

# 現象を量的にとらえることを目指した理科の指導

～酸素・二酸化炭素センサを活用した実践例～

高橋 晋司

生徒が自然の現象を比較したり、規則性を見つけようとする活動は、理科の見方や考え方を育むうえで重要な活動の1つである。本研究では、酸素・二酸化炭素センサを活用して実験の測定データをグラフ化し、それをもとに考察するという学習活動を通し、生徒が現象を客観的にとらえ、比較したり規則性を見つけようとする活動を促すことができたので報告する。

〔キーワード〕 グラフ 酸素・二酸化炭素センサ 小中高連携

## はじめに

小学校、中学校、高等学校の各発達段階における違いを理科教育の視点でとらえたとき、中学校の理科教育では定性的に現象をとらえることに加え、条件を制御しつつ、量的に現象をとらえることが多くなる。その際、実験結果を数値として俯瞰するだけでなく、実験結果をグラフ化するなどして可視化し、規則性や関連性を掴むことが必要である。

しかし、平成24年度の全国学力・学習状況調査の理科の課題等の「観察・実験などにおいて、定量的な取り扱いをすることに課題がある」といった記述や、指導改善のポイントに「観察・実験における量的な関係についての指導の充実」といった項目があること、平成27年度全国学力・学習状況調査の理科の課題等に「実験の結果を数値で表した表を分析し、規則性を見いだすことに課題がある」といった記述があることなどから、実験から得られた測定データをグラフ化したり、そこから考察したりすることを苦手とする生徒が多いことがわかる。

筆者は、小学校の理科で重点的に取り組む、比較したり規則性を見いだしたりする学習を、中学校で更に深め、科学的な考え方を活用するという視点で整理することで、高等学校の学びにも円滑につなげていくことができると考えている。

そこで、こうした課題を解決するために、中学校理科の化学分野において、酸素・二酸化炭素センサを活用し、実験の測定データをグラフ

化することで、生徒が現象を量的にとらえることができるようになることを目指し、2つの実践を行った。1つは有機物の燃焼を題材としたもので、もう1つは化学カイロを題材とした実践である。

## 1 酸素・二酸化炭素センサについて

私が使用した酸素センサ（図1）・二酸化炭素センサ（図2）は、東京工業高等専門学校の高橋三男教授によって理科教育用に開発されたものである<sup>\*1)</sup>。このセンサを北海道立教育研究所附属理科教育センターから借用し実践に用いた。

本センサは、ある空間の空気中の酸素・二酸化炭素濃度を瞬時にかつ経時的に計測することが可能であり、PCやテストなどに接続することで、グラフ表示や数値表示をすることができる。このとき用いたセンサのうち、酸素センサについては、平成29年に、3社の教材会社から製品化されて発売されている<sup>\*2)</sup>。

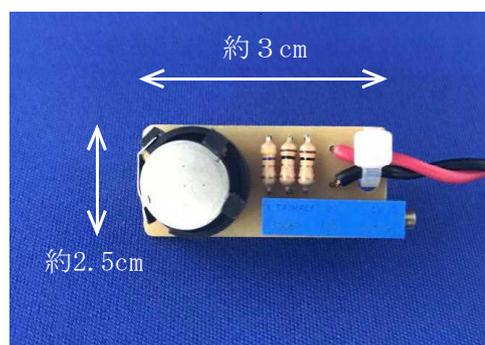


図1 酸素センサ

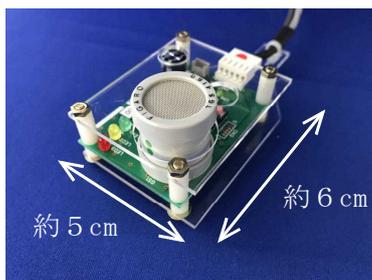


図2 二酸化炭素センサ

## 2 【実践1】有機物の燃焼を題材とした実践

本実践は、平成26年度に北海道函館盲学校で行った。

### (1) 本実践と小学校、高等学校との関連

本実践は、中学校においては、中学校第1学年「物質のすがた」の「身の回りの物質とその性質」や「気体の発生と性質」、さらに、中学校第2学年「化学変化」の「酸化と還元」にも関連する内容<sup>\*3)</sup>である。また、小学校及び高等学校との関連についてであるが、まず、小学校理科の第6学年「燃焼の仕組み」において、ろうそくなどの植物体が燃える前後の空気の性質を調べ、植物体が燃えるときには、空気に含まれる酸素の一部が使われ二酸化炭素ができることなどを学習する<sup>\*4)</sup>。その際に、二酸化炭素の存在を石灰水が白濁することによって確認することや、植物体が燃える前後で酸素と二酸化炭素の割合が変化していることを気体検知管によって確認することなどが行われている。気体検知管は空気の組成の変化を数値として得られるので、小学校理科の化学領域で定量的な実験を行うことができる重要な実験道具の1つである。また、高等学校理科<sup>\*5)</sup>では、科目「科学と人間生活」の導入部分「科学技術の発展」に関連がある。

