

# 天然物を充填した生分解性プラスチックの特性評価

可見 浩, 金野 克美, 吉田 昌充

## Properties of Biodegradable Composites made from Biodegradable Plastics and Natural materials

Hiroshi KANI, Katsumi KONNO, Masamitsu YOSHIDA

### 抄 録

生分解性プラスチックに天然物（炭酸カルシウム，デンプン，セルロース）を充填し，物性や分解性などを簡易にコントロールすることを目的とした。本研究では天然物が与える機械的性質および土中における分解性の効果について検討した。その結果，引張強さ，弾性率などは充填材の種類，量によって変化することが明らかとなった。以上のことから有機系充填材が分解促進に有効であることがわかった。

**キーワード**：生分解性プラスチック，天然物，ブレンド，生分解性，物性

### Abstract

This research aims at controlling the characteristics and biodegradation of biodegradable plastics, which was composed natural materials such as calcium carbonate, starch and cellulose. In this study, mechanical properties and biodegradation in the soil of the composites were investigated and the effects of natural materials were discussed.

Tensile strength, elastic ratio and the other properties were changed by kinds and contents of natural materials.

From these results, the natural materials were proved to be quite effective for the biodegradable composites.

**KEY-WORDS**：Biodegradable plastics, Natural material, Blend, Biodegradation, Characteristic

## 1. はじめに

生分解性プラスチックは「通常のプラスチック製品と同じように使えて，しかも使用後は，自然界の微生物や分解酵素によって水と二酸化炭素に分解されていくプラスチック」であり，環境に対する負荷を軽減する目的で生まれた材料である。近年環境問題への関心が高まり，自然環境中で分解・消滅する生分解性プラスチックの開発が積極的に行われ，これ

を使用した商品も多数開発されて我々の身の回りにも広まりつつある。

生分解性プラスチックはその特性を生かして，回収が困難・不可能な用途，あるいは使用後すみやかに分解消滅する用途などへの展開も期待できる材料であり，我々も過去に育苗ポットへの利用などを検討してきた<sup>1)</sup>。その結果，生分解性プラスチックを様々な環境下で使用する上で，強度や質量の減少度合をコントロールすることが重要であり，それによって製品の付加価値を高めることができると考えた。

本研究では生分解性プラスチックの分解性を簡易にコントロールすることを目的に，天然物を充填材として混合し，それ

事業名：一般試験研究

課題名：生分解性プラスチックの分解性制御に関する研究

らが物性や土中分解性などに与える影響について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験材料

使用した生分解性プラスチックの種類およびその代表物性を表1に示した。充填材は分解後の安全性を考慮して表2に

表1 使用した生分解性プラスチック

略号	種類	銘柄・グレード	メーカー
BP	微生物産生系	バイオボールD311G <sup>注</sup>	モンサント(株)
BN	脂肪族ポリエステル系	ビオノーレ #3020	昭和高分子(株)
LC	ポリ乳酸系	レイシア H-100J	三井化学(株)

注) モンサント社のこの事業からの撤退により現在は入手不可能

表2 使用した充填材

略号	種類	銘柄・グレード	メーカー	平均粒子径(μm)
CC	炭酸カルシウム	ホワイトン P-40	東洋ファインケミカル(株)	5
CS	デンプン	コーンスターチ	日本コーンスターチ(株)	20
CW	セルロース	KCフロックW-100	日本製紙(株)	(100mesh通過)

示す3種類の天然物を使用した。

生分解性プラスチックと充填材は二軸ロール(株)上島製作所製, 3×8 Test Roll) および押出機(ブラベンダー社製, PL2000)で混練・均質化しペレット状材料に成形した。この材料を射出成形機(東芝機械(株)製, IS125A)により2mm厚の試験片形状(JIS K7113 1号形)に成形し供試体とした。

### 2.2 初期物性等の測定

#### 1) 質量測定

試験片の質量は恒温恒湿室(23°C, 50% RH)に2週間以上放置した後に測定した。

#### 2) 引張試験

2.1において成形した試験片をそのまま引張試験に供した。ただし、充填物を混合しないBNは材料の伸びが大きく、JIS K7113 1号形では引張強さ測定の場合に材料試験機の能力を越えるため、打ち抜きにより形状を変えた試験片(JIS K7113 2号形)を作成し用いた。各樹脂の試験条件を下記に示す。

