

平成26年度実施方針

電子・材料・ナノテクノロジー一部

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

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項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。

独立行政法人新エネルギー・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ため、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】

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。

[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

平成25年度は、研究開発項目①及び②における公募を行い、それぞれ各2テーマを採択した上で、以下の研究開発を実施した。

4. 1 平成25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

バイオトランスポリイソプレン製造法の基礎検討として、高純度化方法について検討し、スケールアップに必要な基礎的な知見の採取を開始した。

混練技術開発では、汎用樹脂や添加剤、フィラー等とのブレンド時の基礎データとなる混練時の挙動（トルク値、練り温度等）を検討し、剪断や熱による分解を極力抑えた混練条件の開発に着手した。

バイオトランスポリイソプレンの物理的特徴を活かし、種々の特性を測定し、他素材との位置づけを明確にする。またバイオトランスポリイソプレンと無機フィラーの複合材料に関する一連の複合化工程について、コンタミネーション対策や複合化の再現性の検討を開始した。

（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

ベンチプラントによる林地残材からのフルフラールの製造を行うためのベンチスケール設備の設計・製作を行うとともに、本設備設計・製作や、フルフラール製造プロセス改良のための基礎的なデータ収集を開始した。

粗フルフラールをケミカルグレードにする精製工程や脱 CO 反応条件の詳細部分について、シミュレーションやモデル試験を行い、プロセス上の残された課題を確定し、次年度に建設するベンチスケール設備の検討に着手した。また、粗フルフラールの精製について、触媒寿命への影響を確認するとともに、大スケールでの粗フルフラールの精製条件の開発に着手した。後段のフラン水素化反応については、シミュレーションモデルの検証と触媒の耐性について検討を開始した。

(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 25 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 (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

原料・成分分離方法の検討では、クラフト蒸解による成分分離を中心に、成分分離・評価システムを構築するとともに、機械的・熱的損傷の少ないナノ解繊技術の開発を開始した。

リグノセルロースナノファイバー (以下、「リグノ CNF」という。) 変性技術の開発においては、バクテリアセルロースおよび木材由来の CNF をモデル物質として、種々の化学修飾によるセルロース水酸基の保護 (酸化防止) を試み、耐熱性の変化を明らかにし、耐熱性の向上に有望な化学修飾の開発に着手した。さらに得られたリグノ CNF について、リグニンネットワークの開裂、切断を試み、成形体の熱可塑性、熱流動性について検討を開始した。

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、二軸混練機で PA6 および PP 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とともに、二軸混練機により、種々の化学変性リグノパルプの混練解繊について着手した。

(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、京都市、再委託先： 国立大学法人東京大学)

(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

木質系バイオマスを前処理することで得られるリグニン、セルロース、ヘミセルロースの 3 成分を無駄なく活用し、石油由来化学品に比べてコスト競争力のある各種化学品まで

の一貫製造プロセスの開発を目的として、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に着手した。

(前処理技術開発)

木質系バイオマスとしてスギ、ユーカリ由来のチップまたは木粉を原料にアルカリ蒸解、酸素アルカリ蒸解、水熱処理、マイクロ波加熱、水熱・メカノケミカル処理を利用した3成分分離技術の開発に着手した。また成分分離プロセスの経済性を客観的に評価するために共通の木粉を調製し提供した。前処理で得られたリグニンを、リグニン活用技術を担当するリグニングループ、セルロースを、セルロース活用技術を担当するセルロースグループ及び糖利用グループに提供し、望ましいサンプル性状についての情報交換を行った。

(リグニン活用技術開発)

木質バイオマスから分離されたリグニンをを用いてフェノール系熱硬化性樹脂、エンブラ、エポキシ樹脂、芳香族モノマーを開発するため、酸化分解、熱分解、マイクロ波分解等各種手法によるリグニンの低分子化、リグニンの分析・評価検討、リグニン樹脂変性反応、エポキシ樹脂への変換反応について技術調査や基礎検討に着手した。

(セルロース活用技術開発)

