

# Vega™

## カーボンファイバー充填PEKKマテリアル

Vegaは、超高性能なカーボンファイバーを充填したPEKKで、航空宇宙パーツをFX20で3Dプリントできます。Markforgedのエンジニアと材料科学者によって開発されたこの材料は、製品用部品に最適な滑らかな黒のマット表面仕上げが特長です。Vegaを連続ファイバーで強化することでアルミニウムの強度を実現でき、航空宇宙構造コンポーネントに使用できます。

カーボンファイバー HTおよびカーボンファイバー HT-AIは、VegaおよびULTEM™ 9085 フィラメント用に設計されたMarkforged製の特別仕様の連続カーボンファイバーです<sup>1</sup>。アルミニウムの強度を持つパーツを造形できるこれらのカーボンファイバーは、さまざまな形状への精密な敷き詰めが可能です。

### 機能とメリット

優れた熱およびFST耐性

耐薬品性および耐溶剤性

少ないガス放出

マット表面仕上げ

CF-HT補強による優れた強度



| 物質特性                   | 単位                | 試験(ASTM) | Vega<br>XZ方向         | 試験    | カーボンファイバー HT<br>(CFR) <sup>2</sup> | カーボンファイバー HT-A<br>(CFR) <sup>2,3</sup> |
|------------------------|-------------------|----------|----------------------|-------|------------------------------------|--|
| 引張強度                   | MPa (ksi)         | D638     | 87.6±3.0(12.7±0.5)   | D3039 | 800(116)                           | 800(116)                               |
| 引張弾性率                  | GPa (ksi)         | D638     | 5.2±0.2(0.8±0.03)    | D3039 | 69(10005)                          | 69(10005)                              |
| 引張破断伸び                 | %                 | D638     | 3.0±0.2              | D3039 | 1.6                                | 1.6                                    |
| 曲げ強度                   | MPa (ksi)         | D790     | 140.2±8.4(20.3±1.2)  | D790  | 439.5(63.7)                        | 529.7(76.8)                            |
| 曲げ弾性率                  | GPa (ksi)         | D790     | 4.7±0.3(678.3±0.04)  | D790  | 50.3(7291.1)                       | 53.3(7730.5)                           |
| 曲げ破断伸び                 | %                 | D790     | 5.2±0.5              | D790  | 1.0                                | 1.1                                    |
| 圧縮強度                   | MPa               | D695     | 221.3±35.9(32.1±5.2) | D695  | 300(43.5)                          | 300(43.5)                              |
| 圧縮弾性率                  | GPa               | D695     | 4.1±0.3(591.0±37.0)  | D695  | 59(8557)                           | 59(8557)                               |
| ノッチ付きアイソット衝撃耐性         | J/m               | D256     | 47.9±3.8             | D256  | 810(15.2)                          | 810(15.2)                              |
| 密度                     | g/cm <sup>3</sup> | -        | 1.27±0.03            | -     | 1.20                               | 1.20                                   |
| HDT(荷重たわみ温度)(1.8 MPa)  | 摂氏温度(華氏温度)        | D648     | 150.8(303.4)         | -     | 190(374)                           | 190(374)                               |
| HDT(荷重たわみ温度)(0.45 MPa) | 摂氏温度(華氏温度)        | D648     | 165.1(329.2)         | -     | 190(374)                           | 190(374)                               |

これらの代表的なデータは、標準的な方法を使用してテスト、測定、または計算されており、予告なしに変更される場合があります。Markforged®は、商品性、特定用途への適合性、または特許侵害に対する保証を含むがこれらに限定されない、明示または黙示を問わず、いかなる種類の保証も行いません。また、この情報の使用に関して一切の責任を負いません。ここに記載されているデータは、設計、品質管理、または仕様の制限を確立するために使用されるべきではなく、特定のアプリケーションへの適合性を判断するための独自のテストの代わりになることを意図していません。このシートの内容は、知的財産権に基づいて運営するためのライセンスまたは侵害を推奨するものとして解釈されるべきではありません。

<sup>1</sup> ULTEM™および9085の商標は、SABIC、その関連会社または子会社のライセンスに基づき使用されています。

<sup>2</sup> CF-HTおよびCF-HT-Aの値は、純粋ファイバー試験片から得られたものです。実際のパーツ強度は、パーツ内のファイバーの量とバスに依存します。

<sup>3</sup> CF-HT-AIは、マテリアルおよびシステムの認証用に推奨されます。

## ガス放出

Vegaはガス放出が少なく、航空宇宙の重要な用途に適しています。

| 特性   | 試験(ASTM) | TML(%) | CVCM(%) | WVR(%) |
|------|----------|--------|---------|--------|
| ガス放出 | E595-15  | 0.47   | <0.01   | 0.21   |

