

高剛性ポリプロピレンと塗料の開発による バンパフェイスアの軽量化

Development of High Modulus Polypropylene and Paint for Thin Wall Bumper Facia

佐伯 芳久* 小川 剛志*
Yoshihisa SAEKI Takeshi OGAWA

要 旨

従来バンパフェイスア材は、高衝撃性が要求されるため、高剛性化するには限界があり、うまくバランスをとって薄く軽くすることが困難であった。今回、この相反する課題を解決するためにバンパフェイスアを構成する素材／塗料を新たな角度で徹底追及する事により、高剛性／高衝撃を高次元で両立させ、なおかつ低コストにする材料を開発した。

素材として、PP（ポリプロピレン）の立体規則性のコントロール、ゴム成分の最適化、PP／ゴムのモルフロジー構造をさらに向上させ、その上で素材との密着性を向上させるための塗料の高弾性化と高浸透化を行った。

その結果、バンパフェイスアとして、従来に対し18%の軽量化と素材35%のコストダウンを達成した。

ABSTRACT

Bumper facia requires high impact resistance. It is difficult to achieve thin wall facia at the same time. It was difficult to improve modulus of PP with high impact resistance.

To clear these requirements we studied PP formulation and paint with new structure. We have developed high modulus PP which has high impact resistance and also achieved lower weight and lower cost bumper facia system.

We controlled stereospecific polymerization of the PP and to optimize rubber polymer contents and morphology of PP/EPR rubber blends. Also we improved paint's elastic modulus and its absorption into the PP/EPR morphology. We achieved 18% weight reduction and 35% cost reduction by this thin wall bumper facia technology.

1. まえがき

バンパフェイスアは、樹脂部品として外板の中では大きな面積を占めるため、軽量化とコスト低減に大きな期待が掛けられている。

1. 1. バンパフェイスア材の流れ

バンパフェイスア材は、主にポリプロピレン（以下PP）とポリウレタン（以下PU）の二種類が使われてきたが、Fig.1に示す様に現在ではリサイクル性およびコスト等の観点からPPが主流となっている。当社では当初よりPP素材^{1), 2)}で統一しており、いち早く溶

剤規制等の環境対応やバンパからバンパへの再生等の技術を確認し、リサイクル化に貢献してきている。

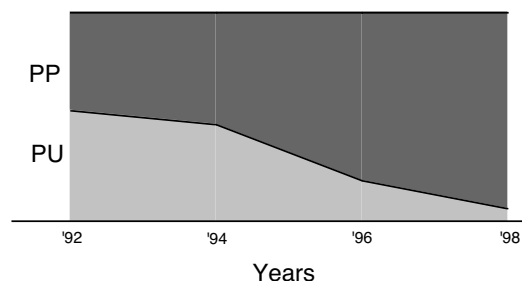


Fig.1 Material trend in bumper facias

* 栃木研究所

1. 2. バンパフェイス材の成分と方向性

一般にバンパフェイス用 P P 素材は Fig.2 に示す、主に三種類の成分で構成されているが要求に応じて添加成分を付与する場合もある。

P P については最近の触媒技術の向上により、立体構造化を良い精度でコントロール可能となって高結晶化が図れ、また各成分を更に細かく、最適化する事でバンパフェイス用 P P 素材として、高剛性化し、薄肉軽量化可能な材料の開発を目指した。

P P 素材を高剛性化するに当たっては、Fig.3 に示すように比重を上げて高剛性化する方法もあるが軽量化の狙いに反する結果になる。本研究では比重を現行素材の 0.94 に抑え、高剛性化する事で薄肉にして、バンパを軽くする事を狙いとした。

2. バンパフェイスの高剛性化の考え方

P P の高剛性を目指し高結晶化^{3), 4)}させ、それに、衝撃性を付与する設計とした。従って、ゴム等弾性率向上を阻害する物質は極力最少化し、物性面で高性能なものを狙った。一方、塗料に対しては高密着、高浸透性の検討を行い、素材を選ばない高性能な塗料の開発を検討した。

