

平成30年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「義肢向け熱可塑CFRPの多品種少量生産を
可能にする革新製造プロセス」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 中部経済産業局
補助事業者 カジレーネ株式会社

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・・・・・・・・・・・・・・・・（3）
- 1-2 研究体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（4）
（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）
- 1-3 成果概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（6）
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（7）

第2章 本論

- 【1】レーザースリットコミングル法の確立・・・・・・・・・・・・・・・・（8）
- 【2】コミングルヤーンのホールガーメント編み手法の確立・・・・・・・・（10）
- 【3】熱可塑オープンモールド成形法の確立・・・・・・・・・・・・・・・・（12）
- 【4】CFRTPソケットの製作法の確立・・・・・・・・・・・・・・・・・・（14）
- 【5】CFRTPソケット形状修正・機能修復技術の確立・・・・・・・・・・（18）
- 【6】プロジェクトの管理・運営・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（23）

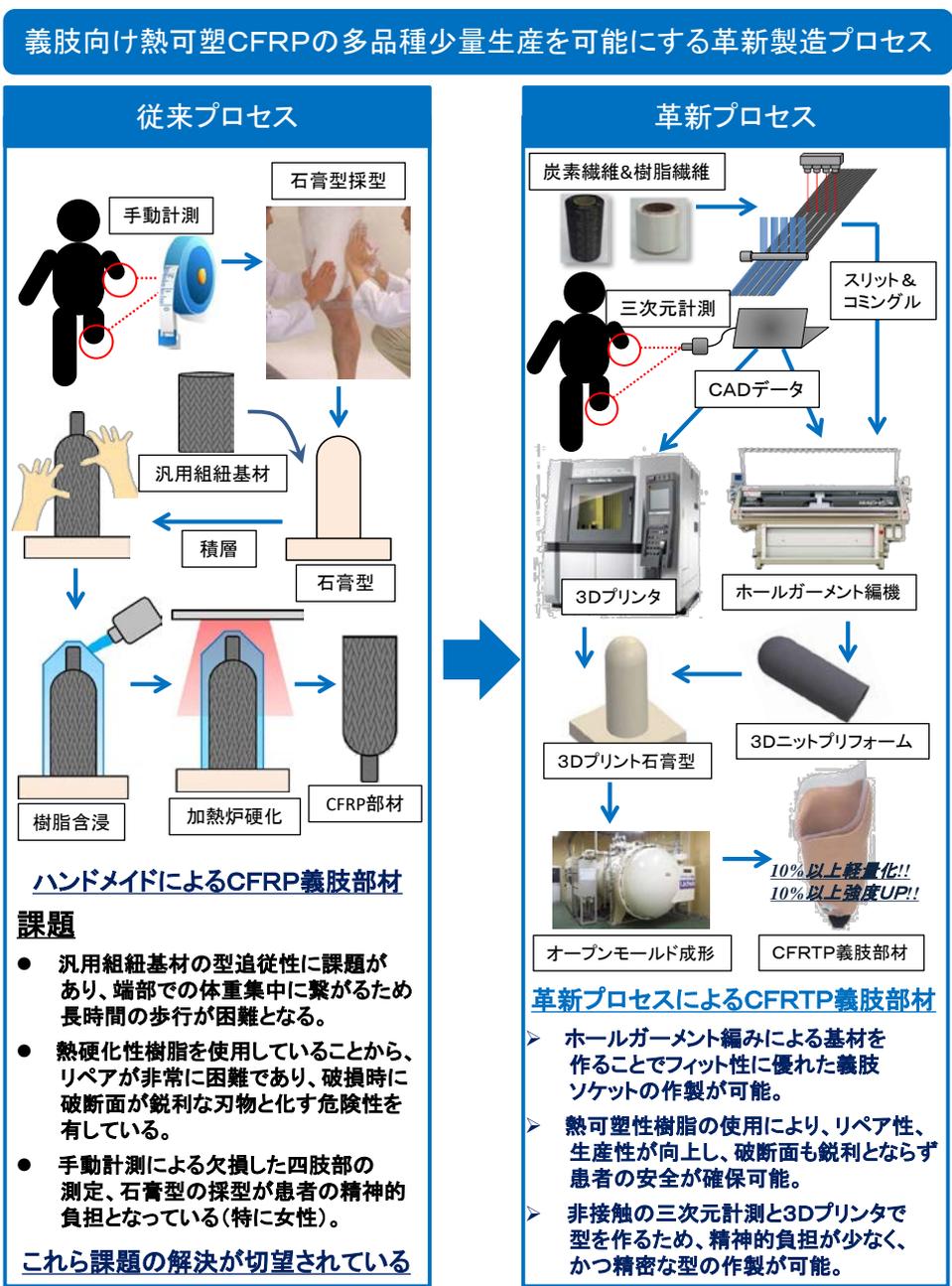
最終章 全体総括

- 3-1 補助事業の成果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（24）
- 3-2 本事業終了後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（25）
- 3-3 本事業による効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（25）
- 3-4 事業展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（25）

第1章 研究開発の概要

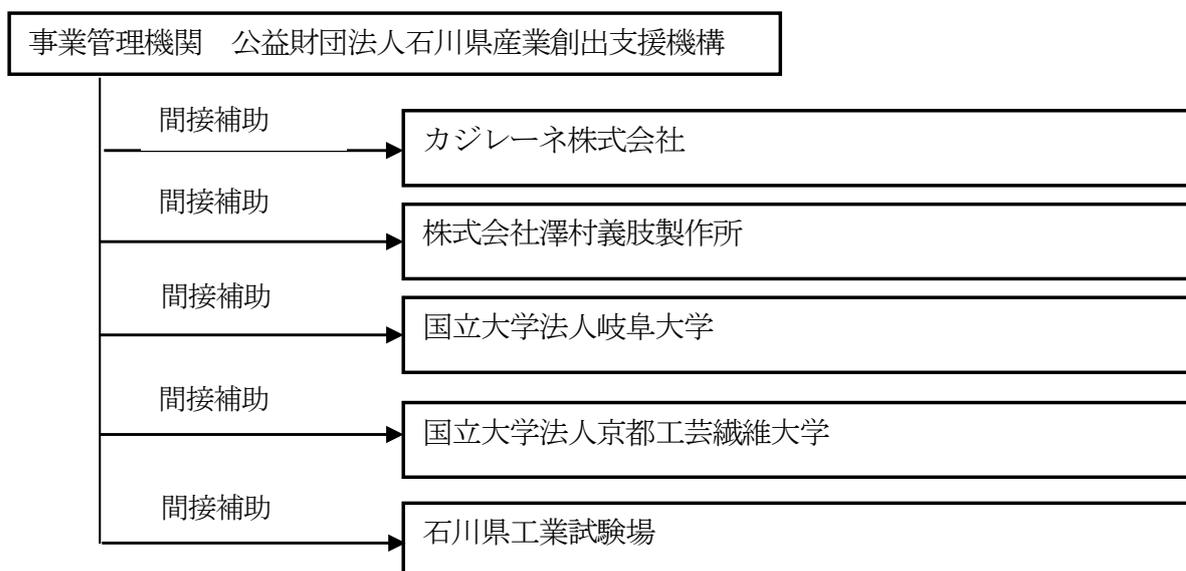
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