### (2) 概要

実践1は次の通り実施した。

実践校	北海道函館盲学校
日時	平成26年4月23日(水) 4校時
対象生徒	中学2, 3年生3人
指導者	高橋 晋司
場所	北海道函館盲学校 理科室
学習課題	「有機物が燃焼するときの気体濃度変化を確かめよう」

本実践は、小学校6年生及び中学校1年生で

の学習を土台にして、中学校2, 3年生に対して、有機物が燃焼するときの空気の組成の変化を、気体検知管の代わりに酸素・二酸化炭素センサを使って学習したものである。それぞれの気体の経時変化をグラフによって確かめながら学習することで、これまでの学習内容を深めることと、燃焼時の気体の濃度変化について、グラフによる定量的なとらえ方を促すことを目指した。

実験は、直径約30cmのガラス製の丸型水槽の中に、酸素・二酸化炭素センサを置き、水槽の中でろうそくなどの有機物を燃焼させることで行った(図3)。

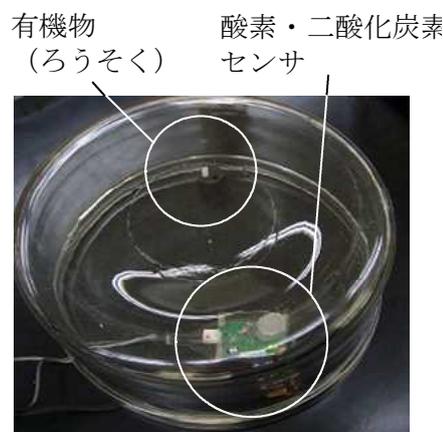


図3 実践で用いた実験装置

ろうそくなど、有機物の燃焼による酸素や二酸化炭素の濃度変化は、モニタ上にリアルタイムに表示されるようにした。学習者は、モニタに表示されるグラフを見ながら学習を行った(図4)。

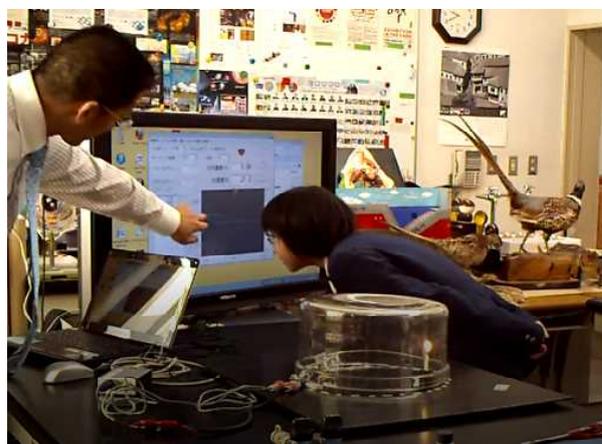


図4 実践1の学習の様子

図5は、このとき測定した結果をまとめたグラフである。

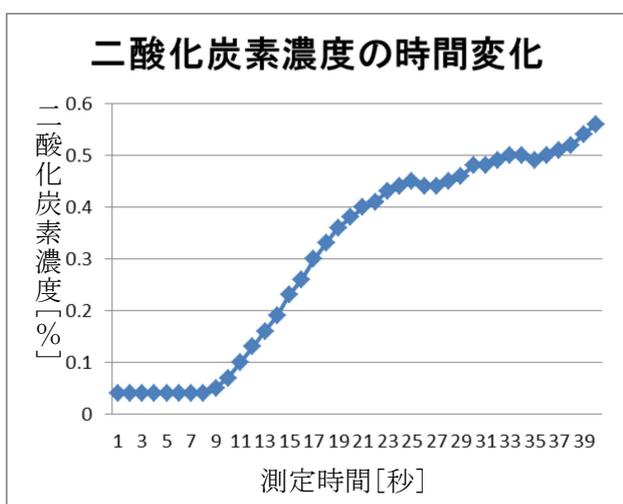
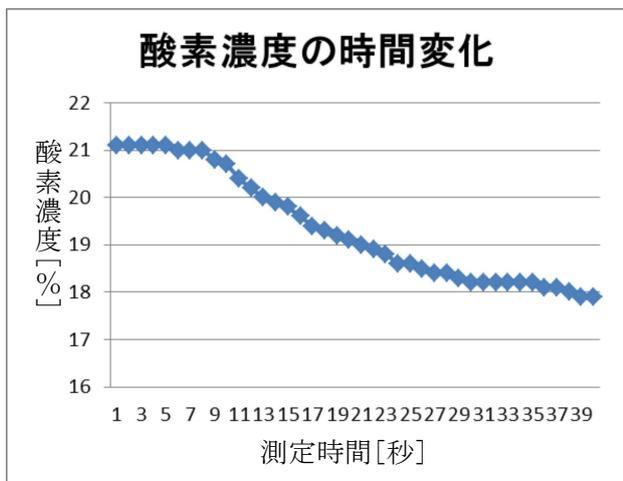


