

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

P M 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27年度

研究開発課題名：

構造タンパク質の自動車外板用途工業用素材化開発

研究開発機関名：

内浜化成株式会社

研究開発責任者：

内田 和広

# 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

自動車のドアは、外装部材であるアウターパネルと内装部材であるドアトリムで構成されている。ドアの各種機能を確保したままでドアトリムの意匠変更が出来れば、コンパクトカーで高級セダン並みの室内広さを実現することが可能となる。しかしながら、特に安全性の観点から、事故が起こった場合、ドアに対し車体外側から加わる大きな力を吸収するためのエネルギー吸収性能が必要であり、意匠変更を安易に行うことはできない。現状、アウターパネルには軽量・高剛性な鋼材（一部炭素繊維）が用いられ、ドアトリムにはポリプロピレン（PP）等の合成樹脂基材又はケナフ等の天然繊維を用いた基材が用いられている。

本研究開発では、構造タンパク質素材を用いることでアウターパネルとドアトリムの一体化を実現、安全性の大幅な向上を目指す。また、安全性の向上だけでなく、構造タンパク質素材を使用することによる環境負荷の低減にも取り組む。

「安全」面における課題は、自動車の車体に対する衝撃エネルギーの吸収性の向上である。従来ドアはアウターパネルやインパクトビームといった鋼板部材から構成され、ドア側面からの衝突衝撃を受け止める構造になっている。これは車室空間が損壊しないようにすることが主目的であるが、ドアを剛体にすればするほど乗員に対し衝撃がダイレクトに伝わるという弊害がある。また乗員の高齢化が進む中、車に対する衝撃を乗員に対しより緩和することが必要となってきた。そこで構造タンパク質素材の特徴の一つであるタフネスや樹脂との密着性・高速歪み性・高伸度特性を活かし、繊維素材と樹脂の複合材料よりなる新規衝撃吸収材の開発を進める。

「環境」面における課題は、カーボンニュートラルの観点から、石油由来の材料使用量の削減である。また自動車の使用エネルギー削減や、断熱性向上による熱エネルギーの有効利用も望まれる。そこで本研究開発では、構造タンパク質素材を利用することで枯渇資源使用量を減らすと共に、新規衝撃吸収材によって剛性が向上したドアパネルは、鋼材を使わないですむことからドアそのものが軽量化するので、自動車の燃料消費量が低減、ひいてはCO2 排出量を削減する。

「快適」面における課題は、振動、騒音、温熱快適性等である。振動や騒音は新規衝撃吸収材の使用で抑えられると考えられる。ドア構成部品の薄肉化により室内空間が拡大することから、拡大された空間の有効活用とあわせて、自動車トータルとして乗員の快適性向上を実現する。

自動車部品の「安全」「環境」「快適」の各方面の性能を向上させる上で、既存の部品の機能・性能を損なわないようにする必要がある。特性には相反するものがあり既存の材料ではこれらを両立し得なかった。本研究では、自動車ドアを想定し、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。

内浜化成はアウターパネルを担当する。具体的な研究開発計画の目標と納期は以下の通りである。なお、平成 27 年度の納期分についてのみ抜粋した。平成 28 年度内での素材化の目処という目標に対し、平成 27 年度はそのための事前調査および事前検証という位置付けとして、以下の項目について調査を実施した。

### 1) 複合化基盤技術開発

- ① 複合化基盤技術開発におけるマトリクス樹脂特性調査
- ② 複合化基盤技術開発における糸／織構造／不織布の開発のための調査
- ③ 複合化基盤技術開発における樹脂×糸インターフェース工法開発のための調査

## 2) 複合材加工技術開発

- ①ランダム短繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発のための調査
- ②連続繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発のための調査

## 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) 複合化基盤技術開発

##### ①複合化基盤技術開発におけるマトリクス樹脂特性調査

- ・一般的な熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂の特性を調査した。
- ・一般的な樹脂の混合特性を調査した。
- ・SMC・BMC用の添加剤を調査した。

##### ②複合化基盤技術開発における糸／織構造／不織布の開発のための調査

- ・糸種の選定としてフィブロイン(Fib)、炭素繊維(CF)、ガラス繊維(GF)、ポリエステル繊維(PL)、ナイロン繊維(PA)の特性を調査した。
- ・織構造/不織布の選定として、平織、綾織、朱子織、NCF(non crimp fabric)を調査した。
- ・繊維の加工方法として、撚糸、精練、サイジング処理について調査した。

##### ③複合化基盤技術開発における樹脂×糸インターフェース工法開発のための調査

- ・表面分析手法として、IR, XPS, SEMなどについて調査した。
- ・表面処理として、サイジング処理、シランカップリング処理について調査した。
- ・密着性の確認として、濡れ性(接触角)、マイクロドロップレット法、フラグメンテーション法、ブルアウト法について調査した。

