

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：超高機能構造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 2 8 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

構造タンパク質繊維を用いた複合材の自動車部品への適用として自動車用ドアをターゲットとしており、内浜化成はアウターパネルを担当している。具体的な研究開発計画の目標と納期は図1の通りである。

要素技術	目標	スケジュール				
		H27下期	H28上期	H28下期	H29上期	H29下期
1.複合化基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼板と同等剛性</li> <li>・質量50%減</li> <li>・衝撃吸収値50%向上</li> <li>・従来同等外観(塗装後)</li> </ul>					
①マトリクス樹脂選定		←→	←→		←→	
②糸/織構造/不織布		←→	←→		←→	
③樹脂×糸インターフェース		←→	←→		←→	
2.複合材加工技術開発						
①ランダム短繊維×熱硬化性樹脂		←→	←→		←→	
②連続繊維×熱硬化性樹脂		←→	←→		←→	
③熱可塑性樹脂との複合化		←→	←→		←→	
④成形、二次加工、接合、塗装		←→	←→		←→	
3.設計・評価技術						
①部品開発目標値の設定	←→	←→		←→		

図1 研究開発計画の目標とスケジュール

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況と成果

#### 1. ①複合化基盤技術開発におけるマトリクス樹脂選定

熱硬化性樹脂の中から、SMC成形に適した不飽和ポリエステル(UP)とビニルエステル(VE)を選定した。表1にマトリクス樹脂の一覧表を示す。

表1 マトリクス樹脂一覧

	ベース樹脂	強度	弾性率	伸度	比重
		[MPa]	[GPa]	[%]	[g/m <sup>3</sup> ]
熱可塑	ポリプロピレン(PP)	41-55	1.1-1.6	200-700	0.90-0.91
	ポリエチレン(PE)	7	0.4-1.0	15-100	0.95-0.97
	ポリアミド(PA)	65-127	2.6	60-300	1.12-1.14
	ポリウレタン(TPU)	8-40	-	300-800	1.08-1.21
	エポキシ(TEP)	59	-	95	1.18
熱硬化	不飽和ポリエステル(UP)	59-159	2.1-4.4	2.0	1.04-1.46
	ビニルエステル(VE)	77	3.3	4.7	1.0-1.2
	エポキシ(EP)	58-118	2.4	3-10	1.11-1.4
	ポリウレタン(PU)	5-62	0.1-0.7	100-10000	1.03-1.5

#### ・熱可塑性樹脂の選定

熱可塑性樹脂の中から、低温で成形可能かつ伸度の高いポリウレタン(TPU)を選定した。

#### ・樹脂の混合

UPとVEを混合し、充填剤、硬化剤などを添加したパテを加熱硬化させた試験片の成形収縮率および引張試験を実施した。収縮率、引張強度ともVEのみが最も優れており、混合の必要は無いと判断した。

- ・添加剤による改質

上記の VE に添加剤を混合したものを作製し、引張試験を実施した。添加剤によってタフネスが向上することを確認した。

### 1. ②複合化基盤技術開発における糸／織構造／不織布の開発

- ・糸種の選定

特性表を作成し、その中から炭素繊維 (CF)、ガラス繊維 (GF)、シルク (SF)、クモ糸 (QF) を選定した。

- ・織構造/不織布の選定

織・編構造の違いを調査し、平織、綾織、朱子織、NCF (non-crimp fabric) の4種類に絞り、SF を用いて製織したテキスタイルの詳細を表2に示す。また、各テキスタイルから構成している糸を抜き取り引張荷重を測定した。その結果を図3に示す。NCF が最も高い引張荷重を示した。NCF が製織によるダメージが少ないことが理由と考えられる。

表2 テキスタイル一覧

テキスタイル	糸使い		目付 g/m <sup>2</sup>	織密度		モジュール数		
	タテ糸束	ヨコ糸束		タテ糸	ヨコ糸	タテ糸	ヨコ糸	計
			本/inch		本/inch			
平織	27中3本	31中2本	60	134	85	3618	1700	5318
綾織	27中3本	21中4本	60	132	98	3564	2744	6308
朱子織	21中1本	21中4本	60	128	112	896	3136	4032
NCF	21中15本	21中15本	80	37	37	3885	3885	7770

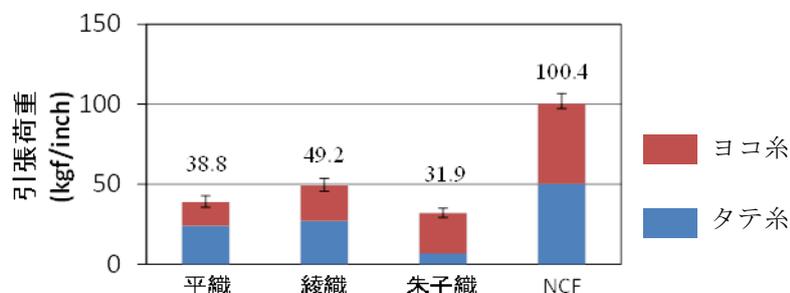


図1 テキスタイル構成糸の引張荷重

- ・糸種の混合

CF と SF を混合し不飽和ポリエステル樹脂で含浸させた BMC を作製し、曲げ試験を実施した。その結果を図4に示す。混合することでCF と SF の中間的なタフネスの発現を確認した。

