

# 農産物輸出拡大に向けた 植物病害虫検疫支援システムの確立

官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)

「バイオ技術領域」

令和 4 年度成果

令和 5 年 3 月

農林水産省

# 資料1 「農産物輸出拡大に向けた植物病虫害検疫支援システムの確立」の概要

アドオン額:93,000千円(農林水産省)  
元施策・有/PRISM事業・新規

## 課題と目標

- (課題) 植物防疫法及び輸出促進法の一部改正に伴い、令和5年4月から、これまで国の植物防疫所が担ってきた輸出相手国が求める植物検疫証明書の発給に必要となる輸出検査について、民間の登録検査機関が代行することにより輸出検疫の効率化を図ることとした。しかしながら、輸出検査の対象となる重要病虫害の中には、センチュウや微小害虫のような目視による識別鑑定が容易でない害虫が多く、民間登録検査機関等による代行検査が困難な状況にある。
- (目標) 政府の輸出拡大実行戦略に貢献できる輸出農産物等を対象として、輸出相手国の植物検疫上の重要病虫害を識別可能なAI識別鑑定手法等の開発に貢献し、現行の輸出検査体制を拡充する。

## 「農産物輸出拡大に向けた植物病虫害検疫支援システムの確立」の概要

### ■元施策：

1. 病虫害・雑草のデータ駆動型防除技術の開発による農作物生産の安定化 農研機構運営費交付 (R4年度：250,000千円)
2. 植物検疫上の要求事項を満たすための体制の構築事業 (輸出検疫に資する調査等) 農水省委託事業 (R4年度：62,600千円)

### ■PRISMで実施する理由：

農産物の輸出検査は、国の植物防疫官が携わっているが、輸出量の増加に伴い検査対応が困難化しているため、令和5年度から民間登録検査機関の代行が可能となる。民間登録検査機関に参入しようとするITベンダーや農薬製造企業等からAIを活用した病虫害の識別鑑定手法の開発ニーズが高まっている。このため、農研機構が保有する病虫害をデジタル画像化して、AI教師データとして利用可能にすれば、民間によるAIを活用した高度な識別鑑定手法の開発等を加速化でき、また、政府の重要施策である農産物輸出促進に向けた民間活力を引き出すことにつながる。

### ■テーマの全体像：

- センチュウ・害虫等の顕微鏡静止画像を取得し、害虫種固有の特徴情報をアノテーションした教師データの収集を行う。
- 民間登録検査機関が活用できる種同定に有効なDNA情報 (DNAバーコード配列等) を集積して、センチュウ及び害虫、種子伝染性病害等に係る確定診断の効率化を図る。

## 出口戦略

(出口戦略) 輸出検査を代行する民間登録検査機関等の研究開発投資等を加速化し、政府目標の輸出5兆円の達成に貢献する。また、当該検査技術 (AIによる病虫害診断法等) の推進を図る。

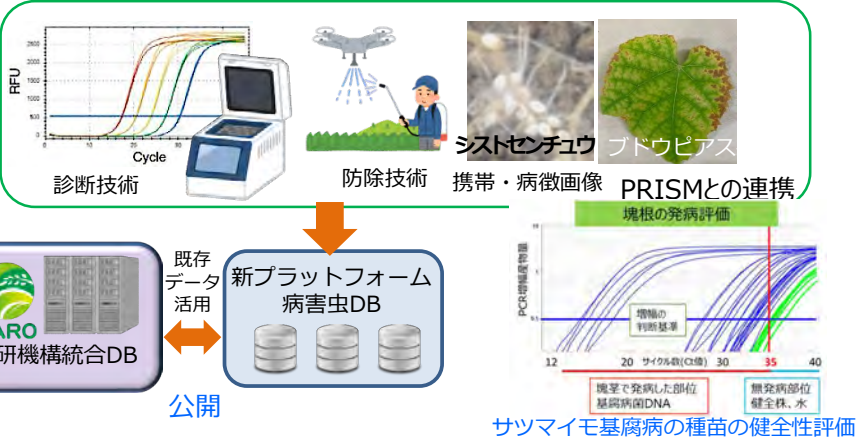
## 民間研究開発投資誘発効果等

- 民間投資誘発効果として、2030年に実現すると見込まれる農林水産物・食品の輸出額5兆円のうち、2%の1千億円が輸出検査の民間代行による寄与と仮定し、その売上高に対する研究費比率 (2.31%) を乗じて23億円/年の研究投資誘発が期待される。開発成果は植物防疫所や都道府県病虫害防除所における診断業務にも利用可能であり、公的機関の業務効率改善効果も見込まれる。
- 民間からの貢献額：5年で1億2千5百万円相当
  - ・農薬25,000千円、情報・通信業15,000千円、検査70,000千円、種苗15,000千円

