

寒天ゲルを用いたスモールスケール化

3524 西尾 育真

3509 梶屋 昌史

要旨

寒天を用いて酸化剤、還元剤の強さを調べる実験のスモールスケール化を試みた。化学の授業で演示実験を行う際には、大量の試薬が必要であるため、寒天を用いて試薬の量を減らす方法を考察したものである。実験 1-1 では過マンガン酸カリウム (KMnO_4)、二クロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)、過酸化水素 (H_2O_2)、亜硫酸ナトリウム (Na_2SO_3)、ヨウ化カリウム (KI) を、それぞれ同濃度の寒天溶液に溶かして寒天を固め、二寒天間の電位差を計測した。全体に電位差は文献値より低い値を示したが、5 種類の試薬の酸化力の強さを比較することができた。実験 1-2 では、5 種類の寒天を正方形に接触させ、短時間に電位差測定を行えるように考えた。この実験でも酸化力の強さの順は実験 1-1 と同じ順番を示した。電位差は文献値より小さくなるが、酸化剤・還元剤の強さの順を決める実験としてスモールスケール化は達成できた。

実験 2 ではマンガン電池のスモールスケール化を試みた。これも演示実験を行う際に大量の試薬が必要になるため、塩化アンモニウム水溶液を寒天で固め、実験規模の縮小を試みた。電圧を計測したところ通常のマンガン電池に近い電圧が計測でき、使用する試薬の量を減らすことができたため、スモールスケール化は達成できたといえる。

1. 目的

実験の規模を縮小することにより、廃液の量を減らし環境に優しい実験としたり、試薬量が多く演示実験でしかできない実験を生徒ができる装置となるように工夫する。

2. 実験器具

○実験 1-1,1-2 で使用する器具

- | | | | |
|--|--------------------------|-------------|----------|
| ・粉末寒天 | ・純水 | | |
| ・過マンガン酸カリウム (KMnO_4) | } | 濃度 0.1mol/L | |
| ・二クロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) | | | |
| ・亜硫酸ナトリウム (Na_2SO_3) | | | |
| ・過酸化水素水 (H_2O_2) | | | |
| ・ヨウ化カリウム (KI) | | | |
| ・200mL ビーカー | ・300mL ビーカー | ・ガラス棒 | ・メスシリンダー |
| ・ホールピペット | ・ガスバーナー | ・三脚 | |
| ・金網 | ・サイエンスメイト (自動計測器・電圧センサー) | | |

○実験 2 で使用する器具

- ・粉末寒天
- ・塩化アンモニウム (NH_4Cl)
- ・二酸化マンガン (MnO_2)
- ・純水
- ・50mL ビーカー
- ・炭素棒 (鉛筆の芯)
- ・亜鉛板
- ・ガスバーナー
- ・三脚
- ・金網
- ・ガラス棒
- ・サイエンスメイト (自動計測器・電圧、電流センサー)

3. 実験

○実験 1-1 酸化剤、還元剤の強さを調べる実験のsmallスケール化

<目的>

酸化還元反応を実感できる生徒実験はあまりなく、過去に寒天容器の中に酸化剤、還元剤を入れて電位差を測るものがあったが (理数科の手引きによる)、生徒実験を行う時には寒天の使用量が非常に多くなってしまふ。smallスケール化によって、試薬の量を減らし、迅速な実験ができるように工夫する。

<手順>

1. メスシリンダーで測りとった純水 90mL を 200mL ビーカーに入れ、粉末寒天 1.0g を加えて加熱し、寒天を溶かした。
2. 寒天が固まらないぎりぎりの温度 (約 40°C) まで冷却した後、ホールピペットで試薬を 10mL 測りとり、ビーカーに加えた。このようにしてモル濃度を 0.01mol/L 寒天ゲルを作成した。
3. 300mL のビーカーにラップを敷いて移し、冷蔵庫で冷却し寒天を固めた。

