

環境研究総合推進費

研究課題番号 3J173002

容器リサイクル樹脂を利用した WPC用表面処理木粉の開発

【研究期間】 平成29年4月1日～令和2年3月31日

【累計補助金額】 15,750千円

(平成29年度:5,610千円、平成30年度:4,940千円、令和元年度:5,200千円)

【研究体制】

研究代表者:トクラス(株) 大峠慎二

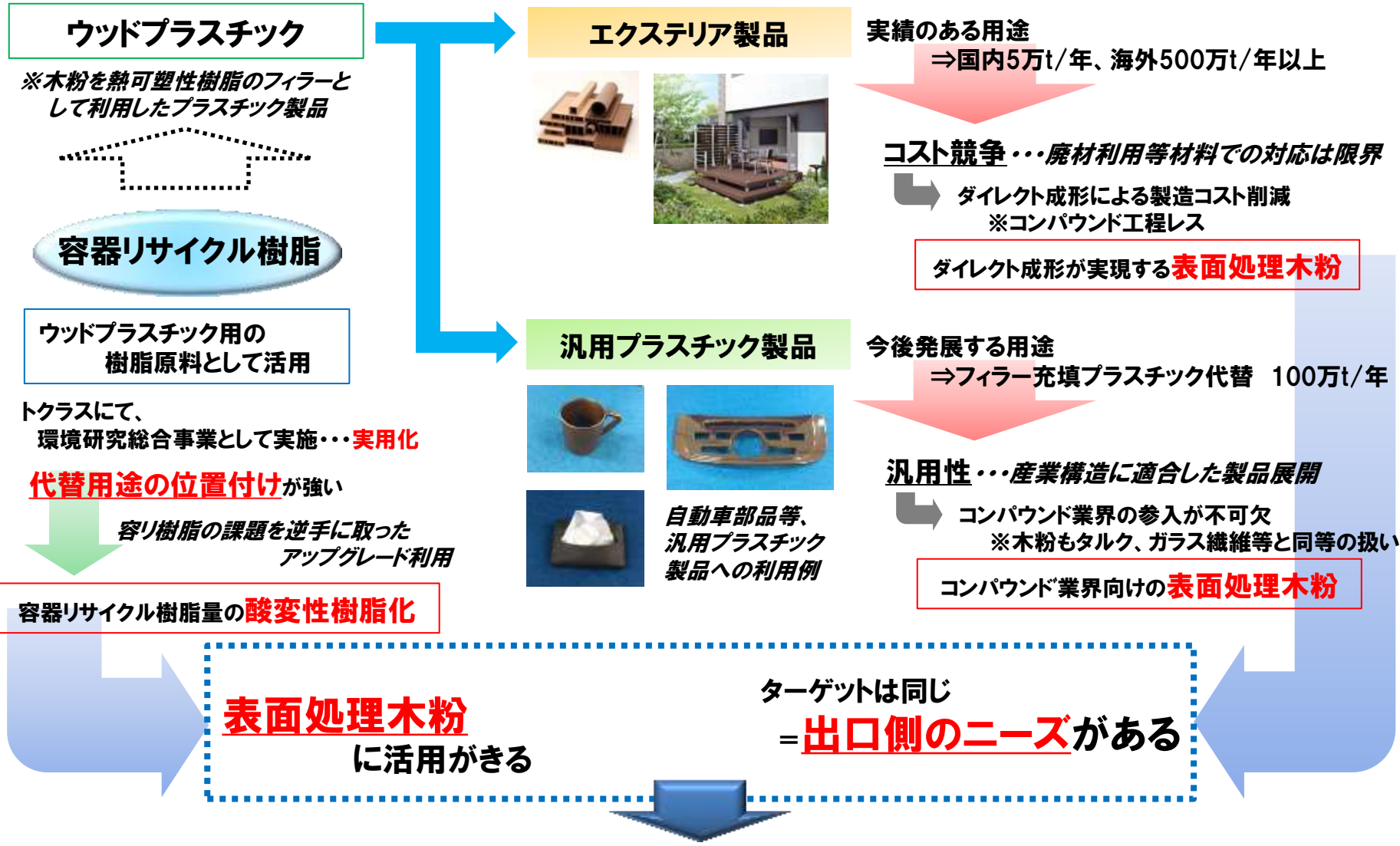
研究分担者:トクラス(株) 江間友幸

岡本真樹

香川恵子



本課題の背景

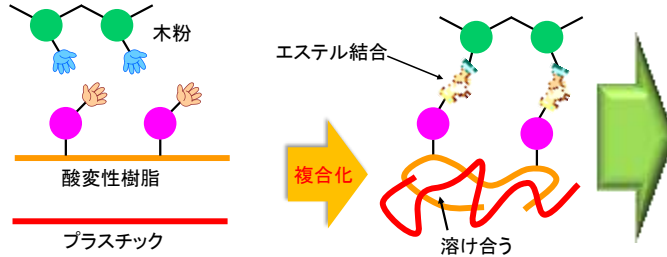


本事業提案: 容器リサイクル樹脂を利用したWPC用表面処理木粉の開発

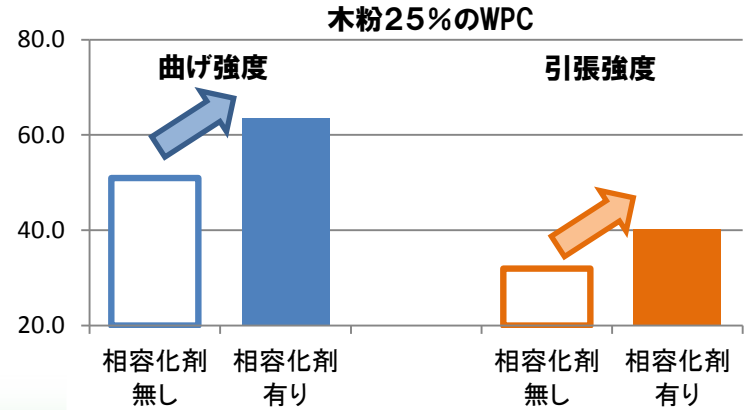
研究開発の目的

WPCにおける相容化の重要性

**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



**相容性を確保
した表面処理木粉**

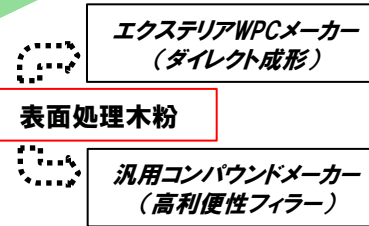
表面処理工程フロー

通常表面処理木粉の製法



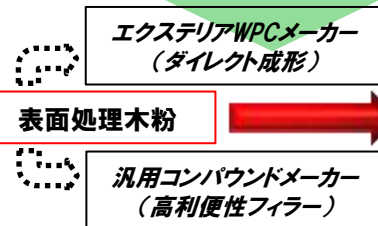
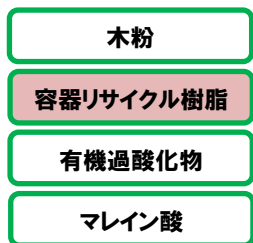
酸変性樹脂製造工程

