

「UENO LCP®」のグレード開発と応用展開

土谷 仁志* 深澤 正寛**

はじめに

スーパーエンジニアリングプラスチックの一つである液晶ポリマー（LCP: Liquid Crystal Polymer）は、高い耐熱性と優れた流動性を有し、なおかつ樹脂バリが出にくいという特性を持っている熱可塑性樹脂である。これらの特性によって、これまで電気・電子部品や情報通信関係部品等を中心に大きく伸長してきた。

LCPは、主要骨格にベンゼン環構造及び／又はナフタレン環構造を含む、熔融状態で液晶性を示すポリマーの総称であり、剛直なモノマーにより構成されるその分子構造から、様々な特徴を発現している。LCPの具体的な特徴としては、高い耐熱性や流動性、耐薬品性や難燃性（難燃剤なしでUL94 V-0認定）、高周波領域における誘電特性、優れた絶縁破壊電圧、ガスバリア性、耐候性、振動減衰性などが挙げられる。

当社ではLCPの主原料である、ベンゼン環骨格の「p-ヒドロキシ安息香酸（HBA）」とナフタレン環骨格の「6-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸（HNA）」を製造しており、それらを用いて原料からLCPまで一貫生産をしている。

また、世界的モノマーメーカーとしての合成技術力を活かし、モノマー構成や成分からの工夫による、新しい機能を持ったLCPの開発に注力している。以下、LCPの市場動向、及び上野製薬のグレード開発と応用展開について紹介する。

1. LCPの市場動向

2018年の日本のLCPの分野別市場比率は、表面実装（SMT）コネクタが最大で52%を占め、これに電気・電子機器が22%、自動車・車両が9%、AV・OA機器7%と続いている（図1）。

また、世界のLCPの分野別市場比率は、表面実装（SMT）コネクタが最大で62%を占め、これに電気・電子機器が18%、自動車・車両が9%、AV・OA機器8%と続いている（図2）。

SMTコネクタが主要な需要を占める要素としては、鉛フリーはんだ耐熱

に耐える樹脂であるということが背景にあり、更に、部品の軽薄短小化が必要であるため、耐熱性と流動性の良好なLCPが使用されている。需要の推移については、スマートフォンなどの主要需要部品の軽薄短小化が進み、更に再生材使用率の増加の動きも重なり、LCP市場はほぼ横ばいが続くと思われていた¹⁾。

だが、近年ではスマートフォンや自動運転技術などにおける第5世代移动通信（5G）が、次世代の移动通信技術として脚光を浴びており、5Gでは高周波帯を使用するため、その帯域で優れた誘電特性を持つLCPが採用されていくと予測されている（図3）。また、自動車の自動運転やEV化などにより、パワーエレクトロニクス部品（モータ）や各種センシングデバイス（カメラモジュール、ミリ波レーダ、レドーム）への用途拡大も見込まれている²⁾。

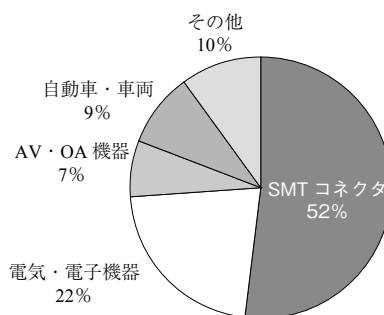


図1 LCPの日本の分野別需要比率(2018)¹⁾

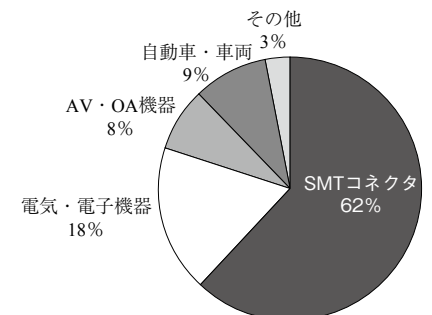


図2 LCPの世界の分野別需要比率(2018)¹⁾

* Hitoshi Tsuchiya
 ** Masahiro Fukazawa
 上野製薬(株) LCP事業部
 Tel. 079-568-7205
 Fax. 079-568-7217

