

平成28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 報告書

セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる
自動車内装部品の軽量化

2017年3月31日

事業代表者
トクラス株式会社

共同実施者
国立大学法人 山口大学
国立大学法人 静岡大学
岡山県森林研究所
イオインダストリー株式会社

目次

要旨	1
Summary	2
1. 業務の概要	4
1. 1 業務テーマ	4
1. 2 事業の目的	4
1. 3 本業務の実施期間	4
1. 4 本業務に至った背景	4
(1) 技術的意義	
(2) 政策的意義	
(3) 本業務の展望	
1. 5 業務の内容	6
(1) CNF 添加 WPC の設計・製造	
(2) CNF 添加 WPC 製品の設計・製造	
(3) CNF 活用製品の性能評価	
(4) CNF 活用製品の活用時の CO2 排出削減効果の検証	
1. 6 事業実施体制	8
1. 7 本業務終了後の計画	11
(1) システムフロー	
(2) 事業化に向けたマイルストーン及びその事業意志判断ポイント	
(3) 地域モデルとの統合	
(4) 事業化	
(5) 普及に向けた取組	
2. 業務成果報告	21
(1) CNF 添加 WPC の設計・製造	
(2) CNF 添加 WPC 製品の設計・製造	
(3) CNF 活用製品の性能評価	
(4) CNF 活用製品の活用時の CO2 排出削減効果の検証	

要旨

本業務では、主にインパネ周辺の内装材について、間伐材から発生する木粉等バイオマスファイバーを添加したウッドプラスチック（以下「WPC」という。）にCNFを添加材利用することで補強し軽量の製品を製造し、CNF活用製品の性能評価を行うとともに、インパネ周辺部材の軽量化による自動車の燃費向上効果やCO₂削減効果の検証を行った。

(1) CNF 添加 WPC の設計・製造

ディスクミルにおけるCNF入り木粉の製造における管理手法を明らかにするとともに、100 t/月のCNF添加WPCコンパウンドの製造に対応できる木粉生産量を確保できる量産を実証した。また、コンパウンドにおいては、100 t/月に相当する生産性確保と汎用設備で射出成形が実現できる流動性（MFRで5g/10min以上）のコンパウンド量産を実証した。さらに、この量産結果をベースに、総額設備投資1億円以下で、100 t/月生産するコンパウンド設備仕様を構築した。

(2) CNF 添加 WPC 製品の設計・製造

(1)で量産したCNF添加WPCコンパウンドを用い、汎用の射出成形機で自動車内装部品の試作を実施した。また、木粉による軽量化と成形体の機能アップから自動車部品として15%以上の軽量化を実現した。また、試作した成形体を用い実際のユーザーへサンプルワークを行い、社会実装に向けた課題を抽出した。一方、CNF添加WPC部品のリサイクル評価を実施し、エクステリア用WPC原料として活用できることを見出した。

(3) CNF 活用製品の性能評価

CNF入り木粉から成形までの量産結果を通じ、経済性の評価を実施、目標とするコスト（タルク充填プラスチックと同等レベル）で製造できることを立証した。また、量産したCNF添加WPCコンパウンドの部品における信頼性評価を実施し、課題検証を実施した。

(4) CNF 活用製品の活用時のCO₂排出削減効果の検証

量産における製造エネルギーを実測し、この結果をベースにCO₂排出量を算出、目標値である30 kg-CO₂e/台以上のCO₂削減を達成した。

Summary

A commissioned project on the performance evaluation of the Products using Cellulose nanofiber (2016)

Weight saving for the instrument panel of automobile by using cellulose nanofiber added wood plastic composite (CNF-WPC)

In this task, wood plastic composite (WPC) composed of forest thinnings as a biomass filler which was reinforced and reduced in weight by the addition of cellulose nano fiber (CNF) was produced. The performance of CNF-WPC was evaluated. Also reduction of fuel consumption and CO₂ emission by using CNF added WPC as instrument panels were estimated.

(1) Design and production of CNF-WPC

The production process of wood flour with CNF by using disk mill was evaluated. Mass production of wood flour which covers the amount of 100t/month for CNF-WPC compound production was demonstrated. Also mass production of the compound was evaluated under the appropriate fluidity (over 5g/10 min MFR) of the compound which can be molded with a normal equipment. Finally the specification of the plant for the production line of compound whose production is more than 100 t/month was established under 100 million yen.

(2) Design and production of CNF-WPC products

Prototype of instrument panels for automobile were experimentally made of CNF-WPC compound. They achieved over 15% of weight reduction by the addition of wood flour and the improvement of their mechanical property. Produced prototype was distributed for the customer to find the task for the practical usage. It was found that CNF-WPC products has a potential to be used in exterior from the viewpoint of its recyclability.

(3) Performance evaluation of CNF-WPC products

The result of economical assessment for the production procedure of CNF-WPC established that the production of CNF-WPC could accomplish the required cost (equivalent for the producing cost of the talc-filled plastic composites). Reliability assessment for the CNF-WPC products was carried out to clarify the further problems.

(4) Effect of the usage of CNF-WPC on the reduction of CO₂ emission

Energy consumption during the mass production of CNF-WPC products was estimated. These estimation resulted in the reduction of CO₂ as a 30kg/units.

1. 業務の概要

1. 1 業務テーマ

セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部材の軽量化

1. 2 事業の目的

セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、木材等の植物等を原料とし、高い比表面積と空孔率を有していることから、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、2～3 年で実現でき、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 削減効果の検証することを目的とする。

1. 3 本業務の実施期間

平成 28 年 4 月 1 日から平成 29 年 3 月 31 日

1. 4 本業務に至った背景

インパネ等の自動車内装材は、「自動車部品としての機能」と「インテリアとしての意匠」の双方を兼ね備える必要がある。そのため、機能としては、プラスチックに無機フィラーを添加し、意匠としては、塗装、木目シート（あるいは突板）貼り等の加飾で対応している。しかしながら、近年の自動車における環境意識向上から、無機フィラー添加は、部品重量の増加、加飾は、素材や加工数の増加となり、これらの改善が急務となってきた。このような背景の中、木粉等バイオマスフィラーをプラスチックに添加したウッドプラスチック（以下「WPC」という。）が注目されている。WPC は、木粉が無機フィラーに比べ軽量である点から軽量化につながるとともに、簡易な加飾で高い意匠性を付与できる。しかしながら、自動車内装部品としての機能に関しては、既存の無機フィラープラスチックに比べ、不足している性能もある。一方、バイオマス素材である CNF は、その高いパフォーマンスから、自動車部品としても期待されているが、CNF 自体のコストや使い勝手（CNF は含水状態）の問題から実用化す

するためには、多くの時間を要する。そこで、本業務では、木粉と CNF を同時に製造する手法から得られた CNF 入り木粉を利用し、WPC と CNF 双方が有する特性を兼ね備えた自動車内装材部品用 CNF 添加 WPC の実用化を図る。

(1) 技術的意義

WPC はエクステリア用途を中心に国内外広く利用されている実績のある素材であり、高い機能を必要としない自動車部品の一部に利用されている。また、自動車用途は、実績が認められれば、短期間に供給量の増大が求められる。したがって、利用側（自動車メーカー）にとっては、本事業提案は、実用化が容易でかつ品質及び供給面が安心な技術である点から、使い手側にとって導入しやすい技術である。また、CNF が添加剤用途であるため、そのスペック（添加量や粒度等）を制御するだけで、WPC が自動車だけではなく、家電や機械部品、建材等幅広く展開も可能で、波及効果が高い。

(2) 政策的意義

木粉製造時に CNF も同時に製造したものを利用するため、原材料コストが安い点、WPC への添加であることから、自動車内装部品を製造しているメーカー（成形メーカー）で保有している設備で製造できる点から、現状の産業界に負荷なく啓発が可能である。また、付加価値の高い木粉利用が促進することで、森林政策への提言（自然共生）、再利用において、既存のエクステリア用途への展開が可能であることから循環型モデルまで踏まえた提案となる。

(3) 本業務の展望

本事業は、自動車内装材向け WPC 製品に CNF を添加剤利用することで、自動車の軽量化による燃費向上と部品生産における工程削減による製造エネルギー削減に加え、使用後、再利用でもスペックが合致するエクステリア用途向け WPC へ利用することで、エクステリア用途 WPC 製造エネルギーの削減から CO2 削減として地球温暖化へ貢献することを目的としている。実用化に向けては、後述する業務の内容に示す通り、使い手側が利用しやすい環境整備と作り手側が供給しやすい体制作りがポイントとなるが、中長期的には、形状デザインに合わせた機能制御とトレンドに合わせたデザインバリエーションへの対応が必要となる。中長期課題に関しては、デザイン課題であり、予測は困難とはなるが、本事業内で、ある程度の自由性は提示するところまで実施する。想定されるユーザーは自動車メーカーであるが、実際にターゲットとする自動車（車種）は、燃費等を重視する軽自動車を含むコンパクトカー、ハイブリッド車と本木のウッドパネルは利用できないが、あるレベルの質感は必要な中級グレード車が対象となる。

1. 5 業務の内容

本業務では、主にインパネ周辺の内装材について、間伐材から発生する木粉等バイオマスフィラーを添加したウッドプラスチック（以下「WPC」という。）に CNF を添加材利用することで補強し軽量の製品を製造し、CNF 活用製品の性能評価を行うとともに、インパネ周辺部材の軽量化による自動車の燃費向上効果や CO2 削減効果の検証を行うため、以下（１）～（４）に示す内容を実施する。

（１）CNF 添加 WPC の設計・製造

①CNF 入木粉材料の量産実証

ア. ディスクミルによる粉砕管理手法の検証（岡山県森林研究所）

投入原料仕様（サイズ、含水率等）と、CNF 含有量の関係を明らかにし、量産における管理項目を明らかにする。

イ. 100 t/月以上の CNF 添加 WPC 製造に対応する CNF 入木粉製造の実証（トクラス）

実ラインを利用して、100 kg/hr 以上の CNF 入木粉製造を実証する。

②CNF 添加 WPC コンパウンドの量産検証

ア. コンパウンドの量産（トクラス）

汎用の量産設備を用いて、CNF 添加 WPC コンパウンドの量産を実証するとともに、この実績データを踏まえ、採算性が確保できる（投資金額 1 億円以下で、100t/月以上生産できるコンパウンドライン）設備仕様を確立する。

イ. 量産コンパウンドの性能評価（山口大学）

量産したコンパウンドの評価を実施するとともに、汎用射出成形機にて成形できる流動性を確保できる（MFR=5g/10min 以上）レシピ条件をフィードバックする。

（２）CNF 添加 WPC 製品の設計・製造

①既存製品より、15%以上軽量化が図れる自動車内装部品の試作

ア. 自動車内装部品の試作（イオインダストリー）

既存自動車部品の製造ラインで実際に試作を実施し、量産した CNF 添加 WPC コンパウンドの成形性を確認するとともに、部材重量としての軽量化効果を検証する。また、成形結果及び多テーマの物性結果を踏まえ、構造的に軽量化（15%以上）できる手法を提示し、これに対応できる金型設計を実施する。

イ. 量産 CNF 添加 WPC コンパウンドを用い成形した成形体の評価（山口大学）

量産 CNF 添加コンパウンドにて汎用射出成形機で試作した成形体を用い機械的特性の評価を実施する。

②デザインサンプルの試作

ア. デザインサンプル用成形体の試作（イオインダストリー）

展示会、ユーザーヒヤリング等に利用できる木質感の高い成形体サンプル（塗装等加飾前）の試作を実施する。

イ. 加飾サンプル作成及びヒヤリング（トクラス）

金型による高意匠化、塗装による加飾等の表面加飾サンプルを作成するとともに、展示会等を利用し、ユーザーヒヤリングを実施する。

③リサイクル性の検証

ア. 再利用成形におけるリサイクル性評価（トクラス）

エクステリア用途 WPC 配合において、CNF 添加 WPC 廃材を添加し、実際に成形体を試作、リサイクル利用における成形性（利用の可能性、他のリサイクル樹脂との比較等）における評価を実施する。

イ. リサイクル成形体の評価（静岡大学）

実際に量産にて製造した CNF 添加 WPC 廃材添加エクステリア WPC の機械的特性等エクステリア用途の基本特性を評価し、実用化における課題の抽出とその対策を提示する。

(3) CNF 活用製品の性能評価

①CNF 入木粉製造における経済性評価（岡山県森林研究所）

実際の製造ラインにて 100 円/kg以下の製造コストでの CNF 入木粉が生産できることを実証する。

②CNF 添加 WPC コンパウンドの経済性評価（トクラス）

既存設備を用いたコンパウンド量産を実施し、300 円/kg以下の製造コストで生産できることを実証する。

③CNF 添加 WPC 部品の経済性評価（イオインダストリー）

実際の自動車部品を試作し、既存素材であるタルク充填プラスチックと同等以下の製造コストで生産できることを実証する。

④量産試作で得られた CNF 添加 WPC 部品の性能評価（山口大学）

安全性、信頼性の観点から、耐久性評価（疲労試験、耐水試験、耐候試験等）を実施するとともに、課題点があればそれを抽出し対策案を提示すること。

(4) CNF 活用製品の活用時の CO2 排出削減効果の検証

①生産エネルギーの実測（トクラス、岡山県森林研究所、イオインダストリー）

量産試作を通じ、製造に必要とするエネルギー使用量を実測する。

②CO2 排出量の評価（トクラス）

実測データをもとに、CO2 排出量を算出するとともに、30 kg/台以上の効果の確認を実証すること。本評価で、30 kg/台に至っていない場合、あるいは各種課題検証にて、さらなる削減が可能な手法が見いだされた場合は、その手法を明確化する。

1. 6 事業実施体制

トクラス株式会社が事業代表機関で、山口大学、静岡大学、岡山県森林研究所及びイオインダストリー株式会社が共同研究機関として参画した。表－1. 1には、各テーマの担当機関を示す。また、図－1. 1には、実施体制図を示す。

表-1. 1 各テーマの担当機関

テーマ		担当機関	
(1) CNF 添加 WPC の設計・製造	①CNF 入木粉材料の量産実証	ア. ディスクミルによる粉砕管理手法の検証	岡山県森林研究所
		イ. 100 t/月以上の CNF 添加 WPC 製造に対応する CNF 入木粉製造の実証	トクラス
	②CNF 添加 WPC コンパウンドの量産検証	ア. コンパウンドの量産	トクラス
		イ. 量産コンパウンドの性能評価	山口大学
(2) CNF 添加 WPC 製品の設計・製造	①既存製品より、15%以上軽量化が図れる自動車内装部品の試作	ア. 自動車内装部品の試作	イオインダストリー
		イ. 量産 CNF 添加 WPC コンパウンドを用い成形した成形体の評価	山口大学
	②デザインサンプルの試作	ア. デザインサンプル用成形体の試作	イオインダストリー
		イ. 加飾サンプル作成及びヒヤリング	トクラス
	③リサイクル性の検証	ア. 再利用成形におけるリサイクル性評価	トクラス
		イ. リサイクル成形体の評価	静岡大学
(3) CNF 活用製品の性能評価	①CNF 入木粉製造における経済性評価		岡山県森林研究所
	②CNF 添加 WPC コンパウンドの経済性評価		トクラス
	③CNF 添加 WPC 部品の経済性評価		イオインダストリー
	④量産試作で得られた CNF 添加 WPC 部品の性能評価		山口大学
(4) CNF 活用製品の活用時の CO2 排出削減効果の検証	①生産エネルギーの実測		トクラス、岡山県森林研究所、イオインダストリー
	②CO2 排出量の評価		トクラス

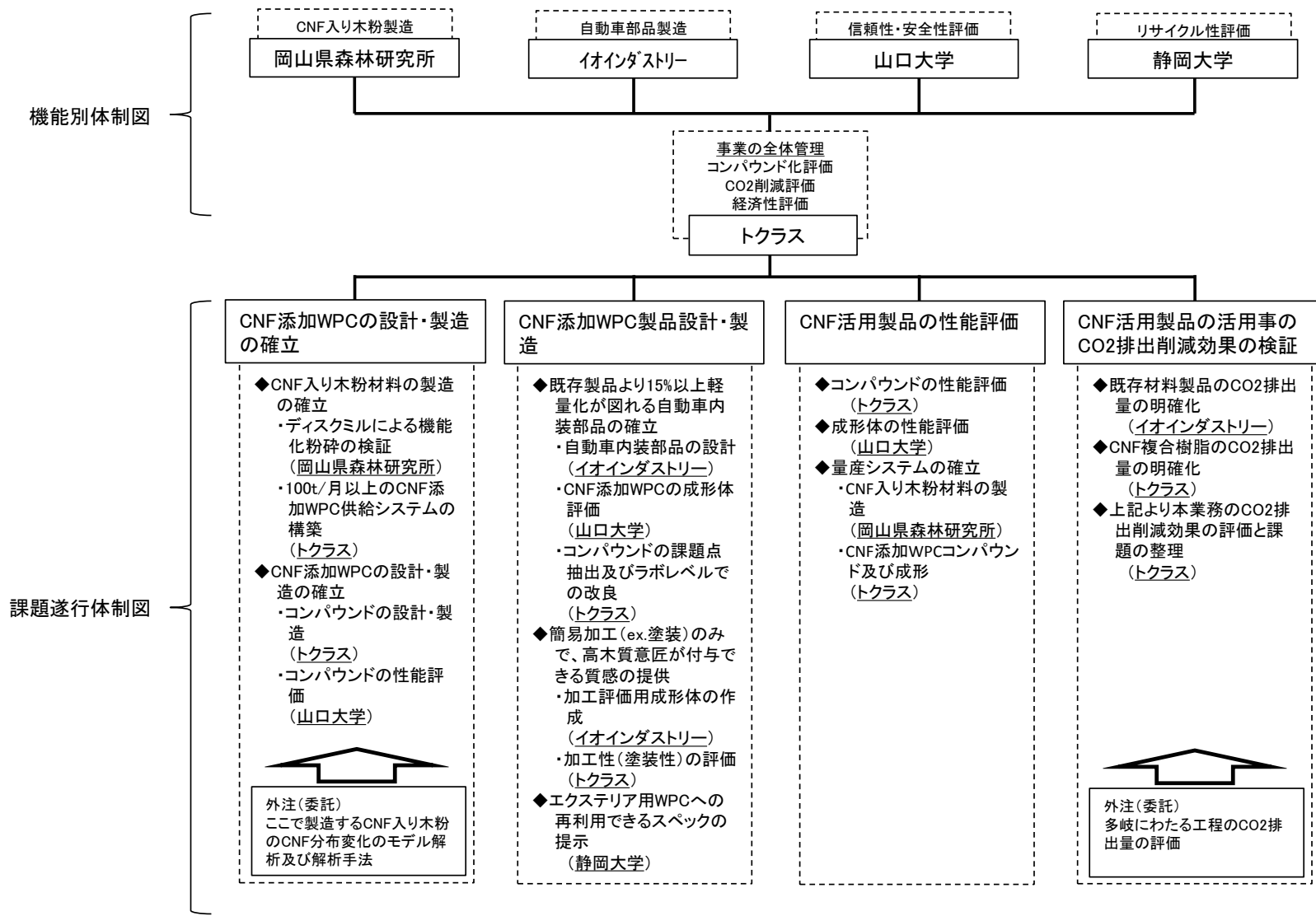


図-1.1 事業実施体制図

1. 7 本業務終了後の計画

(1) システムフロー

本業務成果は、軽量化につながる WPC 自動車内装部品に CNF を添加することで、実用化速度の加速化を図ることを目的としており、その実現には、単に部品開発だけでなく、川上から川下までトータルで検証する。その結果、森林資源利活用の自然共生への貢献から、本主目的である自動車の軽量化に伴う低酸素社会実現（CO2削減）、さらには、リサイクル用途まで踏まえた循環型社会形成への貢献まで含んだ事業フローとなる。図－1. 2には、産業フローと本業務成果及び成果のポイントを示す。

(2) 事業化に向けたマイルストーン及びその事業意志判断ポイント

本業務完了後、1年半後には、初期製品を立ち上げ、2年半後には、本格事業展開を目指している。そのためには、事業終了後直ちに、サンプルワークが開始されなければならない。これは、自動車メーカーでの評価が、最低でも1年以上は必要とするためである。一方、新規素材であるため、利用する側のリスクもあり、事業拡大は、段階的なステージを経ることが必要となる。そこで、分かりやすい（＝エンドユーザーにも受け入れられやすい）インパネ用途からスタートする。インパネ用途は、機能だけでなく意匠も重要視され、ベースが WPC である特徴を最も活かせる用途である。加えて、利用する自動車も、軽量化の効果が最も必要とする電気自動車、ハイブリッド車、軽自動車向けを最初のステップに設定する。さらに、自動車用の素材（部品）は、世界共通である場合が多く、事業終了後、3年目までには、海外供給体制も構築しておく必要がある。図－1. 3には、事業計画とマイルストーンを示す。