木粉表面処理工程



容器リサイクル樹脂の活用 とリアクティブプロセス技術の確立

本事業における 表面処理木粉の製法

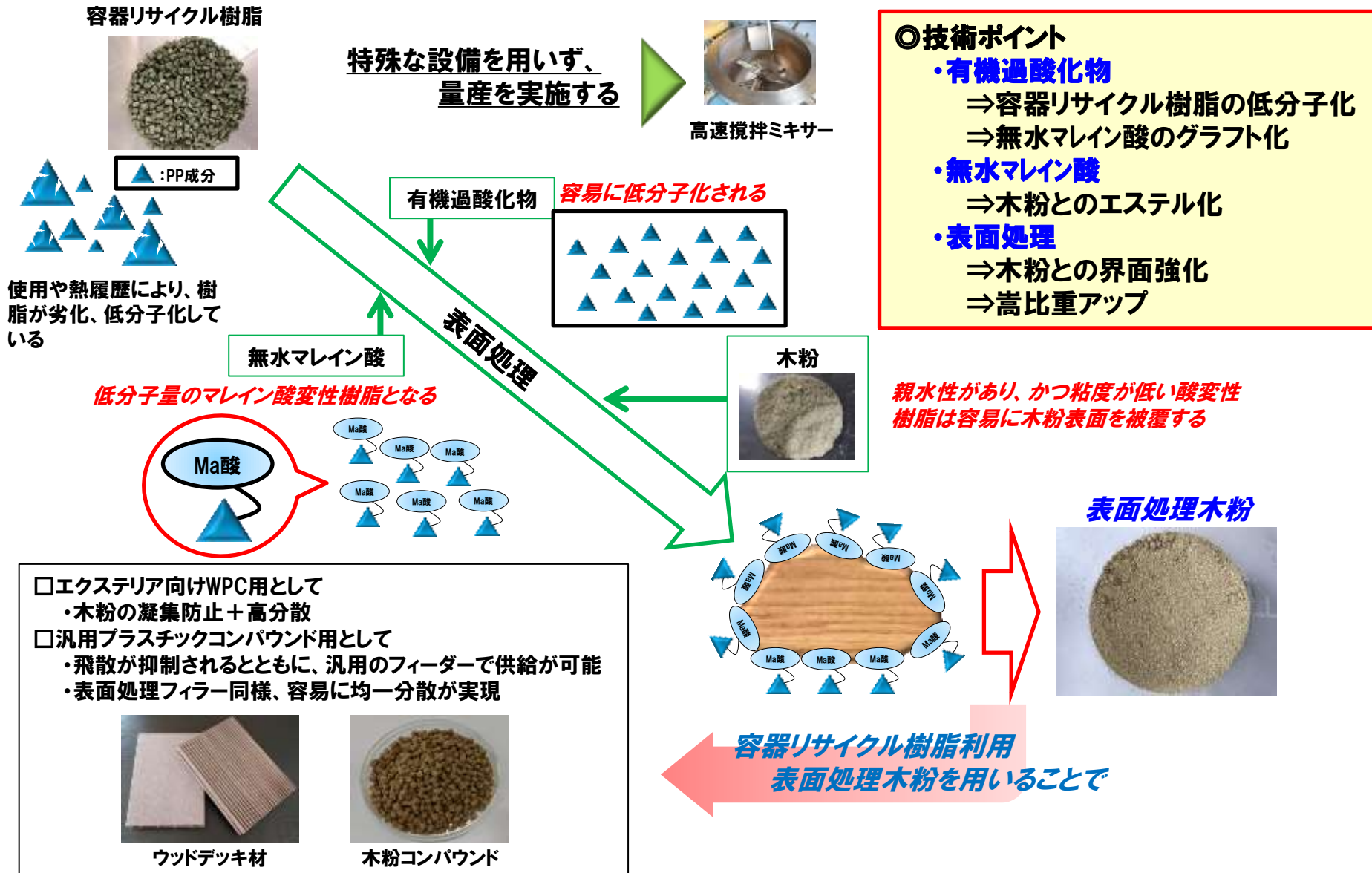


「酸変性樹脂製造」と
「木粉表面処理工程」を同時に実施

- ◇ 工程短縮化によるコストダウン
※ 製造エネルギーの削減
- ◇ 表面処理性能の向上

本課題のポイント

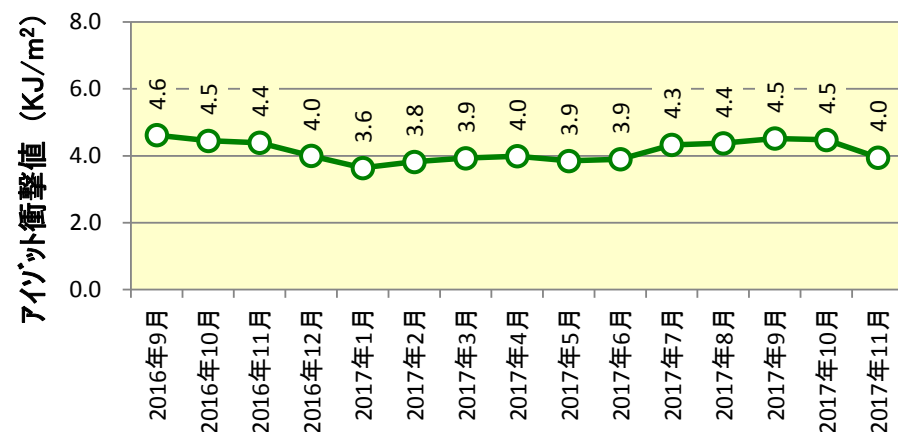
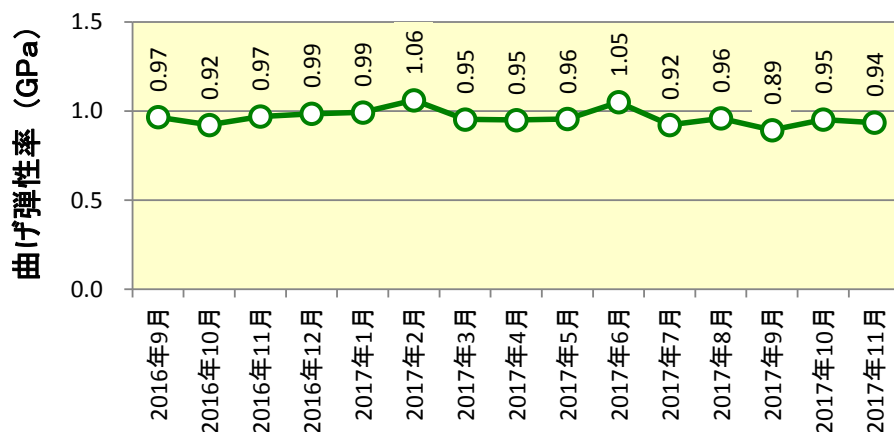
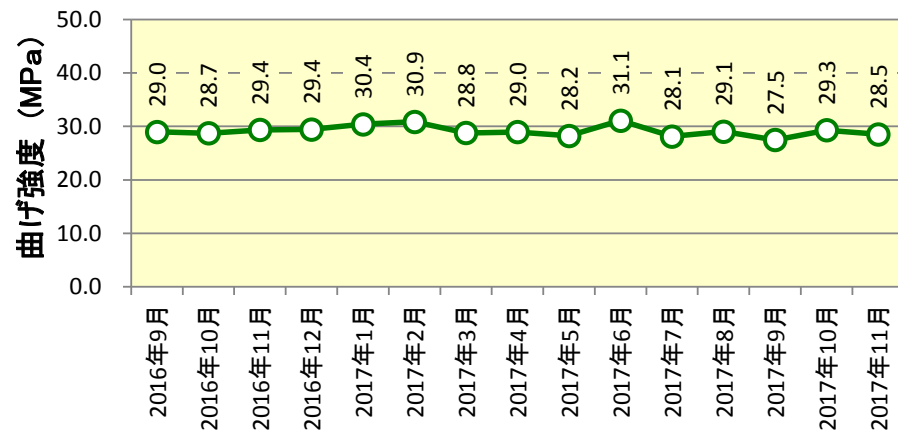
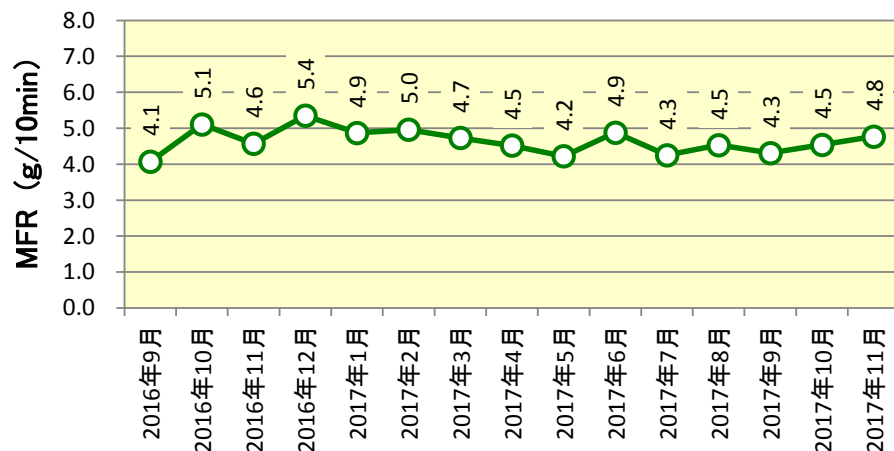
容器リサイクル樹脂の特性を生かした活用(環境研究総合推進費3K153010の応用)