以下にその技術内容を各構成成分に分けて解説する。

3. P P の高剛性化

P P は最近の触媒技術の発達によりプロピレン側鎖(メチル基)を立体的⁵⁾に同一方向(m:メソ)に制御する事が可能となってきている。本研究では同一方向になる確率を表す立体規則性(タクティシティ:mmmm)が高くなる触媒を使用し P P の弾性率を向上させた。Fig.4 に立体規則性と弾性率の関係を示す、立体規則性が高くなるに従って弾性率が向上する。これから立体規制性は 0.98 以上を目標とした。

Fig.5 は、高剛性 P P と従来からのゴム成分を用いて作成した P P 素材について、立体規則性をパラメータに衝撃と曲げ弾性率の関係を示したものである。このグラフより従来用いられているゴム成分では添加量を幾ら変化させても、剛性と衝撃バランスが向上せず、図中の目標ゾーンに到達しない。従ってゴムの最適化として成分、添加量を見直し矢印の様な物性バランスの向上を目指した。

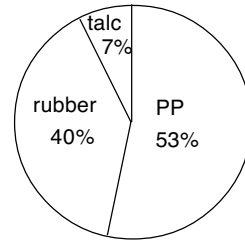


Fig.2 Current facial material formulation

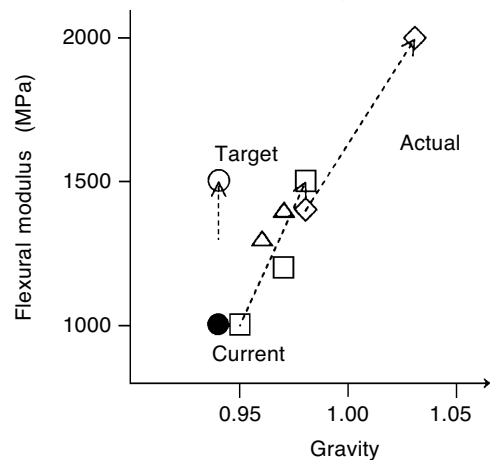


Fig.3 Physical property trends in PP facias

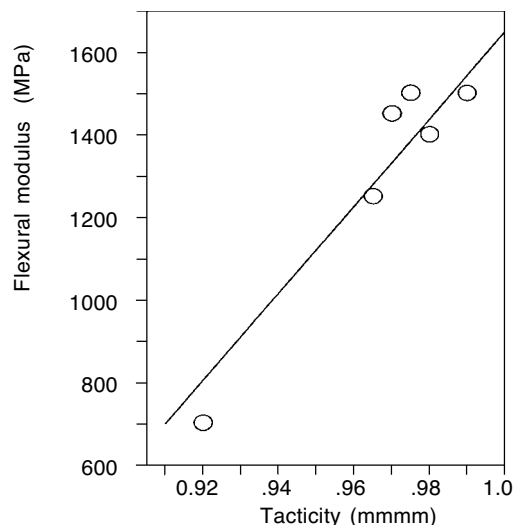


Fig.4 FM vs. tacticity

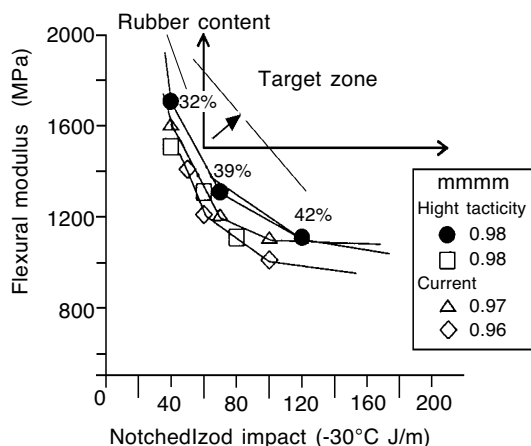


Fig.5 FM vs. notched izod impact by rubber content

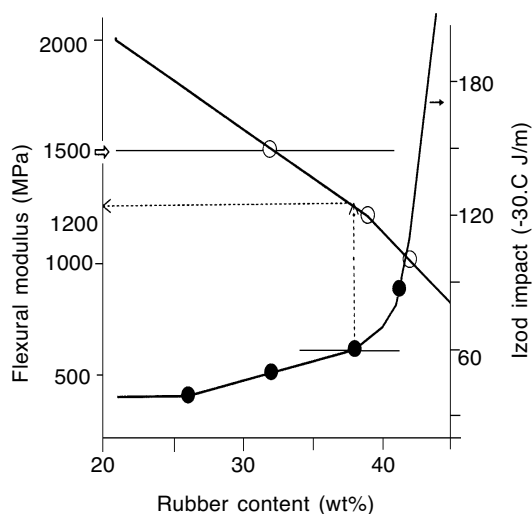


Fig.6 FM vs. impact in high tacity PP

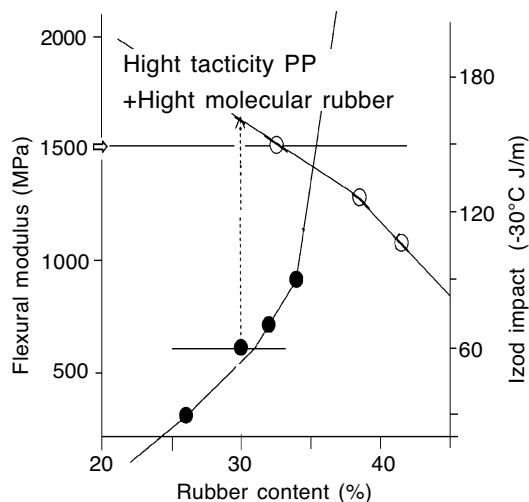


Fig.7 Development of high impact rubber

4. ゴム成分の高衝撃化と最適化

