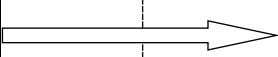


## 委託プロジェクト研究課題評価個票（事前評価）

<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		

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） ・飼料用昆虫等の選定 ・飼育手法の特定 ・養殖魚介類への飼料としての評価	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） ・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
<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>	
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）	
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））	

<b>【項目別評価】</b>	
<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>	<b>ランク：A</b>
<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>【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>	
<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>【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>	
<b>2. 国が関与して研究を推進する必要性</b>	<b>ランク：A</b>
<b>① 国自ら取り組む必要性</b>	
<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>	
<b>② 次年度に着手すべき緊急性</b>	
<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

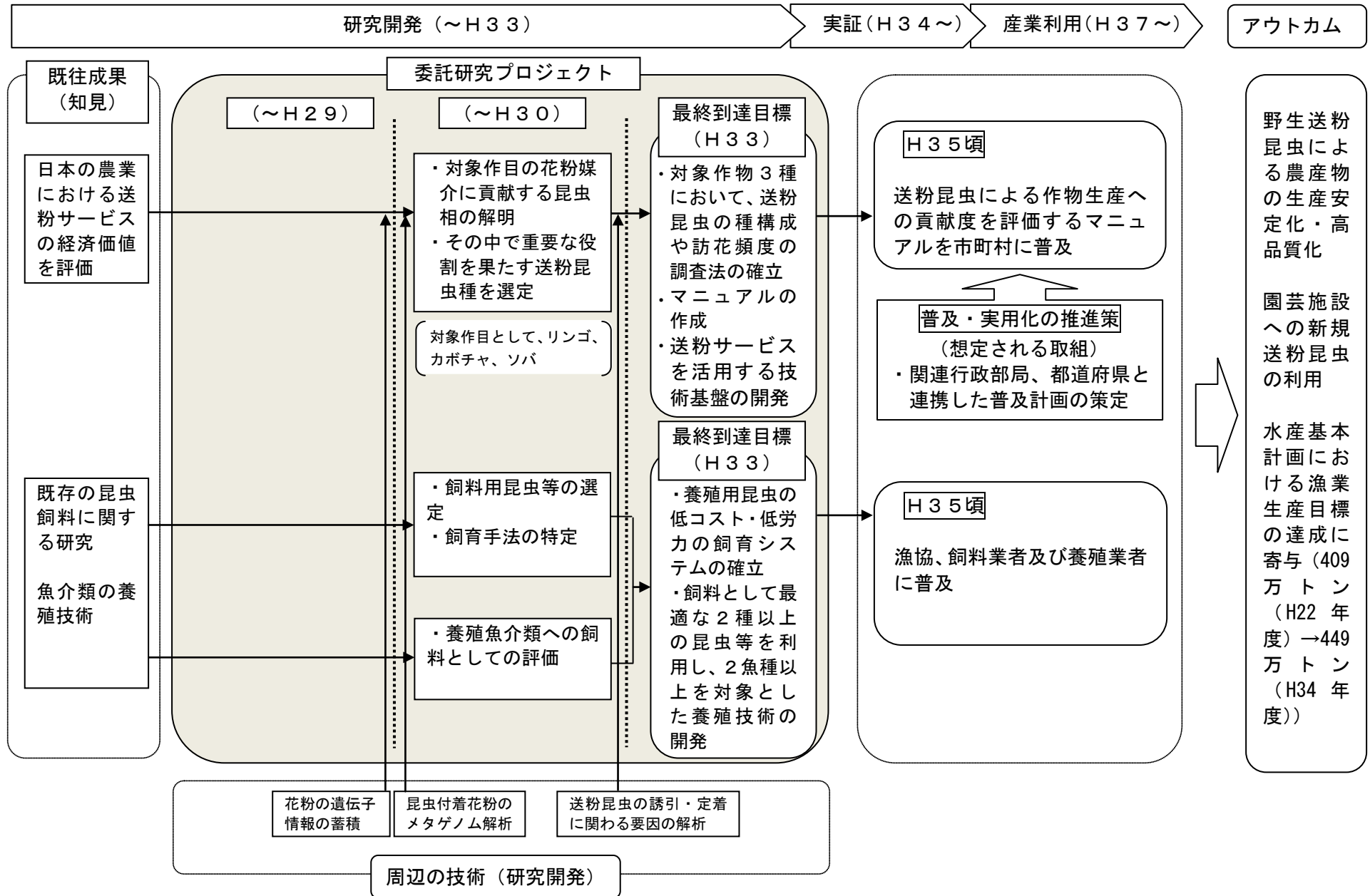
・中間目標を明確にし、2～3年を一区切りとして、ある程度大きな成果が得られる目処がたったものに集中するなどの工夫が必要である。

[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

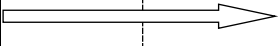
用語	用語の意味	※番号
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム) の略。生物多様性と生態系サービスに関する動向を科学的に評価し、科学と政策のつながりを強化するために設立された政府間機構。	1
次世代シーケンサー	DNAの塩基配列を自動的に読み取る装置のことを「シーケンサー」と呼ぶ。1986年の商用シーケンサー登場以来、塩基配列の解読技術は格段に進化し、2005年に新たな原理に基づく「次世代シーケンサー」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



## 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>	薬剤耐性問題（※1）に対応した家畜疾病防除技術の開発（新規）			<b>担当開発官等名</b>	消費・安全局食品安全政策課 研究開発官（基礎・基盤、環境）
				<b>連携する行政部局</b>	消費・安全局畜水産安全管理課（薬事安全企画班） 消費・安全局動物衛生課（防疫企画班）
<b>研究期間</b>	H29～H33（5年間）			<b>総事業費（億円）</b>	10億円（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2 生産現場から食卓までの安全管理の徹底や動植物の疾病・病害虫の侵入・まん延を防止するための技術開発
					

### 研究課題の概要

政府のアクションプランに基づく抗菌剤（※2）の使用抑制などの社会的要請に応えながらも、畜産・酪農の生産性阻害要因となる常在疾病（※3）の防除を強化するため、次の課題に取り組む。

<課題①：動物用抗菌剤の使用によるリスクを低減するための研究（新規：平成29～33年度）>

- （1）薬剤耐性の発生・伝播機序及び危害要因の特定に関する研究
- （2）家畜生産現場で活用可能な検査法の研究開発
- （3）抗菌剤の使用中止による耐性率の変化に関する研究

<課題②：抗菌剤に頼らない常在疾病防除技術の開発（新規：平成29～33年度）>

- （1）発病抑制・治療・予防のためのワクチンを含む免疫誘導技術の開発
- （2）感染・発症・伝播リスクの高い家畜を摘発する技術の開発

### 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
① 動物用抗菌剤の使用によるリスクを低減するための研究（新規） ・薬剤耐性の発生・伝播試験等によるデータの蓄積 ・疾病情報等の収集・分析 ・耐性菌の変化に与える要因の特定	① 動物用抗菌剤の使用によるリスクを低減するための研究（33年度終了） ・薬剤耐性の発生・伝播機序の解明及び危害要因の特定 ・検査法の開発・実用化 ・耐性率変化のモデル等の構築
② 抗菌剤に頼らない常在疾病防除技術の開発（新規） ・免疫活性化技術の開発と、ワクチンの実験動物での効果を検証 ・感染・発症・伝播しやすい家畜を識別する遺伝子検査法の開発。	③ 抗菌剤に頼らない常在疾病防除技術の開発（33年度終了） ・慢性疾病家畜への免疫増強効果の実証と、対象動物を用いたワクチンの実用性評価 ・感染や感染から発症への移行を制御する機能の解明と、それを利用した疾病制御技術の開発

