

課題番号	GS007
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成24年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	アイソトープイメージング技術基盤による作物の油脂生産システム向上に向けての基礎研究
研究機関・ 部局・職名	東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授
氏名	中西 友子

**1. 当該年度の研究目的**

<p>平成24年度の研究目的として、油脂生産におけるイメージング技術基盤の向上を図るため、炭酸ガス固定のイメージング法の開発ならびに、養分元素の変動が油脂生産に与える影響の解析方法の開発を設定した。具体的には、以下の項目となる。</p> <p>(1) マクロ RRIS(Real-time Radioisotope Imaging System)を気体状の放射性物質を扱えるように改良し、<sup>14</sup>Cで標識した二酸化炭素が光合成で取り込まれる様子を可視化する。</p> <p>(2) 養分元素および炭素の植物体中の挙動をマクロ RRIS で可視化する。</p> <p>(3) 養分元素条件ごとにバイオマス、油脂生産量、植物体中の養分元素濃度を測定する。</p> <p>(4) <sup>14</sup>C 標識代謝産物を追跡するための検出・分析手法を検討する。</p>
--

**2. 研究の実施状況**

<p>目的に記載した項目に沿って研究の実施状況を以下に報告する。</p> <p>(1) マクロ-RRIS の <sup>14</sup>C に対する定量範囲 (下限、上限、ダイナミックレンジ)、およびシロイヌナズナにおける自己吸収の影響を調べた。<sup>14</sup>C はエネルギーが弱いので、自己吸収の影響が強く、RRIS での定量は困難なため、吸収させた後にイメージングプレートで像を得て解析を行うこととした。装置を工夫して組み立てた結果、気体状の <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> が光合成により吸収、移行する様子を可視化できるようになった。</p> <p>特に RRIS の定量性、特に自己吸収による影響について理論面からも検討した。定量性の検討には標準線源が必要だが、複雑かつ微小な植物組織を模擬した標準線源を作製することは難しい。そこで単純な形状の標準線源の実測結果と計算機によるモンテカルロシミュレーションの整合性を検証し、その上でシミュレーションによる定量性の検討を行った。この結果、試料の自己吸収が RRIS の定量性に与える影響の核種ごとの予測が可能となった。この成果の一部は国際学会 (廣瀬ら、Plant Biology Congress 2012) にて発表した。</p> <p>(2) 養分元素移行の撮影条件を検証、撮影を行っており、シロイヌナズナでは、<sup>32</sup>P、<sup>35</sup>S、<sup>45</sup>Ca、<sup>54</sup>Mn、<sup>65</sup>Zn、<sup>109</sup>Cs、<sup>22</sup>Na、<sup>55</sup>Fe、<sup>137</sup>Cs のリアルタイム吸収像を得ることができるようになった。さらに、<sup>28</sup>Mg、<sup>42</sup>K、<sup>86</sup>Rb についてもイメージングの可能性を検討している段階である。なお、これらの核種のリアルタイム吸収画像をイネを用いた実験でも検証したいと考えている。</p>
--

様式19 別紙1

(3) 異なる  $\text{NO}^3$ ,  $\text{PO}^4$ ,  $\text{K}^+$ , および栄養液中の全元素の量を 10~0.001 倍に調整した水耕液中にてシロイヌナズナを栽培し種子を得た。種子の C, H, および N 量、そして脂肪酸の定量結果から、種子は貧栄養条件であるほど多くの脂肪酸を蓄積する傾向がみられ、また  $\text{NO}^3$  濃度による影響が特に大きかった。今年度は種子の重量や切片の観察を行うことにより、脂肪酸量の差が種子中のどの部位で生じているのかを調べる予定である。

