

## 平成30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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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。

なお、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。

さらに、新しい材料として多様な応用が期待されるセルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）については、実用化や普及を加速し支援するため、信頼性向上や高機能化・品質管理を強化する必要があり、安全性評価手法の開発や木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価を実施する必要がある。

### 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）]（平成25年度～平成28年度）

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]（平成25年度～平成31年度）

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】**

(1) 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

(1) -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  
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。

(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

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】**

(1) セルロースナノファイバーを活用した化学品一貫製造プロセスの開発

(1) -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  
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。

(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

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。

#### (1) セルロースナノファイバーを活用した化学品一貫製造プロセスの開発

##### (1) - 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

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。具体的には、製造コストを1,300円/kgまで低減する。

##### (1) - 2 CNF安全性評価手法の開発

CNFの分析及び有害性試験手法の開発では、平成30年度までに開発したCNFの単糖化等の手法による生体への取り込みの把握に必要なレベルのCNFを検出・定量する手法、気管内投与試験のためのCNF試料調製手法及び投与手法、皮膚細胞モデルを使用したCNFの皮膚透過性試験手法について、手法と適用事例をとりまとめた手順書等を策定する。

CNFの排出・暴露評価手法の開発では、CNF粉体及びCNF応用製品の製造・使用・廃棄プロセス等におけるCNFの排出・暴露可能性を現場調査や模擬試験により評価し、確立した計測手法と評価事例をとりまとめた手順書等を策定する。

これら手法について、国際的な機関（OECD、ISO等）の動向を的確に把握し、国際標準化へ向けた取り組みを行っている経済産業省の担当課等、日本の窓口機関と連携し、データ提供等を行う。

##### (1) - 3 木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価

スギ、ヒノキ、カラマツ、広葉樹、タケ等を対象にした木質系バイオマスを原料として、木質系バイオマスの特性解析、パルプ特性解析、CNF特性解析、CNF用途適正評価により得られた結果を総合的に解析し、CNF製造メーカーが用途に応じて効率的に高性能CNFを製造できるような原料評価手法を確立する。

木質系バイオマスの特性評価の成果はweb等に公開し、展示会・説明会で説明する。

#### (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。具体的には、木質バイオマスから抽出する主要3成分の総合収率70%を達成する。

#### 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 浜田 耕太郎を任命し、プロジェクトの進行全体の企画・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29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) -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、平成28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た。

リグノCNF変性技術の開発においては、平成28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った。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、引き続き検討を行った。

リグノCNF・樹脂複合体製造プロセスの開発では、PBT、ABS、PC、PC/ABS、PLA、PS、HDPE、塩化ビニル等、複数の樹脂あるいはそのブレンド物との複合化を行い、射出成形し、機械的性質を明らかにした。また、部材製造プロセスのスケールアップに対応した化学変性用リグノパルプの大量製造に成功した。高植物度リグノCNF材料の開発について引き続き検討を行った。

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、継続して検討を行った。

平成27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を継続実施した。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、高知県紙産業技術センター、株式会社ロンビック、宇部興産株式会社、三菱エンジニアリングプラスチック株式会社)

### (1) - 2 CNF 安全性評価手法の開発

CNF の分析及び有害性試験手法の開発 (CNF の検出・定量手法の開発、CNF 気管内投与手法の開発、皮膚透過性試験手法の開発)、CNF の排出・暴露評価手法の開発 (排出 CNF の計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積、CNF 応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディ) を進めた。

CNF の検出・定量手法の開発では、生体や環境中での微量 CNF を検出・定量する手法として、熱分析や電子顕微鏡観察に適した手順や条件を決定し、その有効性を確認した。

CNF 気管内投与手法の開発では、CNF 試料の射出状態や濃度条件の検討により、窒息等の影響のない適切な気管内投与試験の投与条件を確立した。

皮膚透過性試験手法の開発では、高機能人工合成膜及び3次元培養ヒト皮膚モデルを使った皮膚透過性試験を行い、透過性試験の試験条件を確立した。

排出 CNF の計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積では、既存のナノ材料計測手法の排出 CNF への適用について、適した手順や条件を取得した。また、移し替えの模擬排出試験系を作成し、試験条件を確立した。

CNF 応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディでは、先行研究を含む文献調査とヒヤリング調査により代表的な製品ケースを抽出した。また、1種の CNF について生分解性試験データを取得した。

(実施体制： 国立研究開発法人産業技術総合研究所、王子ホールディングス株式会社、第一工業製薬株式会社、大王製紙株式会社、日本製紙株式会社、再委託先： 国立大学法人京都大学)