	事業目標	平成29年度	平成30年度	令和元(平成31)年度
全体	<p>容り樹脂の有する特性を生かし、汎用のコンパウンドメーカーにてハンドリングでき、かつ機能性を付与できる木粉フィラーの表面処理製造技術の確立である。したがって、達成目標としては、性能目標に加え、使い勝手、経済性から見た実用性目標の両面の確立を必須とする。</p>	<p>容り樹脂の表面処理特性の検証(ex.添加量、性状、ロット等の変動因子に対して)とコンパウンド生産性確保の検証を量産が想定できるラボ装置で実証する。 (※量産が想定できるラボ装置＝実用機の小型装置で、過去の知見より、容易にスケールアップが類推できる装置を指す)</p>	<p>実機ベースにて、性能目標の達成と生産性の確保を実証する。また、コスト評価のベースとなる工程管理、品質管理等の事業負荷項目の検証を実施する。</p>	<p>製品、事業両面での実用性を立証する。実際に、対象となるユーザーへサンプル供給し、実証評価を実施するとともに市場課題をフィードバックした改良も実施する。即ち、本事業終了後、直ちに事業が開始できる体制を構築する。</p>
性能目標	<p>■容り樹脂表面処理木粉を25%添加したWPCにて、バージン樹脂に対し、曲げ強度で30%以上、引張強度で20%以上、弾性率で50%以上の高強度化を実現すること</p>	<p>■配合比等スペックの異なる容り樹脂を用い、ラボベースで製造、表面処理木粉25%添加したWPCにて、バージン樹脂に対し、曲げ強度で30%以上、引張強度で20%以上、弾性率で50%以上の高強度化を達成するレシピを確立すること</p>	<p>■量産装置にて、容り樹脂を用いた表面処理木粉を製造、25%添加WPCにて、バージン樹脂に対し、曲げ強度で30%以上、引張強度で20%以上、弾性率で50%以上の高強度化を達成すること</p>	<p>■市場評価に基づいた性能面でのフィードバック検証を実施すること ・現時点で、安定性に関するデータが市場からのフィードバック項目の一つであると予想される為、性能安定面の実測データを提示すること</p>
実用性目標	<p>■変性＋表面処理工程を同時に実施する合理化生産方式を確立することで、処理木粉販売単価として、市販未処理木粉同等(100円/kg以下)の供給を可能とすること ■容り樹脂表面処理木粉25%のWPCコンパウンドにて、汎用の押出成形機で実用性のある生産能力を確保できること (70mm二軸成形機で100kg/hr以上の生産能力確保)</p>	<p>■30mm小型二軸成形機を用い、5kg/hr以上の生産能力を確保すること</p>	<p>■70mm二軸成形機を用い、100kg/hr以上の生産能力を確保すること ■実生産を想定した作業基準(工程管理、品質管理)を確立すること</p>	<p>■処理木粉販売単価として、市販木粉同等(100円/kg以下)の供給ができる生産方式を確立すること ■サンプルワークを実施し、市場評価を実施すること ・3社以上のコンパウンドメーカー(あるいは押出成形メーカー)でサンプル評価を実施すること</p>

容器リサイクル樹脂材料の安定性評価

● 表面処理に用いる容器リサイクル樹脂のバラツキを調査した。



今回検討するPPリッチタイプの容器包装リサイクル樹脂(広島リサイクルセンター製)は光学選別していることから、家庭ごみからの廃材ではあるが、物性が安定している。
(本事業への工業利用には十分利用できる、品質のバラつき範囲と考える)

表面処理方法とその評価手順

① 配合



木粉



容器リサイクル樹脂



無水マレイン酸



有機過酸化物



② 表面処理

完了温度190°Cに固定



高速攪拌によるせん断発熱により、樹脂の溶解と分散を同時に実施

嵩比重

表面処理状態



③ 配合(希釈) ④ コンパウンド



表面処理木粉

+



バージンPP



二軸押出機

吐出量計測



⑤ 射出成型 (試験片作成)



⑥ 評価

曲げ試験

引張試験

その他

有機過酸化物の必要性

樹脂粘度による表面処理状態への影響



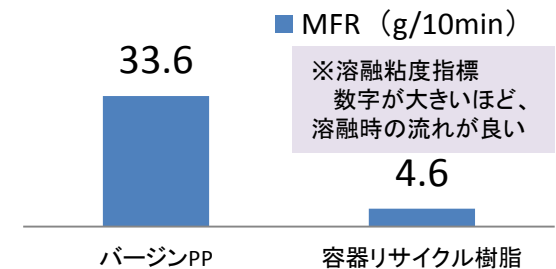
バージンPP利用(木粉80%)



容器リサイクル樹脂
の未溶融物が残る

容器リサイクル樹脂利用(木粉80%)

バージン樹脂(MFR30)においては表面処理が可能であるが、容器包装リサイクル樹脂は今回使用したPPに対し高粘度の為、未溶融の粒が発生、表面処理が十分とは言えない。



