

人工死海

2514 木村公士郎 2516 倉田凌磨 2524 服部想生 2608 勝川敦貴

要旨

死海の中にある物体にはたらく浮力よりも大きな浮力がはたらく水溶液を作るという目的で研究を始めた。死海の成分を調べたところ、主要成分は NaCl, CaCl₂, MgCl₂, KCl であることが分かった。この 4 つの溶質が入った飽和水溶液を作ることができれば、死海と同等の浮力の水溶液になると考えた。まず、各溶質 1 種類の飽和水溶液にどれほどの浮力がはたらくのか調べた。水溶液の溶質が 1 種類の場合、飽和水溶液の濃度は死海の濃度には及ばなかった。今後、水溶液中の溶質を 2 種類、3 種類と増やしていく。

1. 背景

ヨルダンとイスラエルの国境にある死海の塩分濃度は海水の塩分濃度が約 3% に対し約 30% と非常に高い。そのため、ほとんどの生物は生息することはできない。「アルキメデスの原理」より、浮力と水溶液の密度が比例の関係にあるため、通常の海水よりも塩分濃度の高い死海では水溶液の密度が大きく、通常の海水より浮力が大きくなると考えられている。そして私たちはこの性質に注目して、死海より塩分濃度の高い水溶液を作り様々なものを浮かせてみたいと考えた。

2. 仮説

水溶液の濃度が高くなると密度も大きくなることから濃度と浮力は比例の関係があるといえる。死海の成分は塩化マグネシウム (MgCl₂) が 50.8%, 塩化ナトリウム (NaCl) が 30.8%, 塩化カルシウム (CaCl₂) が 14.4%, 塩化カリウム (KCl) が 4.4% であることから、この中の一つの物質を飽和水溶液になるまで溶かせば死海と同等の浮力を得られると考えた。

3. 理論

おもりにはたらく浮力を作用とするとき反作用は水にはたらく、その力が電子ばかりにはたらく。電子ばかりの値に重力加速度をかけると、浮力の大きさが求められる。

4. 実験① 塩化ナトリウム水溶液の浮力の測定

4-1 方法

- ・精製水 100ml を 100ml ビーカーに入れる。
- ・電子ばかりで塩化ナトリウムを 5g ずつ計る。
- ・精製水の中に計った塩化ナトリウムを入れて固体が溶けきるまでよく混ぜる。
- ・写真①のようにばねばかりにおもり (50g) をつるして電子ばかりの上で浮力の大きさを測定する。

実験器具

- ・ニュートンバネばかり
- ・電子ばかり
- ・おもり (50g)
- ・塩化ナトリウム
- ・ビーカー
- ・スタンド
- ・ガラス棒



図1 浮力測定の様子

4-2 結果①

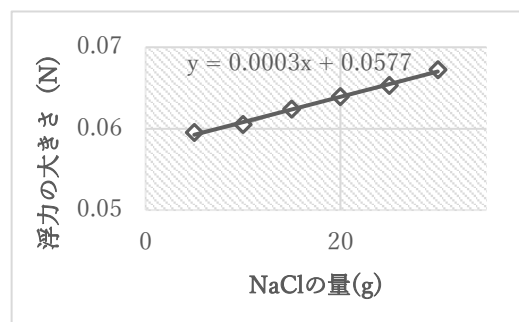


図2 NaCl 水溶液の浮力の大きさ

溶けている塩化ナトリウムの量が多いほど浮力の大きさは大きくなった。また、近似曲線は一次関数のグラフになった。

4-3 考察①

近似曲線が一次関数になったことから塩化ナトリウムの濃度と浮力の大きさは比例していることが分かる。死海の濃度に達する前に塩化ナトリウム水溶液の溶解度に限界が来たため、ただ溶かすだけでは死海同等の濃度の水溶液を作ることはできないと考える。

