

液晶ポリマー「UENO LCP」の開発動向

石津 忍*

はじめに

代表的な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（以下、LCP）は、リフローはんだ等に耐えうる耐熱性、精密部品に適した寸法安定性を有することに加えて、成形性、特に流動性に優れ、実質的にバリが出ないことで、電気・電子分野や情報通信分野を中心に大きく伸長してきた。

しかし、これらの用途の最終製品である情報機器の小型化、高性能化に伴い、構成部品となるコネクタ、スイッチ等の薄肉軽量化が進み、部材であるLCPに要求される性能も年々高まって

いる一方、部品の小型化に伴い、材料としてのLCPの使用量が減少傾向となることが懸念されている。

このようなトレンドのなかで、LCP市場を拡大するには新たな用途開拓が必須となっている。当社はLCPの主原料であるパラヒドロキシ安息香酸と6-ヒドロキシ-2ナフトエ酸の世界的メーカーとしての優位性を活かし、モノマー構成成分から工夫をした新しい機能や新規用途開拓に適したLCPの開発に注力している。以下、LCPの市場動向、及び当社の新規LCPの開発状況について紹介する。

れているが、LCPは基板の表面実装化の広がりとともに成長してきた樹脂である。特に、SMTコネクタ、スイッチ等においては、リフロー温度に耐えられる耐熱性を理由に採用が始まり、加えて高い流動性で部品の軽薄短小化を実現することで材料としての地位を確固たるものとしてきた。そのような背景から、現在ではLCP需要の6割以上をSMTコネクタが占めることになっている（図1）。

需要の推移については、2005年頃には二桁成長した時期もあったが、2008年に発生した世界同時不況以降停滞した。その後復調の兆しがあったものの、2010年の約4万5,000tonをピークに大きく需要が落ち込み、2013年の需要はLCPコンパウンドで4万tonを割り込んだ。過去の予想ほど大きな

