

# 農業用廃プラスチックの有効利用に関する研究

## — 廃肥料袋の特性評価 —

吉田 昌充, 大市 貴志, 山岸 暢, 吉田 光則

### Study on Application of Waste Agricultural Plastic — Characteristic Evaluation of used Bag for Manure —

Masamitsu YOSHIDA, Takashi OHICHI,  
Tohru YAMAGISHI, Mitsunori YOSHIDA

キーワード：廃プラスチック, 肥料袋, ポリエチレン, 再使用

#### 1. はじめに

廃棄物の減量化と再資源化が社会的に重要な課題となり、環境に配慮した事業活動の展開が求められている。このような中、北海道の基幹産業である農畜産業では、多様な種類のプラスチック資材が使用され、農業用廃プラスチックは、平成11年度で約2.2万トン、平成13年度で約1.8万トンが排出されている<sup>1),2)</sup>。再生利用率は平成11年度で14%、平成13年度で23%と年々向上しているものの、全国平均35%に比べ低い水準にある<sup>3)</sup>。このため、これら廃棄物の適正処理や有効利用の促進が重要な課題となっている。

本研究では農業用廃プラスチックのひとつである使用済肥料袋の特性把握をするため、肥料袋の材質分析、機械的特性及び肥料袋を加熱溶融混練した再使用材の機械的特性、熱的特性、色調についての評価を行った。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 試料

本試験では、農家から回収した使用済肥料袋（以下、使用済袋）と、比較のため包材メーカー等から入手した未使用の肥料袋（以下、未使用袋）を使用した。また、同じく比較試料の市販成形材料として、日本ポリケム（株）製の直鎖状低密度ポ

リエチレン(LLDPE)ノバテック UF 421（汎用包装フィルム用グレード）を使用した。

##### 2.2 肥料袋再使用材の調製方法

使用済袋については、付着した土砂や肥料を取り除くため水洗・風乾後、同一種類の袋に選別し、二軸ロール混練機（㈱上島製作所製3×8テストロール）を用いて、170~180℃で溶融・混練し成形材料を調製した。未使用袋については、水洗・風乾することなく使用済袋と同様に、二軸ロール混練機で加熱混練を行い、成形材料を調製した。これら調製した再使用材及び比較材であるLLDPE成形材料をそれぞれ金型内において180℃で加熱溶融後、急冷固化させる条件で圧縮成形を行い、厚さ2mmの成形板を得た。

##### 2.3 袋の材質分析及び評価方法

袋の材質を分析する方法として、示差走査熱量測定(DSC)による融解温度の測定と、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)による定性分析を行った。融解温度の測定には、JIS K 7121に準拠し示差走査熱量計（セイコーインスツルメンツ（株）製 EXSTAR 6200 DSC）を用いた。なお融解温度は、DSC曲線の融解ピーク温度とした。赤外分光分析はパーキンエルマー製 SYSTEM 2000 を用いて、フィルム透過法で行った。

袋のフィルムでの特性は、引張強さ、伸び、引裂強さを測定し、評価した。引張強さ、伸びは JIS Z 1702 に準拠し、試験片形状はダンベル形とし、試験速度 500 mm/min の試験条件で測定した。引裂強さは、JIS K 7128-3 に準拠し、

事業名：一般試験研究

課題名：農業用廃プラスチックの有効利用に関する研究

試験速度 500 mm/min で測定した。

### 2.4 袋再使用材の評価方法

袋再使用材の特性は、引張降伏強さ、引張破断強さ、引張破壊伸び、引裂強さ、メルトマスフローレイト(MFR)、色調を測定し、評価した。引張降伏強さ、引張破断強さ、引張破壊伸びは、JIS K 7113 に準拠し、2.2 で成形した 2 mm 厚さの成形板から作製した 2 号形試験片を用いて、試験速度 200 mm/min で測定した。引裂強さは、JIS K 7128-3 に準拠し、2 mm 厚の試験片を用いて試験速度 200 mm/min の

