

平成28年度実施方針

材料・ナノテクノロジー部

1. 件名：（大項目） 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ニ及び第三号

3. 背景及び目的・目標

3.1 研究開発の背景・目的

我が国の化学品の大半は石油由来の原料から製造されており、現状では石油消費量の約23%を原料として使用する等、化学産業は化石資源を大量に消費している。さらに、我が国の化学品の製造では、産業部門全体の約13%、日本全体の約5%のCO₂を排出している。

一方、世界的に石油消費量が拡大する中、輸入に頼る石油の価格上昇や枯渇リスク、CO₂排出量の増大に伴う温暖化問題に直面しており、化学品製造の革新的イノベーションの実現により、こうした課題を乗り越えていくことが急務となっている。将来的に石油資源の供給リスクを克服し、かつ、持続可能な低炭素社会を実現していくためには、非可食性バイオマスの利用等、様々な非石油由来原料への転換が必要である。

このような背景から、非石油由来原料として、非可食性バイオマスを活用した化学品製造プロセス開発が世界的に活発化してきている。例えば、米国において、平成12年頃から木皮由来フェノールからの木材接着剤の開発等の非可食性バイオマス由来の化学品製造が検討されている。またヨーロッパにおいて、平成20年頃から木材の前処理技術の開発や、木質系バイオマス複合材の開発等の非可食性バイオマス由来の化学品製造が検討されている。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）では「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発」において平成21年度から平成24年度まで、非可食性バイオマスの利活用による化学品製造プロセスを開発した。このプロジェクトにおいては、例えば、木質系バイオマスから抽出したリグニンを活用したリグニン樹脂の開発等、非可食性バイオマスから得られるセルロース、ヘミセルロース、リグニン等を個別に活用する化学品製造プロセスの基盤技術開発を推進した。

国内においては、非可食性バイオマスからの化学品製造プロセス開発は、これまでに、基盤技術開発が進められているものの実用化に達しているものは少ない。

したがって、このような開発を促進し、早期の実用化を加速することは、石油枯渇等の原料リスクを早期に低減するために重要である。

また、再生可能な原料である非可食性バイオマスを利用した省エネルギーな化学品製造プロセスの実現は、二酸化炭素の排出量削減につながり、持続可能な低炭素社会を実現するために、重要である。

また、非可食性バイオマスのうち木質系バイオマスは、原料調達面で安定的に大量入手の可能性があるので、その活用は重要である。しかしながら、その実用化には、石油由来化学品に対してコスト競争力が必要であり、木質系バイオマスから得られるセルロース、ヘミセルロース、リグニンの三成分を無駄なく有効活用できるプロセス等の開発が重要である。また、木質系バイオマスの利用においては前処理技術の難易度が高い等、多くの開発要素が残されている。

3.2 研究開発目標

本プロジェクトでは非可食性バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスを構築し、石油由来化学品と比較して、性能が同等以上かつコスト競争力のある化学品を開発するために以下を研究開発目標とする。また、非可食性バイオマスの特徴を生かしやすいポリアミドといった高性能プラスチック等の高付加価値品を主なターゲットとする。

[助成事業（助成率：2／3以内）]

研究開発項目①「非可食性バイオマスから化学品製造までの実用化技術の開発」

前処理技術が簡易で、早期実用化が期待できる、草本系バイオマス等の非可食性バイオマスから化学品までの一貫製造のための実用化技術の開発を助成事業により実施する。

【最終目標】

化学品を一貫製造するための実用化技術（低コスト化、スケールアップを実現するためのプロセス技術等）を開発する。

その知見を活用し、最終的に、非可食性バイオマスから最終化学品までのベンチスケールでの一貫製造プロセスを実証する。

開発した一貫製造プロセスの収率、性能、設備投資や生産性等を踏まえ、一貫製造プロセスが、代替する石油由来化学品と比較して、性能で同等以上かつコスト競争力があることを示す。

[委託事業]

研究開発項目②「木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発」

実験室レベルでの前処理技術や有効成分を無駄なく活用するプロセスの要素技術開発、それらの要素技術を活用した一貫製造プロセスの構築、実験室レベルからベンチスケールへのスケールアップ技術の開発等、実用化までに時間を要する木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセス開発を、委託事業により実施する。

【平成27年度末目標】

想定される木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセス構築に向けた実験室レベルの要素技術を開発する。

開発した要素技術から得られる化学品の収率、性能等の実験結果を踏まえ、想定される一貫製造プロセスが、代替する石油由来化学品と比較して、性能で同等以上かつコスト競争力があるとの見通しを得る。

【平成29年度末目標】

コスト競争力の見通しが得られた要素技術を活用し、木質系バイオマスから最終化学品までの実験室レベルでの一貫製造プロセスを実証する。

開発した一貫製造プロセスから得られる化学品の収率、性能等の実験結果を踏まえ、一貫製造プロセスが、代替する石油由来化学品と比較して、性能で同等以上かつコスト競争力があることを示す。

【最終目標】

平成29年度までに開発した実験室レベルの一貫製造プロセスの知見を活用し、量産化に向けた技術を開発し、ベンチスケールで一貫製造プロセスを実証する。

開発した一貫製造プロセスから得られる化学品の収率、性能等に加えて、設備投資や生産性等の実験結果を踏まえ、一貫製造プロセスが、代替する石油由来化学品と比較して、性能で同等以上かつコスト競争力があることを示す。

4. 実施内容及び進捗状況

プロジェクトマネージャーにNEDO 材料・ナノテクノロジー部 佐々木 健一を任命し、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるとともに、以下の研究開発を実施した。また、平成26年度から国立大学法人京都大学 工学研究科 教授 前 一廣氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