### (1) - 3 木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価

木質系バイオマスの特性解析、パルプ特性解析、CNF 特性解析、CNF 用途適正評価、CNF 原料評価手法の開発を開始した。

木質系バイオマスの特性解析では、主要な林業樹種であるスギを対象に、CNF 原料である木質系バイオマスの物理特性及び化学特性を解析した。スギは多品種で、品種によって細胞壁厚等の物性が異なる。サンプルとして茨城県産スギ、富山県産スギ、熊本県産スギを選択した。それぞれのサンプルについて、未成熟材 (材の内部；15年輪まで) と成熟材 (材の外側；15年輪以上) に分類し、チップ化してパルプ用に供するとともに、細胞壁の厚さ、マイクロフィブリル傾角、細胞壁中の空隙、木材の密度 (細胞壁の量)、年輪構造 (細胞壁の分布) などを測定した。

パルプ特性解析では、主要な林業樹種であるスギを対象に樹種、部位などの異なるそれぞれの原料について、クラフト法、ソーダ AQ 法によりパルプ化し、パルプ性能評価、解繊性の分析、化学分析、物性分析を行った。

CNF 特性解析では、上記で製造したパルプについて、変性リグノ CNF 法による CNF 製

造及び特性解析、親水性 CNF（斜向衝突法、ボール衝突法、グラインダー法、TEMPO 触媒酸化法、酵素・湿式法）の製造及び特性解析を行った。

CNF 用途適正評価では、疎水性 CNF 及び親水性 CNF について用途適正評価を行った。変性リグノ CNF については、樹脂とのコンポジットの物性を評価した。また、親水性 CNF については、増粘剤（第一工業製薬）、インク（三菱鉛筆）、フィルター（東工大）、フィルム性能（阪大）、プラスチック補強材（京大、産総研、森林総研）、塗料（森林総研外注）、合板初期接着能（森林総研外注）について評価した。

未成熟材は成熟材に比べて密度が高い、仮道管等が短い、ヤング率が低い、マイクロファイブリル傾角が大きいという組織の特長がみられ、変性リグノ CNF 方式においてよりほぐれやすい状態であることを確認した。また、塗料、接着性能等各製品の性能において、未成熟由来の CNF の方が性能向上の認められたものが多いことが示された。これらの結果から CNF 原料として適する木質バイオマスの選択の可能性、さらには原料供給について国内資源の限定の可能性が示唆された。

（実施体制： 国立研究開発法人森林研究・整備機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人京都工芸繊維大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人東京工業大学、株式会社スギノマシン、第一工業製薬株式会社、三菱鉛筆株式会社）

## （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 28 年度に引き続き、平成 29 年度も各成分利用事業者が木質バイオマスから化成品原料に至る製造プロセス技術を実験室レベルで検証し、バイオマス原料による課題の解決に取り組んだ。一貫プロセスに向け各工程を連続にするために接続部分の条件等の詰めを行った。これらを経て、平成 30 年度に向けて一貫製造プロセスモデル案を構築し、そこでのベンチスケールでの経済性実証が行える計画案を立案した。リグニンの利用については、高分子のリグニンをそのまま使える工程の開発に注力すると共に工業的原料としてのリグニンの管理すべき性状分析と管理手法の確立に取り組んだ。一貫プロセスの構築に当たっては各成分利用グループ間の情報共有など連携を強化して推進した。

### （原料化技術開発）

一貫プロセス構築に向けて必要となる各成分サンプルを一定品質で提供できるように、原材料化プロセスを整備した。原料の供給に当たり、川下の求める条件と適合できるようにすり合わせを行った。特にリグニンについては樹脂化に利用し易いような性質が発現できるような改良を念頭に、蒸解条件検討や分画等の技術検討を行った。トータルプロセスの付加価値を増加させるための高付加価値物であるバニリンについては黒液からの効率的な分離技術である CO<sub>2</sub> 超臨界抽出技術の開発を行った。

本プロジェクトで対象とする一貫プロセスの評価として、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、設備コスト、廃熱・副製品の有効利用、廃棄物の処理コ

スト等を考慮し、構造の最適化を評価できるシステムの構築を進めた。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した。

#### (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、平成 28 年度に確立したソーダリグニンを原料とした基本製法のスケールアップ検討を行い、5 L スケールの合成法を確立した。プロジェクト内の原料化検討結果や樹脂原料の最適化検討の知見をもとに、リグニン原料に必要な評価指標、スペックについての検討を行った。成形材料化評価及びコスト試算を行い、特性／コスト面から石油由来フェノール樹脂に対する優位性の検証を行った。

