

過冷却

ー氷点下で存在する水ー

執筆者名^{(1)*}, 遠田咲希⁽¹⁾, 藤本愛衣¹⁾, 淵上優⁽¹⁾

⁽¹⁾延岡高等学校 Nobeoka High School

Abstract 水の過冷却に興味を持ち、これを実際にやってみたところ、急激に結晶が形成される中で、衝撃を与えた温度により結晶のでき方や大きさが異なることに気づいた。そこで過冷却を発生させる温度と結晶のでき方の規則性について探求した。様々な温度下での結晶の形成の様子と結晶の大きさを比較する実験を行い、温度が高いほどゆっくりと凝固して大きな結晶ができ、温度が低いほど急速に凝固して小さな結晶ができることがわかった。このことから、過冷却を発生させる温度と氷の結晶のでき方には規則性があると考えられる。また温度が低いほど急速に凝固する要因については、凝固点すなわち0℃からの差が大きいためより不安定な状態で水分子が存在することがあげられ、結果として温度上昇が急激になったと考察できる。今後の展望としてより正確な実験結果が出るように、周囲の条件を同一にして過冷却の温度と速さの関係を数値化することと実験の規模を大きくし比熱を上げることで、より温度の低い過冷却状態を安定してつくることとがあげられる。

Keyword 過冷却 / 結晶 / 温度

1. 序論

(1) 研究背景

近年、産業において過冷却は重要な役割を担っている。その例として、臓器移植時の臓器の保存技術や食品の鮮度を保つ食品冷凍などがあげられる。これらは過冷却の性質を利用したものでありとても興味深く感じた。しかし過冷却時の温度による結晶のでき方については詳しく解明されてなかったため、今回の研究に至った。

(2) 研究の目的(or動機or意義)

化学の授業で過冷却について教わった。そこで実際にやってみたところ、過冷却の温度によって氷の結晶のでき方に違いがあることが分かった。本研究では、過冷却の温度と氷の結晶のでき方の規則性を見出すことを目的とする。

(3) 過去の研究成果

水の結晶である氷晶が生成するためには、氷核が必要である。水道水は蒸留水と比べて、微粒子が多く含まれ、氷の結晶核が生成しやすい。よって本研究では、蒸留水を用い、実験を行う。

「横山(2012)」「荒井,渡辺(1987)」

(4) 研究仮説

既習範囲での「結晶」の知識の1つとして、地学分野の火成岩があげられる。これらの結晶の形成の特徴は氷の結晶の形成についても同様のことがいえるのではないかという仮説を持った。

2. 調査方法

(1) 材料

試験管、ビーカー、塩、蒸留水、発泡スチロール、絵の具、電子温度計、デジタルマイクロスコープ(15倍)

(2) 調査方法(or実験方法)

着色した蒸留水15mlが入った試験管を冷却する。目標温度に到達した時点で試験管を取り出し、冷やしたピンセットを同じ高さから落とし衝撃を与え、過冷却を行う。結晶のできる速さや大きさを比べる。目標温度は-1℃、-3℃、-5℃にする。

(3) 冷却装置

氷水が入ったビーカーに塩を入れることで、凝固点降下を起こし、ビーカー内の温度を-10℃まで冷却する。また、ビーカーを発泡スチロールで覆うことで、外界の気温の影響を受けないようにする。ビーカーに入れる試験管は、温度計で温度の下がり方を見ながら冷やす。

(4) 分析方法

一定の高さからピンセットを落とすことで一定の衝撃を与え続け、その時の結晶の形成する速さを目視する。(今回は数値化に至らなかった。)また、形成された結晶をデジタルマイクロスコープ(15倍)で観察し、大きさを比較する。

3. 本論

(1)実験結果

結果をグラフに示す。このグラフは、目標温度ごとに衝撃を与える前後の経過時間に伴う温度変化を示している。横軸は経過時間、縦軸は温度変化である。目標温度で衝撃を与えた後、凝固点までの温度上昇を示すグラフの傾きに注目すると、 -5°C の時のほうが、 -1°C の時よりも傾きが急であることがわかる。すなわち、凝固点までの温度上昇は -1°C の時よりも -5°C の時のほうが短時間で急激に行われたことがわかる。このことから、温度が低い(-5°C)と、急速に結晶が形成され、温度が高い(-1°C)とゆっくり結晶が形成されるといえる。

また、これらの写真より形成された結晶の特徴がわかる。写真①②はデジタルマイクロスコープで撮った写真で、写真③④はiPadで撮った写真である。写真①③より、 -1°C で衝撃を与えてできた結晶は、十分に1つ1つの結晶が成長して大きな結晶で構成されている。一方で、写真②④より、 -5°C で衝撃を与えてできた結晶は、たくさんの小さい結晶により構成されている。このことから、温度が低い(-5°C)と小さい結晶が形成されて、温度が高い(-1°C)と大きな結晶が形成されることがわかる。

(3)考察

仮説より火成岩のでき方については、ゆっくりと冷えて固まる深成岩のほうが結晶の大きさが大きく、急速に冷えて固まる火山岩のほうが結晶の大きさが小さくなる。本研究では、ゆっくりと温度が上昇するほうが結晶が大きくなり、急激に温度が上昇するほうが結晶が小さくなった。これらから、火成岩における関係は過冷却による氷の結晶のでき方でも同じことが言えると分かった。

4. 結論orまとめ

本研究より、温度が高い方は急速に結晶化するため、結晶が未発達のまま凝固し、結晶が小さくなる。一方で、温度が低い方はゆっくりと結晶化するため、結晶が十分に発達してから凝固し、結晶が大きくなることがわかった。よって、一過冷却時の温度と結晶の形成方法には規則性があるといえる。

5. 展望(or 課題と展望)

室内の気温などの周囲の条件を同一にし、過冷却の温度と速さの関係を数値化する。

実験の規模を大きくし比熱を上げることで、より温度の低い過冷却状態を安定してつくる。

6. 謝辞

今回の実験に携わってくださったみなさま、ご指導ご協力ありがとうございました。

7. 参考文献

火成岩の仕組み<https://mylearnlab.link/rika-kazan/>