

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：

超高機能構造タンパク質素材の生産プロセス確立

研究開発機関名：

テクノハマ株式会社

研究開発責任者

中山 有希

# 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

構造タンパク質の生産プロセス確立において、

### 1) -①. 樹脂化設備開発；圧縮成形設備（バッチ式）の製作

目標値：材料供給方法の確立（粉体供給方法の見直しと、材料投入の自動化（重量精度規定値内）、材料投入～製品取出しまで一連の工程をまとめたオールインワンの粉末圧縮成形設備の製作、およびそれに対応した金型構造・良品条件の確立

### 1) -②. 樹脂化設備開発：連続成形対応設備の製作

目標値：一貫成形工程の原理試作製作（タンパク質材料の安定可塑化条件の再検討（規定温度で分解しない可塑化条件、分解防止、流動性発現手段の構築）

### 2) -①. 紡糸設備開発：工程要素の検討・設備開発

目標値：ドープ押出連続溶解設備の完成（安定吐出と紡糸品質の相関構築）

紡糸工程の溶剤低減（安定溶解・吐出装置開発（規定流量±5%）、熱による乾式紡糸の原理設備完成）

### 3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討 （完了）

### 3) -②. フィルム化設備開発：湿式連続フィルム成膜装置開発

目標値：連続溶解装置（高温高圧下での連続溶解と送液装置開発。しわレスの剥離巻取装置完成）

## 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) -①. 樹脂化設備開発；圧縮成形設備（バッチ式）の制作

圧縮成形設備開発において、構造タンパク質粉末材料供給時の自動計量と搬送、および成形中の粉末漏れが避けられないという課題に対し、材料供給を粉末からペレットなど各種形態へと切り替え、上記問題を解決すべく仕様の変更を検討した。その結果、上記すべてで、材料供給の計量および搬送、漏れといった課題を克服することができた。さらにその中でも特定の形態については、最終成形品が今までの粉末圧縮成形を上回る機械特性を示した。上記成果に基づき、材料供給工程と圧縮成形工程をつなげることによって、オールインワンの成形装置を目指すこととしたが、まだ設備製作には至っておらず、現在装置仕様の検討を進めている。

#### 1) -②. 樹脂化設備開発：連続成形対応設備の製作

構造タンパク質粉末の加熱圧縮による樹脂性状への変化を利用し、流動性を保持させることによってその状態から射出して金型内へ押し込み成形体を得る手法を開発してきたが、今まで考慮してきた温度域では可塑剤の助けが必要であった。構造タンパク質本来の熱挙動および水分率の熱挙動への影響をあらためて見直すことで、構造タンパク質特有の成形加工可能温度域を見出し、その領域での粘度特性変化、および新たな成形加工の原理試作を開発した。分解抑制手法については、熱安定化剤の構造タンパク質への混入検討を進めたが、現状効果を見いだせず、有効な成果を得られていない。

2) -①. 紡糸設備開発：工程要素の検討・設備開発

溶解工程において、現状のバッチ処理から連続溶解へ移行するための原理試作機を開発し、連続での紡糸用ドープ作製について検討した結果、現状の紡糸工程に適用できる粘度レベルのドープを連続して生産できることを確認した。一方、乾式フィルム成膜ドープとして利用している別の溶媒系については、該当設備での連続生産は困難であった。

3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

(完了)

3) -②. フィルム化設備開発：湿式連続フィルム成膜装置開発

フィルム成膜用ドープ作製に対して、当初1台の4Lタンクで溶解と圧送を兼ねていた(バッチ方式)が、溶解と圧送タンクを分離することで、連続運転が可能な装置を開発した。その結果、連続成膜距離を当初バッチ方式から約10倍に延長することができた。しかしながら、当初予定していた剥離・巻取までの工程開発は、ドープ粘度やフィルム強度に問題があり完了することができなかった。

## 2-2 成果

1) -①. 樹脂化設備開発；圧縮成形設備（バッチ式）の制作

構造タンパク質圧縮成形法開発にあたり、フィルム形態での連続成形により重量計量精度規定値内、材料の金型漏れ抑制、および副次効果として、成形体の曲げ強度最大20%向上を達成した。

1) -②. 樹脂化設備開発：連続成形対応設備の製作

構造タンパク質本来の熱特性を用いた粘度特性の計測装置原理試作、および新しいトランスファー成形の原理試作機を作製し、可塑剤無しで加熱成形によるタンパク質素材への立体形状付与の可能性を見出した。

2) -①. 紡糸設備開発：工程要素の検討・設備開発

構造タンパク質紡糸設備開発として、連続溶解吐出ができる原理試作機を作製し、現状同等レベルのドープ品質を確保したうえで、生産性最大4倍を達成できる見込みがついた。

3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

(完了)

3) -②. フィルム化設備開発：湿式連続フィルム成膜装置開発

構造タンパク質フィルム成膜用のドープを連続成膜するための溶解圧送装置を開発した。この結果、膜厚誤差5%のフィルムの成膜距離について従来比10倍を達成した。

## 2-3 新たな課題など

1) -①. 樹脂化設備開発；圧縮成形設備（バッチ式）の制作

今後の自動化を進める上で、新規材料供給工程と圧縮成形工程をどのようにつなげるか、まだ定まっていない。

1) -②. 樹脂化設備開発：連続成形対応設備の製作

現状では構造タンパク質そのものが成形に十分な流動性を有していないため、流動性を向上

させる手段を検討する必要がある

2) -①. 紡糸設備開発：工程要素の検討・設備開発

紡糸条件の要件確立は、現状材料・溶媒開発の途上にあり、同時並行で進めることが困難。

3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

(完了)

3) -②. フィルム化設備開発：湿式連続フィルム成膜装置開発

装置開発および条件最適化により当初目標を達成できているが、ドーブのゲル化抑制が困難であり、これ以上の連続化を進めるには材料もしくは溶媒の見直しが必要と思われる。また、この工程に用いられるドーブは紡糸用に用いられるドーブに比べ著しく粘度が低いため、安定塗工とそれに伴う膜厚の均一化が非常に困難である。加えて、得られた構造タンパク質フィルムの物性について、当初予想より低い特性しか得られないため、ベースフィルムからの剥離および巻取工程開発が進まなかった。物性改善ポイントの一つとしては、延伸工程の開発があげられる。また、現在の構造タンパク質は紡糸に適した分子設計を施しているため、必ずしもフィルム化に最適でない設計になっていない可能性がある。今後は高機能構造タンパク質フィルムに適した分子設計・構造についても検討を進める必要がある。

### 3. アウトリーチ活動報告

特になし