

森と人が共生するSMART工場モデル実証

実施予定期間：平成22年度～平成26年度
総括責任者：伊原木 隆太（岡山県）
研究代表者：小田 喜一（岡山県産業労働部）

I. 概要

森林のCO₂吸収源機能の保全・強化、環境・機能性の高いバイオマス製品の社会普及等のため、地域特性に応じたクリーンエネルギーを利用し、林地残材から革新的新素材「ナノファイバー」を製造する技術開発を行う。

また、生産システムとしての経済性、環境・社会性の定量的評価や、バイオマスタウン真庭市での新旧技術の結集、集材など林業者や住民等との一体的システム化を図る実証等を通じて、サステナブルな林工一体型「SMART工場※」モデルを構築する。さらに、その全国展開に向け、森林や新エネルギーの環境性に積極的に経済価値を与える社会制度改革を国へ提案し、森林・林業の再生による「森と人が共生する社会」への変革を図る。

1. 課題の目的・内容・目標

a. 目的

気候変動に適応した新たな社会創出に向けては、森林のCO₂吸収源機能の保全・強化に向けた間伐の推進や林地残材の利用拡大、真に環境負荷が低く、実用的なバイオマス製品の社会普及が不可欠であるが、現状では間伐材の搬出コストや限られた用途が石油製品等との市場競争性を失わせており、林業の疲弊、森林の荒廃を招いている。

本課題は、気候変動緩和と適応策の両面から取り組むもので、バイオマス活用推進基本法の趣旨にも合致し、林地残材の大規模な用途開拓による森林・林業の再生の他、過疎・高齢化が進む中山間地域での新産業創出、職住一体化

による地域活性化、環境技術に係る国際的競争力強化等を目的とする。

b. 内容

本課題では、林地残材の搬出コストに見合う、機能性と環境性の両面で付加価値の高い新素材の製造と社会への本格普及により、森林の炭素固定機能の強化、石油製品利用の抑制を図ることを目的とする研究開発を行う。具体的には、太陽光や風力、バイオマスなど地域の特性に応じたクリーンな新エネルギーを利用し、林地残材から革新的新素材「ナノファイバー」を製造する技術の開発と、民間主導のバイオマスタウン真庭市での新旧技術の結集による一貫生産システム化、集材など林業者や住民等との一体的な地域システム化を図る実証を行う。

また、システムの経済性やCO₂削減効果、社会への影響等を定量的に評価し、環境性と経済性のバランスが取れた、サステナブルな林工一体型「SMART工場」のビジネスモデルを構築するとともに、その全国普及に向け、間伐材の搬出促進施策や、カーボンクレジット、関連諸制度の拡充等を通じて、森林や新エネルギーの環境性に対し、積極的に経済価値を与える制度改革を国へ提案する。これにより、森林・林業の再生を促し、豊かな緑環境と経済活動が調和した「森と人が共生する社会」への変革を図る。

c. 目標

5年間の課題実施期間内に、林地残材の本格的利用につながる材料化技術を実用化するとともに全国の中山間地域で活用可能な林工一体型ビジネスモデルの構築や真庭市での環境先進都市モデルとしての地域基盤を形成する。当該課題成果は、全国の自治体の先進モデルとなり、グリーン社会インフラ強化に向けた力強い推進力となる。

