

炭素繊維 サステナビリティビジョン2050

Carbon fiber sustainability vision 2050

2022年10月28日

目次

I. はじめに	1
II. 炭素繊維について	2
1. 炭素繊維の特徴	2
2. PAN 系炭素繊維	4
3. ピッチ系炭素繊維	6
III. 炭素繊維の用途と需要	8
1. 炭素繊維の主な用途	8
2. 炭素繊維の需要想定	13
IV. 地球温暖化対策への取り組み	14
1. 地球温暖化対策に関するこれまでの取り組み	14
(1) 炭素繊維のライフサイクルインベントリ (LCI)	14
(2) 炭素繊維のリサイクル技術開発	16
2. 温暖化対策長期ビジョン	18
(1) 製品使用段階における CO ₂ 排出量削減への貢献	18
(2) 炭素繊維製造段階での CO ₂ 排出量削減への取り組み	23
(3) 資源循環(リサイクル)への取り組み	25
V. 技術革新の取り組み (国家プロジェクト等の取り組み紹介)	29
1. 革新炭素繊維基盤技術開発	29
2. サステナブルハイパーコンポジット技術	30
3. ナショナルコンポジットセンター (NCC)	31
4. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「革新的構造材料」	32
VI. 炭素繊維の低炭素化 (CO ₂ 排出量削減) に向けた政府への要望	34
VII. おわりに	35

参考資料	36
1. 炭素繊維の LCI データ	36
2. 国内外の主な CFRP リサイクル事業化企業・研究機関	37
3. 炭素繊維協会におけるカーボンニュートラルに向けた体制	40

I. はじめに

日本化学繊維協会炭素繊維協会委員会（以下、炭素繊維協会）はこれまで、炭素繊維利用による CO₂ 排出量削減効果について航空機、自動車、風車等におけるライフサイクルアセスメント(LCA)モデルを通じて定量化を進め、アピールしてきた。また資源循環の観点からは、2000 年代後半に経済産業省補助事業として福岡県大牟田市にパイロットプラントを建設し炭素繊維リサイクルの実証研究を行った。この実証研究は 2012～2014 年に炭素繊維リサイクル技術開発組合の活動を経て、事業化の目処が得られる水準まで検討が進められている。このように炭素繊維協会は炭素繊維が地球環境に貢献する素材としての実績を積み上げてきた。

2020 年 10 月、政府が 2050 年カーボンニュートラルという意欲的な目標を掲げた。このゴールの実現には、官民の総力を挙げた取組みが不可欠であり、これを我が国の経済成長につなげ、経済と環境の好循環を創出していくことが重要である。

炭素繊維協会はカーボンニュートラルな社会、サステナブルな社会への対応について改めて検討を行い、人類共通の目標の成就に貢献しながら雇用を創出し、成長したいと考える。その実現に向けて炭素繊維が最も貢献できると思われる地球環境保全の分野から長期的な見通しをまとめ、このたびビジョンとして発表することとした。

こうした挑戦を、もちろん炭素繊維協会各社は継続して取り組んでいくが、当業界の努力だけでは達成が困難な課題も多い。今後も引き続き政府のご支援、炭素繊維のユーザー皆様のご理解とご協力とを厚くお願い申し上げる次第である。

日本化学繊維協会 炭素繊維協会委員会
2022 年 10 月

II. 炭素繊維について

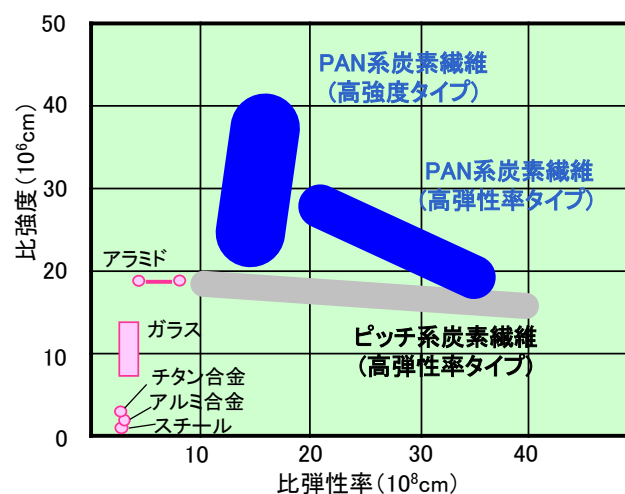
炭素繊維は、ISO 規格や JIS 規格に、それぞれ以下の通り定義されている。プレカーサー¹の種類によって、ポリアクリロニトリル（PAN）系、ピッチ系などに分類される。

ISO 2076 「Fibre containing at least 90 % by mass of carbon obtained by thermal carbonization of organic precursors.」

JIS L204-2 「有機繊維のプレカーサーを加熱炭素化処理して得られる、質量比で 90 % 以上が炭素で構成される繊維」。

1. 炭素繊維の特徴

炭素繊維は、重さが鉄の 4 分の 1、重量あたりの強さ（比強度）は鉄の 10 倍、重量あたりの変形しにくさ（比弾性率）は 7 倍と、軽くて強く、変形しにくい材料である。その他にも、熱膨張がしにくく寸法安定性が良い、錆びない・疲労やクリープしにくいなど耐久性に優れる、X 線透過性・耐薬品性・耐熱性・導電性に優れるなどがあり、様々な機能を併せ持った繊維と言える。



図表 1 炭素繊維の比強度・比弾性率

¹ プレカーサー：ここでは炭素繊維のプレカーサー（前駆体）を指す。プリカーサーともいう。

PAN 系炭素繊維、異方性ピッチ系炭素繊維（黒鉛系）、等方性ピッチ系炭素繊維（黒鉛質）、の主な物性値等（代表的な値）の比較を併記して図表 2 に示す。

項目		PAN系 炭素繊維 (標準・中弾性率 タイプ)	PAN系 炭素繊維 (高弾性率 タイプ)	等方性 ピッチ系 炭素繊維 (黒鉛質)	異方性 ピッチ系 炭素繊維 (黒鉛系)	黒鉛単結晶 (参考)
繊維直径 [μm]		5～8	5～6	12～18	7～11	
密度 及び 構造	密度 [g/cm^3]	1.74～1.82	1.75～1.95	1.58～1.62	2.06～2.22	2.26
	面間隔 (d_{002}) [nm]	0.345～0.355	0.339～0.345	0.3414～ 0.3438	0.3368	0.3354
	結晶子サイズ(L_a & L_c) [nm]	4～6 (L_a) 2～5 (L_c)	5～7 (L_a) 4～10 (L_c)	2～3	39 (L_a) 38 (L_c)	>100
繊維軸 (a 軸) 方向の 物性値	引張強度 [MPa]	3500～7000	3800～4900	500～850	2600～3800	1×10^5
	弾性率 [GPa]	200～330	340～640	20～40	420～900	1060
	伸度 [%]	1.5～2.2	0.7～1.4	2	0.3～0.7	—
	熱伝導率 [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]	7～15	20～200	4～23	～900	1950
	体積抵抗率 [$\mu\Omega \cdot \text{m}$]	12～20	7～12	30～50	2～8	0.4 (天然黒鉛結晶)
	線熱膨張係数 [$10^{-6}/\text{K}$]	-0.3 ～ -0.6	-0.6 ～ -1.2	1.7	-1.1	-1～1 (室温付近で最小 値、400℃付近でゼ ロ)

図表 2 各種炭素繊維の主な組織・構造及び物性値の比較

2. PAN 系炭素繊維

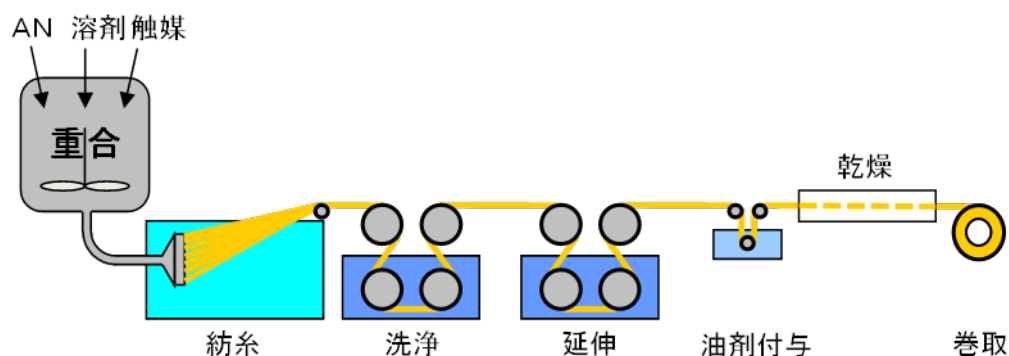
(1) 製造方法

PAN 系炭素繊維の製造工程は、モノマーであるアクリロニトリルを重合・製糸して原糸となるアクリル繊維を得る製糸工程と、アクリル繊維を耐炎化、炭素化して炭素繊維を得る焼成工程と、大きく二つに分けられる。

① 製糸工程

アクリロニトリル (Acrylonitrile:AN) と溶剤を混ぜ合わせ、触媒を加えて重合し、紡糸原液を調製する。

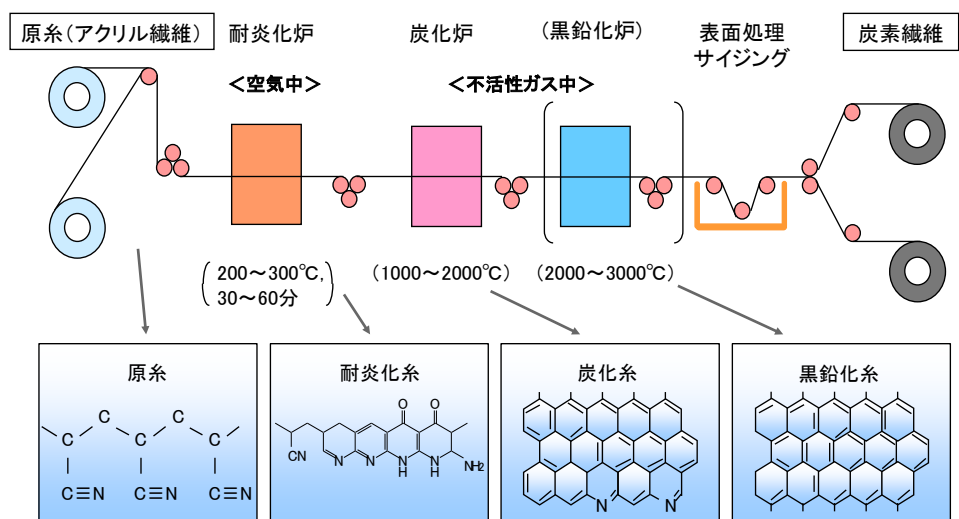
紡糸原液を貧溶媒中に繊維状に押し出して凝固させる。その後、水洗（洗浄）、延伸、油剤を付与し、乾燥後、アクリル繊維として巻き上げる。



図表 3 PAN 系炭素繊維の製造方法（原糸）

② 焼成工程

まず、アクリル繊維を空气中 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ で熱処理し、安定化させることにより、耐熱性の高い耐炎化糸に変換する（耐炎化工程）。その後、不活性ガス中、 $1000 \sim 3000^{\circ}\text{C}$ の超高温で炭素以外の元素を焼き飛ばして、グラファイト構造を持つ繊維を得る（炭化・黒鉛化工程）。焼き上がった炭素繊維は、マトリックス樹脂との接着力を高めるため、表面処理が施され、また、繊維の取り扱いを向上させるためのサイジング剤（収束剤）が付与された後に、ボビンに巻かれ、最終製品、すなわち、炭素繊維となる。

