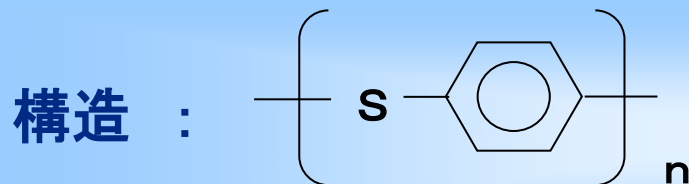




# AM用素材のご紹介

# PPS樹脂とは？

## PPS(Polyphenylene sulfide)



p-ジクロロベンゼンと硫化ナトリウムを主原料

結晶性熱可塑性樹脂

融点 : 280℃ ガラス転移点 : 約90℃

5%重量減少温度 : 約480℃ 吸水率(23℃水中24時間) : 0.02%

### 特長

- ・高強度、高剛性、耐疲労性、耐クリープ性を持つ
- ・長期耐熱性に優れる (UL温度インデックス200~240℃)
- ・耐薬品性が極めて良好 (フッ素樹脂に次ぐ耐薬品性)
- ・難燃剤を配合せず、UL94 V-0達成
- ・電気特性が良好
- ・寸法安定性が良好
- ・高温、高湿度下でも優れた物性を有する

長期耐久性

難燃性

高強度

# PPS樹脂の耐薬品性

溶剤	PPS	PEEK	PA6	PA12
苛性ソーダ	○	○	○	○
濃塩酸	○	○	×	×
トルエン	○	○	○	○
アセトン	○	○	△	○
NMP	○	○	×	×
エチレングリコール	○	○	○	○
ガソリン・グリース類	○	○	○	○

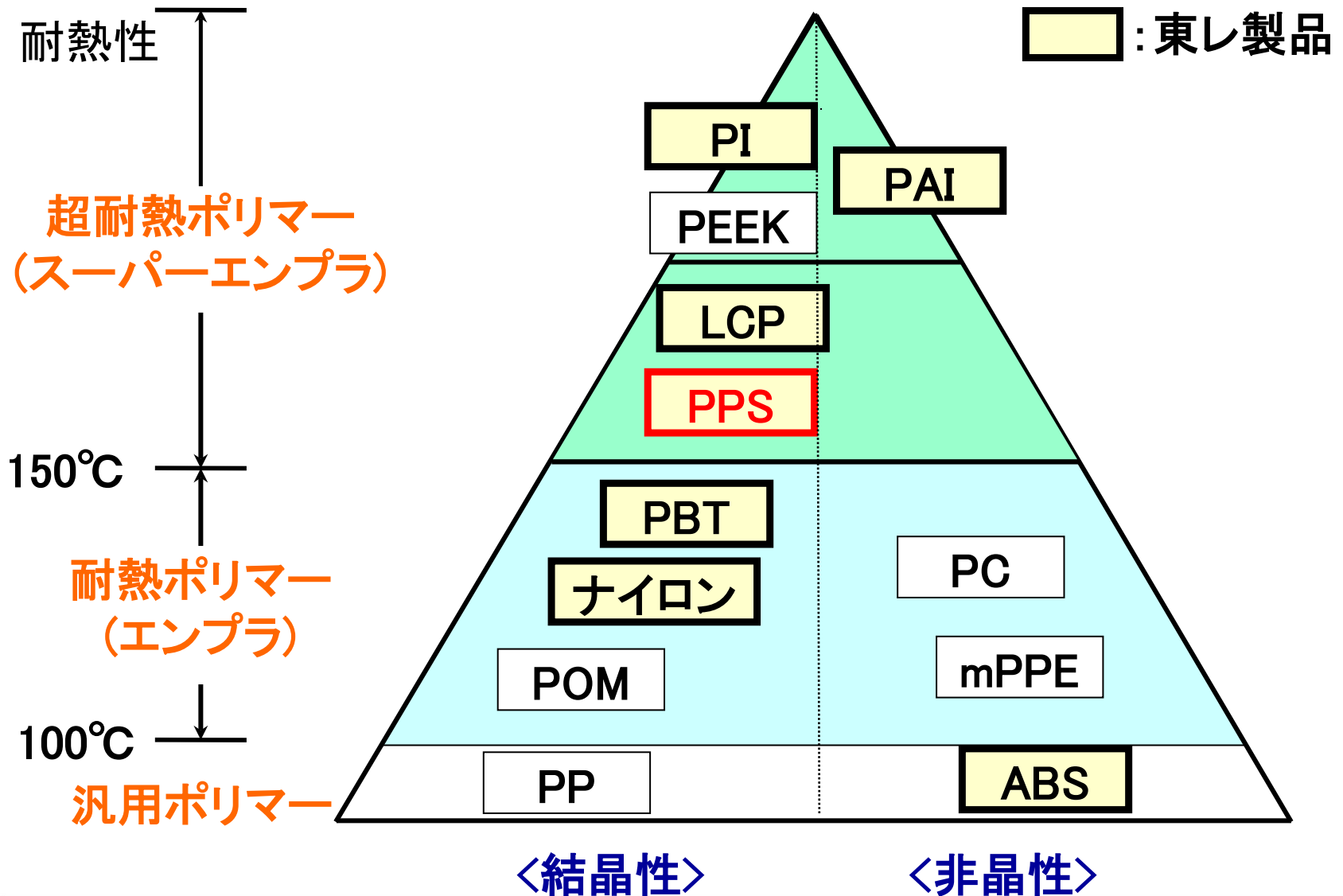
【バルク材料成形品での耐薬品評価】

- ：形状の変化なし
- △：形状維持しているが一部変形あり
- ×：溶解もしくは変形あり

※常温溶剤下での耐薬品性

※出典：プラスチック事典、flonchemical耐薬品データ

# 樹脂比較表



# 3Dプリンタ対応トレミル®PPS

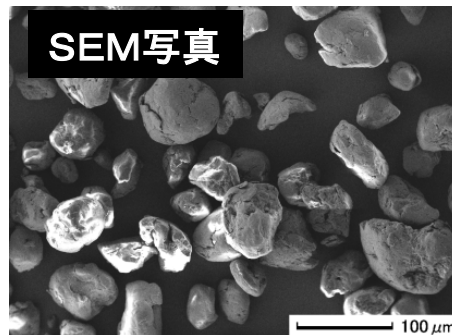
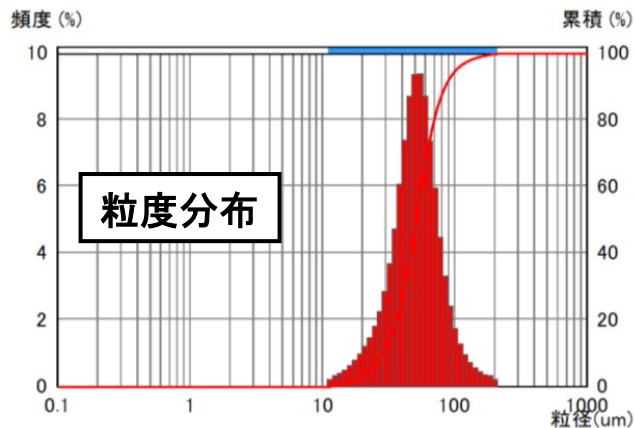
## (1)トレミル®PPSとは

