比較的長期での液浸試験を行い、様々なpHにおける有害物質等の溶出特性を調査した。今回はその中で、再生品として浄水汚泥に着目し、長期液浸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

再生品の浄水汚泥については、2016年に3箇所の事業場から採取したものを使用した（以下、A、B、Cとする）。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、各有害物質の濃度は、土壌環境基準（溶出量）及び土壌汚染含有量基準未満であった（表1）。

試料は、採取後1週間程度風乾し、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。試料は、はじめに破碎した後に2mmのふるいを通し、試料20gに対して蒸留水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>7)8)</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。設定するpHについては、pH4、5、7、9、12（試料Aについては、pH2.5も設定）の5または6段階とし、それぞれ1N塩酸または1N水酸化ナトリウム溶液を設定したpH±0.1になるように滴下した。液浸期間は10週間とし、室温で静置させて保管した。液浸期間中、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。上述の試験について、2018年には試料Aは7月24日から、試料Bは7月10日から、試料Cは7月3日からそれぞれ実施し、さらに、2019年には溶出量の経時変化をより詳細に把握するために、試料Aについて5月8日から再度試験を実施した。

2018年に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待ってから500mLずつ溶液を分取し、検液とした。なお、検液はメンブレンフィルター（ADVANTEC製、25CS020AN）でろ過した。溶液を分取後、500mLの蒸留水を追加し、前述のとおりpH調整を行った。

2019年に試験を実施した試料について、pH調整については2018年と同様に行い、検液については1日後、1週間後から毎週、20mLずつ溶液を分取した。なお、検液を分取してから、蒸留水の追加は行っていない。

### 2.2 分析方法

分析項目については、今回用いた試料で過去に実施された環境最大溶出可能量試験<sup>8)</sup>の結果から、溶出の可能性のある有害物質及びその他金属類を対象とした。すなわち、有害物質としてほう素、ふっ素、ひ素、カドミウム及び鉛の5項目を、その他金属類としてアルミニウム、マンガン、鉄、銅及び亜鉛の5項目を分析項目とした。

分析方法は、工場排水試験方法JIS K 0102（2016）に示されている方法に従い、カドミウム、鉛、その他金属類及びほう素は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Z-2300）、ふっ素は吸光光度計（島津製作所製AV-2550）を用いた。分析結果について、検液の分取及び蒸留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、次の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、累積の溶出量については、1日後の溶出量にその後の試験結果から算出した溶出量の増加分の和から算

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)	A	6.5	<0.02	<0.08	<0.01	<0.005	<0.002	<0.001	<0.0005	<0.005
	B	6.4	<0.02	<0.08	<0.01	<0.005	<0.002	<0.001	<0.0005	<0.005
	C	7.8	<0.02	0.10	<0.01	<0.005	<0.002	<0.001	<0.0005	<0.005
基準値	—	—	1	0.8	0.05	0.01	0.01	0.01	0.0005	0.01
含有試験 (mg/kg)	A	—	<20	840	<2.0	52	<0.5	<0.5	0.06	15
	B	—	<20	670	<2.0	42	<0.5	<0.5	0.03	17
	C	—	<20	490	<2.0	19	<0.5	<0.5	<0.02	20
基準値	—	—	4000	4000	250	150	150	150	15	150

出した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 pH 及び電気伝導率 (2018 年の結果)

再生品をそれぞれ設定した pH に液浸してから毎週測定した pH について、どの試料も同様の経時変化を示した。再生品 A について、pH 調整を行う前の pH の経時変化を図 1 に示す。

設定値 pH12 では、時間が経過してもほとんど変化がなかったが、設定値 pH2.5 及び pH9 については、試験開始初期には設定した pH から大きくずれており、その後徐々に設定した pH に近づくという経時的な変化を示した。土壌では pH 緩衝作用があることが知られている<sup>12)</sup> ように、今回用いた試料でも、強アルカリ性を除いて、pH2.5 から pH9 程度であれば、一時的にその条件に晒されても急激に pH が変化しない、ある程度の緩衝作用があることが示唆された。

