

寒天プラスチックの開発

2532 水野日暖 2528 古井真愛 2606 奥村奈央 2614 酒井悠妃

要旨

寒天でプラスチックの代替品をつくるために、粉寒天から寒天を作る際、水に対する寒天の量を変えたり、塩酸、ホルマリン、無水酢酸をそれぞれ添加したりしたところ、寒天の性質は作るときの水に対する寒天の量や添加物などの条件によって変えられることが分かった。

1. 全体の目的

プラスチックに代わる天然素材（寒天）について探る。

2. 全体の仮説

寒天は、水に溶けやすく分解可能であるため、ごみとして海や川に流れたとしても溶けて問題にならないのではないかと。

3. 実験 1

3-1 目的

寒天を天然素材としてプラスチック代替品をつくる。

3-2 仮説

この研究をする前に行った実験で寒天が乾いたときに強度が高くなった。ポリ袋やストローのように成形できるのではないかと。

3-3 使用した器具・装置・材料

- | | |
|------------|------------|
| ・粉末寒天 | ・シャーレ |
| ・純水 | ・300mLビーカー |
| ・ガスバーナー | ・電子天秤 |
| ・バーナー用スタンド | ・ガラス棒 |
| ・るつぼばさみ | ・スパチュラ |
| ・ラップ | ・ゴム手袋 |
| ・トレー | ・高温乾燥器 |

3-4 実験内容

- (1) 寒天 3g を純粋 200mL に加えた。
- (2) (1)をガスバーナーで加熱し液体が透明になる

まで溶かした。

(3) i) ポリ袋の形に成形する実験

トレーにサランラップを敷きその上から 5mm の厚さになるよう(2)を流し入れた。

ii) ストローの形に成形する実験

シャーレに 5mm の厚さになるように(2)を流し入れた。

(4)(3)を自然乾燥させた。(図 1)



図 1 自然乾燥後の様子

(5)乾かした(4)を剥がした。

※ ii) は寒天がシャーレに密着していたため、5秒水に触れさせてから剥がした。(図 2)



図 2 剥がした後の様子

(6) ii) のみゴム手袋をしてストローのように丸め、高温乾燥器 (50℃) で乾燥させた。

3-5 結果

i) 端は縮み、その他の部分は一定方向に力を加えると簡単に割けてしまった。(図3)



図3 ラップから剥がした様子

ii) 見た目は太いストローのようになった。(図4) 端と中心で強度が異なった。

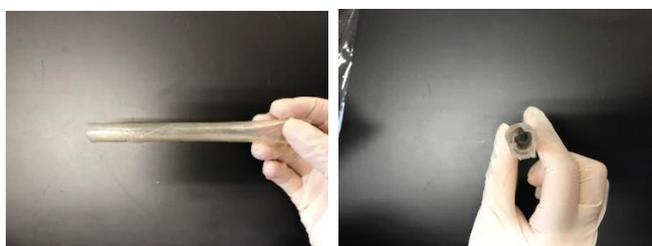


図4 成形後の様子

3-6 考察

乾燥した寒天は水に弱く縮んでしまうため、このままの実用は難しい。

寒天を固める際に素手で作業してしまったため、手の細菌が寒天に付着し、カビが繁殖したと考えられる。

ii) では円形の寒天を丸めたため、ストローの中心と端とで強度に差が生じてしまった。

4. 実験2

4-1 目的

実験1の結果から寒天を乾燥させたときに縮んでしまったため、縮む原因を調べる。

4-2 仮説

寒天の量が多いほど乾燥後縮みにくいのではないか。

4-3 使用した器具・装置・材料

- ・粉末寒天
- ・シャーレ

- ・純水
- ・ガスバーナー
- ・バーナー用スタンド
- ・るつぼばさみ
- ・トレー
- ・高温乾燥器
- ・300mLビーカー
- ・電子天秤
- ・ガラス棒
- ・スパチュラ
- ・ゴム手袋
- ・マイクロメーター

4-4 実験内容

- (1) 純水 200mL に対し寒天 1g・2g・3g・4g・6g・8g・10g・12g をそれぞれ加えた。
- (2) (1)をガスバーナーで透明になるまで溶かした。
- (3) (2)でできた寒天溶液を常温で固めた後高温乾燥器 (25°C) で4日間乾燥させた。
- (4) 乾燥させてできたものの厚みをマイクロメーターで測った。

