

自動車用ポリプロピレン (PP) の開発状況

藤田 祐二¹⁾

Recent Development of Polypropylene (PP) for Automotive Use

Yuji Fujita

Key Words: Material, Plastic, Composite Material / Polypropylene, Impact Copolymer, Compounding, Injection Molding

1. ま え が き

ポリプロピレン(PP)はその優れた性能や環境適合性の観点より、近年、自動車に使われるプラスチック材料の主流となっている。その背景はPPが有する優れた特性に加え、その分子構造・モルフォロジー制御、及び、複合化による性能の追及、更には、新たな成形加工法を含めた使いこなし技術、により自動車部品としての利用領域を拡大したことがあげられる。本発表は最近の技術成果を基に、その動向を解説する。

2. ポリプロピレンの特徴と自動車部品への適用

図1に国内生産自動車を構成する材料の中でプラスチックが占める重量比率の年次統計データを示す。2000年以降、国内乗用車の全重量に占めるプラスチックの比率は約8%に達し、その中でPPの使用比率の増大は著しく、約半分=4%を占めるに至っている¹⁾。使用部品としてはバンパー等の外装部品、インストルメンタルパネル、トリム等の内装部品、ファン・ケース類等のエンジンルーム内部部品、更には各種モジュール材等の構造部材等への用途も広がっている。図2にはPPが自動車の部位毎の使用比率の解析データであるが、各種用途に広く利用されている様子が確認される。

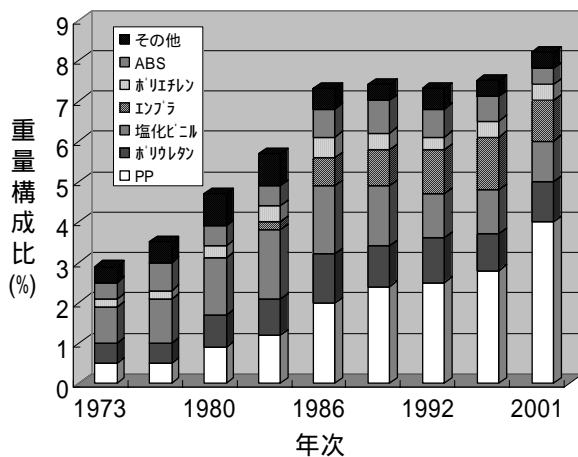
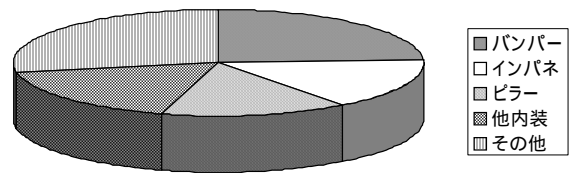


図1 国内生産乗用車でプラスチックが占める割合 (日本自動車工業会公開資料)

めた環境適合性、があげられる。

図2 自動車用 PP の用途別使用比率 (日本ポリプロ推定)



環境適合性に関し、LCAの観点から、各種材料の比重CO₂放出量の関係を図3に示す。明らかなようにPPは軽量、かつ、環境に最も優れている。この適用範囲の増大は社会的なニーズに応える材料であり、自動車メーカー/PPメーカー一体となった開発が進められている背景である。

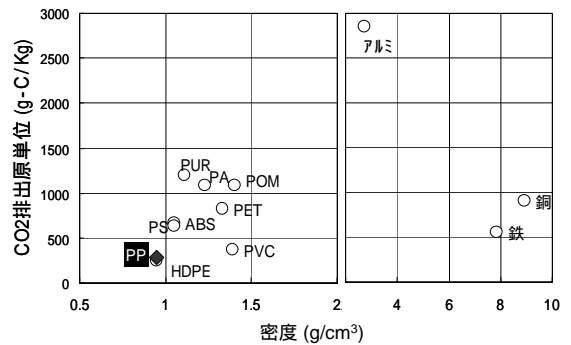


図3 各種材料の密度とCO₂排出原単位の関係

一方、自動車市場からは単に性能の向上のみならず、素材コスト低減、海外での同一材料の供給性も強く要求されている²⁾。これらの制約の下、PP自体の高性能化技術、及び、成形加工技術も含めた部品展開技術、更には高機能化技術の現状を以下に述べる。

3. PP の高性能化技術の進捗

自動車用 PP のポリマーとしての性能向上は主に 高結晶化、高流動化、高ゴム化、の3つの観点よりなされてきた。高結晶化 に関しては Ziegler-Natta 触媒の高性能化の進展に伴いPPの立体規則性が達成されたことによりなされた。図4に立体規則性の指標である Isotactic Pentad 分率の推移を示す。

