

土壌中に負荷されたカドミウム等のダイズにおける吸収・移行過程の解明

(1) 根中カドミウム量と主要元素組成との関係

箭田（蕪木）佐衣子¹⁾、織田久男²⁾、川崎 晃¹⁾、伊藤じゅん³⁾、世良耕一郎⁴⁾

¹⁾ 独立行政法人農業環境技術研究所
茨城県つくば市観音台 3-1-3

²⁾ 独立行政法人農業環境技術研究所（現エーザイ生科研）
茨城県つくば市観音台 3-1-3

³⁾ 日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター
岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

⁴⁾ 岩手医大サイクロトロンセンター
岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

1 はじめに

食品中のカドミウム (Cd) 含量に関する新たな国際基準値の議論が進むにつれて、わが国においても作物中の Cd 含量について関心が高まっている。わが国の主要畑作物であるダイズは、玄米と比較して Cd 濃度が高く問題となっている¹⁾。この問題の解決のために、ダイズにおける Cd の吸収機構を明らかにする必要があるが、その研究例はまだ少ない。最近、水田転換畑の初年度作付けダイズにおいて、子実中の Cd 濃度が高くなる現象が報告されており、その原因物質として前作のイネ刈株が考えられている。著者らによる土耕ポット試験では、刈株添加区のダイズ子実中の Cd 濃度は 0.15mg kg^{-1} であり、無添加区と比較して 1.8 倍高かった。しかし、インキュベーション実験では、刈株添加区と無添加区における水溶性カドミウム濃度に差異は認められなかった²⁾ことから、刈株は土壌に対する直接の汚染源では無いが、汚染の原因物質として間接的に機能していると考えられた。そこで、本研究では、Cd 濃度が高くなる現象は、土壌—刈株—微生物とダイズ根との相互作用によると考えて、カドミウムとともに吸収・移行する元素に注目してこの現象を解明する。すなわち、土壌中の有機酸の影響によるならば、ダイズ中の Cd 濃度とともに酸への溶解性が高い Mn、Fe 等の元素濃度も高くなると考える。また、微生物による刈株の餌化に伴う Cd の生物濃縮と微生物遺体からの Cd の放出による影響ならば、微生物に特異的に多く含まれる P、S 等の濃度とともに Cd 濃度が高くなると考える。この点について、本研究では、多量元素から微量元素まで広範に同時分析できる PIXE 法を用いたダイズ根および子実の元素濃度を指標として、ダイズにおける Cd の吸収・移行現象を解明するとともに、Cd 異常吸収現象に関連する土壌環境要因を明らかにすることを目的とする。

本報告では、刈株添加/無添加土壌で栽培したダイズを用いて、これまでに PIXE 分析結果が得られた

ダイズ根中の元素濃度と、Cd 濃度との関係について述べる。なお、植物標準試料についても PIXE 分析を行い、PIXE による植物中の元素の測定精度についても検討した。

2 材料および方法

灰色低地土 3.7kg (生土) に刈株 (Cd 濃度 0.6 mg kg^{-1}) を 40g (風乾重量) 添加と無添加処理を行い、a/5000 ポットに充填した。各区とも、ダイズ (エンレイ) を一本立ちで成熟期まで 3 ポット栽培した。ダイズの収穫後には、葉、莖、葉柄、根、莢、子実の 5 部位に分けて粉末試料とした。このうち、ダイズ根 0.5g を硝酸分解して水で正確に 50mL とした後、4.5mL を分取して内部標準元素として 0.5mL の In 標準液 (1000 mg L^{-1}) を添加した。この溶液をマイラーフィルムの中心部に $5 \mu\text{L}$ 滴下して自然乾燥させた後、PIXE 分析に供試した。なお、標準試料として、NIST SRM-1571 オーチャードリーブスを、前述と同様の方法で前処理を行い PIXE 分析に供試した。測定は、各試料とも 6 連で行った。ダイズ根および子実中の Cd 濃度は、四重極型 ICP-MS (SPQ8000A エスアイアイナノテクノロジー) により測定した。

3 結果および考察

- ①Cd 濃度: PIXE 照射試料中の Cd は、内部標準として添加した In 濃度が高く、In のスペクトル干渉がありピークの検出が困難であったため、別途にダイズ分解液を希釈して、ICP-MS により測定した。ダイズ根および子実中の Cd 濃度を表 1 に示した。刈株添加区ダイズの Cd 濃度は、根が 0.13 mg kg^{-1} 、子実が 0.15 mg kg^{-1} であり、無添加区と比較して Cd 濃度は根が 0.7 倍、子実が 1.8 倍高かった。刈株添加により、Cd のダイズ根への蓄積性が低下して、子実への移行性が高まることが示された。
- ②元素濃度: PIXE によるダイズ根中の元素濃度を図 1 に示した。NMCC の PIXE 分析では、Na から U までの 82 元素が検出可能であるが、スペクトル解析誤差が 30% 未満であり、全試料から検出された元素は、Na、Mg、Si、P、S、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Sr の 12 元素であった。このうち、Na、Mg、Si、S、Ca 濃度は、無添加区と比較して刈株添加区では 1.3~2.3 倍高かった。一方、Mn、Fe 濃度は、刈株添加区の値が低く、無添加区の 0.5~0.6 倍であった。Al、P、K、Cu、Sr 濃度は、刈株添加/無添加区において差は認められなかった。
- ③Cd 濃度と元素濃度の関係: 刈株添加区のダイズ根中の Cd 濃度は、無添加区と比較して 0.7 倍低く (表 1)、Mn、Fe 濃度は無添加区より 0.5~0.6 倍低かった (図 1)。刈株添加/無添加ダイズの根への蓄積性は、Cd、Mn、Fe で類似することが示された。
- ④PIXE 分析精度: 標準試料 (NIST SRM-1571 オーチャードリーブス) の PIXE による測定結果と保証値を図 2 に示した。PIXE による測定値は、全体的に保証値より低い値であった。標準試料中の K、Ca、Mn、Fe、Cu、Sr の PIXE 測定値は、保証値の 10~20% 程度低い値であったが、比較的精度よく測定できることが示された。一方、PIXE による P、S、Mg 測定値は、30~48% 程度保証値より低い値を示し、Na、Al については PIXE 分析では十分な感度が得られず、Si は保証値が示されていないため、これらの元素については他の分析法によるクロスチェックを行い、分析精度を検討する必要がある。