4. 1 平成27年度（助成）事業内容

研究開発項目①「非可食性バイオマスから化学品製造までの実用化技術の開発」

(1) 植物イソプレノイド由来高機能バイオリマーの開発

平成26年度に導入したラボスケール装置を用い、不純物の多い粗原料からの精製プロセスデータを取得し、課題の抽出と解決を行った。

昨年度までに得られた複合材をベースとして、混練及び成形加工技術の改良を行い、成形した試験板の物性向上を図った。

市場導入へ向けて、各々の商品に求める特性を見極め、既存の競合素材との差別化を図るべく、製造技術の改良に取り組んだ。

事業成果の発信として、開発したバイオリマーとポリ乳酸の複合材に関するニュースリリースを二度行った。

(実施体制：日立造船株式会社、委託先： キャスコ株式会社、ウイスカ株式会社、共同研究先： 国立大学法人大阪大学)

(2) 非可食性バイオマス由来フルフラール法THF製造技術開発

平成 26 年度に引き続き、平成 25 年度に設計・製作したベンチスケール設備を用いて林地残材からのフルフラールの製造と課題抽出を行った。一方、フルフラール製造後の残渣の利活用について、化学組成分析や構造解析を行うとともに、発熱量測定を実施した。

脱 CO 工程に関しては、平成 26 年度に製作したベンチスケール設備において開発した触媒の反応成績を確認するとともに、実機条件での触媒寿命、プロセス安定性について、長期試験を行った。また、得られたフランを現有する水素化反応設備に適用してフラン水素化反応を行い、反応成績や副生物挙動、及び製品物性を検証した。再委託先では、フルフラールやフランの反応性と反応ネットワーク解明を行い、副生物の低減方法について検討した。

実証試験の進捗にあわせて、一貫収率と製品スペックの確認、連続運転における課題検討などを行い、製造コストを試算した。

(実施体制： 三菱化学株式会社、王子ホールディングス株式会社、委託先： 国立大学法人九州大学)

4. 2 平成 27 年度 (委託) 事業内容

研究開発項目②「木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発」

(1) 高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発

成分分離方法、ナノ解繊技術の検討では、昨年度までに明らかになった耐熱性向上に有望な成分分離方法・ナノ解繊方法について、原料・成分分離条件・解繊条件の最適化を進めた。

リグノ CNF 変性技術の開発においては、耐熱性の向上に有望な原料、成分分離方法及び化学修飾の組み合わせの最適化により、変性技術の絞り込みを行った。熱流動性向上技術に関しては、リグニンネットワークの開裂、切断とリグニン及びヘミセルロースの化学修飾の複合について、継続して検討を行った。

リグノ CNF・樹脂複合体製造プロセスの開発では、昨年度に引き続き、種々のリグノパルプ、リグノ CNF について、二軸混練機や固相せん断押出機で PA6、PP などの複合化を行い、射出成形し、機械的性質を明らかにした。並行して、射出成形体に高圧不活性ガスを含浸して微細発泡させ軽量化を図る方法について検討した。

想定される実生産設備での一貫製造プロセスの確立に向けて、日産 10kg の試料作製プラントを建設した。また、リグノセルロースナノファイバー及び樹脂複合体の計測ならびに評価技術の開発に着手した。

(実施体制： 国立大学法人京都大学、王子ホールディングス株式会社、日本製紙株式会社、星光 PMC 株式会社、地方独立行政法人京都市産業技術研究所、再委託先： 国立大学法人東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所)

(2) 木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発

平成 26 年度に引き続き、以下のような前処理技術、及び、前処理技術から得られる 3 成分を利用する化学品製造プロセス構築のための要素技術の検討を継続した。

上記 3 成分を川下の化学品製造プロセスの原料として評価を進め、これらの評価結果及び川下技術との整合性、トータルコストを踏まえた点で実用化に適した前処理技術に絞り込んだ。また、上記 3 成分を利用する化学品製造プロセス技術については、代替する石油由来化学品と比較して、性能で同等以上かつコスト競争力があるとの見通しがあるものに、開発候補を絞り込んだ。化学品製造プロセス技術の開発候補の絞り込みに当たっては、できるだけ共通な条件（原料、製造関連費）で実用化可能性（製造コスト、対抗品との競争力、市場規模、成長性など）を評価し、技術開発の進捗状況等の技術面での評価、及び、コスト試算等の実用化面での評価を総合的に勘案して実施した。

（前処理技術開発）

平成 26 年度に引き続き、ヘミセル抽出前処理ソーダ蒸解、酸素アルカリ蒸解、アセトンを用いる水熱処理、高温高压水処理、ギ酸を用いる直接糖化法、マイクロ波・酵素処理、水熱・メカノケミカル・酵素処理による 3 成分分離技術の検討を継続した。これらの前処理技術により得られるセルロース、ヘミセルロース、リグニンの 3 成分を川下の化学品製造プロセス原料として評価を進めるとともに、3 成分分離の最適条件を見出し、各成分の製造コストや利用適正から実用性を判断した。前処理技術の絞り込みに当たっては、原料、設備規模（設備費）、ユーティリティー価格を統一して試算し、客観的なデータを基礎に行った。