2. 実施計画について

以下の内容、手法及び年次計画で、技術開発、実証実験、社会システム改革等を進める。

【年次計画及び手法】

	初年度～	2年目～3年目	4年目～5年目	
バイオマス・新エネルギー利用の新旧技術結集 + 社会導入基盤の形成	木材の超微粉碎 ○テスト粉碎機製造 ・耐摩耗性評価 ・水熱、化学処理の予備実験、マイクロ微粉碎処理プロセス検討 ○材料化予備試験 ・樹脂複合化、紡糸等の原料比較試験	○予備粉碎試験 ・スクルー式等、粉碎構造評価、コスト評価 ・粉体の形状、結晶性、分解性評価 ・分級、表面化学修飾、分散プロセス研究 ○プロト機による粉碎試験 ・分級、化学処理・脱水の連続システム化 ・粉碎部の耐摩耗表面改質法の開発 ○マイクロ波法等による複合化、溶融紡糸法等開発（省エネ設計）	○真庭バイオマス集積基地での新エネルギー複合システムとの統合実証、連続運転試験、改良、省力化等、全体システムの最適化、実用化 ○粉体合成の実用化等 ・微粉碎物プラスチック混練技術の実用化 ・高強度材料化プロセスの確立、協力企業による評価等	豊かな緑環境と経済活動の調和社会への変革
	新エネルギー複合利用 ○エネルギー需給調査 ・ポテンシャル解析 ・マネジメント技術開発 ○装置基本設計 ・二次電池、双方向インバータ性能調査 ・太陽電池モジュールの加工法調査及び設計	○複合システムのF/S、詳細設計、装置化 ○個別装置の開発 ・リチウムイオン電池複合蓄電、IT制御、充放電技術実証 ・薄膜太陽電池モジュール加工・施工技術、太陽電池での融雪技術開発等 ・風力発電の高効率化（風車翼の最適化等） ・樹皮燃料小型バイオマス発電装置等の開発	4年目～システム統合実証 ○複合システム実証と最適化 ・スマートター導入、負荷追従型発電、遠隔監視による統括制御 ・有機薄膜太陽電池フィールドテスト、複合発電システムの実証 ・需給ネットワークの最適化による省エネ、コスト削減効果の評価	
	導入技術・地域基盤形成・普及啓発 ○生産管理手法検討 ・調達原料の用途配分等、課題整理等 ○集材システム検討 ・木材事業者による協議会設置、現状分析、課題整理等 ○まちづくり計画 ・協議会設置、課題整理、有識者招致等 ○研究拠点設置 ・真庭バイオマスラボ等、研究拠点設置 ○普及啓発 ・真庭バイオマスラーを活用した環境学習等	林業者、住民等との一体的な地域システムづくり		
	社会システム改革 ○環境・経済性等評価 ・実証システム評価 ○ビジネスモデル検討 ・木材事業者、林学研究者、関係機関等による、現状分析、課題整理、調査等	○生産管理手法研究 ・最適資源配分手法の研究 ・関連事業者協議、有識者、開発機関との情報交換等 ○「真庭システム構想」の推進 ・資源の最適集材、用材、その他への最適配分手法検討 ・域外木材事業者、国有林との連携構築 ・高齢者労働力等の活用による集材実験 ○「環境先進杜市（とし）計画」（仮）策定（3年目） ○研究者養成 ・産総研、岡山県と連携した真庭バイオマスラボ等を拠点とする研究開発推進（社会変革に向けた戦略的広報活動）	○生産管理手法確立 ・実装可能な資源配分、生産管理手法・体制確立 ○「真庭システム」の実現 ・国有林、域外との連携を含めた最適集材・配分、安定供給体制 ○環境先進杜市計画の推進 ・計画の段階的実施 ○実用化推進 ・研究人材輩出、新製品開発等 ○普及啓発 ・地域住民、国民の環境意識高揚、ライフスタイル転換への誘導	
		○分析、評価、検討 ・利用可能資源量の把握、市場調査 ・原料収集から利用までの事業システム、設備投資、経営コスト試算 ・社会制度改革検討、提案（2～3年目） ・LCA環境性能、経済性、社会影響評価に係る中間評価とりまとめ（3年目）	○トータルシステム評価 ○最適ビジネスモデル構築 ・事業化組織、資金計画等検討 ・実証成果を踏まえた林工一体型ビジネスモデル構築取りまとめ ・モデルの全国展開を加速化する社会制度改革提案（最終報告）	

3. 地域の特性と自治体の役割

県内に関連の技術基盤を持つ企業や研究者を有し、環境・バイオ産業を新たな産業基軸に育成することを目指す岡山県が中核機関として全体を総括し、総面積の80%が森林で、基軸産業である林業の振興やバイオマスタウン構想の実現により、「環境杜市（とし）・真庭」としての発展を目指す真庭市が、集材の地域システム構築やまちづくり計画策定、人材育成、普及啓発等、地域基盤を形成する。

