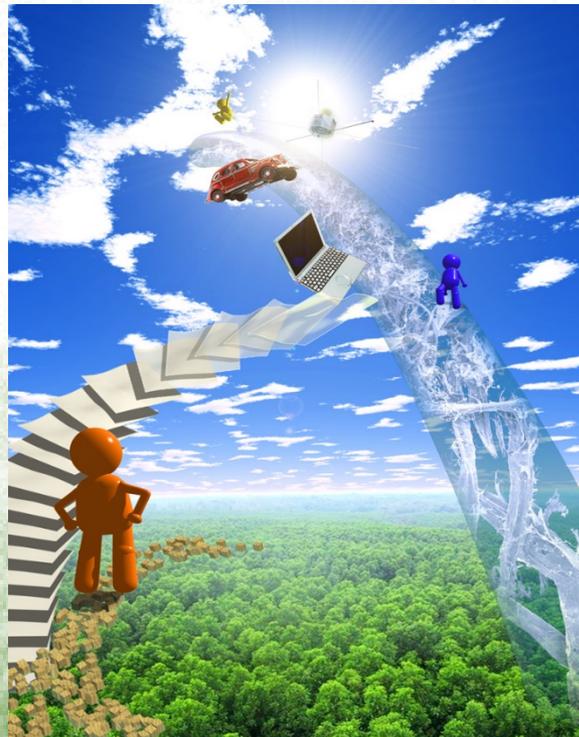
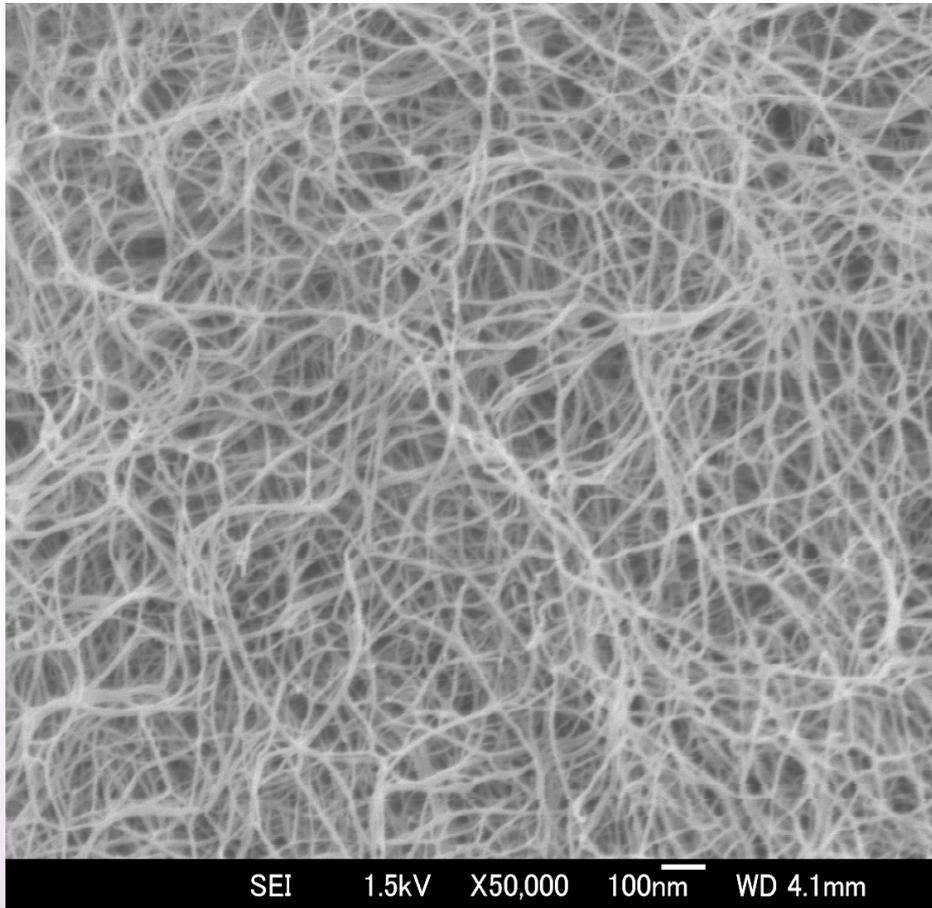


NEDOリグノCNFプロジェクト (2013年度-2019年度)の概要

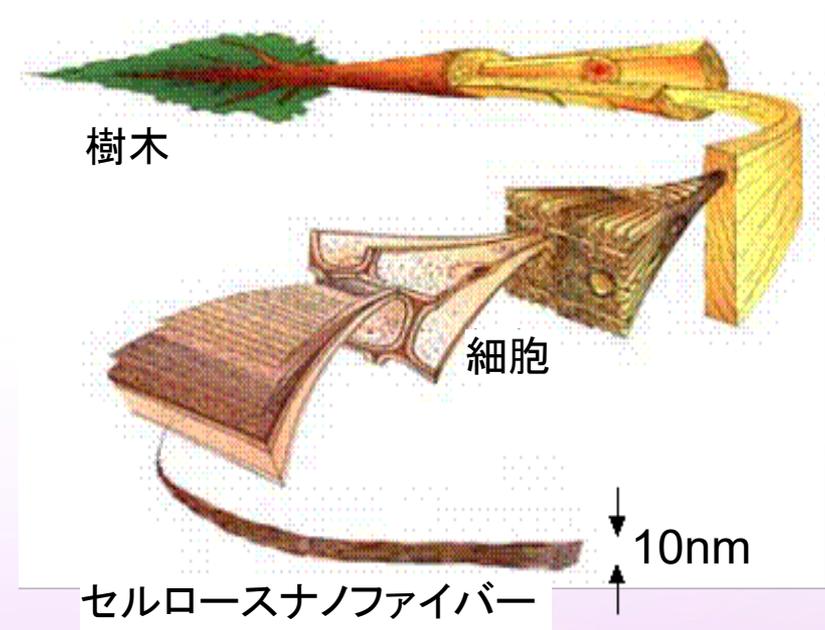


京都大学生存圏研究所 矢野浩之

セルロースナノファイバー



木材のCNF (京都大学 栗野博士提供)

