

# エアバッグカバー用TPEにおける 高性能化・高機能化

住友化学(株) 石油化学品研究所  
大谷 幸介  
佐々 龍生

## Offering High Performance and High Functionality of TPE for Airbag Cover Applications

Sumitomo Chemical Co., Ltd.  
Petrochemicals Research Laboratory  
Kousuke OHTANI  
Tatsuo SASSA

Airbag devices installed to protect passengers in cars are veiled with a part that is called an “airbag cover” made of TPE. The impact performance at low temperature and durability to maintain performance after many years, are important requirements for TPE used for airbag covers. Recently in line with an increase in the types of vehicles being equipped with airbags and in installation locations, the demand characteristics required from TPE for airbag cover applications have changed due to differences in the construction and shape of airbags. In this paper, we present the approaches on offering high performance and high functionality of TPE for airbag cover applications with examples of the airbag devices for drivers and for passengers.

### はじめに

熱可塑性エラストマー（TPE）は、常温ではゴム様の弾性を示す一方、高温では可塑化され、流動性を示すため、ポリエチレンやポリプロピレンなどの熱可塑性樹脂と同様な成形法にて加工可能な材料であり、加工の簡便さやリサイクルの容易さからその使用量が年々増加している。TPEは、その構成成分によりオレフィン系、スチレン系、塩ビ系、ウレタン系、エステル系、アミド系に大別され、現在、全世界のTPE消費量は、年間300万t程度と言われている<sup>1)</sup>。そのうち、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）等のオレフィン系樹脂とエチレン-プロピレンゴム（EPDM, EPR等）のオレフィン系ゴムからなるオレフィン系TPEは、以下に示すような特徴がある<sup>2)</sup>。

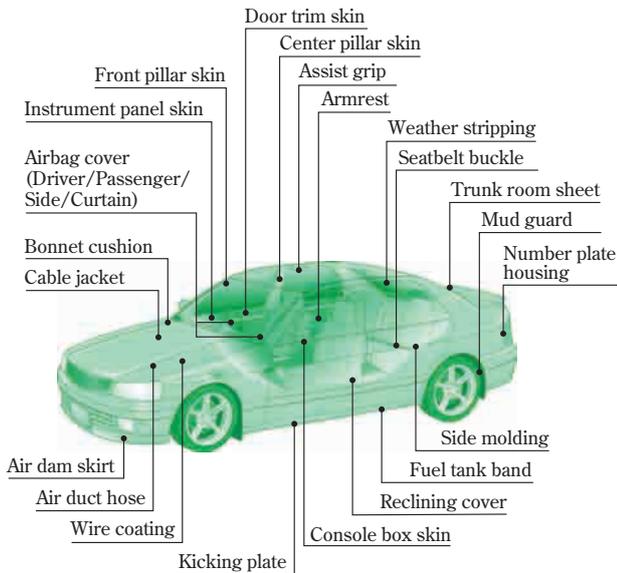
- ① TPEの中では最も低密度で軽量化に有利である。
- ② 耐熱性、耐寒性ともに優れ、使用可能温度範囲が広い。
- ③ 耐光性、耐オゾン性が良好。
- ④ 酸、アルカリ、極性溶剤に対する耐薬品性が良好。
- ⑤ 吸湿性が小さく、電気絶縁性が良好。
- ⑥ 射出成形、押し出し成形、ブロー成形、カレンダー成形など各種熱可塑性樹脂の成形機に対応できる。

- ⑦ PP、PE等の汎用ポリオレフィン樹脂とのブレンド使用や二色成形が可能。
- ⑧ 塗装、または着色剤の配合により任意に製品への色づけが可能。
- ⑨ 他のTPEと比べて安価である。

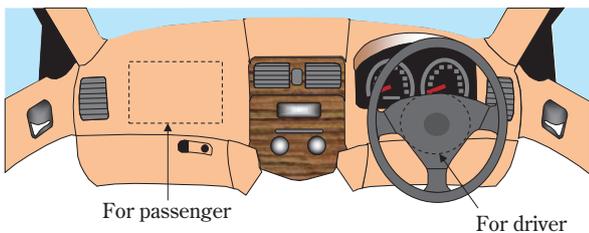
オレフィン系TPEは、自動車向けを中心として様々な用途で使用され、全TPE使用量の内、オレフィン系TPEの占める割合は約40%であると言われている<sup>1)</sup>。オレフィン系TPEの主な用途は、自動車用部品であるが、その適用例をFig. 1に示す。

オレフィン系TPEが使用される自動車部品用途の一つにエアバッグカバーがある。自動車乗員保護を目的に1980年代より高級車を中心に、ハンドル中央に設置される運転席用、及び助手席側インストルメントパネル正面付近に設置される助手席用エアバッグ（Fig. 2, 3）が搭載され始め、1990年代から多くの車種に装着されるようになった<sup>3), 4)</sup>。