4-5 結果

寒天の量が多いほど乾燥後の縮みが小さかった。また、寒天 1g と 2g のものは、シャーレから剥がせないほど薄くなってしまった。(図5、図6)

3g のもののうち 2 つはシャーレから剥がれたが、1 つはシャーレから剥がれなかった。

4g 以降のものは、完全にシャーレから剥がれ、黄色く変色し、6g 以降のものは成形しにくいほどの厚みを持った。(図7~図12)

寒天の量と厚みはグラフのようになった。(図13)



図5 寒天 1g に対し純水 200mL

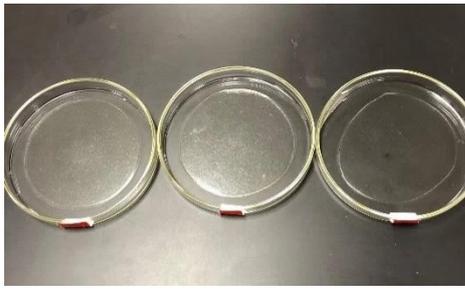


図6 寒天 2g に対し純水 200mL

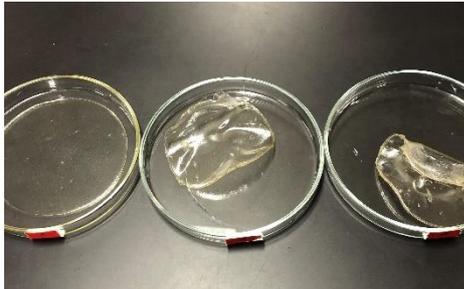


図7 寒天 3g に対し純水 200mL



図8 寒天 4g に対し純水 200mL



図9 寒天 6g に対し純水 200mL



図10 寒天 8g に対し純水 200mL

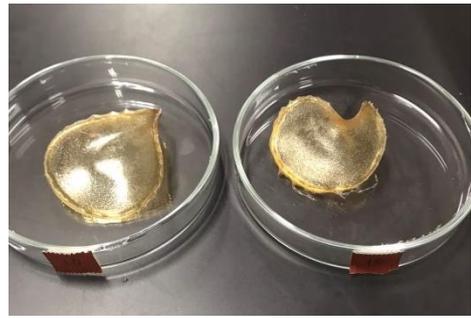


図11 寒天 10g に対し純水 200mL



図12 寒天 12g に対し純水 200mL

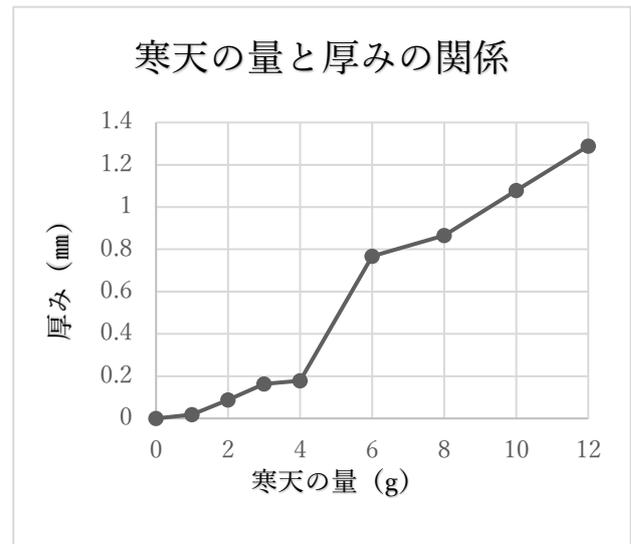


図13 寒天の量と厚みの関係

4-6 考察

水の量に対して、寒天の量が多いほど乾燥後の縮みが小さく、強度が大きい。

水の量に対しての寒天の量が多すぎると、逆に変形しにくいほどの厚みを持つてしまう。(図13)

乾燥させるとシャーレから剥がれるのは、純水 200mL に対し寒天 3g 以上であり、乾燥後に黄色に変色する条件も同様である。

乾燥後、黄色に若干変色してしまうが、乾燥後

の変形のしやすさを考えると、純水 200mL に対し寒天 3g または、4g のものがよいと考える。

5. 実験 4

5-1 目的

実験 1 の結果から寒天そのものを乾燥させて、プラスチック代替品の素材として代用することは難しいと考えたため、寒天の構造内にあるヒドロキシ基の数を減らすことによって乾燥後の寒天に耐水性をもたせることを目的として行った。

