

平成 30 年度環境省委託業務

平成30年度

セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務
(社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～)

成果報告書

平成31年3月

国立大学法人 京都大学

平成 30 年度セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務
(社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～)

成果報告書

要約

1. 業務の目的

自動車分野において、部品や製品の軽量化でのエネルギー効率改善による二酸化炭素排出削減を目的とし、セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）の特性を生かした用途（部材や部品）を提案するとともに、CNF を利用・複合化した樹脂材料について材料から自動車最終製品までの一連の流れを俯瞰した評価を実施する。

2. 業務の概略と実施体制

業務としては、①CNF 材料の成形と材料定数評価及び CNF 材料の提供、②CNF 材料の成形加工性評価、③CNF 材料の低圧成形加工性評価、④CNF 構造要素モデル及び高濃度 CNF 材料成形品の試作と性能評価、⑤CNF 材料成形品の車両実装に関する評価及び最終試作車の車両構想の検討、⑥社会実装に向けた CNF 活用製品の CO₂ 削減効果の評価・検証、⑦プロジェクト推進に関する情報管理と CNF 材料・部材の総合評価の 7 グループの体制からなるメンバーで実施した。参画機関は以下の 22 機関である。

参画機関：京都大学、産業環境管理協会、京都市産業技術研究所、金沢工業大学、名古屋工業大学、秋田県立大学、宇部興産（株）、（株）昭和丸筒／昭和プロダクツ（株）、利昌工業（株）、（株）イノアックコーポレーション、キョーラク（株）、三和化工（株）、ダイキョーニシカワ（株）、マクセル（株）、（株）デンソー、トヨタ紡織（株）、アイシン精機（株）、トヨタ自動車東日本（株）、（株）トヨタカスタマイジング&ディベロップメント、東京大学、産業技術総合研究所

本年度から新規に宇部興産（株）とトヨタ自動車東日本（株）が参画している。

3. 業務内容

3.1 CNF 材料の成形と材料定数評価及び CNF 材料の提供

昨年度に引き続き、変性した CNF を樹脂に混練した複合材料を各参画機関に必要量を供給できた。樹脂はポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリアミド 6（ナイロン 6、PA6）、ポリアセタール（POM）、ポリカーボネート（PC）である。CNF 添加量は 5-30wt% であり、機械的強度などの自動車用材料として検討すべき物性値を提示し、その最適配合量を検討した。特に PA6 に関しては、宇部興産（株）が自動車部品に適合する樹脂組成の配合を最適化し、参画機関に安定供給可能になった。

3.2 CNF 材料の成形加工性評価

CNF 複合材料は曲げ弾性率の向上が認められること、射出発泡成形により微細な気泡ができること、熔融粘度が向上しブロー成形ができること、透明性に優れること、リサイクル性に優れることなどの特徴を生かし、各種の自動車部品の成形加工を実施した。いずれも軽量化の効果は確認できた。

具体例として PE-CNF、PP-CNF 複合材料を射出（発泡）成形することにより、軽量かつ外観品質に

優れた部品が得られた。試作できたものはドアトリム、エアコンケース、ピラーである。ドアトリム、ドア外板、ピラー、パケトレフロントカバー、リアウィング（スポイラー）は来年度試作する予定の最終試作車に適用することを決定した。

PA6-CNF 複合材料は射出成形可能で、ガラス繊維（GF）より CNF の方が補強の効果が高い。インテークマニホールドは従来品は GF30%であるが、CNF15%で成形でき上側部品と下側部品を新工法により溶着する事ができた。また、ブロー成形により中空成形体が製造可能である。フロントアンダーカバーを候補部品に選び、最終試作車に適用することを決定した。

PC-CNF 材料は射出プレス成形により透明な板材ができる。バックガラスを候補部品に選び、最終試作車に適用することを決定した。金型はすでに設計を終了し、発注済である。

新規に PA6-CNF 複合材料が三次元造形（3D プリンター）に適した材料であることを見出し、自動車部材に適用できることを確認した。フロントバンパーサイドを候補部品に選び、最終試作車に適用することを決定した。

3.3 CNF 材料の低圧成形加工性評価

CNF シートにエポキシ樹脂を含浸させる RTM（Resin Transfer Molding）工法によりエンジンフード（ボンネット）の試作を行っている。昨年度からは繊維構成を見直し、従来と比較し成形時間は 1/2 で、1.4 倍の曲げ剛性が得られた。樹脂の流動性、含浸性などが改善された効果と考えられる。

3.4 CNF 構造要素モデル及び高濃度 CNF 材料成形品の試作と性能評価

昨年度選定した CNF ペーパーをハニカムシートと接着剤で張り合わせるにより曲げ強度がアルミニウムを超える CNF ハニカムボードが作製できた。最終試作車のエンジンフードを製作することを決定し、そのための表面平滑性の向上を検討中である。

またアルミパイプと CNF ペーパーの組合せで車の骨格構造を作製でき、最終試作車のピラー内部に埋め込むことを決定した。

3.5 CNF 材料成形品の車両実装に関する評価及び最終試作車の車両構想の検討

来年度製作予定の最終試作車を東京モーターショー（10/24-11/4 開催）に出展することを決定した。最終試作車にはドア外板、エンジンフード、バックガラス、ドアトリム、リアウィングなど大物部材を CNF 複合材料にて製作する。すでに候補部品の金型は発注を終えた段階である。

3.6 社会実装に向けた CNF 活用製品の CO₂ 削減効果の評価・検証

自動車部材を限定し、各製造元のコンソーシアムメンバーから各部材の素材構成、成形方法、部材重量およびベースラインの情報提供を受け、LCCO₂ 排出量を試算した。インテークマニホールド、ドアトリム、樹脂ガラスに関して、原料パルプの CNF の製造原単位の上限と下限の数値を用いた LCCO₂ の概算を初めて明らかにできた。

3.7 プロジェクト推進に関する情報管理と CNF 材料・部材の総合評価

円滑な事業運営にあたり、プロジェクト推進委員会を設置し、進捗管理を実施した。また、情報共

有のため参画機関全員が集合する全体会議を定期的を開催した。

本事業の普及・啓発を目的とする広報活動を、展示会への出展やシンポジウムでの講演などを通して行った。特にエコプロ展（平成30年12月6日-8日）、ナノセルロースシンポジウム（平成31年3月4日）では実物の展示と講演においてアピールできた。

これらの活動の進捗を踏まえて、将来のCNF市場投入計画案を作成した。

業務実施期間

平成30年4月1日～平成31年3月31日

FY2018 Entrusted Work for Performance Evaluation Project of Cellulose Nanofiber
(Proving, Evaluation, and Verification for Introduction of CNF Materials for Social
Implementation: Automotive Field)

Report
Summary

1. Aim of the project

Applications (materials and parts) were proposed for utilizing the properties of cellulose nanofiber (CNF) and a thorough evaluation was conducted of the full process from material to automotive final product for resin materials that use or are composites of CNF with the aim of reducing carbon dioxide emissions by improving energy efficiency through reducing the weights of parts and products in the automotive field.

2. Summary and system of implementation of project

The work was performed by members in a system of seven groups, comprising (1) molding of CNF materials, evaluation of material constants, and provision of CNF materials; (2) evaluating the molding processability of CNF material; (3) evaluating the low-pressure molding processability of CNF materials; (4) prototyping and performance evaluation of CNF structural element models and high-density CNF material molded parts; (5) evaluating the vehicular implementation of CNF material molded parts and investigating the vehicle concept of the final prototype vehicle; (6) evaluating and investigating the CO₂ reduction effect of products using CNF for implementation in society; and (7) information management related to project promotion and overall evaluation of CNF materials and parts. There were 22 participating organizations as follows:

Participating institutions: Kyoto University; Japan Environmental Management Association for Industry; Kyoto Municipal Institute of Industrial Technology and Culture; Kanazawa Institute of Technology; Nagoya Institute of Technology; Akita Prefectural University; Ube Industries, Ltd.; Showa Marutsutsu Co., Ltd. / Showa Products Co., Ltd.; RISHO KOGYO CO., LTD.; INOAC CORPORATION; Kyoraku Co., Ltd.; SANWA KAKO CO., LTD.; DaikyoNishikawa Corporation, Maxell, Ltd.; DENSO CORPORATION; TOYOTA BOSHOKU CORPORATION; Aisin Seiki Co., Ltd.; Toyota Motor East Japan, Inc.; TOYOTA CUSTOMIZING & DEVELOPMENT Co. Ltd.; the University of Tokyo; and National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Ube Industries, Ltd. and Toyota Motor East Japan, Inc. newly began participating from this year.

3. Project details

3.1 Molding of CNF materials, evaluation of material constants, and provision of CNF materials

Continuing on from last fiscal year, the required quantity of composite material formed by mixing modified CNF into resin was supplied to each participating institution. The resins were polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyamide 6 (nylon 6, PA6), polyacetal (POM), and polycarbonate (PC). The amount of CNF added was 5 to 30 wt%, and the optimal composition was evaluated by indicating the physical property values that need investigation for automotive materials, such as mechanical strength. For PA6 in particular, Ube Industries, Ltd.

optimized the composition of the resin components as suitable for automotive parts and was able to make a stable supply for the participating institutions.

3.2 Evaluating the molding processability of CNF material

Various molding processes for automotive parts were performed using CNF composite materials by utilizing the properties such as being able to increase the bending elasticity, being able to form a fine foam by injection foam molding, being able to increase the melt viscosity to perform blow molding, having excellent transparency, and having excellent recyclability. A weight reduction effect was confirmed in all cases.

As a specific example, parts with light weight and excellent appearance quality were obtained by injection (foam) molding of PE-CNF and PP-CNF composite materials. The parts that were prototyped were door trim, air conditioner casing, and pillars. The door trim, door outer panel, pillars, package tray front cover, and rear wing (spoiler) were chosen for application to the final prototype vehicle planned for prototyping next year.

PA6-CNF composite materials are able to be injection molded, with CNF having a higher reinforcing effect than glass fiber (GF). Whereas a conventional intake manifold is GF30%, an upper part and lower part molded with CNF15% were able to be welded using a new processing method. Furthermore, hollow molded parts can be manufactured by blow molding. The front undercarriage cover was selected as a potential candidate and was chosen for application in the final prototype vehicle.

PC-CNF materials are able to form transparent panels by injection press molding. The back glass was selected as a potential candidate and was chosen for application in the final prototype vehicle. The dies have already been designed and ordered.

PA6-CNF composite material was newly noted as a material that is suitable for 3D printing, and it was confirmed to be suitable for automotive parts. The front bumper side was selected as a potential candidate and was chosen for application in the final prototype vehicle.

3.3 Evaluating the low-pressure molding processability of CNF materials

Trial manufacturing of engine hood (bonnet) was performed by the resin transfer molding (RTM) method which impregnates CNF sheet with epoxy resin. The fiber structure was revised from the last fiscal year, and a 1.4-fold greater bending stiffness was obtained in 1/2 of the molding time, compared to previously. This is thought to be the result of improvements to, for example, flowability and impregnability of the resin.

3.4 Prototyping and performance evaluation of CNF structural element models and high-density CNF material molded parts

CNF honeycomb board was successfully manufactured with bending strength higher than aluminum by pasting the CNF paper that was selected last fiscal year onto honeycomb sheet through the use of adhesive. It was selected for the manufacture of the engine hood of the final prototype vehicle, and improving the surface smoothness is therefore under investigation.

Furthermore, the backbone structure of the vehicle can be manufactured using a combination of aluminum pipe and CNF paper, and it was selected for the pack inside the pillars of the final prototype vehicle.

3.5 Evaluating the vehicular implementation of CNF material molded parts and investigating the vehicle concept of the final prototype vehicle

It was decided that the final prototype vehicle planned for manufacture next fiscal year would be exhibited at the Tokyo Motor Show (held on October 24 to November 4). In the final prototype vehicle, large parts such as the door outer panel, engine hood, back glass, door trim, and rear wing will be manufactured using CNF composite material. We are at the stage where the dies for the potential candidate parts have already been ordered.

3.6 Evaluating and investigating the CO₂ reduction effect of products using CNF for implementation in society

Information was received from the consortium members for each manufacturer about the material structure, molding method, part weight, and baseline for each part limited to automotive parts, and the amount of LCCO₂ emissions was calculated. A rough calculation of the LCCO₂ was clarified for the first time using numerical values for the upper limit and lower limit on units of CNF manufacturing of raw pulp for the intake manifold, door trim, and resin glass.

3.7 Information management related to project promotion and overall evaluation of CNF materials and parts

A project promotion committee was established and progress management was performed for smooth management of the project. Furthermore, plenary conferences were held periodically for all members of the participating institutions to come together to share information.

Publicity activities were performed with the aim of spreading the outcome of the project and providing information about this project, such as through displays at exhibitions and talks at symposia. In particular, the strengths were advertised through exhibiting the actual parts and giving talks at the EcoPro exhibition (December 6 to 8, 2018) and Nanocellulose Symposium (March 4, 2019).

Draft plans for introducing CNF into the market in the future were created based on the progress of these activities.

Project period

April 1, 2018 to March 31, 2019

目次

第1章	CNF材料の成形と材料定数評価及びCNF材料の提供	
1.1	CNF材料の材料定数評価及び材料提供 (京都大学、(地独)京都市産業技術研究所)	4
1.2	自動車部品成形用CNF複合材料(ポリアミド系)の組成検討及び材料提供 (宇部興産(株))	10
第2章	CNF材料の成形加工性評価	
2.1	CNF材料の成形加工性の評価 (京都大学、(地独)京都市産業技術研究所)	12
2.2	発泡射出成形法におけるCNF材料(ポリアミド系及びポリプロピレン系)の成形加工性の評価及び自動車部品の試作検討(ダイキョーニシカワ(株))	16
2.3	発泡射出成形法におけるCNF材料(ポリプロピレン系)の成形加工性の評価、自動車部品の試作検討、及び内装表皮材へのCNFの添加・性能確認 (株)イノアックコーポレーション)	20
2.4	ブロー成形におけるCNF材料の成形加工性の評価及び自動車部品の試作検討 (キョーラク(株))	23
2.5	バッチ発泡法におけるCNF材料の成形加工性の評価(三和化工(株))	27
2.6	加飾性評価(マクセル(株))	31
2.7	自動車用空調部品用途に向けたCNF材料の評価 (株)デンソー)	35
2.8	自動車用ドア部材用途に向けたCNF材料の評価及び自動車部材の試作検討 (トヨタ紡織(株))	39
2.9	自動車エンジン部材用途に向けたCNF材料の評価 (アイシン精機(株))	43
2.10	自動車部品への適応に向けたCNF複合透明材料の評価及び自動車部品の試作検討 (トヨタ自動車東日本(株))	47
2.11	3次元造形法におけるCNF材料の成形加工性の評価 (京都大学、名古屋工業大学)	50
第3章	CNF材料の低圧成形加工性評価	
3.1	自動車用大物部材の試作検討及びRTM(Resin Transfer Molding)成形の評価 (金沢工業大学)	52
3.2	RTM(Resin Transfer Molding)成形法に適するCNF材料の評価 (金沢工業大学、京都大学)	55

第4章	CNF 構造要素モデル及び高濃度 CNF 材料成形品の試作と性能評価	
4.1	CNF 材料の接着・接合評価 (名古屋工業大学)	57
4.2	CNF 材料の構成と構造の最適化 (秋田県立大学)	62
4.3	CNF パネル及び CNF ハニカムボードの試作と評価 (利昌工業 (株))	64
4.4	プレス成形法又は真空バギング成形法における高濃度 CNF 材料の成形加工性の評価 (利昌工業 (株))	67
4.5	CNF パイプの作製及び構造部材用パイプの試作と評価 (株) 昭和丸筒/昭和プロダクツ (株)	70
第5章	CNF 材料成形品の車両実装に関する評価および最終試作車の車両構想の検討	
5.1	CO ₂ 削減のための部品の軽量化目標の評価検証 (株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント	74
5.2	最終試作車の車両構造の検討 (株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント	76
5.3	最終試作車製作に向けた検討 (京都大学、(株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント)	79
5.4	最終試作車の製作に向けた部品の製作と軽量化評価 (株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント	80
第6章	社会実装に向けた CNF 活用製品の CO ₂ 削減効果の評価・検証	
6.1	試作する自動車の CO ₂ 削減効果に関する評価 (産業環境管理協会)	81
6.2	CNF 部品実機搭載における CO ₂ 削減効果評価 (産業環境管理協会)	84
6.3	CNF 部品の導入による CO ₂ 削減効果シミュレーション技術の検討 (東京大学)	85
6.4	CO ₂ 削減効果の将来予想 (2030 年) (産業技術総合研究所)	89
第7章	プロジェクト推進に関する情報管理と CNF 材料・部材の総合評価	
7.1	情報管理及び共同実施機関間の調整 (京都大学、産業環境管理協会)	93
7.2	CNF の早期社会実装に向けた時系列での開発実証及び市場投入計画の策定 (京都大学、金沢工業大学、産業環境管理協会)	94
7.3	プロジェクト推進委員会の運営 (京都大学、産業環境管理協会)	98
7.4	普及・啓発 (京都大学、産業環境管理協会)	99
第8章	本年度業務の課題と今後の方針	107
第9章	本業務で用いる略語の解説	108
巻末資料		111

はじめに

セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、木材等の植物を原料とし、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用は、エネルギー消費を削減することから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。しかしながら CNF は、製品への適用初期段階にあるため、今後 CNF の適用範囲が拡大していく段階には様々な課題が発生することが想定される。

本業務では、将来的な地球温暖化対策につながり、エネルギー起源 CO₂ 削減が期待できる自動車軽量化に重点を置き、自動車を構成する 2~3 万の部品の中から、CNF の特性を活かした用途（部材や部品）を提案し、CNF 活用製品の性能評価や活用時の CO₂ 削減効果の評価・検証することを目的とする。

図 1 に事業の概念図を、図 2 に業務の流れを示す。セルロースナノファイバー（CNF）から自動車までの一連の流れを俯瞰した評価を実施する。

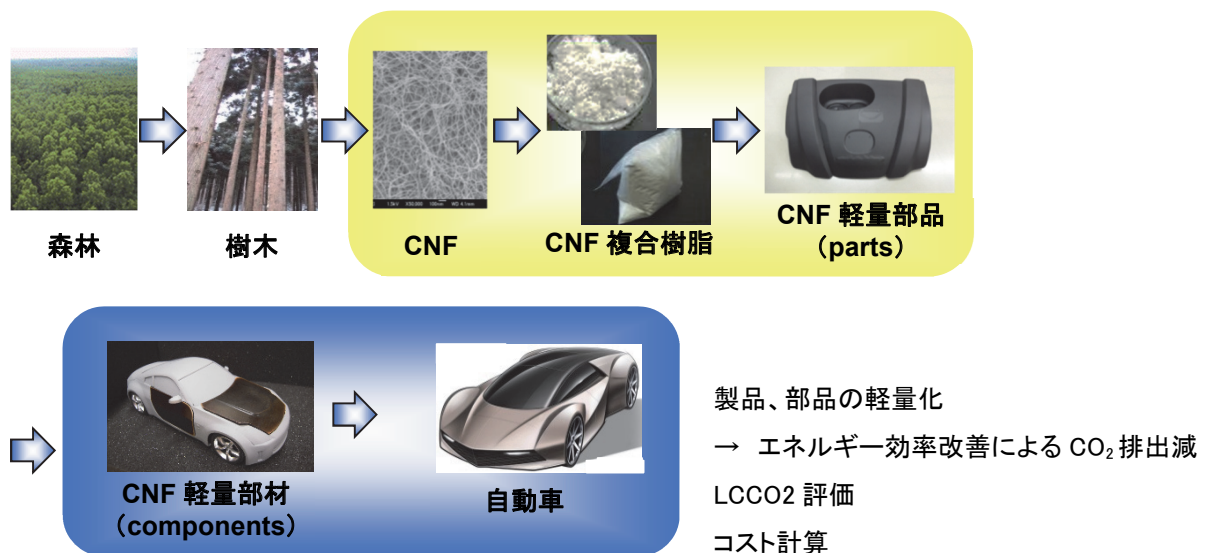


図 1 事業の概念図

- (1) CNF材料の成形と材料定数評価及びCNF材料の提供
- (2) CNF材料の成形加工性評価
- (3) CNF材料の低圧成形加工性評価
- (4) CNF構造要素モデル及び高濃度CNF材料成形品の試作と性能評価
- (5) CNF材料成形品の車両実装に関する評価および最終試作車の車両構想の検討
- (6) 社会実装に向けたCNF活用製品のCO₂削減効果の評価・検証
- (7) プロジェクト推進に関する情報管理とCNF材料・部材の総合評価

図 2 業務の流れ



本業務の実施にあたっては、図3に示した通り、国立大学法人京都大学が事業代表機関となり、アイシン精機株式会社、公立大学法人秋田県立大学、株式会社イノアックコーポレーション、宇部興産株式会社、学校法人金沢工業大学、地方独立行政法人京都市産業技術研究所、国立大学法人京都大学、キョーラク株式会社、一般社団法人産業環境管理協会、国立研究開発法人産業技術総合研究所、三和化工株式会社、昭和プロダクツ株式会社、株式会社昭和丸筒、ダイキョーニシカワ株式会社、株式会社デンソー、国立大学法人東京大学、株式会社トヨタカスタマイジング&ディベロップメント、トヨタ自動車東日本株式会社、トヨタ紡織株式会社、国立大学法人名古屋工業大学、マクセル株式会社、利昌工業株式会社の22機関を共同実施者とし、京都大学を含めたコンソーシアムによる業務実施体制を構築した。

また、業務推進体制（マネジメント体制）を図4に示す。

図3 実施体制

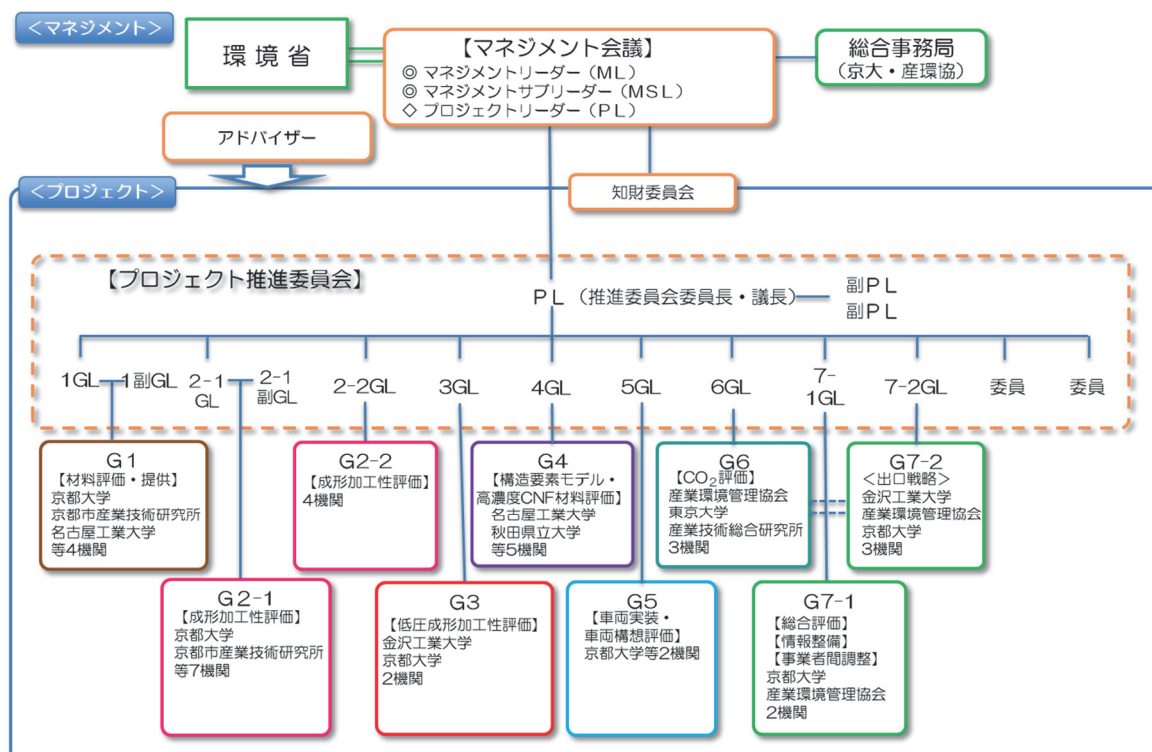


図4 業務推進体制

運営にあたり、各グループリーダー、学識経験者、自動車メーカーを構成員とするプロジェクト推進委員会を設置し、業務の進捗確認、事業者間の調整を行った。プロジェクト推進委員会の委員名簿を下記に示す。また、コンソーシアム全体の情報共有を目的とし、全実施機関による全体会合等を設置し、2か月に1回実施した。

プロジェクト推進委員会 委員名簿

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	臼杵 有光	京都大学 生存圏研究所 特任教授
副委員長	矢野 浩之	京都大学 生存圏研究所 教授
委 員	影山 裕史	金沢工業大学 大学院工学研究科 高信頼ものづくり専攻 教授
	大嶋 正裕	京都大学 大学院工学研究科 工学研究科長・工学部長、 副理事、化学工学専攻 教授
	仙波 健	京都市産業技術研究所 主席研究員
	奥平 有三	京都大学 生存圏研究所 ナノセルロース産学官連携マネージャー
	栗山 晃	名古屋工業 大学大学院工学研究科おもひ領域 特任教授
	永井 隆之	トヨタ自動車株式会社 先進技術開発カンパニー 第1材料技術部 部長
	服部 順昭	東京農工大学 名誉教授
	鈴木 幸弘	株式会社トヨタカスタマイジング&ディベロップメント テクノクラフト本部 研究開発部 コンポジット技能室 室長
	神崎 昌之	産業環境管理協会 LCA 事業推進センター 所長

第1章 CNF 材料の成形と材料定数評価及び CNF 材料の提供

1.1 CNF 材料の材料定数評価及び材料提供（京都大学、（地独）京都市産業技術研究所）

マトリックス材料のうちポリアミド6（PA6）、およびポリプロピレン（PP）、セルロースナノファイバー（CNF）との複合マスターバッチを調達し、そのマスターバッチペレットを直接、あるいはコンパウンドメーカーにて希釈混練した樹脂-CNF 複合ペレットをグループ G2-1、G2-2、G3 の参画機関へ成形用材料として提供した。提供した材料について、強度物性、流動性などの材料定数を測定するとともに、市販の繊維強化材料を充填した複合樹脂材料と強度物性を比較検討した。また、自動車用部材として実用化の際に重要な評価項目である衝撃性能、VOC、燃焼性の3項目について計測評価を実施した。また、CNF シートを自動車の構造用パイプなどの材料としてグループ G4 へ、また RTM（Resin Transfer Molding）成形材料としてグループ G3 へ提供した。

さらに、リサイクル性を評価するため、サンシャイン耐候試験後の成形材を粉碎し、再度成形した材料の強度物性を計測し、耐候試験前の材料、および同じ処理をした樹脂シート材料と比較した。その結果、CNF を複合した樹脂材料はリサイクル性に非常に優れていることがわかった。

1.1.1 CNF 材料の調達と提供

(1) 樹脂-CNF 複合マスターバッチの調達とコンパウンド、および各機関への提供

H30 年度から A 社の PA6-CNF 複合樹脂の量産試作プラントが稼働開始したため、今年度から A 社の PA6-CNF のマスターバッチ(CNF の含有率は 30%)を調達した。PP-CNF 複合樹脂については前年度と同じく CNF 含有率が 50%のマスターバッチを B 社から調達した。コンパウンドについて、PA6-CNF は H 社と U 社、PP については H 社、および提供先の機関が指定する外注コンパウンドメーカーが実施した。図 1.1-1 に今年度に提供した材料の仕様、調達量、提供先などをまとめた。PA6-CNF を 2200 kg、PP-CNF を 3670 kg（CNF10%含有率として換算した量）を参画機関（7 社）に提供した。

表 1.1-1 提供した樹脂-CNF ペレットの量と提供先

樹脂-CNF 複合材料	CNF 製造機関	CNF種類	CNF含有率	コンパウンド	H30年度 調達量		提供先 (参画機関)
					CNF量	ペレット量 (CNF10%換算)	
PA6-CNF	A社	アセリ変性CNF (耐熱型)	30%(マスターバッチ) →10,15%	H社 U社	220 kg	2,200 kg	ダイエーニシカ、 キョーラク、マケル、 アイソ、金沢工大
PP-CNF	B社	ASA変性CNF (ポリプロピレン用)	50%(マスターバッチ) →5~20%以上	H社 各機関の外注先	367 kg	3,670 kg	キョーラク、イノック、 トヨタ紡織、 ダイエーニシカ

(2) CNF シートの提供

CNF シートとして、表 1.1-2 に示す 2 種類のシート材料を提供した。CNF シート (A) は電子部品として使用されているマイクロファイブリルセルローズシートでまず自動車ボディの構造用パイプへ応用する材料としてグループ G4 の(株)昭和丸筒/昭和プロダクツ(株)へ提供した。次にハニカム用材料として同じく G4 の利昌工業(株)に提供した。このハニカムコアは 100%CNF ボードと積層構造をなしボンネット用パネルとして使用される。CNF シート (B) は、RTM (Resin Transfer Molding) 成形による自動車用ボンネット用の材料としてグループ G3 の金沢工業大学に提供した。これらの応用は、強度に加えて接着剤の含浸性が要求される。CNF シート (A)、CNF シート (B) とともに繊維径は数 10nm~数 μm である。RTM 成形の場合、幅 16mm、長さ 50mm の短冊状の CNF シートをランダムに積層する必要があるため、CNF シート (B) については、自動積層プロセスに適用できるよう CNF シートを 16mm 幅に特殊スリッターで切断した後、提供した。同時に、CNF シートと積層シエポキシ樹脂のフローメディアとなる低密度ケナフ繊維マット (面重量 90~120g/m²) を 330 枚 (60×60cm) 提供した。

表 1.1-2 提供した CNF シートの物性と提供量、提供先

CNFシート種類	面重量 (g/m ²)	厚 (mm)	密度 (g/cm ³)	引張強度	提供量 (m ²)	提供先
CNFシート (A)	23.5	0.024	0.97	60.7(MPa)MD	4502	昭和丸筒、利昌工業
CNFシート (B)	30.2	0.062	0.49	42.7(MPa)MD	1066	金沢工業大学
CNFシート (B) (樹脂含浸性改良品)	24.5	0.057	0.43	32.1(MPa)MD	520	

1.1.2 CNF 材料の材料定数評価

(1) 本年度に提供した樹脂-CNF 複合材料の強度評価

表 1.1-3 に本年度に提供した PA6-CNF、および PP-CNF 複合材料の強度物性の評価結果を示す。強度物性の評価試験については、ISO の規定に従い、試験サンプル数は 5 とした。PA6-CNF10%複合材料については、CNF の解繊の程度と相関が高い指標である曲げ弾性率が 4050MPa であった。これは昨年度に提供した同材料と比べて約 5%低下している (昨年度京都大学の実験試作プラント京都プロセスで試作・提供した材料の曲げ弾性は 4290MPa)。今後、A 社の量産試作プラントの改善により、強度物性は向上していくと考えられる。PA6-CNF15%材料はエンジンに空気を送り込むインテークマニホールドへの応用が検討されている。曲げ弾性率は 5280MPa と高く、PA6 ニート樹脂 (曲げ弾性

表 1.1-3 提供した樹脂-CNF 材料の強度物性などの評価

材料	CNF製造機関 (マスターバッチ製造)	コンパウンド	曲げ強度 (MPa)	曲げ弾性率 (MPa)	引張強度 (MPa)	引張弾性率 (MPa)	MFR (g/10min.)
PA6ニート			103	2530	49.2	2680	18
PA6-CNF10%	A社	H社	142	4050	94.8	4130	8.88
PA6-CNF15%		U社	162	5280	114	5500	1.31
PPニート			52.0	1950	30.9	2110	41.0
PP-CNF10%	B社	H社 各参画機関の外注先	60.4	2720	40.0	2650	24.7
PP-CNF15%			67.0	3570	44.2	3380	12.0
PP-CNF20%			70.7	4330	46.4	4140	2.8

物性値は PA6-CNF、PP-CNFともH社でのコンパウンドを実施した材料の値

率は2530MPa)の2倍以上の値を発現しており、この材料の使用により一層の軽量化が実現できると考えられる。

表 1.1-1 には本年度に提供した PP-CNF 複合材料の提供量、提供先などを示した。調達先は、昨年度と同じく B 社である。コンパウンドは H 社、および各参画機関が指定する外注先で実施した。希釈樹脂についてはホモ PP (日本ポリプロ (株) の MA04A)、及び衝撃性能の改善が期待できるブロック PP (樹脂の品種は各参画機関が指定) を使用した。表 1.1-3 の物性値はホモ PP を使用した場合の値である。PP-CNF10%について、曲げ弾性率は 2720MPa、PP ニート樹脂の曲げ弾性率 1950MPa である。増強率 (CNF 複合材料の弾性率/ニート樹脂の弾性率) は 1.4 となり、PA6-CNF 複合材料に比べて低い (PA6-CNF10%複合材料の増強率は 1.6)。これは PP の場合、樹脂の極性の関係で CNF が樹脂中に分散されにくいためであるが、京大 NEDO プロジェクトでは性能向上のための研究が進められており、来年度からの提供開始が期待される。PP-CNF20%の場合、曲げ弾性率の増強率は 2.2 と高い値である。CNF を 20%複合すると、成形時の流れの指標である MFR は 2.8g/10mini.と小さく粘性が非常に高くなる。ブロー成形の場合、高粘度のほうが成形材料として適しており、(株)キョーラクのブロー成形によるリアスポイラーやアンダーカバーなどへの応用が期待できる。

(2) 提供した樹脂-CNF 材料の衝撃強度、VOC、燃焼性能の評価

本年度に提供した PA6-CNF、および PP-CNF 複合材料について、自動車部品に適用していく上で重要な評価項目である衝撃強度、VOC、燃焼性の評価を、自動車部品用材料を主として評価している(株)神戸工業試験場にて実施し、その結果を表 1.1-4 に示す。シャルピー衝撃試験については PA6 の場合、CNF を複合することにより衝撃強度は低下し、PP の場合は CNF の複合により PP ニート樹脂とほぼ変わらない結果であった。PP について、高い衝撃強度よりも高い曲げ、引張り強度が要求される部材には今回使用したホモ PP をマトリックス材料として用い、衝撃強度が要求される部材 (例えばドア外板、フェンダー等) には、衝撃性能が高いブロック PP を用いて実用化をすすめていくことになると思われる。ブロック PP でのコンパウンド品の評価は次年度の課題である。VOC についてはアセチル化変性 CNF を複合した PA6-CNF 材料の場合、アセトアルデヒドが微量検出されたが、ホルムアルデヒドを含む他の 8 種の化学物質 (表 1.1-4 に記載) については検出されなかった。燃焼試験については、PA6-CNF、PP-CNF 材料とも燃焼速度が基準以下となり自動車部品用材料として適合性が確認された。

表 1.1-4 提供した樹脂-CNF 材料の衝撃強度、VOC、燃焼性能などの評価

評価項目	マスターバッチ製造 (コンパウンド)	CNF種類	シャルピー衝撃試験 23°C (kJ/m ²)	シャルピー衝撃試験 -30°C (kJ/m ²)	VOC 加熱温度65°C、加熱時間 2時間 (μg/試験片)	燃焼試験 燃焼速度 102mm/分 以下で適合
試験材料寸法			80×10mm 厚4mm	80×10mm 厚4mm	100×100mm 厚3mm	350×100mm 厚2mm
PA6ニート			5.4	5.0	アセトアルデヒド 0.07	適合 (不着火)
PA6-CNF	A社 (H社)	アセチル変性CNF	2.6	1.3	アセトアルデヒド 0.13	適合 (18.3mm/分)
PPニート			1.4	1.0	アセトアルデヒド 0.06 テトラデカン 0.36	適合 (49.5mm/分)
PP-CNF	B社 (H社)	ASA変性CNF (ポリオレフィン用)	1.3	1.0	未測定	適合 (59.8mm/分)

VOCの測定成分はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、テトラデカン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの9種類。

(3) PA6-CNF 複合材料と市販繊維強化材料
(ガラス繊維、炭素繊維) との比較

PA6 マトリックス材料において、CNF 強化材料 (ラボスケール、パイロットスケール) と市販繊維強化材料 (ガラス繊維 (GF)、炭素繊維 (CF)) との比較を行った。ラボスケール材は京都市産業技術研究所にて作製、外注のパイロットスケール材は、U 社において作製した。図 1.1-1 に曲げ応力-ひずみ線図、表 1.1-5 に曲げ試験及び衝撃試験結果を示す。CNF10%強化 PA6 のラボスケール材は PA6-GF20%をこえる曲げ弾性率を示した。パイロットスケール材 (20 kg/h) である PA6-CNF8.8%も高物性値であるといえる。曲げ強度についていずれの CNF 強化材料も PA6-GF20%より低いが、GF10%と同等以上の補強効果を確認できた。一方 CF 強化材料は非常に物性が優れており、まだ CNF 強化材料は CF 強化 PA6 の領域には達していないことが認識できた。また耐衝撃性についても CNF 強化材料は低くゴム系の樹脂とのアロイ化などマトリックス樹脂の分子レベルでの改善が必要である。

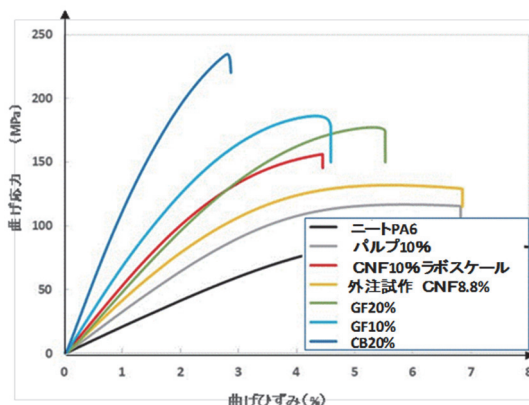


図 1.1-1 曲げ応力ひずみ線図

表 1.1-5 曲げ特性と耐衝撃性 (GF、CF強化PA6 との比較)

サンプル名	曲げ試験 (MPa)		Izod衝撃強度 (kJ/m ²)
	弾性率	強度	
ニートPA6	2140	87.0	3.13
パルプ10%	3450	117	2.58
CNF10%ラボスケール (0.4kg/h)	5470	156	3.30
外注試作CNF8.8% (20kg/h)	4440	131	2.95
GF20% (市販)	5160	177	6.79
CF10% (市販)	7460	188	4.14
CF20% (市販)	11600	237	7.20

(4) PP マトリックス材料と市販繊維強化材料
(セルロース、タルク) との比較

PP マトリックス材料において、CNF 強化材料 (ラボスケール、パイロットスケール) と市販繊維強化材料 (セルロース、タルク系フィラー) との比較を行った。ラボスケール材は、京都市産業技術研究所にて作製、パイロットスケール材は、H 社において作製した。図 1.1-2 に曲げ応力-ひずみ線図、表 1.1-6 に曲げ試験及び衝撃試験結果を示す。

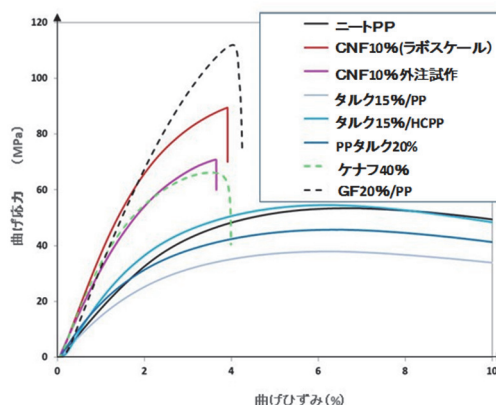


図 1.1-2 曲げ応力ひずみ線図

表 1.1-6 曲げ特性と耐衝撃性 (市販材料強化PPとの比較)

	サンプル名	曲げ試験 (MPa)		Izod衝撃強度 (kJ/m ²)
		弾性率	強度	
ニートPP	ニートPP (MA04A)	1970	53.6	1.88
試作材料	CNF10%ラボスケール (0.4kg/h)	4180	88.8	1.80
	CNF10%外注試作 (3kg/h)	3560	71.8	1.52
	タルク15%/PP	1670	37.9	5.62
	タルク15%/HCPP	2700	54.5	2.71
	PPタルク20%	2310	45.4	2.36
	ケナフ40%/PP	3930	66.3	4.78
	GF20%/PP	4130	112.2	11.8

CNF10%強化 PP のラボスケール材料の曲げ特性は、タルク充填材料よりも優れた特性を示した。また GF20%強化 PP と比較すると、何れの CNF 材料とも、かなり低い値であり、非極性樹脂である PP マトリックス材料での物性発現は、今後の課題であると言える。

1.1.3 PA6-CNF、および PP-CNF 複合材料の耐候試験後のリサイクル性の評価

樹脂は太陽光紫外線の照射や雨水により、強度が劣化する。樹脂-CNF の複合材料に対して、サンシャイン耐候試験を行い、試験前後の強度物性を計測した。続いて材料を粉砕、再度成形した材料の強度物性を測定することにより CNF の有無による違いを評価した。試験材料として PA6-CNF10%、PA6 ニート、PP-CNF10%、PP ニートの 4 種類を用いた。

1) 耐候試験条件

サンシャイン耐候試験の照射光のスペクトラムは、樹脂劣化を促進する紫外線の波長領域に近い 350~420 μm 範囲（可視光の低周波数領域）の放射照度が太陽光に比べて高い。今回の曝露時間は 1400 時間とした。これは日本の平均照射量の 1 年 3.5 ヶ月分に相当する。（照射時間については、サンシャイン耐候試験の場合、約 1 年分に相当する 1000 時間にする場合が多いが、今回は違いをより明確にするため 1400 時間に設定した。）光については連続照射するが、60 分のうち 12 分間は光に加えて同時に水を噴霧した。サンプルの厚さは 4mm で片側のみ光照射、水の噴霧を行った。

2) サンシャイン耐候試験前後の強度の計測

耐候試験前、耐候試験後（1400 時間）の曲げ試験、引張試験、アイゾット衝撃試験を行い、初期の値（耐候試験前の値）に対する比率を求めた。

3) 再成形後の強度計測

4 種類の材料を粉砕後、再度成形した材料について、曲げ試験、引張試験、アイゾット衝撃試験を行い、初期の値に対する比率を求め、リサイクル性の指標とした。

強度物性の計測値、および初期の値との比率を表 1.1-7、図 1-1-3 に示す。

表 1.1-7 サンシャイン耐候試験後、およびリサイクルを想定した再成形後の強度物性
(曲げ弾性率、曲げ強度、引張弾性率、引張強度、アイゾット衝撃値)

評価項目	曲げ弾性率 (初期) (MPa)	曲げ弾性率 (曝露後) (MPa)	曲げ弾性率 曝露後 比率 (%)	曲げ弾性率 (リサイクル後) (MPa)	曲げ弾性率 リサイクル後 比率 (%)	評価項目	曲げ強度 (初期) (MPa)	曲げ強度 (曝露後) (MPa)	曲げ強度 曝露後 比率 (%)	曲げ強度 (リサイクル後) (MPa)	曲げ強度 リサイクル後 比率 (%)
材料						材料					
PA6ニート	2830	709	25%	2640	93%	PA6ニート	114	36.5	32%	98.5	86%
PA6-CNF	3070	1810	59%	3860	126%	PA6-CNF	96.2	59.9	62%	121.0	126%
PPニート	2390	1090	46%	2080	87%	PPニート	65.4	15.4	24%	38.1	58%
PP-CNF	3690	3160	86%	3610	98%	PP-CNF	76.8	47.2	61%	74.1	96%

