

PMMAをベースとした軽くて頑丈な透明樹脂を開発
～自動車前面窓の耐衝撃性試験をクリア～

住友化学株式会社は、このたび、内閣府の総合科学技術・イノベーション会議が推進する革新的研究開発プログラム（以下、「ImPACT」）「超薄膜化・強靱化『しなやかなタフポリマー』の実現」の一環として、ガラスや金属の代替となる高剛性・高タフネス透明樹脂を開発しました。

<研究の背景と経緯>

近年、自動車の軽量化による省エネルギー化を目指して、金属やガラス製部材から樹脂への置き換え研究が進められています。例えば、前面窓やルーフ部材といった自動車のキャビン構成する部材を透明樹脂に置き換えることができれば、軽量化による省エネルギー化だけでなく、視野確保による安全性の向上や解放感のある空間の実現といった新たな付加価値も期待できます（図1）。

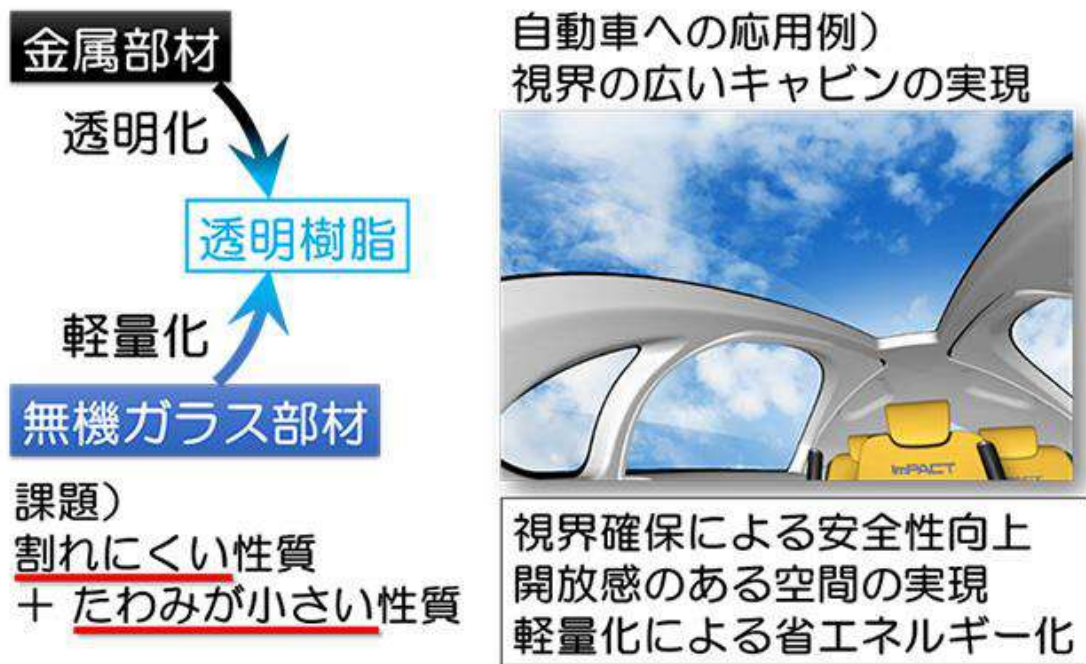


図1 『高剛性・高タフネス透明樹脂』への期待と課題

しかし、従来の透明樹脂は、金属やガラスと比べるとたわみやすく、部材の設計強度を維持するためには部材自体を厚くする必要がありました。そのため、本来の目的である軽量化効果が大幅に低下し、意匠性も損なわれるといった課題がありました。

PMMAは、プラスチック材料の中で最高レベルの透明性、高い耐久性と傷がつきにくい硬さを兼ね備えた樹脂です。本プログラムでは、このPMMAを技術の出発点として、産学の密接な連携の下、たわみが小さく、かつ割れにくい革新的な高剛性・高タフネス透明樹脂の開発に着手しました（図2）。

<研究の内容>

一般的に樹脂材料の破壊挙動として、樹脂材料を引っ張った際に、ほとんど伸びることなく途中で突然割れてしまう脆性破壊、および樹脂が伸びきってから切れてしまう延性破壊が知られています。脆性破壊を示す代表的な透明樹脂としてPMMA、延性破壊を示す代表的な透明樹脂としてはポリカーボネートが知られています。PMMAは剛性が高いたわみにくい反面、割れやすいという性質を有していますが、ポリカーボネートは割れにくい反面、剛性が低いたわみやすいという性質を有しています。そのため、PMMAをベースに高剛性・高タフネス樹脂を開発するためには、PMMAのたわみにくい性質を維持しながら、延性破壊を示す樹脂材料の割れにくい性質を付与する必要がありました（図2）。

