

# 生分解性プラスチックを用いた林業用育苗ポットの開発

可児 浩, 金野 克美, 吉田 昌充

## Development of the growing seedling pot using biodegradable plastics

Hiroshi KANI, Katsumi KONNO, Masamitsu YOSHIDA

### 抄 録

市販の生分解性プラスチックを用い、機械植栽に適した林業用育苗ポットの開発を行った。この目的のためには寒冷地における比較的厚手の製品の土中分解性評価が必須であるため、道内4カ所において最長2年間の埋設試験を行い、その物性の経時変化を観察した。また分解性・物性の制御のため、生分解性プラスチックに充填材を混合しその分解性を調べた。

その結果、いずれの試料においても経時のおよび埋設地点の違いによる物性の変化が見られた。また、分解性の充填材を混合することにより、分解による物性の低下を促進できることがわかった。

### 1. はじめに

林業においては従事者の減少や高齢化が深刻化してきている。この対策の一つとして、作業の機械化による省力化や効率化など職場の就労環境の改善が進められているが、こうした改善策も伐出部門に限られている感がある。林業の生産工程全体を眺めた場合、育林作業のなかでも、とりわけ機械開発が遅れている植付作業での機械化が実現されると植栽から収穫までほぼ一貫した機械作業となるため、労働の軽減や単純化に結びつくと考えられる。

しかし、国内では林地で植栽を行う機械が試作されたばかりであり、また海外の植栽機械はほとんどが小さなコンテナ苗を扱う機械であることや林地への植付けにはまだ問題があることからほとんどが苗畑で使用されており、現状では北海道の造林に対応できる機械はないといえる。

本研究は、裸苗を機械で植栽することは難しいという考えから、実用化の可能性が高いと考えられるポット苗を使った植栽機械の開発と、環境負荷が低いと考えられる生分解性プラスチックおよび間伐材などの利用拡大につながる木質材料を用いたポット材料の開発を、平成8年度から平成10年度ま

での3年間、道立林業試験場、道立工業試験場および道立林産試験場が共同して、おもに以下の内容について研究を進めてきた<sup>1)~3)</sup>。

- ・植栽機械の機構、育苗ポットの適正な大きさと育苗方法 (林業試験場)

- ・ポットに適した生分解性プラスチックの選定と加工技術 (工業試験場)

- ・ポットに適した木質材料の選定と加工技術 (林産試験場)

本報告は、上記内容のうち、工業試験場化学技術部が担当した研究結果をまとめたものである。

生分解性プラスチックとは「自然界において、微生物が関与して、低分子化合物に分解されるプラスチック」と定義される新しい材料で、環境に対する負荷を軽減する目的で生まれてきた材料である。この材料は自然環境下で微生物などによって分解され最終的には水と炭酸ガスになることにより、環境中に有害なものを残さないため、いろいろな方面でその応用開発が進められている。本研究においてもこの生分解性プラスチックを植林用の育苗ポットの材料として応用をしていくことを目標とした。

植栽用育苗ポットの条件としては植林までの育苗期間中は

分解が進行せず、植林されてからは速やかに土中において分解することが望ましい。また、育苗期間中の苗木の成長を阻害してはいけない。このためポットによる育苗試験と土中での生分解性試験が必要となってくる。しかし、土中分解のような実際にその材料を使用する環境下で行なう試験は、土壌・気象・季節等の条件に左右される<sup>4)~5)</sup>。特に北海道では気象条件の地域差が大きく、標準的なデータを得ることが難しいが、それらの生分解性のデータは実用化の際に必須のものである。

そこで、本試験では数種類の生分解性プラスチックを札幌市、美唄市および釧路市の土中に埋設し、その分解の挙動を調べた。更に、北海道では冬期間の積雪により屋外での試験を行うことが難しく、また生分解速度も遅くなる可能性がある。そこで、実験室内のようなコントロールされた環境下で通年行える試験法の検討も行い、それに基づいた生分解性評価試験を実施した。

