

## 委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

<b>研究課題名</b>	環境負荷低減対策研究のうち化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発			<b>担当開発官等名</b>	農林水産技術会議事務局研究開発官 (基礎・基盤、環境)
				<b>連携する行政部局</b>	大臣官房環境バイオマス政策課 農産局園芸作物課 農産局農業環境対策課
<b>研究期間</b>	R 5年～R 9年（5年間）			<b>総事業費（億円）</b>	1.2億円（見込）
<b>研究開発の段階</b>	<b>基礎</b>	<b>応用</b>	<b>開発</b>		

### 研究課題の概要

#### <委託プロジェクト研究課題全体>

環境負荷を低減する農業の拡大に向け、生物多様性から農業が享受する生態系サービスのうち、野生昆虫類による送粉機能と土着天敵類（※1）による病害虫防除機能を高精度かつ効果的に評価できる技術を開発する。本技術により、野生の送粉昆虫（※2）の保全による農産物の生産性向上と、土着天敵を利用した害虫防除による化学農薬使用量を低減することにより、環境に配慮した農産物の生産を後押し、「みどりの食料システム戦略」の2030年目標である化学農薬使用量（リスク換算）（※3）の10%低減に貢献する。

#### <課題① 送粉サービスを有効利用するための送粉昆虫モニタリング技術の開発>

対象作物に訪花する主要な野生昆虫類を識別する画像判別器（※4）を開発する。また、実測により野外での送粉昆虫の訪花頻度と柱頭付着花粉数などから果樹と果菜の着果率を推定するアルゴリズムを構築し、デジタルカメラ等で撮影した一連の送粉昆虫の画像から着果率を推定する技術を開発する。開発した画像判別器を用いて、防除体系の違いが送粉昆虫の種数に及ぼす影響を明らかにし、野生昆虫類の送粉機能の利用を促進する果菜類・果樹の生産に貢献する。

#### <課題② DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発>

微小害虫類の土着天敵であるカブリダニ類について、環境中からカブリダニ類のDNAを検知する技術を開発し、減農薬によるカブリダニ類の病害虫防除機能への影響を明らかにする。また、環境DNA（※5）検知技術を応用して、カブリダニ類を指標として、簡便に土着天敵類の保全と病害虫防除機能の評価基準を確立する。環境DNA検知技術と評価基準の普及により、害虫防除への土着天敵の利用を促進し、化学農薬の使用量を低減する。

### 1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
<p>&lt;課題①&gt;送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・露地の果樹および果菜類における主要な送粉昆虫10種群の識別が可能なAI画像判別器のプロトタイプを開発。</li> <li>・送粉昆虫の利用を促進するため、送粉昆虫の訪花頻度と柱頭付着花粉数などから果樹・果菜類の着果率を推定できるアルゴリズムを構築。</li> <li>・果樹園での防除体系が送粉昆虫の種数や個体数に与える影響を解明。</li> </ul>	<p>&lt;課題①&gt;送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主要な送粉昆虫10種群を識別する画像判別器の精度を向上させ、API（※6）を公開。</li> <li>・送粉昆虫の写真をもとに果樹・果菜類の着果率を推定できる技術を開発。</li> <li>・防除体系が送粉昆虫に及ぼす影響と、受粉・生産性への効果を定量的に評価できる手法を確立。</li> </ul>

<課題②> DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発

- ・果樹の葉から環境DNAを採取し抽出する技術確立し、環境DNAからカブリダニを検知するプライマーを開発。
- ・リンゴ、ミカン、ブドウ等において、土着天敵のカブリダニ類の病害虫防除効果に関わる評価基準を確立するための知見を収集。

<課題②> DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発

- ・環境DNAにより圃場内のカブリダニ類の生息と種構成を検知する技術を開発。
- ・カブリダニ類の病害虫防除機能の定量評価手法を確立。
- ・開発技術および病害虫防除機能の評価基準について、技術普及員などが現場で使いやすい技術マニュアルを作成。

