

高耐熱性炭素繊維複合材料 (C/C, C/SiC, フェノールCFRP)

- ・C/C (Carbon/Carbon) : 炭素繊維 + 炭素
- ・CMC (Ceramic Matrix Composite) : 炭素繊維 + SiC
- ・フェノールCFRP (Phenolic CFRP)、SMC : 炭素繊維 + フェノール樹脂

【製品の特長】

- ・軽量：比重は鉄 (7.9g/cm³) の1/3~1/5。
- ・高剛性：鉄を上回る高剛性・高強度で薄型化設計が可能。
- ・高耐熱性：高い耐熱温度 (C/C, C/SiC : 800°C ≦、フェノールCFRP : 300°C ≦)。
- ・高難燃性：フェノールCFRP (短繊維) EN45545-2 R1/R6 HL3クリア

【製品例】

C/Cブレーキ材
(短繊維)



C/SiCブレーキ材
(短繊維/開発品)



C/C, C/SiC搬送ハンド
(長繊維/開発品)



フェノールCFRP搬送ハンド、成型品 (長繊維・短繊維/開発品)

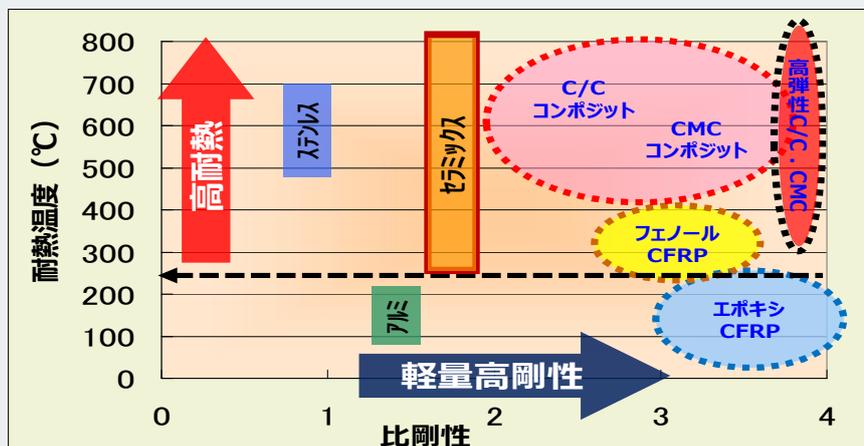


【代表物性】

種類	方向性	高密度 g/cm ³	曲げ強度 (⊥) MPa	曲げ弾性率 (⊥) GPa	引張強度 (⊥) MPa	圧縮強度 (⊥) MPa
C/C	等方性	1.9	180	70	110	170
	一方向性	1.7	440	290	300	300
CMC	等方性	2.4	150	100	100	500
	一方向性	2.1	410	310	300	450
フェノールCFRP	等方性	1.6	100	20	50	170
	一方向性	1.7	630	390	1710	300

本記載値は代表値であり、積層構成、含有物質量により異なります。

【他素材との耐熱性、剛性比較イメージ】

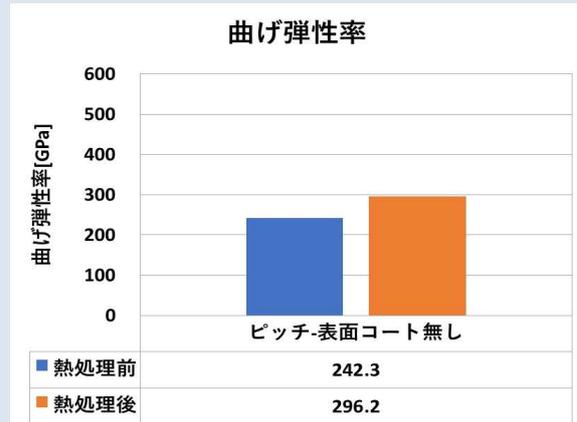
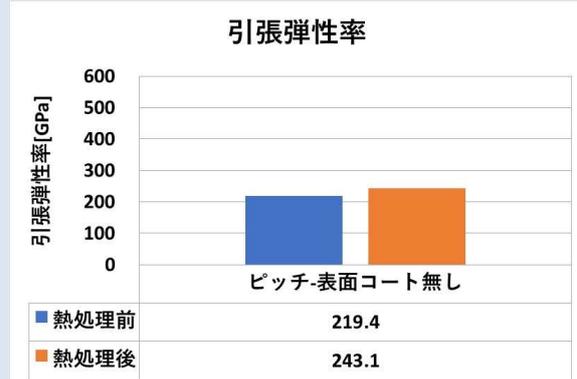
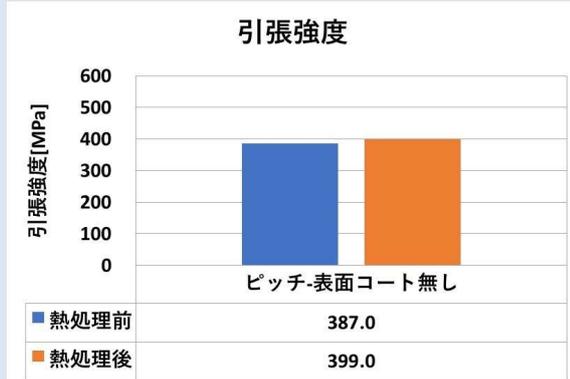