- ・加工状態

QF の単糸と双糸でタフネスの違いを引張試験で検証した。双糸がより高いタフネスを有することがわかった。

1. 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の開発

・表面処理

表面処理（サイジング処理）を実施した。QF に対しシランカップリング剤、サイジング剤（オレフィン系、アクリル系、ウレタン系、ポリエステル系、エポキシポリエステル系）による表面処理を実施し、不飽和ポリエステル樹脂との濡れ性を比較した。

・密着性の確認

マイクロドロップレット法では表面処理無しで全てが引張強度>繊維強度となったため、定量化は困難と判断。表面処理（サイジング処理）を施した QF の樹脂との濡れ性（接触角）を確認した結果、表面処理の種類によって濡れ性が異なることがわかった。

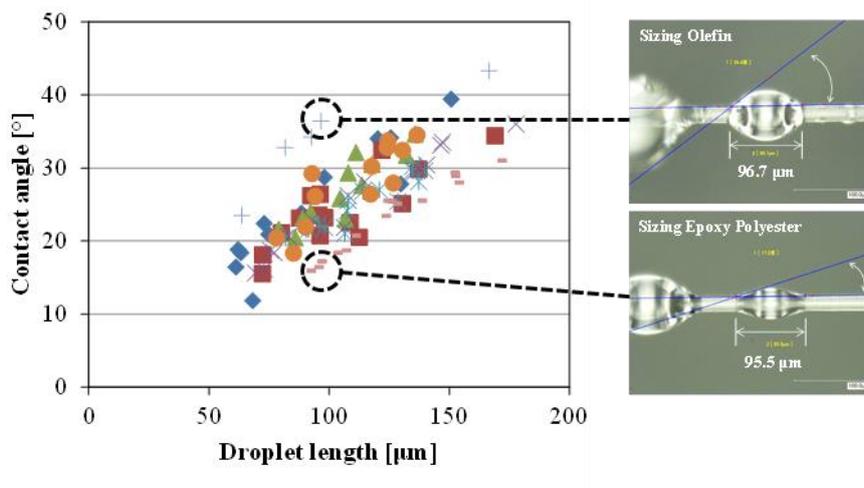


図2 表面処理の違いによる樹脂玉の大きさと接触角の関係

2. 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

・複合化処方

1. ①で選定した VE とクモ糸を SMC 化し、熱プレスによって試験片を成形した。その写真を図 3 に示す。従来材と同様に成形可能であり、繊維の分散性も同等と判断できる。



図3 QF-SMC の試験片写真

2. ②連続繊維×熱硬化性樹脂による複合材加工技術開発

・連続繊維の複合化

圧縮成形機にて既製の G-SMC と 1. ②で選定した 4 種類のテキスタイルを一体成形し、落錘衝撃試験で複合材の破断エネルギーを算出した。その結果、複合材の破断エネルギーとテキスタイル構成糸の強度には正の相関があることがわかる。

## 2. -③熱可塑性樹脂による複合材加工技術開発

### ・熱可塑性樹脂との複合化

SF および QF からなる織物を熱可塑性ウレタン（TPU）で複合化し、引張試験と落錘衝撃試験を実施した。TPU との複合化手法を検討した結果、QF のタフネスを活かした複合材を得ることができた。

## 2. -④複合材の成形、二次加工、接合、塗装技術開発

### ・二次加工

SMC の表面に構造タンパク質テキスタイルをインサート成形した平板に対し、レーザーおよびドリルによる穴あけ加工を実施した。それぞれの加工後の写真を図 12 に示す。レーザーによる構造タンパク質繊維の焦げが発生。ドリルによる穴あけ加工は可能である。

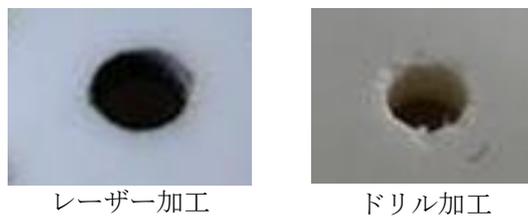


図 4 穴あけ加工後の写真

### ・接合

市販のエポキシ系接着剤にてタブ付引張試験片を作製し、引張試験を実施した。引張試験後の試験片の写真を図 5 に示す。タブ部で剥離することなく、正常に引張試験をすることができ、接着強度 > 複合材引張強度となった。

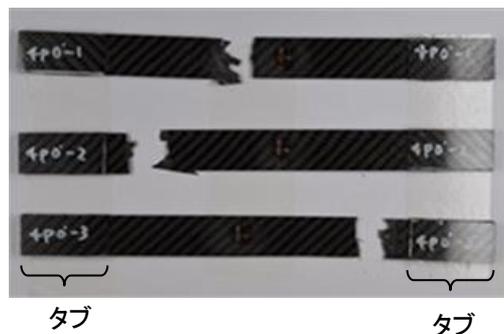


図 5 引張試験後の写真

### ・塗装技術

H29 年 3 月末までに、構造タンパク質を含む複合材の表面にインモールドコートを想定した塗装検証を行い、表面品質の実力値を把握する。

H29 年度に導入するインモールドコート用の設備仕様を検討した。

事前検証として熱可塑性樹脂成形品（PC/PET）の表面を型内塗装し、その表面をウェーブスキャンで測定した。

### 2-3 新たな課題など

なし。

### 3. アウトリーチ活動報告

なし。