界面反応を利用した，ポリアミドエラストマーの直接接着技術とその応用

六 田 充 輝

Direct Bonding Technology by Chemical Reactions at the Interface and the Applications of Polyamide Elastomer (PEBA)

Mitsuteru MUTSUDA (Daicel-Evonik Ltd. Technical Center)

Regarding a bonding between conventional PEBA and TPU, it has following difficulties : (a) The PEBA which has less soft segment, i.e. harder PEBA is difficult to bond with TPU directly by Insert molding. (b) Overmolding TPU onto the inserted PEBA can not get a good bonding. Overmolding PEBA onto inserted TPU should be applied for a good bonding. (c) The bonding strength strongly depends on the chemical structure of the soft segment of TPU.

Daicel-Evonik Ltd. had prepared several kinds of PEBA's based on the concept of the bonding by interfacial reactions for the bonding test with TPU and it was confirmed the concept could solve these problems of conventional PEBA. Additionally it was found that PEBA specimen as an insert was not influenced by a storage time before TPU's overmolding, although TPU specimen lost its bonding performance by the time of the storage. This "PEBA insert system" was not available until Daicel-Evonik's new PEBA and PA12. It is expected that these advantages of Daicel-Evonik's new PEBA and PA12 will be able to contribute to new fine design, cost saving and stable mass production.

These new PEBA and PA12 also can bond with rubber based on K&K concept. Rubber + new PEBA + TPU three layer sheet is introduced as one of the examples of new application.

Key Words : PEBA, TPU, Rubber, Direct Bonding, Chemical Reaction, Interface

ポリアミド系熱可塑性エラストマー (PAE) は、熱可塑性エラストマーの中で最も新しく開発されたもののひとつで、ハードセグメントとしてポリアミドを、ソフトセグメントとして T_g の低い長鎖のポリエーテルジオールやポリエステルジオールを用いたマルチブロックコポリマーである。ポリアミド成分としてはポリアミド6あるいはポリアミド12 (PA12) などが主に用いられており、ソフトセグメントとしてはポリエーテルジオールを用いているものが多く、例えばポリ (テトラメチレン) グリコールやポリ (オキシプロピレン) グリコールなどが主に用いられている。PAEの合成は一般に、ポリアミドオリゴマーの生成とエステル化による高分子量化の2段階に分けて行われる。PA12をハードセグメントとするPAEについて、図1に、その最も一般的な合成方法についての概念図を示す。

他の熱可塑性エラストマーとの物性のおおまかな比較を表1に示す。PAEはその優れた特長から、自動車、スポーツ、家電、その他工業用途と、幅広く使用されている¹⁾。

近年筆者らは、材料としての高機能化の一環として、PAEをはじめとするポリアミド系材料に異種材料との複合接着性

能を持たせる試みを進めてきた。これは1999年より進めてきた熱可塑性樹脂-ゴム直接接着技術=K&K^{2,3)}をベースにしたものであり、それをさらに発展させて、熱可塑性樹脂同士との組み合わせであるTPUとの直接接着が可能な新しいPAE、PA12の開発にも成功している⁴⁾。

表2に、現時点におけるこの接着機構の概観をまとめる。ひとくちにK&Kという言葉で括ってはいるが、実際はすべて同じ接着機構というわけではなく、分子拡散 (ポリフェニレンエーテル=PPE系材料とスチレン系のゴム/エラストマー間の接着^{2,3,5)})、ラジカルによる化学結合形成^{2,3,6)} (主に過酸化物加硫系のゴムと、PPE系材料、ポリアミド系材料間

六田 充輝；ダイセル・エボニック(株) テクニカルセンター 所長，博士 (理学)，技術士 (化学部門)，(〒671-1281 姫路市網干区新在家1239) 平成16年 大阪府立大学大学院理学研究科物質科学 博士 (理学) = 論文博士，平成3年 ダイセル化学工業(株)入社 総合研究所高分子研究所，平成9年 ダイセル・ヒュルス(株) テクニカルセンターに異動 社名変更を経て現在に至る。専門は、ポリマーアロイ，接着。

