

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「高性能炭素繊維織物基材の高効率製織技術開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成25年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人中部科学技術センター

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
1-2 研究体制	9
1-3 成果概要	13
1-4 当該研究開発の連絡窓口	18

第2章 本 論

2-1 高性能・高度製織技術の開発	21
2-1-1 エアジェット織機による製織技術開発	21
2-1-2 製織条件確立	25
2-2 自動検査技術の開発	33
2-2-1 自動欠点検査方法の技術開発	33
2-2-2 自動粒子量測定方法の技術開発	37
2-3 プロジェクトの管理・運営	41

第3章 全体総括	43
----------------	----

第1章 研究開発の概要

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

1-1.1 研究開発の背景

現在、環境・エネルギーに関わる風力発電の風車翼などに使用されている炭素繊維複合材料は、炭素繊維を一方向に配向し、未硬化樹脂を含浸し繊維の真直性を確保したプリプレグ材料が基本であり、それを複数枚数積層し、オートクレーブ内で加熱・加圧硬化させて製造されている。

このオートクレーブによる成形方法は、加熱・加圧可能な大型特殊設備が必要なことから、多大なエネルギーを消費し、成形コストが非常にかかるといったことや、あらかじめ未硬化樹脂を含浸させていることから、複雑形状成形に限界があるといった課題がある。

こうした状況下、近年、川下製造業者においては、エネルギー消費の低減に伴うコストダウンの観点などから、ドライ状態の繊維基材を積層し、フィルムで覆って真空下に保持した状態で液状樹脂を含浸させてオーブン内で硬化するRTM成形が注目され、この成形に適した新たな機能を持つ織物基材が求められている。

現状と課題として、炭素繊維織物基材の製織には、レピア織機を用いて製織するケースが大半を占めている中で、たて糸に用いる炭素繊維に比べて、よこ糸に細いガラス繊維を挿入する織物の場合、製織中に糸切れや把持ミス等のトラブルや問題が生じやすく、とりわけ極細ガラス繊維を用いる場合は、これらのトラブルが多発し、織物品位が低下することから製織速度アップは困難であった。

また、炭素繊維織物基材の検反作業および粒子量測定では、製織後に層間強化粒子を散布・付着させることから、よこ糸がたて糸との直交方向から大きくずれてしまうなど、従来の織物基材とは異なる外観形態となっている。しかしながら、この織物基材に対応可能な自動検査・計測技術が存在せず、現在は目視による検反および基材から粒子を抽出した上での粒子目付量測定に留まっている。

今回の開発において、東レ株式会社と創和テキスタイル株式会社間にて、特許登録となった（特許第 5019942「炭素繊維織物の製造方法」）を用い更に高度な製織方法を研究開発していく。

1-1. 2 研究目的

現在、環境・エネルギーに関わる風力発電の風車翼などに使用されている炭素繊維複合材料は、炭素繊維を一方向に配向し、未硬化樹脂を含浸し繊維の真直性を確保したプリプレグ材料が基本であり、それを複数枚数積層し、オートクレーブ内で加熱・加圧硬化させて製造されている。

しかし、オートクレーブによる成形方法は、加熱・加圧可能な大型特殊設備が必要なことから、多大なエネルギーを消費し、成形コストが非常にかかるといったことや、あらかじめ未硬化樹脂を含浸させていることから、複雑形状成形に限界があるといった課題がある。

このため、製造業者においては、エネルギー消費の低減に伴うコストダウンの観点などから、ドライ状態の炭素繊維織物基材を積層し、フィルムで覆って真空下に保持した状態で液状樹脂を含浸させてオープン内で硬化するRTM成形が注目され、この成形に適した新たな機能を持つ炭素繊維織物基材が求められている。

本研究開発は、RTM成形法に適したコスト競争力が高く、かつ、複雑形状形成が容易となる炭素繊維織物基材の高速製織技術および、製織後の織物の自動検反技術の確立により、基材の品質向上とコスト低減を目指す。

RTM成形法は、ドライ状態で繊維を配列させていることから繊維の真直性確保が難しく、複合材料における圧縮特性など力学特性はプリプレグ材よりも低いといった課題が存在する。また、現状のプリプレグ材と同等以上の衝撃吸収特性を持たせるために、製織後の織物基材に層間強化粒子を散布し付着固定化させるが、その層間強化粒子付着時に発生する織りの乱れ（糸切れ、穴あきなど）、粒子の欠落などが発生し品質の課題となっている。

これらの課題に対し、現状のプリプレグ材と同等の力学特性を持つ新たな織物基材を開発すべく、極細糸を用いた織物の製織技術開発ならびに織物基材の自動検査技術確立により材料として更なるコストダウンを目指す。

上記により、以下の研究開発を実施する。

【1】 高性能・高度製織技術の開発

炭素繊維織物基材の製織には、レピア織機を用いて製織しており、たて糸に用いる炭素繊維に比べて、よこ糸に細いガラス繊維を挿入する織物の場合、製織中に糸切れや把持ミス等のトラブルや問題が生じやすく、とりわけ極細ガラス繊維を用いる場合は、これらのトラブルが多発し、織物品位が低下することから製織速度アップは困難であった。

そのため、エアジェット織機を用いた製織速度アップ、低コスト化を目指した広幅化の製織技術の確立を図る。

【2】自動検査技術の開発

現在、層間強化粒子散布後の欠点有無や粒子の分散状態の検査計測については人による目視確認、付着量測定は粒子の溶剤抽出による計測等、人力による作業にならざるを得ないのが実状であることから、これら欠点検査および付着粒子量測定についても新たな検査・計測技術を開発することで、作業時間の短縮および基材の品質・品位向上を図る。

1-1.3 研究目標

【1】高性能・高度製織技術の開発

一方向炭素繊維織物のたて糸の毛羽立ち発生を抑制しつつ、よこ糸挿入を安定させ、製織速度アップ(従来対比1.5~2倍)や製織幅拡大(従来対比2倍)による生産効率化を目指し、エアジェット製織を用いた新たな製織技術を確立する。

【1-1】エアジェット織機による製織技術開発

エアジェット織機の技術確立を主として、極細ガラス繊維からなるよこ糸の安定挿入を可能とするための新たな織機として検討・開発する。

開発する織機は、糸密度が粗い状態でも広幅化にも対応できるように、巻き取り条件の変速化、よこ糸張力の均一化、よこ糸の安定挿入を可能とするための機能等を持つ。

<主な機能>

①よこ糸極細ガラス繊維の安定挿入機能

極細ガラス繊維からなるよこ糸の安定挿入を可能とするため、エアノズルの増設や形状変更、エア圧アップ、予備巻き機の毛羽防止等の機能。

②織物基材の広幅対応機能

糸密度が粗い状態でも広幅化にも対応できるように、巻き取り条件の変速化、よこ糸張力の均一化等の機能。

③送り出しクリールのたて糸張力安定化機能

ノンクランプ構造の織物を製織するにあたり、過張力および弛みの無いたて糸供給及び、

張力調整に附随する毛羽発生抑制（ローラの材質やブレーキ制御、開ロストロークの縮小）機能。

④広幅織物基材を安定して巻き上げる機能

よこ系の目曲がりとなる、斜行・弧形等は、巻上げた織物ロール内で発生することもあり、目視確認できないので、これらの欠点が生じない巻取り機能。

《目標》広幅織機選定による2幅同時製織による製織量倍増

（現行：100cm×1ロール ⇒ 目標：100cm×2ロールの並行生産）

今年度、創和テキスタイル株式会社は、主な機能を満たすため、既存のエアジェット製織データをもとに箆の形状や織機のエア圧、よこ系の飛走状態や予備巻き部位の条件等の分析結果をもとに、東レ株式会社名古屋事業場が有する炭素繊維織物基材に対する知見やノウハウを反映させ設計仕様を決定し開発する。また、本仕様には、【1-2】製織条件の検討・検証を可能とする設計仕様を盛り込む。

開発したエアジェット織機は、開口量や開口タイミング、エアノズルの噴射タイミング等の製織条件による検証を実施する。

実施機関：創和テキスタイル株式会社、東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

【1-2】製織条件確立

【1-1】において開発するエアジェット織機を用い、広幅での製織化、巻き取り条件の変速化、よこ系張力の均一化等の機能を持った炭素繊維織物基材の製織技術を確立する。具体的には、【1-1】のエアジェット織機が有する機能の「③送り出しクリールのたて系張力安定化機能」、「④広幅織物基材を安定して巻き上げる機能」への対応が必要であり、以下の技術を確立するとともに、その結果を次年度のエアジェット織機の機能拡充にフィードバックする。

＜技術目標＞

①極細よこ系の挿入に適した製織容易な織物設計および製織技術

極細ガラス繊維を安定挿入できる、メインノズルの噴射タイミングおよび、サブノズルのタイミングとエア圧力の設定を確立する。

②たて系張力を均一化し、よこ系の真直性を向上させたノンクリンプ構造織物の製織技術

クリールから織機までの間に、たて系張力を均一に保てる張力装置を設計して設置し、たて系密度が粗い状態で、よこ系挿入が広幅化に対応できる製織技術を確立する。

③広幅製織技術を用いた効率的製織技術

2m幅織機での炭素繊維織物基材の製織は、エアジェット織機での前例が無いため、よこ糸の目曲がり（斜行・弧形）と毛羽立ちが発生する。これらに対し、エア圧の適正化やノズルの改良により対応する技術を確立する。

④高速化に対応した効率的製織技術

製織において、たて糸の開口による張力変動、綜纒とたて糸の摩擦、たて糸同士の摩擦等によって毛羽が発生し、品質・品位面での問題を生じることがある。この問題に対し、エアジェット織機の開口ストロークをミニマイズ化させる等の技術開発によって、毛羽立ちを抑制し製織速度をアップする技術を確立する。

《目標》製織速度アップによる更なる製織量増

（現行レピア織機：約100rpm ⇒ 350rpm以上）

今年度、創和テキスタイル株式会社は、既存のエアジェット製織データをもとに、2m幅に対応できるよこ糸の飛走状態や製織回転数の条件等を分析し、東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）が有する炭素繊維織物基材に対する知見やノウハウと組み合わせ製織条件の検討を行う。さらに、【1-1】にて開発した織機および付帯設備を用い、製織技術の初期条件を見出す。

実施機関：創和テキスタイル株式会社、東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

2】自動検査技術の開発

欠点有無や付着粒子の分散量や状態の検査計測は、現在人手作業となっており、従来の目視検査以上の高精度な欠点検出技術（欠点見逃し「ゼロ」）や現行の基材から粒子を抽出した測定方法対比の精度±1%以内の非破壊での付着粒子量の測定技術を確立する。

【2-1】自動欠点検査方法の技術開発

対象となる基材に見込まれる織物欠点（例、布目曲がり、穴あき）に対する、品質保証を行う検反技術の開発を行う。

<開発方法>

①炭素繊維、ガラス繊維、付着粒子の3者それぞれをコントラストよく、撮像できるようなカメラおよび照明による光学系配置の確立

②撮像された多岐に渡る欠点を高精度で検出および判別可能とするための画像処理技術を応用した自動検査アルゴリズムの考案

要件：基材搬送速度（10m/min）を遅らせることなく処理する。

③自動検査アルゴリズムの検出率を性能指標とする評価

評価手順：

1) 複数の欠点を有する基材に対し、基準として現行の目視検査を行い、結果を記録に残す。

2) 同じ基材について②で確立した自動検査アルゴリズムから得られる検出結果と1)の目視検査の記録と比較することにより、②の自動検査アルゴリズムの検出率を性能指標とし評価する。

④エネルギー効率化の評価および工程内での欠点発生源対策の可能性の検討

評価：①～③の技術確立が行われた後、エネルギー効率化の目標値に対応する検反作業における作業時間を算出し、一方で確立された自動検査技術によって短縮された作業時間と比較し、目標の到達可否を確認する。

生産性の向上：自動検査結果を活用し、製織工程内での欠点発生源対策を検討し、その結果を【1】高性能・高度製織技術の開発にフィードバックする。

《目標》欠点見逃し「ゼロ」

H22年度およびH23年度にて東レ株式会社滋賀事業場にて創和テキスタイル株式会社から提供されたノンクリンプ構造織物基材サンプルを使い、画像処理を応用した自動検査技術から7種の欠点（たて補助糸切れ、よこ糸切れ、空打ち、糸スプライス、GF毛玉、CF毛玉、粒子ハガレ）それぞれ精度よく、かつ10m/minと従来目視検査の倍以上の走行速度で検出できる装置を開発することを目標とした。

H24は、これまでターゲットとしたノンクリンプ構造の織物基材のほか、さまざまな織構造の基材を用いることが想定され、かつそれらに生じた欠点を上記と同じ自動検査技術で精度よく検出することが困難であるため、創和テキスタイル株式会社へ導入している自動検査装置を多種の織構造の検査へ適用するための基礎検討を行い、当該検討結果を踏まえ(双方向)炭素繊維検査装置を開発・導入することを目標とした。

実施機関：東レ株式会社滋賀事業場、東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）、

創和テキスタイル株式会社

【2-2】自動粒子量測定方法の技術開発

検反機が有する【2-1】自動検査技術に、粒子量の測定を行う技術を開発し付加する。具体的には、散布された量および粒子起因の欠点（例、粒子剥がれ）を【2-1】自動検査技術で開発した画像処理を応用し、精度よく検知して欠点を特定する新規画像処理技術を開発し、自動検査技術能力を高める。