エポキシ樹脂の開発では、平成 28 年度に引き続き、高機能化を目指したソーダリグニンの分画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った。工程管理に必要な要因を明確にし、コスト試算を行った。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いコスト面から評価を行った。

重水素化学品開発では、得られた有用成分の重水素化技術開発、高付加価値化合物への誘導体化など製品化検討技術開発を行った。また実際に重水を使用しバッチ式マイクロ波装置を用いてアルカリリグニンの分解反応を行い直接重水素化が行える事を確認した。装置の腐食状態の確認を行い、連続式装置の設計を行った。

ポリウレタンフォームの開発においては、ポリオール中のリグニン濃度等の検討によって、実用化の基礎となるラボスケールのフォーム調製条件の確立に見通しがついた。

リグニン品質管理方法の開発では、各樹脂ごとにターゲットとなる反応活性点を個別定量する方法を開発・評価した。また、二次元 NMR 等により詳細な構造分析を行い、構造の特徴を明らかにした。さらに、平成 28 年に開発した精密分子量測定法及び熱分析メソッドについて、改良と評価を行った。

#### (セルロース活用技術開発)

レブリン酸／エステル合成技術開発においては、改良アルカリ蒸解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28年度までに構築した酸触媒プロセスでの触媒改良及び主・副生物ハンドリング等を考慮したプロセスフローを元に平成29年度目標値を達成した。また、レブリン酸／エステルを原料とする化学変換では、ターゲット物質の品質と触媒寿命評価を更に進めて高効率製造プロセス開発を行い、スケールアップ実証へ向けたセルロースからエンプラ用モノマー原料までの一貫製造プロセスを確立した。

ヒドロキシメチルフルフラール (HMF) については、平成 28 年度までに得られた成果を活用しながら、セルロースから HMF を経由したポリマーまでのプロセス連結を完成させ、グラムスケールでの一貫製造の実証をおこった。

#### (糖活用技術開発)

化学品製造用の C 6 糖をベンチスケールで調製して、各社に対し必要量提供を行った。糖品質の課題に対して、糖製造プロセスでの対応可否について検討を進めた。また平成 28 年



度から取り組みを開始したC6画分からグルコースとオリゴ糖の併産技術においては、C6糖（グルコース）に含まれるオリゴ糖の低減が課題であり、酵素改変と膜分離プロセス改善により、C6糖画分のグルコース純度向上に取り組んだ。また、オリゴ糖については、腸内分解性及び善玉菌の増殖活性の試験管評価と、安全性評価（急性毒性、変異原性有無）を進めた。

DOIからの機能性化学品の開発について、DOI生産では、DOI発酵条件最適化によって、木材チップ由来糖化液原料からDOI生産性67g/L(32hr)を達成した。発酵液からのDOI精製では、イオン交換工程の省略化によりTGB想定価格3000円/kgに見合う精製プロセスを提示した。DOIサンプル調製では、試薬糖原料から1kg/月のDOI安定供給を達成した。TGB生産では、合成中間体であるTHBの精製方法を確立するとともに、TGB合成プロセスの最適化を行った。プロセス技術開発では、ベンチレベルの製造プロセス設計を行った。

3-ヒドロキシプロピオン酸(3HP)の開発では、菌体の増殖と3HP生産を分離することで、対糖収率や発酵速度の向上を図った。また鍵酵素であるマロニルCoAレダクターゼの活性向上や副経路への炭素の流出を抑制する代謝系の改変を検討した。リシノール酸の開発ではリシノール酸生産のために必須な酵素FAH12のFAH12を高機能化により酵母の生育に適した温度においてリシノール酸を安定生産できる菌株の構築を目指した。

糖類からのジオール（イソソルビド）製造技術の開発においては、前段の水素化工程について、木質バイオマス由来の非可食糖液を原料とした場合の反応条件依存性を確認した後、数百ccのスケールで木質バイオマス由来のソルビトールを試作した。後段の脱水工程については、予備的に制作した連続反応装置を用いて反応条件依存性を調べた。さらに試作したソルビトールの脱水反応を行い、目的物の生成速度を確認するとともに、問題点を抽出した。

（実施体制： 日本製紙株式会社、国立研究開発法人森林研究・整備機構、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、三菱ケミカル株式会社 — 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）