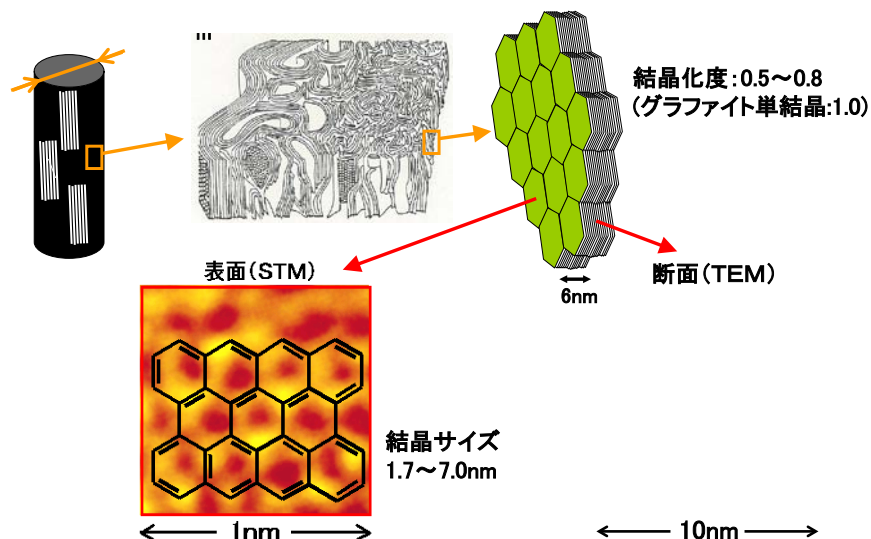


図表 4 PAN 系炭素繊維の製造方法（焼成）

(2) 繊維構造

1 本の炭素繊維の中に、シート状のグラファイト結晶が、繊維方向に平行に配列している。表面と側面を STM（走査型トンネル顕微鏡）、TEM（透過電子顕微鏡）で観察すると、図表 5 に示す写真のようにグラファイト結晶が並んでいるようにも見えるが、実際は、ランダムなオニオン構造²をとっていると言われている。

結晶化度は、0.5～0.8 程度で、汎用に用いられる炭素繊維であれば半分くらいが非晶部である。結晶サイズは、焼成温度により大きく変わるが、一般的な製品の場合、汎用グレードで、1.7 ナノメートル、高弾性率グレードで、7 ナノメートル程度となっている。



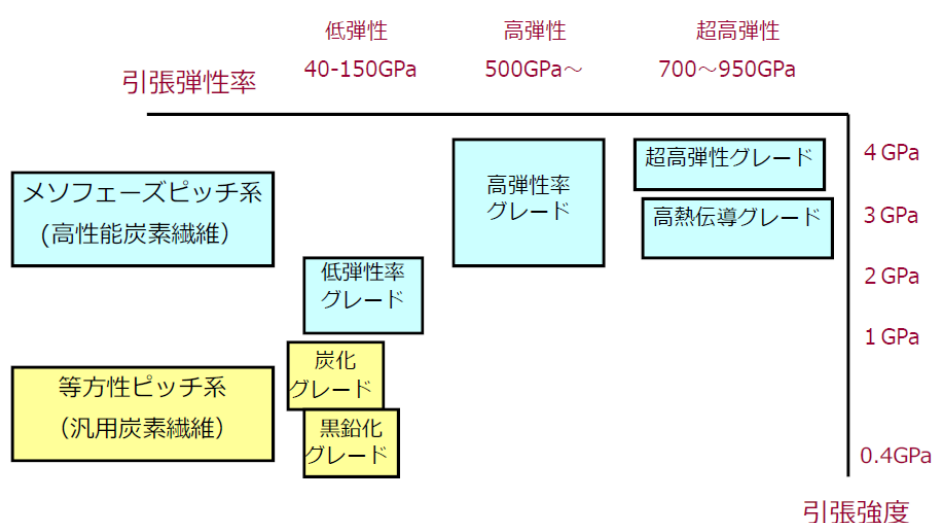
図表 5 炭素繊維の構造

² オニオン構造：玉ねぎ状の多重構造。

3. ピッチ系炭素繊維

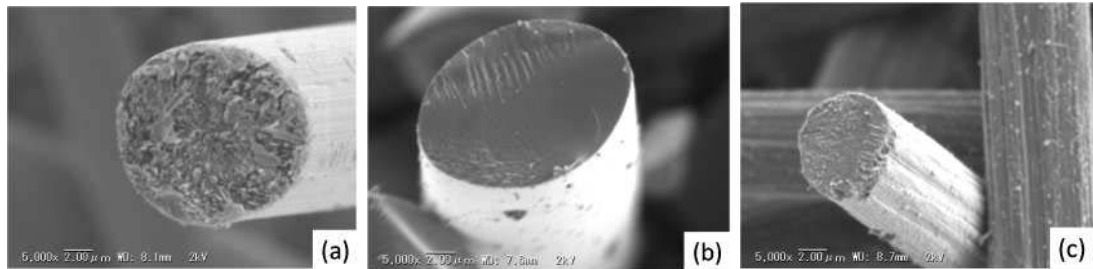
ピッチ系炭素繊維はナフサ由来のエチレンボトムオイル（石油系）やコールタール（石炭系）を出発原料として、低沸点成分の除去、熱処理による重質化の進行を経て紡糸に適したピッチから得られる。これを細いノズルから押し出して繊維形状にした後、不融化、炭素化及び黒鉛化工程を経て炭素繊維となる。繊維直径は溶融したピッチがノズルから押し出されてから固化するまでのごくわずかな時間に延伸された倍率により決まる。

ピッチ系炭素繊維は出発原料により2種類に大別され、光学的に無秩序で偏向を示さない『等方性ピッチ』と、構成分子が液晶状に配列して光学異方性を示す『異方性ピッチ（メソフェーズピッチ）』とがある。



図表 6 ピッチ系炭素繊維の分類

組織・構造及び物性は、異方性ピッチ系炭素繊維と等方性ピッチ系炭素繊維とは大きく異なり、前者は天然黒鉛や高配向熱分解炭素、後者はガラス状炭素に類似する部分が多い。その一方で、炭素繊維は軸配向組織であり、且つ、炭素六角網面の配向をかなり制御することができる点が、天然黒鉛や高配向熱分解炭素、又はガラス状炭素と大きく異なる。図表 7 に異方性ピッチ系炭素繊維、等方性ピッチ系炭素繊維及び PAN 系炭素繊維の SEM 写真を示す。写真に供したサンプルは、何れもミルドファイバーである。



図表 7 各種ミルドファイバーの SEM 写真 (a) 異方性ピッチ系炭素繊維 (ダイアリード®/黒鉛系) (b) 等方性ピッチ系炭素繊維 (ドナカーボ®/黒鉛質) (c) PAN 系炭素繊維 (トレカ®)

異方性ピッチ系炭素繊維では、フィブリルが褶曲された組織が観察される。この褶曲組織の褶曲度の違いが、引張強度や弾性係数といった機械的物性や熱伝導率などの物性にも影響すると考えられる。いずれにしても炭素六角網面が繊維軸方向に選択的に配向しており、繊維軸方向に高弾性率や高熱伝導率を示す。等方性ピッチ系炭素繊維では、黒鉛結晶性が低く炭素六角網面が発達しておらず、かつ、無配向である。そのため、繊維の断面、側面ともに平滑である。従って、機械的な物性値も低く、熱伝導率も低い値である。なお、PAN 系炭素繊維は、黒鉛結晶性が低いものの、炭素六角網面が互いに交差し絡み合って繊維軸方向に配列している。そのため、高い機械的強度を示す。

③ 圧力容器

米国では「シェールガス」の採掘技術が進化し、安価に生産できるようになったことから、生産量が増加し、天然ガス車の普及が進んでいる。従来、採算が取れなかった天然ガスのパイプラインなどインフラ整備が十分に整っていない小型ガス田での採掘もおこなわれるようになった。これらの地域でガスの運搬に使用される大型圧縮天然ガス（CNG）タンクにも CFRP の採用が拡大している。今後普及が期待される燃料電池自動車向けの車載用圧縮水素（CHG）タンク、水素ステーション向けの蓄圧大型タンクへも炭素繊維の採用拡大が期待されている。



（出所）三菱ケミカル株式会社

図表 10 圧力容器

④ 自動車

欧米や日本に代表される自動車の CO₂ 排出ガス規制は、年々厳しくなっており、自動車メーカー各社は、ハイブリッド自動車、燃料電池車、天然ガス自動車、電気自動車などの開発や、燃費・電費改善の取組みを加速している。CFRP は車体の軽量化による燃費・電費改善に効果がある。また上記③で説明した水素や天然ガス充填用の CFRP 製タンクは、高圧縮化による燃料 1 充填当たりの走行距離の増加を可能にする。この他、CF で黒鉛を補強した C/C コンポジットは燃料電池の電極材に使用されている。

⑤ コンクリート、鋼構造インフラ

日本では、高度成長期に建設したコンクリート製橋梁、トンネル構造物あるいは鋼構造物の各種インフラの老朽化が進み、その対策が喫緊の課題となっている。

炭素繊維シート工法は、シート状の炭素繊維に現場で低粘度のエポキシ樹脂等を含浸・硬化させる施工方法で、鋼板工法、増し厚工法といった従来法と比較して、重機が不要で狭い場所でも補修工事ができることから、定着しつつある。さらに、炭素繊維束への樹脂含浸、硬化を専用工場にて実施し、板状の CFRP を躯体に貼り付ける方法も開発された。本方法は、炭素繊維シート工法と比べ、現場施工での品質が安定するため成長が期待されている。



図表 11 コンクリート補強

⑥ 工業用ロールなど

炭素繊維は繊維断面が褶曲した板状結晶が繊維軸方向に沿って規則正しく並んでおり、高剛性という特徴がある。このため、たわみと慣性モーメントが小さく、固有振動数が高い機械部品を製造できる。工業用ロール、液晶ロボットハンド、自動車製造プレス用クロスバー等の産業機械部品、プロペラシャフトなどである。



図表 12 長尺カーボンメッキロール(φ 350×9200mm)



Corebon AB (Sweden)ご厚意による

図表 13 高精度位置決めロボット

⑦ 断熱材

炭素繊維フェルトから成形断熱材が製造され、セラミックス等では耐えられない高温炉で使用されている。この成形断熱材は太陽電池や半導体に使用されるシリコンの結晶成長炉には欠かせない部材であり、消費電力の削減に貢献している。また、サファイアや炭化ケイ素の結晶成長炉、セラミックスの焼結炉、光ファイバーの製造炉、黒鉛製品の純化炉などの高温炉用断熱材として世界中で広く使用されている。



図表 14 太陽電池

⑧ スポーツ・レジャー用途

釣竿、テニスラケット、ゴルフシャフト、自転車に代表されるスポーツ用品は、炭素繊維の特長である比強度、比弾性率を最も効果的に取り入れたヒット商品と言える。釣竿用途は、高機能炭素繊維の要望が強く、炭素繊維の高強度化は釣竿と共に進んだ面が少なくない。一方、幅広フレームのテニスラケット（いわゆる厚ラケ）は、ラケットの機能性（軽さ・パワー）の点で革命商品とされた。また自転車はロードレース用だけでなく、ブームを背景にロードバイクや山岳コース等オフロードでのマウンテンバイクでの採用が増えている。これらのスポーツ用品、レクリエーション用品は、今後も堅調に推移すると予想される。