### 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（H36年）

- ① 本研究課題の成果を活用して、消費・安全局が「動物用抗菌剤の使用マニュアル」の策定や「家畜防疫対策要綱」等の防疫マニュアルを改訂し、対策を実施する。
- ② 開発した技術による防疫対策を実施することで、常在疾病による被害が低減し家畜生産基盤の強化が見込まれる。  
**【常在疾病による年間被害】**  
 牛乳房炎：約800億円、下痢：牛の死廃頭数の16%を占める、ヨーネ病：80億円以上、牛白血病：陽性率30～40%

**【項目別評価】****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****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重要性**

医療現場や家畜生産現場における抗菌剤の不適切な使用により薬剤耐性菌が発生し、人、家畜双方において、治療効果が得られなくなる可能性がある。実際に薬剤耐性菌が原因となる感染症により2013年には世界で70万人が死亡しており、このまま対策がとられないと2050年には1,000万人が死亡すると推計されている。このため、人、動物といった垣根を越えた薬剤耐性に対する取組が必要とされている。一方、家畜生産現場において、単に抗菌剤の使用を抑制すれば、常在疾病がまん延し、家畜生産性が低下する恐れがあることから、低コストかつ生産現場が受け入れ可能な代替防除技術を開発し、現場における抗菌剤の使用量を抑制する必要がある。

**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）**

生産現場との密接な連携と高度な検査技術の融合により薬剤耐性菌の汚染実態を解明する研究は世界的にも希少であり、多くの先導的な研究成果が見込まれる。本研究課題の成果として、耐性菌を選択しにくい使用法を提案することが見込まれており、行政ニーズに対応した実用性の高いものとなっている。また、薬剤耐性対策と慢性疾病による被害の低減対策は本来相反する課題であることから、それらを両立する技術の開発は革新的な研究といえる。

**2. 国が関与して研究を推進する必要性****ランク：A****① 国自ら取り組む必要性**

家畜の国内常在疾病による被害を低減するための技術開発は、WHO等が提言しているヒトの薬剤耐性問題への対応が現在の家畜用抗菌剤の利用に対して制限要因となるため、抗菌剤の使用規制等に関する国の施策と連動する国内の公衆衛生部局等と連携して適切な代替手法を開発する必要がある。したがって、国が全体方針を示した上で、国の委託プロジェクトとしてわが国の研究勢力を結集して、総合的・体系的に実施しなければならない。

**② 次年度に着手すべき緊急性**

2015年5月、世界保健機関（WHO）において「薬剤耐性に関するグローバル・アクション・プラン」が採択され、翌月のG7エルマウサミット、2016年5月のG7伊勢志摩サミットでも薬剤耐性問題への各国の対応が主要議題として扱われた。わが国においても2016年4月、「薬剤耐性対策アクションプラン（※4）」が関係閣僚会議においてとりまとめられた。本アクションプランでは、畜産分野での薬剤耐性菌発生・伝播メカニズム等や疾病毎の抗菌剤使用マニュアルの策定のための研究等を進めることとしており、その具体化とともに家畜生産現場への影響を最小化する技術対応が求められる。

一方、「科学技術イノベーション総合戦略2016」において、家畜疾病対策等による低コスト生産技術を開発することとされており、TPPによる畜産物の国際競争の激化など厳しい情勢への早急な施策対応が求められている。これら国の施策を実現するための研究内容を担当する本課題は、次年度に着手すべき緊急的な課題である。

**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**

本研究課題のアウトプット目標は、①薬剤耐性の発生・伝播機序の解明及び危害要因の特定、②家畜生産現場で活用可能な簡易検査法の開発、③抗菌剤の使用中止による耐性率の変化の解明、④発病抑制・治療・予防のためのワクチンを含む免疫誘導技術の開発、⑤感染・発症・伝播リスクの高い感染家畜を摘発するための技術開発の5件である。これらは、適切な防疫対策の実施というアウトカム目標を達成するための明確なアウトプット目標として設定されている。

**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**

薬剤耐性対策アクションプランの中で畜産分野における取組が記されているが、このうち研究開発に関連する部分に関しては本研究課題の中で実施することとしている。また総合的なTPP関連政策大綱の中で畜産・酪農の収益力強化が課題となっており、その阻害要因である家畜疾病による被害低減技術を導入する必要がある。本研究の目標はこれらの施策課題の解決に対応するために十分な水準となっている。

**③ 研究目標（アウトプット目標）達成の可能性**

薬剤耐性菌等のゲノム情報の蓄積や新たな分子生物学的手法の著しい進展により、これまで解析が



困難もしくは不可能であった微量の薬剤や微生物を検出できるようになった。また免疫学の飛躍的な進歩により、粘膜免疫誘導技術の開発や免疫調節因子の機能が明らかとなり、本研究を実施するための基盤技術が確立した。さらにHACCP等のベンチマーキングシステムの考え方が生産現場へ普及しつつあり、飼養衛生管理の実態が把握できるようになるなど、リスク評価を行うための研究環境が整いつつある。これらの研究基盤を活用して研究を実施することにより、研究目標の達成が可能な状況になっている。

**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**

本研究課題の成果は、薬剤耐性問題や家畜衛生対策を担当する行政当局が科学的根拠に基づいて的確な疾病流行予測、リスク評価、防疫対策の判断を行い、これらの施策の実施を通じて科学技術の成果を畜産業の発展へ活用することを目指しており、具体的な出口としては国が策定するマニュアル等への成果の活用となる。どれだけ具体的な研究成果がマニュアル等へ反映されたかが、本研究課題の成否の判断基準であり、測定指標は明確である。なお、策定されたマニュアル等は行政部局により関係者への指導等に活用する。

**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**

アウトプット目標として設定した研究成果のうち検査法や免疫誘導技術については、開発後速やかに企業へ技術移転を行い、商業生産技術の確立、安全性試験、治験の実施などによりできるだけ早期に実用化し、生産現場での有効活用を目指す。また研究成果を活用して国が策定するマニュアル等は行政部局が講じる対策に活用される。

**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**

微生物の検出や分離培養、遺伝子やタンパク質の機能解析、動物飼育や感染実験のための研究リソースが整備されている研究機関を対象として、研究遂行に必要な実験の規模、研究期間、試薬等の価格等を考慮しており、年2億円とした研究資源は必要最低限のものである。

**② 課題構成、実施期間の妥当性**

本研究は、消費・安全局畜水産安全管理課、動物衛生課の行政ニーズに基づき実施するものであり、動物医薬品行政と家畜防疫行政の課題に沿った研究内容となっている。また生産現場での薬剤耐性菌の動態解明から抗菌剤の適正な使用法の開発、免疫誘導技術やワクチン等を利用した疾病防除技術の開発など、基礎的な研究から応用的な研究まで幅広く行うこととしており、特に慢性疾患を対象としていることから、実際の家畜において防除技術の有効性評価等を実施するために複数年を要するため、実施期間5年は妥当である。

**③ 研究推進体制の妥当性**

研究実施体制については、多様な知見や経験を有する研究機関を対象としてオールジャパン体制で研究を実施することとしており、着実な研究成果が期待できる。

**【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**

・本研究は、薬剤耐性問題やTPPによる畜産物の国際競争力の激化を踏まえた国の施策を実現するものであり、研究を推進する必要性、緊急性は高く、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**

