

液晶ポリマー

上野製薬(株)

鈴木 准

1. はじめに

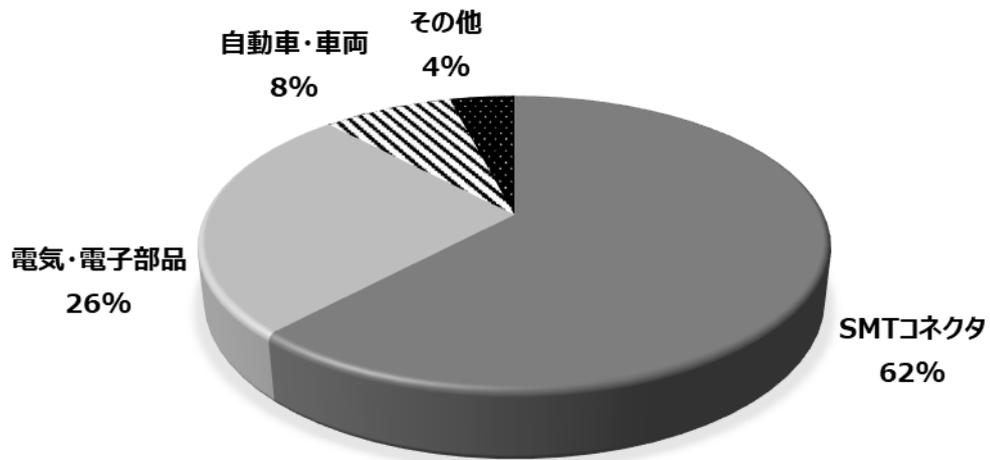
液晶ポリマー (LCP: Liquid Crystal Polymer) はスーパーエンジニアリングプラスチックに分類される熱可塑性プラスチックの一つである。LCP という名称は化学構造に基づいたものではなく、熔融時に液晶相を形成するポリマーの総称となっており、一般的にはベンゼン環やナフタレン環によって構成され、剛直な分子構造をとるように設計されたポリエステルである。主な特徴としては高い耐熱性や流動性、耐薬品性や難燃性（難燃剤無しで UL94 V-0 認定）、高周波領域における誘電特性、優れた絶縁破壊強さ、ガスバリア性、耐候性、振動減衰性、寸法安定性などが挙げられる。

当社では LCP の主原料である *p*-ヒドロキシ安息香酸 (HBA) および 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 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。本稿では、LCP の市場動向およ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。

2. LCP 市場動向

LCP 用途は半数以上が表面実装 (SMT) 用コネクタに使用されている (**エラー! 参照元が見つかりません。**図)。これは、LCP が鉛フリーはんだのリフロー温度でも使用可能な耐熱性と、小型・複雑化する部品でも成形可能な流動性を併せ持つためである。その他の用途も電気電子部品が中心となっており、主にリレー、スイッチ、スマートフォンのカメラモジュールに採用されている。近年では主要用途である SMT コネクタは端末の高性能化に伴って搭載数が増えているものの、物価高騰や景気減速の影響で PC やスマートフォンの売れ行きが悪くなっており、サプライチェーン全体で在庫過多となっている影響を受け、LCP 市場は 2022 年後半頃から出荷量が低迷している。しかし、今後については自動車の EV 化や自動運転技術の発達によりパワーエレクトロニクス部品や各種センシングデバイス (カメラモジュール、ミリ波レーダー、レドーム) への用途拡大が期待され、将来的な需要の増大が見込まれている。

LCP 用途販売実績(2021年)



第1図 2021年 LCP 用途別販売実績¹⁾

3. 技術動向

3-1. 超々高流動グレード「UM029」

スマートフォン／タブレット／ウェアラブルデバイスなどに使用されている SMT コネクタは、狭ピッチ化、多極化が進んでおり、すでに LCP でなければ実現できないほどの微細な形状となっている。しかし、端末の高性能化に合わせて基板はより高密度化しており、コネクタに使用する樹脂素材の高性能化も必要不可欠となっている。

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優れた低そり性、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用途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 の低そり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」、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。