4 今後の予定

ダイズ子実中の元素濃度を定量して、これまでに明らかになったダイズ根における値と比較する。ダイズ根および子実の Cd 濃度と主要元素濃度との関係から、刈株添加によるダイズ子実への Cd 移行量の増加に関与する土壤環境要因を探ろうとする。

参考文献

- 1) 農林水産省: 平成 14 年 12 月 2 日プレスリリース (2002)
- 2) 日本土壌肥料学会講演要旨集 第 51 集 (2005)

表 1 刈株添加がダイズ根および子実の Cd 濃度に及ぼす影響

	Cd 濃度(mg kg ⁻¹)		添加/無添加
	無添加区	刈株添加区	
根	0.19	0.13	0.7
子実	0.08	0.15	1.8

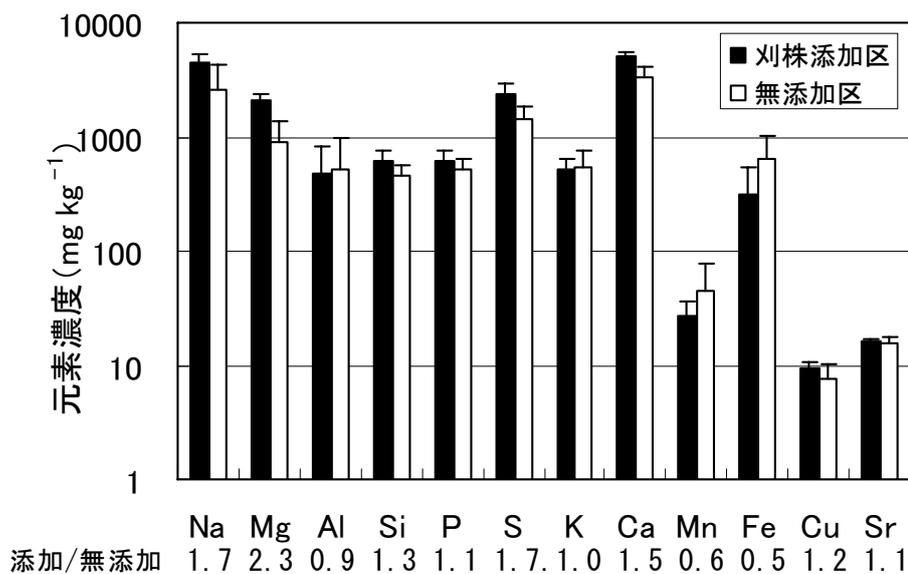


図 1 刈株添加がダイズ根の元素濃度に及ぼす影響

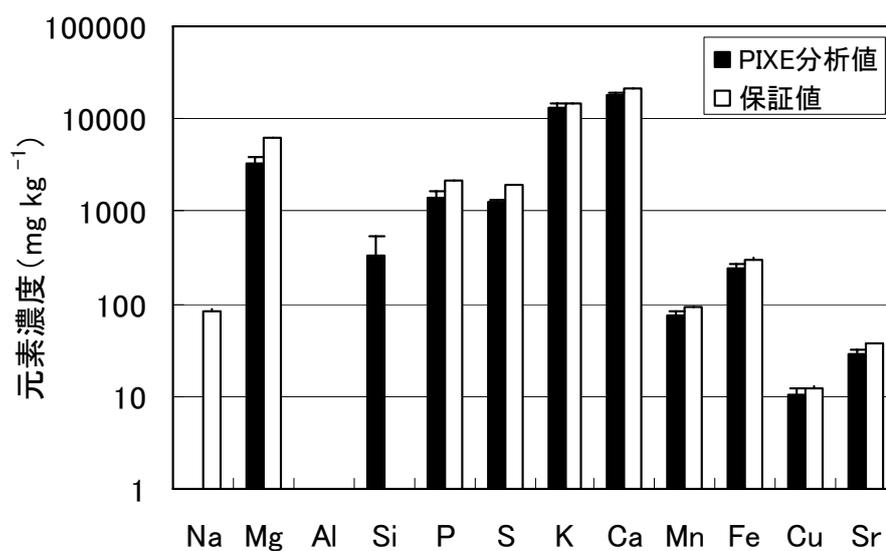


図 2 PIXE によるオーチャードリーブスの分析