## 耐薬品性

| 特性             | Vega |
|----------------|------|
| 37%塩酸          | A    |
| 80%リン酸         | A    |
| 49%フッ化水素       | A    |
| 50%水酸化カリウム     | A    |
| 50%過酸化水素       | A    |
| エタノール          | A    |
| Jet A          | A    |
| Skydrol        | A    |
| トルエン           | B    |
| メチルエチルケトン(MEK) | B    |
| トリクロロエタン       | C    |
| ジクロロメタン        | C    |

### 凡例

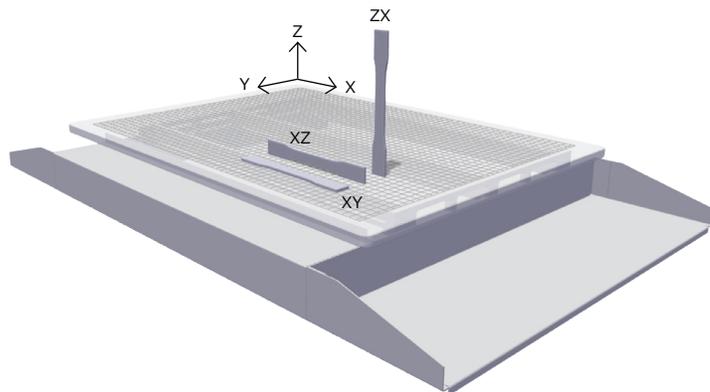
A - まったく、あるいはほとんど影響がない

B - やや、あるいはある程度影響がある

C - 大きく影響がある

## Vegaの方向別の機械的特性

3Dプリントされた材料の機械的特性は、プリント方向により異なる場合があります。張力は、プリント方向と荷重方向が平行の時に最も強くなり、垂直の時に最も弱くなります。



| 特性 <sup>4</sup> | プリント方向 | 平均       |
|-----------------|--------|----------|
| 引張強度 (MPa)      | XY     | 65.2±3.0 |
|                 | XZ     | 87.6±3.0 |
|                 | ZX     | 47.5±3.3 |
| 引張弾性率 (GPa)     | XY     | 4.0±0.1  |
|                 | XZ     | 5.2±0.2  |
|                 | ZX     | 3.3±0.2  |
| 破断点伸び (%)       | XY     | 3.9±0.4  |
|                 | XZ     | 3.0±0.2  |
|                 | ZX     | 5.2±0.5  |

これらの代表的なデータは、標準的な方法を使用してテスト、測定、または計算されており、予告なしに変更される場合があります。Markforged®は、商品性、特定用途への適合性、または特許侵害に対する保証を含むがこれらに限定されない、明示または黙示を問わず、いかなる種類の保証も行いません。また、この情報の使用に関して一切の責任を負いません。ここに記載されているデータは、設計、品質管理、または仕様の制限を確立するために使用されるべきではなく、特定のアプリケーションへの適合性を判断するための独自のテストの代わりになることを意図していません。このシートの内容は、知的財産権に基づいて運営するためのライセンスまたは侵害を推奨するものとして解釈されるべきではありません。

<sup>4</sup> XYおよびXZの試験片は、デフォルトのソリッドフィル設定でプリントされました。ZXの試験片は、6つの壁と4つの床を持つソリッドフィル設定でプリントされました。

## 難燃性、少煙性、低毒性(FST)性能

単体のVegaと、カーボンファイバーで補強されたVegaは、燃焼性試験にて厚さ2 mmでCFR 25.853規格に合格する性能を発揮しました。考えられる用途がこれによってどのように制限されるのかについては、PS-ANM-25.853-01-R2を参照してください。煙試験での性能は、厚さ2 mmでCFR 25.853規格に合格しました。燃焼毒性試験での性能は、厚さ2 mmでボーイング社の難燃性規格BSS 7239に合格しました。一般的に、試験片の厚さが薄くなると、試験に合格することが難しくなります。試験に合格した最薄の試験片の性能は以下のとおりです。