また、リグニン由来芳香族モノマーであるバニリンの超臨界抽出技術の開発を行った。

（リグニン活用技術開発）

平成 26 年度に引き続き、前処理技術から得られるリグニンを活用し、以下の化学品までの一貫製造プロセスのための要素技術の検討を継続した。

フェノール系熱硬化性樹脂合成法の開発では、樹脂合成に適した最適な低分子化リグニンの品質スペックを決定し、リグニン樹脂の製法プロセスのスケールアップ検討を行い、数 kg スケールの樹脂合成反応条件を確立した。これらの検討で最適化されたリグニン樹脂を用いてリグニン成形材料を作製し、成形材料としての材料特性を検証した。

芳香族樹脂の開発では、平成 26 年度に引き続き、ターゲット物質素原料が高収率で得られる分解技術・精製技術の開発を行った。また、ターゲット物質素原料をさらに変換しターゲットモノマーを合成する技術開発を行った。これらの検討より得られたモノマーの重合・ポリマー物性評価を実施し、事業化のための高付加価値ポリマーを創出しようものを選定し、技術開発方向性を確定、ラボスケールでの技術開発を実施した。

エポキシ樹脂の開発では、3 成分分離した全てのリグニンを必要に応じて更にマイクロ波で低分子化して、原料として最適な 3 成分分離法と分解条件の組み合わせを判定した。また、低分子リグニンから高機能エポキシ樹脂を高収率で得る製造プロセスを実験室レベル

で確立した。

重水素化学品開発では、リグニンから医薬品原料・中間体等の原料に応用可能な化合物の選択的分解・抽出条件を見出した。更に重水素溶媒を用いて分解を行うことにより、世界で初めて木材由来リグニンからの直接重水素化合物の抽出に成功した。

(セルロース活用技術開発)

平成 26 年度に引き続き、前処理技術から得られる固体セルロース、又は直接酸糖化法により得られるオリゴ糖や糖類を用いて、レブリン酸及びヒドロキシメチルフルフラール(HMF)の効率的製造プロセスの開発の検討を継続した。

レブリン酸については、平成 26 年度に構築した酸触媒プロセスによる生産性向上とプロセス評価を行った。また、得られたレブリン酸を原料とする化学変換では、ターゲット物質の収率とその性能等に着目した高効率製造プロセスの開発を行った。

また、ヒドロキシメチルフルフラール(HMF)については、平成 26 年度に検討した HMF 製造プロセスに使用する改良触媒、最適化されたフロー系プロセスをベースにモノマー原料としての合成条件最適化・逐次反応に向けた条件検討や高純度化を行った。

また、C6 化合物からスペシャリティーポリマーについては、平成 26 年度までに検討してきたフロー系をベースに最適化を行い、高収率な HMF 製造プロセスとしての要素技術の開発を行った。HMF からモノマー合成については、収率に着目した高効率製造プロセスとしての要素技術の開発を行った。スペシャリティーポリマーについては、反応条件の最適化を行いながら、重合評価（重合性、融点、強度など）を行った。

(糖活用技術開発)

平成 26 年度に引き続き、前処理技術から得られるセルロース、ヘミセルロースから低コスト C5・C6 糖の製造プロセスの要素技術の開発を行い、各工程の収率等からコスト評価を行った。また、糖利用技術として、以下の化学品までの一貫製造プロセスのための要素技術を開発した。

C5・C6 糖化プロセス開発では、平成 26 年度で実施したケース毎の最適プロセスごとのコスト試算（設備償却費など）を概算し、ベンチ実証で得られた糖液の発酵性能（発酵収率など）の評価を行い、目標性能達成（糖収率 80%、糖濃度 20wt%）する上で最適な運転ケースの絞り込みを行った。また、絞り込んだ運転ケースでベンチ運転を複数回を行い、運転の安定性の確認と糖液の定期的な提供を実施した。

デオキシシロイノソース(DOI)からの機能性化学品の開発では、平成 26 年度に最適化した DOI 精製法により、大スケール(発酵液 10L)での DOI 精製を実施し、ブラッシュアップを重ねることで、DOI 回収率の目標を達成し、目標コストの目処をつけた。また、DOI 発酵生産効率を上昇させるために培養条件設定の改良を行う等し、平成 25 年度の 2 倍量の発酵生産を達成し、その供給行程をルーチンワークのレベルまで最適化した。

木材チップ由来単糖を原料とした遺伝子組換え技術による DOI 生産大腸菌の生産性向上については、大腸菌の遺伝子レベルの改良、糖化工程における不純物の低減、培養方法の改

良等を行い、目標の生産性を達成した。宿主大腸菌開発については、平成 26 年度に取得した DOI 耐性変異株について、その株の性質を調べ、DOI 生産に利用可能な DOI 耐性株であるかどうかについて評価した。

3-ヒドロキシプロピオン酸 (3HP) 生産株の構築では、実験室スケールでの生産性をプロジェクト内にて供給予定の木質由来糖液を用いて検討し、平成 26 年度で得られた二次設計株を評価するとともに、生産性向上を目指した。

糖類からのジオール製造法の技術開発では、イソソルビド合成について、ベンチスケールでの実験や外部試作を可能とするために、触媒、反応方式を決定し、反応条件を選定した。

また、ジオール合成のキーステップとなる水素化、開環、脱水反応について、C5 糖類からのターゲット化合物の高モル収率を得るため、反応ルート、反応方式、条件、触媒系を確立した。得られた反応成績をベースにコスト試算を実施して、精製法、連続反応化、の設備構成を選定し、及びベンチスケールの試験が必要な範囲を選定した。

オリゴ糖製造技術開発では、平成 26 年度に選定した耐熱化酵素の候補を複数作製し、比較検証を実施することで、耐熱化が 20°C 向上した変異型酵素の選定を実施した。また、酵素生産のスケールアップ(5L~20L)を実施し、オリゴ糖ベンチ製造用の酵素として供給するとともに、酵素性能の評価を実施した。

