

平成 28 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

「炭素繊維織物と樹脂との一体成形を実現する
金型システムの研究開発」

研究開発成果等報告書

平成 29 年 3 月

担当局 中部経済産業局
補助事業者 株式会社セントラルファインツール
国立大学法人岐阜大学

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
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

- 2-1 樹脂歯車の強化技術の現状と対策
- 2-2 コアバックによる炭素繊維織物のインサート技術の検討・検証
- 2-3 炭素繊維織物をインサートした樹脂歯車の静的、動的特性
- 2-4 インサートする炭素繊維織物材料の検討・検証
- 2-5 炭素繊維織物自動挿入装置の開発
- 2-6 プロジェクトの管理・運営

第3章 全体総括

- 3-1 研究開発成果のまとめ
- 3-2 今後の進め方
- 3-3 事業化の方向性

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) 研究開発の背景

歯車に対する川下企業のニーズは高精度、高耐久性、軽量化、短納期化、コスト化等多様化しているが、特に、自動車メーカーでは、燃費、排ガス規制に対応するために軽量化への検討が行われている。自動車用歯車においては、強度と耐熱性の要求仕様を満たす樹脂材料の開発に伴い、従来金属で生産されていた部品のプラスチック化が進んでおり、樹脂製歯車の採用が増加傾向にある。樹脂歯車に切り替えることで、大量生産が可能となり、低コストであるほか、軽量化、静粛化が利点であるが、熱に弱く、強度が低いため、適用にはモジュールの大型化が必要となっている。

2) 研究目的

本研究開発では、炭素繊維織物を歯車中にインサートして樹脂製歯車の強度を向上させるために、炭素繊維織物と樹脂を金型内での一体成形を可能とする革新的な金型システムの研究開発を目的とする。

3) 目標

樹脂歯車を高強度化するために、炭素繊維により実現することを検討した。従来技術では短繊維を含む樹脂ペレットを用いて射出成形を行っていたが、繊維が短いため十分に強化できていない。長繊維化すれば強化が見込めるのであるが、それを実現するためには炭素繊維織物を樹脂中に適した位置に引張応力が作用した状態でインサートする必要がある。このため、射出成形金型にコアバック機構を導入し、一度の射出成形で炭素繊維織物を樹脂内にインサートする技術を構築する。また、本技術を用いて成形した歯車の静的、動的強度を明らかにし、炭素繊維織物をインサートすることによる高強度化を検証する。

射出成形では大量生産が可能であるが、本開発技術を適用するにあたって炭素繊維織物の金型への効率的な設置が必要である。そのため量産時における炭素繊維織物の金型への自動挿入装置の基礎技術を開発する。

1-2 研究体制

(1) 研究組織

○株式会社セントラルファインツール

事業管理機関 株式会社 セントラルファインツール

○国立大学法人岐阜大学

事業管理機関 国立大学法人 岐阜大学

間接補助

岐阜県工業技術研究所

総括研究代表者（PL）

株式会社セントラルファインツール

代表取締役社長 三宅 和彦

副総括研究代表者（SL）

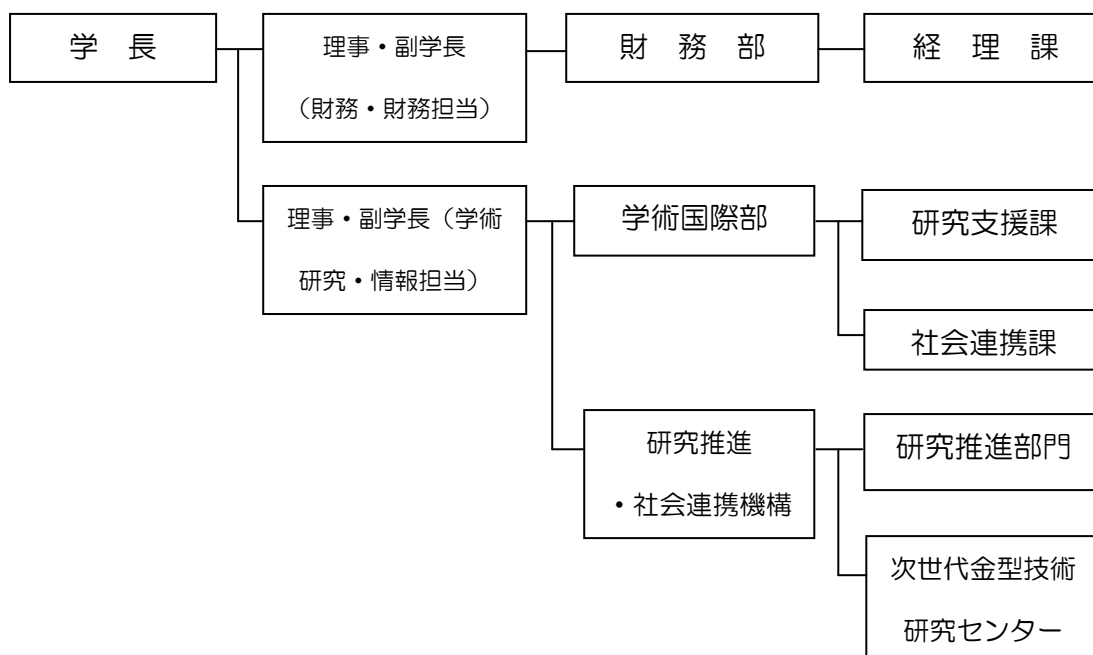
国立大学法人岐阜大学

工学部 教授 王 志剛

(2) 管理体制

○セントラルファインツール

○国立大学法人岐阜大学



(3) 管理員氏名及び研究員氏名

○【事業管理機関】株式会社セントラルファインツール

管理員

氏 名	所属・役職
三宅 和彦	代表取締役
山本 博巳	設計課長
井上 幸彦	顧問
関川 幸明	副工場長
白金 利章	機械加工 組付課長
吉村 康久	成形係

経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

株式会社セントラルファインツール

(経理担当) 総務 鈴木 直美

(業務管理者) 代表取締役 三宅 和彦

○【事業管理機関】国立大学法人 岐阜大学

管理員

氏 名	所属・役職
王 志剛	工学部教授
吉川 泰晴	工学部助教

【間接補助事業者】岐阜県工業技術研究所

研究員

氏 名	所属・役職
松原 弘一	複合材料部 部長
道家 康雄	複合材料部 主任専門研究員
仙石 倫章	複合材料部 研究員

経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

国立大学法人岐阜大学

(経理担当者) 社会連携課 課長補佐 岡田 章宏

(業務管理者) 研究推進・社会連携機構産官学連携推進本部 准教授 中川 勝吾

(間接補助事業者)

岐阜県工業技術研究所

(経理担当者) 企画調整課 管理調整係 主事 田中 友理

(業務管理者) 複合材料部 部長 松原 弘一

1-3 成果概要

本研究開発により、炭素繊維織物を歯車中にインサートし得る金型システムを開発できた。また、成形した歯車が強化できていることを確認した。具体的には、以下の通りである。

1. コアバック機構による炭素繊維織物のインサート金型の開発

コアバック機構を有する金型および射出成形機プログラムを開発し、コアバックピンの動作パラメータを調整し 1 回の射出成形で炭素繊維織物を樹脂歯車中に配置する技術を開発した。