試験速度: 引張弾性率 1mm/min(規定歪み: 0.005~0.025)

引張強さ 50mm/min, ただしLCは10mm/min

測定温度: 23°C

測定機器: オートグラフ AG-250kND (株)島津製作所製

#### 3) 分子量

分子量はポリスチレン(東ソー(株)製)を標準試料とし、クロロホルムを溶離液としてサイズ排除クロマトグラフィー

(カラム: 東ソー(株)製 TSK gel GMH<sub>HR</sub>-M×2)により求めた。

### 2.3 土壌埋設試験

#### 1) 屋内埋設試験

生分解性プラスチックが実際に使用される環境下の試験として屋外での地中埋設試験は必須の試験であるが、生分解速度は埋設地の環境だけではなく気温・降水量などの気候の影響も受けると考えられる。しかし、屋外試験では任意の時期に試験を開始することができないことも多い。そこで、屋外埋設試験とともに、年間を通し地中埋設試験が可能である実験室内での分解試験を行った。

土壌埋設試験に用いた試験土壌は市販の黒土と腐葉土を容積比で1対1に混合し、目開き2mmの篩を通過したものを用いた。この土壌を蓋付ポリプロピレン製容器に約15cmの深さで充填し、予め質量を測定した試験片を3枚一組として表層から約5cmの深さに埋設し、上記恒温恒湿室に設置した。なお、この土壌の含水比<sup>2)</sup>は約50%となるよう調整し、試験期間中に蒸発した水分は適宜補給した。

各試験片を所定期間経過後掘り出し、各種試験に用いた。

#### 2) 屋外埋設試験

予め質量を測定した試験片を3枚一組として網状のポリエチレン袋に入れ工業試験場敷地の土壌表層から約5cmの深さに埋設した。

各試験片を所定期間経過後掘り出し、各種試験に用いた。

#### 3) 生分解性評価

##### ・質量保持率

埋設した試験片を所定期間経過後取り出し、水洗してから恒温恒湿室に2週間放置し、その後質量を測定して最初の質量と埋設後の質量の比から質量保持率を算出した。

##### ・引張試験

埋設後の試験片の質量を測定した後、引張試験を行い引張強さを測定した。この測定値と埋設前に測定した引張強さの比から引張強さ保持率を算出した。

##### ・分子量

埋設後、引張試験を行った試料より必要量を採取し、分子量を測定した。この測定値と埋設前に測定した分子量の比から分子量保持率を算出した。

## 3. 結果

### 3.1 充填材の初期物性への影響

本研究で充填材として使用した炭酸カルシウム(CC)、デンプン(CS)、セルロース(CW)の電子顕微鏡写真をそれぞれ図1~3に示した。CC、CSが粒子状の形状なのに対し、セルロースは繊維状の形状をしている。また、CCの粒径は極めて小さいことがわかる。

表3に生分解性プラスチック単体の場合の物性の初期測定

値を示す。

各生分解性プラスチックに各充填材を混合した試料における充填率と引張強さの保持率の関係を図4～6に示した。全ての場合において充填率が大きくなるに従い引張強さ保持率が低下した。図7に各生分解性プラスチックに充填材を20wt%充填した時の引張強さの保持率を示した。LCにCW

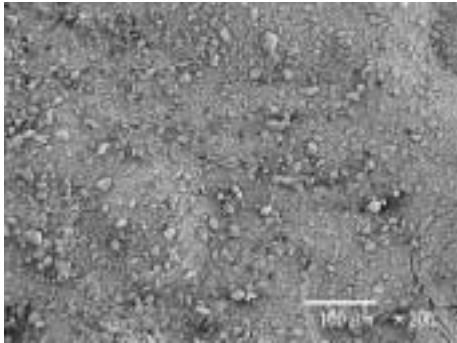


図1 充填材(CC)

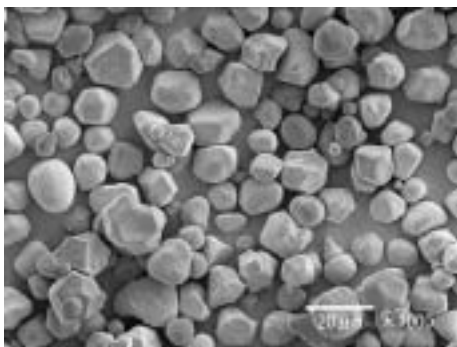


図2 充填材(CS)