木質バイオマスから各種前処理により分離された固体セルロース、又は直接酸糖化法により得られるオリゴ糖や糖類を原料とするレブリン酸及びヒドロキシメチルフルフラール(HMF)の製造プロセス開発に着手した。更に、レブリン酸及びHMFを用いた化学変換(触媒)によるモノマー製造プロセス開発を開始した。また前処理グループからサンプル提供を受け、原料セルロース中の残存リグニン等の不純物の当該プロセスへの影響についても検討を開始した。

(糖活用技術開発)

3成分分離技術で得られる画分からの糖化プロセス構築に当たり、C6糖についてラボスケールにて酵素糖化条件および膜処理条件の検討を開始した。C5糖分について提供された針葉樹由来のヘミセルロース前処理液を用いて酵素糖化条件および膜処理条件の検討を開始した。

試薬グルコースとキシロースを原料としたデオキシシロイノソース(DOI)生産検討、発酵液からのDOI精製検討、DOIサンプル調製に着手した。また好適な宿主大腸菌を選別するためDOI感受性の解析に着手した。

3-ヒドロキシプロピオン酸(3-HP)生産に関わる遺伝子選抜に着手し、それらの機能活性評価ならびに代謝系の一次設計を開始した。

C6糖類からイソソルビド(ISB)を製造、C5糖類からブタンジオールを製造するルート探索、触媒探索に着手した。

(実施体制： 日本製紙株式会社、独立行政法人森林総合研究所、独立行政法人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)、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、帝人株式会社、三菱化学株式会社、再委託先： 産業技術総合研究所（東北）、京都大学（化学研究所）、東京工業大学、産業技術総合研究所（つくば）、IHI プラントエンジニアリング、DIC、新潟薬科大学、九州大学）

4. 3 実績推移

	平成 25 年度	
	委託	助成
実績額推移 一般会計（百万円）	483	69
特許出願件数（件）	0	—
論文発表数（報）	1	—
フォーラム等（件）	0	0

5. 事業内容

5. 1 平成 26 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

製造規模の拡大（スケールアップ）を行い、目標として1バッチ数100g以上スケールの生産体制を構築し、導入した装置の試運転と並行して、課題の抽出と解決を行う。

混練技術について、平成25年度に得られたデータを基に、各種物性試験で必要となる試験板の成形加工条件を検討する。また、得られた試験板から分子量測定や各種物性測定を行い、加工条件の妥当性を検証する。

バイオトランスポリイソプレンの複合化あるいは化学変性により、競合素材と同等以上の物性を達成する。またバイオトランスポリイソプレんに無機フィラーを配合し、樹脂系複合材と同等以上の物性を有する複合材料について、ラボスケールでの開発を行う。（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

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う。具体的な検討項目としては、ベンチプラントで製造したフルフラールが、ラボレベルで製造したフルフラールと同様のスペックや収率が得られるかどうかや、ベンチプラントを用いた際の必要蒸気量や必要薬品量について調べる。また、設備改良やフルフラール製造プロセス改良のための基礎的なデータ収集を継続して行う。

脱 CO 工程について、ベンチスケール設備を設計、建設する。一方で、原料フルフラールについて、確立した連続精製法で精製を行い、上記ベンチスケール実証試験の原料を準備する。フルフラールについては、ラボスケール脱 CO 反応設備により、反応性を確認する。また、粗フルフラールについて、不純物の種類や純度を草本系の粗フルフラールと比較し、確立した精製法を適用し、木質バイオマス由来の粗フルフラールの脱 CO 反応への適用性を判断する。さらには、脱 CO 工程に用いる触媒について、新たな触媒を制作し、その反応性を評価する。

(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 26 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

原料・成分分離方法の検討では、平成 25 年度に構築した成分分離・評価システムを用い、様々な化学処理を針葉樹材および広葉樹材、代表的な靱皮繊維について行い、得られるリグノパルプの形態、物理的特性、化学構造を明らかにする。また同リグノパルプについてナノ解繊を行い、機械的・熱的損傷の少ないリグノパルプのナノ解繊法を見出す。さらに並行して、分離ヘミセルロース、分離リグニンの構造解析を行う。