(実施体制：日本製紙株式会社、国立研究開発法人森林総合研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所(中国)、国立大学法人東京大学、住友ベークライト株式会社、国立大学法人京都大学(工学研究科)、宇部興産株式会社、ユニチカ株式会社、国立大学法人京都大学(生存圏研究所)、日本化学機械製造株式会社、日本化薬株式会社、大陽日酸株式会社、東レ株式会社、旭硝子株式会社、三井化学株式会社、新潟バイオリサーチパーク株式会社、学校法人新潟科学技術学園新潟薬科大学、帝人株式会社、三菱化学株式会社一再委託：国立研究開発法人産業技術総合研究所(東北)、国立大学法人京都大学(化学研究所)、国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所(つくば)、株式会社 IHI プラントエンジニアリング、DIC 株式会社、国立大学法人九州大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所(中国)、学校法人関西大学、国立大学法人東北大学)

その他、研究開発の状況等を勘案し、上記研究開発項目に関する技術動向・コスト構造等の情報収集・分析を行った。

(実施体制：公益社団法人化学工学会—共同実施：国立大学法人東京大学)

4. 3 実績推移

	平成 25 年度		平成 26 年度		平成 27 年度	
	委託	助成	委託	助成	委託	助成
実績額推移						
一般会計（百万円）	483	69	—	—	—	—
需給会計（百万円）	—	—	869	335	1237	83
特許出願件数（件）	0	—	9	—	23	7
論文発表数（報）	1	—	1	—	3	4
フォーラム等（件）	0	0	7	1	9	0

5. 事業内容

プロジェクトマネージャーにNEDO 材料・ナノテクノロジー部 佐々木 健一を任命し、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるとともに、以下の研究開発を実施する。また、国立大学法人京都大学 工学研究科 教授 前 一廣氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 平成 28 年度（助成）事業内容

研究開発項目① 「非可食性バイオマスから化学品製造までの実用化技術の開発」

（1）植物イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発

昨年度までの成果に基づく高度精製バイオトランスポリイソプレンの製造を行い、基礎物性データの整備とサンプル提供を開始する。

耐衝撃性バイオ素材に関して、試作品の製作検討を進め、評価した基礎物性より、製造条件の最適化を図る。

炭素繊維強化バイオ素材に関して、昨年度までに得られた混合比、混練条件を基に、スケールアップした混練条件を確立させる。

引き続き、市場導入へ向けて、各々の商品に求める特性を見極め、既存の競合素材との差別化を図るべく、製造技術の改良に取り組むとともに、コスト試算による事業性評価を行う。

（実施体制：日立造船株式会社、委託先： キャスコ株式会社、ウイスカ株式会社、共同研究先： 国立大学法人大阪大学）

（2）非可食性バイオマス由来フルフラール法 THF 製造技術開発

ベンチスケール設備を用いたフルフラールの製造時の課題について、解決法の検討を継続して行う。一方、フルフラール製造後の残渣の利活用について、熱回収や化学品原料としての利用に関して、引き続き検討する。

脱 CO 工程については、昨年度までにラボで確立した処理方法に基づく触媒再生を実施し、再生触媒の性能を確認する。実証試験に基づき、製造コストの評価など事業化に関する

F Sを進めるとともに、非可食性バイオマス由来の製品サンプルを作製し、純度や物性を確認する。

(実施体制： 三菱化学株式会社、王子ホールディングス株式会社、委託先： 国立大学法人九州大学)

5. 2 平成 28 年度（委託）事業内容

研究開発項目②「木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発」

(1) 高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発

成分分離方法、ナノ解繊技術の検討では、昨年度までの耐熱性目標を達成した技術について、そのスケールアップを図り、原料・成分分離・ナノ解繊の最適化を進める。

リグノ CNF 変性技術の開発においては、昨年度までの耐熱性目標を達成し、絞り込んだ技術について、そのスケールアップを図り、原料・成分分離及び化学修飾の最適化を行う。熱流動性向上技術に関しては、原料・リグニンネットワークの開裂、切断とリグニン及びヘミセルロースの化学修飾の複合、添加剤について、引き続き検討を行う。

リグノ CNF・樹脂複合体製造プロセスの開発では、種々のリグノ CNF について、複数の種類の PA 樹脂、PP 樹脂などとの複合化を行い、射出成形し、機械的性質を明らかにする。並行して、射出成形体に高圧不活性ガスを含浸して微細発泡させ軽量化を図る方法について、継続して検討する。

昨年度までに完成した試料作製プラントを活用し、部材製造プロセスのスケールアップを図るとともに、リグノ CNF 強化樹脂材料の社会実装において重要な加工技術の開発に着手する。またサンプル提供によるユーザー評価を促進し、製造技術の確立・改善を進める。

(実施体制： 国立大学法人京都大学、王子ホールディングス株式会社、日本製紙株式会社、星光 PMC 株式会社、地方独立行政法人京都市産業技術研究所、再委託先： 国立大学法人東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所)

(2) 木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発

平成 25～27 年度に実施した要素技術開発により絞り込んだ前処理技術、及び順位づけを行った成分利用技術を用いて、これらの結果を基に、平成 28 年度にはバイオマスから化成品原料に至る一貫製造プロセスの経済性を検証し、実験室レベルでの実証に向けた見通しを得る。技術的にはリグニン利用拡大を重要課題と位置づけ、前処理で抽出された成分の改質など必要な要素技術の開発を実施する。開発に当たってはリグニングループとの情報共有など連携を強化して推進する。経済性の検証においては、原料調達から製品製造までの一貫製造プロセスのマスバランス、エネルギーバランス、コストバランス、LCA 等を勘案の上、実施する。

