

1. 実験の目的

~~コロイドとはどのような状態か、それが分子やイオンとどのように異なる物性を持つかを調べる。~~
コロイドとはどのような状態か、それが原子、分子やイオンとどのように異なる物性を持つかという
ことを、透析、凝析、チンダル現象、ブラウン運動、電気泳動というコロイド特有の現象を実験で
確認する事によって調べ、コロイドとは何かということを理解する。

2. 概要

大きさが 0.1nm 程度の粒子である原子、分子やイオンなどが集まって直径 500nm 程度、原子数に
して $10^3 \sim 10^9$ 個程度になると別の物性が現れる。このような集合体が微粒子として液体や気体に分散
している状態をコロイドという。

コロイドは原子、分子やイオンと違って、透析、凝析、塩析、チンダル現象、ブラウン運動や電気
泳動といった現象を引き起こす。~~それらの現象を実験で確認することによってコロイドとは何かとい
うことを理解する。~~

3. 実験操作、結果および考察

(ア) 実験 1 コロイドの調整

ビーカー(300mL)に蒸留水を約 50mL 取り、加熱して沸騰させた。

沸騰した状態を維持したまま 1mol/L の塩化鉄(III)水溶液 1.5mL をこまごめピペットで一滴ず
つ滴下した。

こうして作り出した水酸化鉄(III)のコロイド溶液を①と呼ぶことにした。

ここで、生じている化学的変化は沸騰している水に塩化鉄(III)水溶液を加えた段階で生じた、
$$\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$$

という、沸騰水に塩化鉄(III)の濃い水溶液を一滴ずつ加えた時に生じる加水分解の反応で、そ
れによってこの操作では水酸化鉄(III)の疎水コロイドが生じていた。

(イ) 実験 2 透析

① 操作

ビーカー(500mL)に蒸留水を 150mL 入れ、60℃になるまで加熱した。

①を片方の端を折り返して紐で縛ったセルロースチューブの中に入れて、加熱した蒸留水
が入っているビーカー(500mL)に入れた。

そうして 10 分間透析して、①の入ったセルロースチューブを取り出した。

ビーカー(500mL)内の透析水をこまごめピペットで 0.5mL 取り試験管に入れた。

その試験管に蒸留水 10mL を加えた。

その試験管の中身をよく振り混ぜた後、1%硝酸銀水溶液 10 滴を加えて白濁の程度を見た。

この手順を更に 2 回繰り返した。

その後、セルロースチューブ内の①をビーカー(300mL)に移した。このコロイド溶液を②
と呼ぶことにした。

3 回目の透析の時にビーカー(500mL)に残った透析水を③と呼ぶことにした。

② 透析水の白濁試験結果とその考察

透析 1 回目、2 回目と 3 回目の透析水について行った 1%硝酸銀水溶液を 10 滴加える実験
の結果すなわち、白濁の程度は以下の通りである。

1 回目：白濁有り 2 回目：白濁有り 3 回目：薄い白濁有り

透析水と蒸留水と 1%硝酸銀水溶液の混合物は硝酸銀性の水溶液であり、それが白濁する
のは、その水溶液中に Cl^- 、 Br^- などが存在する時であるので、実験 2 の作業を通して、①か
らセルロースチューブを通して Cl^- が透析水に移動したことが確認されたことになる。

白濁の程度から 2 回目と 3 回目の実験の間に現象の差があることが見受けられた。これは、透析を繰り返す度に①から透析水に移動する Cl^- の量が減ったため、生じる沈殿の量が減少したからだと考えられる。