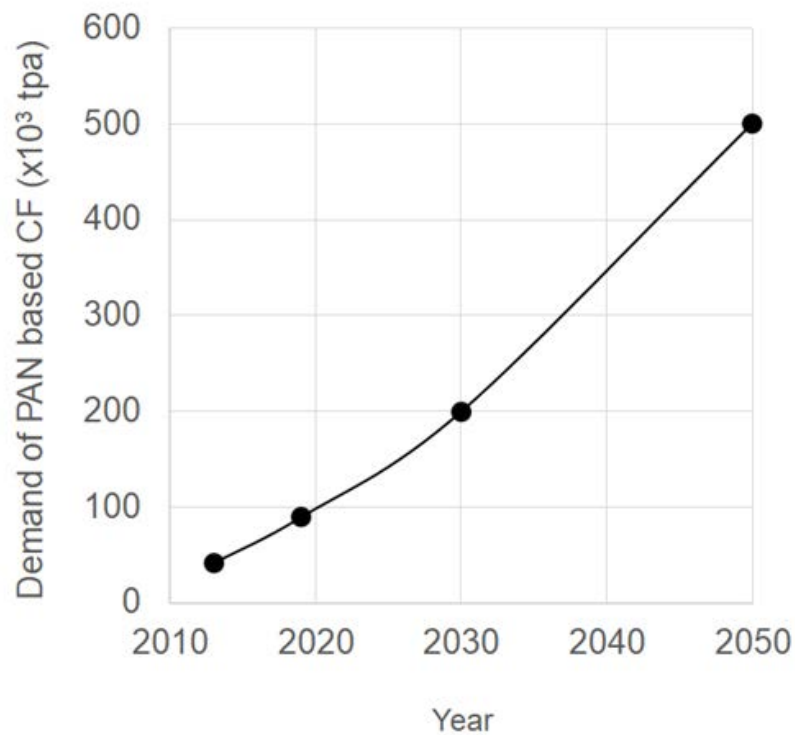


図表 15 釣り竿

2. 炭素繊維の需要想定

世界の炭素繊維需要は、2013 年に 4 万 2 千トンであったが、2019 年には約 9 万トンまで拡大した。新型コロナウイルスの影響により一時的に需要は落ち込んだものの、今後も世界的な環境対応の動きを追い風に、航空機、風力発電、圧力容器、自動車などが需要をけん引すると期待される。

本報告では世界の炭素繊維需要を 2030 年に 20 万トン、2050 年に 50 万トンと想定した。



図表 16 炭素繊維の世界需要想定

IV. 地球温暖化対策への取組み

1. 地球温暖化対策に関するこれまでの取組み

炭素繊維協会はこれまで、炭素繊維製造段階における消費エネルギー及びCO₂排出量を調査し、併せて炭素繊維利用によるCO₂排出量削減効果について航空機、自動車、風車等におけるライフサイクルアセスメント(LCA)モデルを通じて定量化を進めてきた。

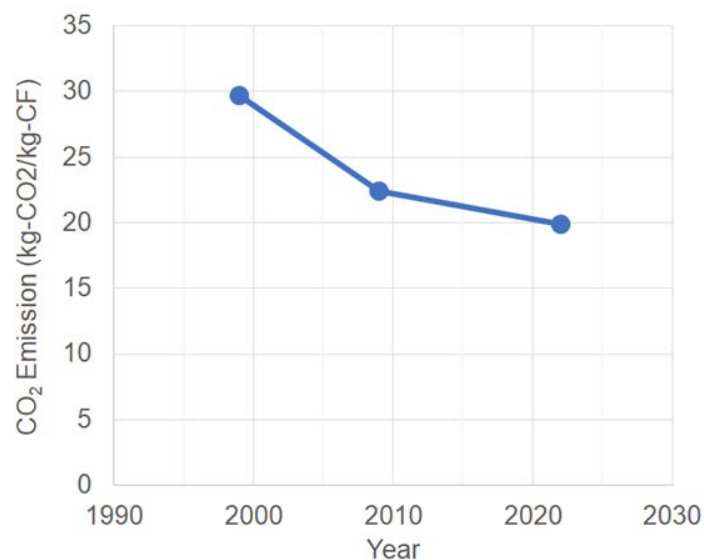
また資源循環の観点からは、2000年代後半に経済産業省補助事業として福岡県大牟田市にパイロットプラントを建設し炭素繊維リサイクルの実証研究を行った。

(1) 炭素繊維のライフサイクルインベントリ (LCI)

炭素繊維協会では、1997～1998年度から当時の通商産業省の要請・指導のもと、複合材料のライフサイクルインベントリ(LCI)データ構築プロジェクトに協力する形で、炭素繊維のLCIデータの調査を開始した。この活動成果は「複合材料のインベントリデータ構築に関する調査報告書」(1999年7月、社団法人日本航空宇宙工業会)に報告されている。その後、2006年度、2009年度、2017年度にそれぞれLCIデータを公表してきた。

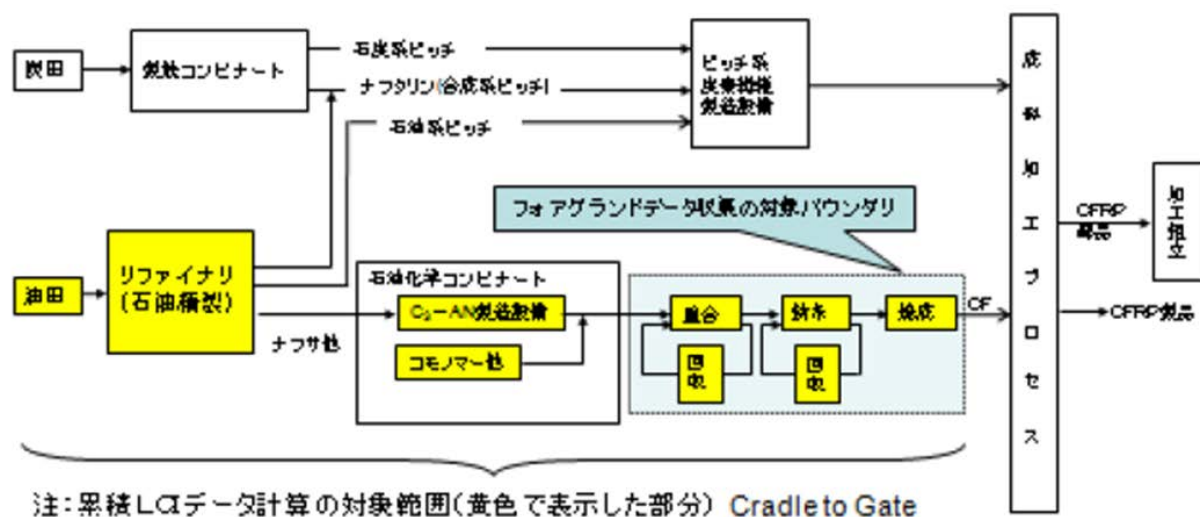
2009年度以降の公表値では、PAN系炭素繊維の主力銘柄である高強度炭素繊維{弾性率230～250Gpa、フィラメント数12K(800tex)～24K(1,600tex)}の主力生産ラインにおける直近の生産実績に基づいてLCIデータを集計し、その結果を日本LCAフォーラムに登録した。

炭素繊維1kg製造する際のCO₂排出量の2022年公表値を含めた推移を図表17に示す。



図表 17 炭素繊維の LCI 推移

なお、調査の範囲は、PANの重合・プリカーサーの製糸・炭素繊維の焼成工程に投入される主原料及び副原料・資材、並びに、各種ユーティリティ（電力・水・燃料等）である。また、これらの工程に投入される主原料、副原料、資材については、原油採掘まで遡及して計算した。



図表 18 原料遡及を含めた計算の対象範囲

これらの LCI データをもとに、飛行機、風力発電、自動車における LCA の炭素繊維協会モデルを作成し、炭素繊維が使用段階で CO₂ 排出削減効果が高いことを示した。炭素繊維協会モデルについては、2 (1) 項「製品使用段階での CO₂ 排出量削減への貢献」で述べる。

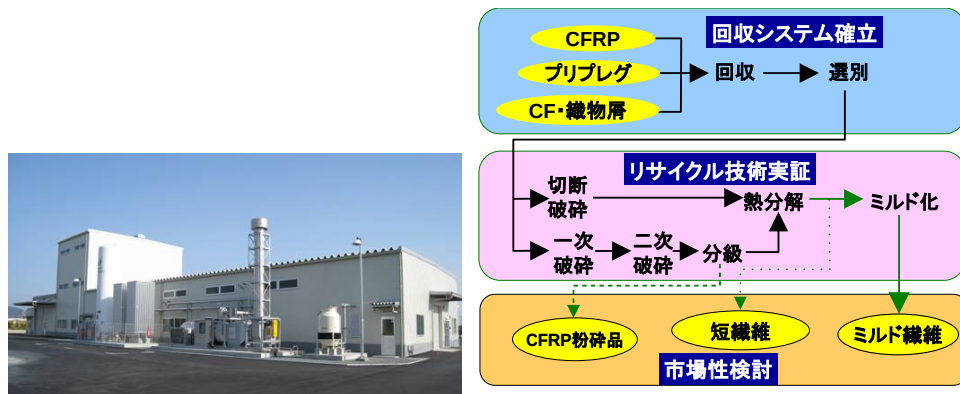
(2) 炭素繊維のリサイクル技術開発

炭素繊維協会では、炭素繊維市場の成長に伴い、それまでの埋め立て処分に頼ることはできないとの判断から、1997 年より有効な処分方法についての調査を開始した。その後、2000～2002 年度にかけて国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、経済産業省委託基準認証研究開発事業『リサイクル CFRP (炭素繊維強化プラスチック) 粉碎品の標準化』を受託したのを契機に、炭素繊維のリサイクルについての調査研究～実証研究を継続して進めてきた。

年度	研究テーマ	実施主体
1997年頃	CFRPの埋立処分に代わる方法の調査研究	国内PAN系 炭素繊維メーカー
2000～2002	NEDO委託研究 「リサイクルCFRP粉碎品の標準化」 ・ CFRPの粉碎・分級技術の開発 ・ CFRPの樹脂(熱)分解・除去技術の開発 ・ ミルドCFへの再生加工技術の開発	
2003～2005	自主研究(基盤技術構築)	炭素繊維協会
2006～2008	経産省補助事業 「炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発」 ・ リサイクルプロセスフローの設計、市場性調査 ・ パイロットプラント設計建設、廃材回収の検証 ・ パイロットプラント実証運転、リサイクル品の評価	
2009～2011	福岡県・大牟田市との共同研究 「リサイクル炭素繊維に係る研究」 ・ 用途開発プロジェクト(県 / ユーザ) 向けリサイクルCF製造 ・ リサイクルミルドCFの品質向上、短繊維CFの試作	
2012～2014	炭素繊維リサイクル技術開発組合活動	技術開発組合 (国内PAN系 炭素繊維メーカー)
2015～	個社の技術開発→事業化	各社

図表 19 炭素繊維協会におけるリサイクルの取組み

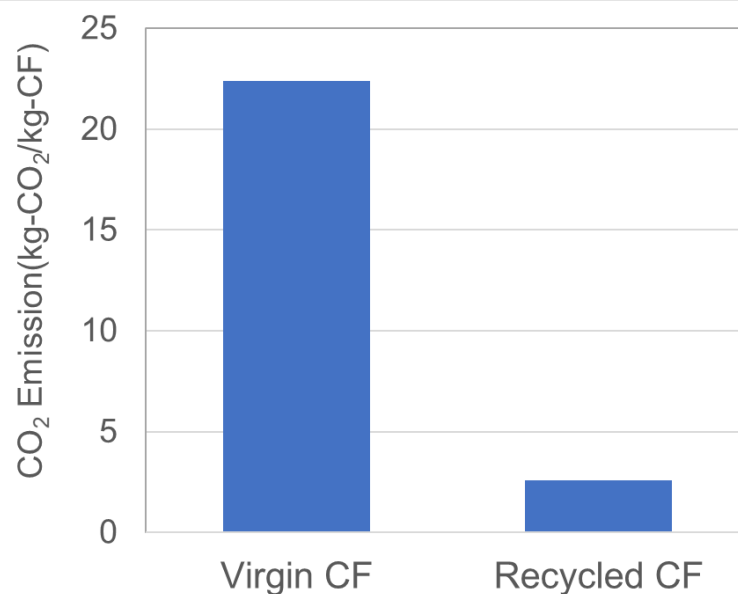
2006～2011 年は、経産省補助事業として福岡県大牟田市のエコタウン内に年産 700 トンの処理能力を有するパイロットプラントを建設し実証研究を行った。



図表 20 炭素繊維リサイクルパイロットプラントの外観(左)、炭素繊維リサイクルのフロー (右)

2012 年度以降、本研究は P A N 系炭素繊維メーカー 3 社が設立した炭素繊維リサイクル技術開発組合に引き継がれ、さらに技術の深化を図った。そしてリサイクル炭素繊維 1kg 製造する際の CO₂ 排出量 として 2.6kg-CO₂/kg-CF の目途を得た。