図1 PAEの一般的な合成方法の概念図

表1 代表的な熱可塑性エラストマーの一般的な性能

分類 (一般略称)	ポリアミド系 (PAE)	ポリエステル系 (PEE)	ポリウレタン系 (TPU)	ポリスチレン系 (TPS)	ポリオレフィン系 (TPO)
ハードセグメント	ポリアミド	ポリエステル	ポリウレタン	ポリスチレン	ポリプロピレン
ソフトセグメント	ポリエステル or ポリエーテル	ポリエーテル	ポリエステル or ポリエーテル	ポリブタジエン or ポリイソプレン	EPR
比重	1.01	1.17 ~ 1.25	1.1 ~ 1.25	0.91 ~ 0.95	0.88
耐摩耗性	○	△	◎	△	×
耐屈曲性	◎	◎	◎	○	△
耐油性	◎	◎	◎	×	△
耐候性	○	△	△~○	×~△	○
用途例	ホース, チューブ ギア, 医療品 スポーツ用品	ホース, チューブ ギア, シール ジョイントブーツ	ローラー スポーツ用品	自動車, 電機 HMA, エンプラ改質 アスファルト改質	自動車内装 PVC 代替 PP, PE 改質

表2 K&Kの接着のメカニズムとその分類

接着機構		m-PPE	PA612, 半芳香族 PA PA12, PAE
(1) 高分子-高分子拡散		SBR ブレンド系ゴム ex. NR/SBR	—
(2) 化学反応	(2-1) ラジカル反応	過酸化合物加硫系ゴム ex. EPDM, IIR, BR, X-NBR, H-NBR, VMQ, FKM	
	(2-2) イオン反応	—	(a) 酸変性ゴム (b) フッ素系材料 (c) ウレタンエラストマー

の接着), イオンの反応による接着 (ポリアミド系材料とフッ素系材料, 酸変性ゴム, 熱可塑性ポリウレタン樹脂 (TPU) 間の接着)⁴⁾ の3つに大別される。

本稿では主にPAEおよびPA12と, TPUあるいはゴムとの接着複合化を中心に, これらの技術, 材料の可能性について述べてみたい。

1. PAEと異種材料の複合化の従来技術とその改善

1.1 PAEとTPUの複合化の従来技術と問題点

前述したように, PAEと複合化して用いられる代表的

な材料のひとつが熱可塑性ポリウレタンエラストマー (TPU) である。PAEの優れた力学特性とTPUの優れた耐摩耗性を組み合わせてスポーツシューズなどの分野で応用されている。

従来のPAEとTPUの複合化は, 接着剤を用いる方法の他に, インサート成形や二色成形といった方法が一般的に用いられている。こうした接着剤を用いない複合化は, ハードセグメントにアミド結合を持ち, ソフトセグメントにポリエーテルジオールを用いたPAEと, ハードセグメントにウレタン結合を持ち, ソフトセグメントにやはりポリエーテルジオールを用いたTPU

の、構造上の類似性、親和性を利用したものである。そのため、①特にインサート成形の場合、プロセス温度が高いPAEを先に成形し、プロセス温度が低いTPUをあとからオーバーモールドするという工程では複合化が困難、②TPUのソフトセグメントがポリエーテル系以外のもの（例えば、ポリエステルジオールを用いたもの）の場合は複合化が困難、③硬度差の大きいPAEとTPUの組合せは複合化が困難、といった制限があった。これらの制限は、現在ではもはや制限としてではなく一種の常識として認知されている感があり、新たにPAEとTPUからなる複合部材を設計する際においても予めこうした制限に抵触しないような設計しておく傾向がみられる。無難ではあるが、こうした「常識」が知らず知らずのうちに摘み取ってしまっているイノベーションの芽は決して少なくないのではないだろうか。

筆者らはこうした制限を取り除き、より幅広い組み合わせ、より自由な工程で複合化を可能とするために、異種材料界面での化学反応を利用することに着目、PAEの新しい可能性を拓くことに成功した。この新しく開発されたPAE、K1シリーズおよびより複合化性能を高めた新規開発グレードK2の一般物性を表3に示し、以下にその複合化性能について説明する。