2. 炭素繊維織物をインサートした樹脂歯車の強化

炭素繊維織物をインサートした樹脂歯車を成形し、静的強度試験と動的強度（耐久）試験を行った。その結果、静的強度には大きな違いは見られなかったものの、インサートした炭素繊維織物が 3K1 周であっても大幅な耐久性の向上が確認でき、12K とすることでさらに耐久性が向上することを確認した。

3. 炭素繊維織物の自動挿入装置の開発

炭素繊維織物を自動挿入装置に設置し、自動挿入装置により炭素繊維織物を金型のコアバックピンの配置に合わせた形状に変形させる技術を確認した。また、これを金型のコアバックピンに受け渡す機構についても構築した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

○株式会社セントラルファインツール

代表取締役 三宅 和彦

住所：岐阜県恵那市大井町字観音寺2695-438

連絡先 Tel：(0573) 26-5285 Fax：(0573) 26-5286

E-mail：XLP00221@nifty.ne.jp

○国立大学法人岐阜大学

工学部・次世代金型技術研究センター 教授 王 志剛

住所：岐阜県岐阜市柳戸1-1

連絡先 Tel & Fax：(058) 293-2516

E-mail：zgwang@gifu-u.ac.jp

○岐阜県工業技術研究所

複合材料部 部長 松原 弘一

住所：岐阜県関市小瀬1288

連絡先 Tel：(0575) 22-0147 Fax：(0575) 24-6976

E-mail：matsubara-hirokazu@pref.gifu.lg.jp

第2章 本論

2-1 樹脂歯車の強化技術の現状と対策

従来の樹脂歯車の強化技術には、ガラス繊維や炭素繊維の短繊維を含む樹脂ペレットを用いて射出成形する方法がある。この方法では射出成形するだけで強化できるため簡便であるが、繊維の配向が樹脂の流動に大きく影響を受けるためその制御が困難であること、また、短繊維を用いていることから繊維の引張強度を十分に生かすことができていないことが課題となっている。また、硬い繊維を含む樹脂を高圧で射出するため、射出成形機や金型の摩耗が著しく、大量生産においての問題となっている。

本研究開発では、長繊維として炭素繊維織物に着目し、これを樹脂歯車内に配置することで樹脂歯車の効率的な強化を図った。図 1 に示すように、歯車の使用時において、歯元に大きな引張応力が作用する、この歯元を強化することが歯車の強化においてポイントとなる。そこで、炭素繊維織物を歯面に沿うようにインサートすれば、この引張応力を軽減できる可能性があると考えた。図 2 に示すような歯車の 1 歯のモデルにおける弾性変形解析を行った。樹脂材料はナイロン、インサートは炭素繊維で、炭素繊維には 147 MPa の張力を作用させた。歯面の一部には 50MPa の負荷を作用させ、炭素繊維の有無による歯元の応力を比較したところ、図 3 に示すようにナイロン歯車の歯元応力は 19.1 MPa であるのに対し、炭素繊維をインサートしたナイロン歯車は 10.8 MPa と大幅に減少していることがわかる。これはヤング率の大きい繊維が樹脂の局所の変形を抑え、応力集中が緩和されたためである。この解析結果より、樹脂歯車中に炭素繊維織物をインサートすることで、歯車を強化できると考えられる。

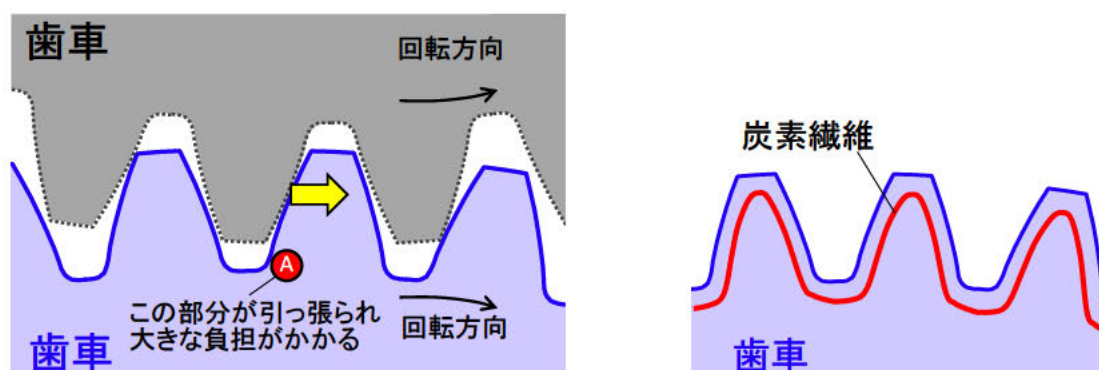


図 1 樹脂歯車の強化

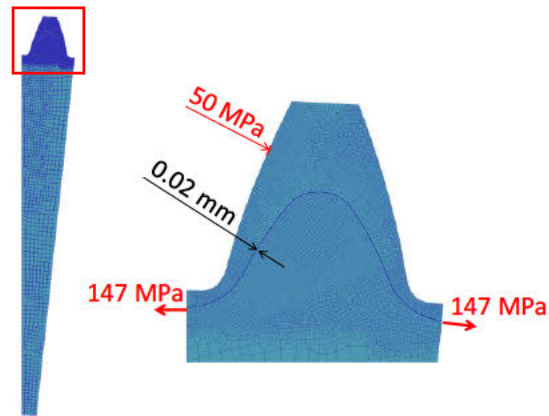


図 2 弾性解析モデル

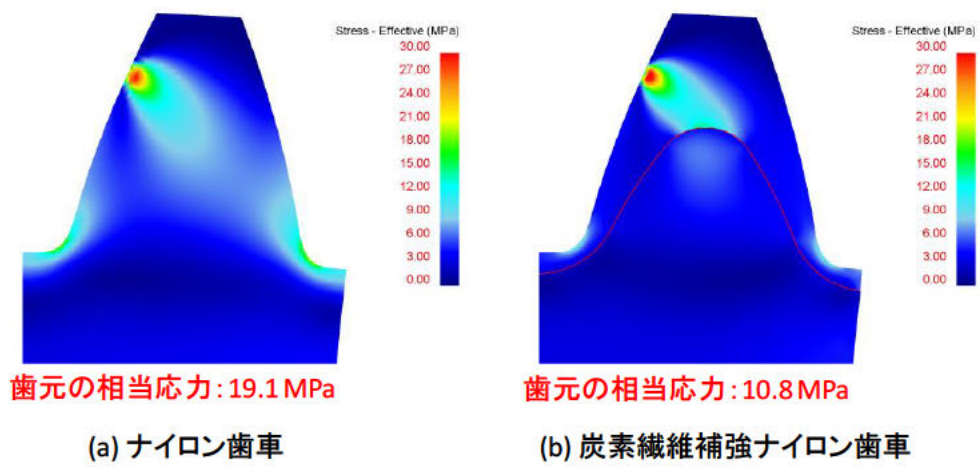
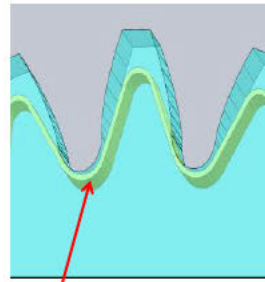


