アミノ酸と乳酸で生分解性プラスチックをつくる

清水あゆみ

要旨

触媒を用いて、乳酸から作られるポリ乳酸は生分解性プラスチックとして実用化されている。一方、触媒を用いない合成では、乳酸が十分に重合せず、できたプラスチックは脆い。本研究では，乳酸とアミノ酸を混合し、触媒なしの条件で互いに縮合重合させ、丈夫な生分解性プラスチックを作ることを目的とした。乳酸に加えるアミノ酸の種類を変えた上で、反応温度を変え、できたプラスチックの硬さを評価した。

その結果、乳酸にフェニルアラニンを加え、130℃または 150℃で反応させたときにできたプラスチックが最も固かった。

キーワード：生分解性プラスチック　アミノ酸　フェニルアラニン

Ⅰ．はじめに

乳酸が縮合重合してできるポリエステルの一種をポリ乳酸（図 1）というが，これは使用後、自然界の微生物によって分解される生分解性プラスチックである。

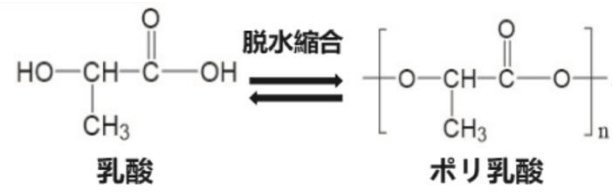


図 1　乳酸とポリ乳酸の構造式

田中一彦ら（2010）によると乳酸を 180℃の乾燥機に入れ，72 時間ほど放置して触媒なしでポリ乳酸を作るというものがある。乳酸は脱水されてできたオリゴマーが多量に繋がりポリ乳酸という硬いプラスチックができるが，この先行研究ではオリゴマーの結合が少なくポリ乳酸にならずにオリゴマーのままとなってしまって非常に脆くなってしまう。（図 2）

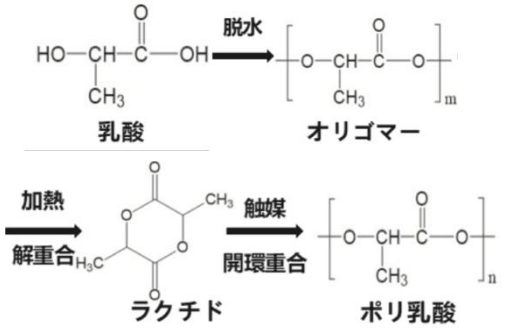


図 2　オリゴマーからポリ乳酸の構造式

また，近藤永樹ら（2022）によると、アミノ酸であるグルタミン酸やイソロイシンなどを使った生分解性プラスチックも合成されているが、谷久也ら（1966）によるとアミノ酸からの生分解性プラスチックの合成にはアミノ基とカルボキシ基を高温で直接脱水反応させるため、本校の実験室や学生レベルの実験ではその再現が厳しい。

本研究では、触媒を使わず、反応温度の調整だけで、乳酸とアミノ酸を直接縮合重合させ、丈夫な生分解性プラスチックを目的とした。

Ⅱ. 手法

〈材料〉

- 乳酸　CH3CH(OH)COOH
- アミノ酸　R-CH(NH2)COOH
  - 〈中性アミノ酸〉
    - アラニン（R:CH3-）
    - フェニルアラニン（R:C6H5-CH2-）
  - 〈酸性アミノ酸〉
    - グルタミン酸（R:HOOC-(CH2)2-）
  - 〈塩基性アミノ酸〉
    - リシン（R:H2N-(CH2)4-）
- シリコンカップ
- スタンド
- ものさし
- ビー玉

〈実験〉

1, シリコンカップ 5 個に乳酸を 8 mL ずつ入れる。

2, 1 で用意したカップに 1 つを除いて各アミノ酸を 0.1 g 入れて混ぜる。(図 3)



図 3 加熱前の乳酸

3, 定温乾燥機で 7 日間 130℃, 150℃, 180℃で加熱し, ポリ乳酸を合成する。



図 4 加熱後の乳酸

4, 硬さを調べる実験装置(図 5)のクリップにビー玉(直径 60mm, 質量 4.9g)をポリ乳酸の上から落とす実験を行う。ポリ乳酸が割れるまで 50 mm, 100 mm, 150 mm, …と少しずつビー玉を落とす高さを高くしていき, 割れたときの高さを記録とする。その高さを比較し, 1 番最後まで割れなかったものを最も硬いポリ乳酸とする。

