

## 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>	農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の開発	<b>担当開発官等名</b>	研究開発官(基礎・基盤、環境)						
		<b>連携する行政部局</b>	大臣官房政策課環境政策室 生産局園芸作物課 生産局農業環境対策課						
<b>研究期間</b>	H29～H33（5年間）	<b>総事業費（億円）</b>	5.2億円（見込）						
<b>研究開発の段階</b>	<table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">基礎</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">応用</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">開発</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	基礎	応用	開発				<b>関連する研究基本計画の重点目標</b>	重点目標 32
	基礎	応用	開発						
									

### 研究課題の概要

＜委託プロジェクト研究課題全体＞

平成28年4月のG7新潟農業大臣会合において、全ての形態の農業は持続可能であるべきと宣言されているように、環境に配慮した農業生産への一層の転換が求められている。一方で、平成27年にIPBES（生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム）（※1）から公表された「送粉者と食料生産に関するアセスメント報告書」では、近年の環境変動を背景とした、送粉者の活動をはじめとする生態系サービス（※2）の損失が明示されている。そのため、地域環境や生物多様性を保全すると同時に、その機能を活用した持続可能な農業生産を実現するための研究・技術開発に取り組む必要がある。そこで、以下の課題を実施する。

＜農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の開発（平成29～33年度）＞

生態系の劣化や気候の変動等を背景とした野生の送粉昆虫等の減少が指摘されているため、我が国の農業生産に関与する送粉昆虫相の実態を把握するとともに、農作物生産への貢献を明らかにする。また、得られた知見に基づいて、これらの送粉昆虫による生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発を行う。成果は農作物の生産安定化・高品質化に寄与する。

#### 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
<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象作物の花粉媒介に貢献する昆虫相の解明</li> <li>・その中で重要な役割を果たす種を選定 [その中で重要な役割を果たす種群を選定]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農作物3種において、送粉昆虫の種構成や訪花頻度の調査方法の確立、マニュアル作成</li> <li>・生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発</li> </ul>

#### 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（H38年）

野生の送粉昆虫の積極的利用技術の開発により、農産物の生産安定化・高品質化に寄与（国内で約3,300億円（H25年度）と見積られる野生送粉昆虫による農産物生産への貢献を維持）

### 【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

多くの作物の結実には受粉が必要であり、金額に換算すると送粉昆虫が国内の農業にもたらす利益は約4,700億円にもものぼる。そのうち7割は養蜂ではない野生の送粉昆虫の貢献によるものであるが、土地利用の変化や気候変動等の要因によって送粉昆虫が減少し、農産物の生産に多大な影響が生じることが懸念されている。また、気象等の影響により、交配用ミツバチが不足することもある。このような状況は研究開始時から好転していない。これまで見落とされてきた効率的な働きをする野生の送粉昆虫を明らかにした上で、それらを有効活用できる技術の開発が依然として求められている。

#### ② 引き続き国が関与して研究を推進する必要性

国連サミットで採択された2016年から2030年までの国際目標（持続可能な開発目標：SDGs（※3））において、花粉媒介機能に代表される生態系サービス及びそれを担う生物多様性の保全が重要な柱と位置付けられている。また、「農林水産研究基本計画」では、生物多様性等と関連した生態系サービスの解明・評価を計画的に進めることとしている。これらの課題は民間主体で実施することが困難であるた

め、本研究開発は国が関与して取り組む必要がある。

## 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

中間時の目標は、事前評価時は「対象作目の花粉媒介に貢献する昆虫相の解明およびその中で重要な役割を果たす種を選定」としていたが、以下に記すように、多くの作目において、主要花粉媒介者は単一の種では無いことが判明しつつあるため、重要な役割を果たす「種群」を選定することとした。

平成30年度までに、本課題で対象とした5作目（リンゴ、ナシ、ウメ、カキ、ウリ科果菜）11地域において、訪花する昆虫を2年間にわたって調査し、合計で20,000頭以上の訪花昆虫を収集した。また、これらの昆虫が保持する花粉を確認した上で50種以上を同定し、対象作目の花粉媒介に貢献する主要な昆虫相を明らかにした。