2. 技術動向

2.1 超高流動グレード

現状のLCPの主要用途はSMTコネクタであり、分野別の需要割合のほぼ6割を占めている。SMTコネクタの使用用途としては、低背化・小型化が進むスマートフォン／タブレット製品、小型であり、高機能化が求められるウェアラブルデバイスなどが挙げられ、樹脂材料に求められる性能はより一層高くなっている。

当社が2011年に上市した「UX101」の特徴は、ニートレジンの分子設計を調整し固化速度を遅くしたことによ

り、①優れた低ソリ性、②高い流動性、③耐ブリスタ性が優れる、というようなコネクタとしての樹脂材料に求められる性能をバランスよく備えており、コネクタ市場において高い評価を獲得してきた。その後、市場の要求性能がより高くなることに応え、UX101の低ソリ性と耐ブリスタ性を維持しつつ流動性をより向上させた「UX207」、既存のニートレジンの改良と特殊なミネラルを使用することで、流動性とウェルド強度を高いレベルで両立させた「MT401」など、市場ニーズに対応したラインナップの拡充を行ってきた。

また近年、より一層のSMTコネク

タの低背化・小型化に加え、多芯数化と長尺化が進み、それらに対応できる材料が求められており、より流動性が必要となる事案が増えてきた。そのような市場ニーズに応えるため、ニートレジンの改良と特殊コンパウンド技術の導入、更にフィラー構成の最適化を行い、低ソリ、耐ブリスタ性などの特性を維持しつつ、従来よりも更なる流動性を実現した「UM029」を開発した。UM029を含むSMTコネクタ向けの高流動・低ソリグレードの一般物性を表1に、流動性を図4に、低ソリ性を図5に示す。

