

酸素センサーを用いた昆虫の呼吸測定

－誰もが実験可能な教材にむけて－

成田一之慎

昨年度、6年生『生き物と環境』の学習で酸素センサーを用いた授業実践を行った。フィルムケースにコオロギを入れて酸素センサーで測定を行い、昆虫が呼吸して容器の酸素量が減少することを確認することができた。しかし、空気亜鉛電池自体が酸素を消費することを考慮しておらず、昆虫の呼吸だけでどの程度酸素が消費されたのかがわからなかった。そこで、再検証実験を行うことにした。

[キーワード] 酸素センサー 空気亜鉛電池 昆虫の呼吸 可視化 実感を伴った理解

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では、6年の理科において、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)}。

しかし、気体検知管を使って測定する方法では予算の関係などもあり実験前後の濃度しか測定できず、児童にどのようなスピードで変化が起きているのかを理解させることが困難である。

また、実験中に「どうして酸素がゆっくり減っていくのだろう?」「もっと速く反応させるのはどうしたらよいか?」といった新たな疑問や課題を導き出すこともできず、児童の実感を伴った理解につながらないと考えた。

そこで昨年度、東京工業高等専門学校の高橋三男教授が開発した空気亜鉛電池を用いた酸素センサーを使って酸素の割合の変化をリアルタイムに測定する教材を開発し、授業実践を行った^{※3) ※4)}。

実験では、昆虫を入れた密閉容器内の酸素濃度が下がり、「昆虫も呼吸する」という結論に至った。しかしその際に、空気亜鉛電池が+極側で空気中の酸素を使用し、密封した空の容器で酸素濃度の測定を行うと酸素濃度が減少することを実験結果の処理に加味していなかった。

そこで今年度、酸素センサーの特性を詳しく調べ、実験を最適化するために、再度検証を行うことにした。

1 測定方法

今回、再検証実験を行うにあたり、北海道立教育研究所附属理科教育センターから酸素センサーを2セット借用した。

使用した密閉容器は内径約3.4cm、高さ約4.2cm、容積は約38cm³のフィルムケースである。蓋に穴を開けて配線を通し、ホットボンドで穴を上下から完全に塞いだ。



図1 使用した酸素センサー

実験に使用した昆虫は、比較的入手が簡単なフタホシコオロギを選択した。フタホシコオロギは、ペットショップで熱帯魚や爬虫類用の餌として、季節に関係なく安価に入手できる。私の近所のペットショップでは10匹120円で入手できた。

酸素濃度の測定は、酸素センサーの電圧が安定するまで3時間ほど放置し、酸素濃度の表示を可

変抵抗で21%に調整してから開始した。

測定時間は小学校の授業の中で子どもたちが集中して観察できる限度を10分間くらいと考え、10分間の測定を繰り返し行うこととした。

2 測定結果

(1) 酸素センサーによる違い

何も入れていない容器を使って2つの酸素センサーA、Bの測定結果を比較した。

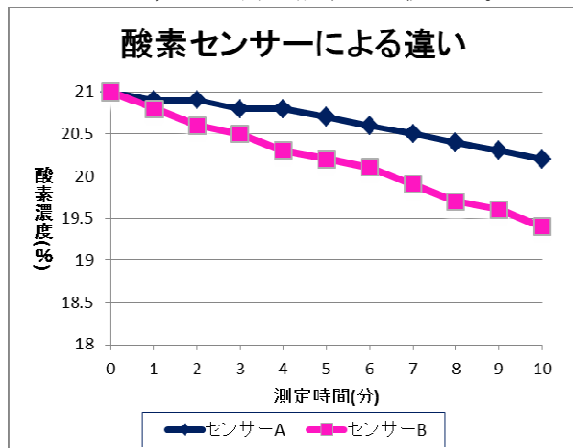


図2 センサーによる測定結果の違い

すると、図2のようにA、Bの2つの酸素センサーで酸素の消費量に大きな違いがあることがわかった。同じ電子部品で構成されている電子回路でこのような違いが出るのは、電池の電圧による影響ではないかと考えた。

電圧を測定してみると、センサーAの電池アは約1.23V、センサーBの電池イは約1.15Vであった。

(2) 電池による違い

(1)で見られた電池の個体差(電圧差)による影響を確認するため、2つの酸素センサー(A、B)間で電池(ア、イ)を入れ替えて測定を行った。

測定の結果、図3のように同じ酸素センサーAを使用しても電池アと電池イでは酸素濃度が異なることがわかった。また、酸素センサーBを用いても同じような結果になった。原因を追求するために電池の電圧を測定して

