

# スライム作成における塩分濃度と弾性の関係

2年3組 岩城 佳佑 2年3組 宇賀 星太  
2年3組 松島 大貴 2年4組 井阪 祐太  
指導者 高野 昌志

## 1 課題設定の理由

「スライムの性質変化とその利用について」(大阪府立高津高校化学班、2013[1])によると、「塩化ナトリウムを加えることで弾力のある物質を生成できた」とある。しかしその研究では定量的な測定が行われていなかった。そこで、本研究では、塩化ナトリウムとスライムの物性との関係を定量的な測定を行うことにより明らかにしたいと考えた。

## 2 仮説

先行研究[1]によると塩析が起こり、凝固したとある。本研究では、スライムに加える塩化ナトリウムの質量が増加するに従って、高分子内に存在する水がより減少し、より凝固することにより弾性が増すと仮説を立てた。

## 3 実験の方法

本研究では、反発係数  $e = \sqrt{h'/h}$  を用いて、スライムの反発係数を計算した。

### (1) スライムの材料

- ・四ホウ酸ナトリウム飽和水溶液 25mL (以下ホウ砂)
- ・PVA (洗濯のり) 25mL
- ・水 50mL
- ・塩化ナトリウム

### (2) 対照実験の条件

スライムに加える塩化ナトリウムの質量は、0g から 1.000g までの 0.250g 刻みと、1.125g を実験で対照する量とした。なお、1.250g では図1のように液体が発生したため 0.125g 刻みとし、1.125g を本研究における最大の質量とした。

### (3) 実験方法

ビーカーに入れたスライムに、スーパーボールを落下させ、衝突後の最高点の高さから、反発係数を算出する(図2)。最高点の測定は、ハイスピードカメラで撮影した画像から判定した。

