

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：

構造タンパク質を活用した自動車用、剛性・衝撃吸収素材の開発

研究開発機関名：

小島プレス工業株式会社

研究開発責任者：

村上 英広

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

本研究開発では、構造タンパク質素材の特徴を活かした繊維素材と樹脂との複合材料よりなる自動車部材の開発を行う。具体的アウトプットとして自動車ドアにおける「インパクトビーム」および「加飾パネル」を想定し、材料の特性を引き出しつつ向上させ、各部位における材料の適正な使い方を追求するのが課題である。それにより、軽量でより安全な自動車を実現するもので、目標値は、それぞれ鋼管・鋼板・既存樹脂材料と同等の剛性および質量70%低減、衝撃吸収値50%向上を掲げている。

当該年度は、構造タンパク質素材の特徴を活かせる織物・編物構造の探求、構造タンパク質繊維と樹脂、あるいはそれに炭素繊維を加えた複合材、織物・編物・不織布と樹脂との複合材をつくりその物性を評価していく。

その項目として、①マトリクス樹脂の選定 ②構造タンパク質繊維の特徴を活かせる織・編構造の調査と、複合材にした時の物性の評価を行う ③樹脂と糸とのインターフェース開発 ④二次加工として、構造タンパク質繊維に適した加工法とその影響の調査 ⑤構造タンパク質繊維を整列させられる集束剤の開発 ⑥プリプレグ化 ⑦ワインディング ⑧CAEを駆使した構造設計を行うこととしている。

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

①マトリクス樹脂の選定においては、機械物性、繊維と樹脂との密着性、現在の人工クモ糸の実状の観点から選定した。②繊維の効果的な使い方として、織・編・不織布構造の評価を行い、さらにそれらと選定したマトリクス樹脂での複合材を作成し、物性の引き継ぎ、特徴的な物性発現の有無を調査した。③樹脂と繊維のインターフェース開発においては構造タンパク質繊維のナノファイバー化を行い、その使い方について探求した。④二次加工として、構造タンパク質繊維の複合材の切り出しについて加工法の選定を行い、その影響について調査した。⑤集束剤の開発においては、プリプレグを製造する際に空隙の発生が生じないように、繊維の整列に適した集束剤の選定を行った。⑥プリプレグ化においては、空隙の発生しない加工方法の選定を行った。⑦ワインディングにおいては、インパクトビームを模したテストピースでの評価を行った。⑧CAE解析では、単層・複層での複合材で、実験データとの相関を取ってきた。

2-2 成果

①マトリクス樹脂の選定においては、機械物性が高く、構造タンパク質繊維との密着性に寄与する官能基を多く持つ樹脂、熱と水に弱い現状の人工クモ糸の開発進捗の実状への考慮などから、複数の樹脂を選定した。

②それら選定した樹脂とタンパク質繊維（絹）による複合化した物性評価において、各種形態による物性比較を行った。テキスタイル形態では、PJ2-1 参画機関にて得られた動的評価結果および、静的評価においても物性差がある結果が出ているにもかかわらず、複合化した状態ではその差は極めて小さかった。また、組織点の差による比較でも差は見られなかった。

織・編の比較では、布形態では一般的に柔軟とされる編構造であるが、複合化状態では顕著な伸び物性は得られなかった。織・不織布の比較では、繊維を絡み合わせただけの構造である素材状態では強度が低い不織

布が、複合化時においては織と同等の衝撃吸収エネルギー値が得られることがわかった。複合化における繊維の目付量やその枚数による差の比較では、繊維の量が増えるに従い、強度、衝撃吸収エネルギーも上がる結果となった。

③樹脂と糸とのインターフェースにおいては、繊維表面にナノファイバー（以下NFという）を付与することで、密着性向上効果が確認された。

④構造タンパク質素材の加工性の評価として、樹脂製品の一般的な加工に用いるNC加工と、熱影響を考慮し、ウォータージェット加工（以下WJ加工という）を用い、他繊維の複合材と比較を行った。テストピースレベルの加工においては、NC加工、WJ加工共に毛羽立ち、繊維の巻き込み、出来栄え、臭気という観点において、問題ないと判断できた。ただしそれらは現在の強度・伸度、もしくは製造法における評価であり、今後目標物性への改善がされていく過程で継続的に評価していく必要があると考えている。

⑤集束剤の選定においては、絹での選定を行ってきたが、人工構造タンパク質繊維入手後にそれでの確認を行ったが、絹で選定した集束剤では集束性は良好でないという結果となった。よって量的にも確保できるようになった段階から改めて人工構造タンパク質繊維に合う集束剤の選定が必要と考えている。

⑥プリプレグ化の品質として、積層材の空隙の有無を確認した。初期品質では、多くの空隙を確認したが、積層プレス工法を見直し、その低減を図ることができた。

⑦ワインディングにおいては、インパクトビームを想定した評価を行った。現行車両相当の鋼管に対し軽量化効果を狙い、金属パイプにカーボン巻き、常圧下で成形した試験品で実験（⑥と同時開発したため選定した成形法ではない）を行った結果、常圧下で成形することによる空隙の発生等の課題が見つかった。今年度は人工構造タンパク質素材の代替材としてナイロンを選択して評価を実施したところ、インパクトビームに求められるS-S曲線に近い波形を得ることが出来たことから、今後は、このデータを自動車分野で持ち寄り、自動車ドアの目標値が達成できるように進めていく必要があると考えている。

⑧効率的な実験評価を進めるため、CAE解析による予測を行ってきた。人工構造タンパク質繊維のUD単層、および積層状態のテストピースレベルにおいてCAE解析と実測データの整合性の確保を行い、目標通りの精度成果を得ることができた。今後は、複雑な層構成、繊維の形態、製品を想定した評価に合わせ、随時CAE解析に展開してゆく。

2-3 新たな課題など

このたびの研究においては、炭素繊維複合材の課題背景も鑑みて構造タンパク質繊維と樹脂との密着性の活用とその向上が衝撃吸収エネルギー向上につながるものとして評価を進めてきたが、前述の通り一部の実験からその前提とは異なる新たな考察側面となる結果を得ることが出来た。例えば、同一繊維での繊維径の違いによる評価において、細い繊維の方が比表面積効果により密着力が高く、結果衝撃吸収エネルギーも高くなるというこれまでの予想に対し、実験では太い繊維径のもので衝撃吸収エネルギーが向上することがわかってきたことがあげられ、複合材内における繊維の強度が樹脂強度よりも強くなければならないことへの示唆である。さらにそこにおける太い繊維径のものでは、繊維への樹脂含浸程度の差が観察されており、その状態差が物性に影響を与えているということでもある。

これらは当初想定した炭素繊維などの高弾性率繊維に対する扱いとの違いの部分が見えてきたことを意味し、構造タンパク質の特徴の活かし方の見直しの必要性が出てきたと言え、具体的には繊維強度、樹脂含浸程度、剥離抵抗のバランスを取ることが衝撃吸収の最大化につながると考察している。

これらの新たなメカニズムを発見したことで、これまでの実験をこれらの条件下で見直し、改めて各研究テーマにおける実験サンプルの見直しの必要性があると考えている。

また、これまで、人工構造タンパク質繊維の代替材として絹で実験を行ってきたが、入手可能になってきた人工構造タンパク質繊維での評価では絹とは異なった結果も確認できていることから、今後は、人工構造タンパク質繊維による評価へと移行しつつも、その不足している物性を従来と同様に代替材で置換評価するなどし、人工構造タンパク質繊維特有の課題克服、物性向上の形態の探求を行う必要があると考えている。

3. アウトリーチ活動報告

特にございませぬ