

高バイオマス配合型高性能バイオプラの開発

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

「バイオ技術領域」

【継続事業】

財務省説明資料

令和4年3月

農林水産省

資料 1 「高バイオマス配合型高性能バイオプラの開発」の全体像

○課題の概要：2050年のGHG排出実質ゼロを達成するには、すべてのプラ材料を環境適合型のバイオプラ等に転換する必要がある。しかし、高性能材料となる芳香族系樹脂へのバイオ素材導入は達成されていない。これに対応できる最も有効なバイオ素材は日本で開発された「改質リグニン」のみであり、元施策では高機能化を進めているところ。PRISMでは高いバイオマス配合率を達成することで、高性能バイオプラの環境適合性を向上させ、ゼロエミッション化を加速する。改質リグニンはスギからしか作ることができず国産資源を担保すると同時に地方創生に貢献。

2050年のGHG排出実質ゼロを達成するには、すべてのプラ材料を環境適合型のバイオプラ等に転換する必要がある。

問題点：高強度、高耐熱などの高性能用途に多用される芳香族系のプラ素材においては、バイオプラの導入は、全く進んでいない。



芳香族系のプラ素材とは

ベンゼン環



ベンゼン環を主構成要素に持つ芳香族化合物

*c1ccccc1**c1ccc(cc1)-c2ccccc2**c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccccc3**c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccccc4**c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)-c5ccccc5**c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)-c5ccc(cc5)-c6ccccc6*

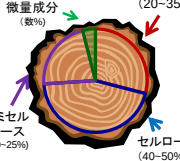
芳香族系のプラスチック（エンブラやスーパーエンブラ）

6つの炭素が安定した形で配座しており、外部からのエネルギー（熱など）に対して極めて安定。しっかりした構造を作り熱にも強い。よって高強度高耐熱のプラスチック材料（スーパーエンブラなど）に多用されている

化石資源からの合成品でバイオマス代替は進んでいない

この分野の市場性は約9兆円

地球環境の炭素循環の一部を担っている天然の芳香族系成分「リグニン」の活用がゼロエミッション化に理想的！



微量成分 (数%)
リグニン (20~35%)
ヘミセルロース (20~25%)
セルロース (40~50%)

芳香族系の天然高分子（リグニンの模式図）
高強度にもかかわらず環境下で分解されるのがリグニン

リグニンの材料利用は困難であったが、日本発で世界最高レベルの加工性をもった新素材「改質リグニン」が開発され、展望が大きく開けている

★性能を最大限に発揮する技術開発が重要で、元施策（農水委託プロ研）では、世界初のリグニン系スーパーエンブラ（芳香族系の高機能プラ）の研究開発を推進中

改質リグニン



バイオ戦略2020の市場領域①高機能バイオ素材（リグニン等）、②汎用プラに対応

高機能化は元施策で進むものの、複合材料の中でのバイオマス配合率の低さ（現在20%程度）が課題

PRISMでは、芳香族系バイオプラにおける高バイオマス度化を集中して行う。

目標：芳香族系バイオプラ中のバイオマス度を60%以上（現状は20%程度）に大きく向上すると同時に樹脂の品質向上を両立させる技術を開発し、日本発のバイオ素材として市場投入する。

約3兆円の市場創出
約4000億円規模の民間投資

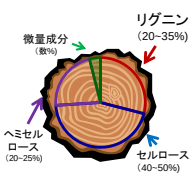
バイオマス度向上によりグリーンプラ®の認証も可能となり、多くの企業で活用される



○出口戦略：元施策におけるスーパーエンブラ相当の高機能材料の開発とともに、PRISMでは高機能性・高バイオマス度を担保しつつ、繊維強化材(FRP)の樹脂材料等としても対応可能な改質リグニン系素材の開発を進める。これにより、幅広い機能と価格帯の樹脂市場に改質リグニン系素材を投入することが可能となり、多様な用途における高バイオマス材料の普及に向けた民間投資の推進を実現する。

資料 2 元施策の概要

脱炭素社会の実現と中山間地域へのバイオ産業創出を強力に推進するため、改質リグニンを用いた工業材料を製造する技術を開発し、次世代環境適合型バイオ材料としての製品展開を可能とする。