リサイクル技術開発組合は 2015 年 3 月にリサイクル炭素繊維の製造技術確立という所期目標を達成したことから解散し、現在は個社の研究開発～事業化の段階に至っている。



(注)2015 年時点

図表 21 バージン炭素繊維とリサイクル炭素繊維の製造時 CO₂ 排出原単位

2. 温暖化対策長期ビジョン

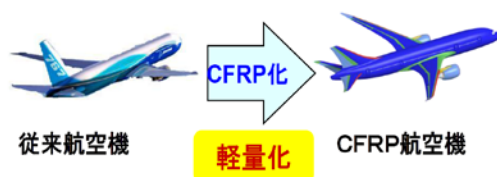
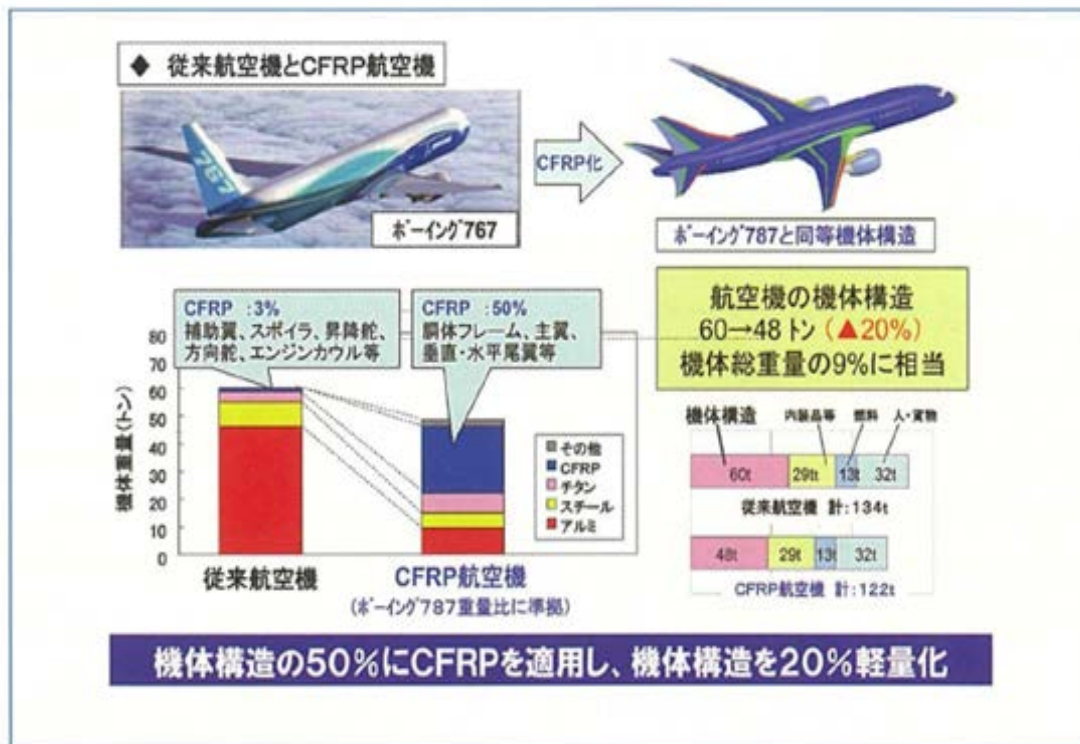
(1) 製品使用段階での CO₂排出量削減への貢献

本章では、LCA（ライフサイクルアセスメント Life Cycle Assessment）の観点から、CF が優れた環境配慮型の材料であることを見て行きたい。

なお LCA とは、ある製品の原料の採取、製造、流通、その製品が社会で使用されて廃棄されるまでの一生（＝ライフサイクル）を通じて、必要なエネルギー量や材料の使用量、排出される CO₂ や環境汚染物質などを算出し、環境への負荷を科学的・定量的客観的に数値として評価する方法である。

① 航空機

航空機は CFRP を適用することで、燃費向上による CO₂削減効果が非常に大きい。従来、補助翼やスポイラーなどの一部にしか使用されていなかった CFRP を、胴体フレームや主翼、垂直－水平尾翼まで拡大することで、機体構造の 50%を CFRP とすることが可能となった。これにより、機体構造が 20%軽くなり、燃費が約 7%向上する。この航空機を 10 年間使用すると 1 機当たり 27,000 トンの CO₂排出量が削減できる。



<前提>

機体：中型旅客機（ボeing 767）国内線仕様

運航：国内線（羽田⇄千歳；500マイル）

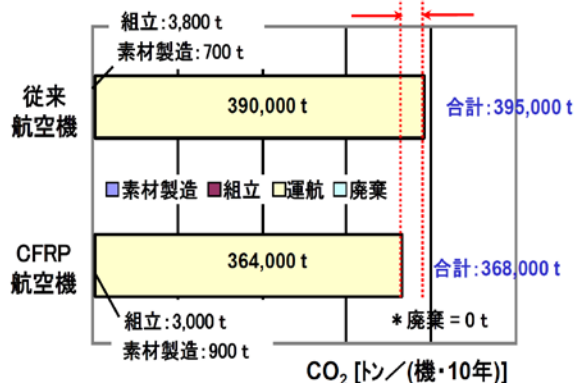
生涯運航距離：年間2,000便、10年（出典：全日空）

CFRP航空機：CFRP50%適用、20%軽量化（従来機対比）

<ライフサイクルCO₂排出量>

<航空機1機当たり>

削減効果：27,000トン（7%）



<炭素繊維1トン当たり>

炭素繊維製造時の
CO₂排出量

ライフサイクル
CO₂削減効果

（製造時含む）

20トン

▲1400トン

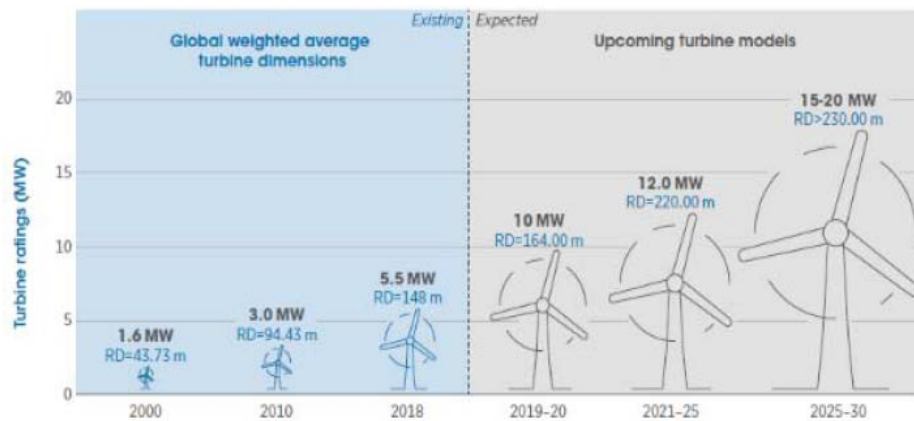
1機当たり炭素繊維
約20トン使用

JCMA Proprietary

図表 22 飛行機 LCA“炭素繊維協会モデル”

② 風車

CFRP を風力発電用ブレードに用いることで、風車の直径を 100m 超まで大型化することが可能となった。風車の発電能力は、ブレードの長さの 2 乗に比例するため、1 基当たりの発電能力は大幅に向上し、洋上風力発電では 10MW のものが建設されるようになった。この風車を 25 年間使用した場合、火力発電（石炭火力・石油火力の平均値）と比較して、1 機当たり 318,000 トンの CO₂ 削減が可能である。



[出典：IRENA (International Renewable Energy Agency) 資料]

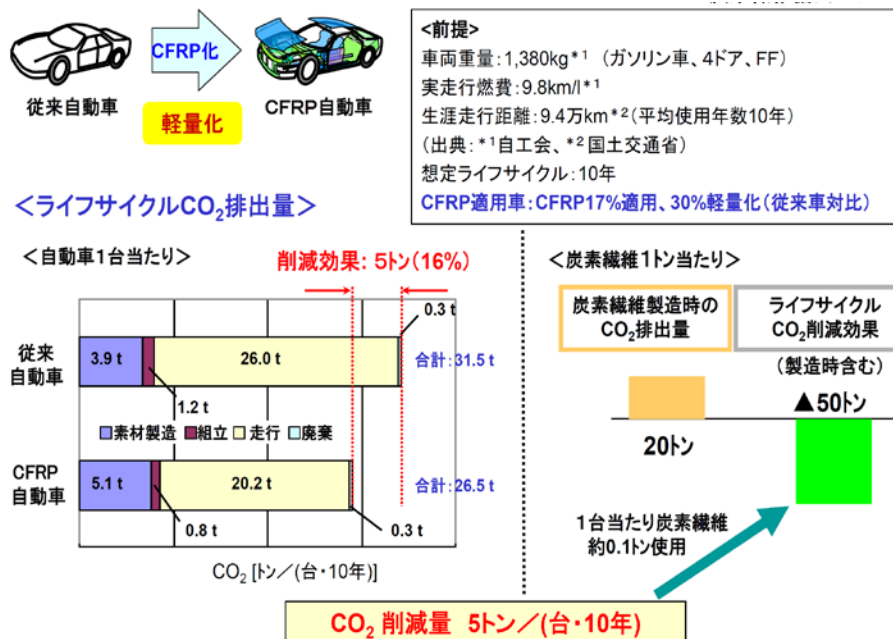
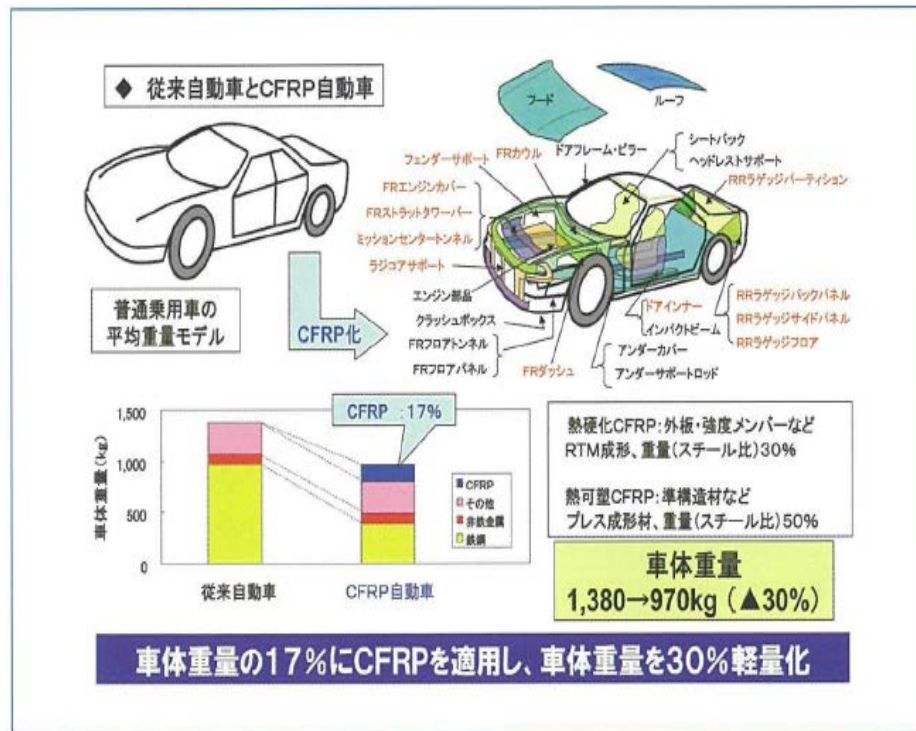
図表 23 洋上風力発電直径（平均）の推移



図表 24 風車 LCA モデル“炭素繊維協会モデル”

③ 自動車

普通自動車の平均的なモデルに、CFRP を車体重量の 17%適用することで、従来の自動車用軟鋼板を使った車体よりも、車体重量を 30%軽量化することが可能となり、燃費が 22%向上する。この自動車を 10 年間使用した場合、1 台当たり 5 トンの CO₂ 排出量を削減できる。