P P 素材の高剛性化にはゴムの添加量を減らし、P P をより多くする事が有効。剛性と衝撃のバランスを上げるにはゴム成分に高衝撃性を与える必要がある。

ゴムを高衝撃化する手法としては、ゴム成分の粘度すなわち分子量を高分子化する事が良く知られている。Fig.6 に示すように通常の低分子ゴムでは衝撃性を Izod60J/m 以上に保たせようとすると、弾性率が 1200MPa しか得られず目標の 1500MPa に達しない。一方、Fig.7 に示す特性の高衝撃のゴムを用いれば曲げ弾性率は 1500MPa 以上の高弾性率が得られる。

しかし、単純なゴム成分の高分子量化は塗装密着性の低下を招く。塗装性向上を目指しゴム成分の改良を行った。塗装密着性を良くする要因として、シンナ吸収量に応じて塗膜密着強度は上がっていくと考え、素材のシンナ成分吸収量に着目した。実験としてはシンナの成分であるキシレン吸収量を浸せき法により測定した。Table 1 にテストピースの配合を、Fig.8-1 に結果を示す。D 1 ～ D 3 はメーカー差を意味する。Fig.8-1 によりゴムの添加量

Table 1 PP formulation

Category	A	B	C	D
PP type	Hight modulus PP	Hight modulus PP	PP for TCE	None TCE PP
Rubber content	31%	31%	38%	38%
E/P ratio	1/3	1/1	1/3	1/3

TCE;tri-chloro-ethane

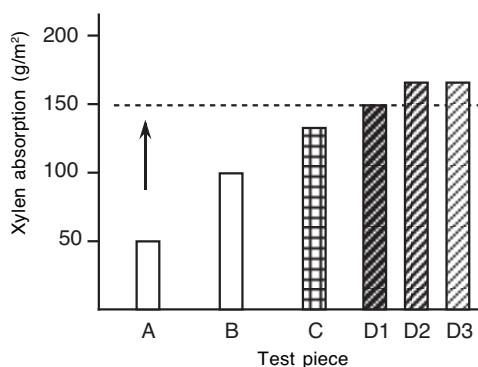


Fig.8-1 Absorption of xylene (80°C)

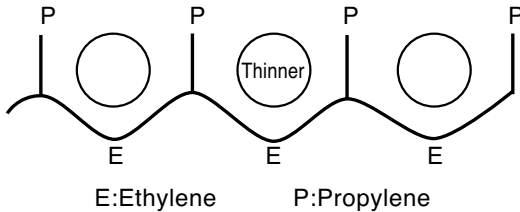


Fig.8-2 Model of thinner absorption in EPR

が高いほどシンナ吸収量が高い。キシレン吸収量は150g/m²を目標とした。Table 1のA、Bで同じゴム添加量の場合EPR（エチレン／プロピレン／ラバー）のE／P比率により吸収量に変化し、1／1に近づけば吸収量が大きくなる。これは、Fig.8-2の模式図の様にE／Pの規則性が向上し立体構造的にシンナ成分を保持し易い形になっていると考える。

