

平成20年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「自動車向け近赤外線照射対応アラミド等基布製造技術及び

熱可塑性樹脂積層体製造技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成21年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 株式会社繊維リソースいしかわ

目 次

第1章 研究開発の概要

- 1－1 研究開発の背景・研究目的及び目標
- 1－2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）
- 1－3 成果概要
- 1－4 本プロジェクト連絡窓口

第2章 熱可塑性樹脂と親和性のあるパラ系アラミド繊維の表面処理加工技術の開発

第3章 熱可塑性樹脂を含浸し易い織物基布の開発

第4章 パラ系アラミド長繊維織物等への熱可塑性樹脂含浸加工技術の開発

第5章 商品形態に応じた熱可塑性樹脂含浸パラ系アラミド長繊維織物等の積層板加工品（スタンパブルシート等）の加工技術の開発（近赤外線照射等の技術の活用）

第6章 含浸し易い熱可塑性樹脂材の開発

第7章 パラ系アラミド長繊維等スタンパブルシート等の加熱加圧による自動車用成型部材の加工技術の開発（近赤外線照射等の技術の活用）

第8章 繊維強化熱可塑性樹脂部材の耐衝撃性を評価

第9章 衝突等による炭素繊維強化樹脂部材等の飛散防止及び耐衝撃性を狙ったパラ系アラミド長繊維強化熱可塑性樹脂による保護加工技術の確立

第10章 全体総括

- 10－1 成果の総括
- 10－2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況
- 10－3 今後の事業化に向けた取組み

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(研究背景)

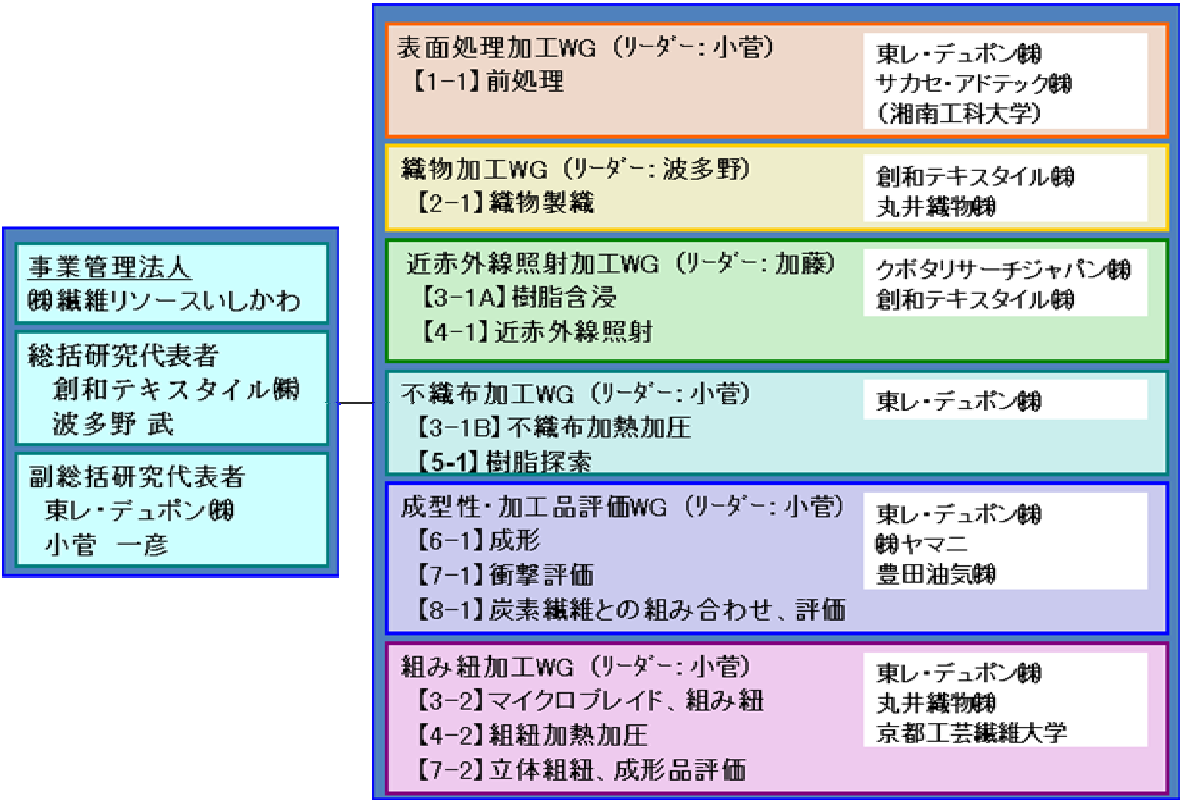
地球温暖化対策に効果的な自動車の軽量化による自動車走行時のCO₂削減については、現在、鋼板から高張力鋼板、樹脂化が進められ、更に軽量化を図るために炭素繊維強化樹脂製品が一部採用されているが充分普及していないという状況であり、耐衝撃性や高速成形加工を満たす製品が求められている。

(研究目的及び目標)

本プロジェクトでは、上記課題を解決するために、(a) 耐衝撃性の向上に関してはパラ系アラミド等連続繊維を適用し、(b) 高速成形加工性に関しては熱可塑性樹脂を適用することとし、パラ系アラミド連続繊維織物等布帛強化熱可塑性樹脂体（以下、AF RTP と記す）の成形加工品の実現を目指し、①「パラ系アラミド連続繊維織物等布帛に対する粘度の高い熱可塑性樹脂を連続的に含浸加工させたスタンパブルシートの近赤外線照射等を活用した加工方法の開発」、②「AF RTP を3次元にプレス成形させる技術の開発」、③「AF RTP 成形品の実車評価」を目標とした。

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

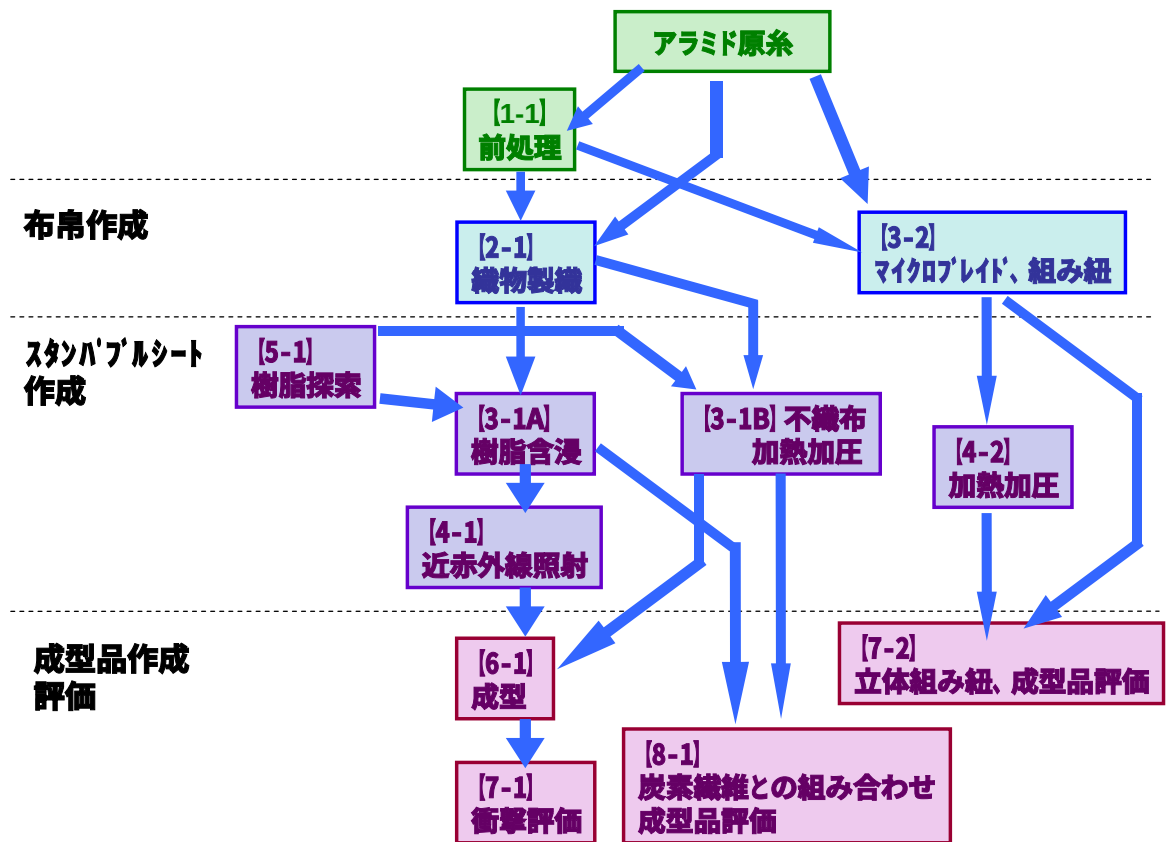
A) 研究組織・管理体制



(事業管理人)

繊維リソースいしかわ株式会社

(経理担当者)	参事	下倉正光
(業務管理者)	専務取締役	本庄直樹



B) 研究者氏名

会社・大学名	研究担当	研究者	所属・役職
創和テキスタイル株式会社	【2-1】【3-1A】【4-1】 織物加工WG 近赤外線照射加工WG	竹澤 健一	テク・テキスタイル事業部門 部門長
		波多野 武	テク・テキスタイル事業部門 主幹
		大野 和浩	テク・テキスタイル部 次長
		坂野 猛	テク・テキスタイル部 係長
丸井織物株式会社	【2-1】 織物加工WG、組み紐加工WG	永井 章裕	産業資材開発室室長
		飯川 浩平	産業資材開発室
		忍久保 正治	産業資材開発室
株式会社ヤマニ	【6-1】 成形性・加工品評価 WG	武者 廣平	事業支援本部 調査役
豊田油気株式会社	【6-1】 成形性・加工品評価WG	神野 一成	本社営業部 部長
		藤嶋 崇	本社営業部 副部長
		伊勢 佳尚	本社営業部
クボタリサーチジャパン株式会社	【3-1A】【4-1】【6-1】 近赤外線照射加工 WG 成形性・加工品評価 WG	加藤 駿	代表取締役社長
東レ・デュポン株式会社	【1-1】【3-1B】【3-2】【4-2】【5-1】 【6-1】【7-1】【7-2】【8-1】 表面処理 WG、不織布加工 WG、成形性・加工品評価 WG、組み紐加工 WG	小菅 一彦	新事業推進室 技術統括
		中林 伊織	新事業推進室
		山本 勉	新事業推進室 嘱託社員
		前田 周	新事業推進室
		梶井 捷平	新事業推進室
サカセ・アドテック株式会社	【1-1】 表面処理加工WG	堀 利行	ACM事業部・研究開発チームリーダー代
		伊藤 裕明	ACM事業部・研究開発チーム員
		酒井 良次	ACM事業部長
		渡邊 秋人	ACM 事業部研究チーム長
国立大学法人京都工芸繊維大学	【3-2】【4-2】【7-1】【7-2】【8-1】 組み紐加工 WG	濱田 泰似	大学院工芸科学研究科教授
		仲井 朝美	伝統みらい研究センター准教授
湘南工科大学 ※	【1-1】【7-1】【8-1】 表面処理加工 WG、成形性・加工品評価 WG	幾田 信生	工学部マテリアル工学科教授
		森井 亨	工学部マテリアル工学科准教授