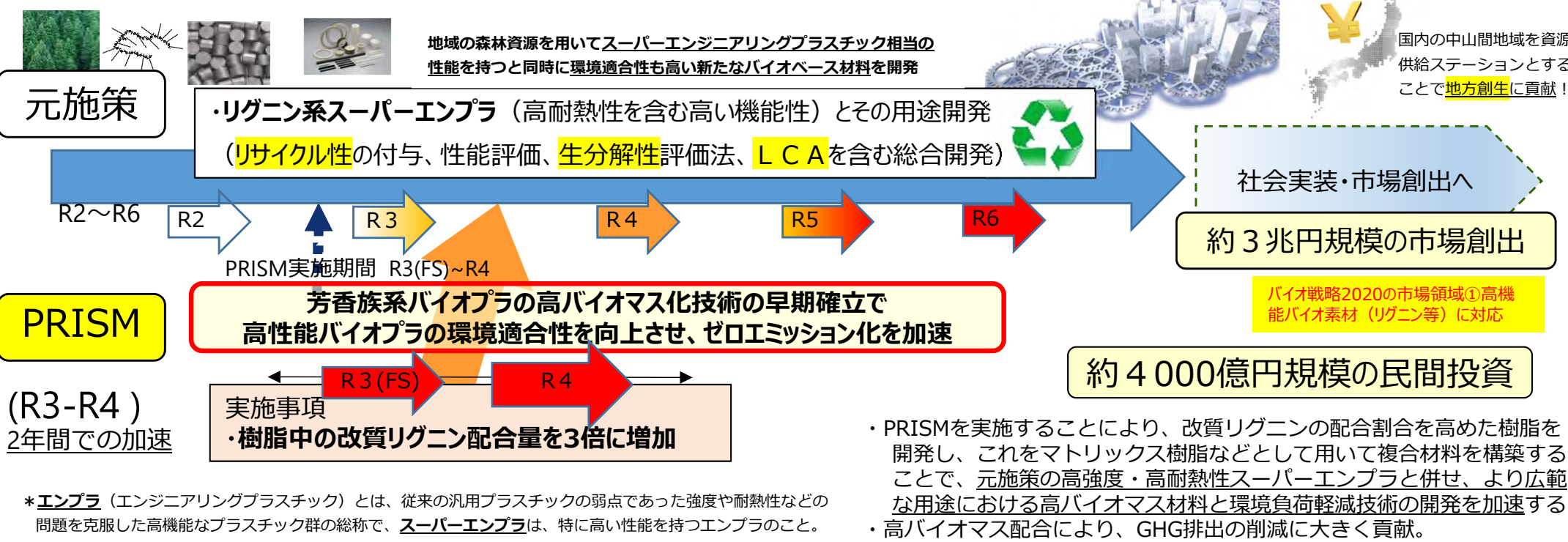


リグニン は植物細胞壁の主成分で、木材には、重量で20～35%含まれます。リグニンは陸上植物を固くしっかりした構造とするために生み出された物質です。リグニンは植物が海中から陸上に生息域を拡大したときに地上の重力に対応するため植物が生み出した成分といわれ、地上の過酷な環境に対応するため、**強く、しっかりした構造材**となるよう進化しました。このリグニンなる物質の**本来の性質を最大限に発揮**させて利用するのがこの研究開発の特徴です。すなわち「**高性能**」かつ「**環境適合**」というリグニン固有の2つの機能を最大限に発揮させるわけです。

改質リグニン は日本固有の樹木「スギ」から作るバイオ由来の新素材です。「熱に強い」「加工しやすい」「環境にやさしい」という理想的な性質をもち、様々な製品の素材として利用できます。改質リグニンは、スギ材の中に3割ほど含まれるリグニンを原料に製造され、国産資源の利活用を確かなものとししました。

