

平成27年度 地域における低炭素なセルロースナノ
ファイバー用途開発 F S 委託業務 報告書

2016年3月18日

研究代表者：国立大学法人 静岡大学
共同研究者：トクラス株式会社

目次

要旨	1
1. 業務の概要	2
1. 1 <u>事業の目的</u>	2
1. 2 本業務の実施機関	2
1. 3 本業務に至った背景	2
1. 4 本業務の基本方針と目標	3
(1) 基本方針	3
(2) 本業務の評価ポイント	4
(3) 本業務の最終目標	4
2. 業務成果報告書	5
2. 1 CNF 削減ポテンシャルの推計	5
2. 2 低炭素化および事業評価等の FS の実施	9
(1) 低炭素化	10
(2) リサイクル性	19
(3) コスト	27
(4) 需要規模	29
(5) 事業性評価	31
(6) 継続発展する事業モデルの構築	33
2. 3 CNF の普及	35
(1) コンセプトモデルの展示	35
(2) プレ導入の検討	37
(3) イニシアティブの検討	38
(4) 素材 (CNF、CNF 添加ウッドプラスチック) の周知	40
(5) 利用方法の提案	41
(6) 需要過不足に対する対応	42
(7) 他地域との交換出荷体制の検討	43
(8) 品質管理体制の検討	44
(9) CNF 添加ウッドプラスチックの機能と対応できる用途のマッピング	45
(10) 新規用途の開発を実施	46
(11) 新規素材向け利用開発を実施	47
別添参考資料 1 : 仕様書	48
別添参考資料 1 : 対外発表資料	57

要旨

本業務では、セルロースナノファイバー（以下「CNF」という）の特性を最大限に発揮することを念頭に、地球温暖化対策に貢献が期待できる用途開発分野を特定するとともに、短期的に実現可能と考えられる用途において、地域における事業計画の提案、事業採算性の分析評価、事業実施上の課題抽出を行い、事業実現可能性の評価を行う。さらに、「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫した地域モデルを確立するため、最新の低炭素化技術の適用可能性を考慮しつつ、実現性の高い地域モデルの提案及び事業性評価等を実現することを目的とする。

このような背景のもと、CNF で機能化したウッドプラスチックをキッチン部材に用いることでCO₂排出量の削減効果に関するFS評価を実施した。

CNF の効果により、機械的特性が向上することで使用材料の削減、流動性等が向上することで生産性の向上、耐久性が向上することで長寿命化及び交換部品の削減、地域の取組による輸送エネルギーの削減、マテリアル利用による廃棄量の削減等の効果から、既存キッチンに比べ40%以上のCO₂削減が可能となることを見出した。

一方、経済性においても、既存キッチンと差がないコストで実現できるとともに、実用化に向けた具体的な課題も明確になり、その改善策を提示した。さらに、本業務から継続的発展ができる事業展開の提示、新たな用途、利用方法の可能性等を提示した。

1. 業務の概要

1. 1 事業の目的

本業務では、セルロースナノファイバー (cellulose nanofiber 以下「CNF」という。) の特性を最大限に発揮することを念頭に、地球温暖化対策に特に貢献が期待できる用途開発分野を特定するとともに、短期的に実現可能と考えられる用途において、地域における事業計画の提案、事業採算性の分析評価、事業実施上の課題抽出を行い、事業実現可能性の評価を行う。さらに、「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫した地域モデルを確立するため、最新の低炭素化技術の適用可能性を考慮しつつ、実現性の高い地域モデルの提案及び事業性評価等を実現することを目的とする。

1. 2 本業務の実施期間

平成27年6月1日から平成28年3月18日までの事業。

1. 3 本業務に至った背景

住宅分野において CO₂削減の取組は、「高気密、高断熱等による空調効率の向上」、「太陽発電、蓄電池、HEMS (home energy management system) 等による電力の効率化」、「省エネ家電利用による電気使用量の削減」、「省エネポイント制度の活用」など数多く実施されている。これは、住宅購入者にメリットがあり、住宅メーカーにとっても、積極的に取り組むことで販売拡大が期待できることから、普及は早い。一方、住宅部品においても、「カーボンニュートラルな原料の利用」、「部品製造における省エネ型生産方式の導入」、「軽量化、積載効率向上による輸送エネルギーの削減」、「高寿命製品、3R 対応製品」など CO₂削減に寄与できる取組は多い。しかしながら、これらの取組は、住宅購入者へのメリットはほとんどないのが実情である。したがって、住宅メーカーも売り上げに直結しないため、積極的に取り組む姿勢はみられない。即ち、住宅分野における CO₂削減への取り組みは不十分であることから、逆説的などらえ方をすれば、この分野においては、削減の伸び代、すなわち削減の可能性を有していることになる。

一方、住宅部品であるキッチンには、加工性やコスト、使い勝手の面から、木質ボードが多用されている。キッチンのような水回り部材に木質ボードを使用する場合、水がかり対策が必須となる。この水回り部材に利用可能な木質材料としてウッドプラ

スチック（混練型 WPC、wood plastic composite）があげられる。ウッドプラスチックは耐久性が高くキッチンの高寿命化に寄与するだけでなく、成形品の特徴を活かした部品点数の削減、表面化粧の簡素化等環境貢献が可能な素材である。しかしながら、ウッドプラスチックを用いたとしても、耐水処理が必要な点、流動性が低いため複雑形状の成形が困難である点、材料自体のコストが木質ボードにくらべて 4～8 倍程度アップしてしまう点など課題も多く、実用化は容易ではない。

このような背景を踏まえ、本 FS 事業では、CNF を用いてウッドプラスチックの機能化を図ることで、製品の性能的な課題を克服すること、さらに、コスト的な課題等を克服することを通して CO₂ 削減に寄与できることの可能性を検証した。（図 1-1）。

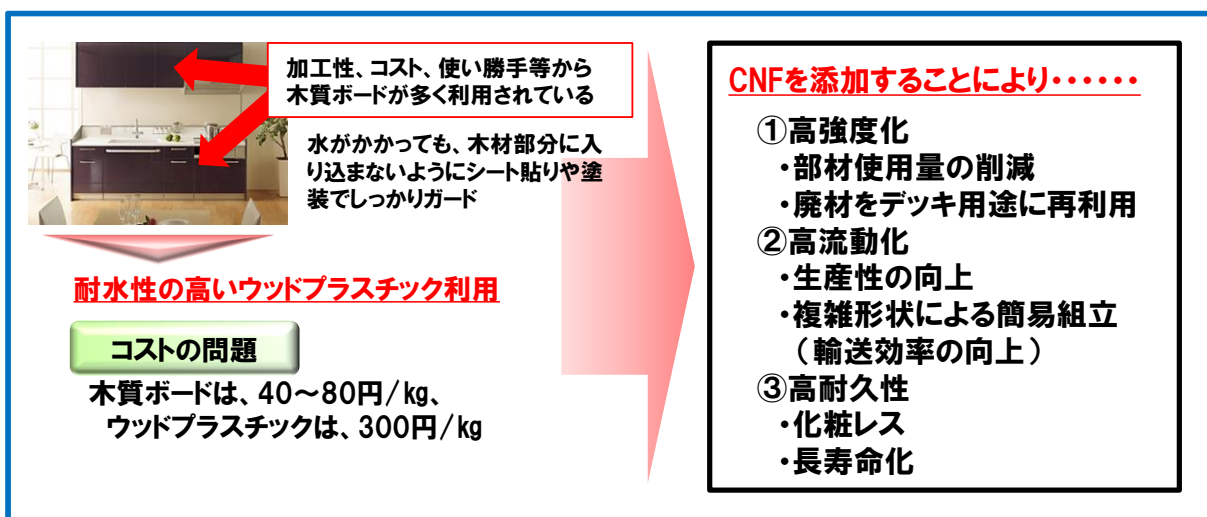


図 1-1 ウッドプラスチックのキッチン利用における課題と対策

1. 4 本業務の基本方針と目標

(1) 基本方針

CNF 素材ならびに CNF 技術を利用し、革新的でかつ地球温暖化対策に貢献できる住宅部材用途、本業務ではキッチン木材部材を対象として提案するとともに、静岡県内産業との連携により、「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫性を有し事業性のある地域モデルを構築する。事業全体の概要を図 1-2 に示す。

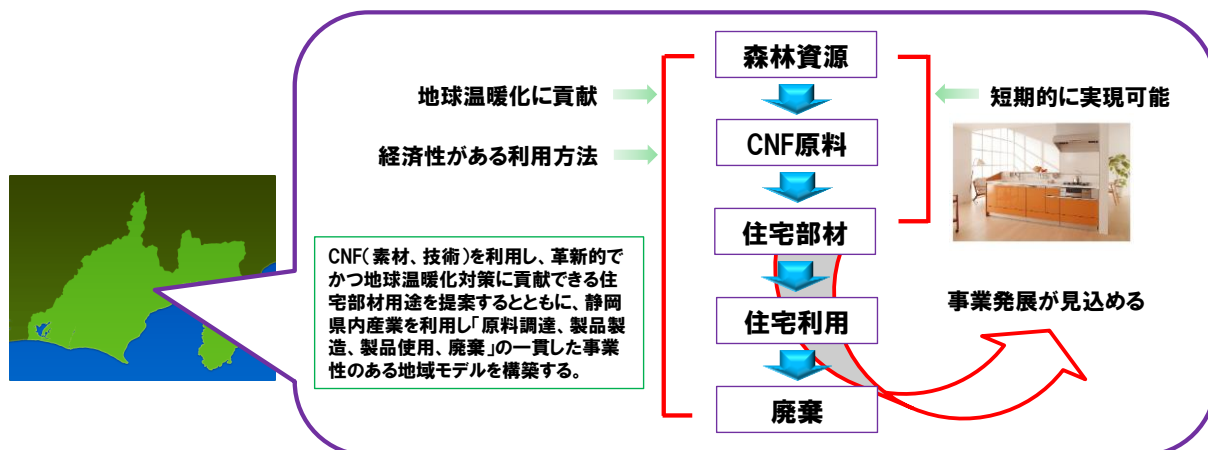


図 1-2 事業全体のイメージ図

(2) 本業務における評価ポイント

本業務に関しては、以下の観点から評価を実施する。

- ・ 地球温暖化に貢献できる利用方法であること
- ・ 経済性のある利用方法であること
- ・ 短期的に実用化が見込める利用法であること
- ・ 事業発展性のある利用方法であること

(3) 本業務の最終目標

本業務においては、CNF を利用することを基本として、地球温暖化に貢献でき、経済性も兼ね備えたキッチン木材部材の用途提案を通して、県内産業内において採算性が確保できる事業モデル構築の提案することを目標としている。加えて、3年後を目途に、事業開始が見込める活動計画を提示する。

2. 業務成果報告

2. 1 CO₂削減ポテンシャルの推計

CO₂削減のポテンシャルを推計するため、既存で最もスタンダードなキッチンを対象とした（図 2-1）。

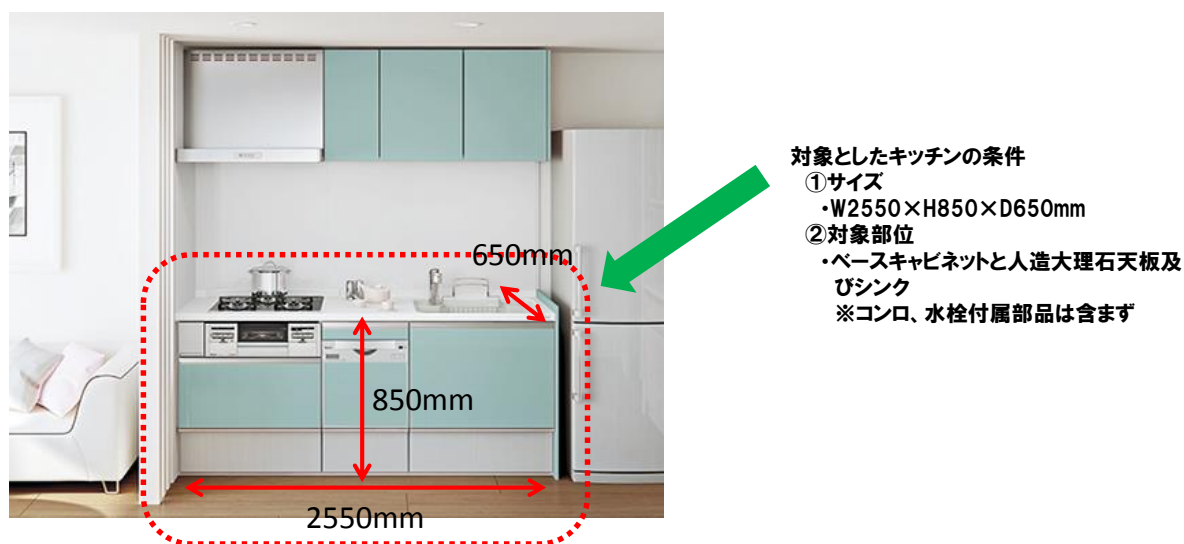


図 2-1 対象としたキッチン

また、既存システムキッチンの評価範囲（システム境界）を図 2-2 に示す。

評価範囲は、木質ボードや金属、樹脂などの各種部品の組立によりキャビネットを製造する工程、樹脂及び水酸化アルミニウムを混練して硬化・プレスすることによりカウンターを製造する工程、及びそれらを輸送する工程、さらにシステムキッチンとして使用後に廃棄処理をする工程とする。

対象とするシステムキッチンのサイズは、255cm(W)×65cm(D)×85cm(H)の一般的な寸法で、重量は約 190kg である。キャビネットとカウンターは、設置場所への搬送の後に、現場で組み立てられる。組み立ての際には簡単な工具が使われるが、作業時間が短く、エネルギー消費量は全体と比較して十分に小さいため考慮しない。

システムキッチンとして組み立てる際には、この作業の他に、ガスレンジや換気扇が取り付けられることが一般的であるが、キャビネット部材が代替されることでこれらの仕様等に変化は生じないため、今回は評価範囲に含めていない。木質ボード類は、一般的に工業規格寸法のものが調達され、製造時に生産サイズに合わせて切断されるため、製造工程でロスが発生する。これらは、木くずとして産廃処理業者に受け渡さ

れる。

キャビネットの製造に使用される原材料のうち、プラスチック類及び金属類の製造ロス分についても、産廃処理として評価する。プラスチック類はすべて焼却するとして、また、金属類はすべて埋立て処分するとして評価することとした。カウンターの製造工程で発生するロス分は、すべて同工程に戻されることから、ロスの発生は考慮しない。

製品輸送の距離については、県境を超える輸送の一般的な距離である **500km** を想定する。また、製品廃棄処理については、一般廃棄物の処理とし、木材及びプラスチック類は焼却、金属類は埋立て処分として評価する。

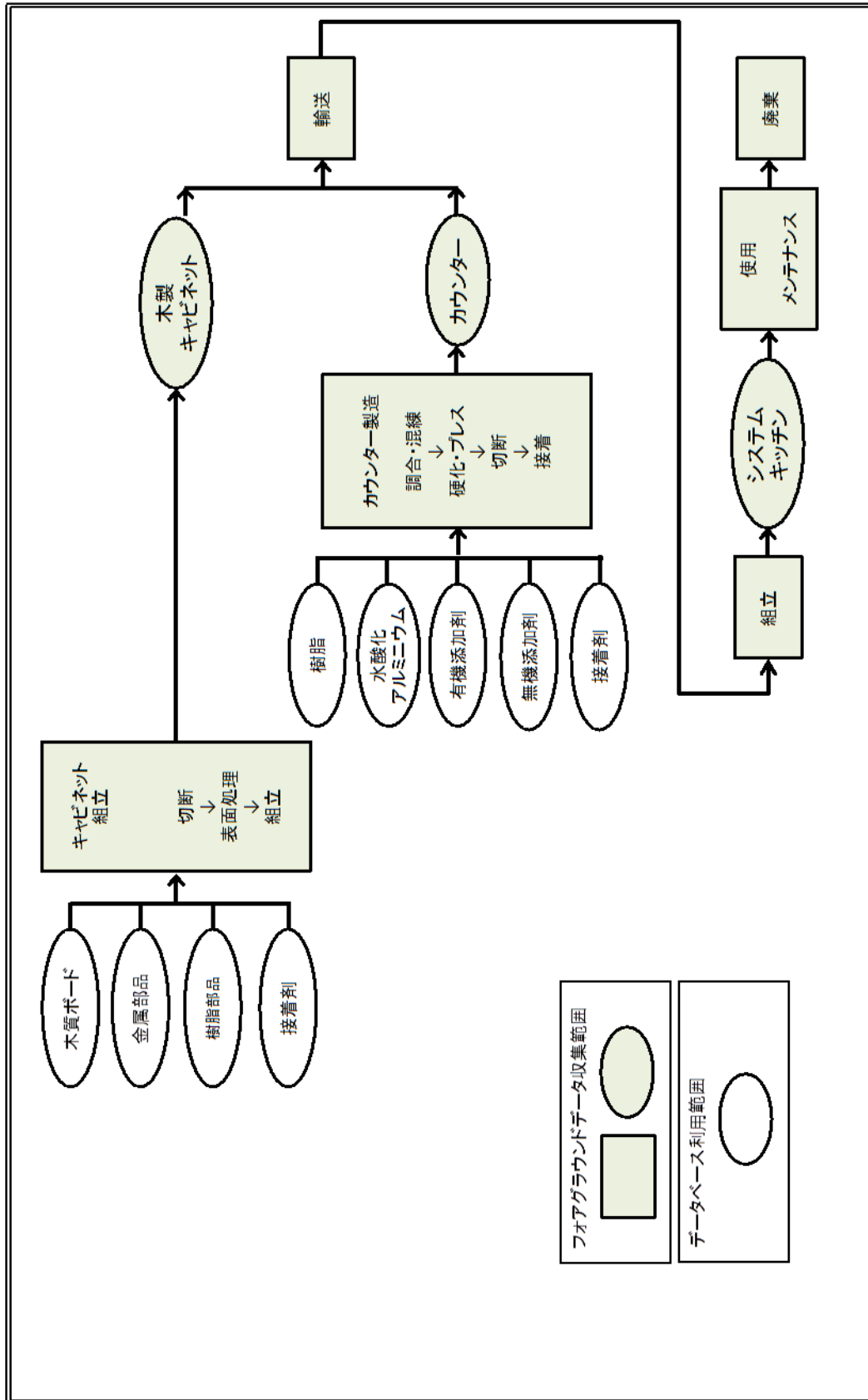


図 2-2 既存システムキッチンの評価範囲 (システム境界)

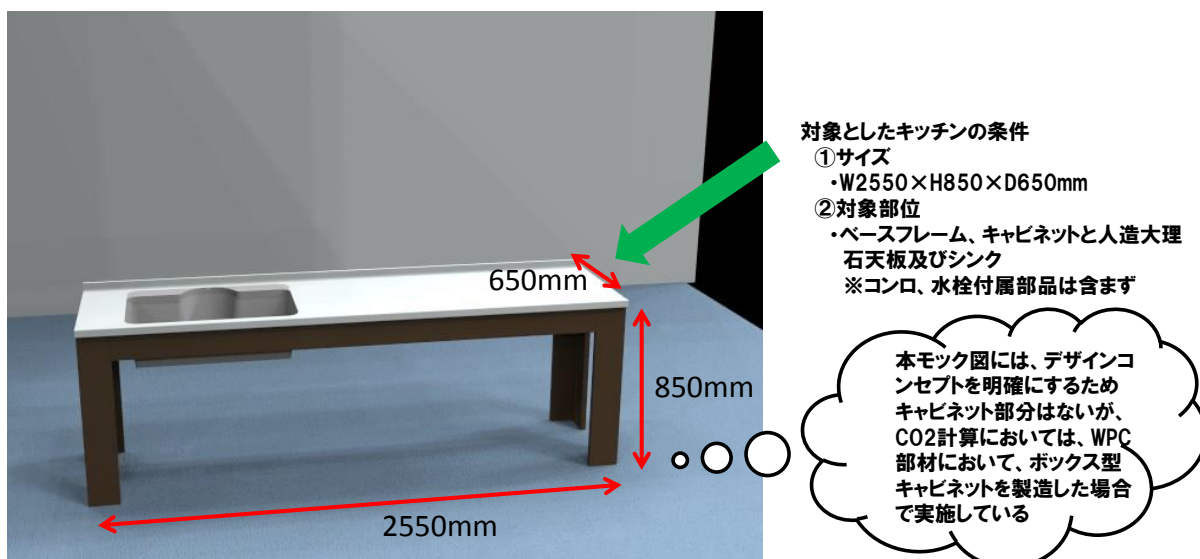


図 2-3 CNF 添加ウッドプラスチックを利用したキッチン（デザインモック）

次に CNF 添加 WPC を利用したキッチンのデザインモック（外観デザインの試作品）を図 2-3 に示す。また、CNF 添加ウッドプラスチックを使用したシステムキッチンの評価範囲（システム境界）を図 2-4 に示す。

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押出成形によりキッチン部材（キャビネット）を製造する工程を評価範囲とする。キッチンのサイズは、比較対照する既存キッチンに合わせ 255cm(W)×65cm(D)×85cm(H)とした。

おが粉は、現状を考慮すれば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であるが、今後の安定供給ならびに継続性を考慮して、木材チップと同等として評価することとした。

コンパウンド化及び部材成形工程では、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り、いずれの工程においても成型端材等のロス分は原料として当該工程に戻されるため、廃棄ロスは発生しないものとした。また、同工程から副製品の製造は行われていない。

CNF 添加ウッドプラスチックでは、押出成形により、キャビネットを直接製造することができる。したがって、代替する既存システムキッチンの工程は、木質ボード、金属や樹脂などの各種部品の組立によってキャビネットを製造する工程を意味する。また、カウンターは同じものを使用できるため、既存キッチンと CNF 添加ウッドプラスチックキッチンとの間に変化はない。

製品輸送の負荷については、CNF 添加ウッドプラスチックキッチンでは軽量化、及びコンパクト化が期待されることから、輸送重量の変化と、積載率の変化が評価可

能となる。なお、工場の空調等、設備・機器以外のエネルギー消費については、工場の専有スペースが変化する可能性はあるが、全体への影響が小さいと判断し、評価範囲に含めていない。

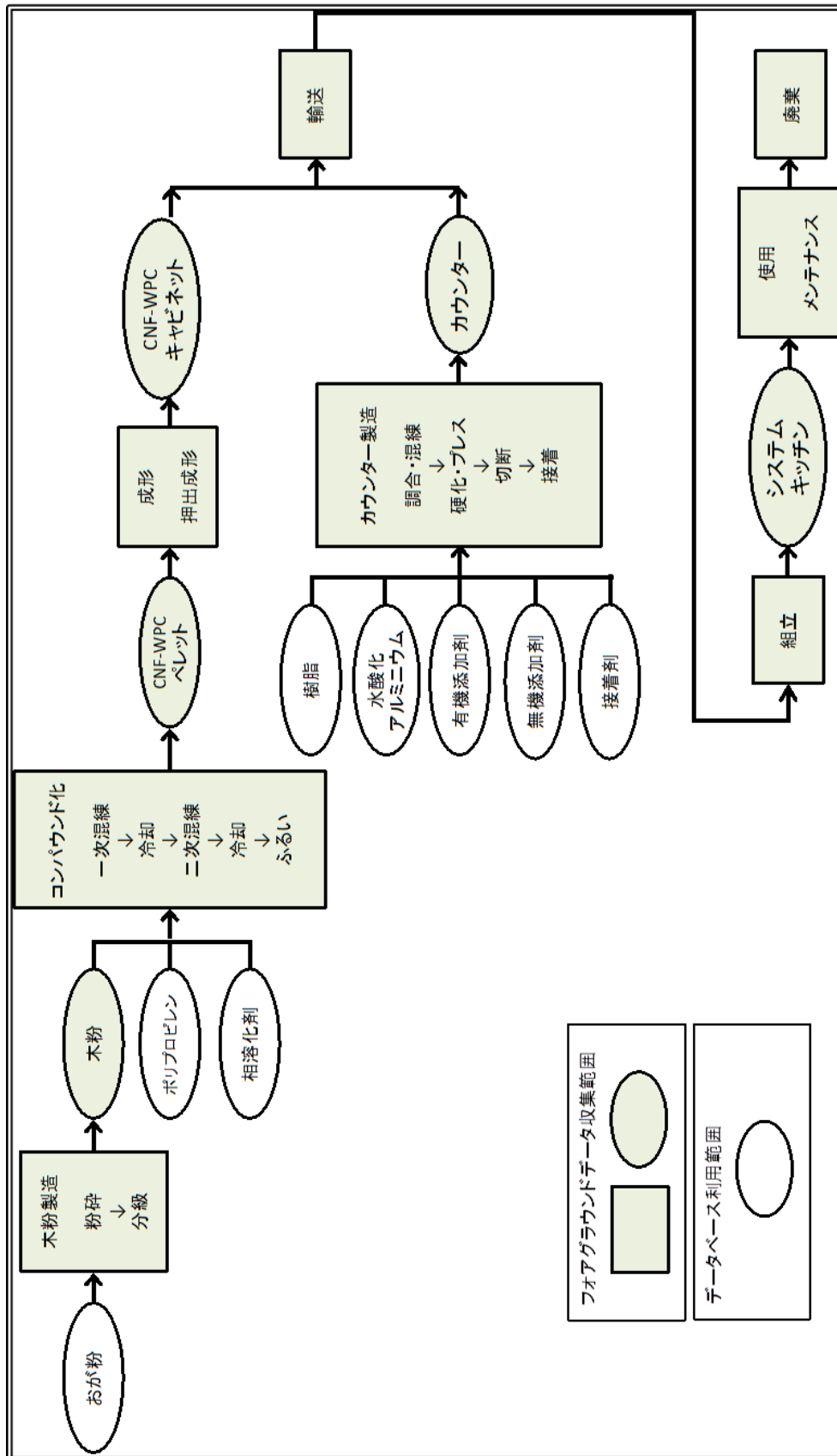


図 2-4 CNF 添加 WPC キッチンの評価範囲 (システム境界)

2. 2 低炭素化及び事業性評価等の FS の実施

(1) 低炭素化

a) データ収集

既存キッチンには、以下のプロセスについてデータ収集を行った。

①キャビネット製造工程の原材料使用量及びロス発生量、エネルギー使用量

②カウンター製造工程の原材料使用量及びロス発生量、エネルギー使用量

原材料使用量は最終製品であるキャビネット及びカウンターの実測値にロス率を勘案して算出し、電力消費量は使用する各設備・機器の使用時間と定格電力値から算出した。

また、CNF 添加ウッドプラスチックキッチンには、以下のプロセスについてデータ収集を行った。

①CNF 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及びエネルギー消費量

②押出成形によるキャビネット部材製造工程の原材料使用量及びエネルギー消費量

原材料使用量は、最終製品であるキャビネットの重量に含有率を乗じて算出し、コンパウンド化の電力消費量は、処理能力が 200kg/hr の粉碎機、及び 150kg/hr の混練・成形機の稼働時の電力消費量を実測し、処理時間を乗じて算出した。キャビネット成形時の電力消費量は、処理能力が 150kg/hr の押出成形機、及び 3-5m/hr の切断・研磨機の稼働時の電力消費量を実測し、処理時間を乗じて算出した。

一方、製品輸送時のトラック積載効率変化量に関しては、既存キッチンキャビネットと CNF 添加ウッドプラスチックキャビネットでは、製品輸送時の形状が異なるため、積載効率が増える。部材 1 単位あたりのサイズが約半分以下になることから、積載率は 2 倍になると設定した。

b) 原単位

各工程に投入される原材料の負荷については、その上流側を含めた単位あたりのライフサイクル GHG 排出量（原単位）を、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、輸送時のトラックの原単位は、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、処理するプラスチック中の炭素含有率が平均的に 80% と仮定して算出した。