(ウ) 実験 3-1 凝析

① 操作

12.2g の塩化カリウム(KCl)をビーカー(50mL)に入れ、30mL 程度の蒸留水で溶かした。

その塩化カリウム水溶液をメスフラスコ(50mL)に移した。

ビーカー(50mL)内を蒸留水ですすぎ、それもメスフラスコ(50mL)に注いだ。これを 3 回繰り返した。

このメスフラスコ(50mL)の標線まで蒸留水を加え、3.0mol/L の塩化カリウム水溶液を調整した。

この塩化カリウム水溶液を④と呼ぶことにした。

試験管 5 本に④をメスピペットで 1.02mL、1.99mL、2.99mL、4.00mL、4.99mL 取った。

その試験管に蒸留水をメスピペットで 3.99mL、3.00mL、2.00mL、1.00mL、0mL ずつ加えた。

それぞれの試験管に②をホールピペット(5mL)で 5.00mL ずつ加えた。

以上の操作によって、それぞれの水溶液中の塩化カリウムの濃度は、

0.301mol/L、0.598mol/L、0.899mol/L、1.20mol/L、1.50mol/L、となっていた。

最後に、それぞれの試験管をよく振って内容物をよく攪拌して、その後 30 分放置した。

② 結果

30 分後試験管を確認したところ、1 本目の試験管から順に下記のような結果となった。

沈殿なし、沈殿なし、沈殿なし、沈殿少し有り、沈殿有り

よって、3 本目と 4 本目の試験管の間に沈殿が生じるかどうかの境目があると分かった。

③ 求められた凝析価

この実験によって、求められた凝析価は沈殿を生じるために必要な最低限の塩化カリウム水溶液の濃度であるので、3 本目と 4 本目の試験管の間の濃度である。

よって、3 本目の塩化カリウム水溶液の濃度が 0.899mol/L、4 本目の水溶液の濃度が 1.20mol/L であるので、求められた凝析価はその間にあることが分かった。

よって、凝析価は 0.899mol/L から 1.20mol/L の間の値である。

(エ) 実験 3-2 凝析

① 操作

7.0g の硫酸カリウムをビーカー(500mL)に入れ、200mL 程度の蒸留水で溶かした。

その硫酸カリウム水溶液をメスフラスコ(500mL)に移した。

このビーカー(500mL)を蒸留水ですすぎ、メスフラスコ(500mL)に注いだ。これを 3 回繰り返した。

このメスフラスコ(500mL)の標線まで蒸留水を加え、 8.0×10^{-2} mol/L の硫酸カリウム水溶液を調整した。

その硫酸カリウム水溶液をホールピペットで 5.0mL とり蒸留水ですすいだメスフラスコ(500mL)に入れた。

このメスフラスコ(500mL)の標線まで蒸留水を加え、 8.0×10^{-4} mol/L の硫酸カリウム水溶液を調整した。

この硫酸カリウム水溶液を⑤と呼ぶことにした。

試験管 5 本にそれぞれ⑤をメスピペットで 1.00mL、2.00mL、3.00mL、4.00mL、5.00mL 取った。

その試験管に蒸留水をメスピペットで 4.00mL、3.00mL、2.00mL、1.00mL、0mL ずつ加えた。

それぞれの試験管に②をホールピペット(5mL)で 5.00mL ずつ加えるはずだったが、実験 1 での操作課程の変更(本来ならば 150mL の蒸留水を加えるところを 50mL に手順が急遽変更された)のために、②の残量が足りなくなること気がつかずに実験を進めてしまっていたため、ここで実験 3-2 の操作を中止した。

② 結果

実験不成立

③ 求められた凝析価

実験不成立

(オ) 実験 3 追加レポート

① 凝析価とは何か?

凝析価とは、一定時間内にコロイド溶液を凝結させるのに要する添加物質の最小濃度のことである。

② 塩析と凝析の違いについて述べよ

両者は共に液体や気体に分散している微粒子が集合して大きな粒子をつくる現象、または大きな粒子を作りついに沈殿する現象のことである。

溶液において凝析は一般に疎液コロイドで起こり、塩析は親液コロイドで起こる。

凝析はコロイド粒子が自らの電荷によって液体などに分散しているところに、反対符号のイオンを吸着させることで、安定性の主因である粒子の電荷が中和されることで起こる。

塩析は低分子有機化合物やセッケンなどでは、イオンの水和力によって、次のように説明される。加えた塩類がその水和力で周りの水分子を水和水として固定し、溶質に対して有効な水分子が減少し溶質が析出するということである。