1. LCPの市場動向

今日では大量生産される電気製品の基板のほとんどが表面実装（SMT）さ

* Shinobu Ishizu
上野製薬(株) LCP事業部 技術開発部
Tel. 079-568-7205
Fax. 079-568-7217

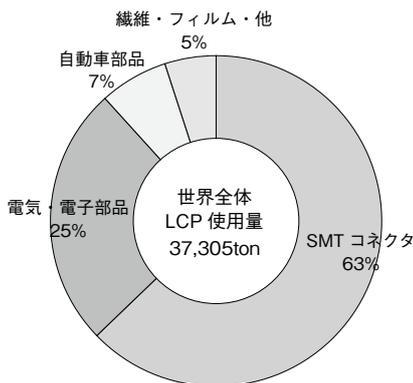


図1 LCPの用途別需要（2013年実績）¹⁾

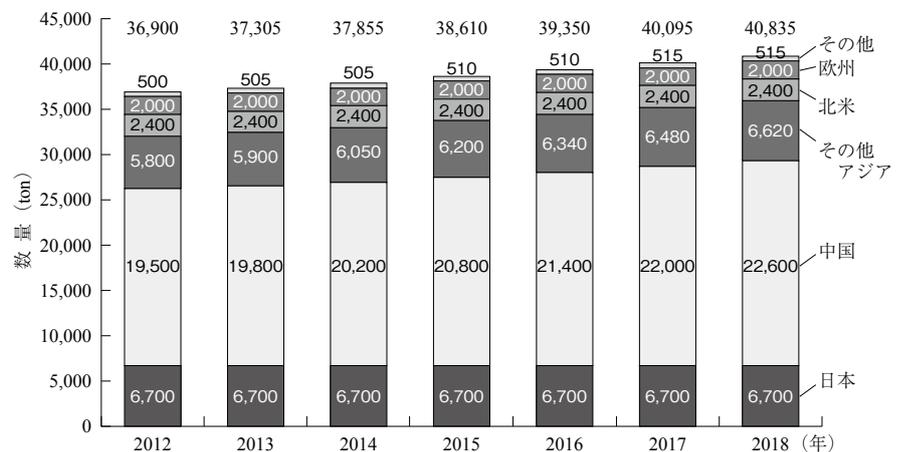


図2 LCP (コンパウンド) の地域別市場規模推移と今後の予測³⁾

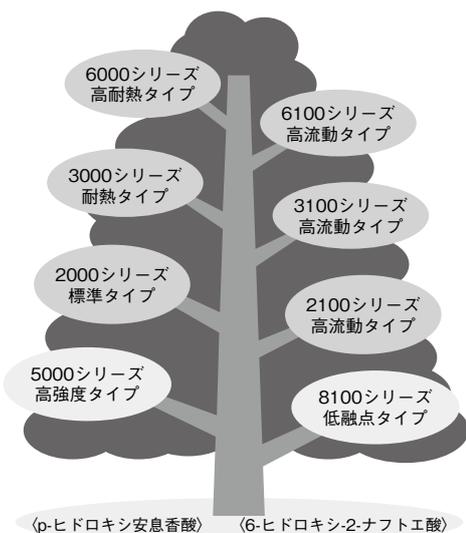


図3 UENO LCPのグレード構成

成長は見込めていないが、2014年以降は回復基調になるとの見方になっている²⁾。当面はモバイルや車載用途での需要増加が見込まれており、伸長率としては2%程度と推定されている(図2)。

2. UENO LCP 既存グレード

当社はLCPの基本骨格となるモノマーである、パラヒドロキシ安息香酸と6-ヒドロキシ-2ナフトエ酸を製造しており、それらを用いて原料からLCPまで一貫生産している。1988年に製造を開始したUENO LCPは、高流動性、寸法安定性、耐リフロー性、難燃性、耐溶剤性に優れており、寸法安定性の求められる光学部品や、コネクタ、ポピン、スイッチ、リレーなど耐リフロー性を必要とする各種電子部品に用いられている。

UENO LCPは、低融点タイプのA-8100から高耐熱タイプの6000シリーズまで幅広い耐熱範囲のシリーズを保有している。各シリーズには、ガラス繊維やミネラル等をコンパウンドしたグレードを多数保有しており、幅広い用途に適用できるようラインナップしている。図3にUENO LCPのグレー

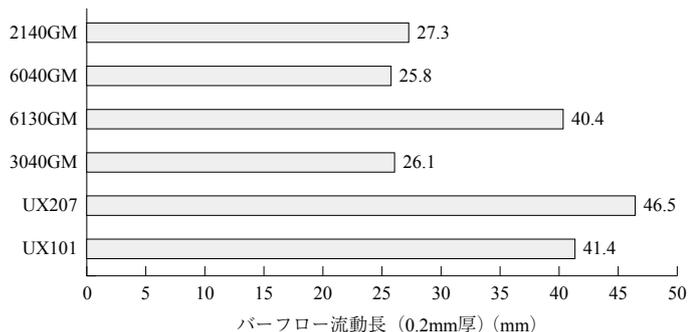


図4 次世代コネクタ用高流動・低ソリグレードの流動長

ド構成を示す。

標準タイプの2000シリーズはFPCコネクタやBoard to Boardコネクタに使用されている。耐熱タイプの3000シリーズや高耐熱タイプの6000シリーズは高い耐リフロー性を有し、流動性も高いことから、微細コネクタなどに採用されている。また、高強度タイプの5000シリーズは、大小各種モータのインシュレータに使用されている。

3. UENO LCP 新規グレード

3.1 スマートフォン・タブレット用コネクタ向けLCP

当社は高流動、低ソリタイプのLCPとして「2140GM」を約15年前に上市し、本分野におけるLCPメーカーの先駆者としての役割を担ってきた。

スマートフォンやタブレットは今後もLCPの需要を支える大きな用途であり、それら情報機器の高性能化に対応するため、各LCPメーカーは高流動性だけでなく、低背・挟ピッチ化に対応できる低ソリ性を併せもつ樹脂開発を引き続き進めている。当社が2011年に上市した「UX101」は流動性、低ソリ性、耐プリスター性、成形安定性において高いレベルでバランスのとれたLCPとして市場から高い評価を得ている。

しかし、コネクタの軽薄短小化、多芯数化の流れは止まらず、更なる高流動化の要求が寄せられている。そこで、

UX101の低ソリ性、耐プリスター性、成形安定性を維持し、流動性を向上させた「UX207」を開発した。流動性を向上させるには、より短い、より小さいフィラーを使用する方法が一般的だが、強度が低下するというデメリットがある。UX207は形状の特殊なフィラーを使用することで、UX101より強度を高めることにも成功した。既に一部ユーザーで高い評価を得ており、今後の用途展開が期待される。次世代コネクタ用の高流動・低ソリグレードの流動長を図4に、ソリ変形量を図5に、一般物性を表1に示す。当社では更に次世代のスマートフォン、タブレット用コネクタの要求にも応えるべく新しいグレードを開発中であり、それらを通じて本用途分野の進化に貢献したいと考えている。