注) GHG: greenhouse gas、LCA: life cycle assessment、IDEA: inventory database for environmental analysis、CFP: carbon foot print

c) CO₂排出量

既存キッチン1台のインベントリ分析結果を表2-1及び表2-2に示す。キャビネット部分の製造負荷は、全体の約半分を占める。ただし、キャビネットの重量はカウンターの約4.5倍であるが、製造負荷の比は約2倍となった。これにはカウンターの生産電力が大きいことが影響している。なお、既存キッチンは、現在販売されている商品を対象としたため、使用材料や使用量に関する詳細な記載を控えた。したがって、表2-1、表2-2では統合標記した箇所があることをご留意いただきたい。

表 2-1 既存キッチンの製造におけるインベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100年指数, IPCC, 2007) (kg-CO ₂ e/単位)		GHG 排出量 kg-CO ₂ e
木質ボード		m ²	7.494	パーティクルボード	125.17
		kg	1.180	中質繊維板 MDF	
化粧部材 (テープ、シート、接着剤等)		kg	3.999	ABS 樹脂	8.61
		kg	3.505	プラスチックシート	
		kg	1.433	水性高分子イソシアネート	
金属部品 (ダイカスト、アルミ等)		kg	1.744	冷間圧延鋼板	75.87
		kg	4.034	亜鉛ダイカスト	
		kg	10.670	アルミニウム・同合金圧延品	
		kg	2.425	木ねじ・小ねじ・押しねじ	
樹脂部品		kg			80.71
		kg	6.182	その他の工業用プラスチック製品	
生産電力	28.42	kWh	0.554	系統電力	15.76
(小計) キャビネット製造					306.10
カウンター樹脂		kg			44.15
		kg			
		kg			
添加剤 (有機、無機)		kg			24.69
		kg			
		kg			
		kg			
生産電力	147.24	kWh	0.554	系統電力	81.63
(小計) カウンター製造					150.48
合計					456.58

注) IPCC: intergovernmental panel on climate change、MDF: medium density fiberboard、ABS: acrylonitrile butadiene styrene

表 2-2 既存キッチンの廃棄におけるインベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数, IPCC, 2007) (kg-CO ₂ e/単位)	GHG 排出量 kg-CO ₂ e
木質系廃棄物処理		kg		128.66
プラスチック系廃棄物処理		kg		
プラスチック系廃棄物直接排出		kg		
金属系廃棄物処理		kg		
製品輸送		kg		
交換部品		kg		
木質系廃棄物処理		kg		
プラスチック系廃棄物処理		kg		
プラスチック系廃棄物直接排出		kg		
金属系廃棄物処理		kg		
合計				

項目ごとに見ると、木質ボード、金属部品、樹脂製品の順に、負荷の大きい項目が並んでいる。キャビネット部分の素材及び部品の負荷が大きいことがわかる。製品廃棄処理の負荷は、全体の約 20%であり、小さくはない。これには、樹脂部分の焼却処理による負荷、及び金属部分の埋立て処理による負荷が大きく影響している。

データベース (IDEA) の原単位は、今回調査した製品よりやや小さめの値を示しているが、ほぼ同等のオーダーであると言える。この原単位には、工場内のインプット及びアウトプットを製品生産台数で按分した旨の説明がなされているが、工場では、様々なサイズのキッチン製品が生産されている可能性があり、それらを平均化した数値になっていることが考えられる。

CNF 添加ウッドプラスチック製品 1kg のインベントリ分析結果を表 2-3 に示す。木材チップの原単位が小さいため、木粉の含有量を増やすほど、素材由来の負荷は小さくなる。さらに、コンパウンド化と成形加工に消費した電力は、1kg あたり 2.39kWh であり、際立って大きな値ではないことから、CNF 添加ウッドプラスチ

ック材の原単位は、2.71kg-CO_{2e} と、一般的な素材と遜色ない結果となった。

表 2-3 CNF 添加ウッドプラスチック 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 _{2e})
PP	0.75	kg	1.839	kg-CO _{2e} /kg	ポリプロピレン	1.38
木粉	0.25	kg	0.024	kg-CO _{2e} /kg	木材チップ	0.01
コンパウンド化	0.78	kWh	0.554	kg-CO _{2e} /kWh	系統電力	0.43
押出成形及び表面処理加工	1.61	kWh	0.554	kg-CO _{2e} /kWh	系統電力	0.89
合計						2.71

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-CO_{2e}/kg
- ・工業用プラスチック製品： 4.712 kg-CO_{2e}/kg
- ・不飽和ポリエステル樹脂： 4.338 kg-CO_{2e}/kg
- ・メタクリル樹脂： 3.507 kg-CO_{2e}/kg
- ・その他のプラスチック： 3.944 kg-CO_{2e}/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。

次に、CNF 添加ウッドプラスチックを用いて製造するシステムキッチン 1 台のインベントリ分析結果を表 2-4 及び表 2-5 に示す。表 2-1、2-2 の既存キッチンのインベントリと入れ替わるのは、キャビネット部分の製造に係るデータ項目、及び製品輸送時の輸送量、製品廃棄時の廃棄物量である。

表 2-4 CNF 添加ウッドプラスチックキッチンの製造におけるインベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数, IPCC, 2007) (kg-CO ₂ e/単位)		GHG 排出量 kg- CO ₂ e
おが粉	22.41	kg	0.024	木材チップ	0.53
ポリプロピレン	18.34	kg	1.839	ポリプロピレン	33.72
生産電力	54.56	kWh	0.554	系統電力	30.25
(小計) キャビネット製造					64.50
カウンター樹脂		kg			44.15
		kg			
		kg			
添加剤 (有機、無機)		kg			24.69
		kg			
		kg			
		kg			
生産電力	147.24	kWh	0.554	系統電力	81.63
(小計) カウンター製造					150.48
合計					214.98

キャビネット部分の製造負荷は全体の約 20%と、既存キッチンと比べて低い寄与率となっている。キャビネット部分の生産電力は、既存キッチンの約 2 倍になっているが、木質ボード及び各種部品が要らないことが、全体の負荷を下げる結果となった。キャビネット部分の寄与が下がったことで、カウンターの生産電力の負荷が全体の 45%と、非常に高い寄与率となった。

表 2-5 CNF 添加ウッドプラスチックキッチンの廃棄におけるインベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100 年指数, IPCC, 2007) (kg-CO ₂ e/単位)		GHG 排出量 kg-CO ₂ e
木質系廃棄物処理	0.00	kg	0.002	産廃中間処理(木くず)	0.00
プラスチック系廃棄物処理	0.00	kg	2.708	焼却処理 (産廃)	0.00
プラスチック系廃棄物直接排出	0.00	kg	2.933	C 含有率 80%	0.00
金属系廃棄物処理	0.00	kg	0.004	埋立て処分 (産廃)	0.00
製品輸送	37.37	tkm	0.178	トラック輸送 10t, 50%	6.65
交換部品	0.00	kg	0.000		0.00
木質系廃棄物処理	22.41	kg	0.028	焼却処理 (一廃、発電なし)	0.62
プラスチック系廃棄物処理	30.35	kg	0.028	焼却処理 (一廃、発電なし)	0.84
プラスチック系廃棄物直接排出	30.35	kg	2.933	C 含有率 80%	89.01
金属系廃棄物処理	25.12	kg	0.984	埋立て処分 (一廃)	24.71
合計					115.18

製品廃棄処理の負荷は、樹脂成分の量にあまり変化がないため、従来型と大きな差はない。ただし、全体の負荷が下がっているため、寄与率としては 34%と、さらに大きくなっている。製品使用後の負荷が大きい製品となるため、部材リサイクル等、再利用の検討が望まれる。

表 2-4 及び表 2-5 で想定した CNF 添加ウッドプラスチックキッチンは、先に評価した既存キッチン同じサイズのものであるが、従来型にある下部の引き出し等がなく、両者の機能が同等とは言えない可能性がある。そこで、下部に設置できる引き出しボックスを CNF ウッドプラスチックで作製し、これを組み合わせる形式のシステムキッチンを評価した。結果を表 2-6 及び表 2-7 に示す。

表 2-6 CNF 添加ウッドプラスチックキッチン+キャビネットの製造におけるインベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100年指数, IPCC, 2007) (kg-CO ₂ e/単位)		GHG 排出量 kg- CO ₂ e
おが粉	55.29	kg	0.024	木材チップ	1.31
ポリプロピレン	45.23	kg	1.839	ポリプロピレン	83.18
生産電力	150.97	kWh	0.554	系統電力	83.70
(小計) キャビネット+ボックス製造					168.19
カウンター樹脂		kg			44.15
		kg			
		kg			
添加剤 (有機、無機)		kg			24.69
		kg			
		kg			
		kg			
生産電力	147.24	kWh	0.554	系統電力	81.63
(小計) カウンター製造					150.48
合計					318.67

キャビネット及びボックスの製造負荷は全体の約3分の1であり、既存キッチンの49%と比べると明らかに減少している。ただし、キャビネットとボックスの生産電力の負荷が全体の約16%を占め、カウンターの生産電力を上回っていることから、今後は製造の効率化を念頭において検討を進めることが重要となろう。

表 2-7 CNF 添加ウッドプラスチックキッチン+キャビネットの廃棄におけるインベントリ

	投入量		GHG 原単位 (100年指数, IPCC, 2007) (kg-CO ₂ e/単位)		GHG 排出量 kg-CO ₂ e
木質系廃棄物処理	0.00	kg	0.002	産廃中間処理(木くず)	0.00
プラスチック系廃棄物処理	0.00	kg	2.708	焼却処理(産廃)	0.00
プラスチック系廃棄物直接排出	0.00	kg	2.933	C含有率80%	0.00
金属系廃棄物処理	0.00	kg	0.004	埋立処分(産廃)	0.00
製品輸送	68.83	tkm	0.178	トラック輸送 10t, 50%	12.25
交換部品	0.00	kg	0.000		0.00
木質系廃棄物処理	55.29	kg	0.028	焼却処理(一廃, 発電なし)	1.52
プラスチック系廃棄物処理	57.24	kg	0.028	焼却処理(一廃, 発電なし)	1.58
プラスチック系廃棄物直接排出	57.24	kg	2.933	C含有率80%	167.90
金属系廃棄物処理	25.12	kg	0.984	埋立処分(一廃)	24.71
合計					195.71

また、今回実際に住宅施工におけるシミュレーション検証を実施したが、両者とも施工に関してはほぼ同じ時間となり、大きな差は認められなかったため、比較対象からは除外した。

図 2-5 に、既存キッチン、CNF 添加ウッドプラスチックキッチン、CNF 添加ウッドプラスチックのボックスを追加したキッチンの 3 者について、GHG 排出量の内訳を示した。

全体としては、CNF 添加ウッドプラスチックキッチンは、既存キッチンに比べ 45.7% (283.6 kg-CO₂e) の削減となった。また、ボックスを追加した CNF 添加ウッドプラスチックキッチンでも、既存キッチンから 15.1% (93.8 kg-CO₂e) の削減となった。カウンター部分は 3 者とも同じであるが、「キャビネット+ボックス」部分で削減効果が見られた。「キャビネット+ボックス」は、木質ボードと部品類がプラスチック材と木材に置き換わることで、大きな削減となったが、生産エネ

ルギーは増加しており、今後の課題である。また、輸送の負荷については若干の削減効果があるが、全体への寄与はあまり大きくない。廃棄処理については、プラスチック成分が増加することで、負荷がやや上がる結果となった。

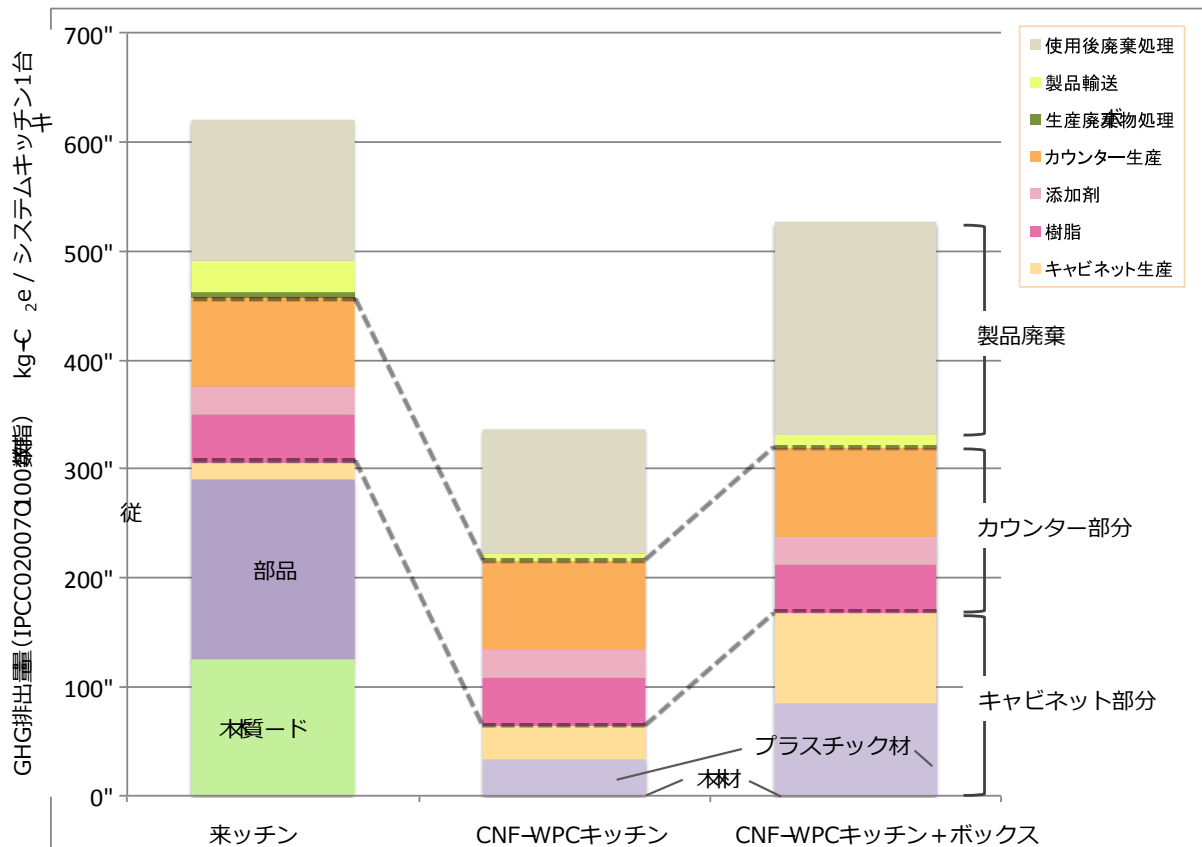


図 2-5 既存キッチン、CNF 添加ウッドプラスチックキッチン、ボックスをつかした CNF 添加ウッドプラスチックキッチン三種類の GHG 排出量内訳

上記において検討した CO₂削減に関する FS 評価結果を以下のようにまとめることができる。

- ・既存キッチンのキャビネットを CNF 添加ウッドプラスチックへ代替することで、1 台あたり約 94kg の GHG 排出量削減効果が見込まれる。
- ・キャビネット素材の負荷は大きく減少するが、キャビネット製造のエネルギーは増加しており、今後の検討の余地がある。
- ・キャビネット素材のプラスチックの割合が増加するため、廃棄処理の負荷が増加する。このことは、製品使用後の素材の再利用が有効となることを示唆している。
- ・今回は、交換部品の影響を反映していない。CNF 添加ウッドプラスチック製品の耐久性が従来型から大きく改善するようであれば、その効果も期待される。

(2) リサイクル性

CNF 添加ウッドプラスチックは、一般にデッキ材等で使用されているウッドプラスチックより高い性能を有している。一方、プラスチックはリサイクルすることで、熱劣化等のストレスを受け、機能が低下する。ウッドプラスチックも同様であり、使用後の CNF 添加ウッドプラスチックをリサイクルした場合も機能低下が予想される。しかしながら、CNF 添加ウッドプラスチックは、通常のウッドプラスチックに比べ高機能であるため、リサイクルによるストレスを受けても劣化の度合いが小さいのではないかとの期待がある。その場合、リサイクル後汎用用途へ転用できる可能性があり、ここでは、CNF 添加ウッドプラスチックのリサイクル性に関して評価をし、再利用の方向性を検証した。

a) 成形性

図 2-6 に、リサイクル回数と混練時間におけるトルクの変化を示す。ここで「リサイクル回数」とはリサイクルで想定される熱履歴を考慮した混練回数のことである。CNF 添加ウッドプラスチックの使用は経時であるため、ここではリサイクル回数を経時とみなして評価している。また、1 回目はバージン品でのブランクデータである。実際には、室内用途であり、使用における劣化は、ほぼないと考えられるため、この評価結果は安全側にあるとみてよい。全てのリサイクル回数において、経時によるトルク低下が認められている。また、リサイクルをすることにより、初期トルクは減少している。これは、ベースプラスチックであるポリプロピレンが低分子化したためであると考えられる。しかしながら、リサイクルを繰り返しても変化は小さい。また、混練時間の経時により、トルクは 1 回目とほぼ変わりはない。このことより、成形時の立ち上がりトルクを留意すれば、すなわち、設定温度を下げるなどの対応を行えば、本業務の廃材をリサイクルすることは可能であると判断できる。

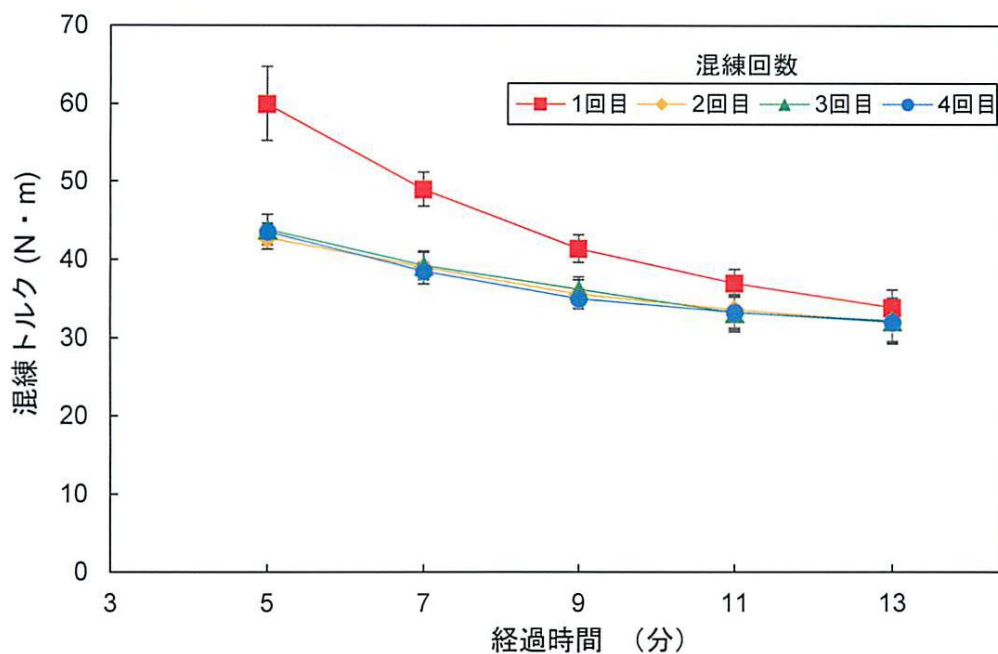


図 2-6 リサイクル回数と混練時間におけるトルクの変化

b) 流動性

木粉充填率別のリサイクル回数と流動性 (MFR) の関係を図 2-7 に示す。図中には、リサイクル回数を混練回数と標記している。混練回数が増えるほど流動性は高くなっている。これは、混練時でも認められたポリプロピレン樹脂の低分子化によるものと考えられる。しかしながら、CNF 入り木粉が入ることで、流動性上昇率は減少しており、リサイクルによる流動性に関して大きな影響はないと判断することができる。

注) MFR: melt flow rate

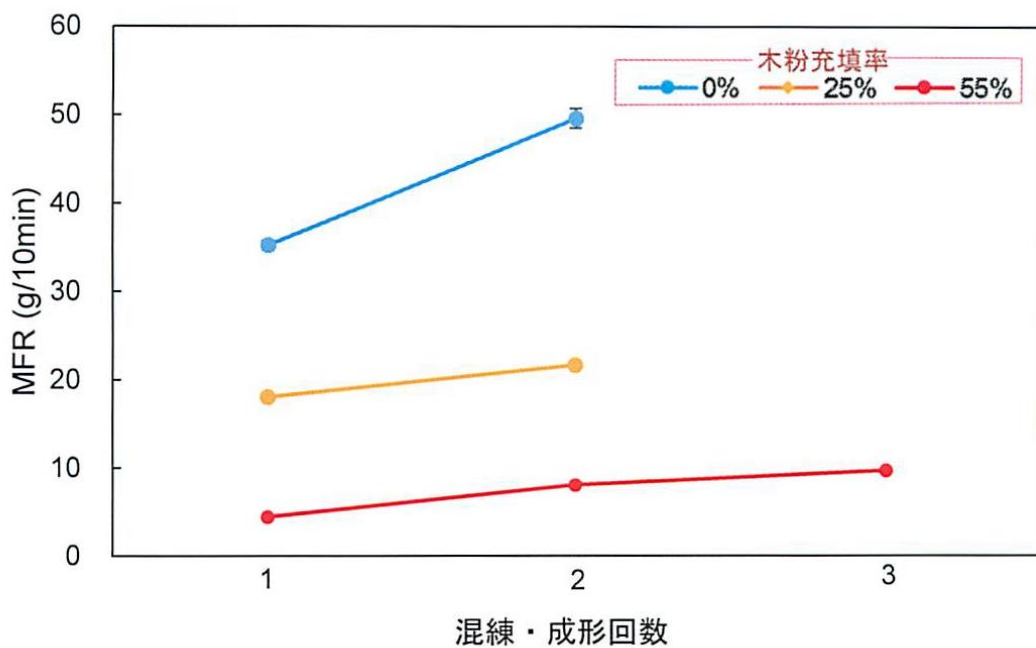


図 2-7 木粉充填率別のリサイクル回数（混練回数）と流動性（MFR）の関係

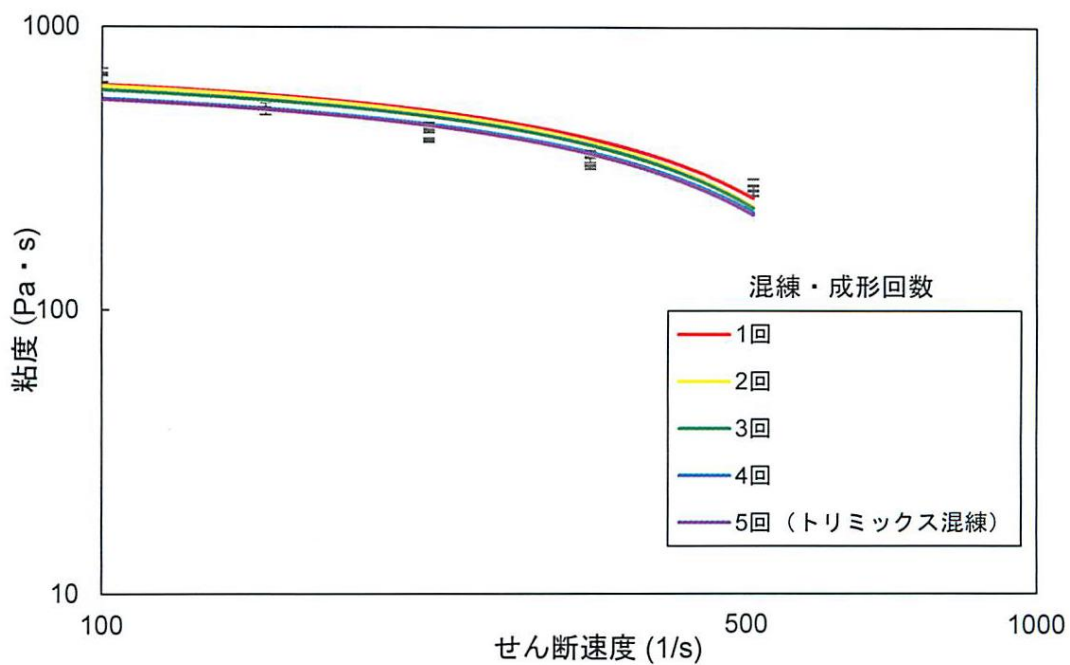


図 2-8 リサイクル回数とせん断による粘度変化

同様に、リサイクル回数（混練回数）とせん断による粘度変化を図 2-8 に示す。全てのリサイクル条件回数で、せん断速度が高くなると流動性は低くなっている。これは、一定のアスペクト比を有する繊維が介在することに起因しており、力が加わることで粘土が低下するチキソ性が発現しているためであると考えられる。混練回数が増加してもこのチキソ性が変化していない点から、繊維自体の劣化はないと判断できる。

c) 機械的特性

図 2-9 に、木粉充填率別のリサイクル回数（混練回数）と衝撃強度の関係を示す。木粉を添加していない場合、すなわち充填率 0%ではリサイクルにより強度が低下する傾向が認められるが、木粉が入ることで性能低下は大幅に改善されている。これは、CNF 入り木粉の補強効果が維持されているためであると考えられる。

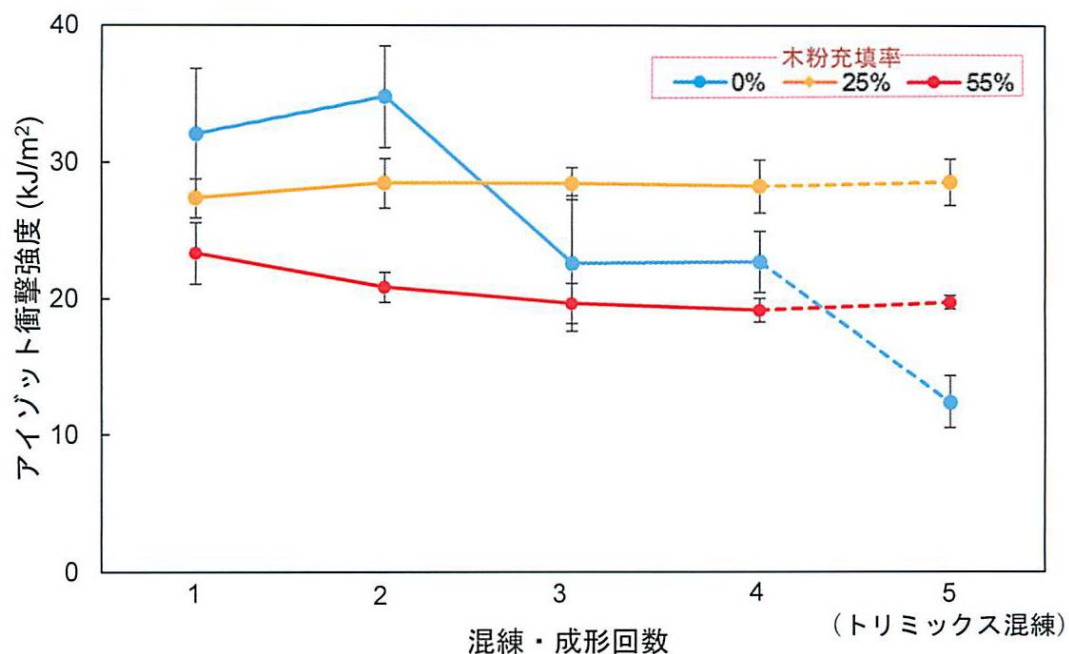


図 2-9 木粉充填率別のリサイクル回数と衝撃強度の関係

図 2-10 に、リサイクル回数（混練回数）と曲げ強度の関係を木粉充填率別に示す。リサイクル回数（混練回数）の増加に伴う曲げ強度の低下は、衝撃強さと同様に大きくはない。曲げ強度は、デッキ材用ウッドプラスチックには重要な因子であ

