

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 8 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）の制作

目標値：材料供給方法の確立、形状限界の把握、材料投入～取出までの一貫工程開発

- 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

- 2) -①. 紡糸設備開発：工程要素の検討・設備開発

目標値：各工程設備への要求項目・目標値について基準書の作成と原理試作

- 3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

目標値：安定したフィルム用ドープの作製方法確立（1時間ゲル化を抑制し、粘度と表面張力の変化が5%以内）

- 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：膜厚 $10 \pm 1 \mu\text{m}$ のフィルムを10m巻き取る装置の開発、および各種評価による物性テーブルの作成

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

粉末の自動計量と搬送（1個切り出し）について検討したが、粉末の場合毎ショットごとに計量工程を入れる必要があることが分かり、リードタイム・コスト両面から非現実的であることが分かった。また、金型による成形を目指す限り、成形中の粉末の漏れが避けられず、計量の繰り返し精度と設備耐久性に限界があることも判明した。次の手立てとして、材料供給を粉末から別の形態へと切り替え、上記問題を解決すべく仕様の変更を検討している。

形状の限界については昨年度まで簡単な2次曲面の成形が限界であったが、より複雑な形状が粉末圧縮で成形可能か金型を作製し模索した。

一貫工程開発については、上記材料投入の仕様変更になったため、その工程の織り込みが未着手であるが、圧縮工程の自動化技術と、一貫工程に向けたプレス装置開発については完了した。

- 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た。

- 2) -①. 紡糸設備開発：工程要素の検討・設備開発

溶解条件を中心に要求項目の整理と基準化を進めてきたが、素材のばらつきや溶媒の変更等に左右され、条件を確立するには至っていない。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た。

- 3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

従来の溶媒系では、乾式でのフィルム化が非常に難しかったが、新たな溶媒系での構造タンパク

質溶解手法を使うことにより、塗工乾燥方式でのフィルムプロセス開発が可能であることを見出した。それぞれの溶媒割合、および溶解条件を最適化することで、安定溶解と分解防止を両立するポイントを押さえることができた。

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

上記①に基づき、溶解～巻取までの湿式連続フィルム成膜装置を開発した。タンクに材料を投入後、溶解から搬送／押出、ベースフィルムへの塗工、乾燥を経て、巻取／剥離にて、構造タンパク質のフィルムを連続で得ることができる。当初4 Lタンクでの溶解と圧送を兼ねていた（バッチ方式）が、連続化に向けて溶解と圧送タンクを分離し、長時間運転が可能な装置を開発中である。

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

形状の限界については昨年度まで簡単な2次曲面の成形が限界であったが、金型と昇温の工夫により、穴あき形状でもワンアクションで成形可能なレベルに達した。同時に成形サイクルを40%程度削減できた。

一貫工程開発に向け、プレス機を用いた圧縮工程の自動化技術開発を完了した。同時に粉末圧縮成形に特化した次期小型プレス機の原型を作製した。この小型プレス機に順次前後工程をつなげていく。

1) -②. 樹脂化設備開発：連続成形対応設備の製作

構造タンパク質を用いた射出成形手法の原理試作機作製、および構造タンパク質に流動性を保持させるための可塑剤／最適条件を見出した。

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た。

3) -①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

新たな溶媒系による、新たな構造タンパク質溶解手法

4) -②. フィルム化設備開発：湿式連続フィルム成膜装置開発

上記①ドープを利用した湿式連続フィルム成膜装置を開発した。一定の厚みを持ったフィルムを最大9 m成膜することに成功している。また、得られたフィルムの初期物性評価も完了した。

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脱粉末が必須となると考えられるが、その他の形態へどう移行するかが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

可塑剤の使用により、成形体としての物性低下を伴ってしまうことが課題となっている。今後の進め方としては、成形条件の高温化（分解抑制手法開発と同時）、および物性低下を伴わない可塑剤の開発となる。

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、現状材料開発の途上にあり、同時並行で進めることが困難。

3) ー①. フィルム化設備開発：フィルム化要件の検討

構造タンパク質を溶解することはできたが、長時間安定的に溶解状態を保つことが難しい（ゲル化）。今後の工程安定化および高濃度溶解を目指すうえでの大きなネックとなりうる。

3) ー②. フィルム化設備開発：湿式連続フィルム成膜装置開発

溶解／圧送タンクをセパレートし、長時間化をはかったところから、吐出工程が不安定化し、連続成膜ができなくなっている。装置変更による溶解不十分が主要因と思われ（上記①ゲル化）、特に温度管理を中心に改善を図っているが、同時に材料ロットも切り替わった影響を排除できず、原因の追究に時間を要している（粘度と表面張力の変化、濃度管理）。

3. アウトリーチ活動報告

特になし