平成３０年度
ＣＮＦ補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる
繊維補強樹脂材料に関する国際的動向調査
報告書

平成３１年１月

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

はじめに

セルロースナノファイバー（以下、CNF）は、植物由来のカーボンニュートラルな材料で、高い比表面積を有し、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。

本調査では、「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／
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」
に係る委託業務において CNF 補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる、ガラス繊維、炭素繊維、パルプ・植物繊維（CNF を除く）補強樹脂複合体について、どのような用途で使用されているのかを調査・整理し、特に構造材料として使用されている場合に、CNF で代替可能性はあるかの検討に必要な基礎データの整備を行った。

平成３０年度ＣＮＦ補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる
繊維補強樹脂材料に関する国際的動向調査
報告書目次

はじめに

第１章　調査の全体概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５

1.1　調査の背景と目的 ･･ 5
1.2　調査の実施フロー及び実施内容 ････････････････････････････････ 6
1.3　ヒアリング調査の実施概要 ････････････････････････････････････ 9
1.4　研究開発推進委員会における中間報告の概要 ･･････････････････････ 10

第２章　繊維補強樹脂材料等に関する基礎調査　・・・・・・　１１

2.1　日本の動向 ･･ 11
2.1.1　日本の政策動向 ･･ 11
2.1.2　日本の業界団体の動向 ･･････････････････････････････････････ 13
2.1.3　日本の民間企業等の動向 ････････････････････････････････････ 13
2.2　北米の動向 ･･ 15
2.2.1　米国の動向 ･･ 15
2.2.2　カナダの動向 ･･ 20
2.3　欧州の動向 ･･ 28
2.3.1　ＥＵの動向 ･･ 28
2.3.2　英国の動向 ･･ 32
2.3.3　ドイツの動向 ･･ 34
2.4　中国の動向 ･･ 35
2.4.1　中国の政策動向 ･･ 35
2.4.2　中国の業界団体の動向 ･･････････････････････････････････････ 37
2.4.3　中国の民間企業等の動向 ････････････････････････････････････ 37

第３章　繊維補強樹脂材料等に関する市場調査　・・・・・・　39

3.1　市場の推計方法の検討 ･･ 39
3.2　推計結果 ･･ 43
3.2.1　世界の市場 ･･ 43
3.2.2　日本の市場 ･･ 45

3.2.3　北米の市場 ･･ 50
3.2.4　欧州の市場 ･･ 55
3.2.5　中国の市場 ･･ 60
3.2.6　その他アジア（日本及び中国を除くアジア）・オセアニア地域の市場 ･ 65
3.2.7　その他（中東・アフリカ・中南米）地域の市場 ･････････････････ 70
3.3　繊維補強樹脂材料と競合する材料の市場 ･････････････････････････ 75
3.3.1　鉄鋼の市場 ･･ 75
3.3.2　アルミニウムの市場 ･･ 78
3.3.3　その他関連材料の市場 ･･･ 80
3.4　CNF で代替可能性があると考えられる市場領域･･････････････････････ 81

第４章　繊維補強樹脂材料に関する要求物性・販売価格調査 ・・・・ 91
4.1　要求物性調査結果 ･･ 91
4.1.1　調査対象用途の特定 ･･ 91
4.1.2　研究開発動向調査 ･･･ 91
4.1.3　調査結果 ･･･ 99
4.1.4　設計及び構造上の工夫による対応可能性 ･･････････････････････ 117
4.2　販売価格調査結果 ･･ 119

第５章　繊維補強樹脂材料に関する廃棄基準・リサイクル基準調査　123
5.1　廃棄・リサイクルに関連する国際動向 ･･････････････････････････ 123
5.2　日本の廃棄・リサイクルに関する動向 ･･････････････････････････ 127
5.2.1　日本の取組 ･･ 127
5.2.2　日本の業界団体の取組 ･･･ 130
5.2.3　日本の民間企業等の取組 ･･････････････････････････････････････ 130
5.3　米国の廃棄・リサイクルに関する動向 ･･････････････････････････ 132
5.4　EU の廃棄・リサイクルに関する動向･･････････････････････････････ 132
5.5　中国の廃棄・リサイクルに関する動向 ･･････････････････････････ 133
5.5.1　中国の取組 ･･ 133
5.5.2　中国の業界団体の取組 ･･･ 135
5.5.3　中国の民間企業等の取組 ･･････････････････････････････････････ 135

第６章　繊維補強樹脂材料に関する $LCCO_2$ 調査　・・・・　136
6.1　我が国における複合材利用に係る $LCCO_2$ 評価事例･･････････････････ 136
6.2　海外における複合材利用に係る $LCCO_2$ 評価事例･･････････････････ 139
6.3　CNF 製造時の CO_2 排出原単位の試算事例 ･･････････････････････ 145

第７章　本年度調査のまとめと課題の整理　・・・・・・・・　146
7.1　CNF 適用先として有望と考えられる分野・用途に関する考察‥‥‥‥‥‥ 146
7.2　CNF 適用先として有望と考えられる用途に関する技術開発の方向性案‥‥ 151
7.3　今後の課題‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 152

巻末資料：
巻末資料１：本調査で用いる略語等の解説
巻末資料２：海外における CNF 複合材の動向

参考資料：主な引用文献集

第１章　調査の全体概要

本章では、調査の背景と目的、調査の実施フロー及び実施内容、ヒアリング調査、研究開発推進委員会における中間報告、等について概説する。

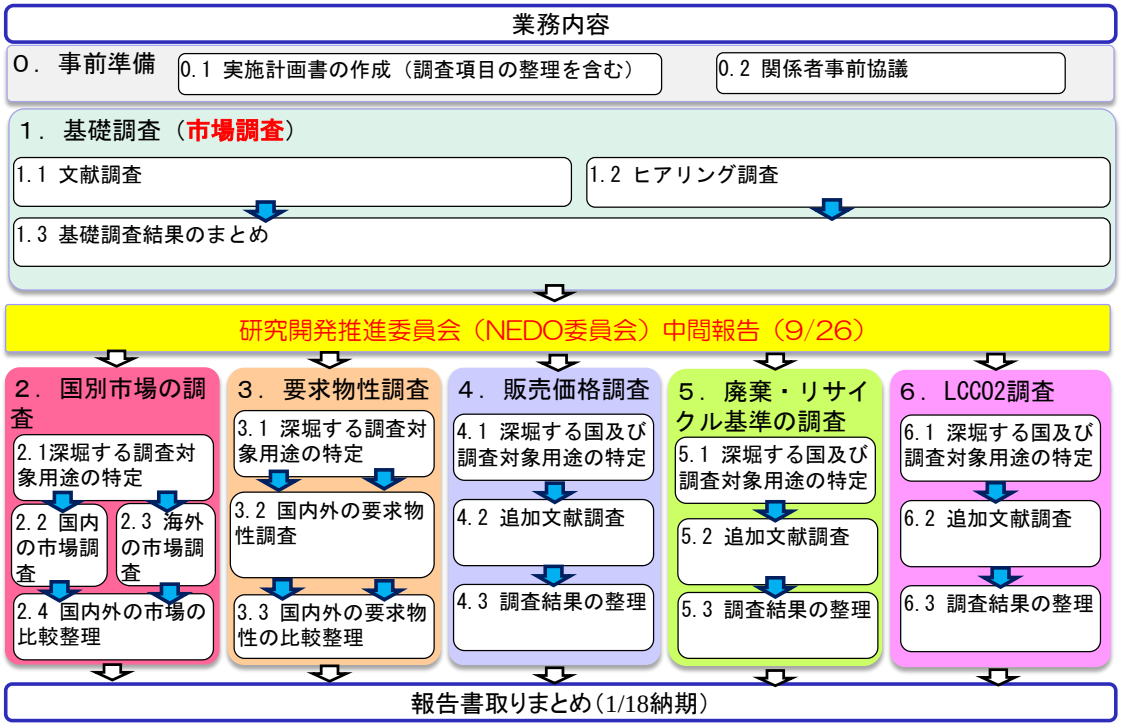
1.1　調査の背景と目的

セルロースナノファイバー（以下、CNF）は、植物由来のカーボンニュートラルな材料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。

本調査では、CNF 補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる、ガラス繊維、炭素繊維、パルプ・植物繊維（CNF を除く）補強樹脂複合体について、どのような用途で使用されているのかを調査・整理し、特に構造材料として使用されている場合に、CNF で代替可能性はあるかの検討に必要な基礎データの整備を行った。

1.2　調査の実施フロー及び実施内容

本調査の実施フローを図 1-1 に示す。本調査は、（1）基礎調査、（2）国別市場の調査、（3）要求物性調査、（4）販売価格調査、（5）廃棄・リサイクル基準の調査、（6）$LCCO_2$ 調査、の６つの主要項目から構成される。本調査の実施内容（まとめ）を表 1-1、表 1-2 に示す。



※図中の番号は本報告書の章番号とは異なる

図 1-1　実施フロー

表 1-1　本調査の実施内容（まとめ）

区分	実施項目	実施内容
（1）繊維補強樹脂材料等に関する基礎調査	日本の動向	・日本の政策動向として、経済産業省の技術戦略マップ 2010 の内容の他、天然繊維関連の複合材料開発に関する４省の動向を整理した。 ・業界団体の動向を整理した。 ・日本の民間企業等の動向を整理した。
	北米の動向	・米国の関係主体の動向として、IACMI（Institute for Advanced Composite Manufacturing Innovation）と ACMA（American Composites Manufacturers Association）による取組を整理した。 ・カナダの関係主体の動向として、NRC(National Research Council)と CIC(Composite Innovation Centre)による取組を整理した。 ・北米における天然繊維複合材の開発・利用動向を整理した。
	欧州の動向	・EU の政策動向として、Horizon 2020（EU 科学技術イノベーション政策）及び関連する EU 指令・規制を整理した。 ・関連主体の動向として、EuCIA（European Composites Industry Association)及び企業コンソーシアムの取組を整理した。 ・EU の自動車産業における植物繊維の利用状況、及び自動車産業における複合材の用途開発イニシャティブを整理した。
	中国の動向	・政策動向として、関連する８つの政策及び国家標準を策定している標準化技術委員会について整理した。 ・業界団体の動向として、関連する４つの業界団体を整理した。 ・民間企業等の動向として、吉林省における炭素繊維プラットフォーム建設及び炭素繊維の使用事例を整理した。
（2）繊維補強樹脂材料等に関する市場調査	市場の推計方法の検討	・本調査における世界市場の推計方法、用途別の推計方法、地域別の推計方法について整理した。
	推計結果	・繊維補強樹脂材料等に関する市場として、世界、日本、北米、欧州、中国、その他アジア（日本及び中国を除くアジア）・オセアニア地域、その他（中東・アフリカ・中南米）に分けて整理した。
	繊維補強樹脂材料と競合する材料の市場	・鉄鋼、アルミニウム、その他関連材料の市場を整理した。
	CNF で代替可能性のあると考えられる市場領域	・市場調査を踏まえて、CNF 代替可能性があると考えられる市場領域を設定し、市場領域別の詳細調査を実施し、その結果を整理した。
（3）繊維補強樹脂材料に関する要求物性・販売価格調査	要求物性調査結果	・調査対象用途について、CNF 代替等に関する研究開発動向、要求物性を整理した。 ・設計及び構造上の工夫として、車体構造、ハニカムパネル、マイクロカプセル発泡の３つを整理した。
	販売価格調査結果	・調査対象用途について、単位重量あたりの価格を整理した。

表 1-2　本調査の実施内容（まとめ）

区分	実施項目	実施内容
（4）繊維補強樹脂材料に関する廃棄基準・リサイクル基準調査	廃棄・リサイクルに関連する国際動向	・サーキュラー・エコノミー、海洋ごみ・マイクロプラスチック問題、中国の廃プラスチック輸入規制について整理した。
	日本の廃棄・リサイクルに関する動向	・個別リサイクル法、NEDO の FRP リサイクルの実証事業、環境省 CNF リサイクルの性能評価等事業委託業務の概要をまとめるとともに、炭素繊維協会及び炭素繊維メーカーのリサイクルに関する取組を整理した。
	米国の廃棄・リサイクルに関する動向	・国及び州レベルの廃棄・リサイクルに係る法規制について整理した。
	EU の廃棄・リサイクルに関する動向	・EU における複合材の廃棄・リサイクルに係る課題を整理した。
	中国の廃棄・リサイクルに関する動向	・国の取組として、複合材の廃棄・リサイクルに関連する５つ政策を整理した。 ・業界団体の取組として、３つの工業会の取組を整理した。 ・民間企業の取組として、唯一報道があったガラス繊維補強プラスチックのリサイクル技術について整理した。
（5）繊維補強樹脂材料に関する LCCO2 調査	我が国における複合材利用に係る $LCCO_2$ 評価事例	・我が国において、CFRP を航空機及び自動車に利用した場合の $LCCO_2$ の試算事例の内容を整理した。
	海外における複合材利用に係る $LCCO_2$ 評価事例	・海外において、CFRP とその他の複合材の $LCCO_2$ を比較事例、自動車部材に各種複合材を使用した場合の $LCCO_2$ 分析事例、CNF の自動車部品の複合材代替による $LCCO_2$ 試算事例の内容を整理した。
	CNF 製造時の CO_2 排出原単位の試算事例	・CNF 製造時の CO_2 排出原単位を試算した文献の内容を整理した。
（6）本調査のまとめと課題の整理	CNF 適用先として有望な分野・用途に関する考察	・CNF 適用先として有望と考えられる分野・用途に関して、市場規模、主な要求物性、販売価格、廃棄・リサイクル動向を整理した。
	さらなる用途展開に向けた CNF 技術の技術開発の方向性案	・CNF 適用先として有望と考えられる用途について、技術開発の方向性を整理した。
	今後の課題と対応方針案	・CNF 適用の課題を、技術的課題、経済的課題、社会的課題の３つに分けて整理した。

1.3　ヒアリング調査の実施概要

本調査の実施に当たっては、繊維補強樹脂材料に関する団体及び有識者に対してヒアリング調査を行った。

1.4　研究開発推進委員会における中間報告の概要

本調査の基礎調査結果について、平成 30 年９月 26 日に開催された研究開発推進委員会において中間報告を実施した。中間報告資料を巻末資料２に、中間報告時に得られたコメントと対応を表 1-4 に示す。

表 1-4　中間報告時に得られたコメントと対応

No.	主なコメント	対応
1	・炭素繊維は物性や用途等の点から見て競合相手ではないと考える。 ・自動車用途から見ると鋼鉄やアルミニウムが競合相手となってくる。	・今後は炭素繊維の代わりに鐵鋼及びアルミニウムの市場規模等を調査した。
2	・単に力学的な物性で比較するのではなく、設計や構造の工夫で補う形を考えていきたい。	・力学的特性を可能な限りまとめ、設計や構造による工夫例をまとめた。
3	・海外における CNF 複合材の動向を教えてほしい。	・環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバーのリサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務報告書」より引用する形で整理し、今回の調査の中で把握できた情報は適宜追加した。
4	・パルプ・植物繊維の単価はどのように設定しているか。 ・パルプ・植物繊維複合材料の市場が 4,000 億円程度あり、主に輸送用途に用いられていることは重要な情報である。代替というよりは、CNF とのハイブリッドも含めた形で検討したい。	・単価は炭素繊維を除く強化繊維の平均単価を使用していたが、より適切な情報源が見つかったため単価を 1,000 円/kg から 400 円/kg に修正した。
5	・リサイクルに関する各国の政策動向を深堀してほしい。	・各国のリサイクルに関する動向を第５章に整理した。
6	・WPC を自動車用途として使用しているところもある。	・WPC が使われている自動車部位を整理する。
7	・2030 年にどのようになるかを見据えた上で深堀対象を決めていくことがよい。	・家電・自動車関連企業へのヒアリング調査等を通じて将来展望を整理した。
8	・高価な繊維形状を除いた形で市場規模を整理できるか。素材自体の価格が影響して単純に比較できない。	・熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分けて市場を再整理した。

第２章　繊維補強樹脂材料等に関する基礎調査

本調査では、日本、北米、欧州、中国における繊維補強樹脂材料等に関する関係主体の取組の整理を行った。本章ではその結果を示す。

2.1　日本の動向

日本における関係主体の繊維補強樹脂材料等の技術開発等の動向を以下に示す。

2.1.1　日本の政策動向

日本における繊維補強樹脂材料等の技術開発等の動向に関して、経済産業省がとりまとめた技術戦略マップ 2010 において、炭素繊維に関する技術開発を中心に記載がある。

一方、ナノテクノロジー・材料技術分野の技術ロードマップ 2018 の策定に関する調査等には繊維補強樹脂材料に関する記載はない。

【技術戦略マップ 2010　ファイバー分野における記載内容（抜粋）】

（２）研究開発の取組

（炭素繊維・複合材料（移動体）分野）

繊維製品の中で特に優れた特性を有する炭素繊維やその複合材料などは、これまで我が国が世界をリードしてきた。特に、炭素繊維と他の素材を組み合わせて材料特性を向上させる繊維複合化技術によって生まれる材料は、軽量かつ強度に優れるため、自動車や航空機等の移動体分野におけるニーズが大きい。他方で、これらの普及に当たっては、易加工性・リサイクル性等の確保や製造プロセスの省エネルギーなど、より広がりを持った環境適合性も要求されている。このため、材料特性向上とともに循環型社会に対応する環境適合性の確保という両側面を充足する炭素繊維・複合材料の製造（加工）技術開発を進めることが必要である。

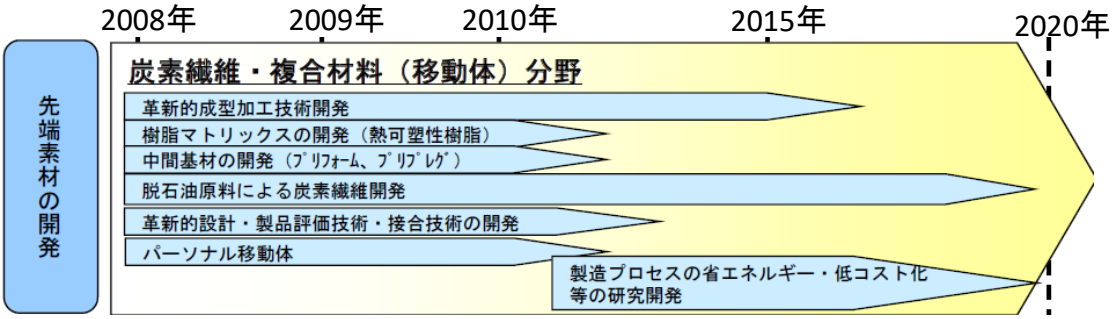


図 2.1-1　ファイバー分野における記載内容（抜粋）

天然繊維関連の複合材料開発には、農林水産省、文部科学省、経済産業省、環境省の各省が支援を実施しており、ナノセルロース推進関係省庁連絡会議を定期的に開催し連携を図っている。商用化に向けては、技術力向上・国際標準化等を課題として認識している。「日本再興戦略 2016」（平成 28 年 6 月）において、セルロースナノファイバーに関する研究を進めると記載されている。経済産業省は、商用化に向けたロードマップを作成しており、2030 年に CNF 関連材料で 1 兆円の市場創造を目指し、自動車・情報電子産業を中心に適用を検討している。2018 年 12 月に開催された第 3 回ナノセルロース展では各省庁の技術開発成果発表セミナーが行われた。表 2.1-1 に各省庁の技術開発プロジェクト名を示す。

表 2.1-1　第 3 回ナノセルロース展各省庁プロジェクト成果発表セミナープロジェクト名

所管省庁	発表名	発表者所属	発表者（敬称略）
農林水産省	地域材を活用したセルロースナノファイバーの用途技術開発	森林総合研究所	下川 知子
	セルロースナノファイバー（CNF）によって再生された廃棄プラスチックの農業利用	信州大学カーボン科学研究所	野口 徹
文部科学省	CNF 特性の高度発現に向けた基盤研究	東京大学大学院農学生命科学研究科	齋藤 継之
	セルロースナノファイバー／ポリマーナノコンポジットの微細発泡体の創製	京都大学大学院工学研究科	引間 悠太
	多糖ナノ界面が構造制御する有機分子触媒反応の開拓	九州大学大学院農学研究院	北岡 卓也
環境省	CNF 脱水装置の開発	愛媛大学紙産業イノベーションセンター	内村 浩美
	ナノセルロースビークルプロジェクトの紹介	京都大学生存圏研究所	臼杵 有光
	セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化	トクラス株式会社	大峠 慎二
	セルロースナノファイバーを補強繊維として活用した射出材料の性能と自動車部品への適用	トヨタ車体株式会社	西村 拓也
	セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン二次電池の実用化に向けた課題抽出	第一工業製薬株式会社	齊藤 恭輝
	CNF を利用した住宅部品高断熱化による CO_2 削減	静岡大学農学部	鈴木 滋彦
	竹 CNF を活用した建材の開発と既築集合住宅への実装による CO_2 削減効果の実証	株式会社日建ハウジングシステム	古山 明義
	CNF 樹脂の家電製品適用に向けた取り組み	パナソニック株式会社	浅井田 康浩
	CNF 複合材廃材のリサイクルモデル評価	静岡大学農学部	青木 憲治
経済産業省	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	新エネルギー・産業技術総合開発機構	杉江 渉
	CNF 利用促進のための木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価	森林研究・整備機構	林 徳子
	セルロースナノファイバーの安全性評価手法の開発	産業技術総合研究所	梶原 秀夫

2.1.2　日本の業界団体の動向

（１）硝子繊維協会の取組

硝子繊維協会を含む６団体の連合体であるガラス産業連合会では、平成 22 年 10 月にガラス繊維技術戦略 2030 年ロードマップ改訂版を発行しており、樹脂との接着力向上や繊維の軽量化、等を技術開発項目として掲げている。ガラス技術戦略ロードマップ（抜粋）を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-2　ガラス技術戦略ロードマップ（抜粋）

大項目	中項目	小項目		2010年　～2015年	～2020年
高機能・新材料	次世代ガラス繊維	低エミッションガラス長繊維	揮発成分：50～100%削減	ホウ酸、フッ素の無いガラス繊維組成の開発	
		高耐アルカリガラス長繊維	ガラス繊維強化セメントの市場拡大	ガラス繊維と他材料との表面・界面化学の基礎研究	
		高強度、高機能繊維	樹脂との接着力向上（異形断面繊維）	異形断面長繊維成形	
			繊維の軽量化：50～100%軽量化	オキシナイトライドガラス繊維	
			断熱性向上、軽量化	中空繊維	
		有害化学物質の規制への対応		ホウ酸、フッ素の無いガラス繊維組成	
		ICチップ並の線膨張率を持ったガラス繊維の開発	RoHS、REACHなどの法令に対応	低線膨張率新規組成の開発	

（２）炭素繊維協会の取組

炭素繊維協会では毎年２月に複合材料セミナーを開催し、PAN 系およびピッチ系炭素繊維の最新動向の紹介を行っている。

（３）強化プラスチック協会の取組

（一社）強化プラスチック協会は年 1 回総合講演会・展示会を開催している。最近では、平成 30 年 10 月 25 日、26 日に日本大学理工学部（東京）で開催され、講演約 46 件、ポスターセッション 20 件、展示会出展約 50 件であった。炭素繊維関連の論文・展示が多数を占めた。この講演会で表彰を受けた発表論文には、ガラス繊維関係の論文も含まれている。論文賞 1 位の相溶化剤の発表では、ガラス繊維、炭素繊維だけでなく、木粉と PP の複合材での衝撃強度データも揃っていることが評価されていた。また、会員企業の何社かは海外での複合材料展示会（パリ、上海）に講演発表・展示を行っている。

2.1.3　日本の民間企業等の動向

民間企業等においては、炭素繊維に関連して、生産能力拡大や次世代技術の開発、リサイクル技術と仕組みの確立、自動車用途への注力、等が行われている。近年の取組内容を表 2-2 に示す。

表 2.1-2　民間企業における近年の取組内容

区分	概要	企業名
生産能力拡大	ハイプレッシャーRTM 成形機を導入し、プリフォームの自動製造プロセス（PvP）を組合わせることで、CFRP の一貫生産体制を構築	東邦テナックス
	Carbon Magic(Thailand)Co.,Ltd.新工場の開催式を開催	東レ
	コストと性能のバランスに優れるレギュラートウ炭素繊維の新品種を開発し、量産化に向けた焼成設備を Zoltek のメキシコ工場内に新設することを決定	東レ
	大竹事業所において追加設備投資を実施し、ラージトウ炭素繊維の年間生産能力を現在の 2,700 トンから 3,900 トンに増強することを決定	三菱ケミカル
	SGL Group の米国における炭素繊維製造拠点である SCF 社の買収決定	三菱ケミカル
	米国サウスカロライナ州の炭素繊維新ライン稼動開始	Solvay
	約 350 億円を投じて、米国サウスカロライナ州グリーンウッド群に炭素繊維製造ラインを新設。三島事業所内におけるプリカーサの生産能力増強を決定。工場稼動時期 2020 年度中（予定）。	帝人
次世代技術の開発	「NEDO」実施の「革新的新構造材料等研究開発」の成果として、「マイクロ波による炭素化技術」と「プラズマによる表面処理技術」の開発に成功	東邦テナックス
	オープンモールド型に炭素繊維などの繊維強化プラスチック（FRP）を直接積層することができる「ファイバー to コンポジット（F to C）成形プロセス」を開発	東邦テナックス
	次世代の航空宇宙用途向けに引張強度と耐衝撃性を従来材対比 30%向上させた、世界最高性能のトレカプリプレグを開発	東レ
	高性能炭素繊維を創出するための革新プロセス開発設備の導入を決定	東レ
	英政府支援の航空機・自動車構造材研究開発プロジェクト（MAXIM、４年）を開始、低コスト CFRP の成形方法確立を目的	Hexcel
リサイクル技術と仕組みの確立	リサイクル素材を使用した CFRTP として「テナックス」E コンパウンド rPEEK CF30 を開発	東邦テナックス
	豊田通商と共同で炭素繊維リサイクルの取組を推進	東レ
	Carbon Conversions 社（CF リサイクルメーカー）へ出資	Hexcel
自動車用途への注力	自動車の計量化や生産工程の効率化などを目的とした技術開発促進プロジェクト「iComposite 4.0」に参画	東邦テナックス
	トヨタ自動車の燃料電池バスに炭素繊維材料を使用したルーフカバー採用	東邦テナックス
	本田技研工業の新型燃料電池自動車（CLARITY FUEL CELL）に炭素繊維材料が採用	東レ
	自動車エンジニアリング事業を手掛ける東京アールアンドデーに資本参加することを決定	東レ
	ランボルギーニ社と、自動車用炭素繊維複合材分野における共同開発を検討する旨の基本合意書を締結	三菱ケミカル
	トヨタ自動車から発売された新型「プリウス PHV」のバックドアの骨格に炭素繊維材料が採用	三菱ケミカル
	トヨタ自動車から発売されたレクサスの新型ラグジュアリークーペ「LC500」「LC500ｈ」のドアインナー及びラゲッジインナーに炭素繊維材料が採用	三菱ケミカル
	Mubea 社と自動車向け炭素繊維材料の供給契約締結	Hexcel
	英国メーカー８社と自動車向け熱可塑部材共同開発体設立	SGL
	BENTELER 社（自動車部品メーカー）と設立の JV（BENTELER-SGL）の BENTELER 社持分取得	SGL

出典：炭素繊維協会複合材料セミナー2018 資料を基にエックス都市研究所にて作成

2.2　北米の動向

米国及びカナダにおける関係主体の繊維補強樹脂材料等の技術開発等の動向を以下に示す。

2.2.1　米国の動向

（1）「IACMI（Institute for Advanced Composite Manufacturing Innovation)」による取組

IACMI（先端的複合材生産イノベーション研究所）は、2015 年 1 月に、米国の前大統領であるオバマ政権が 2 億 5,900 万ドル（約 285 億円）の国家予算を投じて立ち上げた炭素繊維複合材の公民連携による開発・用途拡大のための機関である。会員には産業界、大学/研究機関及び連邦/州/地方政府等の様々な公共/民間組織・団体が含まれており、今後成長が見込まれる複合材産業を支援するために様々な研究・開発活動を支援している。

IACMI による活動の管理は、財団法人テネシー研究大学が設置した非営利組織である「Collaborative Composite Solution Corporation」が実施しており、研究所会員となることで、会員団体・企業の規模の大小にかかわらず、IACMI 企業との共同研究プロジェクトへの参加や会員間のネットワーキングができるほか、会員としての新たな研究開発課題を提案し、資金支援及び会員企業との連携を行いながら、実施することができる。

また、IACMI は、拠点とする各大学/研究所（テネシー大学、バンデルビルト大学、ケンタッキー大学及びオークリッジ国立研究所）を中心に複合材の研究開発・実証に関わる多種多様な設備・機械を有しており、これらの設備が、複合材に係る研究開発プロジェクトの支援に携わっている。

2016 年 2 月に発表された「Preliminary Technology Roadmap」では、重点的な資金支援を行う研究開発分野及び優先課題目標として、それぞれ以下のものが挙げられていた。

表 2.2-1　IACMI の重点開発研究分野及び優先課題目標

重点研究開発分野	自動車、圧縮ガス貯蔵、風力発電における複合材用途拡大のための研究開発
複合材に係る優先課題	▪ CFRP の製造コストの 25%削減 ▪ CFRP のエネルギー強度の 50%削減 ▪ 複合材リサイクル率の 80%までの向上

2018 年 5 月 2 日現在で、55 件の研究開発プロジェクトが実施されてきており、30 件のプロジェクトが現在も進行中である。進行中のプロジェクトのうち、本調査に関連するプロジェクト 20 件を抽出したものを表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2　IACMI において現在進行中の共同研究開発プロジェクト

プロジェクト名	幹事企業	パートナー企業	プロジェクト概要
自動車用複合材部品の高速レイアップ及び成形	Dura	BASF、ミシガン大学、パデュー大学	▪ 強度や捩れに係る要求水準を満たす自動車のリア・パッケージ・シェルフ（Rear package shelf）を、kg 当たり 6.60～11.0 ドル程度でコストを下げられる設計・生産技術の研究と技術移転
低コスト、大量生産、軽量化、及び設計柔軟性を有する熱可塑性プラスチック部品の製造	DuPont	Fibretec、パデュー大学	▪ 自動車産業の熱可塑性プラスチック構造材の大量生産技術に関する研究
軽量自動車部品の大量生産に向けた炭素繊維生産	Ford Motor Company	DowAksa USA、パデュー大学、オークリッジ国立研究所、バンダービルト大学、ミシガン州立大学、ケンタッキー州、テネシー大学	▪ OEM-部品の Tier 1 サプライヤーによる炭素繊維、樹脂、成形方法、自動化技術の開発及び廃棄物削減のための統合的なサプライ・チェーンの構築
自動車構造部品のための炭素繊維の高速プリプレグ成形	Toray Composites (America)	Janicki Industry、ACMA、Zoltek Corporation、Reichhold、LLC2、Globe Machine Manufacturing、ミシガン大学	▪ 生産コスト削減及びサイクルタイム短縮化のためのサプライ・チェーンをベースとする材料選定、成形方法、設計技術、廃棄物の循環利用の統合化に係る研究
OEM を通じた複合材製造	PPG Industries	ミシガン大学	▪ OEM の要求水準に合う低コストでの接着剤及び E-coating（電気泳動塗装）技術の開発・実証
大面積積層造形（BAAM）材料の開発と最先端複合材による強化	Local Motors	オークリッジ国立研究所、テネシー大学	▪ 自動車用部品に向けた BAAM 材料の開発と低コストでの強化技術に関する研究・開発（研究結果報告書あり。）
軽量車体パネルによる CO_2 排出量の削減	Volkswagen Group (America)	オークリッジ国立研究所、パデュー大学、ミシガン大学、テネシー大学	▪ 年間 10 万ユニット以上の車体パネルを製造できる材料、部品設計、生産方法に関する研究
自動車製造における大量及び高速での CFRP 構造検査のための NDE/NDT(非破壊評価/検査ツールの開発	American Chemistry Council	Plasan Carbon Composites、バンダービルト大学	▪ 自動車生産ラインにおける NDE/NDT 手法を評価・ランク付けする標準化基準の検討
風力タービン・ブレード向け熱可塑性複合材の開発	TPI Corporation	Colorado School of Mines、Arkema、Johns Manville、パデュー大学、国立再生可能エネルギー研究所、バンダービルト大学、テネシー大学	▪ 低コスト及びリサイクル性の高い風力発電タービン・ブレードの開発と大規模施設での利用可能性に関する研究
長繊維プレフォームの射出成形被覆	Airbus	UDRI、Zoltek、Harmony Systems and Service、HyComp LLC	▪ 航空産業向けの熱可塑性複合材ブラケット生産のための新たな射出成形被覆技術（Injection overmolding）の共同研究開発

プロジェクト名	幹事企業	パートナー企業	プロジェクト概要
大規模複合材構造物のハイブリッド３D造形技術	Airbus	ATK Space Systems、Cincinnati Incorporated、Additive Engineering Solutions、UDRI、パデュー大学	▪ Invar 36 に匹敵する等方熱膨張性を有する 10 フィートを超える 3D 造形技術による複合材接着ツールの研究開発
熱可塑性複合材による圧縮ガス貯蔵タンク	Dupont	Steelhead Composites LLC、University of Dayton Research Institute、Composites Prototype Center	▪ 圧縮ガス貯蔵タンクの要求水準を満たすポリアミド樹脂の評価・選定及び生産プロセスの研究開発
ビニルエステル/炭素繊維複合材のための最適樹脂・サイジング	Ashland Performance Materials	Michelman、Zoltek Corporation、University of Dayton Research Institute、ミシガン大学	▪ 自動車産業向けの最適な複合材の安定供給（大量生産）に向けたサプライチェーンベースでの統合的な複合材開発
拡大縮小可能な複合材リサイクル技術－Controlled Pyrolysis	ACMA	Continental Structure Plastics、CHZ Technologies、A. Schulman、ORNL	▪ 高耐久性、軽量かつリサイクル性の高い「熱可塑性複合材」を利用した圧縮天然ガス貯蔵タンクの開発
圧縮成形によるリサイクル炭素繊維を活用した不織プリプレグによる車体パネルの開発	BASF	オークリッジ国立研究所、テネシー大学	▪ クラス A の自動車車体パネルに利用可能なリサイクル炭素繊維（短繊維）で強化した熱可塑性樹脂マトリックを生産する技術の研究開発
自動車･風力発電に利用できる炭素繊維の低コスト化に向けた低コストかつ大量に生産･商業化できる前駆物質（precursor）の開発	Dralon	オークリッジ国立研究所、テネシー大学	▪ 炭素繊維の低コスト化を図ることのできる前駆物質の研究開発
炭素繊維プリプレグのリサイクル	Composite Recycling Center	オークリッジ国立研究所、バンダービルト大学、テネシー大学	▪ 炭素繊維プリプレグのスクラップを再生利用・資源化できる技術、プロセス、機械設備の研究開発
竹をベースとするバイオ繊維によるトラック及びトレイラーのデッキ製造	Resource Fiber	オークリッジ国立研究所、テネシー大学、ミシガン大学	▪ 竹を資源とするバイオ繊維のデッキ材料としての設計・開発及び物性評価
様々な加工プロセスに使用できるツールの開発	Valley Gemini	オークリッジ国立研究所、テネシー大学	▪ 複合材の素材・質、成形方法等の様々な組み合わせに対応できるツールの開発
短繊維媒介物の自動車等への材料利用	Neenah	オークリッジ国立研究所、テネシー大学	▪ 不織布炭素繊維マットの開発

出典：IACMI　ホームページ（https://iacmi.org/）

（２）「ACMA（American Composites Manufacturers Association)」による取組

ACMA は、アメリカ合衆国を拠点とする世界最大の複合材関連企業から構成される協会であり、アメリカ国内のみならず国外も含め、各種複合材の製造業、サプライヤー、販売事業が大規模事業者のみならず、中小規模の事業者も含めてメンバーとなっている。

ACMA の役割は、複合材産業の成長を促進するための各国政府あるいは国際機関へのロビー活動や会員企業に対するトレーニング及び資格取得支援や共同研究開発を実施している。ACMA は毎年世界全体の複合材産業及び市場動向とその将来見通しに関するレポートを作成・公開しており、最新の 2017 年レポートでは、今後複合材産業が参入を強化・推進していくべき市場（Market Segment)について、以下のように述べている。

航空宇宙産業

■ 航空エンジニアによる従来の材料から複合材利用への転換が進み、複合材は、ドローンや商用機、ジェット、ロケットの製造の重要な材料の一つとなっている。

建設

■ 世界中で建築家や建築デザイナーは、ガラス繊維やその他の複合材を含む先進的な材料の大規模な建設プロジェクトへの利用を進めている。

自動車産業

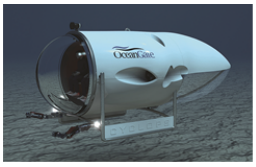
■ 自動者産業では、車の軽量化、車両性能、CO2排出削減に向けて複合材利用を推進している。複合材は車体パネル、ブレーキローター、ホイール等に使用されており、今後さらに用途拡大が期待される。

エネルギー

■ 風力タービンや電気自動車における高パフォーマンスのガラス繊維から、複合材料のリサイクル性能に至るまで、複合材及びバイオ複合材料は、エネルギー産業の様相を変えつつある。

インフラストラクチャー

■ FRP複合材は、建築物、橋梁、電柱（鉄塔）、道路、鉄道等の建設、強化、修繕の際の材料として広い用途に使用されている。



海洋産業

■ 船舶の強化、軽量化、低コスト化、耐用性及び損傷抵抗の向上を目的に最先端の複合材を利用している。

軍事

■ 世界中の軍事部門では従来の材料に代えて、より軽量な複合材の利用による、装甲・機甲車、ドローン、潜水艦、防弾装備等の改善を図ってきている。

スポーツ・娯楽

- **スポーツ用品製造業者においても製品の性能向上の多くを複合材の利用により図っている。レーシング・カー、バイク、スキー板等の製造業者は、航空力学上及び耐用性の点で最適な成果を達成するために、複合材の利用を推進している。**

また、ACMA は、前述の IACMI と共同で、「複合材のリサイクル技術」に関する研究開発を継続的に実施しているほか、ACMA 会員による様々な技術研究開発プロジェクトも実施されている。以下は、その一例である。

表 2.2-3　ACMA メンバーにより実施されている技術研究開発プロジェクト

プロジェクト名	概要
軍用車両における鋼鉄とアルミを接合する複合材に関する研究（異種材料の接合技術に関する研究）	■ ミシガン州立大学土木・構造工学科と同大学複合材車両研究センターの共同研究。（合衆国陸軍、エネルギー省等が資金支援）
モーフィング翼の研究開発	■ MITとNASAによる共同研究 ■ CFRPを活用した格子構造のモーフィング翼の研究開発（軽量化、操作性向上、新たな製造技術の開発が目標）
石炭からの炭素繊維製造	■ ユタ産業「燃焼・ガス化」研究所とケンタッキー大学の共同研究 ■ 合衆国経済開発庁（EDA）等による160万ドルの資金支援
火星探査に向けた宇宙服に関する研究開発	■ ILCドーバー社とデラウエア大学複合材研究センターによる共同研究 ■ 火星の環境に耐えられる宇宙服（平均気温81F、地球の38%の重力、二酸化炭素が大部分の大気環境等）の開発
気象予測のための無人機の研究開発	■ オクラホマ大学とネブラスカ及びケンタッキー大学との共同研究 ■ 無人機の軽量化のための複合材利用に関する研究を含む。

出典：ACMA ホームページ（https://acmanet.org/）

2.2.2　カナダの動向

（１）「National Research Council(NRC)」による取組

National Research Council (NRC)[1]は、カナダの連邦政府の研究機関であり、その中の航空宇宙部門が複合材の開発に関わっており、カナダにおいて最大規模で最も包括的な複合材の研究開発拠点である。主な活動としては、プロセスの自動化、接着・溶接技術、熱電動技術、液体鋳造技術、成形プロセス、ライフサイクル管理、バイオ及びナノポリマーと複合物等の研究の支援を行っている。

図 2.2-1　National Research Council(NRC)の概要

出典：Andrew Johnston、National Research Council Canada、Institute for Aerospace Research、SAMPE 2010 発表資料

（２）「Composite Innovation Centre(CIC)」による取組

Composite Innovation Centre(CIC)[2]は、2013 年にカナダの民間企業が集まり、非営利企業として立ち上げた組織であり、その活動目的としては、複合材の応用技術の開発及び商業化をサポートすることとしている。航空宇宙、交通機関、公共インフラ、産業分野を対象としており、複合材の内容構成設計、プロセス化、テスト実施、プロトタイプ作成、リサイクル、プロジェクト管理まで手掛けることができるとしている。

[1] NRC ホームページ https://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/
[2] CIC ホームページ http://www.compositesinnovation.ca

【追補１】北米における天然繊維複合材の開発・利用動向

北米における天然繊維複合材の開発・利用動向については、アメリカに拠点を有する国際的な市場調査会社である Lucintel 社がまとめた報告書「Opportunities in Natural Fiber Composites (2011 年)」に全体の市場及び現在の主な動き、将来展望について記述されている。文献・情報収集調査を実施した限りでは、これが最も包括的な情報を提供していることから、以下にその概要を示す。

（１）天然繊維複合材の市場と将来展望

上述の報告書によれば、2010 年における世界全体の天然繊維複合材の市場は約 21 億ドルであり、過去 5 年で年平均 15%の割合で成長しており、2016 年には市場は年間 38 億ドルまで成長すると推定されている。地域別にみると、2010 年段階では北米市場が最も大きく、次いで欧州、その他の地域の順となっている。

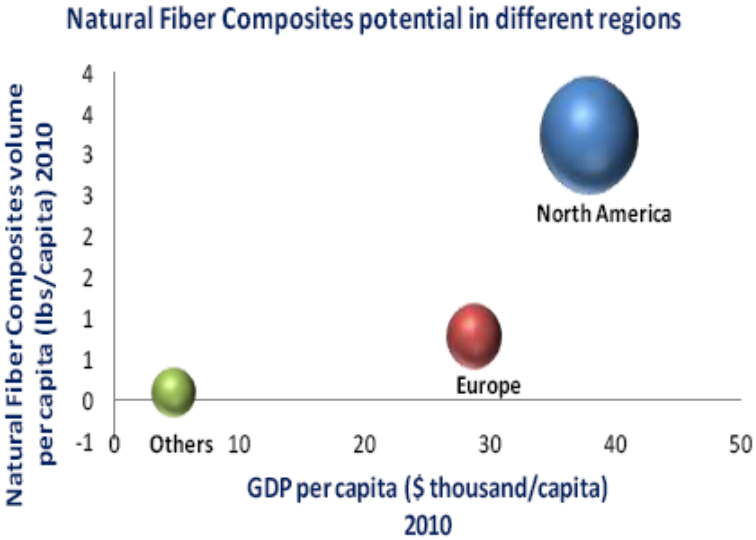


図 2.2-2　地域別の天然繊維複合材（Natural Fiber Composites）の市場ポテンシャル

出典：Opportunities in Natural Fiber Composites (2011 年), Lucintel

天然繊維複合材の市場は、大きく木質系繊維（wood fibers）と非木質系繊維（non-wood fibers）に分類され、木質系繊維の最も大きな市場となっているのは、建設セクターであり、その大きな市場が北米地域に存在している。一方、非木質系繊維の大きな市場となっているのは欧州を中心とする自動車産業による利用である。この他に成長市場として考えられているのが、電気・電子製品及びスポーツ用品とされている。

（２）天然繊維複合材市場拡大の促進要因と市場化に向けた課題

Lucintel の報告書では、今後天然繊維複合材の市場を拡大する促進要因と、市場化に向けた課題について、それぞれ以下のように分析している。

表 2.2-4　天然繊維複合材市場拡大の促進要因

要因	内容
原材料供給	▪ 天然繊維複合材は、容易に入手可能かつ再生可能な原料から製造される。
物性特性	▪ 軽量、低エネルギー消費、低価格
石油価格の流動性	▪ より低価格な代替材である天然繊維の利用を推進する。
環境面での優位性	▪ 天然繊維はより Eco-friendly であり、GHG 排出削減にも寄与する。
政策的支援	▪ 低炭素化、再生可能エネルギー・資源推進、循環経済

出典：Opportunities in Natural Fiber Composites (2011 年), Lucintel

表 2.2-5　天然繊維複合材の市場拡大に向けた課題

課題分類	内容
品質	▪ 品質の均一性。一貫性の担保 ▪ 低い衝撃強度の改善 ▪ 低い紫外線抵抗性
製造・加工技術	▪ 天然繊維の多様性がもたらす複合材製造時の劣化 ▪ 製造/加工技術の改善
原材料の在庫（インベントリー）確保	▪ 親水性がもたらす腐食・劣化及び菌類による品質低下 ▪ 長期保存の困難性によってもたらされる生産・製造の季節依存性

出典：Opportunities in Natural Fiber Composites (2011 年), Lucintel

（３）用途別の天然繊維複合材の利用ポテンシャルと課題

用途別の天然繊維複合材の利用ポテンシャルと課題について、複合材の原料となる天然繊維の種類別に表 2.2-6 に示す。

表 2.2-6　天然繊維複合材の種類別・用途別の利用ポテンシャルと課題

<table>
<tr><th colspan="2">セクター/用途</th><th>天然繊維材料</th><th>ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ</th><th>利点</th><th>欠点</th></tr>
<tr><td rowspan="6">自動車</td><td>ドアパネル/内装部材</td><td>ケナフ/麻(hemp)及び木質系繊維</td><td>中</td><td rowspan="6">▪ 軽量
▪ 低コスト
▪ Eco-friendly
▪ 易加工性
▪ サーマル・リサイクルが可能
▪ 断熱・防音性</td><td rowspan="12">▪ 低い衝撃強度
▪ 高い吸水性
▪ 低い耐久性
▪ 低い耐火性</td></tr>
<tr><td>Rear Parcel Shelf（セダン糖の後席上部背後の仕切り棚）</td><td>ケナフ/亜麻（flax）</td><td>中</td></tr>
<tr><td>座席の背もたれ</td><td>亜麻</td><td>中</td></tr>
<tr><td>スペアタイヤカバー</td><td>亜麻</td><td>中</td></tr>
<tr><td>その他の内装アクセサリー</td><td>ケナフ/亜麻</td><td>小</td></tr>
<tr><td>スペアホイールパン</td><td>アバカ</td><td>中</td></tr>
<tr><td rowspan="5">建設</td><td>デッキ</td><td rowspan="5">木質系繊維/木粉
亜麻
バガス
もみ殻</td><td>大</td><td rowspan="5">▪ 低いライフサイクルコスト
▪ メンテナンスの容易性
▪ Eco-friendly
▪ 政府による利用インセンティブ</td></tr>
<tr><td>手すり</td><td>大</td></tr>
<tr><td>窓枠</td><td>大</td></tr>
<tr><td>フェンス</td><td>小</td></tr>
<tr><td>パネル</td><td>大</td></tr>
<tr><td rowspan="5">その他</td><td>テニス･ラケット</td><td>亜麻</td><td>中</td><td rowspan="5">▪ 防振性
▪ 低コスト
▪ Eco-friendly</td></tr>
<tr><td>自転車のフレーム、フォーク、シートポスト</td><td>亜麻</td><td>中</td></tr>
<tr><td>スノーボード</td><td>麻</td><td>小</td></tr>
<tr><td>携帯電話筐体</td><td>ケナフ</td><td>中</td></tr>
<tr><td>ラップトップ筐体</td><td>亜麻</td><td>中</td></tr>
</table>

出典：Opportunities in Natural Fiber Composites (2011 年), Lucintel

【追補２】北米/欧州におけるセルロース、リグノセルロース等の利用に係る奨励・規制

ここでは、「ISO/TC 6/TG 1-Cellulose Nanomaterials」においてまとめられている 2017 年 10 月現在での各国の CNF 利用に係る奨励・規制等の政府動向をまとめた。

（１）セルロース・ナノ・マテリアルの開発・利用に係る各国の奨励政策プログラム

上述の資料において把握されている各国のセルロース・ナノ・マテリアルの開発・利用に係る奨励政策プログラムの概要を表 2.2-7 に示す。当該プログラムのスコープは、新たな用途・製品開発に向けた研究資金の支援から、市場形成を行うためのサプライ・チェーンの構築、共同開発、セルロース・ナノ材料や製品の標準化まで、多岐に亘っている。

表 2.2-7　各国のセルロース・ナノ・マテリアルの開発・利用に係る奨励政策及びプログラム

国名	政府機関	奨励政策・プログラム
Canada	PRIMA Quebec	Cellulose Nanofilaments (CF) for the design of a new high performance cement matrix
	Natural Resource Canada	Transformative Technologies: To bring together governments, industry and academia to conduct research along the forest value chain (including CNMs) in order to create innovative products and increase investments in a higher-value-added forest sector
USA	USDA (Department of Agriculture)	P3Nano: Collaboration to advance the commercialization of CNMs in the following areas: ▪ Automotive composites ▪ CNF laminated epoxy composites ▪ Flexible electronics ▪ Barrier coating in food packaging ▪ Low VOC latex paints ▪ 3D printing neat CNMs ▪ Bentonite drilling muds
	UD Forest Service	Yreka Project: Production of CNMs from small diameter trees (directly from wood); evaluation of production costs of various CNMs.
		Evaluation of CNMs in cement
	EPA (Grant)	Manufacturing Design of Bio-based Ceiling Tiles using Nanocellulose (Arbotile™)-also produce Arbolate™ rigid thermal insulation foam board.
Norway	Research Council of Norway (Fund)	NanoVisc-Development of high-performance viscosifiers and texture ingredients for industrial application based on CNF
		NanoMBE-Nano composite Membrane Containing Bio-nanofibers and Mimic Enzyme for CO2 separation (2014-2019)
Sweden	Swedish Research Council Formas (funding)	Forest for Future-New composites using nanocellulose coupled with collaboration work on method development for understanding of environmental, helath, and safety aspects of CNF
		Novocell-Novel use of native cellulose in dispersions and functional biocomposites

（２）セルロース・ナノ・マテリアルの規制に係る各国の動向

本調査では、規制に係る動向は見当たらなかった。一方、材料や製品等の標準化に向けた動きは、ISO を始めとして一部の国々で始まっている。2017 年 10 月時点における標準化の主な動きを表 2.2-8 に示す。

表 2.2-8　セルロース・ナノ・マテリアル（CNMｓ）に関する標準化の動向

Standards Organization/ Committee	Project Type	Details
ISO/TC 229 Nanotechnologies CEN/TC 352 Nanotechnologies	Mandate	Mandate M/461 identifies standardization projects (TS or TR) on nanomaterials in the field of "characterization of and exposure to nanomaterials" and "health, safety and environment"
ISO/TC 229 Nanotechnologies	Technical Report	**TR** 19716 – *Characterization of Cellulose Nanocrystals: Particle Morphology, Purity and Surface Properties* **Status:** Published on ISO website **Contact:** Linda Johnston, NRC linda.johnston@nrc-cnrc.gc.ca
	Technical Specification	**TS** 20477 – *Standard Terms and their Definition for Cellulose Nanomaterials* **Status:** Published on ISO website **Contact:** Your national member body – see www.iso.org
	Technical Specification	**NP TS 21346** – *Characterization of Cellulose Elementary Fibril Samples* **Status:** Under development **Contact:** Eiji Kojima, AIST kojima-e@aist.go.jp

Standards Organization/ Committee	Project Type	Details
ISO/TC 6 Paper, board and pulps *(cellulose nanomaterials are included in scope of this Technical Committee)*	Task Group	**TG 1** – Cellulose nanomaterials **Convenor:** Stephanie Beck, FPInnovations stephanie.beck@fpinnovations.ca
	ISO Standard Method	**Draft International Standard (DIS) 21400** – *Determination of Cellulose Nanocrystal Sulphur and Sulphate Half-Ester Content* **Status:** Under development **Contact:** Stephanie Beck, FPInnovations stephanie.beck@fpinnovations.ca
CSA Group Technical Committee on Cellulose Nanomaterials	CSA Standard	**CSA Z5100-17** – *Cellulose nanomaterials – Test methods for characterization* **Status:** Available for purchase **Contact:** Brian Haydon, Senior Project Manager, CSA brian.haydon@csagroup.org
	CSA Standard	**CSA Z5200** – *Cellulose nanomaterials – Blank detail specification* **Status:** Available for purchase **Contact:** Brian Haydon, Senior Project Manager, CSA brian.haydon@csagroup.org
TAPPI	Roadmap	**Roadmap for the Development of International Standards for Nanocellulose (2011)** **Status:** Available for viewing **Contact:** World Nieh, US Forest Service wnieh@fs.fed.us

2.3　欧州の動向

欧州における関係主体の繊維補強樹脂材料等の技術開発等の動向を以下に示す。

2.3.1　ＥＵの動向

（１）「Horizon 2020（EU 科学技術イノベーション政策）」による技術開発イニシャティブ

「Horizon 2020」は、2014～2020 までの 7 年間に亘り、約 800 億ユーロの公的資金により、全欧州規模で実施される最大規模の研究及び革新的開発を促進するためのフレームワーク・プログラムであり、「卓越した科学」、「産業技術におけるリーダーシップ」、「社会的な課題への取組」という３つの柱に属するプログラム群から構成されている。

複合材に関連するテーマとして公的資金による支援が予定されているものには、次のものがある。

- Smart plastic materials with intrinsic recycling properties by design
- Advanced materials for additive manufacturing
- Efficient recycling process for plastic containing materials
- Integration of energy smart materials in non-residential buildings
- Materials for future highly performant electrified vehicle batteries

このプログラムには、日本の企業や研究機関も一定の条件を満たせば参加することが可能であり、すでに日本の企業等が参加した共同研究も複合材分野で複数存在している。

（２）複合材開発・利用に関連する EU 指令・規制

現在及び将来の複合材開発・利用及び市場形成に関連する EU 指令・規制として、以下のものがある。

- 中国から輸入される特定のフィラメント･ガラス繊維に関する相殺関税(COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 1379/2014)
- Eurocodes (EN1990-1999)：建設・土木工事及び資材・材料に係る EU 標準（現在、FRP の設計･構造基準の設定に向けた検討が EU の共同研究センターによって実施中。2020 年に採択予定。）
- EU Waste Management Directive (Amending Directive 2008/98/EC on waste 2018)：拡大生産者責任及びリサイクル技術やリサイクル率に関する EU 基準を設定。
- REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals)：化学物質の登録、評価、許認可及び禁止に関する EU 指令
- Composites Product Standards （欧州標準化委員会：CEN)：複合材を含む製品の EU 標準化を実施。
- EU 自動車 CO_2 規制（2021 年までの新車 CO_2 規制：95gCO_2/km)

（３）EuCIA (European Composites Industry Association)による取組

EuCIA は、欧州を拠点とする複合材企業約 10,000 社から構成される組織で各国の複合材企業協会を代表する組織であり、EU が定める関連法規制に対する産業サイドからの見解を示す発信源となっている。

また、前述の Horizon2020 に基づく EU の「第 7 次欧州研究開発フレームワーク計画」からの資金支援により、以下の研究開発プロジェクトが現在実施されている。

- BioStruct（次世代木質/セルロース強化複合材:eWPCs)の開発
- WOODY （木質系セルロース繊維及び樹脂の用途開発）
- NATEX（亜麻及び麻繊維の用途開発）

さらに、協会として以下の活動を実施している。

- Eco Impact calculator（複合材の環境影響を自動評価するシミュレーション）の開発とウェブを通じた提供[3]
- 複合材と他の素材の LCA の実施
- 複合材リサイクルに関する研究

（４）EU における複合材の用途開発に向けた企業コンソーシアムによる取組

EU では、国の垣根を越えて、複合材の材料開発・技術開発・用途開発等をテーマに企業コンソーシアムを形成し、研究開発を進めるケースが少なからず見られる。これは、複合材の設計・生産から加工・流通・最終需要者までを含めた統合的な取組（サプライ・チェーンの統合化と最終需要者とのインターフェースの構築）により、開発・普及までのリードタイムを可能な限り短縮化し、競争力を高めることがねらいとなっていると推定される。そのような企業コンソーシアムによる取組の事例を表 2.3-1 に示す。

[3] Eco Impact calculator のウェブサイト http://ecocalculator.eucia.eu/Account/Login?ReturnUrl=%2F

表 2.3-1　複合材の用途開発に向けた企業コンソーシアムによる取組事例

企業コンソーシアム	概要
TAPAS (Thermoplastic Affordable Primary Aircraft Structure)	■ 2009年にオランダで設立 ■ Airbusにおける熱可塑性複合材利用に向けた新材料及び生産技術の開発 ■ 熱可塑性複合材による機体開発と市場化を目的として共同研究を実施中。 ■ Airbusの他にFokker(ドイツ)等の航空機産業や大学、国の技術開発機関も参加 ■ TAPAS URL: www.tapasproject.nl/en
eTAC (European thermoplastic Automotive Composites Consortium)	■ 2012年に設立された「自動車産業への複合材用途開発・普及」を目的とする企業コンソーシアム ■ オランダの複合材企業協会、航空宇宙研究所等がメンバーとなり、ドイツやイギリスのコンソーシアムとも連携し、用途開発を行っている。
Global RTM	■ 自動化された高速での樹脂トランスファー成形技術の開発を進めるためにフランスで設立された企業コンソーシアム ■ ターンキー方式による年間150,000ユニットの生産が可能な技術開発を目標とする。 ■ URL: www.globalrtm.net
WALiD (Wind Blade Using Cost-Effective Advanced Composite Light-Weight Design)	■ ECによる資金支援(約540万ドル)を受けて、実施されている「軽量かつ低コストの複合材を活用した風力発電回転翼」の共同研究開発プロジェクト ■ EU諸国(ドイツ、イギリス、オランダ、フランス、ノルウエー、デンマーク等)より11の企業、研究機関が参加 ■ URL: www.eu-walid
Stellar Project	■ トヨタ自動車も参加する高速での炭素・ガラス・ポリマー繊維強化樹脂の複合材への配合する技術の共同研究開発を行うプロジェクト ■ URL: https://stellar-project.eu.
TPCA (Thin-ply composites for aerospace applications)	■ スイスで航空産業の要求水準に応える薄層複合材の強化に係る共同研究開発を行っている企業コンソーシアム

