

ノート

## 再生品の環境安全性に関する調査研究 —改良土・再生土—

近藤笑加, 山川雅弘, 今村一貴\*, 柘植 亮, 森 理佳, 矢野真弓, 石田健太\*\*

Research on the environmental safety of improved soil and recycled soil

Emika KONDO, Masahiro YAMAKAWA, Kazutaka IMAMURA\*, Ryo TSUGE,  
Rika MORI, Mayumi YANO, Kenta ISHIDA\*\*

建設汚泥等の産業廃棄物に固化材を添加して製造された改良土・再生土の安全性に関する現状確認のため、三重県内の産業廃棄物中間処理業者6者に製造に関する管理体制のヒアリング調査を実施した。あわせて、処理を受託した産業廃棄物や原材料、固化材等の改良土・再生土の製造に使用するすべてと、製造した改良土・再生土、計22試料を採取し、土壌溶出量試験、環境最大溶出可能量試験等を実施した。

ヒアリング調査の結果、調査を実施した事業者6者すべてが土壌の汚染に係る環境基準値を改良土・再生土の自主管理基準値として設定し、改良土・再生土の安全性を確認していた。また事業者3者は産業廃棄物の受入時に自主検査を実施していた。

土壌溶出量試験の結果、改良土・再生土は土壌の汚染に係る環境基準を満たしていたが、一部の固化材は鉛と六価クロムの土壌の汚染に係る環境基準を超過した。土壌含有量試験の結果、多くの試料で鉛が検出されたものの、土壌含有量基準を満たしていた。環境最大溶出可能量試験の結果、土壌溶出量試験と土壌含有量試験において検出されなかったカドミウムが、酸性環境下で溶出する可能性があることが判明した。

キーワード：改良土, 再生土, 建設汚泥, 固化材, 環境安全性, 製造管理体制

### はじめに

産業廃棄物中間処理業者が産業廃棄物を処理して製造した再生品は現在市場で流通し、一般環境中で広く利用されている。そのため、再生品は生活環境保全上の支障を生じないような安全性（以下、「環境安全性」という<sup>1)</sup>）を有する必要がある。特に、土壌と接触または混合して利用する再生品は、施用後は土壌と一体とみなすことから、土壌の汚染に係る環境基準（以下、「土壌環境基準」とする。）を満たす必要がある。しかし、再生品の環境安全性を確認するための試験方法や頻度等は廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和四十五年法律第百三十七号）で一律に規定されず、産業廃棄物中間処理業者が独自で定めた試験

を実施しており、一般に流通している再生品の安全性が確保されているとは限らない。そこで、再生品の環境安全性に関する現状確認のため、再生品の種類ごとに調査を実施する計画を策定し、当調査研究事業を令和4年度から実施することとした。

調査の内容は大きく分けて2つあり、1つは産業廃棄物中間処理業者に対して再生品製造に関する管理体制を聞き取るヒアリング調査である。もう1つは、産業廃棄物中間処理業者が製造した再生品および処理を受託した産業廃棄物や原材料、資材等の再生品製造に使用するすべてを対象として実施する土壌溶出量試験等の環境安全性試験である。

\* 三重県環境生活部環境共生局地球温暖化対策課

\*\* 三重県鈴鹿地域防災総合事務所

本報では、建設汚泥等の産業廃棄物に固化材を添加して製造した改良土・再生土を調査対象とし、三重県内の産業廃棄物中間処理業者に対して調査をした結果を報告する。

## 方法

### 1. 調査対象事業者

建設汚泥や浄水汚泥、無機性の工場発生汚泥等の産業廃棄物（以下、「再生資源」という。）を処理して改良土・再生土を製造している三重県内の産業廃棄物中間処理業者のうち調査の協力を得られた6者に対して調査を実施した。

### 2. 製造管理体制のヒアリング調査

改良土・再生土の製造に関する管理体制について、ヒアリング調査を実施した。ヒアリングの内容を図1に示す。内容は、公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団が再生品の有価物該当性に係る審査認証業務のために定める「建設汚泥再生品等の有価物該当性に係る審査認証業務に関する実施要領」<sup>2)</sup>を参考にした。

