



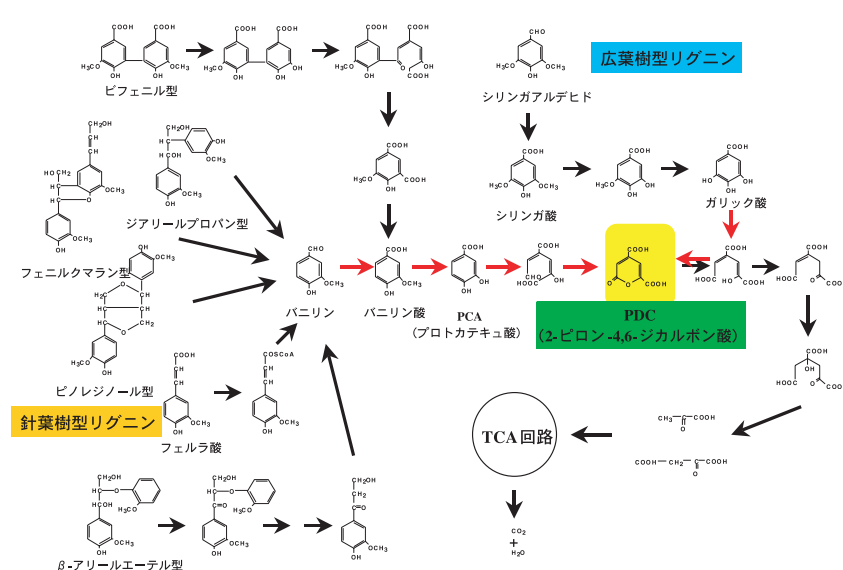
微生物機能を利用した木質バイオマス資源からの新規プラスチック原料の開発

ポスト化石資源としての木質バイオマス資源

皆さんはこれまで石油を中心とした化石資源から作られて来たエネルギー、化学原料・製品の多くが木質バイオマス資源からも製造可能である事をご存知でしょうか？木質バイオマスは、地球上に最も多量に存在するバイオマス資源で、その成分は多糖類のセルロース、ヘミセルロース、芳香族成分のリグニンから構成されています。セルロースやヘミセルロースは、既に紙、繊維の原料、甘味料等として利用されていますが、アルコールや水素ガス、メタンガス等、エネルギー源への変換も可能で、現在その変換技術開発が盛んに行われています。一方、リグニン等のポリフェノール成分は、化石資源に含まれる成分に類似の化合物から構成されているので、本来は非常に応用価値が高いものなのですが、複雑な高分子の化学構造のため均一な成分に分離・精製することが出来ず、これまでは紙・パルプ産業で燃料としてのみの利用しかされていませんでした。しかしながら近年、リグニン分解微生物のリグニン分解・代謝酵素遺伝子を操作することにより、不均一で多様な構造のリグニンも、均一な単一物質であるPDC（2-ピロン-4,6-ジカルボン酸）へ効率的に変換でき、PDCが生分解性ポリマー原料になることが見出されました。

複雑な化学構造を持つリグニンの均一な中間物質（PDC）への変換

パルプ工場廃液より分離されたバクテリア *Sphingomonas paucimobilis* SYK-6 株は低分子リグニンを分解しエネルギー源として生育します。このメカニズムを調べてみると、様々な構造を有する低分子リグニン化合物は必ず代謝中間体であるPDCに変換され、最終的に水と二酸化炭素へ分解・代謝されることが解りました（図1）。



PDCは微生物の代謝途中の化合物であることから生分解性のある物質で、分子内に対称性がない2個のカルボン酸を有するユニークな構造を持ち、このカルボン酸を介して高分子化することにより生分解性プラスチック、繊維材料として発展できる価値のある物質です。PDCはその特異な化学的特徴から従来の有機合成法では製造困難な物質ですが、これまでに種々のリグニン化合物の分解・代謝に関わる遺伝子が解明されているので、遺伝子工学技術に基づきそれらの遺伝子を上手に組み合わせ再構成することが出来れば、低分子リグニン化合物から生物工学的にPDCを製造することが可能とな