1. 1. 1 接着の温度依存性とその改善による新しい複合化のプロセス

前述したように、従来のPAEとTPUの接着複合化の技術は基本的にお互いの分子構造の類似性や親和性を利用したものであった。従って、PAEとTPUが接着複合化するためにはそれぞれの分子の運動性が十分に高くなければならない。これに対し、界面での化学反応というコンセプトを基にした樹脂-ゴムの直接加硫接着の場合、樹脂の融点よりもかなり低い温度でも接着が可能であることがわかっていた²³⁾。そこで、この技術思想を基にしてPAEの分子構造を設計、これによりTPUとの接着性の温度依存性が小さくならないか検討を

行った。新しいPAEの基本構造は2種類（K1, K2）とした。主にK1はTPUと反応すると想定される官能基を導入したもので、K2は官能基に加え、さらにソフトセグメントをTPUとの親和性の高い構造にしたものである。それぞれについてソフトセグメントとハードセグメントの比率を変えることで数種類のPAEを準備し実験に供した。

図2は、接着複合化の際のプレス温度条件を変えて接着強度を測ったものであり、横軸はプレス温度とPAEの結晶化温度（ T_c ）の差を、縦軸は接着強度を表している。図中、■で示したのは他社品を含む従来のPAE、▲はK1シリーズ、○はK2に属する材料群である。従来のPAEは接着強度の温度依存性が大きく、また T_c よりもかなり高い温度で接触させなければ接着が起らない。それに比べK1シリーズは、 T_c に近い温度でも高い接着性が得られることがわかる。K2はK1と比べ、さらに低温でより高い接着性が得られている。これら従来のPAE、K1、K2という分け方は、それぞれ分子構造による分類と言い換えることが可能で、こうした分子構造の違いがこのように明確な接着性の違いとなって現れたことは非常に興味

図2 熱プレス温度と接着強度における、既存グレードとK1、K2の違い

表3 K1, K2 シリーズの一般物性

物性項目	テスト規格	単位	条件	E55K1	E62K1	E62K2	ZL9501 (PA12)
表面硬度	Shore D	-	-	54 ～ 55	61 ～ 63	60 ～ 62	76
密度	ISO 1183	g/cm ³	23℃	1.01	1.01	1.01	1.01
荷重たわみ温度（HDT）	ISO 75	℃	0.45MPa	65	90	95	110
引張降伏強度	ISO 527	MPa	23℃ 50% RH	-	18	21	40
引張降伏伸度		%		-	40	25	9
引張破断強度		MPa		21	36	45	60
引張破断伸度		%		50 <	50 <	50 <	50 <
引張弾性率		MPa		210	330	350	1300
シャルピー衝撃強度 （モールドノッチ）	ISO 179 1eA	kJ/m ²	23℃	NB	NB	NB	7
			- 30℃	NB	NB	18	9
TPU との接着性＊	エステルタイプ TPU			A	B	A	A
	エーテルタイプ TPU			A	C	A	A

* A … 極めて強い B … 強い C … 手で辛うじて剥離可能 D … 粘着 E … 全く接着せず

深く、特に従来のPAEとK1, K2の間で、TPUとの接着複合化の機構が異なることを示唆するものと考えられる⁴⁾。

反応を利用する接着のこのような特徴から複合化の工程の自由度も上がる。通常のインサート成形による複合化は、先にプロセス温度の低い材料を成形しこれをインサート、後からプロセス温度の高い材料をオーバーモールドし、インサート材の表面を若干融かすような形で行うのが通常である。しかし、K1, K2の場合はその逆の工程、すなわち先にプロセス温度の高い材料をインサートし、後からプロセス温度の低い材料をオーバーモールドする工程でも接着が可能である。プロセス温度が低い材料ほど弾性率、耐熱性が低いことが多く、インサート成形時に後から射出された材料の熱や圧力により変形する問題もしばしばあったが、逆の工程が可能になることによりこうした問題も解消される。さらに最終製品の形状によっては、こうした成形の順番の自由度が金型を簡略化し大きなコストダウンに繋がるケースもある。

