

## タフポリマーがポリマーの常識を変える

### ◆「しなやかポリマー™」(タフポリマー) プロジェクトの成果が発表された

自動車は燃費改善のため軽量化が強く求められている。自動車の構造材には、主に金属が用いられてきたが、ポリマーは金属に比べて軽いため、金属代替としてのポリマー材料の開発が進んでいる。炭素繊維やガラス繊維とポリマーの複合材料などだ。しかし、従来のポリマーにはタフネス(固さ)としなやかさにトレードオフの関係があり、固く強くすると脆くなり小さな欠陥が急激に大きくなり、破壊が進む。そのため安全に直接影響しない部品など用途は限られていた。

この難題の解決を目指して発足したのが、内閣府主導による革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の一つである「超薄膜化・強靱化『しなやかタフポリマー』の実現」プログラムであり、2019年1月15日に最終報告会が開催された。主な開発アイテム(図1)は、主に自動車用に開発したもので、それらの材料を合わせてコンセプトカー(ItoP)を製造した。電気自動車で実際に走行が可能だ。



図1 タフポリマーの開発アイテムとコンセプトカー  
(出典: 内閣府、科学技術振興機構(JST)主催の最終成果報告会配布資料)

### ◆リング状構造をポリマーに導入し、トレードオフを突破

通常ポリマーは化学結合で強固に結びついているが、タフポリマーはリング状のポリロタキサンの中をポリマーが貫通する構造を組み込むことで(図2)、衝撃

を受けた場合でも滑るように変形する。力を緩和することで「しなやかさ」が可能になり、高強度、高弾性で、かつ破壊しにくい疲労耐久性を実現できる。

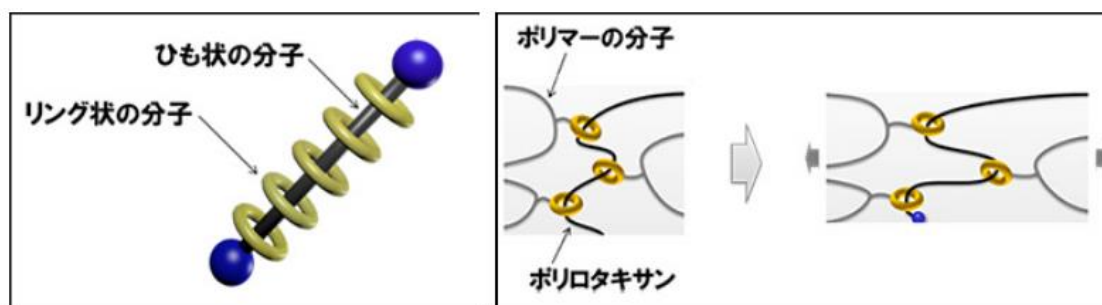


図2 しなやかタフポリマーの構造模式図（出典；9月28日の発表資料  
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20160928-2/index.html>）

#### ◆タフポリマーの自動車用途での開発が進む

18年9月28日、東レ、JST、内閣府は、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）のポリマー材料にタフポリマーを導入する技術を確認したことを発表した、図1のコンセプトカー（ItoP）の外板に使用されている。従来のエポキシなどの熱硬化性樹脂に比べて約3倍の耐疲労特性を実現した。20年代前半の実用化を目指す。

リング状構造の導入技術は、その他の用途への応用も進んでいる（図1）。自動車に使われるガラスは重く、ポリマー化による軽量効果も大きい。ポリマーの候補としては透明樹脂の代表のポリカーボネート（PC）とアクリル（PMMA）がある。光学特性や耐久性はアクリルが優れるが、衝撃に対して弱く割れやすいという欠点があった。住友化学は、PMMAにリング状構造を導入し、強靱なアクリル製窓の開発を報告した。三菱ケミカルはリチウムイオン電池用薄膜高強度セパレータ開発を報告している。セパレータは薄いほうが電池の厚みも薄くなるので多層化が可能になり容量を増やせる。しかし薄くなると強度が弱くなり、経年で析出するリチウムの結晶が膜を突き破って短絡し、火災などにつながる。ポリプロピレンにリング状構造を導入することで従来の20  $\mu$ mから5  $\mu$ mに薄膜化し、強度が2倍になったことを報告している。これで20%程度航続距離が改善した。そのほかタイヤのゴムや、燃料電池の電解質膜などが開発されている。

リング状構造をポリマー骨格に導入することで「しなやかさ」を発現する技術は様々なポリマーへの応用が可能で応用範囲が広い。ポリマーの特性の大幅な改良と金属代替としての用途の広がり、環境への貢献が期待される。 【松田英樹】