## 2. 実験および結果

### 2.1 試験材料

本試験に用いた生分解性プラスチックは表1に示した11種類である。比較用樹脂としては代表的な汎用樹脂である高密度ポリエチレンを用いた。各試験片は射出成形機（東芝機械製IS-125A）により成形した板状の製品より短冊状の加工をした。なお、表中のBP3およびLAC9、BN3については引張用試験片成形型により成形した。厚さは機械植栽の際に力がかかるポットであることを考慮して2~3mmと厚くした。

表1 用いた生分解性プラスチックの種類

分子骨格 <sup>1)</sup>	成分	製造会社	グレード	メーカー	略号
ポリエチレン	ポリオレフィン	カネミポリエタ	HD111H	ムースポリマー	HD
脂肪族ポリエステル	ポリビオロキシン/テレヘート/バネレート (菌生由来系)	バイオポール	DB11G	モンサント <sup>2)</sup>	BP3
	ポリカプロラクトン	セルグラウン	PL7 H801	ダイセル化学工業	PH PHB
	ポリプロピレン/オクタン酸	ビオノール	PL60 PL20+タルク 30%	昭和化学	BN3 BNX
	ポリプロピレン/オクタン酸 /アジバート		#302		BN3
	ポリ乳酸	ラクワイ	PL60F PL60	高神製作所	LAC6 LAC9
多環環	ジブレン/合成生分解性高分子	マタービー	AMB4	日本合成化学工業	MB
	ジブレン/合成生分解性高分子	ノボル	M181/20H	チッソ	NV
	ポリ乳酸/セルロース	セルグラウン	PCA60	ダイセル化学工業	PCA

<sup>1)</sup>分子骨格、成分については 月刊地球環境 1997年10月号を参照  
<sup>2)</sup>1991年12月をもってモンサントはこの事業より撤退した。

### 2.2 屋外埋設試験

#### (1) 試験方法

成形した試験片は恒温恒湿室（23℃、50% RH）に2週間放置後、重量を測定した。その試料を5枚一組として網状のポリエチレン袋に入れ表2に示したところへ埋設した。なお、林業試験場実験林での試料BP3、BN3、LAC9と他の樹脂とは実験林内の別のところに埋設した。この3種の樹脂については16ヶ月間、残りの樹脂は24ヶ月間埋設した。図2は札幌市の埋設場所である。

表2 埋設場所

記号	埋設場所
H1	北海道立工業試験場（札幌市） 構内
F1	北海道立林業試験場（美唄市） 光珠内実験林
F2	北海道立林業試験場（美唄市） 構内実験苗畑
K1	K社（釧路市） 構内



図2 埋設地 札幌市（工業試験場）

埋設した現場の土壌のpHは工業試験場が5.7、林業試験場（実験林）が5.6、林業試験場（苗畑）が5.1、釧路市が5.7であった。また、各土壌について一般細菌試験を実施し、いずれの土壌にも細菌の存在を確認した。

#### (2) 生分解性評価

##### ・重量残存率

埋設した試験片を一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、その後重量を測定して最初の重さと埋設後の重さより重量残存率を算出した。

##### ・引張試験

埋設した試験片の重量を測定した後、試験片切削機または打ち抜き刃にて引張試験片に加工した。ただし、MBとNVについては2日間水に浸漬し柔らかくした後、打ち抜き刃により打ち抜いた。なお、BP3、LAC6は試験片形状で成形したためそのまま試験片とした。ただし、BN3については伸びが大きく材料試験機の能力を越えるため、打ち抜きにより下記に示す形状とした。

各樹脂の試験片形状と試験条件を下記に示した。（樹脂の記号は表1を参照）

試験片: JISK71131号 型 -BNX, LAC6, PCA,  
JIS K71132号型 -HD, PH, PHB, BNI, BN3, MB, NV  
ASTM D638 TYPE1 -BP3, LAC9

試験速度: 50mm/min, ただし BP3, LAC9は5mm/min,  
BN3は100mm/minとした。

測定温度：23℃

測定機器：オートグラフ AG - 250kND ((株)島津製作所)

3) 試験結果

埋設期間中の各試験地の月平均気温を図3に示した。札幌市および釧路市は各気象台発行の気象月表を、美唄市は農業気象速報を用いた。札幌市と美唄市の間では大きな差は見られないが、釧路市については特に夏期において他の2地点より平均気温が低いことがわかる。