1500°C耐熱CMC(ピッチ系C/SiC)コンポジット

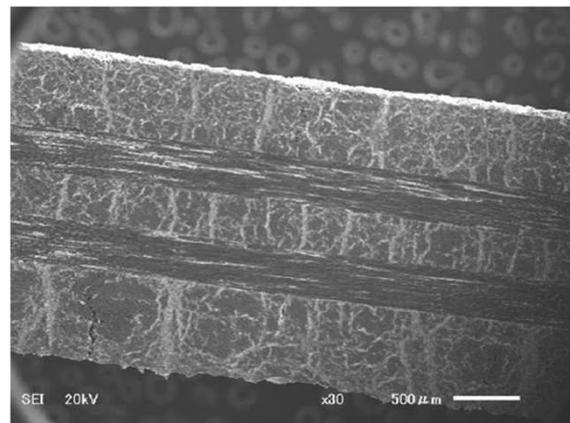
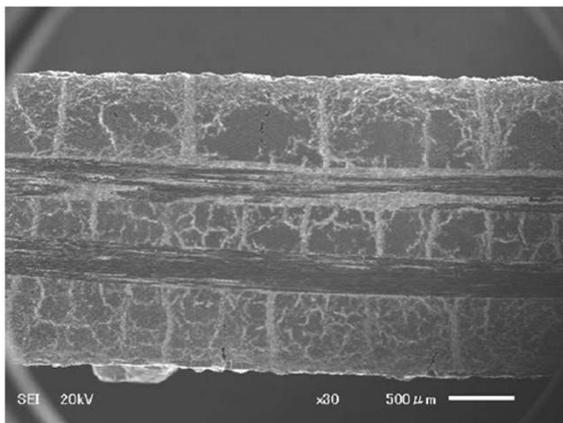
用途：宇宙往還機熱シールドタイル向け耐熱材

1,500°C×1時間の空气中熱処理前後で、
引張、曲げ試験において、強度、弾性率の低下がほぼ認められない。
1500°C×1時間暴露後でも、375MPaの引張強度を保持
JAXA 革新的将来宇宙輸送システム目標：1600°C-800秒耐性

