

平成25年度製造基盤技術実態等調査 (製紙産業の将来展望と課題に関する調査)

報告書概要版

平成26年3月21日
三菱化学テクノリサーチ

目次

1. 調査の概要

- (1) 調査の目的
- (2) 調査の範囲
- (3) 調査の方法

2. 製紙産業の将来展望と課題

- (1) 国内製紙産業の現状
- (2) 製紙産業が持続的な成長をしていくための方策
- (3) 製紙産業が保有する技術の活用
- (4) エネルギー分野への展開
- (5) 木質バイオマスの利活用
- (6) 製紙産業を中核とした高度バイオマス産業の創造

3. セルロースナノファイバーの将来展望と課題

- (1) セルロースナノファイバーの検討経緯
- (2) セルロースナノファイバーの開発状況
- (3) 技術的な課題
- (4) 実用化への課題
- (5) 安全性・標準化への対応

4. 製紙産業のビジョンとロードマップ

- (1) 2020年、2030年に向けたビジョンとロードマップ
- (2) セルロースナノファイバーの実用化に向けたロードマップ
- (3) セルロースナノファイバー関連材料の潜在市場予測
- (4) セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

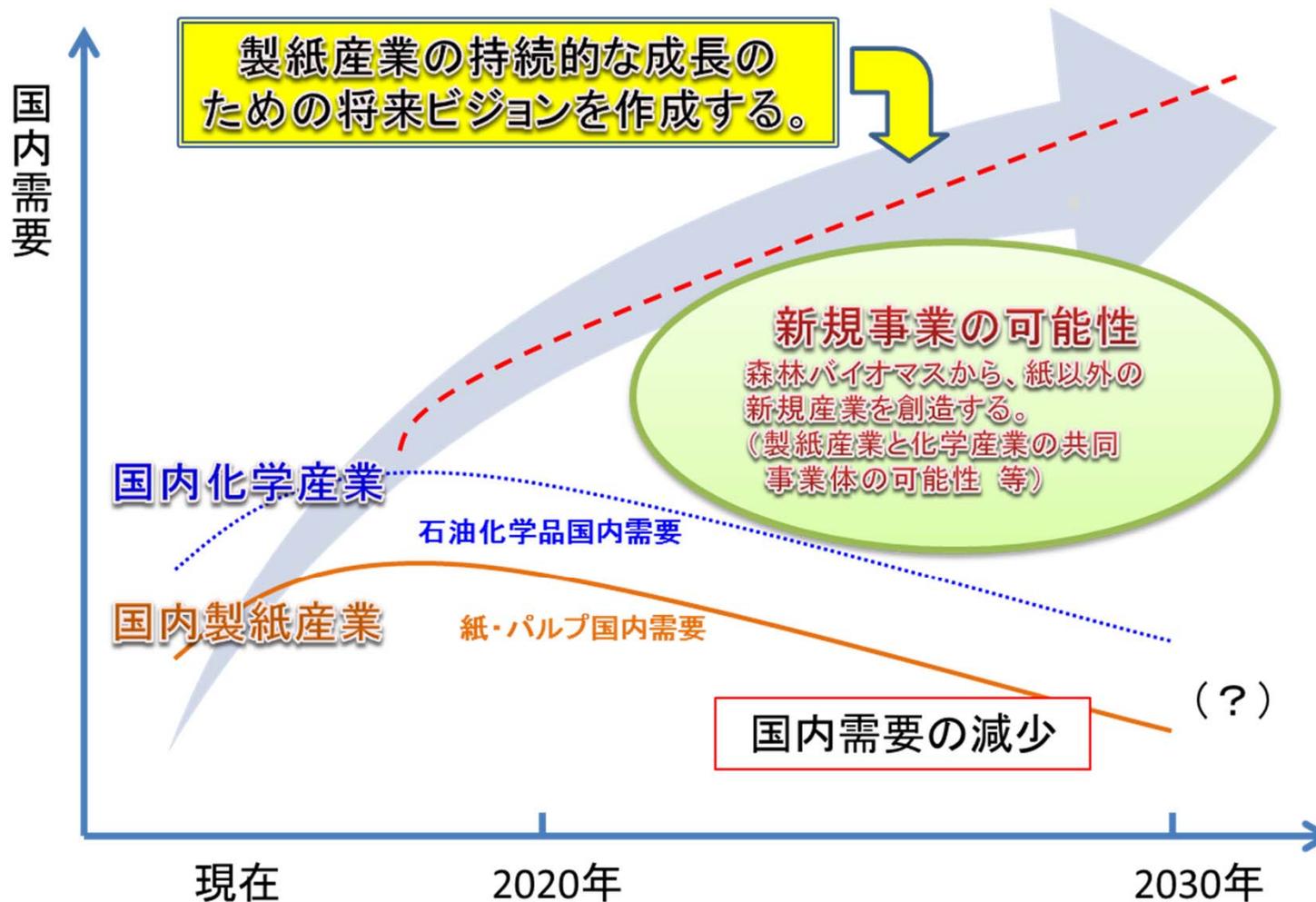
(1) 調査の目的

我が国の製紙産業は、ペーパーレス化や産業の空洞化、少子高齢化などにより国内の紙需要は減少傾向にあり、更には海外製紙メーカーによる国内市場への安価品の輸出攻勢による輸入紙の台頭、原燃料価格の上昇といった厳しい環境にある。こうした状況の中、国内製紙メーカーは、紙の製造で培った自家発電設備の運転管理のノウハウやスキル、あるいは製紙原料として木質バイオマスを使いこなしてきた技術と経験を生かし、エネルギー分野、バイオマス利用分野に新たな活路を求めようとしている。

本調査では、我が国製紙産業が保有する産業インフラ、人材、技術力を駆使することによりどのような将来図が描けるのか。また、現在検討されている製紙技術、バイオマス利用技術を核とした、例えば、木質バイオマスを使ったセルロースナノファイバー等の技術開発の成果がどのような技術革新に結びつき、どのような形で国内産業の発展に貢献できるのか等について、有識者からの意見を収集・分析し、「製紙産業の2020年、2030年に向けたビジョンとそこに至るロードマップ」を作成する。こうした調査により、製紙産業の将来展望及び課題を明らかにし、今後の支援策を検討するための基礎資料を提供することを目的とする。

(2) 調査の範囲

目的: 製紙産業における革新的技術開発による新規事業の可能性について調査する。



(3) 調査の方法

1. 調査の目的

「製紙産業の2020年、2030年に向けたビジョンとそこに至るロードマップ」を作成する。

2. 有識者ヒアリング(有識者 25者)

(1) ヒアリング実施

「製紙産業、バイオマス利用技術の将来展望及び課題」について、有識者の方々からの意見・コメントを聴取する。

⇒ ヒアリング結果は、ヒアリング対象者にも送付し、情報の共有化を図るとともに、意見・コメントを募集する。

(2) ビジョン・ロードマップ(案)の作成

得られた意見・コメントを解析し、ビジョンロードマップ(案)を作成する。

3. 検討会の開催(2回)

有識者5名からなる検討会を開催する。

(検討会委員は、ヒアリング対象の方から5名の方をお願いした。委員長は経済産業省 紙業服飾品課の渡邊課長をお願いした。)

(1) 第1回検討会(平成26年2月10日)

作成したビジョン・ロードマップ案の評価・検討

⇒ 検討会の意見を反映したビジョン・ロードマップ作成し、ヒアリング対象の方に送付し、意見・コメントを募集する。

(2) 第2回検討会(平成26年3月6日)

ビジョン・ロードマップを策定。

調査実施フロー



目次

1. 調査の概要

- (1) 調査の目的
- (2) 調査の範囲
- (3) 調査の方法

2. 製紙産業の将来展望と課題

- (1) 国内製紙産業の現状
- (2) 製紙産業が持続的な成長をしていくための方策
- (3) 製紙産業が保有する技術の活用
- (4) エネルギー分野への展開
- (5) 木質バイオマスの利活用
- (6) 製紙産業を中核とした高度バイオマス産業の創造

3. セルロースナノファイバーの将来展望と課題

- (1) セルロースナノファイバーの検討経緯
- (2) セルロースナノファイバーの開発状況
- (3) 技術的な課題
- (4) 実用化への課題
- (5) 安全性・標準化への対応

4. 製紙産業のビジョンとロードマップ

- (1) 2020年、2030年に向けたビジョンとロードマップ
- (2) セルロースナノファイバーの実用化に向けたロードマップ
- (3) セルロースナノファイバー関連材料の潜在市場予測
- (4) セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