評価項目	引張弾性率 (初期) (MPa)	引張弾性率 (曝露後) (MPa)	引張弾性率 曝露後 比率 (%)	引張弾性率 (リサイクル後) (MPa)	引張弾性率 リサイクル後 比率 (%)	評価項目	引張強度 (初期) (MPa)	引張強度 (曝露後) (MPa)	引張強度 曝露後 比率 (%)	引張強度 (リサイクル後) (MPa)	引張強度 リサイクル後 比率 (%)
材料						材料					
PA6ニート	2920	978	33%	3370	115%	PA6ニート	74.1	35.4	48%	72.4	98%
PA6-CNF	3760	2150	57%	4510	120%	PA6-CNF	75.0	63.9	85%	88.3	118%
PPニート	2550	2370	93%	2350	92%	PPニート	41.8	8.02	19%	16.5	39%
PP-CNF	3860	4280	111%	3760	97%	PP-CNF	48.7	38.7	79%	49.0	101%

評価項目	アイゾット衝撃値 (初期) (kJ/m^2)	アイゾット衝撃値 (曝露後) (kJ/m^2)	アイゾット衝撃値 曝露後 比率 (%)	アイゾット衝撃値 (リサイクル後) (kJ/m^2)	アイゾット衝撃値 リサイクル後 比率 (%)
材料					
PA6ニート	4.5	1.9	42%	2.2	49%
PA6-CNF	2.6	2.5	96%	2.6	100%
PPニート	1.0	0.5	50%	0.7	70%
PP-CNF	1.1	0.8	73%	0.7	64%

表 1.1-7、図 1.1-3 から次のことがいえる。

- ① サンシャイン耐候試験を行うことにより、4 種類の材料について、曲げ弾性率、曲げ強度、引張弾性率、引張強度、アイゾット衝撃値の 5 つの評価項目がほぼすべて低下した（例外は PP-CNF10%の引張弾性率が 111%）。曝露後の低下の比率（曝露後の値/初期の値）は PA6 ニートが

25～48%、PP ニートが 19～93%の範囲に値に対し、PA6-CNF10%は 57～96%、PP-CNF10%は 61～111%の範囲にあり、原因の追究は来年度の課題であるが、CNF の複合により光、水の曝露による樹脂の劣化が抑制される。

② 粉砕、再成形による強度の変化については、リサイクル後比率（再成形後の値/初期の値）が PA6 ニートが 49～115%、PP ニートが 39～92%に対し、PA6-CNF10%は 100～126%、PP-CNF10%は 64～101%の範囲にある。PP-CNF10%についてはアイゾット衝撃値については 64%であるが他の 4 項目についてすべて 96%以上であり、PA6、PP とも CNF を複合することにより、リサイクル後、初期の値に戻ることがわかった。メカニズムの解明は来年度の課題であるが、PA6、PP マトリックスとする CNF 複合樹脂材料は、リサイクル性が非常に高いといえる。

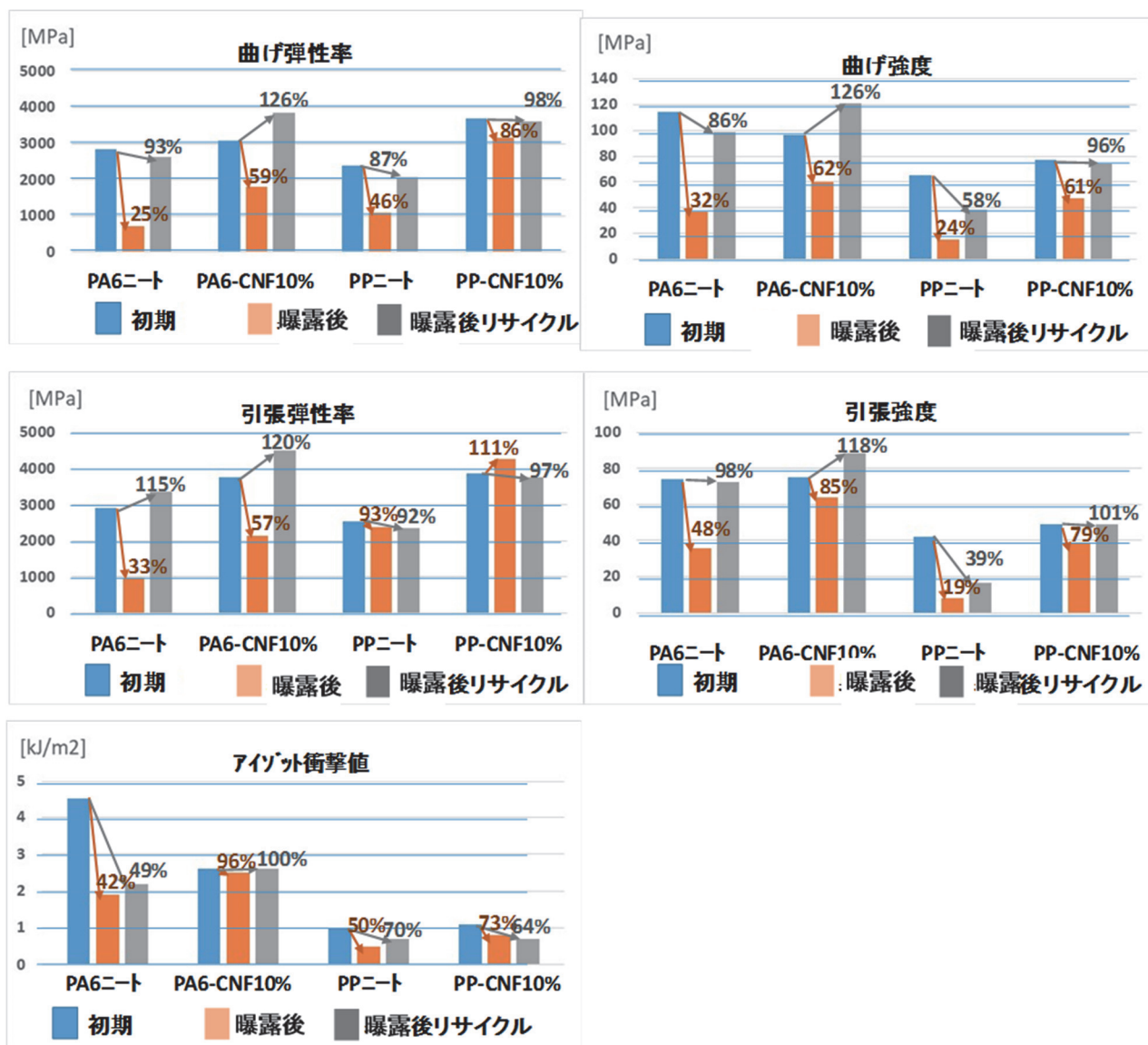


図 1.1-3 サンシャイン耐候試験後、および再成形後の強度物性の変化

1.2 自動車部品成形用 CNF 複合材料（ポリアミド系）の組成検討及び材料提供 （宇部興産（株））

自動車部品の成型加工に適する CNF 複合樹脂材料(ポリアミド系)の組成について検討を行った。具体的には、共同実施機関であるアイシン精機（株）からの耐熱性能の向上要求に応じて、耐熱処方の検討を行い、材料を試作、提供した。また、アイシン精機（株）にて自動車部品開発検討（エアークマニホールド）に使用する材料を要求に応じて試作、提供した。

1.2.1 自動車部品成形用 CNF 複合材料（ポリアミド系）の組成検討

本検討は、アイシン精機（株）からの材料の耐熱性能の向上要求に対して行ったものである。検討した材料の組成は、既にアイシン精機（株）にて試作、評価が進められている PA6/CNF15%をベースとした。PA6/CNF30%マスターバッチ(MB)を事務局より入手し、宇部興産製 PA6 を混合、これに耐熱剤を処方して、宇部興産所有の二軸押出機にて希釈混練し、作製した。耐熱剤処方は、宇部興産でのエアークマニホールド向け材料の処方技術をもとに検討した。

宇部興産にて試験片を成形し、アイシン精機（株）に提供した。同社にて試験片の耐熱処理を行い、その試験片を用いて ISO527-1 に準拠した引張試験評価を行い、各熱処理時間毎の引張強度の保持率を評価した。なお、耐熱剤処方の効果の確認のため、耐熱処方のない複合材と比較した。図 1.2-1 に結果を示す。

検討した耐熱処方を施した複合材は、耐熱処方がないものに比べ、引張強度保持率が大幅に向上した。

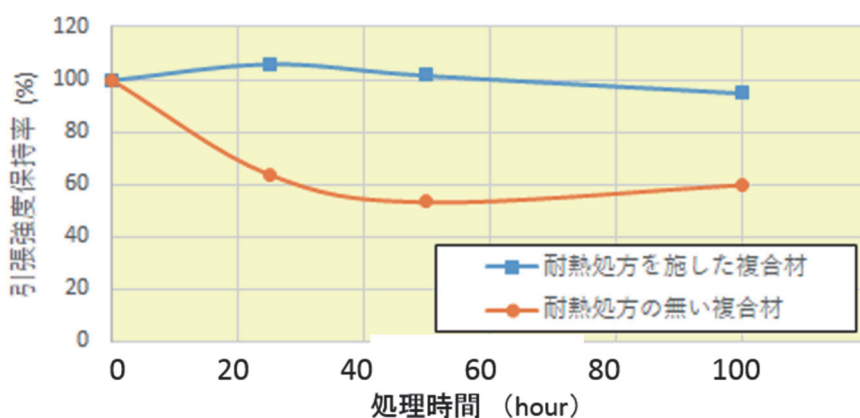


図 1.2-1 PA6/CNF15%複合材の耐熱老化性評価結果(アイシン精機(株)提供)

1.2.2 自動車部品成形用 CNF 複合材料（ポリアミド系）の材料提供

1.2.2.1 PA6/CNF 複合材料の作製、提供

2018年5月から、アイシン精機（株）にて自動車部品検討に使用する PA6/CNF 複合樹脂材料を先方要求に応じて試作、提供した。表 1.2-1 に、提供材料の時期と量の概要を示す。

表 1.2-1 材料提供

No	組成	耐熱処方	試作日	Lot No.	提供量(kg)
1	CNF15%	有	2018年5月	GB28504X	58
2	同上	同上	2018年6月	GB28701X	54
3	同上	同上	2018年7月	G28704X	68
4	同上	同上	2018年8月	G28801X	100
5	同上	同上	2018年9月	G28901X	127
6	同上	同上	2018年10月	G28X02X	50
7	同上	同上	2018年12月	G28Z05X	95
8	同上	同上	2019年1月	G29101X	100

1.2.2.2 提供材料の物性評価

製造、提供した材料の機械物性評価（引張強さ、引張破壊ひずみ、曲げ強さ、曲げ弾性率、シャルピー衝撃強度）を行った。規格は全て ISO に準拠した。結果を表 1.2-2 に示す。

GB28504X を除きロット間のばらつきは少なく、安定した材料供給ができたと考える。なお、GB28504X のみ物性が他と異なる理由は、原料 MB の製造条件が異なっているためと推察される。

表 1.2-2 提供材料の機械物性

Lot No.	引張強さ (MPa)	引張破壊 ひずみ(%)	曲げ強さ (MPa)	曲げ弾性 率(MPa)	シャルピー衝撃強度(kJ/m ²)	
					ノッチ有	ノッチ無
	ISO 527		ISO 178		ISO 179	
GB28504X	126	3.1	181	6086	2.1	46
GB28701X	105	3.1	156	5032	1.9	39
G28704X	108	3.3	157	5060	1.7	39
G28801X	109	3.2	159	4961	1.8	35
G28901X	108	3.1	159	5130	2.1	36
G28X02X	105	3.4	158	4850	1.9	39
G28Z05X	105	3.4	156	4780	2.3	43
G29101X	104	3.5	158	4790	2.2	39

第2章 CNF材料の成形加工性評価

2.1 CNF材料の成形加工性の評価（京都大学、（地独）京都市産業技術研究所）

グループ G2-1 の各参画機関で試作された CNF 材料成形品について、力学的特性を中心とした物性測定と評価を行い、各機関へのフィードバックすることにより成形時の最適条件の絞り込みに寄与した。

2.1.1 ピラーカバー発泡射出成形品の評価

G2 の（株）イノアックコーポレーションが、射出発泡成形したトヨタ 86 の C ピラートリムの評価を実施した。使用した材料の構成は、PP80%/MAPP10%/ASA 変性 CNF10%である。この構成の材料の比弾性率および比強度の向上に関する技術は京都市産業技術研究所が保有しており、その技術をベースに材料設計を実施した。測定項目は、3点曲げ試験、密度、独立気泡率である。図 2.1-1 にピラーカバーの外観、図 2.1-2 にサンプルの評価位置を示す。バンドソーを用い、サンプルを切り出し、各種試験に供した。（実際の成形品について、強度物性以外の評価については 2.3 で報告。）

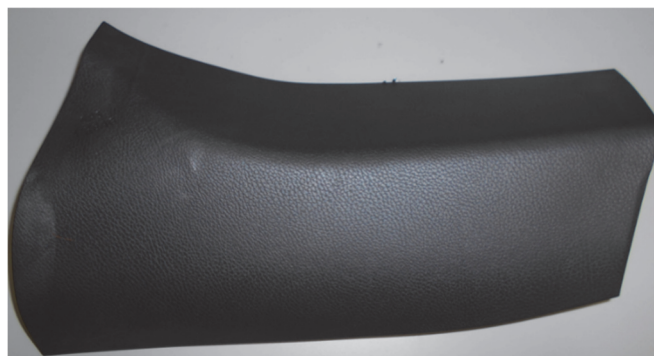


図 2.1-1 にピラーカバーの外観

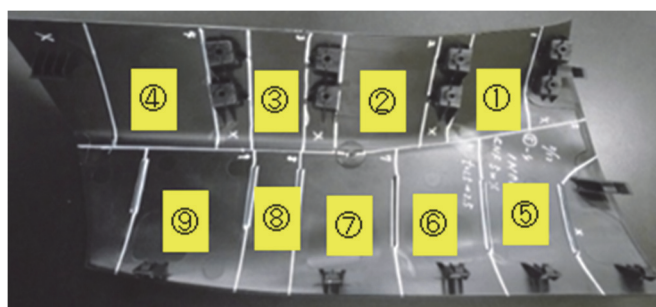


図 2.1-2 サンプルの評価位置(裏面)

表 2.1-1 曲げ試験、密度測定、独立気泡率測定結果

場所	曲げ弾性率 [GPa]	曲げ強度 [MPa]	厚み [mm]	密度 [g/cm ³]	独立気泡率 [%]
①	0.95	20.7	2.56	0.76	70
②	0.98	19.5	2.59	0.69	87
③	1.06	21.8	2.57	0.73	79
④	1.05	21.5	2.56	0.72	83
⑤	0.88	19.8	2.58	0.68	84
⑥	0.82	18.8	2.57	0.65	90
⑦	0.91	20.3	2.59	0.68	94
⑧	1.13	20.9	2.52	0.66	92
⑨	1.07	21.2	2.53	0.66	84
平均	0.98	20.5	2.56	0.69	85
標準偏差	0.10	0.97	0.024	0.034	7.27
CV値 [%]	10.3	4.7	0.9	5.0	8.6

各評価結果を表 2.1-1 に示す。製品中の 9 ヶ所の異なる位置から試験片を切り出して、3 点曲げ試験、密度・独立気泡率測定を行ったが、各測定値の大小に相関はなく、いずれの値も平均値を中心とした 1 割程度のばらつきの範囲内で同等の値であり、均質であると言える結果であった。最新の NEDO プロジェクト CNF5%/PP ラボ材料の小型成形品では、密度：0.58g/cm³ で弾性率：2.2GPa、強度：44MPa というデータが出ており、それと比べると 1/2 程度の値であった。つまり成形加工面では、良好な均一成形加工ができているものの、素材の物性を活かし切れていないといえる。今後はさらに高弾性仕様の CNF 強化 PP による成形、評価を行う必要がある。

2.1.2 ブロー成形品の評価

グループ G2-1 のキョーラク（株）が、ブロー成形した中空ボードの評価を実施した。本成形品は、自動車ラゲージルーム内の床材への適用を想定している。使用した材料の構成は、PP80%/MAPP10%/ASA 変性 CNF10%材料であり、PP にはブロー成形に最適な PP を使用し、ブロー成形性を高めている。測定項目は、3 点曲げ試験、Izod 衝撃試験及び線熱膨脹試験である。図 2.1-3 にブロー成形品の外観、図 2.1-4 にサンプルのセルロースの分散状況観察写真、表 2.1-2 に曲げ試験、Izod 衝撃試験及び線熱膨脹試験結果を示す。Izod 衝撃試験については、ノッチ側からは衝撃を加えるのが通常の計測法である。これは衝撃エネルギーをノッチ近傍に集中させることにより、計測値のばらつきを少なくするためである。この場合、材料間の相対的な評価は可能であるが、実際の使用時より測定値は小さくなる。今回、部材の実使用時に近い状態での衝撃エネルギー値を評価するため、反ノッチ側からも衝撃を加えて計測した。

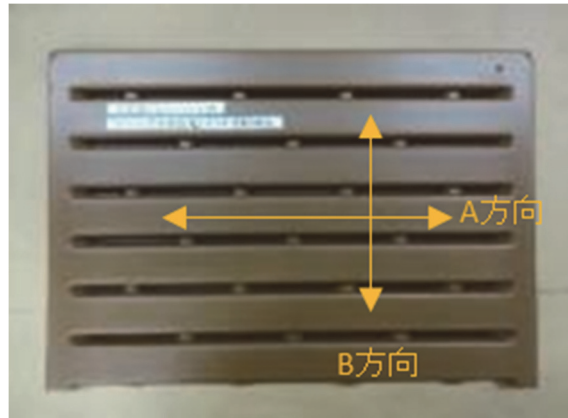


図 2.1-3 ブロー成形品の外観

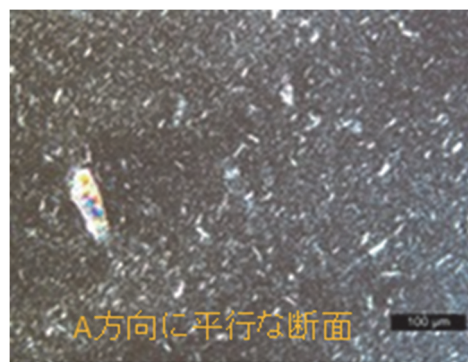


図 2.1-4 サンプルのセルロースの分散状況観察写真（スケールバーは 100 μ m）

表 2.1-2 曲げ試験、Izod 衝撃試験及び線熱膨脹試験結果

サンプル	曲げ弾性率 [GPa]	曲げ強度 [MPa]	Izod衝撃エネルギー (2.75J)		密度 [g/cm ³]
			ノッチ側 [kJ/m ²]	反ノッチ側 [kJ/m ²]	
CNF10% ブロー成形品	1.21	38.2	4.64	30.5	0.87

サンプル	線熱膨脹率 [ppm/K] (0-100°C 平均)	
	A方向	B方向
CNF10% ブロー成形品	92.1	114

線熱膨脹率には若干の異方性が認められた。しかしながら偏光顕微鏡観察からは、異方性の原因と考えられる繊維配向は認められなかった。所々粗大な繊維が観察されるが全体にアスペクト比の低い繊維が分散していた。今後は劣化を避けるため繊維長を維持するブロー成形法の検討をすすめていく必要がある。（成形加工性、および強度物性以外の評価については 2.4 で報告。）

2.1.3 総括

G2-1 の参画機関のうち、成形体入手できた 2 社の射出発泡成形品及びブロー成形品の特性評価を実施した。何れも成形加工技術は卓越したものであり、均質且つ軽量な部材の加工に成功していた。CNF 添加による発泡成形性、ブロー成形性の向上は、各社より報告されているが、物性は目標に到達していない項目もあり今後さらに素材の特性向上を図る必要がある。

2.2 発泡射出成形法における CNF 材料（ポリアミド系及びポリプロピレン系）の成形加工性の評価及び自動車部品の試作検討（ダイキョーニシカワ（株））

PP-CNF の基礎特性評価

- 曲げ特性・・・GF 同等の補強効果が見られた。
- 衝撃性・・・GF の半分程度の補強効果であり、高添加で低下傾向が見られた。
- 配向性・・・GF 並の配向性であり、TD 方向の補強効果は低かった。
- 分散性・・・繊維径は 50nm～23,000nm と幅広く、スキン層付近で配向性を有した。
- 表面粗さ・・・GF に比べ良好な表面状態であった。

PP-CNF の発泡成形結果

- 化学発泡成形・・・ベース PP と比較し、CNF の核剤効果と増粘効果により気泡の微細化が見られた。
- MuCell 発泡成形・・・トランクリッド型での成形を実施。飢餓供給機が必要だが、成形は可能であった。

PP-CNF の実機での試作成形

- 成形加工性・・・計量時にトルク 100%に達し計量不可だが、飢餓供給機を用いることで解決できた。
- MuCell 発泡成形・・・CNF5%添加において、セルの微細化効果は見られなかった。
- 外観改善・・・カウンタープレッシャーにより改善したが、完全に除去はできなかった。

2.2.1 PP-CNF の基礎特性評価

2.2.1.1 曲げ弾性率結果

CNF、GF、タルクをフィラーとしてベース PP（ホモ）に添加し補強効果を比較した。CNF は同比重条件で GF 同等の補強効果を有することが明らかになった。

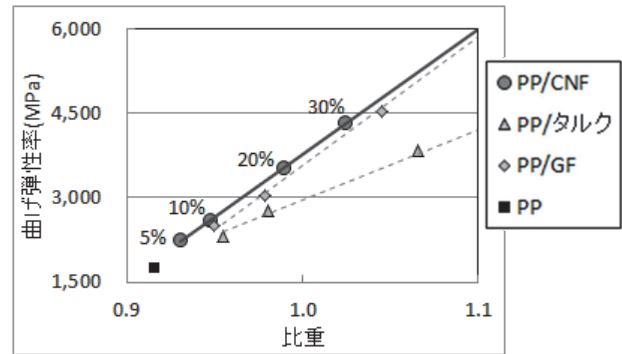


図 1.1-1 曲げ弾性率 比較結果

2.2.1.2 Izod 衝撃結果

曲げ弾性率同様に比較を実施した。比重が 0.95 の場合（CNF の添加量が 10%の場合）、CNF は GF の約 70%程度の補強効果であるが、比重が 1.0 を超えると 60%以下に低下し、比重 1.2 の場合（CNF の添加量が 30%の場合）、補強効果は 52%に低下する。

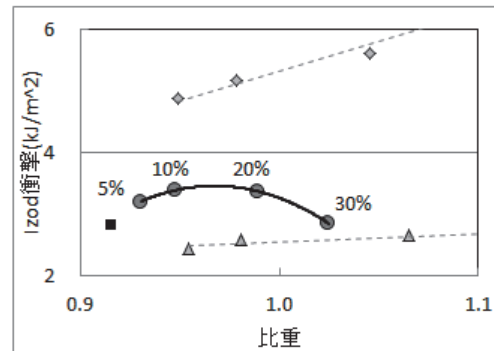


図 1.1-2 Izod 衝撃 比較結果

2.2.1.3 配向性結果

各材料の流動(MD)方向と垂直(TD)方向の曲げ弾性率を測定した。PP-CNF の MD 方向の補強効果は高いが TD 方向の補強効果は低く、MD/TD 比は 20%添加で GF 同等であった。CNF 繊維は微細であるが、GF 並の配向性を有している。

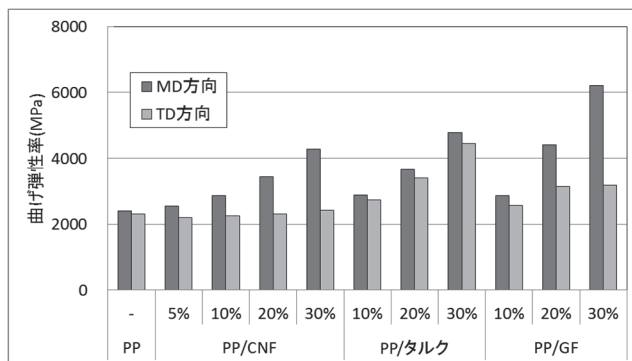


図 1.1-3 配向性 評価結果

2.2.1.4 分散性評価結果

SEMにて成形品の断面観察を実施した。板厚中央部(コア層)の画像では、流動方向に対して配向していないが、スキン層付近では繊維が流動方向に配向していることが分かった。また、画像から繊維径を測定したところ、50nm~23,000nmの幅広い繊維が観測された。

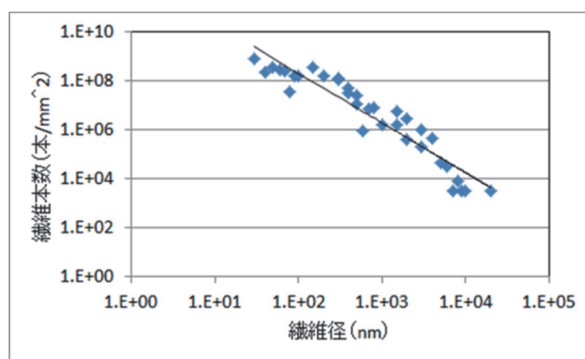


図 1.1-4-1 CNF の繊維径評価結果

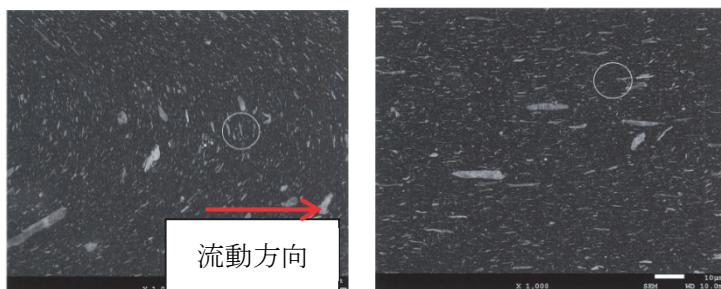
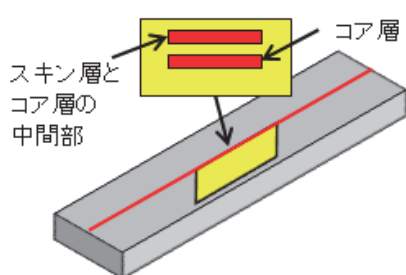


図 1.1-4-2 断面観察結果(左:測定部位 中央:コア層断面画像 右:コア層とスキン層の中間部)

2.2.1.5 表面粗さ測定

塗装前後の表面粗さ (Ra) を評価した。塗装前の CNF は PP に比べると表面が粗いが、GF のような目立った繊維浮きは見られなかった。塗装後は繊維浮きがないため、良好な外観を形成している。

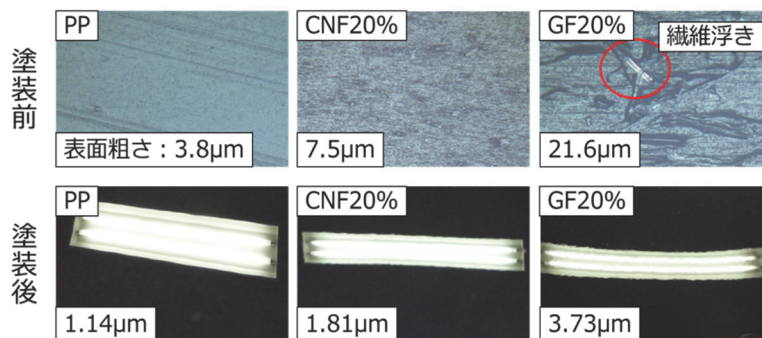


図 1.1-5 表面粗さ測定結果

2.2.2 発泡成形評価

2.2.2.1 化学発泡成形

PP-CNF20%について化学発泡成形を実施した。ベース PP と比較し、CNF 添加によりセル径は微細化しており、これは CNF の核剤効果と増粘効果によると考えられる。なお、セル径、スキン層厚は光学顕微鏡による断面画像観察により計測した。また、どちらの材料もコアバック遅延時間を短くすることでセルが微細化した。コアバック遅延時間を短くしたことで、コアバック前後の樹脂圧力差が大きくなり気泡核形成数が増大し、セルが微細化したと考えられる。このセル径微細化効果によって更なる剛性向上効果が期待できる。

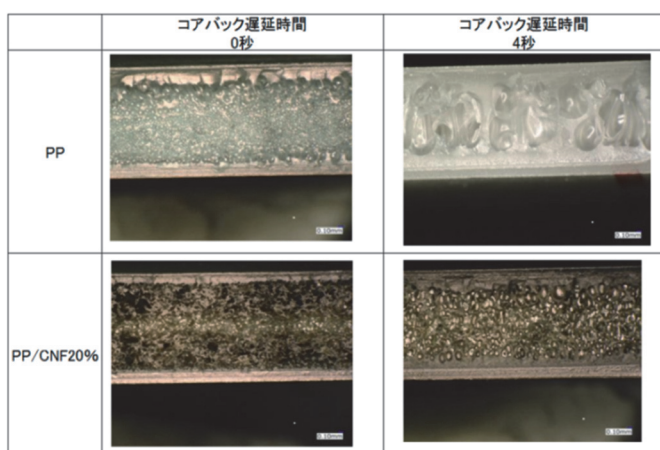


図 2.2-1 各条件の断面画像

表 2.2-1 発泡セル径測定結果

材料	コアバック遅延時間	セル径	スキン層厚
	s	μm	μm
PP	0	150	300
	4	750	600
PP/CNF20%	0	100	300
	4	200	500

2.2.3 実機型での試作成形

2.2.3.1 実機での成形加工性検討

MuCell 機での試作成形を実施した所、PA6-CNF 同様に計量時のスクリュートルク 100%に達し、計量できない不具合が発生した。このため、まずは計量不具合の発生しない CNF 添加量を見極め、気泡形成状態を確認した。その結果、CNF 添加量 5%にて計量可能であることが明らかになった。

また、飢餓供給機を設置することにより、PP-CNF20%の高添加量材においても安定して連続成形が可能となった。

表 3.1-1 発泡セル径測定結果

樹脂温度	計量条件		CNF 添加量	計量トルク	
	回転数	背圧			
$^{\circ}\text{C}$	rpm	MPa	%	%	
210	45	5	20	100	×
		0	20	100	×
		5	10	100	×
		0	10	100	×
		5	5	50	○
		10	5	50	○
230	45	15	5	50	○
		5	20	100	×
		0	20	100	×
		5	10	100	×
		0	10	100	×

2.2.3.2 MuCell 発泡成形

PP-CNF5%材を用いて MuCell 発泡成形を実施し、セル径評価を行った。その結果、CNF による発泡セルの微細化効果は見られなかった。これは CNF 添加量が少なく、核剤効果と増粘効果が小さくなったことが原因と考えられる。今後、詳細な検討を実施し、MuCell 発泡における PP-CNF の気泡形成メカニズムを解明することで気泡の微細化及び物性向上効果を目指す。

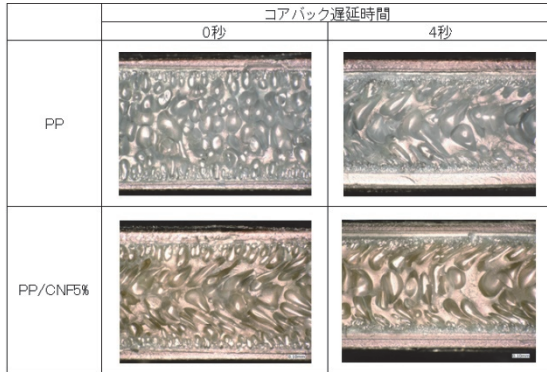


図 2.2-2 各条件の断面画像

表 2.2-2 発泡セル径測定結果

材料	コアパック 遅延時間	セル径	スキン層厚
	s	μm	μm
PP	0s	490	350
	4s	560	490
PP/CNF5%	0s	660	450
	4s	670	460

2.2.3.3 カウンタープレッシャーによる外観改善

発泡成形を実施した所、全面にスワールマークが発生しており、外観は CNF 添加により同等もしくは悪化の傾向であったため、カウンタープレッシャー (CP) による外観向上効果を検証した。CP の適用により、表面のスワールマークは大幅に改善されたが、完全にスワールマークを取り除くことはできなかった。また、CP の使用により製品面が凸凹になり、面が張らない不具合が新たに発生した。これらの課題について、原因の解明に向けたトライを実施し、対策を検討する。

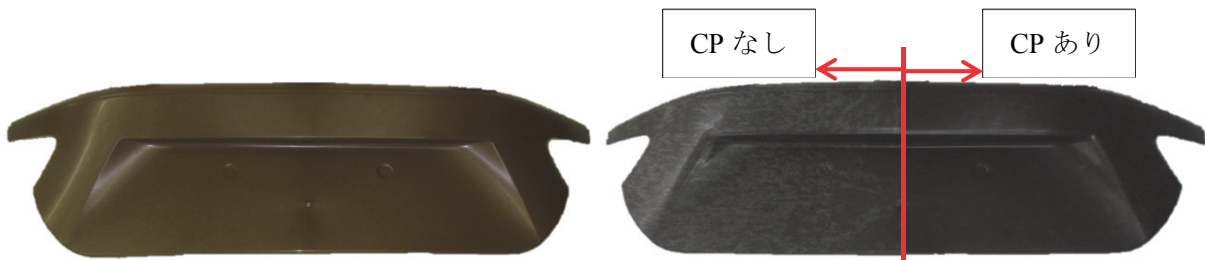


図 3.3-1 トランクリッド成形品

PP/CNF20%ソリッド品

図 3.3-1 トランクリッド成形品

PP/CNF20%発泡品

(左:CPなし、右:CPあり)

2.2.4 今後の予定

- ・ CNF 分散性・相溶性向上による更なる材料物性向上
- ・ 耐衝撃特性向上手法の検討
- ・ PP-CNF のインストルメントパネル (I/P) に対するスペック評価および課題抽出
- ・ PP-CNF トランクリッド発泡成形品から評価用の小片を切り出し、その物性を測定することによりインストルメントパネル (I/P) のスペックを推定する。
- ・ I/P 向け PP-CNF 材料処方検討

2.3 発泡射出成形法における CNF 材料（ポリプロピレン系）の成形加工性の評価、自動車部品の試作検討、及び内装表皮材への CNF の添加・性能確認（(株) イノアックコーポレーション）

昨年度の報告より CNF を PP に添加した成形品から VOC ガス、特にアセトアルデヒドが多く発生することが分かっている。また、発生する VOC ガスの種類、および量は成形条件や添加剤の種類や量によって大きく変わることを確認した。そこで今年度は、アセトアルデヒド抑制を目的とした成形条件、及び塗布型抑制剤を検討した。成形温度を低くすることで VOC ガスの発生量が抑えられることを確認した。

また、成形加工の事前準備として、最終試作車用パケトレフフロントカバーの金型を作製し、成形トライを準備した。さらに成形トライの事前準備として樹脂流動解析を実施し、起こり得る外観不良の原因の特定などについて確認した。

新たな CNF の展開先として内装表皮材での展開が可能かを検討した結果、引張強度、熔融張力、ビカット軟化温度において向上が確認された。

2.3.1 成形条件と VOC（アセトアルデヒド）発生量の関係性

昨年度の成果報告で CNF を添加した成形品から多くの VOC ガス(アセトアルデヒド)を検出したことを報告した。自動車の内装材は VOC の規格があるため、CNF を添加した成形品はアセトアルデヒドの対策を施す必要がある。従って、加工成形温度や発泡倍率の変化でのアセトアルデヒドの発生量に及ぼす影響を検討した。

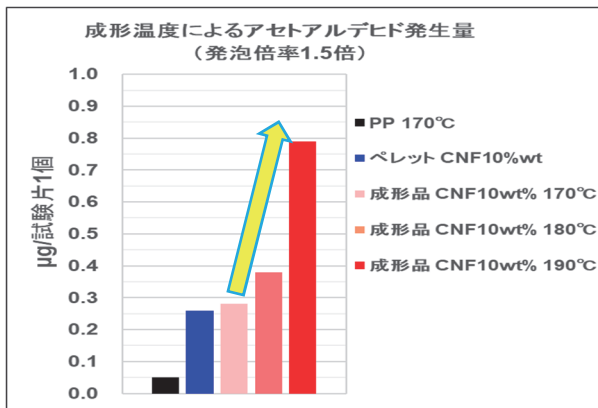


図 2.3-1 成形温度によるアセトアルデヒドの発生

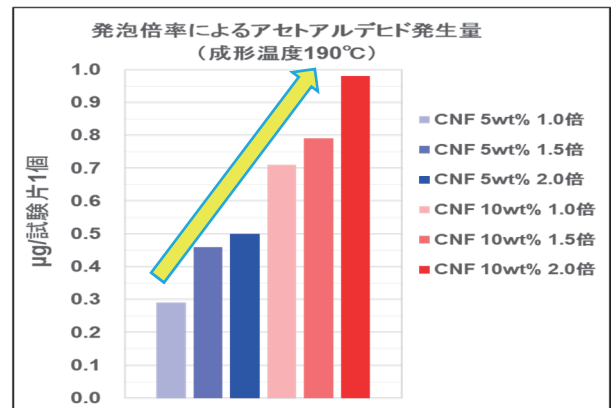


図 2.3-2 発泡倍率によるアセトアルデヒドの発生

アセトアルデヒドの発生量は成形温度に依存し、成形温度が低いほどアセトアルデヒドの発生量を抑えられることが分かった。また 170°C で成形することによりペレット状態の CNF10wt% と同程度のアセトアルデヒドの発生量となることを確認した。さらに成形温度が 190°C と高い場合においては発泡倍率が上がるにつれてアセトアルデヒドの発生量も増加することを確認した。

2.3.2 アセトアルデヒド対策の検討

成形条件でアセトアルデヒドの発生量がある程度抑えられることが確認出来たので、塗布型のアミノ系アセトアルデヒド抑制剤を用いることでさらなる向上効果を検討した。その結果を図 2.3-3 に示す。30-40%程度の抑制効果が確認された。しかし、本抑制剤の懸念点として、乾燥後の外観に抑制剤の塗り跡が残っている点があげられる。今後は塗り跡が残らない添加剤型の抑制剤を検討する。

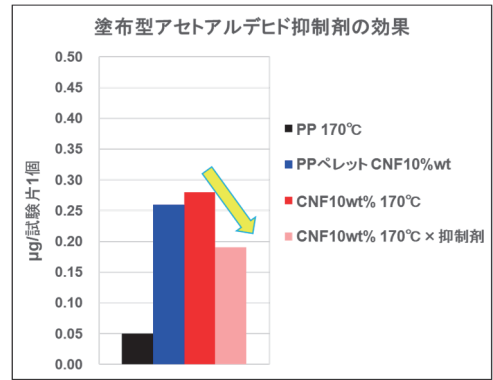


図 2.3-3 成形温度によるアセトアルデヒドの発生量

2.3.3 最終試作車用パケトレフロントカバーの作製

現在、最終試作車用パケトレフロントカバー作図及び金型を作製し、予め樹脂流動解析にて成形上起こり得る外観不良の原因を調査した。その結果、金型へ樹脂を注入するゲートの位置および数の変更、更に部分的に成形品の厚さを変えるなど成形品の形状変更により、外観不良を抑制できることがわかった。図 2.3-4 にパケトレフロントカバーのイメージ図を示す。

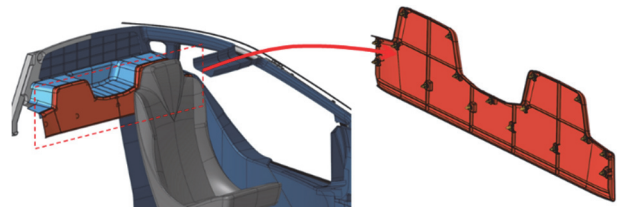


図 2.3-4 パケトレフロントカバーイメージ図

2.3.4 CNF の内装表皮材への展開

CNF を内装表皮材に添加することで物性値の向上が見られるか検討した。検討配合を図 2.3-5 に示し、添加効果が確認された物性に関して図 2.3-6, 7, 8 に示す。

配合

	TPCN1	TPCN4	TPCN5	TPCN7	TPCN8	TPCN9	TPCN10
ベースIPO	100	90	80	40	95	90	70
CNF 50%MB(H-PP A)	0	10	20	60	0	0	0
H-PP(H-PP A)	0	0	0	0	5	10	30
合計	100	100	100	100	100	100	100
備考	ブランク	CNF添加 5%	CNF添加 10%	CNF添加 30%	PP5%	PP10%	PP30%

図 2.3-5 配合表

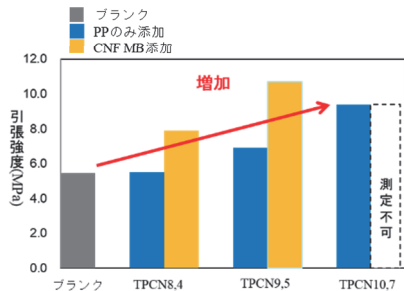


図 2.3-6 引張強度

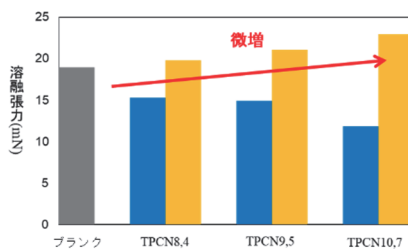


図 2.3-7 熔融張力

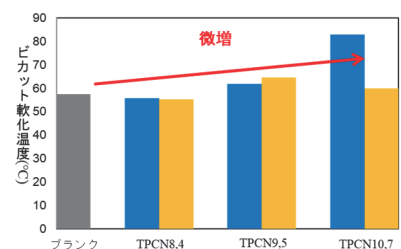


図 2.3-8 ピカット軟化温度

上記の結果より、ベース材である TPO に対し CNF の添加効果により引張強度はブランク比で最大 2 倍に向上した。また溶融張力に関してはブランク比で 10%の向上を確認した。さらにビカット軟化温度はブランク比で 10%向上することを確認した。

この他、CNF の添加量を 10wt%に固定し、CNF50%マスターバッチのベース材を PP 系と TPO 系の 2 種類で比較したが、ベース材の物性の影響が大きいため、CNF の添加効果は確認出来なかった。

2.4 ブロー成形における CNF 材料の成形加工性の評価及び自動車部品の試作検討 (キョーラク (株))

昨年度まで、当プロジェクトにてキョーラク (株) はブロー成形における CNF 材料の特性評価と簡易試作を実施してきた。

今年度は、CNF 材の変性抑止対策として成形温度を下げることを考え、ブロー成形機のスクリュを低混練仕様に変更して試作を実施した。その結果、成形温度は約 25°C 下げられたが、一方で分散性も損なわれ、CNF の凝集不良が発生した。この対策として原料をブロー成形工程内にてリサイクル使用することで、機械強度を損なわずに分散性を改善できることを確認できた。

また、キョーラク (株) はコンセプトカー搭載部品としてリアスポイラー及びフロアアンダーカバー、計 2 形状の試作を検討した。前者 (リアスポイラー) については 1 月末時点で金型が完成し、試作品を得ることができた。来期は周辺部品との相対的な組付位置を確認するとともに、製品としての強度や CNF 材のうれしさを明確にする予定。後者 (アンダーカバー) については関係者間で設計図の合意を得て金型を製作。アンダーカバーの本格的な試作及び製品の評価は来年度実施する。