独自のポリマー設計技術により、粉末床溶融結合造形(PBF方式)に最適な流動性やポリマー特性等を有するPPS樹脂パウダー



## (2)特徴

### A. 均一な粒度分布(D50=50 μm程度)



### B. 良好な粉体流動性



### C. ラインアップとリサイクル性

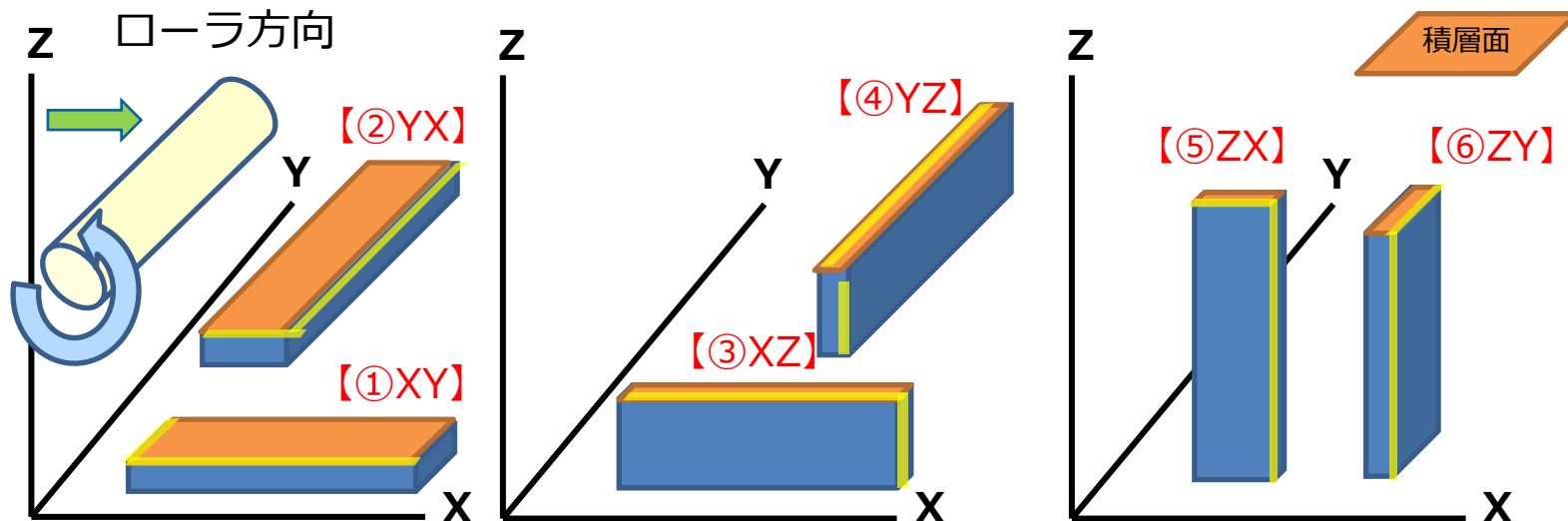
ラインアップ	リサイクル性
(1)非強化PPS	リサイクル可能(リサイクル率80%(推奨))
(2)ガラスファイバー(GF)25%強化PPS	リサイクル可能(リサイクル率70%(推奨))
(3)カーボンファイバー(CF)30%強化PPS	バージン材造形(リサイクル不可)※リサイクル性向上検討中

# 各品種物性比較表

測定項目(X-Y方向)		単位	PPS			PA12(絶乾)
			非強化	GF強化(25%)	CF強化(30%)	非強化
造形材料		—	MIX材	MIX材	バージン	MIX材
引張	強度	MPa	49	65	87	48
	伸び	%	2.2	2.3	1.0	14.5
	弾性率	GPa	2.8	2.9	—	—
曲げ	強度	MPa	63	104	123	61
	弾性率	GPa	1.8	3.8	8.6	1.4
	ひずみ	%	3.3	2.4	—	15.3
シャルピー衝撃強度		kJ/m <sup>2</sup>	—	—	2.5	—
密度		g/cm <sup>3</sup>	1.22	—	1.38	0.99
荷重たわみ温度 (フラットワイス、 1.82MPa)		℃	123	237	247	100
線膨張係数 (-40~200℃)	X方向	×10 <sup>-5</sup> /K	7.0	3.8	1.1	—
	Y方向	×10 <sup>-5</sup> /K	7.1	5.4	3.4	—
融点		℃	280			170
結晶化温度		℃	190			144
難燃性		UL	V-0相当			—

※MIX材=造形材料：バージン材とリサイクル材の混合品  
上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

# 強度異方性



材料			PPS (非強化) ※MIX材					
造形方向			①XY	②YX	③XZ	④YZ	⑤ZX	⑥ZY
物性値	引張強度	MPa	49	49	45	50	41	41
	引張伸び率	%	2.2	2.2	2.1	2.2	1.9	1.9
	引張弾性率	GPa	2.1	1.3	2.0	1.8	1.6	1.8
	曲げ強度	MPa	63	66	77	74	65	64
	曲げ弾性率	GPa	3.3	3.1	3.6	3.6	3.4	3.4
	曲げひずみ	%	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8

※MIX材：バージン：リサイクル= 2：8  
 上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

# 強度異方性

材料			GF強化(GF25%)PPS ※MIX材					
造形方向			①XY	②YX	③XZ	④YZ	⑤ZX	⑥ZY
物性値	引張強度	MPa	65	52	-	-	-	30
	引張伸び率	%	2.3	1.9	-	-	-	1.2
	引張弾性率	GPa	2.9	2.6	-	-	-	2.3
	曲げ強度	MPa	104	90	-	-	-	76
	曲げ弾性率	GPa	3.8	3.6	-	-	-	4.0
	曲げひずみ	%	2.4	2.4	-	-	-	1.9

※MIX材：バージン：リサイクル= 3：7

材料			炭素繊維強化 (CF30%) PPS ※バージン材					
造形方向			①XY	②YX	③XZ	④YZ	⑤ZX	⑥ZY
物性値	引張強度	Mpa	87	58	82	54	26	26
	引張伸び率	%	1.0	1.2	1.0	1.3	0.9	0.9
	曲げ強度	Mpa	123	88	111	76	33	36
	曲げ弾性率	Gpa	8.6	5.4	7.9	4.3	2.3	2.1
	衝撃強度	kJ/m2	2.5	2.1	2.8	2.4	1.2	1.2

※バージン材：バージン100%（リサイクル検討中）

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。



# 想定用途例

ダクト、吹出口、ブラケット、スロットルボディ	ターボチャージャー
PPS+GF 	PPS+CF 
ケーシング、インペラ	冷却配管
PPS+GF  	PPS+GF   研磨加工可能