<開発方法>

- ①織物基材の表および裏面に粒子が散布・付着された基材の中から粒子重量を非破壊（カメラによる撮像など利用）により計量可能とする高精度計測技術を確立する。
- ②計測技術の精度評価として、現在行われている基材から粒子量を分離・抽出した実測定と比較により精度を高める。
- ③エネルギー効率化の評価：エネルギー効率化の目標値に対応する粒子量測定作業時間を算出し、一方で確立された自動粒子量計測技術によって短縮された作業時間と比較し、目標の到達可否を確認する。

《目標》精度±1%以内の達成（現行の基材から粒子を抽出した測定方法対比）

H22年度およびH23年度は装置化基礎開発を行い、織物基材サンプルを使ったラボでの検証を目標とし、さらにH24年度にはオフラインで精度よく測定できる自動粒子量測定装置を開発し、±1%以内の精度で計測できる装置導入することを目標とした。

実施機関：東レ株式会社滋賀事業場、
東レ株式会社名古屋事業場、愛媛工場、
創和テキスタイル株式会社

【3】事業化の検討

本事業によって開発した高性能製織技術で製造した構造部材用炭素繊維織物等について、川下製造事業者に対しサンプルを提供し、評価を得ることで実用化に向けた仕様等について検討する。

実施機関：東レ株式会社滋賀事業場、
東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）
創和テキスタイル株式会社

【4】プロジェクトの管理・運営

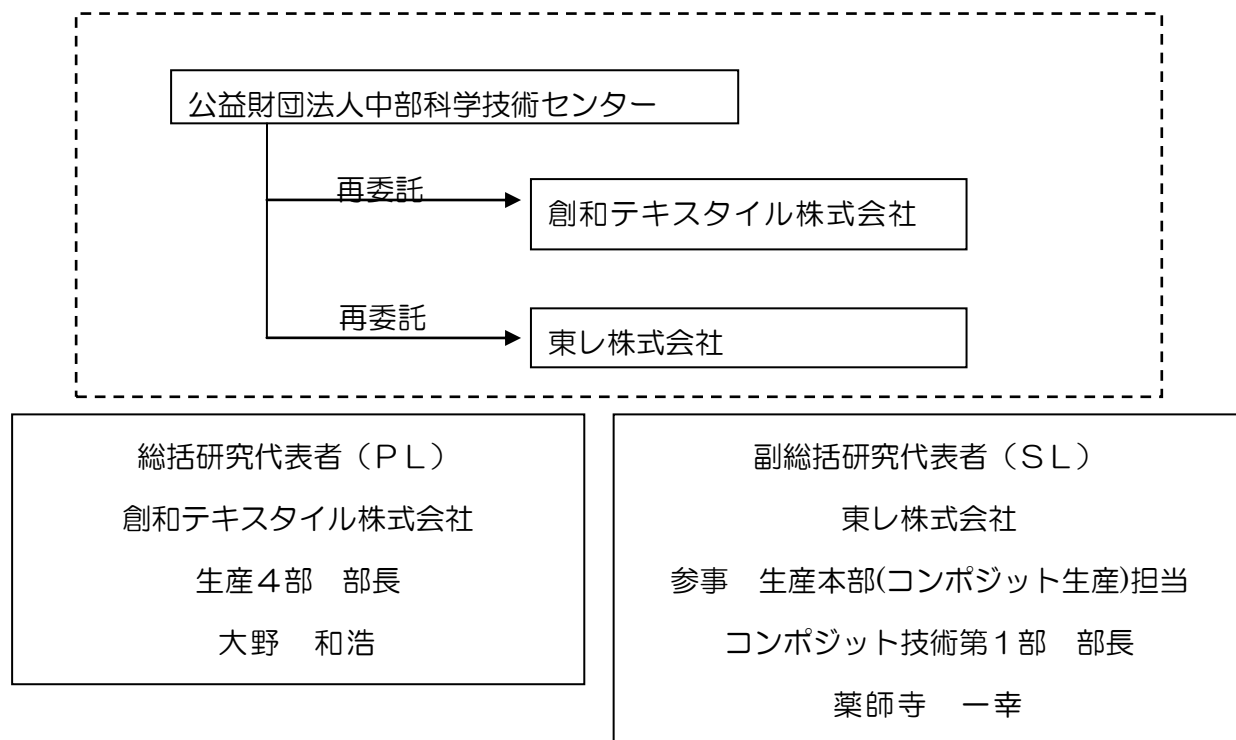
本研究開発の円滑な推進を図るため、委員会の運営、各研究開発項目の課題抽出、検討、研究成果の評価等プロジェクトの管理・運営を行う。

実施機関：公益財団法人中部科学技術センター

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

（1）研究組織及び管理体制

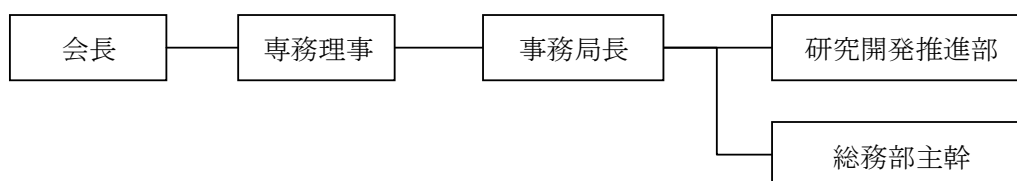
1）研究組織（全体）



2）管理体制

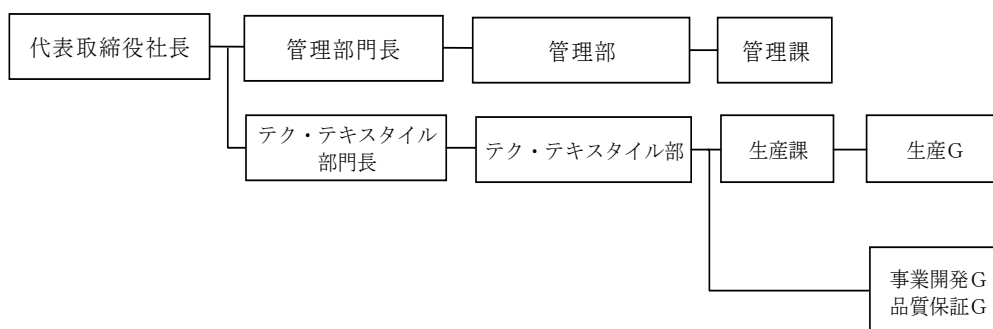
① 事業管理機関

公益財団法人中部科学技術センター

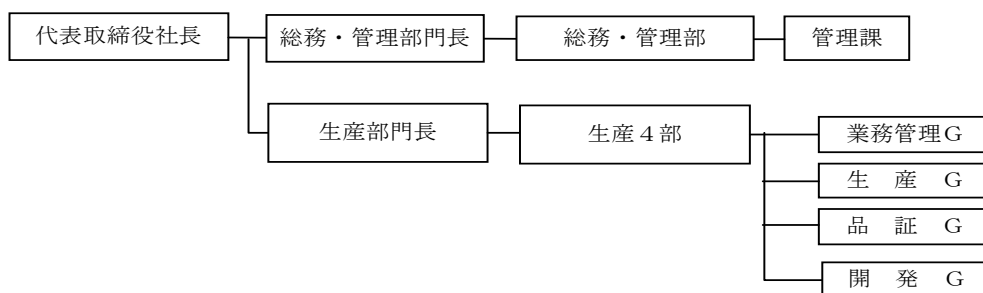


② 再委託先

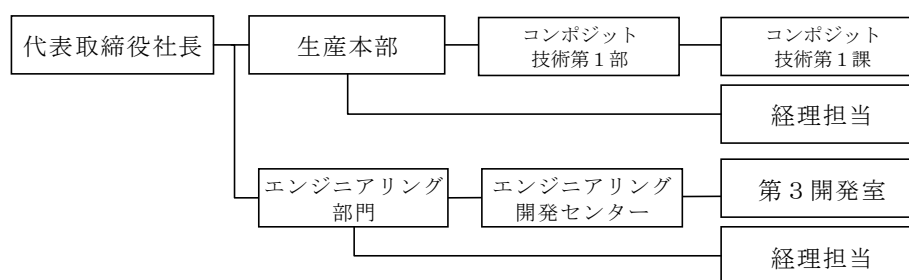
創和テキスタイル株式会社



(変更事項) 管理体制の変更 (平成24年6月26日)



東レ株式会社



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人中部科学技術センター

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
廣瀬 巨	研究開発推進部長	【4】
福嶋 昭	研究開発推進部 担当部長	【4】
大澤 秀敏	研究開発推進部 担当部長	【4】
平澤 進	研究開発推進部 主幹	【4】
宮島 和恵	研究開発推進部 主任	【4】
高須 容功	研究開発推進部 主任	【4】
宮崎久美子	研究開発推進部	【4】

②研究員

【再委託先】

創和テキスタイル株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
中山 吉輝	取締役 生産部門 部門長	【1】 【2】 【3】
大野 和浩	生産4部 部長(PL)	【1】 【2】 【3】
水上 幸雄	生産4部 生産G 副主任部員	【1】 【2】
西尾 豊	生産4部 品証G 副主任部員	【1】
北出良太郎	生産4部 業務管理G 副主任部員	【1】 【2】
末代 篤史	生産4部 開発G 主任	【1】 【2】
吉川小奈恵	生産4部 生産G 主任	【1】 【2】

東レ株式会社 名古屋事業場(愛媛工場)

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
薬師寺一幸	参事 生産本部(コンポジット生産)担当 コンポジット技術第1部 部長(SL)	【1】 【2】 【3】
森川 春樹	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課 課長	【1】 【2】 【3】
堀部 郁夫	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課 部員	【1】 【2】 【3】
早川 敏弘	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課 部員	【1】 【2】
山内 雅浩	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課 部員	【1】 【2】
奥屋振一郎	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課 部員	【1】 【2】
児嶋 雄司	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課	【1】 【2】

山田 陽平	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課	【1】【2】
太田 直秀	コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課	【1】【2】

東レ株式会社 滋賀事業場

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
中嶋 博樹	エンジニアリング開発センター 第3開発室 室長	【2】【3】
中村 哲也	エンジニアリング開発センター 第3開発室 主任部員	【2】【3】
入江 慧	エンジニアリング開発センター 第3開発室	【2】
大江 啓太	エンジニアリング開発センター 第3開発室	【2】

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

公益財団法人中部科学技術センター

(経理担当者) 総務部 主幹 山本 清

(業務管理者) 研究開発推進部長 廣瀬 亘

(再委託先)

創和テキスタイル株式会社

(経理担当者) 管理部 担当部長 中西 和子

(業務管理者) 生産4部 部長 大野 和浩

東レ株式会社 名古屋事業場(愛媛工場)

(経理担当者) 名古屋事業場事務部総務課 課長 今井 英司

(業務管理者) コンポジット技術第1部 部長 薬師寺一幸

東レ株式会社 滋賀事業場

(経理担当者) 滋賀事業場事務部経理課 課長 山本 茂樹

(業務管理者) エンジニアリング開発センター 室長 中嶋 博樹

(4) (協力者)

金原 勲	金沢工業大学 副学長 ものづくり研究所長
近藤 靖彦	社団法人中部航空宇宙技術センター 参与

1-3 成果概要

初年度、研究実施場所として、創和テキスタイル株式会社と、東レ株式会社の愛媛工場と滋賀事業所の3拠点にてスタートしたが、東レ株式会社愛媛工場プリプレグ技術部織物技術グループが、名古屋事業場コンポジット技術第1部第1課に組織移動となった。しかし、本事業での、研究および開発検討するための既存装置等は、愛媛工場に据え置かれており引き続き用いることから、4拠点を実施場所とした。

【1】 高性能・高度製織技術の開発

一方向炭素繊維織物のたて糸の毛羽立ち発生を抑制しつつ、よこ糸挿入を安定させ、製織速度アップ(現行レピア対比3倍以上)や製織幅拡大(従来対比2倍)による生産効率化を目指し、エアジェット製織を用いた新たな製織技術を確立する。

《目標》 広幅織機選定による2幅同時製織による製織量倍増

(現行：100 cm×1 ロール ⇒ 目標：100 cm×2 ロールの並行生産)

【1-1】 エアジェット織機による製織技術開発

初年度および2年度までに、よこ糸が細い糸の場合に適したエアジェット織機の選定とスペック確立を行い、織機の導入を実施するとともに、中織度ガラス繊維(織度30tex)のよこ糸挿入安定化のための条件検討を行った。具体的には導入したエアジェット織機の機能を満たすために、既存のエアジェット製織データを参考に、エア圧や予備巻き部位の条件等の分析・検討を行い、糸密度が粗い状態でも広幅化対応(2m幅でのよこ糸飛走)できるようにした。

今年度は、中織度ガラス繊維をベースとして、極細ガラス繊維での製織技術の検討、巻き取り条件の最適化、よこ糸張力の均一化等を検討し、よこ糸の安定挿入を可能とするための条件を【1-2】の製織条件確立として、更に検討していく。