pH 調整前の電気伝導率及び酸溶液・アルカリ溶液添加量を図 2 に示す。なお、pH と同様に再生品 A, B 及び C で同様の傾向を示したため、ここでは再生品 A について示す。電気伝導率は、1 週間後または 2 週間後にかけて減少し、その後増加する傾向を示した。10 週間後の電気伝導率は、最も高い pH12 で 440mS/m、最も低い pH5.5 で 7.7mS/m であった(再生品 B についてはそれぞれ 510mS/m, 10mS/m, 再生品 C についてはそれぞれ 490mS/m, 10mS/m)。一般的に、酸溶液またはアルカリ溶液を添加すると電気伝導率が増加していくと考えられるが、今回の結果では一時的な増減が見られたことから、再生品への何等かのイオンの吸着や溶出が繰り返していることが示唆された。一方、酸溶液・アルカリ溶液の添加量を見ると、pH12 を除いて、10 週

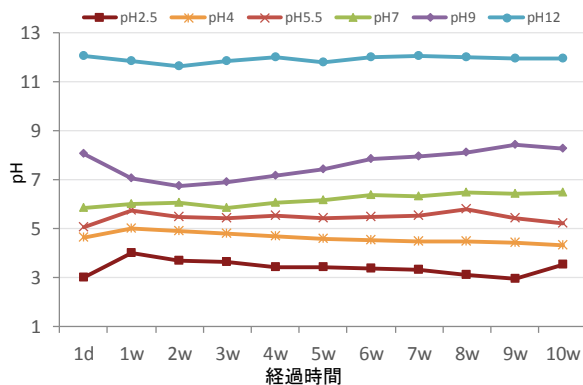


図 1 pH の経時変化 (再生品 A)

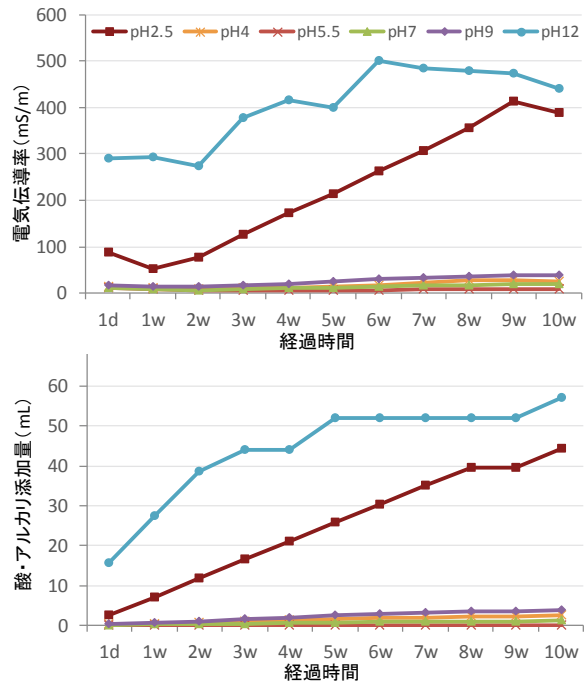


図 2 電気伝導率及び酸・アルカリ添加量 (再生品 A)

間後まで添加量は増加した。pH12 については、5 週間後までの添加量は多かったが、その後、アルカリ溶液を添加する回数は少なくなった。pH12 では、pH に大きな変化が見られなかったものの、5 週間程度で pH 調整が不要になったことから、その時点で再生品の浄水汚泥による緩衝作用が消失した可能性が考えられる。

#### 3.2 再生品からの各物質の溶出量 (2018 年の結果)

液浸試験を開始してから時間が経過するにつれて、pH2.5 から pH9 では溶出液の色に変化がなかったが、pH12 では溶出液の色が徐々に褐色になっていった。2018 年度における液浸開始から 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 でも時間経過とともに、物質の濃度が概ね増加しており、10 週間後に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、その他金属類等の濃度を表 2 に示す。

##### 3.2.1 有害物質の溶出量

表 2 において、カドミウムはどの pH においても定量下限値未満であったが、それ以外の物質は定量下限値以上で検出される場合があった。pH5.5, pH7 及び pH9 においては、どの物質の濃度も比較的低かったが、酸性側 (pH2.5, pH4) またはアルカリ性側 (pH12) で濃度が高くなる傾向があった。酸性側でのみ濃度が高く

