

栄養の流れを制御するアグリバイオ技術 による持続可能な農業

官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)

「バイオ領域」

令和 4 年度成果

令和 5 年 3 月

文部科学省

資料1 「栄養の流れを制御するアグリバイオ技術による持続可能な農業」の概要

アドオン額:50,000千円(文科省)

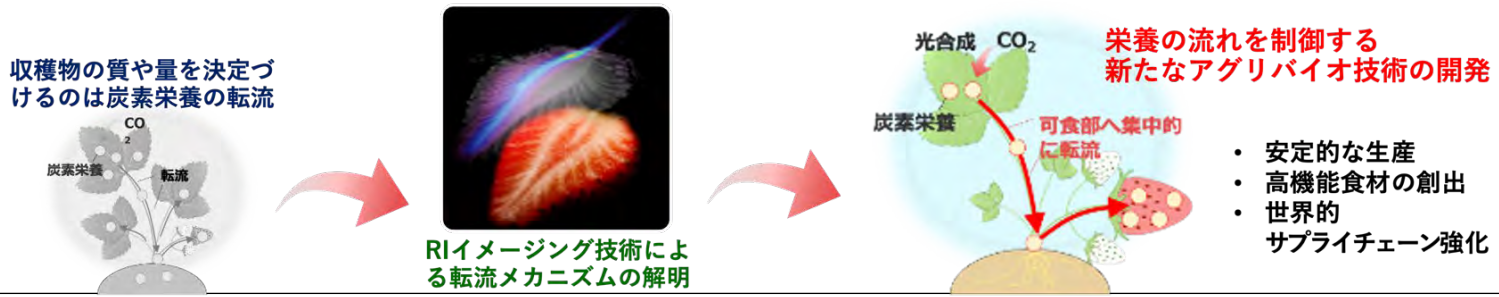
元施策・有/PRISM事業・新規

課題と目標

- (課題) 持続可能な農業に向けて植物の栄養の流れを制御する技術開発の需要が高まりつつあるが、RI実験の難しさのため、産学官外部ユーザからの多様なニーズに応えられていない状況にある。
- (目標) RIイメージング装置を試作し、広視野観察の実現や実験環境の改良を行い、食品加工メーカーや植物工場など農業に直結した企業からのニーズ対応を可能とし、持続可能な農業に向けて栄養の流れを制御するアグリバイオの実践を目指す。

「栄養の流れを制御するアグリバイオ技術による持続可能な農業」の概要

- 元施策：量子科学技術研究開発機構（QST）運営費交付金「量子ビーム応用研究」のうち、新たな農作物生産技術開発のための植物RIイメージング技術の体系化を実施（R4年度：1,647,266千円の内数）
- PRISMで実施する理由：元施策で実施しているRIイメージング技術を用いた作物生産技術の開発は、RI施設での実験が必要であり、民間企業や農業に近いフィールドで活動する地方自治体・大学・研究開発法人の研究者の参画を難しくしている。PRISMでこの障壁を緩和する環境整備を実施することで、企業等からの投資誘発や実際の農業現場での実践といった効果が見込まれる。
- テーマの全体像：作物体内の栄養等元素動態を制御し、持続的な農業による安定した食料生産を実現する。



出口戦略

食品加工会社等と共同した栄養元素動態を制御する栽培技術の開発、植物工場開発会社と共同した成長制御システムユニットにインストールするソフトウェアの開発、総合工事業者と共同した土壌中の有害汚染物質除去技術の開発を想定している。

