

# 視覚障がいのある生徒が「自分で確かめる」ための支援

－ 酸素／二酸化炭素センサと PC 専用の測定値音声化プログラムを用いた実験から －

水沼 直美

酸素／二酸化炭素センサとその測定値を音声化する PC 専用プログラム<sup>\*1)</sup>は、視覚が優位でない児童生徒が実験結果を「自分で確かめる」ことを助ける装置として、盲学校の理科の実験の中で用いられている<sup>\*2)</sup>。これらの実践は、主に道内義務盲学校の理科教員によって行われ、視覚障がいのある児童生徒の学習に対する有用性について今まで話し合われてきた<sup>\*3) 4) 5)</sup>。今回は、高等部でその装置を用いた実験を行い、この試みが高等部段階の学習においても有用であるかどうかを確かめた。

[キーワード] 酸素／二酸化炭素センサ 音声化 視覚障がい 高等学校 自分で確かめる

## はじめに

理科の実験道具は、主に視覚を使って操作するものが多い。視覚が優位でない児童生徒の学習においては、より見やすい環境を設定し、聴覚や触覚も利用した観察方法を工夫して、主体的に実験に取り組めるよう配慮している。

しかし、それが難しい場合には「(目盛りを) 読んでもらう」などの援助を用いている。このことは、実験結果を教えてもらうという状況であり、変化や反応を自分で実感できない実験は、児童生徒の主体性を損ね、受け身の姿勢にしてしまうこともある。

自分たちで課題を発見する、考える、解決するなどの科学的思考力を育てるために、見えにくい・見えない生徒にとって有用な手段を取り入れ、実験結果を「自分で確かめる」経験が多く必要だと考えている。

酸素／二酸化炭素センサから得られる数値を音声化する PC 専用プログラムを理科の実験に用いる試みは、道内 4 校の盲学校小中学部の理科教員によって「燃焼」「呼吸」などの単元で行われてきた。視覚障がいのある児童生徒も気体濃度を音声で聞くことにより実験結果を自分で確かめることができた。よって視覚障がいのある児童生徒の理科学習に、この装置を活用することの有用性が確かになった<sup>\*3) 4) 5)</sup>。

今回は、盲学校高等部に在籍する生徒と「科学と人間生活」の科目の中で、この装置を用いた実験を行った。高等部段階での学習に対する有用性を確認する研究として行った、本実践の成果と課題を報告する。

## 1 酸素／二酸化炭素の濃度測定の方法

### (1) 盲学校点字教科書に記載されている方法

盲学校点字教科書は、一般教科書の内容を加除修正し、視覚障がいのある児童生徒の学習に適した内容へ変更されている。小中学校の一般教科書では一般的に酸素、二酸化炭素の濃度変化を確認する方法として、気体検知管とともに線香の火、石灰水などが使用されている。盲学校点字教科書では、火がついている様子や石灰水の色の変化を調べるには、感光器が用いられ、音の高さの変化からそれらを読み取るように実験方法が工夫されている。しかし、気体検知管は、変色した部分の目盛りを探し、目で読まなければならないため、「教員に目盛りを読んでもらう」と記載されている。

### (2) 酸素／二酸化炭素センサについて

酸素／二酸化炭素センサは、濃度に比例した電圧を出力する(図1)。附属の PC 専用プログラムは、USB ケーブル経由で取り込んだ電圧の数値を濃度に変換し、そのデータおよびグラフをディスプレイに表示、音声出力することができる(図2)。また、測定後は Excel ソフトにデータが自動出力、グラフ化され、ディスプレイに映し出したり、保存したりできる(図3)。これらのセンサと PC 専用プログラムは、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が開発したものである<sup>\*1)</sup>。



図1 酸素センサと二酸化炭素センサ

表 1 生徒の発言 1

線香の火・石灰水を使用したとき	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・火がついているかどうか、何となくわかる。</li> <li>・後ろに黒い板を立てたら見えやすくなる。</li> <li>・どれくらい増えた、減ったかっていうのは、具体的にはわからないな。</li> <li>・操作が大変で、余裕がない。</li> </ul>	
気体検知管を使用したとき	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ルーペを使っても目盛りが見えない。色が変わった所も探せない。これは無理だ。</li> <li>・普通字でしか書いていない。目盛りを触ってみても感触がない。これじゃ読めないや。僕は何もできませんね。(全盲生)</li> <li>・見やすいようにする、工夫のしようもないな…。</li> </ul>	