また、東レ株式会社名古屋事業場が有する炭素繊維織物基材についての、知見やノウハウを反映させ、名古屋事業場と愛媛工場にて織物設計や製織条件を検討・決定し開発する。

なお、当該織機を用いた各種製織条件による検証結果については【1-2】製織条件確立で得られた結果をフィードバックし、エアジェット織機の更なる機能拡充

を検討する。

実施機関：創和テキスタイル株式会社、東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

【1-2】製織条件確立

【1-1】において導入したエアジェット織機を用い、広幅での製織、巻き取り条件の変速化、よこ糸張力の均一化等といった機能を持った炭素繊維織物基材の製織技術を確立する。具体的には、【1-1】のエアジェット織機が有する機能に対して、以下の技術を確立するとともに、その結果をエアジェット織機の機能拡充にフィードバックする。

<主な機能と技術目標>

①極細ガラス繊維の安定挿入機能の開発と、織物設計および製織条件確立

初年度、極細ガラス繊維をよこ糸として挿入するも、織り幅2mの長さには対応できなかったため、2年度にエアノズルの増設や形状変更、エア圧の適正化等について、検討・開発を進めた。

現状製織している中織度ガラス繊維をベースに、極細ガラス繊維まで安定挿入できる、メインノズルの噴射タイミングおよび、サブノズルのタイミングとエア圧力等の設定を確立する。

②たて糸張力安定化機能と、基材を安定して巻き上げる機能の活用および、よこ糸の直進性を向上させた織物基材の製織技術

一般的な平織りをベースとして製織するにあたり、張力調整に附随する毛羽発生を抑制（ローラの材質やブレーキ制御、開口ストロークの縮小）させるための検討・開発を進める。

よこ糸の目曲がりとなる斜行・弧形などは、巻き上げた織物ロール内で発生することもあり、目視確認できないので、これらの欠点が生じない巻き取り条件を見出すため検討・開発を進める。

③広幅製織技術を用いた効率的製織技術

炭素繊維織物基材の製織において、過去に2m幅エアジェット織機を用いた例が無い場合、よこ糸の目曲がり（斜行・弧形）や毛羽立ちが発生する懸念があるため、ノズルや箆の形状改良等、広幅に対応する技術を確立する。

クリールから織機までの間、たて糸張力を均一に保ち、たて糸密度が粗い状態

でも、よこ糸挿入が広幅化に対応できる製織技術を確立する。

巻き取り条件の変速化や、よこ糸張力の均一化等といった機能について検討・開発を進める。

④高速化に対応した効率的製織技術

エアジェット織機での製織において、たて糸開口による張力変動、綜紵とたて糸の摩擦、たて糸同士の摩擦などによって発生する原糸毛羽に対して、品質・品位面での問題を、エアジェット織機の製織技術開発によって、毛羽立ちを抑制しつつ、製織速度をアップする技術を確立する。

《目標》製織速度アップによる更なる製織量増

(現行レピア織機：約 100rpm ⇒ 350rpm 以上)

初年度および2年度までに、導入した織機および付帯設備を用い、中繊度ガラス繊維にて、よこ糸飛走や基材の巻取り等、製織条件の初期の設定条件検討を進め、よこ糸が中繊度ガラス繊維にて 275rpm まで織機回転数アップが可能なことを確認した。

今年度、創和テキスタイル株式会社は、よこ糸を中繊度ガラス繊維とした場合の更なる回転数アップを検討するとともに、よこ糸が極細ガラス繊維においても 350rpm 以上で製織できるよう、既存エアジェット製織のデータをもとに、2m幅でのよこ糸の飛走状態や製織回転数の条件等々を分析し、東レ株式会社名古屋事業場と愛媛工場が有する炭素繊維織物基材に対する、知見やノウハウを組み合わせ、導入した織機および付帯設備を用い、2m幅エアジェット織機での製織条件の検討と技術開発を進める。

実施機関：創和テキスタイル株式会社、東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

【2-1】自動欠点検査方法の技術開発

実施機関：東レ株式会社滋賀事業場

H22年度、H23年度と、RTM基材の自動欠点検査技術を開発し、創和テキスタイル社に10m/minで検査可能な装置を導入し、検出率94.4%、誤検出2個と目標を上回る高い検出性能を達成し、この結果、現在100m巻き織物で2時間かかっていた検査時間を1時間以下へ達成することができ、エネルギーの効率化や材料コストの低減が図れること

がわかった。

今年度は、これまでターゲットとしたノンクリンプ構造の織物基材のほか、さまざまな織構造の基材を用いることが想定され、かつそれらに生じた欠点を上記と同じ自動検査技術で精度よく検出することが困難であるため、創和テキスタイル株式会社へ導入している自動検査装置を多種の織構造の検査へ適用するための基礎検討を行い、当該検討結果を踏まえ(双方向)炭素繊維織物検査装置を開発・導入した。

実施機関：東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

装置化開発の支援として、双方向炭素繊維織物の欠点検出方法を検討したほか、創和テキスタイル株式会社とともにさまざまな織物基材サンプルにて目視検査に基づいた欠点の決定・策定を行った。

実施機関：創和テキスタイル株式会社

置化基礎開発の支援として、東レ株式会社滋賀事業場に検討対象となる双方向織物をはじめ、さまざまな織物基材サンプルを提供した。さらに自動欠点検査装置の導入支援を行い、装置の実操作を習得することで、検査所要時間短縮の検証を行った。

【2-2】自動粒子量測定方法の技術開発

実施機関：東レ株式会社滋賀事業場

ラボでの基礎検証を進め、さらにオフラインで精度よく測定できる自動粒子量測定装置を開発し、導入した。

実施機関：東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

装置化基礎開発の支援として、東レ株式会社滋賀事業場とともに、創和テキスタイル株式会社から提供されたRTM織物基材サンプルにて、粒子量水準の異なるサンプルの作成を行った。

実施機関：創和テキスタイル株式会社

装置化基礎開発の支援として、東レ株式会社滋賀事業場に検討対象となるRTM織物基材サンプルを提供した。さらに自動粒子量測定装置の導入支援を行い、装置の実操作を習得す

ることで、検査所要時間短縮の検証を行った。

【3】事業化の検討

本事業によって開発した高性能製織技術で製造した構造部材用炭素繊維織物等について、川下製造事業者に対しサンプルを提供し、評価を得ることで実用化に向けた仕様等について検討した。

実施機関：東レ株式会社滋賀事業場、

東レ株式会社名古屋事業場（愛媛工場）

創和テキスタイル株式会社

【4】プロジェクトの管理・運営

本研究開発の円滑な推進を図るため、委員会の運営、各研究開発項目の課題抽出、検討、研究成果の評価等プロジェクトの管理・運営を行った。

実施機関 公益財団法人中部科学技術センター

1-4 当該研究開発の連絡窓口

①事業管理者

公益財団法人中部科学技術センター

〒460-0011 愛知県名古屋市中区大須一丁目35番18号

担当部署：研究開発推進部

担当者： 主任 高須容功

連絡先電話番号：052-231-3549

②再委託実施機関

創和テキスタイル株式会社 野々市工場

〒921-8522 石川県野々市白山町4番1号

担当部署：テク・テキスタイル部

担当者： 部長 大野和浩

連絡先電話番号：076-248-1191

創和テキスタイル株式会社 第3工場

〒925-0014 石川県羽咋市釜屋町ウ313番地1

担当部署：生産部門 生産4部

担当者： 部長 大野和浩

連絡先電話番号：0767-23-4884

東レ株式会社 愛媛工場

〒791-3193 愛媛県伊予郡松前町大字筒井1515番地

担当部署：コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課

担当者： 部員 堀部郁夫

連絡先電話番号：052-613-5954

東レ株式会社 名古屋事業場

〒455-8502 愛知県名古屋市港区大江町9番地の1

担当部署：コンポジット技術第1部 コンポジット技術第1課

担当者： 部員 堀部郁夫

連絡先電話番号：052-613-5954

東レ株式会社 滋賀事業場

〒520-0842 滋賀県大津市園山3丁目3番1号

担当部署：エンジニアリング開発センター 第3開発室

担当者： 主任部員 中村哲也

連絡先電話番号：077-533-8457

第2章 本論

第2章 本論

2-1 高性能・高度製織技術の開発

炭素繊維織物基材の製織には、主としてレピア織機が用いられており、たて糸に炭素繊維、よこ糸に細いガラス繊維を挿入する織物の場合、製織中によこ糸切れや把持ミス等のトラブルや問題が生じやすく、織物品位が低下することがあった。

それらを考慮し、エアジェット織機を用いて製織速度アップ、低コスト化を目指した広幅化の製織技術の確立を図る。

本実施内容については、「エアジェット織機による製織技術開発」「製織条件確立」を、実施項目として、創和テキスタイル株式会社と東レ株式会社が実施し、以下にその成果を述べる。

2-1-1 エアジェット織機による製織技術開発

2-1-1. 1 プロジェクト全体における本研究開発の位置づけ

初年度に選定したエアジェット織機を技術開発するうえで、よこ糸であるガラス繊維の安定挿入を可能とするための機能と仕様を常に検討し製作・開発する。

一方向炭素繊維織物の製織にあたり、生産効率化を目指し、エアジェット製織を用いた新たな製織技術を確立する。

2-1-1. 2 目的と目標

(1) 目的

レピア織機を用いて製織する際、たて糸に用いる炭素繊維に比べて、よこ糸に細いガラス繊維を挿入する場合、製織中に糸切れや把持ミス等のトラブルや問題が生じやすく、とりわけ極細ガラス繊維を用いる場合は、これらのトラブルが多発し、織物品位が低下することから製織速度アップは困難であった。

そのため、エアジェット織機を用いた製織速度アップ、低コスト化を目指した広幅化の製織技術の確立を図る

(2) 目標

一方向炭素繊維織物のたて糸の毛羽立ち発生を抑制しつつ、よこ糸挿入を安定させ、製織速度アップ(従来対比1.5~2倍)や製織幅拡大(従来対比2倍)による生産効率化を目指し、

エアジェット製織を用いた新たな製織技術を確立する。

なお具体的には、広幅織機選定による2幅同時製織による製織量倍増として、
現行：100cm幅×1ロールを目標：100cm幅×2ロールの並行生産を目指す。
(製織速度アップは、製織条件の最適化に関するものであり、次項で目標設定を行った。)

2-1-1. 3 実験方法及び実験条件

(1) 製織原理

メインノズルからよこ糸とともに空気を噴射し、サブノズルで飛走に合わせリレー式によこ糸を送るため圧縮空気を噴射させる。

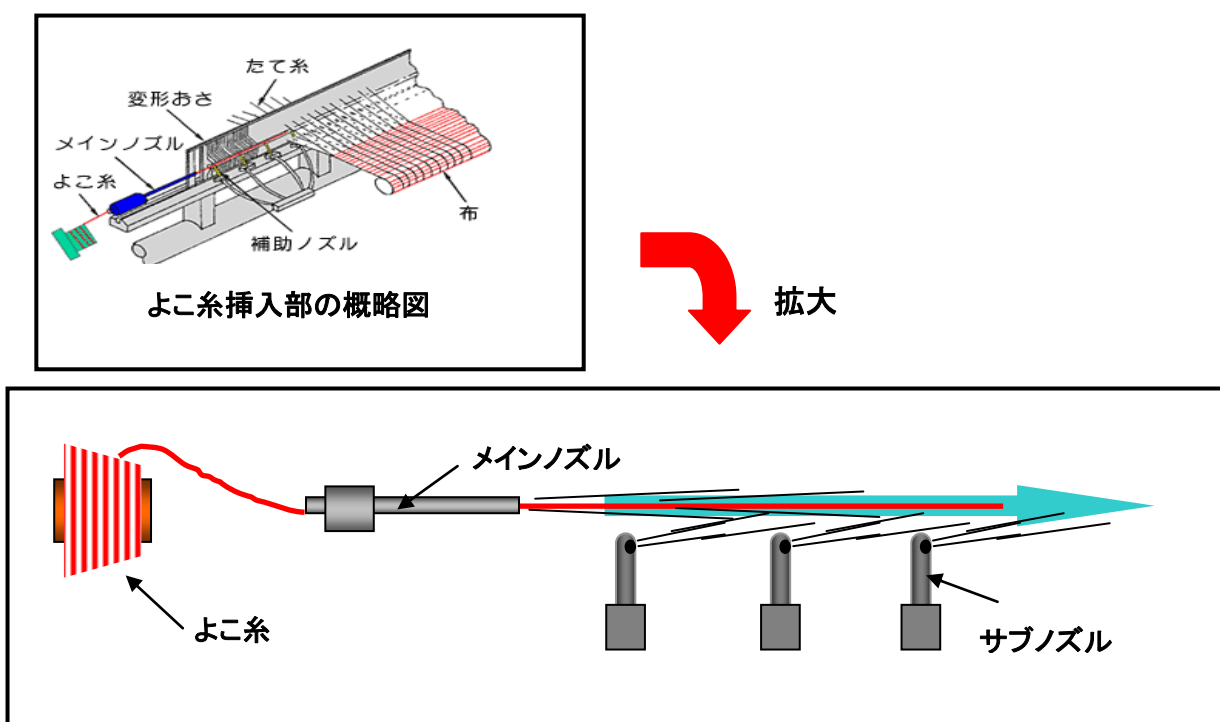


図. 2-1-1-1 よこ糸挿入の概略

(2) 検討課題

昨年度よりの織機回転数をアップするうえで、検討課題を下表にまとめた。合織織物に比べ、たて糸密度が粗く、噴射エアが拡散・乱流しやすいことから、いかにエアの流れをコントロールし、何れの項目においても幾度と無く繰り返し、設備調整を含めた条件の最適化ができるかが、最大のポイント・対応策となる。

