

Flame Retardant (難燃性) レジン

精度と表面品質、耐熱性に優れたUL 94 V-0の認定取得済の難燃性材料

剛性、耐クリープ性、機能性に優れた難燃樹脂部品を簡単かつ短時間でプリントいただけます。Flame Retardantレジンは、自己消火性を備えハロゲンフリーで、優良なFST（炎、煙、毒性）評価、2.9GPaの引張弾性率、0.45MPaで112°Cの荷重たわみ温度（HDT）を有しています。

高温環境や製造現場など過酷な環境で使用する治工具や設備機器の交換部品に

航空機、自動車、鉄道車両など優れた表面品質が求められる内装部品に

消費者向け電子機器または医療機器の筐体や内部部品に



V1

FLFRGR01

*一部の国・地域ではご使用いただけない場合があります

初版


2023年4月13日

本紙記載の情報は弊社が知り得る限りの情報において正確なものですが、Formlabs, Inc. はその使用によって得られる結果については明示または黙示を問わず、いかなる保証もすることはできません。

修正日: 02 2023年7月26日

材料特性データ^{3, 5}

Flame Retardant (難燃性) レジン

難燃性評価 ^{1, 2}	結果			試験方法
UL 94	V-0 (3mm)	V-1 (2.5mm)	HB (1.5mm)	 スキャンして Blue Cardを 確認
FAR 25.853 Appendix F, Part I (a) (1) (ii) 12秒間垂直燃焼試験	合格 (2.5mm)			

煙毒性評価 ^{3, 4}	結果		試験方法
	Ds @ 1.5 min	Ds @ 4 min	
煙の発生量: 3mm試験片燃焼時	19.5	285	ASTM E662
煙の発生量: 5mm試験片燃焼時	5	114	ASTM E662

ガス毒性評価 ^{3, 4}	結果			試験方法	
3mm試験片燃焼時のガス毒性	合格	CO: 56PPM HCl: 1PPM未満	HCN: 7PPM HF: 1PPM未満	SO2: 1PPM未満 (NO + NO2) NOx: 1 PPM未満	BSS 7239

	洗浄のみ	70°C60分にて二次硬化時	80°C120分にて二次硬化時	試験方法
--	------	----------------	-----------------	------

機械的特性 ^{5, 6}				
最大引張強さ	24MPa	38MPa	41MPa	ASTM D638-14
引張弾性率	1.8GPa	2.9GPa	3.1GPa	ASTM D638-14
破断伸び	20%	9.4%	7.1%	ASTM D638-14

曲げ特性				
曲げ強さ	36MPa	72MPa	75MPa	ASTM D790-15
曲げ弾性率	1.3GPa	2.7GPa	2.7GPa	ASTM D790-15

耐衝撃性				
ノッチ付アイゾット	19J/m	22J/m	22J/m	ASTM D256-10
ノッチ無アイゾット	227J/m	241J/m	257J/m	ASTM D4812-11

破壊特性				
応力拡大係数 (Kmax)		1.05MPa · m ^{1/2}	1.11MPa · m ^{1/2}	ISO 20795-1:2013 (E)、セクション 8.6
破壊仕事 Work of Fracture		311J/m ²	277J/m ²	ISO 20795-1:2013 (E)、セクション 8.6

熱的特性				
荷重たわみ温度@ 1.8 MPa	45°C	71°C	83°C	ASTM D648-16
荷重たわみ温度@ 0.45 MPa	55°C	94°C	111°C	ASTM D648-16
熱膨張率 20°~80°C		98.6µm/m/°C	68.1µm/m/°C	ASTM E813-13
ガラス転移点 (Tg)	101°C	130°C	144°C	タンデルタ (誘電正接) のピーク、加熱率: 3°Cpm

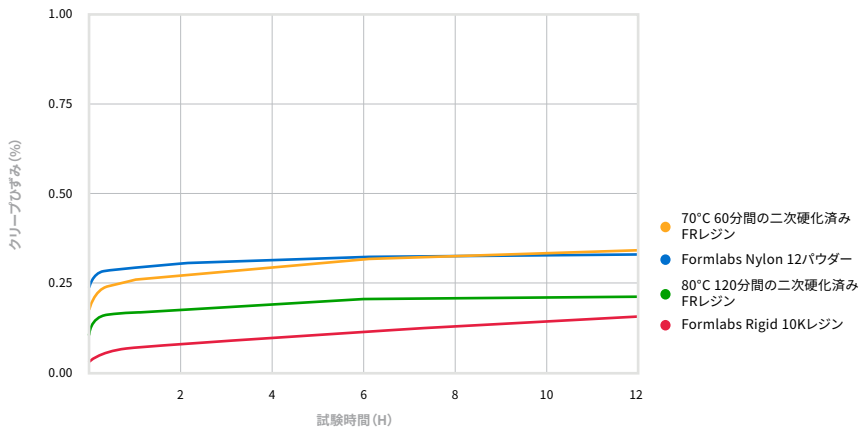
一般的特性	結果		試験方法
硬度	洗浄のみ:74D	二次硬化後:80D	ASTM D2240
仮比重	1.25g/cm ³		ASTM D792-20
粘度 (25°C)	4500~5000cP		
材料色	ライトグレー		