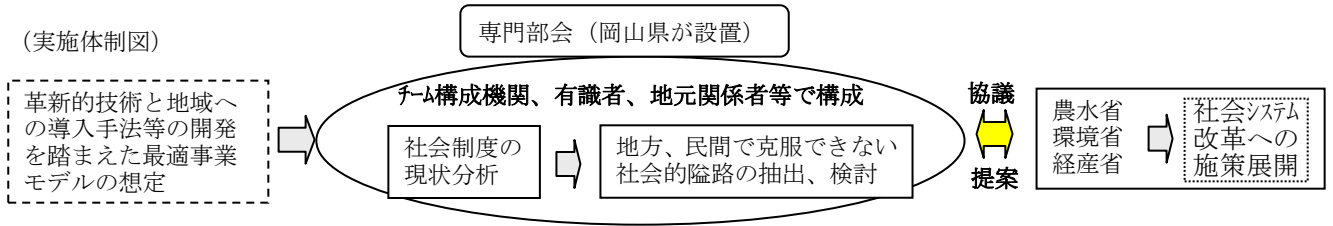
また、林業の衰退、森林の荒廃は、岡山県と真庭市に共通する喫緊の行政課題であることから、本課題の実施には、岡山県、真庭市の林業行政所管機関が共に参画する。

4. 社会システムとの関連性と実施体制

本課題では林地残材を活用したバイオマス製品の大規模な社会普及による森林・林業の再生を目指す。社会実装に向けては、先進的バイオマスタウン真庭市をモデルとし、本課題で開発する技術を核とする経済性、環境性に優れたサステイナブルな林工一体型ビジネスモデルの構築を図る。

一方で、構築されるビジネスモデルを全国に普及するに当たり、技術革新や集材の効率化等、企業、地域住民の自助努力では克服できない社会制度的課題や、事業化の課題を整理し、国の関係府省と連携を図りながら、その課題解決を図るために必要な社会制度改革等を検討し、国へ提案する。

(実施体制図)



5. 実施期間終了時における具体的な目標

- a. 3年目終了時
- 1 μ m以下のナノファイバー含有量を80%以上とする微粉碎・分級システム確立
 - メカニカルアロイナノファイバーを用いた汎用樹脂(25MPa以上)の強度を有する複合化技術の確立
 - リチウムイオン電池とコンバータ・インバータ制御による充放電効率85%以上の技術確立
 - 「真庭市環境杜市(とし)計画」(仮称)の策定

b. 事業終了時

- 木材チップから一貫連続処理でのナノファイバー製造と樹脂混練技術の確立
 - ※微粉碎・分級処理による微粉碎物(500nm以下)回収量10kg/h以上の新システム開発
 - ※高強度樹脂以上(強度40MPa以上)となるナノファイバー混練技術の確立
 - ※年産200トン以上を達成可能なナノファイバー樹脂複合ペレット製造技術の提示
- 地域特性に応じたコンパクトで安定的な新エネルギー複合システム技術の確立
 - ※微粉碎連続処理システムの負荷変動対応、消費電力の100%供給技術の確立
 - ※真庭バイオマス集積基地全体(約300kW)の消費エネルギー(電力、蒸気など)の25%以上を太陽光、風力、バイオマスの新エネルギーで供給する複合システム技術の確立
- 全国の林地残材の活用拡大につながる持続可能な事業モデルの構築
 - ※「真庭システム」確立、間伐材の搬出量倍増(3,000t/

年→6,000t/年)

6. 実施期間終了後の取組

参画機関及び協力企業による製品応用や、真庭市での民間主導のバイオマス利活用推進の取組、岡山県及び真庭市の継続的なバイオマス産業振興施策、また、それらの取組の全国への情報発信、普及により、社会システム改革の定着を図る。

7. 期待される波及効果

本提案で開発する技術、ビジネスモデルは、全国の森林資源の活用、森林・林業の再生に活かされ、水源のかん養、流木被害防止や中山間地域への定住促進、環境技術としての国際的産業競争力強化等、波及効果が大きい。