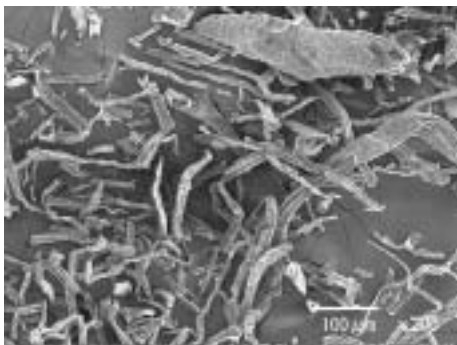


図3 充填材(CW)

表3 各樹脂の物性の初期値

銘柄・グレード	引張強さ (MPa)	弾性率 (GPa)	M <sub>w</sub>	MW/Mn
BP バイオボール D311G	23.4	1.7	126000 <sup>(注)</sup>	2.7
BN ビオノーレ #3020	22.1	0.37	87000	2.2
LC レイシア H-100J	60.4	4.0	85000	2.4

注) BPは溶離液に完全溶解しないため、可溶部のみで測定

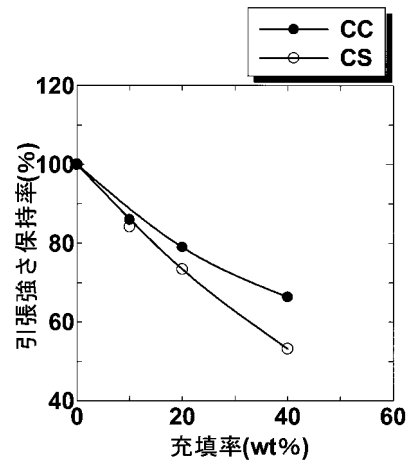


図4 充填率と引張強さ保持率の関係 (樹脂:BP)

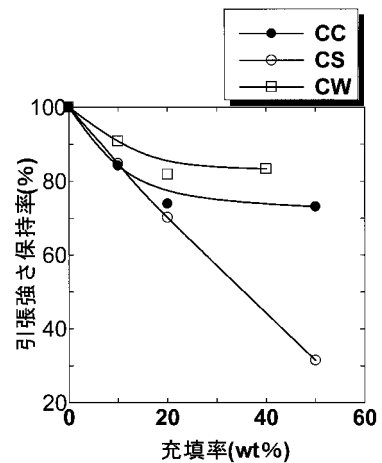


図5 充填率と引張強さ保持率の関係 (樹脂:BN)

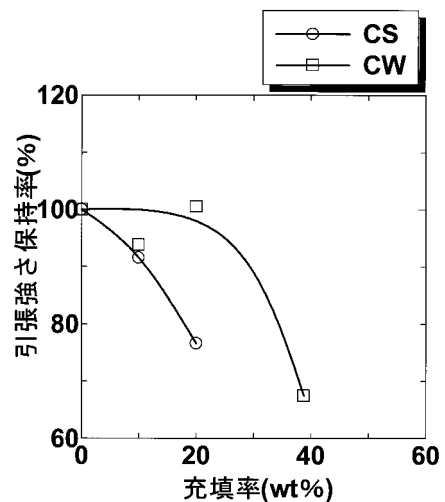


図6 充填率と引張強さ保持率の関係 (樹脂:LC)

を混合した場合を除き、約 20 から 30% 程度の引張強さの低下が見られ、その、その度合は CW, CC, CS の順に大きくなった。

図8～10に各生分解性プラスチックに各充填材を混合した試料の充填率と引張弾性率保持率の関係を、また図11に充填

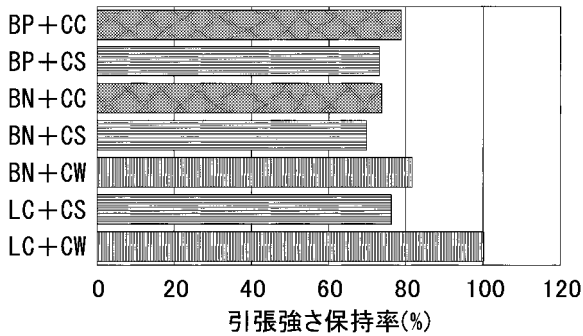


図7 充填材と引張強さ保持率の関係 (充填率：20wt%)

