


## 委託プロジェクト研究課題評価個票（事前評価）

<b>研究課題名</b>	生産現場強化のための研究開発のうち、農林水産業における昆虫等の積極的利活用技術の開発（新規）			<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 〃 農業環境対策課 政策統括官付地域作物課 水産庁増殖推進部研究指導課 〃 増殖推進部栽培養殖課
<b>研究期間</b>	H29～H33（5年間）			<b>総事業費（億円）</b>	25億円（見込）
<b>研究開発の段階</b>	<b>基礎</b>	<b>応用</b>	<b>開発</b>	<b>関連する研究基本計画の重点目標</b>	重点目標3-1 海洋生態系と調和した水産資源の持続的な利用を支える水産技術の開発 重点目標3-2 気候変動等の地球規模課題への対応や開発途上地域の食料安定生産等に関する国際研究
					
<b>研究課題の概要</b>					
<p>&lt;委託プロジェクト研究全体&gt;</p> <p>平成28年4月のG7新潟農業大臣会合宣言では、持続可能な農業生産、生産性及び食料供給力の改善のため、例えば養殖飼料用昆虫等の未利用生物資源の利用のような研究開発を推進するとされている。</p> <p>また、平成25年にFAOから昆虫の食料・飼料としての有効性に関する報告書が出されており、平成27年には、IPBES（※1）（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送粉生物に関する報告書が発表されるなど、食料安全保障と生物多様性・生態系の保全における重要な課題として、昆虫の利活用への関心が高まっている。</p> <p>世界の人口増加と経済の発展に伴い、天然資源依存と環境負荷の低減への取組は急務であり、環境に配慮しながら効率的に生態系サービスを活用できる農林水産業の生産体系へ更なる転換が求められている。こうした中、十分に有効活用されていない昆虫の働きを最大限に利用するとともに、昆虫を新たな食料資源の一環に取り込むことが重要である。</p> <p>これらの状況を踏まえ、昆虫等を活用した生産現場強化のための以下の研究開発を推進する。</p> <p>&lt;課題①：農業における送粉昆虫の積極的利用技術の開発（新規：平成29～33年度）&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生態系の劣化や気候変動等により野生の送粉昆虫等の減少が指摘される中、農業生産の持続化・安定化を図るため、その実態の把握が重要である。このため、様々な野生の送粉昆虫による農作物生産への貢献を明らかにし、それらの生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発を行う。これによって、農作物の生産安定化・高品質化に寄与する。</li> </ul> <p>&lt;課題②：養殖業における昆虫等の飼料としての積極的利用技術の開発（新規：平成29～33年度）&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・養殖用配合飼料の主原料である魚粉の供給や価格が不安定である中、代替飼料の開発が求められており、食料として積極的に利用されていないタンパク源である昆虫等について魚介類を通じて食すという食料資源としての利活用が重要となっている。このため、食品残渣等を利用して昆虫等を大量増殖し、高品質・低価格な養殖用飼料を供給する技術を開発する。これにより、飼料の生産安定化・高品質化及び給餌養殖業の収益改善、水産基本計画における漁業生産目標を達成する。</li> </ul>					
<b>1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標</b>					
<b>中間時（2年度目末）の目標</b>			<b>最終の到達目標</b>		
①農業における送粉昆虫の積極的利用技術の開発（新規） ・対象作目の花粉媒介に貢献する昆虫相の解明 ・その中で重要な役割を果たす種を選定			① 農業における送粉昆虫の積極的利用技術の開発（33年度終了） ・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 ・生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発		

<p>② 養殖業における昆虫等の飼料としての積極的利用技術の開発（新規）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・飼料用昆虫等の選定</li> <li>・飼育手法の特定</li> <li>・養殖魚介類への飼料としての評価</li> </ul>	<p>② 養殖業における昆虫等の飼料としての積極的利用技術の開発（33年度終了）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・飼料用昆虫の低コスト・低労力の飼育システムの確立</li> <li>・飼料として最適な2種以上の昆虫等を利用し、2魚種以上を対象とした養殖技術の開発</li> </ul>
<p><b>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（H39年）</b></p>	
<p>① 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）</p>	
<p>② 養殖用飼料昆虫の技術開発により、飼料の生産安定化・高品質化及び給餌養殖業の収益改善 水産基本計画における漁業生産目標の達成に寄与（409万トン（H22年度）→449万トン（H34年度））</p>	