(3) 地域モデルとの統合

本業務成果の用途は、自動車であり、部品製造（成形）及びそれを自動車に組み立てる自動車利用の生産拠点は、全国及び世界各地にあり、一拠点化することは困難である。したがって、部品製造より川下では、各地域の地域性を活かした事業モデルは、構築し難い。しかしながら、本事業モデルの川上である「出発原料（調達）」、「CNF 入り木粉製造」及び「コンパウンド化」においては、同一地域で事業化することが望ましい。これは、かさが高い原料のおが粉や、含水状態の CNF 入り木粉の移動（物流）にはロスが大きいことが要因となる。さらに、本事業提案技術や品質の多くは、「CNF 入り木粉製造」及び「コンパウンド化」で決まることから、品質管理や研究開発も生産拠点に近隣に設置されていることが望ましい。これらの面を踏まえ、本事業では、「コンパウンド化」までの生産拠点及び「技術開発・技術サポート」拠点は、同一（近隣）の地域で実施する方向で進める。具体的には、岡山

県の美作地域を想定している。この地域は、森林資源が豊富にあるだけでなく、製材業、バイオマス発電等バイオマス利用が盛んな地域であり、産業だけでなく、行政におけるバイオマス事業の取組も先進的な地域である。この美作地域で本事業提案の事業化を実現することで、同地域が取組んでいる地域モデルの一助となる。図-1.4には本地域モデルのイメージ図を示す。

(4) 事業化

本業務成果により、内装部品スペック、意匠性及び品質も含めた安定供給の課題がクリアされれば、自動車メーカーによる安全性の評価試験に移行する。安全性評価には、1年以上要するため、当社としては、事業終了後、直ちにサンプルワークを実施し、イオインダストリーと共同で製品開発を実施し、2019年度10月には、特定部品（インパネを予定）、特定車種（電気自動車、ハイブリッド車、軽自動車のいずれかを予定）による試験導入を図る（事業開始）。この成果を踏まえ、2020年度10月より、特定部品を利用する車種を随時拡大する（事業拡大）。一方、水平展開として、2019年度よりイオインダストリー等自動車内装部品メーカーと共同でインパネ以外の内装部品に展開する製品開発を実施し、2020年度4月には、特定車種への試験導入、2021年度4月より利用する車種の拡大を図る。図-1.5には事業化に向けたロードマップを示す。

また、最終利用者は自動車メーカーであり、求められる特性は、燃費向上につながる軽量化に加え、安定供給、高意匠となる。しかしながら、実際に本技術成果を自動車メーカーに提案するのは、本業務に参画しているイオインダストリーのような成形メーカーである。したがって、自動車メーカーへの特性に加え、提案する成形メーカーにメリットがある特性を提示しなければならない。成形メーカーから求められる特性としては、設備投資リスクがない素材、即ち既存の製造設備で利用できるコンパウンドであること、成形サイクル等生産性が向上するコンパウンドであること、シート貼りや塗装等の加飾に関するコストが軽減できるコンパウンドであることが挙げられる。図-1.6には業界の川上から川下に向かいPRできるポイントを示す。

(5) 普及に向けた取り組み

本業務で取り組む課題は、既存素材（タルク等無機フィラー充填プラスチック）の代替であり、これらを利用しているメーカーの販売チャンネルをそのまま利用し、自動車メーカーに供給する。したがって、販売チャンネルはできているものの、利用するメーカーにとっては、代替であるため、売上増大にはつながらない。つまり、普及における第一のハードルは、自動車メーカーに提案する部品メーカーのメリットを提示することとなる。そのためには、前述した技術的な対応も重要であるが、

バイオマスを利用することによる政策面でのサポートも重要となる。現在、建築で用いられている国産木材利用促進、北米の自動車産業で検討されている使用材料のバイオマス由来度による縛り、バイオマス利用による炭素固定等、これらの観点から国内自動車メーカーではあまり政策支援対象（ex. エコカー減税の対象）になっていない。これら行政サポートを充実することは、成形メーカー、自動車メーカーにとって大きなメリットとなり、本技術成果の利用拡大につながると考えられる。普及に向けた、第二のハードルは、技術的サポートの充実である。CNF を含むプラスチック製品へのバイオマス利用は、エクステリア用途のウッドプラスチックを中心に普及はしているものの、実績は少ない。したがって、利用する成形メーカー、自動車メーカーにとって、開発リスクは大きい。前述した通り、成形メーカーにとっては、代替素材であり、売り上げ拡大にはつながらず、公的な技術サポートがない限り、開発リスクは乗り越えることは困難である。欧州では、フィンランド、スウェーデン、ドイツ等で、天然繊維、木粉等バイオマスフィラーを利用したプラスチックの公的な研究機関は多く、既に多くの欧州自動車メーカーにて CNF ではないが、バイオマス素材を利用したプラスチック製品は普及している。これは、成形メーカーが技術サポートを受けられることが大きなメリットである。国内でも大学を中心に CNF 研究をしている機関はある。しかしながら、CNF を製造するメーカーはサポートが得られるが、成形メーカーがサポートを得られる機関ではない。したがって、成形メーカーの技術サポートができる機関の設立が望まれる。第三のハードルは、自動車メーカーにとっての調達リスクである。自動車メーカーにとって、素材は基本的に複数社購買となる。したがって、CNF 利用において、どこか 1 社だけが、全てのニーズに対応できる製品を確立しても、自動車メーカーによる本格採用には至らない。このハードルにおいても、第二のハードルで提示した公的なサポート機関による技術普及の役割が必要となる。本スキームでは、第一のハードルに対しては、ウッドプラスチック業界からの政策提案、第二、第三のハードルに対し、真庭バイオマスラボを事業終了後、公的なサポート機関として充実させることを視野に入れている。以上の課題を乗り越えることで、2025 年には、タルク充填プラスチックを使用している自動車内装部品の 50%以上を、CNF 入りウッドプラスチック素材に代替することを目標とする。図-1.7 には普及に向けたハードルと取組及びその展望を示す。

一方、販売手法は、代替素材であり、既存のタルク充填プラスチックと同じであるが、本事業成果の大きなポイントは、CNF 添加量のコントロール、粒度制御等フィラー側にも新たな機能付与が可能となるため、利用者ニーズに対応するマーケティング手法は異なる（図-1.8）。即ち、従来の素材にはないフィラー側でも機能付与が可能となるため、従来、成形体の形状設計以外では提案できなかった素材

軸の機能提案営業が可能となる。したがって、本技術成果を、より普及拡大するためには、提案営業が必要となってくるが、現状の成形メーカーで、素材まで含めた提案営業できるメーカーは少ない。そこで、前述した成形メーカーに対する技術サポートは重要な課題となってくる。成形メーカーでの技術提案力が高くなれば、本技術成果を自動車用途だけでなく、家電、機械部品、建材等の分野にも進出が可能となる。これにより、本業務成果の市場は国内だけで 500 万 t/年以上の需要が見込める

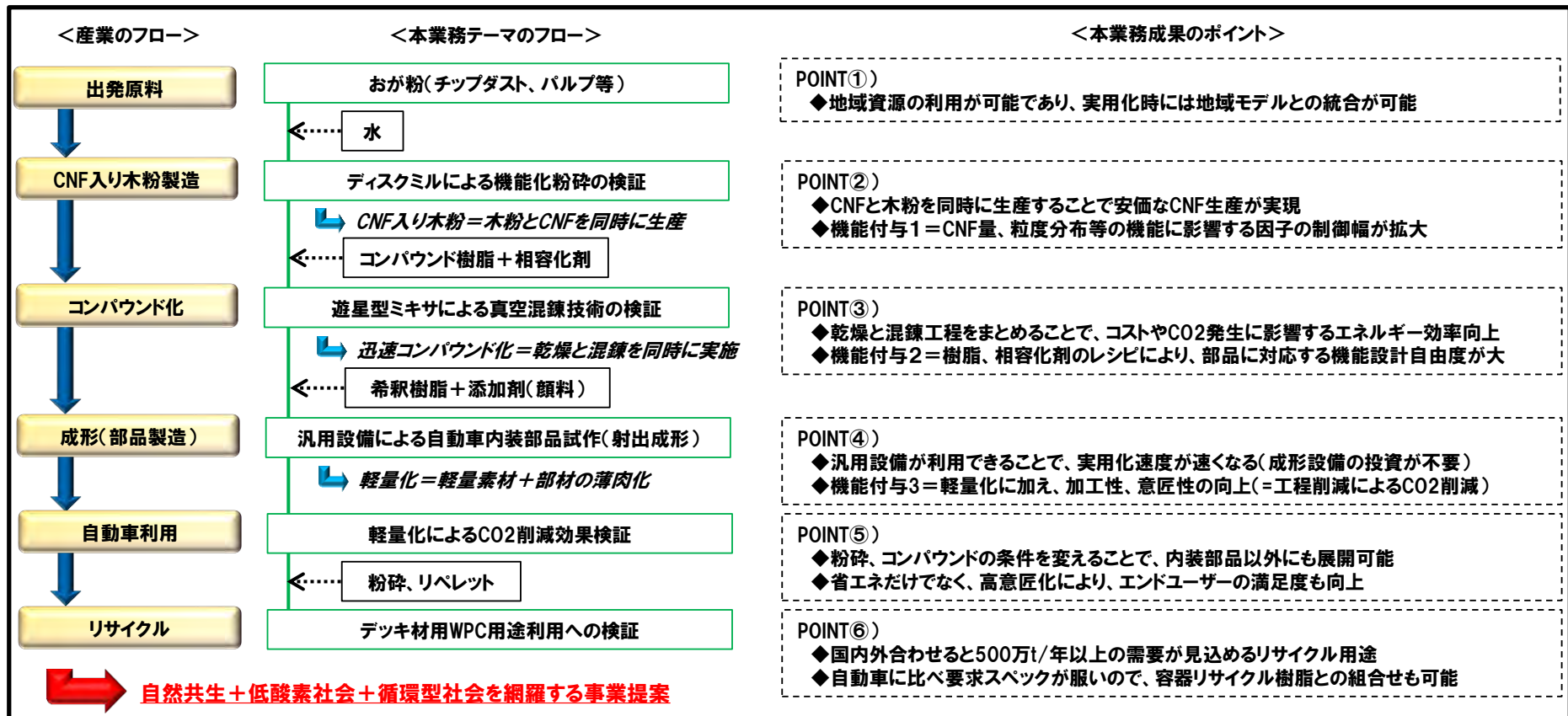


図-1. 2 産業フローと本業務成果及び成果のポイント

	2015～2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
事業計画	<p>←-----→</p> <p>本事業) 自動車内装部品 向け部材の開発</p>	<p>サンプルワーク</p> <p>ユーザー評価⇔フィードバック検証</p> <p>利用箇所増加による拡大</p>	<p>ユーザー評価⇔フィードバック検証</p> <p>特定部品／特定車種への実用化</p> <p>ユーザー増加による拡大①</p> <p>ユーザー評価⇔フィードバック検証</p>	<p>特定部品／汎用車種への拡大</p> <p>適応メーカー拡大① (特定部品／特定車種)</p> <p>汎用部品／特定車種への実用化</p> <p>ユーザー増加による拡大②</p>	<p>適応メーカー拡大② (特定部品／汎用車種)</p> <p>汎用部品／汎用車種への拡大</p> <p>適応メーカー拡大① (汎用部品／特定車種)</p>
※特定部品は、意匠性を重視するインパネを想定					
マイルストーン	<p>本事業完了 ○</p>	<p>★パイロットプラントによる供給開始</p> <p>★木粉量産設備導入</p>	<p>★コンパウンド量産設備導入</p> <p>○事業開始</p>	<p>★木粉・コンパウンド増産設備導入</p> <p>○本格事業展開</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ・事業目標が達成されているか？ ・事業化構想(立地場所も含め)が確立されているか？ ・自動車メーカーとの調整が開始されているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・品質保証体制が構築できているか？ ・自動車メーカー及びエンドユーザーへの価値提供が立証されているか？ ・パイロットプラントによる生産安定性は立証できているか？ ・人員確保ができているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車用途での安全性、長期耐久性が確保できているか？ ・品質は確保できているか？ ・量産設備で計画通りのコスト体制になっているか？ ・供給量の増減に対応できる仕組みを構築できているか？ ・機能対応力ができているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・初期自動車メーカーとの間に縛りを設けていないか？ ・多品種対応による安価生産の仕組みが構築できているか？ ・さらなる付加価値の提案ができていないか？ ・増産計画が構築されているか(拠点も含め)？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・競合素材に対する対抗策はできているか？ ・海外供給に対応できるか？ ・量産対応以外でのコストダウン対策はあるのか？ ・トレンドに対応できているか(特に意匠面)？

