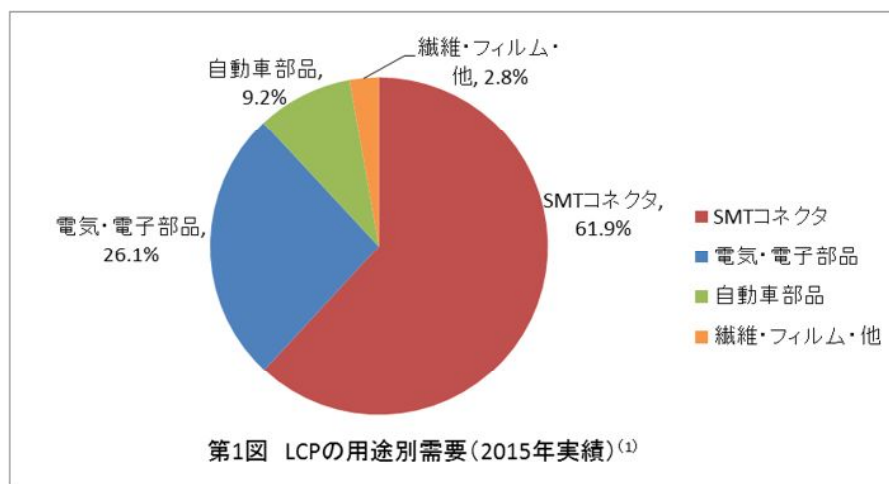


1. はじめに

液晶ポリマー(LCP:Liquid Crystal Polymer)はスーパーエンジニアリングプラスチックに分類される熱可塑性樹脂であり、LCP という樹脂名は、化学構造に基づいた名称ではなく、熔融時に液晶相を形成するポリマーの総称である。p-ヒドロキシ安息香酸(以下、HBA と略す)を主体とした分子骨格を有し、熔融時でも折れ曲がらないその剛直な分子構造は、射出成形で加わるせん断応力や伸長力によって強く分子配向する性質(=液晶性)を持ち、そのまま冷却固化することによって、成形品は特徴ある優れた物性を発揮する。

LCP の分子構造は、基本的に HBA を含むことを除いては、メーカーごと、更にはグレード(ベースレジン)ごとに分子骨格が異なっており、耐熱レベルによって、最も高い I 型(DTUL300℃以上)から、耐熱性の下がる順に II 型、III 型までのタイプがある。特に、はんだリフロー温度に耐える耐熱性(DTUL250℃程度)を有する II 型 LCP は 1.5 型とも呼ばれており、LCP の全需要の 6 割以上を占めている。全芳香族 LCP に共通する性能としては、高流動性と寸法安定性、低バリ性、難燃性が優れている(難燃剤なしで UL94 V-0)という点が挙げられる。1.5 型以上の耐熱レベルを有する LCP は、表面実装(SMT)が可能であり、コネクタやスイッチを始めとした電気電子部品に採用されている(第 1 図)。

