

フッ素樹脂の耐摩耗性を飛躍的に高めた「高機能フッ素コート」を開発

2012年1月30日

住友電気工業株式会社

住友電工ファインポリマー株式会社

樹脂中最高レベルの耐摩耗性と滑り性（低 μ ）を両立した「高機能フッ素コート」を開発し、サンプルを供試する体制を整えました。軸受けやスライダー等の摺動部材として使用が可能です。

1. フッ素樹脂の特徴

フッ素樹脂（以下 PTFE^{*1}）は、極めて優れた滑り性（固体中最小レベルの低摩擦性）・非粘着性など非常にユニークな特性を持っています。耐熱性・耐薬品性・耐候性等の一般特性にも優れた材料のため、当社では、炊飯器内釜・フライパン用フッ素コート「スミフロン®コートアルミ」、複写機・プリンター用定着・加圧ローラ「スミフロン®ローラ」、水処理やエアフィルタ用フッ素系多孔質膜「ポアフロン®」等、幅広いフッ素樹脂製品を提供しています。

しかしながら PTFE は、「磨耗しやすい」という弱点があり、その特徴的な滑り性を活用した摺動用途での利用は限定的でした。PTFE が磨耗しやすいのは、分子間の結合力が弱いことから、軽微な外力で分子鎖が剥がされてしまう（磨耗する）ためです。

また、優れた非粘着性の裏返しで、「アルミ等の基材と接着が難しい材料」でもあります。

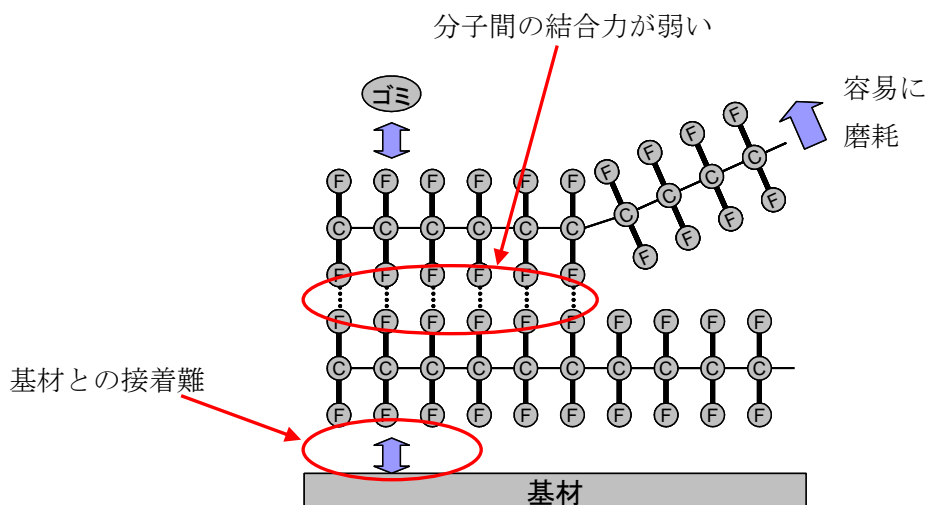


図1. PTFE 分子イメージ

2. PTFEの架橋

住友電工ファインポリマー(株)は、長年培ってきた「フッ素加工技術」と「電子線照射技術*2」の2つのキーテクノロジーで、これら PTFE の弱点を克服しました。



具体的には、PTFE コーティングに特殊な技術で電子線の照射を行い、コーティング全体を架橋（橋かけ）させました。架橋により、分子間に結合力の強い共有結合を形成できるため、耐摩耗性が大幅に向上、同時に基材との接着力も強化できます。（図2）