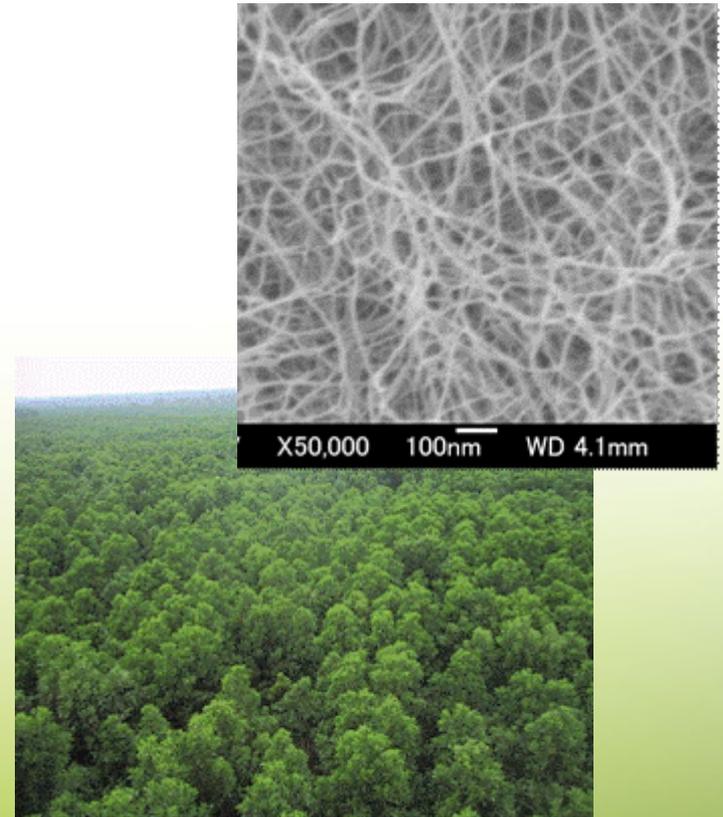


1兆トンの蓄積！

- 全ての植物細胞の基本骨格ナノファイバー
- 1兆トンの蓄積：持続的再生可能資源

木質の本質：セルロースナノファイバー(CNF)

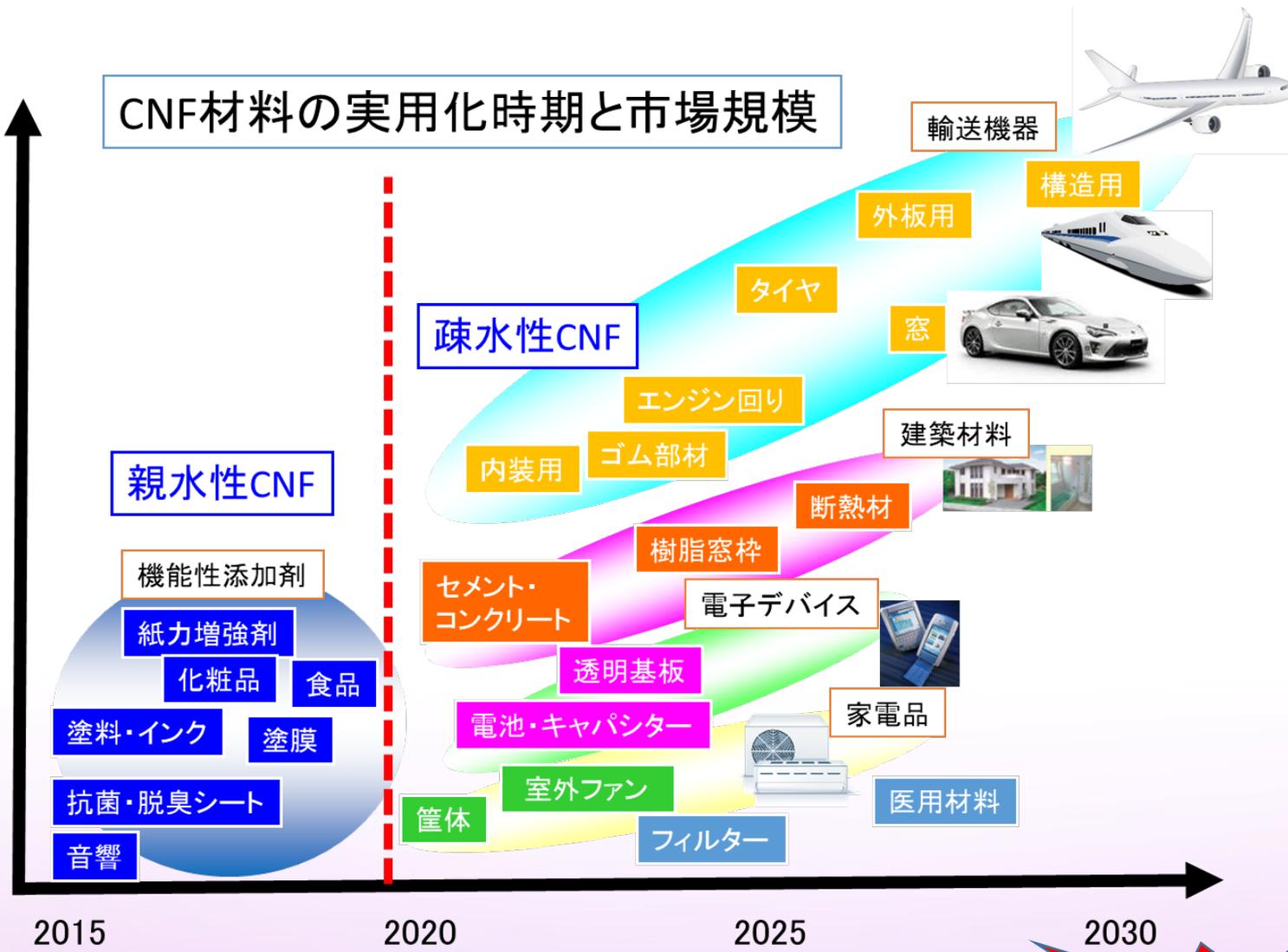
- 全ての植物細胞の基本骨格物質
- 1兆トンの蓄積(埋蔵石油資源の6倍)・持続型資源
- 高性能グリーンナノファイバー
 - 伸びきり鎖微結晶ポリマー
 - 幅:10-20nm, 長さ1 μ m以上
 - 軽量:1.5g/cm³
 - 高弾性:140GPa、高強度:3GPa
(鋼鉄の8倍の強度)
 - 低線熱膨張:0.1ppm/k (長さ方向)
(石英ガラス相当)
 - 弾性率不変:-200 $^{\circ}$ C~+200 $^{\circ}$ C
 - 高熱伝導性:ガラス相当耐
 - 耐熱性:200 $^{\circ}$ C付近から熱変性