図5 測定した結果をまとめたグラフ

(3) 授業中の生徒の発言等

生徒A	<p>小学6年生のときの実験と今回の実験を比べてときの感想を聞いたところ、「今回の実験の方がわかりやすい」と発言。そこで、何でわかりやすいのかを聞いたところ、「モニタ上のグラフがとてもわかりやすい」、「実験操作がわかりやすく楽しい」と発言。</p>
生徒B	<p>実験後の「達成感がある」との発言について、なぜそう感じたのか質問したところ、「一人で実験をやりきることができたから」と発言。</p> <p>本生徒は、酸素と二酸化炭素の濃度の経時変化を、モニタ上のグラフで確認しながら学習を行ったことで、燃焼時の気体の濃度変化がよくわかったようだ。</p>

小学6年生のときの実験と比較して今回の実験はどうだったかについて感想を求めたところ、「気体の濃度変化が経時的なグラフでモニタ上に表示されるのはとても良いし、実験操作にしてもわかりやすくてやりやすい」という発言があった。また、これまで、燃焼後に火が消えるのは、酸素がなくなって二酸化炭素ができたからと理解をしていたようであるが、本実践後、「酸素がなくなるのではなく、割合が低くなることで、火が消えることがよくわかった」との発言があり、これまでの概念をあらためることができた。

3人の生徒の様子及び発言から、グラフによって気体濃度変化を学習することの効果を感じられた。本実践のグラフは、ろうそくの燃焼の様子とほぼ同時にモニタ上にグラフがあらわれてくるので、燃焼時の気体の濃度変化が理解しやすいといえる。

生徒Cの「酸素がなくなるのではなく、割合が低くなることで、火が消える」といった発言は、現象と同時にグラフがあらわれる本センサによる学習のとても良い点であると考えている。

3 【実践2】カイロを題材とした実践

本実践は、平成28年度に函館市中学校理科教育研究会の研究として行った。

(1) 本実践と小学校、高等学校との関連

本実践は中学校第2学年の「化学変化と熱」に関連する学習題材であり、発熱反応である化学カイロの発展的な学習となる。

小学校、高等学校との関連についてであるが、まず、小学校理科の第6学年「燃焼の仕組み」と、高等学校の理科では、科目「化学基礎」の「化学変化と熱」に関連がある。

(2) 概要

実践2は次の通り実施した。

実践校	函館市立的場中学校
日時	平成28年10月13日(木) 3, 4校時
対象生徒	中学2年生73人
指導者	三河正志 教諭
場所	函館市立的場中学校特設ルーム

学習課題 「カイロで酸素が使われていることを確かめよう」

中学校2年生の学習題材の1つである化学カイロの実験では、鉄粉の酸化による発熱反応のうち、温度変化の観察や測定に焦点を当てて実施することが多く、反応にかかわる酸素についての理解が難しかった。

そこで本実践では、市販の化学カイロが発熱する際の温度の変化とともに、酸素センサを活用して酸素濃度の変化を同時に測定することとした。そして、測定結果から、温度変化と酸素濃度変化の2つのグラフを作成し、それをもとに考察することで、温度と酸素濃度の相関関係を見いだすことを目指した。また、グラフによって実験前の予想と測定結果の違いなどについて、生徒同士の議論が深まるといった効果や生徒の学習に広がりを生じさせる効果を期待した。

酸素センサを使用した実験は図6に示した装置を用いて行った。カイロ、酸素センサ、温度計をジッパー付の袋に入れ、測定開始1分後に袋内に酸素缶から酸素を注入した。その後、酸素濃度とカイロの温度を30秒毎に7分間測定した。