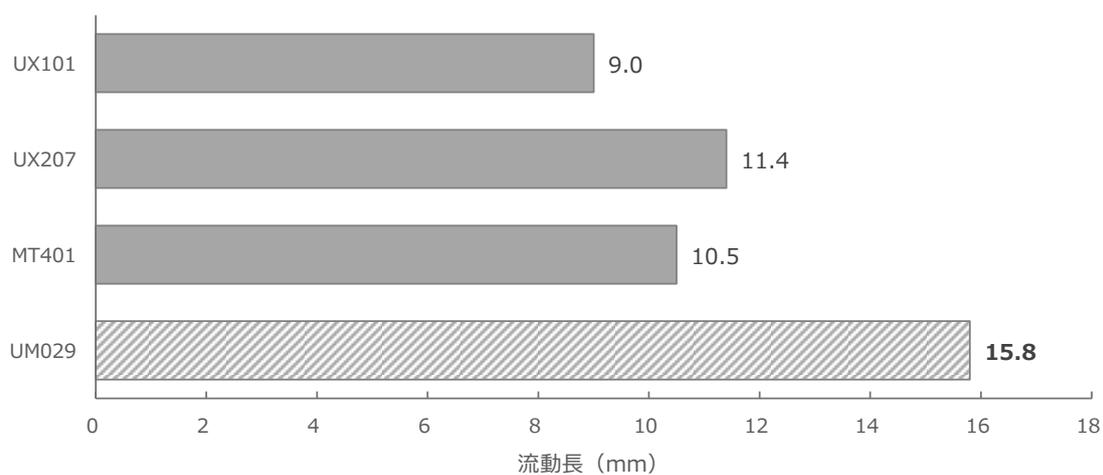
近年さらなる SMT コネクタの低背化・小型化に加え、多芯数化と長尺化が進み、それらに対応できる材料が求められており、より流動性が必要となる事案が増えてきた。そのような市場ニーズに応えるため、ニートレジンの改良と特殊コンパウンド技術の導入、更にフィラー構成の最適化を行い、低そり・耐ブリスタ性などの特性を維持しつつ、従来品よりも高い流動性を実現した「UM029」を開発した。「UM029」は優れた流動性とバランスの良いその他の物性から、SMT コネクタだけでなく微細・薄肉製品でも広がりを見せている。UM029 を含む SMT コネクタ向けの高流動・低そりグレードの一般物性を第 1 表に、流動性を第 2