- ①分割構成の部品や複数部位からなる部品を耐熱材料で**一体で作製**することが可能
- ②3Dならではの形状が造形可能+試作開発のスピードUP
- ③樹脂化による**軽量化**が可能(金属部品対比 重量▲30~▲50%程度)

### (1) 航空・宇宙、鉄道(試作、最終部品)

難燃性が必須である航空・宇宙用途へ展開が可能

#### <試験方法:UL94V>

試験片厚み(mm)	結果
0.49t	V-0
0.68t	V-0
0.95t	V-0
1.75t	V-0
2.26t	V-0

特定条件下で得られた測定値の代表値です。

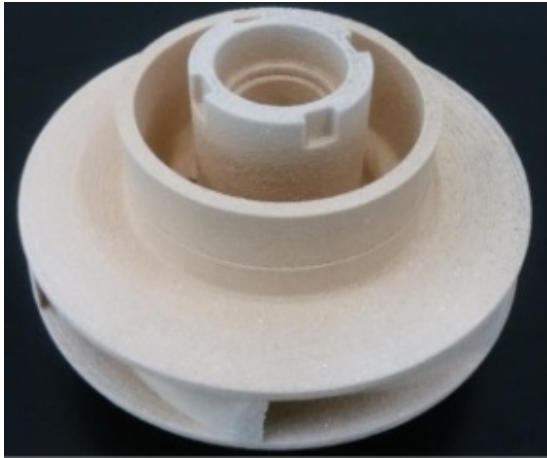
想定用途：ブラケット、  
各種ハウジング部品

難燃性証明済み  
(日本鉄道車両機械技術協会)



## 小Lot最終部品への展開が可能

(2) インペラー(試作(流路最適化検討)、最終部品)



産業用ポンプインペラー



自動車用インペラー

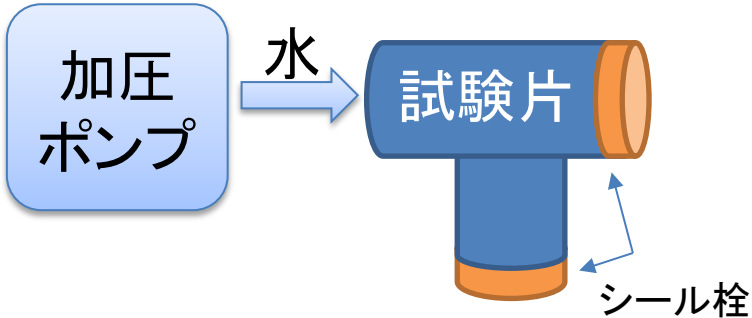
流動液体: 温水(60°C、80°C)  
機械潤滑油など

高温流体での機能性評価が可能

### (3) 水周り／配管(試作、最終部品)

#### 【圧力破壊試験】

#### 【実測値】



	破断圧力 (MPa)	T管 (接合部研磨)	L管 (接合部研磨)
3D造形物	非強化PPS	5.8MPa	5.4MPa
射出成型	GF強化	7.0MPa	-
射出成型	GF+エラストマー	12.0MPa	-