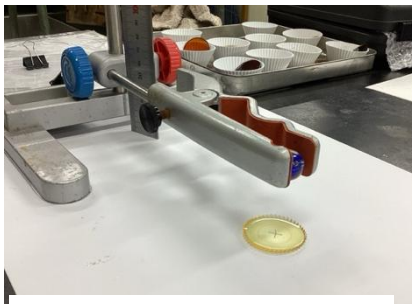


図 5 硬さを調べる実験装置

III. 結果

180℃で加熱してできたものは, ガラス片を当てると糸を引いていて固まらなかったため硬さの実験は行わなかった。(図 6)

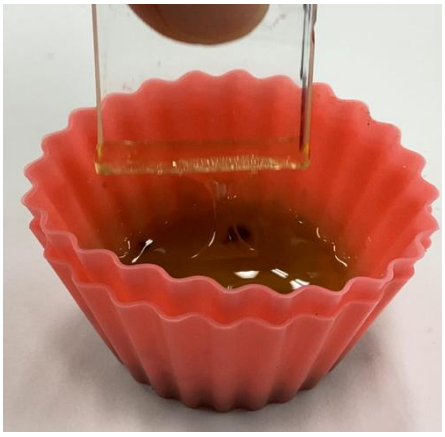


図 6 180℃で熱した乳酸の様子

130℃, 150℃で加熱してできたものは固まっていてポリ乳酸になっていた。(表 1)

硬さの実験では 130℃のポリ乳酸を使用した。乳酸のみで作った生分解性プラスチックとアミノ酸を加えたものでは大きな違いがなかったが, フェニルアラニンを加えたポリ乳酸が最も硬いという結果が得られた。(表 2)

表１　温度とアミノ酸の種類別の生成

条件	乳酸のみ	アラニン	リシン	フェニルアラニン	グルタミン酸
130℃					
150℃					
180℃					

表２アミノ酸の種類と割れた高さ

加えたアミノ酸	割れた時のビー玉の高さ（mm）(2 回の平均)
なし	150
グルタミン酸	150
アラニン	150
フェニルアラニン	200
リシン	100

IV. 考察

表 2 より，他のアミノ酸が 100～150 mm で割れた一方，フェニルアラニンを加えたポリ乳酸は 200 mm と最も硬かった。これは，フェニルアラニンが分子量が大きいからであるという理由が考えられる。各アミノ酸の分子量は，グルタミン酸が 147.13，アラニンが 89.10，リシンが 146.19，フェニルアラニンが 165.19 でこの 4 種類の中でフェニルアラニンは最も分子量が大きい。このことが硬度に影響していると考察できる。

V. 結論

本研究では，乳酸とアミノ酸を用いた生分解性プラスチックの合成を行い，加熱条件とアミノ酸の種類が硬さに及ぼす影響を調べた。その結果，180℃で加熱した場合固まらず，130℃，150℃で加熱すると固まることがわかった。また，アミノ酸の中ではフェニルアラニンがもっとも固く合成することができる。

本研究により，アミノ酸の種類によって硬い生分解性プラスチックができる可能性が示された。今後は，加熱時間やアミノ酸を変えて，より詳細な条件で検討される必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたって研究の準備やまとめを一年間ご助力下さった担当の小芝先生及び市川学園化学科教職員の皆様方に深く感謝の意を表します。

文　献

1. 近藤永樹ら（2022）:アミノ酸の生分解性プラスチック原料変換プロセス, https://www.hro.or.jp/upload/28563/20 (参照 2025-06-05).
2. 田中一彦(2001):簡単にできるポリエステルの合成－ポリ乳酸の合成－，vol49，8，p. 510-513.
3. 谷久也ら，ポリアミノ酸の合成，1966, vol24，11，p997-1007
4. 馬越淳ら(1996):種子タンパク質からの生分解性プラスチックの成形条件の決定, vol23，4，p.209-211.