図-1.3 事業計画とマイルストーン

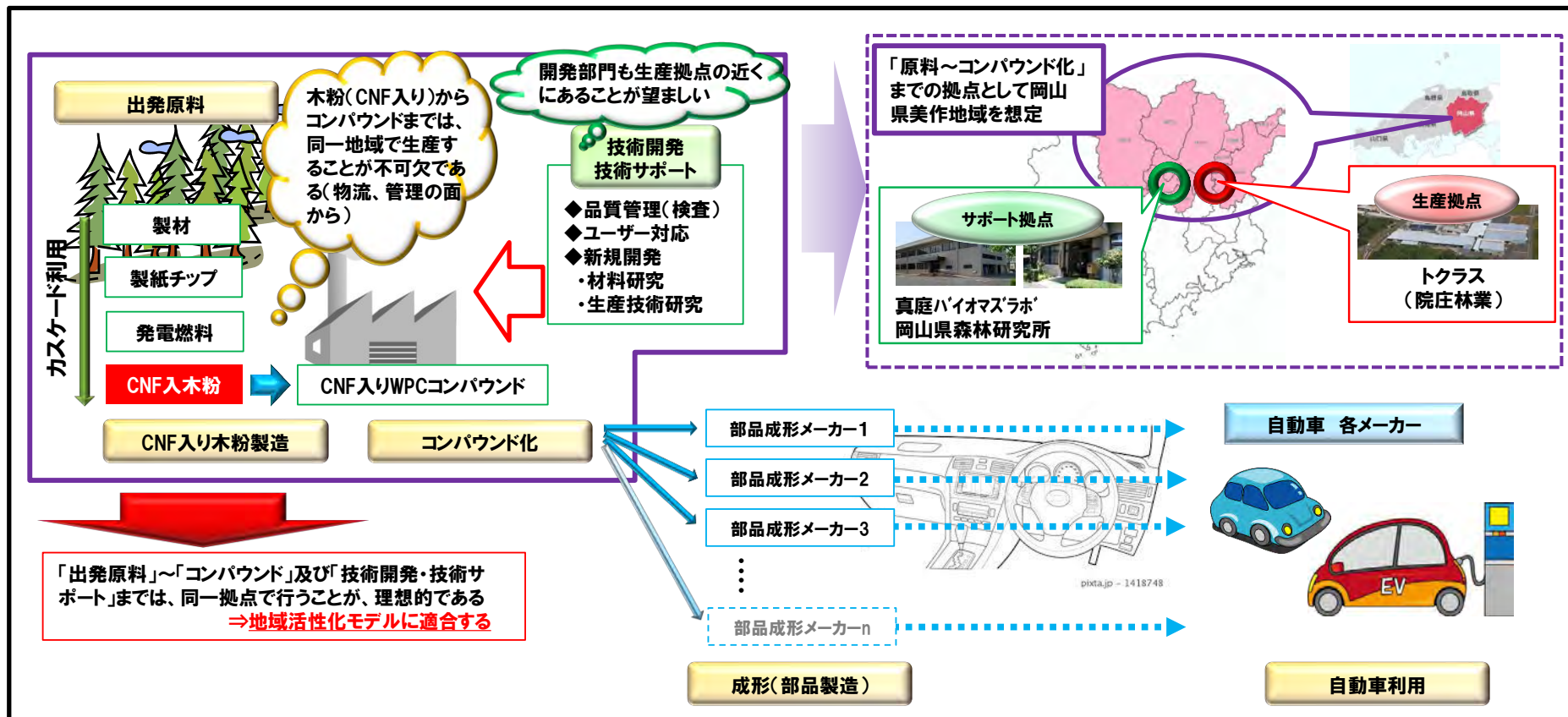


図-1. 4 本地域モデルのイメージ

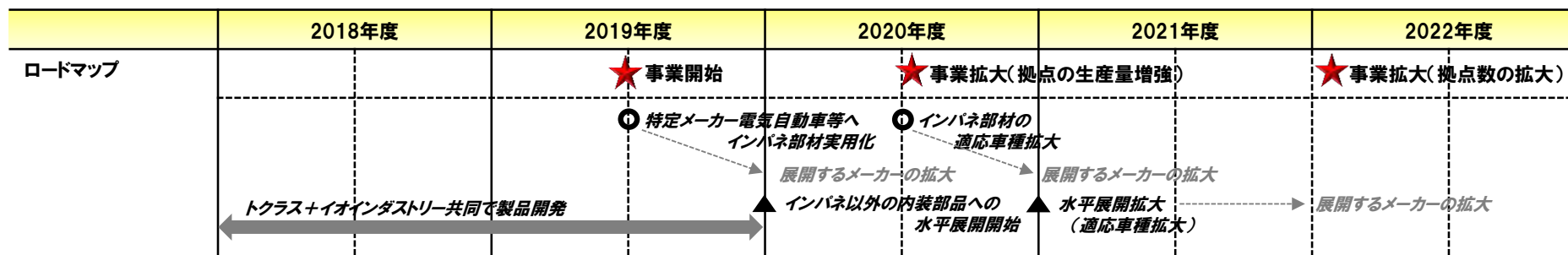


図-1.5 事業化に向けたロードマップ

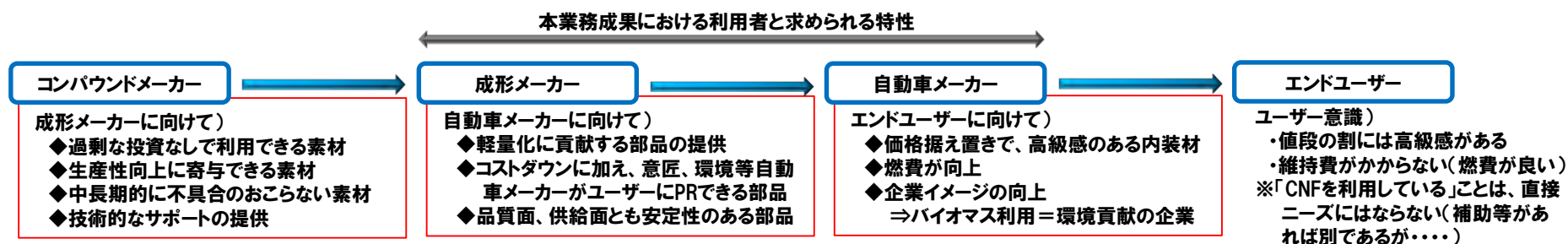


図-1.6 業界の川上から川下に向かいPRできるポイント

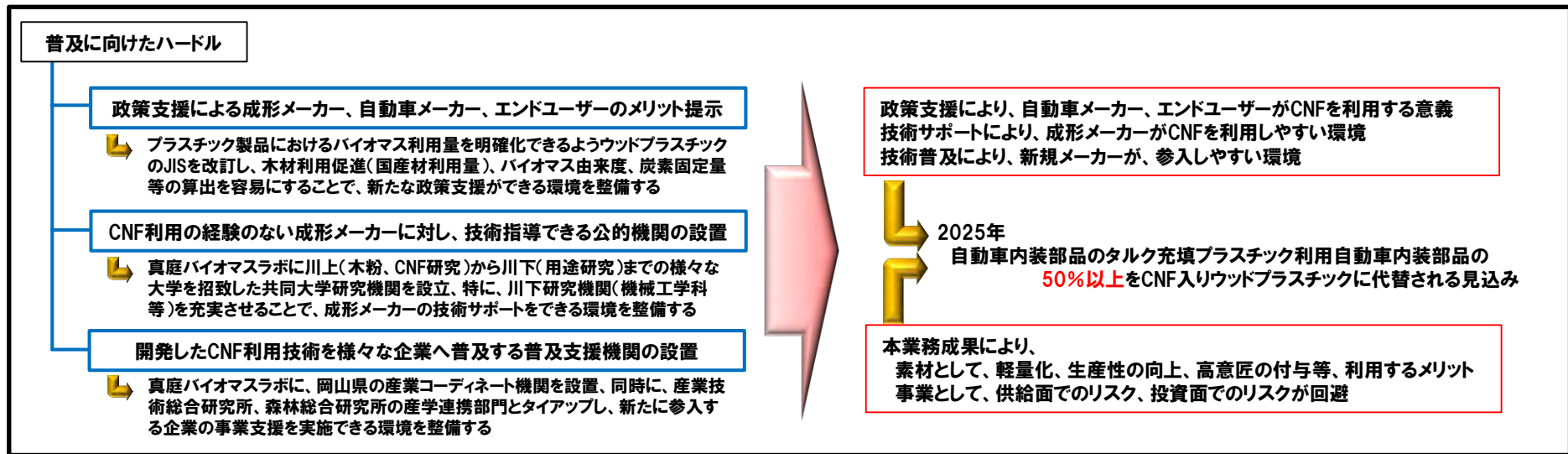


図-1. 7 普及に向けたハードルと取組及びその展望

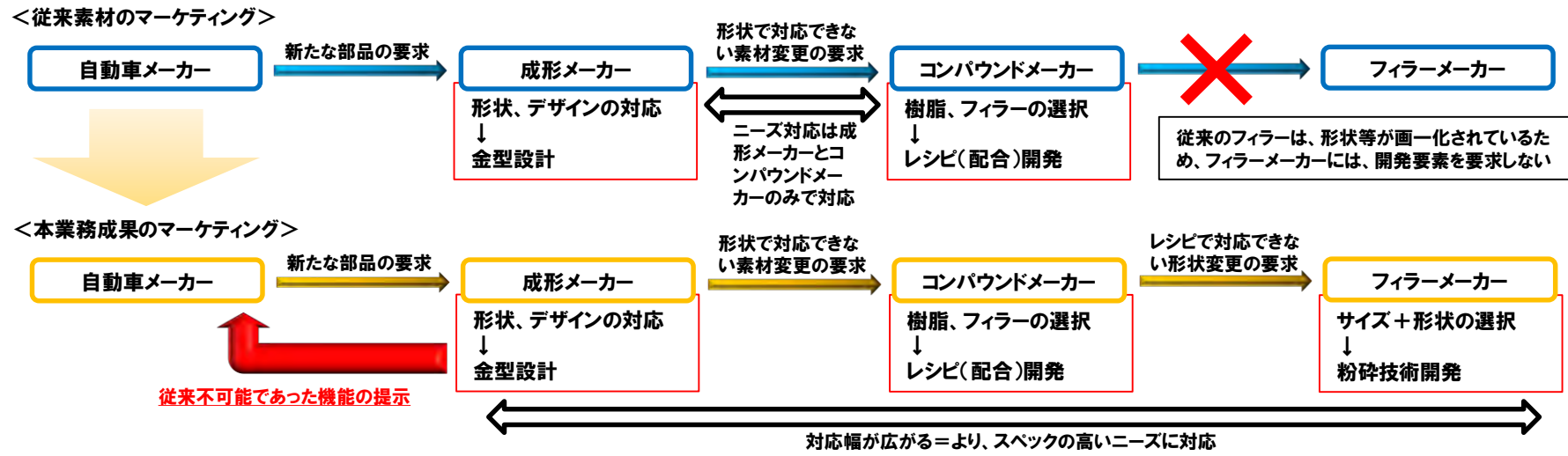


図-1. 8 本業務成果のマーケティングスキーム

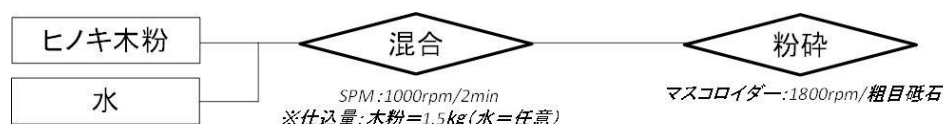
2. 業務成果報告

(1) CNF 添加 WPC の設計・製造

①CNF 入り木粉材料の製造技術の確立

ア. ディスクミルによる機能化粉碎の検証

昨年度のラボ評価において、CNF 入り木粉の生産手法は、図－2. 1 に示す手法が最適と判断された。そこで、本年度事業では、この手法において量産設備を活用し、機能化粉碎を検証した。



図－2. 1 CNF 入り木粉粉碎フロー

◆ディスクミルクリアランスを生産性の関係

CNF 分をより多く含有させるためには、ディスククリアランスをできる限り小さくして微粉化する必要がある。しかしながら、微粉化することは、生産性の低下だけでなく、初期木粉サイズも大きく影響する。本事業は実用化が目的であり、出発原料である木粉も市販で調達できる者であることが望ましい。そこで、容易に、かつ安価で調達できる市販木粉サイズをスタートとし、ディスククリアランスの影響を評価した。

表－2. 1 には、粉碎時のディスククリアランス状態を示す。この条件にて、粉碎時の含水添加量を変化させ CNF 入り木粉製造を実施した。

表－2. 1 粉碎時のディスククリアランス等粉碎条件

No.	配合(部)		クリアランス		
	木粉	水	350μ	200μ	100μ
1	100	0	○		
2	100	↓		○	
3	100	↓			○
4	100	50	○		
5	100	↓		○	

図－2. 2 には、ディスクミルクリアランスにおける CNF 入り木粉の生産量、図－2. 3 には、その際の負荷エネルギーを示す。

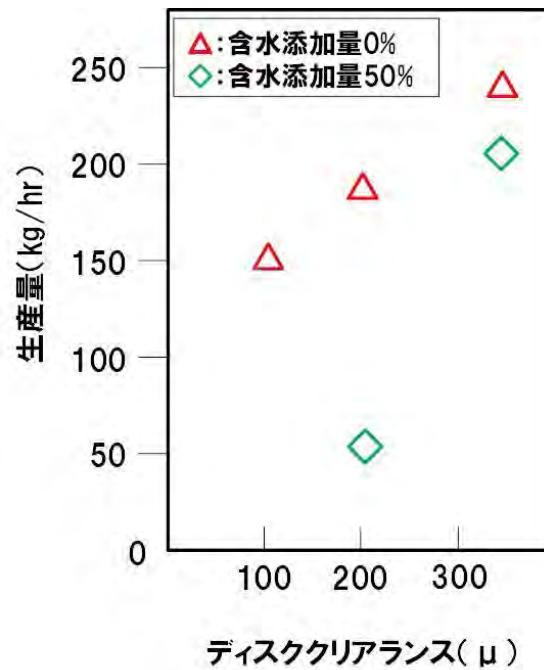


図-2. 2 各ディスクミルクリアランスにおける CNF 入り木粉の生産量

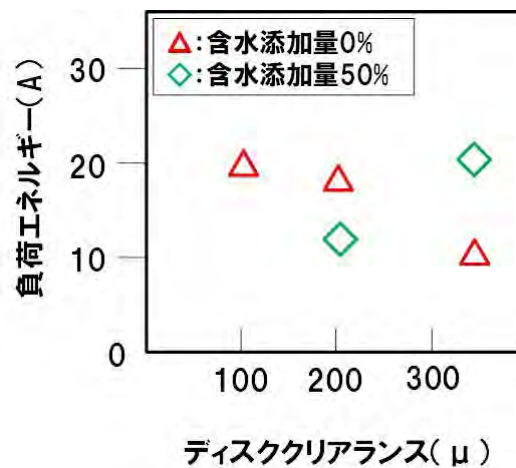


図-2. 3 各ディスクミルクリアランスにおけ CNF 入り木粉の負荷エネルギー

生産量は含水添加の有無にかかわらず、ディスクミルクリアランスが大きくなるほど高くなった。これは、初期木粉サイズ（平均粒子径が約 170μ ）から、クリアランスが大きくなると、素通りしている状態であることが予想される。しかしながら、負荷エネルギーを見ると、含水添加がない場合は、負荷エネルギーも小さくなるので、素通りの可能性を裏付けているが、含水添加量 50%の

場合、負荷エネルギーが高くなっている。したがって、何らかの抵抗がかかっていると考えられる。ここで、予想されるのは、クリアランスが小さい場合、ディスクの中で大きく分割粉碎されるが、クリアランスが大きくなると、ディスク内により多くの木粉が滞留している可能性が考えられる。クリアランスが大きいことで、大量にディスク内に木粉が導入され、生産量は高くなるが、これらが滞留することで、ディスクの負荷エネルギーが高くなったと考えられる。

図-2. 4には、各ディスクミルクリアランスにおける CNF 入り木粉の粒度分布を示す。本評価に用いた粒度分布計は、最大長さを直径とした粒子として換算されるため、CNF は、 10μ 程度で表記される場合も多い（これは、他の CNF 評価で実証済みである）。すべての条件において、粒子径 $200\sim 300\mu$ で高いピークを示すが、頻度における差に傾向は認められない。粒子径 100μ 以下では、含水添加量 50% 、ディスククリアランス 200μ 以外は、ほぼ同じ分布を示している。表-2. 2には、各ディスクミルクリアランスにて粉碎した CNF 入り木粉を所定のふるいによって分級した際の各分級幅ごとの収率を示すが、全ての条件でほぼ同じ収率結果を得た。

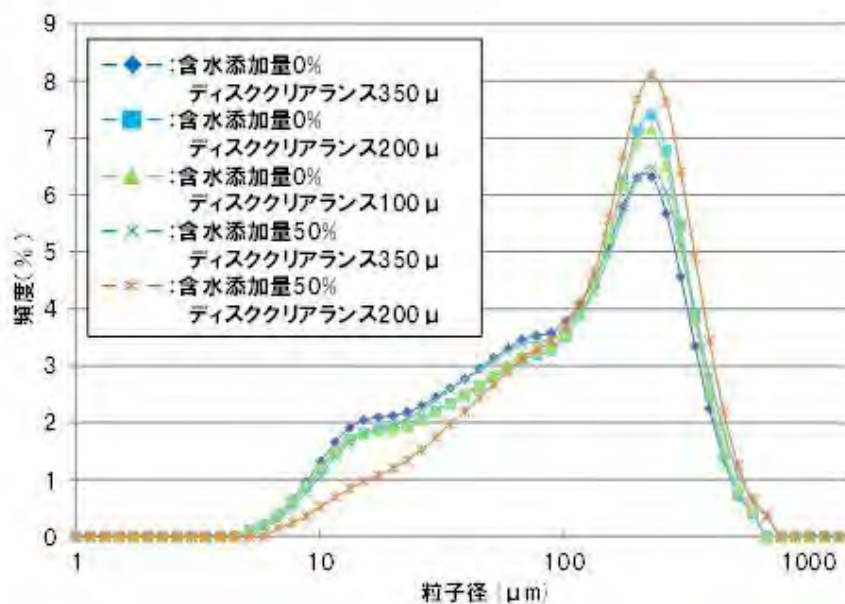


図-2. 4 各ディスクミルクリアランスにおける CNF 入り木粉の粒度分布

表－２．２ 各ディスクミルクリアランスによる分級収率

含水添加量	0%			50%	
	350 μ	200 μ	100 μ	350 μ	200 μ
212 ≤ x	1	2	2	3	3
150 ≤ x < 212	23	24	23	23	20
75 ≤ x < 150	31	32	31	36	39
53 ≤ x < 75	14	12	15	13	14
32 ≤ x < 53	16	17	15	13	12
x < 32	15	13	14	12	12

木粉の性状結果を見ると、ディスクミルクリアランスによる影響はほとんどないようにみられる。表－２．３には、各ディスクミルクリアランスによる比表面積を示す。含水添加量が0%では、ディスククリアランスが小さくなるほど比表面積は小さくなる。同一サイズ、同一粒度分布であったことから、木粉表面の状態が異なっていることが示唆される。含水添加量が50%の場合、ディスクミルクリアランスが350 μで高い比表面積を示した。これは、先の負荷エネルギーの結果と組み合わせるとディスクミル処理により木粉表面が粗くなった、例えばフィブリル形状のような形態を呈していると予想される。

表－２．３ 各ディスクミルクリアランスによる CNF 入り木粉の評価結果

No.	含水添加量	ディスククリアランス	比表面積 (m ² g ⁻¹)	メジアン径 (μm)	平均径 (μm)
1	0%	350 μ	6.64	103.01	130.55
2	0%	200 μ	6.10	122.11	140.91
3	0%	100 μ	5.61	119.34	140.42
4	50%	350 μ	9.30	113.58	142.29
5	50%	200 μ	8.28	149.95	165.21
未粉碎	0%	—	6.15	159.62	171.71

以上の結果より、クリアランスは、表面形状に影響することが確認され、この影響は木粉評価では判断できない。したがって、品質管理においては、工程内でディスクミルクリアランスを慎重に管理しなければならない。今回量産試作に用いたディスクミルは増幸産業のマスコロイダーで、この装置はオプションにてクリアランスの管理ができる装置が付与できる。したがって、CNF 入り木粉製造の品質維持面では、この装置導入は不可欠となる。

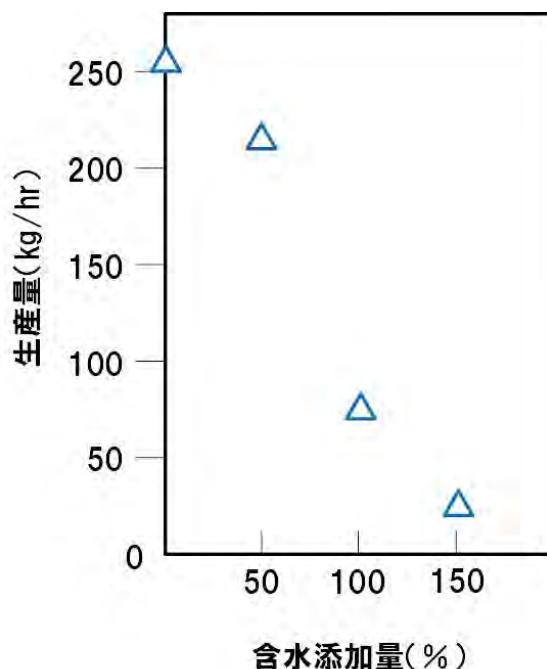
◆初期含水条件と生産性の関係

CNF 分をより多く含有させるためには、ディスククリアランスだけでなく、粉砕時の含水率（添加水量）を多くすれば可能であることも周知であるが、含水が多くなるほど、コンパウンド化等複合化の後工程で障害となる。そこで、後工程を考慮し、少量の含水における生産性等各種 CNF 入り木粉の性状を評価した。

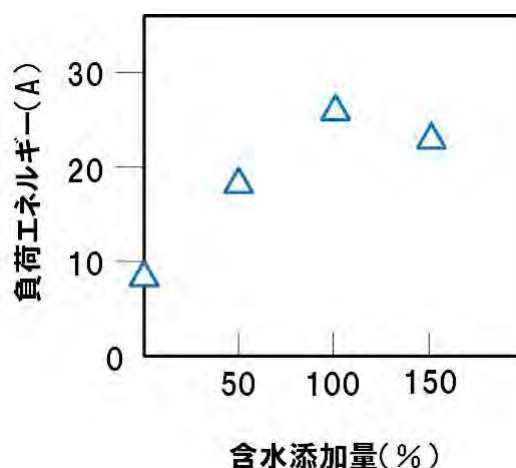
表－2. 4には、粉砕時の含水条件を示す。この含水条件にて、ディスクミルクリアランス 350 μ にて CNF 入り木粉の製造を実施した。図－2. 5には、各種含水条件における生産量、図－2. 6には、その際の負荷エネルギーを示す。

表－2. 4 粉砕時の含水条件

No.	配合(部)	
	木粉	水
1	100	0
2	100	50
3	100	100
4	100	150



図－2. 5 各種含水添加量におけ CNF 入り木粉の生産量



図－2. 6 各種含水添加量におけ CNF 入り木粉の負荷エネルギー

これらの結果から、添加する水分が多くなるほど、生産性は低下し、負荷エネルギーが大きくなることが分かる。ここから得られたデータをもとに、表－2. 2には、各種含水条件における木粉を 1 kg 生産するための必要エネルギーを示す。添加する水分が多くなると木粉 1 kg あたりに消費するエネルギーも大きくなることが分かる。

表－2. 5 各種含水添加量と木粉単位当たりの生産量

No	配合部		木粉kg生産あたりの必要エネルギー
	木粉	水	
1	100	0	0.04A
2	100	50	0.09A
3	100	100	0.33A
4	100	150	0.82A

添加する水分が多くなるほど木粉が膨潤し、見かけ上の初期サイズが大きくなるため粉砕時の抵抗が大きくなることから、この消費エネルギー差が生じることが予想される。図－2. 7には、この各種条件で得られた木粉の粒度分布を示す。本評価に用いた粒度分布計は、最大長さを直径とした粒子として換算されるため、CNF は、 10μ 程度で表記される（これは、他の CNF 評価で実証済みである）。粒度分布結果を見ると添加する水分が増加すると 300μ 程度のピークが増加している。これは木粉表面に形成した CNF フィブリルの影響と考えられる。一方、 20μ 以下の微粒分の顕著な傾向差は認められない。そこで、各含水添加量で粉砕した木粉の比表面積を評価した（表－2. 6）。

添加した水分が増加すると比表面積も大きくなる傾向であった。メジアン径や平均径の結果も踏まえると、粒度分布で予測した CNF フィブリルの形成が裏付けられる。表-2. 7は、各含水添加量の木粉を所定のふるいによって分級した際の各分級幅ごとの収率を示す。含水添加量が増加すると 32μ 以下の微粒木粉が減少する傾向である。また、 150μ 以上の木粉の変化量も含水100%を除けば、ほぼ同じ収率である。CNF が混在するフィラーにおいて CNF 単体を定量することは困難であるが、CNF 単体で存在した場合、 32μ 以下の木粉の中に存在することとなる。

以上から、粉碎時の含水含水添加量が CNF 入り木粉性状に及ぼす影響は明らかである。但し、完成した CNF 入り木粉で性状を管理することは困難であることも確認された。しかしながら、生産量や生産エネルギーでは明確な傾向差があり、CNF 入り木粉の含水条件における製造管理は、製造状態の評価、即ち工程管理が重要であることが分かった。一方、本結果の「生産量×製造エネルギー」面だけから、判断すると、最適含水添加量は 50~100%の範囲であると言える。

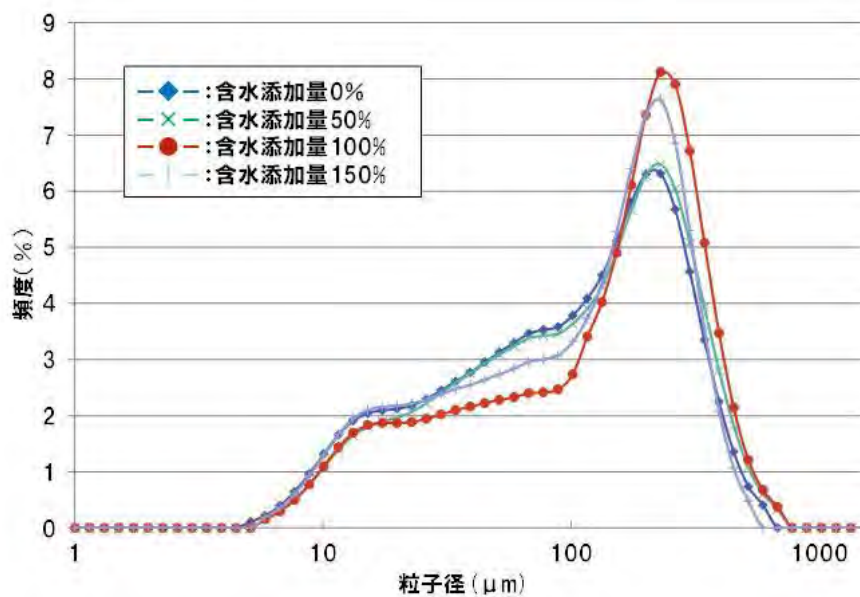


図-2. 7 各種含水添加量における CNF 入り木粉の粒度分布

表－2. 6 各種含水添加量による CNF 入り木粉の評価結果

No.	含水添加量	比表面積 (m ² g ⁻¹)	メジアン径 (μm)	平均径 (μm)
1	0%	6.64	103.01	130.55
2	50%	9.30	113.58	142.29
3	100%	13.87	148.95	160.78
4	150%	13.52	117.46	133.99
未粉碎	0%	6.15	159.62	171.71

表－2. 7 各種含水添加量による分級収率

(μm)	含水添加量			
	0%	50%	100%	150%
212 ≤ x	1	3	7	6
150 ≤ x < 212	23	23	27	21
75 ≤ x < 150	31	36	44	41
53 ≤ x < 75	14	13	10	16
32 ≤ x < 53	16	13	9	10
x < 32	15	12	4	7

◆量産における管理項目

ディスクミルクリアランス、含水等の投入原料仕様の検証結果から、本 CNF 入り木粉製造に際しては、表－2. 8 に示す管理項目を設定した。含水不良に関しては、複数回評価ポイントがあるが、クリアランスに関しては、工程管理で確認できないので、製造前の設備検査は重要な管理ポイントとなる。

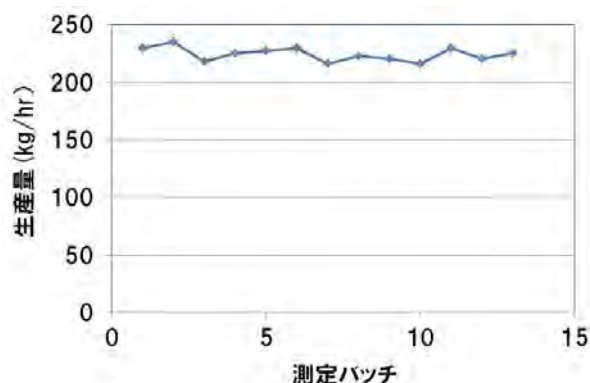
表－2. 8 品質管理項目

作業工程	管理項目	管理手法
含水処理	含水処理前木粉検査	水分計にて、原料の含水率測定
粉碎	粉碎前含水率検査	水分計にて、含水処理木粉の含水率測定
	設備確認	クリアランス設定装置の点検(クリアランス不良への対策)
	工程管理	負荷エネルギーの測定(含水処理不良への対策)
		生産量の測定(含水処理不良への対策)
	製品検査	粒度分布(経時変化による不良への対策)
分級測定(含水処理不良への対策)		
	比表面積測定(含水不良、クリアランス不良への対策)	