特定条件下で得られた測定値の代表値です。



試作品: 活用可能

最終部品(小Lot品): 形状最適化で活用可能

水周り継ぎ手

- ・チーズ
- ・エルボー
- ・ソケット 他

## 高温流体での機能性評価が可能

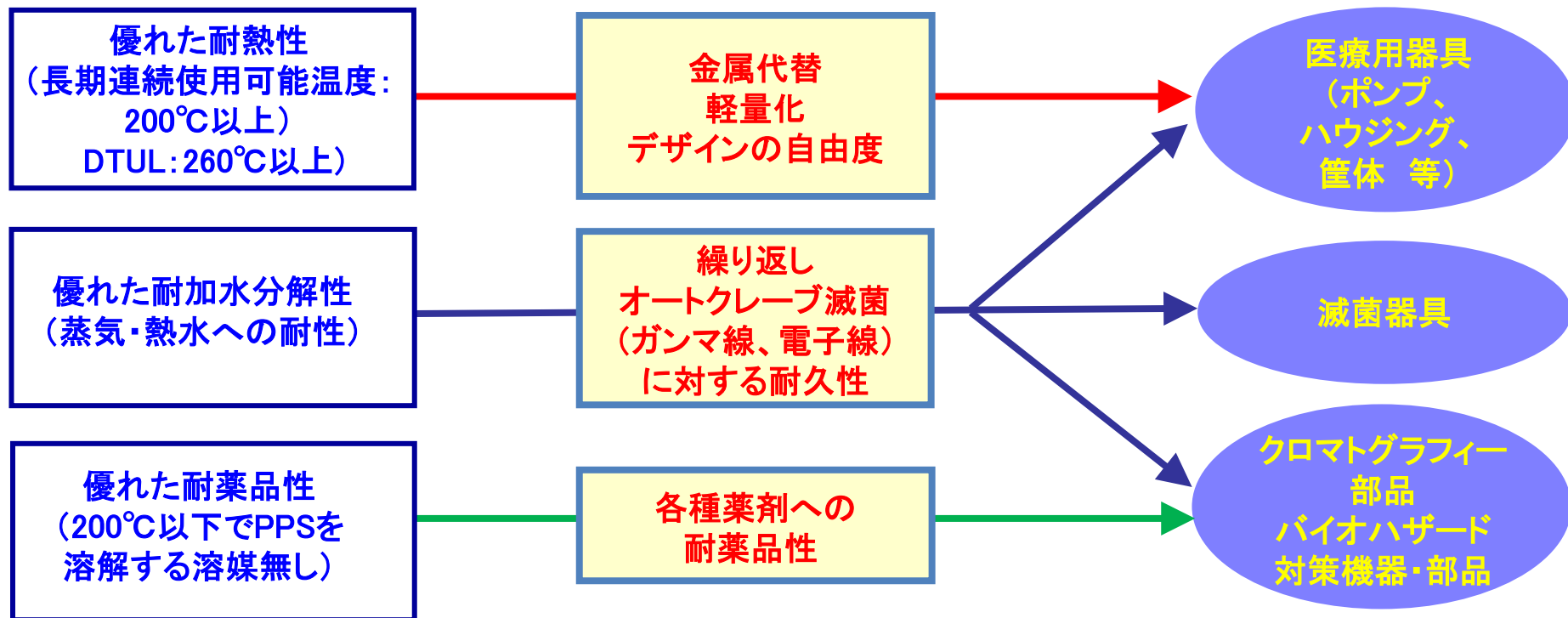
### (4) 医療機器分野

PPS樹脂の生体適合性確認は未実施であり、生体と直接接触しない装置や器具への適用を想定

#### PPS樹脂の特徴

#### 医療用途でのニーズ

#### 想定用途



小Lot最終部品への展開が可能

# 今後の材料開発展開やビジネスビジョン

東レG連携による総合的な顧客課題解決

## 東レ株式会社

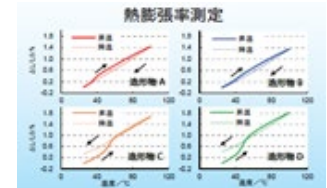
- PPSパウダー
- 樹脂による軽量化
- 樹脂3Dプリンティング



## 素材

## 株式会社東レリサーチセンター

- 素材、造形物のあらゆる分析



## 東レ・プレジジョン株式会社

- 金属3Dプリンティング
- 精密加工

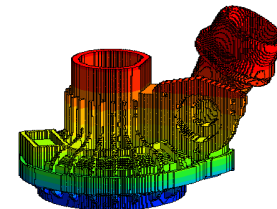
## 造形



## 分析

## 東レエンジニアリング株式会社

- シミュレーション(3D-TIMON)