3.2 低融点LCP

LCPは多くの特徴を有しているにもかかわらず、活用されていない特性がいくつかある。活かしていない特性の代表的なものとして、ガスバリア性と制振特性がある。ガスバリア性についていえば、LCPは酸素バリア性、水蒸気バリア性がともに高く、水蒸気バリア性が比較的高くないエチレン/ビニルアルコール共重合体とは一線を画すと考えている。これらの特性を活かした用途に適用する場合、LCP単独で使用するよりもPPやPETなどの他樹脂と組み合わせて使用されるケースが多

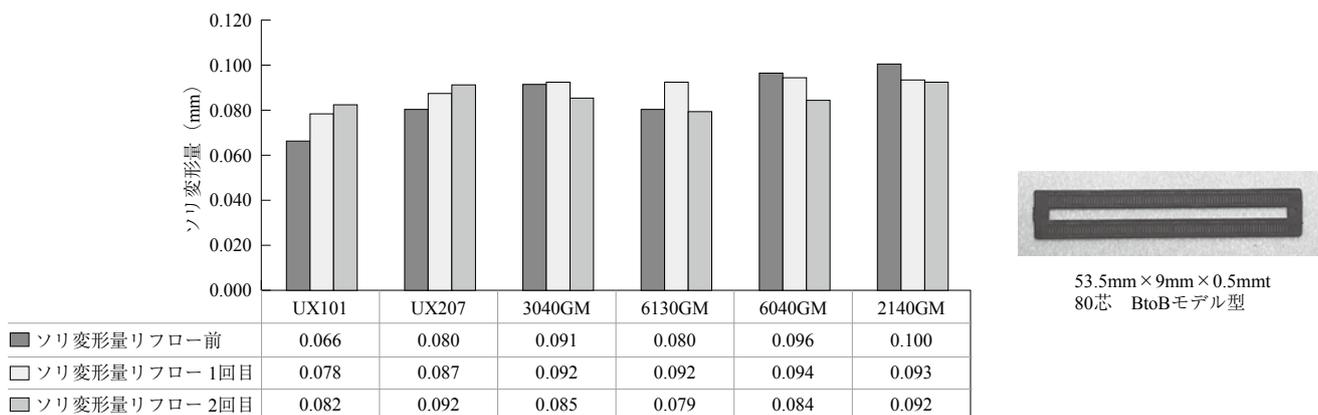


図5 次世代コネクタ用高流動・低ソリグレードのリフロー前後のソリ変形量 (0.5mm厚コネクタモデル型)

表1 次世代コネクタ用高流動・低ソリグレードの一般物性

項目	単位	測定法 (ASTM)	UX101	UX207	3040GM	6130GM	6040GM	2140GM
			耐熱	耐熱	耐熱	高流動/ 高ウエルド	耐熱	汎用
			高流動	超高流動	汎用		汎用	
比重	—	D792	1.69	1.62	1.74	1.63	1.74	1.74
引張り強度	MPa	D638	111	120	110	150	127	98
引張り伸び	%	D638	2.8	3	1.5	1.7	1.7	1.5
曲げ強度	MPa	D790	135	140	140	184	156	142
曲げ弾性率	GPa	D790	8.6	9	10	11	11	11
アイゾット衝撃強度 (ノッチ付き)	J/m	D256	110	170	50	79	44	34
荷重たわみ温度	1.8MPa	D648	254	250	265	277	280	240
	0.4MPa		288	285	288	> 295	> 295	284

