

抜粋編

JEC World 2025 レポート

～過去最大規模となった JEC World は、リサイクルに舵を切った～



有限会社カワサキテクノロジー

JEC World 2025 レポート

～過去最大規模となった JEC World は、リサイクルに舵を切った～

【目次】

第1章 JEC World 概要	1
1-1. JEC と JEC World	1
JEC の活動領域	1
JEC の歴史	2
JEC の拠点	3
1-2. JEC World 2025 概要	3
1-3. テーマ集約展示エリアのプラネット、ビレッジ、パビリオン	6
1-4. イノベーションアワード	8
1-5. スタートアップ ブースター	10
第2章 分野別用途展示	15
2-1. 宇宙航空用途	15
MFFD (熱可塑性航空機胴体のデモンストレーター開発)	15
MFFD 航空機胴体下部のデモンストレーター / GKN フォッカー	19
MFFD 航空機胴体上部シェルのデモンストレーター / DLR	21
MFFD 航空機胴体の接合技術 / フラウンホーファー IWS	23
航空宇宙向け複合材成形の要素技術開発 / DLR (ドイツ航空宇宙センター)	25
連続プレス加工技術による CFRTP 航空機胴体パネル / 川崎重工業	28
誘導溶接による CFRTP トーションボックス / Daher	30
SQRIM 成形による可動ウイング / Turkish Aerospace Ind.	33
水平尾翼フェアリングの開発 / Cevotec	34
CFRP 製の航空機用シート脚 AEGO X / Bonny-Surewin	36
航空機エンジンの CFRP ガイドベーン / IHI	38
エアバス向けの革新的な構造部品 / Cetim	40
炭素繊維廃材で作った航空機のアクセスハッチ / Cetim	41
エアバス A350 の CFRP 廃材で航空機のロッドを作る / Herone	42
2-2. 車両・船舶用途	43
アウディ RS6 GT の CFRP 製フロントエンド / Cobra	43
自動車の CFRP 製テールゲートモジュール / HRC	44
アンダーボディ補強ブレース / Multimatic	45
HP-RTM 成形の CFRP 製カーボンリム / Krauss Maffei	46
SMC と連続繊維シート材の同時成形部品 / IDI Composites	47
多軸引抜成形によるトラックのシャーシビーム / Carbon Truck & Trailer	48
EV 電池パックを補強する GFRTP 製中空プロファイル / Valeo	49
UV 硬化樹脂の引き抜き成形による GFRP 部品 / DITF	50
GFRP 製の電動モータ用中空シャフト / Institute of Aircraft Design	52
熱可塑性コンバーチブルルーフビーム / Röchling Automotive SE	53
オルガノシートを使うフロントエンド構造部品 / ヴァレオ (Valeo)	54
水素エンジン車の液体水素貯蔵タンクフレーム / Ars Tech	55
麻複合材を使う VW のテールゲート / BÜFA Composite Systems	56
持続可能なエポキシ複合材による EV 車外装 / Swancor	58
天然繊維複合材を使用したスズキのバイク / Bcomp	60
完全にリサイクル可能なドアミラーハウジング / Holy Technologies	62