JCMA Proprietary

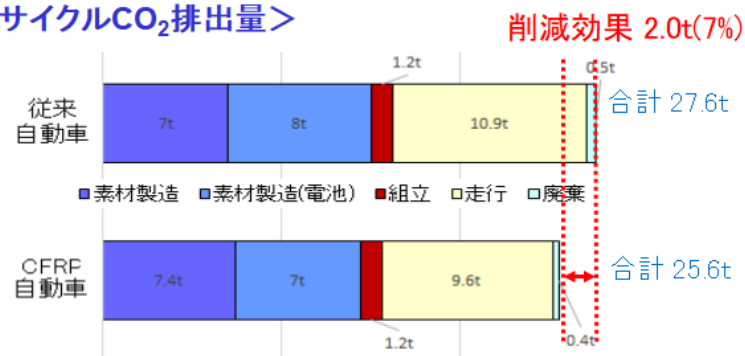
図表 25 自動車 LCA“炭素繊維協会モデル”

④ 電気自動車

中型SUVの電気自動車に、CFRP を車体重量の 16%適用することで、ハイテン鋼、アルミを主体とした車体よりも 16%軽量化することができ、搭載する電池を 13%削減することができる。燃費が改善され、この自動車を日本国内で 10 万 km、または、欧州で 15 万 km 走行した場合、1 台あたり 2 トンの CO₂ 排出量を削減できる。



<ライフサイクルCO₂排出量>



CO₂ 削減量 2.0トン／(台・日本10年)

図表 26 電気自動車 LCA“炭素繊維協会モデル”

(2) 炭素繊維製造段階での CO₂ 排出量削減への取組み

これまで述べてきた通り、炭素繊維は顧客使用段階で省エネに大きく貢献する、環境に優しい素材である。しかし政府が掲げるカーボンニュートラル社会の実現には、炭素繊維製造段階での CO₂ 排出量削減についても、もう一段の取組みが必要である。

炭素繊維製造段階における CO₂ 排出削減対策には図表 27 に示すものが考えられる。これらの対策により、炭素繊維を 1kg 製造する際に排出する CO₂ 量を技術的にどこまで削減できるかのビジョンについてまとめた。

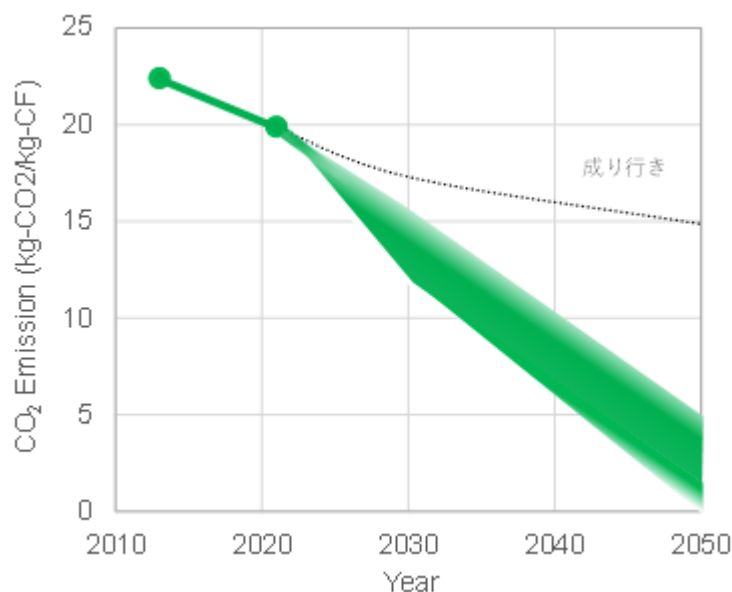
業界外の取組み	・ 買電のCO₂排出係数低減(電力各社) ・ 系統電源のゼロエミッション化 ・ 上流工程におけるCO₂削減
業界内の取組み	・ 炭素繊維製造工程における生産性向上、製品率向上 ・ 自家発電プラント・蒸気製造プラント等の燃料転換(LNG、バイオ由来燃料) ・ 原料アクリロニトリルの一部にバイオ由来のもの使用。
要 外部との協働	・ 炭素繊維リサイクルの推進、リサイクル炭素繊維の流通比率向上 ・ CCS・CCU技術の導入等

(注) CCS・CCU：Carbon dioxide Capture and Storage/Utilization の略、二酸化炭素回収・貯留/利用。

図表 27 炭素繊維製造時の CO₂ 排出量削減技術

まず、炭素繊維原料の製造工程（原料採掘～精製）や買電などユーティリティの外部調達といった業界外の取り組み（成り行き）を図中黒点線で示す。これに加えて、炭素繊維製造時の工程改善など業界内の取り組みとしての CO₂ 削減対策を実施した場合の効果を緑線（帯）で示す。

ビジョン値に幅があるのは、リサイクル炭素繊維の市場流通率や、CCS・CCUの導入状況によって変わるためである。特に、CCS/CCUについては、CO₂濃度が比較的低い工程においても、安価に利用できる技術であるかがカギになる。



図表 28 炭素繊維製造時の CO₂ 排出原単位のビジョン値

業界外の取り組みだけで期待できる炭素繊維 1 トン製造時の CO₂ 排出削減効果（成り行き）を予測すると、2030 年で 21 % 減、2050 年で 33% 減となる（いずれも 2013 年度対比）。

これに加えて、炭素繊維製造現場における燃料転換や工程改善の実施といった業界内の取り組み、リサイクル炭素繊維の流通量増加により、炭素繊維 1 トン製造時の CO₂ 排出量は 2030 年時点で 30～47% の削減が期待される。さらに本取り組みの継続と強化により 2050 年は 78～97% 削減となる（いずれも 2013 年度対比）。わずかに残る CO₂ 排出量は、原料の反応生成物に由来するものであることから、原料をバイオ由来のものに変えるか、CO₂ を吸収して貯蔵・再利用する技術（CCS/CCU）の導入などで実質ゼロにすることが可能となる。

一方、炭素繊維製造に係る CO₂ 総排出量についてみると 2030 年頃までは 2013 年度と比べて需要増加により増大すると予想されるものの、各種省エネ対策を継続して強化し、かつ、リサイクル炭素繊維の流通量増大により、2050 年にかけて CO₂ 総排出量も大幅に減少する見通しである。

(3) 資源循環(リサイクル)への取り組み

2022 年時点におけるリサイクル炭素繊維製造時の CO₂ 排出量は、2.6kg-CO₂/kg-CF とバージン炭素繊維の約 1/8 であり、リサイクル炭素繊維の市場流通量を増やすことは、炭素繊維製造時の CO₂ 排出量削減の有効な対策の一つである。

リサイクル事業をさらに発展させるには、CFRP からの炭素繊維再生技術だけでなく CFRP 廃材の回収、リサイクル炭素繊維の品質評価、用途開拓をセットで成立させる必要がある。それには炭素繊維業界だけの取り組みでは難しいため、政府、ユーザー業界、リサイクル事業者、研究機関等が一体となりビジネススキームを構築していく必要がある。

① CFRP 廃材の発生量とリサイクル炭素繊維市場

経済産業省の調査³ほかによると、2020 年時点の使用済 CFRP 廃材の排出量は 46,500 トン、CFRP 製造工程から排出される CFRP 廃材の排出量は 10,500 トンと推計される。これに対して、マテリアルリサイクルされているのは 1 割未満と推定され、大部分はサーマルリサイクル、または埋め立て処理されている。

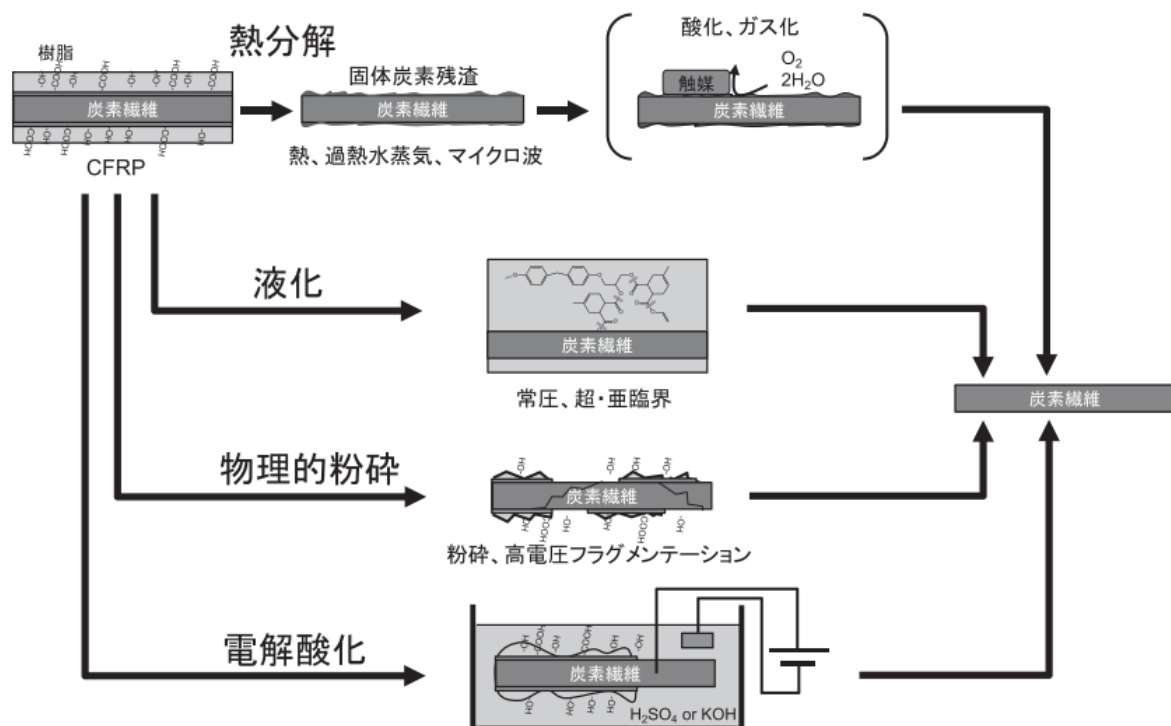
② 世界のリサイクル事業者・研究機関、リサイクル方法

リサイクル炭素繊維の製造技術には、大きく分けて熱分解法（過熱水蒸気併用）、液化法（加溶媒分解法、超臨界・亜臨界流体法）、物理的粉碎法、電解酸化法などがあるが、事業化または実用域にあるのは、熱分解法とその派生である。

巻末に、世界のリサイクル事業者（メーカー）、リサイクル研究機関と、実施しているリサイクル方法を紹介する。

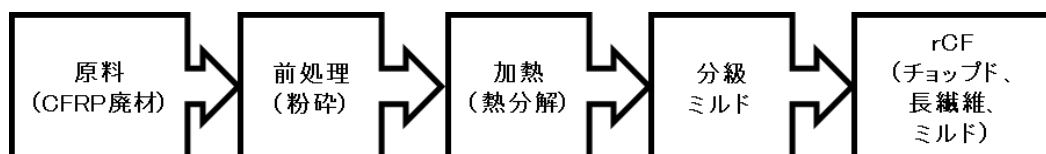
³ 経済産業省 令和 3 年度産業標準化推進事業委託費(戦略的国際標準化加速事業 ルール形成戦略に係る調査研究)「リサイクル炭素繊維の評価手法や採用状況に関する国際動向調査」(2022 年 3 月)

熱分解法の製造プロセスフローの例を示す。熱分解法では、回収した CFRP 廃材を粉砕し、350～700℃で樹脂を分解除去した後、CFを取り出す。取り出された CF の形状は、長繊維、チョップド、ミルドと多岐にわたる。熱分解の過程で発生する排熱も有効利用することで、バージン CF 対比 1/8～1/7 という少ない CO₂ 排出量で炭素繊維の再生を可能としている。



