

視覚障がいをもつ児童生徒への継時的な 音声出力機能をもたせた電子てんびんを用いた学習

高橋 晋司

高橋三男教授（東京工業高等専門学校）が開発した音声出力装置は、電子てんびんに接続するだけで、電子てんびん本体の液晶に表示される数値を継時的に読み上げる機能をもつ。視覚障がいをもつ児童生徒の理科学習においても電子てんびんは欠かすことのできない実験器具であるが、電子てんびんの液晶に表示される数値を的確に読み取ることには困難を伴うことも多く、課題の一つであった。また、これまでも音声出力機能をもたせた電子てんびんは発売されていたが非常に高価なことや継時的な音声出力ができないということもあり、盲学校で十分に活用されているとはいえなかった。高橋三男教授が開発した音声出力装置は継時的な音声出力機能をもたせたという点で、とても優れており、盲学校の理科の学習において極めて有効な装置となりうると考えている。

[キーワード] 継時的な音声出力機能をもたせた電子てんびん 視覚障がい 盲学校

はじめに

本実践では、電子てんびんの継時的な音声出力機能を活用して、中学2年生の「化学変化と質量の保存」で行われる実験に用いた。ここでは、化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応前後で物質の総和が等しいことを見いださせることがねらいである^{*1)}。これまで、盲学校では反応前後での質量を電子てんびんで測定し、その数値を指導者が学習者に伝えるなどをし、実験を行ってきた。しかし、視覚障がいをもつ児童生徒には、数値を瞬時に自ら読み取れないこと、反応の様子を的確に把握できないこと、反応中の質量変化を確認できないことなどの課題があった。本実践では、継時的な音声出力機能をもたせた電子てんびんの活用と実験装置を工夫することにより、次の二つの事を目指して実践に取り組んだ。一つ目が「反応前後の質量を生徒が自ら見いだせること」、二つ目が「できる限り生徒が一人で実験を遂行できること」である。

1 盲学校の理科学習

視覚障がいをもつ生徒が通学する盲学校では通常校に準ずる理科学習が行われている。しかし、

そで行われている理科学習は通常校のものとは学習方法において異なることもある。それを端的に表すとすれば、「視覚に依存しない理科学習」ということになる。これは、聴覚や触覚などの残存する感覚を効果的に活用する学習である。視覚を活用する代わりに聴覚を活用して学習するとは、目で見て理解する代わりに耳で聞いて理解することである。そのための実験器具として、気体濃度の数値を音声で伝えてくれる実験器具や光の明暗を音の高低に変換してくれる実験器具などが盲学校の理科学習で活用されている。また、視覚を活用する代わりに触覚を活用して学習するとは、目で見て理解する代わりに手などで触って理解することである。手などでよく触って理解することを盲学校では触察という。今回活用した音声出力機能をもたせた電子てんびんも数値を継時的に音声で伝えてくれることから、聴覚を活用した理科学習の一つといえ、盲学校の生徒にとってはとても有効な実験機器といえる^{*2)}。

2 授業の概要

- (1) 題材名 「化学変化と質量の変化」
(新しい科学2年 東京書籍 p.48～51)

(2) 題材の目標

化学変化の前後における物質の質量を測定する実験から、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だし、この事象を日常生活と関連付けて科学的な見方や考え方を養う。

(3) 題材の指導計画

時数	学習活動
1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 演示実験「酸素を入れて密閉したフラスコの中で燃える炭」から、フラスコ内の炭はどこに行ったのかについて、教師との対話を通して考える。 ・ これまでに学習したことをふり返り、化学変化の前後では、全体の質量はどうかについて、教師との対話を通して考え、自分の考えを記述する。
2 本時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験「物質が化学変化の前と後での質量を比べる」を行う。 ・ 実験結果から、閉鎖系ではない場合に、反応前後で物質全体の質量が変化する理由を考える。そこから、閉鎖系では反応前後の質量の変化がどうかを考え、反応に関係する原子から質量保存の法則を理解する。