表 1 使用済袋の材質分析結果

肥料製造 年月	融解温度 (°C)	IR スペクトル <sup>*</sup> 1740, 1240cm <sup>-1</sup> 吸収ピーク	厚さ (μm)	材質
1988年 9月	106	○	200	EVA
1988年 11月	104	○	209	EVA
1989年 4月	104	○	200	EVA
1989年 10月	103	○	200	EVA
1990年 3月	122	×	199	LLDPE
1990年 4月	122	×	185	LLDPE
1990年 5月	104	○	192	EVA
1990年 6月	104	○	201	EVA
1991年 5月	104	○	195	EVA
1991年 6月	122	×	195	LLDPE
1992年 4月	111	×	139	LLDPE
1992年 9月	124	×	146	LLDPE
1993年 1月	124	×	162	LLDPE
1993年 4月	123	×	149	LLDPE
1994年 12月	123	×	151	LLDPE
1995年 11月	123	×	148	LLDPE
1996年 5月	124	×	145	LLDPE
1997年 6月	123	×	142	LLDPE
1997年 8月	123	×	154	LLDPE
1998年 4月	122	×	149	LLDPE
1999年 2月	121	×	165	LLDPE
1999年 4月	124	×	158	LLDPE
1999年 6月	123	×	155	LLDPE
1999年 6月	123	×	150	LLDPE
1999年 7月	122	×	147	LLDPE
1999年 7月	123	×	148	LLDPE
1999年 7月	122	×	155	LLDPE
1999年 10月	123	×	153	LLDPE
1999年 11月	123	×	153	LLDPE
2000年 3月	122	×	179	LLDPE
2000年 4月	124	×	149	LLDPE

\*) ○は吸収ピーク強、×は吸収ピーク弱、若しくは無し

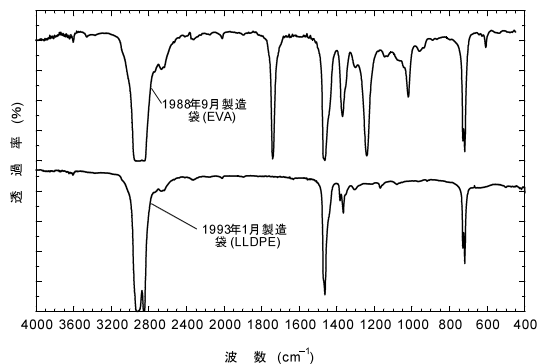


図 1 使用済袋の赤外吸収スペクトル (一例)

条件で測定した。MFR は、JIS K 7210 A 法に準拠し、試験温度 190°C、荷重 2.16 kg で測定した。このときの試料は 2.2 で調製した成形材料とした。色調は、JIS Z 8722 に準拠し、測色色差計 (日本電色工業(株)製 Z-1001 DP) を用いて反射測定し、得られた三刺激値 X, Y, Z から x, y を算出し xy 色度と Y (輝度率) を得た。

### 3. 験結果及び考察

#### 3.1 袋の材質

表 1 および図 1 に、袋の材質分析結果および赤外吸収スペクトルを示す。

袋の製造年月が不明のため、肥料の製造年月を基準とした。融解温度が 102~110°C の袋は何れも、赤外吸収スペクトルにおいて 2920, 2850, 1460, 720 cm<sup>-1</sup> にポリエチレンに帰属する強い吸収ピークが見られ、その他に 1740 cm<sup>-1</sup> と 1240 cm<sup>-1</sup> にポリ酢酸ビニルに帰属する強い吸収ピークが見られた<sup>4)</sup>。このことからこれら袋の材質は、エチレン-酢酸ビニル共重合体 (EVA) であると考えられる。また融解温度が 120~125°C の袋については、ポリエチレンに帰属する強い吸収ピークは見られるが、EVA に帰属する 1740 cm<sup>-1</sup> と 1240 cm<sup>-1</sup> の

