

生分解性プラスチックの生成効率についての研究

—牛乳及び豆乳からの生成—

抄 録

本研究は生分解性プラスチックの生成効率に関する研究である。最近特に注目されているプラスチックごみ問題を解決する一歩になるのがこの生分解性プラスチックである。本研究では牛乳と豆乳の二つに目をつけ、牛乳と豆乳ではどちらの方が生成効率が良いか結果を出し、またそうなった原因を考察するという目的で研究を進めた。主に牛乳・豆乳と酢を用いた実験であり、沸騰させた牛乳と豆乳に酢を入れて固化させ、そこから水分を抜いていくというものである。同じ分量で生成すると、豆乳の方が多く生分解性プラスチックを作り出すことができた。生分解性プラスチックが生成される量は牛乳などに含まれるタンパク質の量に関係していることが分かり、豆乳の方が牛乳よりも多くタンパク質が含まれていたため、結論として「牛乳よりも豆乳の方が生分解性プラスチックの生成効率が良い」といえる。

キーワード：生分解性プラスチック、カゼイン、酸

1. はじめに

プラスチックは世界のごみ問題の原因となる主な物質であり、それは環境中で自然に分解されることはなく、半永久的にたまり続ける可能性があるからである。図1のように、世界では年間約800万トンものプラスチックが、ごみとして海に流れ込んでいるとも推計されている。その中で特に問題となっているのが、マイクロプラスチックである。

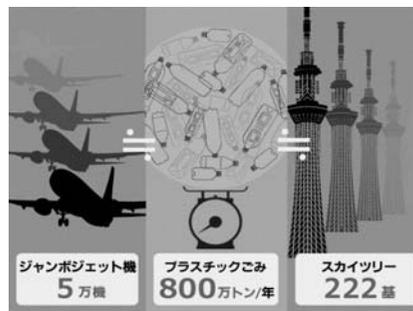


図1 世界の年間プラスチックごみの量

図2から、世界的に見ても日本の周りにはマイクロプラスチックが多いのがわかる。このような問題を解決しようと開発されてきたのが、生分解性プラスチックである。簡単に説明すると、生分解性プラスチックとは土中や水中の微生物によって分解され、自然に還るプラスチックのことである。焼却した場合にも熱量が低いので焼却炉を傷つけることがなく、クリーンで大気を汚さないのである。

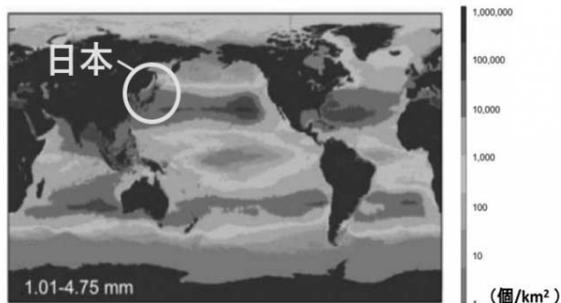


図2 マイクロプラスチックの密度分布

1.1 研究動機

私の兄は、SSHで「米から作る生分解性プラスチックのライスプラの合成」というタイトルで実験を行っていた。一度SSHの発表会に行ったことがあり、発表を聞いて興味を持ち、私も何かから作ってみたいと思った。

生分解性プラスチックの原料を調べていると、牛乳から作る生分解性プラスチックについての先行研究を見つけた。しかし、大抵の先行研究が牛乳から作るものだったため、成分の似ている豆乳はどうなのだろうかと疑問を持った。そこで、牛乳・豆乳から作った場合どちらが一番効率よく生成できるか、という点に目を付けた。

1.2 研究目的

今後の生分解性プラスチックの生成に向け、世界でも多く生産されている牛乳類の中でも牛乳・豆乳の2つで比べるとどちらが生成効率が良いのか結果を出し、そのようになった原因を先行研究を交え考察する。