(4) 光合成から油脂生産に至るまでのメタボローム解析を行う目的で、LC-MS/MS を用いて、脂質代謝に関わる化合物に絞った解析を試みたが、難航した。その為、油脂生産量に影響が出ると推定される養分条件のうち、窒素施肥を変動させたときの、脂質代謝の鍵酵素である ACCase の活性測定を行った結果、窒素欠乏条件下と、通常窒素濃度条件下で、各々の生育段階における酵素活性に大きな差が観察された。差が大きかった播種後 36 日目の植物体に  $^{14}\text{C}$  標識酢酸を投与し、 $^{14}\text{C}$  の検出を行ったところ、窒素欠乏下ではロゼッタ葉よりも莢等の若い組織への優先的な局在が観察された。今後、脂質代謝がどのような影響を受けているか、 $^{14}\text{C}$  の化学形態の分析などを行い、調べていきたいと考えている。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計4件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計4件 Ohmae, Y.; Hirose, A.; Sugita, R.; Tanoi, K. and Nakanishi, T., Carbon-14 Labeled Sucrose Transportation in an Arabidopsis Thiana using an Imaging Plate and Real Time Imaging System., Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (Online First).  Hirose, A.; Yamawaki, M.; Kanno, S.; Igarashi, S.; Sugita, R.; Ohmae, Y.; Tanoi, K. and Nakanishi, T., Development of a <math>^{14}\text{C}</math> Detectable Real-Time Radioisotope Imaging System for Plants under Intermittent Light Environment, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (Online First).  Kanno, S.; Yamawaki, M.; Ishibashi, H.; Kobayashi, N.I.; Hirose, A.; Tanoi, K.; Nussaume, L. and Nakanishi, Tomoko.M., “Development of Real-Time Radioisotope Imaging Systems for Plant Nutrient Uptake Studies”, Philosophical Transactions of The Royal Society B <b>367</b> 1501-1508 (2012).  Sugita, R.; Kobayashi, N.I.; Hirose, A.; Ohmae, Y.; Tanoi, K. and Nakanishi, T.M., “Nondestructive Real-Time Radioisotope Imaging System for Visualizing <math>^{14}\text{C}</math>-labeled Chemicals Supplied as <math>\text{CO}_2</math> in Plants Using <i>Arabidopsis Thaliana</i>”, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (online first).</p>
<p>会議発表 計8件</p>	<p>専門家向け 計6件 Sugita, R.; Hirose, A.; Kobayashi, N.I.; Tanoi, K. and Nakanishi, T.M., “Development and Application to a Real-Time Radiographic Imaging System for Plants”, the 6th International Workshop on Plant Membrane Biology (IWPMB2013) (Kurashiki, Okayama Japan) W2-P2 (2013, Mar 26-31).  廣瀬 農; 田野井 慶太郎; 中西 友子, “植物試料凍結切片中の元素分布測定に適したマイクロオートラジオグラフィー手法の検討”, 日本土壤肥料学会 2012 年大会 (鳥取大学) P11-5 (2012, Sep 4).  Hirose, A.; Sugita, R.; Igarashi, S.; Tanoi, K. and Nakanishi, Tomoko.M., “Studies to Evaluate the Quantitativeness of the Image Taken by Real-Time Radioisotope Imaging System”, Plant Biology Congress 2012 (Freiburg Germany) (2012, Jul 31 / Aug 2).  Sugita, R.; Hirose, A.; Ohmae, Y.; Tanoi, K. and Nakanishi, T., “Development of Real-Time Radioisotope Imaging System to Visualize Translocation of C-14 Labeld Carbon Dioxide Supplied to an Arabidopsis Thaliana”, Plant Biology Congress 2012 (Freiburg Germany) (2012, Jul 31 / Aug 2).  Sugita, R.; Hirose, A.; Kobayashi, N.I.; Tanoi, K. and Nakanishi, T.M., “Development and Application to a Real-Time Radiographic Imaging System for Plants”, the 6th International Workshop on Plant Membrane Biology (IWPMB2013) (Kurashiki, Okayama Japan) W2-P2 (2013, Mar 26-31).  廣瀬 農; 田野井 慶太郎; 中西 友子, “連続切片 IP 像からの再構築による玄米中力ドミウム分布の三次</p>