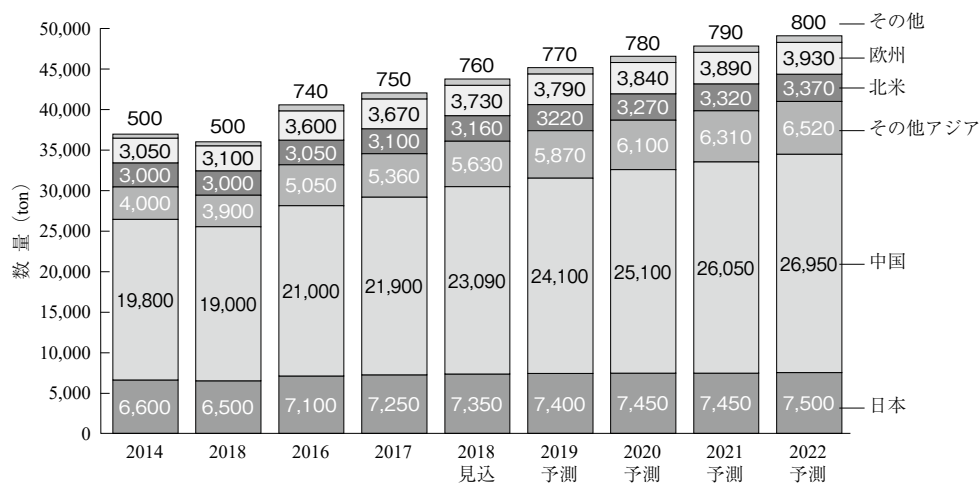


図3 LCPの地域別需要実績及び予測²⁾

表1 SMTコネクタ向けの高流動・低ソリグレードの一般物性

	単位	ASTM	UX101	UX207	MT401	UM029
			>LCP-(GF+MD)35<	>LCP-(GF+MD)30<	>LCP-(GF+MD)30<	>LCP-(GF+MD)25<
			高流動, 低ソリ	超高流動, 低ソリ	高流動, 低ソリ, 高ウェルド強度	超々高流動, 低ソリ
比重	—	D792	1.69	1.62	1.63	1.59
引張り強度	MPa	D638	111	120	132	134
引張り伸び	%		2.8	3.0	1.7	2.7
曲げ強度	MPa	D790	135	140	160	154
曲げ弾性率	GPa		8.6	9.0	11.1	9.6
アイゾット衝撃強度 (ノッチつき)	J/m	D256	110	170	123	180
荷重たわみ温度	1.8MPa	℃	254	250	260	240
	0.4MPa		288	290	290	273
成形収縮率	MD	%	0.1	0.1	0.1	0.1
	TD		0.8	0.7	0.9	0.7

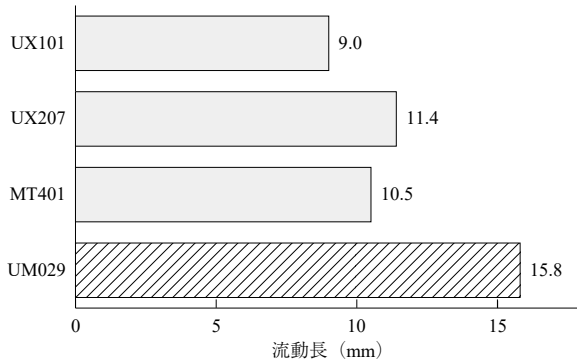


図4 SMTコネクタ向け高流動・低ソリグレードの流動長 (0.1mm厚パフロー)

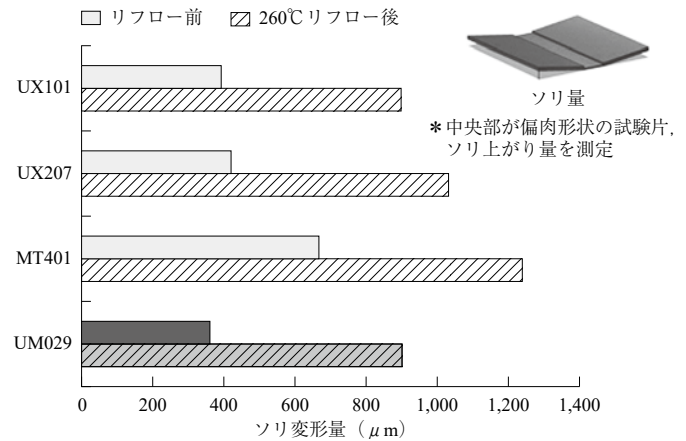


図5 SMTコネクタ向け高流動・低ソリグレードの低ソリ性

表2 高剛性グレードGT605の一般物性

	単位	ASTM	GT605	3040G	PPS	半芳香族PA
			>LCP-GF40<	>LCP-GF40<	>PPS-GF40<	>PA-GF45<
			高剛性	標準材	—	ハロゲンフリー
比重	—	D792	1.72	1.72	1.67	1.55
引張り強度	MPa	D638 ※厚み	188	150	181	153
引張り伸び	%	3.2mm	1.1	1.3	1.5	1.6
曲げ強度	MPa	D790 ※厚み	242	195	260	240
曲げ弾性率	GPa	3.2mm	19	14	15	14
アイゾット衝撃強度 (ノッチつき)	J/m	D256	57	80	80	93
荷重たわみ温度	1.8MPa	D648	288	272	266	278
	0.4MPa		> 295	> 295	—	—
成形収縮率	MD	上野法	0.0	0.0	0.3	0.3
	TD		0.6	0.6	0.9	1.1

2.2 高剛性グレード

LCPの分野別需要の自動車・車両用途は、現在次世代自動車への転換期である。次世代自動車として、ガソリン車から電動化(HEV, PHEV, FCEV, BEV)への移行や、ADAS (Advance Drive-Assistance Systems. 先進運転支援システム)のために各種センサシステムが導入されている。車両は限られたサイズであり、電動化によるモータの搭載、制御系電子機器システム (ECU) の増大、各種センサの増設など、一定のスペースに多くの部品を設置する必要がある。そのため、個々の部品の小