以降は、最新の調査資料に基づいた LCP 市場動向、および LCP の技術動向について、上野製薬(株)を例に紹介する。

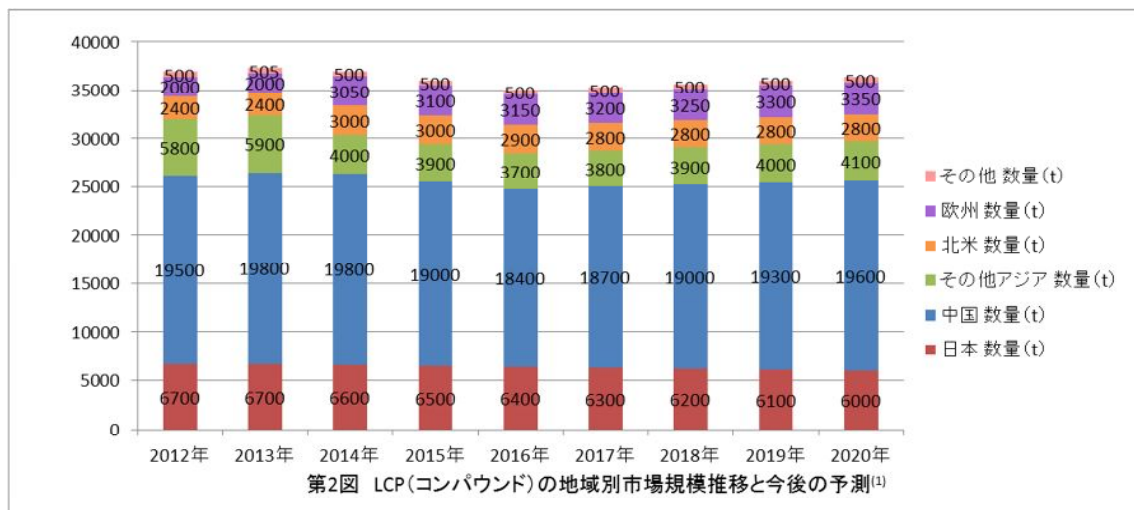


2. 市場動向

1990 年代後半より、電子部品の表面実装(SMT)化が広がり、LCP の需要はそれとともに急速に成長した。2008 年後半に発生した世界同時不況の影響を受け、需要は一旦大幅に減退し、2009 年の後半には需要は回復を始め、2011 年に需要はピーク(3 万 9 千トン)となった。しかし、2012 年以降はスマートフォン、タブレット PC の進化と普及を背景に、LCP の主要用途である電子部品の市場構造が大きく変化した。最終製品が PC からスマートフォン、タブレット PC に変わったことで、部品の生産個数は増加しているものの、1 個当たり重量が小さくなり、SMT コネクタ向

けの伸び率は鈍化した。更に、需要家による再生材使用比率増加の動きが重なり、近年の LCP 市場は停滞が続いており、今後の LCP 世界市場は微増にとどまると予想されている(第 2 図)。したがって、各 LCP メーカーの LCP ニートレジン生産能力から考えると、足元の需給は緩んでいる状況にあると考えられる(第 1 表)。

しかしながら、各社 LCP メーカーは水面下で新規市場の開拓に注力しており、特に、自動車用途での需要拡大に期待が集まっている。



第1表 メーカー別LCPニートレジン生産能力⁽¹⁾

メーカー名	国・地域	既存生産能力 (t/Y)
ポリプラスチック	日本	15,000
住友化学	日本	9,600
上野製薬	日本	2,500
東レ	日本	2,000
JXエネルギー	日本	500
三菱エンジニアリングプラスチック	日本	500
ユニチカ	日本	300
Celanese	米国	10,500
	中国	○
Solvay Specialty Polymers	米国	3,500
長春人造樹脂廠	台湾	1,800
合計		46,200