花粉の付着量や訪花頻度、農地内における個体数等を総合的に評価した結果、リンゴとナシではミツバチ類・ヒメハナバチ類・コハナバチ類・ハナアブ類・オドリバエ類・ハナバエ類等、ウメではミツバチ類、カキではマルハナバチ類・ミツバチ類等、ウリ科果菜ではミツバチ類・マルハナバチ類・コハナバチ類等の昆虫が、それぞれ重要種群として選定された。また、地域によって重要な役割を担う種群が異なる場合があることが明らかになった。

これらの知見から、中間時の目標は十分に達成された。

### 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

最終到達目標として、「農作物3種において、送粉昆虫の種構成や訪花頻度の調査方法の確立、マニュアル作成」及び「生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発」を目指しており、平成30年度までに以下の具体的成果が得られている。

（中課題1：花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発）送粉サービスが生産性に強く影響する果樹（リンゴ・ナシ・ウメ・カキ）及び果菜（ウリ類）の栽培地において、送粉昆虫の種構成や訪花頻度を調査するための手法の開発を進めている。これまでに省力的で標準化が可能な昆虫捕獲装置（トラップ）の色や形状等を検討し、対象作目や地域に適したトラップの形状等を明らかにした。平成31年度以降にさらなる検証を実施して成果を体系化し、送粉昆虫相調査マニュアルを作成する予定である。

これらの調査手法も活用し、各作目・各地域から重要送粉昆虫の候補を収集した。これらの昆虫は遺伝子情報（DNAバーコード（※4））等も参照しつつ同定を行うと同時に、体表面に付着する花粉を分析して花粉媒介能力も推定した。さらに、採集された個体数も考慮して花粉媒介ポテンシャルを算出し、各作目・各地域において花粉媒介に対する貢献度の高い種を選定することができた。平成31年度以降も調査を継続するとともに、以下に記す中課題2において、これらの野生昆虫を有効活用するためのほ場管理技術等を開発する予定である。

（中課題2：花粉媒介サービス有効活用技術の開発）中課題1で選定した重要送粉昆虫種群の増殖や定着を促す植物（強化植物）を利用して、野生昆虫による花粉媒介サービスを活性化させる技術の開発を目的として、平成30年度までに145種以上の植物を文献調査や栽培試験、野生植物調査からリスト化した。また、これらの植物の匂いや色などを分析し、送粉昆虫の誘引に寄与する要因解析を進めている。今後は、強化植物を実際の生産ほ場に混植し、送粉昆虫への影響を検証する。

さらに、外来生物法で使用が制限されているセイヨウオオマルハナバチ（特定外来生物（※5））の代替となり得る、土着のマルハナバチ類10種の授粉能力及び人工飼育の可否を検討した。このうち、累代飼育が可能で授粉能力に優れたエゾオオマルハナバチに焦点を絞り、より大規模な増殖手法を開発し、実用技術化する予定である。

こうした現状から、引き続き研究開発を推進することで最終到達目標を達成できると考えられる。

## 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

ランク：A

### 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

本課題のアウトカム目標として、野生の送粉昆虫の積極的利用技術の開発により、農産物の生産安定化・高品質化に寄与することを目指している。本課題では、農産物の中でも特に野生送粉昆虫の影響を受けやすい作目（リンゴ・ナシ・カキ・ウメ・ウリ科果菜）を対象に、送粉サービスの活性化を促す技

術を開発しており、前述の通り、その一部は実用化される予定である。我が国では人工授粉が行われている地域や作目もあるが、農業者の高齢化や労働力不足により、作業が困難になりつつある。また、授粉に利用される飼養セイヨウミツバチ等の価格も高騰傾向にある。本研究で開発する野生送粉昆虫の利用技術は、商品やマニュアル、講習会等を通して、個別の生産者やJA等の農業団体に普及する予定であり、授粉作業の効率化や農業生産の安定化・高品質化につながると見込むことができる。また、農業生産における花粉媒介昆虫の活動をはじめとする生態系サービスの重要性の理解が必然的に促されるため、持続可能な農業生産の実現に大きく貢献できる。したがって、アウトカム目標の達成は十分に期待できると考えられる。

## 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

研究成果の普及・実用化のために、研究コンソーシアムに民間企業を加え、商品化を見据えた野生の土着送粉昆虫（エゾオオマルハナバチ）の増殖技術開発を実施している。特定外来生物であるセイヨウオオマルハナバチの使用規制が進められているため、アウトカム目標である「農産物の生産安定化・高品質化」のためには、その代替となるエゾオオマルハナバチの資材化は必要不可欠である。本研究実施期間内に商品サンプルの提供を開始し、現場からの意見や行政部局からの要望等をフィードバックして利用技術の改善や生産コストの低減を図る。外来種管理に関する行政施策に応える技術開発であり、プロジェクト終了後には商品としての普及が見込めるため、アウトカム目標達成に向けた取組として妥当である。

