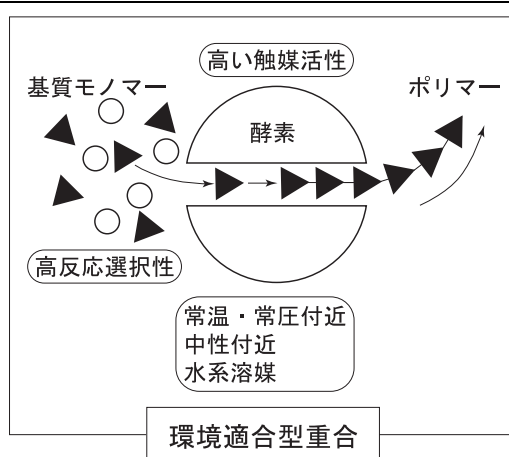


ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	1. 高分子の合成
中項目	1-9. 環境適合型重合
小項目	1-9-1. 酵素触媒重合

概要（200字以内）

酵素触媒重合は単離酵素を触媒として用いる重合反応である。酵素反応は一般に高い反応特異性を有し、穏和な条件下、高効率に進行するため、本手法は高度に構造制御されたポリマーの合成法、及び環境適合型重合プロセスとして重要である。現状では酵素触媒重合により一段合成されるポリマーの分子量は化学合成品や天然ポリマーと比較してやや低く、より高分子量のポリマーを一段合成できる反応条件及び酵素の開発が望まれる。



現状と最前線

生体触媒である酵素を触媒として用いる酵素触媒重合は、酵素反応の一般的特徴（高触媒活性、水系溶媒中、穏和な反応条件、高反応選択性、低毒性）を活かした環境適合型重合プロセスとして活発に研究されている。

酸化還元酵素を用いる重合反応は、ペルオキシダーゼ触媒重合によるホルマリンフリーなフェノールポリマーの合成やポリアニリンの合成、ラッカーゼ触媒重合による硬化膜（「人工漆」等）の合成などに利用される。最近では天然素材のチロシン、アルブチン、そして優れた酸化性を示すカテキン等の重合、さらにディップペンナノリソグラフィーに応用され、金薄膜上での導電性ナノワイヤーの合成や、位置選択的重合反応が達成されている。上記の様な天然素材を出発物質とする機能性材料の合成が今後は主流になると予想される。

加水分解酵素のグリコシダーゼを触媒として用いる重合反応により、位置・立体化学が完璧に制御された多糖類を合成することができる。これまでに、セルロース、キチン等の天然型多糖類をはじめ、異種単糖の交互共重合体であるハイブリッド型多糖（図1A）が合成されている。最近はより構造複雑、且つ高機能な多糖類として、ヒアルロン酸、コンドロイチン、及びそれらの誘導体が合成されている（図1B）。ごく最近では異種モノマー間の酵素触媒共重合が達成され、一分子中に異種の糖鎖構造を有する多糖類の合成が可能となった。一方、重合反応のみを触媒するよう遺伝子工学的に改変されたグリコシダーゼ（グリコシターゼ）の開発も

近年行われ始めている。今後は望む糖鎖配列を有する多糖類のテーラーメイド合成と遺伝子工学的的手法による有用酵素の開発が主流となると予想される。

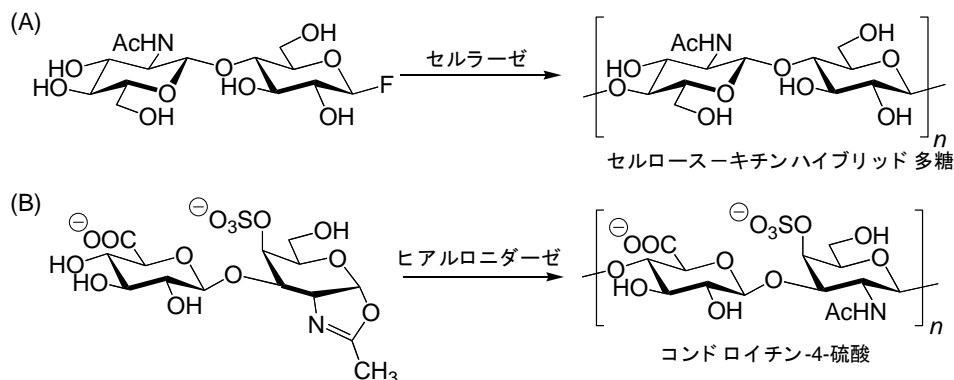


図1. (A)セルロース-キチンハイブリッド多糖の合成、(B) コンドロイチン-4-硫酸の合成

リパーゼを用いる重合反応は幅広く研究されており、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリリン酸エステル、ポリチオエステル等が合成され、マクロモノマーやテレケリックスの合成も報告されている。ラジカル重合と組み合わせた化学-酵素法によるブロックポリマーの合成も達成されている。また、中~大員環のラクトン及び環状オリゴマーの開環重合はリパーゼ触媒重合でのみ可能であり、近年では酵素触媒を用いるポリマーから環状オリゴマーへの分解、そして再びポリマーへと誘導する循環型ケミカルリサイクルへ応用展開され、グリーンポリマーの製造プロセスとして有力な手法と考えられる。今後は循環型ケミカルリサイクルに適応可能な高機能グリーンポリマーの合成が主流となると予想される。

酵素触媒重合は環境適合型重合プロセスとして優れた手法であるが、化学触媒を用いて合成されるポリマーや天然高分子と比較して分子量はやや低い。また、酵素の基質認識の制約から利用可能な基質モノマーが限定される。今後の課題として、酵素重合による一段反応でより高い分子量を有するポリマーを合成し、多様なモノマーの重合に対応できる有用酵素の開発を含めた研究が望まれる。

(参考文献) バイオインダストリー 2005, 22(7) シーエムシー出版

#### 将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
  - より高い分子量を有するポリマーの合成法開発
  - 望む分子構造を有するポリマーのテーラーメイド合成
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
  - 多様なモノマーの重合に対応する酵素の開発

#### キーワード

酵素、グリーンポリマー、芳香族高分子、多糖類、ポリエステル

(執筆者： 大前 仁)