- 設備開発
- 検査装置



# PPS – 3D造形物 各種詳細データ

---

## 1. 強度

### 1) 温度依存性 (非強化PPS : XY方向)

① 引張強度

② 曲げ強度

③ 曲げ弾性率

## 2. 耐熱性

## 3. 線膨張係数

## 4. 難燃性 (非強化PPS / UL、GF強化PPS / 車材燃試)

## 5. 耐圧性 (破壊試験)

## 6. 電気物性

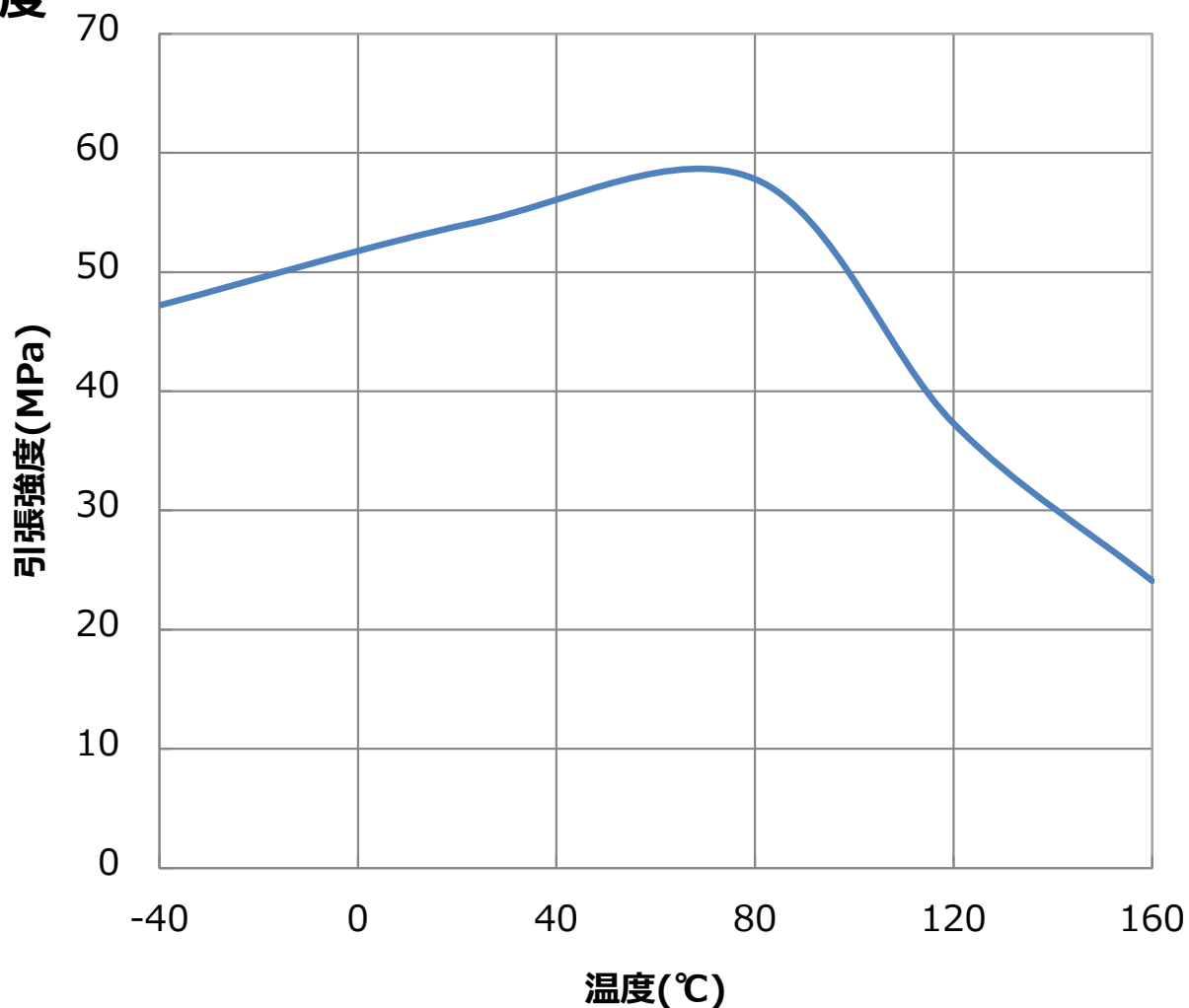
## 7. 放熱性

## 8. 電磁波シールド (電界)

## 9. 電磁波シールド (磁界)

# 1. 1) 温度依存性 (非強化PPS : XY方向)

## ①引張強度



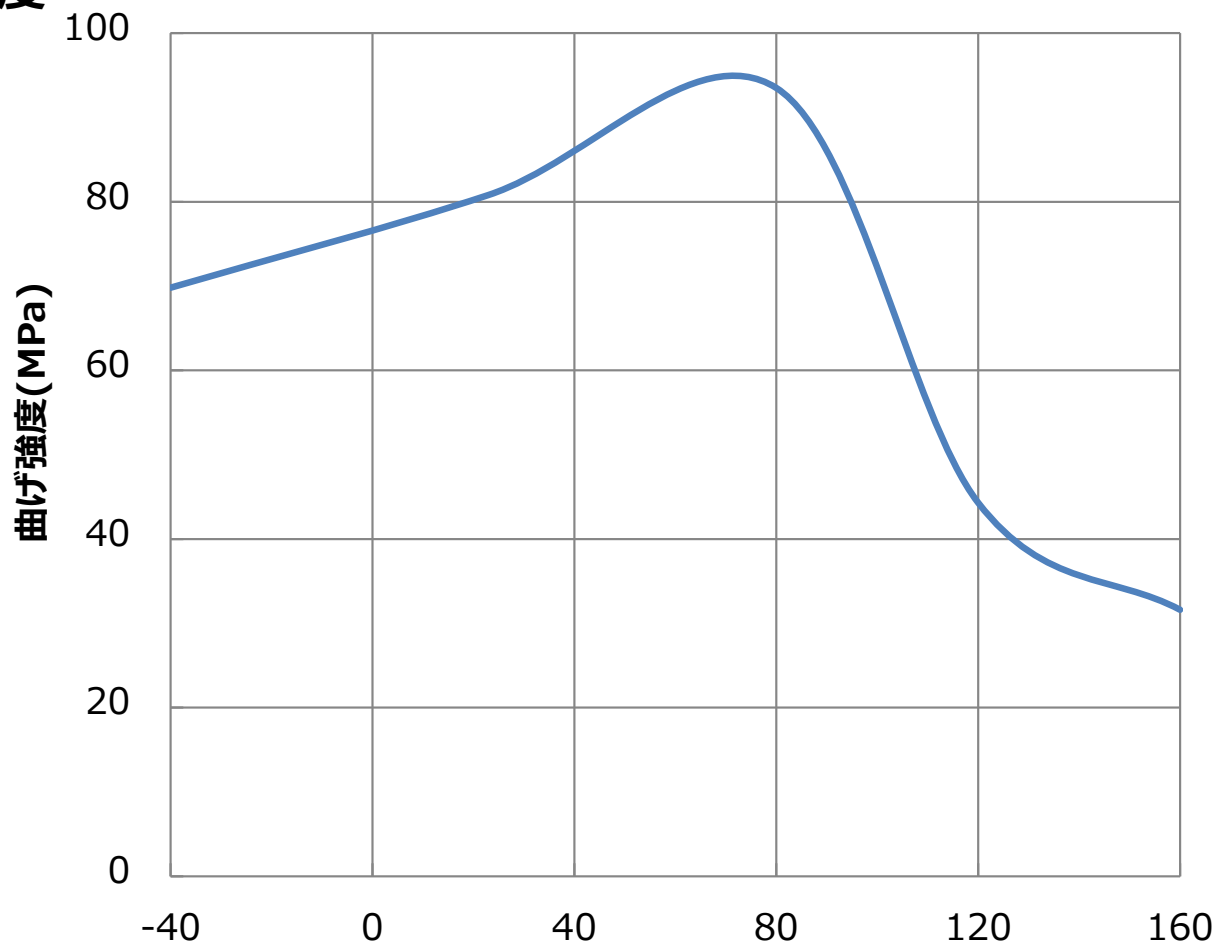
※ G F 強化、C F 強化品データ取得中

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。



# 1. 1) 温度依存性 (非強化PPS : XY方向)

## ② 曲げ強度



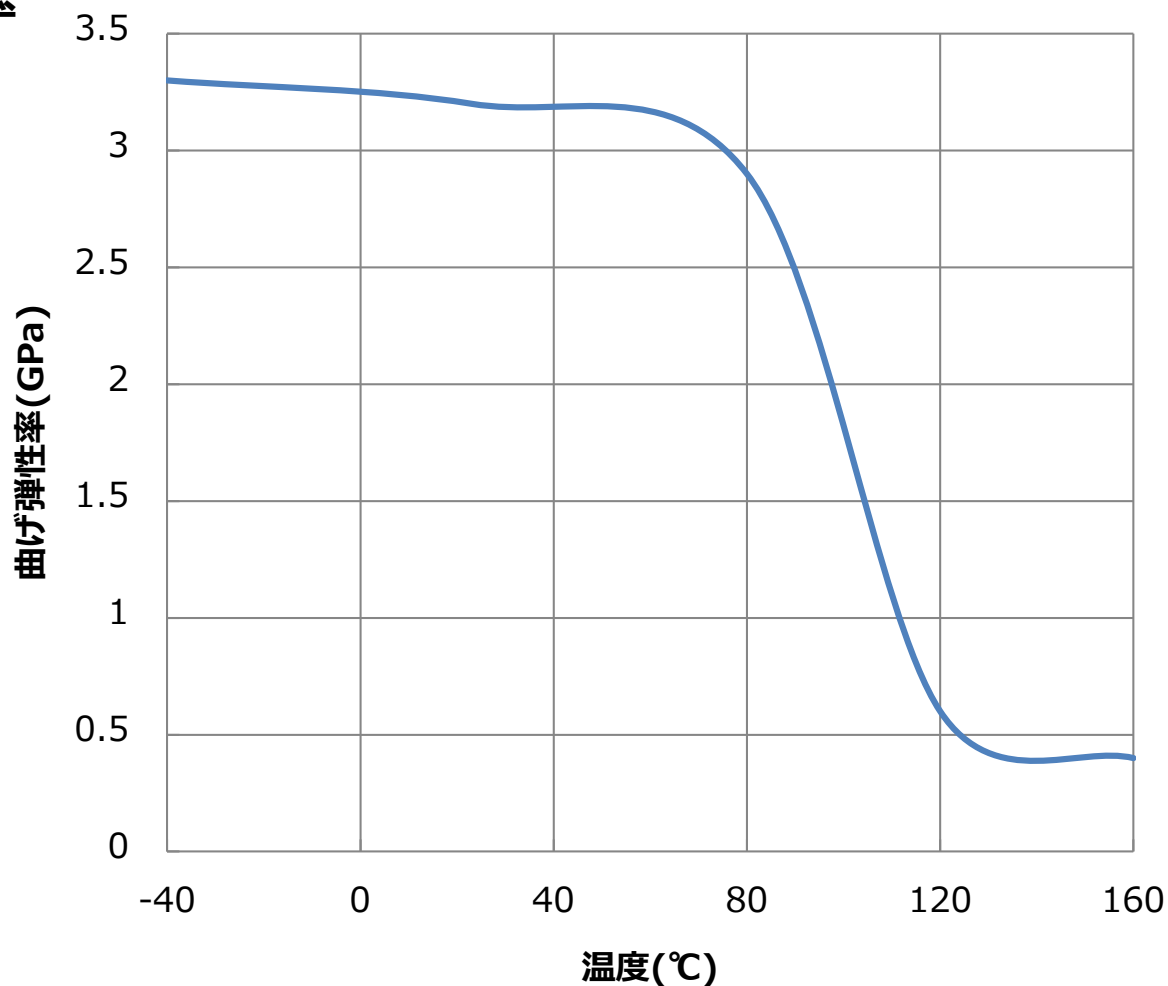
温度(°C)

