

「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／  
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」  
事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
評価概要（案） .....	2
評点結果 .....	4

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／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」（事後評価）の研究評価委員会分科会（2020年10月7日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第63回研究評価委員会（2021年1月8日）にて、その評価結果について報告するものである。

2021年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発  
／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」分科会  
（事後評価）

分科会長 伊藤 伸哉

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」

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」

(事後評価)

分科会委員名簿

(2020年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いとう のぶや 伊藤 伸哉	富山県立大学 工学部 生物工学科 教授
分科 会長 代理	たかはし けんじ 高橋 憲司	金沢大学 理工研究域 生命理工学系 教授
委員	きの くにかき 木野 邦器	早稲田大学 先進理工学部 応用化学科 教授
	こいずみ さとし 小泉 聡司	科学技術振興機構 JST 研究開発戦略センター (CRDS) ライフサイエンス・臨床医学ユニット フェロー
	のだ こうじ 野田 浩二	一般社団法人 日本化学工業協会 技術部 部長
	はやし じゅんいちろう 林 潤一郎	九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門 教授
	まつむら はるお 松村 晴雄	株式会社旭リサーチセンター 調査研究部門 シニア・フェロー

敬称略、五十音順

# 「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」

## 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」（事後評価）

### 評価概要（案）

#### 1. 総合評価

世界初のセルロースナノファイバー（CNF）の一貫製造プロセスにおいて、目標通りベンチスケール実証を達成し、そのコスト試算においても、当初の目標値を達成していることを高く評価したい。また、こうして得られたサンプルを活用し、用途開発に着手・展開し、複数の用途でその材料特性の優位性を実証している点も評価できる。さらに、同じく木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造のプロセスを、世界で初めて経済的に成立する形で、ベンチスケールで実証した点を高く評価する。

一方、成功事例は示されているが、その成功確率はまだ十分でない。本研究開発で提供される CNF やリグニン起源の誘導体などの加工部材を広く知ってもらい、それをより多くの企業が使用し、一つでも多くの成功事例を積み上げていくことがこの研究開発の趣旨と成果を社会に広く定着させることに繋がるものと考え。全世界的な課題である脱炭素化や循環型社会の構築の必要性と重要性を社会全体にも再認識してもらい、従来品に比較して創出された製品のコストも含めた魅力を強く社会にアピールしていただきたい。

またその際には、このプロジェクトが世界に認められた成果として波及するために、世界と比較しての競争優位性を明確にし、その優位性を示す努力を続けるとともに、世界的な競争に遅れを取ることなく、スピード感を持って取り組みを進めて欲しい。

#### 2. 各論

##### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

当該プロジェクトは、非可食バイオマスを原料として、出口展開の多様性が期待される CNF の社会実装に向けた基礎から応用研究、及び従来使えないバイオマスと言われていたリグニンを原料とする具体的な製品化への応用研究を主軸とするバイオリファイナリーによる革新的な製品創出に関する研究であり、しかも、化石資源からの脱却によって脱炭素化の達成やバイオエコノミー社会の実現への貢献を目指したものになっている。

バイオ資源からのセルロース系素材・材料及び化学品の製造は、わが国の「バイオ戦略 2020」に示されているように、高度な技術の開発と社会実装が必須の課題であり、本プロジェクトは、必要性が極めて高く、客観的に、上位施策・制度の目標達成への寄与があると評価される。また、NEDO は持続可能な開発目標（SDGs）を踏まえて、我が国が理想とする未来社会「Society 5.0」の実現を目指しており、この観点から本プロジェクトの実施は妥当である。

## 2. 2 研究開発マネジメントについて

当該研究開発は、高機能リグノセルロースナノファイバー（リグノCNF）と呼ばれるパルプを無水酢酸でアセチル化処理後、それを石油系由来樹脂等と混練することによりセルロースを解繊するユニークな技術の一貫製造プロセス（京都プロセス）とその部材化、CNF安全性評価手法の開発、木質系バイオマスの特性評価及び木質バイオマスからの化学品の一貫製造プロセスに分かれて実施されており、目標設定、実施体制、進捗管理、知財戦略の何れも概ね妥当である。

一方、CNF 利用技術に関して、専門性の高い技術が多様化しすぎており、製品に求められる品質を保证するための細かい技術の構築も重要であるが、一定品質の加工部材を上流から多く供給できる体制とそれを実際に製品として検討する仕組みを作り、製品を社会に送り出すことについてはCNFを利用する企業の製品開発を促進することも必要と考える。今後、一つでも多くの成功事例を積み上げていき、この研究成果を社会に広く定着させることに繋がることを期待される。

## 2. 3 研究開発成果について

世界初のCNFの一貫製造プロセスにおいて、目標通りベンチスケール実証を達成し、そのコスト試算においても、当初の目標値を達成していることを高く評価したい。また、こうして得られたサンプルを活用し、用途開発に着手・展開し、複数の用途でその材料特性の優位性を実証している点も評価できる。さらに、同じく木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造のプロセスを、世界で初めて経済的に成立する形で、ベンチスケールで実証した点も高く評価する。

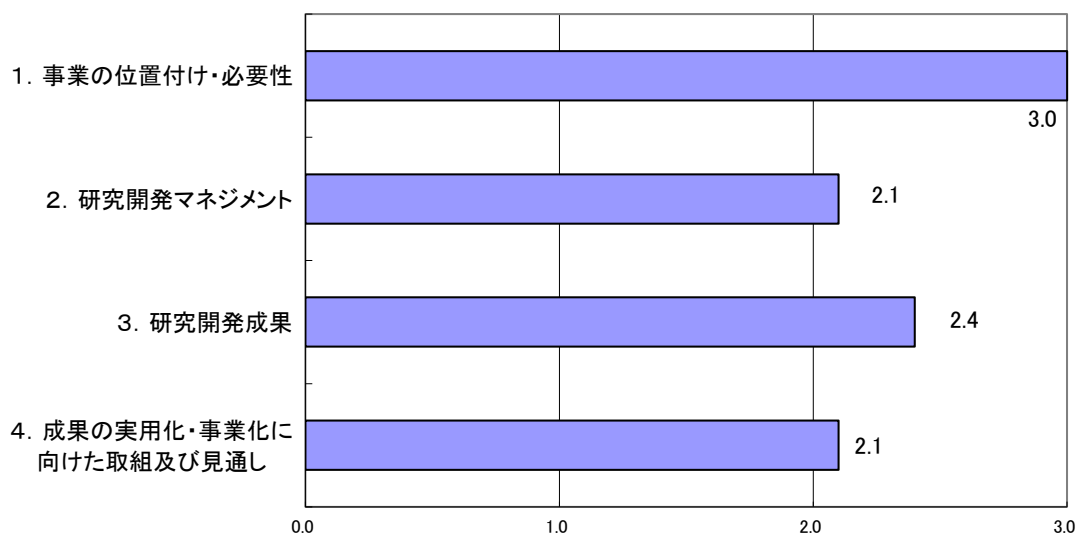
一方、この先のステージでは、材料の用途側・顧客側の採用メリット（真の顧客ニーズ）を意識し、さらに採用後の事業規模を意識した事業開発の視点が重要となる。世界的な進展及び競合技術と比較して、優位性を明確に示せるように情報収集を行い、本プロジェクトの世界における存在とその優位性をアピールすることが望まれる。全世界的な課題である脱炭素化や循環型社会の構築の必要性と重要性を社会全体にも再認識してもらい、バイオエコノミーの流れを途絶えさせないように期待したい。

## 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

CNF 強化樹脂の試作評価、安全性の評価、特性評価、及びセルロース成分の化学変換によるγ-バレロラクトン（GVL）製造、セルロース・ヘミセルロース成分の酵素糖化を経たフラン系ポリマー、イソソルビド製造、1,2,4-トリス（グリシジルオキシ）ベンゼン（TGB）製造などの総合収率90%以上という結果は、成果の実用化・事業化に向けた戦略と取り組みとして、高く評価できる。

今後、次の社会に向けて、顧客がどのような素材でどのような製品の品質を求めているのかを常に意識し、十分に検討した上で、技術の強みと必要性を広く発信し、多くの企業におけるそれぞれ固有の部材への組み込みや代替の可能性を広げていっていただきたい。また、早期に納入実績を作るために、用途によって求められる品質・特性が多岐にわたるため、需要の大きいものを優先するなど、優先順位をつけて実用化を目指してほしい。

### 3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメント	2.1	B	B	C	B	A	A	B	B
3. 研究開発成果	2.4	A	B	B	B	A	B	A	A
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し	2.1	A	B	B	B	B	B	B	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