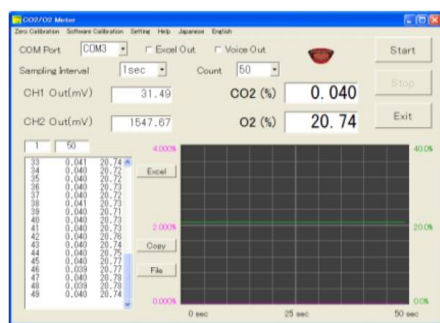


図 2 ディスプレイ画面 (測定中)

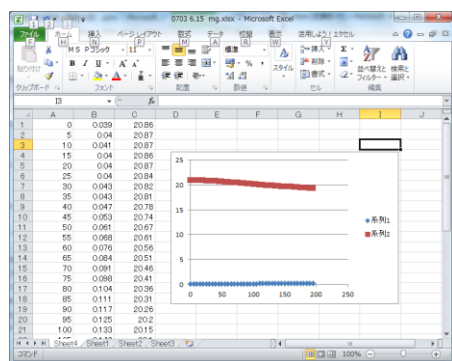


図 3 ディスプレイ画面 (測定後)

## 2 準備

(1) 一般的に使われている実験器具を使用した時の生徒の様子

事前に、気体の濃度変化を調べる際に一般教科書で用いられる気体検知管を、線香の火・石灰水とともに、復習として実際に使用し、生徒の実験の様子を確認した。

線香の火や石灰水を使用した際には、盲学校で使用されている感光器等を用いたり、試験管の後ろに黒いゴム板を立てたり等の工夫をすることで、線香の火が消えたことや石灰水が変色したことを確かめることができた。しかし「線香に火をつける」「試験管に燃焼している線香を入れる」「ピペットで石灰水をとって入れる」等の操作は弱視生にとっても簡単とはいえないため、正しく操作を完了することに気をとられ、観察に集中することが難しかった。また、定量的な変化をとらえることはできないという生徒の発言もあった。気体検知管については、変色したところとそうでないところの境界が曖昧だったり薄かったりしたため、どこまで変色しているのかを探ることができなかった。また、目盛りが細かいため、ルーペ等を使っても読むことができなかった。このときの生徒たちの発言は表 1 のようであった。

## (2) 教具の検討

### ① 燃焼させる物質

今回は酸素／二酸化炭素センサを用いて、有機物・無機物の燃焼による空気中の酸素と二酸化炭素の濃度変化を調べる実験を行った。燃焼させる物質は、燃焼していることが生徒に確かめやすい物を選ぶようにし、有機物としてはロウ、無機物としてはマグネシウムが適当だと考えた。しかし、マグネシウムを燃焼したときに大量にあがる白煙 (MgO) が、二酸化炭素センサを誤作動させてしまい、正しい測定結果を得られなかったため、やむを得ず、鉄を用いた。

表 2 実験に用いた物質の特徴

有機物 (ロウ) の特徴	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○火の色が見やすい。</li> <li>○燃焼時間が長い。</li> </ul>	
無機物の特徴	
マグネシウム (Mg)	鉄 (Fe)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○強い光を発する。</li> <li>×燃焼時間が短い。</li> <li>×大量に白煙が上がる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△チラチラ弱く光る。</li> <li>×燃焼時間が短い。</li> <li>×酸素を吹きかけないと燃焼が継続しない。</li> </ul>

(○は実験結果を生徒が理解するにあたって、プラスに作用した性質)

これらを酸素／二酸化炭素センサのそばに置き、有機物もしくは無機物に着火したらすぐに水槽をかぶせてある程度密閉し、気体濃度の変化を測定するという方法で実験を行った。鉄に関しては、燃焼させる前に数秒だけスプレーで酸素を注入することにした。また、結びつく酸素が微量のため、気体の体積を少なくする目的で、大型ビーカーを使用した。

② ディスプレイとグラフの印刷

弱視の生徒一人一人が見やすいように、コントラスト、明るさ、距離、角度等を個別にカスタマイズしたディスプレイを一人一台ずつ用意した。測定後に出力される Excel グラフは、弱視生が変化を理解しやすい形にすぐ加工できるようテンプレートを事前に作成し、線の太さやマーカー、補助線の有無等をカスタマイズして印刷した。点字生用のグラフは、その場で立体コピー機を使って作成できるようにした。立体コピーとは、熱を与えると黒く印刷した箇所が膨らむ特殊加工の施された紙を使ったコピーのことで、全盲生も触って読み取ることができる。

