

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 13 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23658210

研究課題名（和文）分子イメージングセンターにおける植物研究の展開

研究課題名（英文）Preliminary investigation for plant science at Molecular Imaging Center

研究代表者

渡部 浩司（WATABE HIROSHI）

大阪大学・医学系研究科・寄附講座准教授

研究者番号：40280820

研究成果の概要（和文）：分子イメージングセンターにおける代表的なイメージング装置である高分解能三次元 PET を用いて、作物などの高等植物における光合成産物の動態解明研究を実施した。その結果、ダイズ植物の光合成における炭素固定直後の地下部への炭素栄養の移行、さらには炭素栄養が土壌へと湧出する詳細な様子を、はじめて経時的かつ三次元的に捉えることに成功した。

研究成果の概要（英文）：We have investigated of carbon nutrient dynamics in a higher plant by using a positron emission tomography, which is one of the most typical imaging apparatus installed at a Molecular Imaging Center in Medicine. Dynamic PET data of  $^{14}\text{C}$  activity distribution into root and soil was acquired quantitatively in intact plant body of soybean. This indicates that the three-dimensional photoassimilate translocation into the sink organs of underground was imaged successfully.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業情報工学

キーワード：画像処理・画像認識、PET

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究課題は、近年の分子イメージング分野において大きな進展を見せた最先端分子イメージング装置を用い、植物体内の詳細な物質動態を可視化する事を目的とした。そのため、大阪大学の PET 分子イメージングセンターと日本原子力研究開発機構の RI イメージング研究グループとが連携し、植物研究のための 3D-PET および PET-MRI イメージング装置等の活用技術を開発し、その手法を構築する必要があった。

(2) 本研究手法の確立することにより、植物の多様な代謝、生理機能や環境適応のシステムの理解による植物生産力向上に技術的側

面から貢献し、我が国の将来にわたる安全な食糧の安定供給を目指す研究開発の基盤となることが期待できる。

## 2. 研究の目的

(1) 分子イメージングセンターは創薬や医療診断を目的とした研究施設であるが、これを環境・食糧問題の解決を目指す植物研究に活用する。つまり最先端分子イメージング装置による植物体内の栄養動態解析研究の有用性を実証することが目的となる。主に C-11 標識二酸化炭素をトレーサとして用いた、「環境問題に直結した葉における光合成炭素動態」、「食糧問題に 대응する光合成産物の移行動態」の可視化実験を実施する。

(2) 医工連携の成果である分子イメージングを礎とした、農学・植物生理学との連携という新たな挑戦を行う。

### 3. 研究の方法

(1) 植物研究を目的とした「分子イメージング機器による炭素栄養動態の撮像実験」に向け、分子イメージングセンター内に簡易な植物育成環境および C-11 標識二酸化炭素ガスコントロールシステムを構築した。

(2) 撮像実験における供試植物には、実験に使用する高い位置分解能を持つ小動物用 PET の仕様を考慮し、マメ科のモデル実験作物といえるダイズを選択した。PET のガントリ内に測定対象となるダイズの地下部を収め、地上部は温度、光条件をコントロールしつつトレーサガスを投与できる、簡易クランプ等の作製を行った。さらに、トレーサガスのコントロールにはガス流量の制御が可能な小型ポンプを使用し、排気系にはソーダライムを封入したバフファを配置し、R I ガスの拡散防止といった安全対策にも努めた。



図1 撮像対象となった播種後3週間のダイズ。水耕栽培の2週間後にバークキュライトに移植した。

(3) 室温約 20°C、光量 300 ~ 500  $\mu\text{mol E}$ 、の育成環境下で、数百 MBq の C-11 標識二酸化炭素ガスをダイズの地上部全体に噴霧、吸収させた。直後に3時間の撮像を行った。使用した撮像装置は Siemens Inveon (図1) で、画像再構成は 3D OSEM iteration 2/ subset 18 という条件を用いた。



図2 使用した分子イメージング装置のシーメンス製小動物用 PET の Inveon。小動物用ベッド部分に測定対象となったダイズ植物をセットし、地上部全体を封入しガスを供給できるようにしている。地上部全体には LED ライトで光エネルギーを供給している。

(4) PET-MRI を用いた生態構造と機能画像の同時イメージングに向けた試みとして、イネを用いた試験を行った。水耕液中のイネ地下部を撮像するため PET-MRI 視野に撮像対象を設置した。

(5) 研究期間中に社会的要請が高まった、東日本大地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故の影響によって汚染された、植物中の放射性セシウムのイメージングについて、本研究課題内のテーマとして対応した。具体的には Cs-137 からの 662 keV の  $\gamma$  線を対象とするイメージング装置の開発を行った。我々は代表的分子イメージング装置の一つであるピンホール型ガンマカメラを改良し、植物体内を移行する Cs-137 動態の撮像を試みた。

### 4. 研究成果

(1) 高分解能三次元 PET を用いた高等植物における光合成産物の動態解明研究を実施した。その結果、光合成における炭素固定直後の地下部への炭素栄養の移行と積み卸しの詳細を、はじめて経時的かつ三次元的に捉えることに成功した。