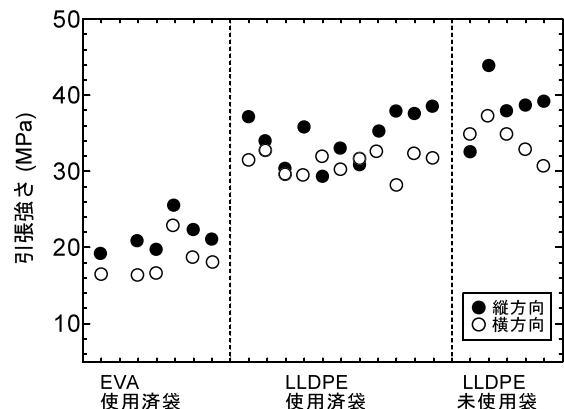


図 2 袋の引張強さ

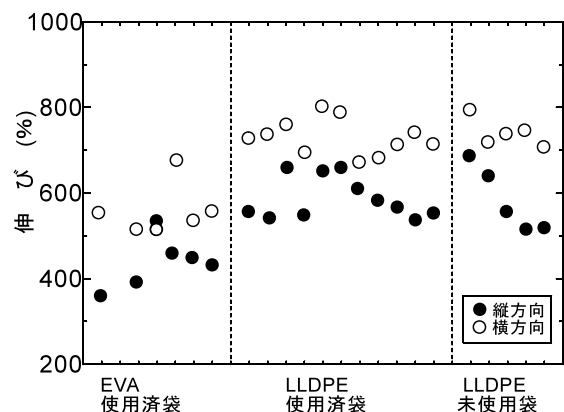


図 3 袋の伸び

強い吸収ピークが見られないことから、LLDPE であると考えられる。

肥料製造年が1992年以降の袋はLLDPE製であり、これ以前の袋の多くがEVA製であることがわかった。また、肥料製造年が1992年以前の袋は、厚さが200 $\mu\text{m}$ 付近であるのに対し、1992年以降のものは厚さが150 $\mu\text{m}$ 付近である傾向も見られた。

### 3.2 使用済袋の特性

図2に袋の引張強さを示す。LLDPE製の方がEVA製に比べて高い引張強さを示している。LLDPE製では、使用済と未使用袋とで引張強さに大きな差がないことがわかった。また、縦方向の方が横方向よりも高い傾向を示している。

図3に袋の伸びを示す。引張強さと同じく、LLDPE製の方がEVA製に比べると大きく、LLDPE製では、使用済と未使用袋とで伸びに違いは見られない。一方、方向の違いによる伸びでは、引張強さの場合とは反対に、横方向の方が高いことがわかる。

図4に袋の引裂強さを示す。この場合も、LLDPE製の方がEVA製に比べると高く、LLDPE製では使用済と未使用袋とで差はない。また、横方向の方が縦方向より高い傾向を

示している。

以上のように、使用済袋の引張強さ、伸び、引裂強さは、LLDPE製の方がEVA製に比べ高いことがわかった。また、LLDPE製では、使用済と未使用袋とで差は見られず、使用によって劣化していないことが明らかとなった。

### 3.3 袋再使用材の特性

使用済袋を加熱溶融混練して得た袋再使用材（以下、再使用材）の特性を調べた。

図5に再使用材の引張強さを示す。使用済袋によるものの引張強さは、降伏強さ、破断強さ共に、LLDPE製の方がEVA製に比べ高い傾向にある。LLDPEでは使用済と未使用袋によるもので差はほとんどなく、また、LLDPE成形材料と比べても同等であった。

図6に再使用材の引張破断伸びを示す。使用済袋によるものの引張破断伸びは、LLDPE製の方がEVA製に比べてやや大きい傾向にある。LLDPEでは使用済と未使用袋とで差は見られない。しかし、LLDPE成形材料と比較すると、これらの伸びは若干小さい傾向にあった。これは加熱溶融混練された再使用材では、LLDPE樹脂中に印刷インキが分散されたため、これが不純物となり、低下したものと考えられ