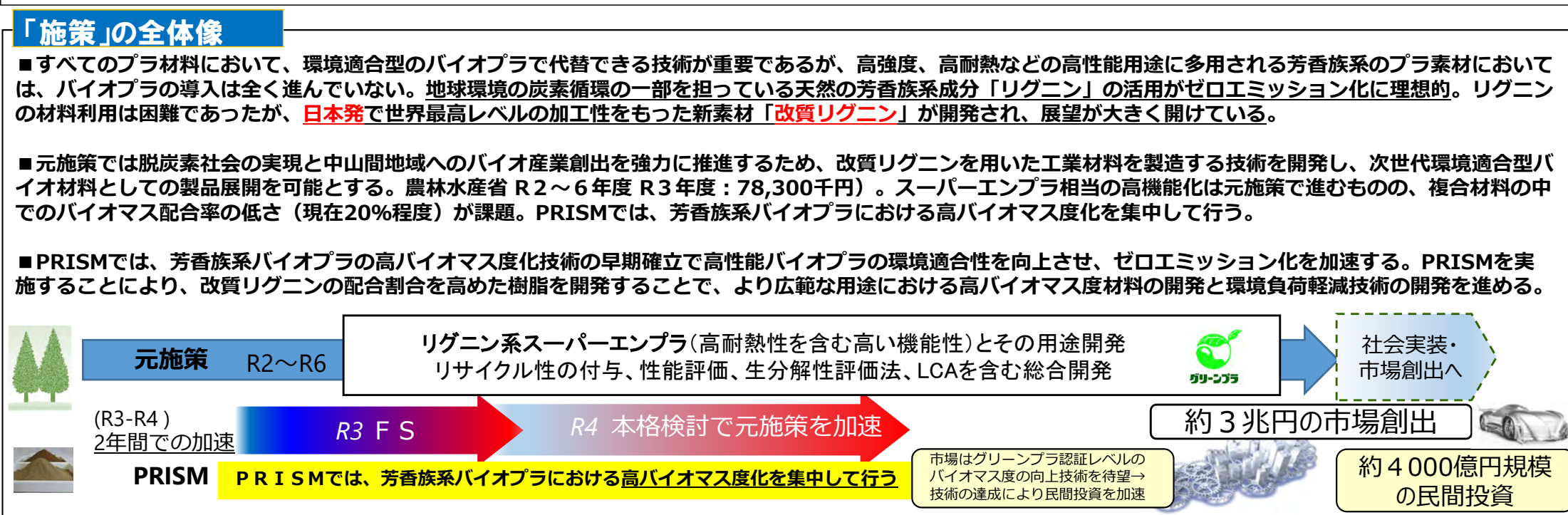
改質リグニン は高強度、高耐熱を特徴とするリグニンを基にした素材であり、**スーパーエンブラ相当の性能を付与することも期待**されており、世界で唯一の環境適合性を持つエンジニアリングプラスチック材料の素材となりえと考えられ元施策で研究開発を進めています。

★農林水産省 農林水産研究推進事業 R2～R6 革新的環境研究 脱炭素・環境対応プロジェクト
「農林水産分野における炭素吸収源対策技術の開発（157百万円）」 脱炭素社会の実現を推進する高機能リグニン材料の開発



PRISMでは、芳香族系バイオプラにおける高バイオマス度化を集中して行うことで、ゼロエミッション化を加速し、民間投資を呼び込みます。

- 課題と目標・出口戦略
- 課題：2050年のGHG排出実質ゼロを達成するには、すべてのプラ材料を環境適合型のバイオプラ等に転換する必要がある。しかし、高性能材料となる芳香族系樹脂へのバイオ素材導入は達成されていない。元施策では、これを達成できる日本発のバイオ素材「改質リグニン」の高機能化を進めている。PRISMでは高いバイオマス配合率を達成することで、高性能バイオプラの環境適合性を向上させ、ゼロエミッション化を加速する。
 - 目標：高性能な芳香族系バイオプラ中のバイオマス度を60%以上（現状は20%程度）に大きく向上すると同時に、樹脂の品質向上を両立させる技術を開発する。
 - 出口戦略：元施策におけるスーパーエンブラ相当の高機能材料の開発とともに、PRISMでは高機能性・高バイオマス度を担保しつつ、繊維強化材(FRP)の樹脂材料等としても対応可能な改質リグニン系素材の開発を進める。これにより、幅広い機能と価格帯の樹脂市場に改質リグニン系素材を投入することが可能となり、多様な用途における高バイオマス材料の普及に向けた民間投資の推進を実現する。



○PRISM研究の目標：芳香族系バイオプラ中のバイオマス度を60%以上（現状は20%程度）に大きく向上すると同時に樹脂の品質向上を両立させる技術を開発し、日本発のバイオ素材として市場投入する。



資料 4-1 令和3年度の成果①

○施策全体の目標 元施策では、これを達成できる日本発のバイオ素材「改質リグニン」の高機能化を進めている。PRISMでは高いバイオマス配合率を達成することで、高性能バイオプラの環境適合性を向上させ、ゼロエミッション化を加速する。そのため、高性能な芳香族系バイオプラ中のバイオマス度を60%以上（現状は20%程度）に大きく向上すると同時に樹脂の品質向上を両立させる技術を開発する。

