

しゃぼん玉の凝固と薄膜干渉との関係

宮城県仙台第三高等学校

13 班

シャボン玉は常温下で膨らませて遊ぶのが一般的だが、氷点下で膨らませるとシャボン玉が凍り、雪の結晶が出現することが知られている。本研究では、凍らせた際に薄膜干渉はどのように変化するのか調べた。シャボン玉が割れにくくなるよう、シャボン液にグリセリンを入れたものを作成した。シャボン玉を金属板にふきつけた。それを発泡スチロールの箱に入れ、さらに液体窒素を加えて氷点下の環境を作成した。そうすることでシャボン玉を凍らせることができた。また、凍ったシャボン玉には虹色が見えなかったため、薄膜干渉は見られなかったと言える。この実験で、凍らせたシャボン玉で数種類の割れ方を確認することができた。そこで割れ方から共通点がみられるかの実験をした。実験は最初の実験の液体窒素と金属板を使ったやり方で進めた。金属板の傾斜を 0 度、15 度、30 度の三種類に変えて行った。結果はへこんだ時の形は二種類見られた。そして、最終的には半球のような形になった。

1 背景

シャボン玉は、3 パーセント以下の界面活性剤と微量の増粘剤、96 パーセント以上の水で構成されている。日本の平均気温 15 度、いわゆる常温下でシャボン玉で遊ぶのが一般的だ。我国は冬季があり雪が降る地域も多いほど気温が下がる。その気温の中でシャボン玉を吹くと、シャボン玉の薄膜上に雪の結晶が出現することが知られている。雪の結晶は長い時間をかけて凍らせることで出現する。本研究では、短時間におけるシャボン玉を凍らせる条件を研究した。また、既知の事象では見られた凍ったシャボン玉の割れ方と、実際に実験をした時の凍ったシャボン玉の割れ方に違いが見られた。本研究で実施した実験の中で見られた割れ方に共通点を見出すことも研究した。

本論文の構成は以下の通りである。

1. 背景

本研究の社会的背景、独創性を記す。

2. 材料と方法

本研究で実施した 2 種類の実験における材料と方法を記す。

2-1. 実験 1

短時間におけるシャボン玉を凍らせる条件に関する研究の実験の材料と方法を記す。

2-2. 実験 2

シャボン玉の割れ方に共通点を見出す研究の実験の材料と方法を記す。

3. 結果と考察

2 で記した実験から得られたデータを検討し結論を明らかにした。

3-1. 実験 1 に関する結果と考察

実験 1 で得られたデータとその検討を記す。

3-2. 実験 2 に関する結果と考察

実験 2 で得られたデータとその検討を記す。

4. 展望

本研究を通して見つかった課題を記す。

5. 参考文献

本研究を行うにあたり参考にした文献を記す。

2 材料と方法

2-1. 実験 1

実験 1 では、短時間におけるシャボン玉が凍る条件を調べることを目的に行った。

材料はシャボン液、グリセリン、液体窒素、発泡スチロールの箱、金属板である。

はじめに、シャボン液にグリセリンを投与した。シャボン液の粘性を増すことで薄膜の蒸発を軽減させるためである。発泡スチロールの箱の底に板氷を敷いたものと金属板を斜めに立て

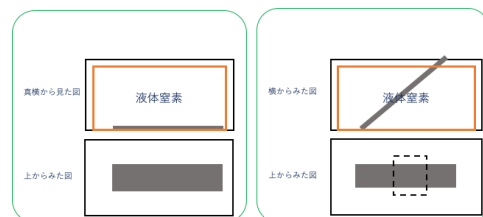


図 1 実験 1 の金属板の置き方

かけたものの 2 種類を準備する (図 1)。

前者の装置には板氷の上からドライアイス、後者の装置には立てかけた金属板の下に液体窒素を投入する。金属板を斜めに置いたのは、液体窒素から発生する気体による影響をシャボン玉に受けさせないためである。それぞれにグリセリンを投与したシャボン玉を板氷や金属板に接着するように吹き付ける。

2-2. 実験 2

実験2では、シャボン玉の割れ方に共通点を見出すことを目的に行った。

材料は実験1で用いた、グリセリンを投与したシャボン液、液体窒素、発泡スチロールの箱、金属板である。

発泡スチロールの箱に金属板を地面に対して水平(0度)、15度、30度の3種類の角度で立てかける(図2)。その金属板の下に液体窒素を投入する。グリセリンを投与したシャボン玉を金属板に接着するように吹き付ける。

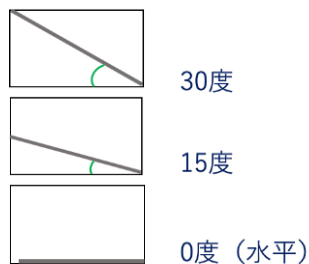


図2 実験2の金属板の置き方

3 結果と考察

3-1. 実験1に関する結果と考察

実験1において、板氷を使用した時は、シャボン玉が凍らなかった。一方、液体窒素を使用した時にシャボン玉は凍った。この時のシャボン玉が凍るとい定義を以下のように定める(図3)。