2005年5月20日 自動車技術会春季大会において発表

1) 日本ポリプロ株式会社 第一材料技術センター
(510-0848 三重県四日市市東邦町1)

この様に、PP が急成長している背景として、その 低比重性、優れた機械物性、優れた成形加工性、リサイクル性も含

90年代後半にはほぼ完全に近い規則性は達成されたが、更なる完全性を求め、触媒骨格構造に遡った研究も継続されている。

立体規則性向上 = 高結晶化により高剛性が達成され、更に、高流動化 との組み合わせにより、薄肉軽量 PP 部品の設計が可能となった。この概念が自動車用 PP 部品設計の基本思想の一つであり、バンパー、インストルメンタルパネル材を初めとして殆どの自動車部品の材料設計に応用されている。図5に自動車用途の主流である Impact Copolymer (ICP = ブロック PP) の流動性の指標 (MFR) の開発推移を示す。開発当初に比較し、100倍以上の MFR が達成されており、大型、薄肉部品への展開が可能になっている。その成果の例として、図6に国内自動車の代表的なバンパー肉厚の推移を示す。軽量化への貢献は大である。

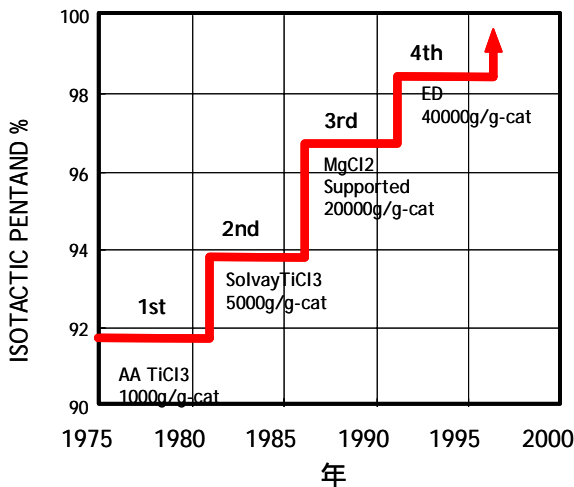


図4 ZN 触媒による PP の立体規則性向上の経緯

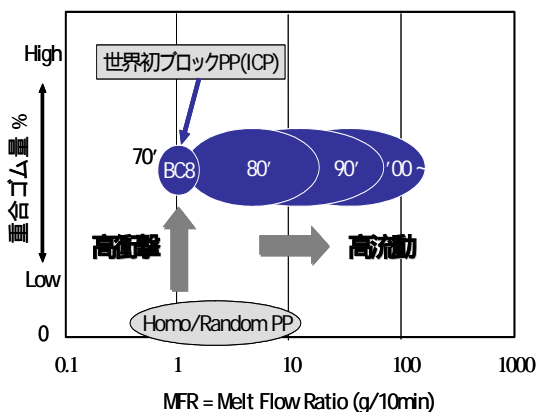


図5 自動車用 PP の高流動化の経緯

以上の高剛性・高MFRを利用した材料設計コンセプトに加え、もう一つの重要なコンセプトがICP中のゴム構造・量の制御である。ICPではその製造時に部分的にエチレンとプロピレンを共重合する事によりPP中に重合ゴム成分が導入される。これにより、衝撃性の改良が達成される。しかしながら、重合ゴムの含有量はプロセス上の制約があり、バンパー材等の高い衝撃強度が要求される部材に対しては高価な市販ゴムを多量に後添加する必要があった。これに対し、近年の強い合理化要求に応えるべく、各PPメーカーでは触媒・重合技術を発展させ、コストパフォーマンスに

優れる重合型高ゴム含有PP(リアクターTPO、RTPO)の開発を進め、実用化している³⁾。

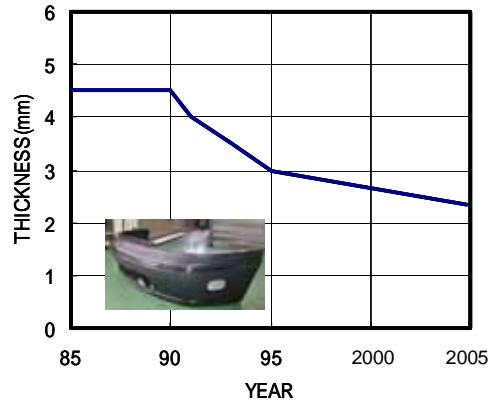


図6 国内自動車バンパーの肉厚変化

日本ポリプロではRTPOとして<ニューコン>を開発し、自動車分野も含めた幅広い用途での展開を行っている。<ニューコン>は自社触媒と気相法重合プロセスにより製造され、多量のゴム成分を含有するRTPOであり、以下に示す4タイプの製品として商品化されている⁴⁾。