電気的特性 ^{3,5}	結果	試験方法
絶縁耐力	15.1 kV/mm	ASTM D149
誘電率	3.83	ASTM D150, 0.5 MHz
誘電率	3.82	ASTM D150, 1.0 MHz
誘電正接	0.024	ASTM D150, 0.5 MHz
誘電正接	0.025	ASTM D150, 1MHz
体積抵抗率	2.1 x 10 ¹⁵ ohm-cm	ASTM D257

アウトガス試験 ^{3,5}	結果	試験方法
真空環境下でのアウトガスによる質量損失比および再凝縮物質量比	合格	ASTM E595
	質量損失比 (TML) : 0.87%	
	再凝縮物質量比 (CVCM) : 0.01%未満	
	再吸水量比 (WVR) : 0.2%	

耐引張クリープ性評価 (ASTM D2990-17)

665°Cの環境下にて荷重1.8MPaで試験したFormlabs材料の耐クリープ性測定結果



FormlabsのFlame Retardant (難燃性) レジンによる3Dプリント品は高い耐クリープ性を有していると言える。80°Cにて120分間の二次硬化を行ったFlame Retardantレジンサンプルは、70°Cにて60分間の二次硬化を行った場合と比較して耐クリープ性が向上していることがわかる。一方で80°C・120分間の二次硬化済みFlame Retardantレジンサンプルは、Rigid 10Kレジンのサンプルと比較すると耐クリープ性はやや劣る。また、70°C・60分間の二次硬化済みFlame Retardantレジンサンプルの耐クリープ性は、SLS材料のNylon 12パウダーと同様の挙動を示した。

紫外線による加速劣化^{3,5}

試験方法

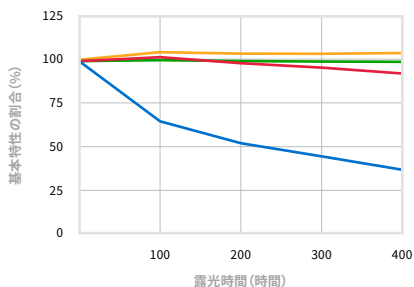
室内の紫外線安定性

Formlabsは、屋内用途のプラスチックのキセノンアーク暴露に関する標準規格であるASTM D4459を用いてFR v1の紫外線による加速劣化の評価を行いました。本試験では、ガラスを通してポリマーに太陽放射を当てて劣化を加速させます。

ASTM D4459
屋内用途のプラスチックのキセノンアーク暴露に関する標準規格

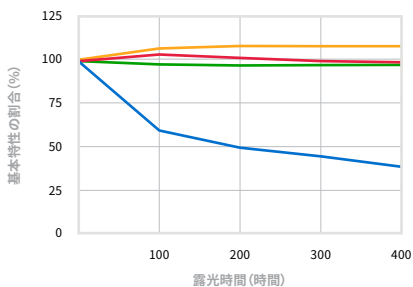
FR v1の紫外線による加速劣化

80°C120分にて二次硬化時



FR v1の紫外線による加速劣化

70°C60分にて二次硬化時



紫外線による加速劣化

ASTM 4459: Xenon-Arc, 0.8 W/m² at 420nm, 55°C, 50% RH
ASTM D638: Type 4, 5mm/分

- EAB (%)
- 弾性率 (%)
- UTS (%)
- 衝撃 (%)

経年劣化^{3,5}

試験方法

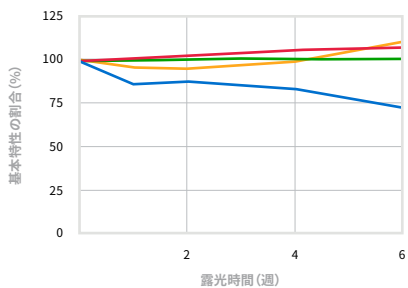
熱による加速劣化

Formlabsは、プラスチックの無負荷熱老化の標準規格であるASTM D3045を用いてFR v1の熱老化の評価を行いました。本試験では、50°Cまたは90°Cの環境に置かれたサンプルの機械的特性を、最大6週間に渡って異なる期間で測定します。