有機過酸化物による、容器包装リサイクル樹脂の低粘度化(分解)が必要

低粘度化による表面処理状態と処理時間の短縮効果

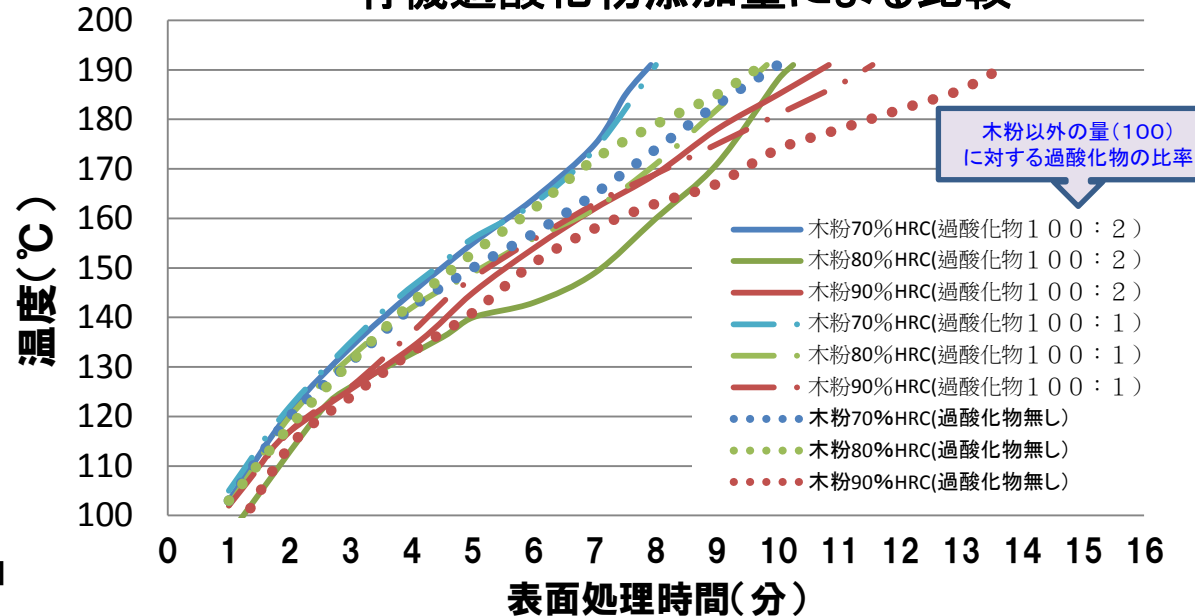
有機過酸化物を利用した場合の表面処理状態



容器リサイクル樹脂+有機過酸化物
「木粉80%HR CPP (過酸化物100:1)」

高速ミキサーにおける表面処理時間と材料温度

有機過酸化物添加量による比較



- 有機過酸化物利用により容器リサイクル樹脂が均一に木粉表面を被覆
- 有機過酸化物の添加により、表面処理時間が短縮。
- 有機過酸化物の量による表面処理時間の差は小さい。

容器リサイクル樹脂による表面処理に、有機過酸化物の添加は必須と考える

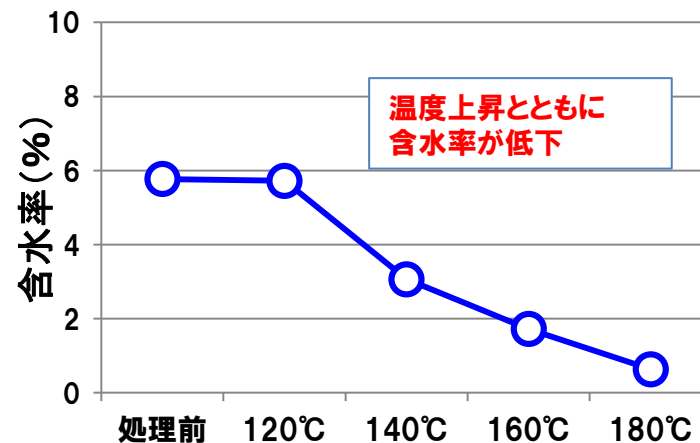
【性能評価】有機過酸化化物、無水マレイン酸の投入温度

有機過酸化化物、無水マレイン酸の添加量・投入温度の検討を実施した。

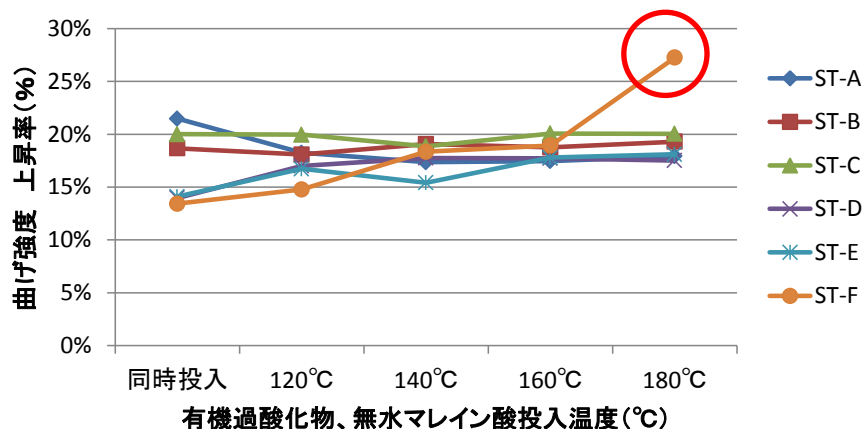
●表面処理配合①

試作番号	表面処理木粉 配合			
	木粉	HRCPP (容り樹脂)	無水 マレイン酸	有機 過酸化化物
ST-A	90.0%	9.72%	0.18%	0.10%
ST-B	90.0%	9.62%	0.18%	0.20%
ST-C	90.0%	9.42%	0.18%	0.40%
ST-D	90.0%	9.50%	0.40%	0.10%
ST-E	90.0%	9.30%	0.60%	0.10%
ST-F	90.0%	8.00%	1.00%	1.00%

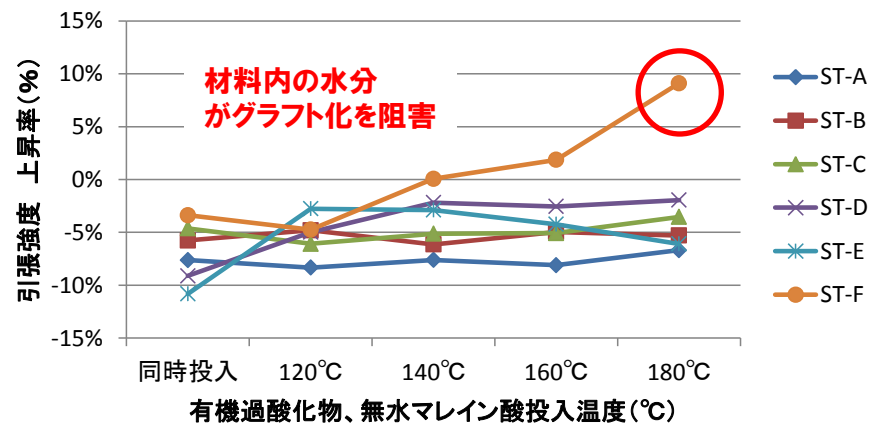
●ミキサー内の材料含水率



●曲げ強度 上昇率



●引張強度 上昇率



有機過酸化化物、無水マレイン酸の添加量の多い、ST-F配合において、投入温度の上昇(含水率の低下)とともに、曲げ強度、引張強度が向上し、180°C投入において最も良い結果が得られた。