イ. 100 t /月以上の CNF 添加 WPC 製造に対応する CNF 入り木粉製造の実証

◆実ラインを利用した CNF 入り木粉の製造

前述した量産評価において、CNF 入り木粉製造において、生産性、性状等の検証から、最適な生産条件として、含水量 50%、ディスクミルクリアランス 350 μ とした（後述するが、この条件は、マスターバッチ性能においても最適と評価されている）。



図－2. 8 CNF 入り木粉量産時の生産量推移

図－2. 8には、実ラインを利用した CNF 入り木粉製造時の経時における生産量変化を示す。測定バッチの単位は、30 分毎の測定で実施した。生産量は概ね 220 kg/hr を維持しており、安定的に生産できていると判断できる。100t/月以上の CNF 添加 WPC 製造に対応する木粉生産量としては、CNF 入り木粉添加量 25%であれば、25t/月となる。本成果である 220 kg/hr 生産であれば、1 日 8 時間、1 月 20 日稼働としても 35 t /月となり十分な供給量となる。さらに、3 直稼働すれば、400 t /月以上の CNF 添加 WPC へ供給が可能となる。以上より、CNF 入り木粉の量産製造は実現した。

◆量産した CNF 入り木粉の評価

量産した CNF 入り木粉を乾燥後、所定のふるいでふるい分けした各サイズの木粉の粒度分布を図－2. 9に示す。この結果から、CNF が存在していると予想された 32 μ 以下のサイズの木粉には、CNF らしいピークが存在しない。一方、53 μ 以上のふるい分けした各木粉には、CNF が存在すると思われる 10 μ あたりに頻度が認められる。ふるい分けをした木粉の粒度分布を測定した場合、ピークは一カ所に集中する 경우가多く、このように、桁の異なる粒度差にピークが発現することはない。考えられる要因としては、粒度分布は測定したい木粉を水に一度分散させて、測定するため、大きなサイズの木粉表面に付着（あるいは

は凝集)していた小さなサイズの木粉が測定時、分離した可能性は考えられる。しかしながら、数 μ オーダーの木粉でも一旦付着した木粉は水分散程度では、剥離しないため、付着や凝集の可能性も低い。

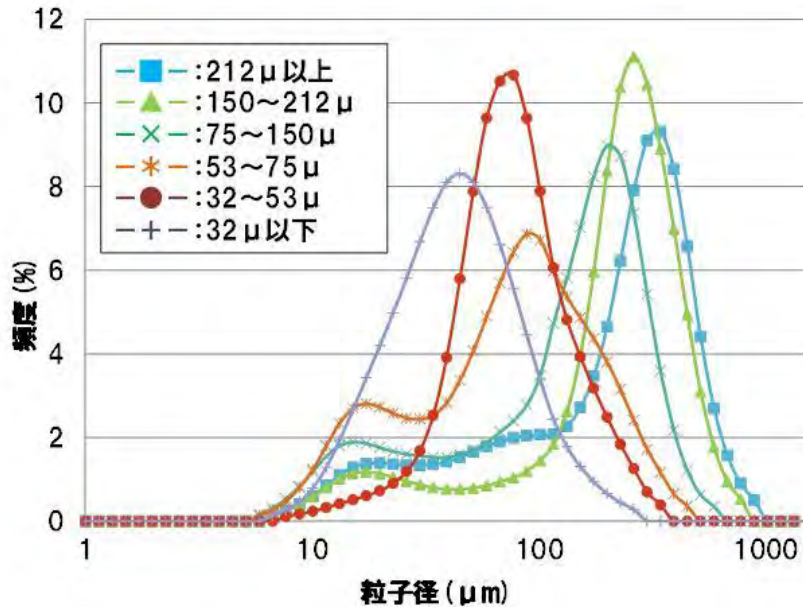


図-2. 9 量産 CNF 入り木粉ふるい分け品の各粒度ごとにおける粒度分布

そこで、2つピークのある分級した木粉の SEM 観察を実施した (図-2. 10)。SEM 画像から木粉表面に CNF が存在しているのが観察される。これが、粒度分布測定時に剥離して、微粉分のピークとして発現したと考えられる。ここで、この CNF は木粉表面に形成した毛羽立ち (フィブリル) である可能性も示唆されるが、フィブリルであれば、水分散ぐらいでは、剥離しない (参考として、図-2. 11 に、木粉表面に形成したフィブリルの SEM 画像を示す)。一方、木粉表面に凝集した CNF であれば、水分散程度では剥離しない。したがって、CNF 入り木粉では、容易に分離する CNF が存在していると言え、本事業のラボでの仮説である木粉製造時に CNF を同時に生産する手法は、量産においても実証できている。

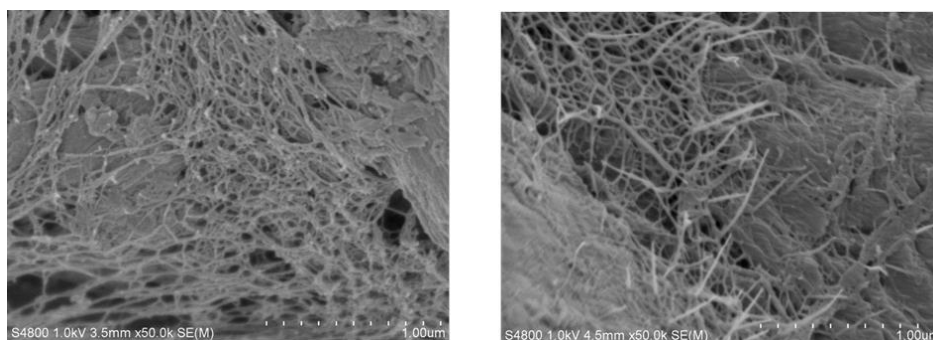


図-2. 1 0 150 μ サイズのCNF入り木粉SEM画像

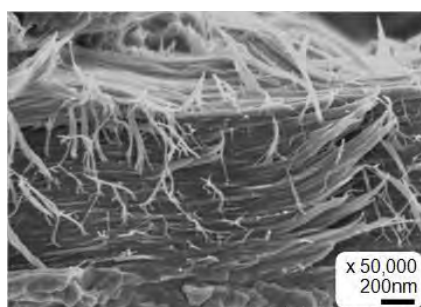


図-2. 1 1 木粉表面に形成したフィブリル (参考写真)

②CNF 添加 WPC コンパウンドの量産検証

ア. コンパウンドの量産

◆量産コンパウンドの実証

CNF 入り木粉量産結果より、CNF 入り木粉の CNF は木粉表面に介在しており、水分散で簡単に分離できることが、確認された。この状態をコンパウンドにて再現するためには、混練時のせん断が重要となる。そこで、図-2. 1 2には、せん断の異なるコンパウンドの流動性 (MFR) を示す。

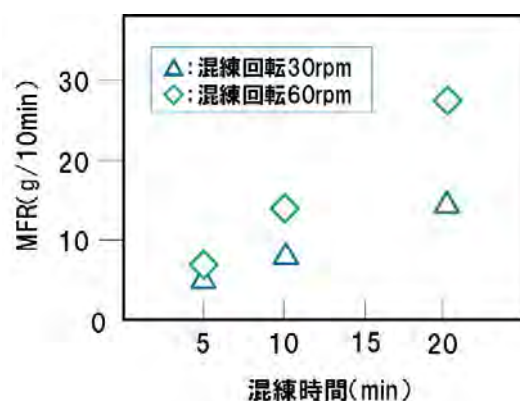
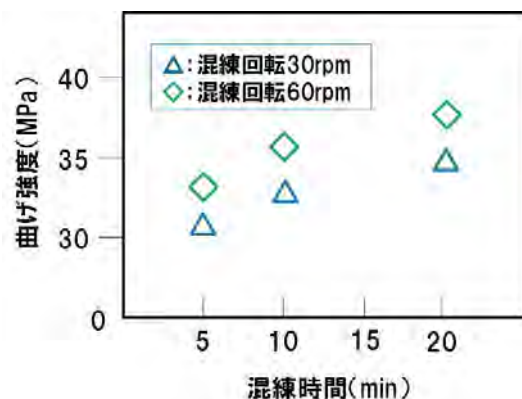


図-2. 1 2 せん断条件と流動性の関係

混練回転数の上昇、混練時間の増加、即ちせん断を高くすることで、流動性は高くなっている。これは、熱履歴によるベース樹脂の低分子化、あるいは、大きな木粉に付着した微留分が剥離、により流動性を高めたことが考えられる。ここで、ベース樹脂が低分子化した場合、強度低下も発生するが、強度は逆に、せん断を高くすることで増加傾向である。したがって、微留分の効果であると判断できる。この結果より、本事業での目標である流動性改善は、コンパウンドの製造条件を制御することで、実現できることが確認された。



図－2. 13 せん断条件と曲げ強度の関係

これらせん断条件をベースに実際の汎用設備を用い 200 kg×2 回の量産試作を実施した。表－2. 9には量産条件を示す。ここで、特記したい点は、量産に用いた設備は、汎用設備であり、汎用ラインにて実証できた点である。

表－2. 9 コンパウンド量産条件

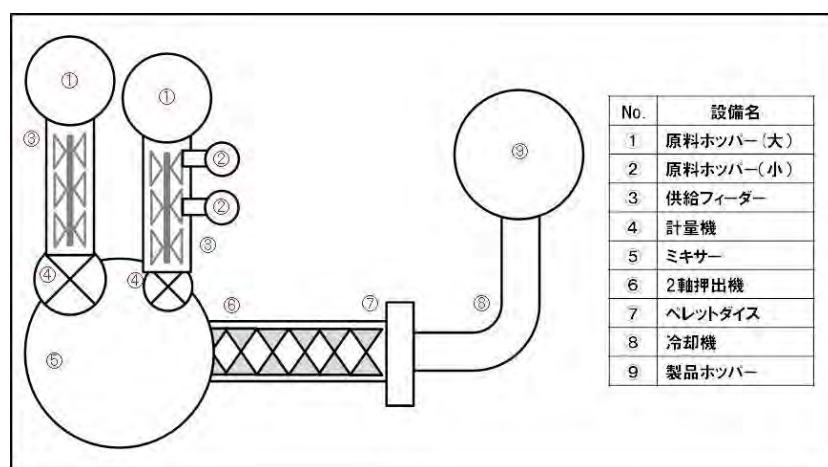
工程	仕様	備考
配合	CNF入り木粉:25部 PP:74部 Ma酸変性樹脂:1部	PPIは、ホモ系、MI=30の汎用樹脂を用いた
押出設備	同方向2軸押出成形機 ペレットダイス径:5mm	スクリー径60mm
混練条件	混練温度:190℃ 混練速度:120rpm	

汎用の装置（図－2. 14）を活用したコンパウンド量産評価にて、250 kg/hr のコンパウンド生産性を確保し、本事業実用化に向けた、設備仕様が確立できた。現時点では、事業代表機関であるトクラスの製造ラインを利用しており、本事業成果専用でないため、不要な設備も多いことから、これらを取り除き、本結果を踏まえ、100 t/月以上生産でき工場レイアウト図（図－2. 15）

及び投資も含む設備一覧（表－2. 10）を示す。



図－2. 14 量産評価に利用した汎用設備



図－2. 15 CNF 添加コンパウンド工場レイアウト図

表－2. 10 量産設備一覧

No.	設備名	台数	投資単価	投資金額
①	原料ホッパー(大)	2基	2,500千円	5,000千円
②	原料ホッパー(小)	2基	1,000千円	2,000千円
③	供給フィーダー	2基	2,000千円	4,000千円
④	計量機	2基	4,000千円	8,000千円
⑤	ミキサー	1基	2,500千円	2,500千円
⑥	2軸押出機	1基	43,000千円	43,000千円
⑦	ペレットダイス	1基	1,500千円	1,500千円
⑧	冷却機	1基	3,500千円	3,500千円
⑨	製品ホッパー	1基	2,500千円	2,500千円

以上より、投資総額は72百万円となり、目標である1億円以下を確保し、採算性が合う設備仕様を確立した。

イ. 量産コンパウンドの性能評価

◆量産コンパウンドの評価

コンパウンドの外観、かさ比重は CNF 有無にかかわらず変化がないので、ここでは詳細報告を割愛する。図-2. 16には、コンパウンドの分散シート写真を示す。分散性においても、凝集物等は認められず、均一な分散状態であることが確認された。



図-2. 16 コンパウンドの分散性確認シート

◆コンパウンドの流動性評価

図-2. 15には、CNF 有無のコンパウンドのキャピラリーレオメーター評価結果を示す。CNF の有無によらず、せん断速度が速くなると粘度は低い結果となっている。これは、木粉が配向することによるチキソトロピー性が発現しているものと考えられる。ここで、CNF が介在することで、低粘度となっており、全てのせん断速度でその傾向は変わらない。この結果からも、CNF が介在することで、低粘度化を促進していることが裏付けられている。

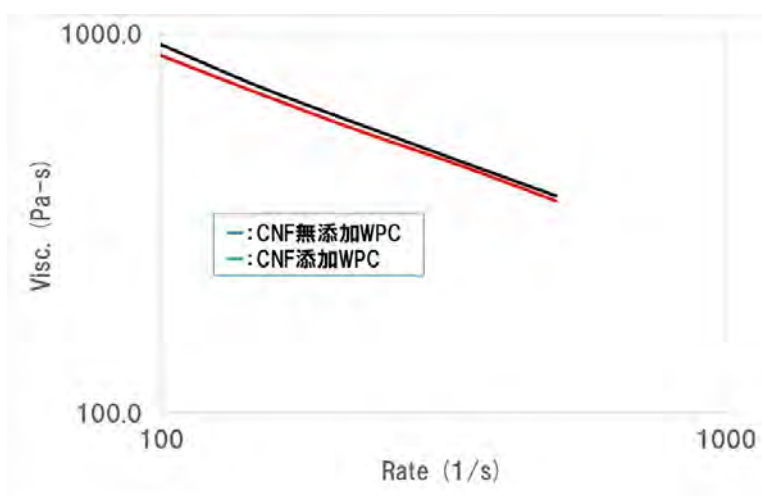


図-2. 17 CNF 添加有無のコンパウンドの粘度

図-2. 18には、CNF 無添加として、含水ディスクミル処理をしていない木粉を 25%添加した WPC コンパウンド (CNF 無)、本量産品コンパウンド (CNF 有) 及び後述する本量産品コンパウンドの性能と同等となるよう CNF 無木粉にて添加量を増やした (35%) の各 WPC コンパウンドの流動性 (MFR) を示す。CNF が存在することで、流動性が高くなっており、先のキャピラリーレオメーターの傾向と合致している。また、CNF 無の WPC と機械的特性を合わせた場合は、2 倍弱の流動性向上が認められた。これらの結果より、量産 CNF 添加 WPC コンパウンドは、目標とする流動性以上 (5.0g/10min) を確保している。

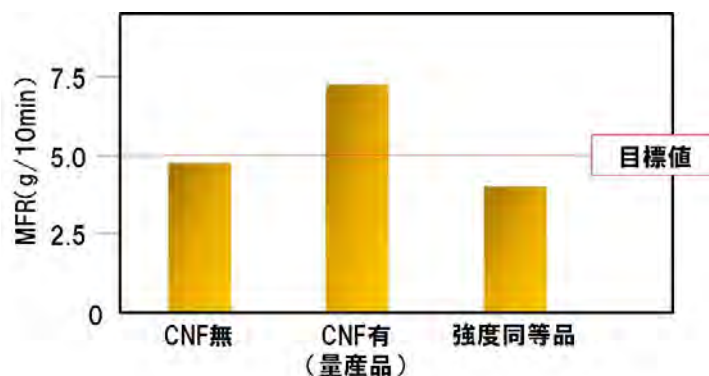


図-2. 18 CNF 添加有無のコンパウンドの MFR

(2) CNF 添加 WPC 製品の設計・製造

①既存製品より、15%以上軽量化が図れる自動車内装部品の試作

ア. 自動車内装部品の試作

◆生産ラインでの射出成形量産

自動車インパネ周り部品を製造している中型射出成形機にて、現在軽自動車で使用している部品の金型を用い、量産 CNF 添加 WPC コンパウンド (木粉充填率 25%) で量産評価を実施した。表-2. 11には、量産射出成形運転結果の概要を示す。

表－2. 1 1 量産射出成形の運転結果概要

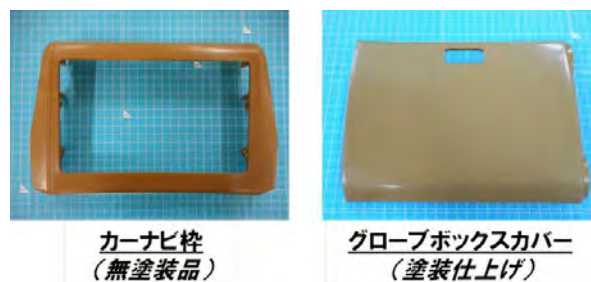
運転条件	量産試作結果
成形機機種	350ton横型射出成形機
成形温度	シリンダ温度:175℃～180℃
成形圧力	射出圧力:80MPa、保圧力:60MPa
成形速度	射出速度:20mm/sec
金型温度	40℃
ショットサイクル	58.0sec



運転条件	量産試作結果
成形機機種	220ton横型射出成形機
成形温度	シリンダ温度:175℃～180℃
成形圧力	射出圧力:85MPa、保圧力:60MPa
成形速度	射出速度:20mm/sec
金型温度	40℃
ショットサイクル	54.0sec



量産射出成形の結果、成形性等には問題なく、特殊な工程もなく量産できることが確認された（成形加工に関しては、既存の樹脂製品と同じである）。図－2. 1 9には、本量産評価で成形した成形体写真を示す。どちらの成形体においても、仕上がりに上、懸念される点は認められなかった。また、重量による軽量化では、両成形体ともタルク充填プラスチックに比べ、8%の軽量化が実現した。一方、流動性向上に伴う成形性向上に関しては、小型射出成形機で実施した結果、通常のWPCに比べ、20%の成形性向上が認められた。



図－2. 1 9 量産射出成形品

◆構造による軽量化手法

機械的特性に関しては、後述するが、本量産品コンパウンドの曲げ特性は、既存のタルク充填プラスチックに比べ高い特性を有している。したがって、成形体の構造からも軽量化が可能となる（Ex. 薄肉化等）。そこでまず、強度計算にてその効果を算出した。

□矩形断面を有する部材の3点曲げ強度・の算出式

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$$

ここで、 P : 破断荷重（もしくはピーク荷重）、 L : スパン間距離、 b : 試験片の幅、 h : 試験片の厚さ。

◇比較する素材物性

- ・市販（タルク品）曲げ強度=48.4MPa
- ・本事業量産 CNF 添加 WPC 曲げ強度=72.1MPa

破壊荷重が同じなので、以下の等式が成り立つ。

$$P = \frac{2bh_t^2}{3L} \sigma_t = \frac{2bh_c^2}{3L} \sigma_c \quad (\text{添字 } t: \text{タルク品, } c: \text{CNF 添加 WPC})$$

ここで、 \cdot と h 以外は等しいので、

$$h_t^2 \sigma_t = h_c^2 \sigma_c$$

いま、タルク品の厚さを1とおくと、

$$\sqrt{\frac{\sigma_t}{\sigma_c}} = \frac{h_c}{h_t} \rightarrow \sqrt{\frac{48.4}{72.1}} = \frac{h_c}{1} \quad \therefore h_c = 0.819$$

以上の結果から、18.1%まで肉厚削減が可能であることが確認された。この結果をもとに、構造上軽量化できる手法検証と金型用図面化を実施した。ここでは、構造上、改良点を多く示すことができるウォッシャータンク（図-2.20）で実施した（金型図面での解説は分かりにくいため、ここでは、3D-CAD図面で表示しているが、これは、容易に金型図面に転写されるので、金型図面と同じ取扱いとする）。

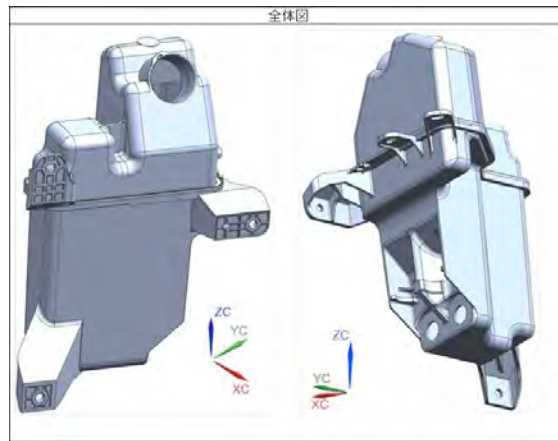


図-2. 20 ウォッシャータンク全体図

図-2. 21は、上部、下部の接合面を示す。この部位は、固定等も部品以外の強度も求められ、従来肉厚の構造になっているが、高強度化によりこの部分の材料削減（中空構造等も併用し）が可能となる。