(変換技術開発)

昨年度の絞り込まれた改良アルカリ蒸解で木質バイオマスを前処理し、川下の技術開発

に必要なサンプルを供給する。これまでと比較して必要サンプル量が増加するので、前処理に使用する設備を揃え、あるいは外部設備を利用することで対応していく。また改良方法の一つとして酸素添加蒸解については、特別に設計した装置を使い最適な条件を探る実験を行い、そのデータを基に構築した反応モデルから装置の設計を行い、工学的に有効なコストを確立する。さらに酸素添加蒸解で生成する芳香族モノマーを系から効率的に取り出すために、CO₂ 超臨界抽出を利用する方法を開発する。

アルカリ蒸解から得られるソーダリグニンは高分子であり、縮合反応により化学的な性質が川下の樹脂利用に適さない。そこでソーダリグニンを樹脂利用に適するように改質する反応を基盤技術として検討する。ソーダリグニンを分解し低分子化する可能性のある試薬を試すことで、これまででなされていないリグニン低分子化法の体系化を目指す。その中からリグニンの利用に効果的で、コスト等から有望なものを選択し、実用化技術にする開発を行う。

本プロジェクトで対象とする一貫プロセスについて、種々の生産技術との組み合わせが最適となる選択ができるような設備コストや利用可能な廃熱、副製品の有効利用、廃棄物の処理コスト等を考慮して導出するシステムを構築し、構造の最適化を考慮して評価できるシステムを構築する。またプロセス全体として LCA 評価を行い、一貫プロセスの持つ利点を明確にする。

(リグニン活用技術開発)

フェノール系熱硬化性樹脂合成法の開発では、ソーダリグニンを原料としたフェノール系熱硬化性樹脂の合成法の確立を検討する。原料樹種、リグニン比率、反応モル比、触媒、プロセス条件を詳細検討し、数百 mL ~ 1 L スケールの樹脂合成条件を確立する。樹脂評価及び成形材料化評価を行い、最適な樹脂設計を絞り込む。リグニン原料構造や反応処方を適正化するために、反応活性の定量化評価法の構築について検討する。

エポキシ樹脂の開発では、ソーダリグニンを原料とした高機能エポキシ樹脂の開発を目的とし、高機能化を目指したソーダリグニンの分画や変性の検討とソーダリグニンに適した効率的なエポキシ樹脂化法の開発を行う。また、バイオマスからエポキシ樹脂原料の直接生産を目的として、ソルボリシス分解法の工業化に向けた検討を行う。

重水素化学品開発では、27 年度までに開発した木材由来リグニンからの直接重水素化物の抽出工程についてマイクロ波+触媒の分解技術を更に進め、ソーダリグニン及び残渣としていた分画について分解方法の開発を行う。これにより得られた成分の同位体化技術開発を行う。また、質量分析装置などを用いた分析技術開発、スケールアップに向けた検討を実施する。

ポリウレタンフォームの開発においては、リグニン試料をポリオールとして用いたウレタン樹脂化等に取り組み、熱的性質を含めて高分子材料としての物性評価等を行うとともに、特に均一なセル構造を持ち、石油由来品と比較し、見掛け密度、圧縮強度などの諸物性が同等以上かつコスト競争力のあるウレタンフォームの検討を実施する。

リグニン品質管理方法の開発では、リグニン低分子化検討項目及びリグニン利用項目で製造・調製されるリグニンの原料化品質を管理するため、各項目のリグニン試料に適應できる分析法を開発する。平成 28 年度は、①リグニンの含有量に関する分析、②リグニンの化学構造分析、及び③リグニンの高分子化学的分析について検討を行う。そのうち、低分子化リグニンの評価に重要な分子量測定及びその樹脂化の評価に重要な熱分析について、重点的に分析法の開発検討を行う。

(セルロース活用技術開発)

セルロースからレブリン酸/エステル及びヒドロキシメチルフルフラール(HMF)の効率的製造プロセスの開発を継続し、収率や品質等から製造プロセスを検証する。

絞り込んだ前処理技術で得られるセルロースからレブリン酸/エステル合成に対して、平成 27 年度までに構築した酸触媒プロセスでの触媒改良及び反応速度解析等の工学的アプローチを通して更なる高効率化・条件最適化する。また、レブリン酸/エステルを原料とする化学変換では、ターゲット物質の収率や品質、触媒寿命等に着眼した高効率製造プロセスの開発を行い、一貫プロセス評価する。

ヒドロキシメチルフルフラール (HMF) については、平成 27 年度までに構築した要素技術を活用し、平成 28 年度はプロセス連結の検討を行う。セルロースまたは糖からモノマー合成までの検討とともに、HMF からポリマーまでの検討を行い、段階的に効率的な一貫製造プロセスの確立を目指していく。

(糖活用技術開発)

C 5、C 6、オリゴ糖糖化プロセス開発では、ベンチ設備を用いて酵素回収と糖精製とを一貫で行い、化学品製造用の C 5、C 6 糖を糖利用グループ各社に提供するとともに、ベンチスケールでのプロセス実証を行う。また、オリゴ糖製造に適した酵素生産株を開発すると共に、同一ベンチ実証において、糖化液からのオリゴ糖分離回収も実施することで、オリゴ糖液の大量調整も実施する。

