

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 2 9 年 度

研究開発課題名：

構造タンパク質の機能強化を目指した湿式紡糸プロセスの開発

研究開発機関名：

国立大学法人岡山大学

研究開発責任者：

大学院自然科学研究科 教授 小野 努

## 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

#### ①構造タンパク質繊維のマイクロ湿式紡糸基盤技術開発

##### 1. 単一ノズルデバイスを用いた構造タンパク質繊維調製条件の確立

PJ2-①の各領域におけるニーズを満たすために、構造タンパク質の性能を最大限に発揮するための紡糸条件の最適化から湿式紡糸の基盤技術開発を行う。

→2018年3月末までに1.0 g/h以上のPJ-2での実用化が期待できる繊維物性を有した構造タンパク質繊維の紡糸条件を確立する。

##### 2. 構造タンパク質素材への機能付与に必要な各種因子の抽出とマイクロ流路設計

構造タンパク質素材の機能を引き出す湿式紡糸技術に有効なマイクロ流路を設計する。

→2018年3月末までに最適条件で操作できるマイクロ流路構造と湿式紡糸時における溶媒拡散速度と送液条件の関係性を明らかにする。

→2018年3月末までに最適化された繊維物性を有するサブミクロン～数十マイクロメートルの繊維径を任意で調製可能な操作条件を確立する。

→2018年3月末までに送液条件が配向度に影響与える操作因子について明らかにする。

→以上の知見から、2018年3月末までに構造タンパク質素材の湿式紡糸に最も有効なマイクロ流路構造を設計する。

#### ②構造タンパク質のマイクロ湿式紡糸による量産化技術の確立

##### 1. ナンバリングアップ型量産用装置の設計

これまでの研究成果で見出されてきた紡糸条件を基に、他の参画機関にて操作性の良い量産機を設計し、①で開発したマイクロ湿式紡糸技術でMAX月に5kg(25g/h)生産できる紡糸装置および生産体制を構築し、PJ2-①の参画機関に供給して、表面形態、繊維径、配向度等を考慮したナノファイバーの構造設計及び量産化基盤技術の開発を実施する。

→2018年3月末までに配向度や繊維径等を制御した機能性構造タンパク質繊維を量産用装置に適用し、MAX月5kgの紡糸プロセスを稼働してサンプルでの実証試験を行う。

### 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

#### ①構造タンパク質繊維のマイクロ湿式紡糸基盤技術開発

##### 1. 単一ノズルデバイスを用いた構造タンパク質繊維調製条件の確立

当該年度の目標である1.0 g/h以上の生産性を実現するための紡糸条件は得られたものの、PJ-2で有用な分子配向性までは達成できておらず、分子配向性をこれまで以上に向上させるための紡糸条件を継続的に検討している。

##### 2. 構造タンパク質素材への機能付与に必要な各種因子の抽出とマイクロ流路設計

構造タンパク質繊維として必要な機能として繊維径や繊維径分布、低ビーズ発生条件、分子配向性を制御する操作因子として、成分濃度や流速など各種の紡糸条件、及び流速が影響与えるものとして見出された。しかしながら、高い分子配向度を有するサブミクロンスケールの繊維化を目指すためには、低い構造タンパク質濃度条件下での安定湿式紡糸が必要であり、紡糸条件の最適化のために2018年度まで継続して検討することとした。

## ②構造タンパク質のマイクロ湿式紡糸による量産化技術の確立

### 1. ナンバリングアップ型量産用装置の設計

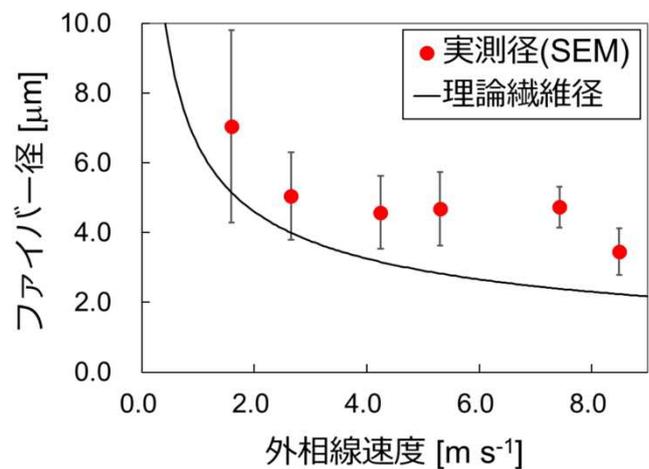
2017年3月末までに得られた知見を基に量産機試作するよりも、分子配向度などの繊維物性を向上させ得る紡糸条件の最適化が2018年度内には可能になると期待されるため、研究費を有効に活用できるとの判断から、2018年3月末までに単一ノズルデバイスで得た知見を基に、MAX月5kgの繊維生産が可能なナンバリングアップ型量産用装置を他の参画機関と協議しながら設計する。具体的には、岡山大学では①の検討で得られた知見を活用して生産性の高いマイクロ流路構造を設計することであり、他の参画機関では、この設計を基にして操作性の高い量産化装置の開発を行う。

## 2-2 成果

湿式紡糸によって得られた構造タンパク質繊維の分子配向度は、複屈折率測定によって検討し、湿式紡糸時の操作条件が複屈折率の向上に大きく影響を与えることが明らかとなった。特に、紡糸時におけるオリフィス構造の存在によって紡糸時の線速度を大幅に向上させることができ、外相流速によってその線速度もさらに増大させることができる。これとともに得られる繊維径も減少することから、本技術では物理的な延伸工程を用いずに、微細で高い分子配向性を有する繊維が調製できることが明らかとなった。また、繊維の分子配向性を調整する方法や、分子配向性を更に向上させる方法も見出した。

## 2-3 新たな課題など

構造タンパク質繊維のナノ繊維化を目指して紡糸条件を検討したが、強度のある繊維を得るために必要な高タンパク質濃度条件下では、外相線速度を増大させても繊維径の減少に限界があり（右図）、実用性の観点から低いタンパク質濃度条件下での安定した紡糸条件の最適化が必要となった。このように、分子配向度の高い繊維を得るための紡糸条件検討範囲が大きく広がったため、2018年度まで研究計画を延長し、そこで最適化設計されたマイクロ流路構造を用いて、量産化装置の作成を行おうと計画を見直した。



## 3. アウトリーチ活動報告

特になし