2.4.1 CNF 原料の変性抑止検討

昨年度までのブロー成形評価では混練性の高い弊社オリジナル形状のスクリュを用いていた。しかし CNF は熱により変性が生じることが明らかになったため、スクリュを図 2.4-1 に示す深溝フルフライト仕様に交換、発熱を抑止し成形温度を下げることで CNF の劣化低減を試みた。

この仕様変更に伴い、原料 PP+CNF10%において、成形温度を 220°C から 195°C に変更、混練温度を約 25°C 低減することに成功したが、変色を完全に抑制するには到らなかった (臭気発生はわずかに低減できた)。同時に混練能力が下がったことで分散不良が発生し、パリソン及びブロー成形品の表面に凝集 CNF が析出した。



図 2.4-1 フルフライト仕様スクリュ (φ100mm)



図 2.4-2 凝集 CNF が析出したパリソン表面

そこで、リサイクルによる CNF 分散性改善検討を考え、25mm 小型押出機にてスクリュを混練性の低い深溝フルフライト、押出温度は 195°C として「押出→粉碎→押出」の手順を繰り返して押出シートの外観変化を確認した。比較結果を図 2.4-3 に示す。リサイクルは 5 回まで繰り返したが、おおむね 3 巡時に外観上の分散不良は解消した。

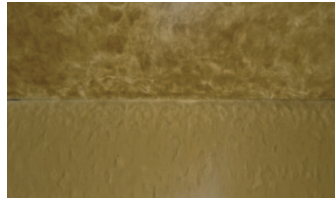


図 2.4-3 リサイクルによる外観の変化

(上段:リサイクル無シート 下段:リサイクル1巡シート)

これらの検討結果から、リサイクルによる CNF の分散性の改善を確認できた。(詳細は 2.4.3 試作品及び原料の評価の項に記載) なお、ブロー成形は原料を工程内でリサイクル利用する工法であるため、プロセスの負荷を上げることなく分散性の課題を解決できることが明らかになった。

2.4.2 コンセプトカー搭載部品の試作

当プロジェクトにおいてブロー成形でリアスポイラーとアンダーカバーの製作を担うこととなった。部品ごとの取組み内容を以下に記す。

2.4.2.1 リアスポイラー

コンセプトカーの車両後方に設置するリアスポイラーの製作を進めている。当部品の仕様は京都大学、京都市産業技術研究所、(株)トヨタカスタマイジングアンドディベロップメント、キョーラク(株)の4団体間にて打合せを行い決定。製品外寸を 870mm×310mm×45mm とした。

スポイラーは金属ブラケットを介しコンセプトカーに固定する。金型の製品両端部を入駒式にすることで、CNF の影響により想定外の収縮が発生した場合も修正できる仕様とした。

上記金型を用い試作を実施、得られたスポイラーの外観を図 2.4-4 及び図 2.4-5 に示す。①PP100% ②PP+CNF10%リサイクル無 ③PP+CNF10%リサイクル有の3種の原料配合にて、肉厚 4 水準(2.0mm、2.5mm、3.0mm、3.5mm)の計12種の試作品を作製した。



図 2.4-4 リアスポイラー車両天面側外観



図 2.4-5 リアスポイラー車両地面側外観

2.4.2.2 アンダーカバー

アンダーカバーは車両底面に組み付けられる部品である。当初は車両前方の下面全体を覆う仕様を想定していたが、当プロジェクトの引当機の対応可能寸法等の関係から、現行プレス成形で作られているフィン状アルミ部品のみをターゲットとした。

当部品の材料としては PP-CNF 複合材料を主として考えているが、PA6-CNF 複合材料による成形も候補としている。材料については後述の「2.4.3 試作品及び原料の評価」に別途詳細を記す。

リアスポイラー同様、先述の4団体間で製品仕様を摺合せ、金型は2019年3月に完成。試作や詳細評価は来期に実施する。対象形状の3D-CAD図を図2.4-6に示す。

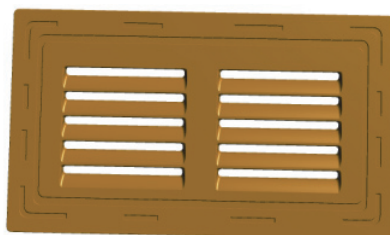


図 2.4-6 アンダーカバー3D-CAD 図

2.4.3 試作品及び原料の評価

今期の試作品評価は上記の通りリアスポイラーを対象とした。測定実施項目は ①機械強度 ②寸法収縮率 ③たわみ量測定の3点である。

①機械強度についての測定結果を表2.4-1に示す。なお、上述したようにCNF分散性の課題があったため、強度評価はリサイクル有無を区分し実施した。試験片は前記スポイラーサンプルよりJIS K7139 1Aに準拠したダンベルを打ち抜き作成した。当試験は㈱エーアンドデイ製万能試験機RTF-1325を用い、常温(25℃)環境下、引張速度50mm/minにて実施した。表2.4-1のEC9は汎用ブローグレードPP、T-NC610HはCNF50%含有PP材料である。よって最終品のCNF添加量は10%となる。測定の結果、CNFを10%添加することで10~20%の降伏点強度向上と30~45%の弾性率改善が認められた。さらにリサイクルを経てもCNFの機械強度は大きく低下しないことが確認できた。ガラスファイバーやカーボンファイバーに代表される他のフィラー材はリサイクルにより機械強度が著しく低下するが、熱履歴の影響を受けないCNFの特徴はブロー成形における材料設計を行う上で大きな利点となる。

表 2.4-1 機械強度評価

サンプル仕様		方向	肉厚[mm]	降伏点強度[MPa]	引張弾性率[MPa]
PP 単体 (CNF なし)	EC9*1	MD	3.3	22.3	1130
		TD	3.1	23.0	1150
PP+CNF10%	EC9/T-NC610H*2=80/20 バージン	MD	3.6	26.3	1550
		TD	3.4	25.7	1640
↑	EC9/T-NC610H=80/20 リサイクル有	MD	3.6	26.2	1560
		TD	3.3	26.1	1540

*1:汎用ブローグレードPP *2:CNF50%含有PP材料

②寸法収縮率測定は、設定板厚2.0mm~3.5mmのスポイラーを対象とし、15℃環境下にてノギスを用いて行った。表2.4-2はMD方向すなわちスポイラー長手方向に対しての寸法及び収縮率を示し、表2.4-3はTD方向すなわちスポイラー短手方向の寸法及び収縮率を示す。2種の表より、今回のスポ

イラー形状では若干の異方性を有することを確認した。さらに MD・TD の双方向において、CNF を添加することにより収縮抑制効果が発現されることが認められた。短手寸法はほぼ狙い値 (221.5mm) であるが、長手は狙い値 (872mm) に対し若干小さい。当内容についてトヨタカスタマイジングアンドディベロップメント社と打合せ、金型修正の必要性を判断する。

③荷重たわみの測定状況を図 2.4-7 に示す。試験は常温 (25°C) 環境下にてスポイラー中央に 10kg の荷重を乗せ、ハイトゲージにて基準面からの変位量を測定した。なお当試験ではスポイラーの重量を 1390g に統一し実施した。試験結果を表 2.4-4 に示す。同重量のサンプルにおいて原料に CNF を 10%含むものは、外力を与えられている際の変形量を 12%抑制することができた。また負荷除去時に 0.4mm の永久変形低減も確認した。次年度は得られた効果を基に、CNF 添加による部品軽量化効果を明確にする。

表 2.4-2 MD 方向 寸法評価結果

平均肉厚		2.0mm	2.5mm	3.0mm	3.5mm
PP 単体 (CNF 無し)	測定寸法	867.85mm	866.90mm	865.50mm	864.90mm
	収縮率	13.64/1000	14.72/1000	16.31/1000	16.99/1000
PP+CNF10% (リサイクル有)	測定寸法	869.10mm	868.50mm	868.50mm	867.70mm
	収縮率	12.22/1000	12.90/1000	12.90/1000	13.81/1000

表 2.4-3 TD 方向 寸法評価結果

平均肉厚		2.0mm	2.5mm	3.0mm	3.5mm
PP 単体 (CNF 無し)	測定寸法	222.00mm	221.60mm	221.35mm	221.00mm
	収縮率	9.76/1000	11.54/1000	12.66/1000	14.22/1000
PP+CNF10% (リサイクル有)	測定寸法	221.90mm	221.85mm	221.80mm	221.30mm
	収縮率	10.20/1000	10.43/1000	10.65/1000	12.88/1000

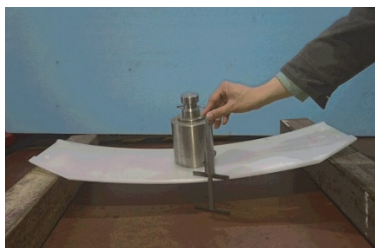


図 2.4-7 スポイラー荷重たわみ試験

表 2.4-4 荷重試験結果

サンプル	10kg 負荷時	負荷除去時
PP 単体 (CNF 無し)	6.40mm	0.55mm
PP+CNF10% (リサイクル有)	5.60mm	0.15mm

2.5 バッチ発泡法における CNF 材料の成形加工性の評価（三和化工（株））

今年度の検証では、ポリエチレンフォームに、星光 PMC のポリエチレン・EVA ベースの CNF マスターバッチ（40%）を 10% 添加することにより、引張強度・曲げ強度のアップを確認できた。また、カーボンブラックと併用することにより、曲げ強度のアップも確認できた。なお一般には材質変更により設備の仕様変更等が必要となるものの発泡挙動への影響を考慮して発泡助材・発泡温度等を調整することにより、現状設備のままでも生産可能であることを確認した。

EPDM 等の合成ゴム発泡体への添加もテスト中であるが、現時点で 10 倍発泡程度の独立気泡 EPDM フォームは試作できたものの、物性の優位性は確認できなかった。今後、CNF の添加量の増量や CNF の種類の変更等を行い、優位性のある EPDM フォームの開発につなげていく。その他、ベース材料として EPDM の代わりに CR ゴムや天然ゴムを用い、CNF 添加により優位性のあるフォーム材の成形可能性を確認する。

車の座席を作成するために、CNF 入りのポリエチレンフォームを弊社が得意とする技術（SPMF）でシートを成形した。表面は当社独自技術を用いて独立気泡によるグリップ性のある G-15（CNF マスターバッチに 10% 添加）を使用して、内部に L-2500（30 倍発泡）の発泡体を入れたもので作成した。風合いを変えるために部分的に硬さの違うものを入れて調整した。

2.5.1 CNF 添加発泡体の吸音特性について

連続気泡フォームには吸音特性が優れていることは周知されている、CNF を添加することによりさらに吸音特性の向上が見られるのか検証し、車への吸音材としての使用を考える。

練り込みタイプ（CNF マスターバッチをポリエチレンと混合し、発泡剤・架橋剤・助剤等を入れ溶解し、2 段階に分けて加熱して発泡させたもの）の成形体の垂直入射吸音率を計測し、図 2.5-1 に示した。CNF の添加無しの垂直入射吸音率は図 2.5-1 に黒色点線で示したが、吸音性能が重要とされる 2000Hz 以下の周波数領域で CNF の添加による吸音性能の向上はみられない。（なお、図 2.5-1 中の CNF MB30phr は CNF を 40% 添加したものにその他添加物を重量比で 30% 加えたものである。）

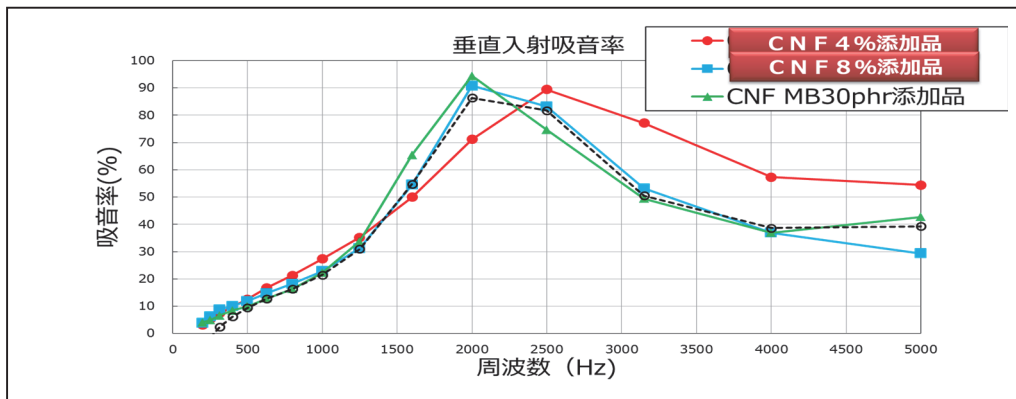


図 2.5-1 練り込みタイプの垂直入射吸音率

次に気泡内に CNF を残すために、CNF 水溶液（ビンフィス 2%水溶液）を吸水性のある連続気泡フォームに含浸させ乾燥したサンプルを作成し、吸音率を測定したが下記図 2.5-2 に示す通り優位性は確認できなかった。CNF 添加品は 3 種類作成。

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1. 極長繊維含浸（密度が 8%アップ）：ピンク線 | 2. 対比：茶色線 |
| 3. 標準繊維（密度が 25%アップ）：黄緑 | 4. 対比：赤 |
| 5. 極短繊維（密度が 12%アップ）：黒色 | 6. 対比：緑線 |

密度が重くなった分だけ吸音率のピークが低周波に移行しているが CNF 添加による向上は見られない。なお、断面観察の結果、極長繊維・標準繊維は内部まで含浸できておらず、粘りがある為に表面にとどまっていることが確認された。極短繊維は粘度が低いために内部まで入り込んだと推定される。

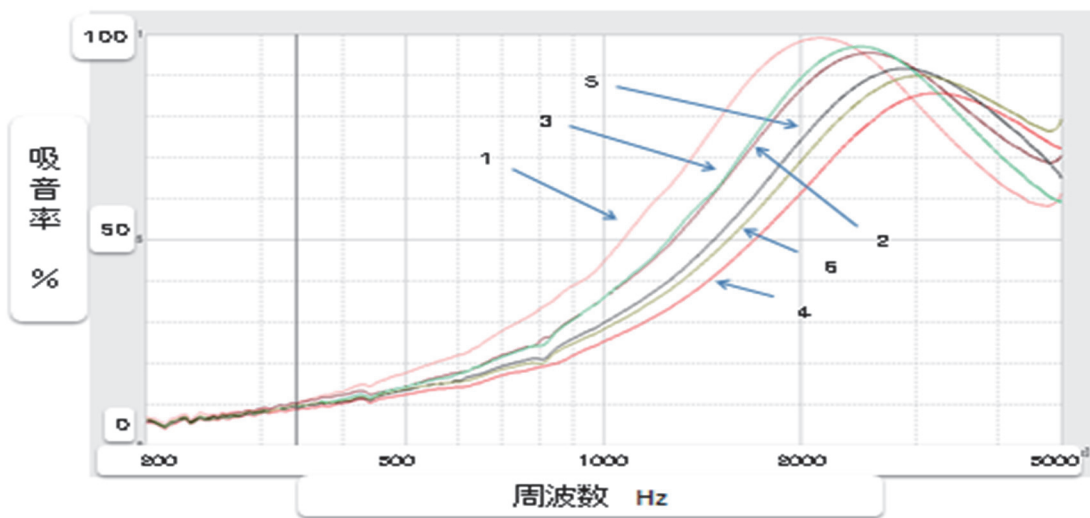


図 2.5-2 CNF 含浸タイプ 垂直入射吸音率

2.5.2 CNF 入り EPDM ゴムフォーム試作

プロセスオイルに CNF を分散させる技術のある会社（(株) 服部商店）で当社が使用しているオイルに CNF を添加したものを試作して頂き、それを用いて当社で発泡体を作製した。

表 2.5-1 に示す通り、引張強度・圧縮荷重などの優位性は確認できなかった。成形条件の違いにより成形品の強度物性に大きく変わるため今後、成形条件の最適化を行う。

表 2.5-1 CNF 添加 EPDM フォーム物性

測定項目	単位	CNF無し	CNFMB10%添加
見かけ密度	kg/m ³	94	95
引張強度	MPa	0.58	0.56
伸び	%	220	240
25%圧縮荷重	kPa	55	58

2.5.3 CNFによる強度アップ検証

- ① 当社1段発泡プロセス（ポリエチレンとCNFマスターバッチを混合し、発泡剤・架橋剤・助剤等を混練溶解し金型に入れ加圧・加熱下で発泡剤・架橋剤を分解させ除圧と同時に発泡より成形した発泡倍率6倍のポリエチレンフォーム）にCNFマスターバッチを重量比で30%添加し成形した。最終的にCNFの添加率は12%になった。その強度物性を表2.5-2に示したが、引張強度が約1.2倍・曲げ強度が約1.1倍アップすることが確認できた。さらにCB（カーボン）5%を添加することにより、引張強度が約1.3倍・曲げ強度が約1.5倍アップすることが確認できた。

表 2.5-2 CNF 添加 PE フォーム物性

測定項目		CNF添加量 0%	CNF添加量 12%	CNF添加量 12%+CB 5%
見掛け密度	kg/m ³	142	145	142
曲げ強度	Mpa	5.3	5.6	7.8
引張強度 (内)	Mpa	1.7	2.1	2.2

- ② EVA フォーム（EVA樹脂とCNFマスターバッチを混合し、発泡剤・架橋剤・助剤等を混練溶解し、金型に入れ加圧・加熱下で発泡剤・架橋剤を分解させ除圧と同時に発泡させる。15倍発泡品）にCNFを入れることにより引張強度が約1.2倍アップが確認できた。（表2.5-3）

表 2.5-3 CNF 添加 EVA フォーム物性

測定項目	単位	CNF無し	CNF 4%添加
見かけ密度	kg/m ³	70	71
引張強度	MPa	1.11	1.32

2.5.4 展示を目指した成形品の試作

CNFを利用しフォームの硬さを様々に変化、コントロールすることにより座り心地、ホールド性、保温性に優れたシートの作成を目指している。

a. シート背・座の成形品

成形方法を図5.2-3に示す。

表皮（上・下）にCNF入り発泡体G-15（15倍品）を使用し内部に発泡体L-2500（30倍品）を入れ硬さを調整し、アルミ金型内で圧縮し金型内に充填させ、加熱し形状を整え、そのまま冷却して取り出すと金型と同じ形状のものが出来上がる。（図2.5-4）

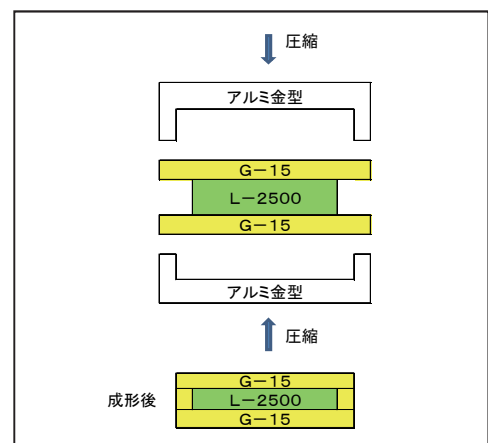


図 2.5-3 成形方法



図 2.5-4 シート背・座

b. ヘッドレストの成形

表面に SA-10（低反発フォーム）を使用した内部は L-2500・裏材は G-15（CNF 添加無し）使用。（図 2.5-5）



図 2.5-5 ヘッドレスト

2.6 加飾性評価（マクセル（株））

昨年までの成果として、CNFの金属イオン吸着効果を利用した“パラジウム（Pd）イオンめっき”により、CNF-PA6の機械強度が大きく向上することを明らかにしている。特に、従来めっきでは低下する衝撃強度の向上が特徴である。今年度は、PA6以外のCNF-PC/ABSやCNF-POMに対しても同めっき技術を適用することにより衝撃強度が向上することを見出した。樹脂/めっき界面に従来のめっきとは異なるナノコンポジット層が発現することが本めっき法の特徴であり、それが衝撃吸収に寄与していると考察した。また、それら特徴を生かし、意匠性も有するフロントグリルを模したミニチュアグリルめっき部品を作製、エコプロ2018にて展示した。

2.6.1 CNFによるPdイオン吸着効果（POM：ポリアセタール樹脂）

CNFのPdイオン吸着効果を実証するため、POMのニート材料とCNF10%混合材料をそれぞれ塩化Pd溶液に7時間浸漬させ、Pdの吸着量を調べた。試験片を酸に溶解させたのち、ICP分析を行った結果を表2.6-1に示すが、CNF混合によりPd吸着量は約2倍に増加することがわかった。CNFが膨潤する等によりナノPd粒子の物理的な吸着場が増加したと推定している。

表 2.6-1 ICP 分析結果

	Pd濃度(μg/g) n=2平均
CNFなし	0.43
CNF10%	0.75

2.6.2 めっきによる衝撃強度向上効果

(1) メカニズム解明

CNF混合POM、ABSに対してPdイオン手法によるめっきを行い、めっきによる衝撃強度の変化を調べた。その結果を図2.6-1に示すが、両材料ともに従来めっき法に反してめっきによりIzot衝撃強度が向上した。ABSめっき界面のSEM像を図2.6-2に示す。これより、従来めっき品で形成されているマクロな凹凸に対して、CNF-ABSではナノレベルのコンポジット層が形成できていることが明らかである。同様にPOMでも樹脂内部にめっき粒子が成長していることを確認している。これらより、本めっき手法はCNFのPdイオン吸着効果と相まって、樹脂界面に複雑なコンポジット層を形成し、それが衝撃を吸収する層として機能するものと考えられる。

CNF-POMやCNF-ABSへのPdイオンめっきに関しては十分なめっき密着強度が得られていないため、現時点では実用的ではない(2.6.3参照)。界面の樹脂が脆弱になるためと推定している。

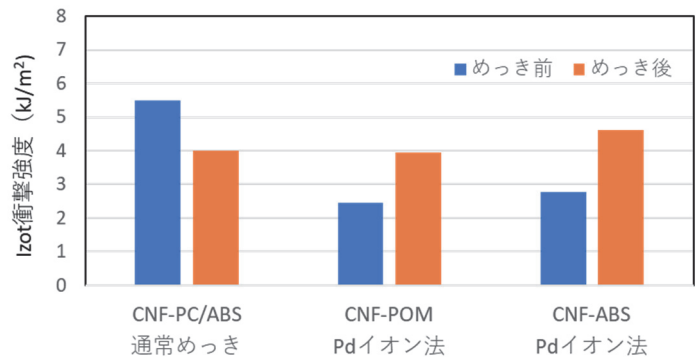
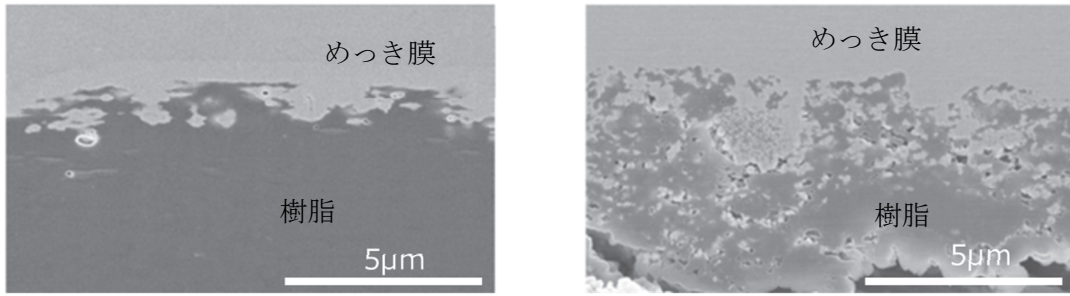


図 2.6-1 めっきによる衝撃強度の影響

(ノッチ付き、京都市産技研評価)

めっき膜: NiP1μm/Cu20μm/Ni10μm



(a) CNFなし従来めっき (b) CNF-Pd イオンめっき

図 2.6-2 ABSめっき品界面の断面 SEM 像

(2) 面衝撃強度向上効果 (パンクチャー試験)

昨年度には、試験片表層の面衝撃を評価する試験(デュポン衝撃試験)を実施し、CNF-PA6めっき品は強度が向上するのに対して、従来ABSめっき品は低下することを明らかにした。

今回、コアバック発泡品(2倍発泡)含めて、打ち抜き(パンクチャー)試験による面衝撃強度の比較を行った。試験時のチャートと衝撃強度の結果をそれぞれ図 2.6-3、図 2.6-4 に示す。図 2.6-3、図 2.6-4(a)より、従来めっきのABSは最大衝撃力がめっきにより著しく低下するが、PdイオンめっきによるCNF-PA6は特にコアバック品が向上することがわかる。CNF-PA6は発泡/スキン層および樹脂/めっきの各界面が衝撃を吸収しているものと考えられる。

一方、パンクチャー衝撃エネルギーは最大破壊力の1/2になる変位までのエネルギーで算出されるため、図 2.6-4(b)に示す通り、ABSもめっき品の方がエネルギーが増している。図 2.6-5の試験サンプル外観や図 2.6-3よりABSめっき前成形品は樹脂が伸びて衝撃を断続的に吸収しているが、めっき品はその効果が失われているので、実効的な衝撃吸収性はめっきにより低下していると思われる。一方、CNF-PA6はめっきにより、ABS成形品のような断続的な衝撃吸収の効果が高まっている。

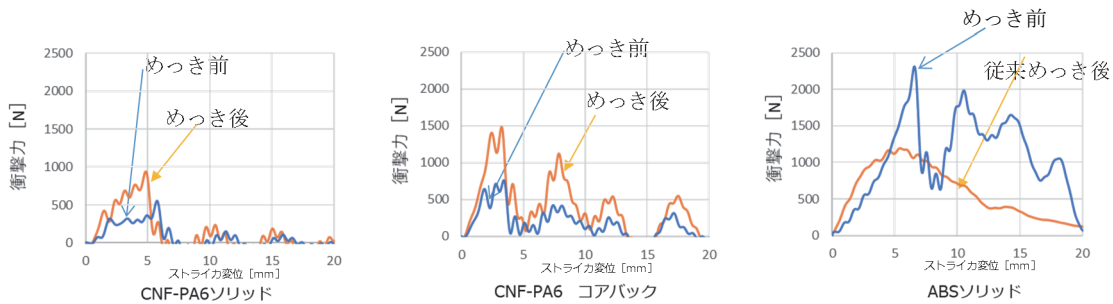
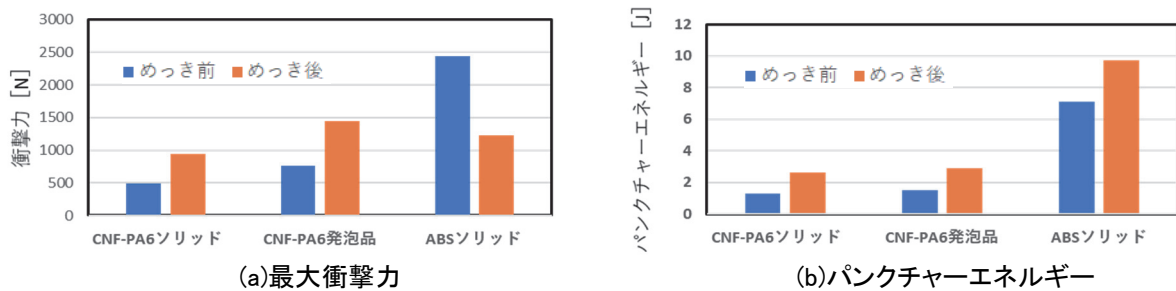


図 2.6-3 パンクチャー試験 破壊力—変位線図

めっき膜: NiP1μm/Cu20μm/Ni10μm/Cr0.5μm



(a)最大衝撃力

(b)パンクチャーエネルギー

図 2.6-4 パンクチャー(打ち抜き)試験結果

図 2.6-5 より、CNF-PA6 のソリッド成形品は衝撃強度が弱く破片が飛び散っているが、発泡により貫通穴が小さくなり衝撃の伝播が抑えられていることがわかる。また、めっきにより破片の飛び散りが抑制されている。裏面はシャープエッジとなっているが ABS 品よりも開裂部の開きが小さくなった。

以上、打ち抜き面衝撃試験においても、CNF-PA6 への Pd イオンめっきによる衝撃吸収効果が確認された。

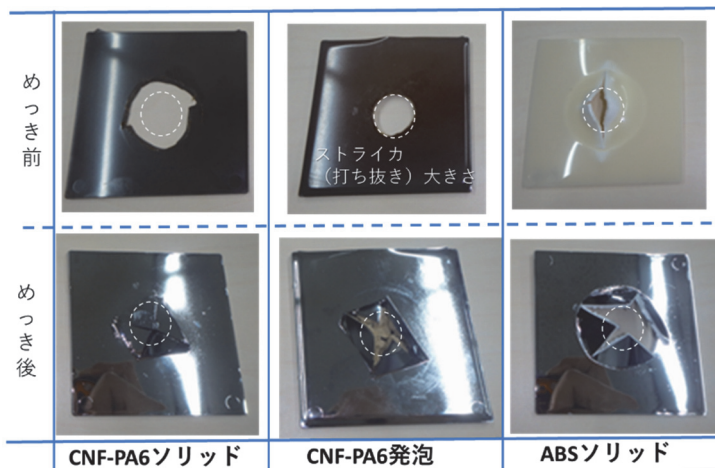


図 2.6-5 パンクチャー(打ち抜き)試験サンプル
～打ち抜き反対面～

2.6.3 CNF-PA6 の吸水とめっき密着強度の関係

一般的な PA6 のめっきにおいても基材の吸水の影響が懸念事項とされている。本めっき手法においても製品が厚く吸水の影響を受けやすい基材ほど、めっき密着性の影響を受けることがわかってきた。厚肉(板厚 11mm)のドアハンドルの成形後の経過時間とめっき密着強度の関係を図 2.6-6 に示す。これより、1 カ月後には密着強度が約半分まで低下することがわかる。対策として、40 日経過後のサンプルを 80°C で 1 日乾燥させたところ、密着強度は 11N/cm (目標値 > 5N/cm) と大幅に改善した。一方、京都プロセスの製作ロットの違いによる樹脂粘度やめっき性への影響も確認されており、それら樹脂ペレットおよび成形品の管理法の確立が今後の課題である。

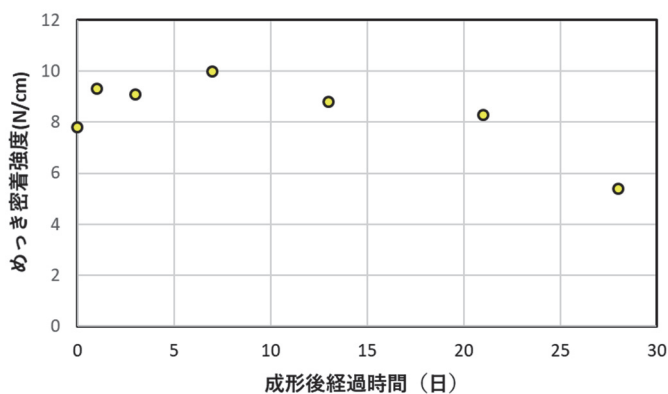


図 2.6-6 めっき密着強度の経時変化

2.6.4 ミニチュアグリルめっき品の作製

昨年度は、エンジンカバー (NEDO 成果品) にめっきを施したサンプルを作製した。試作サンプルの数が足りなかったこともあるが、部品の一部でめっき密着強度の低い箇所があり、数カ月後に膨れる問題が発生した。本来、複雑形状めっき部品の信頼性はヒートショック(熱衝撃)試験で確認しておく必要がある。

今年度は、図 2.6-7 に示す長さ約 500 mm のミニチュアグリル用金型を作製し、めっき信頼性を評価した。成形品裏面内部のみコアバック可能な金型とした。

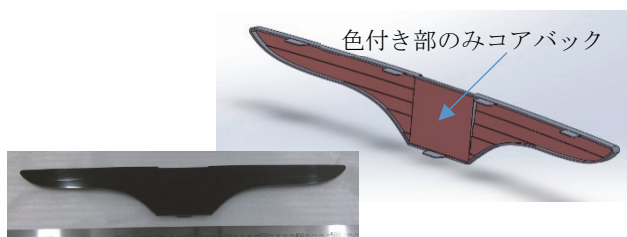


図 2.6-7 ミニグリル成形品と金型構造(離面)

ソリッド成形めっき品の熱衝撃試験(80℃⇔-40℃ 各1時間保持×3サイクル)の結果を図2.6-8に示す。当初は膨れが発生した(条件A)が、めっきプロセスの見直しにより改善できた。本めっき品はエコプロ2018に出展した。

更に、2倍のコアバック発泡成形品(t=2.5→5mm)にめっきを施し、軽量めっき部品の作製を試みた(図2.6-9)。めっき膜の信頼性は得られたが、発泡成形時の中央部のスワルマークが目立ち意匠性が低下した。

最終年度には金型に改良を加え、意匠性を改善した発泡めっき部品の作製を試みる計画である。

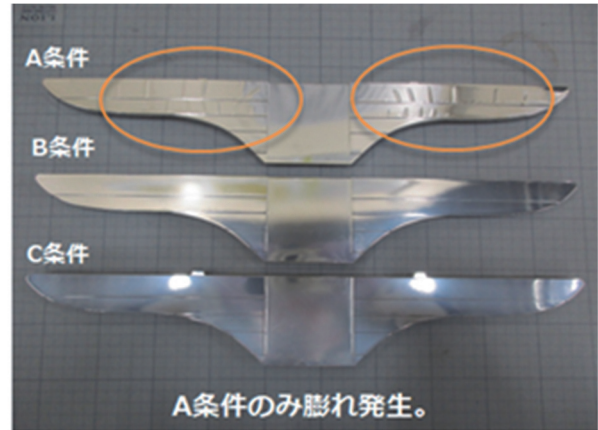


図 2.6-8 ミニグリルめっき品熱衝撃試験結果

めっき膜: NiP1 μ m/Cu20 μ m/Ni10 μ m/Cr0.5 μ m



図 2.6-9 ミニグリル発泡めっき品

めっき膜: NiP1 μ m/Cu20 μ m

2.7 自動車用空調部品用途に向けた CNF 材料の評価（（株）デンソー）

トヨタ 86 のエアコンケースの形状をベースに、成形上の課題、機械的な構造上の課題を明らかにすべく、CNF とポリオレフィンの複合材料を用いた発泡成形および評価を実施した。平板状試験片を用いた発泡ガスの溶解促進と射出時間短縮の観点での発泡成形条件検討、およびエアコンユニットの構成部品の中で最も大型で難易度が高いブロワケースを用いた発泡ロス低減の観点でのゲート位置やランナー方式についての検討を行い、軽量化の目標（10%以上）を満足する 13%軽量化した部品を作製した。一方で、社会実装に向けた加工面における残課題が発泡成形時の後膨れ抑制と冷却時間短縮（1/10）の両立であることを明らかにした。最終年度に向けては、上記課題に対し、型冷却やガス抜けなど型構造の検討を進めるとともに、最終のエアコンユニット展示品作製に向け、開発技術を他部品にも展開してエアコンユニットのケース全体として 10%以上軽量化を実現する。

2.7.1 試験片を用いた高発泡化に向けた加工条件の影響把握

高発泡化に必要な加工条件を明らかにするため、平板状試験片（縦 167mm×横 147mm×厚 2mm）を用いた発泡（MuCell）成形を行い、加工条件が発泡性に与える影響を評価した。なお、成形方式としてショートショット法を用いた。試験片は、形状にショート箇所がない状態を維持できる樹脂充填量の下限量にて得た試験片を用いた。結果を以下に示す。

【評価結果】

- 発泡ガスの溶解を促進させる有効な条件として、成形機のシリンダー背圧の上昇、およびシリンダー温度の低下による高発泡化（従来条件に対し軽量化率 2.3 倍、従来 15%に対し、 $15 \times 2.3 = 34.5\%$ 。図 2.7-1）を確認した。最も高い高発泡倍率を得たとき、シリンダー背圧は 20MPa、樹脂温は 190℃であった。

【考察・所見】

- 発泡ガス溶解促進が高発泡化に有効であることが分かった。
- 本検討結果からは、製品形状において現行の軽量化率 7%から 10%以上への向上が可能と考えられる。
- 成形条件が発泡体物性に与える影響評価を行い、軽量化と機械物性を両立する成形条件検討を進める。

$$\text{軽量化率(\%)} = \text{発泡倍率(\%)} \times (\text{PP-タルク材比重} / \text{PP-CNF 材比重})$$

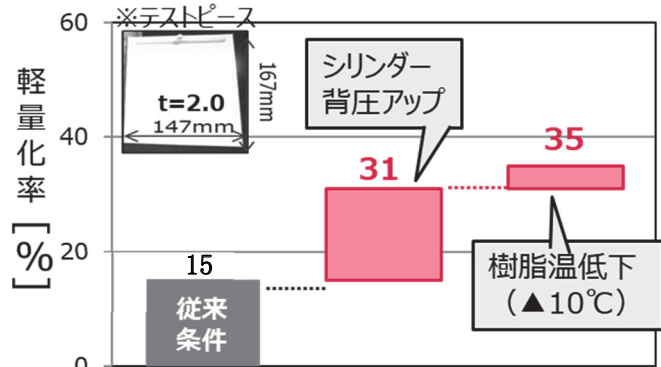


図 2.7-1 発泡ガス溶解促進による高発泡化効果

2.7.2 製品形状における金型構造による高発泡化手法検討

上記試験片を用いた高発泡化の知見を活かし、製品形状特有の改良点を明らかにするため、製品形状(トヨタ 86(ブロワケース(ローワー))、昨年度金型作製)における発泡成形 CAE 解析を行い、製品形状が発泡性に与える影響を評価した。なお解析には Moldex3D を使い、ショット法における発泡状態を解析した。結果を以下に示す。

【評価結果】

- ・製品部内において、ゲート部近傍での大きな発泡倍率が確認できたが、それ以外ではほとんど発泡は確認されなかった。
- ・ランナー部で発泡が進み、発泡倍率は製品部のおよそ 2 倍であった。

【考察・所見】

- ・発泡は熔融樹脂にかかる圧力の減少によって進むことから、ゲート/製品部など圧力減少が大きい部位での発泡が確認できるなど、部位ごとの相対的な発泡の大小については想定通りであった。
- ・一方で、製品部でほとんど発泡が進まなかった要因としては、ランナー部の発泡が顕著に進んでいることから、射出成形の際、熔融樹脂中に溶解したガスの多くがランナー部で既に消費されていたため、製品部での発泡に寄与しなかったと考えられる。
- ・ランナー部におけるガス消費に対し、現行コールドランナー方式からホットランナー方式(ランナー部における圧力減少のない)への変更による改良が期待できる。

2.7.3 製品形状を用いた高発泡化手法の効果検証

加工条件および金型構造による高発泡効果を検証するため、トヨタ 86 のブロワケース(アッパー)用のホットランナー方式の金型を作製し、発泡(MuCell)成形を実施した。結果を以下に示す。

【評価結果】

- ・CNF 材料の低流動性を考慮してゲート数を増やすことでショット箇所のない正常な形状の部品を得ることができた。正常な形状の部品を得るためのゲート点数は 4 点(3 点新設、従来 1 点)であった。

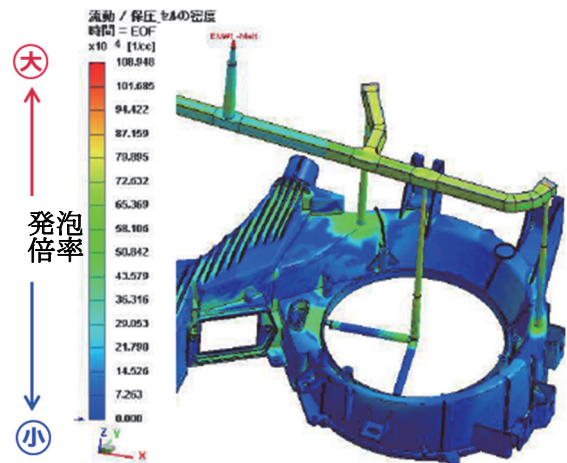


図 2.7-2 発泡成形 CAE による発泡倍率計算 (ブロワケース(ローワー))

- ・発泡成形品の軽量化効果は 13% (目標: 10%以上) であった。またこの時、シリンダ背圧は 20MPa、樹脂温は 190°C、射出時間は 0.27sec であった。

【考察・所見】

- ・改良効果を確認できた一方で試験片と同等の軽量化率 (max.35%) が得られなかった。型構造の観点では、製品板厚が試験片厚みより薄い 1.5mm の薄肉部が大半を占めており、発泡層の厚さが不十分であった可能性も考えられる。更なる軽量化のためには構造および成形面の最適化を進める一方で、材料側においても一層の高流動化が必要と考えられる。
- ・最終展示に向け、開発技術を他部品にも展開し、エアコンユニットのケース全体での 10%以上の軽量化率の実現を進める。

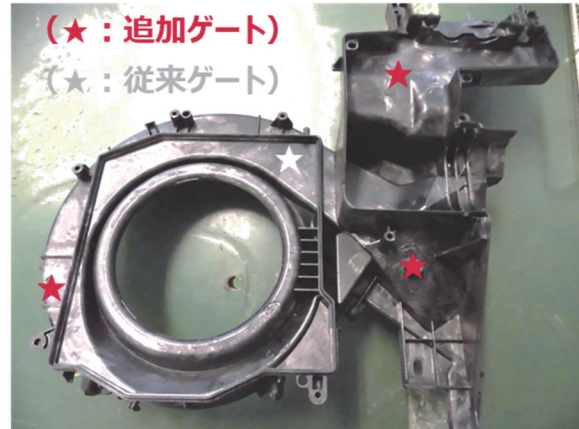


図 2.7-3 ブロウケース(アッパー)発泡成形体 (成形温度: 190°C、PP-CNF5%)

2.7.4 発泡成形の成形サイクルタイムに対する影響評価

社会実装に向けた課題抽出のため、発泡成形がサイクルタイムに与える影響を評価した。ブロウケース (アッパー) を用い、現行製造サイクルタイムとの比較により評価を行った。結果を以下に示す。

【評価結果】

- ・成形サイクルにおける冷却時間への影響が最も大きく、軽量化が進むとともに必要冷却時間も伸び、10%軽量化時には現行製造の 10 倍近くの冷却時間が必要であった。
- ・冷却時間が伸びた主要因は製品の後膨れであり、後膨れは製品取出し時の高温部および最終充填部近傍にて発生した。

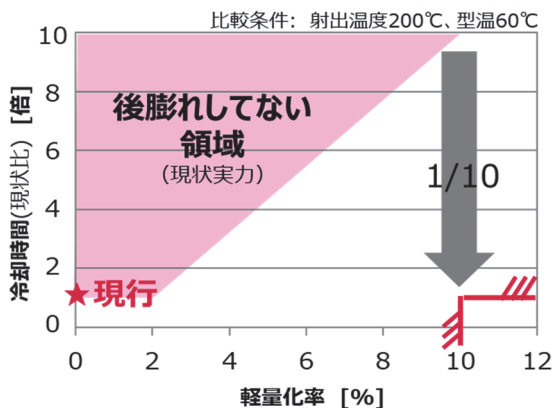


図 2.7-4 後膨れ発生における冷却時間と軽量化率の関係

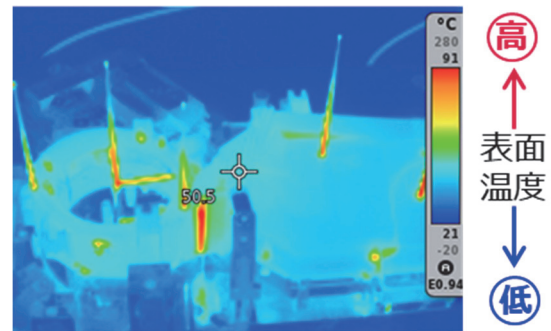


図 2.7-5 製品取出し時の表面温度状態
ブロウケース(アッパー)発泡成形体 (成形温度: 190°C、PP-CNF5%)