みると、電池アよりも電池イの方が0.08V高いことがわかった。

このことから、酸素センサー自体には性能差がほとんどなく、空気亜鉛電池の個体差(電圧差)によって酸素濃度の違いが表れることがわかった。

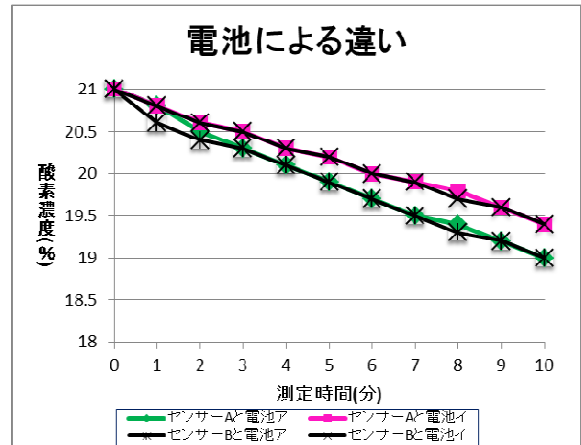


図3 センサーと電池による酸素濃度の違い

以上の測定結果から、同時進行型の比較実験を行う際には、全く同じ電圧の電池を2つ用意する必要があることがわかった。

しかし、新品の空気亜鉛電池を2つ用意して、同じタイミングで酸素遮断シールを剥がしても、電池の個体差により電圧が同じにならなかった。

そこで、もっと簡単に測定を行うことができないか実験方法を考え直すことにした。

(3) ブランクテストとの比較測定法

(2)の結果から、電池の電圧のわずかな違いで測定結果に差が出たため、2つの酸素センサーで同時進行型の比較実験を行うことは難しいと考えた。

そこで、同じ電池と酸素センサーを使って1回目は空の容器でブランクテスト測定を行い、2回目はコオロギを5匹入れた容器で行うことにした。

その結果、図4や図5のように同じ電池とセンサーを使って続けて測定を行った場合、ブランクテストよりも昆虫を入れた容器の方

が酸素の減少幅が大きいことがわかった。

その後も、昆虫入りの容器を先に測定するなどして何度も繰り返し測定を行ったが、どのような状態の電池を使用しても昆虫を入れた容器の酸素濃度が低くなった。

しかし、2つの酸素濃度の差はわずかであり、「何となく昆虫の方が減っている」というレベルの実験になり、はっきりしない測定結果に終わってしまった。

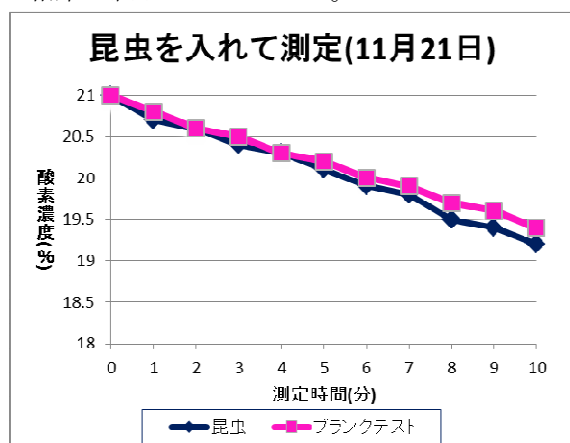


図4 昆虫を入れて比較(1回目)

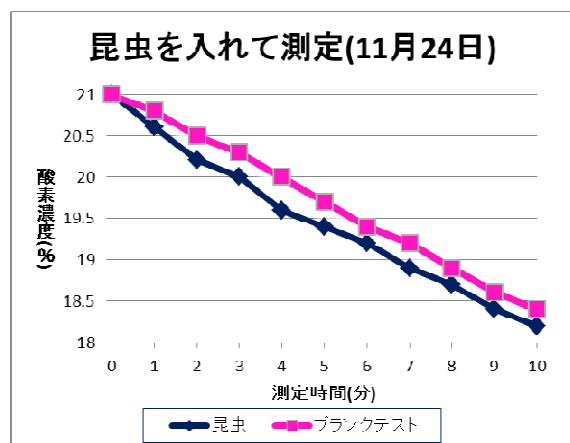


図5 昆虫を入れて比較(2回目)

(4) 容器容量を増やした測定

(3)では、空の容器と昆虫を入れた容器の酸素濃度の差が小さくなってしまい、はっきりしない結果になってしまった。

空の容器の酸素濃度の減少幅が大きいのは、容器の容量が小さいために、空気亜鉛電池が消費する酸素が測定結果に大きく影響を

与えてしまうためと考えた。また、それに比べて昆虫を入れた容器の酸素濃度の減少幅にあまり差がないのは、昆虫1匹の酸素消費量が少ないためと考えた。

そこで、これら2つの問題を解決するために、図6のように容器の容量を230cm³に増やすとともに、コオロギも大型のものを10匹入れることとした。さらに、容器の下にカイロを敷いて装置を温め、コオロギの活動を活性化させて酸素をできるだけ多く消費させるよう試みた。

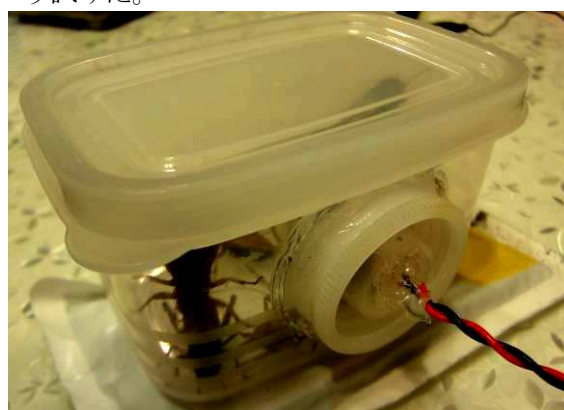


図6 新しい実験装置

その結果、図7・図8・図9のように、昆虫を入れない空の容器の酸素濃度の変化(ブランクテストの結果)は小さくなり、昆虫を入れた容器の酸素濃度の変化は大きくなった。3つの実験で酸素濃度の減少幅が異なるのは、使用した電池の電圧の違いと考える。