出典：各種情報・資料に基づきエックス都市研究所にて作成

（５）EU の自動車産業における植物繊維の利用状況

欧州では、天然繊維強化プラスチック（NFRP：Natural Fiber-reinforced Plastics）及びバイオ系複合材料が建設材料、自動車、家具、床・屋根材など様々な産業用及び消費財の材料に使用されている。特に自動車では、NFRP がドアやトランクのふち、リアシートのライナー、サンルーフのフレームなどに使われており、１台あたり合わせて 9-18 kg使用され、そのうちのほとんどを NFRP が占めている。自動車に天然繊維系材料が使用される理由には、EU の大気汚染物質排出規制があり、新車は 2021 年までに 2007 年平均と比較して 40%の CO_2 排出削減が求められており、排出を削減する取組の一環として、NFRP 置き換えによる車両の軽量化が行われているためである[4]。また、新車の製造時にも、植物由来の天然繊維を用いた部品は、製造時の二酸化炭素排出量を計算する際、カーボンニュートラル効果が加味されるため、ライフサイクルにおける排出削減に貢献している[5]。

[4] “Bio-composites for cars”、2018 年 12 月、Bio-based.eu ホームページ
[5] 「天然繊維強化プラスチックの研究」、佐野慶一郎、人間環境デザイン学科、関東学院大学ホームページ

図 2.3-1　自動車内装部品への天然繊維系複合材料利用の例

出典：BMW2008、nova-institut2008、日本産業機械工業会、海外駐在員報告書

図 2.3-2　WPC（Wood-plastics composite：木材プラスチック複合体）利用の例

出典：Johnson Controls 2010,Werzalit 2007、日本産業機械工業会、海外駐在員報告書

（６）自動車産業における OEMs と Tier 1 供給事業者との垂直統合による複合材の用途開発イニシャティブ

軽量化、低 CO_2 化、循環型リサイクル等が近未来及び将来に向けた重要な技術開発テーマとなっている自動車産業では、複合材関連産業との垂直統合による材料・用途開発を効率的に進めようという動きが高まっている。そのような事例と取り組まれているテーマを表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2　自動車産業と複合材産業の垂直統合による複合材の開発イニシャティブ

垂直統合戦略	企業	目的
企業連携 (partnership)	BASF + SGL Carbon	■ CRPの産業高度化 ■ 大量生産に向けたサイクルタイムの短縮
	Toray + Nissan, Honda	■ 大量生産に向けたCF材料の開発
	GM + Teijin	■ 燃費改善のための技術開発（軽量化）
	JRL + Cytec	■ 大量生産のための低コストでの複合材部品・材料開発
	Ford + Dow Automotive	■ 普及型自動車の燃費改善のためのCFR利用
共同事業 (Joint Venture)	BMW + SGL Carbon	■ BMW仕様のCF半製品の供給
	Daimler + Toray	■ 自動車用CFRP部品の製造
	SGL Group + Benteler Automotive	■ 低コストの繊維複合材開発（製品設計から連続生産まで）
	SGL Group + Kumpers GmbH	■ 高性能の炭素/ガラス/アラミッド繊維の開発
企業買収 (acquisition)	Faurecia (Sora Composites の買収)	■ 自動車用途の炭素繊維及びガラス繊維複合材生産技術を有するSora CorporationをFaureciaが買収
	Lanxess (Bond laminatesの買収)	■ 家庭用電化製品、スポーツ用品、自動車に使用される熱可塑性樹脂複合材の総合的な大量生産を可能とするための買収。

Faurecia: 欧州の大手自動車部品メーカー
Lanxess: ドイツの大手特殊化学品メーカー（多国籍企業）

出典：各種情報・資料に基づきエックス都市研究所にて作成

2.3.2　英国の動向

英国では、2009 年英国 BIS（Department for Business, Innovation and Skills）が最初の複合材産業に係る国家戦略である「UK Composites Strategy」を発表、翌 2010 年にブリストル大学を拠点とする NCC（National Composites Center）を設立し、さらに 2012 年には国内の政府、複合材産業、航空宇宙、自動車、建設、再生可能エネルギー、軍事、海洋等の複合材利用産業から構成される組織として「複合材・リーダーシップ・フォーラム（Composites Leadership Forum: CLF）を設立し、国としての複合材産業の推進を行ってきている。2016 年には最初の改定版となる「UK Composites Strategy 2016」を発表し、今後の複合材産業の有望市場や複合材の将来市場予測及び、これらに対応するための「複合材サプライ・チェーン構築戦略を策定している。この戦略によれば、2016 年現在の複合材市場 22 億 9,000 万ポンドが 2030 年には 4 倍強の 102 億ポンドになると予測しており、中でも有望な市場として最大のものから「航空・宇宙産業（35 億 9,000 万ポンド）」、「自動車産業（34 億 9,000 万ポンド）」、「建設産業（15 億 2,000 万ポンド）」、「防衛（11 億 5,000 万ポンド）」、「石油/ガス（11 億ポンド）」、「再生可能エネルギー（11 億ポンド）」等が挙げられている。複合材産業の有望市場と有望製品を図 2.3-1 に示す。

図 2.3-1　複合材産業の有望市場と有望製品

出典：UK Composites Strategy 2016

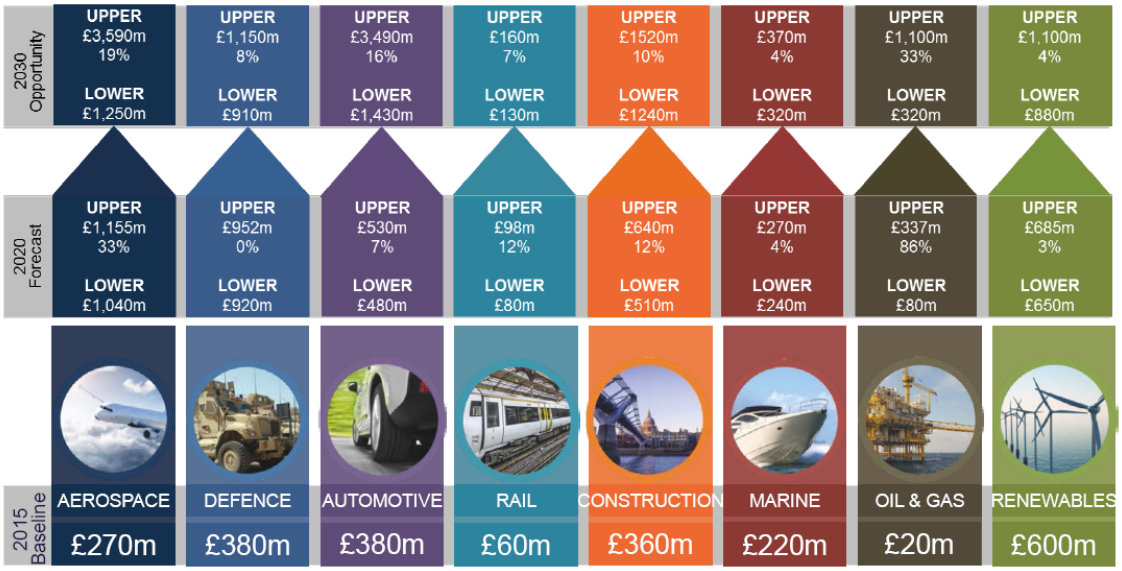


図 2.3-2　複合材産業の有望市場と将来市場予測

出典：UK Composites Strategy 2016

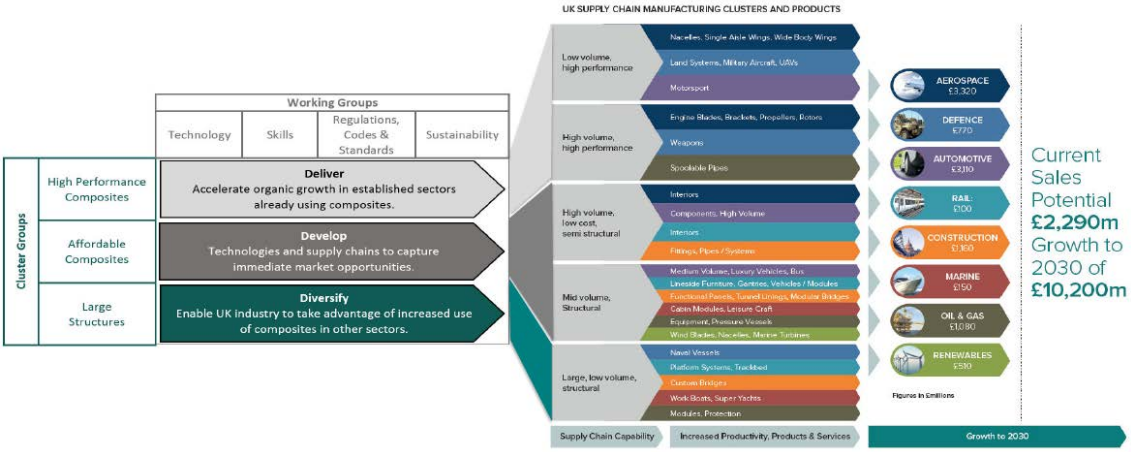


図 2.3-3　英国複合材戦略の概要（UK Composites Strategy 2016）

出典：UK Composites Strategy 2016

2.3.3　ドイツの動向

ドイツでは、2013 年に国内最大の４つの繊維複合材産業団体・協会（AVK、Carbon Composites、CFK Valley、VDMA）によって設立された統括組織「Composite Germany」が中心となって、以下の様な活動を実施している。

- 各種ロビイング（Lobbying)活動
- 標準化・標準構築（Standards and Standardization）
- 持続可能性及びリサイクル（Sustainability and Recycling)に関する共同研究開発
- 教育・訓練（Education and Training）

2.4　中国の動向

中国における関係主体の繊維補強樹脂材料等の技術開発等の動向を以下に示す。

2.4.1　中国の政策動向

中国では 2013 年頃から、炭素繊維の研究開発と産業化に関する政策が多く発表されており、炭素繊維産業の形成を急ぐ一方、植物繊維に関しては、まだ研究開発の推進の段階にある。繊維補強樹脂材料等に関わる中国の政策を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1　繊維補強樹脂材料等に関わる中国の政策

発表時期	政策名
2013 年 11 月	「炭素繊維産業発展行動計画の加速推進に関する通知（工信部原［2013］426 号）」
2015 年 3 月	「2015 年産業振興及び技術革新の重点方向」
2015 年 5 月	「中国製造 2025」
2015 年 11 月	「産業重要共通技術発展ガイド（2015 年）」
2016 年 11 月	「第十三次五カ年計画国家戦略上の新興産業の発展計画」
2016 年 12 月	「産業用紡織品業第十三次五カ年計画発展指導意見」
2016 年 12 月	「新素材産業発展ガイド」
2017 年 10 月	「産業重要共通技術発展ガイド（2017 年）」

（１）炭素繊維産業発展行動計画の加速推進に関する通知

工業情報化部が 2013 年 11 月に発表した「炭素繊維産業発展行動計画の加速推進に関する通知（工信部原［2013］426 号)」[6]では、従来の炭素繊維のアップグレード、モデルチェンジによって炭素繊維と同複合材料産業の発展を進め、国民経済や国防工業の発展のニーズを満たすことを目標としている。具体的には、2020 年までに、中国の炭素繊維の技術水準や総合競争力を国際水準まで高めることを目標とし、炭素繊維の品種を拡充すること、国際競争力のある大型炭素繊維企業グループを ２～３ 社育成すること、技術開発力が高く産業チェーンが整備された炭素繊維・複合材料工業区を形成することなどが打ち出されている[7]。

（２）2015 年産業振興及び技術革新の重点方向

国家発展改革委員会と工業情報化部が 2015 年３月に発表した「2015 年産業振興及び技術革新の重点方向」[8]では、重点技術装備保障プロセスの１つとして、新エネ自動車産業を挙げ、その中で自動車部品の軽量化技術として、長繊維強化プラスチックの自動車部品生産設備が指定されている。また、非金属新素材の改良の１つとして、高性能繊維及びその複合材が挙げられており、建材の補強、炭素軸電線、自動車の軽量化、新エネ・海洋分野の

---

6 中国工業情報化部ホームページ
http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146285/n1146352/n3054355/n3057569/n3057572/c3568380/content.html
7 日本化学繊維協会「業界ニュース 2013.11.20」
https://www.jcfa.gr.jp/mg/wp-content/uploads/news/industry/2013/12/5553/975news.pdf
8 宜春市工信委員会ホームページ http://xxgk.yichun.gov.cn/gxw/xxgk/gzdt/gggs/201503/t20150326_430423.html

応用のため、1,000 トン級の T700 級の炭素繊維生産設備及び 100 トン級の T800 級炭素繊維製造ラインが指定されている。

（３）国家戦略「中国製造 2025」

「中国製造 2025」は、中国を製造大国へと導く政策として発表されたもので、「新素材」が重点分野の１つに指定されており、具体的には、超電導材料、ナノ材料、グラフェン、生物質材料が挙げられている。「中国製造 2025」の概要を図 2.4-1 に示す。

中長期目標	基本戦略	重点分野	推進方針・政策
＜2025 年＞ 世界の製造強国の1つに ⇩ ＜2035 年＞ 世界の製造強国の中位に ⇩ ＜2049 年＞ 世界の製造強国 のトップクラスに	・イノベーション能力の向上 ・製造業と情報技術の融合 ・基盤能力の強化 ・品質向上・ブランド力強化 ・グリーン製造の推進 ・重点分野の発展推進 ・構造調整の推進 ・サービス型製造業/生産型サービス業の推進 ・国際化水準の向上	(1)次世代情報技術(IT) (2)高性能NC制御工作機械・ロボット (3)航空・宇宙用設備 (4)海上設備及びハイテク船舶 (5)先端軌道交通設備 (6)省エネ・新エネ自動車 (7)電力設備 (8)農業設備 (9)新素材 (10)バイオ医療	・体制改革の推進 ・公平な競争環境の整備 ・金融面の支援強化 ・財政・税制面の支援強化 ・人材育成体制の構築 ・中小零細企業の支援強化 ・製造業の対外開放の拡大 ・組織的な実施体制の構築

出所）中国国務院『国務院〈中国製造 2025〉の印刷・公布に関する通知』を基に作成

図 2.4-1　中国の国家戦略「中国製造 2025」の概要

出典：SMBC Business Focus 第 31 号、2017 年 9 月 21 日

（４）産業重要共通技術発展ガイド（2015 年）

2015 年 11 月に工業情報化部が発表した「産業重要共通技術発展ガイド（2015 年)」[9] では、ガラス繊維に関しては、第二部：原材料工業の第４節：建材の第５項において、低コスト・高性能ガラス繊維及びその使用製品製造主要技術として、ガラス配合調整に関連する専用浸潤剤と専用漏板製造技術と純酸素燃焼技術の研究開発が挙げられている。

また、植物繊維に関しては、第四部：消費品工業の第１節：紡績の項において、生物質化学繊維産業の主要技術として「パルプ繊維一体産業化技術：新溶剤法繊維専用パルプ製造及び溶解-製糸-溶剤技術、ジアミノペンタン・ポリアミド産業化主要技術、難燃性・低温加工吸湿排湿性能繊維とその応用技術、生物質グラフィンの大量生産及びグラフィンの機能性繊維としての産業化応用技術」が指定されている。

[9] 中国工業情報化部ホームページ
http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057497/n3057503/c4430838/content.html

（５）第十三次五カ年計画国家戦略上の新興産業の発展計画

2016 年 11 月に国務院が発表した「第十三次五カ年計画国家戦略上の新興産業の発展計画（国発[2016]67 号)」[10]によると、戦略性新興産業は新しいラウンドの科学技術革命と産業の変革の方向を表し、新たな原動力を育み、未来に向けた競争力を身につけるための要になる分野である。2020 年までに戦略性振興産業の付加価値が国内総生産に占める割合を 15%にまで引き上げ、次世代情報技術、ハイエンドの製造、バイオ、グリーン低炭素、デジタル・クリエイティブなど、生産規模が 10 兆元台の５つの柱となる産業を形成するとしている。さらに、計画では、８つのミッションを掲げ、そのなかで「ハイエンド設備と新素材産業のブレークスルー」を謳っている。具体的には、航空宇宙産業、LRT、新エネ自動車などにおける炭素繊維などの高性能繊維の使用を挙げている。

（６）産業用紡織品業第十三次五カ年計画発展指導意見

2016 年 12 月に国家発展改革委員会と工業情報化部が発表した「産業用紡織品業第十三次五カ年計画発展指導意見」[11]によると、重点的発展の方向として、戦略的産業用紡績品の新素材の１つとして炭素繊維の送電線などの製品の研究応用を推し進めるとしている。具体的領域としては、上記意見の解説文書[12]によると、飛行機、高速列車、ハイテク装備、国防軍備、宇宙産業、新エネルギーなどの領域を重点とするとしている。また、植物繊維についても、炭素繊維と同様に、新素材の研究開発と産業化及びその応用を推進するとしている。

（７）新素材産業発展ガイド

2016 年１２月に工業情報化部、国家発展改革委員会、科学技術部、財政部が合同で発表した「新素材産業発展ガイド」[13]によると、2020 年までに（１）先進基礎素材全体の安定供給を実現する（２）戦略的重要素材の総合保障能力を 70%超に引き上げる（３）最先端新素材で一連の核心技術特許を取得し、一部品種では量産を実現することを目標としている。また、同ガイドでは、新素材産業の新体制構築を最も重視し、2020 年までに炭素繊維複合材料、高品質特殊鋼、先進軽合金材料などの分野で 70 種類以上の重点新素材の産業化や応用を実現し、中国の新素材産業の発展レベルに見合った生産設備の保障体制を構築する、としている[14]。

---

[10] 中国中央人民政府ホームページ http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content_5150090.htm
[11] 中国工業情報化部ホームページ
http://www.miit.gov.cn/n1146290/n4388791/c5469242/part/5469253.doc
[12] 中国工業情報化部ホームページ
http://bzj.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057601/n3057610/c5676924/content.html
[13] 中国工業情報化部ホームページ
http://www.miit.gov.cn/n1146290/n4388791/c5473607/content.html
[14] Sankeibiz ホームページ
https://www.sankeibiz.jp/macro/news/170215/mcb1702150500003-n1.htm

（８）産業重要共通技術発展ガイド（2017 年）

2017 年 10 月に工業情報化部が発表した「産業重要共通技術発展ガイド（2017 年）」[15]では、第五部：原材料工業の第３節石油化学工業の第 11 項において、低コスト自動車専用炭素繊維の主要技術として「予備酸化などのキーポイント生産技術、原糸の紡糸速度及び紡糸液に含む固形量のコントロール技術、自動車の典型的部品に求められる総合性能を満たした大結束低コスト炭素繊維材料、炭素繊維材料性能検測技術」が指定されている。

（９）バイオエタノール生産に関する政策

中国政府は当初、余剰在庫となっていた穀物を原料にエタノール生産を行っていたが、穀物由来のエタノール燃料に対する追加投資を禁止し、サツマイモ、キャッサバ、トウモロコシといった澱粉や糖分を豊富に含む非穀物農産物に投資先を移している。さらに、セルロース系エタノール製造技術の開発への取組を強化している[16]。

（10）非可食性バイオマスに関する動向

「中国化学繊維工業発展計画研究 2016-2020」[17]によると、中国の社会経済は、資源環境の制約という挑戦に直面しており、人の食糧や耕作可能地との競合を避け、非穀物作物や農業廃棄物、竹、麻、速生林や海洋生物資源などを用いてバイオケミカルファイバーを製造することが化学繊維工業の持続可能な発展に重要な意義があると指摘している。

（11）全国繊維強化プラスチック標準化技術委員会

本委員会は国の組織である国家標準化管理委員会の下にあり、先進高性能複合材を含む繊維強化プラスチック（複合材料）の領域の標準化を担っている。中国建築材料連合会が業務指導を行っており、2018 年 12 月現在、33 名が委員として名を連ねている。この委員会が制定した繊維強化プラスチック関連の国家標準は約 25 あり、その他に約 15 の標準が現在制定作業中となっている。中国には繊維強化プラスチック関連の国家標準が約 200 弱あり、その他に業界標準として約 30 の標準があるが、その多くがガラス繊維関連のもので約 130 あるのに対し、炭素繊維関連のものは増加傾向にあるものの、約 25 となっている[18]。

---

15 中国工業情報化部ホームページ http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146290/n4388791/c5884747/content.html
16 2014 年度第 33 回 JPEC レポート、平成 27 年 3 月 26 日、石油エネルギー技術センター、
http://www.pecj.or.jp/japanese/minireport/pdf/H26_2014/2014-033.pdf
17 中国化学繊維工業協会・化学繊維産業技術創新戦略聯盟編著、中国紡績出版社、2017 年 3 月、271 ページ
18 全国標準化管理委員会ホームページ
http://www.std.gov.cn/search/orgDetailView?tcCode=TC39

2.4.2　中国の業界団体の動向

中国では、ガラス繊維、炭素繊維、植物繊維に関連して独立して業界団体があるのではなく、業界がガラス繊維強化樹脂から発展してきている背景から、ガラス繊維業界が主体となって取組を行っている。中国における繊維強化樹脂等に関わる業界団体を表 2.4-2 に示す。

表 2.4-2　中国における繊維補強樹脂等に関わる業界団体

業界団体名	概要
中国ガラス繊維工業協会（CFIA：China Fiberglass Industry Association）／中国複合材料工業協会（CCIA：China Composites Industry Association、	旧中国 FRP 産業協会（FIA：China FRP Industry Association）で、ガラス繊維製造事業者から成る業界団体と、旧ガラス繊維強化材工業協会であり、現在はガラス繊維だけでなく、炭素繊維も対象としている。事務局は両協会の事務を兼務。
中国建築材料連合会（CBMF：China Building Materials Federation）	中国の国家基準を策定している国家標準化管理委員会の下の全国繊維強化プラスチック標準化技術委員会の担当組織を担っており、繊維関連の基準も担当している。
中国化学繊維工業協会（CCFA：China Chemical Fibers Association）	化学繊維が主であるが、炭素繊維や植物繊維も扱っており、それぞれ分会を設置している。国の産業政策をまとめている「イエローペーパー」「ブルーペーパー」の編集を担当している。

2.4.3　中国の民間企業等の動向

（1）炭素繊維プラットフォーム建設

2013 年から吉林省経済開発区において、吉林炭素繊維プラットフォームの建設が開始されている。計画では、同開発区に、炭素繊維の産業チェーンを発展させ、「中国のカーボンバレー」を建設する。現在、吉林経済開発区には、吉林化繊、中鋼江城炭素繊維、吉研高科などの炭素繊維メーカーが集積しており、同地で、炭素繊維の原糸から炭素繊維、複合材料、炭素繊維製自転車製造までの炭素繊維産業チェーンを形成している。 プラットフォームは、吉林市経済開発科学技術有限公司が 1.2 億元（約 19.6 億円：2018 年 12 月現在、1 元＝16.3 円）をかけて建設するもので、敷地面積 3.32 万 m^2、中間試験室、インキュベーション工房、研究開発センター、検査測定センター、総合サービスセンターなどを備える[19]。

[19] 日本化学繊維協会「業界ニュース 2013.6.20」
https://www.jcfa.gr.jp/mg/wp-content/uploads/news/industry/2013/12/5510/130620_961.pdf

（２）中国における炭素繊維の使用事例

高品質の炭素繊維市場は、航空宇宙分野、特に航空機製造業では広範に応用されている。高品質炭素繊維複合材料の使用量は、小型ビジネス旅客機やヘリコプター製造で、従来に比べ 70%～ 80%、軍用機で 30%～40%、大型旅客機では 15%～50%増加している。また、炭素繊維複合材料は武器装備品の重要な材料となっている。中国で生産されるヘリコプターで使用される炭素繊維複合材料の消費量も日々増加し、Z-９型ヘリコプターでは、その使用量は 60%前後まで高まっている。また、寧夏、福建などの一部では、炭素繊維製ケーブルの送電線が使われているが、これによりエネルギー消費が３%前後抑えられ、送電鉄塔が 50%減少し、土地を節約することができたという効果もある。油田採掘分野においても、2,000m以上も深く入っていける採油パイプは炭素繊維製だけであり、その潜在需要が大きい[20]。宇宙分野では、中国国産の神舟１～９号の推進分離系統を担う主力部品に炭素繊維複合材が使われており、ロケットの重量軽減に貢献している[21]。

中国の大手家電メーカーであるハイアールは、2018 年 3 月、連続繊維強化熱可塑性プラスチック（Continuous Fiber-Reinforced Thermo Plastic：CFRTP）を送風ケース部分に採用した高級ラインナップ Casarte ブランドのクーラーを発表した。送風ケースはドイツの化学品メーカーである Covestro 社の Maezio(TM)というブランドの CFRTP を使用しており、蘇州にある Yichangtai プラスチック有限公司と協力して製造されている[22]。

図 2.4-2　ハイアールの CFRTP を採用したエアコンと送風ケース

出典：www.xianjichina.com

[20] 日本化学繊維協会「業界ニュース 2013.1.10」
https://www.jcfa.gr.jp/mg/wp-content/uploads/news/industry/2013/01/5365/130110_945.pdf
[21] 中国ガラス繊維工業協会/中国複合材料工業協会ホームページ
https://www.cfiafrp.com/news/show.php?itemid=2671
[22] 賢集網、https://www.xianjichina.com/special/detail_317812.html 及び慧聡塑料網、
http://info.plas.hc360.com/2018/08/071423668978.shtml

第３章　繊維補強樹脂材料等に関する市場調査

本調査では、国別の繊維補強樹脂材料等の市場の推計を行った。本章ではその結果を示す。

3.1　市場の推計方法の検討

繊維補強樹脂材料別の市場を網羅的に調査した資料は見あたらないため、市場の推計方法に関して検討を行った。

（１）世界市場の推計方法

既存の市場レポート等を基に市場を推計することとした。参考とした文献を表 3.1-1 に示す。

Journals and Exhibitions on Composites Group（以下、JEC 社）はパリを拠点として、複合材料の雑誌出版と世界 3 箇所（パリ、シカゴ、アジア（2018 年はソウル））での複合材展示会を開催する調査会社で、毎年 1 回、複合材料の市場調査報告書を発行している。本調査では、2017 年版 JEC 社市場調査報告書をベースとすることとした。JEC 社の複合材料の定義は、「樹脂と金属繊維を除く繊維」であり、対象繊維は、炭素繊維、ガラス繊維、天然繊維（パルプ・植物繊維）、アラミド繊維の 4 種類である。なお、JEC 社報告書では、WPC（Wood Plastic Composite/ウッドプラスチック）における木粉は樹脂へのフィラー（添加剤）とみなして、複合材集計には含めていない。市場は生産数量及び生産金額で表すものとし、生産数量は成形品（樹脂＋繊維）での重量、生産金額は成形品の成形加工工場から組み立てメーカーへの出荷金額とした。

なお、炭素繊維複合材料市場については、富士経済（株）の 2015 年の生産数量及び生産金額の集計データがあるため、炭素繊維複合材料市場については当該資料をベースに設定した。

JEC 社の天燃繊維成形品の 2016 年における生産数量は、複合材全体の 11%（119 万トン）であった。JEC 社では木粉は樹脂へのフィラー（添加剤）とみなして、複合材集計には含めていないが、プラスチックを含まない内装材天燃繊維が複合材集計に加算されている可能性があるため、天然繊維成形品の市場については、欧州の複合材業界団体である AVK の報告書を基に設定することとした。AVK の報告書では、2012 年に天燃繊維成形品 9.2 万トン、WPC(ウッドプラスチック）26 万トンと記載されており、ヨーロッパ市場規模は生産数量及び生産金額ともに世界市場規模の 21%であること、2012 年から 2016 年までの市場拡大を加味して、2016 年の天燃繊維成形品生産数量を 52 万トンと設定した。天燃繊維成形品単価は WPC の単価 300 円/kg と、天燃繊維の一次加工品レベルのヘンプ単価 50～150 円/kg やフラックス 59～277 円/kg を参考に、400 円/kg と設定した。

ガラス繊維複合材料の生産数量及び生産金額については、炭素繊維複合材料及び天燃繊維複合材料の生産数量及び生産金額を全体市場より差し引く形で設定した。2016 年における WPC 市場は、米国、中国を中心に 110 万トン以上の 400 万トンに達する規模であり、繊維補強樹脂材料ではないことから本市場検討から除外した。

JEC 社報告書では、世界市場における樹脂別重量では、熱硬化樹脂成形品が 62%、熱可塑性樹脂 38%としている。JEC 社の熱可塑性樹脂成形品重量比率 38%（410 万トン）から、炭素繊維熱可塑成形品の重量 2 万トン、熱可塑天然繊維（パルプ・植物繊維）成形品 52 万トンを差し引くとガラス繊維熱可塑は 356 万トンとなる。富士経済（株）報告書（コンパウンド市場の展望と世界戦略）では、樹脂市場の 2014 年ガラス繊維強化ペレットの販売数量は 302 万トンとしている。一方、同報告書における熱可塑ガラス繊維複合材料の集計には、樹脂ユーザーが自身で混練するものは含まれていないので、その分を考慮すると、JEC 社の 356 万トンは妥当な水準と考えられる。そのため、市場における熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂の割合については、明らかに一方のみ使用していることが明らかな場合を除いて、日本以外の市場では、熱硬化性樹脂が 62%、熱可塑性樹脂が 38%として市場を算出している。

（２）用途別の推計方法

JEC 社調査を基に用途分類を設定した。その内容を表 3.1-2 に示す。

天燃繊維の用途 52 万トンは、輸送（自動車）51 万トンとし、輸送以外の用途は消費財に 1 万トンとした。

（３）地域別の推計方法

JEC 社報告書では、日本はその他アジアとして扱われているので、（一社）強化プラスチック強化協会の飽和ポリエステル樹脂 FRP 統計など参考として、日本での数量、金額を算出した。ガラス繊維成形品の単価は日本市場にかぎり、1,000 円/kg と推定した。

北米、欧州、中国の用途別数量、金額は JEC 社データを使用した。①日本及び中国を除くアジア・オセアニア、②その他（中東・アフリカ・中南米）の用途別数量、金額については、炭素繊維の金額比（①は中国の 26%、②は中国の 28%）を基に、中国の用途別比率に乗じて算出した。

また、日本市場以外のガラス繊維熱可塑性樹脂の単価を 600 円/kg とした。

表 3.1-1　市場調査で参考とした文献

No.	対象	文献名	著者	備考
1	炭素繊維	炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望 ～炭素繊維複合材料関連マテリアル・装置市場及び用途別市場を徹底調査～	(株)富士経済 東京マーケティング本部第四部 調査・編集	・炭素繊維複合材の成形品段階の数量（重量)、金額を参考とした ・成形品の需要地での数量、金額を採用しているので、炭素繊維素材は日本で製造されても、成形品が北米に輸出された場合は北米に計上される
2	ガラス繊維 天然繊維（パルプ・植物繊維)	Overview of the global composites market at the crossroads	JEC(Journals and Exhibitions on Composites) Group	・全ての繊維が含まれているので、上記富士経済レポートの炭素繊維の数量、金額を差し引いたものを炭素繊維以外の複合材の数量、金額とした
3	ガラス繊維強化ペレット	2016　コンパウンド市場の展望と世界戦略	(株)富士経済 東京マーケティング本部ケミカル&マテリアルグループ	ガラス繊維強化コンパウンドの樹脂別数量、用途を参考とした。樹脂に添加剤などをいれたペレットはコンパウンドと呼ばれる。
4	天燃繊維（パルプ・植物繊維)	Composites Market Report 2014 Market Development,　trends, challenges and opportunities	Elmar Witten(AVK ドイツ強化プラスチック連合)etc	2012 年のヨーロッパにおける天燃繊維（パルプ・植物繊維）及び WPC(ウッドプラスチック)の数量（重量）を参考とした。
5	天燃繊維（パルプ・植物繊維)	～麻畑からメルセデスベンツまで～ ヘンププロセスの栽培・加工・販売の全プロセスをドイツに学ぶ ドイツ・ヘンプ産業視察記録	赤星　栄志（バイオマス産業社会ネットワーク） （一社）北海道ヘンプ協会	2003 年ヘンプ産業視察記録の農家での 1 次加工後の販売価格 50～150 円/kg を参考にした。
6	天燃繊維（パルプ・植物繊維)	グリーンコンポジットの開発とその特性評価	高木　均（徳島大学) 機械の研究　第 67 巻第 9 号 (2015)P.731-737	原料価格　亜麻 59～277 円/kg を参考にした。
7	天燃繊維（パルプ・植物繊維)	ウッドプラスチックの可能性と展望	伊藤　弘和（トクラス㈱）プラスチック成形加工学会第 151 回講演会資料(2016 年 1 月) P.39-P.54	ウッドプラスチック価格 300 円を参考にした。
8	ガラス繊維熱硬化	平成 28，29 年 FRP 用途別・成形法別統計	（一社）強化プラスチック協会	日本市場の熱硬化ガラス繊維数量を参考にした。

表 3.1-2　JEC 社調査を基にした用途分類

用途名	対象機器
輸送	自動車、鉄道車両
建設※1	土木資材、屋根、窓サッシ、扉、外構、インテリア、浴槽
電気/電子	筐体、プリント配線基板
パイプ/タンク	パイプ、タンク
消費財	スポーツ用品、自転車、楽器
風力発電※2	ブレード、ナセル
航空宇宙	航空機、人工衛星、宇宙船、軍事
その他	ボート、医用材料、ロボット、３Ｄプリンティング

※1：JEC 社は建設に関する対象機器は建築及び土木の資材と大まかに記載されているが、日本市場で主要な用途である浴槽や窓サッシ等も分かるよう対象機器に明記した

※2：JEC 社は風力発電の対象機器としてブレードのみ記載しているが、ナセルも強化樹脂が使用されていることは明らかなため、対象機器に追記した

3.2　推計結果

3.2.1　世界の市場

樹脂（プラスチック・化学繊維を除く）の世界の生産量 3 億トン規模に対して、複合材料の成形品の生産量は 2016 年実績で 1,080 万トン、成形品の金額は 9.02 兆円（110 円/$）である。複合材の母材（マトリックス）は樹脂であり、成形品重量比で熱硬化性樹脂が 62%、熱可塑性樹脂が 38%とされている。ガラス繊維強化ペレットの販売数量は 302 万トン（2014 年富士経済）である一方、JEC 社の熱可塑性樹脂成形品重量比率 38%（410 万トン）である。富士経済の集計には、樹脂ユーザーが自身で混練するものは含まれていないので、JEC 社の 410 万トンと富士経済機能性樹脂調査ペレット平均単価は 300 円/kg から、ペレット費用 1 兆 2,300 億円となる。加工費用を原料費と同額程度とすると、熱可塑性樹脂をマトリックスとする成形品ベース価格は 2 兆 4,600 億円と推定される。熱可塑性樹脂の金額比は複合材料成形品 9.02 兆円の 27%となる。熱硬化樹脂炭素繊維が中心である航空宇宙用途は金額比で世界の 13%を占めることから、金額比では熱硬化性樹脂は 73%となる。

繊維強化複合樹脂材料市場（成形品ベース）の繊維別重量比を図 3.2-1 に繊維別金額比を図 3.2-2 に示す。重量比では、ガラス繊維複合材料が全体の 9 割以上を占めているが、金額比では炭素繊維複合材料の比率が増え、ガラス繊維複合材料は全体の 8 割程度となっている。

2016 年の世界の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-3～5 に、金額ベースを図 3.2-6～8 に示す。ガラス繊維複合材料のうち、数量・金額ともに輸送用途が最も大きい。その他、比較的大きな市場として、数量・金額ともに、建設用途、電気・電子用途、パイプ・タンク用途が挙げられる。炭素繊維複合材料については、数量比で航空・宇宙用途及び風力用途が大きいが、金額比になると航空・宇宙用途が圧倒的に大きい。パルプ・植物繊維複合材料は、輸送用途に使用されており、一部消費財に用いられている。

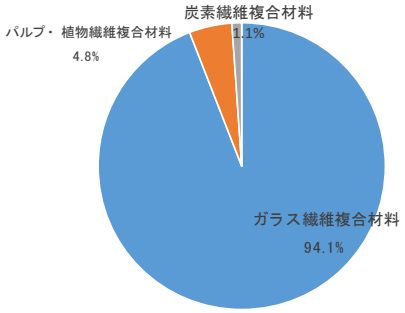


図 3.2-1　繊維強化複合材料市場
繊維別重量比（成形品ベース）
※総量 1,080 万トン

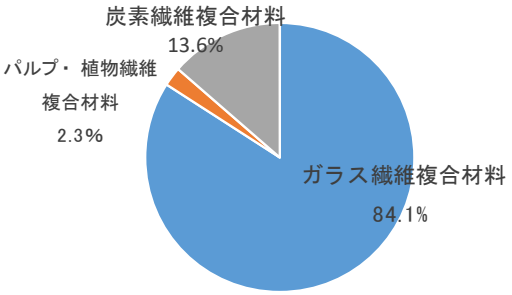


図 3.2-2　繊維強化複合材料市場
繊維別金額比（成形品ベース）
※総額 9 兆円

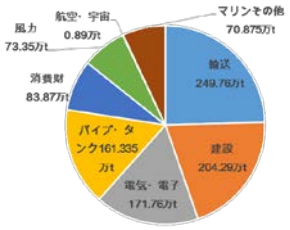


図 3.2-3　ガラス繊維複合材料
用途別市場（数量ベース）

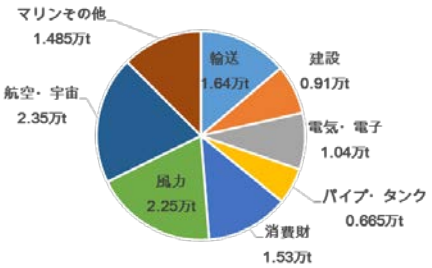


図 3.2-4　炭素繊維複合材料
用途別市場（数量ベース）

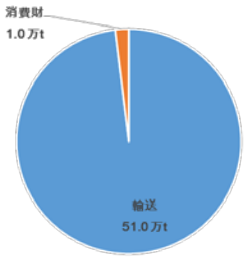


図 3.2-5　パルプ・植物繊維複合材料
用途別市場（数量ベース）

図 3.2-6　ガラス繊維複合材料
用途別市場（金額ベース）

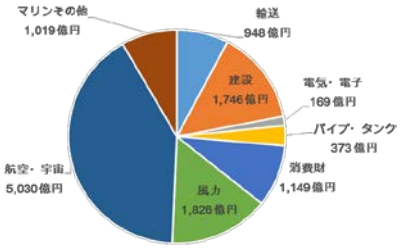


図 3.2-7　炭素繊維複合材料
用途別市場（金額ベース）

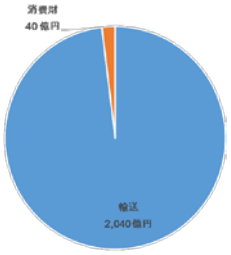


図 3.2-8　パルプ・植物繊維複合材料
用途別市場（金額ベース）

3.2.2　日本の市場

日本の繊維複合材料の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-9 に、金額ベースを図 3.2-10 に示す。数量 38 万トンは世界の 4%、金額 4,800 億円は世界の 5%である。日本では、輸送用途及び建築用途が複合材料用途全体の半数以上を占めている。JEC 社調査を基にした用途分類が繊維複合材料を区分するのに有効と考えられるため、その区分に分けて整理を行った。用途別繊維種類別の内訳を（1）～（8）に示す。

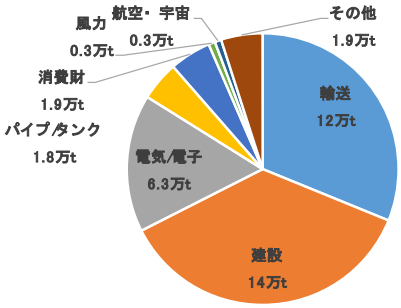


図 3.2-9　日本の用途別市場
（数量ベース）

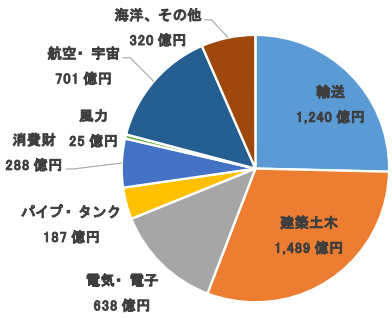


図 3.2-10　日本の用途別市場
（金額ベース）

（1）輸送

輸送用途では、特に自動車用途の熱可塑性ガラス繊維複合材料の市場が大きい。環境問題への取り組みから軽量化での FRP 部品検討・採用が拡大し、ハイブリッド・電気自動車へと移行していく中で成長分野と位置付けられる。

表 3.2-1　日本の輸送市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
輸送	熱硬化	ガラス繊維	21,112	211	・強化プラスチック協会統計 2016 年 ・単価 1,000 円/kg として推定
		炭素繊維	510	42	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	93,167	932	・富士経済資料（3)169 万トン ・コンパウンド日本販売比率（5.5%)
		炭素繊維	1,000	15	富士経済資料(1)
		植物繊維	4,000	16	・トヨタ紡織資料ケナフ 200 万 m^2×2mm＝4,000 トン ・単価 400 円/kg として推定
	計		119,789	1,216	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用
※日本市場のみ、ガラス繊維成形品単価を 1,000 円/kg とした。

（２）建設

建設用途では、特に熱硬化性ガラス繊維複合材料の市場が大きい。波・平板の分野はポリカーボネート等への材料置換があったが、屋根防水や下水道の補修・更生用途には着実に需要が伸びている。浴槽・浴室ユニットは新設住宅着工件数が大幅に減少する中、リフォーム需要が下支えしている。

表 3.2-2　日本の建設市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
建設	熱硬化	ガラス繊維	103,373	1,034	・強化プラスチック協会統計 2016 年 ・単価 1,000 円/kg として推定
		炭素繊維	1,080	207	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	12,569	126	・富士経済資料（3)23 万トン ・コンパウンド日本販売比率（5.5%） ・ケーブルトラフに GMT 成形が採用されている
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	22,707	68	・日本の WPC 市場 ・単価 300 円/kg として推定
	計		139,729	1,435	

※日本市場のみ WPC の数量・金額を入れている
※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（３）電気/電子

電気/電子用途では、熱硬化性、熱可塑性ともにガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱硬化性炭素繊維複合材料に関する情報は得られなかった。

表 3.2-3　日本の電気/電子市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
電気/電子	熱硬化	ガラス繊維	22,109	221	・強化プラスチック協会統計 2016 年工業材料 ・単価 1,000 円/kg として推定
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	40,051	401	・富士経済資料（3)73 万トン ・コンパウンド日本販売比率（5.5%）
		炭素繊維	980	16	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		63,140	638	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（４）パイプ/タンク

パイプ/タンク用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料が市場全体の大半を占めている。

給水タンクは 1962 年から「一体型高置水槽」の普及が始まり、1970 年代に入り「パネル組立型受水槽」がそれまでのコンクリート製に代わって市場を拡大した。

ビル・マンションの新設着工件数が減少すると共に水道の高圧送水方式への転換が進んだことに伴い、受水槽の需要が激減するなど厳しい環境下になっている。

耐食 FRP タンクは 1958 年より生産が開始された歴史ある市場であるが国内市場は年々減少している。

経済的な FRPM（モルタルサンドイッチ FRP）管が 1970 年に生産開始され、下水道をはじめ工場排水用、海水運搬用、農業用水用、トンネル内配管用、シールド内配管用、電力用など広範囲に使用されているが、公共事業投資の影響が大きい。

表 3.2-4　日本のパイプ/タンク市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
パイプ/タンク	熱硬化	ガラス繊維	17,833	178	・強化プラスチック協会統計 2016 年工業材料 ・単価 1,000 円/kg として推定
		炭素繊維	91	8	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	0	0	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		17,924	186	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（５）消費財

消費財用途では、ラケット、ゴルフクラブ、釣竿、自転車、等に炭素繊維が用いられており、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料、熱硬化性炭素繊維複合材料の全体に占める割合が大きい。

表 3.2-5　日本の消費財市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
消費財	熱硬化	ガラス繊維	6,647	66	・強化プラスチック協会統計 2016 年雑貨 ・単価 1,000 円/kg として推定
		炭素繊維	1,430	113	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	10,254	103	・富士経済資料 (3)19 万トン ・コンパウンド日本販売比率 (5.5%)
		炭素繊維	200	3.6	富士経済資料(1)
		植物繊維	550	2.2	・富士経済資料 (3) ・コンパウンド日本販売比率 5.5% ・単価 400 円/kg として推定
	計		19,081	288	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（６）風力

風力用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料及び熱硬化性炭素繊維複合材料が使用されており、熱可塑性の複合材料に関する情報は見当たらなかった。

表 3.2-6　日本の風力市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
風力	熱硬化	ガラス繊維	2,452	18	・風力世界 5,300 万 kW ・日本 18 万 kW(2017 年導入量)
		炭素繊維	76	6.2	JEC　日本比率
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	情報なし	情報なし	
	計		2,528	24	

※強化プラスチック強化協会統計に風力の項目なし、飽和ポリエステル樹脂を使用していないため、統計対象外と思われる。JEC の世界データを風力導入比率で按分した。
※富士経済では、炭素ブレードはなしとなっていたが、JEC の世界データを風力導入比率で按分した。

（７）航空・宇宙

航空・宇宙用途では、熱硬化性炭素繊維複合材料の生産数量の情報は得られたが、熱硬化性ガラス繊維複合材料及び熱可塑性複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-7　日本の航空・宇宙市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
航空・宇宙	熱硬化	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	3,080	701	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	情報なし	情報なし	
	計		3,080	701	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（８）その他

その他用途としては、ボート、医用材料、ロボット、３Ｄプリンティングがある。

その他用途のうち、船舶分野については、FRP 船の寿命がそれ以前の木造船の数倍に伸びた結果、新造船の建造が激減したこと、200 海里問題が原因の遠洋漁業用大型漁船の減船により、需要が減少しているが、熱硬化性ガラス繊維複合材料の大半をボート用途が占めている。

表 3.2-8　日本のその他市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
その他（ﾎﾞｰﾄ・医用材料・ﾛﾎﾞｯﾄ・3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞ）	熱硬化	ガラス繊維	7,180	72	強化プラスチック協会統計 2016 年船舶＋その他
		炭素繊維	1,310	124	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	9,923	99	・富士経済資料（(3)18 万トン ・コンパウンド日本販売比率（5.5%）
		炭素繊維	830	25	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		19,243	320	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

3.2.3　北米の市場

北米の繊維複合材料の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-11 に、金額ベースを図 3.2-12 に示す。数量 280 万トンは世界の 26%、金額 2 兆 6,400 億円は世界の 29%である。北米においても、日本と同様、輸送用途及び建築用途が複合材料用途全体の半数以上を占めている。

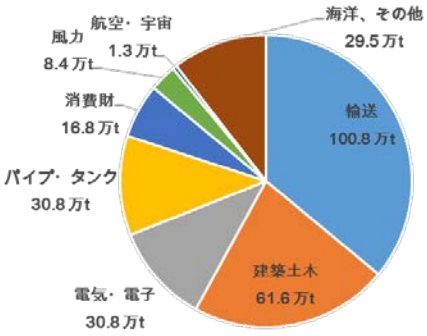


図 3.2-11　北米の用途別市場
（数量ベース）

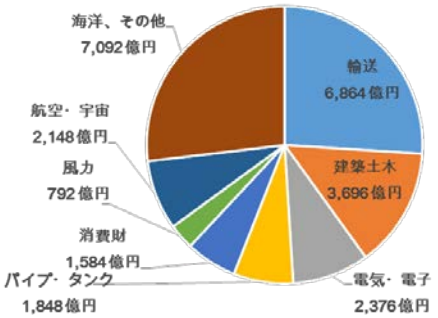


図 3.2-12　北米の用途別市場
（金額ベース）

（1）輸送

輸送用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きく、次いで熱可塑性植物繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-9　北米の輸送市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
輸送	熱硬化	ガラス繊維	542,035	4,258	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	1,150	83	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	332,215	1,993	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	132,600	530	・世界市場 51 万トンに北米比率 26%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		1,008,000	6,864	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（２）建設

建設用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-10　北米の建設市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
建設	熱硬化	ガラス繊維	380,792	1,947	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	1,820	349	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	233,388	1,400	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	情報なし	情報なし	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		616,000	3,696	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（３）電気/電子

電気/電子用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱硬化性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-11　北米の電気/電子市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
電気/電子	熱硬化	ガラス繊維	190,259	1,658	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	情報なし	情報なし	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	116,611	700	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	1,130	18	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		308,000	2,376	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（４）パイプ/タンク

パイプ/タンク用途では、熱硬化ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-12　北米のパイプ/タンク市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
パイプ/タンク	熱硬化	ガラス繊維	302,653	1,840	
		炭素繊維	5,347	8	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		308,000	1,848	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（５）消費財

消費財用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きく、次いで熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-13　北米の消費財市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
消費財	熱硬化	ガラス繊維	101,537	1,105	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	1,430	79	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	62,233	379	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	200	10	富士経済資料(1)
		植物繊維	2,600	10	・世界市場 1 万トンに北米比率 26%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		168,000	1,584	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（６）風力

風力用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-14　北米の風力市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
風力	熱硬化	ガラス繊維	79,500	756	
		炭素繊維	4,500	37	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		84,000	792	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（７）航空・宇宙

航空・宇宙用途では、熱硬化性炭素繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-15　北米の航空・宇宙市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
航空・宇宙	熱硬化	ガラス繊維	3,490	152	
		炭素繊維	9,620	1,996	富士経済炭資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		13,110	2,148	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（８）その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）

その他用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きく、次いで熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-16　北米のその他市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
その他（ﾎﾞｰﾄ・医用材料・ﾛﾎﾞｯﾄ・3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞ）	熱硬化	ガラス繊維	180,680	1,807	
		炭素繊維	1,740	165	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	110,740	5,067	
		炭素繊維	1,730	53	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		294,890	7,092	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

3.2.4　欧州の市場

欧州の繊維複合材料の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-13 に、金額ベースを図 3.2-14 に示す。数量 230 万トンは世界の 21%、金額 1 兆 8,700 億円は世界の 21%である。欧州では、輸送用途が数量ベースで市場全体の 4 割以上を占めている。

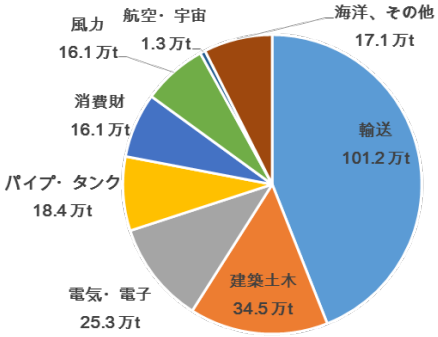


図 3.2-13　欧州の用途別市場
（数量ベース）

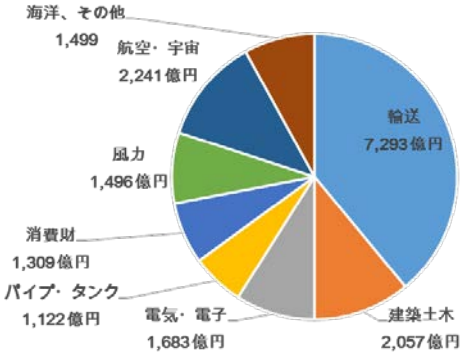


図 3.2-14　欧州の用途別市場
（金額ベース）

（1）輸送

環境問題への取り組みから軽量化での FRP 部品の検討・採用が拡大し、ハイブリッド・電気自動車へと移行していく中で成長分野と位置付けられる。

表 3.2-17　欧州の輸送市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
輸送	熱硬化	ガラス繊維	553,592	4,087	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	12,010	741	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	339,298	2,036	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	107,100	428	・世界市場 51 万トンに欧州比率 21%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		1,012,000	7,292	

富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（２）建設

建設用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きく、次いで熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-18　欧州の建設市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
建設	熱硬化	ガラス繊維	212,772	925	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	1,820	349	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	130,408	783	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		345,000	2,057	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（３）電気/電子

電気/電子用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱硬化性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-19　欧州の電気/電子市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
電気/電子	熱硬化	ガラス繊維	156,122	1,090	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	95,688	574	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	1,190	19	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		253,000	1,683	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（４）パイプ/タンク

パイプ/タンク用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-20　欧州のパイプ/タンク市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
パイプ/タンク	熱硬化	ガラス繊維	183,459	1092	
		炭素繊維	541	30	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		184,000	1,122	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（５）消費財

消費財用途としては、熱可塑性植物繊維複合材料の割合が大きく、次いで、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-21　欧州の消費財市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
消費財	熱硬化	ガラス繊維	98,927	420	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	1,140	90	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	61,773	371	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	300	5.4	富士経済資料(1)
		植物繊維	107,100	428	・世界市場 1 万トンに欧州比率 21%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		161,000	1,309	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（６）風力

風力用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-22　欧州の風力市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
風力	熱硬化	ガラス繊維	153,580	894	
		炭素繊維	7,420	602	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		161,000	1,496	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（７）航空・宇宙

航空・宇宙用途では、熱硬化性炭素繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-23　欧州の航空・宇宙市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
航空・宇宙	熱硬化	ガラス繊維	3,470	158	
		炭素繊維	9,630	2,083	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		13,100	2,241	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（８）その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）

その他用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-24　欧州のその他市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
その他（ﾎﾞｰﾄ・医用材料・ﾛﾎﾞｯﾄ・3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞ）	熱硬化	ガラス繊維	103,149	797	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	2,600	247	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	63,221	379	・熱可塑重量比 38% ・単価 600 円/kg として推定
		炭素繊維	1,930	75	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		170,900	1,499	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

3.2.5　中国の市場

中国の繊維複合材料の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-15 に、金額ベースを図 3.2-16 に示す。数量 310 万トンは世界の 29%、金額 2 兆 3,100 億円は世界の 26%である。中国では、輸送用途、建設用途の他、電気・電子用途、パイプ・タンク用途の市場全体に占める割合が大きい。

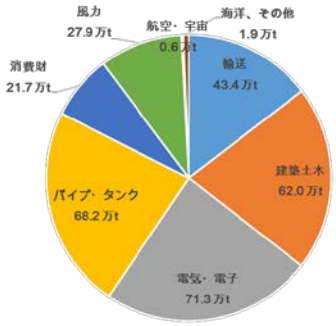


図 3.2-15　中国の用途別市場
（数量ベース）

図 3.2-16　中国の用途別市場
（金額ベース）

（1）輸送

環境問題への取り組みから軽量化での FRP 部品検討・採用が拡大し、ハイブリッド・電気自動車へと移行していく中で成長分野と位置付けられる。

表 3.2-25　中国の輸送市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
輸送	熱硬化	ガラス繊維	177,202	1970	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	290	21	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	108,608	652	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	147,900	592	・世界市場 51 万トンに中国比率 29%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		434,000	3,235	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（２）建設

建設用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-26　中国の建設市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
建設	熱硬化	ガラス繊維	382,707	1,996	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	2,730	524	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	234,563	1,407	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		620,000	3,927	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（３）電気/電子

電気/電子用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱硬化性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-27　中国の電気/電子市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
電気/電子	熱硬化	ガラス繊維	439,090	3,390	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	269,120	1,615	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	4,790	78	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		713,000	5,083	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（４）パイプ/タンク

パイプ/タンク用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料がほぼすべての市場を占めている。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-28　中国のパイプ/タンク市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
パイプ/タンク	熱硬化	ガラス繊維	799,998	3,927	
		炭素繊維	2	0.1	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		800,000	3,927	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（５）消費財

消費財用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-29　中国の消費財市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
消費財	熱硬化	ガラス繊維	128,724	412	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	9,300	736	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	75,996	456	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	80	1.5	富士経済資料(1)
		植物繊維	2,900	12	・世界市場 1 万トンに中国比率 29%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		217,000	1,617	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（６）風力

風力用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-30　中国の風力市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
風力	熱硬化	ガラス繊維	271,580	2,225	
		炭素繊維	7,420	547	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		279,000	2,772	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（７）航空・宇宙

航空・宇宙用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-31　中国の航空・宇宙市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
航空・宇宙	熱硬化	ガラス繊維	5,930	8.3	
		炭素繊維	470	101	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		6,400	109	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（８）その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）

その他用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-32　中国のその他市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
その他（ﾎﾞｰﾄ・医用材料・ﾛﾎﾞｯﾄ・3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞ）	熱硬化	ガラス繊維	17,862	179	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	1,310	124	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	10,948	2,109	
		炭素繊維	880	20	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		31,000	2,432	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