【考察・所見】

- 軽量化目標を達成できた一方で、社会実装に向けた加工面における残課題が発泡成形時の後膨れ抑制と冷却時間短縮(1/10)の両立であることが分かった。
- 軽量化を進めるために用いる発泡ガス量が増加して、発泡ガスによる樹脂にかかるストレスが増すため、樹脂を十分に冷却させる必要があり冷却時間が伸びていると考えられる。後膨れは樹脂のスキン層の強度と発泡ガスの圧力とのバランスで決定されることが考えられることから、樹脂強度向上の観点ではスキン層厚肉化や樹脂材料強度改良および型冷却強化が有効と考えられる。
- また最終充填部における後膨れは、成形中に樹脂から遊離した発泡ガスが溜まりやすいため発泡ガスによるストレスが大きく膨れやすくなっていると考えられることから、ガス抜け構造の最適化による改良を進める。

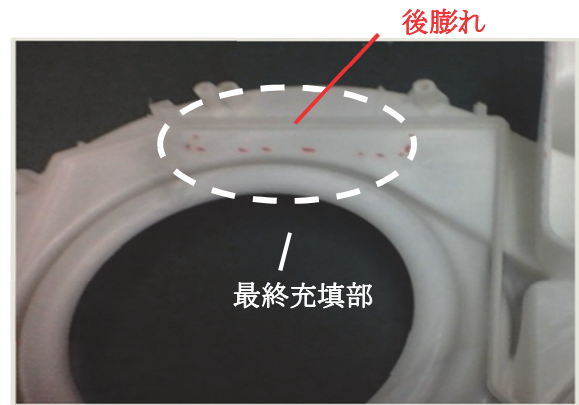


図 2.7-6 最終充填部における後膨れ
ブロウケース(アップパー)発泡成形体

2.8 自動車用ドア部材用途に向けた CNF 材料の評価及び自動車部材の試作検討 (トヨタ紡織(株))

昨年度は、ドアトリムの基本性能である剛性と耐衝撃性を両立させるため、自動車内装向け PP をベースとした PP-CNF 材料 (CNF 配合率 5~20wt%) を作製し、物性評価を実施した結果、実機成形での成形性と軽量化効果が確保出来る CNF 配合率が 10wt%であることを明らかにした。しかし、耐衝撃性と VOC 発生量に課題があることが解ったため、本年度は VOC 発生に関する課題を解決すべく原因を調査した。また、最終試作車向けのドア部材 (ドアアウターとドアトリム) の射出成形試作型を製作し、部材を成形して品質を確認した。

2.8.1 VOC 発生原因の調査

車室内は高い密閉性があるため、内装部品から揮発する物質を極力低減させる必要がある。その為、ある一定の条件下での物質毎の揮発量基準が定められている。昨年度より検討してきた PP-CNF10%材からは多量のアセトアルデヒドが発生するため低減対策が必須となっている。PP のみではアセトアルデヒドを含む VOC 発生量は微量であり基準を満たすが、CNF を添加するとアセトアルデヒドが発生するため、発生源として推測される CNF の元であるパルプの変性の有無での発生量を比較した。

表 2.8-1 パルプ(CNF)の変性別 VOC 発生量

発生量 (µg/TP)						
No.	サンプル名	加熱条件	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	トルエン	エチルベンゼン
1	ブランク	-	<0.04	<0.04	<0.02	<0.02
2	未処理パルプ	非加熱	0.46	0.22	<0.01	<0.01
3		200℃×10分	1.10	1.45	<0.02	<0.02
4	ASA 変性パルプ	非加熱	<0.04	14.50	0.55	0.17
5		200℃×10分	0.23	51.00	0.18	<0.02

上記表 2.8-1 中の加熱条件は、「非加熱」は事前の加熱無し、「200℃×10分」は CNF を PP に混練する時とその後の射出成形時の加熱を考慮し熱を加えた後の状態を想定した。

表 2.8-1 より、ASA 変性パルプの方が未処理パルプ (変性無し) よりアセトアルデヒドの発生量が多い。

この結果から、射出成形部材からアセトアルデヒドが多く発生する原因は ASA 変性によるものと推測されるためパルプの変性の最適化を図る予定である。

2.8.2 射出成形部材での VOC 発生量の比較確認

2.8.1 で評価した変性違いの CNF を使用し PP-CNF10%材を作製し加熱・溶融後平板プレスをし同じ表面積 (50cm²) になる様にサンプルをカットし、VOC 発生量を比較した。

表 2.8-1 パルプ(CNF)の変性別PP-CNF 材の VOC 発生量

発生量 (μg/TP)

No.	サンプル名	加熱条件	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	トルエン	エチルベンゼン
6	ドアトリム向けブロック PP	非加熱	0.05	<0.04	0.08	0.08
7	PP-CNF10%材 (ASA 変性)		0.27	0.27	0.27	<0.02

上記表 2.8-1 より、射出成形部材 (PP-CNF10%材) においても ASA 変性 CNF を添加した方が CNF を添加しない場合に比べ VOC 発生量が多い。

但し、本結果はテストピースでの評価のため実機にて成形した部材にて同様の評価を実施し、基準を満たすかどうか確認が必要である。

2.8.3 最終試作車向けドアトリム及びドア外板の試作検討

最終試作車向け部材用金型は以下の 4 型となる。

- ① ドアアウター (外板) RH (右側)
- ② ドアアウター (外板) LH (左側)
- ③ ドアトリム (内装) RH (右側)
- ④ ドアトリム (内装) LH (左側)

設計及びデザインは (株) トヨタカスタマイジング&デベロップメント、型要件検討はトヨタ紡織 (株) にて実施。

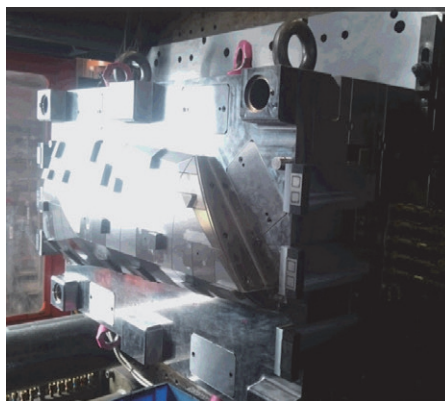


図 2.8-1 コンセプトカー向けドアアウターLH 金型コア側

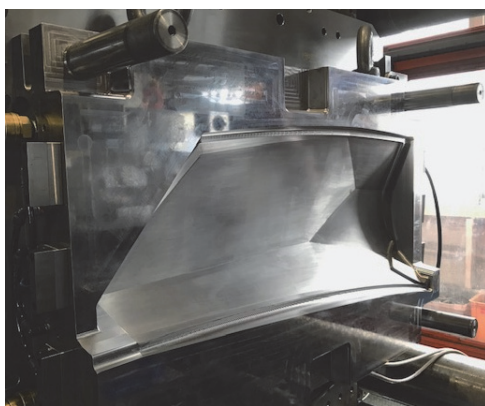


図 2.8-2 最終試作車向けドアアウターLH 金型キャビ側

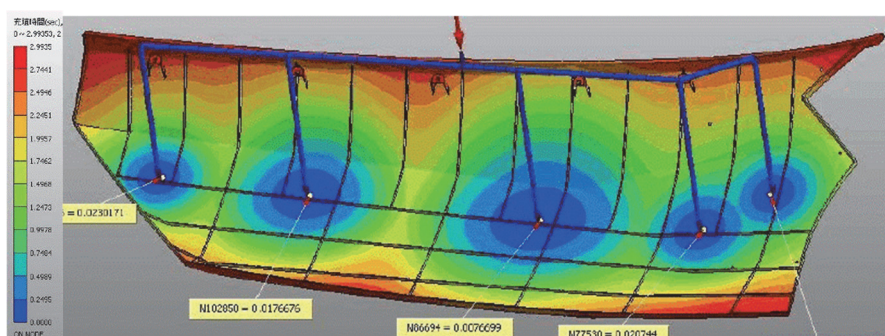


図 2.8-3 ゲート数・位置 最適化シミュレーション結果

ゲートの数・位置は、製品板厚 2.5mm、樹脂温度 200℃、型温度 40℃の前提でシミュレーションし
 図 2.8-3 の様に 5 点ゲート(青い円の中心)とした。

本金型を使用し、PP-CNF10%材を射出成形実施。(1800ton 射出成形機を使用)

大きな湾曲やうねり等顕著な変形等もなく概ね良好な品質の部材が成形可能となった。

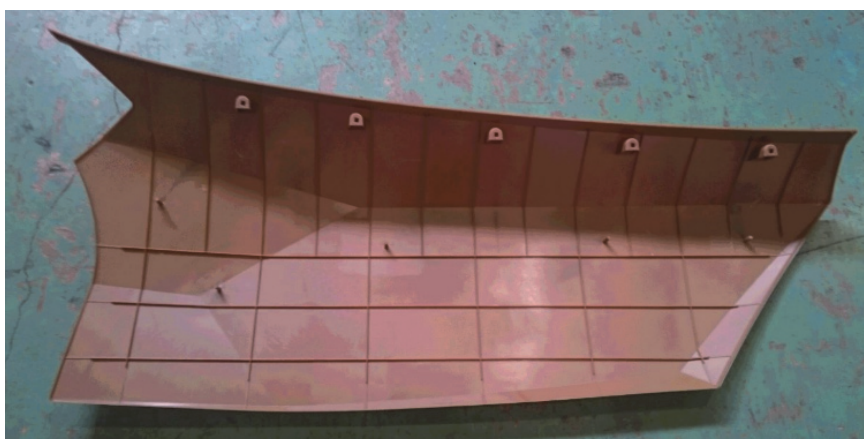


図 2.8-4 最終試作車向けドアアウターLH 裏面視



図 2.8-5 最終試作車向けドアアウターLH 表面視

本成形品は、非発泡であるが更に発泡成形（化学発泡）も実施し、（株）トヨタカスタマイジング & デベロップメントにて塗装し構造部材と組み合わせた上でドアトリムと共に最終試作車に架装する。また、並行してドアトリムの塗装前後の外観品質の確認、部材としての性能評価を実施する。

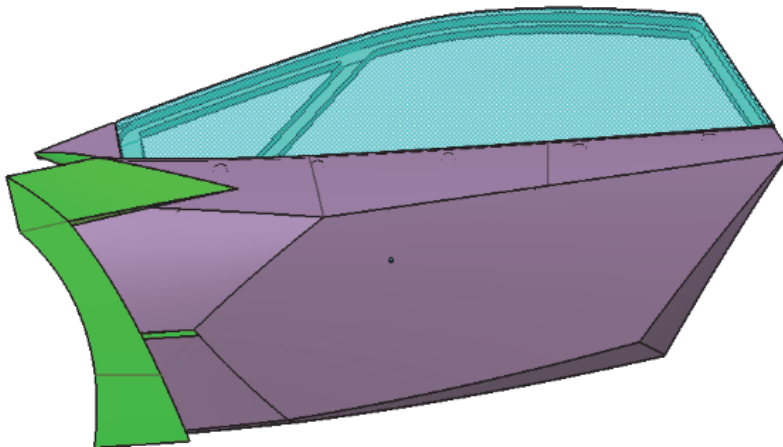


図 2.8-5 最終試作車向けドアアッセンブリー外側視図

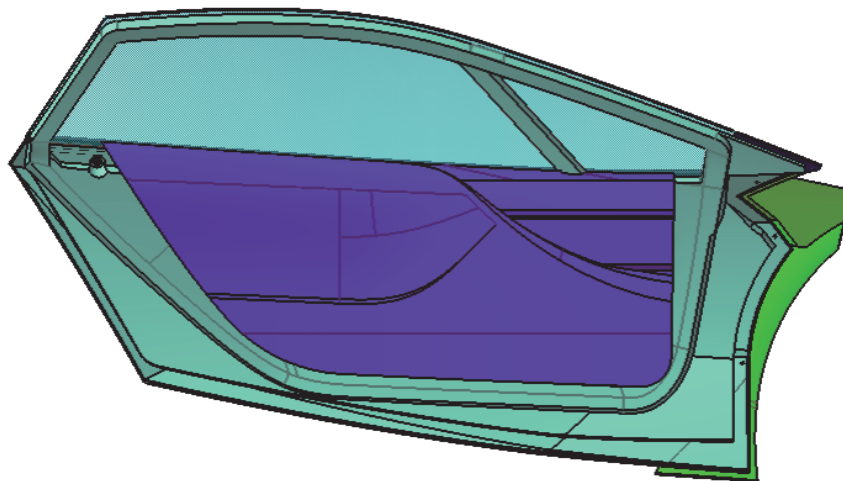


図 2.8-6 最終試作車向けドアアッセンブリー内側視図

2.9 自動車エンジン部材用途に向けた CNF 材料の評価（アイシン精機（株））

PA6-CNF 材料の成形性と機械特性における課題を明確にするため、エンジン部材であるインターカムニホールド（以下インマニ）を用いて現行材料（以下 PA6-GF30%）との比較評価と軽量化効果の確認を実施した。

また昨年度のテストピースでの評価結果^{※1}と上記インマニでの評価結果を受けて、今年度は、下記について検討を実施した。

- ・材料配合による耐熱老化性の向上
- ・溶着方法・条件検討による溶着強度の向上

※1 昨年度に抽出した PA6-CNF 材料の課題：機械特性（強度、衝撃）、吸水性、耐熱老化性

2.9.1 インマニを用いた PA6-GF30%との比較評価

PA6-CNF15%^{※2, 3}と PA6-GF30%を使用して、インマニの構成部品（アッパー、ミドル、ロアの3部品）の成形性を比較評価し、軽量化効果を確認した。また製品の主な要求特性である耐圧特性について初期と長期信頼性の比較評価を実施した。

※2 PA6-GF30%と同等の強度が期待できる CNF 添加量を論文データより算出。

※3 宇部興産（株）にてエンジン用途向けに耐熱老化性を改良した材料。改良効果は 2.9.2 1) 参照。

1) 成形性の確認

各材料の成形温度帯における樹脂の粘度は、PA6-CNF15%のほうが高い^{※4}が、アッパー、ロアは欠肉等の問題なく成形することができた。一方、形状が複雑なミドルでは、流動末端の厚肉部において、膨れと CNF の熱劣化物を確認したが（図 2.9-1）、冷却時間の延長と金型の修正により改善することができた。続いて、3 部品を溶着し、インマニ完成品を試作した（図 2.9-2）。

※4 PA6-GF30%：198Pa・s、PA6-CNF15%：300Pa・s

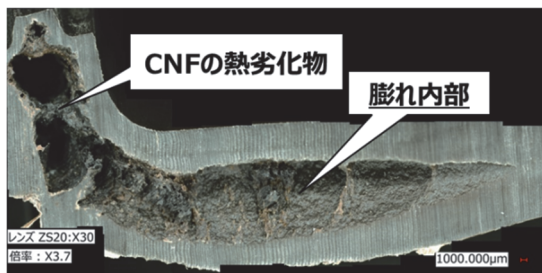


図 2.9-1 ミドルの膨れ部断面写真



図 2.9-2 PA6-CNF15%で試作した
インマニ外観写真

2) 軽量化効果の確認

PA6-CNF15%で成形したインマニは、補強材の種類と量の変更に伴う材料の比重低減により、PA6-GF30%に対して 13%の軽量化効果が得られた。

3) 耐圧特性の確認と破面の観察

耐圧特性の初期 (n3) と長期信頼性 (n1) について、PA6-CNF15%と PA6-GF30%の比較評価を実施した。長期信頼性については、高温下で所定時間放置させる熱老化試験、エンジン振動を想定した振動試験の他、製品環境を想定した2種類の複合耐久試験をそれぞれ行なった後に、耐圧特性の評価を実施した (結果は図 2.9-3 参照)。

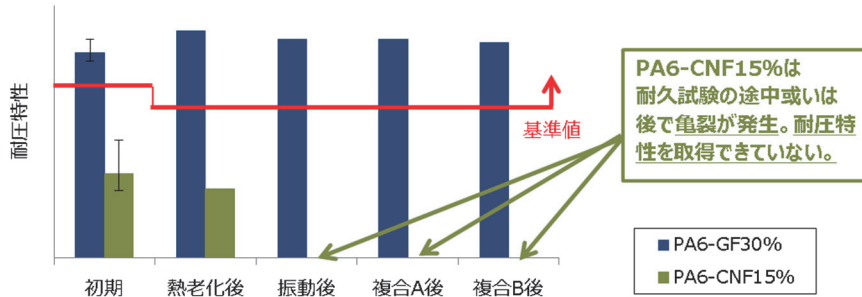


図 2.9-3 耐圧特性の評価結果

初期の耐圧特性では、PA6-CNF15%は基準値に未達。破壊状態は、PA6-GF30%と同様に溶着部より亀裂が進行していた。また SEM による破面観察により、数 $10\mu\text{m}$ サイズの CNF の凝集が確認され破壊の起点となっており、対策が必要である (図 2.9-4)。

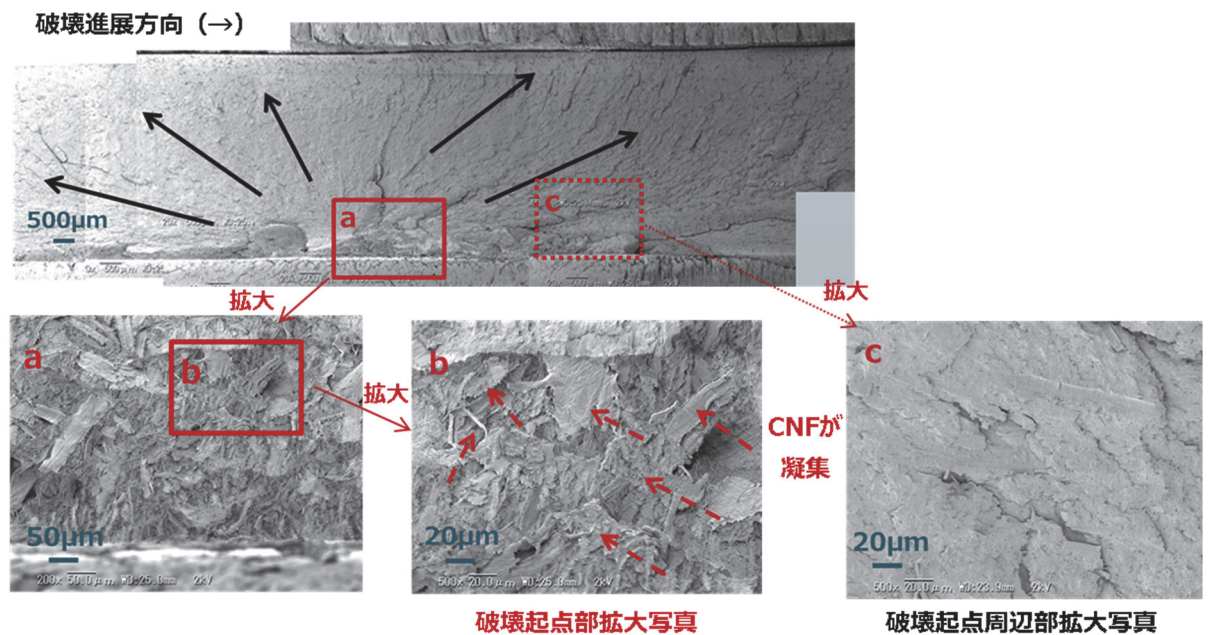


図 2.9-4 耐圧評価後破面の破壊起点調査結果

熱老化試験後の耐圧特性でも PA6-CNF15%は基準値に未達。破壊状態は初期と同様に溶着部より亀裂が進行していた。また振動試験及び複合試験においては耐久試験の途中或いは後で亀裂が発生し、耐圧特性が評価できなかったため要因調査と対策が必要である。

4) インマニ成形品中の CNF の解繊及び分散状態の確認

耐圧評価後品の破壊起点で確認された CNF の凝集が、溶着部以外でも存在するのか確認するため、アッパー、ミドル、ロアの 3 部品における CNF の解繊及び分散状態を X 線 CT 及び TEM を用いて観察した（図 2.9-5、2.9-6）。また TEM 画像より CNF の繊維径を測定し、その分布を確認した（表 2.9-1、図 2.9-7）。

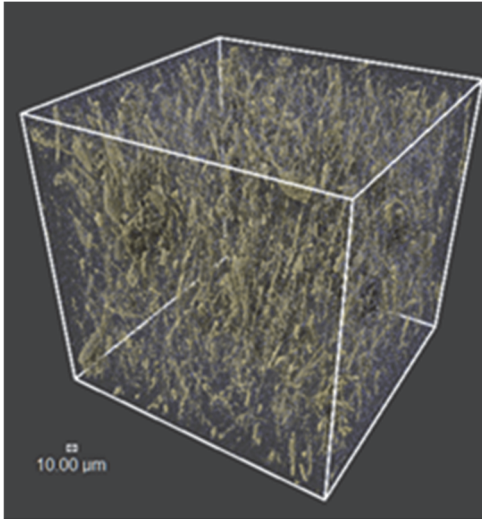


図 2.9-5 CNF 状態の観察結果
(ミドル品:X 線 CT 解析画像)

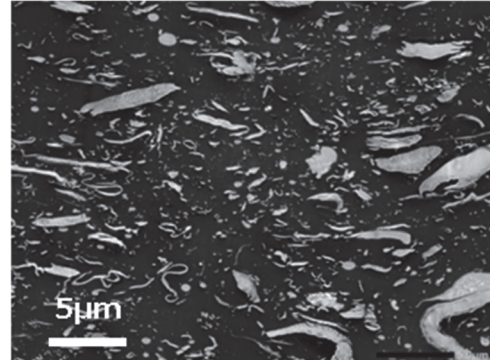


図 2.9-6 CNF 状態の観察結果
(ミドル品:TEM 画像)

表 2.9-1 CNF の繊維径測定結果

成形品	繊維径[nm]	
	平均値	最頻値
アッパー	168	89
ミドル	198	100
ロア	158	87

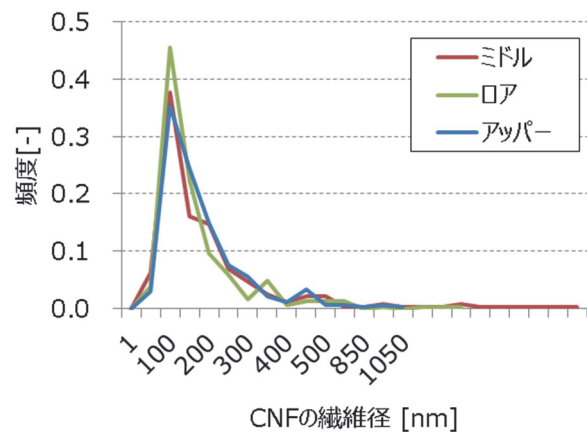


図 2.9-7 CNF の繊維径分布

成形品中の CNF は、X 線 CT 解析画像より、繊維径が数 μm ～数 $10\mu\text{m}$ サイズで試料全体に存在しており、溶着部以外でも繊維の解繊が不十分であることが確認された。また TEM 画像より、約 100nm の状態で多く存在しているものの、大きさは不均一であり、特性低下の要因のひとつであると考えられる。以上より、製品の品質を向上させるためには、材料中の繊維を均一にナノ分散させること、また CNF が凝集しない溶着方法・条件を検討することが重要であることが分かった。

2.9.2 材料特性の向上検討

1) 材料配合による耐熱老化性の向上

昨年度のテストピースでの評価結果より、PA6-CNF 材料は耐熱老化性が課題であることが分かったため、耐熱老化性の改良を宇部興産（株）に依頼し、改良材を入手して効果の確認評価を実施した。評価結果（図 2.9-8）より、耐熱老化性向上の効果が確認できた。

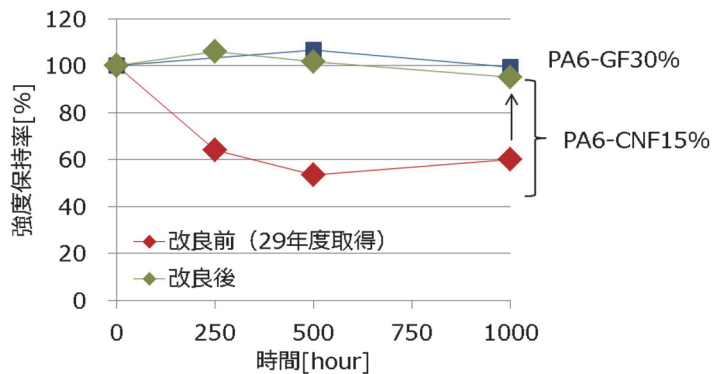


図 2.9-8 耐熱老化性の確認結果

2) 溶着方法・条件検討による溶着強度の向上

インマニでの評価より、耐圧特性を基準値に満たすためには溶着強度の向上が必要のため、試験片での検討を実施した^{※5}。

※5 箱型成形品から切り出した試験片を用いて溶着強度を評価。

インマニの破面調査結果を受けて、現行工法について、繊維の凝集に寄与する可能性がある条件を変えて検討を行なった（図 2.9-9）。PA6-GF30%では、条件を最適化することで溶着強度が向上することを確認したが、PA6-CNF15%は効果を確認できなかった。

一方、別工法での検討においては、PA6-GF30%は効果を確認できなかったが、PA6-CNF15%は現行工法よりも高い強度が得られることが確認できた（図 2.9-10）。

PA6-CNF15%は別工法の溶着により、インマニの耐圧特性を向上できる可能性があるため、インマニでの効果確認とメカニズム調査を次年度で実施する。

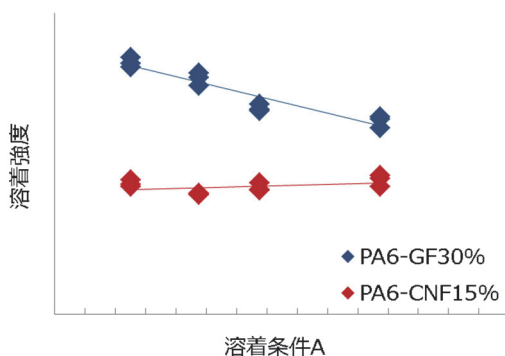


図 2.9-9 現行工法での条件検討結果

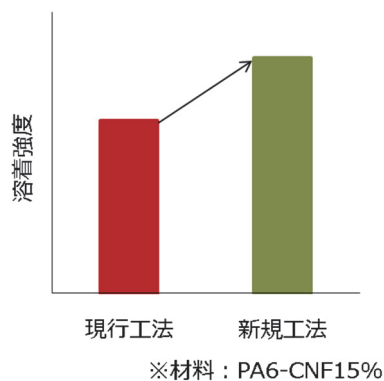


図 2.9-10 別工法での検討結果

2.10 自動車部品への適応に向けた CNF 複合透明材料の評価及び自動車部品の試作検討 (トヨタ自動車東日本 (株))

弊社協業先との共同検討により作製した、ポリカーボネート/アクリルアロイ樹脂材料（以下、PC/PMMA）とセルロースナノファイバー（以下、CNF）との複合材料を用いて、最終試作車外装部品の試作および評価を行っている。試作対象部品は①バックウィンドウ、②ルーフパネルの2部品で、いずれも軽量化目標を『無機ガラス比で50%または樹脂ガラス比で20%以上』とし、製品化にあたっての品質目標を『外観品質および常態時の手押し剛性感が量産樹脂ガラス相当であること』として材料、板厚等の設計を行った。

2019年3月末時点での目標達成状況について、①、②ともに常態時の手押し剛性感については代用特性値として目標設定した曲げ弾性率を確保しており、その上で軽量化についても樹脂ガラス比で20%以上の質量低減が見込まれることから、手押し剛性感、軽量化の品質目標については目標達成の目処が立っている。一方外観品質については、意匠形状に依る品質不良が課題として残存している。手押し剛性感の官能評価については、来年度に最終試作車へ製品を組付けて実施する。

2.10.1 材料設計

量産樹脂ガラス相当の外観品質と手押し剛性感を確保しつつ、無機ガラス比で50%または樹脂ガラス比で20%以上の軽量化を達成させる為、母材となるPC/PMMAへのCNF添加量を決定した。

弊社と協業先の既存検討結果から、CNF添加量と透明性、剛性向上効果との相関関係を把握しており、品質目標である量産樹脂ガラス（板厚5.0mm、剛性値260）と同等の剛性値となる様、材料設計した。

表 2.10-1 材料設計目標値

		樹脂ガラス	複合製品(CNF10%)
製品板厚	(mm)	5	3.8
弾性率	(GPa)	2.1	4.8
比重	(kg/m ³)	1.2	1.23
ヘイズ値	(%)	<1.0	<1.0
剛性値	—	263	263
質量(指数)	(%)	100	78

また、環境要因による劣化を抑制する為に材料構成を図 2.10-1 のような多層構成とし、最外層のPC層によってCNFへの水分影響を排除するとともに、耐候性を向上させている。

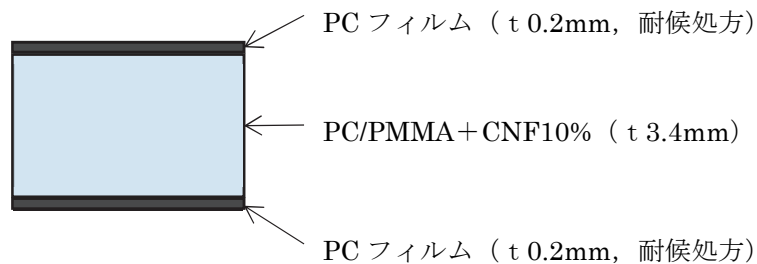


図 2.10-1 複合製品の材料構成
* 製品端末はPCフィルムで被覆

2.10.2 成形加工

製品①、②ともに大型製品かつ板厚が薄い為、PC/PMMA の単純な射出成形では外観品質を確保できないことが懸念された。また図 2.10-1 の材料構成を取る為に、金型内にフィルムをインサートする必要があることから、本製品ではフィルムインサート可能な金型構造を取りつつ、射出圧縮成形を選択した。成形時の樹脂温度は 290℃、金型表面温度は 100℃とし、ヒート&クール機構により脱型時は 80℃まで降温させている。フィルムインサート完了から製品脱型までの製造タクトは約 120 秒である。

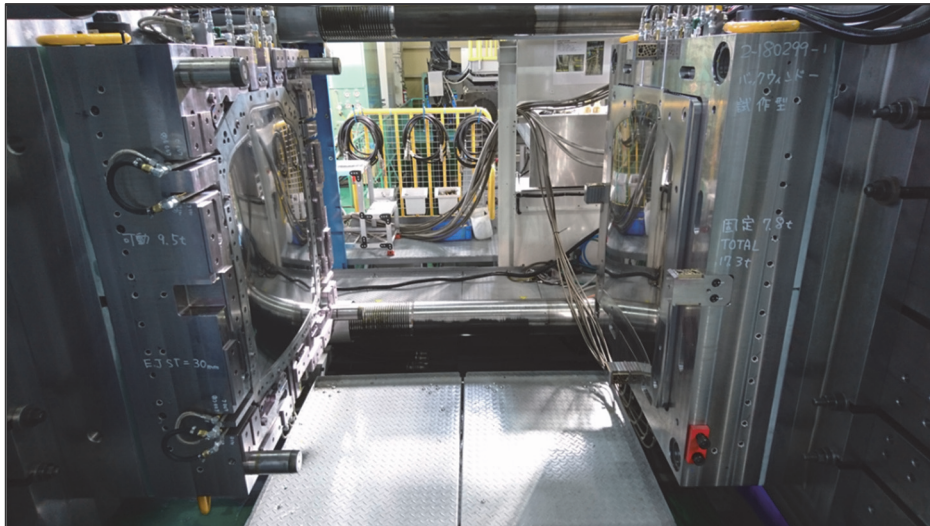


図 2.10-2 金型外観

2.10.2 製品評価

試作製品①の外観写真を図 2.10-3 に、試作製品の物性評価結果を表 2.10-2 にそれぞれ示す。品質目標であった量産樹脂ガラス相当に対し、剛性値、透明性ともに目標を達成し、その上で軽量化効果として樹脂ガラス比で 22%の低減を見込んでいる。手押し剛性感については来年度に当該製品を最終試作車を模した台車に組付け、官能評価を予定している。

フィルムゲート（最終製品では切除）



図 2.10-3 バックウィンドウ製品外観

拡大視



矢印部にシワ発生

図 2.10-4 外観品質課題

表 2.10-2 試作品の物性評価結果

		樹脂ガラス	複合製品(19年3月時点)
製品板厚	(mm)	5	3.8
弾性率	(GPa)	2.1	4.93
比重	(kg/m ³)	1.2	1.23
ヘイズ値	(%)	<1.0	0.8
剛性値	—	263	271
質量(指数)	(%)	100	78

3 月末時点の残存課題として、図 2.10-4 に示す外観品質不良がある。現在インサートしている PC フィルムは外周寸法のみを製品形状に合せ込んだ平板を用いており、射出成形時にフィルムを金型内で保持できない部位で熔融樹脂の流動圧力によってシワが生じているものと推察している。これに対し、今後は最外層 PC フィルムの予備賦形および金型内部へのフィルム保持構造の追加で対策を講じる予定である。

2.11 3次元造形法における CNF 材料の成形加工性の評価（京都大学、名古屋工業大学）

CNF を使用した材料を用いて自動車用部品を製作し、それらを最終試作車に組み込み実用性を評価することが本プロジェクトの狙いの一つである。ただし、すべての部品に対し成形のための金型を製作するのはコスト面の制約があり難しい。そこで、金型が不要で複雑な形状の部品の成形にも対応できる 3D プリンターへ樹脂-CNF 複合材料が適用可能かどうかを、京都大学と名古屋工業大学が共同で調査および試作を実施し、自動車部品としての実装の可能性を検討した。

2.11.1 樹脂-CNF 複合材料の 3D プリンターへの適用性評価

表 2.11-1 に各種 3D プリンター成形法の概要と今年度の活動実績をまとめた。図 2.11-1 に 3 種類の方法で試作した成形品を示す。①（フィラメント成形）、②（樹脂射出機+3D 成形機）で成形は、PP（ポリプロピレン）

表 2.11-1 樹脂-CNF 材料の各種 3D プリンターへの適用可能性検討

3Dプリンタ種類	概要	外注企業(所在地)	H30年度活動実績
①フィラメント積層成形	フィラメント（通常 径1.75mmの PLA）を積層し成形する。一般的。	ホッティポリマー（株） （東京都墨田区）	PP-CNFでフィラメント、ダンベル作製。そりが大きく、また低強度。PA6-CNF不可。
②樹脂射出機+3D成形機	射出成型機のヘッドを3次元的に移動させ、成形する。	エス・ラボ（株） （京都府長岡京）	PP-CNFで複雑円筒形状を試作。強度不十分。
③粉体成形	樹脂粉末（PA6）で形を形成し、レーザーで溶融、冷却時固結。ナイロン樹脂が主。	（株）アスペクト （東京都稲城市）	PA6-CNFで自動車部品部品を想定した曲面形状試作。ダンベルを作製し曲げ弾性率、曲げ強度計測→自動車部品に適用可能性有り。

-CNF 複合材料については成形可能であるが、そりが発生したり、また高強度の成形は容易でない。また融点が高い PA6（ポリアミド 6）は適用が難しい。③（粉体成形）は高融点の PA6-CNF 材料の成形が可能であり、成形物は比重が 0.9 以下と軽量でありながら住宅の構造材として使用される MDF（中密度繊維板）並みの曲げ強度、弾性率を発現し、自動車用部品として適用できる可能性が見いだされた。

2.11.2 3D プリンターによる粉体成形

樹脂-CNF 複合材料を粉体成形に適用場合、材料の調整により

- 1) 樹脂の融点と再結晶温度の最適化
- 2) 粉体の粒度分布の最適化
- 3) 流動性の向上

を図るとともに使用する粉体材料に適合した材料予備加熱温度の設定、レーザーの照射幅、出力調整、照射時間の最適化などを行うことにより、軽量、高強度の成形部材が実現可能となる。



図 2.11-1 3D プリンターによる樹脂-CNF 複合材料の各種成形品

図 2.11-2 に粉体成形時の成形品の配置の一例を示す。成形槽内に数 100 μm 厚の薄い層を積層していき同時にレーザーを照射し成形する。図 2.11-2 に示すように複数の複雑形状の部品が同時に成形可能である。

PA6-CNF 複合材料を用いて粉体成形により、バンパーの一部を試作したものを図 2.11-3 に示す。今後、成形後の収縮量を考慮した設計、他部品との接合方法の検討、表面平滑性の向上、塗装の種類と条件設定を関連参画機関と連携をとり進めていく予定である。

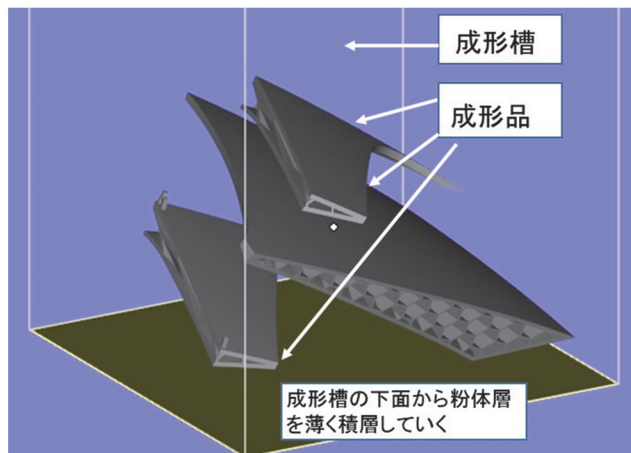


図 2.11-2 粉体成形槽内の成形部品の配置図
(一例)



図 2.11-3 自動車部品の粉体成形品(バンパーの一部)

第3章 CNF 材料の低圧成形加工性評価

3.1 自動車用大物部材の試作検討及び RTM（Resin Transfer Molding）成形の評価（金沢工業大学）

CNF を使用し、高圧の射出成形ではできない大型の構造部材を狙い、（株）トヨタカスタマイジング&デベロップメントとともに CFRP 等で注目されている RTM を中心とした低圧成形の量産の可能性を評価中。これまでに京都大学と協力し RTM 用 CNF ペーパーを用意し、母材を形成するエポキシ樹脂との含浸性などの基礎評価を通して、トヨタ 86 用のエンジンフードの試作・評価を実施した。その結果、量産を狙うには含浸性や機械特性に優れた繊維基材構成を更に工夫する必要があることを確認した。今年度は、含浸性（樹脂流動性）に優れた繊維基材構成を検討しつつ、エンジンフードの試作・評価を通して量産の可能性を追求した。結果、更に改善の余地はあるものの、基本の機械特性、成形性や信頼性で期待できるエンジンフードをエコプロ 2018 等で発表できた。次年度はこれまでの結果を受け、製品としてのエンジンフードの更なる改善を行うとともに、フロア等の構造部材としての可能性を評価し、展示会等への出展を通して商品化に関する情報を得ていく予定である。

3.1.1 RTM 成形用高含浸繊維基材の導入

前年度までの知見をもとに、製紙メーカー、京都大学と協力し、エポキシ樹脂用の高含浸 CNF ペーパーを検討した。また、モデル実験型において流動性や含浸性を高める繊維基材構成を検討し、大きく改善できることを確認した。図 3.1-1 に繊維基材への樹脂流動・含浸実験の様子を示す。また、これまでのケナフ不織布だけでなくセルロース連続繊維基材も優れたフローメディアに成りうるということが分かった。また、短冊状 CNF ペーパーの積層条件が理解できてきたため、より均一な繊維基材の製造に目途が立ってきた。これにより、前年度よりも物性、生産性に期待できるエンジンフードの試作・評価を行うことができた。

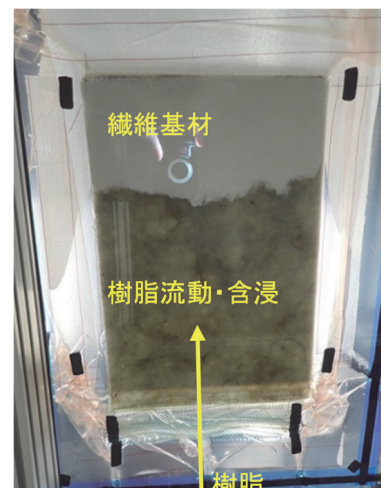


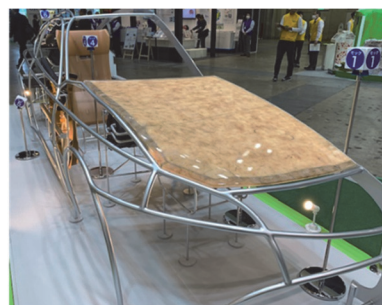
図 3.1-1 樹脂流動・含浸実験

3.1.2 エンジンフードの試作

前年度の知見をもとにエンジンフードの試作を実施した。繊維基材の改良により、樹脂の流動性と含浸性の改良が見られ、前年度の試作で見られたような繊維基材の波打ち現象は見られず、極めて良好な表面平滑性が見られた。成形時間も暫定目標の 10 分以内は到達できなかったが、前年度の 30 分から 1/2 程度に短縮できる見込みがあることを確認できた。図 3.1-2 にトヨタ 86 に搭載し前年度の成果報告会にて発表した試作品と今年度の成果も含めて発表したエコプロ 2018 での試作品を示した。外板基準を満足するだけの表面品質は確保できてきているものとする。ただ、図 3.1-3 に示したように完全含浸ができていないものも見られることから、樹脂溜めの設置や真空引き強化等の若干の型改造を行い効果を確認する予定である。



前年度試作品
成果報告会出展
テレビ東京WBS放映



今年度試作品
エコプロ2018出展
NHKワールドJAPAN放映

図 3.1-2 試作品(前年度展示品→今年度展示品)

3.1.3 エンジンフードの評価

得られた試作品のエンジンフードとしての基本特性であるデント性（雪や手をついたりした時に変形を抑えるための剛性）を評価するため、試作品の曲げ剛性を評価した。荷重を負荷しながら変形量を測定し、量産に使われているアルミ製エンジンフードと比較した。供試品は、今年度の第1回と第2回試作品である。図 3.1-3 に結果を示した。傾きが大きいほど剛性が高いが、第1回試作品でアルミの2倍以上の剛性が得られた。重量はアルミよりも若干重い（鋼製よりも40%以上軽量）が、デント性の面からは、アルミ製よりもかなり優れていることが分かった。この結果を受け、第2回試作では、フローメディアのケナフ不織布とセルロース織物のうち、セルロース製の枚数を半分に減らして、計算上、アルミ製並みの剛性の材料構成とした。実際は、アルミに対し、重量はほぼ同等で（第1回試作品よりも2kg近い軽量化）、まだ1.4倍の剛性が確保できることを確認した。原因詳細は不明であるが、表層のCNFペーパー層の板厚が第1回試作品よりも小さくなっており、計算上25%以上CNFの含有量が増えたことも剛性向上につながった理由と考えている。



