

---

# 画像機器筐体部品への高難燃バイオマス樹脂の実用化

## Practical Use of High Fire-retardant Biomass Plastic to Cassis Parts for Imaging Devices

---

原田 忠克\*  
Tadakatsu HARADA

秋葉 康\*  
Yasushi AKIBA

中村 健一\*\*  
Kenichi NAKAMURA

鈴木 滋之\*\*\*  
Shigeyuki SUZUKI

---

### 要 旨

---

多くの電気電子機器製品に用いられている樹脂は、石油が原料である。画像機器へのバイオマス樹脂の採用を促進することにより石油資源投入量とCO<sub>2</sub>排出量の削減を実現し、環境貢献を目指す。従来はポリ乳酸（PLA）とポリカーボネート（PC）をポリマーアロイ化することにより、難燃性5VBの材料を実現していた。この材料のバイオマス度は25%程度で、環境負荷の高いPCを使用している。我々は、石油系樹脂を用いない環境負荷の低いPLAの改質樹脂を用い、筐体部品を実現した。この樹脂はUL94難燃規格の5VBを取得し、新しいプロダクションプリンターに搭載した。この新しいPLAはバイオマス度40%という高難燃の電気電子機器部品用途としては最も高いバイオマス度であり、環境負荷削減に貢献している。

### ABSTRACT

---

Resin materials used for many electrical equipment products are made from petroleum resources. Adopting many biomass plastics can reduce amount of consumption petroleum resources and carbon dioxide during the lifecycle of the imaging devices. We carry out polymer alloy of Polylactic acid(PLA) and Polycarbonate(PC) by conventional technology. This polymer alloy resin material acquired 5VB of UL's fire-retardant standards and was put in practical use. However its biomass rate is about 25% and used polycarbonate which is high environmental impact. We carry out cassis parts using modified resin of only PLA of the low environmental impact which does not use the petroleum resin. This modified resin acquired 5VB of the UL standard. New PLA used in Ricoh's new production printing machine. New PLA's biomass content is 40% of the highest rate as high fire-retardant electronic equipment, and has contributed to environmental impact reduction.

---

\* リコーテクノロジー株式会社 第一設計本部  
1st Design Division, RICOH TECHNOLOGIES Co., LTD.

\*\* PP事業本部 PP開発センター CS設計センター  
Cut Sheet Designing Center, Production Printing Development Center, Production Printing Business Group

\*\*\* 生産事業本部 GP技術センター  
Global Products Engineering Center, Production Division

---

## 1. 背景と目的

---

近年、環境に配慮した技術が様々な商品に活用されており、ユーザーに対しても環境配慮商品として受け入れられてきている。従来は省エネルギー化とリユースリサイクルが主な環境配慮技術として注力されていたが、リデュース技術への関心が高まってきている。当社においても環境負荷削減目標を設定し、省エネルギー・温暖化防止、省資源・リサイクル、汚染予防の3分野での活動を実践している<sup>1)</sup>。

資源を代替する代表的な材料としては、石油原料をバイオマス原料で代替するバイオマス樹脂がある。石油をバイオエタノールなどで代替する技術と同様に、植物などを原料に樹脂材料を製造している。バイオマス樹脂は石油を原料として合成された樹脂（石油系樹脂）と比較すると、樹脂製造時のエネルギー使用量の削減や最終焼却処分時のCO<sub>2</sub>排出量を削減する可能性がある。しかし、バイオマス樹脂を画像機器や電気電子機器の部品に使用するには、耐熱性、耐衝撃性といった物性向上や難燃性の付与などが課題となる。ポリ乳酸（PLA; PolyLactic acid）は、現在、包装材用途から耐久部品まで幅広く、かつ年間10万トン以上の量が使用されているバイオマス樹脂である。ただし、PLAを画像機器に使用するためには、物性課題に加え、燃え難さを示す難燃性の付与が必要となる。難燃性に関しては、画像機器の安全性に関する国際規格（IEC 60950）が定められており、難燃性規格UL94（Underwriters Laboratories Inc., standard）に適合した難燃性を確保する必要がある。画像機器のうち複合機などの大型画像機器の筐体部品には、UL94規格の難燃性5VBが必要となる。さらに、画像機器製品は複数年使用の耐久性能も必要となる。PLAは加水分解しやすく、その防止が課題である。

上記課題を解決して環境負荷削減に貢献するために、従来は画像機器内装部品に適用してきたが<sup>2,3)</sup>、特に画像機器の筐体部品へ適用可能なバイオマス樹脂の開発に取り組んだ。材料メーカーの協力を得て、