## 2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（令和12年）

- ・送粉昆虫類及び土着天敵類を定量評価する技術の導入により、環境負荷を低減した農業を推進し、2030年における化学農薬使用量の10%削減に貢献

### 【項目別評価】

#### 1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

① 農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性

「みどりの食料システム戦略」が策定されるなど、農林水産業や地域の将来を見据えた持続可能な食料生産システムの構築が急務となっている。本プロジェクトは、農業が生物多様性の恩恵を享受する生態系サービスのうち、野生昆虫類による送粉機能および土着天敵類による病害虫防除機能を簡便に定量的に把握する技術を開発することで、環境負荷を低減した農業を推進し、化学農薬使用量を10%削減に貢献することから、生産者のニーズが高く、また、環境へ配列した農産物の生産拡大により、消費者のニーズにも応える研究である。

② 引き続き国が関与して研究を推進する必要性

本研究は、環境負荷を低減した取組を生物多様性と農業生産性の効率化の両面から評価手法を全国的に確立することから、研究機関と各地の公設試や生産者との連携が必要である。

#### 2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

① 中間時の目標に対する達成度（原則としてロードマップに位置付けた数値目標に対する実績の割合）

<課題①>送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発

- ・果樹・果菜類の主要な送粉送粉昆虫10種群の識別が可能な画像判別器のプロトタイプを開発（100%）。
- ・野外での実測により、送粉昆虫の訪花頻度と柱頭付着花粉数などから果樹・果菜類の着果率を推定できるアルゴリズムを構築（100%）。
- ・防除体系の違いが送粉昆虫の種構成・個体数に影響を及ぼす要因を解明（100%）。

<課題②>DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発

- ・葉上から環境DNAを採取する技術確立し、環境DNAを利用したカブリダニの生息を検知する技術を開発（100%）。
- ・作業の省力化に向け、カブリダニ類7種の環境DNAを検知するマルチプレックスPCR（※7）用プライマーを、当初の年度計画よりも前倒しで開発（120%）。
- ・リンゴ、ミカン、ブドウ等において、土着天敵のカブリダニ類の保全効果や病害虫防除機能の評価手法を確立するための知見を収集（100%）。

② 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

<課題①>送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発

- ・AI技術の急速な発展と画像判別技術の汎用性を考え、FasterR-CNN（※8）を用いてモデル開発を行うとともに、幅広い作物に訪花する昆虫全般を対象に学習させ、送粉昆虫10種群のアノテーション済の教師データを学習させた画像判別器のプロトタイプを作成した。野生昆虫類のうち主要な送粉昆虫であるコマルハナバチやナミハナアブに関しては98%を超える精度で識別できた。今後、追加の教師データを整理し、画像判別器の精度を高めることで、送粉昆虫10種群を識別できる画像判別器の開発を進める。
- ・送粉昆虫の訪花頻度などから果樹・果菜類の着果率を推定するアルゴリズムを構築しており、今後、開発した画像判別器を利用して、撮影した昆虫の写真から着果率を直接推定する技術の開発を進める。
- ・現地実証として、防除体系の違いがナシの栽培園地での送粉昆虫の種構成・個体数に影響を及ぼして

いることを明らかにした。これまでの人による観察調査から、開発した画像識別を利用した調査を行い、ナシ以外の果樹も含めて、送粉昆虫を保全しやすい防除体系を明らかにするためのデータを蓄積する。

<課題②>DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発

- ・圃場から採集した果樹（リンゴ、ナシ、ミカン、ブドウ）の葉からカブリダニ由来の環境DNAを収集する技術を確立した。検出の効率化のため、マルチプレックスPCR用のプライマー設計についても、年度計画よりも前倒しで着手し、カブリダニ類7種を識別できるプライマーを完成させた。今後、コンソーシアムに参画している公設試での環境DNAの講習会を開催し、開発技術に対する改善点や利便性の向上に向けた意見を収集し、実装に向けた改善を図る。
- ・防除体系の違いによるカブリダニ類の病害虫防除機能を評価するため、リンゴ、ブドウ、ミカンを対象に、環境DNA技術を用いて、カブリダニ類の保全状況と、カブリダニ類によるハダニへの防除効果をそれぞれの産地で調査し、データを蓄積している。
- ・これらの成果をもとに、カブリダニ類を指標とした土着天敵類の病害虫防除機能を把握できる評価手法を確立するとともに、技術普及員等が現場で使いやすい技術マニュアルを作成することとして、最終目標を達成できる。