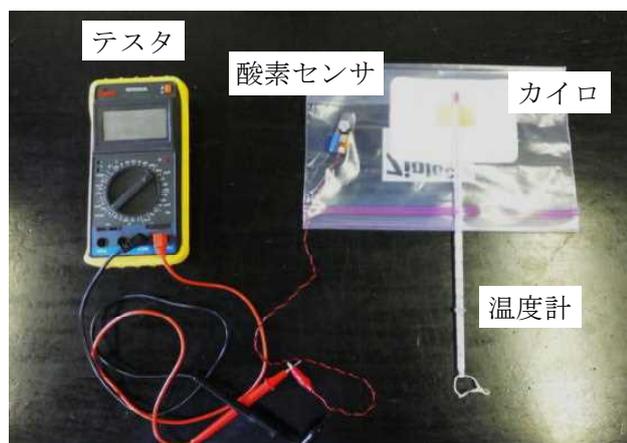


図6 実験で用いた実験装置

実験開始1分後に酸素を注入し、酸素濃度を70~90%くらいにしたところ、カイロの温度が上昇し始め、7分で22℃から35℃程度まで上昇した。また、温度の上昇とともに、酸素濃度も減少していった。班による数値のばらつきはあ

ったが、こういった傾向のグラフをすべての班で作成することができ、実験結果をもとに考察を行うことができた。図7は、このときの測定結果のグラフである。

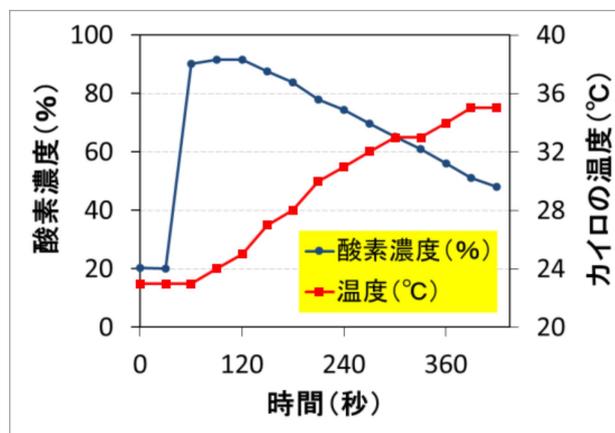


図7 測定結果から作成したグラフ

### (3) 実践時の生徒の様子

図8は、実験時の生徒の様子である。各班で、タイムキーパー、温度や酸素濃度の測定、記入者等の分担をして実験を行った。



図8 実践時の生徒の様子

### (4) 実践後の生徒アンケートから

実践後すぐに、生徒に対して、4つの質問についての選択式アンケートと、記述式アンケートを行った。

選択式アンケートの結果は次の図9の通りであった。

なお、5が最も高い評価、1が最も低い評価である。

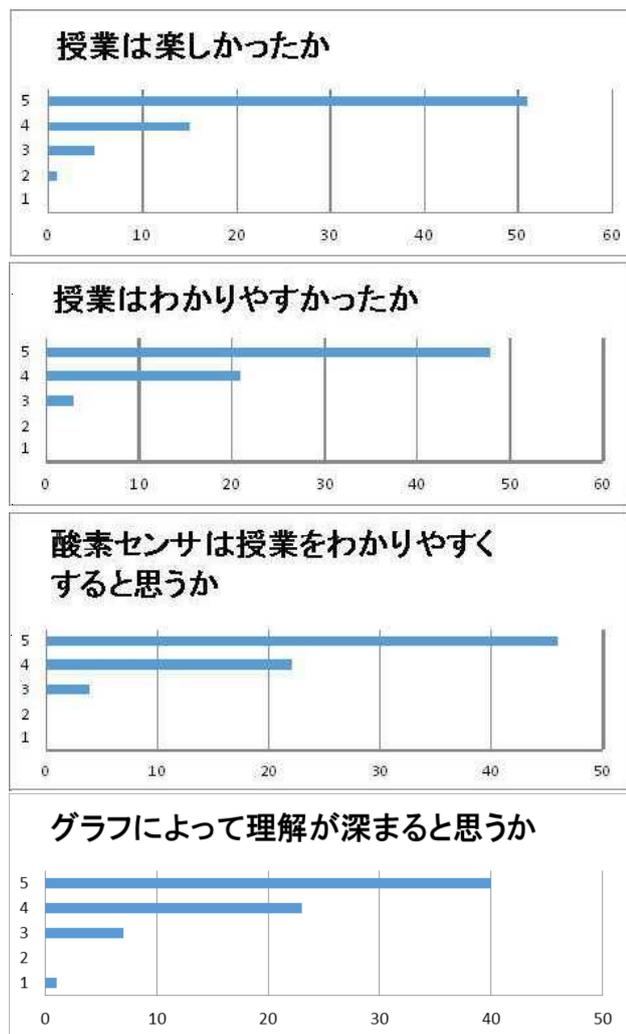


図9 実践2のアンケートの結果

すべての質問項目において、5又は4と評価した生徒が最も多く、酸素センサの学習効果及びグラフによる高い学習効果を示していると考えられる。

一方、「グラフによって理解が深まると思う」の評価が、他の3つと比較すると低い結果となった。このことから、実験結果を量的にとらえ、グラフを活用した理解を生徒に促すには、丁寧な指導が必要であることを示唆しているとともに、グラフを活用した理解を苦手としている生徒が多いことを踏まえ授業を実施することが必要であると考えられる。これらのことは、全国学力・学習状況調査における課題とも一致している。

次に、生徒の記述式アンケートの内容を示した。

- 1 酸素センサが授業をわかりやすくすると思う理由は何ですか。
  - 酸素は見えないので、数字が出るのはわかりやすい。
  - 濃度変化の程度がわかるから。
  - 連続で数値が変化していくので、変化を感じやすい。
- 2 グラフによって、学習内容の理解が深まると思う理由は何ですか。
  - グラフで変化をまとめることで動きが一目でわかる。
  - 予想との違いや変化の仕方などもわかるから。
  - 酸素の変化と温度の変化の関係がグラフだとわかりやすい。
  - グラフにすることで気づける部分がある。
- 3 興味をもったこと、調べてみたいことを書いてください。
  - 酸素センサを使って酸素が関係する他の化学変化について調べてみたい。
  - 発熱反応を利用した製品が他にあるのか調べてみたい。
  - 酸素センサを使って植物の光合成、呼吸の実験をやりたい。

