

平成22年 6月16日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2009
 課題番号：21780303
 研究課題名 (和文) ポジトロンイメージングを用いたダイズ子実へのカドミウム移行メカニズムの解明
 研究課題名 (英文) Characterization of cadmium transport in soybean plant using positron imaging system
 研究代表者
 伊藤 小百合 (ITO SAYURI)
 独立行政法人日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・博士研究員
 研究者番号：20512221

研究成果の概要 (和文) : ポジトロンイメージングを用いてダイズ植物体内のカドミウム移行の様子を画像化し、子実にかドミウムが蓄積するメカニズムを解明した。ダイズ子実へのカドミウム移行のタイムスケールおよび経路を明らかにし、カドミウムの子実への移行を抑制するためには、より直接的かつ短期的な対策が必要であることを示した。

研究成果の概要 (英文) : In this study, the time scale of cadmium absorption and transport in soybean plants were characterized using positron-emitting tracer imaging system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：ダイズ、カドミウム、ポジトロンイメージング、環境汚染

1. 研究開始当初の背景

有害金属であるカドミウムによる食糧汚染の軽減は世界的な課題である。特にわが国ではコメのカドミウム汚染が重大な問題と考えられて対策が行われてきたが、近年、水田転換作物として推奨されてきたダイズのカドミウム汚染が新たな問題となっている。水田土壌におけるカドミウムは難溶性の化学形態を示すが、畑に転換すると溶解性となるため植物に吸収されやすくなる。またダイズは他の作物と比較して収穫部位のカドミウム濃度が高くなる傾向にあることがわかっている。ダイズにおけるカドミウムの移行

を制御するためには、植物体におけるカドミウムの動態を知り移行のメカニズムを解明する必要がある。

日本原子力研究開発機構では、カドミウムのポジトロン放出核種である 107-カドミウムをイメージングする技術を開発してきた。これは、生きた植物体内のカドミウムの移動をリアルタイムで動画像として得ることができる現在のところ世界で唯一の技術であり、これまでイネ科植物を用いて研究が行われてきたが、ダイズの研究は行われていなかった。また応募者はこれまで、ダイズを実験材料とした研究を多く行ってきた。この経験

を活かし、かつポジトロンイメージング技術を取り入れることにより、ダイズ植物体内のカドミウムの移行のメカニズムを明らかにできるという着想に至った。

2. 研究の目的

農業現場においてダイズのカドミウムの移行を効率的に制御するためには、植物体におけるカドミウムの動態を知り移行のメカニズムを解明する必要があると考えられた。そこで本研究では、カドミウムの子実への輸送動態について、ポジトロン放出カドミウムをトレーサとして用いたリアルタイムイメージングによって明らかにすることを目的とした。具体的に以下の項目を行うこととした。

(1) カドミウムの子実への輸送動態のイメージング画像取得と数理的解析法の確立

ダイズ植物を用いて、ポジトロン放出カドミウムをトレーサとしたリアルタイムイメージングを行う技術を確認した。日本原子力研究開発機構のポジトロンイメージンググループがイネを用いて行ってきた実験手法を参考にした。ダイズはイネとは異なるカドミウム輸送のメカニズムを持つと考えられた。カドミウムがダイズ子実中に「どのように」移行し蓄積して行くのか、その過程を明らかにすることを目的とした。

(2) 生育ステージの変化が子実へのカドミウム輸送に及ぼす影響

ダイズ植物は、生育ステージによってカドミウムの吸収や移行性が変化することが推測された。農業現場においてダイズのカドミウムの移行を効率的に制御するためには、カドミウム汚染が生育ステージのどの段階で、またどのような環境の時に最も起こりやすいのかを知る必要があると考えられたため、これらを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) カドミウムの子実への輸送動態のイメージング画像取得と数理的解析法の確立