# 資料2 「農産物輸出拡大に向けた植物病害虫検疫支援システムの確立」の概要

**アドオン（農林水産省）：93,000千円**  
**元施策名：**  
**1.病害虫・雑草のデータ駆動型防除技術の開発による農作物生産の安定化 農研機構運営費交付金 250,000千円**  
**2.植物検疫上の要求事項を満たすための体制の構築事業（輸出検疫に資する調査等）農水省委託事業 62,600千円**

1. については、高リスク病害虫情報の診断技術、防除技術などの有益情報のカタログの構築を行っている。



✓ **高リスク病害虫の生態や同定手法、防除手法**などを取りまとめ、既存の同定手法については実証・確認を行い、加えて、**新しい同定手法を開発**している。

2. については、相手国が求める輸出条件に迅速に対応することによる輸出機会の確保を目標として1)輸出用精密**検査プロトコル**の開発、2)相手国が要求する国内における**病害虫発生実態**の把握のための調査体制整備、3)病害虫管理等に係る**デジタルマテリアル**の作成、4)**先進的な技術**を活用した新たな検疫措置の確立等を実施している。


**【PRISM】**

✓ センチュウ・害虫等の顕微鏡静止画像を取得し、**害虫種固有の特徴情報等**や**アノテーション**を付した教師データの収集を行う。

✓ 民間登録検査機関が活用できる種同定に有効なDNA情報（DNAバーコード配列等）を集積して、センチュウ及び害虫、**種子伝染性病害**等に係る**確定診断の効率化**を図る。


## 【PRISM開発のイメージ】

### 迅速な一次診断



デジタルマイクロ  
スコープ


- ✓ **一次診断**AI解析に資する教師データ画像の整備
- ✓ 広視野高解像度顕微鏡やデジタルマイクロスコープを活かした**画像収集**
- ✓ 検疫現場の診断に有効な画像の収集・送付及び**画像データベース（DB）作成**
- ✓ 識別同定が困難なセンチュウについて**情報（メタデータ）付与・アノテーション**を行う。



微小害虫画像収集

画像データベース

- 教師画像データの拡充
- 農研機構でも判別器試作



植物寄生性線虫は頭部と尾部に特徴がある。

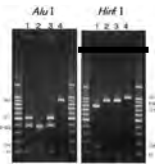
- ✓ **害虫のAI診断手法の開発**

**画像DBを使用して民間がAI判別器の開発を行う。**

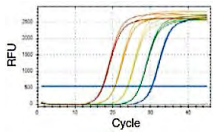
**農研機構でもAI判別器のプロトタイプ開発**

### 確定診断へ


- ✓ 線虫・害虫の種の**確定診断**（遺伝子診断等） 野菜種子
- ✓ 種子伝染性病害の確定診断において**民間検査機関**で使える大量処理、高速化自動抽出システム等で**効率化** アブラナ科・ナス科



PCR-RFLP



リアルタイムPCR



# 資料3 「農産物輸出拡大に向けた植物病虫害検疫支援システムの確立」の目標達成状況

○施策全体の目標（R4年度）  
 センチュウ・害虫等の顕微鏡静止画像を取得し、害虫種固有の特徴情報等やアノテーションを付した教師データの収集を行う。  
 民間登録検査機関が活用できる種同定に有効なDNA情報（DNAバーコード配列等）を集積する。また、センチュウ及び害虫、種子伝染性病害等に係る確定診断法の効率化を開始する。

事業名等	当年度目標	目標の達成状況
①AI識別鑑定用教師データの整備とアノテーション化	<ul style="list-style-type: none"> <li>画像の撮影について、使用する場面で最適な画像撮影場面の検討を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>線虫画像については、シストセンチュウ類を界線スライド上で撮影することに決定し、1,200枚以上の画像を撮影した。</li> <li>微小害虫については、デジタルマイクロスコープや高解像度生物顕微鏡、高解像度実体顕微鏡を用いて、画像の撮影条件の検討を行い、画像を撮影した。撮影した画像は、②の害虫画像データベース構築の検討のためのサンプルとした。</li> </ul>
②病虫害情報デジタルカタログ及びシステム構築、害虫画像データベースの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>病虫害情報デジタルカタログについては、重要病虫害のデータ項目を決定し、病虫害スプレットシートを作成する。病虫害データベースの構造を決定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>病虫害情報デジタルカタログについては、重要病虫害のデータ項目を決定し、病虫害スプレットシートを作成した。病虫害データベースの構造としては、Wiki形式を基本構造と決定した。その後、LDAPによる認証・認可、バックアップ機能を設定し、編集者登録を終えてDBの編集作業を開始した。次年度元施策でデータベースの編集作業を引き続き行う。元施策でR7年度公開予定。</li> <li>画像の収集について、メタ情報の項目を決定した。既開発の病虫害被害画像の収集法を改良して、線虫等の画像にアノテーションを行い、メタ情報を付与、画像データベース構築研究者へ集約する手順と、必要となるアプリケーションとデータベースの改良と設計を行った。</li> <li>設計したプログラムやデータベースの最終的な構成は、実際の画像を用いたシミュレーション後に決定する。機器導入遅れに伴い、役務完了は次年度となる。</li> </ul>
③確定診断に関する遺伝子診断の効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>害虫の種同定に活用できるDNA情報（DNAバーコード配列等）の蓄積を開始する。</li> <li>種子の破碎方法の検討を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>害虫の種同定に活用できるDNA情報（DNAバーコード配列）を300件解析した。併せて標本画像データを作成した。次年度以降も元施策（～R7年度）で対応する。</li> <li>線虫の同定識別に係わる領域の遺伝子配列を決定し、シストセンチュウの識別用のプライマーを作出した。</li> <li>種子の効率的な破碎方法を決定した。決定した破碎方法は元施策（～R7年度）で開発する種子伝染性病害の確定診断法で使用する。</li> </ul>