3.2.6　その他アジア（日本及び中国を除くアジア）・オセアニア地域の市場

その他アジア（日本及び中国を除くアジア）・オセアニアの繊維複合材料の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-17 に、金額ベースを図 3.2-18 に示す。数量 166 万トンは世界の 15%、金額 1 兆 2,400 億円は世界の 14%である。輸送用途、電気・電子用途の市場全体に占める割合が大きい他、他国・地域と比較して消費財の割合が大きい。

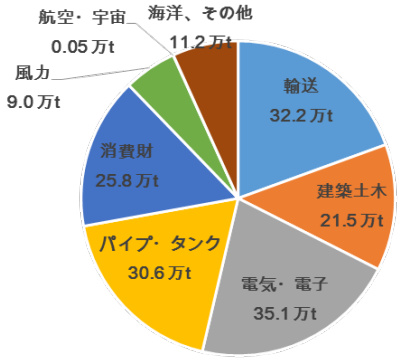


図 3.2-17　その他アジア・オセアニアの用途別市場（数量ベース）

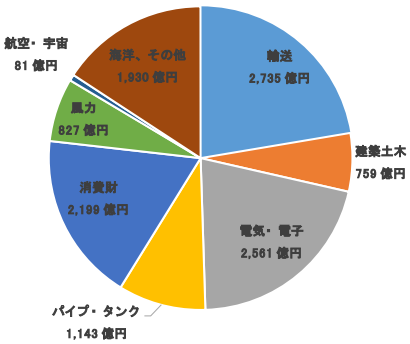


図 3.2-18　その他アジア・オセアニアの用途別市場（金額ベース）

（1）輸送

環境問題への取り組みから軽量化での FRP 部品検討・採用が拡大し、ハイブリッド・電気自動車へと移行していく中で成長分野と位置付けられる。

表 3.2-33　その他アジア・オセアニアの輸送市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
輸送	熱硬化	ガラス繊維	152,163	1,864	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	75	5.4	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	93,261	560	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	76,500	306	・世界市場 51 万トンにアジア比率 15%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		322,000	2,735	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（２）建設

建設用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-34　その他アジア・オセアニアの建設市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
建設	熱硬化	ガラス繊維	132,860	134	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	710	136	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	81,430	489	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		215,000	759	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（３）電気/電子

電気/電子用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-35　その他アジア・オセアニアの電気/電子市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
電気/電子	熱硬化	ガラス繊維	216,848	1744	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	0	0	
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	132,907	797	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	1,245	20	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	計		351,000	2,561	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（４）パイプ/タンク

パイプ/タンク用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-36　その他アジア・オセアニアのパイプ/タンク市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
パイプ/タンク	熱硬化	ガラス繊維	239,999	1,143	
		炭素繊維	1	0.3	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		240,000	1,143	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（５）消費財

消費財用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-37　その他アジア・オセアニアの消費財市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
消費財	熱硬化	ガラス繊維	157,518	1,423	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	2,418	191	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	96,543	579	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	21	0.4	富士経済資料(1)/中国の 26%
		植物繊維	1,500	6	・世界市場 1 万トンにアジア比率 15%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		258,000	2,199	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（６）風力

風力用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-38　その他アジア・オセアニアの風力市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
風力	熱硬化	ガラス繊維	88,071	685	
		炭素繊維	1,929	142	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		90,000	827	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（７）航空・宇宙

航空・宇宙用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-39　その他アジア・オセアニアの航空・宇宙市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
航空・宇宙	熱硬化	ガラス繊維	368	55	
		炭素繊維	122	26	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		490	81	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（８）その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）

その他用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-40　その他アジア・オセアニアのその他市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
その他（ﾎﾞｰﾄ・医用材料・ﾛﾎﾞｯﾄ･3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞ）	熱硬化	ガラス繊維	80,375	1,597	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	341	32	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	49,262	296	
		炭素繊維	23	5.2	・富士経済資料(1) ・中国比率 26%
		植物繊維	0	0	
	計		130,000	1,930	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

3.2.7　その他（中東・アフリカ・中南米）地域の市場

また、中東・アフリカ・中南米の繊維複合材料の用途別市場のうち、数量ベースを図 3.2-19 に、金額ベースを図 3.2-20 に示す。数量 56 万トンは世界の 5%、金額 4,500 億円は世界の 5%である。輸送用途、建設用途、パイプ・タンク用途が市場全体に占める割合が大きい。

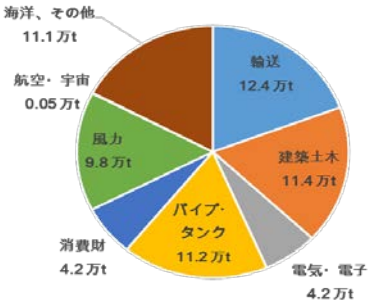


図 3.2-19　中東・アフリカ・中南米の
用途別市場（数量ベース）

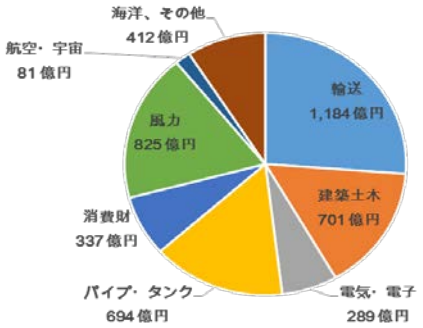


図 3.2-20　中東・アフリカ・中南米の
用途別市場（金額ベース）

（1）輸送

輸送用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きく、次いで、熱可塑性ガラス繊維複合材料、熱可塑性植物繊維複合材料の順に割合が大きい。

表 3.2-41　中東・アフリカ・中南米の輸送市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
輸送	熱硬化	ガラス繊維	61,020	853	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	81	6	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	37,399	224	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	25,500	102	・世界市場 51 万トンにその他比率 5%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		124,000	1,184	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（２）建設

建設用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-42　中東・アフリカ・中南米の建設市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
建設	熱硬化	ガラス繊維	70,206	296	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	764	147	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	43,030	258	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	0	0	富士経済資料(1)
		植物繊維	0	0	
	計		114,000	701	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（３）電気/電子

電気/電子用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-43　中東・アフリカ・中南米の電気/電子市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
電気/電子	熱硬化	ガラス繊維	25,208	174	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	0	0	
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	15,450	93	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	1,341	22	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	計		42,000	288	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（４）パイプ/タンク

パイプ/タンク用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-44　中東・アフリカ・中南米のパイプ/タンク市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
パイプ/タンク	熱硬化	ガラス繊維	59,999	694	
		炭素繊維	1	0.3	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		60,000	694	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（５）消費財

消費財用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-45　中東・アフリカ・中南米の消費財市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
消費財	熱硬化	ガラス繊維	24,102	40	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	2,604	206	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	14,772	89	熱可塑重量比 38%
		炭素繊維	22	0	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	500	2	・世界市場 1 万トンにその他比率 5%を乗じて算出 ・単価 400 円/kg として推定
	計		42,000	337	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（６）風力

風力用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-46　中東・アフリカ・中南米の風力市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
風力	熱硬化	ガラス繊維	95,922	672	
		炭素繊維	2,078	153	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		98,000	825	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（７）航空・宇宙

航空・宇宙用途では、熱硬化性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。熱可塑性ガラス繊維及び熱可塑性炭素繊維複合材料の情報は見当たらなかった。

表 3.2-47　中東・アフリカ・中南米の航空・宇宙市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
航空・宇宙	熱硬化	ガラス繊維	358	53	
		炭素繊維	132	28	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	情報なし	情報なし	
		炭素繊維	情報なし	情報なし	
		植物繊維	0	0	
	計		490	81	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

（８）その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）

その他用途では、熱硬化性及び熱可塑性ガラス繊維複合材料の割合が大きい。

表 3.2-48　中東・アフリカ・中南米のその他市場内訳

用途	樹脂種類	繊維種類	数量(トン)	金額(億円)	出典・根拠
その他（ﾎﾞｰﾄ・医用材料・ﾛﾎﾞｯﾄ･3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞ）	熱硬化	ガラス繊維	49,357	189	熱硬化重量比 62%
		炭素繊維	367	35	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	熱可塑	ガラス繊維	30,257	182	熱可塑単価 600 円
		炭素繊維	25	6	・富士経済資料(1) ・中国比率 28%
		植物繊維	0	0	
	計		80,000	412	

※富士経済の数量・金額は 2015 年実績を採用

3.3　繊維補強樹脂材料と競合する材料の市場

繊維補強樹脂材料と競合する材料として、鉄鋼、アルミニウム、その他関連材料の市場を以下に示す。

3.3.1　鉄鋼の市場

（１）日本の鉄鋼業

日本における鉄鋼業（製造業）の国内総出荷額は 18 兆円（2012 年度）である。また、鉄鋼輸出額の約４兆円に対し、主原料である鉄鉱石・原料炭の輸入額（輸出鋼材用）は約１兆円（2014 年）であり、鋼材１トン当たりでは、平均販売価格の約８万２千円に対し、原料価格は約３万４千円（2014 年見通し）となっている。日本の鉄鋼産業規模を図 3.3-1 に、鉄鋼業における付加価値を図 3.3-2 に示す。

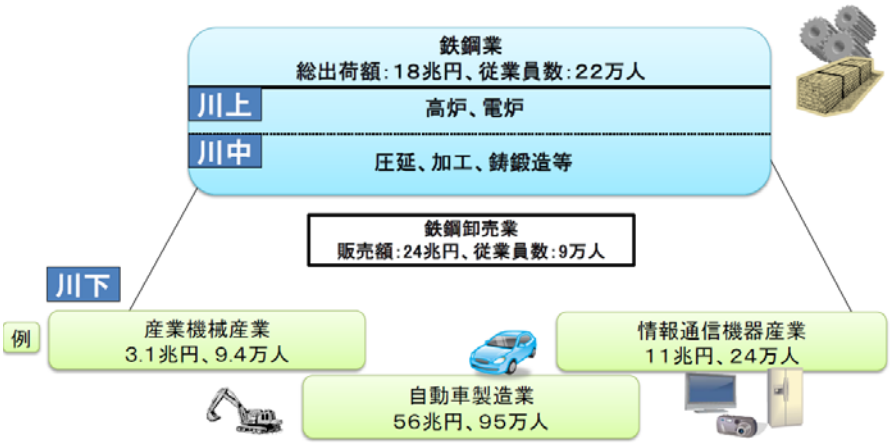


図 3.3-1　日本の鉄鋼業規模

出典：経済産業省「鉄鋼業の現状と課題」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/kaseguchikara/pdf/010_s03_02_03_01.pdf

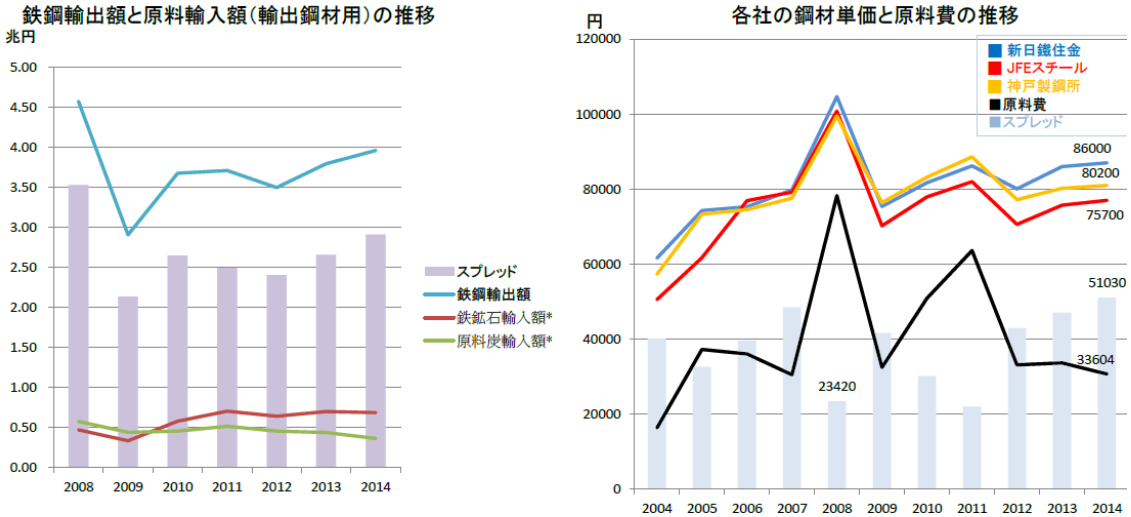


図 3.3-2　鉄鋼業による付加価値

出典：経済産業省「鉄鋼業の現状と課題」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/kaseguchikara/pdf/010_s03_02_03_01.pdf

日本国内における粗鋼生産量（高炉、電炉）は年間約 1.1 億トンであり、粗鋼生産の４分の３を高炉メーカーが占めている。需要先は、国内が約６割で、海外が約４割の比率となっている。国内鉄鋼メーカーの鉄鋼流通状況を図 3.3-3 に、製品までの流れとグレードを図 3.3-4 に示す。

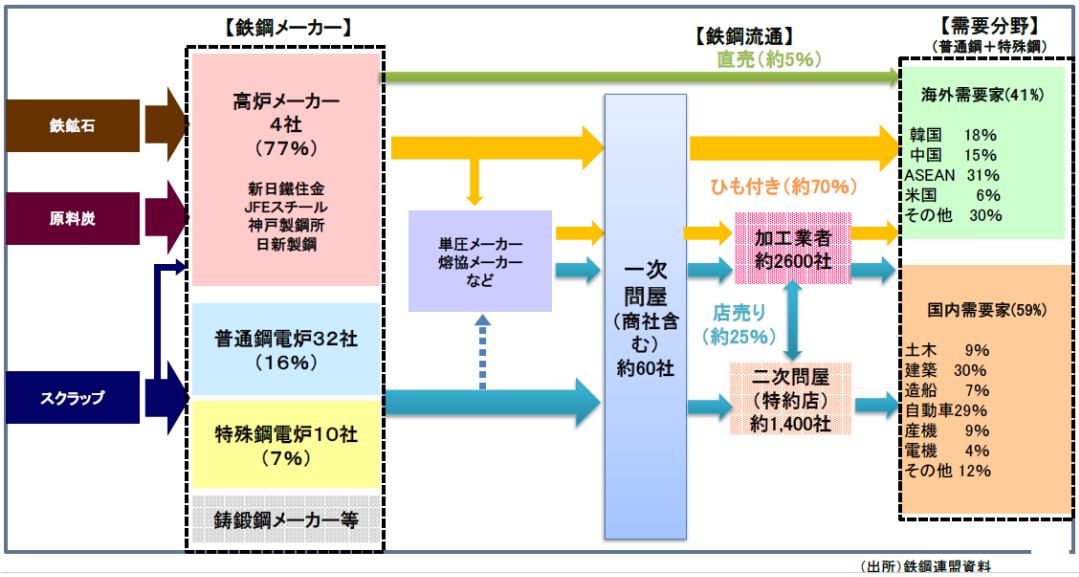


図 3.3-3　国内鉄鋼メーカーの鉄鋼流通状況

出典：経済産業省「鉄鋼業の現状と課題」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/kaseguchikara/pdf/010_s03_02_03_01.pdf

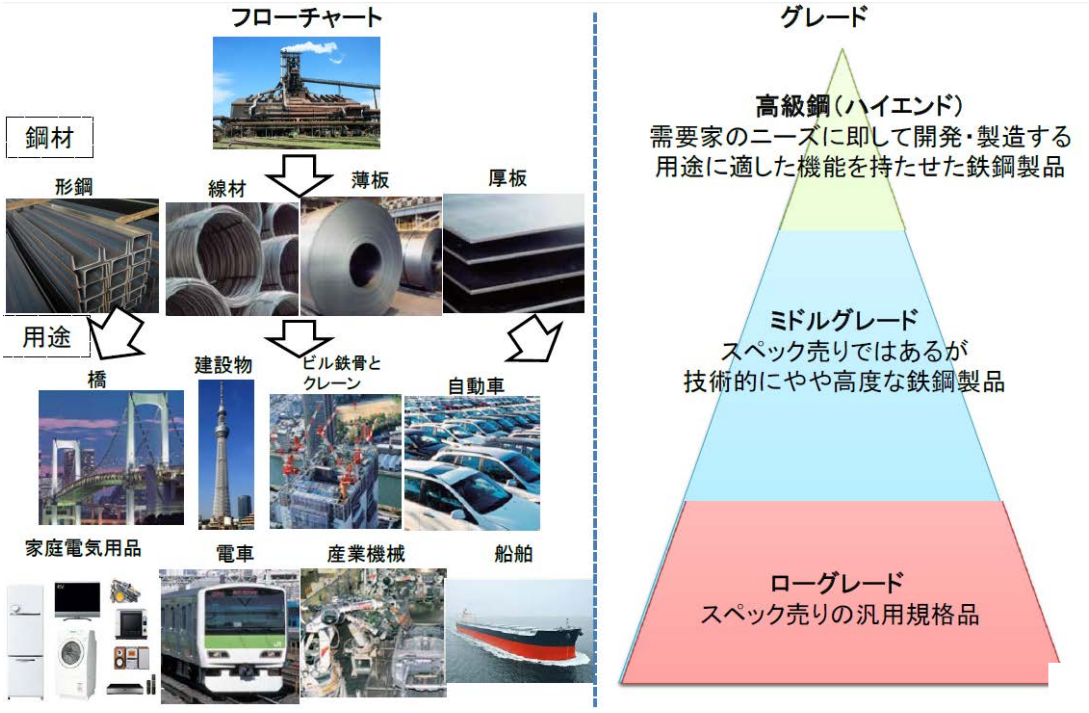


図 3.3-4　製品までの流れとグレード

出典：経済産業省「鉄鋼業の現状と課題」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/kaseguchikara/pdf/010_s03_02_03_01.pdf

（２）世界の鉄鋼業

全世界の粗鋼の生産量は約 16.5 億トンとなっている。メーカー別鉄鋼生産量を表 3.3-1 に、平均鉄鋼輸出価格を図 3.3-5 に示す。世界の主要鉄鋼メーカーのうち、中国メーカーの成長が著しい。

表 3.3-1　メーカー別鉄鋼生産量

順位	1970年		1980年		1990年		2000年		2013年	
	世界生産量（上位10位）5.95億ﾄﾝ（1.73億ﾄﾝ）		7.16億ﾄﾝ（1.51億ﾄﾝ）		7.70億ﾄﾝ（1.51億ﾄﾝ）		8.50億ﾄﾝ（2.11億ﾄﾝ）		16.49億ﾄﾝ（4.45億ﾄﾝ）	
1	新日本製鉄（日本）	34.6	新日本製鉄（日本）	32.9	新日本製鉄（日本）	28.8	新日本製鐵（日本）	28.4	Arcelor Mittal（欧州）	96.1
2	US Steel（米国）	28.5	US Steel（米国）	21.1	Usinor（欧州）	23.3	POSCO（韓国）	27.7	新日鐵住金（日本）	50.1
3	British Steel（欧州）	25.6	日本鋼管（日本）	14.0	POSCO（韓国）	16.2	Arbed（欧州）	24.1	河北鋼鉄（中国）	45.8
4	Bethlehem Steel（米国）	18.7	Finsider（欧州）	13.7	British Steel（欧州）	13.8	LNM（欧州）	22.4	宝山鋼鉄（中国）	43.9
5	日本鋼管（日本）	12.9	Bethlehem Steel（米国）	13.6	USX（米国）	12.4	Usinor（欧州）	21.0	武漢鋼鉄（中国）	39.3
6	Thyssen（欧州）	12.2	住友金属（日本）	12.7	日本鋼管（日本）	12.1	Corus（欧州）	20.0	POSCO（韓国）	38.4
7	住友金属（日本）	11.2	川崎製鉄（日本）	12.7	ILVA（欧州）	11.5	ThyssenKrupp（欧州）	17.7	江蘇鋼鉄（中国）	35.1
8	川崎製鉄（日本）	11.0	Thyssen（欧州）	12.4	Thyssen（欧州）	11.1	宝山鋼鉄（中国）	17.7	鞍山鋼鉄（中国）	33.7
9	Finsider（欧州）	9.7	Usinor（欧州）	9.2	住友金属（日本）	11.1	日本鋼管（日本）	16.0	首都鋼鉄（中国）	31.5
10	Republic Steel（米国）	8.7	J&L（米国）	8.8	川崎製鉄（日本）	11.1	Riva（欧州）	15.6	JFEスチール（日本）	31.2

（単位）各社数値の単位は百万トン、（出所）World Steel Association

出典：経済産業省「鉄鋼業の現状と課題」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/kaseguchikara/pdf/010_s03_02_03_01.pdf

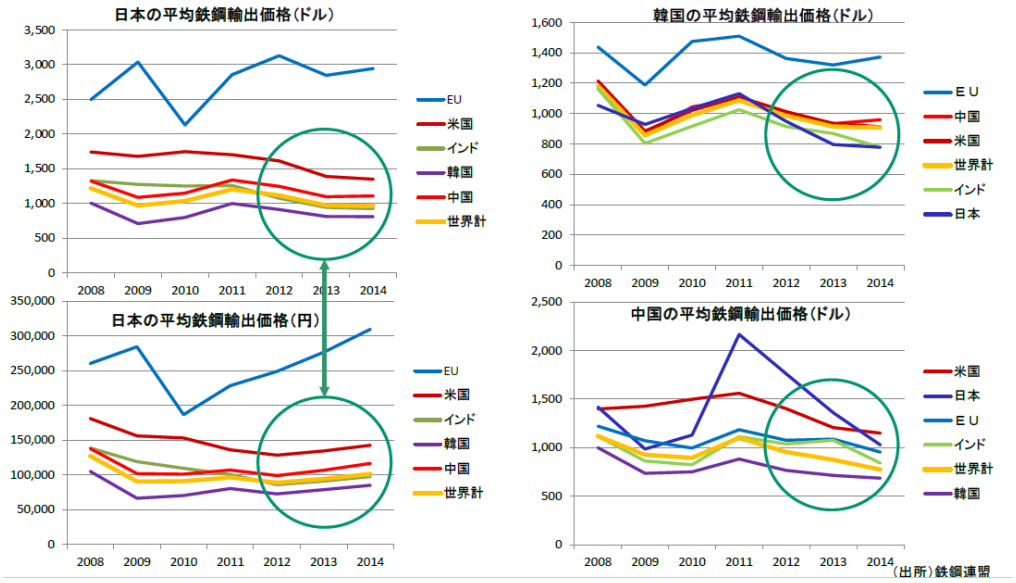


図 3.3-5　平均鉄鋼輸出価格

出典：経済産業省「鉄鋼業の現状と課題」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/kaseguchikara/pdf/010_s03_02_03_01.pdf

3.3.2　アルミニウムの市場

（１）日本のアルミニウム産業

日本のアルミ産業は、原料となる新地金を輸入し、これを加工する板製造業、押出製造業、はく製造業等の各業種で構成されている。国内のアルミ製錬は、1977 年に生産量が約 120 万トンのピークを迎えるが、その前後の二度のオイルショックによる電力コストの高騰により撤退を余儀なくされ、現在、全ての新地金を海外から輸入している。日本の 2017 年度の用途別需要を見ると、輸送、建設、容器包装分野で約 2/3 を占めている。アルミニウムの用途別需要量を図 3.3-6 に、日本のアルミニウム用途別構成を図 3.3-7、日本の新地金供給の変遷を図 3.3-8 に、日本のアルミニウム需要の推移を図 3.3-9 に示す。

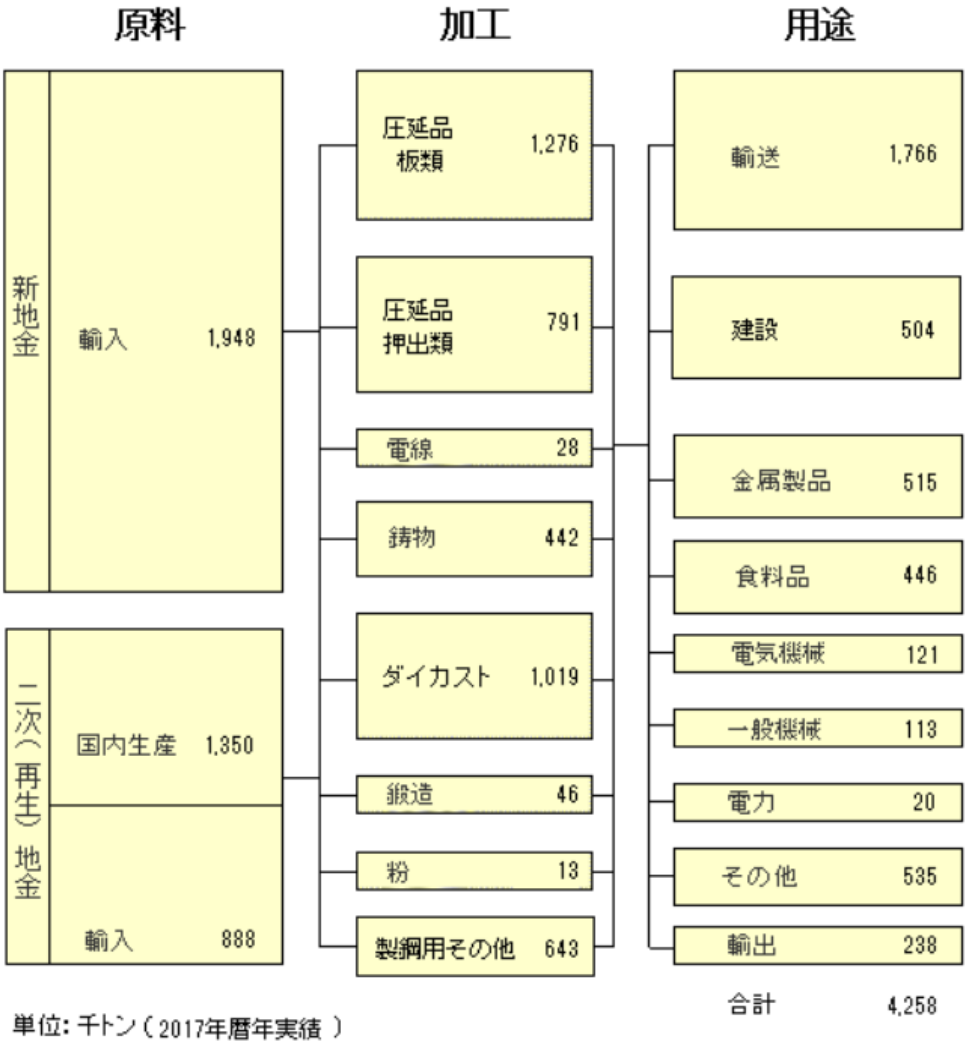


図 3.3-6　アルミニウムの用途別需要量

出典：（一社）日本アルミニウム協会 HP
http://www.aluminum.or.jp/basic/japanindustry.html

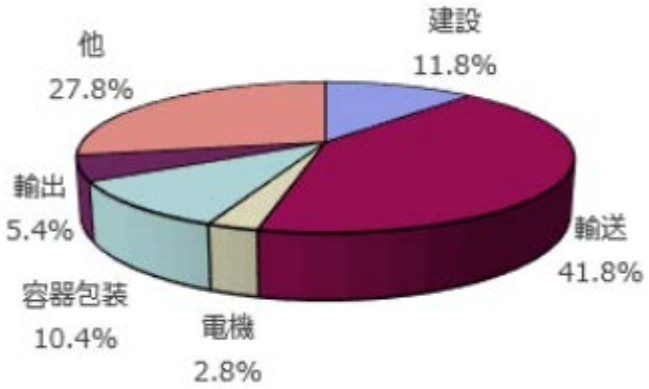


図 3.3-7　日本のアルミニウム用途別割合

出典：(一社) 日本アルミニウム協会 HP
http://www.aluminum.or.jp/basic/demand.html

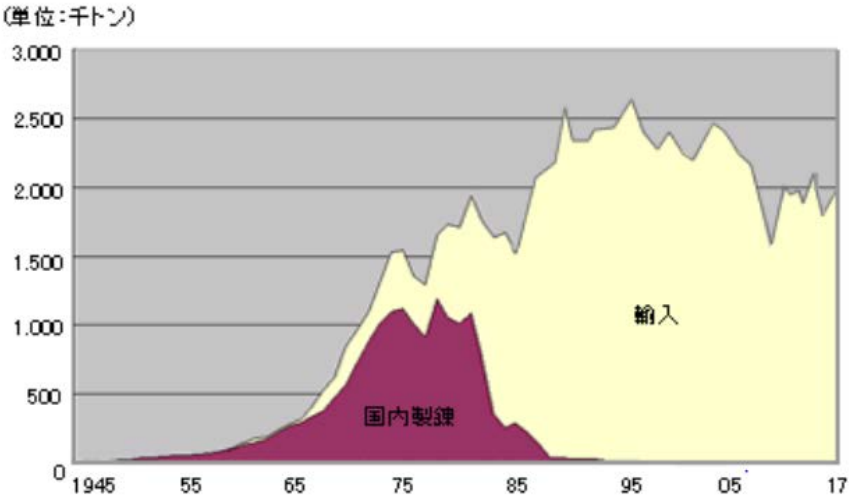


図 3.3-8　日本の新地金供給の変遷

出典：(一社) 日本アルミニウム協会 HP
http://www.aluminum.or.jp/basic/japanindustry.html

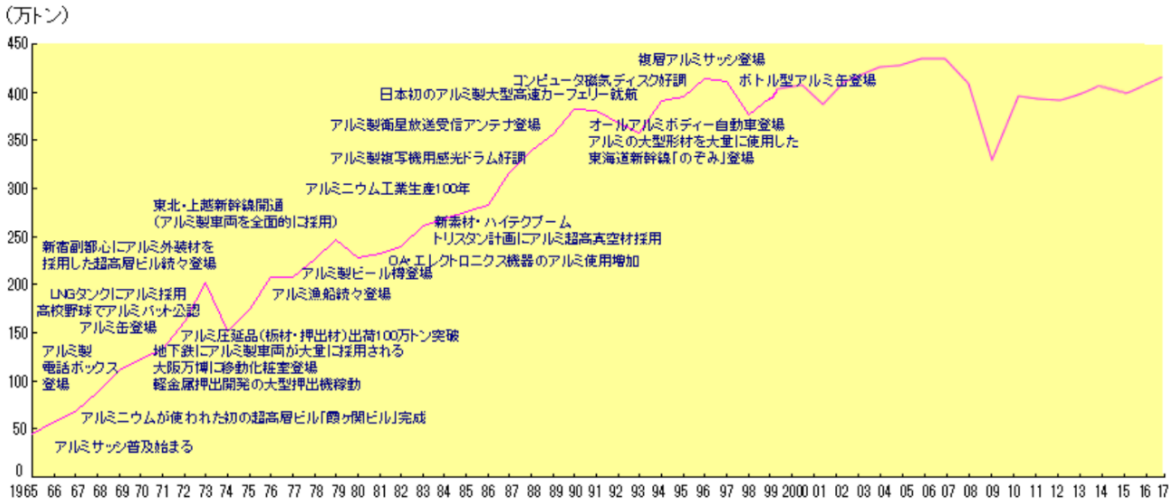


図 3.3-9　日本のアルミニウム需要の推移

出典：(一社) 日本アルミニウム協会 HP
http://www.aluminum.or.jp/basic/demand.html

（２）世界のアルミ産業

2016 年の新地金の全世界生産量は 5,755 万トンであり、中国が全世界の５割以上を生産している。新地金の世界生産量の推移を図 3.3-10 に示す。

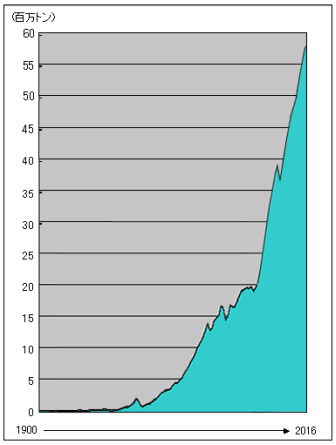


図 3.3-10　新地金の世界生産量の推移（2016 年）

出典：（一社）日本アルミニウム協会
http://www.aluminum.or.jp/basic/worldindustry.html

3.3.3　その他関連材料の市場

化学繊維を除く樹脂の世界生産量は 3 億トンである。主要国のプラスチック生産量を表 3.3-2 に示す。

表 3.3-2　主要国のプラスチック生産量

単位:1,000トン

	2008	2009	2010	2011	2012
アメリカ	46,061	44,757	46,633	46,814	48,057
中国	31,296	35,613	43,607	47,982	52,133
日本	13,041	10,915	12,242	11,212	10,520
韓国	11,865	12,749	13,028	12,922	13,355
台湾	5,713	6,159	6,331	5,959	5,880
ドイツ	18,375	17,250	18,550	50,400	49,000
ベネルックス	11,025	10,350	9,275		
フランス	7,350	6,900	7,950		
イタリア	4,900	4,600	5,300		
英国	3,675	3,450	3,975		
スペイン	3,675	3,450	3,975		
その他	88,024	73,807	94,134	104,711	109,055
合計	245,000	230,000	265,000	280,000	288,000

データソース
米国:ACC、中国:CPPIA、日本:経産省、韓国:KFPIC、台湾:TPIA、左記以外:PlasticsEurope

出典：日本プラスチック工業連盟 HP
http://www.jpif.gr.jp/5topics/conts/world3_c.htm

3.4　CNF で代替可能性があると考えられる市場領域

市場調査を踏まえて、CNF 代替可能性があると考えられる市場領域を設定し、詳細に調査を実施した。調査対象とした市場領域と調査結果まとめを表 3.4-1 に、各市場領域の詳細を以降に示す。

表 3.4-1　調査対象とした市場領域と調査結果まとめ

No.	市場領域	市場規模（兆円）		研究開発動向※
		日本	世界	
1	プリント基板	0.5	6.3	・大阪大学でフレキシブル、高伝熱、透明 CNF 基板の研究 ・岩手大学で、ポリイミド樹脂と CNF の複合化を研究 ・㈱ＫＲＩがシリカエアロゲルと CNF による電子機器用断熱シートを開発
2	ロボットアーム	0.7	1.3	・スーパーレジン工業㈱は、炭素繊維とガラス繊維のハイブリットのロボットアームを製造
3	医用材料 金額上位 6 品目 ・処置用機器 ・画像診断システム ・生体機能補助・代行機器 ・生体現象計測・監視システム ・医用検体検査機器 ・歯科材料	1.9	33	・愛媛大学/内村浩美教授　ポンプが不要な紙基材バイオチップを開発し、血液流路の補強に CNF を使用 ・中越パルプ工業 東北大学と歯科材料の共同研究 ・北海道大学/田島健次准教授　徳島大学石田教授、大鵬薬品との共同研究、胃がんの腹膜播種（はしゅ）の化学療法剤のドラッグキャリアとして使用し、マウスで効果を確認 ・中国/揚州大学 Yani Jiang 他 3D プリンティング技術を活用した再生医療のための移植可能なスカフォールド形成のための材料として使用する研究
4	風力発電ブレード・ナセル	0.0024	0.7	・日本での研究開発事例はない。 ・海外では、用途先候補として風力発電ブレードを念頭においた研究開発は行われている。
5	コンクリート補強筋	0.5	16	・AGC マテックス㈱がガラス繊維、アラミド繊維、炭素繊維と樹脂のコンクリート補強筋を販売 ・2016 年ナノセルロース展でＪＦＥ商事テールワン㈱が CNF 盛土補強材を展示
6	下水パイプ	0.04	0.9	・積水化学工業が塩ビ樹脂を使った管路更生と組み合わせた下水道熱利用の開発を実施
7	窓サッシ	0.3	5	・環境省事業で(株)日建ハウジングシステムが塩ビ CNF 窓サッシを検討
8	家電	2.4	54	・パナソニックが CNF を活用したコードレス掃除機を発売 ・環境省事業でパナソニックが洗濯機、冷蔵庫への CNF 適用の検討を実施
9	ボート	0.062	1.9	・日本での研究開発事例はない。 ・海外では、CNF ではないが、フランス LINEMO 社の天然繊維フラックス複合材料がヨット船体材料に採用された。
参考	自動車	29 （内、複合材市場 0.12）	241 （内、複合材市場 2.2）	・環境省事業で様々な部位への CNF 適用が検討されている

※詳細は第４章に示す

（1）プリント基板

プリント基板を含む電気/電子用途全体の複合材料市場は、1.2 兆円/年を超えている。プリント基板自体の市場としては、国内では、1,463 万 m^2/4,665 億円(2017 年経済産業省生産動態統計年報)であり、海外では、6 兆 3,400 億円（2015 年 WECC/為替レート 110 円/USD）となる。(一社) 日本電子工業会統計では、日本国内生産と日系企業海外生産の合計は 1 兆 5,440 億円であり、海外でのフレキシブル配線板の生産額は国内生産額 736 億円の 9 倍の 6,292 億円である。プリント基板の分類を表 3.4-2 に示す。

表 3.4-2　プリント基板の分類

基盤の種類	特長
片面基板	配線パターンの印刷や電子部品の実装が片側のみに施されているもの。コストを低く抑えることを重視した電子機器に主に採用されている。
両面基板	配線パターンの印刷や電子部品の実装が両面に施されているもの。片面基板に比べるとコストは高いものの、低コストの電子機器に主に採用されている。
多層基板	配線パターンを印刷した基材と絶縁体を交互に重ねたプリント基板。片面基板や両面基板では収容しきれなかった配線パターンを内部の層に作り込むことができるため、電子部品の実装面積を高められる。パソコンや小型 AV 機器などでは、主に 4～8 層の多層基板が使われている。大型コンピュータでは、層数が 10 層を超えるプリント基板が使われている。
フレキシブル基板	ポリイミド、PET などのプラスチック・フィルムを用いることで、大きく変形させることが可能な柔軟性を持たせたプリント基板。折り畳み型携帯電話機の上側筐体と下側筐体の接続や、プリンタ・ヘッドとの接続など、折り曲げる必要がある個所や、可動部との接続に使われている。
ビルドアップ基板	コア基板の上に、薄い絶縁層と導体層を順に積み上げる工法で作成したプリント基板。層間は、レーザーなどで開けた微小なビア・ホールを使って接続する。極めて高い実装密度が得られるため、小型化が求められる携帯電話機や小型 AV 機器、モバイル・パソコンなどで採用されている。

出典：フリージア・オート技研(株)HP
https://www.pban-a.com/knowledge/classification.html

表 3.4-3　電気/電子分野の市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	172	6.2	30.8	25.2	71.0	38.9
	金額ベース（億円）	12,459	606	2,358	1,664	5,004	2,827
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4
	金額ベース（億円）	169	16	18	19	78	38
合計	数量ベース（万 t）	173	6.3	30.9	25.3	71.3	39.3
	金額ベース（億円）	12,628	621.6	2,376	1,683	5,082	2,865

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

（２）ロボットアーム

ロボットアームを含むその他用途全体の複合材料市場は、成形品段階で 1.3 兆円/年を超えている。ロボットの市場としては、2016 年度国内出荷では 42,593 台に対し 2,206 億円、輸出 133,012 台に対し 4,954 億円であり、産業用ロボット市場における世界市場シェアは 56%より、世界の産業用ロボット市場規模は 1.3 兆円/年となる [23]。

表 3.4-4　その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	70.5	1.3	29.2	16.6	13.4	10.3
	金額ベース（億円）	12,511	125	6,727	1,177	2,288	343
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	1.5	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3
	金額ベース（億円）	1,019	149	365	322	144	39
合計	数量ベース（万 t）	72	1.5	29.5	17.1	13.6	10.6
	金額ベース（億円）	13,530	274	7,092	1,499	2,432	382

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

[23] （一社）日本ロボット工業会統計、NEDO 平成 27 年度成果報告書「日本企業の国際競争ポジションに関する情報収集」

（３）医用材料

医用材料を含むその他用途全体の複合材料市場は１兆円を超えている。医療機器の市場としては国内では約 1.9 兆円[24]であり、海外では約 33 兆円である[25]。

医用材料とは、医学、歯学に用いられる各種の装置、用具、補填物などの素材となるものを指し。金属材料（手術器械、整形外科用骨固定具、人工骨関節、人工弁、義歯などに用いられるステンレス鋼、コバルトクロム合金、チタン、タンタル、金、白金など、耐腐食性がよく、生体への刺激性がなく、強度の大きいもの)、無機材料　(人工骨、義歯、人工弁などに用いられるセラミック、特殊カーボンなど)、有機材料　(天然高分子、合成高分子など)、複合材料(義肢などに用いるガラス繊維強化プラスチックなど)の区別がある。平成 27 年度医療機器順位別生産額を表 3-1 に示す。

表 3.4-5　平成 27 年度医療機器順位別生産額

順位	機器名	億円	備考
1	処置用機器	5,208	カテーテル、採血・輸血器具、注射器など
2	画像診断システム	2,919	全身用Ｘ線ＣＴ装置,汎用超音波画像診断装置など
3	生体機能補助・代行機器	2,714	人工関節、ペースメーカ、ステント、透析器など
4	生体現象計測・監視システム	2,053	内視鏡、心電計、血圧計など
5	医用検体検査機器	1,807	臨床化学自動分析装置など
6	歯科材料	1,328	
7	その他	3,427	
	合計	19,456	

出典：厚生労働省薬事工業生産動態調査

表 3.4-6　その他用途の（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	70.5	1.3	29.2	16.6	13.4	10.3
	金額ベース（億円）	12,511	125	6,727	1,177	2,288	343
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	1.5	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3
	金額ベース（億円）	1,019	149	365	322	144	39
合計	数量ベース（万 t）	72	1.5	29.5	17.1	13.6	10.6
	金額ベース（億円）	13,530	274	7,092	1,499	2,432	382

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

[24] 厚生労働省薬事工業生産動態調査

[25] PPT「我が国医療機器産業の現状」、我が国医療機器のイノベーション加速化に関する研究会資料、経済産業省、2017 年 12 月

（４）風力発電ブレード・ナセル

風力発電の複合材料市場（2016 年 JEC 調査）は、7,200 億円あり、ガラス繊維が 5,400 億円、炭素繊維が 1,800 億円である。2017 年における世界の風力発電導入量 5,300 万 kW に対し、日本の導入量は 18 万 kW であった。洋上風力発電の利用ルールなどを定める海洋再生可能エネルギー法が平成 30 年 11 月に成立し、日本での風力発電導入量の増加が期待されている。2018 年 3 月末の風力発電導入量は約 350 万 kW であり、2030 年の風力導入目標 1,000 万 kW に対して、年平均 60 万 kW の導入量が見込まれる。

表 3.4-7　風力分野の市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	73.75	0.48	7.9	15.4	27.2	22.27
	金額ベース（億円）	5,390	12	427	894	2,225	1,832
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	2.25	0.02	0.5	0.7	0.7	0.33
	金額ベース（億円）	1,826	6.	365	602	547	306

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

（５）コンクリート補強筋

コンクリート補強筋のうち、鉄筋市場は、国内では、鉄筋用棒鋼の販売数量は、790 万トン（2017 年経済産業省生産動態統計年報鉄鋼編）であり、鉄鋼生産の 10%が鉄筋向けと仮定すると、海外の鉄筋需要では、鉄鋼生産量 16 億トンの 10%の 1 億 6,000 万トン以上となる。

FRP 補強筋を販売している AGC マテックス（株）の売上は 50 億円程度である。鉄筋の分類を表 3.4-8 に示す。

表 3.4-8　鉄筋の分類

区分	種類の記号	化学成分（%）					
		C	Si	Mn	P	S	C＋Mn/6
丸鋼	SR235	－	－	－	0.050 以下	0.050 以下	－
	SR295	－	－	－	0.050 以下	0.050 以下	－
	SD295A	－	－	－	0.050 以下	0.050 以下	－
	SD295B	0.27 以下	0.55 以下	1.50 以下	0.040 以下	0.040 以下	－
異　形棒鋼	SD345	0.27 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.50 以下
	SD390	0.29 以下	0.55 以下	1.80 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.55 以下
	SD490	0.32 以下	0.55 以下	1.80 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.60 以下

出典：JIS G 3112:2010「鉄筋コンクリート用棒鋼」
（一財）建設業情報管理センター　http://keishin.ullet.com/00-004914/mark.html

表 3.4-9　建設用途の市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	204.1	13.9	61.4	34.3	61.7	32.7
	金額ベース（億円）	10,882	1,159	3,347	2,708	3,403	1,265
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	0.9	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2
	金額ベース（億円）	1,746	207	349	349	524	317
合計	数量ベース（万 t）	205	14.0	61.6	34.5	62.0	32.9
	金額ベース（億円）	12,628	1,366	3,696	3,057	3,927	1,582

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

（６）下水パイプ

下水パイプを含むパイプ・タンク全体の世界の複合材料市場は、9,000 億円/年程度である。下水パイプ自体の市場としては、国内では、総延長が 45 万 km に及ぶ下水管の老朽内面に新たな管を樹脂、繊維などで構築する更生工法は平成 18 年度以降、毎年 400km 以上施工実績がある。材料費を 1 億円/km とすると 400 億円/年の市場となる。海外では、途上国では上下水道、天然ガスパイプライン新設需要があり、先進国では下水インフラ修復需要がある。下水管路更生工法の分類を表 3.4-10 に示す。

表 3.4-10　下水管更生工法の分類

工法名称	分類	内容	関連企業例
インシチュフォーム工法	熱硬化性樹脂	既設管内に熱硬化性樹脂を含浸したライナーバッグを水圧により反転、または引込にて挿入後、温水あるいは蒸気にて樹脂を硬化させ、既設管路の中にまったく新しい管路を構築する工法	日鉄住金Ｐ＆Ｅ（株）
EPR 工法	常温硬化性エポキシ樹脂	ガラス繊維に常温硬化性エポキシ樹脂を含浸させたライニング材を施工現場で硬化させることにより、老朽化した下水道管きょを非開削で補修・更生する技術	㈱ケンセイ
光硬化工法	光硬化性樹脂	既設管にライナー材を引込み、内側から光を照射する事によって硬化・更生する。	東亜グラウト工業株式会社
SPR 工法	熱可塑性樹脂	SPR 工法は既設管の内側に硬質塩化ビニル製プロファイルの更生管を製管し、既設管と更生管の間隙に特殊裏込め材を充填。古くなった管きょを既設管・更生管 ・裏込め材が一体となった強固な複合管として蘇らせる。通水したまま、施工できる。	積水化学工業㈱

表 3.4-11　パイプ・タンク市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	161.33	2.7	30.3	18.35	68.2	41.78
	金額ベース（億円）	8,647	278	1,551	1,092	3,927	1,799
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	0.67	0.1	0.5	0.05	—	0.02
	金額ベース（億円）	373	8	297	30	—	38
合計	数量ベース（万 t）	162	2.8	30.8	18.4	68.2	41.8
	金額ベース（億円）	9,020	286	1,848	1,122	3,927	1,837

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

（7）窓サッシ

窓サッシを含む建設用途全体の複合材料市場は、1.2 兆円を超えている。建設用途の市場を表 3.4-12 に示す。窓サッシ自体の市場としては、国内では、2017 年度のアルミニウムサッシの販売数量は 20 万トン、金額は 3,382 億円である [26]。日本での樹脂サッシ普及率はまだ低いが、海外では、ヨーロッパ、アメリカなどの先進国での樹脂サッシの普及率は 60%を超えている [27]。米国ニューヨーク州では、熱貫流率 1.98（W/m^2・K）以上の性能をもつ窓を使うことが義務付けられ、樹脂（または木製）サッシ（Low-E 複層ガラス入り）以上の窓でなければ家を建てることができない。世界のサッシ市場規模は 5 兆円規模と推定される [28]。窓サッシの分類を表 3.4-13 に示す。

表 3.4-12　建設用途の市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	204.1	13.9	61.4	34.3	61.7	32.7
	金額ベース（億円）	10,882	1,159	3,347	2,708	3,403	1,265
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	0.9	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2
	金額ベース（億円）	1,746	207	349	349	524	317
合計	数量ベース（万 t）	205	14.0	61.6	34.5	62.0	32.9
	金額ベース（億円）	12,628	1,366	3,696	3,057	3,927	1,582

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

[26] 2017 年経済産業省生産動態統計年報資源・窯業・建材統計編 P.99
[27] 日本樹脂サッシ工業会 http://www.p-sash.jp/what/
[28] 佐藤隆良,「世界における建設市場規模はどの程度か！？」https://archi-book.com/news/detail/99

表 3.4-13　窓サッシの分類

種類	メリット	デメリット	国内新築シェア	
			戸建住宅	共同住宅
木製サッシ	・断熱性が高い（結露が発生しにくい） ・デザイン性が良い	・コストが高い ・塗装が剥がれやすい ・雨等により劣化しやすい	0.2%	0%
アルミニウムサッシ	・高強度で軽量 ・防火性が高い ・変形・変色が起こりにくい	・断熱性が低い（結露が発生しやすい）	26.3%	57.6%
アルミニウム複合材料サッシ	・高強度で断熱性が高い（結露が発生しにくい）	・コストが高い	54.2%	37.3%
樹脂サッシ	・断熱性が高い（結露が発生しにくい） ・加工・着色が容易でデザイン性に富む	・コストが高い ・強度が弱い（厚みが必要）	19.3%	5.1%

出典：(一社)日本サッシ協会「平成 30 年３月版『住宅用建材使用状況調査』」
H28 年 8 月～H29 年 9 月新築戸建及びプレハブ集合住宅
http://www.jsma.or.jp/Portals/0/images/statistics/pdf/chousagaiyou1803.pdf

（８）家電

家電を含む電気/電子用途全体の複合材料市場は、1.2 兆円を超えている。家電自体の市場としては、国内では約 2.4 兆円であり、海外では約 20 兆円となる。

表 3.4-14　家電製品出荷額

品名	金額（百万円）
ルームエアコン	827,642
電気冷蔵庫	450,068
電気洗濯機	344,862
換気扇	119,743
ジャー炊飯器	103,915
電気掃除機	96,622
上位 6 品目合計	1,942,852
家電全体合計	2,435,023

出典：(一社) 日本電機工業会統計 2018 年 1 月～10 月より推定、
NEDO 報告書「平成 27 年度 日本企業の国際競争ポジションに関する情報収集」,㈱富士キメラ総研、P.83
海外家電はエアコン・冷蔵庫のみで洗濯機、換気扇、炊飯器、掃除機を含まず。

表 3.4-15　電気/電子分野の市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	172	6.2	30.8	25.2	71.0	38.9
	金額ベース（億円）	12,459	606	2,358	1,664	5,004	2,827
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4
	金額ベース（億円）	169	16	18	19	78	38
合計	数量ベース（万 t）	173	6.3	30.9	25.3	71.3	39.3
	金額ベース（億円）	12,628	621.6	2,376	1,683	5,082	2,865

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

（９）ボート

ボートを含むその他用途全体の複合材料市場は、成形品段階で 1 兆円を超えている。FRP ボート自体の市場としては、国内では、H28 年度に 6,259 トンであり、成形品単価を 1,000 円/kg とすると、国内市場規模は約 62 億円となる。海外の先進国を中心としたプレジャーボート需要は 1.7 兆円、途上国を中心とした漁船需要は 2,400 億円である [29]。プレジャーボートの分類を表 3.4-16 に示す。

表 3.4-16　ＦＲＰ用途別統計　単位：トン

分類／年	国内										輸入	総計
	建設資材	住宅機器	浄化槽	舟艇・船舶	自動車・車両	タンク・容器	工業機材	雑貨	その他	合計		
29(2017)年	34,271	72,521	28,089	6,863	22,819	18,512	22,599	6,054	1,014	212,742	29,160	241,902
対前年比(%)	103	103	102	110	108	104	102	91	110	103	100	103
占有率(%)	16.1	34.1	13.2	3.2	10.7	8.7	10.6	2.8	0.5	100.0		
28(2016)年	33,115	70,258	27,634	6,259	21,112	17,883	22,109	6,647	921	205,938	29,259	235,197
対前年比(%)	102	99	99	101	106	99	101	97	140	100	103	101
占有率(%)	16.1	34.1	13.4	3.0	10.3	8.7	10.7	3.2	0.4	100.0		

出典：(一社) 強化プラスチック協会

[29] YAMAHA　Annual report 2014　プレジャー船 1.7 兆円　漁船 0.2 兆円
https://global.yamaha-motor.com/jp/ir/annual/annual2014/sp02.html

表 3.4-17　プレジャーボートの分類

名称	概要
ヨット	帆を主に推進動力とする舟艇で、帆装の種類により、キャットリグ・スループリグ・ケッチリグ・ヨールリグ等がある。
モーターボート	エンジン等を推進動力とする舟艇で、エンジンの取り付け方式により、船外機方式（アウトボードエンジン）・船内外機方式（インボードアウトドライブエンジン）・船内機方式（インボードエンジン）の区分がある。
水上オートバイ	推進機関があり船底部から吸い込んだ水を後部に噴射させて水上を走るハンドル付の舟艇で、スタンドアップ型・スポーツランナバウト型がある。
手漕ぎボート	推進機関が無く、人がオール等で漕ぐことにより推進力を得る舟艇で、カヌー・カヤック・伝馬船・ペダルボート等がある。

表 3.4-18　その他（ボート・医用材料・ロボット・３Ｄプリンティング）市場

材料種類	区分	世界全体	日本	北米	欧州	中国	その他
ガラス繊維複合材料	数量ベース（万 t）	70.5	1.3	29.2	16.6	13.4	10.3
	金額ベース（億円）	12,511	125	6,727	1,177	2,288	343
炭素繊維複合材料	数量ベース（万 t）	1.5	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3
	金額ベース（億円）	1,019	149	365	322	144	39
合計	数量ベース（万 t）	72	1.5	29.5	17.1	13.6	10.6
	金額ベース（億円）	13,530	274	7,092	1,499	2,432	382

出典：JEC「Overview of the global composites market at the crossroads」及び(株)富士経済「炭素繊維複合材料（CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望」を基に(株)エックス都市研究所で作成

第４章　繊維補強樹脂材料等に関する要求物性・販売価格調査

本調査では、繊維補強樹脂材料等に関する特定の用途・部位等における要求物性及び販売価格の調査を行った。本章ではその結果を示す。

4.1　要求物性調査結果

4.1.1　調査対象用途の特定

調査対象用途を表 4.1-1 に示す。

表 4.1-1　調査対象用途

No.	用途
（1）	自動車
（2）	プリント基板
（3）	ロボットアーム
（4）	医用材料
（5）	風力発電ブレード・ナセル
（6）	コンクリート補強筋
（7）	下水パイプ
（8）	窓サッシ
（9）	家電
(10)	ボート

4.1.2　研究開発動向調査

調査対象用途の CNF 代替等に関する研究開発動向を調査した。調査結果を以下に示す。

（1）自動車

自動車部品の樹脂化事例を以下に示す。

・ボンネット、ルーフなどの外板に炭素繊維・ガラス繊維強化複合材料が使用されている。

・モノコック構造（車体）に CFRPP を採用した市販車にはトヨタ・レクサスがあり、各種自動車用成形方法が採用されている。

・エンジンまわりの吸気系統部品であるインテイク・マニホールドには、ガラス繊維強化エンプラ樹脂（PA6）の射出成形品が採用されている。従来のアルミ製よりもガラス繊維強化エンプラ製は 25%軽量化された。同じく、吸気系部品であるレゾネータ（共鳴消音器）には、ガラス繊維強化汎用樹脂（PP）が採用されている。

・内装系部品では、一部の車種で天然繊維強化汎用樹脂（PP）が採用されている。ヨーロ

ッパの自動車メーカーは、麻繊維（ヘンプ、フラックス）複合材をトランクボードなどの内装部品に採用している。フォードの中国にある研究所では、竹繊維強化複合材料の研究をしている[30]。

・日本では、トヨタ紡織がドアトリム基材などに、ケナフ/PP 発泡材を開発した。トヨタ紡織は環境省の NCV プロジェクトに参加しており、CNF10%のドアトリム基材試作をした。厚さ 2.3mm から 1.9mm にでき剛性は満足したが、衝撃強度が 1/3 に下がった。

・NCV プロジェクトでは、各種 CNF 軽量部品の試作と評価を行っている。構造部品のうち、板材部分の CNF 試作が行われているが、フレーム部分の試作は強度のばらつきが把握されていないため行われていない。

（２）プリント基板

プリント基板に対して CNF による代替を検討した事例として、国内では、大阪大学の CNF シートによるフレキシブル基板の放熱特性向上、岩手大学のポリイミドと CNF の複合化、太陽ホールディングス(株)の CNF 利用プリント基板の特許出願がある。

表 4.1-1　太陽ホールディングスによる CNF を用いたプリント配線板に関する特許出願

特許の種類	特許協力条約に基づく国際出願
特許名(日本語)	ソルダーレジスト組成物及びそれを用いたプリント配線板 太陽ホールディングス(株)　（特開 2014-219522）
特許名（英語）	Solder Resist Composition and Printed Circuit Board Using Same
特許の要約 （原文ママ）	良好な絶縁性を有するとともに、はんだ耐熱時におけるクラックを抑制することができ、さらに形成された回路の形状に良好に追従することが可能なカバーリング性を備えるソルダーレジスト組成物、及び、それを用いたプリント配線板を提供する。硬化性樹脂と、数平均繊維径 3nm～1,000nm のセルロースナノファイバーを含むソルダーレジスト組成物及びこのソルダーレジスト組成物を用いて得られる硬化物を有するプリント配線板である。

また、(株)KRI は、電子機器用断熱材として、シリカエアロゲル/CNF 複合断熱材を開発した。

一方､海外ではフレキシブル基板材料への CNF 利用の可能性が検討されている(表 4.1-2)。

[30] Ford Media Center, “What’s Super Strong, Fast Growing, and Potentially Part of Your Next Car? Bamboo!” 2017 年 4 月
https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2017/04/18/super-strong-fast-growing-part-of-your-next-car-bamboo.html