本研究開発では四肢の欠損というハンディキャップを抱えた方々に、少しでもストレスを感じさせない義肢を製作し、多くの方にその義肢を提供したいという義肢製作所の方々の思いに対して、カジレーネ株式会社をはじめとする東海北陸の炭素繊維強化複合材料（CFRP）の技術力を結集させることで、その思いを実現させることを目標とした研究開発プロジェクトであり、義肢という福祉分野において、安心・安全・安価で軽量かつ高機能なCFRP義肢部材の開発を目指す。



1-2 研究体制

1. 履行体制図



総括研究代表者（PL）
 カジレーネ株式会社
 専務取締役・高木 光朗

副総括研究代表者（SL）
 株式会社澤村義肢製作所
 常務取締役・佐野 太一

アドバイザー
 株式会社仁徳商会 代表取締役 寺岡 智浩
 大和ハウス工業株式会社 総合技術研究所 副理事 研究統括室部長 池端 正一
 石川県リハビリテーションセンター 次長 高橋 哲郎

2. 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人石川県産業創出支援機構

管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (研究項目番号)
坂 芳幸	事務局参事兼総務企画部長兼総務企画課長	【6】
坂野 信吾	プロジェクト推進部長	【6】
平井 一也	プロジェクト推進部 研究交流推進課長	【6】
競 荘介	プロジェクト推進部 技術開発支援課長	【6】
宮前 由紀乃	プロジェクト推進部 技術開発支援課	【6】

【間接補助事業者】

カジレーネ株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (研究項目番号)
高木 光朗	テキスタイル事業部・専務取締役	【1】【2】【3】
中橋 晴雄	生産第一部・取締役部長	【1】【2】
小塚 一範	テキスタイル開発営業部・係長	【1】【2】
本近 俊裕	グループ新規事業推進室・主任	【1】【2】【3】【4】【5】
江越 知比呂	テキスタイル開発営業部	【1】【2】

株式会社澤村義肢製作所

氏名	所属・役職	実施内容 (研究項目番号)
佐野 太一	常務取締役	【3】【4】【5】
田中 真悟	製作部 リーダー	【3】【4】【5】
藤本 和希	製作部 サブリーダー	【3】【4】【5】
横山 拓也	製作部 サブリーダー	【3】【4】【5】
山上 耕平	製作部	【3】【4】【5】

国立大学法人岐阜大学

氏名	所属・役職	実施内容 (研究項目番号)
仲井 朝美	工学部機械工学科・教授	【3】【4】【5】
札内 彰	工学部・研究員	【3】【4】【5】

国立大学法人京都工芸繊維大学

氏名	所属・役職	実施内容 (研究項目番号)
大谷 章夫	繊維学系・准教授	【1】【2】【3】【4】【5】

石川県工業試験場

氏名	所属・役職	実施内容 (研究項目番号)
森 大介	繊維生活部 複合材料技術開発PJ室長	【4】【5】
奥村 航	繊維生活部 専門研究員	【1】【4】【5】
長谷部 裕之	繊維生活部 主任技師	【1】【2】【4】【5】

1-3 成果概要

【1】レーザースリットコミングル法の確立

炭素繊維用レーザースリット装置を開発し、12kの太さの炭素繊維原糸をレーザースリット法による分繊技術開発の取り組みをおこなった。その結果、12kの炭素繊維を4等分することで引張強度の低下がなく、重量減少率も約4.8%である3k相当の炭素繊維を作製可能となり、制御精度の向上により1.5k相当の炭素繊維を作製する手法も確立することができた。さらに1.5k相当の炭素繊維を用いたテキスタイル加工性と含浸特性を兼ね備えたコミングルヤーンの作製手法を構築することができた。

【2】コミングルヤーンのホールガーメント編み手法の確立

編み組織や編み条件の検討を重ねることで、ホールガーメント編機を用いた編立時の繊維損傷を抑制する手法、約350texのコミングルヤーンを使用した編立手法を構築した。これらの手法を基にすることで、伸縮性に優れた義肢ソケットプリフォームの開発に成功した。

【3】熱可塑オープンモールド成形法の確立

加熱・加圧手法の検討や成形品の繊維-樹脂界面の改善手法の検討を重ね、未含浸率1%以下を達成するオープンモールド成形法および成形指針を構築し、難接着性であるオレフィン系樹脂においても繊維-樹脂界面の界面接着強度を2倍近く向上させる手法を得ることに成功した。

【4】CFRTPソケットの製作法の確立

【1】、【2】、【3】で開発した技術を基に熱可塑性CFRP製ソケットを開発し、一般的に用いられる熱可塑性樹脂製ソケットより耐荷重を40%以上向上させることに成功した。

【5】CFRTPソケット形状修正・機能修復技術の確立

熱可塑性CFRPソケットの最大の特徴である樹脂の再溶融による形状修正特性を活かすべく、亀裂を有する熱可塑性CFRP製ソケットのリペア手法や、断端部の周径増減を想定した形状修正手法の構築を試みた結果、亀裂発生前より強固となるソケットのリペア手法、局所的には10%に近い値で表面積を増加させる手法を構築することができた。

表1. 技術目標値達成状況一覧

【1】 レーザースリットコミングル法の確立	技術目標達成率
12kの炭素繊維原糸から1.2k相当の分繊糸の作製	100 %
スリット時の繊維損傷率10%未満に抑制	100 %
繊維分散率が90%以上を達成する混織法の確立	95 %
【2】 コミングルヤーンのホールガーメント編み手法の確立	技術目標達成率
編立時の繊維損傷率10%未満	89 %
編立に使用するコミングルヤーンの繊度が200tex以上	100 %
【3】 熱可塑オープンモールド成形法の確立	技術目標達成率
成形品の未含浸率：1%以下、成形時間：20min以下	95 %
【4】 CFRTPソケットの製作法の確立	技術目標達成率
成形品の未含浸率1%以下、成形時間30min以下、 実物圧縮荷重110%以上、現行品から10%の軽量化の達成	85%
【5】 CFRTPソケット形状修正・機能修復技術の確立	技術目標達成率
修正前ソケットの90%以上の実物圧縮荷重	100 %
CFRTPソケットの表面積変化率10%の達成	98 %

1-4 当該研究開発の連絡窓口

カジレーネ株式会社

グループ新規事業推進室 本近 俊裕

E-mail : t.motochika@kajigroup.co.jp

TEL : 076-281-0118

FAX : 076-281-0164

第2章 本論

【1】レーザースリットコミングル法の確立

【1-1】炭素繊維を低繊度化するレーザースリット法の確立

安価に低繊度の炭素繊維を得るために、図1に示すような炭素繊維用レーザースリット装置を開発し、12kの太さの炭素繊維原糸をレーザースリット法による分繊技術開発の取り組みを行った。まずレーザーによるスリットを選定した背景として、炭素繊維は必ずしも全てのフィラメントが寸分の乱れ無く配向しておらず、繊維長手方向に対し斜めに配向した渡り糸と呼ばれるフィラメントを確実に切断する必要がある。この渡り糸を含む炭素繊維束をレーザーでスリットした際は、図2の模式図に示すように非連続のフィラメント（渡り糸）が発生することとなる。サイジング剤の選定や、サイジング剤の付与方法の検討により、渡り糸を炭素繊維フィラメントと一体化させることに成功した（2件の特許を出願）。低繊度化については12kの炭素繊維を4分割することで、3k相当のスリットした炭素繊維を作製する手法を構築し、スリット前後における重量減少率も4.8%を達成した。さらに、1.5k相当のスリット炭素繊維の作製も実施し、流通している1.5kの炭素繊維と同等の強度のものが得られている（図4）。