図 3 炭素繊維織物の有無による歯元応力の差

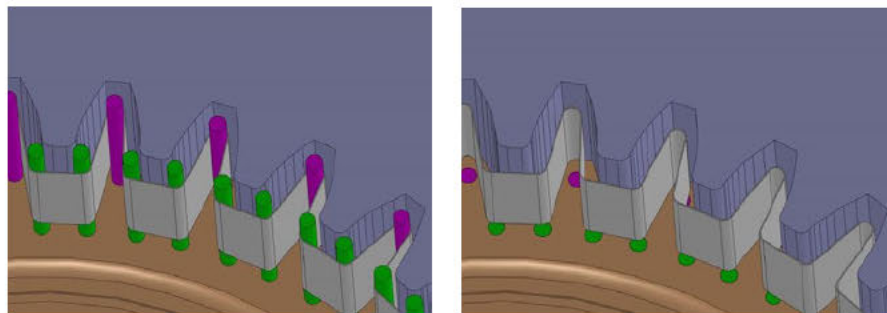
2-2 コアバックによる炭素繊維織物のインサート技術の検討・検証

図4の歯車の様に炭素繊維織物で補強した歯車を製作する為にはコアバック技術を使用した金型が必要となる。この金型に、炭素繊維織物をセットし移動するコアバックピンを図5に示すように配置する。始めに炭素繊維織物は金型内にセットされる。



炭素繊維織物で補強する

図4 炭素繊維織物による補強のイメージ



(a) ピンが出ているとき

(b) ピンがコアバックしたとき

図5 コアバックピンの配列

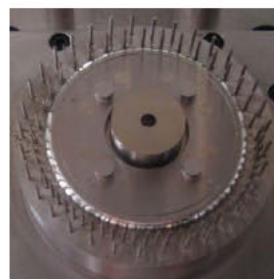


図6 成形金型のコアバックピン

金型内に射出成形機から樹脂が流入すると、コアバックピンで固定されていた炭素繊維織物に、樹脂が到達した瞬間コアバックピンが2段階で後退し樹脂の圧力で炭素繊維織物

と樹脂が一体成形される（図 5c）。この時の、どのようなタイミングでコアバックピンを動かすのかが、大きな問題となる。その為には、コアバックの応答性の向上、金型内の流動性の向上が大きなポイントとなる。これらの問題を考慮し、図 7、8 に示すコアバック金型を製作した。

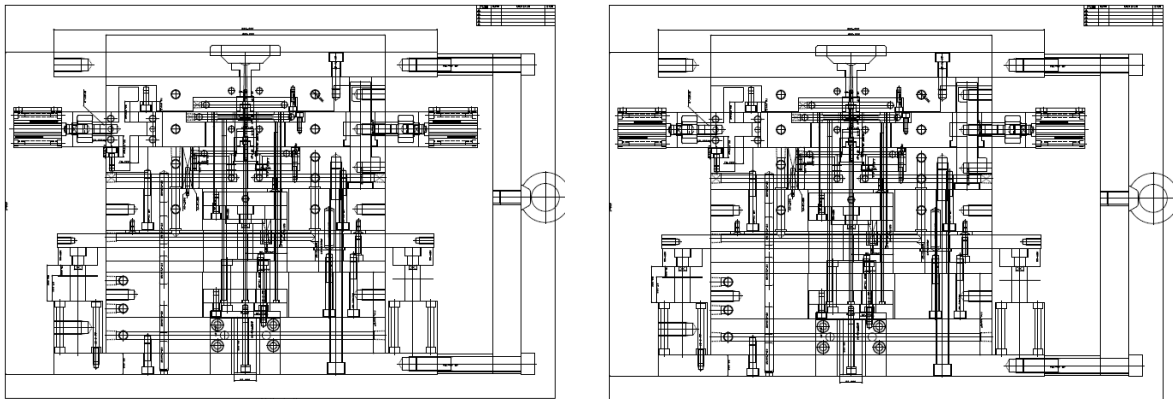


図 7 開発したコアバック金型の図面

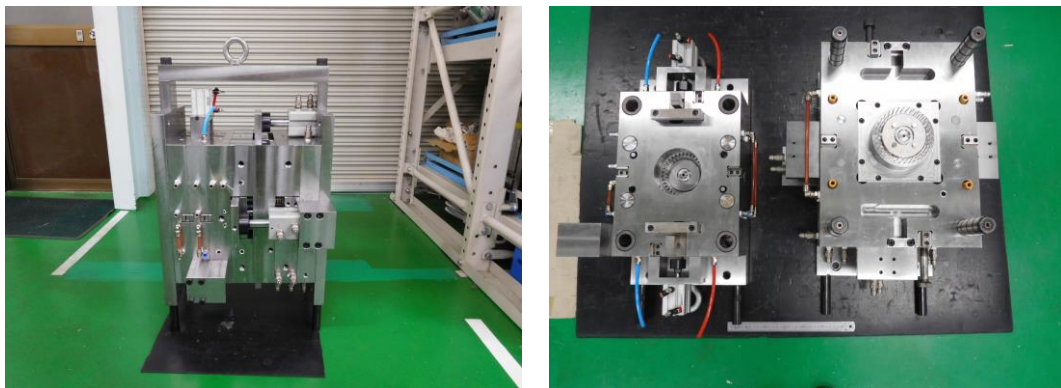


図 8 製作したコアバック金型

射出成形機に取付けた金型を図 9 および図 10 に示す。この金型は、2 段のコアバックを行う為、金型には 2 段引きを行う為の動力を必要とする。また、射出成形機のプログラムについても 2 段のタイミングが取れるように改造した（図 11）。