※ 湘南工科大学は H18,19 年度のみ研究に参加。

C) アドバイザー

東レ株式会社自動車材料戦略室、東レ合繊クラスター、一村産業株式会社

1-3 成果概要

本プロジェクトでは、パラ系アラミド繊維原糸から実車への複合部材搭載・評価までの、1)布帛作製、2)スタンパブルシート作製、3)成型品作製評価からなる一連の工程について、6つのワーキンググループを形成し、各工程間で部材を垂直・水平的に供給し製造技術を研究し、次のような成果を得ることができた。

本研究により得られた研究成果物を基に、今後、事業化に向けた取組みとして、新加工法による試作品を製作し、展示会等への出展により、ユーザーの獲得を目指す。

- ① パラ系アラミド連続繊維織物等布帛に対する粘度の高い熱可塑性樹脂を連続的に含浸加工させたスタンパブルシートの近赤外線照射等を活用した加工方法を開発した。
 - A. 目止めパラ系アラミド扁平織物の適用により、樹脂含浸加工工程等の作業性の向上を図れた。
 - B. パラ系アラミド連続繊維織物等布帛に対して、熱可塑性繊維をマトリックス材とするスタンパブルシート材を開発した。
 - C. 各種熱可塑性樹脂含浸加工技術を研究し、加工工程の比較表を作成した。
 - D. AF RTP ナイロンマトリックス用繊維表面処理剤を開発した。
- ② 各種織物を用いた AF RTP に対してプレス成形時の加熱・冷却条件の適正化により、3次元にプレス成形する技術を開発した。



③ 「AF RTP 成形品の実車評価」

該成型品とアルミ合金の複合部材からなるエンジンアンダーカバーを試作し、トヨタ車体株式会社の協力のもとにダカールラリー車に実車搭載し、従来アルミ合金品との耐衝撃性の比較評価を行い、重量の低減に効果を発揮出来ることを確認できた。

しかしながら、アラミドコンポジットの変形による耐衝撃吸収が適用出来ない部位については従来アルミ合金の使用となり、金属コンポジットの複合化が必要であることを確認し、2009年ダカールラリー車に AF RTP 部品が採用され、問題なく完走した。

(市販車無改造部門 優勝, 総合14位/出走177台)



1-4 本プロジェクト連絡窓口

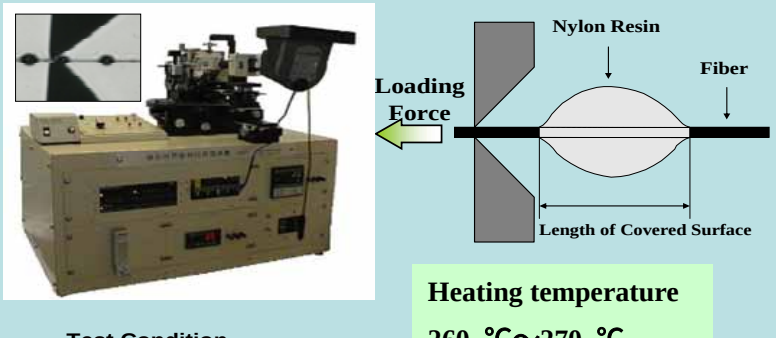
株式会社繊維リソースいしかわ 参事 下倉正光

Tel: 076-268-8115

Fax: 076-268-8455

E-mail: shimokura@ita.or.jp

第2章 熱可塑性樹脂と親和性のあるパラ系アラミド繊維の表面処理加工技術の開発

[1-1] 熱可塑性樹脂と親和性のある表面処理剤のケブラー®EG 品への表面処理加工条件を研究する。	
目標	マイクロ・ドロップレット法による熱可塑性樹脂の濡れ性・接着性評価にて未処理品比 24%以上の向上。
研究開発手段・手法など	表面易接着処理が困難であるパラ系アラミド繊維に関して、表面処理が比較的容易に行える特殊パラ系アラミド繊維ケブラー®EG を用いて、熱可塑性樹脂と親和性のある水系エマルジョン処理剤を連続的に付与し乾燥熱固定する。熱可塑性樹脂とアラミド繊維との親和性に関しては、マイクロ・ドロップレット法により、濡れ性・接着力評価を行った。 H18 年度にケブラー®EG 繊維にシランカップリング剤とフィルムフォームとの混合液にて表面処理して得られた改善成果を踏まえ、H19 年度には熱可塑性樹脂体であるナイロン樹脂との親和性が良い処理液の表面処理液を付与し、表面処理条件を確立する。これらの結果、未処理品比 18%以上の改善を目標とした。 主に強化繊維として用いられてきているガラス繊維では、シランカップリング剤とフィルムフォームと呼ばれるオリゴマーとの混合液が表面処理剤として用いられる。シランカップリング剤は樹脂と強い相互作用を示す有機官能基とガラス繊維と反応する無機官能基を持っており、フィルムフォームは一般的に繊維の収束剤や繊維の表面保護のために用いられる。本研究では、ガラス繊維の表面処理に用いられるシランカップリング剤としてアミノプロピルトリエトキシラン (APS) を使用し、ナイロンに相溶性のあるフィルムフォームとしてブタジエン-マレイン酸コポリマー (BMA) を使用した。 《マイクロ・ドロップレット法》 複合材料界面特性評価装置 (東栄産業(株)製 HM410 型) を使用して、繊維／樹脂間の界面強度を評価する。繊維上に樹脂をビーズ上につけ、(下図拡大映像参照) 繊維を引っ張り、ビーズが動き始める荷重を求め、この荷重から繊維と樹脂間の界面せん断強度を算出する。 • Microdroplet Test  Test Condition •Speed : 0.03 mm/min •Length: ca. 70 -- 80 μm Heating temperature 260 °C ~ 270 °C
実施体制	表面処理加工 WG 担当 プロセス: サカセ・アドテック株式会社 処理剤・評価等: 東レ・デュポン株式会社、湘南工科大学

研究結果 (1) 熱可塑性樹脂体であるナイロン樹脂との親和性が良い表面処理液を付与し、接着性が 26% 向上し、目標の 24% を達成した。

試料名	樹脂	n 数	界面剪断強度 (MPa)	標準偏差	改善率 (%)
標準試料 K29	NYLON66	10	24.78	2.60	—
BMA 処理	NYLON66	10	28.68	2.66	15.74
BMA+PC 処理	NYLON66	10	31.42	3.03	26.78

BMA：ブタジエン・無水マレイン酸共重合物 PC：プライマリーコート

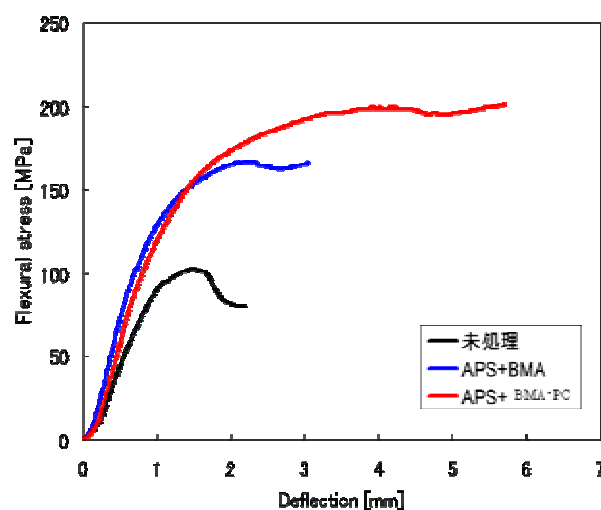


図1 荷重-たわみ線図

(2) 界面剪断強度改善率 H19 年度達成済みの表面処理系織物と未処理系織物とを積層させて、剛性と耐衝撃吸収性の最適組み合わせ研究をするために、[6-1 成形]，[7-1 衝撃評価] に供した。

- ・ ケブラー®EG 繊維にシランカップリング剤とフィルムフォーマとの 混合液にて表面処理した繊維、
- ・ 熱可塑性樹脂体であるナイロン樹脂との親和性が良い処理液の表面処理液を付与した繊維。

