

バイオプラスチックの展望

バイオプラスチックの現状，電子機器への適応課題とケナフ添加ポリ乳酸の開発

日本電気株式会社
環境・材料研究所 位地正年

1. はじめに

現在，石油資源枯渇や地球温暖化の防止対策から，植物資源を利用したバイオプラスチックが注目されている。その中でもポリ乳酸は，大量生産が開始されたことから脚光を浴びており，電子機器筐体用途の一部にも採用が始まっている。本稿では，バイオプラスチックの現状，電子機器への利用の可能性と適応課題，さらに，地球温暖化防止効果の高いケナフの繊維を添加して高機能化したポリ乳酸の開発と今後の展開について述べる。

2. バイオプラスチック利用の現状と課題

これまで産業界では，機能と安さから，石油原料のプラスチックが大量に使用されてきた（世界で年間1億トン以上）。しかし石油は枯渇資源であり，再生可能な資源（非枯渇資源）への代替化は今後の大きな課題である。中でも植物成分を利用したバイオプラスチックは，石油代替だけでなく，地球温暖化の要因とされている炭酸ガスの固定化効果もあるのので有望である。バイオプラスチックのもう一つの特長は廃棄後の土中での生分解性に優れている点である。しかし，電子機器，自動車等の多くの産業分野で，プラスチックのリサイクルが推進されており，リサイクルしやすい素材の開発や，回収・再生システムの構築も進んでいる。また，物性低下によって再生できなくなった場合でも，わが国では処分

地の不足から埋め立てよりも，石油代替燃料として熱エネルギーを回収（サーマルリサイクル）していく方向にある。このため，バイオプラスチックでも，現在のリサイクルシステムの中で，石油系プラスチックと同様にリサイクルを実現させていくことが重要であり，高度なリサイクル性が要求されてくるものとする。ただし生分解性にも不法投棄等に対するリスク対策としての価値は大きい。

現在のバイオプラスチックの分類としては，ポリヒドロキシブチレート等の微生物生産系，ポリ乳酸，ポリブチレンサクシネート（一部で植物原料の使用開始）等の化学合成系，さらに，エステル化デンプン，酢酸セルロース等の天然物系が挙げられる。この内，食品包装用として，すでに天然物系が使用されている。電子機器や自動車等の高機能な製品の部材用としては，高度な耐熱性や強度等が要求されるが，これを達成できる可能性のあるものは化学合成系である。この中でポリ乳酸は，トウモロコシ等から抽出したデンプンを酵素発酵させ，グルコース経由で乳酸にして，これを化学重合させたものであるが，化学合成系では初めて，カーギルダウ社によって本格的な量産が開始された（2002年）。このため，大幅なコスト低減が期待されており，一部の電子機器の筐体材料として使用が開始されている。さらに，ポリ乳酸の製造エネルギーが通常の石油系プラスチックと比べかなり低いことも明確になってきている⁽¹⁾。

したがって、高機能な製品用としては、ポリ乳酸が最も有望と考える。しかし、耐熱性、強度等の重要特性は、これらの製品に広く使用するにはまだ十分でないのが現状である。この他、フィルムや繊維用としても、ポリ乳酸を主体として、化学合成系の使用が開始されている。

3. バイオプラスチックの電子機器への適用の課題

上述のように、電子機器類へのバイオプラスチックの適用を進める上で、ポリ乳酸が最も期待されているが、これまでの電子機器(筐体)用プラスチック(ABS樹脂、ポリカーボネート等)に比べ、特に、耐熱性と強度(特に耐衝撃性)が劣っており、さらに、安全な難燃化処方も確立されていない。また、成形性に関しても、ポリ乳酸の結晶化のためアニール処理(成形後の加熱処理)が必要なので生産性が低く、リサイクル性(再生時の特性保持)についても十分な知見が得られていない。従って、今後、これらの特性の早急な達成が望まれている。

ポリ乳酸のような結晶性が高く硬い樹脂の耐衝撃性の改良には、通常、可とう性成分を添加する処方が取られており、可とう性の高いバイオプラスチック(ポリヒドロキシアルカノエート)によるポリ乳酸の耐衝撃性の改良効果が報告されている⁽²⁾。