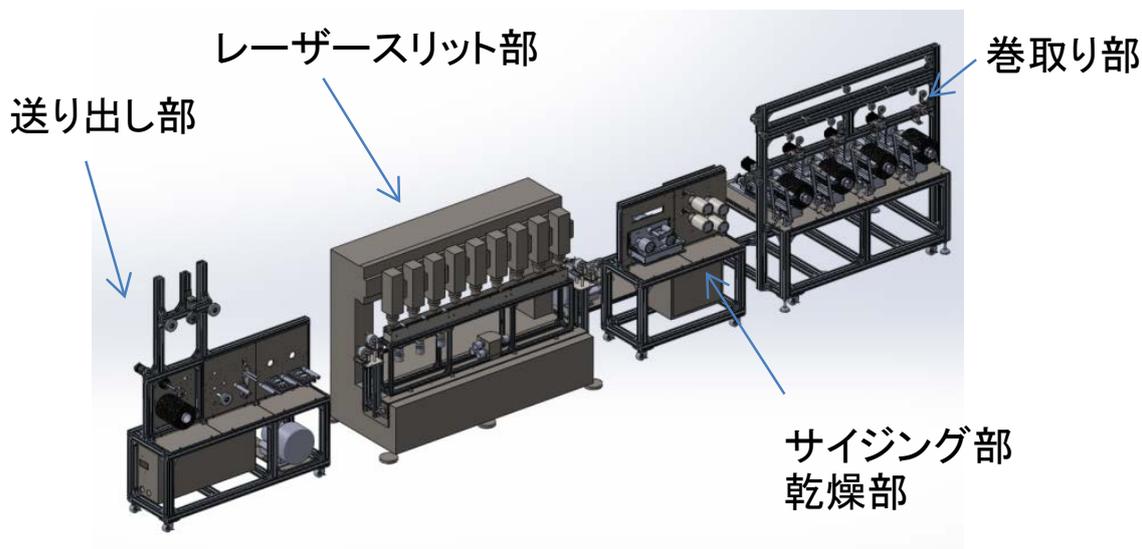


図1. レーザースリッター模式図

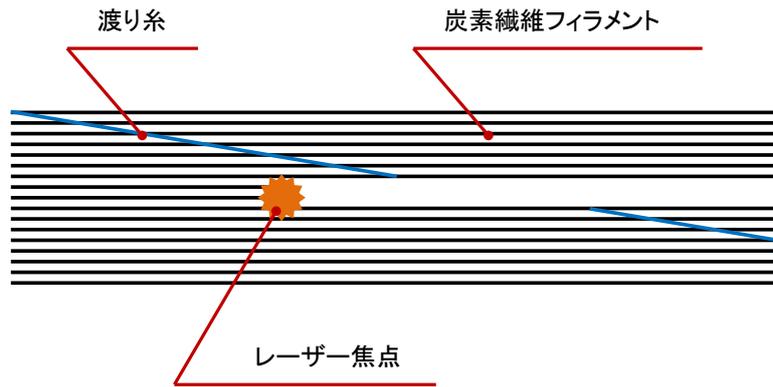


図2. レーザースリット時の渡り糸に関する模式図



図3 4分割したレーザースリット炭素繊維の乾燥工程

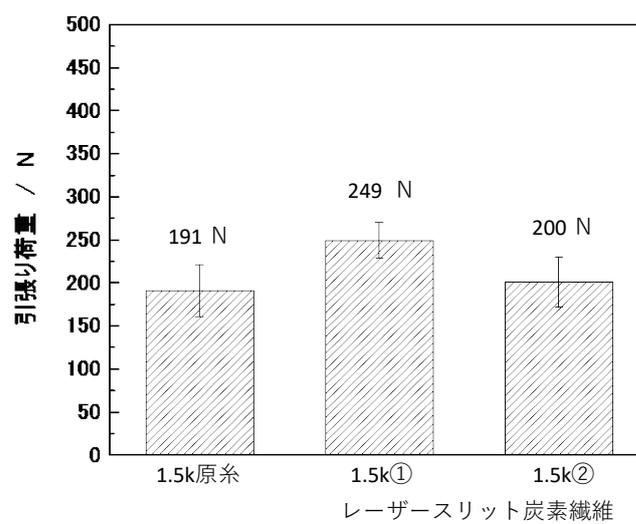


図4 炭素繊維原糸とスリット炭素繊維の引張り荷重の比較

【1-2】レーザースリット炭素繊維のコミングル法の確立

カバリング法を用いて、ホールガーメント編みに適したカバリングタイプのコミングルヤーンの製造法を確立した。芯鞘構造を持つカバリング手法によって作製したコミングルヤーンは、鞘となる樹脂繊維の存在によって、編立時に芯となる炭素繊維を保護する作用があり、スムーズな編立が可能となる。当初は合撚タイプのカバリング法によるコミングルヤーンを開発したが、樹脂繊維による炭素繊維の被覆量をさらに増加させるべく、ダブルカバリング法によるコミングルヤーンの開発をおこなった(図5)。炭素繊維は1.5kの炭素繊維を使用し、カバリングには190texのポリプロピレン糸をS方向およびZ方向に200T/mで各方向に2本ずつ巻き付けることで作製した。

作製したコミングルヤーンがどの程度の分散率を有しているか、理論的な検討を行った結果、分散率は85.5%で目標達成率95%となった。



図5 ダブルカバリング法によるコミングルヤーン外観

【2】コミングルヤーンのホールガーメント編み手法の確立

【2-1】繊維損傷を抑制したホールガーメント編み手法の確立

【2-2】編立用コミングルヤーンの太繊度化

本項では熱可塑CFRP製ソケットのプリフォームを作製するためにホールガーメント編機を導入し、編み組織や編み条件の検討を重ねることで、350texの繊度の太さのコミングルヤーンを使用した編立手法を構築した。

次に図5で開発した低繊度タイプのコミングルヤーンを使用することで、編み針-炭素繊維間の負荷が減少し、スムーズな編立が可能になった。スムーズな編立が可能となったことで、編み組織の自由度も向上したため、リブ編みや減らしを使用することで、図6のようなプリフォームを作製することができた。リブ編みは伸縮性が高いことが特徴であるため、様々な径の型にフィットさせることができ、先端を絞ることでアンカーとの接続も可能と

なった。

作製したホールガーメント編み基材の繊維損傷を評価するために、図7のようにプリフォームより繊維を取り出して引張試験にて物性を評価した。図8に示す引張試験結果より、編み加工前の炭素繊維とリブ編み組織の炭素繊維を比較すると、約20%の強度低下がみられたが、編立前後で炭素繊維の重量減少や目視による炭素繊維の折れはほぼ確認できなかった。図8の引張強度の低下について、図7のように編み加工後に取り出した炭素繊維は細かくカールしていることから、引張試験時の炭素繊維の繊維配向が引張方向以外に配向した繊維が存在することによって引張強度が低下したものと推測される。

