

# 寒天プラスチックの開発

3532 水野 日暖 3509 奥村 奈央 3613 酒井 悠妃 3627 古井 真愛

## 要旨

私たちは、寒天をプラスチックの代替素材として利用できないか研究することにした。初めに寒天でプラスチックの代替品をつくるために、寒天の親水性を取り除くことから始めた。寒天の主成分であるアガロースに含まれるヒドロキシ基が親水性の原因であることを知り、それを取り除くためアセタール化を行えばよいということにたどり着いた。実際にアセタール化を行ったところ、確かに水膨張しなくなった。実用化に向けて形成実験を行ったが、乾燥する時間やゲルの厚みによって、乾燥後にひび割れてしまったり縮んで変形してしまったりと課題が多く、自分たちが思っていたものは完成できなかった。

## 1. 全体の目的

現在、寒天を用いた製品としては、緩衝材や器があるが、どれも耐水性はなく、使用用途が制限されている。寒天をプラスチックに代わる製品として用いるためには、耐水性は必要不可欠である。そこで、プラスチックに代わる天然素材（寒天）について深く探り、製品化を目指すことを目的とした。

## 2. 全体の仮説

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ため、強度のあるプラスチック製品に代替できるのではないかと考えた。

## 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

ポリ袋やストローのように成形できるのではないかと考えた。

### 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(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)

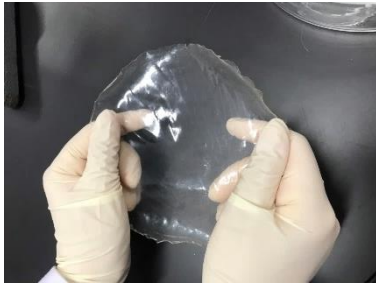


図2 剥がした後の様子

(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°C) 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、寒天の成分であるヒドロキシ基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。

### 4-2 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。

### 4-3 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         |
| ・トレイ       | ・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5) 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。

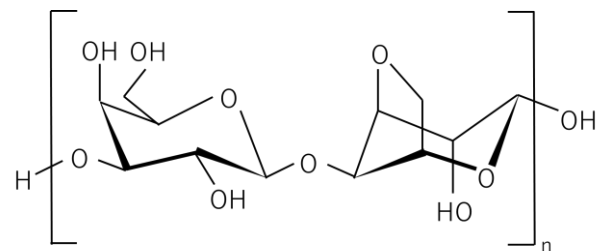


図5 アガロースの構造

#### ・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。

#### 4-4 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) 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熱乾燥器(設定温度 30℃)で乾燥させた。

#### 4-5 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 6、図 7)

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 8)



図 6 塩酸 (5mL/3mL/1mL)



図 7 塩酸 (15mL/20mL/10mL)



図 8 水を加えた様子

##### 《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 9)

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 10)

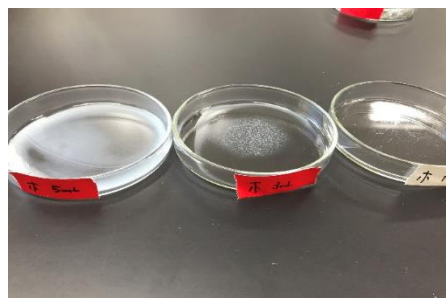


図 9 ホルマリン (5mL/3mL/1mL)



図 10 水を加えた様子

##### 《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 11)

水を加えると、下から浮き上がるように剥がれた。(図 12)

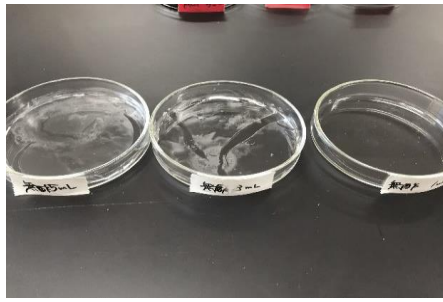


図 11 無水酢酸 (5mL/3mL/1mL)

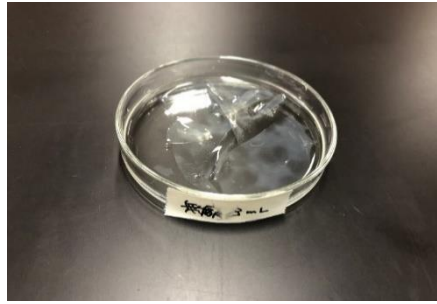


図 12 水を加えた様子

#### 《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 13)

水を加えると、水を吸収し膨張した。(図 14)



