

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：超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 28 年度

研究開発課題名：

バイオ素材の宇宙業界向け工業用材料化技術開発

研究開発機関名：

スーパーレジン工業株式会社

研究開発責任者：

片桐 史理

## 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 構造タンパク質素材を複合化するための基盤技術開発

##### 1) 樹脂開発

###### [課題]

構造タンパク質繊維で硬化阻害を起こさない樹脂開発

###### [目標]

硬化阻害が発生しないエポキシ樹脂の開発

構造タンパク質素材の製造工程で添加される油剤の除去方法検討

##### 2) サイジング技術開発

###### [課題]

構造タンパク質繊維に適したサイジングの開発

###### [目標]

構造タンパク質繊維と樹脂の界面接着に寄与するサイジング剤の検討

##### 3) プリプレグ開発

###### [課題]

ボイドレスな構造タンパク質コンポジットの作製に適した Rc の決定。

###### [目標]

構造タンパク質コンポジットにおいて CFRP や GFRP と同等にボイドレスなコンポジットを作製する。

##### 4) 成形技術開発

###### [課題]

成型時における繊維の収縮および硬加圧時の繊維の融着

###### [目標]

収縮を低減するための前処理方法検討

成型時の熱による繊維同士の融着を低減する成形温度・圧力の最適化

#### ② 構造タンパク質繊維複合材料を実用化するための応用技術開発

##### 1) 加工条件検討

###### [課題]

加工時に刃物への繊維の付着等の発生。

高靱性繊維の加工性確認。

## [目標]

加工断面におけるデラミネーションおよびバリの発生状況を観察し比較検証を実施する。

### 2-2 成果

#### ① 構造タンパク質素材を複合化するための基盤技術開発

##### 1) 樹脂開発

###### 1-1) 硬化阻害が発生しないエポキシ樹脂の開発

構造タンパク質繊維を樹脂と複合化する際、一部の樹脂組成と硬化阻害反応が生じることを明らかとした。

H28 年度中に再度、樹脂の組成をスクリーニングし硬化阻害を起こさない、樹脂組成を見出した。

また、樹脂のスクリーニングとともに樹脂組成の最適を行うことで、構造タンパク質繊維の最大の特徴である靱性を、構造タンパク質コンポジットにおいても発現させることに成功した。

###### 1-2) 構造タンパク質素材の製造工程で添加される油剤の除去方法検討

構造タンパク質繊維を作製する段階で、繊維に対して油剤を使用している事が明らかとなった。

そこで、提供された繊維に対して有機溶媒を使用して洗浄し、洗浄後に有機溶媒中に油剤が溶解していることを残渣の分析より確認した。

洗浄後の繊維および未洗浄の構造タンパク質繊維でコンポジット化を行い、単糸での強度比較を実施した。

しかしながら、洗浄前後における強度に有意差が確認されなかった点と、表面処理に使用される油剤が 1-1) であげた硬化阻害因子では無い事が確認できたため、油剤除去の必要性は無いものと現時点では考えている。

##### 2) サイジング技術開発

構造タンパク質繊維は、繊維状態にする段階で、表面に油剤を使用していることが明らかとなった。

まず、表面の油剤の影響を明らかとするため、表面の油剤を有機溶媒で除去したのちにコンポジット化を行った。

表面の油剤の有無に関わらず、繊維強度や靱性に变化は確認されなかった。

また複合材料で最も重要とされる繊維とマトリックス樹脂の接着挙動にも変化は認められなかった。

以上の結果から、繊維の紡糸段階で使用される油剤は、複合材料に影響を及ぼさないことを確認した。

また初期の検討にて繊維にシルクを使用していたが、シルクとマトリックス樹脂の接着性は良好であることを確認している。

構造タンパク質繊維およびシルクの表面には多数の反応性官能基が存在することから、

ガラス繊維やカーボン繊維のようにマトリックス樹脂との接着性を向上させる目的で使用されるサイジング剤の使用は必要ないと考えた。

### 3) プリプレグ開発

プリプレグ開発に関しては、現状 Rc50%以上にてプリプレグ化できる事を見出した。

Rc50%以上としている理由としては提供される構造タンパク質クロスに使用される糸において、撚りが施されているため、厚みが厚くなっておりボイドレスな構造タンパク質コンポジットを得るためには Rc50%以上が必要であると考えている。

### 4) 成形技術開発

構造タンパク質繊維をプリプレグ化し、オートクレーブにて加熱・加圧を行った際、構造タンパク質繊維が収縮する事が明らかとなった。

繊維単体で熱処理を施しても、同じく収縮する事が明らかとなり、加熱による収縮は繊維固有の課題である事を明確にした。

そこで、繊維に対して特定の処理を施す事で、収縮を抑制できる事を見出した。

一方で、上述の収縮抑制処理の条件によっては、構造タンパク質繊維が融着し、高靱性を失う事も明らかにした。

構造タンパク質繊維の収縮を抑制するための条件および、繊維の融着が発生する条件の検討が終了し、成型に適した繊維の前処理方法および成型条件を明確にした。

## ② 構造タンパク質繊維複合材料を実用化するための応用技術開発

### 1) 加工条件検討

構造タンパク質繊維では繊維の靱性を最大限に生かすため、樹脂も靱性の高い樹脂組成となっている。

一般的な高靱性の有機繊維の場合、機械加工性は非常に悪化するが、構造タンパク質繊維では機械加工性の悪化は確認できていない。

また加工性に関しては従来の CFRP や GFRP と同等の加工性が得られている。

ただし、加工面においては僅かながら、デラミネーションが確認されている。CFRP の加工においてもデラミネーションは確認されるため、現在、構造タンパク質繊維で確認されているデラミネーションが、構造タンパク質固有の課題であるかを検討している。

### 2-3 新たな課題など

特になし

## 3. アウトリーチ活動報告

特になし。