図に、低そり性を第3図に示す。

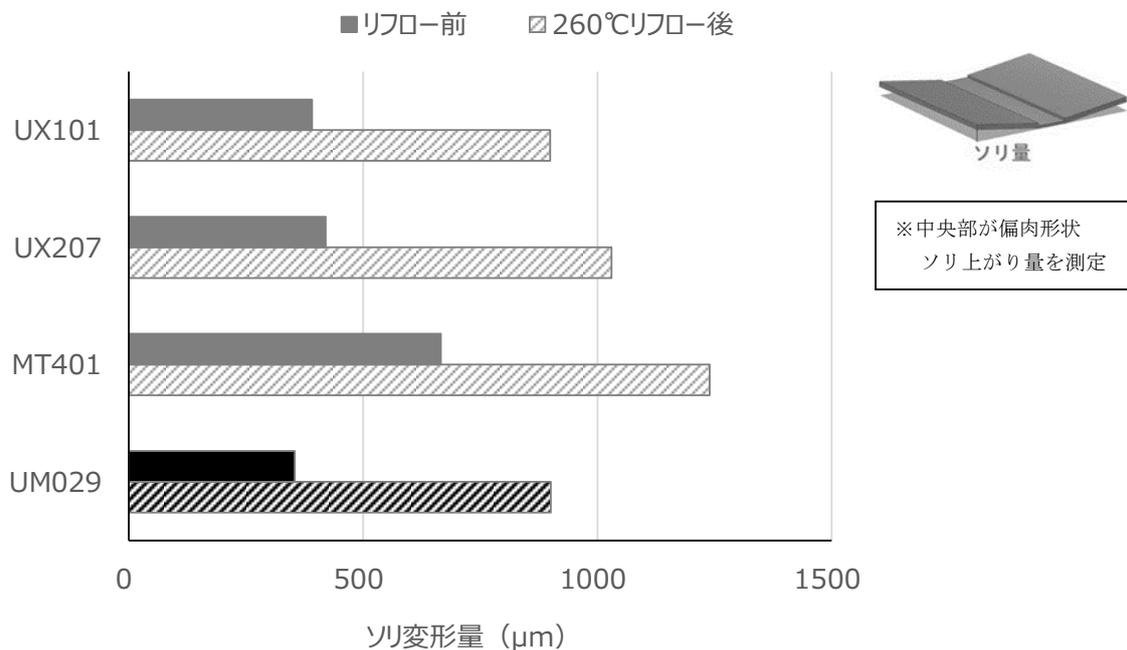
第1表 SMT コネクタ向け高流動・低ソリグレードの一般物性

	単位	ASTM	UX101	UX207	MT401	UM029	
			高流動、低ソリ	超高流動、低ソリ	高流動、低ソリ、 高ウエルド強度	超々高流動、 低ソリ	
比重	-	D792	1.69	1.62	1.63	1.59	
引張強さ	MPa	D638	111	120	150	157	
引張伸び	%		2.8	3.0	2.2	2.9	
曲げ強さ	MPa	D790	135	140	170	162	
曲げ弾性率	GPa		8.6	9.0	13.0	12	
Izod衝撃値<ノッチ付>	J/m	D256	110	170	95	57	
荷重たわみ温度 (1.8MPa)	℃	D648	254	250	260	240	
成形収縮率	MD	%	上野法*	0.1	0.1	0.1	0.1
	TD			0.8	0.7	0.9	0.7

※80 mm × 80 mm × 1 mmT



第2図 SMT コネクタ向け高流動・低ソリグレードの流動長 (0.1mm 厚み)



第3図 SMT コネクタ向け高流動・低ソリグレードの低そり性

3-2. 自動車向けグレード

百年に一度の変革期とされている自動車産業では、CASE (C: Connected、A: Autonomous、S: Shared & Service、E: Electric) をキーワードに、電気自動車や自動運転車といった次世代自動車の発展が予想されており、それに伴い、ECU (Electronic Control Unit) 世界市場が約2倍 (9.5兆円/2017年 ⇒ 17.8兆円/2030年) に拡大すると見込まれている²⁾。

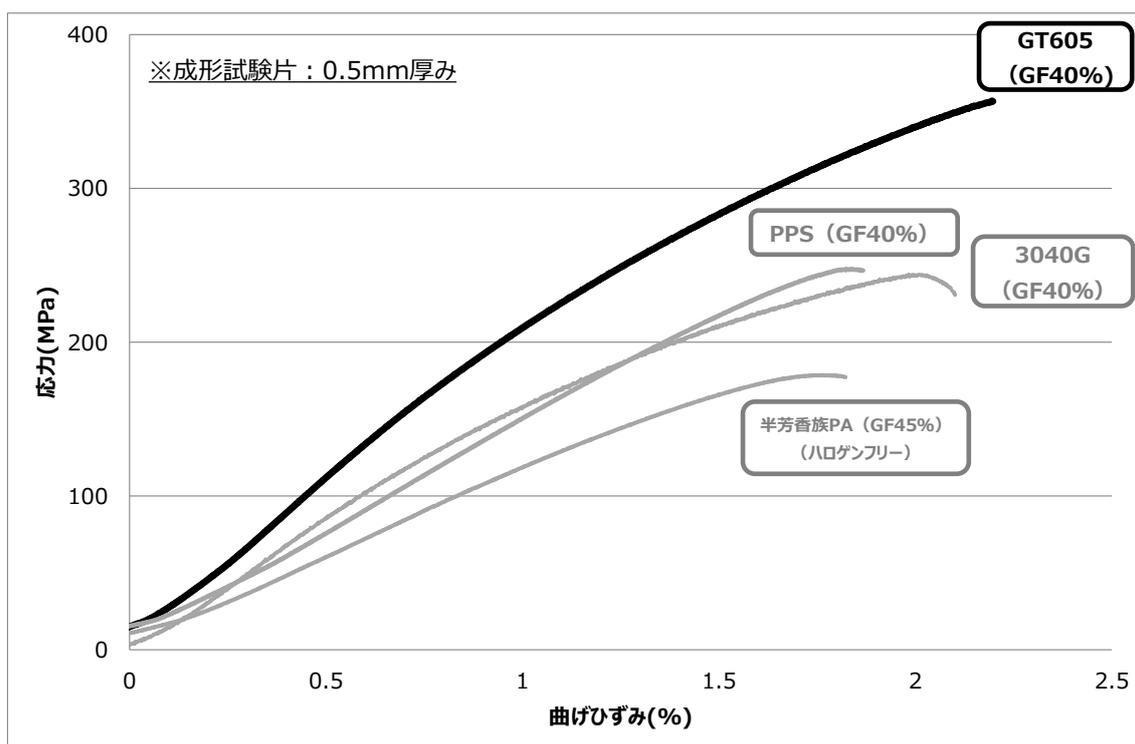
これまで SMT 不要なパワーエレクトロニクス部品 (モータ、筐体) に対しては、高強度が特徴の「5030G」「5050GM」などを展開し、多くの顧客から支持されてきた。これらはリフロー非対応のグレードではあるものの、EV化によってもたらされた新たな用途で広がりを見せている。