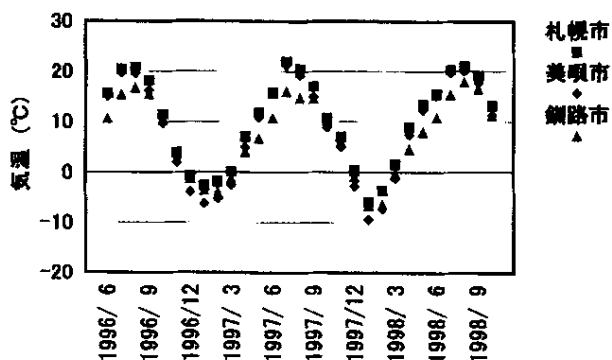


図3 月平均気温の推移

一定期間経過後掘り出した試験片表面にはHD, LAC6, LAC9, PCAを除きカビの発生によると思われる変色が見られ、比較的長期間埋設したサンプルの中には、図4に示すように分解によると思われる細孔が確認できる。また、LAC6では表面に変色や細孔は見られないが、林業試験場苗畑および工業試験場に埋設したサンプルでは図5に示すように長期埋設により試験片内部に微細な割れが生じているものが見られた。

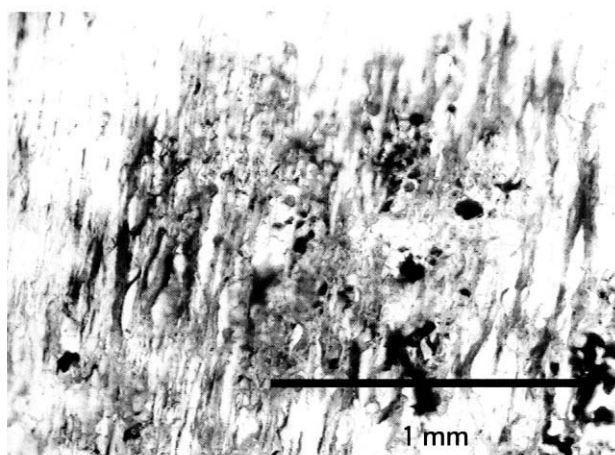


図4 埋設後の顕微鏡写真  
サンプル：PH  
埋設場所：林業試験場苗畑  
埋設期間：24ヶ月

表3に試験を行った各樹脂の引張強さと引張破断伸びの初期値を示した。ただしPH, PHBについては破断点を引張強

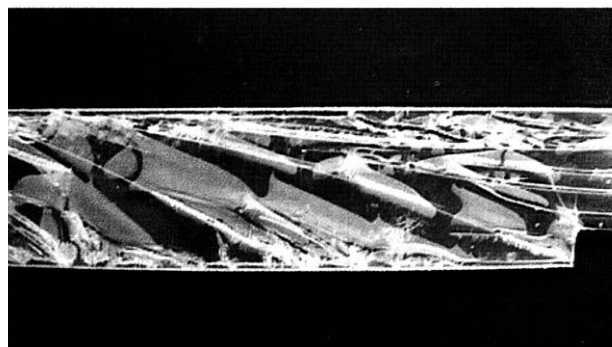


図5 埋設後の様子  
サンプル：LAC6  
埋設場所：林業試験場苗畑  
埋設期間：24ヶ月

さとして、また他の樹脂については緩やかに破断し、明確な破断点が観察されないものがあるため最大強さを引張強さとした。

表3 各樹脂の初期引張強さと引張破断伸び

	引張強さ (MPa)	引張破断伸び率 (%)
HD	26	840
BP3	24	5
PH	33	550
PHB	41	500
BN1	35	240
BNX	36	5
BN3	21	400
LAC6	68	3
LAC9	61	5
MB	21	35
NV	57	6
PCA	44	5

図6~7に最大24ヶ月間林業試験場苗畑に埋設したサンプルのそれぞれ12ヶ月後、24ヶ月後の重量残存率を示した。図8に最大16ヶ月間同所に埋設したサンプルの16ヶ月後の重量残存率を示した。