1,500°C×1時間の熱処理（空気雰囲気下）前後比較



熱処理前後の断面観察写真(SEM 画像)を以下に示す(左:熱処理前、右:熱処理後)。
熱処理後も大きな外観変化(劣化)は確認されず。

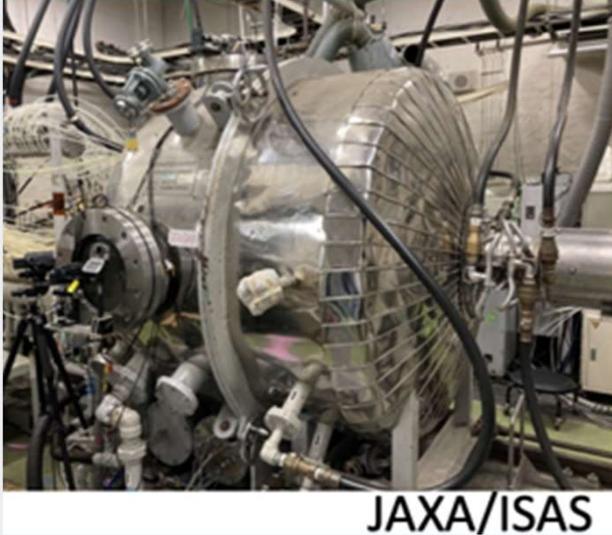


※2000°Cまでの耐熱特性を評価する予定

2200°C耐熱ピッチ系C/Cコンポジット

用途：ロケットノズル、衛星姿勢制御スラスタノズル向け耐熱材

JAXAアーク加熱風洞試験設備

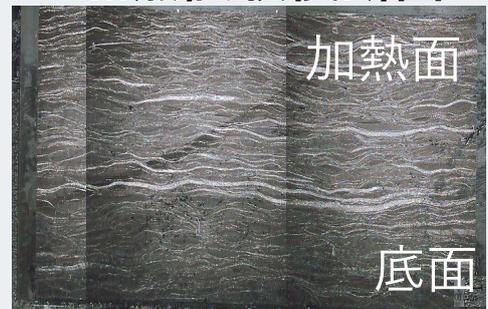


加熱試験後表面



厚み減少率：10%

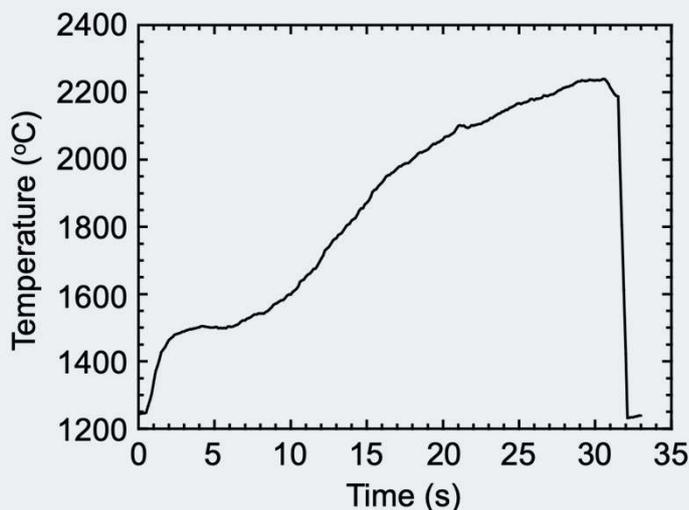
加熱試験後断面



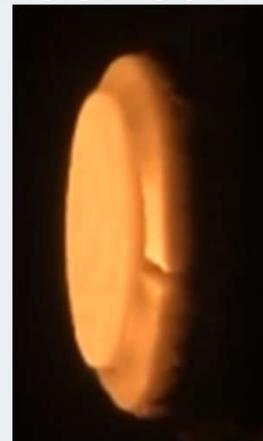
加熱条件

加熱率：4.83 MW/m²

動圧：13~14 kPa

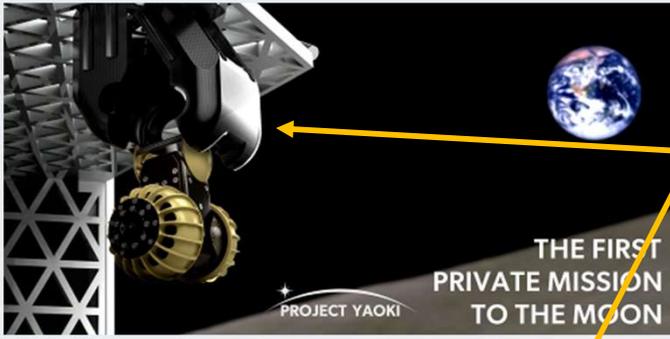


加熱中表面温度2200°C



東京理科大とCMC耐熱材料の共同開発を実施中。
基材となるピッチ系C/Cコンポジットをアーク加熱風洞試験した結果、
厚み8 mm試験片の減耗量は約10% (0.8 mm)であった。
今後、Zr-Ti等の合金を含浸させ、耐熱性能を向上させる予定。