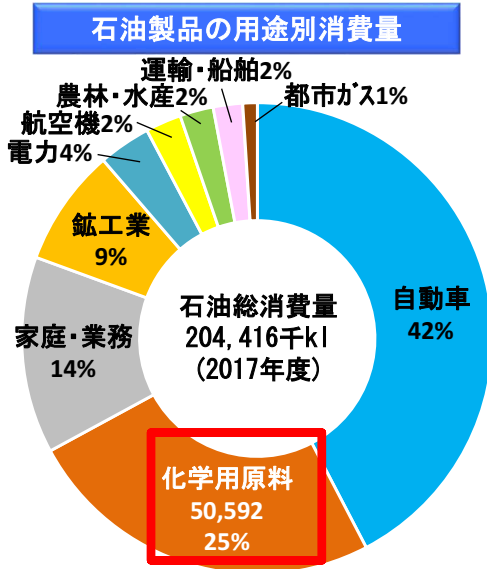
#### 〈判定基準〉

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について                |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A                    |
| ・重要 →B             | ・よい →B                       |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・妥当性がない、又は失われた →D  | ・妥当とはいえない →D                 |
| 2. 研究開発マネジメントについて  | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                       |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                       |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D                   |

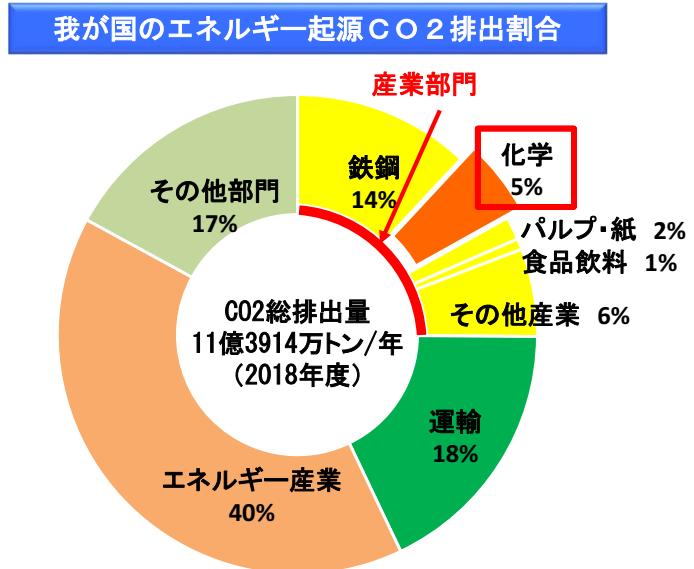
◆事業実施の背景1

原料転換と二酸化炭素排出量削減が重要

- 石油製品のうち、化学用原料の用途別需要量は約25%を占める。
- 化学産業の二酸化炭素排出量は、鉄鋼業に次ぐ業界第2位、産業部門の約20%、日本全体の約5%を占める。



出典:石油連盟  
「石油製品の用途別国内需要(2017年度)」より作成



出典:独立行政法人国立環境研究所  
「温室効果ガス排出量・吸収量データベース(2018年度)」より作成

◆政策的位置付け

<事業立上げ時>

■ バイオマス活用推進基本計画(2010年12月17日、閣議決定)

第4 バイオマスの活用に関する技術の研究開発に関する事項 5. 低炭素社会の実現に向けて長期的に取り組むべき技術開発の方向性 ②バイオマス・リファイナリーの構築  
バイオマスを汎用性のある化学物質に分解・変換する技術の開発を進めるとともに、バイオマス製品等の用途に応じてこれらの物質から高分子等を再合成する技術の開発を体系的に推進する。

■ 第4期科学技術基本計画(2011年8月19日、閣議決定)

Ⅱ. 将来にわたる持続的な成長と社会の実現 3. グリーンイノベーションの推進  
(1) 目指すべき成長の姿  
世界各国が将来の成長の鍵として、脱化石燃料に向けた熾烈な競争を展開する中、これらの技術やシステムの国内外強みに推進し、我が国の持続的な成長を実現する。  
(2) 重要課題達成のための施策の推進  
製造部門における化石資源の一層の効率的利用を図るため、…グリーンサステナブルケミストリー、バイオリファイナリー、革新的触媒技術に関する研究開発を推進する。

■ バイオマス事業化戦略(2012年9月6日、バイオマス活用推進会議)

Ⅱ バイオマスを活用した事業化のための戦略 戦略3 出口戦略(需要の創出・拡大)  
(6) 付加価値の高い製品の創出による事業化の推進  
化学品等の付加価値の高い製品の製造・販売や、糖等の汎用物質を基点に多様な化学品やエネルギーを効率的に併産するバイオリファイナリーの構築による事業化を推進する。

◆政策的位置付け

■ 第5期科学技術基本計画(2016年1月22日、閣議決定)

第3章 経済・社会的課題への対応 (1)持続的な成長と地域社会の自律的な発展

①エネルギー、資源、食糧の安定的な確保 ii)資源の安定的な確保と循環的な利用

・バイオマスや廃棄物からの燃料や化学品等の製造・利用技術(略)の研究開発等にも取り組む。

■ バイオマス活用推進基本計画(2016年9月16日、閣議決定)

第4 バイオマスの活用に関する技術の研究開発に関する事項 4. バイオマス・リファイナリーを構築する技術の研究開発 (1)バイオマスを効率的に有用物質に変換する技術の開発

・セルロースやヘミセルロース等を糖化して化成品を合成する技術、木質バイオマスからリグニンを抽出して高強度・高耐熱性等を有する化成品を合成する技術など、バイオマスのマテリアル利用を進めて行くために必要な変換技術等の研究開発を推進していく。

<CNF(セルロースナノファイバー)>

■ 日本再興戦略 改訂2014.06.24、改訂2015.06.30、改訂2016.06.02、閣議決定)

・(略)、セルロースナノファイバー(鋼鉄と同等の強さを持つ一方で、重量は5分の1という特徴を持つ超微細植物結晶繊維)の国際標準化・製品化に向けた研究開発、(略)を進める。 ※ 改訂2016の記載。

■ 経済財政運営と改革の基本方針2016(骨太方針2016)(2016.06.02、閣議決定)

・「森林・林業基本計画」に基づき、豊富な森林資源を循環利用しつつ、地方創生にもつながるCLTやCNF等の新たな木材需要の創出、国産材の安定的・効率的な供給体制の構築等を推進する。

■ 未来投資戦略2017(2017.06.09、閣議決定)

・セルロースナノファイバーやリグニン等について、国際標準化や製品化等に向けた研究開発を進める。(P150)

<参考>・2014年6月1日、「ナノセルロースフォーラム」設立。産学官コンソーシアム。

・2014年8月1日、「ナノセルロース推進関係省庁連絡会議」創設。農水・文科・経産・環境省の政策連携。

◆事業の目的

●非可食性バイオマスから最終化学品生産までの、コスト競争力のある一貫製造プロセスを構築し、化石原料から非可食性バイオマス原料への転換を目指す。

●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による二酸化炭素の排出量削減により、持続可能な低炭素社会を目指す。





## 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

### ◆国内外の研究開発の動向と比較

非可食性バイオマス並びに競合となりうる可食性バイオマスを活用した**化学品製造プロセスの技術開発、実用化の最新動向**を収集、分析し、本事業の運営に活用することを目的に、NEDO調査事業「**バイオマスを活用した化学品製造プロセス開発に係る最新動向分析**」(2014年6月)、「**非可食性バイオマスを活用するスマート化学生産システムに関する調査**」(2016年3月)を実施した。

- 現在**商業化**できているのは、主に可食性バイオマス
- 非可食性バイオマス由来化学品の製造技術開発は、ようやく**実証段階**
- 成功事例では、
  - ・研究開発の初期段階から、サプライチェーンを意識した取り組み
  - ・**コストダウン**、**機能性評価**や**用途開発**、スケールアップを常に意識した研究開発
- 地域別ではアジア、欧州、米国に事例が多かった。国別の集計では、**米国**や**日本**での**件数が特に多く**、それにドイツ、中国、フランスが続いた。
- 化学品別では、ポリマーではPA610(12例)やPLA(25例)、PUR(10例)、モノマーおよび中間体では1,4-ブタンジオール(9例)やエタノール(13例)、ポリオール(13例)などの製造を目指す事例が特に多かった。

## 2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

### ◆事業の特徴

- 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。
- 非可食性バイオマスへの原料転換により石油枯渇等のリスク低減に資する。

#### ■バイオマス原料調達～化学品までの一貫製造プロセス開発

- 製紙メーカーと化学メーカー等が連携して技術開発推進

#### ■バイオマス由来成分の分子構造を最大限に活用 <化学工業における品種別生産量比率>

- C5、C6といった木質成分の特徴的な構造を活用

- 主要3成分を無駄なく同時活用

(セルロース、ヘミセルロース、リグニン)

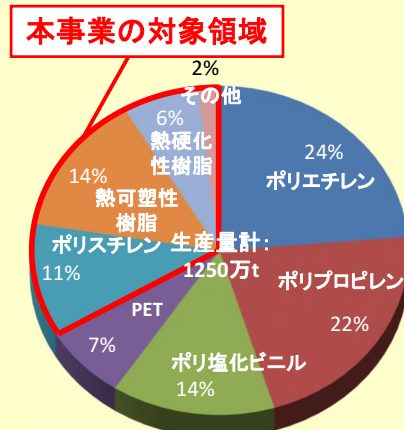
#### ■高機能化・高付加価値化

- 高付加価値品を主なターゲットとする

#### ■信頼性向上、原料供給・品質管理強化

- OCNF安全性評価手法の開発(2017年度～)