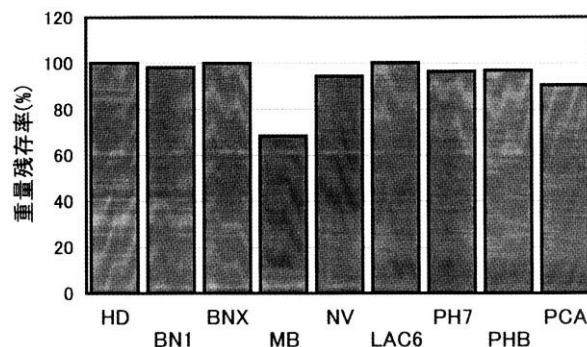


図6 12ヶ月後の重量残存率  
埋設場所：林業試験場苗畑

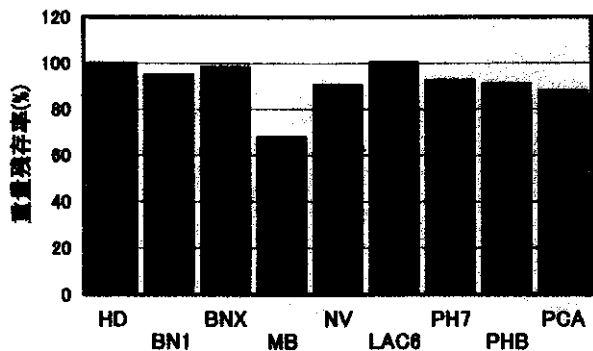


図7 24ヶ月後の重量残存率  
埋設場所：林業試験場苗畑

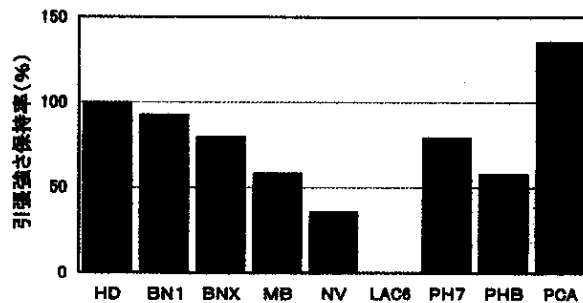


図10 24ヶ月後の引張強さ保持率  
埋設場所：林業試験場苗畑

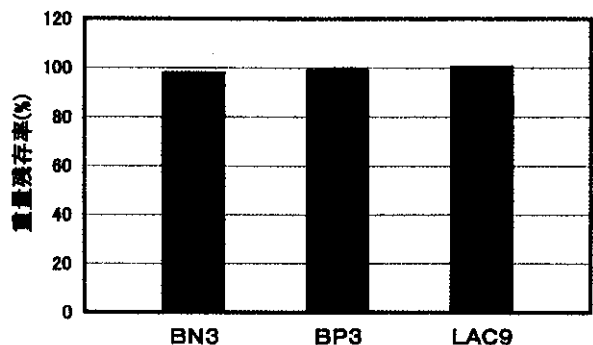


図8 16ヶ月後の重量残存率  
埋設場所：林業試験場苗畑

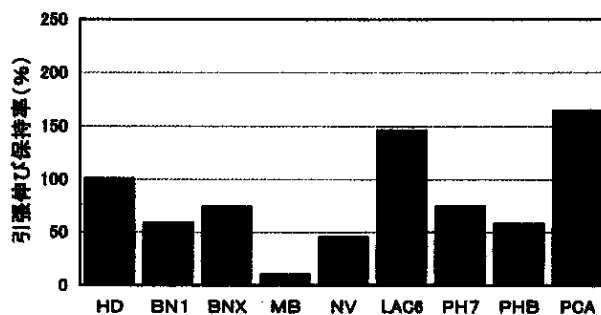


図11 12ヶ月後の引張伸び保持率  
埋設場所：林業試験場苗畑

生分解性プラスチックではないHDおよびLAC6, LAC9を除き、いずれのサンプルにおいても重量減少が見られた。特にMBでは埋設初期の重量減少が大きい、これは製品中に含まれている水溶性可塑剤の溶出によるところが大きいと考えられる。