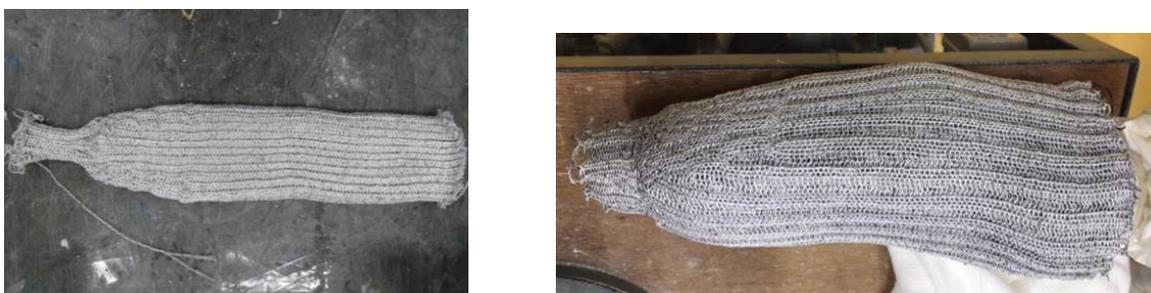


図6 石膏型に装填前後のホールガーメントプリフォーム



図7 引張試験用繊維の採取

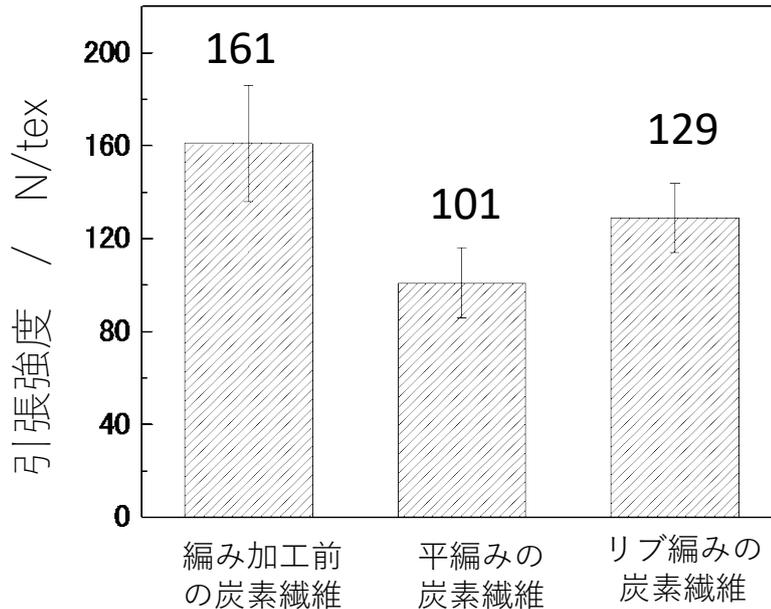


図8 引張試験結果

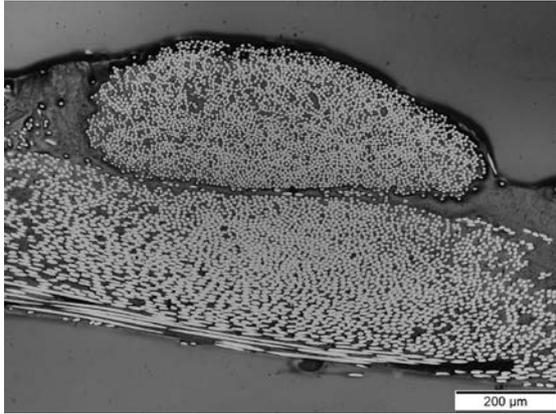
【3】熱可塑オープンモールド成形法の確立

【3-1】中空形状のオープンモールド成形法の確立

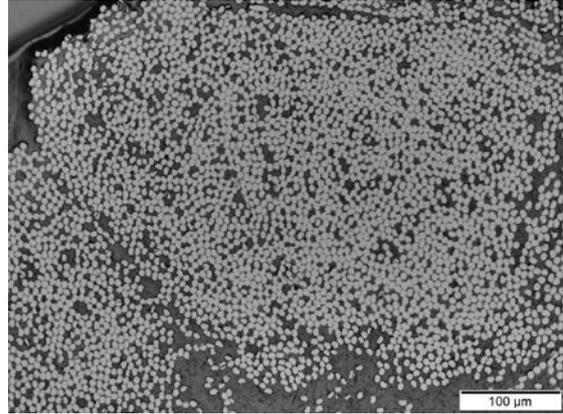
【3-2】中実形状のオープンモールド成形法の確立

オープンモールド成形法の開発にあたっては加熱・加圧が重要であることから、【2】で作製したホールガーメント製のプリフォームを用いてオートクレーヴによる加圧・加熱成形を実施した結果、図11の断面を有するCFRP成形品を作製することができ、断面にボイド等の空隙は見当たらなかった。燃焼法を用いてVf測定およびボイド(Vv)を実施したところ、Vfは61%であり、Vvは目標値である1%以下であることを確認することができた。

本項で目指す中実形状とはCFRP成形品に図12に示すアンカーとの一体成形を意味しており、十分な加熱・加圧をおこなうことで石膏のような熱容量の大きい素材と一体成形しても十分に含浸した成形品は得ることができ、アンカーのような金属製品と一体成形しても十分に含浸した成形品についても成形可能となった。



100倍



200倍

図1 1 成形品の断面写真



図1 2 義足ソケット用アンカー

一方でオープンモールド成形法においては成形圧力を高圧にすることが一般的に困難であることから、成形法の改良のみならず、炭素繊維の濡れ性の向上等による材料側の含浸特性を向上させる手法も有益であり、濡れ性が向上せずともサイジング剤が呼び水となって含浸特性が向上する事例についてもこれまでに確認している。

さらに、サイジング処理による効果としては炭素繊維の表面改質により成形品の炭素繊維－樹脂界面の接着強度の向上にも期待が持てる。図1 3に示すマイクロドロップ試験は炭素繊維フィラメントを1本取り出し、溶融等の手法で液体状とした樹脂をフィラメントに接触させることで樹脂玉を付着させ、これをそぎ落とす際の荷重を樹脂玉の付着面積で界面せん断応力を得る試験法である。

種々のサイジング剤（低分子PEの水分散品、水溶性のポリオレフィン樹脂等）を用いてサイジング処理を実施し、最終的にウレタン系サイジング剤によるサイジングが高い表面改質効果を得られることを明らかとした。図1 4にウレタン系サイジング処理を施した炭素繊維

維とPP、PE樹脂の系で実施したマイクロドロップレット試験結果を示す。本結果よりPP、PE共に未処理のものと比較して水溶性ウレタン処理を施したものの界面せん断強度は1.5～2倍近い値まで増加することが明らかとなった。