<b>3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性と その実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性</b>	<b>ランク：A</b>
--	--------------

① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

送粉昆虫の画像識別技術により果樹・果菜類の着果率を推定する技術などの開発は、野生昆虫類の送粉機能を利用した果樹・果菜類の生産を促進させる。また、環境DNAを利用した果樹園内のカブリダニ類の発生状況を簡易に検知する技術は、土着天敵類の病害虫防除効果が得られやすい栽培管理体系の導入を促進させる。生態系サービスの定量的な評価が可能になることで、環境負荷の低い農業を推進し、2030年における「化学農薬使用量の10%低減」に貢献する。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

本プロジェクトの研究成果の普及および開発技術の実用化に向け、生産者および公設試での講習会を開催し、開発技術に対する改善点や利便性の向上などの意見を踏まえ、簡便化など実装に向けた改善を図っている。また、都道府県の公設試の研究員が参加する学会において、本プロジェクトの研究成果を発表し、現場への研究成果の普及を図った。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度（研究内容により該当しない場合は、除外して評価を行う。）

- ・送粉昆虫の画像判別器については、APIとして公開することから、民間企業などによる送粉昆虫の画像識別技術のサービスに利用できる。また、画像判別機は、畑地や果樹園で昆虫の生物多様性を評価することにも利用できることから、農地の生物多様性評価の研究推進に貢献することが期待される。
- ・環境DNAによる土着天敵類の検知技術については、土着天敵類の保全状況や病害虫防除機能を調査するツールとして果樹に限らず他の園芸作物においても広く利用が期待される。

<b>4. 研究推進方法の妥当性</b>	<b>ランク：A</b>
----------------------	--------------

① 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

3名の外部専門家と行政部局で構成する運営委員会および、研究コンソーシアム主催の推進会議を年2回以上開催するほか、現地視察、小課題単位の検討会を開催することで、研究計画の見直しや、進捗状況の確認を適時実施している。

② 研究推進体制の妥当性

研究コンソーシアムには、農研機構を中心に、大学、地方公設試が参画している。この研究推進体制のもと、例えば、生産者や公設試での講習会では、画像判別器の使用場面や、環境DNA検知技術の性能などを確認するとともに、成果の普及先である生産者や行政関係者等の助言を研究に反映させた。このように、常に現場のニーズを把握しながら研究開発を進めていることから、推進体制は妥当である。

③ 研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等）

本研究課題では前期3年を開発フェーズ、後期2年間を実証試験フェーズと位置づけており、3年目で

ある令和7年度には、課題ごとに実証試験に向けた開発技術の試行を実施する。課題①では、AIを用いた画像判別技術と着果率推定アルゴリズムを統合することを目指している。課題②では、環境DNA検出技術を用いた実証試験に取り組むため、課題②の実行課題間の協力のもとで、マニュアルの作成に着手する。社会実装に向けて研究課題構成は適切である。

④ 研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性（選択と集中の取組など）

毎年漸減する予算を有効活用するため、課題の進捗や重要性を踏まえて見直しを行うほか、技術の普及につながる大規模現地実証試験には重点的に予算を配分した。各実施課題に必要な予算を精査して毎年見直しており、予算配分は妥当と言える。

**【総括評価】**

**ランク：A**

**1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見**

- ・生態系サービスの恩恵を利用した農業生産は、労力がかからず低コストな有機農業生産の実現に繋がる可能性があり、その意義は大きい。
- ・研究は計画通りに進捗しており、当初の研究目標の達成は十分可能である。また、研究目標の達成見込みとその普及に向けた取り組みについても妥当である。
- ・現時点では研究は計画通り進んでおり、継続は妥当である。

