

## 水田土壌と砂丘砂のカドミウムと鉛の競合的吸着特性

### Competitive adsorption characteristics of cadmium and lead in paddy soil and dune sand

○宮崎直紀\*, 中村公人\*, 烏英格\*, 櫻井伸治\*\*, 堀野治彦\*\*, 中桐貴生\*\*, 川島茂人\*

MIYAZAKI Naoki\*, NAKAMURA Kimihito\*, UINHGA\*, SAKURAI Shinji\*\*,

HORINO Haruhiko\*\*, NAKAGIRI Takao\*\*, KAWASHIMA Shigeto\*

1. はじめに 重金属汚染農地での土壌・水管理を検討する際、土壌と重金属の吸着関係を解明することは重要な課題である。本研究では、植物栽培への適用を見据えて、水田土と砂丘砂を用い、1種類および2種類の重金属の土壌への吸着特性を明らかにすることを目的とした。ここでは、カドミウム (Cd) と鉛 (Pb) を対象とした。

#### 2. 実験概要

2.1 供試土 砂丘砂は、鳥取大学乾燥地研究センター（鳥取県鳥取市）の敷地内の0~20cmの層から採取した。水田土は、滋賀県立大学周辺（滋賀県彦根市）の水田の0~20cmの層から採取した。風乾後、2mmふるい通過土を供試土とした。

2.2 吸着バッチ試験と分析 単一の場合と2種類の重金属が共存する場合について、水田土と砂丘砂それぞれに対して吸着バッチ試験を行った。重金属の投入濃度は単一の重金属の場合それぞれ0.1, 1, 5, 10 mg/Lとした。2種類の重金属の場合はそれぞれの濃度が0.1, 1, 5, 10 mg/Lについて全ての組み合わせ（計16条件）で試験を行った。重金属を含む溶液の陰イオンは硝酸イオンである。同一条件に対して反復回数を3回とした。供試土の含水比を測定後、乾土5g相当の土壌を100 mLのプラスチック製の瓶に入れ、所定の濃度の重金属の溶液50 mLを添加後、24時間振とうさせた。その後、24時間程度静置させ、0.45 μmのフィルタを通過したろ液を重金属分析に供した。元素分析にはICPE-9000（島津製作所製）を用いた。また、ろ液のpHとECを測定した。

2.3 吸着濃度 吸着濃度  $C_a$  (μmol/kg) の計算には以下の式を用いた。

$$C_a = \frac{\{C_0 V_a - C_e (V_a + w M_s)\}}{M_s A_w} \times 1000$$

ここで、 $C_0$ は投入濃度(mg/L)、 $C_e$ は平衡濃度(mg/L)、 $V_a$ は溶液の体積(L)、 $w$ は含水比、 $M_s$ は乾土質量(g)、 $A_w$ は各重金属の原子量である。ろ液の濃度を平衡濃度と見なした。

#### 3. 結果と考察

ろ液のpHはいずれの条件においても3~2と低かったため（後掲の図2, 3参照）、CdとPbの存在形態はイオン態であると推察される。

3.1 単一重金属の吸着 水田土でCd, Pbを単一で投入した場合の吸着等温線を図1(a)に示す。吸着量はモル濃度（当量も同様）でPb>Cdである。同様に、砂丘砂での場合を図1(b)に示す。吸着量は水田土と同様にPb>Cdであった。水田土のCd, Pbの同じ平衡濃度に対する吸着濃度は砂丘砂と比較して多い。水田土でのPbの最大吸着濃度は今回の投入濃度では検出できなかった。

\*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University \*\*大阪府立大学生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

キーワード：農地土壌、カドミウム、鉛、競合的吸着

### 3.2 2種類の重金属が共存する場合の吸着

(1)水田土 Cd と Pb のどちらかの投入濃度が 10 mg/L 一定で、もう一方の重金属の投入濃度が 0, 0.1, 1, 5, 10 mg/L である 5 条件の試料の吸着濃度, 平衡濃度, pH, EC を図 2(a), (b)に示す。図 2(a)をみると, Cd, Pb をともに 10 mg/L 投入した試料の合計吸着濃度が 600  $\mu\text{mol/kg}$  となっていることから, Cd の投入濃度が 10mg/L, Pb の投入濃度が 0~5mg/L の試料では吸着サイトに余裕があるはずである。それにも関わらず, Cd の吸着濃度は Pb の投入濃度が大きくなる程小さくなる傾向にある。一方, 図 2(b)をみると, Pb の投入濃度が 10 mg/L 一定の場合, Cd の投入濃度が大きくなると, Pb の吸着濃度はほぼ一定で, 上乗せする形で Cd の吸着濃度が増加している。水田土では, Pb の投入濃度の増加による土壌溶液中の Cd 濃度の増加量は, Cd の投入濃度の増加による土壌溶液中の Pb 濃度の増加量よりも大きいことがわかる。