実験に供するダイズ植物（品種 Williams）は、人工気象装置内で水耕栽培した。ポジトロンイメージング装置の検出器は視野が約 $13 \times 20 \text{ cm}^2$ なので、供試植物が大きすぎるとイメージング実験が困難である。栽培条件によって、植物のサイズや開花時期などは大きく異なるが、予備実験から、明期 12 時間／暗期 12 時間の条件下で栽培することで、品種 Williams では比較的小さいまま開花・結実することがわかった。そこで本実験では、



図1 ポジトロンイメージング実験の様子

上記の明／暗条件で栽培した植物をモデルとし実験に供した。

ポジトロンを放出する 107-カドミウム（半減期 6.5 時間）と同時に、ガンマ線のみを放出する 109-カドミウム（半減期 453 日）を実験材料のダイズ植物の水耕液にトレーサとして投与した。水耕液中の非標識カドミウム濃度は $0.1 \mu\text{M}$ とした。生きたダイズ植物体内の 107-カドミウムの動態をポジトロンイメージング装置により 36 時間撮像した（図 1）。得られた動画データをもとに、数理的解析を行った。また 107-カドミウム減衰後は、109-カドミウムの分布をオートラジオグラフィにより解析した。複数の放射性カドミウム核種を併用することで、分オーダーから月オーダーまでのカドミウム動態を明らかにできる技術を確認することとした。

供試植物体中のカドミウムの動態を動画像として撮像し、そのデータをもとに、経根吸収速度、植物体中の各器官における移動速度、各器官への分配率、各器官における蓄積速度などのパラメータに着目した吸収輸送モデルを構築した。

(2) 生育ステージの変化が子実へのカドミウム輸送に及ぼす影響

上記 (1) の方法を用いた。ダイズ植物は、栄養生長期、着莢期、子実肥大期の各生育ステージの植物を実験に供し、カドミウム輸送の様子をリアルタイムイメージングしてこれらを比較した。また、各生育ステージにカドミウムを与えた植物を収穫期まで栽培し続け、最終的な分布について比較した。

4. 研究成果

(1) カドミウムの子実への輸送動

態のイメージング画像取得と数理的解析法の確立

ポジトロンイメージングにより、カドミウムが水耕液から根に吸収される過程、地上部へ移行する過程を撮像することに成功した(図2)。ダイズでは、水耕液に投与したカドミウムは、1時間以内に速やかに根に吸着・吸収され、数時間かけて地上部の基部に到達することがわかった。その後、36時間後まで茎内を茎頂に向かって移行していた。またポジトロンイメージング装置とオートラジオグラフィで得られた結果を総合し、カドミウムが子実や葉には2~3日以内に到達することが明らかとなった。本研究により、これまでわかっていなかったダイズにおけるカドミウム動態のタイムスケールが明らかになった。

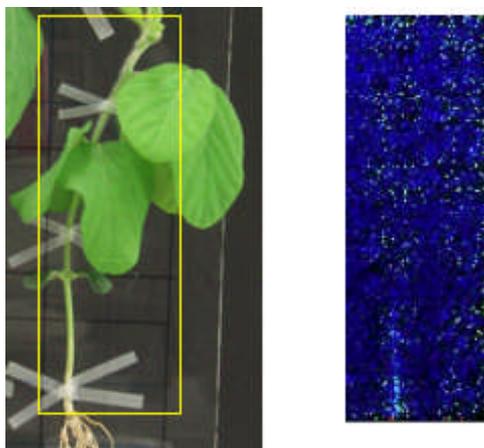


図2 実際のポジトロンイメージング画像(36時間の積算画像)

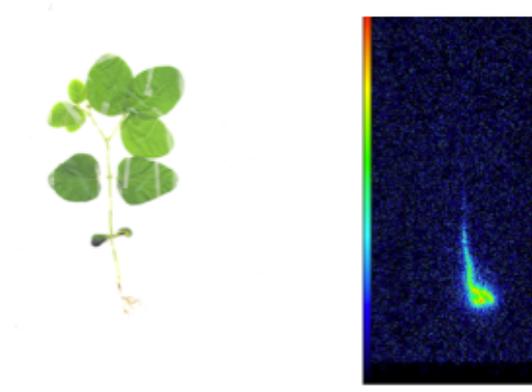


図3 実際のオートラジオグラフィ画像(カドミウム供与から36時間後のカドミウムの分布画像)

