

バイオプラスチックの合成

～石油でプラスチックを作る時代はもう終わり！～

熊本県立鹿本高等学校

松尾 駿一郎 今村 仁

1. 要旨

2016(平成 28)年1月に世界経済フォーラム(ダボス 会議)の発表によると、世界のプラスチック生産量が1964～2014年の50年間で20倍以上に急増し、今後20年間でさらに倍増する見込みである。毎年少なくとも800万tのプラスチックが海洋に流出し、BAU(business-as-usual)シナリオでは2050年までには海洋中のプラスチック量が魚の量を上回ると予想されており、(WWF ジャパン、2018)、国際的な関心が非常に高まっている。そこで、現在注目されているのが「生分解性プラスチック」である。(「生分解性プラスチック」とは、自然界に生息する微生物の働きにより、最終的に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(島田秀昭,桑田康平、2020))このことを受け、身の回りのものを使い、現在のプラスチックに変わる生分解の性質を持つ新しいものを作りたいと考えた。

2. 研究目的

プラスチックごみ問題の解決に向け、生分解性プラスチックが注目されている。(島田秀昭,桑田康平、2020)そこで、廃棄乳からカゼインを取り出し、地元の伝統工芸品にも使われている柿渋と混ぜることで、プラスチックの代替品を作ることができれば、山鹿の資源で生分解性の性質を持つバイオマスプラスチックを作ることができるのではないかと考えた。

3. 研究方法・結果

(1) プラスチックの作成

カゼインは酸性にすると不溶性になり、アルカリ性にすると溶性をもつこと(松尾友明氏)や、この性質を利用した、カゼインプラスチックの精製方法を今回の実験で使用したサンプルの作成時に参考にした。これらの先行研究から以下の実験を行った。

実験1

目的: 粉末カゼインを水に溶かしカゼイン溶液を作成する。また、作成に適するアルカリ性物質を決定する。

方法: ビーカーの中にカゼイン20g、蒸留水100ml、アルカリ性物質1g(※に示した物質をそれぞれ使用)を入れ、攪拌機を使用して溶かす。

※炭酸カリウム、水酸化カルシウム、リン酸水素二カリウム

結果: カゼインを水に溶かすにはリン酸水素二カリウムが他の物質に比べ、カゼインを溶かしやすかった。よって、これからの実験では、リン酸水素二カリウムを使うことにした。

実験2

目的: カゼインは、酸性になると不溶性を持つという性質を持つ。実験1で作成したカゼイン溶液を酸性にして不溶化させるために使っていた酢酸の匂いがきついため、酢酸 に変わる人体に比較的無害な酸生物質としてクエン酸が使用できることを確認するため。

方法: 実験1で作成したカゼイン溶液をクエン酸水溶液(2mol/L)に流し込み固める。

結果: 酢酸の代わりに、クエン酸水溶液(2mol/L)を使用することが可能であることがわかった。

実験3

目的: カゼインのみでは強度が低く、また強度を高めるために圧力を加えなくてはいけないが、柿渋は塗るだけで強度を増すことが知られている。そこで柿渋を加えることで 強度を高めることができると考え、柿渋入りカゼインプラスチックを作り、柿渋が入っていないものと比較する。