型化・高機能化が求められてきている。また、車載用の部品に関しては信頼性の観点から、高剛性(高強度、高弾性率)の特性も必要になる。

当社では、高い耐熱性と流動性を持つLCPに、高剛性をプラスした「GT605」を開発した。GT605の一般物性を表2に示す。

GT605はモノマー構成から検討しニートレジンを開発、更にガラス繊維の配合量を最適化することで、特に薄肉時における優れた機械特性を発揮している。また、LCPの特徴である高い流動性と低ソリ性などの特性も保持しており、すでに一部のユーザーで採用さ

れている。PPSや半芳香族PAと比較して、成形サイクルタイムの短縮化や金型メンテナンス期間の延長、後処理工程(バリ取り)の省略化により、トータルコストダウンを図ることが可能となっている。薄肉時の機械物性を表3に、曲げ荷重-たわみ曲線を図6に、流動性を図7に示す。

2.3 低誘電率グレード

5G(第5世代移动通信システム)では、高周波数帯を利用することでデータ通信の高速・大容量化が可能となり、様々な通信デバイスがより一層の普及をみせると予想される。高速・大容量

通信の実現には、通信時のデバイス自身での伝送損失の低減・伝播速度の向上が重要課題であり、それらは材料特性に依存する。また自動運転技術やロボットの遠隔制御では、通信時の低遅延・高信頼性が求められるが、同様の理由から材料の選定は重要といえる。

通信時に電波が熱エネルギーに変換されることで発生する伝送損失は式(1)で表される。伝送損失を低減するためには、材料の誘電率・誘電正接を低減することが求められる。特に高周波領域では伝送損失が周波数に比例して増大するため、材料の選定はより重要となる。

$$\text{伝送損失} = k \times f \times \sqrt{\varepsilon} \times \tan \delta \quad (1)$$

k：比例定数，f：周波数，

ε ：誘電率， $\tan \delta$ ：誘電正接

また信号の伝播速度は式(2)で表され、高速通信化・低遅延化には材料の誘電率を低減することが求められる。

$$\text{伝播速度} = k \times C \times \sqrt{\varepsilon} \quad (2)$$

k：比例定数，C：真空中の光速，

ε ：誘電率

このような背景があり、当社では高周波コネクタ向けグレード「UGB008」を開発した。

「UGB008」はコネクタ用途などでニーズの高い黒色ながら、良誘電特性

表3 高剛性グレードGT605の薄肉時(0.5mm厚)における機械物性

	単位	ASTM	GT605	PPS	半芳香族PA
			>LCP-GF40<	>PPS-GF40<	>PA-GF45<
			高剛性	—	ハロゲンフリー
曲げ強度	MPa	D790※厚み	343	245	177
曲げ弾性率	GPa	0.5mm	22	15	12

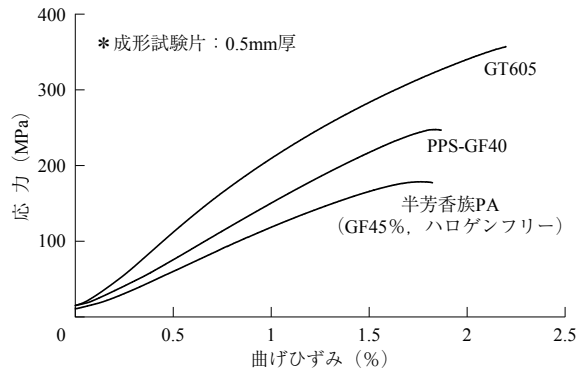


図6 高剛性グレードGT605の曲げ荷重—たわみ曲線(0.5mm厚)

