

# 液晶ポリマー「UENO LCP<sup>®</sup>」の開発動向

杉山直志\*<sup>1</sup> 太田晃仁\*<sup>2</sup> 石津 忍\*<sup>3</sup>

## 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、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はじめとした電気・電子部品に採用されている（図1）。

以降は、最新の調査資料に基づいたLCP市場動向、及び当社LCPの開発動向について紹介する。

## 1. 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、需要はいったん大幅に減退したが、2009年の後半には需要は回復を始め、2011年に需要はピーク（39,000ton）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個当たりの重量が小さくなり、SMTコネクタ向けの伸び率は鈍化した。更に、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（図2）。従って、各LCPメーカーのLCPニートレジンの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（表1）。

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。

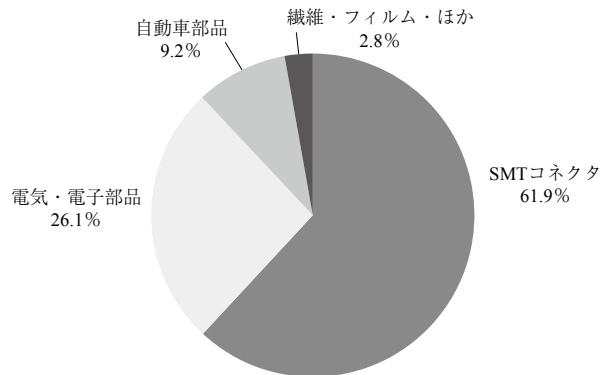


図1 LCPの用途別需要（2015年実績）<sup>1)</sup>

\*1 Naoshi Sugiyama  
上野製薬(株) LCP事業部 営業部  
\*2 Akihito Ohta \*3 Shinobu Ishizu  
同 LCP事業部 技術開発部  
Tel. 079-568-7205  
Fax. 079-568-7217

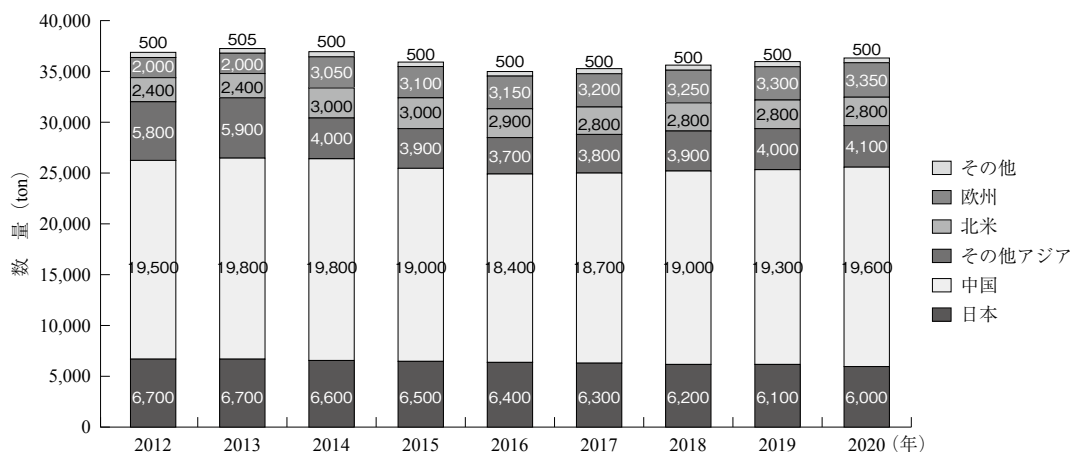


図2 LCP (コンパウンド) の地域別市場規模推移と今後の予測<sup>1)</sup>

表1 メーカー別LCPニートレジン生産能力<sup>1)</sup>

メーカー名	国・地域	既存生産能力 (ton/年)
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
JXTG 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

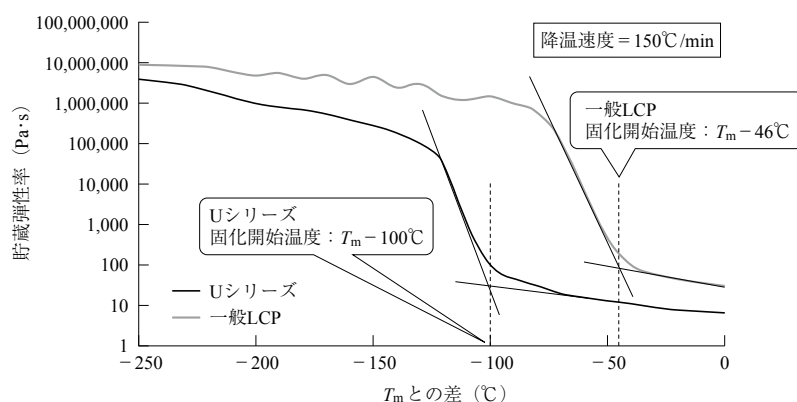


図3 UENO LCP<sup>®</sup> Uシリーズの固化速度

## 2. 開発動向

### 2.1 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<sup>注)</sup>や残留応力が発生しやす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、ソリ変形する不良が起こるため、材料には高