方法: ①ビーカーの中にカゼイン10g、柿渋100ml、リン酸水素二カリウム1gを入れ、加熱しながら混ぜる。

②クエン酸水溶液に①で作成した溶液を流し込み10分ほど浸し、乾燥させる。

※①の工程で柿渋100mlの代わりに蒸留水100mlにした物を作成し、工程②を行う。

③柿渋で作成したカゼインプラスチックと蒸留水で作成したカゼインプラスチックを比較する(写真1、2)。

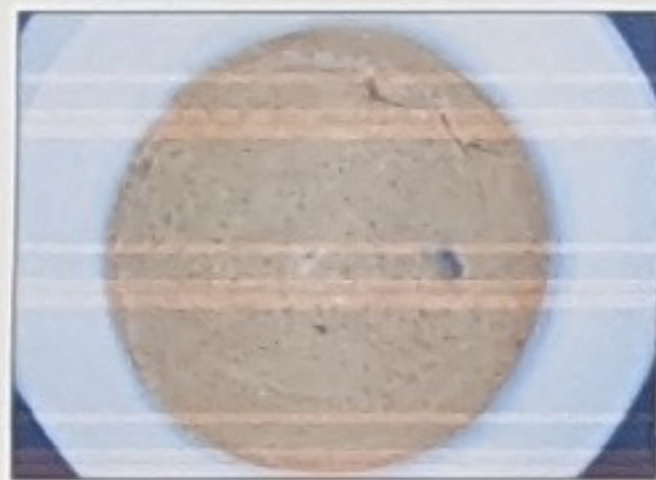


写真1



写真2

結果: 柿渋を入れた方が、カゼインのみのプラスチックよりも耐久性が高く、加工がしやすかったため、柿渋を使用することにした。

実験4

目的: より形成加工しやすい粉末カゼイン量を調べるために加えるカゼイン量を変化させ形成加工を行う。

方法: ①ビーカーの中に柿渋100mlとリン酸水素二カリウム1g、カゼイン(5g、10g、15g、20g のいずれか)を入れる。

②加熱しながら混ぜ合わせ型に流し込む。(シリコンの型に流し込み、形を揃える。)

③恒温乾燥機を用いて乾燥させる(写真3)。(温度を37℃に設定する。)

結果: カゼインは10gが一番形成しやすかった(表1)。

表1

(表1)	カゼインがしっかりと溶けているか	乾燥させたときに縮まないか	表面にヒビが入っていないか	表面が凸凹していないか
5g	○	×	×	○
10g	○	△	○	○
15g	△	○	△	×
20g	×	—	—	—