自動車が衝突すると、加速度センサーが反応し、センサーからエアバッグECU（Electric Control Unit）に加速度情報が伝えられ、エアバッグの展開・不展開が決定される。エアバッグが展開する場合、インフレーターと呼ばれる装置においてガスを発生させることにより、エアバッグが瞬時に膨張する仕組みとなっている。これらエアバッグ、インフレーター



**Fig. 1** Applications of Olefinic TPEs for automobile



**Fig. 2** Installation position of airbags



**Fig. 3** Product's examples of airbag devices

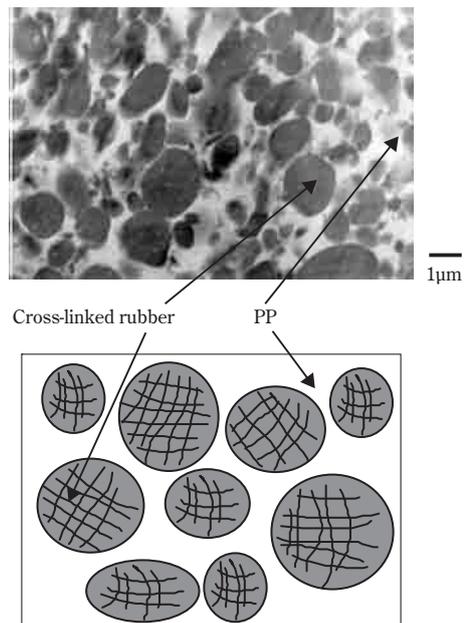
等からなるエアバッグ装置は、カバー、収納ケース、リッド等と呼ばれる部品（以後、これらをエアバッグカバーと総称する。）で覆われている。このエアバッグカバーには、あらかじめティアライン、ティアシーム等と呼ばれる（以下、ティアラインと総称する）薄肉構造が溝状に設けられており、エアバッグの膨張力によりティアライン部のみが破断し、エアバッグが展開する構造となっている<sup>3), 5), 6)</sup>。エアバッグ装置が自動車に装着し始められた当初は、該エアバッグカバーには、発泡ウレタンに補強材とし

てナイロン等からなる網目状シートを埋め込んだものが用いられていた<sup>7)</sup>。エアバッグ装置の標準装備化に伴い、成形工程が複雑で生産性の低いこのタイプは見直され、TPEを用いたエアバッグカバーに置き換えが進み現在に至っている。当社ではエアバッグ部品メーカーとの密接な連携に基づき、要求性能を有する材料の提供に努めてきており、その結果、本用途におけるオレフィン系TPEの使用量は、自動車生産台数、エアバッグ装着部位の増加とともに増え続けてきた。本稿では、若干のレビューとともに、エアバッグカバー用オレフィン系TPEの高性能化・高機能化への取り組みの一端を紹介する。

### オレフィン系TPEについて

オレフィン系TPEは、ハードセグメントにPP、PE等のオレフィン系樹脂、ソフトセグメントにEPR、EPDM等のオレフィン系ゴムを用いたTPEであり、前述の特徴がある。

オレフィン系TPEは、その構造により、架橋タイプと非架橋タイプに大別される。架橋タイプは、ゴム成分と樹脂成分を混練する工程において、架橋剤を加えることによりゴム成分が架橋され、微細な架橋ゴム粒子が樹脂成分マトリックス中に分散したモルフォロジーを形成している。**Fig. 4**にPPマトリックス中に架橋EPDMが分散した構造を有する架橋TPEの透過型電子顕微鏡（TEM）画像を示す。ゴム成分が架橋していることにより、ゴム弾性に優れ、低圧縮永久ひずみ特性を有するなど加硫ゴムに近い性能を示す。



**Fig. 4** TEM image of crosslinked-type TPE

架橋タイプのオレフィン系TPEは、自動車用途へ採用された当初は、軟質塩ビ代替としてインパネ、ドアトリム等の表皮材として用いられ、その後、加硫工程が不要でリサイクル性に優れることにより、グラスランやウェザーストリップなどのボディシール材、エアダクトホース、マットガード、グリップ、ガスケットなどの用途に加硫ゴムからの置き換えで使用されている。

一方、ソフトセグメントであるゴム成分が架橋されていない非架橋タイプには、リアクターTPO (R-TPO) と呼ばれ、重合により作られるタイプと単純にブレンドにより作られるタイプがある。これらTPEが、各種用途に適用される際の材料選択のポイントの一つとなる硬度・剛性をFig. 5に示す。エアバッグカバー向けには、非架橋タイプのTPEが広く用いられている<sup>8)</sup>。

