

## ゾルゲル法によるFRTPの表面コーティングおよびその機械的特性に関する研究

日大生産工(院) ○中井 康英

日大生産工 染宮 聖人

日大生産工 平山 紀夫

日東紡績(株) 原島 俊介

日東紡績(株) 中村 幸一

### 1. 緒言

繊維強化熱可塑性プラスチック (FRTP) は軽量、高強度、防食性等の優れた特性を有している。特に、ガラス繊維 (GF) を強化材として透明性と耐衝撃性に優れるポリカーボネート (PC) をマトリックスとするガラス繊維強化熱可塑性プラスチック (GFRT) は、軽量化を目的とした板ガラスの代替材料として期待されている<sup>1),2)</sup>。しかしながら、PCは紫外線 (UV)、吸湿、熱等の外部環境により強度劣化が生じ、耐摩耗性・耐スクラッチ性、耐薬品性にも劣る。そのため、ハードコート等の表面性状の改良が要求されている<sup>3)</sup>。

ハードコートの方法としては、メッキ加工またはPV法による金属コーティング<sup>4)</sup>や、熱硬化型シリコーン系ハードコート<sup>5)</sup>等が提案されている。しかしながら、従来のコーティングは大掛かりな装置や長時間の加熱乾燥プロセスが必要であり、車両窓などの大型部品に対して簡便で短時間にコーティングが行える処理方法は確立されていない。

そこで本研究では、常温で硬化が可能なゾルゲル法による表面コーティングを、次世代モビリティへの活用が期待されるPCをマトリックス樹脂としたGFRTに適用した。そして、屋外曝露環境下を想定した促進耐候性試験を行い、ゾルゲル法による表面コーティングがGFRTの機械特性に及ぼす影響について評価した。

### 2. 実験

#### 2.1 供試体材料

マトリックス樹脂としてPC (パントライトL-1250-Y、帝人(株))、強化繊維としてGFチョップドストランド (CS 3PE-937、日東紡績(株)) を使用した。

#### 2.2 射出成形方法

はじめに、二軸押出機 (TEM-26SS、芝浦機械(株)) を用い、シリンダー温度290 °C、スクリュ回転数100 rpmの条件において、GF濃度を0, 10, 30重量パーセント(wt%)に設定して試料を混練し、120 °C、8 hの条件で乾燥させて混合物 (コンパウンド) を作製した。その後、JIS K7139 A1 に準じた板厚4 mmの平板形状の金型に、電動式射出成形機 (EC130SXIII-3A、芝浦機械(株)) を用いて、金型温度110 °C、射出温度280~300 °C、保圧45~

65 MPa、保圧時間18 sの条件で成形し、曲げ試験片と衝撃試験片を切削加工により作製した。

#### 2.3 ゾルゲル溶液の調製と表面コーティング

ゾルゲル溶液は、テトラメトキシシラン (多摩化学工業(株)) 99 g,  $\gamma$ -アミノプロピルトリエトキシシラン (KBE-903、信越化学工業(株)) 54 g, ホウ酸 (米山化学工業(株)) 9 gを混合し室温で攪拌溶解後、水添ビスフェノールAジグリシジルエーテル (EX-252、ナガセケムテックス(株)) 20.8 g, メトキシメチルブタノール (三協化学(株)) 67.5 g, 変性エタノール (ネオエタノールPM、大伸化学(株)) 199.3 g, シリコーン活性剤 (SZ-1919、ダウ・東レ(株)) 0.4 gを混合し室温で攪拌反応させて作製した。その後、得られたゾルゲル溶液を、引き上げ速度40 mm/sで試験片にディッピングし、室温で硬化させ塗膜 (被膜) を形成した。

### 3. 耐久性評価

#### 3.1 促進耐候性試験

JIS K7350-2に準拠し、キセノン促進耐候性試験機 (SX75Z、スガ試験機(株)) を使用し、照度180 W/m<sup>2</sup>, BPT 63 °C, 湿度50%の試験条件で半年分 (236 h) の太陽光露光量を曲げ試験片の引張面、衝撃試験片のノッチ面に照射した。

#### 3.2 色差測定

色彩色差計 (CR-321、ミノルタ(株)) を用いて曲げ試験片の色を表す数値である色座標 $L^*a^*b^*$ 値を測定し、色ずれの指標である色空間におけるユークリッド距離 (色差)  $\Delta E$ を算出した。

#### 3.3 曲げ試験

JIS K7171に準拠し、支点間距離64 mm、試験速度2 mm/minの条件でストログラフ (VE20D、(株)東洋精機製作所) を用いて曲げ強度を評価した。

#### 3.4 シャルピー衝撃試験

JIS K7111に準拠し、デジタル衝撃試験機 (UD-GB、(株)東洋精機製作所) を用いてノッチ付き試験片の衝撃強度を評価した。

### 4. 実験結果および考察

#### 4.1 色差測定結果

色差測定結果Fig.1に示す。GFの含有量が増加すると色差 $\Delta E$ が低下し、表面コーティングの有無によっても色差 $\Delta E$ が低下した。色差 $\Delta E$ が生じる主な要因は、ジヒドロキシベンゾフェノン等の

PCの紫外線劣化に伴う光フリース転位反応生成物と考えられ、表面コーティングにより光フリース転位反応の進行が低下したため、生成物が抑制されて色差 $\Delta E$ が低下したと推察される。