2. 研究方法

2.1 実験手順

牛乳と豆乳で生分解性プラスチックを同じ方法で生成する。

手順1：牛乳・豆乳100mlを沸騰させてグラスに入れ、かき混ぜながら、中にかたまりが見えるまで、酢を1滴ずつ加える。



図3 牛乳が沸騰している様子

手順2：空のグラスの上にガーゼをしき、1の牛乳からかたまりをこし取り、ガーゼのまま、3分間水で洗う。



図4 かたまりをこしとった様子

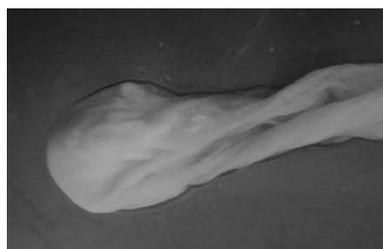


図5 水で洗った様子

手順3：ガーゼから取り出したかたまりをクッキングペーパーの上で転がし水気を取る。



図5 水気を切った生分解性プラスチック

手順4：手順3のかたまりを容器に入れ、固まるまでレンジで1分ずつ何度か加熱する。

2.2 分析方法

結果が出たらそのようになった根拠を先行研究を交え考察する。

3. 結果



図6 牛乳・豆乳から作った生分解性プラスチックの比較1



図7 牛乳・豆乳から作った生分解性プラスチックの比較2

図6, 7が生成した豆乳と牛乳の生分解性プラスチックである。少し色がついている方が豆乳の生分解性プラスチックで、白い方が牛乳の生分解性プラスチックである。高さはほぼ同じにしている。一目見てわかるように、豆乳から生成した方が大きいのがわかるだろう。

4. 考察

今回の実験で、牛乳・豆乳共に生分解性プラスチックを作り出すことができた。その過程として多くの実験手順があったが、その手順事に牛乳・豆乳の中で何が起き、その手順は全体を通してどのような役割を持っているのかはわからない。そのため先行研究を交え考察していきたい。

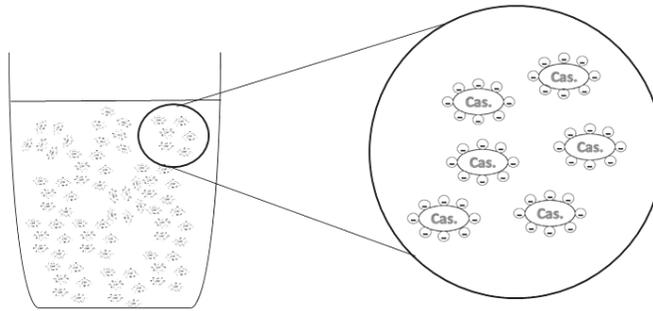


図8 操作なしの牛乳の状態

牛乳には、「カゼイン」と呼ばれるタンパク質が自身の持つ負の電荷により、反発しあいながら浮遊している（図8）。これによって、牛乳に入った光がカゼインにぶつかり散乱し牛乳が白く見えるのである。

もともとカゼインは、そのタンパク質を構成するアミノ酸のうち、セリンに由来する部分（セリン残基）の多くにリン酸が結合した、リンタンパク質（リン酸タンパク質）の代表的な例である。

では、手順1で加えた酢はどのような役割を果たしているのだろうか。

手順1：牛乳・豆乳100mlを沸騰させてグラスに入れ、かき混ぜながら、中にかたまりが見えるまで、酢を1滴ずつ加える。

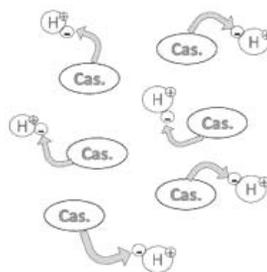
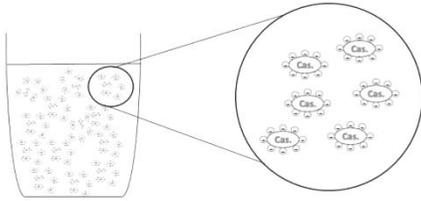


図9 酢を加えた時の反応

上記のように、カゼインはリンタンパク質の代表例であり、その特徴のためカゼインは分子全体として負の電荷を帯びている。また酢は酸性の水溶液なので、電離すると H^+ を発生させる。図9は酢を加えた時の反応を表しており、Casがカゼイン、 H^+ が水素イオンである。つまり、カゼインに酢を加えることによってカゼインの持つ負の電荷が水素イオンに奪われるのである。

酢を加えることによってカゼインの持つ負の電荷がなくなったのがわかったが、それは手順1, 2で書かれている「かたまり」にどのようなつながっているのだろうか。



参考 図8

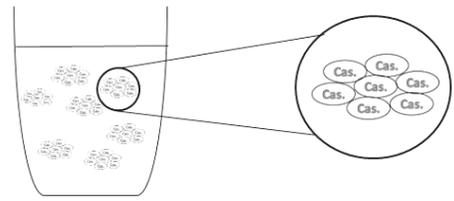


図10 巣を加えた後の牛乳の状態

それは、「等電点沈殿（等電沈殿）」と呼ばれる現象が要因だとわかった。

等電点沈殿とは、タンパク質のような両性電解質は、一般に正の荷電と負の荷電が等しい時に溶解度が最も小さくなり沈殿しやすくなるというものである。この状態を模式的に表したのが図10である。

