



GSCN
Green & Sustainable
Chemistry Network

GSCNは化学技術の革新を通して 「人と環境の健康・安全」を目指し、 持続可能な社会の実現に貢献する 活動を推進する組織です

GSCN was established in 2000 to promote research and development for the Environment and Human Health and Safety, through the innovation of Chemistry .

GSCNシンポジウム（2001よこはま）を終えて

GSCN研究支援グループ

座長 瀬川 幸一

(上智大学 理工学部 化学科)



「グリーン・サステイナブル・ケミストリー（GSC）」は今まで " Environmental Benign Chemistry ", " Green Chemistry ", " Sustainable Chemistry " などと呼ばれてきたものを統合した言葉と概念です。米国の環境保護局（EPA）によれば " Green Chemistry " は「化学品の設計・製造から廃棄・リサイクルまで全ライフサイクルにわたって、人間の健康や環境に害を与える原料、反応試薬、反応、溶媒、製品をより安全で環境に影響を与えないものへの変換を進めること。また、変換収率、回収率、選択性の高い触媒やプロセスの開発によって廃棄物の少ないシステムを構築する。」こととされています。

日本においては（財）化学技術戦略推進機構（JCII）が事務局となり1998年に化学関連11団体をメンバーとした「グリーンケミストリー連絡会（GC 連絡会）」が発足し、GSC とすることおよびその基本理念、活動の基本骨格が決められました。2000年には GSC 活動の中心組織として、10団体（化学工学会、高分子学会、日本化学会、物質工業技術研究所、化学情報協会、新化学発展協会、日本化学工業協会、バイオインダストリー協会、化学物質評価研究機構、化学技術戦略推進機構）3 オブザーバー（通産省、NEDO、IUPAC）から構成される「グリーン・サステイナブル・ケミストリー・ネットワーク（GSCN）」が発足し、現在に至っています（団体名の呼称は全て当時のまま）。

昨年度からJCII事務局と GSCN の研究支援グループが実行委員となり、本年度、第二回目の GSCN シンポジウムが、去る11月12日より13日の二日間、横浜で開催され、無事終了しました。今回は James H. Clark (York University) および Terry Collins (Carnegie Mellon University) 両教授をはじめ10件の招待講演と公募による70件のポスター発表が行われました。参加者も多く、講演もポスター発表も共に活発な討論が行われ、大変意義のあるシンポジウムになったと喜んでいるところです。これからは、シンポジウム会場で垣間見ることができた熱気を絶やすことなく、益々「グリーン・サステイナブル・ケミストリー（GSC）」の概念と、その重要性が認識されることと、継続的なシンポジウムをインターフェイスとしてグリーンケミストリー運動の成果を挙げることを願って止みません。