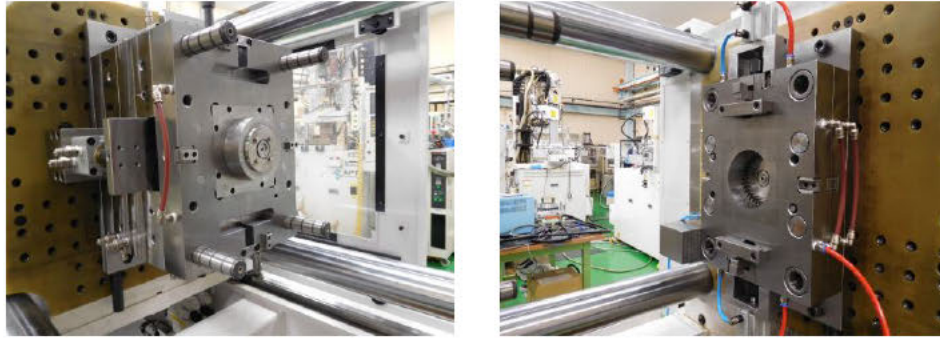


図 9 射出成形機に取り付けた状態（開放時）

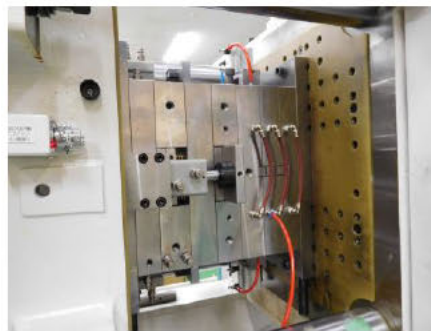


図 10 金型を閉じた状態

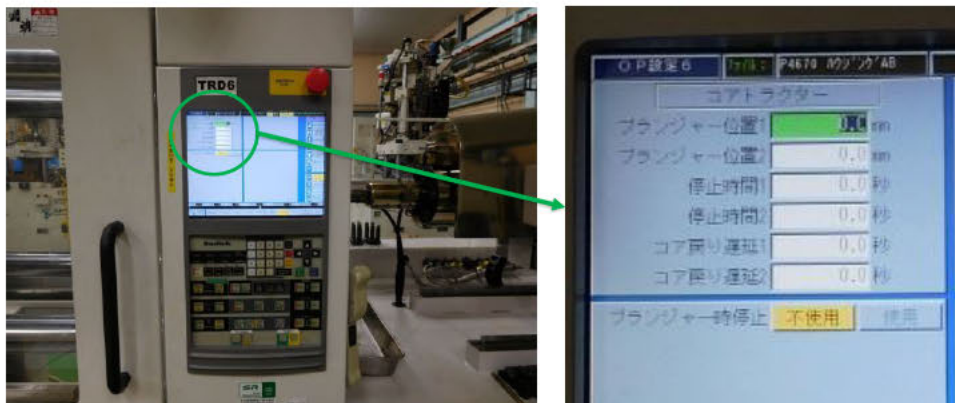


図 11 成形機プログラムでのパラメータ

本研究開発で製作した金型システムの検証を検証するために、透明色の ABS を使用して炭素繊維は 3K の帯材を 1 周だけ配置して成形した歯車を図 12 に示す。炭素繊維は歯車中にインサートできていることを確認した。



(a) ABS 歯車



(b) 炭素繊維強化 ABS 歯車

図 12 成形した歯車外観 (ABS)

2-3 炭素繊維織物をインサートした樹脂歯車の静的、動的特性

(1) 静的特性の評価

平成26年度に新しく作製した治具により、成形歯車の歯強度を測定した。炭素繊維のインサート効果を確認するため、ABS樹脂単独で成形した歯車と、炭素繊維をインサートしたABS樹脂製歯車の歯強度を比較したところ、歯強度の増加が確認できた。本試験方法により、炭素繊維による補強効果を簡易的に確認することができた。

本試験を更に、実際の歯車の動きを考慮した歯強度測定が可能となるような改良を目的として、図13に示す測定用治具を作製した。本治具では、試作品形状に合わせた固定治具と1歯のみに荷重をかけることを可能としている。本治具では、歯のピッチ円上に荷重をかけることができるとともに、荷重のかかり方が変化することが無いので、再現性の良いデータを取得することが可能となった。本治具による歯強度試験結果において、炭素繊維をインサートした場合、ABS樹脂のみの歯車と比較して歯強度が向上しており、炭素繊維の挿入による補強効果を確認した。



図13 静的試験全体図

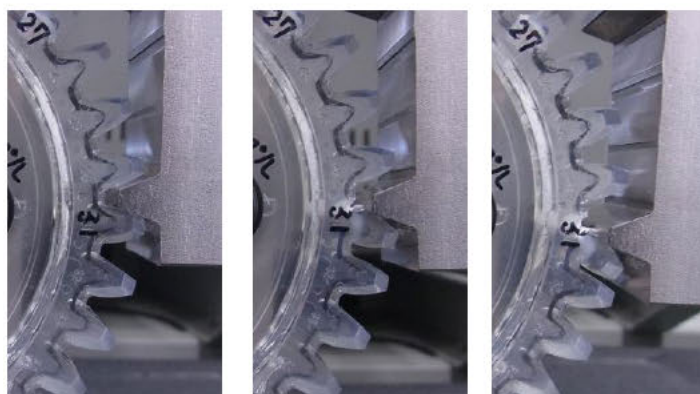


図14 静的試験の経過図（ABS、炭素繊維あり）

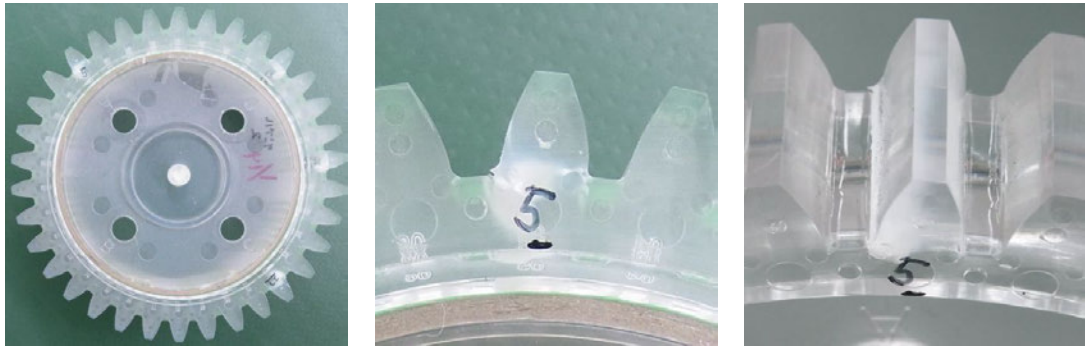


図 15 静的強度試験後の ABS 歯車（炭素繊維インサートなし）



図 16 静的強度試験後の ABS 歯車（炭素繊維インサートあり）

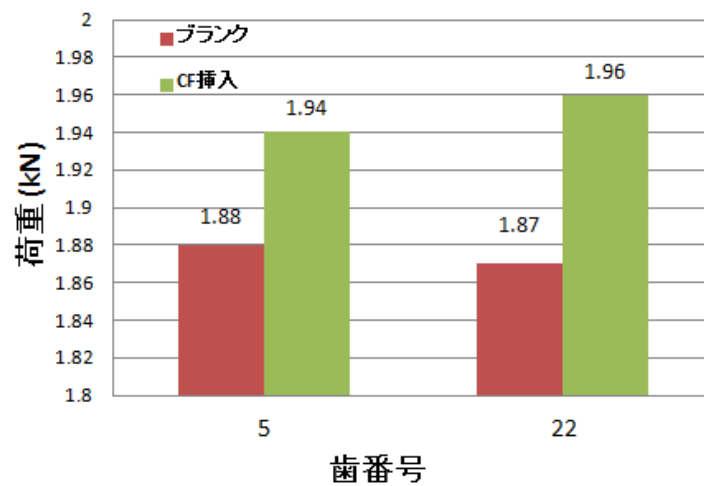


図 17 破壊時の荷重の比較

H27年度に作成した強度試験用治具を用いて、H28年度に炭素繊維をインサート成形した歯車の歯強度測定を実施した。炭素繊維をインサート成形した歯車の歯強度をブランク品と比較したところ、図 18 に示すように大きな差が無く、炭素繊維による補強効果が認められなかった。また、強度試験で破壊する様子を動画観察したところ、図 19 に示

すように最初に、歯元の両端から歯車の中心部に向かって亀裂が入り、その後、その亀裂が歯車の法線方向に進展して破壊することがわかった。このことから、本実験では炭素繊維の補強効果が少ないと考えられる樹脂部分から破壊していることになり、そのため、強度試験の結果に顕著な差が無かったと考えられる。