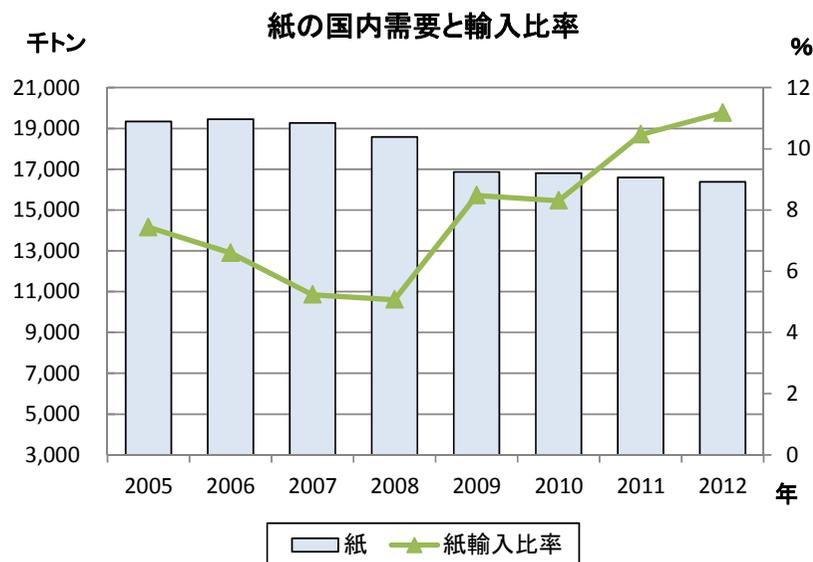
(1) 国内製紙産業の現状

➤ 環境認識

紙・板紙の国内需要の減少と輸入紙の増加により、国内の生産活動は縮小傾向

需要減少要因：情報通信技術の進展、国内産業空洞化、少子高齢化

⇒ 今後、製紙産業が持続的成長をするためには事業構造の転換が必要である。



出典：日本製紙連合会HP <http://www.jpa.gr.jp/states/paper/index.html>

(2) 製紙産業が持続的な成長をしていくための方策

紙・板紙の国内市場の縮小傾向の中で製紙産業が持続的な成長を維持していくためには事業構造の転換が必要である。

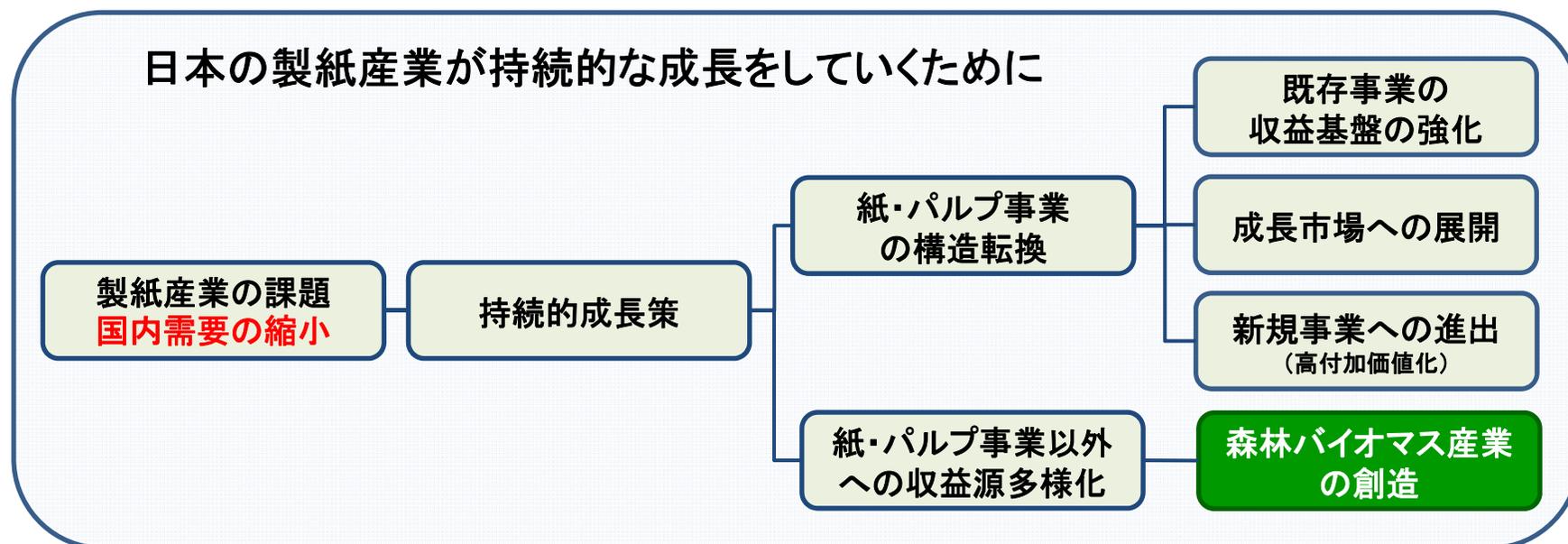
➤ 事業転換の方向性

1. 紙・パルプ事業の構造転換

- ① 既存事業の収益基盤の強化 …… 徹底したコストダウンによる国際競争力の強化
- ② 成長市場への展開 …… 製紙工場の海外展開、成長国への輸出の拡大
- ③ 新規事業への進出 …… 関連製品の高付加価値化による新規事業創出

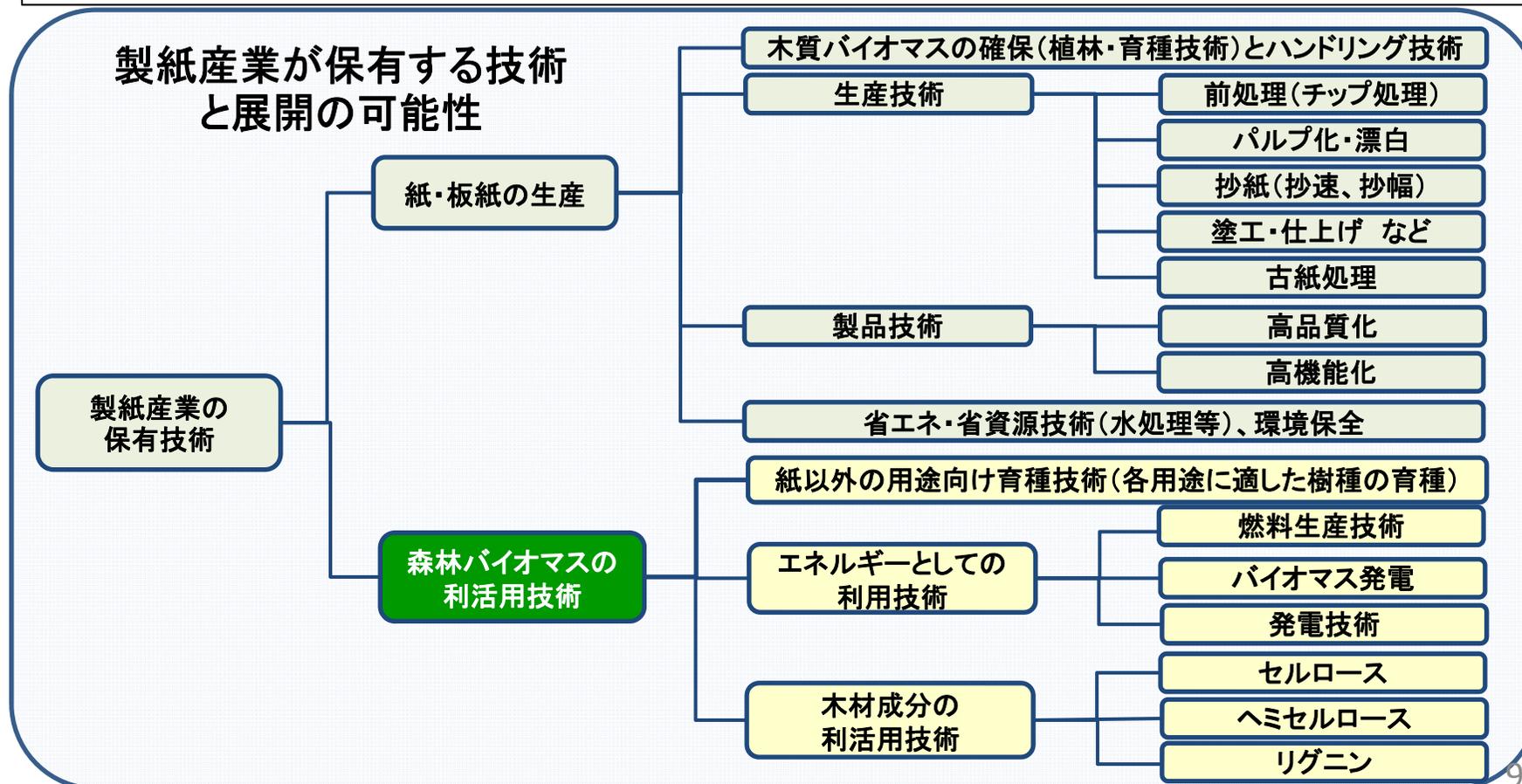
2. 紙・パルプ事業以外への収益源の多様化

- ① 森林バイオマスを活用したバイオマス産業の創造



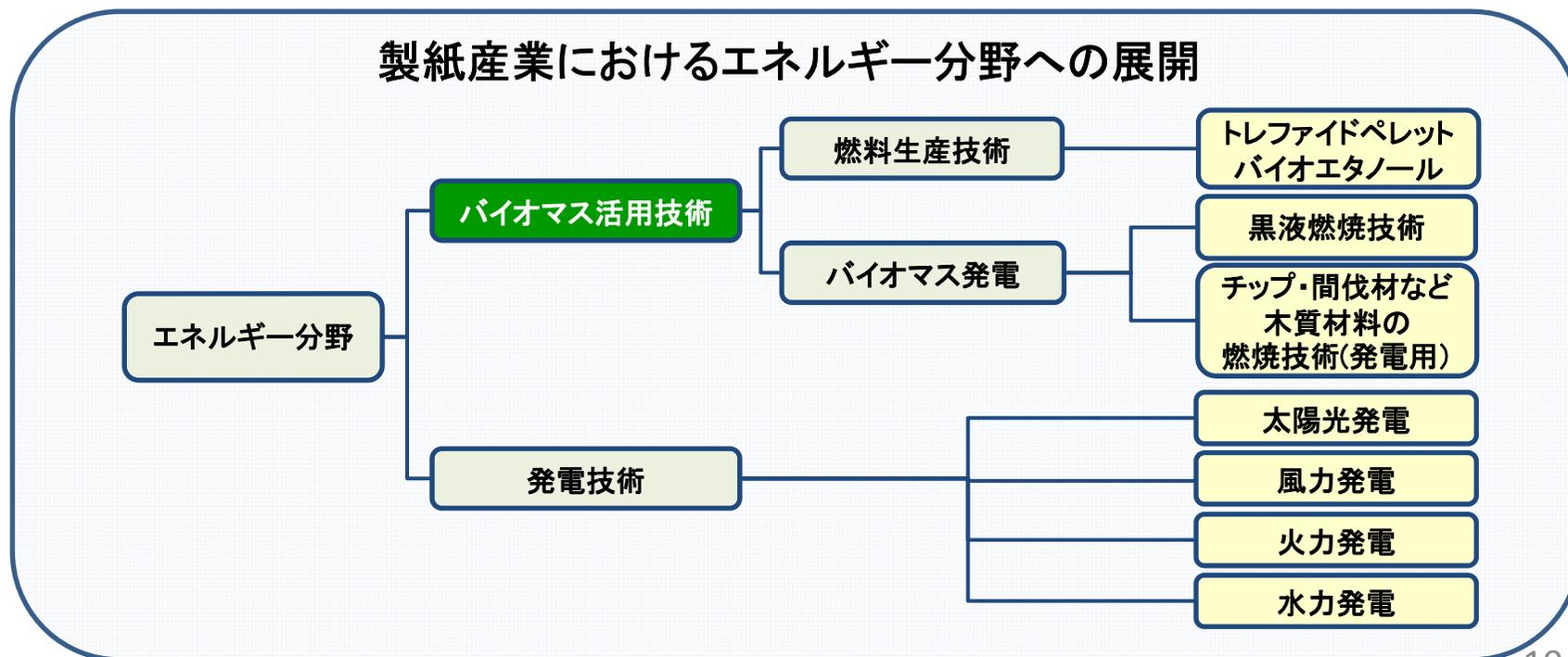
(3) 製紙産業が保有する技術の活用

- 製紙産業が保有する技術を最大限活用して、紙・パルプ事業の構造転換を図る。
 - ・生産技術のマイクロチューニングによるコスト競争力の向上
 - ・製紙加工技術を生かした高付加価値商品の開発
(高付加価値化例: 仕切る(包装材料、紙容器 など)、吸収する(家庭紙、おむつ など) など)
- 製紙産業を森林バイオマス産業として見直すと新たな展開が可能である。
エネルギー分野、木材成分の利活用(バイオリファイナリー、セルロースナノファイバー等)