<p><b>【項目別評価】</b></p>	
<p><b>1. 農林水産業・食品産業や国民生活のニーズ等から見た研究の重要性</b></p>	<p><b>ランク：A</b></p>
<p><b>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重要性</b></p>	
<p>【課題①】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。そうした中、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が求められている。</p> <p>【課題②】給餌養殖業においては、餌代が経費の6～7割を占め、最大の支出項目となっており、近年、養殖用配合飼料の主原料である魚粉の価格変動が給餌養殖業の経営を大きく左右している。そのため、給餌養殖業では、養殖用飼料の供給量や価格の安定化を求めている。</p>	
<p><b>② 研究の科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性又は実用性）</b></p>	
<p>【課題①】近年、海外では気候変動に伴いマルハナバチ等の送粉昆虫が急速に減少しているという報告があり（Science, 2015年, 349巻, 177-180頁）、我が国でもハナバチ等の野生の送粉昆虫の減少が危惧されている。そのため、何よりもまず国内の野生の送粉昆虫の現状を明らかにし、次世代シーケンサー（※2）によるメタゲノム解析（※3）等の最新技術を駆使した革新的な手法で送粉の実態を把握することの科学的意義は大きい。また、花香や花蜜等の微量成分分析技術（※4）を通して送粉昆虫の誘引や定着に関わる要因を解明するなどの試みにより、送粉サービスを有効活用する技術開発の研究事例は世界的に少なく、独創性、先導性を有する。</p> <p>【課題②】養殖漁業に適した飼料用昆虫等を探索し、その餌料・施設・管理、保存・輸送方法などの低コスト・低労力の飼育システムを開発するとともに、給餌方法や養殖魚の成長等による飼料としての評価を行うことで、昆虫等を飼料としての積極的利用技術を開発しようとするものであり、独創性、革新性、先導性及び実用性の全ての面で科学的・技術的意義がある。</p>	
<p><b>2. 国が関与して研究を推進する必要性</b></p>	<p><b>ランク：A</b></p>
<p><b>① 国自ら取り組む必要性</b></p>	
<p>【課題①】近年、気候変動による農業生産への影響の深刻化が懸念されており、農林水産業の持続的な発展を図るに当たっては、環境との調和に十分配慮することが必要である。このため「農林水産研究基本計画」において、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おり、本研究開発は国自ら取り組むべき課題である。</p> <p>【課題②】「水産基本計画」では、持続的な養殖に関する研究・技術開発を重点化しつつ戦略的、効果的、効率的に推進することとしている。また、「農林水産研究基本計画」では、低魚粉養殖飼料等の開発により、天然資源への依存度を低減した高度な養殖生産体制の確立を目指すこととしている。また、本研究開発は、国内の養殖事業者が使用したことのない新たな飼料や給餌方法等を開発するものである。このため、国自ら取り組む必要がある。</p>	
<p><b>② 次年度に着手すべき緊急性</b></p>	
<p>【課題①】今年の2月に、IPBESは昆虫を含む送粉生物が食料供給に果たす役割とその危機を示すアセスメント報告書を公表した。それによると、世界の作物生産の約75%が送粉生物に依存しているが、ハチやチョウといった送粉昆虫の約40%は、土地利用の変化、気候変動等によって絶滅の危機に瀕しているとしている。国内でも送粉昆虫の減少が危惧されているが、送粉サービスの劣化は営農コストを増加させ、収量減・収入減による悪影響を産地へもたらす。一度損なわれた生態系サービスの回復</p>	

には多大な労力と時間を要するため、手遅れとなる前に喫緊の対応が必要である。また、「農林水産物・食品の国別・品目別輸出戦略」のもと国産農産物の輸出促進が取り込まれ、送粉サービスの貢献度が高い果実類の輸出実績はここ数年で急増している。今後、送粉サービスの果たす役割は益々大きくなると予想されることから、それを有効活用する技術開発が急がれる。

【課題②】中国を中心とした魚類養殖や畜産向けの飼料需要の拡大を背景に、魚粉価格は上昇傾向で推移している。これに加え、世界の魚粉生産の約4分の1を占めるペルーで、エルニーニョの発生により魚粉原料のカタクチイワシの資源量が減少し、魚粉生産量が大幅に減少しているため、魚粉価格は高値が続いている（魚粉の輸入額76円/kg(H17)→193円/kg(H27)）。このように、魚粉の価格高騰や生産量不足は、一部の養殖業にとどまらず、世界レベルの食料供給にかかわる大きな課題となっており、新しい飼料の開発に速やかに着手する必要がある。