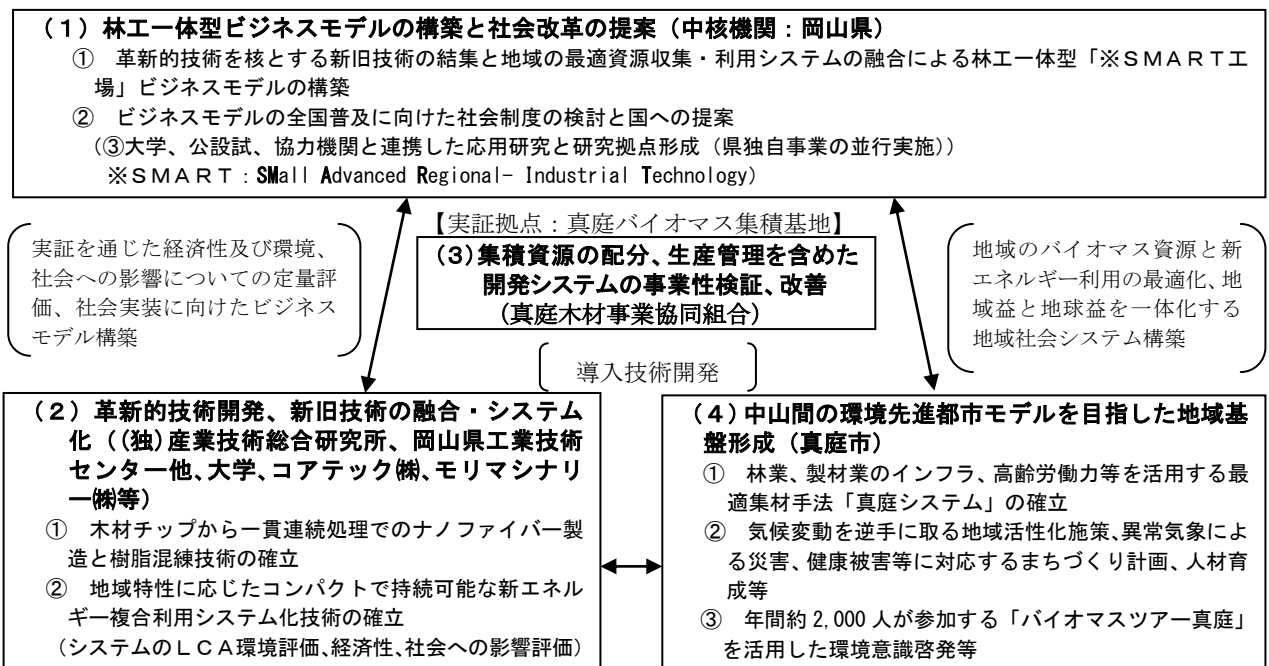
8. 実施体制について

岡山県が有する産学官の連携基盤、組織的な総合調整機能を活かし、参画機関が有機的に結束し確実に目標を達成する。課題責任者は、本課題実施についての包括的な権限と責任を持つ。

各機関には、課題目標達成に必要な専門的知見、開発実務等経験を有する研究者を配置し、1名をその責任者とする。研究が細分化される微粉碎、新エネルギーシステムの開発においては、領域を総括するセクションリーダーを置き、全体としての目標達成に必要な整合性確保と進捗管理を行う。

また、岡山県は本事業と並行して、独自の財源で県内外の企業や大学等と連携し、用途開発に係る先導的研究、製品化開発等を実施し、相乗効果による本課題成果の最大化とその活用、研究推進の拠点化を図る。

