

堆肥由来のコロイドが高有機質黒ボク土壌中における銅の移動に及ぼす影響 The effect of colloid particle extracted from pig manure on the mobility of copper in organic Andisols

○細川聡一朗*, 井本博美*, 西村拓*, 宮崎毅*

Soichiro Hosokawa*, Hiromi Imoto*, Taku Nishimura* and Tsuyoshi Miyazaki*

1. はじめに 土壌の重金属汚染は古くから知られた環境問題の1つである。日本では農用地の土壌の汚染防止等に関する法律(1970)により、カドミウム、銅、ヒ素が特定有害物質として指定されている。土壌の有機炭素量と重金属の土壌への吸着量は正の相関があり、中でも銅は亜鉛やカドミウムと比べて有機物と強く結合する(Lair ら, 2006)ことが知られている。従って、土壌中における銅の移動性は低いと考えられるが、重金属がコロイド粒子に結合することで、重金属の移動性が高くなる(Karasanasis ら, 2005)ことも知られている。本研究では全炭素量が 18 %の黒ボク土を供試土とし、豚糞堆肥から抽出したコロイド粒子が銅の移動性に与える影響について、土壌と銅の結合形態も考慮に入れて実験を行った。

2. 実験 試料: 2 mm 篩を通過した黒ボク土(東京大学附属秩父演習林)を供試土とし、内径 5 cm のアクリル製円筒リングを組み合わせて高さを 10 cm にしたものに、乾燥密度が 0.4 g/cm³ となるよう均一に充填した。また、豚糞堆肥に純水を加えて振盪し、ストークス径 2 μm 以下のコロイド溶液を抽出した。このコロイド溶液に塩化銅(CuCl₂)を添加して銅濃度が 10 ppm となるよう調製し、Table 1 に示すような 3 種のコロイド溶液を作成した。A は塩化銅水溶液、B は粒子濃度の薄いコロイド溶液、C は粒子濃度の濃いコロイド溶液であり、いずれも約 10 ppm の銅を含む。また、C とほぼ同じ組成で銅を 10 ppm 含むコロイド溶液を遠心分離してコロイド粒子を取り出し、逐次抽出

(Hou et al.(2006))を行って銅の存在形態を調べたところ、交換態 63 %, 有機物結合態 32 %, 金属酸化物結合態 1 %, 難分解性有機物結合態 4 %の内訳となった。

カラム流出実験: 供試土を充填したカラムを 0.16 mM 塩化カルシウム水溶液で飽和し、さらに 2.2 ポアボリュームを供給して飽和定常流となったのを確認した後、5 cm の湛水を維持しながら A, B, C それぞれの溶液を供給した。カラム下端から排出された溶液は分画採集し、原子吸光分光光度計で銅濃度を測定した。実験は 24 °C 一定の条件下で行った。

土壌に吸着した銅の定量: 溶液の供給を終えた後、カラムを層ごとに解体し、各層に吸着した銅を逐次抽出法(Hou ら, 2006)に則って結合形態別に抽出した。

3. 結果と考察 流出濃度曲線: Fig.1 に、カラム下端から採取した排出溶液の流出濃度曲線を示す。C を供給した場合、2 ポアボリュームあたりから低濃度であるが、銅の流出が起こった。Table 1 から、C は銅の負荷量は他の溶液の約 1/4 であるが、粒子の負荷量が約 2 倍であることがわかる。また、A, B, C を 0.2 μm のメンブレンフィルターに通した前後の銅濃度を測定し、A, B, C それぞれに含まれる銅を、水溶性の銅(通過したもの)と粒子結合性の銅(捕捉されたもの)に分類すると、A は 0 %が、B は 38 %が、C は 67 %が粒子結合性の銅であった。この結果から、溶液の粒子濃度が濃く、粒子結合性の銅の割合が高いほど、銅の移動性が高くなると考えられる。

*東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo キーワード: 重金属, コロイド, 逐次抽出

深さおよび形態別の銅分布: Fig. 2はカラム流出実験前後で土壌に収着した銅の量の変化を形態ごとに測定し、深さ別に分布をとったものであり、正は増加を、負は減少を表す。結合形態の評価は逐次抽出法に基づくが、本研究では NH_4NO_3 で抽出する交換態と $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ で抽出する炭酸塩態を合わせて交換態と定義した。供給した銅の大半は表層 0~2 cm に収着した。CはA, Bの約 1/4の銅の負荷量であるが、それを考慮してもより小さい収着量となった。また、2 cm以下の層においてA, Bで交換態が減少し、Cでは全ての結合形態が増加した。これは、コロイド粒子による銅の移動促進が起き、2 cm以下の層ではCの土壌中の銅濃度がA, Bと比べて高くなっていったためと考えられる。また、コロイド粒子に結合した銅は、交換態と有機物結合態が大半であり、2 cm以下の層でCの交換態や有機物結合態が増加しているのは、コロイド粒子によるものであったと考えられる。