#### 4. 3 実績推移

	平成 25 年度		平成 26 年度		平成 27 年度		平成 28 年度		平成 29 年度	
	委託	助成	委託	助成	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)	—	—	1030	138	1223	73	948	52	1028	—
特許出願件数 (件)	0	1	12	4	21	6	14	0	3	1
論文発表数 (報)	1	—	5	1	8	0	16	3	3	0
フォーラム等 (件)	1	0	1	0	1	0	1	0	0	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 浜田 耕太郎を任命し、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 30 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) 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

###### (1) - 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及び、リグノ CNF 変性技術の検討においては、原料樹種ごとの最適パルプ化、予備解繊、アセチル化条件の解明とともにパルプ内部の均一変性技術の開発、添加剤による水洗浄時の内部凝集阻止、アセチル化パルプ解繊性簡易評価法の開発を行う。並行してリグニンの熱可塑性を利用した高植物度リグノ CNF 材料の製造技術の開発を行う。

リグノ CNF・樹脂複合体製造プロセスの開発では、変性パルプ解繊用膨潤剤の開発、アセチル化 CNF に特化した相溶化剤、疎水化剤の開発を行う。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する。

スケールアップ・社会実装化技術の開発では、リグノ CNF・樹脂複合体製造のスケールアップ技術を開発するとともに、再委託先と連携しアドバイザー評価を反映した樹脂成形体に改良する。また、リグノ CNF・樹脂複合体のブロー成形性、押出成形性について検討する。

社会実装可能な成形体、成形方法の開発では、化学・樹脂会社を再委託先に追加し補強樹脂のバリエーション (塩ビ等) を増やす。また、アドバイザーを 15 社から 20 社に増強し部材評価対象分野を拡大する。特許、文献調査を基に変性パルプ製造コストの試算を行う。

さらに、射出成型以外のブロー成形法、押し出し成形法、インフレーション成形法への適用検討を行う。

知財委員会において、特許動向等について専門知識を有する人材を中心として、知財戦略を検討する。その知財戦略に基づいて、PCT 出願を行う。知財戦略の検討に際し、必要に応じて調査を行う。

(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、高知県紙産業技術センター、宇部興産株式会社、三菱エンジニアリングプラスチック株式会社、大洋塩ビ株式会社)

#### (1) - 2 CNF 安全性評価手法の開発

前年度に引き続き、CNF の分析及び有害性試験手法の開発 (CNF の検出・定量手法の開発、CNF 気管内投与手法の開発、皮膚透過性試験手法の開発)、CNF の排出・暴露評価手法の開発 (排出 CNF の計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積、CNF 応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディ) を進める。

CNF の検出・定量手法の開発では、夾雑物存在下における CNF の検出・定量手法を検討する。そして、主対象の 3 種の CNF について、生体や環境中での微量 CNF の把握に必要なレベルの CNF を検出・定量する手法を確立する。

CNF 気管内投与手法の開発では、CNF 試料を使ってラット気管内投与試験を行い、肺・各葉での CNF の分布確認のため、肺試料中の CNF 計測を行う。

皮膚透過性試験手法の開発では、3次元培養ヒト皮膚モデルを用いた CNF の皮膚刺激性試験の実施、及び3次元培養ヒト皮膚モデルや高機能人工合成膜を使った CNF 検出手法の開発を行う。また、CNF の蛍光ラベル化を行い、CNF 検出手法に適用する。

排出 CNF の計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積では、CNF の検出・定量手法の開発で確立した手法を排出・暴露評価に応用するために、排出 CNF の捕集方法、前処理方法、分析条件について適した方法や条件を得る。また、現場調査や模擬排出試験の評価事例を集積すると共に、排出 CNF の計測手法の実用性を検証し、課題を抽出する。研究開発項目②(1) - 1 と連携することで、疎水性 CNF と樹脂とのコンポジットの提供を受け、排出・暴露評価に供し、評価結果の情報を提供する。

CNF 応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディでは、抽出された各 CNF 応用製品ケースの性状や使用形態から、CNF の製品から人への暴露経路を推定し、暴露係数の推定を行い、暴露シナリオを抽出する。CNF の生分解性試験を行い分解性についてのデータを得る。

(実施体制： 国立研究開発法人産業技術総合研究所、王子ホールディングス株式会社、第一工業製薬株式会社、大王製紙株式会社、日本製紙株式会社、再委託先： 国立大学法人京都大学)

### (1) - 3 木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価

国産針葉樹のトドマツ、カラマツ、コウヨウザンをサンプルとし、木質系バイオマスの特性解析、パルプ特性解析、CNF 特性解析、CNF 用途適正評価を行う。また、スギの結果と併せて CNF 原料評価手法の提示方法や必要な項目をより使いやすいようにする。

