

# 日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 **5** 回 助成期間：平成 **20** 年11月1日～平成 **21** 年10月31日（期間 **1** 年間）  
テーマ：地球環境に影響を与える「氷」の性質を知る実験とその教材利用  
氏名：小西啓之 所属：大阪教育大学 登録番号：08288

## 1. 課題の主旨

近年、海氷域や氷河域の「氷」の減少が、地球温暖化の影響ではないかと関心が高まっている。氷は、 $0^{\circ}\text{C}$ 以下で形成されるものであるから、極域や高山、上空などの低温の限られた場所でしか見られないものであるが、「氷」の存在は、地球全体の温度環境に大きな影響を与えている。本課題では、氷の種々の性質を示す実験を通して、地球表層の環境に「氷」の存在が与える影響について考察を行い、水惑星地球の環境について理解を深めることを目的とする。

本課題の実験で示す氷の性質は、融解(凍結)の潜熱が大きいため融けにくく凍りにくいこと、液体の水より密度が小さいので氷は水に浮かぶこと、氷や積雪は地面に比べ太陽光の吸収が少ないこと、氷や積雪は大気と海洋あるいは大気と陸面間の断熱材であること、を予定している。これらの氷の基本的な性質を実験で示すことをもとに、地球という惑星の環境について関心を高めることをねらいとする。

## 2. 準備

本課題は、水の相変化を観察する実験を、実験装置の製作、実験の試行、実験の映像化、実験を伴う出張授業の4段階に分けて実施する。

実験装置の製作：本課題で行う氷水の加熱実験、過冷却水の凍結実験、氷と土の反射量比較実験、などの装置の試作を行う。

実験の試行：試作した装置を用い、大阪教育大学生に対し模擬授業を行い、装置の改善を図る。

実験の映像化：模範的な変化を示す映像や時間変化を短縮した映像の作成を行う。

実験を伴う出張授業：小、中、高等学校への出前授業を行う。

## 3. 指導方法

実施する実験の概要

### 1. 氷水の加熱実験

ビーカーに水を入れその中に砕いた氷を入れる。そのビーカーをガスバーナーで加熱し、その水温の時間変化を表示あるいは記録する実験を行う。加熱しても水温は  $0^{\circ}\text{C}$  から変わらないことを示し、加えた熱量は水温上昇ではなく氷を融解させるのに使われたことを理解させる。

### 2. 過冷却水の凍結実験

$-8^{\circ}\text{C}$ の温度に設定したフリーザー内に水を入れたペットボトルを入れておくと過冷却水ができる。この過冷却水を使って、凍結による潜熱を理解させる実験を行う。まず過冷却水が入ったペットボトルの水温をサーミスター温度計で測定する。次にペットボトルを振るなどして過冷却状態を壊し、氷が生成

されるのを観察させる。このとき、水温変化も同時に測定し、氷が生成されるのと同時に水温が 0℃に上がることを確認させる。1 の実験とは逆に、氷が凍結するときに潜熱が発生することを理解させる。また、水が凍ると氷ができるが、氷は水に浮くこと(比重が小さいこと)を確認する。

### 3. 氷と土の反射比較実験

2つの水槽に砕いた氷と砂をそれぞれ敷き、顕微鏡用のライトを当て表面を加熱する。このとき、その表面温度を放射温度計で測定する。また、反射光の強度を照度計で測定する。氷と砂の違いや色画用紙を敷いた場合の色による違いを比較する。

### 4. 淡水と海水の凍結時の鉛直水温分布の変化

淡水と 3%程度の塩水をペットボトルにそれぞれ入れ、サーミスター温度計で上部、中間部、下部の温度を測定する。これらのペットボトルをフリーザーに入れ、水温の鉛直分布の時間変化を測定する。

## 4. 実践内容

本課題の実験を含む出前授業を小学校1回、高等学校1回の計2回行った。詳細は、平成 21年 3月 3日大阪市立中浜小学校 4年生(25名・1+2時限、25名・3+4時限)  
平成 21年 9月 30日大阪教育大学付属高校天王寺校舎 2年生(19名・1+2時限、19名・3+4時限)  
である。

