

酸素・二酸化炭素センサーを使った授業実践

～可視化し、変化を実感する授業づくり～

成田 一之慎

小学校理科では、燃焼・呼吸・光合成などの学習において、酸素や二酸化炭素の増減を調べる実験が数多く行われる。その測定方法として最も一般的なのは気体検知管であるが、実験前後の数値しか測定することができず、変化の過程や様子を知ることが困難である。そこで、酸素・二酸化炭素センサーを用いて児童がリアルタイムに変化を実感できる教材を開発し、実践を行うこととした。

【キーワード】 酸素・二酸化炭素センサー 可視化 呼吸 光合成 物質の循環

はじめに

酸素や二酸化炭素などの気体は無色透明で、その重さや量を感じ取ることは極めて困難である。小学校指導要領解説理科編によると、6年の理科では、燃焼・呼吸・光合成などの学習で、「酸素や二酸化炭素の割合が変化していることをとらえるようにするためには、気体検知管による測定が考えられる。」とされている^{※1)}。

気体検知管を使って測定する方法は、コストなどの問題により、実験前と実験後の2回だけ行って、比較することがほとんどである。

2回だけの測定では、「どのようなスピードで変化が起きているのか」、「現在は何の程度まで反応が進んでいるのか」という変化の様子を知ることができず、児童の実感を伴った理解につながらないと考えた。

そこで、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が開発した酸素・二酸化炭素センサーを用いて、増減をリアルタイムに測定する教材を開発し、授業で使用してみることにした。

1 酸素・二酸化炭素センサーについて

酸素・二酸化炭素センサーは、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が開発したものを借用し、小学校理科の様々な実験で使用できるように装置部分を自作した。

初期型の酸素・二酸化炭素センサーは、パソコンとUSB端子を介して接続するタイプであった。酸素センサーは隔膜ガルバニ電池式で、二酸化炭素

センサーは市販の固体電解質型モジュールを使用している^{※2)}。

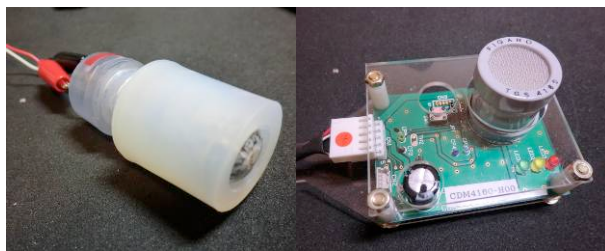


図1 酸素センサーと二酸化炭素センサー

このセンサーは、パソコン上のソフトウェアで測定間隔や測定時間を自由に設定して、長時間の変化を記録することができる。さらには、その結果をグラフ化し、Microsoft Excelデータに出力することも可能である。

また、数値の音声読み上げ機能もあり、盲学校などでの活用も期待されている。

実際にセンサーの性能を検証したところ、気体濃度の変化に応じて、ほぼリアルタイムに数値が変化しており、測定間隔が短すぎるとグラフが激しく波を打つくらい精度が高いことがわかった。そこで、測定間隔を広げて5秒以上に設定すると、グラフの形が安定し、増減がわかりやすくなることがわかった。

一方で、酸素センサーは組み立て式で定期的に電解液を補充する必要があるなど取扱いが難しいことや、パソコン操作に不慣れな教員には初期設定が難しいと感じた。

その後、空気亜鉛電池を使用した酸素センサー

が開発された。初期のセンサーに比べて大幅に小型化され、操作や設定も簡単になった。このセンサーは、空気亜鉛電池の電圧値が空気中の酸素量によって変化することを利用しており、組み立ても不要となった。さらに、デジタルマルチメーター単体での測定も可能となり、パソコン操作の苦手な教員にも気軽に使用できるようになった。電池も補聴器などで利用されているPR44型を使用しているため、入手も簡単である※³⁾。