リサイクル炭素繊維を使う自動車用ドアモジュール / HRC	63
リサイクル炭素繊維を使う自動車テールゲート / Ilsung Composites	64
車両分野内での炭素繊維リサイクルプロジェクト CIDER/ Fraunhofer IGCV.....	66
リサイクル原料で作った自動車部品 / VDL Fibertech.....	68
熱可塑性サンドイッチ成形による持続可能な自動車部品 / Fraunhofer IMWS.....	69
エアバス社員が再生材料でバギー車を作る / Objectif Dunes	70
100%再生ガラス繊維不織布を使用した自動車部品 / Infinici.....	71
自動車の軽量化部品 / ElringKlinger.....	72
循環型難燃樹脂で作った列車の運転席 / BÜFA Composite Systems	74
商業用大型帆船の CFRP 硬翼 / KS Composites	75
熱可塑性複合材で作るヨットの水中翼 / Avel Robotics.....	76
船舶構造体の曲線プロファイル製造技術 / Robtrusion	77
天然繊維材料で作るソーラーフェリーの内装シート / Bcomp.....	79
2-3. 工業・スポーツ分野	80
CFRTP で作る自転車フレーム / REIN4CE.....	80
一体成型技術で作る CFRP 自転車フレーム / CDuro.....	82
CFRTP 製の自転車ハンドルバー / Engel	83
モトクロス自転車用のパンプトラック / Bespline.....	84
亜麻繊維材料で振動を抑制するテニスラケット / Babolat.....	86
亜麻繊維材料で打感を高めたピックルボールのパドルラケット / Revolin Sports.....	86
三次元構造技術による持続可能なサーフボード / Kanoa Surfboards.....	87
持続可能な繊維とマトリックスを使うカイトボード.....	88
リサイクル&再生素材で作るスケートボード / R-Boards	89
プラズマ方式の炭素繊維リサイクル / Fairmat	91
再生ナイロンモノマー RIM で作った耐久性に優れるスケートボード / Kape.....	93
洋上風力発電ブレードの開発プロジェクト / Carbo4Power	94
廃棄物ゼロの風力発電ブレード開発プロジェクト / ZEBRA.....	95
2-4. 土木・建築用途	96
イギリス鉄道網の橋梁を支える複合材構造体 / KS Composites	96
複合材トラスのパラディjs橋 / CSUB.....	97
ガラス繊維複合材による海岸防潮扉 / Delft Infra Composites.....	98
亜麻繊維と木材のハイブリッド建築システム / Terre de Lin	99
亜麻繊維&ガラス繊維複合材の日よけパネル / Temca	101
CO ₂ 排出ゼロの住宅壁 DACCUSS / TechnoCarbon.....	102
マイクロ波によるリサイクル炭素繊維を使うコンクリート / Thermolysis	104
熱可塑性複合材料で出来たガレージドア / Avient.....	107
天然材料による騒音抑制のソリューション / CompositeEdge.....	108
核廃棄物貯蔵庫のセラミック複合材配管 / IRT Saint Exupéry.....	109
水溶性中子樹脂を使う格子構造体 / Addyx.....	110
炭素繊維 ケーブルの新製品 / Carbo-Link、Future Fibers Rigging	112
第3章 工法・技術開発	115
3-1. 織物技術・繊維基材	115
刺繍ミシン技術によるノンクリンプ基材 / ZSK、タジマ工業.....	115
3D プリフォーム / シキボウ.....	117
機能性を付与した織物 TechTex / Gustav Gerster	118
細幅織物 / Güth & Wolf	120
トンボの羽にヒントを得た複合材補強技術 / fibionic	121
3-2. 高圧ガスタンク用途で進化する連続繊維材料の積層技術.....	122