- 1) Aタイプ: ソフトセグメント(ゴム成分)の固体構造をナノレベルで制御したアロイタイプ
- 2) Hタイプ: ソフトセグメントの固体構造をグローブール状に分散させ優れたゴム弾性と高衝撃を保有
- 3) Rタイプ: ハードセグメント(結晶成分)の分子制御により透明性、耐熱性、柔軟性を保有
- 4) Cタイプ: 重合による軟質PPを更に複合化したもの

図7にA、Hタイプニューコンのモルフォロジーを示す。

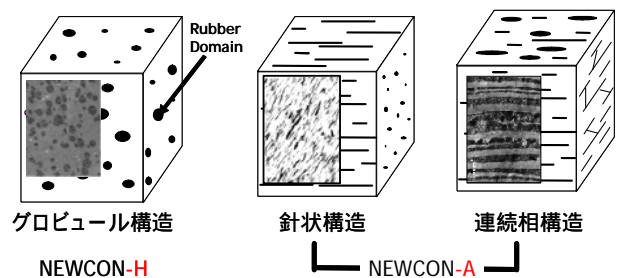


図7 ニューコンの代表的なモルフォロジー

この内、Hタイプが前述の自動車用のベースPPとして後添加ゴムの削減=トータル材料コストの合理化が可能なものであり、国内自動車材料に幅広く用いられている。一方、Aタイプはゴム成分がナノレベルで微細に、かつ規則正しく分散することにより、透明性、顔料発色性、寸法安定性、難白化、柔軟性が優れており、これを生かした差別的な用途への展開が期待されている。

以上のPP分子構造の制御による高性能化に加え、複合化技術の向上による高性能化、新規部品の展開も行われている。一例として、日本ポリプロの<ファンクスター>は長繊維状態のガラス繊維を独自の技術により、PP中に分散させた強化PPである。従来の短繊維強化PPに比較し、耐衝撃性、剛性、強度、クレー

ブ、疲労、高温特性、等に優れ、フロントエンド・ドアモジュールなど従来は金属、エンブラが用いられていた部品への応用がなされている⁵⁾。(図8)

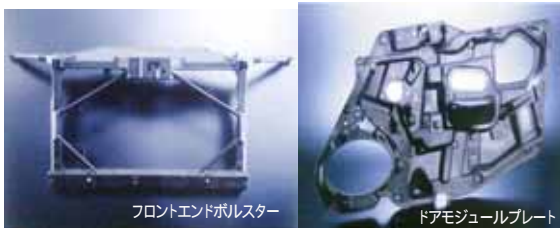


図8 ファンスター適応部品の例

図9に各種 PP 材料の性能と自動車部品として要求される性能のマップを示す。以上述べたような PP、複合化技術の発展とともにエンブラに匹敵する幅広い性能領域がカバーされ、使用目的に応じた材料の使い分けが可能となっている。

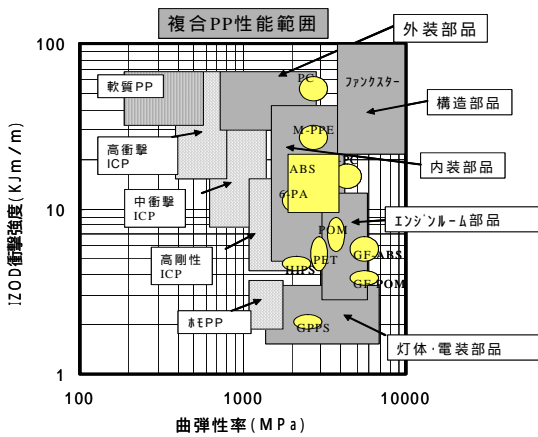


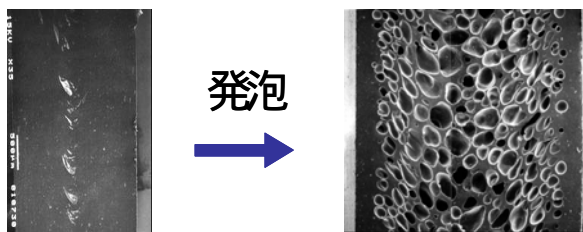
図9 各種 PP 性能マップ

4. PP 成形加工技術の進捗

燃費向上を目的とし、自動車部品を更に軽量化する有効な手法として、近年、射出発泡技術が注目されている。その中で図10に示す型拡大発泡成形は多くの成形機メーカー、加工メーカー、樹脂メーカーより様々なプロセスが提案され、ドアトリム等で各種実用化されている⁶⁾。