月探査ロボットYAOKIとシアネート樹脂PP



「YAOKI」本体、デプロイヤー（ケース）
シアネートエステル樹脂製CFRP
（炭素繊維強化プラスチック）適用

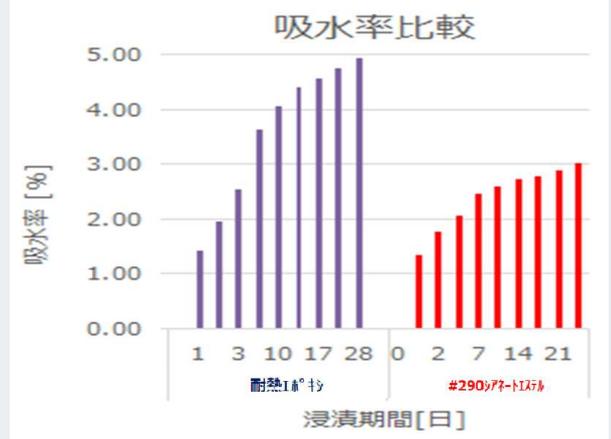


「YAOKI」タイヤ
PAI材（スーパーエンラ・
ポリアミドイミド）適用

「YAOKI」レンズ
レゴリス付着抑制
コーティング剤適用

【シアネートエステルプリプレグ # 290の特長】

樹脂	Tg	靱性	成形性	ライフ
#290 シアネートエステル	270℃	◎	◎	◎
耐熱エポキシ	180 ~ 220℃	○	○	○
BMI	300℃	x	x	○



シアネートエステル“#290” コンポジット 機械的強度

タイプ	炭素繊維	0°引張強度 [MPa]	0°引張弾性率 [GPa]	0°圧縮強度 [MPa]	0°圧縮弾性率 [GPa]	ILSS [MPa]	ガラス転移温度 [°C]
UD	TR50S	2920	140	1690	126	107	271
UD	K13916	1560	430	400	340	63	257
クロス	TR3110	719	57	625	52	69	272

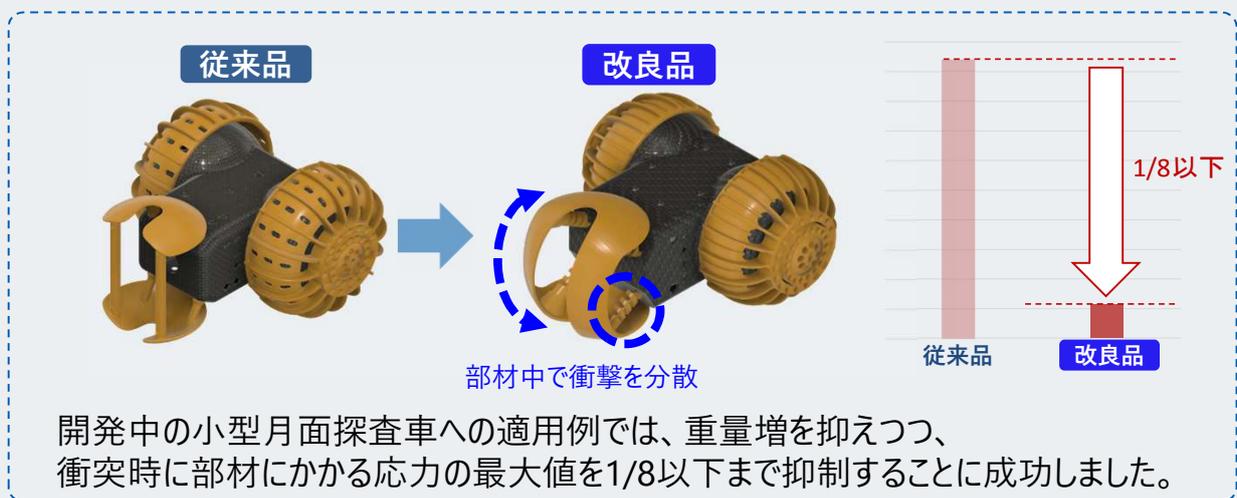
コンプライアントメカニズム設計

三菱ケミカルは、強みである素材・成形の知見に設計技術を取り入れた新しい製品づくりのお手伝いをしています。

コンプライアントメカニズムとは、素材のしなやかさで動きを実現する設計概念です。従来のような組み立て加工品をしなやかな一体構造の樹脂製品に置き換えることで、性能の向上や軽量化などの様々なメリットを生み出すことができます。

