

マイクロ波加熱を用いたポリ乳酸の迅速直接重縮合

中村 考志 (なかむら たかし) (独)産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 特別研究員

長畑 律子 (ながはた りつこ) (独)産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 主任研究員

竹内 和彦 (たけうち かずひこ) (独)産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 主任研究員

要約 マイクロ波加熱を化学反応に用いると従来加熱法よりも著しく化学反応が促進される為、この20年余の間に盛んに研究され数千を超える報告がなされてきた。しかし、これらはフラスコレベルの実験が中心でベンチスケール以上の実施例は数えるほどしかなく、実用化に向けた検討が現在精力的に行われている。本稿では当研究室で行ったポリ乳酸の直接重合法にマイクロ波加熱を適用した例を紹介する。フラスコレベルでの条件検討により最適条件を決め、その反応系の誘電特性評価を行い反応系のマイクロ波吸収特性を確認した。これらの結果を基にスケールアップ反応装置を設計・開発し、20kgのベンチスケールでの実証試験を実施した。また、これまでの研究経験を踏まえて、化学合成プロセスへのマイクロ波加熱導入の課題を述べる。

1. はじめに

マイクロ波は波長がおよそ1 cm から1 m、周波数が300 MHz から30 GHzの電波で、レーダーや通信、医療といった様々な分野で利用されている。マイクロ波の加熱への利用は、1940年代にレーダーの研究中に物質を加熱できる事が偶然発見され、1950年代以降に活発となった。この中には我々にとって馴染み深い電子レンジも含まれている。これまでの加熱は直火、スチーム、電気ヒーター、誘導加熱を用いて物質の外部から伝導加熱を行うのに対して、マイクロ波加熱はマイクロ波が物質と相互作用することにより内部から熱が発生し物質全体へと広がる。このマイクロ波の内部加熱性により物質を高速かつ均一に加熱可能であり、エネルギー効率の向上や加熱時間の短縮に大きな効果がある。産業プロセスでは、マイクロ波加熱の特徴を生かして乾燥・焼結、ゴムの加硫、樹脂架橋に利用されてきた。

マイクロ波加熱の化学合成への利用が始まったのは意外にも新しく、1986年にGedyeらがベンズアミドの加水分解や安息香酸のエステル化等に、また米国のGiguereらがアントラセンへのディールス・アルダー付加反応等に適用し、大きな加速効果を見出し報告したことが最初である¹⁾。以降、有機や高分子合成にマ

イクロ波加熱が適用されはじめ、従来加熱で行われていた合成にマイクロ波加熱を適用すると数10～数1000倍に反応が加速されることが次々と見出され、この20年余の間に数千を超える論文や特許、幾つもの総説、成書が出版された²⁾。

マイクロ波加熱により化学反応が著しく促進される原因は次にあげる従来加熱とは異なるマイクロ波特有の加熱モードにあると考えられている。

① 化学反応関与物質への直接エネルギー注入による急速加熱

マイクロ波は先に述べたとおり、マイクロ波と分子の相互作用により物質内部から熱を発生させる。そのため、伝熱加熱では達成できなかった速度で加熱昇温が可能で、この特殊な加熱モードが化学反応を促進させる。

② 物質のマイクロ波感受性の差異による分子選択的加熱

分子や物質の状態によりマイクロ波に対する感受性(誘電特性)は異なる。同じ反応系内に誘電特性の高い物質と低い物質が存在するときには、高い物質が選択的に加熱されて反応が促進される。マイクロ波化学で主に用いられる2.45 GHzの周波数では水やアルコールなどは高い誘電特性をもつものに対して、セラミックや樹脂は低い誘電特性を持つことが多い。