(出所) 廃棄物資源循環学会誌, Vol.29, No.2, pp.133 -141, 2018

図表 29 リサイクル炭素繊維の製造技術概要

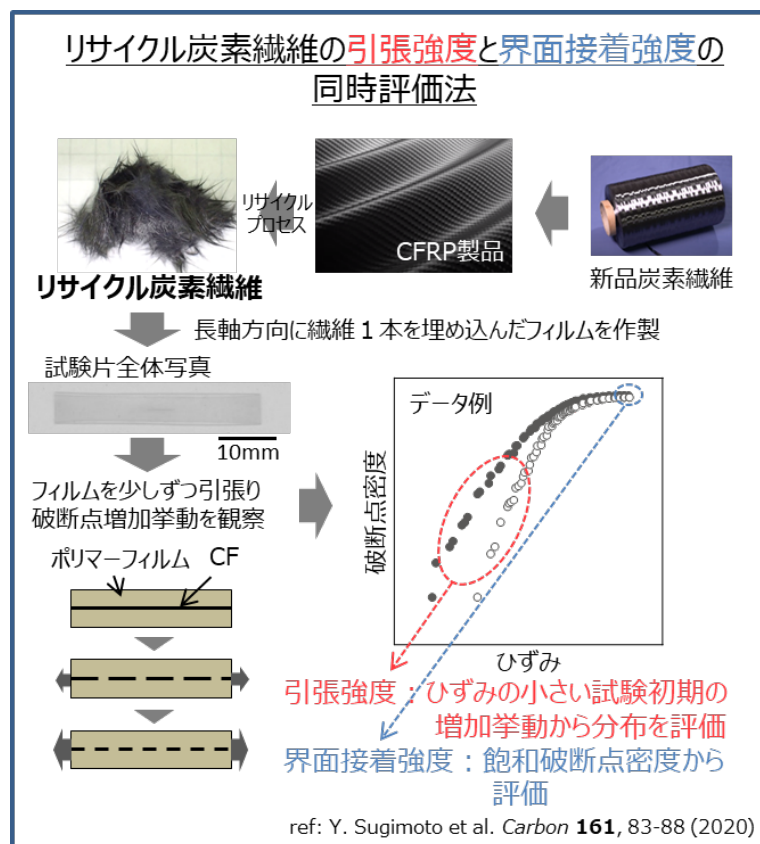


図表 30 熱分解法の概要

③ リサイクル炭素繊維の試験規格

CFRP の性能は、原材料となる炭素繊維そのものの性能が大きく影響を及ぼす。リサイクル炭素繊維は、再生条件によって引張強度が大きく異なることから、リサイクル炭素繊維の品質を精確に評価する手法が必要である。

炭素繊維および CFRP に関連する JIS・ISO 試験規格は、ほとんどが連続繊維を対象としたものであり、非連続繊維が多いリサイクル炭素繊維には適用が難しい。炭素繊維の研究者、ユーザーとメーカーが一体となり、リサイクル炭素繊維を対象とした試験規格の策定をプロジェクト化することが期待される。



図表 31 リサイクル炭素繊維の評価方法 (例)

④ユーザー業界との取り組み

自動車産業において、CFRP 部品の搭載例は限定的であるものの、軽量化のニーズから今後導入が促進される素材の一つとして期待されている。

炭素繊維協会では、CFRP を自動車用途に適用していくにあたり、自動車リサイクル法を見据えた処理方法の確立が必要との立場から、2019～2021 年度にユーザー団体である（一社）日本自動車工業会らと共に CFRP 適正処理研究コンソーシアム⁴に参画、（公財）自動車リサイクル高度化財団（J-FAR）の事業として、CFRP のサーマルリサイクルにおける適正条件を調査した。

CFRP の原材料となる炭素繊維は難燃性と導電性を併せ持つ素材である。このため CFRP 部品を搭載した使用済自動車が解体後 ASR（Automobile Shredder Residue：自動車シュレッダーダスト）となる際に、その ASR に CFRP が含まれることにより ASR 処理施設において処理装置トラブルが発生したとされる事案が生じた。炭素繊維が原因であるとの明確な特定には至っていない一方、処理施設から炭素繊維混入時の対処方法や燃焼方法についての情報を求める声が上がっていた。

こうした背景から自動車における CFRP 部品使用が本格化する前に、サーマルリサイクル処理技術を確立しておくことが重要であるとして、適正な CFRP 処理方法を構築するため炭素繊維及び CFRP の基礎燃焼特性を把握するとともに、基礎燃焼特性の把握にもとづく実証試験を実施し、現存燃焼処理設備での燃焼処理の方向性を設定した。

また模擬 ASR の燃焼サンプル準備を進め、実証研究を目的とした実証炉を設計・製作した。その結果、実証炉を用いた CFRP の燃焼では燃焼残渣の再投入により 97%の燃焼を達成した。

本研究事業を通じて、炭素繊維および CFRP は、燃焼方法の調整によってサーマルリサイクル処理することが可能であることを実証した。本研究の詳細は下記を参照されたい。

（公財）自動車リサイクル高度化財団（J-FAR）

2021 年度自動車リサイクルの高度化等に資する調査・研究・実証等に係る自主研究
「CFRP 適正処理研究」最終報告書

2022 年 3 月 31 日 （株）矢野経済研究所

<https://j-far.or.jp/project/#j>

⁴ 構成員は事業受託者の矢野経済研究所の他、JFE テクノリサーチ、東レリサーチセンター、日本自動車工業会、日本化学繊維協会炭素繊維協会委員会である。

V. 技術革新の取り組み（国家プロジェクト等の取り組み紹介）

炭素繊維および炭素繊維複合材料の省エネ製造プロセス、短時間成形加工に関する基盤技術開発等を目的に、各種の国家プロジェクトが立ち上がっている。炭素繊維協会会員各社は、これらの国家プロジェクトに積極的に参加し、基盤技術開発の一翼を担っている。

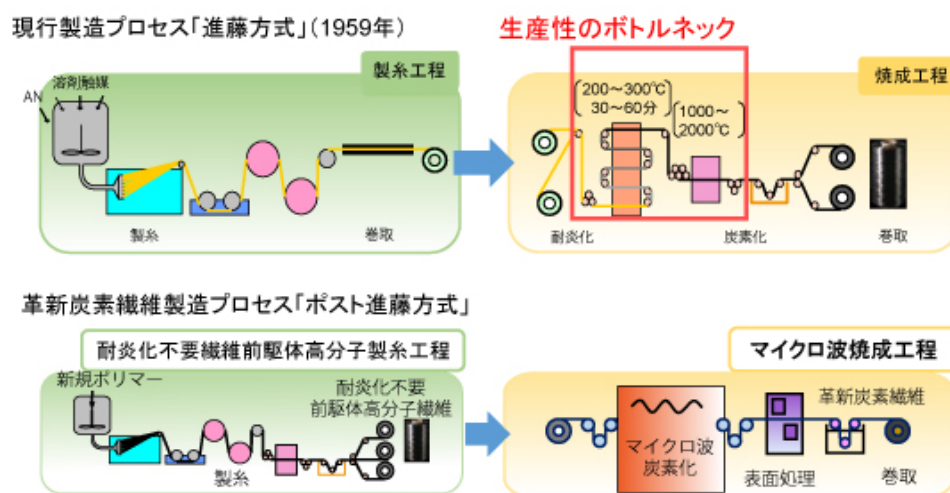
1. 革新炭素繊維基盤技術開発（新構造材料技術研究組合（ISMA））

アクリル繊維を空气中数百度で耐炎化した後、窒素中高温で炭素化（焼成）する現行の PAN 系炭素繊維の製造方法を一新し、省エネルギーで生産性の高い製造プロセスの基盤技術の確立を目指す。

生産性向上のボトルネックである耐炎化工程を不要にするため、世界で初めて溶媒可溶性耐炎ポリマーの合成に成功し、6K フィラメントでの紡糸基本技術を確立した。本プリカーサーを原料とした炭素繊維（単糸径 $5\mu\text{m}$ ）は、弾性率 240GPa、伸度 1.5% を達成した。

一方、マイクロ波による炭素化技術では、秒単位での高速炭素化を実現した。さらにマイクロ波の照射条件や繊維加熱メカニズムの違い、構造変化の差異を定量的に精緻に評価する新手法を見だし、安定炭素化を実現するための基盤技術を開発した。

今後は、単糸径 $7\mu\text{m}$ で、弾性率 240GPa、強度 4GPa を凌ぐ性能を目標とし、ラージトウ（48K）での工業化プロセス技術の完成を目指す。



図表 32 現行炭素繊維製造プロセス(PAN 系)と革新炭素繊維製造プロセスとの比較
（新構造材料技術研究組合（ISMA）ホームページより）

2. サステナブルハイパーコンポジット技術

(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO))

炭素繊維複合材料の易加工・高強度を実現するための基盤技術として、炭素繊維と熱可塑性樹脂による短時間成形が可能な中間基材、高速成形加工技術、接合技術、リサイクル技術の開発を実施し、自動車等の更なる軽量化と燃費の大幅改善を図ることと高度な省エネルギー社会を構築するとともに、日本製造業の国際競争向上を図ることを目的とする。

①易加工性炭素繊維熱可塑性樹脂複合材料（以下、CFRTP）中間基材の開発

熱可塑性樹脂との接着性、繊維の分散性や含浸工程通過性を両立する炭素繊維の表面処理技術。炭素繊維への含浸性と物性を両立する熱可塑性樹脂。生産性及び部材への加工性に優れた等方性／一方向性 CFRTP 中間基材を開発する。

②易加工性 CFRTP の成形技術の開発

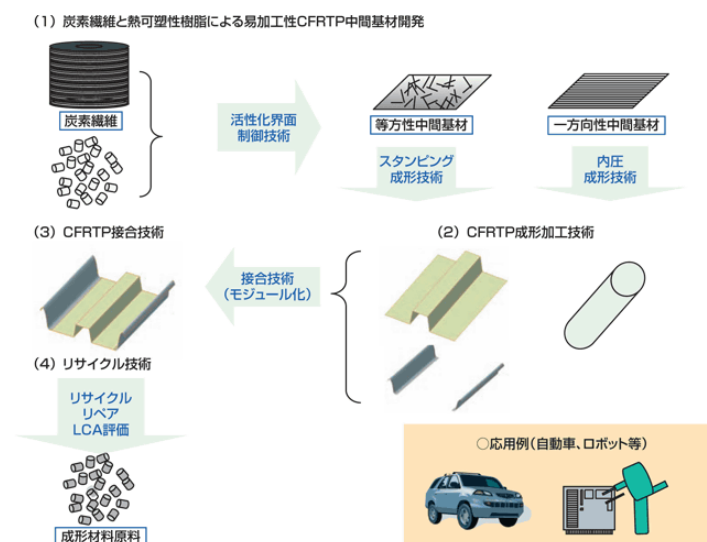
前記 CFRTP 中間基材を用いた高速成形加工技術として、高速スタンピング成形技術と高速内圧成形技術を開発する。