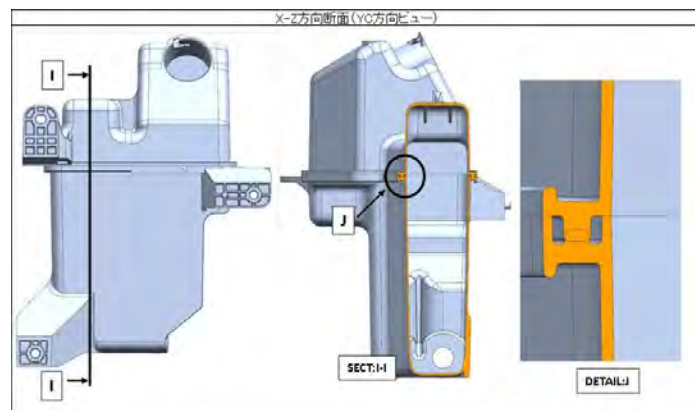


図-2. 21 ウォッシャータンク接合面

図-2. 22には、上部部品コーナー、下部コーナーを示す。この部分は、応力集中する部分でもあるので、ここの厚みが部品全体を支配していると言える。高強度化による肉厚を決める部分でもある。

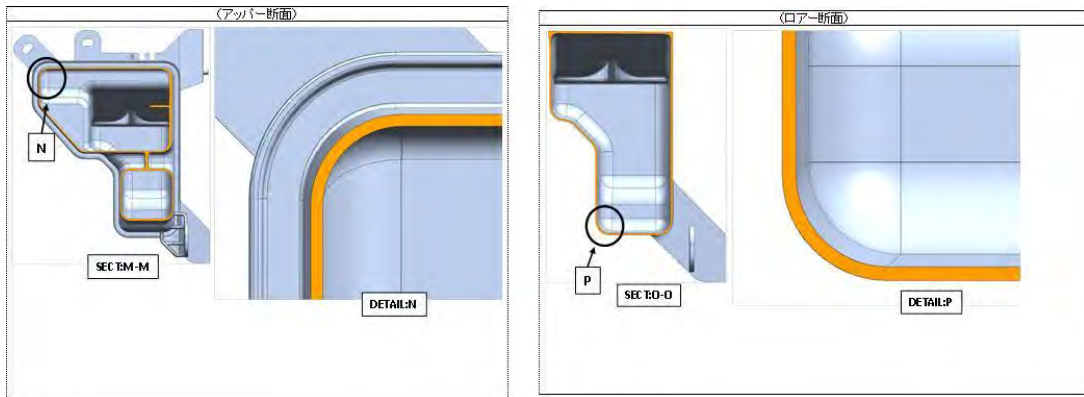


図-2. 22 ウォッシャータンクコーナー部分

以上のように、自動車部品においては、取り付け、設置場所、使用環境等により部品の強度を決める因子が複雑に絡み合っている。今回、CNF 添加 WPC の機械的性能向上により、本シミュレーション上では、28%の軽量化が実現できている。

イ. 量産 CNF 添加 WPC コンパウンドを用い成形した成形体の評価

◆機械特性の評価

報告が前後するが、ここではまず「(1) ①ア」で製造した粉碎手法の違いによる影響を評価した。図-2. 23には、各ディスクミルクリアランスで製造した CNF 入り木粉を用いた WPC の曲げ強度を示す。

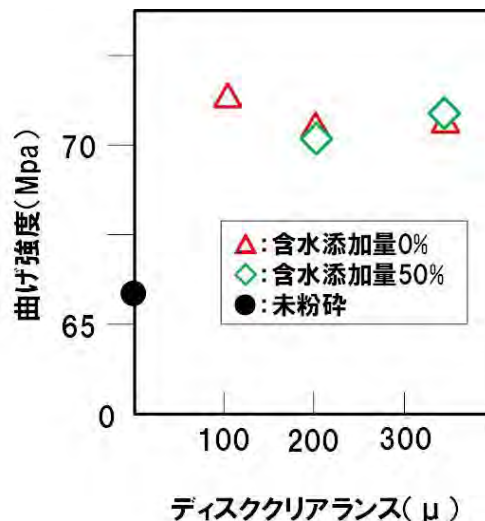


図-2. 23 各ディスクミルクリアランスにて製造した CNF 入り木粉を用いた WPC の曲げ強度

ディスクミルによる処理によって、強度は高くなる傾向は認められるが、ディスクミルクリアランスによる影響は大きくはない。その他の物性に関しても

同様の傾向であるため、評価結果を一覧として表-2. 1 2に示す。

※吸水は、60℃温水に7日間浸漬させたもので評価を行った

表-2. 1 2 各ディスクミルククリアランスにて製造した CNF 入り木粉を用いた WPC の諸性能

含水添加量	クリアランス	曲げ弾性率(GPa)	引張強度(MPa)	吸水率(%)	吸水曲げ強度(MPa)	吸水曲げ弾性率(GPa)
0%	100μ	3.1	40.9	2.1	67.6	2.6
	200μ	3.1	41.1	2.1	67.7	2.7
	350μ	3.1	40.6	2.1	68.4	2.7
50%	200μ	3.1	40.5	2.1	67.1	2.8
	350μ	3.1	41.1	2.1	68.7	2.9

図-2. 2 4には、含水添加量の異なる CNF 入り木粉を利用した WPC の曲げ強度を示す。強度にほぼ差は無い。その他の物性についても同様の傾向であるため、評価結果を一覧として表-2. 1 3に示す。

以上から、機械的特性に関しては、CNF の効果が認められなかった。これは、木粉自体の補強効果が強く発現することに影響していると推察される。

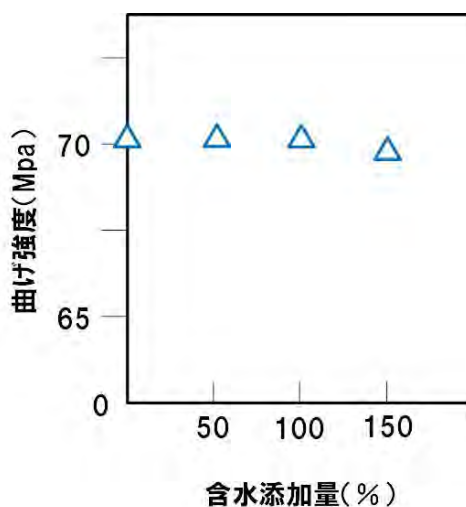


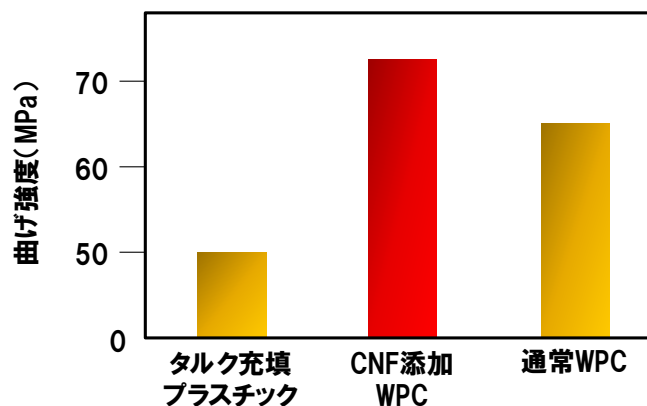
図-2. 2 4 異なる含水添加量で製造した CNF 入り木粉を用いた WPC の曲げ強度

表－2. 1 3 異なる含水添加量で製造した CNF 入り木粉を用いた WPC の諸性能

含水添加量	曲げ弾性率(GPa)	引張強度(MPa)	吸水率(%)	吸水曲げ強度(MPa)	吸水曲げ弾性率(GPa)
0%	3.1	40.6	2.1	68.4	2.7
50%	3.1	41.1	2.1	68.7	2.9
100%	3.1	40.4	2.1	67.2	2.8
150%	3.1	40.3	2.1	66.8	2.7

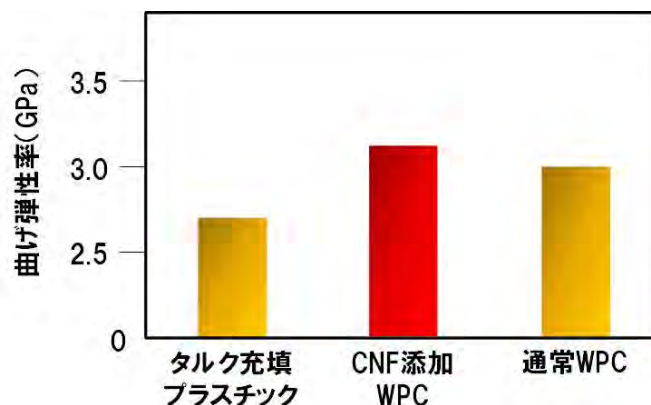
◆量産 CNF 入り木粉を用いた WPC の評価

「(1) ①イ」にて量産した CNF 入り木粉を、「(1) ②ア」で量産したコンパウンドにて射出成形した CNF 添加 WPC 成形体の評価を実施した。比較は、代替ターゲットとしている市販のタルク充填プラスチック、市販の WPC (CNF が存在していない) で行った。



図－2. 2 5 市販品と本事業開発品 (量産 CNF 添加 WPC) の曲げ強度比較

図－2. 2 5 には、曲げ強度の比較を実施した。先のディスクミル条件、含水条件での条件実験では大きな差がなかったが、通常の WPC と比較すると強度の向上が認められた。これらは、ベース樹脂が同じたため、この強度差は、木粉性状から来ていると予想される。しかしながら、先の実験でも明らかのように、この強度アップは、CNF 存在量に依存しているとは考え難い。このことから、ディスクミル処理により、木粉表面に形成したフィブリルが、この強度アップにつながったと考えられる。



図－2． 26 市販品と本事業開発品（量産 CNF 添加 WPC）の曲げ弾性率比較

次に図－2． 26には、曲げ弾性率の比較を示す。タルク充填プラスチックに比べると弾性率は高い。これは、フィラーサイズが最も小さいと思われる。ベースとなる木粉は、100～150 μ であるのに対し、タルクは1桁小さい。よって、タルクもフィラーサイズを木粉と同等にすれば、弾性率は高くなると予想できる。しかしながら、実用化面で、無機フィラーはサイズが大きくなると射出成形ノズルでつまりが発生する危険性があるので使用できない。この点、木粉は柔軟なフィラーであるため、ノズルのつまりの心配がないことから、100 μ 以上でも射出成形が可能となっている。

以上、本事業開発品を総括すると、CNFの存在により、流動性が確保でき、ディスクミル処理により生じた木粉表面のフィブリルにより強度向上となる、いわゆる相乗効果が発現していると言える。

②デザインサンプルの試作

ア．デザインサンプル用成形体の試作

◆ユーザーヒヤリング用サンプルの射出成形

本量産 CNF 添加 WPC コンパウンドを利用して、射出成形メーカー2社でユーザーヒヤリング用の成形体の試作を実施した。但し、これらメーカーが有している自動車部品用金型は、自動車メーカー所有のものが多いため、自動車部品として提示できるサンプルは3点である。そこで、これらメーカーが有している金型で、自動車部品としての構成要素がある部品の金型で成形し、ユーザーヒヤリング用のサンプルとした。

図－2． 27には、量産 CNF 添加 WPC コンパウンドで成形したカーナビ部分の枠、コンソールボックス蓋及びエアコンスイッチパネルの成形体写真を示す。



図-2. 27 ヒヤリング用サンプル (自動車部品)

自動車部品は、小さい部品も多く、また、形状も微細な複雑形状も多い。そこで、これに対応する成形体として、図-2. 28 (①) に示す、長さ 3 cm 程度の仏像フィギアを成形した。パワーの無い小型の成形機での成形も実現し、成形体細部も金型通りに再現されている。図-2. 28 (②) は、肉厚のコーヒーカップで、これは、タンク底面等肉厚成形への対応を想定している。肉厚部分もムラなく充填できていることが実証された。図-2. 28 (③) の肉薄のコーヒーカップは、近年デザイン性を求められる自動車内装の曲面部品を想定している。この形状においても、金型形状の再現が実証できている。図-2. 28 (④) のカップソーサーは、薄型平滑部品として、成形後の反り等の確認のため成形した。この形状においても、成形体が反ることなく均一な形状を確保できている。射出成形体に関しては、知見のある素材に対しては、成形時に課題等あれば金型設計やゲート等の改良で対応はできるものの、WPC 部品は、射出成形メーカーにとって経験のない素材であり、対応には試作評価等、開発資源を要する。本事業は、迅速な社会実装を目指しており、既存金型でこれらが実現できた点は、大きな成果であると言える。



図-2. 28 各自動車部品構成用を想定した射出成形体サンプル

イ. 加飾サンプル作成及びヒヤリング

◆金型による表面加飾サンプル

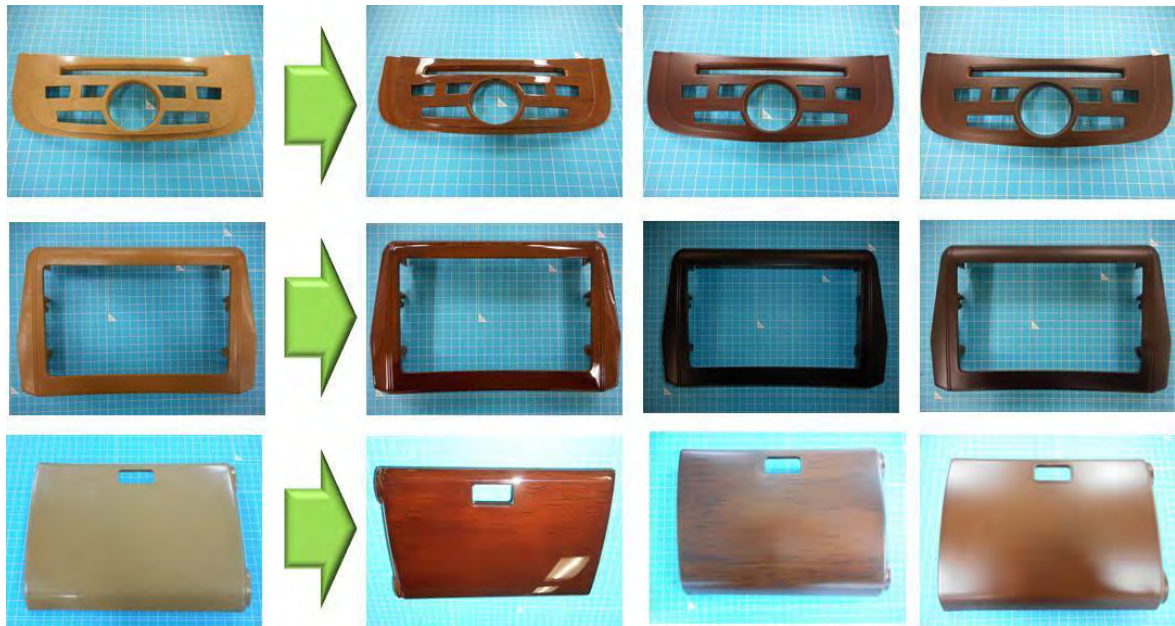
自動車部品も自動車のグレードによって、デザイン仕様がさまざまである。そこで、多くのデザインニーズに対応すべく、本事業開発品にてそのバリエーション対応の検証を実施した。図-2. 31には、金型直接転写による加飾サンプルを示す。図-2. 29 (①) は、WPC 素材感を活かした「うづくり」仕様である。これは、金型に3次元的形状をつけるとともに、金型前面に微細なシボをつけることで、本物感を呈している。自動車部品において立体感のある意匠は、後加工等で煩雑となるため、多く採用されていないが、本事業開発品では、無塗装で本物感のある仕上げを実現した。図-2. 29 (②) には、レザータッチの金型にて試作した。木質系だけでなく、レザー系の意匠も自動車内装部品には多く使用されている。この意匠に関しても、WPC 特有の手触り、表面粗さの効果により、高い質感を有している。今後、部品によっては、木質意匠からレザー意匠の連続した成形も可能で、従来意匠面から、分割していたような部品の一体成形も実現できる可能性を示唆している。



図-2. 29 金型による加飾

◆塗装による表面加飾サンプル

昨年度の成果報告に示した通り、本事業開発品は、容易に塗装ができ、かつ高い木質意匠感を呈することができる。そこで、本年度は、量産品で成形したインパネ部品3種において、様々な木質意匠感の塗装による表面加飾サンプルを試作した。図-2. 30には、その塗装サンプルの写真を示す。写真では、分かりづらいが、後述するヒヤリング等では、高い木質感の評価を得ている。



図ー 2. 30 塗装による加飾

◆ユーザーヒヤリング（アウトリーチ活動）

本加飾サンプルの社会実装可能性を評価するために、表ー 2. 14には、各メーカーをヒヤリングした結果を示す（尚、ヒヤリング先は、参画機関ではないため、メーカー名は伏せている）。メーカーごとに個別の具体的案件も多かったが、共通しているのは、「軽量化」、「木質感」及び「環境」の3点である。社会実装においては、もともと WPC の実用例もあるため、素材としての信頼度はある程度認められており、流通コストまで含めたコスト的な詰め段階に来ているユーザーも含まれる。

表ー 2. 14 ヒヤリング結果

	系列	ヒヤリングでのポイント
A社	商社	◆軽量と言う観点から、電気自動車等高い耐熱を必要としない駆動系部品への可能性 ◆機能性まで含んだタルク充填プラスチックとのコスト差
B社	デザイン	◆レザー調、木調の内装部品一体化による新たな意匠性付与の可能性
C社	アッセンブリ	◆同じ成型型で作成できるのであれば、カスタマイズ部品の展開
D社	部品	◆触感が良いので（汗で滑らない）、グリップ系部品への展開（耐汚染性への対応）
E社	部品	◆タルク品に対し、10%以上の軽量化であれば、検討対象 ◆耐衝撃、高剛性化への対応
F社	部品	◆マスターバッチでの可能性、顔料後添加等の際の分散性
G社	商社	◆コスト面での対応力（カスタマイズした場合）
H社	部品	◆曲面、つなぎ面等のデザイン上の工夫
I社	自動車	◆長期耐久性の保証
J社	部品	◆バルブ等の利用による薄色（白色）への対応

アウトリーチ活動としては、表－2. 15に活動概要を示す。特筆すべき点としては、9月5日、6日に、真庭バイオマスラボで本事業を含む3つのプロジェクト合同でオープンな報告会及びセミナーを開催し、産学官合わせて36機関、66名の参加であった（図－2. 31）。

表－2. 15 アウトリーチ活動概要

日時	情報発信の場
5月26日	ふじのくにCNFフォーラム第3回セミナー
6月3日	日本化学会187回R&D懇話会
6月24日	プラスチック成形加工学会第27回年次大会
9月5,6日	真庭バイオマス研究会
10月7日	S&T出版セミナー
10月26日	日本木材加工技術協会WPC部会第20回定期講演会
11月17日	ファイラー研究会第24回ファイラーシンポジウム
3月21日	中国地区化学工学懇話会

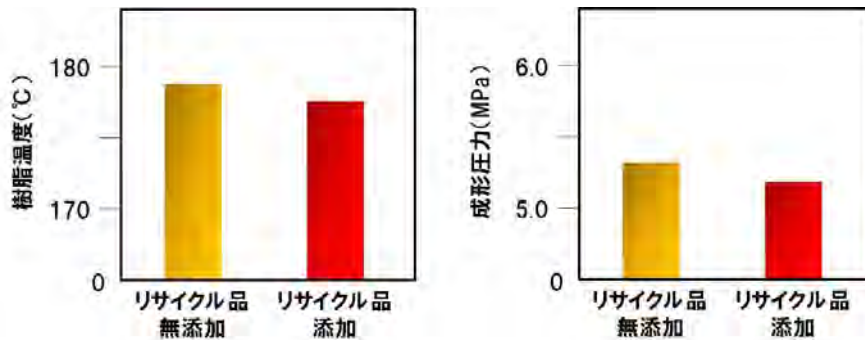


図－2. 31 真庭バイオマス研究会開催風景

③リサイクル性の検証

ア. 再利用成形におけるリサイクル性評価

CNF 添加 WPC 廃材としては、成形後の成形体を粉砕したものを用い、エクステリア用 WPC コンパウンドへ添加、その成形性を評価した。尚、添加量としては、25%とした（この添加量は、エクステリア用 WPC の出荷量からすると、年間1万tの廃材利用分に相当する）。図－2. 32には、コンパウンドにおける生産性の指標となる樹脂温度と成形圧力を示す。CNF 添加 WPC 廃材の添加有無による生産性への影響はほとんどないと言える。