図9～12に最大24ヶ月間同所に埋設したサンプルのそれぞれ12ヶ月後、24ヶ月後の引張強さ保持率および引張伸び保持率を示した。また同様に図13～14に最大16ヶ月埋設したサンプルの16ヶ月後の引張強さ保持率および引張伸び保持率を示した。

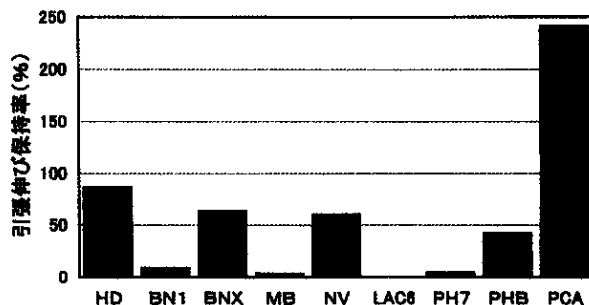


図12 24ヶ月後の引張伸び保持率  
埋設場所：林業試験場苗畑

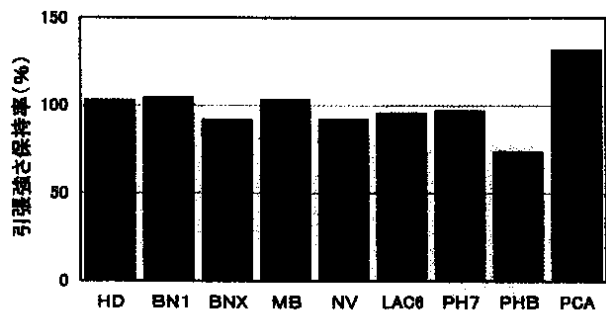


図9 12ヶ月後の引張強さ保持率  
埋設場所：林業試験場苗畑

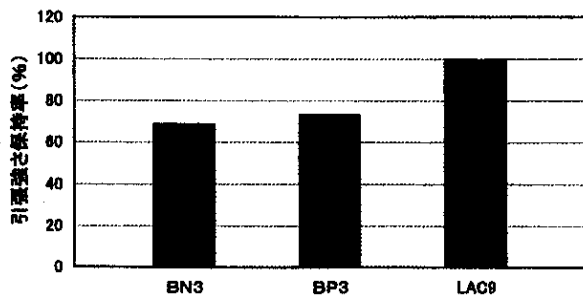


図13 16ヶ月後の引張強さ保持率  
埋設場所：林業試験場苗畑

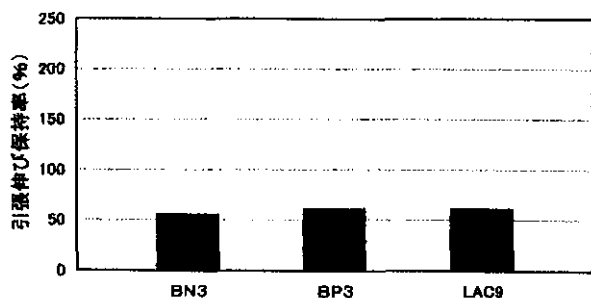


図14 16ヶ月後の引張伸び保持率  
埋設場所：林業試験場苗畑

HDは生分解性プラスチックではないためもちろん引張強さに変化はない。しかし、24ヶ月後の破断伸びにおいて変化が見られるが、これは埋設時に表面に傷ができ、それが欠陥となって破断が始まりデータにばらつきが出たためと思われる。他のサンプルについては24ヶ月の埋設によりPCAを除き引張強さおよび破断伸びがかなり低下してきていることがわかる。PCAについては強さおよび伸び共に増加するという現象が起こっているが、この原因は現在のところ不明である。また、LAC6の埋設24ヶ月後のサンプルについては前述したとおり試験片内部に割れが入っているため引張試験片が作成できずデータの測定は出来なかった。