リグノ CNF 変性技術の開発においては、耐熱性に優れていると判断した数種類のリグノパルプおよびリグノ CNF に平成 25 年度に見出した耐熱性の向上に有望な化学修飾を行い、耐熱性の向上に有望な原料、成分分離法および化学修飾の組み合わせを見出す。また平成 25 年度に引き続き、リグノ CNF を化学修飾し、成形体の熱可塑性、熱流動性を明らかにする。

リグノ CNF・樹脂複合体製造プロセスの開発では、平成 25 年度に引き続き、種々のリグノ CNF について、二軸混練機で PA6 および PP 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。また二軸混練機により、種々の化学変性リグノパルプを混練解繊する。さらに京都市と連携して解繊性を促進する添加剤を見出し、混練物を成形する。

(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、京都市、再委託先： 国立大学法人東京大学)

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 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する。

(前処理技術開発)

平成 25 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 成分分離技術を開発を継続する。

3 成分分離の最適条件に繋がる基礎データを取得し、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの収率およびコストについて目標達成の見通しを立てる。

評価結果を基に処理法の改良を図ると共に原料受け渡しのための分離・精製法を開発する。

総合的に既存および新規成分分離プロセスの経済性評価を実施する。

(リグニン活用技術開発)

木質バイオマスから分離されたリグニンを活用し下記の開発を行う。

フェノール類によるリグニンの変性・樹脂化条件を確立し、成形材料用樹脂として適用可能なフェノール系熱硬化性樹脂を開発する。

各種分解法で得られるモノマーから高付加価値ポリマーを創出しようるものを選定し、それらの分離・精製法を中心に開発を行う。

エポキシ樹脂、芳香族モノマー開発のため、木質バイオマスからリグニンオリゴマーおよびリグニンモノマーを生産するマイクロ波反応を開発する。低分子化リグニンのエポキシ化反応条件検討を行い適切な低分子リグニンについて明らかにする。

(セルロース活用技術開発)

木質バイオマスから各種前処理法によって分離された固体セルロース、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を進める。レブリン酸については、効率的な酸触媒プロセスの構築と実用化に向けた課題を明らかにする。また得られたレブリン酸及び HMF を原料とする化学変換では、モノマー製造プロセスに使用する触媒改良、最適化された条件でのフロー系での実験検討を実施する。さらに HMF から誘導されるモノマーについては、重合評価等も進める。一方、セルロース原料からレブリン酸及び HMF 経路によるモノマー製造プロセスの経済性評価を開始する。

(糖活用技術開発)

目標性能達成(糖収率 80%、糖濃度 20wt%)に向けて C5 糖、C6 糖画分それぞれにプロセスの最適化を図る。針葉樹と広葉樹由来の糖組成が異なる事から、先行して進めている針葉樹由来成分の糖化・膜処理条件検討に加え、広葉樹由来成分の糖化・膜処理条件検討に着手する。

木材チップ由来単糖を原料とし、遺伝子組換え技術による DOI 生産大腸菌の生産性向上を試みる。宿主大腸菌開発については、平成 25 年度に選抜された DOI 感受性株をベースに DOI 耐性株を構築する。

3-HP 生産のための最適ゲノム構成株を作製し、それを宿主とした 3-HP 生産系を構築、一次設計株を評価するとともにさらに進んだ二次設計を行う。

イソソルビド合成について、固体触媒、および反応方式を開発ターゲットとして基礎探索を行う。

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、固体酸担持金属触媒を開発ターゲットとし、C5 糖類、および脱水中間体からのジオール合成反応を検討する。

木質原料から分離されたヘミセルロース画分を出発材料として、安価なオリゴ糖を製造するプロセス技術開発に着手する。

(実施体制：日本製紙株式会社、独立行政法人森林総合研究所、独立行政法人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)、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、帝人株式会社、三菱化学株式会社一再委託：産業技術総合研究所(東北)、京都大学(化学研究所)、東京工業大学、産業技術総合研究所(つくば)、IHI プラントエンジニアリング、DIC、新潟薬科大学、九州大学、独立行政法人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))

