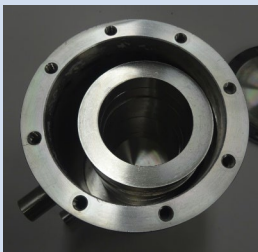


【事業の目的】
木質バイオマスから微粉碎物を製造するリング媒体粉碎機（以下、タンデムリングミル）で製造したスギ微粉碎木粉を利用し、高い耐久性を持つ木材-プラスチック複合材（以下、WPC）の開発とそれを用いた自動車部品を試作し、その適合性を分析、事業化の可能性を評価する。

達成目標

事業成果

タンデムリングミルを用いたメカノケミカル処理の最適化



【タンデムリングライトミル】
写真提供：
公立大学法人 秋田県立大学

アセチル化木粉等、化学修飾木粉の特性評価

①メカノケミカル処理の候補選定
・本事業では試薬と触媒の共存下、タンデムリングミルを用いて木材を微粉碎すると同時に木材の水酸基を疎水性の官能基に置換するメカノケミカル処理（化学修飾手法）により化学修飾木粉を製造した。
・製造する候補として、アセチル化木粉、酵素糖化残渣、タンデムリング粉碎木粉をそれぞれ樹脂と混合させ、その混合樹脂の物性評価により検討した結果、アセチル化木粉が熱特性を向上させる素材として有望であった。

②アセチル化木粉の調整条件の検討
・粉碎装置として小型のリング媒体利用粉碎機であるタンデムリングライトミル（以降、TRLM）を使用。
・アセチル化剤として無水酢酸を使用し、同じ材料でTRLMでの粉碎時間を20min、40min、60minに変更して製造した各アセチル化木粉をアセチル化度合い（木粉の重量増加率（WPG※））と電子顕微鏡による形状観察により評価。
→WPG値と観察結果から粉碎条件は粉碎時間を20minから40minの範囲とすることが適切と考えられる。

※WPG[%]={ (粉碎前の木粉の重量（絶乾）/ 粉碎後の木粉の重量（絶乾）） - 1 } × 100

③今後の課題 ・タンデムリングミルのスケールアップ、アセチル化剤使用量の検討

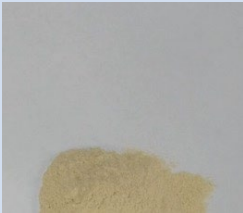
各粉碎条件ごとのアセチル化木粉の結果		
粉碎条件	WPG値	電子顕微鏡観察結果
20min	13.8%	繊維状の粉碎物を確認
40min	15.3%	繊維状がほぐれた状態であることを確認
60min	15.1%	砕かれた繊維が多少凝集を始めたような形態を確認

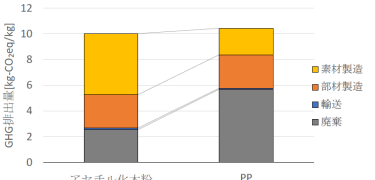
出典：事業報告書より林野庁作成

①粉碎装置の違いによる処理時間
・無水酢酸添加量に応じて重量増加率の程度を制御可能であることを確認。
・磁性ボールミルではアセチル化は進行するが、同程度の重量増加率に達するまでの処理時間がロッドミルに比べ長くなった。
→用いる粉碎装置の効率の違いによって処理時間が著しく異なった。

②特性評価
＜吸湿性＞：何も処理していない木粉（以下、無処理木粉）とアセチル化木粉（重量増加率18%）を同じ相対湿度で比較すると、いずれの相対湿度でもアセチル化木粉の方が平衡含水率が低い。
→アセチル化木粉を用いて複合材料を調整した場合、高い寸法安定性が得られると考えられる。
＜耐熱特性＞：無処理木粉とアセチル化木粉の熱重量測定を行ったところ、アセチル化木粉の方が低温度域（180℃-290℃）で同じ重量減少率を示す温度が高くなり、耐熱性の向上が認められた。
→アセチル化木粉はプラスチックと複合材料を混練する際に強度低下を招きにくいものと考えられる。
＜アシル基導入＞：アセチル基の導入が吸湿性及び耐熱性のいずれにおいても優れていた。