図15はPHBを埋設したときの重量残存率を試験地毎に比較したものである。いずれの試験地においても重量減少は見られるが、重量減少の早さは林業試験場苗畑>工業試験場>林業試験場山林>釧路の順であり、この傾向は他のサンプルにおいても同様であった。釧路が重量減少が小さいのは前述したとおり最も分解が進むと考えられる夏期において他の地点より気温が低いことが大きな要因と考えられる。しかしながら同じ美唄市に設置した苗畑と山林の重量減少の程度の差は気象が要因とは考えられず、その他の土壌などの性質の差によるものと考えられるが、これについては今後の検討課題である。

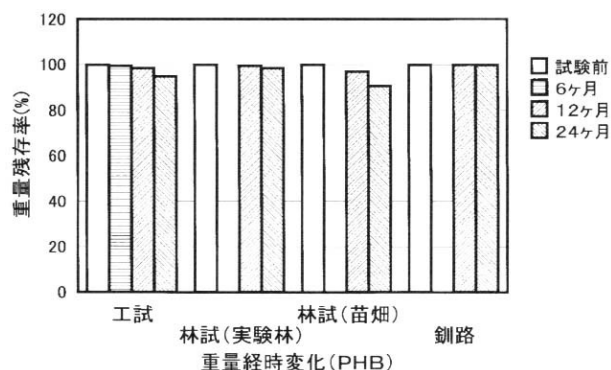


図15 重量経時変化 (PHB)

#### 4) まとめ

以上埋設試験結果を述べたが、全体を通してみると程度の差はあるものの時間とともに分解されていることは分かったがその程度は予想していたより遅かった。生分解性評価においてはメーカーあるいは生分解性プラスチック研究会等で行った報告<sup>4)~5)</sup>により、樹脂によっては3~6ヶ月で分解するというデータがある。しかし、気象データからも分かるように冬季間は気温も低く、地面に雪が積もったり場所によっては凍結する所もあるなど北海道のもつ積雪・寒冷地という特殊性も生分解が遅くなる原因の一つであると思われる。また生分解性プラスチック研究会で行った実験の試料はフィルムを用いており、厚さも数10μmから100μm程度のものである。本研究で用いた試料の厚さは2~3mmあり、生分解による消失が試料表面から進行することを考えると、厚さの違いが生分解性を異にしている原因であると思われる。また、さらに気象条件によらない差も現れており、フィールドでの生分解性はそれらの複雑な要素を考慮して測定する必要があることがわかった。

#### 2.3 室内埋設試験

屋外での地中埋設試験は、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必須の試験であるが、分解速度は気温・降水量など気候の影響を大きく受けると考えられるため、任意の時期に試験を開始することができないなどの欠点がある。そこで、年間を通し地中埋設試験が可能であると考えられる実験室内での分解試験の検討を行い、一部試験を実施した。

##### (1) 試験材料

室内試験用の樹脂には、PHを単独または物性や分解性の調節のため所定量のコンスターチや炭酸カルシウムを充填して用いた。樹脂と充填材の混合には、樹脂混練性試験機(ブラベンダー社製PL2000)を用い、混練後熱プレスにより平板を作成した。この平板より引張試験片(JIS K6301 3号試験片)を作成してサンプルとした。各試料のブレンド割合を次に示す。

使用樹脂：セルグリーン PH-7 (ダイセル化学工業)

ブレンド試料 A:樹脂のみ

B:樹脂(50wt%)+コンスターチ(50wt%)

C:樹脂(50wt%)+コンスターチ(25wt%)+炭酸カルシウム(25wt%)

D:樹脂(50wt%)+炭酸カルシウム(50wt%)

また、屋内試験では試験期間の短縮を目的に屋外埋設試験よりサンプルの厚さを薄手(厚さ約0.5mm)とした。

(2) 試験方法

試験装置の概要を図16に示した。試験装置を設置した実験室は、室温が常に23℃に保たれている。試験土壌は市販の黒土と腐葉土を容積比で1対1に混合し用いた。試験土壌のPHは6.8である。また、細菌検査により微生物の存在も確認している。試験土壌の乾燥を防止するため、装置には水中をバブリングさせて飽和蒸気圧の水を含ませた空気を常時供給している。

