

カドミウム混入用水による水稻栽培への影響抑制に関する牛ふん堆肥の効果 Possibility of Cow Manure for the Suppression of Adverse Effects in Rice Growth by a Cd-containing Irrigation Water

○櫻井伸治* 松原尚希** 堀野治彦* 中桐貴生*

○Shinji SAKURAI*, Naoki MATSUBARA**, Haruhiko HORINO*, Takao NAKAGIRI*

1. はじめに 土壤がカドミウム(Cd)汚染された水田において、牛ふん堆肥(CM)の投与によって土壤中のCdが不動化され、水稻へのCd移行が低減される可能性が見出されつつある。これまで土壤自体が汚染された状況下でのCMによる不動化効果について検討してきた。しかし、例えば、鉱山における事故等でCdを含む灌漑水が水稻生育期間中に流入し、一時的な汚染が生じることも予想される。こうした場合でも、応急的な対策としてCMを投与することでCdの不動化を通じて水稻へのCd移行が抑えられる可能性がある。本研究では、生育期間の様々なタイミングでの突発的なCd汚染を想定した水稻生育実験を行い、水稻へのCd移行量ならびにCM投与による効果について検討した。

2. 研究方法 水稻生育実験(2024/6/25~10/18)は大阪公立大学圃場の網室内で実施した。実験条件は、Cdの投与時期を活着期、分げつ期、出穂開花期(実験開始それぞれ10, 30, 60日後)とする3通りにCM投与の有無を組み合わせた6パターンとした。供試土壤は同圃場で採取した水田土(風乾後, 2 mmふるい通過分), CMは市販のものを用いた。水稻の品種はキヌヒカリで、同学で育苗したものを実験に供した。1/5,000 aのワグネルポットに作土深が15 cm程度になるように土壤(乾土相当で約3 kg)を充填した。その後、蒸留水でおよそ1 cmほど湛水して1~2日静置させてから苗を移植した。移植後約1ヵ月間は、蒸留水で適宜灌漑しながら湛水深を4~5 cmに維持した。その後、7日間中干しを行った後、収穫までは2~4日おきに間断灌漑した。Cdは土壤中の濃度が15 mg kgDW⁻¹になるようにCd(NO₃)₂·4H₂O水溶液を田面水に添加し、CM投与区ではほぼ同じタイミングで30 gを田面水表面に投与した。実験終了後、水稻を収穫し、根、茎葉、もみ殻、玄米の4部位に分けて、それぞれ新鮮重ならびに乾物重(80°C, 72時間以上)を測定した。Cd測定の前処理として各部位を分取し、酸分解(硝酸10 mL, 過塩素酸2.5 mL, 硫酸5 mLの混合液で200 °C, 4時間加熱)した。分解液はメンブレンフィルター(孔径0.45 μm)でろ過し、各部位のCd濃度をICP-AESを用いて測定した。また、土壤から植物の可給性が高いと考えられる水溶態、イオン交換態、炭酸塩態のCdをTessierらの方法を参考に逐次抽出し、それぞれの濃度をICP-AESを用いて測定した。

3. 結果および考察 (1) CM投与が及ぼす水稻へのCd移行の影響 水稻各部位中のCd濃度を添加時期ごとに整理した(Fig. 1)。根部、茎葉部では、有意差は見られなかったところもあるものの、総じて、どの添加時期でもCM投与区でのCd濃度が無投与区より低下しており、CMによるCdの水稻への移行抑制効果が窺われた。一方、可食部である玄米部では、分げつ期、出穂開花期のCM投与区では、無投与区と比べてCd濃度がそれぞれ5%, 48%低下したものの、活着期ではCd濃度が29%増加し、もみ殻部でも同様の傾向となった。ただし、いずれも差は小さく、有意性は検出されなかった。根、茎葉部と玄米、もみ殻部のCd濃度をCMの有無で比較すると、全ての実験区で玄米、もみ殻部における差異よりも、根、茎葉部における差

* 大阪公立大学大学院農学研究科 Grad. School of Agriculture, Osaka Metropolitan University

** 近畿農政局 Kinki Regional Agricultural Administration Office

キーワード: カドミウム 牛ふん堆肥 灌漑水 水稻 移行

異の方が顕著であることから、CM の Cd 吸収抑制効果は根、茎葉の 2 部位に限定的だったともいえる。添加時期で比較すると、根 + 茎葉部の濃度が、活着期、分けつ期の実験区では、40%程度減少していたのに対して、出穂開花期の実験区では、84%減少していた。また、出穂開花期の CM 無投与区では、茎葉部の Cd 濃度が高かった。これは、一般に水稻は出穂前後に最も水を必要とするため、Cd が必然的に吸収されたためと思われる。以上のことから、CM による効果は、出穂開花期における Cd 流入に対してより大きいといえるが、玄米部への影響は無投与でも他の時期に比べると小さいという結果となった。