図2 空気電池式酸素センサー

当初は、容器の内部に酸素センサーを直接張り付けて実験していたが、配線や取り付け・取り外しが難しかった。

そこで図2のように、プッシュバイアルびんを加工して酸素センサーを取り付け、様々な実験装置に自由に取り付けができるように工夫した。この結果、メンテナンス性が大幅に向上し、測定も簡単に行うことができるようになった。

2 人の呼吸の実験

小学6年『人の体のつくりとはたらき』の学習では、気体検知管などを用いて、人や動物の吸う息と吐く息の違いを調べる活動を行うことになっている。

この方法では、気体検知管による測定では、呼吸の仕方による変化を考えることが難しい。そこで、酸素・二酸化炭素センサーを使用して実験することにした。

(1) 実験装置

初期型の酸素・二酸化炭素センサーを使用し、

パソコンを使って変化の様子をグラフで観察させることとした。

息を吹き込む部分に医療用の酸素マスクを加工して使用することで、息漏れを減らして正確に実験できるようにした。

さらに、酸素マスクをしながら動いても大丈夫のように、灯油ポンプの蛇腹部分を介して、チャック付きポリ袋に接続させた。

センサー取り付け部分は、当初ペットボトルを使用していたが、空気がうまく循環しなかったため、チャック付きポリ袋を2つつなげる形とした。

また、呼気から出る水蒸気でセンサーが故障する恐れがあるため、センサー部分を別室にして、袋の中にティッシュやガーゼを入れた。



図3 呼吸実験用の実験装置

(2) 結果

約2分程度の呼吸で、酸素は21%から18%まで減少し、二酸化炭素は0.04%から3%まで上昇した。

呼吸をしながらリアルタイムで数値が変化したので、児童は「思っていたよりも、どんどん減っていく!!」、「0%になる前に息苦しくなるんだ。」、「ゆっくり呼吸する時よりも、早く呼吸した方が酸素の減り方が早い。」などと言い、興味を持ちながら実験を行っていた。



図4 呼吸の実験

3 昆虫の呼吸

小学6年『生物と環境』では、「生物が空気を通して周囲の環境とかかわって生きていることをとらえるようにする」とされている。

教科書では、植物の光合成と呼吸の実験のみを取り扱っているが、事前のアンケート調査で、人間などの動物は呼吸をしているが、昆虫も呼吸をしていることを知らない児童が意外と多かった。

そこで、昆虫も呼吸をしていることを実感させる装置を自作し、昆虫の呼吸を実際に確認しながら学習することにした。

(1) 実験装置

プッシュバイアルびん内に酸素センサーを取り付け、その中に昆虫を入れて密閉できるようにした。

昆虫については、ペットショップや熱帯魚店などで熱帯魚用の餌として販売されているヨーロッパイエコオロギを使用することで、冬期間の実験が可能になった。



図5 コオロギを入れて実験中

(2) 結果

実験開始から10分程で酸素濃度が21%から19%まで下がった。その結果、昆虫も呼吸をしていることを実感させることができた。

また、「虫はどこから空気を取り入れているのか？」などと新たな疑問も生まれ、昆虫は気門から呼吸していることを話すことができた。

4 植物の光合成

小学6年『生物と環境』で、「生物は酸素を吸って二酸化炭素をはき出しているが、植物は光が

当たると二酸化炭素を取り入れて酸素を出すことなど、生物が空気を通して周囲の環境とかかわって生きていることをとらえるようにする。」とある。

そこで、光合成の様子を測定する装置を開発して実験を行い、実感させることにした。

(1) 実験装置

この単元が冬に行われることが多いため、1年中入手可能で草丈が低い植物を探し、『ペットベジタブル』『犬や猫が食べる草』を購入した。小麦やえん麦の仲間であって成長が早く、手入れも簡単で、価格も300円程度と安価である。