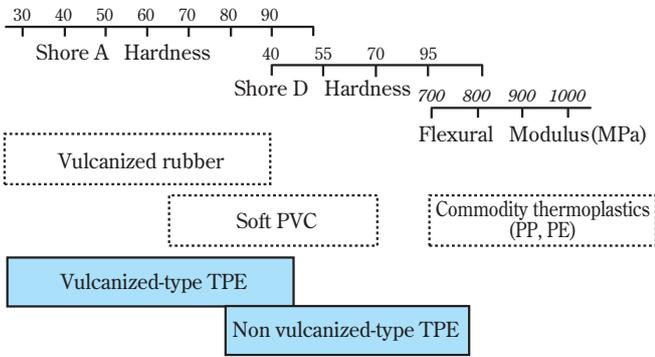


Fig. 5 Stiffness property of Olefinic TPE

## エアバッグカバー用TPE

### 1. 基本性能

エアバッグカバーには、先述のとおり、ティアラインと呼ばれる薄肉構造が溝状に設けられており、エアバッグの展開時に、その膨張力によりティアライン部のみが破断して開き、エアバッグの展開を許す構造と

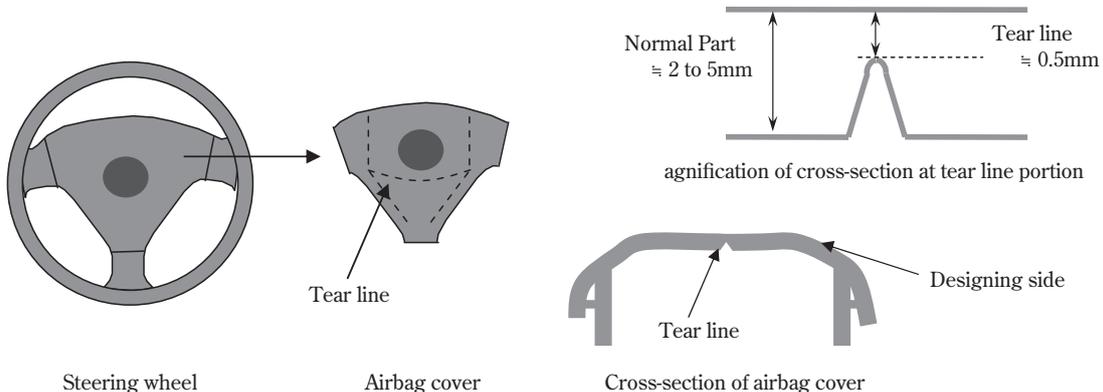


Fig. 6 Example of configuration of tear line

なっている。Fig. 6にエアバッグティアライン部の形状例を示す。エアバッグカバーそのものが破碎し、その破片が飛散しないこと、ティアライン部以外での破断が発生しないことが低温から高温までの広い自動車使用環境温度範囲で求められる。

また、この部品は、内装部品である為、耐熱性・耐光性等の耐久性能も重要である。また、最近では自動車の車内環境向上の観点から、低VOC (Volatile Organic Compounds) 性が求められるようになってきている。Fig. 7、Fig. 8にエアバッグカバー用TPEの耐熱老化性、耐光老化性、Table 1にVOC特性の一例を示す。オレフィン系TPEは、本来耐熱老化性は良好であり、Fig. 7に示す熱老化試験後も低温アイゾッド衝撃強度を保持していることがわかる。耐光老化性については、塗装の有無、着色の内容にも影響されることがあるが、熱老化性と同様にオレフィン系TPEは、Fig. 8に示すように良好な耐光老化性を有している。

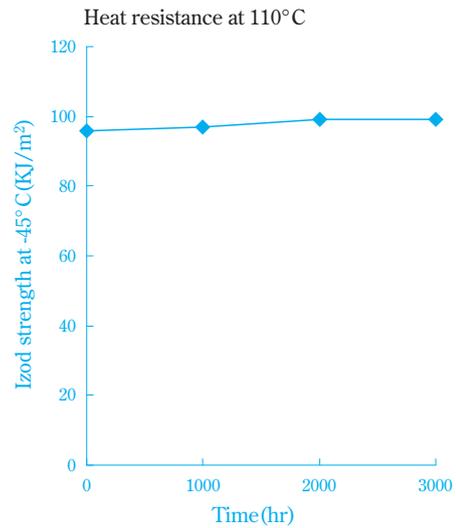


Fig. 7 Example of heat resistance of TPE

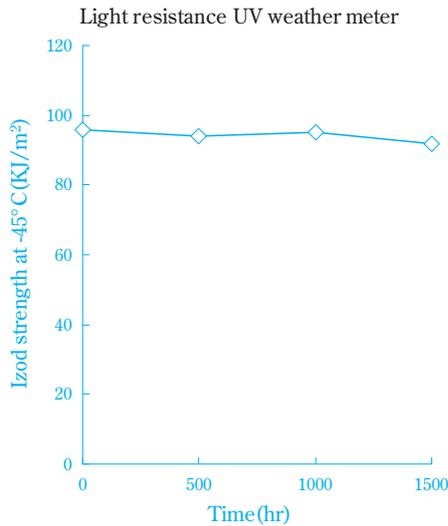


Fig. 8 Example of light resistance of TPE

Table 1 Example of VOC property of TPE

Ingredient	Condition		Quantitative Analysis Limit (Q.A.L)
	Sample area	40°C×2hrs	
	mm <sup>2</sup>	8000	
Formaldehyde		Less than Q.A.L	50
Acetaldehyde		Less than Q.A.L	50
Toluene		12	10
Xylene	μg/m <sup>3</sup>	Less than Q.A.L	10
Ethyl benzene		Less than Q.A.L	10
Styrene		Not detected	10
p-Dichlorobenzene		Not detected	10
Tetradecan		Not detected	10