(4) 指導した生徒（4名）の実態

	視力	教育課程
A生（弱視） 中2	右:0.25 左:0.08	基本事項中心の教育課程
B生（盲） 中3	右:0 左:0	基本事項中心の教育課程
C生（弱視） 中3	右:手動弁 左:0.14	重複障がい者等に関する教育課程
D生（弱視） 中3	右:0.4 左:0.35	準ずる教育課程

基本事項中心の教育課程で学習する生徒は、当該学年の基礎基本事項のみを取り上げて学習している。また、重複障がい者等に関する教育課程で学習する生徒は、下学年の学習内

容などを学習している。

本実践は上記の4名の生徒に対して行い、すべての生徒の授業が教師と生徒が1対1の個別の形態で行った。

3 本時の学習

(1) 本時の目標

一人で実験を遂行して、実験結果から反応前後の質量変化の有無とその理由について自分の考えをまとめ、反応に関係する原子から質量保存の法則を理解する。

(2) 電子てんびんと音声出力装置

本時の実験で活用した電子てんびんと音声出力装置を接続した状態を図1に示す。電子てんびんと音声出力装置はRS-232Cによって接続されている。電子てんびんは株式会社エー・アンド・ディ製のコンパクト電子てんびんEK-610iを使用している。



図1 電子てんびんと音声出力装置の接続

(3) 本時の実験の説明及び生徒の様子

本時の実験では、視覚障がいをもつ生徒が主体的に実験に取り組めるように、次の二つの事を重視して実験を準備した。一つ目は「反応前後の質量を生徒が自ら見いだせること」、二つ目が「できる限り生徒が一人で実験を遂行できること」である。このために、次の①と②の実験では、薬品の混合に滴下ろうとを使用し、二つの薬品を少しずつ反応させ、電子てんびんの継時的な音声による反応中の質量変化を生徒自身が捉えられるようにした。

また、滴下ろうとの使用により、コックをひねるだけの操作で、その後の実験の様子を観察できるようにした。また、③の実験では、マグネシウムリボンを少量使用することで、加熱による反応の開始を容易にした。また、加熱するマグネシウムの質量の調整により、長めの反応時間を確保し、電子てんびんの継時的な音声による反応中の質量変化を生徒自身が捉えられるようにした。本時で取り上げた実験は、すべて密閉しない状態（閉鎖系ではない状態）で行った。

①うすい硫酸とうすい塩化バリウム水溶液を混ぜ合わせる。（沈殿ができる反応）

- [1]三角フラスコにうすい硫酸 15mL、滴下ろうとうすい塩化バリウム水溶液を 15mL 準備する。
- [2]滴下ろうとのコックをまわして、少しずつ滴下する。
- [3]フラスコ内で反応して、硫酸バリウムの白い沈殿ができる。
- [4]この反応では反応前後で質量の変化がない。



図2 ①の実験装置 図3 コックをひねるA生

②炭酸水素ナトリウムとうすい塩酸を混ぜ合わせる（気体が発生する反応）



図4 反応の様子を観察と電子てんびんの音声を聞くことを同時に行っている場面（A生）

- [1]三角フラスコに炭酸水素ナトリウム 10g、滴下ろうとにうすい塩酸を 20mL 準備する。
- [2]滴下ろうとのコックをまわして、少しずつ滴下する。
- [3]フラスコ内で反応して、二酸化炭素が発生する。
- [4]反応後、発生した二酸化炭素によって気体がフラスコの外に逃げていくので質量が小さくなる。 ※ゴム栓には穴があいている

