

気体が発生する反応による質量保存の法則

—盲学校における酸素/二酸化炭素センサと音声付電子てんびんの活用—

高橋 晋司

視覚障がいをもつ生徒（弱視）が、気体が発生する反応による質量保存の法則について効果的に学習できるよう、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が開発した酸素/二酸化炭素センサや音声付電子てんびんを活用した学習プログラムを作成して実践を行い、学習効果を検証した。そして、実践後の生徒インタビューの分析から、てんびんの質量変化の様子を音声で教えてくれるので、液晶画面が見えにくい弱視の生徒が実験中に見て確認する困難がなくなり、余裕をもって実験に取り組ませることができること、酸素/二酸化炭素センサの結果をモニター上に継時的グラフとして表すことにより、現象としては見ることができない気体の濃度変化を目の前で起きている現象のように捉えることができ、直感的理解を促すことができることがわかった。

[キーワード] 音声付電子てんびん 酸素/二酸化炭素センサ 視覚障がい 盲学校

はじめに

筆者は盲学校に勤務して8年になるが、視覚障がいや発達障がいをもつ子どもたちの理科教育を充実させるための手段の一つとして、テクノロジーの活用が効果的であると考え、積極的に授業で活用してきた。これまでの実践においても、酸素/二酸化炭素センサや音声付電子てんびんが視覚障がいをもつ子どもたちの理科教育に効果的であった^{*1・2)}。今回の実践もそういった取り組みの一つとして行ったものである。さらに、近い将来的には盲学校だけにとどまらず、通常校の子どもたちの理科教育の充実にもつなげられることを意識した実践でもある。

今回は、気体が発生する反応における質量保存の法則と発生した気体の確認を視覚障がい(弱視)をもつ生徒が効果的に学習できるようなプログラムを作成して実践した。そして、実践に参加した生徒に実践後インタビューを行い、その分析から視覚障がい(弱視)をもつ生徒にとっての酸素/二酸化炭素センサや音声付電子てんびんの学習効果を明らかにすることを試みた。

1 本実践における実験について

本プログラム内の実験は北海道立教育研究所附属理科教育センターの中学校理科研究講座の実験を基に開発したものである。

(1) 準備

炭酸カルシウム(粉末)、5%塩酸、500mL炭酸

飲料用ペットボトル、試験管、発生した気体を確かめる装置(20mLシリンジ、ジッパー付袋、ゴム管、ゴム栓で自作)、音声付電子てんびん、酸素/二酸化炭素センサ、PC、37型モニター

(2) 方法

① 質量保存の法則についての実験

- [1] 炭酸飲料用ペットボトルに炭酸カルシウム粉末1.0g、試験管に入れた5%塩酸15mLを入れ、ゴム栓でフタをする。
- [2] 音声付電子てんびんに[1]のをせ、RE-ZEROボタン等を押して0.00gにしておく(図1)。



図1 反応前の様子

- [3] ペットボトルを傾け、炭酸カルシウムと塩酸を反応させてすぐに、電子てんびん上に戻し、反応の様子と質量の変化を観察する。

② 発生した気体を確かめる実験

- [1] 酸素/二酸化炭素センサ(200秒測定:5秒×40回)、PC、モニターを配置する(図2)。

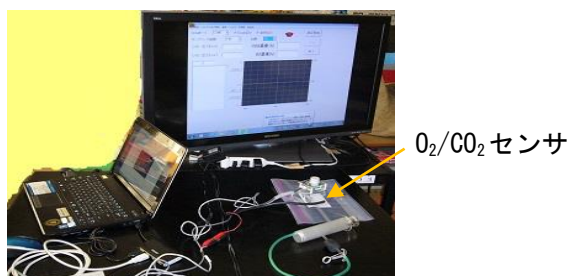


図2 PC, モニター, センサの配置

[2] 反応終了後のペットボトルにシリンジ付ゴム栓をセットして、発生した気体をシリンジ内にとる (図3)。



図3 気体をシリンジ内にとる様子

[3] シリンジ内の気体を酸素/二酸化炭素センサがセットされているジッパー付袋に封入して (図4), 気体濃度の変化をモニターで確認する。

[4] [2]と[3]の操作を10回程度繰り返す。



図4 シリンジ内の気体を封入する様子

2 実践の概要

(1) 実践に参加した生徒の実態と題材について

本実践には表1に示した2名の生徒が参加した。

第1に視覚障がい(弱視)の程度についてであるが、A生は本実践で使用した電子てんびんの液晶表示を視認するには、液晶画面に顔を20cm程度まで近づける必要があり、液晶表示だけで実験を遂行するには困難を要する。B生は視力の問題に加えて視覚認知の問題があるため、液晶表示だけで実験を遂行するには困難を要する。第2に教育課程及び学力の程度についてであるが、A生は通