## ③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

花粉媒介は生物多様性がもたらす典型的な生態系サービスのひとつである。そのため、本課題の推進は、アウトカム目標である「農産物の生産安定化・高品質化」だけでなく、農業生産における生物多様性の機能解明に大きく貢献すると期待される。

## 4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

### ① 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発（中課題1）においては、研究の進展により、作目毎に送粉昆虫相が異なり、一部の作目ではその多様性が高く多くの種が受粉に関与していること、またトラップによる捕獲効率が送粉昆虫の種群毎に異なることが明らかとなった。そこで、汎用的なトラップではなく、各送粉昆虫種群の特性に対応したトラップを開発するように研究計画の見直し・改善を行った。また、花粉媒介サービス有効活用技術の開発（中課題2）においては、外部有識者等の指摘をふまえ、成果をスムーズに普及させるために、当初予定にはなかった大規模実証試験にJA等と協力して取り組むように計画を変更した。

### ② 研究推進体制の妥当性

外部有識者や技術会議事務局・生産局担当者を参集した運営委員会を年2回実施した。この他に、研究コンソーシアム主催の計画検討会、中間検討会、成績検討会や現地視察、小課題単位の検討会を開催した。これらの委員会・検討会において、成果の普及先である民間事業者や行政関係者等の助言を研究に反映させた。したがって、アウトカム目標の達成を目指す上で、妥当性の高い体制で研究を推進していると考えられる。

### 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）

対象とした農作物（リンゴ、ナシ、ウメ、カキ、カボチャ）を栽培する11地域において、花粉媒介に重要な役割を担う昆虫相の解明を計画通りに進めている。今後はこれらの候補種を有効活用する技術（強化植物の利用等）の開発、実証、マニュアル化等を行う予定であり、この研究課題の構成は最終到達目標の達成を目指す上で妥当と言える。

### 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

毎年漸減する予算を有効活用するため、課題の見直し（植生管理課題における景観解析についてドローン等を用いたデータ収集により省力化する等）を行った。また、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する。この他にも、各実施課題に必要な予算を精査して毎年再計算しており、予算配分は妥当と言える。

**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**

- ・ 中間時の目標は達成しており順調に進捗していることから、本研究を継続することは妥当である。

**2. 今後検討を要する事項に関する所見**

- ・ 現場への普及を図るためのアウトリーチ活動を進める必要がある。また、農家が導入した場合の経済的なメリットを示すことを検討されたい。
- ・ 花粉媒介昆虫等の現場での利用に当たっては、蜂が外部に漏れることもあるため、生態系への影響にも配慮して進める必要がある。

[研究課題名] 農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の開発

用語	用語の意味	※番号
IPBES (生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム)	生物多様性や生態系サービスの現状や変化を科学的に評価し、それを的確に政策に反映させていくことを目的として設立された、世界中の研究成果を基に科学的な見地から政策提言を行う政府間組織。	1
生態系サービス	生物・生態系に由来し、人類の利益になる機能 (サービス) のこと。	2
SDGs (持続可能な開発目標)	持続可能な開発のための国連の開発目標で、2015年9月の国連総会で採択された。貧困に終止符を打ち、地球を保護し、すべての人が平和と豊かさを享受できるようにすることを目指す普遍的な行動を呼びかけるもので、2030年までに達成すべき17の分野別の目標と、169項目のターゲット (達成基準) が盛り込まれている。	3
DNAバーコード	DNA配列から種を特定する短い遺伝子領域。	4
特定外来生物	海外起源の外来種であって、生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすもの、又は及ぼすおそれがあるものの中から、外来生物法で指定された生物。	5

## 背景と目的

- ・平成27年に、IPBES（生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム）から、食料生産に重要な役割を果たす花粉媒介生物に関する報告書が発表された
- ・国内では、**花粉媒介昆虫**が農業にもたらす利益は約4,700億円にのぼり、そのうち、約7割が**野生**の花粉媒介昆虫の貢献によるものであると試算されている（H25年度）
- ・しかし、土地利用の変化や気候変動等によって国内外の**花粉媒介昆虫が減少し**、**農産物の生産に多大な影響**が生じることが懸念されている
- ・このため、野生の送粉昆虫種を有効活用して農産物の**生産安定化・高品質化**を実現する技術開発が求められている