ポリ乳酸の耐熱性や強度を改良する方法としては、ナノコンポジット技術(ナノ粒径の無機物の微分散技術)の利用⁽³⁾やガラス長繊維の添

加⁽⁴⁾等が知られている。上記の耐衝撃性改良のように、これらの特性についても、植物資源を特性改良に利用できれば、バイオプラスチックとしての環境調和性を一層向上することが可能となるが、報告例は少なく^(5,6)、特に電子機器筐体用材料としてのポリ乳酸の耐熱性等に対する顕著な改善効果は報告されていない。

4. ケナフ繊維添加ポリ乳酸の開発

著者らは、電子機器の筐体用材料として、地球温暖化防止効果の高いケナフの繊維とポリ乳酸の複合材を開発しており、ポリ乳酸の耐熱性(荷重たわみ温度)、強度(剛性)、成形性(結晶化速度)の大幅な改良に成功した^(7,8)(図1)。

ケナフは植物中、最高レベルの炭酸ガス吸収速度を持っており(光合成速度は通常の樹木の3~9倍、炭素含有量は約43%⁽⁹⁾)。これから計算すると1トンにつきCO₂を約1.4トン吸収可能)、地球温暖化対策に有望なので、現在、オーストラリアをはじめ(図2)、世界各国で栽培されている。しかし、従来の利用方法は、紙の繊維材料や飼料等、既存材料の代替が中心であり、有効な利用方法は未開

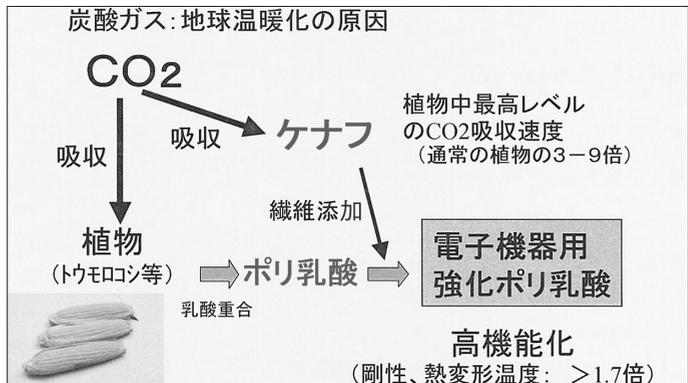


図1 ケナフの繊維の添加によるポリ乳酸の高機能化

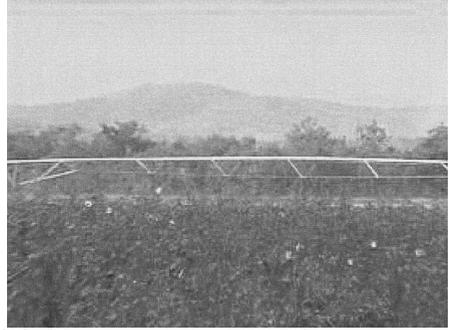


図2 オーストラリアでのケナフ栽培 (ネイチャートラスト社提供)

拓であった。

そこで、ケナフ繊維(繊維長: 5 mm以下)とポリ乳酸の混練によって、ケナフ繊維で強化された複合材を作成し(図3)、ポリ乳酸に対するケナフ繊維の x 添加効果を検討した(結果: 表1, 図4)。

その結果、ケナフ繊維を15%以上含有することで、耐熱性(高荷重下での荷重たわみ温度)を大幅に改良でき、電子機器の筐体等に使用されているABS樹脂以上にできることが分かった。さらに、剛性(曲げ弾性率)もケナフ繊維の添加量と共に大幅に改良できた。一般に、ガラス繊維などの繊維状補強材は、結晶性樹脂の耐熱性や剛性を向上させる効果があり、これは、補強材による樹脂の変形防止に加えて、補強

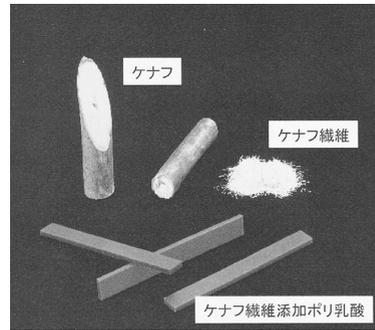


図3 ケナフ,ケナフ繊維,ケナフ繊維添加ポリ乳酸(ケナフ繊維20wt%)