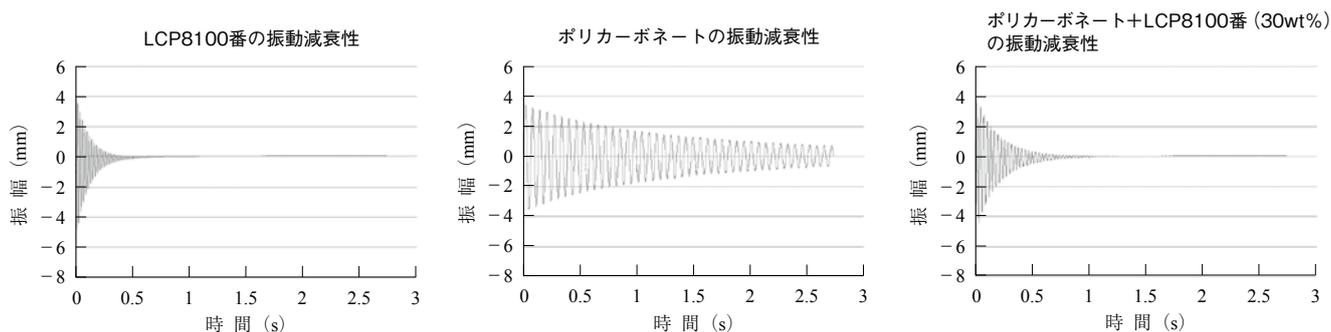
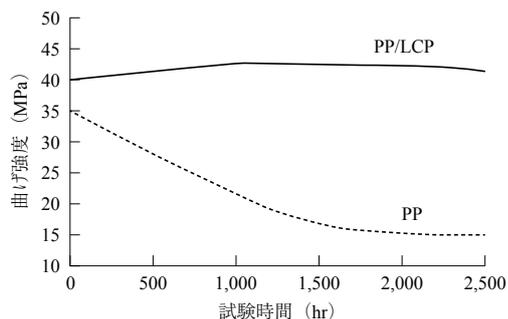


図6 ポリカーボネートとLCP8100番の制振特性

いことから、LCPの高い加工温度が障害となっていた。このような課題解決のために、上野製薬では低融点(約220℃)で加工温度の低いA-8100(ニートレジン)を上市している。A-8100は全芳香族LCPであり、良好なガスバリア性と低温加工性を合わせて保有している。

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をアロイ成分として用いた場合でも発揮される。ポリカーボネートにA-8100を30wt%アロイ化することによって制振性が大きく向上している(図6)。

更に、LCPの新たな展開として他樹脂の耐候性改良が挙げられる。PPにA-8100を添加することによって、耐候性が改良されることを見出した(レックと大阪市立工業研究所と共同研究)。PPの耐候性を向上させるために紫外線吸収剤を添加した場合には、時間の経過とともにその効果が減少して



スーパーキセノンウェザーメータ処理, 降雨あり,
ブラックパネル温度63℃
〔レック(株), (地独) 大阪市立工業研究所との共同研究〕

図7 低融点LCP (3wt%) 添加によるPPの耐候性改善

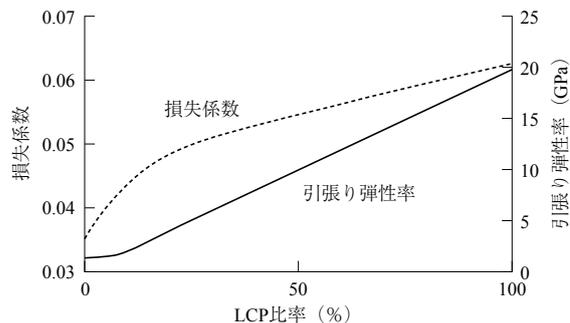


図8 低融点LCP添加によるPEの損失係数及び引張り弾性率の改善

いき, 曲げ強度が低くなる。しかし, PPにA-8100を3wt%添加した場合は, 耐候性が改善され, 時間が経過しても樹脂の曲げ強度を低下させないことが分かった(図7)。また, PEとA-8100のアロイにより, PEの損失係数及び引張り弾性率が改善された(図8)。

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機能や制振機能で新たな用途展開や需要拡大を期待している。

4. 新規開発LCP

4.1 蛍光LCP

反射板等に使用されている蛍光剤は, 長期使用によりブリードアウトが起こるといった問題がある。また, LCPに蛍光剤を使用しようとする場合, 高融点であるLCPの加工温度に蛍光剤

