

仙台市天文台における化学実験教室の実践（2）

——真空・低温実験を中心にして——

*笠井香代子・**後藤 真歩

Practice of the Chemical Experiments Study in the Sendai Astronomical Observatory (II)
- Focusing on vacuum and low-temperature experiments -

KASAI Kayoko and GOTO Maho

要 旨

平成21年度より、宮城教育大学と仙台市天文台の連携企画の一つとして、理科実験教室「スペースラボ in 仙台市天文台」の実践を行っており、宇宙や天文に関する実験教室を仙台市天文台で開催している。今回は、平成21年度以降に実施した実験教室「宇宙空間を体験しよう」等において、真空と低温を主なテーマとした化学実験の実践結果について報告する。

Key words： 化学実験 (Chemical Experiment)
天文台 (Astronomical Observatory)
宇宙空間 (Outer Space)
真空 (Vacuum)
低温 (Low-temperature)

1. はじめに

宇宙空間は大気に包まれた地球とは異なり、気体分子がほとんど存在しない真空状態である。そのような宇宙空間では、太陽光を受ける部分では高温である一方、太陽光を受けない部分では極低温となる。例えば、地球の平均表面温度は15℃であるが、太陽からの距離がほぼ地球と等しく、大気が存在しない月の表面温度は、昼が107℃で夜が-153℃であり、地球上ではあり得ない約250℃という温度差にさらされている¹⁾。人間が宇宙空間で活動するには、そのような過酷な条件から人体を守るために宇宙服を着用する。1997年に土井隆雄宇宙飛行士が日本人初の船外活動 (Extravehicular Activity: EVA) を実施して以来、宇宙服姿の日本人宇

宙飛行士の活躍がマスコミ等で報道されるようになり、児童生徒にとって宇宙空間が身近な存在に感じられるようになってきている。

宮城教育大学と仙台市天文台の連携企画の一つとして、本学理科教育講座の教員により、宇宙や天文に関する理科実験教室「スペースラボ in 仙台市天文台」を平成21年度から開催している。我々はこれまでに、天文学と化学を中心とした分野横断的教材を開発し、この実験教室において実践を行ってきた²⁾。この中で、大気に包まれた地球上とは全く異なる太陽系の惑星や宇宙空間がどのような環境であるかを実感するために、真空と低温を主なテーマとした化学実験教室の実践を行ったので報告する。

* 宮城教育大学理科教育講座

** 宮城教育大学教育学部中等教育教員養成課程理科教育専攻

2. 真空実験

真空装置として、高真空保存容器エアフレッシュ（加藤産業株式会社、VM-2P、1000mL）を用いた。これは教材としてだけでなく、食品の保存や漬物などで一般家庭用に販売されている。ポリカーボネート製の透明容器内の空気を付属のポンプで85%以上除去し、圧力90mmHgにまで減圧できる。この真空装置を用いて、次の実験を行った。

2-1. 減圧沸騰の実験

水の沸点は1気圧において100℃であるが、減圧下では沸点が低くなる。成人男性で体重に占める水分量は約60%であり、もし宇宙空間で人体が直接真空にさらされると、体内の水分が沸騰して失われ、生命を維持できなくなるであろう。宇宙服では気密性を高めて内部の空気が漏れることのないようになっている。これが宇宙服の重要性の一つであることを説明し、先述の真空装置による減圧沸騰の実験を行った。

50mLあるいは100mL ビーカーにポットのお湯を入れ、デジタル温度計（A&D、AD-5657）とともに真空容器に入れた。保温機能がないビーカーを用いているため、お湯の温度が徐々に下がっていくが、温度を測定しながらポンプで吸引すると、約70℃付近でお湯が沸騰する様子を観察することができた。お湯の温度が65℃以下まで下がってしまうと、なかなか沸騰しないので、お湯を入れ替えて再度吸引した。

2-2. 真空中の音の実験

音は物質が振動して発生しており、物質が存在しない真空中では、音を伝播することができない。これは中学校第一学年での学習項目「音の性質」の内容であり、真空容器に入れたブザーの音が、ポンプで真空にしていくと徐々に聞こえにくくなる現象が教科書に掲載されている³⁾。ここでは、真空容器に入れる音源として電子メロディー（ナリカ、38×62×11mm）を用いた。容器の振動により音が伝播しないように、発泡スチロール板の上に電子メロディーを設置した。音を鳴らしながらポンプで吸引していくと、徐々に音が小さくなり、空気を入れると音が大きくなる様子を体験できた。

2-3. 大気圧を視覚的に認識する実験

大気圧に関する事項は、中学校第一学年での学習項目「圧力」に含まれており、真空容器に入れたマシュマロが真空にしていくと、マシュマロの内部に含まれる空気の圧力により、マシュマロが徐々に膨らんでいき、空気を入れて気圧を元に戻すと縮む現象が教科書に掲載されている。また、大気圧を利用した身近な道具として、布団圧縮袋や吸盤についても言及されている⁴⁾。ここでは、大気圧を視覚的に認識できる実験として、先述のマシュマロと、少量の空気を含む密閉した風船を用いた。これらを真空容器に入れてポンプで吸引すると、風船もマシュマロと同様に、徐々に膨らんでいく様子が観察できる。