木質系バイオマスの特性解析では、29 年度のスギの結果を踏まえて CNF 原料である木質系バイオマスの物理特性及び化学特性を解析する際の必要な項目を限定するとともに、実用化につながる指標を選択する。

パルプ特性解析では、クラフト法、ソーダ AQ 法によりパルプ化し、パルプ性能評価、繊維性の分析を行うとともに、CNF 製造に適するクラフト法を開発する。

CNF 特性解析では、上記で製造したパルプについて、疎水化変性法による CNF 製造及び特性解析、親水性 CNF の製造及び特性解析を行うとともに、CNF の品質管理に適する項目を選択し、品質管理法を開発する。

CNF 用途適正評価では、疎水性 CNF 及び親水性 CNF について用途適正評価を行う。具体的には、疎水性 CNF については、樹脂とのコンポジットの物性を評価する。また、親水性 CNF については、増粘性特性、フィルター性等について評価する。疎水性 CNF と樹脂とのコンポジットの物性評価については、研究開発項目②(1) - 1 と連携して行い、特性を向上させる木質系バイオマス因子を探索する。

(実施体制： 国立研究開発法人森林研究・整備機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人京都工芸繊維大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人東京工業大学、株式会社スギノマシン、第一工業製薬株式会社、三菱鉛筆株式会社)

### (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 29 年度迄に実施した、木質バイオマスから化成品原料に至る一貫製造プロセス技術の実験室レベルでの検証結果、並びに一貫製造のプロセス全体の評価結果に基づき、平成 30 年度から平成 31 年度にベンチスケールでの一貫製造プロセスの構築と経済性検証を実施する。

実施体制としては、平成 29 年度迄の原料化技術グループ、各成分利用技術グループの各グループ制を撤廃し、将来の実用化・事業化を目指す企業実施者を中心とし一貫製造プロセスを開発する体制とする。ただし、一貫製造プロセス自体の経済性等の評価並びにリグニンの品質評価・管理方法の開発については、前記の開発体制とは別に評価グループを設け推進する。これらは相互に連携して開発を推進する。

また、各プロセスで製造する中間製品等の用途開拓等を目的とし、プロジェクト外へのサンプル提供について検討する。

(評価グループ：一貫プロセス・LCA 評価)

一貫プロセス評価及び LCA 評価では、一貫プロセスの各工程における物質収支及び熱エネルギー収支の収集検討を行う。検討結果をもとに、インベントリデータを作成し、環境影響評価を実施するとともに、産業評価用データベースの整備を進める。

(評価グループ：リグニン評価)

樹脂化利用に適したリグニン品質管理法の開発では、フェノール変性リグニン樹脂の合成における原料リグニンの反応性の評価を進める。プロジェクト内のリグニン利用技術開発実施者と連携し、原料リグニン及びリグニン由来樹脂の評価（熱分解質量分析法、チオアシドリシス法、酸化分解法等）を進める。

(一貫製造プロセス開発)

ソーダリグニンの分離、乾燥技術の開発として、成分分離、乾燥条件の最適化を行い、特にリグニンについては黒液からリグニンを単離する処方確立する。これらを行いプロジェクト内の成分利用技術開発実施者へのキログラム規模でのサンプル提供を実施する。

リグニンの品質変動調査として、実工程での品質変動を把握するためクラフトリグニンの分離を行い、その品質を調査する。

フェノール系熱硬化性樹脂合成法の開発では、ベンチスケールにて低コスト化合成条件検討、量産適合性検証等を行う。原料リグニン特性のフェノール変性リグニン樹脂や材料特性への影響を調査し、最終目標達成に必要な原料スペックを検討する。これらの取り組みは必要に応じ評価グループと連携して進める。

ポリウレタンフォーム化開発においては、ソーダリグニンを含有するポリウレタンフォーム、ポリイソシアヌレートフォームを試作し、発現する特性の評価を進める。

セルロースからのレブリン酸/エステル開発については、ベンチスケールにて固体セルロースからエンブラ用モノマーまでの一貫製造プロセス構築を実施する。製造触媒の改良、製造工程のシミュレーション解析を実施する。

ヒドロキシメチルフルフラール (HMF) については、セルロース等からの HMF 誘導体製造のスケールアップ、並びに HMF 誘導体からのモノマー合成のスケールアップを実施する。