図－２． ３ ２ CNF 添加 WPC 廃材添加有無によるエクステリア用 WPC コンパウンド生産性

イ． リサイクル成形体の評価

CNF 添加 WPC 廃材添加有無のコンパウンドの性能及びそれを用いた成形体の機械的特性を表－ 2． 1 6 に示す。MFR が若干高くなっており、これは、CNF 添加 WPC ベース樹脂自体の流動性に起因していると予想される。しかしながら、この程度の差であれば、エクステリア用 WPC 成形には、全く影響しない。一方、成形体自体の強度にはほとんど差が認められない。以上の結果から、CNF 添加 WPC 廃材の利用方法として、エクステリア用 WPC は適していると判断される。

表－ 2． 1 6 CNF 添加 WPC 廃材添加有無のコンパウンドの性能、及びそれを用いた成形体の機械的特性

	CNF添加WPC廃材 無添加	CNF添加WPC廃材 添加
かさ比重	0.47	0.46
MFR(g/10min)	3.6	4.1
曲げ強度(MPa)	37.3	37.9
曲げ弾性率(GPa)	3.72	3.79

(3) CNF 活用製品の性能評価

①CNF 入木粉製造における経済性評価

表－ 2． 1 7 には、本量産試作結果を踏まえた原価計算表を示す。歩留り、管理費を含めても製造原価は 57.6 円/kg となり、目標とする製造原価 100 円/kg 以下となっており、目標を達成した。

表－2. 17 CNF入り木粉の製造原価

生産量	1,200t/年	≒220kg/hr×24時間×20日稼働×12か月	
項目	単価	コメント	
変動費	木粉	40.0円/kg	
	水	0.1円/kg	濾過等の管理費含む
	副資材	1.0円/kg	フレコン1,500円/枚、150kg梱包/10回使用
	電力費	1.1円/kg	15kwh×16円/kwh
	計	42.2円/kg	
固定費	人件費	5.0円/kg	作業員1名、600万円
	原価償却費	1.3円/kg	1200万円(自動調整機付)、8年償却
	管理費	0.6円/kg	
	計	6.9円/kg	
合計	49.1円/kg		
歩留り換算	50.1円/kg	良品率98%	
管理費	7.5円/kg	15%	
製造原価	57.6円/kg		

②CNF 添加 WPC コンパウンドの経済性評価（トクラス）

表－2. 18には、本量産試作結果を踏まえた原価計算表を示す。歩留り、管理費を含めても製造原価は237.2円/kgとなり、目標とする製造原価300円/kg以下となっており、目標を達成した。

表－2. 18 CNF 添加 WPC コンパウンドの製造原価

生産量	1,400t/年	≒250kg/hr×24時間×20日稼働×12か月	
項目	単価	コメント	
変動費	CNF入木粉	14.4円/kg	57.6円/kg×25%
	PP	155.4円/kg	210円/kg×74%
	MaPP	8.5円/kg	850円/kg×1%
	副資材	0.8円/kg	紙袋15円/枚、20kg梱包
	電力費	5.1円/kg	80kwh×16円/kwh
	計	184.2円/kg	
固定費	人件費	4.3円/kg	作業員1名、600万円
	原価償却費	6.4円/kg	7200万円、8年償却
	管理費	1.1円/kg	
	計	11.8円/kg	
合計	196.0円/kg		
歩留り換算	206.3円/kg	良品率95%	
管理費	30.9円/kg	15%	
製造原価	237.2円/kg		

③CNF 添加 WPC 部品の経済性評価

「(2) ①ア」にて、既存のタルク充填プラスチックを実際に製造している射出成形機、金型にて既存の自動車部品を試作し、既存素材であるタルク充填プラスチック

ックと同等の生産性を確保できたことから、目標の製造コストが達成できることを実証した。また、今年度は、詳細検討していないが、本事業開発品は、熱荷重たわみ温度が高いため、金型冷却時間が短縮される可能性も示唆されている。

④量産試作で得られた CNF 添加 WPC 部品の性能評価

各ディスクミルクリアランスで製造した CNF 入り木粉を用いた WPC において引張疲労試験を実施した結果を図-2. 33 に示す。ディスクミル処理の際に、含水添加することで疲労特性は低下する傾向であった。即ち、CNF が多く存在していると予想される木粉を用いた WPC の疲労特性が低くなる結果であった。この差は、先の短期強度では認められておらず、図-2. 10 で見られたメッシュ構造の部分に樹脂が浸透しておらず、繰り返し荷重によりこの部分が変位すると推察される。この点は、素材レシピによるアプローチもしくは、構造設計による改良が必要となる。

一方、図-2. 34 には、含水添加量の異なる CNF 入り木粉を利用した WPC の疲労強度を示す。顕著な傾向は認められないが、含水添加量が多くなるほど、疲労特性は低下する傾向であった。この要因もクリアランスで評価したように CNF の存在が影響していると考えられる。

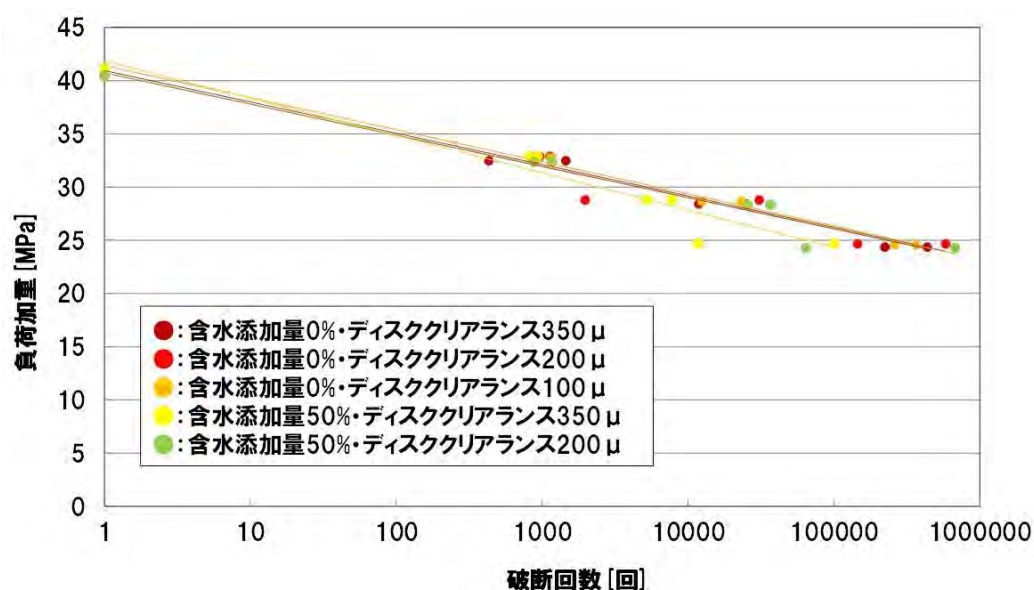


図-2. 33 各ディスクミルクリアランスにて製造した CNF 入り木粉を用いた WPC の疲労試験

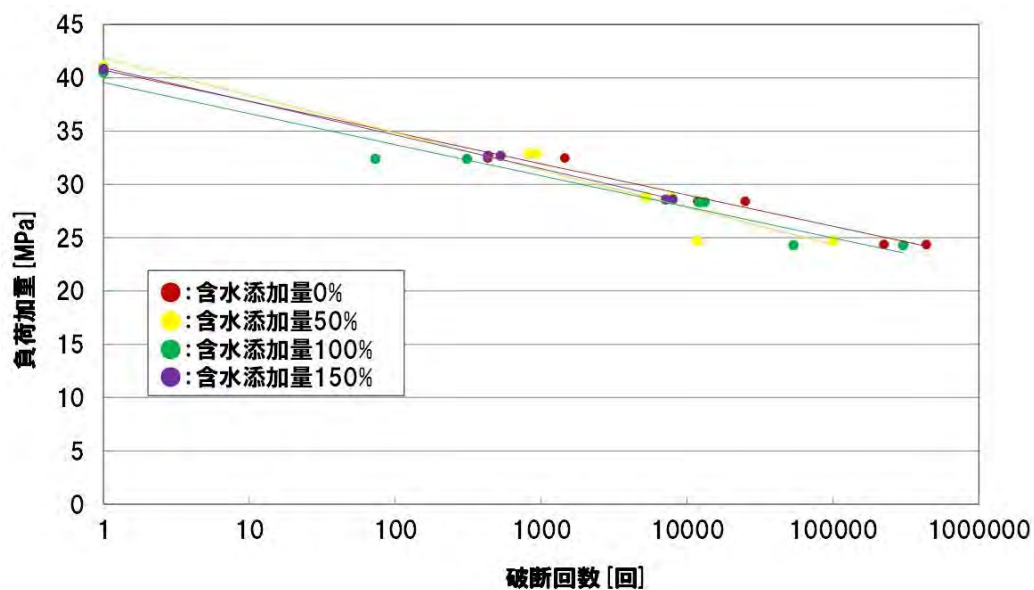


図-2. 34 異なる含水添加量で製造したCNF入り木粉を用いたWPCの疲労試験

(4) CNF活用製品の活用時のCO2排出削減効果の検証

①生産エネルギーの実測

表-2. 19には、27年度にラボ評価結果からシミュレーションしたコンパウンドのエネルギー使用量を、表-2. 20には、本年度実測によるコンパウンドのエネルギー使用量を示す。本年度の開発成果により工程を簡略化できたことで、エネルギー使用量を削減することができた。

表-2. 19 27年度算出したエネルギー使用量

工程	管理No.	設備名	型式	消費電力/工程	消費電力/kg-WPC	生産能力	使用量/kg
木粉製造	F	1 搬送機(ファンミル)	FS15	11.5	0.0144	200 kg/hr	0.25
		2 粉砕機	DD-3-30	37.4	0.0468	200 kg/hr	0.25
		3 搬送機(プロア)	TB-2-H S2-R2	18.0	0.0225	200 kg/hr	0.25
		4 分級機	MS-120-NF	4.5	0.0056	200 kg/hr	0.25
		小計				0.0893	
一次コンパウンド	C	1 ベンジエル型ミキサ	SMG-500	30.0	0.3750	80 kg/hr	1
		2 冷却ミキサ	SMC-500	6.0	0.0750	80 kg/hr	1
		小計				0.4500	
二次コンパウンド	P	1 コニカル押出成形機	F.T80	65.0	0.4333	150 kg/hr	1
		2 搬送機(振動搬送)	不明	3.0	0.0200	150 kg/hr	1
		3 搬送機(プロア)	不明		0.0000	150 kg/hr	1
		小計				0.4533	
コンパウンド化電力					0.9826		

表-2. 20 本年度実測値から算出したエネルギー使用量

工程	管理 No.	設備名	型式	消費電力 / 工程	消費電力 / kg-WPC	生産能力	使用量 / kg
木粉製造	F	1 搬送機(ファンミル)	FS15	11.5	0.0144	200 kg/hr	0.25
		2 粉砕機	DD-3-30	37.4	0.0468	200 kg/hr	0.25
		3 搬送機(フロア)	TB-2-H S2-R2	18.0	0.0225	200 kg/hr	0.25
		4 分級機	MS-120-NF	4.5	0.0056	200 kg/hr	0.25
		小計				0.0893	
二次コンパウンド	P	1 2軸同方向成形機	TEM70BH	110.0	0.7333	150 kg/hr	1
		2 搬送機(振動搬送)	不明	3.0	0.0200	150 kg/hr	1
		3 搬送機(フロア)	不明		0.0000	150 kg/hr	1
		小計			0.7533		
コンパウンド化電力				0.8426			

また、表-2. 21には、コンパウンド設備サイズとエネルギー使用量を示す。設備サイズが大きくなるほど、コンパウンド1 kgあたりのエネルギー消費量は小さくなる。しかしながら、コンパウンドレシピは部品ごとに異なるため、実装時に最も多く使用されると予想されるコンパウンド設備はAであると考えられる。

表-2. 21 コンパウンド設備サイズとエネルギー使用量

管理 No.	設備名	型式	消費電力 / 工程	消費電力 / kg-WPC	生産能力	使用量 / kg
A	1 2軸同方向成形機	TEM70BH	110.0	0.7333	150 kg/hr	1
	2 搬送機(振動搬送)	不明	3.0	0.0200	150 kg/hr	1
	3 搬送機(フロア)	不明		0.0000	150 kg/hr	1
	小計			0.7533		
B	1 2軸同方向成形機		75.0	1.5000	50 kg/hr	1
	2 搬送機(振動搬送)	不明	1.0	0.0200	50 kg/hr	1
	3 搬送機(フロア)	不明		0.0000	50 kg/hr	1
	小計			1.5200		
C	1 2軸同方向成形機		220.0	0.5500	400 kg/hr	1
	2 搬送機(振動搬送)	不明	8.0	0.0200	400 kg/hr	1
	3 搬送機(フロア)	不明		0.0000	400 kg/hr	1
	小計			0.5700		
D	1 2軸同方向成形機		355.0	0.4438	800 kg/hr	1
	2 搬送機(振動搬送)	不明	16.0	0.0200	800 kg/hr	1
	3 搬送機(フロア)	不明		0.0000	800 kg/hr	1
	小計			0.4638		

表-2. 22には、射出成形機のサイズとエネルギー使用量の関係を示す。設備サイズとエネルギー使用量に関しては、相関関係はなく、中型射出成形機のエネル

ギー使用量が低い結果となった。本事業開発品は、従来の WPC 製品より流動性が高くなっており、表-2. 23には、流動性効果により、生産効率が改善した場合のシミュレーション結果を示す。

表-2. 22 射出成形機設備サイズとエネルギー使用量

射出成形機種類	大型成形機	中型成形機	小型成形機	
対応設備で成形できる最大成形体重量	2.38 kg	0.69 kg	0.16 kg	通常の樹脂部品換算(PP製品)
上記の際の1時間当たりのショット回数	90 回/hr	120 回/hr	180 回/hr	通常の樹脂部品換算(PP製品)
時間当たりの生産重量(計算値)	214.2 kg/hr	82.8 kg/hr	28.8 kg/hr	
時間当たりの設備使用電力	18.8 kWh	6.8 kWh	2.6 kWh	
部品1kgあたりの消費電力(計算値)	0.0878 kW/kg	0.0821 kW/kg	0.0903 kW/kg	

表-2. 23 生産性改善によるエネルギー使用量の削減効果

◇ショット数5%改善による生産性の評価

改善率	大型成形機	中型成形機	小型成形機	
対応設備で成形できる最大成形体重量	2.38 kg	0.69 kg	0.16 kg	
上記の際の1時間当たりのショット回数	94.5 回/hr	126 回/hr	189 回/hr	
時間当たりの生産量(計算値)	224.91 kg/hr	86.94 kg/hr	30.24 kg/hr	
時間当たりの設備使用電力	18.8 kWh	6.8 kWh	2.6 kWh	
部品1kgあたりの消費電力	0.0836 kW/kg	0.0782 kW/kg	0.0860 kW/kg	

◇ショット数10%改善による生産性の評価

改善率	大型成形機	中型成形機	小型成形機	
対応設備で成形できる最大成形体重量	2.38 kg	0.69 kg	0.16 kg	
上記の際の1時間当たりのショット回数	99 回/hr	132 回/hr	198 回/hr	
時間当たりの生産量(計算値)	235.62 kg/hr	91.08 kg/hr	31.68 kg/hr	
時間当たりの設備使用電力	18.8 kWh	6.8 kWh	2.6 kWh	
部品1kgあたりの消費電力	0.0798 kW/kg	0.0747 kW/kg	0.0821 kW/kg	

◇ショット数20%改善による生産性の評価

改善率	大型成形機	中型成形機	小型成形機	
対応設備で成形できる最大成形体重量	2.38 kg	0.69 kg	0.16 kg	
上記の際の1時間当たりのショット回数	108 回/hr	144 回/hr	216 回/hr	
時間当たりの生産量(計算値)	257.04 kg/hr	99.36 kg/hr	34.56 kg/hr	
時間当たりの設備使用電力	18.8 kWh	6.8 kWh	2.6 kWh	
部品1kgあたりの消費電力	0.0731 kW/kg	0.0684 kW/kg	0.0752 kW/kg	

5%改善による消費削減量	0.0042 kW/kg	0.0039 kW/kg	0.0043 kW/kg
10%改善による消費削減量	0.0080 kW/kg	0.0075 kW/kg	0.0082 kW/kg
20%改善による消費削減量	0.0104 kW/kg	0.0098 kW/kg	0.0107 kW/kg

この評価における実測値をベースに CO2 排出量の評価を実施した。

②CO2 排出量の評価

実測データをもとに CO2 の排出量の算出を以下の通り実施し、45 kg/台の CO2 削減効果が導き出された。この結果、目標である 30 kg/台以上を達成した。

【方法】

1. 評価項目

- A. 新規 CNF 添加ウッドプラスチック部品の製造に係る CO₂ 排出量
- B. 既存の自動車用タルク充填プラスチック部品を新規 CNF 添加ウッドプラスチック部品で代替した場合のライフサイクル CO₂ 排出量の変化

2. 評価範囲と評価条件

A. 新規 CNF 添加ウッドプラスチック部品の製造に係る CO₂ 排出量

CNF 添加ウッドプラスチック (CNF-WPC) の評価範囲を図-2. 35に、タルク充填プラスチックの評価範囲を図-2. 36に示す。

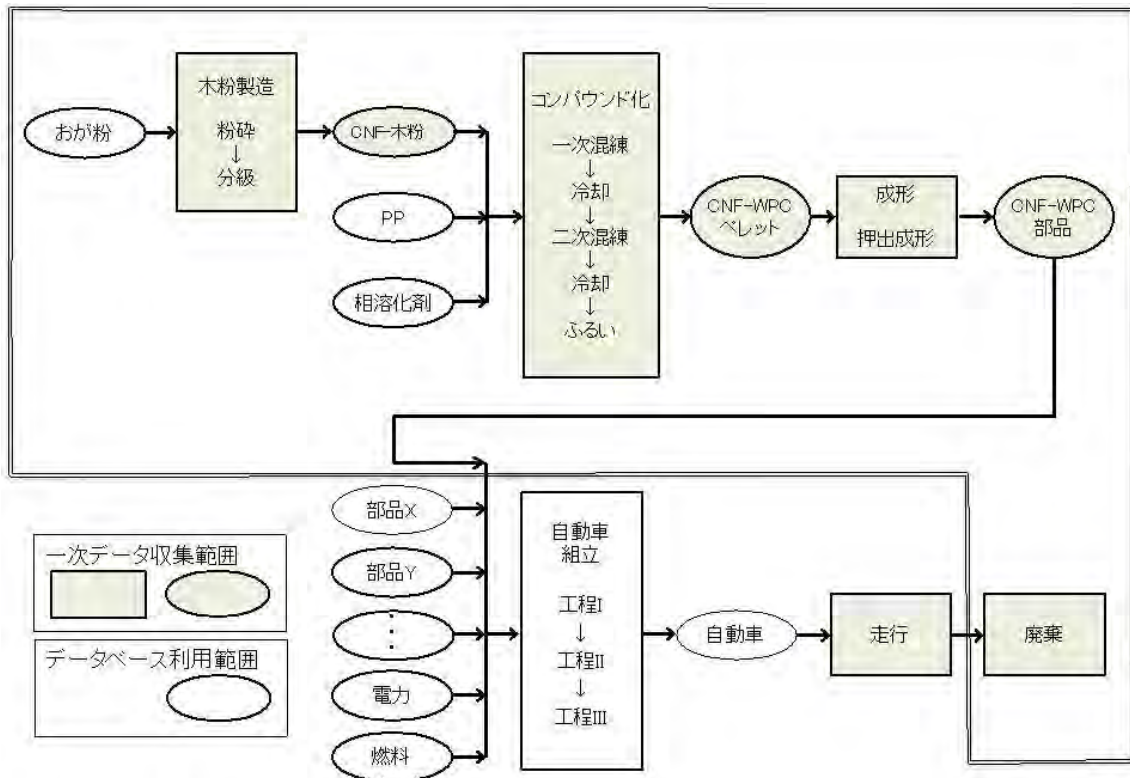
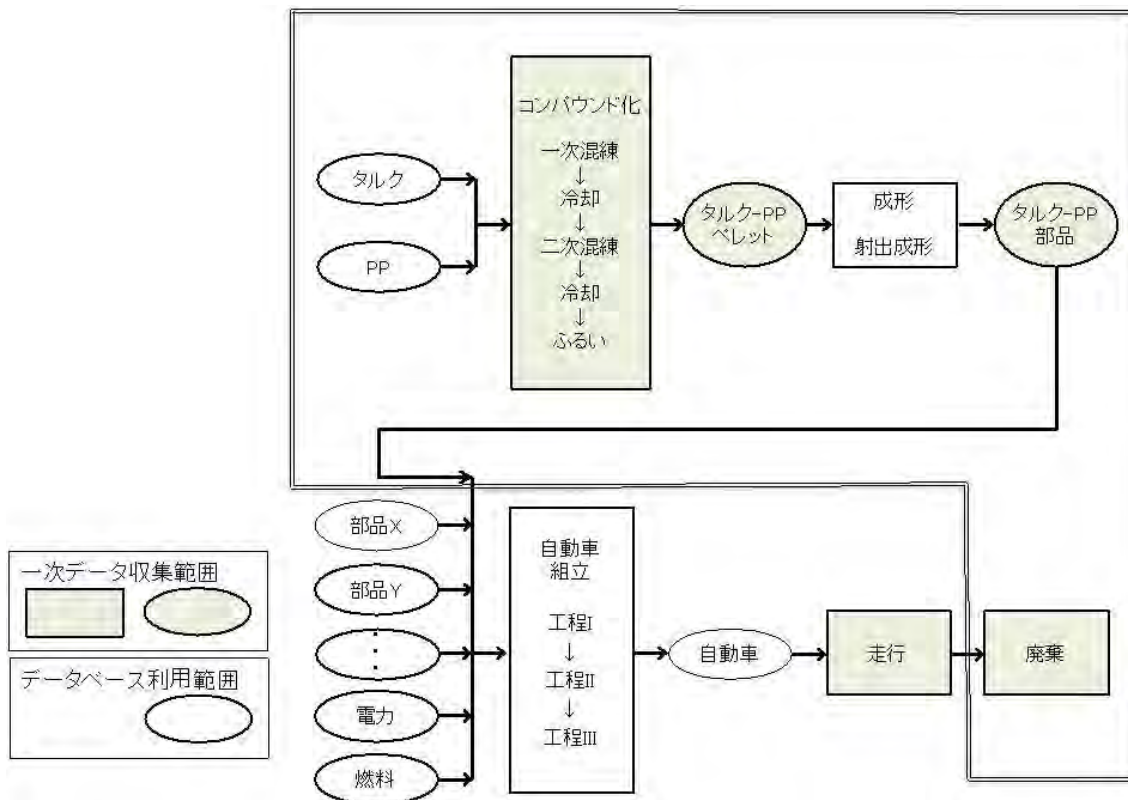


