

# バイオマスプラスチック

Biomass-derived Biodegradable Plastics

高木 建次

Takagi Kenji

昨年の愛知万博を契機に、環境にやさしい生分解性プラスチックの開発、市場が活気づき、長かったトンネルを抜け、需要が上向きつつある。そうした動きの中に、生分解性プラスチックの中で占めるバイオマスの比重が一層高まってきたように見受けられる。何が変わったか、変わろうとしているか、最近の状況、課題、展望をとりまとめ紹介する。

The EXPO 2005 stimulated the market for biodegradable plastics. Now running through a long tunnel, it, particularly biomass-derived biodegradable plastics seems to be promising. The current situation of the biodegradable plastics is overviewed here. Further efforts are desired to broaden the market by utilizing recent favorable results.

**キーワード：バイオマスプラスチック、生分解性プラスチック、ポリ乳酸、ポリブチレンサクシネート**

## 1 はじめに

昨年の愛知万博は自然との共生を掲げた環境万博であったが、会場では生分解性プラスチックが多用され話題となった。プラスチックは世界で年間約1.9億トン、日本でも約1,400万トンが生産されている。プラスチックは安価で、強く、長持ちするというすぐれた性質から、日常生活や産業には欠かせない素材として大量に使用されているが、その特性のため、自然環境下で微生物にも分解されず、河川・湖沼・海洋等で、環境問題を引き起こしている。

そうした中で、生分解性プラスチックが世に出ておよそ20年経ったが、長かったトンネルを抜け、市場が立ち上がりつつある。何が変わったか、変わろうとしているか、最近の状況、課題、展望をまとめてみた。

## 2 バイオマスプラスチックとは

### 2.1 定義、意義および規格

生分解性プラスチックとは、「使用中は通常のプラスチックと同様に使えて、使用後は自然界において微生物が関与して低分子化合物、最終的には二酸化炭素に分解するプラスチック」をいう。呼称も「生分解性プラスチック」からはじまり、

「グリーンプラ」と愛称がつけられ、最近ではバイオマス（再生可能な生物資源、主に植物）原料由来の「バイオマスプラスチック」へのシフトがみられる。このように呼称も変わろうとしているが、あらためて生分解性プラスチックの意義を表1にまとめてみた。

表1 生分解性プラスチックの意義

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生分解により、廃棄物の発生が抑制され、環境負荷が低減できる</li> <li>2. 植物由来のものは、石油資源の節約に有効で、化石資源からの転換ができる</li> <li>3. 植物由来のものは、カーボンニュートラルとされ、地球温暖化の要因としての二酸化炭素の増大には関与しない</li> <li>4. 再資源化が可能で循環型社会としてのオプションが広がる</li> </ol> |
|---|

生分解性プラスチックの実用化を推進する業界団体である生分解性プラスチック研究会のホームページに掲載された生分解性プラスチック（「グリーンプラ」）の識別表示基準<sup>1)</sup>は、

- ① 製品の構成として、樹脂および天然有機物をあわせたものが、50%（重量あるいは体積基準）以上とされ、無機元素含有量の上限值も規定されている
- ② 好気的水系、あるいは好気的コンポスト条件における生分解性試験（JISあるいはISO）に

より、全ての有機材料は理論値の60%以上の生分解度が得られること

### ③ 毒性・環境安全性の基準

を満たすものが「グリーンプラ」のロゴとマークを使うことができる。例えば、ポリエチレンにでんぷんを混ぜた材料は該当しない。このようにして規格が整備された。

## 2.2 製造技術動向

ICI社(現、ゼネカ社)は、約20年前に、水素細菌ラストニア・ユートロファの産生する生分解性のプラスチック「バイオポール」(ポリヒドロキシブチレート)を開発した。このプラスチックは、微生物が産生し、使用後は土壤中の微生物が分解するので注目された。以後、生分解性プラスチックの製法は、微生物産生系、化学合成系、天然物系の3つのタイプに分けられる。(表2)

米国・カーギル・ダウ社(現、ネイチャーワークス社)は2001年に、年産14万トンのポリ乳酸設備を完成させた。量産による価格低下に伴う市場拡大が見込まれ、わが国の生分解性プラスチックの開発を加速した。

表2 生分解性プラスチックの分類<sup>1)2)</sup>

種類	ポリマー	原料
微生物産生系	ポリヒドロキシブチレート(／改質系)	植物
化学合成系	ポリ乳酸(／改質系)	植物
	ポリカプロラクトン(／改質系)	石油
	ポリブチレンサクシネート(／改質系)	石油(→植物)
	ポリエチレンテレフタレート／改質系	石油
	ポリブチレンアジペート／改質系	石油
	ポリエチレンサクシネート(／改質系)	石油
天然物系	でんぷん系(／改質系)	植物
	酢酸セルロース	植物

生分解性プラスチックは、環境負荷の低減ばかりでなく、化石資源からの転換という視点からも注目される。

ポリ乳酸は図1のとおり、トウモロコシを原料に製造される。2004年には、トヨタ自動車が市場に参入した。自動車部品に採用、年産1,000トン規模の実証プラントを建設、インドネシアで原料用サトウキビ、サツマイモを栽培、また遺伝子組換え酵母による生産技術を開発するなど、大きなインパクトを与えた。