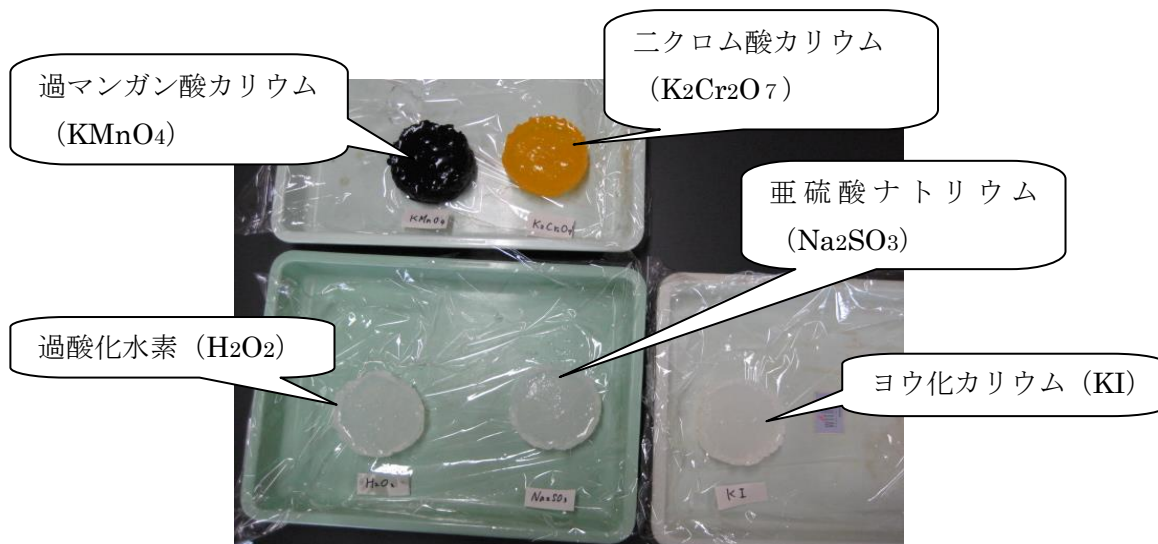


図 1 : 寒天になった様子

4. 寒天ゲルを体積が一定 (一辺 2cm の立方体) になるように切り出し、別の試薬で作成した寒天ゲルと接地させた。

5. サイエンスメイトを使い 0.1 秒間隔で電圧を 30 秒間（300 回）計測した。酸化剤にプラスを、還元剤にマイナスをつなぎ電圧をプラスの値で表示させた。

<実験図とモデル>

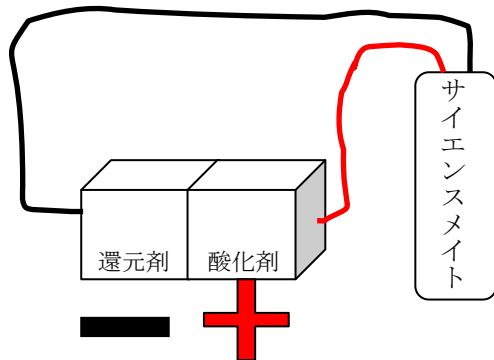


図 2



図 3

<結果>

下図はデータの一部。以下同様にデータを取る。

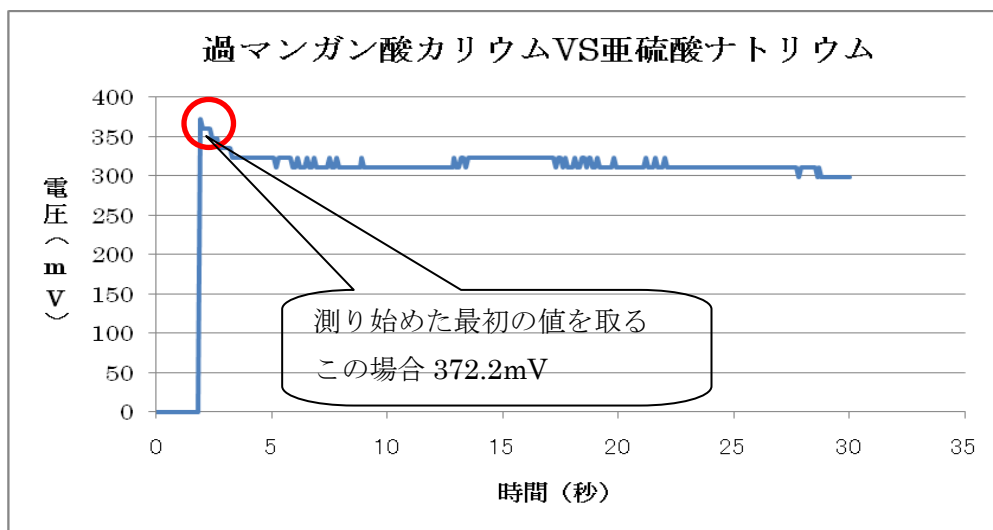


図 4

上図 4 のように計測を初めてから最初の値を抜粋し、表にまとめた。

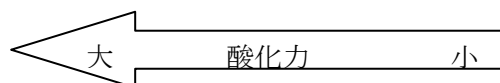
表 1 単位 (mV)

