

簡易型酸素センサの作製実習

－ 経時的な酸素濃度の測定結果を生かした授業展開を目指して－

伊藤 崇由

近年、空気亜鉛電池を利用した安価で簡便な酸素センサが提案され、当センターでも国立教育政策研究所や函館盲学校等と連携して利用の研究を進めている。今回、自ら作製する試みを通して仕組みを理解するとともに、作製したセンサを学校で活用してもらうことを目指した研修プログラムを考え、気体検知管の利用実習と併せて実施したので報告する。

【キーワード】 高橋式酸素センサ 連続測定 物の燃え方と空気 気体検知管

はじめに

初等・中等教育の理科の学習では、小学校6年生の「燃焼の仕組み」「人の体のつくりと働き」「生物と環境」などを皮切りに、中学校や高等学校にわたって、燃焼や呼吸、光合成における酸素と二酸化炭素の関係を児童生徒に理解させていくことが大変重要である。小学校の学習ではこれら気体成分の確認に気体検知管（図1）が用いられている^{*1)}が、「燃焼の直前」「一晩呼吸させた後」など、ある一時点での測定しかできない上、検知管1本の価格が二酸化炭素用で200円、酸素用で500円近くするため、予算上測定の機会に限られるという大きな問題がある。小学校学習指導要領解説^{*2)}では、実験データをグラフに処理し、それらのグラフを活用しつつ科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動により、考察を深めることができるとされているが、グラフは数多くの時点での測定結果を合わせて作成する必要があり、検知管での測定結果を用いた作成は非現実的である。多くの教科書において、酸素や二酸化炭素の濃度変化の様子は、反応前後の酸素や二酸化炭素の濃度の違いを表で比較する程度にとどまっているのが実情である。また、検知管はガラス製のため、測定器への脱着の際に折れるなど安全上の問題も指摘されている。

近年、東京工業高等専門学校の高橋三男教授により補聴器等に使われる空気亜鉛電池を活用した、安全・安価で簡便な酸素センサ（図2）



図1 気体検知管（左下）と測定器



図2 簡易型酸素センサ

が提案され^{※3)}、桐蔭横浜大学の松原静郎教授を代表者とし、国立教育政策研究所の調査官・研究官や、全国の中学・高校・大学の教員、指導主事等で構成する「持続学習教材」研究会を中心に全国各地で教材開発や実践を行っている^{※4)}。北海道においても当センターが中心となり、函館盲学校をはじめとする道内の特別支援学校や小学校と連携して教材開発を進めている^{※5-7)}。

高橋式酸素センサ（以下、単に酸素センサ）は、市販のデジタルマルチメーターを用いて、酸素濃度を連続して簡単に測定することができ、使用する空気亜鉛電池も1個100円程度で購入可能で2日間程度連続して使用できるなど、コスト、使用方法、安全性等において大変優れているものである。しかし、酸素センサは試作段階で市販されておらず、現場の先生方に使ってもらえる機会がまだまだ少ないと感じていた。

こうした中で筆者は、島根県の出雲科学館において、酸素センサを作製する実習を行ったことを知った^{※8)}。本道でも作製実習を行いたいと考え問い合わせたところ、高橋教授より基板を、実習を担当した出雲科学館の中山慎也教諭より作製ノウハウを提供いただけることになり、実習の実施が可能になった。そこで筆者は、酸素センサが普及しても二酸化炭素の測定には当面気体検知管が使用される現状を考え、検知管の正しい使い方を指導するとともに、酸素センサを作製し、「燃焼の仕組み」を題材にその使い方を指導する学習プログラムを考え研修講座で実施したので、以下に報告する。

1 酸素センサの仕組みと作製方法

酸素センサには補聴器用空気亜鉛電池（PR44）を使用する。空気亜鉛電池は負極に亜鉛を用い、酸素が正極となって作動する。電池が検知する酸素の濃度と電池の起電力には相関があることが知られており、起電力の変化を酸素濃度の変化として読み取ることができる。電池とデジタルマルチメーターの間にある固定抵抗と半固定ボリュームにより、例えば酸素濃度が18