図 3.1-3 試作品の樹脂未含浸部

この結果は、アルミ製並みのデント性を考えた場合、更に軽量化が可能であることを意味しており、更なる繊維基材の減量、発泡コア材の板厚減少や発泡倍率の増大が考えられる。型の構造から板厚変化は難しく、発泡コア材の発泡倍率増大と繊維基材の減量を今後トライする予定である。更に、今回の結果は、軽量化のみならず、材料コスト低減にも大きな意味を持つことが分かった。

この結果は、アルミ製並みのデント性を考えた場合、更に軽量化が可能であることを意味しており、更なる繊維基材の減量、発泡コア材の板厚減少や発泡倍率の増大が考えられる。型の構造から板厚変化は難しく、発泡コア材の発泡倍率増大と繊維基材の減量を今後トライする予定である。更に、今回の結果は、軽量化のみならず、材料コスト低減にも大きな意味を持つことが分かった。

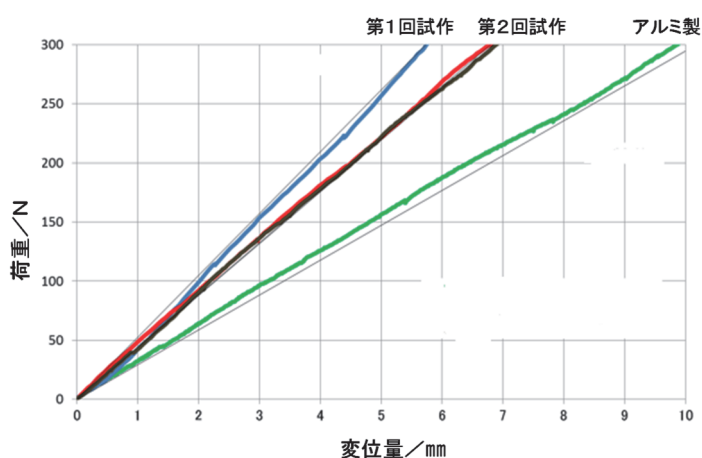


図 3.1-4 剛性実験結果

3.1.4 エンジンフードの量産性検討

製品を量産化するには、基本特性の他、その使われる環境によって材料や製品自体の評価が必要になってくる。昨年度、歩行者保護や破壊時の破壊状態（シャープエッジ、飛散性）について述べた。ここでは木材を成分とする CNF ならではの懸念点として、燃焼性と VOC（Volatile Organic Compounds; 揮発性有機化合物）について評価した。図 3.1-5 に燃焼試験の様子を示す。結果、両特性とも内装材規格を満足する結果が得られた。燃焼性は燃焼速度が基準内であった。VOC はケナフ不織布が発生源と思われるアセトアルデヒドが若干多めではあったが、基準値内であった。また、水を吸いやすいことも考えられ、後述するが、3.2 の項で、熱や水に対する短期的、長期的な特性を評価している。また、本製品の量産で重要な位置づけの LCA とコストのうち、製造時の LCA については 6 章にて評価中である。コストに関しては、現在スポット購入の素材のコストが将来どの程度まで低減できるかが極めて重要であり、7 章と協力し、情報収集を行っていく予定である。ここでは製造コストについて、従来の FRP の RTM 方式との違いを評価中であるが、現在までに基本的には大きな違いは認められない。ただ、FRP の場合もそうであるが、バイオマスエネルギーを製造工程に使用できれば、製造時の LCA も大きく改善できるはずである。



図 3.1-5 燃焼実験結果

3.1.5 今後の進め方

今後はこれまでの結果を受け、製品としてのエンジンフードの更なる改善を行う予定である。具体的には、減圧強化による一部の未含浸対策、高倍率発泡体導入等による更なる軽量化への追及（材料コスト低減にもつながるはずである）、耐液性や疲労強度等の信頼性評価などの量産を考慮した試作評価である。また、本 CNF 製エンジンフードの知見から、構造部材としての可能性を評価し、展示会等への出展を通して商品化に関する対話を充実させ量産化への必要情報を得ていく予定である。具体的にはフロアを予定している。

3.2 RTM (Resin Transfer Molding) 成形法に適する CNF 材料の評価 (金沢工業大学、京都大学)

PA6 をベースとする射出成形材料の引張強度およびエポキシをベースとする RTM 成形材料の曲げ強度の温度依存性および吸水の影響を調査した。結果、引張強度と曲げ強度のいずれも著しい温度依存性を示した。また、吸水によってもこれらの強度は大きく低下するものとなった。

A. 材料の長期信頼性

3.2.1 実験方法

PA6 および CNF/PA6 の射出成形材料の引張試験片および KENAF/EP および CNF/EP の RTM 成形材料の曲げ試験片を図 3.2-1 および図 3.2-2 にそれぞれ示す。これらの試験片を真空恒温槽中で 80°C で 24 時間の乾燥処理を施した Dry 材とこれを 80°C の蒸留水に 196 時間浸漬した Wet 材を用意した。試験片の吸水処理中の重量変化と浸漬時間の関係を図 3.2-3 に示す。Dry 材と Wet 材の引張試験および曲げ試験を種々の温度で実施した。

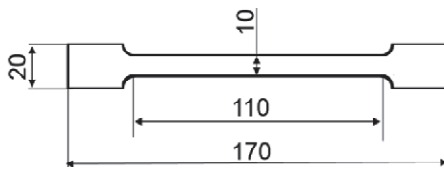


図 3.2-1 引張試験片の形状・寸法

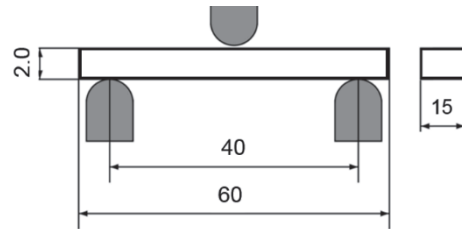


図 3.2-2 曲げ試験片の形状・寸法

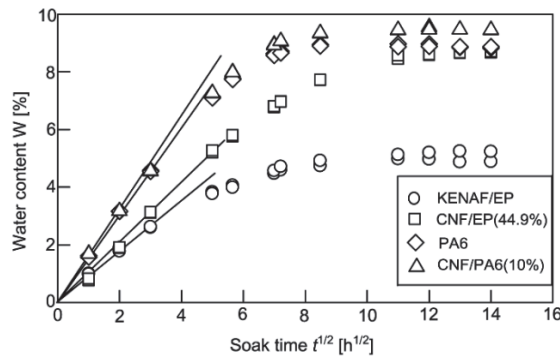
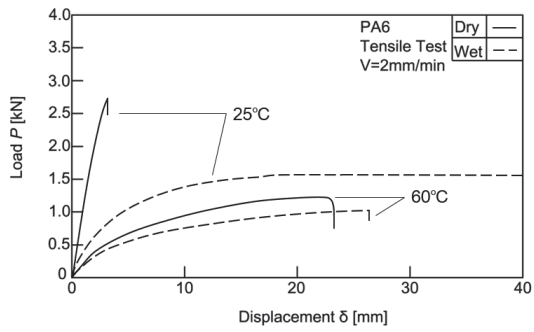


図 3.2-3 試験片の重量変化と浸漬時間の関係

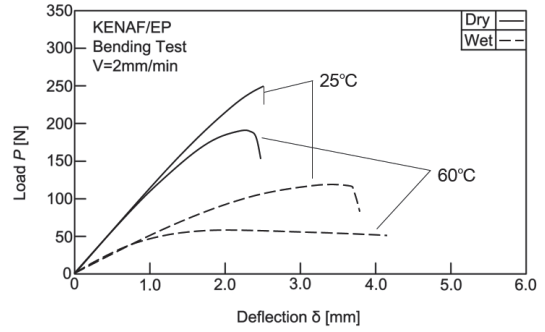
3.2.2 結果および考察

射出成形材料の引張試験によって得られた代表的な荷重 - 伸び線図を図 3.2-4 の(a)と(b)に示す。また、最大荷重から算出した引張強度と温度の関係を図 3.2-4 の(c)に示す。これより、引張強度は温度の上昇によってかなり低下する。吸水による強度低下は室温近傍の温度において顕著に現れる。

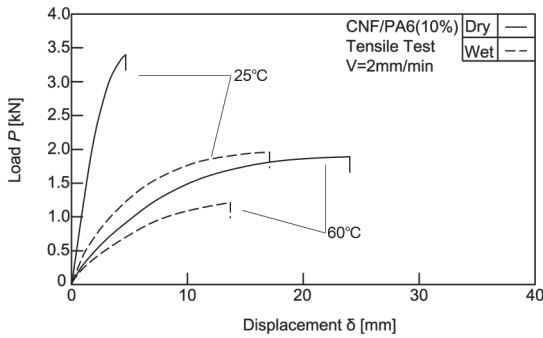
RTM 成形材料の曲げ試験によって得られた代表的な荷重 - たわみ線図を図 3.2-5 の(a)と(b)に示す。最大荷重から算出した曲げ強度と温度の関係を図 3.2-5 の(c)に示す。これより、曲げ強度は温度の上昇によってかなり低下する。吸水による強度低下は室温近傍では顕著ではないが、温度の上昇とともに顕著になる。



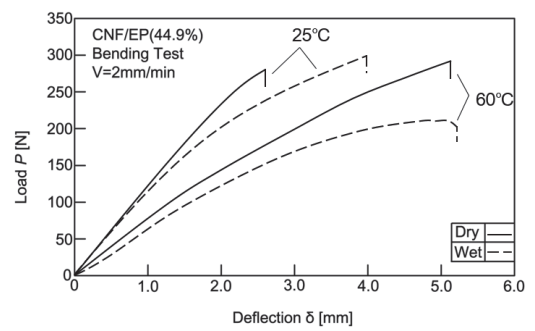
(a) PA6 の引張荷重-伸び線図



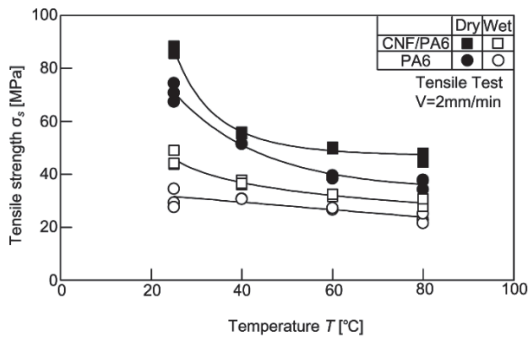
(a) KENAF/EP の曲げ荷重-たわみ線図



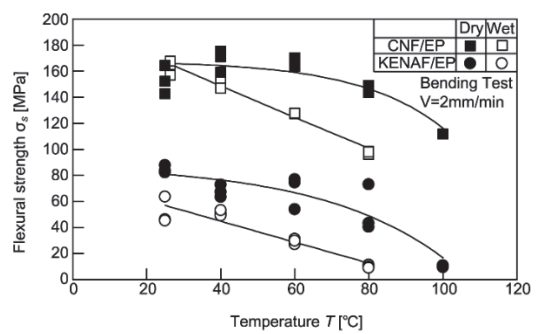
(b) CNF/PA6 の引張荷重-伸び線図



(b) CNF/EP の曲げ荷重-たわみ線図



(c) 引張強度と温度の関係



(c) 曲げ強度と温度の関係

図 3.2-4 射出成形材料の引張試験結果

図 3.2-5 RTM 成形材料の曲げ試験結果

3.2.3 おわりに

射出成形材料の引張強度および RTM 成形材料の曲げ強度の温度依存性および吸水の影響を調査した。結果、引張強度と曲げ強度のいずれも著しい温度依存性を示した。また、吸水によってもこれらの強度は大きく低下するものとなった。今後は、時間-温度換算則の強度に対する適用性を検討する。

第4章 CNF 構造要素モデル及び高濃度 CNF 材料成型品の試作と性能評価

4.1 CNF 材料の接着・接合評価（名古屋工業大学）

昨年度は CNF ペーパーを巻いた紙管を接着したものをコアにしてハニカムサンドイッチボードの検討を行ってきたが、六角形の紙管を作製する事が難しく、丸い紙管を接着すると多量の接着剤を使用することになり、ハニカムサンドイッチボードの重量が予想以上に重くなるという問題があった。そこで、CNF ペーパーその物を紙コアに用いてハニカムサンドイッチボードを作る事を利昌工業㈱に提案した。利昌工業㈱で紙コアに適した CNF ペーパーを選定するため、紙管を作製するよりもっと強度のある CNF ペーパーを紹介した。今年度は 60 μ m の CNF ペーパーが適していて、紙コアを用いると従来の CNF 紙管をコアに用いた物より飛躍的に軽いサンドイッチボードが作製できることが分かった。CNF ペーパーをコアにした新たなサンドイッチボードで最終試作車のボンネットを作製できるか検討する事となった。サンドイッチボードを各種異種材料（CFRP、アルミ板、鋼板）と接着しボンネットを組み立てるため、接着剤の選定評価を行った。CNF ボード側にイソシアネート系樹脂の入った B プライマーを、金属側にはエポキシ系の M プライマーを塗布して接着することで、柔軟なウレタン系接着剤でも、硬いエポキシ系接着剤でも接着することができ、接着部位に合わせた接着剤の選定ができるようになった。

構造物 CNF パイプについては、昨年度アルミとの複合化によって、構造部材として使える強度のアルミ/CNF ペーパー複合パイプができることを見出している。この複合パイプで構造部材を作製するには、曲管が必要となるため、曲管に適した CNF ペーパーの貼り合わせ方を検討した。管の長手方向に CNF ペーパーの抄紙方向を平行に合わせて巻く、平巻きで巻くのがアルミ/CNF ペーパー複合パイプの曲げ強度が高くなる。パイプの長手方向に CNF ペーパーの抄紙方向を垂直に巻くと、複合パイプの曲げ強度が約 60%程度に低下する事が分かっている。そこで今回曲管にも対応できる巻き方として、アルミ管に CNF ペーパーをらせん状に巻いてその強度を測定した。その結果、従来の平巻きに比べて、10%程度の強度低下で済むことが分かった。

CNF を添加した各種プラスチック部材の接着・接合評価を行った。接着試験用サンプルとしてはダイキョウユニシカワ㈱からは CNF 添加 PA6 を、㈱イノアックコーポレーションからは CNF 添加 PP と TOP を、トヨタ紡織㈱からは CNF 添加 PP を供試頂き、そのサンプルと各種異種材料（CFRP 板、鋼板、アルミ板）とのせん断接着強さの測定を行い、それらの組み合わせに適した接着工法及び接着剤の選定を行った。

CNF 添加 PA6 は、CNF 無添加のものに比べ、ウレタン系接着剤での接着強度が高いことが分かった。CNF の水酸基と接着剤のイソシアネート基が反応するためと考えられる。PA6 に対しては、イソシアネートを含む B プライマーを前もって塗布することで、ウレタン系接着剤だけでなく、エポキシ系接着剤でもヒートショック試験にも耐えられる十分な接着ができることが分かった。

オレフィン系樹脂である PP や TPO に関しては、オレフィン用と称される 2 液アクリル系 SGA 接

着剤で初期接着の良い物はあったが、-40～100℃のヒートショック試験を行うとオレフィン側で界面破壊が起きてしまう結果となった。プライマー塗布によってヒートショックによる接着強度の低下を防止しようと色々試みたが現段階では、接着強度を十分保持できるプライマーは見つかっていない。一方、オレフィン樹脂をプラズマ処理すれば、接着強度は保持できることは見い出せた。プラズマ処理とプライマー処理を併用することで、柔軟なウレタン系接着剤でも高弾性なエポキシ系接着剤でも、異種材料（CFRP、鋼板、アルミ板）との接着は可能となった。ただし、ウレタン系接着剤を使用する場合は、オレフィン系樹脂側でなく、金属側にも金属用の M プライマーを塗布することが必要である。これらせん断接着強さの測定結果は、エクセルの一覧表にして、各項目でソートがかけられるようにし、被着体ごとで一番強度の高い接着剤を選べるようにしたデータベースを作成し、これを各機関にインターネットを通じて開示できるようにする予定である。

4.1.1 構造部材用ハニカムサンドイッチボードの設計

CNF ペーパーコアを用いた新たなハニカムサンドイッチボードの開発は、利昌工業(株)で進められており、ボンネット等の試作が行われている。ボンネットを組み立てるためには、補強板や取り付け用金具等を接合する必要があり、そのための接着剤の選定を行った。一部の結果を表 4.1-1 に示す。

表 4.1-1 利昌工業 CNF 板と各種材料との接着試験結果

接着剤の種類	被着体	プライマー処理	ヒートショック (-40℃～100℃)	せん断強度 (MPa)	破壊形態
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	初期	9.96	CF/CNF板材破
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	30回	11.59	CNF板材破/一部CF
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	50回	11.49	CNF板材破/一部CF
E社1液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/CFRP		初期	4.76	CF
E社1液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/CFRP		50回	4.92	CF
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/CFRP		初期	6.22	CF
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/CFRP		50回	6.33	CF
I社2液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	初期	7.72	CF
I社2液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	30回	7.82	CF
I社2液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	50回	7.31	CF
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	初期	7.86	CNF板材破
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	30回	7.01	CNF板材破
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/CFRP	CFRPIにBプライマー使用	50回	7.58	CNF板材破
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/AI	AIにBプライマー使用	初期	9.30	CF
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/AI	AIにBプライマー使用	30回	9.72	CNF板材破
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/AI	AIにBプライマー使用	50回	10.45	AI 界面AF/一部CNF材破
E社1液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/AI	AIにMプライマー使用	初期	4.80	CF
E社1液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/AI	AIにMプライマー使用	50回	5.42	CF/一部CNF板材破
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/AI		初期	5.77	CF/一部AI界面AF
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/AI		50回	5.52	CF
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/AI	AIにMプライマー使用	初期	6.12	CF
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/AI	AIにMプライマー使用	50回	6.03	CF/一部CNF板材破

接着剤の種類	被着体	プライマー処理	ヒートショック (-40℃~100℃)	せん断強度 (MPa)	破壊形態
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	初期	9.55	Fe界面AF/一部CF
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	30回	11.63	CNF板材破
B社2液エポキシ系	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	50回	11.43	CNF板材破/一部CF
E社1液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにMプライマー使用	初期	4.66	CF
E社1液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにMプライマー使用	50回	4.95	CF/一部CNF板材破
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/Fe	FeにMプライマー使用	初期	6.16	CF
E社1液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/Fe	FeにMプライマー使用	50回	5.71	CF/一部CNF板材破
I社2液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	初期	10.69	CNF板材破
I社2液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	30回	8.84	CNF界面AF/一部CNF板材破
I社2液ウレタン系(硬)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	50回	8.09	CF
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	初期	7.16	CNF界面AF
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	30回	7.80	CNF界面AF/一部CNF板材破
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	50回	5.78	CF/CNF界面AF
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	初期	4.12	CNF板材破/CF
I社2液ウレタン系(柔)	利昌CNF板/Fe	FeにBプライマー使用	初期	7.49	CF

Al: A-6061P-T6 機械加工 Fe: SPCC-SD レーザー加工 AF: 界面破壊 CF: 凝集破壊 材破: 試験板の破壊

以上の結果をもとに、2液エポキシ系接着剤、2液ウレタン系接着剤、1液ウレタン系接着剤の中から、CNF板に適した接着剤を選定した。ただし、最終的には、ハニカムサンドイッチボードでの接着試験が必要である。

4.1.2 構造用 CNF パイプ用接着剤の選定

アルミ/CNF ペーパー複合パイプで構造用パイプの製造を昭和プラダクツ(株)で検討中である。自動車の構造パイプは多くの場合曲管で有り、曲がったアルミパイプに CNF ペーパーを巻き付ける必要がある。曲管に CNF ペーパーを巻く場合、らせんに状に巻いていくことが考えられる。しかし、通常の紙と異なり CNF ペーパーの強度は、抄紙方向と抄紙方向に垂直な方向で異なり、垂直方向の強度は 1/2 に低下する。この様な紙をらせん状に巻いた場合、曲げ強度がかなり低下する事が懸念された。そこで、実際にらせん状に CNF パイプを巻いて昭和プラダクツ(株)で曲げ強度の測定を行った。その結果を表 4.1-2 に示す。

表 4.1-2 アルミ/CNF ペーパー複合パイプの 3 点曲げ試験結果

	アルミ単体	アルミ/CNFペーパー複合パイプ		
		平巻き	ラセン巻き	
内径	mm	7.01	7.01	7.00
外径	mm	9.01	11.75	11.85
密度	g/cm ³	2.45	1.62	1.65
曲げ強度	N	633	1,377	1,279
曲げ応力	MPa	278	199	235
曲げ弾性率	GPa	47.2	12.6	15.5

スピード: 5mm/min、スパン長: 80mm、曲げ弾性率: 10-100N

従来の平巻きに比べ、強度は7%程度低下したのみで、ほぼ同等と言えるレベルで有った。らせん巻きにすることにより、CNF ペーパーを引っ張って巻くため、密度も少し高くなり、ペーパー間の隙間が少なくなり、強度の維持ができたものと考えられる。今後、この方法で実装用の曲管のアルミ/CNF ペーパー複合パイプの試作が行われた。

4.1.3 CNF 部材の接着・接合法の選定

CNF が添加された種々な樹脂で、最終試作車用成型加工部品が作製されようとしている。しかし、それらを取り付け、自動車にするには、適切な接着・接合手段が必要である。そのため、それら部材に適した、接着工法と接着剤の選定を行うための評価試験を行った。

まず CNF 添加 PA6 の接着試験結果の一部を示す。CNF を添加した PA6 は、プライマー処理をしなくても良く接着する。CNF が入っていない PA6 は難接着材料で界面破壊を起こすためプライマー処理が必要だが、CNF の入った PA6 はプライマー処理をしなくても、エポキシ系やウレタン系の接着剤で接着できることが分かった。CNF の持っている水酸基と、接着剤の官能基とが反応するためではないかと思われる。

表 4.1-3 CNF 含有 PA6 のせん断接着強さ試験結果

接着剤	被着体	プライマー処理	ヒートショック (-40℃~100℃)	せん断強度 (MPa)	破壊状態
A社2液エポキシ系	CNF添加PA6/CFRP	無	初期	8.1	PA6材破
A社2液エポキシ系	CNF添加PA6/CFRP	無	30回	8.8	PA6材破
A社2液エポキシ系	CNF添加PA6/CFRP	無	50回	5.9	PA6材破
E社1液ウレタン系(柔)	CNF添加PA6/CFRP	無	初期	3.9	CF
E社1液ウレタン系(柔)	CNF添加PA6/CFRP	無	30回	3.7	CF
E社1液ウレタン系(柔)	CNF添加PA6/CFRP	無	50回	4.2	CF
E社1液ウレタン系(柔)	CNF添加PA6/Fe	無	初期	3.1	FeAF/CF
E社1液ウレタン系(柔)	CNF添加PA6/Al	無	初期	3.9	CF
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/CFRP	CFRPIにBプライマー塗布	初期	8.1	PA6材破
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/CFRP	CFRPIにBプライマー塗布	30回	8.9	PA6材破
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/CFRP	CFRPIにBプライマー塗布	50回	9.5	PA6材破
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/Fe	FeIにBプライマー塗布	初期	7.5	PA6材破
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/Fe	FeIにBプライマー塗布	30回	8.4	PA6材破/CF
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/Fe	FeIにBプライマー塗布	50回	6.7	CF
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/Al	AlIにBプライマー塗布	初期	7.0	PA6材破/AF
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/Al	AlIにBプライマー塗布	30回	9.6	PA6材破
I社2液ウレタン系(硬)	CNF添加PA6/Al	AlIにBプライマー塗布	50回	7.4	PA6材破

Al: A-6061P-T6 機械加工 Fe: SPCC-SD レーザー加工 AF: 界面破壊 CF: 凝集破壊 材破: 試験板の破壊

次に、オレフィン系樹脂である PP や TPO に CNF を添加した樹脂の接着工法と接着剤選定した結果を表 4.1-4 に示す。オレフィン系樹脂は、接着するための官能基が無く難接着材料と言われている。何の処理もせず、サンディングと溶剤ワイプだけで貼り合わせても殆ど接着できる物はなかった。その中では、プライマー処理をすればシアノアクリル系接着剤は PP や TPO の材破強度が出るくらいの強い接着強度が得られた。しかしながら、ヒートショック試験にかけると、装置内で自然剥離してしまい、接着強度が無くなる事が分かった。これは、接着剤自身に耐熱性が無いことと、プライマーも

熱に弱いことが考えられる。

接着強度を上げるため、プラズマ処理を検討した。プラズマ処理をしてその上にウレタン系プライマーである B プライマーを塗布して接着すれば、PP や TPO に対して安定した十分な接着強度が得られることが分かった。ウレタン系接着剤を用いて異種材料と接着する場合、特に相手が鋼板やアルミ板のような金属の場合、金属面に対しては対象材専用のエポキシ系の M プライマーを塗布して接着する事が望ましい。PP も TPO もほぼ同じような結果であったので、表 4.1-4 には PP だけの代表的な接着試験の結果を示す。

尚、全てのせん断接着強さの試験結果は、データベース化して関係機関への開示ができるようにする予定である。

表 4.1-4 CNF 含有 PP のせん断接着強さ試験結果

接着剤	被着体	プラズマ処理	プライマー処理	ヒートショック (-40℃~100℃)	せん断強度 (MPa)	破壊状態
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有		初期	2.58	材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有		50回	2.60	材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/CFRP	有		初期	2.69	PP材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/CFRP	有		50回	2.78	PP材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/Fe	有		初期	2.68	PP材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/Fe	有		50回	2.72	PP材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/Al	有		初期	2.70	PP材破
A社2液変性アクリル系	PP(CNF10%)/Al	有		50回	2.69	材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有	PPIにBプライマー塗布	初期	2.47	材破/AF
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有	PPIにBプライマー塗布	50回	2.55	材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/CFRP	有	PPIにBプライマー塗布	初期	2.70	PP材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/CFRP	有	PPIにBプライマー塗布	50回	2.51	PP材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/Fe	有	PPIにBプライマー、FeにMプライマー塗布	初期	2.71	PP材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/Fe	有	PPIにBプライマー、FeにMプライマー塗布	50回	2.58	PP材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/Al	有	PPIにBプライマー、AlにMプライマー塗布	初期	2.70	PP材破
B社2液エポキシ系	PP(CNF10%)/Al	有	PPIにBプライマー、AlにMプライマー塗布	50回	2.59	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有	PPIにBプライマー塗布	初期	2.46	材破/AF
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有	PPIにBプライマー塗布	50回	2.45	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/CFRP	有	PPIにBプライマー塗布	初期	2.57	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/CFRP	有	PPIにBプライマー塗布	50回	2.72	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/Fe	有	PPIにBプライマー、FeにMプライマー塗布	初期	2.56	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/Fe	有	PPIにBプライマー、FeにMプライマー塗布	50回	2.61	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/Al	有	PPIにBプライマー、AlにMプライマー塗布	初期	2.51	PP材破
I社2液ウレタン系(柔)	PP(CNF10%)/Al	有	PPIにBプライマー、AlにMプライマー塗布	50回	2.69	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有		初期	2.61	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	有		50回	2.59	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/CFRP	有		初期	2.87	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/CFRP	有		50回	2.79	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/Fe	有		初期	2.78	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/Fe	有		50回	—	装置内剥離
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/Al	有		初期	2.91	PP材破
I社2液アクリル系	PP(CNF10%)/Al	有		50回	0.48	Al AF
T社シアノアクリレート系	PP(CNF10%)/PP(CNF10%)	無	PPIにPプライマー塗布	初期	2.56	材破
T社シアノアクリレート系	PP(CNF10%)/CFRP	無	PPIにPプライマー塗布	初期	2.91	PP材破
T社シアノアクリレート系	PP(CNF10%)/Fe	無	PPIにPプライマー、FeにMプライマー塗布	初期	2.76	PP材破
T社シアノアクリレート系	PP(CNF10%)/Al	無	PPIにPプライマー、AlにMプライマー塗布	初期	2.79	PP材破

Al: A-6061P-T6 機械加工 Fe: SPCC-SD レーザー加工

AF: 界面破壊 CF: 凝集破壊 材破: 試験板の破壊

4.2 CNF 材料の構成と構造の最適化（秋田県立大学）

昨年度に引き続き、CNF 材料のうち、特に構造部の要素材料となる中空 CNF パイプについて、力学性能を向上させるための圧縮・接着法などの成形技術に取り組み、材料物性の適性評価法を検討した。また、高濃度 CNF 材料成形品の試作について、成形品の地合い（繊維の分散の均一性）の向上に向けて、高濃度スラリーの希釈技術と抄造技術、乾燥成形技術の改善に取り組んだ。成果として、中空 CNF パイプについては、接着剤のシート化と積層・圧縮技術の改善によって平板成形体と遜色ない強度性能を中空パイプ成形体で得られる水準まで加工技術を改善することができた。高濃度 CNF 材料成形品については、ボールミルを用いた CNF スラリー（以下、スラリー）の希釈技術の確立による繊維の凝集緩和および抄造中に気泡が混入しない装置の構築、脱水用減圧吸引版の脱水効率の向上、成形マットの加熱乾燥プロセスの構築を行い、地合いに優れる成形技術の確立に成功した。

4.2.1 CNF パイプの圧縮・接着法の改善

昨年度まで CNF パイプの成形に利用していた水系接着剤は、自身に含まれる水分が多く、ガスバリア性と吸湿量に乏しい薄膜 CNF シートの積層接着において、接着層の密着性に負の影響を及ぼしていることが考えられた。更なる接着強度向上を目指して、本年度は CNF シートの裏面に無溶剤系のエポキシ樹脂接着剤を塗工する接着工程にすることを提案した。結果として、塗布工程の簡略化による製造速度の向上と接着層の密着性向上による強度向上に貢献した。

さらに、CNF パイプ成形において、原料となる CNF シートが薄いことに起因してシワの抑制や位置決め精度の確保に必要なシートテンションが得にくく、さらなる工程の簡素化や接着層での部分剥離抑制の困難さが課題となった。その解決のために、パイプ成形に用いる CNF シートを予め 2 枚あるいは 3 枚積層する、プレラミネート法を提案・実験した。結果として、プレラミネーにより巻き上げ前の CNF シートが補強されたことでシワの抑制に代表される加工精度の向上とパイプとしての最終強度の改善、積層数が低減できることによる巻き工程数の減少を確認し、別途考案したラバーベルトによる圧縮技術とともにハンドレイアップによる成形法における基礎技術をほぼ確立できた。

4.2.2 アルミ管内蔵 CNF パイプの物性評価

昨年度、中空パイプの巻き上げ時の芯材料をアルミ薄肉管とし、CNF シートを巻き上げて積層接着する CNF-アルミ複合中空パイプを考案し、軽量性と強度向上に効果を確認した。本年度は、CNF シートの厚さと巻き上げ方法(Z 巻およびクロスバンド)の異なる中空パイプに関して、曲げ特性を解析した。結果として、コンセプトカーに採用した断面構成の中空パイプについては、巻き上げ方法に因らず曲げ特性に相違がなく、シート積層の容易な Z 巻を積極的に採用できることを明らかにした。また、中空パイプの曲げ挙動は、中央集中荷重 3 点曲げ試験および 3 等分 4 点曲げ試験のいずれの試験方法においても、加力点付近の曲げ座屈の先行により耐力が低下したことから、座屈応力を増大させることが更なる強度向上に繋がること明らかとなった。その対策としては、(1)CNF シートとの強

軸方向と中空パイプの軸力方向を揃えることによる弾性率の増大、(2)中空パイプの厚肉化による断面二次モーメントの増大、(3)中空パイプ内部に補剛材を設けることによる横座屈の補剛が挙げられる。軽量性と強度の兼ね合いにより効果的な対策が変化するが、重量や断面増加が伴わない(1)の手法が現状では有用であると判断した。

4.2.3 高濃度 CNF スラリーを原料としたシート成形技術の改善

スラリーを乾燥・硬化させた材料は、フロック（繊維の糸くず状の塊）や面内密度の不均一性などの地合いの悪さが認められたため、本年度はそれらを改善するためのスラリー希釈技術、抄造技術ならびに加熱乾燥技術を検討した。

スラリーの希釈技術については、CNF のフロックはミキサー等のせん断力による攪拌では解消されず、成形体の地合いに悪影響を及ぼすことが明らかとなったため、湿式ボールミル処理による衝突摩擦を用いたフロック粉碎を試みた。結果として、小時間の湿式ボールミル処理によって、フロックが解消され、均質性の高いスラリーに希釈できることおよび美観に優れた成形体を得られることを明らかにした。抄造技術については、均質化させたスラリーを抄造して CNF マットを成形する際に、気泡を混入させてしまうと、その後のプロセスでの排除が困難であり、成形したシートの地合いを低下させることが明らかとなった。そのため、抄造用不織布マット上へのスラリーの展開方法を新たに考案し、気泡の混入を大幅に抑制し、均質性に優れた CNF マットを作製することに成功した。脱水技術については、CNF マットからの脱水速度は、高速であれば良いわけではなく、減圧ポンプの能力に即した脱水流路の設定が必要であることを明らかにし、脱水用減圧吸引板の穴形状や数、流路の最適化を行い、短時間で均質性の高い条件の抽出に成功した。成形マットの加熱乾燥プロセスについては、CNF マット内部の水分移動の量と速度を、加熱温度と時間およびプレス圧力で制御し、プレススケジュールの効率化を達成した。以上の技術の総合的な構築によって、地合いに優れた CNF 成形体の製造技術を確立した。

4.3 CNF パネル及び CNF ハニカムボードの試作と評価（利昌工業（株））

CNFのみからなる板材（以下、100%-CNF材）は、通常環境下で一定量の吸水（吸湿）がある。したがって、一般使用時の物性を把握することを目的として、100%-CNF 板材の曲げ特性と吸湿量（含水量）を明らかにした。

また、トランクカバーやボンネットなどの大型の自動車外板部材の軽量化を図るために、100%-CNF と CNF ハニカムのサンドイッチ構造を提案している。ハニカムボードは表層材の厚さやハニカムコアの厚さなどの構成により材料特性が大きく変わるため、大型部材を試作するには部材の剛性に合わせた設計が必要になる。本項では、表層材厚さとハニカムコア厚さをそれぞれ変えた CNF ハニカムボードを作製して密度や比剛性を求め、大型部材の物性の最適化のための予備検討を実施した。

4.3.1 100%-CNF 板材の作製

原料の CNF は、市販品の木材由来のパルプ解繊品（水分散スラリー、固形分 10%）を用い、シート状に予備成形した後、加熱加圧成形することで、100%-CNF 板材を作製した。板厚は、ハニカムパネルの表層材を想定した 0.3 mm、0.5 mm、0.8 mm、ならびに力学試験用は 1.0 mm とした。

4.3.2 100%-CNF 板材の吸湿量と力学特性の関係

1.0 mm の 100%-CNF 板材を JIS-K6911 に準拠した曲げ試験片寸法（25 mm 幅×50 mm 長さ）に加工した後、130℃で一定の重量になるまで乾燥させることで絶乾状態にした。次いで、室温 23℃/湿度 50% の恒温恒湿室に絶乾状態になった試験片を放置し、吸湿量の経時変化を測定しながら所定の吸湿量（1% 未満、3~4%、5.5~6.5% の 3 種類）になった試験片を取り出し、曲げ試験をそれぞれ実施した。試験は、支点間距離が 16 mm、試験速度 0.5 mm/分で行った。各吸湿量での曲げ強度、曲げ弾性率を図 4.3-1、図 4.3-2 にそれぞれ示す。

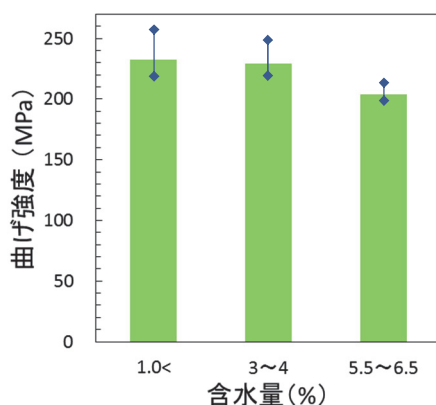


図 4.3-1. 含水量と曲げ強度

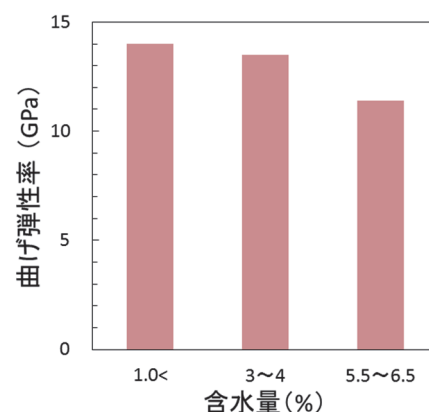


図 4.3-2. 含水量と曲げ弾性率

絶乾状態から 4%程度の含水状態の 100%-CNF 板材は、230MPa 程度の曲げ強度、13~14GPa を示すが、5.5~6.5%程度含水している常態では、強度と弾性率が絶乾状態よりも有意に小さくなっていることが分かった。しかし、常態であっても曲げ強度は 200MPa 程度を示しているため、100%-CNF 板材は、無機繊維等による非補強成形体としては高弾性で高強度の材料であると言える。

4.3.3 100%-CNF 板材/CNF ハニカムの CNF ハニカムボードの作製

別途作製した 100%-CNF 板材とセル寸法が 3.3 mmの CNF ハニカムコアをエポキシ樹脂系接着剤を用いて、真空バッグ成形法によりハニカムサンドイッチパネル化した。エポキシ樹脂接着剤は 100g/m²の市販の接着剤シートを使用して、130℃、1 時間で硬化させた。100%-CNF 表層材厚さは 0.3 mm、0.5 mm、0.8 mmを、CNF ハニカムコアの厚さは 2.0 mm及び 3.0 mmをそれぞれ組み合わせて、種々の CNF ハニカムボードを作製した。

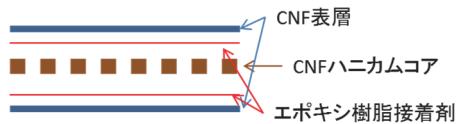


図 4.3-3 CNF ハニカムボードの構成

4.3.4 100%-CNF 板材/CNF ハニカムの CNF ハニカムボードの評価

CNF ハニカムボードは、ASTM-C393 の曲げ試験条件に基づき、下記寸法の試験片を切り出した。なお、試験は、通常環境での使用を想定し、成形後の試験片を 23℃/湿度 50%で 48 時間以上放置してから実施した。

総厚さ：ハニカムボードの構成による 幅：10 mm 長さ：250 mm

3 点曲げ試験は、島津製作所製オートグラフ AG-5kNX を用い、支点間距離 150 mmで 3 点曲げとして、試験速度 1.0 mm/分で実施した。測定結果は表 4.3-1、表 4.3-2 にそれぞれ示す。

表 4.3-1 コア厚さ 2.0 mmの CNF ハニカムパネルの材料特性値

コア厚さ (mm)	表層厚さ (mm)	密度 (g/cm ³)	曲げ弾性率 (GPa)	非弾性率	曲げ強度 (MPa)
2.0	0.3	0.39	5.7	14.6	46
	0.5	0.53	8.1	15.2	78
	0.8	0.67	10.7	16.0	128

表 4.3-2 コア厚さ 3.0 mmの CNF ハニカムパネルの材料特性値

コア厚さ (mm)	表層厚さ (mm)	密度 (g/cm ³)	曲げ弾性率 (GPa)	非弾性率	曲げ強度 (MPa)
3.0	0.3	0.32	4.3	13.4	35
	0.5	0.46	7.6	16.5	72
	0.8	0.58	9.4	16.2	117

ハニカムボードでは、比剛性（弾性率を密度で割った値）が重要な物性値となり、比剛性が 15 以上であれば軽量で高剛性な材料と一般的に知られている。ハニカムコアの厚さが 2.0 mm で表層材厚さが 0.3 mm の組み合わせでは、密度も小さく、比剛性も 15 近い値を示している。また、ハニカムコア厚さ 3.0 mm の場合では、表層材厚さ 0.5 mm の時に最も比剛性が高くなった。

これらの結果から、トランクカバーやボンネットなどの大型部材の軽量化を図る際に、CNF ハニカムボードとして、表層材厚さは 0.5mm、ハニカム厚さ 3.0mm が最適であることが判った。

4.4 プレス成形法又は真空バギング成形法における高濃度 CNF 材料の成形加工性の評価 (利昌工業 (株))

100%-CNF の表層材と CNF ハニカムコアを用いたハニカムサンドイッチ構造とすることで、大型の部材の軽量化と高剛性化が達成できる。4.3 項で示したハニカムパネルの表層材厚さとハニカムコア厚さのそれぞれの組み合わせの材料特性を参考にして、CNF/CNF ハニカム構造の大型の 3 次元成形体としてトヨタ 86 のトランクカバーを試作し、実車への実装の可能性を検証した。さらに、最終試作車のボンネットカバーも試作した。

4.4.1 100%-CNF/CNF ハニカムのトランクカバーの試作

昨年度に 2mm 厚さの 100%-CNF 材でトヨタ 86 のトランクカバーを試作し、同寸法の 0.7mm の鋼材と比べて約 50% の軽量化の可能性を示した。また、この 100%-CNF 材トランクカバーをトヨタ 86 に取り付け、平成 30 年 6 月 6 日の成果報告会にて発表した (図 4.4-3、図 4.4-4)。



図 4.4-3 全景



図 4.4-4 トランク部拡大

本年度は、大型部材のさらなる軽量化を目的として、100%-CNF の薄い表層材で CNF ハニカムコアをサンドイッチした、軽量で高剛性の CNF ハニカムサンドイッチ構造のトランクカバーを試作した (図 4.4-5)。これは平成 30 年 12 月 6~8 日に開催されたエコプロ 2018 でモック展示された (図 4.4-6)。

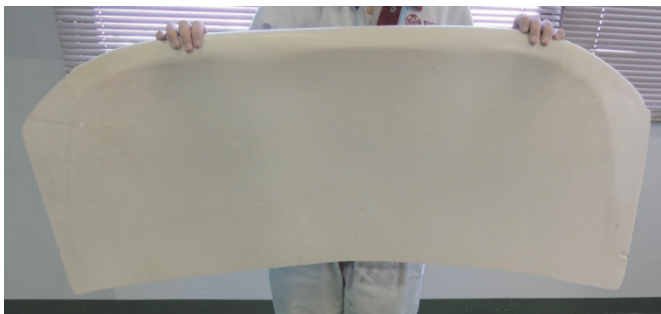


図 4.4-5 CNF ハニカムのトランクカバー



図 4.4-6 トランク部拡大

4.4.2 100%-CNF/CNF ハニカムカバーの試作

来年度に製作する最終試作車の 100%-CNF/CNF ハニカム構造のボンネットの 100%-CNF 表層材と CNF ハニカムコアからなるサンドイッチ構造は、比剛性が最も優れていた下記の構成とした。

CNF の 3 次元大型成形体の試作に先立ち、CNF の成形時の収縮率、常態放置下での寸法変化を測定し、CNF の収縮率等を考慮した賦型用の CFRP 型を作製いただき、CNF の成形を実施した。