り、JIS 規格等でも基準値が設けられている。CNF 添加ウッドプラスチックは、リサイクルにより性能低下はしているものの、基準の 25MPa（各デッキ材メーカー製品ベースでは 35MPa）を大きく上回っており、デッキ材用途への転用は可能であろう。

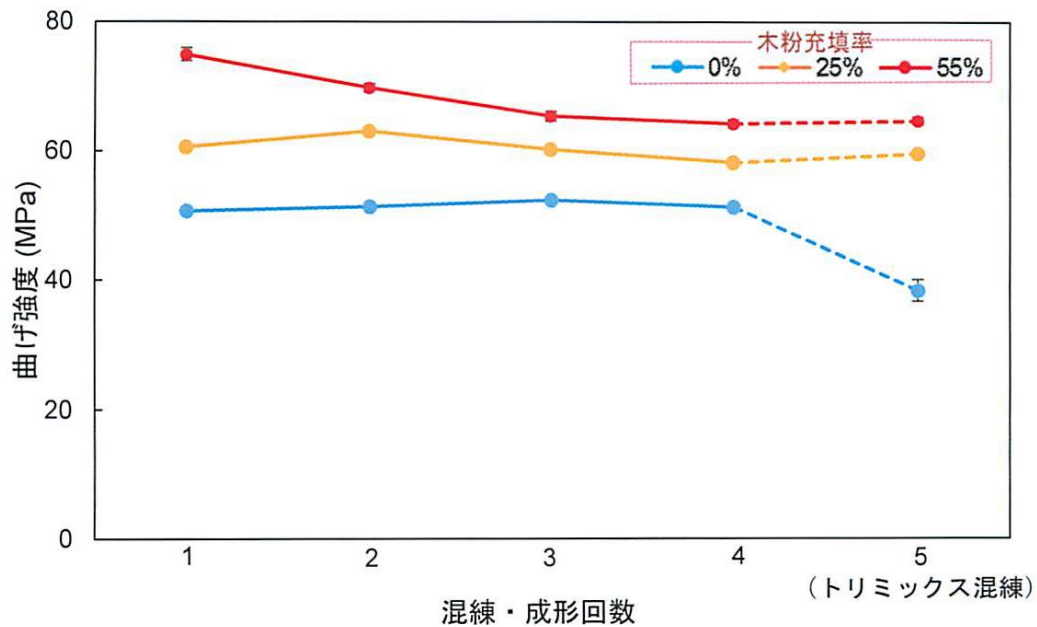


図 2-10 木粉充填率別のリサイクル回数と曲げ強度の関係

図 2-11 に木粉充填率別のリサイクル回数（混練回数）と弾性率の関係を示した。得られた結果は曲げ強さと同様であるため、重複する論述は割愛する。なお、弾性率に変化しないことから、リサイクルにより木粉とポリプロピレン樹脂の界面相容性も低下していないことが推察される。

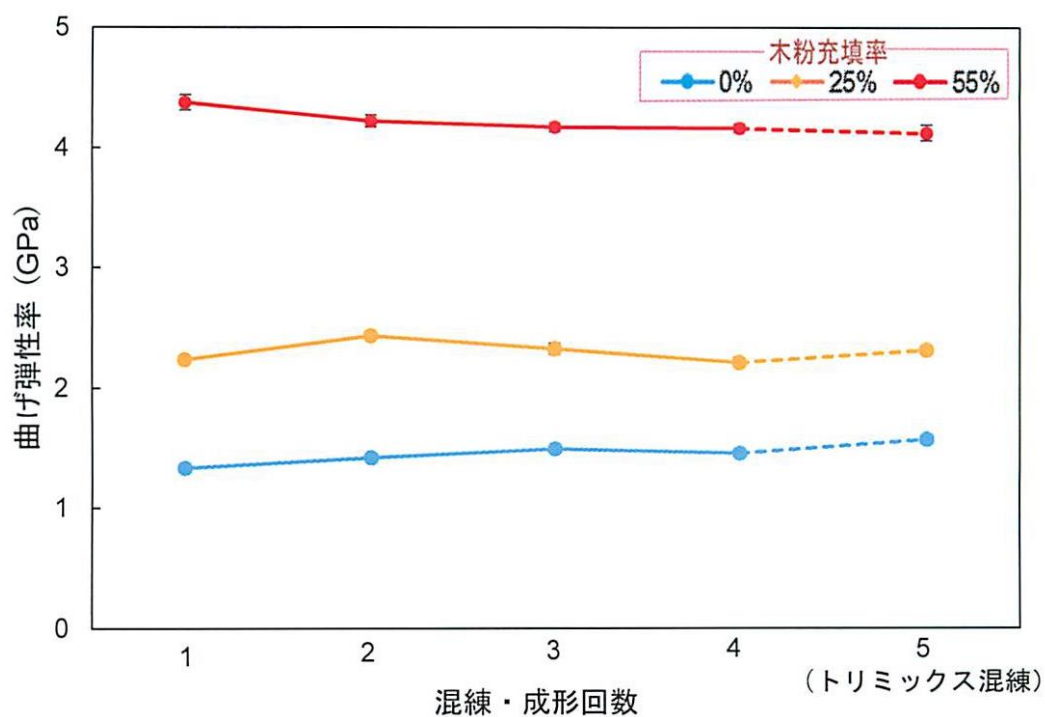


図 2-11 木粉充填率別のリサイクル回数と弾性率の関係

図 2-12 に木粉充填率別のリサイクル回数 (混練回数) と引張強度の関係を示す。引張強度も大きな低下が認められていない。このことから、混練繰返しによる熱履歴によって木粉とポリプロピレン樹脂の界面相容性が低下していないことが推察される。

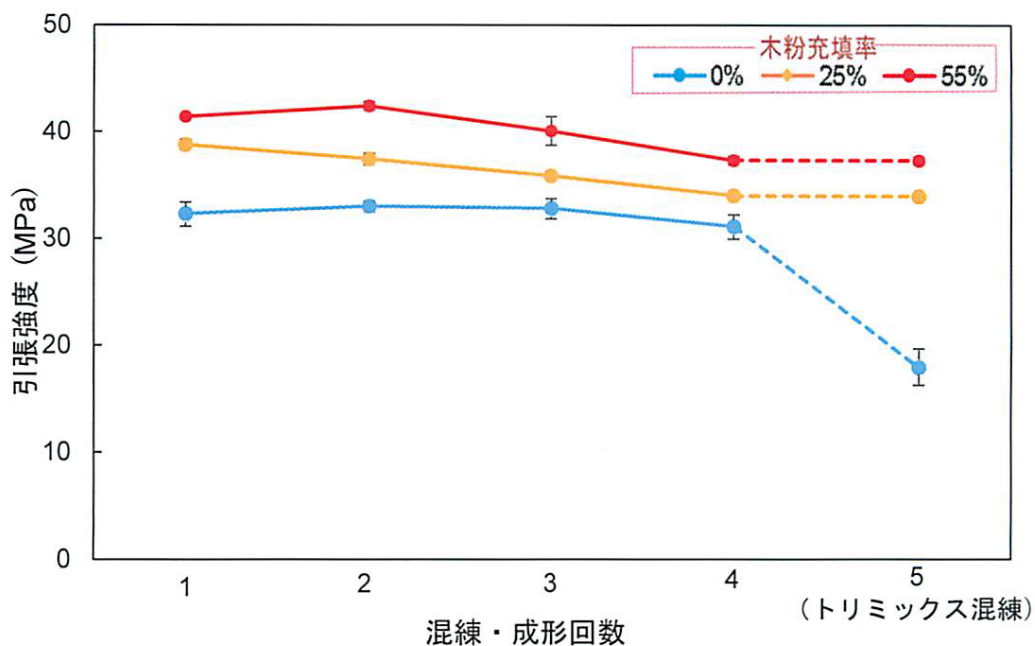


図 2-12 木粉充填率別のリサイクル回数と引張強度の関係

今回の検証は実験室レベルでの評価であるものの、キッチン部材として使用した CNF 添加ウッドプラスチックは、デッキ材用ウッドプラスチックへの転用に際して、アップグレードの商品として提案できる可能性が示唆された。デッキ材のペレットの単価が 120 円～150 円/kg であることから、CNF 添加ウッドプラスチック廃材は、デッキ材ウッドプラスチック分野においては、高付加価値素材となる。

また、今回試作に用いた木粉量は少ないため、本業務素材を用いたリサイクルに関して実機では実施していないが、汎用の木粉にて実施した結果（リサイクルとしては 2 回まで）、ラボの評価とほぼ同傾向であり、実用化における大きな障害はないと推察される。

(3) コスト

CO₂排出量の項でも述べたとおり、施工に関しては既存キッチンと CNF 添加ウッドプラスチックキッチンでは相違は認められなかった。そのため、コスト設定においては、既存キッチンと同等あるいは同等以下であれば良いという結論が得られた。今回キッチン1台あたりに使用する CNF 添加ウッドプラスチックはキャビネットなしで、40.8kg、キャビネット有で 100.5kg となる。CO₂排出量評価のデータ取りの目的で行った試作から、成形性は通常のウッドプラスチックとほぼ変わらないことが確認されている。また、木粉は 30 円/kg 程度上昇する。したがって、一般的なウッドプラスチックコストに木粉上昇分を加味すれば、CNF 添加ウッドプラスチックのコストとなり、380 円/kg と設定した。これより、キャビネットなしで、15 千円/台強、40 千円/台弱となる。具体的な既存キッチンの製造原価をここに明記することはできないが、このコストであれば、十分な競争力があると言うことができよう。

(4) 需要規模

表 2-8 に、国土交通省公開の平成 27 年 1 月～12 月の住宅着工件数を示す。住宅着工件数が全国 90 万戸であることを指標として概算すると、キャビネットなしで 250 千 t-CO₂e、キャビネット有で 85 千 t-CO₂e の GHG 排出量削減効果幅があることになる。静岡県では 24 千戸あるので、同様にキャビネットなしで 6.8 千 t-CO₂e、キャビネット有で 2.3 千 t-CO₂e の GHG 排出量削減効果幅を見積もることができる。

一方、地域バイオマス資源を活用した場合、木粉使用量は 10 千～23 千 t/年であることから、静岡県に限定すれば 250～600 t/年となり、地域資源で十分対応可能であると結論できる。また、CNF 添加ウッドプラスチック使用量は全国で 37 千～90 千 t/年と推計され、静岡県では 980～2400 千 t/年となる。現在、デッキ材向けウッドプラスチック生産量は 40 千 t/年であることから、ウッドプラスチック産業界だけでは、対応できない。但し、今回は木粉充填量を抑えたウッドプラスチックで提案しているので、通常のプラスチックメーカーにても生産が可能となる。したがって、ポリプロピレンだけでも 2,000 千 t/年以上あるため、プラスチックメーカーでの対応は十分可能である。即ち CNF 添加ウッドプラスチックの製造までは、地域資源で十分対応できる。

一方、キッチンを製造するメーカーは、全国には点在していない。静岡県は、住宅設備メーカーであるトクラスがいるため、キッチンまで含めた対応は可能であるが、全国すべてに通用する訳ではない。しかしながら、本業務成果の CNF 添加ウッドプラスチックキッチンは、ノックダウン方式（現地組み立て）であるため、主部品である CNF 添加ウッドプラスチックは地域資源を利用できる（カウンター等付帯部品は供給できる地域から導入）。以上より、本業務成果は、ほぼ日本全国の地域で実現できる提案である。

表 2-8 平成 27 年住宅着工件数

	総戸数		持家		貸家		給与		分譲		うちマンション		うち一戸建	
	戸数	対前年比	戸数	対前年比	戸数	対前年比	戸数	対前年比	戸数	対前年比	戸数	対前年比	戸数	対前年比
北海道	33,776	4.3	10,838	2.8	18,975	5.2	313	57.3	3,650	1.6	1,898	7.3	1,752	-1.6
青森	5,686	4.0	3,336	-1.5	1,820	5.8	19	171.4	511	44.4	35	-	459	31.5
岩手	8,628	-5.3	4,425	-1.7	3,634	-1.8	28	-78.6	541	-30.4	176	-54.4	365	-6.6
宮城	23,719	-8.9	7,729	-0.4	11,708	-14.4	175	-43.4	4,107	-4.4	1,326	-14.5	2,738	0.9
秋田	3,853	2.0	2,501	1.1	1,016	5.0	19	35.7	317	-0.9	0	0.0	317	-0.9
山形	5,403	18.7	3,076	21.6	1,721	14.7	15	-81.9	591	35.2	52	-	539	23.3
福島	15,568	2.7	7,241	-3.8	6,744	6.2	86	-7.5	1,497	25.5	220	-25.4	1,275	42.0
茨城	22,310	-0.3	9,379	-6.1	9,191	6.8	143	58.9	3,597	-2.5	862	-29.4	2,735	10.7
栃木	13,120	-3.4	6,214	-4.5	4,716	2.2	57	-27.8	2,133	-10.5	83	-71.9	2,050	-1.6
群馬	13,174	8.2	6,682	0.6	4,449	28.7	45	-2.2	1,998	-1.4	83	18.6	1,911	-2.4
埼玉	57,357	1.5	16,280	-1.1	22,702	8.8	274	53.9	18,101	-4.7	4,368	-19.6	13,633	1.6
千葉	45,784	-3.5	12,307	-4.6	18,152	8.8	247	220.8	15,078	-15.1	5,093	-28.7	9,858	-6.5
東京	141,978	-0.3	16,651	-6.6	64,500	4.8	848	-66.9	59,979	-0.8	41,046	3.5	18,377	-9.8
神奈川	73,271	12.5	15,222	4.3	29,641	13.5	179	-75.2	28,229	18.9	12,573	44.1	14,950	3.1
新潟	11,554	0.8	6,345	-1.2	4,123	-0.1	114	52.0	972	16.8	267	9.4	682	16.4
富山	5,828	5.6	3,212	-2.0	2,090	19.6	62	-1.6	464	8.7	119	-7.0	341	14.0
石川	7,286	12.9	3,819	14.6	2,539	14.6	19	26.7	909	1.8	198	-33.8	705	18.7
福井	3,911	11.9	2,330	5.3	1,202	27.9	5	-73.7	374	15.8	68	134.5	306	4.1
山梨	4,608	5.7	3,010	14.9	1,158	-5.7	8	-95.0	432	22.7	168	205.5	264	-11.1
長野	10,609	-3.7	6,660	-1.6	2,601	-13.4	122	-47.4	1,226	20.8	245	60.1	970	12.5
岐阜	10,436	1.5	6,057	1.3	2,516	7.0	37	54.2	1,826	-5.4	75	-76.4	1,751	8.6
静岡	24,052	-1.8	12,508	0.1	7,408	-11.5	123	-42.0	4,013	17.5	1,302	68.2	2,711	2.7
愛知	58,720	5.1	19,031	-4.4	23,668	17.0	664	61.6	15,357	0.1	5,753	9.9	9,600	-4.8
三重	10,059	2.0	5,299	-3.1	3,308	10.9	37	68.2	1,415	2.1	381	102.7	1,028	-14.2
滋賀	8,208	-2.6	4,164	-1.3	2,766	9.3	82	156.3	1,196	-27.4	80	-80.5	1,116	-9.3
京都	17,644	0.3	4,683	3.9	6,594	-10.4	107	18.9	6,260	11.0	3,307	29.5	2,931	-4.7
大阪	64,204	-0.5	9,989	0.3	28,608	-1.7	443	58.2	25,164	-0.1	14,622	1.5	10,422	-2.8
兵庫	32,696	-4.7	9,950	-0.5	11,324	-8.7	293	-33.6	11,129	-3.1	5,750	2.3	5,295	-9.7
奈良	6,517	11.5	2,692	5.5	1,717	-7.3	22	-	2,086	44.6	659	723.8	1,417	4.1
和歌山	4,909	-2.1	2,585	-4.8	1,696	9.7	153	2,960.0	475	-36.5	0	-100.0	469	-4.7
鳥取	2,549	3.9	1,289	3.6	1,039	2.3	8	33.3	213	13.3	112	0.0	101	32.9
島根	3,088	2.8	1,435	-7.2	1,236	-3.0	22	266.7	395	124.4	299	406.8	92	-21.4
岡山	12,392	13.1	5,342	3.3	5,205	15.0	61	90.6	1,784	45.3	1,009	167.6	773	-8.3
広島	16,289	-1.0	5,362	-1.0	6,699	15.2	49	-64.7	4,179	-17.8	1,538	-41.9	2,637	8.3
山口	7,596	-1.5	3,236	-3.4	3,233	-6.3	37	-43.9	1,090	29.0	638	39.6	444	14.4
徳島	3,802	-5.5	2,059	-0.1	1,430	-12.4	7	-75.0	306	2.0	117	-25.5	187	38.5
香川	6,412	8.7	2,841	-5.7	2,504	10.4	72	188.0	995	67.8	591	95.0	398	44.2
愛媛	6,817	-1.7	3,528	-1.1	2,301	-11.3	26	550.0	962	25.1	504	69.7	458	-2.1
高知	2,734	1.0	1,477	-2.9	873	15.2	8	-68.0	376	-6.5	115	-15.4	261	-1.1
福岡	40,415	9.1	9,673	2.1	20,961	8.9	191	185.1	9,590	16.3	6,106	33.1	3,450	-3.4
佐賀	4,941	2.3	2,059	-3.2	2,500	26.3	18	-14.3	364	-48.3	52	-87.3	312	5.8
長崎	6,262	-0.3	2,856	-1.1	2,844	14.8	32	-54.9	530	-37.5	257	-55.8	273	2.2
熊本	10,723	-4.8	4,540	0.8	4,296	-12.8	312	700.0	1,575	-12.3	601	-30.1	970	3.6
大分	7,254	17.7	2,804	3.2	3,146	17.5	129	279.4	1,175	59.6	677	137.5	498	10.4
宮崎	6,443	0.0	3,092	0.1	2,516	0.1	34	21.4	801	-0.9	238	-20.4	563	10.6
鹿児島	10,578	6.0	4,388	0.8	4,922	14.9	106	26.2	1,162	-7.7	304	-43.0	850	21.1
沖縄	16,136	4.6	3,170	0.7	10,726	-1.7	163	552.0	2,077	55.1	1,685	52.9	390	71.1
合計	909,299	1.9	283,366	-0.7	378,718	4.6	6,014	-18.4	241,201	1.6	115,652	4.7	123,624	-1.4
北海道	33,776	4.3	10,838	2.8	18,975	5.2	313	57.3	3,650	1.6	1,898	7.3	1,752	-1.6
東北	62,857	-2.0	28,308	0.5	26,643	-4.6	342	-46.3	7,564	2.5	1,809	-18.9	5,693	11.4
関東	382,211	1.9	92,405	-2.0	157,110	7.5	1,923	-53.6	130,773	0.2	64,521	2.8	64,748	-2.7
北陸	28,579	6.1	15,706	3.0	9,954	10.2	200	16.3	2,719	9.9	652	-6.9	2,034	14.7
中部	103,267	2.7	42,895	-2.2	36,900	8.7	861	28.7	22,611	2.5	7,511	15.3	15,090	-2.8
近畿	134,178	-1.2	34,063	0.3	52,705	-3.8	1,100	29.7	46,310	0.4	24,418	4.7	21,650	-4.8
中国	41,914	3.3	16,664	-0.4	17,412	8.2	177	-28.9	7,661	1.9	3,596	-1.5	4,047	4.8
四国	19,765	1.0	9,905	-2.5	7,108	-2.0	113	37.8	2,639	27.9	1,327	48.6	1,304	14.1
九州	86,616	5.6	29,412	0.9	41,185	8.1	822	139.0	15,197	5.6	8,235	9.0	6,916	2.7
沖縄	16,136	4.6	3,170	0.7	10,726	-1.7	163	552.0	2,077	55.1	1,685	52.9	390	71.1
首都圏	318,390	2.2	60,460	-2.1	134,995	7.8	1,548	-56.3	121,387	0.3	63,080	3.5	56,818	-3.4
中部圏	103,267	2.7	42,895	-2.2	36,900	8.7	861	28.7	22,611	2.5	7,511	15.3	15,090	-2.8
近畿圏	134,178	-1.2	34,063	0.3	52,705	-3.8	1,100	29.7	46,310	0.4	24,418	4.7	21,650	-4.8
その他地域	353,464	2.6	145,948	0.2	154,118	4.0	2,505	8.3	50,893	5.5	20,643	4.8	30,066	6.3

一方、この効果を普及させるためには、市場ニーズを喚起しなければならない。多くの商品の事例と同様に、住宅部品も CO₂ 削減だけで飛躍的な普及拡大を望むことは

は困難であると言わざるを得ない。ライフスタイルに合わせた魅力的なキッチン商品も併せて提案はしているが、エコカー等の前例を見ると、何らかのインセンティブ付与が起爆剤となると考えられる。しかし、CO₂削減、バイオマス利用及び産業拡大単体の効果は必ずしも大きくはなく、地域単位まで落とし込むと魅力的であるとは言えず、普及拡大における行政のインセンティブ供与の優先度は低くなるものと思われる。これはあくまで、所管が異なるためであり、これらを組み合わせればある一定の効果があり、消費者サポート、業界サポート等インセンティブ付与は可能となる。当然、消費者サポートにより需要が高まれば、これら効果は上がるものと思われる。

(5) 事業性評価

CNF 添加ウッドプラスチックは、木粉充填量 25%で成功しているため、成形に関しては既存設備で対応できる。さらに、静岡県にはエクセル東海、南部化成、鈴与等、ウッドプラスチック製造の経験のある企業も存在し、成形に関しては十分な技術力と規模があるものと判断できる。したがって、キッチン部材形状に合わせたウッドプラスチック用の成形金型のみが投資の対象となる。一方、木粉原料供給においても、天竜地域において対応は可能である。さらに、カネキ燃料等木粉自体提供できる企業もある。但し、CNF 入り木粉を生産できる設備を有した企業は現時点では存在しない。したがって、粉碎装置に関しては投資が必要となる。また、コンパウンド化においては、本業務の共同参画者であるトクラスにて対応が可能である。表 2-9 に、本業務を静岡県で実施するに当たり必要となる投資設備の一覧を示す。

表 2-9 投資設備の一覧

設備名	目的	投資金額	数量	能力
成形金型①	キッチン部品に合わせた形状の金型（柱材）	2,500 千円	3 台	1,800t/年に対応（ウッドプラスチック）
成形金型②	キッチン部品に合わせた形状の金型（梁材）	3,000 千円	2 台	600t/年に対応（ウッドプラスチック）
粉碎装置 （ディスクミル）	CNF 入り木粉の製造装置	15,000 千円	1 台	600t/年に対応（木粉）
搬送装置	木粉の搬送	5,000 千円	1 台	600t/年に対応（木粉）

表 2-10 は、試算した投資を踏まえた損益計算を示す。FS 事業のため、シミュレーションデータが多く確度が低いため、各工程において安全率として、高い販売益を設定している。汎用のウッドプラスチック平均価格に比べ 12 円/kg 程度安くなっているが、これは、県内生産である運賃メリットである。

表 2-10 損益計算

工程	項目	単価	備考	
木粉	変動費	おが粉	10 円/kg	実売価格平均
		電力	5 円/kg	実験結果より
		副資材費	3 円/kg	実績値より
		運賃	5 円/kg	県内輸送想定
		計	23 円/kg	
	固定費	人件費	10 円/kg	1人:600万円
		償却費	8 円/kg	2000万円
		計	18 円/kg	
	管理費		7 円/kg	原価15%
	計		38 円/kg	
	販売利益		11 円/kg	粗利率30%
計		49 円/kg		
コンパウンド	変動費	CNF入り木粉	12 円/kg	25%添加(@49円/kg)
		ポリプロピレン	163 円/kg	74%添加(@220円/kg)
		添加剤	10 円/kg	1%添加(@1000円/kg)
		副資材費	5 円/kg	実績値より
		運賃	5 円/kg	県内輸送想定
		計	195 円/kg	
	固定費	人件費	3 円/kg	1人:600万円
		償却費	1 円/kg	既存設備
		計	4 円/kg	
	管理費		30 円/kg	原価15%
	計		229 円/kg	
販売利益		34 円/kg	粗利率15%	
計		263 円/kg		
成形	変動費	コンパウンド	263 円/kg	
		副資材費	5 円/kg	実績値より
		運賃	5 円/kg	県内輸送想定
		計	273 円/kg	
	固定費	人件費	3 円/kg	1人:600万円
		償却費	2 円/kg	1350万円
	計		5 円/kg	
	管理費		42 円/kg	原価15%
	計		320	
	販売利益		48 円/kg	粗利率15%
計		368 円/kg		

(6) 継続発展する事業モデルの構築

継続のモデルとして、他地域への波及を見込むことができる。先にも述べたとおり、地域バイオマス資源は日本各地に賦存しており、成形は汎用のプラスチック産業が利用できる。また、キッチンを製造するメーカーは、全国には点在していないが、ノックダウン方式（現地組み立て）であるため全国供給は可能である。但し、コンパウンドに関しては、現状国内で実施できる機関は少なく、ここが課題となる。ここで、コンパウンドメーカーを新規で立ち上げる（新規設備導入）するのであれば、山側での供給体制を推進することが望ましい。表 2-10 の損益にも示すとおり、木粉製造場所でコンパウンドまで生産できれば、多くの利益が山に還元される。

また、事業実施体での継続的発展モデルは、横軸展開であろう。最終的には、住宅部材以外進出が大きなマーケットを構築できるが、住宅部材（キッチン）だけでもまだ横軸展開が可能である。図 2-13 には、このモデルの概要図を示す。今回は、右側のモデルのみで FS 評価を実施したが、左側の部分が、本事業から派生する発展形である。

