

生分解性プラスチックフィルムの鹿児島県内における土壌中での分解性

素材開発部 飯屋園 広幸*, 西元 研了**, 濱石 和人

Study on Decomposition Behavior of Biodegradable Plastic Films in Kagoshima Area Soil

Hiroyuki KARIYAZONO, Kenryo NISHIMOTO and Kazuto HAMAISHI

6種類の市販の生分解性プラスチックフィルムについて夏期(5月~10月)と冬期(12月~4月)にフィールドテストを実施し、土壌中(畑地)における分解性を評価した。その結果、生分解プラスチックの種類によって全く分解速度が異なることがわかった。また、同一種類の生分解性プラスチックであっても気候や気象条件により分解性に大きな差異が見られた。

1. 緒言

生分解性プラスチックは、微生物により最終的には水・二酸化炭素・メタンガスなどに分解される環境に優しいプラスチックである。生分解性プラスチックについては、国内外の樹脂メーカーにおいて微生物産生系、化学合成系、天然物利用系それぞれの製品開発が行われ、実用化が進められている。

生分解性評価の方法についても、いくつかの試験方法がISO並びにJIS規格として制定されている¹⁻³⁾。これら生分解度の評価方法は、活性汚泥中での酸素消費量や二酸化炭素発生量を測定したり、コンポスト過程での二酸化炭素発生量を測定して試料の分解度を評価するものである。その中でも活性汚泥による好氣的生分解度試験は、自然環境下での生分解挙動を比較的良好に再現するとされているが、生分解性プラスチックを実際に使用し廃棄する際、地域の土壌特性、気候、気象などにより分解性が大きく異なる場合が多く、フィールドテストによって地域や気候による分解性を知ることが重要である。

生分解性プラスチックの分解性に及ぼす自然環境の影響を調べることは、生分解性プラスチックの実用化において必要となる用途や地域に応じた材料の選択や廃棄方法について、有用な知見を与えるものと考えられる。この問題に対する取り組みとして、工業技術連絡会議高分子分科会において全国的な生分解性プラスチックのフィールドテストが行われ、当センターもこれに参加した⁴⁾。

本研究では、6種類の生分解性プラスチックフィルムについて農業用マルチフィルムへの利用を想定し、畑地埋設での分解性挙動を調べた。また夏季と冬季における分解性の差異についても調査を行った。

2. 実験方法

2.1 材料

フィルム試験片は農業用マルチフィルムへの利用を想定し、厚さ20~100 μ mのフィルムを試験片とした。試験片が薄く分解後に断片化し、サンプリング(掘り出し)が困難になることが予想されるので、家庭台所で使用する三角コーナー用水切りネット(ポリエチレン製)を用意し、その中に各種類ごとに試験片(n=3)を並べた上で、そのまま埋設、サンプリングなどを行った。確認用タグは、ポリエチレン製水系で同ネットに取り付けた。6種類の材料の性質を表1に示す。

2.2 埋設

フィルム試験片は畑地に埋設した。畑地は鹿児島県農業試験場本場(鹿児島市上福元町5500)の甘藷が栽培されている場所である。横に平畝を作り、生分解性プラスチックフィルム各種類毎、3枚を一組とし、ポリエチレン製ネットに包み地表から深さ5cmに埋設した。図1に埋設前のサンプルを示す。サンプリング間隔は各期それぞれ1, 2, 3, 3, 3, 4, 4週間間隔で計7回、最長20週間に渡り埋設を行った。時期は季節の影響を調べるために夏期(平成11年5月27日埋設開始)と冬期(平成11年12月2日埋設開始)の2回実施した。

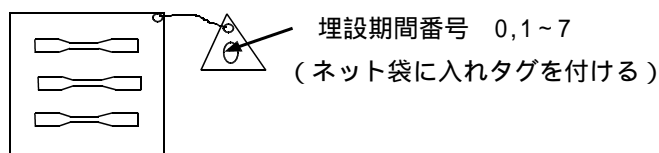


図1 畑地埋設試験片

*環境保健センター, **化学・環境部

表1 試験材料

記号	メーカー / 商品名	素材	フィルム厚さ
B G	三菱ガス化学 ビオグリーン	ポリ-β-ヒドロキシ酪酸 (P H B)	100 μ m
M	日本合成化学工業 マターピー (ZF03U/A)	でんぶん / P C L ポリマーアロイ	20 μ m
L 2	三井化学 レイシア	ポリ乳酸 (P L A)	25 μ m
B	昭和高分子・昭和電工(株) ビオノーレ (#3001)	ポリブチレンサクシネートアジペート (P B S A)	20 μ m
C	ダイセル化学工業(株) セルグリーン (PHB02)	ポリカプロラクトン (P C L)	20 μ m
U	三菱ガス化学 ユーベック	ポリエステルカーボネート	20 μ m

