

3D プリント用樹脂材料の難燃性評価 (ブルーカードプログラム)

藤村 直也 (ふじむら・なおや)

山崎 彩子 (やまざき・さいこ)

有森 奏 (ありもり・すすむ)

(株)UL Japan

はじめに

近年、ものづくりの革新的な技術として、3D プリントが世界的に大きな注目を集めている。3D プリントの一番の特徴は、新しい加工法にある。材料を削って、ものを作る「切削加工」が人類初の加工法であったと言われている。現代では同じデザインを工業的に多量に製造する射出成形やプレス加工に代表される、素材のかたちを変える「変形加工」などの加工法が数多く開発されてきた¹⁾。

一方、3D プリントは、3次元CADデータを元に、薄い断面の形状を計算し、その結果から材料を積層して3次元の造形物を作り出すボトム・アップの技術を指す²⁾。このことから、3D プリントの加工法は「積層造形法」と言われる。積層造形法は、原理上は素材を選ばず、積層できる材料であれば、樹脂・金属・セラミックスも使用することができる。ASTM規格³⁾では、この加工法を“Additive Manufacturing Technology”という名称で規定しており、世界的には「付加製造技術」という呼称が一般に普及している。日本では「3D プリント」という用語が広く知られているため、本稿では以降、「3D プリント」と表現する。

1980年に小玉秀男氏(当時 名古屋市工業研究所)が世界で初めて、3D プリントに関する特許を出願した⁴⁾。その後、30年以上の時を経て、世界中で様々な3D プリントの造形方式に関する技術が開発された。3D プリントは、新たなものづくりの「ツール」として確立されるとともに、多種多

様な用途で使用されている。日本のものづくり産業において、従来の強みである「精細」な加工技術に加え、3D プリントを新たなツールとしてとりこむことで、デジタル製造技術を活用した競争力強化が見込まれている。

ULは“Working for a safer world - より安全な世界を目指して”というミッションのもと、電気安全を中心に、医療、環境などの幅広い分野で規格の開発や国際標準化活動に参画し、評価・試験・認証・検証サービスを提供している。企業使命を実践するため、ULは新技術分野における研究開発も行っている。近年、ULは急速に進化を遂げるデジタル製造技術の中核に位置づけられる3D プリント技術とその樹脂の評価プログラムの開発を進めてきた。2017年4月、ULは3D プリント用の樹脂材料を対象とする新しい認証サービス(ブルーカードプログラム)の提供を開始した⁵⁾。ブルーカードは、従来の成形用樹脂材料の難燃性、耐電気特性、長期耐熱特性などの認証データを掲載するイエローカードをベースに、新しく3D プリント用樹脂材料の特性を評価するプログラムである。3D プリントを使用した成形加工プロセスは多岐にわたり、試験サンプルの造形方法によって、その特性や性能が大きく左右される。そのため、ブルーカードプログラムでは、従来のイエローカードプログラムに比べ、追加の要求事項が適用される。評価後、3D プリント用樹脂材料は、イエローカードと同様に、UL認証品としてブルーカードに登録される。

1. 3D プリンタ用樹脂材料の使用時の注意点

3D プリンタによる試験サンプルの造形方法によって、その特性や性能が大きく左右される。そのため、使用時に以下の点を考慮する必要がある。

- (1)製造バッチごとに使用材料の特性が大きく変化する
- (2)パウダーを混ぜる技術品質にバラツキが生じる
- (3)材料特性に関する情報が限定される
- (4)材料製造および造形プロセスの条件により、造形物の特性が変化する
- (5)造形物に影響を及ぼす可能性のある多数の造形パラメーターが存在する
- (6)2次加工が造形物の性能に影響を及ぼす
- (7)造形方法が方向性のある造形物を生む
- (8)層間の接触面が疲労破壊の起点になることがある

例えば、(4)および(7)の視点で、Ziemianら⁶⁾によりABS材料にて押出法の1つである熱溶解積層法(Fused Deposition Modeling: FDM)を用いて、ラスター角度(造形層の角度)を変えることにより、それぞれの試験サンプルにおける機械的特性試験結果の差異が報告されている。

上述の8つの使用時の懸念点を考慮し、既存の樹脂認証と3Dプリンタ用の樹脂認証の違いを明確にするため、従来の樹脂材料のUL認証基準を規定するGuide Information⁷⁾に、以下の文章が追記された。既存のイエローカードプログラムで評価された樹脂材料は、従来の射出成形、ブロー成形などの成形加工プロセスで製造された部品に使用されるが、3Dプリンタによる成形加工部品は含まれないことが明記された。また、3Dプリンタ用樹脂は、別の登録カテゴリー(QMTC2: Plastics for Additive Manufacturing - Component)⁸⁾で、評価され、イエローカードとは異なる「ブルーカード」に登録される。

"Note: The parameters provided are generally based upon the use of traditional processing methods, such as injection-molding, extrusion, compression-molding, casting, filament winding, pultrusion, etc., to fabricate the finished part, unless it is otherwise specified that the parameters represent an "additive

manufacturing" or "3D printing" process. For plastics used in additive manufacturing, see Plastics for Additive Manufacturing (QMTC2)."