→化学変性で250 $^{\circ}$ C付近まで耐熱化

CNF材料の実用化時期と市場規模

市場規模

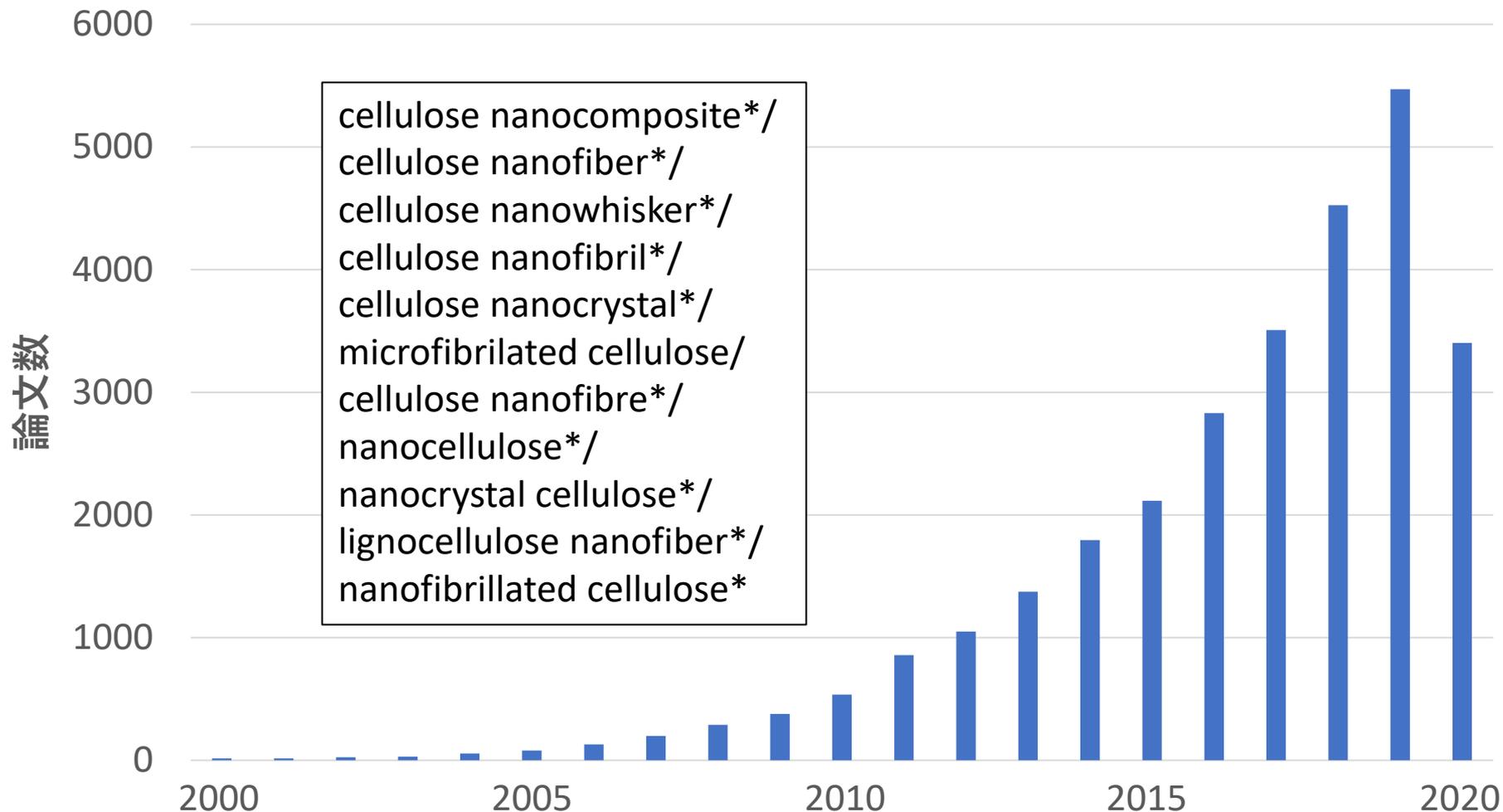


実用化時期

グローバルには
10-20倍？

将来必要なCNF量：150万トン(木材として800万立方米)
自動車：100万トン(100kg/台 × 1000万台)、家電・建材・包装容器：50万トン

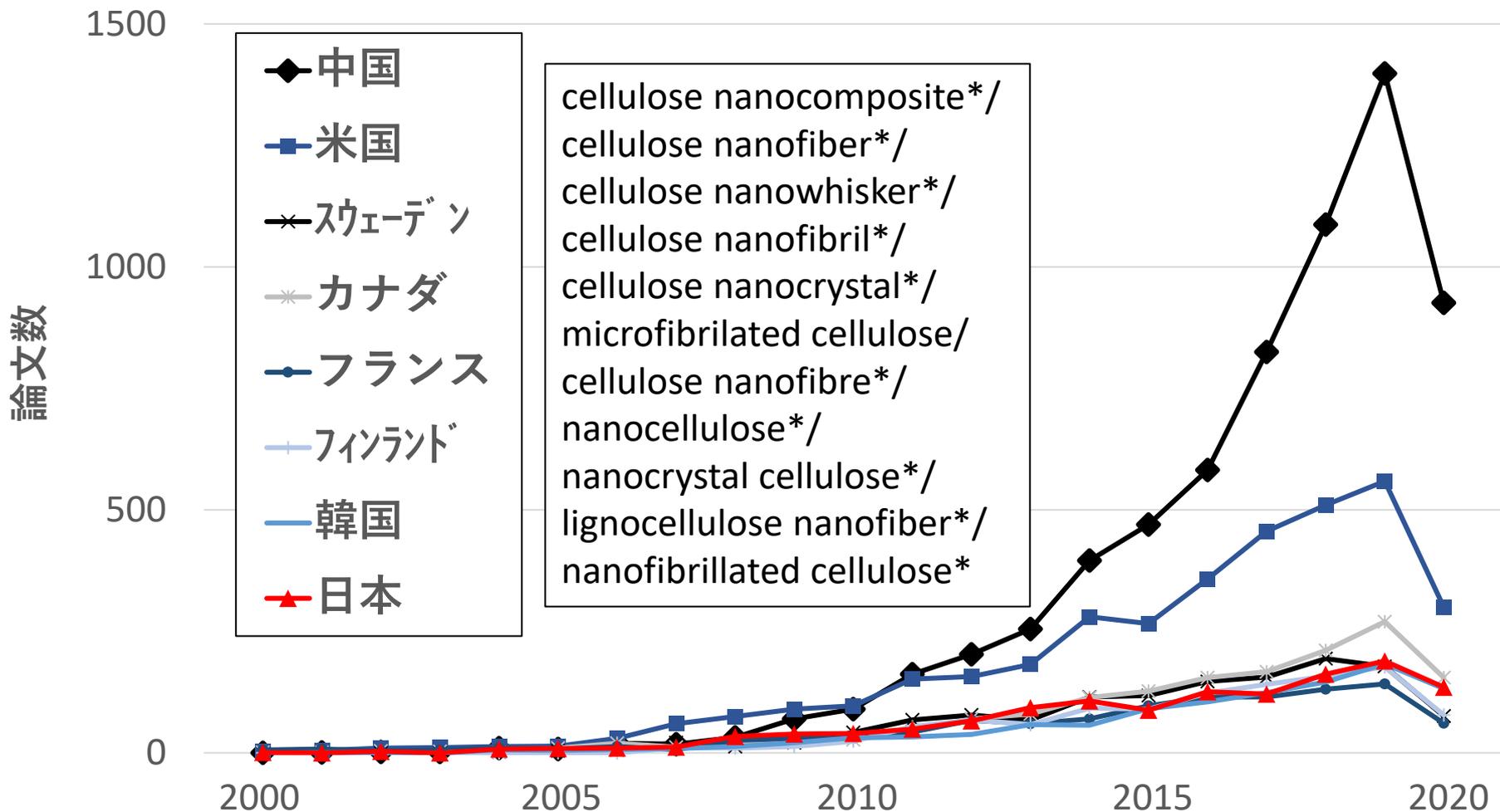
ナノセルロースに関する論文・著書数の推移（2000年以降）



cellulose nanocomposite*/
cellulose nanofiber*/
cellulose nanowhisker*/
cellulose nanofibril*/
cellulose nanocrystal*/
microfibrillated cellulose/
cellulose nanofibre*/
nanocellulose*/
nanocrystal cellulose*/
lignocellulose nanofiber*/
nanofibrillated cellulose*