まず、実験の前段階として、水の三態(水・水蒸気・氷)およびその相変化の名称(凝結・蒸発・融解・凍結・昇華・蒸発・昇華凝結)などを説明するため、冷たい水を入れたコップの周りにできる水滴、寒い日に吐く白い息、沸騰したやかんから出る水蒸気や湯気など、身の回りにある水の相変化の例について示した。

### 実験 1. 氷水の加熱実験

500cc ビーカーに水を 200cc、砕いた氷を 100g 程度入れ、ガスバーナーで加熱した。このとき氷水の温度をサーミスター温度計で測定し、その変化を記録させた。また、200cc の水だけ入れたビーカーも同様に加熱し、その水温変化を記録させ、氷水の加熱の場合と比較させた。氷水の温度は、加熱してもほとんど変化せずに 0℃のままであるのに対し、水温は加熱した時間に比例して上昇することを確認させた。氷水の場合は加えられた熱量が氷の融解に使われたこと、水温上昇(水の比熱)に比べ、氷の融解熱が大きいことに気づかせた。

### 実験 2. 過冷却水の凍結実験

キャンプ用の可搬型フリーザーには庫内温度を-8℃に設定できるものがある。実験の前日に 250ml のペットボトル 20本、60cc 程度のプリン型ポリ容器 50個に水道水を入れ、このフリーザーで冷やした。一晩静置するといくらかの容器内の水は凍結するが、大多数の容器内には-4~-6℃程度の過冷却水が作成される。これを用いて実験を行った。

まず、ペットボトル内に温度計を入れこの水が氷点下であることを確認させた。次にペットボトルを振り、過冷却水にショックを与えると、氷が発生することを示した。このとき、凍らせる(過冷却水を振る)だけで、水温がマイナス数度から 0℃まで上昇することを示した。-5℃程度の過冷却水が 0℃になるのに必要な熱量は、どこから生じたのかを問い、凍結による潜熱について説明した。

### 実験 3. 氷と土の反射比較実験

### 実験 4. 淡水と海水では凍結時の鉛直水温分布

これらの実験は、時間がかかるので、あらかじめ演示実験をビデオにとり、編集後、時間早送りで変化を見せた。

## 5. 成果・効果

これらの実験を通して、

氷が融けるのに大きな熱量がいること、

逆に氷が発生するときは、潜熱が出ること、

氷は水に浮くこと、

淡水と海水では凍結時の鉛直水温分布が異なること、

など「氷」の性質に関する知識や興味を持たせることができたと思う。「氷」は「地球」の気候を形成する上でも重要な物質であることが理解され、気候をもとにした「地球」環境問題への関心が深まることが期待される。

## 6. 所感

氷が融解することは、特に目新しい現象ではないが、その潜熱の大きさは、あまり良く知られていないと思う。氷が融け水になれば大きな熱が加えられたことを意味し、近年、氷河や海氷の減少が数多く報告されているのは、地球の気温が大きく温暖化していることを意味しているのかもしれない。このようなことを感じてもらうためにこの実験を企画したが、氷の融解に大きな熱がいること、氷の生成時に熱が発生すること、など意外に思える現象を見てもらえたと思う。

過冷却水が凍っていく様子を見る実験は、大学生にも人気があり、今回出前授業を行った小学生高校生にも歓声が上がリ、人気がある。内容としては小学生には難しいところもあったと思うが、何か印象に残ったら幸いである。また、高校生に対しては、水の相変化に伴う熱のやり取りを含めて説明を行ったので水で覆われた地球の熱の移動に水の果たす役割に多少の理解や興味を持ってもらえたと思う。

## 7. 今後の課題や発展性について

所属している大阪教育大学で大学生に本課題中の実験の試行を行ったが、氷の反射率の測定や、断熱効果の測定が、思ったようにうまくいかず、教材として利用するには至らなかった。簡単な実験で示す工夫が必要である。