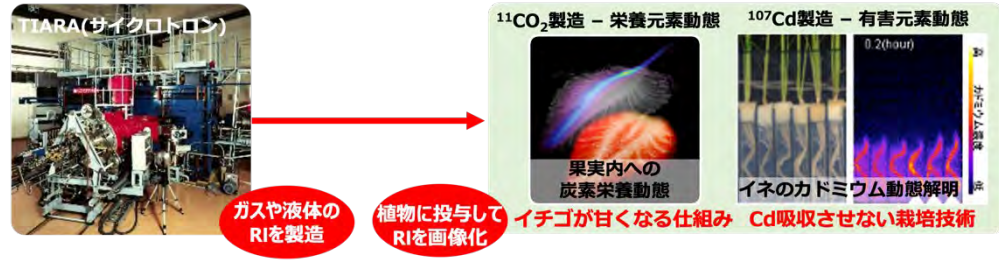
民間研究開発投資誘発効果等

- 民間投資誘発効果として、新技術の特許出願や実施許諾が見込まれ、さらには装置メーカーや農業資材企業との連携も進み、本施策成果の活用により、年間1億円以上の投資が見込まれ、農業振興への貢献が期待できる。
- 民間からの貢献額：年間18,000千円相当
 - ・ 人件費として12,000千円
 - ・ 技術開発に係る物品費、植物の栽培育成費や施設利用費、分析・解析費として6,000千円

資料2 「栄養の流れを制御するアグリバイオ技術による持続可能な農業」の概要

アドオン(文科省)：50,000千円
元施策名：(QST 量子ビーム応用研究)
1,647,266千円の内数

持続可能な農業に向けて植物の栄養の流れを正確に計測しこれを制御するための植物RIイメージング技術の需要が高まりつつあり、これを用いた効率的な研究を進めるためRIイメージング技術の体系化を進めている。



しかしながら、植物を対象としたRIイメージング実験において、RIを取り扱うことの難しさが産学官等のユーザの参入障壁になっており、外部の多様なニーズに応えられていない状況にある。

企業ニーズ：高品質作物栽培に必要な投入コストの低減
植物の栄養の流れを計測して制御する技術を活用し、
・企業が持つ園芸施設での特定作物栽培の最適化
・植物工場企業による成長制御ソフトウェアの開発

【PRISM】

- ・RIイメージング装置の開発による実験の効率化
- ・研究フローのオートメーションで実験参加を簡単に

【開発のイメージ】

植物の栄養の流れを可視化するRIイメージングを敷衍して広め、元素動態に立脚した新たな作物栽培技術、特に元素動態を人為的に制御する栽培技術を開発し、投入コストを最適化した持続可能な農業を促進する。

【PRISMの開発項目】

- RIイメージングを多様な企業、多様な作物種で
- (1) RIイメージング装置の開発
視野拡大、三次元化によって、様々な植物種の根・茎・葉及び可食部（果実等）に対応
 - (2) 光合成等モニタリング装置の導入
炭素栄養の入口である供試植物の光合成を詳細に解析
 - (3) リモートアクセスへの対応
放射線従事者以外も遠隔からRIイメージング実験に参加
 - (4) 非密封RI自動投与装置の開発
実験参加者の被曝量を低減

加速

- ・上記RIイメージング実験基盤の構築
- ・非RI技術による栄養の流れを計測する技術
- ・サイバー空間での植物動態モデルの構築

早期化(例)

- 動態モデルに基づいた
- ・食品加工会社による農業資材投入のグローバル戦略
 - ・新品種に対する施肥技術の開発
 - ・植物工場会社の環境制御技術の開発

資料3 「栄養の流れを制御するアグリバイオ技術による持続可能な農業」の目標達成状況

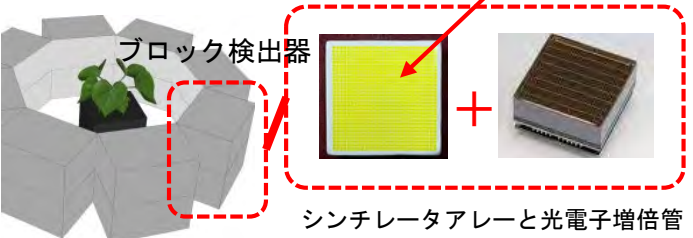
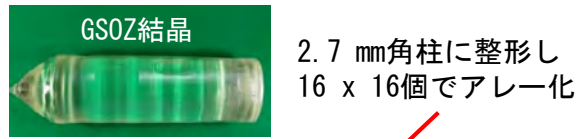
○施策全体の目標

植物RIイメージング技術の体系化を推進し、構築した研究プラットフォームによるアグリバイオ技術の研究開発を促進するため、(1)RIイメージング装置の視野拡大や三次元化に係る開発、(2)光合成モニタリングシステムの開発、(3)リモートアクセス対応システム開発、(4)非密封RI取扱の自動システム化、を実施する。本施策による取り組みによる成果を取り纏め広く発信し、民間からの研究開発への投資を促す。