セルロース、ヘミセルロースからの糖化については、化学品製造用の糖液をベンチスケールで調製して、各社に対し必要量提供を行い、品質課題を抽出するとともに品質向上のための精製検討を行う。C 6 画分からのオリゴ糖製造については、オリゴ糖の用途確認を進める。

DOI からの機能性化学品の開発では、木質バイオマス由来糖液を原料とする DOI 製造、DOI からの THB 製造、THB からの TGB 製造の各プロセスについてキログラムスケールでの製造プロセスを開発する。

糖類からのジオール製造技術の開発においては、木質バイオマス由来糖液から水素化反応によってソルビトールを得るプロセス、ソルビトールを脱水反応によってイソソルビドを得るプロセスの技術開発を継続する。

(実施体制： 日本製紙株式会社、国立研究開発法人森林研究・整備機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所(つくば)、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)、東レ株式会社、三井化学株式会社、新潟バイオリサーチパーク株式会社、三菱ケミカル株式会社、 再委託： 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(東北)、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、学校法人新潟科学技術学園新潟薬科大学、三井化学SKCポリウレタン株式会社)

その他、研究開発の状況等を勘案し、必要に応じ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. 2 平成 30 年度事業規模

### 委託事業

需給勘定 1,180 百万円

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(1)－1及び②(2)を評価の対象とし、平成 27 年度、平成 29 年度に実施した。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 年度に実施した。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。