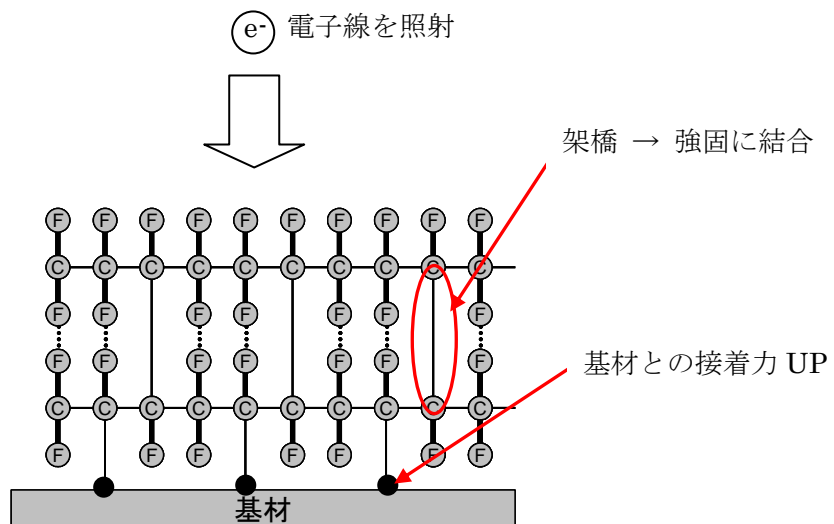


図2. PTFEの架橋イメージ（高機能フッ素コート）

3. 摺動特性の評価

耐磨耗性をスラスト磨耗試験で評価しました。板状サンプルを高速回転させながら、スラスト（垂直）方向に加重する試験方法です。

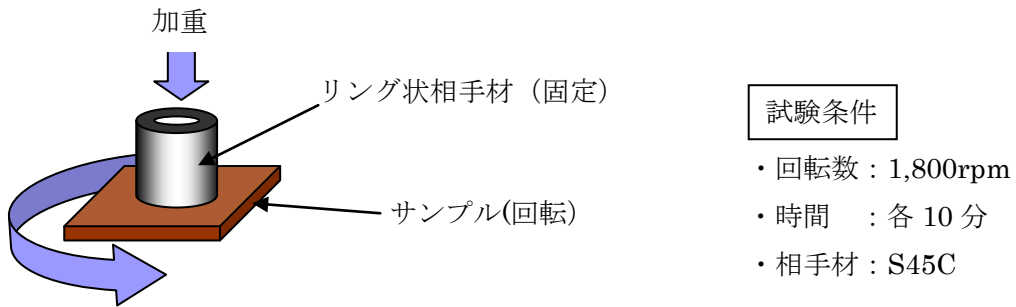
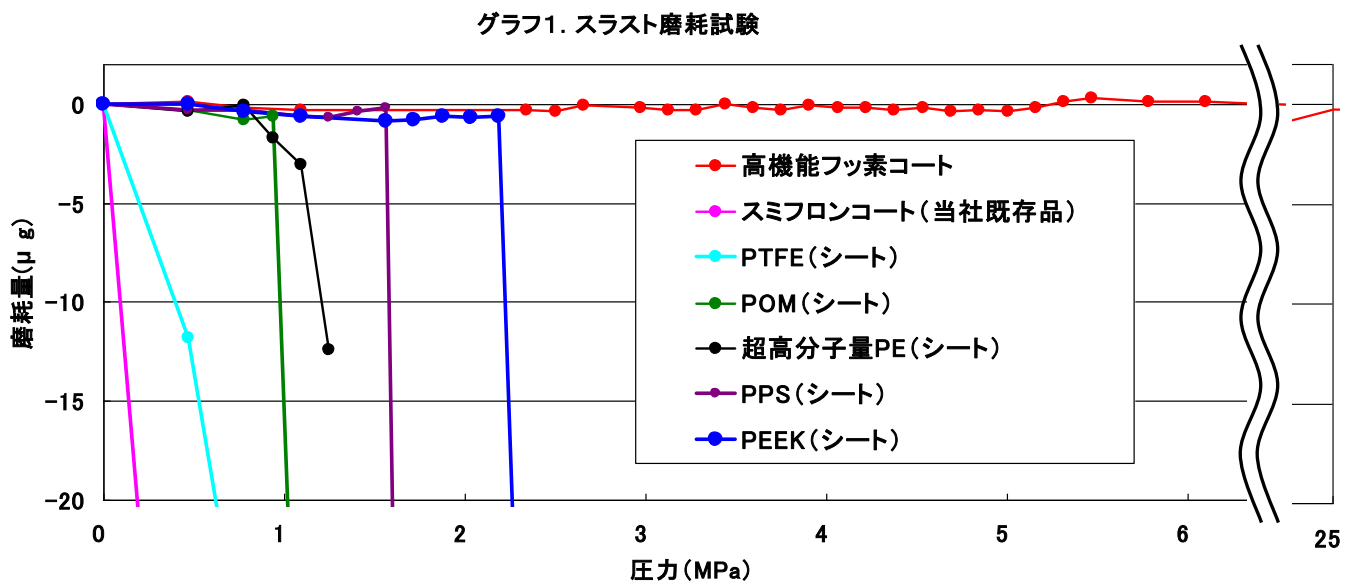


図 3. スラスト磨耗試験



高機能フッ素コートは、25MPaでもサンプルの破壊なく、当社既存品であるスミフロンコート、PTFE（シート）、更には、汎用摺動材である POM*3・超高分子量 PE*4、スーパーエンプラである PPS*5・PEEK*6と比較しても高い耐磨耗性を有します。（写真1～4）

また、今回使用した高機能フッ素コートのサンプルは、ガラス繊維等のフィラーを添加していないため、磨耗時のトルク上昇や相手材表面を傷つける等の悪影響もありません。

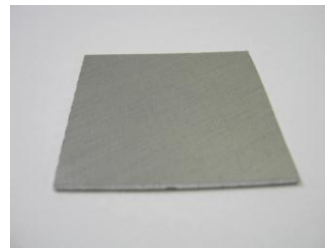
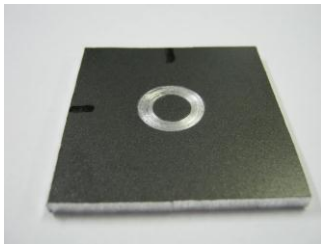


写真1.スミフロンコート (0.5MPa 負荷後) 写真2.高機能フッ素コート (2.5MPa 負荷後)

