

# 環境負荷低減に貢献するスーパーエンブラPPS

DIC株式会社  
成形加工技術本部 中瀬 広清

## 1. はじめに

ポリフェニレンサルファイド（PPS）樹脂は、図1に示すようにベンゼンと硫黄の繰り返し構造からなる結晶性の熱可塑性樹脂である。融点は約280℃であり、200℃以上で連続使用が可能な耐熱性を有し、且つフッ素樹脂に匹敵する耐薬品性を持つため、様々な溶剤・オイル及び水の存在下でも使用可能である。また、広い温度範囲で優れた機械強度・クリープ特性・寸法安定性や電気特性を示すほか、自己消火性を持ち、難燃剤を使用することなく高い難燃性（UL94 V-0）を示すなど、多くの優れた特性を有することから、金属や熱硬化性樹脂の代替材料として用途を拡大している。

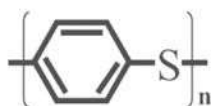


図1 PPS樹脂構造式

## 2. 用途動向

PPS樹脂は大半が射出成形用のコンパウンド（ガラス繊維〔GF〕等の強化材や機能付与のための添加剤等を配合した複合材料）として用いられている。用途分野としては車載部品が約65%を占めており、近年その比率が益々高まっている。特に、環境負荷低減のための用途拡大が最近の傾向である。

例えば、部品のダウンサイジングによるエンジンルーム内の耐熱要求への対応や排熱エネルギーの有効活用に対する需要が年々高まっており、従来のナイロン樹脂やPBT樹脂などの汎用エンブラと比較して、耐熱性・耐水性・耐薬品性が高いPPS樹脂への代替が検討されている。

また、環境負荷の小さい自動車として、ハイブリッドカー（HV、PHV）、電気自動車（EV）、燃料電池車（FCV）が増加するのに伴い、パワーモジュール、モーター・ジェネレーター部品、キャパシタケース、リチウムイオン電池部品などでPPS樹脂の採用が進んでいる。

## 3. 技術動向

特に環境負荷低減を志向する用途において、小型化や軽量化、一層の耐久性や信頼性が要求される事例が増加しており、PPSでもこれらの要求に対応する開発、改善が検討されている。以下に、代表事例を示す。

### 3-1. LPKF-LDS® 工法対応グレード

LPKF-LDS（Laser Direct Structuring）® とはドイツのLPKF社が所有する技術であり、①射出成形②レーザー照射③無電解めっきの僅か3工程だけで立体的な樹脂成形品表面に直接電子回路を描画することができる。本技術により、今まで別部品だったプリント基板やコネクタ、ケーブルなどを統合して樹脂成形品との一体化・小型化ができるようになる。2016年7月にDICは世界で初めてLPKF-LDS® に適応したPPSコンパウンド『LP-150-LDS』の開発に成功し、LPKF社から認定され、材料リストに登録された。

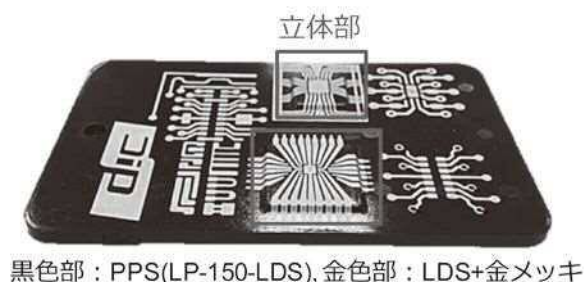


図2 LPKF-LDSを用いた試作例

LP-150-LDSはLPKF-LDS® 用材料として十分な無電解銅めっき析出速度と高いピール強度を有している。無電解銅めっきの析出速度は約5μm/hであり、ピール強度は1.0N/mmである。また150℃×168時間のピール強度の保持率も良好である。さらに電子部品として重要な要求である耐リフロー性やV-0相当の難燃性を有している（UL94申請中）。今後は耐熱性や耐薬品性と同時に部品統合や軽量化、小型化が求められる自動車機器や医療機器などへの展開が期待される。

### 3-2. 長繊維ガラス強化タイプ

自動車分野や産業機器分野においては、材料の軽量化による燃費の向上や輸送エネルギーの低減化が必要であり、そのためには、金属部品のPPS化が有効な方法である。しかしながら、金属に比べるとPPS樹脂の強度は低く、特に、ガラス転移点（ $\approx 90^{\circ}\text{C}$ ）を超える温度範囲では弾性率も低下する。そこでDIC独自の配合・コンパウンド技術をベースに特殊なペレット製法を用いることによって、これまで困難であったPPS樹脂と長繊維ガラスを高レベルで複合化した『LFZ-2140』を開発し、市場展開を進めている。