%のときは、起電力が18mVとなるよう調節されている。これが高橋式酸素センサの原理である。

作製については、基板部分を高橋教授より送付いただき、中山教諭より教えていただいた方法と同様に、別途購入した固定抵抗、半固定ボリューム、電池ケース、導線を基板に、みの虫クリップを導線に、それぞれはんだ付けで固定する工程を受講者に実施してもらった。はんだ付け後、導線を結束バンドで基板に固定して完成となる。

2 「燃焼の仕組み」を題材とした授業プログラムについて

筆者は以下のように研修プログラムを構成し平成29年1月13日（金）に実施した。受講者は、理科研修講座（小 冬期）参加者のうち高学年の粒子分野を選択した12名である。

まず、多くの教科書で導入部分の実験として使われている、集気円筒や、底を切った集気びんを用いた容器内でのろうそくの実験について紹介した。「ふたを全開にすると燃え続けるが閉じると火は消えるね。」「線香の煙を近づけると入っていくところと出ていくところがあるね。」などの気づきを子どもたちから得てから、「ペットボトルに開けた4カ所の空気穴のうちどの2カ所を開けると一番長く燃え続けるか」という、ゲーム感覚で実施する実験を紹介した（今回は、本プログラムの実施前に、示温インクを用いたハンズオン教材の紹介の際に実



図3 燃焼の仕組みに関する実験

験した。) (図3)。

「ペットボトルの中の空気が新しく入れ変わると燃え続けるよ。」「新しい空気と燃えた後の空気は違いがあるのかな」等といった子どもたちのつぶやきを拾って、空気の成分を調べる実験に入る流れを説明後、ビーカーの中でろうそくの火を燃やした前後での空気の成分の違いについて、気体検知管を用いて酸素と二酸化炭素の濃度を測定する実習を行った(図4)。検知管が小学校に導入されて一定年数が経過し、年々先生方の取り扱い方が慣れてきていると感じた。なお、この実験の時、燃焼後の空気の一部をゴム管を付けた注射器で吸い取り、石灰水に通すと白濁を観察することも可能である。



図4 気体検知管を用いた測定

続いて、酸素センサの紹介となる。先の実験をセンサを用いると連続した測定が可能になり、グラフが描けることをパソコンを用いて紹介した。酸素センサとパソコンの接続が急遽不調になったため、代わりに二酸化炭素センサで紹介した。

センサの有用性を理解してもらった上で、作製実習を行った(図5)。作製時間は受講者のこれまでのはんだ付け経験の有無で多少異なり、早い人で約15分、遅い人でも30分弱で終了した。本来動作を実験で確認してもらい終了とする予定であったが、先の酸素センサデモのトラブルで時間が押し、完成した受講者からデジタルマルチメーターをつなぎ調整を行ってもらったと

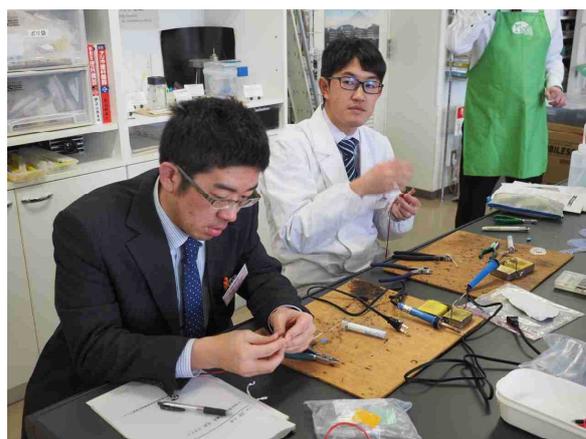


図5 センサ作製の様子

ころで時間になった。最後に平成27年10月に島根県総合教育センターで行われた研修の様子(中山教諭提供、講師：国立教育政策研究所・後藤頭一統括研究官、静岡県総合教育センター・飯田寛志指導主事)を簡単に紹介して終了した。

3 受講者の様子(アンケート結果を含む)