○: 拠点はあがるが能力は不明

3. 技術動向

3-1 UENO LCP U シリーズ

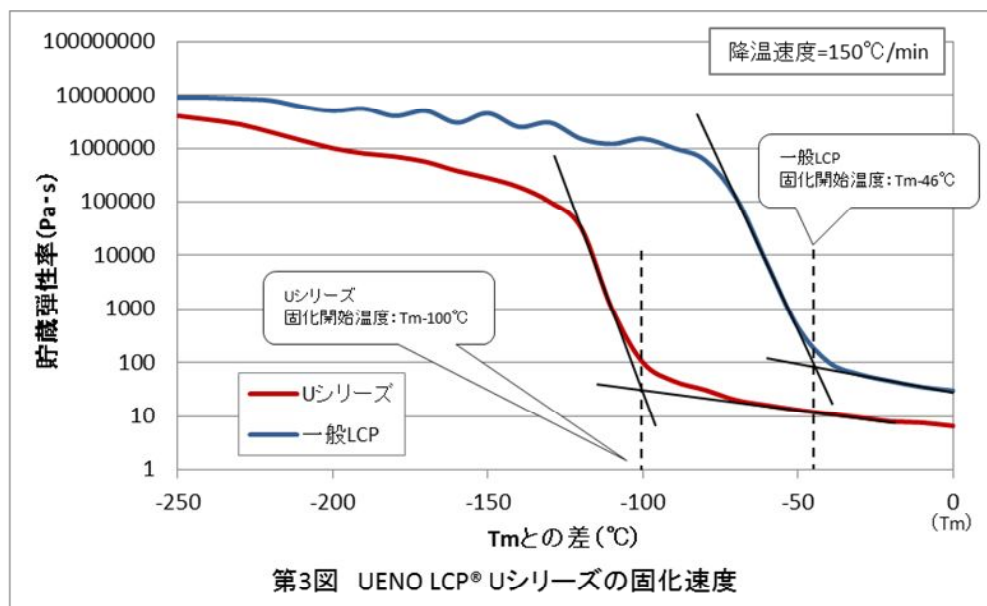
LCP の最大の特徴は、優れた流動性である。高流動性に加えて固化速度が速いという特徴が、ハイサイクル成形を可能としている。しかし、固化速度が速いことが原因で、成形時のヘジテーション現象^(※)や残留応力が発生し易いという側面があることも事実である。LCP の主要用途である SMT コネクタでは、はんだリフロー工程の加熱によって残留応力が解放され、反り変形する不良が起こるため、材料には高いレベルでの低反り性が要求されている。このような市場要求に対し、LCP の原料メーカーでもある当社は、分子設計を見直し、固化速度の遅い「UENO LCP® U シリーズ」を開発し、市場投入している。第 3 図は、射出成形工程において、樹脂が金型内で冷却固

化する様相について、回転式レオメータを用いてシミュレーションしたチャートである。一般の LCP は、融点 (Tm) から 50°C 程度低下した時点で貯蔵弾性率が急激に高まるのに対し、U シリーズは、融点から 100°C 低下した時点で貯蔵弾性率が高まる。すなわち、U シリーズの方が一般 LCP に比べ、固化速度が遅いことを示している。

第 2 表 U シリーズのラインナップと代表物性値を示す。U シリーズの代表グレードである「UX101」は、流動性・低反り性・耐ブリスタ性(成形品表面の膨れ)において高いレベルでのバランスを持つ LCP として、市場から高い評価を獲得している。更なる高流動化の市場要求に対して、UX101 の低反り性・耐ブリスタ性を維持し、流動性を向上させた「UX207」をラインナップした。UX207 は形状の特殊なフィラーを使用することで、UX101 よりも強度を高めることにも成功している。更に、今後も高まるであろう市場要求にも応えるために、「UX207 Type:HF」という、より高流動な改良品をラインナップしており、UX207 Type:HF は全 LCP 中で最高水準の流動性を有している。

また、「UA201」は、特徴のある平板・薄片状の無機フィラーを添加しており、従来の低反りグレードと比較して表面硬度が高く、コネクタ嵌合時の凹みや削れが発生し難いという特徴を有している(第 2 表、第 4 図、第 5 図)。