表 2 各再生品の有害物質，その他金属類等の濃度（10 週間後）

（単位：mg/L）

分析検体	有害物質	金属類等									
		B	F	A s	C d	P b	A l	M n	F e	C u	Z n
pH2.5	A	0.05	5.8	<0.005	<0.001	0.02	342	8.8	3.8	0.02	0.13
pH4	A	0.05	0.49	<0.005	<0.001	<0.005	11	1.2	0.11	<0.01	0.02
	B	<0.02	0.74	<0.005	<0.001	<0.005	13	3.3	0.04	<0.01	0.02
	C	0.02	0.62	<0.005	<0.001	<0.005	20	3.2	0.13	<0.01	0.01
pH5.5	A	<0.02	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005	0.02	0.82	<0.01	<0.01	0.01
	B	<0.02	<0.08	<0.005	<0.001	0.03	0.02	2.8	<0.01	<0.01	0.01
	C	<0.02	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005	0.01	0.74	<0.01	<0.01	0.01
pH7	A	<0.02	0.22	<0.005	<0.001	<0.005	0.05	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
	B	<0.02	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005	0.02	0.50	<0.01	<0.01	<0.01
	C	<0.02	<0.08	<0.005	<0.001	<0.005	0.02	0.08	<0.01	<0.01	<0.01
pH9	A	0.02	0.44	<0.005	<0.001	<0.005	0.27	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	B	0.03	<0.08	<0.005	<0.001	0.01	0.74	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	C	0.03	0.44	<0.005	<0.001	<0.005	0.85	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
pH12	A	0.70	5.5	0.54	<0.001	0.02	372	0.15	0.44	0.15	0.02
	B	0.92	7.0	0.76	<0.001	0.02	448	0.04	0.82	0.12	0.02
	C	1.1	3.6	0.60	<0.001	0.04	371	0.06	0.99	0.14	0.02
溶出基準値		1	0.8	0.01	0.01	0.01	—	—	—	—	—
定量下限値		0.02	0.08	0.005	0.001	0.005	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

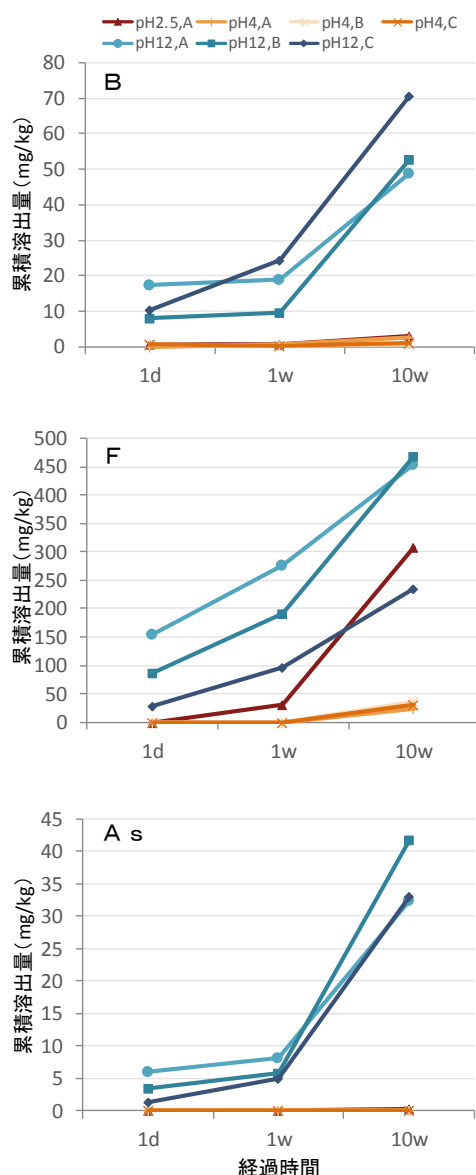


図 3 ほう素 (B)，ふっ素 (F) 及びひ素 (As) 累積溶出量の経時変化

なる有害物質はなかったが，アルカリ性側でのみ特に濃度が高かった物質は，ほう素，ひ素であった。また，酸性側とアルカリ性側の両方で濃度が高かった物質は，ふっ素であった。鉛については酸性側とアルカリ性側で比較的高い値となっているが，pH5.5でも濃度が高くなる場合があるため，一貫した傾向はみられなかった。