**2. 今後検討を要する事項に関する所見**

- ・カブリダニ類の病害虫防除機能の定量的評価のためには、耕作地全体におけるカブリダニ類のトータルあるいは種別の定量法が不可欠だと思われる。現計画では、定量法の開発には至っておらず、定量に向けての研究の実施が望まれる。

[研究課題名] 環境負荷低減対策研究のうち、化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち、農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発

用語	用語の意味	※ 番号
土着天敵	その地域にもともといる、農業害虫を捕食したり寄生したりして駆除する生物。クモ、ハチ、ハダニアザミウマ、ヒラタアブ、カブリダニなど様々な分類群が存在する。	1
送粉昆虫	花粉を運んで受粉させる昆虫（花粉媒介昆虫、ポリネーター）	2
リスク換算	有効成分ベースの農薬出荷量にリスク計数をかけ合わせたもの。リスク計数は0.1、1、3、10の3段階があり、農薬の成分ごとにADI（許容一日摂取量）をもとに決められている。	3
画像判別器	入力された画像が何に分類されるかを推定するモデル	4
環境DNA	水中や土壌、空気中など環境中に存在する生物由来のDNA。生物多様性調査の手法として注目されており、調査手法や分析技術が急速に発展している。	5
API	Application Programming Interfaceの略で、ソフトウェアやプログラム、Webサービスなどの間をつなぐインターフェース	6
マルチプレックスPCR	同一の反応で2種類以上の遺伝子を検出するための遺伝子増幅解析技術	7
FasterR-CNN	物体検出において現在、標準的に使用されている深層学習アルゴリズムの一つ。R-CNN、Fast R-CNNをより高速に、高精度にしたモデル。YOLOとは物体検出のアプローチが異なる。	8

## ② 農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発【継続】

- 生産者・生産団体や地方公共団体において、化学農薬の使用等の環境負荷を低減し、生物多様性の保全を打ち出した農産物をブランド化する取組が広まりつつある。
- 一方、生物多様性保全効果を評価するための労力やコストを十分に確保できないことが課題になっている。さらなる取組拡大に向けて簡便な評価技術の開発が求められている。
- そこで、農業が生物多様性から受ける恩恵（生態系サービス）のうち、①野生昆虫類による送粉機能や②土着天敵類による病害虫防除機能を高精度かつ効率的に評価できる技術を開発し、環境負荷低減に対する取組を推進する。

### 目標達成に向けた現状と課題



**環境負荷を低減した農産物に対する需要の高まり**  
環境にやさしい農産物であれば多少高額でも購入したい。

消費者

#### 【課題】

消費者による需要と生産者・生産団体や地方公共団体による供給が一致していない。



**環境負荷低減に対する取組を評価してほしい**  
環境負荷を低減した農業に対する評価体系が十分ではない。

生産者・生産団体



**環境負荷低減に対する取組を推進・拡大したい**  
環境負荷を低減した農業を拡大したいが効果検証する余裕がない。

地方公共団体

### 必要な研究内容

- 生態系サービスの簡便・高精度な評価技術の開発
- ① 果樹や果菜類の送粉機能を担う野生昆虫類を動画像とAI等を組み合わせ、モニタリングする技術の開発。
- ② 農地の病害虫防除機能を担う土着天敵類を空気や水、土壌等の環境中に含まれるDNAから検出する技術の開発。

#### <イメージ>



目視によらない  
高精度分析の実現

- ①野生送粉昆虫類のモニタリング
  - ・カメラを圃場に設置
  - ・AI等を用いて動画像解析
- ②土着天敵類の検出
  - ・空気や水、土壌等を収集
  - ・生息生物の痕跡検出

野生送粉昆虫類のモニタリング

土着天敵類の検出

### 社会実装の進め方と期待される効果

(みどり戦略への貢献)

- 普及支援組織と連携し、生態系サービスを定量する技術を全国に普及。
- 環境負荷を低減した農業の取組を拡大。
- 2030年化学農薬使用量（リスク換算）を10%低減することに貢献。



需要と供給が一致

環境負荷を低減した農産物の生産拡大



環境負荷を低減した農産物の消費拡大

化学農薬使用量の低減

【ロードマップ（中間評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち、化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち、農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発