(3) 複数年度契約の実施期間

委託事業

研究開発項目②(1)－1、②(2)：平成25～31年度の複数年度契約を行う。

研究開発項目②(1)－2、②(1)－3：平成29～31年度の複数年度契約を行う。

(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）。

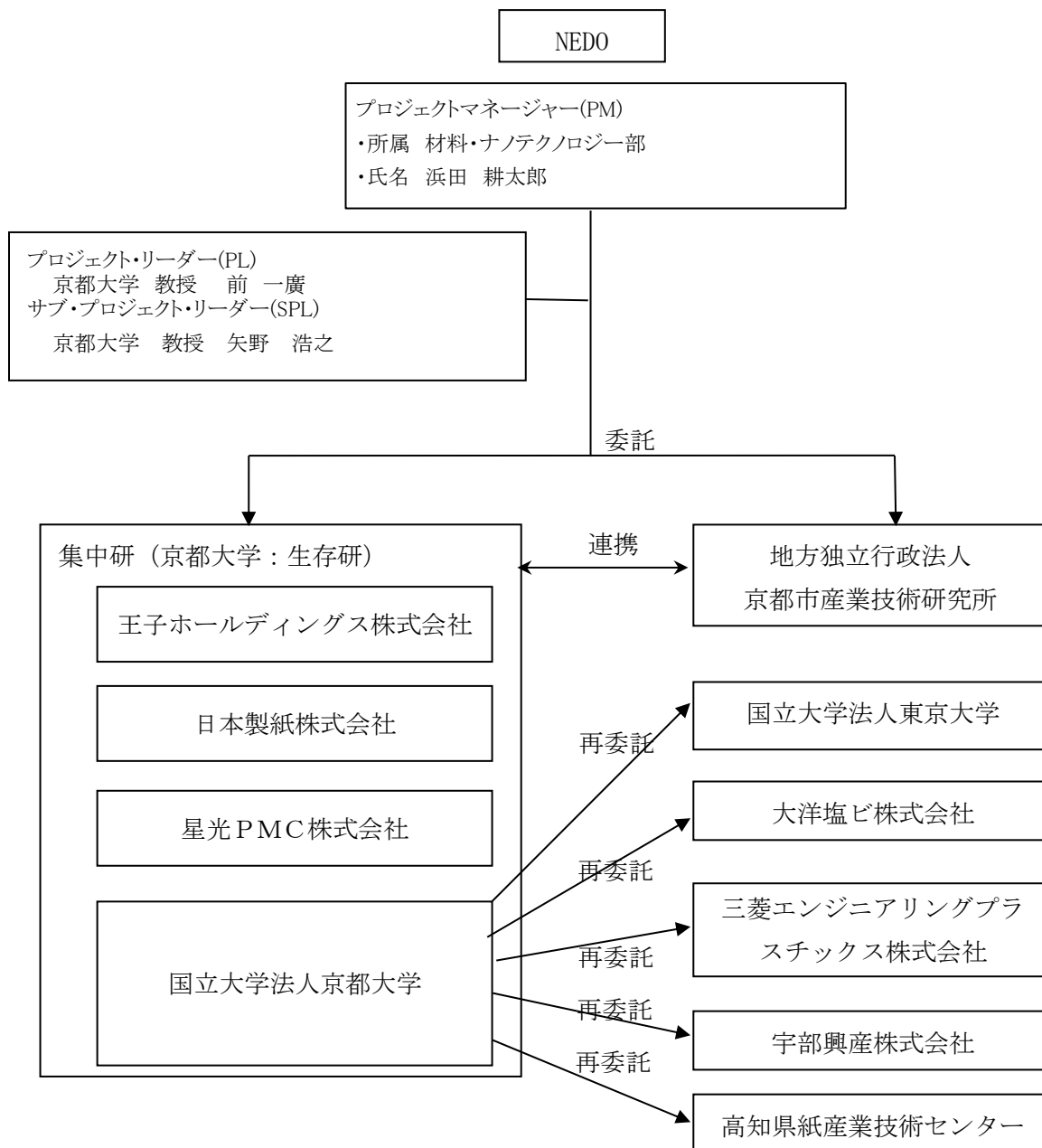
7. 実施方針の改定履歴

(1) 平成30年2月、制定

(別紙) 事業実施体制の全体図

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

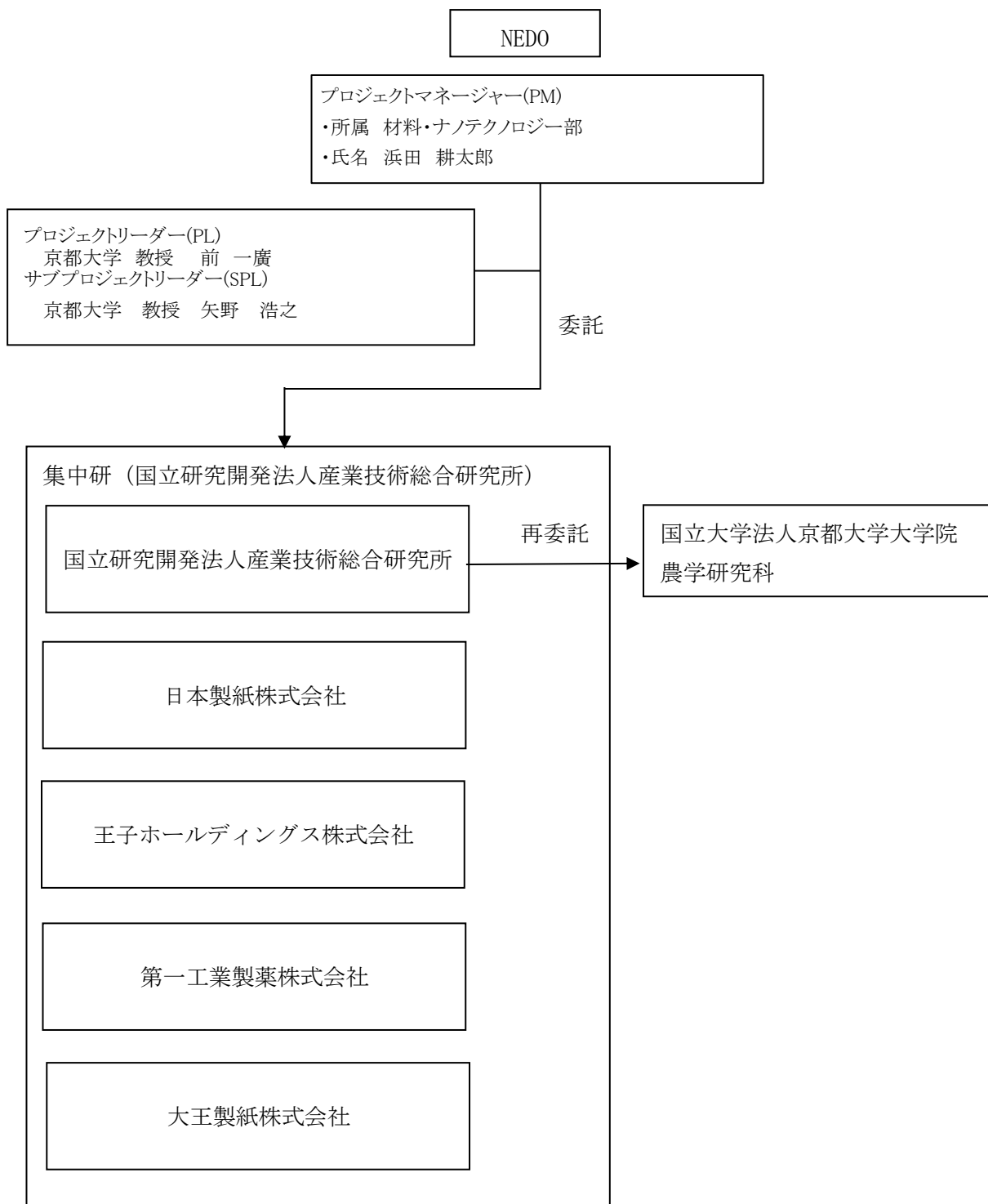
(1) -1 高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発





