

反発係数を用いたゲルの衝撃吸収能力の評価

上野 啓貴 佐々木 康德

【概要】

今日、耐震設備や靴など様々なものにゲルが用いられている。自分たちはゲルに興味を抱き、ゲルの反発係数、ゲルの強度と衝撃吸収の程度の関係性を調べるために三つの実験をした。

私たちは衝撃吸収の程度を衝撃吸収能力と定義した。結果、衝撃吸収能力はゲルの反発係数、ゲルの強度と関係性を持つことが分かったが、それら2つは直線的な関係性を持たないことが分かった。

Nowadays, the gelatinous things are used various things, for example, earthquake-proof equipments and shoes, and so on.

We are interested in gel, so we did the following three experiments to survey relations among the coefficient of restitution, the gel strength and the degree of shock absorption.

We defined the degree of shock absorption as “The shock absorption ability” .

As a result, we found “The shock absorption ability” is related to the coefficient of restitution and the gel strength. But the coefficient of restitution doesn't have linear relationship to the gel strength.

【研究の目的】

ゲルの反発係数、ゲルの強度と衝撃吸収能力との関係性を調べること。

【仮説】

2 価の陽イオンの溶液を用いてゲルを作ると、1 価の溶液で作ったゲルよりも、反発係数が大きくなる。

カルシウムよりも式量の大きいストロンチウムやバリウムの溶液を用いた方が、反発係数は大きくなる。

【実験器具・装置・材料】

『実験用具』

シャーレ、2mL 注射器、マグネチックスターラー、メジャー、スタンド、ガラス板、カメラ、デジタルフォースゲージ、コルク栓、プラスチックシャーレ・薬包皿、アルミニウム粒(0.15g)

『薬品 (材料)』

アルギン酸ナトリウム、塩化カルシウム、塩化カリウム、塩化ストロンチウム、塩化バリウム

【実験方法】

『実験 I 』

- ① 塩化カルシウム・塩化カリウム・塩化ストロンチウム・塩化バリウム水溶液 ($2.7 \times 10^{-2} \text{mol/L}$), アルギン酸ナトリウム水溶液 (2%) を作成する。^{※1}
- ② ①で作った、アルギン酸ナトリウム以外の溶液をそれぞれシャーレに入れる。
- ③ 注射器を用いてアルギン酸ナトリウム水溶液を②のシャーレ内に10滴 (1滴 0.1mL) 滴下し、マグネチックスターラーで3分間かくはんする。^{※2}
- ④ ゲルの水分を取った後、50cm の高さからゲルを落下させ、跳ね返った高さを測定する。

『実験Ⅱ』

ゲルを 20 回潰し、潰すのに要した力を、デジタルフォースゲージで測定する。20 回の平均値を測定値とする。^{※3} ^{※4}

	CaCl ₂	SrCl ₂	BaCl ₂
跳ね返った高さh' (cm)	5.3	6.0	8.5
$\frac{h'}{h}$	0.11	0.12	0.17
反発係数 $e = \sqrt{\frac{h'}{h}}$	0.33	0.35	0.41

『実験Ⅲ』

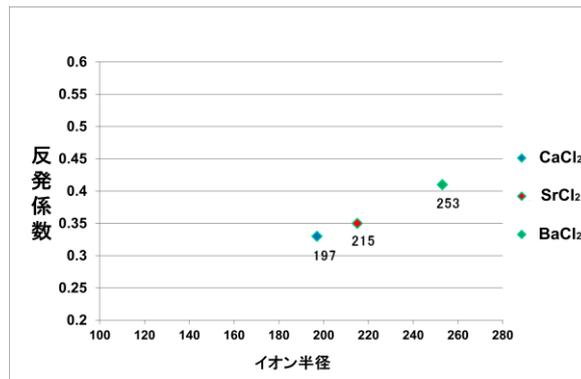
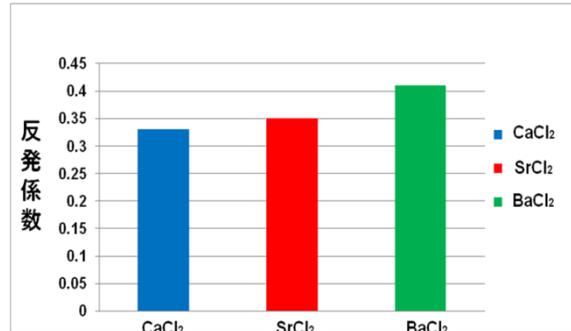
- ① 実験Ⅰと同様の方法で作成したゲルを、プラスチックシャーレ内に敷き詰める。
- ② そのシャーレの上に、別のプラスチックシャーレを重ね、その中に薬包皿を固定してアルミニウム粒を 30 個入れる。
- ③ 5cm の高さからシャーレを落とす。
- ④ 容器に残ったアルミニウム粒の数を記録する。これを 20 回行い、その平均値をとる。
- ⑤ 高さを 5cm ずつ増やして 25cm まで行い、④と同様に記録する。