| 試験カテゴリー | 試験の詳細         | 規格  | 厚さ       | 連続ファイバー素材のロード | 試験  | 合格基準  | 試験結果   | 可否 |    |
|---------|---------------|---|----------|---------------|---|---|--|----|----|
| 燃焼性     | 垂直<br>(60秒接炎) | FAR 25.853<br>Appendix F,<br>Part I(a) (1) (i)  | 2 mm     | なし            | 燃焼時間<br>燃焼長さ<br>最長燃焼時間                    | 15秒以下<br>6インチ以下<br>3秒以下   | 0秒<br>3.3インチ<br>なし   | 合格 |    |
|         |               |   | 2 mm     | 全体            | 燃焼時間<br>燃焼長さ<br>最長燃焼時間                    | 15秒以下<br>6インチ以下<br>3秒以下   | 0秒<br>3.1インチ<br>なし   | 合格 |    |
|         | 垂直<br>(12秒接炎) | FAR 25.853<br>Appendix F,<br>Part I(a) (1) (ii) | 2 mm     | なし            | 燃焼時間<br>燃焼長さ<br>最長燃焼時間                    | 15秒以下<br>8インチ以下<br>5秒以下   | 2秒<br>0.9インチ<br>なし   | 合格 |    |
|         |               |   | 2.0 mm   | 全体            | 燃焼時間<br>燃焼長さ<br>最長燃焼時間                    | 15秒以下<br>8インチ以下<br>5秒以下   | 0秒<br>0.4インチ<br>なし   | 合格 |    |
|         | 水平<br>(15秒接炎) | FAR 25.853<br>Appendix F,<br>Part I(a) (1) (iv) | 2.0 mm   | なし            | 平均燃焼長さ                                    | 1分あたり2.5インチ以下   | 1分あたり0インチ  | 合格 |    |
|         |               |   | 2.0 mm   | 全体            | 平均燃焼長さ                                    | 1分あたり2.5インチ以下   | 1分あたり0インチ  | 合格 |    |
|         | 発熱量率*         | FAR 25.853<br>Appendix F,<br>Part IV            | 2.0 mm   | なし            | 平均最大<br>平均合計2分                            | 65 kW/m <sup>2</sup> 以下<br>65 kW-min./m <sup>2</sup> 以下                     | 40.4 kW/m <sup>2</sup><br>6.9 kW-min./m <sup>2</sup>       | 合格 |    |
|         |               |   | 2.0 mm   | 全体            | 平均最大<br>平均合計2分                            | 65 kW/m <sup>2</sup> 以下<br>65 kW-min./m <sup>2</sup> 以下                     | 34.1 kW/m <sup>2</sup><br>9.3 kW-min./m <sup>2</sup>       | 合格 |    |
|         | 煙             | 煙密度 -<br>燃焼モード                                  | BSS 7238 | 2.0 mm        | なし  | 最大発煙濃度 (Ds Max)   | 200以下  | 1  | 合格 |
|         |               | 煙密度 -<br>非燃焼モード                                 | BSS 7238 | 2.0 mm        | 全体  | 最大発煙濃度 (Ds Max)   | 200以下  | 0  | 合格 |
| 毒性      | 毒性(燃焼時)       | BSS 7239  | 2.0 mm   | なし            | HCN<br>CO<br>NO / NO2<br>SO2<br>HF<br>HCL | 150 PPM以下<br>3500 PPM以下<br>100 PPM以下<br>100 PPM以下<br>200 PPM以下<br>500 PPM以下 | <1 / <1<br>29 / 30<br>1 / 1<br>0 / 0<br><1 / <1<br><1 / <1 | 合格 |    |
|         |               |   |          | 全体            | HCN<br>CO<br>NO / NO2<br>SO2<br>HF<br>HCL | 150 PPM以下<br>3500 PPM以下<br>100 PPM以下<br>100 PPM以下<br>200 PPM以下<br>500 PPM以下 | 1 / 1<br>39 / 26<br>3 / 2<br>0 / 0<br><1 / <1<br><1 / <1   | 合格 |    |
|         | 毒性(非燃焼時)      | BSS 7239  | 2.0 mm   | なし            | HCN<br>CO<br>NO / NO2<br>SO2<br>HF<br>HCL | 150 PPM以下<br>3500 PPM以下<br>100 PPM以下<br>100 PPM以下<br>200 PPM以下<br>500 PPM以下 | <1 / <1<br>2 / 3<br>0 / 1<br>0 / 0<br><1 / <1<br><1 / <1   | 合格 |    |
|         |               |   |          | 全体            | HCN<br>CO<br>NO / NO2<br>SO2<br>HF<br>HCL | 150 PPM以下<br>3500 PPM以下<br>100 PPM以下<br>100 PPM以下<br>200 PPM以下<br>500 PPM以下 | <1 / <1<br><1 / 6<br>1 / 1<br>0 / 0<br><1 / <1<br><1 / <1  | 合格 |    |

\* PS-ANM-25.853-01-R2に従い、X7でプリント可能なほとんどの内装パーツの表面露出領域は指定されたキャビンコンポーネントのしきい値未満であるため、発熱量試験は必要ありません。

\*\* 2層サンドイッチパネルとして部分的なサンプルを造形しました。

「全体」のファイバーの試験片は、ストライプ状のファイバー構成を使用して、最大限のファイバー使用率で生成されています。

これらの代表的なデータは、標準的な方法を使用してテスト、測定、または計算されており、予告なしに変更される場合があります。Markforged®は、商品性、特定用途への適合性、または特許侵害に対する保証を含むがこれらに限定されない、明示または黙示を問わず、いかなる種類の保証も行いません。また、この情報の使用に関して一切の責任を負いません。ここに記載されているデータは、設計、品質管理、または仕様の制限を確立するために使用されるべきではなく、特定のアプリケーションへの適合性を判断するための独自のテストの代わりになることを意図していません。このシートの内容は、知的財産権に基づいて運営するためのライセンスまたは侵害を推奨するものとして解釈されるべきではありません。