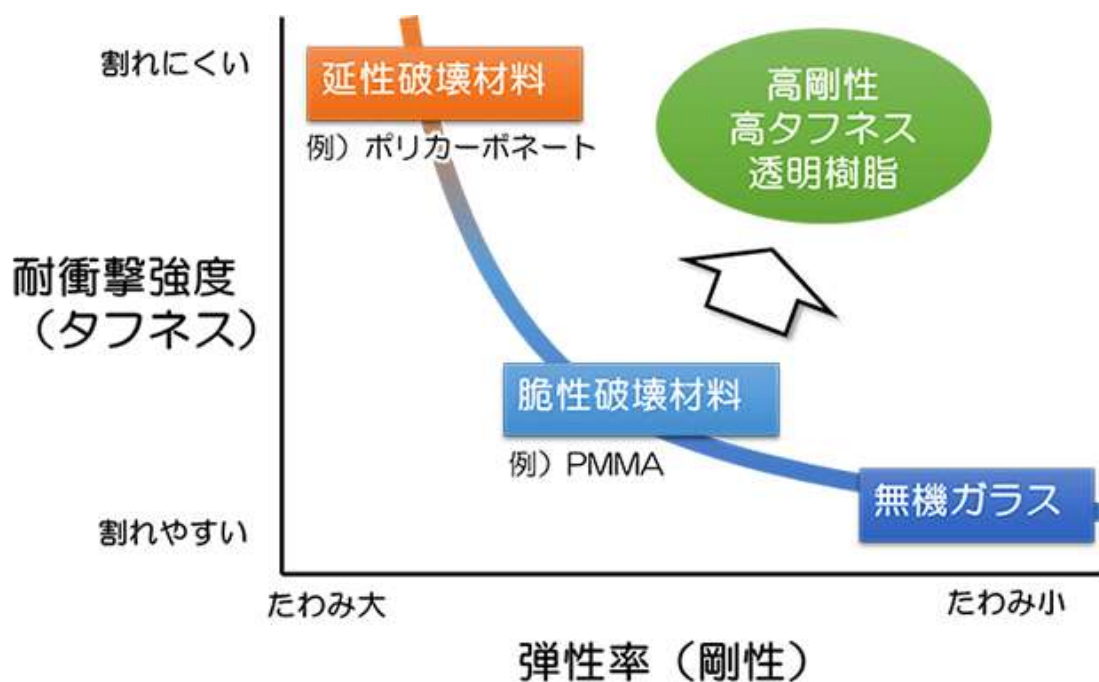


図2 高剛性・高タフネス透明樹脂のターゲット

本プログラムにおいては、ガラス状ポリマーの脆性－延性転移挙動に着目し、破壊挙動の分子レベルでの本質理解を深めるとともに、PMMAの高剛性・高タフネス化技術の確立に取り組んできました。

具体的には、以下のサイクルを回すことで、脆性破壊および延性破壊のそれぞれの機構をミ

クロな視点で解析し、そこで得られた知見を分子・材料設計や高次構造設計に反映して開発を進めてきました。

- ① 大規模放射光設備などを活用した破壊過程の観察・解析により、破壊機構を解明し、脆性・延性挙動を支配する分子構造や分子レベルでの高次構造の指針を得る。
- ② 本プログラムの共通課題として進められている理論物理・計算機による破壊シミュレーションを活用し、最適な分子構造や分子レベルでの高次構造の指針を得る。
- ③ ①②で得られた指針に従い、分子・材料設計や成形加工プロセスによる分子レベルでの高次構造制御を行い、設計指針の検証を行うとともに、検証結果を機構解明やシミュレーション構築にフィードバックする。

その結果、曲げ弾性率については延性破壊を示す従来の透明材料に対して約1.6倍、シャルピー衝撃強度については脆性破壊を示す従来の透明樹脂に対して10倍以上の革新的な高剛性・高タフネス透明樹脂の開発に成功しました。本樹脂を自動車のルーフ部材に適用した場合、合わせガラス重量の6割超、鋼板重量の4割の軽量化が期待できます(図3)。また、本樹脂は、自動車用安全ガラス試験(JIS R 3212)に準拠する前面窓用合わせガラスの耐衝撃性試験をクリアしています(図4)。

