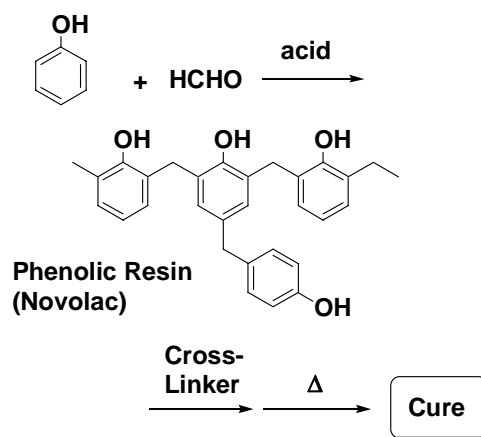


| | |
|----------|-----|
| ディビジョン番号 | 13 |
| ディビジョン名 | 高分子 |

| | |
|-----|---------------|
| 大項目 | 1. 高分子の合成 |
| 中項目 | 1-11. 高分子の反応 |
| 小項目 | 1-11-4. 熱硬化反応 |

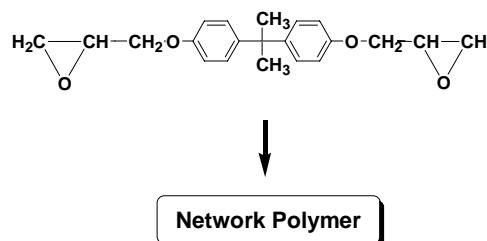
概要（200字以内）

フェノール樹脂やエポキシ樹脂に代表される熱硬化性樹脂は、加熱すると架橋反応が進行し高分子網目構造を形成して不溶不融の硬化物になる高分子である。コストパフォーマンスが高いため現在でも幅広く利用されているが、不溶で不規則な構造をとるため構造解析や精密分子設計に関する研究が遅れている。それらを解決することでナノテクノロジー分野での応用が期待されているほか、リサイクル法の開発の重要性も指摘されている。



現状と最前線

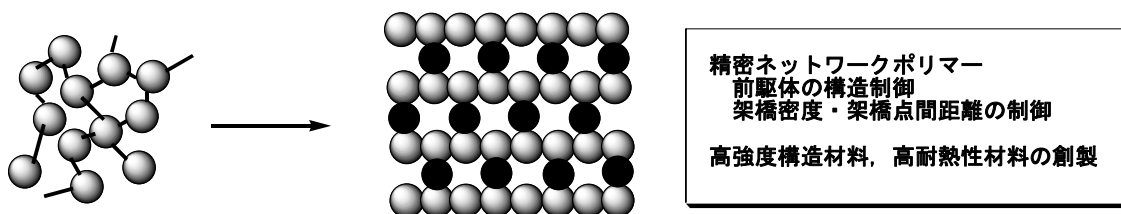
熱硬化性樹脂 (thermosetting resin) は、加熱すると架橋反応が進行し高分子網目構造を形成して不溶不融の硬化物になる高分子である。代表的なものとしてフェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素 (ユリア) 樹脂があげられる。その歴史は古く 1907 年にベークランドはフェノールとホルムアルデヒドの重合から得られるフェノール樹脂 (ノボラック) をベークライトの名で工業化した。日本ではその親友の高峰譲吉が 1911 年に三共品川工場でベークライトの生産を開始している。(現在、住友ベークライトに受け継がれている。)



フェノール樹脂はフィラーやバインダーとして用いられる他、耐熱性の自動車部品や鋳型、絶縁体として電気製品にも利用されている。エポキシ樹脂はフェノール性水酸基をエピクロロヒドリンで修飾したオリゴマーの総称であり、エポキシ基とポリアミンや酸無水物との硬化反応により硬化する。プレポリマーの組成と硬化剤の組み合わせにより物性のコントロールが容易であり、耐水性・電気絶縁性が高いため、接着剤、塗料、封止剤などに幅広く用いられている。特に電子回路基盤の素材として欠かせないものである。これらの樹脂は、現在も莫大な量

が生産され、用途の高性能化に合わせてその改良研究が行われている。近年、熱硬化性樹脂の新規な発想の研究は減少傾向にあったが、ナノテクノロジーの実用化が急がれる現在、コストパフォーマンスに優れた熱硬化性樹脂を精密・高性能化することの重要性が再認識されている。そこで硬化物の前駆体オリゴマーの構造と硬化反応における架橋密度や架橋点間距離の制御を分子～ナノスケールで行う精密ネットワークポリマーの構想が立ち上がりつつある。最大の目標は安価な熱硬化性樹脂で高強度構造材料を創製することであろう。その開発により自動車をはじめ大型機器の低コスト化と軽量化が達成できれば、材料分野のみならず環境に対してもその波及効果は大きいといえる。

研究の最前線として、たとえば液晶性のエポキシ樹脂を用いて硬化物の物性を制御する研究や、デザインしたフェノールモノマーを重合することにより従来にはない高耐熱性のナノマテリアルを創製する取り組みなどがある。また分子量集約型ノボラックのようにパイロットプラントに対応できる高性能樹脂の開発も行われている。今後、シミュレーションによる理論的支援や新しい分析法の開発を含めて、精密ネットワークポリマーの研究が加速するものと期待されている。これらの研究を進めることにより、成形加工時の架橋収縮の抑制法や新しい硬化系の開発などの目標が達成されれば、これまでの熱硬化性樹脂には適用不可能であった新しい分野での用途が次々と生まれるのは間違いない。



さらにシックハウス症候群への対応、ヘキサミンを使用しない硬化系の開発、バイオマス（リグニン、リグノフェノール）を活用する樹脂、実用的なリサイクル法の開発など環境に配慮したプロセスも解決すべき課題である。

(参考文献) 小西玄一, 高分子, vol. 55(4), 262 (2006).

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
架橋密度および架橋点間距離の分析法および精密分子設計への理論的支援
新しい硬化系の開発（特に多成分とのハイブリッド化）
構造の明確なオリゴマーをビルディングブロックとする精密ネットワークポリマーの開発
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
架橋収縮の抑制、ヘキサミンを使用しない硬化系の開発、リサイクル技術

キーワード

エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、架橋、ネットワークポリマー、接着剤、塗料、耐熱性材料、高強度構造材料、耐薬品性、成形加工

(執筆者：小西 玄一)