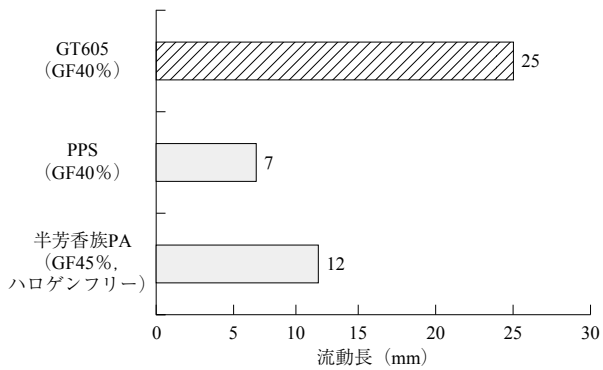


図7 高剛性グレードGT605の流動長(0.2mm厚みバーフロー)

を有し、LCPの重要な特徴であるSMT対応・高流動を実現したグレードである。誘電率・誘電正接を含む一般物性を表4に、流動性を図8に、低ソリ耐ブリスタ性を図9に示す。

2.4 低融点LCP

当社はLCPのモノマーメーカーでもある優位性を活かし、モノマー構成を工夫することにより、全芳香族であ

りながら低温加工性を特徴とした低融点LCP A-8100（融点220℃）とA-5000（融点280℃）をラインナップしている（図10）。このA-8100もしくはA-5000を他樹脂に添加することで、

表4 低誘電率グレードUGB008（BK色）の一般物性

	単位	ASTM	UGB008 (BK色)	2140GM (BK色)	UX101(BK色)
				>LCP-(GF+MD)40<	>LCP-(GF+MD)35<
			低誘電率	低ソリ (標準品)	高流動, 低ソリ
比重	—	D792	1.18	1.74	1.69
引張り強度	MPa	D638	109	98	111
引張り伸び	%		3.5	1.5	2.8
曲げ強度	MPa	D790	131	142	135
曲げ弾性率	GPa		7.1	10.8	8.6
アイゾット衝撃強度 (ノッチつき)	J/m	D256	30	34	110
荷重たわみ 温度	1.8MPa	D648	239	240	254
	0.4MPa		286	284	288
誘電率 (誘電正接)	1GHz	空周共振器 摂動法	3.08 (0.002)	4.43 (0.003)	4.18 (0.003)
	10GHz		2.97 (0.002)	4.34 (0.003)	4.09 (0.003)
	20GHz		2.85 (0.002)	4.26 (0.003)	4.05 (0.003)

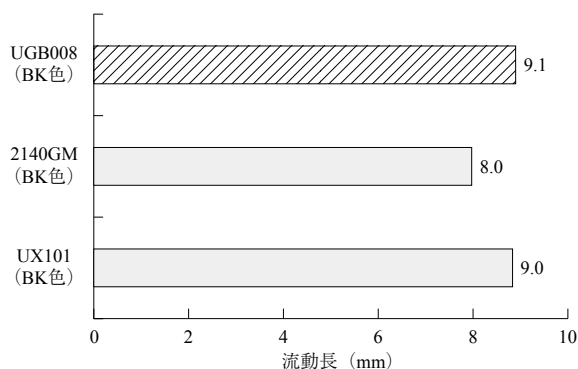


図8 低誘電率グレードUGB008（BK色）の流動性 (0.1mm厚バーフロー)