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 事業者情報</li> <li>2. 再生品情報</li> <li>3. 再生品管理体制             <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 管理体制</li> <li>(2) 製造した再生品の検査</li> <li>(3) 製造した再生品の検査結果が不合格の場合の対応</li> <li>(4) 再生資源・再生材の事前確認（契約時）</li> <li>(5) 再生資源・再生材の受入時検査・一時保管状況</li> <li>(6) 検査結果、帳簿等の作成、保管</li> <li>(7) 再生品の保管の方法</li> <li>(8) 再生品等の自己利用の場合の適正利用</li> </ol> </li> <li>4. その他</li> </ol>
---

図1 ヒアリングの内容

### 3. 採取した試料

調査対象事業者が製造した改良土・再生土等を現地で採取した。改良土・再生土は可能な限り採取当日に製造したものをポリエチレン袋とアルミ蒸着袋にそれぞれ入れて密封した。再生資源・固化材は可能な限り、採取した改良土・再生土と同ロットのものを採取し、ポリエチレン袋に入れて密封した。採取した試料の内訳を表1に示す。

再生資源は、建設汚泥や浄水汚泥、無機性の工場発生汚泥のほか、建設汚泥等を水洗選別・風力

選別等の選別処理をした後の残渣や砂利採取に伴う碎石ズリ等を含めている。

表1 採取試料の内訳

種類		数
再生品	改良土・再生土	6
産業廃棄物	再生資源	9
資材	セメント系固化材	5
〃	石灰系固化材	2

### 4. 試験方法

採取した試料は試験室に持ち帰り、図2に示す5種の試験を試料の種類に応じて実施した。

土壌懸濁液のpH試験はアルミ蒸着袋に採取した試料を用い、それ以外の試験はポリエチレン袋に採取した試料を風乾させた後、粗砕して2mmのふるいを通した調製試料を用いた。砂利等の全粒子の粒径が2mm以上の試料は有姿試料を用いた。

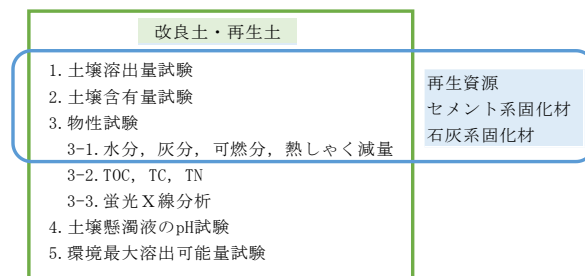


図2 試験の実施内容

#### 4.1 土壌溶出量試験

平成3年8月23日環境庁告示第46号に従い、調製試料を用いて検液を作製した。

測定項目は、重金属類のCd, Pb, As, Se, Cr(VI), Hg, F, Bの8項目とした。環境庁告示第46号の項目には規定されていないが、有機性汚濁物質等の指標としてpH, BOD, COD, 硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)の4項目についてもあわせて測定した。

#### 4.2 土壌含有量試験

平成15年3月6日環境省告示第19号に従い調製試料を用いて検液を作製した。

測定項目は、重金属類のCd, Pb, As, Se, Cr(VI), Hg, F, Bの8項目とし、あわせて風乾後試料の水分量（風乾後水分）を測定した。

### 4.3 物性試験

#### 4.3.1 水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量

昭和52年11月4日環整第95号に準拠し、調製試料を用いて試験を実施した。

るつぼに試料を量り取り、105℃の乾燥機で約4時間乾燥させた後の重量を測定し、水分量を算出した。

続いて、600℃のマッフル炉で3時間加熱した後の重量を測定し、熱しゃく減量を算出した。さらに、800℃のマッフル炉で2時間加熱した後の重量を測定し、灰分を算出した。可燃分は、水分量と灰分の合計値を100から除して算出した。