これらの特性評価は、部品メーカーにおいて、実製品による確認も厳しく行われている。

低温でのエアバッグ展開時、ティアライン部のみでの安定した破断が要求され、通常、-30°C~-40°C近辺までその特性を維持することが求められる。このような温度領域において、エアバッグカバーが脆性的な破壊を起こす場合、ティアライン部以外の箇所の破壊を招くため<sup>9)</sup>、低温での衝撃性能が最も重要な要求性能である。オレフィン系TPEの低温衝撃性能は、原料ポリマーのガラス転移温度、PP・ゴムの組成比、モルフォロジーによって支配される。モルフォロジーの低温衝撃性への影響について、Table 2、Fig. 9に示す。これは、同一原料（PP・EPR）を同一組成比において、混練条件を調整することにより得た、ゴム分散粒子径の異なる2種のTPE試料の低温衝撃性能を示したものである。低温衝撃性能については、アイゾッド試験と高速衝撃試験機（Fig. 10 High Rate Impact

Table 2 Impact properties at low temperature of TPEs

	TPE-1	TPE-2
Izod(-50°C, notched)	Break	Non Break
HRIT (-50°C, 5m/sec)	Brittle	Ductile
Average diameter of rubber particle	μm	1.04
		0.67

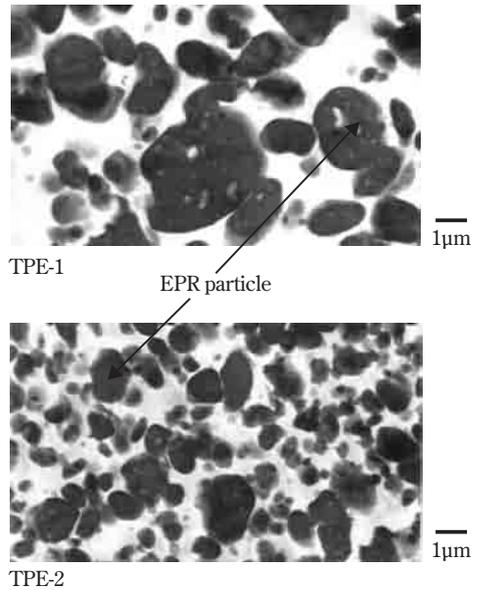


Fig. 9 TEM image of TPEs

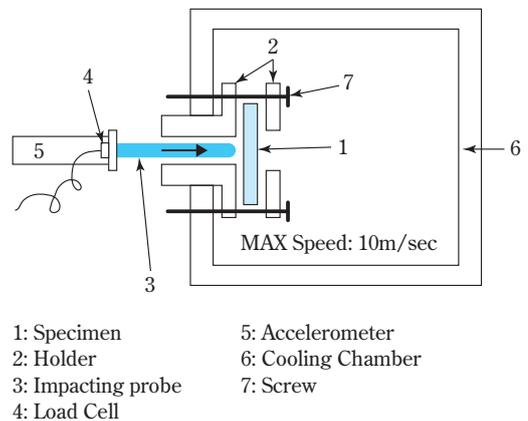


Fig. 10 Outline drawing of High Rate Impact Tester

Tester: HRIT) を用いて評価を実施した。ゴム粒子径が小さい程、良好な低温衝撃性能を有する。

エアバッグカバーは、主として射出成形により製造され、成形工程にて必要とされる特性としては、以下に示すようなものが挙げられる。

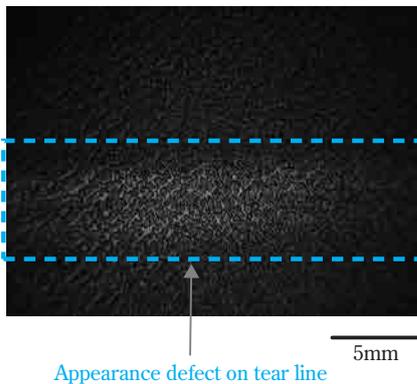
- ① 高温、高速せん断速度下においても材料の分子切断が起こりにくいこと。

- ② 水分、揮発性物質、熱分解性物質を含有しない、あるいは発生しにくいこと。
- ③ 流動性に優れること。
- ④ 金型汚染性、粘着性がないこと。

オレフィン系TPEは、本来、これらの要求特性において優れているが、原料ポリマー構造、組成の最適化と併せて、添加剤処方技術によりさらにその特性は高められている。

## 2. 運転席用エアバッグカバーについて

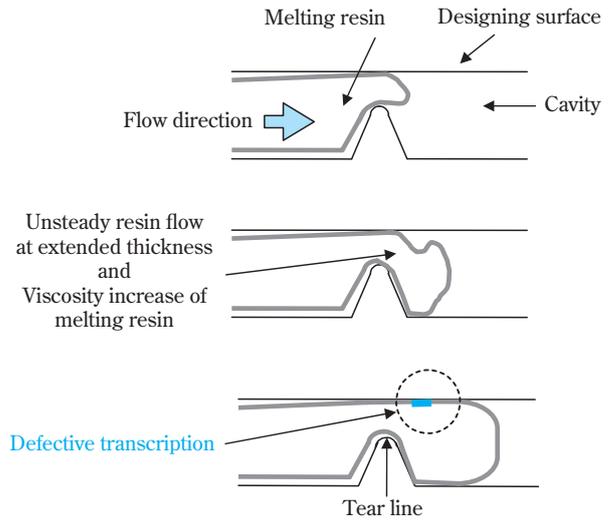