(4) エネルギー分野への展開

- ▶ 製紙産業は、昔からバイオマス発電をやってきた。リグニンや間伐材等を使ってバイオマス発電を今後も積極的にやっていく。
- ▶ エネルギー分野に関してはこれまで培ったノウハウや資産を生かし拡大していこうと考えており、太陽光発電、バイオマス発電、火力発電、水力発電などを進めている。
- ▶ バイオマス燃料技術として、トレファイドペレット、バイオエタノールなどの開発を行っていく。
- ▶ バイオマス利用のエネルギー開発には、森林資源の維持管理と既存エネルギーとの比較のためにエネルギーコストの定量化が必要である。
- ▶ 発電効率の高い技術の導入(ガス化、バイオマスIGCCなど)により、バイオマスを扱う製紙産業が更に活性化し、創エネルギー・地球温暖化防止に寄与できる。

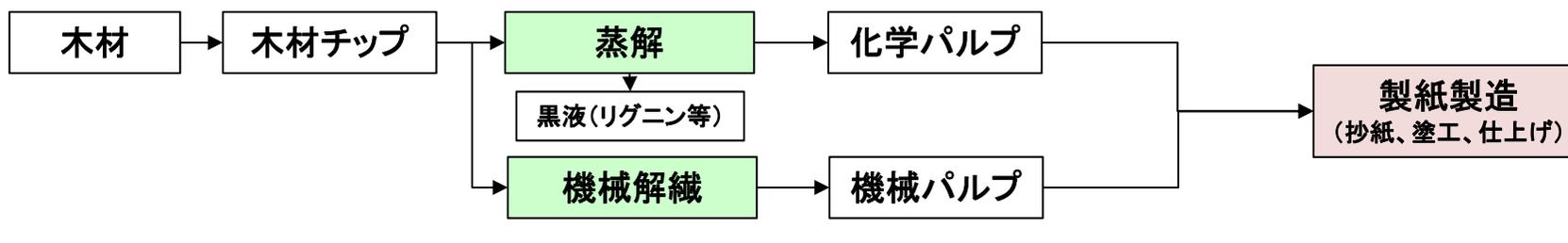


(5) 木質バイオマスの利活用

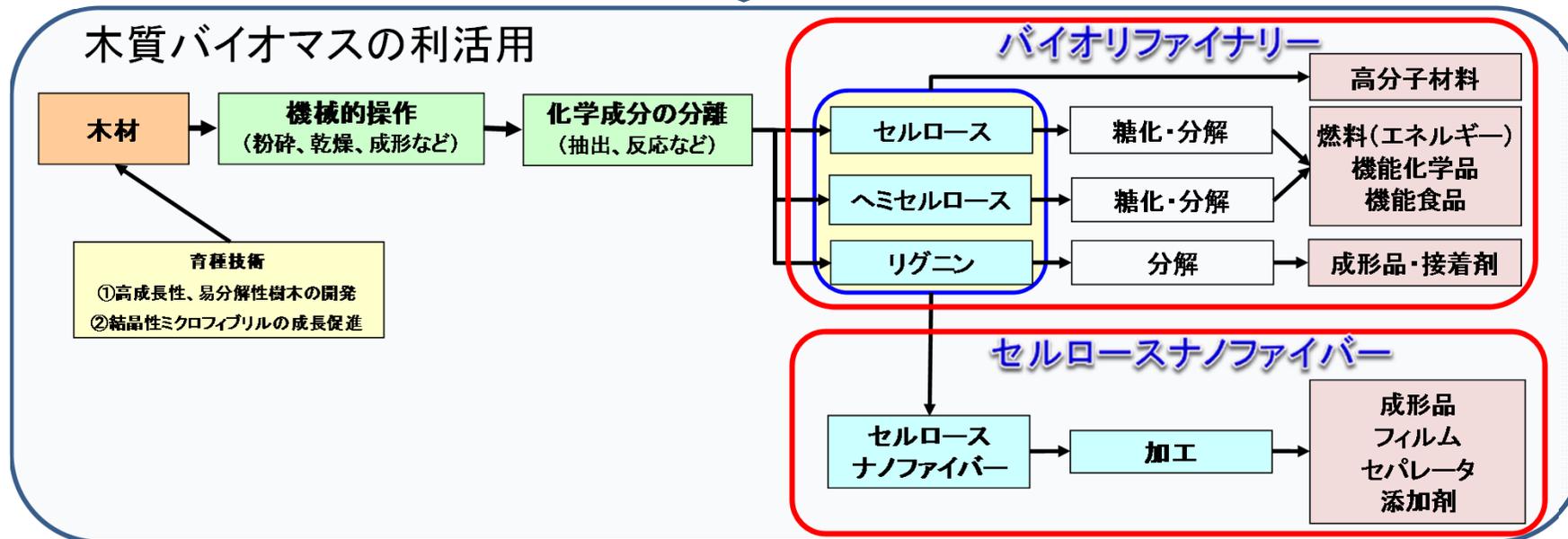
▶ 製紙産業が保有する製紙技術を活用して、機能材料や機能化学品の新たな事業創出が期待できる。

- ① バイオリファイナリー(燃料、機能化学品、機能食品 等)
- ② セルロースナノファイバー

製紙技術

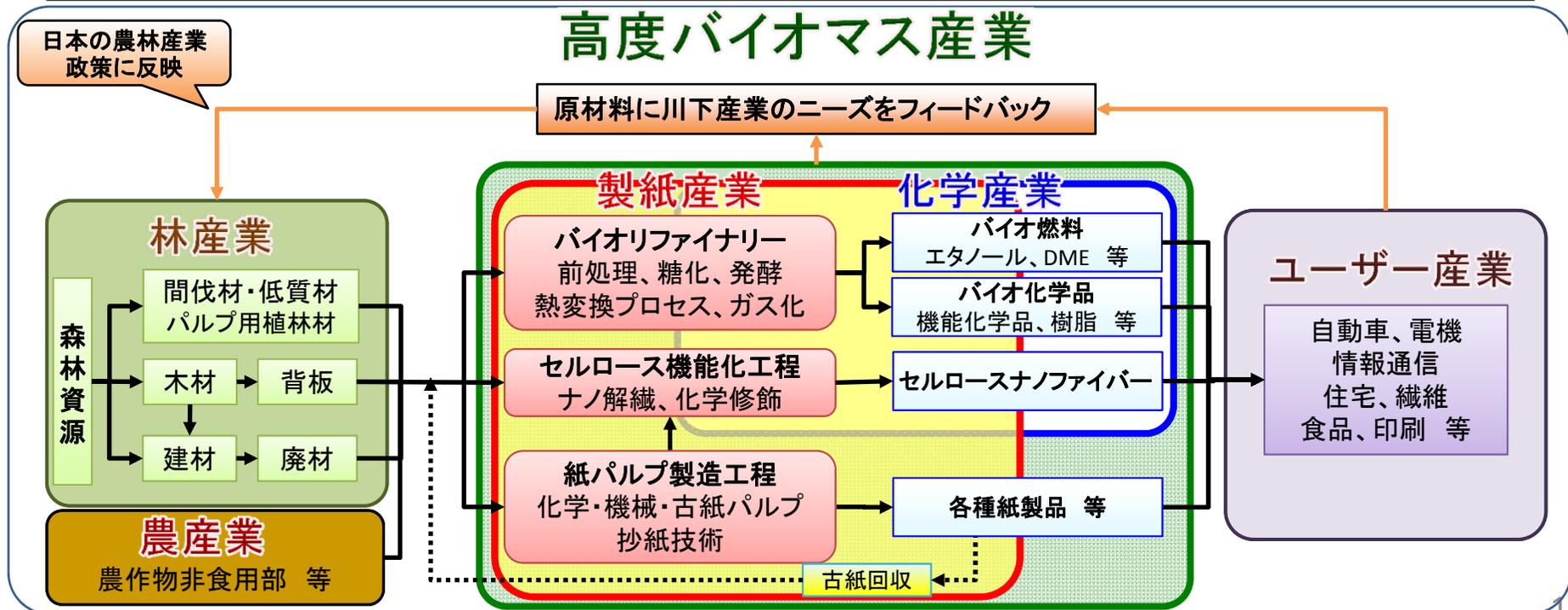


木質バイオマスの利活用



(6) 製紙産業を中心とした高度バイオマス産業の創造

- ▶ 世界に先駆けて低炭素社会、循環型社会の構築を目指し、製紙産業の強みを生かした高度バイオマス産業を創造する。
- ▶ 製紙産業が保有する木質バイオマスの原料生産、集荷、輸送、前処理、エネルギー生産、製品生産までの一貫した技術を駆使して、製紙産業は高度バイオマス産業において中心的な役割を果たす。
- ▶ 高度バイオマス産業の構築には、農林水産省、経済産業省を中心に川上の農林産業から川下の化学産業や自動車産業、電機産業等の日本の産業界全体によるオールジャパン体制での連携・育成が必要である。
- ▶ 環境調和性の高い製品を普及させるため、税制優遇等の政策的な支援が望まれる。
- ▶ 高度バイオマス産業から川上への商品開発に適した原材料へのニーズ情報提供も重要。