4. まとめ 粒子濃度が濃いほど、堆肥由来のコロイド粒子と結合する銅の割合は高くなり、これに伴って銅の移動性が高くなった。

Table 1 供給溶液

供給溶液	銅濃度 [ppm]	粒子濃度 [g/cm^3]	供給量 [ポアボリューム]
A	9.8	0	12.2
B	9.4	0.23	12.5
C	8.7	1.78	3.2

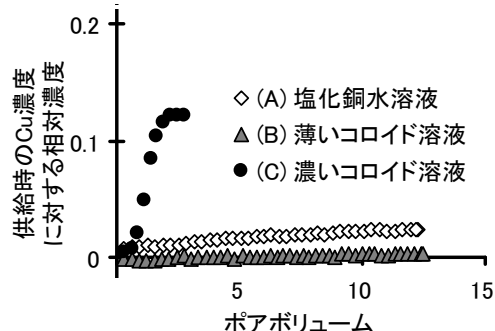


Fig.1 流出濃度曲線

参考文献: Hou H. et al.(2006),Europ. J. of Soil Sci., 57: 214-227, Karathanasis A.D. et al.(2005),J. of Environ. Qual., 34: 1153-1164, Lair J.G. et al.(2006),J. Plant Nutr. Soil Sci., 169: 60-68

謝辞: 豚糞堆肥の入手について、農研機構・吉田修一郎氏(当時、現東京大学)ならびに畜産草地研究所浄化システム研究チーム・黒田和孝氏にお世話になりました。ここに記して感謝致します。

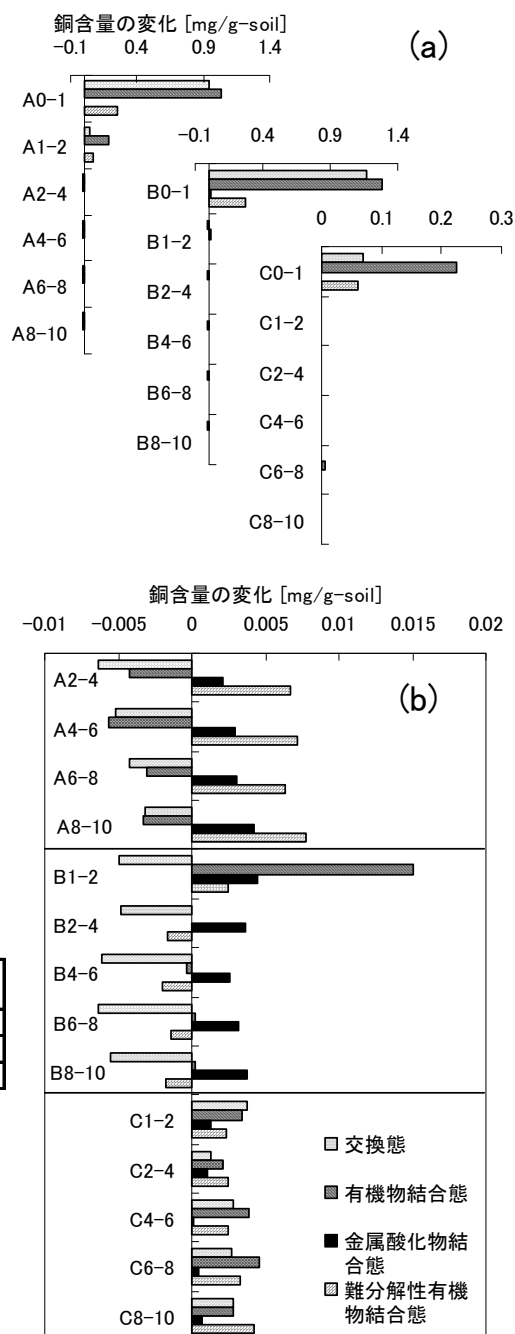


Fig. 2 層ごとの結合形態別銅の変化

※図中のA, B, Cは供給溶液(Table 1)、数字は深さ[cm]を表す。(b)は(a)の下部の拡大図。