※ G F 強化、C F 強化品データ取得中

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

# 1. 1) 温度依存性 (非強化PPS : XY方向)

## ③ 曲げ弾性率

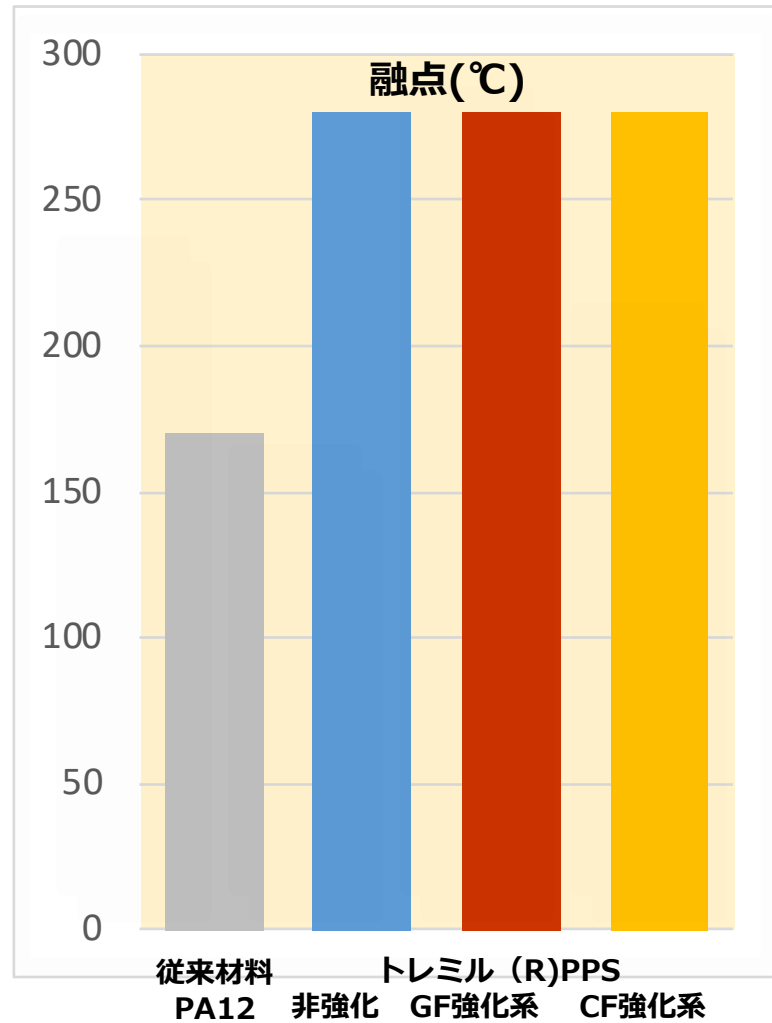
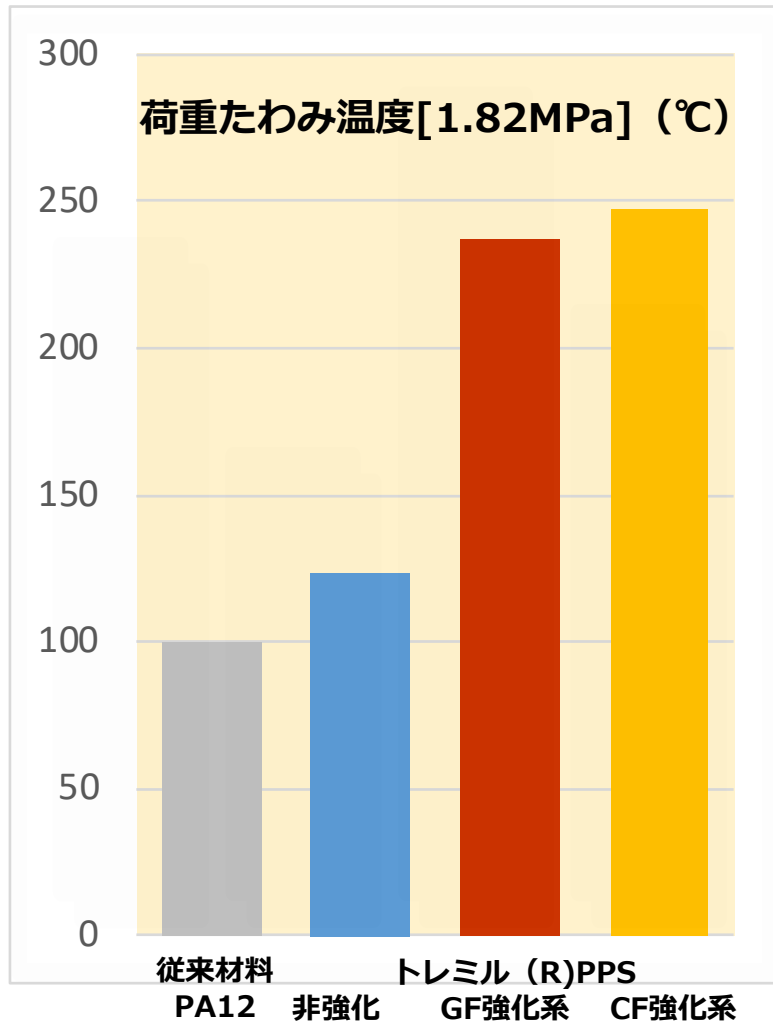


※ G F 強化、C F 強化品データ取得中

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

## 2. 耐熱性

※造形方向：X-Y



上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

### 3. 線膨張係数

【ISO 11359（線熱膨張係数及びガラス転移温度の測定）に準ずる】

項目		Unit	非強化 PPS	GF強化 PPS(25%)	CF強化 PPS(30%)	
線膨張 係数	ダンベル方向 ：X方向	-40～ 80℃	×10 <sup>-5</sup>	5.5	3.2	1.0
		80～ 200℃	×10 <sup>-5</sup>	8.4	4.3	1.3
	ダンベル方向 ：Y方向	-40～ 80℃	×10 <sup>-5</sup>	5.5	3.9	2.7
		80～ 200℃	×10 <sup>-5</sup>	8.6	6.8	4.1
	ダンベル方向 ：Z方向	-40～ 80℃	×10 <sup>-5</sup>	5.6	5.0	2.7
		80～ 200℃	×10 <sup>-5</sup>	7.7	10.7	4.1

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

## 4. 難燃性(非強化PPS) <試験方法：UL94>

【20mm垂直燃焼試験 (IEC60695-11-10 B法, ASTM D3801)】

試験片をクランプに垂直に取付け、20mm炎による10秒間接炎を2回行い、その燃焼挙動によりV-0, V-1, V-2, Notを判定

試験片厚み(mm)	結果
0.49t	V-0
0.68t	V-0
0.95t	V-0
1.75t	V-0
2.26t	V-0

※UL規格（ブルーカード）は未取得です

参考) 判定基準	燃焼性分類		
	V-0	V-1	V-2
各試験片の燃焼時間	10秒以下	30秒以下	30秒以下
5本の合計燃焼時間	50秒以下	250秒以下	250秒以下
各試験片の燃焼+グローイング時間	30秒以下	60秒以下	60秒以下
クランプまでの燃焼	なし	なし	なし
滴下物による綿着火	なし	なし	あり

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

# 4. 難燃性(GF強化PPS) <試験方法：車材燃試>

鉄道車両用材料燃焼性試験成績書

試験番号	車材燃試 2019-1275K
依頼社名	東レ株式会社
製造社名	東レ株式会社
使用用途	鉄道車両用部材
商品名	燃焼性試験試料明細による
材 料	同上
厚 さ	同上
試験年月日	2019年 11月 5日