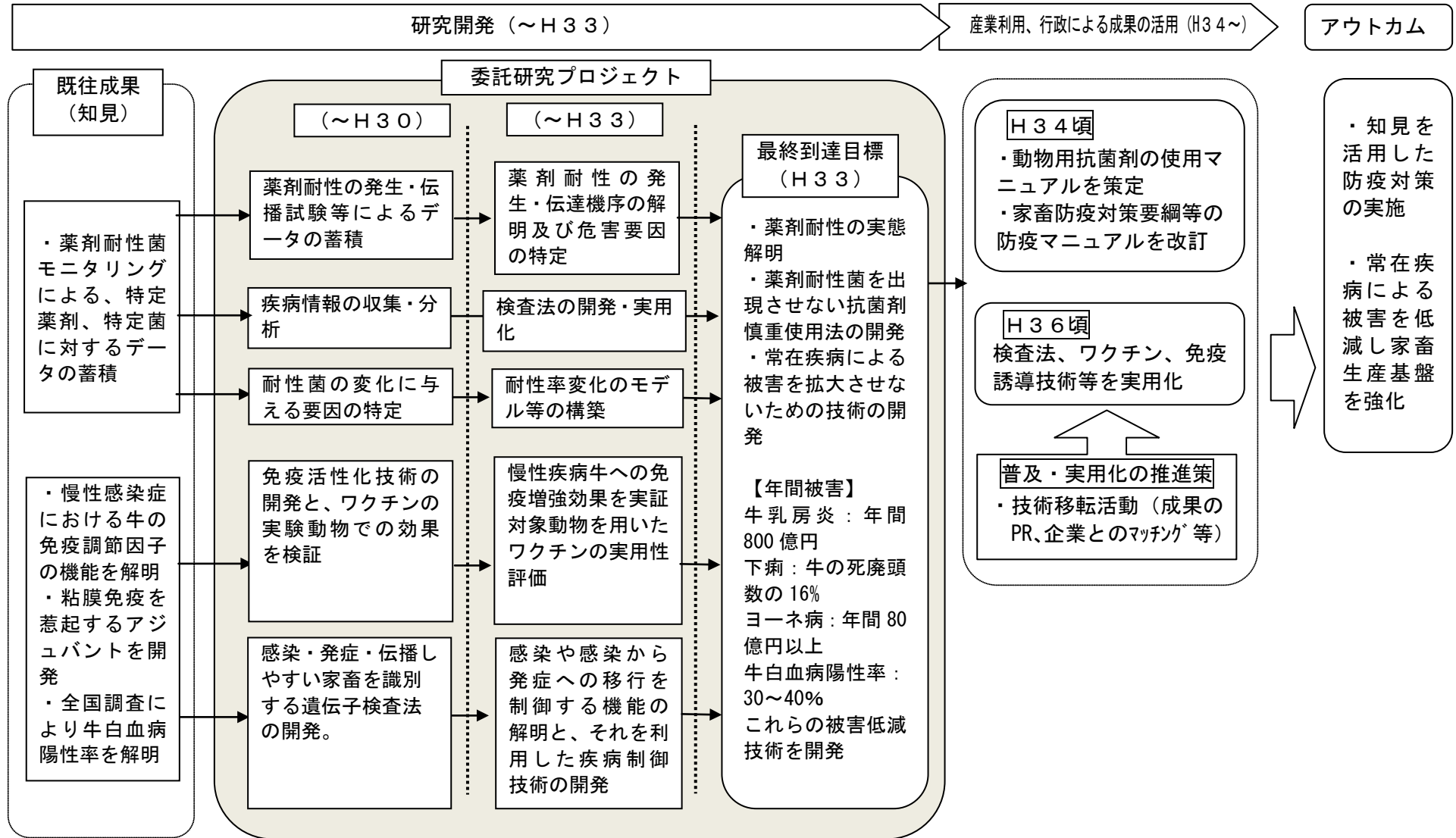
・薬剤耐性の問題について、具体的にどのような問題が起き、どの程度の費用が発生する可能性があるのかを記述すると良い。またアウトカム目標に向けた道筋、中間目標をより明確にし、研究推進体制を充実することを期待する。

[事業名] 薬剤耐性問題に対応した家畜疾病

用語	用語の意味	※番号
薬剤耐性問題	薬剤耐性とは、細菌、真菌、寄生虫などの微生物による感染症に対して抗菌剤（下記）の効果が無効もしくは減弱する現象を指す。薬剤耐性問題とは、抗菌剤の不適切な使用等によって抗菌剤に耐性を持つ微生物が世界的に増えている問題である。	1
抗菌剤	細菌の増殖を抑制したり、殺したりする働きのある化学物質。抗菌剤には、微生物が産生した抗生物質と、人工合成した化学物質が含まれる。	2
常在疾病	環境中に持続的に定着している病原体による疾病。わが国の家畜生産現場において、下痢、肺炎、乳房炎、白血病等が頻繁に発生している。	3
薬剤耐性対策アクションプラン	国際的に脅威となる感染症対策関係閣僚会議において平成28年4月5日に決定された、薬剤耐性対策に関するわが国の行動計画。ヒト、動物といった垣根を越えた取組（ワンヘルス・アプローチ）によって、薬剤耐性の発生を遅らせ、拡大を防ぐための取り組むべき対策が取りまとめられている。	4

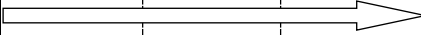
【ロードマップ（事前評価段階）】

薬剤耐性問題に対応した家畜疾病防除技術の開発





## 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>	農林水産分野における気候変動対応のための研究開発のうち、農林水産分野における気候変動緩和技術の開発（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>	生産局農業環境対策課（地球温暖化対策推進班、土壌環境保全班、資源循環推進班）、園芸作物課（施設園芸対策班）、畜産振興課（家畜改良推進班） 農村振興局地域振興課（日本型直接支払班） 大臣官房政策課環境政策室（地球温暖化対策班、環境企画班）
<b>研究期間</b>	H29～H33（5年間）			<b>総事業費（億円）</b>	22億円（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7 省エネ・省力・高収量を実現する次世代施設園芸モデルの開発 重点目標29 資源循環型の持続性の高い農林漁業システムの確立 重点目標32 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
					

### 研究課題の概要

＜委託プロジェクト研究全体＞

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）（※1）の報告等を踏まえ、平成27年7月に気候変動の影響を大きく受ける農林水産分野への対応をまとめた「農林水産省気候変動適応計画」（※2）が策定されるとともに、平成27年12月に政府全体の「気候変動の影響への適応計画」（※3）が閣議決定され、現在、気候変動対応関連の委託プロジェクト研究においては、影響評価及び既に影響が見られる農業等の分野での対応策について取り組んでいる。

一方、緩和策については「日本の約束草案」（※4）や「パリ協定」（※5）を受け、「地球温暖化対策計画」（※6）が閣議決定された（平成28年5月）。計画では、長期目標として80%の温室効果ガス削減（※7）を目指すこととしており、温室効果ガスの抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発の必要性が明記され、農林水産分野においても、温室効果ガスの大幅な排出削減・吸収増加が不可欠である。

これらの状況を踏まえ、農林水産分野における主な温室効果ガス排出源のうち、現時点で実用的な削減、吸収技術が確立していないものに対する革新的な気候変動緩和技術（※8）を開発する。

＜課題①：畜産分野における先進的緩和技術の開発・実証（新規：平成29～33年度）＞

・地球温暖化に関連する温室効果ガスの中でも、地球温暖化効果の高いメタン（※9）（二酸化炭素の25倍）や一酸化二窒素（二酸化炭素の298倍）については、家畜の消化管内発酵や排泄物に由来するものが多いため、これらの温室効果ガスを削減させることが重要である。このため、消化管からの温室効果ガスの発生が少ない牛の生体等に関する研究開発及びそれ以外の要素（飼料、排泄物等の飼養管理等）に関する研究開発を実施する。

＜課題②：CO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウス（※10）モデルの開発（新規：平成29～33年度）＞

・農林業分野からの二酸化炭素排出量の大半は園芸施設を加温するための燃油燃焼によるもので、この削減が求められている。この大幅な削減を目的として、施設園芸向けの省エネ・蓄エネ・創エネ技術とICTを駆使した環境制御技術、他産業から排出される二酸化炭素を園芸施設で低コストに利用するための技術の開発を実施し、ネット・ゼロ・エミッション／ネット・ゼロ・エネルギーの温室モデルを開発する。