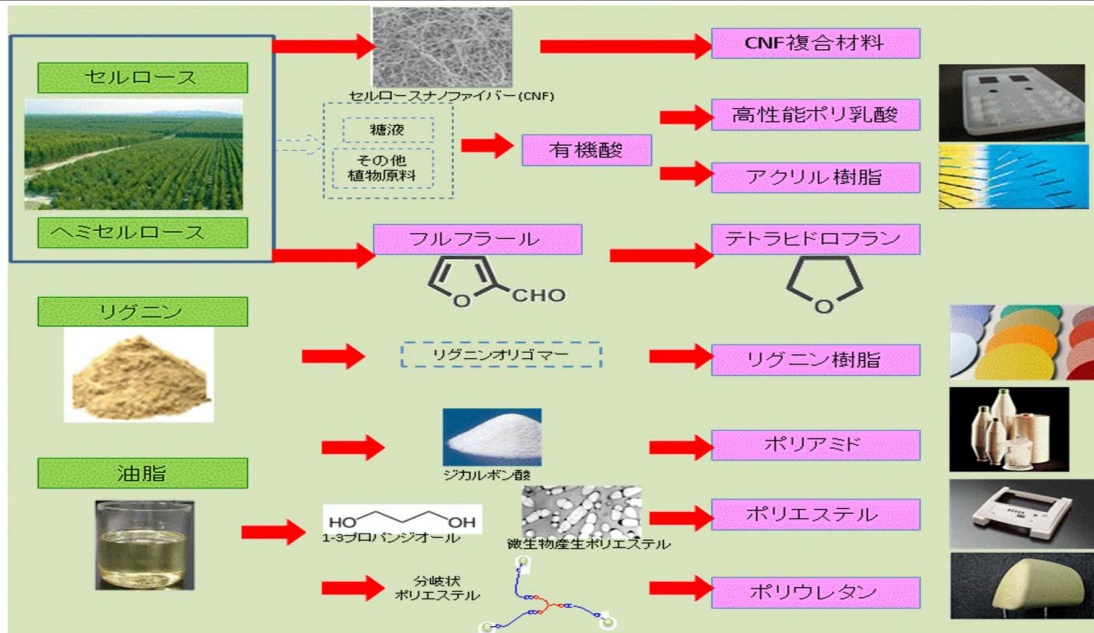
- 木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価(2017年度～)



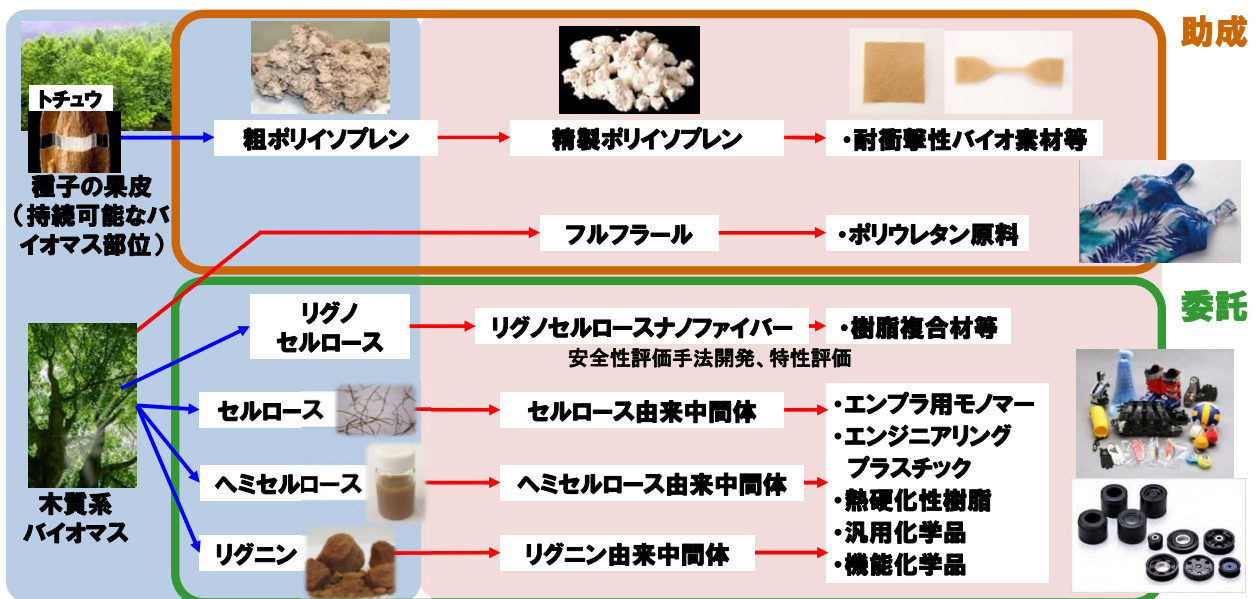
出典：化学工業統計年報(2010)より作成

◆事業実施の背景2

「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」事業(2009～2012年度)では、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



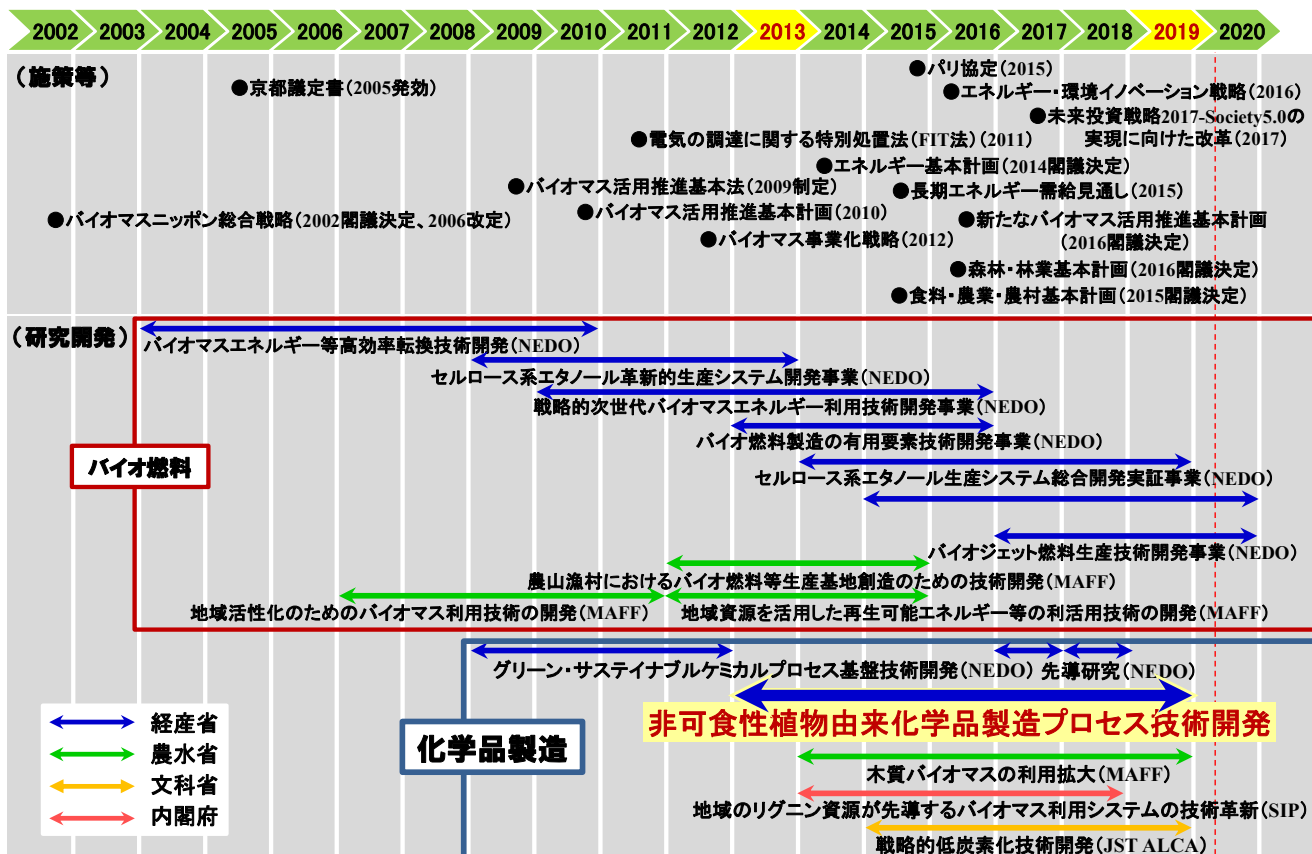
◆事業の全体像



有効成分分離技術開発 有効成分からの中間体・最終化学品製造技術開発 (触媒技術、発酵技術等)

原料から最終化学品までの一貫製造プロセスの開発

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性 (国内の施策・研究開発)



2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

◆事業の概要1

【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(2/3)、4年) (今回は評価対象外)  
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。
- 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、7年)  
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等、実用化までに時間を要するが、原料調達面で安定的に大量入手の可能性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開発し、ベンチスケールで実証する。

【事業期間】

- ①2013～2016年度(4年間)
- ②2013～2019年度(7年間)