表. 2-1-1-1 検討課題

項目	課題
飛走長さ	飛走距離が長く（1→2m）、よこ糸が飛走できない
たて糸密度	たて糸密度が粗く、隙間から噴射エアが漏れて拡散する
よこ糸織度	よこ糸が細く、糸切れし易い。（極細ガラス繊維：織度 4.2tex） （汎用使用糸：中織度ガラス繊維（織度：30tex））
エア圧とタイミング	メインノズルとサブノズルのエア圧バランスならびに、 噴射タイミングの調整が難しい

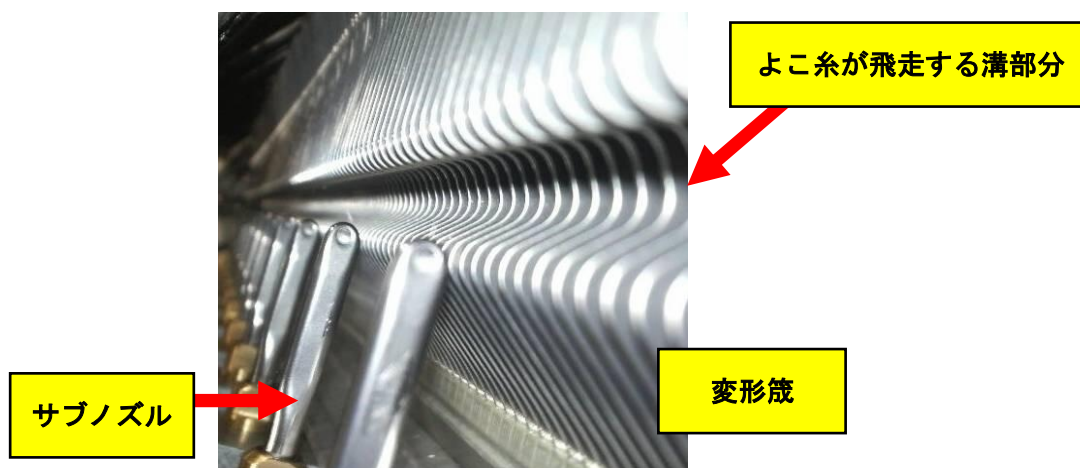


図. 2-1-1-2 箄部の概略

2-1-1. 4 実験装置の概要

実験装置として初年度に導入した、エアジェット織機、クリール、送出し装置、融着装置、巻取り装置から構成され、これら一連の装置により、織物を製織することができる。

具体的には、クリールにたて糸となる炭素繊維のポビンを仕掛け、送出し装置を介して、エアジェット織機に導く。エアジェット織機により、たて糸を開口させ、よこ糸を挿入し、箄打ちによって織物となる。そして、融着装置に通すことにより、よこ糸の目止めを行い、巻取り装置により巻取る。

2-1-1. 5 実験結果

初年度導入した各設備に検討結果を踏まえ、様々な適応技術としてのノウハウを織機に注ぎ込んだ。

メーカーオリジナル織機（ZAX9100）をベースに、よこ糸にガラス繊維を挿入するにあたり、たて糸密度の粗い状態で2m幅に対応できるか、更によこ糸も粗密度となることから、よこ糸が織機の回転数に同調して真っ直ぐ平行に飛走できるか、といった不安材料を解消さ

せるため、できる限りノウハウを織機に注ぎ込んだ。

2-1-1. 6 研究成果

上述の各設備にあたり、2年目および今年度の検討結果をもとに、炭素繊維一方向織物製織用に、条件検討を実施した。(2-1-2に詳細記載)

(1) ガラス繊維の飛走状態確認

- ①. 実績のある中織度ガラス繊維（織度：30tex）用いて、更なるよこ糸の安定挿入を目指し飛走テストを実施。
- ②. エアノズルやサブノズルの調整を施し、中織度ガラス繊維を飛走できることを確認。

(2) 織物基材の広幅対応機能

- ①. たて糸密度が粗い状態で、よこ糸のガラス繊維を2m飛走させることができた。
- ②. 基材の設計変更に対応して、新たに特殊ヘルドを購入し飛走テストを実施した。



図 2-1-1-3 新規購入した特殊ヘルド

(3) 送出しクリールのたて糸張力安定化機能

- ①. 2m幅織物におけるたて糸張力の設定に関し、重りの変更で安定したコントロールができることを確認。

(4) 広幅織物基材を安定して巻上げる機能

- ①. 2m幅織物における巻き取りの安定化に関して、斜行・弧形などの判断基準からみて、現在までの検討では安定して巻き取れる条件であることを確認。

2-1-2 製織条件確立

2-1-2. 1 プロジェクト全体における本研究開発の位置づけ

2-1-1において開発するエアジェット織機を用い、広幅での製織化、巻取り条件の変速化、よこ糸張力の均一化等といった機能を持った炭素繊維織物基材の製織技術の確立と製織条件の確立を図る。

2-1-2. 2 目的と目標

(1) 目的

上述2-1-1同様、一方向炭素繊維織物の製織において、織機の回転数をアップしていくための製織技術を確立する。

具体的には、【1-1】のエアジェット織機が有する機能に対して、以下の技術を確立するとともに、その結果をエアジェット織機の機能拡充にフィードバックする。

(2) 目標

既存エアジェット製織のデータをもとに、2m幅に対応できる飛走状態や製織回転数の条件等を、創和テキスタイル株式会社および東レ株式会社の有する知見やノウハウを反映させ製織条件の検討を行う。

製織速度アップによる更なる製織量増

(現行レピア織機：約 100rpm ⇒ エアジェット織機：350rpm 以上)

① ガラス繊維の安定挿入機能の開発と、織物設計および製織条件確立

ガラス繊維を安定挿入できる、メインノズルの形状や噴射タイミングおよび、サブノズルのタイミングとエア圧力の設定を確立する。

② たて糸張力安定化機能と、基材を安定して巻き上げる機能の活用および、よこ糸の直進性を向上させた織物基材の製織技術

クリールから織機までの間に、たて糸張力を均一に保てる張力装置を設計して設置し、たて糸密度が粗い状態で、よこ糸挿入が広幅化に対応できる製織技術を確立する。

③ 広幅製織技術を用いた効率的製織技術

2m幅織機での炭素繊維織物基材の製織は、エアジェット織機での前例が無いため、よこ糸の目曲がり(斜行・弧形)と毛羽立ちが発生する。これらに対し、エア圧の適正化やノズルの改良により対応する技術を確立する。

④ 高速化に対応した効率的製織技術

製織において、たて糸の開口による張力変動、綜統とたて糸の摩擦、たて糸同士の摩擦等によって毛羽が発生し、品質・品位面での問題を生じることがある。この問題に対し、エアジェット織機の開口ストロークをミニマイズ化させる等の技術開発によって、毛羽立ちを抑制し製織速度をアップする技術を確立する。

2-1-2. 3 実験方法及び実験条件

導入したエアジェット織機や付帯する設備を用いて、よこ入れ挿入のテストを実施した。

- (1) 導入したエアジェット織機および付帯設備を用いて、よこ入れ挿入テストを実施。
- (2) 最終目標は、極細ガラス繊維（4.2tex）における製織速度アップであるが、過去の知見との差異を検証しながら進めるべく、レギュラー系（中織度ガラス繊維：30tex・・・1m幅織機での製織実績がある一方向織物のよこ糸（織度：22.5texのガラス糸）に目止め糸（織度：5.6tex）を、カバリングした糸）を用いて条件出しを行い、目途がついた段階で切り替えることにし飛走テストを実施した。

2-1-2. 4 実験装置の概要

上述した一連の各設備において、中織度ガラス繊維と極細ガラス繊維を、それぞれよこ糸としてエアジェット織機に投入し、回転数・エア圧・タイミング等々の、織物設計および製織技術を確立すべく条件出しを継続し行った。

2-1-2. 5 実験結果

製織条件検討1（移転後の調整）【織機回転数：200→225→250→275→300rpm】

昨年度終了時には、目標としている極細ガラス繊維のよこ糸挿入においても、300rpmで長さ10cm程度製織できたことから、まずは中織度ガラス繊維にて設備移設後も安定した製織が可能か装置の確認を行いながら飛走テストを実施したところ、スムーズに飛走することを確認。

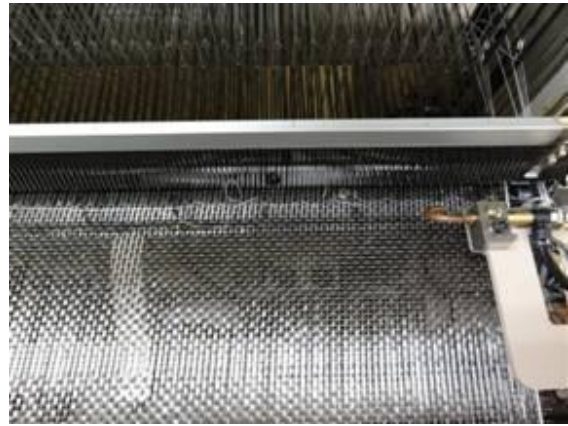
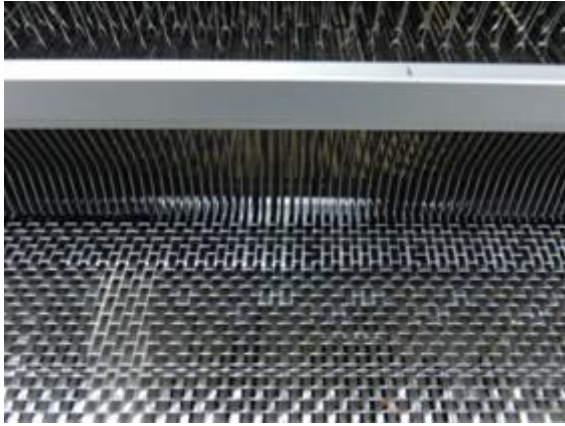


図. 2-1-2-2 250rpm での飛走状況 図. 2-1-2-3 300rpm での飛走状態
エア圧、噴射タイミング、ノズルの角度・高さの変更等、微調整は必要であったが、反給糸側まで、よこ糸が到達できる状態を確認した。

製織条件検討2：織機回転数：300rpm → 320rpm

目標としている 350rpm へ向けて飛走テストを進めている中で、サブノズル間隔の調整を実施し、回転数を「320rpm」として安定な製織ができることを確認した。

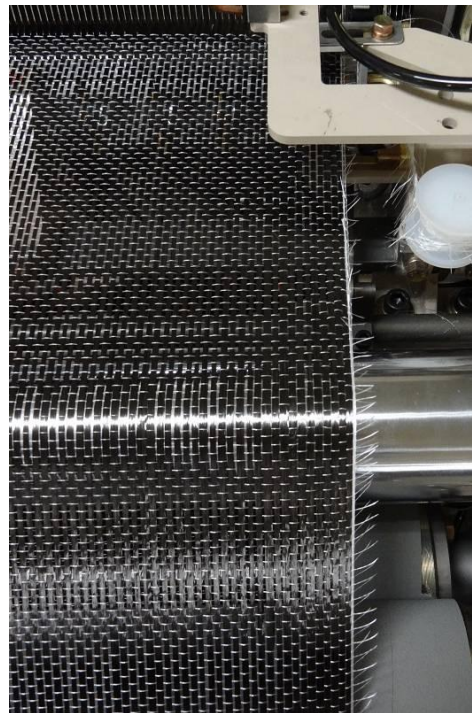
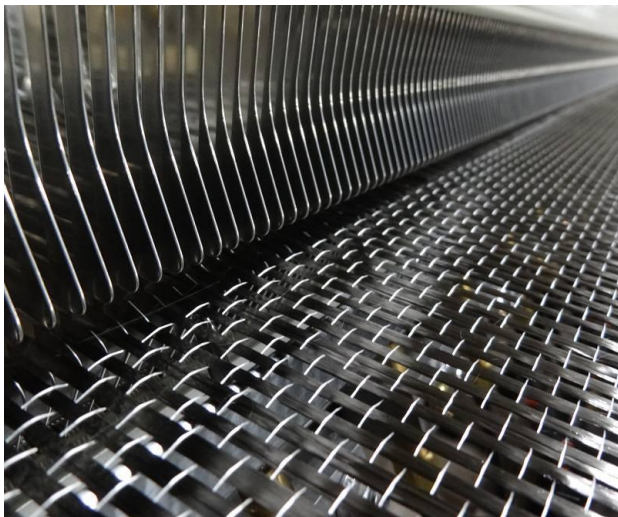


図. 2-1-2-4 300~320rpm での飛走状況（筈部と反給糸側）

製織条件検討3-1：織機回転数：320rpm → 330rpm

330rpm まで上げると反給糸側まで、ヨコ糸が到達できない状態。

(毛羽玉となる現象や、未到達)