<課題③：耕作放棄地を活用した土壌炭素貯留モデルの開発（新規：平成29～33年度）>

・農林業分野における温室効果ガス削減対策として、土壌を吸収源とみなし炭素を貯留する土壌炭素貯留がある。我が国では、耕作放棄地が農地の1割程度を占めるが、耕作放棄地では放棄期間が長くなるにつれ土壌炭素量が減少するとの報告がある。そのため耕作放棄地の炭素吸収源としての活用が期待されるが、有効な評価手法や緩和技術がない現状にある。そこで、耕作放棄地において土壌の炭素貯留量（※11）の向上が図れ、かつ、地力（※12）の維持・向上に資する土作り法・管理法の技術開発を実施する。

### 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>① 畜産分野における先進的緩和技術の開発・実証（新規）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜から排出される温室効果ガスに関する生体の個体間差異等に関する基礎データの収集を達成</li> <li>・家畜から排泄される温室効果ガスに関する飼料、排泄物等の飼養管理等に関連する基礎データの収集を達成</li> </ul>	<p>① 畜産分野における先進的緩和技術の開発・実証（33年度終了）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜個体の育成に利用可能な温室効果ガス排出の少ない生体（育種モデル等）に関するデータの整備を達成し、提供</li> <li>・家畜から排泄される温室効果ガスの削減に貢献する飼養管理手法等に関する技術開発を達成</li> </ul>
<p>② CO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウスモデルの開発（新規）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・施設園芸で使える省エネ・創エネ・蓄エネ技術のリストアップと各技術の二酸化炭素排出削減への寄与を明確化</li> <li>・施設園芸に適した太陽光発電装置の開発</li> <li>・他産業から排出された二酸化炭素を施設園芸で利用するために必要な技術の特定、技術導入コストの評価を含む二酸化炭素総排出量の低減を可能とする条件の明確化</li> </ul>	<p>② CO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウスモデルの開発（33年度終了）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・寄与度が明確になった省エネ・蓄エネ・創エネ技術の効果的・効率的な組合せと気象・生育状況情報等に基づくICT利用環境制御技術との統合技術の開発、光合成促進のための他産業由来の二酸化炭素の利用により、園芸施設における1年間の二酸化炭素収支ゼロかつネット・ゼロ・エネルギーを実証</li> </ul>
<p>③ 耕作放棄地を活用した土壌炭素貯留モデルの開発（新規）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耕作放棄地における炭素貯留量の測定・評価技術の開発、炭素貯留量向上に効果的に寄与する有機資源（※13）の選定及び施用法の開発</li> </ul>	<p>③ 耕作放棄地を活用した土壌炭素貯留モデルの開発（33年度終了）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耕作放棄地において有機資源等の投入により1ha当たり二酸化炭素換算で0.5トンの炭素貯留量を増加させ、かつ、営農の再開につながる技術を開発</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）

地球温暖化対策計画に明記された中期目標（2030年度に26%削減）及び長期的目標（2050年までに80%削減）に直結する革新的技術の開発により、農業分野から発生する温室効果ガスの大幅な削減及び吸収量の増加

### 【項目別評価】

#### 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

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重要性

地球温暖化・気候変動は、我が国を含む地球上の環境や生態系に深刻な影響を及ぼすとともに、気象災害の増加・激化により、我が国の農林水産業や農村地域の生活に甚大な被害をもたらしている。地球温暖化・気候変動は、人類の生存基盤に関わる問題であるとともに、農林水産業の持続可能性に影響を及ぼす課題である。

昨年12月の「パリ協定」を受けて、本年5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」では、2030年度に26%減の水準とするとの中期目標に加えて、長期的目標として2050年までに80%の温室効果ガスの大幅な排出削減を掲げ、このために、抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発・普及などを最大限に追求するとしている。農林水産分野においても、革新的技術の開発・普及により、更なる排出削減を実現することが重要である。特に、農林水産分野の温室効果ガス排出の約1/3を占めるものの対策が

確立していない畜産分野、化石燃料消費量の多い施設園芸、農地の約1割を占め土壤炭素吸収源として期待される耕作放棄地について、気候変動緩和技術の開発が重要である。

## 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）

【課題①】 畜産分野は温室効果の高いメタン、一酸化二窒素の主要排出源となっているが、現在のところ、世界的にも、採用可能な緩和技術が存在していない。畜産分野の緩和技術の開発・実証は、新規性が高く、世界を先導するものである。また、農家が利用しやすい、実用性のあるものとするため、導入によるインセンティブが得られる技術を開発する。従って、本研究開発は科学的・技術的意義がある。

【課題②】 CO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウスモデルの開発は、我が国の先進的な省エネ技術・蓄エネ技術・創エネ技術とICTを駆使した環境制御技術を高度化・統合して、世界初の「ゼロ・エミッション温室」を実現するものであり、独創性、革新性、先導性が高い。また、二酸化炭素の排出削減だけでなく、併せて、エネルギーコストの削減（ネット・ゼロ・エネルギー）と他産業由来の二酸化炭素利用による光合成の促進を図るものであり、実用性が高い。従って、本研究開発は科学的・技術的意義がある。

【課題③】 耕作放棄地の土壤炭素に関する知見はほとんどなく、耕作放棄地の炭素貯留量の測定・評価技術・手法は開発されていないため、本研究開発は新規性、先導性が高い。また、耕作放棄地の土壤炭素量の測定・評価技術の確立により、農地の約1割を占める耕作放棄地の炭素循環への影響を明らかにすることができ、科学的にも意義がある。さらに、本研究開発は、耕作放棄地において土壤中に炭素を貯留することで大気中の二酸化炭素の削減を図るとともに、営農再開に向けて、地力の維持・向上を図るものであり、独創性、革新性、実用性も高い。従って、科学的・技術的意義がある。

## 2. 国が関与して研究を推進する必要性

ランク：A

### ① 国自ら取り組む必要性

平成27年3月に閣議決定された「食料・農業・農村基本計画」、併せて策定された「農林水産研究基本計画」、平成28年4月に策定された「エネルギー・環境イノベーション戦略」及び5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」において、気候変動対策は重要なものと位置づけられている。

【課題①】 「食料・農業・農村基本計画」では、第3「食料、農業及び農村に関し総合的かつ計画的に講ずべき施策」の一つとして「気候変動への対応等の環境政策の推進」が明記されており、気候変動に対する対策の重要性が示されている。また、「農林水産研究基本計画」では、今後、温暖化の進行に伴う異常気象の頻発等により、農作物の生産条件が悪化すると予測されている中で、気候変動の緩和及び適応といった地球規模課題に対応した研究を推進することとしている。さらに、「地球温暖化対策計画」の中で、家畜排泄物由来のメタン排出削減対策に関する事項が明記されている。加えて、畜産分野の温室効果ガス排出削減は、新たな技術の開発を必要とするものであり、また、畜産農家へのインセンティブが働きにくいことから、国自ら取り組む必要がある。

【課題②】 「農林水産研究基本計画」では、短期的な重点目標「省エネ・省力・高収量を実現する次世代施設園芸モデルの開発」を挙げ、「台風の襲来や夏場の高温・多湿など我が国の気候特性に適合しつつ、各種センシング技術やクラウド等を駆使して省エネ・省力・高収量を一体的に実現し得る「次世代施設園芸モデル」を開発することとし、このための地中熱等を利用した効率的な加温技術、農作物の生育ステージに応じた温湿度やCO<sub>2</sub>等の高度環境制御技術等に取り組む」としている。また、中長期的な重点目標「資源循環型の持続性の高い農林漁業システムの確立」として、「木質バイオマス発電に伴い発生する廃熱等を施設園芸等に利用するためのシステムの開発、農山漁村に賦存する多様な再生可能エネルギーを活用した自立・分散・協調型のエネルギーシステム等の開発を進める」としている。

さらに、「地球温暖化対策計画」では、温室効果ガスの排出削減対策（エネルギー起源CO<sub>2</sub>）の中で、施設園芸の排出削減対策として、「施設園芸における効率的かつ低コストなエネルギー利用技術（ヒートポンプ、木質バイオマス利用加温設備等）の開発」を挙げている。