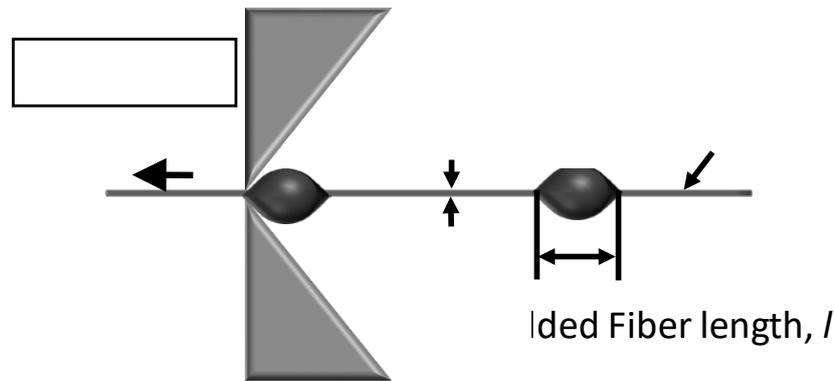


図13 マイクロドロップレット試験法模式図

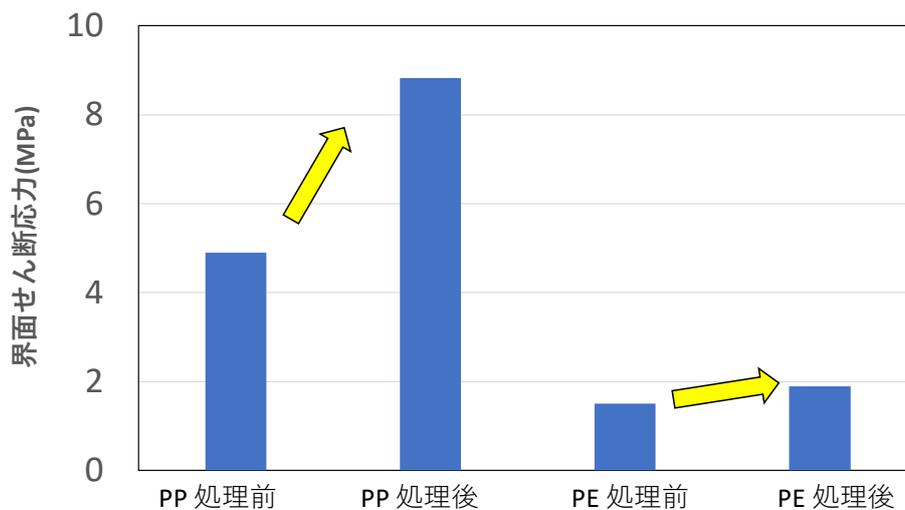


図14 ウレタン系サイジング剤によるサイジング効果

【4】CFRTPソケットの製作法の確立

【4-1】CFRTPソケットの成形手法の確立

【4-2】CFRTPソケットの軽量化手法の確立

【2】で作製した「①ホールガーメント編み基材を、断端部を転写して作製した石膏型に積層」し、「②PVAフィルムでバギングをおこない減圧した」。これを「③オープンモール

ド成形機で樹脂の加熱溶融及び冷却をおこなうこと」し、「④成形品を脱型、トリミングする」ことでソケットとなる。この一連のプロセスの様子は図15に示す通りである。このように熱可塑CFRP製ソケットの作製手法を構築したので、当該ソケットの実用化に向けた取り組みを実施した。

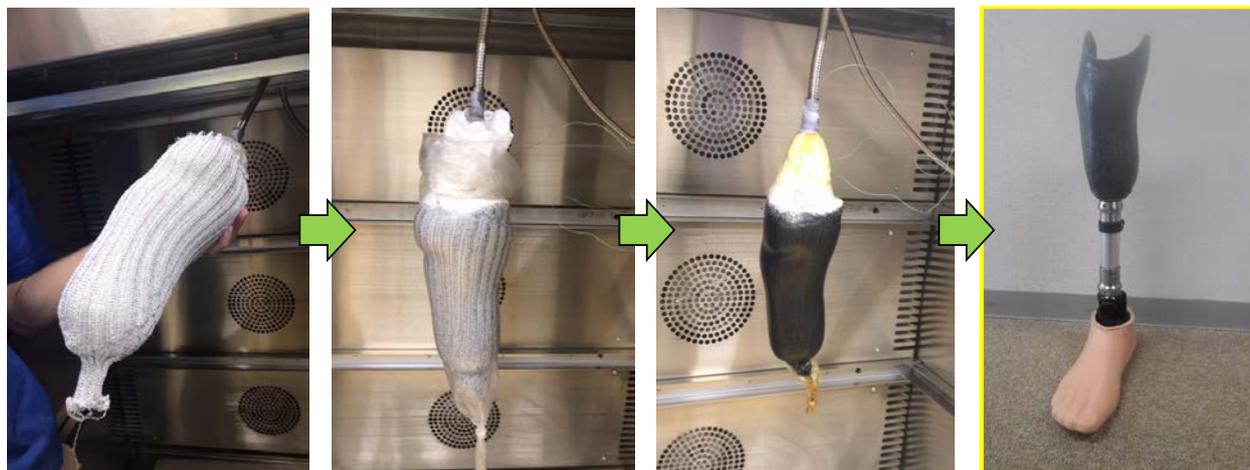


図15 プリフォームからソケットまでの工程（左から①、②、③、④）

当初、熱可塑性CFRPソケットに使用する樹脂はPPの使用を検討したが、義肢業界で幅広く使用されているオープンの最高温度および減圧機構の耐熱温度が200℃付近であることを考慮し、200℃で成形を実施したところ、石膏型の熱容量が大きいこと、石膏の絶乾が困難であることに起因してオープンモールド成形機内でソケットの温度がPPの融点の手前で飽和してしまう事象が発生した。

以上のことから、母材樹脂をPPからPEに変更して成形を実施したところ、図15に示す通り熱可塑性CFRPソケットの完成に至ることができた。はじめに完成したソケットの破壊形態を評価すべく、①アンカー付き軸方向圧縮試験、②アンカー無し軸方向圧縮試験、③アンカー無し周方向圧縮試験、の3種類の試験（図16）を実施した。その結果、試験②および③では明確な降伏点は存在しなかったにも関わらず、試験①においては図17のようにソケット本体とアンカーの接続部に座屈破壊が生じた。これは金属—PEの接着強度が弱いことに起因するものと考えられ、当該箇所は安全面において重要な部位であることからソケット—アンカーの接着強度向上のために、従来用いられている手法によってプリプレグとコニングルヤーンのハイブリッド化による強度向上を試みた。これはプリプレグの樹脂は熱硬化性樹脂のエポキシ樹脂であるため、プリプレグ使用部の形状修正特性は失われるが、図

18に示すアンカー付近では形状修正特性は求められず、主として図中の橙線内の領域において形状特性が求められる事を考慮したことによる。

プリプレグとコミングルヤーンのハイブリッド化による熱可塑性CFRP製ソケットをホールガーメント編み基材を16層積層構成で作製し、従来用いられているナイロン基布にアクリル注型で作製したソケットのアンカー付き軸方向圧縮試験の試験結果を比較したところ、図19に示す結果のように、実績のある従来と同等の耐荷重であることを確認した。さらに歩行時の負荷に最も近いと考えられるアンカー無し周方向圧縮試験においては、図20のようにナイロン基布にアクリル注型したものが402N、プリプレグとコミングルヤーンのハイブリッド化による熱可塑性CFRP製ソケットが571Nと約40%の耐荷重の増加を達成した。また、図20のL-D線図の傾き、すなわち剛性も大幅に向上していることを確認した。圧縮試験の際は、図21のように試験を進行しても両ソケット共に明確な降伏点が現れなかったため、30mm変位させた際の荷重の比較とした。