○令和3年度においては、目標である高バイオマス度改質リグニン系樹脂素材（10種類以上）の提案に対し、41種類の樹脂素材の調製を完成。バイオマス度の目標も既に54%に達する材料開発にも成功するなど、進行が極めて早く、誘導体化においては、エポキシ基導入を達成し、目標を早々に達成するだけでなく次の展開である新規樹脂の試作も開始して成功するなど前倒しで進行している。

事業名等（※個別に目標を設定している場合）	当年度目標	令和3年度の成果
①導入可能なバイオマス度と性能の関係の把握 物性とバイオマス度の関係の把握	高バイオマス配合用改質リグニンの分子設計（製造プロセスの調整や熱処理などの後処理）を行うとともに、それを導入した各種樹脂素材を調製し、その性能とバイオマス度との関係を明らかにする。	製造プロセスのコントロールについては、改質リグニンはPEG改質したリグニン由来物で、使用するPEGの種類、導入量、リグニン由来部分の縮合構造の割合などを制御することで、物性のコントロールが可能。高バイオマス配合に適する、低粘度樹脂の調製に適する製造条件を検討し、ノボラック系の高バイオマス配合樹脂9種類の試作に成功。さらに、改質リグニン及び新規開発樹脂を用いた成形材料から計15種類の成形品試作に成功。材料中のバイオマス度としては現時点で最高54%を達成。成形品は、柔軟性と高耐熱性を併せ持つという従来のノボラック成形品にはみられない特長を有していたほか、機械的強度、電気絶縁性や耐水性にも優れていた
②改質リグニンの誘導体化手法の探索 高バイオマス度への新技術	改質リグニンと改質リグニンから製造した誘導体との組み合わせで樹脂化することを目的に、改質リグニンに反応性官能基を導入して新たな誘導体を創製する。	改質リグニンにエポキシ基を導入した新たな誘導体の合成を達成した。この誘導体は、改質リグニンとエピクロロヒドリンの反応に水酸基をグリシジル化したものである。得られたエポキシ化改質リグニン誘導体の5%熱重量減少温度は302℃であり高い耐熱性を示し、NMPやTHFなどの有機溶媒に可溶であった。また、ジアミンとの熱硬化反応が起こり、エポキシ化改質リグニンを原料とした新たな樹脂が得られることも明らかになった。
③高バイオマス度樹脂のコストの把握 コスト評価	高バイオマス配合用改質リグニンを導入した各種樹脂素材の製造コストを試算する。高バイオマス度改質リグニン系樹脂素材（10種類以上）の提案及び製造コストを把握する。	高バイオマス度改質リグニン系樹脂素材の試作を開始し、現時点で既に41種類に及ぶ新規樹脂素材の作成を完了した。一部は「①導入可能なバイオマス度と性能の関係の把握」にて性能評価を進めており、ある程度仕様が固まり次第製造コストの試算を執り行って価格性能比を評価する。

○研究コンソーシアムの再編について
PRISMアドオンにより元施策を担当する研究コンソーシアム「高機能リグニン」においては、新たな担当機関を得てコンソーシアムの形を再編（15機関）すると共に研究コンソーシアム「高機能リグニン」の再編キックオフ会議を開催した（令和3年8月27日）。

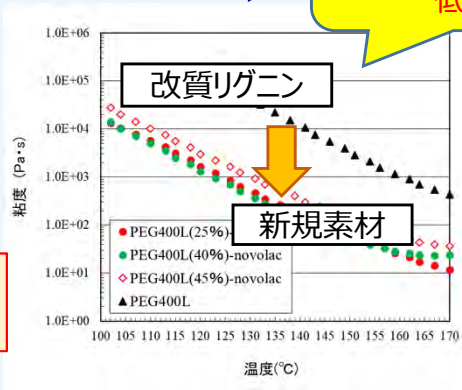
○リグニンネットワークの活用
研究代表が主催しているコンソーシアム「リグニンネットワーク（法人会員170社）」のセミナー（11月29日）において、先行してPRISMの取り組みを紹介し、各社への投資拡大をよびかける活動を行った。

新規課題（FS）として、元施策の進行の中で上記アドオンをPRISMで開始したところであるが、前倒しの成果も出ているなど進捗が早い。計画通り、一部は計画以上と判断できる。