【実験結果】

『実験Ⅰ』

	跳ね返った高さ(cm)		
	CaCl ₂	SrCl ₂	BrCl ₂
1回目	5.0	6.0	9.0
2 "	5.5	5.5	8.5
3 "	5.0	6.0	8.5
4 "	5.0	6.0	10.0
5 "	5.0	5.5	8.5
6 "	5.5	5.5	9.0
7 "	5.5	6.5	10.0
8 "	5.0	6.0	7.5
9 "	5.0	5.5	6.0
10 "	5.5	6.5	7.5
11 "	5.5	6.0	8.0
12 "	5.0	6.5	10.5
13 "	6.0	6.0	9.0
14 "	5.5	5.5	8.5
15 "	5.0	6.0	8.0
16 "	5.0	6.5	8.0
17 "	5.5	6.0	7.0
18 "	5.5	6.0	8.0
19 "	6.0	6.0	9.0
20 "	5.5	6.0	10.0
平均	5.3	6.0	8.5

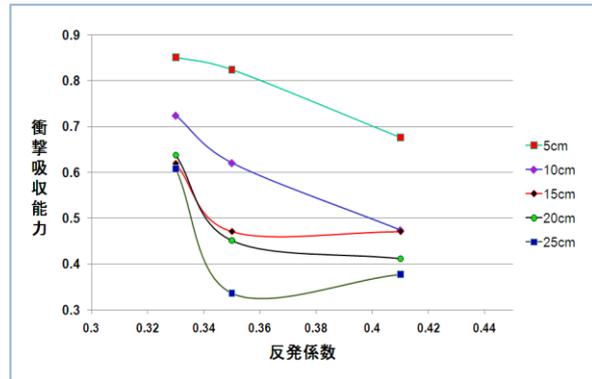
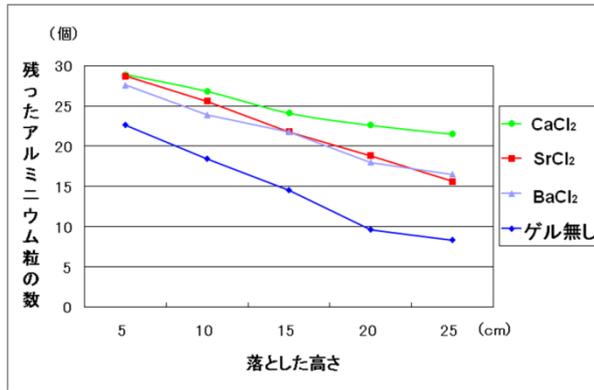
『実験Ⅱ』



実験Ⅱ	ゲル球をつぶすのに要した力
CaCl ₂	3.15(N)
SrCl ₂	1.08(N)
BaCl ₂	7.63(N)

『実験Ⅲ』

実験Ⅲ	残ったアルミニウム粒の数(個)				
	高さ(cm)	CaCl ₂	SrCl ₂	BaCl ₂	ゲル無し
	5	29	29	28	23
	10	27	26	24	18
	15	24	22	22	15
	20	23	19	18	10
	25	22	16	17	8



【考察】

『実験Ⅰ』

KClでゲルが作成できなかった原因は、アルギン酸のカルボキシル基にカリウムイオンが結合した、アルギン酸カリウム状態で、アルギン酸のカルボキシル基にナトリウムイオンと同じ1価のカリウムイオンが結合しているだけなので、アルギン酸ナトリウムと性質が似ているためであると考えられる。