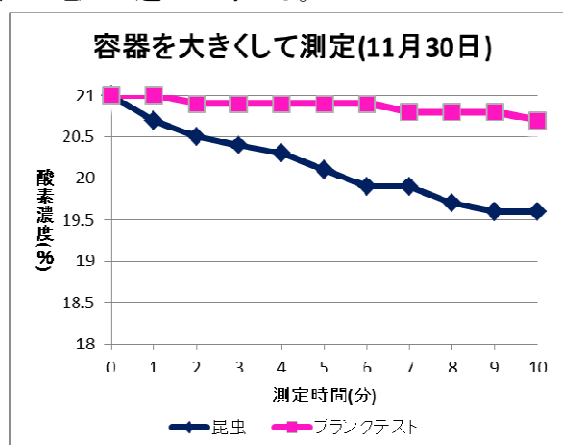


図7 容器を大きくして測定(1回目)

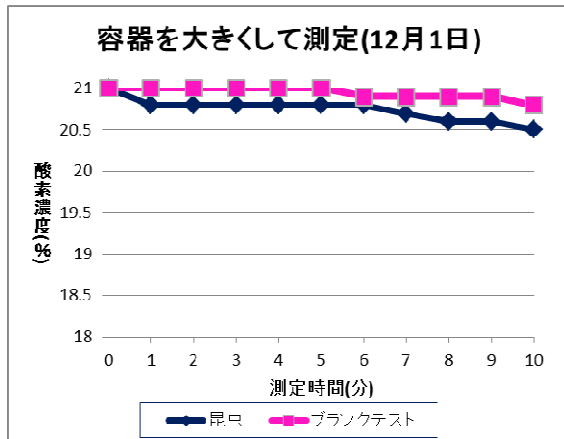


図8 容器を大きくして測定(2回目)

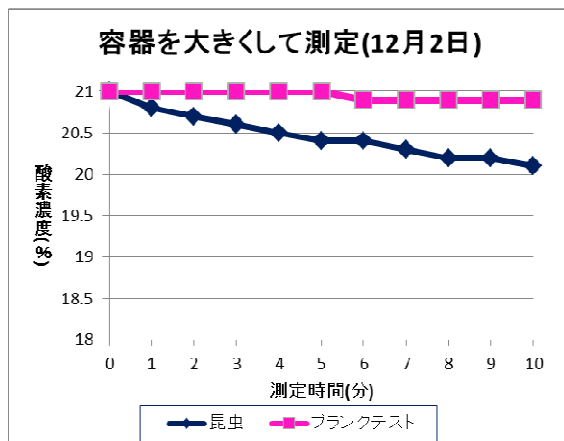


図9 容器を大きくして測定(3回目)

まとめ

空気亜鉛電池の個体差による影響を調べた結果、電池のわずかな電圧の差がそのまま測定結果に大きく影響するため、2つの酸素センサーを同時に並べて比較するのは難しいということがわかった。

いろいろと試行錯誤した結果、同じ電池と酸素センサーを使い1回目は空の容器でブランクテストを行い、2回目は昆虫を入れた容器で測定する方法が正確に実験できる方法だと考えた。

この方法であれば、ブランクテスト10分間と昆虫を入れた10分間の計20分間で児童に昆虫の呼吸について確認させることができるので、1時間の授業で十分に実験可能だろう。

しかし、今回開発した実験装置を実際に授業で使う際には、ブランクテストを行なって児童に酸

素センサー自体が酸素を消費することをしっかりと説明する必要があるという課題が残った。

おわりに

今回の実験である程度「誰もが簡単にできる実験教材」に一步近づいてきたと思う。その後の測定で容器の容量をある程度大きくすれば、空気亜鉛電池だけを入れた10分間程度の測定では酸素濃度がほとんど変化しないこともわかってきた。

今後はブランクテストを行わなくてもすぐに測定できるように容器の容量と昆虫の数を最適化していきたい。

最終的には、理科が専門ではない教員や実験手順に不慣れな児童がいる小学校でも昆虫の呼吸を気軽に確かめることができるようにすることが目標である。

謝辞

今回の検証実験は、酸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て行いました。測定方法については、道研フリープランで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・三木勝仁先生にご助言をいただきました。また、完成した実験装置を石狩管内教育研究会理科(小)部会のメンバーに公開し、改善点についてアドバイスをいただきました。特に同僚の久保田篤先生には、コオロギの生態や飼育方法について詳しくアドバイスをいただきました。

この場を借りて深くお礼申し上げます。ありがとうございました。

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O₂/CO₂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キットの開発 2011
- 4) 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 2012

(なりた いちのしん 千歳市立千歳小学校)