目次

1. 調査の概要

- (1) 調査の目的
- (2) 調査の範囲
- (3) 調査の方法

2. 製紙産業の将来展望と課題

- (1) 国内製紙産業の現状
- (2) 製紙産業が持続的な成長をしていくための方策
- (3) 製紙産業が保有する技術の活用
- (4) エネルギー分野への展開
- (5) 木質バイオマスの利活用
- (6) 製紙産業を中核とした高度バイオマス産業の創造

3. セルロースナノファイバーの将来展望と課題

- (1) セルロースナノファイバーの検討経緯
- (2) セルロースナノファイバーの開発状況
- (3) 技術的な課題
- (4) 実用化への課題
- (5) 安全性・標準化への対応

4. 製紙産業のビジョンとロードマップ

- (1) 2020年、2030年に向けたビジョンとロードマップ
- (2) セルロースナノファイバーの実用化に向けたロードマップ
- (3) セルロースナノファイバー関連材料の潜在市場予測
- (4) セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

(1) セルロースナノファイバーの検討経緯

① セルロースナノファイバーとは

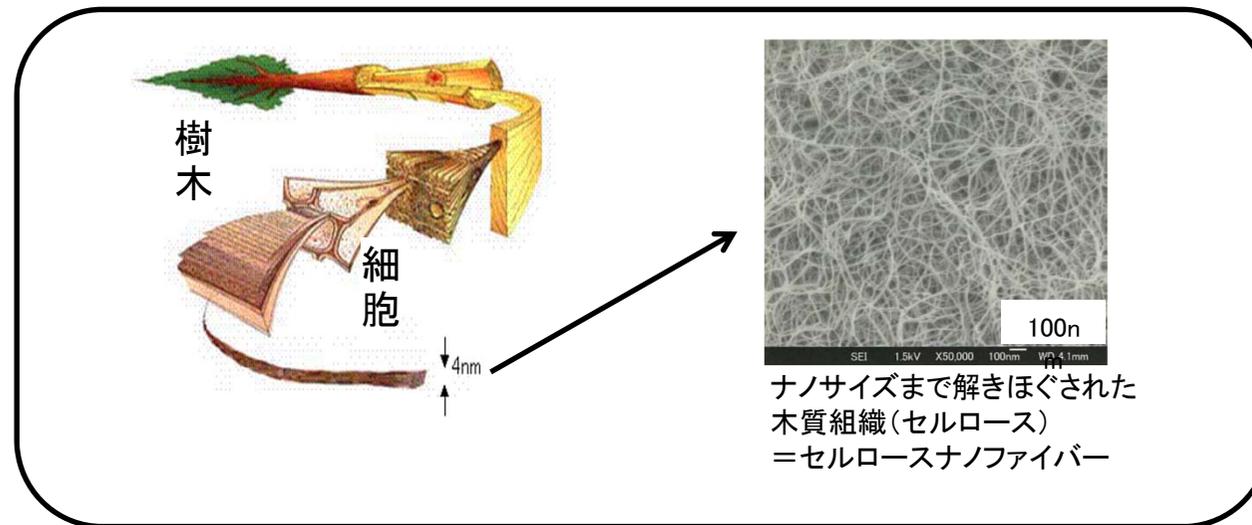
セルロースナノファイバーとは、木質組織を化学的、機械的に処理してナノサイズまで細かく解きほぐした(解繊した)平均幅が数~20nm程度、平均長さが0.5~数 μ m程度のサイズの極細繊維状物質の事。

■セルロースナノファイバーの特徴

- 軽量の素材でありながら鋼鉄の5倍以上の強さ
- 熱による変形が少ない(ガラスの1/50程度)
- 植物由来であるため環境負荷が少なく持続可能な資源
- 豊富な森林資源が原料であるため膨大な資源量



高強度材料(自動車部品、家電製品筐体)、高機能材料(住宅建材、内装材)、増粘材(食品、医薬品)、特殊材料(特殊紙、フィルター等)への応用が期待される。



出典: 京大生生存圏研究所 生物機能材料分野 ホームページ、<http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/cnf>

(1)セルロースナノファイバーの検討経緯

②早期事業化に向けた国の支援状況

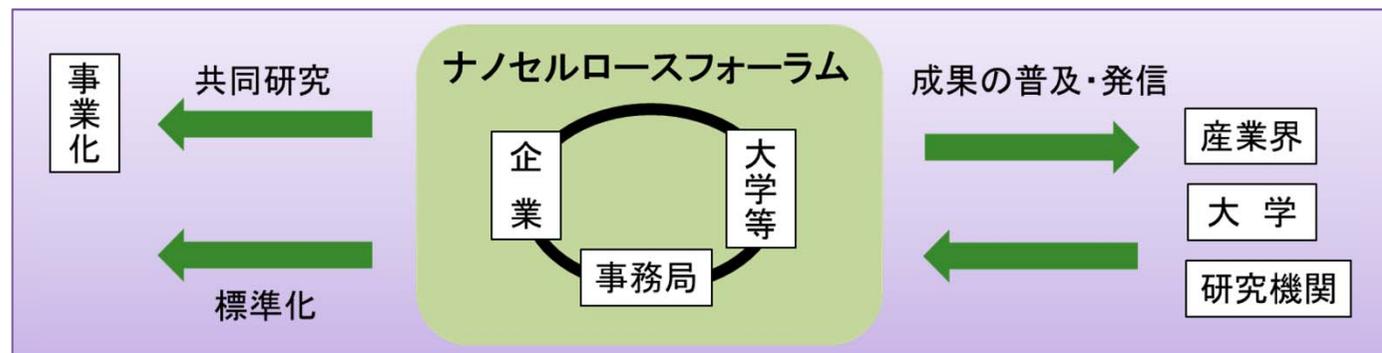
1. 紙需要の構造的な減少が進行する中、製紙業の新たな成長分野として、木質バイオマス資源を活用したグリーン部素材の開発が喫緊の課題。
2. セルロースナノファイバーの早期事業化に向け、一昨年10月、産学官からなる「ナノセルロース事業化戦略検討委員会」を立ち上げ。
3. 海外現地調査や国内外特許出願動向調査等を行い、今後の用途開発に向けた取り組みの方向性や国内事業化のあり方について検討。
4. 2014年6月に、産学コンソーシアム「ナノセルロースフォーラム」を設立する予定。

ナノセルロースフォーラムについて

ナノセルロースの実用化を担う各企業、大学、研究機関の間において、また、製紙メーカー、化学メーカーなどの供給サイドと、IT・通信、自動車、建材などの需要サイドとの間において、関係者相互の情報共有、意見交換、研究開発連携を進めるオールジャパンの体制を構築することは、ナノセルロースをいち早く実用化・普及させる上で大きな意義がある。また、計測・安全性評価技術等の標準化は、欧米中心に議論が進んでおり、国内企業の国際競争力強化のための標準化戦略の構築が必要な状況であり、多額のコストを要するナノリスクについても検証が急務となっている。

このため、国内のナノセルロース関係者からの強い要望に応える形で、ナノセルロースの導入を促進することを目的としたナノセルロースフォーラムを設立することになった。

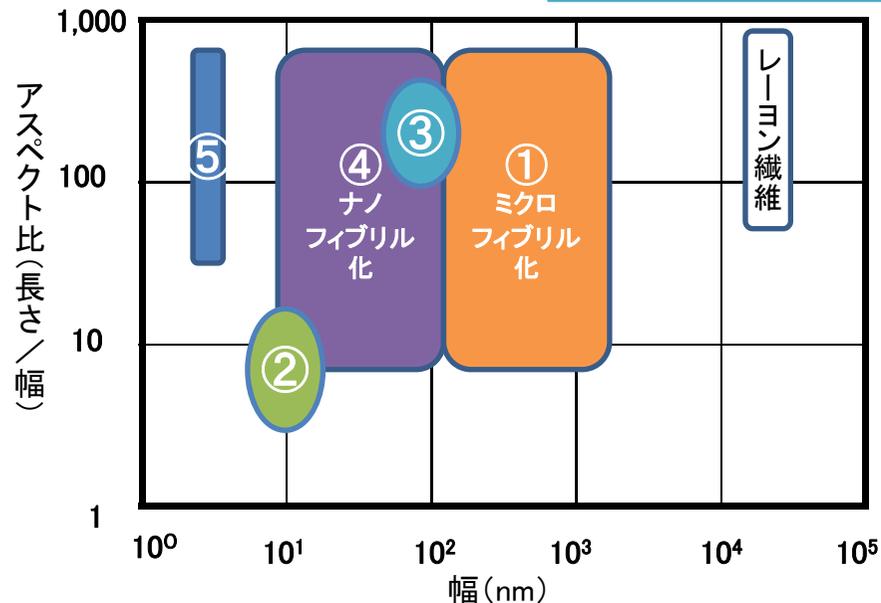
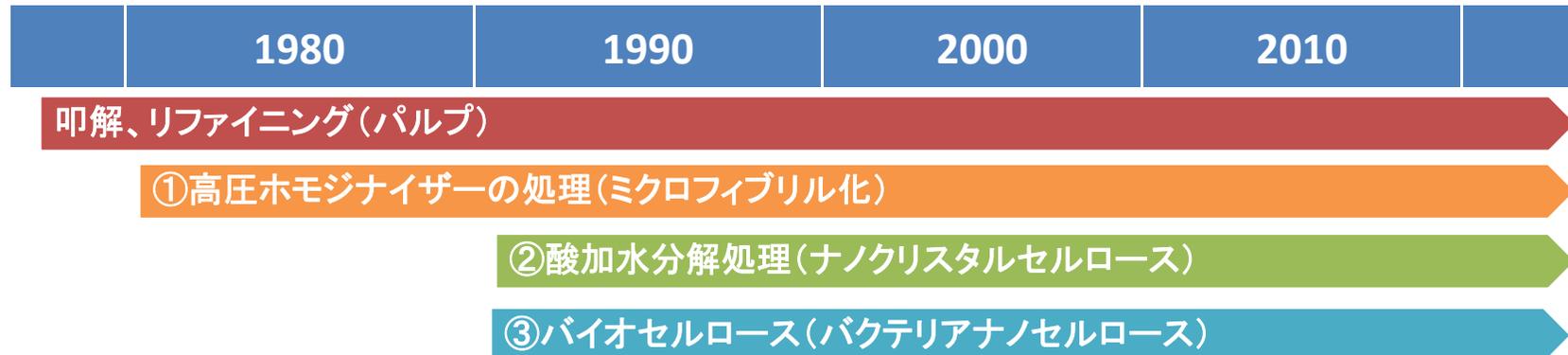
事業内容) 1. 最新技術トレンドの共有、交換、発信 2. 共同研究の提案 3. 事業化促進 4. 国際標準化
5. 設備の共用 6. 人材育成 7. サンプル提供、評価