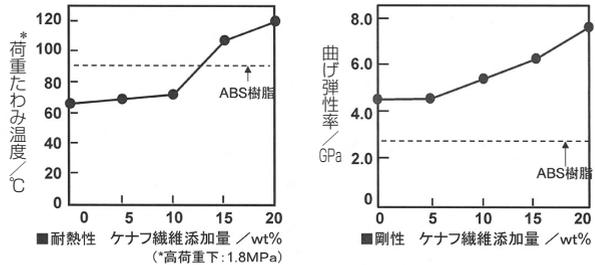


図4 ケナフ繊維添加ポリ乳酸の耐熱性と剛性

表1 ケナフ繊維添加ポリ乳酸とガラス繊維 (GF) 添加ABS樹脂の特性

		ケナフ繊維+ポリ乳酸				GF+ABS	
		0	10	15	20	0	20
繊維含有量	[wt%]						
荷重たわみ温度	*[°C]	66	72	107	120	86	100
曲げ弾性率	[GPa]	4.5	5.4	6.3	7.6	2.1	7.3
曲げ強度	[MPa]	132	111	110	93	70	110
ノッチ付きアイソット衝撃強度	[J/m]	46	40	33	32	200	50

*高荷重下 (1.8MPa)

材表面での樹脂の結晶化促進が原因とされている⁽¹⁰⁾。示差走査熱量の測定等により、ケナフ繊維にもポリ乳酸の結晶化促進効果があることを確認した。このため、今回の耐熱性と剛性の大幅な改善にも、ケナフ繊維による変形防止とともに結晶化促進の効果があったものと想定する。また、ケナフ繊維により結晶化が促進されるので、成形後のアニール時間を大幅に短縮でき、ポリ乳酸成形品の生産性を改善できた。

曲げ強度や耐衝撃強度は、ケナフ繊維の添加によって低下する傾向にあったが、可とう性の低下が主因であり、前述のような可とう性付与対策で改善が可能である。流動性は、電子機器用としては十分に保持できることが分かった。

さらに、リサイクル性を調査した結果（再溶解・再成形後の特性調査）、ポリ乳酸単独およびこれにケナフ繊維を添加したものは、同様に、物性や分子量が少し低下する傾向にあった。しかし、3回のリサイクルでもこれらの物性値は90%程度保持できたので、今後の組成調整によって、十分なりサイクル性を実現できる可能性がある。

以上から、今回開発したケナフ繊維添加ポリ乳酸は、電子機器用素材として重要な耐熱性、剛性、および成形性に目途を得て、電子機器筐体材料として利用できる可能性を見出した。今後は、他の実用特性を改良して、非難燃用途の携帯用小型機器や周辺部品への使用を先行させ（2004年度内）、さらに、安全な難燃化の処方確立し、難燃性が必要な機器にも展開していく予定である。

5. まとめと将来展望

石油資源は、2000年付近をピークとして産出量は減少し、2030年には現在の半分程度になるとの予測がある⁽¹¹⁾。従って、再生可能な植物資源の利用はますます重要となり、バイオプラスチックの必要性が高くなることは間違いない。このため、様々な分野で利用するには、一層の高機能化と低コスト化の技術開発が重要である。

当社では2010年までに現在使用している石油系材料の10%以上を植物系材料に代替する計画である。高機能化やコストダウンが進めば、使用割合をさらに増加できる。素材としては、今回のケナフ繊維添加ポリ乳酸系を中心の一つと考えているが、特に、電子部品用実装材料等、より高度な物性が要求される分野では、ポリ乳酸以外の高性能なバイオプラスチックへのニーズが生じてくる可能性がある。

参考文献

- 1) T. U. Gerngross, S. C. Slater, 日経サイエンス, 11, 32 (2000) .
- 2) 高木康雄, 工業材料, 51, 3, 23 (2003) .
- 3) 大濱二夫, 上田一恵, 望月政嗣, プラスチックス, 53 (10), 37 (2002) .
- 4) 鈴木文行, 望月正, 成形加工'02, 214 (2002) .
- 5) T. Nishino, M. Kotera, K. Hirao, K. Nakamae and H. Inagaki, Proceeding 2000 Inter. Kenaf Symp. 193 (2000) .
- 6) 稲生隆嗣, 影山裕史, 森高康, 小泉順二, 第11回ポリマー材料フォーラム, 245 (2002) .
- 7) 日経エレクトロニクス, 2, 17, 39 (2003) .
- 8) 芹澤慎, 井上和彦, 位地正年, 成形加工'03, 161 (2003) .
- 9) 稲垣寛, 高分子, 51 (8), 597 (2002) .
- 10) T. M. Takemori, Polym. Eng. Sci., 19, 1104 (1979).
- 11) 日経サイエンス, 6, 23 (1996) .