

ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	3. 高分子の機能
中項目	3-7 環境適合性高分子
小項目	3-7-1. 自己修復性高分子

<p>概要（200字以内）</p> <p>生物界で用いられている高分子材料には多くの自己修復性が見られる。すなわち材料の防御は紫外線吸収剤を含ませるような受動的な防御と紫外線によるDNAの損傷を酵素で修復するような能動的な防御があり、生態系高分子にはこの2つの方法が並行して用いられている。また胃壁を構成する高分子のように物理的な受動防御と化学的な能動防御を併用している場合もある。さらに環境の変化による構造変化としては寒暖差によって異性体間の変化をもたらす物、材料表面に吸光係数の大きな構造の高分子を生成する物などがある。また樹木は構成する高分子の立体配置によって化学的防御、能動的防御、廃棄を選択して全体機能を保持する方法をとっている。このような生物の防御機構は生命反応とは関係がない場合がほとんどであり、また現在すでに使用されている人工的高分子の中にも設計目的としては含まれていないが自己修復の機能を有している材料も見られる。</p>
<p>現状と最前線</p> <p>金属材料などに比較して大量生産・使い捨ての組み合わせが多かった高分子材料においては長寿命や信頼性の向上の研究が遅れていたが、1980年代より高分子材料が基幹材料として用いられるようになり高分子の崩壊、修復などについての研究が行われるようになってきた。研究開発はコンポジットの内部構造の補修などと共に徐々に高分子本体の修復へと進んできている。前者としてはコンクリート構造の亀裂を高分子材料で補修する研究などがあり、後者ではポリフェニレンエーテル、ポリカーボネートなどを中心として研究が進んでいるが、更に塗膜表面の傷の補修や伝統的材料との組み合わせで長寿命の材料研究も進んでいる。補修のメカニズムは材料中に補修剤を含み、劣化した部位を補修剤が攻撃するケースが多いが、より積極的に予め補修しやすい構造体にしてそれを補修する積極的設計も出始めている。</p> <p>1. コンポジットの劣化補修</p> <p>セメントに入った亀裂を感知してマイクロカプセルを破壊させ亀裂の間にエポキシ樹脂が充填する修復方法が研究されている。コンポジットは組み合わせが多様であるためにさまざまな試みに行われるだろう。</p> <p>2. 高分子鎖の開裂の自己修復</p> <p>高分子材料の力学的な劣化は主鎖の開裂や架橋であることが多い。主鎖の開裂の自的修復</p>

復は重合触媒を共存させること、付加重合型のものでは開裂を修復させる官能基を持たせることなどが行われており、固体の高分子内の拡散係数が多きこと、反応数が少ないことなどによって実用化しうる物理的環境を有している。

### 3. 組成物の自己修復

複数の高分子の混合物や添加物を含む組成物などの場合、添加物の溶出を防止する反応基を予め、またはある環境下で発生することによって溶出を防いだり、発生した毒性物質を高分子内に止めることができる。塗膜では内部に弾性を有する高分子を入れて表面の微小な亀裂の補修を行う例が工業的に知られている。

### 4. 受動的および能動的修復の組み合わせ

生物の紫外線防御で紫外線吸収剤による受動的防御と修復材による能動防御を組み合わせるが、人工的材料ではまだ受動防御と能動防御の組み合わせ材料は研究が進んでいない。生体高分子の防御から見ると論理的に高分子を劣化から守るためにはこの2つの方法を組み合わせる必要があり、将来、研究されると考えられる。

### 5. 馴化的自己修復

環境が変わると異性体に変化したり、あるいは化合物が反応するケースですでに使用されているものとしては光によるポリカーボネートの表層にフリース転位を生じる場合がこれに相当する。工業製品では使用環境に差が生じるので、環境によって化合物種が変化する構造が考案されると考えられる。

## 将来予測と方向性 (200字)

#### ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

高分子材料を使用した電子部品の火災によって航空機の墜落などの危険性が指摘され、さらに電気電子機器が小さくなるにつれて部品間の延焼危険性もしてきされている。このように高分子の劣化を原因とする信頼性の向上には自己修復性による回避が緊急の課題になっている。

#### ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

石油などの還元炭素系化石資源の枯渇に伴い、より長寿命で使用できる材料が期待されるが生物のように高機能を有して同時に長寿命であるためには自己修復性は必須の要件であり、多くの高分子材料に自己修復性が求められるようになると考えられる。

## キーワード

自己修復、受動的、能動的、信頼性、安心

(執筆: 武田 邦彦)