(2) 生育ステージの変化が子実へのカドミウム輸送に及ぼす影響

栄養生長期、着莢期、子実肥大期の各生育ステージにおけるカドミウム輸送の様子を比較したところ、どの生育ステージにおいても投与したカドミウムは1時間以内に速やかに根に吸着・吸収され、数時間かけて地上部の基部に到達し、36時間後まで茎内を茎頂に向かって移行するものの、葉や子実への移行はほとんど認められず、分布は茎内にとどまった(図3)。

また、各生育ステージにカドミウムを与えた植物を収穫期まで栽培し続け、最終的な分布について比較した。着莢期と子実肥大期に投与した場合、どちらも地上部では葉よりも子実・莢への分配率の方が高く、実験区間の違いは認められなかった。一方、栄養生長期に与えたカドミウムの分布は葉の分配率の方が子実・莢よりも高かった。以上より、栄養生長期に吸収したカドミウムと比較して、生殖生長期に吸収したカドミウムは収穫部位である子実に移行しやすいことを明らかにした。これまでダイズ子実へのカドミウム移行のタイムスケールや経路は明らかでなかった。本研究によりこれらが明らかになり、カドミウムの子実への移行を抑制するためには、より直接的かつ短期的な対策が必要であることが示された。

従来の研究方法では、植物個体におけるカドミウムの蓄積という「結果」を議論するのが中心であった。本課題ではその蓄積して行く「過程」であるカドミウムの輸送に着目し、生きた植物体内の組織・器官レベルにおけるカドミウムの動態を解明した。このカドミウムの動態を動画像として非侵襲的に測定するために、原子力機構が有するポジトロンイメージング技術を用いた。

本研究により得られた結果は、ダイズ植物体におけるカドミウムの経根吸収・輸送メカニズムの生物学的解明に寄与するだけではなく、ダイズの子実のカドミウム汚染低減のための対策に応用されることが期待でき、その意義は高いと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① S. Ito, N. Suzui, N. Kawachi, N. S. Ishioka and S. Fujimaki
Cadmium Transport in Young Soybean Plant Using a Positron-emitting ^{107}Cd
JAEA-Review, 2009-041, 査読有, p104, 2009

〔学会発表〕(計5件)

① 伊藤小百合、鈴木伸郎、河地有木、石岡典子、藤巻秀

ダイズ子実のカドミウム汚染のメカニズム
～ポジトロンイメージング技術×植物栄養学～

第13回放射線プロセスシンポジウム

2009年11月12, 13日

日本科学未来館(東京都)

② 伊藤小百合、鈴木伸郎、河地有木、石岡典子、藤巻秀

ダイズ植物におけるカドミウム吸収および輸送の特性

高崎量子応用研究シンポジウム

2009年10月8, 9日

高崎シティーギャラリー(群馬県)

③ S. Ito, N. Suzui, N. Kawachi, N. S. Ishioka and S. Fujimaki

Characterization of cadmium absorption and transport in soybean plant using radioisotopes ^{107}Cd and ^{109}Cd

MARCO SYMPOSIUM 2009

2009年10月6, 7日

つくば国際会議場(茨城県)

④ 伊藤小百合、鈴木伸郎、河地有木、石岡典子、藤巻秀

^{107}Cd と ^{109}Cd を用いたダイズ子実へのカドミウム移行の生育ステージ毎の解析

日本土壌肥料学会2009年大会

2009年9月15～17日

京都大学(京都府)

⑤ S. Ito, N. Suzui, N. Kawachi, N. S. Ishioka and S. Fujimaki

Characterization of cadmium transport in soybean plant using radioisotopes ^{107}Cd and ^{109}Cd

The 16th International Plant Nutrition Colloquium

2009年8月26～31日

サクラメント市(米国)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 小百合 (ITO SAYURI)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・

量子ビーム応用研究部門

研究者番号: 20512221