

## 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

### (3) 葉身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<sup>1</sup>、荒尾知人<sup>2</sup>、川崎 晃<sup>2</sup>、織田久男<sup>3</sup>、世良耕一郎<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人農業環境技術研究所・日本学術振興会特別研究員 RPD  
305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3

<sup>2</sup> 独立行政法人農業環境技術研究所  
305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3

<sup>3</sup> 独立行政法人農業環境技術研究所 (現エーザイ生科研 (株))  
305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3

<sup>4</sup> 岩手医大サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

#### 1 はじめに

ダイズ製品は、わが国において主要な食品であり消費量が多い。しかし、わが国のダイズは全体の17.3%がカドミウム (Cd) 濃度  $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$  を超えており<sup>1)</sup>、コメと比較して Cd 濃度が高い。また、ダイズはわが国の主要な水田転換作物であるが、畑地化後の初年度に作付けしたダイズ子実中の Cd 濃度が高くなる現象が問題となっている<sup>2)</sup>。著者らは、ダイズ中 Cd の主たる給源として前作の残根を含む刈株 (刈株) を想定し、刈株に由来する Cd の吸収蓄積を調べた。その結果、無添加区と比較して刈株添加区のダイズ子実中 Cd 濃度は 1.8 倍高くなった。しかし、Cd 以外の主要元素濃度には差が認められず、刈株添加によりダイズ子実において Cd が特異的に蓄積する可能性が示された。本研究は、PIXE 分析法によりダイズ葉身中の元素濃度を調べて、刈株施用によるダイズ葉身への主要元素の移行吸収への影響を明らかにする。

#### 2 研究計画および方法

(独) 農業環境技術研究所においてダイズの栽培試験と ICP-MS による Cd 分析を実施した。ダイズ葉身中の主要元素分析は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の PIXE で行った。灰色低地土  $3.7 \text{ kg}$  (生土) に刈株 (Cd 濃度  $0.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) を  $40 \text{ g}$  (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、ダイズ葉身  $0.5 \text{ g}$  を硝酸分解して水で正確に  $50 \text{ mL}$  とした後、 $4.5 \text{ mL}$  を分取して内部標準元素として  $0.1 \text{ mL}$  の In 標準液 ( $1000 \text{ mg L}^{-1}$ ) を添加した。この溶液をマイラーフィルムの中心部に  $10 \mu\text{L}$  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。ダイズ葉身中の 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

表 1 に収穫期のダイズ乾燥重量 (子実、莢、茎、葉、葉柄、根) の平均値と標準偏差を示した。ダイズ 1 個体あたりの乾燥重量は刈株添加区が 67g、無添加区が 74g であり、両者はほぼ等しく成長した (表 1)。

①Cd 濃度 ; Cd は PIXE によりピークを検出できなかったため、ICP-MS により測定した。葉身中 Cd 濃度は、無添加区は  $0.08\text{mg kg}^{-1}$  であり、刈株添加区は  $0.14\text{mg kg}^{-1}$  であり、無添加区に比較して刈株添加区の Cd 濃度が約 1.8 倍高かった (表 2)。これまでの実験で明らかにしたダイズ子実中 Cd 濃度 (表 2) と類似の傾向であり、刈株施用による Cd 移行吸収の増加は、子実だけでなく葉身でも認められることが明らかになった。

②主要元素濃度 ; PIXE によるダイズ葉身中の元素濃度を示した (図 1)。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 Mg、Si、P、S、Cl、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn、Br、Sr の 13 元素であった。葉身中のこれらの元素濃度について、刈株添加区と無添加区の間で有意な差は認められなかった。