受講者の様子を、回答してもらったアンケートの結果を通して以下にまとめる。

受講者のうち半数強が、気体検知管の使用経験があり、その中のほぼ全員が「価格面が課題である」と回答した。今回の実験と同様に気体検知管を用いると1班あたり約1800円かかり、標準規模の6班体制での実施では合計1万円を超える。操作ミスがあるとさらにコストが跳ね上がるため、多くの先生が課題と感じているようだ。一方で、操作中に検知管が折れた/落ちた経験があるのは2名、検知管発熱してやけどしそうな経験があるのは1名で、安全性への懸念は今回の受講者に関する限り、こちらが思うほど感じてはいないようであった。

酸素センサの有用性についてはほとんどの先生が高く評価していた。しかし、作製したセンサを「使用するか」の問いについては、3分の2ほどが「使用する」と回答したものの、「検知管を引き続き使う」と回答した受講者も複数

おり、その理由として「使い方が難しく感じた」「故障時の対応が心配」「テストに検知管の使い方が出題されるので」等の意見が挙げられていた。今回の対象研修は希望研修で、理科への興味関心が高い方が集まっている実情を考えると、悉皆研修等、参加対象をより広げた研修では不安の声が増えることが予想され、今後センサが市販化され教科書等に掲載された場合、普及にあたっては教材会社、教育センター、地域の小学校理科研究会等が連携して丁寧な指導に当たっていく必要があることを強く感じた。

4 まとめと今後の展開

(1) まとめ

筆者は今回、小学校においても実験データをグラフに処理し、科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動により、考察を深める部面を設定していくことが重要と考え、酸素センサを自ら作製し学校で実際に使ってもらうとともに、使用場면을想定した学習プログラムと併せて提案することを考え、研修講座で実施した。

作製自体は全ての受講者が概ねスムーズに実施でき、酸素センサの有用性も理解してもらえたと考えるが、使用場面の紹介が不足していたこともあり、学校で自ら活用したいと考える受講者は半数程度にとどまった。

今後導入にあたっては、実践を紹介する時間を増やすなど、先生方の使用に係る不安を取り除くべく、丁寧な研修を繰り返し実施していくことが重要であると感じた。

(2) 酸素センサの普及に向けて

筆者は、気体検知管からの置き換えという視点だけで小学校教員のみにはセンサの導入を促しても、理科が必ずしも得意ではない先生が多い中では「機械を扱うのは難しそう」というイメージだけが先行し、簡単には普及していかないと考えている。本センサは、中学校の「酸素の生成」「化学カイロ」等の実験や、中学・高校における植物の光合成の実験など、中等教育で

も幅広く使用することができる。また、パソコンにつながると音声やグラフでの図示に対応できることから、特別支援学校での活用にも適している。当センターでは視覚特別支援学校や中学校での実践を積み重ねてきた経緯もあり、上の校種での成果を基にして、小学校にも広げていくやり方もできるのではないかと考えている。今後、次期学習指導要領や教科書の改訂の行方も見据えながら、センサの活用に関する支援を、関係各所と連携しながら丁寧に進めていきたいと考えている。

おわりに

酸素センサの実践に関わる機会を提供いただいた、横浜桐蔭大学 松原静郎教授、研修講座の実施にあたりご指導・ご助言いただいたとともに基板を提供いただいた、東京工業高等専門学校 高橋三男教授、および作製実習のノウハウを提供いただくとともに有益なご助言をいただいた、出雲科学館 中山慎也教諭に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 例えば、東京書籍、新編 新しい理科6など。
- 2) 文部科学省、小学校学習指導要領解説、2008。
- 3) 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。
- 4) 松原静郎他、モデル化学習や実験による科学知を活用する教材の開発。日本学術振興会科学研究費基盤研究B 26282040平成27年度中間報告書、2016。
- 5) 成田一之慎、酸素・二酸化炭素センサーを使った授業実践、北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第24号、pp.110-113、2012。
- 6) 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。
- 7) 高橋晋司、気体が発生する反応による質量保存の法則、北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第28号、pp.84-87、2016。
- 8) 中山慎也、安全で簡単に測定できる酸素センサを電子工作する教員研修、理科の教育2016年11月号。

(いとう たかゆき 化学研究班)