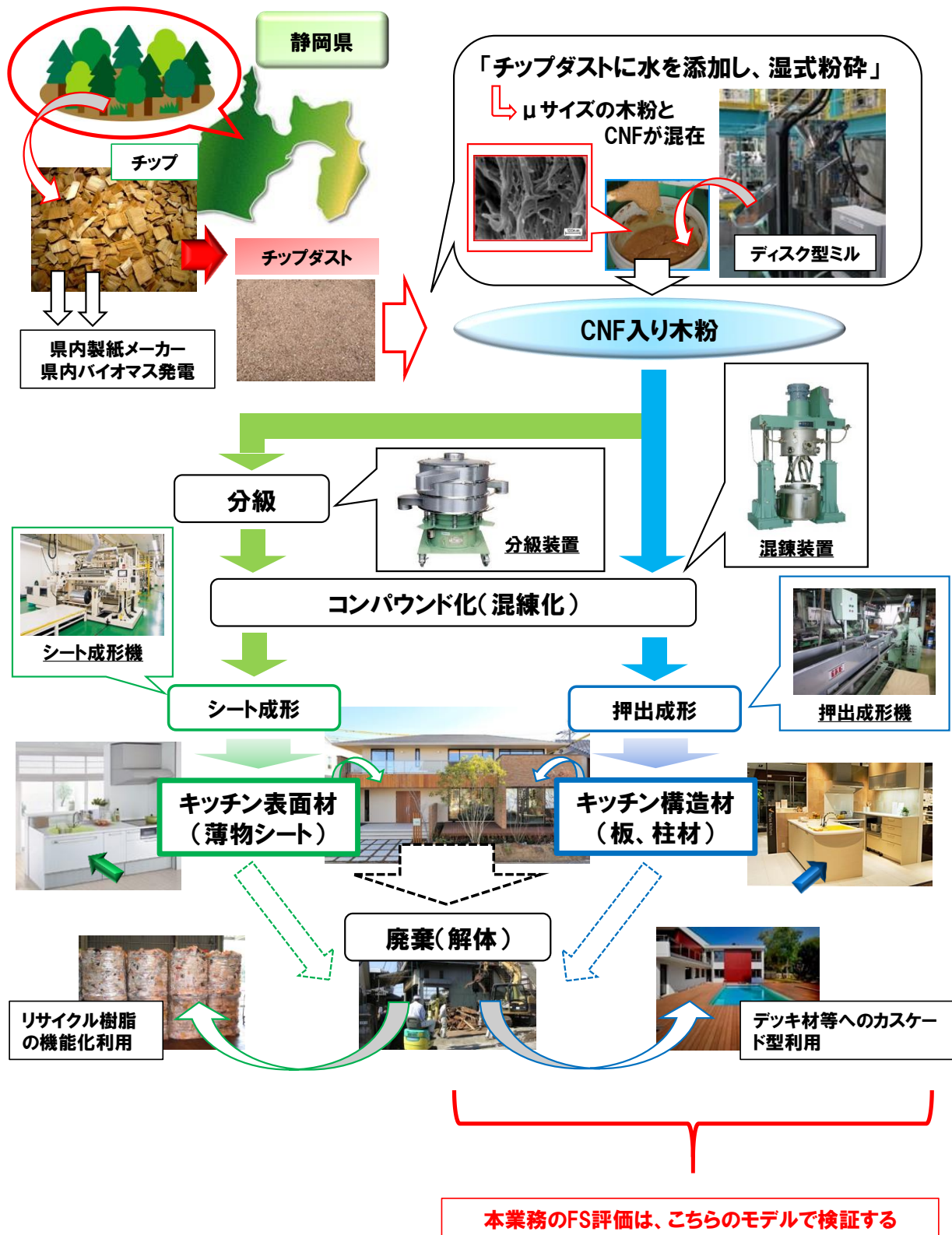


図 2-13 事業発展モデルの概要図

2. 3 CNF の普及

(1) コンセプトモデルの展示

作成したコンセプトモデルのモックアップを図 2-14 に示す。現在、展示場所を関係機関と検討中である。トクラスショールームに展示を予定している。しかしながら、現在予定室が改装中のため、静岡大学、静岡県関連施設等と調整中である。

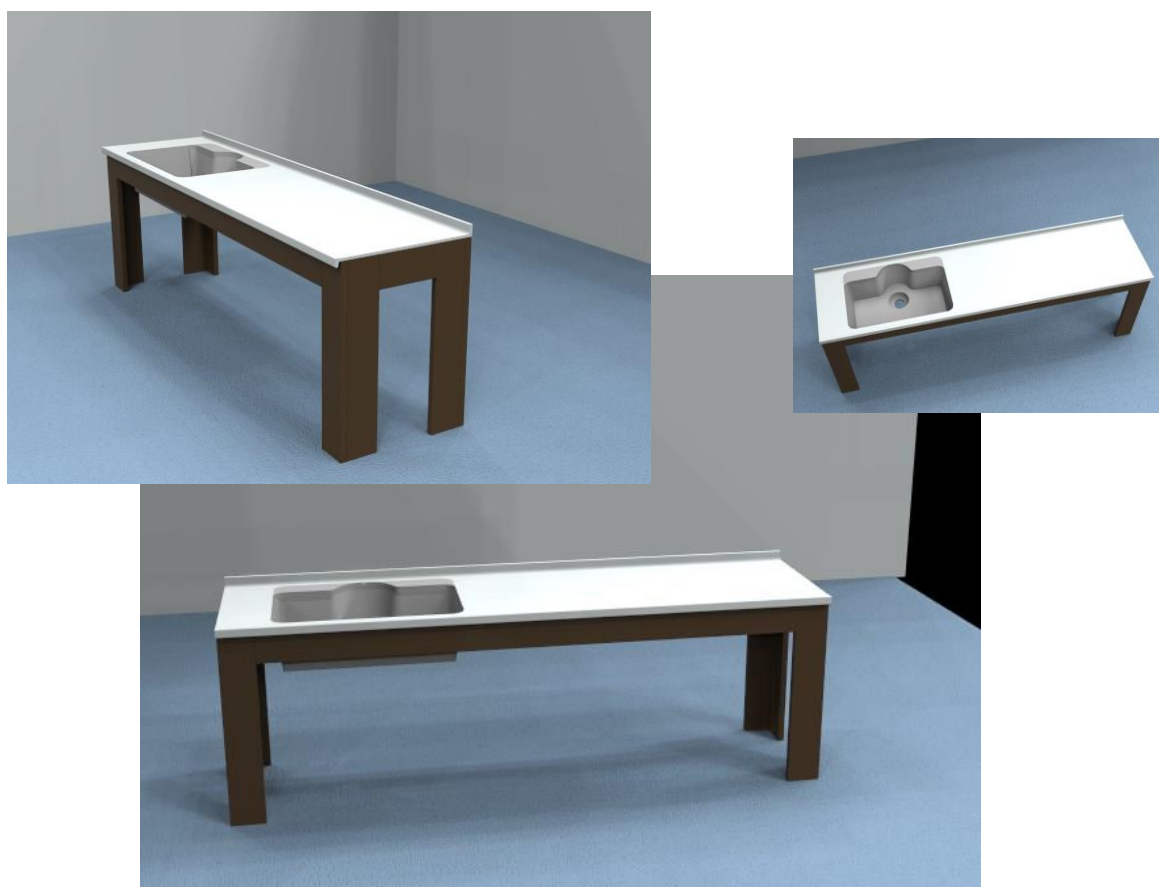


図 2-14 試作した CNF 添加ウッドプラスチックキッチンのイメージ図

(2) プレ導入の検討

現時点で、県の新規建設予定の施設を中心に調査中である。同時に、ゼネコン等への PR も始めている。また、岡山県と連携して、岡山県真庭バイオマスラボへの導入、展示等も検討を開始している。一方、共同研究機関のトクラスで実施する社内技術展には、本基本モデルも含む 3 提案を予定している。

(3) インセンティブの検討

本業務成果の技術とユーザーメリットに関する概念図を図-15に示す。CNF添加ウッドプラスチックによるユーザーメリットは高いと考えられる。しかしながら、さらなる市場普及の加速化に向けては、行政面からのインセンティブ付与もポイントとなる。

消費者に向けたインセンティブを設定するためには、その対象に関して根拠が必要となる。本業務成果において、対象となるものは「CO₂削減目標値をクリア」、「県内で生産された製品」の2点が主となる。CO₂削減に対しては、カーボンフットプリント制度等を利用し、目標設定値を設けることは可能である。しかしながら、注文住宅のキッチンの場合、住宅に合わせたサイズ、カスタマイズやオプション有無等、全てが同じ形のキッチンであることはない。これら個別に認証をとることは不可能であり、また、販売時の営業担当がその場で計算することもできない。したがって、まず集合住宅等の使用するキッチン仕様が共通化できる住宅からスタートする必要がある。一方、県内で生産されたものの証明は、木材の県産材使用の仕組みを応用すれば可能である。但し、キッチン部品のすべてが県内生産であることは難しく、どこを県内生産の出発点にするかも難しい。今回の場合、CNF添加ウッドプラスチックは、木粉は出発原料から、PPは加工原料からスタートで、同じ素材でも異なる。さらに、CO₂削減を対象とした場合、今回とは全くコンセプト（CNF利用とは違う方法）の異なるキッチンもできる可能性もある。その際、出発原料をどこにするかにより、単純に比較できなくなる可能性もある。したがって、初期の段階では、県産木材+CNF利用を限定する形（木材の県産材利用に対する制度と同様）で始めることが好ましいと考える。

【ユーザーのメリットとなるポイント】

住宅部品(キッチン)製造のフロー



図 2-15 本業務成果の技術とユーザーメリット

(4) 素材 (CNF、CNF 添加ウッドプラスチック) の周知

本取組に関しては、ふじのくに CNF フォーラムや各種講演会等で広く啓発活動を実施した。表 2-11 には、本業務のアウトリーチ活動一覧を示す。また、参考資料には、そこで使用した資料を添付する。

日時	アウトリーチ活動	場所
11月11日	ふじのくに CNF フォーラム第2回セミナー	静岡県富士市
11月13日	四国 CNF 活用セミナーin 愛媛	愛媛県四国中央市
1月26日	成形加工学会講演会「バイオマスファイバーを用いた環境調和型材料の最新動向」	兵庫県神戸市

(5) 利用方法の提案

関東経産局、中国経産局と面談し、大学、高専、工業高校の学生を中心に CNF 利用に関するアイデアコンテストの開催を要請した。関東経産局より、人材育成との抱合せであれば、実現の可能性がる旨の助言を得た。

(6) 需要過不足に対する対応

住友林業他チップを取り扱っている企業を中心にヒヤリングを実施し、製紙用等のチップから、約5%程度のダスト（おが粉）が発生することが確認された。また、製紙用チップにおいては、ダストが混入することで、買い取り価格が下がることが指摘され、これが有効利用できれば、チップ事業に付加価値が付く可能性を見出した。一方、岡山県森林研究所等バイオマス発電に関連する機関にヒヤリングを実施し、燃料からのカスケード型利用の可能性を調査した。しかしながら、バイオマス発電は始まったばかりで、今後安定稼働後、状況調査を実施するが、一部地域では、不足している状況であり、発電との組合せには課題が残る可能性もある。

本業務成果の原料となるおが粉の安定調達は、バイオマス発電事業の需要量により大きく変化するが、CNF入り木粉製造の付加価値があれば、調達は可能である。表2-10の損益計算からも明らかなように、CNF入り木粉の利益率は高く、キッチン用途だけであれば十分に供給が可能であると判断する。

(7) 他地域との交換出荷体制の検討

岡山県及び秋田県（秋田県立大学）で相互利用の可能性に関して調査を実施した。岡山県は、類似のモデルを推進しており、相互供給は可能である。但し、スペックは異なるので、双方での製品基準の確立が必要となる。一方、秋田県はまだ CNF の取組は立上っていないが、すでに森林資源の SCM 体制の検証からウッドプラスチック用機能化木粉の開発プロジェクトを推進しており、相互協力の可能性は高いと考えられる。今回ヒヤリングは実施していないが、富山県や愛媛県等他の地域でも CNF を基軸とした森林資源利用に関しては調査が開始されており、相互の協力体制は可能であると言えるが、これを実現させるためには、原料となる木粉あるいは CNF の規格化が必須である。

(8) 品質管理体制の検討

関連機関と協力をして、CNF 入り木粉及び CNF 添加ウッドプラスチックコンパウンド、CNF 添加ウッドプラスチックに関する品質管理について協議した。CNF 入り木粉の中には、ナノ化されたもの、ミクロンサイズのものに加え、表面に毛羽立ち（フィブリル）を有した木粉も混在する。このフィブリルを有した木粉は、粒度分布系では正しく評価できない可能性がある。そこで、水に分散させた後、沈降時間を光学的に評価する手法を産業技術総合研究所より提案された。この評価は分光計を用いた評価方法であり、装置自体安価で勝つ簡便な試験のため、木粉製造場所でも容易に評価できることが確認できた。CNF 添加ウッドプラスチックコンパウンドにおいては、木粉と酸変性樹脂の相互作用が最も重要となる。相容化が不十分であると耐水性が低下し、水回り部材の製品としては問題がある。今回 CNF やフィブリル化した木粉等は、この相容性の判断が難しい。そこで、岐阜大学と協議し、DSC を用いた表面反応性の評価手法を確立した。本手法は 3 月 18 日の JCCM（日本複合材料会議）で公開されるため、本報告書の作成時では非公開であり、詳細は割愛する。キッチンは 10 年以上使用する部品のため、長期耐久性の評価は重要である。そこで、この評価手法に関し、山口大学と共同で、疲労試験による評価手法を確立した。

一方、アメリカにおいては、ウッドプラスチックを多く使用しており、この標準化は日本に比べ大きく進んである。そこで、アメリカにおいてこの分野のエキスパートであるルイジアナ州立大学の Wu 教授を招へいし、ヒヤリングを実施した。品質管理の基本は ASTM に準拠することが重要である点、耐久性に関してケアすることが重要である点等のレクチャーを受けた。

注) ASTM: American Society for Testing and Materials

(9) CNF 添加ウッドプラスチックの機能と対応できる用途のマッピング

本業務成果である CNF 添加ウッドプラスチックにおいて、他の素材と差別化できる点は木質感と流動性である。木質感に関しては、感性の問題であるため、深掘した考察はできないが、元来日本人は木材に対する愛着が高く、普遍的なニーズはあると考えられる。

一方、流動性においては、大きな差別化ができると考えられる。木粉や繊維素材をプラスチックに添加すると流動性は低下する。したがって、成形できる形状、成形方法が限定される。しかしながら、本業務成果である CNF 添加ウッドプラスチックは CNF の効果により、高い流動性を有している。したがって、今回の成形は押出成形がメインであるが、射出成形でも十分対応が可能である。射出成形が実現すれば、住宅部品だけでなく、自動車、機械部品等適応範囲が広がる。

(10) 新規用途の開発を実施

今回は熱可塑性樹脂であるポリプロピレンを使用した。システムバス等人造大理石製品をターゲットとして、熱硬化性樹脂に添加する用途を検討した。この用途開発は、特許申請前なので、公開できない部分が多いが、樹脂との界面強度を十分に維持できれば、軽量でかつ高い補強効果を発現できることが確認された。

(1 1) 新規素材向け利用開発を実施

CNF の凝集力を利用して、木質ボードの接着剤利用を検討した。現在ラボレベルでの検証であるが、CNF を添加することで、接着剤なしでもボードの製造が確認できた。この際、CNF のアスペクト比や含水量等まだ確認すべき点は多いが、ここでは、ボード接着剤の用途が見いだされた点を第一報として特記する。

<別添参考資料 1 : 仕様書>

平成27年度地域における低炭素なセルロースナノファイバー
用途開発FS委託業務（その1）仕様書

1. 業務の目的

本業務では、セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）の特性を最大限に発揮することを念頭に、地球温暖化対策に特に貢献が期待できる用途開発分野を特定するとともに、短期的に実現可能と考えられる用途において、地域における事業計画の提案、事業採算性の分析評価、事業実施上の課題抽出を行い、事業実現可能性の評価を行う。さらに、「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫した地域モデルを確立するため、最新の低炭素化技術の適用可能性を考慮しつつ、実現性の高い地域モデルの提案及び事業性評価等を実現することを目的とする。

2. 業務の内容

地球温暖化対策に貢献し、短期的に実現可能と考えられるキッチン木材部材代替用途（ウッドプラスチック添加剤として）についてFSを実施する。

(1) CO₂削減ポテンシャルの推計（静岡大学）

◆CO₂削減ポテンシャル評価は、「CNF原料供給～製造」、「CNFを使用したキッチン部材製造」、「CNF使用部材の住宅利用」及び「CNF使用部材の廃棄（リサイクル）」の4ステージで、既存製品との比較から＜製造エネルギーの削減＞と＜材料の削減、運送効率等＞のうち適宜必要な項目について実施する。

(2) 低炭素化、事業性評価等のFSの実施（静岡大学が責任機関として、一部トクラスと分担）

◆キッチン木材部材代替について、以下の観点で検討し、FSを実施する。

①低炭素化（静岡大学＋トクラス）

CNF原料及びCNF製造、ウッドプラスチック化に関しては、「先導的創造科学技術開発費：森と人が共生するSMART工場モデル実証」のバイオマス会計データを参照しながら進める。また、CNF複合材、部材成形及びキッチン製造においては、実装ラインにて試作し、実測データより計測する。また、施工等の住宅利用に関しても実際のキッチン部材と工程比較したデータから算出する。これら原料から利用までのデータからCO₂削減等低炭素化の評価用データを取得する。

- ・ CNF原料及びCNF製造において、過去データ参照と実際の製造工程にて産出されたエネルギー使用量からCO₂削減量の算出
- ・ CNF複合化、部材成形及びキッチン製造において、試作にて産出されたエネ

ルギー使用量からCO₂削減量の算出

- ・住宅利用において、住友林業へのヒヤリング、実際のキッチン施工等トクラスが有するデータをもとに算出し、この検証及び取りまとめ
上記3点のCO₂削減量評価に関しては外注することを妨げない。
- ・原材料に関しては、岡山県森林研究所、CNF製造に関しては、産業技術総合研究所、部品製造に関しては、イオインダストリー、CO₂削減の効果に関しては、千葉科学大学の各有識者にて検証すること。

②リサイクル性（静岡大学）

ウッドプラスチックでの評価手法を利用し、CNF添加によるリサイクル性評価を実施する。

リサイクルプラスチックを製造販売している企業（大豊化学工業）にて、試作評価を実施し、さらなる環境貢献に必要な情報、利用方法の提案を得る。

③コスト（トクラス）

既存のキッチン製造原価と住宅メーカー（住友林業）から助言から適切な目標コストを設定する。

④需要規模（トクラス）

キッチンの需要規模を住宅着工数から検討する。

あわせて県産材利用におけるインセンティブの検証として、既存他バイオマス利用の仕組みから、どのような形とすれば、地域支援可能であるのか、管理ができるのかを利用促進手法として検証する。

- ・地域支援に関して、静岡県の有識者にて検証

また、県外需要の可能性評価として、以下の業務を行う。

- ・地域産業からの供給量に対応できる数量を試算し、県外への展開の需要規模までを調査する。
- ・製造販売する県内企業他エリアでの事業拠点利用のモデル構築と本成果の拡大展開可能性の評価を行う（岡山県より助言）。

⑤事業性評価（トクラス）

1) 事業リスクの明確化とその対応策の提示

投資が少ないモデルを構築し、投資金額を明らかにし、事業損益計算に反映する。

県内企業のスキルを確認し、不足している技術を明らかにするとともに、サポートできる県内研究機関と調整し、必要に応じて、県外機関の協力も検討する。

個別地域における資源発生量を明確にし、ミニマムモデルでの採算性を検証する。

2) 継続発展する事業モデルの構築

県内製造キッチンの他地域への展開、CNF添加技術を他製品へ展開する等の

事業プランを提示する。また、必要に応じて有識者より助言と指導を得る。

3) マイルストーンの設定

各種課題とその解決手法及びスケジュールを明確化した事業計画を作成する。

(3) CNFの普及検討（静岡大学が責任機関として、一部トクラスと分担）

◆市場導入に向けた普及啓発に関して、以下を検討する。

①コンセプトモデルの展示（トクラス）

展示会やショールーム等にコンセプトモデルを展示する。

②プレ導入の検討（トクラス）

県関連施設、参画機関の社宅等、初期モデルとしての実績作りを実施する。流通は、県外機関も積極的に利用し、岡山県等バイオマス推進自治体と相互連携する。

③インセンティブの検討（静岡大学）

本製品導入する消費者に向けたインセンティブを静岡県と協議する。

◆県内産業の活用の観点から以下を検討する。

①素材（CNF、CNF添加ウッドプラスチック）の周知（静岡大学）

「ふじのくにCNFフォーラム」を活用し、県内企業に広く技術を啓発する。また試作、評価等を県内企業で実施する。

②利用方法の提案（静岡大学）

県内企業に向けたCNF用途提案を実施する。

また静岡県で利用している資材を提示し、各産業から利用法を募る（ふじのくにCNFフォーラムを利用した技術コンペの実施）。

◆原材料供給体制の安定化の観点から以下を検討する。

①需要過不足に対する対応（トクラス）

製紙用チップ、バイオマス発電燃料、敷き藁、ウッドプラスチック用木粉等の既存用途との組み合わせ事業を山側に提案する。

②他地域との交換出荷体制の検討（静岡大学）

岡山県、秋田県等類似の取組を実施している地域と協議し、相互で流通できる体制を検討する。

◆研究開発推進の観点から以下を検討する。

①品質管理体制の検討

産業技術総合研究所、岐阜大学、山口大学等県外研究機関と連携して、簡易にCNFが品質管理できる手法、品質に及ぼす留意点等について検討する。

品質管理においては、既に確立した規格基準を参考に検討を行うことで非常

に効率的に業務推進が可能となるため、原料から用途までウッドプラスチックの規格基準が確立しているアメリカ（ASTMにて規格基準化）で、同規格基準に精通しており、かつCNF研究も推進しているルイジアナ州立大学Wu教授を招へいしてヒアリングを行い（5日間程度、4時間程度/日）、アドバイスを得る。ヒアリングに当たっては、同教授の招へいにかかる旅費及びヒアリングの際の謝金を支払うこと（旅費及び謝金については静岡大学の規定による）。

②CNF及びCNF添加ウッドプラスチックの機能と対応できる用途のマッピング（トクラス）

本業務の成果によるCNF及びCNF添加ウッドプラスチックが持つパフォーマンスを明らかにし、産業界が利用できる用途を提案する。

◆本業務による成果の横軸展開を検討する。

- ①システムバス、フローリング、サイディング等新規用途の開発を実施（トクラス）
- ②塗料、接着剤、コンクリート、セラミック等新規素材向け利用開発を実施（静岡大学）

(4) FS地域モデル事業構築に向けた協議会の設置・運営等（静岡大学）

①協議会の設置・運営

「ふじのくにCNFフォーラム」の内部プロジェクトあるいは連携組織として、「低炭素型CNF利用静岡県モデル事業協議会（仮称）」を設置し、運営を行う。協議会のメンバーは本事業推進メンバーも含む有識者15名程度とし、地域事業の最適連携モデル構築を行う（年2回程度、1回につき4時間程度）。

外部有識者には旅費及び謝金を支払う（謝金支給対象者は5名程度を想定し、旅費及び謝金については静岡大学の規定による）。

②有識者へのヒアリング等

協議会の運営のため、必要に応じて有識者にヒアリング等を行う（有識者2名程度、一回あたり2時間程度）。有識者には謝金を支出する（謝金は静岡大学の規定による）。

(5) その他（静岡大学、トクラス）

ア 事業の実施に当たり、環境省担当官と年3回程度の打合せを行う（打合せ等に係る経費は、静岡大学の旅費規程による。）

イ 事業成果について報告書及び4ページ程度の英語サマリーを作成する。

3. 業務実施期間

契約締結日～平成28年3月18日

4. 成果物

紙媒体：報告書 20部（A4版 100頁程度）

電子媒体：報告書の電子データを収納した電子媒体（DVD-R）1式

報告書等（業務上発生するパンフレット・冊子等の印刷物を含む。）及びその電子データの仕様及び記載事項は、別添によること。

提出場所 環境省地球環境局地球温暖化対策課

5. 著作権等の扱い

- （1）成果物に関する著作権、著作隣接権、商標権、商品化権、意匠権及び所有権（以下「著作権等」という。）は、環境省が保有するものとする。
- （2）受託者は、自ら制作・作成した著作物に対し、いかなる場合も著作者人格権を行使しないものとする。
- （3）成果物に含まれる受託者又は第三者が権利を有する著作物等（以下「既存著作物」という。）の著作権等は、個々の著作者等に帰属するものとする。
- （4）納入される成果物に既存著作物等が含まれる場合には、受託者が当該既存著作物の使用に必要な費用の負担及び使用許諾契約等に係る一切の手続を行うものとする。

6. 情報セキュリティの確保

受託者は、下記の点に留意して、情報セキュリティを確保するものとする。

- （1）受託者は、委託業務の開始時に、委託業務に係る情報セキュリティ対策とその実施方法及び管理体制について環境省担当官に書面で提出すること。
- （2）受託者は、環境省担当官から要機密情報を提供された場合には、当該情報の機密性の格付けに応じて適切に取り扱うための措置を講ずること。
また、委託業務において受託者が作成する情報については、環境省担当官からの指示に応じて適切に取り扱うこと。
- （3）受託者は、環境省情報セキュリティポリシーに準拠した情報セキュリティ対策の履行が不十分と見なされるとき又は受託者において委託業務に係る情報セキュリティ事故が発生したときは、必要に応じて環境省担当官の行う情報セキュリティ対策に関する監査を受け入れること。

- (4) 受託者は、環境省担当官から提供された要機密情報が業務終了等により不要になった場合には、確実に返却し又は廃棄すること。
また、委託業務において受託者が作成した情報についても、環境省担当官からの指示に応じて適切に廃棄すること。
- (5) 受託者は、委託業務の終了時に、本業務で実施した情報セキュリティ対策を報告すること。

7. その他

- (1) 受託者は、本仕様書に疑義が生じたとき、本仕様書により難い事由が生じたとき、あるいは本仕様書に記載のない細部については、環境省担当官と速やかに協議しその指示に従うこと。
- (2) 会議運営を含む業務
会議運営を含む業務にあっては、「環境物品等の調達に関する基本方針」（平成 27 年 2 月 3 日閣議決定）の「会議運営」の判断の基準を満たすこと。

(別添)

1. 報告書等の仕様及び記載事項

報告書等の仕様は、「環境物品等の調達に関する基本方針」（平成 27 年 2 月 3 日閣議決定。以下「基本方針」という。）の「印刷」の判断の基準を満たすこと。

なお、「資材確認票」（基本方針 198 頁、表 3 参照）及び「オフセット印刷又はデジタル印刷の工程における環境配慮チェックリスト」（基本方針 199 頁、表 4 参照）を提出するとともに、印刷物にリサイクル適性を表示する必要がある場合は、以下の表示例を参考に、裏表紙等に表示すること。

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [A ランク] のみを用いて作製しています。

なお、リサイクル適性が上記と異なる場合は環境省担当官と協議の上、基本方針 (<http://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/kihonhoushin.html>) を参考に適切な表示を行うこと。

英語サマリーについては、以下により作成すること。

(1) 以下の対訳集等を参考に、ネイティブチェックを経ること。

① 環境用語和英対訳集(EIC ネット <http://www.eic.or.jp/library/dic/>)

② 法令用語については、日本法令外国語訳データベースシステムの標準対訳辞書 (<http://www.japaneselawtranslation.go.jp/>)

(2) 海外で参照されることを念頭に入力には半角で行い、全角文字や全角スペースは使用しないこと。特に以下に注意すること。

- ・ 丸数字は使用不可。「℃」→「degrees C」又は「degrees centigrade」
- ・ 記号はすべて半角。例：「“”」→「" "」、「`」→「'」、「ー」→「-」
- ・ 化学物質は英文名＋化学記号（半角の英数字）。1/4 文字にしない。二度目以降は化学記号のみでも可。例：carbon dioxide (CO₂)
- ・ 環境省の略称は「MOE」（大文字）

2. 電子データの仕様

(1) Microsoft 社 Windows7 SP1 上で表示可能なものとする。

(2) 使用するアプリケーションソフトについては、以下のとおりとする。

- ・ 文章；ワープロソフト Justsystem 社一太郎（ファイル形式は一太郎 2011 以下）、又は Microsoft 社 Word（ファイル形式は Word2010 以下）
- ・ 計算表；表計算ソフト Microsoft 社 Excel（ファイル形式は Excel2010 以下）

- ・ 画像 ; BMP 形式又は JPEG 形式
- (3) (2) による成果物に加え、「PDF ファイル形式」による成果物を作成すること。
- (4) 以上の成果物の格納媒体は DVD-R 等とする。事業年度及び事業名称等を収納ケース及び DVD-R 等に必ずラベルにより付記すること。
- (5) 文字ポイント等、統一的な事項に関しては環境省担当官の指示に従うこと。

3. その他

成果物納入後に受託者側の責めによる不備が発見された場合には、受託者は無償で速やかに必要な措置を講ずること。

<別添参考資料 2 : 対外発表資料>

- (1) CNF のウッドプラスチックへの利用 ～静岡地域での CNF 住宅部材利用における FS 検証～、2015 年 11 月、「ふじのくに CNF フォーラム」第 2 回セミナー
- (2) 企業の実証発表「商品化に向けての実証状況」、2015 年 11 月、四国 CNF 活用セミナー in 愛媛
- (3) ウッドプラスチックの可能性と展望、2016 年 1 月、プラスチック成形工学会


CNF のウッドプラスチックへの利用
～静岡地域での CNF 住宅部材利用における FS 検証～
2015 年 11 月
「ふじのくに CNF フォーラム」第 2 回セミナー

CNFのウッドプラスチックへの利用

～静岡地域でのCNF住宅部材利用におけるFS検証～

2015年11月10日 「ふじのくにCNFフォーラム」第2回セミナー
 <富士市交流プラザ>




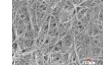
トクラス(株)
 事業開発推進部
 WPC事業推進グループ

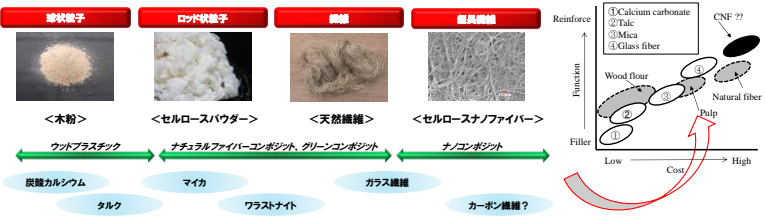


CNFをウッドプラスチック事業に利用する

プラスチック製品は様々な機能が求められる……機能に合わせて様々なフィラー(添加材)を利用
 ↳ **ウッドプラスチック(木粉)** だけでは対応できない (炭酸カルシウム、タルク、マイカ、ガラス繊維等々)

セルロース素材は様々な形状に変換できる(他の無機素材にはない特性)

球状微子	棒状微子	繊維	超長繊維
			
<木粉>	<セルロースパウダー>	<天然繊維>	<セルロースナノファイバー>
ウッドプラスチック	ナチュラルファイバーコンポジット、グリーンコンポジット	ナノコンポジット	
炭酸カルシウム	タルク	マイカ	ワラストナイト
		ガラス繊維	カーボン繊維?