ハンドルの中央部に設置される運転席用エアバッグカバーは、その外観品質を向上するために意匠面を塗装されることが多い。しかしながら、コストダウン、および塗料中の溶剤による作業環境負荷低減の観点等より、塗装レス材料、すなわち、塗装を施さなくても外観品質の良好な材料が求められるようになってきている。エアバッグカバーの塗装レス化を行う場合、外観品質上、最も問題となるのは、ティアラインに沿って光沢が発生する現象（以下、この外観不良現象を艶ムラと総称する）である<sup>10)</sup>。Fig. 11に、艶ムラが発生した成形品の表面を観察した写真を示す。



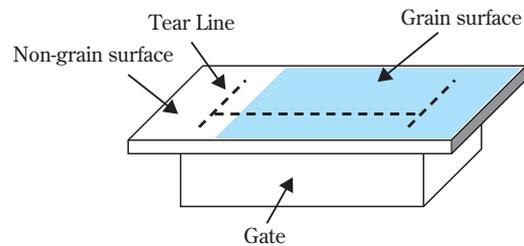
Appearance defect on tear line

**Fig. 11** Glossy phenomenon on tear line

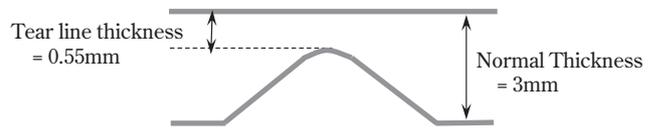
この艶ムラは、射出成形において、キャビティ内のティアライン部を熔融樹脂が通過する際、極端な厚み変動による不安定な樹脂の流動、およびティアライン部で金型の冷却効果により、樹脂の粘度が急激に上昇することによって金型シボへの転写不良が起こり、艶ムラとなっているものと推測している。Fig. 12に、その艶ムラ発生推測機構を示す。実験には、Fig. 13に示すエアバッグカバーを模した箱型の成形品が得られる金型を用い、ティアライン部の流動挙動をショートショット成形において確認を行った。Fig. 14にそのティアライン部の形状を示す。ティアライン部を通過した直後のフローフロント状態を成形品のシボ面側から観察した結果をFig. 15に示す。



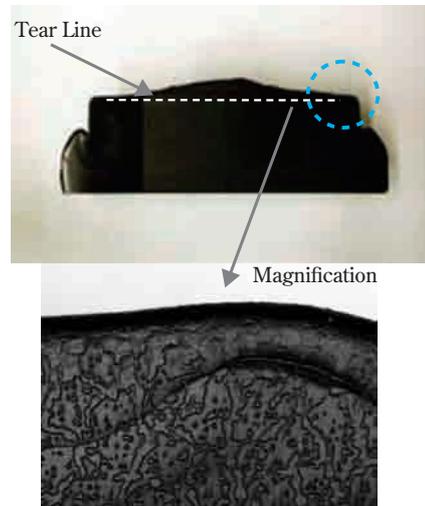
**Fig. 12** Estimated outbreak mechanism of glossy tear line



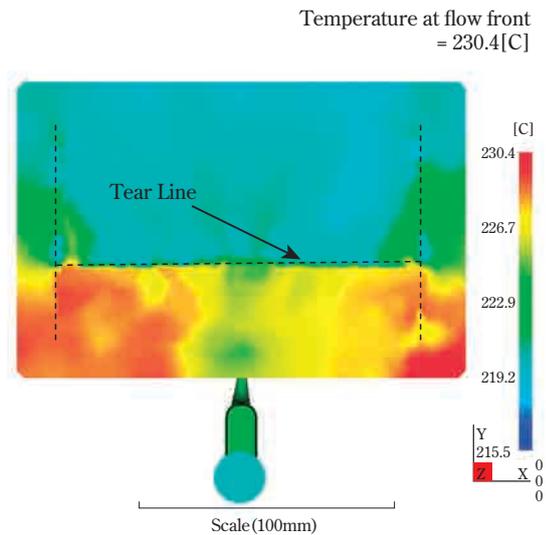
**Fig. 13** Overall image of quasi-airbag cover



**Fig. 14** Magnification of tear line portion



**Fig. 15** Observation of flow front by short-shot molding



Calculation condition: Resin temperature = 220°C,  
Mold temperature = 40°C, Injection time = 3sec.