(3) 表面処理液による開繊織物の品位向上の研究を行うために、[2-1 織物製織] に供した。

第3章 熱可塑性樹脂を含浸し易い織物基布の開発

[2-1] 熱可塑性樹脂を含浸し易いパラ系アラミド等長繊維薄地織物・UDの製織加工技術を研究する。

目標	低目付け織物・UDの均一加工処理と製織性向上。 扁平織物： 65rpm → 80rpm 高密度織物： 高速化 400rpm
----	--

研究開発 手段・手 法など	現行 1m 幅の扁平織物織機で、熱可塑性樹脂を含浸し易い織物設計の検討を行い、より安価に加工できるように高速化加工条件も研究をした。また、耐衝撃性により効果を期待できる高密度織物について、熱可塑性樹脂を含浸し易い織物設計の検討を行った。 H18 年度には、扁平織物（低密度織物）については、レピア織機（現行速度（65rpm））にて、高密度織物においてはエアージェット織機にて、製織した。このことを踏まえ、レピア織機に対しては更なる高速加工条件の確立に向け、織機改造、他素材との複合織物も研究し、熱可塑性樹脂含浸した複合織物による耐衝撃性等の性能の向上についても研究した。 また、H20 年度では、テンション装置による製織性・織物品位向上の研究、他素材とのハイブリッド織物の研究をした。
実施体制	織物加工 WG 担当 扁平織物：創和テキスタイル株式会社 高密度織物：丸井織物株式会社
研究結果	1. 扁平織物（低密度織物） 創和テキスタイル (1). H18 年度の研究結果 レピア織機にて、ケブラー®の製織試験を実施し、現行速度（65rpm）にて安定した製織状態、良好な織物品位を得た。試織品は [3-1A] 樹脂含浸加工試験及び [3-1B] 不織布法による加工試験に供した。 《試作製織条件》 織物設計：樹脂含浸性の向上のため、たてよこ糸の拘束のすくない低密度織物による扁平織物を設計した。 品番：KV3535（たて糸、ヨコ糸：ケブラー®3300Dtex, 密度 3.5x3.5 本/cm） 織組織：平 KV4545（たて糸、ヨコ糸：ケブラー®3300Dtex, 密度 4.5x4.5 本/cm） 織組織：平 試作織機タイプ：レピア 織機回転数（織布速度）：65rpm 《試作時の問題と対策》 ①よこ糸：よこ糸が太い（ケブラー®3300Dtex）ので、レピア方式によって確実によこ糸挿入をした。耳糸カラミ装置によりよこ糸を耳糸としっかりと絡ませる方式とした。 ②織機に直結した弊社独自の扁平機構により、たて糸よこ糸の扁平度を上げて目明きを減らし、織物を紙管に巻き上げた。 ③ケブラー®織物は切りにくいので、織機からの織物の切り下ろし、サンプルカットなどが困難である。アラミド繊維カット用はさみ4種を比較した。いずれも切れるが、中でも国産のアラミド用はさみ（アルス 524H、526H）は良く切れる。大きさや重さが異なり、用途によって使い分けることも考えられる。 (2). H19 年度の研究結果 A. 織機改造一式の内、たて糸テンション装置の設置を完了し経糸張力の均一性向上を確認した。これにより、樹脂加工時の糸歪みを抑制し、成型品の品質向上につながり、さらに製織効率が向上する。 B. 後加工性向上のために目止め織物を試作評価した結果、顕著な作業性改善効果が確認された。 C. 試作織物を [3-1A] [3-1B] に供した。

D. 緯糸挿入装置を設置し、炭素繊維等とのハイブリッド化研究を開始した。

(3). H20 年度の研究結果

A. 密度変更

3次元成形の加工性評価のために、たて糸テンション装置による製織性・織物品位向上の研究を行い、目標とする織機回転数 80rpm を達成し、以下の通り密度変更ケブラー®製織物を試作し、[6-1 成形] に供した。



品番	KV3535E	KV2828E	KV2525E
糸使い	KV29／3300Dtex	KV29／3300Dtex	KV29／3300Dtex
密度	3.5x3.5 (本/cm)	2.8x2.8 (本/cm)	2.5x2.5 (本/cm)
組織	平織	平織	平織

B. 設置した緯糸交換装置を用いて炭素繊維とのハイブリッド扁平織物を試作し、[6-1 成形性・加工品評価WG] に供した。



品番	KC3535EP	KC3535ET	KC2828EP	KC2828ET	KC2525ET
KEVLAR品番	K29/3300Dtex	K29/3300Dtex	K29/3300Dtex	K29/3300Dtex	K29/3300Dtex
炭素繊維品番	T300-6K	T300-6K	T300-6K	T300-6K	T300-6K
密度	3.5x3.5	3.5x3.5	2.8x2.8	2.8x2.8	2.5x2.5
組織	平織	2/2 Twill	平織	2/2 Twill	平織

C. 3次元成形の加工性評価のためにケブラー®繊維／熱可塑性繊維混織糸織物6水準を試作し、[6-1 成形] に供した。

2. 高密度織物 (丸井織物)

低密度織物と比較しての高密度織物の樹脂含浸性、コンポジット特性を見極めるべく、低密度織物と織度違い・同目付の高密度織物の試作を、目標の 400rpm でエアー・ジェット織機にて行ない、安定した製織状態で良好な織物品位を得て、目標を達成した。

	《試作製織条件》 品番：K2727（タ糸、ヨコ糸：ケブラー®1100Dtex,密度 10.6x10.6 本/cm） 織組織：平、絶乾目付 (g/m²) = 229 試作織機タイプ：エアジェットルーム 織機回転数(織布速度)：400rpm 《試作時の問題と対策》 ①ヨコ糸 ケブラー®1100Dtex フィラメント糸を製織するに当たり、ヨコ糸がスムースに乗ったヨコ入れが困難。対応として、特殊オサ使用、ノズルの工夫により空気流を安定化した。 ②ヨコ糸 ケブラー®1100Dtex フィラメント糸を確実に切断するために、特殊カッターを工夫した。また、切断時のヨコ糸がしっかりと絡むよう、絡み方式も工夫して最適化した。 ③タ糸毛羽、それに起因するヨコ入れ障害を軽減するために最適なサブノズル条件を工夫した。
--	--



KV2727

第4章 パラ系アラミド長繊維織物等への熱可塑性樹脂含浸加工技術の開発

[3-1A] パラ系アラミド等長繊維織物・UD等への熱可塑性樹脂の含浸加工技術を研究する。(織物・UDへのエマルジョン樹脂による含浸加工技術)	
目標	織物・UDへのエマルジョン・スラリー樹脂液による含浸加工速度のアップ
研究開発手段・手法など	加工コストを低減させるために加工速度のアップを図り、織物に含浸し易いエマルジョンタイプの熱可塑性樹脂組成・条件の研究をするとともに、含浸加工装置の設計検討を行い、設備の製作を行った。 H18年度に、十分な樹脂含浸性が得られなかった扁平織物を用いた既存設備（創和テキスタイル保有）での樹脂（アイオマー）含浸テストの結果を踏まえ、乾燥装置とマングルコッタ装置（ロー間隔備調整）を追加した樹脂含浸機械の不具合部をさらに改造（改善）し、樹脂含浸性UPの研究を行った。スラリー液による加工試験、および他の樹脂含浸加工技術との比較研究をした。
実施体制	近赤外線照射加工 WG 担当 樹脂含浸：創和テキスタイル株式会社 含浸樹脂液開発：クボタリサーチジャパン株式会社
研究結果	〔2-1〕扁平織物を用いて既存設備（創和テキスタイル保有）での樹脂（アイオマー）含浸テストを実施したが、十分な樹脂含浸性が得られなかったため、設備改造を実施した。樹脂含浸シートを〔4-1〕成型性評価、および〔6-1〕成型試験に供した。 1. H18年度の研究結果 （1）創和テキスタイルの既存の樹脂含浸設備で樹脂含浸予備試験を行った。 《検討条件》 原反：KV3535 織物幅：100cm（〔2-1〕で試作） 樹脂：三井化学製アイオマー“ケミカル（27%液）”

濃縮スチレン液 0.79%混合液添加

(スチレン液は、[4-1] の近赤外線照射時に、スチレン材部に近赤外エネルギーを集中させる目的で添加)

マンゲルシム (絞りローラの間隙) : 0.0~0.7mm (水準ごとにコッタを入れて調整)

マンゲル絞り圧 : 1.0ton

ノンタクトドライヤー (遠赤ヒーター) : 設定 400°C

シリンダー : スチム圧 0.18Mpa (3 本)

加工速度 : 0.7m/min

a) 樹脂加工は、樹脂含浸を 2 回繰り返す方法で行った。1 回目通しは、マンゲルシム 0.0mm とし、ローラ圧 1.0ton で絞り、織物の内部への樹脂浸透を目的とした。得られたプリプレグの樹脂含浸量は、繊維重量対比約 9%であった。さらに樹脂を付着させる目的で、プリプレグをもう一度樹脂加工した。2 回目の通しは、マンゲルシム 0.1~0.7mm の間で 0.1mm 毎のシム変化をさせた。

b) 予備試験の結果次の知見を得た。

原反 KV3535 の場合、2 回目のマンゲルシム 0.3~0.5mm で、繊維重量対比 19~26%の樹脂付着量を得た。マンゲルシム 0.3mm 以下では樹脂付着量が少なく、0.5mm 以上ではシム間隔が広すぎて付着ムラとなった。また、0.5mm 以上では、付着ムラがあるものの 30%以上の樹脂付着量が得られるが、乾燥能力不足で連続乾燥が不可。

(2) この結果をもとに、樹脂含浸機の改造をおこなった。改造点は次のとおり。

① ノンタクトドライヤーを増設し、乾燥効率のアップ。

② マンゲルシムを 0.1mm 間隔で容易に変更できる装置への改造。

(3) 樹脂含浸装置の改造 (樹脂含浸加工機への乾燥機増設及びマンゲルコッタ装置の取り付け) 後、樹脂含浸試験を行った。

《検討条件》

原反 : KV3535 織物幅 : 100cm ([2-1] 試作品)

樹脂 : 三井化学製アイオノマー“ケミハール (27%液)”+濃縮スチレン液 0.1%混合液

マンゲルシム : 0.3mm

マンゲル絞り圧 : 1.0ton

ノンタクトドライヤー (遠赤ヒーター) : 設定 400°C度C設定

シリンダー : スチム圧 0.18Mpa (表面温度 125°C)、加工速度 : 1m/min

a) スチレン材量の予備検討も兼ね、濃縮スチレン液添加量 0.1%とした。

b) 前回同様樹脂含浸を 2 回繰り返す方法で試験を行った。2 回目の加工後のプリプレグの樹脂付着量は、マンゲルシム 0.3mm で 18%を得た。改造により、マンゲルシム変更は容易にできる。加工速度は 1m/min で 30%向上したが、乾燥余力はあるので、さらに高速化が可能である。

2. H19 年度の研究結果

(1) 乾燥強化 (ノンタクトドライヤー増設) したことにより、水溶性ポリマーによる樹脂含浸加工速度が 0.7m/分から 2.0m/分 (186%向上) し、量産レベルを達成した。

(2) 織り密度を上げることにより樹脂含浸率が低下することを検証した。

条件:

	原反;KV3535、 織物幅;100cm ([2-1] 試作品)、 樹脂;水溶性ポリマー (三井化学製アイオノマー)、 マンゲルシム;0.3mm、 絞り圧;1KN、 ノンタッチドライヤー (遠赤ヒーター) ;400℃設定、 シリンダー;スチーム圧 0.18Mpa (表面温度 125℃) (3)作業安全確保のために樹脂含浸装置の改造 (高所作業台設置等) を実施した。 (4)各種樹脂の適用に関し、ナイロン分散液 (スラリー) による樹脂含浸の研究を行った。スラリー液の ケーキ化対策を H20 年度の課題とした。 ＜ケーキ化原因推定＞ スラリーがクロスとインマーシヨンローラの間で絞られ水分のみがクロスを通り抜け、濃度アップし、ケーキ化 したと推測。 3. H20 年度の研究結果 (1) 各種樹脂の適用に関し、ナイロン分散液 (スラリー) による樹脂含浸時のスラリー液のケー キがインマーシヨンローラに付着し、均一な樹脂含浸ができないという問題点に対して、ス ラリーが織物とインマーシヨンローラの間で絞られ水分のみが織物を通り抜け、濃度アップ し、ケーキ化したと推測し、以下の通り改善研究を行った。しかしながら、スラリーのケーキ 化は改善されずスラリー樹脂含浸装置として垂直方式は適さないと判断した。 夜による加工試験、および他の樹脂含浸加工技術との比較研究を行った。 ポリマー;Abifor500 0-80 μm、スラリー有効濃度;37.5% 基布;ケブラー®織物 KV3535E [3-1B] (パラ系アラミド等長繊維織物・UD等への熱可塑性樹脂の含浸加工技術) に比較 研究結果を記載。
--	---

