

小学校理科における気体学習の教材開発

－ 二酸化炭素についての気体学習 －

森下 浩史，市瀬 智嗣（長崎大学教育学部）

下村 周子（佐賀県立神崎清明高等学校）

【キーワード】 小学校理科，教材開発，気体学習，ドライアイス

1. はじめに

我々はこの数年，これまで長崎県内の小・中学校および長崎市科学館，公民館などで，「出前実験」と称し，小学生の子ども達を主対象に科学実験教室を行ってきた。この中で「ドライアイスを触ってみよう！」や「プカプカ風船」というサイエンスタイトルで，子ども達の興味を引きながら気体の性質に関する事柄について参加体験型学習支援を行ってきた。

子ども達にとって，気体は目に見えないなどの理由でその実体は理解しづらいものであると言われている。本報告は気体の中の二酸化炭素を取り上げ，「ドライアイスを触ってみよう！」での実践事例を取り上げながら，理科の気体学習の中にドライアイスを教材として利用することの視点から検討を加えたものである。気体の性質について，子ども達の理解が得やすいようにとの観点から，教材開発することを目的とした。また，子ども達の身近にある市販物の中で，二酸化炭素の発生教材として利用可能である材料についても検討してみた。このことについても併せて紹介する。

2. 二酸化炭素学習とドライアイス

小学校理科において気体に直接関係した学習内容¹⁾は，第4学年「とじこめた空気と水」，「ものの温度とかさ」，「自然の中の水」，第6学年「ものの燃え方と空気」，「水よう液の性質」，「からだのつくりとはたらき」，「生き物のくらしと自然かんきょう」の単元が用意されている。

小学校理科での気体学習では，混合気体としての「空気」の学習を経て，「酸素」，「二酸化炭素」，「水素」等の気体の取り扱いへと発展的に各気体の性質について学習する。二酸化炭素に関連した学習内容は，第6学年「ものの燃え方と空気」，「水よう液の性質」，「からだのつくりとはたらき」，「生き物のくらしと自然かんきょう」の単元で取り扱われることになる。

「出前実験」では，「空気」としての気体の性質の取り扱いから，「各気体の性質」としての気体の取り扱いの間を埋めるために，「アンモニアの噴水」，「液体窒素で液体空気を作ってみよう」（資料1），「液体酸素を作ってみよう」，「ドライアイスを触ってみよう」（資料2），「プカプカ風船」（資料3）などのサイエンスタイ

トルで気体の性質に関連した事柄を実施してきた。「出前実験」に参加した子ども達(小学3~6年生)に、面白いと思ったサイエンス項目を選んでもらったところ、ドライアイスに関係した実験(フィルムケースにドライアイスを入れてフィルムケースのふたを飛ばす実験や、ドライアイスを水の中に入れて白煙を出させる実験)に多くの子ども達が興味をもつとした結果を下村は得ている²⁾。

以下、出前実験のサイエンスタイトル「ドライアイスを触ってみよう！」について紹介するが、本報告の主題である二酸化炭素の学習において、ドライアイスを教材として利用することのヒントは、数多く行ってきた出前実験で子ども達と接する中で得られたものである。

3. 出前実験「ドライアイスを触ってみよう！」について

出前実験「ドライアイスを触ってみよう！」では以下の各実験を行った。

①ドライアイスを観察してみよう！

物質としてのドライアイスの性状・重さ・質感の体感をしてもらう目的で、子ども達に低温のドライアイスの小塊に触れてもらい(軍手着用)、観察してもらった後、子ども達自身にドライアイスを金槌で割ってもらう活動を行った。これらの活動後、ドライアイスの作り方について、二酸化炭素用の消火器を噴射してドライアイスの粉が生成してくること(断熱膨張)。また、これらを押し固めてドライアイスが作られることを説明しても、子ども達は簡単に受け入れてくれる。

②ドライアイスと金属の不思議な関係！

子ども達に金属製の薬さじや水道の蛇口などにドライアイスを押当てると、音が発生することを体験してもらった。これは、熱伝導が大きい金属によりドライアイスが加熱されて、ドライアイスが一気に気化し、その発生した気体のために金属が振動することによって音が生じたものである。

また、ドライアイスが加熱されて気化することで机などとの摩擦が小さくなる。このことを利用して、自作のホッケー場(発泡スチロール板に金属板を貼り付けたもの)の中でドライアイスを滑らせる活動を行った。

