

## 鉛汚染土壌修復に向けた有機性廃棄物の無機物画分、有機物画分へ吸着する鉛の寄与率の解明

岐阜大学 学生会員 ○北原亘, 正会員 加藤雅彦 佐藤健

## 1. はじめに

重金属汚染土壌の原位置修復法の一つに、不溶化処理がある。有機性廃棄物は不溶化資材としての機能に加え、植生の回復も期待されるが、重金属の吸着機構の詳細は不明であり、その解明が必要である。既報より<sup>1)</sup>、家畜ふん堆肥の無機物画分への鉛の吸着特性は、主に溶解度の低い鉛-リン化合物の生成が考えられた。本研究では、溶液中における家畜ふん堆肥の有機物、無機物画分への鉛吸着の寄与率の解明を目的とし、不溶化資材に適した堆肥の化学的性質を考察した。

## 2. 材料および方法

## 2.1 供試堆肥

牛ふん、豚ふん、2種類の鶏ふん堆肥の計4点を、風乾後、粉碎したもの（以下、堆肥現物、表1）、堆肥現物を600°C・2時間燃焼した残渣物（以下、無機物画分、表1）、堆肥現物を1M HClにより無機物全量と易分解性有機物を除去した<sup>2)</sup>残渣物（以下、難分解性有機物画分、表1）を供試した。無機物画分、難分解性有機物画分の重量割合は、それぞれ強熱減量と1M HCl抽出残渣量から求めた。なお、本研究では堆肥の有機物のうち、1M HClで抽出された有機物を易分解性有機物、抽出残渣物を難分解性有機物とみなした。

## 2.2 堆肥現物を用いた鉛吸着等温線

各堆肥現物と100-1600mg L<sup>-1</sup>の鉛溶液（5mM KNO<sub>3</sub>）を固液比1:400で混和、24時間振とうした。ろ過後、鉛濃度をICP-AES（ULTIMA2, HORIBA）、有機態炭素濃度を全有機炭素計（TOC-Vws, SHIMADZU）で測定し、鉛吸着量、有機態炭素溶出量を求めた。

## 2.3 無機物、難分解性有機物画分の鉛吸着量

pH7に調整したときの各画分の鉛吸着量を調べた。各

画分0.1gに20mlの5mM KNO<sub>3</sub>を添加した。1M HNO<sub>3</sub>、1M KOHによりpHを安定させた後、鉛を含んだ5mM KNO<sub>3</sub>をさらに添加、最終的に固液比1:400、鉛濃度3000mg L<sup>-1</sup>にして24時間振とうした。ろ過後、鉛濃度を測定し、鉛吸着量を求めた。

## 3. 結果および考察

堆肥現物の鉛吸着等温線（図1）より、鉛の最大吸着量は鶏-1>豚>鶏-2>牛で、それぞれ335, 262, 201, 140g kg<sup>-1</sup>となり、全リン量（表1）が多いほど鉛吸着量が多いことが考えられたが、全リン量が同量の豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥-1では鶏ふん堆肥-1の方が鉛吸着量が多く、有機物画分への寄与が大きいことが示唆された。

鉛吸着量に対する堆肥現物からの有機態炭素溶出量（図2）は、すべての堆肥で鉛吸着量増加に伴い減少し、その減少量は鶏-1>鶏-2, 豚>牛であった。このことから、鉛が水溶性有機物と複合態を形成、沈澱したことが示唆された。

堆肥の各画分への鉛吸着量（表2）と各画分の重量割合（図3, 右）との積から堆肥現物あたりの各画分への鉛吸着量（図3, 左）を算出した。

堆肥現物あたりの無機物画分への鉛吸着量（図3）は鶏-1>豚>鶏-2>牛となり、それぞれ188, 176, 80, 66g kg<sup>-1</sup>だった。無機物画分の全リン量が多いほど鉛吸着量も多く、鉛-リン化合物の生成によって鉛が不溶化されたことが推察された。各堆肥中に含まれる無機物量は15-30%と少量であるにもかかわらず（図3, 右）、鉛吸着量の寄与率は40-67%となり（図3, 右）、無機物への鉛吸着は有機物より高効率であることが示され、全リン量の多い堆肥で顕著だった。

堆肥現物あたりの難分解性有機物画分への鉛吸着量

表1 供試堆肥現物、各画分の理化学性\*1

	堆肥現物					無機物画分		難分解性有機物画分		
	pH	水溶性炭素量	塩酸可溶炭素量	全炭素量	全リン量	pH	全リン量	pH	全炭素量	
	-----	(g kg <sup>-1</sup> )	-----	-----	-----	(g kg <sup>-1</sup> )	-----	-----	(g kg <sup>-1</sup> )	
牛	6.9	7	14	418	7	3	12	54	3.4	452
豚	8.0	66	60	344	39	17	11	132	3.3	461
鶏-1	8.5	69	52	313	39	17	11	107	4.2	475
鶏-2	6.9	97	115	394	28	29	12	96	4.3	505

\*1:分析値は乾物として

\*2:(塩酸可溶炭素量 / 全炭素量) × 100

表2 各画分の鉛吸着量

	無機物画分		難分解性有機物画分	
	-----	(g kg <sup>-1</sup> )	-----	-----
牛	411	87		
豚	705	50		
鶏-1	628	68		
鶏-2	346	23		

(図3, 左)は牛>鶏-1>豚>鶏-2であり,それぞれ73, 43, 33, 14g kg<sup>-1</sup>だった. 鉛吸着量の寄与率は7-52%で,特に牛ふん堆肥で寄与率が高く無機物画分との合計値ではほぼ100%を表すことができた. 難分解性有機物画分の全炭素量(表1)とその重量割合(図3, 右)から堆肥現物あたりの難分解性有機態炭素量を算出すると牛>鶏-2, 豚, 鶏-1であった. 堆肥は腐熟の進行により難分解性有機物が集積するため,易分解性炭素割合(表1)が少ない牛ふん堆肥は腐熟に伴う化学的性質の変化が影響し,鉛吸着量の増加が示唆されたが,詳細は不明であるためさらなる検証が必要とされた.

