

ポリプロピレンの開発現場 - The Future and Then - 第三回 SOPの時代

日本ポリプロ株式会社 第1材料技術センター長 藤田 祐二

自動車及びその素材産業の苦境は未だ底が見えない状況ですが本文が公開される頃には少しでも明るい兆しが見えればと期待します。一方、その様な情勢においても自動車の環境対応、軽量化の方針は変わることがなく、素材産業の一員としてその対応が益々重要な責務を負うべきと認識しております。

SOPとは

「SOP」は“Super Olefin Polymer”の略で1990年初頭以来、トヨタ自動車と国内PPメーカーが開発したバンパー用途を始めとした自動車用PP複合材の総称です。トヨタ自動車のTをつけたTSOPとして最新の自動車カタログにまでその名称が記載されています。カタログに素材名が記載される例は少ないのですが、素材そのものの最終製品への関与を表して頂いている意味で我々も誇りに思っています。

SOPの開発は1980年代末からで、それ以前にバンパー、インパネ等のPP部品は存在していましたが、力学物性の向上、成形性の向上、グレードの統合を目指してこの開発がスタートしました。先月号にて述べましたが、この時代PPメーカーは14社あり、その殆どがこの開発に携わることとなります。このような開発競争は他の自動車メーカーでも並行して行われていた訳ですが、SOP開発において特徴的なのは単に要求特性を満たす材料を開発する競争だけでなく、その材料のコンセプトを提案しメカニズムを検証する基礎研究も付随してなされたことです。約10年間にわたり各PPメーカーとも最新の技術や理論を駆使し開発材料の研究発表がなされました。最盛期の高分子学会の発表では各社の研究発表の連続で会場が超満員となる状況であり異彩をはなっていました。学会活動が表舞台とすると裏舞台の開発現場は新規PPの試作と複合化実験の繰り返しの毎日です。それらを合わせると当時の各社研究資源の大半がここに

注がれたと言っても過言ではないと思います。

SOPの概念

SOPの開発にはトヨタ自動車の当時の材料技術部長の野村氏による強烈なリードのもと材料概念が提案され、それを生かした高性能材料の開発がなされました。その経緯の詳細は当時の雑誌¹⁾に記載されていますが、野村氏により「概念がなかなか伝わらずに苦労した。時にはこれは宗教ですから信じて下さい。」などの会話もエピソードとして残っています。この概念を最初に生かし材料を開発したのが三菱油化で1991年にバンパー材として採用された、とあります。

SOPの概念は、エラストマーマトリックス、エラストマー相IPN構造、四角柱構造、が代表的なものです。多くの論文等により報告されていますが、当時ですら理解がされにくかったもの、再度見直しの必要がありそうなものなどもあり整理する必要があります。以下に反論を覚悟の上、私なりの現時点の解釈を述べます。

「エラストマーマトリックス」は「SOPはICPを主成分としそれに比較し少量のエラストマー、タルク（無機充填材）をブレンドした複合材料であるにも関わらずエラストマーがマトリックスである」、という概念です。電子顕微鏡写真を普通に眺めるとPP中にエラストマーとタルクが分散しているだけで概念は理解できません。しかしながらPPをよりミクロに結晶成分と非晶成分に分けて考えると、非晶成分をマトリックスとして結晶成分が分散し、その非晶成分にエラストマーが一部相溶性性能を発現していると理解できます。図1にPPの分子量と複合PPの衝撃強度の関係を示します。通常PPの衝撃強度は分子量の低下により大きく低下しますが、エラストマーがある添加量を超え