【予算総額】

- ①3億円
- ②67億円 計70億円

【事業計画】

	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
研究開発項目① (助成事業)	実用化技術開発／ベンチスケール実証				事後	(評価済)(今回は評価対象外)	
研究開発項目② (委託事業)	要素技術開発			中間	ラボスケール実証	中間	ベンチスケール実証
					安全性評価手法開発、特性評価		

◆事業の概要2

【研究開発テーマ】

研究開発項目①(助成事業)

●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  
 <日立造船>

●助成(2)

- ・非可食性バイオマス由来フルフルール法THF製造技術開発  
 <王子ホールディングス、三菱ケミカル>

(今回評価対象外)

研究開発項目①(助成事業): 評価済

研究開発項目②(委託事業): 事後評価

研究開発項目②(委託事業)

●テーマ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  
 <京都大学、他4機関>
- ・CNF安全性評価手法の開発  
 <産総研、他4機関>
- ・木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価  
 <森林総研、他9機関>

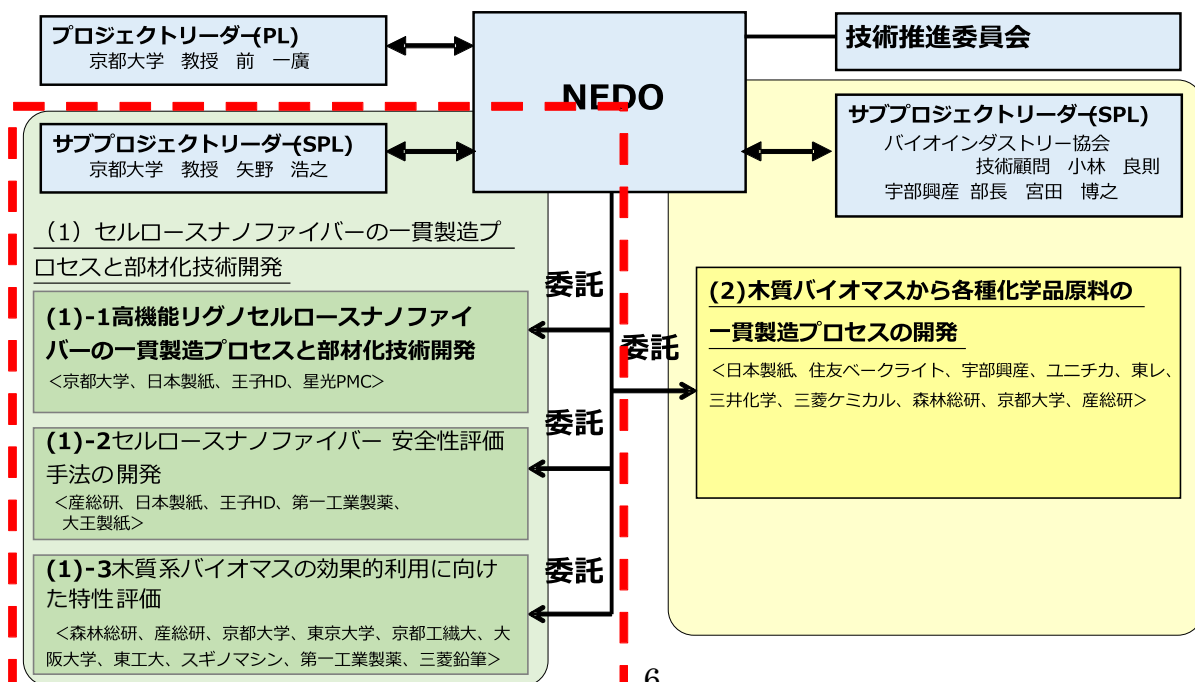
●テーマ2

- ・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  
 <日本製紙、他17機関>

◆研究開発の実施体制(開発テーマ1)

研究開発項目②(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

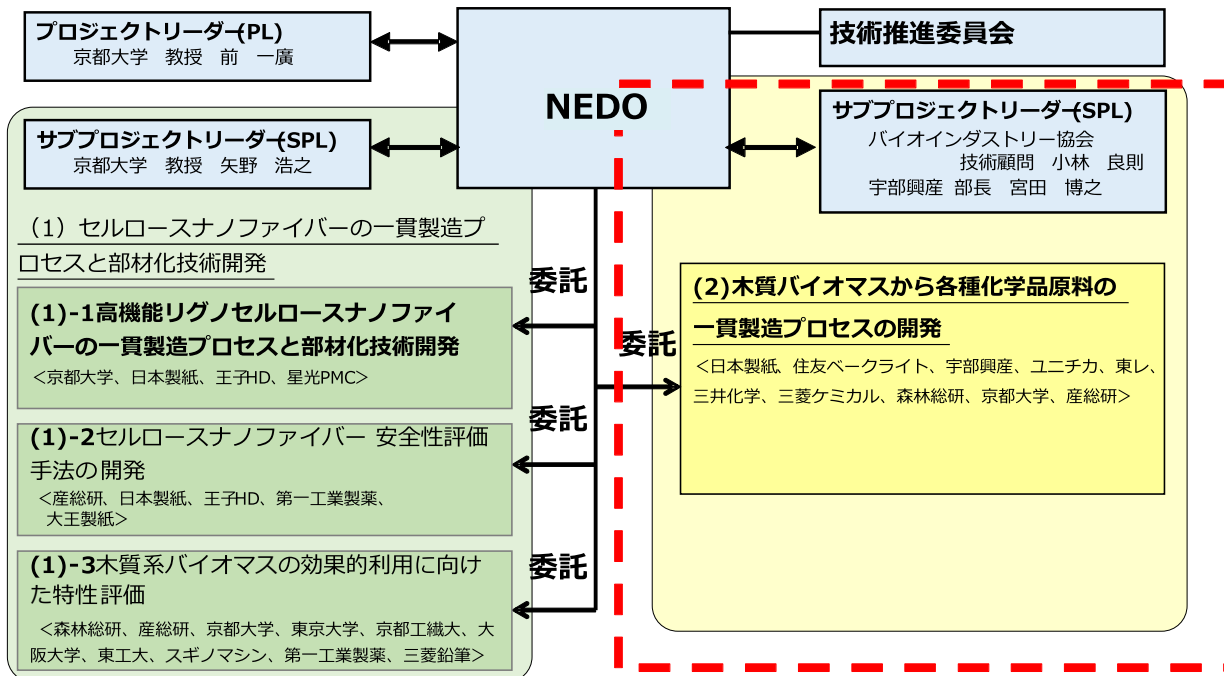
非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発/  
 木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発



◆研究開発の実施体制(委託(1))

研究開発項目②(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

非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発/  
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



◆研究開発目標と根拠

研究開発テーマ	研究開発目標(テーマ全体)	根拠
<p>研究開発項目②(1)</p> <p>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</p>	<p>[第一中間目標(2015年度)] 実験室レベルで代替する石油由来化学品(ガラス繊維強化材料等)と同等以上の性能かつコスト競争力のある要素技術を開発する。さらに、要素技術を組み合わせた一貫製造プロセスを構築し、代替する石油由来化学品(ガラス繊維強化材料等)と同等以上の性能となる試料作製プラント(1t/年)を建設する。</p> <p>[第二中間目標(2017年度)] CNF材料の実用化に向けて、試料作製プラントのスケールアップ(5t/年)を行ない一貫製造プロセスを実証し、アドバイザー企業での評価により、代替する石油由来化学品と同等以上の性能であることを確認する。</p> <p>[最終目標(2019年度)] アドバイザー企業による評価を拡充し、CNF材料の高性能化や量産化に向けた技術を開発し、構築した一貫製造プロセスの製造コストが1,300円/kgまで低減することを実証する。</p>	<p>木質系バイオマスの利用において、前処理技術の難易度が高い等の多くの開発要素が残されており、実用化するにはコスト面でも課題が残っている。本テーマでは、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の開発を目標とする。</p>

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆研究開発目標と根拠

研究開発テーマ	研究開発目標(テーマ全体)	根拠
<b>研究開発項目②(2)</b> 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	[第一中間目標(2015年度)] 並行して開発を進める <b>前処理技術</b> の中から <b>最も効率が高いものを選定</b> する [第二中間目標(2017年度)] 前処理と各成分利用技術を結合し、 <b>実験室レベルでの一貫製造プロセス</b> を構築する [最終目標(2019年度)] 開発した <b>ベンチスケールでの一貫製造プロセス</b> の収率、性能、設備投資や生産性等の実験結果を踏まえ、 <b>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。</b>	木質バイオマスの前処理技術の開発は数多く試みられているが、3成分の一部の利用を目的としており、化石資源由来製品に <b>コスト面で対抗</b> できない場合が多かった。 本テーマは木質バイオマスを3成分に分離し、 <b>各成分が化学品原料につながるプロセスを開発し、全体のコストダウンを図る</b> ことで、石油由来に対抗できる <b>化学品一貫製造プロセスの開発</b> を目標とする。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

(単位:百万円)