Web of Scienceで検索（2020/8/17）で上記キーワードで検索

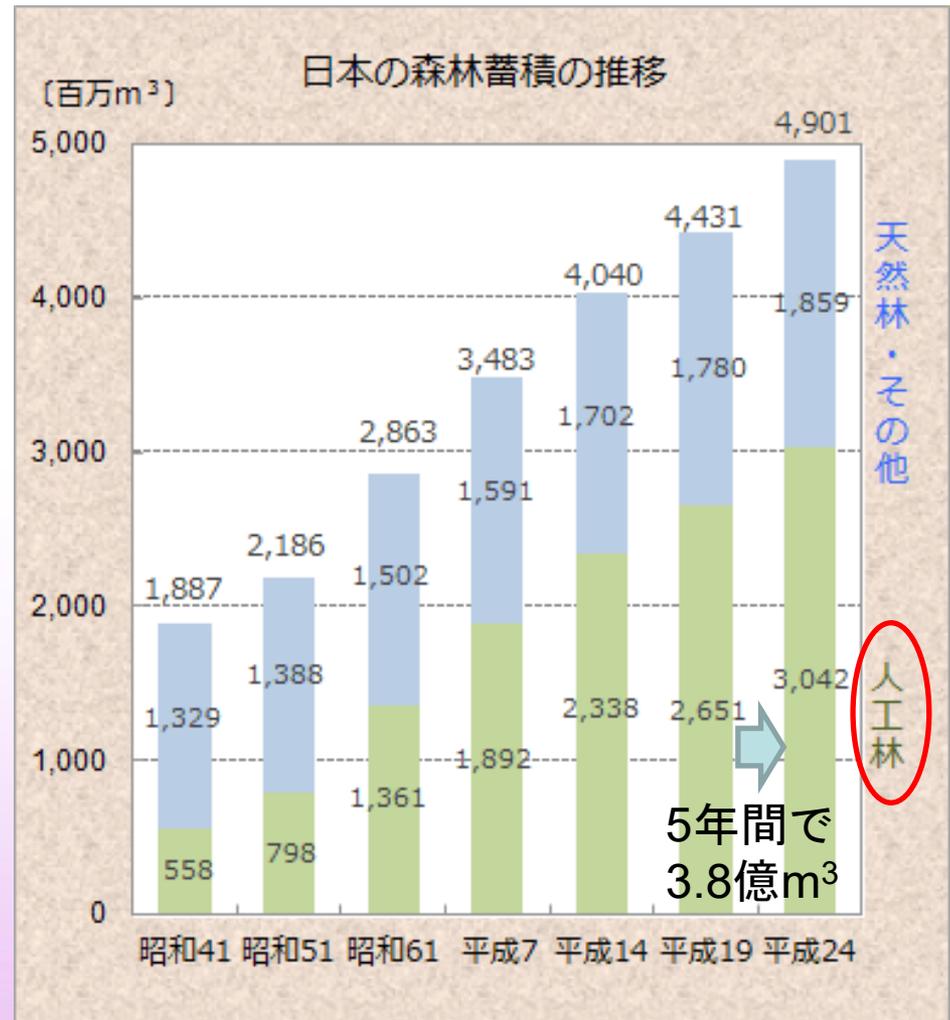
ナノセルロースに関する論文・著書数の推移（2000年以降）



Web of Scienceで検索（2020/8/17）で上記キーワードにより検索

日本の人工林ではセルロースナノファイバーが 毎年1500万トン増えています。

我が国では人工林の蓄積量が毎年7500万 m^3 増加しています。スギ、ヒノキ中心の木材1 m^3 の重量を約400kgとすると、その半分はセルロースナノファイバーなので、人工林で毎年1500万トンのセルロースナノファイバーが蓄積していることとなります。それは我が国における年間プラスチック消費量の約1.5倍の量に匹敵します。