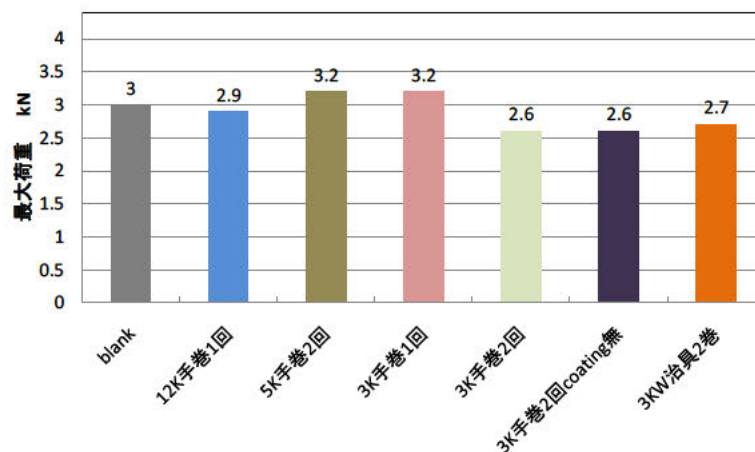


図 18 インサート材、インサート方法による最大荷重の違い

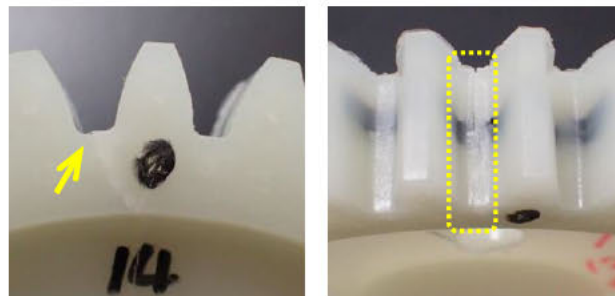


図 19 亀裂の発生位置

炭素繊維の補強効果を大きくするため、炭素繊維が挿入されている割合が多くなるよう、側面の樹脂を削り加工した歯車を用いて強度試験を実施した。挿入された炭素繊維ができるだけ歯の側面付近の位置となるように、歯の側面樹脂を削った。本試験片を用いて実施した強度試験の結果、炭素繊維を挿入していないブランクの歯車と比べ、炭素繊維を挿入した歯車では、強度が同等、もしくは、弱くなった。これは、炭素繊維による補強効果は認められず、むしろ、削り加工による樹脂への損傷が影響したと考えられる。

以上の結果より、炭素繊維をインサート成形した歯車では、補強効果が認められた場合

と、認められない場合があった。これは、炭素繊維のインサート方法にもよるが、炭素繊維と複合した樹脂との相性にもよると考えられる。また、炭素繊維の種類によって、インサート成形の条件も変わってくるため、補強効果の有無や成形性の良否を考慮して、炭素繊維を選択しなくてはならない。なお、本強度試験では強度が上がらなかった場合では、耐久性試験は向上する場合もあるので、耐久性試験の結果と併せて、炭素繊維の補強効果を検証していることが必要である。

(2) 動的特性の評価

開発歯車の耐久試験法として図 20 に示す耐久試験装置（平成 26 年度導入）を製作した。本試験装置は評価対象の樹脂歯車を金属製歯車で回転駆動する。このとき、金属歯車はモーターにより回転させ、評価対象の樹脂歯車にはトルクメーターを介してブレーキが取り付けられている。このブレーキの負荷の大きさを調整して試験を行うものである。なお、破壊の評価ができるように、歯車の噛合部の表面の様子と歯車全体の温度分布について任意に設定した積算回転数で撮影できる歯車表面観察装置（平成 27 年度導入）を備えている。

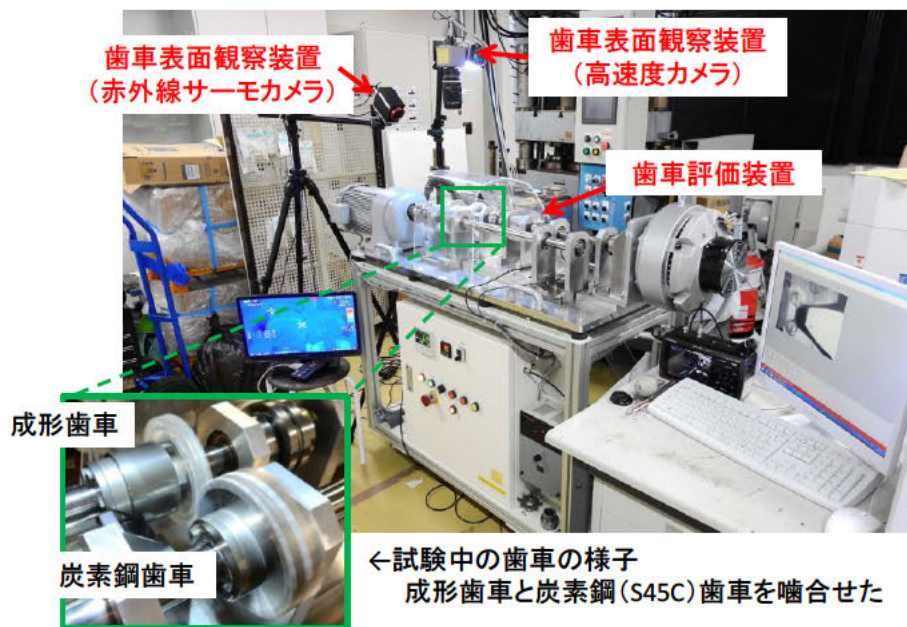


図 20 歯車耐久性試験装置

図 21 は ABS のみで成形した歯車と炭素繊維をインサートした ABS 歯車の耐久試験

後の試験片の写真である。炭素繊維をインサートしていない歯車は歯元からクラックが発生していることがわかる。一方、炭素繊維をインサートした歯車は炭素繊維のない部分にクラックの発生は確認できるものの、そのクラックの進展は短く、炭素繊維の背後にはクラックが発生していないことがわかる。すなわち、炭素繊維によりクラックの進展が抑制されており、歯に作用する負荷の一部をインサートした炭素繊維が負担していることがわかる。

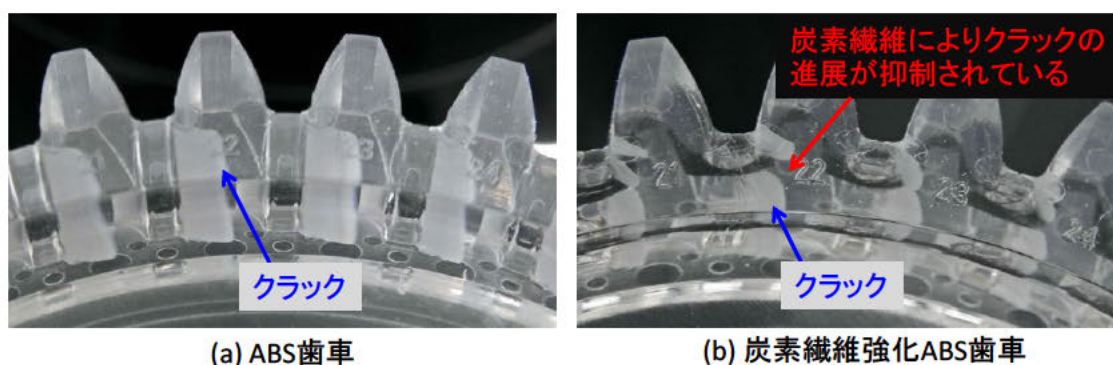


図 21 歯車耐久試験後の歯元の様子

図 22 に耐久試験中の歯車の温度分布を示す。なお、このときの負荷トルクと回転速度および積算回転数は同一の時のものである。炭素繊維の有無にかかわらず噛合い部の温度は35℃程度となり、大きな違いは確認されなかった。