DOI からの機能性化学品の開発では、DOI 生産大腸菌の生産律速点の強化によって、木材チップ由来糖化液原料から DOI 生産性 70g/L(40hr)を達成する。また発酵液からの DOI 精製に関しては、膜利用技術とイオン交換樹脂利用技術を組み合わせ、DOI 回収率 $\geq 70\%$ 、DOI 純度 $\geq 95\%$ を達成する。DOI サンプル調製については、試薬糖原料から 1kg/月の DOI 供給を達成するとともに、木材チップ由来糖化液からの DOI サンプル調製も適宜行う。最終製品として、2-hydroxy-4,5-dimethoxybenzoic acid phenyl ester (DBAP) と 1,3,4-tris(glycidyl-oxy)benzene(TGB)の 2 種類の化合物を検討する。前者は医薬原料用途、後者は機能樹脂原料用途である。いずれについても数 g ~ 数百 g レベルで DOI からの製造検討を行い、実用化のための問題点・課題を抽出する。プロセス技術の開発については、モデル試験装置を用いた検討を実施し、設備コスト、運転コストを意識したプロセス設備の調査、検討を実施する。

3-ヒドロキシプロピオン酸(3HP)の開発ではフラスコ培養で 5g/L の 3HP を生産するプラ

スミド型生産株と同等レベルの 3HP 生産性を有する染色体組込型生産株を作製する。染色体組込型生産株とプラスミド型生産株について木質由来糖液を用いて 3HP 生産性を評価する。また菌体の増殖と 3HP 生産を分離した生産条件を検討して対糖収率や発酵速度に与える影響を調べる。さらにアセチル CoA カルボキシラーゼとマロニル CoA レダクターゼ両酵素の遺伝子を複数導入することで 3HP の生産性向上を図る。また二機能性酵素である *Chloroflexus aurantiacus* 由来マロニル CoA レダクターゼの活性向上を検討する。リシノール酸の開発では遺伝子発現バランスの調整によるリシノール酸の高効率分泌生産株を作製する。前年度までの検討から、効率的な生産には *olate Δ 12-hydroxylase (FAH12)* と *phospholipase A2 (Plg7)* の発現が鍵であり、どちらの遺伝子も過剰に発現させると菌体の生育を阻害することが明らかになったので、様々なプロモーターを用いてこれらの遺伝子の発現レベル・発現バランスの調整を行い、ジャーファメンターによる培養を視野に入れた効率的で安定したリシノール酸生産株の構築を目指す。

糖類からのジオール製造技術の開発においては、C6 糖類から水素化反応、脱水反応によってイソソルビドを得る工程の検討に注力する。前段の水素化については、木質バイオマスの蒸解物から得られる非可食糖水溶液について、触媒を用いた水素化の反応速度を求めるとともに、工業的な観点から各種の条件を選定する。後段の脱水工程については、考案した新規反応方法について、各要素技術の性能をモデル実験で確認するとともに、主生成物、副生成物の挙動（逐次反応や分解、平衡、及び各相間の分配等）を調べる。さらに、連続反応化を見据え、予備検討に用いる反応装置を設計する。

（実施体制：日本製紙株式会社、国立研究開発法人森林総合研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所（中国）、国立大学法人東京大学、住友ベークライト株式会社、国立大学法人京都大学（工学研究科）、宇部興産株式会社、ユニチカ株式会社、国立大学法人京都大学（生存圏研究所）、日本化学機械製造株式会社、日本化薬株式会社、大陽日酸株式会社、東レ株式会社、旭硝子株式会社、三井化学株式会社、新潟バイオリサーチパーク株式会社、学校法人新潟科学技術学園新潟薬科大学、三菱化学株式会社—再委託： 国立研究開発法人産業技術総合研究所（東北）、国立大学法人京都大学（化学研究所）、国立研究開発法人産業技術総合研究所（つくば）、株式会社 IHI プラントエンジニアリング、DIC 株式会社、国立大学法人九州大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所（中国）、学校法人関西大学、国立大学法人東北大学、株式会社東レリサーチセンター、学校法人金井学園福井工業大学）

その他、研究開発の状況等を勘案し、上記研究開発項目に関する技術動向・コスト構造等の情報収集・分析を行う。

5. 3 平成 28 年度事業規模（予定）

需給勘定 1,015 百万円（助成、委託）

※事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 評価

NEDO は、(1) 事業の位置付け・必要性、(2) 研究開発マネジメント、(3) 研究開発成果、(4) 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みの4つの評価項目について、外部有識者による研究開発の中間評価及び事後評価を実施する。

中間評価は、研究開発項目②を評価の対象とし、平成 29 年度に実施する。事後評価は、研究開発項目①及び②を対象とし、研究開発項目①については平成 29 年度に、研究開発項目②については、平成 32 年度に実施する。

なお、中間評価等の結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止、及び助成事業への移行等の見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置されるプロジェクト推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、随時、プロジェクトの進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理を行うものとする。また、必要に応じて、ユーザーとの連携を促す等、成果の早期達成が可能になるよう努める。成果の早期達成が可能と認められた研究開発については、期間内であっても研究を完了させ、実用化へ向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。NEDO は、「革新的触媒による化学品製造プロセス技術開発プロジェクト」の下で実施する経済産業省の事業と、進捗状況や課題・成果等について必要に応じて情報共有等を行うなど、連携について検討するものとする。