評価基準 ○: 問題なし △: 一部問題あり ×: 問題あり



写真3

(2) 吸水実験

目的: 時間経過によってどのように吸水がさせるのかを調べる

方法: ①ビーカーに水を入れ、作成したプラスチックを入れ、27℃に設定した人工気象器に入れる(写真5)。

②一定間隔で取り出し、表面の水分を拭き取ってサンプルの重さを測る。

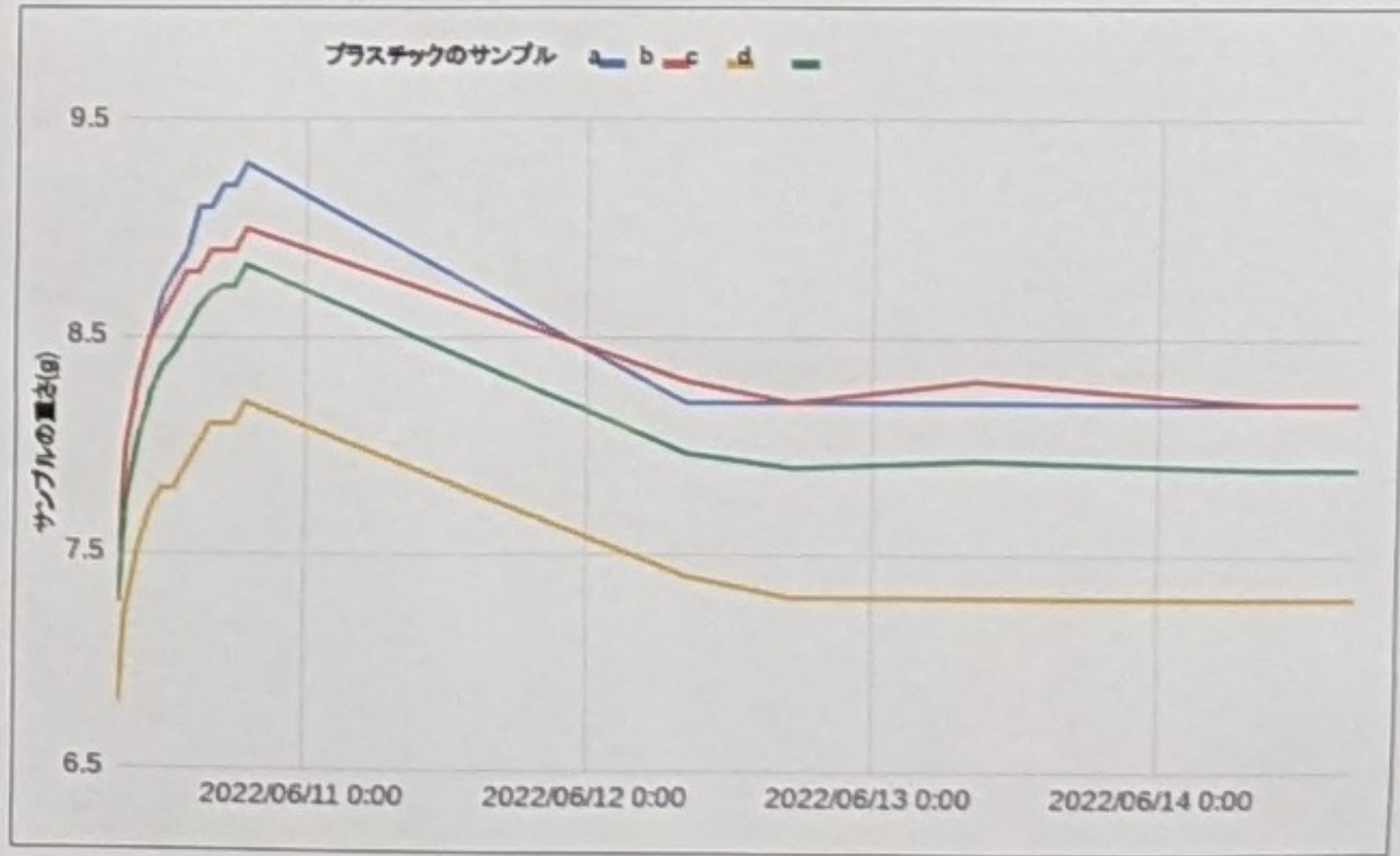
結果: 実験を始めて30分でのグラフの傾きが急であることから早い段階で吸水が始まっていることが分かる。

