

籾殻粉末の混合による生分解性プラスチックの機能改変 () *

平野 高広**、佐々木 英幸***、山本 忠**
大澤 純也**

籾殻の有効活用および生分解性プラスチックの機能改変を目的として、籾殻粉末を 10～40%まで混合したポリブチレンサクシネートフィルムを試作した。フィルムの強度は、籾殻含量の増加に従い低下した。フィルムの生分解性評価は、簡便・迅速な酵素（リパーゼ）分解法及び物理的崩壊を極力受けない無攪拌のコンポスト分解法で行なった。籾殻を 40%添加した場合、酵素分解試験及びコンポスト分解試験による重量減少量は、無添加と比べてそれぞれ 2 倍及び 3 倍増加した。

キーワード：生分解性プラスチック、ポリブチレンサクシネート、籾殻粉末

Modification of Biodegradable Plastics by mixing powdered chaff (II)

HIRANO Takahiro, SASAKI Hideyuki, YAMAMOTO Tadashi
and OHSAWA Junya

To making good use of the chaff discarded and easy modification of the characters of biodegradable plastic, we put 10-40% of powdered chaff into the biodegradable plastic (polybutylene succinate). The strength of those plastic films decreased with the increase in the content of the chaff powder. We examined the biodegradability of those biodegradable films by enzyme (lipase) and by compost method without physical destruction of agitation. Forty-percent addition of the chaff powder to the plastic raised the degradation rates about 2- and 3-fold by enzyme and by compost test, respectively, compared with the film without powder chaff.

key words: biodegradable plastics, polybutylene succinate, powdered chaff.

1 緒 言

近年、環境負荷の低減を目的として、土壌中や水中で自然分解可能な生分解性プラスチックの開発が進んでおり、実用品も普及しつつある。しかし、多くの生分解性プラスチックが環境によってはほとんど分解しないとの報告¹⁾もあり、生分解性プラスチックの分解性を使用目的に合わせて改善する方法が求められている。

一方、生分解性プラスチックの生分解性評価法のほとんどは、特殊な設備が必要であったり、数ヶ月も時間がかかることから、生分解性プラスチック素材を開

発する上での律速条件となっている。そのため、簡便で迅速な生分解性評価が望まれる。

我々は、生分解性プラスチックの分解性を容易に高める手段として、籾殻粉末との混合を試みてきた。これは廃棄焼却処分されることが多い籾殻の再資源化も視野に入れている。前報²⁾では、ポリカプロラクトンに籾殻粉末を混合してフィルム成形し、その強度試験及び生分解性試験を行った。本報では、同様の試験をポリブチレンサクシネートで行なった。なお生分解性は、酵素分解法に加えてコンポスト分解法でも評価した。両分解法とも安価な設備で短期間に試験するため、

* 天然物を利用した生分解性素材の開発 (第 2 報)

** 応用生物部

*** 化学部

分解性の指標を重量減少とした。コンポスト分解法では、物理的崩壊による重量減少を極力防ぐために、コンポスト中に埋設する非攪拌試験とした。さらに、電子顕微鏡による表面解析で両分解法の分解メカニズムの違いを調べた。

2 実験方法

2.1 初穀入り生分解性フィルムの作成

初穀は収穫後に脱穀し、自然乾燥したものをを用いた。初穀粉末の調製法は前報²⁾のとおりである。生分解性プラスチックには、ピオノーレ(昭和高分子株式会社、#1020 グレード、主成分 ポリブチレンサクシネート)を使用した。生分解性プラスチックのペレットを所定量の初穀粉末と混合後、数十時間常温で真空乾燥した。これを2軸押出機(TECHNOVEL、KZW25-50MG)にて混練押し出しし、生分解性プラスチックフィルムを試作した。成形条件は、溶解温度 125~160、スクリュウ回転数約 30rpm、巻き取り速度 12~16rpm、初穀粉末の混合割合は 0、10、20、40 重量%とした。