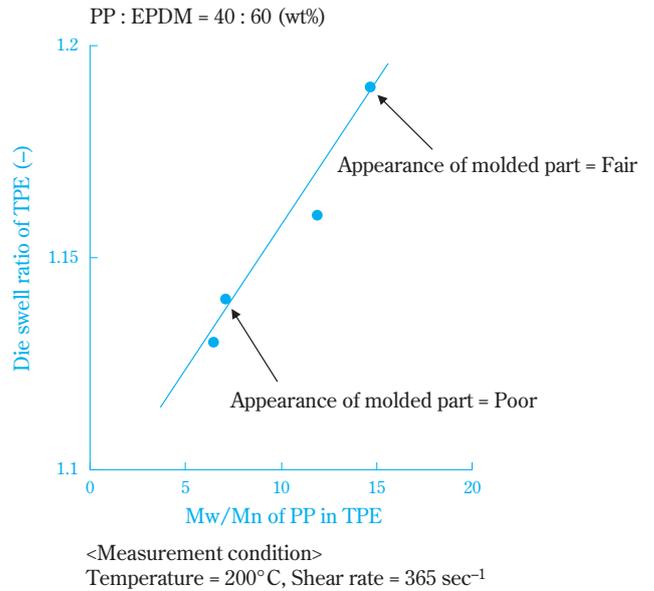
**Fig. 16** Calculation result by flow analysis

ティアライン部を通過した直後、フローフロント部において不安定な流動が発生した痕跡が観察される。また、Fig. 16に流動解析による射出成形時のフローフロント部の樹脂温度の分布を示す。この流動解析結果より、ティアライン部を熔融樹脂が通過する際、急激に樹脂温度が低下することが認められる。これら、ショートショットでの実験結果、および流動解析結果は、先に述べたティアライン部における艶ムラ発生原因の推測機構を支持するものと考えられる。

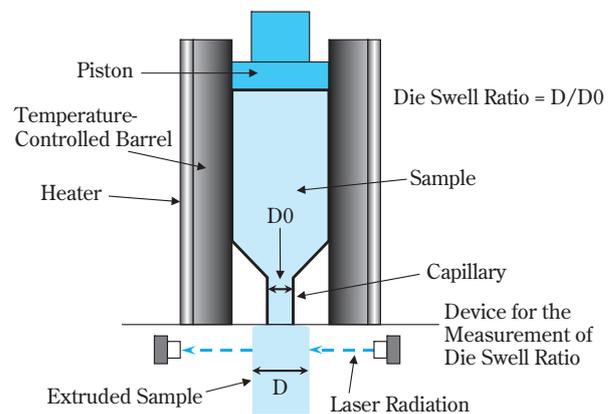
Fig. 12に示すティアライン部における艶ムラ発生原因の推測機構に基づき、TPEの流動特性（スウェル特性）、および結晶化時間に着目し本不良現象の改良を行った。すなわち、熔融したTPEがティアライン部を通過する際、スウェルが大きいと金型表面への転写性が向上すること、また、結晶化時間を遅くすることにより、TPEの粘度上昇による金型への転写不良を抑制することが可能であると考えた。

熔融した樹脂の弾性的性質を示すスウェル比について、オレフィン系TPEにおけるスウェル比の向上例とティアライン部における艶ムラの抑制効果をFig. 17に示す。スウェル比は、キャピラリー式のレオメーターを用いて測定され、Fig. 18にその装置概要と定義を示す。分子量分布の異なるPPをTPEに用いた場合、PPの広分子量分布化に伴い、TPEのスウェル比が増大し、ティアライン部の艶ムラが抑制されている。

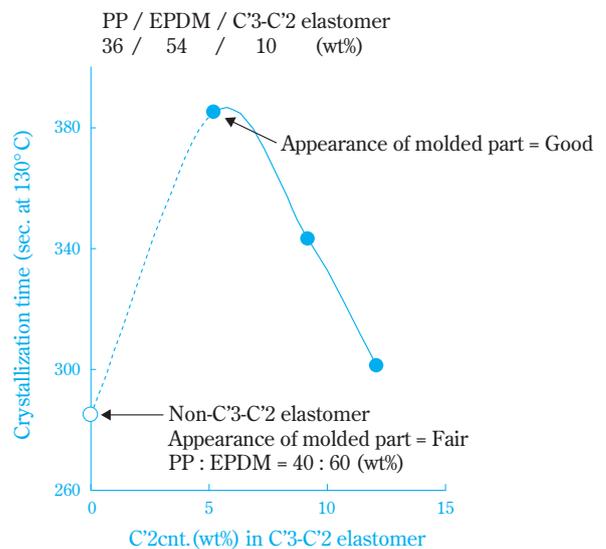
次にTPEの結晶化時間遅延によるティアライン部の艶ムラ抑制効果について述べる。プロピレン-エチレン共重合体エラストマー（以下、C'3-C'2エラストマーと称す）のTPEへの添加による結晶化時間遅延とティアライン部艶ムラ抑制結果をFig. 19に示す。