### (4) 撮影機材

- ・スタンド 2 台
- ・ハイスピードカメラ
- ・1 m ものさし
- ・100mL ビーカー
- ・撮影背景用の黒色の発泡スチロール



図1 塩化ナトリウム 1.250g を加えたスライム

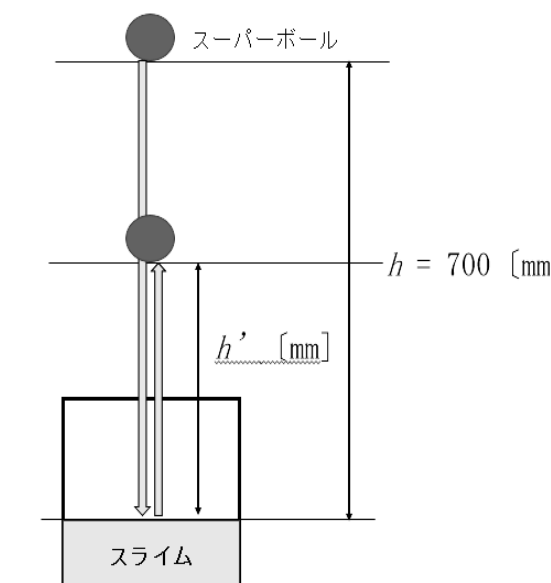


図2 反発係数測定装置

#### 4 実験1 スライムにおける加えた塩化ナトリウムの質量と反発係数の関係

スライムにおける加えた塩の質量と反発係数の関係を図3に示した。このとき試行回数は1回である。

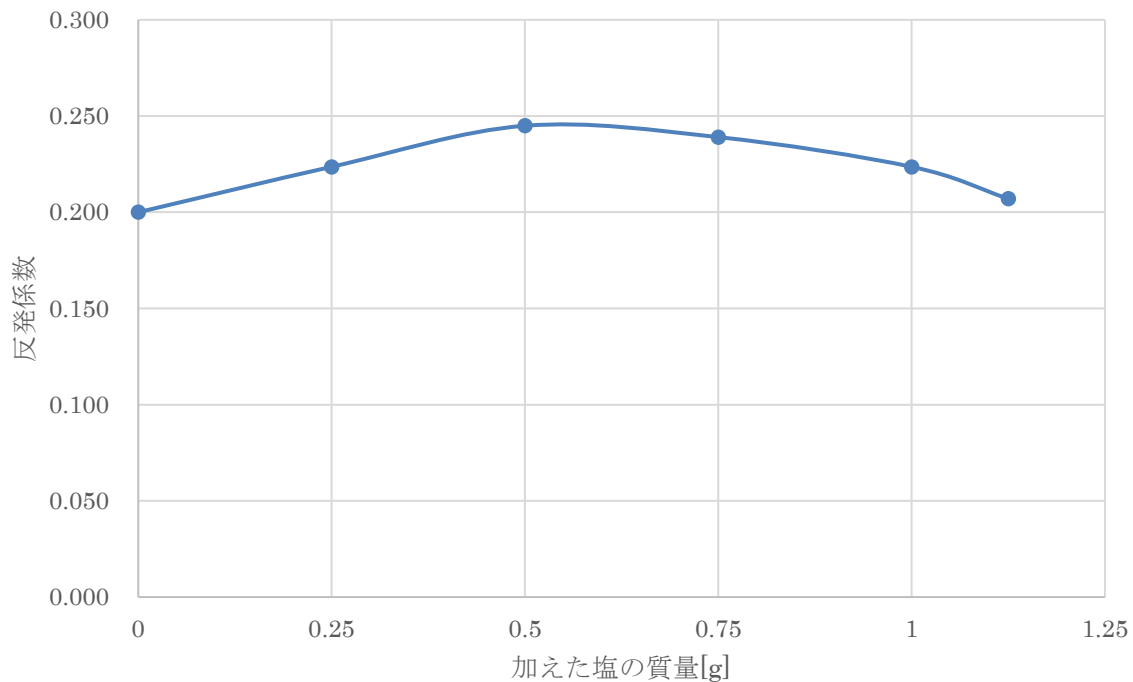


図3 スライムにおける加えた塩化ナトリウムの質量と反発係数の関係

塩化ナトリウムの量を0.5gまで増やすと、仮説通り反発係数も増加する結果が得られた。しかし、その後は、減少する結果となった。この結果において、1つの塩化ナトリウムの量につき、1回しか測定を行っておらず、また、測定において図4に示したずれが生じていた。

そこで実験2においては測定回数を増やし、測定誤差を修正する解析を行った。

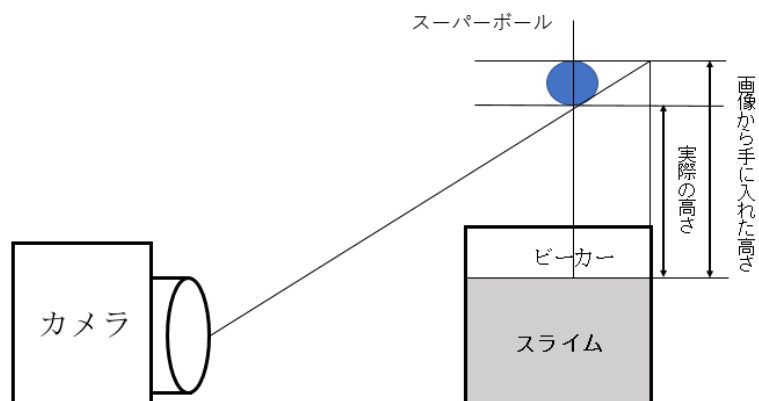


図4：測定装置と測定誤差

#### 5 実験2 測定誤差を修正した塩化ナトリウムの質量と反発係数の関係

測定誤差の修正を行うため、三角比を利用して、実際の高さを求める。図5に測定装置の寸法を示す。実測値は以下の通りである。

- ・スーパーボールの半径 …… 10mm
- ・カメラのレンズの中心からスーパーボールの落下地点までの距離 …… 300mm
- ・ビーカーの高さ …… 50mm
- ・スライムのビーカー内での厚さ …… 25mm
- ・ものさしからスーパーボールのまでの距離 …… 25mm

