

REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」

2024年度 研究活動報告書

1. 背景

環境に配慮した材料に興味を持ち、特にマイクロプラスチックの問題には注目していた。マイクロプラスチック問題を解決するための手法は回収の観点と生産される材料へのアプローチが考えられる。そこで、プラスチック代替品として、バイオミネラリゼーションからヒントを得た材料を活用することができないか考え本研究課題を選定した。現在、地球ではプラスチック等による環境汚染が進んでいる。そこで、SDGs、環境に配慮したものを使用していかなければならない。炭酸カルシウムの粉末をゼラチンと混合すると、高い強度を誇る材料が得られることが知られている。これはバイオミネラリゼーションというものを人工的に模することで得られる。本研究ではこのバイオミネラリゼーションに着目し、ゼラチンを用いて新規素材を開発したのち、その特性と応用方法について検討することを目的とする。

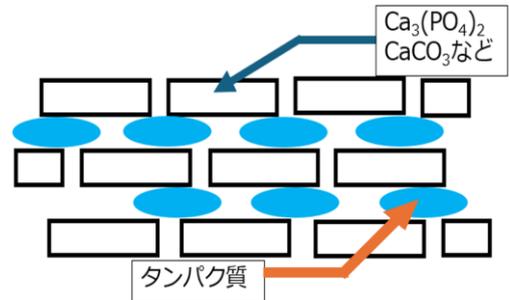


図1 バイオミネラリゼーションのイメージ

2. 目的

ゼラチンを担体として用いていることからこの材料は水への耐久性が弱く、溶解してしまう。この特性を生かし、苗ポットにすることを目標とした。

3. 活動の内容

3.1 出前講義

日時：2024年10月7日（月）13時00分～13時50分

場所：多摩科学技術高校（オンライン）

講義題目：「根津先生との対談」

講師：根津友紀子（東京大学）

4. 研究の成果

得られる材料に関する調査と苗ポットの作成に関して①～④の実験を行った。

① CaCO_3 （炭酸カルシウム）よりも適した材料の存在がないかどうか、粒子の違いで材料に違いが出るのか確認するために CaCO_3 以外の塩類とゼラチンの混合によって得られる材料の特性を調査する。

[目的] CaCO_3 以外の非水溶性物質の混合、水溶性塩の混合によって高い強度を持つ材料が得られるかの検証を行う。

[仮説] 非水溶性の塩を混合することで、 CaCO_3 ゼラチン混合物のような強度のある材料が生成できる。

[方法] 非水溶性の塩として CaCO_3 、 BaCO_3 （炭酸バリウム）、 SrCO_3 （炭酸ストロンチウム）、また、イオン性でない非水溶性の物質として S（硫黄）、水溶性の塩として $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ （硝酸マグネシウム）をゼラチン溶液と混合し、乾燥後にできたサンプルの強度を実際に手に取ることで確認した。

[結果・考察] 作製したサンプルの外観写真を図2に示す。Mg(NO₃)₂は水分を含んでおり、完全に固化している状態ではなかった。Sについては固化するが、少し力を加えるとボロボロと崩れてしまう傾向があった。BaCO₃、SrCO₃についてはCaCO₃との差はあまり感じない。定量的なデータは得られていないが、電子顕微鏡で観察した粒子の大きさとできた材料の硬さの関係から、その硬さは非水溶性の物質の成分による影響よりも、粒子径に依存するのではないかと考えられる(図3)。CaCO₃の粒子は他の粒子と同等程度の大きさであり、安価であることからCaCO₃が本実験には適していると判断した。