さらに、吸盤の実験では、磁石と比較することによって宇宙と関連化させ、大気圧の働きをより明確に観察できるようにした。吸盤は大気圧によって面に吸着しているため、大気が存在しない真空下では吸着することができない。その一方で、磁力は大気圧に関係なく



(a) 常圧の場合



(b) 真空にした場合

図1 真空容器中での吸盤と磁石の吸着実験装置

作用するために、真空下でも吸着力がある。宇宙服のシール材として利用されている磁性流体は、磁性体微粒子を流体媒体に懸濁させたものである。

これらの吸着のしくみの違いを実感するため、スチール缶に吸盤と磁石の両方を吸着させ、真空容器に入れて吸引した。実験装置を図1に示す。直径5 cm スチール缶に直径2.5cm の吸盤と磁石を付けたが、その際に直径8 mm の丸いシールを2枚貼り、その上に吸盤を吸着させた。スチール缶に直接吸盤を吸着させ、先述の真空容器に入れて真空にしても、吸盤が剥がれなかった。吸盤とスチール缶の表面との間に適度な隙間を開け、真空にした際に確実に吸盤が剥がれるようにするために、シールを貼ることは非常に有効であった。

3. 液体窒素による低温実験

小学生でもある程度扱える低温実験の教材としては、沸点が -195.8°C の液体窒素が最も低温であると言える。これまでも小学生を対象とした液体窒素の教材が報告されている^{5)、6)}。ここでは、主に低温における物質と電流との関係に着目した液体窒素の実験により、乾電池の働きや電流が常温時とどのように違うのかを体験した。

3-1. 電池の冷却実験

マンガン乾電池やアルカリマンガン乾電池、リチウム電池などの化学電池は、酸化還元反応に伴って放出される化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。従って、この酸化還元反応が起こる条件下でないと、電気エネルギーを得ることはできない。これらの乾電池の中で化学変化が起こっていることを学習するのは中学校第三学年であり、この化学変化が酸化還元反応であることと、その詳細な事項を学習するのは高校化学である。さらに、化学反応を促進したり阻害したりする要因の一つが温度であることも、高校化学で学習する。

モーター(マブチ、FA-130)とプロペラに単三形マンガン乾電池を接続し、乾電池を液体窒素に入れて冷却すると、プロペラの回転が徐々に遅くなり、やがて完全に停止した。これは、液体窒素温度の低温下では、電気エネルギーを発生させる化学反応が非常に遅くなり、電流が流れなくなるためである。さらに、この乾

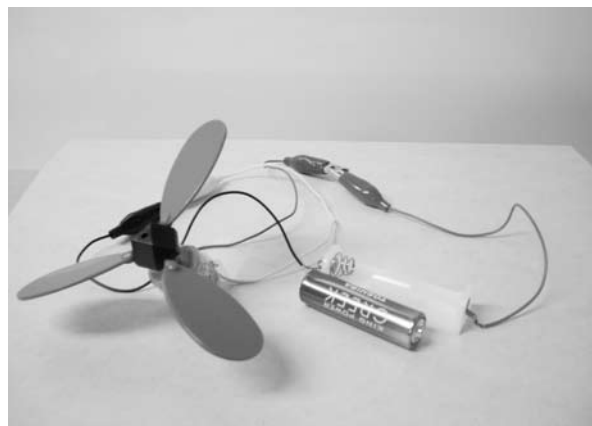


図2 電池の冷却実験装置

電池を液体窒素から取り出してあためると、再び化学反応が進行し、徐々にプロペラが回転するようになった。

これらの実験において、市販のプロペラを用いると、液体窒素で冷却した際にプロペラの回転が完全に停止しなかった。通常プロペラはよく回転するように、できるだけ軽くなるように製造されている。ここでは、重いプロペラを分子模型により組み立てた。最も広範に用いられているHGS分子構造模型(丸善)の「たま9」(C205, sp²炭素)に3つの「ボンドBp」(p軌道)を差し込み、3枚羽根のプロペラ本体とした。この平面に対して垂直方向にも穴があるので、そこにモーターの軸を差し込んだ。この実験装置を図2に示す。

3-2. コイルの冷却による電気抵抗の実験

電流は、金属などの導体中を自由電子が移動してできる電子の流れである。導体の温度が高いと、正電荷の金属イオンの振動が激しくなり、電子が金属イオンと衝突して流れが妨げられ、抵抗が大きくなる。一方で、導体を冷却すると抵抗が小さくなり、より電流が流れやすくなる。この現象は、高校物理で学習する内容である。

ここでは、3-1で使用した装置をそのまま使用し、乾電池とモーターとの間に、エナメル線で作成したコイルを接続した。この実験装置を図3に示す。このコイルは、直径0.4mmのエナメル線(ナリカ)を直径約2.5cmになるように450回巻きつけて作成した。すなわち、約35mのエナメル線による電気抵抗であり、先述のモーターと乾電池との間に接続すると、室温ではプロペラが回転することができない。このことを確認