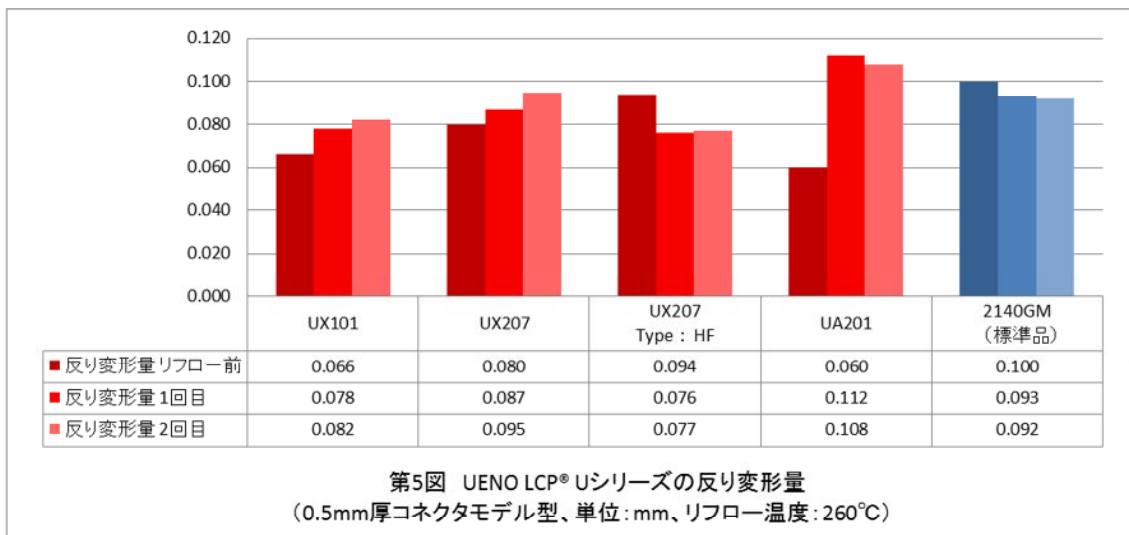
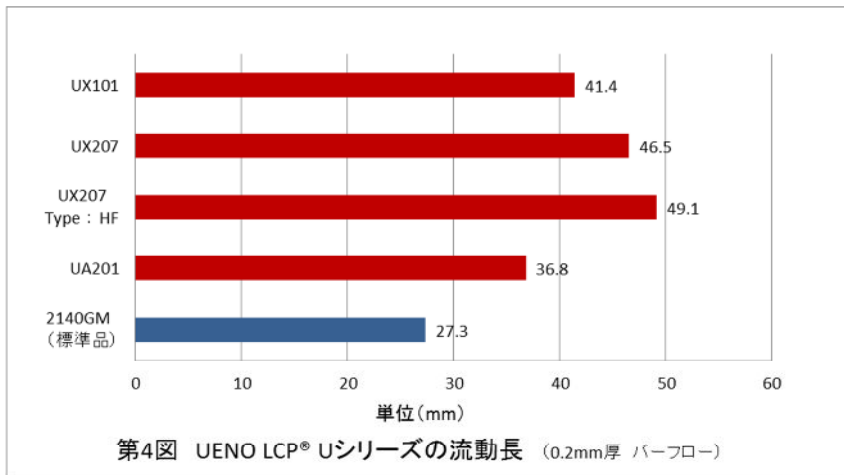
※：ヘジテーション(ためらい)現象は、キャビティを充填する樹脂の流れが、薄肉部・厚肉部に分岐する際、厚肉部が優先的に充填され、薄肉部への樹脂の流れが停止、もしくは極端に遅くなる現象。



第2表 UENO LCP® Uシリーズのラインナップと代表物性値

項目	単位	測定法	UX101	UX207	UX207 Type: HF	UA201	2140GM (標準品)	
			低反り 高流動	低反り 超高流動	低反り 超高流動	低反り 高表面硬度	低反り 汎用	
比重	—	D792	1.69	1.62	1.62	1.65	1.74	
引張強さ	MPa	D638	111	120	112	131	98	
引張伸び	%		2.8	3.0	2.6	3.8	1.5	
曲げ強さ	MPa	D790	135	140	132	142	142	
曲げ弾性率	GPa		8.6	9.0	8.7	9.3	11.0	
Izod衝撃値<ノッチ付き>	J/m	D256	110	170	170	105	34	
荷重たわみ温度	1.8MPa	°C	D648	254	250	250	248	240
	0.4MPa			288	285	285	281	284
成形収縮率	MD	%	上野法	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	TD			0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
ロックウェル硬度	Rスケール	-	D785	R103	R103	R103	R108	R102