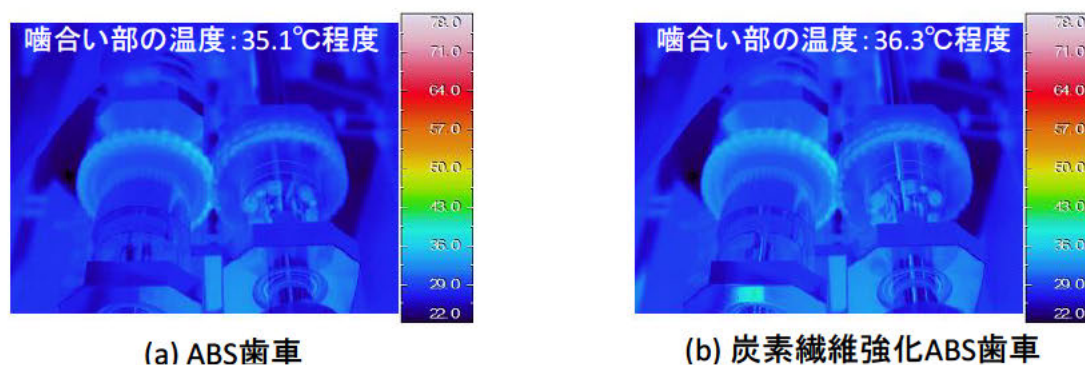


図 22 歯車耐久試験後の歯元の様子

歯車の耐久性の評価基準として、図 23 のように評価対象の樹脂歯車の歯元にクラック

が発生する前の積算回転数を用いた。ナイロン樹脂歯車に 3K の炭素繊維を1周インサートして成形したものの亀裂発生回転数と負荷トルクを関係を図 24 に示す。比較として炭素繊維をインサートしていないものもプロットしている。30N・m の負荷トルクにおいて炭素繊維をインサートしていないナイロン歯車はおよそ9万5千回でクラックが発生したのであるが、炭素繊維をインサートした歯車は39万回となり、大幅に寿命が向上していることがわかる。また、インサートする炭素繊維を3K から 12K とした場合、さらに寿命は向上し、およそ143万回となった。これらの結果から、炭素繊維をインサートした樹脂歯車は、インサートしていない歯車よりも耐久強度が大幅に向上することが明らかとなった。

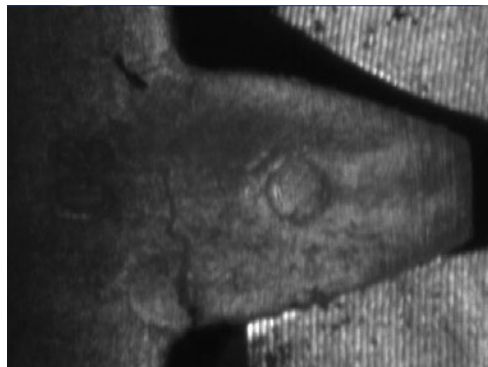


図 23 耐久試験中の樹脂歯車の様子（左側が評価対象の樹脂歯車）

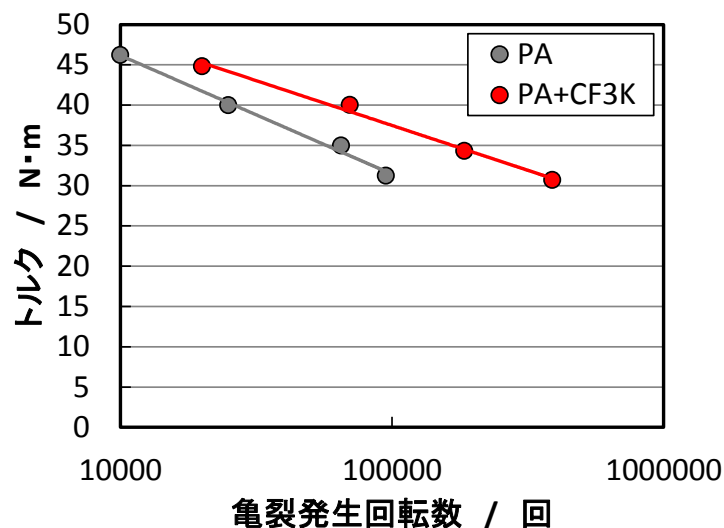


図 24 耐久試験中の樹脂歯車の様子（左側が評価対象の樹脂歯車）

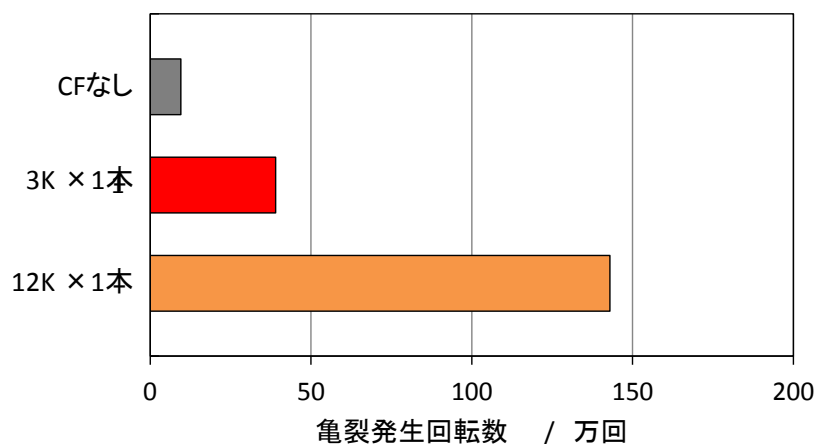


図 25 耐久試験中の樹脂歯車の様子（左側が評価対象の樹脂歯車）

2-4 インサートする炭素繊維織物材料の検討・検証

市販炭素繊維織物に樹脂を射出成形によって複合する実験を実施した。炭素繊維が 3K、または、6K、織目としては、平織、または、綾織である市販の炭素繊維織物を使用し、樹脂としてナイロン 66 を使用した。実験の結果、射出成形により炭素繊維織物中に樹脂を含浸できることがわかった（図 25）。