が耐えることができず分解してしまうため, 蛍光剤を含んだLCPを製造するのは困難であった。

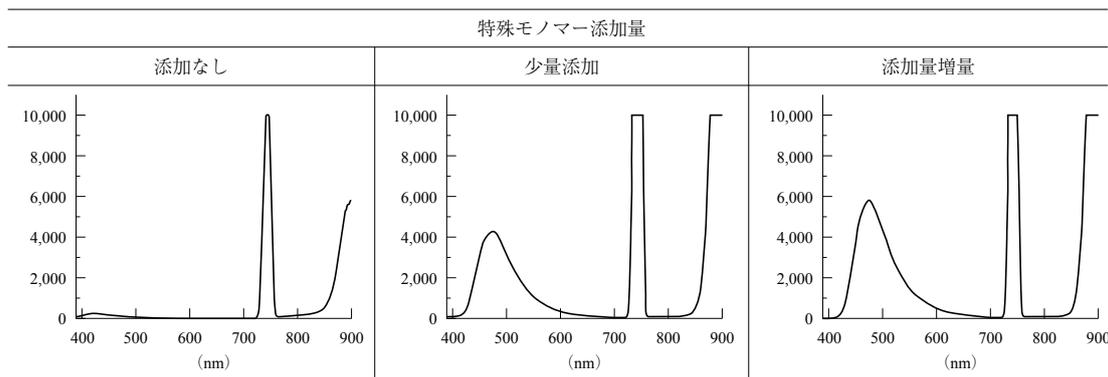
当社は, LCPの構成成分として特殊なモノマーを共重合することにより, ブリードアウトを抑制した蛍光発光するLCPを開発した。蛍光LCPの物性を表2に示す。蛍光LCPは, LCPの特

性を保持しながら, 紫外線を照射すると蛍光を発する(図9, 図10)。最適励起波長は373nmであり, カーボンブラックをコンパウンドして黒色化したLCPにおいても蛍光を発する。

また, 添加するモノマーによって, 蛍光スペクトルのピークトップ波長が変わり, 発光する色が変わる(図11)。

表2 蛍光LCPの物性

項目	単位	特殊モノマー添加		
		少量添加	添加量増量	添加なし
DTUL	℃	169	164	175
T_m	℃	279	276	279
T_c	℃	237	234	237
引張り強度	MPa	244	230	266
曲げ強度	MPa	167	165	160
曲げ弾性率	GPa	11	12	12
アイゾット衝撃強度	J/m	488	418	513
蛍光強度	373nm	4,301	5,831	222
	450nm	1,402	2,108	621



励起波長: 373nm

図9 蛍光LCPの蛍光強度

LCPの新規用途開拓につながる開発品の一つとして期待している。

4.2 高熱伝導率LCP

パソコンやスマートフォンの高性能化や小型化により、発熱対策の要求が一段と高まってきている。また、各種モータ（自動車駆動用等）においても、温度上昇は電気抵抗の増大を招くため、効率の悪化や焼損の原因となる。そこで、優れた流動性を持つLCPに高い熱伝導性を付与することで、封止材、絶縁材、構造材などの形で放熱ニーズに寄与すべく研究が進んでいる。

LCPをベースレジンに使用した高熱伝導率グレードの熱伝導率は、高いもので10W/m・k程度のもので上市されている。しかし、フィラーにファインセラミックスを多量に添加した場合、成形機のシリンダ及びスクリュの摩耗が大きいことや、成形加工性が悪いといった課題がある。

そこで、当社はベースレジンの改良と、加工性に優れた特殊フィラーを組み合わせることで、流動性などの優れた特徴をできる限り損なわず、熱伝導性を付与した素材を開発している。

現在開発中の「TC1」は、標準品に比べて約2倍の熱伝導率を有しているが、強度をある程度保持し、はんだリフローに耐えうる耐熱性を維持している（表3、図12）。今後サンプルワークを行いながら市場の評価を確認し、新

