

みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち
農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）

アグリバイオ研究

昆虫（カイコ）テクノロジーを活用したグリーンバイオ産業の創出プロジェクト

令和６年度 研究実績報告書

課題番号	22680575
研究実施期間	令和４年度～令和８年度（５年間）
代表機関	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門
研究開発責任者	瀬筒 秀樹
研究開発責任者 連絡先	TEL : 029-838-6102
	FAX : 029-838-6028
共同研究機関	群馬県蚕糸技術センター
	群馬県立群馬産業技術センター繊維工業試験場
	国立大学法人 信州大学
	国立大学法人 愛媛大学
	早稲田大学
	国立大学法人 東海国立大学機構名古屋大学
	国立大学法人 大阪大学
	独立行政法人 国立高等専門学校機構 一関工業高等専門学校
普及・実用化 支援組織	Morus株式会社
	株式会社キョーリン
	新菱冷熱工業株式会社
	株式会社シルクモア研究所
	第一工業製薬株式会社
	ユナイテッドシルク株式会社
	株式会社あつまるホールディングス
	株式会社エム・エー・シー
	株式会社アーダン
	株式会社日本バイオテスト研究所
	株式会社チャーリーラボ
	ナガセケムテック株式会社（協力研究機関）
	日本化薬株式会社（協力研究機関）
	株式会社愛南リベラシオ（協力研究機関）

＜別紙様式2＞研究実績報告書

令和6年度 みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち
農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）
「昆虫（カイコ）テクノロジーを活用したグリーンバイオ産業の創出プロジェクト」
研究実績報告書

I. 研究の進捗状況等

養蚕業を変革するカイコの創出では、広食性に関わる遺伝子の同定、耐暑性系統の繭色の改良、栄養要求性改善を目的としたクワウレアーゼ導入カイコの繭質の解明、蛹休眠カイコの作出、および低コスト人工飼料の開発等を達成した。未利用サナギの利活用技術の開発では、サナギ含有成分が養殖魚の肉質に与える有効性の解明、サナギ油を用いた化粧品品の試作、製糸工程における環境負荷原因の特定、養蚕残渣を活用したバイオ炭の開発等を達成した。革新的なシルクの開発では、高強度シルクを生産するための基盤確立、培養細胞の増殖や機能化を促進する微細化シルクの開発、化粧品や医療機器への応用に向けた低分子シルクの性状解明等を達成した。以上の成果から、本課題は順調に進展しており、3年次での目標達成度は高く、今後、これらの成果を統合することにより最終目標の達成も十分可能である。

1. ITを活用した、養蚕業を変革するカイコの創出

カイコの広食性に関わる遺伝子をQTL解析により探索し、5遺伝子座を同定した。このうち高い寄与度を示した新規嗅覚受容体遺伝子のノックアウトにより、広食性が向上することを明らかにした。耐暑性系統「青白」の形質改良のため、繭色に影響を与える遺伝子のノックアウト系統「KO青白」を作出し、精練糸の特性と加工技術の基礎データを取得した。これを基に、次年度からは繭質の実用性評価を行う。人工飼料育下ではクワ由来ウレアーゼが供給されず、窒素代謝への影響から得られる生糸量が減少することが知られている。これを解消するためにクワウレアーゼを導入したカイコでは、人工飼料育下でも繭中の尿素の蓄積が40%低下することを明らかにするとともに、繭の形質に影響するシルクタンパク質遺伝子の発現を制御し得る転写因子を2つ同定した。サナギの利活用に適したカイコの作出においては、コールドチェーンを必要としないカイコ原料の提供に向け、遺伝子組換えにより蛹期間が2～3倍に延長した系統を2種類作出した。さらに、市販飼料の約1/10までコストを抑制できる桑葉および造形剤無添加の人工飼料H9およびH10を開発し、この飼料でも良好に生育するカイコ系統を1種類作出した。

2. 未利用サナギの利活用技術の開発と実証

養蚕から織物製造工程までのLCA解析が完了し、製糸工程での重油利用による環境負荷が最も大きいことを特定した。昨年までのLCA解析で判明した生産拠点等における環境負荷の原因であるカイコ飼育残渣等に起因するGHG排出量の削減に向け、クワの剪定枝から土壌への炭素貯留効果が認められているバイオ炭が生成できることを示した。サナギの利活用技術の開発では、サナギ含有成分シルクロースが養殖ブリの肉質改善および切り身の褐変抑制の効果を持つことを明らかにした。また、サナギ油およびサナギ発酵液から化粧品を試作し、化粧品原料としての安全性が示された。カイコエコシステム実証試験では乾

乾燥桑葉の養鶏飼料への活用、食品副産物を利用することで市販品の1.5～3割程度まで価格を削減した人工飼料の開発等を達成した。

3. 既存概念を打ち破る革新的なシルクの開発と実用化

革新的な高強度シルクの開発では、オニグモ縦糸タンパク質遺伝子の一部を4つ以上連結した人工遺伝子をカイコに導入しシルクに発現させ、組換えカイコの生産するシルクの力学物性を顕著に向上させた。また、繰糸後の生糸を巻き直す工程で張力を付与することで、強度を約20%向上させる加工技術を開発するとともに、高強度シルク系統と実用系統との交雑蚕種を製造し、高強度シルクを生産するための基盤を確立した。シルクによる環境浄化システムの開発では、シルクへの金属結合タンパク質の付加により、銅イオンの吸着性能が2倍以上向上した。また、分散化したシルクがジクロロエチレン等の塩素化合物の分解促進効果を発揮し、その効果がシルクの形状に依存することを明らかにした。高付加価値を有する非繊維形態シルクの開発では、培養細胞の増殖や機能化を促進する直径数百nm程度の微細化条件を確立し、これを3Dプリント用インクとして吐出するシステムを開発した。疾病診断分野への応用に向け、抗体融合アフィニティーシルクとそのナノ粒子化手法を開発した。さらに、化粧品や医療機器向けの低分子シルク原料の長期安定性と、腹腔内癒着モデルマウスでの低分子シルクフィルム癒着防止効果を明らかにした。