5. 実験② 塩化カルシウム水溶液の浮力の測定

溶解度の大きい塩化カルシウムを用いて死海の濃度に近い水溶液を作る。実験①と同様の条件で塩化カルシウムの浮力の大きさを計測する。実験器具は実験①の塩化ナトリウムを塩化カルシウムに変えたものとする。

5-1 仮説

塩化ナトリウムの浮力の大きさよりも浮力の値は大きくなる と考える。

5-2 結果②

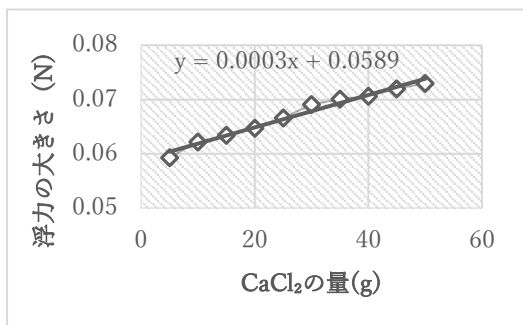


図3 CaCl₂水溶液の浮力の大きさ

5-3 実験②中止

塩化カルシウムを溶かしていると発熱反応が起こり水溶液の温度が上がって溶解度が大きくなったため100ml ビーカーから水溶液があふれてしまった。途中から容器を200ml ビーカーに変えたため実験を一時中断した。発熱反応による温度変化を打ち消すための工夫が必要である。

6. 実験③ 塩化カリウム水溶液の浮力の測定

塩化カリウムの化学的性質は発熱反応が起こらないという点で塩化ナトリウムと似ているため、実験③の実験方法は実験①と同じ条件で行う。

6-1 結果③

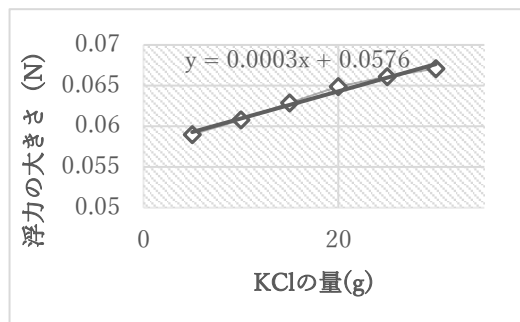


図4 KCl水溶液の浮力の大きさ

塩化ナトリウムの実験の結果と同様に塩化カリウムの量が多いほど浮力の大きさは大きくなった。塩化ナトリウムと比較して溶解度が小さかった。

6-2 考察③

塩化カリウムは、発熱反応しない物質のため正確な実験が行えたが、やはり溶解度が小さかったため、死海の濃度には到達しなかった。

7. 実験④ 塩化マグネシウム水溶液の浮力の測定

7-1 仮説

死海の成分のうち塩化マグネシウムが50.8%と最も高い割合を占めるため、死海の主要成分4種類のうち一番浮力が大きい結果が得られる。

7-2 結果④

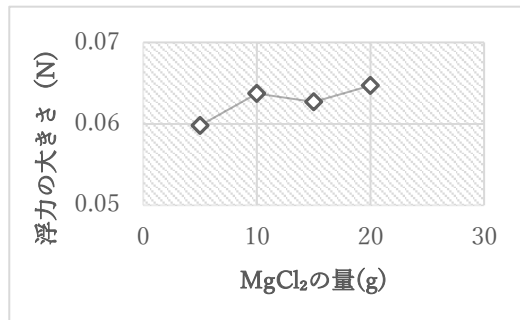


図5 MgCl₂水溶液の浮力の大きさ

7-3 実験④中止

塩化マグネシウムが六水和物であったため塩化マグネシウムが1 mol電離すると水は6 mol電離する。塩化マグネシウムを入れるたび水が増えて100ml サイズのビーカーから水溶液があふれてしまったため実験を中断した。

