

技術ノート

生分解性プラスチックの土壌中における分解挙動

清水研一*¹⁾ 阿部 聡*¹⁾ 中沢 敏*²⁾ 金子真理奈*³⁾

Degradability of biodegradable plastics in the soil

Kenichi SHIMIZU, Satoshi ABE, Satoshi NAKAZAWA and Marina KANEKO

1. はじめに

理想的な生分解性プラスチックは、使用中は優れた特性を持ち、廃棄後は土中や水中の微生物によってすみやかに水や二酸化炭素にまで分解されるプラスチックである¹⁾。しかし、この理想像を裏付けるデータは未だ十分ではない。また、当然のことながら各地に生息する生物やその活性は地理的環境に依存して多様である。

こうした背景により、産業技術連携推進会議物質工学部会高分子分科会（（独）産業技術総合研究所を中心にした全国の公設試高分子部門等の連合会議）は1999年5月から2001年1月までの間、北海道から奄美大島までの81か所において生分解性プラスチックの土壌分解性フィールドテストを行い、いくつかの報告を行った²⁾。本報ではこのテストのうち、当所敷地内における各種生分解性プラスチックの土壌中の分解挙動を報告する。

2. 実験方法

試料は、各社より提供を受けた成形原料を富山県工業技術センターで射出成形した厚さ3mmのダンベル形（JIS K7162の1B形）試験片である。試料名、成分および供給者名を表1に示す。

当所敷地内の落葉樹の木陰の土壌に、6種類の試験片を21片ずつ地表より約10cmの深さに重ならないように

表1 土壌に埋設した試料の種類

試料名	成分	供給者
バイオポール	ポリヒドロキシ酪酸/ポリヒドロキシ吉草酸	日本モンサント(株)
マタービー	デンブン/脂肪族ポリエステル	日本合成化学(株)
ラクティ	ポリ乳酸	(株)島津製作所
ピオノーレ	ポリブチレンサクシネート・アジペート	昭和高分子(株)
セルグリーン	脂肪族ポリエステル	ダイセル化学工業(株)
ユーベック	脂肪族ポリエステルカーボネート	三菱ガス化学(株)

*¹⁾ 材料技術グループ*²⁾ 資源環境技術グループ（現東京都下水道局）*³⁾ 材料技術グループ

（現城南地域中小企業振興センター）



図1 埋設現場の状況

埋設した。埋設から1ヶ月後の埋設場所の状況を図1に示す。埋設から1, 2, 4, 8, 12, 16, 20ヶ月経過後に各試験片を3本ずつ掘り出して外観観察、質量測定、引張試験を行った。引張試験の試験速度はバイオポールとラクティで5mm/min、その他では50mm/minである。

3. 結果

今回使用した試料のうちラクティとバイオポールはわずかに黄みがかっており、ラクティは透明、バイオポールは不透明である。その他の試料は乳白色で高密度ポリエチレンに似た外観を呈している。

図2に16ヶ月間土壌に埋設した試料の外観を示した。



図2 16ヶ月間土壌に埋設した試料の外観

左からバイオポール、マタービー、ラクティ、ピオノーレ、セルグリーン、ユーベック

写真から分かるようにラクティ以外の試料は表面が黒色に変化している。最も劇的に変化したのはマタービーである。1ヶ月後には褐色や紫色のシミが発生し、試料の一部は質感の変化を伴って黒色に変化していた。その後は、主に黒色部が試料全体に広がり、厚みの変化も著しかった。バイオポール、ピオノーレ、セルグリーン、ユーベックは終始同じような外観変化を示した。すなわち、1ヶ月後には表面に小さな孔が生じ、時間とともに全面に拡がり深さを増した。写真中黒く見える部分は、マタービーの黒色部分とは異なるもので、このような孔のみに生じ質感の変化は感じられなかった。これらに対し、ラクティの変化は非常に軽微なもので、16ヶ月後によく表面の一部に白濁が見られる程度であった。