Reinforce ↑ ↓ Filler
 Function ↑ ↓ Cost

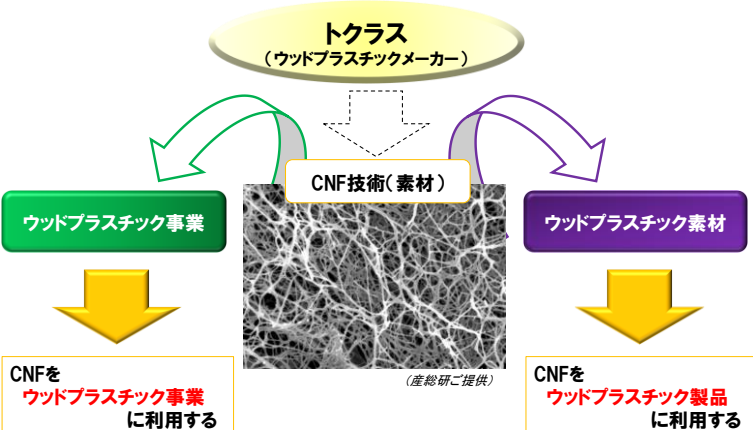
CNF

他のバイオマスフィラーでは対応できない機能を付与する
 =バイオマスフィラーアイテムの一つ

<トクラスとしてCNF利用の目指す方向性>
 ■CNFにしか出せない性能
 ※高流動、等方性、高衝撃……
 ■CNFを利用しなければならぬ用途
 ※大型成形、超小型成形、薄物……
 ■CNFとの組合せにより相乗効果がある利用
 ※他フィラーとの**組合せ**
↳ **ウッドプラスチックへの利用**

はじめに

「CNFのウッドプラスチックへの利用」2つの観点



トクラス (ウッドプラスチックメーカー)

CNF技術(素材)

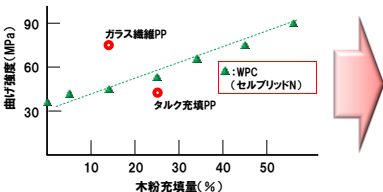
(産総研ご提供)

ウッドプラスチック事業 ウッドプラスチック素材

CNFをウッドプラスチック事業に利用する CNFをウッドプラスチック製品に利用する

CNFをウッドプラスチック製品に利用する

強度であれば、ウッドプラスチックは、高水準素材



しかしながら……、プラスチック製品は凌駕ができない ⇒ 課題も多い

- 流動性が低い
- 衝撃性が低い
- 耐水性が低い

↳ CNF添加で、改善できないか??

ウッドプラスチックにCNFを混ぜてみた……

	PE	WPC	CNF添加 WPC
木粉添加量	0%	50%	49%
CNF添加量	0%	0%	1%
MFR	40.4g/10min	5.8g/10min	6.3g/10min → 流動性の向上
引張強度	31.7MPa	32.9MPa	38.3MPa
弾性率	301MPa	735MPa	850MPa
吸水率	0%	6%	4% → 耐水性の向上

CNF利用

=ウッドプラスチックの添加剤

- ◆流動性の向上 ⇒複雑形状に対応できる
- ◆耐水性の向上 ⇒水回りにも利用ができる

キッチン部材向け用途の検討

キッチン部材として……、のウッドプラスチック

5



加工性、コスト、使い勝手等から
木質ボードが多く利用されている

水がかかっても、木材部分に入り込まないように
シート貼りや塗装でしっかりガード

キッチンの木部材代替としてウッドプラスチックの利用は
以前より検討されていた(トラスも洗面化粧台で一部実用化)

なぜ、ウッドプラスチック利用が促進されなかったのか？

コストの問題

木質ボードは、40~80円/kg、
ウッドプラスチックは、300円/kg

耐水性の問題

ウッドプラスチックは高耐水であるが、
キッチンには吸水の備りがある

CNF効果を利用することで……

- ①流動性が向上することで、複雑形状が可能
⇒組立の簡易化で製造コストの削減
 - ②耐水性が向上することで、素地利用が可能
⇒耐水加工が不要となりコストの削減
- ＋ ウッドプラスチックのメリット

ニーズに対応できる用途にCNFを展開する

- CNFにしか出せない性能
- CNFを利用しなければならない用途
- CNFとの組合せにより相乗効果がある利用

CNF利用における一工夫

6

<CNFの製法(リグノセルロースナノファイバー)>



CNFと木粉が
混在する状態がある

=CNF入り木粉

CNFと木粉を同時に製造する

安価にCNF入り木粉が製造できる

CNFを作り、後で添加する手法に比べ簡
易に製造ができる

ウッドプラスチックコストに大きく影響しない
=キッチン部材として利用可能

簡単にCNF入り木粉が製造できる

木粉を作る地点で、製造可能となる
=特殊な設備、管理を必要としない

山側でのCNF生産が可能となる
=静岡県にての地域モデルが実現

環境省 FS検証事業のアウトライン

7

FS検証事業:キッチン木製部材代替素材として「CNF添加ウッドプラスチック」の利用

- ・製品のニーズに対応している
 - ・既存製品へ添加材として利用
- 短期的に実現可能



- ・工程の簡略化により、コスト対応力がある(経済性がある)
- ・生産エネルギーが少ない
=地球温暖化に貢献

C02削減

代表機関: 静岡大学

地球温暖化に貢献
経済性がある利用方法

森林資源

CNF原料

住宅部材

住宅利用

廃棄

短期的に実現可能

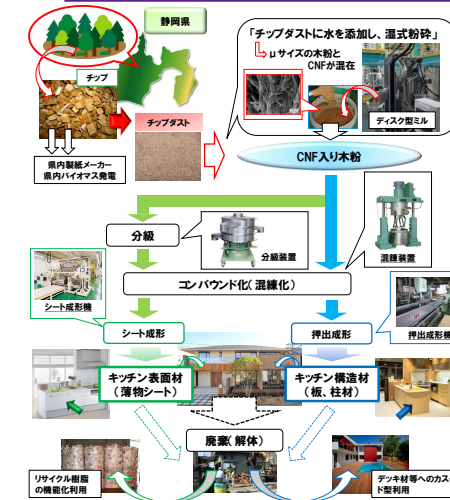
事業発展が見込める

CNF(素材、技術)を利用し、革新的で
かつ地球温暖化対策に貢献できる住
宅部材用途を提案するとともに、静岡
県内産業を利用し「原料調達、製品製
造、製品使用、廃棄」の一貫した事業
性のある地域モデルを構築する。



事業の全体レイアウト

8



事業のポイント

C02削減

製造エネルギーの削減と材料の削減、
運送効率等の2次的効果

地域モデル

国内森林資源の利用、既存設備での
生産方式

短期実現

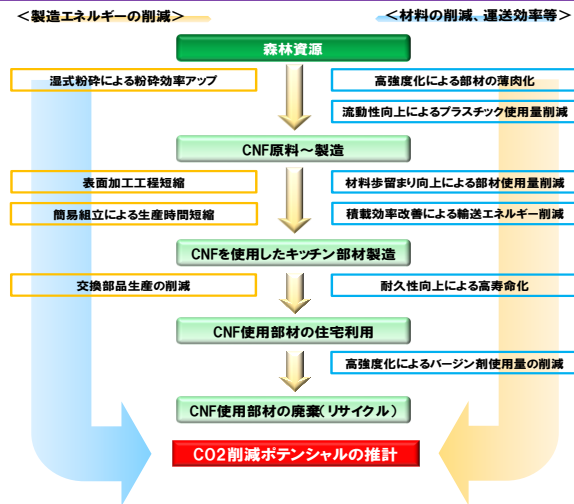
既存技術(製品)の延長、顧客満足
の提示

+ α = リサイクル手法の提示

本事業で検証する範囲

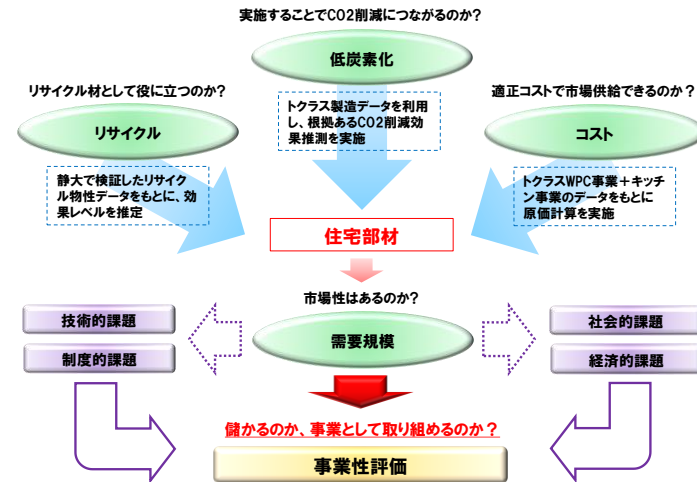
事業におけるCO2削減ポイント

9



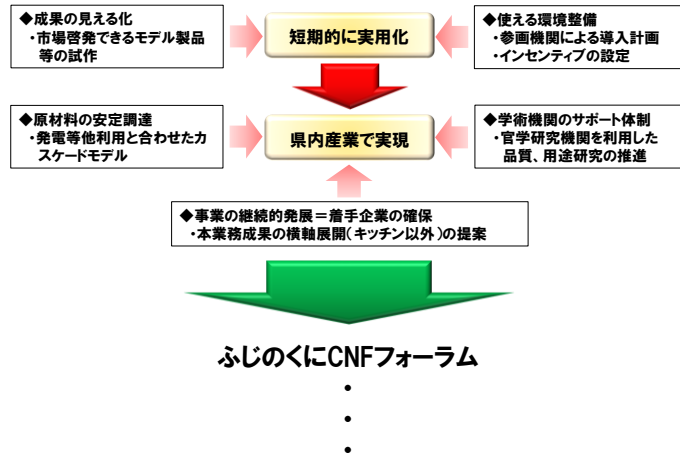
FS検証の進め方

10



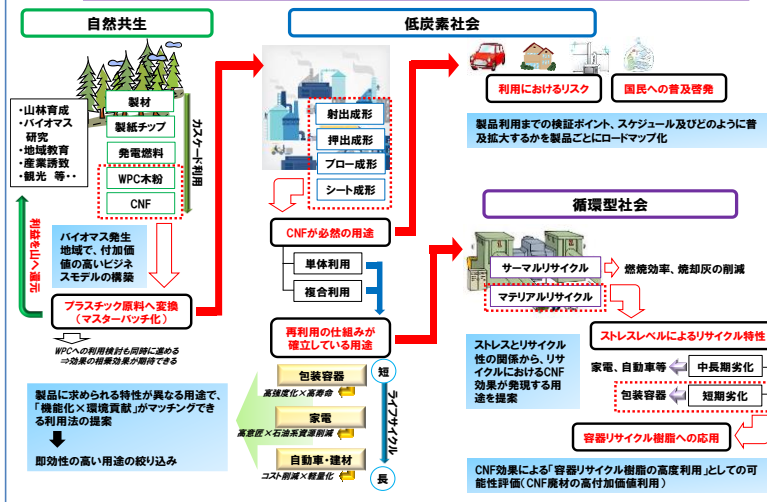
事業成果の普及促進

11



まとめ(目指すべき姿)

12




企業の取組発表
「商品化に向けての取組状況」
2015年11月
四国 CNF 活用セミナーin 愛媛

1

企業の取組発表 「商品化に向けての取組状況」

2015年11月13日 「四国CNF活用セミナー in 愛媛」
＜ホテルグランフォーレ＞

トクラス(株)
事業開発推進部
WPC事業推進グループ



2

新規事業として、ウッドプラスチック(WPC)事業を展開

トクラス株式会社は2013年10月1日より、ヤマハリビングテック株式会社から社名を変更いたしました。



お客様の「まいにち」と暮らす。



GOOD DESIGN
STORY 2012年度グッドデザイン賞受賞



GOOD DESIGN
Berry 「ハイボックカウンター」 2012年度グッドデザイン賞受賞

新規事業

- WPC事業
- 浄水器事業
- 海外事業
- エネルギーマネジメント事業



**既存事業
(住宅設備事業)**

3

1. ウッドプラスチックのご説明

4

WPC(ウッドプラスチック)とは？


ウッド

プラスチック


➔

Wood Plastic Composite(s)
略称: WPC(混練型WPC)


木とプラスチックからできた材料




製品単体で見るとこんな感じ



グリーンワークスHPより抜粋



カムエンジニアリングHPより抜粋



太閤工業HPより抜粋

※日本には木材に樹脂を含浸したWood Polymer Compositeが古くからあり、これもWPCを呼ばれていました。したがって、略称を用いる場合、混同を避けるため、含浸型WPC、混練型WPCということもあります。

製品単体だけ見ると、木材というより、プラスチックという印象を受けるのではないですか？

ウッドプラスチックの実用事例

5



住宅デッキ用途

フェンス、パーテーション

ルーバー

土木用途



デッキ用途(外溝)



公園用途



壁面仕上

ベンチ

木質感は要求されるが、耐久性も必要とされる部位への展開

ほとんどがエクステリア用途

写真は木材工業11月号、協会HPより抜粋

トラスのウッドプラスチック事業のはじまり

6

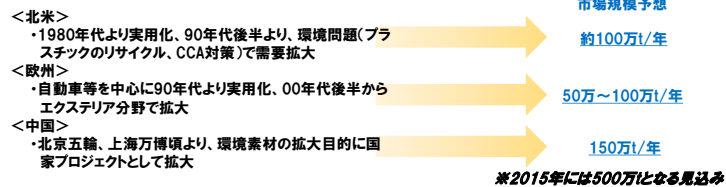
自社製品部材としてスタート



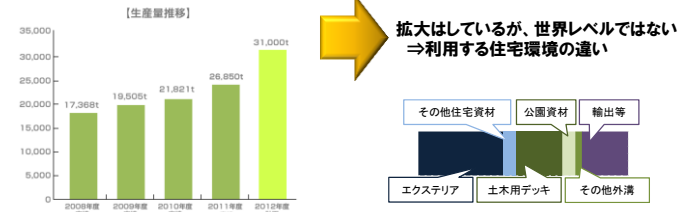
ウッドプラスチックは汎用的な素材？

7

世界的には一般的な素材！！

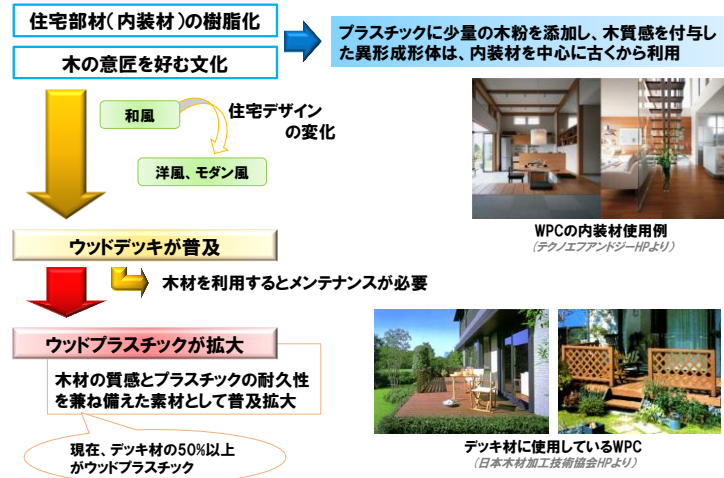


日本の市場



日本でウッドプラスチックが拡大した背景

8



何故、エクステリア用途に展開されているのか?

9

従来のエクステリア素材

- 木材(含浸型WPC)** ……質感は良いが、雨、湿気等高温多湿化の日本の環境では、メンテナンスしなければ腐ってしまう
- プラスチック** ……耐久性は高いが、温度差により反りやねじれが発生
- 金属** ……耐久性や強度等の安全性は高いが、木材の質感はなく、日中、裸足で歩くに熱い

エクステリア用途に適合する素材がなかった

WPCと言う素材が登場

	合板	PB	MDF	プラスチック(PP)	WPC
密度(g/cc)	0.5	0.7	0.7	0.9	1.2(R/C50%)
曲げ強度(MPa)	50	20	40	30	60
24時間吸水(%)	15~45	12~75	15~55	0	5以下
寸法安定	乾燥収縮	乾燥収縮	乾燥収縮	熱膨張	若干の熱膨張
コスト(円/kg)	50	40	60	250	300

他素材に比べ高いが……、

プラスチックの耐久性と木材の質感を兼ね備える素材として拡大
(WPCはエクステリア用途にとって、適材適所の素材であった)

ウッドプラスチックの製造方法

10



①原材料

- ◆原材料は、木粉、熱可塑性プラスチック(ポリプロピレン、ポリエチレン等)と相容化剤、滑剤、顔料等の添加剤
- ・木粉のサイズは、100~500μ、樹種は調湿性からベイツガ、スギ、ホウソク等が利用されている
- ・融点が200℃以下のプラスチック(ポリプロピレン、ポリエチレン、ABS等)を使用(融点が高いと木粉が変質する)
- ・相容化剤の役割は後述するが、その他着色用の顔料、成形性を改善するための滑剤等が利用される

②コンパウンド

- ◆原材料をプラスチックが解ける温度で混合する
- ・成形時のハンドリング性から、一般的にはペレット状に加工される

③成形

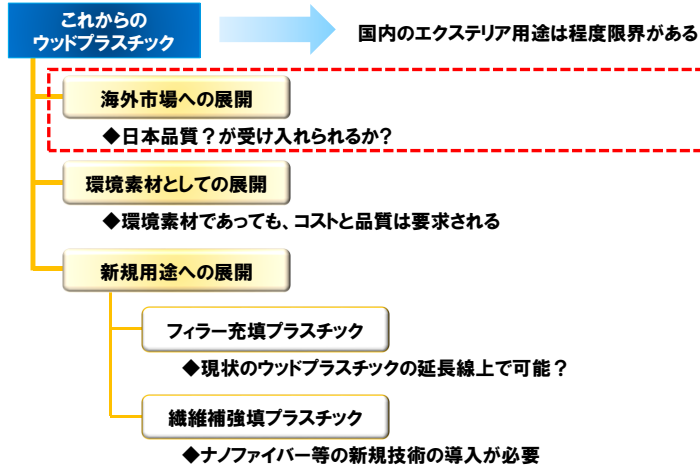
- ◆原料をコンパウンドしたペレットを各種成形方法を用い製品化
- ・既存WPCが利用される用途では、ほとんど押出成形にて製造されている
- ・成形されたWPC部材と組み合わせデッキ材等最終製品とする

作り方としては、無機素材をフィラーとした
フィラー充填プラスチックと同じであるが……

WPCならではの
難しさがある

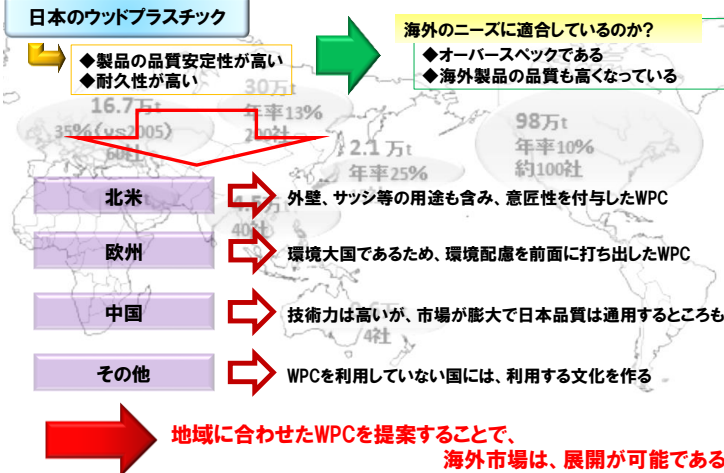
ウッドプラスチックの方向性

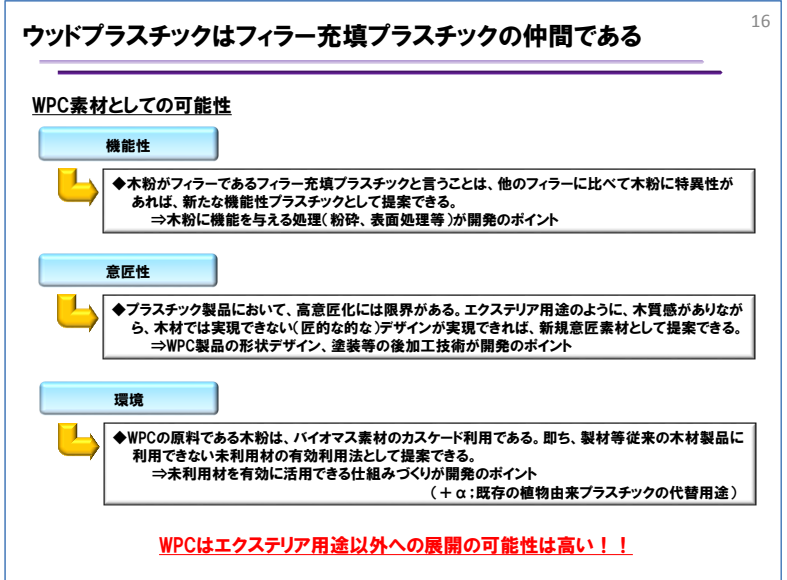
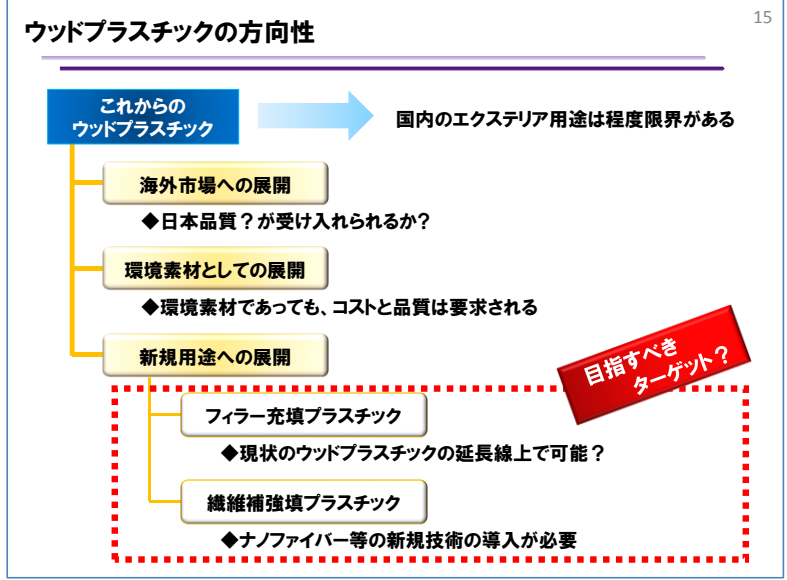
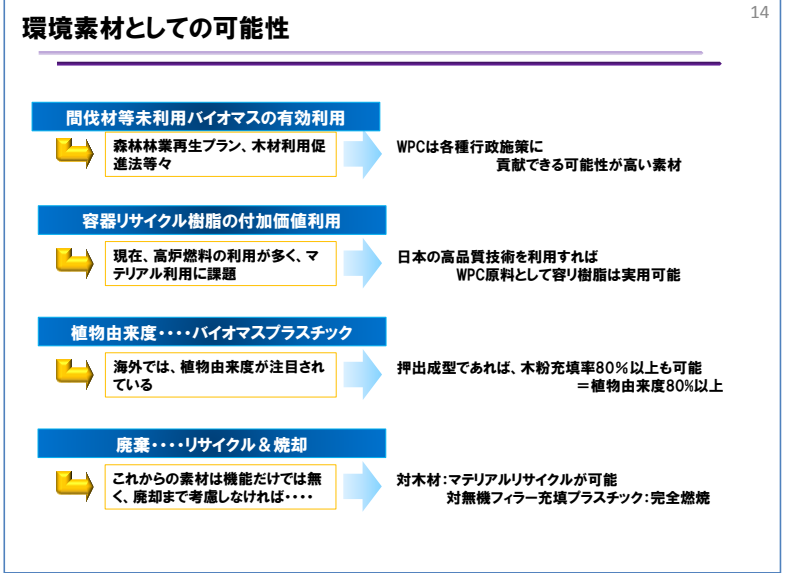
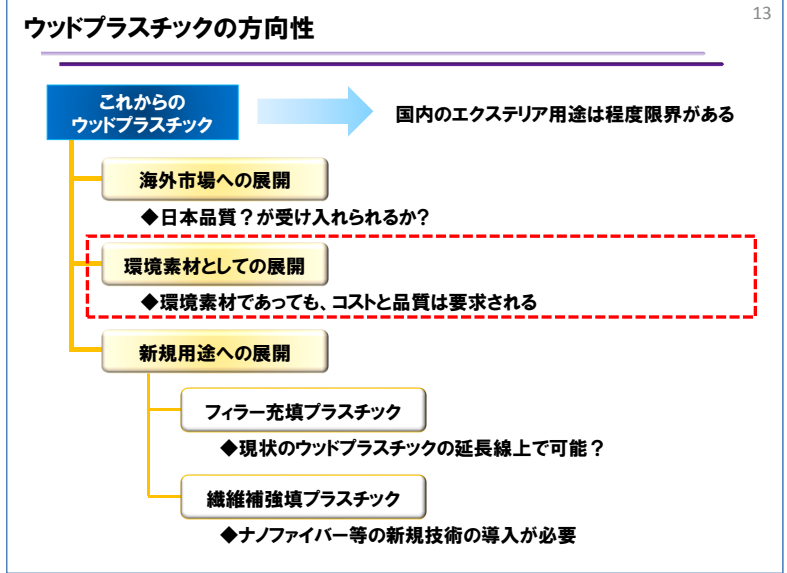
11



日本のウッドプラスチック技術は海外でも通用するのか?