1.1.2 ポリエステル系のソフトセグメントを有するTPUとの接着とその改善

図3は、ポリエステル系のソフトセグメントを有するTPU (BASF 195-50ET, ショア A95°) との接着強度について、従来のPAE、それと同程度の表面硬度のK1, K2の比較をしたものである。

接着サンプルは、まずPAEを射出成形し、次いでこれをインサートした上にTPUをオーバーモールドするという従来とは逆の成形方法で作製した。TPUの成形時のシリンダー温度は210℃とした。試験片の厚みはPAE, TPUそれぞれ2mm, 幅は15mmで、テンシロンによる180°剥離試験により評価した。参考までに、この試験において、通常40~50N/cm程度以上の強度であれば手で剥がすのは困難であり、30N/cm程度であれば粘着は確認できるものの手で容易に剥離させることができる。

図3の結果からわかるように、従来のPAEでは粘着レベルにしか接着しないものが、K1では剥離が極めて困難なレベルの接着が得られており、K2の場合はさらに強固な接着が得られている。

1.1.3 硬度差が大きいTPUとの接着とその改善

本来複合化においては、物性が大きく異なるものの組み合わせの方がそれぞれの特徴を生かした面白いものができ

図3 ソフトセグメントがポリエステル系のTPUとの接着

るものである。

ところが従来のPAE-TPUの複合化においては、硬度的に近いものは複合化が可能なケースがあったものの、お互いの硬度の差が大きいもの場合はなかなか十分な接着強度が得られなかった。これは、従来の接着機構は、PAEとTPUのハードセグメント同士、あるいはソフトセグメント同士が類似していることに由来しているため、硬度差が大きくなる=ハードセグメントとソフトセグメントの比率の差が大きくなることで、そうした類似性による親和性が損なわれるためだと考えられる。ちなみにPA12系のPAEの場合、ソフトセグメント量の増加に伴い球晶間非晶領域の増大と同時に球晶内非晶層の厚さが増大すること、WAXS測定結果から結晶構造はポリアミド12と同様に γ 型であること、結晶化度がハードセグメント成分に依存すること、などから、結晶領域はハードセグメントのみで構成されていると推定されている⁷⁾。図4にPAEの球晶の透過型電子顕微鏡観察の一例を示す。

図5はショアA70°と柔らかいTPU (BASF C70A) とショアD60°程度のPAEとの接着試験結果を示したものである。先にTPUを成形し、これを金型にインサートした上でPAEをオーバーモールドした。TPU成形時のシリンダー温度は210℃、オーバーモールドしたPAEのシリンダー温度は250℃であった。前項と同じく、PAE, TPUともに試験片の厚みは2mm, 幅は15mmである。従来のPAEでもやや強い粘着程度の接着力は得られているものの、基本的に手で剥離可能なレベルに留まっている。それに比べK1, K2はともに極めて強く接着し、強い力のかかるアプリケーションにも適用可能であることを示している。

PAEがショアD70°以上と硬い場合も、従来のポリアミド系材料の場合はTPUとの間には粘着程度以下の接着性しか得られない。PAEの物性として概ね硬度がショアD55°, 曲げ弾性率で200MPaあたりを超えると急激に接着力が損なわれる傾向が見られる。中には公称D55°程度の硬度で、ポリエーテル系TPUと二色成形やTPUイン

図4 透過型電子顕微鏡観察によるPAEの球晶

サートによるインサート成形で良好な接着が得られているものも見受けられるが、大抵の場合、実測の硬度は公称よりも低い。ところがK&Kのコンセプトを基に開発したPA系材料の場合、高硬度のPAEでも接着性には全く問題が出ないばかりか、極端な例としてはソフトセグメントを全く持たないPA12そのものでも強固な接着が得られる。