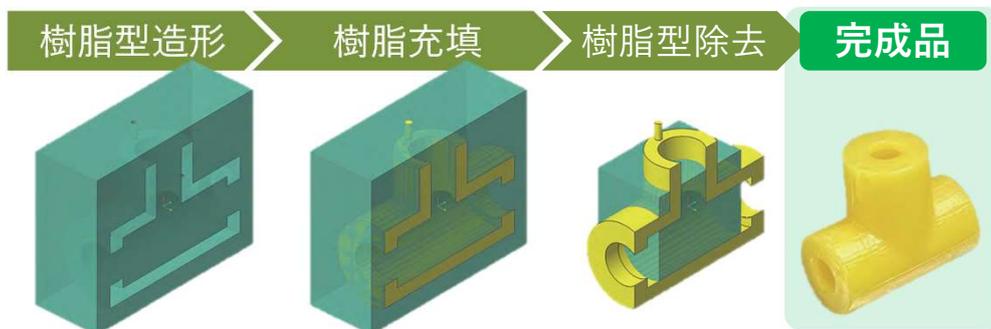
宇宙用途への適用事例（YAOKIスライダー改良）

通常、耐衝撃性の向上には、肉厚を増して頑丈にしたり、強度の高い金属を用いるような設計が用いられます。しかし、宇宙用途においては、輸送コストの面で厳密な軽量化が求められるため、樹脂を用いたしなやかな設計手法が有効になる場合があります。



フリーフォーム射出成形

フリーフォーム射出成形 (FIM) は、特殊な3Dプリンタを用いた新しい射出成形技術です。金型では抜けにくい複雑な形状を、射出成形同等の強度で1個から製作することができます。



YAOKIスライダー改良品
造形例



弊社はグループ会社（※）にて当技術を保有しており、コンプライアントメカニズム設計から造形に至るまで、一貫通貫での製品開発が可能な体制を実現しております。

※MCCアドバンスドモルディングス(株)  MCC ADVANCED MOLDINGS

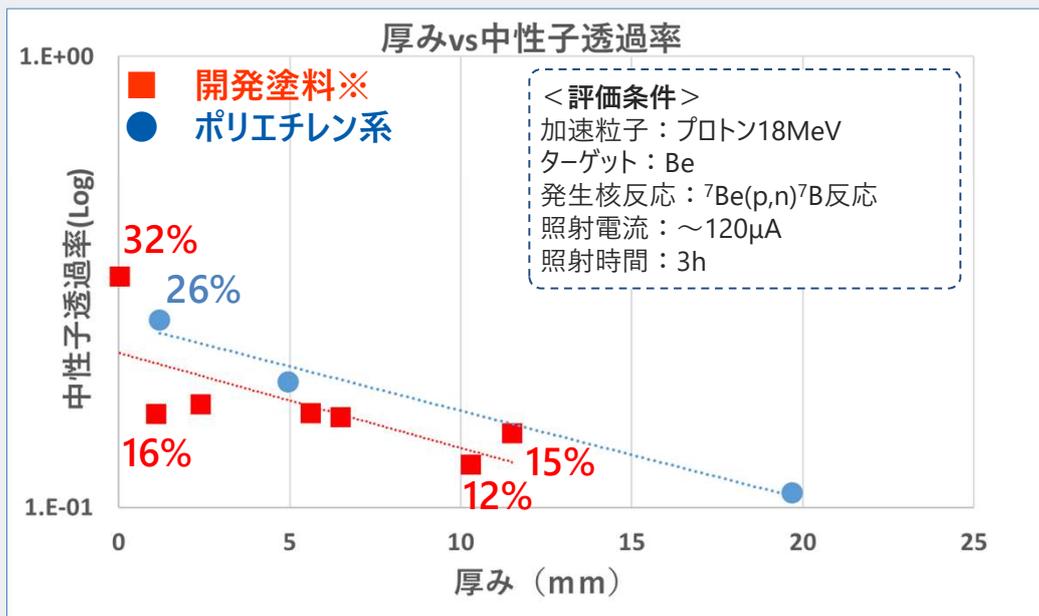
中性子遮蔽材料（開発品）

【製品の特長】

- 無機フィラーと当社開発樹脂の配合により、主に熱中性子を遮蔽可能で分散性良好な塗料を開発
- 本評価条件において、1mm厚で熱中性子は概ね全量遮蔽
- 40 μ m厚で熱中性子の8割を遮蔽
- 同じ無機フィラーを混合したポリエチレン組成物よりも良好な中性子遮蔽機能を確認
- アルミ基材への密着性良好（セロハンテープ試験で剥離無）