#### 4.3.2 TOC (全有機体炭素), TC (全炭素), TN (全窒素)

底質調査方法II4.10, II4.8 (環境省水・大気環境局) に従い試験を実施した。調製試料をメノウ乳鉢で微粉碎し、125 μm のふるいを通した試料を試験に供した。TOC は前処理として塩酸でIC (無機体炭素) を除去した試料を測定した。装置は有機元素分析装置(ジェイ・サイエンス・ラボ JM10)を使用した。

#### 4.3.3 蛍光X線分析

調製試料をメノウ乳鉢で微粉碎し、125 μm のふるいを通した試料を試験に供した。エネルギー分散型蛍光X線分析装置(島津製作所 EDX-7200)を用いてファンダメンタルパラメータ (FP) 法による半定量を実施した。

### 4.4 土壌懸濁液のpH試験

アルミ蒸着袋に採取した試料を用いて土の含水比試験方法(JIS A 1203)によって含水比を求め、地盤工学会基準JGS 0211に従い試験を実施した。アルミ蒸着袋に採取した試料を量り取り、試料中の水分も含めて質量比5となるよう水を加えて懸濁させ、30分静置後に再懸濁させた検液のpHを測定した。

含水比を求めるには、予め粒径を測定して最大粒径により試料分取量を決めるが、事業者が実施した試験結果の流用、または目測により試料分取量を決めた。

### 4.5 環境最大溶出可能量試験

廃棄物資源循環学会規格(原案)JSMCWM-0101に従い検液を作製した。風乾後、粗砕して2mm

のふるいを通した試料をメノウ乳鉢で微粉碎し、125 μm のふるいを通した試料を試験に供した。

図3に示すフロー図に基づき、1試料につき酸系列とアルカリ系列で2検液、計4検液を作製した。測定項目は、pH、Cd、Pb、As、Se、T-Cr、Hg、F、Bの9項目とした。あわせて試料の水分量を測定した。

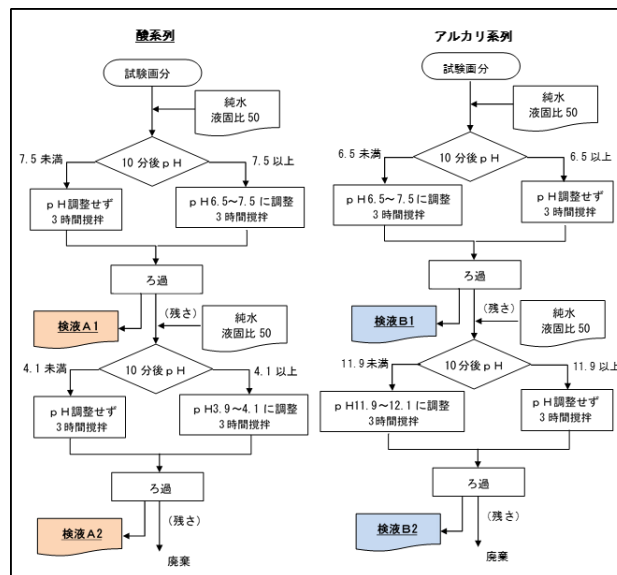


図3 検液作製フロー

### 5. 測定方法

土壌溶出量試験、土壌含有量試験、環境最大溶出可能量試験および土壌懸濁液のpH試験における測定方法を表2に示す。

表2 測定方法および測定機器

項目	測定方法	測定機器
Cd	JIS K0102 55.4	Agilent 7800
Pb	JIS K0102 54.4	Agilent 7800
As	JIS K0102 61.4	Agilent 7800
Se	JIS K0102 67.4	Agilent 7800
Cr(VI)	JIS K0102 65.2.1	島津製作所 UV-1800
T-Cr	JIS K0102 65.1.5	Agilent 7800
Hg	環境庁告示第59号付表2	HIRANUMA HG-450
F	JIS K0102 34.1	島津製作所 UV-1800
B	JIS K0102 47.3	Agilent 5800
pH	JIS K0102 12.1	堀場製作所 F-52
BOD	JIS K0102 21 (DOの測定:32.4)	HACH HQ430d
COD	JIS K0102 17	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	JIS K0102 41.3	サーモフィッシャー・サイエンティフィック ICS-6000

