シルクへのクリックケミストリーの適用による抗菌・抗ウイルス医療素材の開発

05007 a3	分　野	適応地域
	農業ー養蚕	全国

〔研究グループ〕
農研機構生物機能利用研究部門、JSR株式会社、株式会社エム・エー・シー
〔研究総括者〕
農研機構生物機能利用研究部門　寺本　英敏

〔研究期間〕
令和5年度～令和7年度（3年間）

キーワード　カイコ、タンパク質素材、人工アミノ酸、翻訳・代謝システム、クリックケミストリー

1　研究の目的・終了時の達成目標

本研究では、タンパク質への人工アミノ酸導入技術を用いてクリックケミストリー（狙った分子同士を正確につなげる化学反応）に適合させた独自のシルク素材「クリッカブルシルク」を基盤に、抗菌・抗ウイルス機能を分子レベルで安定的に付与する技術を開発し、医療機器等への応用可能性を検証することを目的とした。研究終了時には、開発研究への移行に必要な基礎データの整備、原料生産コスト目標の達成、具体的な開発ターゲットの提案を最終目標とした。

2　研究の主要な成果

（1）クリックケミストリーに適合する官能基をもつ抗菌・抗ウイルス化合物の大量合成に成功した。

（2）ワタや織物など異なる素材形態において、抗菌・抗ウイルス化合物をシルク分子へ共有結合で固定化できることを確認した。

（3）医療分野の専門家等へのヒアリングを通じて、具体的な開発ターゲットを含め抗菌・抗ウイルスシルクの医療機器等としての事業化可能性に関する知見を得た。

（4）脱脂大豆や桑粉末を主体とした飼料に地域資源であるくず米を配合して低コスト化し、クリッカブルシルクのスケールアップ生産が可能なことを確認した。

（5）カイコの翻訳・代謝システム改変を高度化し、クリッカブルシルクの生産コスト低減に向けた見通しを得た。

公表した主な特許・論文

新規特許出願2件（特願2025－177070、特願2026－030560）

3　今後の展開方向

（1）長時間皮膚接触用途での利用に向け、天然シルクの低刺激性・快適性と抗菌・抗ウイルス機能とを両立させた医療・衛生材料の実装を目指し、機能付与条件や製品形態の最適化を進める。

（2）シルクの新たな需要創出と安定供給につなげるため、社会実装に向けた原料生産体制の整備・拡大を進めるとともに、需要拡大に対応した生産コストの更なる低減に取り組む。

【今後の開発・普及目標】

① 3年後（2028年度）は、医療・衛生用途を想定した製品形態における抗菌・抗ウイルス性能評価を行い、事業化に向けた基礎検証を開始する。

② 6年後（2031年度）は、具体的な医療・衛生材料製品としての実装に向け、クリッカブルシルク原料から製品形態に至る複数の加工工程を連結し、企業連携による実用化検証を進める。

③ 最終的には、安全性と機能持続性とを両立した抗菌・抗ウイルスシルク繊維素材が医療や介護などの現場で実際に使用され、かつ安定的に供給される状態を実現する。

4　開発した技術・成果の実用化により見込まれる波及効果及び国民生活への貢献

（1）医療や介護などの現場で、安全で抗菌・抗ウイルス効果が長続きする医療・衛生材料が利用可能となり、安心・快適な使用環境の向上につながる。

（2）天然素材を活かした差別化・高付加価値製品の開発が可能となり、新市場の創出や事業展開の幅の拡大が期待される。

（3）シルクの新たな用途開拓による需要拡大が見込まれ、天然資源の付加価値向上や地域産業の活性化に寄与し、持続可能な循環型社会の構築に貢献する。

（05007a3）シルクへのクリックケミストリーの適用による抗菌・抗ウイルス医療素材の開発

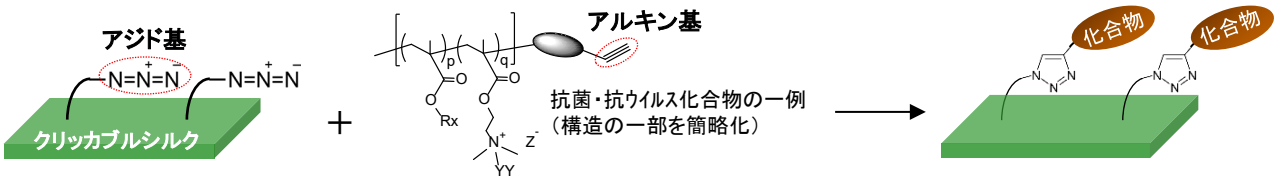
研究終了時の達成目標

クリックケミストリーを用いて天然シルク繊維に抗菌・抗ウイルス機能を安定的に付与する技術を開発するとともに、医療機器等への応用可能性を検証する。

研究の主要な成果

（1）シルク分子への抗菌・抗ウイルス化合物の固定化

- 独自素材「クリッカブルシルク」にはクリックケミストリー（狙った分子同士を正確につなげる化学反応）に適合した官能基（アジド基）が生合成段階であらかじめ導入されており、反応ペアとなるアルキン基をもつ化合物との間で安定な共有結合を形成
- 化合物を固定化したワタや織物で黄色ブドウ球菌に対する高い抗菌活性を確認



アジド基とアルキン基との間でのクリック反応によるシルク分子への抗菌・抗ウイルス化合物の共有結合固定化

（2）低コスト飼料によるクリッカブルシルク原料のスケールアップ生産

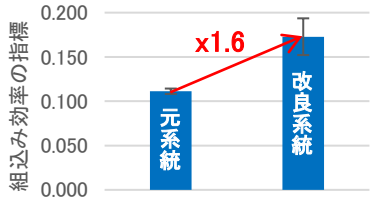
- ㈱エム・エー・シーとの連携により、地域資源であるくず米を配合した低コスト飼料を用いて、同社が保有するカイコ飼育施設においてkgスケールでのクリッカブルシルクの試験生産を実施し、得られた繭（まゆ）から生糸を作製
- 作製した生糸から、研究用途として複数の製品形態を試作



収穫した繭（左）と作製した生糸（右）

（3）カイコの翻訳・代謝システム改変の高度化

- アジド基をもつ人工アミノ酸を生合成段階でシルク分子に組み込むことのできるカイコ系統を改良し、人工アミノ酸の組込み効率を1.6倍に向上
- 人工アミノ酸の前駆体となるピルビン酸誘導体をカイコに投与すると体内で人工アミノ酸へと変換されることを見出し、将来的な生産コスト低減の可能性を提示



人工アミノ酸組込み効率の系統間比較

今後の展開方向

（1）天然シルク本来の特性を維持できる機能付与条件や製品形態の最適化

（2）社会実装に向けたクリッカブルシルク原料生産体制の整備・拡大

（3）需要拡大に対応した原料生産コストの更なる低減



見込まれる波及効果及び国民生活への貢献

天然シルクを基盤とする高機能素材を医療や介護の現場で利用可能とすることによって地域産業の活性化に寄与するとともに、天然資源の活用による持続可能な循環型社会の構築に貢献する。

問い合わせ先：農研機構　https://www.naro.go.jp/inquiry/