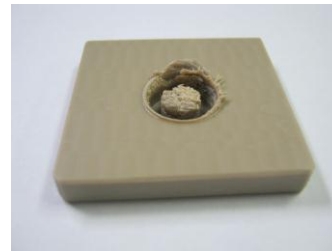
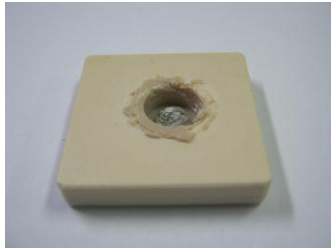


写真3.PPS (1.7MPa 負荷後)

写真4.PEEK (2.4MPa 負荷後)

グラフ2の結果から算出した限界PV値*7を表1に示します。

PTFE (シート) に比べ 1,000 倍、今回評価したサンプルの中で最も良かった PEEK (シート) と比較しても 10 倍以上の性能を持っています。

表1. 高機能フッ素コートと既存摺動材料の限界PV値

評価材料 \ 条件	圧力	速度	限界PV値
	MPa	m/min	MPa・m/min
高機能フッ素コート	25.0	48	1210
PTFE(シート)	0.5	3	1
POM(シート)	0.9	54	50
超高分子量PE(シート)	0.8	54	42
PPS(シート)	1.6	54	84
PEEK(シート)	2.2	54	118

4. 接着力の評価

基材との接着力を基盤目試験剥離試験*8で評価しました。

写真5は、500回の剥離を終了したサンプルで、膜剥がれは全く見られませんでした。今回の技術で基材との接着力も確保できることが解ります。



写真5. 剥離試験後

5. まとめ

- ① 上述の内容を表2にまとめます。高機能フッ素コートは、PTFEの特長はそのままに、弱点である耐摩耗性と基材の密着性を高めました。

表2. PTFEと高機能フッ素コートとの比較

	PTFE	高機能フッ素コート
●耐摩耗性	分子間力が弱いため、容易に磨耗	大幅に向上
●基材との接着力	プライマー、エッチング等の処理要	大幅に向上
●低摩擦性	固体中最小レベル	同左
●耐熱性	良好。連続使用温度250℃	同左
●耐薬品性	良好。ほとんどの薬品に不活性	同左
●難燃性	良好。限界酸素指数95%以上	同左
●耐候性	良好。屋外での長期使用可能	同左(透明性は向上)
●非粘着性	良好。接触角114°	同左
●純粋性	イオン等の溶出が極小	同左
●電気特性	誘電率、誘電正接が固体中最小レベル	同左
●硬度	鉛筆硬度:HB	同左

- ② 高機能フッ素コートの硬度はPTFEと同等です。硬い材料ではないため、鋭利な相手材との摺動は不向きです。逆に相手材の面にフィットし易いため、面あたりでの摺動に適しています。

- ③ アルミ、鉄、銅、SUS、耐熱プラスチックへの接着が可能です。強力な接着力が必要な用途へはアルミが適しています。鉄、銅は、防錆対策を行います。

- ④ 高機能フッ素コートは、プレス等複雑形状の機械加工が可能です。コーティングした板からご要望の形状に加工できます。形状の例としては、巻き軸受け(写真6)や異形状のスライダー等が考えられます。

また、シャフト等、プレス品以外の製品の検討も進めています。



写真6. 巻き軸受けへの適応例

6. 用語説明

●PTFE*¹：ポリテトラフルオロエチレン

フッ素原子（F）と炭素原子（C）の2原子からなる直鎖状高分子。C-F間の結合は極めて強く安定しているため、耐熱性・耐薬品性・耐候性等の一般特性に優れます。対照的に、高分子中最小の電気陰性度・極性を持つため、異分子が付着しにくく、更にはF原子間の凝集力も非常に弱いという特徴を持ちます。

●住友電工ファインポリマー(株)の電子線照射技術*²

1964年に国内初の商用電子線加速装置を導入し、電子線照射による架橋樹脂製品として、熱収縮チューブ（スミチューブ®）や耐熱チューブ（イラックス®チューブ）、改質エンブレ（商品名：テラリンク®）を上市しています。

●POM*³

ポリアセタール。最も一般的な摺動用の樹脂。

●超高分子量PE*⁴

耐磨耗性を高めるため、分子量を100万程度まで高めたポリエチレン。

●PPS*⁵

ポリフェニレンサルファイド。耐熱性、耐薬品性、難燃性に優れる。

●PEEK*⁶

ポリエーテルエーテルケトン。摺動用ポリマーの中で、最も高機能なものの一つ。

●限界PV値*⁷

軸受圧力（P）と滑り速度（V）の積を指し、その値は材料固有値のほぼ一定値となります。摺動材の性能指標として、広く知られています。

●基盤目剥離試験*⁸

サンプルにカッターで100個のマスマ目ができるよう貫通傷を付け、テープ剥離を行うJISに規定された接着力の試験方法。

高機能フッ素コートに関するお問い合わせ先

住友電気工業(株)エレクトロニクス営業本部ファインポリマー営業部

TEL：06-6220-4321、FAX：06-6220-4104