東レ株式会社とも協議・検討して、残りわずかな期間で最良の製織条件を見出していく。

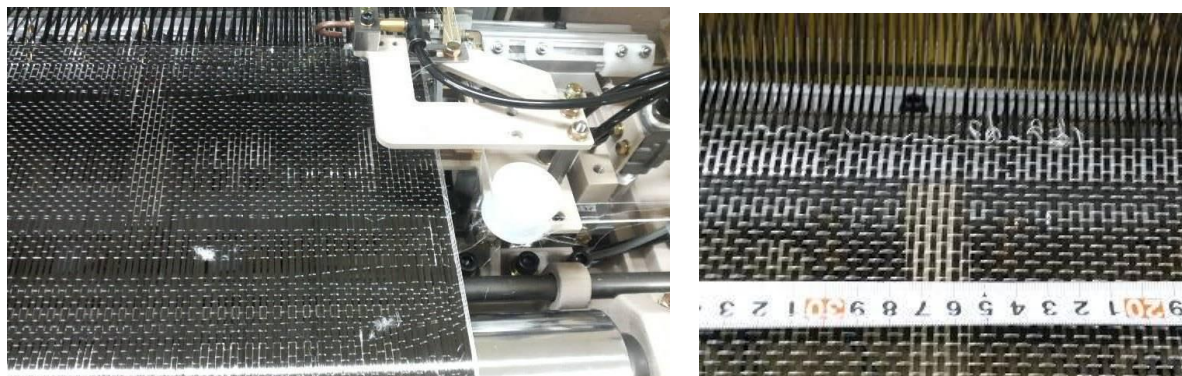


図. 2-1-2-5 330rpm での飛走状態

製織条件検討3-2：織機回転数：320rpm → 330rpm → 目標：350rpm

トライアルとして、330rpm まで上げると反給糸側まで、ヨコ糸が到達できない状態であったが、更にエア圧、噴射タイミング、ノズルの角度や高さ等の変更・微調整を行なった。

サブノズルの噴射角度を、手探りではあるが、一日半かけ調整したところ、330rpm で中織度ガラス繊維がスムーズに飛走できるようになり、更に微調整し織機回転数を 360rpm まで徐々に引き上げ、安定して飛走できることを確認し『目標達成』できた。

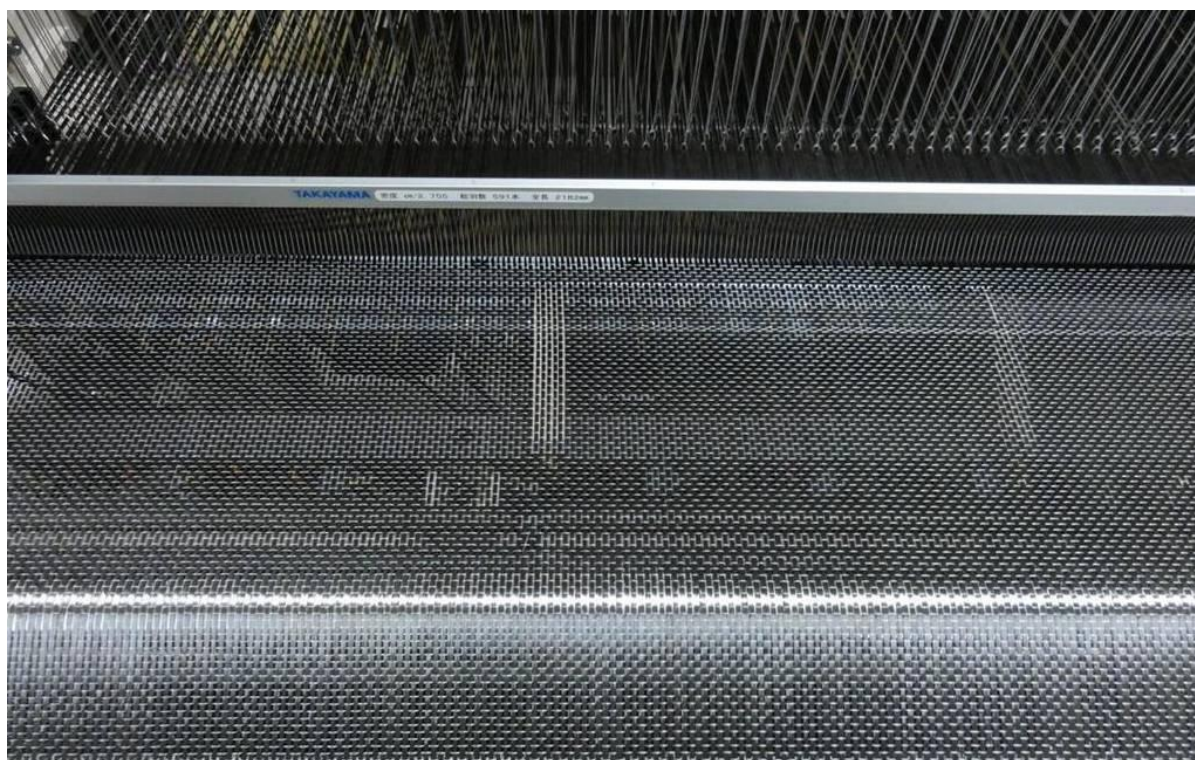


図. 2-1-2-6 目標達成した 360rpm 時の状態

製織条件検討4-1：織機回転数：目標クリア → 380rpm → 400rpm

目標回転数 350rpm での製織が、スムーズにできることを確認し、更に微調整を実施しながら、回転数アップを試みた。380rpm では、たて糸の毛羽発生が多くなったのか、よこ糸が途中で引っかかりループ状になったり、先端部分が毛羽玉状となり、20~30rpm の回転差で飛走できなくなった。

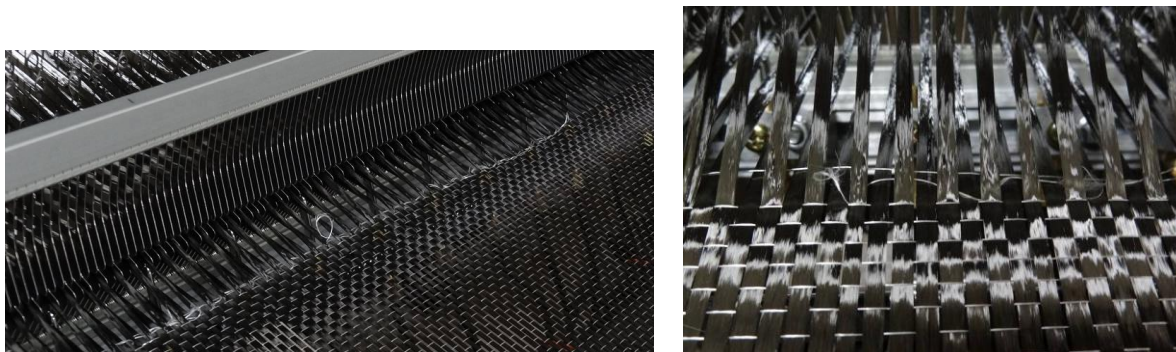


図. 2-1-2-7 380rpm 時のループ発生状態

検討4-2：織機回転数：目標クリア → 380rpm → 400rpm

380rpm~400rpm の振れ幅を持たせながら製織テストを実施している中、400rpm で過去に見られなかった現象が現れた。400rpm では、給糸側のよこ糸が弛み蛇行してしまう事が判明し、品位状も規格外になってしまうことから、中織度ガラス繊維（30tex）のよこ糸挿入に適した最良回転アップ数は、現段階で「MAX350rpm」と思われる。

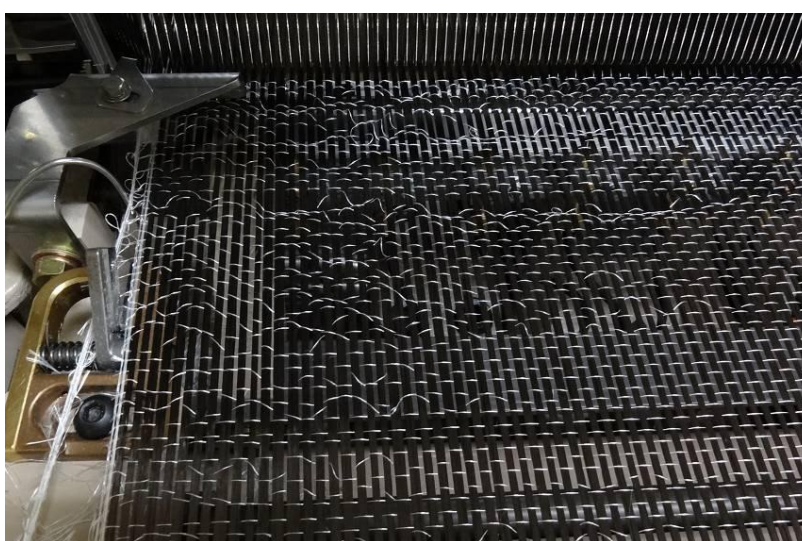


図. 2-1-2-8 400rpm 給糸側のよこ糸が蛇行してしまう状態

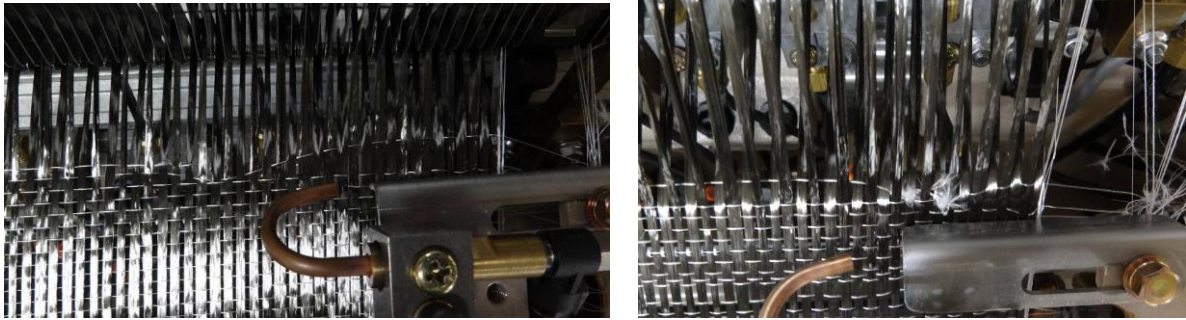


図. 2-1-2-9 400rpm 反給系側での先端トラブルの状態

検討5-1：極細ガラス繊維(織度：4.2tex)での検討<回転数：150rpm → 350rpm>

最終目標としている極細系では昨年度、長さ 10cm 程度の製織まではでき、回転数も 200rpm まで、飛走可能であった。(耳糸部のカラミ不良は残課題)