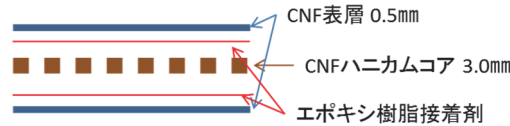


図 4.4-6 ハニカムボンネットの構成図

4.4.3 100%-CNF 材の寸法変化の測定

ハニカム構造のボンネットの表裏に用いる 100%-CNF の 3 次元成形体の成形時と成形後の常態 (23℃、湿度 50%) における寸法変化を測定した。試験は、3 次元成形体と同じ条件で作製した 0.5×500×1000 mmの平板を用い、基準点間距離 (A1、A2、B1、B2) を成形前 (予備脱水 CNF シート)、成形後、恒温恒湿下での放置後をそれぞれ測定した。模式図を図 4.4-7 に、測定結果を表 4.4-1、表 4.4-2 にそれぞれ示す。

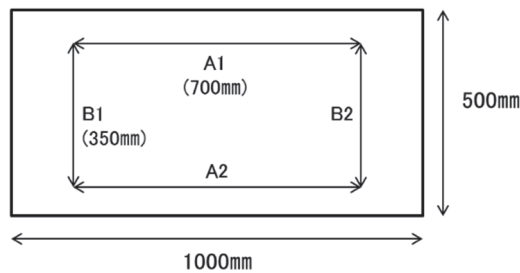


図 4.4-7. 寸法変化率測定試験片の模式図

表 4.4-1. 成形前から成形後の寸法変化率

	A1	A2	B1	B2
寸法変化率 (%)	-0.8	-0.8	-1.0	-1.0

表 4.4-2. 恒温恒湿下での寸法変化率

経過時間 (日)	A1	A2	B1	B2
10	+0.2	+0.2	+0.4	+0.4
20	+0.2	+0.2	+0.4	+0.4

単位：%

上記の結果より、100%-CNF の成形時は、予備脱水シートから絶乾状態の成形体になる時は 0.8～1.0%の平面方向の収縮を示し、常態に放置して吸湿すれば平面方向に 0.2～0.4%膨張することが分かった。

4.4.4 ボンネット形状の CNF 大型成形品の試作

CNF の成形時の収縮量等を考慮したボンネットの CFRP 型をトヨタカスタマイジング&ディベロップメント様にて作製いただき、100%-CNF のボンネット形状の 0.5 mm厚さの成形体（表面材）を試作した。

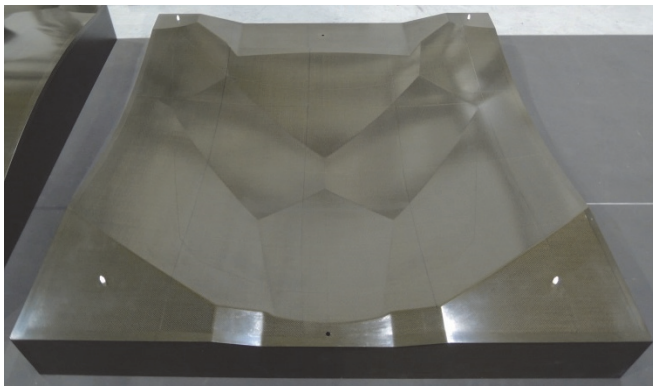


図 4.4-8 最終試作車のボンネット CFRP 型



図 4.4-9 100%-CNF のボンネット形状成形体

4.4.5 来年度の予定

①CNF 成形体の製造方法のさらなる最適化を図り、最終試作車のボンネットを 100%-CNF/CNF ハニカムサンドイッチ構造で試作し、評価を実施する。

②CNF 材料を用いた自動車部品・部材の社会実装に向け、100%-CNF 板材、CNF ハニカムボードの長期信頼性と実用上必要な材料特性（クリープ性、耐衝撃性、耐燃性、疲労特性、熱特性、力学特性、耐久性等）を評価する。

4.5 CNF パイプの作製及び構造部材用パイプの試作と評価

((株) 昭和丸筒/昭和プロダクツ (株))

自動車部材用の CNF パイプとして、CNF シートに熱硬化性接着剤を塗工し、アルミパイプに巻きつける仕様を最適化するため、今年度は昨年度に引き続き接着剤の厚み及び熱硬化の方法を改良した。また、軽量化方法を検討した結果、CNF シートを複数枚貼り合わせておくことで巻数を減らすことを明らかにした。これらによって、同サイズのステンレスパイプと同等の破壊強度で重量を 35%低減できた。この CNF パイプで最終試作車用のルーフサイドレールを作製し、(株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメントへ提供した。

4.5.1 CNF パイプ用接着剤の塗工厚み検討

自動車部材用の CNF パイプとして、芯にアルミパイプ、接着剤に熱硬化性接着剤を用いることで、乾式で巻く方法を検討した。事前に CNF シートへ接着剤を塗工するが、その接着剤の最適な塗工厚みの検討が必要なため、接着剤の厚みを 5~15 μm と変えて塗工し、積層板で評価を行った (表 4.5-1)。接着剤の量が増えると密度は下がっていくが、強度と弾性率も下がっており、接着剤はできるだけ少ないほうが強度が出ることが判明した。

表 4.5-1 接着剤厚み別 CNF 積層板の曲げ試験

	CNF 積層板			
接着剤厚み(μm)	3	5	10	15
密度($\text{g}/100\text{cm}^3$)	1.36	1.38	1.32	1.26
最大点荷重(N)	10.5	10.7	12.4	13.1
曲げ応力(MPa)	159.7	168.6	150.0	144.6
曲げ弾性率(GPa)	18.4	19.8	13.8	14.9

次に接着剤厚み 3~10 μm の CNF シートでパイプを作製し、曲げ試験を行った (表 4.5-2)。積層板と同様に接着剤の厚みは 5 μm のあたりで最も強度が出ており、接着剤の厚みは 5 μm で進めることとした。

表 4.5-2 接着剤厚み別 CNF パイプの曲げ試験

	CNF パイプ		
接着剤厚み(μm)	3	5	10
密度($\text{g}/100\text{cm}^3$)	1.73	1.73	1.70
最大点荷重(N)	573	615	637
曲げ応力(MPa)	209	223	219
曲げ弾性率(GPa)	24.9	24.8	23.7

4.5.2 CNF パイプの巻き方検討①CNF シートの貼り合わせ

CNF シートは非常に薄いため、パイプに巻く際にシートを強く引張りながら巻きつけると切れてしまう。シートを引張る力が弱いとシート間に隙間ができてしまい、強度低下の原因となる。そこで、CNF シート数枚を貼り合わせて厚みを持たせ、強く引張れるようにした。

4.5.3 CNF パイプの巻き方検討②熱硬化時の巻きつけ検討

アルミパイプに CNF シートを巻きつけて熱硬化させる時に、巻きつけの圧力によってずれたり、隙間ができて空気が入り込んでしまうことがある。熱硬化完了後は図 4.5-1 のようなシワや浮きとなって現れる。X 線 CT にてパイプの断面を観察すると、シワや浮きが発生しているものは内部で剥離しており（図 4.5-2）、シワや浮きが発生しない状態が重要となる。



図 4.5-1 熱硬化後のシワ、浮き

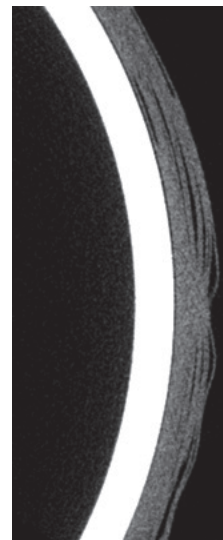


図 4.5-2 X 線 CT 断面画像

そこで、貼り合わせた CNF シートを 2~3 枚巻く毎にゴムシートで固定して加熱させることで、シワや浮きを抑えることが可能となった。

4.5.4 曲げ試験の実施

上述のような、パイプにシワや浮きが発生しない方法で CNF パイプを作製し、4 点曲げ試験を行った。外径はすべて $\phi 32\text{mm}$ に合わせている。

- ① CNF パイプ
- ② ステンレスパイプ (厚み 1mm)
- ③ アルミパイプ (厚み 1mm)

比較としてステンレスパイプ、アルミパイプもテストを行った。曲げ試験の結果を表 4.5-3 に示す。CNF パイプの破壊強度は同じ外径のステンレスパイプと同程度で、重量は 35%軽量化となった。

表 4.5-3 CNF パイプの 4 点曲げ試験結果

	CNF パイプ	ステンレスパイプ	アルミパイプ
重量(g/100mm)	46.26	72.16	26.27
最大点荷重 (N)	2,261	2,211	1,363
曲げ応力 (MPa)	159	396	228
曲げ弾性率 (GPa)	25.7	177.9	66.3

4.5.5 CNF パイプの特性試験

強度以外の特性として、振動減衰を確認した。パイプにハンマーを当てた時の振動をアルミパイプと比較したところ、CNF パイプは振動の吸収が大きいことが確認できた。

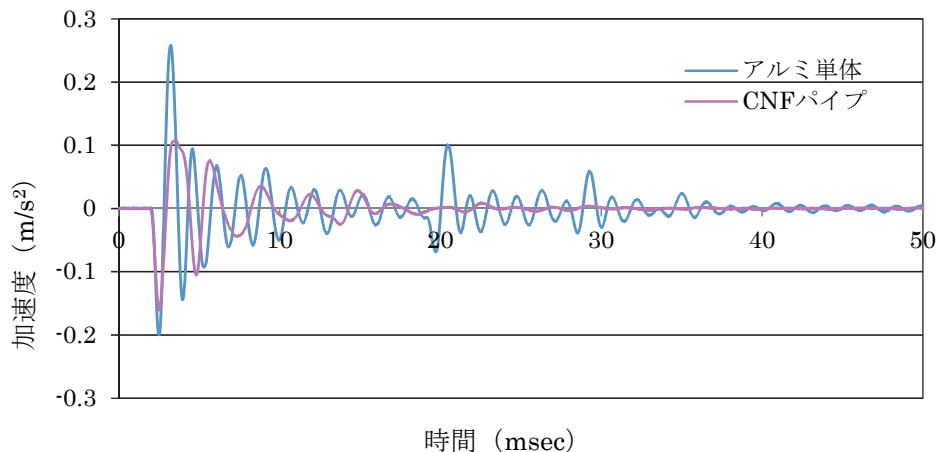


図 4.5-1 振動減衰

また、CNF 部分の熱老化性を確認するため、積層板を作製し、 150°C の環境下で 192 時間置いた後に曲げ試験を行った。192 時間後も試験前の曲げ強度、曲げ弾性率より下回ることはなく、CNF 層での熱老化耐性は十分にあると考えられる。来年度はパイプでの熱老化試験を行い、アルミとの膨張差による変形や物性低下も評価する予定である。さらに、寒熱サイクル試験や耐湿性、燃焼性、耐候性等の特性評価を実施予定である。

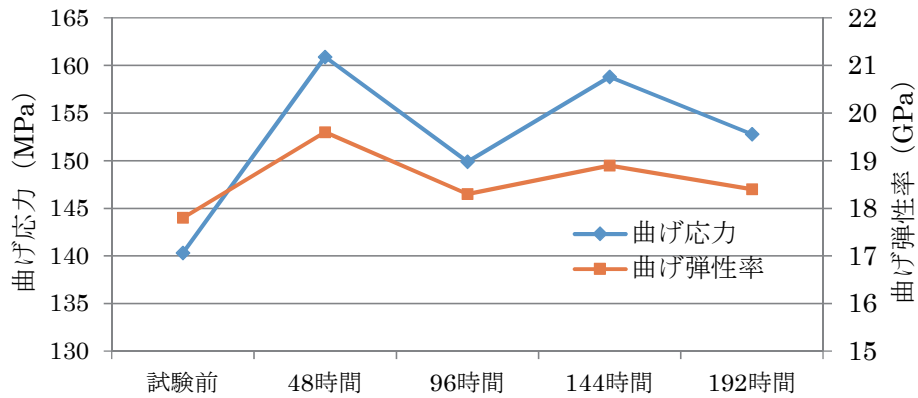


図 4.5-2 熱老化試験

4.5.6 ルーフサイドレールの作製

最終試作車のルーフサイドレール作製し、(株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメントへ提供した。ルーフサイドレールの設計データを元にアルミパイプの曲げ加工を行い、その後 CNF シートを巻きつけ、熱硬化させることにより作製した。



図 4.5-3 CNF シートの巻きつけ



図 4.5-4 最終試作車に設置した状態

第5章 CNF 材料成形品の車両実装に関する評価および最終試作車の車両構想の検討

5.1 CO₂削減のための部品の軽量化目標の評価検証

((株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント)

本業務 (1) (2) (3) (4) より、材料定数情報、成形加工性評価結果、部材性能評価結果、接着・接合性評価結果の情報提供を受け、軽量化シミュレーションを行い、CO₂削減を目的とした部品の軽量化目標を設定した。

① CNF 部品の軽量化目標値

本業務 (1) (2) (3) (4) より材料特性や生技要件等の情報提供を受け設計を行った。図 5.3-1 で設定した CNF 化部品に対しての軽量化目標を表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 軽量化目標値(質量)

No.	CNF化部品	材質	成形法	質量(g)(CNF)	質量(g)(従来)	軽量化量
1	ボンネットフード(ASSY)	CNF不織布+EP、フォームコア	HP-RTM成形	7000	14000(鉄)	-50%
2	ボンネットフード(アウター)	CNF100%シート、ハカムコア	真空バッグ、オープン	1840	5950(鉄)	-69%
3	ドアアウターパネル	PP+CNF10%	射出成形(発泡)	2200	4,850(鉄)	-55%
4	ドアインナートリム	PP+CNF10%	射出成形	1,161	1,290(樹脂)	-10%
5	ルーフ	PP+CNF10%	射出成形	4510	5,980(鉄)	-25%
6	バックドアウインドウ	PP+CNF10%	射出成形	3390	7,380(ガラス)	-54%
7	Rr.ウイング	PP+CNF10%	ブロー成形	1026	1140(PP)	-10%
8	アンダーカバー	PP+CNF10%	ブロー成形	1053	1170(PP)	-10%
9	パケトレトリム	PP+CNF10%	射出成形(発泡)	550	720(PP)	-24%
10	ルーフサイドレールレインナ	CNF不織紙+ALパイプ	ワインディング	5,395	10,628(SUS)	-49%
11	バンパー部品	PA6+CNF10%	3Dプリンタ	400	530(PA6)	-25%
12	(CFRP+CNFパイプ骨格)	CFRP+CNFパイプ(上記No.10)	改造	108900	125000(CFRP)	-13%

② RTM 成型品の剛性評価と軽量化検討

1次試作車のフード軽量化の為に材料構成を変更し、今回試作したフードの剛性を TCD で評価した。その結果、市販車用(アルミ製)と比較して剛性は 1.4 倍~1.7 倍であった。そのため、さらに剛性を下げることにより軽量化する余地があると考えられる。シミュレーションや詳細な試験を行うことで、実用的な剛性、強度を満たしつつ、更なる軽量化効果が期待できる。

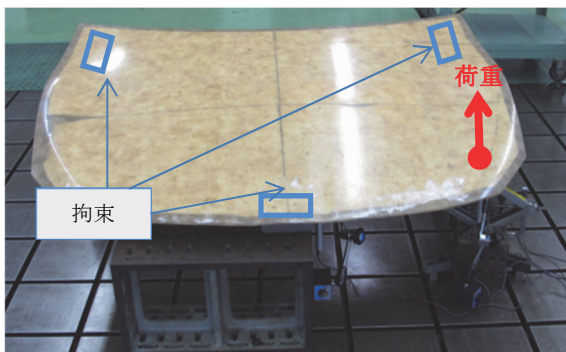


写真 5.1-1 荷重点と拘束点

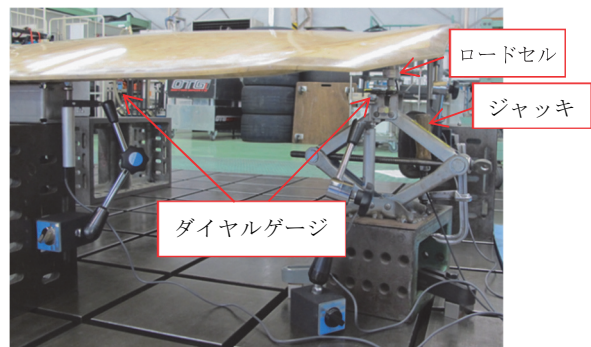


写真 5.1-2 計測機器配置

表 5.1-2 変位量計測結果

	表皮厚さ(mm)	質量(kg) (目標値)	変位量(mm) (300N 時)
① 市販車 (アルミ製)	—	7.3	9.4
② 9 月試作品	1.8	8.9	5.7
③ 12 月試作品	1.2	6.9	6.8

③ 1 次試作車用ボンネットフード歩行者保護解析

実用的な剛性、強度を満す軽量化目標を設定する為、CNF 製フードと市販車用フードについて、歩行者保護シミュレーションモデル作成と材料試験を行った。その結果、CNF 製フードについても、従来の金属や CFRP 同様の手法で材料物性の取得とシミュレーションが可能であることが確認できた。これらの結果と合わせ、今後はフード現物の歩行者保護試験を行うことにより、シミュレーション精度の向上と設計最適化が可能となることが期待できる。

表 5.1-3 引張試験概要

試験	高速引張試験
測定項目	荷重時刻歴、チャック間変位時刻
試験方法	ASTM D1822 準拠
試験条件	チャック間距離：30 mm 速度：0.1, 1, 100, 1000, 5000, 10,000 [mm/sec] 各 n=3
試験環境	25 °C
試験機	島津製作所 高速引張試験機 HITS TX 10 kN

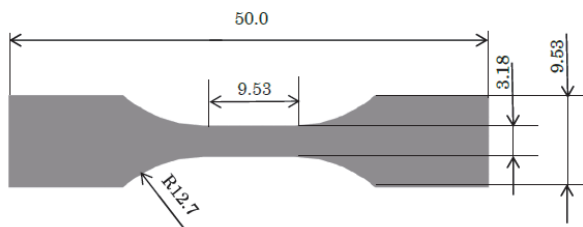


図 5.1-1 引張試験片形状および寸法

表 5.1-4 測定結果(0.001mm/sec)

ID	厚さ mm	幅 mm	応力最大値 MPa	弾性率 (0-0.25%) MPa	破断変位 (チャック間変位) mm
N01	1.25	3.20	99	108	0.46
N02	1.25	3.20	103	88	0.62
N03	1.20	3.10	85	144	0.33
平均値	1.23	3.17	96	113	0.47

表 5.1-5 高速引張試験結果

試験片 No.	試験速度 mm / sec	応力最大値 MPa	破断変位 (チャック間変位)
SN01	0.1	105	0.45
SN02		106	0.39
SN03		105	0.38
SN04	100	96	0.33
SN05		107	0.29
SN06		98	0.28
SN07	1000	105	0.30
SN08		106	0.32
SN09		105	0.33
SN10	5000	124	0.28
SN11		135	0.30
SN12		135	0.35
SN13	10,000	134	0.27
SN14		135	0.29
SN15		154	0.37

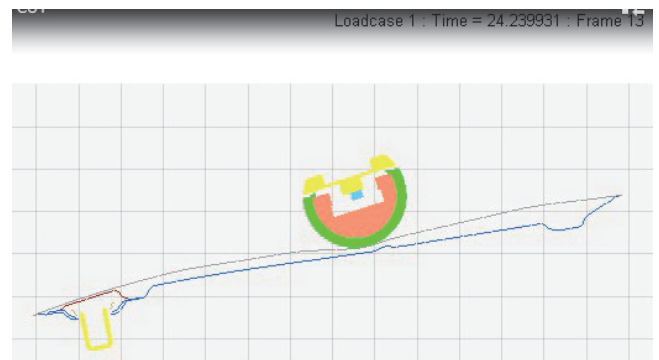
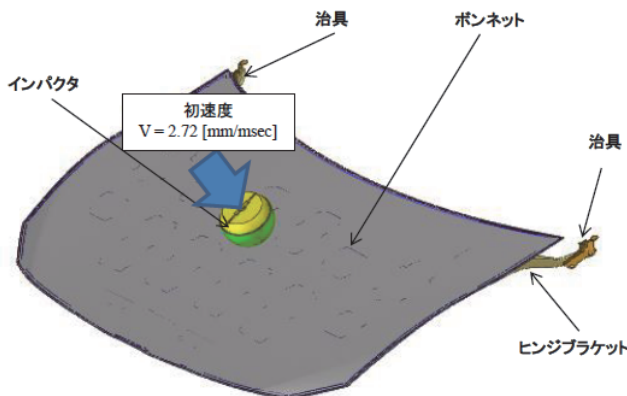


図 5.1-2 シミュレーション結果

5.2 最終試作車の車両構造の検討

((株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント)

最終試作車の車両構造の検討のため、3回程度（1回5名程度）自動車構造体に関わる軽量化の技術開発動向、技術領域等、コンセプトカー動向の国内外先進事例の明確化を行なった。CNF 部品の基本構造を検討するとともに、部品の試作に必要な評価・検討結果を本業務（1）（2）（3）（4）にフィードバックした。

① 自動車構造体の軽量化技術情報を技術開発動向、技術開発領域等、コンセプトカー動向を明確化

(I) AUTOMOTIVE CIRCLE における車体軽量化技術事例

・ BMW 8Series Coupe

CFRP ルーフ工法を今までの HP-RTM から WetMolding に変更することでプリフォーム工程を削減、サイクルタイムを9分⇒3分に短縮、部品コスト50%減。

C-SMC トランクリッド：金属プレスでは造形が難しい意匠形状のため。



写真 5.2-1 ルーフの例



写真 5.2-2 トランクの例

アルミ 鋳造薄肉大型化部品 (t1.5mm) と鉄との異種材接合による軽量化

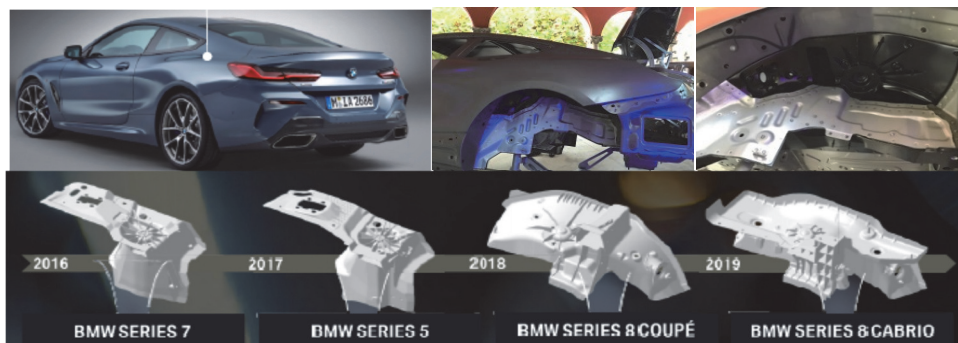


図 5.2-1 異種材使用構造の例

(II) PARIS EXPO PORTE DE VERSAILLES での最新コンセプトカー事例

- PEUGEOT e-legend concept (504 クーペの EV オマージュ)



写真 5.2-3 最新 EV 車デザインの例

- ランプ類デザイントレンド



写真 5.2-4 ヘッドランプ、テールランプの例

- コンセプトカーホイールデザイントレンド



写真 5.2-5 ホイールデザインの例

- バイオ素材のコンセプトカー内装および部品、素材展示事例



写真 5.2-6 バイオ素材使用例

(Ⅲ) JEC (Journals and Exhibitions for Composites) における軽量化の技術開発動向

・ 亜麻 (FLAX) 繊維製部品

GFRP 並の強度、剛性があり、振動減衰特性に優れるという特徴がある。市販車用供給量を確保することが可能で、材料コストは CFRP 以下と推定される。



写真 5.2-7 素材使用例(レーシングカー用部品等)

・ 新コンセプト車体設計の一例

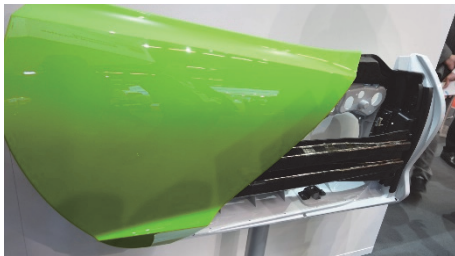


写真 5.2-8 樹脂製ドアフレーム



写真 5.2-9 パイプフレーム補強車体

5.3 最終試作車製作に向けた検討

(京都大学、(株)トヨタカスタマイジング&ディベロップメント)

本業務(5)①～④の検討を踏まえ、CNF部品を可能な限り最大限に搭載した最終試作車の車両製作に向け、車両構造、車体・部品設計、組み付け技術等を検討しつつ、最終試作車の軽量化目標及び最終試作車の車両構造を検討した。

最終試作車の構造と部品を設計した結果を、図5.3-1に示す。

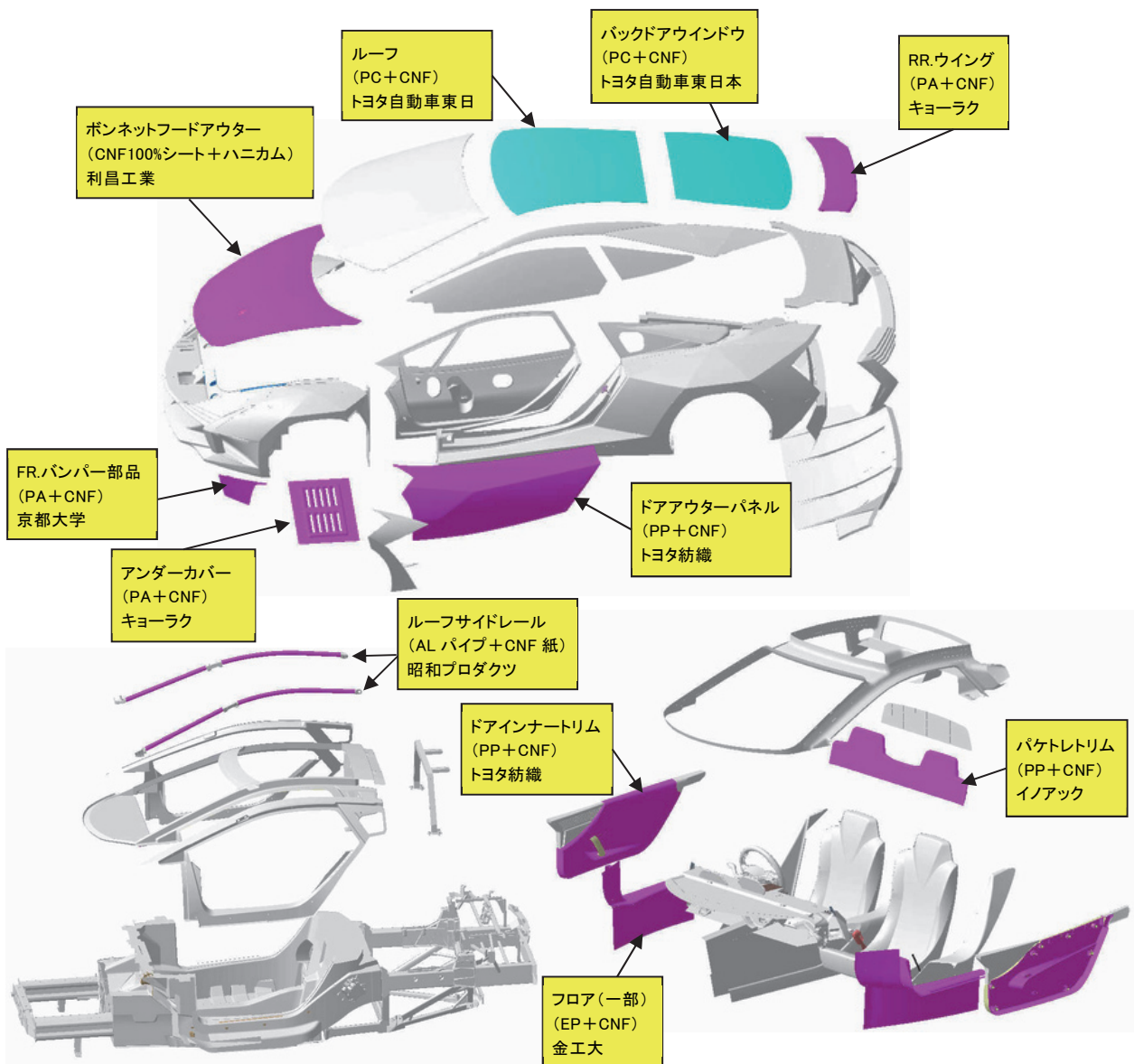


図 5.3-1 最終試作車 CNF 部品構成

5.4 最終試作車の製作に向けた部品の製作と軽量化評価 ((株) トヨタカスタマイジング&ディベロップメント)

最終試作車の製作に向け、最終試作車の軽量化目標を踏まえた車両構成部品の作製方法を検討するとともに、最終試作車に搭載するための部品類を試作し、本業務(2)(3)(4)の最終試作車用CNF試作成形部品とともに、最終試作車への搭載を検討し、最終試作車の軽量化目標を評価した。

本業務(2)(3)(4)の最終試作車用CNF試作成形部品を取付け可能な車両骨格部品を製作し、車両骨格の改造と組立を行った。



写真 5.4.1 CNF パイプ補強骨格



図 5.4.2 ベアシャシ完成状態

第6章 社会実装に向けた CNF 活用製品の CO₂ 削減効果の評価・検証

はじめに CO₂ 評価グループの業務構成を図 6-1 に示す。CO₂ 評価グループの実施業務は CNF 原材料製造時の評価、部材の評価、車両の評価、将来予想に基づく自動車全体の評価の四つのパートで構成される。

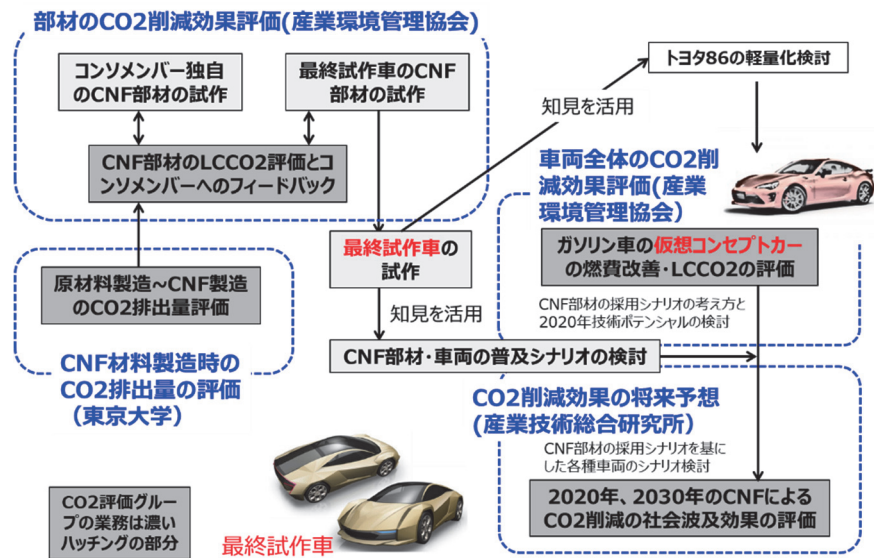


図 6-1 CO₂ 評価グループの業務構成

6.1 試作する自動車の CO₂ 削減効果に関する評価 (産業環境管理協会)

CNF 材料のガソリン車への適用ポテンシャルの検討材料に資するため、試作車をベースにした車両モデルについて、CNF 材料を最大限活用し軽量化を追求した場合の燃費改善効果とライフサイクルを考慮した CO₂ 排出量の試算を行った。また、最終試作車のライフサイクルを考慮した CO₂ 削減効果に関わる評価方針を検討した。

6.1.1 評価方針の決定

車両評価の方針としてコンソーシアムの中で以下が決定された。

- 最終試作車とは別に CO₂ 排出量に関わる定量評価を行うための仮想コンセプトカーを設定する。
- 昨年度燃費測定を行った Toyota 86 をベースライン車とし、これに対して CNF の活用による軽量化を加味したモデル (仮想コンセプトカー) を評価対象車とする。

CO₂ 評価グループとしては、仮想コンセプトカーとベースライン車の比較により CO₂ 削減効果を算定し、この際に軽量化に伴うエンジンのダウンサイジングもシナリオとして考慮することとした。ダウンサイジングにあたっては加速性能を同等する設定とした。

6.1.2 燃費改善効果のシミュレーション

燃費改善効果のシミュレーションにエンジンのダウンサイジングを加味することとした経緯は次のようなものである。昨年度は Toyota 86 の実機にて車両走行試験およびシャーシダイナモ試験を実

施し燃費の車両重量依存性を調査したところ、10%軽量化で2.4%の燃費向上率という NCV 事業の目標である 10%の燃費向上との乖離が大きい結果となった。他方、国交省の市販車の燃費の車両重量依存性を見る限り事業目標の値と同等の実績データが出ている。このギャップの原因は、軽量化に伴うエンジンの燃料消費効率の低下による可能性がある。そこで、自動車研究所に軽量化に応じてエンジンサイズ（排気量）を縮小し燃費シミュレーションを行う作業を発注したところ、10%軽量化で8.2%の燃費向上率という結果が得られた。

6.1.3 LCCO₂削減効果の試算

LCCO₂ 排出量の中で寄与度の大きい走行段階と素材製造段階についてそれぞれ前述の実測、化学シミュレーションによる推算の結果を踏まえて CNF 導入による車両軽量化時の LCCO₂ 排出量を算定した。軽量化前のトヨタ 86 をベースラインとし、仮想コンセプトカーの車体重量を 10%軽量化したものとして、両者の LCCO₂ 排出量を比較することで軽量化効果を算定した。軽量化に必要な代替材料は CNF を 10% 混合した PA6 とし、射出成形で製造するものと仮定した。CNF 製造時の CO₂ 排出量については継続的に CNF 製造に関わる論文動向に配慮しつつ、コンソーシアムメンバーである東京大学チームの量産化を前提としたシミュレーションの結果（平成 29 年度）から取りうる低めのケース（ケース 1）と高めのケース（ケース 2）を採用した。走行段階については第 6.1.2 項の結果である「車体重量 10%軽量化、8.2%の燃費向上率」を用いた。廃棄・リサイクル段階については、CNF 複合材料のリサイクル方法が確立されていないことから、全量焼却し、その熱による廃棄物発電（発電効率 10%）というシナリオを設定した。評価対象モデルの LCCO₂ の削減効果の算定結果について下図に示す。いずれのケースにおいても走行段階による軽量化効果の寄与が大きく、仮想コンセプトカー 1 台あたりの LCCO₂ 排出量の削減効果はおよそ 2,000kg-CO₂e と試算された。

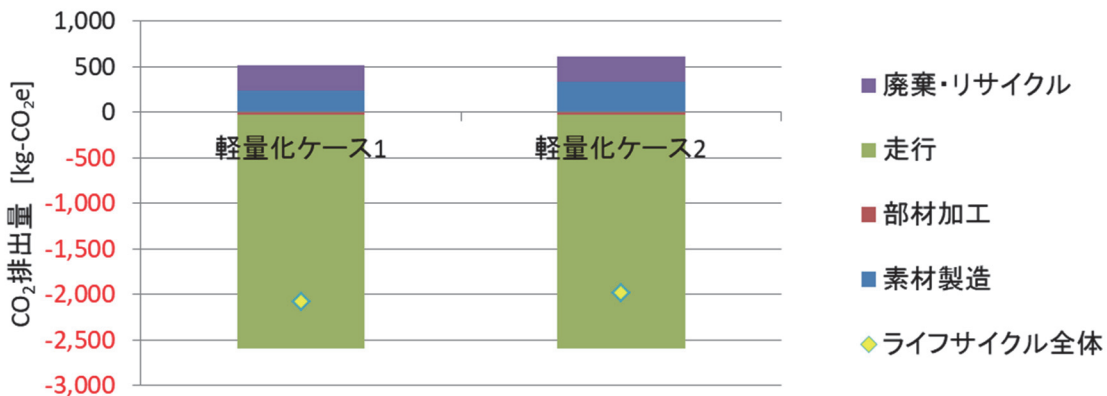


図 6.1-1 ベースライン(鋼鉄車)から 10%軽量化した仮想コンセプトカーの LCCO₂削減効果

6.1.4 LCCO₂削減効果の最終的な試算の準備

前述の検討結果に基づき下記第 6.2 項における検討をふまえ、最終試作車をベースにした CNF 部材の適用による LCCO₂ の削減効果の評価方針を検討した。「2020 年時点で技術的には CNF 部材適用が実現可能で、2030 年までの社会実装が見込まれる」ことを前提とした、CNF 部材の適用の可否、すなわち既存部材の CNF 部材による代替の可否については、コンソーシアムメンバーへのヒアリング結果を参考に判断基準（案）を作成した。具体的には次に挙げる 3 項目のいずれかを満たすことである。

- 残課題はあるものの実際の CNF 部材試作が出来ているもの
- 既に一般の市販車でプラスチック部材があるもので、かつ CNF 部材試作が出来ている種類の樹脂（現行では、PP、PA6）を使っているもの
- 現在使われている成形加工技術で製造可能なもの

また、コンソーシアムメンバーより受けた既存の CNF 部材の試作状況を鑑みて従来部材比での軽量化率（案）について下表のとおり設定した。

表 6.1-2 CNF 部材による従来部材比の軽量化率(案)

部材名称	コンソメンバー試作部材	軽量化率 (従来部材比)	根拠
外板（アルミ除外）	ピラー、ドアアウト、エンジンフード	49%	曲げ剛性等価とした設定値（TCD 資料）
構造材・パネル要素	検討中		
構造材・フレーム要素	無し	41%	CFRP 並に出来ると仮定した場合の設定値（TCD 資料）
フロントガラス		50%	トヨタ自動車東日本の目標値からの設定値
サイド・リアガラス	バックドアウィンドウ、ルーフパネル	50%	トヨタ自動車東日本の目標値からの設定値
上記以外の樹脂部材 (PP、PA6)	インマニ、エアコンケース、ドアトリム	20%	部材メーカー4社（デンソー、アイシン精機、トヨタ紡織、イノアック）の試作実績（10-16%）からの改善分を想定した設定値
上記以外の樹脂部材 (ABS、他)		20%	部材メーカー4社（デンソー、アイシン精機、トヨタ紡織、イノアック）の試作結果（10-16%）からの改善分を想定した設定値

2020 年時点での技術ポテンシャルというフェーズにおける CNF 部材の適用については、前述の既存部材の CNF 部材による代替の判断基準（案）をもとに、次年度事業でのコンソーシアムメンバーの試作状況を踏まえてさらに精査することが必要である。

6.2 CNF 部品実機搭載における CO₂ 削減効果評価（産業環境管理協会）

コンソーシアムメンバーから部材試作について情報提供を受け、部材単位の LCCO₂ 削減効果进行评估し、LCCO₂ 削減効果の算定結果と改善ポイントを同メンバーにフィードバックした。

CNF 部材の開発に資することを目的として、試作品ごとに LCCO₂ の削減効果を試算することをコンソーシアムメンバーに周知し、部材試作で先行しているコンソーシアムメンバー7社より情報提供を受けた。そのうちデータが十分に集まった5社分について CNF 部材の LCCO₂ 削減効果の算定を実施し、算定結果をコンソーシアムメンバーにフィードバックした。下図に代表的な算定例として自動車用ドアトリムの結果を示す。この例では基本的な算定条件を、CNF 製造時の CO₂ 排出量を2水準（ケース1、2）とするなど、第6.1.3項と同じとした。CNF 製造時の CO₂ 排出量は第6.1.3項と同様に幅のある形で評価を行った。その結果、部材1個あたりの LCCO₂ 削減効果は4.8～5.5 kg-CO₂e となった。削減効果に大きく貢献しているのは走行時の軽量化による燃費向上、続いて、使用する樹脂量の低減による樹脂製造時の CO₂ 排出量および樹脂の燃焼に由来する CO₂ 排出量の削減であった。また、さらなる LCCO₂ 削減効果の改善ポイントとして下表の内容を特定した。

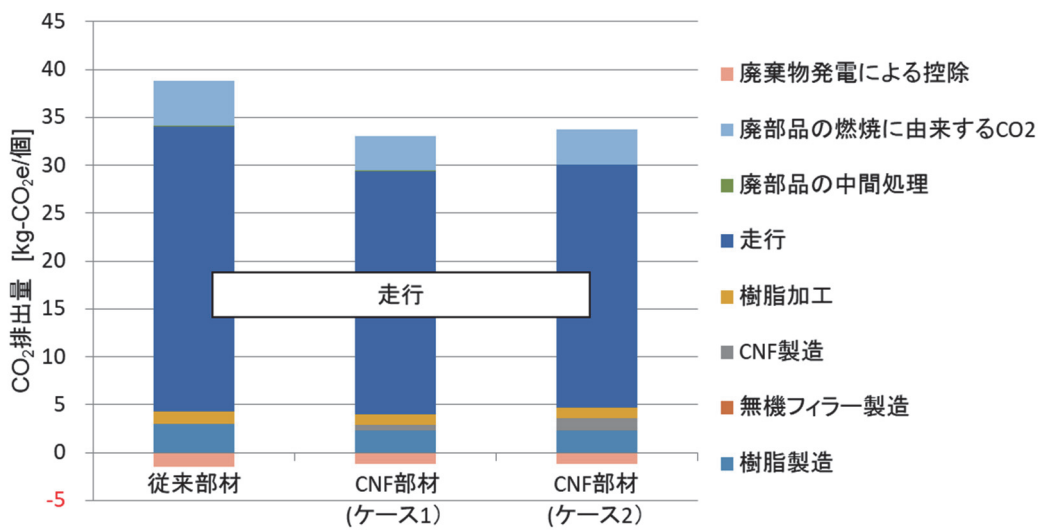


図 6.2-1 自動車用ドアトリムの LCCO₂ 削減効果の算定例

表 6.2-3 LCCO₂ 削減効果の改善ポイント

原材料調達段階	樹脂加工段階	走行段階	廃棄・リサイクル段階
<ul style="list-style-type: none"> 樹脂投入量の削減（薄肉化、発泡倍率向上） 原材料樹脂の変更（製造時に CO₂ 排出量の少ない樹脂で同等機能を持つ部材開発） CNF 製造時の CO₂ 排出量削減 CNF 素材そのものの機能向上 	<ul style="list-style-type: none"> 歩留まり向上 工程内リサイクル エネルギー効率向上 	<ul style="list-style-type: none"> さらなる軽量化 	<ul style="list-style-type: none"> 使用済み品のリサイクルの社会システム構築

6.3 CNF 部品の導入による CO₂ 削減効果シミュレーション技術の検討（東京大学）

CNF 活用製品の CO₂ 削減効果の評価・検証に向けて必要となる量産時の CO₂ 排出量を試算するためのシミュレーション技術を検討する。本年度は昨年度に開発したモデル・シミュレータの検証と改訂を実施した。特に、量産時の影響を表すために、規模による装置のエネルギー効率等を分析可能とするモデルの要件を再定義しながら、CNF 生産に由来するライフサイクルインベントリを幅を持った値として提案可能とする。

6.3.1 CNF 強化樹脂製造プロセスのシミュレータの要件

CNF の量産時の CO₂ 排出量を試算するシミュレーション技術を構築するために、CNF 製造プロセスにおいて入力される原料やユーティリティ（電力・熱・水など）と、出力される廃棄物や副産物を特定する必要がある。そこで、昨年度に CNF 製造プロセスの単位操作と入出力の概要を特許情報¹⁾に基づいて特性化し、本年度は量産プロセスの複数案を検討した。特許情報に基づく CNF 製造プロセスのブロックフローダイアグラムを図 6.3-1 に示す。原料セルロースとしては製紙工場から得られるパルプを想定した。製紙プロセスの CO₂ 排出量は、生産規模や各種紙製品の生産割合、利用可能な黒液、廃棄物由来燃料等の使用条件などによって大きく変動することがわかっており²⁾、昨年度には CNF 生産のライフサイクル CO₂ 排出量のうち製紙条件による変動幅を、製紙プロセスのモデリングとシミュレーションに基づいて特定した。