### 結果および考察

#### 1. ヒアリング調査結果

管理体制のヒアリング結果の概要を図3に示す。調査を実施した事業者6者のうち、3者は三重県リサイクル製品利用推進条例(平成十三年三月

内容	結果
固化材の添加割合	約1.1～10%
年間製造量（過去3年分の年平均実績）	5千t未満は1者、5千t以上1万t未満は1者、1万t以上2万t未満は1者、5万t以上は3者
管理対象物	改良土・再生土と再生資源は6者すべて管理対象としている 固化材は1者のみ管理している
改良土・再生土の検査実施者	6者すべてが計量証明事業者へ委託し検査を実施 3者はさらに自主検査を実施
改良土・再生土の自主管理基準値	6者すべて重金属類8項目（Cd, Pb, As, Se, Cr(VI), Hg, F, B）を土壤環境基準値と同値で管理 さらに5者は土壤含有量基準値と同値を設定
改良土・再生土の自主管理基準適合を判断するための試験方法	5者は46号試験、1者は18号試験にて実施 含有量基準は19号試験にて実施
検液作成（46・19号試験）に供する試料の性状	告示の2mmふるい下は3者、有姿は3者
改良土・再生土の検査の確認頻度	2者が年1回、1者が年2回、1者が年4回、2者が毎月、重金属類8項目の検査を実施 自主検査（簡易分析）は1者が月1回、1者が週2回、1者が製造日に実施 認定リサイクル製品（3製品）は年1回46号試験に定める全項目を実施
再生資源の受入基準値	5者は改良土・再生土と同じ土壤環境基準値を設定 1者は特別管理産業廃棄物の判定基準を設定
再生資源の受入基準値適合を判断するための試験方法	5者は46号試験、1者は13号試験にて実施
再生資源の確認頻度	6者すべて契約時に排出事業者による検査結果を確認し、受入時に自主検査を含め目視確認を実施 受入時に自主検査を実施しているのは3者
検査結果と自主管理基準値の複数人による適合確認	5者は結果を複数人で基準値の適合を確認をしているが、1者は実施していない

図3 管理体制のヒアリング結果の概要

二十七日三重県条例第四十六号)の認定を受けている改良土・再生土を製造していた。条例による認定を受けるには、条例で定める認定基準を満たす必要があり、改良土はさらに土壤環境基準の全項目を満たすことが求められている。

改良土・再生土について、6者すべてが土壤環境基準値を自主管理基準値として設定し、計量証明事業者への委託や自主検査によって安全性への適合確認を実施していた。

再生資源についても、6者すべてが改良土・再生土と同基準または特別管理産業廃棄物の判定基準を受入基準値として設定し、契約時に排出事業者による検査結果を確認していた。再生資源の受入時には、6者のうち3者が公定法に則した簡易分析や蛍光X線分析装置による自主検査を実施していた。

## 2. 土壤溶出量試験結果

土壤溶出量試験の結果を表3に示す。

改良土・再生土6試料は、すべての項目が土壤環境基準を満たしていた。一部の試料でCr(VI)が土壤環境基準値と同値、Pb, As, Fが土壤環境基準値の75%値以上で検出された。

再生資源9試料は、すべての項目が土壤環境基準値以下であったが、一部の試料でAs, Se, Cr(VI), F, Bが報告下限値以上検出された。Asは1試料

で土壤環境基準値と同値(0.01 mg/L)が検出された。

固化材7試料は、6試料でCr(VI)が、6試料でPbが土壤環境基準値を超過した。一部の試料でCd, Pb, Se, Fが報告下限値以上検出された。

改良土・再生土は土木資材としての品質を向上させるため、事業者によって異なるが約1%～10%程度の固化材が再生資源に添加されている。今回調査した固化材は大きく分けてセメント系と石灰系に分けられるが、セメント系と石灰系に関係なく固化材のほとんどでPbとCr(VI)の土壤環境基準値を超過していた。