**Fig. 17** Effect of die swell ratio on inhibiting glossy tear line



**Fig. 18** Outline of capillary rheometer



**Fig. 19** Effect of addition of C'3-C'2 elastomer on inhibiting glossy tear line

結晶化時間の評価は、示差走査熱量計（DSC）を用い、試料を220℃で5分間保持し融解させ、次に急速に130℃まで降温し、同温度で保持開始した時点から発熱曲線を測定し、発熱曲線のピークが観測されるまでの時間を結晶化時間とした。

C'3-C'2エラストマーの添加により、TPEの結晶化時間を遅延させることが可能であり、ティアライン部の艶ムラが抑制されることが確認されている。結晶性の高いPP中にエラストマー成分が微細に分散されることにより、熔融状態から結晶化（固化）過程時に、このエラストマー成分がPPの結晶化を遅延させているものと考えている。また、添加されるC'3-C'2エラストマーのプロピレンとエチレンの組成比により、その効果に違いが生じる。C'3-C'2エラストマーのエチレン含量が少ない方が、PP中への相溶性が高くなり、TPEの結晶化遅延効果を発現しやすくなっているものと考えている。ここでは、運転席用エアバッグカバー用TPEに求められる外観不良現象の改良について、材料のスウェル特性、結晶化時間に着目した改良例を紹介したが、これらは、各種原料の構造、組成比、混練技術の組み合わせにより、他の要求特性も充足する材料として提供されるものであり、さらに加工技術や金型の設計技術を含めてエアバッグカバー製品として実用化されている。

### 3. 助手席用エアバッグカバーについて

助手席乗員保護を目的に装備される助手席用エアバッグについて、それに用いられるエアバッグカバー用材料の開発例を述べる。助手席用エアバッグカバーは、インストルメントパネルの基材となるPPに代表される熱可塑性樹脂成形品の裏側に設置されることが多く、その場合は、運転席用エアバッグカバーの様な外観品質を求められることは少ない。従来、インパネ基材成形品とTPEエアバッグカバーの取付けは、リベットを用い一体化されていたが、取り付け工程の削減によるコストダウンの観点より、両成形品を振動溶着で一体化する工法が採用されるようになってきている<sup>11), 12)</sup>。Fig. 20に助手席側インストルメントパネルの断面イメージを示す。インストルメントパネル基材との接触面となるTPEエアバッグカバー表面にはリブが設けられており、このリブ部が振動溶着時、インストルメントパネル基材との接着点となる。振動溶着とは、2つの熱可塑性樹脂部品を加圧した状態で片方の部品に往復振動を与え、接触面に摩擦熱を発生させて溶融融着させる一体化加工法である。エアバッグカバーの材料となるTPEには、熱可塑性樹脂からなるインストルメントパネル基材と、振動溶着による一体化された後に、良好な接着強度を有することが求められる。振動溶着強度は、振動溶着時の加工条件（融着

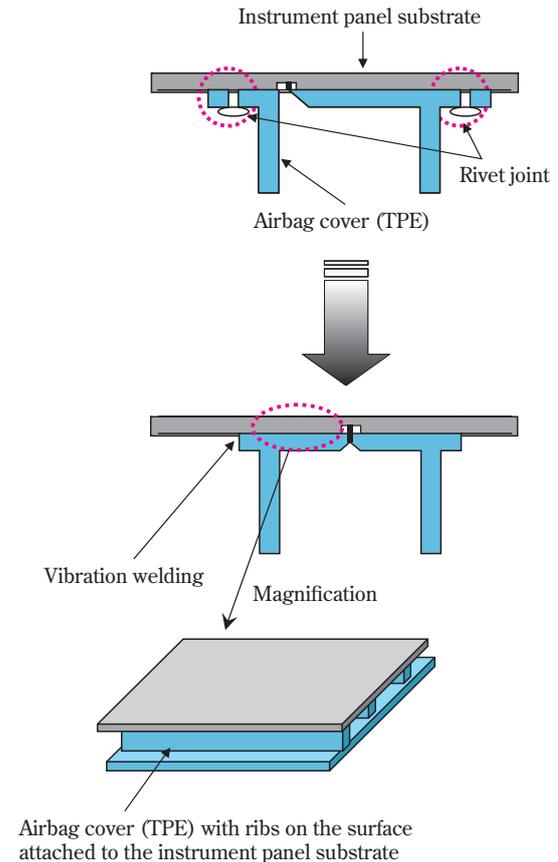
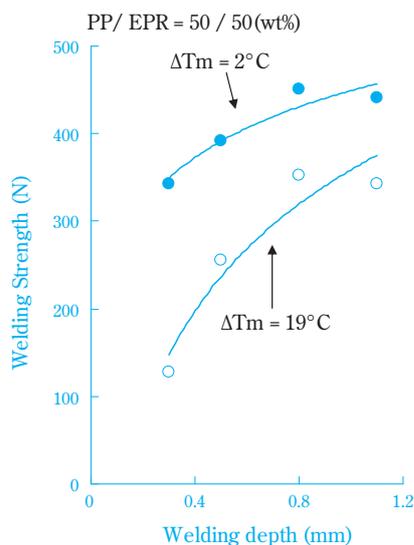