過去に微調整を施しながら飛走テストを行ってきたが、200rpm を超えると、反給系側までよこ糸が先端のトラブルにより到達できず安定した製織ができない。

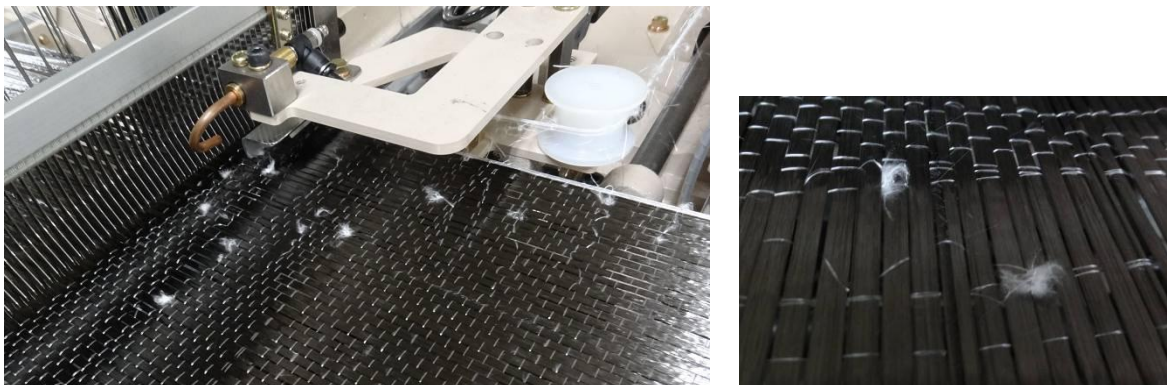


図. 2-1-2-10 よこ糸の先端トラブルが生じ反給系側まで届かない状態

検討5-2：極細ガラス繊維(織度：4.2tex)での検討<回転数：150rpm → 350rpm>

さらに、耳糸のカラミ不良(よこ糸抜け)が悪化してしまい、よこ糸が把持できない。

条件の最適化を進める予定だか、今年度中の研究開発は難しく、次年度以降も自社で研究開発できればと考える。

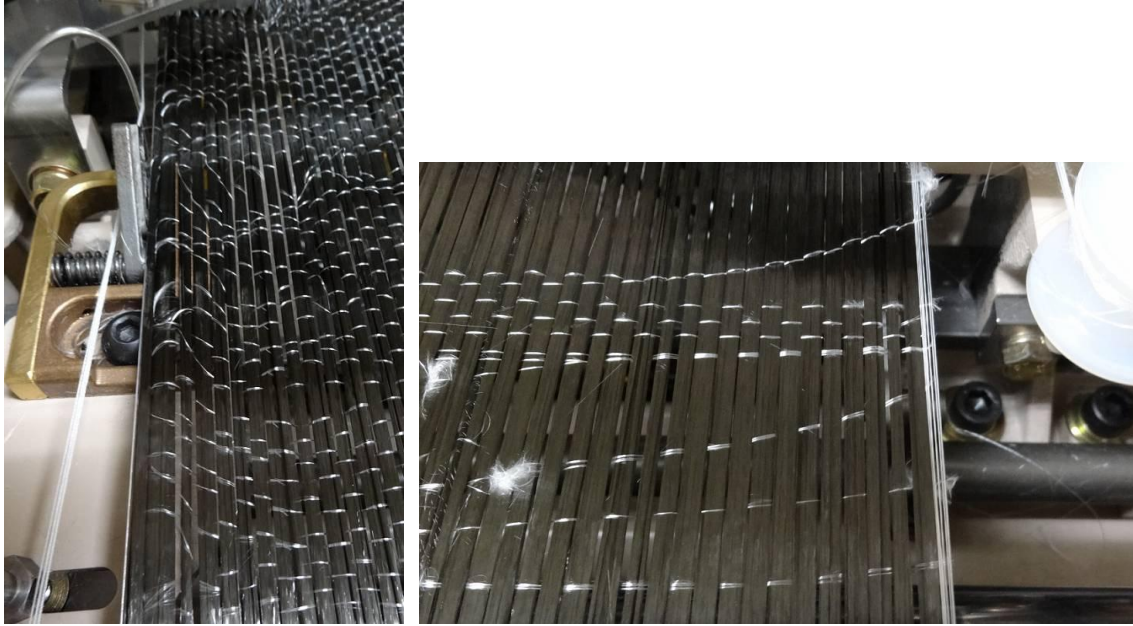


図. 2-1-2-11 よこ糸が耳糸に絡んでいない状態

2-1-2. 6 研究成果

昨年度からの検討により、たて糸密度が粗い炭素繊維織物（2.8本/cm以下）において、広幅織機（2m）でも製織が可能なることを見出した。

- ①. 中繊度ガラス繊維でのよこ糸飛走は、メインノズルの噴射タイミングおよび、サブノズルのタイミングとエア圧力の設定と、耳部の抜け防止策にて調整できた。しかしながら、極細ガラス繊維での飛走を試みたものの、2m幅に対して1.3mほどしか飛走しなかったり、繊維の先端が開く状態となり、極細ガラス繊維に合わせた織物設計を、製織テストを繰り返しながら見出す必要があることがわかった。
- ②. よこ糸の真直性を向上させた構造織物の製織技術として、クリールから織機までの間に、たて糸張力を均一に保てる張力装置を設置し、たて糸密度が粗い状態で、開口運動とよこ糸挿入がスムーズにできるよう調整することが可能であることを確立できた。
- ③. 広幅製織技術を用いた効率的製織技術として、2m幅織機での炭素繊維織物基材の製織は、エアジェット織機での前例が無い中で、よこ糸の目曲がり（斜行・弧形）とたて糸の毛羽立ち発生は、エア圧の適正化やノズルの角度により対応できそうである。
- ④. たて糸の開口による張力変動や綜絢とたて糸の摩擦、たて糸同士の摩擦等によって毛羽が発生し、品質・品位面での問題を生じることがあるが、今回導入したエアジェット織機の開口ストロークをミニマイズ化させる仕様確立と技術開発によって、毛羽立ちを抑制し、

製織速度アップに繋げられ高速化に対応した効率的製織技術られそうである。

本年度の検討結果より中繊度 GF（繊度:30tex）では～360rpm まで安定して製織できることを確認した。

さらに回転数を上げたところ（～400rpm）、たて糸毛羽の影響のためかよこ糸がループ状に屈曲して飛走できなくなり、検討織物においては 360rpm 程度が限界回転数であることがわかった。

また極細 GF（繊度:4.2tex）においては、200rpm にて長さ 10cm 程度までは製織できるもののよこ糸の先端が綿状に膨らみ、引き続き、製織条件の最適化が必要なことを確認した。

2-2 自動検査技術の開発

2-2-1 自動欠点検査方法の技術開発

2-2-1. 1 プロジェクト全体における本研究開発の位置づけ

R T M成形の上流にあたる繊維製織工程・織物基材の製造工程の中で、欠点検査や製品計測などの品質管理は、人の目視検査に頼らざるを得ない作業となっている。このため、R T M成形全体の課題である製造コストの大きな割合を占めており、これらの作業時間を短縮する技術を開発することは製造コストの削減へつながる。また、人の目視検査では、作業員ごとの判定ばらつきや、それに伴う欠点の見逃しなども課題としてある。このような背景の中、検査時間を短縮させ、かつ織物基材の品質信頼性を向上させる目的で織物基材の目視検査を自動化する技術の開発に取り組んだ。H 2 2年度およびH 2 3年度はUD（一方向）・ノンクリンプ構造の織物基材の自動検査技術確立を目標に、H 2 4年度は(双方向)炭素繊維織物特有の欠点検査確立を目標とし、それぞれ作業時間の削減に取り組んだ。

2-2-1. 2 研究成果 概要

1) UD・ノンクリンプ構造織物基材の検査について

はじめに、UD・ノンクリンプ構造織物基材の研究成果概要について説明する。

対象となるR T M織物基材については、風力発電向けの風車ブレードをはじめ、多数の実績・展開予定があることからノンクリンプ構造のR T M織物基材とし、さらに検査対象となる欠点については、様々な用途の中でも品位が厳しいとされる航空機用途を前提とした。この対象となる欠点としては、糸切れ、空打ち、糸スプライス、毛玉、粒子ハガシなどがあり、それぞれ欠点の規格（定義）を明確にした。

これに対し、欠点部を正常部に対し、コントラストよく撮像できる光学系（照射角 $\theta = 45^\circ$ の反射光学系）と、R T M織物基材の糸間の隙間や、層間粒子の散乱ばらつきなどを考慮した検出アルゴリズムを開発した結果、基礎検証として次の結果を得ることができた。

（特開特開2012-093206にて特許出願した）

結果：0.4m×85mの織物基材に発生した欠点23個中、21個の欠点検出が可能
（検出率：91.3%、誤検出20個）

この処理アルゴリズムを実装し、創和テキスタイル社に設備導入、検証をおこなった。この装置の概要写真を図2-2-1-1に示す。



図 2-2-1-1 自動欠点検査装置 概要写真

この装置を使い、テストを行った結果、

走行速度：10m/min

検出性能：94.4%（17個検出／18個欠点中：詳細は表 2-2-1-1 参照）

であることが検証でき、この結果から現在100m巻きで2hrかかっていた検査時間を1hr以下へ達成することができた。

表 2-2-1-1 自動欠点検査 検出評価結果

欠点種	欠点数	検出数	見逃し数	備考
たて補助糸切れ	3	2	1	欠点部不明確のため見逃し
よこ糸切れ	2	2	0	
たて糸切れ	2	2	0	
スプライス	2	2	0	
から打ち	2	2	0	
毛玉 (CF)	2	2	0	
粒子付着異常	3	3	0	
異物	2	2	0	※GF毛玉、シール
合計	18	17	1	※正常部誤検出:2個

2) 双方向構造織物基材の検査について

次に、双方向構造織物基材の研究成果概要について説明する。

今後拡大が見込まれる自動車向けなどでは、たて、よこがいずれも炭素繊維 (CF) の構造を持つ双方向織物基材、特に平織り構造が主流になると想定されている。このような基材で検出すべき欠点は、糸切れ、から打ち、毛玉などUD構造基材同様に存在するが、品位管理

として重要な検査項目として、「目隙」と「目曲がり」とがあることがわかった。これらはUD構造基材では存在し得ない欠点・検査項目である。目隙とは製織後にたて糸（CF）とよこ糸（CF）との間に発生する隙間の大きさである。また、目曲がりとは製織後のよこ糸の製織方向からのズレ量である。これら2つがある大きさ以上となった場合、後工程のRTM成形時の基材搬送時に基材が弛む、ほどけるといった重大な問題を発生させてしまう。そこで目隙・目曲がりをントラストよく撮像できる光学系（透過光学系）と、目曲がりを目つぶれの影響を受けずに精度よく検出できるアルゴリズムを開発し、基礎検証にて検査可能なことを確認した。これをもとにした検査装置を創和テキスタイル社に導入、検証をおこなった。この装置の概要写真を図2-2-1-2に、検査画面を図2-2-1-3に示す。



図2-2-1-2 目隙・目曲がり装置 外観写真

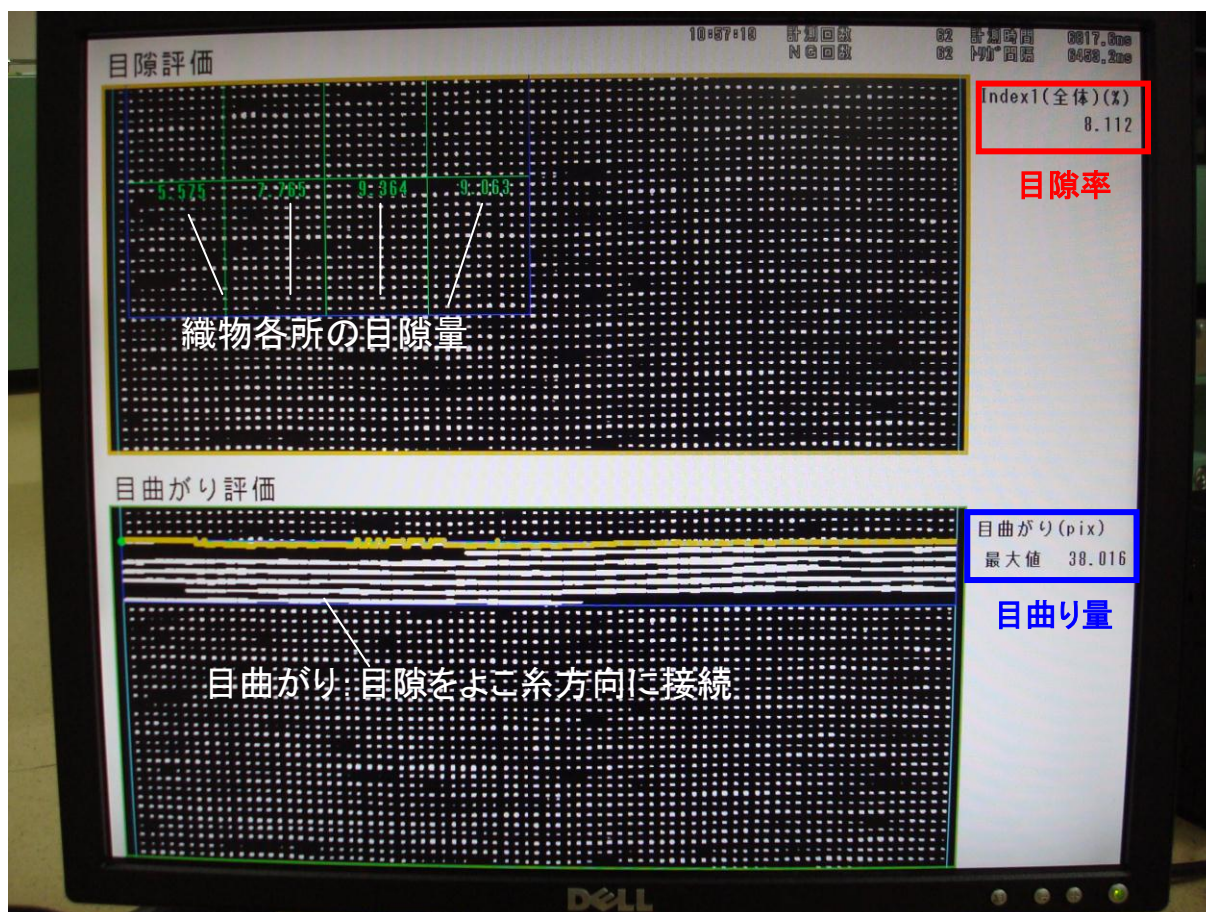


図 2-2-1-3 目隙・目曲がり検出画面

装置の検証テストとして基材の目視確認との突合せを行った結果、

目隙：100%（画像40枚／40枚中）

目曲がり：99%（99箇所認識／100箇所中）

であることを確認でき、この結果から現在100m巻きで2hrかかっていた検査時間を1hr以下へ達成することができた。

2-2-2 自動粒子量測定方法の技術開発

2-2-2. 1 プロジェクト全体における本研究開発の位置づけ

RTM成形の上流にあたる繊維製織工程・織物基材の製造工程では、製織後に織物基材表面（表裏両面）に樹脂などを主成分とする粒子を散布・融着させた後、RTM成形を行なう。これら織物基材に付着した粒子が、成形時に各基材間の層間を強化させる役割を果たし、成形品としての耐衝撃性を向上させている。そのためには散布・融着させた粒子が欠落や凝集なく適度に分散されることが重要であり、品質管理として織物基材を切り出した一定面積（ $125\text{mm} \times 125\text{mm}$ ）中にある粒子の重量（以下、目付量と呼ぶ）をもって管理を行なっている。しかしながら、RTM織物基材から炭素繊維（以下、CF）やガラス繊維（以下、GF）を除いて粒子の重量のみを測定することは困難であり、現在は人手による抽出法と呼ばれる方法にて測定している。これは、切り出したRTM織物基材の重量を測定した後、CF・GFと分離させ、溶剤にて粒子を溶かした後の重量を測定し、前者との差分を粒子の重量としている。この方法は、測定に多大な時間（約3hr）を要するため、織物基材の製造コストの大きな割合を占めている。また、測定値が溶出前後の重量差分であることから、粒子以外の重量が含まれる可能性もあり、測定値の信頼性は必ずしも高くない。このような背景の中、織物基材に付着した粒子量を精度よく、かつ短時間で自動測定する技術を開発し、測定時間の削減に取り組んだ。