# 資料4 「農産物輸出拡大に向けた植物病虫害検疫支援システムの確立」の成果

## 【計画1】AI識別鑑定用教師データの整備とアノテーション化

- 検疫で使用する場面で最適な画像を検討し、植物寄生線虫の内、有害検疫動植物の指定種が含まれるシストセンチュウを中心に画像収集を開始し、実際の線虫を顕微鏡観察する場面で多く使用される界線スライド上の線虫画像を1200枚以上撮影した（写真1）。線虫の判別器は物体検出用のアルゴリズムを利用して作成した。
- 微小害虫、キジラミ、ハエ類、アザミウマ類（写真2～4）の画像収集を開始し、メタデータの項目を決定した（表1）。

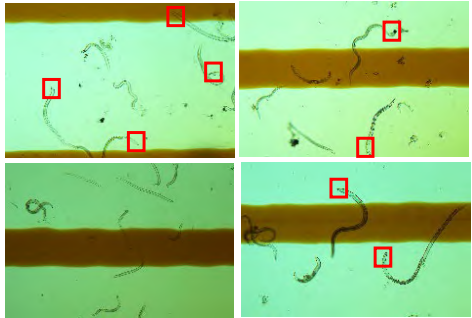


写真1：界線スライド上のシストセンチュウ赤四角で囲まれているものがシストセンチュウ



写真2：ミカンキジラミ



写真3：ミカンバエ



写真4：アザミウマ類

## 【計画2】病虫害情報デジタルカタログ及びシステム構築、害虫画像データベースの構築

- データベースの基本構造は、情報の追加や更新、バージョン管理が容易なWiki形式を基本骨格とすることを決定し、農研機構内のサーバーに格納した。情報として付与するデータ項目などを決定し（図1）、DBの編集作業を開始した。
- 画像データベースについては、大量の画像を送付するためメタデータ（表1）やアノテーションを組み込んで送る必要があり、QRコードなどに情報を埋め込むことなどを検討しながら開発を進めている。さらに、画像データ管理に用いるユニークIDの生成、付与方法を決定した。

Wiki形式を採用

- 担当者が自由に編集可能
- 項目の変更に柔軟な対応
- 公開の際、即時に情報提供可能

データ項目決定

- 寄主範囲
- 指標作物の選定
- 調査方法（調査時期及び調査回数等）
- 同定診断手法
- 発生範囲の特定手法
- 初動防除で利用可能な手法
- 通常防除で利用可能な手法
- 無発生の確認方法
- 利用可能な薬剤
- 抵抗性品種等
- 参考文献、指針、URL等
- など

科
属
種
和名
发育段階
性
採集地
採集年月日
緯度経度
標高
植物名
保存形態
撮影日

図1：病虫害情報のスプレッドシート

表1：メタデータ項目

## 【計画2：つづき】病害虫情報デジタルカタログ及びシステム構築、害虫画像データベースの構築（ユニークIDの生成、付与）

- 害虫画像DBへのデータ登録を抜け、漏れ、重複無く行うため、**画像へのユニークIDの付与**が必要。
- 画像ユニークID候補として、画像HASH値およびUUIDを検討した。
  - 画像HASH値：画像の特徴から算出される値。**同じ画像からは常に同じ値**が生成される。画像が類似する場合、**違う画像でも同じ値が生成される。**
  - UUID：ランダムに生成される値。別画像が同じ値になることはないが、**画像の特徴を反映したものではない。**
- 画像HASH値は、**対象種が違う場合でも同じ値**が生成されることを確認した（写真5、6）。
- 画像取得後に**UUIDをメタデータに付与**することとし、画像単位での**進捗管理を可能**とした。
- UUIDの付与に対応するよう、必要となる**アプリケーションとデータベースの改良と設計**を行った。