研究体制図



【実施体制図：各機関の役割と実績及び研究責任者の実績】



氏名	所属部局・職名	当該構想における役割
◎小田 喜一	岡山県産業労働部・グリーンバイオプロジェクトマネジャー	課題代表者
加藤 隆幸	岡山県産業労働部・グリーンバイオプロジェクトサブリーダー	林工一体型ビジネスモデルの構築と社会制度提案技術統括
○小林 健二	岡山県産業労働部新エネルギー推進室・室長	林工一体型ビジネスモデルの構築と社会制度提案統括（事業主任者）
加島 健二	岡山県産業労働部新エネルギー推進室・総括副参事	林工一体型ビジネスモデルの構築と社会制度提案統括補佐
雲井 博之	岡山県産業労働部新エネルギー推進室・副参事	林工一体型ビジネスモデルの構築と社会制度提案担当（担当責任者）
山田 昌宏	岡山県産業労働部新エネルギー推進室・主任	林工一体型ビジネスモデルの構築と社会制度提案担当補佐
堀井 裕二	岡山県産業労働部新エネルギー推進室・主任	林工一体型ビジネスモデルの構築と社会制度提案担当補佐
○川端 浩二	岡山県工業技術センター・グループ長	超微粉碎木粉の特性評価に関する研究担当
藤井 英司	岡山県工業技術センター・研究員	超微粉碎木粉の特性評価に関する研究担当
河崎 弥生	岡山県農林水産総合センター森林研究所木材加工研究室・室長	高規格木粉製造技術評価に関する研究統括
野上 英孝	岡山県農林水産総合センター森林研究所木材加工研究室・研究員	高規格木粉製造技術評価に関する研究担当
○遠藤 貴士	(独)産業技術総合研究所バイオマスリファイナリー研究センター・研究チーム長	超微粉碎物の特性評価及び複合化技術に関する研究，研究取りまとめ（事業主任者）
岩本 伸一郎	(独)産業技術総合研究所バイオマスリファイナリー研究センター・主任研究員	超微粉碎物の特性評価及び複合化技術
山本 茂弘	(独)産業技術総合研究所バイオマスリファイナリー研究センター・産総研特別研究員	超微粉碎物の特性評価及び複合化技術
谷岡 拓弥	(独)産業技術総合研究所バイオマスリファイナリー研究センター	超微粉碎物の特性評価及び複合化技術
玄地 裕	(独)産業技術総合研究所安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ・グループ長	経済性評価，社会システム評価，研究取りまとめ
文 多美	(独)産業技術総合研究所安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ・産総研特別研究員	経済性評価，社会システム評価
北川 直美	(独)産業技術総合研究所安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ	経済性評価，社会システム評価
○藤井 正浩	岡山大学大学院自然科学研究科・教授	研究統括および摩耗評価法と耐摩耗表面改質法の開発（事業主任者）
井口 勉	岡山大学大学院自然科学研究科・准教授	化学処理によるプロセスの省コスト，省エネルギー化技術の開発
沖原 巧	岡山大学大学院自然科学研究科・講師	化学的処理による粉砕促進技術，有機化学的修飾プロセスの開発
○岡田 賢治	倉敷芸術科学大学生命科学部・教授	研究統括（事業主任者）、高機能性セルロース系ナノファイバーの開発
○中川 二彦	岡山県立大学情報工学部・教授	研究統括（事業主任者）、エネルギー評価、マネジメント技術開発
芝 世式	岡山県立大学情報工学部・助教	エネルギー需給データの解析
○山本 顕弘	モリマシナリー（株）セルロース開発室・室長	研究統括（事業主任者）、微粉碎システム開発
東山 慎吾	モリマシナリー（株）セルロース開発室	微粉碎テスト機の開発、テスト
八代田 素己	モリマシナリー（株）セルロース開発室	微粉碎テスト機の製図、テスト
○光畑 共久	コアテック（株）エコロジー事業部・常務取締役	研究統括（事業主任者）、関係機関との技術的調整等