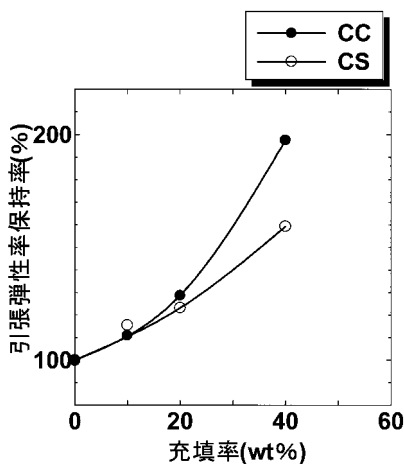


図8 充填率と引張弾性率保持率の関係 (樹脂：BP)

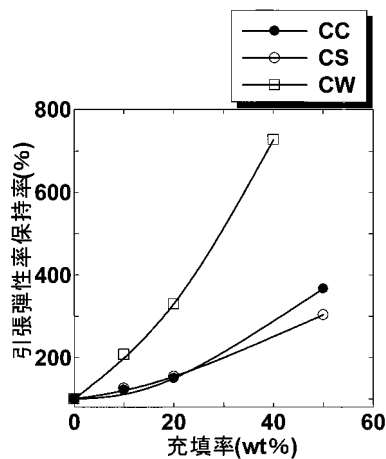


図9 充填率と引張弾性率保持率の関係 (樹脂：BN)

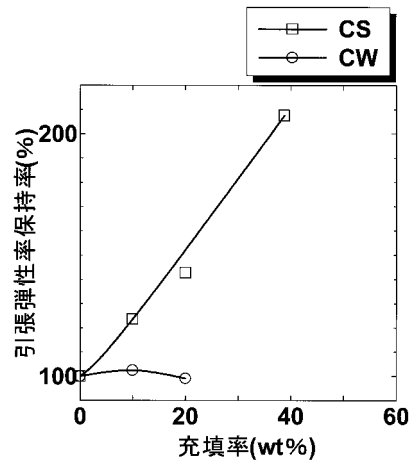


図10 充填率と引張弾性率保持率の関係 (樹脂：LC)

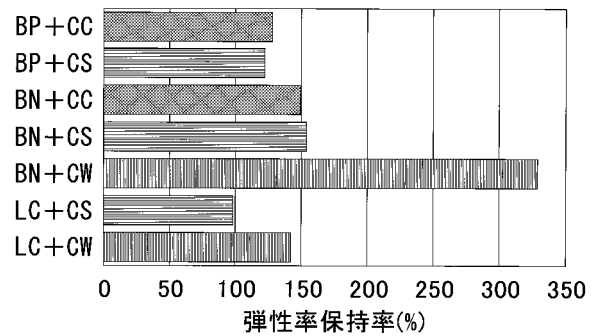


図11 充填材と引張弾性率保持率の関係 (充填率：20wt%)

材を 20wt % 充填した時の引張弾性率保持率を示した。図 10 に示した LC に CS を充填した場合を除き弾性率は高くなり、その度合は CS, CC, CW の順であった。

BNとLCにCWを20wt%充填した試験片、BNとLCにCSを20wt % 充填した試験片の引張試験後破断面の顕微鏡写真をそれぞれ図12～15に示した。図12に示すBNでは樹脂の流れ方向に配向しているセルロース繊維が引き抜かれている状態であるのに対し、図13に示すLCでは樹脂の破断面で繊維も破断していることがわかる。セルロース繊維は樹脂に比べ強度が大きいため、繊維の引き抜きの力しか補強されなかったBNに比べ、LCにおいて、より大きな補強効果が得られたと考えられる。それに対し、図14に示すCSは球状の粒子が分散するのみであるため補強効果は得られず、成形品中の介在物的な存在となり破断の起点になったことが考えられる。

### 3.2 屋内埋設試験

所定期間経過後掘り出した試験片表面には、充填材を混合しないLCを除いて微生物の繁殖によると思われる変色が見られた。