③PIXE 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 によりダイズ葉身中から検出された 13 元素についてみると、Cu は PIXE による測定値と保証 (認証) 値と一致したが、その他の元素は低い値であった。標準試料中の K、Ca、Mn、Fe、Sr の PIXE 測定値は、保証値の 10~20%程度低い値であった。PIXE による Mg、P、S 測定値は保証値より 36~76%程度低く、Si、Cl については十分な感度が得られなかった。Br については、酸分解の過程で揮散などによる損失があったと思われる。PIXE により試料中の元素濃度を相対的に比較できるが、定量性をより高めるためには、他の分析法とのクロスチェックを行い PIXE 分析値を補正する必要がある。

### 4 要約

ダイズにおける Cd の移行・吸収現象を解明することを目的として、PIXE (Particle Induced X-ray Emission) あるいは ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy) によりイネ刈株 (刈株) 添加あるいは無添加で土壌ポット栽培したダイズ葉身中の元素濃度を調べた。

PIXE により Na から U までの 82 元素を分析した結果、全試料より検出されたダイズ葉実中の Na、Mg、Si、P、S、Cl、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn、Br、Sr の 13 元素の濃度を明らかにした。Cd は PIXE の検出下限値以下であり、ICP-MS により測定した。刈株添加区のダイズ葉身中の Cd 濃度は  $0.14\text{mg kg}^{-1}$  であった。ダイズ葉身中の Cd 濃度は無添加区に比べて刈株添加区で約 1.8 倍高い値であったが、主要元素濃度では有意な差は認められなかった。

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成を賜りました日本学術振興会に心から感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省 : 農産物等に含まれる Cd の実態調査結果の提出について, 平成 14 年 12 月 2 日プレスリリース (2002)
- 2) 伊藤純雄 : 転換畑ダイズのカドミウム濃度を下げる工夫, 農業技術, 59, 11-15 (2004)

表1 収穫期のダイズの生育状況

単位：g 株<sup>-1</sup>

	部位別の乾燥重量*						
	子実	莢	茎	葉	葉柄	根	合計
刈株添加区	21.5 ± 3.7	12.1 ± 2.1	11.2 ± 2.1	13.6 ± 0.6	6.5 ± 0.6	1.5 ± 0.1	66.5 ± 7.5
無添加区	22.7 ± 4.6	12.0 ± 1.4	14.9 ± 2.0	14.8 ± 1.5	7.3 ± 0.8	2.1 ± 0.3	73.8 ± 16.5

\*データは3個体の平均値と標準偏差 (n=3)

表2 刈株添加がダイズ葉身，子実および根の Cd 濃度に及ぼす影響

	平均 Cd 濃度* (mg kg <sup>-1</sup> )		添加/無添加
	無添加区	刈株添加区	
葉身	0.08	0.14	1.8
子実	0.08	0.15	1.8
根	0.19	0.13	0.7