当社では新たなニーズに応えるべく、リフロー対応の高剛性グレードである「GT605」を上市した。「GT605」は新たに開発したニートレジンと、最適化されたガラス繊維の配合量により、SMT 対応かつ高剛性 (高強度・高弾性率) の特性を持つグレードである。「GT605」は薄肉時の強度に優れており、曲げ強さが当社標準 LCP (3040G) と比べて約 1.4 倍まで向上している。また、これまで弱点とされてきたウェルド強度も LCP の中では突出しているため、PPS や PA が多く使用されてきた車載部品においても代替材としての検討が進んでいる。こうしたグレードの拡充は、LCP 化による製品の小型化や成形サイクルタイムの短縮化、金型メンテナンス期間の延長、後処理工程 (バリ取り) のような製造の合理化にも貢献し、製品のトータルコストダウンを図ることも可能となっている。

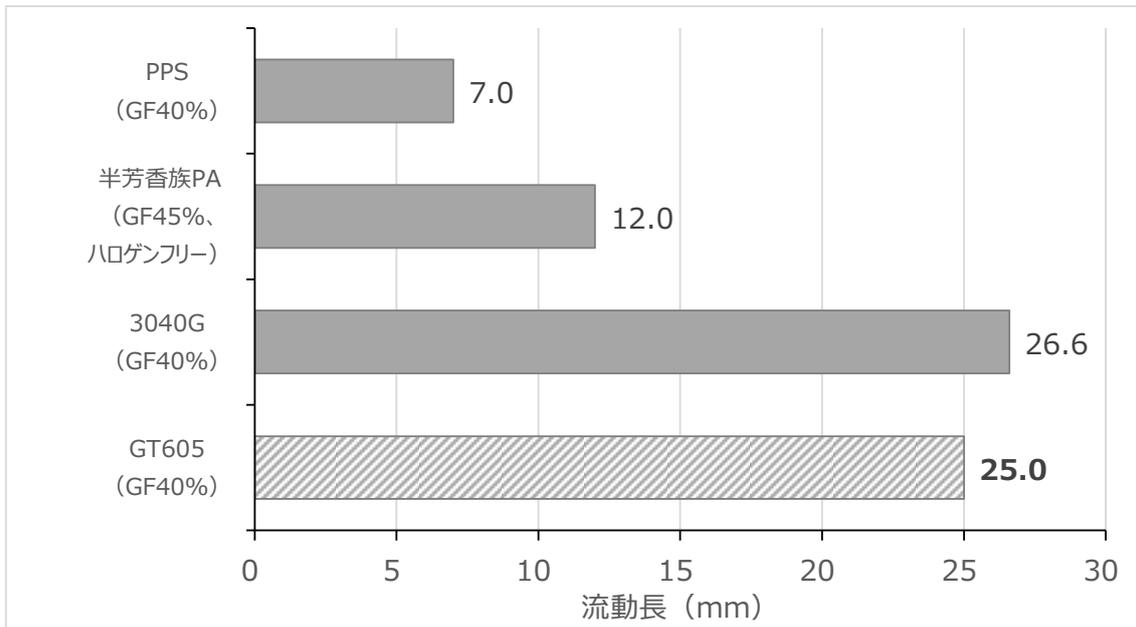
薄肉時の一般物性を第2表に、曲げ荷重-ひずみ曲線を第4図に、流動性を第5図に示す。