改良土・再生土は土壤環境基準値を満たしていたものの、最大で土壤環境基準値の80%値が検出されたことと、再生資源では土壤環境基準値に近い値が検出されていることから、固化材の添加量が過大である場合や受け入れた再生資源に重金属類を多く含む場合には、製造した改良土・再生土において土壤環境基準値を超過するリスクがある。

有機性汚濁物質の指標であるBODやCODについて、環境庁告示第46号に項目は規定されていないが、水質汚濁防止法の生活環境項目に係る排水基準(BOD, CODの日間平均120mg/L)と比較すると、すべての試料で基準値より低い結果であった。しかし佐藤ら<sup>3)</sup>による4種類の土壤(黒ボ

表3 溶出量試験結果

		Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	As (mg/L)	Se (mg/L)	Cr(VI) (mg/L)	Hg (mg/L)	F (mg/L)	B (mg/L)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
改良土	ave.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	0.02	<0.0005	0.3	<0.1	10.0	30	31	340
	max.	<0.0003	0.008	0.008	0.003	0.05	<0.0005	0.6	0.1	12.5	99	64	1200
	min.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.0005	0.1	<0.1	7.0	3.9	15	7
再生土	ave.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.0005	0.3	<0.1	8.0	5.3	11	280
	max.	<0.0003	<0.005	0.010	0.003	0.02	<0.0005	0.5	0.3	11.1	18	41	1500
	min.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.0005	0.1	<0.1	6.3	0.5	<0.5	<1
再生資源	ave.	<0.0003	0.020	<0.005	0.004	0.33	<0.0005	0.2	<0.1	12.7	1.4	12	810
	max.	0.0004	0.053	<0.005	0.008	0.51	<0.0005	0.4	<0.1	12.9	2.2	17	1300
	min.	<0.0003	0.007	<0.005	<0.002	<0.04	<0.0005	0.1	<0.1	12.6	<0.5	0.8	1

表4 含有量試験結果

		Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Se (mg/kg)	Cr(VI) (mg/kg)	Hg (mg/kg)	F (mg/kg)	B (mg/kg)
改良土	ave.	<4.5	30	<15	<15	<25	<1.5	170	<40
	max.	<4.5	110	<15	<15	<25	<1.5	270	<40
	min.	<4.5	<15	<15	<15	<25	<1.5	80	<40
再生土	ave.	<4.5	24	<15	<15	<25	<1.5	100	<40
	max.	<4.5	120	<15	<15	<25	<1.5	310	<40
	min.	<4.5	<15	<15	<15	<25	<1.5	<40	<40
再生資源	ave.	<4.5	32	<15	<15	<25	<1.5	590	<40
	max.	<4.5	41	<15	<15	<25	<1.5	1600	62
	min.	<4.5	20	<15	<15	<25	<1.5	150	<40

ク土、淡色黒ボク土、細粒黄色土、礫質黄色土)のBOD、COD結果と比較すると、土壌より多くの有機性汚濁物質を含む改良土・再生土があった。

検液のpHについて、固化材はすべてpH12以上の強アルカリ性であるのに対し、改良土・再生土は中性から強アルカリ性の範囲にあり、特にpHが強アルカリ性を示す試料は、建設汚泥に石灰系固化材を添加して製造されたものであった。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>について、再生資源では建設汚泥等を選別処理した後の残渣に、固化材ではセメント系固化剤に多く検出される傾向にあった。

### 3. 土壌含有量試験結果

土壌含有量試験の結果を表4に示す。

改良土・再生土6試料は、すべての項目が土壌含有量基準を満たしていた。一部の試料でPbが報告下限値以上で検出され、最大で含有量基準の70%値が検出された。また、すべての試料でFが報告下限値以上で検出された。

再生資源9試料は、改良土・再生土と同様にすべての項目が土壌含有量基準を満たしていた。一部の試料でPbとFが報告下限値以上検出され、Pbは最大で含有量基準の80%値が検出された。