LFZ-2140は、射出成形後も長い繊維長を成形品内部に保持しているため、補強効果が高いだけでなく、長繊維が衝撃を吸収するため、短繊維ガラス強化PPSに比べて耐衝撃性は4倍以上となる。特にガラス転移点より高い温度領域では長繊維ガラスの高い補強効果が発現するため、 $150^{\circ}\text{C}$ における曲げ疲労特性は破断まで約1000倍（図3）、 $150^{\circ}\text{C}$ 以上の温度領域で1.5倍の機械強度を示す。その結果、これまで金属代替が困難であった大型車冷却部品廻りの構造材に近い部分での利用や、軽量化ニーズの高い次世代自動車（HV、EV、FCV等）向け電池部品用途への展開が期待される。

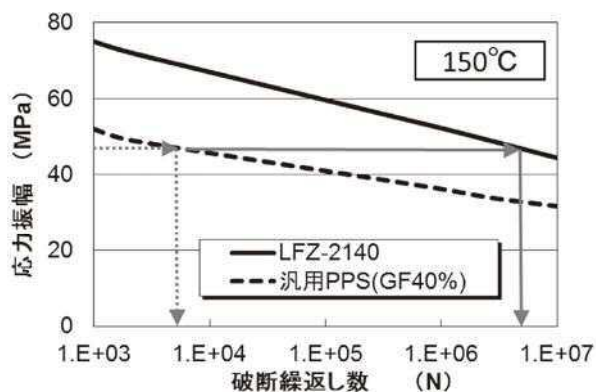


図3 150℃における疲労 S-N 曲線

### 3-3. 絶縁高熱伝導性グレード

近年、電気電子部品の小型化や高集積化に伴う電子機器内部の発熱量が増大していることから、放熱による温度制御を目的とした絶縁性の高熱伝導性樹脂材料へのニーズが高まっている。DICではPPSポリマーの分子設計からフィラー表面処理による相溶性の改善、更にはコンパウンド条件を最適化することによって、高熱伝導率と靱性及び流動性の両立に成功し、絶縁性を保持したまま $1\sim 3\text{W/m}\cdot\text{K}$  (HotDisk法)の熱伝導率を達成した（汎用PPSは $0.3\sim 0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$ ）。

図4は、樹脂材料の熱伝導率と放熱効果の評価結果である。冷却用SUS板とLED（熱源）の間に厚み1mm, 2mmの各種PPS成形シートをセットしてLEDの表面温度を測定した結果、 $0.7\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以上の高熱伝導材を用いることにより、表面温度の急激な低下が見られ、特に1mmの厚みでは高い放熱効果があることを確認した。絶縁高熱伝導性PPSコンパウンドは、今後も広範な分野において、その適用範囲は拡大していくものと推測される。

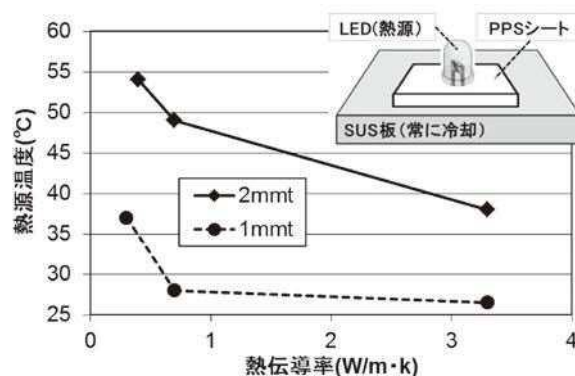


図4 放熱性試験結果

### 3-4. その他

部品の信頼性を確保するためには、材料の品質管理も重要である。DICのPPS樹脂は、製造工程において導電異物管理を徹底し、顧客の高い信頼を得ている。この高い品質レベルが、部品の小型化や集積化には必須である。例えば、人工知能（AI）を活用した車載部品、自動運転や通信機能がついた車の開発をはじめとしたIoTの活用も検討されており、ここでも、センサ等の制御系部品材料として実績のあるPPS樹脂の適用が注目されている。

PPS樹脂はリサイクル性や成形性の点でも優れた環境対応型樹脂であるため、「快適さを求める中で環境負荷を低減する」といったコンセプトに適合した材料や用途の開発が今後も進むと考えられる。

### 4. おわりに

材料開発には色々な人が関わっている。合成化学や材料力学に優れた人、分析や評価を得意とする人、化学工学や製造するための機械に詳しい人、コンピュータ解析でシミュレーションをする人、等々。社内外のこれらの人々との協力体制で、今後も社会貢献して行きたい。

（精化 平成元年卒 平成3年修士）