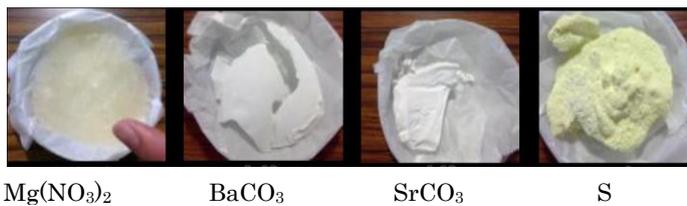


図2 ①で得られたサンプル

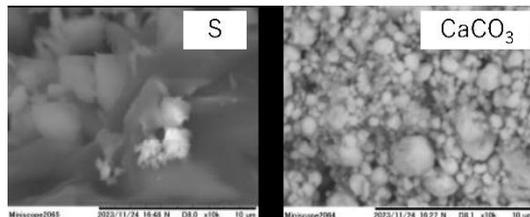


図3 非水溶性粒子の電子顕微鏡画像

② ゼラチン量とCaCO₃の配分によって特性が変化するかどうかの検証

[目的] ゼラチン量を変化させたサンプルを複数作成し、その特性を調べる。

[仮説] 天然にあるバイオミネラリゼーションによる物(貝殻、骨など)はタンパク質を多く含まないため、ゼラチン量をできるだけ減らした方が、強度が得られる。

[方法] CaCO₃10 g、ゼラチン1 gを混合し、そこに水10 mLを加え、80℃で加熱攪拌した。その後、冷蔵庫にいれ乾燥後得られたサンプルの収縮率を測定し、電子顕微鏡で観察、X線回折分析(XRD)による結晶構造の分析を行った。同様の操作においてゼラチン量を3 g、5 gに変えたものでも行い、得られたサンプルの特性を調べた。また、極度にゼラチンを減らした場合(0.1 gなど)材料としての特性はどのように変化するかを確かめた。

[結果・考察] できたサンプルを電子顕微鏡で観察した(図4)。乾燥後の材料は図5のように収縮し、またゼラチン量の違いにより収縮率の差が生じた(図6)。ゼラチン量が少ないほど収縮率は小さくなっていく傾向が見られた。CaCO₃間の距離が、ゼラチン量が少ないほど小さいので、この結果はゼラチンの乾燥による収縮が大きくかかわっている。またゼラチンの混合によって、CaCO₃が新たな結晶構造を作っている可能性が考えられたため、XRDによる結晶構造解析を実施した(図7)。得られたピークは単体のCaCO₃の結晶構造と同じものと同定した。これらの結果を受けて、できるだけゼラチン量を減らした方が、収縮率が小さく



図4 ゼラチン量別のサンプルの電子顕微鏡画像

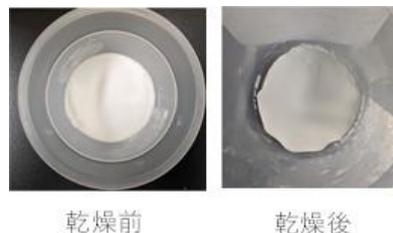


図5 乾燥後の材料の収縮

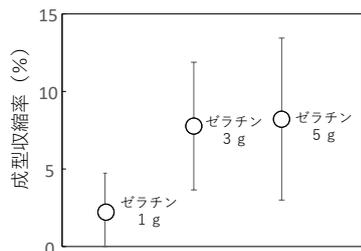


図6 ゼラチン量別の成型収縮率

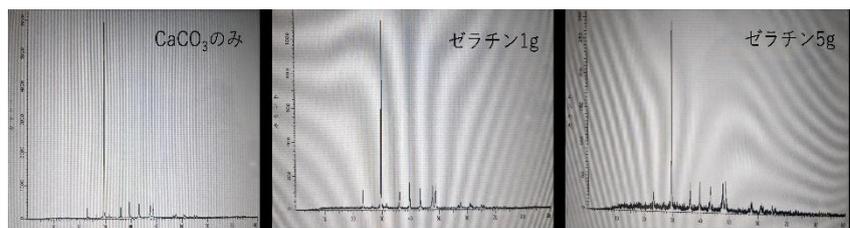


図7 XRDの測定結果

なり、苗ポットへの成型に有利であると考えたため、ゼラチン量を極端に減らし、材料を作成したところ粉のような状態になる、もしくは固まったとしても、もろく、少し触っただけで崩れてしまう材料となったため、従って、本実験ではゼラチン量 1 g が妥当だと結論付けた。

③ 得られた材料の水溶性評価

[目的] 得られた材料の水溶性を評価する。

[仮説] 水に漬け込むことで、得られた材料のゼラチンが水に溶け、形を保てなくなる。

[方法] CaCO_3 10 g、ゼラチン 1 g を混合し、水 10 mL を加え、80 °C で加熱攪拌した。

その後、冷蔵庫にいれ乾燥後、質量を測定した。得られた材料をそのまま 100 mL の純水に 1 時間漬け込み、乾燥させたのち質量を測定し、その差を算出した。同様の操作を 3 回繰り返した。

[結果・考察] 3 回測定して、およそ元の質量の 1.3 % が水に溶けることが確認できた。苗ポットとして活用する際、あまりにも短時間での溶解はかえって苗の保存の視点から不都合となるため、溶解の速度としては十分適していると考えられる。

④ 苗ポットへの成型

[目的] 得られた材料をプラスチック型によって苗ポットの形に成型する。

[仮説] 大小のプラスチック型の中に乾燥前のゼラチン、 CaCO_3 水溶液を流し込みそのまま乾燥させることで、苗ポット型になる。

[方法] ②の実験同様、 CaCO_3 10 g、ゼラチンを 1 g を混合し、そこに水 10 mL を加え、80 °C で加熱攪拌した試料を大きめのプラスチック容器に移し、さらに上から、小さなプラスチック容器で押さえつけ、その状態のまま冷蔵庫で加工した。