レーザーによる UD テープ積層技術 / AFPT.....	122
連続繊維材料の積層技術開発 / Cetim.....	125
連続繊維材料の中空構造体積層技術 / CompoTech	127
3-3. 大型 3D プリンタで複合材用の金型を作る	129
スーパーエンブラで金型を作る / Thermwood.....	129
一台で 3D 造形から表面仕上げまで行う / Breton	130
省スペースが可能なフレキシブルシステム / CEAD.....	131
ロボット一台が 3D 造形から切削まで / Tecnalia.....	132
3-4. 研究機関による複合材の技術開発.....	133
フラウンホーファー研究機構 / 複合材、CMC.....	133
Neue Materialien / 複合材料の成形加工技術	137
NLR(オランダ航空宇宙センター) / 複合材の溶接、AM 生産技術.....	139
IRT Jules Verne / 複合材の成形加工技術	140
MC4 / 複合材の循環プロセスチェーン構築プロジェクト.....	142
第4章 原料・天然繊維・中間材料.....	144
4-1. サンドイッチ構造体用のコア材.....	144
アラミドのハニカムコア材 / DuPont.....	144
コスト競争力に優れる PP・PEI のハニカム材 / ThermHex	146
耐熱と良成形のアクリル系発泡コア材 / Evonik	147
立体成形用の発泡コア材 / 米島フェルト産業.....	147
熱膨張するコア材と CFRP の一体成型技術 / Alia Mentis.....	149
廃 PET を原料にする発泡コア材 / Gurit.....	151
4-2. 天然繊維材料.....	153
麻繊維複合材	153
木材の複合材 / Freshape.....	157
バサルト繊維(玄武岩繊維)	158
アラブ バサルトファイバー	158
バサルトウズベキスタン	159
中国 Zhejiang GBF Basalt Fiber Co.,.....	159
4-3. 樹脂原料	161
エンバリオ(Envalior)	161
ビクトレックス(Victrex)	163
サイエンスコ(Syensqo)	166
アルケマ(Arkema)	169
三井化学.....	172
三菱ケミカルグループ	174
帝人	176
東レ	179
Cathay Biotech / バイオナイロン	182
ExxonMobil / 熱硬化性ポリオレフィン樹脂 Proxima	183
IST / ポリイミド繊維.....	184
おわりに.....	185

MFFD 航空機胴体下部のデモンストレーター/GKN フォッカー

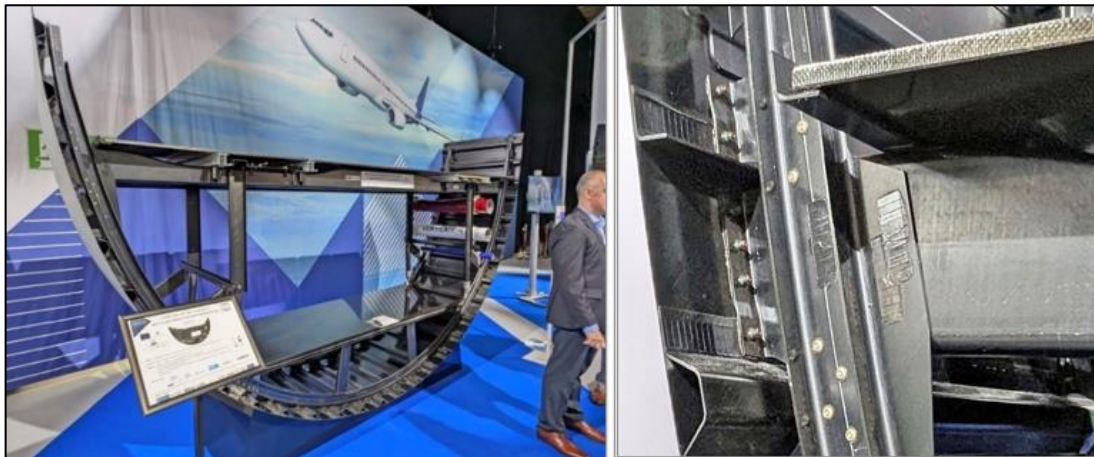


写真1 MFFDが開発した航空機胴体の下部と接合部分(GKN フォッカー)

写真1は、MFFD 胴体の下半分の展示用サンプルで、実際のデモンストレーターよりも小さい。

この下部シェルを開発した Stunning プロジェクトは、軽量化構造、製造コストの削減、最大 100 台/月の高い生産性、熱可塑性 CFRP 材料によるリサイクルと廃棄物の削減などの実証を目指し、開発実務を担当した航空機製造の GKN フォッカー、開発パートナーの NLR(オランダ航空宇宙センター)、TUD(デルフト工科大学)、スマートアドバンスドマニュファクチャリングらは、今年の JEC イノベーションアワードの航空宇宙部門で優勝した。

