

寒天プラスチックの作成

3519 谷口碧海 3606 小倉大知 3608 勝野塁 3623 手鹿宏輝

要旨

プラスチックは石油から作られるため、いずれ枯渇する。そこで恵那の特産品である寒天を使ってプラスチックの代替品を作成しようと考えた。しかし、寒天ゲルを乾燥させて作成した寒天プラスチックは水に弱いという欠点がある。寒天プラスチックに耐水性をもたせるために、寒天ゲルに添加物を加えて耐水性を持たせようと考え、ホルマリン、塩化カルシウム、塩化カリウム、グルタルアルデヒドを添加したところ、塩化カルシウム、グルタルアルデヒドを添加したものに耐水性が見られた。

1. 目的

寒天プラスチックに耐水性を持たせる方法を探る。

2. 仮説

添加物によって耐水性を持たせられるのではないか。

3. 実験 I

3-1 仮説

ホルマリンを加えることでアセタール化が起き、耐水性を持たせられるのではないか。なお、アセタール化とは、アルデヒドの持つ酸素が寒天の主成分であるアガロースが持つ親水性のヒドロキシ基と縮合し、アガロースを架橋する反応である。

3-2 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 | ・高温乾燥器 |

3-3 実験方法

- (1) 寒天 3.00g を純水 200 g に加える。
- (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す。
- (3) シャーレに(2)を流し入れ、うち2つにホルマリンを 3mL、5mL 添加する。
- (4) (3) を高温乾燥器(50℃)で乾燥させた。

3-4 結果

ホルマリンを添加したものは一部白くなり、割れてしまった(図 2, 3)。



図 1 無添加のもの



図 2 ホルマリン 5mL を添加したもの



図3 ホルマリン 3mL を添加したもの

3-5 考察

ホルマリンを添加したものが白くなった原因は、ホルマリンを添加する際に寒天溶液が冷えてゲル化し始め、均一に混ざっていなかったことだと考えられる。また、ホルマリンはホルムアルデヒドの水溶液であり、ホルムアルデヒドの沸点は -19.5°C と非常に低いため、添加の際には一部蒸発してしまったと考えられる。

4. 実験Ⅱ

4-1 仮説

構造破壊イオンであるカリウムイオンを添加することで寒天プラスチックの性質が変化するのではないかと考えられる。また、寒天と同じ褐藻に含まれる、多糖類の一種であるアルギン酸ナトリウムはカルシウムイオンを添加するとゲル化する性質があることから寒天の場合であってもゲル化を助けるのではないかと考えられる。

4-2 使用した器具・装置・材料

- ・粉末寒天
- ・純水
- ・ガスバーナー
- ・バーナー用スタンド
- ・るつぼばさみ
- ・塩化カルシウム
- ・シャーレ
- ・300mL ビーカー
- ・電子天秤
- ・ガラス棒
- ・高温乾燥器
- ・塩化カリウム

4-3 実験方法

- (1) 純水 100 g に対して寒天 3.00g と、塩化カルシウム 1.00g 又は塩化カリウム 1.00g を加える。
- (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す。
- (3) シャーレに(2)を流し入れ、高温乾燥器 (50°C)で乾燥させた。
- (4) できた寒天プラスチックの乾燥重量を量る。その後 48 時間水に浸し、吸水重量を量り、吸水率を求める。
なお、吸水率は以下の式で求める。

$$\text{吸水率} = \frac{\text{吸水重量} - \text{乾燥重量}}{\text{乾燥重量}} \times 100$$

4-4 結果

左から順に塩化カリウム、塩化カルシウム、無添加のもの(図4, 図5)。



図4 乾燥させた寒天プラスチック



図5 水に浸して 48 時間経過した様子

表1 寒天プラスチックの吸水率

| | 吸水重量[g] | 乾燥重量[g] | 吸水率[%] |
|-------------------|---------|---------|--------|
| CaCl ₂ | 4.98 | 1.59 | 213 |
| KCl | 12.48 | 2.39 | 422 |
| 無添加 | 4.20 | 1.10 | 281 |