2.3 分解性評価

2.3.1 外観及び微構造観察

試験片の形状変化や変色は外観観察で行い、状態を記録し、写真を撮影した。また、走査型電子顕微鏡 (JSM840, 日本電子製) を用い、土壌埋設 0 週間、16 週間後のサンプルの表面の微構造の観察を行った。

2.3.2 質量の変化

サンプリングしたフィルム試験片は、穏やかに水洗し附着した土壌を落とした後、23±2℃、相対湿度50±5%で48時間以上状態調節をして試験に供した。試験片質量をmg単位で測定し、試験片の質量保持率を式(1)により求め、また3本の平均から平均質量保持率を求めた。

$$\text{質量保持率 (\%)} = (W1/W2) \times 100 \dots (1)$$

W1: 埋設前の試験片の質量

W2: 埋設後の試験片の質量

2.3.3 引張試験

JIS K7127に準じ、材料強度試験機 (AGS-5kNB, 島津製作所製) を用いて荷重ひずみ曲線を記録して破断時の荷重から引張強さと破断伸びを測定した。また、質量保持率と同様に引張強さ保持率と破断伸び保持率を求めた。引張強さは式(2)から、破断伸びは式(3)から求めた。測定条件は表2のとおりである。

$$\text{引張強さ} = P/A = P/(t \times w) \dots (2)$$

ここで引張強さ: [N/mm²]

P: 試験片の破断時の荷重 [N]

A: 試験片の最小断面積 [mm²]

t: 試験片の厚さ [mm]

w: 試験片の中央部の幅 [mm]

$$\text{破断伸び (\%)} = \{(L_2 - L_1)/L_1\} \times 100 \dots (3)$$

ここでL₁: 開始時のチャック間距離

L₂: 試験片破断時のチャック間距離

表2 チャック間距離と引張速度

試料	チャック間距離 (mm)	引張速度 (mm/min)
B G	50	5
M	50	50
L 2	50	5
B	50	50
C	40	50
U	50	50

3. 結果及び考察

3.1 埋設環境、外観及び微構造の観察

表3, 4に埋設期間中の埋設地の月間平均気温、降水量を示す。冬期は夏期に比べ平均気温が10~15℃も低く、降水量も少なく土壌も乾燥状態にあることが多い。土壌中の微生物数や微生物叢も大きく異なると考えられる。なお、土壌のpHは5.7~6.0であった。

表5に夏期の埋設試料の外観を、図2に16週間埋設後の残存した試料の電顕写真を示す。

3.2 質量の変化

図3に夏期、図4に冬期における各種生分解性プラスチックの質量保持率を示した。夏期の埋設試験では試料M, B, Cは20週間で質量の80%以上が分解消失し、試料B Gは60%程度の質量減少が見られたが、試料L 2とUについてはこの期間でほとんど質量に変化がみられなかった。一方、冬期については試料Mで20週間の埋設で30%程度の質量減少が見られるが、他の試料の質量の変化はわずかであった。

表3 夏期(5月~10月)埋設環境

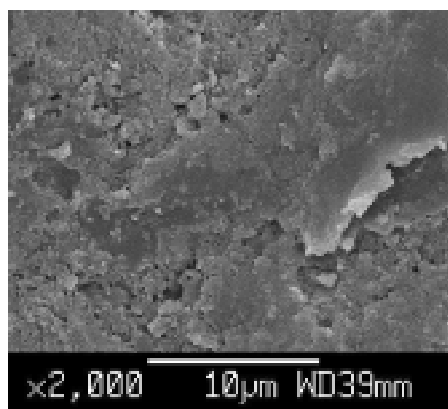
年月	平均気温()	降水量(mm)	サンプリング月日
H11年5月	19.8	294.5	5/27(埋設)
6月	23.6	623.5	6/3(1週目)
			6/17(3週目)
7月	27.4	299.5	7/9(6週目)
			7/30(9週目)
8月	27.2	530	8/18(12週目)
9月	26.7	295.5	9/16(16週目)
10月	21.8	27	10/14(20週目)