(3) 複数年度契約の実施

委託事業

平成 25～29 年度の複数年度契約を行う。

助成事業

平成 25～28 年度の複数年度交付を行う。

(4) 知財マネジメントにかかる運用

「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する（研究開発項目②のみ）。

7. スケジュール

7. 1 本年度のスケジュール

- 平成29年1月下旬・・・公募予告
- 2月下旬・・・公募開始
- 3月下旬・・・公募締切
- 4月中旬・・・採択審査委員会
- 4月下旬・・・契約・助成審査委員会
- 4月下旬・・・採択決定

7. 2 本年度の公募について

事業の効率化を図るため、平成28年度中に平成29年度の公募を開始する(ただし、事業の内容は別途平成29年度実施方針に定める)。

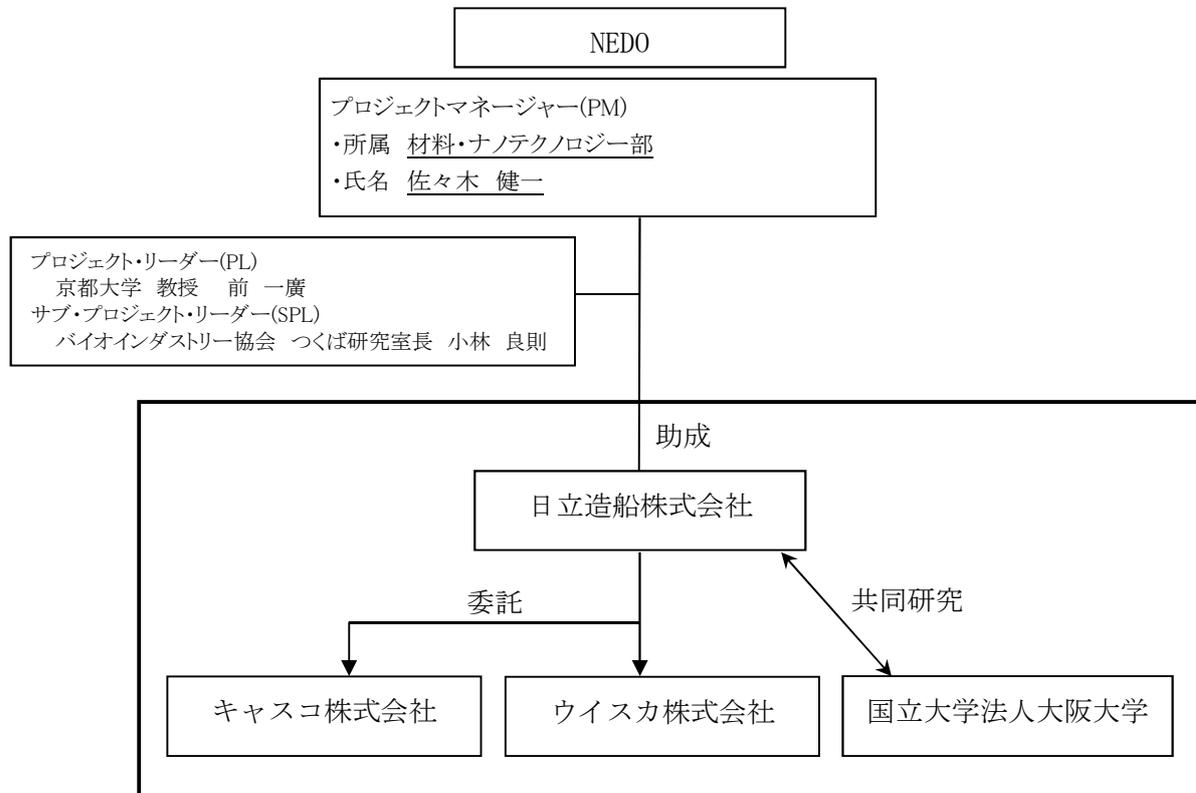
8. 実施方針の改定履歴

- (1) 平成28年3月、制定