有害物質について土壌環境基準（溶出量）を比較すると，ほう素及びカドミウムではほとんど基準値未満となっているのに対し，鉛では最大約 4 倍，ふっ素では最大約 9 倍，ひ素では最大約 76 倍の濃度となった。なお，表 1 には示していないが，1 日後の溶出液では，pH2.5 から pH9 では基準値を超過する項目はなかったが，pH12 では 1 日後からふっ素，ひ素及び鉛が基準値を超過する場合があります，最大値はそれぞれ，3.1mg/L，0.11mg/L，0.03mg/L であった。

再生品 A，B 及び C について溶出液の濃度から換算したほう素，ふっ素及びひ素の累積溶出量の経時変化を図 3 に示す。なお，pH5.5 から pH9 については，溶出量が比較的低かったため，図示していない。各物質ともに pH4 では，経時的に溶出は確認できたものの pH12 に比べて溶出量は多くなかった。pH12 では，1 日後の溶出量が多く，その後も時間経過とともに増加した。ほう素及びひ素は 1 日後の溶出量に比べて，1 週間後までの溶出量は少なかったが，ふっ素は 1 日後の溶出量とほとんど同じ量が 1 週間後にかけて溶出した。また，再生品 A については，pH2.5 においてふっ素は 1 日後ではほとんど溶出していなかったが，1 週間後から 10 週間後にかけて溶出し，最終的には pH12 と同程度の溶出量となった。

土壌含有量調査の結果(表1)とは試験方法の考え方や溶出させる酸濃度等が異なるため、単純な比較はできないが、その再生品の潜在的な含有量として捉えると、今回の試験結果(溶出量)は、ほう素を除いて同程度であったと考えられる。カドミウムについては含有量自体が低かったと考えられるが、鉛については、より酸性側で溶出しやすい<sup>16)</sup>ため、1N塩酸で溶出させる土壌含有量調査と差が生じたと考えられる。

有害物質については、アルカリ性側での溶出量が比較的多く、1日晒されても土壌環境基準(溶出量)を超過する場面があることも確認されたことから、特にアルカリ性側で使用される場合には注意が必要であるとされる。ひ素はアルカリ性になると可溶性塩になって溶出することが知られており<sup>13)</sup>、アルカリ性の土壌でひ素汚染が確認されている事例<sup>14)</sup>もある。ふっ素については、酸性側で使用される場合には、初期の溶出量は少なくとも持続的に溶出が起る可能性がある。松本ら<sup>6)</sup>によると、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示唆している。浄水汚泥については、中性領域ではふっ素やひ素を吸着し、アルカリ性では脱着することが確認されている<sup>15)</sup>が、使用される条件によってはより継続的に溶出してくる可能性がある。

### 3.2.2 その他金属類等の溶出量

表2において、その他金属類で濃度が最も高くなったのはアルミニウムであり、特に酸性側とアルカリ性側で顕著であった。pH2.5の条件で試験を実施したのは再生品Aのみであるが、強酸性側で特に濃度が高かった物質は、マンガン、鉄及び亜鉛であり、アルミニウムに次いでマンガン、鉄の順で濃度が高かった。なお、アルミニウム及びマンガンについては、pH4においてすべての再生品である程度の溶出が確認された。一方、アルカリ性側でのみ濃度が高かった物質は銅であるが、アルミニウムや鉄と比較すると低濃度であった。10週間後の濃度が高かったアルミニウム、マンガン及び鉄について、濃度から換算した各物質の溶出量の経時変化を図4に示す。なお、ここでも有害物質と同様に、溶出量が比較的多かったpH2.5(再生品Aのみ)、pH4、pH12の結果を示す。アルミニウムは有害物質であるふっ素と同様の傾向を示し、pH12で1日後の溶出量が多く、10週間後まで溶出量が増加した。マンガン及び鉄は、有害物質とは異なる傾向を示し、マンガンでは、