本課題の材料は身近な「氷」なため扱いやすいが、氷を生成するためには、大きな負の熱がいるので、過冷却水を作るためには前日に実験場所にフリーザーを設置し冷却しておかねばならず、出前授業の際は前日に機器を搬入する手間がかかる。過冷却水を大量にすぐ作れるような装置の工夫が必要である。

地球環境問題がますます社会問題として広がる中で、水惑星である地球の環境を支配する因子である「水」が気候に与える影響は大きいので、「水」についての理解を深めることは大切であり、本課題で示したような水の相変化への理解は必要で、その重要性は増すであろう。また、本課題で紹介した実験は、簡単でありながら興味を引く内容であると思うので、実験そのものや科学に対して興味を持つ生徒が増えることが期待される。

## 8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

特になし。

### 【教材制作方法】

- ・実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- ・実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

#### 実験 1. 氷水の加熱実験

500ccの水と200g以上の砕いた氷をよく攪拌する。融け残った氷をざるですくって除き、0℃の水を作成する。この水200ccと砕いた氷100gを500ccビーカーに入れ、カセットコンロで加熱する。また、比較のため300ccの水だけ入れたビーカーも並べ、偏りがないように両者を加熱する。氷水や水の温度をサーミスター温度計で30秒毎に測定し、その変化を記録させる。氷水の温度は、加熱してもほとんど変化せずに0℃であるのに対し、水温は加熱した時間に比例して上昇することを確認させ、水の温度上昇が約20℃程度終了した時点で、火を止める。水の温度変化から加熱した熱量を計算させ、同時に氷水をざるですく、残った氷の量を測定し、融けた氷の量を求める。水の温度上昇に使われた熱量と等量の熱量が、氷を融かすのに使われたとして氷の融解の潜熱を求めさせる。これらの実験から、水温上昇(水の比熱)に比べ、氷の融解熱が大きいことに気づかせる。

世界各地で氷が融けているということは、それだけ大きな熱量が加えられている(温暖化の可能性)ことを理解させる。

#### 実験 2. 過冷却水の凍結実験

キャンプ用の可搬型フリーザーには庫内温度を-8℃に設定できるものがある。実験の前日に250mlのペットボトル20本、60cc程度のプリン型ポリ容器50個に水道水を入れ、このフリーザーで冷やす。一晚静置するといくらかの容器内の水は凍結するが、大多数の容器内には-4～-6℃程度の過冷却水が作成される。これを用いて実験を行う。

まず、ペットボトル内にサーミスター温度計を静かに入れ、この水が氷点下であることを確認させ、その温度を記録させる。次にペットボトルを振り、過冷却水にショックを与えると、氷が発生すること、水温がマイナス数度から0℃まで上昇することを観察させる。過冷却水が0℃まで温度上昇するのに必要な熱量を比熱1で求めさせ、この熱がどこから生じたのかを問い、凍結による潜熱について考えさせる。凍結時に発生する熱量は実験1で示した氷の融解の潜熱と等量(80cal/g)であるなら、過冷却が壊れて生成された氷の量はどれだけであることを求めさせる。

氷が作成されると水温は0℃のままだが、されない(過冷却が起こると)と水温は下がる。極域の海洋が氷で覆われている利点について考えさせる。

#### 実験 3. 淡水と海水の冷却実験

淡水に見立てた水道水と海水に見立てた3%食塩水を太い試験管に10cm程度それぞれ入れる。試験管には、水温を上部、中間部、下部の3箇所を測定するため、サーミスター温度計のセンサー患部を竹串に固定し、入れておく。この試験管を冷却するために、寒剤として食塩を加えた-15℃程度の氷に入れ、水温の時間変化を15秒毎に記録し、水温の鉛直分布の変化を観察させる。

4℃で最大密度となる淡水と結氷温度で最大密度となる海水では、水温の鉛直分布の変化にどのような違いがあるか。実験では試験管の周り全体から冷却を行っているが、実際の海洋や湖では表面からだけ冷却される。この違いは水温の温度分布にとってどのような違いになると思うか、を考えさせる。