\* ICP-MS による値 (n=3)。葉身 (無添加区) のみ n=1。

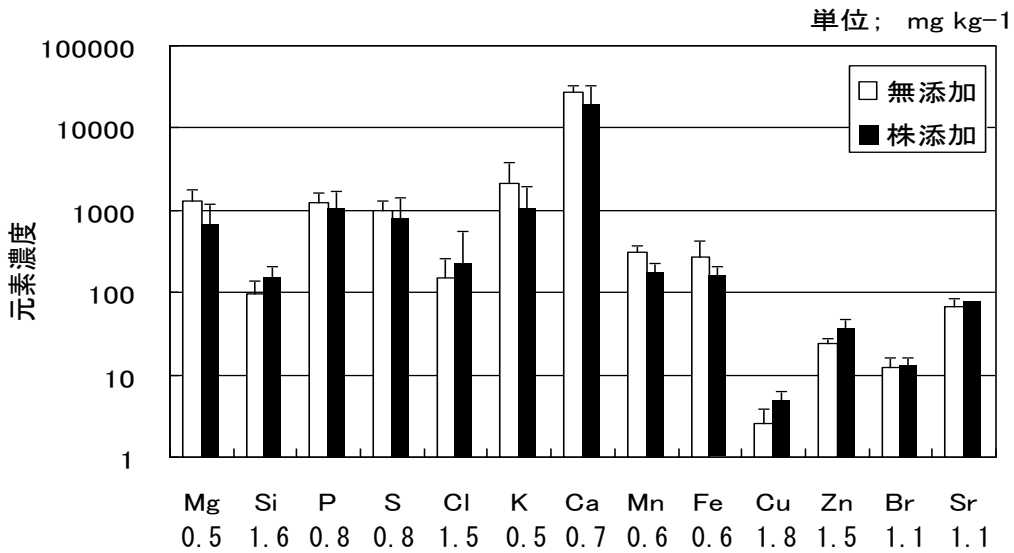


図1 刈株添加がダイズ葉身の元素濃度に及ぼす影響 (n=3)

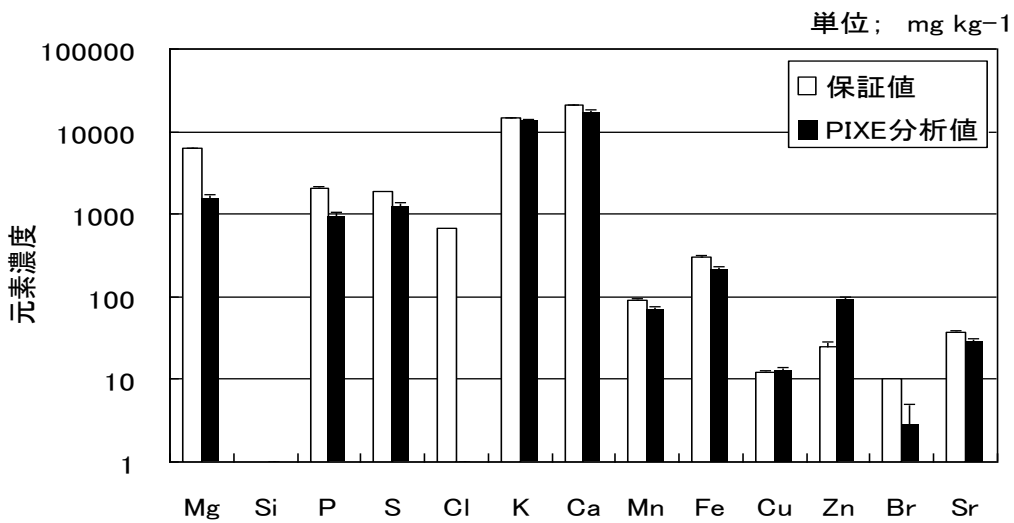


図2 PIXEによるオーチャードリーブスの分析

## **Uptake and transport of Cadmium in soybean plants**

### **(3) The relationship between Cd and elemental concentrations in leaves**

S. Yada<sup>1</sup>, T. Arao<sup>2</sup>, A. Kawasaki<sup>2</sup>, H. Oda<sup>3</sup> and K. Sera<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science  
National Institute for Agro-Environmental Sciences  
3-1-3 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan

<sup>2</sup>National Institute for Agro-Environmental Sciences  
3-1-3 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan

<sup>3</sup>National Institute for Agro-Environmental Sciences  
(Present address: Eisai Seikaken Co., Ltd.  
312-4 Toriko, Nishihara, Aso, Kumamoto 861-2401, Japan)

<sup>4</sup>Iwate Medical University, Cyclotron Research Center  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

#### **Abstract**

A pot (1/5,000a) soil culture experiment with soybean plant (*Glycine max*) was performed. Soybean plants were sampled at the full maturity (R8) growth stage, and concentrations of elements in leaves were determined by PIXE. The concentration of Cd in soybean plant was determined by ICP-MS.

The analysis result of 82 elements from Na to U by PIXE, Mg, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Sr were determined. The concentrations of these elements in soybean leaves did not affected by the addition of rice stubble (40 g pot<sup>-1</sup>). The addition of rice stubble resulted in the specifically increase in the Cd concentrations in soybean leaves.