一例を図6に示す。これは接着性PA12（K1に相当）を一種の接着層としたTPUのローラーである。

柔らかいTPUを金属シャフトのローレットだけで固定しようとしても強いシアがかかれば、柔らかいTPUは変形し、ローレットの凹凸を超えて空回りを始める。接着剤を使用する場合も、工程上も事前の表面処理に手間がかかる上、接着剤中の溶媒によるクラックの発生なども問題となる。図6に示すローラーでは、ローレットだけでも充分に固定できる硬いPA12を金属シャフト上にオーバーモールドし、これを接着層としてさらにTPUをオーバーモールドするという方法でこの問題を解決している。こうして得られたローラーは高い回転トルクでも使用でき、しかも長寿命である。工程管理も容易であり、環境にも優しい。しかしこのローラーを通常の工程、すなわち、TPUを先に成形し、後からTPUと金属シャフトの隙間にPA系樹脂をオーバーモールドするという方法で作成することは金型設計上困難であるし、通常のPA（E）の場合は例え工法的に従来工法が使えたとしてもTPUとの硬度差から十分な接着は得られない。新しいPA（E）による工法、材料の組み合わせの拡がり、複合化製品のデザインの可能性を上げ、従来作ることのできなかった新しいアプリケーションの開発を可能にすることができたひとつの例といえよう。

1.1.4 インサート部材の保管時間が接着性に及ぼす影響とその改善

前述したように従来のPAEとTPUのインサート成形による複合化では、プロセス温度の関係からTPUをインサートする工法をとる必要がある。しかしその一方で、TPUのインサート材の保管時間が長くなると接着不良が発生することが知られている。そのためTPUのインサート材の保管については厳密な管理が必要であった。このTPUのインサート材

の問題は新しいPAEにも多かれ少なかれ残っているが、興味深いのはPAEをインサート材としTPUをオーバーモールドする場合にはインサート材の保管時間は接着にほとんど悪影響を及ぼさないことである（図7）。成形物表面としてPAEの方がTPUよりも安定であるためと考えられるが、この工法はPAEをインサート材として使える我々の新しいPAEで初めて可能になる工法であり、安定した量産技術という観点から生産技術的に重要な技術といえよう。

以上のような新しいPAEの、TPUとの接着における特長を、従来のPAEと比較して表4にまとめた。

1.2 ゴムとの直接加硫接着^{2,3,5,6,8)}

冒頭に、この新しいPAEの開発のベースとなったのが熱可塑性樹脂-ゴムの直接接着技術であると述べたように、これらのPAEはゴムとの直接加硫接着も可能である。その接着機構は、ゴム中の架橋剤、特に有機酸化物由来のラジカルを起点に、ゴムの架橋反応時に樹脂-ゴム界面でも架橋反応を進行させて接着するというものである。

もともとのヒュルス社のコンセプトでは、ポリアミド系材料とゴムとの接着は、主にゴムが酸変性ゴムである場合にポリアミドと酸成分との親和性により発現するものとされていたが、筆者らの実験で、必ずしも酸変性が必要ではないこと、同種のゴムによる処方でも架橋剤の種類や量により接着性に差が出る、逆にゴム種が異なっても適当な架橋剤を使えば接着すること、樹脂側に過剰量の耐熱安定剤の類を配合すると接着性に問題が生じることなどがわかってきた。これらの現象を分子軌道計算によって検証したところ、有機過酸化物由来のラジカルによる、樹脂に対する水素引き抜き反応性の見積もりと実際の接着実験結果とがよく合致することが確認できた⁶⁸⁾。2006年に発表された柳谷ら（財）の報告⁹⁾によると、PPE樹脂組成物（m-PPE）とEPDMコンパウンドの接触によりEPDM中の過酸化物がPPE樹脂組成物表面に移行すること、さらにm-PPEとEPDMから成るクロロホルムに不溶な架橋層が形成されていることが、FT-IR-ATR法などによって確認されている。

図5 低硬度のTPUとの接着

図6 新規PA系樹脂の接着性を利用した接着剤レスローラー

また、この論文では、m-PPEとPA66の、180℃加熱条件下での炭素ラジカルの発生状況について電子スピン共鳴法（ESR）による比較分析を行っているが、その結果によるとm-PPEから検出された炭素ラジカル量はPA66の約3倍となっており、これによりm-PPEとPA66のEPDMとの接着性における差を説明できるとしている⁹⁾。この結果は筆者らのこれまでの実験結果とも前述の分子軌道計算の結果ともよく合致している⁶⁸⁾。