イオン半径が小さいほど反発係数が小さい。
⇒イオン半径との関係があるのだと考えた。

『実験Ⅱ』

デジタルフォースゲージで計測したゲルの強度は、SrCl₂が最小になった。
⇒反発係数とは直線的な関係はない。

『実験Ⅲ』

衝撃を緩和するはたらきは、塩化カルシウムが一番吸収し、塩化ストロンチウム・塩化バリウムはほぼ一緒になった。
⇒反発係数と関係があると思われる。

そこで、衝撃吸収能力を

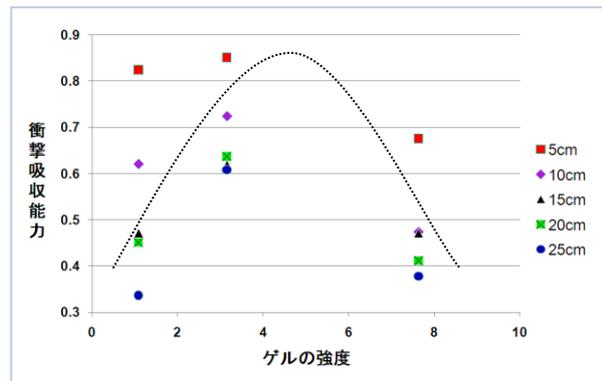
$$\left[\frac{\text{ゲル無しで飛び出した数} - \text{ゲルありで飛び出した数}}{\text{ゲル無しで飛び出した数}} \right]$$

と定義する。

反発係数が小さいほど衝撃吸収能力が大きく、5cmや10cmの高さから落とした時の線を見みると、左上がりになっている。

しかし、15cmや20cm、25cmでは、塩化ストロンチウムの衝撃吸収能力が塩化バリウムの衝撃吸収能力と同じ、もしくは下回っている。

⇒塩化ストロンチウムのゲルの強度が小さいからと考え、衝撃吸収能力とゲルの強度の関係をグラフにした。



この図から、ゲルの強度が小さすぎたり、大きすぎたりすると、衝撃吸収能力が小さくなるといえる。

これは、ゲルの強度が小さいと、衝撃に耐えることができないため、衝撃吸収能力が小さくなるからと考えた。

また、ゲルの強度が大きいと、衝撃をそのまま伝えてしまうため、衝撃吸収能力が小さくなる、と考えた。

【結論】

- ゲルの強度と反発係数
⇒直線的な関係なし
- ゲルの強度と衝撃吸収能力
⇒最適強度あり
- 反発係数と衝撃吸収能力
⇒反発係数が小さいほど衝撃をよく吸収するが、限度がある

【感想】

最初にしていた実験では、どのゲルが衝撃を一番緩和するかを求めることが出来なかったが、その失敗から、どのようにしたら衝撃を緩和するというのを調べられるのかというのに、逆転の発想を利かせることが出来たので、とてもやりがいのある実験だった。

塩化カルシウムを用いたゲルが衝撃を最も吸収することはわかったが、それを実用的にするにはどうすればいいのか、またゲルは乾燥すると硬くなり、衝撃を収められないので、どうすれば容易に保湿することが出来るのか、というのも今後の研究で調べていきたい。

【引用文献（参考文献）】

<http://www.kimica.jp/products/NaAlgin/>

(アルギン酸ナトリウム)

<http://www.kimica.jp/products/CaAlgin/>

(アルギン酸カルシウム)

http://www.asahi-net.or.jp/~NX5H-AKYM/ikura/jinzo_ikura.htm

(アルギン酸カルシウムの製法)

【脚注】

※1…アルギン酸ナトリウムの粉末の玉は完全につぶす。

※2…アルギン酸ナトリウムを溶液に入れると、間髪おかず反応を始めるので、出来るだけ早く滴下する。

※3…ここでいう“壊れる”というのは、ゲルの表面が裂けて、中の溶液が出てくることである。

※4…ゲルは非常に滑りやすいので、コルク栓にへこみを作りそこにゲルを置いて実験を行う。