成形加工による表面・界面制御

成澤 郁夫*

従来より材料は本来もっている固有の性質、いわゆるバルクの性能に基づいて利用されてきているが、近年は新しい機能を形態やエネルギーの状態に基づいて創生する試みが盛んになってきている。界面・表面の性質に着目するというのはその典型的な例である。例えば、プラスチック材料は構成する分子種を重合することで決まるバルクの性能をそのまま利用することで目覚しく発展してきたが、現在ではこの方法による新しい材料はほとんど開発しつくされたといってもよい状況になっている。しかし、ポリマーブレンドや複合化という方法を使えば新しい性能や機能をもつ材料が無限に生まれる可能性があり、成形加工の段階で新材料や新機能の開発に成功してきている。この場合、複合化により組み合わされる材料の種類が多ければ多いほど多様な新機能を期待できるが、バルクに対する表面・界面の割合もそれに比例して増大してくるので、いかにこのときの界面・表面を制御するかということが重要になってくる。

もともと、界面の現象を取り扱う界面科学はコロイド粒子の分散や界面活性剤などを取り扱う界面化学またはコロイド化学として古くから発展してきたものであり、また、表面の工学的な問題については塗装や接着の技術としてやはり古くから取り扱われてきている。固体表面がバルクともっとも異なるのはなんといってもその自由エネルギーの差である。バルクでは熱力学的に安定な結合状態にあるものが、表面ではその結合が切れた状態で露出しており、本来であれば結合すべき力が空間にはみ出していることによって高いエネルギー状態になっている。この不安定な状態はそのままでは長く続くことができないために、空気中に表面がある場合には酸化したり、水分を吸着したりして少しでも安定になろうとする。あるいはまた、表面の分子自身が再配位や再配列したりして、やはり少しでもポテンシャルエネルギーの差を解消しようとする。しかし、それでもなお、固体バルク内部より高エネルギー状態を保って

活性状態にあるのが表面なのである。したがって、表面ではバルクと異なって、たとえば吸着、親水、疎水、電気、磁気、光、触媒、接着などの特異的な化学あるいは物理的な現象が生じることになる。

界面についても異物質表面間で同様なことが起きることになる。高/低表面エネルギー界面を安定してそのままの状態に保つことはできないから、この界面間のエネルギーバランスをどのように制御するかが、優れた複合材料を実現できるための鍵となる。たとえば、ポリマーブレンド系では、それぞれの異なった成分の化学構造、分子形状、サイズや分子間凝集力の組み合わせを適宜選択して、各異種成分が互いに僅かながら相溶性を持つようにする。このような組み合わせに対して、成形加工では外部から機械的、熱的エネルギーを供給しながら安定なドメインサイズをもったミクロな相分離構造をつくりあげる。結局は局所的なドメインの界面制御がマクロな性能、しかも均一なバルク構造では得られなかった特性を実現させるのである。互いに僅かながら相溶性を有する成分の界面は固体同士が接触している状態とは明らかに異なり、最近では、純粋の界面というよりいわゆるインターフェーズという、2成分間のエネルギーバランスを調整する厚みのある中間層を形成していると考えられている。界面・表面の問題ではむしろこのインターフェーズをどのように設計し、実現するかということが基本になっている。インターフェーズの問題は界面だけに限らず、表面においても、たとえば多層の複合塗膜によってエネルギーバランスを図って強固な塗膜を得るという技術に結びつくが、これはまた同時に表面から組成が順次変化していく傾斜機能材料の基本となる。生体適合材料、光学・記録材料、薄膜材料など表面・界面、さらにはインターフェーズや傾斜構造の制御を成形加工技術でどのように図れるかということが今後の新材料、新機能を開発するためのキーテクノロジーといえる。

* Narisawa, Ikuo
那須塩原市北弥六 414-22 (〒329-3132)
2006.3.11 受理