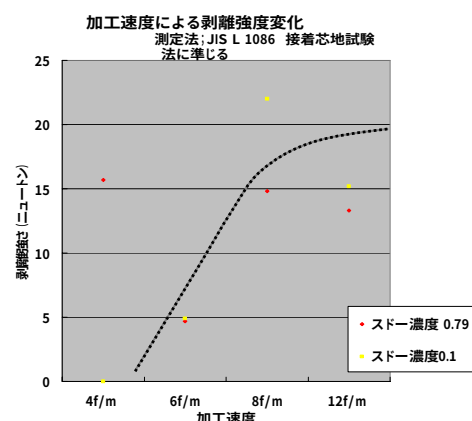
[3-1B] パラ系アラミド等長繊維織物・UD等への熱可塑性樹脂の含浸加工技術を研究する。(織物・UDへの熱可塑性繊維不織布による含浸技術)	
目標	織物・UDへの熱可塑性繊維不織布含浸加工速度アップ
研究開発 手段・手法 など	加工コストを低減させるために、スタンパブルシートの加工速度のアップを図った。 ・成形性向上を目的に熱可塑性樹脂の組成等、さらには含浸性向上、および貼り合わせ加工条件の研究を行い、最終成形体への成形加工性に優れたスタンパブルシートを開発研究をした。 ・熱可塑性繊維不織布を用いる以外に、H18 年度の予備試験により適用できる可能性の高い熱可塑性樹脂のメルトミネート方法や、その他方法についても研究を行った。 ・スタンパブルシートのタイプと賦形性・成型性との関係を研究した。

実施体制	不織布加工 WG 担当 プロセス：東レ・デュポン株式会社																																																					
研究結果	1. H18 年度研究結果 熱可塑性繊維であるナイロン12 不織布を [2-1] で得られたケブラー®扁平織物の間に挟んで熱風乾燥機等で加熱し、プレス機にて該ナイロン繊維を熔融させ圧着し、最大厚さ 8mm のスタンパブルシートを作成する事ができた。該試作品を [6-1] 成型試験へ供した。 2. H19 年度研究結果 (1)【1-1】表面処理系織物とナイロン不織布による樹脂含浸法で試作。該試作したシートを【7-1】衝撃評価に供した。 (2) 含浸加工速度を向上させるために、メルトラミネート方式によるスタンパブルシートの研究を実施した。試作スタンパブルシートを【6-1】成型に供した。 (3) スタンパブルシート生産方式の比較を行った。 3. H20 年度研究結果 スタンパブルシート加工法と賦形性・成形性との関係を【4-1 近赤外線照射、6-1 成形】と共に研究し、結果を以下に示す。マトリックス樹脂により各種加工方法を選択することが可能である。自動車用途への展開を図るにあたり、マトリックス樹脂をPP、ナイロン系とした場合、メルトラミネート法、不織布法、ならびに混織糸布帛法によるスタンパブルシート加工法が適するものと考えられる。 <table><tr><th>加工法</th><th colspan="2">含浸法</th><th>メルトラミネート法</th><th>不織布法</th><th>混織糸布帛</th></tr><tr><td>樹脂の種類</td><td>△(水分散)</td><td>△(スラリー)</td><td>○</td><td>△</td><td>△</td></tr><tr><td>加工速度</td><td>△</td><td>△</td><td>△～○</td><td>△</td><td>○</td></tr><tr><td>樹脂含浸性</td><td>◎</td><td>○</td><td>△</td><td>△～○</td><td>○～◎</td></tr><tr><td rowspan="4">賦形性 成形性</td><td>追従性※</td><td>△～○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○～◎</td></tr><tr><td></td><td>繊維が樹脂で拘束され、追従し難い傾向</td><td>樹脂加工時繊維が収束し、目開き発生</td><td>樹脂が繊維内部に含浸できていない</td><td>樹脂大量時、不織布の高が高く追従し難くなる</td><td>繊維の直線性が若干乱れる</td></tr><tr><td>樹脂</td><td>アイオマー</td><td>ナイロン系(スラリー)</td><td>PP</td><td>ナイロン12</td><td>PP</td></tr><tr><td>写真</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> ※追従性：成型型へのスタンパブルシートの追従性 ○織物の目ズレが均一、かつ折れシワがない					加工法	含浸法		メルトラミネート法	不織布法	混織糸布帛	樹脂の種類	△(水分散)	△(スラリー)	○	△	△	加工速度	△	△	△～○	△	○	樹脂含浸性	◎	○	△	△～○	○～◎	賦形性 成形性	追従性※	△～○	○	○	○	○～◎		繊維が樹脂で拘束され、追従し難い傾向	樹脂加工時繊維が収束し、目開き発生	樹脂が繊維内部に含浸できていない	樹脂大量時、不織布の高が高く追従し難くなる	繊維の直線性が若干乱れる	樹脂	アイオマー	ナイロン系(スラリー)	PP	ナイロン12	PP	写真					
加工法	含浸法		メルトラミネート法	不織布法	混織糸布帛																																																	
樹脂の種類	△(水分散)	△(スラリー)	○	△	△																																																	
加工速度	△	△	△～○	△	○																																																	
樹脂含浸性	◎	○	△	△～○	○～◎																																																	
賦形性 成形性	追従性※	△～○	○	○	○	○～◎																																																
		繊維が樹脂で拘束され、追従し難い傾向	樹脂加工時繊維が収束し、目開き発生	樹脂が繊維内部に含浸できていない	樹脂大量時、不織布の高が高く追従し難くなる	繊維の直線性が若干乱れる																																																
	樹脂	アイオマー	ナイロン系(スラリー)	PP	ナイロン12	PP																																																
	写真																																																					

[3-2] パラ系アラミド等長繊維組み紐への熱可塑性樹脂の含浸加工技術を研究する。	
目標	加工速度アップ
研究開発 手段・手 法など	加工コストを低減させるために加工速度のアップを図り、アラミド繊維と熱可塑性繊維との Micro Braided Yarn 法の条件研究を行った。 新たに平打ちブレイド設備を導入し、マイクロブレイド等のアラミド繊維による組み物を試作し、既存の織機設備で製布した織物と含浸性・並びに耐衝撃性について比較評価を行い、組み物による含浸加工技術の確立研究をした。また、組紐と二軸織物との物性を成型品で比較研究をした。
実施体制	組み紐 WG 担当 プロセス： 国立大学法人京都工芸繊維大学, 丸井織物株式会社, 東レ・デュポン株式会社
研究結果	1. H18 年度研究結果 ケブラー®繊維への熱可塑性繊維であるナイロン糸を緻密にカバリングする Micro Braided Yarn 法により織物等の布帛を試作し、[4-2] 繊維強化熱可塑性樹脂体に供した。  ケブラー®/ナイロン Micro Braided Yarn 2. H19 年度研究結果 (1) マイクロブレイドヤーンの代替技術として、ナイロン糸とアラミド糸との混織糸を研究し、ほぼ同等の成型品性能が得られる見通しを得た。 (2) 平打ちブレイド設備の仕様を決定して、丸井織物(株)に設置し製紐条件を研究した。 仕様：縦型ブレイド設備、キャリア数 ；64、 ボビンサイズ ；Φ42mmx110mm、125cm³  平打ちブレイダー  平打ちブレイド  ワインダー  3. H20 年度研究結果 マイクロブレイドヤーンの代替技術として、エアー加工によるナイロン糸とケブラー®との混織糸を研究し、ほぼ同等の成型品性能が得られ、ケブラー®FY/NY66 繊維 FY & ケブラー®FY/PP FY 繊維を [2-1 織物製織] WG に供し、スタンパブルシート用のプリプレグとしての可能性を研究した。上図のとおり3次元成形品に加工出来ることを確認した。

第5章 商品形態に応じた熱可塑性樹脂含浸パラ系アラミド長繊維織物等の積層板加工品
(スタンパブルシート等)の加工技術の開発 (近赤外線照射等の技術の活用)

[4-1] プリプレグシートの加熱加圧積層加工時の近赤外線照射等電磁波照射による効率的加工を研究する。	
目標	加熱時のパラ系アラミド繊維および熱可塑性樹脂の劣化を近赤外線照射による近赤外線照射の活用により最小限に抑えることができる。 ・加工速度のアップ ・加熱時の繊維および熱可塑性樹脂の物性維持
研究開発手段・手法など	加工コストを低減させるために加工速度のアップを図り、クボタリサーチが開発した近赤外線照射装置 P-Wave 加工技術を用いて、プリプレグシートの効率的加熱加圧装置の開発を研究した。 ・H18 年度に設置した近赤外線照射装置及び積層装置を活用し、速度 2m/min.温度含浸樹脂の軟化温度等の条件で樹脂含浸シートを試作し、加工コスト低減に貢献する最適な条件を探った。 また、熱可塑性樹脂シート等との貼り合わせによるスタンパブルシートの開発、および他の樹脂含浸加工技術との比較研究をした。
実施体制	近赤外線照射加工 WG 担当 プリプレグの仕様開発 ニップ加圧装置, 大型大出力近赤外線照射装置: クボタリサーチジャパン株式会社 プロセス: 創和テキスタイル株式会社
研究結果	1. H18 年度研究結果 近赤外線照射装置及び積層装置の仕様を研究し設置した。 メーカー支給のプリプレグ (強化繊維 KEVLAR®, マトリックス樹脂アイオノマー、PTIR コーティングつき) にて2層積層テスト完了。製作データ P-Wave 電圧 200V、リミネーター余熱 110°C、搬送速度 2.0 フィート/分。 2. H19 年度研究結果 (1) P-wave による接着性について、[3-1A] 樹脂含浸織物試作品を用いて研究した。その結果、接着性に最も影響のある要因は加工速度であり、適正条件を見いだした。他の要因としては、樹脂付着量、赤外線吸収剤含有比率、赤外線照射強度などがある。 (2) 積層装置の改造実施 (作業性改善) 効率的に作業を行うために積層装置の前後にテーブルを設置した。 (3) 近赤外線照射によるアラミドクロスへの樹脂フィルムの積層を研究した。