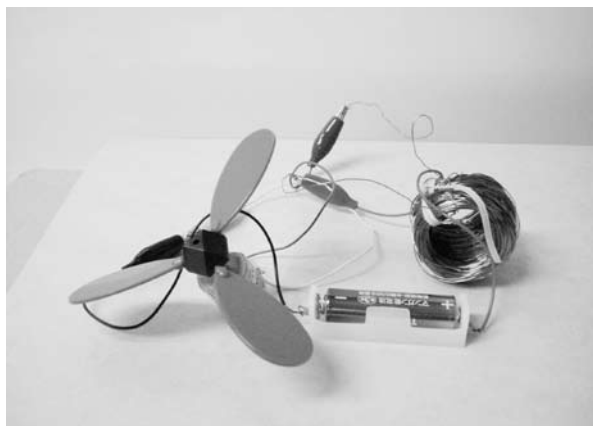


図3 コイルの冷却による電気抵抗の実験装置

し、コイルを液体窒素に入れて冷却すると、プロペラが徐々に回転する様子が観察された。

4. 気体の実験

地球の主な大気組成は窒素と酸素であるが、太陽系の他の惑星では、その組成が異なっている。気体の種類に着目すると、二酸化炭素を主な大気組成とするのは金星と火星で、水素やヘリウムを主な大気組成とするのは、木星や土星などの木星型惑星である。これらの大気の性質を体験するために、主に二酸化炭素とヘリウムの実験を行った。

4-1. 液体窒素による気体の冷却実験

先述の液体窒素は、大学や研究機関等で比較的容易に入手できる冷却材であるが、一般的に入手できる最も低温である冷却材は、昇華点が -78.5°C のドライアイスであろう。気体の二酸化炭素を液体窒素で冷却すれば、容易にドライアイスを製造することができる。一方、ヘリウムの沸点は -268.9°C であるので、液体窒素で冷却しても気体のままである。

ヘリウムと二酸化炭素のボンベは、市販の教材として入手できる。市販のポリ袋(18×25cm)にこれらの気体を入れて軽く密閉し、液体窒素に入れて冷却し、気体の種類による状態変化の違いを体験した。

4-2. ヘリウムによる変声実験

ヘリウムを用いた実験でよく知られているのは変声実験である。空気を十分に口から吐き出したあとにヘ

リウムを吸い込むと、声帯付近の空気がヘリウムに置換される。軽いヘリウムでは乾燥空気の約3倍の音速になり、声帯付近の音の振動数が高くなるため、声が高く変わる。ただし、この実験をする際には、4-1で用いた純粋なヘリウムガスを用いると窒息する恐れがある。ヘリウムの変声実験には、酸素を20%含む専用の混合ガスを用いた。これは教材としても、一般用としても入手できる。

4-3. フィルムケースによる「火を使わない花火」の実験

デジタルカメラが普及する以前、一般のカメラでは135フィルムを用いて写真撮影を行っていた。このロールフィルムは直径約3cmのプラスチックケースに入れて販売され、適度な密閉性と大きさから小物入れなどによく用いられていた。このフィルムケースは、現在では「プッシュバイアル」という商品名で、教材として入手することができる(ケニス、PV-30、30mL)。

このフィルムケースに液体窒素を少量入れて密閉すると、液体窒素が気化して急激に体積が増加するため、ふたが勢いよく飛ぶ。液体窒素を直接フィルムケースに入れると、液体窒素の量の調節が難しく、ふたを閉めてから「爆発」までの時間をある程度一定にすることが困難である。そこで、約0.05gの脱脂綿を液体窒素に浸してからフィルムケースに入れて密閉すると、5～10秒の間に「爆発」させることができる。さらに、何個かのフィルムケースを用意して、液体窒素に浸した脱脂綿を次々に入れて密閉すると、「連続打上花火」をすることができる。この実験を行う際には、天井に蛍光灯などの壊れやすいものがないことを必ず確認する必要があることは言うまでもない。

我々は以前より、光沢のある軽いひも状の飾りをふたに貼り付け、「火を使わない花火」としての演示実験を何度か行ってきた。この実験装置を図4に示す。ここでは、平成21年度の実験教室の最後に、この「花火」の演示実験を行った。しかし、後述の6-1のアンケート結果によると、実験教室の内容で最も印象的であったのが、この「花火」であるという回答が、参加者20名中で半数の10名となっていた。この演示実験は、本実験教室の「宇宙空間をミニ体験する」という目的からは少し離れた「おまけ」の要素を持つものであり、



図4 「火を使わない花火」の実験装置

これが参加者を最も惹きつけた教材となってしまったのは失敗であった。これまでの実験教室でのアンケートの自由記述に、参加者が希望する実験として、爆発実験が頻繁に現れていることから、このような参加者の要望が高く、印象深い実験を行う際には、実験教室の目的をよく踏まえ、実験の順番やプログラムなどを充分検討しなければならないことを強く感じた。

5. 高分子や金属などの素材の実験

宇宙ステーションや宇宙服に使われており、我々の生活にも役立っている素材に関する実験を行った。

5-1. 高吸水性ポリマーの実験

高吸水性ポリマーは自重の数百倍から千倍の水を吸収することができ、紙オムツや農園芸用保水剤、土木建築用保水剤などに使用されている。宇宙服による船外活動をする際には、トイレに行くのが困難であるため、大人用オムツを着用する。

高吸水性ポリマーの機能性を体験するため、約0.5gの高吸水性ポリマー（ケニス、No. 110-985）を100mLのビーカーに入れ、少量の水を注いで参加者に配布した。このビーカーにさらに水を加えていき、どのくらいまでの水を吸収できるかを試したところ、かなりの量の水を吸収してあふれそうになるまでにポリマーが膨張し、ビーカーを逆さまにしても、水は落ちてくることなくポリマーに吸収されていることを確認することができた。なお、この高吸水性ポリマーは、水を吸収する前は白い粉末であるが、この状態で目や口に入



