

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：82502

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K21338

研究課題名（和文）リアルタイムイメージングによる樹木内のセシウム輸送とその季節変動機序の解明

研究課題名（英文）Elucidation of caesium transport and its seasonal variability in trees by real-time imaging

研究代表者

野田 祐作（Noda, Yusaku）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所 量子バイオ基盤研究部・研究員

研究者番号：40865838

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究計画では、樹木のセシウム輸送を可視化するため、Cs-127を用いたリアルタイムイメージング実験系を構築した。

当初の計画ではモデル樹木ポプラを用いる予定だったが、マシンタイムのキャンセルや生育不良で十分なデータを得ることができなかった。

だが、本実験系は他の樹木にも応用できる。そこで、リンゴを用いて樹皮から浸透後のセシウム動態の可視化を実施した。本実験では、これまでのフィールド調査でセシウム動態を計測した結果と同様の結果を得ることができたことから、野外の果樹のセシウム動態予測における本技術の有用性を提示することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

樹木内部に浸透したセシウムは長く樹体内に留まるが、これはセシウムが他の栄養元素と共に体内を巡り、体外へ排出されにくいと考えられる。今後十分起こり得る原発事故のリスクを正確に評価するためには、放射性セシウムの再転流とそれを制御する輸送メカニズムが及ぼす影響を理解しなければならない。

本研究は果樹のセシウム動態をリアルタイムに追跡することができ、かつフィールド調査と同様の結果が得られた。本実験系は多くの果樹に適用できることから、今後は果実へセシウムを運ばない手法や、セシウム蓄積を制御する遺伝子の同定などへの発展が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, a real-time imaging system using Cs-127 was constructed to visualize cesium transport in trees.

The original plan was to use the model tree poplar, but insufficient data could be obtained due to machine time cancellation and poor growth.

However, this imaging system can be applied to other trees. We visualized the initial cesium dynamics after penetration through the bark in apple tree. The results obtained in this experiment were similar to the results of previous field studies measuring cesium dynamics, thus demonstrating the usefulness of this technique for predicting cesium dynamics in fruit trees in the field.

研究分野：植物栄養学

キーワード：セシウム 放射線イメージング ポプラ リンゴ

## 1. 研究開始当初の背景

福島原発事故後に飛散した放射性セシウムの樹木への移行は、社会的に大きな注目を集めた。放射性セシウムは栄養元素の輸送メカニズムに乗じて樹木内を移行し、季節に応じた再転流によって生物学的半減期よりも長い間樹木内に留まることから、今後も起こり得る原発事故時のリスク評価を困難としている。これを打破するためには、放射性セシウムの再転流とそれを制御する輸送メカニズムが及ぼす影響を理解し、定量性のある予測まで発展させることが重要である。

そこで本研究は、ポジトロンイメージング装置 PETIS を使用し、セシウムが葉から幹や芽へ移行する様子とそれを季節毎に可視化・定量化することで、樹木内のセシウム輸送経路とその季節変動の解明を目指した。当初は、モデル樹木ポプラのセシウム輸送の可視化と季節による変化を捉えることを目指したが、協力施設の運転計画の都合によるマシンタイムのキャンセルやポプラの生育不良により、十分なデータを得ることができなかった。だが、本研究で構築した実験系は他の樹木にも適用することが可能なため、リンゴ果樹を用いて、春の栽培環境下のセシウム動態を可視化した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、

(1) Cs-127 を用いた樹木のセシウム動態を可視化する実験系の構築

(2) 異なる季節環境によるポプラのセシウム動態の可視化

である。(1)では、サイクロトロンで製造した Cs-127 を果樹のセシウム動態の観察に適用する実験系を作る。(2)では、その実験系を使い、異なる季節で育てたポプラのセシウム動態の可視化を実施する。実際には、ポプラを使った実験では夏条件のデータしか取れなかったため、応用利用として

(3) リンゴ果樹による、樹皮に浸透後のセシウム動態の可視化

を実施した。

## 3. 研究の方法

(1) Suzui et al., 2019 により確立された Cs-127 製造法により生成された Cs-127 トレーサを樹木内セシウム動態の観察に適用できる手法を開発する。具体的には、