①導入可能なバイオマス度と性能の関係の把握

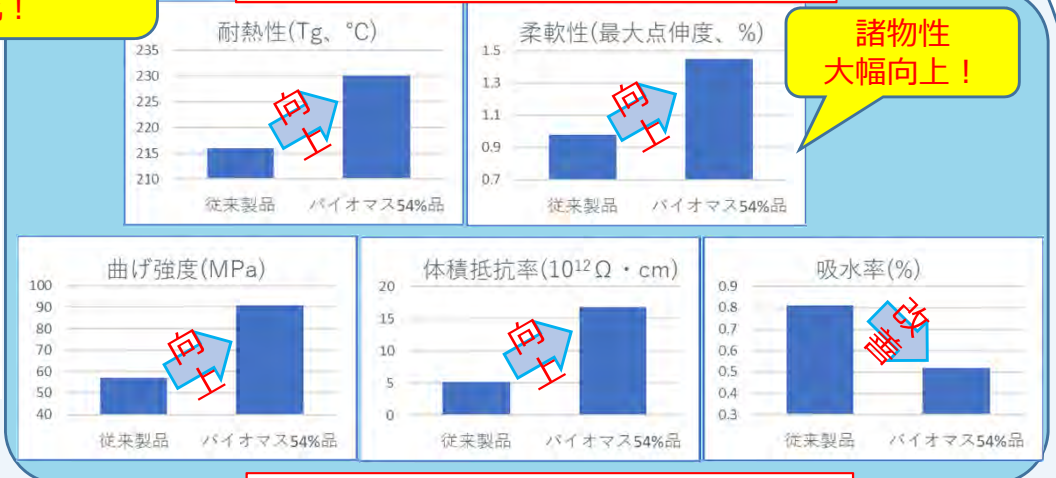
★改質リグニン製造プロセスを高度にコントロールして高バイオマス配合用に適する改質リグニンを製造条件を見出すと共に、それを導入した各種樹脂素材を調製し、その性能とバイオマス度の関係を明らかにする。

改質リグニン系高バイオマス材料の低粘度化を達成



現行の改質リグニン比で粘度を1/10以下に低減！

従来製品よりも物性を飛躍的に向上させた高バイオマス(54%)成形品の試作に成功



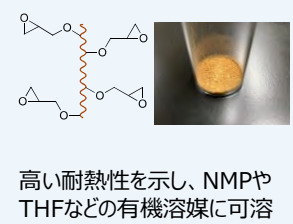
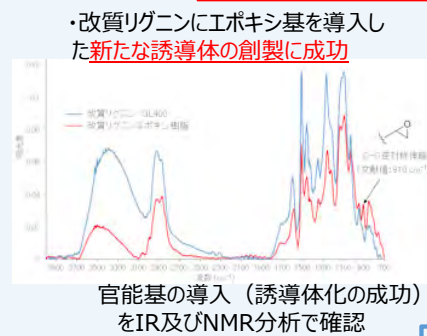
諸物性大幅向上！

②改質リグニンの誘導体化手法の探索

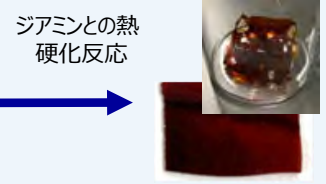
★改質リグニンと改質リグニンから製造した誘導体との組み合わせで樹脂化することを目的に、改質リグニンに反応性官能基を導入して新たな誘導体を創製する。



改質リグニンにエポキシ基を導入した新たな誘導体の合成を達成



エポキシ化改質リグニンを原料とした新たな熱硬化性樹脂を試作



誘導体化の目標を早々に達成し、次の展開を前倒して着手！新規樹脂の試作にも成功！

エポキシ化改質リグニンにアミンを添加して、柔軟な樹脂フィルムを試作に成功。

③高バイオマス度樹脂のコストの把握

- ★高バイオマス配合用改質リグニンを導入した各種樹脂素材の製造コストを試算する。
- ★高バイオマス度改質リグニン系樹脂素材（10種類以上）の提案及び製造コストを把握する。

- 新規樹脂素材41種類の試作に成功
- ノボラック樹脂9種類
 - 成形材料・・・ノボラック樹脂利用8種類
 - 改質リグニン利用9種類
 - 加熱品9種類
 - 誘導体4種類
 - ゲル2種類