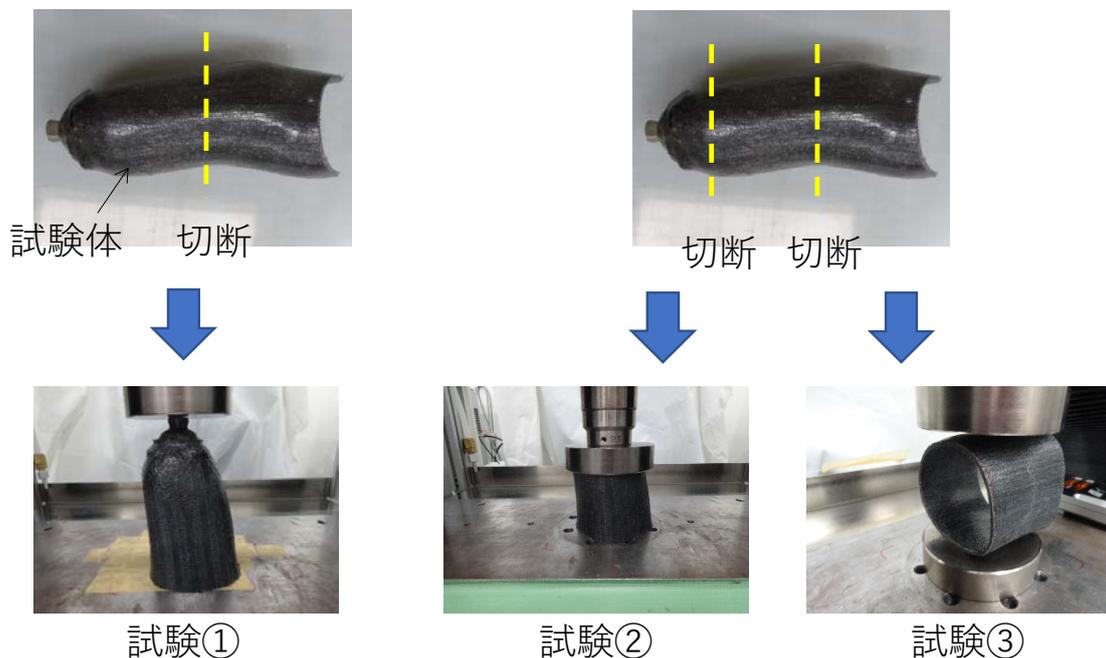


図16 破壊形態の評価用試験

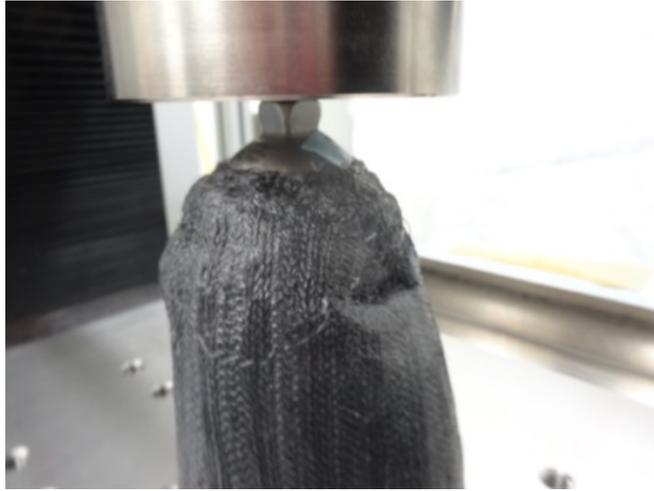


図17 アンカー接続部の座屈破壊

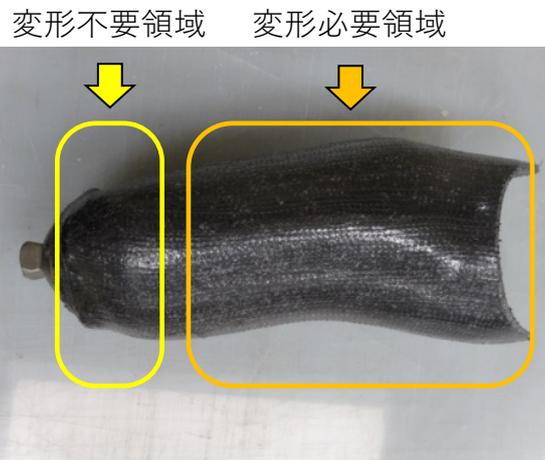


図18 変形特性の要・不要について

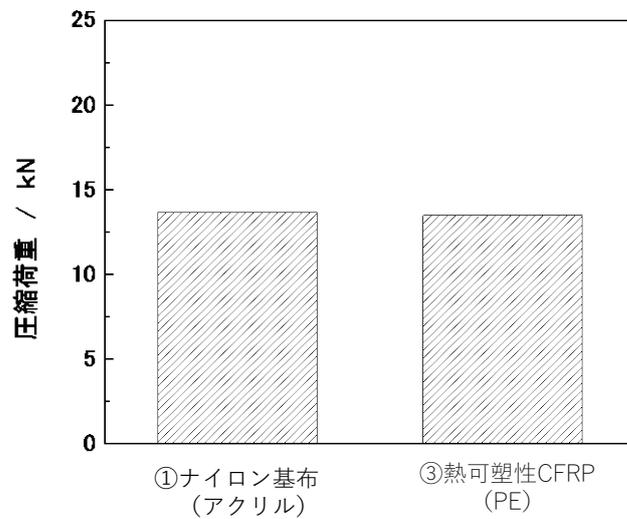


図19 アンカー付き軸方向圧縮試験

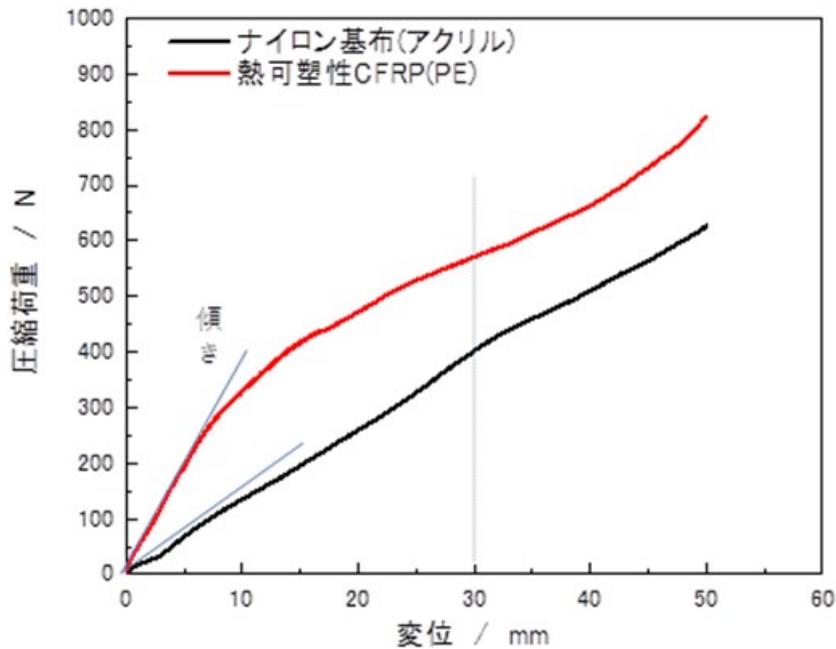


図20 2種類のソケットのL-D線図

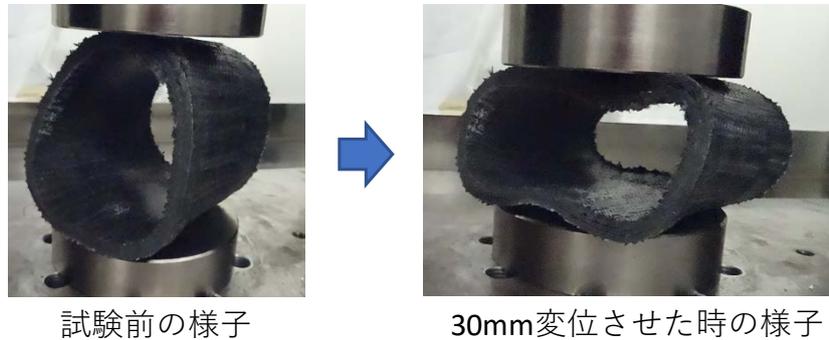


図21 圧縮試験の変形の様子

【5】CFRTPソケット形状修正・機能修復技術の確立

【5-1】加熱修復法の確立

ソケットが破損した場合を想定し、図22に示すように縦に亀裂が生じたCFRTPソケットの修復を行った。具体的には、亀裂の生じたCFRTPソケットに、図23で示す様にカシレーネ株式会社で作製したホールガーメント編み基材を7層被せ、その上からPVAフィルムで全体を覆った。PVAフィルム内を減圧することで約1気圧の外力をCFRTPソ

ケットに加えながら、オープンモールド成形機内で180℃、40分加熱することで、CF RTPソケットを再成形した。修復後のCF RTPソケットを図24に示す。また、修復後のCF RTPソケットの先端より15cmの位置を切断した断面画像を図24に示す。図24、図25より、亀裂が生じていた部分に炭素繊維及び樹脂が含浸されており、ソケット形状を修復できることを確認できた。



図22 亀裂の生じたCF RTPソケット



図23 亀裂の生じたCF RTPソケットにホールガーメント編みを被せた様子



図24 修復後CF RTPソケット



図25 修復後のCFRTPソケットの断面

修復後のCFRTPソケットの強度を評価するために、圧縮試験を実施した。図26に示す様に、ソケットの先端から15cmの位置を切断して試験体とした。また、比較として亀裂のない修復前のCFRTPソケットも同様に試験を行った。圧縮試験の結果を図27に示す。修復前のCFRTPソケットの最大圧縮荷重は3.5kNに対し、修復後のCFRTPソケットは9.5kNであり、修復することでCFRTPソケットの最大圧縮荷重が増加した。これは、ソケットの修復にホールガーメント編み基材を追加して再成形したため、試料の肉厚が厚くなったことが一因として考えられる。