	KMnO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	H ₂ O ₂	Na ₂ SO ₃	KI
KMnO ₄		260.5	297.5	372.2	397.0
K ₂ Cr ₂ O ₇			285.4	235.7	335.0
H ₂ O ₂				210.9	198.5
Na ₂ SO ₃					186.1
KI					

表 2 電位差 (文献値) 単位 (mV) サイエンスビュー化学総合資料 実教出版より

	KMnO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	H ₂ O ₂	Na ₂ SO ₃	KI
KMnO ₄		340.0	2395	2630	2236
K ₂ Cr ₂ O ₇			2055	1190	1896
H ₂ O ₂				1593	2299
Na ₂ SO ₃					1036
KI					

表 1 より 5 種類の試薬を酸化剤の強い順に並べると下のようになる。



また、過マンガン酸カリウムや二クロム酸カリウムの色のついた寒天と、過酸化水素などの無色の寒天を接着させるとその場所が変色した。過マンガン酸カリウムと二クロム酸カリウムを接着させると二クロム酸カリウムが変色した。色の変化はどれも異なっていた。

<過マンガン酸カリウムの寒天と接触させた後の様子>



図 5 : ニクロム酸カリウム

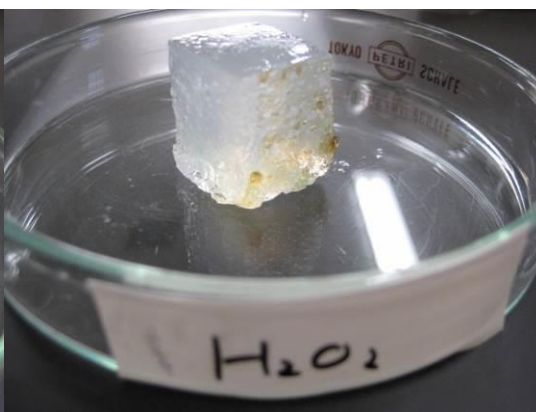


図 6 : 過酸化水素

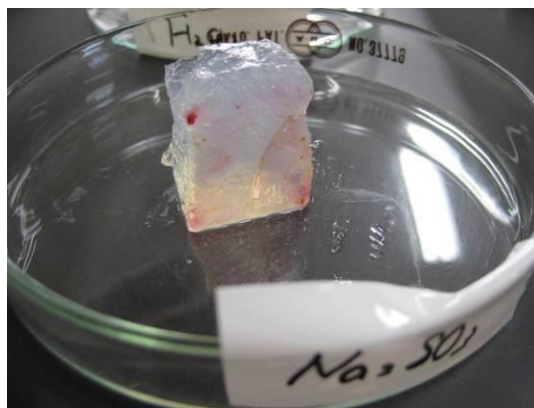


図 7 : 亜硫酸ナトリウム

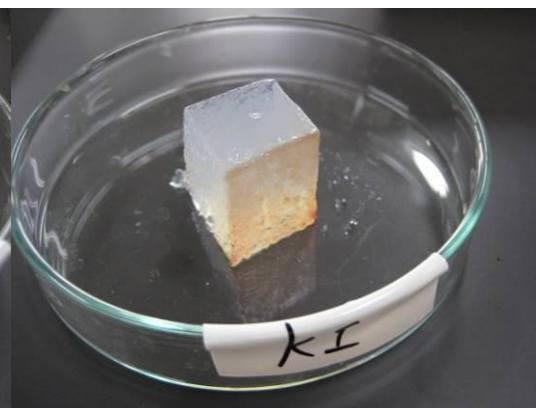


図 8 : ヨウ化カリウム

<考察>

- ・実験結果と文献値の電位差は大きく異なり、電位差の大きさの順序も違っている。電位差の大きさの違いは寒天を製作してから実験をするまでに時間を空けたことによって、あるものは自然に反応が進んでしまったからではないか、そのことで電位差の大きさの順序が違ってきたと考える。
- ・電位差の大きさが酸化剤の強い順を表すのではないということが分かった。
- ・過マンガン酸カリウムとほかの寒天を接触させた後にみられる色の変化から寒天中のイオンが移動していることが予想される。