(2) セルロースナノファイバーの開発状況

①セルロースナノファイバーの開発経緯

- 1990年代にナノクリスタルセルロース、バイオセルロースの開発が行われた。
- 2000年代に入り、日本の大学を中心にセルロースナノファイバーの研究開発が本格的に始まり、世界的にセルロースナノファイバーの開発競争が激しくなっている。



④各種解繊処理(ナノフィブリル化)

- 京都大学 生存圏研究所 矢野教授
 2002年 植物系セルロースナノファイバーを用いた高強度複合材料に関する論文発表
 2003年 セルロースナノファイバー強化透明材料の開発
 2005年～2007年 セルロースナノファイバーの高強度材料の効果確認(地域コンソーシアム)
 2007年～2010年 セルロースナノファイバー化学変性、添加剤の開発(NEDO)
 2010年～2013年 自動車用途向けセルロースナノファイバーの開発(NEDO)
 2013年～ 高機能リグノセルロースナノファイバーの開発(NEDO)

⑤TEMPO酸化(TOCN.)

- 東京大学 大学院農学生命科学研究科 磯貝教授
 2006年 TEMPO酸化によるセルロースナノフィブリル化を確認
 2009年～2014年 TOCNの調製方法と構造解析(学術振興会)
 2007年～2013年 TOCNを用いた高機能包装部材の開発(NEDO)

(2) セルロースナノファイバーの開発状況

②セルロースナノファイバーの国内動向

製品化に向けた主な動向

○ダイセルファインケム

物理的処理だけで微細化したナノセルロースを開発し、製紙原料薬品や食品添加物用途として販売。

○花王、日本製紙、凸版印刷、東京大学

セルロースナノファイバーをバイオマス樹脂フィルムの上にコーティングしたガスバリアーフィルムを開発。酸素や水蒸気といった気体を透過しにくい特性(ガスバリア性)を持っており、新たな包装材料としての活用が期待される。(NEDO助成事業)

○王子ホールディングス、三菱化学

セルロースナノファイバーの連続シート化設備による透明シートの製造技術を世界で初めて開発し、サンプル提供を開始している。軽量で紙のように折りたたむため、必要なときに開いて使用できるディスプレイや太陽電池などへの応用が期待される。

主な補助金交付案件

○日本製紙 (補助金: 200百万円 補助率: 2/3)

平成24年度イノベーション拠点立地補助金

岩国事業所にサンプル製造設備を建設。

生産能力年間30トン、平成25年10月から生産開始予定。

○星光PMC (補助金: 270百万円 補助率: 2/3)

平成24年度イノベーション拠点立地補助金

竜ヶ崎工場にサンプル製造設備を建設。

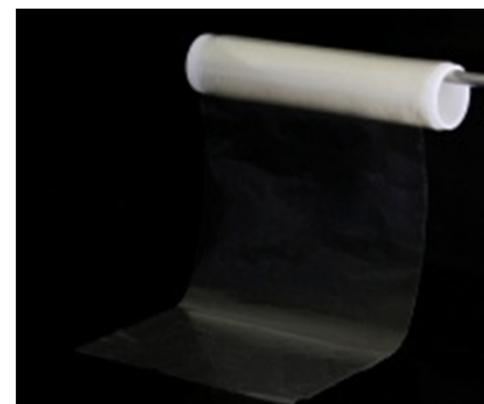
生産能力年間24トン、平成26年4月からサンプル提供を開始予定。

○第一工業製薬 (補助金: 58百万円 補助率: 1/2)

先端省エネルギー等部素材開発事業

犀潟事業所にサンプル製造設備を建設。

平成26年4月からサンプル提供を開始予定。



セルロースナノファイバーシート
の樹脂複合化フィルム

出典: 王子ホールディングス株式会社 IR最新情報
http://www.ojiholdings.co.jp/news/2013/130318_2.html

(2)セルロースナノファイバーの開発状況

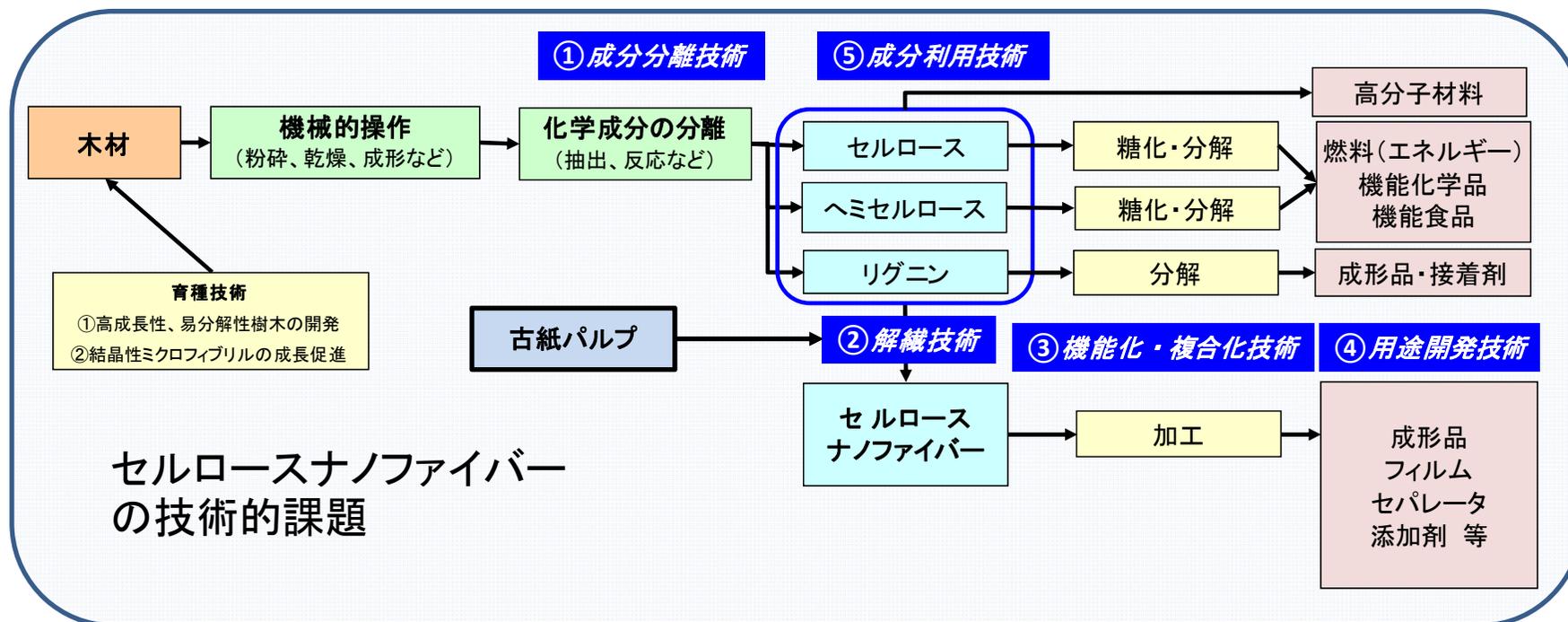
③主要国のナノセルロース開発動向

- セルロースナノファイバーの開発は、日本が先行していたが、近年は世界中で研究開発は活発化。(関連特許の出願が2005年からの5年間で6倍以上に。内、日本からの出願は53%)特に北欧、アメリカ、カナダ等の海外勢の追い上げが著しい。
- 用途開発では、日本が先行しているが、実証プラントの建造や実証プラントでの製造技術についてはリードを許しかねている状況。



(3) セルロースナノファイバーの技術的な課題

- セルロースナノファイバーの実用化は、他の材料(無機、有機、金属)との相対的な特性と価値で決まる。用途に合わせた製造法の開発が必要である。
- 今後の技術開発は、各種出口用途を明確にして用途に合わせた①成分分離技術、②解繊技術、③機能化・複合化技術、④用途開発技術、⑤成分利用技術 等の開発が必要である。
- セルロース以外の成分(リグニン、ヘミセルロース)の最適な利用法の開発が必要。
- 育種技術による易分解性樹木の開発や結晶性マイクロフィブリルの成長促進等



(3)セルロースナノファイバーの技術的な課題

①成分分離技術

- 木質チップをバイオマス原料として使用するために、有効成分を効率的に分離する技術の開発が必要である。
- 成分分離技術は、これまでも物理的処理法、化学的処理法、微生物処理法が検討されている。各成分(セルロース、ヘミセルロース、リグニン)を工業原料として使用するための最適な成分分離技術の確立が必要である。