また、電気機器に採用される樹脂材料の一般要求事項を規定するUL 746C⁹⁾には、以下の文章が追加された。3Dプリンタ用樹脂材料が最終製品にて使用される場合は、最終製品での成形加工プロセスと同一プロセスで作製された試験サンプルを評価する必要があることが明記された。つまり、3Dプリンタ用樹脂はブルーカードプログラムで評価・登録された樹脂材料および成形加工プロセスのみ、最終製品にて使用が可能となる。

"1.4 Unless otherwise indicated, parts made by Additive-Manufacturing (AM) Technology shall be evaluated by subjecting the end-product part or test specimens cut from the end-product part to the specified test. For preselection purposes, test specimens printed in the specified dimensions or cut to the specified dimensions from a printed part may represent the end product when the same production conditions are used."

燃焼試験規格のUL 94¹⁰⁾及びUL 746シリーズ^{9)・11-13)}に基づき適合が確認された樹脂材料は、UL iQ^{TM14)}やProspector^{®15)}などの樹脂材料のデータベースに登録される。イエローカードに登録されている樹脂であれば、3Dプリンタ用樹脂材料としての認証要件も満たしていると考えがちである。しかしながら、本稿で述べたように3Dプリンタ用樹脂として使用する場合、ブルーカードプログラムで評価・登録されたものを使用することが求められる。

2. ブルーカードプログラム

第1図にブルーカードの一例を示し、表記される代表的なものについて解説する。

- ① 3D プリンタの造形方法
- ② 製造者および樹脂の製品名
- ③ 材料特性および定格
- ④ 試験したサンプルの特定の造形プロセスや条件 (3D プリンタ型式を含む)
- ⑤ ホワイトカード

(IEC および ISO などの国際規格に基づいて試験が行われた試験結果を記載。北米市場を越えて、グローバル市場に向けて、認証登録製品の性能を訴求可能。)

UL では ASTM 規格³⁾に基づき、以下のような造形方法を想定しており、ブルーカード内では第1図①にその造形方法を記載する。

- ✓Directed Energy Deposition (指向性エネルギー堆積法)
- ✓Binder Jetting (結合剤噴射法)
- ✓Material Extrusion (材料押出法)
- ✓Material Jetting (材料噴射法)
- ✓Powder Bed Fusion (粉末床溶融結合法)

✓Sheet Lamination (シート積層法)

✓VAT Photopolymerization (液槽光重合法)

また、複数の造形プロセスや条件により造形された試験サンプルの試験評価が行われた場合、ブルーカード内のドロップダウンリスト(第1図④)の太線で示した箇所)で実際に試験評価が行われた造形プロセスや条件を確認できる。

ブルーカードプログラムを活用することによって、樹脂メーカおよび部品・最終製品メーカの双方に次の利点をもたらすことが期待される。

樹脂メーカ：

3D プリンタ用の樹脂材料をブルーカードに登録することで、様々な UL のデータベースに認証情報が掲載される。その結果、樹脂材料の使用者である部品および製品メーカ側は、材料選定時の検索が容易となり、樹脂メーカにとっては採用の機会を創出できる。

部品・最終製品メーカ：

部品や最終製品メーカは、ブルーカードに登録されている UL 認証品を採用することで、UL 認証の申請時にかかる時間および費用の軽減が可能になる場合がある。

Plastics for Additive Manufacturing (Guide Info) Process Category: Material Extrusion E12345

ABC Company
333 Pflingsten Rd Northbrook, IL 60062 USA

XYZ
Polyetherimide (PEI), furnished as filaments

Material performance classifications are achieved when utilizing the processing parameters indicated

Color	Min Thk (mm)	Flame Class	HWI	HAI	RTI Elec	RTI Imp	RTI Str
NC	1.5	V-0	0	0	-	-	-
	3.0	V-0	0	0	-	-	-

Comparative Tracking Index (CTI): 3
Dielectric Strength (kV/mm): 20
High-Voltage Arc Tracking Rate (HVTR): 2

Inclined Plane Tracking (IPT): -
Volume Resistivity (10¹¹ ohm-cm): 17
High Volt. Low Current Arc Resis (DAB): 6

Processing Parameters

Printing Process Designation Number: 1

Build Plane: Horizontal
Layer Thickness (mm): 1.8
Infill (%): 100
Post Processing Method: Thermoforming

For use with printer: MXX 2500 (XYZ Systems Corporation)

Limited properties and ratings assigned to samples produced by Additive Manufacturing technique representing a specific set of printing parameters and build strategy. Other print parameters and build strategies may result in significantly different results.