塩化カルシウム、塩化カリウムを加えたものは無添加のものに比べて厚みが大きくなった。

また、無添加のものとは比べて、塩化カルシウムを加えたものは吸水率が小さくなり、塩化カリウムを加えたものは吸水率が大きくなった。

4-5 考察

最も厚くなった塩化カルシウムを加えたものは、無添加のものとは比べてより収縮していたことから寒天プラスチックの密度が増加し、厚みが大きくなったと考えられる。一方、塩化カリウムを加えたものは体積が大きく、寒天の分子間により多くの水分子を含む隙間があったために、吸水率が大きくなったと考えられる。

5. 実験Ⅲ

5-1 仮説

ホルムアルデヒドよりも水素間の距離が大きいグルタルアルデヒドを用いることでアセタール化が起こるのではないか。

5-2 実験に使用した器具・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
- ・高温乾燥器
- ・グルタルアルデヒド
- ・1mol/L 塩酸
- ・塩化カルシウム
- ・塩化カリウム

5-3 実験方法

- (1) 純水 100g に対して寒天 3.00g を加える。
- (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す。
- (3) シャーレに(2)を流し入れ、寒天 1.00g に対して 720 μ L のグルタルアルデヒドと 200 μ L の塩酸を添加する。
- (4) (3) を高温乾燥器 (50 $^{\circ}$ C) で乾燥させた。
- (5) 実験 2 と同様の手順で作成した寒天プラスチックと(4)を 48 時間水に浸し、吸水率を比較する。

5-3 結果

実験結果を以下の表と図にまとめる。

表 2 寒天プラスチックの吸水率

| | 吸水重量[g] | 乾燥重量[g] | 吸水率[%] |
|-------------------|---------|---------|--------|
| GA | 8.27 | 3.16 | 161 |
| CaCl ₂ | 7.96 | 3.70 | 115 |
| KCl | 13.05 | 3.72 | 250 |



図 6 塩化カルシウムを添加したもの



図 7 塩化カリウムを添加したもの



図 8 グルタルアルデヒドを添加したもの
塩化カリウムを添加したものにはカビが生えてしまった。また、グルタルアルデヒドを添加したものは割れ目が見られた。

5-5 考察

塩化カルシウムを添加したものは実験Ⅱから一貫して無添加のものより小さい吸水率を示したため、耐水性を持ったと考えられる。塩化カ

リウムは実験Ⅱの結果との差が大きいため、カビが結果に影響した可能性がある。よって塩化カルシウムと吸水率との関係を結論付けることは難しい。グルタルアルデヒドを添加したものに見られた割れ目は、離漿によるものだと考えられる。

6. 実験Ⅳ

6-1 仮説

寒天と塩化カルシウムの質量比に吸水率が最も小さくなる値が存在するのではないかと。

6-2 実験に使用した器具・装置・材料

- ・粉末寒天
- ・純水
- ・ガスバーナー
- ・バーナー用スタンド
- ・るつぼばさみ
- ・塩化カルシウム
- ・シャーレ
- ・300mL ビーカー
- ・電子天秤
- ・ガラス棒
- ・高温乾燥器

6-3 実験方法

- (1) 純水 100g に寒天 3.00g と塩化カルシウムをそれぞれ 0.500g, 1.00g, 2.00g を加え、ガスバーナーで加熱する。
- (2) 純水 100g に寒天をそれぞれ 3.00g, 5.00g, 7.00g を加えて、ガスバーナーで溶かしたものに塩化カルシウムを 1.00g 加える。
- (3) (1), (2) を高温乾燥器 (50℃) で乾燥させた。

6-4 結果

実験結果を以下の表と図にまとめる。

表3 塩化カルシウムを添加した場合の寒天プラスチックの吸水率

| | 吸水重量[g] | 乾燥重量[g] | 吸水率[%] |
|-------|---------|---------|--------|
| 0.50g | 7.72 | 3.40 | 97.6 |
| 1.0g | 9.06 | 4.39 | 106 |
| 2.0g | 9.38 | 5.98 | 56.8 |

表4 寒天の質量を変動させた場合の寒天プラスチックの吸水率

| | 吸水重量[g] | 乾燥重量[g] | 吸水率[%] |
|------|---------|---------|--------|
| 3.0g | 9.65 | 4.03 | 139 |
| 5.0g | 17.27 | 5.98 | 188 |
| 7.0g | 29.85 | 7.63 | 226 |