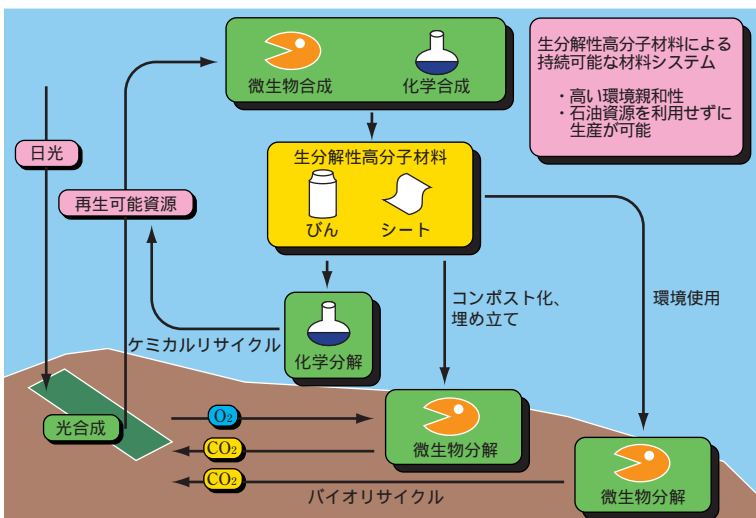
新規グリーンプラスチック材料の創製を目指して

東京工業大学大学院生命理工学研究科
井上 義夫

生分解性プラスチックの開発と実用化の現状を述べ、生分解速度の制御に関する著者らの研究の一事例を紹介する。

新世紀に入りグリーンケミストリーと持続型社会の構築の必要性が声高に叫ばれるようになる中で、ポリマー材料分野においても生分解性プラスチック（わが国では愛称を"グリープラ"とすることが数年前に提案された。）を初めとする環境低負荷型、環境調和型ポリマー材料の実用化の動きが一段と活発になってきている。米国にて2002年にポリ乳酸が年産14万トン規模で本格生産されることが、グリーンプラ普及の先駆けになるものと期待されている。

グリープラへの期待は、(1)環境負荷が低いこと、(2)再生可能な生物誘起資源から生産可能なことの2点にあり、グリーンサステイナブルケミストリーの観点からは(1)と(2)を同時に満たす材料が理想的である（図1）。



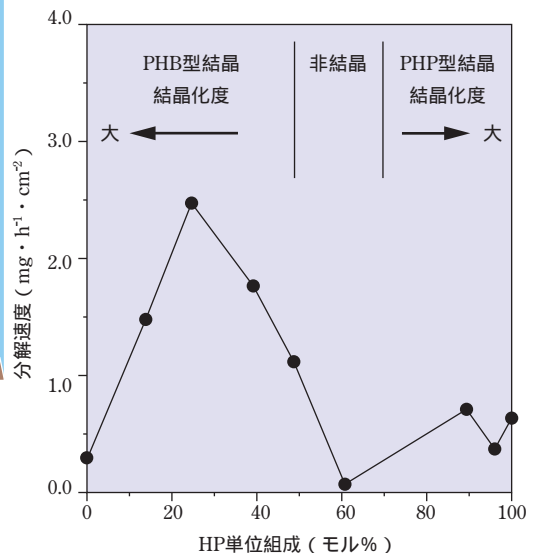
ポリ乳酸の原料である乳酸は、生物有機資源の典型であるデンプンの微生物醗酵により得られることからこの理想を満たすポリマーと言えよう。

現在知られているグリープラは、化学構造に基づいて分類するとポリエステル、ポリエステルカーボネート、ポリアミド、ポリエステルアミド、ポリビニルアルコール、多糖などに大別される。生分解性ポリマーが生分解されるために持つべき基本的化学構造は現在ほぼ解明されていると言って良い。しかし、(1)生分解機構の解明、(2)生分解速度の制御、(3)高機能・高性能化、など今後検討すべき課題は山積している。

ある種の微生物が生産する一連のポリヒドロキシアルカン酸(PHA)は糖質、脂肪酸などの再生可能原料から生合成可能な生分解性ポリエステルであり、実用上重要なポリマー材料である。またPHAを生分解する微生物は土壌、河川、海水中な

どの種々の環境に広く分布すること、PHA分解酵素が単離され構造と性質が調べられていることなどからPHAは高分子材料の生分解機構、生分解に影響を及ぼす因子、環境中のプラスチック分解菌の種類と分布、などの研究を行うための格好のポリマー材料でもある。

図2は微生物産のポリ(3-ヒドロキシ酪酸-co-3-プロピオン酸)共重合体P(HB-co-HB)のフィルムについて調べたポリ(3-ヒドロキシ酪酸)(PHB)分解酵素による分解の速度のHP組成依存性を示している。HP組成100%のポリマーは化学合成法により合成したポリプロピオラクトン(PHP)である。図中には熱分析とX線回折により決定したP(HB-co-HP)の形態も表示した。HP組成50~70モル%にて分解速度が著しく低下しているのは、この組成領域ではポリマー材料が非晶質であり、ポリマー鎖の揺らぎが大きい(ガラス転移点は約10℃)のでフィルム表面に酵素が安定的に吸着することが困難なことによる。