これに使われた素材 Toray CETEX 1225 LM PAEK は、東レの航空機用高強度炭素繊維にビクトレックス LMPAEK を組み合わせた UD テープで、スキンとフロアビームは高速 L-AFP(レーザーによる自動積層装置)、C フレームの突合せ接合、多数の小部品のプレス成形、内側パネルのモノリシック サンドイッチ プレスなどの成形工法と、ストリンガー、フレーム、ビームの組み付けには伝導溶接、短繊維 IM クリップには US スポット溶接など、様々な積層、接合、In-situ 統合技術が試された。



写真2 胴体パネルの構成部品と接合技術(展示パネル)

エアバス A350 の CFRP 廃材で航空機のロッドを作る / Herone



写真3 左:航空機端材を再生利用したロッド(展示) 右:航空機天井の金属製モジュール(Clean Sky)

写真3左の①は、エアバス A350 の胴体組み立てに使われるクリップ製造で発生する廃材を再利用して作ったロッドである。このパイプ部分②は、帝人カーボンヨーロッパのスリットテープ TPUD HT CF-PPS (PPS+CF) を編組して作られた。③は航空機用クリップの製造時に発生した廃材 (PPS+CF40) をペレットにしてから射出成形した部品である。内側に螺子溝があり、パイプに融着されてから①の先端にある同じ材料の成形部品を組み込むことで、長さを調節するよう作られている。

このロッドは、クラウンモジュールと呼ばれる航空機胴体の天井部分(写真3右)の組み立てに金属の代替として使い、バージン材に較べて樹脂重量 1kg あたり 20kg の CO2 排出量削減になる。この rCF を活用する部品は、JEC イノベーションアワード 2025 年の航空宇宙・部品部門のファイナリストに選ばれた。

これを製造したドイツの成形メーカー Herone は、ドレスデン工科大学の ILK (Institute für Leichtbau und Kunststoff technik、軽量化およびプラスチック研究所) が開発した UD テープの編組によるパイプ製造技術に射出成型や圧縮成型を組み合わせ、中空構造を持つ超軽量プロファイルやシャフト一体型ギアなどを JEC World で度々出展している。



写真4 UD テープの編組工程の様子(Herone)

UD テープ編組工程の動画 <https://www.youtube.com/watch?v=bU5F7jfdD7c>

UV 硬化樹脂の引き抜き成形による GFRP 自動車部品 / DITF



写真 5 UV 硬化プロセスで作られた GFRP 製リンクロッド

写真 5 は DITF (ドイツ繊維研究所デンケンドルフ) によるモビリティ向けのリンクで、薄緑色のロッド部分がガラス繊維と UV 硬化樹脂のプルトリュージョン (引き抜き製法) により作られている。

DITF は、様々なプルトリュージョン方式を研究しており、その中から総合的に UV 方式を採用した。



写真 6 UV 硬化でロッドを作るプルトリュージョン装置 左からダイ部分、UV 照射、冷却ゾーン (DITF)

透明なダイを使い材料を UV 光で硬化させるプルトリュージョンは、生産速度が速く (断面積 122 mm^2 のプロファイルで約 2 m/分)、選択的に UV 硬化することで複雑形状やインラインでの再形成が可能で、更に従来の電気ヒーター式に較べてエネルギーが半減できる。このモビリティ向けの GFRP 製リンクは、鋼鉄にくらべて 40% 軽く、耐腐食性や耐久性に優れ製品寿命が長い。

このロッドに使われたマトリックス樹脂の詳細は開示されていないが、過去の研究論文から Irurena SA 製の UV 硬化性不飽和ポリエステルで、商品名 FPC-7621 NA であると推測する。

DITF (ドイツ繊維研究所デンケンドルフ) <https://www.ditf.de/en/>

開発パートナー: IST METZ GmbH & Co. KG (ドイツ)、Mubea Fahrwerksfedern GmbH (ドイツ)、Steinhuder