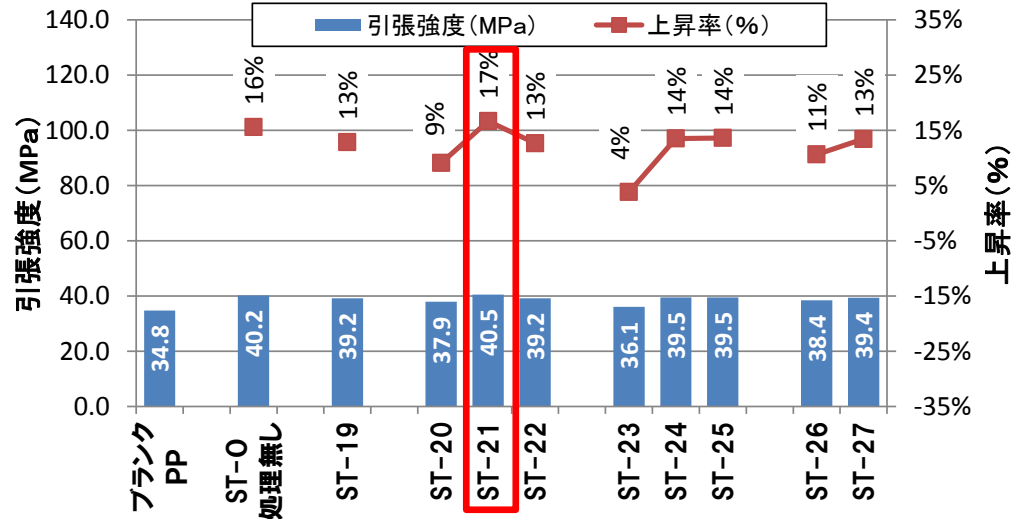
【性能評価】木粉量と無水マレイン酸、有機過酸化物の添加量比率の検討

引張強度の性能不足に対応し、木粉量と無水マレイン酸、有機過酸化物の添加量比率の検討を実施した。

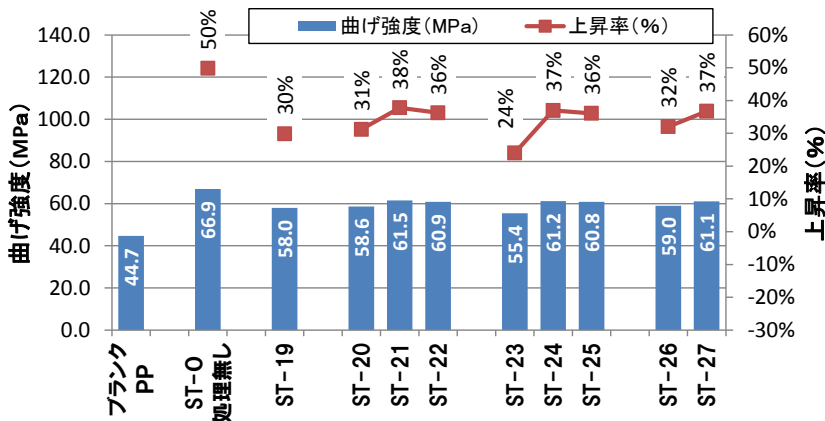
●表面処理配合②と嵩比重及び吐出量測定結果

試作番号	表面処理木粉				嵩比重 g/cm ³	木粉25%コンパウンド φ30mm 二軸押出機 吐出量 (kg/hr)
	配合					
	木粉	HRCPP	有機過酸化物 水素	有機過酸化物 酸素		
ST-0	表面処理木粉なし				0.12	4.8
ST-19	90.0%	8.0%	1.0%	1.0%	0.22	14.1
ST-20	90.0%	6.0%	2.0%	2.0%	0.24	13.4
ST-21	80.0%	16.0%	2.0%	2.0%	0.27	11.6
ST-22	70.0%	26.0%	2.0%	2.0%	0.34	11.5
ST-23	90.0%	4.0%	2.0%	4.0%	0.21	14.1
ST-24	80.0%	14.0%	2.0%	4.0%	0.26	12.2
ST-25	70.0%	24.0%	2.0%	4.0%	0.35	11.6
ST-26	80.0%	10.0%	2.0%	8.0%	0.23	11.3
ST-27	70.0%	20.0%	2.0%	8.0%	0.32	10.9

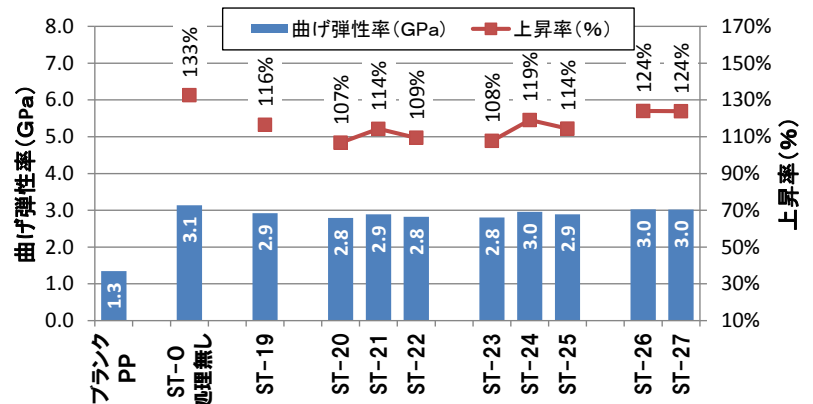
●引張強度と物性上昇率



●曲げ強度と物性上昇率



●曲げ弾性率と物性上昇率



木粉80%、無水マレイン酸2%、有機過酸化物2%(ST-21)において引張強度が最大化。

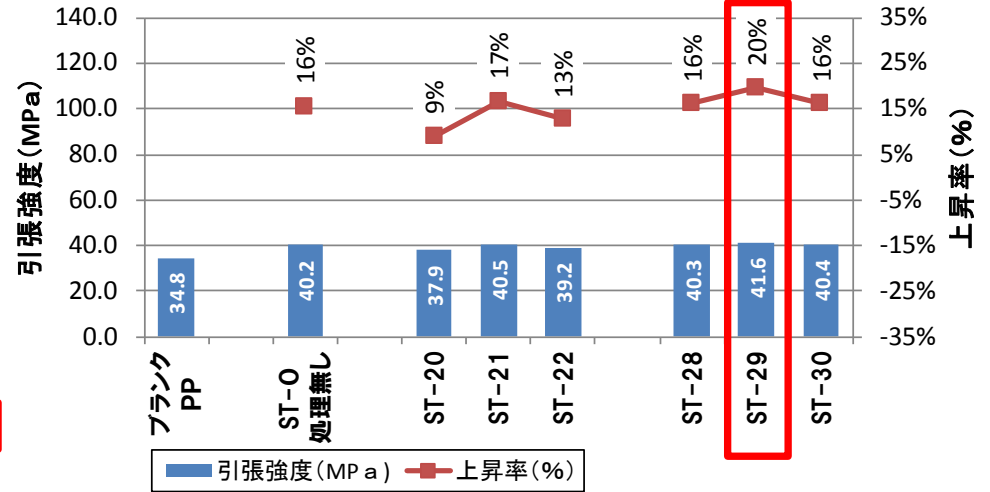
【性能評価】無機フィラー添加による強度向上検討

引張強度の性能不足に対応し、無機フィラー(タルク)添加による改良テストを実施した。

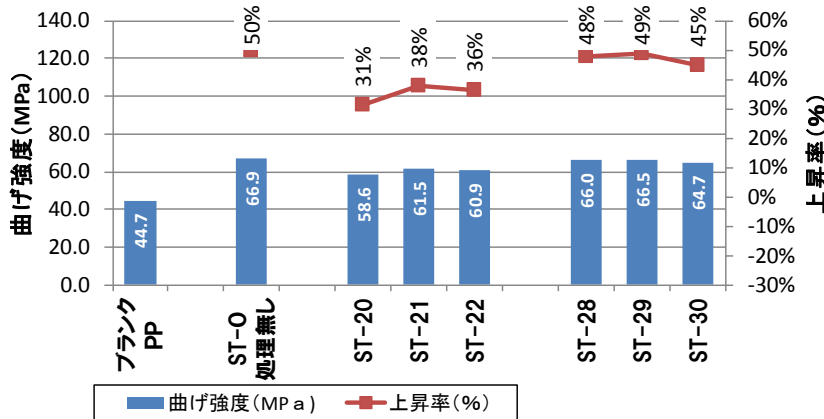
●表面処理配合③と嵩比重及び吐出量測定結果

試作番号	表面処理木粉					嵩比重 g/cm ³	木粉25%コンパウンド φ 30mm 二軸押出機 吐出量 (kg/hr)
	配合						
	木粉	タルク	HRCPP	無水マレイン酸	有機過酸化物		
ST-0	表面処理木粉なし					0.12	4.8
ST-20	90.0%		6.0%	2.0%	2.0%	0.24	13.4
ST-21	80.0%		16.0%	2.0%	2.0%	0.27	11.6
ST-22	70.0%		26.0%	2.0%	2.0%	0.34	11.5
ST-28	75.0%	15.0%	6.0%	2.0%	2.0%	0.27	13.7
ST-29	66.7%	13.3%	16.0%	2.0%	2.0%	0.34	13.4
ST-30	58.3%	11.7%	26.0%	2.0%	2.0%	0.45	11.9

