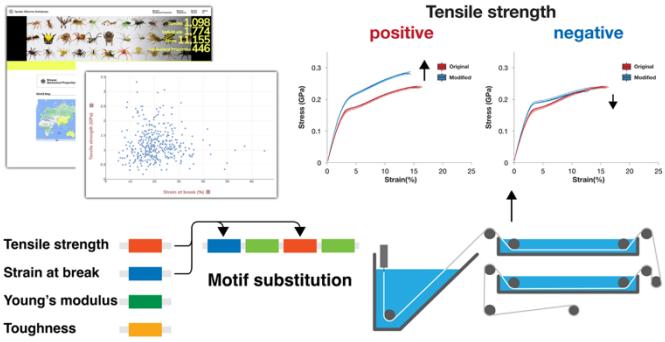
G1-13 1,000 種のクモ糸の配列―物性相関解析に基づく人工クモ糸繊維の物性制御

中村浩之（Spiber 株式会社）

クモ牽引糸は、生分解性を持ち、高い伸度と応力を兼ね備えた力学物性を持つ天然タンパク質繊維として知られている。近年、組換えタンパク質を用いた人工クモ糸の実用化が始まり、動物性タンパク質繊維や合成繊維に代わる持続可能な材料として注目されている。幅広い分野での応用を実現するためには物性向上による高性能化が必要であり、タンパク質配列のデザインにより物性をコントロールする技術が求められている。我々は、1,000 種のクモの Spidroin 配列と物性が収録された Spider Silkome Database を用いてタンパク質配列―物性相関を解析し、天然クモ牽引糸において、力学物性、構造情報を表す複屈折率と結晶化度、熱物性や超収縮といった物性と相関する配列モチーフを見出した[1]。さらに、各物性と最も高い正の相関、負の相関の関係にある配列モチーフを用いて、アミノ酸置換により Spiber 社の MaSp2 mini-spidroin BP1 の配列を編集、組換えタンパク質により人工クモ糸を作製、モチーフが物性に与える影響を検証した[2]。その結果、力学物性と相関関係にあるモチーフが、人工クモ糸の力学物性を向上、あるいは低下させることを確認した。具体的には、応力と正に相関するモチーフを導入した改変では応力を 9.3%向上させ、負に相関するモチーフを導入した改変では 5.1%低下させることができた。一方で、伸度に関しては改変による変化は有意ではなかった。この差異には、人工クモ糸と天然クモ糸の紡糸機構の違いに起因する繊維構造の違いが影響している可能性がある。本発表では、配列―物性相関解析に基づく、データドリブンな人工クモ糸の材料設計に関する試みおよびその有効性と限界について報告し、本研究で用いられた手法の産業応用上の可能性に関して議論する。



1）Arakawa, K.; Kono, N.; Malay, A. D.; Tateishi, A.; Ifuku, N.; Masunaga, H.; et al. 1000 Spider Silkomes: Linking Sequences to Silk Physical Properties. *Sci. Adv.* **2022**, *8* (41), eabo6043.
2）Nakamura, H.; Ito, Y.; Sato, R.; Chi, H.; Sato, C.; Watanabe, Y.; Arakawa, K. Correlating Mechanical Properties and Sequence Motifs in Artificial Spider Silk by Targeted Motif Substitution. *ACS Biomater. Sci. Eng.* **2024**.

PROFILE

中村浩之（Spiber 株式会社　Protein Solution Development Division　研究員・理化学研究所　客員研究員）

2010 年 Spiber 株式会社に入社、2025 年　慶應義塾大学　政策・メディア研究科　後期博士課程修了。2014 年から 2019 年にかけて行われた、内閣府 ImPACT 鈴木プログラムにて、Spider silkome database のサンプル収集およびデータベース構築を行う。Spiber 株式会社にて、配列-物性相関を利用した人工クモ糸繊維の力学特性制御に関する研究を行っている。2025 年、Gordon Research Conference Silk Proteins and the Transition to Biotechnologies にて Spiber の取り組みについて報告した。

Copyright(c); 2026, The Chemical Society of Japan