常校と同内容・同目標で学習しており、当該学年の学習内容の理解度は高い。B生は、これは当該学年の学習内容のうち基礎・基本事項を精選して学習する教育課程となっている。なお、本実践は教師と生徒が1対1の個別の形態で行った。

表1 実践に参加した生徒の実態

	視力	教育課程
A生(弱視) 中2	右:0.08 左:0.09	準ずる教育課程
B生(弱視) 中3	右:0.25 左:0.08	基礎・基本事項中心の教育課程

また、本題材は中学1年「気体の発生と性質」と中学2年「化学変化と質量の保存」での学習内容を含んでいる。実験の第1段階は中学2年の学習内容で、気体が発生する反応での物質の質量の変化過程を音声付電子てんびんで測定する実験から、反応前後では反応にかかわる物質の質量の総和が等しいことを見いだすことが目的となる。実験の第2段階は中学1年の学習内容で、発生した気体が酸素、二酸化炭素のどちらであるかを調べる実験である。ここでは「火のついた線香が激しく燃える」(酸素)、「石灰水が白く濁る」(二酸化炭素)などの従来の確認方法とは異なり、酸素/二酸化炭素センサの音声出力機能、グラフ表示機能により確かめる実験となっている。

実践に参加した生徒のうち中3のB生にとっては既習の学習内容となるが、事前調査では、「質量保存の法則」、「気体の発生」に関する学習内容ともに正確に答えることができなかったため、復習として実践した。中2のA生にとっては、「気体の発生」の場面が既習の学習内容となるが、本生徒にとって音声出力機能やグラフ表示機能が従来の学習方法と比較して、どのように捉えることができるかを生徒自身に考えてもらう機会として実践した。また、「質量保存の法則」については本実践がはじめて学習する機会であった。

(2) 生徒の様子

① 音声付電子てんびんを使った質量保存の法則についての実験の様子

図5, 6のように、弱視の生徒(A生)であっても反応による質量の変化の様子を音声により確認することができた。



図5 ペットボトル内の反応を確認する様子



図6 反応中の質量変化を音声で確認する様子

②酸素/二酸化炭素センサを使った発生した気体を確かめる実験の様子

図7, 8のように, 生徒 (B生) はシリンジの操作とともに, モニターに表示される酸素濃度と二酸化炭素濃度の変化のグラフを確認する。これにより, シリンジから気体を封入するたびに, 二酸化炭素濃度が上昇していくことが確認できた。

図9は実験終了後のモニターの様子である。酸素濃度はほとんど変化していないのに対して, 二酸化炭素濃度はシリンジから空気を封入するたびに上昇していることが表示されている。

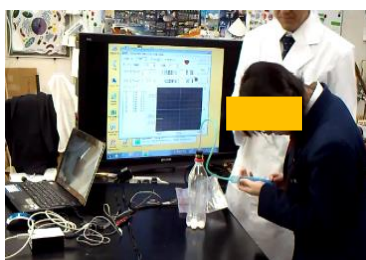


図7 シリンジ内に気体を取り込む様子



図8 モニターで確認する様子

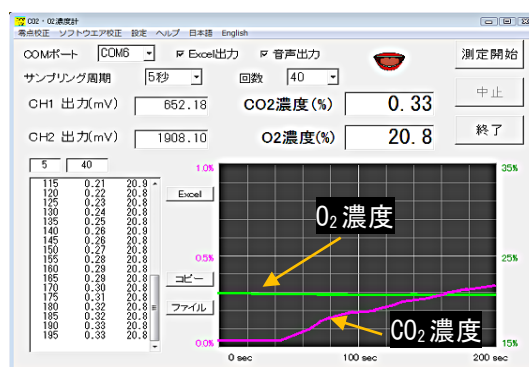


図9 実験終了後のモニター画面

3 参加した生徒のインタビュー時の発言を通して考察される音声付電子てんびんと酸素/二酸化炭素センサの学習効果

(1) A生インタビューの一部 (t: 教師, A1~4: A生)

t「電子てんびんの音声があるとAくんにとってどうですか。」

A1「目で見て, 耳で聞くという二つの感覚から情報を得ることでわかりやすくなると思う。どっちかだけより分りやすい。」

t「音声てんびんのリピート機能(繰り返し言う機能)についてはどう感じますか。」

A2「音はずっと残るものではないので, 何回も言ってくれれば, 頭に入ってくる。一回だけではきっと忘れてしまうのではないか。」

t「酸素/二酸化炭素センサは音声もあって, グラフもありますが, どう感じますか。」

A3「両方必要です。グラフを見ながら数値をきくと, グラフだけではわからない正確な数値がわかるからです。また, グラフからは変化を一瞬に捉えることができます。」

t「今回の実験の感想をお願いします。」

A4「今年になって普通の学校(通常中学校)から来た(転校した)からわかることですが, このような授業はこれまでなくて, 自分にとってはとても楽しかったです。また, 自分で実験をすることでわかりやすくなるということがよくわかった。先生がする実験を見るだけでは印象に残らない。目で見ていただけだからだと思います。前の学校の生徒にも使わせたら, 理科が嫌いな人も少しは変わるかもしれません。」