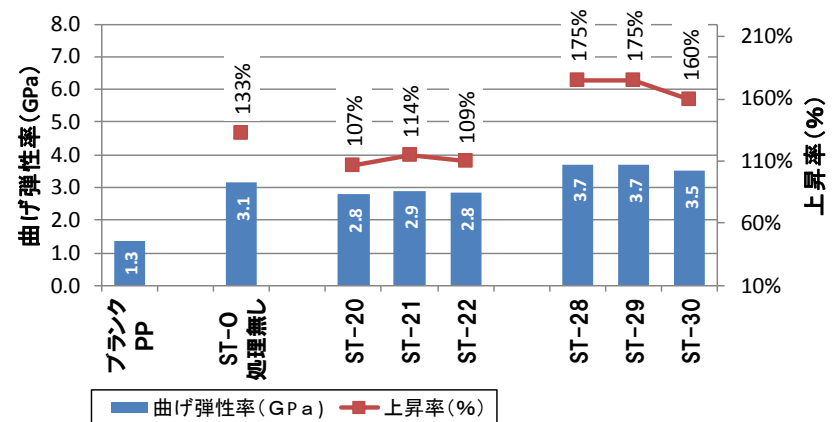
●引張強度と物性上昇率



●曲げ強度と物性上昇率



●曲げ弾性率と物性上昇率



木粉66.7%、タルク13.3%、無水マレイン酸2%、有機過酸化物2%(ST-29)において性能目標を達成

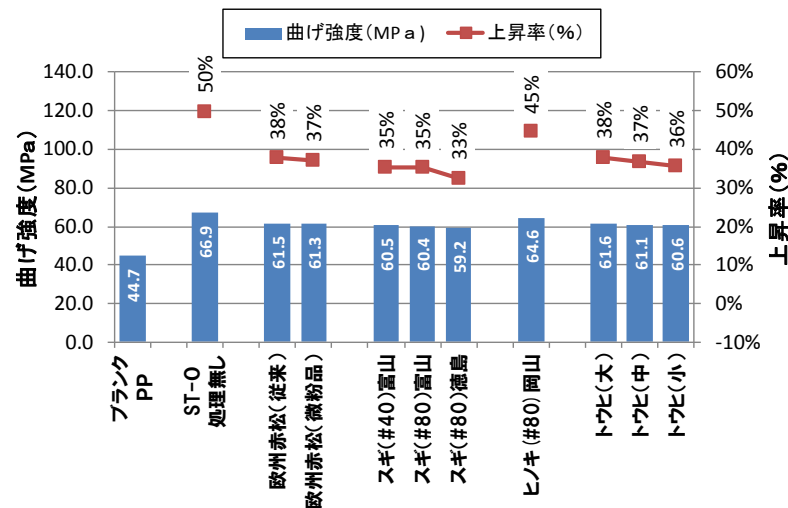
【性能評価】木粉種類・サイズの影響調査

木粉80%、無水マレイン酸(Ma)2%、有機過酸化物(PO)2%にて、木粉種類・サイズの影響を調査した。

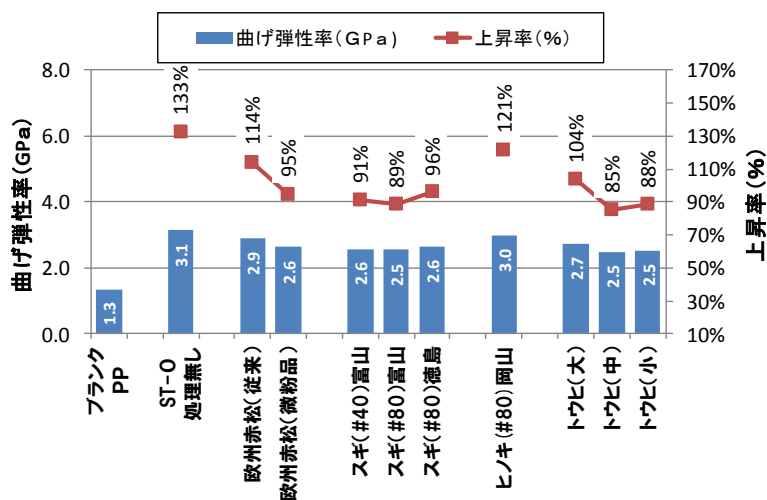
●木粉の種類と平均粒径・嵩比重

木粉種類	平均粒径(μm)	嵩比重(g/cm ³)
欧州赤松(従来)	262	0.12
欧州赤松(微粉品)	30	0.14
スギ(#40)富山	254	0.16
スギ(#80)富山	136	0.14
スギ(#80)徳島	145	0.13
ヒノキ(#80)岡山	170	0.11
トウヒ(大)	165	0.21
トウヒ(中)	112	0.18
トウヒ(小)	46	0.23

