

生分解性プラスチックと天然ゴムの合成

木村 佳奈, 若狭 成海

指導教員 岡崎 裕

要約

生分解性プラスチックは環境に優しいが、固くて脆いという問題点があげられる。そこで、私たちは生分解性プラスチックの原料である PLA に天然ゴムを混ぜることによって、ゴムの粘り強さが得られるのではないかと考えた。私たちはまず PLA と天然ゴムをさまざまな比率でホットプレートで170℃から加熱し、薬匙で混ぜた。しかしできた成形品は均一に混ざらなかったため、正確な強度測定ができなかった。そこで、近大の白石教授、産総研の遠藤先生に助言とご協力いただき、西川ゴムさんに試料を提供していただき、実験を行ったところ、天然ゴムを混ぜたものの方が強度が上がるのが正確な数値で分かった。

Abstract

Biodegradable plastic is good for environment, but it has problems that are hard and fragile. And so, we had an idea that if we mix natural rubber into biodegradable plastic, we can get sticky strongly. First, we mixed natural rubber and poly lactic acid (PLA) which is raw materials while heating in a hot plate, then, we changed their proportion. But as a result, we couldn't mix uniformly. So we couldn't measure strength exactly. Second, we got samples mixed by an exclusive machine. And we measured their strength. We found that natural rubber can make biodegradable plastic stronger.

キーワード 生分解性プラスチック, 天然ゴム, ポリ乳酸

Keywords biodegradable plastic , natural rubber , poly lactic acid

序論

生分解性プラスチックとは、環境中の水分により加水分解を受けて低分子化され、最終的には微生物などによって二酸化炭素と水にまで分解されるプラスチックのことである。こうした性質を持つ生分解性プラスチックの原料の中でも、ポリ乳酸は最も研究・実用化が進んでいる高分子であり、土中や水中では数年は安定しているが、微生物が多い堆肥の中では一週間で分解される。農業用のマルチシートやハウスのフィルムなどに使われているほか、繊維製品やレジ袋などに応用研究が進んでいる。しかし、生分解性プラスチックの問題点として、硬くて脆い点が上げられる。そこで私たちは、生分解プラスチックに天然ゴムを混ぜることによって、ゴムの粘り強さが得られるのではないかと考えた。また、一般的にプラスチックに柔軟性を持たせるためには可塑剤を用いるが、可塑剤には環境に悪いものがあるため天然ゴムを可塑剤の代わりに用い、本実験を行なった。



図1 生分解性プラスチックの分解の様子

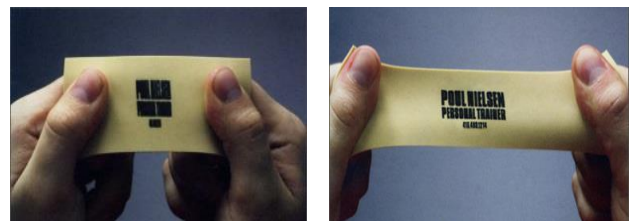


図2 ゴムの伸縮の様子

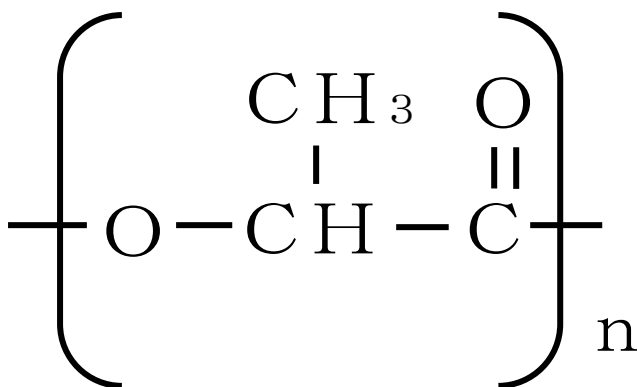


図3 ポリ乳酸の構造

研究内容

実験:1

<試料, 器具>

試料:ポリ乳酸(以下PLA), ベトナム産天然ゴム(ベトナム産NR), エポキシ化天然ゴム(エポキシ化NR)