事業名等 (※個別に目標を設定している場合)	当年度目標	目標の達成状況
栄養の流れを制御するアグリバイオ技術による持続可能な農業	<p>【具体的な研究内容】</p> <p>(1)RIイメージング装置の開発：撮像対象の多様化に 대응するため、視野の拡大で効率化を計り、供試植物毎の特色を三次元的に捉えるためのイメージングシステムを開発する。装置の組み上げと動作確認が目標となる。</p> <p>(2)光合成能モニタリングシステムの開発：供試植物の光合成能等生理状態の経時変化を自動的にモニタリングするためのシステムを開発する。</p> <p>(3)リモートアクセス対応栽培システムの開発：育成環境をモニタ・制御するシステムに接続し、利用者による効率的な実験準備や、AI解析の結果を元にサイバースペース内に植物をデザインし、データ共有を可能にするためITインフラを整備する。</p> <p>(4)非密封RI取扱の自動システム化：利用者の被曝低減や安全を目的とした非密封RIの運搬・自動投与装置の開発し、イオン照射研究施設で検証のための実験を実施する。</p>	<p>(1)本開発主旨に合致していると推測した、Geを1.0 mol%添加したGSO₂結晶および高い量子効率を持つマルチアノード光電子増倍管アセンブリを少量発注し、これらを組み上げて評価試験を実施。想定通りの検出精度・感度が得られることを確認し、全量発注をおこない、イメージング装置の構築を完了した。具体的な測定対象作物の一括画像取得可能な視野が確保されていることを確認し、今後企業等の具体的なニーズに対応する予定。</p> <p>(2)試作したモニタリングシステムを実際の植物育成庫で実証試験を行い、国内作物生産額1~3位までの植物を含め幅広くカバーできるアタッチメントを作成した。企業等から持ち込まれた植物の生理状態を調整した上でRI実験に供試することができるようになった。</p> <p>(3)RIイメージング実験のリモートアクセス対応システムを構築し、2回のマシンタイムにおいて複数遠隔地からのRI実験参加（供試植物の調整、RIイメージング実験、イメージングデータ解析、研究者間の議論）が可能であることを実証した。</p> <p>(4)炭素11標識二酸化炭素ガス専用の自動供給システムを構築し、実際のマシンタイムで評価試験を実施。実験参加者の被曝量低減を検証。実験参加者の被曝量を自然放射能からの被曝量と同程度まで低減させることに成功した。</p>
	成果発信、民間との取り組み	特許出願した転流計測に係る特許について企業に直接プレゼンするため、JST主催の新技术説明会に参加。さらに、転流制御に係る特許を出願。大手食品加工会社2社と主要商品の原材料となる作物に対して、投入資材に対する栄養の流れの変化を計測するRIイメージング技術を構築。植物工場開発関連のスタートアップ企業と秘密保持契約の下で意見交換。

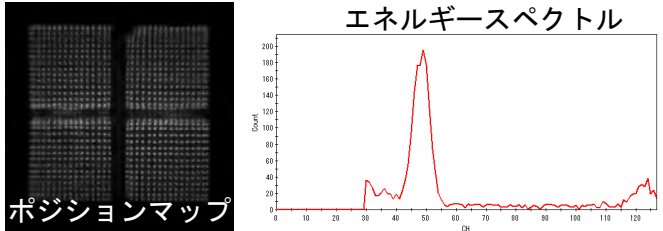
(1) RIイメージング装置の開発

● ブロック検出器の構築



1024個のシンチレータと4個の光電子増倍管からなるブロック検出器を構築

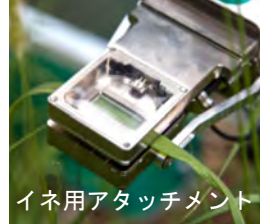
● RI実験によるブロック検出器の検証



放射性同位元素(Na-22)でブロック検出器を評価試験。(左)ポジションマップで十分な位置分解能・感度を確認、(右)各ピクセルでNa-22からのガンマ線ピーク(511keV, 1274.5keV)を確認