様式19 別紙1

	<p>元可視化”, 第 49 回 アイソトープ・放射線研究発表会 (東京大学) (2012, Jul 10).</p> <p>一般向け 計 2 件          廣瀬 農; 杉田 亮平; 田野井 慶太郎; 中西 友子, “植物中元素動態解明のための RRIS(Real-Time Radioisotope Imaging System)の開発”, 第 12 回東京大学生命科学シンポジウム(東京大学) (2012, Jun 30).</p> <p>大前 芳美; 廣瀬 農; 杉田 亮平; 田野井 慶太郎; 中西 友子, “イメージングプレートと RRIS(Real-Time Radioisotope Imaging System)を用いたシロイヌナズナのスクロス輸送挙動の解析”, 第 12 回東京大学生命科学シンポジウム (東京大学) (2012, Jun 30).</p>
図書	
計 0 件	
産業財産権 出願・取得状 況	(取得済み) 計 0 件  (出願中) 計 0 件
計 0 件	
Webページ (URL)	<a href="http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/radio-plantphys/next.html">http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/radio-plantphys/next.html</a>
国民との科 学・技術対話 の実施状況	<p>中西友子、田野井慶太郎, “RI イメージングから広がる植物研究” 東京大学農学部研究交流会(2012, Nov. 29).</p> <p>中西友子, “アイソトープイメージング技術基盤による作物の油脂生産システム向上に向けての基礎研究” ホームカミングデイ「未来からの招待状」のポスター展示、東京大学研究推進部主催 (2012, Oct. 20)</p> <p>中西 友子, “放射線が拓く植物活動の謎の発見”, 日本学術会議主催学術フォーラム「データと発見 - Data Intensive Scientific Discovery」(日本学術会議講堂) (2012, Sep. 10).</p> <p>中西友子, “アイソトープイメージング技術基盤による作物の油脂生産システム向上に向けての基礎研究” 東大農学部食の安全センター主催、サイエンスカフェ、東京大学 (2012, Aug. 28)</p> <p>廣瀬 農, “植物中の物質代謝”, 平成 24 年度 放射線夏の学校 (つくばグランドホテル) (2012, Aug. 6).</p> <p>中西友子, “植物中の元素の動きをきたまま見る-きた植物体内の無機元素動態をリアルタイムでイメージングする技術の開発-” 最先端・次世代研究開発支援プログラム 国民との科学・技術対話 「未来からの招待状」のポスター展示、東京大学研究推進部主催、東京大学(2012, Aug. -Oct.)</p> <p>中西 友子, “放射線で知る生命の謎、放射線と食品”, 放射線を知る (朝日カルチャーセンター) (2012, Jun 16).</p>
新聞・一般雑 誌等掲載	
計 0 件	
その他	<p>中西 友子, “私たちの暮らしと放射線～放射能の基礎と放射線で知る生命の謎～”, 第 37 回新城市民文化講座 (新城市) (2012, Oct. 6).</p> <p>中西 友子, “Application of Radiation and Radioisotopes in Plant Study”, 5th Joint International Symposium on Nuclear Science and Technology (Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan) (2012, Aug. 20).</p> <p>中西 友子, “新しい農業と知の統合”, 「知の統合」その具現 (日本学術会議総合工学委員会、工学基盤における知の統合分科会 東大弥生講堂) (2012, Jul. 27).</p> <p>中西 友子, “基調講演「農業と放射線」”, サイエンス・リーダーズ・キャンプ「放射線・放射能除染等の科学的理解を深める理科教員合宿研修」(福島グリーンパレス) (2012, Jul. 26).</p>

## 様式19 別紙1

### 4. その他特記事項

#### 【教育面】

東京大学農学部のアグリコクーンの「農における放射線影響フォーラムグループ (FG6)」をベースとして以下の教育を開始し、学生の単位取得科目となった。その中で本イメージングを中心とした研究開発についての成果を盛り込んでいる。

- ・学部講義 夏学期月曜 6限 「農業環境の放射線影響」
- ・大学院講義 夏学期月曜 6限 「農業環境における放射線影響ゼミナール」

#### 【一般の人への説明等】

本研究の主軸となるアイソトープを用いたリアルタイムイメージングについて、本申請者は、福島第一原発事故以来、各団体からの依頼で放射線や放射能についての講演を行ってきたが、その中で放射線やアイソトープを用いたイメージング技術や応用について入れ込んで説明をしている。

## 実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

## 1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	123,000,000	83,100,000	22,450,000	17,450,000	0
間接経費	36,900,000	24,930,000	6,735,000	5,235,000	0
合計	159,900,000	108,030,000	29,185,000	22,685,000	0

## 2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	21,847,531	22,450,000	0	44,297,531	33,062,724	11,234,807	0
間接経費	24,930,000	6,735,000	0	31,665,000	12,465,000	19,200,000	0
合計	46,777,531	29,185,000	0	75,962,531	45,527,724	30,434,807	0

## 3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	4,429,223	実験機器・実験試薬・ノートPC・実験用ガス等
旅費	1,044,728	国際会議参加旅費・国内学会参加旅費・放医研(千葉市)への旅費(定期的なRI製造実験)等
謝金・人件費等	26,974,214	特任研究員・学術支援職員人件費
その他	614,559	材料加工代・学会登録費(MARCIX)・RI輸送料・論文力 ラー印刷代・論文英文校正・実験機器修理代・RI施設
直接経費計	33,062,724	
間接経費計	12,465,000	
合計	45,527,724	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
				0		
				0		
				0		