研究開発テーマ	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	合計
研究開発項目②(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	109	267	607	415	309	402	403	3,548
・CNF安全性評価手法の開発					95	172	172	
・木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価					214	191	192	
研究開発項目②(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	375	744	552	517	400	329	263	3,180
合計	484	1,011	1,159	932	1,018	1,094	1,030	6,728

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

[1]~[5]は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(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

項目	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
[1]リグノCNF用成分分離技術の開発	成分分離法、ナノ解繊手法		要素技術の絞り込み	プロセス最適化・要素の組	技術合せ	試料作製能力(5トン/年)	一貫製造プロセスの確立
[2]リグノCNF変性技術の開発	CNF、リグニン変性技術						
[3]リグノCNF・樹脂複合体製造プロセスの開発	解繊、成形手法						
[4]リグノCNFおよび樹脂複合体の計測・評価技術の開発	構造解析技術の開発、反応性評価						
[5]スケールアップ・社会実装化技術の開発				サンプル提供先拡充によるユーザー評価の促進 用途開発の加速			
・CNF安全性評価手法の開発							
・木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価							

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

研究開発項目②(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

	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
成分分離技術	前処理	要素技術開発	絞り込み	実用化技術開発	ラボスケール	スケールアップ	ベンチスケール
成分利用技術	セルロース利用	糖利用	リグニン利用	要素技術開発	実用化技術開発	スケールアップ	ベンチスケール

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

◎大きく上回って達成、○達成、  
△達成見込み、×未達

テーマ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

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
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(京都大学、王子HD、日本製紙、星光PMC、京都市産技研)	<ul style="list-style-type: none"> <li>コスト競争力の見通しが得られた技術を活用し、木質系バイオマスから最終化学品までのベンチレベルで一貫製造プロセスを実証する。</li> <li>製造コストを1,300円/kgまで低減する。</li> </ul>	テストプラント実証。用途に応じた様々なグレードをPPIにおいて複数開発。射出成型用CNF添加マスターバッチ(ナイロン6)において目標とする製造コスト1300円/kgを大きく下回る718円/kgから927円/kgの技術見通しを得た。	◎
CNF安全性評価(産総研)	CNFの検出・定量手法、気管内投与試験手法、皮膚透過性試験手法を確立する。CNF及びCNF応用製品の排出・暴露可能性を評価する。確立した手法と評価事例をとりまとめた「手順書等」を作成する。	確立した試験手法や評価手法を、3つの文書(①検出・定量の事例集、②有害性試験手順書、③CNF及びその応用製品の排出・暴露評価事例集)にまとめ、公開した。	○
木質系バイオマス特性評価(森林総研、産総研、京都大学、東大、工織大、阪大、三菱鉛筆、第一工業製薬、東工大、スギノマシン)	木質系バイオマス特性、パルプ特性、CNF特性及びCNF用途適正評価により得られた結果を総合的に解析し、原料評価手法を確立する。得られた手法と分析結果をまとめる。	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手法、データを手引き完成(冊子等で公開予定)	○

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

◎大きく上回って達成、○達成、  
△達成見込み、×未達

テーマ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

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
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(日本製紙、宇部興産、ユニチカ、住友ベークライト、東レ、三井化学、三菱ケミカル、京都大学、産総研、森林総研、三井化学SKCホリウレタン)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017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、kgオーダーでの製造プロセスを実証する。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>成分分離、各成分利用プロセスともkgオーダーの実証済</li> <li>総合収率90%以上を達成。</li> </ul>	○

主要3成分;セルロース、ヘミセルロース、リグニン



◆各個別テーマの成果と意義

研究開発項目②

テーマ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

京都プロセスのスケールアップと発展

②易解繊性トドマツパルプの大量製造

原料チップ:1.3トﾝ



④様々なCNF強化樹脂グレードの開発

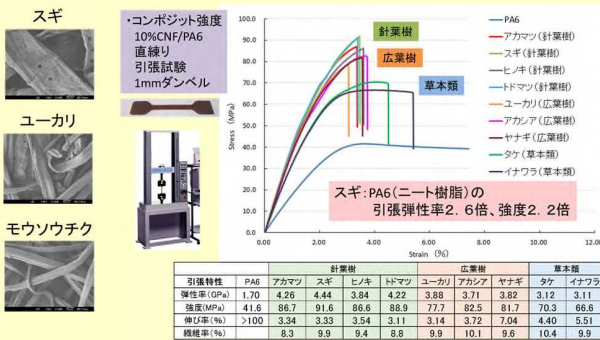


1. 高耐熱用途  
CNF強化PA6
  2. 自動車・家電・建築用途CNF強化PP
- ①標準、②耐衝撃・低線熱膨張、高耐衝撃・超低線熱膨張グレード



世界初の実用化一貫製造プロセス

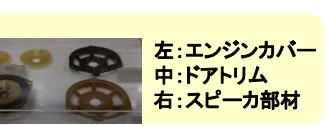
①樹種依存性



③化学変性: 触媒検討、他



⑤京都プロセステストプラントの建設



⑥開発部材例



左:エンジンカバー  
中:ドアトリム  
右:スピーカー部材

2017-2019

◆各個別テーマの成果と意義

テーマ3) 木質系バイオマス特性評価

背景 CNFの効率的な製造、CNFの効果的な利用により、CNFの利用促進を図る。

成果

針葉樹・広葉樹・タケにおいて原料・パルプ・CNFの各特性を明らかにした。

CNF利用製品のCNFの利用適性を明らかにした。

①木質系バイオマス  
29年度:各種スギ  
30年度:カラマツ;トドマツ、コウヨウザン、シラカンバ  
31年度:タケ、ユーカリ)

動的ヤング係数、気乾密度、細胞径、細胞壁厚、繊維長、マイクロフィル傾角、化学組成

②パルプ化 (KP/ソーダAQ)

パルプ粘度、結晶化度、比表面積、熱重量変化、分子量、繊維長、化学組成

③CNF化 (斜向衝突・ボール衝突・酵素・湿式・TEMPO処理・グラインダー・京都プロセス)

比表面積、繊維幅、CNF粘度、動的粘弾性、結晶化、熱重量変化、黄変度、化学組成

- 機能性添加剤 (増粘剤、インク(ボールペン)、水性屋外木部用塗料、接着剤(化粧合板用))
- 高性能日用品(エアフィルター、ゴム(シューズ))
- 京都プロセスの各々に最適なCNFの特性の明確化

⑤CNF原料評価手法の開発:各材料で上記のデータを横断的にまとめる

意義

- CNFの品質管理につながる
- CNF原料評価書の公開



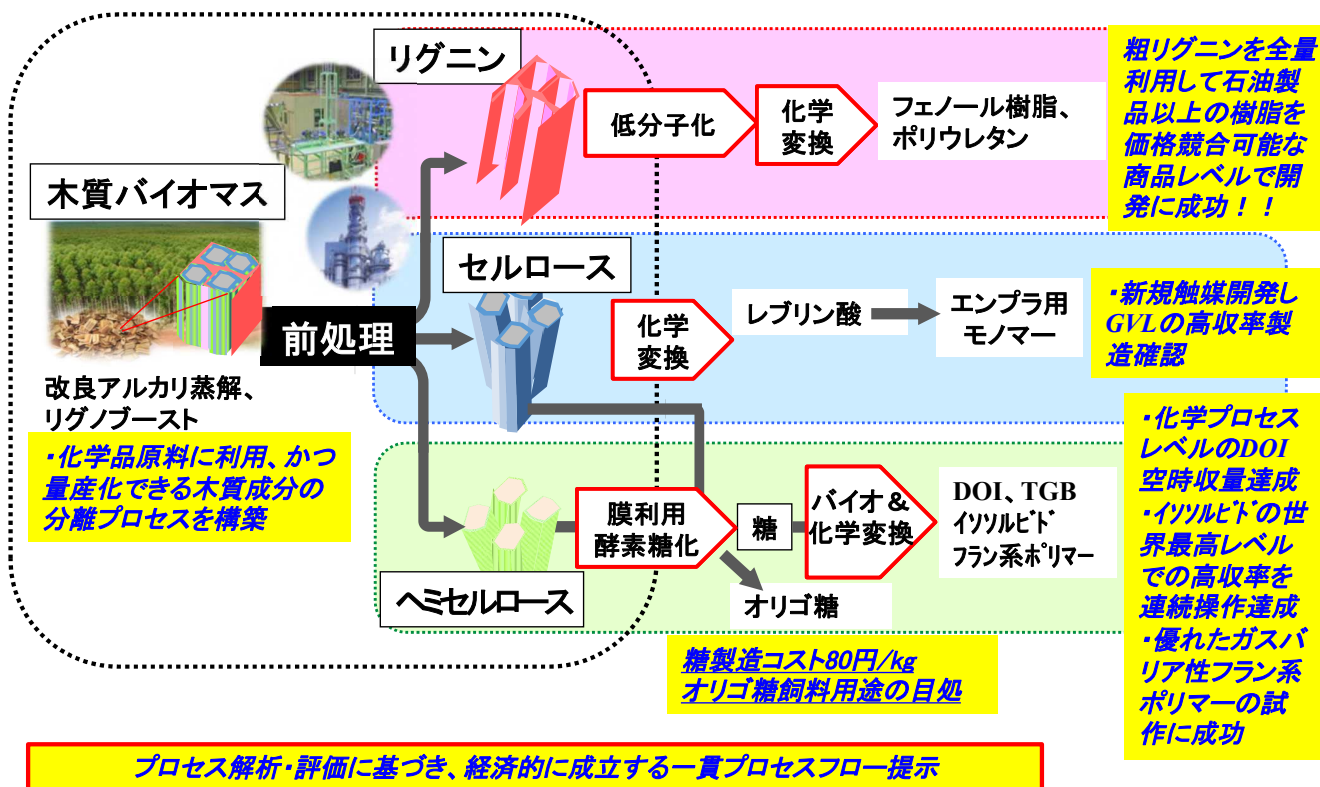
原料・パルプ・CNF評価手法/ 利用適性の評価事例

→CNFの開発と普及を促進  
事業者・委託試験機関

◆各個別テーマの成果と意義



研究開発項目②(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



◆成果の普及(委託事業2テーマの合計)