表 4.1-2　CNF の用途開発に関する研究事例

論文名	ナノセルロースが利用可能な電子機器、発電（太陽光・風力等）、スマート材料及びセンサー分野に関する研究
英文名	Nanocellulose-Enabled Electronics, Energy Harvesting Devices, Smart Materials and Sensors
研究者	Ronaldo Sabo (USDA Forest Service, USA) Aleksey Yermakov (University of Wisconsin-Milwaukee, USA)
研究目的	セルロース・ナノ材料の特徴的な物性やその活用可能性を現在の研究状況とともに示す。
研究の概要	以下の分野における活用可能性の研究 ▪ 変形可能な電子部品（Flexible electronics）のプリント基板 ▪ 太陽光発電の効率改善 ▪ 磁歪材料（電動アシスト自転車のアクチュエーター、骨電動方式の補聴器、自動車インジェクター、ロボット部品、新幹線ブレーキ等へのアクチュエーター、センサー部品としての活用） ▪ リチウムイオン蓄電池の分離皮膜（separator membrane） 刺激応答物質におけるセルロースナノファイバーの利用（磁歪性ナノセルロース皮膜）
主な研究結果	（CNF のアドバンテージ） ▪ フレキシブル基板に使用されている PET の引張強度約 55MPa、弾性係数 3GPa に対し、CNF はそれぞれ 200MPa、20GPa と高い。ただし、適用には、分離（tear）、曲げ（bending）特性の改善が課題。 ▪ CNC 及び CNF は、それぞれが持つ光学的特性から、様々な用途に活用できるポテンシャル（太陽光発電、電子基板、センサー、液晶装置等）がある。 ▪ CNF が有する低い熱伝導率もフレキシブル基板に適している。 ▪ 上記の特性から圧電セラミックに対する代替が可能（圧電セラミックが有する課題：脆弱性、PZT の毒性、低いエネルギー転換効率、減極による耐久性、強い大気振動に対する柔軟性等） （CNF の課題） ▪ フレキシブル基板に活用する上では、以下の課題に関する改善が必要 ➢表面粗さ（Low surface roughness） ➢強い耐水性（Strong water resistance） ➢強い力学的特性（Robust mechanical properties） ただし、一部の研究では CNF フィラーを含む複合基板上に銀ナノ粒子でのプリンティングが可能であるという研究があり、既に PET と遜色ない基板の品質となっており、RFID（Radio Frequency Identifier、いわゆる電子タグ、IC タグ）として利用可能という研究や、この他コーティング技術を活用した CNF 基板の品質改善等、様々な研究成果がある他、以下の様な「実用化研究例」がある。 ➢高速トランジスター（CNF にシリコンナノ皮膜をコーティング） ➢半導体基板への利用 ➢OFETs（有機電界効果トランジスタ）：有機 EL、液晶ディスプレイ、人工皮膚等への実用化 ➢プリンテッド・エレクトロニクス（Printed electronics：印刷技術を用いてガラスや高分子製基板の上に作製された電子装置）における PEN（polyethylene naphthalate）の代替 ➢OLED（有機発光ダイオード）基板への使用 ▪ 発電設備への利用 ➢燃料電池（有機薄膜太陽電池の基板等） ➢蓄電池の電池電極（固形のイオン電導性電解質及びリチウム電池の分離皮膜） ➢超コンデンサー（電気化学キャパシターの電極部材） ▪ 磁歪セルロース・ナノ複合材の作動装置（Actuator）、感知器（sensor）としての使用（テルフェノール D の代替） ➢音波感知器（Sonar）の送受波器 ➢アクティブ防振（測定機器等に適用） ➢位置制御装置（自動制御装置）

フレキシブル配線板では耐熱 PET またはポリイミド基板に銀ナノインクジェット印刷の回路を形成した後、印刷回路上にのみ銅めっきをする技術があり、プリンタブルエレクトロニクスと呼ばれる。

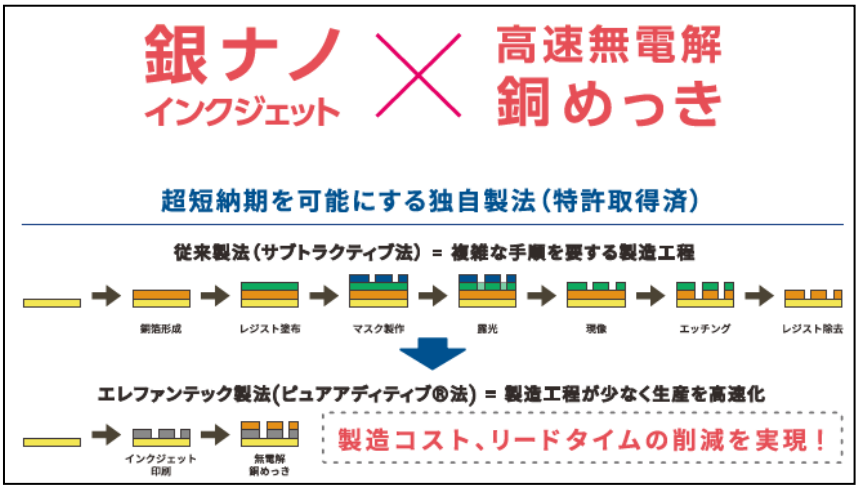


図 4.1-1　プリンタブルエレクトロニクスの概要

出典：エレファンテック(株)HP https://www.elephantech.co.jp/products/pflex/

（３）ロボットアーム

国内において、ロボットアームに対して CNF による代替を検討した事例はないが、日本バイナリー(株)やスーパーレジン工業(株)が炭素繊維を使用したロボットアームを製造している。

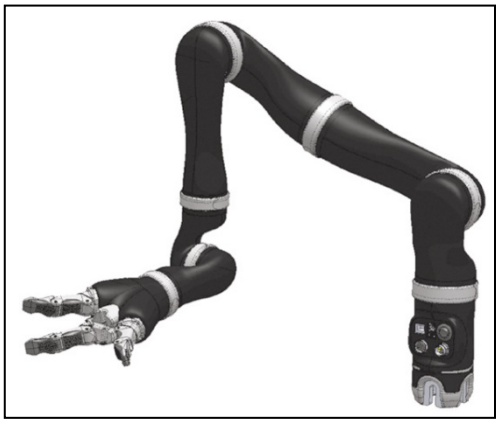


図 4.1-2　炭素繊維補強樹脂を使用したロボットアームの例

出典：日本バイナリー(株)HP http://www.nihonbinary.co.jp/Products/Robot/KINOVA.html

また、類似事例として、サイバーダイン(株)の身体機能を改善・補強・拡張・再生することができるサイボーグ型ロボット「HAL：Hybrid Assistive Limb」の災害対策用に研究開発されているバージョンでは、特殊な環境下でのレスキュー活動支援のために、全身フレームの強化を目的に炭素繊維強化プラスチックが採用されている。

図 4.1-3　炭素繊維補強樹脂を使用したロボットの例

出典：サイバーダイン(株)HP https://www.cyberdyne.jp/products/supporting.html

（４）医用材料

医用材料に対して CNF による代替を検討した事例の概要を表 4.1-3 に示す。

中国の再生医療用材料への CNF 適用検討事例の詳細を表 4.1-4 に、CNF 適用検討事例の写真を図 4.1-4、図 4.1-5 に示す。

表 4.1-3　医用材料への CNF 適用検討事例

国名	実施者	概要	出典
日本	愛媛大学　内村浩美教授	ポンプが不要な紙基材バイオチップを開発し、血液流路の補強に CNF が使用されている。	ナノセルロースフォーラム第 13 回技術セミナー, 2018 年 10 月 15 日
	中越パルプ工業 東北大学	歯科材料の共同研究	中越パルプ工業㈱WEB 公開資料 nanoforest
	北海道大学　田島健次准教授 徳島大学　石田教授 大鵬薬品	胃がんの腹膜播種（はしゅ）の化学療法剤のドラッグキャリアとして使用した。マウスで効果を確認した。	ナノテク 2018 展特別シンポジウム：ナノセルロースの技術開発最前線、2018 年 2 月 15 日 日本薬学会年会要旨集 2017 年
中国	揚州大学 Yani Jiang 他	3D プリンティング技術を活用した再生医療のための移植可能なスカフォールド形成のための材料として使用する研究	Peer-reviewed article, Bioresources.com

表 4.1-4　再生医療用材料への CNF 適用検討事例

論文名（和訳）	セルロース・ナノファイバー強化ゼラチン・ヒドロゲルの 3D プリンティングへの活用に向けた最適化に関する研究
論文名（英訳）	Preparation of Cellulose Nanofiber-reinforced Gelatin Hydrogel and Optimization for 3D Printing Applications
研究者	Yani Jiang （揚州大学）他
研究の目的	生体適合性及び生物分解性が高く、3D プリンティング技術を活用した再生医療のための移植可能なスカフォールド形成（各種移植組織、インプラント用歯形、移植用皮膚等）のための材料として使用されているゼラチンに CNF を結合させることにより、従来弱点と言われていた機械的（力学的）性質を強化することにより、より広い医療面での用途開発につなげる。
研究の概要	(1)CNF とゼラチンを超音波を伴う高速攪拌により結合させたヒドロゲルの走査電子顕微鏡法及び透過電子顕微鏡法による分析。 (2)ヒドロゲルの力学的性質及びレオロジー特性を最適化するための CNF の配合割合の同定 (3)架橋結合能力の評価 (4)化学構造の分析（フーリエ変換赤外分光分析法） (5)細胞毒性・生体適合性分析
主な研究結果	▪ CNF をゼラチンに 10%結合したヒドロゲルを 3D プリント用インクとして使用した場合、ゼラチン 100%のヒドロゲルと比較して 5.75 倍の機械的強度を達成。 ▪ 3D プリント・プロセスを制御することにより、より正確なプリンティングや複雑な成形（interconnected porous structure 等）が可能であることが判明した。 ▪ CNF は、3D プリントによる構造物の安定性を高めるために他の bio-ink（コラーゲン、フィブリン、ヒアルロン酸等）にも利用できる可能性がある。 ▪ CNF 結合ゼラチン・ヒドロゲルは優れた生体適合性を有し、組織修復のための 3D プリント用 bio-ink として利用できる可能性がある。

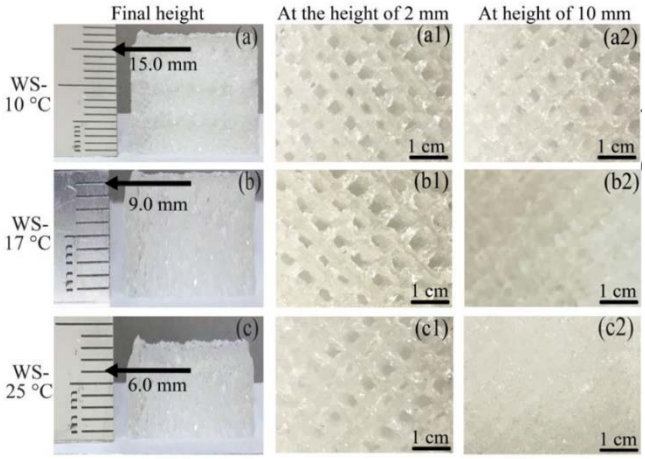


図 4.1-4　ゼラチンに CNF を 10%混合したヒドロゲル

出典：Peer-reviewed article, Bioresources.com

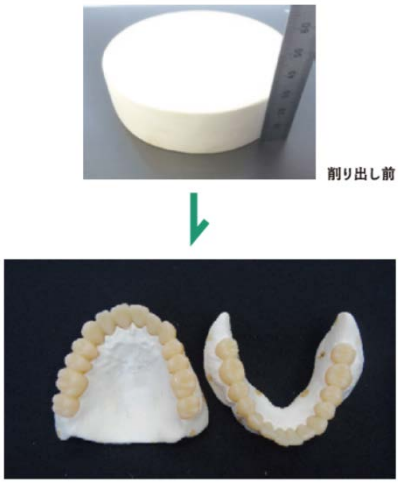


図 4.1-5　CNF を用いた成形体で作った入れ歯

出典：中越パルプ工業㈱WEB 公開資料 http://www.chuetsu-pulp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2018/10/nanoforest.pdf

（５）風力発電ブレード・ナセル

風力発電ブレードには、ガラス繊維強化複合材料が使用されている。一部の大型機種では、ガラス繊維と炭素繊維のハイブリッド複合材料が使用されている。

風力発電に対して CNF による代替を検討した事例は見当たらない。海外では、炭素繊維の代替として CNF を強化し、自動車や風力ブレードに適用可能かどうかについて研究を行っているものとして、以下のものがある。

表 4.1-5　炭素繊維の代替としての CNF 研究事例

論文名（和訳）	木質セルロースと酸化グラフェンのハイブリッド化による高性能繊維の開発
論文名（英訳）	Hybridizing wood cellulose and graphene oxide toward high-performance fibers
研究者	Yuanyuan Li（南京森林大学）、Oeyvind Vaaland（メリーランド大学）等
研究の目的	カーボン材料である「酸化グラフェンの 2 次元ナノシート」と「セルロースナノファイバー」をハイブリッド化することによって、より低コストで炭素繊維と同等品質の繊維複合材を開発する。
研究の概要	酸化グラフェンと CNF をハイブリッド化することで、それぞれの素材の相互作用により、ミクロ繊維の引張性能や強靭性が向上することを仮説として立て、他の繊維と物性比較を行った。
主な研究結果	▪ 力学的性質を高めるためにカルシウムイオンを利用し、酸化グラフェンと NCF のイオン結合能力を高めた結果、酸化グラフェン及び CNF のみで製造される繊維と比較して、高い引張性能及び弾性係数が得られた。（引張性能 442.4MPa、弾性係数 34.1MPa） ▪ CNF には、TEMPO 酸（TEMPO Oxidanyl）、臭化ナトリウムにクラフト漂白を行った針葉樹パルプを混合したものを使用した。（酸化グラフェンはハマーズ法により得た。 ▪ 従来の繊維より軽量かつ低コストでより豊富な資源から強靭な繊維を開発できる可能性がある。（念頭には自動車や風力ブレードへの利用が置かれている。）

（６）コンクリート補強筋

塩害地域の橋梁･桟橋防食筋などでガラス繊維、炭素繊維をコンクリート補強筋に使用する事例がある。非磁性が要求される医療診療棟補強筋（MRI 診断室)、量子ビーム測定室補強筋、リニアー実験線軌道/側壁用補強筋には、オーストナイト系ステンレス、ガラス繊維がコンクリート補強筋として使用される。

（７）下水パイプ

下水パイプに対して CNF による代替を検討した事例は見当たらない。

（８）窓サッシ

窓サッシに対して CNF による代替を検討した事例として、国内では、環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」において、(株)日建ハウジングシステムが実施している。当該業務では、CNF 樹脂サッシの目標必要性能（断熱性、強度）として、熱貫流率を 1.5W/(m^2･K)、曲げ弾性率を樹脂単体比 30%向上と設定した上で、樹脂サッシ部材に適する CNF を混練した塩ビコンポジットの試作と、この CNF コンポジットの成形試作を実施し、性能の評価を行っている。

（９）家電

家電に対して CNF による代替を検討した事例として、国内では、パナソニック(株)が掃除機に適用し販売を開始している。また、環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」において、冷蔵庫の鋼板を CNF 複合樹脂への置き換え、洗濯機のガラス繊維強化樹脂を CNF 複合樹脂への置き換えを検討している。

（10）ボート

ボートに対して CNF による代替を検討した事例は、国内では見当たらない。海外では、CNF ではないが、フランス LINEO 社の天然繊維フラックス複合材料がヨット船体に採用されている。

図 4.1-6　天然繊維フラックス複合材料を使用したヨット船体

出典：カーボンテックソリューションズ㈱資料
https://carbontechsolutions.com/assets/pdf/fiber.pdf

4.1.3　調査結果

要求物性調査における用途別の情報源を表 4.1-6 に、用途別の要求物性を次頁以降に示す。

表 4.1-6　調査対象用途別の情報源

用途	部位等	情報源
（1）自動車	ボンネット、ルーフ、インテイク・マニホールド、レゾネータ、内装系部品	環境省「平成 27 年度セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務報告書」
（2）プリント基板	硬質プリント基板､フレキシブルプリント基板	規格、メーカー公表値
（3）ロボットアーム	液晶ガラス基板搬送用ロボットアーム	メーカー公表値
（4）医用材料	義肢－義足、レジン歯	規格
（5）風力発電ブレード・ナセル	ブレード、ナセル	風力発電メーカー技術論文
（6）コンクリート補強筋	コンクリート補強筋	規格、メーカー公表値
（7）下水パイプ	下水パイプ	規格、メーカー公表値
（8）窓サッシ	窓サッシ	規格、環境省報告書
（9）家電	洗濯機部品、冷蔵庫部品	環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務（CNF の家電製品搭載に向けた性能評価および導入実証）成果報告書」
(10) ボート	ボート	規格、法規

（１）自動車の要求物性

文献調査の結果、得られた要求物性を図 4.1-7～16 に示す。

炭素繊維基本素材である炭素繊維糸に関する物性表は炭素繊維メーカーウェブサイトに公表されており、トレカ糸製品ラインアップでは、32 種類の糸について、引張強度（3,530～7,000MPa）、引張弾性率(230～294GPa)、密度(1.76～1.88g/cm^3)などが記載されている[31]。

メインボディは汎用鋼材である SS400 でも製造可能であるが、車体モノコック構造骨格には高張力鋼が使われるようになっている。また、メインボディは水平外板と垂直外板に分類されるが、部材自重も考慮しなければならないため、鋼材必要厚さは異なる。

メインボディの要求性能

【定性的要求性能】※1
- 張り剛性
- 耐デント性※2
- 成形性
- 軽量化

【メインボディ部材：鋼板の要求性能】※2

指標	物性値
比重	7.8
引張強度(MPa)	400
曲げ強度(MPa)	N/A
弾性率(MPa)	206
衝撃強度(Izod, kJ/m^3)	N/A

出典
※1 環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2 ラブノーツ Web ページ（http://www.labnotes.jp）

図 4.1-7　部位ごとの主要部材及び要求性能（メインボディ）

エンジンの要求性能

【定性的要求性能】※1
- 耐摩耗性
- 耐寒性
- 耐油性
- 耐熱性
- 高い剛性
- 小型化
- 軽量化
- 高い冷却性能
- 耐久性
- 塗膜金属接着性
- 金属非固着性
- 耐久性
- 低動倍率
- 耐ヘタリ性
- 疲労耐久性

【エンジン部材：アルミの要求性能】※2

指標	物性値
比重	2.7
引張強度(MPa)	300
曲げ強度(MPa)	N/A
弾性率(MPa)	72

出典
※1 環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2 ラブノーツ Web ページ（http://www.labnotes.jp）

図 4.1-8　部位ごとの主要部材及び要求性能（エンジン）

[31] 出典：東レの炭素繊維トレカの公式ウェブサイト
http://www.torayca.com/lineup/product/pro_001_01.html

ドア＋前後フード要求性能

【ドア＋前後フード部材：鋼板の要求性能】
※2

【定性的要求性能】※1

- 複雑な形状に耐えうる成形性
- ささくれたり割れたりしない弾性
- 外観の美しさ

指標	物性値
比重	7.8
引張強度（MPa）	400
曲げ強度（MPa）	N/A
弾性率（GPa）	206
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	N/A
線膨張係数(×10-5/K)	237

出典
※1 環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2 ラブノーツ Web ページ（http://www.labnotes.jp）

図 4.1-9　部位ごとの主要部材及び要求性能（ドア・前後フード）

オートマチックミッションの要求性能

【オートマチックミッション部材：アルミの要求性能】※2

【定性的要求性能】※1

- 文献調査では確認できず

指標	物性値
比重	2.7
引張強度（MPa）	300
曲げ強度（MPa）	N/A
弾性率（GPa）	72
線膨張係数(×10-5/K)	237

出典
※1 環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2 ラブノーツ Web ページ（http://www.labnotes.jp）

図 4.1-10　部位ごとの主要部材及び要求性能（オートマチックミッション）

フロントサスペンションの要求性能

【フロントサスペンション部材：アルミの要求性能】※2

【定性的要求性能】※1

- 部材剛性
- 耐久強度

指標	物性値
比重	2.7
引張強度（MPa）	300
曲げ強度（MPa）	N/A
弾性率（GPa）	72
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	N/A

出典
※1 環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2 ラブノーツ Web ページ（http://www.labnotes.jp）

図 4.1-11　部位ごとの主要部材及び要求性能（フロントサスペンション）

バンパーの要求性能

【バンパー部材：PP+GFの要求性能】※2

【定性的要求性能】※1

- 耐衝撃性
- 高剛性
- 軽量性
- 塗装製
- リサイクル性

指標	物性値
比重	1.12
引張強度（MPa）	142
曲げ強度（MPa）	147
弾性率（GPa）	5.8
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	25
MFR(g/10min)	4

出典
※1　環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2　住友化学スミストラン PG3013（PP+GF30%）参照
ただし MFR はダイセルポリマー社ダイセル PP(PP+GF30%)を引用
化学工業日報社「2016 年版プラスチック成型材料商取引便覧」

図 4.1-12　部位ごとの主要部材及び要求性能（バンパー）

ボディ周辺部品の要求性能

【ボディ周辺部材：PP＋タルクの要求性能】※2

【定性的要求性能】※1
- 低線膨張係数
- 剛性（タルク入りPPで対応できる程度）

指標	物性値
比重	1.11
引張強度（MPa）	25
曲げ強度（MPa）	40
弾性率（GPa）	3
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	N/A

出典
※1　環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2　ダイセルポリマー社ダイセルＰＰ　ＰＴ6ＮＩ（PP+GF30%）
化学工業日報社「2016 年版プラスチック成型材料商取引便覧」

図 4.1-13　部位ごとの主要部材及び要求性能（ボディ周辺）

インスツルメントパネルの要求性能

【インツルメントパネル部材：PP+GFの要求性能】※2

【定性的要求性能】※1
- 安全性
- 意匠性
- 流動性
- 光沢性
- 耐熱性
- 耐衝撃性
- 割れないこと
- 高剛性

指標	物性値
比重	1.12
引張強度（MPa）	142
曲げ強度（MPa）	147
弾性率（GPa）	5.8
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	25
MFR(g/10min)	4

出典
※1　環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2　住友化学スミストラン PG3013（PP+GF30%）参照、
ただし MFR はダイセルポリマー社ダイセル PP（PP+GF30%）を引用
化学工業日報社「2016 年版プラスチック成型材料商取引便覧」

図 4.1-14　部位ごとの主要部材及び要求性能（インスツルメントパネル）

ドア周辺部品の要求性能

【定性的要求性能】※1

- 複雑な形状に耐えうる成形性

【ドア周辺部材：PP＋タルクの要求性能】※2

指標	物性値
比重	1.11
引張強度（MPa）	25
曲げ強度（MPa）	40
弾性率（GPa）	3
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	N/A

出典
※1　環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2　ダイセルポリマー社ダイセルＰＰ　ＰＴ6ＮＩ（PP+GF30%）
化学工業日報社「2016 年版プラスチック成型材料商取引便覧」

図 4.4-15　部位ごとの主要部材及び要求性能（ドア周辺）

シートの要求性能

【定性的要求性能】※1

- クッション性
- 難燃性
- 耐衝撃吸収性
- 快適性
- 高強度
- 安全性
- 意匠性
- 成形性
- 吸湿性
- 耐化学薬品性

【シート部材：PPの要求性能】※2

指標	物性値
比重	0.9～0.91
引張強度（MPa）	29.4～38.22
曲げ強度（MPa）	41.16～54.9
弾性率（MPa）	1.08~1.5
衝撃強度（Izod, kJ/m^3）	2.9~7.8

出典
※1　環境省「平成 27 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰを活用したﾓﾃﾞﾙ事業の推進計画の策定委託業務報告書」
※2　化学工業日報社「2016 年版プラスチック成型材料商取引便覧」

図 4.4-16　部位ごとの主要部材及び要求性能（シート）

（２）プリント基板の要求物性

プリント基板に関連する規格としては、主に電子機器に用いる片面及び両面プリント配線板について規定した「JIS C 5013」があり、さらに基板に使用される材料や基板の種類等に関して、以下の様な規格が JIS C 5013 の引用規格として定められている。

表 4.1-7　JIS C 5013 の引用規格

規格番号	規格
JIS C 5001	電子部品通則
JIS C 5012	プリント配線板試験方法
JIS C 5603	プリント回路用語
JIS C 6482	プリント配線板用銅張積層板－紙基材エポキシ樹脂
JIS C 6484	プリント配線板用銅張積層板－ガラス布基材エポキシ樹脂
JIS C 6485	プリント配線板用銅張積層板－紙基材フェノール樹脂
JIS C 6488	プリント配線板用銅張積層板－ガラス布・紙複合基材エポキシ樹脂
JIS C 6489	プリント配線板用銅張積層板－ガラス布・ガラス不織布複合基材エポキシ樹脂
JIS C 6490	プリント配線板用銅張積層板－ガラス布基材ポリイミド樹脂
JIS C 6492	プリント配線板用銅張積層板－ガラス布基材ビスマレイド/トリアジン/エポキシ樹脂

JIS C 5013 では、プリント基板の等級が、プリント板パターンの微細度及び品質により３つのクラスに分類され、それぞれについて、詳細な物性に関する規格（めっき密着性、はんだ付け性、熱衝撃、耐湿性、燃焼性、耐溶剤性等）が定められている。

一方、フレキシブル基板については、独自の規格が「JIS C 5017 フレキシブルプリント配線板－片面・両面」として定められており、以下の規格が設定されている。

表 4.1-8　JIS C 5017 におけるフレキシブル基板の特性に関する規定

項目	特性
表面層の絶縁抵抗	$5\times10^{8}\Omega$ 以上であること。
表面層の耐電圧	交流印加電圧 500V で、フラッシュオーバーしないこと。
引きはがし強さ	0.49N/mm以上であること。
めっき密着性	はがれがないこと。
はんだ付け性	はんだ付けの良好な部分が、めっきされた部分の 95%以上であること。ただし、ポリエステルフィルムをベースとしたフレキシブルプリント板には適用しない。
耐屈曲性	カバーレイを施してあるフレキシブルプリント板について、受渡当事者間の協定による屈曲半径での屈曲回数を満足すること。
耐折性	カバーレイを施してあるフレキシブルプリント板について、受渡当事者間の協定による折り曲げ部曲率半径及び荷重下での折り曲げ回数を満足すること。
耐候性	受渡当事者間の協定によって、試験方法の条件を選定して試験紙、試験前後の試験項目の特性を満足すること（温度サイクル、熱衝撃、耐湿性等）
銅めっきスルーホールの耐熱衝撃性	両面フレキシブルプリント板のめっきスルーホールの導通抵抗値の変化率が 20%以下であること。
耐燃性	フレーミング時間等が規格を満足すること。
はんだ耐熱性	膨れ、はがれがないこと。カバーコートには実用上有害な変色がないこと等。
耐薬品性	膨れ、はがれがないこと。

参考として、日東紡績（株）ホームページで公開されている硬質基板の物性値を表 4.1-9 に、ポリイミド・フレキシブル基板の製品仕様を表 4.1-10 に、フレキシブル配線基板向け PET フィルムの物性を表 4.1-11 に、CNF 透明シートの物性値を表 4.1-12 に示す。硬質基板としては、現状ガラス繊維の物性を満たさず、技術開発が必要である。また、ポリイミドフィルムの耐熱性を満たさないが、PET フィルムとは同等の物性が得られている。

表 4.1-9　硬質プリント基板用ガラス繊維クロスの物性実測値

ガラス繊維 種類	熱膨張係数 $X10^{-6}$/℃	引張り弾性率 GPa	誘電率（1GHz）	誘電正接（1GHz）
E ガラス	5.6	75	6.8	0.0035
T ガラス	2.8	86	—	—
NE ガラス	—	—	4.8	0.0015

出典：日東紡ウェブサイト　プリント配線基板用ガラスクロス（汎用）

表 4.1-10　ポリイミド・フレキシブル基板の製品仕様

項　目	単 位	仕　　様
配線層数	層	1～2
銅箔厚み	μm	2～18
フィルム厚み	μm	25
光透過率(全光線)	%	＞85
はんだ耐熱性	―	260℃×5 sec.
銅箔接着強度	N/m	＞490
ｶﾞﾗｽ転移温度	℃	300

出典：丸山考志(沖電線(株))，「透明性とリフロー耐熱性を両立した耐熱基板」
https://www.oki.com/jp/otr/2017/n230/pdf/otr230_r16.pdf

表 4.1-11　フレキシブル配線基板向け PET フィルム物性

項目		単位	G2 タイプ							測定法
厚み		μm	16	19	20	23	25	38	50	JIS C2151
破断強度	MD	MPa	260	260	260	260	270	270	270	JIS C2318
	TD		310	300	300	300	290	290	270	
破断伸度	MD	%	150	150	150	150	130	130	130	JIS C2318
	TD		100	100	100	110	110	110	110	
熱収縮率 (150℃×30分)	MD	%	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	JIS C2318
	TD		1.0	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	
摩擦係数	μs	―	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	JIS K7125
	μk		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
ヘーズ		%	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.9	4.5	JIS K7136

出典：テイジンフィルムソリューション(株)
https://www.teijinfilmsolutions.jp/pdf/teijintetronfilm_g2_2016.pdf

表 4.1-12　CNF 透明シートの物性値

CNF の種類	熱膨張係数 ppm/K	引張り弾性率 GPa	誘電率（1GHz）	誘電正接（1GHz）
CNF 透明シート	7.2	－	－	－
25μm 厚透明 CNF シート	－	11.6	－	－

出典：王子ホールディングス新技術情報 VOL.15、野口裕一（王子ホールディングス）「リン酸エステル化セルロースナノファイバー分散液、透明シートの特長と用途開発」

（３）ロボットアームの要求物性

ロボットアームに関連する規格としては、JIS B 8432「産業用マニピュレーティングロボット―性能項目及び試験方法」（ISO9283）及び JIS B 8433「ロボット及びロボティックデバイス-産業用ロボットのための安全要求事項」（ISO10218）があるが、前者はロボットの作業性能について規定したものであり、後者はロボットの安全性能について規定したものであるが、要求物性を規定した規格は見当たらない。

参考として、スーパーレジン工業(株)で公開されている液晶ガラス基板搬送用ロボットアームの要求仕様は、「先端から 1,200mm のところに 1.2kg の荷重をかけ、４mm 以下のたわみであること」となっている。

同じく参考として、スーパーレジン工業(株)で公開されている繊維補強樹脂の用途別要求性能は図 4.1-18 のとおりであり、表 4.1-13 の CNF の関連する物性値との比較から、産業用ロボットは高い引張弾性率を必要とすることが分かる。

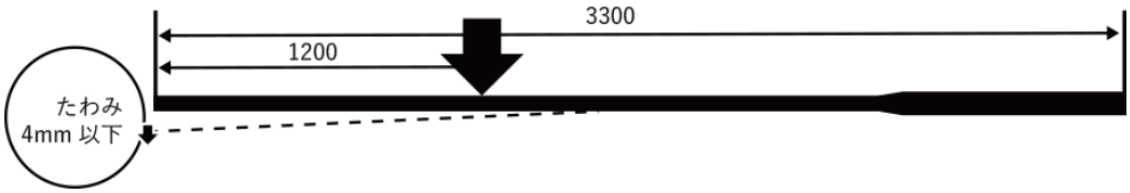


図 4.1-17　液晶ガラス基板搬送用ロボットアームの要求仕様

出典：スーパーレジン工業(株)HP
https://www.super-resin.co.jp/case2

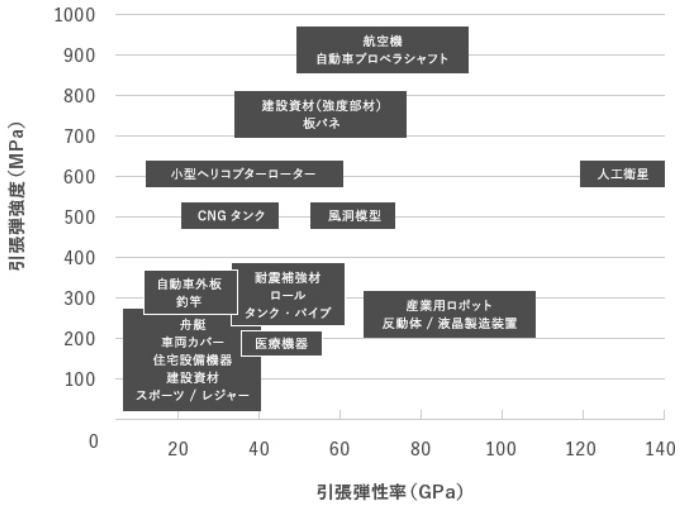


図 4.1-18　FRP の用途と要求性能

出典：スーパーレジン工業(株)HP
https://www.super-resin.co.jp/frp

表 4.1-13　CNF の物性値

CNF 形態	引張強度 MPa	引張弾性率又は曲げ弾性率　GPa	出典
セルロースのミクロフィブリル 1 本単位	2,000～6,000 平均 3,000	145（パルプ） 150（ホヤ）	東京大学大学院農学生命科学研究科,「原子間力顕微鏡を用いたセルロースミクロフィブリル 1 本の弾性率測定」, Cellulose Commun., 17 巻 3 号 P111-115, 2010 年
CNF 抄紙による連続シート成形	223	10	王子ホールディングス、「セルロースナノファイバーによる樹脂高機能化」, Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年 3 月 25 日
天然繊維ラミーとパルプの複合材	480	—	神戸大学,「All-cellulose Composites」, Macromolecules 誌 37 巻 20 号, P7683-7687 2004 年
CNF25%＋フェノール樹脂 5 枚積層圧縮成形	—	24	小島和重（㈱デンソー）、矢野浩之（京都大学）ほか,「セルロースナノファイバーとフェノール樹脂複合体の開発」成形加工シンポジア 2016, 2015 年 11 月 2 日, 福岡

（４）医用材料の要求物性

医用材料に関連する規格としては、例えば、JIS T 0111-3（義肢－義足の構造強度試験）や JIS T 6506：2005（レジン歯）があるが、これは最終製品としての特性を規定したものであり、材料に関わる要求物性を規定した規格は見当たらない。

人工骨、義肢、義歯、バイオチップなどの医用材料に求められる特性を表 4.1-14 に示す。

また参考として、最終製品の特定を規定している JIS T 6506：2005（レジン歯）の要求特性を表 4.1-15 に、関連する CNF の物性値を表 4.1-16 に示す。

表 4.1-14　医用材料に求められる特性

医用材料の種類	求められる特性
人工骨、人工骨関節、人工弁などに用いる材料	強度、加工性、耐腐食性、摺動性・耐摩耗性、耐疲労性、生体適合性（組織との親和性、抗アレルギー性、血栓等防止）、生分解性（生体吸収性）
義肢などに用いる材料	軽量、強度、加工性、溶接性、耐摩耗性、耐疲労性、生体適合性（生体組織との親和性）
義歯に用いる材料	寸法安定性、硬さ、結合性、色調安定性、退色・変形・亀裂
バイオチップ	耐薬品性、吸水性の調整、耐熱性
ドラッグデリバリーシステムのキャリア	薬物徐放性、生体適合性
再生医療用材料	細胞への適合性、生分解性（生体吸収性）

出典：「技術戦略マップ 2010：ファイバー分野、再生医療分野」経済産業省、「医療用材料の高機能化－生体適合性、DDS 特性、生分解性、接着性－」(株)東レリサーチセンター及びなどを基に(株)エックス都市研究所で作成

表 4.1-15　JIS T 6506:2005（レジン歯）の要求特性

要求特性	特性値
硬さ	21 HV0.2 以上（硬質レジン歯）
生体適合性	JIS T 0993-1 及び JIS T 6001 によって生物学的安全性を評価
外観	歯冠部は滑らかな面及び光沢をもち、外観上の欠陥があってはならない
寸法安定性	試験前の幅径の±２％を超える寸法変化が生じてはならない。
色調	試験により、識別できる変色があってはならない。

表 4.1-16　CNF の物性値

CNF 形態	引張強度 MPa	引張弾性率又は曲げ弾性率　GPa	出典
セルロースのミクロフィブリル１本単位	2,000～6,000 平均 3,000	145（パルプ） 150（ホヤ）	東京大学大学院農学生命科学研究科,「原子間力顕微鏡を用いたセルロースミクロフィブリル１本の弾性率測定」, Cellulose Commun., 17 巻 3 号 P111-115,2010 年
CNF 抄紙による連続シート成形	223	10	王子ホールディングス、「セルロースナノファイバーによる樹脂高機能化」, Nanocellulose Symposium2014 配布資料,2014 年 3 月 25 日
天然繊維ラミーとパルプの複合材	480	—	神戸大学,「All-cellulose Composites」, Macromolecules 誌 37 巻 20 号,P7683-7687 2004 年
CNF25%＋フェノール樹脂 5 枚積層圧縮成形	—	24	小島和重（㈱デンソー）、矢野浩之（京都大学）ほか,「セルロースナノファイバーとフェノール樹脂複合体の開発」成形加工シンポジア 2016,2015 年 11 月 2 日,福岡

（５）風力発電ブレード・ナセルの要求物性

風力発電ブレードの要求物性を規定した規格は見当たらない。製造者要求仕様としては、成形品における引張り強度で 700MPa 以上、引張り弾性率として 35GPa 以上、と風力発電メーカーの技術論文に記されている [32]。

（６）コンクリート補強筋の要求物性

コンクリート補強筋に関連する規格としては、JIS G 3112:2010　鉄筋コンクリート用棒鋼があり、成分、寸法、機械的性質などを定めている。要求物性を表 4.1-17 に示す。

シールド立杭用の FRP コンクリート補強筋の標準値として、AGC マテックス(株)のホームページに記載されている物性値を表 4.1-18 に、CNF の関連する物性値を表 4.1-19 に示す。

その他、耐食性、用途によっては非磁性が求められる。

表 4.1-17　鉄筋に求められる物性値

性質		引張強さ				曲げ試験	
鋼種		降伏点 (N/mm²)	引張強さ (N/mm²)	伸び		曲げ角度	内側半径
				試験片	伸び(%)		
丸鋼	SR235	235以上	380～520	2号に準ずるもの	20以上	180°	D16以下　公称直径の1.5倍
				14号Aに準ずるもの	22以上		
異形鉄筋	SD295A	295以上	440～600	2号に準ずるもの	16以上	180°	D16以下　公称直径の1.5倍
				14号Aに準ずるもの	17以上		D16超え　公称直径の2倍
	SD345	345以上～440	490以上	2号に準ずるもの	18以上	180°	D16以下　公称直径の1.5倍
				14号Aに準ずるもの	19以上		D16超えD41以下　公称直径の2倍
							D51　公称直径の2.5倍
	SD390	390～510	560以上	2号に準ずるもの	16以上	180°	公称直径の2.5倍
				14号Aに準ずるもの	17以上		
	SD490	490～625	620以上	2号に準ずるもの	12以上	90°	D25以下　公称直径の2.5倍
				14号Aに準ずるもの	13以上		D25超え　公称直径の3.0倍

出典：JIS G 3112:2010「鉄筋コンクリート用棒鋼」

表 4.1-18　シールド立杭用の FRP コンクリート補強筋の標準値

タイプ	補強繊維	樹脂	比重	引張強さ (MPa)	引張弾性率 (GPa)
G	ガラス繊維	ビニルエステル	1.70	600	30
CR	高強度カーボン繊維	ビニルエステル	1.42	1,400	100
CMR	高弾性カーボン繊維	ビニルエステル	1.42	1,200	165

出典：AGC マテックス(株)HP
http://www.agm.co.jp/product/civilengineering/nefmac.html

[32] 新藤健太郎ほか（三菱重工業㈱）、「風力発電装置用大型 FRP ブレードの製造技術」、日本船舶海洋工学学会誌第 26 号 P.33-36(2009 年 9 月)

表 4.1-19　CNF の物性値

CNF 形態	引張強度 MPa	引張弾性率又は曲げ弾性率　GPa	出典
セルロースのミクロフィブリル 1 本単位	2,000～6,000 平均 3,000	145（パルプ） 150（ホヤ）	東京大学大学院農学生命科学研究科,「原子間力顕微鏡を用いたセルロースミクロフィブリル1本の弾性率測定」, Cellulose Commun., 17 巻 3 号 P111-115,2010 年
CNF 抄紙による連続シート成形	223	10	王子ホールディングス、「セルロースナノファイバーによる樹脂高機能化」, Nanocellulose Symposium2014 配布資料,2014 年 3 月 25 日
天然繊維ラミーとパルプの複合材	480	—	神戸大学,「All-cellulose Composites」, Macromolecules 誌 37 巻 20 号,P7683-7687 2004 年
CNF25%＋フェノール樹脂 5 枚積層圧縮成形	—	24	小島和重（㈱デンソー）、矢野浩之（京都大学）ほか,「セルロースナノファイバーとフェノール樹脂複合体の開発」成形加工シンポジア 2016,2015 年 11 月 2 日,福岡

（７）下水パイプの要求物性

下水パイプに関連する規格としては、JIS A 5350:2006「強化プラスチック複合管」がある。これは口径 200～3,000mm の形状、寸法・厚さ、内外圧試験方法を規定したものであり、要求物性を規定した規格は見当たらない。この規格では、管の一部から試験片をとり、曲げ試験を行うことが求められている。

なお、下水パイプは性質上、耐食性も求められる。

（８）窓サッシの要求物性

窓サッシに関連する規格としては、JIS A 4706:2000「サッシ」がある。規定されている性能を表 4.1-20 に示す。特に、アルミサッシと差別化を図る際に重要な熱貫流率について、環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」の結果である竹 CNF 含有塩ビコンポジットの物性値を表 4.1-21～23 に示す。これにより、既に CNF を適用したサッシは、樹脂サッシと同等水準であることを示している。

また、参考として、中国における繊維強化プラスチック製の窓サッシの規格として、現在パブコメにかけられている基準があり、その内容を表 4.1-24 に示す。

表 4.1-20　窓サッシに求められる物性値

性能項目	等級	等級との対応値	性能	適用試験箇条
開閉力(1)	－	50 N	戸が円滑に開く，及び閉じることとする。	9.1
開閉繰り返し(1)	－	開閉回数 1万回	開閉に異常がなく，使用上支障がないこととする。	9.2
耐風圧性(2) (4)	 S-1 S-2 S-3 S-4 S-5 S-6 S-7	最高圧力 800 Pa 1 200 Pa 1 600 Pa 2 000 Pa 2 400 Pa 2 800 Pa 3 600 Pa	a) 加圧中，破壊がないこととする。 b) スライディングは，召合せかまち，突合せかまち，召合せ中骨の最大変位が各々の部材に平行する方向の内のり寸法の$\frac{1}{70}$以下であることとする。 c) スイングは，枠，無目・方立など，戸の周辺に接する部材において最大相対変位が，15 mm 以下であることとする。 d) スイングの両開きなどの召合せかまちは，最大変位がその部材に平行する方向の内のり寸法の$\frac{1}{70}$以下であることとする。 e) 無目・方立がある場合は，そのたわみ率が$\frac{1}{100}$以下であることとする。 f) 6.8 mm 以上のガラスを使用する場合は，さらに各々の部材のたわみ率が，次の表の規定に適合するものとする。 g) 除圧後，開閉に異常がなく，使用上支障がないこととする。	9.3
気密性	 A-1 A-2 A-3 A-4	気密等級線 A-1 等級線 A-2 等級線 A-3 等級線 A-4 等級線	該当する等級について，通気量が図1に規定する気密等級線を上回らないこととする。	9.4

部材名		たわみ率
中桟及び中骨		$\frac{1}{150}$以下
召合せかまち，突合せかまち，召合せ中骨	中桟 中骨 あり	$\frac{1}{85}$以下
	中桟 中骨 なし	$\frac{1}{100}$以下

水密性		圧力差	加圧中 JIS A 1517 に規定する次の状況が発生しないこととする。	9.5
	W-1	100 Pa	a) 枠外への流れ出し	
	W-2	150 Pa	b) 枠外へのしぶき	
	W-3	250 Pa	c) 枠外への吹き出し	
	W-4	350 Pa	d) 枠外へのあふれ出し	
	W-5	500 Pa		
戸先かまち強さ(3)	−	載荷荷重 50 N	戸先かまちのたわみが，次の表に適合するものとする。 面内方向のたわみ：1 mm以下 面外方向のたわみ：3 mm以下	9.6
遮音性		遮音等級線	該当する等級について，図2に規定する遮音等級線(5)に適合するものとする。	9.7
	T-1	T-1 等級線		
	T-2	T-2 等級線		
	T-3	T-3 等級線		
	T-4	T-4 等級線		
断熱性		熱貫流抵抗値	該当する等級について，対応する熱貫流抵抗値に適合するものとする。	9.8
	H-1	0.215 m²・K/W 以上		
	H-2	0.246 m²・K/W 以上		
	H-3	0.287 m²・K/W 以上		
	H-4	0.344 m²・K/W 以上		
	H-5	0.430 m²・K/W 以上		

出典：JIS A 4706「サッシ」

表 4.1-21　竹 CNF 含有塩ビコンポジットの押出成形条件と成形品の評価結果

試料名	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	JIS A5558 規格
塩ビ コンポジット 試料名	S-1	S-2	S-2	S-3	S-4	S-5	—
押出機	混練 弱	混練 弱	混練 強	混練 強	混練 強	混練 強	—
成形樹脂 温度（℃）	180	←	←	←	←	←	—
熱伝導率 (W/(m・K))	0.22	—	0.24	0.25	0.23	0.23	—
曲げ弾性率 (MPa)	2,300	2,500	2,800	2,400	2,500	2,600	2,000 以上
曲げ応力 (MPa)	55	55	59	55	58	59	—

表 4.1-22　熱貫流率の計算前提条件

構造	樹脂サッシ 開きテラスタイプ
サイズ	W1730mm×H1,800mm
ガラス種別	ペアガラス FL3mm-16mm－FL3 mm、Ar ガス入り、片面 Low-E
計算条件	室外 0℃、室内 20℃

表 4.1-23　熱貫流率の計算結果

試料名	E-1 (目標)	E-3	E-4	E-5	E-6
熱貫流率 (W/(m^2・K))	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

出典：日建ﾊｳｼﾞﾝｸﾞｼｽﾃﾑ「平成 29 年度ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰ活用製品の性能評価事業委託業務（竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO_2 削減効果の実証）」

表 4.1-24　ガラス繊維強化ポリウレタン省エネ窓原料の要求基準（パブコメ版）

試験項目	要求指標
縦方向の曲げ強度（MPa）	1,000 以上
横方向の曲げ強度（MPa）	50 以上
縦方向の曲がり弾性率（GPa）	40 以上
繊維に沿った方向の衝撃強度（kJ/m^2）	10 以上
バーコル硬さ	40 以上
樹脂含量（%）	18～33

出典：中国住宅都市農村建設部 HP
http://www.mohurd.gov.cn/zqyj/201803/t20180307_235323.html

（９）家電の要求物性

パナソニック(株)の環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」成果報告書によると、家電製品である洗濯機部品、冷蔵庫部品に CNF を適用する際の検証する特性と評価内容を図 4.1-19 のとおり定めている。

このうち、剛性設計で考慮される物性値は弾性率、ポアソン比、線膨張係数、熱伝導率である。鉄またはポリスチレンの部品を CNF15%PP で代替する検討に使用された材料物性を表 4.1-25 に示す。

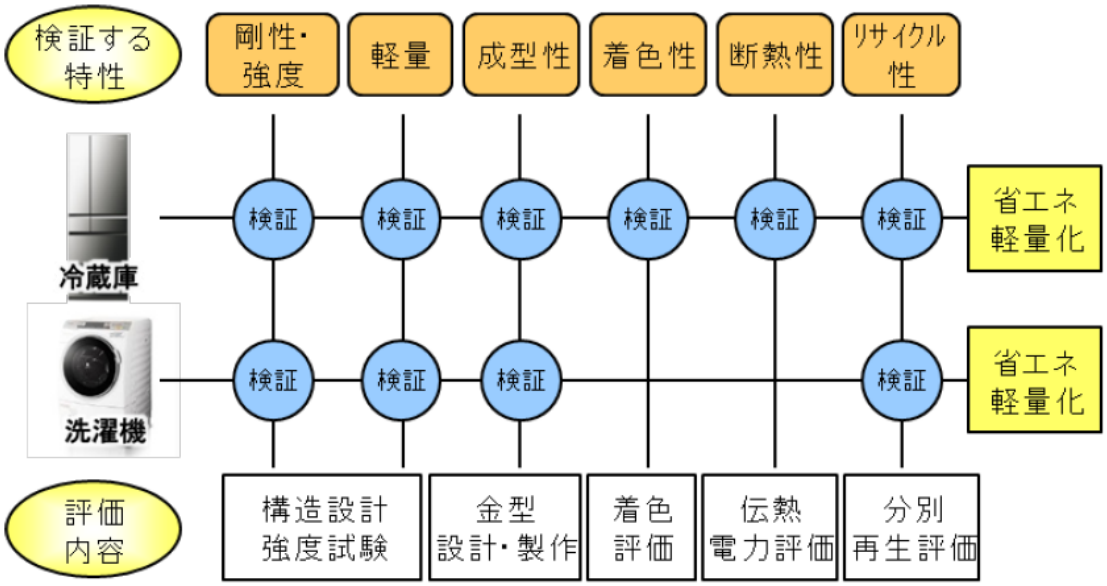


図 4.1-19　CNF 適用検証で検証する特性と評価内容

出典：ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ(株)「平成 29 年度セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務（CNF の家電製品搭載に向けた性能評価および導入実証）成果報告書」

表 4.1-25　解析で用いた材料物性値

	単位	鉄	ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝ	ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ（CNF15%含有）
ヤング率	[Pa]	2.07E+11	2.00E+09	3.10E+09
ポアソン比	-	0.29	0.33	0.3
線膨張係数	[1/K]	1.17E-05	1.77E-04	8.80E-05
熱伝導率	[W/mK]	4.19E+01	0.20	0.232

出典：ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ(株)「平成 29 年度セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務（CNF の家電製品搭載に向けた性能評価および導入実証）成果報告書」

（10）ボートの要求物性

船舶の安全性評価に関する JIS　B 0076:2004「船舶システムの安全設計評価に関する指針」がある。プレジャーボートを含む小型船舶に使用する材料に関連する国際規格としては、プレジャーボート等小型船舶の材料に関する ISO12215 - 1「材料-熱硬化性樹脂　ガラス繊維強化材、基準積層材」があり、材料特性に関する要件が規定されている。15m 未満の FRP 小型船舶では、日本小型船舶検査機構が実施する（イ）船体の縦曲げ試験、（ロ）板厚計測による強度確認、（ハ）落下試験、のうちいずれかに合格すると、適当な船体強度を有するものとみなされる。

その他、プレジャーボートの特性上、高速性すなわち軽量化と安全性が求められる。

4.1.4　設計及び構造上の工夫による対応可能性

単純な物性を比較した際に要求物性を届かない場合でも、設計及び構造上の工夫を行うことで、要求物性を満たすことができる可能性がある。自動車用途での設計及び構造上の工夫事例を示す。

（1）車体構造

車体構造には、モノコック構造、ラダーフレーム構造、スペースフレーム構造がある。モノコック構造は現在、最も多く採用されている一体型構造である。ラダーフレーム構造は主に、トラック、バスで使われる構造である。フレーム部分で衝突衝撃をうけるため、車体の要求強度・剛性はモノコック構造より小さくできる。スペースフレーム構造が最近、開発されたもので部材の種類を少なくして，部材の製造や構造，施工の単純化を図った骨組である。

スポーツカーのロータス・エリーゼはアルミフレームを採用しており、アルミを CFRTP に材料置換する名古屋大学 NCC(National Composite Center)NEDO 実証プロジェクトが実施された。アルミに対する軽量化率は CFRP より 10%と少ないが、LFT-D(Long Fiber Thermoplastic-Direct)成形の製造サイクルタイムが 5 分であることが評価され、2017 年 2 月ナノテク展でナノテク大賞を受賞している。ガラス繊維では、LFT-D 成形は既に実用化している。

図 4.1-20　Multi-Material Space-Frame

出典：ホンダ
https://www.acura.com/performance/modals/multi-material-space-frame

（２）ハニカムパネル

ハニカムコアは六角形のセルの集合体であり、力学上最も優れたサンドイッチコア材でアルミや熱可塑性樹脂で製造される。

曲げ剛性が同一の場合、鉄鋼 1.6㎜に対して、コア材の厚みは 12㎜であるが、重量は鉄の１/7 である。

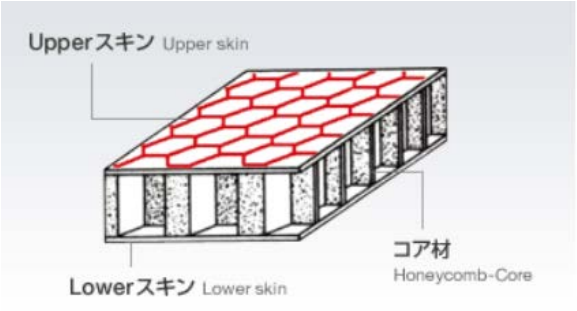


図 4.1-21　ハニカムパネル

出典：岐阜プラスチック工業㈱HP

http://www.risu.co.jp/teccell/feature/index.html

（３）マイクロカプセル発泡

ドアパネル基材にケナフ繊維と PP シートのホットプレス成形品が実用化されている。ポットプレス工程中にアクリル樹脂のマイクロカプセルが 40μm から 180μに膨張する。従来の基材に較べて、25%の軽量化が達成された。射出発泡成形では、独立気泡を形成することにより、軽量化することも行われている。

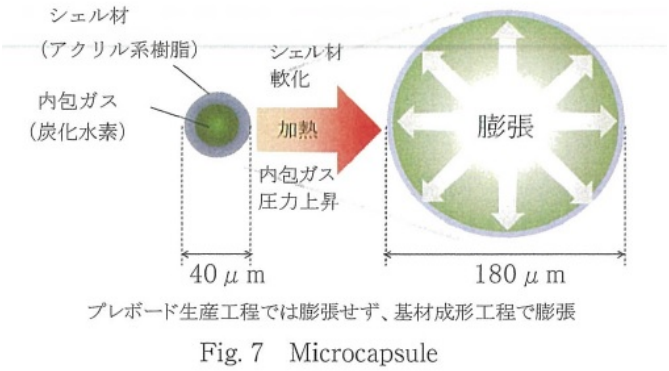


図 4.1-22　マイクロカプセル発泡

出典：トヨタ紡織(株)資料

4.2　販売価格調査結果

市場調査の結果、CNF 代替可能性のある市場領域に関して、販売価格の調査を実施した。調査結果を以下に示す。

（１）自動車の販売価格

自動車の重量あたり販売価格を 100 万円/トンとすると、素材価格は 300 円/kg 以下が求められる。アルミ部品に較べて、部品点数が大幅に減らせるメリットが樹脂にはあるため、成形品段階の価格も重要である。

2016 年の主要自動車部品の単価を表 4.2-1 に示す。2015 年自動車台数 8,900 万台に対して、ボディ重量は 7,182 万トンである。全世界のボディ販売額 7 兆 3,624 億円より単価 102 円/kg となる。これは加工費を含まない素材価格と考えられる。内装部品のインストルメントパネル、外装部品のバンパーカバー、エンジン部品のインテイク・マニホールドは樹脂部品であり、成形品価格と推定される。

表 4.2-1　主要自動車部品の単価

部品名	金額（億円）	数量	平均重量※（kg）	単価（円/kg）
ボディ	73,624	7,182 万トン	―	103
インストルメントパネル	5,154	8,900 万個	7.1	816
バンパーカバー	12,285	8,900 万個	13	1,062
インテイク・マニホールド	2,619	8,900 万個	4.0	736

出典：（株）富士キメラ総研,「2016 ワールドワイド自動車部品マーケティング便覧」,（株）富士キメラ総研 2016 年 10 月、環境省「平成 27 年度セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務報告書」を基に（株）エックス都市研究所にて作成

（２）プリント基板の販売価格

プリント基板の成形品ベースの単価は、30,000 円／m^2 であり [33]、厚さ 1.6㎜、比重２とすると、937 円/kg となる。

（３）ロボットアームの販売価格

ロボットアームの成形品ベースの単価は、炭素繊維成形品の平均単価 9,100 円/kg と同等程度とし、使用する素材単価についても、平均単価 2,900 円/kg[34]の繊維の使用を想定すると、非常に高価な価格帯となる。

[33] 2017 年経済産業省生産動態統計年報機械統計編」、P.28　電子回路基板　4,665 億円/14,632,211m^2　単価 31,822 円/m^2

[34] (株)富士経済「炭素繊維複合材料関連技術・用途市場の展望」

（４）医用材料の販売価格

医用材料の成形品ベースの単価は、炭素繊維成形品の平均単価 9,100 円/kg と同等程度とし、使用する素材単価についても、平均単価 2,900 円/kg[35]の繊維の使用を想定すると、非常に高価な価格帯となる。

（５）風力発電ブレード・ナセルの販売価格

風力発電ブレードの成形品ベースの単価は、954 円／kg であり、ガラス繊維では 735 円／kg、炭素繊維で 8,115 円／kg である。

（６）コンクリート補強筋の販売価格

鉄筋の成形品ベースの単価は、70 円/kg である。1/5 に軽量化できたとして、CNF コンクリート補強筋の等価価格は 350 円/kg となる。

（７）下水パイプの販売価格

口径 1000㎜ 厚さ 20㎜ 長さ 4m下水パイプの価格表より、計算すると単価は、600 円/kg となる。下水パイプに適用されるガラス長繊維製品の経産省統計年報出荷平均単価は 348 円／kg である。