レベルでの低ソリ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上野製薬は、分子設計を見直し、固化速度の遅い「UENO LCP<sup>®</sup> Uシリーズ」(以下<sup>®</sup>を省略)を開発し、市場投入している。図3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( $T_m$ )から50℃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℃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。

表2に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、低ソリ性、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の低ソリ性、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は形状の特殊なファイ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

表2 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)
		ASTM	低ソリ	低ソリ	低ソリ	低ソリ	低ソリ
			高流動	超高流動	超高流動	高表面硬度	汎用
比重	—	D792	1.69	1.62	1.62	1.65	1.74
引張り強度	MPa	D638	111	120	112	131	98
引張り伸び	%		2.8	3.0	2.6	3.8	1.5
曲げ強度	MPa	D790	135	140	132	142	142
曲げ弾性率	GPa		8.6	9.0	8.7	9.3	11.0
アイゾット衝撃強度(ノッチ付き)	J/m	D256	110	170	170	105	34
荷重たわみ温度 1.8MPa	℃	D648	254	250	250	248	240
			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
ロックウェル硬度 Rスケール	—	D785	R103	R103	R103	R108	R102

要求に応えるために、「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、従来の低ソリ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にくいという特徴を有している(表2, 図4, 図5)。

注) ヘジテーション(ためらい)現象: キャビティを充てんする樹脂の流れが、薄肉部・厚肉部に分岐する際、厚肉部が優先的に充てんされ、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。

## 2.2 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であり、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、スイッチ部品等に適用されている。LCPは耐熱性が高く、薄肉成形が可能であることからMID用途で一部採用されており、今後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

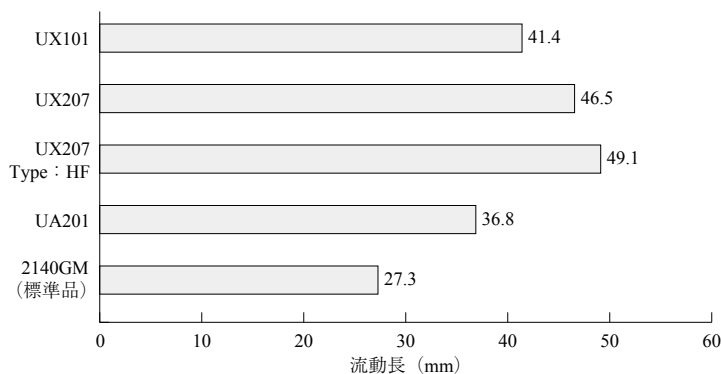


図4 UENO LCP® Uシリーズの流動長 (0.2mm厚 パーフロー)

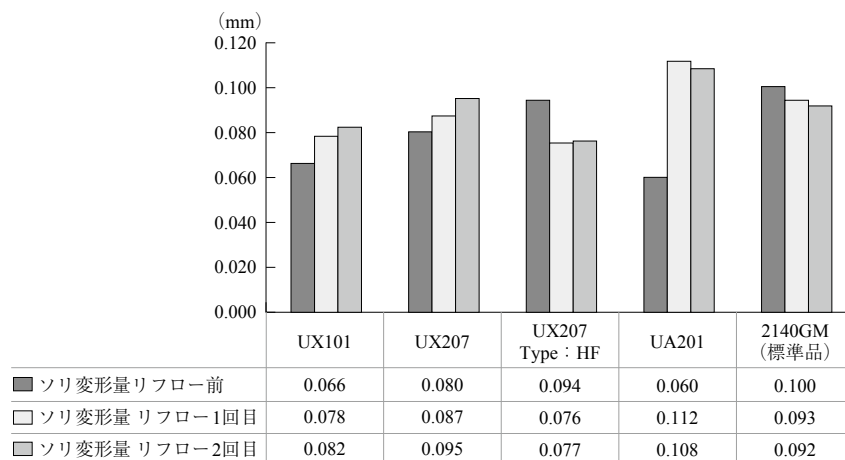


図5 UENO LCP® Uシリーズのソリ変形量 (0.5mm厚コネクタモデル型, リフロー温度 260℃)