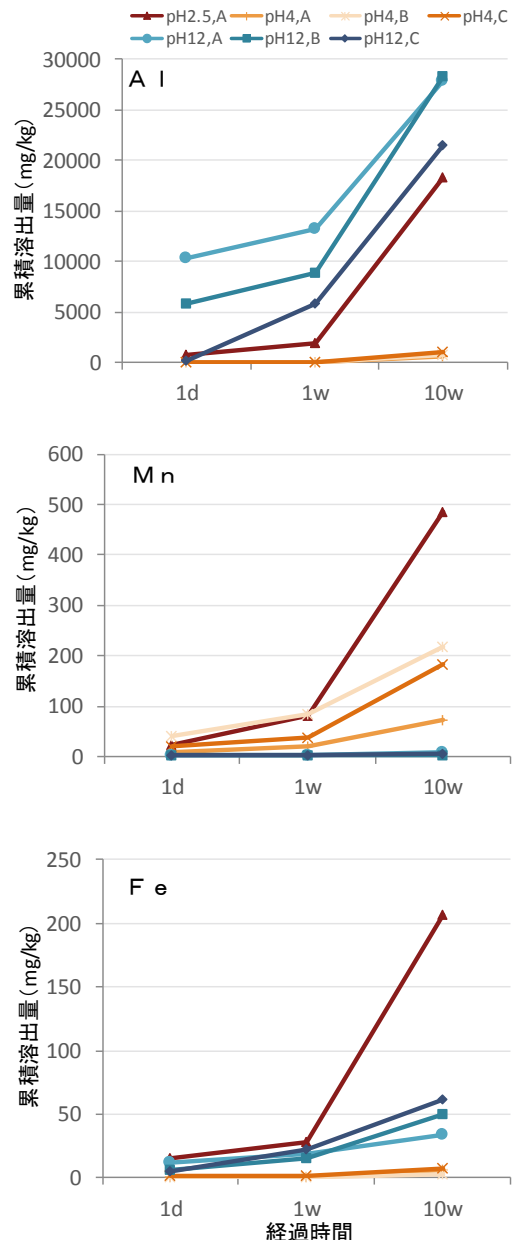


図4 アルミニウム (Al)、マンガン (Mn) 及び鉄 (Fe) 累積溶出量の経時変化

pH12では溶出量は少なく、pH4では1日後の溶出量は多くないものの、その後徐々に溶出していき、10週間後まで溶出量が増加した。鉄については、pH4、pH12ともに初期の溶出量が少なく、その後pH12で溶出量が増加したが、図3で示した有害物質ほどpH4との差は大きくなかった。再生品Aで実施したpH2.5では、アルミニウムは、1日後から1週間後ではほとんど溶出しなかったが、1週間後から10週間後にかけて溶出量の増加が大きかった。また、マンガンではpH4よりも溶出量が多くなり、鉄ではpH12よりも多くなった。鉄ではpH2.5、pH12、pH4の順で溶出量が多くなるという、他

の物質とは異なる傾向を示した。

アルミニウムについては、浄水を処理する際に凝集沈殿材として使用されることから、今回の試験に用いた浄水汚泥の再生品には豊富に含まれていると考えられる。また、アルミニウムは両性金属であるため、酸性側、アルカリ性側ともに溶出しやすく、今回の結果とも一致する。亜鉛も両性金属であるため、同様の傾向が見られるが、含有量が比較的少なかったため、顕著な差が生じなかったと考えられる。また、一般的に金属類は酸性側で溶出しやすい<sup>16)</sup>ため、マンガン及び鉄が pH2.5 で溶出量が多かったことと一致する。ただし、マンガンは pH4 でもある程度溶出が確認されたが、鉄では pH4 よりも pH12 の方がより多く溶出するなど、物質によってその傾向が異なることが明らかとなった。

### 3.3 1週間ごとの有害物質、その他金属類の溶出量

(2019年の結果)

2018年の試験では、1週間後から10週間後にかけて溶出量が増加し続ける物質が多く確認されたことから、2019年には補足的に、再生品Aについて、ひ素及びその他金属類について毎週分析を実施し、何週間後まで溶出量が増加するのか、溶出量が特に多くなる期間があるかを確認した。

ひ素の溶出量とアルカリ添加量との関係を図5に示す。ひ素の累積溶出量は最大26mg/kgであり、累積アルカリ添加量は50mLであったことから、2018年の試験と概ね同等の結果が得られていると考えられる。ひ素の溶出量は5週間後まで増加し続けており、初期溶出量よりも4週間後から5週間後にかけての溶出量の方が多かった。5週間後以降はほとんど溶出量が増加していないことから、この期間までに、再生品中のひ素の