（８）窓サッシの販売価格

アルミニウムサッシの成形品ベースの平均単価は、経産省統計年報の数量、金額より 1,691 円/kg である。窓サッシに適用される塩ビの材料費は 134 円／kg と安価であるが、加工費用が掛かり、成形品ベースの平均単価はアルミニウムサッシよりも高くなる。

（９）家電の販売価格

家電の成形品ベースの単価は、コンパウンドメーカーから出荷されるペレット単価 300 円/kg に成形メーカーのコストを加えて、600 円/kg 程度である。

(10) ボートの販売価格

ガラス長繊維製品の経産省統計年報出荷平均単価は 348 円／kg である。成形メーカーのコストを加えてボートの成形品ベースの単価は、1,000 円/kg と推定した。

---

[35] (株)富士経済「炭素繊維複合材料関連技術・用途市場の展望」

【追捕】複合材原料の価格

繊維補強樹脂材料の価格に関するデータは、海外においては、複合材分野における市場調査を定期的に実施している民間調査会社である「Lucintel」が実施した市場調査の報告書である「Growth Opportunities in Global Composites Industry 2011-16」が現段階で最も新しい利用可能な情報である。この調査報告書では、複合材原材料の材料別出荷額及び出荷量、原材料の加工技術別出荷額及び出荷量、さらには原材料の最終製品需要別出荷額・出荷量が掲載されており、マクロな複合材の単価を知る一つの材料となる。

表 4.2-1　複合材原料の出荷量及び出荷額(材料別)2011 年

種類		出荷量（千トン）	出荷額（百万EURO）	平均価格（Euro/kg）
母材(樹脂等)	ポリエステル樹脂(Polyester)	1,332	2,785	2.1
	エポキシ樹脂(Epoxy)	309	1,360	4.4
	ビニール・エステル(Vinyl Ester)	65	238	3.7
	フェノール性樹脂(Phenolic)	32	62	1.9
	ポリウレタン樹脂(Polyurethane)	74	215	2.9
	熱可塑性樹脂(Thermoplastic Resin)	1,017	1,852	1.8
	充填材(Fillers)	337	126	0.4
	その他(顔料等)	133	931	7.0
繊維	ガラス繊維(Fibreglass)	2,570	4,720	1.8
	アラミッド繊維(Aramid)	2	48	24.0
	炭素繊維(Carbon)	39	912	24.0
合計		5,910	13,249	2.22

出典: Growth Opportunities in Global Composites Industry 2011 - 2016. Lucintel Report, February 2011

表 4.2-2　複合材原料の出荷量及び出荷額（加工技術別）2011 年

加工技術	市場占有（千トン）	市場占有（百万EURO）	平均価格（EURO/kg）
射出成形(Injection Molding)	1,164	5,159	4.4
ハンドレイアップ(Hand Lay-Up)	912	6,436	7.1
バルク・シート成形(SMC/BMC)	727	3,704	5.1
スプレー・アップ(Spray-up)	642	3,161	4.9
プレ・プレグ(Pre-preg)	627	8,357	13.3
フィラメント・ワインディング(Filament Winding)	582	3,593	6.17
樹脂注入(Resin Infusion)	421	2,510	5.96
パネル製造(Panel Manufacturing)	318	1,280	4.0
引き抜き成形(Pultrusion)	205	825	4.0
熱可塑性複合材(Thermoplastic Comp.)	146	936	6.4
その他	162	968	6.0
合計	5,906	36,929	6.25

出典: Growth Opportunities in Global Composites Industry 2011 - 2016. Lucintel Report, February 2011

Market Segment	Raw Shipment 10^3 Tons	Raw Shipment € Million	End-product € Million	Average price €/kg
Transportation	1261	2010	5100	1.6
Marine	198	348	600	1.75
Wind Energy	400	1513	3600	3.8
Aerospace	22	1458	5200	67.0
Pipe &Tank	842	1537	4400	1.8
Construction	1459	2310	6100	1.6
Electric & Electronic	1090	2764	8300	2.5
Consumer Goods	375	802	2200	2.1
Other	258	408	1400	1.6
Total	**5905**	**13,150**	**36,900**	**2.22**

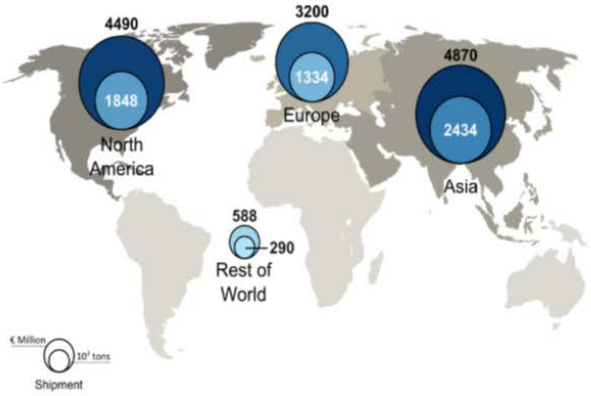


図 4.2-1　複合材原料の最終製品需要セクター別出荷量・出荷額

出典: Growth Opportunities in Global Composites Industry 2011 – 2016. Lucintel Report, February 2011

第５章　繊維補強樹脂材料に関する廃棄基準・リサイクル基準調査

本調査では、繊維補強樹脂材料等に関する廃棄基準・リサイクル基準の調査を行った。本章ではその結果を示す。

5.1　廃棄・リサイクルに関連する国際動向

（１）サーキュラー・エコノミー（循環経済）

サーキュラー・エコノミーとは、資源循環の効率化だけでなく、原材料に依存せず、既存の製品や有休資産の活用などによって価値創造の最大化を図る経済システムである。

EU では、「国際競争力の向上」、「持続可能な経済成長」、「新規雇用創出」などが期待されることからサーキュラー・エコノミーの実現を経済成長戦略の一つとして位置づけている。

2015 年 12 月には欧州委員会がサーキュラー・エコノミーの実現に向けた新たな戦略「サーキュラー・エコノミー・パッケージ」を採択しており、欧州構造投資基金（ESIF）などによる財政的支援も行われる。

サーキュラー・エコノミーに移行することによる経済効果は 2030 年までに 4.5 兆ドルに上ると報告されている。

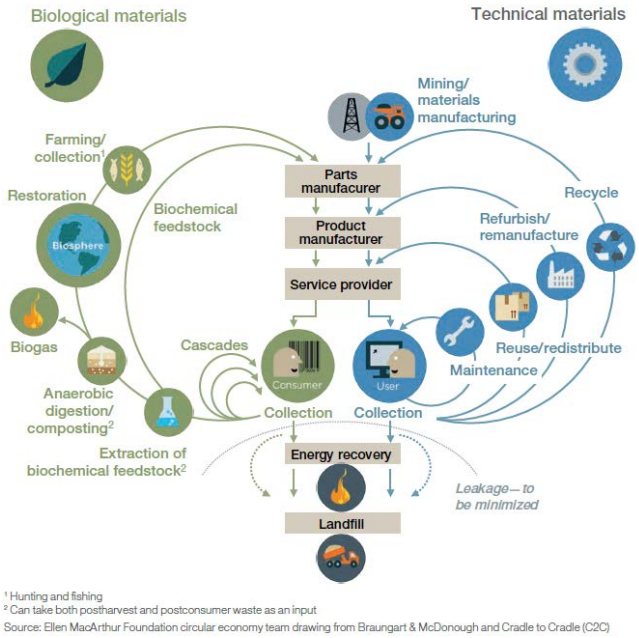


図 5.1-1　サーキュラー・エコノミーのイメージ

出典：World Economic Forum ; Towards the Circular Economy : Accelerating the scale-up across global supply chains

ドイツ、スウェーデンでは、プラスチックを 5%以上含む FRP の埋め立ては禁止されている。

また、EU の埋め立て規制では、FRP の埋め立ては禁止されていないが、現状の埋め立て量の 1/10 にするという数量目標のため、FRP の埋め立てが実質禁止となる可能性は高い。1990 年に設立された FRP 自動車部品の再生プラント ERCOM Composite Recycling GmbH 社はセメントキルンとの競争に敗れ、2004 年に操業をやめた。微粉砕したパウダーをバージン樹脂 20%に混ぜるというマテリアルリサイクルプロセスを採用していた。

EU のサーキュラー・エコノミーの潮流を受けて、日本では、H30 年 4 月閣議決定第五次環境基本計画において、各地域がその特性を活かした強みを発揮し、地域ごとに異なる資源が循環する自立・分散型の社会を形成しつつ、それぞれの地域の特性に応じて近隣地域等と共生・対流し、より広域的なネットワークを構築していくことで、新たなバリューチェーンを生み出し、地域資源を補完し支え合いながら農山漁村も都市も活かす「地域循環共生圏」を創造していくことを目指す、としている。

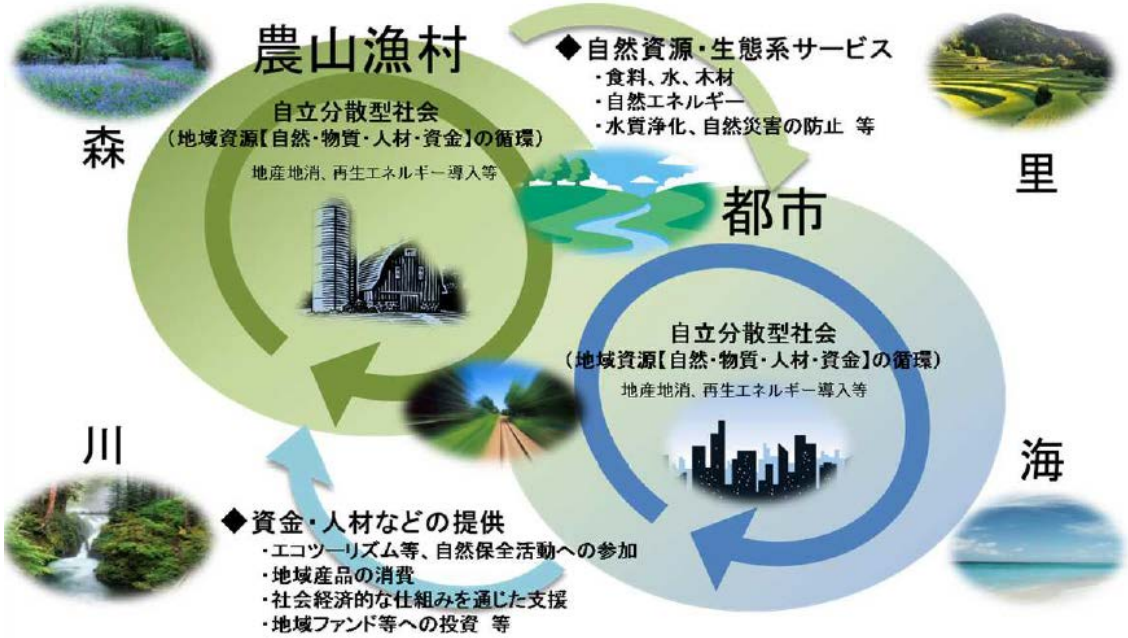


図 5.1-2　地域循環共生圏

出典：環境省「第五次環境基本計画の概要」
http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/plan/plan_5/attach/ref01-1.pdf

（２）海洋ごみ・マイクロプラスチック

年間で 1,200 万トン余りの海洋プラスチックごみが発生し、そのうち 1%が海の表面を覆い、5%が海岸に漂流し、残りの 94%は海底に堆積している。2014 年に全世界で行われた分析結果から海洋プラスチックごみの総量は 2 億 5 千万トンに達しており、2050 年には魚の総重量を上回るとの予測が示されている。

海洋プラスチックごみの中で特に生態系への影響が大きいのが 5mm 以下のマイクロプラスチックであり、年間 200 万トン発生しており、その対策に向けてモニタリング手法の標準化等が進められている。

この潮流を受けて、我が国でも日中海洋ごみワークショップや日中高級事務レベル海洋協議等を行っており、他国と協力しながら対策を検討している。

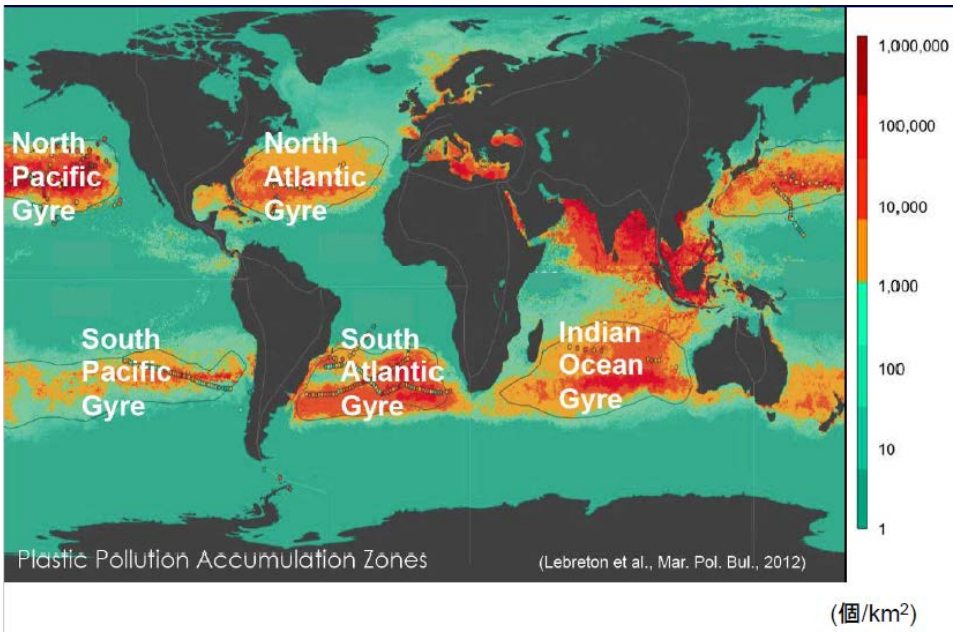


図 5.1-3　海洋ごみ・プラスチックの分布

出典：東京農工大学高田秀重「マイクロプラスチック汚染の現状、対策、国際動向」

（３）中国の廃プラスチック輸入規制

2017 年７月、中国国務院は中国国内の関係機関に対して、「固体廃棄物輸入管理制度改革実施案」を通知し、当面の中国における固体廃棄物の輸入管理制度について方針を大きく転換した。この改革により 2017 年 12 月末から中国において固体廃棄物の輸入規制が順次行われており、2019 年 12 月末までに段階的に固体廃棄物の輸入規制を実施することが決定している。1992 年から 2016 年までの廃プラスチックの全世界輸入量で、約 45%を占める輸入大国だった中国によるプラスチックくずの輸入規制により、中国に輸出していた世界各国のプラスチックくずが行き場を失い、その結果、プラスチックくずの処理が滞っている。

EU では 2030 年までに全てのプラ容器包装をリユース・リサイクル可能とすることを目標に掲げるプラスチック戦略を表明している。また、東南アジアでは、中国の輸入規制によりこれまで世界各国から中国に輸出されていたプラスチックくずが東南アジアに流れ、処理できずに不法投棄されている等の事態を受け、緊急的に輸入禁止措置を講じる国が出てきている。2018 年 10 月現在、マレーシアとタイにおいて運用ベースで輸入禁止とされ、ベトナムでは輸入制限措置が採られ、ラオスでも輸入禁止が検討されている[36]。

[36] 地域・分析レポート「東南アジアでも廃プラスチックの輸入禁止へ」、2018 年 10 月 4 日 JETRO HP

5.2　日本の廃棄・リサイクルに関する動向

5.2.1　日本の取組

我が国では、2001 年に家電リサイクル法が施行されて以降、５つの個別リサイクル法が定められている。そのうち FRP に関連するものとして、自動車リサイクル法、建設リサイクル法､家電リサイクル法が挙げられる｡FRP に関連する個別リサイクル法の概要を表 5.2-1 に示す。

また、FRP のリサイクルに関しては、新エネルギー・産業技術総合開発機構の廃強化プラスチック製品再資源化実証システム研究では、2001 年 2 月より、破砕プラント設備が稼動し、廃 FRP の破砕物がコンクリート工場の原料とできることを実証している。その後、廃 PFR 破砕中間処理施設は全国 7 箇所に設置され、4 箇所のセメント工場が廃 FRP の受け入れを行っている。廃 FRP 再資源化関連事業所の分布を図 5.2-1 に示す。

CNF 適用製品のリサイクルに関しては、平成 29 年度より環境省「セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務」において検討が進められている。概要を表 5.2-2 に示す。

表 5.2-1　FRP に関連する個別リサイクル法の概要

名称	概要
自動車リサイクル法	自動車製造業者・輸入業者は、製造又は輸入した自動車が使用済となった場合、自動車から発生するフロン類、エアバッグ類及びシュレッダーダストを引き取り、リサイクルを実施し、自動車所有者は、リサイクル料金を負担し、使用済となった自動車を引取業者に引き渡すことが義務付けられる ■再資源化率目標(シュレッダーダスト 70%､エアバッグ類 85%)
家電リサイクル法	家庭用エアコン・テレビ・電気冷蔵庫・電気冷凍庫・電気洗濯機・衣類乾燥機について、小売業者による引取り、製造業者等（製造業者、輸入業者）による再商品化等（リサイクル)、消費者（排出者）による廃棄時の収集運搬料金とリサイクル料金の支払い、が義務付けられる ■再商品化率基準（エアコン 80%、ブラウン管 TV55%、液晶・プラズマ TV74%、冷蔵庫・冷凍庫 70%、洗濯機・衣類乾燥機 82%)
建設リサイクル法	特定建設資材（コンクリート、アスファルト・コンクリート、木材）を用いた建築物等に係る解体工事又はその施工に特定建設資材を使用する新築工事等であって一定規模以上の建設工事について、その受注者等に対し、分別解体等及び再資源化等を行うことが義務付けられる ■特定建設資材（アスファルト・コンクリート塊 98%以上、コンクリート塊 98%以上、建設発生木材 95%以上、建設汚泥 82%以上、建設廃棄物全体 94%以上)

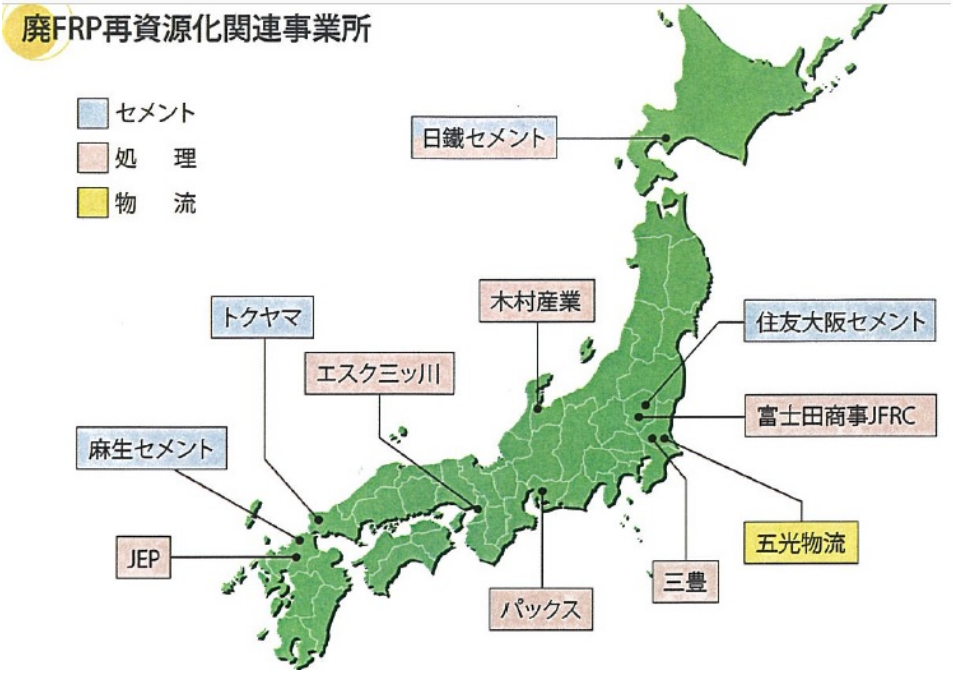


図 5.2-1　廃 FRP 再資源化関連事業所の分布

出典：(一社) 強化プラスチック協会パンフレット「廃ＦＲＰ製品のリサイクル―地球環境との共生をめざして―」

表 5.2-2　環境省の CNF リサイクルの性能評価等事業委託業務の概要（H29-31）

受託者	業務概要	平成 29 年度成果等
トヨタ車体株式会社	CNFRP を用いた自動車部品のリサイクル性に関する検討のために以下を実施 ①射出成形時の部品製造条件の分類 ②成形温度および射出成形機内の材料滞留による CNFRP の劣化が材料特性へ与える影響の調査 ③繰返し成形性の確認	・射出成形の場合、大型部品の部品製造条件でピンゲート方式を用いた場合が熱により最も CNF 劣化が進む可能性があることを把握。 ・次いで射出工程において、成形温度が高く、滞留時間が長いほど CNFRP は茶褐色に変色し引張強度が低下することを把握。 ・燃焼性、耐光性、フォギング性、金型転写性への影響を確認。 ・材料由来の揮発成分が様々な特性に影響を与えることを把握。 ・自動車部品の射出成形工程において発生するスプルーやランナー、不良品等のリサイクルを想定し、バージン材の CNFRP を複数回リペレットした材料を用いて、各種機械特性や成形性への影響を検討した結果、物性には大きな変化は見られないものの、流動性への影響が大きいことを把握。
パナソニック株式会社	CNF 複合樹脂を適用した使用済み家電製品を対象とし、その解体工程で生じるシュレッダーダスト（混合樹脂等）から、効果的に CNF 複合樹脂を選別し再生することで、単純焼却からマテリアルリサイクルに変革させ、CO_2 削減を図ることを目的に実施	・CNF 複合樹脂の選別工法の開発・実証として、高速選別・樹脂種拡大に向けた基礎検証を実施し、分光器および選別装置のいずれにおいても、CNF 複合 ABS 樹脂と ABS 樹脂、CNF 複合 PP と PP 樹脂において波形の差異を確認。 ・今後の樹脂種拡大に向けた課題として、高精度化の見極めと濃色系樹脂への適応検討の２つを抽出。 ・今後の開発・検証における選別条件を、現状で実施されている家電リサイクルをベースとして明確化。 ・CNF 複合樹脂の再生リサイクル性能の検証として、家電への適用頻度が高い PP 樹脂に対して、適用樹脂種の拡大を図るべく、同じく家電適用頻度の高い ABS 樹脂に対する検証を実施。 ←成形熱履歴回数は４ 回まで実施し、機械物性等の低下は数％程度で、概ね 95％以上を保持しており、マテリアルリサイクルの可能性を見出した。 ・一方、ベースとなる樹脂に元々処方されている酸化防止剤などの安定剤・添加剤は、成形熱履歴により大きく消耗するものもあり、物性低下抑制や物性回復を目指したマテリアルリサイクルのための再生処方が必要であることを把握。 ・家電適用想定の市場回収イメージでのリサイクル性能の実証は今後の課題であり、熱履歴回数の増加や、経年劣化の想定評価を進めることにより劣化モードの検討検証を実施することに加え、リサイクル時の CNF の挙動と劣化との関連性の分析・観察等も実施し、これらの劣化の抑制を図ることにより、リサイクル性能を更に高める処方・工法・工程の検証を実施予定。
静岡大学	熱可塑性プラスチックとの複合化製品（自動車や家電、建材、包装容器等の用途）から生じる CNF 複合材廃材をフィラー充填プラスチックマスターバッチ用の酸変性樹脂に変換する技術を経済性、実用性および環境性を兼ね備えた手法で実証を実施	（１）マテリアルリサイクル技術の実証 ・CNF 複合材廃材モデルをラボレベルで試作。 ・有機過酸化物種および添加量によるポリプロピレン系樹脂の低分子量化を検証。 ・CNF 複合材廃材モデルを用いた酸変性処理をラボレベルで試作し、分子量、グラフト量を評価。 ・CNF 複合材廃材モデル酸変性品を用いて、ラボレベルで WPC を試作。 （２）再生利用の仕組み検証 ・現行の分別、回収システムをもとに、CNF 複合材の廃棄数量に対するリサイクルコストの関係を調査。 ・市場展開が予想されるレシピで製造した各種 CNF 複合材をリサイクル想定品として分別、処理に関する調査を実施。 （３）社会実装の検証 ・小型試作機を用いて WPC マスターバッチを試作し、加工性の確認および消費電力等を実測。 ・リアクティブシステムで WPC を試作。

出典：環境省「ｾﾙﾛｰｽﾅﾉﾌｧｲﾊﾞｰﾘｻｲｸﾙの性能評価等事業委託業務報告書」を基にｴｯｸｽ都市研究所にて作成

5.2.2　日本の業界団体の取組

炭素繊維協会は、2006 年から経済産業省「炭素繊維リサイクル技術の実証研究開発」により、福岡県大牟田市エコタウン内にパイロットプラントを建設し、また 2009 年からは福岡県及び大牟田市からの支持も得て、炭素繊維リサイクルの基礎技術開発に取り組んできていた。基礎技術開発の結果、樹脂残渣の低減、繊維長制御、金属系異物除去などのリサイクルに関する基礎的な知見を見出し、当初の開発目標を達成したことから、2012 年３月末をもって炭素繊維協会のパイロットプラントでの開発活動を終了した。

その後、帝人（株）（旧東邦テナックス（株））、三菱レイヨン（株）、東レ（株）の３社が 2012 年４月に共同出資で「炭素繊維リサイクル技術開発組合」を設立し、上記技術開発活動を引き継いで実施している。

5.2.3　日本の民間企業等の取組

炭素繊維メーカーの三菱ケミカル(株)と３R に通じた(株)新菱は、炭素繊維リサイクルの事業化を共同推進していくとしている。

(株)新菱、同志社大学、(株)フコクは、平成 26 年 11 月 21 日から平成 29 年３月 31 日にかけて、「炭素繊維リサイクルの事業化」共同研究プロジェクトとして、炭素繊維リサイクルの事業化に係る課題に対する対応の検討を行っている。課題と共同研究結果のまとめを表 5.2-3 に、CF リサイクル構想を図 5.2-2 に示す。

なお、GFRP に関して、ケミカルリサイクルの手法の研究は行われていたが、コスト的に採算が合わず、今後も伸びていく兆しは無い、と言われており、研究開発の対象として炭素繊維に取って変わられている。GFRP は年間 30 万トン以上が廃材として処理されているが、90%以上が埋立処理であり、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルはほとんど行われていない。GFRP のリサイクルの現状を表 5.2-4 に示す。

CFRP に関して、ケミカルリサイクルの手法の研究は行われているが、コストの面で実用化まで至っている事例は無い。しかし、繊維の単価は高いため、物性を落とさずに比較的安価に繊維を回収できるような研究開発が行われており、実用化の可能性はある、とされている。

表 5.2-3　課題と共同研究結果のまとめ

区分	課題	結果
入口	・CFRP 廃材排出状況	・航空機廃材は国内 1,000t/y 以上であり、早期のリサイクル事業が待たれる
	・含有障害成分対応	・スクラバーで除去可能
処理技術	・本格設備 ・プロセス最適化	・本格設備設計ほぼ目処着く 500t/y で@1,000 円↓ ・繊維強度 80%確保可能 ・射出成形品強度シミュレーションで製品管理可能
出口	・用途先サンプル提供	・家電、車用途先へ提供中 高 CF 濃度マスターバッチで提供
新規制他	・新規、差異化	・顧客要求に合わせ残渣成分をコントロール ・事業早期化の為に PV リサイクルと一括運営を目指し、合わせて低コスト実現可能

出典：(株)新菱「「炭素繊維リサイクルの事業化」共同研究プロジェクト成果発表資料」

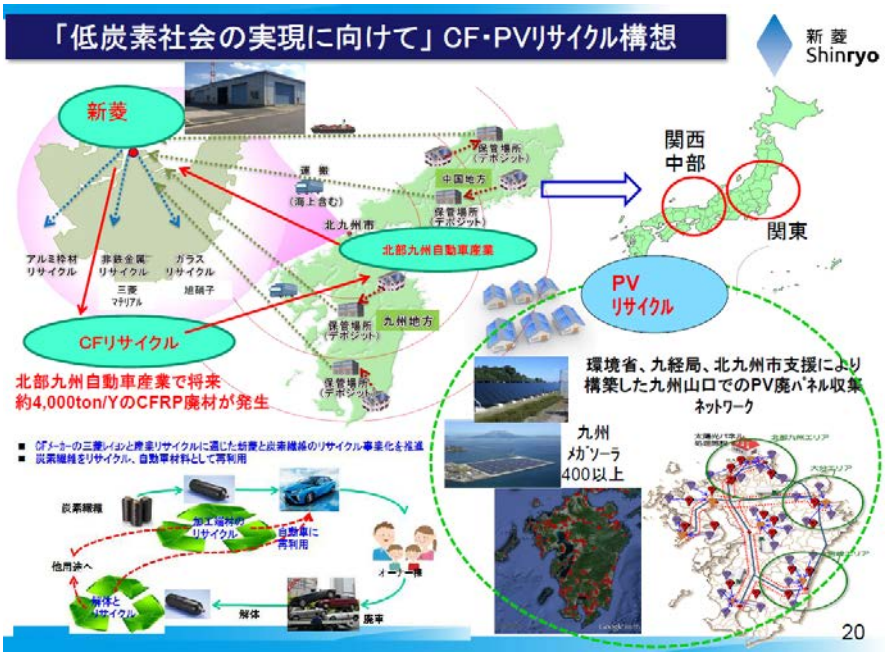


図 5.2-2　炭素繊維リサイクル構想

出典：(株)新菱「「炭素繊維リサイクルの事業化」共同研究プロジェクト成果発表資料」

表 5.2-4　GFRP のリサイクルの現状

マテリアルリサイクル	ケミカルリサイクル	サーマルリカバリー
加熱溶融成形する形でのリサイクルは行われていない（粉砕してセメント原燃料にする方法及び粉砕してコンクリート系製品やアルファルトに混入する方法が考えられている）	常圧溶解法を利用する方法及びマイクロ波を利用する方法が実用化されている	数%がエネルギー回収されている程度

出典：あいち産業科学技術総合センター「GFRP のリサイクルについて」

5.3　米国の廃棄・リサイクルに関する動向

アメリカにおける廃棄・リサイクルに係る法規制は、以下の通り要約される。

- 国レベルでは、「Resource Conservation and Recovery Act」が基本法として制定されているが、リサイクルに係る具体的な政策・方針・法規制等は、いわゆる連邦制度に基づき、各州が定めるものとされている（連邦政府は基本方針を示すのみ。）
- 州レベルで、埋立処理・焼却の禁止あるいはリサイクルの義務付け等に係る法規制・政策はかなり異なる。
- モンタナ州を除きすべての州が、埋立・焼却処理を禁止している廃棄物が存在している。
- 22 の州が何らかの廃棄物について、リサイクルを義務付けている。
- 埋立/焼却処理が禁止、あるいは一定のリサイクルが義務付けられているものとしては、いわゆる有害廃棄物以外では、容器包装、自動車、家電製品（特に白物家電やコンピューター）、庭ごみ、建設/解体廃棄物等がある。
- 州によっては、厳しいリサイクルが課せられている（カリフォルニア州、オクラホマ州、ペンシルバニア州等）

5.4　EU の廃棄・リサイクルに関する動向

EU において、複合材の廃棄・リサイクルに係る課題は、以下の３点に集約される。

① 増大する複合材廃棄物
- **2015年におけるGFRP廃棄物の発生量は欧州のみで年間推定304,000トン（2020年には風力発電関連のみでGFRP廃棄物発生量が100,000トンになると推定。**

② EU Waste Management Directiveによるリサイクルに係る高い要求水準
- **建設・解体廃棄物のリサイクル率70%を2020年までに達成する。**
- **使用済み自動車のリサイクル率を2006年までに85%、2015年までに95%とする。**

③ ガラス繊維（GFRP)と熱硬化性FRPのリサイクルが課題
- **GFRPについては、コスト効率的なリサイクルが十分に実用化されていない。**
- **熱硬化性FRPについても、樹脂基体（resin matrix）の交差結合性から、再溶融や再成形によるリサイクルが難しいとされている。**

これに対し、現在実施されている複合材のリサイクル技術については、技術毎に課題があると認識されている（表 5.4-1)。

表 5.4-1　複合材の処理・リサイクルに係る課題

リサイクル技術	課題
焼却発電(WTE) (実施されている)	■ 焼却に伴う環境への影響(大気、水質、土壌等) ■ 残渣の処理(含有化学物質の処理) ■ 低い含有可燃物(30～40%)
セメント・キルンでの混合燃焼 (ドイツで実施)	■ コストの問題 ■ 投入限界(Boronを含むE-glassには10%程度の投入限界がある。) ■ サイズ限界(20mm×20mm)がある。 ■ 熱量水準(5000kcal/kg程度)
熱化学分解(熱硬化FRP) (pyrolysis等)	■ 量及びコストの問題 ■ 回収される繊維の強度及び長さが低下する。
熱化学分解(触媒溶液や超臨界流体の利用)	■ 有害な溶剤の利用 ■ 前処理で粒状にすることによる繊維の長さの低下 ■ 接着力の低下
機械的リサイクリング (粉砕) 実施されている。	■ 粉砕工程の発火 ■ 回収繊維の価値

出典：Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties
Geraldine Oliveux, Luke O. Dandy, Gary A. Leeke, School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, United Kingdom

5.5　中国の廃棄・リサイクルに関する動向

5.5.1　中国の取組

2016 年 6 月に国家生態環境部が「国家危険廃棄物リスト」を改正しているが、ガラス繊維、炭素繊維、パルプ・植物繊維はいずれも危険廃棄物に指定されていない。また、これら 3 種の繊維は国家生態環境部が制定した廃棄物に関する基準・規定において指定されたものは見当たらないが、ガラス繊維を含む電子基板の廃棄物は危険廃棄物（HW49 その他廃棄物）として指定されている。また、関連する基準として 2007 年に施行された「廃プラスチック回収及び再生利用汚染防止技術規範（HJ/T364-2007)」がある。

中国における繊維強化樹脂材料のリサイクルに関わる政策を以下の表 5.5-1 に示し、それぞれの内容について次項にまとめた。

表 5.5-1　繊維補強樹脂材料のリサイクルに関わる中国の政策

発表時期	政策名
2013 年 11 月	「炭素繊維産業発展行動計画の加速推進に関する通知（工信部原［2013］426 号）」
2015 年 11 月	「産業重要共通技術発展ガイド（2015 年）」
2016 年 11 月	「第十三次五カ年計画国家戦略上の新興産業の発展計画」
2016 年 12 月	「第十三次五カ年計画省エネ排出削減総合施策方案」
2017 年 10 月	「産業重要共通技術発展ガイド（2017 年）」

（１）炭素繊維産業発展行動計画の加速推進に関する通知

工業情報化部が 2013 年 11 月に発表した「炭素繊維産業発展行動計画の加速推進に関する通知（工信部原［2013］426 号)」[37]では、「炭素繊維複合材の廃棄物の循環再利用技術の研究開発及び応用に力を入れ、炭素繊維産業の持続可能な発展を推進する」としている。

（２）産業重要共通技術発展ガイド（2015 年）

2015 年 11 月に工業情報化部が発表した「産業重要共通技術発展ガイド（2015 年)」[38]では、第三部：装備製造業の第７節：スマート製造装備の第４項において、炭素繊維複合材廃棄物の低コスト回収及びその応用技術を挙げ、連続流化床炭素繊維回収技術、気体総合処理技術、炭素繊維性能評価・再利用技術が指定されている。

（３）第十三次五カ年計画国家戦略上の新興産業の発展計画

2016 年 11 月に国務院が発表した「第十三次五カ年計画国家戦略上の新興産業の発展計画（国発[2016]67 号)」[39]では、「新しい種類の廃棄物の改修利用体系モデルを展開し、太陽光発電パネルや蓄電池、廃炭素繊維材料、廃省エネ灯などの新しい種類の廃棄物を回収利用し、レアメタルの高効率回収を行い、電気自動車の蓄電池へのリサイクルを推進する」とされている。

（４）第十三次五カ年計画省エネ排出削減総合工作方案

同じく、国務院が 2016 年末に発表した「第十三次五カ年計画省エネ排出削減総合工作方案（国発[2016]74 号)」[40]では、「資源循環利用産業の質を高める取組みとして、太陽光発電パネルや炭素繊維材料、バイオマス繊維・複合材や省エネ灯などの新しい種類の廃棄物の回収利用を推進する」と謳われている。

---

[37] 中国工業情報化部ホームページ
http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146285/n1146352/n3054355/n3057569/n3057572/c3568380/content.html

[38] 中国工業情報化部ホームページ
http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057497/n3057503/c4430838/content.html

[39] 中国中央人民政府ホームページ http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content_5150090.htm

[40] 中国生態環境部ホームページ
http://zfs.mep.gov.cn/gz/bmhb/gwygf/201701/t20170106_394020.shtml

（５）産業重要共通技術発展ガイド（2017 年）

2017 年 10 月に工業情報化部が発表した「産業重要共通技術発展ガイド（2017 年）」[41]では、第五部：省エネ環境及び資源総合利用の第４節：資源総合利用の第４項において、炭素繊維複合材廃棄物の低コスト回収リサイクル技術を挙げ、「濃度と温度のコントロール下での炭素繊維複合材廃棄物の連続分解技術、複合型省エネ技術として、樹脂熱分解生成物の高熱調整技術とそれに合わせた循環熱利用技術、低コスト省エネ技術、排気エネルギー再利用技術、クリーン排出技術」が指定されている。

5.5.2　中国の業界団体の取組

中国ガラス繊維工業協会と中国複合材料工業協会が合同で、2017 年８月に「中国複合材料循環再利用技術研究討論会」を江蘇省常州市で開催している[42]。研究討論会では、上海交通大学の楊斌教授による「国内外の炭素繊維複合材料廃棄物からの炭素繊維の回収利用」の発表と中国科学院山西石炭化学研究所による「複合材料の一定分解循環利用主要技術の研究」の発表が行われている。

また、2017 年７月、中国化学繊維工業協会は、「中国化繊工業緑色発展行動計画（2017-20）」を発表し、期間中の目標と重点領域での取り組み内容を明らかにし、業界を挙げて環境保護型の生産を推進する方針を示している。計画の重点領域は、植物由来の化繊の生産、炭素繊維などの高性能繊維の環境対応型生産の推進、循環型リサイクルシステムの構築などが挙げられている[43]。

5.5.3　中国の民間企業等の取組

2014 年秋、翼州市通機械科技有限公司と河北科技大学環境工程学院は共同でガラス繊維強化プラスチックのリサイクル技術を開発し、リサイクル設備で処理を成功させた。知的財産権を申請した事例としては中国国内初である[44]。

---

41 中国工業情報化部ホームページ http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146290/n4388791/c5884747/content.html

42 中国ガラス繊維工業協会ホームページ、https://www.cfia.xin/tzgg/hytz/2831.html

43 日刊繊維総合紙「繊維ニュース」、
http://www.sen-i-news.co.jp/seninews/viewArticle.do?data.articleId=319809&data.bannerId=10000001&data.newskey=59ba6c9fa2e4b6a5d5454cd28ad71a21&data.offset=

44 ガラス繊維専業情報信息網
http://www.fiberglass365.com.cn/zxzx/detail.aspx?id=31973&mtt=2

第６章　繊維補強樹脂材料等に関するLCCO$_2$調査

本調査では、繊維補強樹脂材料等に関するLCCO$_2$の調査を行った。複合材利用のLCCO$_2$評価に係る調査・研究は、国内外ともに極めて限られている。ここでは、我が国及び海外での研究論文で見られた複合材のLCCO$_2$評価に関する調査・研究事例の他、CNF 製造時の CO_2 排出原単位の試算事例を示す。

6.1　我が国における複合材利用に係るLCCO$_2$評価事例

我が国における複合材利用に係るLCCO$_2$評価が行われているのは、「炭素繊維協会（JCMA）」が実施した「CFRP 利用によるLCCO$_2$削減」に関する試算である。ここでは、CFRP を航空機及び自動車に特に部品・部材を特定せずに全体の何％をCFRPに代替したかを前提とした試算が行われている。

（１）CFRP利用によるLCCO$_2$削減の試算（航空機）

以下の図にも示されているように、この試算では中型旅客機（ボーイング767）の機体等材料の50％をCFRPで代替し20％軽量化を行うことによるLCCO$_2$の試算が行われている。

試算結果によれば、これにより１機につき10年間全体で27,000トンのCO_2削減が可能とされている。次頁の図にもみられるように航空機の素材製造及び組み立て時のCO_2排出量の占める割合は、ごくわずかであり、ほとんどが運航時のジェット燃料利用によるものである。したがって、軽量化のメリットが大きい。

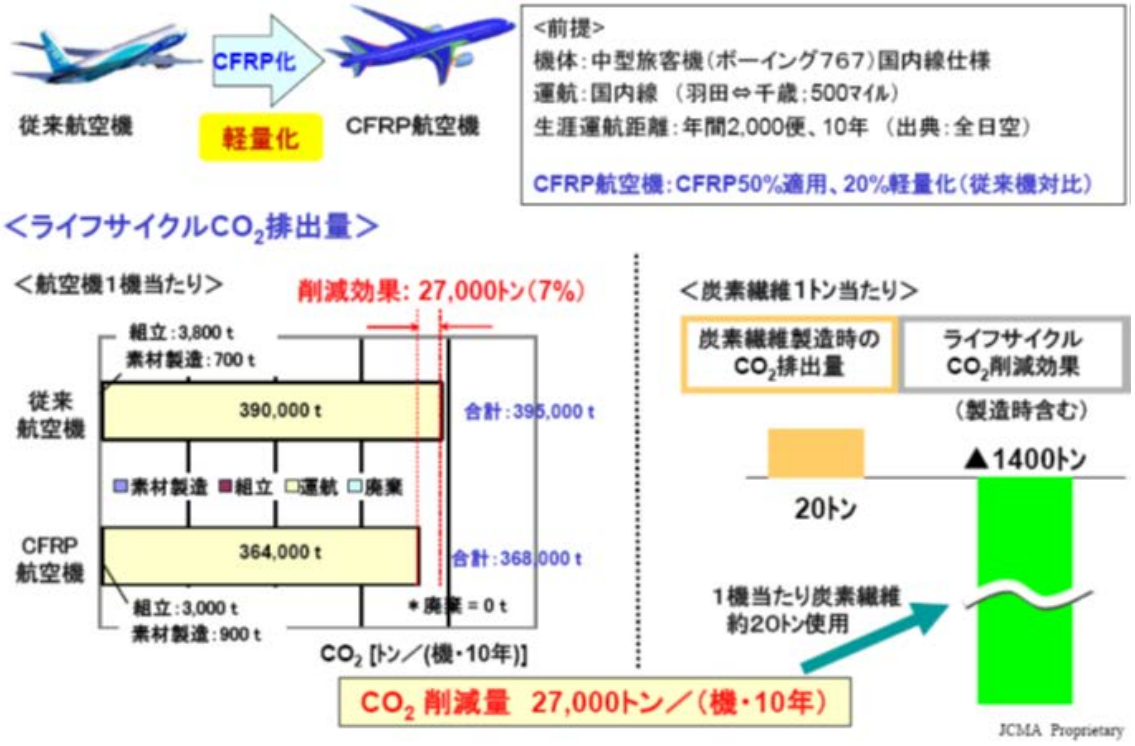


図 6.1-1　CFRP 代替による $LCCO_2$ 削減量の試算（航空機）

出典：炭素繊維協会（JCMA）ホームページ
https://www.carbonfiber.gr.jp/tech/lca.html

（２）CFRP 利用による $LCCO_2$ 削減の試算（自動車）

自動車の場合の試算を行った事例を図 6.1-2 に示す。ここでは、自動車の総重量に占める CFRP 利用の割合を 17%とし、30%の軽量化を従来車と比較して達成した場合の $LCCO_2$ を試算している。この場合は 1 台当たりの CO_2 削減量は 10 年間で 5 トンと算定されている。下記の図にもみられるように、自動車の場合は、素材製造・組み立てに伴う CO_2 排出量は、CFRP 代替を行った方がわずかに高くなっているが、軽量化に伴う走行時の CO_2 排出量が大幅に削減され $LCCO_2$ としては、5 トンの削減となっていることがわかる。

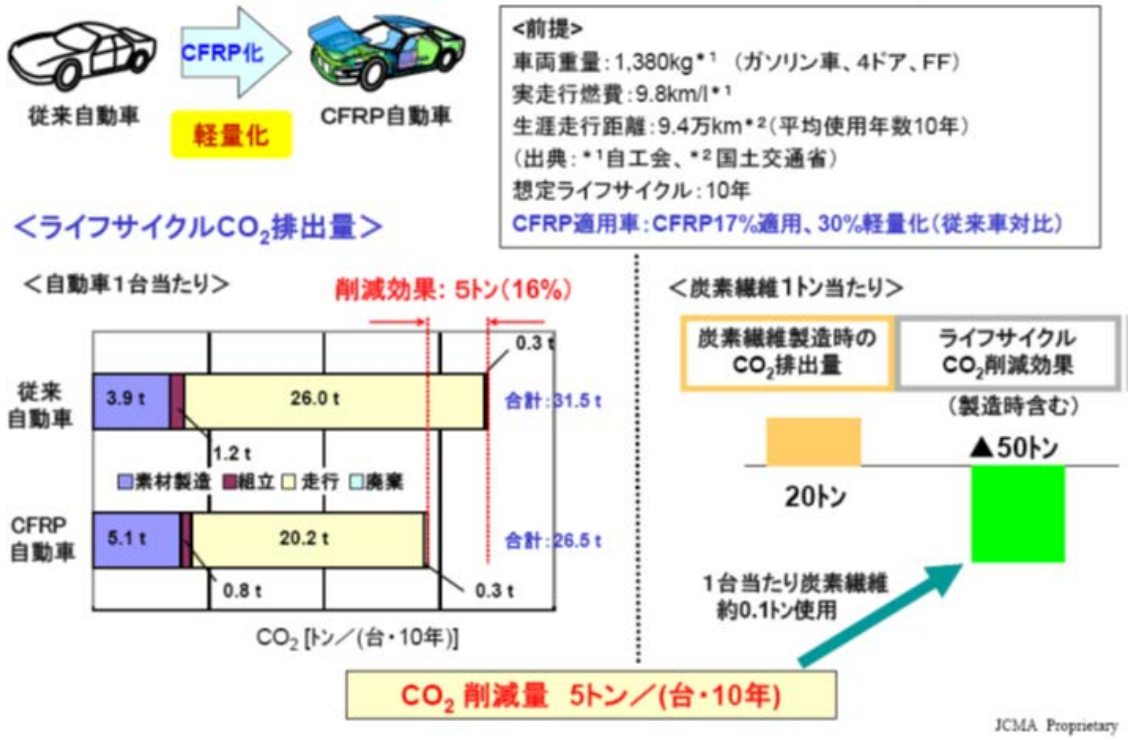


図 6.1-2　CFRP 代替による $LCCO_2$ 削減量の試算（自動車）

出典：炭素繊維協会（JCMA）ホームページ

https://www.carbonfiber.gr.jp/tech/lca.html

特に、自動車においては、次頁の表に示すように、EU の自動車 CO_2 排出規制がさらに強化される可能性があり、走行時の CO_2 排出量に対する各自動車メーカーの関心は高く、軽量化に向けた様々な試みが今後加速するものと推定される。

		Actual data (g CO_2/km)**			PA forecast (g CO_2/km)***			(g CO_2/km)	
Rank*	Carmaker	2011	2013	2015	2016	2018	2021	2021 Target	Deviation
1	PSA (Peugeot Citroen)	128.5	115.7	104.6	100.5	94.8	87.2	88.5	-1.3
2	Toyota	126.4	116.8	108.3	103.1	98.9	89.8	91.8	-2.0
3	Renault-Nissan	129.0	119.2	112.1	109.1	102.4	90.4	91.8	-1.4
4	Ford	132.7	121.8	118.0	114.9	108.1	93.5	91.7	1.8
5	General Motors	135.0	132.8	127.0	123.4	113.1	96.8	93.1	3.7
6	Hyundai-Kia	134.0	129.8	127.3	124.0	115.6	96.9	91.6	5.3
7	Volvo	154.0	130.8	121.9	117.4	109.7	97.4	99.5	-2.1
8	FCA (Fiat Chrysler)	118.3	123.8	122.2	119.3	113.3	98.6	92.1	6.5
9	Volkswagen	135.4	128.9	121.5	118.6	110.7	99.1	96.3	2.8
10	Daimler	153.0	136.6	124.7	120.3	111.3	100.8	99.7	1.1
11	BMW	145.0	134.4	126.4	122.1	113.4	103.5	100.1	3.4
12	Jaguar Land Rover	206.0	182.0	165.0	156.7	149.5	132.8	132.0	0.8

*rank on 2021 forecast **data from ICCT 2016 ***based on actual data until 2015 (ICCT) and PA forecast estimation

< 0　0-2　> 2

- 達成可能なメーカーは4社のみ（推定）
- 1gCO2の超過当たり95EUROの制裁金が課せられる。
- 制裁金額が10億ユーロに達するメーカーが出る可能性も

Source:
PA Consulting Group Study examines manufacturers' performance against the overall EU target of 95g CO_2/ km as well as the specific targets set for each carmaker's business.

図 6.1-3　EU の自動車 CO_2 規制と各自動車メーカーの達成見込み

出典：LCA Benefits of rCF: Conference: Composite Recycling & LCA Stuttgart 9th March 2017 (ELG Carbon Fibre Ltd.)

6.2　海外における複合材利用に係る $LCCO_2$ 評価事例

海外においては、部分的にではあるが、複合材利用に係る $LCCO_2$ 評価を行った事例が存在する。以下にその概要を示す。

（１）CFRP とその他の複合材の $LCCO_2$ 比較

ELG Carbon Fiber Ltd. という炭素繊維複合材企業がウエブ上で発表している調査結果では、自動車部品の製造・利用・廃棄段階での CO_2 排出量を材料毎に分析し、その結果をまとめている。

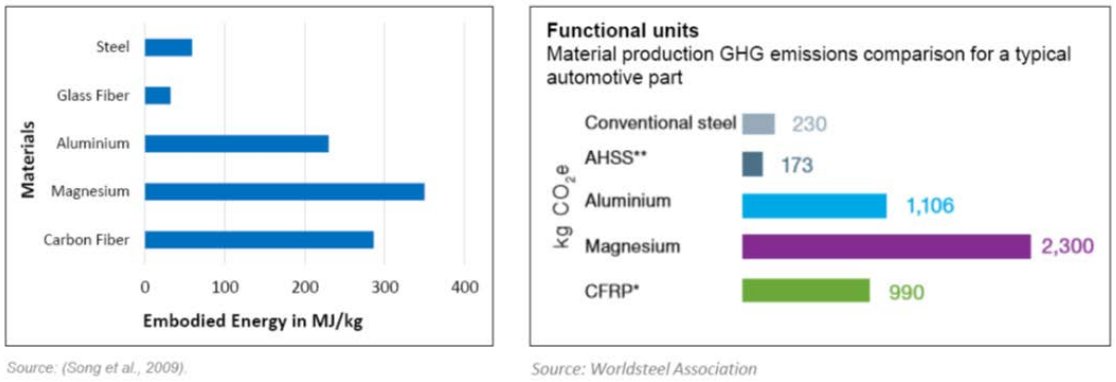


図 6.2-1　製造段階における CO_2 排出量の材料別比較

出典：LCA Benefits of rCF: Conference: Composite Recycling & LCA Stuttgart 9th March 2017 (ELG Carbon Fibre Ltd.)

上図に示されているように炭素繊維の生産段階での CO_2 排出量は相対的に高くマグネシウムに次ぐ値となっている。

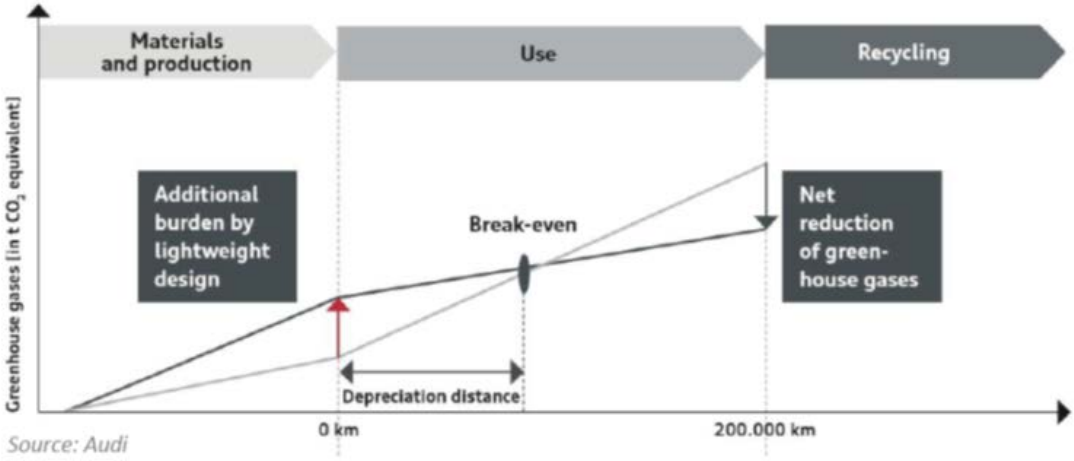


図 6.2-2　ライフサイクル CO_2 の比較（CFRP vs Conventional Steel）

出典：LCA Benefits of rCF: Conference: Composite Recycling & LCA Stuttgart 9th March 2017 (ELG Carbon Fibre Ltd.)

自動車部品に鉄鋼に代替して CFRP を利用した場合、製造段階においては CFRP を利用し場合の CO_2 排出量は高くなるが、利用段階で軽量化によるトレードオフされる（自動車の場合は 132,000km～180,000km）。なお同様の比較を航空機においてアルミと代替した場合のトレードオフ・ポイントは、70,000km と分析されている。一方、使用後・廃棄後の CO_2 排出量については、マテリアルリサイクルの多寡により異なってくる。ちなみに、同研究では、リサイクル炭素繊維を複合材原料として使用した場合の CO_2 排出原単位はバージン炭素繊維と比較して約 80～85%削減され、アルミ・インゴットを利用した場合よりも低くなる可能性があることも、以下の図 6.2-3 に示されている。

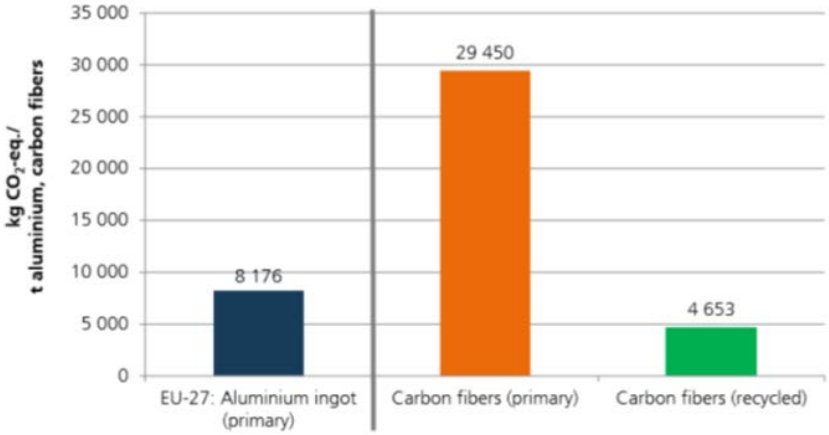


図 6.2-3　リサイクル炭素繊維の CO_2 排出原単位

出典：LCA Benefits of rCF: Conference: Composite Recycling & LCA Stuttgart 9th March 2017 (ELG Carbon Fibre Ltd.)

（２）自動車部材に各種複合材を使用した場合の $LCCO_2$ 分析

もう一つの研究論文では、自動車部材(仮想的に自動車のある部材)に各種複合材を使用した場合の $LCCO_2$ を分析している。

比較対象となった材料は、以下のものである。

- 鋼板（Steel sheet）
- シート成形された熱硬化性ポリエステル樹脂複合材（SMC）
- ガラスマット熱可塑性ポリプロピレン樹脂複合材（GMT）
- アルミ板

この分析では特定の自動車のある特定の部材にこれらの 4 種類の材料がそれぞれ使用されたと仮定し、その場合の重量、生産収率（歩留まり）、リサイクル・ポテンシャル、価格を表 6.2-1 のように想定している。その際の想定方法は、それぞれ以下の通りである。

重量	：	鋼板を基準物質として 10kg 使用するとまず想定し、２つの複合材については、単位重量当たりの曲げ剛性に係る数値をベースに鋼板と同様のレベルとするための重量を算定し設定。アルミについては、既存のデータより重量が設定されている。
生産収率（歩留まり）	：	材料投入重量に対する生産製品重量のパーセンテージを既存データに基づき設定。
リサイクル・ポテンシャル	：	同様の新たな部材を生産する際にバージン材料に混合可能な割合を既存データに基づき設定。
価格	：	市場標準価格

これに基づき、算定を行った結果が、表 6.2-1 である。

表 6.2-1　算定の前提

Material	*Weight* (kg)	*Production yield* (%)	*Recycling potential* (%)	*Price* (SFr/kg)
Steel sheet	10	65	90	0.5
Polyester composite (SMC)	7.0	100	20	3
Thermoplastic composite (GMT)	4.5	100	40	4
Aluminum	3.8	65	90	2

Sources: Renard *et al.*, 1994; Young and Vanderburg, 1994.