5-2 仮説

一定時間において、耐水性を持つものができるのではないかと考えた。

5-3 使用した器具・装置・材料

- | | |
|------------|----------------|
| ・粉末寒天 | ・シャーレ |
| ・純水 | ・塩酸 (0.1mol/L) |
| ・ホルマリン | ・無水酢酸 |
| ・300mLビーカー | ・ゴム手袋 |
| ・ガスバーナー | ・電子天秤 |
| ・バーナー用スタンド | ・ガラス棒 |
| ・るつぼばさみ | ・スパチュラ |
| ・トレー | ・高温乾燥器 |

[それぞれを使用する目的]

寒天 (アガロース) の構造に含まれるヒドロキシ基 (図 14) が水に溶けやすい親水性を持つため、ヒドロキシ基を減らすことを目的とする。

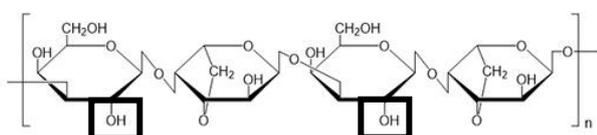


図 14 アガロースの構造

(枠で囲まれているのがヒドロキシ基)

・塩酸

塩酸に含まれる水素イオンによって架橋することを目的とする。

・ホルマリン (アセトアルデヒド)

アセタール化を目的とする。

・無水酢酸

塩酸と同様。

※リン酸とクエン酸を塩酸と同様の目的で使用できるのではないかと考えたが、反応に影響がないという結果を見つけたため行わなかった。

5-4 実験内容

- (1) 寒天 3g を純水 200mL に加えた。
- (2) (1) をガスバーナーで加熱し液体が透明になるまで溶かした。
- (3) 20mL の (2) の寒天溶液に対して以下をそれぞれ加えた。(シャーレ上で行った)
 - i) 塩酸 (0.1mol/L) 1mL/3mL/5mL
 - ii) ホルマリン 1mL/3mL/5mL
 - iii) 無水酢酸 1mL/3mL/5mL

* 対照実験のため寒天のみのものも用意した。

- (4) (3) を冷まして固めた。
- (5) (4) で固まった寒天ゲルを高温乾燥器 (設定温度 30°C) で乾燥させた。

5-5 結果

《塩酸》

塩酸を加えたものは、塩酸を 1mL 加えたもの以外黒くなった。加えた量が多いものほど黒くなった。(図 15、図 16)

水を加えると海苔をふやかしたように、徐々に水に溶け出し、最終的に黒色の液体になった。(図 17)

顕微鏡で表面を見たが、特に表面の変化がなかった。(図 18~図 20)



図 15 塩酸 (5mL/3mL/1mL)



図 16 塩酸 (15mL/20mL/10mL)



図 17 水を加えた様子



図 18 顕微鏡で見た様子 (1mL)



図 19 顕微鏡で見た様子 (3mL)



図 20 顕微鏡で見た様子 (5mL)

《ホルマリン》

ホルマリン 1mL を加えたものには見た目の変化は見られなかったが、3mL と 5mL を加えたものは白くなった。(図 21)

スパチュラで触ると、接触部分のみぼろぼろと剥がれた。(図 22)

顕微鏡で見ると、ホルマリンを 1mL 加えたものは、寒天のみのもものより表面がざらざらしているように見え、3mL と 5mL のものは、まだらのような模様がみえた。(図 23～図 25)

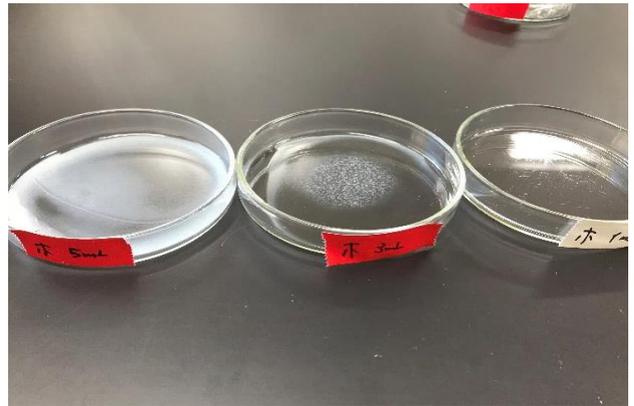


図 21 ホルマリン (5mL/3mL/1mL)