図 13 寒天のみ



図 14 水を加えた様子 (寒天のみ)

### 4-6 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、今回の実験では 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、 $-19.5^{\circ}\text{C}$  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。加えて、ホルマリンは結合するための手が短くアセタール化にむいていないのではないかと考えられる。

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。

#### 《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。



## 5. 実験3

### 5-1 目的

アセタール化を行い、疎水性を添加する。

〈以下も確認〉

- ・コストはどれくらいになるか。
- ・アセタール化が行われたことを確認する方法は正しいか。

### 5-2 仮説

アセタール化を行うことで寒天の親水性を打ち消し、疎水性を添加できる。

### 5-3 使用した器具・装置・材料

- ・粉末寒天
- ・グルタルアルデヒド (25%)
- ・純水
- ・塩酸 (0.1 mol/L)
- ・電子天秤
- ・ホールピペット
- ・ガラス棒
- ・オートクレーブ
- ・シャーレ
- ・100mL ビーカー
- ・高温乾燥器

### 5-4 実験方法

- (1) 純水 50mL に対し、寒天 5g の割合で寒天溶液 600mL を作成し、オートクレーブ (121°C、20 分) で完全に溶かした。
- (2) (1)を 65°C (寒天がゲル化しない最低温度) まで冷却し、グルタルアルデヒドを 43.2g、塩酸を 12g 加え、攪拌した。
- (3) (2)をシャーレに 5 mm の厚さで流し、高温乾燥器 40°C で 2 日乾燥させた。
- (4) (3)でできた寒天プラスチックを水で洗い、表面にある触媒を流した後、1 日高温乾燥器で乾燥させた。
- (5) (4)を水に浸し、アセタール化が行われているかどうかを確認した。

※ 対照実験として、寒天のみも用意し、同様に行った。

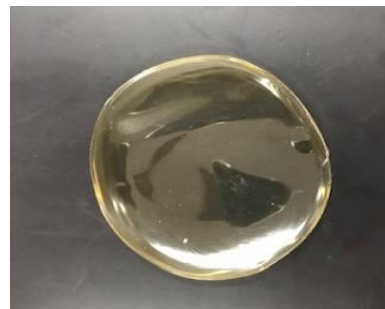
※ 「グルタルアルデヒド量と塩酸量が多いほど膨張率は低く耐水性を持つ。しかし、塩酸の量が

400 $\mu$ L/g 以上では乾燥後から黒くなっていく現象 (黒化) が起きる。また、グルタルアルデヒドを加えず塩酸のみ 400 $\mu$ L/g 加えた寒天プラスチックでも乾燥後の長時間の保持で黒化する。そのため、塩酸量は 200 $\mu$ L/g 前後が最も好ましい。グルタルアルデヒド量については 720 $\mu$ L/g と 1308 $\mu$ L/g を境に、グルタルアルデヒドの増加量あたりの膨張率の減少量が激減し、対費用効果が小さくなるうえ、排出されるグルタルアルデヒド量も余計に増えてしまう。そのため、傘など耐水性が特に必要なもので用いられる場合を除き、グルタルアルデヒド量は、720 $\mu$ L/g 寒天が好ましい。(参考文献より引用) 」

よって、この結果を踏まえて今回の実験では、グルタルアルデヒド 720 $\mu$ L/g、塩酸 200 $\mu$ L/g として行う。

### 5-5 実験結果

両方とも黄色に変色し、変形した。(図 15・図 16) 水につけると寒天のみは表面がぬるぬるしていたが、アセタール化を行ったものはぬるぬるしていないように感じた。また、今回の実験に限り、アセタール化を行った寒天のほうが変形は小さかった。



アセタール化を行った寒天 (図 15)



寒天のみ (図 16)

## 5-6 考察

この結果をもとにしていいのかわからないが、アセタール化は行われたとする。このときグルタルアルデヒドを使用したため日用品に使用する上では毒性が強く利用は難しいため、表面に付着したグルタルアルデヒドを除去する必要がある。今回は行っていないが、調べたところ流水で洗うことによって表面のグルタルアルデヒドを除去できることがわかった。(※)

また、乾燥した後の変形は難しいため、形成するためには乾燥前に目的の形にしておく必要がある。

今回確認したかったコストについては、より大きい製品を作るほど、粉寒天や身近にない触媒(グルタルアルデヒド)を多量に使用することとなり、かかるコストは高くなりそうである。また、アセタール化の確認方法については、水に浸すことと、その後の膨張率を出すことで確認できそうである。