グラフによる学習効果という観点で、質問項目2に対する記述をみると、「一目でわかる」、「変化の仕方がわかる」、「変化の関係がわかる」などの記述がある。本実践では、酸素濃度の減少に伴って、カイロの温度が上昇するという相関関係を見いだすことができた。このことから、グラフを活用することによって、酸素濃度変化と温度変化という異なる2つの変化にどのような関係があるのかという視点で、生徒が比較し考えることができるようになるという学習効果があると考えられる。また、数値だけではとらえきれないことがグラフによって直感的に理解できるということが、測定結果をグラフにすることの重要なポイントであり、これまでの温度変化を確認するだけの実験による学習からは得られないものと考えている。これらは多くの生徒が記述していることから分かる。

## おわりに

筆者は、測定結果から作成したグラフを活用し考察する活動を推進することが、中学校の学びを高等学校の学びへと円滑につなげていくために重要な取組の1つであると考えている。

今回紹介した2つの実践における学習題材では、これまでグラフを活用した学習を行うことが困難であった。しかし、酸素・二酸化炭素センサを活用することによって、現象の量的変化を時間変化と同時にとらえ、更にグラフ化による客観的な理解と、相関的なものの見方へとつなげる活動を実践することができた。このように、複数の量的変化を時間変化とともに見いだすことが難しかったこれらの題材において、グラフを活用した学習を導入できたことから、酸素・二酸化炭素センサの活用は効果的であったと考えられる。

今回紹介した実践以外にも、生物分野の植物の光合成と呼吸についての実践においても、酸素・二酸化炭素センサを活用した実践例<sup>\*6)</sup>が知られており、本実践と同様にグラフの活用による学習効果が得られるとの報告もある。今後も本センサを効果的に活用できる学習題材の発掘及び実践を継続していくとともに、生徒が現象を客観的にとらえ、比較したり規則性を見つけようとする活動を促す学習活動を推進していきたい。

## 謝辞

この実践は、東京工業高等専門学校の高橋三男先生が開発した酸素・二酸化炭素センサ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。また、理科教育センターの佐藤大先生には、原稿作成にかかわって、大変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、実践に参加いただいた前勤務校である北海道函館盲学校の中学部の生徒の皆様と函館市立的場中学校の生徒の皆様からは、授業を通して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) 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) 高橋三男 「酸素が見える!」, 日刊工業新聞社, 2017
- 3) 文部科学省, 小学校学習指導要領解説理科編, 1999
- 4) 文部科学省, 中学校学習指導要領解説理科編, 1999
- 5) 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説理科編理数編, 1999
- 6) 成田一之慎, 酸素/二酸化炭素センサを使った授業実践, 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, PP110-113, 2012

(たかはし しんじ 函館市立戸倉中学校教諭)