

プログラム名： 超高機能構造タンパク質による素材産業革命

PM名： 鈴木隆領

プロジェクト名：大規模ゲノム情報を活用した超高機能タンパク質の設計及び製造

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 29 年度

研究開発課題名：

高機能タンパク質素材の高機能発現メカニズムの解明

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者

沼田圭司

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

自然界に存在する多種多様な構造タンパク質から、人類の生活に役立つ機能・構造材料を創出するため、天然の構造タンパク質の構造と基礎物性の相関を明らかにすることを旨とする。高分子材料分野の一つの目標である、「クモ糸の有する物性を人間により再現・超越する」という課題を達成するために、構造タンパク質の構造材料としての基盤科学を構築し、次世代型の構造材料としての地位を確立することを旨とする。

平成 29 年度までに累計 200 サンプルのデータベース化を達成する。十分数のデータベース化が構築された後、構造タンパク質のアミノ酸配列と物性の新たな相関、特に熱的性質や光学特性、弾性率等に関する知見を得ることを計画している。これらの成果は、プロジェクト 2 への還元が期待される。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

平成 29 年度は、昨年度のカイコの繭糸のデータベース化を拡張し、クモ糸の物性をデータベースとして整備した。また、昨年度化学的に合成したモデルペプチドに引き続き、アミノ酸から構成されたシルクに類似する高分子を、酵素反応と縮合反応を組み合わせることで、合成することに成功した。天然のクモ糸タンパク質からも、水への感受性に影響する化学構造を抽出することに成功し、ImPACT 内の他のグループが開発する技術に、知見を提供することに成功している。クモの紡糸機構を明らかにすることで、人工的な紡糸機構に重要な分子構造を明らかにすることにも成功している。物性の定量化およびデータベース化は、順調に進展した。海外からのサンプルも含め、幅広い多様性を網羅するデータベースの構築を進めている。サンプル数としては目標数を達成しているが、現在報告されているクモ糸の中で、最もタフネスが高いと報告されている *Caerostris darwini* の糸の採集と評価が達成されていない。一方で、複数のクモ糸の解析から、新規の知見を複数報告している。

### 2-2 成果

- クモ糸の物性をデータベースとして整備し、目標値として設定した 200 サンプル以上のデータ取得を達成した。データは、PJ1-①参画機関と協力し、一括管理する体制を構築した。次年度末には、データ構築を完了する必要があるが、*Caerostris darwini* の糸の採集と評価を加える予定である。
- クモ糸のうち、牽引糸のアミノ酸配列とその物性、特に超収縮の相関から、水の感受性を高めている可能性の高いアミノ酸配列を明らかにした (Plos One 2016)。
- 昨年度、ジョロウグモの紡糸機構を、形態観察および構造解析により調べた。その結果、シルクの機構は、100nm 程度のグラニュールが形成され、そのグラニュールが連結することで、達成されていることが示唆された (Biomacromolecules 2017)。今年度は、この知見を元に、シルク水

溶液からの効率的かつ非特異的な結晶化を抑制する紡糸条件を発見し、報告した (Biomacromolecules 2018)。

- 水への感受性が高いシルク素材であるが、フッ素系高分子による複合化により、その耐水性を飛躍的に向上させることに成功した。また、フッ素系高分子との相溶性について評価した。また、シルク素材の含水率により、そのタフネスに与える影響を定量的に評価した。
- タンパク質素材の加工性を向上させるため、人工的なモノマー構造を導入することで、融点などの新規物性を付与することに成功した。また、同様の技術で、シルク以外の構造タンパク質も化学的に合成できることを示した。
- アラニンから構成されるペプチドをシルク素材に少量添加することにより、材料全体の機械的物性を顕著に向上させることができることを見出した。

### 2-3 新たな課題など

- 国内では入手不可能である *Caerostris darwini* の糸の採集と評価を進めるにあたり、当該国との共同体制の構築が予想以上に時間を要している。
- クモ糸の末端構造が紡糸機構に大きく影響しており、末端構造を活かした加工プロセスおよび材料設計が求められる。

### 3. アウトリーチ活動報告

理化学研究所一般公開にて、研究内容を紹介した (2017年4月)。