岡 裕史	コアテック（株）エコロジー事業部・係長	ループウイング式風力発電装置の構造改良、コストパフォーマンス向上等
鉄井 隆	コアテック（株）エコロジー事業部・課長補佐	リチウムイオン電池利用型蓄電システムの新規開発、スマートグリッド化
田中 秀和	コアテック（株）エコロジー事業部・副主事	太陽電池モジュールの新規開発、設置技術の確立等
○山岡 弘明	三菱化学（株）理事 情報電子本部 OPV事業推進室 室長	研究統括（事業主任者）、有機薄膜太陽電池のフィールド実証、積雪、寒暖対応検証
小林 俊裕	三菱化学（株）RD戦略室 プロジェクトリーダー	有機薄膜太陽電池のフィールド実証、積雪、寒暖対応検証
米山 孝裕	三菱化学（株）四日市事業所 開発研究所 機能商品開発室 室長	有機薄膜太陽電池のフィールド実証、積雪、寒暖対応検証
玉木 淳	三菱化学（株）水島事業所 機能商品 OPVpj プロジェクトマネージャー	有機薄膜太陽電池のフィールド実証、積雪、寒暖対応検証
原田 忠英	三菱化学（株）情報電子本部 OPV事業推進室 営業 次長	有機薄膜太陽電池のフィールド実証、積雪、寒暖対応検証
森貞 重男	三菱化学（株）情報電子本部 OPV事業推進室 新規事業開発担当マネージャー	有機薄膜太陽電池のフィールド実証、積雪、寒暖対応検証
○伊藤 弘和	ヤマハリビングテック（株）事業開発推進部 WPC事業推進グループ・グループ長	研究統括（事業主任者）、メカニカルアロイナノファイバーを利用した迅速コンパウンド化技術の実用化
長谷川 荘玄	ヤマハリビングテック（株）事業開発推進部 WPC事業推進グループ	ナノファイバーの物理的評価
牧瀬 理恵	ヤマハリビングテック（株）事業開発推進部 WPC事業推進グループ	コンパウンドの熱化学的評価
岡本 真樹	ヤマハリビングテック（株）事業開発推進部 WPC事業推進グループ	コンパウンドの熱化学的評価
○堀 清	真庭木材事業協同組合・専務理事	研究統括（事業主任者）、原料調達から出荷までの生産管理方法手法研究
樋口誠一郎	真庭木材事業協同組合真庭バイオマス集積基地・工場長	原料調達から出荷までの生産管理方法手法研究
樋口 正樹	真庭木材事業協同組合真庭バイオマス集積基地	原料調達から出荷までの生産管理データ収集
松崎 恵子	真庭木材事業協同組合	原料調達から出荷までの生産管理方法手法研究
綱島 武	真庭木材事業協同組合	原料調達から出荷までの生産管理方法手法研究
横山 仁志	真庭木材事業協同組合	研究統括（事業主任者）
○宅見 幸一	真庭市産業観光部・バイオマス政策統括監	真庭システム構築、まちづくり計画策定、地域人材育成、普及啓発（担当責任者）
長尾 卓洋	真庭市産業観光部バイオマス政策課・課長	真庭システム構築、まちづくり計画策定、地域人材育成、普及啓発担当補佐
前田 健一	真庭市産業観光部バイオマス政策課・主査	普及啓発・地域人材育成に関する研究
森田 学	真庭市産業観光部バイオマス政策課・主任	普及啓発・地域人材育成に関する研究
八木 久美子	真庭市産業観光部バイオマス政策課・主事	普及啓発・地域人材育成に関する研究
柘谷 和明	真庭市産業観光部農林振興課・課長	真庭システム構築に関する総括
綱島 直彦	真庭市産業観光部農林振興課・参事	真庭システム構築に関する研究
野川 崇	真庭市産業観光部農林振興課・主査	真庭システム構築に関する研究
横木 隆文	真庭市市民環境部環境課・課長	まちづくり計画に関する統括
高見 智	真庭市市民環境部環境課・参事	まちづくり計画に関する研究
金田 保志	真庭市市民環境部環境課・主任	まちづくり計画に関する研究

9. 各年度の計画と実績

a. 平成 22 年度

(1) 計画

超微粉碎技術、新エネルギー複合利用技術のそれぞれについて、新規に開発する処理プロセスや装置の仕様等を検討するための予備的調査、試験等を中心に実施する。また、地域基盤形成事業、社会システム改革等については、必要な検討の場を立ち上げ、基礎的調査や課題整理等を中心に行う。また、実証システム、ビジネスモデル全体の経済性、環境性についての L C A の手法、スケジュール等を検討する。

(2) 実績

超微粉碎技術については、超微粉碎物の特性評価を行うとともに、微粉碎テスト機を製作しテストを実施した。また、新エネルギー複合利用については、自然エネルギーの賦存量調査等基礎調査と設計検討を行った。

地域基盤形成については、真庭システム構築に向けた基礎的な森林賦存量調査等を実施するとともに、ビジネスモデルや社会システム改革等検討に向けた現状分析、課題整理を行った。

b. 平成 23 年度

(1) 計画

ナノファイバー製造システム全体のコア部分となる超微粉碎装置を設計・製造し、粉碎試験や粉碎物の粒径等の評価を行うとともに、水熱・化学処理を含めたメカノケミカル超微粉碎処理のプロセス設計や脱水処理、セルロースの表面改質による分散性の確保や樹脂合成、溶融紡糸、装置の摩耗評価法等の研究等を進める。また、真庭地域の自然エネルギーのポートフォリオを明らかにして評価するとともに、シミュレーターを開発して、新エネルギーシステムの基本設計等を行う。