【2020年6月末現在】

年度	論文		その他外部発表				展示会への出展	受賞	フォーラム等
	査読付き	その他	学会発表・講演	新聞・雑誌等への掲載	プレス発表	その他			
2013	0	0	5	2	0	1	1	0	1
2014	4	0	25	7	0	1	4	4	1
2015	4	0	50	8	0	1	3	4	1
2016	12	1	61	29	4	1	5	12	1
2017	5	1	68	10	1	3	9	5	0
2018	0	1	81	4	0	4	6	0	0
2019	1	1	89	13	3	9	9	1	0
合計	26	4	379	73	8	20	37	26	4

◆ 知的財産権の確保に向けた取り組み(委託2テーマの合計)

【2020年7月末現在】

年度	特許出願		
	国内	外国	PCT出願※
2013	0	0	0
2014	14	0	1
2015	22	2	5
2016	15	2	5
2017	12	8	1
2018	10	6	4
2019	11	0	3
合計	84	18	19

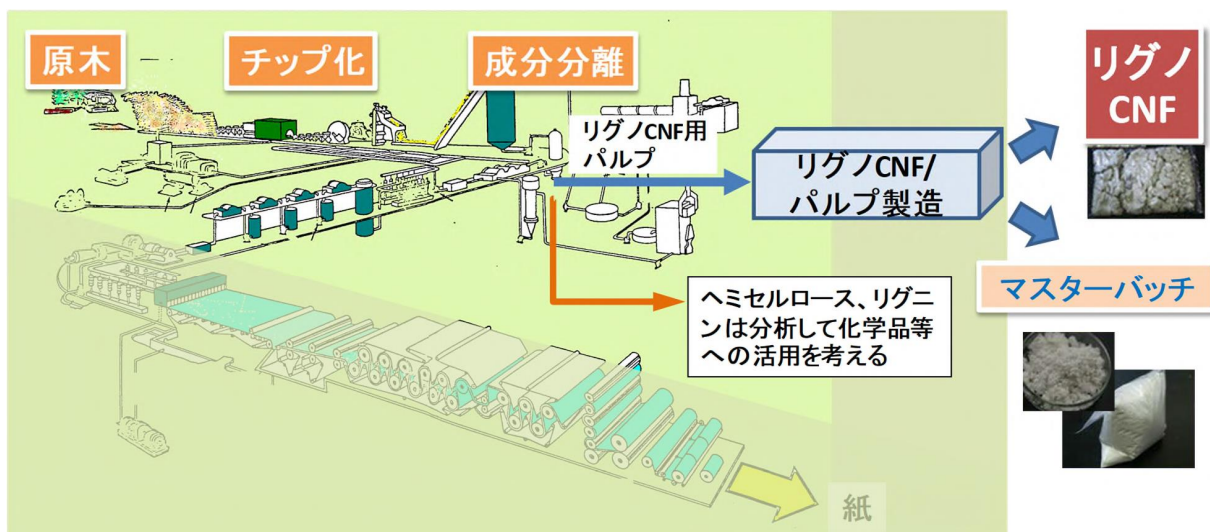
4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

◆ 実用化・事業化に向けた戦略

研究開発項目②

テーマ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

- ・ 成分分離は既存のパルプ化設備を極力利用することで設備投資抑制
- ・ 製紙工場の利点(原料、立地、水、電力、排水処理設備など)を十分に生かす
- ・ 紙製造も並行して可能
- ・ **リグノCNF及び樹脂コンポジット(マスターバッチ)の製造設備を新設**



概要

		最終更新日	2020年09月20日
プログラム（又は施策）名	科学技術・イノベーション		
プロジェクト名	非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発	プロジェクト番号	P13006
担当推進部/ PM、担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 三宅邦仁 (2013年05月～2014年04月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 森田保弘 (2013年05月～2016年03月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 PM 氏名 畠山修一 (2015年01月～2016年03月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 浦野 章 (2014年05月～2016年08月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 河中裕文 (2014年10月～2016年09月) 材料・ナノテクノロジー部 PM 氏名 浜田 耕太郎 (2016年09月～2019年08月) 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 佐々木 健一 (2016年04月～2019年03月) 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 吉井 章 (2017年01月～2019年12月) 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 大谷 薫明 (2017年04月～2018年03月) 材料・ナノテクノロジー部 PM 氏名 沖 和宏 (2018年04月～2020年10月現在) 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 山本 教勝 (2019年04月～2020年10月現在) 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 柳川 裕彦 (2019年09月～2020年10月現在) 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 原田 俊宏 (2020年02月～2020年10月現在)		
0. 事業の概要	エネルギー多消費産業である化学産業の製造プロセスの革新的な省エネ化を目指すため、非可食性バイオマス原料から化学品を製造する一貫製造プロセスを開発する。 <b>【研究開発項目】</b> 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(2/3)、4年） 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。 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、7年） 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等、実用化までに時間を要するが、原料調達面で安定的に大量入手の可能性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開発し、ベンチスケールで実証する。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<b>【背景】</b> 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など化学産業は化石資源を大量に消費している。さらに、我が国の化学品製造では産業部門全体の約 16%、日本全体の約 4%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、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等の課題を乗り越えていくためには、非可食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。 <b>【目的】</b> これまでに、非可食性バイオマスからの化学品製造プロセス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。本事業では、実用化のために重要と考えられる、コスト競争力のある非可食性バイオマスから最終化学品までの一貫製造プロセスを構築し、非可食性バイオマス原料への転換を目指す。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による二酸化炭素の排出量削減により、持続可能な低炭素社会を目指す。		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<b>【アウトプット目標】</b> 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。 <b>【アウトカム目標】</b> 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。 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）の達成目標は、以下の通り。 <b>【最終目標】</b> 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開発」（委託事業）の達成目標は、以下の通り。

**【2015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。

**【2017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】**  
 2017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。

事業の計画内容	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							
	テーマ1) 植物性イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発							
	主な実施事項	2013fy	2014fy	2015fy	2016fy			
	バイオトランスポリイソプレンの高度精製技術開発	→			→			
	バイオトランスポリイソプレンの成形加工技術開発と評価	→			→			
	耐衝撃性バイオ素材の技術開発	→			→			
	炭素繊維強化バイオ素材の技術開発	→			→			
	テーマ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	→			→			
	フルフラールからのTHF製造	→			→			
	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							
	テーマ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							
	主な実施事項	2013fy	2014fy	2015fy	2016fy	2017fy	2018fy	2019fy
	リグノ CNF 用成分分離技術の開発	→			→			
	リグノ CNF 変性技術の開発	→			→			
リグノ CNF・樹脂複合体製造プロセスの開発	→			→				
リグノ CNF および樹脂複合体の計測・評価技術の開発				→				
				要素技術の組み合わせ		一貫製造プロセスの確立		