図5 高吸水性ポリマーの実験

ると、体内の水を吸収して膨らみ、たいへん危険である。参加者に配布する前に少量の水を加えたのは、粉末が飛散しないようにするためであるが、念のために参加者には保護メガネを着用してもらった。実験の様子を図5に示す。

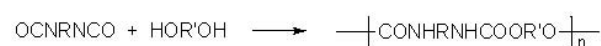
5-2. 形状記憶合金の実験

これは形状記憶効果を示す合金であり、Ti-Ni や Cu-Zn-Al 合金が代表的な材料である。ある高温で成形したこの合金を常温で変形させても、加熱すると元の形状に戻ることができる。この性質を利用して、人工衛星や探査機などの宇宙機の部品としての可能性が研究されている⁷⁾。

ここでは、市販教材のクローバー型形状記憶合金（ケニス）を用いて、常温で変形させた後に約80℃のお湯に入れると、素早く元の形状に戻ることを体験した。

5-3. 発泡ポリウレタンの合成実験

ポリウレタンは、主鎖にウレタン結合 -NHCOO- を持つ高分子化合物であり、通常ジイソシアナートとジオールとの重付加反応により、以下のように合成される。



ポリウレタンの重合反応の際に二酸化炭素を発生させ、気泡を樹脂の中に閉じ込めると、クッション材や断熱材などとして使用される発泡ポリウレタンとなる。この発泡ポリウレタン合成キットは、市販品として容易に入手できる。ここで用いたのは発泡ポリウレタンソフ



図6 発泡ポリウレタンの合成実験

トF(日新レジン株式会社)であり、ポリオール成分を含むA液とイソシアナート成分を含むB液を混合すると、徐々に発泡する。これを手早く容器や型に注入してしばらくすると、さらに発泡して約5~10倍に膨張し、白色の発泡ポリウレタンが生成する。10分間静置すると、容器や型から取り出せるようになる。

ここでは、A液5gとB液2gを用いて、市販のシリコンカップ5号(直径4.5cm)に入れて成形した。2液を混合する際に水性絵の具を加えると、着色することができる。参加者には適宜絵の具を配布し、好きな色に着色してもらった。実験の様子を図6に示す。実験教室が始まる直前に、あらかじめ100mLの紙コップにA液を、6mLの液体調味料用プラスチックびんにB液を量り取っておいた。紙コップにはラップをかけて、水などが混入しないようにした。このキットの薬品には吸湿性があり、密閉せずに長時間放置することができないため、なるべく実験の直前に計量する必要がある。我々はこれまでにこのキットを用いた実験教室を何度か実施しているが、数時間の放置であれば問題がないようである。

6. 実践結果

平成21年度、23年度、24年度において、2~5章で述べた実験内容を様々に組み合わせ、「宇宙空間を体験しよう」等のタイトルで実験教室を実践した。小学校高学年の児童と中学校の生徒を対象とし、参加者を募集する際には、定員20名の事前申込制とした。どの回でも定員を上回る申込者があり、特に平成23年度には、定員を大幅に上回る70名近くとなったため、申込締切

後に、午前と午後と同じ内容の2回の実験教室を開催することとした。さらに、平成24年度には、全6回の「スペースラボ in 仙台市天文台」のうち、仙台市以外の地域で企画した2回の実験教室の一つとして、参加者を気仙沼市在住の小・中学生に限定した実験教室を行った。

6-1. 平成21年度 スペースラボ in 仙台市天文台 第3回 「宇宙空間を疑似体験しよう ~極低温と真空の世界~」

実施日：平成21年11月14日(土) 14:00~16:30

実施場所：仙台市天文台 1階会議室

参加者：小4 4名、小5 4名、小6 3名

中1 7名、中3 2名 計20名

内容：

- ・真空容器の実験
 - マシュマロを入れて様子を観察する(2-3)
 - 真空中の音の実験(2-2)
 - 減圧沸騰の実験(2-1)
- ・液体窒素による極低温の実験
 - 気体の冷却実験(4-1)
 - 電池の冷却実験(3-1)
 - コイルの冷却による電気抵抗の実験(3-2)
 - マシュマロの冷却実験
 - 「火を使わない花火」の実験(4-3)

参加者評価：(参加者20名アンケートより)

- ・今日の内容で印象に残ったことは何ですか？
 - 液体窒素でマシュマロを凍らせたり、真空にしたりして食べたこと：6名
 - 全部の実験が面白かった：2名
 - コイルや電池を冷やす実験：2名
 - 酸素を冷やす実験
 - いろいろなものを冷やす実験
 - 消しゴムを冷やしたら、かちかちになったこと
 - 最後の花火：10名
- ・説明の理解度
 - 簡単：9名、やや簡単：8名、ちょうどよい：1名、やや難しい：2名、難しい：0名
- ・理解度に関する自由記述
 - 説明がわかりやすかった：3名
 - もう少し時間を長くしてもよい
- ・その他の自由記述