各部位への Cd 移行率(土壤への Cd 添加量に対する該当部位における存在量の割合)を整理すると(Table 1)，全ての実験区において、「茎葉 > 根 > 玄米 > もみ殻」という大小関係がみられた。特に茎葉部への移行率は他の部位のそれらに比べて 1~2 オーダー高く、この部位への集中・蓄積が確認できる。

(2) 土壤中の Cd 存在形態 実験終了後の土壤における化学形態別の Cd 濃度を添加時期ごとに整理した(Fig. 2)。どの区とも炭酸塩態は検出されず、より可給性の高い 2 形態のみが検出された。水溶態では、分けつ期の実験区でしか有意差は見られなかったものの、どの添加時期においても CM 投与区の方が無投与区に比べて小さかった。これは CM の吸着によって単純に Cd イオンが減少したためと考えられる。2 形態の合計濃度に着目すると、収穫までの日数が比較的短い分けつ期や出穂開花期では差が見られ、活着期では差が見られなかった。また、収穫までの日数が比較的長い活着期や分けつ期ではイオン交換態が検出されており、出穂開花期ではほとんど見られなかった。さらに、炭酸塩態が検出されなかつたことから、いずれも土壤中の不動化は進んでいないと思われる。以上のことから、Cd が土壤へ移行するには時間を要し、CM は短期的には効果があるものの、CM の分解が進むことでいずれはその効果が低下すると考えられる。ここでの CM による抑制効果は化学形態を変化させることよりも CM 自体への吸着により発現された可能性が高いと推察される。

4. おわりに 水田に CM を投与することで根部、茎葉部への Cd 移行が抑制されることが示唆された一方で、その効果はそれより先の部位では顕著ではなかった。また、CM は短期的には効果があるものの、期間が長くなると、その効果は減少することが窺われた。今後は生育初期に流入した場合の可食部への Cd 移行を抑制する方策が求められる。

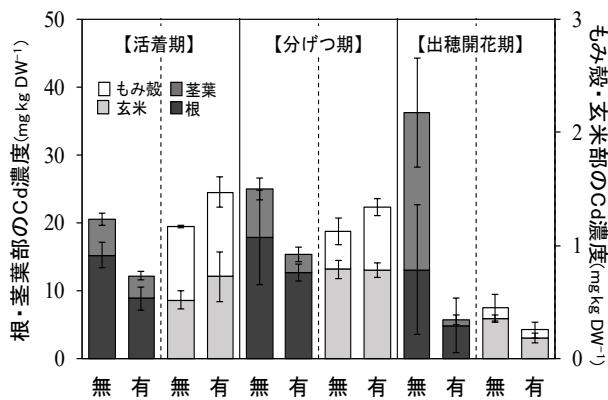


Fig. 1 Concentrations of Cd in the rice.
Error bars show standard deviation. (n=3)

Table 1 Transfer ratios (%) of Cd into each part of the rice.

添加時期	CM 投与	根	茎葉	もみ殻	玄米
活着期	有	0.061	0.285	0.005	0.017
	無	0.048	0.233	0.007	0.033
分けつ期	有	0.109	0.518	0.006	0.031
	無	0.088	0.202	0.008	0.035
出穂開花期	有	0.057	1.330	0.001	0.012
	無	0.049	0.061	0.001	0.006

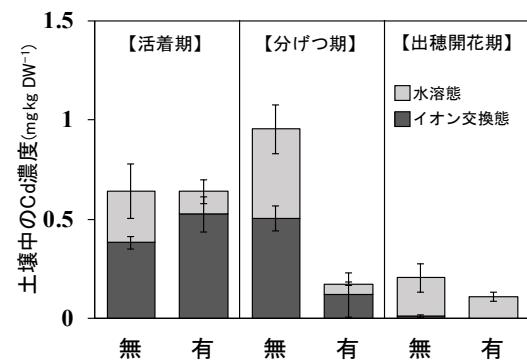


Fig. 2 Speciations of Cd in the soil.
Error bars show standard deviation.