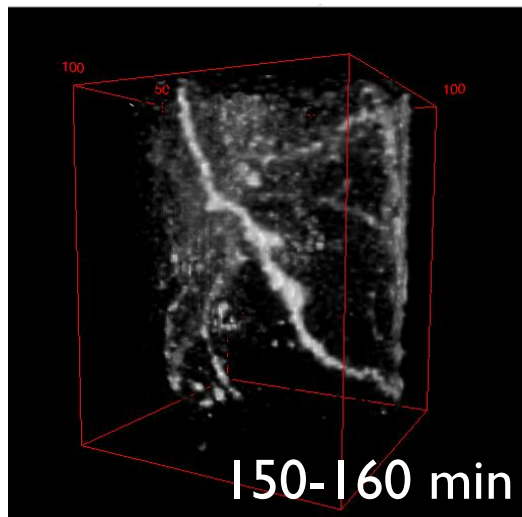
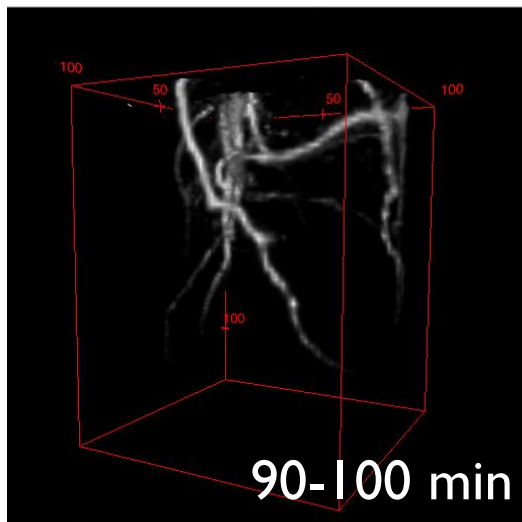
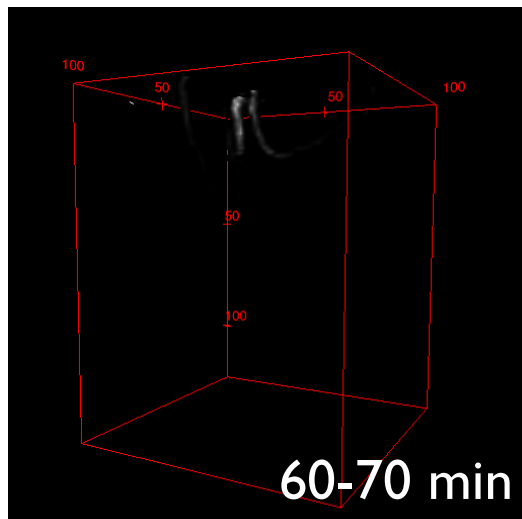


図3 ダイズの根に移行する光合成産物の3次元PET画像（ボリュームレンダリング像）。葉で合成された炭素栄養は1時間後にはすでに根に到達している。

(2) 植物分子イメージングを可能にする RI ガス投与システムや実験器具の製作と、実験プロトコルの最適化を行った。ダイズの葉に噴霧したC-11 標識二酸化炭素を高分解能PETで撮像した結果、データの再構成画像からは、葉で固定された<sup>11</sup>Cが光合成産物となり、1時間後にはすでに約20cm先の地下部の根の先端部に到達していることが明らかになった。さらに経時的に計測を続けたところ、根端での強い集積が顕著となり、植物体から土壌への炭素分泌を示唆する動画像を得る事が出来た。

(3) 一方PET-MRIの利用においては、生体からのMRI信号を捉え、地下部構造可視化することはできたが、同時撮像による生理的な特徴を示す画像データの取得は、現状困難であることが解った。

(4) さらに本研究課題は分子イメージング技術の一つであるピンホール型ガンマカメラを用いて、福島原発事故への対応研究の一環となっている、農作物中放射性セシウムの動態解明技術を開発するという新たな発展を見せており、実験室レベルでのイメージング実験に成功している。今後もイメージング装置を駆使した環境中汚染物質の動態解明というテーマにおいても、本課題で培われた技術が主導的な役割を果たしていくことが期待されている。

(5) 以上の結果は、医療分野の特に分子イメージングセンターで進む、世界最先端イメージング技術の発展が、農学・植物生理学分野へも十分に貢献できることを示す成果であり、ここで提起した医学、工学、農学、植物生理学といった幅広い学際的協力の試みの結実を示すものである。

#### 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)

〔学会発表〕(計3件)

- ① 発表者名：河地有木、尹永根、鈴木伸郎、渡部浩司、山本誠一、藤巻秀  
発表タイトル：分子イメージング的手法を用いた放射性セシウムによる環境汚染への対応研究の取り組み  
学会等名：分子イメージング学会第7回学術集会  
発表年月日：2012 5/24~25  
発表場所：浜松
- ② 発表者名：河地有木、尹永根、鈴木伸郎、渡部浩司、畑澤順、山本誠一、藤巻秀

発表標題：分子イメージング的手法を用いた放射性セシウムによる環境汚染への対応研究の取り組み  
学会等名：日本土壌肥料学会  
発表年月日：2012 9/4~6  
発表場所：鳥取

- ③ 発表者名：河地有木、尹永根、鈴木伸郎、石井里美、渡部浩司、山本誠一、藤巻秀  
発表標題：プレーナー型ガンマカメラを用いた福島第一原発事故に由来する植物中放射性セシウムの可視化  
学会等名：2012 IEEE NSS/MIC/RTSD  
発表年月日：2012 10/28~11/3  
発表場所：米国 アナハイム

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡部 浩司 (WATABE HIROSHI)  
大阪大学・医学系研究科・寄附講座准教授  
研究者番号：40280820

### (2) 研究分担者

河地 有木 (KAWACHI NAOKI)  
日本原子力研究開発機構・  
量子ビーム応用研究部門・研究副主幹  
研究者番号：70414521

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：