とても楽しかった：5名
 次回も来たい：4名
 楽しくてためになった
 宇宙はすごいと思った：2名
 液体窒素の実験がとても面白かった。
 中身がとても濃くて楽しかった。
 宇宙空間で物がどうなるかがよく体験できた。

6-2. 平成23年度 スペースラボ in 仙台市天文台
 第2回 「宇宙空間を疑似体験しよう ～極低温と真空の世界～」

実施日：平成23年10月16日（日）

9：30～12：00、13：30～16：00

実施場所：仙台市天文台 1階会議室

参加者：小4 4名、小5 23名、小6 16名

中1 6名、中2 3名、中3 1名

計53名

内容：

・真空容器の実験

マシュマロを入れて様子を観察する（2-3）

真空中の音の実験（2-2）

減圧沸騰の実験（2-1）

・気体の実験

ヘリウムによる変声実験（4-2）

・液体窒素による極低温の実験

気体の冷却実験（4-1）

電池の冷却実験（3-1）

コイルの冷却による電気抵抗の実験（3-2）

マシュマロの冷却実験

参加者評価：（参加者53名アンケートより、抜粋）

・今日の活動は楽しかったですか？

とても楽しかった：50名、まあまあ楽しかった：2名、普通：1名、あまり楽しくなかった：0名、全然楽しくなかった：0名

・今日の活動の中で、いちばん楽しかったことはどれでしたか？（複数回答あり）

真空容器の実験：0名、ヘリウムガスの実験：9名、液体窒素の実験：39名、

全部：4名、その他

マシュマロを冷やす実験：3名

・説明の理解度

とてもわかりやすかった：40名、まあまあわかり

やすかった：12名、少し難しかった：1名、とても難しかった：0名

・次回に希望する内容や気がついたこと、感想など自由にお書き下さい。（抜粋）

楽しかった、もっと実験をしたいなど、満足度に関する記述

また液体窒素の実験をしたい、とても楽しかった。（6）

とても楽しかったし、もっと実験をしたい。（3）

最初はきんちょうしたけど、楽しくできたからよかった。

マシュマロの実験が楽しかった、もっとやってみたかった。（4）

ヘリウムが楽しかった。

またちがう活動をしてみたい。（2）

また同じ内容をやりたい。

印象に残った実験についての具体的な感想などの記述

液体窒素が冷たかった。

液体窒素の実験で、指にさわると水分が指につかないことにびっくりした。

極低温の世界に乾電池が使えないと分かって、少々複雑な気分になった。

理解度に関する記述

とてもわかりやすかった。また参加したい。

ドライアイスの作り方がわかっておもしろかった。わかりやすい説明で、いろいろなことを知ることができた。

実験や体験をしたことによる満足度に関する記述

初めて来たけど、あまりためした事のない事が体験できたのでよかった。

いろいろ不思議があるので、理科は大好きです。学校でできないのを、もっともっとやりたい。

このような活動で理科についてもっと興味がわいた。

希望する実験内容についての記述

今回は低温にする実験だったので、次は高温にする実験をしてみたい。

液体窒素に使う物の種類をもっと増やしてほしい。アメーバの研究をしてみたい。

雲を作りたい。

ドライアイスの実験をやってみたい。

ヘリウムガスの実験をもっと増やしてほしい。

6-3. 平成24年度 スペースラボ in 気仙沼 「宇宙空間をミニ体験しよう」

実施日：平成24年8月23日（木） 13：30～16：00

実施場所：気仙沼市図書館 1階閲覧室

参加者：小3 1名、小4 5名、小5 8名、

小6 5名、中1 3名、中2 2名

計24名

内容：

・真空容器の実験

風船とマシュマロを入れて様子を観察する（2-3）

減圧沸騰の実験（2-1）

真空中の音の実験（2-2）

吸盤と磁石との比較（2-3）

・高分子や金属などの素材の実験

高吸水性ポリマーの実験（5-1）

形状記憶合金の実験（5-2）

発泡ポリウレタンの合成実験（5-3）

参加者評価：（参加者24名アンケートより、抜粋）

・今日の活動は楽しかったですか？

とても楽しかった：16名、まあまあ楽しかった：6名、あまり楽しくなかった：2名、全然楽しくなかった：0名

・今日の活動の中で、いちばん楽しかったことはどれでしたか？（複数回答あり）

真空容器の実験（風船とマシュマロ、お湯、音、吸盤）：4名、吸水ポリマーの実験：3名、形状記憶合金の実験：5名、ポリウレタンの実験：10名、なし：1名、全部：2名

・説明の理解度

とてもわかりやすかった：15名、まあまあわかりやすかった：6名、少し難しかった：1名、とても難しかった：0名、不明：2名

・次回に希望する内容や気がついたこと、感想など自由にお書き下さい。（抜粋）

楽しかった：3名

実験がいろいろな物を使ってとても楽しかった。

とても勉強になった。

いろんなことができてよかったです

形状記憶合金が四つ葉になってびっくりした

形状記憶合金がとても不思議だと思った

ポリウレタンを作るのが面白かった

最後のポリウレタンがおいしそうでした。

今度は爆発実験をやってみたい：2名

グライダーのような物を作りたい

これまでの実験内容と最も異なるのは、液体窒素の実験の代わりに、高分子や金属などの素材の実験を行ったことである。これは、普段から液体窒素の入手が容易な仙台市から車で約3時間かかる気仙沼市を会場としており、液体窒素の購入や運搬などが困難であろうと予想したからである。アンケート結果より、これらの素材の実験も、参加者が十分に楽しめる教材であることが明らかとなった。