都市型河川の典型である多摩川の水中に生息する微生物はPHPをほとんど分解しない。これはPHPが天然には存在しない人造物であるために微生物が分解酵素を分泌しないからである。これに対してP(HB-co-HP)は、HB組成が数%程度であっても速やかに分解される。このように、ポリマー材料の生分解はポリマーの化学構造と物理的状態(結晶、非晶、ガラス転移点)に依存することがわかる。ポリマー材料の生分解速度を制御するためには、まず生分解機構を解明しなければならない。それには学際的研究が必要である。

化学企業におけるグリーンケミストリー

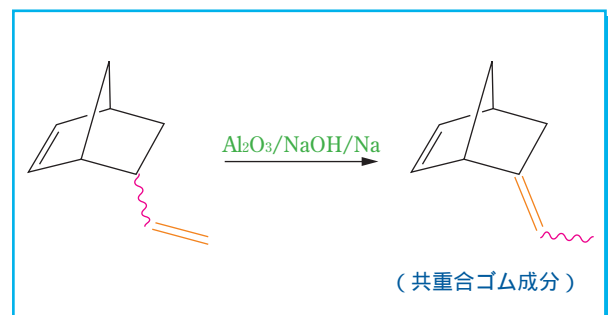
住友化学工業（株） 有機合成研究所
戸田 昭二

地球環境にやさしい画期的な製品を提供し、より豊かな社会を実現するとともに、われわれの子孫に豊かな自然環境を残していくことが化学企業の使命でありことから、グリーンケミストリー-的立場に立った企業活動が、われわれ化学企業にとって必要不可欠なものとなっている。

実際に、これまでに開発してきた技術にも多くのグリーンケミストリーの要素が含まれており、現在取り組んでいる製品開発・合理化研究においてもグリーンケミストリーは、すでに実践的な考え方として化学企業では認識されている。今回は有機合成プロセスに焦点を絞ってその一例を紹介する。

グリーンケミストリーの実例

合成ゴムの原料であるエチリデンノルボルネンはビニルノルボルネンの異性化によって合成される。従来は溶媒中で強塩基を用いていたが、住友化学では超強塩基性をもつ新規固体触媒の開発に成功した¹⁾。これにより「選択的触媒反応が室温、無溶媒で定量的に進行し、濾過して触媒を除去すれば製品が得られる」という、理想の反応を達成できた。しかも、中和すれば「廃触媒は無害化でき」アルミナと食塩になる。



有機合成プロセス開発におけるグリーンケミストリー

このように当社におけるプロセス開発研究には以下の目標を立てて実施している。

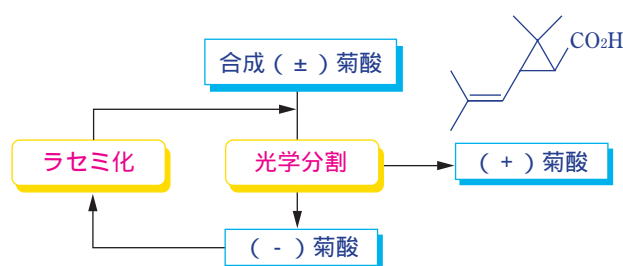
1. 触媒反応を採用する
2. 反応の無溶媒化を考える
3. より安全な原料・溶媒を使用する
4. 再生可能な資源を活用する

まず研究立案の段階からこのグリーンケミストリー-的アプローチで計画を立てる。

特に、触媒反応の開発は、産業界のみならず、学術的にもインパクトが大きく、グリーンケミストリーの中核技術であるので、当社においても長期的な視野で研究を継続している。

しかしながら、企業の開発研究では、現実的に、化合物の物性や反応の特性、ならびに開発期間とコストの制約があり、最初から理想のプロセスに仕上げるのは非常に難しい。したがって、一旦完成したプロセスも必ず合理化研究を行い、少しずつ理想のグリーン・プロセスへと完成度をあげていく場合が多い。