## 試験成績

温度23℃ 湿度6.8% アルコール燃焼時間 1分38秒

アルコール燃焼中		アルコール燃焼後	
着火	あり 1.5秒	残炎	なし
着炎	あり 1.5秒	残じん	なし
煙	少ない	炭化	縁に達しない 4.5mm
火勢	上端を超えない	変形	表面的変形 7.0mm
備考			
判定 難燃性			
耐溶融滴下性試験			
判定	アルコール燃焼後		
	平滑性		

一般社団法人 日本鉄道車両機械技術協会

対象厚み：1mm

鉄道車両用材料燃焼性試験成績書

試験番号	車材燃試 2019-1276K
依頼社名	東レ株式会社
製造社名	東レ株式会社
使用用途	鉄道車両用部材
商品名	燃焼性試験試料明細による
材 料	同上
厚 さ	同上
試験年月日	2019年 11月 5日

## 試験成績

温度23℃ 湿度6.8% アルコール燃焼時間 1分30秒

アルコール燃焼中		アルコール燃焼後	
着火	あり 2.7秒	残炎	なし
着炎	あり 2.7秒	残じん	なし
煙	僅少	炭化	縁に達しない 2.5mm
火勢	弱い	変形	表面的変形 7.5mm
備考			
判定 極難燃性			
耐溶融滴下性試験			
判定	アルコール燃焼後		
	平滑性		

一般社団法人 日本鉄道車両機械技術協会

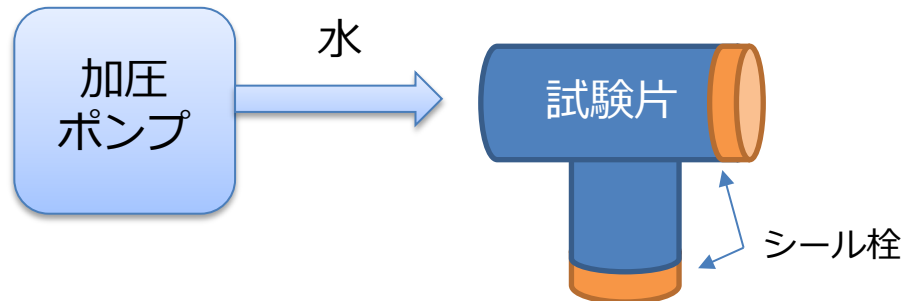
対象厚み：3mm

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

## 5. 耐圧性（破壊試験）

### 【圧力破壊試験】

T字もしくはL字形状の試験片に圧力（水）をかけ、試験片が破壊するときの圧力を測定。



### 【実測値】

破断圧力(MPa)	T管(接合部研磨)	L管(接合部研磨)
非強化PPS	5.8MPa	5.4MPa
GF強化PPS	取得中	取得中
CF強化PPS	取得中	取得中

射出グレードの場合、PPS+GF40%：7.0MPa、PPS+GF30%+Iラストマー：12.0MPa

### 【試験条件】

手動テストポンプ(株キョーワ製 T-300N、最高圧力 30MPa)

造形物肉厚：2.8mm（外周φ21.7mm、内周φ16.1mm）

特定条件下で得られた測定値の代表値です。

## 6. 電気特性

試験方法：	IEC 62631-2-1準拠(自動平衡ブリッジ法)
試料寸法：	80×80×t3(mm)
試験条件：	周波数；1 MHz
電極寸法：	主電極径φ36 mm, 環状電極内径φ38 mm
電極材質：	導電性銀ペイント
状態調節：	23 °C±2 °C, 50 %RH±5 %RH×24 h<
試験環境：	23 °C±2 °C, 50 %RH±5 %RH
測定装置：	プレジジョンLCRメータ E4980A (アジレント・テクノロジー(株)製)

項目	Unit	非強化PPS	GF強化 PPS(25%)	CF強化 PPS(30%) ※
電気抵抗率	Ωcm	$2.80 \times 10^{17}$	—	$1.30 \times 10^4$
絶縁破壊強度	kV/mm	18.5	—	5.7
比誘電率 (εr)	—	3.86	3.86	導電性
誘電正接 (tanδ)	—	0.00124	0.00161	導電性

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。



# 7. 放熱性 (GF強化PPS、CF強化20%、30%PPS)

※CF強化PPSはリサイクル性UP検討中 (CF添加量30%→20%)

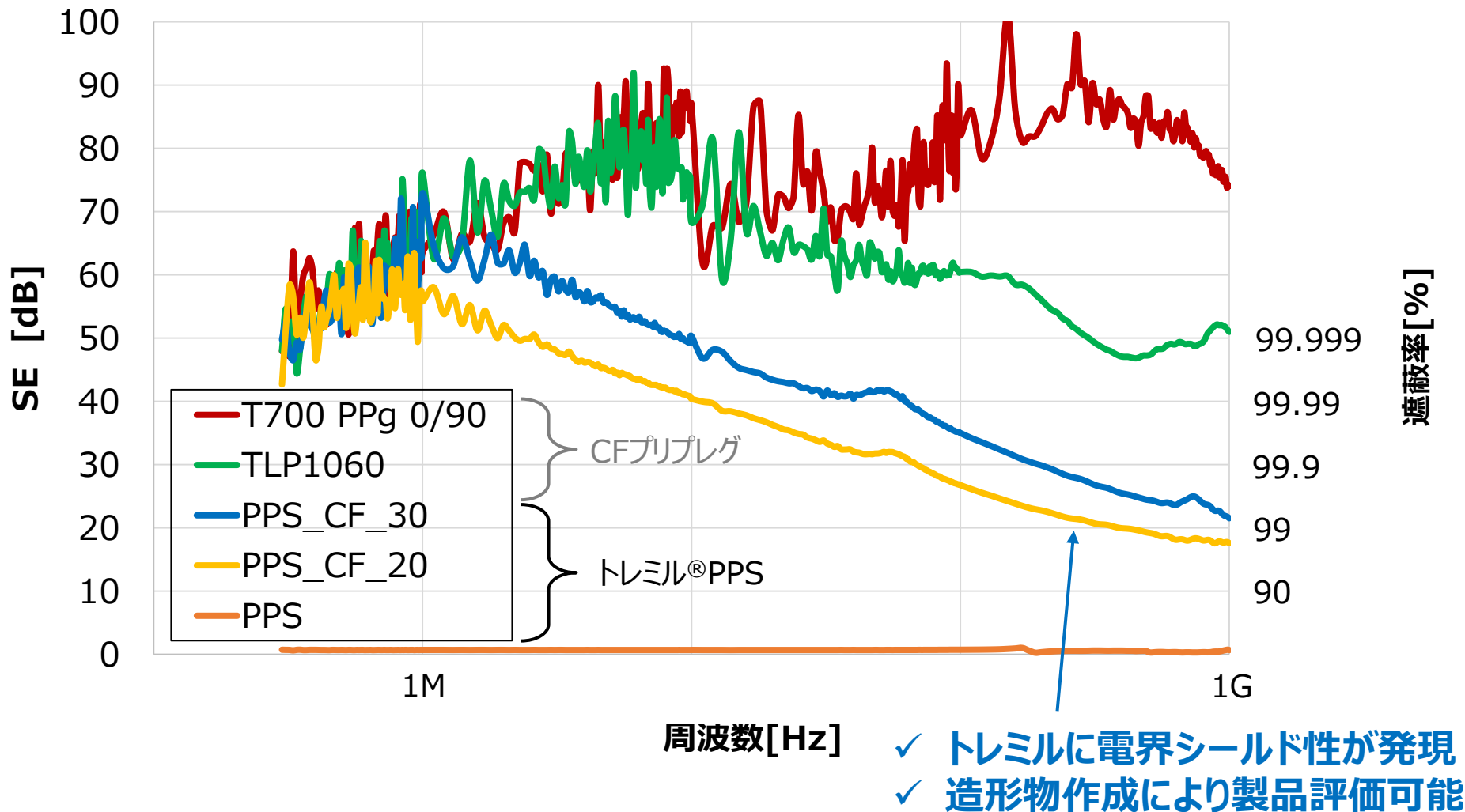
		トレミル®PPS			射出グレード
	単位	PPS+GF25	PPS+CF20 ※	PPS+CF30	PPS+GF40 (A504X90)
熱伝導率 (ホットディスク法)	W/m・K	0.5	0.8	0.9	0.5