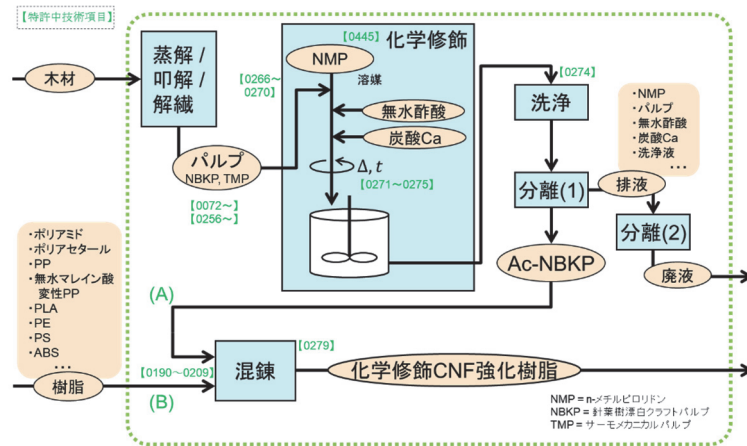


図 6.3-1 特許情報¹⁾に基づく CNF 製造プロセスのブロックフローダイアグラム

前述の特許における製法は、実験室規模での生産を前提として記述されており、量産化においては、大規模生産に適したプロセスを化学工学的観点から再構築する必要がある。昨年度においては、化学修飾プロセスは単一条件のみを仮定しており、本年度は後述の通り、複数のプロセス代替案を検討し、シミュレーションに基づいてその CO₂ 排出量を比較した。

6.3.2 化学修飾プロセスの量産化シミュレーション

化学修飾の量産プロセスの構築における検討事項として、以下の点を挙げる。

- (1) 溶媒の変更と回収： 実験室製法で利用されている n-メチルピロリドンは工業用溶媒としては高価であり、汎用的な化学物質製造では使用しない。そこで、量産プロセスにおいては無水酢酸を反応物かつ溶媒として作用するよう過剰量で投入する。このとき、未反応の無水酢酸や副生される酢酸を製品フローから分離・回収し、それぞれが製品としての品質（純度99%以上）を満たすまで精製することで、リサイクル可能な副生製品とみなすことができるようになる。このときリサイクル量に相当する酢酸、無水酢酸については、新規にこれらの製品を製造した際の CO₂ 排出相当分を控除できるが、精製等のリサイクルプロセスにかかるエネルギーは増加するため、ネットでの CO₂ 排出量の増減はシミュレーションによって明らかにする必要がある。場合によっては、一切分離・回収、リサイクルを行わず、排液処理により廃棄することもプロセス代替案となる。
- (2) 副生酢酸と未反応無水酢酸の回収： 反応時に副生する酢酸と未反応の無水酢酸の一部は製品に随伴するため、分離が必要となる。このとき製品から分離された酢酸と無水酢酸の混合物を、さらに分離精製し、(1)と同様にそれぞれが製品としての品質を満たすまで精製することで、リサイクル可能な副生製品とみなすことができるようになる。このような分離精製による削減効果と負荷増大のネットでのバランスをシミュレーションによって明らかにする必要がある、リサイクルせずに排液処理を行うこともプロセス代替案となる。
- (3) 洗浄後の乾燥蒸気からの酢酸回収： (2)で述べた分離を行っても少量の酢酸が製品に残留するため、水による洗浄が必要となる。洗浄後の変性パルプは吸水した状態となるので、乾燥が必要となる。この水には洗浄された酢酸も含まれ、(1)、(2)と同様にこの乾燥蒸気からも酢酸の分離、回収が可能である。(2)と同様に分離回収による削減効果と負荷増大のネットでのバランスをシミュレーションによって明らかにする必要がある、リサイクルせずに排液処理を行うこともプロセス代替案となる。

6.3.3 化学修飾プロセスの量産時 CO₂ 排出量

上記の選択肢を考慮し、表 6.3-1 のように量産時化学修飾プロセスにおけるプロセス構成案として 4 種類のケースを設定し、CO₂ 排出量の比較を行った。図 6.3-2 に化学修飾プロセスの CO₂ 排出量の計算結果を示す。化学修飾プロセスのみを対象とした Cradle-to-Gate LCA を実施しており、原料パルプの製造や、化学修飾の後に続く樹脂混練、成形、使用、廃棄は含んでいない。化学修飾に関するインベントリは既往の研究で開発されたプロセスモデル³⁾を用い、シミュレーション結果⁴⁾を用いて推算した。Case 2, 3, 4 においてグラフ中の「化学薬品」には、酢酸や無水酢酸をリサイクルした際に得られる、酢酸と無水酢酸それぞれの新規製造にかかる CO₂ 排出量相当分の控除を含めている。

Case 1 では反応液と溶媒として使用された無水酢酸に起因する CO₂ 排出が 9 割以上を占めた。他のケースにおいては反応後の無水酢酸回収によって Case 1 に比べて大幅にその使用量を削減でき、CO₂

排出量も削減できる可能性が示された。ただし、どのケースも内訳としては化学薬品由来の CO₂ 排出が半分以上を占める。エネルギーに起因する CO₂ 排出については、この解析では現状の系統電力および化石資源燃焼による蒸気の使用を仮定したが、将来的に排出原単位の低いエネルギーに移行することで削減の余地がある。

表 6.3-1 本事業で検討した量産時化学修飾プロセスにおけるプロセス構成案

Case	1	2	3	4
反応後無水酢酸回収	—	✓	✓	✓
溶液回収（脱気後）	—	—	✓	✓
溶液回収（乾燥後）	—	—	—	✓

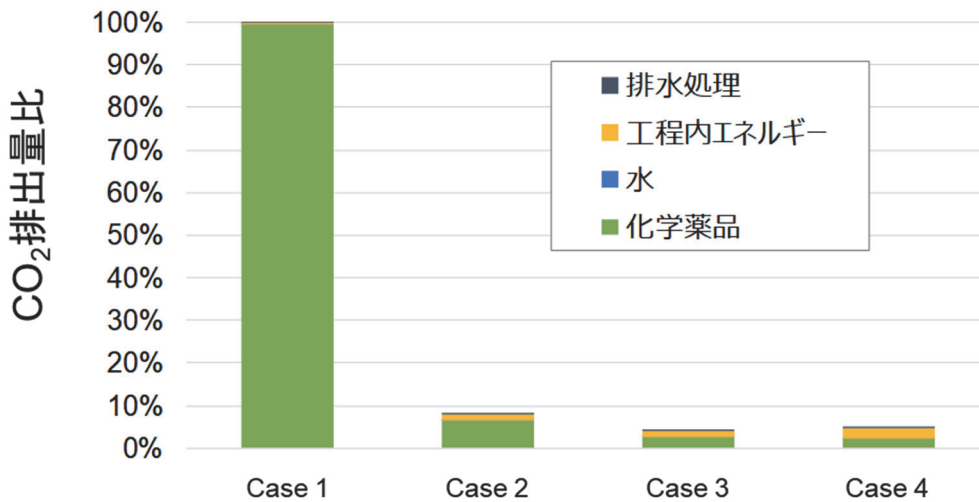


図 6.3-2 化学修飾プロセスの GHG 排出量 (Case 1 を 100%としたときの比)

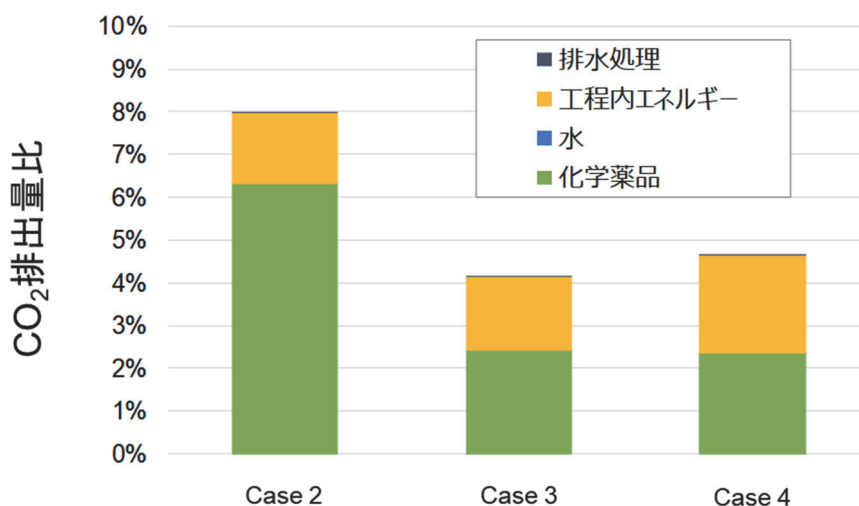


図 6.3-3 化学修飾プロセスの GHG 排出量 (図 6.3-2 の Case 2, 3, 4 部分の拡大)

参考文献

- 1) 特許第 6091589 号
- 2) Naofumi Miyata, Yasunori Kikuchi, Masahiko Hirao, Scenario Analysis on Pulp and Paper Flow for the Design of Paper Recycling System, Proceedings on the 9th International Conference on EcoBalance, 2010
- 3) 菊池康紀, 兼松祐一郎, シミュレーションに基づくインベントリデータの推算 -バイオマス由来化成品製造の事例, 第 13 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, 2018
- 4) Y. Kanematsu and Y. Kikuchi, Environmental analysis of acetylation of cellulose nanofibers through process system simulation, The 8th International Symposium on Design, Operation, and Control of Chemical Processes (PSE Asia 2019), 2019

6.4 CO₂削減効果の将来予想（2030年）（産業技術総合研究所）

車種の割合、保有台数を考慮して、フォアキャストリングにより、CNF部材が適用されたNCVの普及シナリオを検討した。得られた普及シナリオにより想定される軽量化率を算定し、車種別のGHG排出量の変化から日本国内における乗用車からのGHG排出削減量を試算した。

NCVの普及が、次世代自動車導入とともにGHG排出量削減に相乗的な効果を持つため、「2030年における日本国内における乗用車のライフサイクルGHG排出量は、2015年より約4.5億トン減少する可能性がある。」ことが示唆された。

6.4.1 軽量化シナリオの作成

エネルギー問題や地球温暖化対策の観点から、電気自動車などの次世代自動車の開発が世界中で進められている。車体の軽量化は、ガソリン車の燃費性能の向上だけでなく、次世代自動車への開発にも応用できるため、今後さらに必要とされる技術開発である。軽量化等による1台あたりのCO₂排出削減量をCO₂削減原単位とし、これにシナリオ設定に基づいた将来の波及導入数を乗じることで、社会への波及的なCO₂削減効果が得られる。

昨年度は、バックキャストリングによりCO₂削減シナリオ及び軽量化シナリオを作成し、2020年及び2030年におけるGVの軽量化目標を達成するために必要となる、鋼鉄・樹脂のCNF部材への置換率について、試算を行った。今年度は、CNF部材適用による軽量化がどのように進むかについて、フォアキャストリングによりシナリオ作成を行い、分析を行った。Partsfan¹⁾を参考にして自動車の部品リストと2020年時点及び2030年時点における技術レベル（社会実装はそれぞれ2030年及び2050年）でのCNF部材の適用可能性に関するアンケート資料を作成した。この資料を専門家に送るとともに、訪問してヒアリングを実施した。得られた回答をもとに、2030年時点で技術的にCNF部材が適用可能で、2050年までの社会実装が見込まれる部位がどこになるかをフォアキャストリングにより設定し、NCVの軽量化シナリオを作成した（表6.4-1）。その際外板については曲げ剛性等価、構造材については技術開発によりCFRP並の物性が達成できると仮定、ガラスについてはコンソメンバー内での目標値、樹脂については試作実績等を根拠として設定した。設定部位について、軽量化対象部材重量、CNF部材適用による軽量化重量を各車種ごとに計算した。軽量化率は、12.8%（GV（表6.4-1））、11.9%（HV）、11.4%（PHV）及び10.4%（EV）となった。

6.4.2 GHG排出量の試算方法

CNF部材を適用することによる、自動車一台あたりのGHG排出削減効果は、2015年時点における乗用車のライフサイクルGHG排出量と、2030年時点におけるCNF部材を適用した乗用車のライフサイクルGHG排出量の差分として試算した。システム境界は製造段階、走行段階、廃棄・リサイクル段階までとした。製造時のGHG排出量に与える影響は、軽量化の対象となる部材に着目し、CNF部材が適用された場合との部材製造時におけるGHG排出量の差分として、自動車部品の素材に関する

表 6.4-1 CNF 部材適用対象箇所、軽量化率および設定根拠のまとめ

部材名称	軽量化率 (従来部材比)	シナリオ1	シナリオ2		
			・2020年時点で技術的にはCNF部材適用が実現可能で、2030年までの社会実装が見込まれる。	・2030年時点で技術的にはCNF部材適用が実現可能で、2050年までの社会実装が見込まれる。	
		(対象箇所の設定根拠) ・CNF部材の試作が来ている。 ・既に一般の市販車でプラスチック部材があるもので、かつCNF部材試作が来ている種類の樹脂(PP、PA6)を使用。 ・現在使われている成形加工技術で製造可能。	(対象箇所の設定根拠) ・既に一般の市販車でプラスチック部材がある。 ・実際のCNF部材試作は来していないものの、技術的な応用が可能と考えられる。		
		検 討 中	軽量化対象部材重量 (GV)	軽量化重量 (GV)	軽量化率(車重比) (GV)
外板(アルミ以外)	49.05%		52.2kg	△25.6kg	△2.0%
構造材・パネル要素	40.6%		252.5kg	△102.5kg	△8.1%
構造材・フレーム要素					
サイド・リアガラス	50%		15.8kg	△7.9kg	△0.6%
フロントガラス	50%		13.9kg	△6.9kg	△0.5%
PP、PA6	20%		45kg	△9kg	△0.7%
その他の樹脂	20%		48.5g	△9.7kg	△0.8%
合計		427.9kg	△161.6kg	△12.8%	

GV トヨタ86(ベース):1260kg/台
EV はリーフ、HV・PHVはプリウスをベースとして軽量化を検討

る文献²⁾を参考に産総研が整備しているインベントリデータベース³⁾を利用して求めた。その際、①CNF (dry) 製造時の GHG 排出原単位は 10 kg-CO₂eq/kg-CNF、②CNF 部材製造時の GHG 排出量は算定対象外、③部材加工及び自動車組立段階でのエネルギー投入量等は CNF 部材と従来部材との間で大きな差がないとして算定対象外、とした。走行段階の GHG 排出量に与える影響は、①GV は軽量化によってエンジンのダウンサイジングが可能になる想定した際の燃費改善率(6.1.2 での検討結果)を用いて、②HV、PHV、EV は市販車の燃費・電費の情報をもとに想定した燃費・電費改善率(PHV、EV については 2015 年と 2030 年の電源構成予測⁴⁾を考慮)を用いて、それぞれ試算した。なお、生涯走行距離は 150,000km とし、PHV の GHG 排出量はフラングイン走行とハイブリット走行半々で算出した。廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量試算においては、樹脂は廃棄物発電、ガラスはリサイクルを想定した。

車種別の GHG 排出削減量に、将来乗用車の保有台数増減⁵⁾を考慮した波及導入数を乗じることにより、2015 年を基準としたときの、2030 年における乗用車からの GHG 排出削減量を試算した。その際、次世代自動車普及シナリオとして、主に従来車の軽量化や低コストが進むシナリオ⁶⁾⁷⁾を採用し、2030 年に各自動車の占める割合を、GV (65%)、HV (25%)、PHV (5%)、EV (5%) と設定した。

6.4.3 試算結果

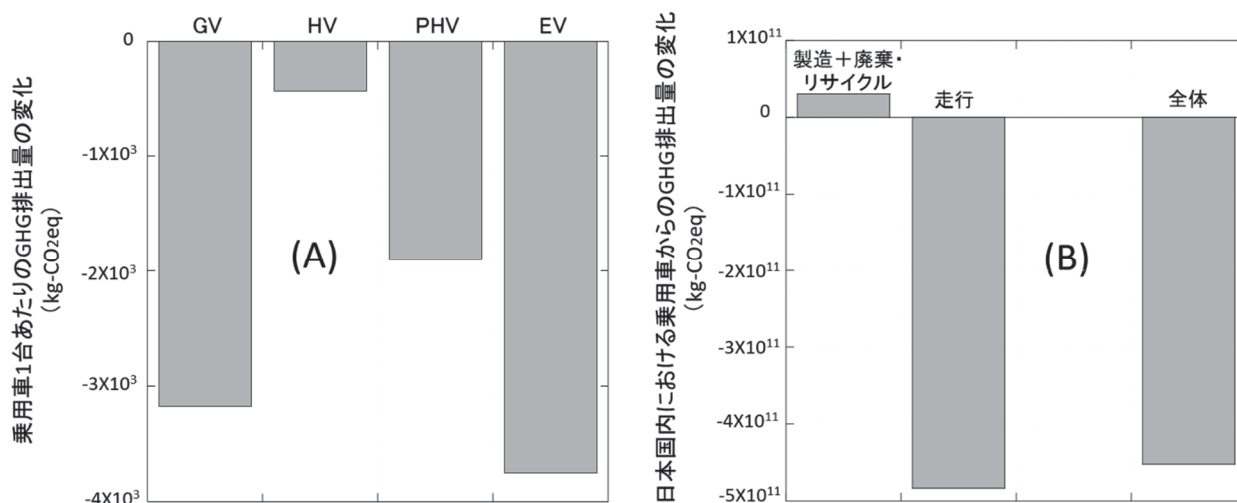


図 6.4-1 2030 年の技術レベルで CNF 部材を適用した場合における 2015 年からの GHG 排出量の変化

(A) 乗用車 1 台あたりのライフサイクル GHG 排出量の変化

(B) 日本国内における乗用車からの GHG 排出量の変化

図 6.4-1 (A) に 2030 年までに技術的に可能になる (2050 年までに社会実装) と想定される部位を CNF 部材とした場合の、乗用車 1 台あたりのライフサイクル GHG 排出量の変化 (2015 年時点との比較) を示す。走行段階において、GV はエンジンのダウンサイジングまで考慮して燃費改善率を設定しているため、その他の車種に比べ走行段階での軽量化による GHG 排出削減効果が大きくなっている可能性について考慮する必要があるものの、すべての車種でライフサイクル全体では GHG 排出量が削減されるという試算結果が得られた。この結果をもとに、2030 年における次世代自動車の保有台数を考慮して、日本国内における乗用車からの GHG 排出量 (2015 年時点からの変化量) を試算したところ、ライフサイクル全体で GHG 排出量が約 4.5 億トン削減されるという結果が得られた (図 6.4-1 (B))。ただ、この値には車種別の保有台数の変化による影響が含まれるため、CNF 部材のさらなる適用による車体軽量化が期待される。また、シナリオ分析結果に基づく、IDEA マトリックスを用いた産業影響評価を実施するために必要となるデータベースの整備を実施した。

参考文献

- 1) Partsfan (<https://partsfan.com>)
- 2) Troy R. Hawkins, Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettez and Anders Hammer Strømman, Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53-64 (2013)
- 3) AIST: IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis): (<http://idea-lca.jp>)
- 4) 経済産業省・長期エネルギー需給見通し 平成 27 年 7 月
- 5) 国土交通省・乗用車保有台数の推計 (<http://www.mlit.go.jp/road/kanren/suikei/4-6.pdf>)

- 6) 経済産業省「次世代自動車戦略 2010」(http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/material/pdf/strategy_summary_version.pdf)
- 7) 自動車産業にみる中小企業のパラダイムシフト 調査研究報告 No.124 平成 22 年 12 月 ISSN 1342-5927

第7章 プロジェクト推進に関する情報管理と CNF 材料・部材の総合評価

7.1 情報管理及び共同実施機関間の調整（京都大学、産業環境管理協会）

共同実施者間の円滑な業務の推進及び本業務全体の目的の達成に向け、本業務で発生する情報を総合的に管理し、共同実施者間の業務の調整を行うための会合を 36 回実施した。各会合の内容と参加者を表 7.1-1 に示す。

表 7.1-1 共同実施者間の業務の代表的な調整会合

開催日	開催時間	内容	場所	参加者
2018/4/27	10:00~12:00	第1回マネジメント会議	メルパルク京都 会議室2	京都大学、JEMAI
2018/4/27	14:00~17:40	第1回全体会合	メルパルク京都 宴会会議場B	全参画機関
2018/5/14	10:30~12:00	第2回マネジメント会議	①産業環境管理協会 ②京都大学宇治キャンパス HW502室	京都大学、JEMAI
2018/5/18	9:00~16:00	第3回マネジメント会議	京都大学 宇治キャンパスHW502室	京都大学、JEMAI
2018/6/6	9:00~17:45	平成29年度 成果報告会 (第2回全体会合)	科学技術館1階 展示・イベントホール 8号館	全参画機関
2018/6/14	13:00~15:00	第4回マネジメント会議	①産業環境管理協会 ②京都大学宇治キャンパス HW502室	京都大学、JEMAI
2018/6/19	13:00~16:00	第1回 LCA会議	名古屋ダイヤビルディング1号館 151会議室	京都大学、JEMAI
2018/6/25	13:00~16:00	材料に関する会議	宇部興産株式会社宇部本社	宇部興産、京都大学、JEMAI
2018/6/29	13:30~18:00	第5回マネジメント会議	京都大学 宇治キャンパスHW502室	京都大学、JEMAI
2018/7/2	14:00~17:00	第2回 LCA会議	名古屋ダイヤビルディング1号館 151会議室	京都大学、JEMAI、産総研
2018/7/13	13:30~16:00	第6回マネジメント会議	名古屋ダイヤビルディング1号館 111会議室	京都大学、金工大、JEMAI
2018/8/9	10:00~12:00	最終試作車会議	名古屋ダイヤビルディング2号館 221会議室	TCD、利昌工業、名工大、京都大学、JEMAI
2018/8/10	13:00~15:00	最終試作車会議	京都大学 宇治キャンパスHW502室	TCD、利昌工業、京都大学、JEMAI
2018/8/23	14:00~16:00	最終試作車会議	トヨタ自動車東日本株式会社	トヨタ自動車東日本、京都大学、JEMAI
2018/8/31	14:00~17:10	第3回全体会合	名古屋ダイヤビルディング2号館 223会議室	全参画機関
2018/9/6	10:00~12:00	最終試作車会議	名古屋ダイヤビルディング 131会議室	TCD、イノアックコーポレーション、京都大学、JEMAI
2018/9/6	13:00~15:00	最終試作車会議	名古屋ダイヤビルディング 131会議室	キョーラク、TCD、京都大学、JEMAI
2018/9/6	15:00~17:00	最終試作車会議	名古屋ダイヤビルディング 131会議室	昭和プロダクツ、TCD、利昌工業、京都大学、JEMAI
2018/10/1	14:00~17:00	第7回マネジメント会議	京都大学 宇治キャンパスHW502室	京都大学、JEMAI
2018/10/15	14:00~17:00	材料に関する会議	キョーラク株式会社大和工場	キョーラク、京都大学
2018/10/16	14:00~16:00	第3回 LCA会議	トヨタ紡織株式会社	トヨタ紡織、産総研、JEMAI、京都大学
2018/10/17	15:30~17:30	最終試作車会議	TCD名古屋工場	利昌工業、TCD、京都大学
2018/10/19	10:00~12:00	材料に関する会議	株式会社イノアックコーポレーション桜井事業所	イノアックコーポレーション、京都大学
2018/10/19	14:00~16:00	材料に関する会議	トヨタ紡織株式会社刈谷工場	トヨタ紡織、京都大学
2018/10/26	14:00~17:20	第4回全体会合	京都リサーチパーク4号館地下1階バンケットホールB	全参画機関
2018/11/8	15:30~17:30	最終試作車会議	TCD名古屋工場	イノアックコーポレーション、TCD、京都大学
2018/11/13	15:30~19:00	第8回マネジメント会議	京都大学 宇治キャンパスHW502室	京都市産技研、名工大、金工大、京都大学、JEMAI
2018/11/16	13:00~15:00	テーマ管理についての会議	昭和プロダクツ株式会社	昭和プロダクツ、京都大学
2018/11/19	10:30~11:30	第4回 LCA会議	トヨタ自動車株式会社	産総研、京都大学、JEMAI
2018/11/29	10:00~12:00	最終試作車会議	京都市産業技術研究所	キョーラク、京都市産業技術研究所、京都大学
2018/11/29	15:00~17:00	塗装に関する会議	利昌工業株式会社尼崎工場	利昌工業、TCD、京都大学
2018/12/19	13:00~15:00	材料に関する会議	宇部興産株式会社	宇部興産、京都大学
2018/12/21	13:00~13:50	グループリーダー会合	名古屋ダイヤビルディング2号館7階271会議室	京都大学、金沢工業大学、京都市産技研、名古屋工業大学、TCD、JEMAI
2018/12/21	14:00~17:00	第5回全体会合	名古屋ダイヤビルディング2号館2階223会議室	全参画機関
2019/1/30	13:30~16:30	塗装に関する会議	日本ペイント・オートモーティブコーティングス株式会社	利昌工業、名工大、秋田県立大、金沢工大、TCD、京都大学、JEMAI
2019/2/22	14:00~17:15	第6回全体会合	エッサム神田ホール1号館大会議室301	全参画機関

7.2 CNF の早期社会実装に向けた時系列での開発実証及び市場投入計画の策定 (京都大学、金沢工業大学、産業環境管理協会)

「低炭素社会実現の観点から CNF 材料及び CNF 自動車の総合的な評価・検証を実施するとともに、自動車を始めとする産業分野における CNF の早期社会実装に向けて、時系列での開発実証及び市場投入計画の策定を行うこと」を目的に、CNF の質の充実と量の拡大について検討した。

質の充実では、各参画企業が製作した CNF 軽量部材の提案とともに、一部の CNF 軽量部材をトヨタ 86 に実機搭載することで、材料置換による NCV のイメージをいくつかの展示会で議論した。今後は、議論の結果を反映させ、参画機関の現状を把握することによるデータの充実を通して、NCV 提案パネルやカタログを作成する。作成したパネル及びカタログを活用して、最終試作車の展示会等で製品化に向けた具体的討議をユーザー側と行い、NCV のイメージの構築を図るものである。

一方、量の拡大については、本プロジェクト終了後の自動車以外の産業も含めた市場投入計画をまとめ上げるため、現時点で考えられるサクセスストーリーの検討を進めた。前提となるのは、将来の LCCO₂ 削減効果及びコストや地域サプライチェーンの構築計画に目途がついていることなどであり、今後は、海外も含めた情報収集をしっかり行い、進め方を十分に議論しながら、ロードマップに落とし込むこととなる。

7.2.1 CNF の質の充実と量の拡大の必要性

低炭素社会の実現のためには、充実した環境の質と量の両対策が重要である。図 7.2-1 に示すように、環境問題に対して注目を浴びている電動車は、質だけでなく、量の対策が重要で、自動車の負の遺産解消だけでなく、日本の負の遺産解消につながることも考慮することが求められる。CNF も同様で、環境に対して大きく貢献できる CNF の質の充実と CNF の量の拡大が求められることになる。本プロジェクトでは、これらの課題の解決に向けて、シーズとニーズの両観点から踏まえる形で、CNF 製品の市場投入計画の策定を進めている。

7.2.2 CNF の質の充実

図 7.2-2 は自動車会社のゼロエミッション化に向けた 2050 年ビジョンであるが、図より明らかなように素材製造時の CO₂ 対策が電動化による走行時の CO₂ 対策後に続く環境課題といえる。CNF が期待されるのもその一環である。今年度は、その CNF を駆使し、これまで参画機関が試作・評価してきた各種部材と一部の部材をトヨタ 86 に搭載していくつかの展示会に出展し、

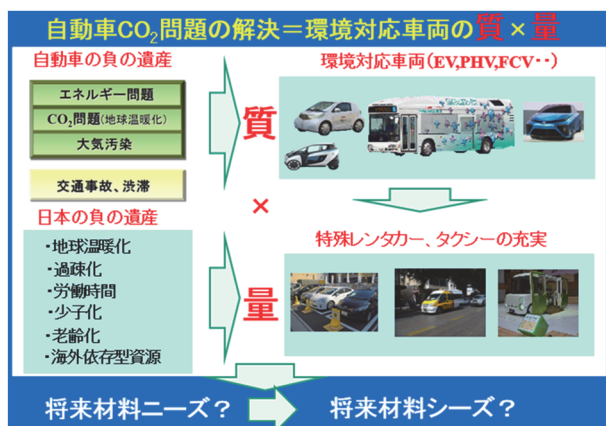


図 7.2-1 環境対応車両に求められる質と量の対策
(日経ものづくり技術者塾講演会 2017.6 杉田・影山より)

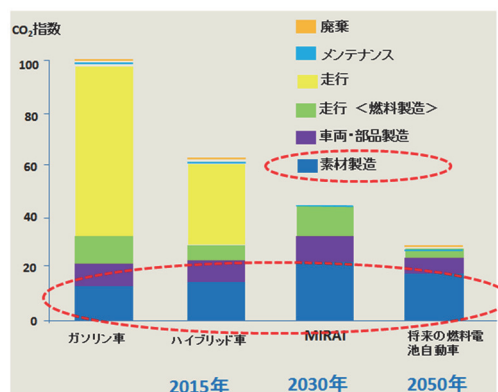


図 7.2-2 ゼロエミッションビジョン
(トヨタ自動車の例)

NCV のイメージを参加された方々と議論し共有することによって自動車としての CNF の質を充実することができた。以下、展示会の様子とそこで得た情報を述べる。

(1) 平成 29 年度成果報告会 (6 月、科学技術館)

前年度の成果報告会の形で、参画企業からの部品展示およびエンジンフードとトランクリッドの CNF 軽量部材を実機搭載したトヨタ 86 の展示を実施した。環境副大臣をはじめ 8 名の議員の方々およびプレス 7 社が出席し、後日、各プレスからの報道もあり、本プロジェクトの目的、進め方、内容に関し非常に効果的な情報発信となるとともに、評価を早めること等の重要性を共有した。



図 7.2-3 平成 29 年度成果報告会の様子(6 月)

(2) ふじのくに CNF 総合展示会 (10 月、富士市)

ふじのくに CNF 総合展示会に一部の CNF 軽量部材を出展した。市の幹部、他市の商工会議所幹部を含めた多くの方が本プロジェクトブースに来場した。来場者の多くは、CNF および本プロジェクトに対する関心が極めて高く、来年度以降も本プロジェクトからの出展及び成果の発信の希望を受けた。また、富士市では、市や県と産との連携で CNF プロジェクトの創出を検討しており、各地域単位でも CNF の普及が取組まれていることを確認した。今後も引き続き有力な地域との交流、議論を進めることで、地域からの CNF の普及への貢献を進める。

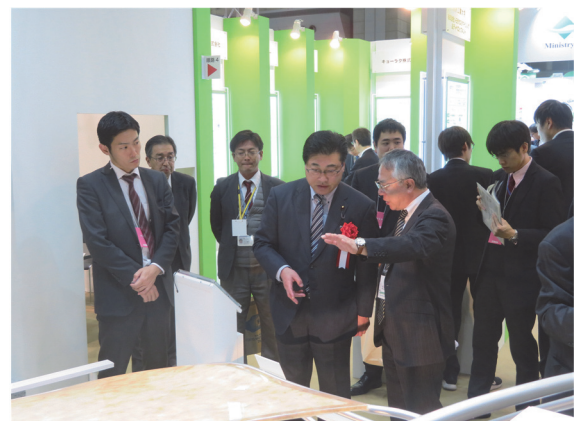


図 7.2-4 エコプロ 2018 の様子(12 月)

(3) エコプロ 2018 (12 月、東京ビッグサイト)

参画企業の最新の試作・評価状況とそれらを設置したワイヤーフレームボデーを公の場にて発表した。エコプロ 2018 全体で 16 万人の来場者があり、本プロジェクトには、官庁、企業および一般の関心も高く、本プロジェクトへの期待の声も多くいただいた。得られた意見等は、最終試作車などの今後の展示に反映していく。

(4) NCV 提案パネルの作成

今年度実施した試作・評価や各種展示会で得られた知見をもとに、CNF ならではのキーワードを整理し、NCV を提案するためのパネル (Ver.1) を作成した (図 7.2-5)。

図は NCV が木材を出発点に少しずつ形を変え、形成されていくそれぞれの過程 (工程) に対し、うれしさと注意すべき点を取りまとめた。本パネルは、今後、ユーザーとの交渉において用いるプロポーザルとなるものであり、基本的な NCV 設計仕様と言える。この提案パネルを充実させるためには、参画機関の試作・評価情報やデータが必要であり、上記の NCV の「うれしさ」や「課題」のキーワード (評価項目) を整理する形で部品管理表を作成 (表 7.2-1) した。

現在、各キーワードに関して、参画機関から各部材の積極的な提案が行われている。この NCV 提案パネルと部品管理表を充実させ、照らし合わせながら、CNF 材料及び CNF 自動車の総合的な評価・検証を実施している。今後の展示会では、その時点での結果を盛り込んだ提案パネルを用いて、ユーザーとの意見交換を行っていく予定である。また、最終試作車展示では、試作車の横に NCV 提案パネルを設置し、関係が見えるようにすることを検討している。そのため、最終試作車の試作・評価や参画機関の現場に入り込んだ議論を今後も充実させていく。

環境省 CNF材料の自動車への導入実証～NCVプロジェクト～ 2018.12.21
低炭素持続型植物資源材料

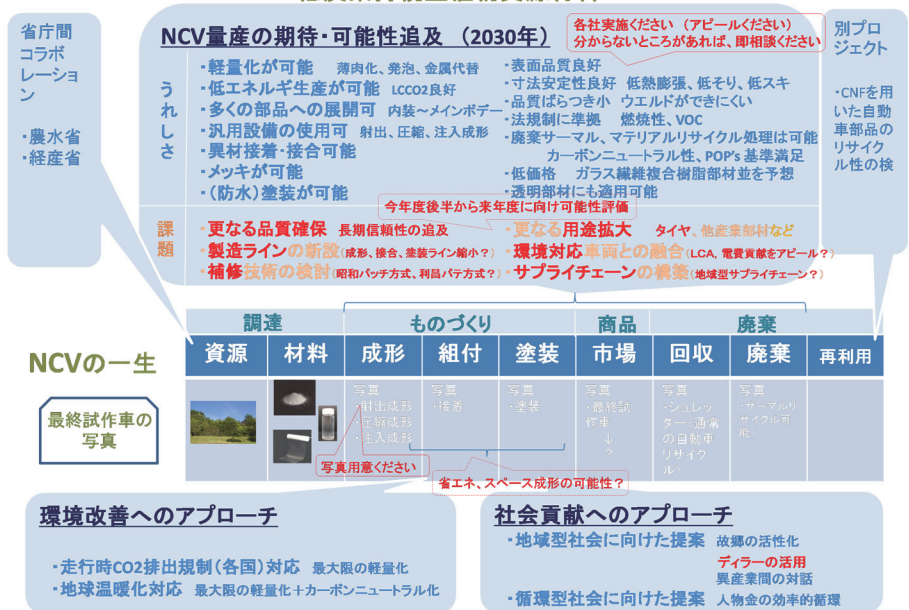


図 7.2-5 NCV 提案パネル (Ver.1)

表 7.2-1 部品管理表

車種	部品名	2018年度 (2018年度)		2019年度 (2019年度)		追加しました		追加しました		
		部品	部品	左記の部品の比較材料	軽量化	性能 (剛性・衝撃・寸法)	製造/組立	コスト	環境性・VOC・POP等	リサイクル
京大	CNF材料製造 (評価、評価 30名(名工))	CNF材料製造 (評価、評価 30名(名工))	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	○						
京都府産研	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	○						
宇都宮大	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	① 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ② 評価項目 (剛性、衝撃、寸法) ③ 評価項目 (剛性、衝撃、寸法)	○						
イノック	部材	部材	部材	○	○	○	○ (+名工)			
キョーラ	部材	部材	部材	○	○	○	○ (+名工)			
三和工	部材	部材	部材	○						
ダイキョーニク	部材	部材	部材	○	○	○				
マセル	部材	部材	部材							
アイシン	部材	部材	部材	○	○	○				
サンヨー	部材	部材	部材	○	○	○				
トヨタ	部材	部材	部材	○	○	○				

7.2.3 CNF の量の拡大

CNF の量を拡大するためには、質の充実だけではなく、日本の確固たる産業基盤技術として定着することが重要である。自動車においては、今、マルチマテリアル化が進められている。いわゆる適材適所の概念である。CNF の潜在性を生かしながら他材の力を借りると、まだまだ多くの部品に CNF を展開できる可能性がある。そうした観点を考慮すると、ボデー部品だけではなく、タイヤなどのゴム材とのコラボ、更には、電動化が進むと必然的に高性能化が問われるモーターやサスペンションなどのユニット系部品にも一部に CNF を展開することを検討する余地がある。すなわち、自動車においては、まだまだ CNF は拡大する要素を含んでおり、最終的には NCV として現行の自動車とは全く違ったコンセプトの自動車が生まれてくることで、CNF は自動車構成材料として欠かせない存在になることも十分に考えられる。

更に、これらの技術は自動車に限ったことではない。これまでの知見からは、CNF は課題もあるが、他の産業にも展開できる潜在性を持ち合わせている。本プロジェクトでは、プロジェクト終了後の自動車以外の産業も含めた CNF の早期社会実装に向けての時系列での市場投入計画の策定を進めている。市場投入計画の策定に向けて、今年度は現時点で考えられるだけのサクセスストーリーを整理、検討した。自動車においては、比較的量産に近い内外装部品から始まり、垂直外板、水平外板、マルチマテリアル化を考慮すれば、更には骨格部品にも CNF の導入の可能性もあると考えており、ここまでは、本プロジェクトで提案していくことを検討している。加えて、マルチマテリアル化を前提に、他産業でのニーズが高いと考えられるゴムなどの特殊部材やユニット系としての可能性も検討する。

一方で、こうした CNF の普及のサクセスストーリーには、①LCCO₂削減効果が幅広く認められ、②コストもリーズナブルな値に落ち着いており、③幅広い環境対応車両に展開されること、④更にはサプライチェーン構築のイメージが描けていること等の前提が必要となる。この前提の根拠は極めて重要であり、量を確保していくためには、時系列的に整理していく必要がある。この内、LCCO₂削減効果の評価は本プロジェクト内で実施しており、連携を密に NCV の LCCO₂削減効果をまとめ上げ、更に一般にその価値が認められるための方策を提案していく必要がある。素材コスト、サプライチェーンの構築など、その他の前提の根拠については、シーズ側開発で先行している北欧等での調査も含めて、プロジェクト外からの情報収集を実施することを検討している。特に、CNF サプライチェーンについては、これまでの石油を中心とした世界を駆け巡る流通ではなく、木材を中心とした日本の将来産業のあり方をしっかり議論し、シーズ側、ニーズ側との対話を行いながら、将来に向けた市場投入戦略案を描くとともに、サプライチェーンの本質的な課題とは何かを早期につかむ必要がある。

プロジェクト最終年度となる来年度は、NCV 提案パネルの充実化、ユーザーとの意見交換を通じた市場ニーズの把握、将来の CNF 普及を促進する前提の調査といった取組みを通して、CNF 普及のサクセスストーリーを整理し、CNF の早期社会実装に向けた時系列での市場投入計画を策定するつもりである。

7.3 プロジェクト推進委員会の運営（京都大学、産業環境管理協会）

プロジェクトの推進を実効あるものにするために、本業務に参画する企業・大学等の関係者、または有識者を構成員とするプロジェクト推進委員会を設置し、3回開催した。実施状況を表 7.3-1 に示す。

表 7.3-1 プロジェクト推進委員会の実施状況

開催日	開催時間	場所	内容
2018年4月27日	13:00~13:50	メルパルク京都5F 会議室2	本年度の運営方針について、他
2018年10月26日	13:00~13:50	京都リサーチパーク4号館地下1階 バンケットホールA	本年度のまとめと課題について、他
2019年2月22日	13:00~13:50	エッサム神田ホール1号館6F 中会議室602	最終試作車の評価について、対発表計画について、他

7.4 普及・啓発（京都大学、産業環境管理協会）

本年度は、普及・啓発を次の方針、目的のもと実施した。

普及・啓発の方針：

本プロジェクトが終了する平成31年度末（2020年3月）に向けて、本プロジェクト成果を積極的に社会に浸透させることを図り、自動車分野をはじめとした民間企業等におけるその後の市場投入の促進や地域産業の新たな産業創出の誘発に繋げる。これにより、投じた政府予算が新たな経済、環境価値となって還元されることを目指す。

普及・啓発の目的：

①市場投入の促進：CNF 軽量材料が自動車完成車メーカー等に採用され、実用部品として製品化されるよう、後押しするとともに、他分野への波及、地方自治体等を通じた地域産業への波及を促進する。

②地球温暖化対策への貢献：プロジェクト終了後に CNF 軽量材料が広く社会に普及し、CNF 実装車両等が社会に普及することで、地球温暖化対策に貢献することを目指す。

上記の方針及び目的のもと、本年度は国内で開催された展示会に6回出展し、プロジェクトパンフレットの作成・配布、プロジェクトのプロモーションビデオの作成・上映を実施した。


7.4.1 展示会への出展

本年度は、上記方針のもと、①CNF 自動車軽量部材の市場投入の促進、②CNF 軽量部材の広く社会（自動車分野への社会実装を呼び水とした多分野への普及）への普及、を目的として、より戦略的に展示会等における本プロジェクトの情報発信に取り組んだ。

(1) ファインケミカルジャパン 2018

開催情報	開催期間：2018年4月18日（水）～4月20日（金） 開催場所：東京ビッグサイト東1ホール 来場者数：13,913名
出展の狙い	学会以外で化学品に特化した展示会は少なく、国内外の化学メーカーが出展・参加している。CNF サプライチェーンの構築において、重要な役割を担う化学業界に CNF 及び本プロジェクトの関心を高める。
出展の形式	・出展小間数：1小間 ・環境省 CNF 事業及び本プロジェクトのパネル及びポスターの展示
出展の成果	本展示会では、環境省地球環境局地球温暖化対策課の松澤課長による特別講演「環境省の取り組みから見るセルロースナノファイバーの汎用性」内において、本プロジェクトの取り組みについてもご紹介いただいたこともあり、出展ブースには多くの化学メーカー及び主要産業メーカー（電子部材や塗料、印刷など）に来場いただいた。