表4 冬期(12月~4月)埋設環境

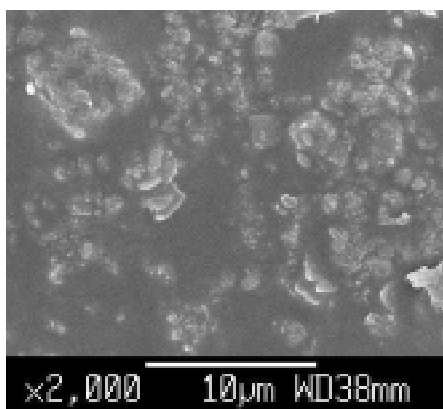
年月	平均気温()	降水量(mm)	サンプリング月日
H11年12月	9.1	27.5	12/2(埋設)
			12/9(1週目)
			12/22(3週目)
H12年1月	9.4	69	1/13(6週目)
			2月
3月	11.9	119	2/24(12週目)
			3/23(16週目)
4月	15.6	164.5	4/20(20週目)

表5 夏期(5月~10月)埋設試料の外観

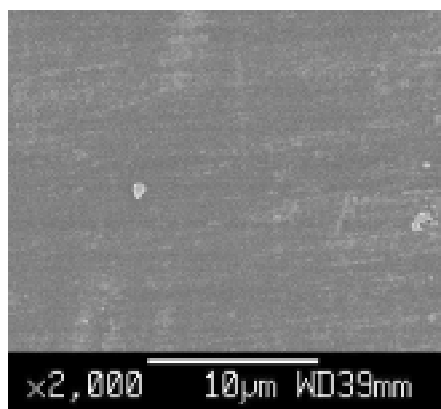
埋設期間	B G	M	L 2	B	C	U
1週	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
3週	ほとんど変化なし	多数の穴あき。見た目最も分解	ほとんど変化なし	多数の穴あき	多数の穴あき	ほとんど変化なし
6週	かなり分解が進んでいる	原形をとどめていない	ほとんど変化なし	かなり分解が進んでいる	かなり分解が進んでいる	ほとんど変化なし
9週	かなり分解が進んでいる	原形をとどめていない	ほとんど変化なし	原形をとどめていない	原形をとどめていない	あまり変化なし 小さな穴あり
12週	かなり分解は進行 原形はある	原形をとどめておらず、残骸に近い	ほとんど変化なし (ややしわ発生)	原形をとどめておらず、残骸に近い	原形をとどめておらず、残骸に近い	あまり変化なし 小さな穴あり
16週	かなり分解は進行 原形はある	残骸がわずかにある	しわになっていた	残骸がわずかにある	残骸がわずかにある	小さな穴が多数
20週	かなり分解は進行 原形はある	残骸がわずかにある	しわになっていた	残骸がわずかにある	残骸がわずかにある	小さな穴が多数