○実験 1-2 5種類の寒天を正方形に並べて電圧を計測する

<目的>

一度に 5 種類の試薬の酸化力の強さ（還元力の強さ）の順を迅速に計測できるようにする。

<手順>

1. 切り出した寒天を下図のように並べる

D	E	B
B	A	C
C	D	E

図 9

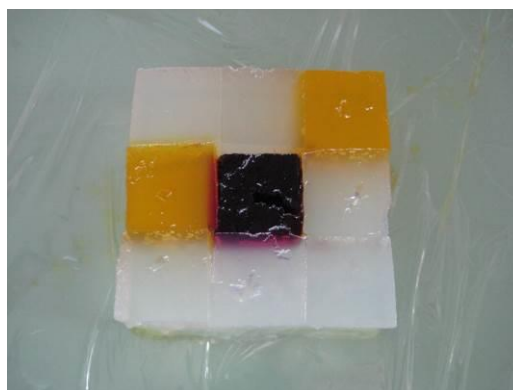


図 10

A:過マンガン酸カリウム B:ニクロム酸カリウム C:過酸化水素 D:亜硫酸ナトリウム
E:ヨウ化カリウム

2. 図 10 のように隣り合う寒天同士の電圧の強さと流れる向きを 0.1 秒間隔で 30 秒間計する。

<結果>

表 3 単位 (mV) 実験 1 と同じ方法で実験結果をまとめると下表 3 のようになる。

	KMnO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	H ₂ O ₂	Na ₂ SO ₃	KI
KMnO ₄		297.8	260.5	656.7	595.5
K ₂ Cr ₂ O ₇			173.3	223.3	235.7
H ₂ O ₂				148.9	161.3
Na ₂ SO ₃					111.7
KI					

<考察>

・実験 1-1 の結果より、電圧がプラスの値を示すように接続して計測すると同じ向きの電圧が計測された。よって 5 種類の寒天を一度に並べても、酸化力の強さを調べることができる。

・実験 1-1 の結果と比較すると、電位差の大きさの大小が一致しなかった。今後の課題として何度も実験を行い検証していきたい。

○実験 2 マンガン電池のスマールスケール化

<目的>

マンガン電池の演示に使うには、電池キットは容器が大きいため使用する試薬の量が多くなってしまう。生徒実験をするには向いてないことから、実験の規模を小さくし生徒実験が行えるようにする。

<手順>

1. 純水 50mL を 100mL ビーカーにとり、粉末寒天 0.50g、塩化アンモニウム 0.53g を加熱して溶かし寒天溶液 (①) を作った。これとは別に、加える粉末寒天の量を①よりも少し減らしてやわらかい塩化アンモニウムの寒天溶液 (②) を作った。
2. 50mL ビーカーにセルを立たせ①の寒天溶液を流し込み冷却する。①が固まった寒天からセルを抜いた。
3. ②はそのまま冷却した。②の寒天をガラス棒で混ぜてゲルからゾル状にし、二酸化マンガンを加えてよくかきまぜた (③)。