- (2) 平成28年12月、スケジュールの追記

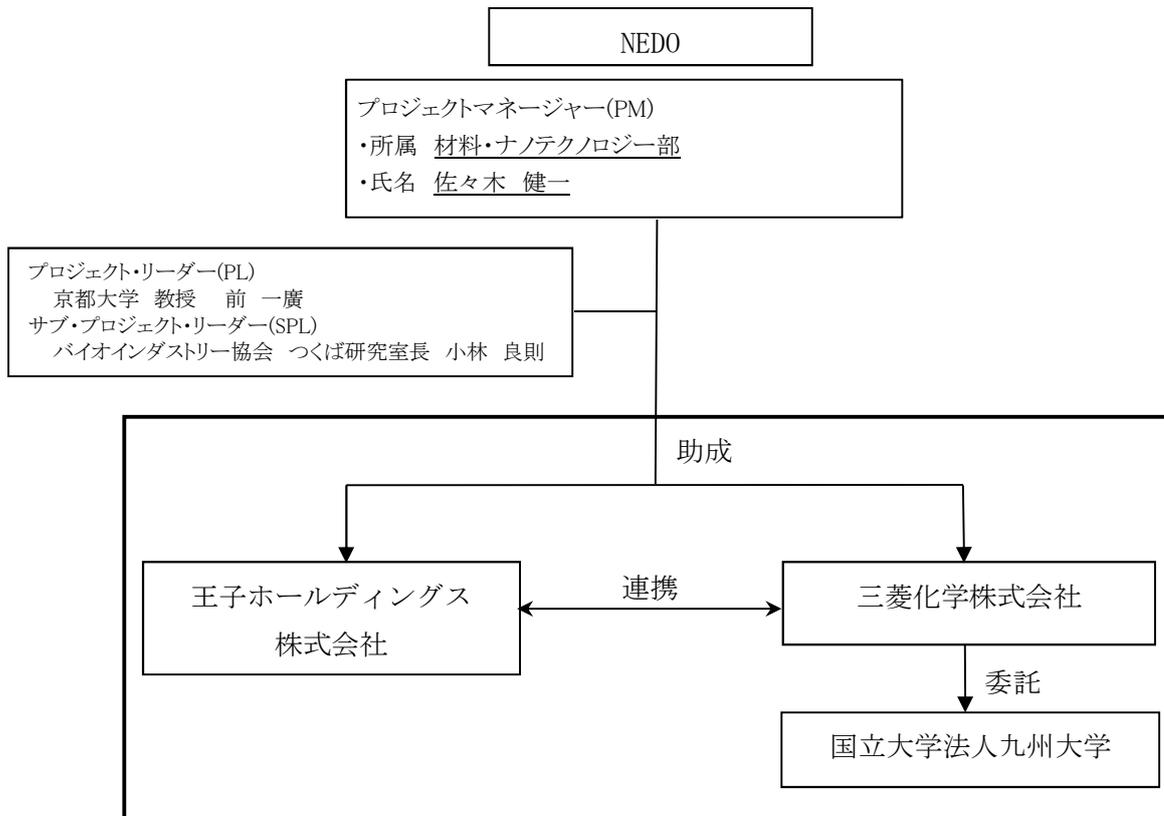
(別紙) 事業実施体制の全体図

研究開発項目①非可食性バイオマスから化学品製造までの実用化技術の開発 (助成)

(1) 植物イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発

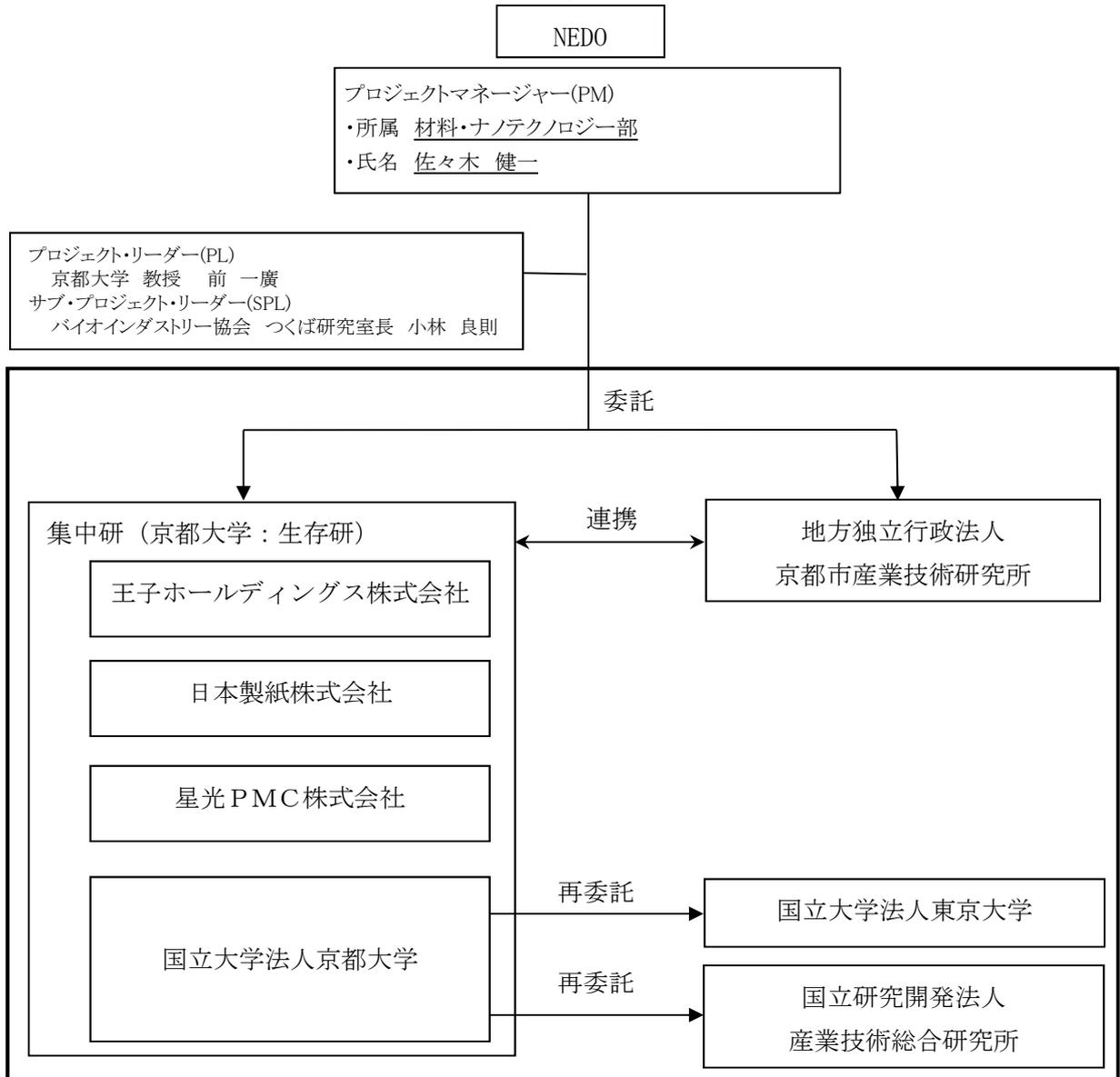


(2) 非可食性バイオマス由来フルフラール法THF製造技術開発



研究開発項目②木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発（委託）

(1) 高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発



(2) 木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発