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26年度事業規模(予定)

需給勘定 1,157 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27年度及び平成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 25～27 年度の複数年度契約を行う。

助成事業

平成 25～26 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. 実施方針の改定履歴

(1) 平成 26 年 3 月、制定

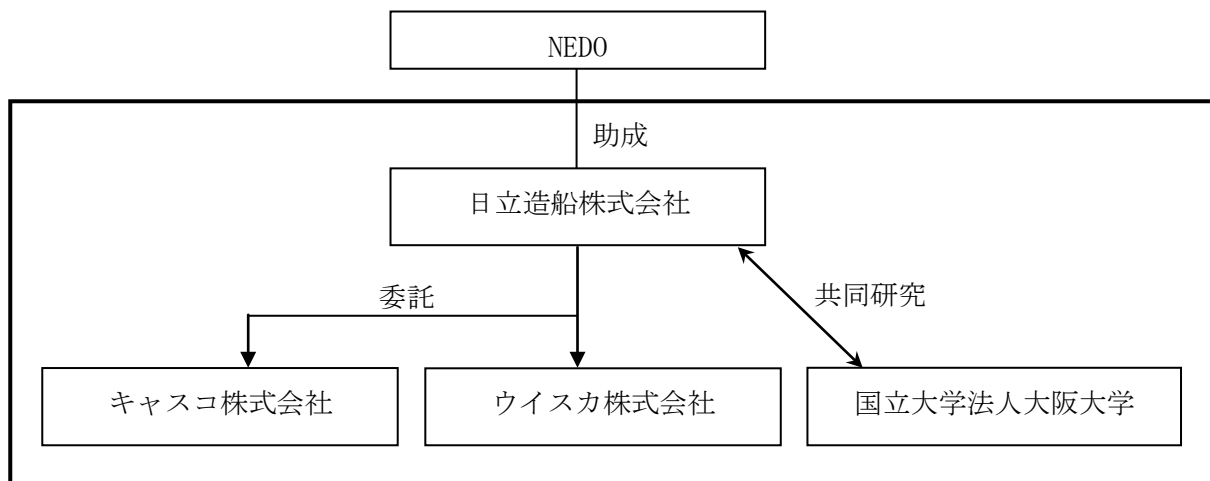
(2) 平成 26 年 9 月、開発成果促進制度適用による事業規模の変更に伴う改訂