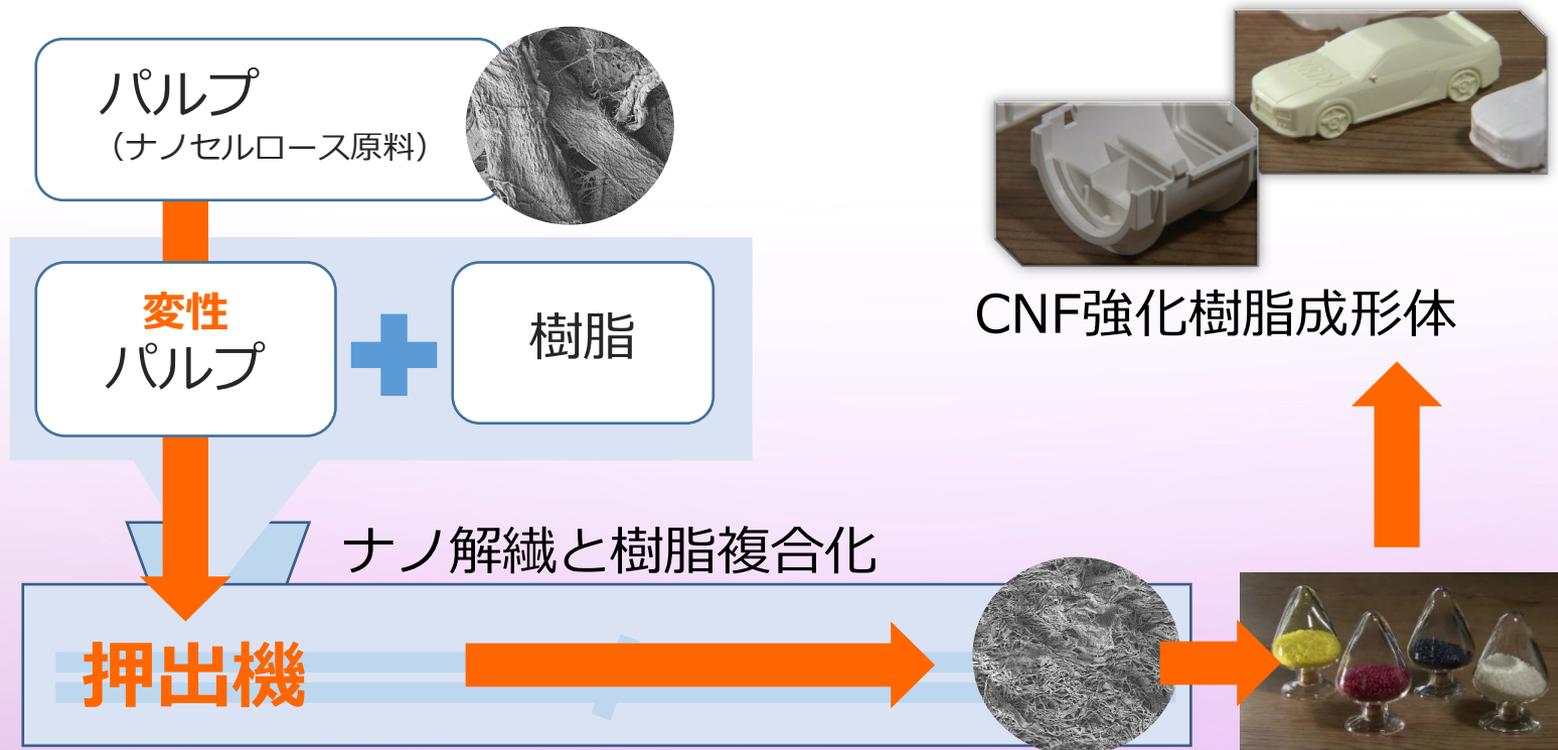


『パルプ直接混練法』“京都プロセス”

2010-2012

繊維のナノ化と熱可塑性樹脂への均一分散を同時に達成。

➡ 製造コストの大幅削減！





「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」

高機能リグノセルロースナノファイバーの 一貫製造技術と部材化技術開発

(2013年度～2019年度 7年間)

○京都大学、王子ホールディングス(株)、日本製紙(株)、
星光PMC(株)、(地独)京都市産業技術研究所

非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

研究開発項目①(助成事業)(2013年～2016年:4年間:終了)

- ・植物イソプレノイド由来高機能バイオポリマーの開発
- ・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

研究開発項目②(委託事業)(2013年～2019年:7年間)

- ・高機能リグノCNFの一貫製造技術と部材化技術
- ・CNF安全性評価手法の開発(2017年～2019年)
- ・木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価(2017年～2019年)
- ・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

CNF関連
テーマ

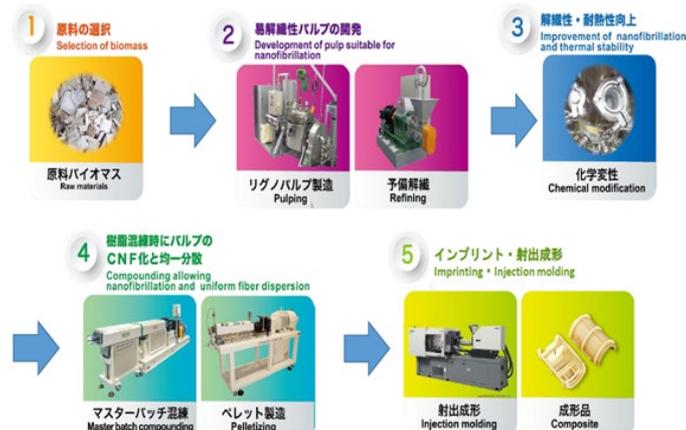
	2013FY	2014FY	2015FY	2016FY	2017FY	2018FY	2019FY
研究開発項目① (助成事業)						現在	
研究開発項目② (委託事業)							

NEDOプロ「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」 CNF関連テーマ(1)



高機能リグノCNFの一貫製造技術と部材化技術 【H25～31年度】

・木材や竹等の木質系バイオマスから有効成分を分離し、高機能なリグノCNFの一貫製造プロセスを開発。・さらに、リグニンの熱可塑性を利用し、高植物度、高弾性率、低線熱膨張の熱可塑性成形体を開発



サンプル提供

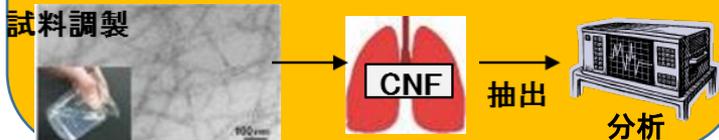
結果報告

結果報告

サンプル提供

CNF安全性評価手法の開発 【H29～31年度】

・分析及び有害性試験手法の開発及び排出・暴露評価手法の開発
・手法と適用事例・評価事例をとりまとめた手順書等を策定



木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価 【H29～31年度】

・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用途適性評価により得られた結果を総合的に解析。
・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