図 11 : 手順 1 の状態

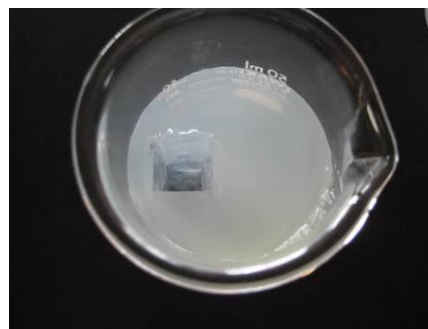


図 12 : 手順 2 の状態

4. セルを引き抜くことによってできた寒天の空間に③を流し込んだ。
5. 亜鉛板と、炭素棒を図 13 のようにセットし電圧、電流を計測した。

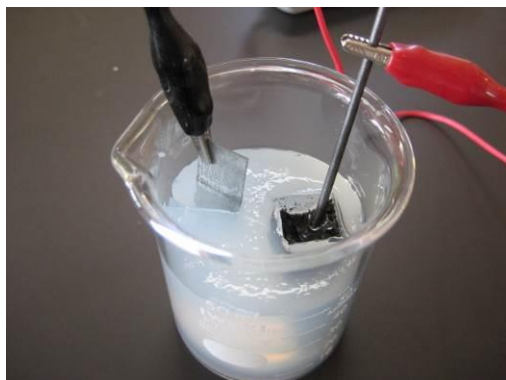


図 13：手順 5 の状態

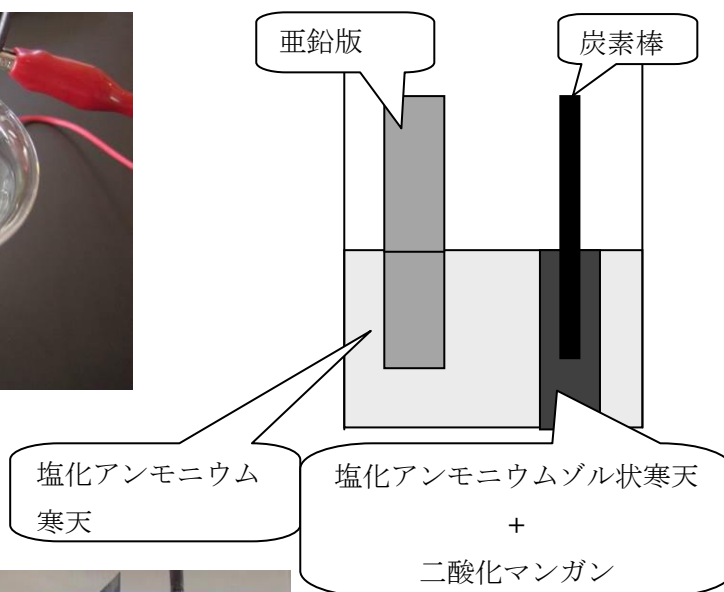


図 14：図 13 のモデル図



図 15：装置の比較（左：スモールスケール 右：通常スケール）

<結果>

表 4 実験 1-1、1-2 と同じ方法で計測した結果を集計し、以下の表 4 にまとめた。

	マンガン電池	スモールスケール
電圧	1283mV	1315mV
電流	31.1mA	20mA

また、演示実験で使用する試薬、廃液の量とスモールスケール化したときの試薬、廃液の量を比較し、以下の表 5 にまとめた。

表 5

	マンガン電池	スモールスケール
塩化アンモニウム	500ml (水溶液)	50ml (寒天)
二酸化マンガン	42.15g	3.00g

<考察>

- ・塩化アンモニウム水溶液を寒天にすることで、試薬の量と廃液の量を減らすことができ、電圧の大きさはほとんど変わらなかった。このことからスモールスケール化は成功したといえる。
- ・塩化アンモニウム寒天を用いればビスキングチューブを使用しなくても実験ができることが分かった。(ビスキングチューブ：二酸化マンガンを入れる半透膜の袋)

4. 今後の展望

- ・実験 1-1、1-2 では酸化力の強さを調べることができたが、電位差の大小が文献値と一致しないところがあったので、実験を続けて検証していきたい。
- ・過去の実験でダニエル電池を寒天を用いてスモールスケール化をしているので、今回のマンガン電池以外にも寒天を用いて電池のスモールスケール化を考えていきたい。また電池にこだわらず、演示実験を生徒が行うことができるように工夫していきたい。

5. 感想

- ・実験 1-1、1-2 では過マンガン酸カリウムの寒天を作るのにとっても苦労した。ほかの4種類の寒天ができて過マンガン酸カリウムの寒天だけうまくできなくて実験ができないことがあった。しかし作り方を工夫して寒天ができるようになった時はうれしかった。4月から始めた研究ではあるが、結果を出すことができてよかった。(西尾)
- ・この実験を通して、酸化・還元における電子のやり取りや電位の生じる様子について、よりはっきりとイメージできるようになりました。(梶屋)

6. 謝辞

この研究をするにあたり協力してくださった先生方、ありがとうございました。

7. 参考文献

- ・岐阜県立恵那高等学校 平成 25 年度サイエンスリサーチⅢ「実験器具のスモールスケール化」
- ・サイエンスビュー化学総合資料 実教出版
- ・化学便覧改訂 5 版