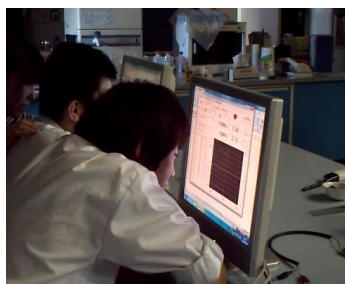


図4 一人一台のディスプレイ

3 実験での様子

(1) 実験の見通し

生徒たちに実験の手順、内容について説明すると、十分に見通しをもっている様子で「酸化するのだから酸素濃度は減る。二酸化炭素はどうか」等、個々に予想を立てることができた。はじめに測定値を生徒と確認したところ、全盲生はその音声を聞き取ることができ、弱視生は個々にカスタマイズしたディスプレイを見て数値やグラフを読み取ることができた。実験は、生じた変化や感想を口にしながら行っていた。

(2) 有機物の燃焼時

弱視生も全盲生もろうそくの火がついている様子を確認することができた。弱視生はグラフを見たり、音声を聞いたりするのと並行して、ろうそくの火を観察することができた。測定中、生徒は数値の変化に即座に気づき、すぐにそれを口にした。変化が大きくなってくると、生徒間でそれ

らを確認し合って結果を共有し、測定結果についての発問に対して正しく答えることができた。また、表3「生徒の発言2」に見られるように、「こんなときはどうなるだろう」と自分たちで課題を発見することもできた。測定後のグラフは、図5、6のようになった。

表3 生徒の発言2

酸素／二酸化炭素センサを使用したとき
(二酸化炭素のグラフが右上方にあがって)
「あ、きた！」
(読み上げ数値を聞いて、全盲生の発言)
「あ、変わった！」
(グラフを見て、弱視生の発言)
「たった0.001で変わったって言えるのか」
(しばらく観察を続け、どんどん変化が大きくなって)
「これは明らかに変わったわ」
「そうだね」
(測定後半、ろうそくの火が小さくなって)
「じゃあさ、酸素濃度がどれくらい下がったら火が消えるんだろう」
「火が消えるまで測定してみたい」

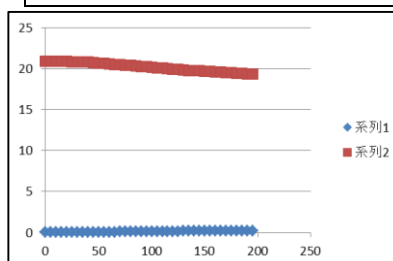


図5 Excel グラフ  
- ロウの燃焼 (加工前)

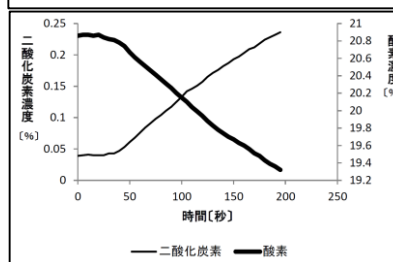


図6 Excel グラフ  
- ロウの燃焼 (加工後)

(3) 無機物の燃焼時

鉄が燃える様子については、全盲生には漠然としかわからないようだった。また、スプレーで酸素を事前に封入する際、酸素の測定値が大幅にあがってしまったが、生徒はその意図や理由について、過去に行った鉄の燃焼実験を振り返り理解することができていた。しかし、酸素を封入することでビーカー内の気流が安定しにくくなったため、測定値がきれいに推移せず、何度かやり直さ



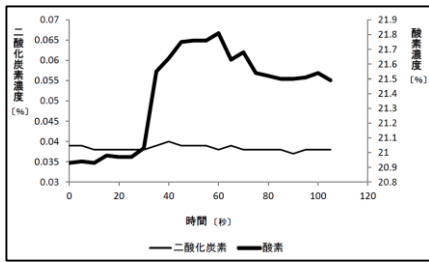


図7 Excel グラフ - 鉄の燃焼

なければならなかった。生徒たちは測定後、酸素注入時のことについて、酸素濃度が極端に上がったグラフを指さしながら振り返り、燃焼の後には濃度が下がっていったことを確認していた。さらに、二酸化炭素の濃度は、有機物を燃焼させたときのようにあがっていかないこともグラフ(図7)から見いだすことができた。