性能評価実施

目標を大きく上回る41種類の新規樹脂素材試作に成功

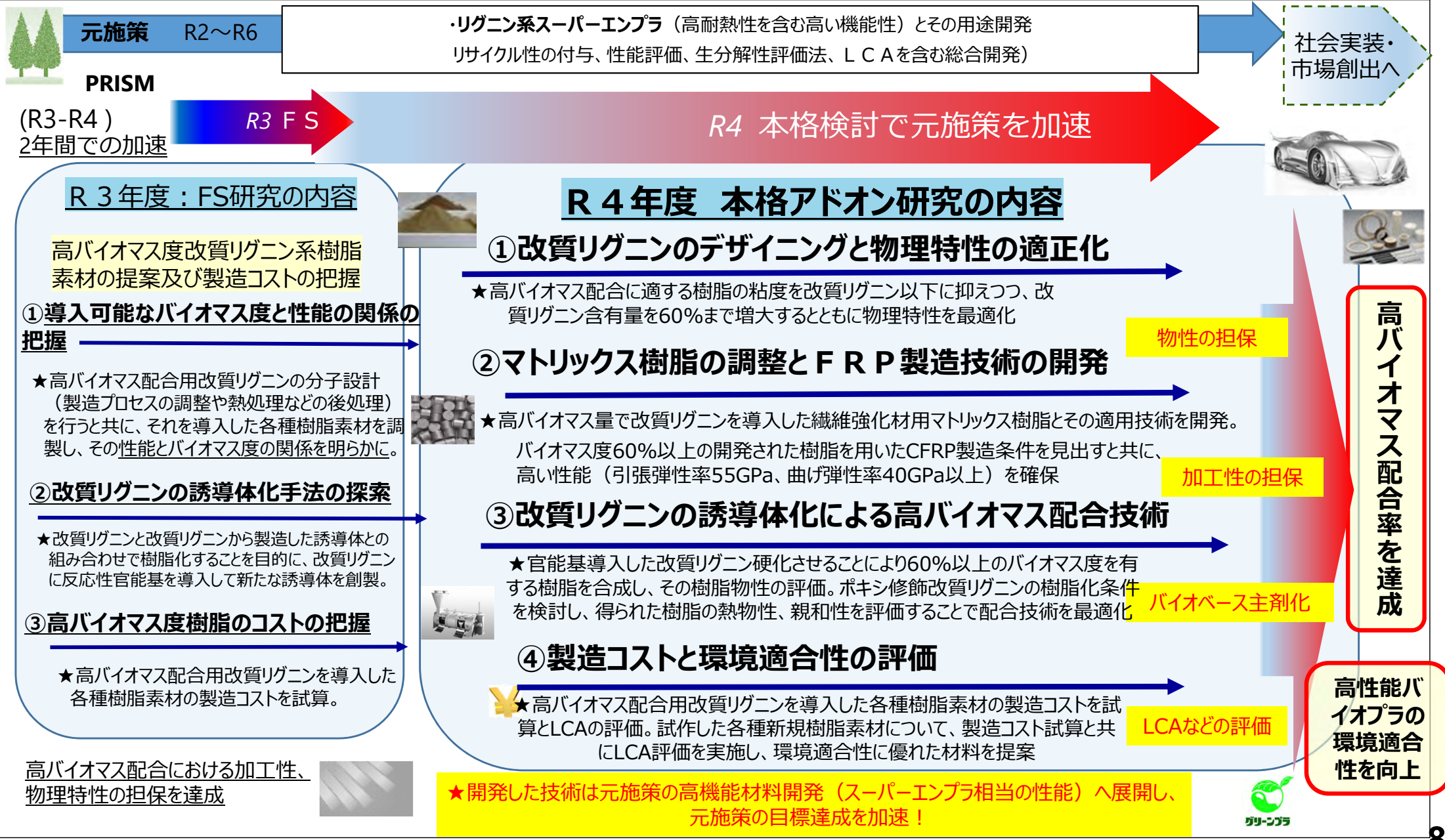
年度内に仕様を固め、コスト試算を実施



FS課題として本年度開始したところであるが、粘度低減の達成、バイオマス度54%の試作品に成功、誘導体化技術を早々に確立、目標値である10種を大きく上回る、41種の新規樹脂素材の試作に至るなど、開発が前倒して進められており、進捗が早い。

資料5-1 令和4年度の研究計画（全体像）

○目標：改質リグニン系複合材料を試作し、その物理特性の適正化、マトリックス樹脂の調製とF R P 製造技術の開発、改質リグニンの誘導体化による高バイオマス配合技術を確認し、バイオマス度60%以上を達成