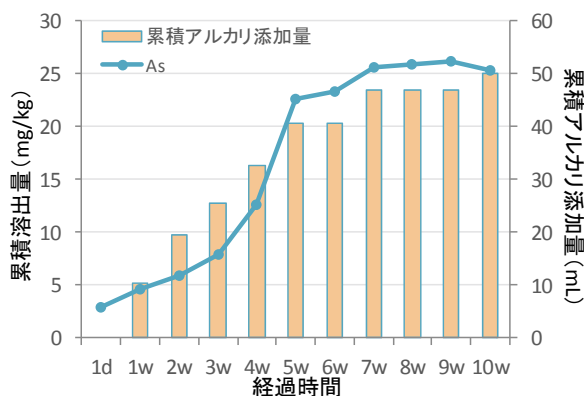


図5 ひ素 (As) の累積溶出量と累積アルカリ添加量の経時変化

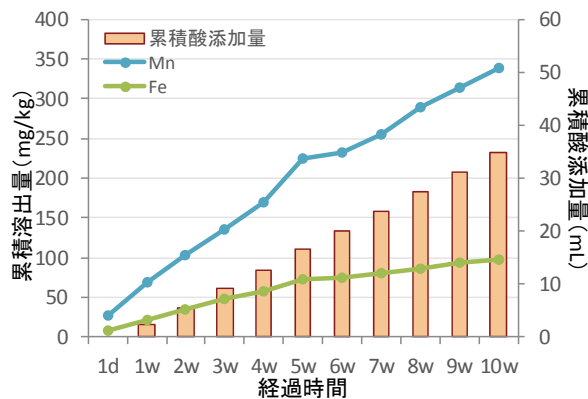


図6 マンガン (Mn) 及び鉄 (Fe) の累積溶出量と累積酸添加量の経時変化

含量のうち、可溶性のものがほとんど溶出したと考えられる。累積アルカリ添加量は5週間後まで増加し、ほぼ一定になったことから、ひ素の溶出量の増加は、アルカリ添加量と概ね対応していた。これは、pH緩衝作用の消失とひ素の溶出が収まる時期が同じことを示唆している。水野らは<sup>7)</sup>浄水汚泥の分解による有害物質の溶出を示唆しており、今回の試験でも5週間後まで汚泥の分解が起こった可能性がある。

その他金属類として、マンガン及び鉄と酸添加量との関係を図6に示す。マンガン及び鉄の累積溶出量は、それぞれ340mg/kg、97mg/kgであり、2018年の結果よりも低い値となったが、増加の傾向に変化はなかった。マンガンと鉄ともに、溶出量は酸溶液の添加とともに増加しており、10週間後まで、増加量はほぼ一定であった。したがって、酸溶液をさらに添加していけば、まだ溶出量が増加する可能性が示唆された。

今回の試験で長期の液浸試験を実施したことにより、例えばひ素については10週間後までに溶出量が飽和することが推測された。強酸性で溶出するマンガンや鉄については10週間後も溶出量が増加すると考えられるが、10週間後の時点での累積溶出量が、廃棄物資源循環学会が提案する環境最大溶出可能量と対応しているかを確認するため、2017年に実施された環境最大溶出可能量試験の結果<sup>7)8)</sup>との比率を算出した(図7)。なお、ここでも比較的溶出量が多かった、ほう素、ふっ素、ひ素、アルミニウム、マンガン及び鉄の結果を示し、環境最大溶出可能量試験で溶出量が最も多かったpH条件、つまり、マンガンについてはpH4で、それ以外の物質についてはpH12における溶出量で整理した。