日本ポリプロではプロセスの提案に加え、この成形法に最も適した材料の開発を行っている。ドアトリム材として自動車メーカーに採用された製品例として、2.0倍発泡により30%の軽量化が達成されている。図11に同種発泡状態での製品の断面写真を示す。(厚3mm) 均一な発泡により、発泡後も良好な物性の維持が可能である。

図10 型拡大発泡成形プロセス



高性能を保持した上での各種のコストダウン手法としてコンパ

ンドプロセスの合理化が検討されている。日本ポリプロでは、図12に示す 高機能フィラーマスターバッチ (MB) 工法、ダイレクトインラインコンパウンド工法の2つのプロセスを提案している。

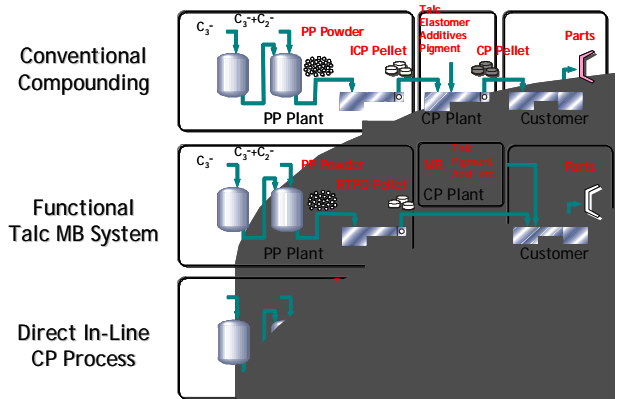


図12 合理化コンパウンドングプロセス

高機能フィラーMB工法は高濃度タルク含有のMBとRTPO<ニューコン>を成形機へのフィード直前で混合し、射出成形を行うプロセスである。このプロセスによりコンパウンドコストを削減できコスト低減がなされる。加えて、日本ポリプロの高機能フィラーMBを用いた系では単なるコスト合理化のみならず、MB部分に各種の機能を導入することにより高性能化も達成可能である。

自動車用PPコンパウンドでは適応部品により機械物性、収縮率の制約がある。その結果、少量多品種のグレードが必要になりコストアップの要因となっている。高機能フィラーMBではこれを解決すべく収縮率の調整機能をMB中に付与し、単一のRTPO<ニューコン>との組み合わせにて多種の部品に対応可能なシステムを提案している⁷⁾⁸⁾。(図13)

MBへの機能の付与は収縮率制御のみならず図14に示すように光沢制御、耐傷付性、高流動、高衝撃、等の機能を付与することにより多彩な自動車部品への展開を可能としている。

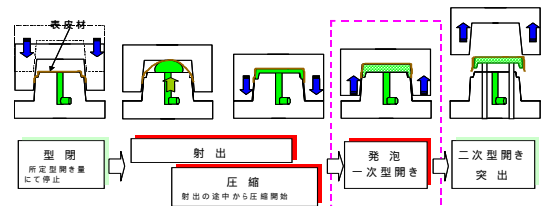
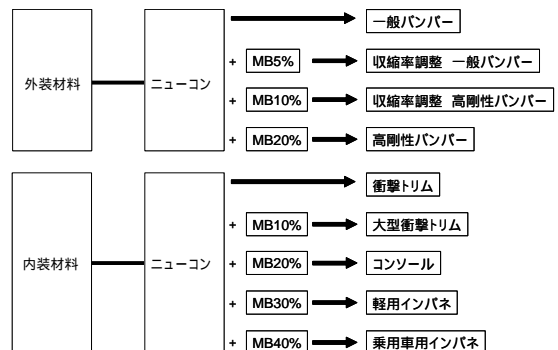