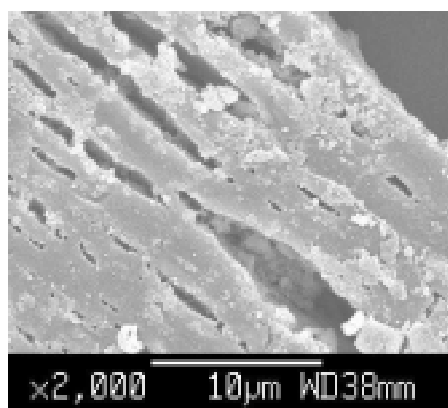
試料 B G



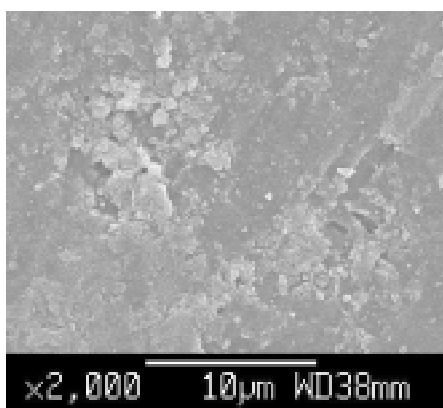
試料 M



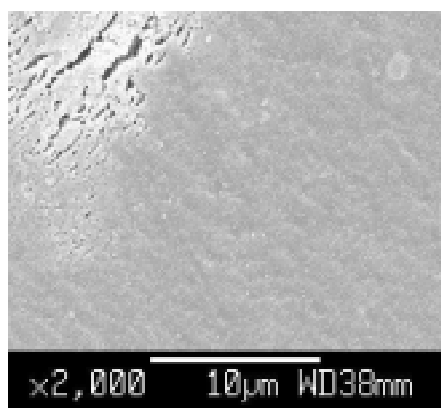
試料 L 2



試料 B



試料 C



試料 U

図2 夏期埋設16週目のフィルムSEM像

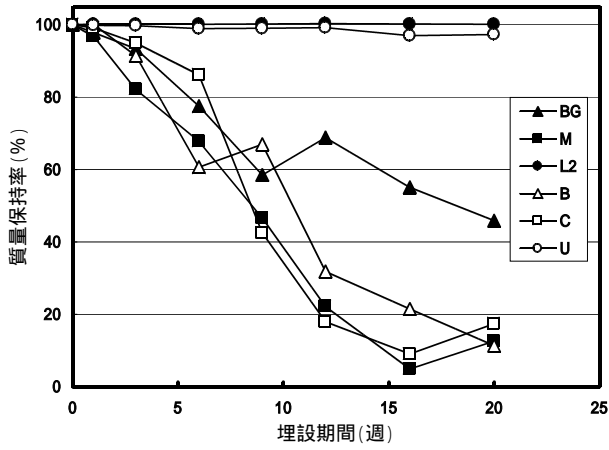


図3 質量保持率(夏期)

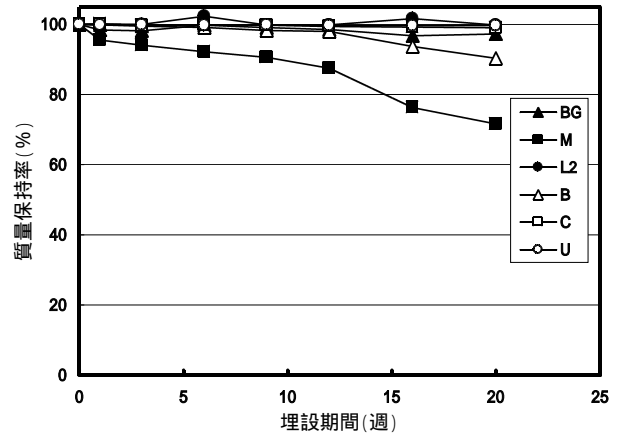


図4 質量保持率(冬期)

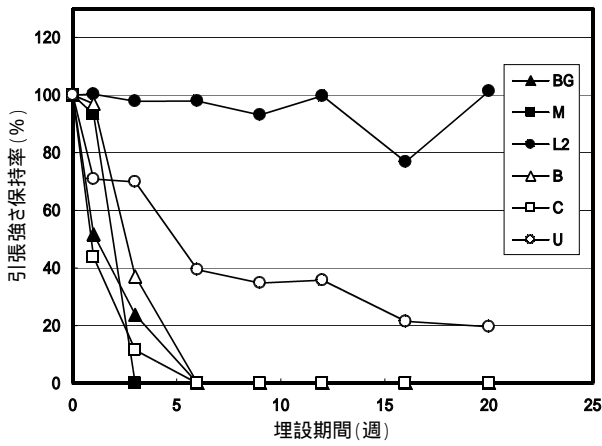


図5 引張強さ保持率(夏期)

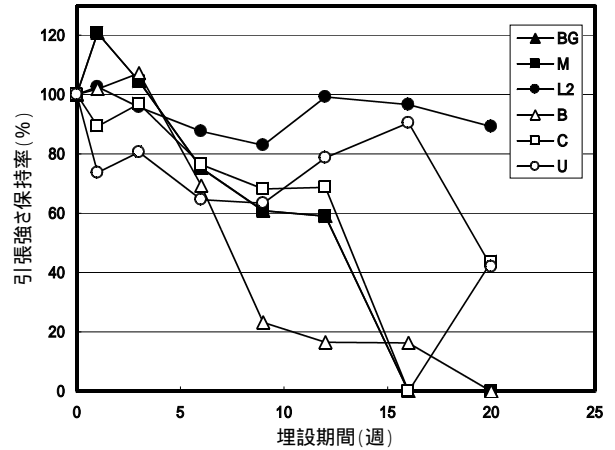


図6 引張強さ保持率(冬期)