③ドライアイスを水に入れたときに出る白い煙の正体は？

ドライアイスを水の中に入れると、気泡とともに白い煙のような水蒸気が発生する。他方、ドライアイスをサラダ油に入れても水を含まないサラダ油からは白煙が出ない。このことから、白い煙のようなものが水蒸気であることを確認してもらった。また、空気中に存在する気体の水蒸気の存在についても、放置したドライアイス表面に付着する霜の観察からも確認してもらった。このドライアイス表面で繰り広げられる現象をルーペや実体顕微鏡を用いて、氷が結晶成長するダイナミックな様子を観察してもらう活動を行った。

④アサガオの花水で酸性・アルカリ性を調べよう！

二酸化炭素が水に溶解すると炭酸水になり、酸性の水溶液になることを説明するために、酸・アルカリの指示薬として、アサガオの花水を利用した(色素：アント

シアン)。具体的には、アルカリ性にしておいた緑色の花水にドライアイス投入することにより赤色の酸性色を示すようになる現象を観察させた。この際、子ども達の身の回りにあるサンポールやレモン水、石けんや重曹も提示し、これらについてもアサガオの花水で酸・アルカリの判別をしてもらった。

⑤二酸化炭素は空気より重い？それとも軽い？

あらかじめ水槽の底にドライアイスを敷き詰めて二酸化炭素のガスを溜めておき、そこにシャボン玉を吹き込むと、水槽中でシャボン玉が宙に静止する。このことから、二酸化炭素が空気より重いことを認識してもらった。この際、シャボン玉がドライアイスに接触する場合があるが、この場合には凍ったシャボン玉も観察することができるので、改めてドライアイスが低温であることを確認してもらうことができた。

⑥フィルムケースの中にドライアイスを入れてみよう！

フィルムケースにドライアイスの小塊を入れ、ふたをして放置しておくとしばらくするとふたがはじけ飛ぶ。この実験によって固体が気体になる際に体積が数百倍に増加することを確認してもらった。このとき同時にビニール袋にドライアイスを入れて袋の口を閉じ、袋が膨らむ様子も観察してもらった(物質としての体積の占有の体験)。

この「ドライアイス」実験を行う前に、子ども達がドライアイスについてどれほど知っているのかアンケート調査を行った(資料4)。質問項目①「ドライアイスを知っていますか。」の結果を図1に示した。

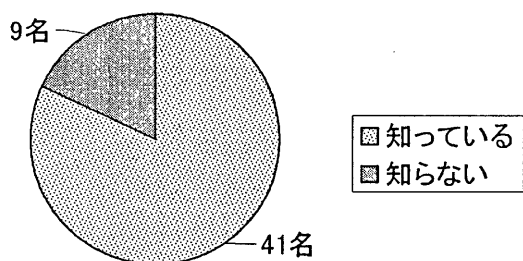


図1 ドライアイスを知っていますか
(アンケート対象 総数50人)

表1 アンケート対象学年

学年	人数
小学校1年生	8
2年生	11
3年生	8
4年生	9
5年生	11
6年生	2
中学校1年生	0
2年生	1
3年生	8
合計	58

この結果、多くの子ども達がドライアイスを知っていることがわかった。しかし、知っていても見たことがある、または水に入れると白煙(子ども達は水蒸気であるとは認識していない)が発生するということを知っている程度にとどまり、ド

ドライアイスが二酸化炭素から出来ていることなどの化学的な性質まで知っている子どもは少なかった。これは質問項目②「ドライアイスは冷たいですか、熱いですか」(図2)、③「ドライアイスを机の上に置いておくとどうなると思いますか」(図3)の結果からも窺い知れた。