A1 から, 本生徒にとっては, 二つの感覚から情報を得ることによる相乗効果のようなものがあると考えられる。A2 から, リピート機能の効果も実感していると考えられる。A3 から, 本生徒にと

っては、グラフ表示、音声表示の両機能から必要な情報をしっかりと得ており、実験での現象理解が促進されたと考えられる。本生徒は今年度本校に転校した生徒である。A4 から、本生徒が視覚情報だけで学習するのではなくて、視覚の他に耳（聴覚）や手（触覚）を使って体験的に学習することによる効果を強く感じていることが伺える。また、通常校の生徒への学習効果についても示唆してくれた。

(2) B 生インタビューの一部 (t: 教師, B1~5: B 生)

t「電子てんびんの音声があると B さんにとって何が良いと思いますか。」

B1「私は見えづらいので、音の方が楽かなと思う。自分の性格的に音からの情報の方がわかりやすいのかなと思う。他の作業をやりながらも音声を聞いていれば質量の変化がわかります。」

t「楽に実験できるのかな。音声てんびんのリピート機能（繰り返し言う機能）はどうですか。」

B2「一回音声で言っても忘れてしまうけど、リピートだと何度も言うので忘れませんし、記憶に残りやすいと思います。」

t「酸素/二酸化炭素センサは音声もあって、グラフもありますが、B さんにとってはどう感じましたか。」

B3「変化がわかりやすいのはグラフの方です。酸素や二酸化炭素は普段目に見えないけど、グラフにすることで、増えていることや変化していないことが目で見えるからです。」

t「グラフがだんだん伸びていくという機能（継時的なグラフ表示機能）はどうですか。」

B4「その方が増えていくことがわかりやすいと思います。過去の状態も残っているし、現在の状態もわかるからです。」

t「グラフだとイメージがしやすいということでしょうか。」

B5「そうですね。瞬間的にわかりますね。“パッ”と見ただけでわかる。」

B1 から、弱視または視覚認知に課題のある本生徒にとっては、音声により実験中の「見る」という困難が解消されるので、円滑に実験を遂行できるようになったと考えられる。B2 から、本生徒にとっては、出力後に音声が消えてしまうという問題がリピート機能により解消され、実験で起きた現象理解が促進されたと考えられる。B3, B4, B5

から、本生徒にとっては、継時的なグラフ表示により、実際には見えない気体濃度変化がグラフに置き換えることで見えるものと感じられ、実験で起きた現象理解を促進したと考えられる。また B5 から、本生徒にとっては、このグラフが数学的なものではなく、濃度変化を表現した絵のようなものと捉えていると予想される。

4 おわりに

実践後の生徒インタビューの分析から、実践に参加した生徒にとっては、酸素/二酸化炭素センサ、音声付電子てんびんが学習内容を理解するのに効果的であるといえる。視覚障がい（弱視）のある二人の生徒の実践例のみで多くを論じることはできないが、実践に参加した生徒と同様な効果が期待できる子どもたちが、本校以外の盲学校や通常校にも在籍していることが考えられる。他の盲学校や通常校での実践例を積み上げることは今後の大きな課題である。

5 謝辞

この実践は、松原静郎桐蔭横浜大学教授が本校で実践研究する機会を下さったこと、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が酸素/二酸化炭素センサ、音声付電子てんびんを開発されたこと、これらを北海道立教育研究所附属理科教育センターより借用し、実践方法についてご指導いただいたことで実現しました。理科教育センターの伊藤崇由先生には終始貴重なご助言をいただきました。各位に心より感謝申し上げます。

また、勤務校である北海道函館盲学校の中学部 2, 3 年生の生徒の皆さんからは、授業を通して貴重なご意見をいただき心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 高橋晋司, 千葉秀輝, 視覚障がいを持つ児童生徒への酸素/二酸化炭素センサを用いた学習, 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 26 号, pp. 128-135, 2014.
- 2) 高橋晋司, 視覚障がいを持つ児童生徒への経時的な音声出力機能をもたせた電子てんびんを用いた学習, 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 27 号, pp. 106-111, 2015.

(たかはし しんじ 北海道函館盲学校教諭)