リサイクル炭素繊維を使う自動車テールゲート / Ilsung Composites

韓国のイルソンコンポジットズ (Ilsung Composites Co., Ltd.) とパートナーの韓国繊維機械融合研究所 (KOTMI)、現代自動車、繊維機械・高性能材料技術研究所 (ITM)、ワーゲンフェルダール・スピネライエン (Wagenfelder Spinnereien GmbH)、クレイマー C.Cramer & Co. GmbH)、ドレスデン工科大学らは、電磁誘導加熱による炭素繊維リサイクル技術の開発で、2025 年のイノベーションアワードにて循環性とリサイクル部門で優勝した。

炭素繊維が特定の周波数帯域の電磁場に敏感である特性を利用し、誘導加熱 (IH) を用いて CFRP 内の素繊維の表面温度を数秒で 1,200°C 以上に上昇しマトリックスを効率的に焼却する。CFRP 廃棄物を事前に破砕する必要が無く、繊維は初期値の 96% 以上の機械強度を維持できるという。



写真 7 電磁導で処理した CFRP と、それを紡糸した連続繊維 (Ilsung Composites)

電磁誘導加熱による炭素繊維リサイクルの特徴とメリット:

- 高い再生効率: 予備細断が不要で高アスペクト比の再生炭素繊維 (rCF) が得られる。
- エネルギー効率: 従来の溶剤や熱風処理と比較して約 10 万倍のエネルギー効率を実現する。
- 幅広い適用性: CFRP 廃棄物の形状、ポリマーマトリックス、寸法に制限がない。
- 高い rCF 性能: 再生された炭素繊維は元の強度の 96% を維持する。
- 環境・経済的利点: 廃棄物削減、炭素繊維のコスト削減、クローズドループリサイクルの実現。



写真 8 rCF を使うテールゲート内パネル 写真 9 現代自動車ヴェロスター (Ilsung Composites)

プラズマ方式の炭素繊維リサイクル / Fairmat

フランスのフェアマット (Fairmat SAS) は特許所得済み技術により炭素繊維複合材の 100% 循環を目指すリサイクル企業である。2000 年に設立し、フランスと米国にも工場を置き、すでにアジア拠点も予定している。



写真 10 大気圧低温プラズマで樹脂を分解し、炭素繊維をチップとして使う (Fairmat 動画)

一般的なりサイクルは、熱や溶剤で CFRP から樹脂を除去して炭素繊維を取り出すが、同社の Infinity Recycling Technology (無限のリサイクル技術) は、低温大気プラズマを用いて樹脂を選択的に除去し、炭素繊維のチップをそのまま残して再利用する。

