

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の劣化解析

研究開発機関名：

北陸先端科学技術大学院大学

研究開発責任者：

谷池 俊明

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

本研究の目的は、超高機能構造タンパク質としてのクモ糸の劣化挙動を明らかにし、構造材としての安定性を確保する手段を確立することであり、平成 28 年度は以下の目標・計画を実施した。

① 超高機能構造タンパク質のフィルム成形、構造解析、劣化解析

- i) 安定化剤配合の異なる計 150 枚のキャストフィルムを調製する。
- ii) 可塑剤候補のスクリーニングを行い、少なくとも 1 個の有望な可塑剤を発見する。
- iii) 少なくとも 75 個のサンプルについて構造・物性分析を完了する。
- iv) クモ糸粉末の光劣化・加湿下熱劣化試験、及び、その解析を完了する。
- v) 安定化剤が配合され、有望であった少なくとも 2 種類のキャストフィルムに対して系統的な劣化解析を行う。

② 安定化剤の配合研究

- vi) 計 1000 サンプルの劣化試験を行い、最適な安定化剤配合を提案する。

③ 構造性能相間の解明

- vii) 構造分析、劣化解析、安定性に掛かるデータの分析によって、構造性能相関の解明を行い、クモ糸の材料寿命を向上する 1~2 個の構造因子を提案する。

④ 化学修飾・複合化による安定化

- viii) 化学修飾ないしは複合化のいずれかの方法によって、湿度依存性が低減できること、安定化が可能なことを実証する。

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

項 1 のそれぞれの目標と計画に対する進捗は以下のようである。

① 超高機能構造タンパク質のフィルム成形、構造解析、劣化解析

異なる抗酸化剤・光安定剤・可塑剤をそれぞれ含有する計 300 枚以上のキャストフィルムを調製し、一連の加速試験（熱酸化試験、光劣化試験）、及び、一連の構造分析（赤外吸収分光、紫外可視吸光分光、熱重量分析、サイズ排除クロマトグラフィー等）を実施した。その成果として、構造タンパク質の酸化劣化の抑制に有効な抗酸化剤、及び、光劣化の抑制に有効な光安定剤を見出すことに成功した（達成度 100%）。また、クモ糸に対する加水分解試験の方法及び分析法（サイズ排除クロマトグラフィー）を確立することにも成功した（達成度 100%）。

② 安定化剤の配合研究

項①において有効であることが判明した複数の抗酸化剤を添加したフィルムを調製し、相乗効果を発揮する配合を見出すことに成功した（達成度 100%）。

③ 構造性能相関の解明

Spiber 社より提供を受けた一連の粉末試料に対して構造分析と劣化解析を実施し、酸化劣化耐性と強い相関がある化学的特徴を見出した（達成度 100%）。

④ 化学修飾・複合化による安定化

構造タンパク質を架橋剤と反応させることで構造タンパク質の有機修飾を試みた。架橋可能な官能基の側鎖導入に成功した一方、架橋と成形の両立に課題が残った（達成度 70%）。

2-2 成果

これまでに検討されている構造タンパク質の成形法は、粉末の圧縮成形と溶媒を用いた湿式紡糸の 2 種類であり、そのそれぞれに対して安定化剤の添加プロセス（特定の溶媒中に溶解させた安定化剤を粉末に浸漬させるプロセス、及び、溶媒中に予め溶解させた安定化剤をドープ液に添加するプロセス）を確立し、有効な抗酸化剤の添加が圧縮成形体の機械的強度低下を抑制させること、及び、繊維の酸化抑制につながることを実証した。また、構造タンパク質の化学発光挙動が誘導期を伴わないポリアミド型（ α -メチレン基に生じた過酸化水素の単分子分解に拠る）であることを解明し、抗酸化剤の添加によって化学発光強度が最大になるまでの時間が遅延する事実を発見した。この事実を利用してヒンダードフェノール、カテコール類、硫黄系・リン系二次酸化防止剤など、市販されている多数の抗酸化剤の効能をスクリーニングし（図 1 に例示）、粉末・溶液プロセスに対してそれぞれ数種類の有効な抗酸化剤を発見することに成功した。なお、粉末プロセスにおいては水溶性あるいは小分子の抗酸化剤が、溶液プロセスにおいては直鎖状の骨格を有する抗酸化剤が有効であった。

カーボンアークやキセノンランプを用いた光劣化試験を実施し、劣化状態の評価指標の確立及び劣化機構の解析を行った。また、光安定剤のスクリーニングも行い、複数の光安定剤を発見することに成功した。

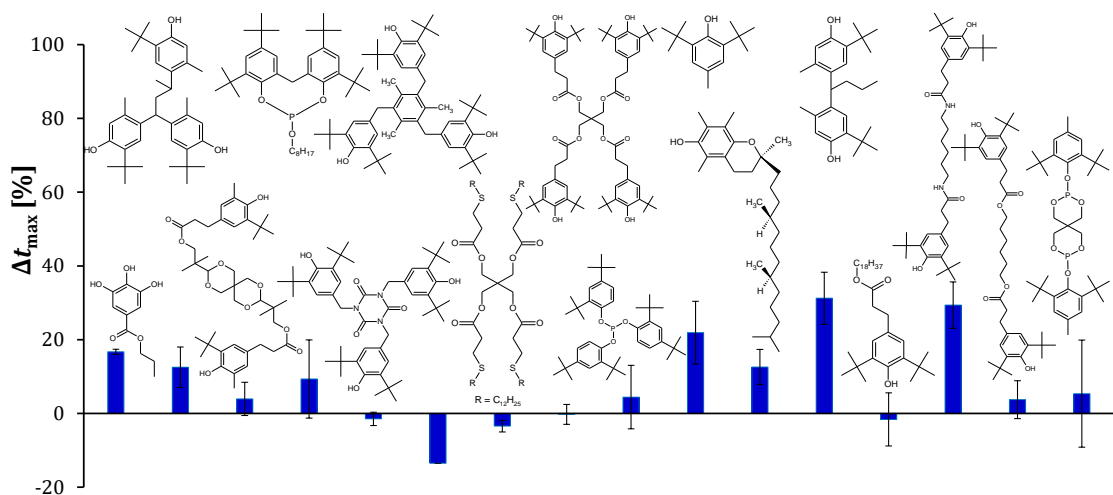


図 1 化学発光法を用いた抗酸化剤のスクリーニングの一例

2-3 新たな課題など

H28 年度は、熱酸化劣化及び光劣化に対してそれぞれ有効な安定化剤を十分数発見し、かつこれらの添加プロセスを確立することにも成功したが、吸湿性の克服が想定以上に高難度であることがわかった。H29 年度は、導入した官能基による架橋や板状粘度化合物とのナノ複合化を通して当該問題の抜本的な解決を目指す。

3. アウトリーチ活動報告

特に無し。