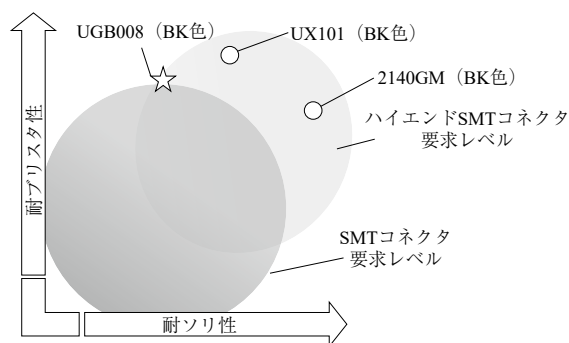


図9 低誘電率グレードUGB008（BK色）の低ソリ耐ブリスタ性

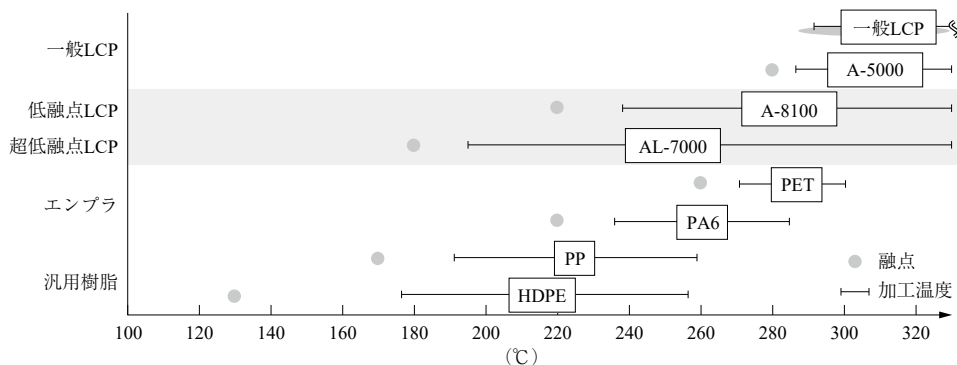


図10 各材料における融点と加工温度の比較

LCPの特性である耐熱性や強度、そして、これまであまり活かされていない特性でもあるガスバリア性や耐候性、振動減衰性を付与することができる。2017年に上記LCPと他樹脂（PET, PP, PE）とのアロイ品「テクロス®」を上市し、複数のユーザーにて採用に向けた各種評価が進んでいる。

低融点LCP A-8100は、全芳香族LCPとしては興味深い融点特性を持ったグレードであるが、ここから更に融点の低い超低融点LCPに関する市場ニーズも存在し、これに対しては十分に対応できていなかった。この市場ニーズに応えるべく、更にモノマー構成を工夫することで、超低融点LCP AL-7000（融点180℃）を新たに開発した。超低融点LCP AL-7000も全芳香族LCPであり、融点を除いたLCPの特徴をそのまま保持しているため、A-8100と同様、他樹脂に添加することで、LCPの特性を付与することができる。

これによりアロイ可能な温度域が広がり、組合せ可能な樹脂が増えることとなり、今後の新しい用途展開が期待されている。

おわりに

LCPは高い耐熱性や流動性を活かし、SMTコネクタに代表される電気・電子機器分野に支えられ伸長・発展してきた。2009年以降、急激に市場拡大したスマートフォンも昨今は飽和状態になりつつあり、市場全体としては今後大きな伸びは期待できないが、ハイエンドスマートフォンの部品の高機能化・小型化の流れは今後も続くと思われる。そのため、LCPにも高機能・高付加価値グレードへの要求は存続していくと思われる。

また、これから本格化するIoT時代の大容量・高速通信には、伝搬ロスや遅延が問題となるため、LCPの特徴の

一つである優れた誘電特性（低誘電率と低誘電正接）を活かし、5Gやその次のbeyond 5Gを見据えた技術発展に寄与することが期待されている。

更に、先進運転支援システム（ADAS）や自動運転化の本格普及により、電装系やモータのみならずセンサ関連へのLCPの採用が伸びると考えている。

最後に、LCPと他樹脂との複合化による新たな用途展開を目指し、LCPの市場拡大に貢献するため、UENO LCPの開発に力を注いでいきたい。

参考文献

- 1) エンジニアリングプラスチック総覧 2020, 第1刷, p.219 (シーエムシー・リサーチ, 2020).
- 2) 2019年エンブレ市場の展望とグローバル戦略, p.225 (富士経済, 2018年).