(2) NCV プロジェクト平成 29 年度成果報告会

開催情報	<p>開催期間：2018 年 6 月 6 日（水）</p> <p>開催場所：科学技術館 8 号館</p> <p>来場者数：議員 8 名、報道機関 7 社</p>
出展の狙い	<p>本プロジェクトは、展示会や講演会等を通じ、プロジェクトの成果を業界や一般消費者等に広く社会に発信してきた。そこで、これまでなかなか情報を発信することができなかった、議員の先生方や報道機関を主な対象として、プロジェクトの平成 29 年度成果報告をクローズな形式で実施した。</p>
出展の形式	<ul style="list-style-type: none"> ・全参画機関による CNF 部材のサンプル及びポスター展示 ・一部 CNF 軽量部材実装車両（トヨタ 86 ベース）の展示 ・プロジェクトリーダーによるプレゼンテーション
出展の成果	<p>伊藤忠彦環境副大臣を始めとして 8 名の議員の先生が来場され、プロジェクトリーダー、副リーダーの案内のもと、全参画機関の成果を報告した。また、合計 7 社の報道機関の取材を受け、テレビ東京のワールドビジネスサテライトにて本プロジェクトの取り組みが紹介されるなど、CNF 及び NCV の社会における認知度が向上した。</p>
出展の様子	

(3) 西日本製造技術イノベーション 2018 CNF の可能性展

開催情報	<p>開催期間：2018 年 6 月 13 日(水) ～ 6 月 15 日(金)</p> <p>開催場所：西日本総合展示場 新館</p> <p>来場者数：17,214 名</p>
出展の狙い	<p>製造業が集積している北九州エリアにおいて、事業者の CNF への関心を高めることで、CNF 市場の裾野を広げる。</p>
出展の形式	<ul style="list-style-type: none"> ・出展小間数：1 小間 ・本プロジェクトの CNF 部材サンプル及びパネルの展示（昨年度成果）
出展の成果	<p>同時開催された「CFRP の世界展」にて紹介された CFRP と比較すると、CNF の認知度は低く、来場者の多くは CNF を知らない事業者も多かった。一方で薩摩川内市では竹バイオマス産業都市構想において、薩摩國竹セルロースナノファイバークラスター形成の取組みを進めるなど、CNF 事業に積極的に取り組んでいる事業者と意見交換を行った。</p>

(4) ふじのくに CNF 総合展示会

開催情報	<p>開催期間：2018年10月24日（水）</p> <p>開催場所：ふじさんめっせ 大展示場</p> <p>来場者数：約1,000名</p>
出展の狙い	<p>CNF に特化した展示会であり、用途開発企業、CNF 製造企業、CNF 製造用機械関係企業、分析企業、大学・研究機関等が出展する。本プロジェクトのメインターゲットである自動車メーカー関連の方の来場も多く、CNF 事業者に対して本プロジェクトの成果の発信と、CNF 自動車軽量部材のニーズのヒアリングを実施した。</p>
出展の形式	<ul style="list-style-type: none"> ・出展小間数：3小間 ・本プロジェクトの CNF 部材サンプル及びパネルの展示（昨年度成果） ・NCV の市場ニーズ調査
出展の成果	<p>昨年度に引き続いての出展となったことから、本プロジェクトへの関心も高く、多くの事業者が来場し、市場ニーズ調査では多くの事業者から CNF の持つ環境性（カーボンニュートラル）、軽量性に期待する声が聞かれた。また、プロジェクトブースの近隣に連携する形で、参画機関である利昌工業、昭和丸筒/昭和プロダクツ、三和化工の3社が出展しており、CNF に関心はあるが経験・実績が無い事業者に対して、どのような分野・領域で CNF に取組めばよいか示唆を与えることで CNF 市場の裾野を広げた。</p>

(5) エコプロ 2018

開催情報	<p>開催期間：2018年12月6日（木）～12月8日（土）</p> <p>開催場所：東京ビッグサイト 東ホール</p> <p>来場者数：162,217名</p>
出展の狙い	<p>アジア最大規模の環境総合展示会であり多くの事業者及び一般消費者が来場する。また、ナノセルロース展も同時開催され、CNF に関心の高い事業者も多く来場することから、自動車メーカーを始めとした事業者の本プロジェクトの最新（本年度）成果を発表し、NCV への関心を獲得する。</p>
出展の形式	<ul style="list-style-type: none"> ・出展小間数：9小間 ・全参画機関による CNF 部材のサンプル及びポスター展示（本年度成果） ・CNF 軽量部材を搭載したワイヤーフレーム車両の展示 ・プロジェクトリーダー、副リーダーによるプレゼンテーション ・プロジェクトプロモーションビデオの上映 ・NCV の市場ニーズ調査
出展の成果	<p>一般消費者、事業者、UNIDO、議員（勝俣孝明環境大臣政務官、菅家一郎環境大臣政務官、渡嘉敷奈緒美自民党環境部会長）と幅広い層から多くの来場があり、「CNF（部材）のコストについて」、「実用化（商品化）の時期について」、「リサイクル性について」、「自動車分野以外への適用について」といった点について意見交換を行うなど、本プロジェクトへの関心の高さが窺われた。本プロジェクトのメインターゲットである、自動車メーカーからも5社の来場があり、メーカー</p>

	側にも CNF 軽量部材や NCV についてアピールした。また、プレゼンテーションの実施の際に、CNF 議員連盟の事務局長も務めている菅家一郎環境大臣政務官にご登壇いただき、プロジェクトへの激励の言葉をいただいた。
出展の様子	 

(6) ナノセルローズシンポジウム 2019 (第 395 回生存圏シンポジウム)

開催情報	<p>開催期間：2019 年 3 月 4 日 (月)</p> <p>開催場所：京都テルサ</p> <p>来場者数：約 720 名</p>
出展の狙い	<p>京大生存圏研究所が主催するシンポジウムであり、多くの CNF 関連の事業者が出展・来場する。CNF 製品の展示も多く、CNF の最新情報が得られる場として、自動車メーカーからも多く来場する。この場で、本プロジェクトの成果を発信することで、自動車メーカー及び CNF 事業者からの本プロジェクト及び CNF の商品化の関心を高める。</p>
出展の形式	<ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトの CNF 部材サンプル及びパネルの展示 (本年度成果) ・プロジェクトプロモーションビデオの上映 ・プロジェクトリーダー及び参画機関による講演
出展の成果	<p>本年度は全参画機関のパネルおよび CNF 軽量部材 11 点を展示し、シンポジウムのプログラム内において白杵プロジェクトリーダー及び参画機関であるアイシン精機より本事業の取組みについて講演を実施すると共に、シンポジウムの幕間でプロモーションビデオを上映したことで、本プロジェクトの展示スペースが混雑するほどの賑わいをみせるなど、昨年度以上の来場者の関心の高さがうかがえた。CNF 事業者のみならず地域行政機関の CNF 事業担当者の来場も多く、今後の地域発の CNF 事業の現状や進捗について意見交換を実施した。また、プロジェクトメンバーも他の分野の CNF 事業者の展示ブースを回り、CNF 製品を実際に見るなどして、CNF の早期社会実装に向けて情報収集を実施した。</p>

7.4.2 印刷物の作成

昨年度はプロジェクトのパンフレットとして、事業の概要紹介を中心に内容を構成した。それに対して、今年度は自動車メーカーの関心の獲得を念頭に、「自然なクルマ ナノセルローズ・ヴィークル」をキャッチフレーズとして、NCV の「N：軽くて強いナノ素材であること」、「C：植物 (セルローズ) が作る自然由来の資源であること」を強調する形で、CNF で自動車 (NCV) をつくる「うれしさ」を

アピールする内容でパンフレットを作成した。また、海外への発信も見据えて、パンフレットは英語版も作成した（巻末資料3参照）。

7.4.3 動画・Webコンテンツの作成

上記の通り、本年度も CNF の社会への普及に向けて精力的に取り組んできた。プロジェクト成果を、より幅広い地域・業界・分野へ効率良く発信するために、本年度はプロジェクトのプロモーションビデオを作成した。プロモーションビデオの作成には政策動画作成の実績が豊富な（株）トゥリーに委託する形で、プロジェクトリーダー、副リーダーを中心としたプロジェクトメンバーへのインタビュー等を実施することで、プロジェクトの背景、目的を分かりやすくまとめた。本プロモーションビデオはエコプロ 2018 にて初上映し、多くの来場者から好評を得た。今後は、環境省 YouTube ページ、プロジェクト HP などに掲載し、更なる本プロジェクトの認知度の向上、CNF への関心の獲得を狙うものである。

7.4.4 対外発表一覧

本年度の本事業関連の対外発表は 82 件あった。詳細一覧を表 7.4-1 に示す。

表 7.4-1 本年度の対外発表一覧

	公表機関名	公表者	公表方法	公表日	公表の内容詳細
1	京都市産業技術研究所	主席研究員 仙波健	雑誌	2018.4	「プラストス（日本塑性加工学会会報）」に掲載
2	京都大学	小尾直紀	講演	2018.4.4	「EMSES2018」にて講演
3	産業環境管理協会	佐藤由起子	展示	2018.4.18～4.20	「ファインケミカルジャパン 2018」にてパネル展示
4	環境省、京都大学	（環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室） 室長補佐 河田陽平（京都大学） 特任教授 臼杵有光	新聞	2018.4.26	「日本経済新聞」に掲載
5	京都大学	特任教授 臼杵有光 小尾直紀	雑誌	2018.5.5	「月刊ソフトマター」2018年5月号に掲載
6	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.5.9	「関西高機能素材 week2018 のセミナー」にて講演
7	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2018.5.10	津別町・一般社団法人産業環境管理協会主催事業 地域活性化セミナー「～「木」の新たな可能性について考える～」にて講演
8	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.5.13	「化学工業日報」に CNF 関連記事の中の一つとして掲載
9	ブリストル大学（英国）	教授 スティーブ・アイヒホルン	講演	2018.5.14	ブリストル大学（英国）の就任講演において NCV プロジェクトを紹介
10	株式会社イノアックコーポレーション	鈴木裕明	展示	2018.5.15	日産自動車株式会社での定期展示会にて展示
11	ダイキョーニシカワ株式会社	堂河内健児、上瀧修也、秋山優貴	展示	2018.5.16	マツダ株式会社での定期展示会にて展示
12	ダイキョーニシカワ株式会社	堂河内健児、上瀧修也、秋山優貴	展示	2018.5.23～25（横浜） 2018.7.11～13（名古屋）	「人とくるまのテクノロジー展 2018」にて展示
13	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.5.23	サイエンス&テクノロジーのセミナー「自動車マルチマテリアル最前線」にて講演
14	株式会社イノアックコーポレーション	鈴木裕明	展示	2018.5.31	三菱自動車工業株式会社での弊社開発品展示会にて展示
15	産業環境管理協会	神崎 昌之	講演	2018.6.4	ナノセルロースフォーラム「第 12 回技術セミナー」にて、環境省河田氏の講演において JEMAI 作成資料を説明
16	京都大学	特任教授 臼杵 有光	TV	2018.6.7	テレビ東京の経済ニュース番組「WBS（ワールドビジネスサテライト）」に出演
17	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.6.8	「国際ナノファイバーシンポジウム 2018」にて講演
18	京都大学、京都市産業技術研究所	教授 矢野浩之、 特任教授 臼杵有光、他	講演	2018.6.11～2018.6.14	「TAPPI Nano 2018」にて講演
19	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.6.12	日経 BP 社 日経ものづくり主催 技術者塾 「ビジネスチャンスを見逃すな！ セルロースナノファイバーの最新動向」にて講演
20	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.6.15	接合・複合分科会総会「第 95 回分科会研究会」にて講演
21	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2018.6.21	「プラスチック成形加工学会第 29 回年次大会」にて講演
22	マクセル株式会社	遊佐敦	講演	2018.6.22	「プラスチック成形加工学会第 29 回年次大会」にて講演
23	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.7.5	難燃材料研究会「第 4 回特別セミナー」にて講演
24	京都大学	教授 矢野浩之	新聞	2018.7.12	日本経済新聞に掲載
25	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.7.12	技術情報協会セミナーにて講演
26	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2018.7.14	新規事業研究会にて講演

27	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2018.7.17	近畿化学協会ヘテロ原子部会にて講演
28	利昌工業株式会社	奥村浩史	展示	2018.7.18	セルロースナノファイバーin 東北にて展示
29	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.7.27 (大阪) 2018.8.3 (東京)	エポキシ樹脂技術協会主催の第42回公開技術講座にて講演
30	京都大学	奥平有三	講演	2018.7.27	奈良県プラスチック成型共同組合青年部会 CNF 勉強会・交流会にて講演
31	京都大学	特任教授 臼杵有光	雑誌	2018.9.1	「日経ものづくり」に掲載
32	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2018.7.31	経済産業省ゆう活勉強会にて講演
33	株式会社イノアックコーポレーション	林 泰	ウェブサイト	2018.8	イノアックコーポレーションのウェブサイトにて掲載
34	京都市産業技術研究所	主席研究員 仙波健	雑誌	2018.8	「プラスチック成形加工学会誌 創立30周年記念特集号」にて掲載
35	利昌工業株式会社	吉岡達也	新聞	2018.8.2	「日刊工業新聞」に掲載
36	利昌工業株式会社	奥村浩史	展示	2018.8.8	「Cellulose Nano Fiber 展」にて展示
37	株式会社イノアックコーポレーション・アイシン精機株式会社・株式会社デンソー	(株式会社イノアックコーポレーション) 鈴木裕明 (アイシン精機株式会社) 田中一貴 (株式会社デンソー) 小島和重	新聞	2018.8.13	「化学工業日報」に掲載
38	金沢工業大学	研究員 附木貴行	雑誌	2018.8.20	金沢工業大学革新複合材料研究開発センターアニュアルレポート2017に掲載
39	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2018.8.28	原財団特別セミナー【経済産業省/環境省/京都大学】「セルロースナノファイバー関連施策と自動車素材への活用展望」にて講演
40	宇部興産株式会社	直川典正	新聞	2018.9.3	「化学工業日報」に掲載
41	利昌工業株式会社	奥村浩史	展示	2018.9.3	「京都スマートシティエキスポ2018」プレイベントにて展示
42	三和化工株式会社	佐原正明	展示	2018.9.3	「京都スマートシティエキスポ2018」プレイベントにて展示
43	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.9.7	「オートモーティブワールド名古屋」にて講演
44	トヨタ紡織	羽柴正典	講演	2018.9.7	「オートモーティブワールド名古屋」にて講演
45	京都大学	教授 矢野浩之	TV	2018.9.8	「NHK WORLD「BIZ STREAM」」に出演
46	マクセル株式会社	遊佐敦	講演	2018.9.14	「第122回 東海機能性材料研究会」にて講演
47	京都大学	奥平有三	講演	2018.9.20	「月刊不織布情報」に掲載
48	京都大学	教授 矢野浩之	TV	2018.9.25	テレビ朝日放送「羽鳥慎一モーニングショー」に出演
49	アイシン精機株式会社	広報部	メールマガジン	2018.9.28	メールマガジン(アイシン精機)に掲載
50	京都大学	特任教授 臼杵有光 小尾直紀	書籍	2018.10.9	「セルロースナノファイバー製造・利用の最新動向」に掲載
51	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2018.10.11	「第23回高分子分析討論会」にて講演
52	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2018.10.20	「ナノセルロース塾」にて講演
53	産業環境管理協会	神崎昌之	講演	2018.10.20	「ナノセルロース塾」にて講演
54	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2018.10.24	「日本化学会秋季事業 - 第8回CSJ化学フェスタ2018」にて講演
55	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2018.11.8	「ものづくりパートナーフォーラム in 東京2018」にて講演
56	京都大学	奥平有三	講演	2018.11.15	CMC 出版主催「自動車への展開を見据えたセルロースナノファイバー(CNF)開発動向」にて講演
57	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.11.15	CMC 出版主催「自動車への展開を見据えたセルロースナノファイバー(CNF)開発動向」にて講演
58	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.11.19	「島津 新素材セミナー2018」にて講演
59	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2018.12.5	「The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018)」にて講演
60	金沢工業大学	研究員 附木貴行	展示	2018.12.6	「The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018)」にてポスター展示
61	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2018.12.6	第3回ナノセルロース展 セミナー「ナノセルロース研究最前線～国プロの研究進捗・成果報告～」にて講演

62	京都大学	特任教授 臼杵有光	展示	2018.12.6～ 12.8	アカデミックゾーンでの展示
63	トヨタ紡織株式会社	羽柴正典	講演	2018.12.7	「第7回高機能プラスチック展」にて講演
64	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2018.12.7	「第7回高機能プラスチック展」にて講演
65	京都大学	特任教授 臼杵有光	新聞	2018.12.13	日本経済新聞 年末企画「地域と大学」にて掲載
66	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2019.1.9	「富山ナノテククラスター成果報告会～セルロースナノファイバー応用技術～」にて講演
67	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2019.1.10	「経済同友会産業懇談会 第2木曜グループ 1月例会」にて講演
68	金沢工業大学	志鷹英男	Web サイト	2019.1	金沢工業大学のWebサイトに掲載
69	利昌工業株式会社	吉岡達也	雑誌	2019.1.15	広報誌「RISHO NEWS」にて掲載
70	利昌工業株式会社	吉岡達也	展示	2019.1.16～ 1.19	「カーエレクトロニクス技術展」にて展示
71	宇部興産株式会社	直川典正	展示	2019.1.16～ 1.18	「クルマの軽量化技術展」にて展示
72	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2019.1.17	「第11回オートモーティブワールド『軽量化 革新フォーラム』」にて講演
73	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2019.1.17	2018年度セミナー「日本のゴム・樹脂関連産業における注目技術を知る」にて講演
74	アイシン精機株式会社・株式会社デンソー・マクセル株式会社・利昌工業株式会社・株式会社昭和プロダクツ等	—	雑誌	2019.1.21	月刊誌「コンバーテック」1月号にて掲載
75	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2019.1.25	「京都大学アカデミアフォーラム」にて講演
76	金沢工業大学	教授 影山裕史	講演	2019.1.26	NHK World「great gear」に出演
77	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2019.1.28	「JST-ALCA NEDO 合同シンポジウム」にて講演
78	三和化工株式会社	佐原正明	展示	2019.2.14	「京都ビジネス交流フェア 2019」にて展示
79	京都大学	教授 矢野浩之	講演	2019.2.18	「産総研コンソーシアム名古屋工業技術協会平成30年度特別講演会」にて講演
80	アイシン精機株式会社	田中 一貴	講演	2019.3.4	「Nanocellulose Symposium 2019 第395回生存圏シンポジウム」にて講演
81	京都大学	特任教授 臼杵有光	講演	2019.3.4	「Nanocellulose Symposium 2019 第395回生存圏シンポジウム」にて講演

第8章 本年度業務の課題と今後の方針

4年計画の3年目である。①CNF材料の成形と材料定数評価及びCNF材料の提供、②CNF材料の成形加工性評価、③CNF材料の低圧成形加工性評価、④CNF構造要素モデル及び高濃度CNF材料成形品の試作と性能評価、⑤CNF材料成形品の車両実装に関する評価及び最終試作車の車両構想の検討、⑥社会実装に向けたCNF活用製品のCO2削減効果の評価・検証、⑦プロジェクト推進に関する情報管理とCNF材料・部材の総合評価の7グループの体制で実施したが、各グループ内及びグループ間の連携は良好で、それぞれの年度目標は達成できた。CNF複合材料を用いて各種部材が成形できることは実証でき、来年度製作する最終試作車に適用する部材を選定し、金型の製作に進んだ。残された課題と今後の方針については以下のとおりである。

・CNF複合材料に関する課題

3年間で自動車用部材・部品を提案し、今までに得られているCNF複合材料を用いて試作、評価を実施した。将来、CNF複合材料を社会実装するためには、素材そのものの課題として量産性、コスト、長期耐久性の課題が重要になってくる。4年目は社会実装の道筋も見据えていきたいと考えている。

・新規部材に関する提案とその実施形態

外装部品、内装部品、エンジン部品に加え、樹脂ガラスも候補部品に加え、今年度検討を行った。透明部材はガラス繊維や炭素繊維では実現できないものであり、CNFらしい用途であることが分かった。4年目は最終試作車にて実装を目指していく。タイヤに関してタイヤメーカーとの議論は進め、将来の実装の足掛りはつかみたい。

また更なる自動車の軽量化のためには構造部材（例えばアンダーボデー骨格）の更なる軽量化が必要であり、フロアなどの試作も進めたい。

・自動車として社会実装するための評価、検証

自動車として完成させて社会実装するためには、総合的な評価、検証が必要となってくる。今までは部材、部品ごとの検証を実施していたが、4年目は自動車に組み込んだ最終試作車完成を目指す。東京モーターショーで自動車完成車メーカーにも披露するため、見栄えの向上も検討する。そのために4年目では塗装メーカーの知見を聞いて完成度を高める予定である。

全体

今年度でCNFの自動車用途への展開目途付けが終了し、来年度の最終試作車への適用部品・部材が決定できた。東京モーターショーで展示を行い、更に自動車メーカーの方々とのヒヤリングを行いながら、社会実装に向けて進めたい。本プロジェクトが終了時には、自動車メーカーの言う先行開発フェーズ終わり、新たに製品フェーズに移行していくことができるよう努力していきたい。自動車での実用化は5年から10年先だと思われるが、世界に先駆けて日本から実用化例を発信するよう努力していきたい。

CNFを製造する製紙メーカーから最終の自動車メーカーまでの協力体制の下で、低炭素持続社会を構成するCNF新産業の構築を考えていくことが必要である。

第9章 本業務で用いる略語の解説

本業務で用いる略語を解説する。

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene	アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン共重合体樹脂
ASA	Alkenyl Succinic Anhydride	アルケニルこはく酸無水物
CAE	Computer Aided Engineering	コンピュータによる樹脂流動シミュレーション
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastic	炭素繊維強化プラスチック
CNF	Cellulose Nano Fiber	セルロースナノファイバー
100%-CNF	100%-Cellulose Nano Fiber	CNF のみの成形体
CR	Polychloroprene	クロロプレンゴム
CT	Computed Tomography	コンピュータ断層検査
EP	Epoxy Resin	エポキシ樹脂
EPDM	Ethylen Propylen Dien	エチレンプロピレンジエンゴム(M はゴムの分類を表す)
EV	Electric Vehicle	電気自動車
EVA	Ethylen Vinyl Acetate Copolymer	エチレンビニールアセタートコポリマー
FCV	Fuel Cell Vehicle	燃料電池自動車
GF	Glass Fiber	ガラス繊維
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GPa	Giga Pascal	ギガパスカル (圧力の単位) 10 ⁹ Pa (Pa = N/m ² = ニュートン毎平方 m)
GV	Gasoline Vehicle	ガソリン自動車
HEV	Hybrid Electric Vehicle	ハイブリッド電気自動車
HP-RTM	High Pressure-Resin Transfer Molding	高圧樹脂注入成形法
ICP	Inductively Coupled Plasma	高周波誘導結合プラズマ
I/P	Instrument Panel	計器盤
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント
LCCO ₂	Life Cycle CO ₂	製造物の製造、使用時、解体、廃棄を通じて発生する二酸化炭素の排出量
MAPP	Maleic Anhydride-modified Polypropylene	無水マレイン酸変性ポリプロピレン
MFR	Melt Flow Rate	メルトフローレート、溶融プラスチックの流動性の大きさ
MB	Masterbacches	マスターバッチ
MD	Machine Direction	流れ方向、縦方向
MS	Motor Show	モーターショー
MuCell		微細射出発泡成形 (アメリカ TREXEL Inc. の商品名)
MPa	Mega Pascal	メガパスカル (圧力の単位) 10 ⁶ Pa (Pa = N/m ² = ニュートン毎平方 m)
NCV	Nano Cellulose Vehicle	ナノセルロース自動車
NEDO	New Energy and Industrial Development Organization	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
PA6	Polymid6	ポリアミド 6、ナイロン 6

PA6-CNF		CNF を分散したポリアミド 6 樹脂
PC	Polycarbonate	ポリカーボネート
PC/ABS	Polycarbonate/Acrylonitrile Butadiene Styrene	ポリカーボネート樹脂とアクリロニトリル ブタジエン スチレン共重合体樹脂のアロイ樹脂
Pd		パラジウム
PE	Polyethylene	ポリエチレン
PHEV	Plug-in Hybrid Vehicle	プラグインハイブリッド自動車
phr	per hundred resin	主たる樹脂の重量を 100 として、その他の添加物などの重量を表したもの
PMMA	Polymethyl Methacrylate	ポリメタクリル酸メチル樹脂
POM	Polyoxymethylene	ポリアセタール樹脂
PP	Polypropylene	ポリプロピレン
PP-CNF		CNF を分散したポリプロピレン樹脂
RTM	Resin Transfer Molding	樹脂注入成形法
SPMF	Sanwa Press Mold Foam	(株)三和化工の熱圧発泡成形加工品
SGA	Second Generation Acrylic Adhesive	第二世代アクリル系接着剤
STEM	Scanning Transmission Electron Microscope	走査型透過電子顕微鏡
TD	Transverse Direction	(MD に対して) 垂直方向
TPO	Thermoplastic Olefinic Elastomer	オレフィン系熱可塑性エラストマー
VOC	Volatile Organic Compound	揮発性有機化合物
wt	weight	重量

巻末資料 1

ふじのくに CNF 総合展示会

NCV プロジェクト説明パネル



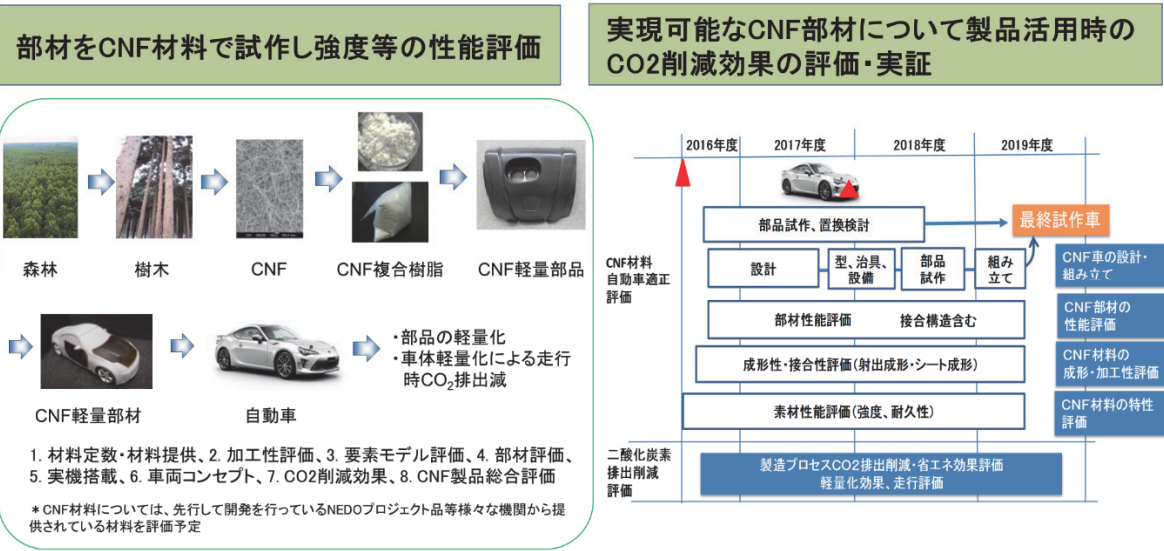
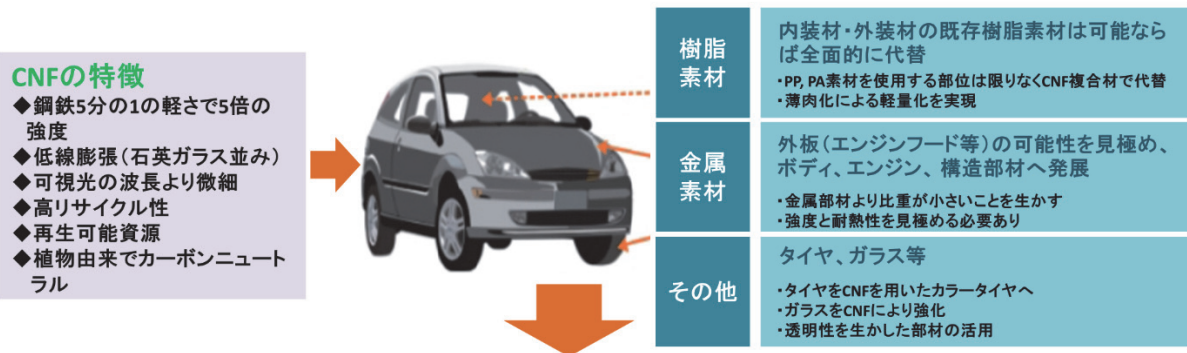
環境省 NCV (Nano Cellulose Vehicle) プロジェクト



次世代素材であるCNF(セルロースナノファイバー)を活用し、平成32年に自動車で10%程度の軽量化を目標とするNCV(Nano Cellulose Vehicle)プロジェクトを2016年10月26日より実施しています。

京都大学が代表事業者となり、計22の大学、研究機関、企業等で構成されるコンソーシアムを形成し、サプライチェーンの一气通貫体制により、CNFを活用した材料、部材、自動車部品等の製品開発及び各段階の性能評価、CO2削減効果の評価・検証に取り組んでいます。

本事業は、特に国内市場規模が大きく、CO2削減ポテンシャルの大きい自動車(内装、外装等)分野において、材料メーカーおよび製品メーカーと連携し、CNF軽量材料の用途開発を実施するとともに、特に自動車部門でCNF軽量材料を実機に搭載することで軽量化によるCO2削減効果(例:自動車の燃費改善)等の性能評価および早期社会実装に向けた導入実証を行います。



材料評価から実機搭載までを一気通貫で実施、早期社会実装に向けて貢献する

参加研究機関・企業 22機関

京都大学、アイシン精機株式会社、秋田県立大学、株式会社イノアックコーポレーション、宇部興産株式会社、金沢工業大学、京都市産業技術研究所、キョーラク株式会社、産業環境管理協会、産業技術総合研究所、三和化工株式会社、昭和プロダクツ株式会社、株式会社昭丸筒、ダイキョーニシカワ株式会社、株式会社デンソー、東京大学、株式会社トヨタカスタマイジング&ディベロップメント、トヨタ自動車東日本株式会社、トヨタ紡織株式会社、名古屋工業大学、マクセル株式会社、利昌工業株式会社

巻末資料 2

エコプロ 2018

NCV プロジェクト展示ブース・ストーリーボード

環境省 Ministry of the Environment

NCV Nano Cellulose Vehicle Project

自然なクルマ・ヴィークル

セルロース
Cellulose
植物が作る
自然由来の資源

環境浄化
国内人工林
炭素放出
二酸化炭素吸収

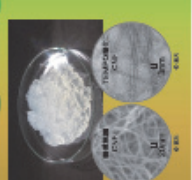
炭素固定

セルロース ナンファイバー
Cellulose Nano Fiber

木材成分の
5割

鋼鉄の
5倍の
強度


ガラスの
1/50の
熱膨張



セルロース ナンファイバー
Cellulose Nano Fiber

CF活用自動車部材の製作・評価

自動車分野への社会実装



ヴィークル
自動車
e-vehicle

国内・地域資源の活用


カーボンニュートラル

自動車の軽量化

脱炭化ガス大橋削減

マルチマテリアル化の促進

パラツキ 低減



最終試作車の作成

SDGs

Society 5.0

パリ協定

地域循環共生圏

CE100 RE100

原料から製品へ～木材がナノセルロース自動車になるまでの産業フロー～



巻末資料 3

エコプロ 2018

広報用リーフレット

- ・A4 6 ページ
- ・A4 三つ折り(日本語)
- ・A4 三つ折り(英語)



■ NCVプロジェクト 参加機関・企業

京都大学 Kyoto University	宇都宮大学 Utsunomiya University	UBE 宇部興産株式会社
株式会社 昭和化成	昭和フロンテック 株式会社	名古屋工業大学 Nagoya Institute of Technology
RISHO	秋田県立大学 Akita University	INDAC
車 KYORAKU	PTCエーエフ株式会社	三誠エレクトロニクス株式会社
maxell	AISIN	DENSO Crafting the Care
トヨタ TOYOTA	東京大学 The University of Tokyo	KIT 京都工業大学
TOYOTA GOVERNMENT & DEVELOPMENT	産総研 National Institute for Advanced Industrial Science and Technology	

■ 実行
環境省 地球環境局地球環境部北村課 地球環境部北村課管理課
■ 事務局
京都大学 生体分子科学研究所 生物材料機能部 野村 隆
〒611-0011 京都市宇治市五ヶ丘 <http://www.risho.nyoto-u.ac.jp/nov/>

1270

環境省
Ministry of the Environment

NCV Nano Cellulose Vehicle

プロジェクト

自然なクルマ
ナノセルロース・ヴェイクル

環境省 地球環境局地球環境部北村課 地球環境部北村課管理課



NCVプロジェクトとは?

セルロースナノファイバー（以下CNF）は、木材などの繊維を原料とし、繊維で約100倍、また強度や弾性率も約100倍向上し、紙や布などの用途が期待され、車部品材料候補が数多くあります。

トヨタ自動車株式会社は、2015年に設立された「京大 工学部 代表機構」として、研究を推進しています。2022年には、京大 工学部 代表機構と、CNFを活用した材料、部品、自動車部品の開発を目的とした「京大 工学部 代表機構」が設立されました。CNFを活用した材料、部品、自動車部品の開発を目的とした「京大 工学部 代表機構」は、2022年10月に、2023年度から4年間で開発を進め、2026年度に量産化を目指して、自動車部品として開発しています。

材料物性の評価
 NEDOプロジェクト検討
 材料、部材コンパウンド
 材料等の実証評価

加工性評価
 ・射出成形
 ・熱成形
 ・ブロー成形
 ・FIM等

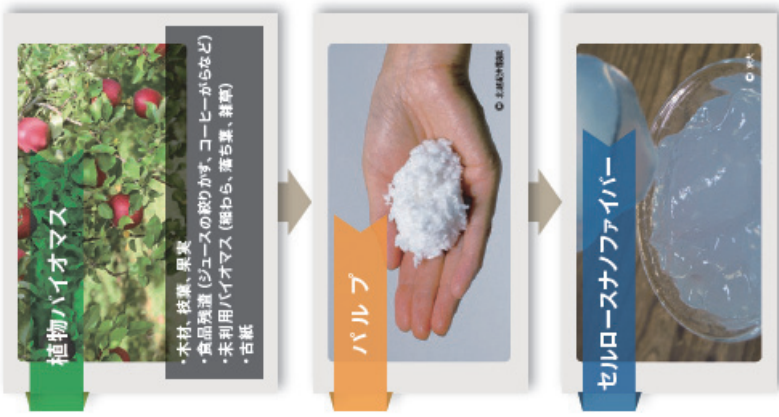
部材の評価
 部材品・材料に求められる性能の評価

CNF活用した自動車用材料、部品、部品のCO₂削減効果
 (製造段階・運行段階)の評価・検証

CNF (繊維) → **CNF** (粉末) → **CNF** (成形品) → **CNF** (部品) → **CNF** (車)

CNF

セルロースナノファイバーとは?



- 木材など、植物を原料とする新素材
- 植物から取れるセルロース(リグニンなど)を化学的・機械的処理により数〜数十ナメートルに微細化したナノ繊維
- 軽くて強い(鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度)
- 大きな比表面積(250m²/g以上)
- 熱変形が少ない(ガラスの1/50程度)

■ CNFプロジェクト 参画機関・企業

京都大学 KYOTO UNIVERSITY	宇部興産株式会社 UBE	昭和プロダクト 株式会社 昭和プロダクト	RISHO	INDAG	ナノセルロースナノファイバー株式会社 NANO CELLULOSE NANOFIBER CO., LTD.	MAXELL	DENSO Crafting the Core	トヨタ自動車株式会社 TOYOTA MOTOR CORP. JAPAN	TOYOTA CUSTOMIZING A DEVELOPMENT	産総研 NISTEP-Partnership for Innovation
環境省 Ministry of the Environment	株式会社 昭和紡績 SHOWA TOKKI	名古屋工業大学 NAGOYA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	秋田県立大学 AKITA UNIVERSITY	KYORAKU	三和化工株式会社 SANTO KAGAKU CO., LTD.	AISIN	トヨタ紡織株式会社 TOYOTA TEXTILE INDUSTRIES, LTD.	KIT 金沢工業大学 KANAZAWA UNIVERSITY	東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO	環境省 Ministry of the Environment

発行 環境省 地球環境局地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室
 事業代表機関 京都大学 生物材料機能分野
 〒611-0011 京都市宇治市五ヶ丘 <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/cnf/>

NCV Nano Cellulose Vehicle プロジェクト

自然なクルマナノセルロース・ヴィークル



NCVプロジェクトとは？

セルロースナノファイバー(以下「CNF」という)は、木材などの植物等を原料とし、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ次世代素材として、様々な分野での活用が期待され、着力的な研究開発が進められています。環境省では、「NCVプロジェクト」を新たに立ち上げ、京都大学を代表機関とした産学官合わせて22の機関で構成されるコンソーシアムにより、CNFを活用した材料、部材、自動車部品等の製品開発及び各段階の性能評価、CO₂削減効果の評価・検証に取り組んでいます。本プロジェクトは、平成28年度から平成31年度の4ヵ年計画で実施しており、自動車軽量化に重点を置いて、自動車の省エネ化・軽量化による二酸化炭素排出削減に向けた社会実装事業として推進しています。



材料物性の評価
NEDOプロジェクト提供材料、委託コンパウンド材料等の各種評価

加工性評価
射出成型 ・ 発泡成形
ブロー成形 ・ RTM 等

部材の評価
各部品・部材に求められる性能の評価

自動車
CNFを活用した自動車用材料、部材、部品のCO₂削減効果(製造段階・走行段階)の評価・検証

CNF

What is Cellulose nanofiber?



- Plant-derived material
- Nanosized fibrils; made by defibrating cellulose taken from plant by chemical / mechanical treatment
- Strong and lightweight (five times the strength of steel at one-fifth the weight)
- Large specific surface area (>250 m²/g)
- Low coefficient of thermal expansion (One-fiftieth of glass)

環境省
Ministry of the Environment

NCV Nano Cellulose Vehicle PROJECT

Nature-derived Automotive
Nano Cellulose Vehicle

Consortium Members of the NCV Project

- Published
- Ministry of the Environment, Government of Japan
- Climate Change Projects Office, Climate Change Policy Division, Global Environment Bureau
- Representative Body
- Kyoto University, Research Institute for Sustainable HumanoSphere
- <http://www.risho.kyoto-u.ac.jp/hcv/>

NCV Nano Cellulose Vehicle PROJECT

Nature-derived Automotive Nano Cellulose Vehicle



What is NCV project?

Cellulose nanofiber (CNF) is a material composed of nanosized cellulose fibrils. This plant-derived material, which offers high strength and high modulus at one-fifth the weight of steel is expected to be used in products in various fields as the next generation material.

The Ministry of the Environment of Japan launched the NCV (Nano Cellulose Vehicle) project by forming a consortium led by Kyoto University in FY2016. This project is designed to develop CNF composite resin and automotive components and the performance of these CNF-based products is also evaluated at each stage.

NCV project aims the dissemination of CNF-based products in the automotive industry in order to reduce CO₂ emissions through promoting energy conservation and weight reduction of automotive.



巻末資料 4

ナノセルロースシンポジウム

(NCV プロジェクト説明パネル)



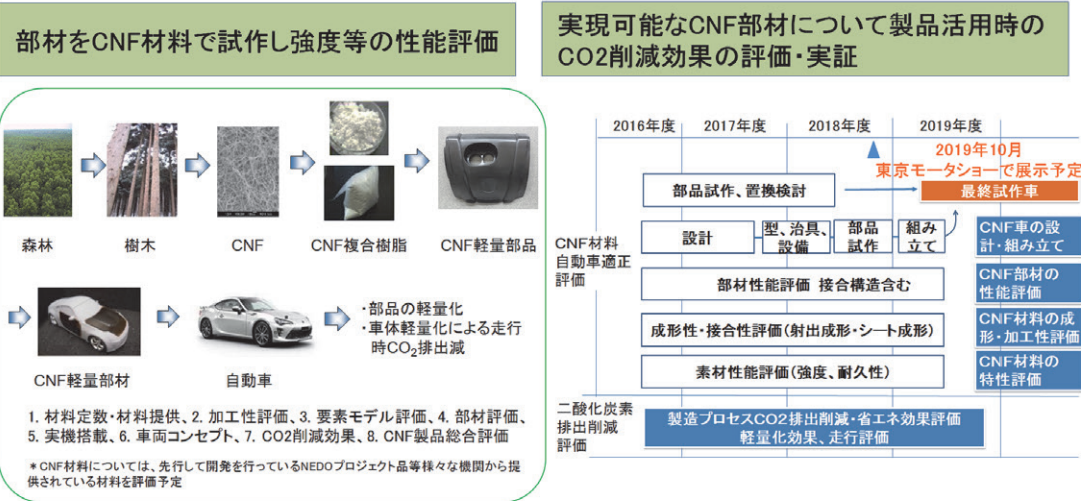
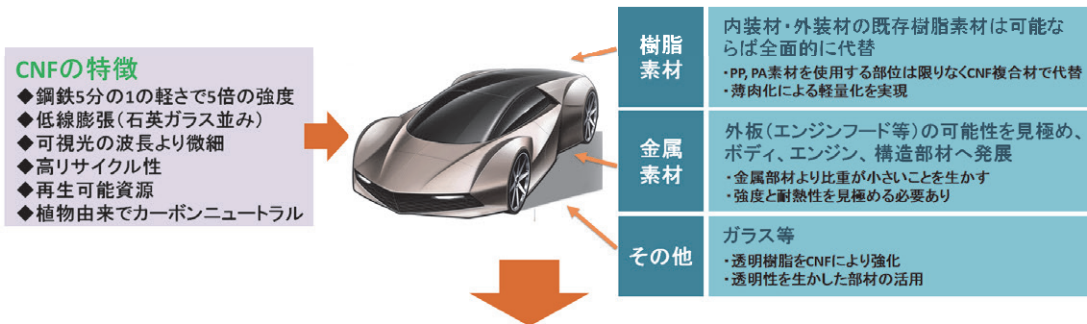
環境省 NCV (Nano Cellulose Vehicle) プロジェクト



次世代素材であるCNF(セルロースナノファイバー)を活用し、2020年に自動車で10%程度の軽量化を目標とするNCV(Nano Cellulose Vehicle)プロジェクトを2016年10月26日より実施しています。

京都大学が代表事業者となり、計22の大学、研究機関、企業等で構成されるコンソーシアムを形成し、サプライチェーンの一气通貫体制により、CNFを活用した材料、部材、自動車部品等の製品開発及び各段階の性能評価、CO2削減効果の評価・検証に取り組んでいます。

本事業は、特に国内市場規模が大きく、CO2削減ポテンシャルの大きい自動車(内装、外装等)分野において、材料メーカーおよび製品メーカーと連携し、CNF軽量材料の用途開発を実施するとともに、特に自動車部門でCNF軽量材料を実機に搭載することで軽量化によるCO2削減効果(例:自動車の燃費改善)等の性能評価および早期社会実装に向けた導入実証を行います。



材料評価から実機搭載までを一気通貫で実施、早期社会実装に向けて貢献する

参加研究機関・企業 22機関

アイシン精機株式会社、秋田県立大学、株式会社イノアックコーポレーション、宇部興産株式会社、金沢工業大学、京都市産業技術研究所、京都大学、キョーラク株式会社、産業環境管理協会、産業技術総合研究所、三和化工株式会社、昭和プロダクツ株式会社、株式会社昭和丸筒、ダイキョーニシカワ株式会社、株式会社デンソー、東京大学、株式会社トヨタカスタマイジング & ディベロップメント、トヨタ自動車東日本株式会社、トヨタ紡織株式会社、名古屋工業大学、マクセル株式会社、利昌工業株式会社