ANSI/UL 94 small-scale test data does not pertain to building materials, furnishings and related contents. ANSI/UL 94 small-scale test data is intended solely for determining the flammability of plastic materials used in the components and parts of end-product devices and appliances, where the acceptability of the combination is determined by UL.

Report Date: 2017-11-01
Last Revised: 2017-11-01 © 2017 UL LLC

Test Name	Test Method	Units	Thk (mm)	Value
Flammability	IEC 60695-11-10	Class (color)	1.5	V-0 (NC)
			3.0	V-0 (NC)
Slow-Wire Flammability (GWFI)	IEC 60695-2-12	°C	-	-
Slow-Wire Ignition (GWIT)	IEC 60695-2-13	°C	-	-
IEC Comparative Tracking Index	IEC 60112	Volts (Max)	-	-
IEC Ball Pressure	IEC 60695-10-2	°C	-	-
ISO Heat Deflection (1.80 MPa)	ISO 75-2	°C	-	-
ISO Tensile Strength	ISO 527-2	MPa	-	-
ISO Flexural Strength	ISO 178	MPa	-	-
ISO Tensile Impact	ISO 6256	kJ/m ²	-	-
ISO Izod Impact	ISO 180	kJ/m ²	-	-
ISO Charpy Impact	ISO 178-2	kJ/m ²	-	-

第1図 ブルーカード (表示例)

第1表 ブルーカードおよびイエローカードプログラムの比較

	ブルーカードプログラム (QMTTC2) ⁸⁾	イエローカードプログラム (QMFZ2/8) ⁷⁾
成形加工方法	3D プリンターによる造形	従来の成形加工方法 (射出成形など)
造形・成形加工方法	規定する	規定しない
造形・成形加工プロセス や条件	記載する	記載しない
試験評価規格	UL 94, 746A, B, C, D	
フォローアップ試験	実施する	

おわりに

3D プリンタ用樹脂材料のための新しいプログラムであるブルーカードプログラム導入の背景およびそのプログラムについて解説した。第1表に示したように、既存の燃焼試験規格のUL 94¹⁰⁾やUL 746シリーズ^{9), 11-13)}に基づき試験評価を行う。一方、既存のイエローカードプログラムとは異なり、造形方法、造形プロセスや条件などを特定する試験サンプルを用いる試験評価の後、ブルーカードに登録する。すでに欧米のメーカーの数社が登録を開始しており、日本のものづくり産業の競争力強化につなげる機会にするためにも、今回の寄稿を通じて、日本の樹脂メーカーおよびその樹脂の使用者である部品・製品メーカーにブルーカードプログラムが認知されることを期待したい。

参考文献

- 1) 平本知樹ら, “3D プリンタは新しい加工法”, 3D Printing Handbook, オーム社, 2014, p18-22.
- 2) 辻早希子, “3D プリンタ (付加製造技術) の展望”, 技術レポート(<http://www.mri.co.jp/opinion/column/uploadfiles/tec01-1.pdf>), (株)三菱総合研究所, 2014.
- 3) ASTM F2792: 2012 “Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies”.
- 4) 小玉秀男, “立体図形形成装置”, 特願昭 55-48219 (特開昭 56-144478), 1981.

- 5) “UL’s Performance Materials Division Introduces New Plastics for Additive Manufacturing Program (Blue Card Program)”.
- 6) Constance Ziemian ら, “Anisotropic Mechanical Properties of ABS Parts Fabricated by Fused Deposition Modelling”, Mechanical Engineering, 2012, p159-180.
- 7) UL, “QMFZ2 GuideInfo Plastics – Component”, Online Certifications Directory .
- 8) UL, “QMTTC2 GuideInfo Plastics for Additive Manufacturing – Component”, Online Certifications Directory.
- 9) UL 746C: 2004 “Standard for Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluations”.
- 10) UL 94: 2013 “Standard for Safety of Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances”.
- 11) UL 746A: 2012 “Standard for Polymeric Materials – Short Term Property Evaluations”.
- 12) UL 746B: 2013 “Standard for Polymeric Materials – Long Term Property Evaluations”.
- 13) UL 746D: 2012 “Standard for Polymeric Materials – Fabricated Parts”.
- 14) <http://iq.ul.com/plastics/>
- 15) <http://www.ulprospector.com>

☆

☆

☆