図-2. 35 新規 CNF 添加 WPC 部品の評価範囲 (システム境界) とフォアグラウンドデータ収集範囲



図ー 2. 36 既存タルク充填 PP 部品の評価範囲（システム境界）とフォアグラウンドデータ収集範囲

CNF 添加ウッドプラスチックの木材原料となるおが粉と、プラスチック原料となるポリプロピレンを混練してコンパウンド化し、当該コンパウンドの射出成形により自動車部品を製造する工程、および当該自動車部品を使用後に廃棄する工程を評価範囲とする。木粉の含有量は 25%とする。

おが粉は、現状は木材製造現場で排出される廃棄物の有効利用であるため、負荷ゼロとしての評価が可能だが、今後の安定供給を鑑み、木材チップと同等として評価する。

コンパウンド化、および部品成形工程では、木粉とポリプロピレン以外に投入されるものは、少量の相溶化剤のみである。相溶化剤は、CO₂ 排出量ベースで 1%程度の寄与率であるため、カットオフとする。

いずれの工程でもロス分は原料として当該工程に戻されており、廃棄ロスは発生しない。また、同工程から副製品の製造はない。

機能単位は自動車部品 1kg あたりとする。

コンパウンド化工程、および射出成形工程における各種条件について、CO₂ 排出量への影響を評価した。評価条件は以下のとおりである。

1. 従来材料（タルク充填プラスチック）と、CNF 添加 WPC の 27 年度データ、および 28 年度データについて比較評価した。
 2. コンパウンド化の 1 台あたりの生産能力による影響を評価した。
コンパウンド化 A：生産能力=150kg/hr.
コンパウンド化 B：生産能力=50kg/hr.
コンパウンド化 C：生産能力=400kg/hr.
コンパウンド化 D：生産能力=800kg/hr.
 3. 射出成型機のサイズについて、小型、中型、大型の各能力における影響を評価した。
 4. 射出成形時の生産性の影響について評価した。
ショット回数：5%up、10%up、20%up
- B. 自動車用樹脂部品を、タルク充填プラスチックから CNF 添加ウッドプラスチックへ代替した場合のライフサイクル CO₂ 排出量への影響

自動車部品のライフサイクル評価範囲（システム境界）を図-2.36 に示す。評価範囲は、自動車部品を製造する工程、自動車が行く工程、および廃棄する工程とする。なお、今回は既存の樹脂部品の一部を新規素材で代替することの影響を評価することが目的であるため、自動車部品としては、対象とするタルク充填プラスチック部品のみを考慮し、その他の部品については影響がないと想定して評価範囲に含めない。また、自動車の組立工程についても、新規素材に代替されることにより変化はないと想定し、評価範囲から除く。

走行工程に関しては、既存部品が新規部品に代替されることで見込まれる軽量化分を考慮し、走行時の燃費が変化することによる影響を評価する。

廃棄工程は、自動車特有の廃棄システムを考慮せず、一般廃棄物としての廃棄負荷を計上する。

機能単位は、乗用車 1 台の 10 年間の走行とする。

3. データ収集

以下のプロセスについて、データ収集を行った。

A. 新規 CNF 添加ウッドプラスチック部品の製造に係る CO₂ 排出量

- ・ CNF 添加ウッドプラスチックのコンパウンド製造工程の原材料使用量およびエネルギー消費量
- ・ CNF 添加ウッドプラスチックコンパウンドの押出成形による自動車部品製造工

程のエネルギー消費量

原材料使用量は、木粉とポリプロピレンの配合比を 1 : 3 として算出した。

コンパウンド化の電力消費量は、粉碎機、および混練・成形機の稼働時の電力値を実測し、処理時間を乗じて算出した。

自動車部品成形時の電力消費量は、射出成形機の電力値を実測し、処理時間を乗じて算出した。

B. 自動車用樹脂部品を、タルク充填プラスチックから CNF 添加ウッドプラスチックへ代替した場合のライフサイクル CO₂ 排出量への影響

- ・ 自動車（軽・小型・普通乗用車）の 1 台あたりの平均重量
- ・ 自動車 1 台あたりのタルク充填プラスチック材料の使用量
「国内および世界における化学製品のライフサイクル評価（2012 年 12 月、一般社団法人日本化学工業協会）」を参照した。
- ・ 自動車（軽・小型・普通乗用車）の平均燃費
「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック（平成 24 年 7 月、環境省地球環境局）」より、軽、小型、普通乗用車の平均燃費をそれぞれの販売台数で加重平均した。
- ・ 車両重量あたりの燃費変化量
「滋賀県製品等を通じた貢献量評価手法算定の手引き<実践編>（平成 25 年 3 月）」より引用した。
- ・ 1 台あたりのライフサイクル走行距離
1 年あたり 10,000km、つまりライフサイクルあたりでは 100,000km とした。

4. 原単位

ガソリンの製造、および使用に係る GHG 排出量原単位については、LCA ソフト「MiLCA」を用いて、データベース「IDEA」から求めて使用した。なお、GHG 排出量を算出する際の特性化係数には、IPCC の第 4 次報告書（2007 年）の地球温暖化係数（100 年値）を使用した。

射出成型プロセスの原単位は、CFP プログラムの算定用二次データを参照した。

また、プラスチック類の焼却処理の際に当該プラスチックの燃焼により発生する CO₂ 量は、ポリプロピレンの分子構造 (C₃H₆)_n により算出した。

【結果】

A. 新規 CNF 添加ウッドプラスチック部品の製造に係る CO₂ 排出量

1. 従来材料（タルク充填プラスチック）と、CNF 添加 WPC の比較評価

従来材料であるタルク充填プラスチック 1kg のインベントリ分析結果を表－2. 24 に、CNF 添加ウッドプラスチック自動車部品 1kg のインベントリ分析結果（27 年度データ、および 28 年度データ）をそれぞれ表－2. 25、26 に示す。また、これらの結果をまとめたグラフを図－2. 37 に示す。なお、ここでの 28 年度データには、コンパウンド化生産能力が 150kg/hr. (A)、射出成形機のサイズが中型のものを使用している。

表－2. 24 タルク充填樹脂自動車部品 1kg 製造インベントリ

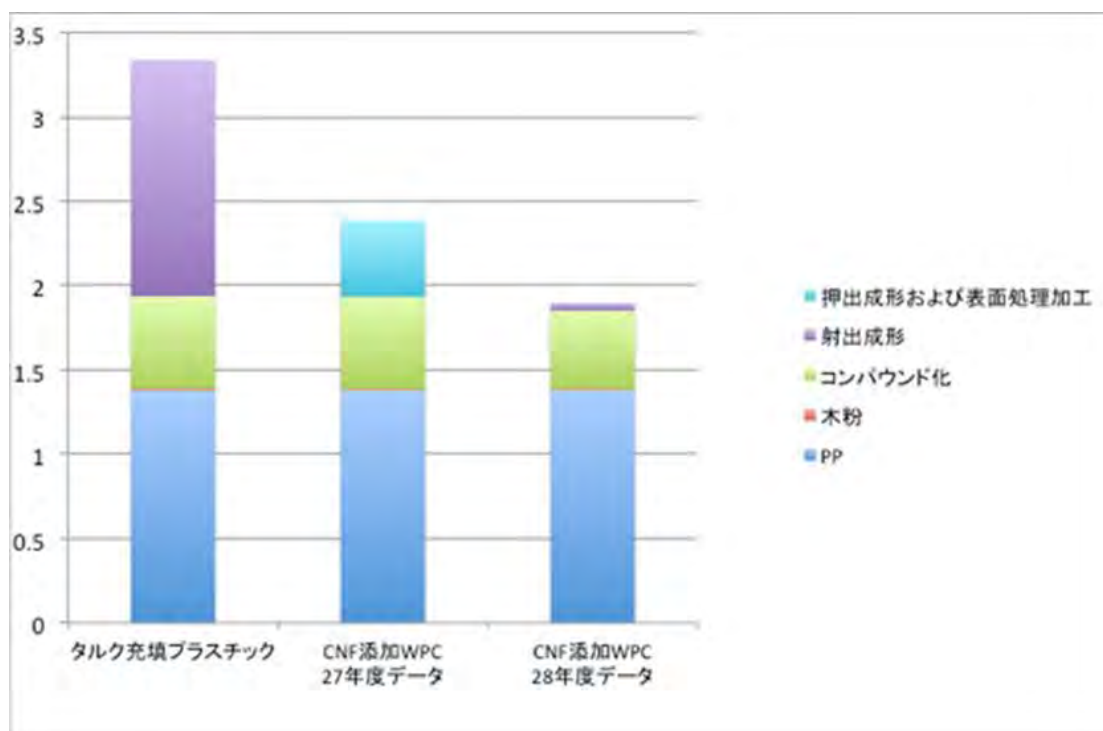
	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO ₂ e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO ₂ e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
タルク	0.25	kg	0.036	kg-CO ₂ e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.99	kWh	0.554	kg-CO ₂ e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.55
射出成型	1.00	kg	1.400	kg-CO ₂ e/kg	(CFP プログラム利用可能データ (国内) ver. 1.04)	1.40
(原材料および生産合計)						3.34

表－2. 25 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (27 年度データ)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO ₂ e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO ₂ e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO ₂ e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.99	kWh	0.554	kg-CO ₂ e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.55
押出成型および表面処理加工	0.81	kWh	0.554	kg-CO ₂ e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.45
(原材料および生産合計)						2.38

表－2. 26 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (28 年度データ)

【原材料および生産】	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.90



図－2. 37 従来材料と CNF 添加材料の比較

従来材料の 1kg あたりの CO₂ 排出量(正確には、6 種類の温室効果ガス排出量を、各ガスの温暖化係数を基に CO₂ 排出量に換算した GHG (greenhouse gas) 排出量)が 3.34 kg-CO₂e であるのに対して、27 年度データの CNF 添加 WPC 自動車部品は、2.38 kg-CO₂e と減少しているが、28 年度データの CNF 添加 WPC 自動車部品では、1.90 kg-CO₂e とさらに大きく減少した。タルク充填樹脂の評価は、コンパウンド化工程には CNF-WPC の 27 年度データと同じものを使用し、射出成形は、データベースの値を使用している。データベースから得られた射出成形の負荷と比較して、27

年度のCNF-WPCの押出成形および表面処理加工の負荷が小さいことが結果に大きく寄与しているが、さらに、28年度の射出成型の電力消費量データがかなり小さくなったことにより、全体の負荷が大きく減少する結果となった。

参考までに、一般的なプラスチックの原単位を以下に示す。

工業用強化プラスチック製品 5.354 kg-CO₂e/kg

工業用プラスチック製品 4.712 kg-CO₂e/kg

不飽和ポリエステル樹脂 4.338 kg-CO₂e/kg

メタクリル樹脂 3.507 kg-CO₂e/kg

その他のプラスチック 3.944 kg-CO₂e/kg

これらのプラスチック類と同等の機能を有することができれば、代替により十分にCO₂削減効果が期待できると言える。

2. コンパウンド化の1台あたりの生産能力による影響の評価

コンパウンド化の生産能力が、150kg/hr. (A)、50kg/hr. (B)、400kg/hr. (C)、800kg/hr. (D)、であるそれぞれの装置を用いて、消費電力の実測を行った。得られた結果を表-2.27、28、29、30に、結果をまとめたグラフを図-2.38に示す。なお、ここでの射出成形工程は中型の装置によるデータを用いた。

コンパウンド化装置の生産能力が高いほど、CNF-WPC製造に係るGHG排出量は減少することがわかった。ただし、50kg/hr.から150kg/hr.への増強は大きく影響するが、それ以降、400kg/hr.、800kg/hr.への増強による影響はそれほど大きくない。コスト等、他の因子も合わせて検討する余地があると言える。

表－２． ２ ７ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (コンパウンド化 A)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.90

表－２． ２ ８ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (コンパウンド化 B)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	1.61	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.89
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						2.32

表－２． ２ ９ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (コンパウンド化 C)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.66	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.37
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.80

表-2. 30 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (コンパウンド化D)

【原材料および生産】	投入量		GHG 原単位 (100年指数; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.55	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.31
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.74

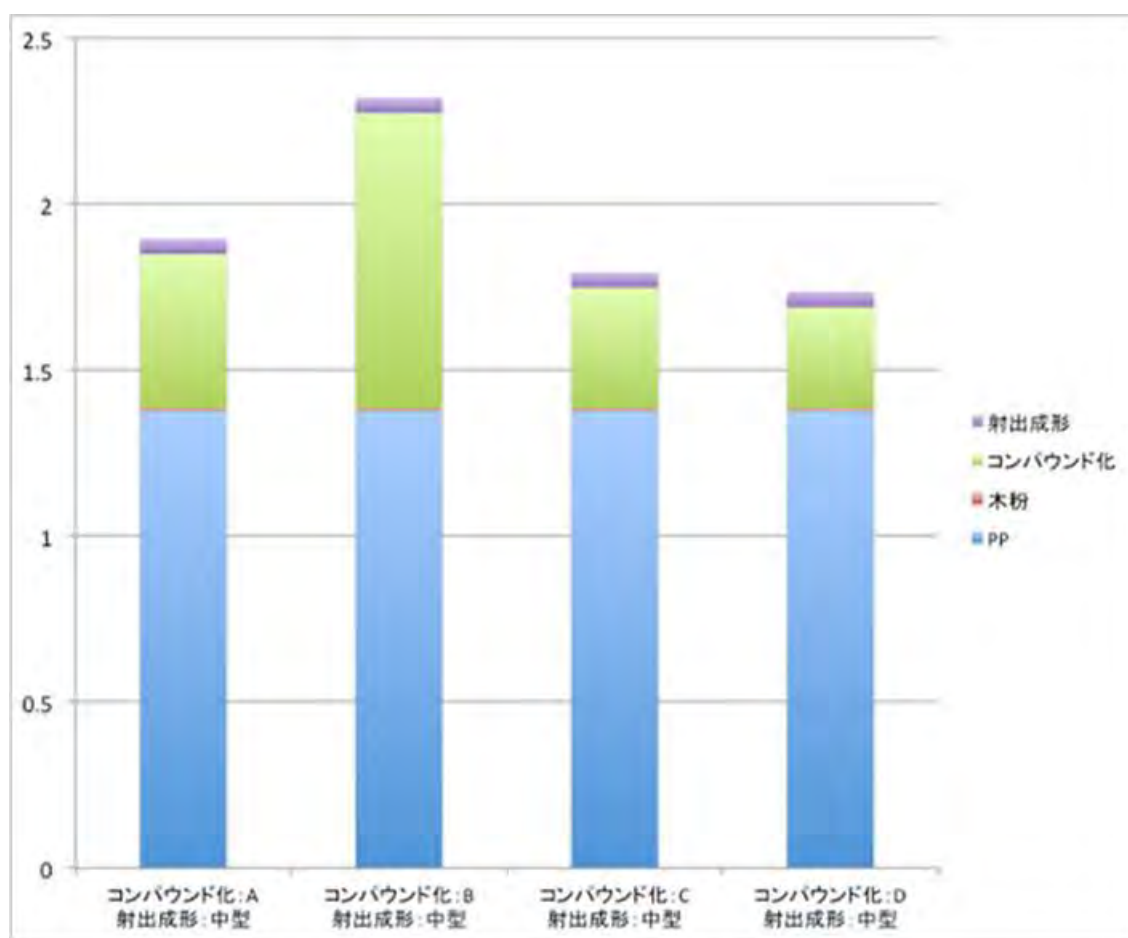


図-2. 38 コンパウンド化生産能力の影響

3. 射出成形機のサイズによる影響の評価

小型、中型、大型の各サイズの射出成形機を用いて、消費電力量を実測した。結果を表-2. 31、32、33に、結果をまとめたグラフを図-2. 39に示す。なお、ここでのコンパウンド化工程は、生産能力が 150kg/hr. (A) のデータを用いた。

実測した射出成形機の消費電力値は比較的小さく、当該工程の負荷は全体に対する寄与が小さいため、装置サイズの違いによる全体への影響はほとんど見られない結果となった。

表－２．３１ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ（射出成形：大型）

	投入量		GHG 原単位（100 年指数；IPCC, 2007）			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.90

表－２．３２ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ（射出成形：中型）

	投入量		GHG 原単位（100 年指数；IPCC, 2007）			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	1.61	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.89
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						2.32

表－２．３３ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ（射出成形：小型）

	投入量		GHG 原単位（100 年指数；IPCC, 2007）			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.66	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.37
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.80

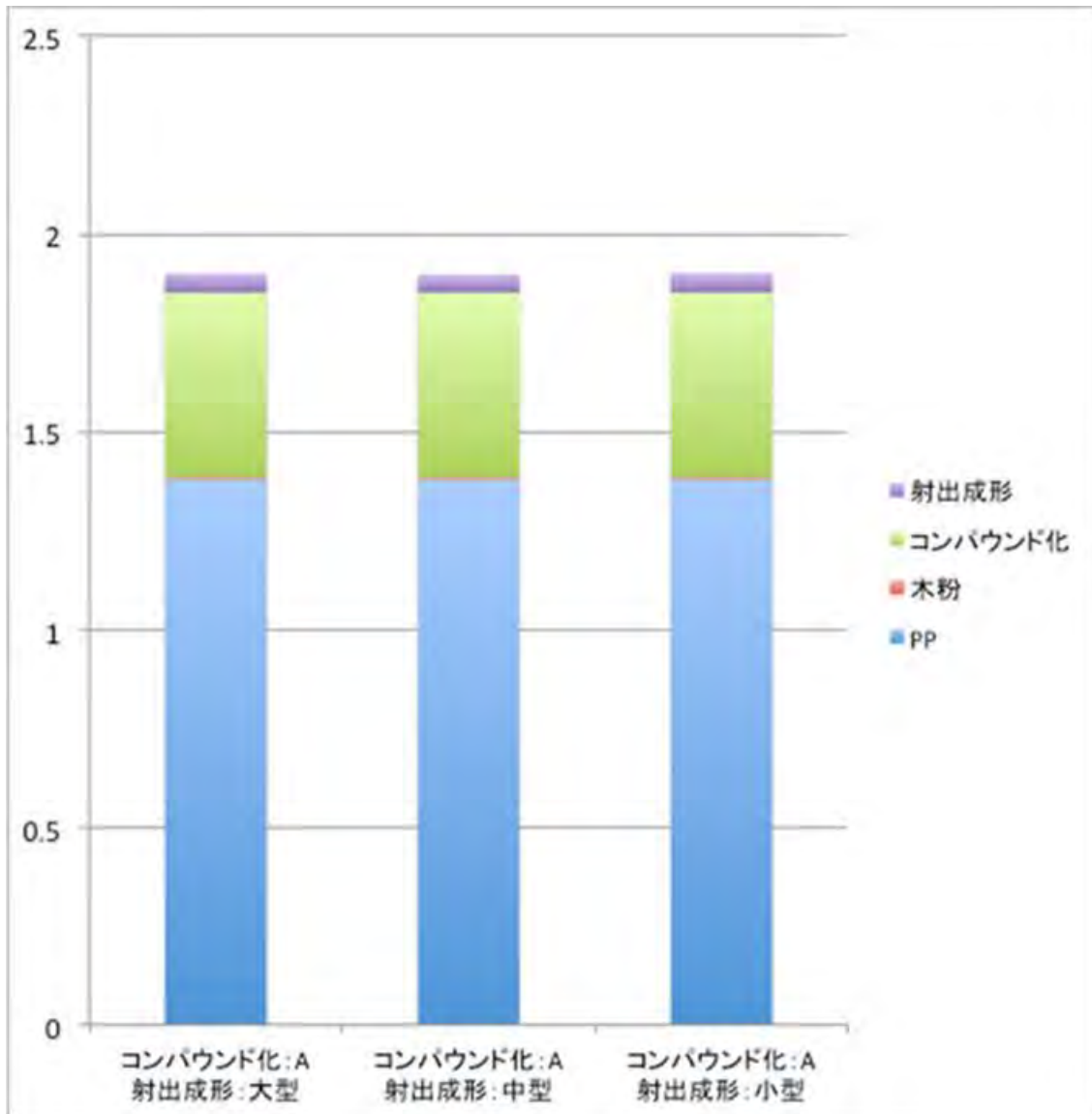


図-2. 39 射出成形機サイズの影響

4. 射出成形時における生産性の影響評価

CNF-WPC は、金型冷却時間の短縮が見込まれる可能性があり、その結果、ショット回数を増加させることで、生産性アップが期待される。そこで、ショット数が現状と比較して5%up、10%up、20%up となった場合の電力消費量を計算で求め、その影響を評価した。結果を表-2. 34、35、36 (射出成形機:大型)、表-2. 37、38、39 (射出成形機:中型)、表-2. 40、41、42 (射出成形機:小型)に、結果をまとめたグラフを図-2. 40 (射出成形機:大型)、図-2. 41 (射出成形機:中型)、図-2. 42 (射出成形機:小型)に示す。なお、ここでのコンパウンド化工程は、生産能力が 150kg/hr. (A) のデータを用いた。