しかし、吸水していたのは始め1日だけで、そこからは少し質量が減っていき、実験を始めて2日後には変化しなくなった。

グラフ化してみると、どのサンプルも吸水量の変化の仕方は似ていた(グラフ1)。

実験後に、実験で使用したサンプルを乾燥機で乾燥させると、粉々に砕けた(写真4)。

プラスチックを使用したあとに分解させることを考えると、この性質は好ましいものであると考えた。



グラフ1

(3) 分解実験

目的: 分解にかかる時間を測定するため。

方法: 同量の重さのサンプルを用意し、同量の土と砂を準備し、サンプルを入れ、定期的に重さを測り、分解の具合を記録する。

一定時間ごとに重さを測定する。

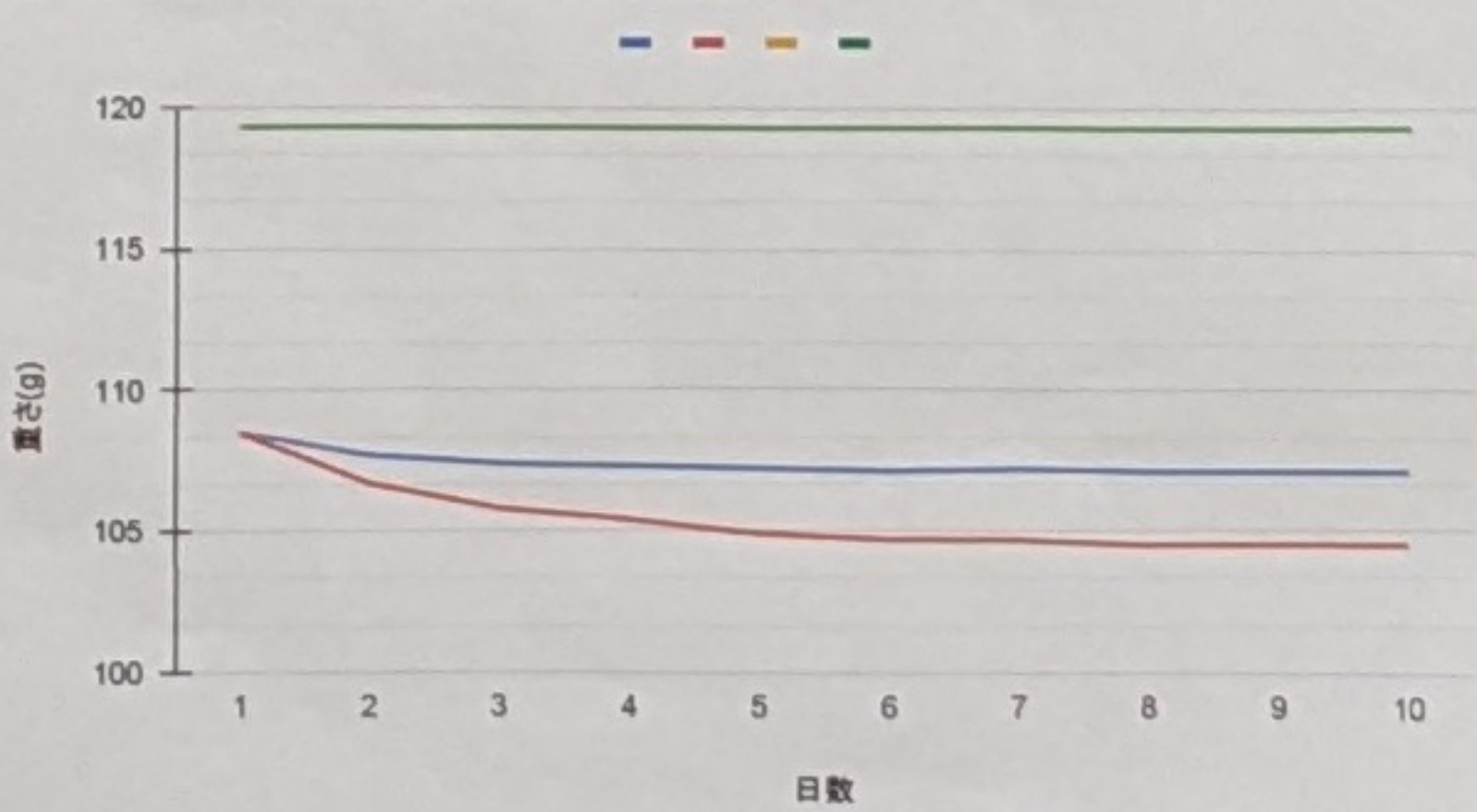
結果: 土では、最初の2日は分解がされていたが、そこからは分解はされなかった。

砂では、はじめから分解が進まなかった(グラフ2)。

考察: 分解は微生物によって行われるものなので、自然界に近い環境を作る必要があるのではないか。

そのためには、定期的に水を与えたり、日光に当てる必要があるのではないかと考えた。

赤(土の中) 青(土の上) 緑(砂の中) 黄(砂の上)