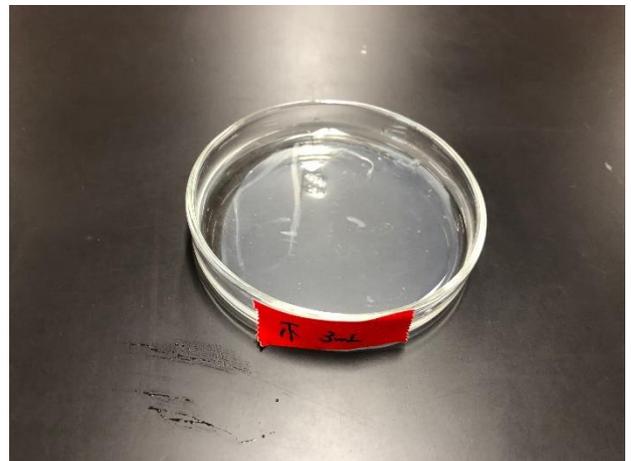


図 22 水を加えた様子



図 23 顕微鏡で見た様子 (1mL)

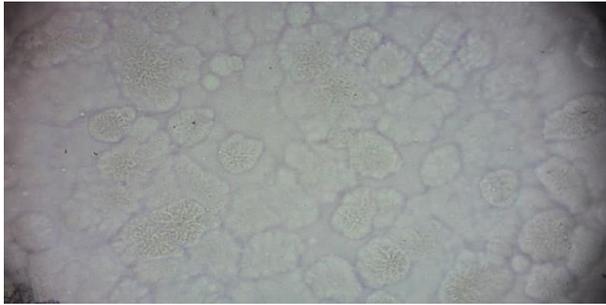


図 24 顕微鏡で見た様子 (3mL)

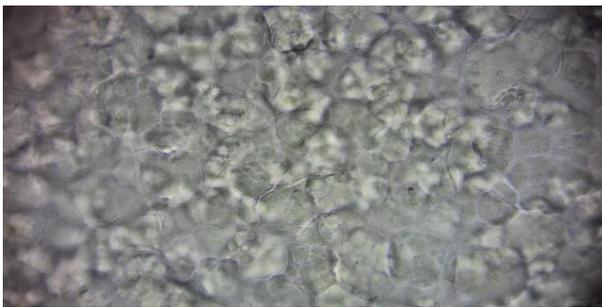


図 25 顕微鏡で見た様子 (5mL)

《無水酢酸》

無水酢酸 1mL を加えたものには見た目の変化は見られなかったが、3mL と 5mL を加えたものはひび割れていた。(図 26)

水を加えると、下から浮き上がるように剥がれた。(図 27)

顕微鏡で見ると、すべて筋が見られた。(図 28 ~ 図 30)

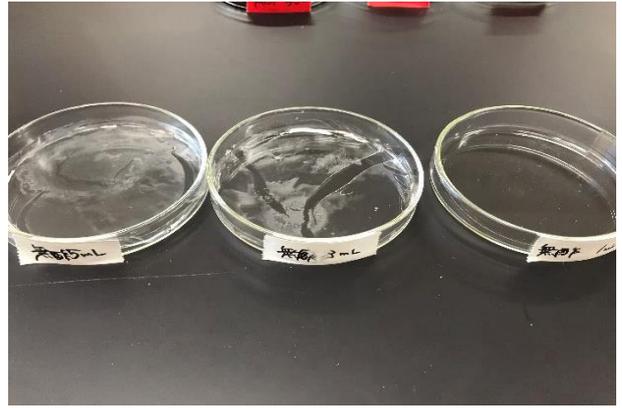


図 26 無水酢酸 (5mL/3mL/1mL)