なお、複合化手法として、これまでは主に射出成形やトランスファー成形が実績として挙げられてきたが、近年ゴムと樹脂の同時押出（共押出）による複合化も可能なことが実証されてきている。これも開発の可能性を拓ける新たな成果と言える。

2. 直接接着技術の応用例

本稿で紹介した直接接着技術によるポリアミド系材料とゴムの複合部品は、既に自動車部品、弱電製品の主にシール部、高機能ローラーなどに採用されているが、ここでは最近出てきたスポーツ関連のアプリケーションについて紹介したい。

図8は、PA12フィルムに直接ゴムを接着させた複合化フィルムを用いた新しいランニングシューズである。ゴムはスタッドとして用いられているが、従来のTPU系の材料と比べ、より低硬度、高グリップで同等以上の耐磨耗性能を有し、400km以上の試験走行で樹脂-ゴム界面での剥離やゴムそのものの磨耗に

よる脱落は観察されなかった。ここでPA12フィルムは一種の接着層としての役割だが、このフィルムが介在することにより、スタッドとして必要な部分だけをゴム化することが可能になり全体としての軽量化にも繋がっている。表5は、各種路面上でのグリップ性を評価したものであるが、ウレタン系のものとの比較では材質の差が、従来のフルラバーのものとの比較では形状の複雑さによる差及び中野製作所作製のゴムの優れた物性による差が明瞭に見て取れる。ランニングシーンで想定される様々な路面で、従来に無い高いグリップ性能が期待できる。ランニングシューズ以外にも、こうしたゴムの特徴を生かしたスタッドは、人工芝や体育館などでの競技が増える中、摩擦熱によって融けてしまう熱可塑性エラストマーにとって代わるものとして今後開発が進むのではないかと予想される。

このコンセプトは単に靴底にのみ有効なものではない。従来からしばしば「架橋ゴムをインサート材とし、これに接着する熱可塑性材料の開発はできないか」との問い合わせを受けてきた。実際、いくつかの実験では良い結果が得られたが、ゴムの処方そのものが星の数ほど様々にある上一般にはそれが開示されないこと、ゴムは柔らかいため熱可塑性樹脂をオーバーモールドした際にその射出圧等で変形してしまい接着面が安定しないという製造技術上の困難があること、などの問題があった。

前述したように、新しく開発したPA12及びPAEは、TPUとのオーバーモールドにおいて、インサート材として用いても強い接着が得られる。図9は、PAフィルムとゴムを複合化したものをインサート材として用い、これにTPUをオーバーモールドすることでゴム/PA/TPUの三層構造にしたものである。ゴムとPAはラジカル反応により界面で反応に強い接着をし、さらにこのPA層がTPUの接着層として働くと同時に、TPUをオーバーモールドする際のゴムの変形を防ぐ保護層にもなっている。こうしたコンセプトが、前述した加硫ゴムの直接接着という潜在ニーズのひとつの解になるかもしれないと考えている。図9に示した例はTPUとのオーバーモルディングであるが、熱可塑性樹脂同士の複合化についてはオーバーモルディングの他にもレーザーウェルディ

図7 K2とTPU（Desmopan8792A）の接着強度における、保管時間の影響と成形順序の影響

表4 従来のPAEとK1およびK2の、TPUとの接着特性の違い

項 目		従来のPAE	K1, K2
材料	TPUと複合化可能なPAEの硬度	ショアD硬度で55°以上になると接着性が大きく低下する。	ショアD硬度で70°を超えるような高硬度のものでも、強い接着力を維持。
	複合化可能なTPU	・硬度の近いTPU。 ・ソフトセグメントがポリエーテルジオールタイプのTPU。	・硬度差があるTPUとも接着。 ・TPUのソフトセグメントの構造に関わらず接着。
工法	接着温度	かなり高温でなければ難しい。	比較的低温でも接着が可能。
	工程	インサート成形の場合は、原則として先にTPUを成形し、後からPAEをオーバーモールドする形でなければ接着しない。	工程に大きな制限はなく、PAEを先に成形しても接着が可能。

