

2008年度 GSC賞

## 架橋ゴムの高品位マテリアルリサイクル技術の開発

Development of high quality material recycling technology for vulcanized rubber

豊田合成(株) 福田 政仁 沖田中 智昭  
 株式会社F T S 田中 靖昭  
 株式会社豊田中央研究所 松下 光正  
 トヨタ自動車株式会社 鈴木 康之

本技術は、従来は再生困難とされた架橋ゴムの架橋結合点のみを切断して、高品質な再生ゴムを短時間で製造するものである。

架橋ゴムは、高分子材料の中でも特に再生が困難であり、生産性と品質に優れた新規リサイクル技術開発は急務であった。

本技術は、汎用的な二軸押出機を用いて、架橋ゴムに適切な熱、せん断変形及び圧力を加えて、ゴム網目構造中の架橋結合点のみを選択的に切断し、高品質の再生ゴムを連続的に製造するものである。その工程は、材料の投入から完成品梱包までを自動化し、従来のパン法に比べ簡素化・省スペース化を実現し、処理時間もパン法の1/60以下と大幅に短縮することが可能である。また、自動化連続工程のため人作業を無くす事で、労働安全性も大幅に向上した。

更に、廃ゴム脱架橋、樹脂溶融分散および樹脂中に分散した再生ゴムの動的再架橋を連続的に完了させ、熱可塑性エラストマーの製造技術を確立した。

環境負荷の観点では、埋立て廃棄処分量の低減だけでなく、本技術を用いた再生ゴムの利用により、新原料を用いる場合に比べ、材料製造エネルギーを大幅に少なくした。

本技術は、社内廃材リサイクルでの10年以上の実績があり、現在でもその適用範囲を拡大中で、廃タイヤでの実証実験を経て、タイヤメーカーなどにも技術を供与している。

国内の廃ゴムの年間発生量は100万トンを超え、昨今の貴金属の『都市鉱脈』に倣えば、一度採掘した石油資源を繰返し活用できる『都市油田』と言っている技術で、地球環境問題を踏まえた資源循環型社会の構築に資する技術と自負している。

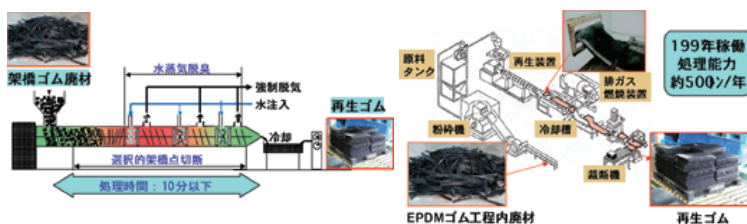


図1 スクリュ回転方式連続再生装置



図2 再生ゴム製造プラントの例  
—豊田合成(株)

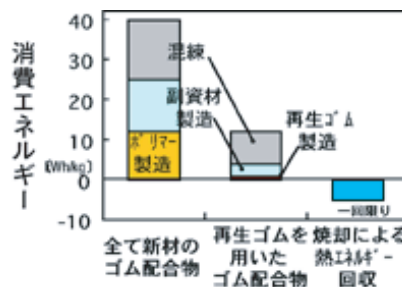


図3 ゴム製造に関わる消費エネルギー比較

## 化学的に制御された生体触媒反応による環境調和型有機合成反応の開発

Development of Environmental Benign Organic Synthesis based on Advanced Biocatalysis Processes Regulated by a Chemical Method.

鳥取大学大学院工学研究科 伊藤 敏幸

筆者は、サステイナブル触媒である酵素を化学的に制御することで有機合成に応用する研究を行い、特に、リパーゼ触媒アシル化反応にイオン液体 (IL) 溶媒が非常に有効であることを明らかにした。

従来、酵素反応は水媒体が鍵と考えられてきたが、酵素の活性中心が疎水的環境にあり、触媒活性の場に水が不可欠という訳ではない。加水分解酵素リパーゼは、イオン液体 (IL) 中でアルコール類のアシル化反応を起こす。反応終了後エーテルを加えるとILとエーテル層に分離し、未反応アルコールと生成エステルがエーテル層に移り、IL層に酵素が残り「酵素がIL溶媒に固定化」されるため、IL層に基質アルコールとアシル化剤を加えると再アシル化が進行する。1-ブチル-2,3-ジメチルイミダゾリウムヘキサフルオロボレート ([bdmim][BF4]) を反応溶媒に用いた系では酵素を10回再使用しても反応速度、エナンチオ選択性が低下せず、酵素の高度利用が可能になった (図1)。

IL中でリパーゼが安定に存在する事から、アルキルアルキルPEG硫酸イオンを対アニオンとするイミダゾリウム塩ILを合成し、このILでリパーゼやアルカリプロテアーゼをコートして有機溶媒中でアシル化を行なうと、顕著に反応が加速し、基質によってはエナンチオ選択性を保持しつつ1000倍以上の高速化が可能となった。

さらにILコート酵素をイオン液体溶媒中で使用するため、IL溶媒を最適化した結果、筆者らが開発したホスホニウム塩 ([P444ME][TfSA]) を溶媒に使用した場合、既存の有機溶媒を超

える速度となり、しかもILコート酵素を繰り返し使用できた。ILを溶媒に使用しても、反応系から生成物を抽出する際に既存有機溶媒が必要であるが、使用量を最小限度に押さえることができ、排水を全く出さない酵素反応システムが実現する。しかもILは再生・再使用が可能である。実際、筆者の研究室には10年近く使い続けているILが存在する。イオン液体 (IL) を用いて、グリーン・サステイナブル・ケミストリーの概念に相応しい酵素反応を確立することができた。

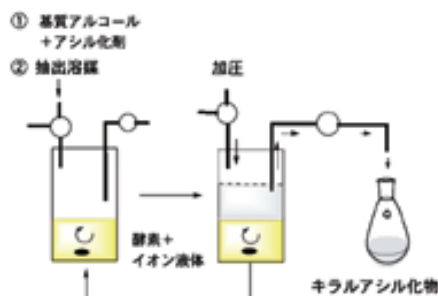


図1 イオン液体を使用する酵素繰り返し使用システム