3. H20 年度研究結果

- (1) スドー剤入り樹脂含浸織物を近赤外線照射 (P-wave)による貼り合わせサンプルを試作して [6-1 成形] に供した。
- (2) 基布と熱可塑性樹脂シート等との近赤外線照射(P-wave)によるスタンパブルシートの貼り合わせの研究および、他の樹脂含浸加工技術との比較研究を [3-1B 不織布加熱加圧] と共に実施した。

基 布	熱可塑性樹脂シート	スドー剤	P-wave 電圧(V)	接着
アイオマー樹脂含浸KV織物	アイオマー樹脂含浸KV織物	あり	330	○
アイオマー樹脂含浸KV織物	フィルム (PP)	あり	330	○
アイオマー樹脂含浸KV織物	不織布 (タイベック)	あり	330	△～○
NYスラリー樹脂含浸KV織物	フィルム (PP)	無し	350	△
NYスラリー 樹脂含浸KV織物	不織布 (タイベック)	無し	350	△～○
KVカーボン交織織物	フィルム (PP)	無し	350	△～○
KVカーボン交織織物	不織布 (タイベック)	無し	350	△
KV織物	フィルム (PP)	無し	350	X
KV織物	不織布 (Tyvec)	無し	350	X
KV織物	KVPP混織糸織物	無し	350	X

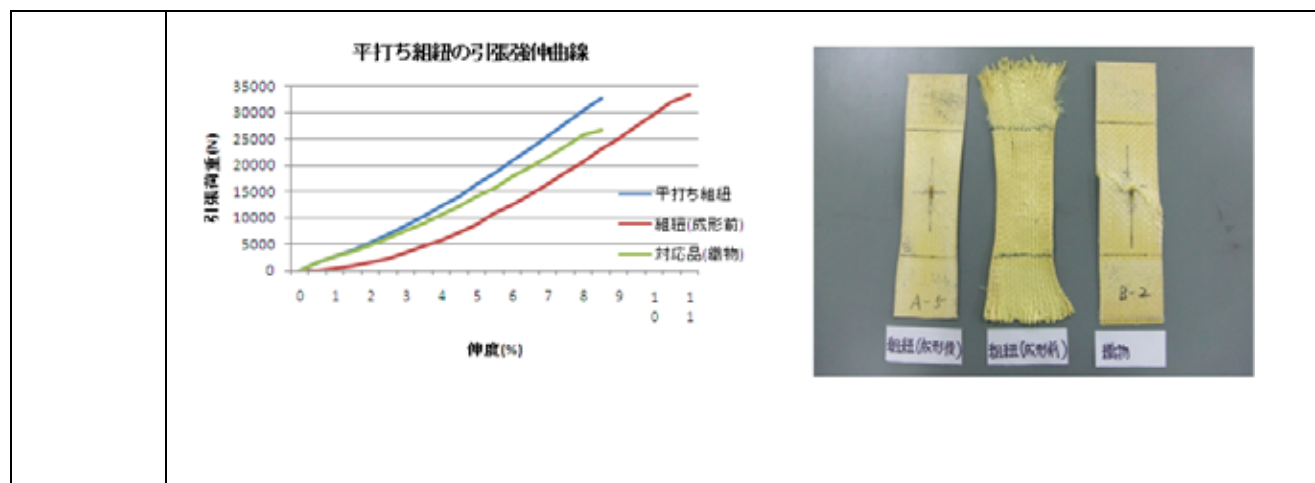
加工速度: 9ft/min △ : 部分接着、○: 完全接着、X: 接着せず

★ 成形テスト実施

<結果>

- ① スドー剤入りアイオノマーシート (対繊維樹脂量 20.4%) は、同シート同士、および不織布、フィルムなどの熱可塑性樹脂シートとよく接着する(330V)。しかし、P-Wave によるスドー剤入りアイオノマーシートの複数の貼り合せ品は、シート自体の剛性が高く巻き取りが困難であった。
 - ② ケブラー®／カーボン交織織物のカーボン部分と不織布、フィルムなどの熱可塑性樹脂シートとは接着したが、ケブラー®と熱可塑性樹脂シートとは接着しなかった。
 - ③ スドー剤無しのナイロン・スラリーシート (対繊維樹脂量 31.5%) 同士は、P-Wave の電圧を上げる事で接着するものの、樹脂の高温劣化の観点から、P-Wave とプリプレグの距離／P-Wave の出力／プリプレグの搬送速度等の詳細な加工条件のコントロールが必要である。
- 以上より、P-Wave を用いたスタンパブルシートの積層加工は、現状困難であると判断した。

[4-2] Micro Braided 法による繊維強化熱可塑性樹脂体の量産加工技術を研究する。					
目標	加工速度のアップ				
研究開発手段・手法など	Micro Braided Yarn 法により得られたパラ系アミド繊維と熱可塑性繊維のハイブリッド体から、繊維強化熱可塑性樹脂体にする量産加工技術の開発研究を行った。 ・加熱プレス成形による成型品を試作し、耐衝撃性および加工コストを樹脂含浸法による成型品と比較研究をした。 ・マイクロブレイド法による平織りと平打ち組紐との比較を研究をした。				
実施体制	組み紐加工 WG 担当 プロセス： 国立大学法人京都工芸繊維大学、丸井織物株式会社、東レ・デュポン株式会社				
研究結果	1. H18 年度研究結果 [3-2] で得られた Micro Braided Yarn 法によるナイロン系のケブラー®繊維への巻き付け糸を用いて布帛を作成し、加熱・加圧処理による含浸加工を実施した。 2. H19 年度研究結果 マイクロブレイトヤーンを織物にしてプレスしたスタンパブルシートからなるコンポジットを試作した。 3. H20 年度研究結果 平打ブレイド設備で試作した平打ち組紐とほぼ同等の目付を有する二軸織物を用いて、PP マトリックス樹脂にて成型品を試作し、引張試験を実施した。 (1)試作内容 成型品写真  成型条件 <table><tr><td style="vertical-align: top;"> 組紐製造: 丸井織物㈱ ケブラー系 3300Dtex 組み糸 65 鍾 中央糸 32 鍾 幅 50mm 目付 696g/m²(35g/幅・m) </td><td style="vertical-align: top;"> —組紐成型品— マトリックス樹脂:PP 成形温度: 170℃ 成形時間: 20分 プレス圧力: 40Kg/cm² VF: 56% </td><td style="vertical-align: top;"> —二軸織物— 織物製造: 創和テキスタイル㈱ ケブラー系 3300Dtex 密度 3.5×3.5本/in 目付 244g/m² 成形時3枚重ね 732g/m² 成型条件: 組紐と同一 VF: 55% </td></tr></table> (2)試作・試験結果 組紐 (Vf=70%) は、対応の織物 (Vf=55%) に比べ引張強力が高く、引張弾性率も高かった。組紐成型品は、Vf (繊維体積含有率) が高かったため強力・弾性率が高かったと推察される。		組紐製造: 丸井織物㈱ ケブラー系 3300Dtex 組み糸 65 鍾 中央糸 32 鍾 幅 50mm 目付 696g/m²(35g/幅・m)	—組紐成型品— マトリックス樹脂:PP 成形温度: 170℃ 成形時間: 20分 プレス圧力: 40Kg/cm² VF: 56%	—二軸織物— 織物製造: 創和テキスタイル㈱ ケブラー系 3300Dtex 密度 3.5×3.5本/in 目付 244g/m² 成形時3枚重ね 732g/m² 成型条件: 組紐と同一 VF: 55%
組紐製造: 丸井織物㈱ ケブラー系 3300Dtex 組み糸 65 鍾 中央糸 32 鍾 幅 50mm 目付 696g/m²(35g/幅・m)	—組紐成型品— マトリックス樹脂:PP 成形温度: 170℃ 成形時間: 20分 プレス圧力: 40Kg/cm² VF: 56%	—二軸織物— 織物製造: 創和テキスタイル㈱ ケブラー系 3300Dtex 密度 3.5×3.5本/in 目付 244g/m² 成形時3枚重ね 732g/m² 成型条件: 組紐と同一 VF: 55%			



第6章 含浸し易い熱可塑性樹脂材の開発

[5-1] ナイロン等自動車用部材に適用する熱可塑性樹脂材を探索・開発する。	
目標	自動車用部材に適用する熱可塑性樹脂材を探索・開発
研究開発手段・手法など	H18年度の試験結果も踏まえ、自動車用途に適する各種熱可塑性樹脂材料の種類・組成の研究について、含浸性、耐衝撃性を主とするコンポジット特性、および成形性の観点から研究した。 また、樹脂スラリー方式と樹脂含浸法との比較研究を行った。
実施体制	樹脂探索 WG、近赤外線照射 WG 担当 樹脂探索、開発：東レ・デュポン株式会社、創和テキスタイル株式会社、クボタリサーチジャパン株式会社
研究結果	1. H18 研究結果 外観・耐久性・耐摩耗性等の観点から、汎用熱可塑性樹脂 (PET, NY, ABS, PC 等) を選定し、含浸加工性を評価した。 2. H19 研究結果 (1) アイオマー (水溶性樹脂) 以外の樹脂を探索し、ナイロン微粉末を海外から入手し、使用可否検討を研究した。 (2) ナイロン樹脂分散液 (スラリー) は、水溶液樹脂含浸法に比べ柔軟性のあるスタンパブルシートが得られ、成形加工性の向上が見込めた。 3. H20 研究結果 樹脂スラリー方式と樹脂含浸法との比較研究を行った結果を以下に示す。 両者とも適用できる熱可塑性樹脂が限定されるため、スタンパブルシート用のマトリックス樹脂には適さないと判断した。

樹脂スラリー方式と樹脂含浸法との比較研究結果

水溶性樹脂とスラリー

樹脂液の種類	水溶性樹脂	スラリー
・樹脂液の形状	・水溶液	・微粉末を水に分散
使用したポリマーの種類	アイオノマー（オレフィン系）	ナイロン系ポリマー
長所	・クロスに樹脂が浸透しやすい ・ポリマーが沈殿しない	・ポリマーの選択範囲が広い ・スタンパブルシートが比較的しなやか ・適切な加工方式をとれば、樹脂付着量の高い加工ができる
短所	・樹脂の種類が少ない ・変性ポリマー（融点が低い） ・加工一回あたりの樹脂付着量が少ない ・スタンパブルシートがかたい	・粒子を細かくするほど粒子化コストが上がる ・スラリーが沈殿しやすい
備考	アイオノマー； 分子間を、金属のイオンで分子間結合したポリマー、今回使用した水溶性ポリマーがアイオノマー系であった。	

