

# 生分解性プラスチックの屋外暴露試験

金野 克美, 可児 浩, 吉田 昌充, 吉田 光則

## Outdoor-exposure Test of Biodegradable Plastics

Katsumi KONNO, Hiroshi KANI, Masamitsu YOSHIDA, Mitsunori YOSHIDA

キーワード：生分解性プラスチック, 耐候性, 屋外暴露, 生分解

### 1. はじめに

近年、環境負荷が少なく、土中にて微生物の働きにより分解する材料として注目されてきた生分解性プラスチックは少しずつではあるが様々な分野に利用されてきている。また、課題であった価格も安くなってきており今後の利用拡大に期待が持たれている。その中でもポリ乳酸系の樹脂は植物から作られ石油資源を使わないプラスチックとして注目を集め、自動車メーカーや家電メーカーで用いられるようになってきている。しかし、生分解性プラスチックについては土中での分解性についてはデータの蓄積が行われてきており分解挙動の把握は可能となってきているが、屋外などの大気中雰囲気におかれたときの劣化状況についてはほとんど検討されていないのが現状である。

本研究は生分解性プラスチックの大気中での劣化について検討するため屋外暴露試験を実施した。本報ではその結果を報告する。

### 2. 試験方法

試験を行った生分解性プラスチックはポリ乳酸系(PLA)、石油合成系2種(PBSA, PCL)、微生物産成系(PHB)、の4種とし、比較試料としてポリエチレン(PE)を用いた。各樹脂の概要を表1に示した。

屋外暴露試験はJIS K7219に準拠して行った。試験片はJIS K7113 1号形に準拠したダンベル状試験片を射出成形にて作製し、北海道立工業試験場屋上(北緯43°4'51", 東経141°20'15")に設置されている屋外暴露試験台上に載せて行っ

た。なお、試験片は南向きで水平からの仰角は45°である。図1にその様子を示した。

表1 使用した生分解性プラスチック

成分	略号	商品名	グレード	メーカー	備考
ポリヒドロキシブチレート/バリアレート	PHB	バイオボール	D311G	モンサント	現在製造されていない
ポリブチレンサルベート/アジベート	PBSA	ビオノーレ	#3020	昭和高分子	
ポリカプロラクトン	PCL	セルグリーン	PH-7	ダイセル化学工業	
ポリ乳酸	PLA	レイシア	H-100J	三井化学	
ポリエチレン(低密度)	PE	J-R E X	JN910N	日本ポリオレフィン	現在、日本ポリエチレン

なお、比較として用いた土中埋設による劣化データは筆者<sup>1)</sup>らが、北海道立林業試験場の協力を得て行った「土中埋設フィールド試験」による値である。土中埋設試験の状況を図2に示した。

また、劣化(分解)の評価として引張試験、分子量分布、外観観察を行った。



図1 屋外暴露試験(道立工業試験場屋上)

事業名：一般試験研究

課題名：高分子材料の劣化予測に関する研究



図2 土中埋設試験(道立林業試験場道北支場)

### 3. 試験結果

図3に土中埋設22ヶ月後の試験片(PCL, PLA), 図4に屋外暴露24ヶ月後の試験片(PHB, PLA, PCL)の状況を示した。土中に埋設されていたPCLは表面に微生物の分解により生じたと思われる凹凸が見られた。しかし、PLAについてはほとんど変化は見られなかった。それに対してPCLでは屋外暴露試験片で表面上には微細なクラックが見られるものの土中のような