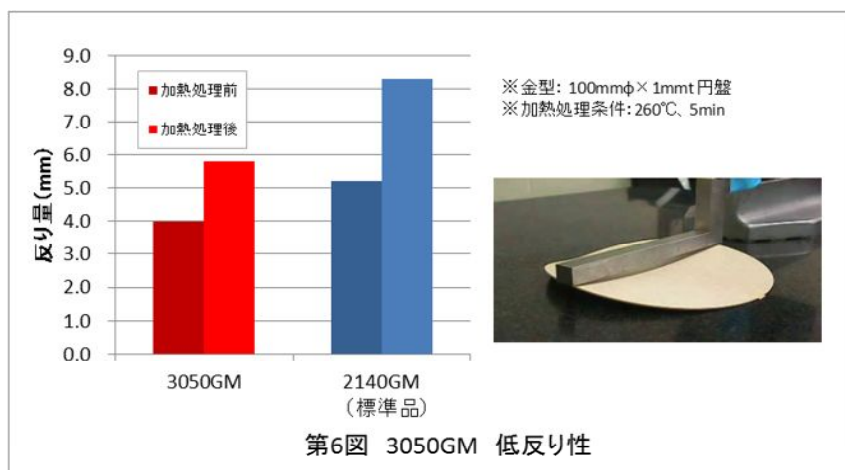
* : 本表記載のデータは、代表値であり保証値ではない。



3-2 高流動・寸法安定グレード

電気電子部品の市場では、フィラー添加量 30~40%の LCP が多く流通している。フィラーはガラス繊維、もしくはガラス繊維とミネラルを併用しているグレードが多く、ガラス繊維は主に強度向上、ミネラルは異方性の緩和や低反り性の向上を目的に添加されている。フィラー添加量が多いほど、

寸法安定性の向上と材料価格の低減が期待できるが、LCP はフィラーとのなじみ性が良くなく、LCPの最大の利点である流動性が低下してしまうため、各LCPメーカーは高フィラー添加量のグレードの開発を積極的に行ってこなかった。当社はフィラー形状とベースポリマーを改良することで、フィラー添加量が 50%にも関わらず、高い流動性を保持している「3050GM」を開発。寸法安定性とコストパフォーマンス性に優れており、低反り性を要求される長尺部品で高評価を得ている。3050GM の低反り性を第 6 図に示す。



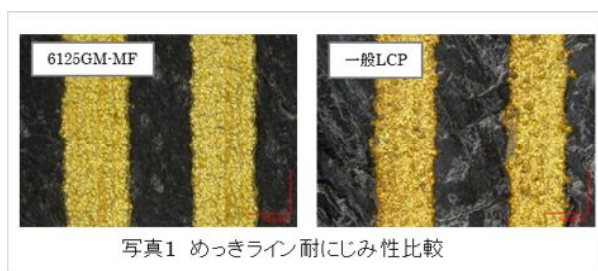
3-3 めっき性改良グレード

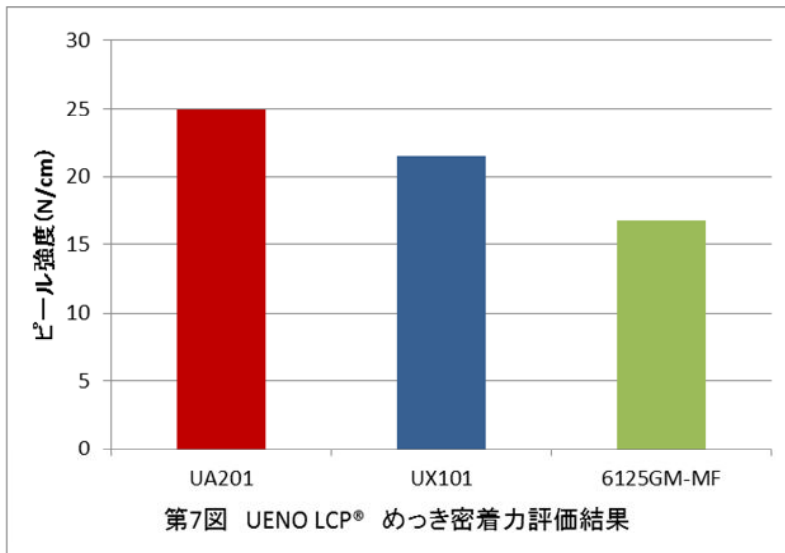
MID(Molded Interconnect Device, 成形回路部品)は小型化・薄型化・軽量化といったニーズに対応可能な技術として、スマートフォンやウェアラブル機器のアンテナ・センサ・カメラモジュール用配線用途、自動車のセンサや LED ランプソケット、スイッチ部品等に採用されている。LCP は耐熱性が高く、薄肉成形が可能であることから一部で採用されており、MID 用途への需要拡大が期待されている。