・葉面塗布による浸透で観察は可能か。もしくは、葉に傷をつける等、物理的な侵入経路を作る必要はあるか。

・トレーサの放射線強度。

・トレーサ処理領域の遮蔽の有無。

について検討した。さらに、リンゴを用いた実験では

・樹皮より内側へ浸透させるには、樹皮に手を加えずにトレーサを与えるか・皮目(樹皮の裂開)に与えるか・樹皮を剥いで与えるか、を検討した。

Cs-127 トレーサを処理後、36 時間連続でセシウム動態を可視化した。

## 4. 研究成果

### ポプラ

無菌栽培のポプラを約 1 か月かけて土耕栽培に馴化させた後、夏条件でさらに 1 か月栽培させたポプラのセシウムの葉面吸収を観察した。葉をカッターで傷つけ、Cs-127 を含む水に浸した後、PETIS が導入された育成庫にポプラを静置し、36 時間連続でセシウム動態を観察した。その結果、葉から葉柄に運ばれた後、主茎の下部に運ばれるセシウムを捉えることができた(図 1A)。さらに、主茎上部と下部の Cs-127 カウントを比較すると、下部のカウントが上部より多かった(図 1B)。これは、過去の Cs-137 によるオートラジオグラフィと一致する結果であり、樹木のセシウム動態を観察する手法を確立することができた。本研究では、そのほかの季節で栽培したポプラも使用する予定だったが、マシンタイムのキャンセルや生育不良で実施することができなかった。そこで、本実験系が他の樹木にも転用できるかリンゴ果樹を用いて検証した。

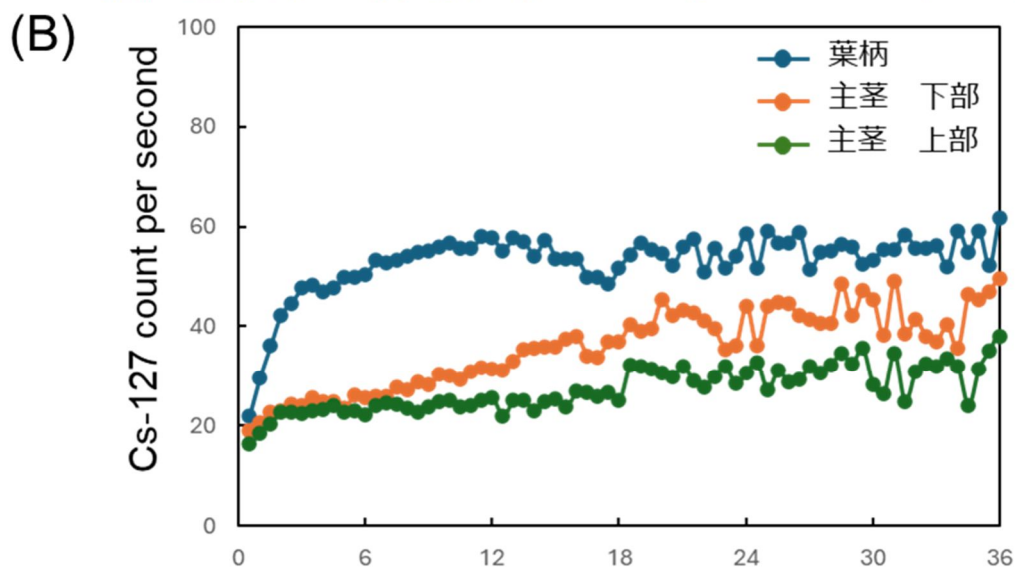
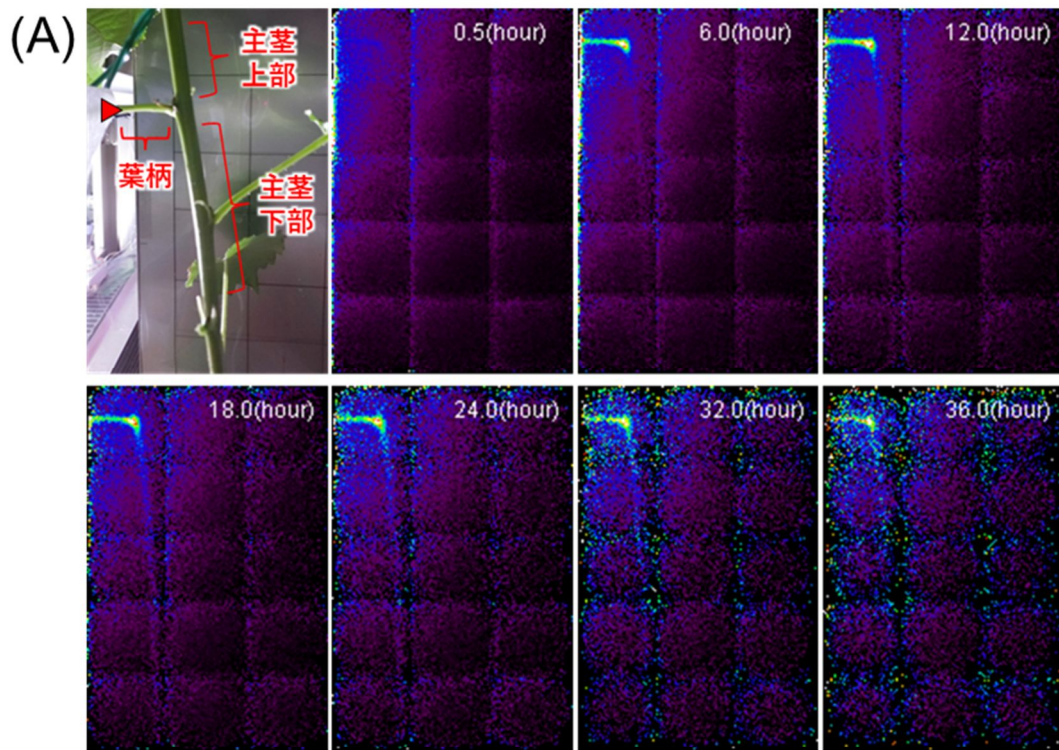