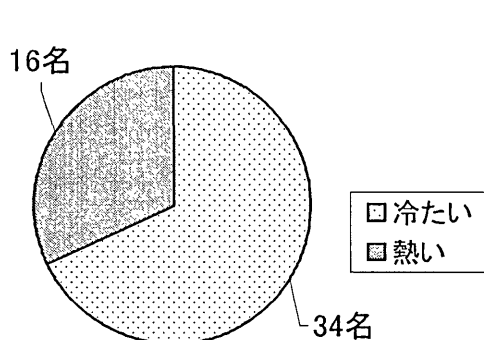


図2 ドライアイスは冷たいですか、熱いですか

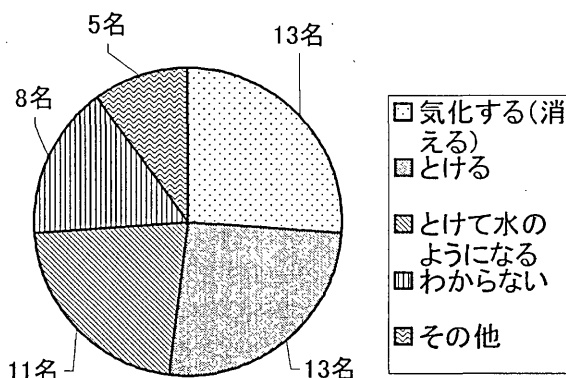


図3 ドライアイスを机の上に置いておくとどうなると思いますか

4. 二酸化炭素の教材研究

2.で前述したように出前実験での経験やアンケート結果から、物質としてのドライアイスは子ども達の興味を引くことがわかった。さらにドライアイスの化学的な性質について詳しくは知らないものの、多くの子ども達がドライアイスのことを知っていたこともあり、小学校理科の気体学習において、教材としてドライアイスを利用しても子ども達には抵抗感はないと考えられた。

ドライアイスの教材としての活用を目的として、理科の実験で一般に用いられている二酸化炭素の発生方法と比較して、入浴剤、ポット洗浄剤などの市販物などと一緒に、ドライアイスを二酸化炭素の発生教材として利用できるかどうかを検証するための実験を試みた。

5. 実験方法

まず初めに、一般の理科授業で用いられる石灰石と塩酸の反応や炭酸水素ナトリウムの熱分解による二酸化炭素の発生速度を調査した。石灰石と塩酸における反応の実験方法は、300ml フラスコ内で二酸化炭素を発生させ、二酸化炭素が100ml 溜まるまでの時間を測定し、それをもとに二酸化炭素の発生速度を求めた。二酸化炭素の捕集には、油上での置換法を用いた。

次に市販物の入浴剤、ポット洗浄剤などを水中に投入すると二酸化炭素が発生する。これらの市販物についても上と同様の方法で二酸化炭素の発生速度を測定した。また、ドライアイスについては、水に投入せず、300ml フラスコに入れて二酸化炭素を発生させた。(以下にこれらの市販物の価格を示す。・ドライアイス 500 円/kg ・入浴剤 698 円/20 包 ・入歯洗浄剤 924 円/108 錠)

6. 実験結果

図4に石灰石に塩酸を加えた場合に発生する二酸化炭素の発生速度 (ml/秒) を示した。石灰石 (小塊) 3g と 5g に対して塩酸の濃度および使用量を変化させた場合の実験結果をそれぞれ示している。石灰石は市販の小塊状のものを使用したために、二酸化炭素の急激な発生は抑えられ、持続的な発生が観測できた。実験に使用した石灰石の粒径の大きさや反応温度の条件整備は特別にすることはなかったが、塩酸の濃度が高いほど、また塩酸の使用量が多いほど二酸化炭素の発生量が多くなる傾向を示した。5% 塩酸を使用した場合において二酸化炭素の発生は比較的スムーズであった。塩酸の濃度が高くなるにつれて反応の初速度が大きいことが図4の実験結果からも分かる。

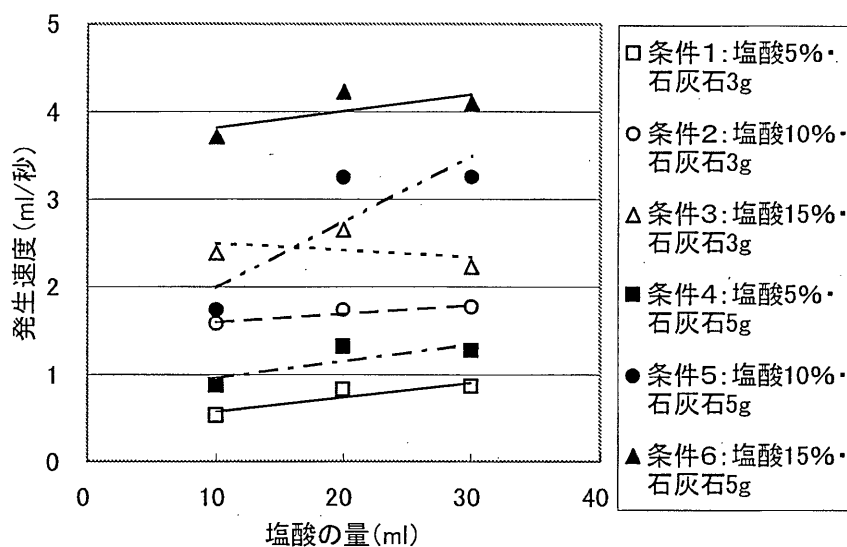


図4 塩酸と石灰石の反応による二酸化炭素の発生速度

※塩酸 5% (約 1.5 モル濃度), 10% (約 3 モル濃度), 15% (約 5 モル濃度)