(2)砂丘砂 砂丘砂の場合を図 3(a), (b)に示す。砂丘砂では少なくとも 150  $\mu\text{mol/kg}$  は吸着する容量があるはずである。図 3(a)をみると, Cd の投入濃度が 10 mg/L 一定の場合, Pb の投入濃度が増加したときの Cd の吸着濃度は大きく変わらない。一方, 図 3(b)をみると, Pb の投入濃度が 10 mg/L 一定の場合, Cd の投入濃度が 1~10mg/L の試料で Pb の吸着濃度が減少傾向にある。砂丘砂では, Pb の投入濃度の増加による土壌溶液中の Cd 濃度の増加量は, Cd の投入濃度の増加による土壌溶液中の Pb 濃度の増加量よりも小さい。この傾向は水田土と異なる。

4. おわりに 2種類の重金属が共存する場合では, 水田土と砂丘砂において競合的な吸着関係が確認されたが, 土壌によってその競合性に若干の違いが見られた。複数の重金属が共存する土壌での植物栽培試験を行って, 土壌中の重金属の形態と植物吸収の関係を明らかにする予定である。  
謝辞: 本研究は科研費 15H04568 の一環で行った。

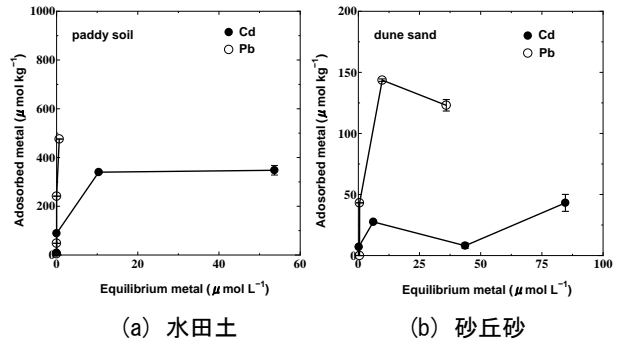


図 1 重金属が単一で存在する場合の吸着等温線  
Fig.1 Sorption isotherms of Cd and Pb in mono-metal

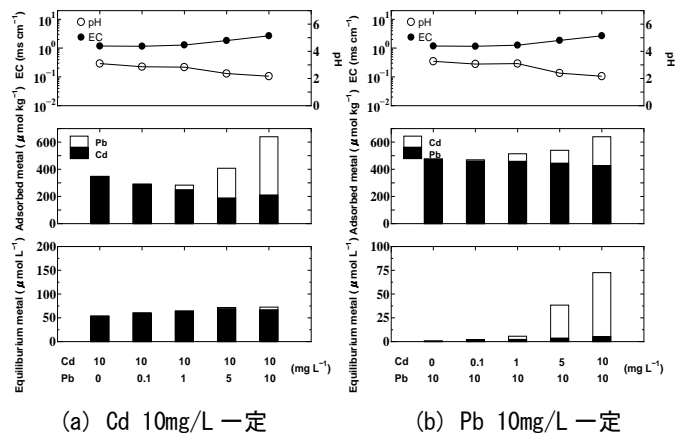


図 2 水田土での平衡濃度, 吸着量, pH, EC  
Fig.2 Equilibrium metal concentrations, adsorbed metal concentrations, pH and EC in paddy soil

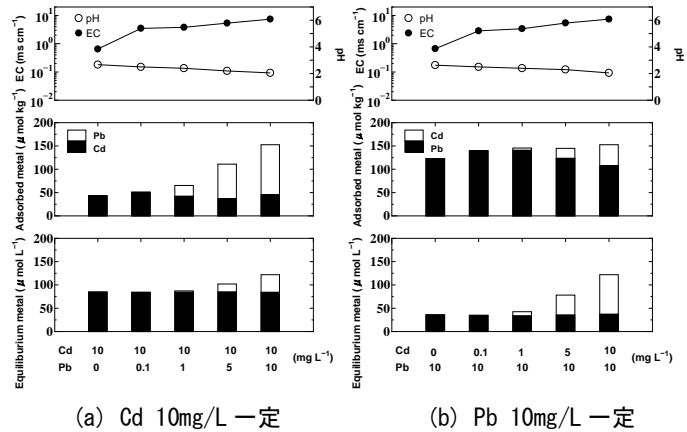


図 3 砂丘砂での平衡濃度, 吸着量, pH, EC  
Fig.3 Equilibrium metal concentrations, adsorbed metal concentrations, pH and EC in dune sand