4. 補強材のアプローチ

PPを高剛性化する為、より良い補強材の検討を行った。一般に、アスペクト比を上げると弾性率が補強材添加割合に対し向上する事は知られている。補強材は現行広く使用されている比較的安価なタルクを用いた高剛性化について述べる。通常使用されているタルクは粒度分布が1ミクロン以上の物が多い。これを更に粉碎し、1ミクロン以下にしたタルクの衝撃剛性バランスを説明する。Fig.9に2ミクロンと0.8ミクロンにした時の剛性と衝撃性について示す。0.8ミクロンではIzod値が10J/m向

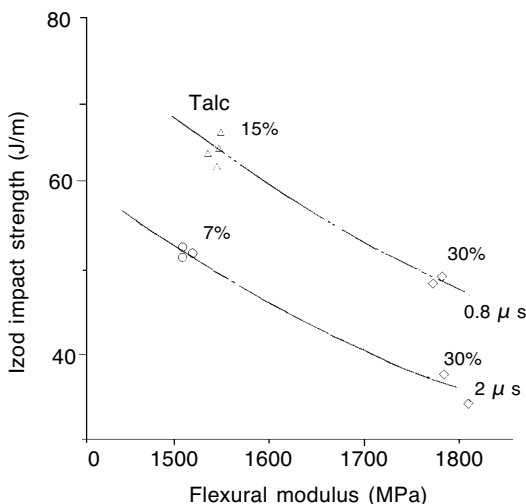


Fig.9 Properties at varying talc contents and sizes

上し衝撃性の改善が可能である。その分ゴム添加量を抑える事ができPPの増量を図れば更なる軽量、高剛性化が可能である。

サブミクロン化の問題としては以下の点が上げられる。

- (1) 粉碎の効率が悪く粉碎を数回行う必要がある。
- (2) タルクが微粉すぎて装置の管の目詰まりを起こしやすい。
- (3) コストが上がる。

性能向上を図るには、製造設備の改良が必要であり採用を見送った。

5. 塗料の改良

塗装品質については、素材のゴム成分のキシレン吸収量を検討したが、目標の剛性を維持しつつ塗膜の密着性を確保するには至らなかった。従って、構成塗膜の中の密着性に深く関与しているプライマの改良を検討した。

5. 1. 塗膜の高弾性化

塗膜の密着性には、外力による物理的な密着力と耐ガソリン性などに代表される化学的な密着力に大別できる。

まず一つめの、外力に抵抗する密着力を向上させる手法として、プライマ塗膜の変形を抑制させるという考えの基に、その凝集力に注目した。

塗膜の凝集力を表すパラメータとしてはヤング率を用い、塗膜密着性について確認を行った。

一般にPP用のプライマは、塩素化ポリオレフィン樹脂を主成分としているが、ここでは、その塩素化ポリオレフィン樹脂にアクリル樹脂をグラフト変性し、そのモノマ組成を変化させることによりガラス転移温度 (Tg) を調整し、各種のヤング率を示すプライマ塗膜を作製した。

Fig.10にそのプライマ塗膜のグラフト変性アクリル樹脂のTgとプライマ塗膜のヤング率を、Fig.11にはヤング率と塗膜密着性の関係を示す。

Fig.10およびFig.11より、塗膜の外力に抵抗する物理的密着力を確保するためには、プライマ塗膜のヤング率を600MPa以上確保することが必要であり、グラフト変性アクリル樹脂のTgを50℃以上とすることで、そのヤング率を確保することができる。