諸物性の向上と難燃性向上に取り組み、上記部品に適用可能な高難燃バイオマス樹脂を開発し、当社のプロダクションプリンターRICOH Pro 8100シリーズの筐体部品に実用化した結果について紹介する。

---

## 2. バイオマス樹脂の課題と画像機器樹脂部品に求められる特性

---

### 2-1 バイオマス樹脂の種類と課題

バイオマス樹脂には、トウモロコシなどの糖質から発酵法で得られる乳酸を化学合成したPLAや同様に発酵法で得られるジオール類を原料の一部としたポリトリメチレンテレフタレート（PTT）や、微生物が体内に生産する微生物産生樹脂（PHA; PolyHydroxy Alkanoate）の脂肪族ポリエステルなどがある。植物油脂を原料としたポリアミド11（PA11）は、植物から得られるリシノールを原料にアミノ酸を合成し、これをポリマー化した材料である。近年では、エチレンをサトウキビなどの糖を発酵して得られるバイオエタノールから作り、これをポリマー化したバイオポリエチレン（Bio-PE）やバイオポリエチレンテレフタレート（Bio-PET）なども着目されている。Table 1には、これらのバイオマス樹脂の一覧を載せた<sup>4,5)</sup>。

これらのうち、石油系樹脂の原料の一部もしくは全部をバイオマスから誘導した化学品に変換したものは、化学構造が同じ樹脂であるので、物性に課題はないが、コストが課題である。一方、PLAなどの脂肪族ポリエステルのバイオマス樹脂には物性向上、耐久性向上、難燃性付与の課題がある。

Table 1 Type of biomass plastics.

種類	概要	項目
天然物系	植物資源自体をポリマーとするもの	澱粉樹脂, エステル化澱粉, 酢酸セルロースなど
化学合成系	植物由来原料をモノマーとし, 化学的に合成するもの	PLA, PTT, PA11 Bio-PE, Bio-PET など
微生物産生系	植物資源を栄養源に微生物が体内で合成するもの	PHA

## 2-2 画像機器の樹脂部品に求められる特性とバイオマス樹脂化の課題

画像機器に使用される樹脂部品は、重量の多いものとして、「筐体部品」が約5割、「内装部品」が約2割、「作像周辺部品」が1割弱、「定着周辺部品」が1割弱の割合である。これらの部品の使用重量は画像機器樹脂部品のおよそ9割弱を占める。Table 2に要求特性、使用されている樹脂を示す。

Table 2 Application of imaging device parts.

用途	要求項目	使用樹脂
筐体	難燃性：5VB 衝撃強度：7-10kJ/m <sup>2</sup> 以上	PC+ABS
内装	難燃性：V-2以上 耐衝撃性：3-5kJ/m <sup>2</sup> 以上	ABS, HIPS PC+ABS
作像周辺	寸法精度, 低吸水性など	GF強化PCアロイ
定着周辺	耐熱性：HDT200℃以上	GF強化PET

バイオマス樹脂のうち最も用途開発がなされているPLAを画像機器部品に適用する際の課題を、材料と加工の課題に分けて述べる。

### 材料の課題

- (1) 結晶化速度が遅く、結晶化温度も約120℃と高く結晶化しづらい。非晶質では耐熱性が低い。
- (2) シャルピー衝撃強度：2kJ/m<sup>2</sup>以下で耐衝撃性が低い。
- (3) 難燃性の付与がしづらい。
- (4) 加水分解しやすく、長期使用の耐久性がない。

### 加工の課題

- (1) 流動性が高く、射出成形時に充填不十分でもバリが発生しやすい。
- (2) 金型内で結晶化させるためには成形サイクルが長くなる。

したがって、PLA単独では事務機器部品に適用できず、耐熱性や耐衝撃性を向上させるとともに、難燃性と耐久性の付与が必要である。

この解決策として、これらの部品には、ポリカーボネート(PC)とPLAや、ABSとPLAなど、様々な石油系樹脂とのポリマーアロイ材料が実用化されている。

事務機器として最も使用量の多い筐体向けのバイオマス樹脂の従来事例としては、PCとPLAをポリマーアロイし、難燃性5VBを確保した材料がある。ただし、バイオマス度は25%程度で、かつ環境負荷の高いPCを使用しているため、樹脂製造時のエネルギー使用量や、樹脂製造時と最終的に部品を焼却した際のCO<sub>2</sub>排出量を削減する効果は小さい。高い環境負荷削減効果を実現するには環境負荷の高い石油系樹脂をなるべく使用しないこと、すなわちバイオマス度の向上が必要となる。