資料 5-2 令和 4 年度の研究計画

改質リグニン系複合材料を試作し、その物理特性の適正化、マトリックス樹脂の調製と F R P 製造技術の開発、改質リグニンの誘導体化による高バイオマス配合技術確立し、バイオマス度60%以上を達成する。加えて、この技術に関する L C Aを行う。

① 改質リグニンのデザインと物理特性の適正化

- ★高バイオマス配合用の改質リグニンの分子設計と配合量の増加にともなう粘度増加などの物理特性を抑制する技術を開発する。
- ★高バイオマス配合に適する樹脂の粘度を改質リグニン以下に抑えつつ、改質リグニン含有量を60%まで増大させる。
- ★バイオマス度の目標として最低60%を達成する成形品を作製し、その物理特性を最適化する。
- ★加熱品、誘導体などの試作品群についても粘度の評価を実施しつつ、バイオマス度として最低60%を達成する成形品を作製し、物理特性を最適化する。

Key Words

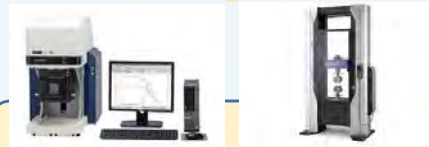
- ★高バイオマス度
- ★低粘度
- ★高物性

これら全てを高いレベルで並立！



素材試作

バイオマス度を60%以上に高めた改質リグニン系素材の試作



物性制御

様々な物理特性において既製品を上回るための合成・配合条件検討



粘度調整

高性能材料が陥りがちな高粘度化を抑制し、高い取り扱い性を担保



改質リグニン系高バイオマス配合材料

バイオマス度のみならず多様な物性においても既製品を上回り、かつ取り扱い性にも優れた次世代材料の実現

② マトリックス樹脂の調整と F R P 製造技術の開発

- ★高バイオマス量で改質リグニンを導入した繊維強化材用マトリックス樹脂とその適用技術を開発する。



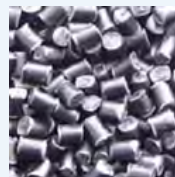
成型加工法の検討

量産化に適した成型加工法、立体成型などの製造方法を検討し最適化をおこなう



CFRP試作

バイオマス度を60%以上に高めた改質リグニン系 CFRP製造条件の抽出



マスターバッチの評価

改質リグニンベース樹脂と強化繊維との界面接着性を評価ファイラーの選択、材料の最適化を図り、マスターバッチ製造プロセスを検討する

① ② ③ ④

成果を統合

改質リグニン系複合材料を試作し、その物理特性の適正化、マトリックス樹脂の調製と F R P 製造技術の開発、改質リグニンの誘導体化による高バイオマス配合技術確立し、バイオマス度60%以上を達成

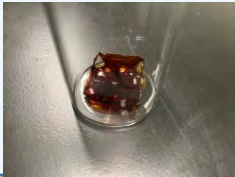
- ★バイオマス度60%以上の開発された樹脂を用いてCFRP製造条件を見出すと共に高い性能（引張弾性率55GPa、曲げ弾性率40GPa以上）を確保する。

③ 改質リグニンの誘導体化による高バイオマス配合技術

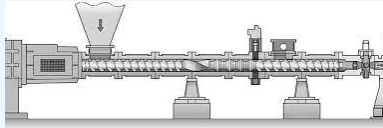
★改質リグニンにグリシジル基などを導入することにより、改質リグニン誘導体で改質リグニンを硬化する技術を開発する。



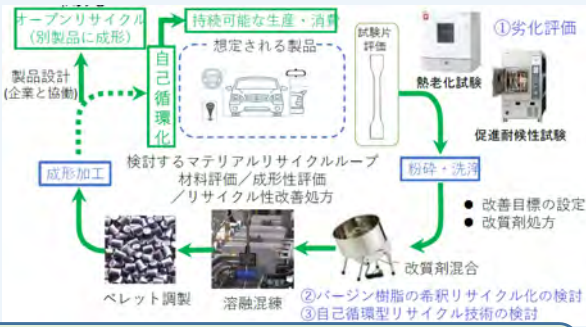
官能基修飾改質リグニンの物性評価
官能基導入した改質リグニンの物性評価、マトリックス樹脂との親和性の評価を行う。