図1. 夏条件で栽培したポプラのCs-127葉面吸収の可視化  
 (A) 葉柄から主茎下部へ運ばれるCs-127のモンタージュ画像  
 (B) 葉柄・主茎上部・主茎下部のCs-127カウントの推移

リンゴ  
 樹皮に浸透後の Cs-127 の輸送を可視化したところ、新芽と主茎双方に輸送されるセシウムを可視化することに成功した(図2)。春を模した栽培環境で育てたリンゴでは、主茎内よりも新芽のある枝内の方が輸送速度は速かった。さらに、主茎への輸送は師部輸送によるものであることがオートラジオグラフィで明らかになった。以上の成果は、これまでのフィールド調査と同様に、若い器官に優先してセシウムが運ばれるという現象と一致したものであり、本実験手法が、野外の果樹のセシウム動態を予測する上で有用な技術になることを示した。

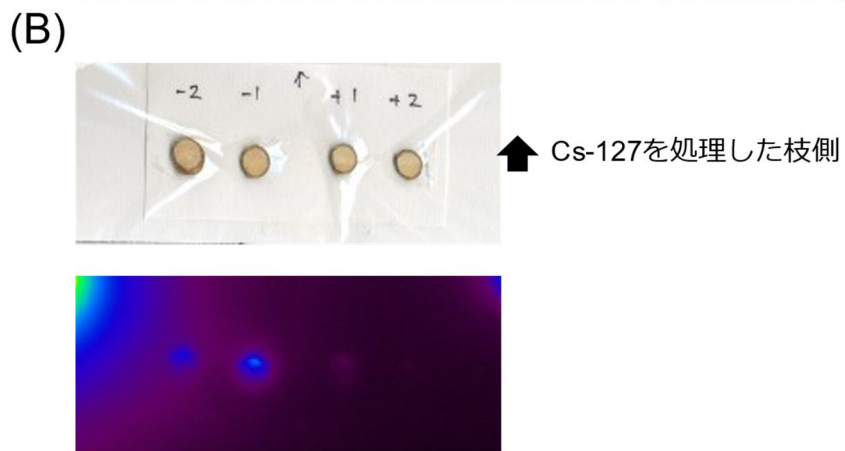
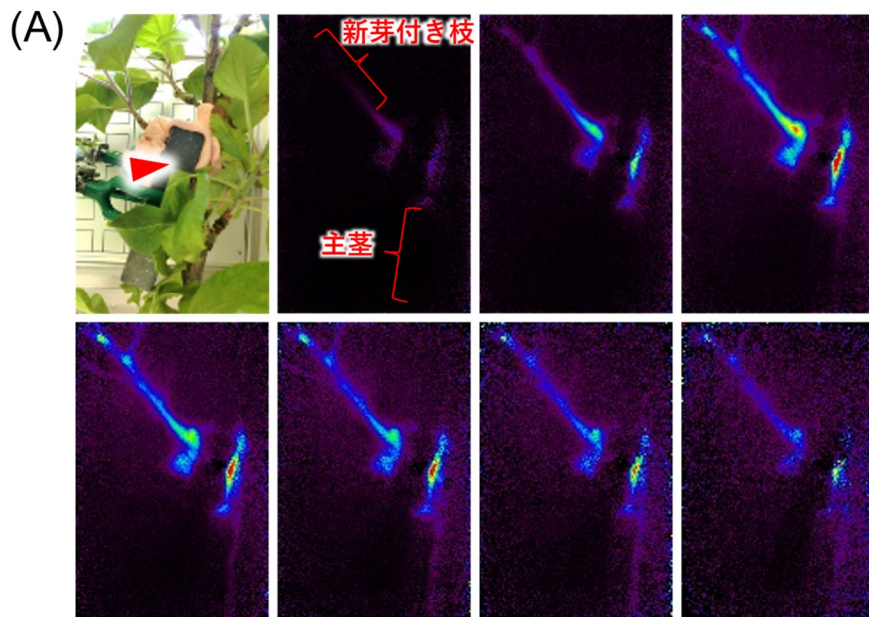


図2. 春条件で栽培したリンゴの樹皮浸透後のCs-127輸送の可視化  
 (A) 赤矢印はCs-127を処理した領域を示し、鉛ブロックで遮蔽している  
 (B) 主茎の輪切り切片。Cs-127を処理した枝側にCs-127の分布が確認できた

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Noda Yusaku, Yoshihara Toshihiro, Suzui Nobuo, Yin Yong-Gen, Miyoshi Yuta, Enomoto Kazuyuki, Kawachi Naoki	4. 巻 198
2. 論文標題 Visualization of the initial radiocesium dynamics after penetration in living apple trees with bark removal using a positron-emitting 127Cs tracer	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Radiation and Isotopes	6. 最初と最後の頁 110859 ~ 110859
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.apradiso.2023.110859	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 野田 祐作, 鈴井 伸郎, 尹 永根, 河地 有木, 古川 純
2. 発表標題 ミヤコグサにおける亜鉛吸収・輸送動態と輸送関連遺伝子発現の系統間差
3. 学会等名 第59回アイソトープ・放射線研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野田 祐作, 吉原 利一, 鈴井 伸郎, 尹 永根, 三好 悠太, 榎本 一之, 河地 有木
2. 発表標題 ポジトロンイメージング技術によるリンゴ樹体内セシウム動態の可視化
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野田 祐作, 佐藤 忍, 古川 純
2. 発表標題 樹木内セシウム輸送の日長による制御とセシウム輸送体PttSKOR-like2との相関解析
3. 学会等名 第18回放射線プロセスシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野田 祐作, 佐藤 忍, 古川 純, 河地 有木
2. 発表標題 夏および秋の樹木内セシウム動態とセシウム輸送体PttSKOR-like2との相関解析
3. 学会等名 QST高崎サイエンスフェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野田祐作, 鈴木伸郎, 尹永根, 河地有木, 古川純
2. 発表標題 亜鉛蓄積能が異なるミヤコグサ2系統における65Zn動態の可視化と輸送関連遺伝子の解析
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関