難分解性有機物画分は易分解性有機物画分の鉛吸着を評価していないため,各堆肥の鉛吸着寄与の不明分は易分解性有機物画分に相当すると推察された. 塩酸可溶性炭素と水溶性炭素が各堆肥でほぼ同量であることから(表1),易分解性有機物画分が評価する鉛吸着量は,水溶性の有機物への鉛吸着として見ることができると考えられた. 不明分,すなわち易分解性有機物画分への鉛吸着量は鶏-2=鶏-1>豚>牛であり,その寄与率は1-52%であると推定された. 易分解性有機物画分への鉛吸着量は,堆肥の塩酸可溶性炭素量(表1),すなわち易分解性有機物量の多少とは必ずしも一致しなかったため,堆肥の易分解性有機物の化学的性質も影響していることが推察された. 易分解性有機物は微生物に分解されやすく,汚染土に適用した場合,易分解性有機物画分へ吸着した鉛は,再溶出する可能性があるため,有機物の分解に伴う鉛溶出挙動についても検証する必要があると考えられた.

5. まとめ

本研究により得られた主な知見を以下に示す.

○無機物画分への鉛吸着は有機物画分に比べ効率的で,

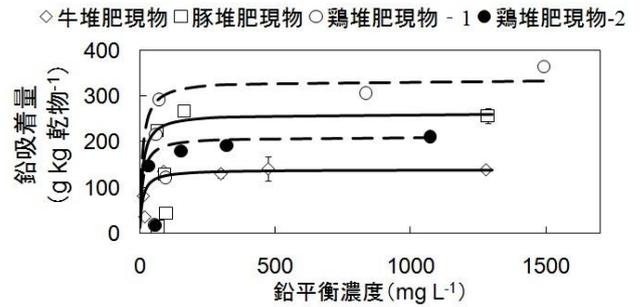


図1 各堆肥現物の鉛吸着等温線

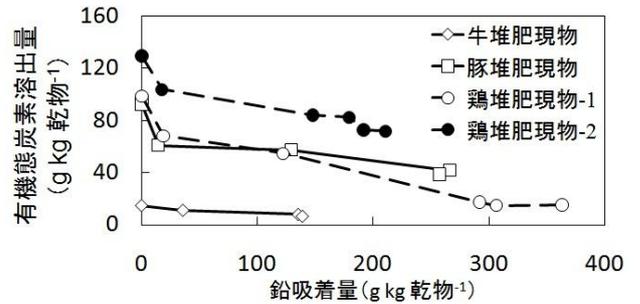


図2 各堆肥現物の有機炭素溶出量と鉛吸着量

その寄与率は47-67%と推定され,含有するリン量が多いほど顕著であった.

○腐熟が進んだ堆肥ほど難分解性有機物が集積し,その鉛吸着の寄与率も高くなることが推察された.

○鉛汚染土壌の不溶化資材として,無機物量,特にリンを多く含み,塩酸可溶性炭素量が少ない,すなわち腐熟が進んだ堆肥が適していると思われた.

参考文献

- 1) 北原亘, 加藤雅彦, 佐藤健: 重金属汚染土壌の環境修復に向けた家畜ふん堆肥による鉛吸着メカニズム解析-堆肥中の無機物画分への吸着特性とその寄与率, 土肥学会中部支部要旨集, 2010
- 2) 新妻成一, 日高秀俊, 小宮山鉄平, 森國博全: 家畜ふん堆肥の肥料成分迅速分析法における塩酸抽出条件の検討, 土肥誌, Vol.81, No.2, pp135-139, 2010

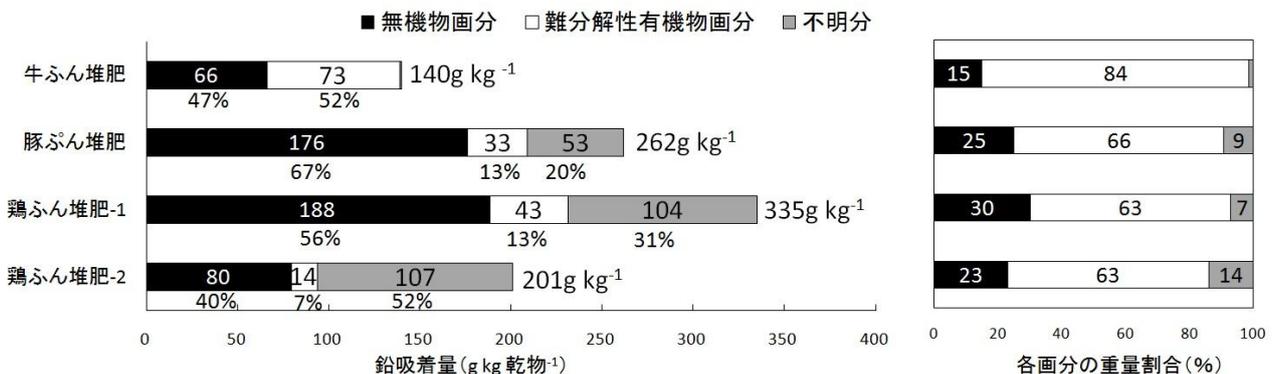


図3 各画分の鉛吸着量の寄与率と重量割合