さらに、真庭市環境戦略計画（仮称）策定のための具体的な行動プランの素案検討等を行うとともに、実証システムやビジネスモデル全体の経済性・環境性（L C A）等について、個別の要素技術から抽出した分析項目に従って、データ収集・分析・評価を進める。また、木材及び木質バイオマスの利用拡大を後押しする、法的規制等の緩和や新たな社会制度創設を検討し、国の関係省庁へ提案等を行う。

(2) 実績

6 室の連続構造の超微粉碎装置の実機を製作するとともに、粉碎処理を効率的に行うための水熱処理、化学処理を検討した。また、エネルギー需要と自然エネルギー供給可能量調査を行い、エネルギーマネジメントシミュレーターを用いてエネルギーシステムの基本設計を行っ

た。L C A については、林業を含むプロセス全体について試算したところ、ナノファイバー製造工程で使用する電力を再生可能エネルギーで賄うことにより、GHG 排出量をマイナスにできることを明らかにした。

d. 平成 24 年度

(1) 計画

ナノファイバー製造システムにおける水熱・化学処理による前処理を含めたメカノケミカル超微粉碎処理の一連のプロセスを構成する各要素技術を確立するとともに、新エネルギー複合利用システムにおける二次電池を活用した蓄電・制御技術、システムを構成する太陽光、風力、バイオマス発電に関する個別の要素技術開発を進める。また、ナノファイバー製造、新エネルギー両システムの経済性・環境性（L C A）等についての中間評価を行う。

(2) 実績

超微粉碎処理について、粗粉碎及び水熱処理を適切に行い、繊維幅 $1 \mu\text{m}$ 以下のナノファイバー含有率 90% 以上の製造技術を確立した。また、ナノファイバーと樹脂の迅速化コンパウンド技術を開発した。

新エネルギー複合利用システムについては、リチウムイオン蓄電池システムを開発し、充放電効率の検証を行った。

また、木材のカスケード利用の観点から、W P C の原料となる木粉の生産を行うこととし、そのための機種選定、性能実証試験を行った。

e. 平成 25 年度計画

確立した各要素技術や、開発した装置類を真庭バイオマス集積基地（真庭市）に集結して一体的な試験プラント化し、連続運転試験を通じて生産効率向上、環境性能確保のための改善を進める。

また、平成 24 年度に真庭市が策定した「気候変動への適応と地域活性化に向けたまちづくり計画」に基づき、普及啓発やバイオマス製品開発等の事業を実施し、未利用木質バイオマスの集積、利用拡大を図る。

f. 平成 26 年度計画

間伐材等、地域の未利用木質バイオマスを再生可能エネルギーを利用して高付加価値製品化する「SMART 工場」を社会実装するための技術基盤、地域基盤を確立し、林業と一体的な林工一体型ビジネスモデルを提示するとともに、客観的で定量的な評価手法を用いてビジネスモデル全体の経済性・環境性（L C A）等についての最終評価を行う。

10. 年次計画（抜粋）

取組内容	1年度目	2年度目	3年度目	4年度目	5年度目	実施期間 終了後
ナノファイバー製 造システム	微粉碎条件、装置	構造・部材検討、	プロセス開発、評価	連続運転試験、改善等		装置、製品 の実用化、 普及
	コンパクト、	材料化手法等、検討、評価		成形、紡糸等、試作評価		
新エネルギー複 合利用システム	エネルギー調査、システム設計		制御システム開発、	発電装置統合	マイクログリッド運転	
地域基盤形 成、普及啓発	普及啓発、人材育成	まちづくり計画（仮称）策定		集材、利用の最適化、モデル事業等		真庭システム の実現等
ビジネスモデル構 築、評価	経済性、LCA評価等	国への社会制度	提案①、中間評価	国への社会制度提案②	システム全体の総合評価	事業化推進 製品開発、 実装