成分分離方法	装置、条件	特徴	課題
物理的前処理法			
機械的微粉碎法	ハンマーミル、ボールミル、振動式ボールミル、ロールミル	微粉碎法は全ての樹種に有効である。特に針葉樹について有効である。	エネルギー消費量が多い
蒸煮・爆砕法	蒸煮法、蒸煮・爆裂法	高温高圧の水蒸気で短時間蒸煮した後急激に減圧し常圧まで戻す方法。ヘミセルロースとリグニンが化学反応を受ける。	ヘミセルロースとリグニンが化学反応を受ける。
照射法	マイクロ波法、電子線照射法、ガンマ線法	水存在下でマイクロ波加熱を行う。	ヘミセルロースの加水分解、リグニンの低分子化、エネルギー消費大
化学的前処理法 (紙・パルプの製造に古くから研究開発されている)			
酸処理法	硫酸、亜硫酸、リン酸、フッ素、硝酸、有機酸	希硫酸前処理:ヘミセルロースを加水分解し可溶化、リグニンの一部も可溶化する。	セルロースの結晶化度も低下する。
硫酸塩法(KP法)	芒硝より生成した硫化ソーダ及び苛性ソーダ	世界で化学的処理で製紙パルプを得る最も一般的な方法 脱リグニンプロセスで、ヘミセルロースの可溶化も可能。リアクターの材質選定に有利。パルプ化で実績有	紙製造に特化した製造方法
有機溶媒法(オルガノソルブ法)	低沸点溶媒(メタノール、エタノール、プロパノール、フェノール)、高沸点溶媒法(エチレングリコール、グリセリン、エタノールアミン)	有機溶媒による脱リグニン法で、リグニン、ヘミセルロースに対する溶解度を高めるために水が加えられる。	有機溶媒法は高圧で操作され、高価な溶剤を回収するプロセスが複雑なため設備費が高くなる。
微生物前処理法			
微生物・酵素法	リグニン分解微生物 リグニン分解酵素	木材腐朽菌の持つリグニン分解能力により脱リグニンを行う。	反応時間が長く、リグニン以外のセルロース等も溶解、分解する傾向があるので、反応性に富んだ菌の開発が必要。

(3)セルロースナノファイバーの技術的な課題

②解繊技術

- 物理的な解繊方法は、高圧ホモジナイザーやマイクロフルイダイザーが主流
- 化学的な解繊方法としては、TEMPO酸化法が主流
- 高性能化の実現には、ナノ繊維が損傷しない解繊技術が重要
- 解繊前の原料を乾式でマイクロ単位に荒粉碎する等、低エネルギー、高効率の解繊を実現する技術が必要になる。

セルロースナノファイバー製造方法		解繊機構	課題
解繊前処理技術		解繊前の原料をロールミル等で2~30 μ mに荒粉碎することで、解繊工程の効率化を実現する。	フィブリル方向の解繊率向上 セルロースの変質制御
低濃度 処理	高圧ホモジナイザー法 (ゴーリン式)	衝突力、圧力差、マイクロキャビテーションによる解繊	濃縮技術、解繊効率向上
	マイクロフルイダイザー法 (対向噴流衝突法)	加圧した原料同志を高速衝突させ、衝突力、圧力差、マイクロキャビテーションにより解繊する	濃縮技術、解繊効率向上
	グラインダー法	砥石による解繊(マスコライダー)	濃縮技術、解繊効率向上
	凍結粉碎法	凍結状態でボールミルにて解繊	濃縮技術、解繊効率向上
高濃度 処理	2軸混練法	溶媒を用いず、植物繊維を直接樹脂中に混練することでせん断・分散を同時に進行する。	均質ナノファイバー化
	ボールミル粉碎法	乾燥して、金属ボール等との衝突により解繊	均質ナノファイバー化
化学・ 生物法	TEMPO酸化法	TEMPO酸化でカルボキシ基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得る	濃縮技術
	酵素加水分解法	物理的解砕後、酵素(セルラーゼ等)を作用してフィブリル化する	濃縮技術
	イオン液体選択溶解法	イオン液体中にセルロース繊維を浸漬することにより解繊する	濃縮技術、解繊効率向上
(菌培養)	バクテリアセルロース(BC)	バクテリア(酢酸菌等)によりセルロースナノファイバーを産生する	生産性向上

(3) セルロースナノファイバーの技術的な課題

③ 機能化・複合化技術

➤ 表面修飾、複合化技術の開発

- ・水系用途は、現状品の水中での特性の最適化を行う。
- ・複合材系では、マトリックスに合わせた均一ナノ分散技術の開発が必要。

1) 水系用途(増粘剤、分散剤、水系コーティング剤、フィルター材料 など)

- ・水溶液中での粘弾性特性の制御技術の開発
- ・細孔形成技術の開発(細孔制御、表面性状制御)

2) 複合材料用途(機能性フィルム、構造材料、光学材料 など)

☆マトリックス(樹脂等)中に、欠陥、凝集のない均一ナノ分散した複合材料を低コストで製造する技術の開発が必要である。

①マトリックス(樹脂等)中での均一ナノ分散技術

i) セルロースナノファイバーの表面改質

- ・高分子分散剤による表面改質、セルロースナノファイバーの化学修飾による表面改質 など

ii) マトリックス(樹脂等)の改質

- ・マトリックスの改質による親和性の向上、マトリックス(樹脂等)の選択
(無水マレイン酸変性PO、グラフトポリマー、共重合ポリマー など)

iii) 均一分散・複合化技術

- ・樹脂合成時の複合化技術、樹脂との機械的複合化技術
(二軸押出機熔融混練、固相せん断複合、ボールミル複合 など)

iv) マトリックス中でのナノ分散性の評価技術

⇒ **マトリックスに均一ナノ分散した材料について機能評価を行う。**

(4) 実用化への課題

- 実用化には、セルロースナノファイバーの特徴を生かした、他の材料では代替できない用途の開発が必要である。
- 実用化に当たっては、川下企業(化学、自動車、電機、住宅等)との連携が必要である。
- 実用化に当たっては、粉体化技術の開発も必要である(乾燥・再解繊技術)。
- 用途開発
 特徴 : 高比表面積、軽量・高強度、透明性、ガスバリアー性、低熱膨張性
 粘弾性制御機能、生分解性、可食性、生体適合性 など

	機能化指標	機能材料	用途
水系用途	粘弾性制御	増粘材料 分散材料	化粧品用、医薬品用、食品用増粘剤、創傷被覆材、細胞培養基材 など
	細孔制御	分離材料 担持材料	フィルター、セパレーター、特殊紙 など
複合材料用途	ガスバリアー性	包装材料	バリアフィルム、バリアシート など
	透明性	光学材料	透明ディスプレイ、透明カラーフィルター 有機EL基板、太陽電池基板 など
	耐熱性 寸法安定性	電子材料	半導体封止材、フレキシブルプリント基板 絶縁材料 など
	軽量、高強度	構造材料	自動車内装材、自動車外装材、タイヤ強化材、建材、家電の筐体、ケーシング など

(5) 安全性・標準化への対応

- 計測・評価技術(幅分布、長さ分布、純度、機能評価 など)の確立が必要。
- 安全性評価、標準化は欧米が進んでいる。ナノリスクを国の支援で明らかにするとともに、国内企業の国際競争力強化のための標準化戦略の構築が必要。
- 国際標準化は、4WGで議論が進行中。早急にキャッチアップする必要がある。
(セルロースナノファイバーのWG:「用語」、「計測とキャラクタリゼーション」、「環境安全」、「材料」)

国	機関	安全性	標準化
ノルウェー	PFI (研究開発企業)	多種類のセルロースナノファイバーの細胞毒性: CTAB吸着品以外は毒性なし	—
フィンランド	VTT (公的研究機関)	未修飾セルロースナノファイバーについて細胞毒性・遺伝性試験を行い、毒性なしの結果	精力的に取り組んでいる。VTT在籍でSUNPAPの元リーダーがTAPPIの重要なポジションに就いている
	FIBIC (研究支援機関)	—	カナダ・米国の動向をフォロー
	UPM (製紙会社)	・UPM-Biofibrilsの安全性を確認 ・フィンランド労働健康研究所、StoraEnsoと協力	UPM、StoraEnso、Metsaが標準化と安全性について意見交換するグループを設置
スウェーデン	Innventia (研究開発企業)	他の機関と連携して評価中	積極的に取り組んでいない
米国	メイン州立大学	外部機関に評価依頼し、無毒との評価	カナダ・北欧が先行しており、その動向をフォロー
	FPL (公的研究機関)	NIOSH(米国労働安全衛生研究所)で安全性を確認、近くレポート提出予定	ISO TC229、ANSI TAG229、TAPPIで議論を開始しているが、紙パルプを規制しているISO TC6にて、規制した方が良いとの意見もある
カナダ	FPInnovations (研究機関)	硫酸基を持つCNCについてはカナダの安全性評価をクリアしている	積極的に取り組んでおり、ISO TC6の総会で、ナノセルロースの計測・評価についてのフレームワークを提案
	トロント大学	環境への影響、遺伝毒性、細胞毒性について試験したが、安全との評価	あまり興味なし

目次

1. 調査の概要

- (1) 調査の目的
- (2) 調査の範囲
- (3) 調査の方法

2. 製紙産業の将来展望と課題

- (1) 国内製紙産業の現状
- (2) 製紙産業が持続的な成長をしていくための方策
- (3) 製紙産業が保有する技術の活用
- (4) エネルギー分野への展開
- (5) 木質バイオマスの利活用
- (6) 製紙産業を中核とした高度バイオマス産業の創造