ASTM D3045
50°Cまたは90°Cの環境で行う6週間の試験

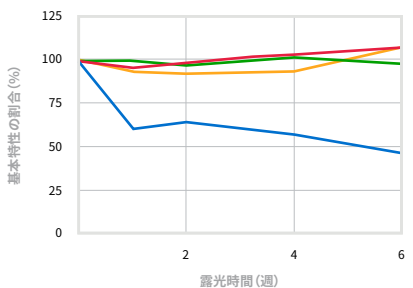
50°CでのFR v1の熱老化

70°C60分にて二次硬化時



90°CでのFR v1の熱老化

70°C60分にて二次硬化時



加速熱老化

ASTM D3045: 50°Cおよび90°Cの環境でそれぞれ1, 2, 4, 6週間
ASTM D638: Type 4, 5mm/分

- EAB (%)
- 弾性率 (%)
- UTS (%)
- 衝撃 (%)

対応する溶剤³

Flame Retardant (難燃性) レジン

プリントおよび二次硬化後の10 x 10 x 10mmの立方体を、各溶剤に24時間浸漬した際の質量増加率

洗浄剤	24時間後の質量増加率
アセトン	2.1
漂白剤 (次亜塩素酸ナトリウム 約5%)	0.3
Windex Powerized Formula (ガラス・表面クリーナー)	0.3
過酸化水素 (30%)	1
石鹼水	0.2
TPM (トリプロピレングリコールモノメチルエーテル)	0.1
蒸留水	0.2

高濃度溶剤・酸およびアルコール

塩酸 (10%)	0.1未満
次亜塩素酸ナトリウム水溶液	0.1未満
水酸化ナトリウム水溶液 (0.025% pH = 10)	0.3
塩水 (塩化ナトリウム 3.5%)	0.2
IPA (イソプロピルアルコール)	0.2
過酸化水素 (3%)	0.2
酢酸ブチル	0.4
濃硫酸 (30%)	溶解

工業用燃料

ガソリン (ISO 1817, Liquid C)	0.1未満
トランスミッションオイル (Havoline Synthetic ATF)	0.1未満
エンジンオイル (Havoline SAE 5W-30)	0.1未満
ブレーキオイル (Castrol DOT-4)	0.1未満
ディーゼルオイル (Chevron #2)	0.1未満
パワーステアリングオイル	0.1未満
スカイドロール 5	0.1未満
油圧作動油	0.1未満
ジエチレングリコールモノメチルエーテル	0.3
重質鉱物	0.1未満
軽質鉱物	0.1未満

¹ UL難燃性試験棒は、Form 3+/Form 3にて50μmの積層ピッチでFlame RetardantレジンにてプリントしたものをForm Washにて(a) 99%以上のイソプロピルアルコール (IPA) で10分間、(b) 99%以上のトリプロピレングリコールモノメチルエーテル (TPM) で15分間洗浄した後、軽く水ですすぎ、Form Cureにて70°Cで60分間二次硬化を行ったものです。本評価は、Form 3、Form 3+、Form 3B、Form 3B+、Form 3L、Form 3BLのすべてのプリンタにてモデルの向きや積層ピッチに関わらず同様の結果が得られます。

² FAR 25.853 Appendix F Part I (a) の試験棒はForm 3Lにて積層ピッチ100μmでFlame Retardantレジンにてプリントした後、Form Wash Lにて純度99%以上のイソプロピルアルコール (IPA) で10分間洗浄し、Form Cure Lにて70°Cで60分間二次硬化を行ったものです。

³ 二次硬化サンプルのデータは、別途記載がない限りはForm 3+にて積層ピッチ100μmでFlame Retardantレジンにてプリントした後、Form Washにて純度99%以上のイソプロピルアルコール (IPA) で10分間洗浄し、Form Cureにて70°Cで60分間二次硬化を行ったものから取得されたものです。

⁴ 5mm厚のサンプルは、ASTM E 662の火炎モードで4分間の発煙濃度 (Ds) が200という合格基準に準拠したスモークテストに合格しています。さらにユーザー様はご自身の設計に基づいて厚み3~5mmのサンプルにて試験を実施いただけます。また、サンプルは厚み3mmにてガス毒性試験に合格しています。

⁵ 材料特性はモデル形状、プリントの向きなどの造形設定、温度および有毒や減菌処理により変動する場合があります。

⁶ 引張試験片のデータは、Form 3+にて積層ピッチ100μmでFlame Retardantレジンにてプリントした後、Form Washにて純度99%以上のイソプロピルアルコール (IPA) で10分間洗浄し、Form Cureにて70°Cで60分間、または80°Cで120分間二次硬化を行ったType Iの引張試験片で測定したものです。