固化材7試料は、すべての項目が土壌含有量基準を満たしていたものの、すべての試料でPbとFが報告下限値以上で検出された。また一部の試料でBが報告下限値以上で検出された。

特に改良土・再生土でPbが含有量基準の70%値が検出された試料の原料であった再生資源は、含有量基準の80%値が検出された試料であり、再生資源の品質が改良土・再生土の安全性に直結することが確認された。

## 4. 物性試験

### 4.1 水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量

水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量の結果を表5に示す。

固化材において、一部の試料で可燃分と熱しゃく減量が高い結果であり、特に石灰系固化材が顕著に高値となったため、Caの反応による減量と推察された。改良土・再生土においても、一部の試料で可燃分と熱しゃく減量が高い結果であったが、石灰系固化材が10%程度添加されていたと仮定した場合と比べても高値であることから、Caの反応による減量ではなく、有機性物質の燃焼による減量と推定された。

#### 4.2 TOC, TC, TN

改良土・再生土の TOC, TC, TN の結果を表 6 に示す。

TOC が比較的高値であった改良土・再生土は、溶出量試験の BOD 値と COD 値も高い結果であり、TOC においても有機性汚濁物質の含有が確認された。

#### 4.3 蛍光 X 線分析

改良土・再生土の蛍光 X 線分析の半定量結果を図 4 に示す。

Pb について、含有量試験で Pb が検出された改良土・再生土は、蛍光 X 線分析においても Pb の半定量結果が高値で検出された。一方、溶出量試験および含有量試験では検出されなかった Cd と Hg が、蛍光 X 線分析において検出された。

### 5. 土壤懸濁液の pH 試験

改良土・再生土の土壤懸濁液の pH 試験結果お

よび含水比の結果を表 7 に示す。

石灰系固化剤を使用している改良土・再生土は pH が 12 を超え、強アルカリ性であった。一方、浄水汚泥を使用して製造された改良土・再生土の pH は中性を示した。

改良土・再生土の溶出量試験検液の pH と土壤懸濁液の pH の関係図を図 5 に示し、改良土・再生土の製造に用いる主な固化材をセメント系と石灰系に区別して表す。溶出量試験検液の pH と土壤懸濁液の pH 試験結果を比較すると、pH が 0.3~1.1 程度の差があるものの、おおよそ同程度の結果となった。溶出量試験方法である環境庁告示第 46 号には pH の規定がないが、おおよその傾向が把握できることが判明した。また、主にセメント系固化材を用いて製造した改良土・再生土の pH は中性から弱アルカリ性の範囲であったのに対し、石灰系固化剤を用いた場合は強アルカリ性であったため、一般環境中で利用する場合には留意する必要がある。

表 5 水分、灰分、可燃分、熱しやく減量の結果

		水分 (%)	灰分 (%)	可燃分 (%)	熱しやく減量 (%)
改良土	ave.	4.4	85.0	10.6	7.2
	max.	8.1	95.0	19.5	15.6
	min.	1.2	76.0	3.8	2.7
再生土	ave.	3.7	88.2	8.0	7.2
	max.	9.5	99.1	20.8	21.3
	min.	0.1	69.7	0.8	0.5
再生資源	ave.	0.3	93.5	6.9	4.4
	max.	0.6	98.5	23.8	15.5
	min.	0.0	78.9	1.1	0.6
固化材	ave.	0.3	93.5	6.9	4.4
	max.	0.6	98.5	23.8	15.5
	min.	0.0	78.9	1.1	0.6

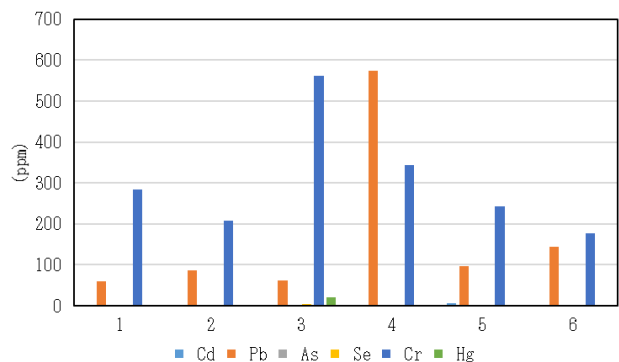


図 4 蛍光 X 線分析の半定量結果

表 6 TOC, TC, TN の結果

		TOC (mg/g)	TC (mg/g)	TN (mg/g)
改良土	ave.	14	30	1.0
	max.	31	56	1.8
	min.	6.7	9.6	0.5