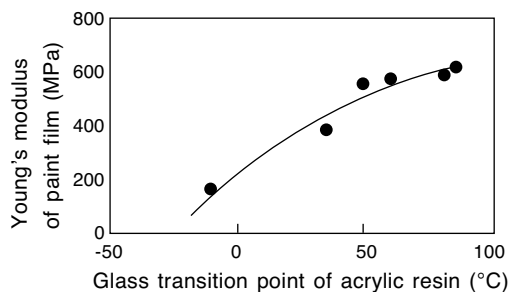


Fig.10 Young's modulus of primer films

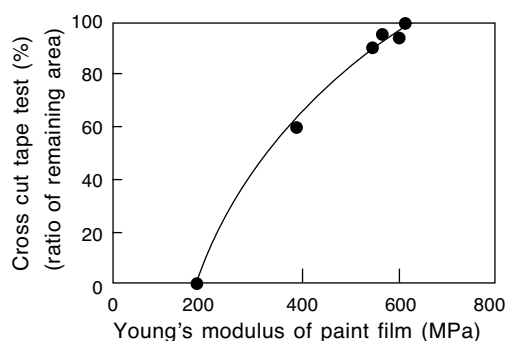


Fig.11 Effect of Young's modulus of primers on paint adhesion test

5. 2. 塗料の浸透性の向上

物理的密着力を向上させるもう一つの手法として、素材へのアンカ効果がある。

この効果を大きくするには、塗料成分をいかに素材へ浸透させるかが重要となってくる。

本研究においては、塗料溶剤による素材膨潤が少ない高剛性素材に対して浸透し易い塗料とするために、プライマの主成分である塩素化ポリオレフィン樹脂の低分子量化を検討した。従来、ポリオレフィン樹脂の分子量は、熱間でせん断力を与えるクラッキングという工程にて調整されているが、この工程で分子量の違う二つのポリオレフィン樹脂を作製した。

Fig.12に、分子量の違いにより塩素化ポリオレフィン樹脂が素材の中にどれ位の深さまで浸透したかを示す。これは、プライマのみが塩素を含有していることに着目し、その濃度をEDX（エネルギー分散型X線マイクロアナライザ）により素材の断面方向に測定した結果である。

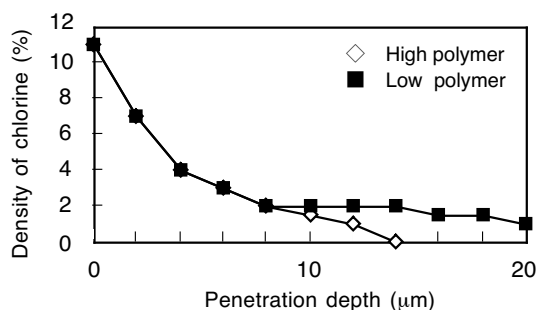


Fig.12 Comparison of penetration depth of primers



Fig.13 Effect of primer films on pulling test

図より、低分子量塩素化ポリオレフィン樹脂の方が素材の深くまで浸透している。

また、Fig.13に示すように、塗膜のピーリング状態を確認しても、高分子量の塗膜は界面剥離になっているのに対し、低分子量の塗膜は素材の凝集破壊になっており、塗料が素材へ浸透し塗膜密着性に大きく寄与している。

5. 3. 塗膜の耐ガソリン性の向上

一方、耐ガソリン性に代表される化学的密着力は、一般に主成分の樹脂分子量が高いほうが良好であるとされている。

前述のように、プライマ主成分の塩素化ポリオレフィン樹脂を低分子化するに伴い耐ガソリン性への影響が懸念されるため、その向上検討を行った。

Fig.14に、塩素化ポリオレフィン樹脂を基体とした塗膜をガソリンの中に浸漬させ、塗膜の重量変化によってガソリンに対する溶解性について示す。ここにおいても、樹脂の分子量低下に従い、塗膜がガソリンに溶けやすくなっている。そこで、塗膜の耐ガソリン溶解性を向上させる手法として、塩素化ポリオレフィン樹脂の塩素含有量の最適化を検討を行った。