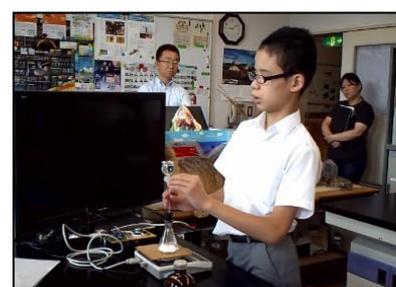


図6 コックをひねるB生

図5 ②の実験装置



図7 反応時の音と電子てんびんの音声を同時に聞いているB生

③マグネシウムを熱する。（酸素と化合する反応，無機物の燃焼）



図8 ③の実験装置

- [1] 燃焼皿にマグネシウム約 2 g, マグネシウムリボンを少し準備する。
- [2] ガストーチを使って, 皿の上からマグネシウムを熱する。
- [3] 反応が始まると, ガストーチで熱するのを止めても反応が続く。
- [4] 反応後, マグネシウムが空気中の酸素と反応して酸化マグネシウムとなるので, 質量が大きくなる。

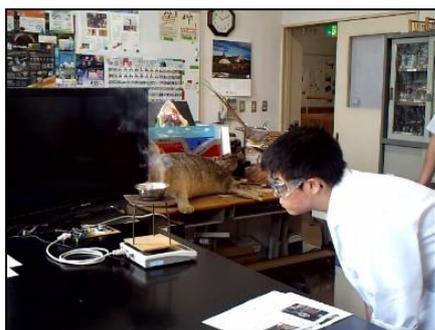


図9 反応の様子を観察と電子てんびんの音声を聞くことを同時に行っているC生

④紙を熱する (有機物の燃焼)



図10 ④の実験装置

- [1] 燃焼皿に紙を少し準備する。
- [2] ガスマッチを使って, 火をつける。
- [3] 反応後, 二酸化炭素と水が発生するので, 質量が小さくなる。

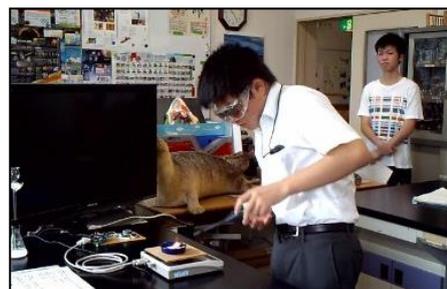


図11 火をつける場面 (C生)

(4) 本時の展開 (次ページ表)

4 指導者からみた授業中の生徒の様子及びインタビューから得られた生徒の反応

(1) 弱視生の様子

A生は実験中, 液晶の数値を見ていることが多かったが, 授業後に音声による数値の読み上げ機能について聞いたところ, 音声による数値があることで, 液晶の数値だけよりわかりやすいと言っていた。本生徒にとっては音声の数値を聞くことで, 見て確認するだけよりも正確に数値を把握でき, 化学変化による質量の変化を理解する助けになっていたと考えられる。

また, D生は継時的に音声の出力があることにより, 実験中に電子てんびんの液晶を常に見ている必要がなくなるので, 余裕をもって実験に取り組むことができるといった感想を述べてくれた。

(2) 全盲生の様子

B生は音声出力型の電子てんびんの活用により, 液体が落ちていく様子の音, 物質が化学変化している様子の音, 質量が変化していく様子の音といった, それぞれの音声を聞き分けることで実験の全体像を理解できることに大きな喜びを感じたようである。本生徒はそれらの音を的確に聞き分けて, 実験結果を把握することが出来ていた。特に, この電子てんびんを活用することで, 物質の反応中も音声継時的に聞こえているので, 物質の反応と質量が変化していく様子とを関連づけて理解していた。