## 3. 高難燃バイオマス樹脂の評価結果

従来の当社の適用事例では難燃性はV-2であり、最も多く使用される筐体部品に必要な難燃性5VBは確保できていないことを受け、花王株式会社様が開発した高難燃改質PLAを当社が高難燃バイオマス樹脂部品開発に取り組み、評価と改良を重ねて開発し、画像機器の筐体部品に実用化した結果を紹介する。

### 3-1 高難燃バイオマス樹脂

高難燃改質PLAは結晶化制御技術とノンハロゲン難燃化技術により、PCを用いることなく、難燃性5VBを確保するとともに、耐衝撃性、耐熱性を確保したバイオマス樹脂である。ベースポリマーのPLA

と、第2章で述べた従来の難燃バイオマス樹脂 (PC+PLA) と比較した物性表をTable 3に示す。

Table 3 Properties of the high fire-retardant PLA as well as PLA and old PLA.

物性項目	単位	試験方法	条件	PLA	難燃 PC+PLA	高難燃 改質PLA
バイオマス度	%			100	約25	40
引張強度	MPa	ISO 527	50mm/min	73	64	43
伸び	%		n	4	24	6
曲げ強度	MPa	ISO 178	2mm/min	102	94	57.6
曲げ弾性率	GPa			3.3	3.5	2.7
シャルピー衝撃強度	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179	ノッチ付き	1.6	3.9	7.1
荷重たわみ温度	℃	ISO 75-2	0.45MPa	55	80	135
			1.80MPa	52	—	83
難燃性		UL94		HB相当	5VB (2.0mm)	5VB (1.2mm)

### 3-2 材料物性評価と耐久性評価結果

画像機器では長期使用の耐久性確保が必要である。PLAは、従来の石油系樹脂より加水分解しやすいので複数年使用相当の耐久性評価を従来の石油系樹脂と同様に評価し、処方改良の重要項目として開発を進めた。耐久性評価として、改良を重ね開発した高難燃改質PLAを恒温恒湿下に放置しての加速劣化試験を実施した。加速劣化試験条件は、50℃85%R.H.の環境下に1,000時間放置した後の物性評価を実施している。シャルピー衝撃値と引張破断伸びの評価結果を、Fig.1, Fig.2に示す。

シャルピー衝撃値と引張破断伸びは、放置時間とともに減少傾向にあるが、1,000時間放置後の値はシャルピー衝撃値の初期値に対して90%以上の物性、また、引張破断伸びは80%以上の物性を維持しており、従来の筐体用樹脂のPC+ABSのシャルピー衝撃値は8kJ/m<sup>2</sup>・物性保持率90%以上、引張破断伸びは20%・物性保持率80%以上なので、ほぼ同等の耐久性は確保できていると判断した。

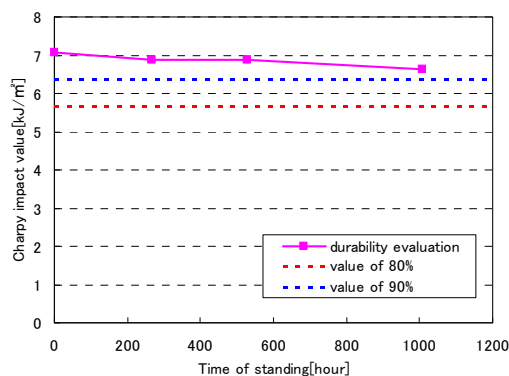


Fig.1 Durability evaluation of high fire-retardant PLA (Charpy impact value).

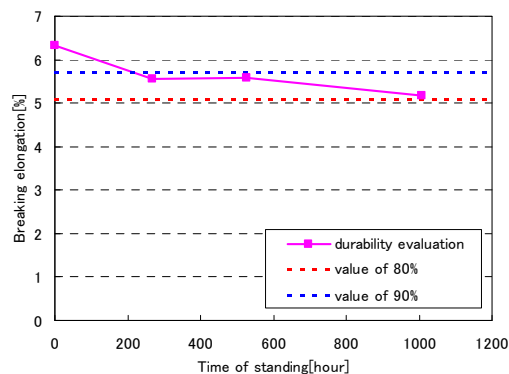


Fig.2 Durability evaluation of high fire-retardant PLA (Tensile test: Breaking elongation).

他の物性 (引張強度、曲げ強度、曲げ弾性率、荷重たわみ温度) については、1,000時間放置後全て90%以上の物性保持率となり、従来PC+ABSと同等である。

また、加速劣化試験条件下での難燃性についても評価しており、50℃85%R.H.1,000時間後のUL94燃焼試験では、初期と同レベルの燃焼試験結果を得ることができ、難燃耐久性も確保していることが分かった。

### 3-3 筐体部品評価結果

高難燃改質PLAを、実際に採用する筐体部品で評価した。高難燃バイオマス部品を採用した機種は、Fig.3 に示す2013年度に発売したRICOH Pro 8100S/8110S/8120Sである。採用した部品は、Fig.4 に示す操作部のカバー部品である。



Fig.3 RICOH Pro 8100S.

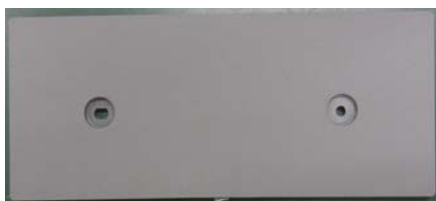


Fig.4 Part made of biomass plastics in RICOH Pro 8100S/8110S/8120S.

採用部品の評価として、複数年使用時の耐久寸法評価と、筐体のリコー安全評価基準（関連規格IEC60950-1 4.2.5;）に定められている鉄球落下衝撃試験を実施した。複数年使用の評価条件は、前述の50℃85%の恒温恒湿化放置、1,000時間までの寸法変化を測定した。寸法変化の結果をFig.5に示す。

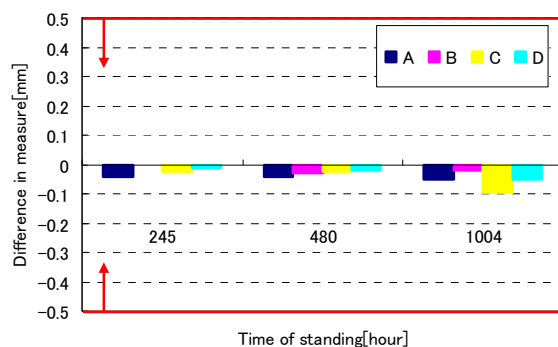


Fig.5 Comparing of measure change by acceleration test (A: Long and up side measure, B: Long and down side measure, C: Short and left side measure, D: Short and right side measure).

寸法変化の測定方法は、恒温恒湿槽に設置する前の寸法と指定時間（245時間、480時間、1,004時間）経過後に取り出し、24時間以上経過させた寸法を測定した。取り出し時間ごとの寸法差をFig.5に示した。凡例A～Dは測定箇所を示しており、長辺部分はFig.4写真の上下2箇所、短辺部分は左右2箇所を測定した結果である。寸法差の結果は収縮傾向であった。1,000時間放置後の結果でも、寸法変化が0.5mm以内に収まる結果となった。

鉄球落下衝撃試験は鉄球を筐体部品に落下させ、破損によっても危険な内部部品、例えば冷却ファンや電装部品等が使用者に触れることがないように、筐体部品の保護機能が損なわれていないことを確認する試験である。複数年使用後の安全性も確認するために、前述と同様の恒温恒湿下に放置して加速劣化させた部品の鉄球落下衝撃試験を実施した。試験結果をTable 4に示す。

Table 4 Result of steel ball dropping test.

放置時間	試験結果
0h	破損せず、鋼球衝撃痕のみ
250h	破損せず、鋼球衝撃痕のみ
500h	破損せず、鋼球衝撃痕のみ
1,000h	破損せず、鋼球衝撃痕のみ

試験は擬似的に取り付け状態と同様の固定を行い、鋼球落下させて行った。落下位置は部品の中央部を狙い、実施した。どの時間の条件でも破損はせず、Fig.6, Fig.7に示す衝撃痕が残るのみという結果となった。

複数年使用を想定した評価から、筐体部品としての機能を十分に満足している結果となった。



Fig.6 Picture of impact mark (standing time: 1000[hour]).

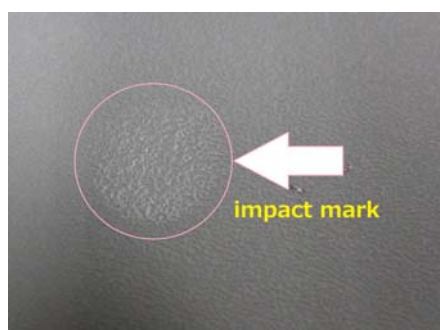


Fig.7 Close-up of impact mark (standing time: 1000[hour]).

#### 4. 高難燃バイオマス樹脂の付加価値効果

石油系樹脂を使用しないPLAのみをベース樹脂とした、バイオマス度40%の高難燃バイオマス樹脂を画像機器の筐体部品として、実用化することができた。難燃性5VBを確保し、さらに、認可厚が1.2mmという従来にない高難燃材料である。画像機器の樹

脂部品の約5割の重量を占める筐体部品への適用拡大が可能となる結果である。

また、今回の実用化した高難燃改質PLAの優れた点も確認した。今回、採用した操作部カバー部品には、従来PC+ABSを使用しており、表面にはシボ加工（金型にエッチング処理を施し表面を荒らす加工）が施された部品である。成形した部品で評価した際に、従来品とシボ転写性が大きく異なることが分かった。Fig.8にPC+ABS部品のシボ面拡大の顕微鏡写真、Fig.9に高難燃改質PLA部品のシボ面拡大の顕微鏡写真を示す。

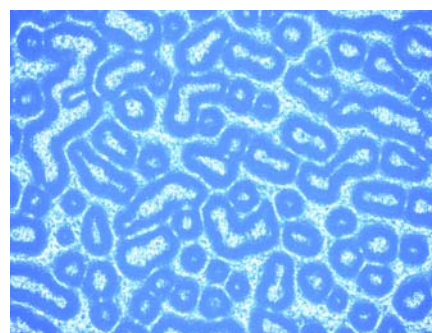


Fig.8 Micrograph of surface texturing (PC+ABS).

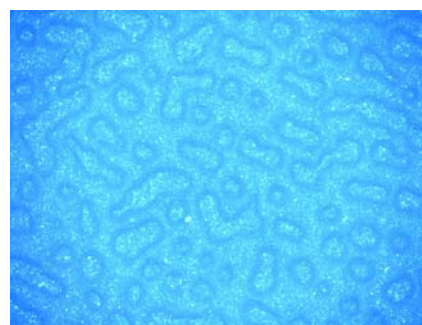


Fig.9 Micrograph of surface texturing (high fire-retardant PLA).

上記顕微鏡写真は落射照明の画像であり、シボ面の凹凸エッジ部分が黒い影となって見えている。Fig.8の黒い影部分は、焦点が合致しているシボの凹部分以外の平らな面と凹部分との高さが異なることを示しており、黒い影部分の線幅の太さが、シボ境界のエッジ角度が緩やかになっていることを示している。一方、Fig.9の黒い影部分の線幅は明らか

にFig.8より細くなっており、顕微鏡上で計測すると半分以下の線幅になっており、エッジ角度が急になっていることを示唆している。すなわち、高難燃改質PLA部品の方がシボ転写性に優れていると言える。これは、可塑化状態では流れが非常に良く、シボ面の凹凸に樹脂が十分に転写できており、かつ高速に結晶化することにより、シボ転写面を再現していることが考えられる。本開発材料をカバーガラスに挟み込んだ100 $\mu$ m程度の厚さの状態で偏光顕微鏡による結晶化時間を測定したところ、結晶化温度のプレートに載せた瞬間に球晶を形成した。成形時、金型に触れたスキン層が瞬時に結晶化したことにより、シボ転写形状を形成していることが考えられる。シボ転写性が向上することにより、従来品からの外観の向上や金型へのシボ加工費低減の効果が挙げられる。

---

## 5. 今後の展開

---

事務機器で最も多く使用される筐体部品の一部へ適用できた。筐体部品は大型部品が多く存在するが、今回採用した部品は小型部品であり、大型の筐体部品に適用するには剛性や成形性などの課題がある。次に、筐体以外の作像周辺や定着周辺の機能部品に採用するには、耐熱性向上や低吸水性、耐久寸法精度確保などの高機能化が必要となる。そして現状ではコストも課題である。従来の石油系樹脂の本格的置き換えには、解決すべき課題は多い。

今回の成果は、材料メーカーの協力のもと実現できたものである。

今後も将来に向けたバイオマス樹脂部品開発を行い、さらなる高機能な事務機器部品への実用化を、経済性を伴いつつ実現する。

## 謝辞

---

バイオマス樹脂製品搭載にあたり、花王株式会社様をはじめ、多くの方々にご指導、ご支援を頂きましたことを深く感謝いたします。

## 参考文献

---

- 1) リコーグループサステナビリティレポート2012, (2012).
- 2) 原田忠克ほか: 画像機器への植物由来樹脂の展開, *Ricoh Technical Report*, No.32, pp.163-168 (2006).
- 3) 原田忠克: リサイクル樹脂とバイオマス樹脂の画像機器への取り組み, 成形加工, 第23巻, 第3号, pp.680-683 (2011).
- 4) 山本良一ほか: エコマテリアルハンドブック, 丸善出版, pp.662-665 (2006).
- 5) (社)日本有機資源協会: 平成15年度バイオ生分解素材・利用評価事業報告書, pp.1.1-1.2 (2003).