50 μ m厚コーティング
屈曲しても追従
割れ無し



※無機フィラー+開発樹脂配合塗料(水系)



24時間静置後も沈降無



Al基材への塗布も可能
50 μ m厚(アプリケーション使用)

Kyron™ ULTRA (熱可塑性樹脂CF複合材 開発品)

Kyron™ ULTRAとは

高機械特性/低アウトガス/耐熱・難燃性を備えた
熱可塑性樹脂マトリックス一方向炭素繊維複合材プリプレグ

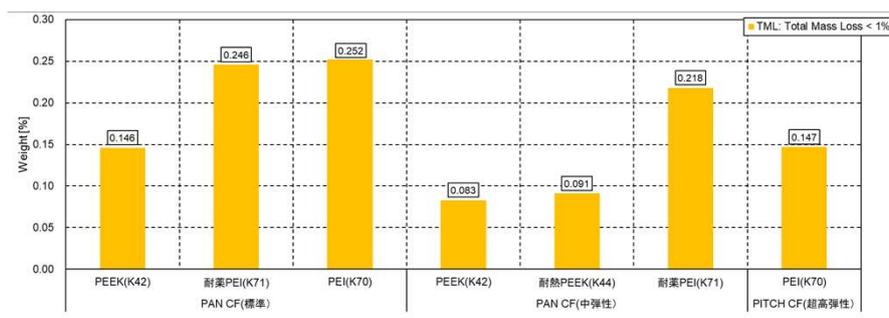
【宇宙機器での展開用途例】



【プリプレグラインナップ】

樹脂系(コード)	PEI系(K70)/耐薬PEI系(K71)/PEEK系(K42)/耐熱PEEK系(K44)
強化繊維	PAN CF(標準/中弾性) / PITCH CF(超高弾性)

【応用特性例 アウトガス測定データ ASTM E595】



TML/CVCM/WVRを測定。いずれの材も良好なアウトガス特性を示した。

【Kyron™ ULTRA Composite ラインナップ】

平板やブラケット等の成形部品もラインナップ。
高強度で量産性に優れたCFRTPの強みを活かしたL字ブラケットは、厚み1.5/2.2mm 全長350/500mmを標準仕様として、異寸法のご指定や機械加工等の追加工は別途お見積りいたします。

Kyron™ ULTRA 使い L字ブラケット



PYROFIL™ GDL (燃料電池向けガス拡散層)

GDL (Gas Diffusion Layer) とは

炭素繊維ペーパーに樹脂炭化物による微細孔構造を付与したシート材料です
 「水電解／燃料電池」における気体・液体の拡散・集電・保水・排水機能
 「レドックスフロー電池(RFB)」における電極機能を担う多機能部材です

【製品の特長】

- ・燃料電池及びRFB用途に最適化した製品をラインナップ
- ・カーボンペーパータイプで優れた表面平滑性
- ・多孔質構造により、水分管理機能を強化
- ・ロール-ロールにおける優れた後加工性

【製品仕様】

- ・幅 : 300 mm
- ・巻長 : 300 M
- ・紙管内径 : 6 inch (152 mm)



【製品ラインナップ】

	単位	MFK	MFX	MFL	MFK-A	MFX-A	MFL-A
表面処理	-	なし/基材	なし/基材	なし/基材	MPL	MPL	MPL
厚み	[mm]	0.205	0.170	0.125	0.220	0.190	0.150
目付	[g/m ²]	63	57	39	79	73	55
嵩密度	[g/cm ³]	0.31	0.36	0.31	0.36	0.38	0.39
ガス透過度	[mL/cm ² /hr/Pa]	200	950	700	10 *	40 *	30 *
電気抵抗	[mΩ・cm ²]	5.7	5.7	4.5	7.6	7.0	6.5
圧縮厚み	[mm]	0.18	0.14	0.11	0.2	0.16	0.12
圧縮率	[%]	88	82	80	91	84	79
MD曲げ強度	[MPa]	39	33	34	35	31	31
TD曲げ強度	[MPa]	27	43	19	25	41	17
気孔率	[%]	83	80	83	80	79	78