12





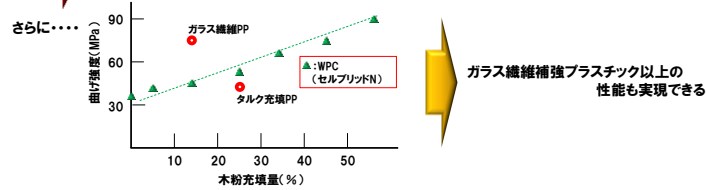
ウッドプラスチックはフィラー充填プラスチック以上

17

◆ウッドプラスチックを正しく作ると……

フィラー	PP単体	炭カル	タルク	木粉	
		25%	25%	25%	
比重 [g/ml]	0.89	1.10	1.08	0.99	→ 軽量
曲げ強度 [MPa]	35.03	36.88	44.24	53.45	→ 高強度
曲げ弾性率 [GPa]	1.00	1.17	1.79	1.92	→ 高耐熱
熱変形温度 (°C)	77	87	107	123	

WPCは、汎用のフィラー充填プラスチックに比べ、差別化できる特性が多い



CNFのポテンシャル？

19

- 鋼鉄の5倍の強度で1/5の軽さ
- 石英ガラス並みの低熱膨張
- 光の波長より十分に小さい(透明)
- 安心・安全な天然物
- 原料は再生可能資源である植物(動物)……etc.

従来の素材にはない機能 = 夢の素材
食品等、一部製品では利用されている

プラスチックと複合化する場合は……

- 高強度
- 高剛性
- 低熱膨張
- 軽量

単体性能では、CNF(技術)以上のものは多い

セルロースナノファイバーの潜在的ポテンシャル

- ◆セルロースナノファイバーにしか出せない性能
- ◆セルロースナノファイバーを利用しなければならない用途
- …
- ◆セルロースナノファイバーと組み合わせることで相乗効果を出す利用方法

詳しくは後述しますが…現時点で、**トクラスが注目している** CNFのポテンシャル

これらの性能(±節度あるコスト)を
全て兼ね備えた複合材料
プラスチック製品を革新する
まだ、実現されていない……

将来的にはこちらを目指したいが……

2. 当社におけるCNF利用の方向性

18

セルロースを解す＝ナノファイバー化

20

セルロース素材のナノファイバー化イメージ図

セルロース繊維(束) → 含水処理 → 膨潤セルロース繊維(束) → せん断粉碎 → CNF

強固な水素結合 → 弱い(水を介した)水素結合 → 繊維方向に微細化

(繰り返し)

＜セルロース分子＞

セルロースナノファイバーは、原料と装置があれば簡単に作ることができる

原材料 (木粉、バルブ、水等) → 湿式粉碎繰り返し (遊星ボールミル、ビーズミル、ホモジナイザー、ディスクミル等)

シンプルな製造方法であるにもかかわらず、何故、CNFは高い(高いと言われている)?

- 原材料コスト? ……現状、kgあたり5千円～2万円??
- 設備コスト?
- 生産性

プラスチック添加剤の材料費ではない

CNFのコストは適正？

21

ディスクミルにて25t/年規模で、製造した場合、
利益+管理費入れても3000円/kgで市場供給できるのでは？

ガラス繊維代替であれば、
0.5~1%添加でCNF効果の発現が必要となる

スケールアップすれば、▲500~1000円/kg
の量産効果はあるかもしれないが...

項目	単価	原価	備考	
原材料費	バルブ	150 円/kg	150 円/kg	
	水	5 円/kg	100 円/kg	
	計		250 円/kg	
	その他	電力費	20 円/kwh	100 円/kg
		潤滑材	500,000 円/年	20 円/kg
梱包資材		300 円/式	15 円/kg	
消耗品		6,000,000 円/年	240 円/kg	
計		375 円/kg		
設備費	ディスクミル	30,000,000 円/式	150 円/kg	
	搬送装置	5,000,000 円/式	25 円/kg	
	梱包装置	2,000,000 円/台	10 円/kg	
	計		185 円/kg	
	人件費	作業者	40 円/分	600 円/kg
管理者		60 円/分	900 円/kg	
計			1,500 円/kg	
計		1,685 円/kg	(25t/年生産)	
原価合計		2,310 円/kg		

CNF製造のリスク？

- ◆品質検査には特別な装置(高額な装置)が必要
装置を有している企業で製造するか、簡易な検査方法の確立が必要
- ◆固定費負担が高いため、受注増減に対応できない
CNF製造+αの事業モデルを構築する必要がある

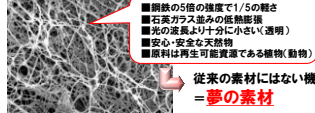
現時点では、kgあたり1万円を超えても仕方がない
⇒作り手側にとっては、利用拡大が必須

生産量に比べ、
投資負担が大きい

CNFは固定費事業

CNFの需要拡大には？

22



■鋼鉄の5倍の強度で1/5の軽さ
■石炭カラス基の低熱処理
■厚手の炭素ふけが小さく透明
■安心・安全な天然物
■原料は再生可能資源である植物(動物)

従来の素材にはない機能
= 夢の素材

日本最先端の研究機関(東大、京大、九大、産総研等々)及び
技術力のある大手企業がタイアップして研究開発に取り組んでいる

現時点で、CNF複合材の用途は爆発的に拡大していない

CNFの利用者

注目はしているが
「様子見」状態 → 用途開発が進まない ⇒ 需要は拡大しないのは当たり前
CNF利用者の責任ではない

- コストが高い → サンプルコストと量産コスト...定まっていないので、商品設計ができない
 - 天然物=品質が不安定 → サイズ、形状の管理幅が不明...評価の再現性が取れない
 - 使いにくい(含水状態) → プラスチックに簡単に混ざられない...着実実験、予備評価ができない
 - 秘密が多い → 添加材等との組み合わせの予想が...改良実験ができない
- 大きな課題

使い勝手の良い形で提供する

23

セルロースナノファイバーは含水状態で安定



乾燥すると凝集(特殊な乾燥が必要)
=乾燥状態のセルロースナノファイバーを市場提供することは困難

多くの産業利用においては、
乾燥状態でのセルロースナノファイバー提供が不可欠

セルロースナノファイバーを利用する産業界においては.....

- 容易に評価実験ができない ⇒ 評価実験に手間がかかる ⇒ セルロースナノファイバーを入手しても評価実験をしない
- 凝集を抑制が困難 ⇒ 正しい評価にならない ⇒ セルロースナノファイバーに期待する効果が発現しない ⇒ 評価を継続しない

本来、新規素材は、利用する産業界が、様々な評価をし、
多くの知見が得られることで、普及拡大するが、セルロースナノファイバーは、この図式が当てはまらない
一部セルロースナノファイバー研究の延長で実施されているが、評価に関する質と量は少ない

例えば、その他のプラスチック原料では.....

微粉でハンドリングの悪い素材、液体状の素材、反応系の素材等々、セルロースナノファイバー同様、
ハンドリングの悪い素材を提案する業界では.....使い勝手の良い形で提供している

- マスターバッチ化
- 表面処理(加飾)
- ...
- マイクロカプセル

利用する産業界においては、
①評価試験が容易にできる
②素材の性能が正しく判断できる

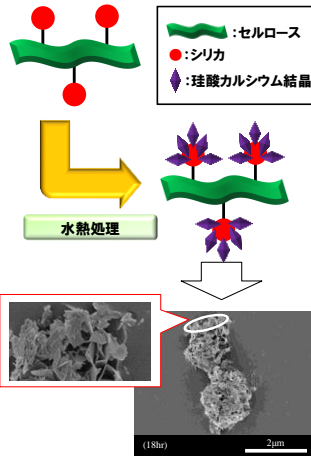
原料側へ課題を
フィードバック

拡大する素材へと成長

マスターバッチで
提供することが望ましいのでは？

事例紹介)通常乾燥で乾燥できるセルロースナノファイバー

24



No.	水熱処理時間 (hr)	平均粒径(μm)		
		スラリー	凍結乾燥	60℃乾燥
セルロース 湿式粉砕	0	15.3	17.4	凝集
	6	14.7	16.5	凝集
	18	12.1	21.5	凝集
	24	-	14.0	凝集
珪酸カルシウム 表面処理 セルロース	0	12.0	13.1	凝集
	6	12.9	19.0	12.4
	18	20.2	12.0	12.3
	24	-	12.6	12.7

事例紹介)含水状態のCNFをダイレクトにマスターバッチ化 25

セルロースナノファイバー

せん断により、粉末の樹脂にCNFが物理的(化学的?)に刷り込まれる

メカニカルアロイされた「CNF粉末樹脂」を高せん断条件で加熱融合する

CNFがプラスチック中に均一分散

3. 当社の取組事例(環境省CNF FS事業)

当社におけるCNFのターゲット 26

高強度 高剛性 低熱膨張 軽量 → 全機能を網羅するには、当社の技術では難しい

トクラス → ウッドプラスチックでは実現できない性能・用途へ展開

- ①セルロースナノファイバーにしか出せない性能
 - ◆流動性を確保した補強材料(通常のフィラーでは、添加量が増えれば、流動性=成形性は低下する)
 - ◆耐衝撃用フィラー(WPCは、木粉添加量が増加するほど、衝撃強度は低下する)
 - ◆成形による異方性を抑制したフィラー(成形方向による熱膨張差を軽減)
- ②セルロースナノファイバーを利用しなければならない用途
 - ◆補強が必要な大型成形体(繊維素材では、大型成型できる流動性を確保できない)
 - ◆補強が必要な超小型成形体(通常の繊維では繊維サイズより小さい成形体は補強できない)
 - ◆複雑形状の成形体(薄いリブ、細いピン等複雑形状の成形体は通常の繊維で補強しにくい)
 - ◆フィルム、シート(繊維素材より薄いフィルム、シートの補強)
- ③セルロースナノファイバーと組み合わせることで相乗効果を出す利用
 - ◆ウッドプラスチックとのハイブリッドによる耐水性向上
 - ◆ガラス繊維、カーボン繊維との複合(現時点では、相乗効果は見いだせていないが...)
 - ◆木粉、炭カル、タルク等との粒度差補強(同上)

量産部にて均一分散したCNFコンパウンドの製造までは実現 → サンプルワークは実施していない ※品質安定、CNFコスト面の課題が解決したらサンプルワーク予定 ※上市しているすべてのメーカーで実証

当社(ウッドプラスチックメーカー)におけるCNFの位置づけ 28

「CNFのウッドプラスチックへの利用」2つの観点

トクラス (ウッドプラスチックメーカー)

CNF技術(素材)

ウッドプラスチック事業

ウッドプラスチック素材

CNFをウッドプラスチック事業に利用する

CNFをウッドプラスチック製品に利用する

(産総研ご提供)

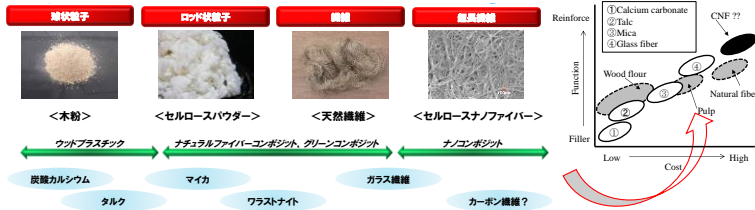
CNFをウッドプラスチック事業に利用する

29

プラスチック製品は様々な機能が求められる……機能に合わせ様々なフィラー(添加材)を利用

ウッドプラスチック(木粉)
だけでは対応できない
(炭酸カルシウム、タルク、マイカ、ガラス繊維等々)

セルロース素材は様々な形状に変換できる(他の無機素材にはない特性)



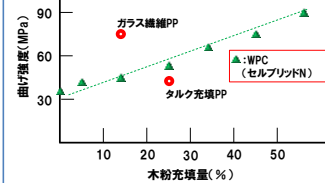
CNF
他のバイオマスフィラーでは
対応できない機能を付与する
=バイオマスフィラーアイテムの一つ

- ＜トクラスとしてCNF利用の目指す方向性＞
- CNFにしか出せない性能
 - ※高流動、等方性、高衝撃……
 - CNFを利用しなければならぬ用途
 - ※大型成形、超小型成形、薄物……
 - CNFとの組合せにより相乗効果がある利用
 - ※他フィラーとの組合せ
- **ウッドプラスチックへの利用**

CNFをウッドプラスチック製品に利用する

30

強度であれば、ウッドプラスチックは、高水準素材



しかしながら……、
プラスチック製品は凌駕ができない ⇒ 課題も多い

- 流動性が低い
- 衝撃性が低い
- 耐水性が低い

→ CNF添加で、改善できないか??

ウッドプラスチックにCNFを混ぜてみた……

	PE	WPC	CNF添加 WPC
木粉添加量	0%	50%	49%
CNF添加量	0%	0%	1%
MFR	40.4g/10min	5.8g/10min	6.3g/10min → 流動性の向上
引張強度	31.7MPa	32.9MPa	38.3MPa → 流動性の向上
弾性率	301MPa	735MPa	850MPa
吸水率	0%	6%	4% → 耐水性の向上

CNF利用
=ウッドプラスチックの添加剤

- ◆流動性の向上
⇒複雑形状に対応できる
- ◆耐水性の向上
⇒水回りにも利用ができる

キッチン部材向け用途の検討

キッチン部材として……、のウッドプラスチック

31



加工性、コスト、使い勝手等から
木質ボードが多く利用されている

水がかかっても、木材部分に入り込まないように
シート貼りや塗装でしっかりガード

キッチンの木部材代替としてウッドプラスチックの利用は
以前より検討されていた(トクラスも洗面化粧台で実用化)

なぜ、ウッドプラスチック利用が促進されなかったのか?

- コストの問題**
木質ボードは、40~80円/kg、
ウッドプラスチックは、300円/kg
- 耐水性の問題**
ウッドプラスチックは高耐水であるが、
キッチンには吸水の偏りがある

CNF効果を利用することで……

- ①流動性が向上することで、複雑形状が可能
⇒組立の簡易化で製造コストの削減
- ②耐水性が向上することで、素地利用が可能
⇒耐水加工が不要となりコストの削減

＋ ウッドプラスチックのメリット

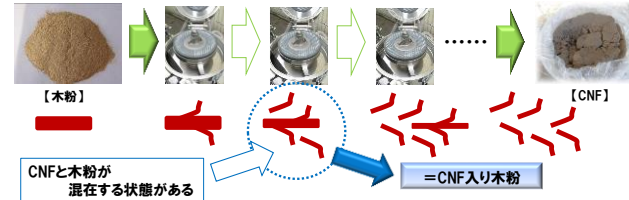
ニーズに対応できる用途にCNFを展開する

- CNFにしか出せない性能
- CNFを利用しなければならぬ用途
- CNFとの組合せにより相乗効果がある利用

CNF利用における一工夫

32

＜CNFの製法(リグノセルロースナノファイバー)＞



CNFと木粉を同時に製造する

安価にCNF入り木粉が製造できる

CNFを作り、後で添加する手法に比べ簡易に製造ができる

簡単にCNF入り木粉が製造できる

木粉を作る拠点で、製造可能となる
=特殊な設備、管理を必要としない

ウッドプラスチックコストに大きく影響しない
=キッチン部材として利用可能

山側でのCNF生産が可能となる
=静岡県にての地域モデルが実現

環境省 FS検証事業のアウトライン

33

FS検証事業:キッチン木製部材代替素材として「CNF添加ウッドプラスチック」の利用

- ・製品のニーズに対応している
 - ・既存製品へ添加材として利用
- 短期的に実現可能



- ・工程の簡略化により、コスト対応力がある(経済性がある)
- ・生産エネルギーが少ない
- =地球温暖化に貢献

CO2削減

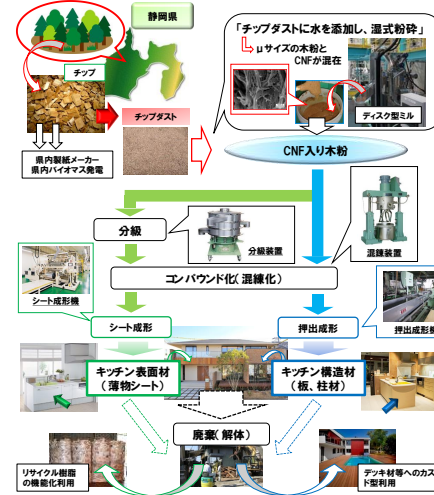
代表機関: 静岡大学

地球温暖化に貢献
経済性がある利用方法



事業の全体レイアウト

34



事業のポイント

CO2削減
製造エネルギーの削減と材料の削減、
運送効率等の2次的効果

地域モデル
国内森林資源の利用、既存設備での
生産方式

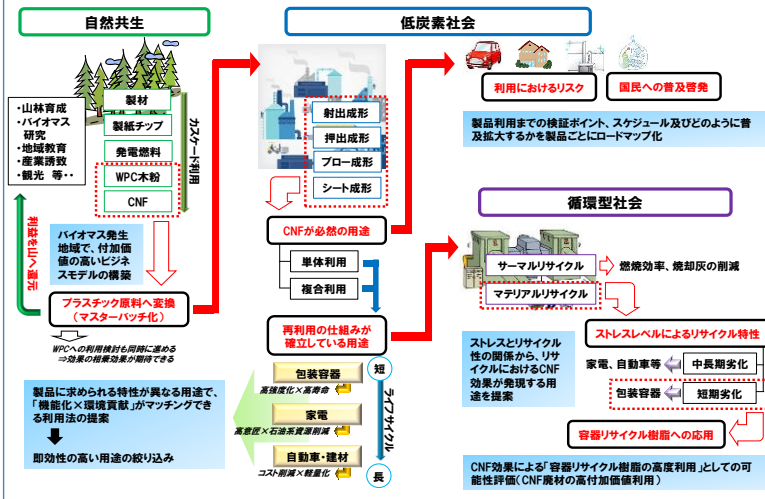
短期実現
既存技術(製品)の延長、顧客満足の
提示

+ α = リサイクル手法の提示

本事業で検証する範囲

CNFと環境貢献……目指すべき姿

35



4. まとめ

36


ウッドプラスチックの可能性と展望
2016年1月
プラスチック成形工学会

1

ウッドプラスチックの可能性と展望

2016年1月26日 バイオマスフィラーを用いた環境調和型材料の最新動向
プラスチック成形加工学会

トクラス(株)
事業開発推進部
WPC事業推進グループ



2

新規事業として、ウッドプラスチック(WPC)事業を展開

トクラス株式会社は2013年10月1日より、ヤマハリビングテック株式会社から社名を変更いたしました。



お客様の「まいにち」と暮らす。



GOOD DESIGN
STORY 2012年度ウッドデザイン賞受賞



GOOD DESIGN
Berry 「ハイボックカウンター」 2012年度ウッドデザイン賞受賞

新規事業

- WPC事業
- 浄水器事業
- 海外事業
- エネルギーマネジメント事業

コンパウンド製品を中心に展開



3

1. ウッドプラスチックの概要

4

ウッドプラスチックとは？

ウッド

プラスチック

➔

Wood Plastic Composite(s)


➔ 略称: WPC(混練型WPC)

木とプラスチックからできた材料


⬇

➔

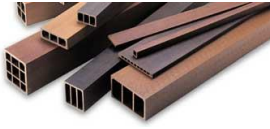
製品単体で見るとこんな感じ



グリーンワークスHPより抜粋



カムイエンジニアリングHPより抜粋



太陽工業HPより抜粋

※日本には木材に樹脂を含混したWood Polymer Compositeが古くからあり、これもWPCを呼ばれていました。したがって、略称を用いる場合、混同を避けるため、含浸型WPC、混練型WPCということもあります。

製品単体だけ見ると、木材というより、プラスチックという印象を受けるのではないのでしょうか？

ウッドプラスチックの実用事例

5



住宅デッキ用途



フェンス、パーテーション



ルーバー

土木用途



デッキ用途(外溝)



公園用途



壁面仕上



ベンチ

木質感は要求されるが、耐久性も必要とされる部位への展開

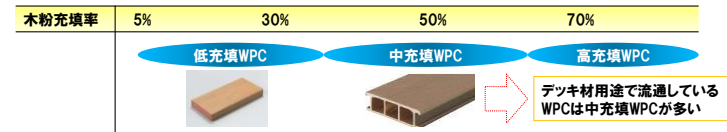
ほとんどがエクステリア用途

写真は木材工業11月号、協会HPより抜粋

ウッドプラスチック素材の分類

6

木粉の充填率



成形の種類

成形方法

押出成形

プレス成形

射出成形

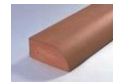
中実製品

中空製品

発泡製品

単層製品

多層製品



発泡製品



多層(2層)製品

国内はデッキ材用途のため、ほとんどが押出成形

用途に合わせて各種成形法を使い分ける

写真は木材工業11月号より抜粋

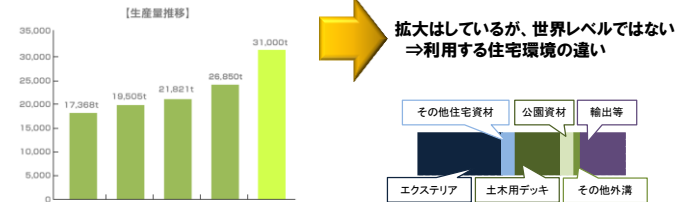
ウッドプラスチックは汎用的な素材？

7

世界的には一般的な素材！！

地域	市場規模(年)	市場規模予想
<北米>	・1980年代より実用化、90年代後半より、環境問題(プラスチックのリサイクル、CCA対策)で需要拡大	約100万t/年
<欧州>	・自動車等を中心に90年代より実用化、00年代後半からエクステリア分野で拡大	50万~100万t/年
<中国>	・北京五輪、上海万博頃より、環境素材の拡大目的に国家プロジェクトとして拡大	150万t/年

日本の市場



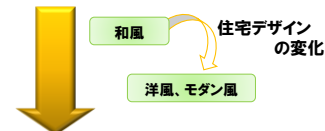
日本でウッドプラスチックが拡大した背景

8

住宅部材(内装材)の樹脂化

木の意匠を好む文化

プラスチックに少量の木粉を添加し、木質感を付与した異形成形体は、内装材を中心に古くから利用



WPCの内装材使用例
(テック/エアランドジーHPより)

ウッドデッキが普及

木材を利用するとメンテナンスが必要

ウッドプラスチックが拡大

木材の質感とプラスチックの耐久性を兼ね備えた素材として普及拡大



デッキ材に使用しているWPC
(日本木材加工技術協会HPより)

現在、デッキ材の50%以上がウッドプラスチック

何故、エクステリア用途に展開されているのか？

9

従来のエクステリア素材

- 木材(含湿型WPC)** ……質感は良いが、雨、湿気等高温多湿化の日本の環境では、メンテナンスしなければ腐ってしまう
- プラスチック** ……耐久性は高いが、温度差により反りやねじれが発生
- 金属(アルミ)** ……耐久性や強度等の安全性は高いが、木材の質感はなく、日中、標度で歩くと熱い

エクステリア用途に適合する素材がなかった

WPCと言う素材が登場

	合板	PB	MDF	プラスチック(PP)	WPC
密度(g/cc)	0.5	0.7	0.7	0.9	1.2(R/C50%)
曲げ強度(MPa)	50	20	40	30	60
24時間吸水(%)	15~45	12~75	15~55	0	5以下
寸法安定	乾燥収縮	乾燥収縮	乾燥収縮	熱膨脹	若干の熱膨脹
コスト(円/kg)	50	40	60	250	300

他素材に比べ高いが……、

プラスチックの耐久性と木材の質感を兼ね備える素材として拡大
(WPCはエクステリア用途にとって、適材適所の素材であった)

ウッドプラスチックの製造方法

10



①原材料

- ◆ 原材料は、木粉、熱可塑性プラスチック(ポリプロピレン、ポリエチレン等)と相容化剤、滑剤、顔料等の添加剤
- ・ 木粉のサイズは、100~500 μ、樹種は調達性からベイツガ、スギ、ホワイトウッド等が利用されている
- ・ 融点が200℃以下のプラスチック(ポリプロピレン、ポリエチレン、ABS等)を使用(融点が高いと木粉が変質する)
- ・ 相容化剤の役割は後述するが、その他着色用の顔料、成形性を改善するための滑剤等が利用される

②コンパウンド

- ◆ 原材料をプラスチックが解ける温度で混合する
- ・ 成形時のハンドリング性から、一般的にはベレット状に加工される

③成形

- ◆ 原料をコンパウンドしたベレットを各種成形方法を用い製品化
- ・ 既存WPCが利用される用途では、ほとんど押出成形にて製造されている
- ・ 成形されたWPC部材と組み合わせテッキ材等最終製品とする

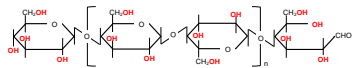
作り方としては、無機素材をフィラーとしたフィラー充填プラスチックと同じであるが……

WPCならではの難しさがある

ウッドプラスチック製造のポイント「木粉は凝集する」

11

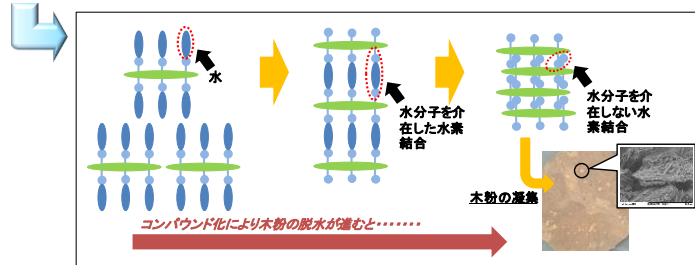
◆木粉の主成分はセルロース



セルロースは親水性が高い
⇒ 水酸基同士が水素結合し木粉が凝集する

◆木粉の凝集はどこで発生する？

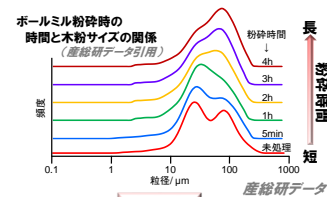
- 木粉を作るとき → 粉碎時に発生する微粒同士が凝集
- コンパウンドするとき → コンパウンド時の熱と圧力により、近接する木粉同士が凝集



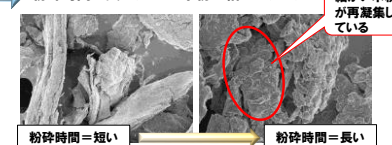
ウッドプラスチック製造のポイント「木粉は凝集すると……」

12

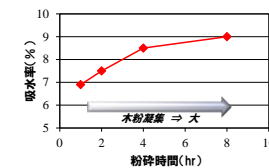
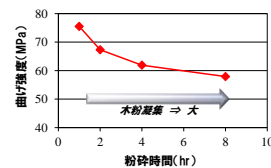
◆粉碎時の木粉凝集



粉碎時間が長くなっても木粉が細くならない



WPC化



木粉の凝集は、WPCの強度や耐水性を低下させる

ウッドプラスチック製造のポイント「水と油を混ぜる」

13

◆木粉は「超？」親水性、プラスチックは疎水性……本来は混ざり合わない素材

▶タルク、炭酸カルシウム等の無機フィラー充填プラスチックでも同じこと……

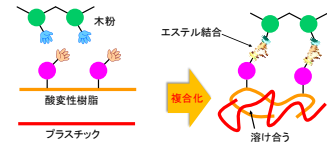
無機フィラーはプラスチックにダイレクトに添加することもあり(木粉の様にコンパウンド中に著しい凝集をすることはないため)、強度等性能を要求する場合は、カップリング処理を行う。

プラスチックフィラー用カップリング処理>
よくあるカップリング材はシランカップリング材で、シリカ原子を起点に、一方は水酸基と反応しやすい官能基(ex. シラノール基)、もう一方がプラスチックと相性の良い分子鎖で構成された改質剤

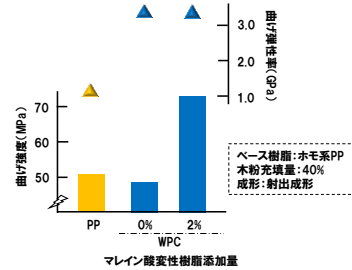
木粉はカップリング処理が困難(工業的に市場価格に見合うコストで製造することが難しい)

※かさ密度が高い、水酸基が多い、造粒工程にてカップリング材同士の重合が生じ、効果が低減する

WPCはマレイン酸変性樹脂を利用する



マレイン酸変性樹脂が親水性の木粉と疎水性のプラスチックの橋渡しとなり、双方が相容化する



ウッドプラスチック技術のポイント

14



凝集した木粉を原料として使用しない
(粉碎時に木粉を凝集させない)

コンパウンド時に木粉を凝集させない
(コンパウンド時に木粉を凝集させないことを均一分散という)

木粉とプラスチックをしっかりと結合させる
(このことを相容性を高くするという)

◆質の高いWPCを作る
◆新しいWPCを作る

不可欠な基礎技術

2. ウッドプラスチック素材の可能性

15

ウッドプラスチックはフィラー充填プラスチックの仲間である

16

WPC素材としての可能性

機能性

◆木粉がフィラーであるフィラー充填プラスチックと言うことは、他のフィラーに比べて木粉に特異性があれば、新たな機能性プラスチックとして提案できる。
⇒木粉に機能を与える処理(粉碎、表面処理等)が開発のポイント

意匠性

◆プラスチック製品において、高意匠化には限界がある。エクステリア用途のように、木質感がありながら、木材では実現できない(匠的な)デザインが実現できれば、新規意匠素材として提案できる。
⇒WPC製品の形状デザイン、塗装等の後加工技術が開発のポイント

環境

◆WPCの原料である木粉は、バイオマス素材のカスケード利用である。即ち、製材等従来の木材製品に利用できない未利用材の有効利用法として提案できる。
⇒未利用材を有効に活用できる仕組みづくりが開発のポイント
(+ α: 既存の植物由来プラスチックの代替用途)

WPCはエクステリア用途以外への展開の可能性は高い!!

