

家畜ふん堆肥により土壤中で不溶化された鉛の安定性

岐阜大学 学生会員 ○北原 亘, 非会員 八木良祐
正会員 加藤雅彦, 佐藤健

1. 背景と目的

重金属汚染土壌の対策の一つとして、重金属を溶解性の低い形態へ変化させ、溶出を抑制する不溶化が挙げられる。不溶化処理には重金属の形態変化を促す資材が必要であり、有機性廃棄物である家畜ふん堆肥（以下、堆肥）が注目されている。堆肥に含まれるリン酸は鉛と結合し溶解性の低い化合物を形成する¹⁾ためである。また、堆肥は有機物を含んだ資材でもある。有機物は、重金属と複合態を形成するため、堆肥の有機物によっても重金属の溶出抑制が期待される。しかし、堆肥に含まれる有機物には土壤中ですぐに分解される易分解性有機物も含まれている²⁾。易分解性有機物と重金属が複合態を形成した場合、易分解性有機物の分解に伴い重金属が再溶出することが懸念される。

そこで本研究では鉛汚染土壌を対象とし、30日間の培養条件下での、堆肥による鉛の溶出抑制量と再溶出率を評価し、不溶化された鉛の土壤中での安定性の検証を目的とした。

2. 材料と方法

2.1 供試土壌・堆肥

汚染土は岐阜県内の射撃場から、非汚染土は射撃場外から採取し風乾後、2mmふるいを通過させた。

牛ふん堆肥、豚ふん堆肥を風乾後、粒径0.425mm以下に粉碎、供試した（以下、牛堆肥、豚堆肥）。

2.2 実験方法

(1) 牛堆肥、豚堆肥による溶出抑制効果の検討

100mlのポリビンに10.00gの汚染土と1.00gの堆肥を加え（添加率10%）、水分として超純水を1.6ml（土壌最大容水量の60%、含水比として16%）添加し混合した（牛堆肥区、豚堆肥区）。25℃で30日間培養し、適宜空気を入れ替えた。培養後、凍結乾燥し、分析に供した。（溶出抑制試験）

(2) 堆肥により不溶化された鉛の再溶出率の検討

牛堆肥、豚堆肥に鉛を吸着させ、非汚染土に添加、培養し、鉛の再溶出率を求めることで、堆肥により

不溶化された鉛の安定性を評価した。

7000mg-Pb L⁻¹の溶液に固液比1:50で堆肥を加え、24時間水平振とうした。ろ過後、超純水で数回洗浄した後、乾燥し、牛、豚-鉛吸着堆肥とした。非汚染土に牛、豚-鉛吸着堆肥を添加し（牛吸着区、豚吸着区）、2.2-(1)と同じ方法で培養した。（再溶出試験）

2.3 分析項目・方法

(1) 二酸化炭素(CO₂-C)発生量

溶出抑制試験を対象とした。牛堆肥区、豚堆肥区と0.5M水酸化ナトリウム溶液を密閉容器内に入れた。14日、30日間培養後、0.5M水酸化ナトリウム溶液に溶解した二酸化炭素を炭素量(CO₂-C)として塩酸滴定で測定し、堆肥有機物の分解量を評価した。

(2) 0.1M酢酸抽出試験

溶出抑制試験、再溶出試験を対象とした。0.1M酢酸、pH2.88の酸性条件下で可溶性鉛量を求め、鉛の溶出性を評価した。土壌と0.1M酢酸溶液を固液比1:20(w/v)で混合後、24時間水平振とうし、抽出された鉛を測定した。

(3) 再溶出率の算定

再溶出試験を対象とした。牛吸着区、豚吸着区的全鉛量に対する0.1M酢酸可溶性鉛量の割合から、鉛の再溶出率を式1より算出した。

$$\text{再溶出率} = \frac{\text{0.1M 酢酸可溶性鉛量}}{\text{吸着区的全鉛量(表1より)}} \times 100 (\%)$$

— (式1)

表1 供試土壌、堆肥の化学性

	pH (H ₂ O)	全リン量 (g kg 乾物 ⁻¹)	全鉛量 (mg kg 乾物 ⁻¹)
汚染土	7.3	0.4±0.1	4399±222
非汚染土	6.1	0.1±0.0	16±1
牛堆肥	6.9	7±1	-
豚堆肥	8.0	39±2	-
牛-鉛吸着堆肥	-	5±0	135±8 × 10 ³
豚-鉛吸着堆肥	-	48±1	268±20 × 10 ³

3. 結果と考察

30日間の培養による豚堆肥区のCO₂-C発生量(図1)は、汚染土、牛堆肥区の約2倍の約4000 mg kg⁻¹だった。有機物がほとんど分解されない牛堆肥に対し、豚堆肥は易分解性有機物量が多く、有機物の分解量が多いことが明らかとなった。