◆各個別テーマの成果と意義

京都プロセスのスケールアップと発展

- ①原料特性の検討
- ②京都プロセス好適パルプの大量製造
- ③ポリマー個別アセチル化処理の検討

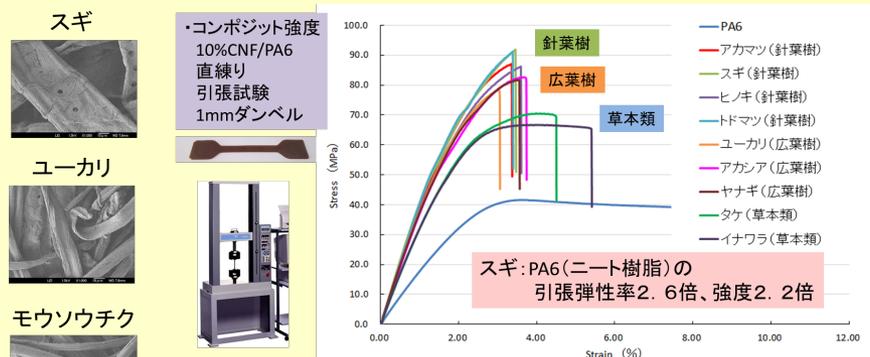
②易解繊性トドマツパルプの大量製造



④様々なCNF強化樹脂グレードの開発



①樹種依存性



引張特性	PA6	針葉樹				広葉樹			草本類	
		アカマツ	スギ	ヒノキ	トドマツ	ユーカリ	アカシア	ヤナギ	タケ	イナワラ
弾性率 (GPa)	1.70	4.26	4.44	3.84	4.22	3.88	3.71	3.82	3.12	3.11
強度 (MPa)	41.6	86.7	91.6	86.6	88.9	77.7	82.5	81.7	70.3	66.6
伸び率 (%)	>100	3.34	3.33	3.54	3.11	3.14	3.72	7.04	4.40	5.51
繊維率 (%)		8.3	9.9	9.4	8.8	9.9	10.1	9.6	10.4	9.9

③化学変性: 触媒検討、他



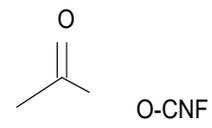
⑤京都プロセステストプラントの建設

⑥開発部材例



京都プロセスによるテストプラント

アセチル化CNF/PA6, etc. 10t/年 (10%CNF/樹脂ベース)



富士工場、日本製紙 2017

朝日新聞 2017年7月12日 朝刊 29ページ 静岡

セルロースナノファイバー

CNF 生産設備、富士に

木を原料としながら強度は鋼鉄の5倍。夢の新素材といわれる「セルロースナノファイバー」(CNF)を使った強化樹脂の実証生産設備試験用施設が先月、日本製紙(東京都千代田区)の富士工場(富士市比奈)で初と見られる。豊富な森林資源を持つ県、富士市とともに、新産業の成長に大きな期待を寄せている。

高く伸びた幹を支える樹の主成分セルロースを解き木の植物繊維は、建造物の骨格としたCNFは、1本の鉄筋の長さです。夫な構造を、幅が3〜4メートル(ナシ)に達する。植物繊維は10億分の1と髪の毛

CNF実証生産設備が完成した日本製紙富士工場吉永=同社提供

原料は木・強度は鋼鉄の5倍「夢の新素材」

日本製紙工場 森林資源活用、新産業成長に期待

の1万分の1程度。軽量で強く、熱による変形も少ないのが特徴。国内に豊富な森林資源の活用にもつながることも、素材の強みだ。

CNFには様々な用途があるが、約3億円をかけて建設した富士市の設備では樹脂(ワラストン)に混ぜて強化樹脂を生産する。軽量化で燃費向上する自動車部品などに最も用途の伸びが見込まれる。経済産業省の委託調査では、自動車用の潜在需要は2030年には最大6千億円と推計されている。同社では、自動車や電機など他企業での応用研究にもサンプルを販売する方針で、今年度末までに年間約10トンの生産態勢を整える予定という。

設備は、すでに生産を止めている製紙工場の建屋の一角に造られた。「ペーパーレス」化で印刷用や新聞用紙の需要が減る中で、同社の製紙の生産規模は最盛期の数分の1まで減っている。製紙原料として育てた広大な社有林を保有しており、その資源を生かせるCNFは将来の中核事業に育つ可能性もある。実証生産

の責任者になる河崎雅行CNFの研究推進を盛り込み、実用化に向けた産官学の「ナノセルロースフォーラム」を設立。消臭効果を利用した紙おむつや水になじみやすい性質を生かしたボールペンの添加剤などはすでに商品化されている。日本製紙は宮城県や山口県にも生産工場を持つ。海外でも欧米や中国などが研究に取り組んでいるが、実用化では日本が先行しているという。

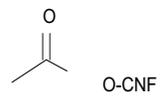
国内のCNF生産

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

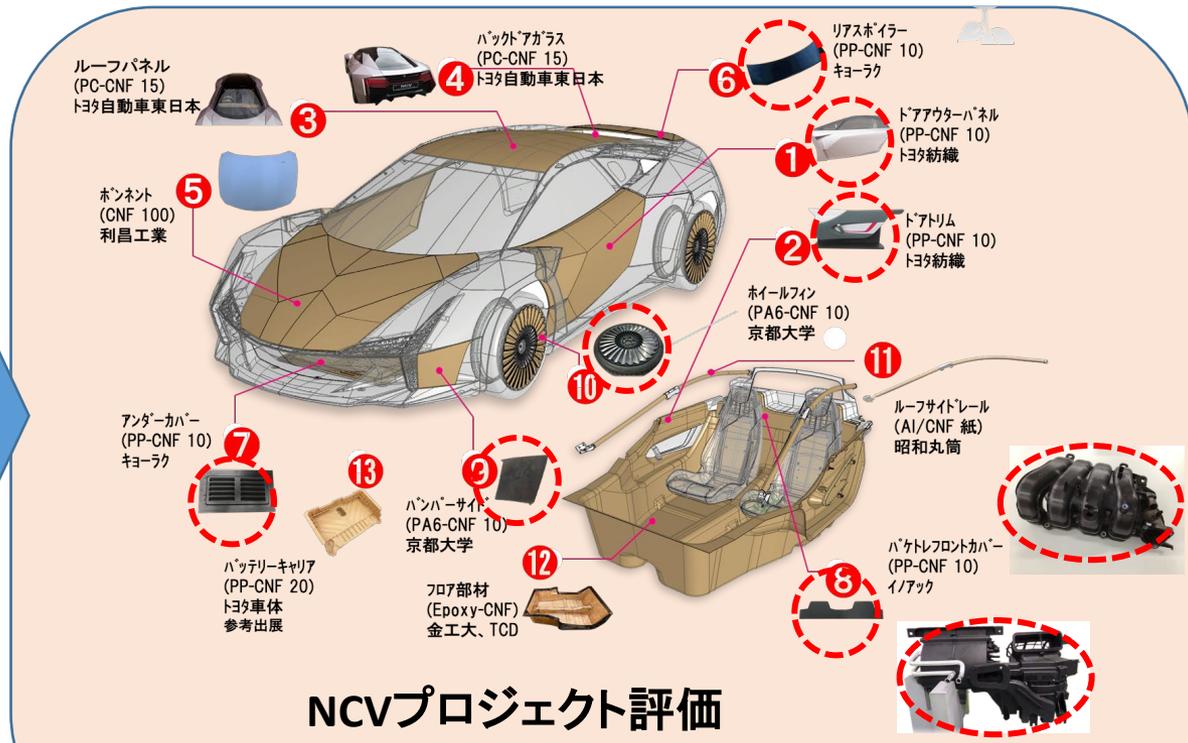
環境省NCVプロジェクトに NEDOプロジェクト参画企業 からCNF材料を提供。