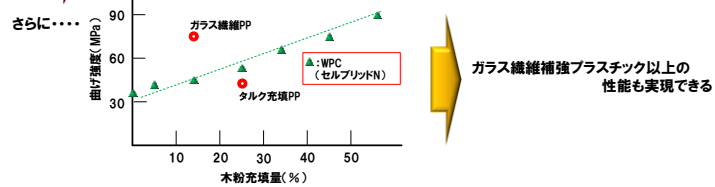
ウッドプラスチックはフィラー充填プラスチック以上

17

◆ウッドプラスチックを正しく作ると……

フィラー	PP単体	炭カル	タルク	木粉	
		25%	25%	25%	
比重 [g/ml]	0.89	1.10	1.08	0.99	→ 軽量
曲げ強度 [MPa]	35.03	36.88	44.24	53.45	→ 高強度
曲げ弾性率 [GPa]	1.00	1.17	1.79	1.92	→ 高耐熱
熱変形温度 (°C)	77	87	107	123	

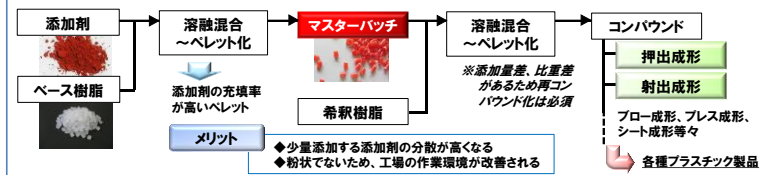
WPCは、汎用のフィラー充填プラスチックに比べ、差別化できる特性が多い



ウッドプラスチックのマスターバッチ化

18

マスターバッチ……プラスチック分野(顔料等)では広く利用されている手法



ウッドプラスチックのマスターバッチ化

◆木粉は粉状である……マスターバッチ化は必要

◆木粉高充填化しやすい……柔軟性があるため

◆木粉は、他のフィラーよりも軽量である

ドライブレンドが可能
⇒再コンパウンドが簡略化できる

ドライブレンドが可能なマスターバッチのポイント

- ①希釈樹脂と同じ性能のベース樹脂
・最終製品性能に影響を与えない樹脂
- ②木粉高充填状態でも高分散の確保
・プラスチック製品用成形機は混練性が低い
- ③希釈樹脂に近い形状
・類似比重、類似サイズだけでなく、壊れにくい形状

マスターバッチ化による評価

19

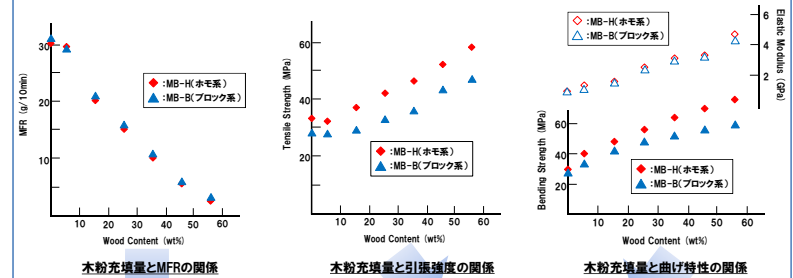
◆射出成形

原材料	仕様	備考
セルブリッドN(MB-H)	ホモ系マスターバッチ	木粉充填率70%
セルブリッドN(MB-B)	ブロック系マスターバッチ	木粉充填率70%
希釈樹脂①	J107G(プライムポリマー製)	ポリプロピレン、ホモ系、MI=30
希釈樹脂②	J707EG(プライムポリマー製)	ポリプロピレン、ブロック系、MI=30

	MB-H	希釈樹脂①	MB-B	希釈樹脂②
射出成形体(ホモ系)	木粉充填率が5,15,25,35,45,55%となるよう希釈樹脂を添加し、ドライブレンドにて射出成型を実施			
射出成形体(ブロック系)	木粉充填率が5,15,25,35,45,55%となるよう希釈樹脂を添加し、ドライブレンドにて射出成型を実施			

木粉充填率と各種性能①

20



木粉充填量: ~25% = 汎用射出成形可能
木粉充填量: ~45% = 小型射出成形可能
木粉充填量: 45%以上 = 押出成形可能

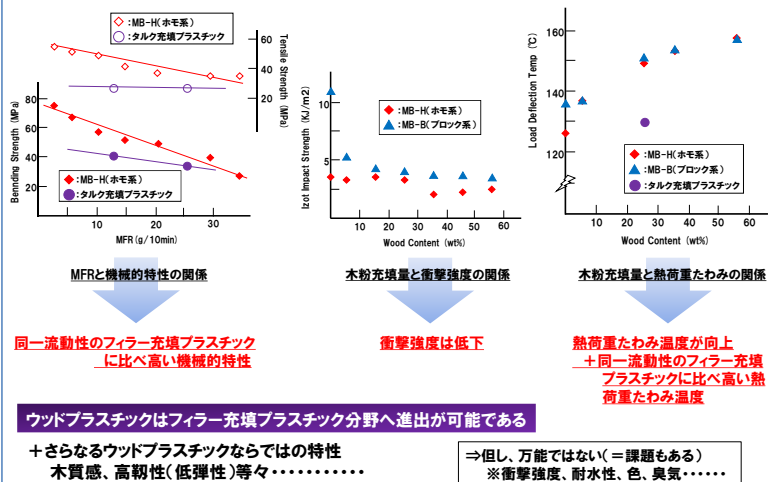


フィラー充填プラスチック分野の成形に対応

高分散により高い補強効果発現

木粉充填率と各種性能②

21



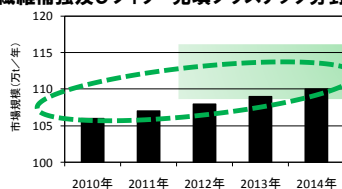
3. ウッドプラスチックの展望

22

プラスチック市場は新素材を望んでいる？

23

繊維補強及びフィラー充填プラスチック分野は、成熟産業



100万~110万t/年の市場規模で頭打ち!!

この市場への参入はハードルが高い
 ネタ切れ.....状態なのは？

一般的に言われているニーズは.....

さらなる高機能化のニーズ

- ◆ もっと軽量化したい
- ◆ 長持ちする製品がほしい
- ◆ 手間がかからない製品.....等々

環境意識の高まり

- ◆ 環境にやさしい製品
- ◆ 環境に貢献できる製品
- ◆ 天然製品の利用.....等々

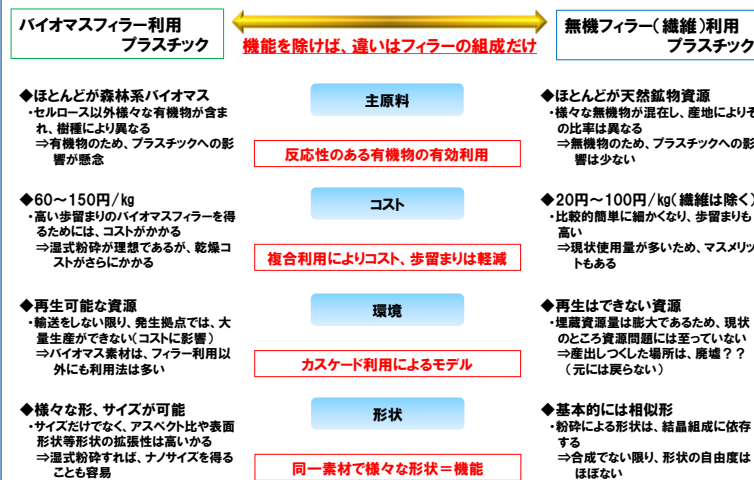
使用する産業界としては

- ◆ エンドユーザーに認められない限りコストアップは不可
- ◆ コストアップが許されるマーケットは大きくない
- ◆ 新規素材を利用するに際し、リスクは避けたい
- ◆ 設備導入や設備改良に関するリスク
- ◆ 受け入れ、品質管理等に関するリスク
- ◆ 長期安定性(実績)に関するリスク

⇒ バイオマスフィラーを利用したプラスチック製品がこの要求に対応できるか？

バイオマスフィラーと無機フィラーの比較

24



バイオマスフィラー利用普及拡大に向けた取り組み

25

【前提条件】

- ◆バイオマスフィラーを利用することで差別化できるプラスチック製品が提案できる技術が確立できている
- ◆バイオマスフィラー自体は万能でないが、従来適応素材がなく、空白となっていた用途が見出されている

既存の森林(木材)利用と融合した利活用モデルの構築

- 製材、パルプチップ、バイオマス発電等あるいは、製紙産業におけるカスケード型利用(最下位はナノファイバー)

バイオマス単体利用にこだわらない柔軟な利用方法の提案

- バイオマス素材の反応性を利用した従来にはない第3の効果の提案
- ガラス繊維、無機フィラー等既存素材との融合による相乗効果

様々な形状による新たな付加価値(機能)の実現

- サイズだけでなく、形状まで考慮したフィラー設計

使用者が使ってみたいと思うメリットの提示

- 既存産業界に適合した形での素材提案(強豪ではなく活用)
- 簡単に利用できる形で提示(活用する上でのリスクを最小限とする)
- 最終的にはコスト(トータルメリット)の提示ができるかがカギ

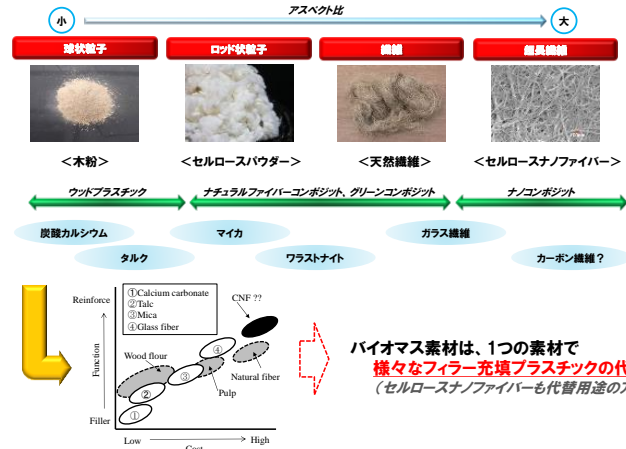
利用する産業界を動かす(動いていただく...)

トラス及びその協力機関
における事例紹介

バイオマスフィラーにおける形状の特色

27

バイオマス素材(セルロース素材)は、処理方法(粉砕等)により、**様々な形状を付与**できる



バイオマス素材は、1つの素材で
様々なフィラー充填プラスチックの代替が可能となる
(セルロースナノファイバーも代替用途のアイテムの一つ??)

3. ウッドプラスチックの展望

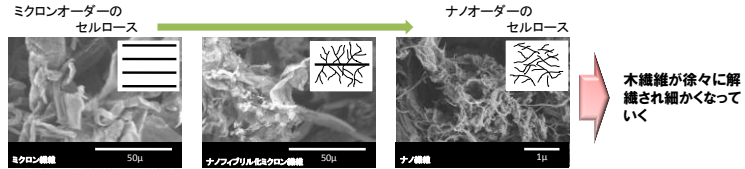
26

事例紹介①) 形状による効果

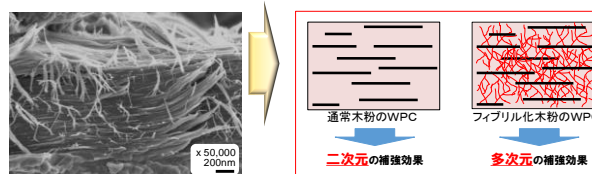
フィブリル化と言う従来の無機フィラーにはない新たな形状

28

木材(セルロース)をナノサイズまで粉砕(湿式粉砕)したとき



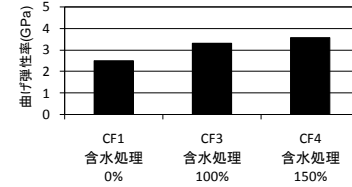
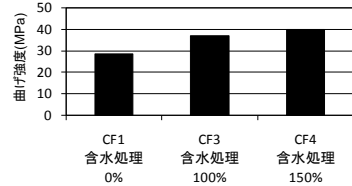
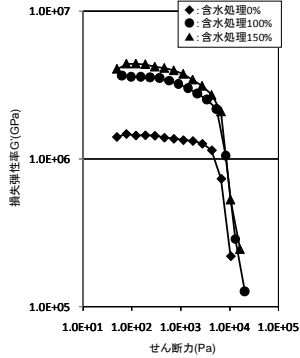
表面に毛羽立ち(=フィブリル)を持った木粉に着目



従来のフィラーや繊維には無い、新たな効果が期待

フィブリル化木粉を利用したウッドプラスチック

29



フィブリル同士の相互作用が発現し、高強度化につながった

しかしながら、射出成型をするとこの効果は発現しなかった

フィブリル化木粉の実用化に向けて

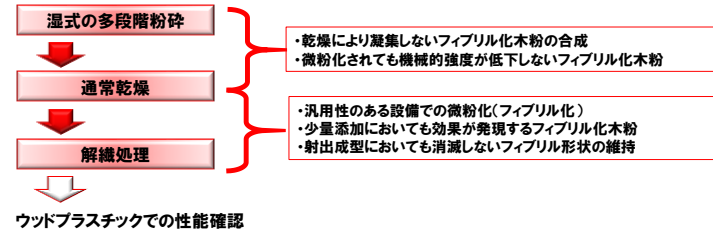
30

◆工業的な展開ができる木粉フィブリル化技術の検証

- ・汎用性のある設備での微粉化(フィブリル化)
- ・乾燥により凝集しないフィブリル化木粉の合成

◆ウッドプラスチック利用にて性能的効果があるフィブリル化木粉の検証

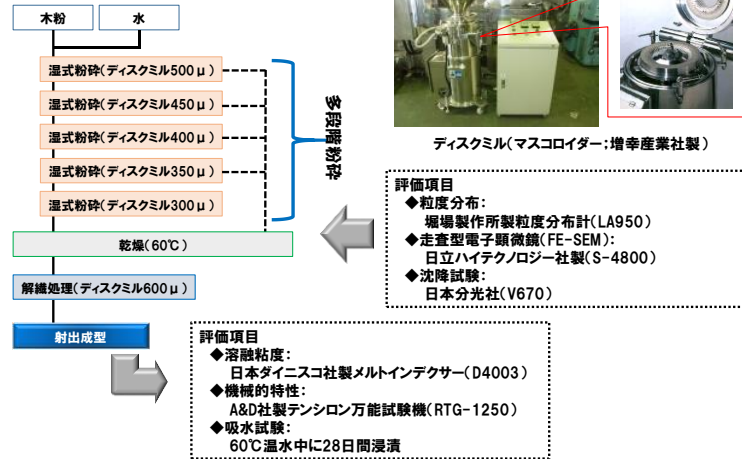
- ・微粉化されても機械的強度が低下しないフィブリル化木粉
- ・少量添加においても効果が発現するフィブリル化木粉
- ・射出成型においても消滅しないフィブリル形状の維持



フィブリル化プロセス

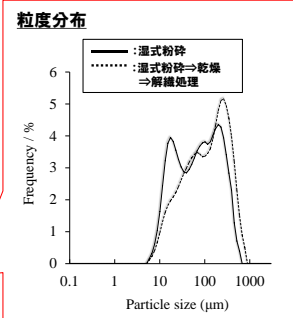
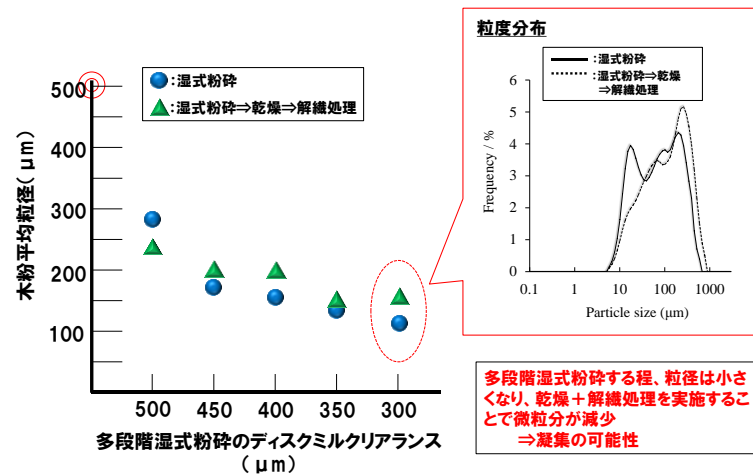
31

◆フロー

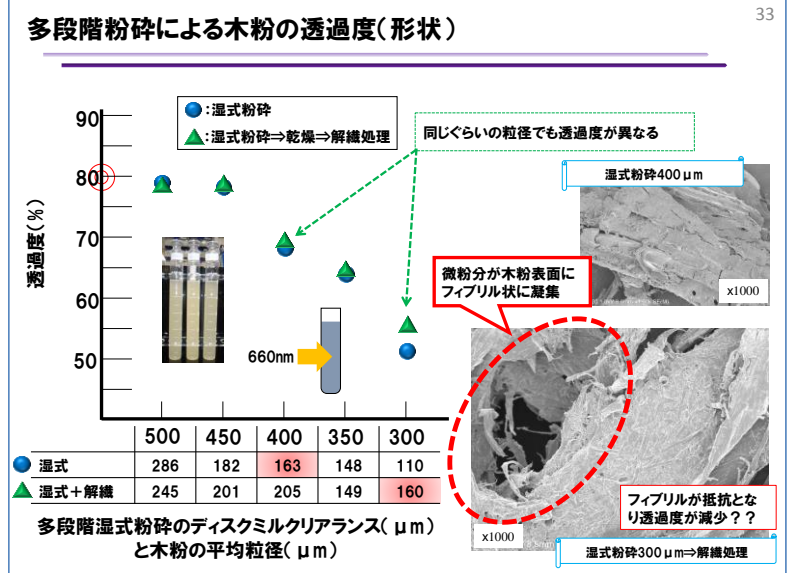


多段階湿式粉砕による木粉平均粒径の変化

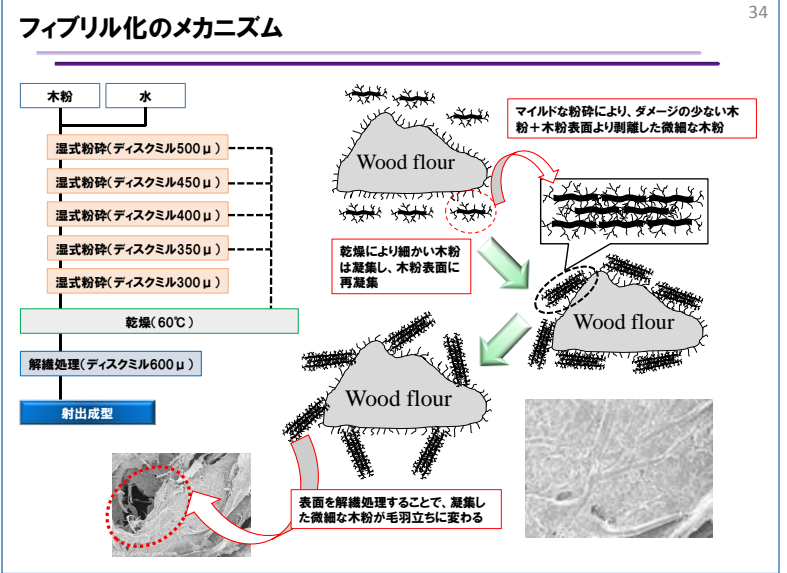
32



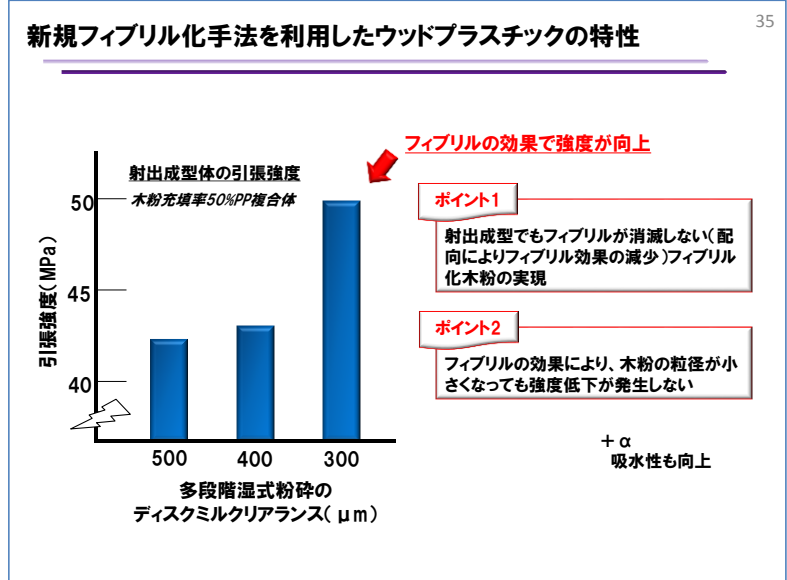
多段階湿式粉砕する程、粒径は小さくなり、乾燥+解繊処理を実施することで微粒分が減少 ⇒凝集の可能性



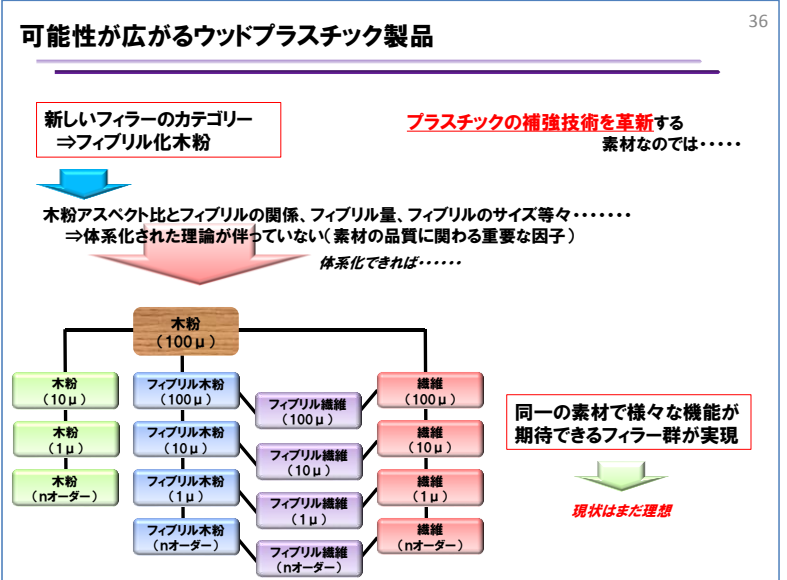
33



34



35



36

3. ウッドプラスチックの展望

事例紹介②) バイオマス素材の反応性利用

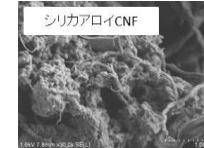
37

セルロース素材の反応性を利用

38

シリカとセルロースの相性は良い

➡ メカノケミカルによりマイクロフィブリル化セルロース表面にシリカ(ケイ酸原料)をアロイすることは容易



<ケイ酸カルシウム水和物による表面処理イメージ>



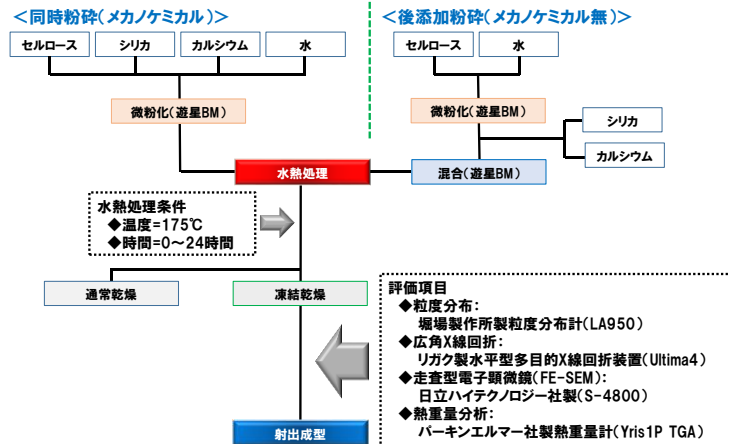
本研究では、合成の容易性(温度等)、結晶形態、効果等からトモロイト結晶に着目

メカノケミカルによりセルロース(マイクロフィブリル化セルロース)表面にシリカをアロイ
アロイしたシリカを核にケイ酸カルシウム結晶が生成

セルロース : シリカ : 珪酸カルシウム結晶

珪酸カルシウムによるCNF表面処理(手法)

39



珪酸カルシウムによるCNF表面処理(配合)