[結果] 水分が逃げる場所がないため、乾燥ができず、硬化しなかった。さらに上の④の実験の結果を受けて以下のようなアプローチを行った。

[方法] 同様の試料を用いて、苗ポットの底、側面を別々に作り、最後にゼラチンで接着した。



図 8 苗ポット

[結果] 側面の作成時に、穴が複数開いてしまったが、苗ポットの形にすることができた(図8)。さらに、応用範囲を増すため、断熱性などの機能を持たせる方法として、①～④に加えて⑤の実験を行った。

⑤ カニの甲羅を模してゼラチンの代わりにキトサンを用いる。

[目的] キトサン塩と CaCO_3 の反応により発泡することを利用し断熱性のある材用とする。

[仮説] キトサン塩酸塩などの材料に CaCO_3 を加えると発泡しながら固化する。

[方法] キトサン 17g にクエン酸 60g を加え、さらに、水 100 mL を加え、キトサンクエン酸塩とし溶解させた。そこに CaCO_3 を加え、冷蔵庫に入れ乾燥させた。

[結果・考察] 発泡しながら固まった(図9)。仮説通り、クエン酸が CaCO_3 に中和されることにより、発泡したものと考えられる。また、キトサンが高濃度だったため、図 10 のようにキトサンクエン酸塩はかなり粘り気のある溶液になっていたため発泡した状態を保ったまま固まったものと考えられる。



図 9 ⑤で得られた材料



図 10 キトサン-クエン酸塩水溶液

5. 研究成果の発表

①日時:2024年9月28日(日)9時00分～11時30分

発表の場:第18回高校生理科研究発表会

発表題目:「バイオミネラリゼーションを模した新規材料の特性」

発表形態:ポスター発表

発表者名:菅野浩嵩(2年)、南塚皓太(2年)、草刈香音(2年)

②日時:2024年11月16日(土)13時30分~17時00分

発表の場:多摩科技オンラインシンポジウム

発表形態:口頭発表

発表者名:菅野浩嵩(2年)、南塚皓太(2年)、草刈香音(2年)

③日時:2024年11月17日(日)9時00分~17時00分

発表の場:東京都理科研究発表会

発表形態:ポスター発表

発表者名:菅野浩嵩(2年)、南塚皓太(2年)、草刈香音(2年)

6. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

「今どんな環境問題が起こっているのか」「環境問題解決のためにどのような活動をしているのか、またどのような工夫をしているのか」など様々な情報を探すことで、今の環境問題についての理解が深まり、自分の研究は「どうなんだろうか」と今一度真剣に向き合うことができた。大学の先生とも意見を交換しあい、自分の研究を進展させていくこともできた。今後も環境に配慮しつつ、また環境だけでなく、人にも寄り添った研究を行っていきたい。

7. 今後の課題

今後の予定として、キトサンの混合によって得られた材料の水溶性、生分解性、断熱性、分子量の異なるキトサンを用いて硬さなどの変化を考えたい。

8. まとめ

ここまでの検証で得られた成果をまとめると以下ようになる。

- ・ゼラチンと金属塩を混合する際、非水溶性の塩の粒径が強度に影響を与える。
- ・収縮率はゼラチン量の影響を大きく受ける。
- ・得られたサンプルは水溶性を持つが、1時間程度の水への浸漬では完全に溶けきることはない。
- ・苗ポットを作成することができる。
- ・断熱性を見込んでキトサンに酸を加えて溶解したのち CaCO_3 を加えると、発泡しながら固まることを発見した。

9. 参考文献

- 1) 西村達也, 朱方捷, 伴野秀和, 灘浩樹, 加藤隆史 オレオサイエンス 2014年, 第14巻 第10号
- 2) 緒明佑哉, 今井宏明, 農業機械学会誌 2013年 第75巻 第1号
- 3) 近都浩之, 鈴木道生 日本結晶成長学会誌 2019年 Vol. 46, No. 3 46-3-03
- 4) 中塚友章, 原穂高, 原田悠司, 尾藤美紀: 寒天を原料とした素材の開発, 加古川東高等学校 2018年
- 5) 荒本智大, 高麗琉聖, 竹内湧一, 御船渚沙, 森永健太: 寒天を用いた新しい素材の開発, 加古川東高等学校 2019年
- 6) 長野県食品工業試験場研究報告: 寒天とゼラチンからなる可食性フィルムの特性 2000年 28, p61~64