この植物を大きな密閉容器に入れ、日光を当てた時と当てない時の酸素濃度の変化を1日かけて測定し、比較を行った。

植物から蒸散によって排出される水蒸気が予想以上だったために、比較的水に強い空気電池式の酸素センサーを用いて実験を行った。

長時間、実験する場合には、除湿剤を入れるなど、センサーが故障しないように工夫する必要がある。

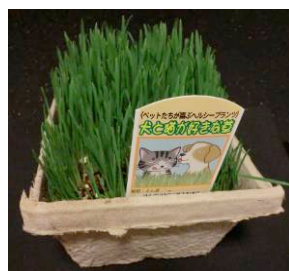


図6 ペット用のライ麦と実験装置

(2) 結果

日光を当てると、少しずつ酸素が増える様子が確認できた。窓際に置いて1時間ほどで約22%に上昇していた。

センサーの反応と精度が高いので、装置を暗い場所に置くと酸素濃度が下がり、明るい場所に置くと酸素濃度が上がるという実験を何度も繰り返すことができ、光合成に必要な条件を確認することができた。

5 植物の呼吸

小学6年『生物と環境』を行う前のアンケート調査で「植物は光が当たると二酸化炭素を取り入れて酸素を出す」ことは知っているが、同時に呼吸も行なっていることを知らない児童が多かった。また、「野菜や果物は、収穫された時点で死んでいるから呼吸をしていないのではないか。」と考えている児童が多かった。

そこで、身近な野菜が収穫後も呼吸を続けていることを確かめる実験を行うことにした。

(1) 実験装置

小型の食品用密閉容器に穴を開け、プッシュバイアルびんのキャップ部分をホットボンドで固定し、センサー部分を取り外し可能にした。



図7 植物の呼吸用実験装置

(2) 結果

実験開始から1時間ほどで19%となり、植物も呼吸していることを確認できた。

児童は、モヤシなどの野菜が収穫された後も生きていて、呼吸していることに驚いていた。

発展的な内容として、「モヤシの袋に穴を開けると長持ちする」、「冷蔵庫に入れて低温にして、呼吸を抑えると長持ちする」といった日常生活に関連する知識も与えることができた。

6 研究の成果・課題

酸素と二酸化炭素の変化を可視化することで、普段は意識することの少ない気体の増減や、物質の循環について考えさせることができた。

単純に「増えた」、「減った」という結果だけ

ではなく、その過程や進み具合を実感させることにより、「もっと変化を大きくするためには、どうしたらよいか？」という新たな疑問や、「光合成は、曇りの日よりも晴れた日の方が盛んに行われている」という気づきが生まれた。このような疑問や気づきは、気体検知管のよる実験では困難であり、酸素・二酸化炭素センサーを使った学習の有効性を証明できたと考えている。

同時進行で燃焼の実験装置も作成したが、対流によって測定結果がうまく出ず、今年度は未完成のまま終わってしまい、課題が残った。

7 今後に向けて

酸素・二酸化炭素センサーを使った実験は、酸化・還元反応による酸素の増減など、まだまだ新しい可能性を秘めている分野であると考えている。

今後もこの実践を「マニアックな自己満足の世界」で終わることなく、酸素・二酸化炭素センサーが教育現場に普及し、『誰もが簡単に使うことができる実験装置』となることを目標に、さらなる工夫や改善を続けていきたい。

8 謝辞

この実践は、酸素・二酸化炭素センサーを東京工業高等専門学校の高橋三男教授から借用し、道研フリープランにて北海道立教育研究所附属理科教育センターの近藤浩文先生、三木勝仁先生のご指導・ご助言のもとに進めました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 小学校学習指導要領解説「理科編」 p.67
- 2) 高橋三男・山本勝博・堀哲夫・松原静郎 理科教育のための O_2/CO_2 計測システムの開発 2009
- 3) 高橋三男 理科教育のための空気電池を利用した酸素センサーキットの開発 2011

(なりた いちのしん 千歳市立千歳小学校)