写真5：撮影対象の線虫に対し、その他の領域が大部分を占めるため、HASH値が同じとなったセンチュウ撮影画像



写真6：種が違っていてもHASH値が同じになったコウチュウ目の画像

## 【計画3】確定診断に関する遺伝子診断の効率化

- ミバエ害虫種（写真7）やツヤハダゴマダラカミキリなどを含むハエ目およびコウチュウ目の**DNAバーコード配列情報**を取得を開始し、それらの標本画像データを作成した。
- シストセンチュウ *Heterodera elachista* のPCR診断法を開発した（図2）。（9レーンが *H. elachista*、10レーンはネガティブコントロール、1～8レーンは同属（*Heterodera*属）の他種の線虫。）
- 種子等の破碎に関する機器を選定して、破碎法の検討を行い条件を決定した。



写真7：ウリミバエ

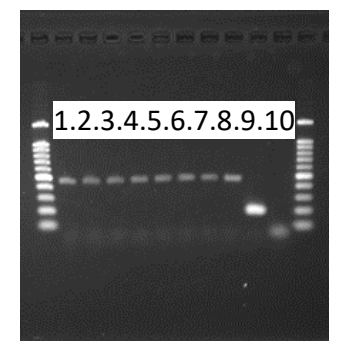


図2：*H. elachista*検出用プライマーでのPCR産物の電気泳動像

# 資料5 「農産物輸出拡大に向けた植物病害虫検疫支援システムの確立」の民間からの貢献及び出口の実績

○民間からの貢献額：5年で1億2千5百万円相当

- ・農薬 約5百万円/年（人件費4百万円、試験研究費1百万円）
- ・情報・通信業 約3百万円/年（人件費2.4百万円、試験研究費0.6百万円）
- ・検査 約9百万円/年（人件費7.2百万円、試薬機器等1.8百万円）
- ・検査 約5百万円/年（人件費4百万円、試薬機器等1百万円）
- ・種苗 約3百万円/年（人件費2.4百万円、試薬機器等0.6百万円）

当年度当初見込み	当年度実績
①農薬 約5百万円：人件費4百万円、試験研究費1百万円)	①農薬企業A社では農研機構の画像DBなどを利用して、AI識別研究を進めている。当初の予定通り。
②情報・通信業（約3百万円：人件費2.4百万円、試験研究費0.6百万円）	②情報・通信業企業B社とは、数回面談して打合せをおこなっている。調査を続けており、当初の予定通り。
③検査（約9百万円：人件費7.2百万円、試薬機器等1.8百万円）、検査（約5百万円：人件費4百万円、試薬機器等1百万円）	③検査関連企業C社、D社とは、種苗伝染性病害に関して、面談、打合せを頻繁に行っている。遺伝診断などの研究開発を進めている。当初の予定通り。
④種苗（約3百万円：人件費2.4百万円、試薬機器等0.6百万円）	④種苗会社E社とも面談打合せを進めている。当初の予定通り。

○出口戦略

- IT企業（情報・通信）：画像データを教師データとし、病害虫を判別するディープラーニング等によるAIモデルを構築。さらに使用しやすいようにAPI化、パッケージ化することで利便性の向上が期待できる。
- 農薬会社：生産者へのAI病害虫診断を活用することにより、防除体制まで含めたパッケージ化が可能になり、診断から防除までの一連のシステム開発が期待できる。
- 検査関連企業：医療分野や食品衛生分野で活用されている遺伝子解析検査に、農業分野におけるサンプルからの効率的な核酸抽出法を組み込み、種苗検査や病害虫遺伝子診断に適用することにより、多検体検査技術の開発が期待できる。
- 種苗会社：自社で生産する種苗や関連生産者及び苗などの診断に適應できる検査体制の構築に、AI病害虫診断や遺伝子診断が活用可能であり、効率的な検査体制の構築に開発が期待できる。
- 2024年1月の設立を目指している株式会社農研機構植物病院での活用も想定している。

当年度当初見込み	当年度実績
出口戦略として、想定される農薬会社、IT企業、検査関連企業、種苗会社などと情報交換して、種苗検査や病害虫遺伝子診断に適用することにより、多検体検査技術の開発が期待できる。	出口戦略としては、想定される農薬会社、IT企業、検査関連企業、種苗会社などと情報交換を進めている。農薬会社、IT企業とは、主にAIによる病害虫診断法等に関して将来像や要望の聞き取りなどを行った。検査関連企業や種苗会社とは主に病害虫遺伝子診断、多検体検査技術について検討を行った。