器具:電子天秤, シャーレ, ホットプレート, 温度計, 薬匙



図4 ポリ乳酸

<エポキシ化について>

C=Cの二重結合に対して、適当な酸化剤を用いてエポキシドを合成する反応をエポキシ化という。エポキシドは反応性が高く、求核性を持った化合物と付加反応を起こす。

これらのことから、様々な化合物を作るための原料として実験室や工場で用いられている。

例) 車などのタイヤ

<実験の流れ>

まず, PLA:天然ゴム=5:5, 7:3, 9:1 PLA:ベトナム産NR=5:5, 7:3, 9:1の比率でそれぞれ量り取り, 合計で1 gになるように調整する。

次に, ホットプレートで170℃から試料を加熱し, 薬匙で混合する。そして, 混ぜた試料をクッキングシートに乗せ上から押さえ, 平らにする。

※このときの成形品の目安は, 厚さ約1 mm, 直径 約2.5 mmの円。最後に, できた試料を手やハサミなどで強度を調べる。

※本実験での強度とは, 固さではなく, 柔軟性や耐久性を基準にしたものである。



ベトナム産NR



エポキシ化NR

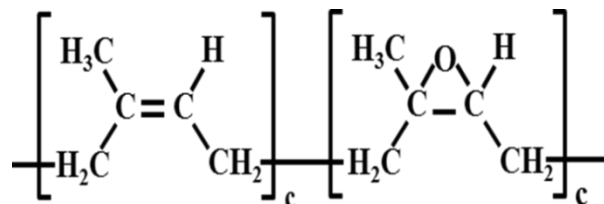
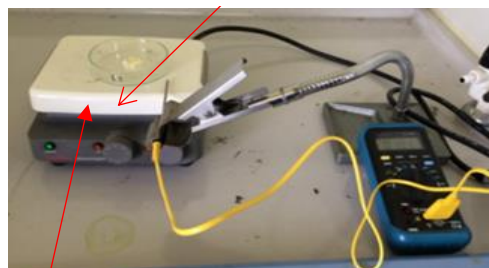


図4 エポキシ化

シャーレ(量り取った試料)