0.1M酢酸抽出量(図2)においては牛堆肥区、豚堆肥区が培養期間を通して100 mg kg⁻¹となり、汚染土(1000 mg kg⁻¹)に対して90%の鉛溶出を抑制した。このことから、家畜ふん堆肥は、汚染土中の酸(酢酸, pH2.88)に可溶性鉛量を低減し、鉛とリン酸の難溶性塩の生成や、有機物との複合態形成を促すことが考えられた。また、有機物の分解量が多い豚堆肥区(図1)においても培養期間を通じて0.1M酢酸可溶性鉛量に変化しなかった。そのため、30日間の培養では有機物の分解の影響はなく、家畜ふん堆肥により不溶化された鉛の安定性は高いと考えられた。

培養30日間の牛吸着区、豚吸着区の0.1M酢酸に対する再溶出率を図3に示した。培養期間を通じて0.1M酢酸に対する再溶出率は10%以下であった。このことから、牛ふん堆肥、豚ふん堆肥により不溶化された鉛のうち、酸(酢酸, pH2.88)に可溶性鉛量は極めて少なく、また有機物の分解による影響も小さいと推察され、堆肥により不溶化された鉛の安定性は高いと考えられた。また、豚吸着区の方が牛吸着区よりも再溶出率は低かった。これは、全リン量は豚吸着区の方が多いため、鉛とリン酸の難溶性化合物の生成が牛吸着区よりも多く、より安定的な形態であるためと考えられた。

4. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

家畜ふん堆肥は、土壌中の酸に可溶性鉛を汚染土に対し90%の溶出を抑制できると共に、不溶化された鉛のうち、酸に可溶性形態の再溶出率は10%以下であり、全リン量の多い堆肥ほど鉛の再溶出率が低く、土壌中で安定的と考えられた。

鉛溶出抑制、再溶出の検証の両方から、30日間の培養では有機物の分解の影響はなく、家畜ふん堆肥により不溶化された鉛の安定性は高いと考えられた。

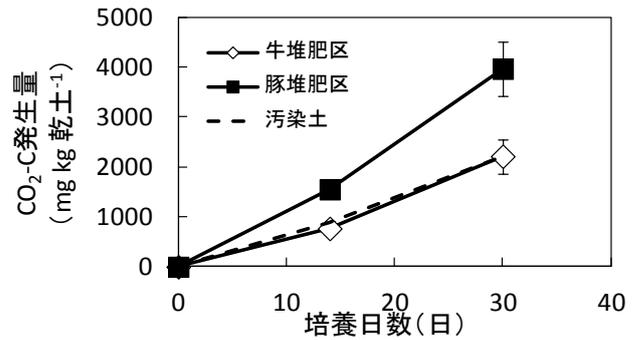


図1 牛堆肥区, 豚堆肥区, 汚染土のCO₂-C発生量

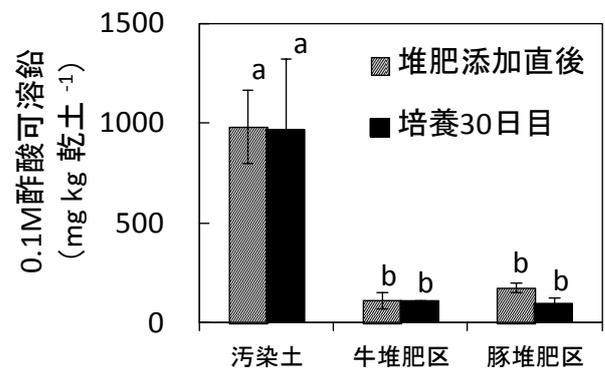


図2 0.1M酢酸により抽出される鉛量
異なる英小文字は有意水準1%のTukey-KramerのHSD検定で有意差があることを示す

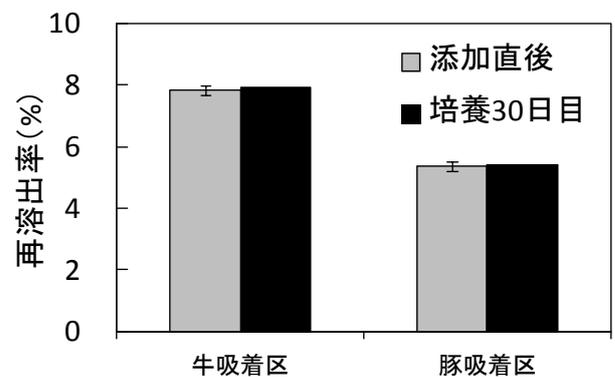


図3 牛吸着区, 豚吸着区の0.1M酢酸に対する再溶出率

参考文献

- 1) 北原亘, 加藤雅彦, 佐藤健: 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の解析-堆肥中の無機物画分への吸着特性とその寄与率, 土肥中部支部, 2010.
- 2) 加藤直人: 家畜ふん堆肥の特徴と施用技術について, 平成19年度耕畜連携たい肥利用促進研修会, 2007.