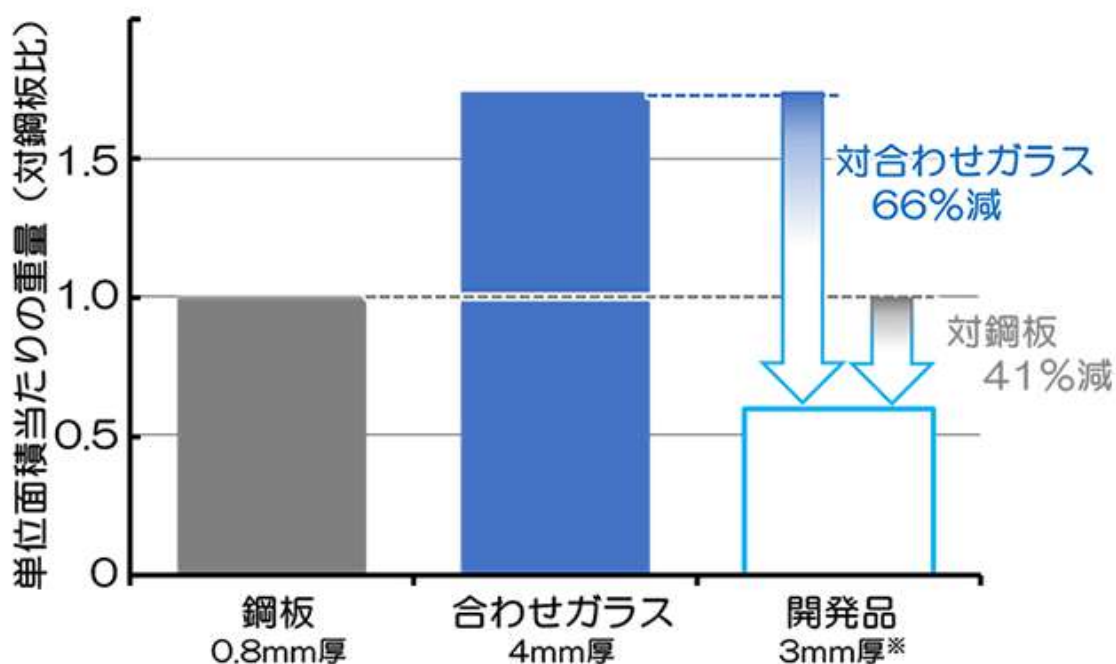


図3 開発品を自動車ルーフ部材に適用した際の軽量化効果

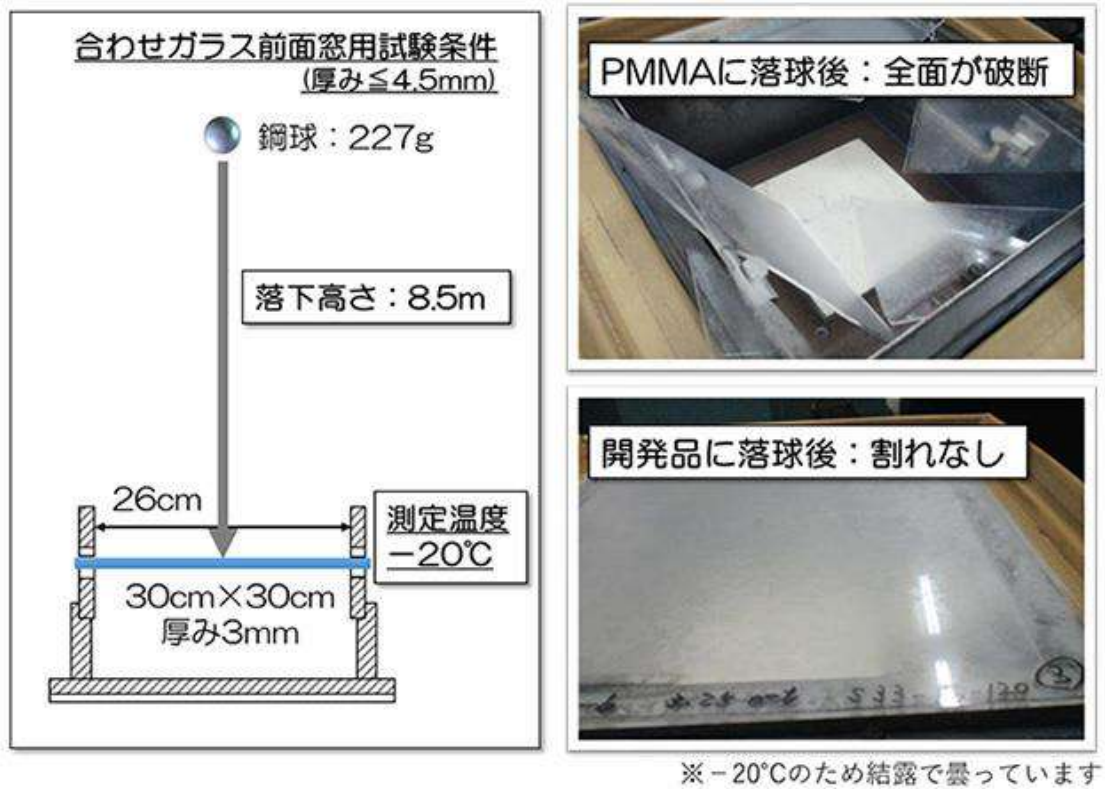


図4 自動車用安全ガラス試験 J I S R 3 2 1 2 耐衝撃性試験