- ✓ 構築したブロック検出器に問題が無いことを確認し、残りの7ブロック検出器に必要な部材による仕様を決定した。
- ✓ 全ブロック検出器からのデータ収集可能な演算回路を構築し、装置全体を組立て動作確認を行った。

(2) 光合成等モニタリング装置の導入 (3) リモートアクセスへの対応

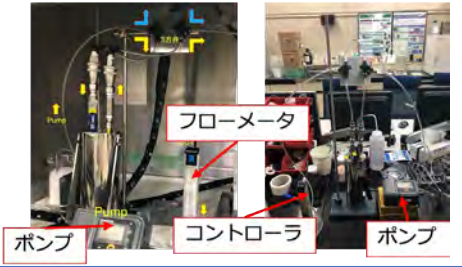


LED光源付光合成能測定チャンバーをイネ・トマト・イチゴへの対応

遠隔地からリモートでRIイメージング実験に参加(大手食品加工会社2社)

(4) 非密封RI自動投与装置の開発

構築した炭素11標識二酸化炭素ガス専用の自動供給システムをRIイメージング実験で活用し、実験参加者の被曝量の低減に成功



成果発信、民間との取り組み

- 特許出願：師管転流計測法(2021)
- 特許出願：師管転流制御法(2022)

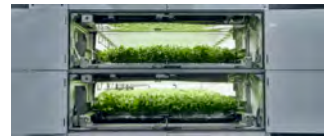
特願(2022-123629)「師管転流の制御場所決定方法、農作物の生産方法、生きた植物に使用される造影剤」



原子力知識・技術の普及貢献賞を受賞



人工光型植物工場での活用について植物工場開発企業との共同研究に向けた情報交換



クローズドタイプの植物工場ユニット

- 農家、企業、自治体へのアプローチ：高知県IoPとの連携



Next 次世代 Internet of Plants

IoP塾でのオンライン講義等

資料5 「栄養の流れを制御するアグリバイオ技術による持続可能な農業」の民間からの貢献及び出口の実績(見込み)

- 民間からの貢献額：年間18,000千円相当
 - ①（参画研究者の人的費）12,000千円
 - ②（研究開発に係る物品費）4,000千円
 - ③（その他）2,000千円

当年度当初見込み	当年度実績（見込み）
① 共同研究に参画する民間企業研究者の人的費	① 人的費：12,000千円 共同研究「RIイメージング技術を用いたコーヒーノキの糖転流挙動の可視化」及び共同研究「RIイメージング技術を用いたトマトの光合成産物の転流の評価」に参画し、実験技術の開発を実施し、実際のRIイメージング実験に参加（課長級2名、係長級2名、係員級2名）
② 各民間企業が対象とする植物に最適化したRIイメージング技術の開発と実験植物の提供	② 物品・消耗品費：4,000千円 実験対象植物のサイズに適したRI実験器具の開発、RIイメージング実験をはじめとする実験植物の供試
③ 実験植物の育成・分析費	③ その他：2,000千円 植物の育成に使用する企業所有の園芸施設等の利用費、炭素安定同位体のサンプリング等検体準備作業及び分析・解析作業

○出口戦略・・・食品加工会社等と共同した栄養元素動態を制御する栽培技術の開発、植物工場開発会社と共同した成長制御システムユニットにインストールするソフトウェアの開発、総合工事業者と共同した土壌中の有害汚染物質除去技術の開発を想定している。

当年度当初見込み	当年度実績（見込み）
民間企業等と共同する場合、参入の障壁を低減する上で放射線管理区域の実験室外で「栄養の流れを制御する」ことを実現させる必要があり、農研機構・民間の栽培施設で栄養の流れを計測する技術及び制御する技術を開発する。	放射線管理区域外の各機関の栽培施設で実施できる測定法を開発したR3年度の特許出願につづき、制御法を開発し特許出願（※）を行った。 （※）特願（2022-123629「師管転流の制御場所決定方法、農作物の生産方法、生きた植物に使用される造影剤」） →民間企業との連携強化に向けてR5年度のJST新技術説明会に参加予定