表5 各種ソール形状とそのグリップ特性

試験条件：9mm厚 EVAフォームと貼りあわせ、EVA側に荷重1kgをかけた状態で、各路面における抵抗値を測定。単位＝[N] 最も高い値のものを太字にした。

場所	乾いた路面			濡れた路面		
	TPU	フルラバー	K&K	TPU	フルラバー	K&K
人工芝	10.5	9.6	11.7	6.6	6.9	8.0
アスファルト	6.1	6.3	6.4	5.2	4.6	5.7
砂利	3.8	3.9	4.2	5.1	5.3	5.9
コンクリート	5.8	5.7	6.9	5.0	5.0	6.1
運動場	5.7	6.2	6.5	8.2	7.4	8.5
ゴム面	8.6	8.9	12.5	7.7	7.4	10.4
タイル床	6.6	5.9	8.1	4.0	3.7	4.1
木床	5.8	9.4	7.5	3.2	3.7	5.8

図8 PA-ゴムコンポジットシートを使ったニューバランスジャパンの新型スポーツシューズ

図9 ゴム-PAフィルム-TPUの三層複合化シート

ング、超音波融着など様々な工法があり、これらとの組み合わせで様々な可能性が期待できるからである。

3. 今後の展望

異なる材料を組み合わせ、新しい機能を持ったものにすること—それはもともとの材料の価値を何倍にもする。さらに、ダイセル・エボニックが開発した樹脂材料群の「複合化」という特長は、目に見えるアプリケーションという形だけでなく、そのアプリケーションを形作る製造工程にも何らかの貢献ができるのではないかと考えている。

また、「複合化」は単なる材料と材料の組み合わせだけではなく、異なる技術的なバックグラウンドを持った企業間、あるいは大学や研究試験機関との「複合化」＝協業が必須である。是非、材料、加工技術、アプリケーション開発技術…をうまく「複合化」させた協業の中で、新しい、高付加価値なモノ作りを行っていききたい。

References

- 1) Komatsu, K. : Netsukasosei Elastomer - Kiso, Ouyou, Shijou,

- Syouraitenbou, Nikkan Kogyo Shinbunnsya (1995)
 2) Mutsuda, M. : *Plastics Age*, **56**, 67 (2009)
 3) Mutsuda, M. : *Nippon Setchaku Gakkaishi*, **42**, 245 (2006)
 4) Mutsuda, M. : *Plastics Age*, **52**, 110 (2006)
 5) Mutsuda, M. ; Omae, H. : *Macromolecules*, **37**, 3346 (2004)
 6) Mutsuda, M. ; Komada, H. : *J. Appl. Polym. Sci.*, **95**, 53 (2005)
 7) Kita, M. ; Sasaki, K. : *Nippon Gomu Kyokaishi*, **57**, 753 (1984)
 8) Mutsuda, M. ; Komada, H. ; Ikuta, T. : US Pat. 7175916B2
 9) Yanagiya, N. ; Terai, E. ; Omura, Y. ; Mukai, K. ; Ishida, T. ; Watanabe, T. ; Otake, Y. : *Nippon Gomu Kyokaishi*, **79**, 557 (2006)

日本語表記参考文献

- 1) 小松公栄：熱可塑性エラストマー基礎・応用・市場・将来展望，日刊工業新聞社（1995）
 2) 六田充輝：プラスチックスエージ，**56**，67（2009）
 3) 六田充輝：日本接着学会誌，**42**，245（2006）
 4) 六田充輝：プラスチックスエージ，**52**，110（2006）
 7) 喜多雅己，佐々城賢一：日本ゴム協会誌，**57**，753（1984）
 9) 柳谷奈津子，寺井英次，大村靖，向井喜一郎，石田健哲，渡邊智子，大武義人：日本ゴム協会誌，**79**，557（2006）