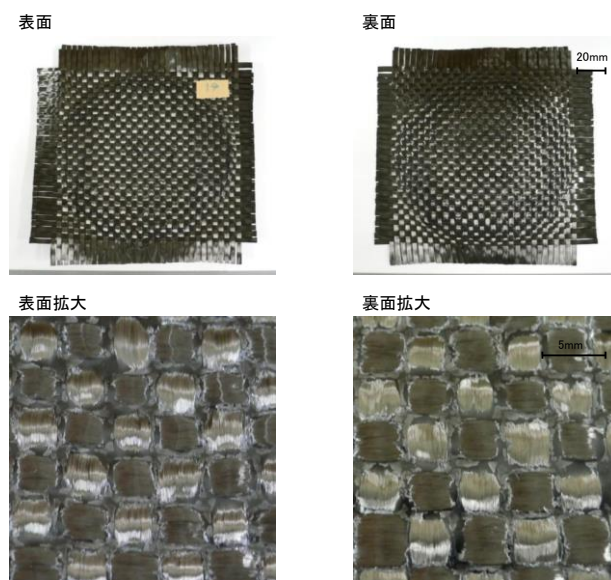


図 25 油圧プレスによるナイロン 66 の炭素繊維織物への含浸実験の結果

平織りに使用される生の炭素繊維 3K 又は、12K は、挿入時に炭素繊維織物が撥ねてしまい、金型にインサートしづらく、成形後は、成形形状から部分的にとび出してしまい問題となった。インサートに用いる炭素繊維は歯車形状に容易に変形できる柔軟性があり、

かつ、炭素繊維が解れないということが必要条件となる。そこで炭素繊維織物を、保持する方法を工夫し最適な炭素繊維織物の保持方法を検討した。

(1) 市販品を用いる方法

試作金型内に炭素繊維織物を導入するため、10mm 幅の炭素繊維織物短冊に裁断したところ、炭素繊維織物が解れ、金型への挿入が不可能となった。そこで市販のスプレー糊で固定化した短冊を作製し、成形実験トライを行ったが、スプレー糊の粘着性によりハンドリングが悪くなるとともに、炭素繊維の歯車内への複合が困難であった。さらに炭素繊維織物に予めナイロン樹脂を含浸させてある市販品の利用を検討した。本材料は柔軟性が乏しく、金型内で歯車形状に設置する際に、素材が折れてしまうため、インサート成形に不適であった。

(2) タジマ工業、東海ミシンによるコンポジットファイバー製法

この方法は、ベースの布に炭素繊維織物をアップリケの様に工業用ミシンにて縫い付け固定させる方法である。同手法により製作したサンプルを図 26 に示す。



図 26 ベースの布に縫い付けられた炭素繊維のサンプル

この技術を利用し、図 27 に示すようにベースの布に水溶性の溶解布を使用しインサートする炭素繊維織物を布に縫い付けた後に、布を溶かし炭素繊維織物だけを取り出した。この炭素繊維織物のインサート品を金型キャビティに挿入を試みたが金型歯車先端部のピンの R 形状に合わず、強制的に挿入すると炭素繊維織物が折れて射出成形が不能な状態となった。



(a) 縫い付けた炭素繊維織物

(b) 布を溶解した後の炭素繊維織物

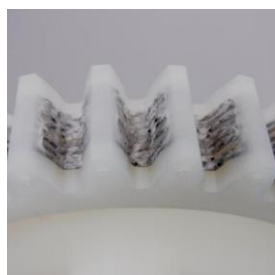
図 27 水溶性の溶解布をベース布に用いて製作したインサート材

(2) 岐阜県工業技術研究所で製作した炭素繊維織物

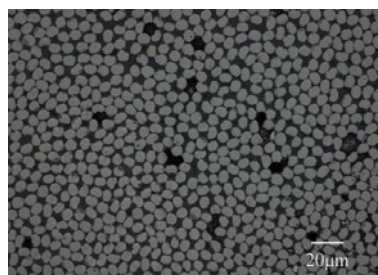
岐阜県工業技術研究所にて製作した、炭素繊維に樹脂繊維を巻きつけた素材(カバーリング炭素繊維)の利用を検討した。カバーリング炭素繊維による織物材は入手ができないため、平成27年度は、カバーリング炭素繊維そのものを金型に導入し、インサート成形を行った。カバーリング炭素繊維は柔軟性があり、また、解れがおこらないため、試作金型への設置は容易であった。また、インサート成形を実施したところ、歯車形状にインサートが可能であり、成形品の断面観察から、成形品内部に空隙が少なく、炭素繊維に樹脂が含浸した成形品であることがわかった。しかしながら、PA66カバーリング炭素繊維・PPカバーリング炭素繊維を用いたリボン状の炭素繊維織物を作製し、インサート成形を実施した。また、カバーリング炭素繊維をそのまま用いて、インサート成形を実施した。成形作業上のハンドリングは良かったが、歯車の歯強度の改善は認められなかった。



図 27 カバーリング炭素繊維 (左：カバーリング前、右：カバーリング後)



(a) 成形品外観



(b) 断面の様子

図 28 カバーリング炭素繊維をインサートした成形品の外観と断面の様子

これらの結果から、新たに図 29 に示すように刺繍技術を応用して炭素繊維だけによる「はしご状リボン」を作製しインサート品を製作した。しかし、この炭素繊維織物もキャビティ内のガイドピンの R に対して R を小さくできず、この炭素繊維織物をインサート成形することはできなかった。



(a) インサート品の全体図



(b) インサート品の拡大図

図 29 はしご状リボン

(3) サカイオーベックス(株)の炭素繊維 開織糸

炭素繊維束を幅広く薄い状態にした糸が開織糸である。図 30 にて開織糸の概要を示す。一般的に炭素繊維の原糸の断面形状は円形であるが、開織を行うことでこれを扁平にすることができる。本研究開発においては、図 31 に示すように 3mm幅、5mm幅のナイロン樹脂をコーティングしてある炭素繊維一方向材をリボン状に切断したものをインサート成形した。さらに量産を見据え、図 32 のように、この開織糸をループ状に熱かしめを行い、ループ状に加工した炭素繊維織物も製作した。本研究開発に用いた開織糸はいずれも金型内に容易に挿入することができ、また解れなどもほとんど見られなかった。



図 30 開織の説明（※サカイオーベックスホームページより）



図 31 使用した開織糸



図 32 ループ状に加工した開織糸

2-5 炭素繊維織物自動挿入装置の開発

開発した炭素繊維織物自動挿入装置の概略図および製作品写真を図 33 に示す。自動挿入装置には歯数と同じ 34 個の駒があり、この駒を半径方向に駆動できる機構となっている。自動挿入装置は図 34 に示すように射出成形機に取り付けられた金型に容易に脱着できる。

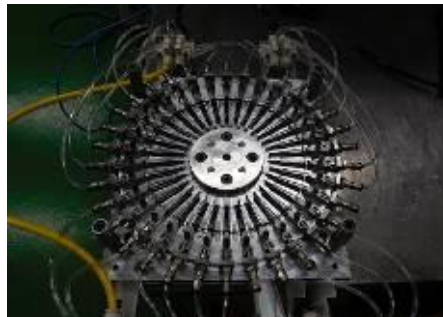
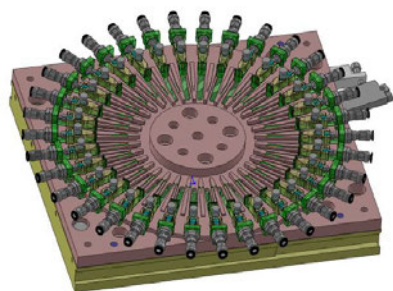