第7章 パラ系アラミド長繊維等スタンパブルシート等の加熱加圧による自動車用成型 部材の加工技術の開発（近赤外線照射等の技術の活用）

[6-1] 近赤外線照射等電磁波照射による効率的加熱方法と油圧成形加工方法を研究する。

目標	・加工速度のアップ ・加熱時の繊維及び熱可塑性樹脂の物性維持
研究開発手段・手法など	スタンパブルシートから3次元成型体に加工していくため、既に東レ・デュポン株式会社保有の近赤外線照射装置への付加装置を開発する等により、効率的・効果的な加熱方法を研究するとともに、積層体の成形時の油圧等設備の最適化を図るための加工補助装置の設計・開発を行った。 ・具体的には、H18年度予備実車テストにより耐衝撃性に問題ない知見を得たエンジンアンダーカバーを設計指針として、18年度に作製した金型を改良し、ダカールラリー向け実車テスト用成型体の近赤外線照射加熱によるスタンパブルシートの成形方法研究、成形試作を行った。なお、その際、二輪車向けをターゲットとした小サイズ品（対四輪車比）についても研究を行うこととした。 ・織り密度 [2-1]・樹脂含浸状態 [3-1A] 等と賦型性との相関を研究した。また、近赤外線照射装置と従来加熱源との比較研究を行った。
実施体制	成形性・加工品評価 WG 担当 近赤外装置：クボタリサーチジャパン株式会社 油圧設備： 豊田油気株式会社 プロセス： 株式会社ヤマニ、東レ・デュポン株式会社

研究結果

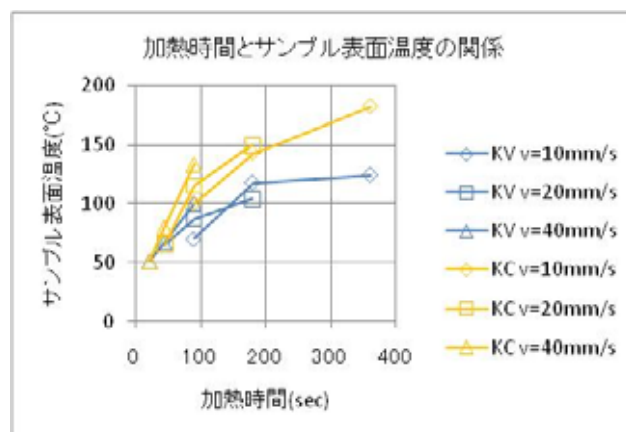
1. H18 年度研究結果

トヨタ車体のダカールラリー車に搭載するエンジンアンダーカバー用の、加圧成型用金型を製作し、[3-1B]にて得られた8mm厚みのケブラー®繊維強化ナイロン樹脂及び[3-1A]にて得られたアイオノマー樹脂によるスタンパブルシートを用いて、該金型によるエンジンアンダーカバー成型品を試作した。熱風乾燥機を用いて加熱し、適度な加熱温度条件・加圧条件を用いれば、3次元加工を出来ることを確認済み。該試作品を[7-1]耐衝撃性評価に供した。

また、実用性を考慮し、各種Rをもつ小型の金型を試作し、スタンパブルシートの加熱・加圧プレスによる成形品の試作を実施した。

2. H19 年度研究結果

- (1) [3-1A], [3-1B] のスタンパブルシートを用いて、オーブンにて加熱し、油圧プレスにてエンジンアンダーカバーを賦形し、[7-1] 衝撃評価に供した。
- (2) 三次元加工として、四輪車用アンダーカバーだけでなく、二輪車用部品の成形加工性を研究した。
- (3) スタンパブルシートの状態で繊維内部に樹脂含浸をさせると織物の自由度が少なくなるため、賦形性は悪くなる。本知見を[3-1A]での試作に反映させた。
- (4) 近赤外線照射装置を株式会社ヤマニの加工委託先である有限会社エーテックに設置した。該装置を用いて成形加工性の研究を行った。



コンボジットエンジンアンダーカバー (3種類)

ナイロン樹脂 (2種類)

アイオノマー樹脂

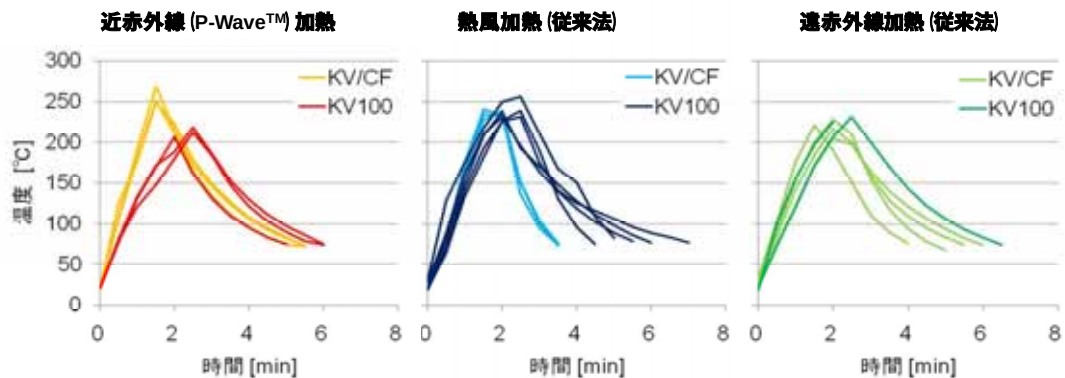
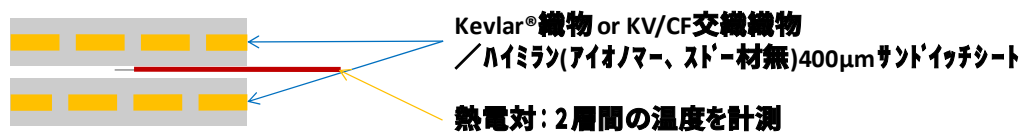


3. H20 年度研究結果

- (1) H20 年度に設置したプレス機を用いて、小型部品の成形加工性を研究した。[3-1B] (パラ系アラミド等長繊維織物・UD等への熱可塑性樹脂の含浸加工技術)に研究結果を示す。



- (2) スドー剤なしのスタンパブルシートを用いて、P-Wave と従来加熱源による材料の温度上昇・下降について比較研究した。



結果、

- ・スドー剤なしのスタンパブルシートの加熱源加熱源ごとで加熱時の材料温度上昇に大きな差はないことを確認した。
- ・ケブラー®100%織物対比、KV/CF 交織織物の温度上昇はいずれの加熱源でも早く、特に P-Wave 加熱では、その差が顕著になる。炭素繊維の高い熱伝導率が寄与しているものと考ええる。

(3) 織り密度・織組織等と賦形／成形性との相関の研究

A. ケブラー®100%織物

今回評価した織密度、織組織の範囲内では、賦形性・成形性に大きな差はないことがわかった。

B. ケブラー®／CF 交織織物

今回評価した織密度、織組織の範囲内では、賦形性・成形性に大きな差はないことがわかった。

織密度	平織	綾織	朱子織
3.5x3.5			
2.8x2.8			
2.5x2.5			

成形／成形性に大きな差異はない。

織密度	平織	綾織
3.5x3.5		
2.8x2.8		
2.5x2.5		

成形／成形性に大きな差異はない。

(4) トレー成形検討

大型部品成形に向け、トレー形状の成形検討を実施した。

小型部品の成形に比べ難易度高く、脱泡、冷却方法等条件の最適化が必要である。



小型部品に比べ成形難易度高く、技術確立が今後の課題



(5) 超音波カッターによる切断・穴あけ検討

H20 年度に導入した超音波カッターを用いたケブラー®熱可塑性樹脂コンポジットの切断・穴あけについて検討を実施した。

ケブラー®／N12-7ply (厚さ 2mm) 品まで切断可能、ケブラー®／N12-3ply (厚さ 1mm) 品まで穴あけ可能を確認した。

第8章 繊維強化熱可塑性樹脂部材の耐衝撃性を評価

[7-1] 耐衝撃性のある平板繊維強化樹脂体を評価し、仕様を決定する。	
目標	パラ系アラミド長繊維強化樹脂体の評価及び仕様の決定。
研究開発手段・手法など	H18 年度実車に搭載してテスト走行した際の結果と、H18 年度および今年度実施予定の重錘落下衝撃試験結果との相関を研究し、評価方法の最適化研究をした。 ・上記に基づく最適評価方法を用い、耐衝撃性に優れる繊維強化熱可塑性樹脂部材の仕様を研究した。 ・また、H18 年度実車テストにより耐衝撃性に問題ないことを確認することができたパラ系アラミド繊維強化ナイロン樹脂体及び上記により優位となった仕様については、トヨタ車体が参加するダカールラリーの実車に実装し、実際のコースの一部にて行われる実車テストにて、耐久性、耐衝撃性等の実用面での評価を進めた。なお、将来の事業化を視野に入れ、費用対効果の大きい本テストに研究経費を重点的に投資した。 ・トヨタ車体のモロッコ等での走行テストに向けて改良品を試作し、評価に供与した。また、各種熱可塑性コンポジット、熱硬化性コンポジットのデータと落錘衝撃データとの照合を行い、FEM 解析の精度を高めていく研究をした。
実施体制	成形性・加工品評価 WG 担当 仕様：東レ・デュポン株式会社 評価：国立大学法人京都工芸繊維大学
研究結果	1. H18 年度研究結果 トヨタ車体の協力を得て、[6-1] で試作したケブラー®繊維強化ナイロン樹脂及びアイオノマー樹脂複合材をダカールラリー車に実車搭載し、今回の試験のために試作した根岩モデルへの衝突実験を実施し現行アルミニウム品と同等の耐衝撃性が得られることをビデオ撮影による観察、試験体の変形度により確認した。既に落錘試験にて実施している耐衝撃性の効果が認められたが、実車試験と大幅に異なり、本衝突実験結果を基に、重錘落下衝撃試験機により実車試験を再現するモデル試験方法を有限要素法等による数値解析により検討した。その結果、該評価に必要な衝撃試験用重錘 [50kgf 重錘を (株) 丸東製作所より購入] を用意した。 ダカールラリー車実車テスト 第1回国内実車テスト:H18 年 12 月本栖湖ハイランド 第2回国内実車テスト:H19 年 2 月さなげアドベンチャーフィールド   岩盤モデル テスト風景