グラフ2

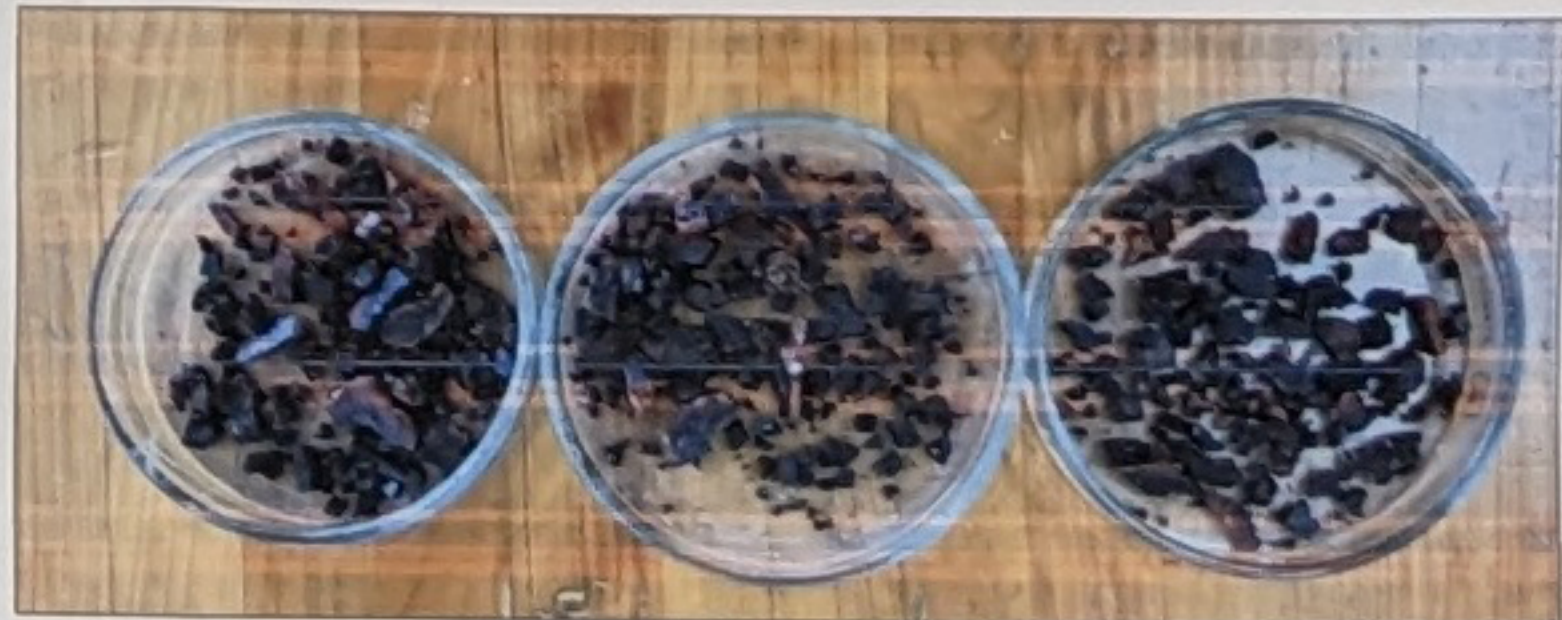


写真4

4 今後の課題

- ・耐久実験を進める(耐熱、防水、耐圧実験など)。
- ・色々な環境を再現してどのように分解が進むのか調べる。
- ・分子構造のメカニズムを知り、より良いプラスチックを作成する。
- ・乾燥時間による耐久力の変化を調べる(人工気象器に入れておく時間を変えることで耐久力に変化があるのかを実験する)。

5 今後の展望

耐久実験を進めていく中で、このプラスチックの特徴や性質を理解した上で、現在使用されているプラスチック製品のどの製品の代わりになるか、このプラスチックだからこそできることは何かを考えていく。また、プラスチック作成時に必要な乾燥時間の実験を行っていく。

6 参考文献

- ・国際連合広報センター「United Nations Information Centre」(<https://www.unice.or.jp/>) 2022.6
- UNEP国連環境計画(https://www.unice.or.jp/info/un/unsystem/other_bodies/unep/) 2022.6
- ・松尾友明氏鹿児島大学教授の特許情報「タンニンのゲル及び高粘性溶液の製造方法」「カキタンニンをめぐる」(<https://nrid.nii.ac.jp/ja/nrid/1000090041673/>) 2022.6
- ・加藤 礼一氏「カゼインプラスチック」(https://www.jstage.jst.go.jp/article/kobunshi1952/4/1/4_1_26/pdf/-char/ja) 2022.6
- ・日本財団ジャーナル「【増え続ける海洋ごみ】今更聞けない海洋ごみ問題。私たちに何ができる？」(<https://www.nippon-foundation.or.jp/journal/2020/43293>) 2022.6
- ・WWFジャパン「海洋プラスチック問題について」(<https://www.wwf.or.jp/activities/basicinfo/3776.html>) 2022.6
- ・The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics(<https://ip.weforum.org/reports/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>) 2022.6