官能基修飾改質リグニンの樹脂化
官能基修飾した改質リグニンを硬化させバイオマス度を60%以上に高めた樹脂を試作する。



高バイオマス熱可塑性樹脂複合材の作製
官能基修飾改質リグニンをういて樹脂と熔融混練し、バイオマス度を60%以上に高めた複合材料を試作する。

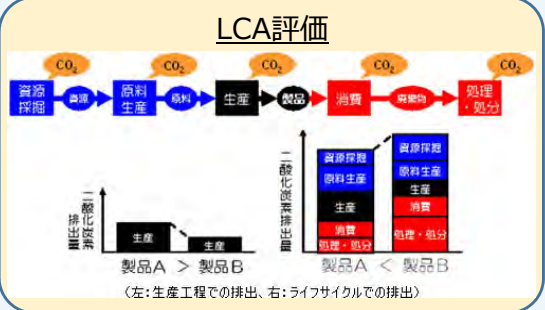
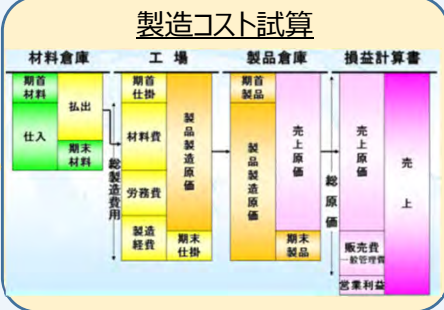
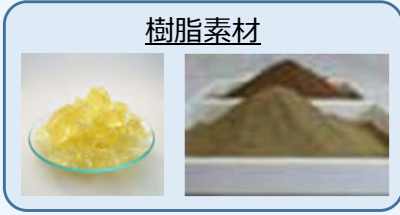


リサイクル性の評価
劣化樹脂の希釈リサイクル性、および熱劣化、光劣化に伴う組織、流動性、機械強度の関係を評価する。

④ 製造コストと環境適合性の評価

★高バイオマス配合用改質リグニンを導入した各種樹脂素材の製造コストを試算とLCAの評価。

★試作した各種新規樹脂素材について、製造コスト試算と共にLCA評価を実施し、環境適合性に優れた材料を提案する。



開発した技術は元施策の高機能材料開発（スーパーエンプラ相当の性能）へ展開し、元施策の目標達成を加速！

芳香族系バイオプラの高バイオマス化技術の早期確立で高性能バイオプラの環境適合性を向上させ、ゼロエミッション化を加速

□ 研究開発の加速

改質リグニンの配合割合を高めた樹脂を開発し、これをマトリックス樹脂などとして用いて複合材料を構築することにより、元施策の高強度・高耐熱性スーパーエンブラと併せ、より広範な用途における高バイオマス材料と環境負荷軽減技術の開発を加速する。また、バイオマス度の早期引き上げにより、元施策におけるリグニン系樹脂の環境適応性付与の加速に寄与し、GHG削減効果（自動車用途のみでも約2.2億トンの削減）を早急に発揮してゼロエMISSIONの達成に貢献。

□ マッチングファンド

R3年度は参加関連する民間企業から、製造設備、機器、人件費など 113百万円相当が提供された。また、R4年度はさらに拡大し、215百万円相当の投資が見込まれる。施策終了時期には改質リグニン製造の商用プラント化などにより4000億円規模の民間投資が見込まれる。

□ 民間研究開発投資誘発効果

従来、石油化学系樹脂や金属で製造されていた製品の一部が、元施策及びPRISMにより開発される改質リグニン高配合のFRPやスーパーエンブラへ移行することにより新たな市場が創出され、3兆円規模の経済効果が期待できる。

□ 政策転換

化石資源や輸入原料への依存から脱却し、木材等の国内に賦存する生物資源を活用した世界初のバイオ素材による成長産業化に貢献すると同時に、国産森林資源を担保するので、日本の中山間地域に新産業を創出し、地方創生に貢献する。

□ 国研・大学における研究への寄与度

森林研究・整備機構、物材機構などの国研と、東京工科大、京都大学などの大学が連携し、高バイオマス配合リグニンマトリックス樹脂製造の技術基盤を提供。

□ 国研・大学等と民間企業との共同研究数・受入金額

共同研究と研究開発への投資が活性化（用途開発22件程度で約6.6億円、製造技術5件程度で約5億円。総額約12億円）。加えてリグニンネットワークへ参加する企業（170社）へ技術を受け渡せる体制も構築されている。