修復前および修復後のCFRTPソケットの厚みを測定したところ、修復前のCFRTPソケットの厚みが2.35mm、修正後のCFRTPソケットの厚みが4.17mmであった。そこで、厚みを考慮して切断面の内径の面積を $\Phi 80\text{mm}$ の円として計算した断面積により見掛け上の圧縮強度を算出した結果、修復前のCFRTPソケットは、5.76MPa、修復後のCFRTPは、8.62MPaとなり、見掛け上の圧縮強度においても修復後のCFRTPソケットの方が、圧縮強度が高くなった。以上のことから、目標値である修復前のソケットに対して90%以上の実物圧縮荷重を達成しているといえる。



図26 CFRTPソケットの切断位置

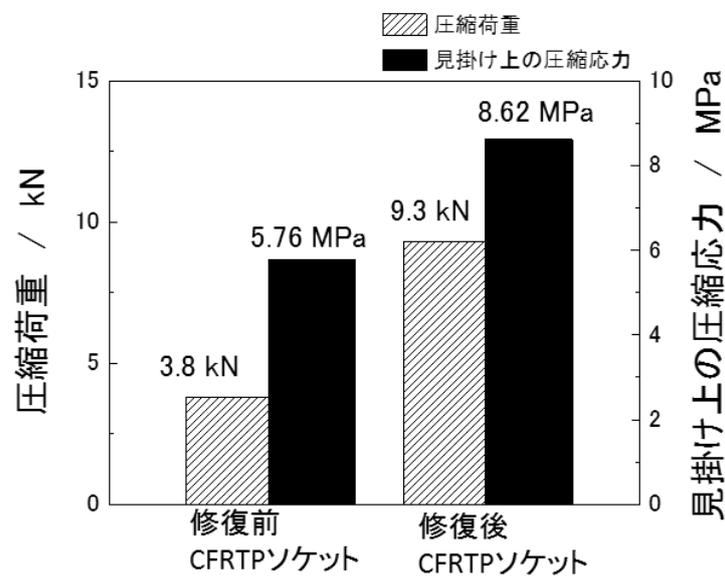


図27 CFRTPソケットの圧縮試験結果

【5-2】形状修正法の確立

断端部の形状が全体的に大きく変化したことを想定して、CFRTPソケット形状を全体的に広げる修正加工を行った。具体的な手順を図28に示す。まず、義肢使用者の断端部モデル（石膏型）にニット状の基材（断端袋）を3層または、5層被せることにより、断端部モデルの形状を大きくした。次に、内部および外部を加熱したCFRTPソケットを断端部モデルに挿入することでソケットの形状を広げた。このとき、CFRTPソケットの先端を強く押し込むことでCFRTPソケット全体を断端部モデルに添わせることができることを

確認した。

修正前のCFRTPソケットに対し、修正後のCFRTPソケットの寸法変化率を評価した。図29で示す位置を周径計測した結果を表2に示す。測定箇所①において、修正前の周径240mmに対し、断端袋3層の周径は253mmで1.05倍に、断端袋5層の周径は260mmで1.08倍になることがわかった。一方、測定箇所②においては、修正前の周径280mmに対して、断端袋3層の周径は294mmで1.04倍に、断端袋5層の周径は300mmで1.07倍になることがわかった。

また、断端袋5層の条件で修正したCFRTPにおいて、表面積の変化率を評価するために、修正前と修正後のCFRTPソケットの形状を三次元デジタイザを用いて測定した結果を図30に示す。測定した各形状データより、表面積を算出したところ、修正前のCFRTPソケットの表面積 $5.5 \times 10^4 \text{ mm}^2$ に対し、修正後のCFRTPソケットの表面積 $5.8 \times 10^4 \text{ mm}^2$ であり、修正後のCFRTPソケットは修正前のCFRTPソケットに対し、表面積が5.8%増加していることがわかった。