3. セルロースナノファイバーの将来展望と課題

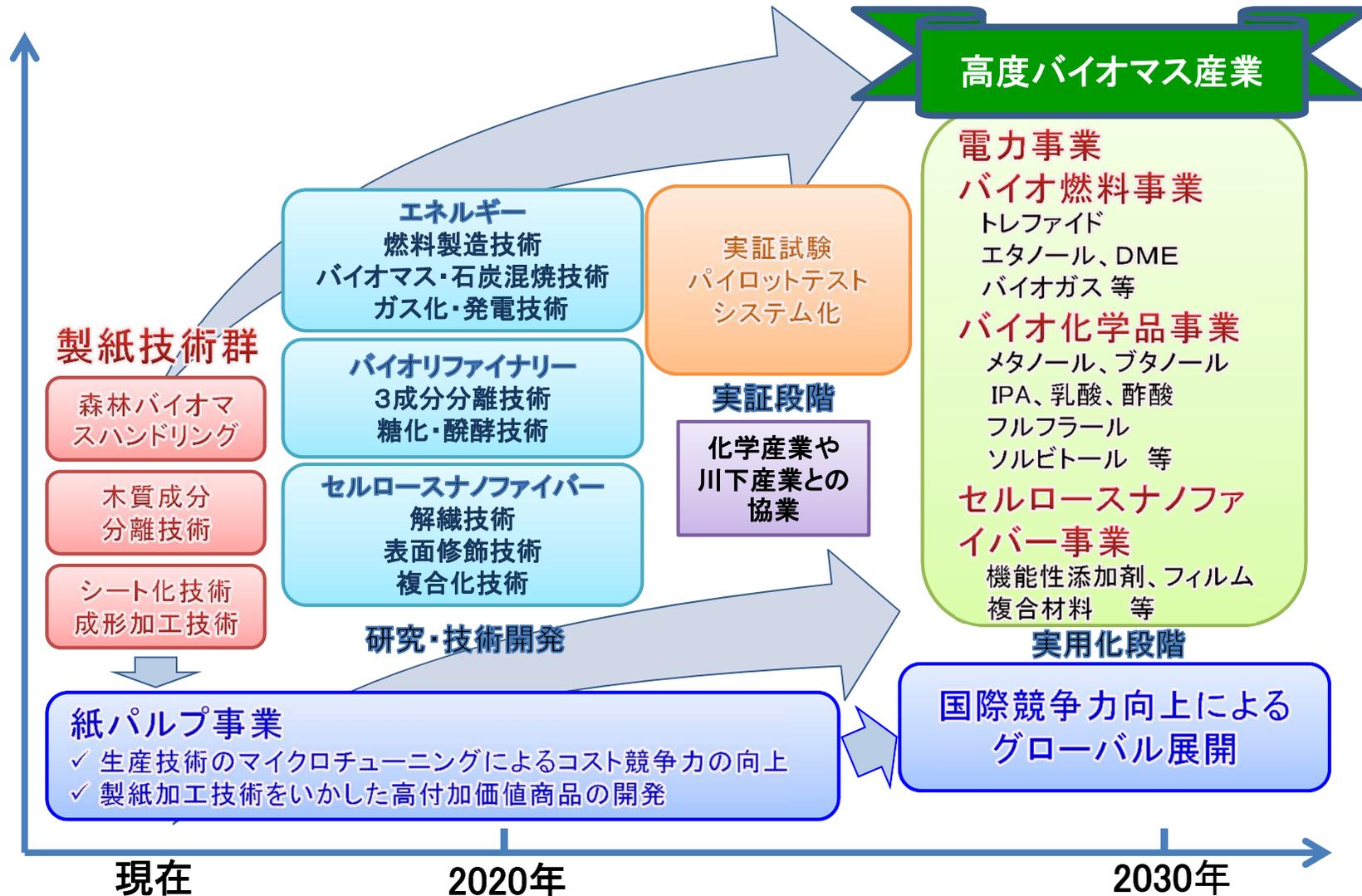
- (1) セルロースナノファイバーの検討経緯
- (2) セルロースナノファイバーの開発状況
- (3) 技術的な課題
- (4) 実用化への課題
- (5) 安全性・標準化への対応

4. 製紙産業のビジョンとロードマップ

- (1) 2020年、2030年に向けたビジョンとロードマップ
- (2) セルロースナノファイバーの実用化に向けたロードマップ
- (3) セルロースナノファイバー関連材料の潜在市場予測
- (4) セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

製紙産業の将来ビジョンとロードマップ

将来ビジョン: 世界に先駆けて低炭素社会、循環型社会の構築を目指し、製紙産業の強みをいかした高度バイオマス産業を創造する。



(2)セルロースナファイバーの実用化に向けたロードマップ

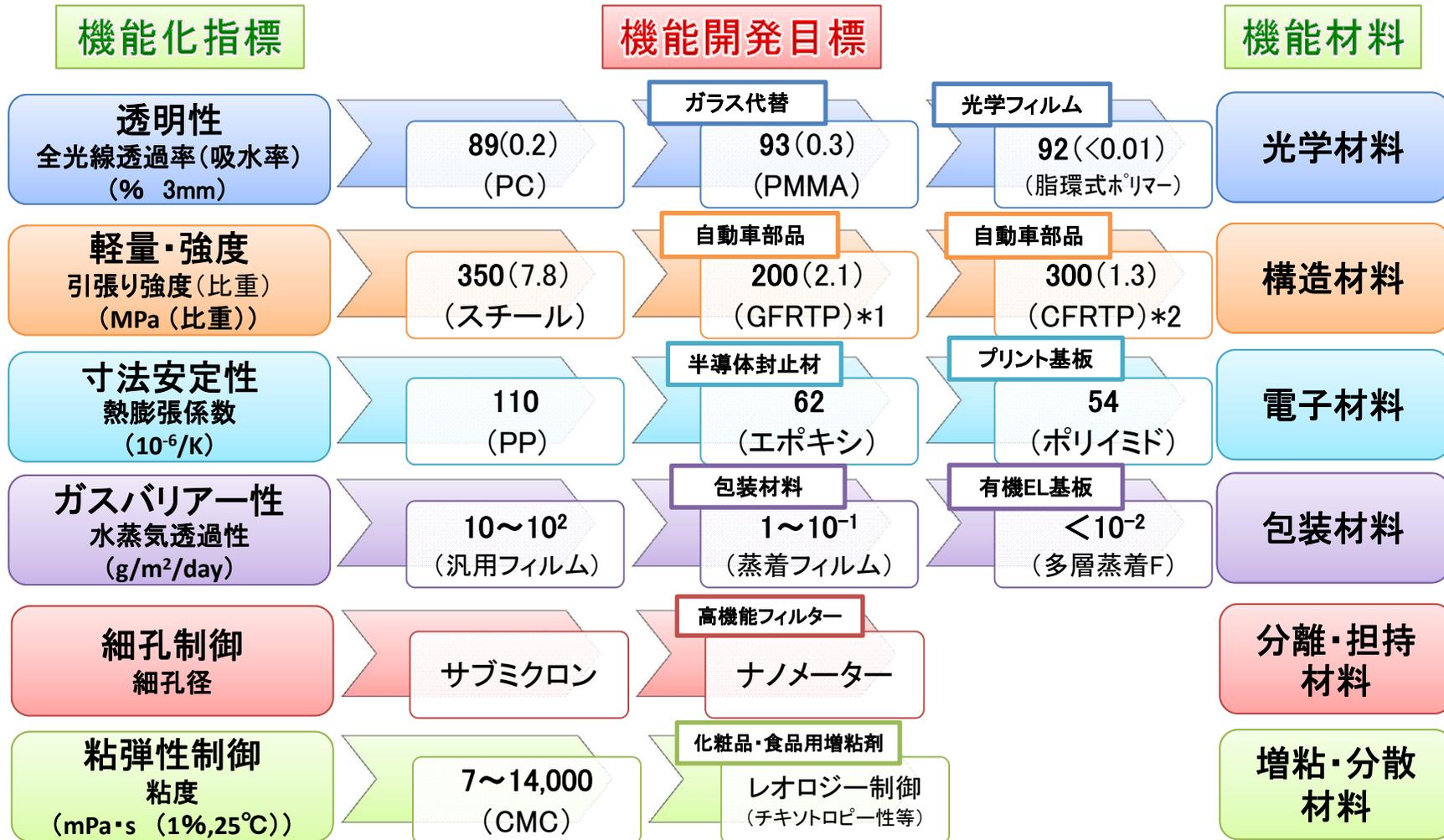
セルロースナファイバーの実用化に向けたビジョンとロードマップ																	
目指す姿	世界に先駆けて低炭素社会、循環型社会の構築を目指し、 製紙産業の強みをいかした高度バイオマス産業を創造する。																
課題と対応	木質材料からの効率的、安価な有効成分分離技術（セルロース系資源の前処理技術の確立） 低エネルギー、高効率なパルプの解繊技術の確立 機能化・複合化技術の確立、生産技術、用途開発 分離したリグニンとヘミセルロースの高度活用技術																
開発目標	<table border="1"> <thead> <tr> <th>現在</th> <th>2020年</th> <th>2025年</th> <th>2030年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①第1世代（移行セルロースナファイバー） 2軸混練、TEMPO等</td> <td>実証試験</td> <td>導入段階</td> <td>普及・拡大</td> </tr> <tr> <td>②次世代セルロースナファイバー 高性能、低コストCNF</td> <td>研究開発</td> <td>実証試験</td> <td>導入段階</td> </tr> <tr> <td>③成分有効利用 3成分の有効利用</td> <td>研究開発 (糖化・醗酵)</td> <td>実証試験</td> <td>導入段階</td> </tr> </tbody> </table>	現在	2020年	2025年	2030年	①第1世代（移行セルロースナファイバー） 2軸混練、TEMPO等	実証試験	導入段階	普及・拡大	②次世代セルロースナファイバー 高性能、低コストCNF	研究開発	実証試験	導入段階	③成分有効利用 3成分の有効利用	研究開発 (糖化・醗酵)	実証試験	導入段階
	現在	2020年	2025年	2030年													
①第1世代（移行セルロースナファイバー） 2軸混練、TEMPO等	実証試験	導入段階	普及・拡大														
②次世代セルロースナファイバー 高性能、低コストCNF	研究開発	実証試験	導入段階														
③成分有効利用 3成分の有効利用	研究開発 (糖化・醗酵)	実証試験	導入段階														
技術開発内容	原料	資源	研究開発 荒漠地、乾燥地等で生育可能なエネルギー作物の開発 高バイオマス収量の植物体の開発、細胞組織の改変技術開発 生産に適した資源作物の探索、選定（バイオマス活用推進会議にて検討中）	研究開発 効率的な収集、運搬システムの確立（バイオマス活用推進会議にて検討中）	実証試験	導入段階											
	次世代セルロースナファイバー	前処理技術	研究開発	研究開発	研究開発	実証試験	導入段階										
		解繊技術	研究開発	研究開発	研究開発	実証試験	導入段階										
		機能化技術 化学修飾、表面処理	研究開発	研究開発	研究開発	実証試験	導入段階										
		複合化技術 樹脂との複合化、リグニンとの複合	研究開発	研究開発	研究開発	実証試験	導入段階										
	成分利用技術	プロセス開発・実証試験	実証試験	実証試験	実証試験	実証試験	導入段階										
		用途	実証試験	実証試験	実証試験	実証試験	導入段階										
		開発	実証試験	実証試験	実証試験	実証試験	普及・拡大										
		複合材用途	研究開発 (糖化・醗酵)	実証試験	実証試験	実証試験	導入段階										
	共通	セルロース	研究開発 (糖化・醗酵)	実証試験	実証試験	実証試験	普及										
ヘミセルロース		研究開発 (糖化・醗酵)	実証試験	実証試験	実証試験	普及											
リグニン		研究開発 (樹脂原料)	実証試験	実証試験	実証試験	普及											
計測・評価技術 シミュレーション技術	品質評価、機能発現メカニズム解析																
標準化	国際標準化																
安全性評価	安全性評価																