注）1 SFr（スイスフラン）＝72.6732 円（1994 年 3 月 31 日）Treasury Report of foreign exchange rate 1994, USA

上記の想定に基づき、ライフサイクルの各段階におけるエネルギー消費量及び CO_2 排出量を算定した結果が、表 6.2-2 である。

表 6.2-2　$LCCO_2$の算定結果

	Steel sheet		*SMC*		*GMT*		*Al*	
Extraction of raw materials	**388**	*29*	**378**	*6*	**422**	*9*	**1315**	*224*
Recycling of materials	**110**	*8*	**49**	*3*	**50**	*4*	**292**	*23*
Manufacture of part	**171**	*12*	**41**	*3*	**42**	*3*	**133**	*8*
Service 100 000 km	**1423**	*85*	**995**	*60*	**640**	*39*	**541**	*34*
Total, 0% recycling	**1982**	*126*	**1414**	*69*	**1104**	*51*	**1989**	*266*
Total, 100% recycling	**1704**	*105*	**1085**	*66*	**732**	*46*	**966**	*65*

注１：上表の太字フォント数字がエネルギー消費量（単位：MJ）でイタリック・フォントの数字が CO_2 排出量（$kgCO_2$）である。

出典：Life Cycle Engineering of Composites
(Y. Leterrier: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland

（３）CNF の自動車部品の複合材への代替による $LCCO_2$ 削減効果

海外と日本の研究者の共同実施による「CNF 代替による $LCCO_2$ 評価」を行った事例が論文として１件発表されており、文献調査でヒットした。以下がその概要である。CNF による代替は、以下の表 6.2-3 のとおり行われることが想定される。

表 6.2-3　BAU ケースとＣＮＦ導入ケースの想定

		BAU Scenario Ratio [%]	CNFa Scenario Ratio [%]
CNF		0.0%	4.0%
General-purpose resins	PP	42.7%	41.0%
	ABS	7.3%	7.0%
	PVC	3.1%	3.0%
	PMMA	0.9%	0.9%
General-purpose engineering plastics	PC	4.5%	4.3%
	PBT	2.9%	2.8%
	m-PPE	2.4%	2.3%
	POM	1.2%	1.1%
	GF-PET	0.4%	0.4%
	PA6	4.2%	4.1%
	PA66	5.0%	4.8%
Super engineering plastics	PA11, PA12	0.4%	0.4%
	Aromatic compounds PA	0.2%	0.2%
	PPS	0.6%	0.5%
	SPS	0.2%	0.2%
	LCP	0.0%	0.0%
	Fluorine resin	0.2%	0.2%
Elastomer	TPO	2.3%	2.2%
	TPS	0.3%	0.3%
	TPU	0.6%	0.5%
	TPC	1.0%	0.9%
	TPVC	0.2%	0.2%
Thermosetting resins	Epoxy resin	2.1%	2.0%
	Polyurethane	9.2%	8.9%
	Silicone	0.1%	0.1%
	Phenolic resin	1.9%	1.8%
	Unsaturated polyester	6.2%	5.9%
Others	Bioplastics	0.0%	0.0%
	CFRP	0.0%	0.0%

出典：Effect of Cellulose Nanofibers Composites in Automotive Components on Greenhouse Gas Emissions,
Dami MOON, Kenichiro TSUKAHARA†, Masayuki SAGISAKA, and Kiyotaka TAHARA
Journal of the Japan Institute of Energy 2016 Volume 95 Issue 8 Pages 648-652

これに基づき、1 台当たりの CO_2 排出量を算定・比較したものが以下の図 6.2-4 である。

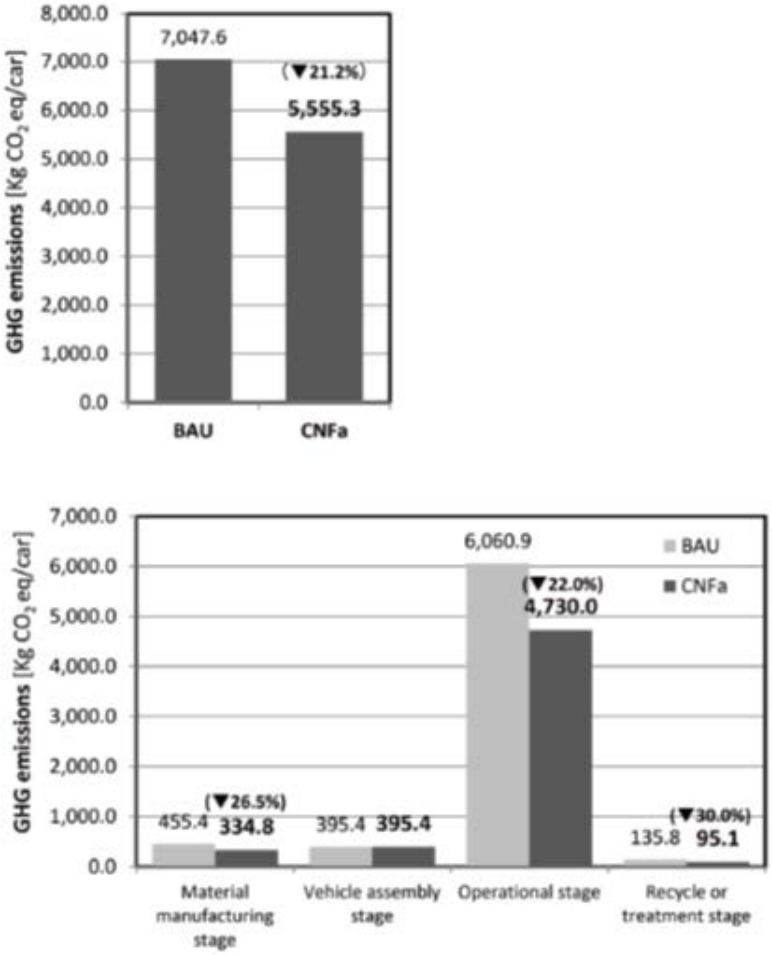


図 6.2-4　$LCCO_2$ の算定結果

出典：Effect of Cellulose Nanofibers Composites in Automotive Components on Greenhouse Gas Emissions,
Dami MOON, Kenichiro TSUKAHARA†, Masayuki SAGISAKA, and Kiyotaka TAHARA
Journal of the Japan Institute of Energy 2016 Volume 95 Issue 8 Pages 648-652

この研究結果によれば、$LCCO_2$ は CNF を使用した場合、約 21%削減される。その多くは、軽量化による省エネルギーにより達成されている一方、リサイクル時の CO_2 発生量も 30%削減されている。

6.3　CNF 製造時の CO_2 排出原単位の試算事例

CNF は製造方法が多く、かつ量産化されているものが少ないため、LCA に係るデータが少ないのが現状である。その中で量産化を考慮した CNF 製造時の CO_2 排出原単位を試算した文献が 1 件あり、その概要を図 6.3-1 に示す。本事例では、CNF 製造時における CO_2 排出量を 7.597kg-CO_2e/dry kg-CNF と報告している。なお、本原単位は資源調達から製品製造までを対象としており、廃棄に係る影響は含まれていない。

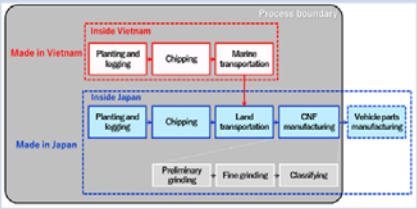
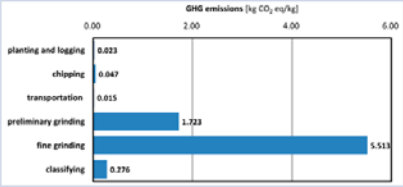
文献	**Moon, D.; Sagisaka, M.; Tahara, K.; Tsukahara, K. Progress towards Sustainable Production: Environmental, Economic, and Social Assessments of the Cellulose Nanofiber Production Process. *Sustainability* 2017, *9*, 2368.**
システム境界	システム境界は、植林・伐採～CNF製造までであり、自動車部品の製造はシステム境界外となっている。 試算においては、多少ではあるが、量産を考慮したプラントによる試算が実施されている。 
CNF製造方法	メカノケミカル法によるCNF製造
試算結果	7.597 kg-CO_2eq / dry kg-CNF 

図 6.3-1　CNF 原単位掲載論文内容

出典：環境省「平成 29 年度セルロースナノファイバーのリサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務報告書 P.177」

第７章　本調査のまとめと課題の整理

本章では、CNF 適用先として有望と考えられる分野・用途に関する考察、技術開発の方向性案、今後の課題を示す。

7.1　CNF 適用先として有望と考えられる分野・用途に関する考察

CNF 適用先として有望と考えられる分野・用途への適用可能性検討結果（まとめ）を表 7.1-1 に示す。なお、自動車分野も CNF 適用先として有望と考えられるが、環境省事業にて重点的に実証が進められていることから本調査では参考扱いとしている。

表 7.1-1　CNF 適用可能性検討結果（まとめ）

用途・分野	市場	主な要求物性	販売価格	廃棄・リサイクル関連
プリント基板	【プリント基板の市場】 ・国内市場は約 4,700 億円/年 ・海外市場は約 6 兆 3,400 億円/年	・JIS C 5013 では、プリント基板の等級が、プリント板パターンの微細度及び品質により３つのクラスに分類され、それぞれについて、詳細な物性に関する規格（めっき密着性、はんだ付け性、熱衝撃、耐湿性、燃焼性、耐溶剤性等）が定められている。 ・フレキシブル基板については、独自の規格が「JIS C 5017 フレキシブルプリント配線板－片面・両面」として定められている。	【プリント基板成形品単価】 937 円/kg	・現状、小型家電リサイクル法でレアメタルの回収は行っているが、回収されたプラスチックの多くは熱回収されており、再資源化された割合は小さい。 ・最資源化率を上げていくためには、金属と樹脂の分離技術が必要と言われている。
ロボットアーム	【産業用ロボットの市場】 ・国内出荷量は約 2,200 億円/年 ・日本からの輸出量は約 5,000 億円/年 ・世界市場は約 1.3 兆円/年	・ロボットアームの要求物性を規定した規格は見当たらない ・スーパーレジン工業(株)で公開されている繊維補強樹脂の用途別要求性能を見ると、産業用ロボットは高い引張弾性率（200～320MPa 程度）を必要とされている。	【炭素繊維の成形品平均単価】 9,100　円/kg 【炭素繊維の素材平均単価】 2,900　円/kg	・介護用ロボットを含む産業用ロボットは産業廃棄物として処理され、金属や一部のプラスチックはマテリアルリサイクルされている。
医用材料	【医療機器の市場】 ・国内市場は約 1.9 兆円/年 （医療機器別には、処置用機器 5,208 億円/年、画像診断システム 2,919 億円/年、生体機能補助・代行機器 2,714 億円/年、生体現象計測・監視システム 2,053 億円/年、医用検体検査機器 1,807 億円/年、歯科材料 1,328 億円/年、その他 3,427 億円/年） ・海外市場は約 33 兆円/年	・医用材料に関連する規格として、最終製品の特性を規定したものはあるが、材料に係る要求物性を規定した規格は見当たらない。 ・レジン歯の要求特性の項目としては、硬さ、生体適合性、外観、寸法安定性、色調、がある。	【炭素繊維の成形品平均単価】 9,100　円/kg 【炭素繊維の素材平均単価】 2,900　円/kg	・医学、歯学に用いられる各種の装置、用具、補填物などは、医療廃棄物として焼却処理される。

用途・分野	市場	主な要求物性	販売価格	廃棄・リサイクル関連
風力発電ブレード・ナセル	【風力発電の複合材料市場】 ・国内市場は約 24 億円/年 ・世界市場は約 7,200 億円/年	・風力発電ブレードの要求物性を規定した規格は見当たらない。 ・製造者要求仕様としては、成形品における引張強度で 700MPa 以上、引張弾性率として 35GPa 以上、と風力発電メーカーの技術論文に記されている。	【風力発電ブレードの成形品単価】 954 円/kg ガラス繊維の場合:735 円/kg 炭素繊維の場合:8,115 円/kg	・現状、風力発電ブレードの廃棄は破砕して埋め立てるか、セメント工場の原料とされている。 ・EU 諸国では風力発電ブレードに使用されているガラス繊維の処理に対する懸念が強く、より容易に処理・リサイクル可能な材料が将来的には求められている（炭素繊維もその一つ)。
コンクリート補強筋	【鉄筋の市場】 ・国内市場は約 790 万トン/年 ・世界市場は約 1 億 6,000 万トン/年 【FRP 補強筋の市場】 ・国内市場は約 50 億円/年	・コンクリート補強筋に関連する規格としては、JIS G 3112:2010　鉄筋コンクリート用棒鋼があり、成分、寸法、機械的性質などを定めている。 ・その他、耐食性、用途によっては非磁性が求められる。	【鉄筋の成形品単価】 70 円/kg 【FRP 管の成形品単価】 600 円/kg	・鉄筋コンクリート造りの建物の解体では、電磁石を利用した鉄筋回収が行われている。 ・ガラス繊維補強筋の場合は破砕して埋め立てるか、セメント工場の原料とされている。
下水パイプ	【下水パイプ更生市場】 ・国内市場は約 400 億円/年 ・先進国では同様に更生需要が、発展途上国では新設需要がある	・下水パイプに関連する規格としては、JIS A 5350:2006「強化プラスチック複合管」がある。これは口径 200～3,000mm の形状、寸法・厚さ、内外圧試験方法を規定したものであり、要求物性を規定した規格は見当たらない。 ・下水パイプは性質上、耐食性も求められる。	【下水パイプの成形品単価】 600 円/kg	・現状、FRP 下水管の廃棄方法としては、破砕して埋め立てるか、セメント工場の原料とされている。

用途・分野	市場	主な要求物性	販売価格	廃棄・リサイクル関連
窓サッシ	【アルミニウムサッシの市場】 ・国内市場は約3,400億円/年 【サッシの市場】 ・世界市場は約5兆円/年	・窓サッシに関連する規格としては、JIS A 4706:2000「サッシ」があり、性能項目として、開閉力、開閉繰り返し、耐風圧性、気密性、水密性、戸先かまち強さ、遮音性、断熱性、がある。	【アルミニウムサッシの成形品単価】 1,691 円/kg ※樹脂サッシに関して、塩ビの材料費は134 円/kgであるが、加工費が掛かりアルミニウムサッシより高くなる	・樹脂サッシ工業会及び塩ビ工業・環境協会が共同で取り組む塩ビサッシリサイクル合同WGは、日本初となるリサイクル樹脂サッシを製造し、実際の建築物に取り付けて実証試験を行っている。
家電	【家電の市場】 ・国内市場は約2.4兆円/年 ・世界市場は約20兆円/年	・環境省事業の中で検証項目として挙げているものとして、剛性・強度、軽量、成型性、着色性、断熱性、リサイクル性、がある。	【家電の成形品単価】 600 円/kg （ペレット単価300円/kg として加工費を考慮して設定）	・冷蔵庫の鋼板は、磁力選別によって単一素材に分離・回収され、リサイクルが行われている。 ・GFRP は、ガラス繊維の含有・非含有を効率よく判別する手段がないことからリサイクルが進んでいない。 ・パナソニック(株)へのヒアリング結果では冷蔵庫の真空断熱材に使用されるガラス繊維のリサイクルに課題があるとのこと。 ・パナソニック(株)は、以下の２工程に関して検討を行なっている。 ①廃家電に含まれるさまざまな種類の樹脂から単一種類の樹脂種へ選別する工程 ②単一種類に選別された樹脂を再利用するために樹脂の物性を回復、すなわち再生する工程

用途・分野	市場	主な要求物性	販売価格	廃棄・リサイクル関連
ボート	【FRP ボート市場】 ・国内市場は約 62 億円/年 【プレジャーボート市場】 ・世界市場は約 1.7 兆円/年 【漁船市場】 ・世界市場は約 2,400 億円/年	・プレジャーボートを含む小型船舶に使用する材料に関連する国際規格としては、プレジャーボート等小型船舶の材料に関する ISO12215 - 1「材料-熱硬化性樹脂　ガラス繊維強化材、基準積層材」があり、材料特性に関する要件が規定されている。15m 未満の FRP 小型船舶では、日本小型船舶検査機構が実施する（イ）船体の縦曲げ試験、（ロ）板厚計測による強度確認、（ハ）落下試験、のうちいずれかに合格すると、適当な船体強度を有するものとみなされる。 ・プレジャーボートの特性上、高速性すなわち軽量化と安全性が求められる。	【ボートの成形品単価】 1,000　円/kg	・FRP 船のリサイクルは、主要製造事業者 7 社（川崎重工業、スズキ、トーハツ、トヨタ自動車、日産マリーン、ヤマハ発動機、ヤンマー舶用システム）を中心とした（一社）日本マリン事業協会が「ＦＲＰ船リサイクルシステム」を運営している。 ・指定引取場所に収集された廃ＦＲＰ船を粗解体した後、ＦＲＰ破材を中間処理場に輸送し、破砕・選別等を行い、最終的にセメント焼成することによりリサイクル（マテリアル・サーマルリサイクル）を行うものである。 ・輸送費を除くリサイクル処理費用は 4m 未満のボートの場合、36,400 円である。
（参考） 自動車	【自動車市場】 ・国内市場は約 1,240 億円/年 内、複合材市場は約 1,200 億円/年 ・世界市場は約 241 兆円 内、複合材市場は約 2.2 兆円/年	・採用する材料に関する要求物性は各社異なる。	【ボディの素材単価】 103 円/kg 【インスツルメントパネルの成形品単価】 816 円/kg 【バンパーカバーの成形品単価】 1,062　円/kg 【インテイク・マニホールドの成形品単価】 736 円/kg	・プラスチックは燃焼によるサーマルリカバリーを主体として処理しているが、循環型社会の考え方からマテリアルリサイクルの推進が要望されている。 ・マテリアルリサイクルの推進には、自動車メーカーや解体業者、破砕業者の連携による規模の確保と輸送等の効率化が不可欠である。

7.2　CNF 適用先として有望と考えられる用途に関する技術開発の方向性案

CNF 適用先として有望と考えられる用途に関する技術開発の方向性案を表 7.2-1 に示す。

表 7.2-1　CNF 適用先として有望と考えられる用途に関する技術開発の方向性案

<table>
<tr><th colspan="3">用途</th><th>技術開発の方向性案</th></tr>
<tr><td colspan="3">プリント基板</td><td>・硬質基板用には引張り弾性率の向上
・金属と CNF の分離技術の確立
・CNF シートの誘電率及び誘電正接の実測
・プリンタブルエレクトロニクスへの適用</td></tr>
<tr><td colspan="3">ロボットアーム</td><td>・軽量化
・剛性の向上
・寸法精度の向上
・弾性率の向上
・硬化収縮の少ない樹脂
・大型物の成形技術
・成形性の向上
・寸法精度・安定性の向上</td></tr>
<tr><td rowspan="6">医用材料</td><td rowspan="6">材料の種類</td><td>人工骨関節、人工弁などに用いる材料</td><td>・既存の樹脂材料の補強</td></tr>
<tr><td>義肢などに用いる材料</td><td>・既存の樹脂材料の補強、軽量化、コスト削減</td></tr>
<tr><td>義歯に用いる材料</td><td>・既存の樹脂材料の補強</td></tr>
<tr><td>バイオチップ</td><td>・成形加工性能の向上、薬の流速制御</td></tr>
<tr><td>ドラッグデリバリーシステムのキャリア</td><td>・安定した薬物のデリバリー</td></tr>
<tr><td>再生医療用材料</td><td>・組織再生用部材の極細化、吸着制御、高性能化</td></tr>
<tr><td colspan="3">風力発電ブレード・ナセル</td><td>・実質引張り弾性率の向上</td></tr>
<tr><td colspan="3">コンクリート補強筋</td><td>・引張り弾性率の向上
・格子状成形による施工性の向上</td></tr>
<tr><td colspan="3">下水パイプ</td><td>・CNF 強化塩ビ樹脂でプロファイル材の強度向上
・耐食性の確保</td></tr>
<tr><td colspan="3">ボート</td><td>・熱可塑性エポキシ樹脂との複合材料の機械的性質の向上
・熱可塑性エポキシ樹脂で同等以上の性能（フェノール樹脂と CNF の積層複合化で曲げ弾性率 24GPa が達成されている）
・軽量化及び安全性の確保</td></tr>
</table>

7.3　今後の課題

CNF の適用先拡大における今後の課題を、技術的課題、経済的課題、社会的課題に分けて整理した。CNF 適用先に関しては、既存の GFRP 市場や GFRP が代替を検討している市場の他、今後成長が期待される市場をターゲットとすることが有効と考えられるため、市場の動きを継続的に注視していく必要がある。

（１）技術的課題

CNF は GFRP と比較して軽量化等の優位性があるため、適用可能性のある用途に対して積極的に用途開発・実証を進めていくことが望ましい。用途によっては、既存材料の物性を CNF 複合材料の物性が満たさない項目も多く存在するため、既存材料とのハイブリッド化、成型方法の工夫（発泡やハニカム構造、樹脂化による一体成型等）、中長期的な視点から見た長繊維化（関連特許：岡山大学イオン液体を用いた CNF の製造方法）による強度向上、等が必要となる。

またリサイクル面についても、CNF は GFRP 等と比較して優位性があると言われているが、リサイクル性の実証は環境省事業等の一部に留まっている。適用可能性のある用途に対して、CNF の特長を活かした用途開発・実証と併せてリサイクル性能の実証を行うことで、さらなる差別化を図ることが可能となる。

（２）経済的課題

プリント基板や医用材料等の高付加価値製品に関しては、コストよりも性能重視の傾向があるため、CNF 適用製品が既存製品の要求物性を満たし、軽量化等の優位性が見出せれば適用は進みやすい。

一方、比較的安価な普及品に関しては、価格競争力を持つことも必要となる。一般的なガラス繊維材料単価は 300 円/kg 程度であり、それに対抗できるよう、材料単価の低減、部品点数削減による工程削減、維持管理費削減、等のトータルコスト削減の検討や、CNF 適用による長寿命化、設計の自由度向上、等の付加価値向上の検討が必要である。

（３）社会的課題

CNF 適用製品については、まだ取組期間が短いためサプライチェーンが十分に構築されていない。上述した用途開発・実証の際には、社会実装を見据えて、上流から下流まで関連企業を巻き込んでいくことが望ましい。企業の巻き込みのためにも、需要の大きな市場への戦略的な働きかけが重要と考えられる。

また、いくつかの CNF 適用製品が上市されている現状において、必ずしも CNF を前面に押し出していない事例もある。CNF の社会的認知度向上に向けて、各メーカーによる PR の他、第三者（連携組織を含む）が各メーカーから CNF 適用製品の情報を収集・整理し、発信することも効果的と考えられる。

巻末資料１

本調査で用いる略語等の解説

本業務で用いる略語等の解説

略語等	英文	和文あるいは解説
ACC	the American Chemistry Council	アメリカ化学協会
ACMA	American Composites Manufacturers Association	米国複合材製造者協会 アメリカ合衆国を拠点とする世界最大の複合材関連企業から構成される協会
ASEAN	Association of South‐East Asian Nations	東南アジア諸国連合 現在は10ヶ国が加盟
AVK	Federation of Reinforced Plastics e.V	ドイツ強化プラスチック連合 ドイツの複合材製造者協会
BAAM	Big Area Additive Manufacturing	大規模３Dプリンティング 米国Cincinnati社の大型３Dプリンティングのブランド名
BIS	Department for Business, Innovation and Skills	ビジネス・イノベーション・技能省 英国の行政機関
CBMF	China Building Materials Federation	中国建築材料連合会
CCeV	Carbon Composites e.V	炭素繊維複合材協会 ドイツ、オーストリア、スイスの企業・研究機関が参加
CCFA	China Chemical Fibers Association	中国化学繊維工業協会
CFIA	China Fiberglass Industry Association	中国ガラス繊維工業協会
CFRP	carbon-fiber reinforced plastic	炭素繊維強化プラスチック
CFRTP	Fiber-Reinforced Thermo Plastic	熱可塑性炭素繊維強化プラスチック
CIC	Composite Innovation Centre	2013年にカナダの民間企業が集まり、非営利企業として立ち上げた組織
CLF	Composites Leadership Forum	複合材・リーダーシップ・フォーラム 英国の複合材利用産業のフォーラム
CNFRP	CNF　Reignforced Plasctic	CNF強化プラスチック
CPPIA	The China Plastics Processing Industry Association	中国プラスチック加工工業会
ESIF	European Structural Investment Funds	欧州構造投資基金

略語等	英文	和文あるいは解説
eTAC	European Thermoplastic Automotive Composites Consortium	欧州自動車用熱可塑性プラスチック複合材料企業連合 オランダの複合材企業協会を中心とした用途開発
EuCIA	European Composites Industry Association	欧州複合材産業協会 欧州を拠点とする複合材企業約10,000社から構成される組織で各国の複合材企業協会を代表する組織
eWPCs	enhanced wood-plastic composites	改良ウッドプラスチック Horizon 2020プロジェクトのひとつ
FRP	fiberglass reinforced plastic	繊維強化プラスチック ガラス繊維や炭素繊維などを補強材として埋め込んだ合成樹脂複合材料
FRPM	Fiberglass Reinforced Plastic Mortar Pipes	強化プラスチック複合管 JIS A5350:1991に仕様・試験方法が記載されている
GFRP	Glass Fiber Reinforced Plastic	ガラス繊維強化プラスチック
Global RTM	Global Resin Transfer Molding	グローバルな樹脂注入成形 フランスで設立された企業コンソーシアム
GMT	Glass-Mat reinforced Thermoplastics	スタンパブルシートとも呼ばれる 熱可塑性樹脂（主にPP）をガラス長繊維マットで強化したプラスチック材料をプレス成形する
HAL	Hybrid Assistive Limb	サイバーダイン㈱が開発したロボットスーツのブランド名
Horizon 2020	Horizon 2020	2013-2020年の7年間にわたるEUの研究開発プロジェクト名
IACMI	Institute for Advanced Composite Manufacturing Innovation	先端的複合材生産イノベーション研究所 米国テネシー州にあるエネルギー省管轄下の研究所
Invar 36	Invariable Steel 36	不変鋼 鉄にニッケル 36%をいれた合金で熱膨張率が小さい

略語等	英文	和文あるいは解説
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JCMA	the Japan Carbon Fiber Manufacturers Association	炭素繊維協会
JEC	Journals and Exhibitions on Composites Group	パリを拠点として、複合材料の雑誌出版と世界 3 箇所（パリ、シカゴ、アジア）での複合材展示会を開催する調査会社
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
KFPIC	Korea Federation of plastic Industry Cooperatives	韓国プラスチック工業協同組合連合会
LFT-D	Long Fiber Thermoplastic-Direct	連続繊維直接成形システム
MAXIM	Multi AXial Infused Materials	英国政府支援炭素繊維技術開発プロジェクトの名称
MIT	Massachusetts Institute of Technology	マサチューセッツ工科大学 米国ボストンにある私立工科大学
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NATEX	Aligned Natural Fibres and Textiles for Use in Structural Composite Applications	複合材用途への天燃繊維及び織物 Horizon 2020 プロジェクトのひとつ
NCC	National Composites Center	国立複合材センター ブリストル大学を拠点とする英国の複合材研究所
NDE/NDT	nondestructive evaluation /nondestructive testing	非破壊評価/非破壊試験
NFRP	Natural Fiber-reinforced Plastics	天然繊維強化プラスチック ケナフ、麻、竹などの繊維で強化した複合材
NRC	National Research Council	カナダの連邦政府の研究機関
OEMs	original equipment manufacturers	納入先（委託者）商標による受託製造
OLED	Organic Light Emitting Diode	有機発光ダイオード 照明、ディスプレイに使用される 面発光が可能

略語等	英文	和文あるいは解説
PAN	PolyAcryloNitrile	ポリアクリロニトリル 炭素繊維の原料となるアクリル繊維 プロピレンに、アンモニアと酸素を合成させて作られる
PEN	polyethylene naphthalate	ポリエチレンナフタレート 耐熱性やガスバリア性がポリエチレンテレフタレート PET より高い
PET	Polyethylene Terephthalate	ポリエチレンテレフタレート
PHV	Plug-in Hybrid Vehicle	プラグインハイブリッド自動車 外部電源から充電できるタイプのハイブリッド自動車
PP	polypropylene	ポリプロピレン 代表的な熱可塑性プラスチックであり、結晶性のものに分類される
PvP	Part via Preform	プリフォームの自動製造プロセス 予め熱硬化性樹脂を付着させた炭素繊維をプリフォーム型に吹き付ける工法
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals	ＥＵ における化学品の登録・評価・認可および制限に関する規則
RFID	radio frequency identifier	無線で情報をとるタグ。 JR 東日本の Suica などにも利用されている
RoHS	Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical Equipment	ＥＵ における電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用を制限するための規制
rPEEK CF30	recycle Polyether ether ketone Carbon Fiber 30%	テイジン欧州子会社が開発した炭素繊維強化 PEEK 樹脂 ベアリング(樹脂軸受)に使われる
RTM	Resin Transfer Molding	樹脂注入成形 熱硬化性樹脂を金型に封入された繊維プリフォームに注入し、加熱硬化する成形方法
SPR 工法	Sewage Pipe Renewal Method	SPR 工法 下水管路更生工法のひとつ

略語等	英文	和文あるいは解説
Stellar	Selective Tape-Laying for Cost-Effective Manufacturing of Optimised Multi-Material Components	最適化されたマルチマテリアル複合材の低コスト製造のための改良テープレイアップ 2016 年 8 月プロジェクト終了
TAPAS	Thermoplastic Affordable Primary Aircraft Structure	熱可塑性プラスチックによる手頃な価格の主要機体構造 AIRBUS 社を中心としたコンソーシアム
TPCA	Thin-plyComposites for aerospace applications	航空宇宙用途向け薄層複合材 スイスの企業コンソーシアム
TPIA	TAIWAN PLASTICS INDUSTRY ASSOCIATION	台湾プラスチック産業協会
VDMA	The Mechanical Engineering Industry Association	ドイツ機械工業連盟 約 3,200 社が加盟
WALiD	Wind blade Using Cost-Effective Advanced Composite Light-Weight Design	軽量かつ低コストの複合材を活用した風力発電回転翼共同研究開発プロジェクト EU 諸国より、11 の企業・研究機関が参加
WECC	World Electronic Circuits Council	世界電子回路会議
WOODY	Innovative advanced Wood-based Composite Materials and Components	革新的先進木質材料及び複合材 Horizon 2020 プロジェクトのひとつ
WPC	Wood-plastics composite	プラスチックに木粉を混ぜた複合材料

巻末資料２

海外におけるCNF 複合材の動向

1. 各国の CNF に係る政策動向

(1) 各国の政策動向の概要

図 1 は、各国の CNF 関連政策について文献調査を実施した結果を、政策動向、予算、商用化課題、注力分野、支援体制の点から比較概観したものである。

		日本	米国	カナダ	フィンランド	ノルウェー	スウェーデン	欧州連合	韓国
1 政策動向	ナノセルロースロードマップ有無	●	-	-	-	-	●	-	-
	ナノ技術等先端技術に対する基本方針	2030年に1兆円規模のCNF市場創出	ナノセルロース商用化で地方の雇用を促進	グローバルCNCリーダーを目指す	革新的な技術の振興及び実用化支援	持続可能なソリューション開発、社会課題へ対応	革新的な研究支援で可能な成長を実現	先端技術育成で欧州のグローバル競争力強化	産学連携を推進し、産業現場の課題へ対応
2 予算※1	増減トレンド	↑	(→)	(↑)	(↓)	↑	(↑)	↑	(↑)
3 商用化課題	技術力向上	●	●	●	●	●	●	-	●
	評価方法標準化	●	●	-	-	-	●	-	-
	コスト低減	●	●	●	-	-	-	-	●
	ニーズ・市場開拓	●	●	●	●	●	●	-	-
	その他	安全性確保	認知度向上	-	バリューチェーン	バリューチェーン	バリューチェーン	-	-
4 注力分野※2 (出口候補※3)	医薬品・ヘルスケア	-（☆）	-（☆）	-（☆）	◎（☆）	-（☆）	-	-（☆）	-（☆）
	自動車	◎（☆）	-（☆）	-（☆）	-	-	-（☆）	○（☆）	-
	建築	○（☆）	◎（☆）	○（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-
	エレクトロニクス	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-	-	◎（☆）	-（☆）
	パッケージ	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）	-（☆）
	エネルギー	-	-（☆）	-（☆）	-	-（☆）	-	-（☆）	-
	家電	◎	-	-	-	-	-	-	-
5 支援体制	実証体制	事業推進委員会にて合意形成	N/A	N/A	協業協定を締結	協業協定を締結	成果に関する権利を定めたPJ協定を締結	PO業務を担う主体を設置	山林庁

※1 予算について、R&D全体を対象にしている予算は参考情報のため（ ）書きとしている
※2 後段の「国内外の技術実証の分析」にてLevel3 に位置している国のうち、最も件数が多い国を「◎」、次点を「○」としている
※3 戦略・計画等に出口候補として言及がある分野を「☆」としている

図 1　国内外の最新動向の比較概観

日本の CNF 政策について諸外国と比較した場合、ナノセルロースロードマップを持ち、2030 年の市場規模目標を定めるなど、CNF に注力していることが分かる。その一方、注力分野が自動車、建築、家電と散在していることから、建築分野において、後段で詳述する技術実証の分析にて「Level3：技術優位のあるパイオニア」である件数が米国より少なくなっており、選択と集中が重要となる。

次に、政策動向、予算、商用化課題についてより詳細な比較を行った結果を表 1 に示す。

表１　政策動向・予算・商用化課題のサマリ

国※1	政策動向	予算			商用化課題				
		対象※2		増減動向※3	技術力向上	評価手法標準化	コスト低減	ニーズ・市場開拓	その他
日本（★）	日本は、技術力向上・国際標準化等が課題である中、**2030年にCNF関連材料で1兆円の市場創造**を目指している CNFに特化した方針	◎	↑	4省合計のCNF関連予算は2016度112.5億円、2017年度141億円と増加傾向。	●	●	●	●	安全性確保
米国	米国は、技術力向上・標準化が課題である中、**地方の雇用対策**としてﾅﾉｾﾙﾛｰｽ開発を推進している	△	→	USDA FSのR&D部門予算は2016年、2017年とも292百万$(約336億円)で、横ばい状態	●	●	●	●	認知度向上
カナダ	カナダは**グローバルCNCリーダー**を目指す方針のもと、CNC/CNFの商用化を実現している	△	↑	NRCのR&D投資予算は2014-2015年106百万CAD(約96億円)、2015-2016年に121百万CAD(約109億円)であり、増加傾向	●	-	●	●	-
フィンランド	フィンランドは、製造工程技術力の向上が課題としてある中、**革新的な科学技術育成**という方針のもと検討を行っている	△	↓	TekesのR&D部門予算は2016年381百万€(約502億円)、2017年322百万€（約424億円）で、減少傾向（経済全体の低成長が開発予算減少の要因と想定される）	●	-	-	●	バリューチェーン
ノルウェー	ノルウェーは**持続可能なソリューション開発、社会課題対応**との方針のもと、各プログラムを展開している	○	↑	RCNによるNANO2021の予算は2016年に92.1百万NOK(約13億円)、2017年130百万NOK(約18億円)で、増加傾向	●	-	-	●	バリューチェーン
スウェーデン（★）	スウェーデンは、製造プロセス向上という課題がある中、**持続可能な成長の牽引策としてCNFを推進**している CNFに特化した方針	△	↑	VINNOVAのR&D予算は2015年に4,115百万SEK(約574億円)、2016年に4,679百万SEK(約653億円)と増加傾向	●	●	-	●	バリューチェーン
欧州連合	欧州連合は欧州の**ｸﾞﾛｰﾊﾞﾙ競争力強化**方針のもと、ﾅﾉｾﾙﾛｰｽ開発研究への投資・規格標準化に取り組んでいる	○	↑	NMBPの予算は2016年**231百万€**(約304億円)、2017年**255百万€**(約336億円)と増加傾向 ナノテクノロジー予算が多い	●	●	●	-	-
韓国	韓国は、技術力及び価格競争力の向上が課題である中、**産業現場の課題解決**との方針のもと産学連携を推進している	△	↑	2016年2,200億KRW(約22,308億円)、2017年2,383億KRW(約24,164億円)と増加傾向	●	-	●	-	-

※1　ナノセルロースに特化したロードマップを策定している国は、国名に（★）を付与
※2　予算対象について、CNF対象は◎、ナノテクノロジー対象は○、R&D全体対象は△とする
※3　各国通貨は三菱UFJリサーチ＆コンサルティングの2017年7月11日のTTSレートを用いて円換算

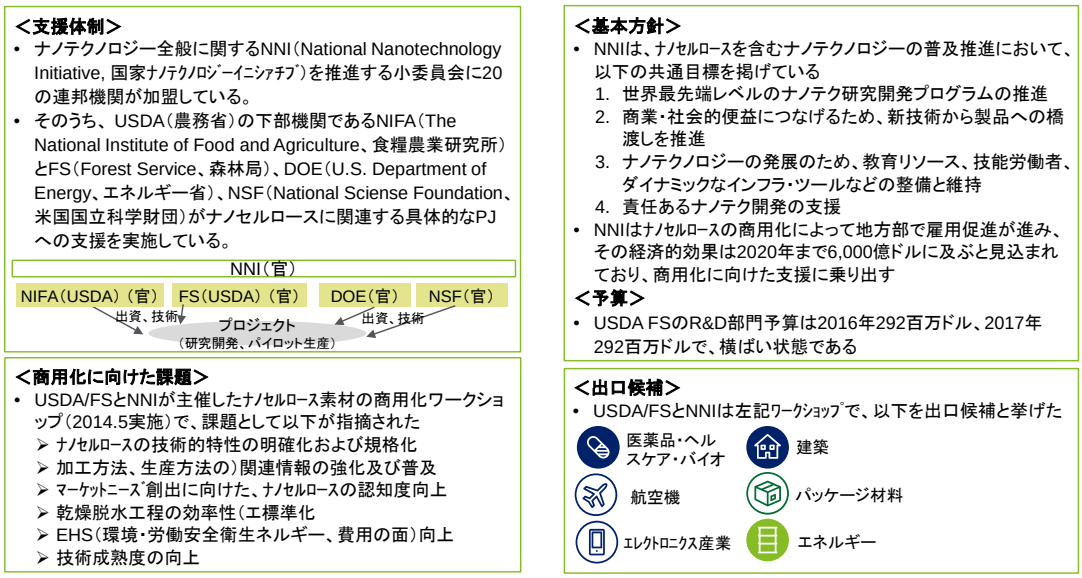
政策動向について CNF に特化した政策方針を掲げている国は日本とスウェーデンの２か国である。予算については、CNF 関連予算の増減傾向としては、米国・フィンランドを除く、大半の国が増加傾向にあった。ただし、CNF のみを対象とした予算を公表している国は日本のみであり、その他はナノテクノロジー、または技術開発に対する予算の中で CNF を位置づけていた。欧州連合は CNF 以外を含むナノテクノロジー全般ではあるが、予算規模が大きいため、注視が必要である。

最後に、商用化課題の視点からは技術力向上やニーズ・市場開拓については多くの国が課題であるとの共通認識を持っていることが分かった。その他の観点について、日本は安全性、米国は認知度向上、フィンランド、ノルウェー、スウェーデンの北欧諸国はバリューチェーンの創出が課題であるとの認識を持っていた。以上を総合すると、日本は CNF に特化した方針を掲げており優位にあるため、スウェーデンや欧州連合を注視しつつ、現状の方針を維持すべきであるといえる。

以下では、各国の政策動向について詳細に述べる。

(2) 米国における政策動向

米国における CNF 関連政策動向を図 2 に示す。



【参考】 1USD = 115.22円(TTS)、三菱UFJリサーチ＆コンサルティング2017年7月11日

図 2　米国における CNF 関連政策動向

出典：NNI,"NationalNanotechnologyInitiativeStrategicPlan(2016.10)"、
"CelluloseNanomaterials−APathTowardsCommercializationWorkshopReport(2014.8)"、
USDA/FS, "FiscalYear2017BudgetJustification" ," FY2016USDABudgetSummaryandAnnualPerformancePlan"、
USDA/FS,ForestProductsLaboratory," NanocellulosePilotPlant"、

米国は、国家ナノテクノロジーイニシアティブ（NNI：National Nanotechnology Initiative）がナノテクノロジー開発に関する方針を取り纏めている。そのうち、アメリカ農務省（USDA：United States department of Agriculture）と NNI が主催したワークショップにおいて、商用化に向けた課題として、技術力向上と標準化等を挙げている。そうした中、地方の雇用対策としてナノセルロース開発を推進しており、USDA の下部機関である森林局の開発部門予算は横ばい状態である。出口候補としては医薬品、建設、自動車等を検討している。

表 2 は、米国における各機関の取り組み状況を示したものである。

表２　米国における取組状況

番号	機関	方針	期間	取組状況
US-A	NSF	➢ 上流の研究や教育を支援し、産業界とも連携しつつ技術革新を支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は415.1百万ドル	2007～	**2007年より支援を行っており、直近は商業化に向けた支援を行っている** ➢ 2013年開始のI-Corpsプログラムにてパイロット研究の支援が行われており、2014、2016年にナノセルロースプロジェクトも支援を受けている ➢ 2010年開始の石油製品からの転換等持続可能な化学物質を開発するプログラムにて2014、2015年にナノセルロース開発を取り上げている。 ➢ ナノセルロース関連の事業は6件
US-B	DOE	➢ 基礎研究とナノ物質、研究設備を重点的に支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は330.4百万ドル	2014～	**2014年から商業化に向けた支援を行っている** ➢ バイオエネルギー技術オフィスが支援したバイオ製油所における一貫パイロットプロジェクトは、2009年より開発を研究に着手し2016年には商業生産に移行している ➢ 建築技術オフィスは2014年に公募を行った建物のエネルギー効率を改善するプログラム（総額1,400万ドル）にて、建築資材へのナノセルロース適用のプロジェクトを採択している ➢ ナノセルロース関連の事業は2件
US-C	NIFA（USDA）	➢ 基礎研究とナノ物質、ナノデバイス、環境・健康・安全を重点的に支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は14百万ドル	2007～	**2007年より積極的にラボレベルの研究を支援している** ➢ 2007年よりナノセルロース関連研究（主に基礎から応用）への支援を行っており、USDA傘下で最も多くのプロジェクトを支援している ➢ 2017年には最大百万ドル/件、総計9.6百万ドルを持続可能なバイオ素材開発に支援する公募を行っており、リグノ・ナノセルロース開発を優先課題としている ➢ ナノセルロース関連の事業は30件
US-D	FS（USDA）	➢ 特に木材由来のナノ物質に焦点を当てて、CNCやCNNの量産、特性、改質手法、複合手法等の研究を支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は4.5百万ドル	2007～	**2007年よりラボレベルの研究を支援している** ➢ 傘下のFPL（Forest Products Laboratory,森林製品研究所）にて2010年よりナノセルロースに関する基礎研究を行っている ➢ FPLは2012年には研究者が活用可能なパイロットプラントを設立し、商業化を目指す研究者や企業の研究を支援している ➢ ナノセルロース関連の事業は9件

出典：NNI, “NSET’sParticipatingFederalPartners”、
NSF, “Factsheet:I-Corps™Sites”,
“DearColleagueLetter:FY2017SustainableChemistry,Engineering,andMaterials(SusChEM)FundingOpportunity”、
DOE, “CommercializationofIntegratedBiorefineriesviaSynergiesbetweenCommodityandHighValueProducts”,
“EnergyDepartmentInvests$14MillioninInnovativeBuildingEfficiencyTechnologies”、
NIFA, “AgricultureandFoodResearchInitiative-SustainableBioenergyandBioproductsChallengeArea”、
USDA, “ForestProductsLaboratory”

NNI 加盟の連邦機関のうち、農務省の下部機関である食糧農業研究所（NIFA：The National Institute of Food and Agriculture）と森林局（FS：Forest Service）、米国エネルギー省（DOE：Department of Energy）、米国国立科学財団（NSF：National Science Foundation）が具体的なプロジェクトへの支援を行っている。

NSF は 2007 年より支援を行っており、直近は商業化に向けた支援を行っている。DOE は 2014 年から商業化に向けた支援を行っている。USDA 傘下の NIFA、FS はともに 2007 年よりラボレベルの研究を支援している。以降、各機関が実施したプロジェクトについて、NSF は US-A、DOE は US-B、NIFA は US-C、FS は US-D とする。

NSF が実施したプロジェクトの一覧を表 3 に示す。

表３　プロジェクト一覧：米国・NSF

US-A　US-B　US-C　US-D

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-34	US-A	University of Massachusetts	N/A	FogKicker: An Anti-Fogging Coating Based on Sustainable Materials	2016-2017	50	自動車、航空、建築、包装	製品製造	導入実証	**ナノセルロースを含むコーティング剤FogKicker**をコーティングすることで、窓など様々な表面での曇りを防止できる。PJでは**商品化の可否を判断**する。また、ナノセルロースの抽出手法についても進展があり、**自動車、航空、建築、包装分野**での応用も期待される。
US-35	US-A	University of Massachusetts	N/A	Cellulose Nanomaterials Modified with Conjugated Polymers	2015-2019	558	エレクトロニクス	部材(複合材)製造	応用	CNFやCNC等と半伝導性ポリマーを用いて、シンプルで再生可能な**光学・電子センサー**を作ることを目指す。**新たな複合材**の特性特定、反応調査を経て、その優位性を確認する。
US-36	US-A	University of Maryland	N/A	The Science Underpinning Anomalous Scaling Laws of Strength and Toughness in Nanocellulose Materials	2014-2017	400	N/A	部材(複合材)製造	基礎	強度と靭性は両立しづらいが、ナノセルロースを含む**ナノペーパーの分子構造の解析を**通じて、両立を可能とする構造を明らかにし、他の素材への応用を検討する。
US-37	US-A	Stony Brook University	N/A	Novel approach in developing sustainable polymer composites	2014-2015	50	N/A	部材(複合材)製造	実用	NCCをフィラーとすることで、石油由来ではない**ポリマー複合材**を開発する。商品化に向け**より安価で大量に製造する手法**を検討する。

出典：NSF, “NSFAwardSearch:SimpleSearchResults”

NSF は４件の CNF 関連のプロジェクトを支援しており、ナノセルロース部材の特質を調査する基礎研究支援とともに、ナノセルロースを含むコーティング剤について、商品化に向けた支援も行っている。

次に、DOE が実施したプロジェクトの一覧を表４に示す。

DOE では２件の CNF 関連のプロジェクトを支援しており、うち１件は初期普及段階にある素材製造のプロジェクトである。

表４　プロジェクト一覧：米国・DOE

US-A　US-B　US-C　US-D

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-32	US-B	**American Process Inc.**	-	Commercialization of Integrated Biorefineriesvia synergies between commodity and high value products	2009-2016	N/A	N/A	素材製造	初期普及	バイオ精油所にて、粗糖、バイオ燃料、バイオ化学物質、**ナノセルロースを同時に製造**する。本プロジェクトでは現状の3.5 bdt/dから50bdt/dまでスケールアップをめざす。2016年に**稼働を開始**、規模拡大と本格普及に当たっては、原料確保が課題である。
US-33	US-B	Fraunhofer Center for Sustainable Energy Systems	Atlas Roofing Corporation	Development of a Bio-Based, Inexpensive, Noncorrosive, Nonflammable Phenolic Foam for Building Insulation	2015-2016	749	建築	部材(複合材)製造	実用	**建築分野**での**断熱材**への適用を目指し、**ナノセルロースを用いてフェノール樹脂発泡体**の強度向上、ガス拡散の低減を目指す。曲げ強度は50%まで向上、圧縮強度は20%上昇を達成した。

出典：DOE 資料

表５は、USDA が実施したプロジェクト 24 件の概要である。

表５　プロジェクト一覧：米国・USDA（1/2）

US-A　US-B　US-C　US-D

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-04	US-C	UNIVERSITY OF MAINE	N/A	Renewable Nanocomposites Made From Lignocellulosic Fillers And Transparent Polymer Matrices	2012 - 2017	730	エレクトロニクス、パッケージ	部材(複合材)製造	応用	**フレキシブルディスプレイ**、食品包装、バリアフィルム、窓への適用を念頭に置き、CNC、CFN、BC等ナノセルロースフィラーの製造・機能化・特徴化すること、**樹脂複合材の製造・物性特定**に取組む。パイロット規模のスプレー乾燥設備を導入する。
US-05	US-C	SAES - UNIVERSITY OF TENNESSEE	4社と協業	Value Addded Chemicals and Materials from Biomass	2012-2017	17,334	N/A	素材製造、部材(複合材)製造	応用	上流から下流まで一貫したバイオ精製プロセスを作り、バイオ燃料やその他の化学物質として活用する。特にリグニンを前駆体とすることに力点を置く。炭素繊維の複合に有用な新たな化学物質の検討も行う。**ナノセルロースを基盤としたスポンジ状のエアロゲルを統合**、自身の64倍もの油等を吸収することを確認した。
US-10	US-C	UNIVERSITY OF GEORGIA	N/A	Application Of Nanocellulose And Enzyme Inhibitors As Dietary Interventions For Health Benefits	2013/11/18 - 2018/6/30	196	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	**医療用途**、特に糖尿病や肥満の治療手法の開発が目的であり、NFCの吸着力に注目し、エアロゲル状のナノセルロースを用いて胃腸の油分を取り除く手法(**油分除去剤の開発**)を検討し、実験により効果を確認する。
US-11	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MAINE	N/A	Increasing Maine Forest Product Diversity	2013-2018	254	N/A	素材製造	基礎	メイン州における木材製品の活用を多様化する手法を検討する。その一環として、**NFCの機械的特質**を調査する。
US-12	US-C	SAES - UNIVERSITY OF TENNESSEE	N/A	Biobased Fibrous Materials and Cleaner Technologies for a Sustainable and Environmentally Responsible Textile Industry	2013-2018	1,317	その他用途(繊維)	素材製造、部材(複合材)製造	応用	**繊維業界**において、安価な農業副産物、特にDDGS(穀物蒸留粕)を活用し、石油製品に代わる、土に還る廃棄に問題の少ない**植物由来のプラスチック製品を開発**する。農業副産物から、イオン溶液を用いて**純度の高いナノセルロースを取り出す**。
US-13	US-C	AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE	N/A	Blow Spinning of Agricultural-Based Nanofibers for Value-Added Agricultural Applications	2014-2018	260	N/A	素材製造、部材(複合材)製造	応用	(エレクトロスピニングではなく)ブロウスピニング法をもちいて農業副産物や海洋副産物から親水コロイド状の**ナノファイバーを取り出し、またPLAとの複合を検討**する。
US-14	US-C	ALGAXPERTS LLC	N/A	Cultivation of Filamentous Green Algae for High Value Industrial Products	2015-2016	9	N/A	素材製造	応用	木材や植物からではなく、**藻類からのナノファイバーの生成**を目指す。なかでも、セルロースを多く含むサヤミドロからのナノファイバーの取得に挑戦中であり、熱を用いる方式を検討している。
US-15	US-C	UNIVERSITY OF CINCINNATI	N/A	Nanocrystalline Cellulose Based Piezoelectric Materials For Energy Sustainability	2015-2017	63	自動車、医薬品・ヘルスケア・バイオ、エレクトロニクス	部材(複合材)製造	応用	再生可能な植物資源、特にNCCを用いて、**自動車や医療分野、コンピューター**で用いられる圧電性の物質(**NCC複合材とNCCナノブラシ**)を開発し、センサーやアクチュエーターなどの産業機械に適用する。
US-16	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MISSOURI	N/A	Enhancing Microbial Food Safety by Risk Analysis	2015-2017	N/A	パッケージ	部材(複合材)製造	応用	食品の安全性確保のため、分子レベルでの技術を用いて有害物質の検知を行う。ナノセルロース等のナノ物質の病原菌への反応を調査し、**食品包装**への適用可能性を検討する。
US-17	US-C	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY, THE	N/A	Electrospinning of Reinforced and Functionalized Starch Fibers	2015-2018	212	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	**医療**や農業で活用できる**バイオ素材の物質(不織布)**を開発することを目指す。カチオン性澱粉の布にナノファイバーを追加することで引っ張り強度を向上できることを確認した。
US-18	US-C	SAES - UNIVERSITY OF GEORGIA	N/A	Biobased Fibrous Materials and Cleaner Technologies for a Sustainable and Environmentally Responsible Textile Industry	2015-2018	8	医薬品・ヘルスケア・バイオ、その他用途(繊維)	部材(複合材)製造	応用	**医薬品分野や繊維分野にて**用いられる生物分解可能なポリエステル、機能性コーティング剤、効果的に染料を取り除く技術を開発する。植物から抽出したNCを用いて、コットン等布の**コーティング剤**を開発する。
US-19	US-C	SAES - UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT DAVIS	N/A	Natural fibers and biobased polymers: new structures and functions	2015-2019	463	N/A	素材製造、部材(複合材)製造	応用	木材ではなく、農業残渣からのナノセルロースを取得し、**ゲルやフィルム、コーティング剤への展開**を研究する。稲わらから効率的に**ナノセルロースを生成**し、**フィルムに加工**することができた。
US-20	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MAINE	N/A	Large volume applications of cellulose nanomaterials	2015-2020	190	建築	部材(複合材)製造、製品製造	実用	**パーティクルボード(建築材)**に用いられている**合成樹脂をCNFにて代替**すること、またCNFを用いたラミネート紙の開発を目指す。どちらも量産化を目指し、とくに脱水、接着メカニズムの検討を進める。
US-21	US-C	SAES - WEST VIRGINIA UNIVERSITY	N/A	Advanced applications for nanomaterials from lignocellulosic sources	2015-2020	124	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	基礎	**医療分野での活用**を念頭に置いて銅ナノ分子以外の物質を**セルロースに吸着させ、放出させることの可能性**を調査、併せて細胞取込・特殊性・細胞毒性を調査する。
US-22	US-C	SAES - OREGON STATE UNIVERSITY	N/A	Engineering for food safety and quality	2015-2020	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイ	部材(複合材)製造	応用	品質を保持し、**病原体を寄せ付けないことで食品の安全性を高める**ことを目指す。**ナノセルロースやNCCを用いたコーティング**が品質保持に寄与することを確認した。