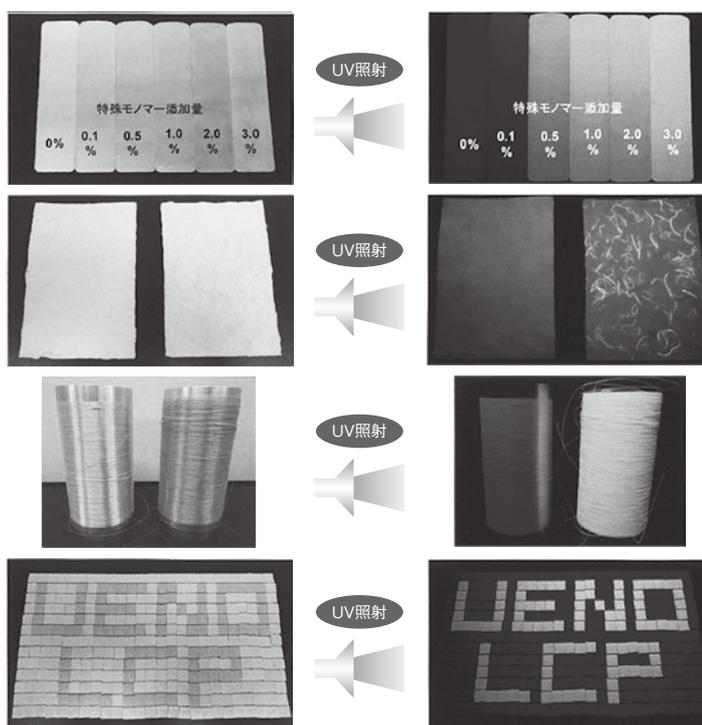


図10 蛍光LCP

たな分野を開拓したいと考えている。

4.3 低発塵性LCP

スマートフォンやタブレットなどのモバイル機器の普及に伴い、手軽に写真が撮れる時代になっている。これは、スマートフォンやタブレットにカメラが付いているため、そのカメラは年々高性能化が進んでいる。イメージセンサのピクセルサイズが微細化し、カメラモジュール部品には小さなゴミも許されなくなっている。このような

背景により、カメラモジュール用途向けに使用されるLCPには低発塵性に対する要求が厳しくなっている。

カメラモジュール部品は一般的に、組立て前に超音波洗浄し、表面に付着している小さなゴミや埃、油分などを除去する工程が組込まれる。しかし、LCPは分子配向が大きいため成形体表面が剥離しやすく、超音波洗浄を行うと表面が毛羽立ち（フィブリル化）、素材そのものに起因するゴミを発生させる課題を抱えている。また、LCPは

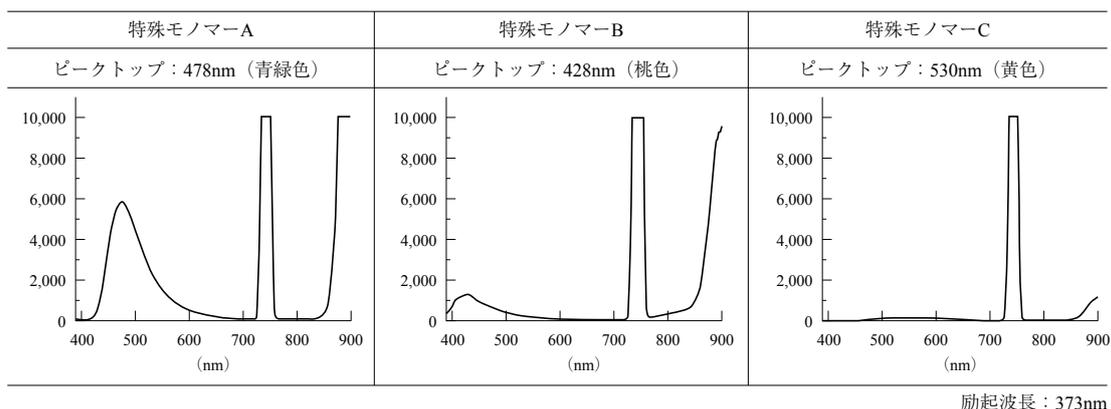


図11 特殊モノマーによるピークトップと色の違い

表3 高熱伝導LCPグレードの物性

項目	単位	測定法 (ASTM)	TC1 (開発品番)	3040GM (標準)	
熱伝導率	W/m・K	流れ方向	レーザー	2.2	1
		厚み方向	フラッシュ法	0.6	0.3
体積抵抗率	Ω・m	D257	10 ¹⁴	10 ¹⁴	
絶縁破壊強度	kV/mm	D149	35	50	
比重	—	D792	1.91	1.74	
曲げ強度	MPa	D790	95	140	
曲げ弾性率	GPa	D790	12	10	
アイゾット衝撃強度 (ノッチなし)	J/m	D256	115	295	
荷重たわみ温度 (1.8MPa)	℃	D648	253	265	
燃焼性	—	UL94	V-0相当	V-0	
流動長 (射出圧力: 50MPa)	mm	上野法	80	120	