(カ) 実験 4 電気泳動

① 操作と装置

②をこまごめピペットで 2.8mL 取り、ビーカー(50mL)に移した。

そこに蒸留水 7.2mL の蒸留水を注ぎ 10mL の溶液とした。

そこに 1.0g のショ糖を加え、よくかき混ぜて溶かした。

それを U 字管にこまごめピペットを用いて、両端に 4cm の未充填部分ができるように入れた。

その U 字管の両端にそれぞれ③を 2cm の深さになるまで静かに加えて界面を作った。

両端の透析水(③)の部分に電極を挿入し、60V の直流電圧をかけコロイド溶液と無色の透析水の界面の移動を 10 分間隔で 30 分間観察した。

② 結果と考察

実験の結果を記す。

10 分後：②が陰極の側に少し寄った。

20 分後：②が更に陰極の側に移動した。

30 分後：②が陰極の側に更に偏った。

以上の結果から、水酸化鉄(III)の水溶液中のコロイドは正に帯電していることが分かった。

(キ) 実験 5 限外顕微鏡による観察と考察

ブラウン運動が観察された。

ブラウン運動というものがテキストに載っているだけの現象でなく、目で確認しその実在を認識した。

(ク) 実験 6 チンダル現象の観察と考察

チンダル現象の有無の観察結果は、水道水はなし。蒸留水はなし。食塩水はなし。砂糖水はなし。硫酸銅水溶液はなし。コーヒーは有り。クリーミングパウダーは有り。食器用洗剤は有り。

考察、水道水や蒸留水、食塩水、砂糖水と言った、見るからに透明な水溶液では見た通りチンダル現象は確認されなかった。また、コーヒーやクリーミングパウダーの溶液なども予想通り、チンダル現象が確認された。その一方で、硫酸銅水溶液や食器用洗剤は私の予想を裏切り、前者はチンダル現象が確認されず、後者はチンダル現象が確認された。

透明で漂っているものの存在しない水道水、蒸留水、食塩水、砂糖水はそのままコロイド溶液ではなくチンダル現象が確認されなかった。一見コロイドの存在があるようにも見えた硫酸銅水溶液でチンダル現象が確認されなかったことは予想外だったが、硫酸銅水溶液にコロイドが存在しないことが分かった。逆にコーヒーやクリーミングパウダーのようなコロイドの存在が見取れるようなものはそのままチンダル現象が確認され、見た目と現象のイメージの相関を確認した。また、透明に思えた食器用洗剤でチンダル現象が確認されたことは、一見透明に見えるだけではコロイド粒子の有無を判断することができないと分かった。

4. 任意・追加レポート

(ア) コロイドとは何か？

0.1nm 程度の大きさの原子や分子、イオンなどが $10^3\sim 10^9$ 個程度集まって、500nm 程度の大きさになったものが、気体や液体、固体に分散しているもの。

(イ) コロイドの分類、種類

コロイドは、コロイド粒子の構成状態からみて、3次元のコロイド、2次元のコロイド、1次元のコロイドに分けられる。

3次元のコロイド次元を持つ粒子コロイドには、タンパク質や弾性ゴムなどの分子コロイド、石鹸などがつくるミセルコロイド、金ゾルなどの粒子コロイドがある。

2次元のコロイド次元をもつ糸状コロイドには繊維がある。

1次元のコロイド次元をもつ膜状コロイド水面上の薄い油膜のような油膜コロイドがある。

また、分散質であるコロイド粒子と分散媒との親和性において、親液コロイドと疎液コロイドに分類できる。

そして、粒子コロイドの場合、分散質と分散媒の関係から固体、液体、気体のそれぞれの組み合わせ 9 種類のうち気体・気体の組み合わせを除いた 8 種類(固体・固体、固体・液体、固体・気体、液体・固体、液体・液体、液体・気体、気体・固体、気体・液体)に分類することができる。

(ウ) コロイドの性質

大きさが 0.1nm 程度の粒子である原子、分子やイオンなどが集まって直径 500nm 程度、原子数にして $10^3\sim 10^9$ 個程度になったものが液体や気体などに分散して、透析、凝析、塩析、チンダル現象、ブラウン運動、電気泳動などの現象を引き起こすもの。

5. 反省・感想

実験手順の変更とそれに伴う影響を類推する能力が平然と求められた。様々な影響のもとで如何にして全ての目標を達成するか、状況の変化を理解しそれによって発生する 2 次的な影響を類推してその影響を排除する対策を講じる能力を身につけたい。