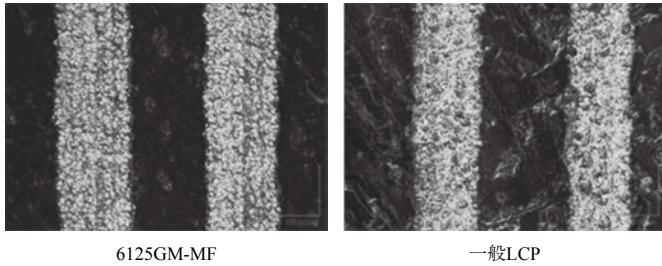


図6 めっきラインの耐にじみ性比較

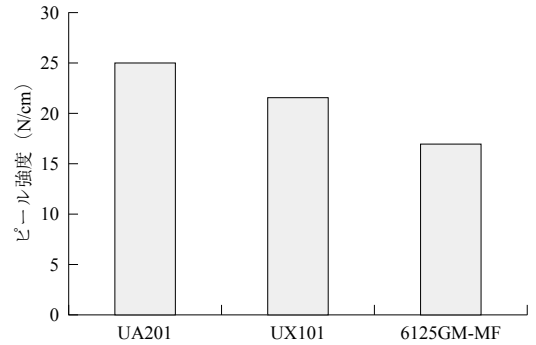


図7 UENO LCP®めっき密着力評価結果

表3 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
引張り強度	MPa	D638	86	98
引張り伸び	%		3.1	1.5
曲げ強度	MPa	D790	113	142
曲げ弾性率	GPa		6.0	10.8
アイゾット衝撃強度 (ノッチ付き)	J/m	D256	23	34
荷重たわみ温度	℃	D648	235	240
	1.8MPa		—	284
	0.4MPa		—	284
誘電率 (誘電正接)	1GHz	空洞共振器 摂動法	2.98	4.13
	3GHz		(0.003)	(0.003)
	10GHz		2.96	4.16
			(0.003)	(0.003)
	10GHz		2.86	4.06
			(0.003)	(0.003)

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

低ソリ・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することから、めっきラインの耐にじみ性が良好である(図6)。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、日立マクセルの新プロセス「触媒失活法」を用いることによ

り、同グレードはピール強度15N/cm以上の高いめっき密着力を得ることができている(図7)。

### 2.3 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、コネクタをはじめとする電気・電子部品であり、その材料には伝送ロスを抑えるために低誘電率と低誘電正接を兼ね備えた特性が要求される。

LCPは従来よりこれら誘電特性に優れた材料であるが、より高度な市場の要求に応えるため、上野製薬はベースレジンの改良と特殊な形状のフィラーを組合せることで、誘電特性を更に改良した「UGB002」を開発した(表3)。LCPの流動性とはんだリフローに耐える耐熱性を活かし、高速通信技術の発展に寄与したいと考えている。

### 2.4 低融点LCP

LCPには様々な特性があるが、活かされていない特性の代表的なものとして、ガスバリア性がある。LCPは酸素ガスバリア性、水蒸気バリア性がともに高く、熱可塑性樹脂ではトップクラスの性能をもつ。しかしながら、LCPはフィルム加工性や接着性に乏しいため、ガスバリア性を活かした用途に展開する場合、LCP単独で使うことが難しい。また、ポリプロピレン(PP)やポリエチレン(PE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)等の他樹脂とLCPとの組合せについても、LCPの加工温度が高いため他樹脂の加工温度と合わないことが障害となっていた。上野製薬では、全芳香族LCPでありながら低融点(約220℃)を実現したA-8100(ニートレジン)を開発、上市しており、良好なガスバリア性と低温加工性を両立している。このA-8100をPPやPEに少量添加することにより、ガスバリア性が大きく向上してお