これまで施設園芸からの温室効果ガス排出削減に関する要素技術の開発が行われてきたが、国自らが先導的なゼロ・エミッション温室モデルを開発し、普及することで、施設園芸における抜本的な温室効果ガス排出削減が可能となる。

以上のことから、国自ら取り組む必要がある。

【課題③】「地球温暖化対策計画」において、温室効果ガス吸収源対策・施策として農地土壌炭素吸収源対策が挙げられており「我が国の農地及び草地土壌における炭素貯留は、土壌への堆肥や緑肥などの有機物の継続的な施用等により増大することが確認されていることから、堆肥や緑肥などの有機物の施用による土作りを推進することにより、農地及び草地土壌における炭素貯留に貢献する。」としている。また、「エネルギー・環境イノベーション戦略」の本戦略の対象とすべき革新技術分野として、二酸化炭素固定化・有効利用が掲げられており「地球温暖化の原因となる人為起源の二酸化炭素を分離・固定化、資源としての有効活用を行うことで、気候変動の緩和及び炭素の循環利用を実現する。」こととしている。「農林水産研究基本計画」では、気候変動等の地球規模課題への対応として温暖化緩和技術の開発が挙げられている。「G7新潟農業大臣会合宣言」においても、農地等の土壌吸収源に関する知見や経験を共有し、気候変動のための国際協力を進めることとされている。以上のことから、国自ら取り組む必要がある。

## ② 次年度に着手すべき緊急性

地球温暖化・気候変動は人類が直面する喫緊の課題であり、「地球温暖化対策推進法」やCOP21の「パリ協定」を受け、今年5月に「地球温暖化対策計画」が閣議決定され、我が国の中長期の温室効果ガス削減目標を設定し、革新的技術の開発・普及を進める方針が示されていること、また、農林水産省の地球温暖化対策計画を今年度中に策定予定であることから、早期に農林水産分野における一層の排出削減を実現するため、速やかに本研究開発を開始する必要がある。

## 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

各課題の目標は以下のとおりで、いずれも定量的な目標を設定し、明確にしている。

【課題①】畜産分野から排出される温室効果ガスを20%以上削減し、生産性を維持・向上する飼養管理技術等を開発

【課題②】施設園芸からの化石エネルギー由来の二酸化炭素排出量をゼロに削減する技術を開発

【課題③】耕作放棄地において有機資源等の投入により1ha当たり二酸化炭素換算で0.5トンの炭素貯留量を向上させる技術を開発

### 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】畜産分野から排出される消化管内発酵物であるメタン及び家畜排泄物から出る一酸化二窒素のそれぞれを20%以上削減することは、農業に占める温室効果ガスの割合などを勘案すると、地球温暖化対策計画においても意義の大きいものであり、温室効果ガス排出削減の長期的目標の達成に大きな貢献が見込まれる。

【課題②】農林業分野からの二酸化炭素排出量の大半は施設園芸由来であり、施設園芸において二酸化炭素排出量ゼロを実現する技術を開発、普及させることは、農林業分野からの二酸化炭素排出削減に大きく貢献する。

【課題③】全ての耕作放棄地に適用すると仮定した場合、約20万トンの二酸化炭素排出削減が見込まれる。加えて、本技術は作物栽培を見据えた技術開発であり農地等にも適用可能であるため、更なる温室効果ガス削減効果が見込まれるため十分な水準である。

### ③ 研究目標（アウトプット目標）達成の可能性

【課題①】畜産分野の緩和技術については、既存の畜産分野の温室効果ガス排出に関する研究シーズ（例：給与すると消化管内発酵や排泄物からの温室効果ガス排出抑制の可能性が示された植物やタンパク質に関する知見、消化管内発酵のレベルの個体差についての知見、炭素繊維を利用した家畜排泄物からの温室効果ガス発生抑制技術等）を活用することから、目標達成が可能と考えられる。

【課題②】これまでに開発された作物の成長点等のみを加温する局所加温技術、地中熱・太陽熱利用技術等により施設園芸で使用する燃油使用量を半減できることが実証されている。これらの省エネ・蓄エネ・創エネ技術とICTを駆使した環境制御技術により、使用する化石燃料を大幅に低減し、また他産業由来の二酸化炭素を利用することで、二酸化炭素排出量ゼロを達成可能である。



【課題③】耕作地においては土壌炭素量が測定されており、この手法を基に耕作放棄地での測定方法や評価手法を開発することで、炭素貯留量の評価が可能である。有機資源の土壌への投入についても、成分特性や土壌や作物への効果など一定の知見があることから、これら既存の技術や知見を活用することで確実な目標達成が見込まれる。

**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**

研究課題全体のアウトカム目標は、「地球温暖化対策計画」に明記された中期目標（2030年26%削減）及び長期的目標（2050年80%削減）を実現可能とする革新的技術の開発により、「農林水産分野からの温室効果ガスの大幅な削減」である。

個別課題毎には、以下の通り、削減・吸収への貢献が期待できることから、目標及びその測定指標を明確にしている。

【課題①】将来、約半数の畜産農家に普及した場合、温室効果ガス排出量（2014年度は二酸化炭素換算で1,407万トン）の1割以上の削減に貢献

【課題②】将来、全ての施設園芸に普及した場合、農林業由来の二酸化炭素排出量（2012年度は558万トン）の大半を削減

【課題③】農地の1割を占める耕作放棄地における炭素貯留量の向上、及び得られた技術の農地等への適用による温室効果ガス排出量削減、炭素貯留量向上による貢献

**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**

研究開発期間中に得られた成果については、研究開発段階から地方自治体・農業者等との連携を図るとともに、成果毎の知財戦略に則り、プレスリリース、成果報告会の開催、特許、論文、技術説明会等の開催等により、積極的に情報提供を行う。また、事業終了後は、各課題の性質に応じ、以下のとおり現場に普及していく。

【課題①】畜産分野において、肉質や乳量に優れるとともに温室効果ガスの排出量の少ない家畜の作出や簡易で付加価値のある家畜排泄物の管理技術等温室効果ガスの削減に関する緩和技術の普及が進めば大きな社会・経済効果が見込める。また、研究開発段階から公設試等との連携を図り、普及及び付加技術に関するインセンティブの付与を条件にしていることから、現場への普及がより促進される。

【課題②】開発したCO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウスモデルを構成する各技術について、適用できる地域、適用できる作物、省エネ性能、エネルギー自給率、費用対効果等を明確にするとともに、施工方法等とともにマニュアル化する。これに基づき、民間企業や公設試等が全国各地で地域に応じたCO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウスモデルを実証・展示することにより、農家へ普及する。

【課題③】耕作放棄地の解消と再生利用に向けては、国や市町村の各段階で様々な施策や取組が検討されており、関係部局や地方自治体などを通じ耕作放棄地での土壌炭素貯留技術の普及を図るとともに、技術マニュアルを作成する。また、農地等にも適用可能な炭素貯留量の向上技術は、耕作農地や海外での利用を見据えた実証試験を行い、幅広い土壌での普及、適用を図る。

以上のことから、研究成果の普及・実用化の道筋は明確である。

**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**

5年間の研究費総額はおよそ22億円で、初年度は4.4億円を見込んでいる。内訳としては、課題①：畜産分野における先進的緩和技術の開発・実証（約1.7億円）、課題②：CO<sub>2</sub>排出量ゼロ・グリーンハウスモデルの開発（約1.7億円）、課題③：耕作放棄地を活用した土壌炭素貯留モデルの開発（約1億円）である。いずれの課題も研究に必要な資材、土地賃料及び人件費のみ計上し、各々の課題の予算規模も適正であり、投入される研究資源（予算）として妥当である。

## ② 課題構成、実施期間の妥当性

課題構成については、農業分野において温室効果ガスの排出割合が高く、抜本的な対応策が実用化されていない畜産分野、園芸分野における排出源対策と、利用面積が大きい土地利用型農業における吸収源対策であり、温暖化対策の観点からも、農業の主要分野を対象とする観点からもバランスが取れた妥当な課題構成である。実施期間は、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、研究の進捗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、プログラムディレクター、プログラムオフィサーを設置し、外部専門家や関係行政部局等で構成する運営委員会で管理を行う。運営委員会では、研究の進捗状況に応じて、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。