表－2.34 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形:大型 5%up)

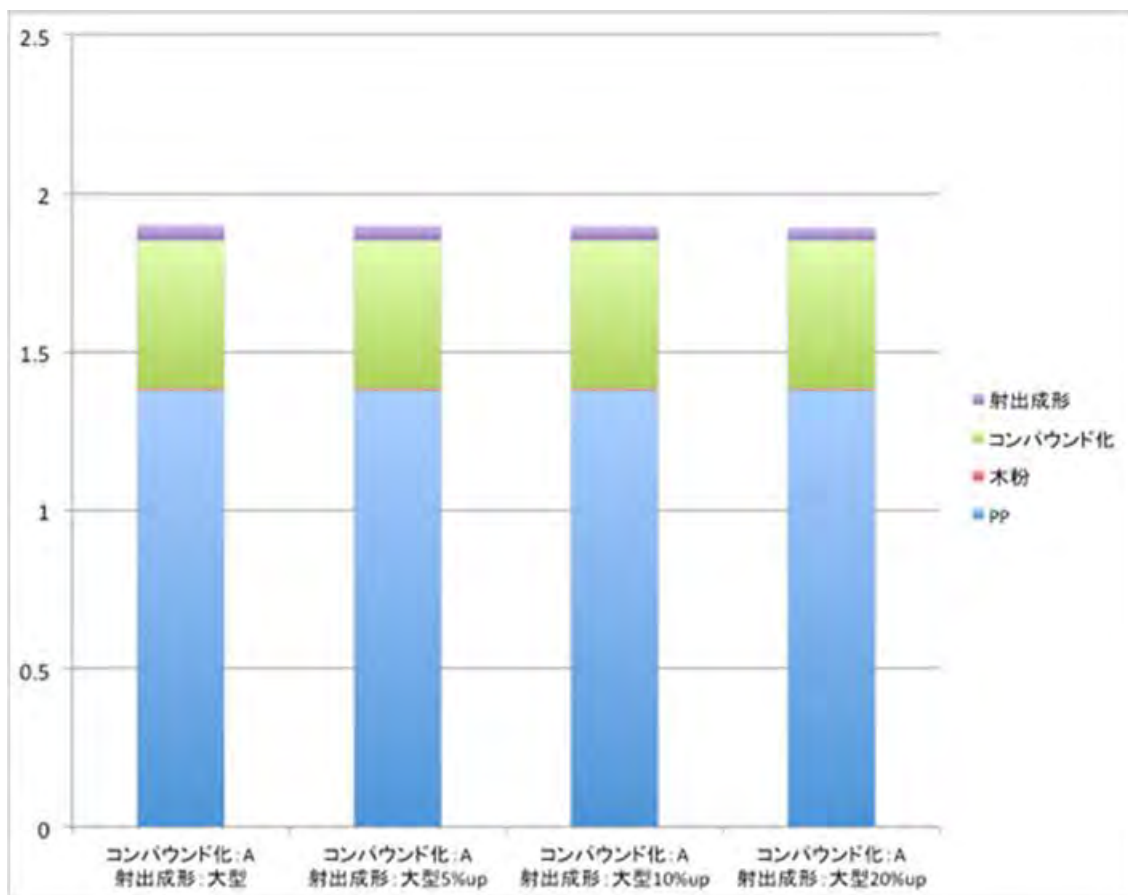
	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05 1.90

表－2.35 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形:大型 10%up)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.90

表－2.36 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形:大型 20%up)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.07	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.89



図－ 2. 4 0 射出成形生産性の影響（大型射出成形機）

表－ 2. 3 7 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ（射出成形：中型 5%up）

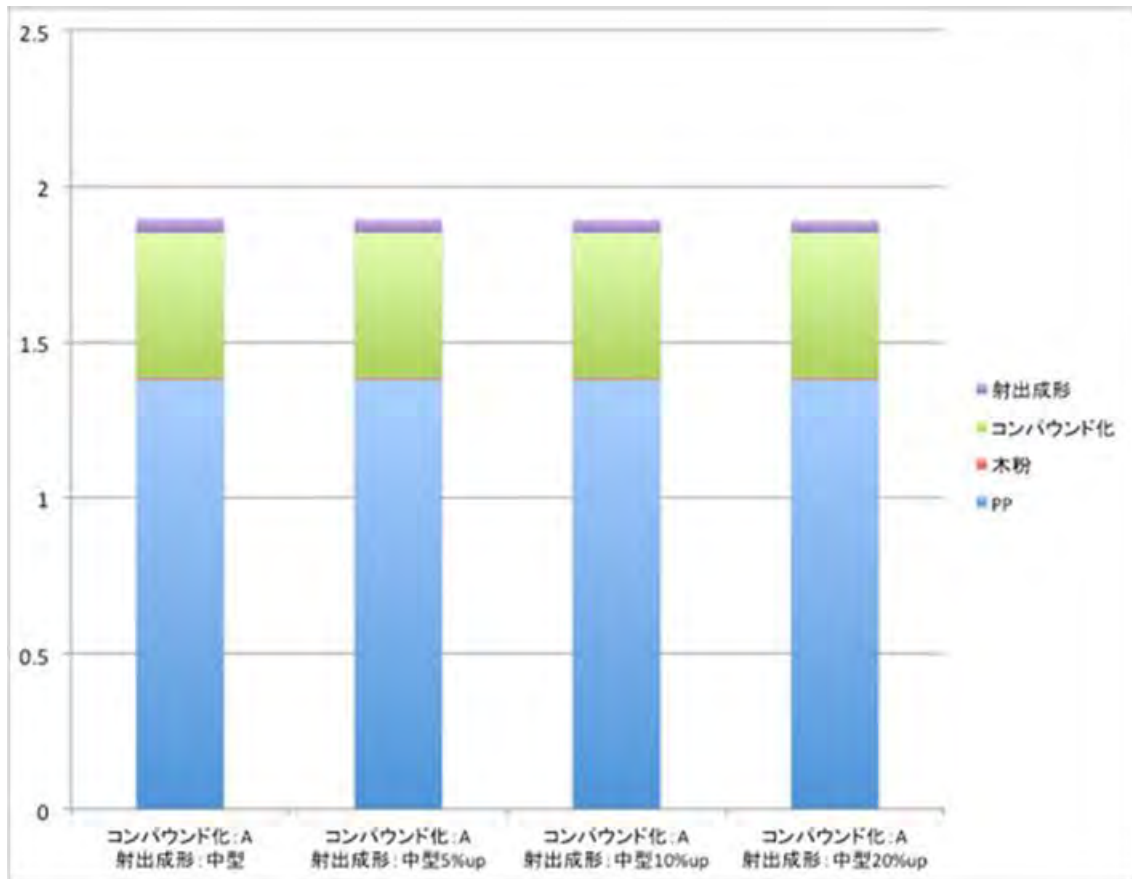
【原材料および生産】	投入量		GHG 原単位（100 年指数；IPCC, 2007）			GHG 排出量 (kg-CO2e)
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04
(原材料および生産合計)						1.90

表－2.38 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形: 中型 10%up)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.07	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.89

表－2.39 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形: 中型 20%up)

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.07	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.89



図－ 2. 4 1 射出成形生産性の影響（中型射出成形機）

表－ 2. 4 0 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ（射出成形：小型 5%up）

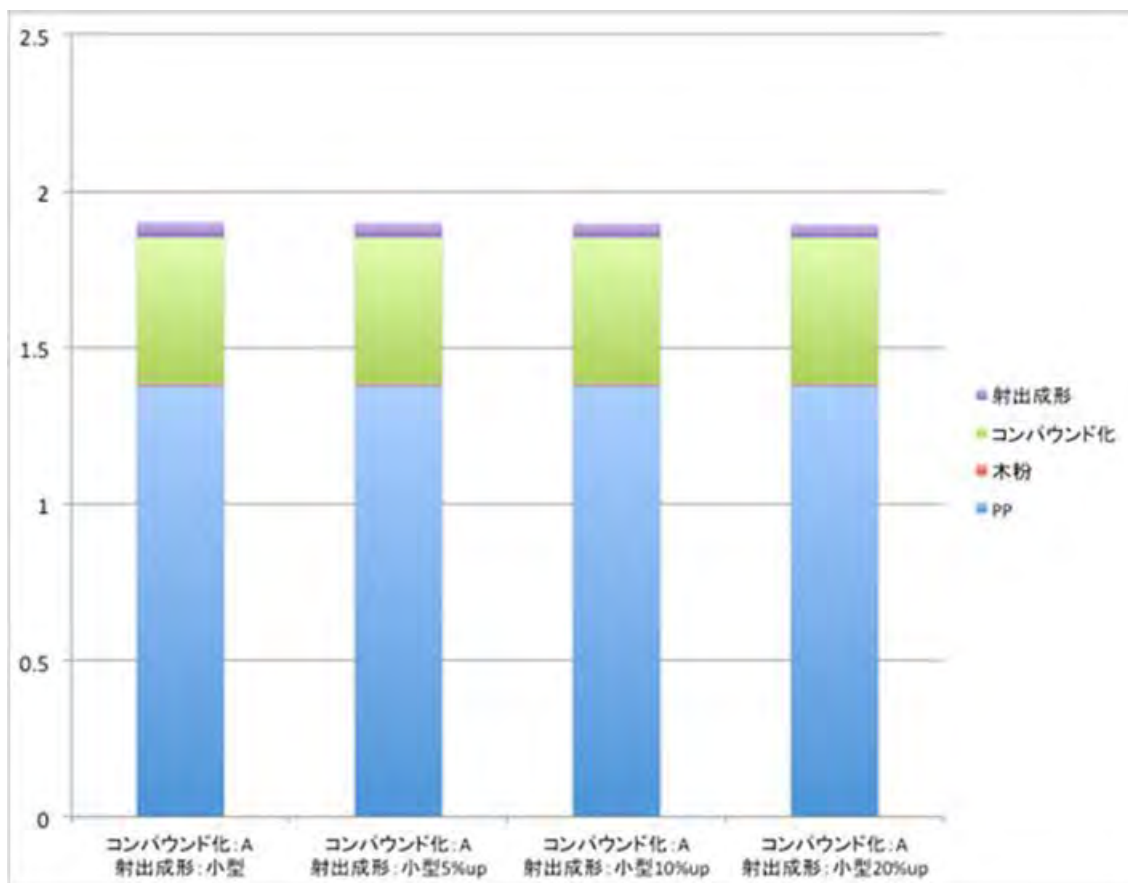
【原材料および生産】	投入量		GHG 原単位（100 年指数； IPCC, 2007）			GHG 排出量 (kg-CO2e)
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.90

表－2.4.1 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形:小型 10%up)

【原材料および生産】	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.07	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.89

表－2.4.2 CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ (射出成形:小型 20%up)

【原材料および生産】	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
押出成形および表面処理加工 (原材料および生産合計)	0.07	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.04 1.89



図－ 2. 4 2 射出成形生産性の影響（小型射出成形機）

B. 自動車用樹脂部品を、タルク充填プラスチックから CNF 添加ウッドプラスチックへ代替した場合のライフサイクル CO₂ 排出量への影響評価

評価範囲を図－ 2. 4 3 に、評価に用いたデータを表－ 2. 4 3 に示す。タルク系 PP と CNF-WPC の GHG 排出量は、本節の A で使用したデータをもとに、廃棄工程を加えて算出した（表－ 2. 4 4、4 5）。なお、CNF-WPC の製造条件は、コンパウンド化生産能力が 150kg/hr. (A)、射出成形機のサイズが中型のもの（表－ 2. 3 1）を使用している。

評価は、自動車 1 台における対象材料（タルク充填プラスチック）の使用量に対し、これが CNF 添加ウッドプラスチックに代替された場合の重量変化を、-28% と設定し、軽量化分による燃費向上率から、ライフサイクルにおけるガソリン使用量の変化を求めることを行った。

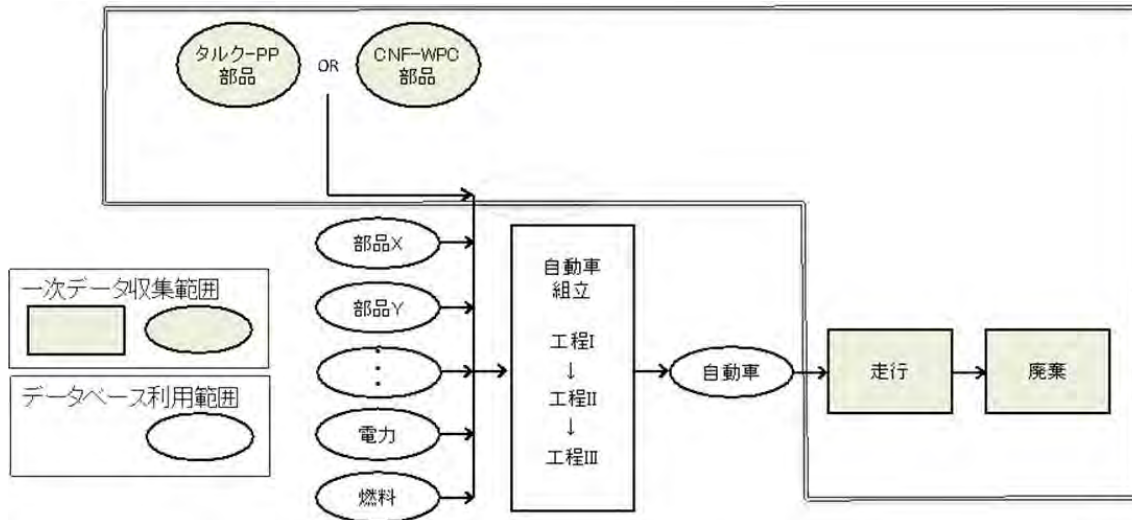


図-2. 4.3 既存および新規自動車部品のライフサイクル評価範囲（システム境界）とフォアグラウンドデータ収集範囲

表-2. 4.3 自動車のライフサイクル CO₂ 排出量評価用データ

	データ	備考
自動車(軽・小型・普通)重量	1,380 kg/台	
自動車1台に対する対象とする従来材料の使用量	4%	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価(2012年12月 一般社団法人 日本化学工業協会)
燃費	11.6 km/L	地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック(平成24年7月 環境省 地球環境局)より軽乗用車と小型・普通乗用車を加重平均
	販売台数 燃費	
	軽乗用車 1549 台/m 13.2 k /L 小型普通乗用車 2385 台/m 10.5 k /L	
車両重量あたり燃費変化量	0.009 km/L	滋賀県製品等を通じた貢献量評価手法 算定の 手引き<実践編> (平成 25 年 3 月)
1台あたり走行距離	100,000 km/10年	
排出係数 (GHG 排出量: IPCC2007,100年係数)		
ガソリン	2.81 kg-CO ₂ e/L	IDEA ガソリン (原料・製造・使用)
タルク系 PP	5.96 kg-CO ₂ e/kg	算定排出係数 (原料・製造・使用・廃棄)
CNF-木粉系 PP	4.28 kg-CO ₂ e/kg	算定排出係数 (原料・製造・使用・廃棄)
強度アップによる部材軽量化 (%)	28.0	
従来材料による部材重量 (kg/台)	55.2	
開発材料による部材重量 (kg/台)	39.7	
1台あたりの重量増減 (kg/台)	-15.5	

表－２．４４ タルク充填樹脂自動車部品 1kg 製造インベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.89	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.55
射出成形	1.00	kWh	1.400	kg-CO2e/kWh	(CFP プログラム利用可能データ (国内) ver. 1.04)	1.40
(原材料および生産合計)						3.34
【廃棄】						
プラスチック系廃棄物処理	0.75	kg	0.028	kg-CO2e/kg	(IDEA 焼却処理 (一廃、発電なし、ごみ由来排出物を除く) サービス)	0.02
プラスチック系廃棄物直接排出	0.75	kg	3.143	kg-CO2e/kg	PP の分子構造により算出	2.36
無機系廃棄物処理	0.25	kg	0.984	kg-CO2e/kg	(IDEA 埋立処分 (一廃) サービス)	0.25
(廃棄合計)						2.62
【Total】						5.96

表－２．４５ CNF 添加 WPC 自動車部品 1kg 製造インベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数 ; IPCC, 2007)			GHG 排出量 (kg-CO2e)
【原材料および生産】						
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO2e/m ²	(IDEA ポリプロピレン)	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO2e/kg	(IDEA 木材チップ)	0.01
コンパウンド化	0.84	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.47
射出成形	0.08	kWh	0.554	kg-CO2e/kWh	(IDEA 系統電力)	0.05
(原材料および生産合計)						1.90
【廃棄】						
木質系廃棄物処理	0.25	kg	0.028	kg-CO2e/kg	(IDEA 焼却処理 (一廃、発電なし、ごみ由来排出物を除く) サービス)	0.01
プラスチック系廃棄物処理	0.75	kg	0.028	kg-CO2e/kg	(IDEA 焼却処理 (一廃、発電なし、ごみ由来排出物を除く) サービス)	0.02
プラスチック系廃棄物直接排出	0.75	kg	3.143	kg-CO2e/kg	PP の分子構造により算出	2.36
(廃棄合計)						2.38
【Total】						4.28

表－2. 4 6に、自動車1台あたりのライフサイクルCO₂排出量の評価結果を示す。1台あたり約55kgの従来材料（タルクPP）をCNF添加ウッドプラスチックに代替すると、燃費は約0.14 km/L向上し、ライフサイクル（10年）におけるガソリン消費量は、約103 L削減される。ライフサイクルCO₂排出量は、約448 kg-CO₂eの削減となり、1年あたりでは約45 kg-CO₂eの削減となる。

表－2. 4 6 自動車のライフサイクルCO₂排出量評価結果

	燃費 (Km/L)	ガソリン量 (L)	CO ₂ 排出量 [原料・製造・廃棄] (kg-CO ₂ e)	CO ₂ 排出量 [使用] (kg-CO ₂ e)	CO ₂ 排出量 [全体] (kg-CO ₂ e)	1年あたり CO ₂ 排出量 [全体] (kg-CO ₂ e)
従来材料	11.56	8648.19	329.10	24318.70	24647.81	2464.78
28%軽量化	11.70	8545.39	170.18	24029.63	24199.81	2419.98
削減量/改善量	0.14	102.80	158.92	289.08	447.99	44.80

日本全体の影響をみるために、CNF添加ウッドプラスチック材料により代替された自動車の市場導入量（表－2. 4 7）による推計を行った結果を表－2. 4 8に示す。市場導入量を、2020年に現販売量の5%、2025年に50%とすると、2020年には約8,800 t-CO₂e、2025年には約308千 t-CO₂eの削減が見込まれる結果となり、事業計画より高くなる結果となった。

表－2. 4 7 市場導入量設定値（千台）

軽・小型・普通乗用車 年間販売台数	3,934
市場導入量	
2020年（5%）	197
2021年（15%）	590
2022年（25%）	984
2023年（35%）	1,377
2024年（45%）	1,770
2025年（50%）	1,967
市場普及台数（2025年）	6,885

表－2. 4 8 日本におけるCO₂排出量削減量

(t-CO₂e/年)

	2020年	2025年
28%軽量化	8,812	308,422