

## 「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

## ①政策的な重要性

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、再生可能な原料である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。

## ②世界の取組状況

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。

## ③我が国の状況

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。

## ④本事業の狙い

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。

そこで、本プロジェクトでは研究開発項目①として、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。

一方、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。

そこで、研究開発項目②として、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、委託により実施する。

本プロジェクトは、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し、非可食性バイオマス原料への転換を目指す。

また、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、信頼性向上や原料供給・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。

## （２）研究開発の目標

### ①アウトプット目標

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。

研究開発項目ごとの目標については、別紙にて定める。

### ②アウトカム目標

上記アウトプット目標を達成することにより、非可食性バイオマスへの原料転換による石油枯渇等のリスク低減に資する。木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセス

を確立し、石油由来化学原料の使用量削減と、化学品製造プロセスでの消費エネルギー削減により、2030年までにCO<sub>2</sub>排出量年間118万トンの削減、年間1,932億円の市場獲得を目指す。

### (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために以下の研究開発項目について、開発を行う。

それぞれの研究開発項目の具体的な開発内容は、別紙の研究開発計画の通りとする。

#### 【研究開発項目】

[助成事業（助成率：2/3以内）]

##### 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

[委託事業]

##### 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

(1) - 2 CNF安全性評価手法の開発

(1) - 3 木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価

###### (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

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（PM）にNEDO材料・ナノテクノロジー部 佐々木 健一を任命して、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。

NEDOが、単独ないし複数の原則、本邦の企業、大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用または国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から公募によって研究開発実施者を選定する。

研究開発項目①については、助成事業として実施し、研究開発項目②については、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であるため、委託事業として実施する。

なお、各実施者の研究開発資源を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOが選定した研究開発責任者（プロジェクトリーダー：PL）とし

て京都大学 教授 前一廣 氏の下で、各実施者が、それぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。

## (2) 研究開発の運営管理

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。早期実用化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. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、以下の通りとする。なお、社会的な要請、緊急性を勘案して、研究実施期間を変更する場合もある。

研究開発項目①については、平成 25 年度から最長 4 年間、実施する。

研究開発項目② (1) - 1、② (2) については、平成 25 年度から最長 7 年間、実施する。

研究開発項目② (1) - 2、② (1) - 3 については、平成 29 年度から最長 3 年間、実施する。

## 4. 評価に関する事項

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て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。

## 5. その他の重要事項

### (1) 研究成果の取扱い

#### ①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に導入・普及するように努めるものとする。また、NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及・導入を促進する。

#### ②標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るため、標準案の提案等を必要に応じて実施する。

#### ③知的財産権の帰属

研究開発項目②の委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

#### ④知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

### (2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制、新規テーマの追加等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

### (3) 根拠法

本プロジェクトは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に基づき実施する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

平成25年5月、制定。

平成26年3月、根拠法変更に伴う修正

平成29年2月、研究開発項目②(1)－2及び研究開発項目②(1)－3の追加

## (別紙) 研究開発計画

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」[助成事業  
(助成率：2／3以内)]

### 1. 研究開発の必要性

国内において、非可食性バイオマスからの化学品製造プロセスの開発は、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低減する上で重要である。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上で重要である。

このため、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については、化学品までの一貫製造のための実用化技術を開発する必要がある。

### 2. 研究開発の具体的内容

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高性能プラスチック等の化学品まで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。その技術を活用し、ベンチスケール（1バッチで得られる化学品の取得量が1キログラム程度）での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開発する。

開発する化学品は、主に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とする。

### 3. 達成目標

#### 【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。

## 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」[委託事業]

### 1. 研究開発の必要性

国内において、非可食性バイオマスからの化学品製造プロセスの開発は、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低減する上で重要である。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上で重要である。

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点から、その活用は重要である。しかしながら、その実用化にあたっては石油由来化学品に対する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求められている。

さらに、CNFの実用化に向けた信頼性向上や品質管理のために、CNF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の実施が必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (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CNFを活用した化学品までの一貫製造プロセス構築に必要な、木質系バイオマスに含まれる成分分離技術や、化学的変換技術等による成分の有効活用可能な化学品製造プロセス等の主要な要素技術について、技術的実現可能性や、想定される一貫製造プロセスから得られる化学品の目標収率の達成可能性等のコスト競争力を十分調査する。

その上で、有効成分分離技術や化学品製造プロセス等の要素技術について、実験室レベルでの要素技術を開発する。

次に、その要素技術を活用し、現在の石油由来化学品と比較して、コスト競争力があ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を実験室レベルで開発する。

最終的に、実験室レベルの一貫製造プロセスの知見を活用し、一貫製造プロセスの量産化に向けた技術を開発し、ベンチスケール（1バッチで得られる化学品の取得量が1キログラム程度）で、現在の石油由来化学品と比較して、コスト競争力があることを実証する。

開発する化学品とは、主に非可食性バイオマスの特徴を生かしたCNF樹脂複合体等とする。

### (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、CNF の排出・暴露評価手法の開発を実施する。

CNF の分析及び有害性試験手法の開発では、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・定量する手法の確立、気管内投与試験のための CNF 試料調製手法及び投与手法の開発、皮膚細胞モデルを使用した CNF の皮膚透過性試験手法の開発を行う。

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手法を開発する。

なお、研究開発項目②(1) - 1 とサンプルの提供等を行い連携を図る。

### (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実施する。

木質系バイオマスの特性解析では、主要な林業樹種について、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。

パルプ特性解析では、主要な林業樹種について、樹種、樹木の部位等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、解繊性の分析を行う。

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。

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明らかにする。

CNF 原料評価手法の開発では、上記の主要樹種の樹種別、部位別に得られた木質系バイオマスの材質特性、パルプ特性、CNF 特性、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機能 CNF を製造できるような原料評価手法を開発する。

なお、研究開発項目②(1) - 1 とサンプルの提供等を行い連携を図る。

### (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必要な、木質系バイオマスに含まれるセルロース、ヘミセルロース、リグニン等の、加水分解処理、水熱処理、爆砕処理方法等による有効成分分離技術や、化学的や生物的変換技術等による三成分の有効活用可能な化学品製造プロセス等の主要な要素技術について、技術的実現可能性や、想定される一貫製造プロセスから得られる化学品の目標収率の達成可能性等のコスト

競争力を十分調査する。

その上で、有効成分分離技術や化学品製造プロセス等の要素技術について、実験室レベルでの要素技術を開発する。

次に、その要素技術を活用し、現在の石油由来化学品と比較して、コスト競争力があ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を実験室レベルで開発する。

最終的に、実験室レベルの一貫製造プロセスの知見を活用し、一貫製造プロセスの量産化に向けた技術を開発し、ベンチスケール（1バッチで得られる化学品の取得量が1キログラム程度）で、現在の石油由来化学品と比較して、コスト競争力があることを実証する。開発する化学品とは、主に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とする。

### 3. 達成目標

#### 【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】

#### (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。