エンジンアンダーカバー成型品

衝撃評価テスト実施後

AL標準品



KEVLAR®繊維強化ナイロン樹脂体



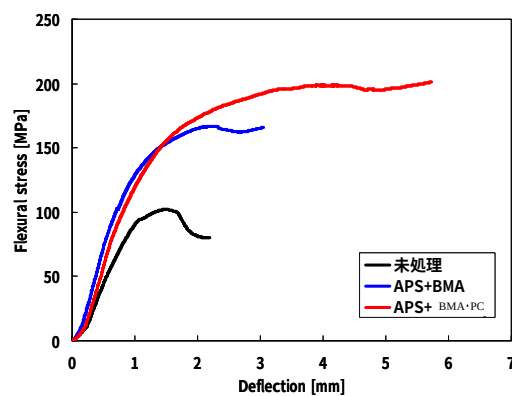
KEVLAR®繊維強化アイオノマー樹脂体



2. H19 年度研究結果

- (1) 重錘落下衝撃試験の結果等を基に、FEM解析モデルを作成した。
- (2) [1-1] 表面処理系織物を用いて、ナイロン樹脂で成形し、評価した。成形品の弾性率、強度ともに未処理のものより向上した。(下記グラフ参照)。

荷重-たわみ線図



また、落錘衝撃試験を実施し、以下の結果を得た。前記のとおり、マトリックス樹脂との接着性が向上する一方、耐衝撃性は低下する傾向にあることを確認した。未処理品は衝撃荷重を面で受けるのに対して、表面処理品は点で受けてしまうためと考えられる。

KEVLAR®表面処理系サンプルの衝撃試験結果

結果概要: KEVLAR®に表面処理を施すことで、衝撃時の貫通性能は低下。前回と同様、マトリックスとの接着性が向上しているためと考える。なお、今回の試験では、いずれのサンプルもストライカが貫通。CAI (Compression Strength after Impact) 衝撃後圧縮強度を実施予定。

		S-1	S-2	S-3	S-4
材料構成	補強材	K-29	7ply	-	4ply
		EG BMA/PC	-	7ply	3ply
		積層構成	-	-	交互積層
		表K-29/裏EG			
材料構成	マトリックス樹脂	PA12	PA12	PA12	PA12
	厚さ(mm)	1.70	1.65	1.67	1.72
	V _f (%)	48	50	49	48
衝撃試験結果	最大荷重(kN)	2.27	1.58	1.95	2.07
	最大荷重時の吸収エネルギー(J)	8.50	4.42	6.54	6.91
	最大荷重時のたわみ量(mm)	8.90	6.27	7.80	7.88
	試験片写真				
試験条件		試験機: INSTRON Dynatup 9250HV ストライカ: φ12.7mm 負荷エネルギー: 20J, 30J, 60Jを負荷 (各n=1; S-3のみ30J, 60J)			

(3) トヨタ車体ラリー車実車テスト

H18 年度試験結果を受け、[6-1] で試作した AF RTP 製エンジンアンダーカバーをトヨタ車体ダカールラリーチームのラリー車に装着して実車テストを実施し、特に問題ないことを確認した。

- ・第1回海外テスト: H19 年 6 月モロッコテスト
- ・第2回海外テスト: H19 年 10 月モロッコテスト
- ・第3回海外テスト: H20 年 2 月モロッコテスト

2007/06テスト

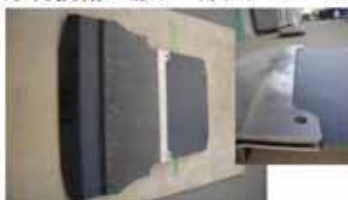


結果: 約1日(走行距離200~300km)で、地面(小石等)との接触によりコンポジットの摩耗損傷大



2007/10テスト

摩耗損傷の激しい部位については、アルミ合金板で被覆 or 置換



結果: アルミ合金板での被覆 or 置換の結果、摩耗損傷は低減し問題ないレベル。
根岩等との接触した場合のコンポジット変形量大、および接触後の強度不足が課題。

2008/02テスト

アルミ合金板／熱可塑性樹脂板との組み合わせの取り付け実車評価

置換部分の重量低減 20kg/m² → 10kg/m²

2500km走行で、使用可能とのこと。



3. H20 年度研究結果

(1) トヨタ車体ラリー車実車テスト

H19 年度までの結果を受け、実車テスト、さらには実レースにて車両搭載し問題ない結果を得た。

- ・第4回海外テスト:H20 年 4 月セントラルヨーロッパラリー (実レース)
- ・第5回海外テスト:H20 年 6 月モロッコトレーニング
- ・第6回海外テスト:H20 年 10 月 UAE ラリー (実レース)

	セントラルヨーロッパラリー	モロッコトレーニング	UAEラリー
期間	4/20~4/26	6/14~7/7	10/26~10/31
エンジンアンダーカバー	問題なし	問題なし	問題なし
シュノーケル	—	問題なし	問題なし
フロントフェンダー	—	問題なし	問題なし
備考	リタイア	—	リタイア



過酷な走行試験に耐えられ物であることを検証した。



Dakar Rally 2009

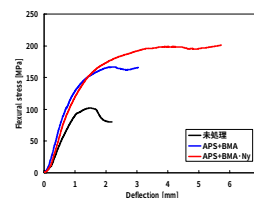
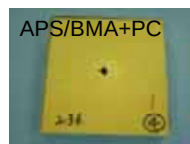
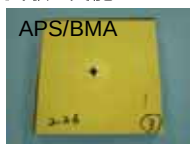
H21 年 1 月 3 日～17 日に実施されたダカールラリーに参戦したトヨタ車体チームの2台にケブラー®強化樹脂コンポジット部品が搭載され、無事完走した。コンポジット部品に大きな問題はなく、該社エンジニアからは、“機能的に問題ない”のコメントを得た。



(2) [1-1] 表面処理系織物を用いて、ナイロン樹脂をマトリックスとした成形品について、CAI (Compression After Impact) 試験を実施した。

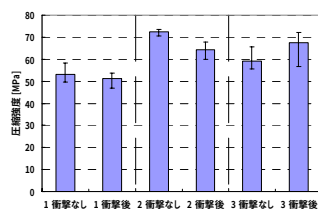
(2) Kevlar®表面処理系 [1-1前処理] の物性試験

A. H19年度: 第1回物性試験を実施

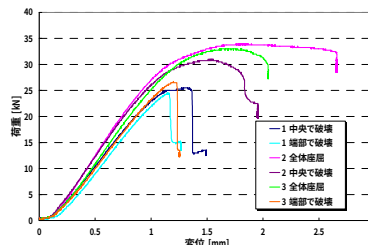


B. H20年度: CAI試験を実施

CAI試験結果



CAI試験時の圧縮荷重-変位曲線



未処理系対比、表面処理系を用いたコンポジットのCAI強度は高くなること、および層間剥離も生じないことを確認した。

[7-2] 組み紐技術を利用した繊維強化熱可塑性樹脂体を評価し、仕様を決定する。

目標	パラ系アラミド長繊維等強化樹脂体の物性・耐衝撃性の評価。
研究開発手段・手法など	組み紐技術を用いた円筒もしくは角柱の形状のパラ系アラミド繊維強化樹脂体に関して、成形試験を行った。 ・試験に際しては、炭素繊維強化熱硬化樹脂体との積層構造の比較についても研究を行った。 ・上記得られた試験結果を基に展開用途を探索した。
実施体制	組み紐加工 WG 担当 国立大学法人京都工芸繊維大学, 東レ・デュポン株式会社
研究結果	1. H18 年度研究結果 KEVLAR®繊維強化熱可塑性樹脂による円柱品を試作した。 2. H19 年度研究結果 (1) マイクロブレイドーションを用い組紐技術を適用した立体熱可塑性コンポジットの新規成型方法を開発し、小サイズの円筒成型品を試作した。 3. H20 年度研究結果 (1) エアー混織系 (ケブラー®FY/NY FY) を用い、CF 糸を縦糸とし組紐技術を適用した立体熱可塑性コンポジットの新規成型方法を開発した。Aピラー等自動車部品への適用が考えられる。 (2) 樹脂量変更品を試作し、物性を評価し、特許出願準備中。

第9章 衝突等による炭素繊維強化樹脂部材等の飛散防止及び耐衝撃性を狙ったパラ系アラミド繊維強化熱可塑性樹脂による保護加工技術の確立

[8-1] 炭素繊維強化樹脂体の飛散防止に適したパラ系アラミド長繊維熱可塑性樹脂体の最適化を研究する。																																							
目標	60km/h以上の高速衝突時においても飛散防止できる加工製品の開発																																						
研究開発手段・手法など	炭素繊維強化エポキシ熱硬化性樹脂体の破損時の炭素繊維飛散防止、および耐衝撃性向上を図るため、炭素繊維およびパラ系アラミド繊維強化樹脂体の積層について最適組み合わせ・加工方法等の研究を行った。																																						
実施体制	成形性・加工品評価 WG 担当 東レ・デュポン株式会社（仕様）、国立大学法人京都工芸繊維大学																																						
研究結果	1. H18 年度研究結果 炭素繊維強化エポキシ樹脂品に対して、ケブラー®繊維強化ナイロン樹脂及びアイオノマ-樹脂品貼り合わせ実験を実施した。 2. H19 年度研究結果 [3-1A] [3-1B] にて試作された樹脂含浸品を用いてサンプルを作製し、落錘衝撃試験を実施した。 サンプル構成：CFRP（表）＋AFRTP ※CFRP のエポキシ樹脂硬化成形時に AFRTP の貼り合せを実施。 試験結果：下表に示すとおり耐衝撃性は、AFRTP のマトリックスに用いた樹脂により ①ポリエステルエラストマー(154℃)>②低融点ナイロン(133℃)>③アイオノマ-樹脂(88℃)の○数字の順であることがわかった。この順番は、マトリックス樹脂の融点(上記()内に記載)の高い順であり、また、今回 CFRP に用いたエポキシ樹脂の硬化温度が130℃台であることから、硬化成形温度より低い、あるいは同程度の融点を有する AFRTP のマトリックス樹脂の一部がエポキシ樹脂と相溶し、熱可塑性樹脂本来の伸長性が阻害されたためと考えられる。したがって、CFRP との積層にあたり、AFRTP のマトリックス樹脂の融点と成形条件に十分注意する必要がある。 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th><th colspan="2">水準1</th><th colspan="2">水準2</th></tr> <tr> <th colspan="2">負荷衝撃エネルギー</th><th>5J</th><th>10J</th><th>5J</th><th>10J</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">AFRTP マトリックス 樹脂</td><td>ポリエステルエラストマー</td><td>△</td><td>△</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>低融点ナイロン</td><td>△</td><td>△</td><td>○</td><td>△</td></tr> <tr> <td>アイオノマ-樹脂</td><td>△</td><td>×</td><td>×</td><td>×</td></tr> <tr> <td colspan="2">KEVLAR®繊維度</td><td colspan="2">800Dtex</td><td colspan="2">1600Dtex</td></tr> </tbody> </table> ○：貫通せず（ストライカは CFRP を貫通したが、AFRTP で止まった。） △：○と×の間 ×：貫通							水準1		水準2		負荷衝撃エネルギー		5J	10J	5J	10J	AFRTP マトリックス 樹脂	ポリエステルエラストマー	△	△	○	○	低融点ナイロン	△	△	○	△	アイオノマ-樹脂	△	×	×	×	KEVLAR®繊維度		800Dtex		1600Dtex	
		水準1		水準2																																			
負荷衝撃エネルギー		5J	10J	5J	10J																																		
AFRTP マトリックス 樹脂	ポリエステルエラストマー	△	△	○	○																																		
	低融点ナイロン	△	△	○	△																																		
	アイオノマ-樹脂	△	×	×	×																																		
KEVLAR®繊維度		800Dtex		1600Dtex																																			