ホットプレート

図5 実験装置

<実験1結果>

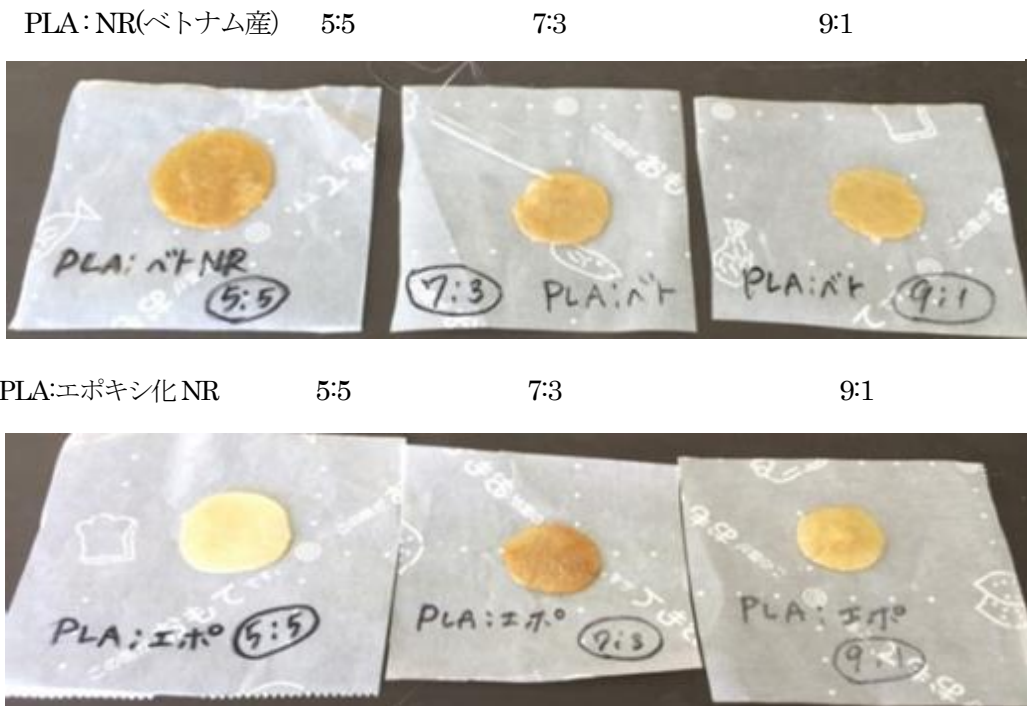


図7 実験1で作成した成形品

PLA:ベトナム産NRは混ぜにくく成形品は少しべたついていて、また、手やハサミなどで強度を調べた結果**5:5の割合のものが一番強度があった**。PLA:エポキシ化NRはPLA:ベトナム産NRのものに比べて混合しやすく、成形品もべたついていなかった。また、手やハサミなどで強度を調べた結果**PLA:ベトナム産NRと同じく 5:5 の割合のものが一番強度があった**。

<考察>

実験結果より、5:5 の比率の成形品が最も強度と柔軟性があることが分かった。

また、エポキシ化NRの方がベトナム産NRに比べて混合しやすく、熱を加えるとベトナム産NRに比べて速く溶け始めた。

しかし、できた成形品をみると、色が濃くなっている部分や、透明、半透明になっている部分があり、まだらになっていた。このことから、結晶化している部分と非結晶な部分があり、成形品は均一にまざっていないことが分かる。

また、実験結果を比率順に見ていくと、5:5 の比率の成形品が一番、柔軟性が見られ、強度があった。7:3 の比率の成形品は 5:5 に比べ脆く、音もなく静かに、ゆっくり割れた。9:1 の比率の成形品は 7:3 に比べ脆く、力を加えると「パキッ」という音を出してすぐに割れた。

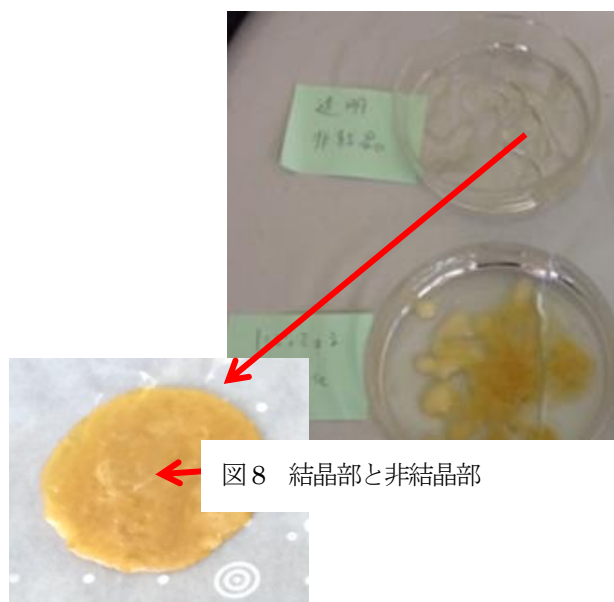


図8 結晶部と非結晶部

実験:2

<仮説>

実験1からプラスチックと天然ゴムが均一に混ざっていないため、正確な強度測定をすることができないことが分かった。このことから、ポリ乳酸とゴムをつなぐものが必要だと考えられた。そこで、近畿大学白石教授に協力いただき、天然ゴムはエポキシ化し、つなぐものとして、ポリカルボジミドを使用してポリ乳酸プラスチックを生成すればよいことが分かった。そして産業技術総合研究所、遠藤先生のもとで実験をさせていただいた。