ふっ素及びアルミニウムについては累積溶出量と環境最大溶出可能量は概ね同程度であることから、短期



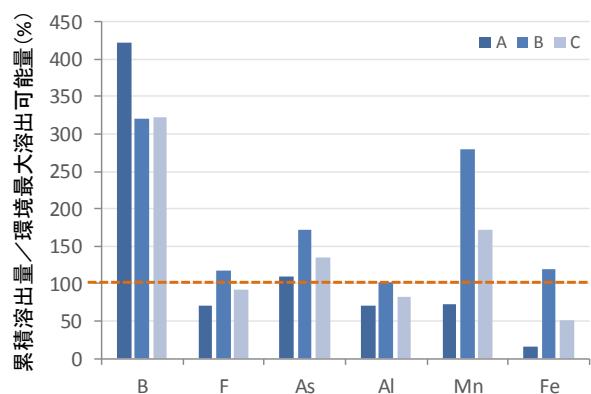


図7 累積溶出量と環境最大溶出可能量の比率

間で実施できる環境最大溶出可能量試験で環境への溶出量を把握できると考えられる。また、鉄の累積溶出量は、再生品によって傾向は異なっていたが、環境最大溶出可能量と同程度または少なかった。しかし、ほう素、ひ素及びマンガンについては、環境最大溶出可能量よりも多くなる傾向があり、環境への溶出量を過小評価する可能性が示唆された。したがって、再生品の種類によっては、より長期的に有害物質等の溶出量を把握する必要があると考えられる。

#### 4 ま と め

今回の試験に用いた浄水汚泥の再生品について、一般的に使用されると考える pH 範囲（試験では pH5.5, pH7 や pH9）では有害物質の溶出はほとんど起こらなかった。しかし、強酸性や強アルカリ性の過酷な環境に長期間晒されることがあると、一部の有害物質やその他金属類の溶出量が増加する結果となった。

酸性側の条件では、有害物質としてはふっ素、その他金属類ではアルミニウム、マンガン及び鉄の溶出量が多かった。なお、ふっ素については、初期の溶出量は少ないものの、その後、長期間同じような酸性条件に晒されることによって、継続的に溶出していくことが確認された。

一方、アルカリ性側の条件では、有害物質としてはほう素、ふっ素及びひ素、その他金属類としてはアルミニウムの溶出が多かった。ひ素については、再生品の pH 緩衝作用が消失する 5 週間程度まで続くことが明らかとなった。長期間強アルカリ性に晒された場合には、有害物質については環境最大溶出可能量よりも多い溶出量となったため、再生品が使用される pH 条件や期間については注意が必要になるだろう。

今回は、3 検体の再生品を用いたが、有害物質のそもそもの含有量の違いによって、溶出量が異なってくると考えられる。また、今回の試験ではサンプル数が少なく、比較対象となる無処理の場合について試験しなかったため、真の溶出量を求めるまでには至らず、精度の誤差もある程度大きかったと考えられる。さらに、溶出量は溶液の温度にも影響されるため、そのような課題について、今後検討していく必要がある。今回の試験では再生品として浄水汚泥を用いたが、再生品は浄水汚泥だけではなく、建設汚泥や鉱さい等多種多様であるため、その長期的な環境への影響を把握していくことが望まれる。

#### 文 献

- 1) 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）
- 2) 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）
- 3) 中村公正，森下敏朗，岩佐美紀子，立山 諒，富山幸子，関戸知緒：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) 門木秀幸，増川正敏：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）
- 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証，熊本県保健環境科学研究所所報，36，77-83（2006）
- 7) 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）
- 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 年度愛知県環境調査センター研究発表会（2018.1）
- 9) 門木秀幸，貴田晶子，細井由彦：ガラス系再生材からの重金属類の溶出特性と地下水への影響評価，廃棄物資源循環学会論文誌，20(1)，24-38（2009）

- 10) 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)
- 11) 中野 楓, 日下部凌佑, 大河内由美子, 稲葉一穂: 長時間浸漬による家電製品からの各種金属元素の溶出と公定法との比較, 第 53 回日本水環境学会講演集, 575 (2019)
- 12) 佐藤 努, 野澤笑子, 西田崇人: 土壌の pH 緩衝作用とそのモデリング, 土壌の物理性, **138**, 21-26 (2018)
- 13) 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)
- 14) 尾崎哲二, 岡田亮介, 笠水上光博, 田中信夫, 石原成巳: 自然土壌からの鉛, 砒素およびセレンの溶出事例について, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集, 585-586 (2002)
- 15) 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 年度愛知県環境調査センター研究発表会 (2018. 1)
- 16) 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)