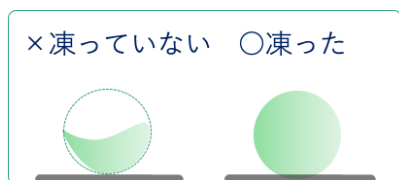


図3 凍ったシャボン玉の定義

シャボン玉が前者の条件の時に凍らず、後者の条件の時に凍ったことを受け、はじめに凍るまでにかかる時間に関して検討した。シャボン玉を取り巻く空気の温度を下げる媒体としては、液体窒素の方がドライアイスよりも凍るまでにかかる時間が短かった。これは、ドライアイスは常温 - 79℃以下、そして液体窒素は常温 - 196℃以下と大きな差があったためである。そのため、シャボン玉が割れる前に凍らせられるという点で液体窒素の方が短時間かつシャボン玉を凍らせられることが明らかになった。次に氷点下でのシャボン玉の安定性に関して検討した。シャボン玉を障害物にぶつからせずに凍らせるための接着面としては、金属板はシャボン

玉が接着しても割れずに安定して凍らせることができたが、板氷はシャボン玉が接着するとすぐに割れてしまう回数が金属板と比べかなり多かった。また、氷の熱伝導率は2.2、金属の熱伝導率は83.5で氷と金属でも大きな違いが見られた。そのため、シャボン玉を安定して凍らせるために接着する面として、板氷のような表面に鋭利な凹凸があり、熱伝導率が低いものよりも金属板のような均一に平坦な面で熱伝導率が高いものを用いるべきということが明らかになった。結論、周りの温度がシャボン玉の接地面と大きな差があると接地面のところのみ凍り、全体は凍らず、周りの温度とシャボン玉の接地面が同じ温度の時に凍る。そして、凍ったシャボン玉に虹色は見られない、つまり、薄膜干渉は見られなかった。

3-2. 実験2に関する結果と考察

実験2の結果を以下の図に示す(図4・図5・図6)。



図4 30度の時の凍ったシャボン玉

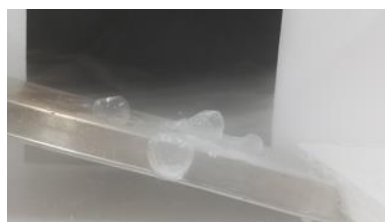


図5 15度の時の凍ったシャボン玉



図6 0度(水平)の時の凍ったシャボン玉

外観の共通点は、地面に対して半球の面がほとんど水平に見られることだ(図7・8・9)。

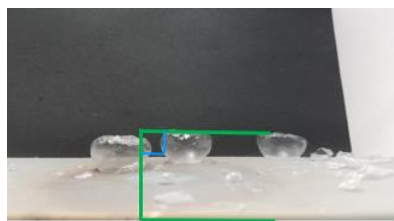


図7 0度（水平）の時の凍ったシャボン玉

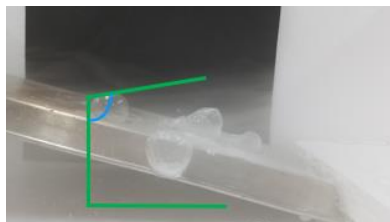


図8 15度の時の凍ったシャボン玉



図9 30度の時の凍ったシャボン玉

ここで、カメラに対する実験装置の奥行きや高さを考慮して完全な垂直ではないのは誤差とする。これは、大気圧が均等にかかったためであると考察する。実験の過程では、シャボン玉の様子は2種類見られた（図10・図11）。



図10 凍ったシャボン玉の様子1



図11 凍ったシャボン玉の様子2

図7は、シャボン玉の球の頂点が凹んでいることがわかる。図8は、シャボン玉が半球になり、その面には凹凸が見られる。図8から図9のように時間をかけて変化するものと、球の状

態から図9に直接変化するものも2種類の変化の仕方があった。半球の面に凹凸が見られることに関して、図8から図9のように変化の様子から、潰れて圧縮された上半分の半球の薄膜によって形成されたものと考察する。

4 展望

本研究を通して、既知の事象と実験から得られたデータに異なる点が多かったことから、凍らせる条件の変化次第で様々なシャボン玉の姿が見られるのではないかと検討した。また、シャボン玉に雪の結晶を出現させるためには、長い時間かけて凍らせなければならないことから、シャボン玉が割れないようにして凍らせるための条件も検討したいと考えている。これらの展望の先に、規制が多く公園で遊びにくい現代に生きる子供たちへ、科学の心を育てるような遊びの提案に繋がるのではないかと考えている。

5 参考文献

本研究をするにあたって 参考にした文献は以下の通りである。

- 1) https://www.excite.co.jp/News/odd/Tocana_201712_post_15310.html?p=2
- 2) <https://tabi-labo.com/234257/soap-bubble-art>
- 3) <http://www.wakariyasui.sakura.ne.jp/p/wave/kanssyou/hakumaku.html>
- 4) <https://matome.naver.jp/odai/2141555043750443101/2141555385251864503>
- 5) <https://blogs.yahoo.co.jp/kozoshoku/45307132.html>
- 6) http://sakuraterrace.info/tp_detail.php?id=102