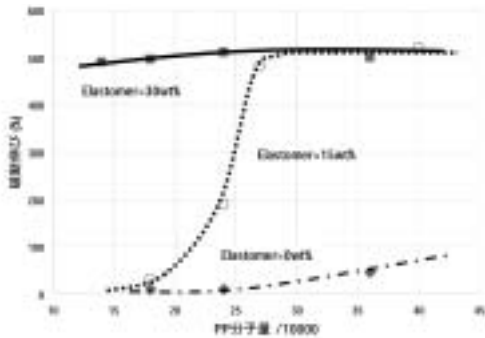


図1 各種エラストマー添加量におけるPP分子量と破断伸びの関係

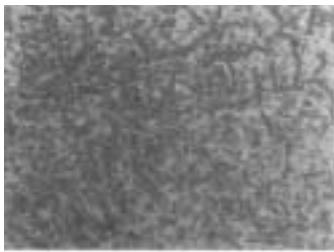


図2 エラストマーマトリックス中のPP結晶

るとその依存性がなくなります。これはエラストマーがマトリックスとして物性を支配し、衝撃強度の低いPPの性能をカバーしたと解釈できます。PP非晶にエラストマーが一部相溶している証拠は色々の手法で確認されていますが、有名なのはBC 8でもおなじみの佐野氏によるPP結晶とエラストマーが相溶化された非晶マトリックスの電子顕微鏡写真(図2)です。当時別会社にいた私はこの解釈に悩んだものです。この概念によりSOPでは従来に比較し低分子量のPPが利用でき、流動性が約2倍に向上しました。その後、PPバンパー材は更なる高流動化が達成されていますが、すべてはこの概念のおかげと解釈することもできます。

「エラストマー相IPN構造」は「相溶化されずミクロンオーダーで分散したエラストマー相中にポリエチレン(PE)の適度な微結晶をIPN(Interpenetrating Polymer Network)状分散させると優れた特性が発現する」という概念です。のエラストマーマトリックスもIPN的構造であったこととあわせダブルIPN構造とも呼ばれていました。エラストマー相の結晶は量だけでなくそのサイズや分散状態が重要です。図3に微結晶サイズと破断伸び、表面傷つき強度の関係を示しますが、この最適領域にて材料設計がなされています。近年エラストマー分野でも開発が著し

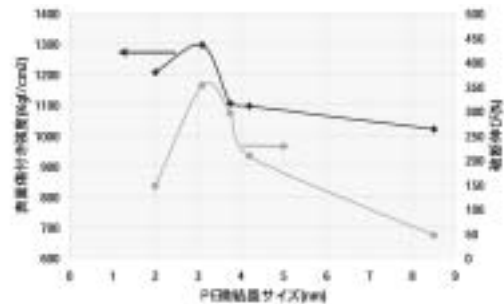


図3 エラストマー中のPE結晶サイズと物性の関係

く複合PPに適した新しいエラストマーが利用されていますが、その背景にはこの概念が生きていると信じています。

「四角柱構造」は「SOPの成形品には表面に垂直に四角柱状のPP結晶が配列しそれが性能を発現する」という概念です。成形品を表面に平行、垂直に観察した電子顕微鏡写真とそれから想像される3次元構造を図4に示します。優れた物性が発現したSOPではこの構造がより鮮明に観察されています。この写真の解釈に関しては今でも論議がありますが、確実なのは表面に垂直にPP結晶が成長していることで、その影響もあり表面硬度等の物性が向上しています。PP結晶の配向はX線解析により定量化され、表面硬度への影響が認められています(図5)。この構造の発現は射出成形により表面に平行に配向したエラストマー相やタルクの表面からPP結晶が成長されていることが確認されています。特にタルクの効果は顕著でその表面から鮮明にPP結晶が成長しています(図6)。PP配向にタルク表面が及ぼす距離から逆算すると僅か数%のタルク量で系全体の結晶配向が制御されることとなります。SOPの表舞台での研究ブームが去った今でもそのような観点での構造形成機構やタルク表面での相互作用機構などの研究は引き続き