	スケールアップ・社会実装化技術の開発									
	テーマ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									
	主な実施事項	2013fy	2014fy	2015fy	2016fy	2017fy	2018fy	2019fy		
	成分分離技術									
	成分利用技術									
	要素技術開発 (実験室レベル)									
	一貫製造 プロセス (実験室 レベル)									
	一貫製造 プロセス (ベンチ スケール)									
開発予算 (会計・勘定別) (単位：百万円)	会計・勘定	2013fy	2014fy	2015fy	2016fy	2017fy	2018fy	2019fy	総額	
	一般会計	552	—	—	—	—	—	—	552	
	特別会計 (需給)	—	1,149	1,233	983	1,018	1,094	1,050	6,527	
	総予算額	552	1,149	1,233	983	1,018	1,094	1,050	7,079	
	(委託)	484	1,011	1,159	932	1,018	1,094	1,030	6,728	
	(助成)	70	138	74	51				333	
開発体制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	経産省担当原課	製造産業局素材産業課 (旧化学課)								
	プロジェクトリーダー	【プロジェクトリーダー】 国立大学法人京都大学 工学研究科 教授：前 一廣 【サブプロジェクトリーダー】 一般財団法人バイオインダストリー協会 つくば研究室 長：小林良則								
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	テーマ1) 植物性イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発 日立造船株式会社 テーマ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 王子ホールディングス株式会社、三菱ケミカル株式会社								
開発体制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	経産省担当原課	製造産業局素材産業課 (旧化学課、旧紙業服飾品課)								
	プロジェクトリーダー	【プロジェクトリーダー】 国立大学法人京都大学 工学研究科 教授：前 一廣 【サブプロジェクトリーダー】 一般財団法人バイオインダストリー協会 つくば研究室 長：小林良則、 日本製紙株式会社 研究開発本部 主席研究員：種田英孝 (2013～2017/06) 国立大学法人京都大学 生存圏研究所 教授：矢野 浩之 (2017～)								
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	テーマ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 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 テーマ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 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(2017年度まで)、日本化薬株式会社(2017年度まで)、大陽日酸株式会社(2017年度まで)、東レ株式会社、旭硝子株式会社(2017年度まで)、三井化学株式会社、新潟バイオリサーチパーク株式会社(2018年度まで)、学校法人新潟科学技術学園新潟薬科大学(2017年度まで)、帝人株式会社(2015年度まで)、三菱化学株式会社								
情勢変化への対応	事業の運営管理として、研究開発の進捗状況や技術推進委員会の結果を踏まえ、優れた技術的成果を上げ、更なる追加予算を行い、加速的に研究を進捗させることにより、当該技術分野における国際競争力の優位性確保が期待されるテーマに関して、開発促進財源(加速予算)の配分を行った。 また委託テーマ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」は、2014年6月24日閣議決定『日本再興戦略』改訂2014』にセルロースナノファイバーの研究開発等によるマテリアル利用の促進が記載されたため、2015年度予算を重点配分し、研究開発の促進を図った。									

中間評価結果への対応	<p>研究開発項目②については 2015 年 9 月に中間評価を行った。</p> <p>テーマ 1)については、「できるだけ速やかに製造技術を確立し、ユーザー評価を促進することが望まれる」「そのための体制を整備すべき」等の提言があった。指摘事項を反映し、2016 年度からユーザー評価体制の強化等、実施体制の変更を行った。</p> <p>テーマ 2)については、「要素技術の統合による一貫プロセス化を目指すうえで、PL をサポートする推進体制の強化」、「実用化のためには、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 等を検討することが重要」等の提言があった。指摘事項を反映するため、2016 年度から一貫プロセスの評価として「コスト評価、LCA 解析」を年度計画に追加し情報管理に留意しながら各事業者のプロセス基本情報を一元的に集約しプロセス毎の LCA 解析を行い、一貫プロセスシステム全体の評価へ展開を行った。</p> <p>研究開発項目②については 2017 年 9 月に中間評価を行った。</p> <p>テーマ 1)については、「本事業が世界中に波及するためには、競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位であることが必要である。それゆえ、知的財産の取得等はより迅速かつ積極的に進めてほしい。」等の提言があった。指摘事項を反映し、2018 年度実施方針へ反映。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。その知財戦略に基づいて、出願を行った。</p> <p>テーマ 2)については、「世界的なバイオエコノミーの強力な推進により、研究開発の進展は速いので、世界の開発状況やベンチマークに関する最新情報の収集を十分に行い、本取組の優位性を明確化していくことが望まれる。」等の提言があった。指摘事項を反映するため、2018 年度から本事業についての諸外国の政策動向・技術動向について調査し、本技術の優位性を示した。</p>																						
評価に関する事項	事前評価	2013 年度実施 (担当部) 電子・材料・ナノテクノロジー部																					
	中間評価	【委託】2015 年 09 月実施、2017 年 09 月実施																					
	事後評価	【助成】2017 年 09 月実施、【委託】2020 年度 10 月実施																					
Ⅲ. 研究開発成果について	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 テーマ 1) 植物性イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>研究開発項目</th> <th>目標</th> <th>成果</th> <th>達成度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>[1]バイオトランスポリイソプレンの高度精製技術開発</td> <td rowspan="2">基礎物性データの取得</td> <td>分子量 150~250 万 破断時応力 25MPa 破断時伸び 350% ムーニー粘度 100 MS (3+4) 110°C</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>[2]バイオトランスポリイソプレンの成形加工技術開発と評価</td> <td>ポリ乳酸とのブレンド技術により、ポリ乳酸の耐衝撃性を向上。動的架橋法においては耐衝撃性を 25 倍まで向上させた</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>[3]耐衝撃性バイオ素材の技術開発</td> <td>反発 0.798 スカッフ特性 5 試作</td> <td>反発 0.798 スカッフ特性 5 大型混練機(約 10kg/バッチ)による試作試験</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>[4]炭素繊維強化バイオ素材の技術開発</td> <td>1 バッチ 100g~kg の製造方法検討</td> <td>二軸押出装置にて数 100g~kg 程度の混練を検証し、比重、曲げ弾性率とも達成した</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	研究開発項目	目標	成果	達成度	[1]バイオトランスポリイソプレンの高度精製技術開発	基礎物性データの取得	分子量 150~250 万 破断時応力 25MPa 破断時伸び 350% ムーニー粘度 100 MS (3+4) 110°C	○	[2]バイオトランスポリイソプレンの成形加工技術開発と評価	ポリ乳酸とのブレンド技術により、ポリ乳酸の耐衝撃性を向上。動的架橋法においては耐衝撃性を 25 倍まで向上させた	◎	[3]耐衝撃性バイオ素材の技術開発	反発 0.798 スカッフ特性 5 試作	反発 0.798 スカッフ特性 5 大型混練機(約 10kg/バッチ)による試作試験	○	[4]炭素繊維強化バイオ素材の技術開発	1 バッチ 100g~kg の製造方法検討	二軸押出装置にて数 100g~kg 程度の混練を検証し、比重、曲げ弾性率とも達成した	○	◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達		
研究開発項目	目標	成果	達成度																				
[1]バイオトランスポリイソプレンの高度精製技術開発	基礎物性データの取得	分子量 150~250 万 破断時応力 25MPa 破断時伸び 350% ムーニー粘度 100 MS (3+4) 110°C	○																				
[2]バイオトランスポリイソプレンの成形加工技術開発と評価		ポリ乳酸とのブレンド技術により、ポリ乳酸の耐衝撃性を向上。動的架橋法においては耐衝撃性を 25 倍まで向上させた	◎																				
[3]耐衝撃性バイオ素材の技術開発	反発 0.798 スカッフ特性 5 試作	反発 0.798 スカッフ特性 5 大型混練機(約 10kg/バッチ)による試作試験	○																				
[4]炭素繊維強化バイオ素材の技術開発	1 バッチ 100g~kg の製造方法検討	二軸押出装置にて数 100g~kg 程度の混練を検証し、比重、曲げ弾性率とも達成した	○																				
	テーマ 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																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>研究開発項目</th> <th>目標</th> <th>成果</th> <th>達成度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">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</td> <td>フルフラールの純度 98.5%以上</td> <td>フルフラール純度 99.6%</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>フルフラールの製造収率 40% (対原料中のヘミセルロース)</td> <td>フルフラール製造収率 52.8%</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>フルフラールを市販価格と同等以下で製造する</td> <td>市販価格の動向次第で達成 * 今後、更なるコスト低減を図る</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>林地残材由来フルフラールの THF 原料としての適性を確認する</td> <td>適性あり</td> <td>◎</td> </tr> </tbody> </table>	研究開発項目	目標	成果	達成度	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	フルフラールの純度 98.5%以上	フルフラール純度 99.6%	○	フルフラールの製造収率 40% (対原料中のヘミセルロース)	フルフラール製造収率 52.8%	○	フルフラールを市販価格と同等以下で製造する	市販価格の動向次第で達成 * 今後、更なるコスト低減を図る	△	林地残材由来フルフラールの THF 原料としての適性を確認する	適性あり	◎	◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達				
研究開発項目	目標	成果	達成度																				
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	フルフラールの純度 98.5%以上	フルフラール純度 99.6%	○																				
	フルフラールの製造収率 40% (対原料中のヘミセルロース)	フルフラール製造収率 52.8%	○																				
	フルフラールを市販価格と同等以下で製造する	市販価格の動向次第で達成 * 今後、更なるコスト低減を図る	△																				
	林地残材由来フルフラールの THF 原料としての適性を確認する	適性あり	◎																				

研究開発項目	目標	成果	達成度
フルフラール脱 CO ベンチ運転 (脱 CO~FRN 吸収分離) ~フルフラール法 THF 詳細プロセス設計	98.5%フルフラールから92%の手取り THF 収率 詳細プロセス提案	手取り収率目標達成、連続運転実証済 リサイクル物質のフィードも影響無しを確認 詳細プロセス構築済 CO2 排出もほぼ想定どおり	○
ナノセルロース脱 CO 触媒工業製造確立 (諸条件確定)	ラボと同等の性能 製造費目標設定以下	・1.5mmφ工業触媒 200kg スケールで 委託製造実証済 性能、ライフ問題無し ・担体の複数購買先開拓	○
木質由来 FRL 適用	草本由来と同等の成績 (精製効率、反応成績)	樹皮フルフラールから THF までの一貫製造実施済 脱 CO 反応性は草本 FRL とほぼ同等、 選択率も問題なし 得られた精製 THF 純度 99.8% 中間体の反応性は問題無し、製品 THF 純度 OK	○
フラン/CO 分離 (溶媒吸収) 工程の大型試験実証	基本構成提案 & シミュレーションと大型試験による実証	FRN 吸収 (CO 分離) 基本構成はベンチ運転実証 外部大型試験を表せるシミュレーション構築 & 検証 さらに高性能の溶媒も見出した	○