MID 向けの材料は、射出成形品の表面平滑性が要求される。めっき接着面が平滑で凹凸が少ないほど、下記のような優位性がある。

- ①移動距離が短くなり、伝送損失が少ない
- ②接着面での抵抗が小さいため、伝達速度が速い
- ③めっき回路の幅とピッチ間距離を小さくすることができる

低反り・高流動グレードである UENO LCP® UA201、UX101、6125GM-MF は、高い表面平滑性を有し、めっきラインの耐にじみ性が良好である(写真 1)。また、一般に表面平滑性が良い材料は、アンカー効果が少なく、めっき密着力が低くなる傾向にあるが、日立マクセル(株)様の新プロセス「触媒失活法」では、ピール強度 15N/cm 以上の高いめっき密着力を得ることが出来ている(第 7 図)。





3-4 低誘電特性グレード

近年、無線伝送技術は目覚ましい進歩を続けており、通信速度は 30 年間で 1 万倍になったと言われている。更に、日本では 2020 年に第 5 世代移動通信システム(5G)のサービス開始が計画されており、高速通信技術は今後も加速度的に発展していくと予想されている。

進化する高速通信技術を支えているのは、コネクタを始めとする電気電子部品であり、その材料には低誘電特性が要求される。市場の要求に応えるため、当社はベースレジンの改良と特殊な形状のフィラーを組み合わせることで、誘電率、および誘電正接の小さいグレード「UGB002」を開発した(第 4 表)。LCP の流動性とはんだリフローに耐えうる耐熱性を活かし、高速通信技術の発展に寄与したいと考えている。

第3表 低誘電グレードUENO LCP® UGB002の代表物性値

項目	単位	測定法 ASTM	UGB002 (開発品)	2140GM (標準品)
比重	—	D792	1.16	1.74
引張強さ	MPa	D638	86	98
引張伸び	%		3.1	1.5
曲げ強さ	MPa	D790	113	142
曲げ弾性率	GPa		6.0	10.8
Izod衝撃値<ノッチ付き>	J/m	D256	23	34
荷重たわみ温度	1.8MPa	D648	235	240
	0.4MPa		-	284
誘電率 (誘電正接)	1GHz	空洞共振器 摂動法	2.98 (0.003)	4.13 (0.003)
	3GHz		2.96 (0.003)	4.16 (0.003)
	10GHz		2.86 (0.003)	4.06 (0.003)

* : 本表記載のデータは、代表値であり保証値ではない。

4. おわりに

今日までのLCP市場は、電気電子部品分野に支えられて伸長・発展してきた。スマートフォンやタブレット、ウェアラブル端末などの通信機器はこれからも進化を続けていくことが予想され、LCP

の需要も微増ではあるが、堅調に推移していくと思われる。しかし、LCP 市場が更に大きな成長を遂げるためには、新たな分野の開拓が必要である。

自動車分野では、ガソリン車から EV・PHV への転換期であり、先進運転支援システム(ADAS)や自動運転といった技術の発展に伴い、自動車に占める電子部品の割合は更に増えると予想される。また、医療分野でも小型・精密部品の需要は伸びており、フィルム・繊維用途などの用途にも LCP の需要拡大が期待される。

<参考文献>

(1)2017 年エンプラ市場の展望とグローバル戦略(富士経済)(2016.10.3)