表５　プロジェクト一覧：米国・USDA（2/2）

US-A　US-B　**US-C**　US-D

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算（千USD）	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-23	US-C	SAES - SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY	N/A	The Science and Engineering for a Biobased Industry and Economy	2016-2018	N/A	パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ、建築	素材製造	応用	バイオマス生産にかかるモデリングやシステムを構築し、より効率よく様々な**植物からナノセルロースを取り出す**技術を開発する。コーンとコードグラスからの抽出の可能性を探っており、**食品包装**やバイオ医療、建築業界への適用を検討する。
US-24	US-C	FRST - STATE UNIVERSITY OF NEW YORK-FORESTRY SCHOOL	N/A	Multi-Functional Cellulose "Nanomers" Dervied from Biorefinery Waste	2016-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	素材製造	応用	バイオ医療やバイオ技術を目的として、木質パルプからの効率的な**NFCやCNCの解繊・分離手法を検討**し、NFCの定義を統合するための戦略を検討する。酵素分解処理の前処理として熱水分離法 (HWE)等を組み合わせた処理を行う。
US-25	US-C	UNIVERSITY OF GEORGIA RESEARCH FOUNDATION, INC	N/A	Behavior of nanobiomaterials in the Gastrointestinal Tract and Their Risk Assessment	2016-2019	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	製品利用	基礎	CNF等のナノ素材が、**それらを用いた食品包装を通じて**、胃に摂取された場合の動きや**人体への影響を調査**する。人口胃やマウスを用いた調査も行う。
US-22	US-C	SAES - OREGON STATE UNIVERSITY	N/A	Engineering for food safety and quality	2015-2020	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材（複合材）製造	応用	品質を保持し、**病原体を寄せ付けないことで食品の安全性を高める**ことを目指す。**ナノセルロースやNCCを用いたコーティング**が品質保持に寄与することを確認した。
US-23	US-C	SAES - SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY	N/A	The Science and Engineering for a Biobased Industry and Economy	2016-2018	N/A	パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ、建築	素材製造	応用	バイオマス生産にかかるモデリングやシステムを構築し、より効率よく様々な**植物からナノセルロースを取り出す**技術を開発する。コーンとコードグラスからの抽出の可能性を探っており、**食品包装**やバイオ医療、建築業界への適用を検討する。
US-24	US-C	FRST - STATE UNIVERSITY OF NEW YORK-FORESTRY SCHOOL	N/A	Multi-Functional Cellulose "Nanomers" Dervied from Biorefinery Waste	2016-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	素材製造	応用	バイオ医療やバイオ技術を目的として、木質パルプからの効率的な**NFCやCNCの解繊・分離手法を検討**し、NFCの定義を統合するための戦略を検討する。酵素分解処理の前処理として熱水分離法 (HWE)等を組み合わせた処理を行う。
US-25	US-C	UNIVERSITY OF GEORGIA RESEARCH FOUNDATION, INC	N/A	Behavior of nanobiomaterials in the Gastrointestinal Tract and Their Risk Assessment	2016-2019	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	製品利用	基礎	CNF等のナノ素材が、**それらを用いた食品包装を通じて**、胃に摂取された場合の動きや**人体への影響を調査**する。人口胃やマウスを用いた調査も行う。
US-26	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MISSOURI	N/A	Increasing the safety of foods by rapid molecular detection of foodborne pathogens and the use of novel antimicrobials	2016-2020	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材（複合材）製造	応用	食品の安全性を高めるため、食物に潜む有害物質の検知技術の向上を目指す。食品包装に付与する**検知技術の構成要素とすべく、ナノセルロースの病原菌に対する反応**を、他のナノ素材とともに調査する。
US-27	US-C	SAES - AUBURN UNIVERSITY	N/A	Development of Nanocellulose-based Hybrid Fuel	2016-2020	N/A	エネルギー	素材製造、部材（複合材）製造	基礎	**ナノセルロースをガソリンに混合し、バイオガソリンを開発する。新たに開発する本方式**であれば現在主流のバイオ燃料とは異なり、変換せずにナノセルロースをそのままガソリンに混合することができる。**ナノセルロースの生成・改質**手法と燃焼効率の関係も調査する。
US-28	US-C	CLEMSON UNIVERSITY	N/A	Transforming Nanocellulose Into an Advanced Biorenewable Reinforcement With Hyperbranched Polymers	2016-2021	26	自動車	部材（複合材）製造	応用	**自動車**への適用を念頭に置いて、より強度のある、**超分岐ポリマーとナノセルロースの複合構造**をデザインし、またより分散度を高めた超臨界射出成型の手法を提案する。
US-29	US-C	SAES - UNIVERSITY OF ARKANSAS	N/A	Impacts of Biotic and Abiotic Stress on Forest Trees and Plant Communities	2016-2021	156	N/A	素材製造	基礎	木材へのストレスの影響という**新たな視点で**調査する。ナノセルロースを製造する際のストレスの影響やコントロール方法を調査する。より効率よく質の良い**ナノセルロースを製造する**に適した木材や生育環境などについて、ナノセルロース製造者に示す。
US-30	US-C	SAES - SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY	N/A	New Biorefinery: Value added products from Biomass and Nano-biotechnology of Sustainable Agriculture	2016-2021	N/A	パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材（複合材）製造	基礎	持続可能な農業を目指して4分野にて**基礎的な検討**を進める。うち3点目で、ナノクリスタルを用いて、**複合材の補強や脱酸素食品包装パッケージを開発**、4点目ではバイオセンサーを開発し、病気の予防などに役立てる。
US-31	US-C	SAES - AUBURN UNIVERSITY	N/A	Nanocellulose-based materials for novel applications	2017-2022	N/A	建築、パッケージ、その他用途（水浄化）	素材製造、部材（複合材）製造	実用	地元のリグのセルロース資源を用いて、**NCとNFCを製造する**技術を整理する。ナノ素材を、**建築業界**における**合板**や、フィルムを用いた包装材や水浄化フィルターに適用した際の、素材の化学構造と効果の関係性を検証し、**試作品による性能テストも実施**する。

出典：USDA, “REEISHome” より作成

部素材のラボレベルの開発や医薬品・ヘルスケア・バイオ、エネルギーから自動車用途と幅広い研究を支援している。

Forest Service が実施した２件の CNF 関連プロジェクトの一覧を表６に示す。

FS では経済モデルを用いたナノセルロース生産規模拡大の影響の試算を行う上流の森林資源管理に関するラボレベル研究等を支援している。

表６　プロジェクト一覧：米国・FS

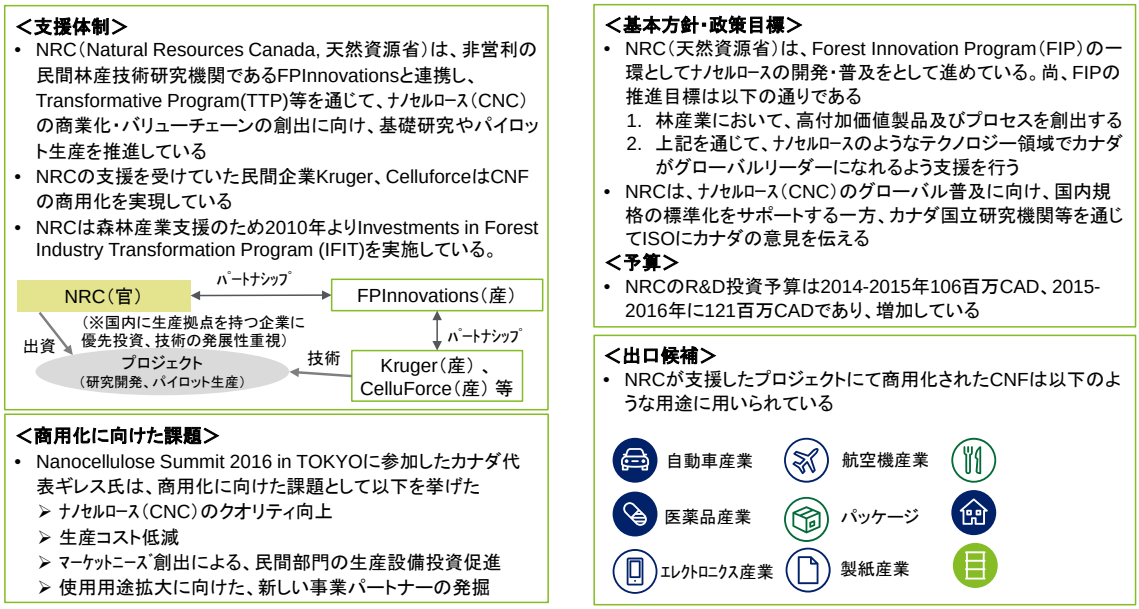
US-A　US-B　US-C　US-D

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算（千USD）	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-01	US-D	FOREST PRODUCTS LABORATORY	N/A	Analyze And Project The Impact Of Potential Changes In Market Structure, Technology , And Policy On U.S. Timber Markets And Forest Management	2012 - 2017	N/A	N/A	素材製造	基礎	経済モデルを用いて、技術変革の影響や林業分野の政策を考慮したうえで、米国森林産業の木材生産量と消費量を推定する。**ナノセルロース生産規模拡大の影響も試算する**。(これらの成果は生産計画の策定に影響する)
せUS-02	US-D	PACIFIC SOUTHWEST RESEARCH STATION	N/A	Enzymatic And Microbial Processing Of Wood And Wood Fiber To Fuels, Nanocellulose And Other Chemicals	2012 - 2017	N/A	N/A	素材製造	応用	バージン木材、リサイクル材等を原料として、**リグノセルロースからはナノセルロースを、**木糖からはバイオ燃料を得る際の、酵素処理に関する研究を行う。酵素を用いた表面修飾がナノセルロース等新製品の開発に有効である。

出典：USDA、”ForestProductsLaboratory”

(3)　カナダにおける政策動向

カナダにおける CNF 関連政策動向について、図 3 に示す。



【参考】 1CAD = 90.18円(TTS)、三菱UFJリサーチ＆コンサルティング2017年7月11日

図 3　カナダにおける CNF 関連政策動向

出典：NaturalResourcesCanada, “Cellulosenanocrystals”、FPInnovations, “FPInnovations” ” ForestInnovationProgram”、CanadianCouncilofForestMinisters, “ForestSectorInnovationinCanada2015”、ナノセルロースフォーラム事務局「NanocelluloseSummit2016inTOKYO 資料集

カナダは政府組織の天然資源省（NRC：Natural Resources Canada）、民間の研究機関 FP Innovations が連携し、各種プログラムを通じて、研究開発を支援している。特に NRC は、グローバル CNC リーダーを目指す方針のもと、一部では CNC/CNF の商用化を実現している。商用化促進に向け生産コスト低減、使用用途拡大等の課題を念頭に置いて、自動車、航空機、食品、医薬品、パッケージ、航空、エレクトロニクス、製紙、エネルギーと幅広い用途への展開を検討している。

次に、カナダにおけるプログラム一覧を表 7 に示す。

表７　プログラム一覧：カナダ

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
C-A	NRC	IFIT	➢ 森林産業における新技術開発への支援を行う ➢ 2010年から28件を支援、うち8割が新たな製品の開発につながっている ➢ 2014年の予算は90.4百万CAD（4か年） ➢ 返還不要の資金は、カナダに一つ以上の生産拠点を持つ企業を対象とし、拠出する	2010年～	➢ 2013年には、**FPInnovationsと連携し、商業プラントへの支援を実施**、商品化につながっている
C-B	NRC	TTP	➢ カナダの森林産業の競争力向上を目指す ➢ ナノテクノロジー等を活用した、ランバーやパルプ等の伝統的な製品の新たな活用方法の開発 ➢ バイオ燃料、バイオケミカル、バイオポリマーなどの非伝統的な製品の森林産業への導入	N/A	➢ **FPInnovationsと連携し、パイロットスケールの設備導入を支援** ➢ 設備はカナダ全域に位置しており、効果やリスク、コストの検証に活用されている ➢ 2014年から2016年で15件のプロジェクトが実施されている
	NRC	FIP	➢ カナダ森林産業における、商業化前の連携を支援することを目的とする ➢ 商業化を促進するための、国内外の基準の整備も支援対象とする ➢ 2012年の予算は105百万CAD（2か年）、2013年に92百万CAD（5か年）追加	2012年～	➢ TTPとCanadian Wood Fibre Centre（CWFC）の連携を支援 ➢ TTPと中小企業向けの支援プログラムValue to Wood Programを連携させ、NCC開発を支援

出典：NationalResourcesCanada,“ForestInnovationProgram”
“Transformativetechnologies”“IFIT-Fundedprojects”

カナダにおいてはNRCがFP Innovationsと連携し、Forest Innovation Program（FIP）やTransformative Program（TTP）を通じて、パイロットプラントや商業プラントの導入を支援している。なお、FIPについては個別プロジェクトの詳細情報は非公開であり、文献調査では入手不可のため、下記プロジェクト一覧には掲載していない。

上述のプログラムの下、カナダにおいて実施されたCNF関連のプロジェクト２件の一覧を表８に示す。２件とも、NRCの支援を受けた後、商業生産に移行しており、パッケージや建築、航空、自動車、石油ガス等、様々な業界へ展開されている。

表８　プロジェクト一覧：カナダ

C-A　C-B

番号	プログラム番号	参画主体（企業等）	共同事業者（企業）	プロジェクト名	期間	予算（千CAD）	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
C-1	C-A	Kruger Biomaterials Inc.	FP Innovation	Cellulose filament demonstration, application development and commercialization	2013-2016	43,600	パッケージ、建築、航空、自動車、石油ガス　等	素材製造	初期普及	樹脂補強材として活用するため、**セルロースフィラメントを製造する**、デモンストレーションプラントを設置、2014年6月に稼働しており、生産量は年間1,825tである。**FiloCellという商業名で製造、販売を行っている**。カナダ国内の他の製紙工場へも展開可能な手法を開発した。 用途としては**樹脂との複合材（熱可塑、熱硬化双方）、コーティング剤、パッケージ、建築剤、接着剤等があり、航空業界や自動車業界、石油ガス業界での活用も考えられる。**
C-2	C-B	CelluForce	-	The nanocrystalline cellulose (NCC) plant	2014-2016	N/A	石油ガス、製紙、建築、医薬品・ヘルスケア・バイオ、食品、エレクトロニクス	素材製造	初期普及	NRCの支援を受け、ケベック州に**NCCの商業プラントを建設**、2016年以降**CelluForce NCCとして販売**している。 用途としては**石油ガス採掘剤、接着剤、製紙への添加剤、セメント添加剤、プラスチックへの添加材、塗料・コーティング剤、化粧品、医療機器、食品、エレクトロニクス**が候補とされている。

出典：NaturalResoucesCanada,“Strengthfromwood”,“Squeezingmorevaluefromtrees”、

KrugerInc.,“Accueil–Biomaterials”

(4) フィンランドにおける政策動向

フィンランドにおける CNF 関連政策動向について図 4 に示す。

フィンランドは、技術庁（Tekes）や研究機関の CLIC Innovation、民間の製紙会社である UPM、フィンランド国立技術研究センター（VTT）が取組を進めており、商用化・量産化に向けて乾燥・脱水等の製造工程技術力の向上を課題として認識している。Tekes は革新的な科学技術を育成するという方針のもと、ナノセルロース開発を支援しており、その研究開発予算は減少傾向にあるものの、経済全体が低成長にとどまっていることが要因と想定される。出口候補としては、エレクトリニクス、製紙、パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ、建設等多様な産業での適用を検討している。

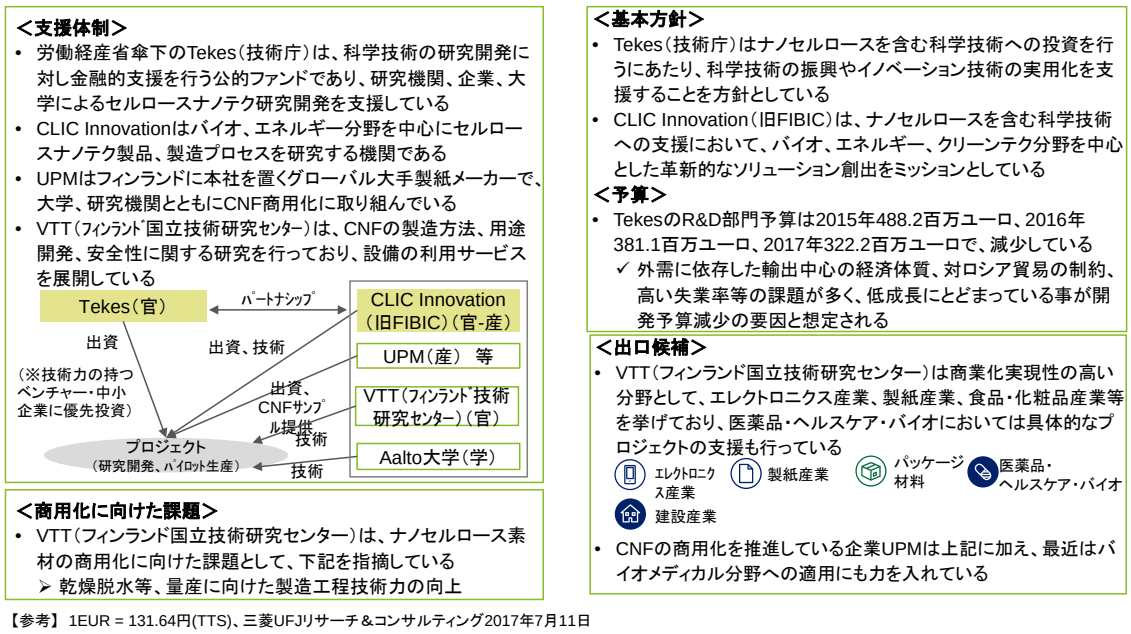


図 4　フィンランドにおける CNF 関連政策動向

出典：CelluForce, “NanoCrystallineCellulosemanufacturingexpert”、
Tekes, “FinnishFundingAgencyforInnovation”、CLICInnovation, “CLICInnovation”、
TheBioforeCompany, “UPM”、VTT, “Nanocellulosefilm”、
日本政策投資銀行,「新素材として注目されるセルロースナノファイバー（2016.3.17）」、
StatisticFinland, “GovernmentR&Dfundinginthestatebudget2017”, “GovernmentR&Dfundinginthestatebudget2016”,
“GovernmentR&Dfundinginthestatebudget2015”、
外務省「フィンランド基礎データ」

フィンランドのプログラム一覧を表 9 に示す。

フィンランドでは Tekes が中心となり、Innovative Cities（F-A）、BEAM（F-B）、BioNets（F-C）といったプログラムを通じて、CNF 関連のプロジェクトを支援している。Innovative Cities、BEAM とも、国際市場への展開を視野に入れている点が特徴である。なお、CLIC は個別プロジェクトの詳細情報は非公開であり、文献調査では入手不可のため、下記プロジ

ェクト一覧には掲載していない。

表９　プログラム一覧：フィンランド

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
F-A	Tekes	Innovative Cities（INKA Programme）	➢ 国と諸都市が連携し、**国際市場に向けて**製品やサービスの展開を目指す企業を育てることを目指す ➢ 予算は約30百万Euro/年、管理責任はTekesが負っている	2014－2020	➢ バイオエコノミー、持続可能なエネルギーソリューション、サイバーセキュリティー、健康、スマートシティーの5分野で5都市を選定し、支援を行っている
F-B	Tekes	BEAM – Business with impact	➢ **開発途上国における**新たな持続可能なビジネスを創出すること、途上国における生活水準の向上に資することを目指した、Tekesとフィンランド外務省の共同プログラム ➢ フィンランド企業が開発途上国において、革新的な技術を展開する支援を行う（予算は総額50百万ユーロ、ローン含む）	2015－2019	➢ 2016に、ナノセルロースを用いたフィルターの開発し**インドでの展開**を目指すUPMのプロジェクトを採択している
F-C	Tekes	Smart & Green Growth＞BioNets	➢ Smart＆GreenGrowth全体の予算は150百万ユーロ、フィンランドにおいて革新的なビジネスシステム、新たなバイオエコノミー技術を広め、循環経済を創出することを目指す ➢ BioNetsは、R&Dとビジネスをつなぐプラットフォームづくり、またパイロット設備・デモ設備への支援を行う	2016－2018	➢ ナノセルロース関連では2016年に医薬品・ヘルスケア分野で、ネットワーキング、応用部材の支援を行っている
–	CLIC	Advanced cellulose to novel products（ACEL）	➢ 木から創出されるセルロース繊維について、繊維業界、熱可塑性複合材、カチオン経済への展開を支援する ➢ 望ましい特性を持った物質を創生するべく、解繊方法にも着目する ➢ 企業における材料試験の手法についても開発を行う	N/A	➢ 以下4WorkingPackagesにて検討中 • WP1セルロース繊維の反応 • WP2イオン溶液を用いた繊維の開発 • WP3パッケージ・自動車・家具・建築分野を目的とした複合材の開発 • WP4ネットワーキング

出典：Tekes,“InnovativeCities”“BEAM-BusinesswithImpact”“BioNets-NetworkandProfit”

上記のプログラムの下、フィンランドにおいて実施されたプロジェクトについて表 10 に示す。

医薬品・ヘルスケア・バイオ分野を中心に開発が進められており、インドにおける展開を視野に入れたプロジェクトも実施されている。

表 10　プロジェクト一覧：フィンランド

F-A　F-B　F-C

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千€)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
F-02	F-A	University of Eastern Finland,	N/A	SafeWood	2016-2017	495	N/A	部材製造	応用	森林保全に際し、化学改質したタンニンやpyrolysis liquid fractions、ナノセルロース等の保全物質を木材へ固定化する等の手法を検討する。本手法の**コンセプトを固め**、今後の検討の基礎とする。
F-01	F-B	Aalto-korkeakoulusäätiö	Betulium Oy, Teollisuuden Vesi Oy,	CelluClean: Affordable nanocellulose based non-electrical filters to eliminate microbial contamination and harmful compounds from drinking water and waste water	2016-2018	307	医薬品・ヘルスケア・バイオ	製品製造	実用	**インドにおける適用**をめざし、,ナノセルロースを用いて、**水浄化装置**を製造する。残りの浄化能力を示すようなセンサーも搭載する。
F-03	F-C	UPM-Kymmene Oyj	N/A	Nanoskin	2016-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	**医療用途にて**活用の可能性があるナノセルロースについて、**傷の治療への応用**を検討する。ナノセルロースの活用は、UPMの森林分野における新たな重要ビジネスとして位置付けている。
F-04	F-C	UPM-Kymmene Oyj	N/A	Wood-to-biomedical - platform for building a new Finnish ecosystem	2017－2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	基礎	ナノセルロースの、**医薬品用途への応用をめざし、**中小企業や医療関係者のネットワークを構築する。またナノセルロースやその他木質由来の製品の用途や**診断ツールとしての適用可能性を研究する。**

出典：Tekes, “Opendatastorehouse-Projectsearchforpublicresearchandcorporateprojectsin Tekesprogrammes”

(5)　ノルウェーにおける政策動向

ノルウェーにおける CNF 関連政策動向を図 5 に示す。

ノルウェーは、研究開発を金融的に支援する政府組織ノルウェー・リサーチ・カウンシル（RCN, The Research Council of Norway）が中心となり支援を行っている。イノベーションの基礎となる持続可能なソリューションを開発し、資源の持続可能な利用といった社会課題に対応することを目的とし、ナノテクノロジーや新素材の育成に取り組んでいる。RCN は医薬品、建築、パッケージ材料のほか、石油業界等をターゲットとし、各プログラムを展開している。

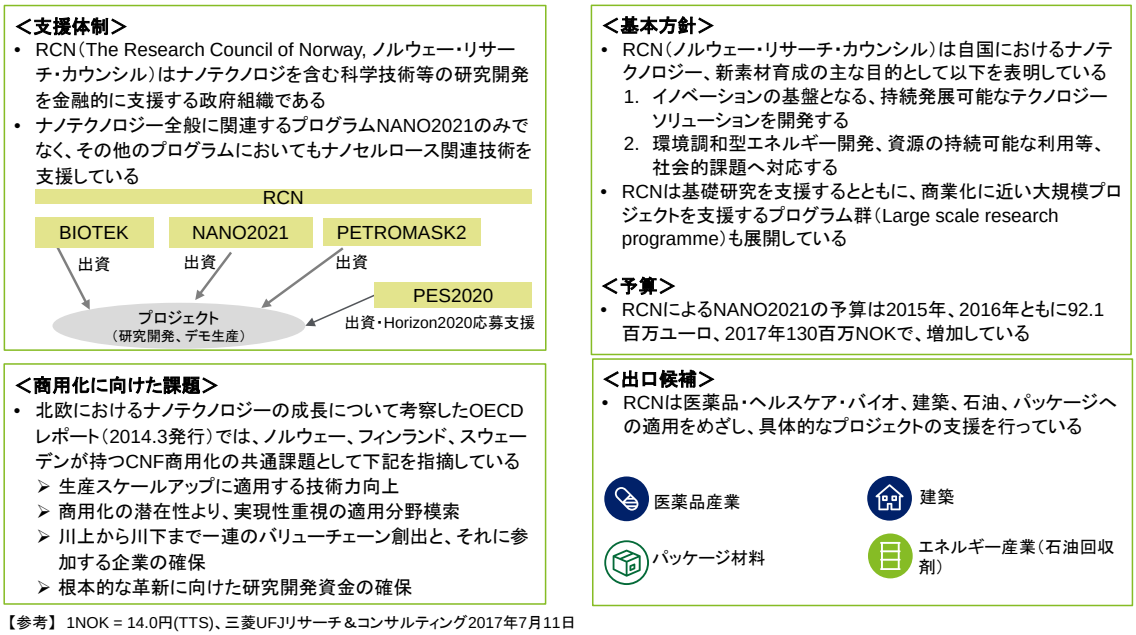


図 5　ノルウェーにおける CNF 関連政策動向

出典：TheResearchCouncilofNorway, “Homepage-TheResearchCouncilofNorway”、OECD, “Impactofnanotechnologyongreenandsustainablegrowth:Micro-andnanofibrillatedcellulose”（2014.3.13）

ノルウェーにおけるプログラム一覧を表 11 に示す。

ノルウェーは、RCN が CNF に関連するプログラムを展開しており、BIOTEK2021（N-A）や NANO2021（N-B）にて商業化に近い大規模プロジェクトの支援を行っている。その一方で、PETROMASK2（N-C）で石油分野における基礎・応用研究を支援し、PES2020（N-D）で Horizon2020 への応募を支援するなど基礎力の向上も支援している。

表 11　プログラム一覧：ノルウェー

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
N-A	RCN	Large-scale Programme for Bioteknologi for verdiskaping、（BIOTEK2021）	➢ 農業、海洋、産業、ヘルスセクターにおける研究成果をバリューチェーンの創出につなげることを目的とし、**大規模で商業化における課題**がより明確になった案件の支援を重点的に行う ➢ 初年度2012年の予算は145百万NOK	2012－2021	➢ 2015年に医薬品・ヘルスケア分野でナノセルロースを接着剤・吸収剤等を開発し、海洋バイオ会社の設立を目指すプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに457プロジェクトに計846百万NOK拠出している
N-B	RCN	Large-scale Programme for Nanotechnology and Advanced Materials (NANO2021)	➢ 基礎研究を行うこと、革新的な応用技術を開発し産業レベルでの問題解決の基礎を構築することを目指す ➢ 10年間の総額予算は923百万NOK ➢ エネルギー、気候変動、医療、天然資源、健康分野を優先分野とする	2012－2021	➢ 2014年には**製紙会社の工場におけるパイロット規模のプラントを導入するプロジェクト**を採択している ➢ 2017年までに377プロジェクトに計619百万NOK拠出している
N-C	RCN	Large-scale Programme for Petroleum Research（PETROMAKS2）	➢ 環境影響を低減させ、既存**油田からの回収率向上、新たな油田の開発、より費用対効果がよい採掘技術に関する、基礎・応用研究を支援**する。 ➢ 初年度2013年の予算は239百万NOK	2013－2022	➢ 2015年にナノセルロースを用いて油の回収率向上を目指すプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに728プロジェクトに計1,416百万NOK拠出している
N-D	RCN	Project Establishment Support directed towards H2020 (PES2020)	➢ **ノルウェーからのHorizon2020応募者を支援する**ことが目的 ➢ Horizon2020は競争の激しいプログラムであり、応募や獲得に当たってはノウハウと時間が必要となるため、その応募準備を支援する	2014－2020	➢ 2014年に3Dプリンティングによる複合材の製造を目指すプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに1,183プロジェクトに計383百万NOK拠出している

出典：
TheResearchCouncilofNorway,“Homepage-BIOTEK2021”“Homepage-NANO2021”“Homepage-PETROMAKS2”“ProjectEstablishmentSupportdirectedtowardsH2020-TheResearchCouncilofNorway”

上記のプログラムの下、ノルウェーにおいて実施されたプロジェクトの一覧を表 12 に示す。

BIOTEK2021（N-A）１件や NANO2021（N-B）３件では接着剤や増粘剤など、CNF の高粘度である点に注目したプロジェクトが多く、ターゲット分野としては石油業界を検討している。PETROMASK（N-C）１件では石油業界でのプロジェクトを、PES2021（N-D）１件では 3D プリンティングをナノセルロース製造に適用するプロジェクトの Horizon2020 への応募を支援している。

表 12　プロジェクト一覧：ノルウェー

N-A　N-B　N-C　N-D

番号	プログラム番号	参画主体（企業等）	共同事業者（企業）	プロジェクト名	期間	予算（百万NOK）	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
N-04	N-A	UNIVERSITETET I BERGEN	N/A	Ciona nanocellulose for large volume and high value applications	2015 - 2017	10	医薬品・ヘルスケア・バイオ	素材製造、部材製造	応用	効率、経済性、環境フットプリントを最小化するために、**Cionaセルロースとナノセルロースの調製**を最適化する。産業界のパートナーと協力して、大量の**接着剤、吸収性、コーティング、および医療関連のアプリケーション**を開発する。海洋バイオ会社を設立も目指す。
N-01	N-B	PAPIR OG FIBERINSTITUTTET AS	N/A	The NORwegian nanoCELlulose Technology Platform	2013-2018	25	パッケージ、石油産業	素材製造、部材製造	基礎	今後のプロジェクトの基礎となるよう、**木材や森林業・農業残渣を用いたCNCとCNFの製造、変性処理、形態の管理**、化学的構造や三次元構造に関するプラットフォームを形成するものであり、用途としては**紙や包装材分野、石油産業、再利用を検討**する。
N-03	N-B	TREKLYNGEN HOLDING	N/A	Nanocellulose Production in a holistic Biorefinery approach	2014-2017	9	石油産業	素材製造	導入実証	**石油採掘現場**でのテスト使用に提供すべく、**デモンストレーション規模の設備**を建設し、**ナノセルロースを製造**する。原料としては化学パルプと木質チップ双方を検討する。
N-06	N-B	Instituttsektor / Øvrige forskningsinstitutter / RISE PFI AS	N/A	Development of high-performance viscosifiers and texture ingredients for industrial Applications based on Cellulose Nanofibrils (CNF)	2015 - 2018	9.7	建築	部材（複合材）製造	基礎	セルロースナノフィブリルを基盤とした工業用**高粘度増粘剤**およびテクスチャー成分を開発し、**セメントやコンクリートの改良**に役立てることを目指す。ナノセルロース分散液、エマルション、コロイド、ゲルに関する**基礎研究を行う**。
N-05	N-C	Instituttsektor / Øvrige forskningsinstitutter /RISE PFI AS	N/A	Green high performance systems for Enhanced Oil Recovery	2015 - 2018	12.3	石油産業	部材（複合材）製造	基礎	ナノセルロースは、粘度を増加させることによって、単独で**油回収**率を高めることができる。ナノセルロースと他の添加剤とを組み合わせることにより、油回収促進（EOR）に対する相乗効果を得ることができる。このプロジェクトCNFをEORに用いた際の、洪水能力、相乗的レオロジー調整、細孔橋渡しおよび微生物劣化に対する耐性など**基礎的事項を調査・評価する**。
N-02	N-D	RISE PFI AS	N/A	3D printing of nanocellulose-based biocomposites	2014-2016	0.04	N/A	部材（複合材）製造	応用	事業目的はナノセルロース強化繊維の品質向上であり、**バイオコンポジット製品**の使用の幅を拡げるために、**3Dプリンティングによる構造化を試みる。（Horizon2020への応募を支援するプログラムにて採択）**

出典：TheResearchCouncilofNorway, “ProjectSearch”

(6) スウェーデンにおける政策動向

スウェーデンにおける CNF 関連政策動向を図 6 に示す。

スウェーデンは、OECD レポートにて指摘のあった製造プロセス向上という課題がある中、政府組織 VINNOVA、民間の研究機関 Innventia（現 RISE）、スウェーデン王立工科大学内部のヴァレンベリ木材科学センター（WWSC：Wallenberg Wood Science Center）が協業し、課題解決を試みている。VINNOVA は持続可能な成長の牽引策として CNF を推進しており、スウェーデンの各研究機関はロードマップを作成し、普及に向けた取り組みを進めている。ターゲット分野としてはパッケージ、自動車、建設、情報通信産業等を想定している。

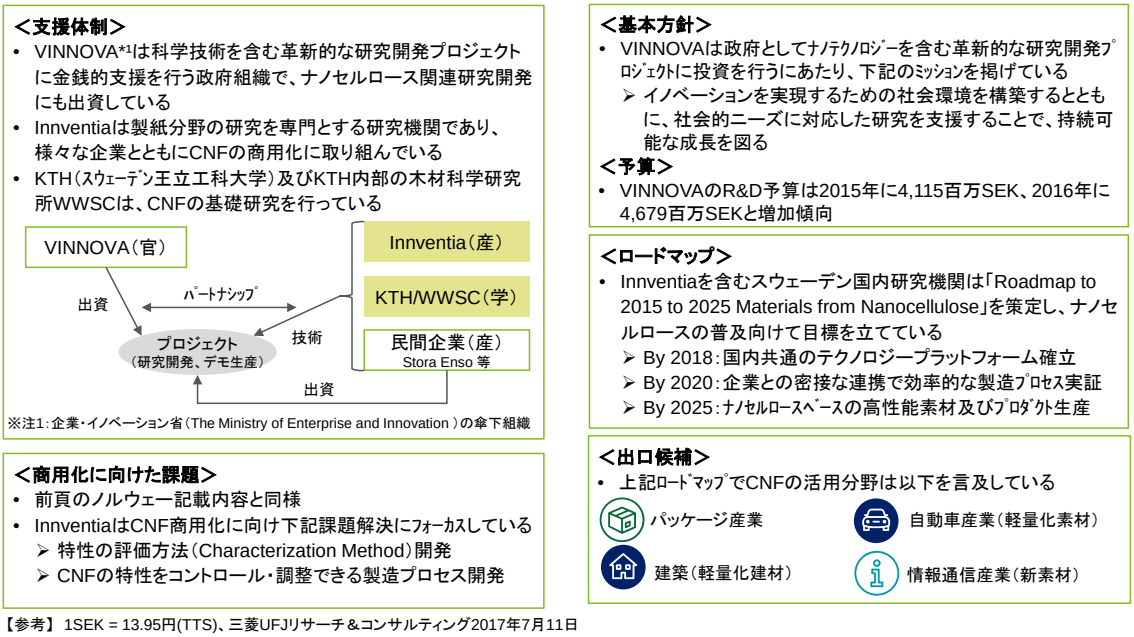


図 6　スウェーデンにおける CNF の関連政策動向

出典：OECD,“Impactofnanotechnologyongreenandsustainablegrowth:Micro-andnanofibrillatedcellulose”(2014.3.13)、RISEResearchInstitutesofSweden, “Swedishresearchcreatinggrowth”、WallenbergWoodScienceCenter, “WWSC”、VINNOVA,”ÅRSREDOVISNING2016”、RISE, “Roadmapto2015to2025MaterialsfromNanocellulose”

スウェーデンにおけるプログラム一覧を表 13 に示す。

Innventia が実施する「Innventia Research Programme2015-2017」、WWSC が実施する ProjectⅡ、Ⅲとも個別プロジェクトの詳細情報は非公開であったため、事業一覧には掲載していない。

表 13　プログラム一覧：スウェーデン

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
—	Innventia	Innventia Research Programme 2015-2017	➢ ナノフィブリルセルロース（NFC）を含む7つのプログラムエリアからなる ➢ NFCに関しては用途開発を促進すべく、NFCの生産から、各形状への展開、要求物性の研究を行うにあたって、Innventiaのパイロット設備を開放する	2015－2017	N/A
—	WWSC	Project Ⅱ Wood Nanotechnology, Processing Fundamentals	➢ コロイドやゲル状のバイオポリマーにおける分子レベルのコントロール方法を検討する	N/A	N/A
—	WWSC	Project Ⅲ Wood Nanotechnology, Materials and Devices	➢ セルロース由来のナノ物質のコントロールや物性改善を検討する ➢ 湿度への反応や機械特性向上のメカニズムを解明することを試みる	N/A	N/A

出典：Innventia, “InnventiaResearchProgramme2015-2017-Innventia”、
WallenbergWoodScienceCenter, “ProjectIIandIII-WoodNanotechnol”

(7) EU における政策動向

EU における CNF 関連政策を図 7 に示す。

EU は、欧州委員会による森林分野研究コンソーシアム Wood Wisdome-Net や、欧州全体の研究開発プログラム Horizon2020 を通じた欧州のグローバル競争力強化方針の一環として、ナノセルロース開発研究への投資・規格標準化に取り組んでいる。ターゲット用途としては、自動車、エレクトロニクス、パッケージ、航空、建築、医薬品・ヘルスケア・バイオ等を想定している。

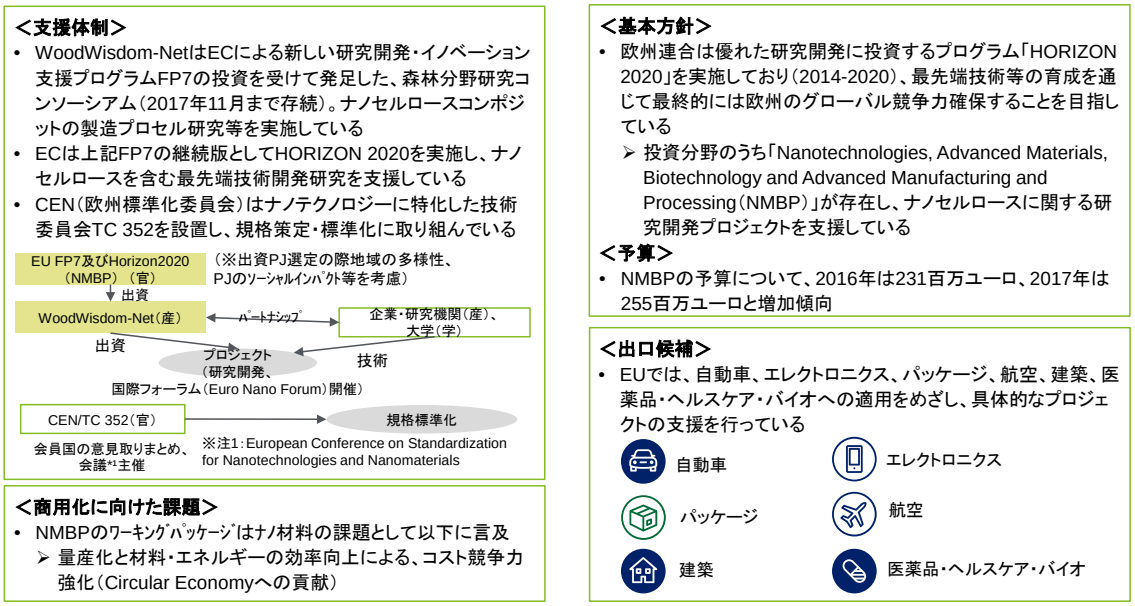


図 7　EU における CNF 関連政策動向

出典：WoodWisdom-net, “JointCall2013-2017(JC4)”、EuropeanCommission, “Horizon2020-WorkProgramme2016-2017：Nanotechnologies,AdvancedMaterials,BiotechnologyandAdvancedManufacturingandProcessing”、EuropeanCommitteeforStandardization, “Nanotechnology”、EuroNanoForum, “EuroNanoForum2017-The8thEuropeanConferenceonNanotechnology”

上述の Horizon2020 について、その概要を図 8 に示す。

欧州は、R&D の研究成果をイノベーション・経済成長・雇用につなげることを目的とし、研究枠組計画 FP 7 の後継として、Horizon2020 を実施している。14 のワークプログラムのうち、低炭素技術としては、「安全、クリーン、効率的なエネルギー」(Secure,Cleanand Efficient Energy) と「スマート、グリーン、統合された交通」(Smart,Greenand Integrated Transport) が該当する。

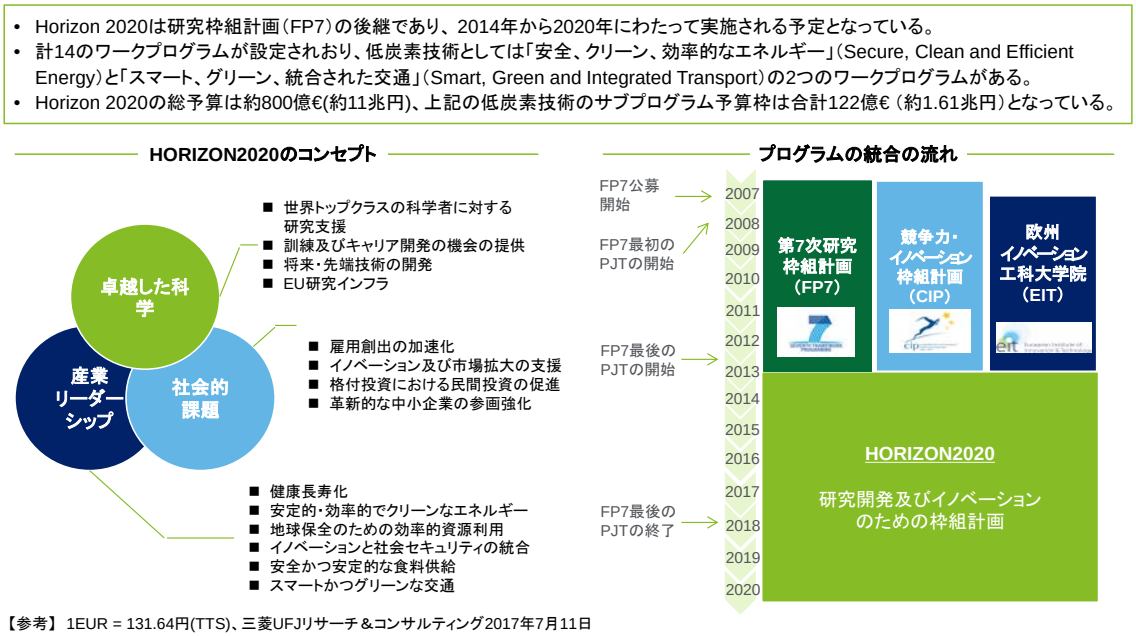


図 8　Horizon2020 の概要

出典：Horizon2020TheEUFrameworkProgrammeforResearchandInnovation2014-2020（欧州委員会、2011 年）

欧州連合におけるプログラム一覧を表 14 に示す。

欧州連合は、FP7、上述の Horizon2020 といった分野横断的な EU 全体のプログラムと、上述の Wood Wisdome-Net という森林分野に特化したプログラムの双方でナノセルロース開発を支援している。エレクトロニクスや医薬品・ヘルスケア・バイオに加え、自動車分野への展開を念頭に置いた研究開発を支援している。

表 14　欧州連合のプログラム一覧

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
EU-A	EU	FP7	➢ 各国独自の研究を超えて、EUとしての研究成果を出すことを目指す包括的な研究プログラム ➢ EU産業の技術力を向上し、国際的な競争力の向上を目指す ➢ **健康、食糧・農業・漁業・バイオ、ナノテクノロジー、エネルギー等10分野を対象とする包括的な**プログラムであり、総予算は50,521百万ユーロである	2007－2013	➢ ナノセルロース関連のプロジェクトは2012年以降に4件、**自動車**やエレクトロニクス分野で採択されている ➢ 2007年は5.48billionを拠出し、年々増加し、2013年には10.84billionを拠出した ➢ 分野では通期でICTへの拠出が最も多く8,172百万ユーロ、次いでIdeas7,229百万ユーロ、Health5,571百万ユーロであり、ナノマテリアル関連（NMP）は3,183百万ユーロであった
EU-B	EU	Horizon2020	➢ FP7の後継であり、**農業、エネルギー、交通等包括的な**開発支援プログラムであり、総予算は77,028百万ユーロである ➢ 産業界と連携し社会課題の解決策を模索すること、イノベーションの障害を取り除き社会普及を促進することを目指す ➢「ナノテクノロジーに関する先進的な素材と製造（Nanotechnologies, Advanced Materials and Production, NMP）」等にて、CNF/CNCに関する開発を支援している	2014－2020	➢ ナノセルロース関連のプロジェクトは2015年に**自動車**をターゲットとし、ガラス繊維補強材代替部材を開発するプロジェクトを採択している ➢ 直近2年で76,400以上の提案のうち、約9,200のプロジェクトが採択されており、採択率は約12%となっている ➢ 2016年9月までに9,000以上の協定が締結され、その総額は15,900百万ユーロであった
EU-C	Wood Wisdom Net	Joint Call 4（JC4）	➢ **森林分野での**各国のプログラムを統合し、欧州域内の研究を促進するコンソーシアム ➢ 2004年から公募、支援をしており、JC4では23件採択されている ➢ 森林管理、産業プロセス、高付加価値製品、競争力ある手法とのテーマの中で、高付加価値製品の一つとして名のセルロースを扱っている	2013－2017	➢ ナノセルロース関連のプロジェクトは2014年にラボレベルの研究が2件、医薬品・ヘルスケアと**自動車分野**で採択されている

出典：EuropeanCommission, “Homepage-FP7-Research-Europa”

上記のプログラムの下、欧州連合において実施されたプロジェクト一覧を表 15 に示す。

FP7 においては、エレクトロニクス、パッケージ、自動車等をターゲットとした応用研究を多く支援している。Horizon2020 における AquaComp においては自動車市場規模の推計を行い、Wood Wisdome-Net における自動車等を念頭に置いた ProNanoCell では、自動車会社を含めた検討を行うなど、商品化を意識した取組が行われている。

表 15　欧州連合のプロジェクト一覧

EU-A　EU-B　EU-C

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(百万NOK)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
EU-01	EU-A	INSTITUTO TECNOLOGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORTE Y LOGISTICA	N/A	MIMEFUN (Biomimetics for Functions and Responses)	2012-2017	745	N/A	部材(複合材)製造	基礎	植物のもつ自己配列型の構造は機械的な強度が高い。そうした植物擬態構造を構成する自己配列型の**複合材について、CNCやCNFを用いて補強すると耐熱性や収率などの機能を改善すること**が明らかになった。
EU-02	EU-A	Teknologian tutkimuskeskus VTT	AXON AUTOMOTIVE LIMITED他	INCOM (Industrial Production Processes for Nanoreinforced Composite Structures)	2013-2017	1,574	パッケージ、自動車、航空機	素材製造、部材(複合材)製造	応用	産業規模での、**NFC解繊技術、NFCによる補強、複合材**の開発を目指す。**パッケージや自動車、航空分野**への展開を目指す。バイオ発泡体をNFCで補強することでPU発泡体と同程度の強度を示し、ラミネートにNFCを添加することで湾曲性能を改善できた。また、NFCを複合させることでガラス繊維と同程度の強度を実現できる見込みである。
EU-03	EU-A	KUNGLIGA TEKNISKA HOEGSKOLAN	N/A	NANOPAD (Nano cellulose based paper diagnostic devices)	2013-2017	1,243	エレクトロニクス	部材(複合材)製造	応用	紙を用いた**電子的な診断ツールに活用するセルロースフィルム**を開発する。当初はナノセルロースを想定していたが、ミクロサイズのセルファンで透明性等の性能は足りることがわかった。
EU-04	EU-A	LTM-CNRS	obducat, ,	GREENANOFILMS (Development and application of ultra-high resolution nano-organized films by self-assembly of plant-based materials for next generation opto- and bio-electronics)	2014-2017	4,958	エレクトロニクス	素材製造、部材(複合材)製造	応用	**光学エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス向け**の、バイオ素材を用いた**ナノ構造フィルム**を開発する。9つのプログラムのうち、WP3とWP4にて透明なナノセルロースフィルムを扱い、CNCコーティングを行わない**TEMPO酸化CNFフィルムやCNC製造手法**について検討を行い、試作品も製作する。
EU-05	EU-B	ELASTOPOLI OY	N/A	AquaComp (Demonstrating the unique properties of new nanocellulose composite for automotive applications)	2015-2017	2,296	自動車	素材製造、部材(複合材)製造	実用	**自動車**をターゲットとし、樹脂とナノセルロースの**複合材AquaComp**を開発する。複合後に乾燥するのではなく、水溶状態で複合することで、脱水に必要なエネルギーを節約でき、乾燥時に失われる強度を保つことができる。今後、生産規模の拡大が必要だが、ガラス繊維補強の複合材を10%代替する場合、AquaCompの市場規模は2025年に200万トンと見込まれる。
EU-06	EU-C	Innventia	Volvo CarsAB,他	Processes for nanocellulose composite manufacturing (PRONANOCELL)	2014-2017	375	自動車, 建築	部材(複合材)製造	応用	硬質**包装や自動車、建設用途**への適用を念頭におき、**射出成形またシート成形によるプラスチック複合材**を生成する。ナノフィブリル30%添加による曲げ特性向上を調査する。
EU-07	EU-C	VTT Technical Research Centre of Finlandis, 他	N/A	Tunable lignocellulose-based responsive films	2014-2016	5,115	医薬品・ヘルスケア・バイオ、パッケージ	部材(複合材)製造	基礎	**医薬品やパッケージへの適用**を念頭に置いて、**CNFフィルム**の特性を調査するための新たな手法を開発し、**CNF物質の構造や刺激への反応を研究**した。これらの成果はセンサーを作る際の、耐水性の評価等に活用できる。

出典：EuropeanCommission,“EuropeanCommission:CORDIS:Projects&ResultsService:Home”

(8) 韓国における政策動向

韓国における CNF 関連政策動向を図 9 に示す。

韓国は、山林庁傘下の研究機関、国立山林科学院を中心に、官学の連携のもとナノセルロース開発が進められている一方で、産業界を含めた協力関係は構築途上である。産業界

では技術力及び価格競争力の向上を課題として認識している。山林庁は産業現場の課題解決という方針のもと、エレクトロニクス、パッケージ、医療・ヘルスケア・自動車産業等への適用を目指している。

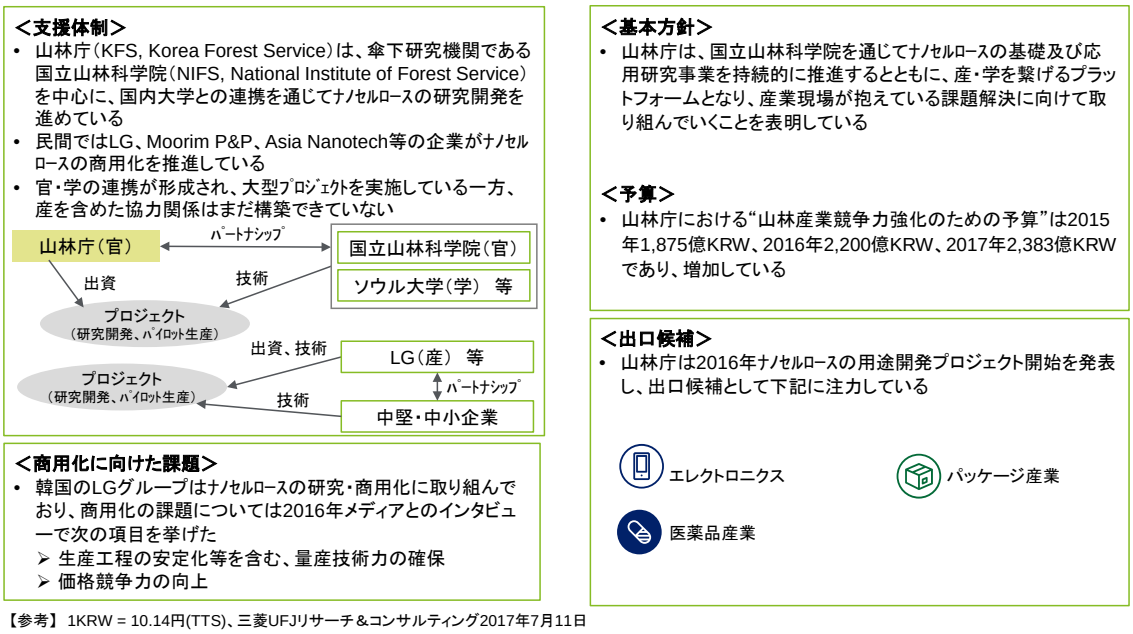


図 9　韓国における CNF 関連政策動向

出典：山林庁,”KoreaForestService”、国立山林科学院,“산림청-국립산림과학원”、化粧品新聞,“뷰티누리-화장품신문(Beautynury.com)::아시아나노텍,중국수출탄력”

韓国におけるプログラム一覧を表 16 に示す。

下記に示すよう、韓国においては、山林庁が主体となり高付加価値森林製品の開発を支援している。

表 16　プログラム一覧：韓国

番号	機関	方針	期間	取組状況
K-A	山林庁	➢ 山林庁は高付加価値な森林製品の開発と認知度向上に向けて、森林技術改良に向けた研究開発マスタープランを作成している ➢ 気候変動への対応や森林資源のエネルギー転換等、低炭素かつグリーンな成長に不可欠なテーマを扱う ➢ 安定的に結果を出すべく、基礎力向上のため研究への支援も実施する	N/A	N/A

出典：山林庁,” KoreaForestService”

上述のプログラムの下、韓国において実施されたプロジェクト一覧を表 17 に示す。

韓国のプロジェクト 1 件においては、リチウムイオン電池への適用を検討するエレクトロニクス分野の研究と、化粧品への適用を検討する医療分野との分野横断的な検討がなされている。

表 17　プロジェクト一覧：韓国

K-A

番号	プログラム番号	参画主体（企業等）	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算（百万Won）	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
韓-01	N/A	国立山林科学院 / ソウル大学 / 江原大学 / UNIST / 世宗大学 / 順天郷大学	N/A	ﾅﾉｾﾙﾛｰｽを活用したｴﾈﾙｷﾞｰ及び医工学用先端新素材研究	2016-2020	3,750	エレクトロニクス、医療品・ヘルスケア・バイオ）	部材（複合材）製造	応用	ターゲット用途のひとつである**バッテリー（リチウムイオン二次電池用分離膜）**については、電極副産物抑制のための**ナノセルロース基盤の分離膜設計**、TEMPOセルロース基盤の集電体設計・製造を行う。 **医療分野**においては、薬物伝達可能な**ナノセルロース、ヒアルロン酸とalginate複合体**の最適な製造条件を究明し、生物学的な安全性について評価する。

出典：山林庁,” KoreaForestService”

2. 各国の技術実証体制

以下では、各国の支援体制、とりわけ実証体制を比較・整理した。技術実証体制のサマリを表 18 に示す。

表 18　各国の実証体制サマリ

	管理体制	進捗報告頻度	進捗報告方法
日本	• 政府・事業者間は事業推進委員会にて合意形成と事業推進	• 中間報告を実施（実施期間3年以上の案件は必要に応じて実施）	• 事業者間は業務調整会合にて進捗等の情報共有 • その後、推進委員会にて報告
米国	N/A	• 進捗報告書を年に1回提出	• オンライン報告
カナダ	N/A	N/A	N/A
フィンランド	• 協業協定を締結し、官指定のルールを遵守	• ジョイントPJの場合、官が指定した日程に進捗報告	• オンライン報告 • 協定にPJ情報交換に関する原則あり
ノルウェー	• 協業協定を締結し、官指定のルールを遵守	• 中間報告を年に1回提出	• オンライン報告 • PJミーティングを年二回開催
スウェーデン	• 成果に関する権利等を定めたPJ協定を締結	• 政府が指定した日程に報告	• オンライン報告
欧州連合	• **PO業務を担う主体（Fraunhofer LBFとBax＆Willems Consulting Venturing）**が存在 • 助成金契約を締結し、官指定のルールを遵守	• 中間報告をPJ期間中に**4～5回**	• **オンライン報告** • ワークショップを年二回開催し、PJの進捗共有

(1) 米国の実証体制

米国における実証体制を、AmericanProcess によるナノセルロース素材の自動車部品開発事業を例に、図 10 に示す。

ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ名	Developing ultra-strong, lightweight automotive components using nanocellulose	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄｺﾞｰﾙ	既存の自動車用鉄製部品（例：ｼｰﾄﾌﾚｰﾑ）を代替する、超高強度・軽量ﾅﾉｾﾙﾛｰｽ素材開発
実施期間	2014	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ予算	N/A

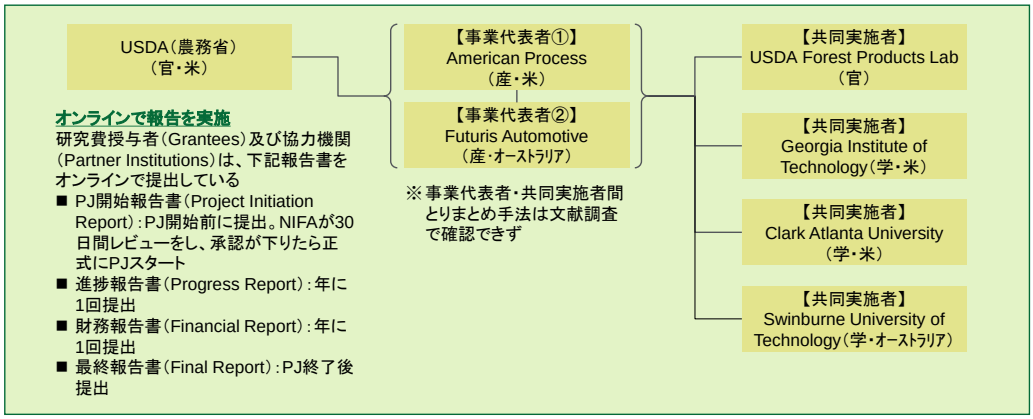


図 10　米国における実証体制

出典：REEport, “NationalInstituteofFoodandAgriculture”、
Nano.gov, “USDA’sForestProductsLabEntersPartnershiptoCreateNanocelluloseCarParts”、

TAPPI, “AheadoftheCurve-November262014”、ScientificResearchPublishing, “EmergingTrendsinAutomotiveLightweightingthroughNovelCompositeMaterials”

American Process のプロジェクトにおいては、事業代表者、共同実施者がプロジェクトの進捗について、開始時と終了時、また、年に一度オンラインで報告をしている。同プロジェクトの進捗に加え、財務状況についても年に一度オンラインで報告をしている点に特徴がある。

(2) カナダの実証体制

カナダにおける実証体制を、FP Innovations によるセルロースフィラメントの商用化事業を例に、図 11 に示す。

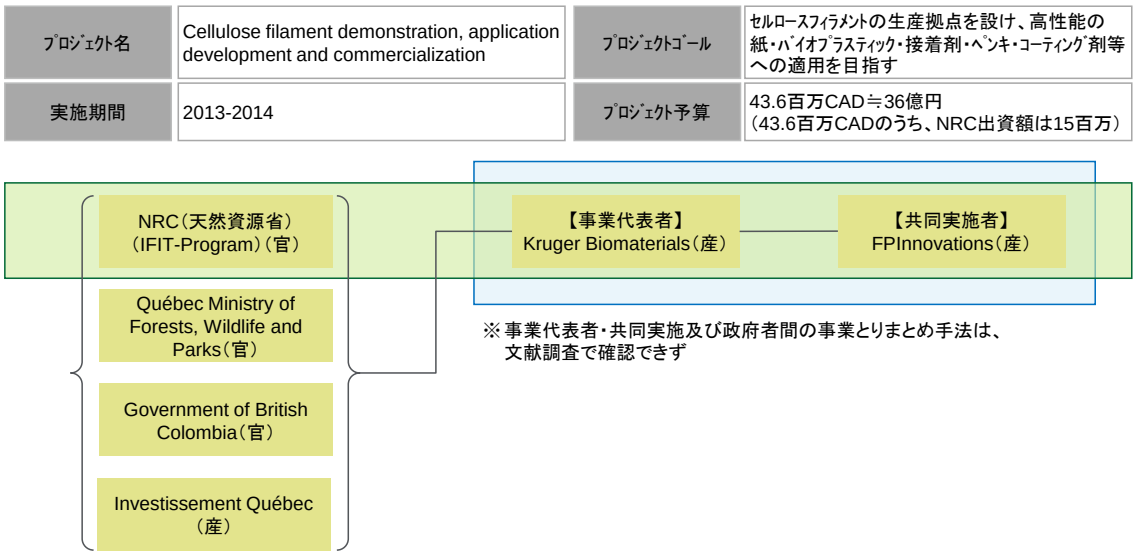


図 11　カナダにおける実証体制

出典：Tappinano.org, “NANOCELLULOSESTATEOFTHEINDUSTRYDECEMBER,2015”、FIOCEL1, “FiloCellProject-KrugerBiomaterialscellulosefilamentsplant”、NRC, “IFITInformationforApplicants (2014)”、” IFITPerformanceReport (2010-2014)”