①断端部モデルに断端袋をかぶせる



②CFRTPソケットの加熱



③CFRTPソケットを断端部モデルに挿入する

図28 CFRTPソケットの修復手法



測定②

測定①

図29 修正後のCFRTPソケットの周径測定位置

表2 修正後のCFRTPソケットの周径

	修正前	断端袋3層	断端袋5層
測定① [mm]	240	253	260
測定② [mm]	280	292	300

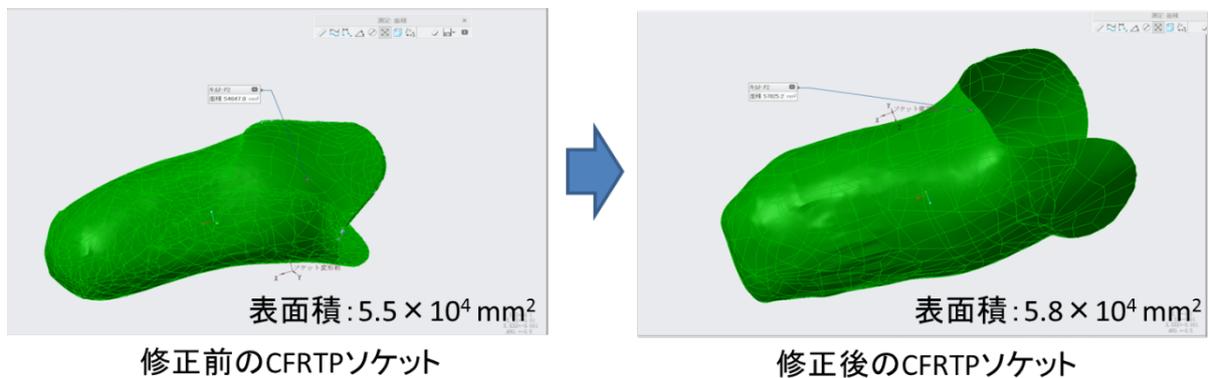


図30 CFRTPソケットの表面積評価

【6】プロジェクトの管理・運営

事業化に向け、PLおよびSLが中心となり市場調査を実施し、展示会、学会への参加や出展をおこなった。参加実績は以下の通りである。

- OTWORLD@Leipzig Germany (調査)
 - 義肢装具、世界最大の展示会。佐野SLが中心となり現地視察し、成形機を選定。
- 義肢装具士学会@北海道札幌市 (調査)
 - 義肢装具士が対象の学会。義肢装具が展示されるので、
佐野SLが中心となってメンバーが現物を見ながら義肢装具の基礎知識を得るとともに、
実施中の研究開発について開発のポイントを確認。
- SAMPE Japan 2018@東京ビッグサイト (出展)
 - 研究成果 (ソケット)、研究体制を初公開

- 日本義肢装具学会学術大会@名古屋国際会議場（出展）

- 義肢装具士、医師、理学療法士、作業療法士、エンジニアが対象の学会。

- 参加者が多いので、アピールのよい機会になる。ここで澤村義肢製作所の小間にカジレーネの社名も併記しソケットを展示。

- JEC WORLD 2019@フランス、パリ（出展）

- 世界最大規模の複合材料展示会。国内外のCFRP関係のメインプレイヤーが集うためここでソケットを展示する事で技術が広く認知されるために重要と考えられる。

- カジレーネ単独で出展。

各展示会を通じた総括としては、複合材料系展示会よりも義肢装具専門展示会の方が反響が大きいため、今後の事業化を見据えた上では義肢装具専門展示会で如何にしてアピールしていくかが、最大のポイントとなりそうである。そのため2019年10月に開催予定のISPOは試金石となり、ここでのサンプル提供開始が重要となる。義肢装具専門展示会では熱可塑CFRP板も多く出品されるようになってきており、熱可塑CFRPが義肢装具業界において注目度が高いことを再確認する結果となった。

最終章 全体総括

本事業では炭素繊維のレーザースリット技術、コミングルヤーンのホールガーメント編み技術、オープンモールド成形技術等の要素技術の確立をおこない、義肢向け熱可塑CFRPソケットの革新的な製造プロセスを構築することで、当該ソケットの作製を実現した。

3-1 補助事業の成果

第2章で記載した各サブテーマに対する成果概要と目標達成度については、1-3節の成果概要に掲載している。

3-2 本事業終了後の課題

今後は熱可塑CFRPソケットの機械特性の改良に努めるとともに、サンプル提供や臨床試験を通じて課題をピックアップし、義肢ソケットのユーザーおよび製作者が使用感に満足する技術の構築に努める。

3-3 本事業による効果

本手法で開発された熱可塑CFRP製ソケットは、生産性が高く、ユーザーの体形にジャストフィットして、体重を分散することから長時間使用しても疲れにくいという優れた特性より、義肢分野における普及が急速に進むものと期待され、四肢欠損等のハンディキャップを持つ方が社会が活躍する機会の向上にも期待ができる。

3-4 事業展開

義肢の市場規模について、義肢は福祉用具にカテゴライズされ、市場動向調査は日本福祉用具・生活支援用具協会が実施しており、その調査結果によると福祉用具の市場規模は2013年度では1兆3,483億円、対前年比で109.2%の成長が見込まれる市場である。義肢、装具においても2013年度で2,106億円、対前年比で109.8%の市場規模を有している。昨今の少子高齢化が加速する日本国内では、日本再興戦略において医療・介護・ヘルスケア産業の活性化・生産性の向上が重要項目としても定められているところである。福祉用具の世界においても軽量・高剛性の特徴を活かしたCFRP部材の導入の需要はあるが、熱硬化性樹脂を用いたCFRPは高コストであることから、一般向けの義足への普及を阻害しているのが実情である。従って、生産性の高い熱可塑性樹脂を用いたCFRP(CFRTP)の福祉用具に適した生産法が確立されれば、福祉用具のCFRP化は急速に普及するものと考えられる。

本事業による成果としては義肢用熱可塑CFRPソケットおよび本ソケット用のプリフォームの幅広い展開を検討している。特にプリフォームにおいては義肢用途のみならず、装具等の幅広い用途への用途拡大に向けて取り組みをおこなっていく予定である。

事業化スケジュール

製品等の名称		CFRTP 用プリフォーム				
開発事業者		カジレーネ株式会社				
想定するサンプル出荷先		株式会社澤村義肢製作所、株式会社仁徳商会、大和ハウス工業株式会社				
スケジュール	事業年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度	平成 34 年度	平成 35 年度
	サンプルの出荷・評価	年間 50 個程度				
	追加研究	サンプル改善				
	設備投資				ホールガーメント（編機）	
	製品等の生産			コミングル繊維を用いたプリフォーム		
	製品等の販売					
	特許出願	コミングル繊維ニットプリフォームを用いた CFRTP オープンモールド成形手法				
	出願公開					
	特許権設定				審査請求	
	ライセンス付与				検討	
見 売 込 上	売上高（千円）	150	3,000	6,000	102,000	204,000
	販売数量	50 枚	1,000 枚	2,000 枚	34,000 枚	68,000 枚

製品等の名称		義肢用 CFRTP ソケット				
開発事業者		株式会社澤村義肢製作所				
想定するサンプル出荷先		義肢ユーザー				
スケジュール	事業年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度	平成 34 年度	平成 35 年度
	サンプルの出荷・評価	年間 10 個程度				
	追加研究	フィードバック（改良）				
	設備投資					3D スキャナー
	製品等の生産		CFRTP ソケットを用いた義肢			
	製品等の販売					
	特許出願	コミングル繊維ニットプリフォームを用いた CFRTP オープンモールド成形手法				
	出願公開					
	特許権設定				審査請求	
	ライセンス付与				検討	
見 売 込 上	売上高（千円）	1,000	2,000	4,000	10,000	20,000
	販売数量	10 個	20 個	40 個	100 個	200 個