6-5 考察

塩化カルシウムの質量を変えた場合では、寒天 3.00g に対して塩化カルシウムを 2.00g 加えたときに吸水率が最も小さい値を示したため、寒天と塩化カルシウムの質量比は 3 : 2 が好ましいと予想される。

また、寒天の質量を増加させると、吸水率が単調増加しているのは塩化カルシウムに対する寒天の比が大きくなったためだと考えられる。

7. 実験Ⅴ

7-1 仮説

実験Ⅳより、寒天と塩化カルシウムの質量比は 3 : 2 が好ましいのではないかと。

7-2 実験に使用した器具・装置・材料

- ・粉末寒天
- ・純水
- ・ガスバーナー
- ・バーナー用スタンド
- ・るつぼばさみ
- ・塩化カルシウム
- ・シャーレ
- ・300mL ビーカー
- ・電子天秤
- ・ガラス棒
- ・高温乾燥器

7-3 実験方法

- (1) 純水 100g に寒天 5.00g と塩化カルシウムをそれぞれ 0.500g, 2.00g, 3.00g を加えガスバーナーで加熱する。
- (2) (1) を高温乾燥器 (50℃) で乾燥させた。

7-4 結果

実験結果を以下の表にまとめる。

表5 (1)の寒天プラスチックの吸水率

| | 吸水重量[g] | 乾燥重量[g] | 吸水率[%] |
|--------|---------|---------|--------|
| 0.50 g | 12.58 | 4.45 | 182 |
| 2.00 g | 12.12 | 5.82 | 108 |
| 3.00 g | 12.14 | 6.80 | 78 |

塩化カルシウムを2.00g加えたものに、ひび割れがみられた。

7-5 考察

塩化カルシウムの質量を増加させると吸水率は減少するが、吸水重量はほぼ一定であり、吸収する水の質量は寒天の質量によってのみ決まると考えられる。

8. 実験VI

8-1 仮説

寒天プラスチックの吸収する水の質量は寒天の質量によって決まるのではないか。

8-2 実験に使用した器具・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
- ・高温乾燥器
- ・塩化カルシウム

8-3 実験方法

- (1)純水100gに寒天5.00gと塩化カリウムをそれぞれ1.00g, 3.00g, 5.00gを加えガスバーナーで加熱する。
- (2) (1)を高温乾燥器(50°C)で乾燥させた。

8-4 結果

実験結果を以下の表にまとめる。

表6 (1)の寒天プラスチックの吸水率

| | 吸水重量[g] | 乾燥重量[g] | 差[g] |
|-------|---------|---------|-------|
| 1.00g | 15.35 | 5.11 | 10.24 |
| 3.00g | 17.22 | 7.45 | 9.77 |
| 5.00g | 14.75 | 7.46 | 7.29 |

塩化カリウムを5.00g加えたものは、乾燥時に塩化カリウムが析出した。

8-5 考察

塩化カリウムを1.00g, 3.00g加えたものは吸水重量と乾燥重量の差がほぼ同じであるため、吸収する水の質量は寒天の質量によってのみ決まると考えられる。

9. 展望

親水性を持つ官能基であるヒドロキシ基を他の疎水性を持つ官能基に置換することで、耐水性を付与することを目指したい。

10. 謝辞

実験に際してご教示していただいた桑原先生に感謝申し上げます。

11. 参考文献

- ・寒天ゲルとジェランガムゲルの力学特性および塩味強度に及ぼす塩化カリウムと塩化カルシウムの影響

森高 初恵, 島田 淳子

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsse/9/2/9_108/_html/-char/ja

- ・寒天プラスチックの製造方法

村松大地

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

・寒天を原料とした素材の開発 兵庫県立加古川
東高等学校

[https://www.hyogo-c.ed.jp/~kakohigashi-
hs/pdf/h29/kadai/71-3-HP.pdf](https://www.hyogo-c.ed.jp/~kakohigashi-
hs/pdf/h29/kadai/71-3-HP.pdf)

・多糖類.com

[https://www.tatourui.com/about/type/09_agar
.html](https://www.tatourui.com/about/type/09_agar.html)