以上のことから、研究計画の妥当性は高い。

## 【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

・パリ協定を受け閣議決定された「地球温暖化対策計画」の目標達成に向けて、農林水産分野から発生する温室効果ガスの排出削減のための革新的な技術の研究開発は非常に重要であり、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

・温室効果ガスの削減量に加えて、削減コストも重要となってくるので、コスト計算についても検討できないか。また中間目標をもう少し明確にする必要がある。

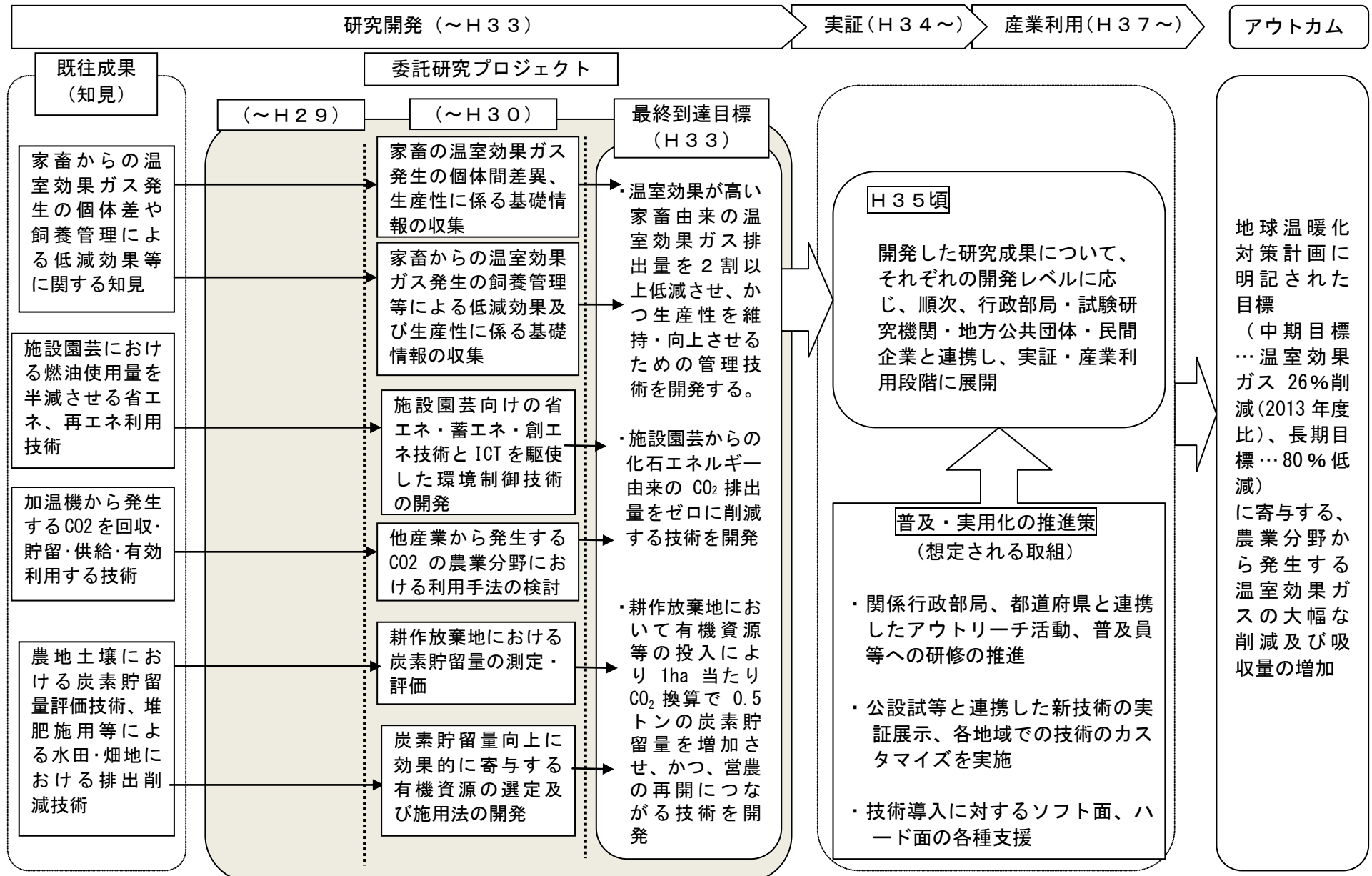
[事業名] 農林水産分野における気候変動対応のための研究開発

用語	用語の意味	※番号
IPCC	気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change) の略。気候変動に関する最新の科学的知見をとりまとめて評価し、各国政府に助言と勧告を提供することを目的とした政府間機構。	1
農林水産省気候変動適応計画	気候変動による農林水産分野への影響に関する施策を強力に推進するために、農林水産省が、政府全体の「気候変動の影響への適応計画」に先だって平成27年8月6日に制定したもの。この中で、既に気候変動の影響が大きいとされる品目への重点的な対応、将来影響の知見が少ない人工林や海洋生態系等に関する予測研究や技術開発の推進等が記載されている。	2
気候変動の影響への適応計画	気候変動による様々な影響に対し、政府全体として整合のとれた取組を総合的かつ計画的に推進するために策定された計画。平成27年11月27日閣議決定。これに先だって平成27年8月6日に策定した「農林水産省気候変動適応計画」の多くが反映されている。	3
日本の約束草案	国連気候変動枠組条約第19回締約国会議 (COP19) 決定により、2020年以降の温室効果ガス削減目標を含む約束草案について、平成28年11月30日から12月13日に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議 (COP21) に十分に先立って提出することが各国に求められていたことから、平成27年7月17日に地球温暖化対策推進本部に決定され、国連気候変動枠組条約事務局に提出された。国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比26.0%減 (2005年度比25.4%減) の水準 (約10億4,200万t-CO <sub>2</sub> ) にすることなどが盛り込まれている。本約束草案は、エネルギーミックスと整合的なものとなるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標とされている。	4
パリ協定	平成27年11月30日から12月13日まで、フランス・パリにおいて、国連気候変動枠組条約第21回締約国会議 (COP21) 等が行われ、その中で採択されたもの。この協定には、世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること、主要排出国を含むすべての国が削減目標を5年ごとに提出・更新すること、イノベーションの重要性の位置づけ等について盛り込まれている。	5
地球温暖化対策計画	COP21で採択されたパリ協定や「日本の約束草案」を踏まえ、我が国の地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための計画として、平成28年5月13日に閣議決定されたもの。計画では、2030年度に2013年度比で26%削減するとの中期目標について、各主体が取り組むべき対策や国の施策を明らかにし、削減目標達成への道筋を付けるとともに、長期的目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指すことを位置付けている。これを受けて、農林水産省では平成28年度中に「農林水産省地球温暖化対策計画」を策定予定。	6
温室効果ガス	日射により暖められた地表面は赤外線を放出するが、温室効果ガスはこの赤外線を吸収し、熱が大気圏外に逃げることを防ぐことによって地球表面を保温する働きを有している。このため、温室効果ガスの増加が地球温暖化の原因となっている。農林水産分野については、二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )、メタン (CH <sub>4</sub> )、一酸化二窒素 (N <sub>2</sub> O) の3種類の温室効果ガスの排出量を削減することが、喫緊の課題となっている。	7
気候変動緩和技術	気候変動に対応するための技術は、「適応」技術と「緩和」技術に大別できる。「適応」技術は、気候の変動やそれに伴う気温・海水面の上昇等に対して人や社会、経済のシステムを調節することで影響の軽減を図る技術。	8