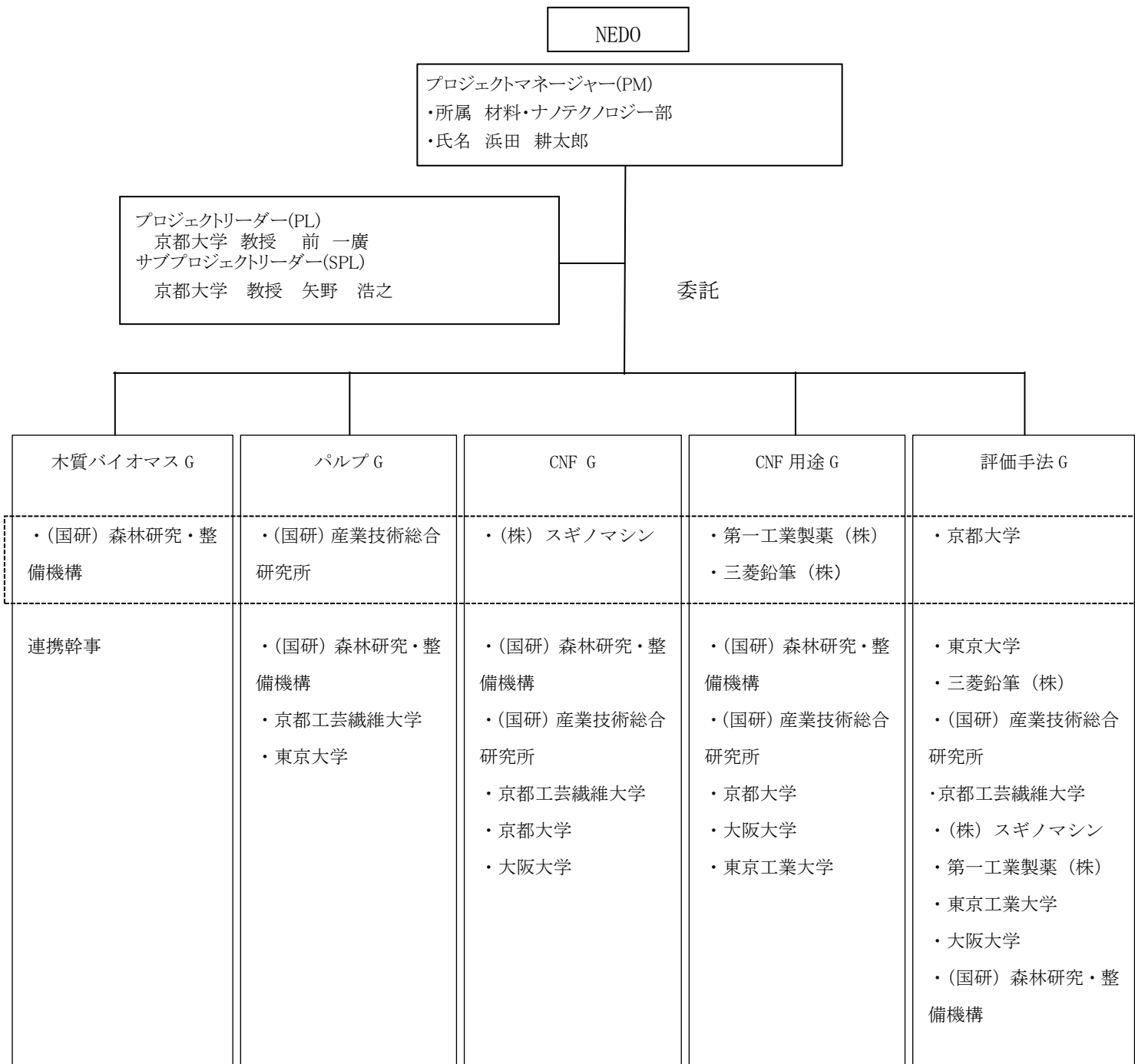
研究開発項目②木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発

(1) - 2 CNF 安全性評価手法の開発



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

(1) - 3 木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価



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

(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