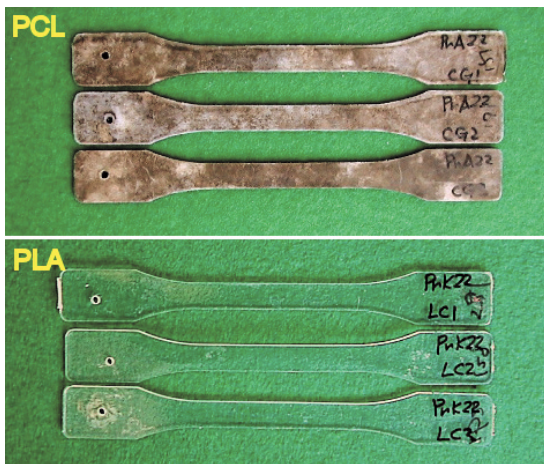


図3 土中埋設された生分解性プラスチック

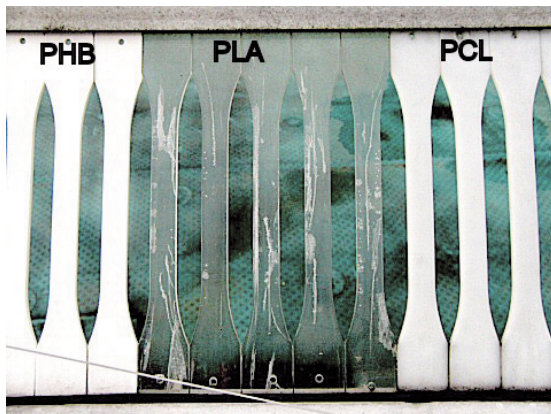


図4 屋外暴露された生分解性プラスチック

目だった凹凸はなく、大気中では微生物によると思われる分解は見られなかった。しかし、PLAにおいて内部剥離によると思われる多くのクラック(白化部)が見られた。

2年間、屋外暴露および土中埋設された樹脂の引張強さ保持率を図5に示した。また、経時変化を図6に示した。この図より、土中埋設で劣化が進んでいるPBSA, PHBは屋外大気中ではほとんど劣化していない。その逆にPCL, PLAでは屋外でかなり劣化が進んでいるが、土中では劣化がほとんど進んでいないのが分かった。一般的にPLAは加水分解を起こすことが知られており、また、大沢<sup>2)</sup>らによると、「PLAは大気中に置かれると日照および降雨により加水分解を起こす。」とあり、このような劣化(強度低下)が生じたことが分かった。

図7に引張伸び保持率を示した。強さの保持率よりも劣化の状況が明白であり、いずれの樹脂においても伸びが低下してお

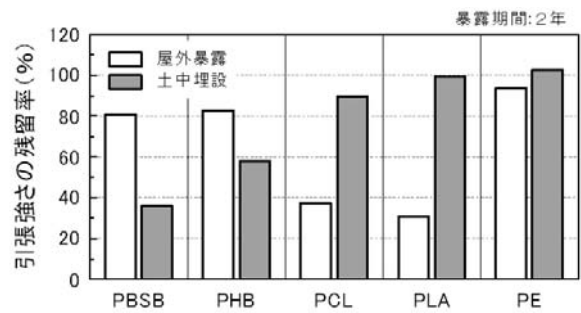


図5 屋外暴露2年後の引張強さの保持率

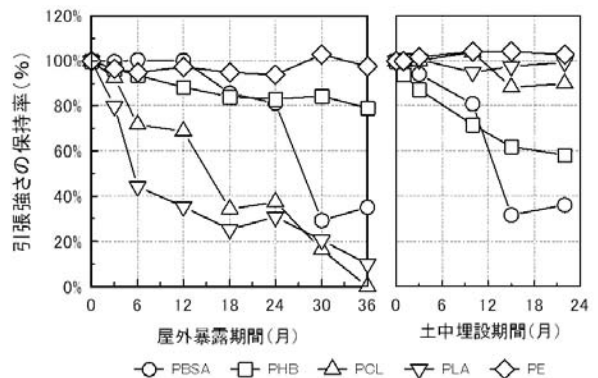


図6 各樹脂における劣化の経時変化

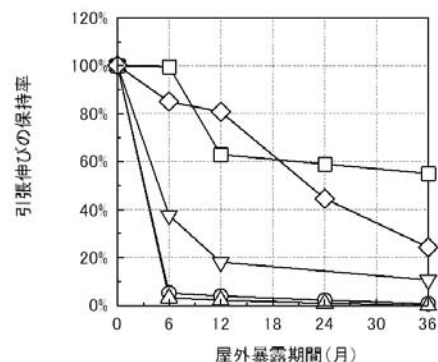


図7 引張伸び保持率の経時変化

り、劣化が進行していることが分かった。特に、PBSA、PCL、PLAは急激に伸びが低下しており劣化の進行が早いことが分かった。図8にPLAにおける引張試験時の荷重 - 伸び曲線を示した。土中埋設試料では3年経過しても伸びが若干低下するだけなのに対して屋外暴露では暴露18ヶ月で伸びが低下し、降伏点に達する前に破断していることが分かった。

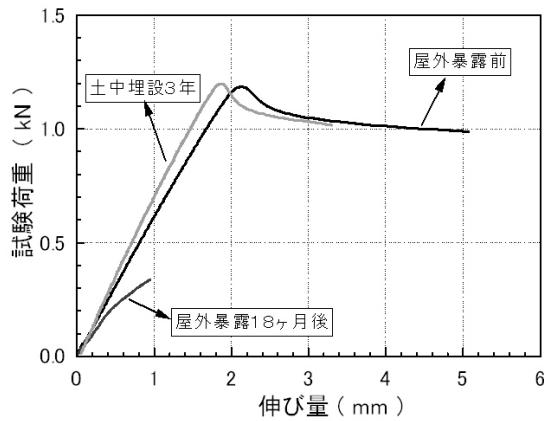


図8 PLAにおける引張荷重 - 伸び曲線

PEは耐候性があまり良くない材料とされているが、強度では変化が見られなかった。しかし、伸びにおいて徐々にではあるが小さくなっており、劣化が進行していることが分かった。

PLA、PCLについて暴露および土中埋設における分子量分布を経過時間毎に測定した。その結果をPLAは図9にPCLは図10に示した。図よりPLAは屋外暴露の場合、分子量が時間により低下しているが見られ、加水分解が生じてい