表 7 土壤懸濁液の pH 試験と含水比の結果

		pH	含水比 (%)
改良土	ave.	10.0	30.4
	max.	12.6	44.9
	min.	7.4	6.8

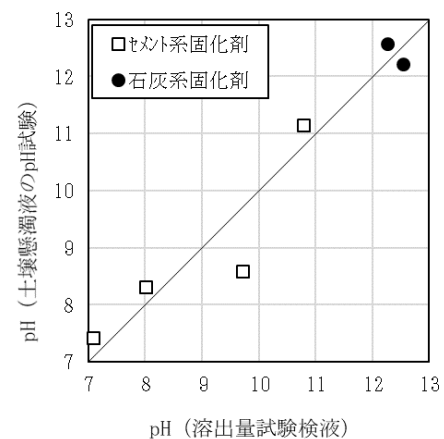


図 5 改良土・再生土の pH の比較

## 6. 環境最大溶出可能量試験

改良土・再生土の環境最大溶出可能量試験の結果を表8に示す。

環境最大溶出可能量試験の基準値は定められていないが、JSMCWM-0101 環境最大溶出可能量試験解説（案）<sup>4)</sup>において、土壤環境基準換算値の10倍値で評価する案が示され、佐藤ら<sup>3,5)</sup>はこの土壤環境基準換算値の10倍値と比較評価を実施している。本報においても土壤環境基準換算値の10倍値と比較評価した。

酸系列ではCd, Pb, F, アルカリ系列ではAsがこの値を上回った。Cdについて、改良土・再生土は溶出量試験と含有量試験において検出されていないが、酸性環境下で溶出する可能性があることが判明した。

また、含有量試験でPbが高濃度で検出された試料においても、酸性環境におけるPbの溶出ポテンシャルが示された。

## 結語

再生土・改良土に関して、建設汚泥等の産業廃棄物に固化材を添加して製造している三重県内産業廃棄物中間処理業者に対して、製造に関する管理体制のヒアリング調査を実施した。あわせて、処理を受託した産業廃棄物や原材料、固化材等の改良土・再生土の製造に使用するすべてと、製造した改良土・再生土を採取し、土壤溶出量試験、環境最大溶出可能量試験等を実施した。

改良土・再生品の製造管理体制は、調査を実施した事業者6者すべてが土壤環境基準値を改良土・再生土の自主管理基準値として設定し、環境安全性への適合確認を実施していた。また再生資源の受入時に自主検査を実施している事業者は3者で公定法に則した簡易分析や蛍光X線分析装置による自主検査を実施していた。