#### 2) 複合材加工技術開発

##### ①ランダム短繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発のための調査

- ・既存のガラスBMC、ガラスSMCの材料複合化処方を調査した。

##### ②連続繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発のための調査

- ・圧縮成形機にて既製のシルクテキスタイルと既製のSMC材を一体成形できるか確認した。

## 2-2 成果

### 1) 複合化基盤技術開発

#### ①複合化基盤技術開発におけるマトリクス樹脂特性調査

一般的な樹脂の特性を調査し、結果を以下の特性表にまとめた。

表 1 一般的な樹脂の特性表

樹脂	強度	剛性	伸度	比重	特徴	備考	
熱可塑	PP	△	△	△	◎	軽量	
	PE	×	△	△	◎	軽量	射出成形に対応
	PA	◎	○	×	△	高強度	
	EP	○	○	△	△	高靱性	成形前:液体
熱硬化	UP	○	◎	×	△	高弾性率	VEより作業性○
	VE	○	◎	×	△	高弾性率	UPより靱性○
	EP	○	◎	×	△	高弾性率	低圧で成形可能
	PU	○	×	◎	△	高伸度	

⇒ SMC 用途

表 1 に一般的な熱可塑性樹脂および熱硬化性樹脂の特性をまとめた。

SMC 用途としては UP、VE が有力。高タフネスまたは高剛性な繊維を高剛性な樹脂で複合強化することで、靱性と剛性を兼ね備えた新規複合材料が期待できると考える。

・添加剤による改質調査

SMC・BMC 用の添加剤として以下がある。

低収縮化剤：ポリエチレン、エラストマー、酢酸ビニルなど

増粘剤：酸化マグネシウム、水酸化マグネシウム、イソシアネートなど

禁止剤：PBO などのヒドロキノン誘導体

軟化剤：MBS 系ポリマーなど

低収縮化剤は自動車外板のような平面平滑性が必要とされる部品に必要不可欠である。増粘剤および禁止剤は粘度と増粘時間を制御可能である。軟化剤の添加によって樹脂に靱性を付与することが可能。

#### ②複合化基盤技術開発における糸／織構造／不織布の開発のための調査

・糸種の選定調査

表 2 に一般的な繊維の特性をまとめる。

表 2 一般的な繊維の特性表

繊維	応力	弾性率	伸度	比重	樹脂との相性
	MPa	GPa	%	-	
CF	4900	230	2	1.8	△
GF	3430	73	4	2.6	○
PL	731	19	40	1.4	×
PA	649	5	45	1.1	×

- ・織構造/不織布の選定

平織、綾織、朱子織、NCF(non crimp fabric)の構造は図1の通り。

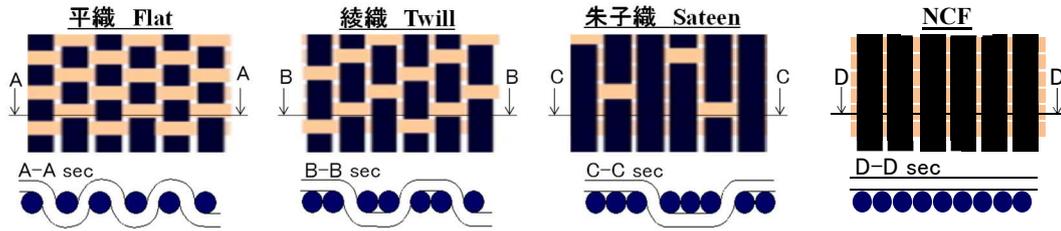


図1 織構造の種類と断面の模式図

- ・繊維の加工方法

繊維には撚糸・無撚糸があり撚糸ではS巻きとZ巻きがあり、1mあたりの撚り回数により弱撚・強撚を制御している。また、その混織パターンは数多く存在し、混織については糸メーカーのノウハウとなっている。

### ③ 複合化基盤技術開発における樹脂×糸インターフェース工法開発のための調査

- ・表面分析手法調査

XPS：原理：X線照射による光電子を検出。表面の官能基の同定および定量分析が可能。IRやラマン分光では数 $\mu\text{m}$ オーダーまで検出してしまうのに対し、XPSは数nmオーダーの極表面の分析に適する。表面処理の有無による樹脂との密着性などを定量的に分析する手法として適している。

- ・表面処理方法調査

サイジング処理：糸を紡糸または糸で織物を製造する場合、強度保持と毛羽立ち防止を目的とするが、CFやGFでは樹脂との密着性を向上させる目的でも使用されている。

シランカップリング処理：

アクリル系： $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCOCHCH}_2$ 等、アミノ系： $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NHC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ があり、異種材の密着を可能とする。

- ・密着性調査

密着性について、濡れ性(接触角)、マイクロドロップレット法、フラグメンテーション法、プルアウト法について調査した。

表3 界面特性の評価方法一覧

Method	Image	Difficulty	Quantitative
Wettability		Easy	△
Micro-droplet		Normal	○
Fragmentation		Hard	○
Pull-out		Hard	○

現在、炭素繊維と樹脂の密着性の定量化としてマイクロドロップレット法が主流となっていることがわかった。

## 2) 複合材加工技術開発

### ①ランダム短繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発のための調査

- ・複合化処方への調査

表4 一般的なBMCとSMCの材料処方(wt%)

	BMC	SMC
不飽和ポリエステル	10～20	10～20
スチレン	10～15	10～15
充填剤	40～50	35～45
ガラス繊維	10～20	20～40

タンパク質繊維を用いた複合材の材料処方としての参考とする。

### ②連続繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発のための調査

- ・連続繊維の複合化

圧縮成形機にて既製のFibテキスタイルと既製のSMC材を一体成形することができた。

SMC材のみとの衝撃吸収性の違いを落錘衝撃試験で確認した。

## 2-3 新たな課題など

なし。

## 3. アウトリーチ活動報告

なし。