図4 四角柱構造の模式図と電子顕微鏡写真

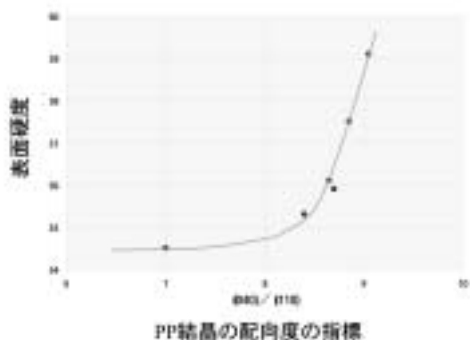


図5 結晶配向度と表面硬度の関係

なされるべきと考えています。

SOPの真実

以上の表舞台での研究とは別に、PPメーカーでの開発前線では先月号のBC8に匹敵する開発がなされていました。新しいPPの試作にはベンチスケール、パイロットスケール、本プラントの過程をへて開発されるのが一般的ですが、バンパー性能等の評価には少なくともパイロットスケール以上の試作品確保が必要でそのため早期からパイロット以上の開発がなされました。そのためには研究部門だけでなく全社的な取り組みが必要です。特に開発担当は他の開発を裂いてでもこのテーマに集中し、それを成功させなければならぬ重圧の中、取り組みます。更に、各社が競い合うことにより、レベルアップする中、必ず自分達はそれ以上優れた材料の開発ができるという信念を持ち続け開発を行いました。PP事業統合の中で元はライバル会社の研究者と仲間になるチャンスが何度かありましたが皆さん同じ経験をしています。私自身は基礎研究面からの支援、直接の開発研究を経験し、それをマネジメントする立場に至っていますが、どの段階でも同じ思いです。良く言われますがこの様な材料開発コンペに勝つ秘訣は勝つまでやめないことです。必ず出来るという信念とそれを達成する執念が必要です。我々の会社でも約10年かってやっと成功したテーマがつい最近もありました。

ところで先に述べた3つの設計概念はSOPのみならず全ての自動車用PP複合材にも通じるものですが、この実現も含め技術の根幹はベースPP技術そのものにあると思っています。先月号のBC8の秘密と同様、詳しくは言えませんがこの開発を期に複合PPとして性能を発揮するPPの構造とそれを達成する製造技術が大きく花開いたと考えて

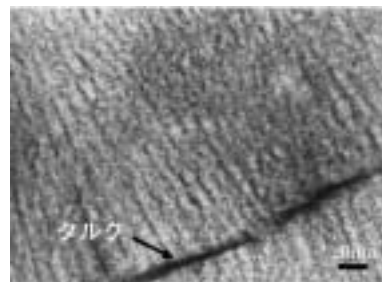


図6 タルク表面から垂直に成長した結晶

います。

SOP開発の意義と課題

SOPに代表される90年代の自動車用複合PPの開発はもはや世界中の自動車メーカーでの材料に技術が反映されており、自動車用途でのPPの可能性を一気に広げました。少し残念なのはこの時代に確立した設計技術が未だ主流であることです。SOPで提唱された概念のようなオリジナルな材料設計指針の創出により新たな高性能・高機能なPP材料が開発できることを信じ世界中のPP研究者とともに更なる開発を続けたいと考えています。エラストマーマトリックスの研究で初めて明らかになったPPとエラストマーの相溶性の効果は最新の機能性PP材料の開発につながるはずです。また、四角柱構造で研究されたPPとタルクの相互作用の解明は事実上達成が困難なPP系ナノコンポジットの開発につながるのではないかと思います。

一方、表舞台での基礎研究によりPP構造の解析技術も著しく進歩しました。PPの電子顕微鏡観察や一次構造解析技術などはこの時期に開発されています。これら技術は今や自動車用途のみならず様々な用途開発にも不可欠です。つまりSOPの時代に築いた技術は実は皆さんの周りの自動車部品以外の多くのPP製品にも反映されているのです。

参考文献

- 1) NIKKEI MATERIALS & TECHNOLOGY, 93. 1 (No. 125) P26

お問い合わせ先

日本ポリプロ株式会社

〒510-0848 三重県四日市市東邦町1

TEL 059-345-7073 FAX 059-345-7043

URL <http://www.pochem.co.jp/jpp/index2.html>