2.2 強度試験

初穀粉末入り生分解性プラスチックフィルムをダンベル型(2号ダンベル、JIS K 7127)に打ち抜き、厚さを Thickness meter で測定した。引張強度試験は、引張試験機(島津製作所、AGS-10KNB)を使用して、試験速度 50mm/min で行なった。測定項目は、強度およびクロスヘッドの変位とした。なお、クロスヘッドの変位は、試験開始から破断までのクロスヘッドの移動距離とし、伸びとほぼ相関関係にあると考えた。強度試験は、試験区あたり 5 回以上行った。

2.3 酵素分解試験

初穀含有率 0、20、40%で厚さ 0.3~0.4mm の生分解性プラスチックフィルムを縦横約 3×30mm 角、重量 25±1mg に切断し酵素分解用試験片とした。試験片を 2ml 容スクリュウキャップバイアルに入れ、0.1M HEPES buffer (pH7.5) を 2.0ml 加え、酵素としてリパーゼ(Fluka、lipase from *Pseudomonas fluorescense*) を 1000 Unit/ml 添加して温度 37、60rpm の往復振盪で攪拌し反応させた。対照は酵素無添加区とした。反応 72 時間後の試験片の重量減少量から生分解性を評価した。

2.4 コンポスト分解試験

初穀含有率 0%、40%で厚さ 0.3~0.4mm の生分解性プラスチックフィルムを縦横約 3×4cm 角、重量約 0.5g に切断しコンポスト分解試験用試験片とした。

コンポスト混合物として、コンポスト(盛岡・紫波地区環境施設組合、田園有機、原料:生ごみ及び樹皮、成分:窒素全量 3.1%、リン酸全量 0.7%、カリ全量 1.1%、炭素窒素比 14) 1.5kg、木材チップ(三洋電機株式会社、生ごみ処理機用ホールチップ SNM-HK13) 360g の混合物を使用した。コンポスト混合物の pH は

6.5 であった。コンポスト混合物は、家庭用生ごみ処理機(スターエンジニアリング株式会社、キッチン革命 SK-02 型)に入れ、次の条件で試験中常時培養した。培養条件:温度 45±10、水分含有率約 50%、30 分中に 8 分間攪拌(攪拌速度約 2 回転/分で右回転 2 分、左回転 2 分を 2 セット)。

培養中のコンポスト混合物約 800g を、底部にガーゼを敷いたプラスチック容器(高さ 10cm、縦横とも 15cm、底部に直径 1cm の穴が 100 個有る)に入れ、試験片を各濃度 10 枚ずつ容器内のコンポスト混合物中に埋めた。プラスチック容器はコンポスト混合物を培養している家庭用生ごみ処理機内に紐で吊し、内部を温度 28±5、水分含有率約 50%とした。コンポスト混合物は、約 24 時間毎に培養中のものと混合後、交換した。

コンポスト混合物およびプラスチック容器内の温度はサーモレコーダー(株式会社ティアンドディ、おんどとり Jr. TR-52)で測定した。水分含量は、試験混合物約 1g を 100 のアルミブロックヒーター上で 2 時間乾燥させ、乾燥前後の重量差から算出した。

試験 20 日後に試験片を採取し、表面についたコンポスト混合物を、超音波洗浄器にて数秒間洗浄した後、温度 80 で 2 時間乾燥させて重量を測定した。重量減少量を分解量とした。なお、亀裂や穴が生じた試験片は測定の対象外とした。

2.5 電子顕微鏡観察

酵素分解試験前後およびコンポスト分解試験前後の試験片表面をイオンコーター(株式会社エリオニクス、ESC-101)にて金コーティングし、電界放射型電子顕微鏡(株式会社エリオニクス、ERA-8800FE)で観察した。

3 実験結果及び考察

3.1 フィルムの性状及び強度

作成したフィルムの外観は、初穀がほぼ均一に分散し、初穀の凝集や偏りはほとんど確認されなかった。初穀含有率が 40%近くになると成形時にちぎれやすくなるため、フィルムを厚くして対処した。

表 1 にフィルムの厚さ、強度およびクロスヘッドの変位の平均値を示す。強度は、初穀含有率の増加とともに初穀含有率 10%では 0%の約半分ほどまで低下したが、それ以上ではほぼ横ばいとなった。クロスヘッドの変位は初穀を添加すると急激に低下した。