プラズマ処理をして元の UD や織物をそのまま四角のチップ状にカットしたものを FairPly と呼び、それをシート状に並べ基材として使う。

Fairmat のリサイクル動画 <https://www.fairmat.tech/infinityrecycling>

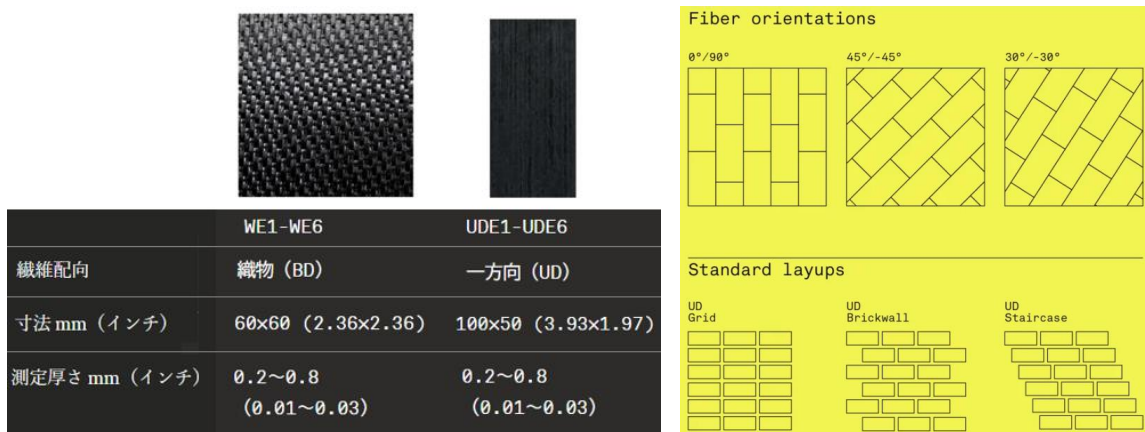


写真 11 FairPly の種類とシートでの配列例 (Fairmat 資料を編集)

FairPly は樹脂を必要とするドライマテリアルで、エポキシ樹脂とポリウレタン樹脂の両方と完全に適合し、ドライグラスファイバー、ドライカーボンファイバー、プリプレグ、フォーム、ハニカムなど、様々なバースマテリアルと組み合わせることができる。

FairPly の積層動画 <https://www.fairmat.tech/advanced-recycled-materials/fairply/>

洋上風力発電ブレードの開発プロジェクト / Carbo4Power

Carbo4Power は新世代の洋上発電ブレードの開発プロジェクトで、アテネ国立工科大学 (NTUA) が主導し、欧州 8 か国 18 団体が参加して 2020 年 11 月から 4 年間で実施された。

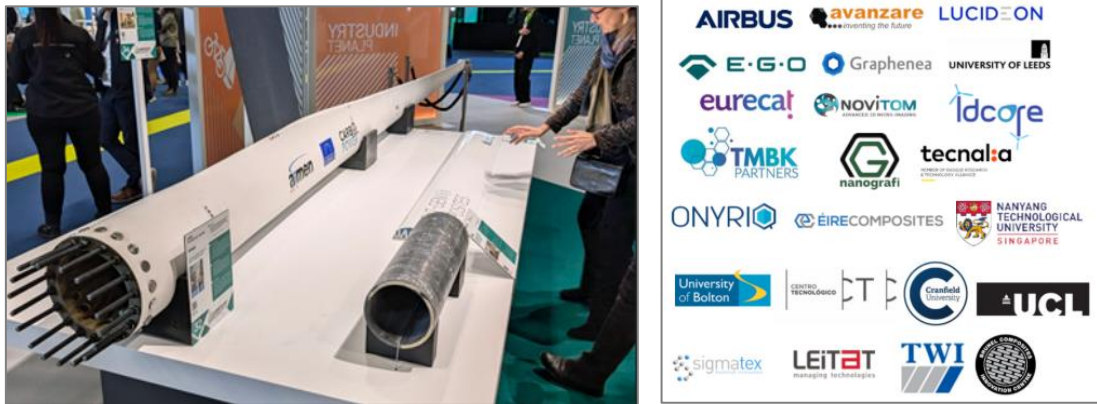


写真 12 左が開発された風力発電機ブレード 写真 13 プロジェクトの参加団体 (Carbo4Power)

写真 12 の左は、スペインの非営利団体 AIMEN Technology Center が製造した長さ 5.6m の風力発電ブレードの最終デモンストレーターで、繊維の自動配置装置と製造負荷が小さいビトリマー樹脂を組み合わせ、リサイクル性まで含めた環境負荷が通減でき、廃棄物 25%、製造コスト 45% 達成した。また軽量の複合材料は洋上風力タービンブレードの建設作業負荷を抑え、金属製で必要だった多額のメンテナンスコストの削減や、製品寿命後のサイクルや再処理においても環境への影響を軽減できる、としている。



写真 14 潮力発電用ブレードのデモンストレーター

Carbo4Power はこれ以外にも洋上風力発電用の他のブレードを開発している。写真 14 はフランスの研究機関 IRT Jules Verne が製造した実物大の潮力発電用ブレードのデモンストレーターで、マトリックスは 80℃ 以上で硬化し修復とリサイクルが可能な Cidetec の 3R エポキシが使われた。これは 2017 年から 4 年間実施された環境配慮エポキシ樹脂開発プロジェクト ECOxy の成果による製品で、この他に MC4 プロジェクト (炭素繊維・ガラス繊維複合材の多層循環プロセスチェーン) などにも使われている。