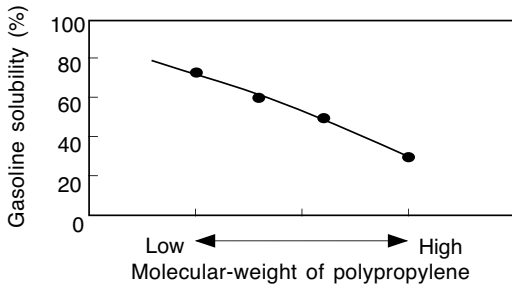


Fig. 14 Gasoline solubility of primer film

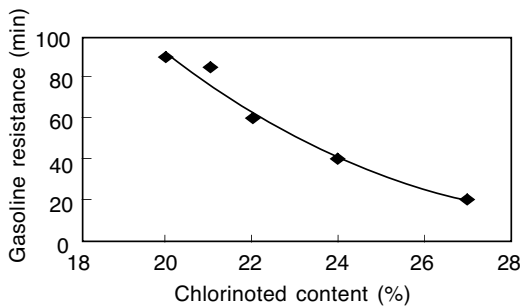


Fig. 15 Effect of chlorinated polyolefin on gasoline resistance

Fig.15に塩素含有量による塗膜の耐ガソリン性について示す、塩素含有量の低下に従い塗膜の耐ガソリン性が向上していく。

本研究では、塩素含有量を20%程度まで低下させることにより、アンカ効果と耐ガソリン性の両立を図った。

しかし、一般的にポリオレフィン樹脂の塩素化は、難溶性であるポリオレフィン樹脂に対して、塗料としての安定性を付与させる目的で用いられているため、耐ガソリン性向上のために塩素含有量を低下することは、塗料の安定性を損なうことになる。

この懸案に対しては、Fig.16に示すモデル図にあるように、ポリオレフィン樹脂中の塩素を均一に置換させることで、最小限の塩素含有量で塗料の安定性を確保した。

以上、プライマ塗膜の高弾性化、塩素化ポリオレフィン樹脂の低分子量化および低塩素化の三つの技術をバランスさせることで、高剛性P P素材に対して良好な塗膜性能を有する塗料が完成した。

軽量化は素材の弾性率が50%向上した分、薄肉（t 3.8 mmから3.4mm）でも等剛性にできること、またゲートから遠く離れたフェイス下部にかけて徐々に肉厚を薄くすることで樹脂の流れ性を改善し、成形性向上を図ると共に合計18%の軽量化が得られた。また、素材のシンプル化、添加剤削減と軽量化分のコストダウンにより、部品素材比で35%のコストダウンを同時に達成できた。

6. まとめ

- (1) 高剛性P Pによりバンパフェイスとして18%の軽量化が得られた。
- (2) 素材はベースP Pの立体規則性向上とゴムの分子量E/Pの最適化により、比重0.94で軽く、安い、高剛性、高衝撃な素材が開発できた。
- (3) 塗装はヤング率、分子量、塩素化度を最適化する事により、物理的、化学的な外力にも耐えうる密着性の高い塗料が得られた。

なお、本報告の高剛性P Pと塗料は、既に量産バンパフェイスへの採用が決定している。今後は、他部品への採用拡大を検討し、更なる軽量化とコスト低減効果を期待していく所存である。

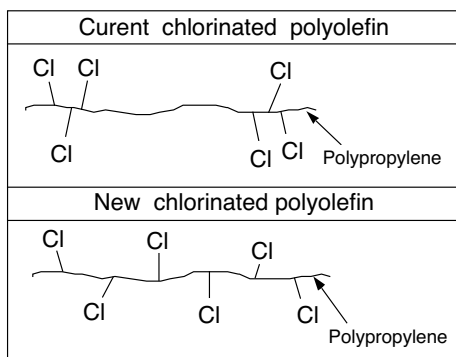


Fig. 16 The model of chlorinated polyolefin

参考文献

- 1) 井上文雄、「実用ポリマーアロイ設計」、工業調査会、1996
- 2) L.A.Utracki, 「Polymer Alloys And Blends」, Munch/FRG, 1989
- 3) 杉本隆一、「メタロセン触媒によるポリプロピレンの高性能化」、プラスチック、Vol.44, pp.2
- 4) 足立桂一郎、「高分子の制御構造」、共立出版、1993
- 5) 宮本玲 松井裕次 宇田徹 橋本寿正、「熱拡散率によるポリプロピレン射出成形品の高次構造の評価」、成形加工、Vol.5, pp.4, 1993

■著 者■



佐 伯 芳 久



小 川 剛 志