なればならなかった。生徒たちは測定後、酸素注入時のことについて、酸素濃度が極端に上がったグラフを指さしながら振り返り、燃焼の後には濃度が下がっていったことを確認していた。さらに、二酸化炭素の濃度は、有機物を燃焼させたときのようにあがっていかないこともグラフ(図7)から見いだすことができた。

#### (4) 結果の整理

次時、実験の観測データと印刷したExcelグラフを用いて、結果を整理した。生徒たちは、自分たちでそれらを見たり触ったりしながら、測定値がどのように変わったかを話し合い、結果を振り返ることができた。無機物の燃焼については、保存された測定値のデータを読み合い、二酸化炭素の濃度は終始±0.003%以内の幅で変動し続けたことを確認した。この変動について、「増えたり減ったりしている」という意見と「全体的に見たら変わっていないといえる」という意見が出された。実験における測定誤差についても、指導する機会となった。

#### 4 まとめと今後に向けて

実験で用いるのに適した物質やその使用方法、また、授業の展開や時間配分等、改善すべき課題は多々あった。しかし、今回の一連の実験により、生徒は自分の目で見たり、自分の耳で聞いたりして、濃度変化やその結果を自分たちで確かめることができた。さらに、Excelでグラフ化されたデータを見やすく加工してプリントアウトしたり、立体コピーを作成したりしたことにより、具体的な数値の変化を自分たちで振り返ることもできた。

これらのことが、自分たちで課題を発見し、考えること、測定された数値の意味を考察することにつながることであった理由であり、成果である。

高等学校の理科では、事象の変化に対し定量的・数値的な観点から考察していくことが求められている。生徒たちは、具体的な数値から濃度変化を自分たちで読み取り、その変化の表す意味に

視覚障がいのある生徒が「自分で確かめる」ための支援について考察することができた。

これらのことから、高等学校の理科の実験においては、小学部や中学部以上に、酸素と二酸化炭素の濃度を音声出力する装置とプログラムが有用であることが明らかになった。また、高等部に在籍する生徒にとっても、課題発見をする、考える、解決する力を育てるために、「自分で確かめる」経験が大切であることをあらためて確認することができた。

今回の研究で使用した、測定値を音声出力するPC専用プログラムに各種センサを取り付けることができれば、電流計、温度計など他の測定器を用いた実験においても、視覚が優位でない生徒は、音声により自分で確かめられるようになる。それは、他の様々な実験においても「自分で確かめる」環境を生徒に提供することにつながることである。今後も専門機関の方々と密に連携を図りながら、それらの有効性について研究するとともに、学習プログラムや機器の提案をしていきたい。

#### 謝辞

酸素/二酸化炭素センサおよび測定値を音声化するPC専用プログラムの活用について、盲学校にて実践研究する機会をくださった松原静郎桐蔭横浜大学教授、本装置を開発なさった高橋三男東京工業高等専門学校教授、また、この実践研究において数々の助言をくださった理科教育センター主査の三木勝仁先生、授業実践に協力していただいた盲学校の諸先生方に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 高橋三男, 「手作り酸素センサの試作と実験」トランジスタ技術 2003年12月号
- 2) 松原静郎(研究代表者), 「科学の有用性を意識させ科学的な態度を育成する持続発展教材の国際協働研究」平成23~25年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B)(課題研究23300292)研究成果報告書(2012)
- 3) 高橋晋司, 内山由貴, 千葉秀輝, 小倉健太, 秋山卓也, 三木勝仁, 高橋三男, 松原静郎, 「視覚障がい児童生徒への酸素/二酸化炭素センサを用いた学習」日本理科教育学会第63回全国大会(北海道大会)(2013)
- 4) 千葉秀輝, 内山由貴, 水沼直美, 高橋晋司, 小倉健太, 秋山卓也, 三木勝仁, 高橋三男, 松原静郎, 「酸素/二酸化炭素センサを用いた理科学習の可能性」第55回弱視教育研究全国大会(青森大会・日本弱視教育研究会創立50周年記念大会)(2013)
- 5) 高橋晋司, 千葉秀輝, 「視覚障がいをも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(2014)