### 3. 研究目標（アウトプット目標）の妥当性

ランク：A

#### ① 研究目標（アウトプット目標）の明確性

以下のとおり、定量的な目標を明確に設定している。

【課題①】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、マニュアルの作成、生態系サービスを有効活用する技術基盤の開発

【課題②】飼料用昆虫の低コスト・低労力の飼育システムの確立、飼料として最適な2種以上の昆虫等を利用し、2魚種以上を対象とした養殖技術の開発

#### ② 研究目標（アウトプット目標）は問題解決のための十分な水準であるか

【課題①】対象作物としては、リンゴ等のバラ科の果樹、カボチャ等のウリ科の果菜、ソバ等の穀類を想定しており、作目や気候等の異なる様々な条件下で幅広く送粉昆虫の実態が把握でき、地域特性に応じた生態系サービスのあり方やその利活用に関する知見が得られる。

【課題②】複数の飼料用昆虫を探索し、複数の養殖魚介類を選抜することにより、価格や資源量が不安定な魚粉の代替として利用でき、飼料生産の安定化につながるとともに、漁業者への普及が容易となる。

以上のことから、いずれの目標も十分な水準にある。

#### ③ 研究目標（アウトプット目標）達成の可能性

【課題①】送粉昆虫の調査については、現地圃場での見取り調査に加えて、昆虫の体表に付着した花粉等の植物組織に由来する遺伝子をそのまま次世代シーケンサーにより解読するメタゲノム解析の手法が利用可能であると想定している。また、花香や花蜜の化学分析により送粉昆虫の誘引や定着に関わる要因を解明することで、送粉サービスを有効活用する技術基盤の開発に資することが期待される。

【課題②】カイコの人工飼育技術の開発等で培われてきた昆虫飼育に関するこれまでの知見を活用することで、飼料用昆虫の効率的探索と飼育技術の開発が期待される。また、日本は世界有数の養殖技術を確立してきた実績がある。昆虫の研究者と水産の研究者の共同体制によって効率的に研究を推進することで、新たに昆虫を飼料に活用した養殖技術の開発が期待される。

以上のことから、いずれも目標達成の可能性は高い。

### 4. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標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）の明確性

ランク：A

#### ① 社会・経済への効果（アウトカム）の目標及びその測定指標の明確性

【課題①】野生の送粉昆虫の積極的利用技術の開発によるアウトカムの目標は、農産物の生産安定化・高品質化に寄与することである。具体的な測定指標として、野生送粉昆虫による農産物生産への貢献度を評価し、これが維持されることを目標としている。

【課題②】養殖用飼料昆虫の技術開発のアウトカム目標は、飼料の生産安定化・高品質化及び給餌養殖業の収益改善、水産基本計画における漁業生産目標の達成への寄与である。飼料用昆虫の低コスト・低労力の飼育システムの確立、飼料として最適な2種以上の昆虫等を利用し、2魚種以上を対象とした養殖技術の開発は、現在、生産量が大幅に減少し、価格の高値が続いている魚粉（H27輸入量227千トン、輸入額437億円）の使用を減らし、将来的に魚粉に依存しない養殖に繋げるなど、アウトカム目標の達成に向け明確な測定指標を設定している。

#### ② アウトカム目標達成に向けた研究成果の普及・実用化等の道筋の明確性

【課題①】送粉昆虫については、それを評価するマニュアルを作成し、都道府県やJA等の普及組織を通じて農業者に広く周知する。

【課題②】飼料用昆虫の低コスト・低労力の飼育システムの確立、飼料として最適な2種以上の昆虫等を利用し、2魚種以上を対象とした養殖技術については、漁協、飼料業者及び養殖業者に広く普及さ

せていく。

## 5. 研究計画の妥当性

ランク：A

### ① 投入される研究資源（予算）の妥当性

研究資源（予算）の内訳としては、送粉昆虫の利活用技術の開発（課題①）に約3億円を充当し、農作物3種の現地調査、メタゲノム解析、花香や花蜜の化学分析等を予定している。また、養殖用の昆虫飼料の技術開発（課題②）に約2億円を充当し、養殖漁業に適した飼料用昆虫等の探索、昆虫等飼育に関する餌料・施設・管理・保存・輸送方法など低コスト・低労力の飼育システムの開発、給餌方法や養殖魚の成長等による飼料としての評価を予定している。