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

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

テーマ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  
2015年度までの成果

技術開発項目	中間目標	成果	達成度
①リグノ CNF 用成分分離技術の開発 ①-1 原料・成分分離方法の開発 ①-2 ナノ解繊手法の検討	熱分解ピーク温度:365°C 1%重量減少温度:265°C	熱分解ピーク温度: 366°C 1%重量減少温度: 268°C	○
②リグノ CNF 変性技術の開発 ②-1 耐熱性向上技術の開発 ②-2 熱流動性向上技術の開発	熱分解ピーク温度:385°C 1%重量減少温度: 300°C	熱分解ピーク温度: 384°C 1%重量減少温度:成分分離と化学変性の複合処理で、原料 GP の193°Cから297°Cまで100°Cも向上	○
③リグノ CNF 成形体製造プロセスの開発 ③-1 リグノ CNF・高融点樹脂複合体化プロセスの開発 ③-2 高植物度成形体製造・成形プロセスの開発	PA6において 曲げ弾性率: 5.0GPa, 曲げ強度:140MPa, 引張弾性率: 4.0GPa, 引張強度:90MPa, 線熱膨張係数:30ppm/K 高植物度成形体において 曲げ弾性率: 14GPa, 曲げ強度:200MPa, 線熱膨張係数:40ppm/K	実用化が容易な変性で CNF 強化 PA6 において中間目標を達成。 変性パルプは二軸混練後 PA 樹脂中でナノ解繊し、均一に分散することを確認。高濃度パルプ溶融押出法、微細発泡方法を開発。 高植物度成形体について、熱流動性を向上させたリグノパルプを用い、透明感のある成形体の製造に成功。線熱膨張は目標値を大きく上回る15ppm/Kを達成。曲げ弾性率、強度は目標値に達していないが、動的弾性率で14GPaを達成。 さらに、製造プロセス検討を進め、日産10kgの試料作成プラント製造に着手。	◎
④リグノ CNF および樹脂複合体の計測・評価技術の開発	リグノ CNF 構造・反応性 評価手法の検討	評価手法確立に向けた基礎的検討を実施	○

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

2017年度までの成果

技術開発項目	中間目標	成果	達成度
高性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。	・実験室レベルでの一貫製造プロセスの実証を完了し、テストプラントレベルでの検討に移行。 ・パルプ直接混練法を核とした京都プロセスの改良を進めるとともに21機関へのサンプル提供を通じて様々な樹脂、樹脂部品について実用物性の観点から評価を実施。	◎

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達



2019 年度までの成果

技術開発項目	最終目標	成果	達成度
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（京都大学、王子 HD、日本製紙、星光 PMC、 京都市産技研）	・コスト競争力の見通しが得 られた技術を活用し、木質系 バイオマスから最終化学品ま でのベンチレベルでの一貫製 造プロセスを実証する。 ・製造コストを 1,300 円/kg まで低減する。	テストプラント実証。 用途に応じた様々なグレードを PP において複数開発。射出成型 用 CNF 添加マスターバッチ（ナ イロン 6）において目標とする 製造コスト 1300 円/kg を大きく 下回る 718 円/kg から 927 円/kg の見通しを得る。	◎
CNF 安全性評価 （産総研）	CNF の検出・定量手法、気管 内投与試験手法、皮膚透過性 試験手法を確立する。CNF 及 び CNF 応用製品の排出・暴露 可能性を評価する。確立した 手法と評価事例をとりまとめ た「手順書等」を作成する。	目標とした各種手法を確立し、 暴露評価を実施。 手順書作成（公開予定）	○
木質系バイオマス特性評 価（森林総研、産総研、 京都大学、京都市産技 研、三菱鉛筆、第一工業 製薬、東工大、スギノマ シン）	木質系バイオマス特性、パル プ特性、CNF 特性及び CNF 用 途適正評価により得られた結 果を総合的に解析し、原料評 価手法を確立する。得られた 手法と分析結果をまとめる。	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 きるような手法、データを手引 き完成 （冊子等で公開予定）	○

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

テーマ 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

2015 年度までの成果

技術開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針		
前処理技術の一本化	コスト、サンプル の適応状況、更に 客観的な評価デー タに基づき、最適 な技術に絞り込む	コストデー タの比較、 サンプル評 価結果を集 計中	△ （平成 28 年 3 月達成予定）	前提サンプルの変更 により、現時点で対 応が難しい成分利用 技術の加速・推進		
成分利用技術開発 ※詳細は 各グループで報告	グループ名		◎	○	△	×
	前処理 G		0	3	12	1
	セルロース G		1	6	2	0
	リグニン G		3	10	4	0
	糖利用 G		1	6	15	0

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

2017 年度までの成果

技術開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
一貫製造プロセ スフローの構築	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。	プロセス解析、 コスト評価を行 い、経済的に成 立するスギ、 ユーカリを原料 とする一貫製造 フロー確定。	○	2018 年度からのサン プル供給スキーム、ベン チ設計、製造を実施者 間で協議して進める。

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

	2019年度までの成果				
		技術開発項目	最終目標	成果	達成度
		木質バイオマスから各種化学原料の一貫製造プロセスの開発 (日本製紙、宇部興産、ユニチカ、住友ベークライト、東レ、三井化学、三菱ケミカル、京都大学、産総研、森林総研、三井化学 SKG ポリウレタン)	・2017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、kgオーダーでの製造プロセスを実証する。 ・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。	・成分分離、各成分利用プロセスともkgオーダーの実証済 ・総合収率90%以上を達成。	○
	◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達				
	投稿論文	「査読付き」26件、「その他」4件			
特許	「出願済」102件、「PCT出願」19件				
その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表・講演」379件、「新聞・雑誌等への掲載」73件、「展示会への出展」35件、「受賞」7件、「フォーラム等の開催」4件				
IV. 実用化・事業化の見通しについて	<p>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 原料バイオマスの安定供給体制、実証したプラントの生産設備の強みを十分に活かし開発した一貫製造プロセスでの、実用化・事業化を進めていく。テーマ毎の実用化・事業化に向けた戦略を以下に示す。</p> <p>テーマ1) 植物性イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発 ・バイオマスの安定供給のため海外に独資法人(中国)を設立して輸出入の事業拠点を創立、同時に200haの自社農園を設立してバイオマスの安定供給を実施。 ・社内に機能性材料事業推進室を設立して準事業部体制を取っている。 ・自社で精製プラントを設立しパイロット生産装置で年産10トンの供給体制を確立した。量産生産装置の設計等も実施している。</p> <p>テーマ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」 [原料の再調査と市況の注視] ・安価で入手可能な原料について、再調査を実施する。 ・フルフラールの市況を注視し、パイロット以降の検討準備を進める。 [パイロットスケールでの検討] ・ベンチスケールでの検討結果をもとに、パイロット設備を設計・製作して、フルフラール製造試験を行い、品質についてはユーザー評価にて確認する。 [事業化] ・パイロットスケールでの検討結果をもとに、実機プラント設備を設計・製作し、フルフラールを量産化する。 「フルフラールからのTHF製造」 [市況の注視] ・石化製THF価格下落等のため、市況を注視しつつ、実用化時期を判断 [安価フルフラールの大量入手の検討] ・新規なFRL製造技術開発を実施中 ・農産廃棄物→バイオエタノール等の副生C5糖からのフルフラール生産を検討実施</p> <p>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 既存の紙パルプ工場及び化学工場の強みを十分に活かして一貫製造プロセスを開発し、実用化・事業化に取り組んでいく。テーマ毎の実用化・事業化に向けた戦略を以下に示す。 テーマ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 ・成分分離は既存のパルプ化設備を極力利用することで設備投資抑制 ・製紙工場の利点(原料、立地、水、電力、排水処理設備など)を十分に生かす ・紙製造も並行して可能 ・リグノCNF及び樹脂コンポジット(マスターバッチ)の製造設備を新設</p> <p>テーマ2) 木質バイオマスから各種化学原料の一貫製造プロセスの開発</p>				

	<p>製紙工場、化学工場の強みを生かしたシナジー効果で日本の産業力強化を図る。</p> <p>&lt;製紙工場の強み&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原材料（集荷力、植林技術、社有林）</li> <li>・水（用水設備、排水処理など）</li> <li>・エネルギー設備（エネルギー回収）</li> <li>・現有設備活用可能性</li> </ul> <p>&lt;化学工場の強み&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コアケミカルズからの多種製品への展開能力</li> <li>・現有ユーティリティの利用</li> <li>・製品の海外販売展開力</li> </ul>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	2013年5月 作成
	変更履歴	2014年3月 改訂（根拠法変更に伴う修正） 2017年2月 改訂（研究開発項目追加に伴う修正）