	農業においては、干ばつ被害の深刻化する地域においても生産性が低下しない乾燥耐性の強い作物品種を開発・導入するなどがそれに当たる。一方、「緩和」技術は、地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出量削減など、地球温暖化の根本的な解決を目指す技術。	
メタン	無色の気体で、二酸化炭素に次いで地球温暖化に及ぼす影響が大きい温室効果ガスである。単位重量あたりの温室効果の大きさは二酸化炭素の21倍である。反すう家畜の消化管内発酵（げっぷやおなら）、微生物による水田・湿地や家畜排せつ物に含まれる有機物の分解によって発生する。	9
CO2排出量ゼロ・グリーンハウス	できるだけ使用エネルギーを減らす「省エネ技術」と太陽エネルギー等を貯める「蓄エネ技術」とエネルギーを作り出す「創エネ技術」を組み合わせ、化石エネルギー由来のCO <sub>2</sub> 発生量をゼロにした園芸施設をいう。	10
炭素貯留量	有機物等の形態で土壌などが蓄える炭素の量。土壌炭素貯留量が増加するとその分大気中のCO <sub>2</sub> が減少することになるため、温室効果ガスの削減に寄与すると考えられている。	11
地力	作物を生育、生産するために必要な土壌の能力、性質のこと。	12
有機資源	動植物や微生物などの生物由来の有機物からなる資源で化石資源を除いたもの。わら類や農産副産物、家畜糞尿、木屑、おがくずなど再生利用が可能な未利用資源のことを指すことが多い。	13

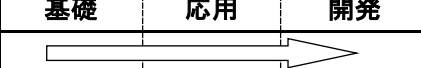
【ロードマップ（事前評価段階）】

農林水産分野における気候変動緩和技術の開発





## 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>	蚕業革命による新産業創出プロジェクト（新規）			<b>担当開発官等名</b>	研究企画課 研究開発官（基礎・基盤、環境）
				<b>連携する行政部局</b>	生産局地域対策室、厚生労働省、経済産業省
<b>研究期間</b>	H29～H33（5年間）			<b>総事業費（億円）</b>	10億円（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25 地域資源を活用した新産業創出のための技術開発
					

### 研究課題の概要

#### <委託プロジェクト研究全体>

中山間・離島地域を中心に基幹産業たる農林水産業の弱体化が深刻化する中、最近、遺伝子組換えカイコ※1を利用した、新たな機能性シルク素材や医薬品等の産業化に取り組もうとする地方自治体や民間企業が現れており、これら新産業の創生に向けた地方の取組を研究開発面からさらに支援することが重要となっている。

ついでには、日本の独自技術である遺伝子組換えカイコの産業利用の用途をさらに医薬品等有用物質の生産用途に拡大し、これら地域創生の取り組みを加速化・支援するため、カイコの物質生産能力を飛躍的に高める技術、ICT※2・ロボットを活用したスマート養蚕システムの開発等を進める。

#### <委託プロジェクト研究内容>

##### ① 有用物質の生産効率向上技術の開発

カイコにバイオ医薬品※3等を効率的に生産させるため、カイコの繭にタンパク質を高発現（現行の3～4倍発現）させる技術を開発する。

##### ② ヒト型糖鎖※4が付加された医薬品生産技術の開発

薬効が高くアレルギー性の低いバイオ医薬品をカイコに生産させるため、発現タンパク質にヒト型糖鎖を付加する技術を開発する。

##### ③ 高感度バイオセンサー※5技術の開発

カビ臭等の特定の化学物質を高感度かつ迅速に検知可能な、バイオセンサー技術を開発する。

##### ④ スマート養蚕システムの開発

医薬品等の原料繭を生産する遺伝子組換えカイコについて、カルタヘナ法※6や薬機法※7等の規制対応を図りつつ、省力かつ安定的に飼育するためのICT・ロボット等を活用したスマート養蚕システムを開発する。

### 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
① タンパク質の発現量が現状よりも高い1以上カイコ系統を獲得する。	3～4倍量のタンパク質を発現するカイコ系統を獲得する。
② ヒト型の糖鎖を有するカイコ系統を1以上獲得する。	ヒトとの親和性を検証し、薬効をコントロールできる糖鎖修飾技術を確立する。
③ 特定の化学物質に反応する遺伝子組換えカイコを1以上獲得する。	ロボットと融合した高感度バイオセンサーのプロトタイプを開発するとともに、3以上の化学物質への応用に見通しを付ける。
④ プロトタイプとなるスマート養蚕施設を整備する。	カルタヘナ法や薬機法の対応しつつ、省力かつ安定飼育が可能なスマート養蚕システムの施設仕様や飼育管理方法を確立する。

### 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

遺伝子組換えカイコを利用した医薬品等の供給量（需要量）が高まり、原料繭の生産量が5年後（平成34年）に250トン（目標）に達すると見込む。

**【項目別評価】****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****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重要性**

過疎化・高齢化が進む中山間等条件不利地域における今日の危機的な状況を打開するためには、地域の立地や資源等を最大限に活かす形で、より付加価値の高い農林水産物等を生産するための研究開発を国が主導し、それら研究成果を意欲ある若者や地域の民間企業等に技術移転することにより、地域創生の機運を高めていく必要がある。

今般、日本の独自技術である遺伝子組換えカイコを活用して、医薬品等を生産する基盤技術を確立することは、餌となる桑の栽培に適した中山間等条件不利地域での事業化が期待され、それら条件不利地域の振興に役立つ重要な取り組みである。

また、抗がん剤等のバイオ医薬品の需要が世界的に伸び、現状では我が国もそのほとんどを海外から輸入し、今後も高齢化の進展によって国内需要が伸びると予想される中、日本独自技術である遺伝子組換えカイコを医薬品製造等の分野に応用することは、バイオ医薬品市場の開拓に向けた国内製薬企業の事業活動を支援し、医薬品産業の国際競争力の強化に資するほか、多様なバイオ医薬品の供給等を通じた国民生活の向上にもつながる重要な取り組みである。

**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）**

我が国は、世界に先駆けカイコの遺伝子組換え技術を確立し、その後、カイコが生産するシルク等に様々な物質（タンパク質）を発現させる技術を開発し、それら技術は既に動物医薬品や検査試薬等の形で実用化されている。

本プロジェクトでは、今後の市場の伸びが期待されるヒト医薬品等への利用用途をさらに拡大するため、医薬品等の有用物資をカイコに効率的に生産させる技術、医薬品としての薬効を高めるためのタンパク質糖鎖を修飾する技術、極微量の物質を検出可能な高感度バイオセンサー、並びにそれら遺伝子組換えカイコをカルタヘナ法や薬機法等の規制にも適正に対応しつつ、省力かつ安定的に飼育するためのスマート養蚕システムの開発等を行うものであり、これら技術は世界的にも未開発の技術であり、独創性、革新性、先導性に優れた取り組みである。

また、既に動物医薬品等の製造に利用する国内民間企業や、それら原料カイコを飼育する生産者等が存在することから、将来、それら民間企業等に技術移転することにより研究成果の実用化が確実である。

なお、遺伝子組換えカイコに関する研究開発は、最近、中国及び米国で始められているが、いずれも研究段階にあり、既に産業利用に道筋を付けた我が国には圧倒的に遅れている状況にある。

**2. 国が関与して研究を推進する必要性****ランク：A****①国自ら取り組む必要性**

現在、長寿・高齢化の傾向が全世界的に進み、医薬品分野では抗ガン剤やリュウマチ薬、糖尿病治療薬等のタンパク医薬品（バイオ医薬品）の需要が急速に高まっている。

実際、世界の医薬品の売上高ベスト 10 品目のうち 7 品目がバイオ医薬品であり、我が国も欧米の製薬企業から年間 2 兆円以上ものバイオ医薬品を輸入するとともに、その輸入超過額（平成 23 年は 2.4 兆円の輸入超過）は年々拡大する傾向にある。