## 研究内容

### ○農作物の花粉媒介に貢献する野生の昆虫種の解明

- ・在来の効率的な花粉媒介昆虫の探索
- ・花粉媒介昆虫による貢献度の**調査マニュアルの作成**



未活用の野生花粉媒介昆虫の利用



安定的な結果・結実

### ○生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発

- ・花粉媒介昆虫が好む植物やその特性等の解析
- ・新たな花粉媒介昆虫の利用・増殖技術の開発
- ・これらを通して、**結果・結実が不安定な農作物における収量の極端な落ち込みを防止**



例) 周辺に花を植えることで園地に花粉媒介昆虫を呼び込み、果実の**安定生産・高品質化**

- ・昆虫が好む花の化学的特性の分析
- ・昆虫を誘引・定着させる花の選抜 等

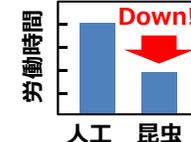


人工受粉



媒介昆虫

例) 花粉媒介昆虫を活用することで**労働時間を短縮**

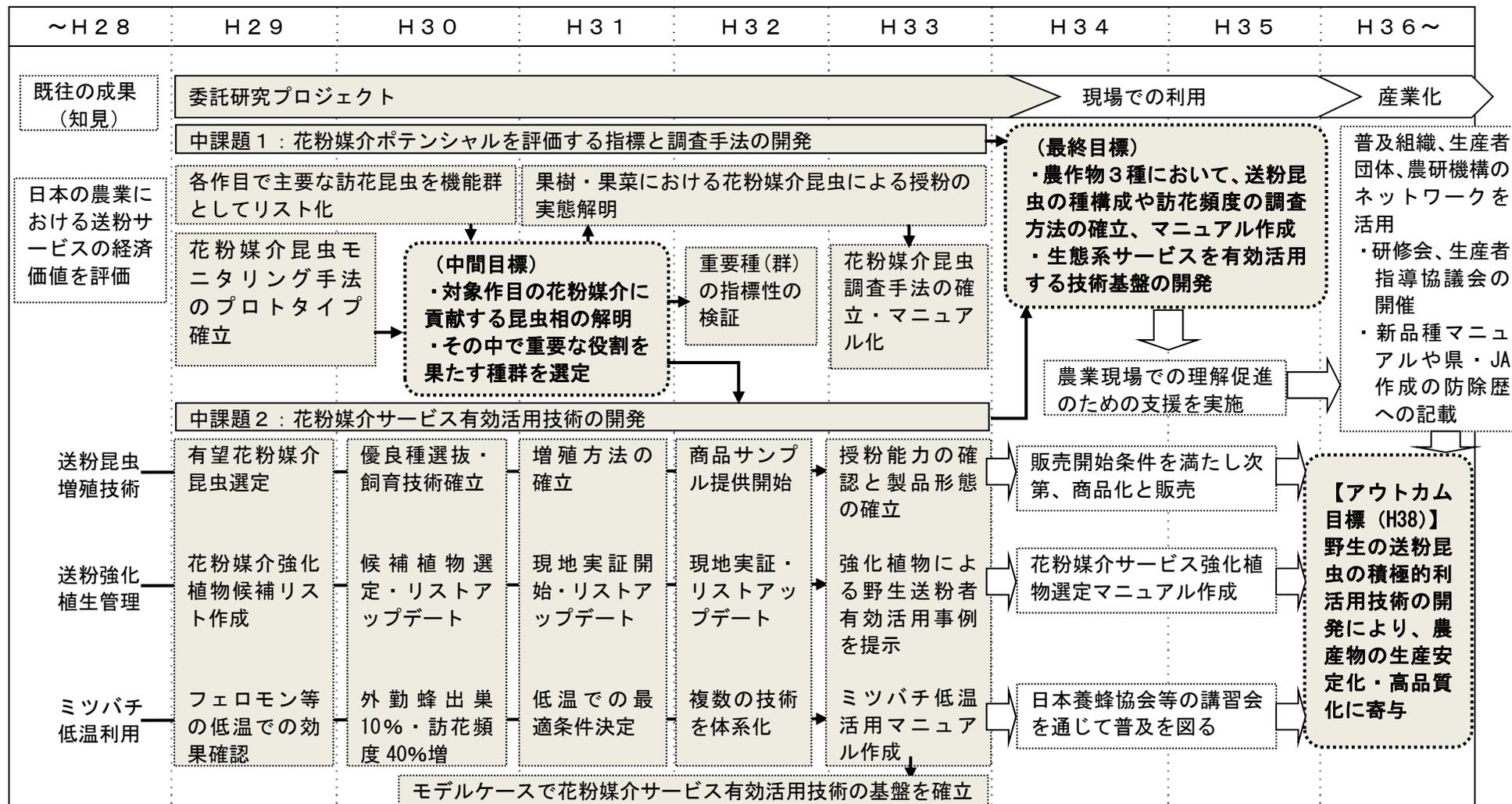


## 期待される効果

- 各地域試験場等を通じて**花粉媒介昆虫の調査マニュアル**や**利用技術**が普及し、農産物の**生産安定化・高品質化**に寄与
- 野生の花粉媒介昆虫を活用することで、受粉に要する**労働時間を削減**
- 国内で約3,300億円（H25年度）と見積られる野生の花粉媒介昆虫による**農産物生産への貢献・経済効果を維持**

【ロードマップ（中間評価段階）】

農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の開発



農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の開発これまでの主な成果

花粉媒介に貢献する昆虫相の解明・重要種群の選定

- 5作目11地域において合計20,000頭以上の訪花昆虫を収集