2-2-2. 2 研究成果 概要

RTM織物基材は、CFとGFとを製織した後、樹脂などを主成分とする層間粒子を織物表面に散布・融着させて作られる。このため、表面をカメラで撮像すると、CF、GFと層間粒子の3者が撮像されるため、このうちCFからの散乱光の影響がなく、GFと層間粒子だけが散乱されるような光学系を開発・設計した。その結果、基材中のGFと層間粒子とを上方向から投影した像として捕えることができ、この画像から粒子分のみの面積を算出することで、粒子量を精度よく撮像することができた。この光学系を使った、目付量既知サンプルの撮像画像を使って面積-目付量の検量線を作成し、別サンプルの目付量を測定した結果、 7.9g/cm^2 の基材を精度0.67%と、目標である1%以下の誤差で粒子量を測定できるとわかった（特開2012-103058にて特許出願した）。そこで、この結果に基づいて装置製作を進めた。図2-2-2-1に装置の外観写真を示す。

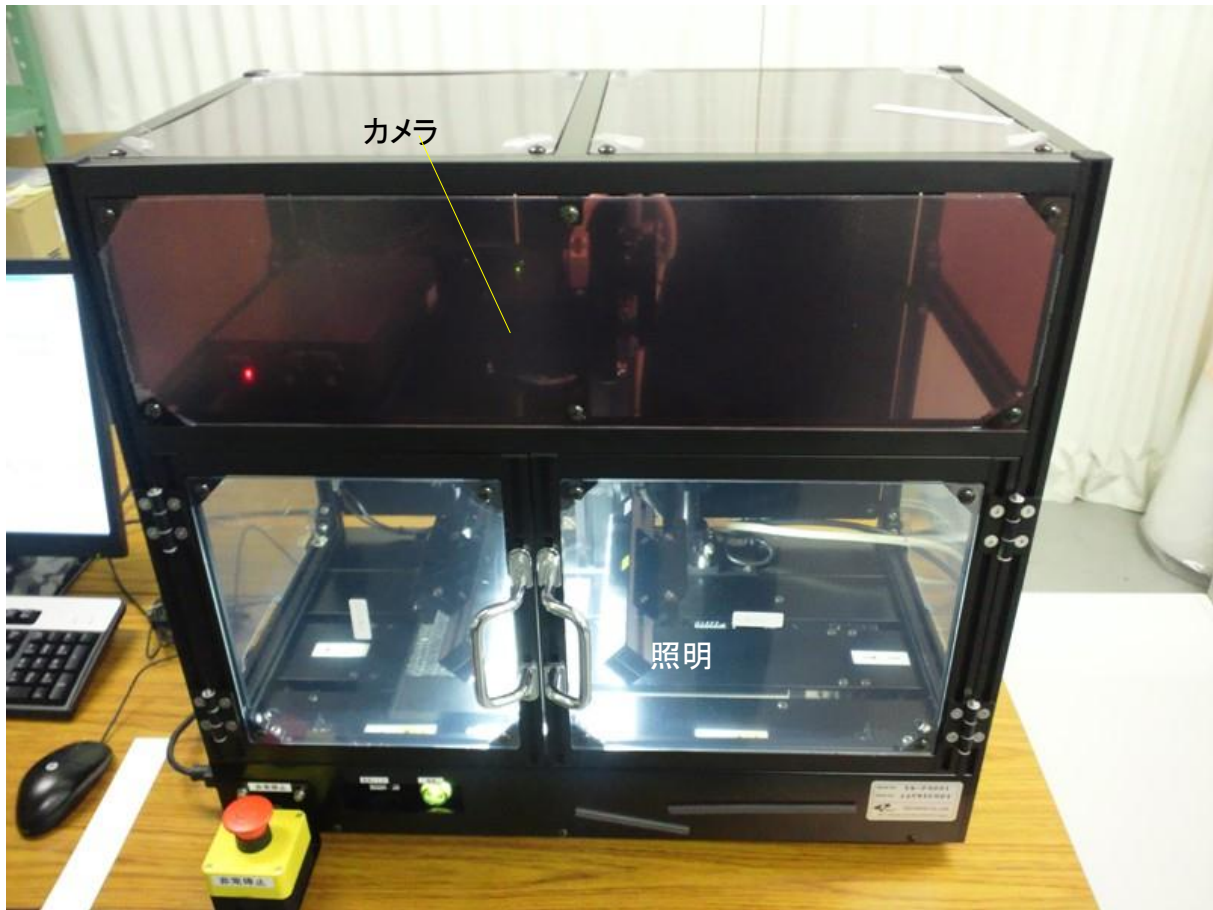


図 2-2-2-1 装置外観写真

さらに、準備したRTM織物基材（ノックリン構造）欠点サンプル（サイズ：□125mm）を使って検証を行った。検証は次の手順で行った。

- 1) 目付量既知のサンプルを使い、測定結果の検量線を作成する。
- 2) 1) で作成した検量線をもとに、目付量既知の新たなサンプル基材を測定し、その結果をもとに精度の検証を行う。

また、精度は以下の式で算出した。

$$\text{測定精度} = (\text{既知の目付量} - \text{測定した目付量}) / \text{測定した目付量} \dots\dots ①$$

まず、1) の検量線作成を行った。目付量既知のサンプル5種を使ったところ、図 2-2-2-2で示すような検量線が作成できた。

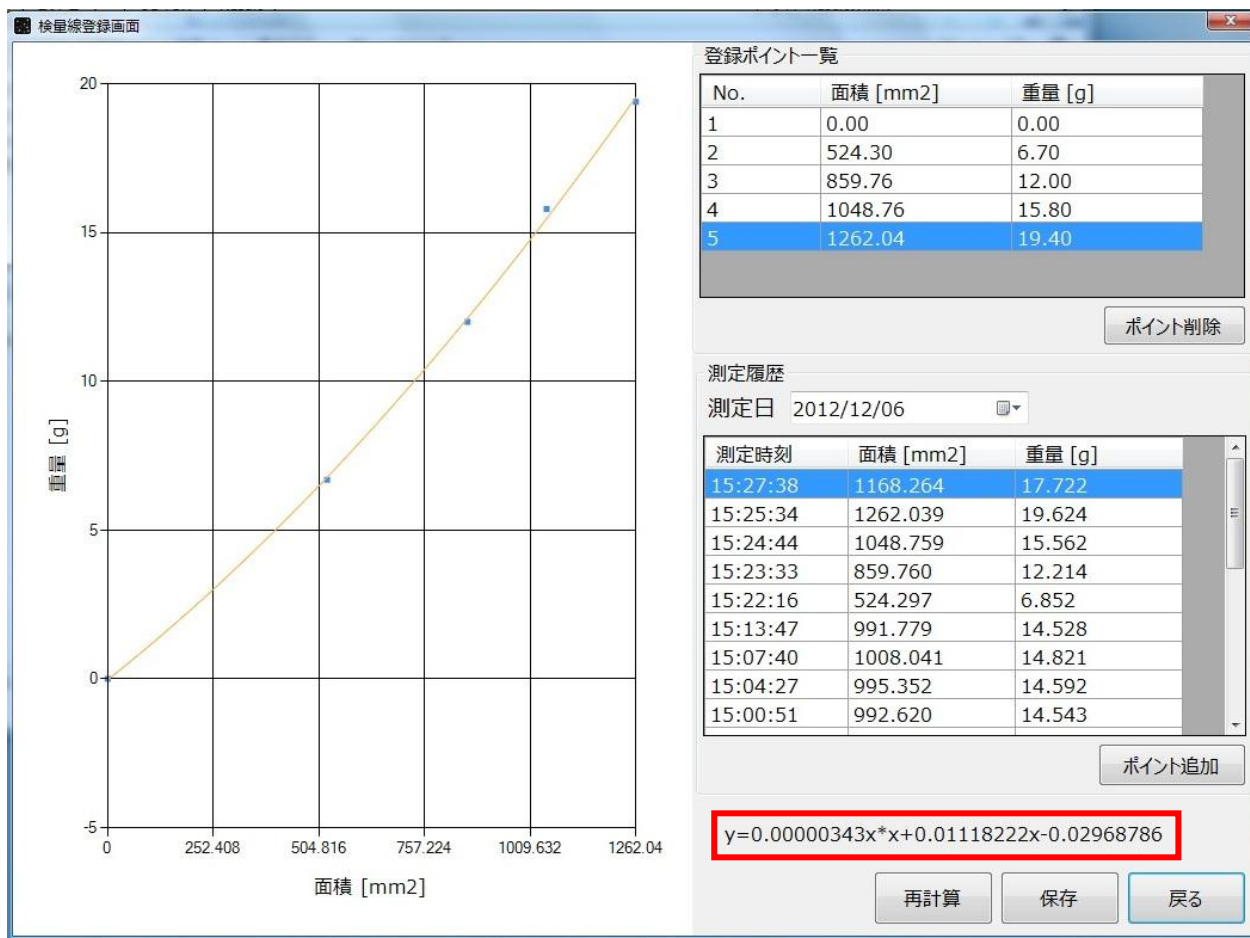


図 2-2-2-2 検量線作成画面

図 2-2-2-2の画面の右下赤線部内が、演算した検量線式であり、これから2)の新たな(別の)の目付量既知サンプル(17.8[g/cm²])の測定を行ったところ、図 2-2-2-3の結果を得られた。

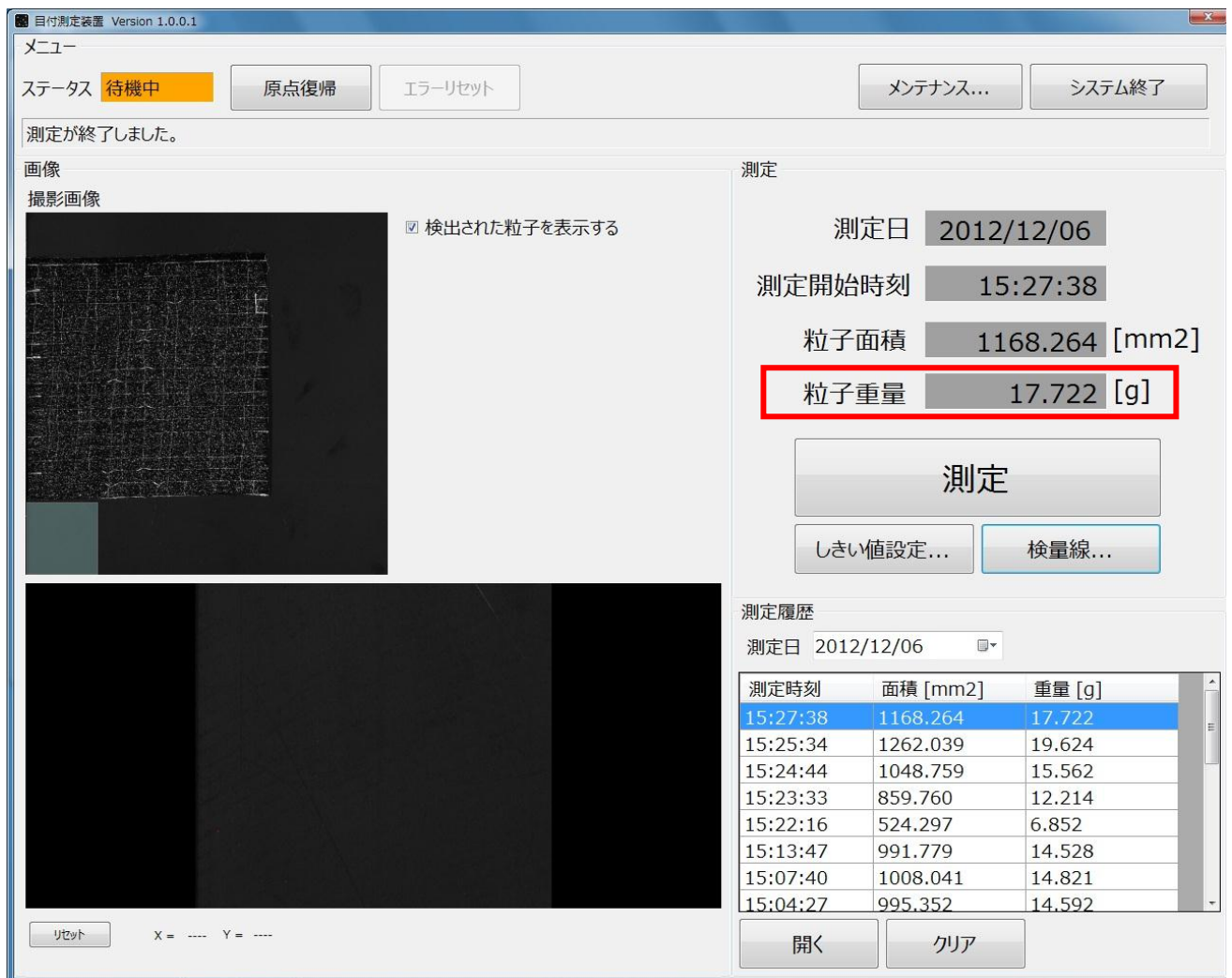


図 2-2-2-3 粒子量既知サンプル 測定画面

これによると 算出重量=17.722[g/cm²] であり、①で示した精度の検証式に当てはめると

$$\text{測定精度} = (17.8 - 17.722) / 17.8 = 0.56\%$$

となり、目標である±1%以下を達成できていることを確認できた。

また、この実験の所要時間を計測した（ストップウォッチにて測定）ところ、

検量線算出：4min 18sec（4枚分撮像＋演算）

粒子量算出：37sec（1枚分撮像＋演算）

であり、合計4min 55sec、であり、この結果から現在約3hrかかっていた測定時間を30min以下へ達成することができた。

2-3 プロジェクトの管理・運営

- 第1回研究開発委員会

平成24年7月26日（木） 14時00分～16時00分

議題

- (1) 昨年度までのご報告
- (2) 創和テキスタイル(株)野々市工場移転についてご連絡
- (3) 個別テーマのH24年度計画および進捗状況、今後の予定について
- (4) 今後の進め方
- (5) その他