図5には、それぞれ小塊のドライアイス、入浴剤、ポット洗浄剤での二酸化炭素の発生速度 (ml/秒) を示した。ドライアイスについては空の 300ml フラスコの中に投入後、室温で二酸化炭素を発生させた場合と、投入後 50℃のお湯につけて発生させた場合の結果を示している。入浴剤、ポット洗浄剤については、室温近傍温度の水の中に直接投入した場合と、50℃のお湯に投入した場合について示している。それぞれの市販物品の量が多いほど、また反応水温が高いほど二酸化炭素の発生量は多くなった。図4と図5の結果を比較した場合、図5における二酸化炭素の発生速度は格段に大きいことが判明した。

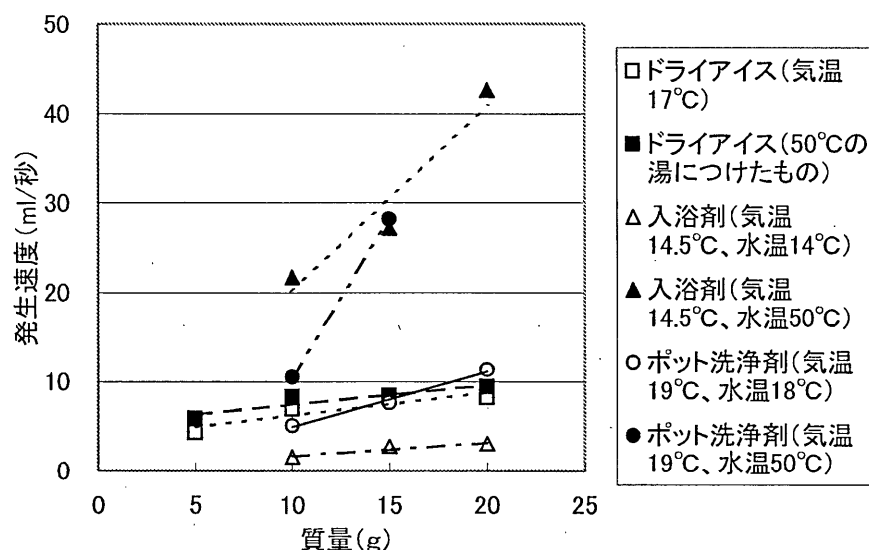


図5 市販物の二酸化炭素発生速度

これらの市販物についての結果の取り扱いについては、一般の理科実験で用いられる方法と比較して、①時間的な問題として二酸化炭素の発生速度が劣らないこと、②操作上の問題として発生の方法が簡単であることを、理科の授業で利用できることの判断基準とした。

この基準と照らし合わせた場合、理科の授業の中で二酸化炭素を利用する場面において、二酸化炭素を発生させる方法として、ドライアイスおよびポット洗浄剤を水に入れる方法は二酸化炭素の発生方法として採用できると判断できる。

7. 実験結果考察

図5に示した二酸化炭素の発生速度調査の結果から、ドライアイスや入浴剤等を利用した二酸化炭素の発生方法について以下の利点を述べることができる。

- ①ドライアイス等を用いた場合、ドライアイス等が少量でも一般の理科実験などで扱われる発生方法(石灰石と塩酸の反応)より速く二酸化炭素を得ることができる。
- ②塩酸と石灰石の反応では劇薬の塩酸を使用することから、安全・保管・廃液処理面での問題がある。これに比べドライアイスを用いた場合は比較的危険性が少ない。加えて実験後の片付けが非常に楽である。

8. 結論

気体学習では、気体には①重さがあること、②重さが保存されること、③体積があることを子ども達にいかに認識してもらうかが問題とされてきた。本研究はこれらの問題の解決の糸口として、二酸化炭素の学習の中に教材としてドライアイスの導入を試みたものである。