表 1 フィルムの厚さ及び強度の平均値

初穀含有率 (重量%)	厚さ (mm)	強度 (N/mm ²)	クロスヘッドの 変位(mm)
0	0.154	29.32	58.7
10	0.173	14.46	8.0
20	0.182	10.10	4.8
40	0.347	11.84	1.6

3 2 酵素分解試験

酵素分解試験後の試験片の重量減少量を図1に示す。酵素無添加区でも若干の重量減少が確認された。酵素添加区では、初穀含有率 40%試験片の重量減少量は、0%の約2倍であり、初穀の混合による生分解性の向上が確認された。

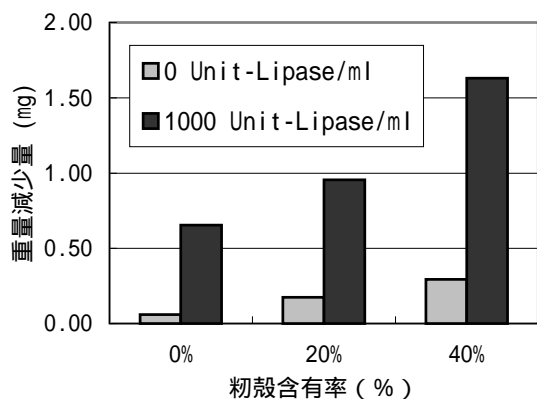


図1 酵素分解による重量減少

3 3 コンポスト分解試験

表2に試験20日後の重量減少量を示す。初穀含有率40%の試験片では、0%よりも約3倍の重量減少があり、コンポスト中での生分解性が高いことが明らかとなった。

表2 コンポスト分解試験結果

初穀含有率 (重量%)	重量減少量 (mg)
0	2.54
40	7.49

3 - 4 電子顕微鏡観察

試験片表面の電子顕微鏡写真を図2, 3, 4に示した。

初穀含有率0%試験片(図2)の、酵素分解後の形状は蜂の巣状であった(B,D)。コンポスト分解後は、なめらかな粒状の表面(C)となり、さらに拡大すると多孔質であった(E)。

初穀含有率40%試験片の倍率25倍(図3)では、試験前後とも表面が凸凹しており類似していたが、分解前は若干表面に光沢があるのに対し、分解後は表面が粗くなり、特に酵素分解後は細かい無数の穴が見られた。倍率を上げると(図4)分解前の表面は非常になめらかであり、酵素分解後は角張った形状の細かい凸凹が、コンポスト分解後は浸食されたような跡と亀裂や穴が確認された。

酵素分解は、酵素が試験表面を覆い、ポリブチレン

サクシネートの分子構造の比較的分解されやすい部分から比較的効率的に分解しているため、規則性のある表面形状になったと考えられる。一方、コンポスト中

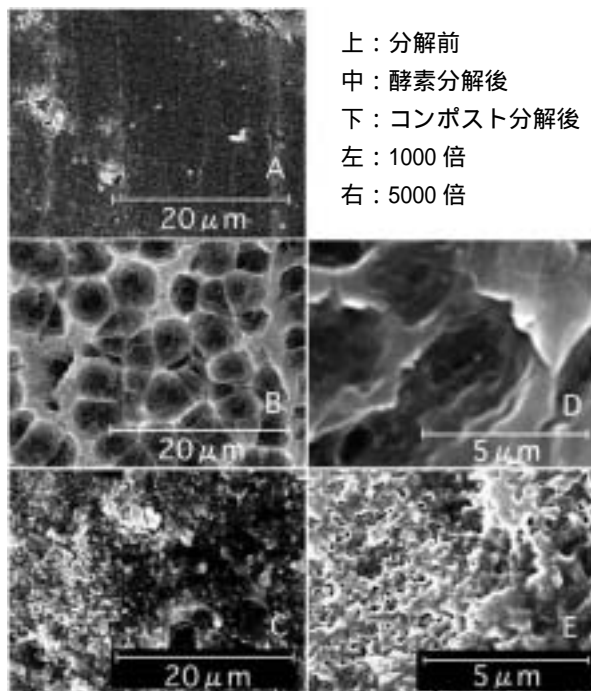


図2 試験片表面(初穀含有率0%)

