

## シルクを衣料から医療へ

物質・材料

SATテクノロジー・ショーケース2024

### ■ はじめに

「シルク」と聞くと、何を思い浮かべるだろうか？ 若い方の中には、ユーチューバーを思い浮かべる方もいるかもしれないが、多くの方は、高級感のある衣料用材料を思い浮かべるのではないだろうか。衣料に使われるシルクは、蛾の一種であるカイコ (*Bombyx mori*) が繭の成分として産生するタンパク質であり、「繊維の女王」とも呼ばれている。しかし、シルクの用途は衣料に限らない。シルクは、紀元前から今日に至るまで手術用縫合糸として活躍してきた、医療用材料でもある。近年では、米国を中心に、粒子などの非繊維形態に成形加工されたシルクの医療応用もなされている。発表者らも、シルクの成形加工性(図1)を活かし、非繊維形態シルクから成る医療機器や再生医療等製品を本邦で初めて創出すべく、研究開発に取り組んでいる。本発表では、これらの取り組みを紹介する。

### ■ 活動内容

#### 1. シルクから成る癒着防止材の研究開発

外科手術を受けた患者の6~9割で発症する癒着(本来離れているはずの組織・臓器どうしがくっついてしまう現象)は、腸閉塞や不妊などを引き起こす合併症のひとつである。癒着防止のための医療機器として癒着防止材があり、本邦では、4種類の製品が承認されている。しかし、骨と筋肉とを繋ぐ組織である腱を対象とした製品は無い。また、癒着防止材の素材に対して過敏症のある患者への使用は禁忌である。

発表者らは、癒着防止材の適用範囲や選択肢を広げるため、ゲルやフィルムに成形加工したシルクの癒着防止機能の評価を行っている。ラットアキレス腱癒着モデルにシルクゲルを適用すると、関節内注射にも用いられるヒアルロン酸を適用した場合に比べて、足関節の可動角度が大きかった。また、ラット盲腸癒着モデルに適用したシルクフィルムは、承認済の癒着防止材と同程度の癒着防止効果を示すことが分かった。

#### 2. シルクゲルを足場とした細胞凝集塊の製造

細胞どうしが凝集して球状の塊となった細胞凝集塊は、近年、3Dバイオプリンタを用いた再生組織構造体構築用のビルディングブロックとして用いられている。構造体構築の効率化やハンドリングのため、本細胞凝集塊の直径は500  $\mu\text{m}$ 以上となることが求められる。しかし、細胞のみから

成る直径500  $\mu\text{m}$ 以上の細胞凝集塊では、内部の細胞の壊死が避けられず、収縮が生じる。

発表者らは、シルクゲルの硬く脆い性質を活かし、粉碎したシルクゲルを細胞の足場とすることで、内部の壊死や収縮の生じない直径500  $\mu\text{m}$ 以上の細胞凝集塊の製造方法を編み出した。実際に、細胞のみから製造した直径500  $\mu\text{m}$ 以上の細胞凝集塊の直径は、経時的に増減し、最終的に500  $\mu\text{m}$ より小さくなったが、シルクゲルを足場とした細胞凝集塊のその経時変化率は小さく、500  $\mu\text{m}$ 以上を維持した。また、内部の細胞の壊死もほとんど認められなかった。

### ■ 関連情報等(特許関係、施設)

癒着防止材としてのシルクゲルやシルクフィルムに関する発明に関しては、特許出願済みである(特願2023-043384、特願2023-139250)。また、前者に関しては、医薬品医療機器総合機構(PMDA)相談を実施しながら、藤田医科大学、(株)チャーリーラボおよび(株)あつまるホールディングスと共同で研究開発を進めている。

シルクゲルを用いた細胞凝集塊の製造方法に関する特許を出願済みである(特願2023-008753)。



図1:シルクを原料としたさまざまな素材(旧 農業生物資源研究所作成・発行「カイコってすごい虫！」から引用)

代表発表者 **神戸 裕介(かんべ ゆうすけ)**  
 所属 **農業・食品産業技術総合研究機構  
 生物機能利用研究部門  
 絹糸昆虫高度利用研究領域 新素材開発グループ**  
 問合せ先 **Email: [www@naro.affrc.go.jp](mailto:www@naro.affrc.go.jp)  
 Web: <https://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/index.html>**

■キーワード: (1)シルク  
 (2)成形加工  
 (3)医療応用