本プロジェクトでは、日本が関連知財をほぼ独占する状況にある遺伝子組換えカイコ技術を利用して、バイオ医薬品等を効率的に生産する技術等を開発し、医薬品原料（カイコ）を供給する農林水産業・農山漁村地域と医薬品製造業とが連携して地域に新産業を創出しようとする取り組みを技術的に支援するものであり、国が主導する意義・必要性は極めて高い。

**②次年度に着手すべき緊急性**

現在、新産業の創出や地域創生が政府全体の重要課題となる中で、日本の独自技術（「強み」）である遺伝子組換えカイコを利用して、農山漁村地域の生物資源（桑・カイコ）を活用したバイオ医薬品開発の取り組みは、こうした重要政策課題の解決に資する緊急性の高い取り組みである。

また、技術的には、昨今、中国や米国が追随している中で、国内の製薬企業の発展や地域振興に役立て得るよう、関連知財の獲得に向けた緊急性も極めて高い。



**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**

繭中の可溶性タンパク質がこれまでの3～4倍の遺伝子組換えカイコを創出（上記研究内容の①）するとともに、タンパク質の糖鎖修飾技術（同②）を確立し、薬効を高め安価に医薬品を供給できる基盤技術を確立する。

また、高感度バイオセンサー（同③）については、化学物質をppbレベルで、かつ短時間（数秒）に検知可能なバイオセンサー・ロボットを、カビ臭等の用途に応じて3種以上開発する。

さらに、上記遺伝子組換えカイコをカルタヘナ法や薬機法等の規制にも適正に対応しつつ、地域の老朽化した共同利用施設の活用も図りつつ、省力かつ安定的に飼育するためのスマート養蚕システム（同④；モデル・プラント）として開発し、飼育施設の仕様や飼育管理方法を確立する。

**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**

現行の遺伝子組換えカイコを利用して、医薬品を商業生産しようとする試みが一部製薬企業で開始されていることから、原料タンパク質の発現量を3～4倍にさらに高め、生産されるタンパク質も糖鎖を修飾して薬効を高めることができれば、現在、海外で動物細胞をタンク培養して製造されているバイオ医薬品にコスト・品質面で太刀打ち出来る可能は極めて高い。

また、薬機法等に対応した省力的なスマート養蚕システムが確立されれば、中山間等条件不利地域において耕作放棄地等を活用する形で、新興の養蚕産地が現れるのは必至であり、全国の耕作放棄地の賦損量（約39万ha）等からみて、農山漁村地域において原料繭が安定的に供給されることは確実である。

**③研究目標（アウトプット目標）達成の可能性**

現在、繭全体量の約3割を占めるセリシン（生糸をつなぐ水溶性タンパク質）の部分に目的タンパク質（有用物質）を発現させる技術が確立されているが、最近、残りの約7割のフィブロイン（生糸となる不溶性タンパク質）の部分でもセリシンを発現させる技術が既に見出されており、今後、技術的な改良を加えることにより、3～4倍量の高発現カイコ（上記研究内容の①）の開発は確実である。

また、糖鎖修飾に関わる遺伝子が既にいくつか特定させているため、それら遺伝子の組換え加工技術等を開発（同②）することにより、ヒトに親和性の高いタンパク質に改変することが可能である。

高感度バイオセンサーの開発（同③）については、別の昆虫フェロモンを感知する遺伝子組換えカイコの開発の前例があるため、それら知見を有する大学とも連携しつつ、3種以上の高感度バイオセンサーを開発することは可能である。

スマート養蚕システム（同④）についても、既に厚生労働省の研究費を活用して遺伝子組換えカイコによる医薬品製造のための適正製造基準（GMP）の開発が着手されており、それら受託研究機関等と連携する形で、薬機法等に対応しつつ、ICT・ロボット等の省力技術を取り入れたスマート養蚕システムの開発は確実である。

**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**

既に実用化されている動物医薬品や化粧品等の用途に加え、フィブリノゲン（止血剤）等のヒト医薬品が実用化されることにより、遺伝子組換えカイコの供給量（需要量）が高まり、原料繭の生産量が5年後（平成34年）に250トン（目標）に達し、開発された医薬品等の市場規模が90億円に達すると見込む。

また、バイオ医薬品については、特許切れしたジェネリック医薬品（バイオシミラー）が増え、今後、新規参入が可能となることから、将来的にはバイオシミラー市場の更なる開拓を見込む。

\* なお、原料繭の生産量については、取り組み産地等への聞き取り調査により行う。

**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**

本プロジェクトは、厚生労働省等と連携してカルタヘナ法や薬機法等の規制対応を一体的に進めるほか、既に開発済みの蛍光シルクやクモ糸シルクを産生する遺伝子組換えカイコについて、省内生産部局が並行して振興・普及することとしており、医薬品用遺伝子組換えカイコをそれら新興養蚕産地に速やかに技術移転することによって、研究成果の普及・実用化は確実である。

5. 研究計画の妥当性	ランク：A
<p><b>①投入される研究資源（予算）の妥当性</b></p>	
<p>本プロジェクトは、最近、米国等において急速に進みつつある遺伝子組換えカイコを利用した有用物質生産技術を確立し、速やかに産業利用に導くため、5年間の集中的な研究開発投資に必要な人件費（ポストク等の専門研究者の雇用）や研究費、薬機法等の規制対応のためのモデル・プラント建設費等を見込み、5年間で10億円の研究費を見込んでいる。</p> <p>開発された研究成果は、急速に伸びるバイオ医薬品市場（2020年の世界市場；35兆円）に大きなインパクトを与える可能性のある重要技術であり、投資額として必要かつ妥当な水準である。</p>	
<p><b>②課題構成、実施期間の妥当性</b></p>	
<p>本プロジェクトでは、国内の製薬企業等が遺伝子組換えカイコを利用して医薬品等を製造する際の共通基盤技術となる、タンパク質の高発現技術、薬効を高める糖鎖修飾技術、原料繭の安定調達が可能となるスマート養蚕システム等の開発に限定しており、具体的な医薬品製造に必要な周辺技術の開発は個々の製薬企業等が行うこととなるため、課題構成として妥当である。</p> <p>また、研究の実施期間についても、米国等との開発競争に留意しつつ、所管研究開発法人のほか、大学や民間企業、養蚕産地等とのコンソーシアムを形成することにより、技術的に最速の開発スピードとして5年間を設定しており、妥当である。</p>	
<p><b>③研究推進体制の妥当性</b></p>	
<p>研究開発の推進に当たっては、所管研究開発法人のほか、大学や民間企業、養蚕産地等とのコンソーシアムの形成を要件化し、国内のノウハウを結集させるほか、外部有識者や関係省庁で構成する運営委員会を設置し、研究の進捗状況や技術的な助言等を行いながら、研究開発の進行管理を適正に行う。</p>	

【総括評価】	ランク：A
<p><b>1. 研究の実施（概算要求）の適否に関する所見</b></p>	
<p>・本研究は、我が国の独自技術である遺伝子組換えカイコの産業利用の用途を拡大し、新産業の創出、地域創生の取組を加速化・支援するものであり、研究の実施は適切である。</p>	
<p><b>2. 今後検討を要する事項に関する所見</b></p>	
<p>・中山間地・離島地域以外でも積極的に活用できるのではないか。</p>	

[事業名] 蚕業革命による新産業創出プロジェクト

用語	用語の意味	※ 番号
カイコ	チョウ目カイコガ科に属する昆虫の一種。桑を食餌し、絹糸（シルク）を吐いて繭を作る。	1
ICT	情報通信技術のことであり、Information and Communications Technologyの略。	2
バイオ医薬品	ほ乳類細胞、ウイルス、バクテリア等の生物によって製造された医薬品のこと。	3
糖鎖	グルコース、ガラクトース等の糖がグルコシド結合によってつながった一連の化合物を指す。	4
バイオセンサー	生物由来の素材を活用した検知器を意味しており、生体反応を電気信号に変換し検出する。	5
カルタヘナ法	「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」の通称。	6
薬機法	「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」の通称。	7

## 蚕業革命による新産業創出プロジェクト