<実験方法>

あらかじめ用意していただいたPLAのみのものと、PLA:エポキシ化NRを7:3に混ぜたもの(ポリカルボジミド入り)のものと引っ張り実験を行った。

<使用した成形品について>

私達はPLAと天然ゴムを均一に混ぜようとしたが、単純にその2つの高分子どうしを混ぜるだけではそれを達成することができなかった。

白石教授は結晶化促進と相溶化(つなぎ)剤を用いることによって私達の目指した硬軟・二層構造を成功させることができた。

また、今回私たちが作りたいものはあくまでも“柔軟性をもった生分解性プラスチック”なので、ゴムのみのももの強度測定は行わず、PLAのみのものと、PLAと天然ゴムを混ぜたものみで実験を行った。



図9 引っ張り実験の様子



図10 引っ張り実験後の試料

<実験2結果>

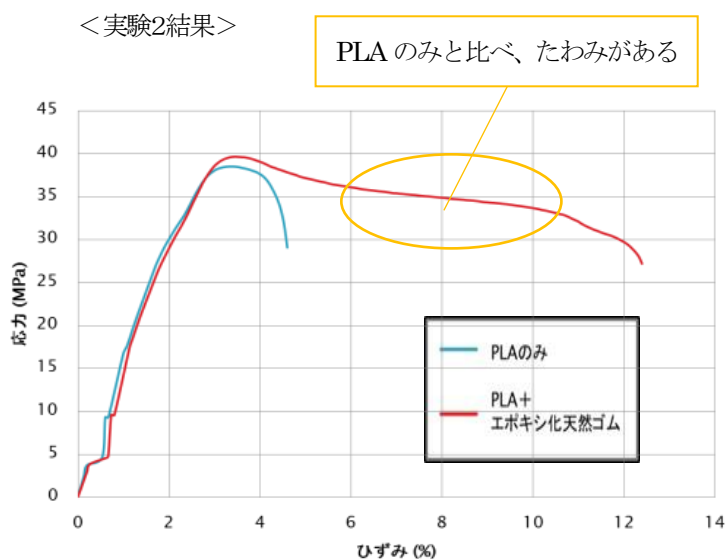


図11 実験2 引っ張り実験の測定結果

PLAのみ

たわみが小さく、すぐに割れてしまった。

PLA:エポキシ化NR

PLAのみのものと比べ、たわみがあり、しばらくのびた後ちぎれた。

<考察>

PLAのみと比べ、PLAとエポキシ化された天然ゴムを混ぜたものの方が耐久性があった。ゴムの性質の伸縮性から、ちぎれにくくなっていることがグラフより分かる。

結論

- ・PLAと天然ゴムを混ぜることによって、PLAのみと比べて柔軟性と強度を持たせることができることが分かった。
- ・中でもPLAと天然ゴムを5:5の割合で混ぜたものが一番柔軟性と強度があった。そのため、私たちが考えていたことは正しかったとわかった。
- ・私たちの実験では均一性が欠けており、機械での測定ができなかったために正確な実験データを得ることはできなかった。そこで近畿大学の白石先生や産業総合研究所の遠藤先生の協力を得て、ゴムを混ぜることでプラスチックに柔軟性がでて耐久性が上がるということが正確な数値でわかった。
- ・私たちが考えていたことは、商品になろうとしているところまでいっていることがわかった。例えば、紙おむつやレジ袋など、使い捨てのものに使うことによって、近年問題となっている、ゴミ問題などの環境問題の解決の役立てることができるのではないかと考えられる。

＜今後の実験＞

- ・自作した成形品を地中に埋めるなどして、生分解性を調べる。
- ・ご協力いただき、今回は7:3のもので引っ張り実験を行わせていただいたが、他の比率のものでも実験をさせていただく。

謝辞

岡山大学 環境理工学部 教授 木村 邦生
岡山大学 環境理工学部 名誉教授 坪井 貞夫
近畿大学 工学部 教授 白石 浩平
産業技術総合研究所 バイオマスリファイナリー研究センター セルロース利用チーム 研究チーム長 理学博士 遠藤 貴士

以上の先生方には様々な助言を頂きありがとうございました。
先生方のおかげで良い結果を残すことができました。

＜今後の実験＞