Carbo4Power ホームページ <https://carbo4power.net/>

” 動画 <https://carbo4power.net/public-documents/>

Cidetec 3 R エポキシ <https://cidetec.es/proyectos/ecoxy/>

IRT Jules Verne <https://www.irt-jules-verne.fr/en/follow-our-news/final-review-of-the-european-carbo4power-project-collaborative-innovations-for-the-energy-of-tomorrow/>

天然材料による騒音抑制のソリューション / CompositeEdge

ドイツの CompositeEdge GmbH は、麻繊維を機能的に使い持続可能で高強度な複合材料を開発する。



写真 15 騒音吸収性能を持つ薄肉織物

写真 15 は、アダプティブ・アコースティック・エレメントと名付けた騒音吸収性能を織物シートで、幅広い周波数帯域(20Hz～20kHz)において最大 95%の吸音率を発揮する。1mm という極めて薄型でありながら耐久性に優れ柔軟性に富むため、ほぼあらゆる構造物での高負荷や可動部品にもシームレスに組み込むことができ、建築や HVAC だけでなく風力タービンのローターブレードや振動負荷のある産業システムに広く適用できるという。また、ソフトコルク、バルサ材、麻 UD-PP テープなどに炭素繊維を組み合わせることで、更に高強度で耐久性が向上し、用途が広がるという。

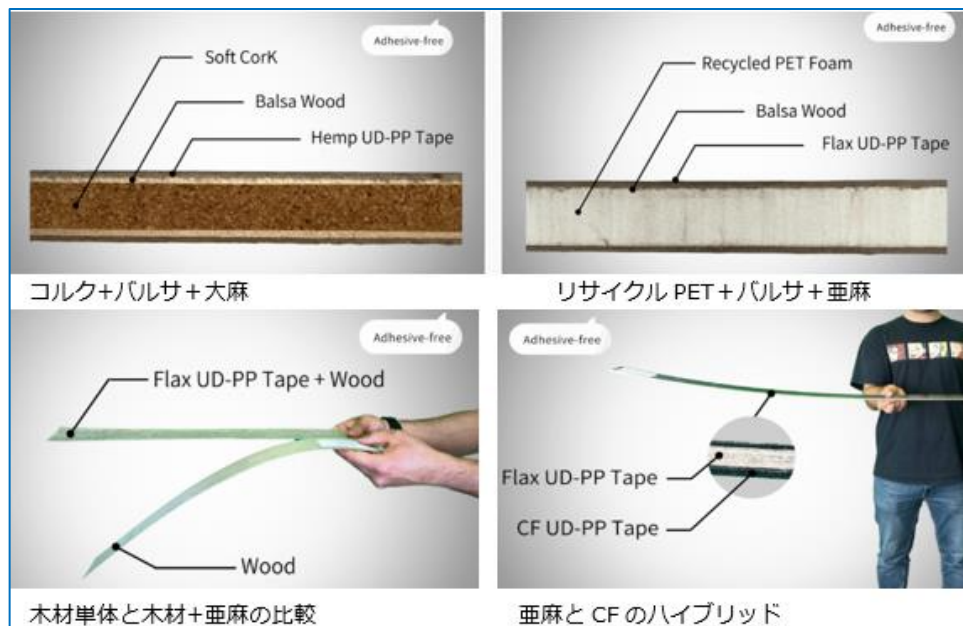


写真 16 複合パネルの種類 (CompositeEdge)

CompositeEdge GmbH <https://compositeedge.de/en/solutions/>

水溶性中子樹脂を使う格子構造体 / Addyx

イタリアの Addyx s.r.l.は、高度な複合材製造ソリューションを提供するスタートアップで、事業の中核は中空構造体を効率的に製造するための水溶性の拡張マンドレル材料である。