第2表 高剛性グレード GT605 の一般物性

	単位	ASTM	GT605	3040G	PPS	半芳香族PA	
			高剛性	標準	-	ハロゲンフリー	
比重	-	D792	1.72	1.72	1.67	1.55	
曲げ強さ	MPa	D790 上: 3.2mmt 下: 0.5mmt	242	195	260	240	
			343	240	245	177	
曲げ弾性率	GPa	D790 上: 3.2mmt 下: 0.5mmt	19	14	15	14	
			22	18	15	12	
Izod衝撃値 <ノッチ付>	J/m	D256	57	80	80	93	
荷重たわみ温度 (1.8MPa)	℃	D648	288	272	266	278	
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



第4図 高剛性グレード GT605 の曲げ応力-ひずみ曲線 (0.5mm 厚み)



第5図 高剛性グレードGT605の流動長(0.2mm厚み)

3-3. 低誘電率グレード「UGB008」

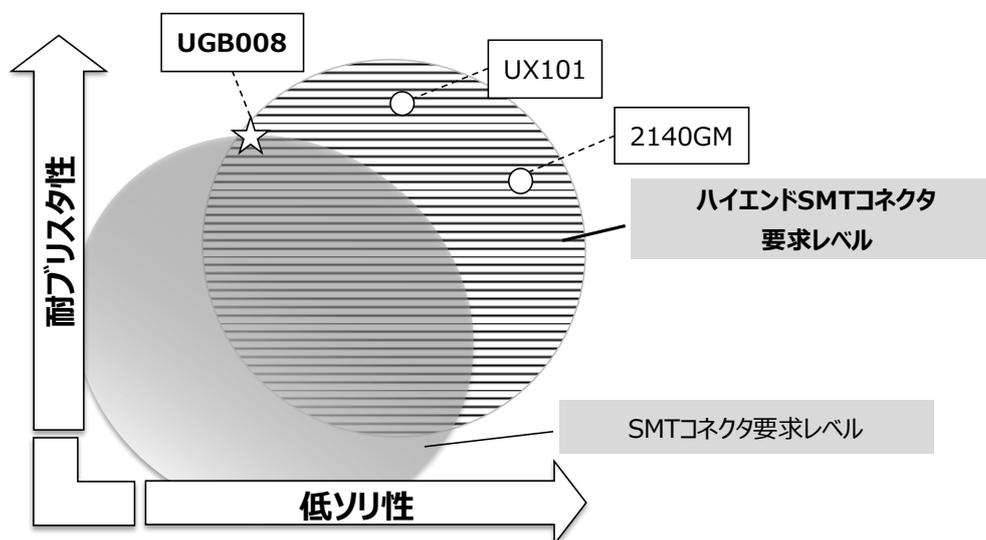
5G(第5世代移動通信システム)では、高周波数帯を利用することでデータ通信の高速・大容量化が可能となり、様々な通信デバイスがより一層の普及をみせると予想される。高速・大容量通信の実現には、高周波数での伝送損失の低減・伝播速度の向上が重要課題であり、これらは製品設計だけで解決することが難しいレベルまできており、近年ではこうした用途に向けた材料が求められている。

当社の「UGB008」は高周波コネクタに向けて開発した低誘電率グレードとなっており、コネクタ用途などでニーズの高い黒色ながら低い誘電率を示し、またLCPの重要な特長であるSMT対応・高流動も併せ持っている。そのバランスの取れた性能より、高速通信向けコネクタへの採用が進んでいる。

誘電率・誘電正接を含む一般物性を第3表に、低ソリ-耐ブリスタ性を第6図に示す。

第3表 低誘電率グレード UGB008 (BK 色) の一般物性

	単位	ASTM	UGB008	2140GM	UX101
			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
引張強さ	MPa	D638	109	98	111
引張伸び	%		3.5	1.5	2.8
曲げ強さ	MPa	D790	131	142	135
曲げ弾性率	GPa		7.1	10.8	8.6
Izod衝撃値<ノッチ付>	J/m	D256	30	34	110
荷重たわみ 温度	1.8MPa	℃	D648	239	254
	0.4MPa			286	288
誘電率 (誘電正接)	1GHz	-	空洞共振 器振動法	3.08 (0.002)	4.18 (0.003)
	10GHz			2.97 (0.002)	4.09 (0.003)
	20GHz			2.85 (0.002)	4.05 (0.003)