これまでの出前実験での経験と二酸化炭素の発生速度調査の結果から、ドライ

アイスを二酸化炭素の学習に活用する上での利点として以下の2つを挙げる事ができる。

- ①ドライアイスは気体の学習において、ドライアイスの塊を触覚的・視覚的に捉えることができるため、触覚や視覚による認識が容易でない気体学習において、これらのことを補ってくれる有効な教材となり得る。
- ②ドライアイスは理科の授業の中で二酸化炭素の有用な発生材料として活用できる。

9. 今後の課題

二酸化炭素の発生速度調査の実験では、試料の表面積によって二酸化炭素の発生速度が大きく変わってくる。よって、二酸化炭素の発生速度を比較する際、粒径を揃えて実験を行わなければ、実験値を完全に信頼することはできないため、市販物の二酸化炭素の発生速度調査において、試料の粒径を揃えた実験を行うことが検討されなければならない。

さらに、ドライアイスを小学校理科授業の中で使用する上で、簡便に利用できる保存法および入手法、さらに児童がドライアイス扱う際の安全対策についてガイドブックを作るなどの検討を加えていく必要があると考えている。

ドライアイス取り扱いガイドブック（案）

○安全対策

- ・ドライアイスを誤って口にしない。
- ・触れる際には必ず軍手を着用する。（直接手で触れない。）
- ・狭い室内などは換気に気を付ける。（特に夏場はドライアイスが早く気化するため、徹底する。）

○観察・実験の際の留意点

- ・ドライアイスを割る際にあまり粉々にしない。（ドライアイスを粉々にしてしまうと、すぐに気化してなくなってしまう。）
- ・ドライアイスが気化した後に残っている水滴は空気中の水分であることを確認する。（ドライアイスの粉を観察すると、気化して後に何も残らないことを確認できる。）

参考文献

- 1) たのしい理科 4 上下・6 上下，大日本図書株式会社，2001
- 2) 下村周子，平成 16 年度長崎大学教育学部修士論文，2006

資料1 液体窒素で液体空気を作ってみよう

空気を液体にしてみよう！

液体窒素でいろいろなものを冷やして遊んでみよう！

いろいろなもの、いろいろな操作（どうなるかな？）

◎ バナナ、バセリ、とうふ、チュウチュウアイス

（水分があるので凍ります）

なま望、やなぎの川

（なかなか凍りません）

乾電池、発光ダイオード

（明かりが消えます）

◎ 空のペットボトル、空き缶

ペットボトルや空き缶の中に空気の液体ができてきます。

空き缶の中に液体窒素を入れる

空き缶の底から液体窒素が水位と落ちてきます。

冷却についての豆知識

氷 100g に食塩 33g を混ぜると、 -21°C の寒剤ができます。

半導体や非金属は、低温になると電気伝導性が悪くなります。

トンネル工事での泥水の固化や輸血用の血液、受精卵の冷却保存に液体窒素は利用されています。

液体窒素の取り扱いについては、以下のことに特に注意してください

- 注意 1) 液体窒素の沸点は -196°C 、融点は -210°C です。液体窒素が直接皮膚に触れると凍傷を起こす場合があります。液体窒素を使用する場合は、皮手袋を用いること。
- 注意 2) 長時間放置した場合、酸素の濃度やオゾン濃度が上昇して、急激な酸化反応や爆発を起こす場合があります。