- ✓ 3Dプリンターによって**0.8、0.9W/m・Kの造形物を造形**
- ✓ **製品レベルでの熱伝導性を確認**できる

# 8. EMIシールド\_電界\_0.3k~1.0GHz

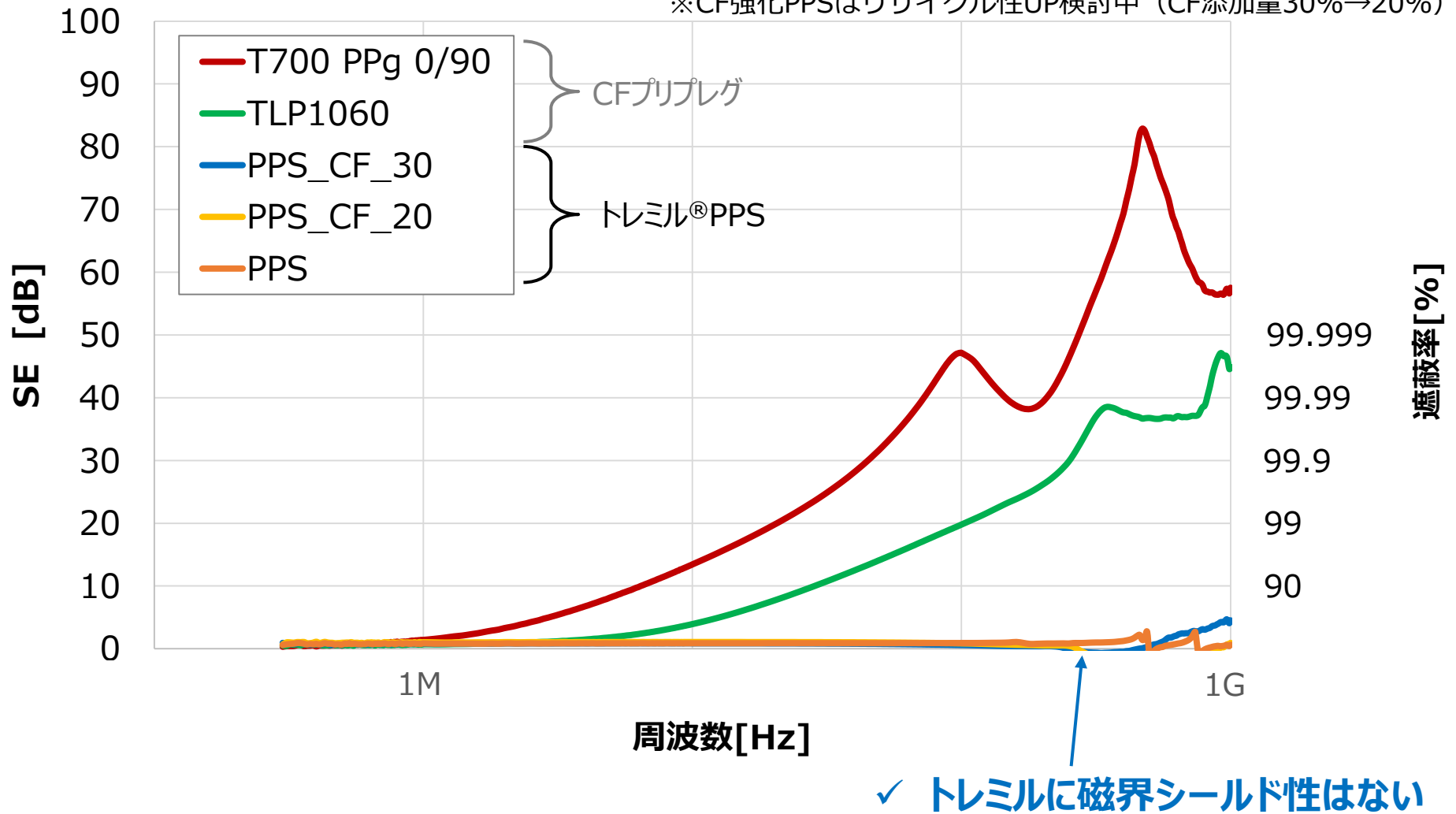
※CF強化PPSはリサイクル性UP検討中（CF添加量30%→20%）



上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

# 9. EMIシールド\_磁界\_0.3k~1.0GHz

※CF強化PPSはリサイクル性UP検討中（CF添加量30%→20%）



上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

# 射出成形材料との比較 (PPS樹脂)

項目	単位	3Dプリンタ造形 (X-Y方向)			射出成形			
		非強化 (MIX)	GF強化 (MIX)	CF強化 (バーজন)	非強化	ガラス強化	CF強化	
強化材配合率	%	—	25	30	—	30	30	
引張	強度	MPa	49	65	87	85	155	235
	伸び	%	2.2	2.3	1.0	8.0	1.7	1.4
	弾性率	MPa	2.8	2.9	—	—	—	—
曲げ	強度	MPa	63	104	123	140	230	340
	弾性率	GPa	1.8	3.8	8.6	3.9	12.0	27.5
	ひずみ	%	3.3	2.4	—	—	—	—
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.22	—	1.38	1.34	1.57	1.46	
荷重たわみ温度 (フラットワイズ、1.8MPa)	℃	123	237	247	105	>260	>260	
難燃性	UL	V-0相当	V-0相当	V-0相当	V-0相当	V-0	V-0相当	
線膨張係数 (-40~200℃)	X方向 ×10 <sup>-5</sup> /K	7.0	3.8	1.1	6.2	3.0	1.1	
	Y方向 ×10 <sup>-5</sup> /K	7.1	5.4	3.4	6.6	3.4	1.9	

上記データは特定条件下で得られた測定値の代表値です。

**'TORAY'**

**Innovation by Chemistry**