測定装置をカメラのレンズの真下を原点とする  $xy$  平面上におき、測定誤差を考える。なお、 $xy$  平面上の 1 は 1 mm とする。スライムの表面である水平面からスーパーボールの最高点までの距離を  $h$  (mm) とする。カメラレンズの中央からスーパーボールの下側に接する仰角を  $\theta$  とし、 $x$  軸から小球の中心までの距離を  $Y_1$  (mm) とする。また、求めたい実際の高さを  $Y_2$  (mm) とする。

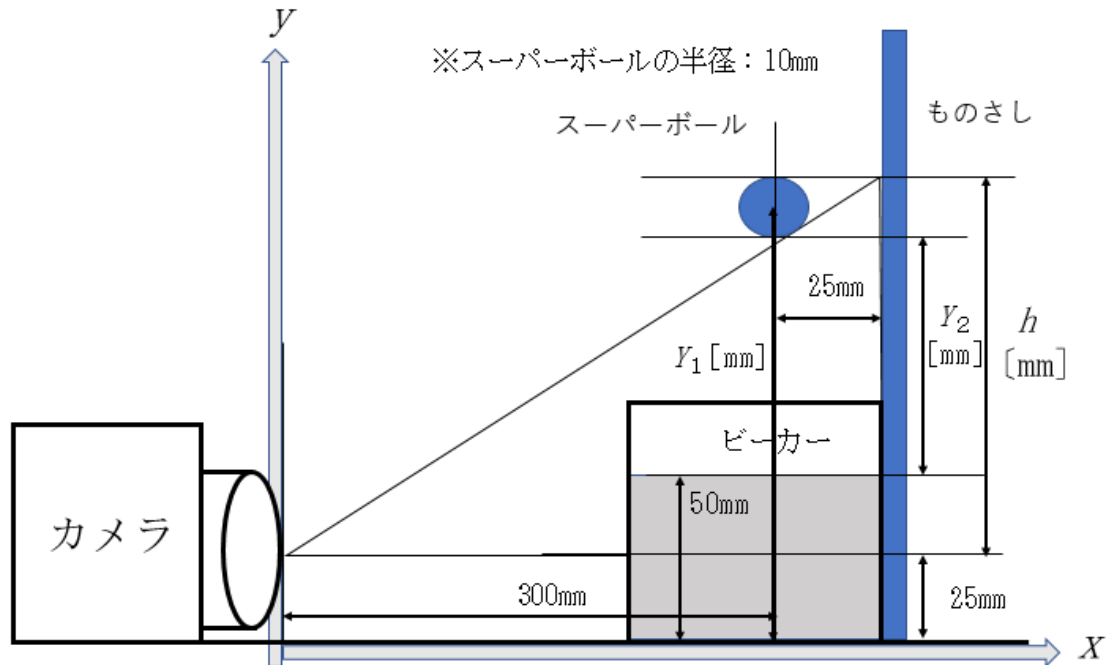


図5 測定装置における各寸法

カメラのレンズの中心からレンズの下側を接する直線  $l$  の方程式は

$$y = x \tan \theta + 25. \quad \dots \textcircled{1}$$

すなわち、

$$x \tan \theta - y + 25 = 0.$$

また、スーパーボールと直線  $l$  は接し、ものさしの  $x$  座標は  $x = 325$  [mm] であるから、

$$\tan \theta = \frac{h - 25}{325}. \quad \dots \textcircled{2}$$

①と②より、

$$y = \frac{h - 25}{325} x + 25. \quad \dots \textcircled{3}$$

スーパーボールの中心からの距離が 10 [mm] であることより、円の中心と接線の関係から

$$\frac{|300 \tan \theta - Y_1 + 25|}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta}} = 10.$$