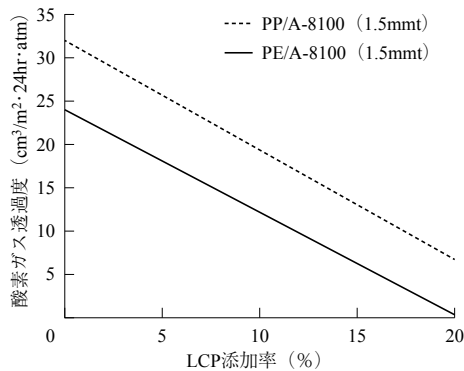


図8 PP/A-8100, PE/A-8100ブレンド樹脂のガスバリア性

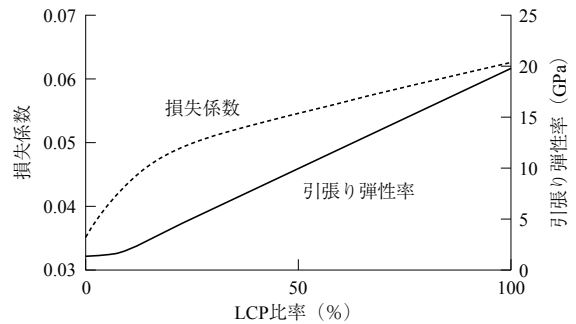


図10 A-8100添加によるPEの損失係数及び引張り弾性率の改善

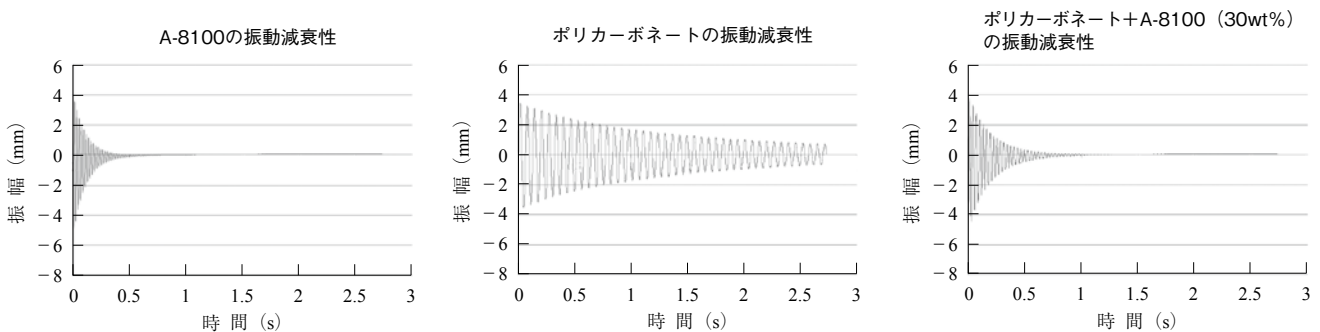


図9 ポリカーボネートとA-8100の制振特性

り、今後用途展開を図っていく予定である(図8)。

また、他の優れた特性である制振特性は、一部スピーカーの振動板用途として、音の切れが良い特性が活かされているが、LCPをブレンド成分として用いた場合でも発揮される。ポリカーボネート(PC)にA-8100をブレンドすることによって、PCの制振性が大きく向上し(図9)、PEにA-8100をブレンドすることで、PEの損失係数及び引張り弾性率が改善された(図10)。

低融点LCPを用いることによって、これまであまり活かせていなかったガスバリア性や制振性で新たな用途展開や需要拡大を期待している。上野製薬ではA-8100と他樹脂とのブレンド樹脂をTECROS<sup>®</sup>として上市する。

## 2.5 超音波用途

上野製薬では既存のLCP材料の新

表4 鉄(SPCC相当)表面の残留応力測定結果(N=8)

項目	残留応力 (MPa)	標準偏差 (MPa)
未処理プレート	-7	57
LCP部材を介した超音波処理プレート	-40	32

注) 残留応力の数値が小さいほど圧縮応力が形成されている。標準偏差が小さいほど均一に処理されていることを示す。

規用途について多岐にわたって検討しており、既存のLCPを用いた用途開発の一例として、金属等の材料表面の表面改質効果の可能性を見出している。

表面改質においては従来、金属等の材料表面に圧縮残留応力(以下、圧縮応力)を付与する手法が検討されており、ショットピーニング、ウォータージェットピーニング、水中で超音波振動を与えるキャビテーションピーニング法等が提案されている。しかし、い

ずれの方法も圧縮応力の付与に長時間を要するとともに、均一な圧縮応力の付与を行うことが困難である。また、鋼球の投射や高圧水の噴射、キャビテーション効果を得るための大規模な水槽への浸漬等、工程や設備的にも大がかりなものが必要となる課題がある。

上記課題へのアプローチとして、LCPを超音波伝達部材として対象部品に接触させ、LCPを介して超音波振動を与えることで、対象部品の表面改質効果が向上することを見出した(表4、

特許出願済).

この伝達部材がステンレス鋼などの金属材料である場合は共振が生じてしまい、ポリオレフィンなどの汎用樹脂である場合は過度な発熱が生じてしまうため、超音波伝達部材の材料としての使用に適さないことが分かっている。今後、LCP独自の特性を生かした用途となることを期待している。

## 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。

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。

上野製薬では、これらの拡大市場で活躍できるLCPグレードを開発し続

けることはもちろんのこと、低融点LCPを用いた汎用樹脂や汎用エンブラの改質にも積極的に取り組んでいく考えである。

## 参考文献

- 1) 2017年エンブラ市場の展望とグローバル戦略(富士経済, 2016).