- 花粉媒介に貢献し得る50種以上の昆虫を同定
- 花粉保持量と個体数（観察頻度）から重要種群を選定



作物	重要種候補
リンゴ	ヒメハナバチ・コハナバチ類
	オドリバエ・ハナバエ・ハナアブ類
ナシ	ヒメハナバチ・コハナバチ類
	オドリバエ・ハナバエ・ハナアブ類
ウメ	ミツバチ類
	ハナアブ・クロバエ類
カキ	マルハナバチ類
	コハナバチ類
	ミツバチ類
カボチャ ニガウリ	ミツバチ類
	マルハナバチ類
	コハナバチ・ヒメハナバチ類
	ツチバチ類

植生管理による花粉媒介サービスの強化技術の開発

①強化植物候補のリストを作成

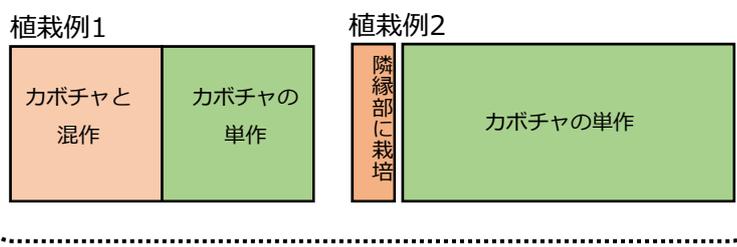


栽培特性・適合性の検討  
地域に合わせた強化植物の選定

②カボチャにおける強化植物候補の選定



③栽培ほ場での実証試験（次年度以降）



昆虫を呼び込み、カボチャの花粉媒介を強化する技術の開発へ

花粉媒介昆虫大量増殖技術および授粉利用技術の開発

トマト授粉による品質の比較結果

ポリネーター	大玉トマトの品質		
	秀	優	良
エゾオオマルハナバチ	47.0%	30.0%	23.0%
セイヨウオオマルハナバチ	44.0%	32.0%	24.0%
クロマルハナバチ	48.5%	27.7%	23.8%



コロニー形成に成功したエゾオオマルハナバチとトマトハウスでの授粉行動



新女王バチ生産能数の高いコロニーから生殖虫（新女王バチと雄バチ）を取り出し、交配させる。

累代飼育技術の確立と選抜交配による多産系統の作出（次年度以降）

トマト授粉能力の高い在来種の選抜。エゾオオマルハナバチはセイヨウオオマルハナバチと同等の授粉能力があり得ることを確認

セイヨウオオマルハナバチを代替するマルハナバチ商品化に向け累代飼育技術を開発

○ その他の成果

- 果樹・果菜の主要な訪花昆虫から花粉媒介に貢献する重要種(群)をモニタリングする手法のプロトタイプを開発
- 各種フェロモン等の処理による低温でのセイヨウミツバチの訪花促進効果を確認