以上のように、両課題を遂行するために必要となる備品、消耗品、旅費、賃金を計上することとしており、投入される研究資源（予算）の妥当性は高い。

### ② 課題構成、実施期間の妥当性

課題構成については、産業界関係者、学識経験者等の外部有識者と省内関係部局の担当者によって、今後の委託プロジェクト研究において重点的に取り組むべき課題等の検討により構成したものである。

実施期間については、技術開発に要する時間を考慮して5年間としているが、運営委員会において、研究の推進状況に応じて課題の重点化や研究終了の前倒し等も含めて検討することとしている。

### ③ 研究推進体制の妥当性

採択後の研究推進体制については、研究総務官をプログラムディレクター、研究開発官をプログラムオフィサーとし、外部専門家や関係行政部局等で構成される運営委員会で管理する。この運営委員会において、研究の進捗状況に応じて課題の重点化や研究終了等を検討することとしている。

## 【総括評価】

ランク：A

### 1. 研究の実施（概算要求）の適否に関する所見

・気候変動や経済発展、世界の人口増加に伴い、天然資源依存と環境負荷の低減への取組は急務であり、昆虫を新たな食料資源に取り込むことは重要である。昆虫の積極的利用技術の開発は喫緊の課題であり、本研究の実施は適切である。

### 2. 今後検討を要する事項に関する所見

・中間目標を明確にし、2～3年を一区切りとして、ある程度大きな成果が得られる目処がたったものに集中するなどの工夫が必要である。

[事業名] 生産現場強化のための研究開発のうち、  
農林水産業における昆虫等の積極的利活用技術の開発事業

用語	用語の意味	※番号
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (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) の略。生物多様性と生態系サービスに関する動向を科学的に評価し、科学と政策のつながりを強化するために設立された政府間機構。	1
次世代シーケンサー	DNAの塩基配列を自動的に読み取る装置のことを「シーケンサー」と呼ぶ。1986年の商用シーケンサー登場以来、塩基配列の解読技術は格段に進化し、2005年に新たな原理に基づく「次世代シーケンサー」が開発されるに至って、従来のシーケンサーの数千倍以上の解析速度が実現するとともに、後述するメタゲノム解析等も可能となった。	2
メタゲノム解析	土壌や河川などの環境から採取したサンプル中に含まれる複数生物（やその組織）のDNAをまとめて分析する先端技術。従来のDNA解析では、対象の各生物種を単離してからDNAを調製したが、メタゲノム解析では、この過程を経ず、生物集団から直接その全DNAを調製し、そのまま塩基配列情報を解析する。従来の方法では分離が困難であった環境中の微小生物の集団（やその組織）のDNA情報が入手可能なため、生物集団の種組成や遺伝子組成を解明する手法のひとつとなっている。	3
微量成分分析技術	ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC-MS) *1、キャピラリー電気泳動質量分析装置 (CE-MS) *2、高速液体クロマトグラフ分析装置 (HPLC) *3や核磁気共鳴スペクトル解析装置*4 (NMR) などを活用した分析技術のこと。	4
	*1 ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC-MS) 試料を気化し、カラムに通過させて、試料中の各種成分とカラムとの相互作用の差を利用して各成分に分離し、それぞれの質量を測定する装置。香りなどの揮発しやすい成分の分析に適する。	
	*2 キャピラリー電気泳動質量分析装置 (CE-MS) 試料中の各成分をその電気的な性質に応じて分離し、それぞれの質量を測定する装置。糖・アミノ酸・有機酸などの水溶性が高い成分の分析に適する。	
	*3 高速液体クロマトグラフ分析装置 (HPLC) 試料をカラムに通過させて、試料中の各種成分と溶出溶媒やカラムとの相互作用の差を利用して成分を分離する装置。揮発しやすい成分や水溶性が高い成分の分析に関する検出感度はGCやCEに劣るが、幅広い成分の分析が可能であり、フェノール性化合物などの二次代謝産物の分析にも用いることができる。	
*4 核磁気共鳴装置 (NMR) 強い磁場の中に試料を置き、核磁気共鳴させた成分が発生する信号から分子構造などを解析する装置。試料中の成分の同定において、質量分析の結果を補完する役割を有する。		

【ロードマップ（事前評価段階）】

生産現場強化のための研究開発のうち、農林水産業における昆虫等の積極的利活用技術の開発