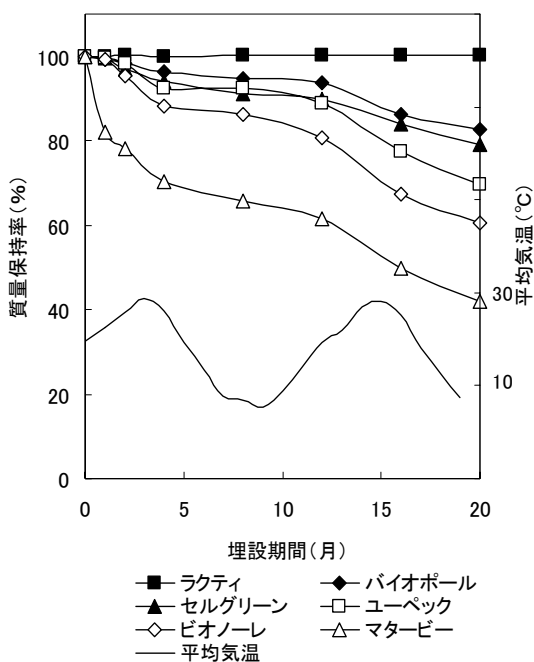


図3 各種生分解性プラスチックの土壌中の質量変化

埋設による各生分解性プラスチックの質量変化を月平均気温とともに図3に示す。質量の減少はマタービー、ピオノーレ、ユーベック、セルグリーン、バイオポールの順で大きく、ラクティはほとんど変化がなかった。ピオノーレ、ユーベック、セルグリーン、バイオポールは埋設1ヶ月(1999年6月)から4ヶ月(1999年9月)と12ヶ月(2000年5月)から16ヶ月(2000年9月)の間に大きな質量減少を示し、4ヶ月から12ヶ月には質量減少は小さいという同じような質量減少の傾向を示した。このことから、一般に気温の高い時期に分解速度が大きく、気温の低い時期には分解速度が小さいと言える。マタービーもほぼ同様の傾向を示したが、埋設初期に大きな質量減少を示す特異性がある。このように、マタービーが外観、質量とも短期間に大きな変化を示すのは、デンプン

表2 各試料の引張特性の変化

試料名	引張強度*(MPa)		応力-ひずみ曲線の変化**
	初期	20ヶ月後	
バイオポール	(24.7)	(14.0)	A→A
マタービー	9.9	(9.5)	C→A
ラクティ	66.4	59.5	B→B
ピオノーレ	20.1	(8.9)	C→A
セルグリーン	28.8	27.0	C→C
ユーベック	24.9	18.3	C→C

*降伏を示すものは降伏応力を、降伏を示さないものは()をつけて破壊応力を記した。
 ** A: 降伏以前に破壊するもの。
 B: 降伏後に伸びを示すが、降伏応力以下で破壊するもの。
 C: 降伏後大きな伸びを示し降伏応力を超えるもの。

の分解性が他の成分に比べて大きいことに起因していると思われる。

表2に20ヶ月後の引張強度と応力-ひずみ曲線の変化を示した。バイオポールは当初から降伏以前に破壊する脆い材料であった。このような材料では表面の欠陥が強度に影響しやすく、外観を反映して引張強度は埋設時間とともに低下していった。マタービーの引張強度はほとんど変化がない結果となっているが、応力-ひずみ曲線は最も劇的に変化し、当初観測された大きな伸びは1ヶ月後にはすでに観測されず、降伏以前に破壊した。埋設後のラクティは降伏応力が減少し、破壊時の伸びが増加する可塑性の特徴を示した。しかし、20ヶ月の間、質量増加は多くても0.2%程度であることから、可塑性は土中の低分子化合物の吸収によるものではないと考えられる。ピオノーレ、セルグリーン、ユーベックは、埋設前には降伏後に非常に大きな伸びを示す材料である。このタイプの中で比較的大きな質量減少を示したピオノーレでは、まず降伏応力の低下が起こり、ついには破壊伸びの減少が観測された。セルグリーンとユーベックでは降伏応力の低下は認められたが、20ヶ月後にも破壊伸びの低下は起こらなかった。

4. まとめ

市販されている生分解性プラスチック6種の土壌分解性を試験した。その結果、土壌中の分解速度はいずれも気温の高い時期に大きく、気温の低い時期に小さくなる傾向を認めた。土壌中の分解速度は試験片の構成成分により異なるため、成分の選択により分解速度の調整が可能であることが示唆された。

参考文献

- 1) 土肥義治編:生分解性プラスチックのおはなし, 日本規格協会(1991).
- 2) 例えば, Y. Tominaga, K. Kitagawa, A. Nakayama: Proc. of 221st ACS National Meeting, San Diego, 41(1), 414 (2001).

(原稿受付 平成15年7月11日)