図5より  $Y_1 > 300 \tan \theta + 25$  であるから、

$$Y_1 = 300 \tan \theta + 25 + 10 \sqrt{1 + \tan^2 \theta}.$$

ただし、求める高さは  $Y_1$  [mm] ではなく、 $Y_1$  [mm] から水平面からビーカーの底面までの距離 50 [mm] とスーパーボールの半径 10 [mm] を引いた高さだから、

$$Y_2 = 300 \tan \theta - 35 + 10 \sqrt{1 + \tan^2 \theta}.$$

以上より反発係数を実際の跳ね返った最高点の高さ  $Y_2$  から算出した。結果を図 6 に示す。なお、1つのスライムにつき実験 1 で測定した 1 回に加え、さらに 4 回ずつ測定を行い、計 5 回の測定で標準偏差  $\sigma$  を求め、図 5 のエラーバーとして使用した。

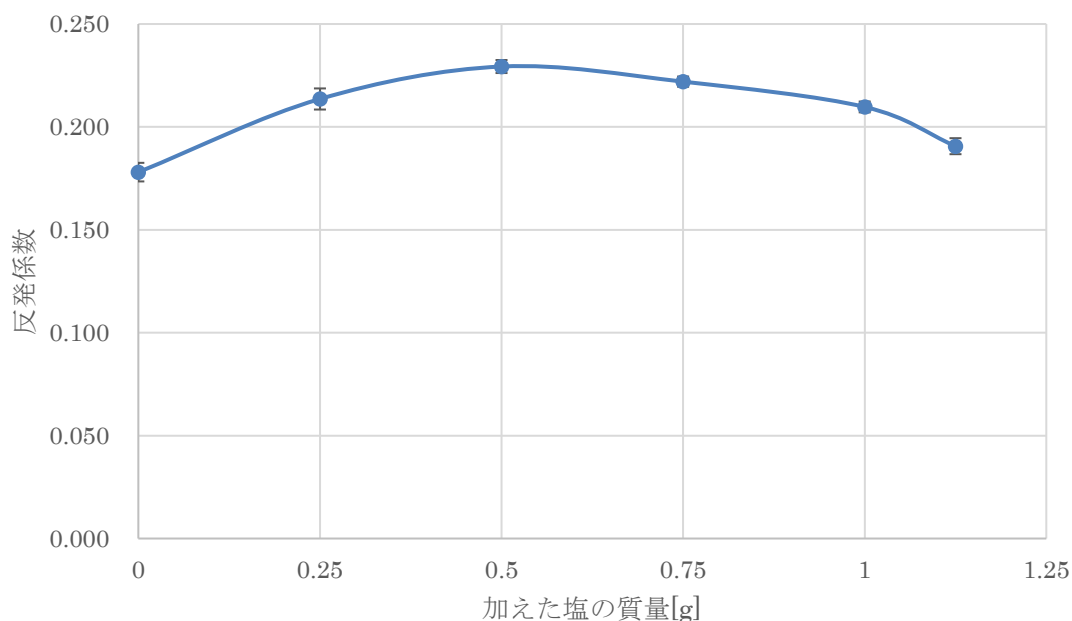


図 6 測定誤差を修正したスライムにおける加えた塩化ナトリウムの質量と反発係数の関係

図 6 より、実験 1 に比べて実験 2 では、反発係数はやや小さくなったものの、変化の様子は、ほぼ同様であった。スライムの質量に対して約 0.5% のとき最も高く跳ねるという結果が得られた。また、スライムに塩化ナトリウムを加え続けると、加えた量に比例して弾性力を得るのではなく、ある一定量を超えてしまうとそこから逆に弾性を失う結果が得られた。

## 6 考察

本研究では、高分子内に存在する水が減少することで凝固し、反発係数が上がると仮説を立てたが、塩化ナトリウムの割合が 0.5% 付近を越えると、反発係数は下がるという結果となった。これは、高分子内に存在する液体がスライムの外へ出てしまい、スライムと液体が分離したからであると考えられる。

## 7 まとめと今後の課題

最も反発係数が高くなる塩化ナトリウムの割合は 0.5~0.75% という結果が得られた。

今後は、空気抵抗を考慮して精度の高い実験を行いたい。また、本研究では塩析によって水分を失ったスライムの物性を調べたが、塩析以外の方法で水分を抜いた場合についても検討したい。

## 参考文献

- [1] 「スライムの性質変化とその利用について」(大阪府立高津高校化学班, 2013)