第6図 低誘電率グレード UGB008 の低ソリ-耐ブリスタ性

3-4. 低融点 LCP 「A-8100」「AL-7000」

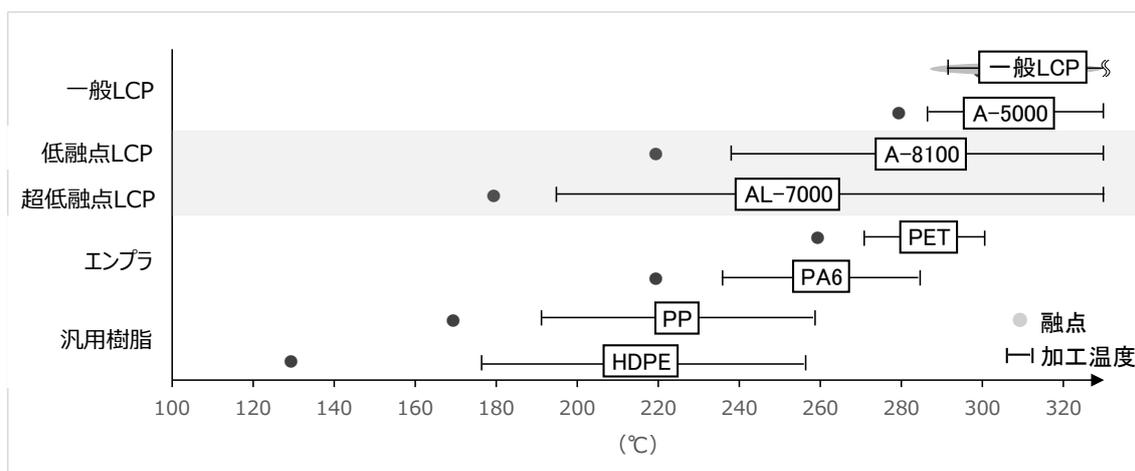
当社は LCP のモノマーメーカーとしての技術力を活かし、モノマー構成を工夫することで低温加工性を特徴とした低融点 LCP 「A-8100」(融点 220℃) と超低融点 LCP 「AL-7000」

(融点 180°C)を開発した。これまで、融点の低い LCP としては半芳香族構造が代表的であったが、通常の LCP に比べて強度や熱分解がやや劣るといった課題があった。今回紹介するグレードは全芳香族構造を保ったまま融点のみ下げることを実現しており、一般的な LCP と遜色ない性能と熱安定性を示している (第 4 表)。

当グレードは主に他樹脂への添加をターゲットとしており、LCP の特性である耐熱性や耐薬品性、強度に加えて、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、振動減衰性の付与が可能となっている。新たに「AL-7000」がラインアップに加わったことで、より低い融点の樹脂とも複合化できるようになったため、今後のさらなる用途展開が期待されている。

第 4 表 A-8100、AL-7000 の熱分解温度比較

樹脂	融点(°C)	N ₂ 下での分解温度(°C)	
		1%重量減少温度	5%重量減少温度
A-8100	220	470	501
AL-7000	180	481	515
A-5000	280	451	504
半芳香族LCP	285	418	441



第 7 図 各材料における融点と加工温度の比較

4. おわりに

LCP はそのユニークな特性から、今後も様々な用途での活躍が期待されている。当社はモノマーから一貫生産している LCP メーカーとしての強みを存分に活かし、これまであまり LCP が使用されていなかった自動車や産業機器などの用途に向けたグレードの拡充も進めている。引き続き創意工夫を凝らした製品で、社会に貢献していきたい。

- 1) 2023 年 エンプラ市場の展望のグローバル戦略(上巻), 富士経済 (2022 年)
- 2) 2030 年における車載用電子制御装置および CASE からみた注目デバイスの世界生産額見通し, 一般社団法人 電子情報技術産業協会 (2018 年)