③易加工性 CFRTP の接合技術の開発

研究開発項目①②を通して開発される各種 CFRTP 部材に対して、各種溶着等による高速、且つ、十分な接合強度を有する接合方法を開発する。

④易加工性 CFRTP のリサイクル技術の開発

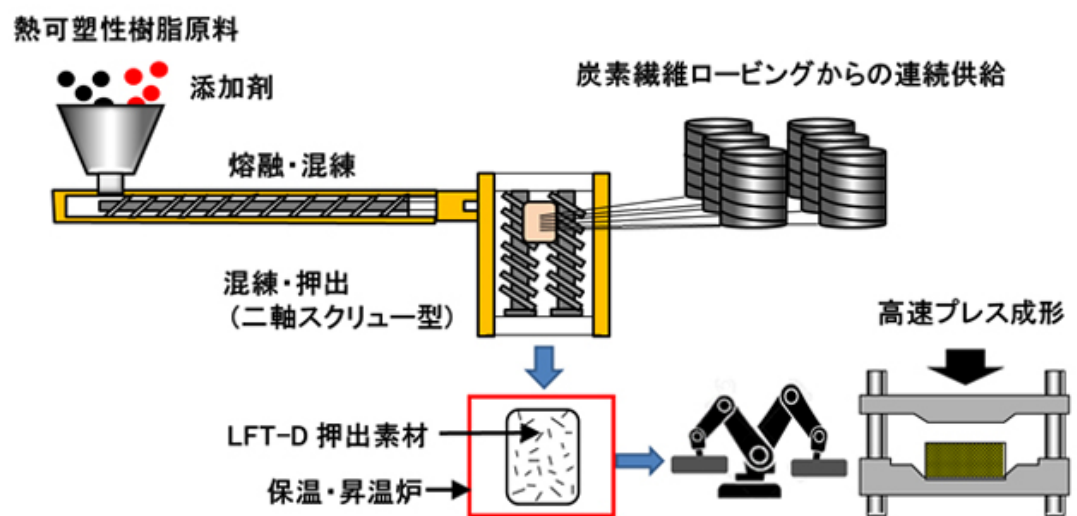
研究開発項目①②③を通して開発される各種 CFRTP 部材に対し、リサイクル性（リサイクル後の性能保持率、リサイクル可能回数）を向上させる技術、リペア技術を開発する。また、環境影響評価（L C A）を実施して、本開発技術が各種製品に使用された場合の環境負荷低減への貢献度を定量化する。



図表 33 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) ホームページ「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」より

3. ナショナルコンポジットセンター（NCC）

CFRP は自動車の車体軽量化によって CO₂ 排出量の削減につながる材料として期待されているが、一般的な熱硬化性 CFRP は力学的特性に優れるものの成形時間が長いなどの課題があり、航空機や一部の高級車への適用に留まっていた。そこで、成形性・融着性に優れる熱可塑性 CFRP に着目し、LFT-D (Long Fiber Thermoplastics-Direct) 工法を適用することで、自動車のシャシー部材の成形を、1 分程度で完了させ、さらに超音波融着法を用いたシャシー組み立て技術によって、熱可塑性 CFRP のみによる自動車用シャシー（現行アルミ製より 10%の軽量化を達成）の製作に世界で初めて成功した。



図表 34 LFT-D工法の概念図（ISMA ホームページより）



図表 35 熱可塑性 CFRP 製試作シャシー（ISMA ホームページより）

4. 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「革新的構造材料」

（国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST））

民間航空機の機体やエンジンに用いられる先進構造材料の必須要件として、軽量・安価で、高品質、生産性やメンテナンス性に優れることが挙げられる。機体用に CFRP、エンジン用に耐熱金属およびセラミックスを選び、材料開発、プロセス・加工技術や構造設計技術を含めた技術課題を選定した。

A 領域： 航空機用樹脂の開発と CFRP の開発

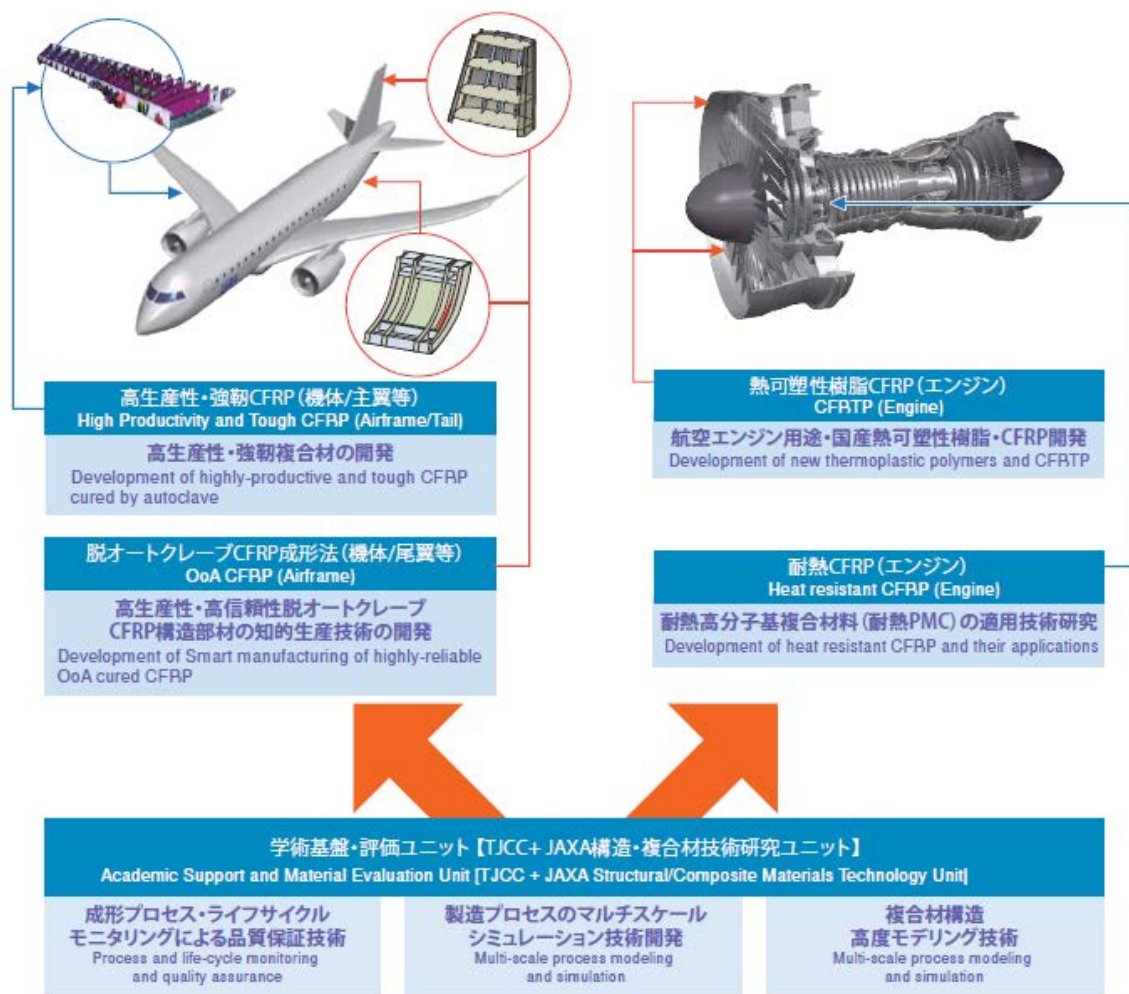
- ・ 既存のオートクレーブ法に変わる主構造部材（尾翼等）の高品質、低コスト、高生産性を実現する材料とその製造技術の開発、および主構造部材（主翼等）への適用を狙った低コスト、高品質（強靱）なオートクレーブ用プリプレグの開発
- ・ 空機エンジン部品に用いられる耐衝撃性・耐熱性に優れた熱可塑性プリプレグとその成型技術の開発、及び耐熱 PMC の適用技術の開発による軽量化の達成
- ・ 複合材構造の成型プロセスモニタリング、品質保証技術、非接触・非破壊検査技術、接合技術

B 領域： 耐熱合金・金属間化合物の開発

- ・ 航空機エンジンや発電用タービンの主要材料である Ti 合金や Ni 基合金等の革新的な大型・実用的鍛造技術、及びそれを支えるシミュレーション技術の開発やデータベースの構築
- ・ 航空機・タービン部材への適用を目指した、施工性・生産性に優れたレーザー粉体肉盛技術や寸法精度・耐疲労特性に優れた粉末射出成形技術の開発

C 領域： セラミックス基複合材料の開発

- ・ 航空機エンジンの燃費改善と CO₂ 排出削減に向けて大きく貢献すると期待される耐熱・軽量セラミックス部材の実用化に向けて、高温酸素・水蒸気環境からこの部材の表面を守り、長期使用を可能にする耐環境性コーティング技術の開発
- ・ 高靱性と耐熱性を併せ持つ軽量セラミックス系部材へ適用可能な耐環境コーティング技術の開発



図表 36 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「革新構造材料」の開発
 (SIP「革新的構造材料」パンフレットより)

VI. 炭素繊維の低炭素化（CO₂排出量削減）に向けた政府への要望

炭素繊維の CO₂ 排出削減対策およびカーボンニュートラルの実現は炭素繊維業界だけでは対応困難な課題も多い。政府への要望事項を以下にまとめる。

① 低炭素化の技術開発支援

- ・ 低炭素化・脱炭素化に寄与する設備（自家発電設備、再生可能エネルギー設備、革新的省エネ／CO₂排出削減設備）の導入支援
- ・ 脱炭素化燃料による（水素、アンモニア、バイオ由来燃料利用等）実装可能な発電技術の早期の確立
- ・ バイオ由来の原料の製造技術、CCS/CCU などの早期技術開発と社会実装

② 低炭素化を着実に進めていくための仕組みの構築

- ・ 炭素繊維リサイクル事業を軌道に乗せるための各種支援（CFRP 廃材の回収、リサイクル炭素繊維の品質評価、用途開拓など）
- ・ 燃料転換等におけるコスト上昇を社会全体で負担する国際的に整合性のとれた仕組みの構築

③ 脱炭素化エネルギーの安定・安価な供給

- ・ 電力会社からの供給電力の 2050 年ゼロエミッション達成

VII. おわりに

本ビジョンは日本化学繊維協会 炭素繊維協会委員会（旧 炭素繊維協会）がこれまで取り組んできた活動に加え 2030 年、2050 年の未来に向けたビジョンを策定することで、カーボンニュートラル社会においても、炭素繊維が引き続きみなさまの暮らしに貢献できることを示すために纏めたものである。

誕生して半世紀経過した炭素繊維が今なお革新素材と呼ばれるのは、炭素繊維がそれを使用する製品に常に新しい価値を提供しているからに他ならない。炭素繊維が製品に付与できる軽量化、高剛性といったいくつもの優れた性能は社会を変える力を持っている。それは地球に対しても環境を守る素材としてその役目を果たしている。

カーボンニュートラル社会においては、従来からの取り組みに加えて、製造段階で発生する CO₂ への対策を検討するなど、もう一段の取り組みが必要である。炭素繊維製造工程の燃料転換はもちろんであるが、ユーザー業界と一体になってすすめるべき資源循環（炭素繊維のリサイクル）システムの実現、さらには完全にゼロにすることが難しい反応由来 CO₂ を安価に吸収・再利用する技術の導入が期待されている。

引き続き、関係各位のご理解とご支援をお願いしたい。

以上

参考資料

1. 炭素繊維の LCI データ

炭素繊維協会が集計したバージン炭素繊維の直近の L C I データ (P A N 系炭素繊維メーカー 3 社の 2017 年度生産実績に基づく)、炭素繊維リサイクル技術開発組合が 2014 年に集計した リサイクル炭素繊維の L C I データ (大牟田パイロットプラントで収集) を図表 37 に示す。

	フィードストック エネルギー (MJ/kg)	消費エネルギー (MJ/kg)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg-CF)
バージン炭素繊維	32	319	19.8
リサイクル炭素繊維	—	46	2.6

(注)フィードストックエネルギー：製品システムへの原材料のインプットのうち、エネルギー源としては使われない燃焼熱

図表 37 バージン炭素繊維、リサイクル炭素繊維の L C I データ

2. 国内外の主な CFRP リサイクル事業化企業・研究機関

国	企業名／団体名		リサイクル方法	処理能力 (2019年)	前処理	温度・圧力	溶媒	触媒	再利用製品形態
日本	メーカー	アイカーボン	熱分解法	不明	粉碎	400～500℃	不要	不要	CF(乾式不織布向け(50mm程度)、射出成形ペレット・コンクリート補強材向け(3～6mm)のサイズドファイバー)
			電解酸化法	不明	粉碎	常温・常圧	濃硝酸、アルカリ	不明	CF(スラリー)
		アースリサイクル	解重合法	20t/年	無し	275℃・常圧	グリコール系溶媒	アルカリ金属塩	CF(チョップド、ミルド、長繊維)
		ウイスカ	熱分解法	不明	粉碎	不明	不要	不要	CF(ミルド)
		ACA	空気流による粉碎・分散法	不明	粉碎	不明	不要	不要	CF(ミルド)
		カーボンファイバーリサイクル工業	熱分解法(二段階過熱法)	3,000t/年	不要	500～550℃	不要	不要	CF(チョップド、ミルド、長繊維)
		新菱	熱分解法(過熱水蒸気)	200t/年	裁断	600℃	不要	不要	熱可塑性樹脂とのコンパウンド品
		高安	熱分解法	約60t/年	不明	不明	不要	不要	不織布
		富士加飾	熱分解法(熱風循環式)	360t/年	裁断	400～480℃	不要	不要	熱可塑性樹脂とのコンパウンド品
	研究機関	JAXA航空技術部門	加溶媒分解法	－	裁断(10～50mm角)	常温・常圧	不明	不明	CF(短繊維)
		埼玉県産業技術総合センター	加溶媒分解法	－	不明	常温・常圧	HCl-BZA溶剤	不明	CF
		信州大学	TASC法	－	不明	500℃	不要	不要	CF
		ファインセラミックスセンター	熱分解法(過熱水蒸気)	60t/年	裁断	500℃	不要	不要	CF(織物状態で回収可能)