7. さいごに

今回報告した教材を学校での理科学習の範囲や項目に当てはめてみると、校種では主に小学校から高校まで、分野では物理学、化学、天文学などの広範囲にわたっていることがわかる。このような高度で広範囲の内容を扱う実験教室であるが、アンケート結果を見ると、小学生を中心とした参加者にとって、満足度や理解度かなり高い実験教室であったと言える。これは、「宇宙空間を体験する」という明確な目的があり、その目標を達成することを目指して、学問分野や校種・学年にとらわれずに様々な接点を探りながら教材を検討・開発してきたことが要因の一つであろうと考えられる。化学を専門とする我々が「宇宙」「天文」をキーワードとした理科実験教室「スペースラボ in 仙台市天文台」を今後も実施していく中で、新規教材の開発や地域・社会貢献とともに、自然科学を志向する理科教員養成の学生教育の充実が図れるであろうと期待できる。

謝 辞

本研究の一部は、独立行政法人科学技術振興機構（JST）「平成23年度 科学コミュニケーション連携推進事業 機関活動支援」および「平成24年度 科学技術コミュニケーション推進事業 活動実施支援」の助成を受けて行われたものである。

参考文献

- 1) 酒井治孝（2003）. 地球学入門 惑星地球と大気・海洋のシ

仙台市天文台における化学実験教室の実践（2）

ステム，東海大学出版会。

- 2) 笠井香代子・紅智尋（2011）. 仙台市天文台における化学実験教室の実践（1）－光学活性物質のリモネンをテーマとして－ 宮城教育大学紀要, **46**, 91-96.
- 3) 塚田捷・山極隆・森一夫・大矢禎一 他（2012）. 未来へひろがるサイエンス 1. 啓林館.
- 4) 岡村定矩・藤嶋昭 他（2012）. 新しい科学 1年. 東京書籍.
- 5) 山田洋一・黒鷗英輝・鈴木勲（2009）. 小学校3年生の理科の重要性について－理科教材として液体窒素を用いた授業事例研究－[1] 宇都宮大学 教育学部紀要, **60** (2), 7-14.
- 6) 宮城県教育研修センター 理科教育研究グループ（2009）. みやぎ理科指導 CD のページ 科学巡回訪問理科教室・研修会資料 「-196℃の世界 液体窒素を使ったデモンストレーション」.
<http://midori.edu-c.pref.miyagi.jp/science/rikaCD/junkaikyouzai/ekitaitisso.pdf>
- 7) 長野方星（2009）. 宇宙科学最前線 宇宙機フレキシブル自律熱制御 ISAS ニュース, No. 338, 1-3.

（平成24年9月28日受理）

平成23年10月16日(日)
 仙台市天文台
みやぎきょういくだいがく りかきょういくこうぞ 宮城教育大学 理科教育課 笠井研究室

スペースラボ in 仙台市天文台 第二回
宇宙空間を体験しよう
きよくていおん しんくう
 ～極低温と真空の世界～



____ 学校 ____ 学年 氏名 _____


【はじめに】

今年の6月から、宇宙飛行士の古川聡さんは、地球の周りをまわっている国際宇宙ステーション(きぼう)に滞在し、11月に地球に帰ってくる予定です。古川さんが行っている宇宙は、どのような世界なのでしょうか？ 今日、この実験室でできる範囲で、宇宙の世界を疑似体験してみましょう。

【1. 真空の世界】


私たちの周りには、目には見えない空気がたくさんあり、私たちはその空気の中の酸素を吸って二酸化炭素を出しています。宇宙空間には、このような空気がほとんどありません。空気がない空間を真空といいます。真空ではどのようなことが起こるか、実験してみましょう。