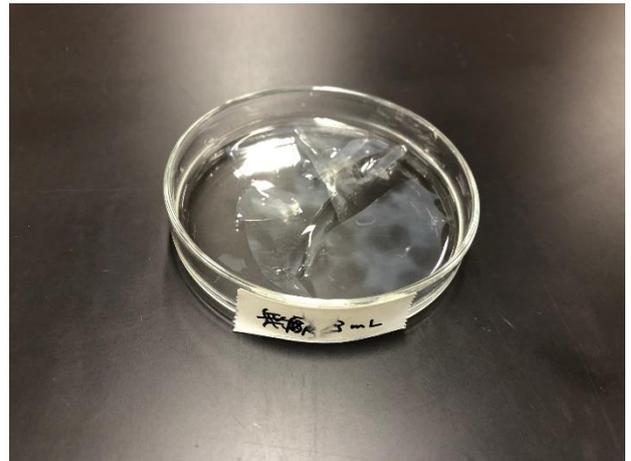


図 27 水を加えた様子



図 28 顕微鏡で見た様子 (1mL)



図 29 顕微鏡で見た様子 (3mL)



図 30 顕微鏡で見た様子 (5mL)

《寒天のみ》

乾燥後、すでにシャーレから剥がれて変形していた。(図 31)

顕微鏡で見ると、気泡のようなものは見えたが、特に表面的な変化は見られなかった。(図 32)

水を加えると、水を吸収し膨張した。(図 33)



図 30 寒天のみ

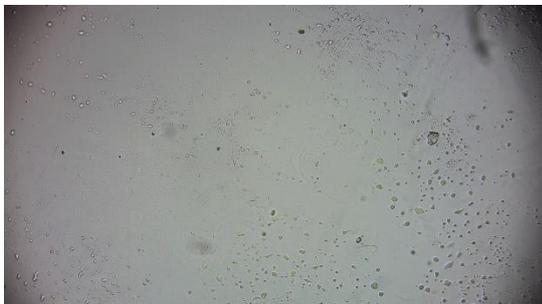


図 31 顕微鏡で見た様子 (寒天のみ)



図 32 水を加えた様子 (寒天のみ)

5-6 考察

《塩酸》

寒天溶液 (20mL) に対する塩酸の量が多くなるほど、より黒くなるため、黒くなった原因は過剰な塩酸であると考え。また、寒天溶液 (20mL) に対する塩酸の量が 1mL のものは、黒く変色せず、3mL のものは変色したため、1mL から 3mL の間に黒く変色しない最大の塩酸の量があると考え。

水を加えたとき、寒天のみのものよりも短時間で溶け出したため、親水性をもってしまったと考え。

乾燥後黒く変色したが、顕微鏡上では色の変化がないため、物質的に変色されたわけではないと考え。

乾燥後割れてしまった原因としては、寒天溶液の濃度、乾燥時の寒天の厚み、乾燥の速度、乾燥時の温度が関係していると考え。

《ホルマリン》

寒天の主成分である多糖アガロースのヒドロキシ基を減らすためにアセタール化を目的としてホルマリンを使用した。そもそもアセタール化は、酸触媒のある環境下で行われる反応である。よって、私たちの実験では、酸触媒を用いなかったためアセタール化が行われなかったと考え。また、ホルマリンの沸点は、 -19.5°C であることから沸騰した寒天溶液に加えた際にはすでにホルマリンは蒸発してしまい、そもそも反応自体に関係していなかったと考え。

スパチュラで触った際にぼろぼろと剥がれた原因として、ホルマリンを加えたことで寒天の構造同士の結びつきが弱くなったと考えられる。

顕微鏡で見た際に、まだら模様が見えた原因は、もろくなったことが原因だと考える。

《無水酢酸》

無水酢酸は、寒天に含まれる水によって分解され酸となる。そのため、無水酢酸の量が多いほど発生する酸の量は多くなる。また、寒天は酸に弱い。ひび割れた原因は無水酢酸の量が関係し

ていると考える。

顕微鏡で見た際に筋のようなものが見えた原因として、乾燥したときから割れていたことが原因だと考える。

6. 結論

水に対しての寒天の量が多いほど、乾燥後の縮みが小さく強度が大きくなるが、多すぎると変形しにくいほどの厚みを持った。

また、塩酸を添加した場合には黒く変色し、ホルマリンを添加した場合には顕微鏡で見た際まだら模様が見え、無水酢酸を添加した場合にはひび割れた。

以上より、寒天は濃度や添加物により性質を変えられることが分かった。

7. 展望

ホルマリンをグルタルアルデヒドに変え、塩酸を加えた寒天を用いて、アセタール化の実験を行う。

8. 参考文献

- ・寒天プラスチックの製造方法

<https://astamuse.com/ja/published/JP/No/2019031584>

- ・かんてんぱぱ

<https://www.kantenpp.co.jp/>