- 第2回研究開発委員会

平成24年10月11日（火） 14時00分～16時00分

議題

- (1) 前回までのご報告
- (2) 個別テーマのH24年度計画および進捗状況、今後の予定について
- (3) 今後の進め方
- (4) その他

- 第3回研究開発委員会

平成24年12月20日（木） 13時30分～15時20分

議題

- (1) 前回までのご報告
- (2) 個別テーマのH24年度計画および進捗状況、今後の予定について
- (3) 今後の進め方
- (4) その他

- 第4回研究開発委員会

平成25年2月12日（火） 14時30分～16時30分

議題

- (1) 前回までのご報告
- (2) 個別テーマのH24年度計画および進捗状況、今後の予定について
- (3) 事業の成果、今後の進め方、まとめ
- (4) その他

第3章 全体総括

第3章 全体総括

次年度以降は、本事業によって開発した高性能製織技術で製造した構造部材用炭素繊維織物について、次年度以降に川下製造事業者に対しサンプルを提供し、評価を得ることで実用化に向けた仕様等について検討を行う予定である。

以下、詳細を記す。

創和テキスタイル株式会社と東レ株式会社の開発体制ならびにサポイン事業終了からの事業化に至るまでのスケジュールを図 3-1、図 3-2 に示す。

製品となる炭素繊維織物は、創和テキスタイル株式会社と東レ株式会社にて共同で開発した製織技術ならびに検査技術を適用したものであり、風車や自動車、航空機や鉄道（列車）などの構造部材への適用を目指している。

ここでサポイン開始時には、図 3-3～3-5 に示すように炭素繊維の需要が拡大する予想であり、超大型風車の需要が年々増加する見込みのもと、それに伴って補強用基材となる一方向炭素繊維織物の需要が年々拡大するとの見込みのもと、サポイン期間中に新たな製織技術ならびに検査技術の開発を行い、事業終了後2年までは、サンプル出荷とお客様での評価ならびに追加検討を、その後、製品の生産・販売を行う予定であった。

さらに炭素繊維強化複合材料が適用されているモデルに関しては、プリプレグ¹⁾がメインであった欧州での大型機に一方向織物が採用されるなど、将来的に炭素繊維複合材料プレートでも一方向織物を基材に使用したレジンインフィージョン成形²⁾が拡大する予想であった。

共同開発体制(開発品製造工程フロー)と事業化計画

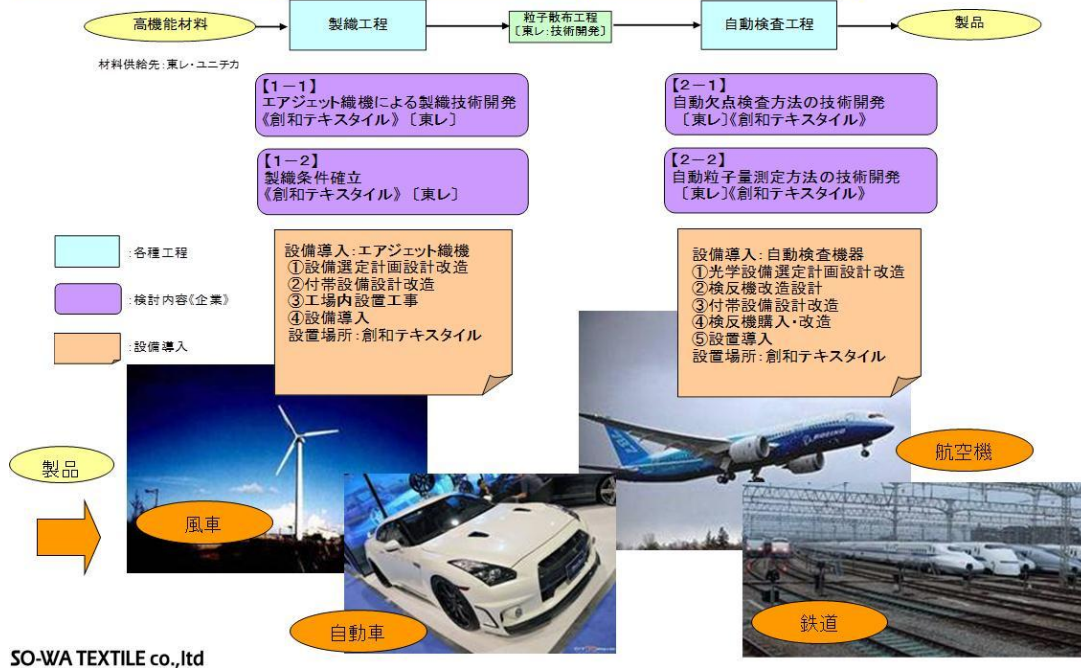


図 3-1 共同開発体制と事業化計画

本事業終了から事業化に至るまでのスケジュール

製品等の名称		炭素繊維織物					
開発事業者		創和テキスタイル株式会社					
スケジュール	事業終了後の経過年数	前1年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
	サンプルの出荷	→					
	サンプルの評価	→					
	追加研究		織機増設と粒子散布工程の取込み新設				
	設備投資		織機増設と粒子散布工程の取込み新設				
	製品等の生産			→			
	製品等の販売			→			

製品等の名称		炭素繊維織物					
開発事業者		東レ株式会社					
スケジュール	事業終了後の経過年数	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	
	サンプルの出荷	ユーザ求評					
	追加研究	ユーザ評価結果のフィードバック、粒子散布装置の設計					
	設備投資		織機の増設、粒子散布装置新設				
	製品等の生産			創和テキスタイルほかで生産			
	製品等の販売				客先への提供		

SO-WA TEXTILE co.,ltd

図 3-2 事業終了から事業化に至るまでのスケジュール

炭素繊維の需要見通し TORAYCA

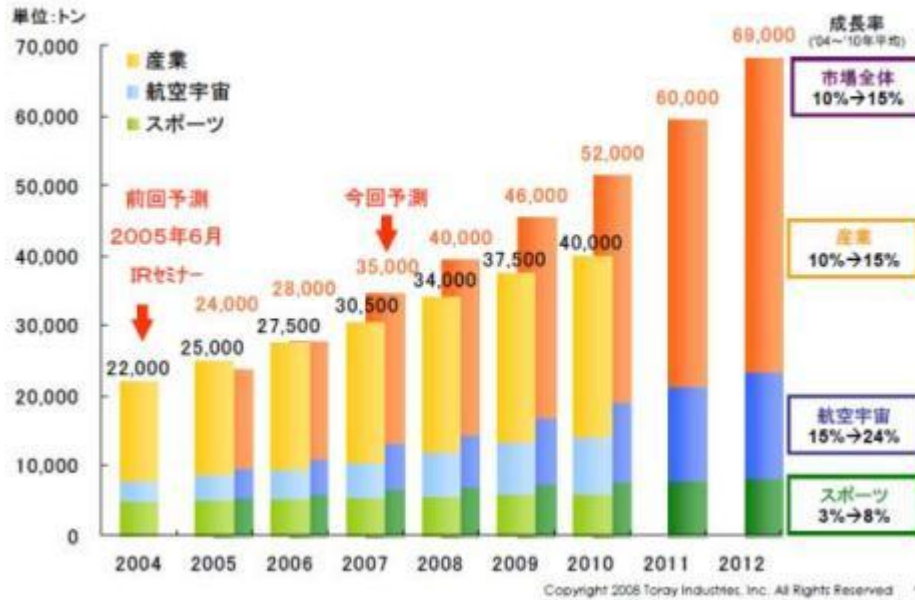


図 3-3 炭素繊維の需要見通し (2008 年度)

用途別市場シェア推移・計画 TORAYCA

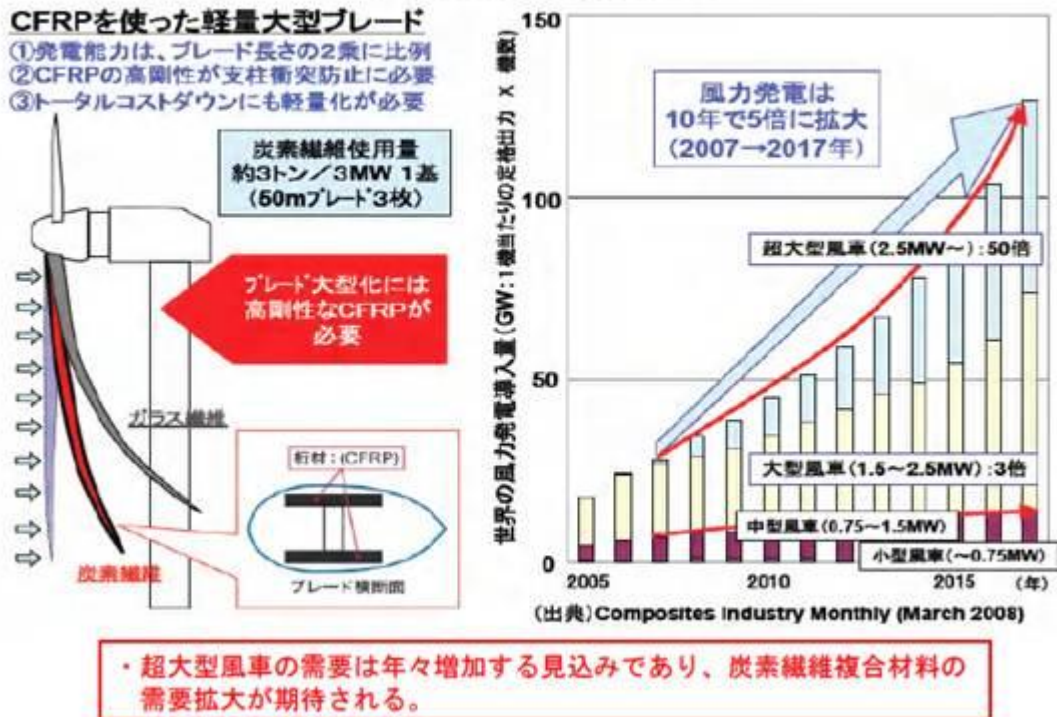


図 3-4 炭素繊維市場予測 (2008 年度)

<第 3 回 IT-2010 戦略セミナー (炭素繊維複合材料) 説明資料>

2008 年 4 月 11 日 東レ 上浦専務

風車LCA“炭素繊維協会モデル”



SO-WA TEXTILE co.,ltd

出展：炭素繊維協会HP 2010/12/22

図 3-5 風車用の需要予測

しかし直近の予測では、図 3-3 に示すように炭素繊維の需要の伸びが2008年予測に対して伸び悩んでおり、また風車用のブレードに関しては、プリプレグから織物のインフュージョン成形に切り替える動きはなく、近年シェアを拡大する中国勢では成形技術が未熟なことからプリプレグが主流となっていることなどから、風車用途の需要が低迷しており、当面は需要拡大が見込めないことから自動車などの他用途への展開を並行して進めることにした。

- 1) プリプレグ：炭素繊維やガラス繊維からなる強化繊維に前もって樹脂を含浸した中間材料
- 2) レジンインフュージョン成形：上型にフィルムを使用し下型とフィルムの気密性を保ち、真空圧によって樹脂充填、含浸させるクローズドモールド成形法



図 3-6 炭素繊維の世界需要

〈東シの炭素繊維複合材料事業の事業戦略〉 2012年9月21日 東シ 大西専務

またサポイン開始当時に公開段階であったエアジェット製織に関する特許（特開2007-314926）は研究開発期間中に登録査定となり（特許5019942）、有効活用を図っていく。

■実行内容

（1）よこ糸織度と製織条件の関係把握

研究結果から、極細 GF を用いた高速製織は現時点ではかなり難しいことがわかったが、用途によっては必ずしも極細 GF が必要な訳ではないことから、次年度はよこ糸織度と製織回転数の関係を調査することにした。

また極細 GF の製織に関しては、よこ糸が耳糸に絡まない原因を調査ながら改善を図る予定であるが、難易度がかかなり高いことから、マシンメーカーやエアジェット製織の有識者の知恵を借りながら、検討を進めることにした。

また検査に関しては、導入した検査設備を用い、織物の欠点の発生箇所、種別、頻度などをデータとして残し、それをもとに製織条件の改善・早期フィードバックに有効活用する。