

## 2. 生分解・バイオプラスチックの新展開

### 2-1 生分解・バイオプラスチックの種類と位置づけ

#### 2-1-1 生分解・バイオプラスチックの開発経緯

生分解性プラスチックは原料や製法から天然物系、微生物產生系、化学合成系に大別されるが、研究が先行したのは微生物產生系のポリエステルである。地球上には多くの微生物が存在し、その体内でポリエステルを合成しているが、それを最初に発見(1925年)したのはパスツール研究所である。この時のポリエステルは結晶性が高くて実用化には至らなかつたが、74年にWallenらが活性汚泥中の微生物が共重合ポリエステルを作ることを発見した。さらに80年代にICI社やわが国の土肥義治らが水素細菌による発酵法を開発し、共重合ポリエステルを生産することに成功した。

化学合成系のポリエステルはポリ乳酸のように医療用高分子からスタートしたが、分子量を上げることが困難であるため、用途は医療用に限られていた。

その後、2段重合法で高分子量化が可能になり、カーギル社が工業化に踏み切った。ポリ乳酸に代表される生分解性プラスチックの普及は欧米が先行し、日本は遅れていたが、89年に生分解性プラスチック研究会(現日本バイオプラスチック協会)が設立されるなど普及、拡大に向けて大きな期待が寄せられた。

しかしコストや品質が課題となり、市場における認知度も低く、市場開拓の域を出なかつた。90年代に入って成形加工技術の開発や試験法の確立、識別表示制度の開始など、地道な努力が続けられた結果、市場創生に向けての基盤が徐々に形成されていった。需要の伸びは低かったが、樹脂の改質技術や成形技術の進展によって多彩な商品が開発され、わが国の応用技術、商品の豊富さは欧米を凌ぐまでになった。

しかしながら、2000年頃から植物を原料にしたバイオプラスチックの環境評価が高まり、ライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>の削減や、枯渇性資源から再生可能資源への転換という大きな流れが形成されていった。ポリ乳酸の価値基準は生分解性から植物原料に移り、カーボンニュートラルやLCAの概念は、生分解性より原料をバイオマスへ切替えることがより大きな環境対策になること

を明確にした。そして、既存のモノマーを植物由来成分で合成する技術開発が活発化し、様々な石油系ポリマーがバイオマス化された。その一方で、生分解性ポリマーはコンポスト用などで需要が増加し、欧州を中心に市場が拡大していった。また生分解性ポリマーも、石油原料によるものは植物原料への転換が進められ、プラスチックの原料転換は大きな流れとなった。

石油から植物への移行が推進される一方で、15年頃からプラスチックによる海洋汚染が注目され、グローバルな環境問題として認知されるようになつた。その対応策の一つにあげられたのが生分解性プラスチックの採用であり、プラスチック製品が廃棄物として放置された場合、自然界の中で分解、消滅させることが必要と考えられた。原料がバイオマスであればより好ましいが、原料の由来よりも生分解機能が重視され、河川や海洋に流出したプラスチック製品、マイクロプラスチックなどを分解、消滅させることが一つの目的となつた。バイオプラスチックは生分解性プラスチックとしてスタートしたが、その後、価値基準は生分解からバイオマスへ移行した。しかし、いま再び生分解機能に戻りつつあるといえる。

### 2-1-2 生分解・バイオポリマーと環境・社会の変遷

生分解・バイオプラスチックは3種類に分けられ、それらを表2-1に示す。

表2-1 生分解・バイオプラスチックの比較

	生体吸収性ポリマー	生分解性ポリマー	バイオポリマー	生分解性ポリマー
企業化	1980年～	1995年～	2002年～	2015年～
目的	生体内吸収性	生分解性による環境適合	カーボンニュートラル、再生可能資源の利用	プラスチックごみの分解、消滅
目標	生体の一時修復材料	汎用プラスチックの代替	石油系プラスチックの代替	海洋汚染対策
用途	医療材料、DDS、手術縫合糸、骨折固定材、他	使用期間の短い用途(ごみ袋、容器包装材、農業資材、他)	容器包装材、耐久製品(電気・電子製品、自動車部品、他)	容器包装材、食器類、農業資材
代表例	PGA、PLA、ペプチド、他	PLA、PBS、PBSA、PBAT、PCL、デンブン系、他	PLA、sc-PLA、PE、PET、PTT、PA、PU、PC、他	PLA、PHBH、PBS、PBAT、PHA、デンブン系、他
社会認識	再生医療	環境汚染、再資源化、インフラ整備(コンポスト)	地球環境、企業の環境戦略、CO <sub>2</sub> 削減、枯渇性資源	海洋プラスチック汚染、マイクロプラスチック、SDGs

生分解・バイオポリマーは、手術用縫合糸など生体内で吸収される生体吸収性ポリマーと、微生物などで分解される生分解性ポリマー、そして植物などの再生可能資源を原料にしたバイオポリマーに大別される。生体吸収性ポリマーと生分解性ポリマーは分解機能を有しているが、バイオポリマーは再生可能資源を原料にしたもので、生分解機能のないポリマーも含まれる。

歴史的には生体吸収性の医療用高分子が最も早く、このポリマーは現在も医療分野で重要な役割を果たしている。生分解性ポリマーは分解による廃棄物の環境負荷低減を目的としたもので、主として容器包装材など使用期間の短い製品に使用されている。生分解性ポリマーによる農園芸資材や土木資材は使用済み製品を回収することなく、その場で分解、消滅させることができ、廃棄物が発生しない理想的な使用形態である。生分解性ポリマーはポリオレフィンなど汎用プラスチックの代替が中心となっているが、バイオポリマーは石油系プラスチックの代替が目的である。容器包装材のほか、電気・電子部品、自動車部品など使用期間の長い耐久製品にも使用され、これらの用途にはエンプラ並みの物性と耐久性が要求される。生分解性ポリマーとバイオポリマーはともに環境対策を目的とした樹脂であるが、前者は主として廃棄物としての環境負荷低減であるのに対して、後者はCO<sub>2</sub>排出抑制や化石資源の消費削減など、より大きな概念に基づく環境対策である。

### 2-1-3 原料と生分解性によるポリマーの分類

原料の種類(化石資源、バイオマス)と生分解性の有無を基準にしたプラスチックの分類を表2-2に示す。通常の汎用プラスチック、エンプラ、スーパーエンプラは化石資源を原料にした非生分解性のプラスチックであり、現在使用されている殆どの樹脂が含まれる。石油系樹脂はライフサイクルでCO<sub>2</sub>を排出するのみであり、

表2-2 原料と生分解性による分類

枯渇性資源を使用しているため環境負荷の大きいプラスチックといえる。生分解性プラスチックは

原料	非生分解性	生分解性
化石資源	PE, PP, PS, ABS, PET, PBT, PA, PC, PU、他	PCL, PBSA, PBST, PES, PETs, PBAT、他
バイオマス	PE, PET, PTT, PA, PU, PC、熱硬化性樹脂、他	PLA, PHA, PHBH, PGA, PBS、他