京都プロセスに基づくテストプラント(ASA処理・アセチル化処理)



富士工場、日本製紙、2017建設



NCVプロジェクト評価

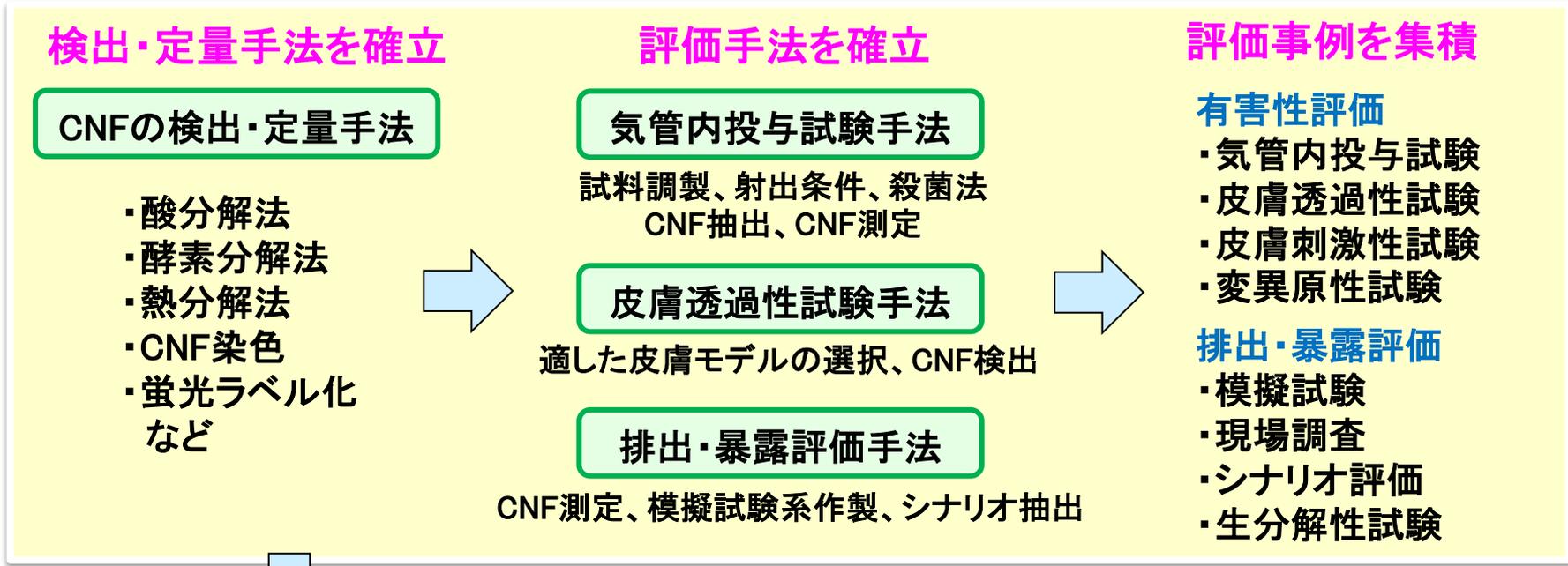
環境省NCVプロジェクトにおいて京都プロセス製造品について12種類の自動車用部材を成形、評価。赤丸は京都プロセス製造材料部品。

◆各個別テーマの成果と意義

テーマ2) CNF安全性評価手法の開発

背景 CNFの検出・定量が難しい 安全性評価手法が未確立 安全性評価事例が不足

成果



意義

手順書・事例集の公開

評価手法/評価事例

より安全なCNF製品の開発や適切な安全管理を支援
→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

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、コウヨウゼン、シラカンバ
31年度:タケ、ユーカリ)

②パルプ化 (KP/ソーダAQ)

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)

- i 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))
- ii 高機能日用品(エアークリナー、ゴム(シューズ))
- iii 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

バイオエコノミー：21世紀型のモノづくりはベジタリアン



本事業は、カーボンニュートラルな高性能素材であるCNFについて、世界で初めて林業から最終部素材までを異分野連携で繋ぎ、新たな産業創生に大きく貢献