*上記の値は代表値であり保証値ではありません。
 *MPL付きGDLのガス透過度は参考値です。

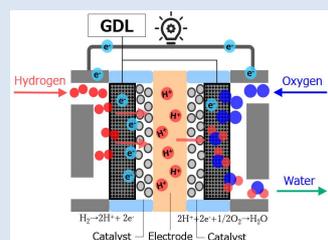
【用途・マーケット】

「水素」

水電解
燃料電池



参考：固体高分子型燃料電池の仕組み

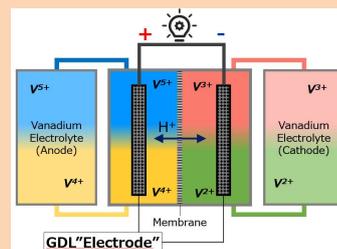


「蓄電池」

レドックスフロー電池
その他二次電池



参考：レドックスフロー電池の仕組み



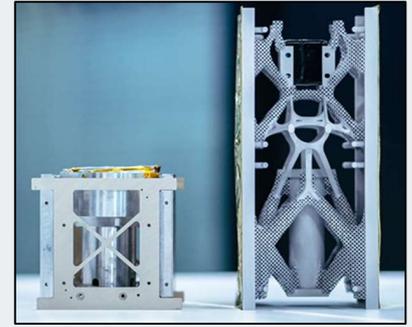
人工衛星へのプラスチック活用

【MCCの取り組み】

三菱ケミカル株式会社はサステナブル材料をはじめとしたプラスチックの人工衛星への活用に関して、早稲田大学創造理工学研究科総合機械工学専攻 宮下研究室と連携しております。本取り組みは、ポリマーズ & コンパウンズ / MMA ビジネスグループの新規事業創出プロジェクトの一環であり、今後も大きく発展の見込まれる宇宙分野への当社の持つケミカルテクノロジーの展開を進めて参ります。

【連携先】

早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 宮下研究室
金属3Dプリンタの積層技術を活用した「主構造のネジが0本」のキューブサット「WASEDA-SAT-ZERO」をイプシロンロケット6号機に搭載。次期の打ち上げに向け研究開発を進めています。当社は、今後も再生プラスチックの宇宙活用技術などにおいて連携して参ります。



「WASEDA-SAT-ZERO」イメージ

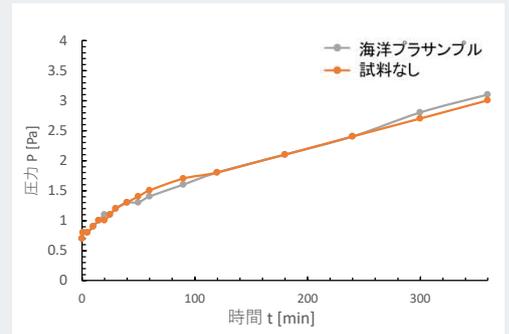
【活用案】

1) 宇宙から見つけた海洋プラスチックの人工衛星搭載

人工衛星画像の解析により海洋プラスチックのモニタリングを行うことで回収の効率化を図るとともに、再生した樹脂の活用先の1つとして人工衛星への搭載を提案しています。

(衛星画像解析パートナー：株式会社天地人)

現在は、回収した海洋プラスチックの計装部品を早稲田大学にて宇宙空間を再現した環境下での各種性能を評価を進めております。

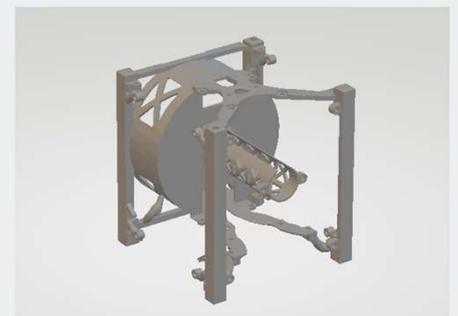


真空試験による海洋プラスチックサンプルのアウトガス参考データ

2) 衛星筐体をはじめとした金属部材の樹脂代替

衛星筐体を3DPによる一体成型で作成する軽量化やネジ止め箇所の削減などのメリットが期待されます。

筐体の樹脂化の他、当社の製品および開発品の衛星部材への適用可能性を提案して参ります。



3 DP出力筐体モデル

当社は、今後さらに発展が見込まれる宇宙分野への展開を通して、これからも高付加価値な製品を世界に供給するとともに、サステナブルな社会の実現に貢献していきます。