1. マシュマロをアルミカップにのせて、真空容器に入れて真空にする。真空をぬいて空気を入れたら、食べてみよう。普通のマシュマロとどのように違うかな？




1

2. 電子メロディーを容器に入れて真空にする。電子メロディーの音はどうか？ 空気を入れたら、音はどうか？ 耳を澄ませて聞いてみよう。



3. お湯を入れた100mL ビーカーを容器に入れて真空にする。お湯はどうか？



マシュマロの変化	電子メロディーの音の変化	お湯の変化

2

【2. ヘリウムガス】

ヘリウムは地球の大気中にほとんどありませんが、木星や土星にはかなりあります。ヘリウムが多く存在する木星や土星は、地球とどのように違うのでしょうか？

ヘリウムガスを吸って声を出してみよう！


① 空気を思いっきり吸って、口から全部はき出す。はき出したら息を止めて鼻をつまむ。

② その状態で、白い部分をくわえる。根元の三角部分を指で押すとヘリウムが出てくるので、安心して、思いっきり胸いっぱい吸い込んで息を止める。

※ 口の中だけでなく胸いっぱいに吸い込むのがコツ！
ヘリウム以外入らないように唇をすぼめよう！

③ 声を出してみよう。声はどうか？

①



3

結果

声は、

4

【3. 極低温の世界】


宇宙は地球上とちがって、熱をためる空気も水もないので、私たちが生きていけるような高い温度ではなく、すべてのものが凍って止まってしまうような極低温の世界です。

宇宙と同じ極低温は、この実験室ではできませんが、できるだけ近い低温の世界を体験できる、液体窒素を使って実験してみましょう。

3-1 液体窒素で気体を冷やしてみよう


① 袋に空気を入れて、手で袋の口をおさえる。

② 液体窒素に入れてみよう。空気はどうなるかな？



③ 袋にボンベで二酸化炭素を入れて、手で袋の口を押さえて、液体窒素に入れてみよう。

④ 同じように、ヘリウムも入れてみよう。気体はどうなるかな？



5

冷やす気体	結果
空気	
二酸化炭素	
ヘリウム	

6

3-2 液体窒素で冷やすと、電気が流れる？ 流れない？

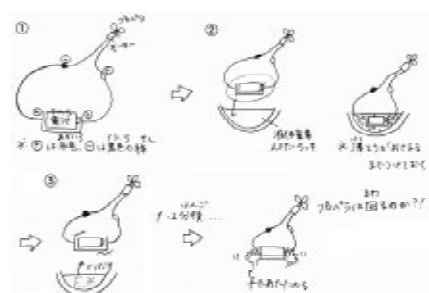
宇宙飛行士は、時々宇宙ステーションの外に出て仕事や実験をしています。6年前に宇宙飛行士の野口総一さんは、宇宙服を着て船外活動をしました。宇宙空間では、私たちがいつも使うような乾電池は使えるのでしょうか？

3-2-1 乾電池を冷やしてみよう

① 乾電池とプロペラをつなぐ。+-を間違えないでね。

② 乾電池を液体窒素につける。沸騰がおさまるまで、しばらくつけておく。

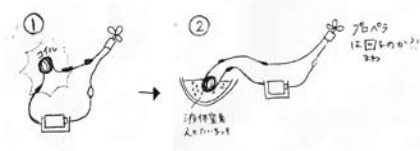
③ 乾電池を液体窒素から取り出す。1、2分たったら、軍手をしで手であたためてみよう。プロペラはどうなるかな？



7

3-2-2 コイルを冷やしてみよう

- ① プロペラと乾電池をつないで、プロペラが回るのを確認してから、コイルを乾電池とプロペラとの間につなぐ。プロペラは回りましたか？
- ② コイルだけを液体窒素につけてみる。プロペラはどうなるかな？



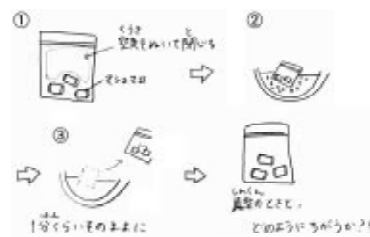
結果とまとめ

電池を冷やすと・・・？	コイルを冷やすと・・・？
プロペラが	プロペラが
つまり電流は	つまり電流は
↓	
宇宙空間で乾電池は、	

3-3 マシュマロを冷やしてみよう

液体窒素でやわらかいものを冷やすと、どうなるかな？ さっきの真空とどのように違うか、実験してみましょう。

- ① マシュマロをジッパー付きの袋に入れて、空気をぬいて閉じる。
- ② 袋ごと液体窒素につけて冷やす。
- ③ 1分くらいそのままにして、液体窒素からマシュマロを袋から取り出して食べてみよう。さっきの真空実験と、どのように違うかな？



平成 24 年 8 月 23 日（木）
 気仙沼市図書館
 宮城教育大学 理科教育講座 笠井研究室

スペースラボ in 気仙沼

宇宙空間をミニ体験しよう



____ 学校 ____ 年 名前 _____

〇. はじめに・・・「宇宙ってどんなところ？」
 宇宙は、どんな場所なのでしょう？

いま、日本人の宇宙飛行士である星出彰彦さんが宇宙に行っています。宇宙飛行士は宇宙に行くまで、たくさんの訓練をしています。宇宙に行くのは大変なことなのです。

しかし、宇宙はわたしたちにとっても身近なものです。この地球や、月や太陽は宇宙の中にあります。そして、宇宙にある人工衛星や宇宙ステーションは人間が作ったものです。人工衛星による、GPS や BS 放送、衛星写真など、私たちの暮らしに役立っているものはたくさんあります。


映画やアニメでも、宇宙が舞台になった作品はたくさんありますね。今日は、その宇宙がどんな場所か考えながら、ちょっとした実験で宇宙をミニ体験していきましょう！

1

1. 空気が無い世界


私たちの周りには空気がありますが、宇宙ではどうでしょうか？

空気が無い空間を「真空」といいます。真空では息ができませんが、困るのはそれだけではありません。



空気

◎宇宙に行くときの服装 「宇宙服」
 なんだか動きづらそうですね。
 どうしてこんなふうにな身を覆われた服でなければいけないのでしょうか？




2

★実験①★ 風船は真空ではどうなるだろう？


ふくらませていない、少しだけ空気が入った風船を容器に入れて、空気をぬいてみよう。

どうなるかな?? _____

どうなったかな? _____



★おまけ実験★
 マシュマロでもやってみよう♪
 どうなるかな?
 なにかいつもと変わったかな?



3

★実験②★ お湯は真空ではどうなるかな？

注意!! お湯は熱いので気をつけて!