また、生ゴミ中の糖分からポリ乳酸を製造する研究が九州工業大学を中心に進められ、生ゴミに加え、廃材・剪定枝もあわせたシステムも検討されている。廃棄物を資源として利用するポイントは、元来多くの廃棄物がコストをかけて処理しなければならないことを逆手にとること(逆有償)である。しかし、量産型の素材を対象とする場合には、原料を大量に集める仕組みが課題となる。

ポリブチレンサクシネートは、現在、石油由来であるが、バイオマスから原料のコハク酸を製造する開発が進められている。

## 2.3 生分解のしくみ

生分解性プラスチックは、通常使用している限りは分解しないが、環境中で加水分解され、さらに微生物の分泌する酵素の働きにより分解され、微生物はそれを栄養分として体内に吸収し、最終的に炭酸ガスと水にまで消化・分解される。一般にプラスチック中に、芳香環を含まない脂肪族系の構造が生分解しやすく、特にエステル結合が微生物の分解を誘導するため、生分

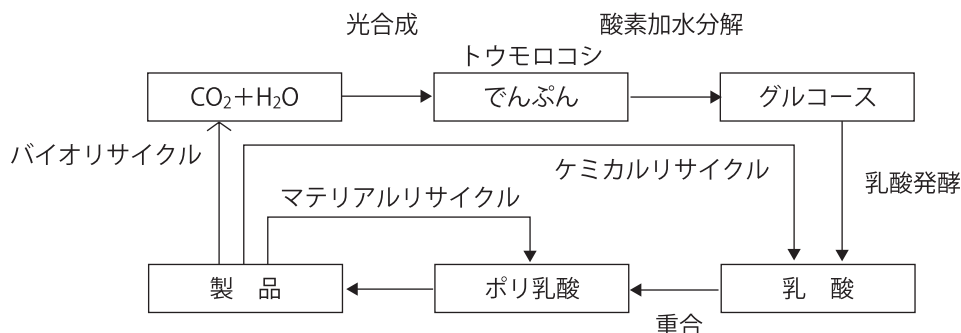


図1 ポリ乳酸の製造・リサイクル工程

解性プラスチックも脂肪族ポリエステル系が多い。しかし、同じポリエステル系でもポリ乳酸は分解し難いが、コンポスト条件では著しく分解する特性をもっており、ポリマーにより挙動を異にする。

分子量の調整、結晶性制御により、生分解性の制御も可能である。さらに分子レベルで高分子材料の高次構造と分解酵素の機能解明により、多様な物性の要請への対応、生分解速度制御の精度の向上が期待される。<sup>3)</sup>

### 3 市場と用途

#### 3.1 万博ーバイオリサイクル

近年、循環型社会への転換、地球温暖化防止対策として再生可能な生物資源（バイオマス）に目が向けられるようになった。バイオマスによる自然環境下で分解するプラスチックとして注目されるのが、バイオマスプラスチック、すなわち、バイオマス由来の生分解性プラスチックである。万博<sup>4)</sup>ではバイオマス由来であることをアピール、廃棄物削減や脱石油社会の実現に有効な素材としてPRしている。

会場で生分解性プラスチック製のごみ袋により回収された生分解性プラスチック製の使用済みワンウェイ食器と食べ残しは、コンポスト化処理された後、農場で使用され、収穫した白菜は、来場者やレストランに食材として供するバイオリサイクルと

もいうべき実証実験が行われた<sup>4)</sup>。このほかポリ乳酸に戻すマテリアルリサイクル、乳酸に戻すケミカルリサイクルも実証に取り組みられている。(図1)

軟質系の生分解性プラスチックがゴミ袋に採用されると、回収したゴミ袋のままコンポスト化が可能となり、煩雑なゴミの取扱いが著しく軽減され、リサイクルがまわりやすくなる効果も付加される。万博での実証により、生分解性素材のリサイクルに対する道筋がつけられたといえよう。

#### 3.2 市場と用途開発

生分解性プラスチックの用途を表3に示す。現在、硬質系のポリ乳酸、軟質系のポリブチレンサクシネートおよびでんぷん系が中心となっている。

ポリ乳酸は実用上の耐熱温度が低い問題があったが、層状ケイ酸塩をナノ分散させ、コンポジット化（複合化）することにより耐熱性が高められた<sup>2)</sup>。硬質系であるが、軟質系素材とのブレンドにより改質も可能である。

ポリブチレンサクシネートは軟質系で、フィルム成形性にすぐれ、ブレンド・共重合体の生成が容易である。生ゴミ回収袋、マルチフィルム、包装資材、土嚢等土木資材に使用されている。

