

# 人工死海

3610 木村 公士郎 3517 倉田 凌磨 3523 服部 想生 3511 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, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, 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、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% であるのに対し約 30% と非常に高い。「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、死海より密度が大き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 (MgCl<sub>2</sub>) が 50.8%, 塩化ナトリウム (NaCl) が 30.8%, 塩化カルシウム (CaCl<sub>2</sub>) 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 浮力の測定方法

水溶液が入ったビーカーを電子ばかりの上に置く。水溶液の中におもりを入れた時、おもりに はたらく浮力を作用とすると、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。
- ・図 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

### 4-2 結果①

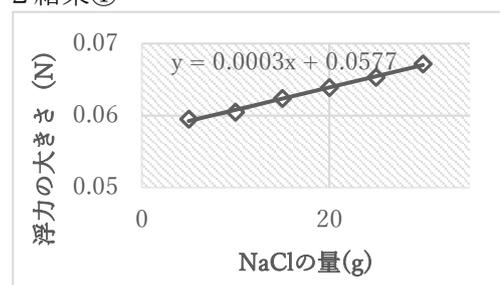


図 2

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

グラフの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

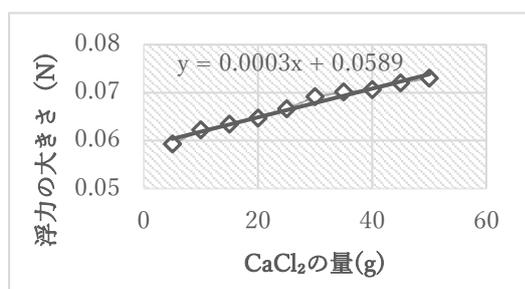


図 3

#### 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た。これにより、溶解度が大きくなり 100ml ビーカーから水溶液があふれてしまったため実験を一時中断した。

#### 5-4 考察

水溶液があふれるまでは、グラフの近似曲線は一次関数になったため塩化カルシウムの濃

度と浮力の大きさは比例していることが分かる。また、塩化カルシウムは発熱反応を示したが、グラフの近似曲線は一次関数になったため発熱反応は浮力の増減には関係ないことが分かった。水の温度が上がれば溶ける量が増え密度が大きくなって浮力は大きくなるが、死海の再現が目的の実験のため、水溶液の温度は死海の海水温の範囲内で行う必要がある。そのため次からは、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

実験②をふまえて塩化カリウムの化学反応について調べたところ、水との反応過程で発熱しないことが分かったため、実験①と同じ条件で実験を行う。

#### 6-1 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。

#### 6-2 結果③

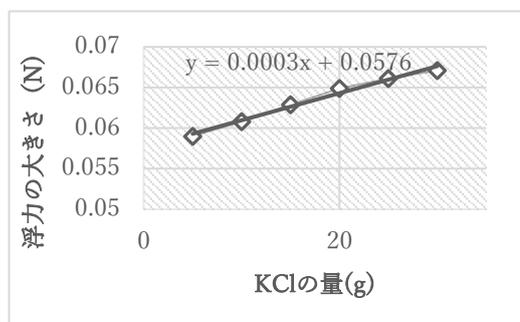


図 4

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。

#### 6-3 考察③

塩化カリウムのグラフの近似曲線が一次関数になったことから塩化カ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。溶解度が小さいことから、塩化カリウムだけでは死

海同等の濃度の水溶液を作ることはできないと考える。

## 7、実験④ 塩化マグネシウムの浮力の測定

### 7-1 仮説

死海の成分のうち塩化マグネシウムが50.8%ともっとも高い割合を占めるため、死海の主要成分4種類のうち最も浮力が大きくなると考える。

### 7-2 結果④

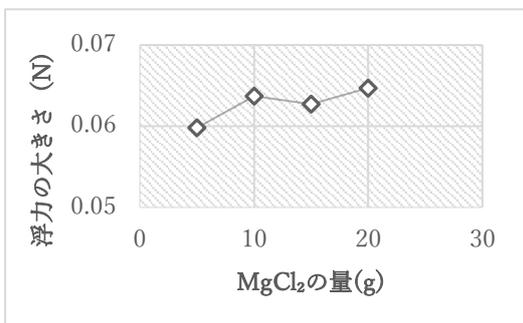


図 5

### 7-3 実験④中止

塩化マグネシウムは六水和物である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

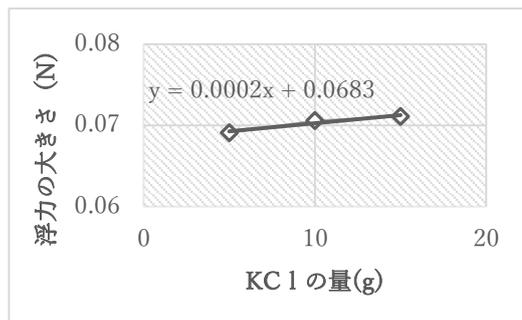


図 6

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解残りが出た。

## 8-4 考察⑤

水に溶かす溶質を2種類にすることによって水に溶ける溶質の量が増えた。これにより、水溶液の密度が大きくなり、浮力が大きくなった。溶質の組み合わせによっては、100mlあたりに溶ける溶質の量を増やすことができると考える。

今回の実験では、溶解残りが出たため、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混合液の密度測定

塩化ナトリウムと塩化カリウムの混合液に溶解残りが出たため、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<sup>3</sup>

水溶液の密度が 1.22g/cm<sup>3</sup>となり死海の密度 1.33g/cm<sup>3</sup>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考えられる。

## 10, 実験⑥

飽和状態の塩化ナトリウム水溶液に塩化カリウムを溶かし浮力を測定する。

### 10-1 仮説

実験⑤で 30g の塩化ナトリウム水溶液に塩化カリウムを溶かすことができたので、飽和状態の水溶液に溶かすことができれば、さらに大きな浮力を得られると考えた。

### 10-2 方法

飽和状態の塩化ナトリウム水溶液に塩化カリウムを 0.5g ずつ溶かしていく。

### 10-3 結果

飽和状態の塩化ナトリウム水溶液に塩化カリウムは溶けなかった。

### 10-4 考察

飽和状態の水溶液にさらに物質を溶かし、浮力を大きくすることは、不可能だと考える。

## 11, 今後の展望

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

海の密度を超える水溶液を作ることができると考える。また、死海に含まれているが、正確に実験ができなかった塩化カルシウムと塩化マグネシウムについても、死海の浮力に関係していると考えられるため、実験の条件を整理し、浮力の測定を行う。

## 12, 参考文献

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](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](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/onki19/62/51/3/51\\_3\\_173/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/onki19/62/51/3/51_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/TK150008-A-16127.pdf>