Fig. 20 Cross-section shape of passenger side in instrument panel

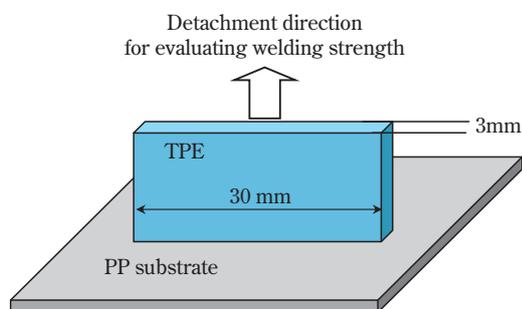
深さ、振動周波数等)、先述したエアバッグカバーのリブ形状等にも依存するが、材料そのものの接着強度を高めることにより、加工条件、成形品形状の自由度を高めることが可能となる。

TPE材料の振動溶着によるインストルメントパネルPP基材との接着強度の向上手法に関し、TPEに用いられるPPの構造の影響を例に述べる。TPEに用いられるPPの融点と振動融着後のPP基材との接着強度の関係、および試験方法をFig. 21に示す。TPEに用いられるPPの融点と基材PPとの融点差が小さいほど高い接着強度が得られる。

TPEに用いられるPPの融点と基材PPの融点差が大きい場合、すなわち、TPEに用いられるPPの融点が基材PPの融点に対し低い場合、TPE側だけが溶融しやすくなり、PP基材への溶け込み量が減少すると考えられる。一方、TPEに用いられるPPの融点と基材PPの融点が同等である場合、PP基材に対してTPEが深く溶け込んでいると考えられる。この溶け込み量の違いにより、溶着強度に影響を与えているものと考えている。ここでは、TPE構造の振動溶着強度への影響について、TPEに用いられるPPの融点の効果について述べたが、ゴムの構造、モルフォロジーの制御によっても本特性を高めることができる。



$\Delta T_m = (\text{Melting temperature of PP substrate}) - (\text{Melting temperature of PP in TPE})$



**Fig. 21** Effect of melting temperature on welding strength to PP substrate

## おわりに

本稿では、運転席用、助手席用エアバッグカバー用TPEの開発の一端を紹介したが、自動車の安全性向上を背景に、エアバッグ装置は、運転席、助手席は、ほぼ標準装備され、さらには乗員の下肢を保護するニーエアバッグ、側面衝突に対応するサイドエ

エアバッグ、カーテンエアバッグを搭載した自動車が増えている。

これらエアバッグ部位毎に、カバー用TPEに求められる要求特性も異なってきている。

オレフィン系TPEの開発は、原料となるPPおよびゴムの高性能化、これらの混練技術、加工技術、さらには構造解析技術によって支えられている。今後もこのような技術開発を継続し、部品メーカーと共に自動車構造の変化、要求特性の変化に対応していきたい。

## 引用文献

- 1) TPE技術研究会, プラスチックスエージ, 2010年7月号, 34(2010).
- 2) 牧野 誠, JETI, **53**(12), 51(2005).
- 3) 浜中 達郎, 大山 博, 小島 啓太郎, 菊地 利注, 日笠 忠, 住友化学, **1997-II**, 24(1997).
- 4) 岡田 暁夫, プラスチックスエージ, 2008年7月号, 60(2008).
- 5) 本田技研工業(株), 日本特許3999630 (2007).
- 6) 日本プラスト(株), 住友化学(株), 田辺化学工業(株), 日本特許3071380 (2000).
- 7) 日産自動車(株), 実開昭50-43454 (1975).
- 8) “2009年版 熱可塑性エラストマー市場の展望と戦略”, (株) 矢野経済研究所 (2009), p.10.
- 9) N. Bokhari, H. Toyoda and K. Ohtani, POLYOLEFIN RESIN FOR AIRBAG APPLICATION -MORPHOLOGY OF SOFT RESIN AND PARTS PERFORMANCE-, TPE 2005, Paper 6 (2005).
- 10) N. Bokhari, K. Ohtani, T. Hisayama and N. Yamaguchi, Superior Appearance Material in Airbag Cover Applications, SPE Automotive TPO conference, Application Development session (2009).
- 11) 本田技研工業(株), 日本特許3939898 (2007).
- 12) 日本プラスト(株), 特開2006-76509 (2006).

## PROFILE



大谷 幸介  
Kousuke OHTANI

住友化学株式会社  
石油化学品研究所  
主任研究員



佐々 龍生  
Tatsuo SASSA

住友化学株式会社  
石油化学品研究所  
主席研究員