表 本時の展開

	学習活動	教師の支援・留意点
導入	<input type="checkbox"/> 前時の学習内容を思い出す。 <input type="checkbox"/> 課題を知る。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;">課題：化学変化の前と後では、物質の質量はどのように変化するのだろうか。</div>	<input type="checkbox"/> 指名しながら前時の学習内容を確認する。 <input type="checkbox"/> 課題を提示する。
展開	<input type="checkbox"/> ワークシート予想1を行う。(実験前予想)	<input type="checkbox"/> ワークシートの説明をし、予想1に取り組むように指示する。
	<p style="text-align: center;">実験「物質が化学変化する前と後の質量を比べる。～継時的音声出力型電子てんびんを利用して～」</p> <p>①うすい硫酸とうすい塩化バリウム水溶液を混ぜ合わせる。(沈殿ができる反応)</p> <p>②炭酸水素ナトリウムとうすい塩酸を混ぜ合わせる(気体が発生する反応)</p> <p>③マグネシウムを熱する。(酸素と化合する反応、無機物の燃焼)</p> <p>④紙を熱する(有機物の燃焼) ※実験は密閉しない状態で行う。</p>	
まとめ	<input type="checkbox"/> ワークシートを参照して実験を行う。 <input type="checkbox"/> 実験結果から考えられることをワークシートにまとめる。	<input type="checkbox"/> 実験を進める際に、生徒がつまづいている場合には再度説明したり、手伝ったり等の支援をする。 <input type="checkbox"/> まとめる際に、つまづいている場合には生徒との対話を通して、生徒が自分の考えをまとめられるように支援をする。
	<input type="checkbox"/> 発表する <input type="checkbox"/> 説明を聞く。 <input type="checkbox"/> 閉鎖系では、化学反応の前後で質量が変化しないことを理解する。	<input type="checkbox"/> 発表を促す。 <input type="checkbox"/> 閉鎖系での実験例を示して、質量保存の法則を説明する。

5 授業を参観した教員の感想

- ・弱視生にとっても、音声によって質量を教えてくれるので、電子てんびんの液晶を常に見ている必要がなくなり、実験の助けとなっているように考えられる。
- ・全盲生にとっては、化学変化の様子と質量の変化が直接的に分かるので有効であろう。

6 おわりに

今回の実践を通して、視覚障がいをもつ児童生徒が通学する盲学校の理科の学習に、継時的な音声出力機能をもたせた電子てんびんを活用することは効果的であることが示唆された。全盲生に

としては、今回の題材であれば、これまでは反応前の質量測定と反応後の質量測定が断片的になってしまうために関連づけて考えることが難しかったが、継時的な音声出力機能をもたせた電子てんびんにより、実験が初めから終わりまで途切れることなく連続しており、反応の様子と反応による質量の変化を直接的に理解できるようになった。また、弱視生にとっても、音声によって質量を教えてくれることで、電子てんびんの液晶を常に見ている必要がなくなり、余裕をもって実験に取り組むことができるといった効果がみられた。さらに、生来の弱視生の中には外界からの情報を視覚でなく、聴覚や触覚を活用して得る方が

効果的である場合もあるので、液晶に表示された数値に目を近づけて見るよりも、音声で伝えてくれることが役立つといえる。

本実践で活用した装置では音声による出力のみであったが、数値の変化を大型ディスプレイ等に接続することでグラフ表示できるような機能があれば、発達障がい等をもつ児童生徒の理科学習にも有効ではないかと考えられる。

今回活用した継時的な音声出力機能をもたせた電子てんびんは盲学校の理科学習において、とても魅力的な実験機器であるので、今後も盲学校の小中学部理科のいろいろな学習場面で活用して、多くの実践を積み上げていきたい。

7 謝辞

この実践は、松原静郎桐蔭横浜大学教授が盲学校にて実践研究する機会をくださったこと、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が電子てんびんに接続することで数値を音声出力する装置を開発されたこと、北海道立教育研究所附属理科教育センターより借用し、活用方法についてご指導いただいたことで実現しました。特に、理科教育センター主査の三木勝仁先生には、この実践全体にかかわって、終始貴重なご助言をいただきました。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感想をいただきました。また、先生方からは、授業を参観していただき、貴重なご意見をいただきました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中学校学習指導要領解説理科編 文部科学省 2008
- 2) 平成26年度北海道視覚障害教育研究会 研究紀要 2014

(たかはし しんじ 北海道函館盲学校教諭)