国	企業名／団体名		リサイクル方法	処理能力 (2019年)	前処理	温度・圧力	溶媒	触媒	再利用製品形態
米国	メーカー	Adherent Technologies, Inc.	熱分解	-	-	500℃	不明	不明	CF
			加溶媒分解法	-	-	-	不要	不明	CF
			化学プロセス (高温流体処理)	-	-	温度300℃以上、 圧力500PSI (3.45MPa)	不要	不明	CF
			化学プロセス (低温低圧流体処理)	-	-	圧力150PSI、 温度150℃	不要	不明	CF
		Carbon Conversions, Inc. (旧: MIT-RCF, LLC)	熱分解	2,500t/y	粉碎	常圧	不要	不明	CF(チョップド、LFTペレット、不織布、短繊維のマットロール)
		Carbon Fiber Remanufacturing (AdTech International, Inc.)	CF生産工程内リサイクル	240t/y	-	-	不要	不明	CF
		Composite Recycling Technology Center(CRTC)	その他	-	-	-	不要	不明	CF
		Firebird Advanced Materials	マイクロ波	-	-	-	不要	不明	CF
		Shocker Composites	加溶媒分解法	-	-	-	不要	不明	CF
		Vartega	加溶媒分解法	-	-	-	不要	不明	CF(チョップド、LFTペレット、不織布)
			超臨界流体法	-	-	-	不要	不明	
	研究機関	ACMA・IACMI・CHZ Technologies	熱分解	-	-	-	不要	不明	CF
		Georgia Institute of Technology, Atlanta	アルコール分解	-	-	160～180℃	不要	不明	CF
		Global Fiberglass Solutions・ Washington State University	加溶媒分解法	-	-	-	不要	タノール、エタノール/ 水混合物、酸	CF
		Mallinda/University Colorado Boulder	ポリイミンの適用	-	-	-	不要	ポリイミン	CF
		North Carolina State Univ	不明	-	-	-	不要	不明	CF
		Triumph Composites Systems・ Washington State University	不明	出典：矢野経済研究所作成		-	不要	不明	CF
		University of Southern California	アルカリ消化法・酸化的消化法	-	-	-	不要	不明	CF
		Washington State University	超臨界流体法	-	-	温度80-250℃	不明	水酸化カリウム、硝酸、リンタンクスチン酸、塩化亜鉛、塩化マグネシウム、塩化アルミニウム、塩化鉄	CF

国	企業名／団体名		リサイクル方法	処理能力 (2019年)	前処理	温度・圧力	溶媒	触媒	再利用製品形態
ドイツ	メーカー	Mitsubishi Chemical Advanced Materials (旧: carboNXT or CFK Valley Stade Recycling)	熱分解法	-	無し	ガス分解	不要	不明	CF (ミルド、チョップド、ファイバーball、ファイバーtube、rCFコンパウンド、不織布、Veil、rCF smc/ rCF bmc)
		HADEG Recycling GmbH	熱分解法	-	-	-	不要	不明	CF (ショートファイバ、rCFコンパウンド、シート)
		SGL Carbon	熱分解法	-	-	-	不要	不明	CF (不織布)
	研究機関	Fraunhofer (IGCV、ICT、IVV)	マイクロ波による熱分解	-	-	-	不明	不明	CF
		Hohenstein Institute、MAI Carbon	微生物による分解	-	-	-	不要	不明	CF
		RWTH Aachen University	熱分解	-	-	600°C以上	不要	不明	CF
英国	メーカー	ELG Carbon Fibre (旧: Recycled Carbon Fibre Ltd / Milled Carbon Ltd)	熱分解	-	切断	600~900°C	不要	不明	CF (トウ、ミルド、チョップド、ペレット)
		Hexcel Reinforcements UK Limited	CF生産工程内リサイクル	-	-	-	不要	不明	CF
		Sigmatex	CF生産工程内リサイクル	-	-	-	不要	不明	CF
	研究機関	Cranfield University	加溶媒分解	-	-	-	不要	不明	CF
		Imperial College London	熱分解	-	-	-	不要	不明	CF
		University of Birmingham	熱分解、加溶媒分解	-	-	-	不要	不明	CF
		University of Bristol	熱分解	-	-	-	不要	不明	CF
		University of Manchester	化学プロセス	-	-	-	不要	不明	CF
		University of Nottingham	流動層処理	-	-	450~550°C	不要	不明	CF
			超臨界流体法	-	-	-	不要	不明	CF
フランス	メーカー	Vetrotex	溶媒洗浄法	-	-	-	不要	不明	CF
	研究機関	Alpha Recyclage Composites	水蒸気熱分解	-	-	水蒸気で加熱	不要	不明	CF
		I2M Laboratory	超臨界水加溶媒分解法	-	-	-	不要	不明	CF
イタリア	メーカー	KARBORÉK Recycled Carbon Fibres	熱分解	-	-	反応性雰囲気中で焼CFRPを加熱処理	不要	不明	CF (ミルド、チョップド、フェルト)

(出所) 経済産業省 令和2年度地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費「リサイクル炭素繊維の利用・評価手法等に関する国際動向調査」 (2021年3月)

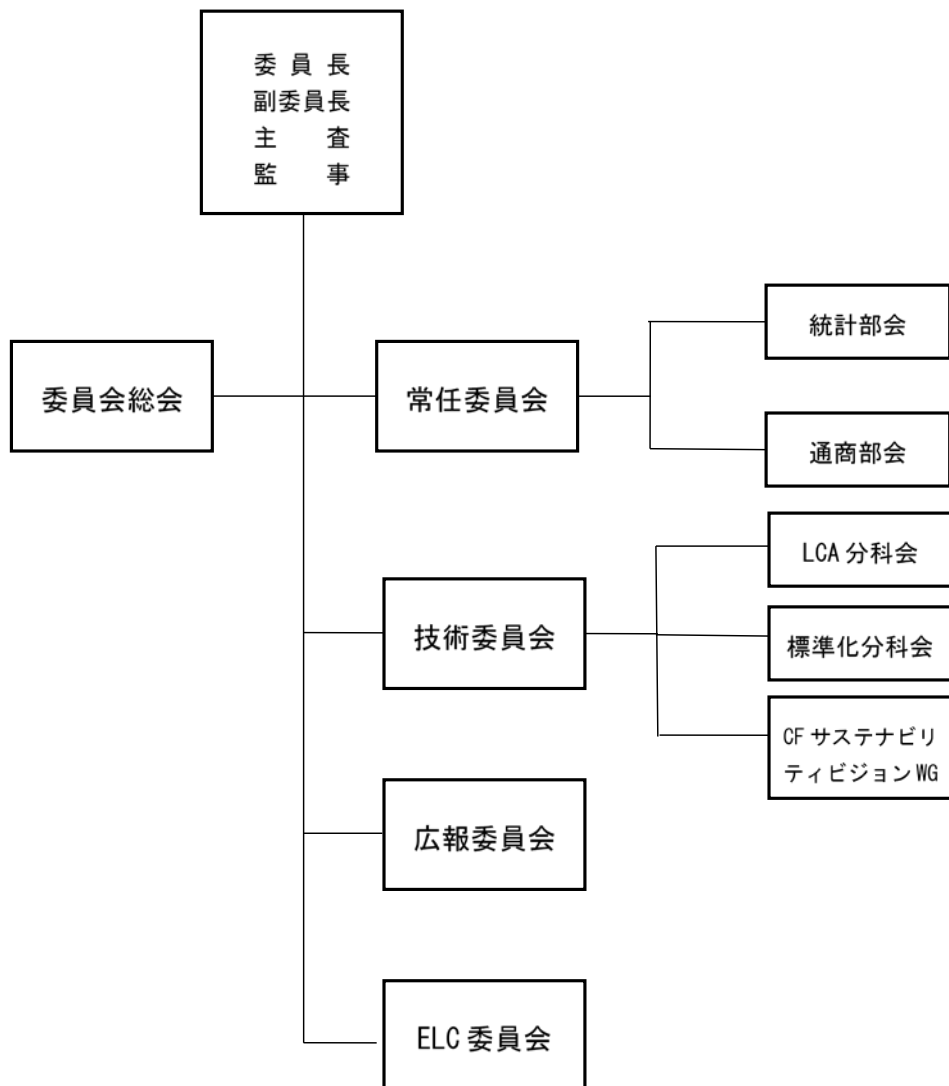
図表 38 世界の炭素繊維リサイクル事業者 (メーカー)、研究機関と実施しているリサイクル方法

3. 炭素繊維協会におけるカーボンニュートラルに向けた体制

炭素繊維協会委員会におけるカーボンニュートラルに向けた体制と担当業務を以下にまとめる。

対応組織	内容
CF 技術委員会	炭素繊維に関する技術一般 REACH対応
CF サステナビリティビジョン WG	炭素繊維業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン作成、発信、改訂
LCA 分科会	炭素繊維の LCA LCI データ調査 炭素繊維協会モデルの追加と見直し
標準化分科会	リサイクル炭素繊維の標準化 リサイクル炭素繊維の試験法の標準化
(参考) 各社対応	エネルギー部門対策 製造部門対策 リサイクル

図表 39 炭素繊維協会委員会におけるカーボンニュートラルに向けた体制



図表 40 日本化学繊維協会 炭素繊維協会委員会組織図

●炭素繊維サステナビリティビジョンWG

会社名	所属	氏名
帝人株式会社	炭素繊維事業本部 技術開発部	白木 浩司
	炭素繊維事業本部 技術開発部	河上 敦
	炭素繊維事業本部 技術戦略部	宗次 啓文
東レ株式会社	ACM 技術部 航空・宇宙技術室長	夏目 憲光
	ACM 技術部 産業・スポーツ技術室主席部員	山口 晃司
	ACM 技術部 産業・スポーツ技術室 地球環境事業戦略推進室主席部員	崎村 章太
三菱ケミカル株式会社	アドバンストマテリアルズ本部 炭素繊維事業部	堤 理
		畑 昌宏
		高田 昌幸
		大住 悟朗
日本化学繊維協会 (事務局)	業務調査グループ 主幹	戸円 真弓
	業務調査グループ 主任	新井 智子

●CF 技術委員会

会社名	所属	氏名
帝人株式会社	炭素繊維事業本部 技術開発部	白木 浩司
	炭素繊維事業本部 技術開発部	河上 敦
東レ株式会社	ACM 技術部 航空・宇宙技術室長	夏目 憲光
三菱ケミカル株式会社	アドバンストマテリアルズ本部 炭素繊維事業部	堤 理
		畑 昌宏
		高田 昌幸
株式会社クレハ	高機能製品事業部 炭素製品部	秋田 恭弘
大阪ガスケミカル株式会社	C F 材料事業部 研究開発部	森田 浩一
日本グラファイトファイバー株式会社	設備部長	田所 寛之
日本化学繊維協会 (事務局)	業務調査グループ 主幹	戸円 真弓
	業務調査グループ 主任	新井 智子

以上

裏表紙デザイン

日本グラフィートファイバー株式会社 田所 寛之氏