③今後の課題 ・実用的なメカノケミカル処理のシステム構築

達成目標	事業成果
自動車部品の試作とその性能評価  【アセチル化木粉】  【押出混練：アセチル化木粉】  【射出成形：アセチル化木粉】 写真提供：公立大学法人 秋田県立大学 トヨタ車体株式会社	①試験施工による検証 ・トヨタ車体（株）は木粉をフィラーとして用いることで混合するポリプロピレンの耐熱性ならびに剛性を向上させる射出材料の技術を開発、保有している。 ・自動車部品製造としてすでに採用されているこの技術にアセチル化木粉を用い、新たな自動車部品の適用性を探るため、アセチル化木粉とポリアミド樹脂を混合し、加工特性と材料物性を評価した。 ②性能評価 ・加工温度230℃という高温下でポリアミド樹脂とアセチル化木粉を押出混練、射出形成し、無処理木粉を用いた場合と比較した。 <加工特性> ・押出混練の加工特性について、無処理木粉において煙と焦げ臭が発生し、木粉の熱分解が進んでいると考えられる一方、アセチル化木粉では煙と焦げ臭はなかった。しかし、アセチル化木粉では残留したと思われる酢酸臭が発生した。 →今後、臭気の発生しにくい木粉の化学修飾方法も視野に入れる必要があることが示された。 ・射出成形では、無処理木粉が同様に煙と焦げが発生し外観も不良となったのに対し、アセチル化木粉はいずれの症状も見られず。 →射出成形のような高温下でせん断力がかかる加工でも熱分解が抑制できていることが示された。 <材料物性> ・射出成形したポリアミド樹脂（以下、PA）、アセチル化木粉/ポリアミド樹脂複合材（以下、アセチル化木粉）、無処理木粉/ポリアミド樹脂複合材（以下、無処理木粉）の材料特性を比較した。 -アセチル化木粉はPAよりも密度が上昇しているが、無処理木粉より低く、自動車部品の軽量化に寄与可能。 -アセチル化木粉は引張特性、曲げ特性、荷重たわみ温度の性能が他二つより向上した。 -耐衝撃性（シャルピー衝撃値）は無処理木粉よりもアセチル化木粉が低下した。 ・アセチル化木粉の自動車部品適用性の可能性としては、ポリアミド樹脂がよく用いられる熱や薬品に晒される部位が挙げられるが、その要求を満たすためには、更なる耐熱性の向上が求められる。 →アセチル化木粉は230℃という高温にも関わらずポリアミド樹脂と混合可能であったことから、エンジンカバーといった従来のポリプロピレン樹脂では考えられなかった部品への適用が可能となることが示唆された。 ③今後の課題 ・アセチル化木粉の耐熱性向上のメカニズム解明 ・化学修飾の違いによる木粉（高耐熱木質フィラー）の耐熱特性の解明 ・量産に適用可能な加工方法の解明 ・高耐熱木質フィラーと様々な樹脂との混合検討を行い、その材料特性の解明 ・材料の特性に合った自動車部品の試作・評価

達成目標	事業成果
市場調査 特許戦略 LCA解析 成果普及活動  GHG排出量(kg-CO₂eq/kg) ■ 素材製造 ■ 部材製造 ■ 輸送 ■ 廃棄 アセチル化木粉 PP 【アセチル化木粉とPPのGHG排出量】 出典：事業報告書  タンデムリングミル 【タンデムリングミル紹介ホームページ】 出典： https://www.bepa.jp/trm/	①市場調査 ・内閣府の定めた「バイオ戦略2020」にて、バイオプラスチックは重点領域の一つとされている。バイオプラスチックの定義として、新たな認証制度の構築が予定されており、本事業で企図する素材がその定義に合致すれば、木材複合プラスチックも「バイオプラスチック」たりうる。 ・木材複合プラスチックまたはウッドプラスチックの用途は建築材料が主である。これは本事業にて指摘している物性の限界によるものである。このため、政府発信の情報においては木材複合プラスチックの建材以外の用途への期待は低く見える。しかしながら、本事業において検討しているアセチル化木粉混合による物性の変化をアピールすれば用途が広がり、「バイオプラスチック」の一類型として需要を喚起できる可能性がある。 ・今後の課題は実需についてのヒアリング、新たな認証制度の注視、CNF複合プラスチックとの差異明確化である。 ②特許戦略 ・本研究対象技術「アセチル化木粉混合による樹脂量削減素材」の特許出願に関して検討を行った結果、本技術の新規性はあると考えられるが、現段階では特許成立に至らない可能性があると判断し、特許出願を行わないものとした。 ③LCA（ライフサイクルアセスメント）解析 ・タンデムリングミルを利用して製造されたアセチル化木粉素材の素材製造、部材製造、輸送、廃棄までの各段階を対象にライフサイクル分析を行ったところ、アセチル化木粉1kgのライフサイクルGHG排出量は10.02kg-CO₂/kgと算定され、一般的なポリプロピレンとほぼ同程度の値となった。 ・素材製造段階からの排出量が最も多く、全体の47.4%を占めた。そのうち、後乾燥工程における電力消費の影響がもっとも大きく、続いて無水酢酸の影響であったことから、GHG排出量（地球温暖化への影響）に対するアセチル化の影響を十分に考慮すべきである。 ・また、この環境影響を日本版被害算定型ライフサイクル環境影響評価手法（LIME2）により貨幣換算したところ、66.0円/kg（一般的なポリプロピレンの約1.26倍）と算定され、同様の評価範囲の下でライフサイクルコストを計算したところ、310円/kg（一般的なポリプロピレンの約1.5倍）と推計された。 ・今後、具体的な部材あるいは自動車車両への適用を評価していくためには、既存の素材と比べた場合の加工性やリサイクル性の違い、軽量化効果などを考慮する必要がある。 ④成果普及活動 ・アグリビジネス創出フェア2020（2020/11/11～11/13）への出展 ・タンデリングミルの紹介を、森林資源バイオエコノミー推進機構株式会社のホームページ（https://www.bepa.jp/）上で公開

（作成：林野庁研究指導課）