お湯の様子は？

温度は何℃かな？





4

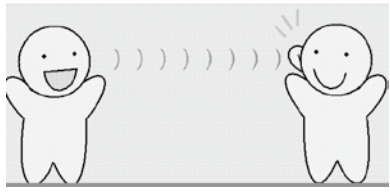
★実験③★ 音は真空でも聞こえるのだろうか？

音を鳴らしたまま容器に入れて、空気をぬきながら音の変化を聞いてみよう！

どうなったかな？



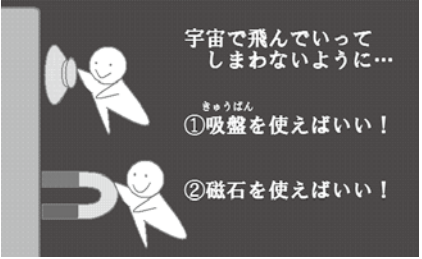
音ってどうやって聞こえているのだろう？



5

2. 宇宙で役に立つ物質たち

①宇宙で何かにくつきたい



★実験④★宇宙で使えるのは吸盤？磁石？

予想してみよう！宇宙で使えるのは...

(どっちも・吸盤・磁石・どっちも×) ○をつけて！

どうなったかな？

真空実験はここまで！

6

②宇宙ではトイレってどうするのか？

★実験⑤★ 高吸水性ポリマー



おむつにも使われている物質です

吸いこんだり目に入ると危ないよ!

安全メガネをかけて実験しよう!

1. 水を入れてみよう。まだ水を吸うのかな？
2. 水を吸わせたら逆さまにしてみよう
3. もっと水を入れてみよう!


どこまで吸うか


③人工衛星は電波を送ったり受け取ったりするためにとても大きなアンテナが付いています。さて、地球上で作られたあと、どうやって運ばれているのでしょうか？

人工衛星には形状記憶合金が使われています。

形状記憶合金とは、低い温度で形を変えても、決まった温度まで温めると元の形にもどる金属です。



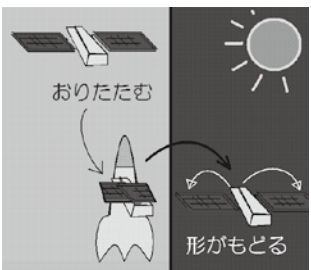
7

★実験⑥★ 形状記憶合金 

①お湯の入ったどんぶりにつけてみよう。
形はどうなるかな？

②お湯から出して、熱くないか確かめてから、もう1度形をくずしてやってみよう！

このような形状記憶合金が使われている人工衛星は、運ぶときや打ち上げるときには、小さく形を変え、宇宙で 太陽の熱によって もとの形にもどります。



8

3. 宇宙服の素材 そざい


太陽の熱に耐え、また、寒いところでも平気なように、宇宙服には断熱材が使われています。

★実験⑦★発泡ポリウレタンをつくってみよう！

(使うもの)

液体 A が入った紙コップ、液体 B が入ったしょうゆびん
絵の具、小さなカップ、わりばし

- 紙コップに好きな色の絵の具を入れて、液体 A とまぜる
- 紙コップに液体 B を入れて、よくかきまぜる
- あたたかくなり、泡が出て白っぽくなったら、カップにうつす
- 固まるのを待ってできあがり




9

4. おわりに

今日の実験は楽しかったかな？
宇宙や身の回りのもののおもしろさを少しでも感じてもらえたなら うれしいです。

さあ、これからも、いろんなものに興味をもって、科学の楽しさを知っていきましょう！


今日はありがとうございました！ 

次のページから、今日の実験の結果を説明した図などをのせておきます。今日の実験を思い出しながら読んでみてね。

10

実験① 風船がふくらむ！

空気をぬくと・・・

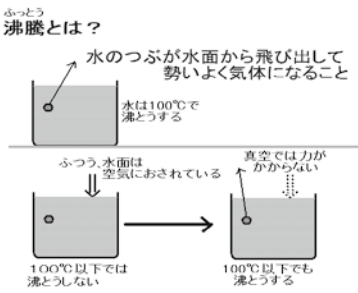


まわりの空気の押す力(気圧)が小さくなるため、ふくらむ。

実験②70℃でお湯が沸騰する！

沸騰する温度(沸点)は気圧が下がると低くなる

沸騰とは？



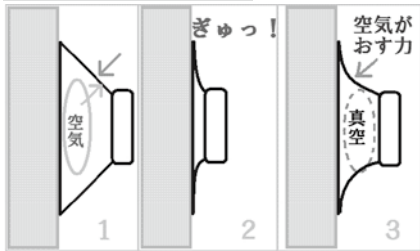
11

実験③ 真空では音が聞こえない!



真空では、音を伝える空気が無い。

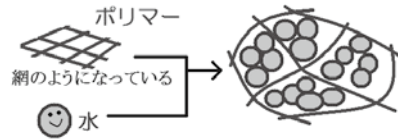
実験④ 宇宙では吸盤が使えない!



吸盤の中の空気が押しだされ、空気の力が外からだけ加わる。

実験⑤ 高吸水性ポリマー

ポリマー自体の重さの数100倍の水を吸収できる物質。



水があると、網が広がり、水をとじこめる

ポリマーは網のようになっていて、水があると網が広がり、水を閉じこめるため、こぼれなくなる。

実験⑥ 形状記憶合金はお湯で形がもどる!

