



光反応が作り出す高強度・高耐熱・ 高透明性バイオプラスチック

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科 環境・エネルギー領域
高田健司，金子達雄

1. はじめに

微生物や植物に由来する高分子（プラスチック）は一般にバイオプラスチックと呼ばれる。これらバイオプラスチックの利用は，再生可能資源の利用という観点から近年の持続可能な社会の構築のために盛んに研究・開発が行われている¹⁾。天然から直接得られるバイオプラスチックとしてはセルロース，微生物や植物が生産する低分子化合物（モノマー）を高分子化することでバイオプラスチックを得るものとしてポリ乳酸がそれぞれ挙げられ，これら既存のバイオプラスチックはその性質から生体への利用という用途において成功を収めている^{2,3)}。しかしながら，高強度や高耐熱性が求められるスーパーエンジニアリングプラスチック（スーパーエンプラ）としての用途，例えば自動車部品やフレキシブルパネルなどに適した素材の開発はいまだに無く，次世代のバイオプラスチックの開発においてはこれらの性能を有したものが求められる。

こうした背景から，微生物が作り出すある種の低分子化合物を光反応によって定量的に二量化させることで新規な化合物を合成し，それを用いた高分子化反応によって高強度・高耐熱性バイオスーパーエンプラを合成することに成功したので，本稿ではそれらを合成する際の光反応や高分子材料としての特性について解説する。

2. 微生物由来化合物：桂皮酸誘導体の利用

植物由来分子の中で高耐久性或高耐熱性を有する芳香族系のものでリグニンが挙げられる。リグニンはほとんどの植物の木皮中に存在する芳香族系高分子であり木の強度に影響していることから硬い性質を示すバイオプラスチックであり，その材料化に関する試みが数多く研究されている^{4,5)}。しかしながらリグニンは溶解性・加工性に乏しく，かつ，構造が極端に複雑であり化学処理が難しく不純物も多く含まれる。例えば，リグニンを高濃度に含む留分を天然から得られたとしても，そこに含まれるリグニンの構造や多数の不純物の決定は困難を極める。こうした理由から，現行の技術ではリグニンを高強度・高耐熱性バイオスーパーエンプラとするのは現実的ではないといえる⁶⁾。

一方でリグニンの生合成前駆体である桂皮酸およびそれらの誘導体に注目すると，バイオプラスチックのモノマーとして期待できるものがいくつか挙げられる。桂皮酸類は芳香族アミノ酸の酵素反応によって容易に合成されるため非常に多くの種類が存在することから，微生物由来の有用な芳香族性分子の一つである。フェニルプロパノイドの一種であり多くのポリフェノールの原料ともなりうる桂皮酸誘導体は芳香族アミノ酸をベースとしており，図1に示したものの以外にも桂皮酸の芳香族置換反応などを利用することでその構造の多様性はさらに広がる。

桂皮酸誘導体の生合成についていくつか説明する。フェニルアラニン（Phe）にフェニルアラニンアンモニアリアーゼ（PAL）という酵素が作用することで桂皮酸が生産される⁷⁾。この反応はあらゆる植物中で行われ多くの微生物の体内で進行する。同様にチロシン（Tyr）にチロシンアンモニアリアーゼ（TAL）が作用して *p*-クマル酸が生産される。これら PAL と TAL には厳密な区別はなく，