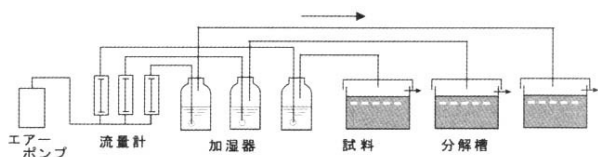


図16 室内土壌埋設試験フローシート

この試験土壌に、各試験片を5枚一組として埋設して所定期間経過後掘り出し、屋外試験に準じて生分解性の測定を行った。

(3) 試験結果

・重量減少率

重量減少の経時変化を、図17に示した。重量は、充填材としてコーンスターチを50wt%混合したサンプルBにおいて最も大きく変化した。他のサンプルA,C,Dでは大きな変化は見られなかった。サンプルBの大きな重量変化は、主にコーンスターチの分解および溶出によるものと考えられる。しかし、やはり25wt%のコーンスターチを含有するサンプルCではそれほど大きな変化は見られなかったことから、炭酸カルシウムの存在が分解に影響を与えている可能性が示唆される。

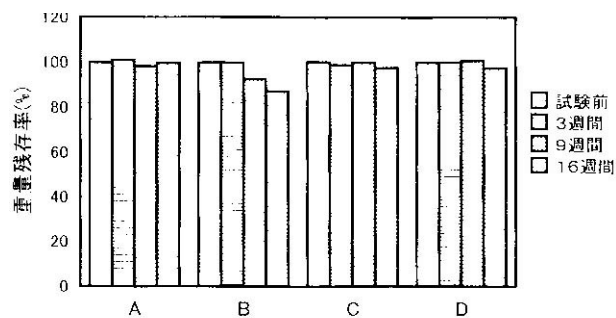


図17 ブレンド品屋内地中埋設試験  
A:PH 100% B:PH 50%+CS 50%  
C:PH 50%+CC 25%+CS 25% D:PH 50%+CC 50%

・引張強さ

図18に各サンプルの引張強さの経時変化を示した。充填材の混合により、引張強さの初期値は著しく低下した。引張

強さの経時変化は樹脂単体であるサンプルAが最も大きく変化しているように見えるが、約3.5ヶ月経過時の引張強さを初期値で除した引張強さ保持率でみると各サンプルとも65~70%であり、大きな差はみられなかった。

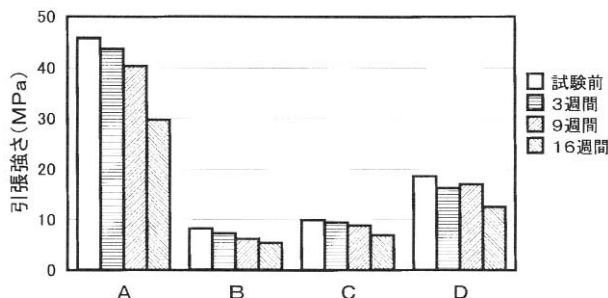


図18 ブレンド品屋内地中埋設試験  
A:PH 100% B:PH 50%+CS 50%  
D:PH 50%+CC 50%

(4) まとめ

室内埋設試験より次のことが分かった。

- a) 使用した生分解性プラスチックのPHは、混練性試験機によりコーンスターチや炭酸カルシウムとのブレンドが可能である。
- b) 室内土中埋設試験においても屋外における試験と同様に外観や重量・引張強さの変化が認められ、今回の結果では定量性はわからないが、定性的には試験として適用可能であることがわかった。
- c) 室内土中埋設試験の結果、コーンスターチのみをブレンドしたサンプルで重量に大きな変化が見られたが、他のサンプルではあまり変化は見られなかった。また、引張強さは、絶対値の変化では樹脂単体のサンプルがもっとも変化が大きかったが、引張強さ保持率でみると、いずれのサンプルにも大きな差は見られなかった。
- d) コーンスターチや炭酸カルシウムをブレンドすることにより、製品に要求される性能に応じて、引張強さ等の物性をある程度コントロールできることがわかった。

