

プログラム名：超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現

PM名：伊藤 耕三

プロジェクト名：透明樹脂強靱化プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

高靱性透明樹脂の開発

研究開発機関名：

住友化学株式会社

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本開発の目標は、高剛性／高タフネスを両立した高靱性透明樹脂の実現である。具体的には、アクリル系樹脂を主とした透明樹脂に関して当社が有する各種重合技術、無機材料とのナノコンポジット化技術、熔融押出成形等の加工技術などと、環動ポリマー（ポリロタキサン）などの超分子技術や、破壊に関する分析・解析技術、破壊のシミュレーション技術などを組み合わせることで、これまでにない高剛性かつ高タフネスの透明樹脂を実現する。

### H28年度の研究開発計画

H27年度の検討結果を踏まえ、透明樹脂の強靱化に対して最適なポリロタキサンを見出す。具体的には、ポリロタキサンとして、ロタキサン量(包接率)、修飾基の種類、修飾率、分子量などを変え、得られる物性との相関から、最適なポリロタキサン構造を見出す。また、靱性向上に向けて成形加工による配向制御との組み合わせの検討を進める。

また、透明樹脂の高剛性化に対しては、PMMAへ無機フィラーを分散したナノコンポジットの最適化を検討し、強靱化技術との組み合わせにより性能発現を狙う。

モルフォロジーの観察やポリマー構造の分析を行い、物性との相関を検証し、最適なポリロタキサン選定に役立てる。また、破壊過程の観察・解析など破壊挙動の把握検討や破壊シミュレーションを行い靱性発現のメカニズム解析を進め、強靱化の検討にフィードバックする。

### H28年度の研究開発目標

・透明樹脂強靱化に適した最適なポリロタキサンの選定を行う。

(ポリロタキサンのロタキサン量(包接率)、修飾基の種類、修飾率、分子量などが物性に与える影響を把握して最適化を行う)

・成形加工による配向制御との組み合わせによる更なる強靱化を検討する。

・無機ナノフィラー添加系での検討に着手し、高剛性かつ高靱性の性能発現検討を検討する。

・ポリロタキサン添加樹脂のモルフォロジー観察やポリマー構造分析を行い、物性との相関を検証し、最適なポリロタキサン選定を行う。

・破壊過程の観察・解析などによる破壊挙動の把握や、破壊シミュレーションを行うことで、ポリロタキサン添加による靱性発現のメカニズムの解析を進め、材料設計に役立てる。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

#### (1)高靱性透明樹脂の開発

キャスト重合法によって得られるポリロタキサン/PMMA複合体について、最適なポリロタキサン構造の検討をおこなった。また、ポリロタキサンのモルフォロジー観察を行い物性との相関から、最適なポリロタキサン構造について考察した。シクロデキストリン(CD)環一つあたりに導入する重合反応基の数に対して靱性の指標となるシャルピー衝撃強度が極大となることが分かった。モルフォロジー

はポリロタキサンが海、PMMA が島の海島構造を有しており、CD 環あたりの重合反応基が増大するにしたがって、PMMA 相の粒径が小さくなり、それに伴い衝撃強度は増大した。更に反応基を導入していくと、相互侵入型のモルフォロジーに近づき、衝撃強度が低下することが分かった。

### (2) 配向制御による靱性の向上検討

成形加工による配向制御との組み合わせによる更なる靱性強化を検討した。PMMA においても特定の配向を制御することによって高い靱性を発現させることができたが、環動架橋構造を有するポリロタキサン/PMMA 複合体ではより幅広い配向度領域において高い靱性を示す結果が得られた。配向構造と破壊機構の解析について継続して進める。

### (3) 無機ナノフィラー添加による剛性向上検討

PMMA へ無機フィラーを分散したナノコンポジットの最適化を検討している。ナノシリカの添加により、シリカ表面に拘束された PMMA 層の生成が確認された。剛性の向上に寄与していると考えられる。更にナノシリカコンポジットに配向制御を加えることで PMMA の拘束量が增大することを確認した。

## 2-2 成果

ポリロタキサン/PMMA 複合体について、靱性（シャルピー衝撃強度）を極大化させる最適なポリロタキサン構造（CD 環あたりの重合反応基数）を見出した。また、PMMA へナノシリカを分散させたナノコンポジットについて、シリカ表面に拘束された PMMA 層が剛性の向上に寄与している可能性を見出した。更に、成形加工による配向制御を組み合わせることにより、従来の靱性と剛性のトレードオフの関係から抜け出すことに成功した。（図 1）

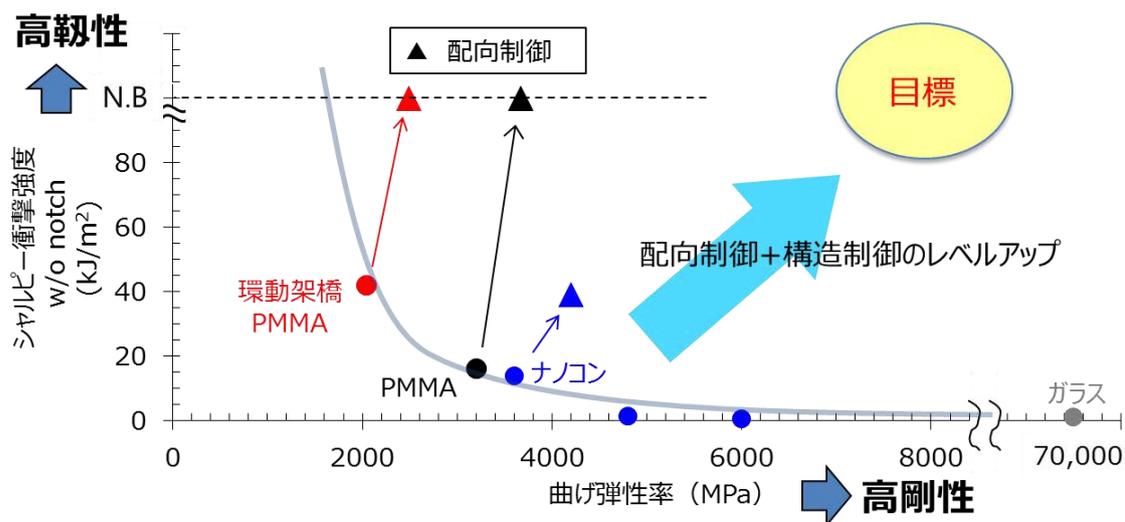


図 1 配向制御および構造制御による物性改良結果

### 2-3 新たな課題など

ナノシリカ添加系では、配向制御の範囲が狭くなり、大幅な靱性の強化が達成できていない。環動架橋 PMMA との組み合わせについても検討したが、外観及び靱性が劣化した。フィラーの種類、ポリロタキサン構造、ポリマー構造などを最適化することにより、配向制御+構造制御のレベルアップを目指す。配向制御による靱性の向上機構などの解析・分析により破壊機構を解明し、破壊シミュレーションにより、最適化検討にもフィードバックする。

### 3. アウトリーチ活動報告

特になし。