現在の市場は、自然環境中で放置されたり、分別回収に手間がかかる用途を中心に15,000トン（2003年）であり、梱包資材（バラ緩衝材

表3 生分解性プラスチックの主な用途<sup>2) 5)</sup>

分野	用途	課題
包装分野	バラ状梱包緩衝剤, エアーキャップ	
雑貨分野	化粧品容器, 洗剤容器, 生ゴミ袋, 水切袋, 窓付き封筒, 粘着ラベル	コンポスト施設の普及, レジ袋への採用
食品分野	発泡シート(トレイ), 保存容器, 食品容器(ワンウェイ, リターナブル), 弁当箱, ラップフィルム, 青果袋	
衣料分野	衣類, ボタン, ハンガー	
医療・衛生分野	紙おむつ, 生理用品, 歯ブラシ, 手術用縫合糸	
農業分野	マルチフィルム, 育苗ポット, 植木鉢, 種子テープ, 結束材, 燻蒸シート, 多機能性パイプ, 遅効性肥料用	
土木・建築分野	植生シート, 土嚢袋	
漁業分野	魚網, 釣り糸, ルアー, 発泡魚箱	
電子材料分野	カード, パソコン・携帯音響機器の筐体, 光ディスク, プリンター用基材フィルム	難燃性, 長期耐久性
自動車部品	フロアマット, スペアタイヤカバー, ホイールキャップ	長期耐久性
スポーツ分野	ゴルフティー, キャンピング用品	
その他	包装・製本・製袋用接着剤	

注) コスト, 用途開発の課題は共通にあり

等)35%，農林水産資材（マルチフィルム・ポット・土嚢等）30%，包装資材（生ゴミ回収袋等）10%，その他（文具・生活雑貨・産業副資材等）25%と推定<sup>6)</sup>されている。

生分解性プラスチックの閉塞感から、BT（バイオテクノロジー）戦略大綱、バイオマス・ニッポン総合戦略が2002年に相次いで打ち出され、農林水産省の「バイオマスプラスチック製造コスト低減に向けた技術開発事業」、経済産業省の「バイオプロセス実用化開発プロジェクト」等関連のプロジェクトが実施され、生分解性プラスチックの開発が強力に支援された。

2004年には、プラスチックの業界団体のポリオレフィン等衛生協議会が、食品包装材用に一定の安全性基準を満たした樹脂としてポリ乳酸およびポリブチレンアジペート／テレフタレートがポジティブリスト（使用できるものをリストにしたもの）に登録された。自主基準であるが、包装容器メーカーは、登録された樹脂以外は使っておらず、食品容器として食品衛生法で定められた基準を満たしている。このように食品容器としての受け入れが進みつつある。

グリーン購入法では、透明窓付き封筒・生ゴミ回収袋・水切りネット、OHPシート、クリアファイル等が特定調達品目へ登録<sup>2)</sup>されている。

耐久性、強度、耐衝撃性、耐熱性、難燃性等の特性が用途に応じ求められるが、樹脂の改質・加工技術はわが国の得意とするところであり、用途に対応した技術開発が進められている。パソコン筐体、DVDプレーヤ筐体等の電子機器関連やマット、タイヤカバー等の自動車部品へと広がりを見せ、さらに市場拡大が期待される。

このように、一連の活動により基盤が整いつつあるといえよう。

## 4 課題と展望

### 4.1 課題と対応

課題として第一に、価格低下が普及のポイントであり、量産効果が出ないことの裏返しでもある。次いで一般消費者の認知度が低いことであり、環境意識の高まり、一般消費者のメリットが

得られるような製品づくり・仕組みが、生分解性を強く必要とする分野(例えばコンポスト化)では、社会基盤の整備に重点化する施策が望まれる。

### 4.2 展望

既述の一連の成果を市場形成に結びつけていくことができれば、前途は明るいと思われる。ポイントは、生分解性であり再生可能資源の活用である。バイオマスを原料とするものは、原油価格の高止まりにも、影響を受けることが小さく、追い風である。長期的には炭素循環系の中に組み込まれるのが目標である。

## 5 おわりに

生分解性プラスチックは、長いトンネルを抜けようとしている。まだ先の見えないところがあり、まだ、乗り越えなければならない大きな壁があるように思われる。ニッチから汎用へ、石油由来からバイオマス由来へと段階的戦略が求められる。

長期的には、生分解性を重点に、政策的な支援の継続が望まれるとともに、核となる用途の開発と技術開発のブレークスルーが望まれる。期待とともに課題も大きい。

### <参考文献>

- 1) 生分解性プラスチック研究会ホームページ
- 2) 生分解性プラスチック研究会編：生分解性プラスチックの本，日刊工業新聞社，2004
- 4) 大島一史：バイオマスプラスチック 愛・地球博へ（その後の話），バイオサイエンスとインダストリー，Vol.64，No.1，2006
- 5) 日経エコロジー：2005年7月号

### <引用文献>

- 3) 岩田忠久，阿部英喜：バイオポリエステルが生分解性制御技術の開発，バイオサイエンスとインダストリー，Vol.63 No.3，2005
- 6) 大島一史：グリーンポリマーの概観，バイオサイエンスとインダストリー，Vol.63，No.1，2005

高木 建次 (たかぎ けんじ)  
技術士（生物工学部門）

高木技術士事務所 所長  
生物工学部会 部会長