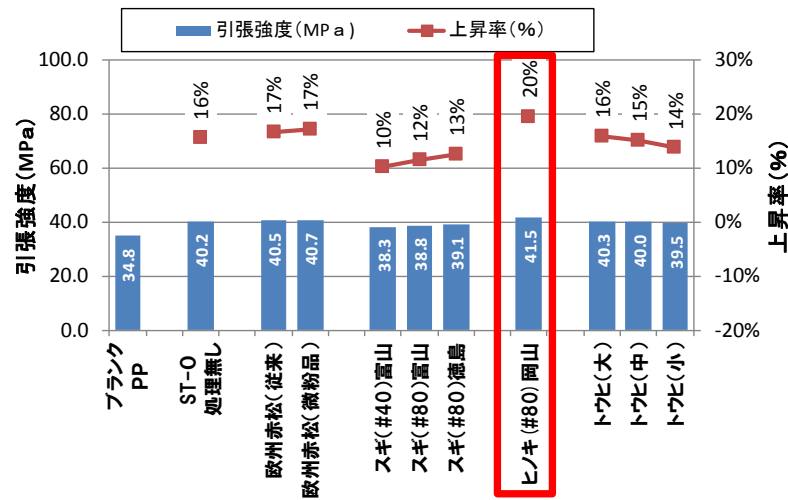
●曲げ強度と物性上昇率



●曲げ弾性率と物性上昇率



●引張強度と物性上昇率

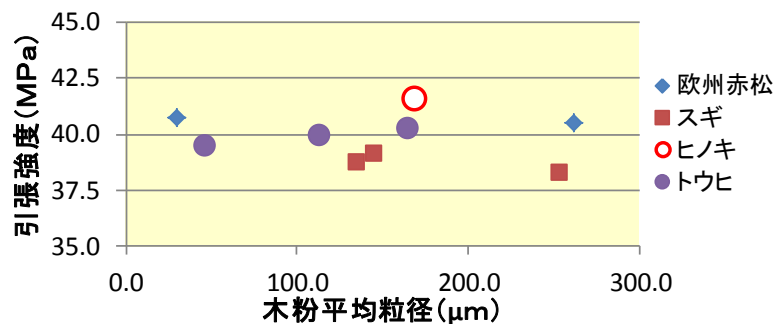
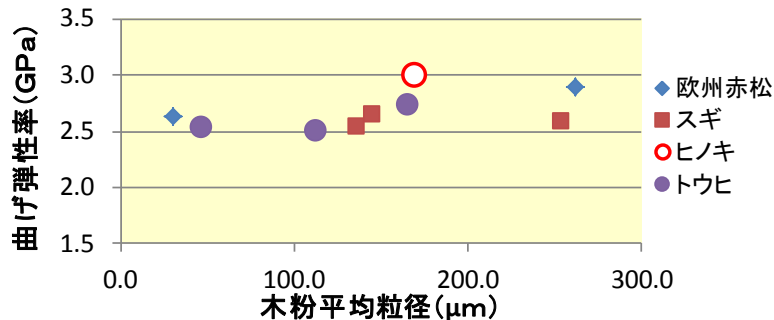
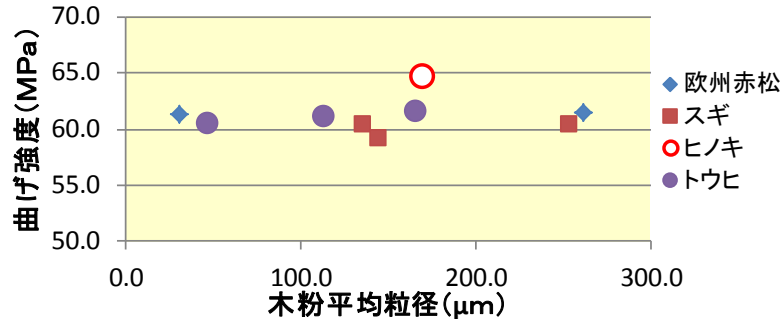


木粉の種類について大きく差がみられ、ヒノキ木粉利用にて、性能目標を達成

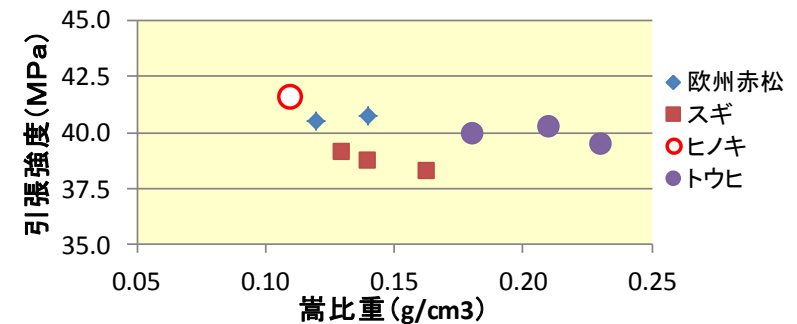
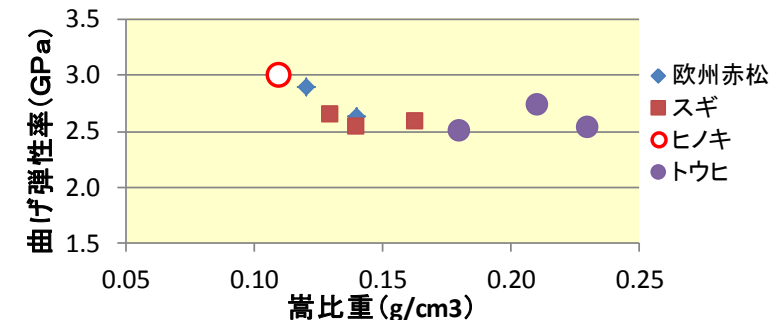
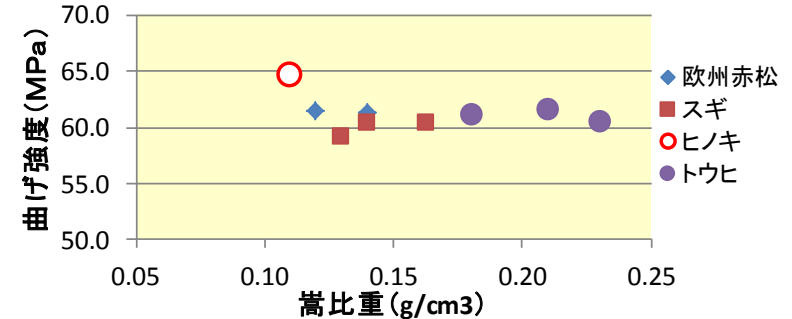
【性能評価】木粉形状と強度の関係

木粉の形状(平均粒径・嵩比重)と各強度の関係を調査した。

●平均粒径と強度・弾性率の関係



●嵩比重と強度・弾性率の関係



粒径の影響は小さく、樹種(成分)と嵩比重が影響していると推察される

【性能評価】耐候性試験結果

● PP単体と表面処理木粉を利用したWPCの紫外線劣化について促進耐候性試験機を用いて各試験時間毎の引張強度測定を実施した。

●試験方法

・JIS K 7350-2

(プラスチック-実験室光源による暴露試験方法-第2部:キセノンアークランプ)準拠

・放射照度: 0.51W/m² [340nm]

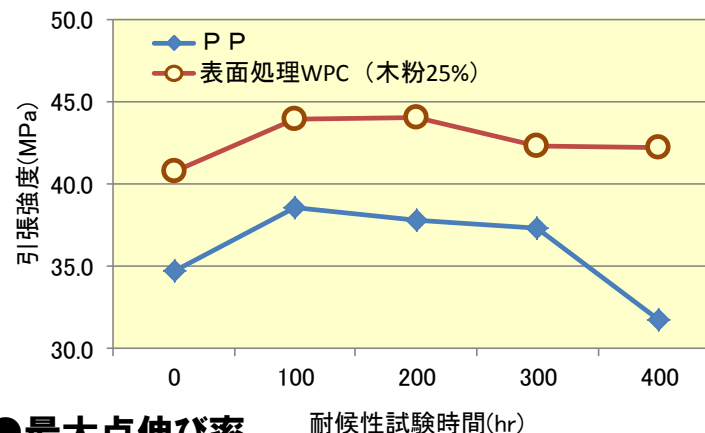
・水噴射サイクル: 120分中18分間

・ブラックパネル温度: 63°C ± 3°C

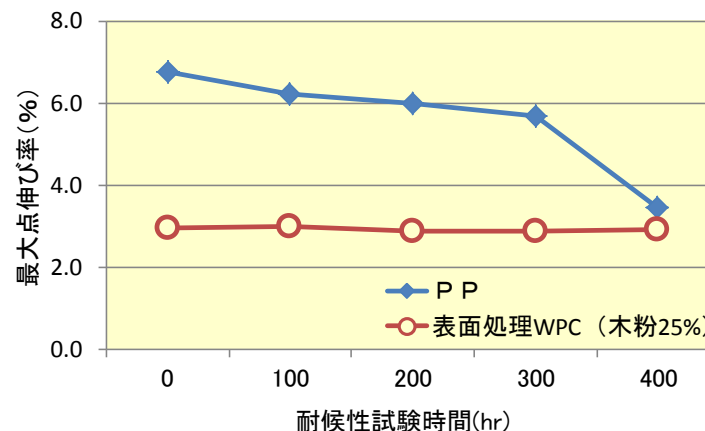
●試験後サンプル外観

耐候性試験時間(hr)	PP	表面処理WPC(木粉25%)
0hr		
100hr		
200hr		
300hr		
400hr		

●引張強度



●最大点伸び率



- ・PP単体は伸び率とともに強度低下するも、表面処理WPCについては若干の強度低下の結果。
- ・屋外利用における色調の変化(白色化)については、顔料・添加剤等の処方が必要
(エクステリアデッキでの実績を参考にする)

