

21世紀の錬金術！？～電子レンジで廃ペットボトルを料理！宝の山へ～

マイクロ波—塩基触媒を用いる PET の高速化学分解
(崇城大工) 池永 和敏、小山 寛貴

[3B05]

(Tel:096-326-3744)

[要約] 現在、化学・材料・食品・医療分野でまさにホットに注目を集めている新しい加熱方法、マイクロ波加熱がある。家庭にある通常の電子レンジの加熱メカニズムでもある。我々はマイクロ波反応器として電子レンジを用いて、2分以内に廃ペットボトルを完全に分解して原料に戻す画期的な反応を発見した。マイクロ波加熱が単に高効率のエネルギー源であるばかりでなくマイクロ波による加速効果が発現して世界最速のペットボトルの化学分解が達成された[(財)くまもとテクノ産業財団(熊本TLO)より特許申請中]。専用マイクロ波反応装置を導入してさらに研究を進めている。

環境問題の1つの大きな課題はおびただしい数量の排出されるプラスチック類の簡便かつ容易なりサイクル法の確立である(未利用廃プラスチック45%)。従来、プラスチックは安価で軽量かつ丈夫な石や金属に替わる夢の材料として、我々の日常生活用から最先端の宇宙材料用まで非常に幅広い用途に利用・応用されてきた。しかし、近年の省資源・環境負荷の低減などの観点より廃プラスチックを資源として再利用するため種々のリサイクルの方法が提案されてきた。単純には熱源としての再利用(サーマルリサイクル:37%)であり、現在のリサイクルのほとんどを占めている。一方、材料としての再利用(マテリアルリサイクル:15%)および原料としての再利用(ケミカルリサイクル:3%)は分別・設備にコストがかかるためリサイクルの比率は極端に低い[プラスチック処理促進協会発行「プラスチックの基礎知識」の数値(2002年度実績)を参考にした。]。

我々は高効率のエネルギー源(総合的に低価格)としてマイクロ波を用いる廃プラスチックの化学分解について研究を始めた。プラスチックの中でも極めて高い反応性のエステル結合を持つポリエステル系プラスチック、特にPET(ポリエチレンテレフタレート)の化学分解をターゲットとして選んだ。その理由は廃プラスチックの中で回収率が高く身近であること、また、化学分解の研究がこれまでに数多く検討されていることである[例えば(1)酸触媒・塩基触媒化学分解法(2)超臨界水分解法(3)エステル交換法を用いる固相重合法などがよく知られている。]。これまでのPETの分解方法は長時間の加熱もしくは高圧下での分解方法であったので、我々のマイクロ波分解法が確立



図1 21世紀の錬金術！？ゴミの山が宝の山へ

すれば、エネルギーコストの大幅削減が達成できるので、ペットボトルのケミカルリサイクルを実施すれば、文字通り「ゴミの山が宝の山」となる究極のリサイクルが達成できる(図1および図2)。

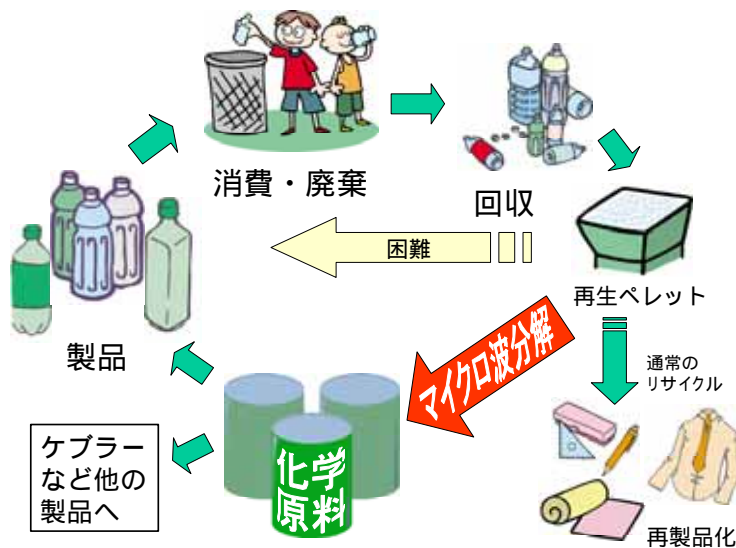


図2 マイクロ波を利用した究極のリサイクル

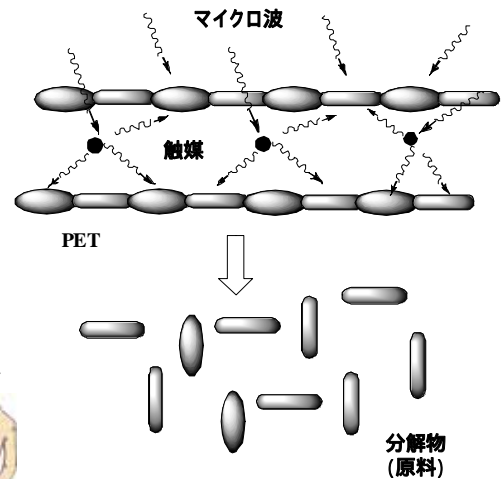


図3 マイクロ波分解機構

本分解反応ではマイクロ波発生装置として家庭用の電子レンジ（東芝製、ER-B2）を用い、PETとしては市販のペットボトルを使用した。まず、最初の検討は通常の塩基触媒反応（水 - NaOH PET）の条件を用いてマイクロ波を照射して行った。予想通りマイクロ波を7分間照射後、10gのペットボトル片は完全に分解した。通常加熱還流条件と比較すると30倍近い加速効果が観測された。しかし、再現性が悪く、場合によっては未反応のPETが発火する場合はあったので、これ以上の検討は断念した。次に蒸発が少なくNaOHを溶解可能であるエチレングリコールを溶媒として用いたところ、反応は約1.5-2分間で完結する超高速化学分解（たぶんギネス級の記録）であることが分かった(写真1)。さらに種々の反応溶媒を用いて反応条件を検討したところ、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、ポリエチレングリコール及びグリセリンが利用可能であることが分かった。また、塩基触媒は水酸化カリウム、水酸化リチウム、炭酸ナトリウム及び炭酸水素ナトリウム（重曹）が良好な結果を与えた。すなわち、マイクロ波 - 重曹 - グリセリンを用いる簡便かつ安全性の高い化学分解反応であることが分かった。反応溶媒として用いたアルコール類は、繰り返し使用することが可能である。なお、これらの高い反応活性はマイクロ波による溶媒分子の高速回転による摩擦発熱および反応溶媒及び触媒を介したスーパーヒーティングによって説明される(図3)。現在、実用化技術としてさらに検討中である(写真2)。

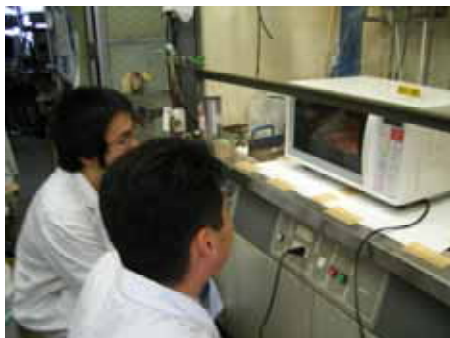


写真1



写真2

[波及分野・効果] 廃ペットボトルの化学資源化、省エネルギー、省資源、二酸化炭素削減、燃焼ゴミ・埋め立てゴミの減量化、循環型・地球環境低負荷型社会の構築

[謝辞] 本発表の一部は文部科学省科学研究費補助金および財団法人化学技術戦略推進機構研究助成金による援助を受けて遂行されました。記してここに謝意を表します。