例えば、ピレスロイド殺虫剤の中間体である光学活性菊酸（(+) 菊酸）は光学分割で得られるが、当初、副生する不要対掌体（(-) 菊酸）は廃棄せざるをえない状況であった。しかし鋭意なる検討の結果、カルボン酸を一旦酸クロライド化して不要対掌体をラセミ化する方法を開発し、原料のリサイクルが可能となった。



その後のさらなる検討の結果、カルボン酸を直接ラセミ化する反応を開発し、酸クロライド化に使用していた副原料の塩化チオニルを使用することなく、グリーン・プロセスへと大きく前進した²⁾。

このように、一旦製造プロセスが完成した後も、あらゆる観点からよりグリーンなプロセスへと改良を重ねていくのが、われわれ化学企業の使命と考えている。

参考文献

- 1) 鈴鴨剛夫 触媒 32, 230(1990)
- 2) 鈴鴨剛夫, 深尾正美, 先砥庸治, 村上信二 日本農薬学会誌 15, 473(1990)

GSC関連ニュースを二つお知らせします。

1. GSC賞

GSCNで募集していたGSC賞の募集が2001年10月末で締め切れ、現在栄えある第1回の受賞者の選考が進められている。3月中には受賞者が決定、公表される予定。応募された分野は、技術開発に関するもの、新規概念の研究に関するもので、教育・啓発に関する応募はなかった。企業から10件大学等の研究機関から7件の計17件であった。2002年度も募集される予定。2002年度の募集要項が決まったらこのNews Letterでも紹介します。

2. Academia Show Case

GSCNメンバーの(財)化学技術戦略推進機構(JCII)は、産学官の共同研究/開発を推進するため、「シーズとニーズの出会いの場」を提供するAcademia Show Caseを設けている。大学・研究機関などの学界から産業化・実用化を目指した技術開発・研究テーマを募集し、これらのテーマを企業に紹介・斡旋するもので、さらに直接共同研究に結びつかなかったテーマの中から1件200万円の研究助成(5件以内/年)をする制度。今年度募集中のテーマは、「グリーン・サステイナブルケミストリー」に関するもので締め切りは、2002年1月21日(月)。詳細、応募はJCIIのweb site (<http://www.jcii.or.jp>)へ。2002年度も募集される予定。

GSC用語解説

ラセミ化 (Racemization)

*有機化合物の中には、同じ組成でも立体構造が人間の右手、左手と同様、鏡に映したように対称的な2つの形(鏡像体)を持つ化合物(キラル)があります。その2種の1:1混合物をラセミ体(racemate)、ラセミ体のその成分への分離を光学分割(optical resolution)といい、物理的、化学的、および生物学的分割の3つの方法に大別されます。逆に、本文中にあるような方法で一方のキラルな分子に対して分子内のねじれ要素が逆ねじれに変化するように操作して、最終的に両方向のねじれが半分ずつの混合物、すなわち光学不活性なラセミ体にするのをラセミ化と呼びます。医薬・農薬・食品・飼料・香料などの分野では、光学活性体によって生理活性が大きく異なることが多いため、光学活性体を効率的に合成することが重要です。2001年のノーベル化学賞、野依良治先生の「キラル触媒による不斉反応の研究」は、まさにこの分野の成果です。

ガラス転移点 (Glass transition temperature)

*ポリマーは、低分子化合物のように一定の温度を境にして固体、液体、気体の三相に変化することではなく、温度を次第に上げていくと、非結晶部分の分子が運動を開始し、この温度をガラス転移点T_gといいます。T_g以下の状態をガラス状態、T_g以上の状態をゴム状態と呼ぶことがあります。ガムベースに用いられているポリ酢酸ビニルのT_gは約35で、寒いときはガラス状態で固くて折れたりしますが、口に入れて体温以上になると“ゴム”状態になることは身近な例です。用途により、適当な低分子(可塑剤)を混入することによりT_gを低下させる場合もあります。