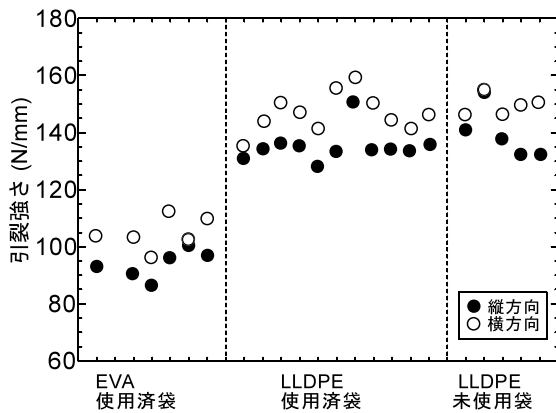


図4 袋の引張強さ

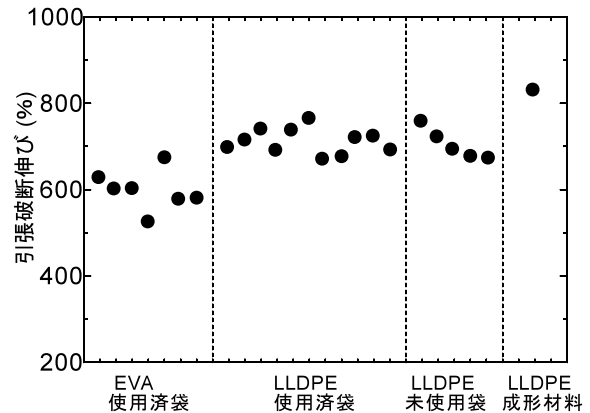


図6 再使用材の引張破断伸び

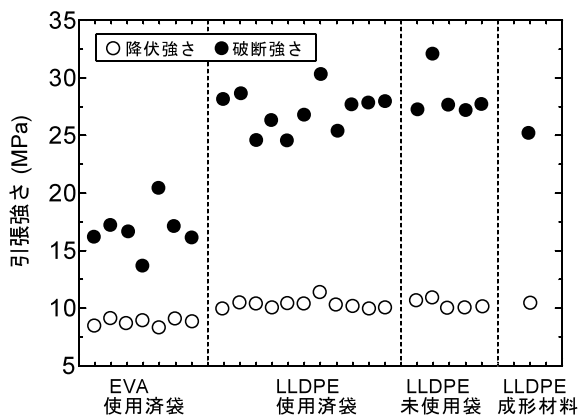


図5 再使用材の引張強さ

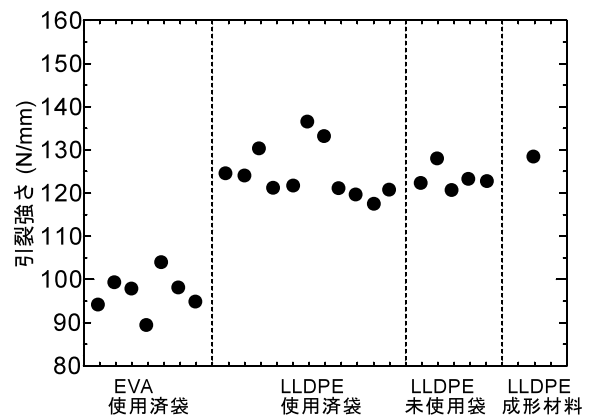


図7 再使用材の引張強さ

る。

図7に再使用材の引裂強さを示す。引裂強さも引張強さの場合とほぼ同じ傾向を示している。

図8に再使用材のMFRを示す。EVA製、LLDPE製共にほとんどが0.3~0.7 g/10 minの範囲にあることがわかった。同じ材質で比較した場合、LLDPE使用済によるもののMFRは、LLDPE未使用材によるものに比べてばらつきが大きい傾向にあった。また、LLDPE成形材料のMFRと比べた場合、ほとんどの再使用材によるものの方が小さい値を示した。これは、比較材として使用した成形材料が汎用包装フィルム用グレードであったためと考えられ、肥料袋などに使用される重袋用グレードでは、0.3~1.0 g/10 minの間で様々なものがあり<sup>9)</sup>、これと比較すると、ほぼ同等であると考えられる。今回調べた再使用材のMFRは、ほとんどのものが1.0 g/10 min以下であるため、圧縮成形、押出成形、インフレーション成形などの成形加工が比較的行い易いものと思われる。但し、今回の再使用材は同一種類の袋を選別し混練した材料であり、各種の袋を任意に混合混練した材料のMFRについては未測定であるため、この点については、検