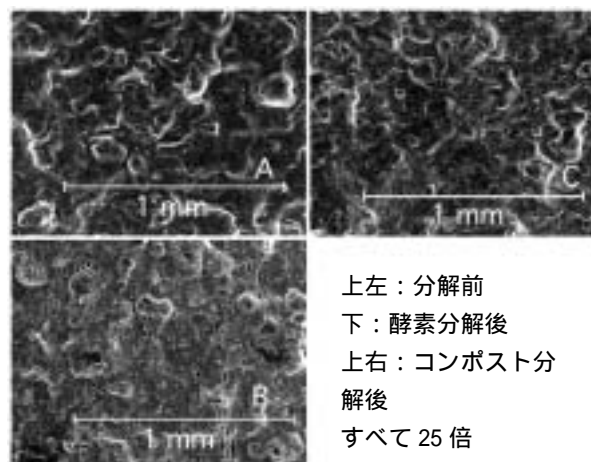


図3 試験片表面(初穀含有率40%、×25)

の分解は微生物が分泌した酵素が分解に関与することから、微生物が付着や吸着した場所を中心に分解が進んで浸食されたような表面形状になったと考えられる。

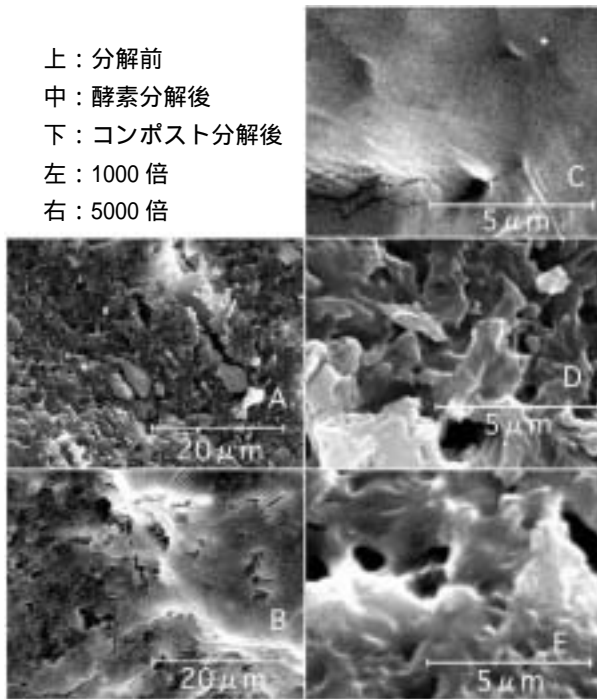


図4 試験片表面(籾殻含有率 40%、×1000、×5000)

4 結 言

籾殻の有効活用および生分解性の改善を前提に、籾殻粉末入り生分解性プラスチックフィルムを作成し、

その強度及び生分解性を試験した。

強度試験の結果、籾殻粉末を添加するとクロスヘッドの変位が急激に減少した。引張強度は、籾殻含有率 10%では 0%の約半分ほどまで低下したが、20%及び 40%ではほぼ横ばいとなった。

酵素分解による重量減少は、籾殻粉末の添加により約 2 倍に増加した。物理的崩壊を極力抑えたコンポスト分解試験でも、籾殻粉末を添加すると重量減少が約 3 倍増加した。

以上の結果、本試験で作成した籾殻粉末入り生分解性フィルムは、伸びや強度がそれほど必要なく、高い生分解性が求められる用途への利用が望ましい。

また、本試験で採用した酵素分解法及びコンポスト分解法で、簡便かつ迅速な生分解性評価を行うことができた。

文 献

- 1) 高分子分科会、「生分解性プラスチックのフィールドテスト」中間報告、平成 13 年度 第 39 回高分子分科会会議資料
- 2) 平野高広、酒井晃二、佐々木英幸、山本忠、大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告，8，151-153 (2001)