### ※銀鏡反応による確認(参考文献から引用)

アセタール化によってできた寒天プラスチックを流水に入れ6日間洗い、再乾燥させる。乾燥させたプラスチックを、水を入れたビーカーに一定時間浸し、ビーカーにとれた溶液に対し試薬を用いて銀鏡反応を確認する。ここで、銀鏡反応を示さなかった場合、溶液にはアルデヒドは存在せず、グルタルアルデヒドを完全に除去できたとすることができる。

## 6. 追加実験

### 6-1 目的

実験3よりアセタール化を確認することができたため、形成を目的として行った。(緩衝材や器はすでに製品化されているため、耐水性を必要とする製品に形成する。)

### 6-2 仮説

実験1でストロー状に形成できたため、アセタール化を行ったとしても形成できる。

### 6-3 使用した器具・装置・材料

- ・実験3で作った触媒入りの寒天溶液
- ・寒天のみの寒天溶液
- ・50mL ビーカー
- ・トレー
- ・200mL ビーカー
- ・シャーレ大
- ・1000mL ビーカー
- ・高温乾燥器
- ・試験管

### 6-4 実験方法

#### 《コップ型》

- (1) 200mL ビーカーに実験3で作った触媒入りの寒天溶液を6cm入れ、上から50mL ビーカーを底から1cmまで入れてコップ型に形成した。
- (2) ゲル化したらゴム手袋をしてビーカーから寒天ゲルを引き抜いた。
- (3) (2)で引き抜いた寒天をトレーに入れて、高温乾燥器(40°C)で2日間乾燥させた。

#### 《皿型》

- (1) シャーレに実験3で作った触媒入りの寒天溶液を1cmの厚みで流した。
- (2) (1)がゲル化したら高温乾燥器(40°C)で2日間乾燥させた。

#### 《ストロー型》

- (1) 1000mL ビーカーに実験3で作った触媒入りの寒天溶液10cm入れて、試験管で中心に空洞を作った。
- (2) ゲル化したらビーカーから引き抜いて、高温乾燥器(40°C)で2日間乾燥させた。

※対照実験として寒天のみも同様にそれぞれ作成した。

### 6-5 結果

#### 《コップ型》

アセタール化を行ったものは、外見はコップ型に形成できたように見えたが、底に穴が開いてしまった。(図17・図18)

寒天のみは、実験時ビーカーから引き抜く際に割れてしまい、底と側面が別々になってしまった。(図19・図20)



アセタール化したもの・横から見た様子  
(図17)



アセタール化したもの・上から見た様子  
(図18)



寒天のみ・横から見た様子 (図19)



寒天のみ・上から見た様子 (図20)

#### 《皿型》

アセタール化したものも寒天のみも中心部から2つに割れてしまった。(図21・図22)



アセタール化したもの (図21)



寒天のみ (図22)

### 《ストロー型》

形成時は長かったが、乾燥させたことによって縮んだ。ストローではなく、管ができた。

(図 23・図 24)



横から見た様子 (図 23)



上から見た様子 (図 24)

### 6-6 考察

#### 《コップ型》

形成時、上から 50mL ビーカーを底から 1 cm まで入れたが、1 cm では薄すぎたと考えられる。ビーカーから引き抜く際にどうしても内側を傷つけてしまうため、この方法ではきれいな状態のものを作ることは難しい。また、手間がかかるため短時間では作れない。

#### 《皿型》

今回の追実験をする前の実験で、乾燥後に寒天が縮み、たまたま皿のような形になったため、再びできるかどうかやってみたが思うものはでき

なかった。また、面積が大きく、端からだけでなく中心からの蒸発も多く起こったため割れてしまったと考える。

#### 《ストロー型》

思っていたストロー状にはならなかったが、強度もあり耐水性もあるため何かに活用することはできると思う。

### 7. 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。

塩酸、ホルマリン、無水酢酸を用いた実験によって、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。

アセタール化によって寒天の親水性を取り除き、疎水性を添加することが可能であり、乾燥前に形成することによって、形成も可能であることが分かった。

### 8. 展望

- ・身近にある触媒でアセタール化はできないか。
- ・コスト削減のための製法はあるか。

### 9. 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>

- ・かんでんぱぱ

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