8. 実験⑤ 塩化ナトリウムと塩化カリウムの混合液の浮力の測定

8-1 仮説

塩化ナトリウム単体の浮力の値よりも塩化ナトリウムと塩化カリウムの混合液のほうが大きくなると考える。

8-2 方法

塩化ナトリウムを30g 溶かした水溶液に5g ずつ塩化カリウムを加えていき浮力を測定する。

8-3 結果⑤

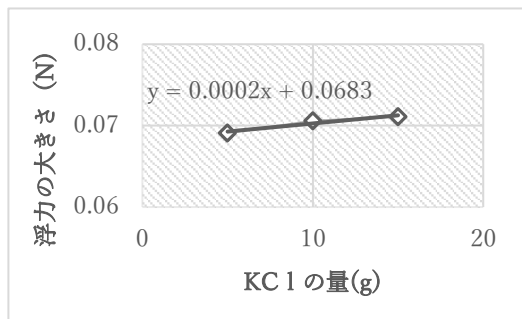


図6 KCl 水溶液の浮力の大きさ

塩化ナトリウムを30g 溶かした水溶液に塩化カリウムを溶かすことができた。しかし、塩化カリウムを15g 溶かしたところで溶け残りが出た。

8-4 考察⑤

実験結果より、溶質によっては飽和した水溶液の中にさらに別の溶質を溶かすことができることが分かった。この水溶液に3種類目の溶質を溶かすことができるならば、さらに浮力を

大きくすることができると思う。しかし、溶け残りが出たため、水溶液の濃度が分からなくなってしまった。そのため、水溶液の密度を求める実験を行う。

9. 実験⑥ 混合液の密度の測定

9-1 理論

水溶液の密度は単位体積当たりの質量であるので、水溶液の密度を導出するためには水溶液の体積と質量を調べる必要がある。体積を計るため、メスシリンダーに水溶液を入れる。水溶液が中に入ったままのメスシリンダーの質量を計り空のメスシリンダーの質量を引けば、水溶液の質量が導出できる。

9-2 実験⑤で作成した混合液の密度測定

混合液に塩化カリウムの溶け残りが出たのでろ過をして、飽和水溶液だけを取り出し、飽和水溶液の密度を導出する。

9-3 結果⑥

メスシリンダーの質量 123.75g
メスシリンダーと水溶液の質量 246.02g
水溶液の質量 122.27g
水溶液の密度 1.22g/cm^3
水溶液の密度が 1.22g/cm^3 となり死海の密度 1.33g/cm^3 に非常に近い値になった。

9-4 考察⑥

異なる種類の溶液を溶かすことで水溶液の密度が死海の密度に近づいた。実際の死海は4種類以上の物質が混合してできており、溶かす物質の種類、物質の組み合わせによっては死海の密度を超えることが可能であると思う。

10. 今後の展望

実験⑥でろ過した水溶液は、塩化ナトリウムと塩化カルシウムの飽和水溶液であると考え3種類目の溶質をさらに追加したいと考える。また、死

海の成分を再現した水溶液を作り，その溶液の中に，さらに溶質を溶かすことができるなら死海の密度を超える溶液を作ることができると考えられるため，そのような実験を行う。さらなる実験のために，潮解性と発熱反応で実験に誤差が出ないようにする工夫を考えていく必要がある。

1 1 . 参考文献

人体密度ならびに体脂肪量の年齢別推移について 蜂須賀弘久 水野勇 山岡誠一 吉村寿人

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsnfs1949/23/1/23_1_46/_pdf/-char/ja

物が水に溶けることのイメージの劇的な変容 萩原憲二

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/64/4/64_166/_pdf

死海の水から豆腐・トラウベの人工細胞
-濃度の効果的な授業展開-

岩田久道 桂田和子

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/55/4/55_KJ00007514605/_pdf/-char/ja

イスラエルの温泉と死海
大島良雄

https://www.jstage.jst.go.jp/article/onki1962/51/3/51_3_173/_pdf/-char/ja

死海とは

<https://kotobank.jp/word/%E6%AD%BB%E6%B5%B7-72334>

塩分濃度による浮力操作の限界

<https://www.jst.go.jp/cpse/jissen/pdf/houkou/ku/TK150008-A-16127.pdf>