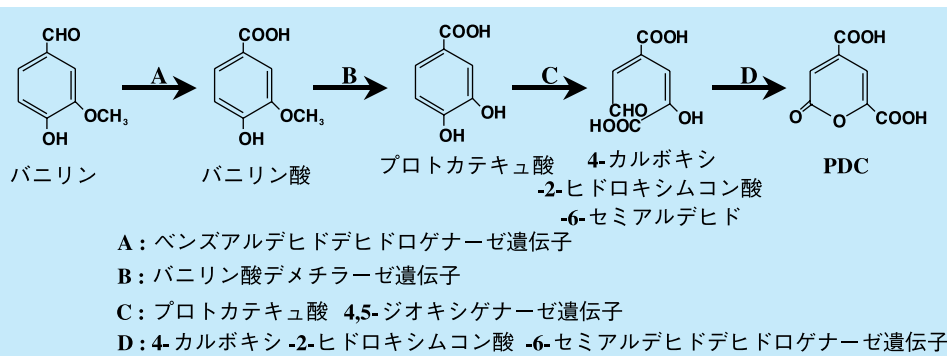


図2. 代謝機能遺伝子再構成によるバニリンからのPDC変換

ります。そこで図2に示すバニリン→バニリン酸→プロトカテキュ酸→4-カルボキシ-2-ヒドロキシムコン酸-6-セミアルデヒド→PDCの各反応ステップを触媒する酵素遺伝子を再構成して微生物に導入した「バイオリクター」を作製したところ、針葉樹型リグニン成分のバニリンからPDCへ95%以上の収率で安定して変換することに成功しました。一方、お茶にはタンニンと言うポリフェノールが大量に含まれています。お茶を爆砕処理するとその構成成分であるガリク酸が10%以上の収率で得られます。ガリク酸は広葉樹型リグニン成分であるシリングアルデヒドの代謝経路上の物質でもあります。そこでガリク酸からPDCへの変換に関連する酵素遺伝子を再構成した「バイオリクター」を作製したところ、こちらも90%以上の効率でPDCに変換することが出来ました(図3)。シリングアルデヒドのPDCへの変換にも成功しており、理論的には図1に示す全ての構造のリグニン低分子化合物からPDCを生産することが可能となりました。

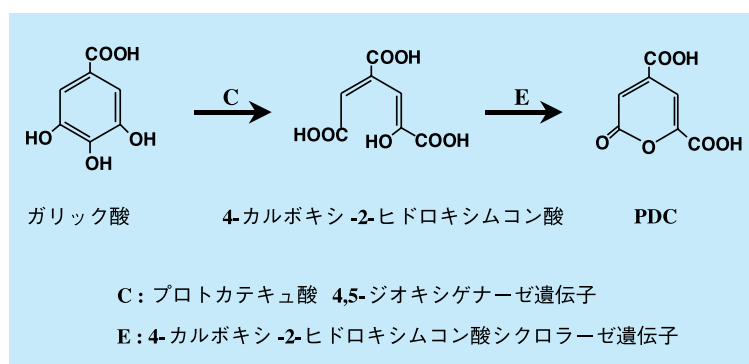


図3. 代謝機能遺伝子再構成によるガリク酸からのPDC変換

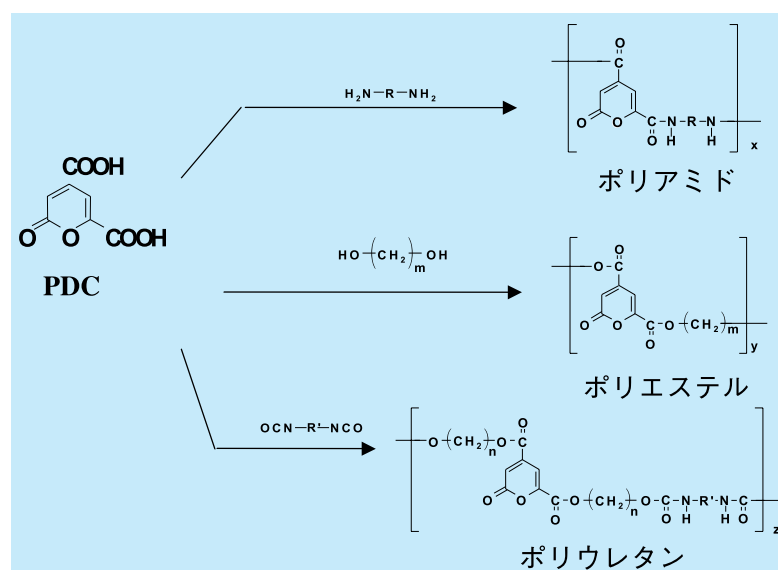


図4. PDCを出発物質とした生分解性高分子材料

PDCを原料としたポリマー合成

PDCは二塩基酸であることから、通常の高分子合成により種々の重縮合系ポリマーであるポリエステル、ポリアミドに、あるいは重付加系ポリマーとしてポリウレタンへ変換することが出来ます(図4)。既にPDCから誘導したPDCジクロリドとヘキサメチレンジアミンの溶液重縮合によりポリアミドの合成に成功しています。またPET(ポリエチレンテレフタル酸)と同様なポリエステル合成にも成功しています。

今後の取り組み

廃材、廃きのこ菌床、樹皮、茶殻等は多量の芳香族バイオマスを含むことから、これらの資源から効率的なPDC生産技術を開発して行きます。また、PDCを原料としてポリエステル接着剤、導電性接着剤、ポリエステル繊維・フィルム材料等を製造する技術についても取り組んで行きます。

<実行課題>クア2a

液化、超臨界流体処理等によるリサイクル技術の開発
 中村雅哉(きのこ・微生物研究領域)、大原誠資(樹木化学研究領域)、片山義博、大塚祐一郎(東京農工大学大学院)、重原惇孝(東京農工大学)、政井英司(長岡技術科学大学)

研究の“森”から 第142号 平成17年11月30日発行
 編集発行：森林総合研究所企画調整部研究情報科広報係
 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
 TEL：029-873-3211 FAX：029-873-0844
 E-mail：kouho@ffpri.affrc.go.jp, URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp