

# 電子機器用の 高機能バイオプラスチックの開発

位地 正年・井上 和彦・芹澤 慎  
木内 幸浩・中村 彰信

## 要 旨

電子機器の環境調和性を向上できる植物原料のバイオプラスチックとして、高機能なポリ乳酸複合材を開発しました。高い環境調和性（高植物成分率、安全性）を保持しながらの高機能化を目指し、ケナフ繊維や金属水酸化物などの植物・天然物系の添加剤の利用によって、ポリ乳酸の耐熱性、強度、難燃性等を向上させ、製品の一部に実用化しました。また、これまでのプラスチックにない新機能による付加価値の向上を目指して、小型・薄型機器に重要な高熱伝導性を実現し、将来のウェアラブル機器のための形状記憶性も実現しました。

## キーワード

●バイオプラスチック ●ポリ乳酸 ●ケナフ ●耐熱性 ●難燃性 ●高熱伝導性 ●形状記憶性 ●産業

## 1. はじめに

電子機器の環境調和対策、すなわち、資源保全対策やCO<sub>2</sub>削減対策に寄与できる新材料として、再生可能な植物を原料とするバイオプラスチックが注目されています。現在のバイオプラスチックの中では、量産性、基本特性、及びコストから、ポリ乳酸が電子機器用として最有力ですが、利用を進めるためには、耐熱性、強度、成形性、難燃性などの電子機器用としての実用特性を改良する必要性がありました。これに対して従来技術では、ポリ乳酸に石油系プラスチックを大量に添加（約70%）する改良処方を用いられてきたため、植物成分率が大幅に低下（約30%）してしまう課題がありました。更に、コストでは石油系プラスチックより不利なため、環境調和性に加え、新たな機能の付与により、従来の石油系プラスチック以上の付加価値を創出させていくことも重要となっていました。

我々は、従来困難であった高い植物成分率や、安全性を確保しながら、ポリ乳酸の耐熱性や難燃性などの実用特性を向上させ、石油系プラスチックを代替していくとともに、これまでの石油系や植物系のプラスチックにも実現できなかった新機能として、高熱伝導性や形状記憶性を付与させて付加価値を向上させる研究を進めています（図1）。そしてこの中のケナフ添加ポリ乳酸複合材を製品の一部に実用化し、更にほかの高機能ポリ乳酸複合材の実用化も進めています。

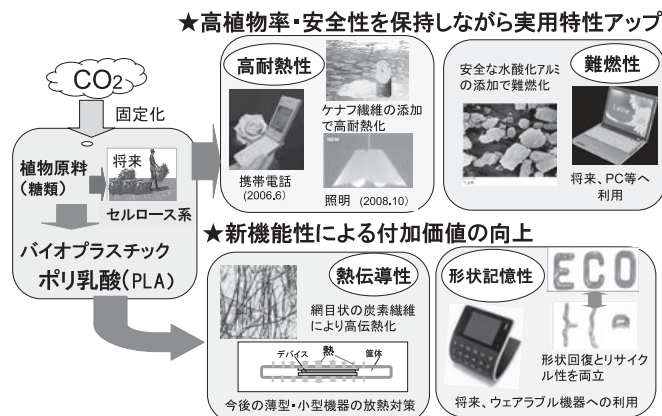


図1 ポリ乳酸系バイオプラスチックの開発戦略

## 2. 高耐熱（ケナフ添加）ポリ乳酸複合材の開発と実用化

ポリ乳酸の耐熱性や強度などの実用性を改良する手段として、温暖化防止効果に優れるケナフの繊維など、植物成分の添加剤を中心に利用することによって、従来にない高度な植物成分率（80-90%）を確保しながら、耐熱性に優れたポリ乳酸複合材を開発し、実用化しました。ポリ乳酸にケナフ繊維（5mm長、約10%）や植物原料の衝撃改良材を含有することで、電子機器の外装に使用されている石油系プラスチック

電子機器用の高機能バイオプラスチックの開発

クに匹敵する耐熱性を実現し、強度も改良できました。更に、ポリ乳酸の成形の際の結晶化を促進できる独自の結晶化促進剤の利用で、成形時間も短縮できました（5分間以上→50秒以下/サイクル）。このケナフ添加ポリ乳酸複合材は、ユニチカ（株）殿と共同で実用化され、パソコンの部品（ダミーカード）への利用を手始めに（2004年から）、携帯電話（外装材）に世界で初めて搭載され（2006年）、更に、2008年（10月）に、照明器具（傘）にも製品化されました（図2）。

3. 難燃性ポリ乳酸複合材の開発

パソコンなどの中型以上の電子機器の外装用プラスチックには、火災防止のため、高度な難燃性が要求されているので、これらの機器に利用を拡大するためには、ポリ乳酸を難燃化させる必要があります。そこで、従来のハロゲン系化合物などの環境安全性に懸念のある難燃剤を一切使用せず、安全な



図2 高耐熱（ケナフ添加）ポリ乳酸複合材の製品展開

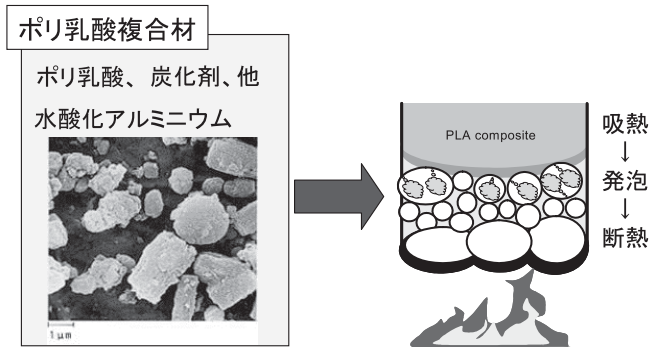


図3 難燃性ポリ乳酸複合材の難燃機構

土壌成分の一種である、吸熱性の金属水酸化物（水酸化アルミニウム）をポリ乳酸の難燃剤として用いました。しかし、高度に難燃化させるためには、これを大量に添加する必要がありますが、成形性や強度等が低下してしまう課題がありました。そこで、安全な炭化促進剤の併用により、着火時に樹脂表面で難燃層を形成させる機構も取り入れて（図3）、水酸化アルミニウムの添加量を大幅に削減し、更に、ほかの安全な特性改良剤の併用によって、難燃性とともにも他の実用特性も向上できました<sup>2)</sup>。今後、パソコンなどへの早期な搭載を目指します。

4. 高伝熱性ポリ乳酸複合材の開発

近年の電子機器の小型・薄型化に伴い、機器内部のデバイスからの発熱による機器外装（筐体）の高温化が問題になっています。ステンレスなどの高熱伝導性の金属を筐体を使うと、厚み方向の熱伝導性が高すぎるため、薄型機器ではデバイス周辺部に局所的な高温部が生じて、使用時に不快感を招きやすく、更に、軽量化や加工性にも課題があります（ステンレスの比重：～6）。これに対して、プラスチックを高熱伝

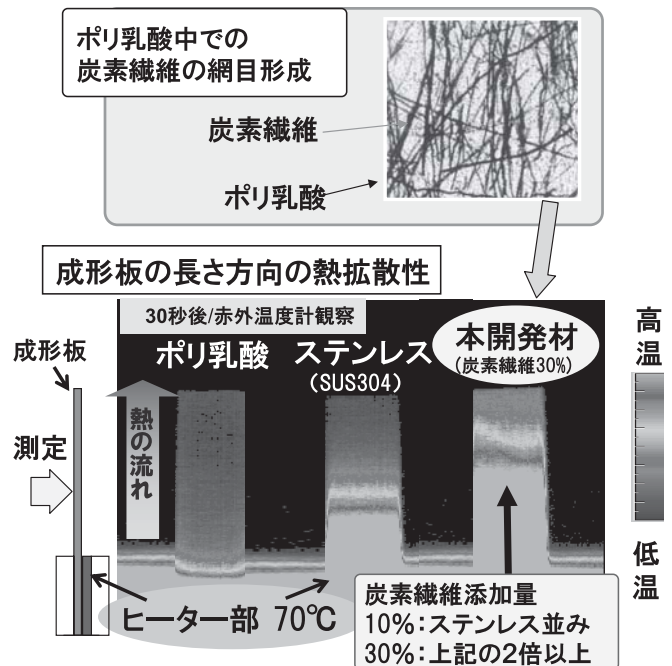


図4 網目化させた炭素繊維を含むポリ乳酸複合材の伝熱性

導化する方法もありますが、従来はプラスチックに高熱伝導性の充填剤（金属や炭素の粉や繊維）を大量に配合（>50%）する処方が主体であり、成形性の低下とともに、比重やコストの増加の課題がありました。これに対して我々は、独自の植物系の結合剤によって炭素繊維（数mm長）をポリ乳酸中で網目状に結合（架橋化）させる技術を開発し、従来より大幅に少ない量の炭素繊維（10%程度）で高度な伝熱性を実現しました（図4）<sup>3,4)</sup>。本材料は、ポリ乳酸とほぼ同等の軽量性を保持しながら、ステンレス以上の熱拡散性を実現し、更に、金属にはない平面方向への異方的な伝熱性に優れるため、局所的な高温化を防ぎながら筐体全体で放熱することが可能です。また、炭素繊維の添加で、強度や耐熱性も向上できます。今後、薄型・小型機器の環境対応と放熱対策を同時に解決できる新しい外装用プラスチックとして実用化を進めます。

## 5. 形状記憶性ポリ乳酸複合材の開発

新機能として形状記憶性をポリ乳酸に付与できると、自由な形に変形し、容易に元の形に復元できるウェアラブル型電子機器を創製するのに寄与できます。しかし、従来の石油系の形状記憶性プラスチックは、架橋（網目化）した分子構造のため、高温で加熱しても溶融できずリサイクル（再成形）が困難でした。そこで、これまでの石油系形状記憶プラスチックでも実現できなかった高度な形状記憶性とリサイクル性を両立できるポリ乳酸複合材を開発しました<sup>5)</sup>。すなわち、高温での解離と冷却時の再結合を繰り返せる熱可逆結合を、ポリ乳酸の構造中に付与させることで、熱可逆性の架橋構造のポリ乳酸を作成することに成功しました。この架橋体は、中温の加熱（60℃）で柔軟化できるので簡単に変形でき、同程度の加熱で元の形状に回復します。さらに、通常の成形温度（160℃程度）で溶融できるのでリサイクルも可能です（図5）。今後、ウェアラブル機器など（図6）の外装材や他の用途の部材として利用を目指します。

## 6. まとめ

植物を原料としたバイオプラスチックは、資源枯渇対策と温暖化対策に有効なので、電子機器用の新しい環境調和材料として期待されています。そこで、従来難しかった、高度な環境調和性（高植物成分率+安全性）と高機能性の両立を目指

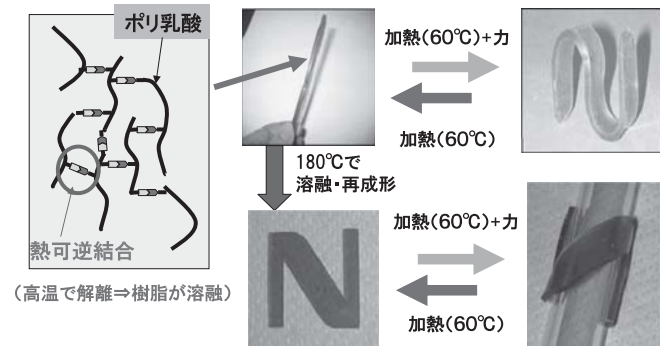


図5 熱可逆結合で架橋したポリ乳酸の形状記憶性とリサイクル性



図6 形状記憶性ポリ乳酸複合材を用いたウェアラブル端末モデル

し、植物成分や土壌成分からなる添加剤を主に使用する独自の配合技術によって、バイオプラスチック（ポリ乳酸）の耐熱性、強度、難燃性などの実用特性の改良に成功し、製品の一部に利用を開始しました。更に、バイオプラスチックの付加価値を向上できる新しい機能として、熱伝導性や形状記憶性の付与も実現しました。これらの技術は、今後、バイオプラスチックの電子機器への利用を拡大していくために、大きく貢献するものと考えます。一方、弊社のバイオプラスチックには、家畜飼料用のデンプン系原料を主に利用していますが、今後の食料問題を考えると、セルロース系などの非可食部の原料に切り替えていくことが重要と考え、この検討も進めています。

<sup>5)</sup>FOMAは、株式会社NTTドコモの登録商標です。

#### 参考文献

- 1) S. Serizawa, K. Inoue, M. Iji, "Kenaf-fiber-reinforced poly (lactic acid) Used for Electronic Products" Journal of Applied Polymer Science, Vol.100, No.1, pp.618-624, 2006.
- 2) 柳澤 恒徳、木内 幸浩、位地 正年、「水酸化アルミニウムとフェノール樹脂類の併用によるポリ乳酸の難燃化」, 高分子論文集、Vol.66, No. 2, pp.49-54 (2009) .
- 3) 位地 正年、「電気機器用バイオプラスチックの開発」, 工業材料、Vol. 56, No.2, PP.45-49, 2008.
- 4) A. Nakamura, M. Iji, "Enhancement of thermal diffusivity of poly (L-lactic acid) composites with a net-like structure of carbon fibers" , Journal Material Science, Vol.44, pp. 4572-4576, 2009.
- 5) K. Inoue, M. Yamashiro, M. Iji, "Recyclable Shape-Memory Polymer: Poly (lactic acid) Crosslinked By a Thermoreversible Diels-Alder Reaction" , Journal of Applied Polymer Science, Vol.112, No. 2, pp.876-885, 2009.

#### 執筆者プロフィール

位地 正年  
ナノエレクトロニクス研究所  
工学博士  
主席研究員

井上和彦  
ナノエレクトロニクス研究所  
エコマテリアルRG  
工学博士  
主任研究員

芹澤 慎  
ナノエレクトロニクス研究所  
エコマテリアルRG  
主任

木内 幸浩  
ナノエレクトロニクス研究所  
エコマテリアルRG  
主任

中村 彰信  
ナノエレクトロニクス研究所  
エコマテリアルRG  
主任