3. H20 年度研究結果

CFRP と AF RTP の最適組み合わせの研究結果を以下に示す。

(1) 試験方法

◆ 衝撃試験

試験方法 : ISO6603-2準拠

試験機 : インストロン落錘衝撃試験機(Dynatup 9250HV)

ストライカ : Φ12.7mm 半球形状

衝撃エネルギー : 80J (衝撃時速度 ≒ 5m/s)



◆ 曲げ試験

試験方法 : ISO178準拠

試験機 : インストロン万能試験機(Type 4206)

スパン間 : 64mm

クロスヘッドスピード : 2mm/min



(2) Kevlar®表面処理系 [1-1 前処理] 織物の物性試験

強化繊維と樹脂の接着性を向上させることで、曲げ特性 (強度、弾性率) は向上する。

一方、耐衝撃性については、低下する傾向にあるが、表面処理系織物、未処理系織物を交互に積層することなどにより、曲げ特性、耐衝撃性を設計することが可能である。

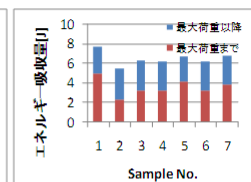
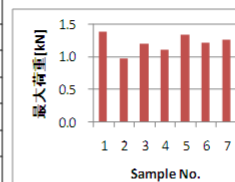
試験水準

	織物積層構成				樹脂
	1ply	2ply	3ply	4ply	
1	未処理	未処理	未処理	未処理	N12
2	表面処理①	表面処理①	表面処理①	表面処理①	N12
3	表面処理②	表面処理②	表面処理②	表面処理②	N12
4	未処理	表面処理①	表面処理①	未処理	N12
5	表面処理①	未処理	未処理	表面処理①	N12
6	表面処理①	表面処理①	未処理	未処理	N12
7	未処理	未処理	表面処理①	表面処理①	N12

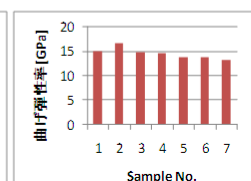
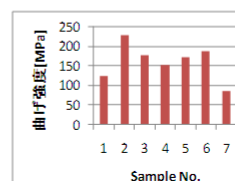
表面処理①: APS/BMA+PC

表面処理②: PC

衝撃試験結果



曲げ試験結果



(3) ケブラー®織物、ケブラー®／炭素繊維交織織物の物性試験

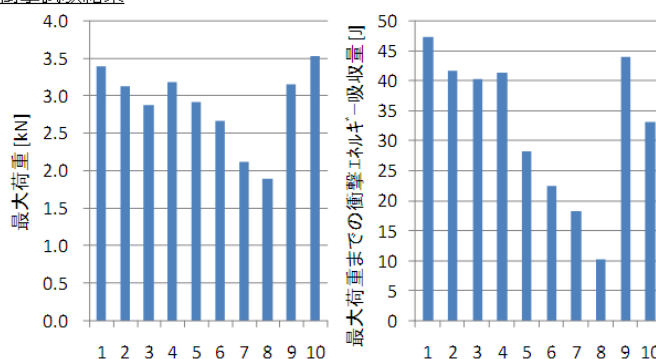
織密度、織組織を変更したケブラー®100%織物、ケブラー®／炭素繊維交織織物の物性試験の結果、耐衝撃性はケブラー®100%織物の方が、炭素繊維交織織物より高いものの、曲げ特性は弾性率の高い炭素繊維を交織したものの方が高くなることを確認し、必要とするコンポジットの特性により設計可能である。

試験水準

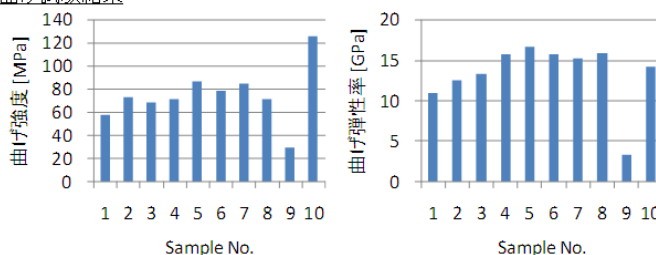
No.	強化繊維	樹脂
1	KV3535EP	PP
2	KV2828EP	PP
3	KV2525EP	PP
4	KC3535EP	PP
5	KC3535ET	PP
6	KC2828EP	PP
7	KC2828ET	PP
8	KC2525EP	PP
9	丸井繊維高密度	PP
10	KV3535EP	N12

サンプル厚さ: 1mm
 衝撃負荷エネルギー: 80J
 3点曲げ支点間: 20mm

衝撃試験結果



曲げ試験結果



(4) ケブラー®繊維／炭素繊維繊維積層品の物性試験

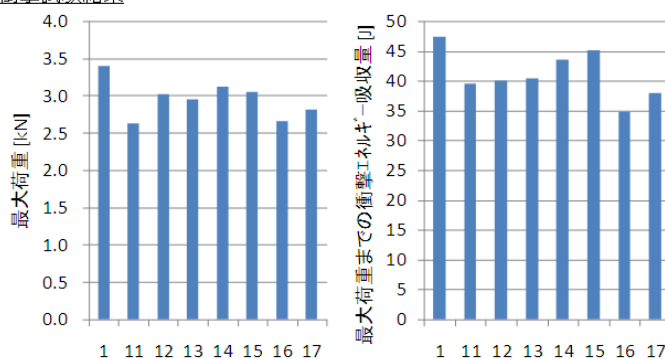
耐衝撃性は、前記 (3) と同様ケブラー®100%繊維 (No.1) の方が、エポキシ樹脂用炭素繊維繊維 (No.11) より高かった。積層構成により耐衝撃性を設計することが可能であることを確認した。

試験水準

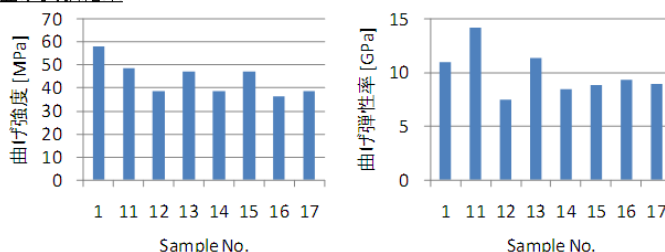
No.	積層構成				樹脂
	1ply	2ply	3ply	4ply	
1	KV	KV	KV	KV	PP
11	CF	CF	CF	CF	PP
12	KV	CF	CF	KV	PP
13	CF	KV	KV	CF	PP
14	CF	CF	KV	KV	PP
15	KV	KV	CF	CF	PP
16	CF	CF	CF	KV	PP
17	KV	CF	CF	CF	PP

サンプル厚さ: 1mm
 衝撃負荷エネルギー: 80J
 3点曲げ支点間: 20mm

衝撃試験結果



曲げ試験結果



(5) 連続繊維強化コンポジット (繊維) と長繊維強化樹脂コンポジット (LFP) の比較

長繊維強化樹脂ペレット (LFP) での試作・試験を実施し、繊維を強化材とするコンポジットの特徴を確認した。同一繊維重量において、LFP 対比連続繊維強化コンポジットの耐衝撃性が高いことを確認した。

連続繊維強化コンポジット(織物)と長繊維強化樹脂コンポジット(LFP)の比較結果

サンプル			繊維量	見掛け比重	衝撃負荷時の 最大荷重	最大荷重時の衝撃 エネルギー吸収量	最大荷重時のたわみ量
	繊維	樹脂	wt%	g/cm3	kN	J	mm
LFP	K29	PP	30	1.02	1.16	4.19	6.34
	K29	PP	40	1.05	1.35	5.42	6.92
	CF	PP	30	1.05	1.85	6.58	6.04
	G F	PP	30	1.12	1.12	4.90	6.91
織物	K29	PP	34	1.03	3.68	22.57	13.20

LFP 比メリット:耐衝撃性が高い

既存樹脂品代替: 薄肉化 → 繊維使用量の低減 → 軽量化

金属品代替:軽量化

第10章 全体総括

10-1 成果の総括

総括研究代表者及び副総括研究代表者の指導の下、ワーキンググループや委員長会議等の効率運営に向けた努力、さらには再委託先各社間の連携及び努力により当初の研究開発の計画を予定通り終えることができた。

10-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

(1) 工業所有権の取得状況

特許出願1件を予定。

(2) 対外発表等の条件

以下の講演会にて1件実施した。

講演会名: 53rd FRP CON-EX2008 講演会

(第53回 FRP 総合講演会・参考展示会)

主催: 社団法人強化プラスチック協会

会期: 平成20年11月25日, 26日

題目: 長繊維アラミド強化熱可塑性射出成形品の物性

発表者・連名者: 中林伊織、小菅一彦(東レ・デュポン(株))、
仲井朝美、濱田泰以(京都工芸繊維大学))

10-3 今後の事業化に向けた取組み

過酷なレースであるラリー車での実車評価をもとに、今後国内自動車メーカーが目指している一般車両の軽量化のための部材・生産技術開発を行い、かつ自動車業界に対する量産供給に耐える原系から成型・加工品までの標準化された一貫生産システムを構築する。具体的には、自動車産業で求められるコスト及び納期を実現するための量産技術開発を行う

さらに、耐衝撃性及び軽量が求められる他の産業分野等への適用も視野に入れ開発を進める。

以上