次世代セルロースナファイバー：現状の第1世代技術では到達できない革新的製造技術で製造された高性能で安価なセルロースナファイバー

セルロースナノファイバーの機能化のロードマップ

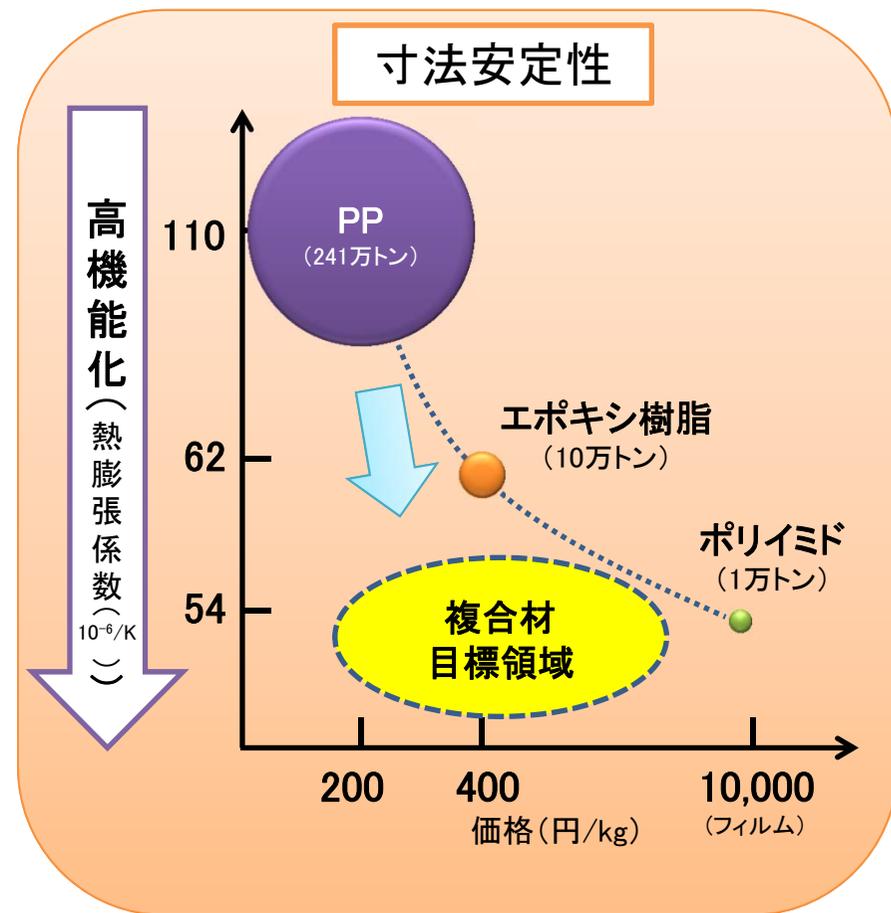
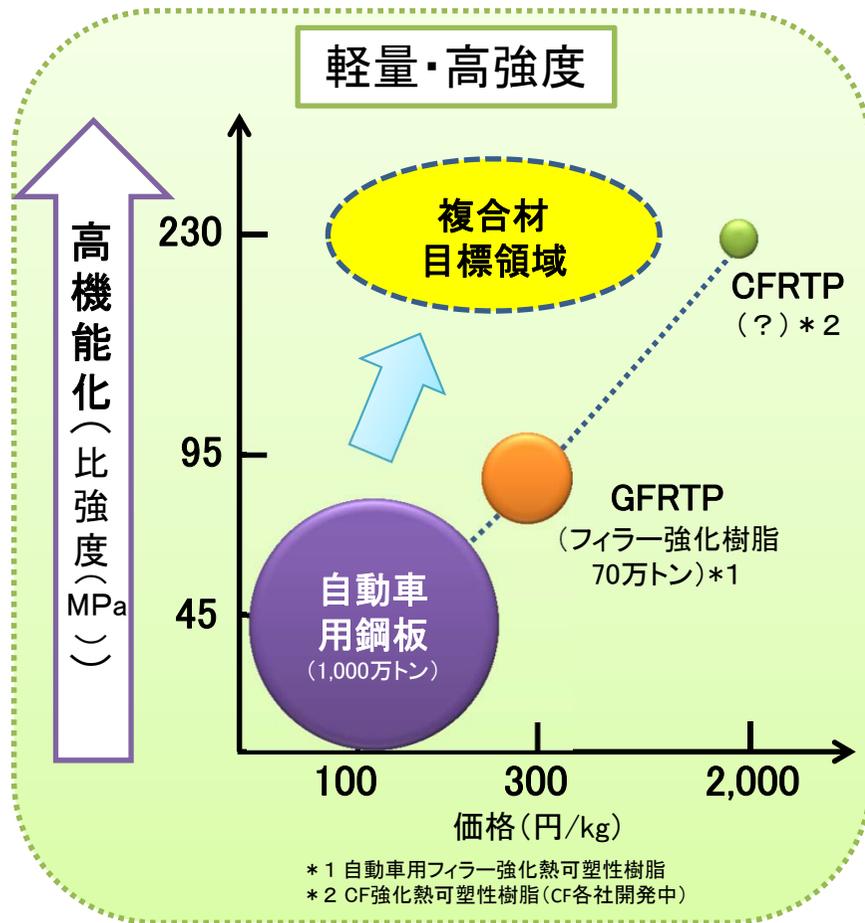
特徴をいかした機能化指標に基づく機能発現を目指す。

高機能化



*1長繊維射出成形品(PA6+GF30%) *2長繊維射出成形品(PA6+CF30%) (出典:プラスチックエージ,Vol158,No2,P64(2012))

セルロースナノファイバーの機能化のイメージ



セルロースナノファイバー複合材料の実用化には下記の課題解決も必要である。

原料規格 (セルロースナノファイバー) : 安定した原料品質 (成分組成、純度、形状 (幅、長さ、分布 など))

成形時の課題 : 耐熱性 (250°C ~ 300°C で着色、劣化なし)、流動性 (MFR) (射出、圧縮成形)

水分管理 (成形発泡の抑制)、成形収縮率 など

製品物性 : 品質の確保 (物性の均一性)、衝撃強度、剛性 (弾性率)、荷重たわみ温度 など

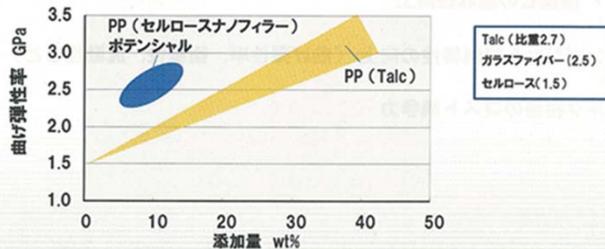
セルロースナノファイバーの潜在市場予測(自動車用材料)

自動車分野における適用の可能性

セルロースナノファイバーの適用オポチュニティ

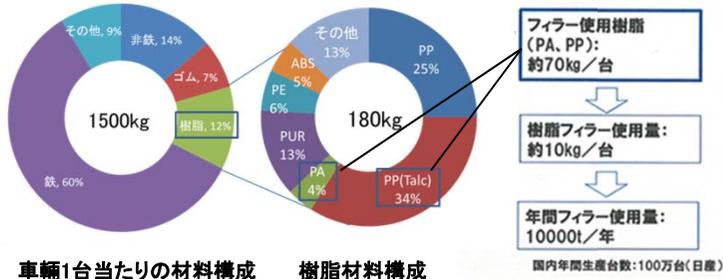
- PPやPAIに使用されているタルク、ガラスファイラー代替による軽量化 (-25%)

【想定使用部品(例)】



セルロースナノファイバー適用による軽量化

- タルク、ガラスファイラーの代替 ⇒ 約70kgの樹脂部品が対象
- ✓ 25%軽量化の場合、-18kgのオポチュニティ



出典: 日産自動車株式会社 「ヒアリング調査提供資料」

セルロースナノファイバーによる自動車の軽量化

①自動車の内装材・部品

PPやPAIに使用されているタルク、ガラス繊維代替による軽量化
タルク(比重2.5)、ガラス繊維(比重2.7)

⇒ セルロースナノファイバー(比重1.5)
 フィラー使用樹脂(PP、PA)使用量 70kg/台
 フィラー使用量(タルク、ガラス繊維) 10kg/台
 国内四輪車生産台数(2012年) 994万台

仮定)

- ・現在使用されているフィラーの30%、50%を代替
- ・2030年のセルロースナノファイバーの価格 500円/kg
- ・2030年のセルロースナノファイバー強化PPの価格 430円/kg
 (PP(200円) + 10%セルロースナノファイバー(500円) + 加工費(200円/kg) = 430円/kg)

◆潜在市場 994万台/年 x 10kg/台 x 1.5/2.6(比重換算) x (30%, 50%) x 500円/kg

②自動車の外板

鋼板(比重7.8) ⇒ セルロースナノファイバー強化PP(比重0.96)
 (PP(比重0.9) + 10%セルロースナノファイバー(比重1.5))

外板用鋼板の使用量(鋼板の20%) 180kg/台
 国内四輪車生産台数(2012年) 994万台

仮定)

- ・現在使用されている外板の30%、50%を代替
- ・2030年のセルロースナノファイバー強化PPの価格 430円/kg

◆潜在市場 994万台/年 x 180kg/台 x 0.96/7.8(比重換算) x 10% x (30%, 50%) x 500円/kg

2030年 潜在市場	代替割合	セルロース ナノファイバー (トン/年)	セルロースナ ノファイバー (億円/年)	セルロースナノファ イバー強化樹脂 (億円/年)
内装材・ 部品	30%	17,202	86	861
	50%	28,670	144	1,440
外板	30%	64,410	321	2,769
	50%	107,350	535	4,615

2030年潜在市場(例 自動車用材料)
 セルロースナノファイバー強化樹脂として
 3,600億円~6,000億円

セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

市場拡大には、革新的製造技術の開発による設備・製造コストの大幅な低減が望まれる