【実用性評価】表面処理による嵩比重アップ効果

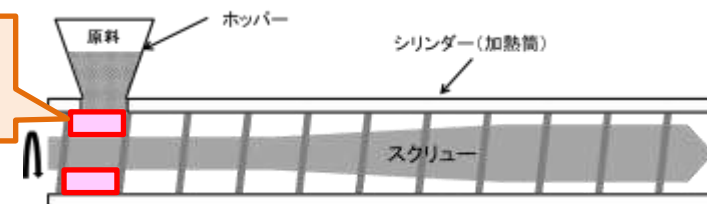


木粉処理により嵩比重約2倍にアップ
(ハンドリング性の向上、輸送コストの削減)

押出コンパウンド用
に配合(木粉25%)



スクリュー
1ピッチに入る
材料が増える。



処理木粉を樹脂ペレットで希釈しても嵩比重
が高く、押出スクリューへの食い込みアップに
つながる。(生産性アップ)

【実用性評価】量産スケールでの生産能力テスト

「ST-21の配合」「ST-29の配合:タルク併用」にて量産スケールでの生産能力テストを実施した。

●表面処理工程

(ミキサー容量20L⇒100L)



●希釈コンパウンド工程(木粉25%)

(2軸押出機スクリー口径φ30mm⇒φ70mm)



●表面処理条件

・スーパーミキサー

回転数:1350rpm(最大回転数)

タンク温調:200℃

添加剤(Ma、PO)投入:180℃

材料温度上限:190℃

添加剤投入後反応時間:20min

・クリーンミキサー

タンク:水冷

冷却時間20min後排出

●コンパウンド条件

シリンダー部位	C1	C2	C3	C4	C5	C6
設定温度(℃)	140	160	165	170	180	180
シリンダー部位	C7	C8	C9	C10	AD	D
設定温度(℃)	180	180	180	180	190	190
スクリー回転数	150rpm					

「ST-21配合」:117kg/hr

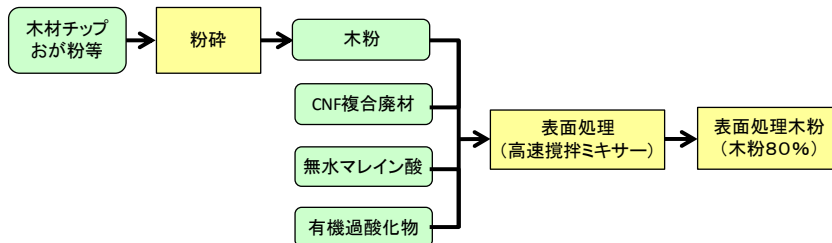
「ST-29配合」:126kg/hr

実用性目標:100kg/h以上を達成。

【実用性評価】コスト試算とユーザーテスト

テスト実績を元に、表面処理木粉の製造コストについて試算を実施した。

●製造工程



●材料費試算

材料費	単価 (円/kg)	比率	単価×比率 比率合計	備考
木材チップ・おが粉	12	80.0	9.6	トクラス購買実績による推計値
容器リサイクル樹脂	48	16.0	7.7	トクラス購買実績による推計値
無水マレイン酸	154	2.0	3.1	2018年経済産業省 生産動態統計より
有機過酸化物	1,150	2.0	23.0	トクラス購買実績による推計値
配合単価			43.4	円/kg
歩留り/ロス		95%	2.3	円/kg
材料費合計			45.6	円/kg

●コスト試算

コスト試算		数量(t/月)		備考
		80.6		
		単価 円/kg	金額 千円	
変動費	材料費	45.6	3,679	材料費試算結果より
	電力料(粉碎)	3.8	310	院庄林業実績値 0.40kwh/kg × 木粉比率80% 電力単価12円/kwhで試算
	電力料(表面処理)	3.4	271	スケールアップテスト実績値 0.28kwh/kg 電力単価12円/kwhで試算
	包装費	0.3	26	リターンフレコンを想定(400kg/フレコン:リユース10回)
	運送費	4.6	369	12t/車 200km配送にて試算(@55,000円/車)
小計		57.8	4,285	
固定費	人件費	14.9	1,200	配置人員 3名 400千円/人
	減価償却費(粉碎)	3.7	302	投資総額 29,000千円/8年/12か月の定額償却として試算
	減価償却費(表面処理)	8.4	677	投資総額 65,000千円/8年/12か月の定額償却として試算
	保守費用	1.2	98	減価償却費の10%で試算
小計		28.3	2,277	
合計		86.0	6,562	

表面処理木粉のコストは86円/kgの試算結果となった。市販木粉同等の100円/kgの販売単価の場合、本モデルでの損益分岐点の54トン/月(稼働率67%)以上で事業採算を確保できる試算結果となった。

●ユーザーテストの実施



エクステリアデッキ



コンパウンド



射出成型品(自動車部品)

3社にユーザーテストした結果、押出成型・射出成型ともに、既存の樹脂加工メーカーでも容易に導入できることを実証できた。

● 口頭発表

1)大峠 慎二

「トクラスにおけるウッドプラスチック技術の展開」、第22回定期講演会「WPCの持つ多面性、それぞれのビジョン」、(公社)日本木材加工技術協会 木材・プラスチック複合材部会、東京都、2018年11月2日

2)大峠 慎二

「CNF-木粉ハイブリッドWPC「ウッドナノプラス」について」

平成30年度第1回CNF技術講演会、静岡県経済産業部商工業局新産業集積課、静岡県、2018年11月28日

3)大峠 慎二

「容器リサイクル樹脂を利用したWPC用表面処理木粉の開発」

平成30年度 環境研究総合推進費 研究成果発表会、独立行政法人 環境再生保全機構、東京都
2019年3月14日

● 「国民との科学・技術対話」の実施

・エコプロ2019 ポスター展示、東京ビックサイト、2019年12月5日～2019年12月7日

● その他

○新聞・雑誌記事等

1)大峠 慎二、月刊 車載テクノロジー 2019年9月号

「耐衝撃性に優れたCNF含有ウッドプラスチックコンポジットの開発と自動車部品への適用」
株式会社技術情報協会

2)大峠 慎二、強化プラスチック2019年11月号

「ウッドプラスチックへの応用」、一般社団法人強化プラスチック協会

科学的・技術的意義

・容器リサイクル樹脂を利用した木粉の表面処理において、無水マレイン酸、有機過酸化物を用い、複合材の物性向上に結び付く、配合及び処理条件を見出した。

・酸変性＋表面処理工程を同時に実施する合理化生産方式を確立し、表面処理による嵩比重上昇効果により、コンパウンドの生産性向上に寄与する技術を確立した。

環境貢献的意義

・容器リサイクル樹脂、木粉の材料解決課題に加え、既存産業利用における実用性を高める技術を確立し、容器リサイクル樹脂の付加価値向上、マテリアルリサイクルの拡大、バイオマス利用の拡大に貢献できる成果を得ることができた。