溶出量試験の結果、改良土・再生土と再生資源は土壤環境基準を満たしていたが、ほとんどの固化材はCr(VI)とPbが土壤環境基準値を超過した。

表8 改良土・再生土の環境最大溶出可能量試験の結果

		酸系列			アルカリ系列			土壤環境基準換算値 の10倍値(mg/kg)
		A1	A2	合計	B1	B2	合計	
試薬添加量 (mol/kg)	ave.	0.41	2.6		0.01	0.53		
	max.	0.97	6.2		0.03	0.91		
	min.	0	0.09		0	0.23		
pH	ave.	7.2	4.0		9.8	12.1		
	max.	7.5	4.1		11.9	12.5		
	min.	6.1	4.0		6.6	11.9		
Cd (mg/kg)	ave.	<0.05	0.26	0.26	<0.05	<0.05	<0.1	0.3
	max.	<0.05	0.85	0.85	<0.05	<0.05	<0.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
Pb (mg/kg)	ave.	<0.05	1.25	1.2	<0.05	<0.05	<0.1	1
	max.	<0.05	6.29	6.2	<0.05	0.07	<0.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
As (mg/kg)	ave.	0.10	0.06	0.1	0.07	0.65	0.7	1
	max.	0.40	0.13	0.5	0.29	2.3	2.3	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
Se (mg/kg)	ave.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	1
	max.	0.06	<0.05	<0.1	<0.05	0.10	0.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
T-Cr (mg/kg)	ave.	0.26	1.1	1.3	0.26	0.09	0.3	5
	max.	0.87	3.8	3.8	0.88	0.24	1.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
Hg (mg/kg)	ave.	<0.025	<0.025	<0.05	<0.025	<0.025	<0.05	0.5
	max.	<0.025	<0.025	<0.05	<0.025	<0.025	<0.05	
	min.	<0.025	<0.025	<0.05	<0.025	<0.025	<0.05	
F (mg/kg)	ave.	10	110	125	12	24	36	80
	max.	18	240	260	20	65	65	
	min.	<5	21	21	<5	7	13	
B (mg/kg)	ave.	<5	<5	<10	<5	<5	<10	100
	max.	9	8	17	<5	<5	<10	
	min.	<5	<5	<10	<5	<5	<10	

固化材の添加量が過大である場合や受け入れた再生資源に重金属類を含む場合には、製造した改良土・再生土が土壤環境基準値を超過するリスクがある。

含有量試験の結果、改良土・再生土と再生資源、固化材は含有量基準を満たしていた。

熱しゃく減量やTOC、溶出量試験検液のBODやCODの結果から、一部の改良土・再生土では有機性汚濁物質の含有が確認された。

固化材の溶出量試験検液はすべて強アルカリ性を示したものの、改良土・再生土の溶出量試験検液は石灰系の固化材を使用した場合だけが、強アルカリ性であった。土壤懸濁液のpH試験においても同様で、石灰系の固化材を使用した改良土・再生土が強アルカリ性であり、溶出量試験検液とpHが0.3～1.1程度の差があるが、おおよそ同程度の結果となった。

環境最大溶出可能量試験の結果から、溶出量試験と含有量試験で検出されていないCdの酸性環境における溶出ポテンシャルが一部の試料で確認された。あわせて蛍光X線分析においてもCdが検出された。

以上の調査結果から再生土・改良土に関する管理体制や環境安全性等の知見を得ることができた。今後も別の再生品を対象として調査をすすめる。

## 謝 辞

本調査研究に協力いただいた三重県内産業廃棄物中間処理業者の皆様に謝意を表します。また、

本調査研究について助言・協力いただいた三重県環境生活部環境共生局資源循環推進課、廃棄物対策課、廃棄物監視・指導課および各地域防災総合事務所・地域活性化局環境室の皆様には謝意を表します。

## 文 献

- 1) 三重県、循環関連産業による資源循環の促進に向けたガイドライン（再生品の安全性確保編）、<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/001120402.pdf>（2024年12月17日アクセス）
- 2) 公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団、建設汚泥再生品等の有価物該当性に係る審査認証業務に関する実施要領、<https://www.sanpainet.or.jp/service03.php?id=43>（2024年12月17日アクセス）
- 3) 佐藤邦彦，渡邊卓弥，近藤笑加，立野雄也，奥山幸俊，肴倉宏史：土壁材の再生利用に係る環境安全性についての基礎的調査研究，第32回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集，177-178（2021）。
- 4) 一般社団法人廃棄物資源循環学会廃棄物試験・検査法研究部会，JSMCWM-0101 環境最大溶出可能量試験解説（案），<https://jsmcwm.or.jp/wastest-group/files/2012/12/ca540ecd7f3dac6980d2fb51b69255ae.pdf>（2024年12月17日アクセス）
- 5) 佐藤邦彦，立野雄也，奥山幸俊，坂口貴啓，近藤笑加，肴倉宏史：木質バイオマス焼却灰の再生利用に係る安全性についての基礎的調査研究，第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集，219-220（2018）。