FP Innovations のプロジェクトについて、事業代表者・共同実施者、政府間の詳細なとりまとめ手法は確認できなかったものの、他国と同様に事業代表者を置く体制をとっている。

(3) フィンランドの実証体制

フィンランドにおける実証体制を、VTT によるナノセルロース製品の商用化研究を例に図 12 に示す。

ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ名	DWoC（Design Driven Value Chains in the World of Cellulose）2.0	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄｺﾞｰﾙ	ｾﾙﾛｰｽ素材を3Dﾌﾟﾘﾝﾃｨﾝｸﾞし、繊維製品、インテリア製品等への適用・商用化を目指す
実施期間	2015 - 2018	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ予算	4.9百万EUR≒6.1億円

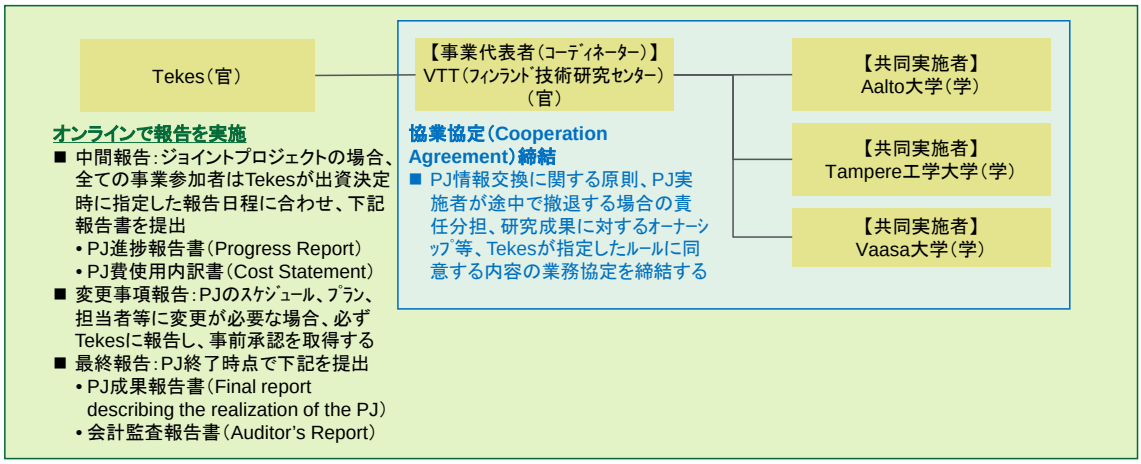


図 12　フィンランドにおける実証体制

出典：AaltoUniversity, “News:Celluloseturningintoasupermaterialofthefuture”、CellulosefromFinland.fi, “DesignDrivenValueChainsintheWorldofCellulose”、Tekes, “Instructionsformonitoringofcostsandreporting”、VTT, “Celluloseturningintoasupermaterialofthefuture:Broad-basedcooperationmultiplyingthevalueofFinnishwood”

フィンランドにおいては、事業代表者と共同実施者の間で PJ 情報交換に関する原則、PJ 実施者が途中で撤退する場合の責任分担、研究成果に対するｵｰﾅｰｼｯﾌﾟ等を定めた、政府指定の協業協定を締結することとなっている。また、研究の進捗状況や、事業終了後の成果報告をオンラインで行う点に特徴がある。

(4) ノルウェーの実証体制

ノルウェーの実証体制について、PFI による NORCEL を例に図 13 に示す。

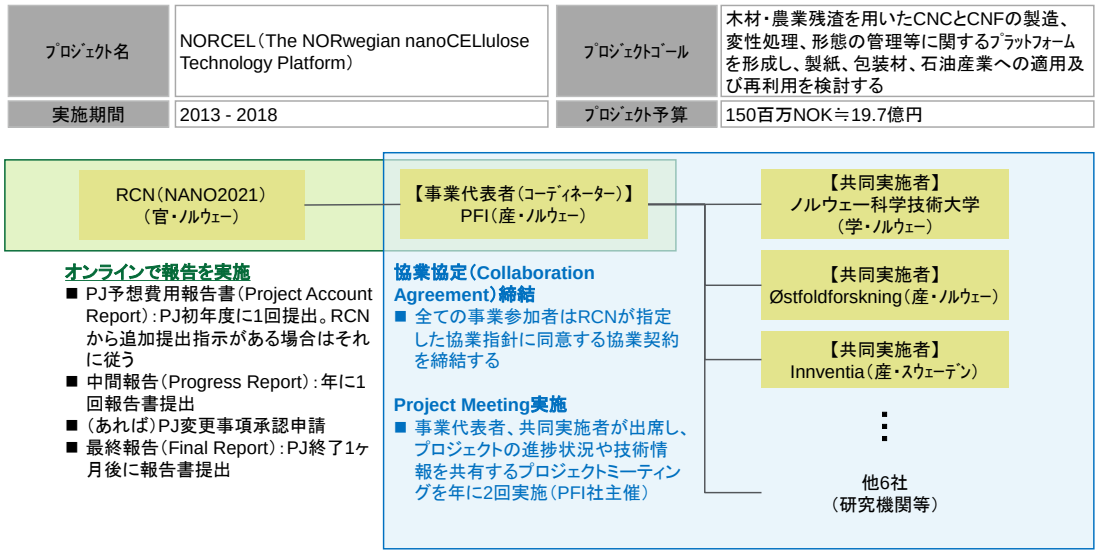


図 13　ノルウェーにおける実証体制

出典：RISEPFIAS, “AboutRISEPFIAS”、ResearchCouncilofNorway, “News-NANO2021”、TheResearchCouncilofNorway, “Projectreporting”

ノルウェーにおいては、事業代表者と共同実施者の間で政府指定の協業協定を締結したうえで事業を実施し、事業実施に当たっては事業者間で年２回プロジェクトミーティングを実施することとなっている。プロジェクトの進捗報告について、年に 1 回の中間報告やプロジェクト終了時の最終報告はオンラインで行うこととなっている。

(5) スウェーデンの実証体制

次に、スウェーデンにおける実証体制について Innventia によるエネルギー貯蔵分野への活用研究を例に、図 14 に示す。

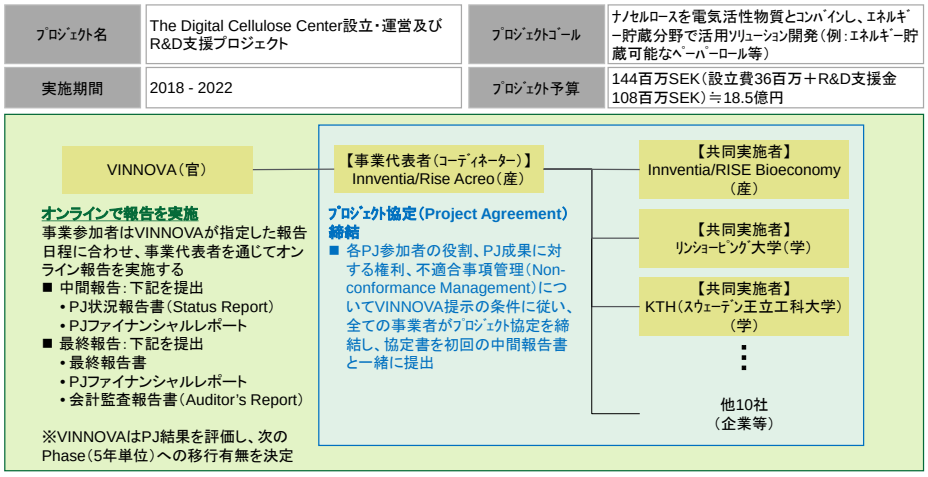


図 14　スウェーデンにおける実証体制

出典：RISE, “DigitalCelluloseCenter-NewcomptencecenteratRISE,LiUandKTH-Innventia”、Vinnnova 資料

スウェーデンにおいてはプロジェクト参加者間で、参加者の役割、PJ 成果に対する権利、不適合事項管理について VINNOVA 提示の条件に従い、プロジェクト協定を締結することとなっている。中間報告、最終報告において、プロジェクトの状況と財務状況をオンラインで報告することとなっている。

(6) EU の実証体制

最後に、EU における実証体制について、Fraunhofer 等による SEAM を例に図 15 に示す。

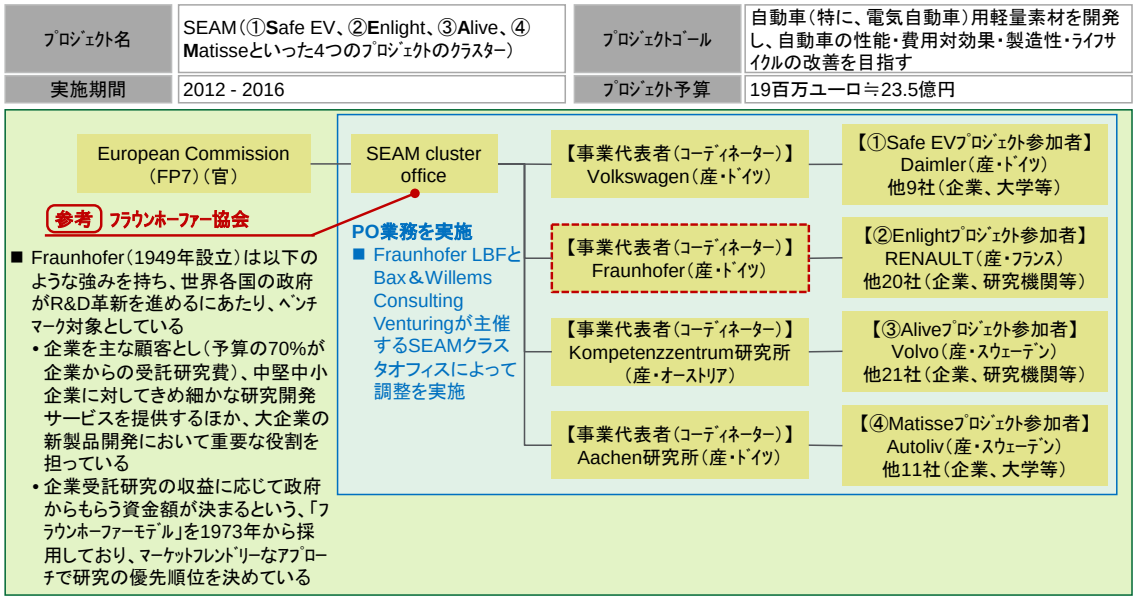


図 15　欧州連合における実証体制

出典：SEAMCluster, “WelcometotheSEAM-Cluster”、Fraunhofer, “AboutFraunhofer”、ETRINews, “NewsLetter”、経済産業省、「ドイツ等欧州の公的研究機関の特徴」

欧州においては、PO 業務を担い、各種調整を行う主体として、SEAMCluster オフィスを設置している点に特徴がある。同 Cluster オフィスを担っている Fraunhofer は企業を主な顧客として、研究開発サービスを実施し、企業受託研究の収益に応じて政府からの助成金額が決まるというマーケットフランドリーなアプローチを採用している。そうした点が着目され、世界各国の政府が R&D を進める際のベンチマーク対象とされている。

3. 特許申請・取得動向

本項では国内外の CNF 特許動向について示す。

(1) CNF 技術に係る日本出願特許

まずここでは、日本出願特許について、自動車分野、建築分野、家電分野、分野共通の特許について、出願機関、概要等を整理した。

表 19　自動車分野：複合材に関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

D

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
複合材（NCVプロジェクト）	CNF452	Level2	応用研究	部材製造	2014	オリンパス	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(医療機器、電子事務機器、オーディオ機器、ビデオ機器)
	CNF577	Level2	応用研究	部材製造	2014	オリンパス	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(自動車用部品、産業機械、電子オフィス機器、電気/電子機器)
	CNF233	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC（大日本インキ化学工業）	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(航空機部品、医療機器、アンテナ、携帯電話ケーシング、電子オフィス機器、オーディオビデオ機器、電話機、ゴルフクラブシャフトおよび釣竿)
	CNF349	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC（大日本インキ化学工業）	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(複合材料（シャーシ、空力部品、ロール素材、搬送アーム、医療機器部品、船舶部品、胴体、尾錠、カウル、ドア、衛星コンポーネント、パーソナルコンピュータハウジング、ファクシミリ、玩具、燃料電池用水素など))
	CNF457	Level2	応用研究	部材製造	2014	DIC（大日本インキ化学工業）	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(オルタネーターターミナル、オルタネーターコネクター、空気ポンプ、燃料供給ポンプ、キャブレタースペーサー、エンジンマウント、アイドルスピードコントロールバルブ、インヒビタスイッチ、回転センサ、加速度センサ)
	CNF122	Level2	応用研究	素材製造	2016	本田技研工業、早稲田大学	日本	研究機関	製品メーカー	N/A(N/A)
	CNF197	Level2	応用研究	部材製造	2016	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(ポリオレフィン樹脂（電子事務機器、情報通信機器、自動車部品、建材))
	CNF561	Level2	応用研究	部材製造	2014	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(車両用灯具)
	CNF347	Level2	応用研究	部材製造	2015	日東紡績	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(水性分散複合材（航空機部品、ゴルフシャフト、テニスラケット、産業用成形用原材料)) ヒアリング
	CNF166	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越パルプ工業	日本	民間企業	素材メーカー（製紙会社）	複合材(ポリオロフィレン樹脂（電子オフィス機器、情報通信機器、建材))
	CNF234	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越パルプ工業	日本	民間企業	素材メーカー（製紙会社）	複合材(電子オフィス機器、情報通信機器、繊維材料、フィルム材料、コーティング膜、コーティング部品、建築材料)
	CNF157	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業環境管理協会、大王製紙	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂（電車、船舶、パソコン、テレビ、電話機、画像再生装置、ドアトリム、家具、トレイ、パッケージ))
	CNF161	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業環境管理協会、大王製紙	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂（携帯電話、ピラーガーニッシュ、スイッチベース、クォーターパネル、コンソールボックス、ダッシュボード、住宅))
	CNF167	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業環境管理協会、大王製紙	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂（携帯電話、ピラーガーニッシュ、スイッチベース、クォーターパネル、電車、コンソールボックス、ダッシュボード、椅子、棚、ワードローブなどの住宅))
	CNF454	Level2	応用研究	部材製造	2014	王子ホールディングス	日本	研究機関	素材メーカー	複合材(電車、船舶、航空機、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話、時計、携帯電話、携帯型音楽再生装置、画像再生装置、印刷機の筐体の内部/外部の材料に限定されるものではない複写機、スポーツ製品、建築材料、及び容器)
	CNC56	Level2	応用研究	部材製造	2015	大日精化工業、京都大学	日本	研究機関	部材メーカー、研究機関（大学）	複合材（化学改質なしの樹脂への分散）
	CNC49	Level2	応用研究	部材製造	2015	KIRBY M (KIRB-Individual)他4名	N/A	民間企業	N/A	複合材(複合材料)
	CNC34	Level2	応用研究	素材製造	2016	PURDUE RES FOUND (PURD-C)	米国	研究機関	研究機関	複合材 詳細把握

自動車分野の特許のうち、バッテリー、基盤、ゴムに関するものを表 20 に示す。

表 20　自動車分野：バッテリー、基板、ゴムに関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
自動車バッテリー	CNF195	Level2	応用研究	部材製造	2016	凸版印刷	日本	民間企業	素材メーカー（製紙会社）	電池(電極用（電気自動車、燃料電池自動車、ハイブリッド自動車、国内の蓄電、電動工具、電車、携帯機器）)
	CNF213	Level2	応用研究	部材製造	2016	太平洋セメント	日本	民間企業	製品メーカー	電池(二次電池の正極活物質（携帯用電子機器、ハイブリッド自動車、電気自動車用ナトリウムイオン二次電池）)
	CNF459	Level2	応用研究	部材製造	2014	ニッポン高度紙工業	日本	民間企業	部材メーカー	電池(非水電池セルセパレータ（携帯電話、携帯型パーソナルコンピュータ、ビデオムービー、デジタルカメラ）)
	CNF500	Level2	応用研究	部材製造	2014	北越紀州製紙	日本	民間企業	素材メーカー	電池(セパレータ) ヒアリング
	CNC35	Level2	応用研究	部材製造	2016	CELLUFORCE INC (CELL-Non-standard)	カナダ	民間企業	素材メーカー	電池(スーパーキャパシタ電極)
	CNF199	Level2	応用研究	部材製造	2016	KOREA ADVANCED INST SCI & TECHNOLOGY (KOAD-C)	韓国	研究機関	研究機関	電池(電極（電気自動車（EV）または大容量電気エネルギー貯蔵（EES））)
	CNF66	Level2	応用研究	部材製造	2016	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (SMSU-C)	韓国	民間企業	部材・製品メーカー	電池(リチウム電池セパレータ)
	CNF94	Level2	応用研究	部材製造	2016	AMOTECH CO LTD (AMOT-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	電池(コンデンサ)
	CNF301	Level2	応用研究	部材製造	2015	HYUNDAI MOTOR CO LTD (HYMR-C)、KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY INST (KETR-C)	韓国	民間企業	部材メーカー 製品メーカー	電池(不織布分離膜) 詳細把握 ヒアリング
基板	CNF172	Level2	応用研究	部材製造	2016	大阪ガス	日本	民間企業	素材メーカー	基板(液晶表示基板、太陽電池基板、自動車用パネル)
	CNF174	Level2	応用研究	部材製造	2016	大阪ガス	日本	民間企業	素材メーカー	基板(液晶表示基板、太陽電池基板、自動車用パネル)
ゴム	CNF475	Level2	応用研究	部材製造	2014	三菱ケミカル	日本	民間企業	部材メーカー	ゴム(乗用車、トラックの製品、バス、大型車両、ゴムクローラ、及びコンベヤーベルトの空気入りタイヤ)
	CNC82	Level2	応用研究	部材製造	2014	MICHELIN	フランス	民間企業	部材メーカー	ゴム(タイヤ) 詳細把握

表 21　自動車分野：その他特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF59	Level2	応用研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー（製紙会社）	シート(各種成形用品)
	CNF221	Level2	応用研究	部材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	その他(インク)
	CNF217	Level2	応用研究	素材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	その他(添加剤（建築材料、コンクリート、航空機部品、電気/電子部品、建築材料、容器および包装部品、家庭用品およびスポーツレジャー用品）)
	CNF123	Level2	応用研究	部材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(接着剤（航空宇宙用途、土木工学および建設用途）)
	CNF175	Level2	応用研究	部材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(繊維結合剤（航空機部品、風力発電部品、産業部品）)
	CNF346	Level2	応用研究	部材製造	2015	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	繊維(変性CNF)
	CNF75	Level2	応用研究	部材製造	2016	出光興産	日本	民間企業	製品メーカー	その他(軸受)
	CNF561	Level2	応用研究	部材製造	2014	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	その他(車両用灯具)
	CNF558	Level2	応用研究	部材製造	2014	コニカホールディングス	日本	民間企業	製品メーカー	膜(CNF膜（電気/電子機器、機械、自動車、建材）)
	CNF7	Level2	応用研究	部材製造	2016	BENGBU SHOUCHUANG FILTER CO LTD (BENG-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	その他(二重層複合燃料濾紙)
	CNF407	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(エンジンフィルター、空気清浄フィルター)
	CNF356	Level2	応用研究	部材製造	2015	MAHLE INT GMBH (MAHL-C)	ドイツ	民間企業	部材メーカー	フィルター(車両用ガスフィルター)
	CNF132	Level2	応用研究	部材製造	2016	GEORGIA TECH RES CORP (GTEK-C)/US SEC AGRIC (USDA-C)	米国	研究機関	研究機関	コーティング(金属コーティング)

次に、建築分野に関する特許のうち、断熱材・外装材に関する特許の一覧を表 22 に示す。

表 22　建築分野：断熱材、外装材に関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
断熱材	CNF69	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)、GUANGZHOU SANTAI AUTOMOTIVE TRIM MATERIA (GUAN-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関（大学）	断熱材（断熱材）
	CNF516	Level2	応用研究	部材開発	2014	UNIV HEBEI TECHNOLOGY (UYHT-C)	中国	研究機関	研究機関	断熱材（難燃性の断熱材）
	CNF563	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV JIANGNAN (UYJN-C); JIANGSU SWOTO CLOTHES CO LTD (JIAN-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	断熱材（断熱材（布））
外装材	CNF163	Level2	応用研究	部材製造	2016	DEHUA TUBAO DECORATION NEW MATERIALS CO (DEHU-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	非構造部材（小径材料再結合エステティックパターン技術木材装飾ベニヤ）
	CNF139	Level2	応用研究	部材製造	2016	DEHUA TUBAO DECORATION NEW MATERIALS CO (DEHU-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	非構造部材（着色ベニヤ板）

詳細把握

建築分野に関するその他の特許を表 23 に示す。

日本からは接着剤や添加剤、コーティングなど水系用途の特許が多く、９件出願されている。米国からもコーティング剤や複合材に関する特許が出されており、そのほか、ドイツ・スイスからも特許が出されている。中国からはコーティング剤２件、韓国からは複合材２件の特許が出願されている。

表 23　建築分野：その他特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF221	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	その他(インク)
	CNF123	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(接着剤(航空宇宙用途、土木工学および建設用途、自動車、車両搭載))
	CNF217	Level2	応用研究	素材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	添加材(建築材料、コンクリート、自動車部品、航空機部品、電気/電子部品、建築材料、容器および包装部品、家庭用品およびスポーツレジャー用品)
	CNF341	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング(アスファルトおよびコンクリート路面の着色、断熱コーティング、および滑り止め路面)
	CNF342	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング(アスファルトおよびコンクリート路面の着色、断熱コーティング、および滑り止め路面)
	CNF287	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	添加材(セメント成形品用化学混和剤)
	CNF387	Level2	応用研究	部材製造	2015	大林組	日本	民間企業	製品メーカー	添加材(土壌の改質剤)
	CNF166	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越パルプ工業	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(ポリオロフィレン樹脂(電子オフィス機器、情報通信機器、自動車部品、建材))
	CNF234	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越パルプ工業	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(電子オフィス機器、情報通信機器、繊維材料、フィルム材料、コーティング膜、コーティング部品、自動車部品、建築材料)
	CNF59	Level2	応用研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	シート(各種成形用品)
	CNF81	Level2	応用研究	部材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	分散液(塗料、インキ、防錆剤、医薬品、化粧品、食品添加物、クーラント、脱臭剤、モイスチャライザー、形状保持剤)
	CNF103	Level2	応用研究	部材製造	2016	日本製鉄、京都大学	日本	研究機関	素材メーカー	フィルム(微孔性フィルム(電池製造の微多孔膜、建材・除湿剤、手袋))
	CNF158	Level2	応用研究	部材製造	2016	ハマキャスト	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング(鉄コーティングや建物の外壁の建設のためのローラーコーティング)
	CNF348	Level2	応用研究	部材製造	2015	北越紀州製紙	日本	研究機関	素材メーカー、	その他(セメント、コンクリート)
	CNF316	Level2	応用研究	部材製造	2015	北越紀州製紙	日本	民間企業	素材メーカー	複合材(多孔質部品(断熱材、遮音材、機能性フィルター))
	CNF197	Level2	応用研究	部材製造	2016	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(ポリオレフィン樹脂(電子事務機器、情報通信機器、自動車部品、建材))
	CNF132	Level2	応用研究	部材製造	2016	GEORGIA TECH RES CORP (GTEK-C)、US SEC AGRIC (USDA-C)	米国	研究機関	研究機関	コーティング(金属コーティング)
	CNC34	Level2	応用研究	素材製造	2016	PURDUE RES FOUND (PURD-C)	米国	研究機関	研究機関	複合材
	CNF359	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV MAINE SYSTEM (UYMA-Non-standard)	米国	研究機関	研究機関	接着剤(パーティクルボード向け)
	CNF471	Level2	応用研究	部材製造	2014	XANOFI INC (XANO-Non-standard)	米国	民間企業	部材メーカー	その他(多孔性織物基材)
	CNF120	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV BAYREUTH (UYBA-Non-standard)	ドイツ	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(エアーフィルター、粒子フィルター、合体フィルター、水フィルター、オイルフィルター、および物質分離用の膜。金属、ガラス、ポリマー、フィルム、フォイル、繊維、構造要素および接着剤の施工用。活性剤の担体、または機能剤の担体としての織物の改質)
	CNF155	Level2	応用研究	部材製造	2016	EMPA EIDGENOSSISCHE MATERIALPRUFUNGS (EMPA-Non-standard)	スイス	研究機関	部材メーカー	ポリマー(化粧品用途、食品添加剤、塗料、建築技術における補強材、潤滑剤、有機および無機材料の表面処理)
	CNC22	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	コーティング(コーティング材)
	CNF64	Level2	応用研究	製品製造	2016	YU F (YUFF-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	コーティング(防汚ナノファイバーコーティング)
	CNC68	Level2	応用研究	部材製造	2015	NAT CENT NANOSCIENCE & TECHNOLOGY CHINA (NANA-Non-standard)/、BEIJING NAXUN TECHNOLOGY CO LTD (BEIJ-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	非構造部材(カーテン)
	CNC81	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	Nナノ銀及びナノ微結晶セルロース複合体の製造
	CNC87	Level2	応用研究	製品製造	2014	HANGZHOU WENSLI SILK SCI & TECHNOLOGY CO (HANG-Non-standard)、UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	民間企業	素材メーカー	非構造部材(壁紙)
	CNF211	Level2	応用研究	部材製造	2016	LEE S H (LEES-Individual)	韓国	民間企業	その他(個人)	複合材(繊維組成物(鉄筋コンクリートの亀裂発生抑制))
	CNF484	Level2	応用研究	部材製造	2014	KOREA INST IND TECHNOLOGY (KTEC-C)	韓国	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性ナノコンポジット)

次に家電分野の特許について表 24 に示す。

表 24　家電分野：冷蔵庫に関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
冷蔵庫	CNF75	Level2	応用研究	部材製造	2016	出光興産	日本	民間企業	製品メーカー	その他(軸受(内燃機関、トルク伝達装置用部品、圧縮装置用部品、油圧システム用部品、真空ポンプ装置用部品、時計用部品、冷蔵庫用部品、食品機械))
	CNF449	Level2	応用研究	部材製造	2014	AMOGREENTECH CO LTD (AMOG-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	その他(絶縁材料(冷凍機用真空と非真空断熱材))

ヒアリング

詳細把握

家電分野におけるその他の特許を表 25 に示す。

京都大学をはじめ、国内の各機関から複合材に関する特許が４件出願されている。また、DIC からは接着剤やコーティング剤が２件、複合材が２件出願されている。海外からの特許は中国の１件のみであり、日本における検討が中心であることが想定される。

表 25　家電分野：その他特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF454	Level2	応用研究	部材製造	2014	王子ホールディングス	日本	研究機関	素材メーカー	複合材(自動車、電車、船舶、航空機、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話、時計、携帯電話、携帯型音楽再生装置、画像再生装置、印刷機の筐体の内部/外部の材料に限定されるものではない複写機、スポーツ製品、建築材料、及び容器)
	CNF91	Level2	応用研究	部材製造	2016	京都大学	日本	研究機関	素材メーカー(製紙会社)	複合材(繊維強化樹脂(搬送装置、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話機、時計、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機、複写機、スポーツ用品))
	CNF115	Level2	応用研究	部材製造	2016	京都大学	日本	研究機関	研究機関(大学)	複合材(成型部品製造用樹脂(航空機、パーソナルコンピュータ、テレビジョン、電話機、時計、携帯電話、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機、複写機、スポーツ用品、オフィス機器、コンテナ、有機エレクトロルミネッセンス素子、イメージセンサ、太陽電池))
	CNF157	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業技術総合研究所	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂(自動車、電車、船舶、パソコン、テレビ、電話機、画像再生装置、ドアトリム、家具、トレイ、パッケージ))
	CNF290	Level2	応用研究	素材製造	2015	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	添加剤(飲料、個別ケア製品、化粧品、医薬品、化学製品、製紙、土木材料、コーティング材料、インク、コーティング組成物、農薬、自動車部品、電子材料の添加物)
	CNF271	Level2	応用研究	部材製造	2015	パナソニックIPマネジメント	日本	民間企業	製品メーカー	フィルター(エアコンのフィルタ)
	CNF98	Level2	応用研究	部材製造	2016	XU H (XUHH-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	フィルター(エアコンや空気清浄機のフィルタ、マスク)
	CNF175	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(自動車部品、航空機部品、家電製品の風力発電部品、産業部品)
	CNF233	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(繊維強化複合材料(航空機部品、自動車部品、医療機器、アンテナ、携帯電話ケーシング、電子オフィス機器、オーディオビデオ機器、電話機、ゴルフクラブシャフトおよび釣竿))
	CNF345	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング、接着剤(オフィス用品、文具、電子事務用品、スポーツレジャー用品、電化製品、輸送機器の内装材、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話機、構造材)
	CNF346	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	繊維(変性CNF(容器材料、容器、包装部品、スポーツ製品、自動車部品、構造材料、テレビ部品、電話部品、家庭用品に使用される溶剤型成形材料、コーティング材料、コーティング剤、接着剤))
	CNF349	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(シャーシ、空力部品、ロール素材、搬送アーム、医療機器部品、船舶部品、胴体、尾錠、カウル、ドア、衛星コンポーネント、パーソナルコンピュータハウジング、ファクシミリ、玩具、燃料電池用水素)

次に国内から出願された自転車、建築、家電等に転用可能な分野共通の特許の一覧を表27に示す。

表 26　分野共通：自動車等へ転用可能（国内）

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
自動車等に転用可能	CNF334	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC	日本	民間企業	素材メーカー、部材メーカー	複合材 ヒアリング
	CNF399	Level1	基礎研究	部材製造	2014	岡山大学	日本	研究機関	研究機関	複合材(強化剤)
	CNF339	Level2	応用研究	部材製造	2015	九州大学、中越パルプ	日本	研究機関	研究機関、素材メーカー	複合材(樹脂補強)
	CNF502	Level1	基礎研究	素材製造	2014	積水化学工業	日本	民間企業	部材メーカー	複合材 ヒアリング
	CNF110	Level1	基礎研究	部材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(エチレン性モノマー含む)
	CNF121	Level1	基礎研究	素材製造	2016	日本ゼオン、東京大学	日本	研究機関	部材メーカー	複合材(金属含有酸化CNF)
	CNC56	Level2	応用研究	部材製造	2015	大日精化、京都大学	日本	研究機関	部材メーカー、研究機関(大学)	複合材(樹脂補強)

(2) CNF 技術に係る海外出願特許の詳細分析

海外から出願された自動車、建築、家電等に転用可能な分野共通の特許の一覧を表 27 に示す。

表 27　分野共通：自動車等へ転用可能な特許（海外）

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
自動車・建築・家電に転用可能	CNF212	Level1	基礎研究	部材製造	2016	HARBIN INST TECHNOLOGY (HAIT-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(導電性)
	CNF241	Level1	基礎研究	部材製造	2015	JIANGSU JINYU ENVIRONMENT ENG CO LTD (JIAN-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	複合材(静電紡糸リグニン/セルロースアセテート複合材)
	CNF86	Level1	基礎研究	素材製造	2016	SU X (SUXX-Individual)	中国	民間企業	その他（個人）	複合材(ゲル)
	CNF62	Level2	応用研究	部材製造	2016	TONGLING FOUNDER PLASTICS TECHNOLOGY CO (TONG-Non-standard)	中国	民間企業	素材メーカー	複合材(バイオプラ)
	CNC50	Level2	応用研究	素材製造	2015	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY (UYBC-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(樹脂補強)
	CNF50	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(機能性フィルム)
	CNC63	Level2	応用研究	素材製造	2015	UNIV HEFEI TECHNOLOGY (UYHE-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(バイオマス由来ポリウレタン複合材)
	CNF528	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関	複合材(カーボンブラック併用補強材)
	CNF524	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関	複合材(膜)
	CNF432	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV NANJING INFORMATION SCI & TECHNOLOG (UNAI-C)	中国	研究機関	研究機関	複合材(発泡体)
	CNC28	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NORTHEAST FORESTRY (UYNE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(フィルム)
	CNC13	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV WUHAN TECHNOLOGY (UYWU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(アセチル化CNC)
	CNC88	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(膜)
	CNF150	Level1	基礎研究	部材製造	2016	YANGZHOU NABAI NANOMETER SCI & TECHNOLOG (YANG-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	複合材(セルロースアセテートナノファイバー複合材)
	CNF63	Level2	応用研究	部材製造	2016	YUNYOUCHENG SUQIAN COMPOSITE NEW MATERIA (YUNY-Non-standard)	中国	民間企業	素材メーカー	複合材(CNF/ポリ乳乳酸)
	CNF273	Level1	基礎研究	部材製造	2015	ZHEJIANG WEIXING IND DEV CO LTD (ZHEJ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	複合材(フィルム)
	CNF1	Level2	応用研究	素材製造	2016	ZHONGHONG NANOFIBER TECHNOLOGY DANYANG (ZHON-Non-standard)	中国	民間企業	素材メーカー	複合材(帯電防止剤)
	CNC67	Level2	応用研究	部材製造	2015	ZHUHAI ZHUJING DEV CO LTD (ZHUH-Non-standard)、BEIJING NANO-ACE TECHNOLOGY CO LTD (BEIJ-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	電池(リチウムイオン)
	CNC59	Level2	応用研究	部材製造	2015	INT BUSINESS MACHINES CORP (IBMC-C)	米国	民間企業	製品メーカー	複合材(ジエン変性CNC)
	CNF540	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV CORNELL (CORR-C)	米国	研究機関	部材	複合材(樹脂強化)
	CNC6	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NORTHWEST (UYXB-C)	米国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(検出用 詳細把握
	CNC10	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV QUEENS KINGSTON (TOOH-C)	カナダ	研究機関	研究機関（大学）	複合材(中性形態とイオン化形態の切替可)

次に、分野共通の特許を表 28 に示す。

表 28　分野共通特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
環境省事業と重複	CNF26	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV ZHEJIANG (UYZH-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	CNF製造(竹由来)
	CNC89	Level2	応用研究	部材製造	2014	HANGZHOU WENSLI SILK SCI & TECHNOLOGY CO (HANG-Non-standard)、UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	民間企業	素材メーカー	CNC製造(竹由来)
	CNF405	Level1	基礎研究	部材製造	2014	APPLIED CLEANTECH INC (CLEA-Non-standard)	米国	民間企業	部材メーカー	CNF製造(廃水活用)
	CNC26	Level2	応用研究	部材製造	2016	SINOPEC CORP (SNPC-C) SINOPEC BEIJING RES INST CHEM IND (SNPC-C)	中国	研究機関	部材メーカー、部材メーカー	ゴム関連(シリコーンゴム粉末)
	CNC66	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	ゴム関連(ホース、タイヤ)
	CNF61	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV VALENCIA POLITECNICA (UYPV-C)	スペイン	研究機関	研究機関（大学）	ゴム関連(不織異方性バイオエラストマー)
	CNF215	Level1	基礎研究	部材製造	2016	AMOGREENTECH CO LTD (AMOG-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	断熱材(シート)
	CNC11	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(ウッドプラ)
	CNC61	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	複合材(綿廃物利用) 詳細把握
	CNF138	Level1	基礎研究	部材製造	2016	兵庫県、神栄化工	日本	研究機関	その他（地方自治体）	発泡体(ゴム系架橋発泡成形) ヒアリング

続いて、日本の研究機関が注目しているゲルに関する特許については、表 29 に示す通り、中国から４件、日本から１件出願されている。

表 29　分野共通：ゲルに関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
日本の研究機関が注目	CNF67	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	エアロゲル
	CNF33	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV WUHAN TEXTILE (UYWU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関（大学）	エアロゲル
	CNF92	Level1	基礎研究	素材製造	2016	RES INST WOOD IND CHINESE ACAD FORESTRY (CLYK-C)	中国	研究機関	研究機関	エアロゲル(カーボンエアロゲル)
	CNF280	Level1	基礎研究	素材製造	2015	UNIV SOUTHWEST SCI & TECHNOLOGY (UYSW-Non-standar/ UNIV CENT SOUTH (UYCS-C)	中国	研究機関	研究機関	エアロゲル(乾燥手法)
	CNF303	Level2	応用研究	素材製造	2015	サンノプコ	日本	民間企業	部材メーカー	ゲル

次に CNF 製造に関するもの、水系用途に関するもの、フィルターに関するもの、フィルム等に関する特許について整理する。

まずは、中国から出願された CNF 製造にかかわる特許の一覧を表 30 に示す。

バクテリアセルロースに関する特許が２件、CNF 製造手法のうち、変性や磁性の付与に関

する特許が出願されている。

表 30　分野共通：CNF 製造に関する中国の特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF437	Level2	応用研究	素材製造	2014	ZHEJIANG TEXTILE TESTING TECHNOLOGY INST (ZHEJ-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(ポリプロピレンファイバーの製造)
	CNF15	Level1	基礎研究	素材製造	2016	ANHUI XINSHENGLI BIOLOGY TECHNOLOGY CO (ANHU-Non-standard)	中国	民間企業	部材・製品メーカー	CNF製造(バイオマス)
	CNC91	Level2	実用研究	素材製造	2014	CHINA INT TRAVEL TRADE CO LTD (CHIT-Non-standard)	中国	民間企業	その他(商社)	CNC製造(脱水装置の製造)
	CNF24	Level1	基礎研究	素材製造	2016	HENAN ACAD SCI INST ENERGY CO LTD (HENA-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造
	CNF242	Level1	基礎研究	部材製造	2015	HUANG G (HUAN-Individual)他	中国	民間企業	その他(個人)	CNF製造(ポリプロピレン)
	CNF72	Level1	基礎研究	部材製造	2016	JIANGSU SHIKONG PAINT CO LTD (JIAN-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	CNF製造
	CNF39	Level1	基礎研究	素材製造	2016	NANTONG TEXTILE & SILK SCI & IND TECHNOL (NANT-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造
	CNF169	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY (UYBC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF509	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY CHANGZHOU (UYBE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(コアシェル構造)
	CNF42	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(バクテリアセルロース)
	CNF83	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(バクテリアセルロース)
	CNF514	Level1	基礎研究	素材製造	2014	UNIV GUILIN TECHNOLOGY (UYGU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造
	CNC37	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV JIANGNAN (UYJN-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(熱安定性・疎水性向上CNC)
	CNF298	Level1	基礎研究	素材製造	2015	UNIV NINGBO (UYNB-C)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(テトラサイクリン抗生物質インプリントポリマーナノ繊維。)
	CNC14	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV NORTHEAST FORESTRY (UYNE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造
	CNF244	Level1	基礎研究	部材製造	2015	UNIV SHANGHAI ENG & TECHNOLOGY (USES-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(天然セルロース/ポリスルホンアミドナノファイバー)
	CNF93	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV SOOCHOW (USWZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF21	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(ビート由来)
	CNC83	Level2	応用研究	素材製造	2014	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(磁性CNC)
	CNF36	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV SOUTHEAST (UYSE-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNC21	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG (UYSJ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(アルカリ溶媒活用)
	CNC46	Level2	応用研究	素材製造	2015	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG (UYSJ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(変性CNC)
	CNF9	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV TIANJIN POLYTECHNIC (UYTI-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF11	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV TIANJIN POLYTECHNIC (UYTI-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF463	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV WUHAN (UYWU-C)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(酸化チタンナノファイバー)
	CNF4	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(カナムグラ由来)
	CNC12	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(カルボキシメチルセルロース)
	CNC17	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(変性CNC)
	CNF559	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV ZHONGYUAN TECHNOLOGY (UYZH-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(バクテリアセルロース)
	CNF6	Level1	基礎研究	素材製造	2016	WENG B (WENG-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	CNF製造
	CNC64	Level2	応用研究	部材製造	2015	ZHEJIANG HENGYI HI-TECH MATERIAL CO LTD (ZHEJ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	CNC製造

次に、中国以外の地域から出願された CNF 製造に関する特許の一覧を表 31 に示す。

アメリカ・カナダにおける CNF 製造に関する特許は２件とも応用研究段階にある。一方、韓国における CNF 製造に関わる特許では基礎研究段階にある。

表 31　分野共通：CNF 製造に関する海外特許（中国以外）

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF476	Level2	応用研究	部材製造	2014	XANOFI INC (XANO-Non-standard)	アメリカ	民間企業	部材メーカー	CNF製造(基材)
	CNC44	Level2	応用研究	部材製造	2016	CELLUFORCE INC (CELL-Non-standard)	カナダ	民間企業	素材メーカー	CNC製造(ポリドパミン被膜(触媒活性、抗菌))
	CNF456	Level1	基礎研究	部材製造	2014	GREEN ENERGY INST (GREE-Non-standard)	韓国	研究機関	研究機関	CNF製造(酸化チタンナノファイバー)
	CNF416	Level1	基礎研究	素材製造	2014	KOREA INST IND TECHNOLOGY (KTEC-C)	韓国	研究機関	研究機関	CNF製造(銀ナノファイバー)
	CNF145	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV CHONBUK NAT IND COOP FOUND (UYCN-C)	韓国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(金属反応活用)
	CNF70	Level1	基礎研究	部材製造	2016	KHATRI Z他2名	N/A	民間企業	N/A	CNF製造

分野共通の特許のうち、日本から出願された CNF 製造に関する特許の一覧は表 32 に示すとおり、基礎研究段階にあるものが大半である。

表 32　分野共通：CNF 製造に関する日本の特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF488	Level1	基礎研究	素材製造	2014	花王	日本	民間企業	製品メーカー	CNF製造
	CNC76	Level2	応用研究	素材製造	2014	加計学園	日本	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造
	CNF266	Level1	基礎研究	素材製造	2015	サンノプコ	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造
	CNF192	Level1	基礎研究	素材製造	2016	信州大学	日本	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF186	Level1	基礎研究	素材製造	2016	大王製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造
	CNF170	Level1	基礎研究	素材製造	2016	中越パルプ	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造(濃縮手法)
	CNF314	Level1	基礎研究	素材製造	2015	凸版印刷	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造
	CNF74	Level1	基礎研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造
	CNF179	Level1	基礎研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造
	CNF515	Level1	基礎研究	素材製造	2014	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	CNF製造
	CNF216	Level1	基礎研究	素材製造	2016	ハイモ	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造
	CNF223	Level1	基礎研究	素材製造	2016	フジフィルム	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造

次に分野共通の特許のうち、水系用途の特許について表 33 に一覧を示す。

添加剤用途にて導入実証段階の特許が 1 件フィンランドから出願されている。一方で、コーティング剤については日本の特許数が 7 件と最多である。接着剤については中国からの出願が 3 件と多い。

表 33　分野共通：水系用途に関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF477	Level2	応用研究	部材製造	2014	ゼオン	日本	民間企業	部材メーカー	分散液(CNT組成)
	CNF270	Level2	応用研究	部材製造	2015	京都大学、大日精化	日本	研究機関	研究機関、部材メーカー	分散液(水処理)
	CNC57	Level2	応用研究	部材製造	2015	京都大学、大日精化	日本	研究機関	部材メーカー、研究機関(大学)	分散液(水処理)
	CNF256	Level1	基礎研究	素材製造	2015	凸版印刷	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	塗料
	CNF214	Level2	応用研究	部材製造	2016	名古屋大学、富士高分子工業	日本	研究機関	研究機関(大学)	塗料(熱伝導性)
	CNF17	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV NORTHEAST FORESTRY (UYNE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	分散液(変性CNF)
	CNF455	Level2	導入実証	素材製造	2014	STORA ENSO OYJ (STOR-Non-standard)	フィンランド	民間企業	素材メーカー	添加剤(製紙時の補強材)
	CNF240	Level1	基礎研究	部材製造	2016	HEFEI SHENZHOU CONSTR GROUP CO LTD (HEFE-Non-standard)	中国	民間企業	その他	塗料(耐熱ラッカー)
	CNF28	Level2	応用研究	部材製造	2016	FUNAN NATURE ARTS & CRAFTS CO LTD (FUNA-Non-standard)	中国	民間企業	n/a	塗料(木質複合抗菌性ナノ繊維水性塗料)
	CNF49	Level2	応用研究	部材製造	2016	NOKクリューバー	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング剤
	CNF228	Level1	基礎研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤
	CNF230	Level1	基礎研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤
	CNF231	Level1	基礎研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤
	CNF140	Level2	応用研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤(塗料、コーティング)
	CNF116	Level1	基礎研究	素材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤(品質保持)
	CNF395	Level2	応用研究	部材製造	2015	日本製紙、九州大学	日本	研究機関	研究機関/素材メーカー/	コーティング剤(ガラスへのコーティング)
	CNF57	Level2	応用研究	部材製造	2016	INST CHEM IND FOREST PROD CHINESE ACAD (CLYK-C)	中国	研究機関	研究機関	コーティング剤(ポリウレタン、接着剤)
	CNC69	Level2	応用研究	部材製造	2015	ZHANGJIAGANG CAIDIE NEW MATERIALS CO LTD (ZHAN-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	コーティング剤
	CNC70	Level2	応用研究	部材製造	2015	CELLUFORCE INC (CELL-Non-standard)	カナダ	民間企業	素材メーカー	コーティング剤
	CNF549	Level2	応用研究	部材製造	2014	INST POLYTECHNIQUE GRENOBLE (POLY-Non-standard)、PAPETERIES DU LEMAN (PAPE-Non-standard)	EU	研究機関	研究機関	コーティング剤(紙へのコーティング)
	CNC19	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV ZHEJIANG OCEAN (UYZO-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	吸着剤(イオン吸着)
	CNF245	Level1	基礎研究	部材製造	2015	UNIV SICHUAN (USCU-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	吸着剤(水処理)
	CNC78	Level2	応用研究	部材製造	2014	FPINNOVATIONS (FPIN-Non-standard)	カナダ	研究機関	研究機関	接着剤
	CNC86	Level2	応用研究	部材製造	2014	SWETREE TECHNOLOGIES AB (SWET-Non-standard)	スウェーデン	民間企業	素材メーカー	接着剤(架橋剤)
	CNF487	Level2	応用研究	部材製造	2014	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	接着剤(水系)
	CNF129	Level1	基礎研究	部材製造	2016	GEORGIA-PACIFIC CONSUMER PROD LP (GEOP-C)	米国	民間企業	部材・製品メーカー	接着剤(多層化用)
	CNF461	Level2	応用研究	部材製造	2014	TAICANG TAIBANG ELECTRONIC TECHNOLOGY CO (TAIC-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	接着剤(両面粘着テープ)

分野共通のうち、フィルターに関する特許を表 34 に示す。

表 34　分野共通：フィルターに関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF373	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF374	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF375	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF376	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF379	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF380	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF381	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF385	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF151	Level1	基礎研究	部材製造	2016	BEIJING XINYUAN GUONENG TECHNOLOGY CO LT (BEIJ-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	フィルター
	CNF87	Level2	応用研究	部材製造	2016	NANTONG CELLULOSE FIBERS CO LTD (CNTA-C)	中国	民間企業	素材メーカー	フィルター
	CNF194	Level2	応用研究	部材製造	2016	SHANGHAI JIESHENG ENVIRONMENTAL PROTECTI (SHAN-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF388	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV GUANGXI SCI & TECHNOLOGY (UYGU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター
	CNF369	Level2	応用研究	素材製造	2015	岡山大学	日本	研究機関	研究機関	フィルター
	CNF370	Level2	応用研究	部材製造	2015	CUMMINS FILTRATION IP INC (CUND-C)	米国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF222	Level1	基礎研究	部材製造	2016	DONALDSON CO INC (DOND-C)	米国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF566	Level2	応用研究	部材製造	2014	東京大学	日本	研究機関	研究機関	フィルター(ガス分離)
	CNF200	Level1	基礎研究	部材製造	2016	日本製紙、九州大学	日本	研究機関	素材メーカー（製紙会社）	フィルター(ガス分離)
	CNF275	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV MYONGJI IND & ACAD COOP FOUND (UYMY-Non-standard)、UNIV MYONGJI IND & ACADEMIA COOP FOUND (UYMY-Non-standard)	韓国	研究機関	研究機関	フィルター(リチウム吸着)
	CNC39	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV JIANGSU (UYJS-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルター(リン吸着複合材)
	CNF185	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルター(活性炭繊維複合)
	CNF313	Level2	応用研究	部材製造	2015	北越紀州製紙	日本	民間企業	素材メーカー	フィルター(機能フィルタ、遮音材)
	CNF367	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター(空気・液体分離)
	CNF246	Level2	応用研究	部材製造	2015	CHINESE ACAD SCI YANTAI INST COASTAL ZON (CHSC-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(空気清浄、油分離)
	CNF108	Level2	応用研究	部材製造	2016	YANTAI INST COASTAL ZONE RES SUSTAINABLE (YANT-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(空気清浄、油分離)
	CNF51	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV WUHAN TEXTILE (UYWU-Non-standard)、DAEYOUNG ULTRASONIC EQUIP SHANGHAI CO (DAEY-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルター(硬質磁性ナノファイバー膜)
	CNF453	Level1	基礎研究	素材製造	2014	UNIV TIANJIN POLYTECHNIC (UYTI-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(重金属イオン吸着)
	CNF283	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(蒸留プロセス向け)
	CNF207	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY (UYBC-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルター(水処理)
	CNC60	Level1	基礎研究	部材製造	2015	ZHUHAI ZHUJING DEV CO LTD (ZHUH-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	フィルター(水処理)
	CNF378	Level1	基礎研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター(断熱性の改善)
	CNF22	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV SOOCHOW (USWZ-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルター(透過性)
	CNF552	Level2	応用研究	部材製造	2014	CAS QINGDAO INST BIOMASS ENERGY & BIOPRO (CASQ-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(導電性)
	CNF77	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV ANHUI POLYTECHNIC (UYAP-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルター(導電性)
	CNF337	Level2	応用研究	部材製造	2015	UCL BUSINESS PLC (UNLO-C) PURIDIFY LTD (PURI-Non-standard)	米国、欧州（英国）	民間企業	部材メーカー	フィルター(分離カートリッジ)
	CNF227	Level2	応用研究	部材製造	2016	MAHLE INT GMBH (MAHL-C)	ドイツ	民間企業	部材メーカー	フィルター(油・燃料からの水分離)

韓国、中国、日本、米国などから、汎用的な一般的なフィルター、ガス分離や空気清浄など特定の用途を想定したフィルターなど様々な特許が出願されている。

次に分野共通の特許のうち、フィルム、その他用途の特許一覧を表 35 に示す。

フィルムについては、中国から５件、韓国・日本から１件出願されている。その他の用途としては、日本から３Ｄプリンタ材料としての特許が出願されている。

表 35　分野共通：フィルム、その他用途に関する特許

自動車　建築　家電　分野共通

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF354	Level1	基礎研究	部材製造	2015	GUIZHOU ACAD TESTING & ANALYSIS (GUIZ-Non-standard)、GUIZHOU JIEXIN ALLOY TECHNOLOGY DEV CO (GUIZ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	フィルム
	CNC3	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルム
	CNF492	Level2	応用研究	素材製造	2014	花王	日本	民間企業	製品メーカー	フィルム
	CNC74	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルム(ポリカーボネート)
	CNC4	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV JIANGSU (UYJS-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	フィルム(蛍光)
	CNF543	Level1	基礎研究	部材製造	2014	ZHEJIANG WEIXING IND DEV CO LTD (ZHEJ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	フィルム(静電ナノフィルム)
	CNF278	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV MYONGJI IND & ACAD COOP FOUND (UYMY-Non-standard)	韓国	研究機関	研究機関	フィルム(複合フィルム)
	CNC30	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関（大学）	不織布
	CNF400	Level2	応用研究	部材製造	2014	パナソニック	日本	民間企業	製品メーカー	断熱材(シート)
	CNF352	Level2	応用研究	部材製造	2015	静岡大学、住友ベークライト	日本	研究機関	研究機関、部材メーカー	シート(導電性)
	CNF184	Level2	応用研究	部材製造	2016	花王	日本	民間企業	製品メーカー	その他(3Dプリンタ材料)
	CNF159	Level1	基礎研究	部材製造	2016	キャノン	日本	民間企業	部材メーカー	その他(3Dプリンタ材料)
	CNC43	Level2	応用研究	部材製造	2016	MAANSHAN JIECHUANG PLASTIC TECHNOLOGY CO LTD (MAAN-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	その他(シラン処理)
	CNF306	Level2	応用研究	部材製造	2015	XUELONG GROUP HOLDING CO LTD (XUEL-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	その他(ファン)
	CNC23	Level2	応用研究	部材製造	2016	SUZHOU SANHE KAITAI YARN WEAVING CO LTD (SUZH-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	その他(ポリエステル紡績油剤)
	CNF469	Level2	応用研究	部材製造	2014	ZANG L (ZANG-Individual); HAN J (HANJ-Individual); XU M (XUMM-Individual)	中国	民間企業	N/A	その他(過酸化水素検出センサー)
	CNF80	Level2	応用研究	部材製造	2016	DONGGUAN LIANZHOU INTELLECTUAL PROPERTY (DONG-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	その他(細菌性綿布)
	CNF441	Level2	応用研究	部材製造	2014	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	その他(耐水性積層体)

参考資料

主な参考文献集

主な引用文献一覧

No.	引用部分	文献名	出版社/著者名
1	第２章 2.1.1 日本の政策動向	技術戦略マップ 2010　ファイバー編	経済産業省　2010 年 6 月
2	第２章 2.1.2 日本の業界団体の動向	ガラス産業技術戦略 2030 年ロードマップ改訂版	ガラス産業連合会 2010 年 10 月
3	第２章 2.2 北米の動向	Opportunities in Natural Fiber Composites (2011)	Lucintel
4		Summary of International Activities on Cellulose Nanomaterials	ISO.TC 6/TG 1
5	第２章 2.3.2 米国の動向	The 2016 UK Composites Strategy	―
6	第３章 繊維補強樹脂材料等に関する市場調査	炭素繊維複合材料 (CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望 ～炭素繊維複合材料関連マテリアル・装置市場及び用途別市場を徹底調査～	(株)富士経済 東京マーケティング本部 第四部 調査・編集 2017 年 1 月
7		Overview of the global composites market at the crossroads	JEC(Journals and Exhibitions on Composites) Group 2017 年版
8		2016　コンパウンド市場の展望と世界戦略	(株)富士経済 東京マーケティング本部 ケミカル＆マテリアルグループ
9		Composites Market Report 2014 Market Development, trends, challenges and opportunities	Elmar Witten(AVK ドイツ強化プラスチック連合)etc
10		～麻畑からメルセデスベンツまで～ ヘンププロセスの栽培・加工・販売の全プロセスをドイツに学ぶ ドイツ・ヘンプ産業視察記録	赤星　栄志 (バイオマス産業社会ネットワーク) （一社）北海道ヘンプ協会 2003 年 10 月
11		グリーンコンポジットの開発とその特性評価	高木　均（徳島大学） 機械の研究　第 67 巻第 9 号(2015)P.731-737
12		ウッドプラスチックの可能性と展望	伊藤　弘和（トクラス㈱） プラスチック成形加工学会第 151 回講演会資料 （2016 年 1 月）P.39-P.54
13		平成 28、29 年 FRP 用途別・成形法別統計	（一社）強化プラスチック協会

No.	引用部分	文献名	出版社/著者名
14	第４章 4.1.2 研究開発動向調査	Nanocellulose-Enabled Electronics, Energy Harvesting Devices, Smart Materials and Sensors	Ronaldo Sabo (USDA Forest Service, USA) Aleksey Yermakov (University of Wisconsin-Milwaukee, USA)
15		“Preparation of Cellulose Nanofiber-reinforced Gelatin Hydrogel and Optimization for 3D Printing Applications”, Peer-reviewed article, Bioresources.com （3D プリンティング技術を活用した再生医療のための移植可能なスカフォールド形成のための材料として使用する研究）	揚州大学 Yani Jiang 他
16		Hybridizing wood cellulose and graphene oxide toward high-performance fibers	Yuanyuan Li（南京森林大学）、Oeyvind Vaaland（メリーランド大学）等
17	第５章 5.4 EUの廃棄・リサイクルに関する動向	Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties	School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, United Kingdom
18	第６章 繊維補強樹脂材料等に関する$LCCO_2$調査	LCA Benefits of rCF: Conference: Composite Recycling & LCA	ELG Carbon Fibre Ltd.
19		Life Cycle Engineering of Composites	Y. Leterrier: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland
20	第７章 7.3 今後の課題	セルロースナノファイバーおよびその製造方法「特開 2015-4151」（長繊維化の特許）	国立大学法人岡山大学