写真 17 Addyx のブースに並べられた各種マンドレルと CFRP 成形品

まず、同社の水溶性マンドレル樹脂 WSM-170 を粉体にして回転成形する、あるいはフィラメントにして FDM プリンタで中空のマンドレルを作る。その上からハンドレイアップやインフュージョン、RTM などで複合材を積層成形する。WSM-170 は 180℃以上の耐熱温度を持ち、エポキシ CFRP の熱加工温度 120~180℃で膨張して繊維層に圧力を与えることで繊維間が密になる。CFRP の硬化終了後に、水槽内に浸すことでマンドレルが溶解して中空の複合材部品が出来上がる。



写真 18 CFRP 中のマンドレルは水中で溶解する。

(Addyx 動画より <https://www.addyx.it/>)

WSM-170 は、Addyx の特許取得済み Carbon Exoskeleton テクノロジーと組み合わせ、中空部品の内側にトポロジーで最適化された繊維強化複合材リブをワンショットで形成することが可能である。

Exoskeleton とは、昆虫や甲殻類の体を外側から覆う骨格構造のことで、本件では CFRP 成形品の内側にリブが付いた格子構造を意味する。

トンボの羽にヒントを得た複合材補強技術 / fibionic

2021 年設立の、オーストリアのスタートアップ企業 fibionic GmbH は、バイオニック・ファイバー・プレースメント (FBP) と名付けた特許技術で、連続繊維を短時間で配列して補強用スケルトン (骨格) を作り、これを射出成形や圧縮成形に組み込み最大強度と最低重量を両立する樹脂成形物を提案する。トンボの羽の繊維をイメージモデルにしており、社名の fibionic は繊維 (fiber) と生物学 (bionics) に由来するのであろう。



写真 19 左はスケルトンを組み込んだ自転車サドル、右は炭素繊維と麻繊維のスケルトン

同社の基布生産システム FBP は数秒でスケルトンを作ることが出来、十分に樹脂成形サイクルに対応し、柔軟性が高く一台の装置で 200 台のバッチ生産から年 100 万台の大規模生産まで対応できる。



写真 20 左が BFP の繊維配列部分、右はコンパクトなユニット

現在、fibionic は社内生産体制を構築する途上であり、2〜3 年後にはこの技術をライセンスする予定だという。

Fibionic GmbH <https://www.fibionic.com/?lang=en>

BFP 動画 (ロボットメーカー Stäubli) <https://automationspraxis.industrie.de/news/staebli-roboter-bei-der-grossserienproduktion-bionischer-faserverbundstrukturen/#slider-intro-1>

JEC World 2025 レポート

～過去最大規模となった JEC World は、リサイクルに舵を切った！

(有)カワサキテクノロジー 06-6232-1055(代)

世界の複合材市場でのベンチマークとも言える JEC World が 3 月に開催されました。今年は出展者数、見学者数共に過去最大規模となり、展示内容は持続型社会の実現に向けた複合材技術開発取り組みの動きがより鮮明になり、航空機や自動車、土木建築、スポーツなどほとんどの分野でリサイクル取り組みが見られました。

CFRP リサイクルではプラズマや電磁誘導、レーザーなどによる新しい処理技術が披露され、素材はリサイクルエポキシや熱硬化性ポリオレフィンなど環境に優しい熱硬化性マトリックス樹脂やリサイクル樹脂で作るサンドイッチコア材など、複合材の環境対応に向けての現実的なソリューションが多く展示されました。更に、3D プリンティングの活用や水素タンクの生産技術、金型を使わない UD テープの積層技術など、欧州ならではのプロセス技術は着実に進化しています。盛りだくさんの展示から厳選し、周辺情報を加えて開発の背景や狙いなどを解説するレポートに仕上げましたので、ぜひ貴社での複合材開発にお役立てください。