次に手順3, 4では水分を抜くことで生分解性プラスチックが硬くなっていった。なぜこのようなことが起こったのだろうか。

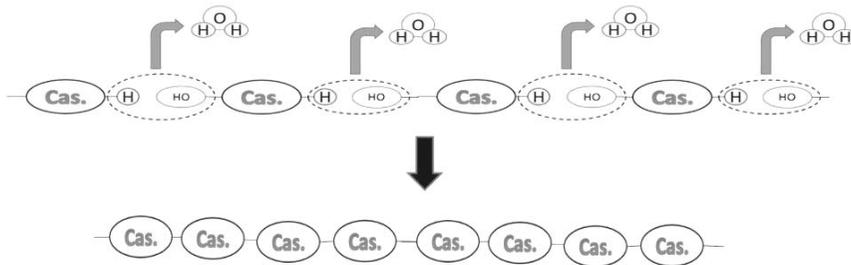


図11 脱水縮合

図11が水分を抜く時の様子を模式的に表したものである。カゼインには、一価の基で-OHと表されるヒドロキシル基（水酸基）が含まれており、それと同じくカゼインに含まれる水素基（H）が反応し、さらにH₂Oとなって水が発生する。それを加熱することによってカゼインの間にある水が抜けて結びつくのである。これを一般に脱水縮合という。実際レンジで加熱した際、容器の中に水が溜まっていた。

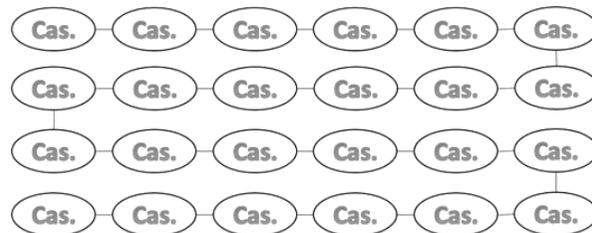


図12 重合

図11の状態にさらに圧力をかけていくことにより、カゼインが図12のような一般に重合と言われる大きな分子となる反応が起き、今回生成した生分解性プラスチックができたのである。

このような考察を踏まえ、今回の結果がでた要因は含まれるたんぱく質の量ではないかと予想した。

| 栄養成分表示 コップ1杯(200ml)当たり | |
|---------------------------|---------|
| エネルギー | 106kcal |
| たんぱく質 | 7.0g |
| 脂質 | 4.2g |
| 炭水化物 | 10.1g |
| 食塩相当量 | 0.22g |
| カルシウム | 232mg |
| 〈推定値〉 | |

図13 牛乳の栄養成分表示

| (大豆固形分) 通常の調製豆乳 7% 特濃調製豆乳 8% | |
|------------------------------------|---------------|
| 栄養成分表示(200ml当たり) | |
| 熱量 | 109kcal |
| たんぱく質 | 8.8g |
| 脂質 | 6.0g |
| コレステロール | 0mg |
| 炭水化物 | 4.7g |
| 食塩相当量 | 0.47g |
| カリウム | 372mg |
| ビタミンD | 2.4μg |
| カルシウム | 114mg |
| マグネシウム | 47mg |
| (関与成分) | |
| 大豆たんぱく質 | 6.7g |
| レシチン | 316mg |
| 大豆イソフラボン | アグリコンとして 30mg |

図14 豆乳の栄養成分表示

今回実験に用いた牛乳と豆乳の栄養成分表示が図13と図14である。タンパク質の表示を比べてみると1.8g分豆乳の方が多く含まれているのがわかる。

5. 結論

牛乳にはカゼインが含まれており、それはもともと負の電荷を帯びている。そこに酸が加わることにより等電点沈殿が起こり、脱水縮合・重合されることで固形化し生分解性プラスチックができた。今回の結果・考察を照らし合わせ、生分解性プラスチックの主な原料がタンパク質であること、タンパク質の量が豆乳の方が多く、豆乳の方が大きな生分解性プラスチックを生成することができたことから、結論として「牛乳よりも豆乳の方が生分解性プラスチックの生成効率が良い」といえる。

本研究の課題点としては、高校の化学分野の知識がない状態で研究を行ってしまったため、構造式等を用いて詳しく理解できなかったことなどがあげられる。

参考文献

生分解性プラスチック研究会 『トコトン優しい生分解性プラスチックの本』 日刊工業新聞社 (2004年8月30日)

生分解性プラスチック研究会 『入門 生分解性プラスチック技術』 株式会社オーム社 (2006年10月10日)

一関工業高等専門学校 物質化学工学科 H27 創成化学工学実験1班 <http://www.che.ichinoseki.ac.jp/sosei/hei27/hei27-01.html> (2015)

ReseMom <https://resemom.jp/article/2018/07/10/45558.html> (2018年7月10日)