資料2 ドライアイスに触ってみよう

ドライアイスに触ってみよう！

ドライアイスってなに？

ドライアイスは二酸化炭素(気体)を冷やして -80°C で固めた固体状態のもので、

注意！ ドライアイスはとても冷たいので、手で触る時には必ず軍手をしましょう。

実験操作

① ドライアイスを観察してみよう！

まずドライアイスを割って、観察してみましょう。とくにドライアイスの表面を見てください。ドライアイスの角（つ）がみえましたか？ドライアイスの角ってなんでしょう？

また、ドライアイスを空気中に放置しておくときドライアイスはどのような様子になるのでしょうか？

② ドライアイスと金属の不思議な関係！

ドライアイスを金属板の上に置いて指ではじくと、ドライアイスが滑っていきます。どうしてでしょう？

また、ドライアイスをスプーンや水道の蛇口などの金属にくっつけてみましょう。もしかしら何か音が聞こえてくるかもしれません。なんの音でしょうか？

③ ドライアイスを水に入れたときに出る白い煙の正体は？

水が入った水そうの中にドライアイスを入れてみましょう。もくもくと白い煙のようなものが出てくるはずです。さあこれは一体何でしょうか？

サラダオイルの中にもドライアイスを入れてみましょう。水とサラダオイルとの様子の違いを見つけてください。

④ アサガオの花水で酸性・アルカリ性を調べよう！

水にアサガオの花びらを入れるとアサガオの花水ができます。この中にドライアイスをいれると、どのような変化が起こるのでしょうか？やってみてください。

⑤ 二酸化炭素は空気より重い？それとも軽い？

水槽にドライアイスを入れ、この水槽の中にシャボン玉を入れてみましょう。シャボン玉は水そうの中で潰れてしまうのでしょうか？それとも・・・？

氷のシャボン玉をどうにかして作ってみてください。

⑥ フィルムケースの中にドライアイスを入れてみよう！

フィルムケースの中にドライアイスを入れてしばらくすると、フィルムケースのふたが弾け飛びます。どうしてでしょう？

ヒント：ポリエチレン袋にドライアイスを入れて、袋の口を開けてみてください。ポリエチレン袋はどのような状態になりますか？

資料3 プカプカ風船

プカプカ風船

ポリエチレン袋でプカプカ風船

ポリエチレン袋（大）の薄手のものを、用意します。
プカプカと、ポリエチレン袋が
高いところまで浮きますか？

1. ポリエチレンふくろをさかさまにして、ふくろの口の下方より風を吹き込んでみましょう。

道具【うちわ、せんぶうき（扇風機）】

2. ポリエチレンふくろをさかさまにして、ふくろの口の下方より熱い風を吹き込んでみましょう。ミニ熱気球にするためには、少し工夫がいります。

道具【ヘアドライヤー、ろうそく、カセットフー（簡易ガスコンロ）】

注意

炎で、ポリエチレンふくろが燃え出すことがあります。

水が入ったバケツを用意しておきましょう。

この実験は1人では絶対にやらないで下さい。

やけどしないように、注意してください。

熱いので、軍手をはめてください。

3. ポリエチレンふくろの中の空気を追い出します。ベシヤンコにします。ふくろの口をセロテープで閉じます。この中に軽い気体（ヘリウムや水素など）を入れると、ポリエチレンふくろはプカプカと浮いてくれます。

水素は、水の電気分解で作ることが出来ます。

ヘリウムは、太陽の表面付近で、水素の核融合反応で出来ています。

4. シャボン玉やゴム風船の中に軽い気体を入れると、シャボン玉やゴム風船は上方に飛んでいきます。やってみましょう。（プカプカゴム風船が吹の日、萎んでしまっ
ってプカプカと浮かなくなって、悲しい思いをした経験があるでしょう。これは、目には見えないけどゴ
ム風船のゴム壁に小さな穴が空山あって、その穴からヘリウムや水素の分子が逃げ出し悲しいからです。

資料4 ドライアイスに関するアンケート

月 日

ドライアイスに関するアンケート

小学校・中学校（ ）年生 男・女

このアンケートは卒業論文研究の資料として使用させていただきます。

事前アンケート

・ドライアイスを知っていますか。

a.知っている b.知らない

・ドライアイスは冷たいですか、熱いですか。

a.冷たい b.熱い

・ドライアイスをビニール袋に入れて口を閉じると、ビニール袋はどうなると思いますか。

a.中が白くもる b.袋がとける c.袋が膨らむ（破れる） d.わからない

e.その他（ ）

・ドライアイスを机の上に置いておくとうるむと思いますか。

a.とけて水のようになる b.とける c.気化する（消える） d.わからない

e.その他（ ）

事後アンケート

・ドライアイスは何の固体ですか。

a. 水 b. 空気 c.酸素 d. 二酸化炭素 e.その他（ ）

・二酸化炭素が溶けた水溶液を何と言いますか。（ ）

・シャボン玉が浮く実験から、二酸化炭素は空気より重いと思いますが、軽いと思いませんか。

a.重い b.軽い

・ドライアイスを入れたフィルムケースのふたが飛ぶのはなぜですか。

（ ）

・氷が水になるように、ドライアイスを机の上に置いておくと液体になると思いますか。

a.液体になる b.液体にならない

ご協力ありがとうございました。

長崎大学 教育学部 市瀬 啓嗣