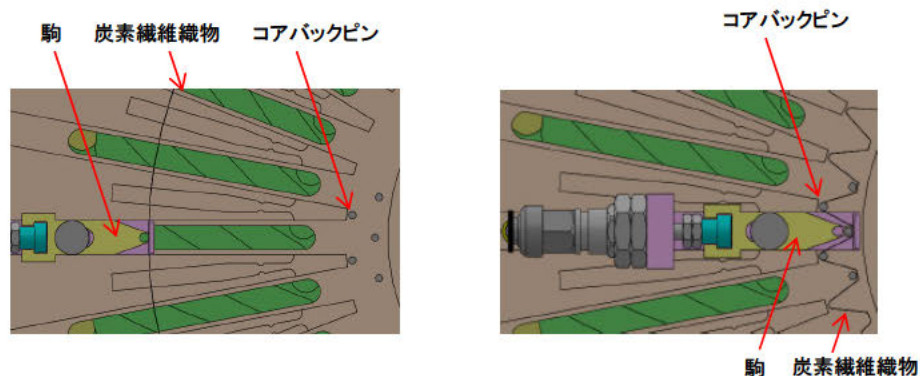
図 33 自動挿入装置の概略図および製作品



図 34 自動挿入装置を金型に設置した様子

自動挿入機による炭素繊維織物の挿入過程について以下の通りである。自動挿入機の駒は最も外側に移動させ、ループ状の炭素繊維織物を自動挿入装置に設置後、自動挿入装置を射出成形機に取り付けられた金型の中心にセットする。自動挿入装置の全 34 駒を中心方向に移動させる。この時ループ状の炭素繊維織物は歯先側のコアバックピンに引っかかりながら駒と一緒に、炭素繊維織物も更に中心方向へ移動する。駒が所定の位置に達した時、後退させていた歯底側のコアバックピンが上がり、炭素繊維織物の先端内側に挿入される。その後、駒が後退し金型が開くと自動挿入装置が取り出される。以上のように炭素繊維織物が金型内に挿入され、射出成形が行われる。

本挿入装置を用いて金型に炭素繊維織物を挿入し、射出成形を行ったが、リング状炭素繊維織物の全長や材質によっては繊維が歯面に露出するなど、成形品の品質に大きな違いが生じた。自動挿入装置を用いた成形に適した炭素繊維織物の選定については継続調査中である。



(a) 炭素繊維織物を設置した様子 (b) 駒が所定の位置に移動した様子

図 35 自動挿入装置での炭素繊維織物の挿入イメージ

2-6 プロジェクトの管理・運営

事業運営をスムーズに進めるために、補助事業者が主体となり間接補助事業者と共に研究開発委員会を開催し、研究共同体の意思決定・計画見直し等のサポート及び、各種事務処理を行った。

年度	委員会等名	日時	場所
平成 26 年度	第 1 回研究開発委員会	平成 26 年 12 月 16 日 (火) 14 時 00 分から 16 時 00 分	国立大学法人 岐阜大学
	第 2 回研究開発委員会	平成 27 年 3 月 20 日 (金) 10 時 00 分から 12 時 00 分	株式会社セントラルファイン ツール
平成 27 年度	第 1 回研究開発委員会	平成 27 年 10 月 19 日 (月) 13 時 00 分から 15 時 00 分	国立大学法人 岐阜大学
	第 2 回研究開発委員会	平成 28 年 3 月 7 日 (月) 10 時 30 分から 12 時 30 分	国立大学法人 岐阜大学
平成 28 年度	第 1 回研究開発委員会	平成 28 年 10 月 18 日 (火) 14 時 00 分から 16 時 00 分	国立大学法人 岐阜大学
	第 2 回研究開発委員会	平成 29 年 1 月 30 日 (月) 14 時 00 分から 16 時 00 分	国立大学法人 岐阜大学

上記委員会の開催や定期的な進捗状況の報告の他に、プロジェクトメンバーと随時打ち合わせを行い、研究開発の進捗状況及び経費執行状況についての確認を行った。

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果のまとめ

本研究開発では、炭素繊維織物を歯車中にインサートして樹脂製歯車の強度を向上させるために、炭素繊維織物と樹脂を金型内での一体成形を可能とする革新的な金型システムの研究開発を目的として研究開発を行い、以下のような結果を得ることができた。

1. 射出成形金型にコアバック機構を導入し、一度の射出成形で炭素繊維織物を樹脂内にインサートする技術を構築できた。
2. 本技術を用いて成形した歯車の静的、動的強度を明らかにし、炭素繊維織物をインサートした歯車の強化を確認した。
3. 炭素繊維織物の金型への自動挿入装置の基礎技術を開発した。

3-2 今後の進め方

自動挿入機の開発について、現状ではインサートの自動挿入装置はループ状の炭素繊維織物を各駒で挟み、炭素繊維織物を歯形形状に形成することができている。しかし、金型とのマッチングが不十分であるため、金型と自動挿入装置の関係を精度よく合わせる基準を作りたい。また、図 36 に示すような自動挿入装置を射出成形機の外から金型に入れる機構を製作している。この機構との動きの確認も進めて行きたい。自動挿入装置を用いた成形に適した炭素繊維織物の選定についても継続調査が必要である。



図 36 自動挿入機の設置装置

本研究開発の成果として挿入する炭素繊維織物が3Kを1周とわずかであっても大きな補強効果のあることを確認している。炭素繊維織物の配置については解析と実成形を基に決定したのであるが、より効率的な強化を実現するために、図 37 に示す歯車の危険

断面 H での応力が小さくなるようにインサートの配置を追加検討している。危険断面 H での応力はインサートとの距離に大きく依存していることを明らかにしており、これを反映した金型により成形し自動挿入機との関係、さらに射出成形条件を調整し、成形事例を積み上げ、安定した成形条件を見つけ出していく。

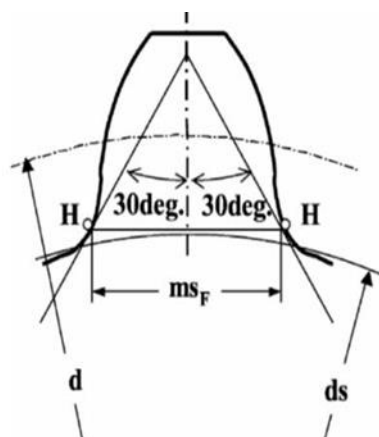


図 37 歯車危険断面 H の定義

3-3 事業化の方向性

現在まで各業界からの問合せ、説明、話し合い等数多く承っている。その業界と内容を記す。

各業界名	用途
自動車	ドア開閉用、タイミングプーリー用、ステアリングユニット用小形発電機用
電動工具	各種駆動伝達部用
二輪車	バルブギヤー用、ランクシャフト用
自転車	各種駆動部用
白物家電	各種駆動部用
ロボット部品	駆動部用
農業機械	駆動部用

これらの要望があり、より基礎データを積上げ進めていく予定である。

今後の、進捗計画としては、1 年から 1.5 年にて要素技術の開発を続けながら各メーカーからの具体的案件の開発も進める予定である。また、各業界の部品を、3 年後を目処に量産化を進めたい。