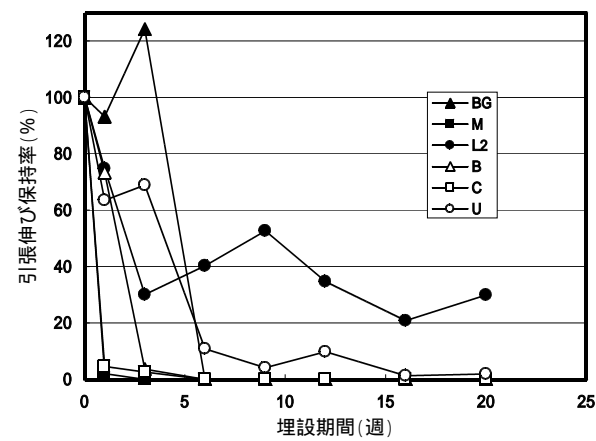


図7 破断伸び保持率(夏期)

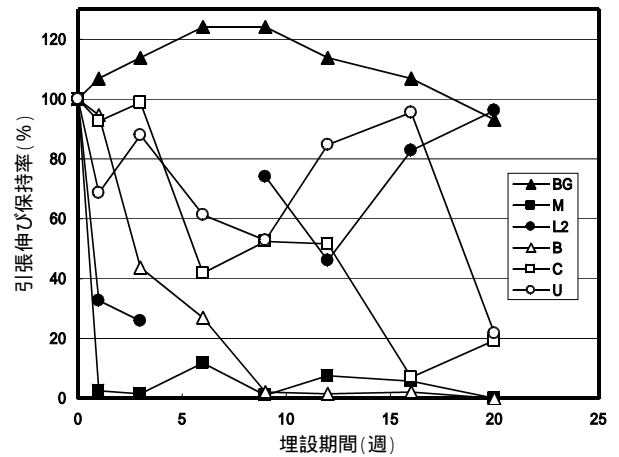


図8 破断伸び保持率(冬期)

3.3 引張試験

埋設後の試料の引張試験の結果を図5～8に示す。引張試験は、崩壊が軽度で試験片の形状が残っているものについて行った。崩壊が進み引張試験が不可能なものは、引張強さ、破断伸びを0としてプロットした。夏期の埋設では、埋設6週間で降でも試験片が残り、引張試験が可能であったものは試料L2とUのみで、その他の試料は崩壊が進み引張試験が不可能であった。一方、冬期の埋設では最終20週目の試料MとB以外は全ての試料で引張試験が可能な試験片形状が残っていた。

夏期において試料BG, M, B, Cは、埋設3週間以内に引張強さが、埋設前の50%以下に低下し、崩壊が早い。試料Uは埋設中の質量変化は小さいが、引張強さは6週間で埋設前の40%以下に低下し、崩壊が進行していることがわかる。試料L2については、質量変化と同様に引張強さの変化も小さく、土壌中での分解は極めて遅いと考えられる。工業技術連絡会議高分子分科会の全国19機関でのフィールドテストにおいても、これとほぼ同様の傾向が得られている。

4. 結 言

6種類の生分解性プラスチックフィルムの土壌埋設による生分解性試験を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) PCL, PBSAから成る生分解性プラスチック(試料M, B, C)は、土壌中での崩壊が早く、夏期には6～9週間で断片化する。
- (2) PLAから成る生分解性プラスチック(試料L2)は、土壌中での崩壊が極めて遅い。
- (3) 同一地点であっても夏期と冬期では、土壌埋設での崩壊性が大きく異なり、冬期の生分解性プラスチックの崩壊は緩慢となる。

謝 辞

調査を行うに当たり、試験地の提供及び埋設準備にご協力を頂きました農業試験場土壌肥料部上之菌茂主任研究員、長友誠主任研究員に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) JIS K6950-2000 プラスチック - 水系培養液中の好氣的究極生分解度の求め方 - 閉鎖呼吸計を用いる酸素消費量の測定による方法
- 2) JIS K6951-2000 プラスチック - 水系培養液中の好氣的究極生分解度の求め方 - 発生二酸化炭素量の測定による方法
- 3) JIS K6953-2000 プラスチック - 制御されたコンポスト条件下の好氣的究極生分解度及び崩壊度の求め方 - 発生二酸化炭素量の測定による方法
- 4) 北川和男, 松川公洋: 月刊地球環境, 10, 66(1999)