注) 射出圧力: 50MPa, 厚み0.5mm

表4 低発塵性LCPグレードの物性

項目	単位	開発品	非改質LCP
T _m	℃	318	326
DTUL	℃	251	277
引張り強度	MPa	200	243
引張り伸び	%	4	4
曲げ強度	MPa	140	160
曲げ弾性率	GPa	9	12
フィブリル化 (消しゴム試験) ^{a)}		なし	あり

注a) 荷重1.96N, 摩擦速度5,000mm/minで30往復
消しゴム: PLUS AUTO ERASER No.10 No.20用 48-105

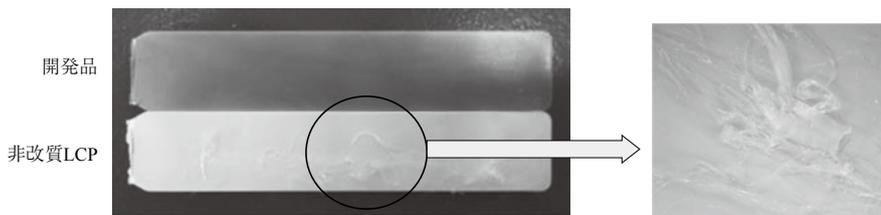
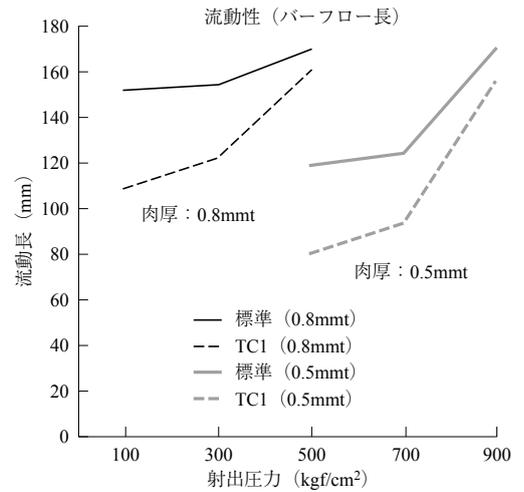


図13 消しゴム試験によるフィブリルの様子

その高すぎる分子配向を抑えるために、ガラス繊維などのフィラーを添加して使用されているが、このガラス繊維もゴミの原因となるために、ガラスレスでの低発塵性材料が求められている。

そこで当社は、これらの課題を解決するために特殊モノマーを共重合することで、フィラーレスでありながら、従来のLCPと比較してフィブリル化や表面剥離が著しく少ない低発塵性グレードのLCPニートレジンを開発し

た。表4にその物性を示す。従来のLCPニートレジンにはフィラー無添加の成形品表面を消しゴムで擦るとフィブリルが生じていたのに対して、現在開発中のLCPニートレジンには消しゴムで擦ってもフィブリル化が起こらず(図13)、超音波洗浄によるフィブリル化も改善される。また、リフローはんだに耐える耐熱性も保持している。今後は、サンプルワークを行いながら、ニートレジンとコンパウンドの両面からニーズに応じていく所存である。



[成形条件]

- ①成形温度: 350℃
- ②金型温度: 70℃
- ③射出速度: 300mm/sec
- ④標準(比較)グレード: UENO LCP 3040GM

図12 高熱伝導性LCPグレードの流動性

おわりに

今後のLCP需要の伸び率はこれまでのような高さを期待できないものの、スマートフォンやタブレットなどの電気・電子部品分野に支えられ堅調に推移していくと思われる。ここから更に大きな成長につなげるためには、新たな分野の開拓が必要である。

上野製薬では本稿に記載したような、新しい機能や新規用途に適したLCPの開発に注力している。新たな機能をプラスしたLCPが今後、新たな分野で採用され、関係する業界の発展に寄与することを期待している。今後もニーズに応え、新しい特徴を付与したLCPの開発に力を注いでいく予定である。

参考文献

- 1) 2015年エンブラ市場の展望とグローバル戦略 (富士経済, 2015).
- 2) 石油化学新聞 (2013年1月19日).
- 3) 2015年エンブラ市場の展望とグローバル戦略 (富士経済, 2015).