2.4 育苗ポットの生分解性

生分解性評価を行った樹脂の一部について育苗ポットを成形して苗木の生育試験を行いその生分解性を検討した。

(1) 試験材料および方法

表4に示す樹脂について、当场にて試作した金型を用いて射出成形機により育苗ポットを成形し、カラマツの苗木を移植してその生育状況およびポットの外観を観察した。

(2) 試験結果

ポット厚2mmのものについては育苗期間中で表面にカビの発生が見られた樹脂もあり少しずつ分解が進行していると思われるが、厚さがあるためか強度的にはまだ保持している

表4 育苗ポットに用いた生分解性プラスチック

樹脂記号	ポット形状	備考
PE	ポット厚さ 2mm	スリットによる回り込み
PE	"	穴17個(以下同じ)
BN1	"	
BN3	"	
P11B	"	
MS	"	
BP3	ポット厚さ 0.8mm	
PH	"	
PLAS	"	レイシア(HI-100X-S01);三井化学(株)
RPB	"	BP3 + デンブレン 23% + 炭酸カルシウム 23%

ようで多少の力をかけても壊れることはない。これについてはポットを付けた状態で植栽して生育試験を実施しており今後数年かけて観察する予定である。

ポット厚 0.8mm のものについては、育苗試験だけであるが図 19 のように一部破損箇所も見られ脆くなっていることが分かる。このポットの厚さはつばに近くなるにつれて厚くなっており、実際の機械植栽時の工程には余り影響しないと思われる。



図19 育苗試験

## 2.5 まとめ

現在、生産されている生分解性プラスチックについて土中埋設試験を屋外および室内において実施した結果、各樹脂とも分解が見られたが完全に分解して消滅するという現象は見られず、その程度は期待していたよりは大きくなかった。これは試料の厚さが原因と思われる。また、屋外試験においては更に北海道における平均気温の低さ、冬季間の積雪などが要因となり、それが分解を遅らせている原因であると思われ

る。さらに、埋設場所の土壌の状態によっても分解性に差が見られることが分かった。そのため、より生分解性を向上させるためにコーンスターチおよび炭酸カルシウムのブレンドを試みた。試験による埋設期間がまだ短いとその効果が見られた試料もあり、ブレンドの効果を確認することが出来た。

これらのことより生分解性プラスチックをポット材料として使用するためには、生分解性の向上や育苗中の寸法安定性の向上・コストダウンまで視野にいれると、充填材の混合が必須であると思われる。

以上、生分解性評価試験により当初の目的である育苗期間中に分解せず、植栽後、分解が進む生分解性プラスチック製育苗ポットの作成は可能であることが分かった。また、機械植栽時に架かる荷重にも十分に耐える素材や形状に成形できることも分かった<sup>1)~3)</sup>。

生分解性プラスチックは比較的新しい樹脂であるため、その生分解性の程度や成形性についてはほとんど事例が無く本研究により多くの知見が得られた。生分解性は埋設されている地域の気候、土壌の種類、製品厚さなどいろいろな条件が要因となっているため室内における標準的な試験の他にも実際の土壌における試験の必要性を再確認した。今回行った試験のうち実際の土壌中での生分解性評価試験は短時間で結果が得られないため今後も続けていく予定である。

その意味でも平成 11 年度から実施される全国の公設試験研究機関における生分解性プラスチックのフィールド試験において得られるデータに期待したい。

## 謝辞

今試験を実施するにおいて生分解性プラスチックを製造・販売しているメーカーには樹脂の供給を含めて多大なる協力を得ましたのでこの誌上を借りましてお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1)平成 8 年度共同研究報告書「生分解性育苗ポットを活用した機械による植栽技術の確立」(1997.3)
- 2)平成 9 年度共同研究報告書「生分解性育苗ポットを活用した機械による植栽技術の確立」(1998.3)
- 3)平成 10 年度共同研究報告書「生分解性育苗ポットを活用した機械による植栽技術の確立」(1999.3)
- 4)生分解性プラスチックのフィールドテスト(土壌系・水中系) 第 2 報, 生分解性プラスチック研究会技術委員会(1995.2)
- 5)生分解性プラスチックのフィールドテスト(土壌系・水中系) 第 3 報, 生分解性プラスチック研究会技術委員会(1997.10)