40

◆原材料

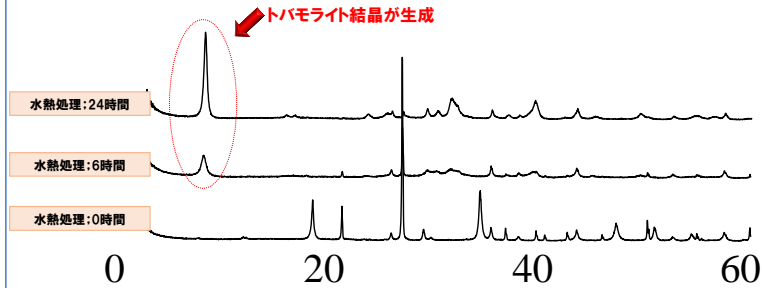
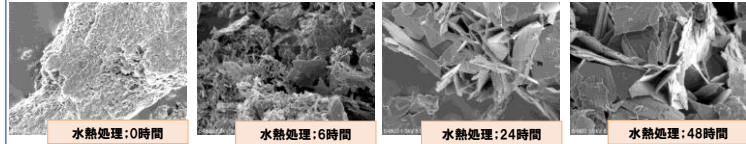
原材料	仕様	備考
セルロース	KCブロックW100G(日本製紙製)	平均粒径100 μ程度のバルブ
シリカ	ハイシリカHQ-S(ニッチツ製)	粒径250 μアンダー
カルシウム	水酸化カルシウム(和光純薬工業製)	
ポリプロピレン	ノバテックPP BC03B(日本ポリプロ製)	ブロック系、MI=30
酸変性樹脂	キャブリッド006(化薬アクゾ製)	

◆粉砕配合(重量部)及び粉砕条件

No.	配合(部)				遊星ボールミル粉砕条件	
	セルロース	シリカ	カルシウム	水	回転数(rpm)	時間(h)
1	10			148	200	4
2	10			148		
3	10	9	11	148		
4	-	12	22	148		

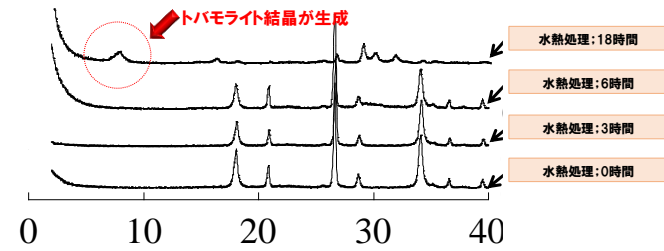
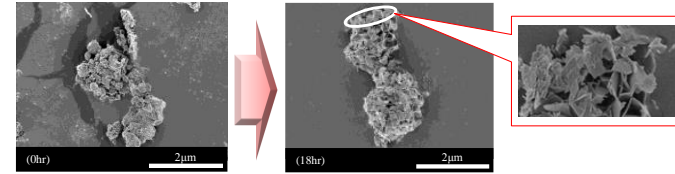
シリカ+カルシウムからケイ酸カルシウムへ

41



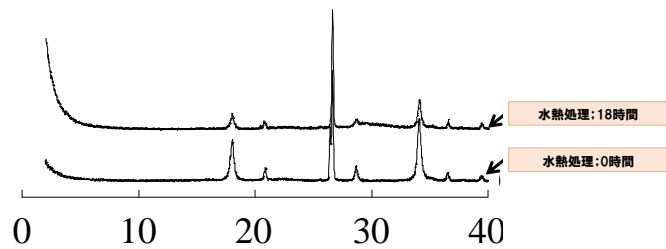
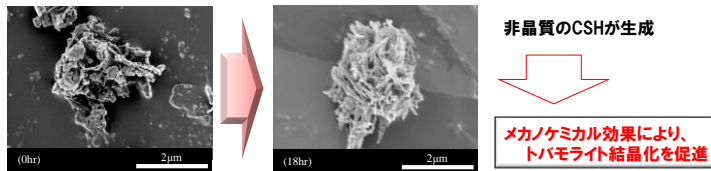
ケイ酸カルシウム水和物をCNFに被覆(メカノケミカル有;No.2)

42



メカノケミカル効果の検証(メカノケミカル無;No.2)

43



ケイ酸カルシウム水和物表面処理による乾燥性の改善

44

湿式粉碎にてセルロースは微粉化する程、通常乾燥では凝集する

No.	水熱処理時間 (hr)	平均粒径(μm)		
		スラリー	凍結乾燥	60℃乾燥
セルロース 湿式粉碎	0	15.3	17.4	凝集
	6	14.7	16.5	凝集
	18	12.1	21.5	凝集
	24	-	14.0	凝集
ケイ酸カルシウム 表面処理 セルロース	0	12.0	13.1	凝集
	6	12.9	19.0	12.4
	18	20.2	12.0	12.3
	24	-	12.6	12.7

通常乾燥では、測定できないレベルで著しい凝集が生じた

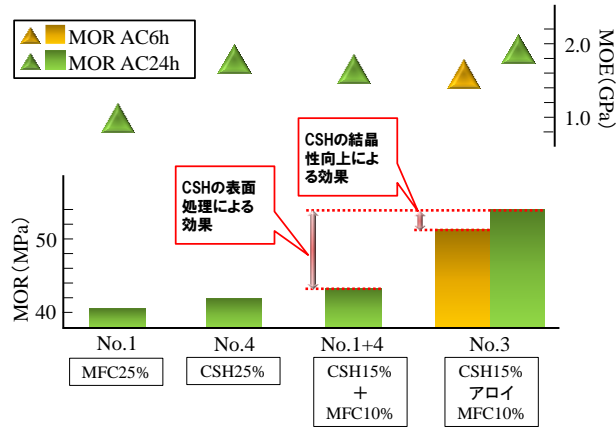
通常乾燥でも凍結乾燥と変わらない粒子径を維持

ケイ酸カルシウム表面処理により凝集を防止

ケイ酸カルシウム水和物表面処理による機械的特性的向上

45

PPベース複合材射出成型体の曲げ強度



ウッドプラスチックにナノファイバーを混ぜてみた

47

	PE	WPC	CNF添加 WPC
木粉添加量	0%	50%	49%
CNF添加量	0%	0%	1%
MFR	40.4g/10min	5.8g/10min	6.3g/10min
引張強度	31.7MPa	32.9MPa	38.3MPa
弾性率	301MPa	735MPa	850MPa
吸水率	0%	6%	4%

流動性が向上して
強度、弾性率も少し向上し
耐水性も向上した

木粉とナノファイバーの相乗効果……

現状セルロースナノファイバーは高価である

バイオマスフィラーの特性を利用

静岡大学共同)環境省 平成27年度地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発FS委託業務

3. ウッドプラスチックの展望

事例紹介③) ハイブリッド(複合利用)

46

キッチン部材として……、のウッドプラスチック

48



加工性、コスト、使い勝手等から
木質ボードが多く利用されている

水がかかっても、木材部分に入り込まないように
シート貼りや塗装でしっかりガード

キッチンの木部材代替としてウッドプラスチックの利用は
以前より検討されていた(トクラスも洗面化粧台で一部実用化)

なぜ、ウッドプラスチック利用が促進されなかったのか？

コストの問題

木質ボードは、40~80円/kg、
ウッドプラスチックは、300円/kg

耐水性の問題

ウッドプラスチックは高耐水であるが、
キッチンには吸水の偏りがある

CNF効果を利用することで……

- ①流動性が向上することで、複雑形状が可能
⇒組立の簡易化で製造コストの削減
 - ②耐水性が向上することで、素地利用が可能
⇒耐水加工が不要となりコストの削減
- ＋ ウッドプラスチックのメリット

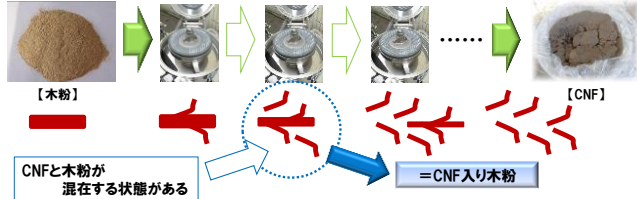
ニーズに対応できる用途にCNFを展開する

- CNFにしか出せない性能
- CNFを利用しなければならない用途
- CNFとの組合せにより相乗効果がある利用

CNF利用における一工夫＝バイオマスファイバーならでは！！

49

<CNFの製法(リグノセルロースナノファイバー)>



CNFと木粉を同時に製造する

安価にCNF入り木粉が製造できる

CNFを作り、後で添加する手法に比べ簡易に製造ができる

簡単にCNF入り木粉が製造できる

木粉を作る時点で、製造可能となる
＝特殊な設備、管理を必要としない

ウッドプラスチックコストに大きく影響しない
＝キッチン部材として利用可能

山側でのCNF生産が可能となる
＝静岡県にての地域モデルが実現

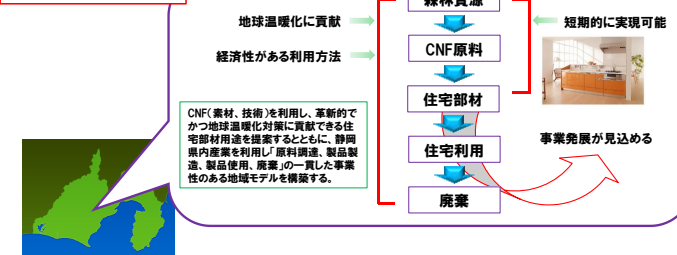
環境省 FS検証事業のアウトライン

50

FS検証事業：キッチン木製部材代替素材として「CNF添加ウッドプラスチック」の利用

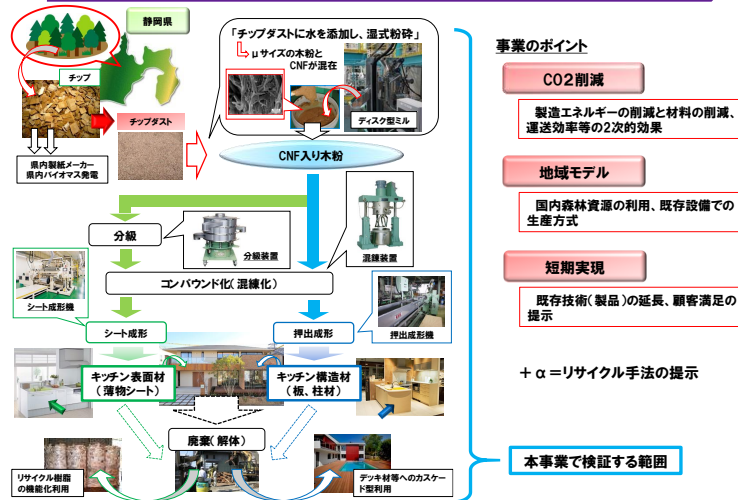


代表機関：静岡大学



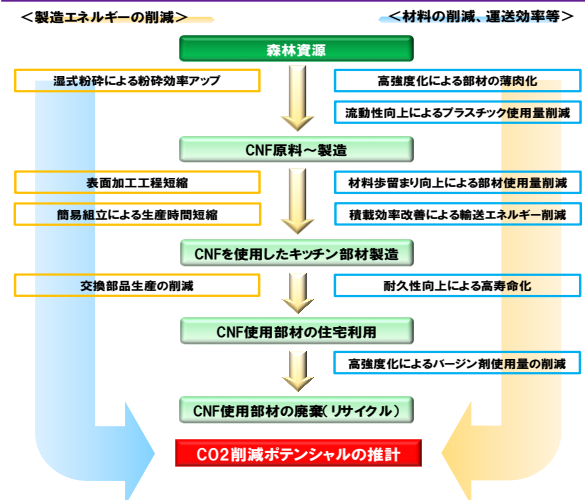
事業の全体レイアウト

51



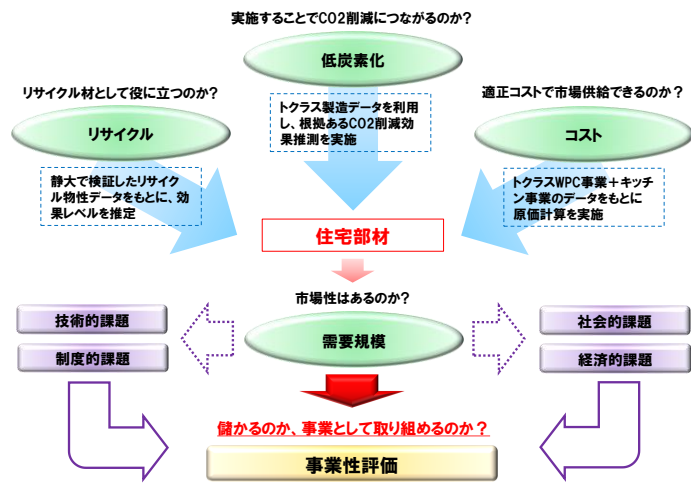
事業におけるCO2削減ポイント

52



FS検証の進め方

53



3. ウッドプラスチックの展望

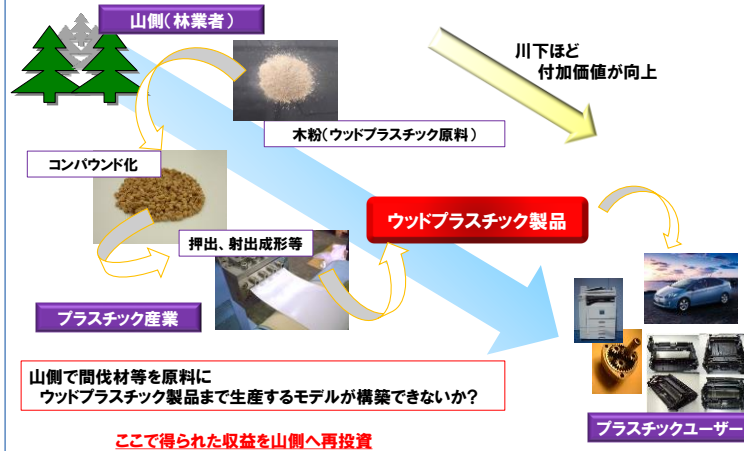
54

事例紹介④) 森林利用との融合

例えば、ウッドプラスチック利用では・・・

55

森林(山側)で、川上から川下へつながる産業の仕組みを構築



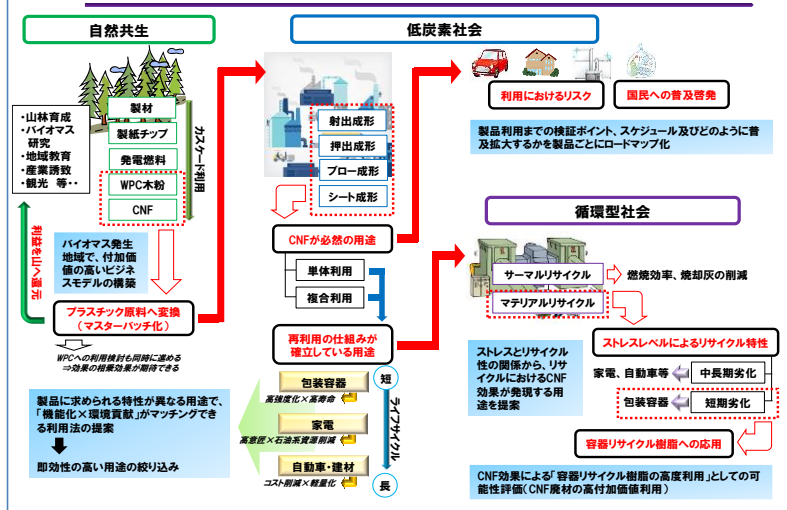
既存の森林利用と融合したカスケード型モデル

56



目指すべき全体像(理想像)

57

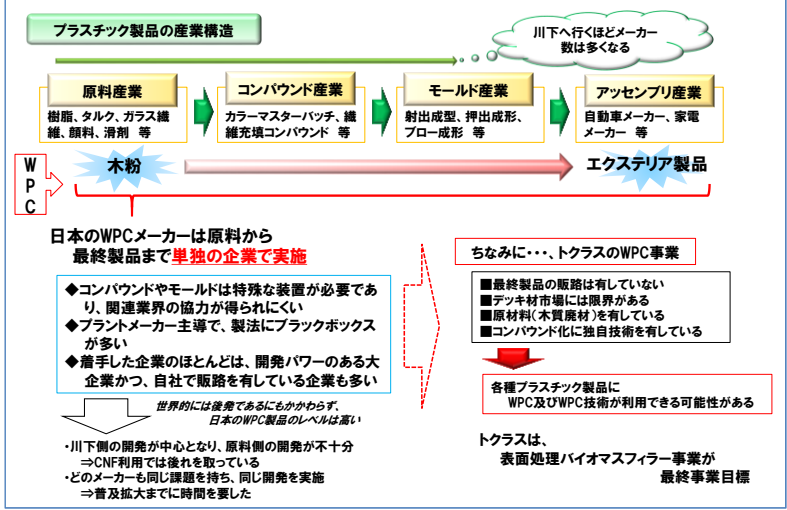


4. まとめ

58

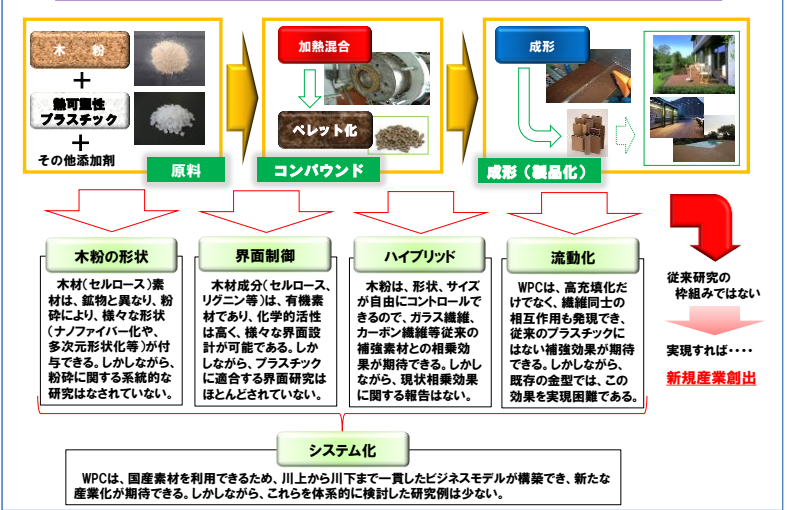
既存の産業構造との連携

59



バイオマスフィラー拡大に向けた技術課題・展望

60



Feasibility Study Report on the Application Development of Cellulose Nanofiber for Low-Carbon Society in the Local Area (2015)

March 2016

Principal Research Organization
NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION
SHIZUOKA UNIVERISTY

Co-Research Organization
TOCLAS CORPORATION

1. Summary

The application development of cellulose nanofiber (CNF) which would contribute to global warming countermeasures was conducted as a feasibility study. Peculiarly on a short-term basis, proposition of a business scheme in the local area and evaluation of the economic viability for the scheme were desired. The final goal of this study is to explore the possibility to develop a consistent business model from raw procurement through disposal which can conclude in local area.

In this study, reduction effects on carbon dioxide (CO₂) emission during kitchen production and assembling procedure by using wood plastic composite (WPC) functionalized by CNF (CNF-WPC) was assessed. Compared to the conventional WPCs which contain wood flour as a filler material, CNF-WPC shows higher mechanical properties. This makes it possible to reduce the amount of raw material for kitchen products and add them high durability performance. Furthermore high fluidity of CNF-WPC improves the productivity. In addition to such advantage, reduction of transportation energy consumption by using local material and promotion of material recycling resulted in over 40% reduction of CO₂ emission compared to conventional kitchen products. From the viewpoint of economic terms, the advantage of kitchen using CNF-WPC was revealed; producing cost of CNF-WPC kitchen could be comparable with that of conventional kitchen. In addition to these results, potential application and possibility of business promotion was discussed.

2. Background and objective

In the residential housing field, different kind of efforts for the reduction of CO₂ emission are achieved, i.e. “improvement of air conditioning performance by super-insulated house” and “low-power consumption technology such as Home Energy Management System and use of energy saving home electronics”. These promotions have been prevalent because these provide the benefit for home buyer. On the other hand, there is still room for CO₂ reduction in sections of building materials industry.

From the viewpoint of technological property and material cost, wood based panels are widely used for a basic material of kitchen. When wood based panes are used as plumbing products, it must be sealed against water. WPC could be a suitable material because it has high resistance to water. WPC has relatively high mechanical properties and durability, which contribute to improve durable life of kitchen. If wood based panels were replaced by WPC, there is a possibility not only to reduce the number of components but also simplify the surface finishing process. Even though WPC has high potential to replace wood based panels as the materials for kitchen, cost of raw material for WPC is approximately 4 to 8 times of that for wood based panels. Also its low fluidity is a problem when produce complex shapes by extruder. Therefore practical use of WPC in the kitchen has not been processed.

To overcome these problems, CNF was added to WPC. Addition of CNF improves both its bending property and fluidity. Furthermore CNF could be easily produced from regional wood by disk milling together with wood flour which can be used for the filler of WPC. In this feasibility study, reduction effect on CO₂ emission during kitchen building procedure by using wood plastic composite (WPC) functionalized by CNF (CNF-WPC) was assessed.

3. Content of implementation

i) Estimation of CO₂ reduction

To evaluate CO₂ emission for building kitchen by CNF-WPC, the emissions during conventional kitchen building were evaluated. A size of conventional kitchen was W2250 x H850 x D650mm with 190 kg of weight. It consists of wood based panels, metal clasp and several kinds of resins. Figure 1 shows the outline of conventional kitchen. Figure 2 shows the outline of CNF-WPC kitchen. The CO₂ emission was calculated by 1) cabinet assembling, 2) production of top panel and counter including kneading, 3) transportation from factory to house, and 4) disposal after usage.

As shown in Fig. 3, 94kg of GHG emissions will be reduced when conventional kitchen was replaced by CNF-WPC kitchen.

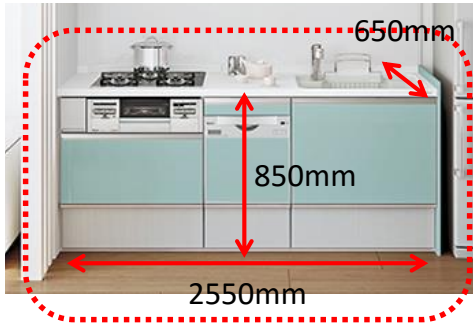


Fig. 1. The outline of conventional kitchen.

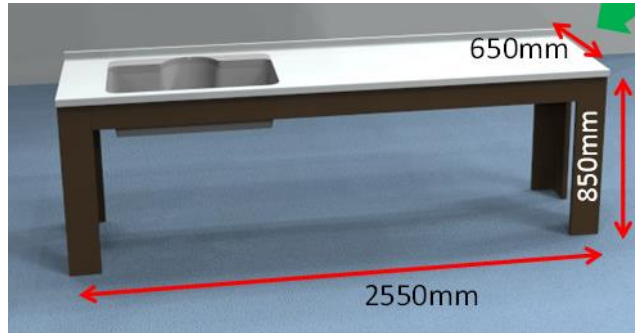


Fig. 2. The outline of designed kitchen built by CNF-WPC

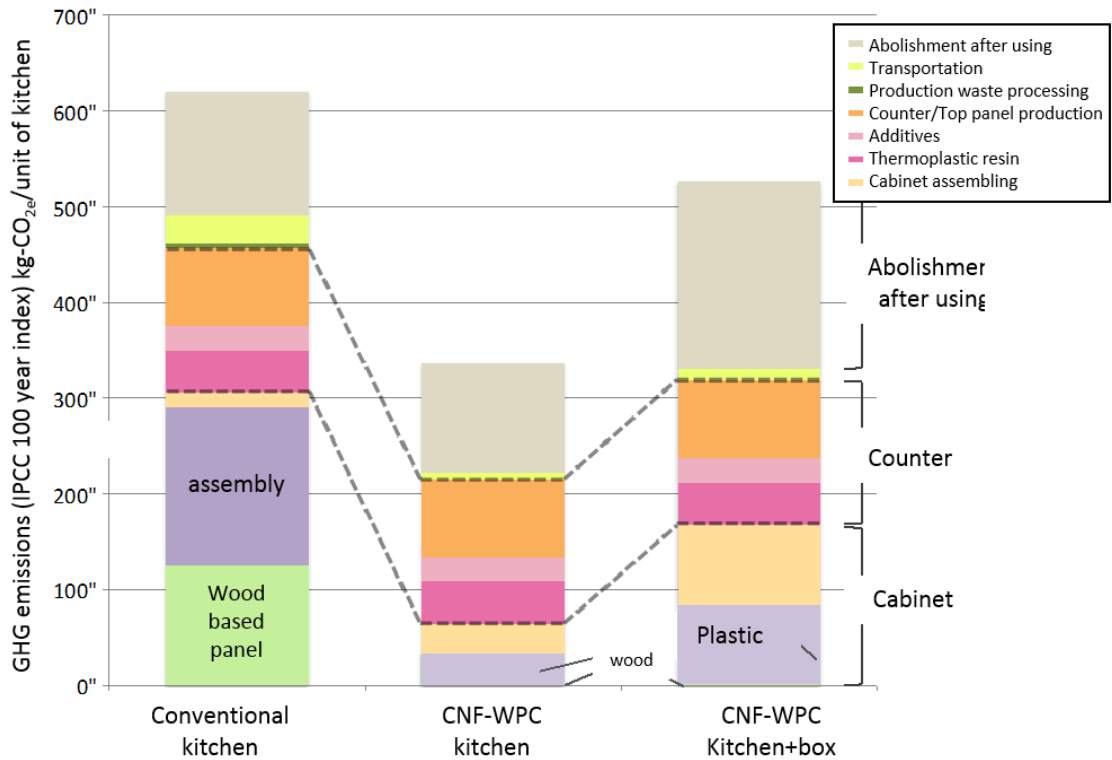


Fig. 3. Comparison of GHG emissions among conventional kitchen, CNF-WPC kitchen, and CNF-WPC kitchen with box production.

ii) Recyclability

Plastic will degrade by heat and shear force at kneading process when is recycled. To evaluate the recyclability, CNF-WPC was subjected to the

repetitive kneading with heat. Kneading torque and melt flow rate (MFR) during kneading, and mechanical properties for each cycle were evaluated. It was found that the kneading torque did not change after second cycles. MFR increased with increasing number of cycles. However, CNF-WPC of higher wood filling rate showed lower increment ratio of MFR for the increasing of cycles. Bending strength, tensile strength and Izot impact strength did not drastically decrease as the increasing number of cycle. These results suggested that recycling will have little influence over mechanical properties and productivity of CNF-WPC. CNF-WPC kitchen could be recycled for WPC deck material.

iii) Feasibility assessment

Table 1 The calculation of profits and losses for CNF-WPC kitchen.

Operation	Section	Unit price (yen/kg)	Remarks
Wood flour	Variable cost	23	wood flour, electricity, transportation fee
	Constant cost	18	labor charge, amortization expense
	Administration cost	7	
	Benefit of sales	11	
	Total	49	
Compound	Variable cost	195	CNF, PP, additives, transportation fee
	Constant cost	4	labor charge, amortization expense
	Administration cost	30	
	Benefit of sales	34	
	Total	263	
Forming	Variable cost	273	Compound, transportation fee
	Constant cost	5	labor charge, amortization expense
	Administration cost	42	
	Benefit of sales	48	
	Total	368	

In Shizuoka area, there are a lot of companies which have experiences for producing WPC, and also wood flour as a raw material of CNF could be supplied from Tenryu district. Even equipment investment will be required to produce wood flour and CNF at the same time, all procedure from raw procurement through disposal can conclude in Shizuoka area. Table 1 shows the calculation of profits and losses. Total cost was approximately 12 yen/kg cheaper than that of conventional WPC. This is due to the lower transportation cost of local production for local consumption model.

Implementation period: June 1st 2015 – March 18th 2016