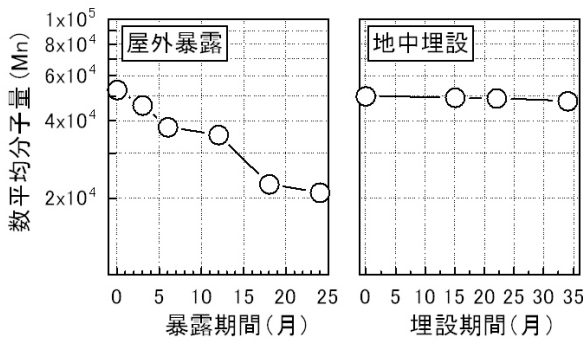


図9 PLAの分子量変化

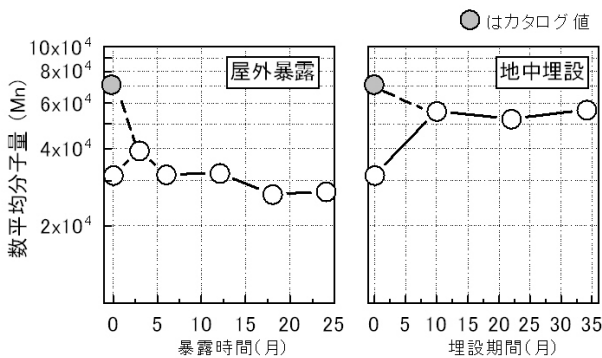


図10 PCLの分子量変化

ることが確かめられた。PCLも暴露前の値を除いて時間とともに分子量が低下し、加水分解が生じていることが確認できた。しかし、暴露前の分子量が非常に低いことについて、原因を検討したところ、測定した暴露前の試料は試験片成形後3年間、恒温恒湿室に保管していたものであることが分かった。カタログ、資料などによるとPCLは成形時に十分にペレットを乾燥してから成形しないと内部に残る水分のため加水分解を起こすことが知られている。今回の試験片は成形時にペレットの乾燥を行っていないため、室内放置による分子量の減少はこのことが原因と考えられる。樹脂のカタログにある分子量の値をグラフ中にプロットしてみると暴露時間とともに分子量が減少していることが明確になり、保管中の分解により強度低下したことが判明した。上記のことを引張物性にて検証するため、室温保存していた試料の経時変化を調べた。その結果を図11に示した。

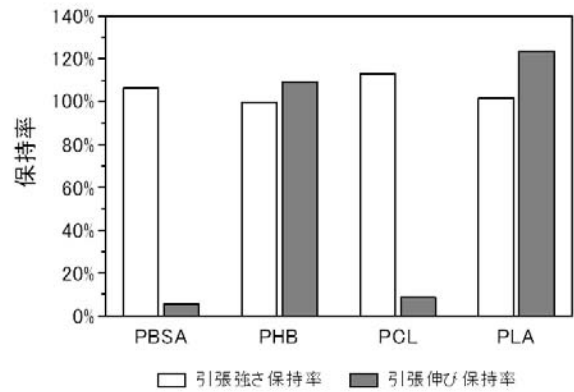


図11 室内保存の経時変化(PCL)

引張強さではあまり差が見られなかったが、引張伸びにおいてPBSA、PCLは室内保管にておいても低下が見られることが分かった。図12にその時の荷重 - 伸び曲線を示したが、降伏点に達する前に破断しており、伸びが極端に小さくなっていることが分かる。従って、PCL、PBSAにおいて、屋外暴露での劣化は屋外での気温、降水等の影響の他に内部に残存した水分の影響も受けられていると思われる。

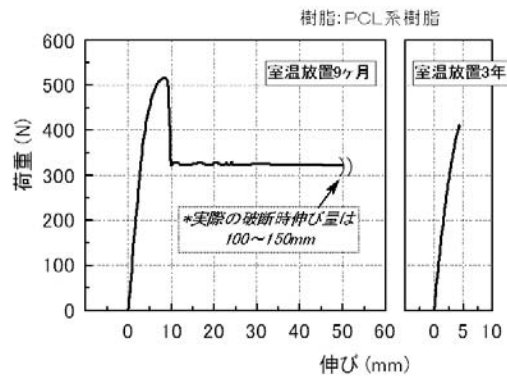


図12 PCLの荷重 - 伸び曲線

#### 4. まとめ

生分解性プラスチックの屋外暴露試験の結果、次のことが分かった。

- (1) 屋外環境において生分解性プラスチックのPLA, PCL, PBSAは時間とともに劣化し、物性の低下を示す。原因として気温、降水などによる樹脂の加水分解が考えられる。
- (2) PCLおよびPBSAは成形時に十分な乾燥を行わないと、内部に残存する水分により加水分解を起こし、室内におかれた状況でも時間とともに劣化し物性低下を示す。

#### 引用文献

- 1) 金野・他：埋設環境の違いによる生分解性プラスチックの分解性について，北海道立工業試験場報告，No.303，pp.145-149 (2004)
- 2) 大沢・他：ポリ乳酸の屋外劣化に及ぼす日照および降水の影響，マテリアルライフ学会誌，Vol.13，No.2，pp.73-78 (2001)