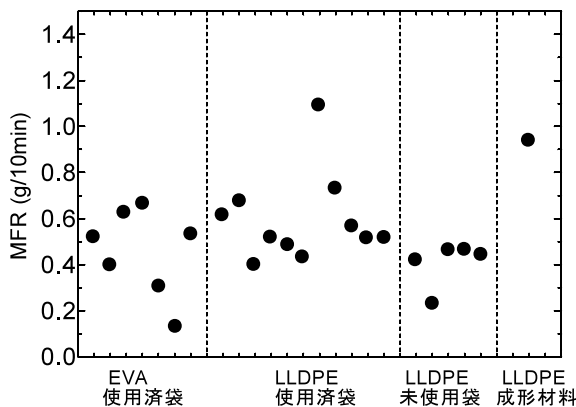


図8 再使用材のMFR

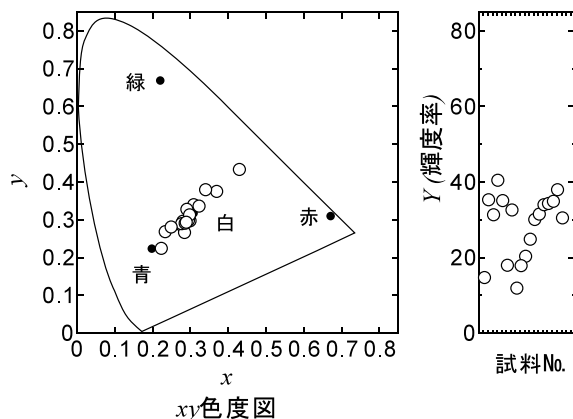


図9 再使用材のxy色度図及びY輝度率

討する必要がある。

図9に再使用材のxy色度及びY輝度率を示す。市場に回っている肥料袋は袋自体の色や表面の印刷インキの色が多様多様であるため、この袋を溶融混練した再使用材の色度や輝度率も、様々で単一ではない。このため再使用材を用いて再商品化を行う場合、色不問の用途への使用や色のばらつきをカバーすることのできる黒色などに着色して使用する必要があると考える。

#### 4. まとめ

農業用廃プラスチックのひとつである使用済袋の特性把握を目的に、肥料袋の材質分析、機械的特性及び肥料袋を加熱溶融混練した再使用材の機械的特性、熱的特性についての評価を行い以下の結果を得た。

- (1) 肥料袋の材質は、肥料製造年が1992年以降のものはLLDPE、これ以前のはEVAやLLDPEであり、袋の厚みが150 μmのものはLLDPE製であることがわかった。
- (2) LLDPE製使用済肥料袋とこれを使った再使用材の引張強さ、伸び、引裂強さは、EVA製よりも特性値が高く、また、未使用肥料袋や市販のLLDPE成形材料と比べほぼ同等であることがわかった。
- (3) 再使用材のMFRはほとんどのものが、新品のLLDPEと同様の1.0 g/10 min以下であるため、成形加工は圧縮成形、押出成形、インフレーション成形などが比較的行い易いものと判断された。
- (4) 再使用材の色は単一ではないことから、再使用時には色不問用途への使用や黒色などに着色して使用する必要があると考える。

#### 謝 辞

本研究を進めるに当たり、試料を提供いただいた土幌鉄工(株)、ホクレン包材(株)に深く感謝いたします。

#### 引用文献

- 1) 北海道環境生活部：北海道環境白書'00, (2000)
- 2) 北海道環境生活部：北海道環境白書'02, (2002)
- 3) 農林水産省食品流通局野菜振興課編：園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況, (2000)
- 4) 日本分析化学会高分子分析研究懇話会編：新版高分子分析ハンドブック, 紀伊國屋書店, (1995)
- 5) プラスチック成形材料商取引便覧1998年版, 化学工業日報社, (1997)