#### 4.2 曲げ試験結果

曲げ試験結果をFig.2に示す。GF含有量の増加に伴い、曲げ弾性率と曲げ強度が向上したが、その一方で紫外線照射により曲げ強度の低下が確認された。また、表面コーティングの有無による曲げ強度の変化は認められなかった。

#### 4.3 シャルピー衝撃試験結果

シャルピー衝撃試験結果をFig.3に示す。PC単体の試験片では紫外線照射後の衝撃強度は大きく低下した。この原因としては、紫外線によりPCの加水分解による主鎖の切断および低分子量化による脆性化の進行によるものと考えられる。その一方で、GF RTPでは、衝撃強度低下の影響が限定的であった。GFによる補強効果が衝撃強度に与える影響として支配的となり、マトリックスであるPCの構造変化の影響が現れにくかったと考えられる。また、曲げ試験結果と同様に、表面コーティングの有無による衝撃強度の変化は認められなかった。

### 5. 結言

PCをマトリクス樹脂とするGF RTPの射出成形試験片に対して、半年分の太陽光露光量に相当する促進耐候性試験を行い、ゾルゲル法による表面コーティングがGF RTPの機械特性に及ぼす影響について比較・評価を行い、以下の結論を得た。

- 1) ゾルゲル法による表面コーティングは、PCの紫外線劣化に伴う色ずれ（色差）を抑制することができる。
- 2) 半年間の太陽光露光量に相当する促進耐候性試験では、ゾルゲル法による表面コーティングがGF RTPの曲げ強度と衝撃強度に及ぼす影響はほぼない。

### 参考文献

- 1) 泉田敏明, 本間精一, 島岡悟郎, 田原久志, 神崎文彰, 成形加工, Vol.9, No.8 (1997), p. 598-604
- 2) 南和明, 平山紀夫, 松本守正, 島貫広幸, JCOM-38 講演論文集, (2009), pp.165-168.
- 3) 福井博之, NEW GLASS, Vol.25, No.1 (2010)
- 4) 小熊宏之, 白石知久, 森田寛之, 坂本大輔, 坂井建宣, TiコーティングがFRPの物性に与える影響, 強化プラスチックス, No.9, (2020) pp.395-400.
- 5) 野尻秀智, 岩井和史, 中村先男, 井上成美, 大越昌幸, 萩原健司, 植田博臣, 新中新二, 成形加工, Vol.30, No.1, (2018), pp.30-36.

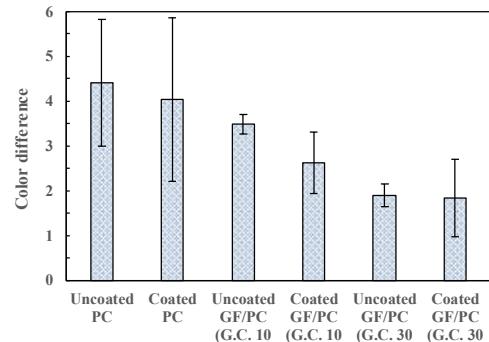


Fig.1 Evaluation in the color difference under UV irradiation.

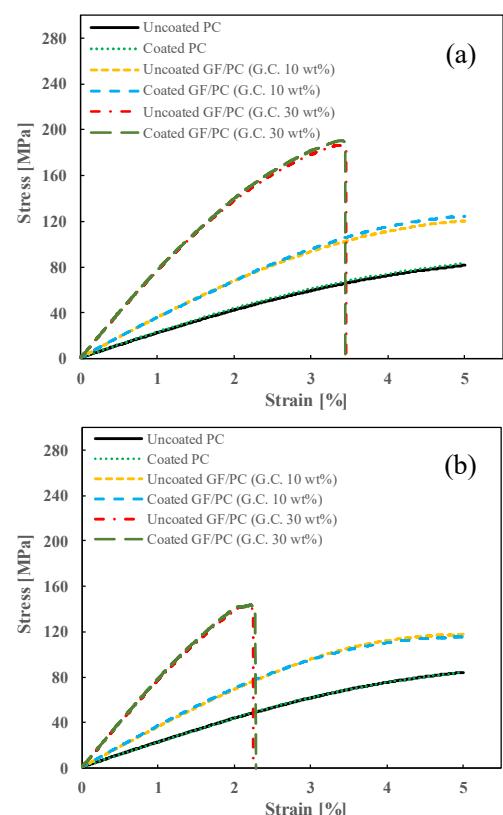


Fig.2 Variation in the bending stress under UV irradiation; (a) 0h, (b) 236 h.

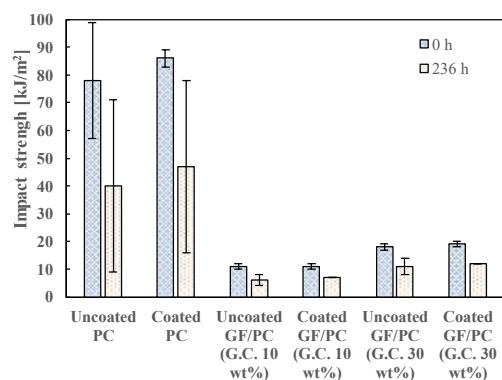


Fig.3 Variation in the impact strength under UV irradiation.