図13 高機能フィラーMB 応用例



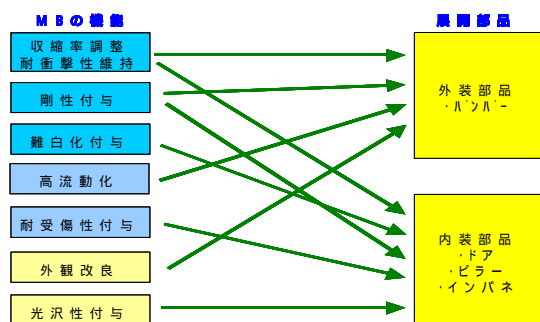


図14 高機能フィラーMBのコンセプト

図12で示したもう一つの手法であるダイレクトインラインプロセスはコンパウンドプロセスを通常PPのペレタイズのみを目的としたPP製造プラントの大型押出機を用いて行うことにより合理化を達成するものである。これにより、通常コンパウンディングプロセスの必要が不要である。本プロセスはコスト低減には非常に有効なものである反面、その製造スケールを反映し、単一/多量の用途向けにしか対応できない側面を有する。よって、用途により、ダイレクトインライン、通常コンパウンディング、高機能フィラーMBの使い分け/組み合わせを考慮する必要がある。

5. 高機能材料の開発

従来、自動車用のPP、PP複合材は機械的性質、成形性といったパフォーマンスの向上を目的に開発が進められてきた。一方、最近では、新たな機能を付与することによる部品としてのコスト低減または高機能化の観点でも開発が進められている。

一例として、最近実用化された白色原着バンパー材料(図15)を紹介する。



図15 白原着バンパー搭載車

本材料は従来、塗装により着色されていたPPバンパーをPP材料自体を着色することにより、その工程を削減したものである。工程の削減による合理化に加え、VOC削減の観点からも注目される技術である。本技術は単にPP材料を着色したものではなく、汚れ・傷等が付きにくい機能を含有した設計になっており、これにより塗装バンパーと同等の外観が達成されている。

6. 今後の展望

コストパフォーマンス、環境適合性の観点から、PP材料は今後も自動車用プラスチックの主流であり続けると考えられる。PPメーカーとしては単に自動車メーカーの要求に応えるだけでなく、社会的なニーズに対応するためにも、材料性能、機能の更なる向上

に努めたい。

PP自体の性能向上に関しては、Ziegler-Natta触媒のみならず、既に他分野で実用化されたメタロセン触媒⁹⁾の利用も含め、更なる開発が期待される。加えて、複合化技術に関しても、海外では既に一部実用化¹⁰⁾されているナノコンポジットやPPをベースとした新たなポリマーアロイなどの基礎研究¹¹⁾も活発で期待が大きい。これらにより、合理化や従来からの延長の性能向上だけでなく、新たな機能による新規の応用分野の創出が可能と考えられる。

一方、成形加工、部品設計からのPP材料の新たな使いこなしにも期待が大きい。このためには、成形・後加工技術自体の発展を待つのではなく、それに合わせ最適なPP材料と合わせ開発する必要がある。効率的な開発を進めるために、単にPPメーカーだけでなく、自動車メーカー、成形メーカー、機械メーカー、等のコラボレーションが必要と考えられる。このような関係の中で、グローバル化が必要な自動車PP材料分野に於いて、国内より新たな技術・材料を発信し続けたいと考える。

引用文献

- 1) 安田, JETI, 50, (2), 35 (2002)
- 2) 梅谷, 松田, 三宅, 自動車技術会論文集, 35, (2), 167 (2004)
- 3) 残華, Polyfile, 39, (1), 24 (2002)
- 4) 新井, 前原 プラスチックエージ, Oct., P72 (2004)
- 5) 吉田, 庄野, 小川, 川本, 田中, 栃岡, マツダ技報, 20, 103 (2002)
- 6) 疋田, 下鷓瀬, 自動車技術講演会資料, 65, 1 (2001)
- 7) 鈴木, 大久保, 伴野, 自動車技術会 2000 年学術講演会資料
- 8) 塚越, 富川, 占部, 田野井, スバル技報, 30, 225 (2003)
- 9) 金井, 第11回ポリマー材料フォーラム講演資料, 89 (2002)
- 10) Modern Plastic International, Aug. P28 (2004)
- 11) 中山, 藤田, 臼杵, 加藤, 佐野, 第51回高分子討論会資料

ポリプロピレンはその優れた性能や環境適合性の観点より、近年、自動車に使われるプラスチック材料の主流となっている。その背景はPP材料設計技術の向上、及び、新たな成形加工法を含めた使いこなし技術、により利用領域を拡大したことがあげられる。本発表は最近の成果を基に、その動向を解説する。

Polypropylene has been a major plastics used for automotive, because of its excellent performance along with environmental safety. Polypropylene adoption for automobile has been promoted by development of molecular or composite design and fabrication technology. In this report, recent trend of automotive PP is explained based on new thecnology.