(3) 平成 26 年 12 月、平成 26 年度事業内容の一部追加、再委託先追加に伴う改定

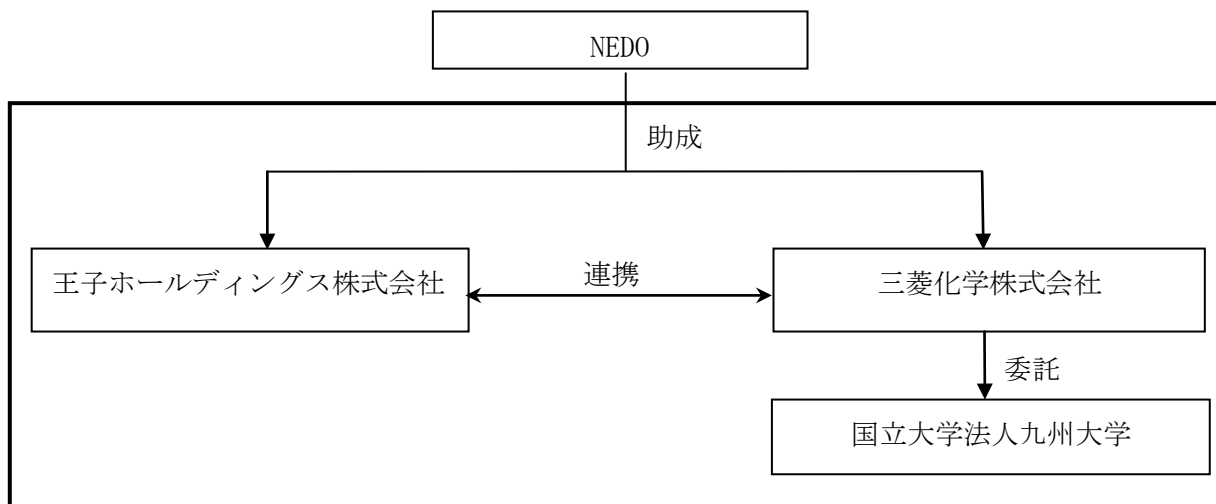
(別紙) 事業実施体制の全体図

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

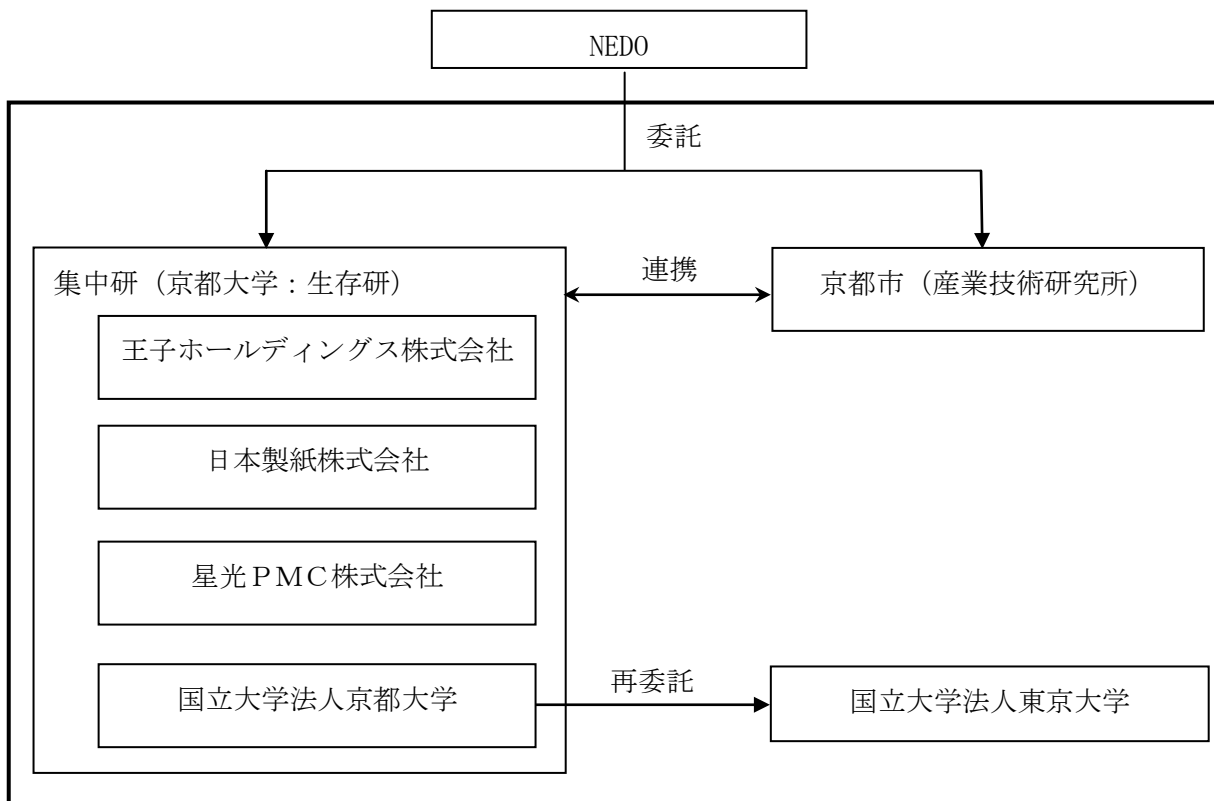


(2) 非可食性バイオマス由来フルフラール法THF製造技術開発



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

