

密閉空間におけるろうそくの長さとの関係

宮城県仙台第三高等学校

03 班

先行研究¹⁾より、密閉されたガラス箱の中に火のついた長いろうそくと短いろうそくを入れると、長いほうが先に消えることが分かっている。また、このような状況において、長いほうのろうそくの火による対流が起きないことも明らかになっている。私たちは、この現象の原因を探るため、まずろうそくの長さとの関係の細かい関係を調べることとした。ガラス製の水槽の中にろうそくを2本入れ、片方の長さを変えてろうそくの長さとの関係の関係を調べた。その結果、ろうそくの長さの差が大きいほど、長いほうのろうそくの火が早く消えた。この理由として、水槽の上部が熱せられ、空気がろうそくの火と水槽の上部によって暖められ続けたためにその場にとどまって対流が発生しなかったことが考えられる。そのため、二酸化炭素が上部にたまり、長いほうのろうそくの火が先に消えたという仮説を立てた。この仮説を確かめるため、プロペラ型の装置を作り容器内で回転させ、同じ作業を行った。その結果、長いろうそくと短いろうそくの消えるまでの時間はほぼ同じであるか、短いほうが先に消えたため、仮説を証明することができた。

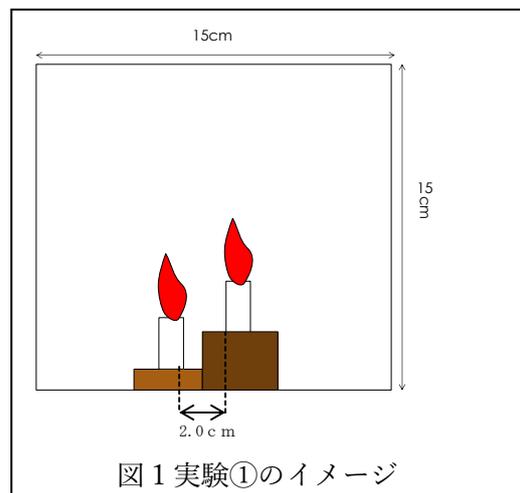
1 背景

前年の課題研究¹⁾より、密閉された容器の中に2本の長さの異なるろうそくを火のついた状態で入れると、長いほうが先に消えることが分かっている。この研究では、ろうそくの長さの異なるときには発生した気体が容器の上部にたまりやすく、ろうそくの長さの等しいときには逆に下部にたまりやすいという考察を展開していた。この理由として、容器内に長いほうのろうそくによる対流が起きなかったことを挙げていた。私たちは今回の実験の前に、水槽内に煙を入れた状態で火のついたろうそくを入れ、容器内の空気の流れを観察する実験を行ったが、結論に結びつくような大きな対流は見られなかった。私たちはこの現象の原因は完全に対流ではなく、他の要素によるものであると判断した。そこでまず、先行研究よりもさらに正確なろうそくの長さとの関係の時間関係を見つけるため、ろうそくの長さのパターンを2パターンから3パターンに増やして実験を行った。

2 材料と方法①

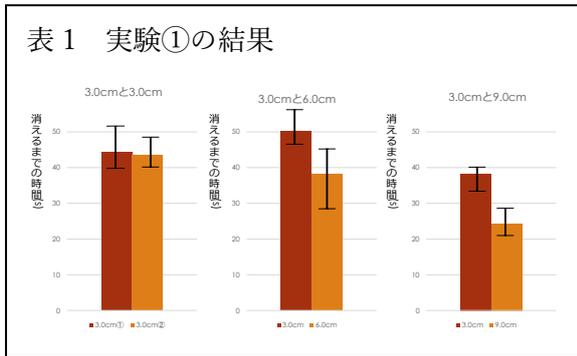
実験①

図1のように、各辺15cmの立方体のガラス容器内に、園芸用スポンジに刺した火のついたろうそくを2本入れ、片方の長さを変えて消える時間の差を計測し、10回の平均を記録した。片方のろうそくは3.0cm、もう片方のろうそくは3.0cm、6.0cm、9.0cmに変えて実験する。なお、ろうそくの長さはスポンジの底面から芯の根本までの長さとしている。また、ろうそくの直径は0.50cm、2本のろうそくの間隔は2.0cmとした。



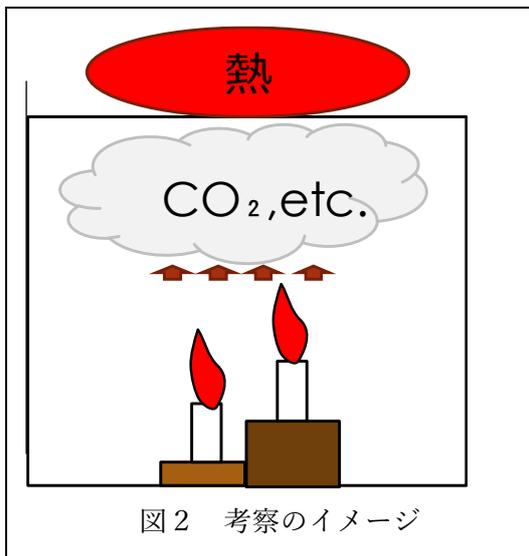
3 結果と考察①

表1 実験①の結果



結果は表1のようになり、3.0cmと3.0cmの場合では、消えるまでの時間の差はほとんど見られなかった。それに対し、3.0cmと6.0cmの場合では11.7秒、3.0cmと9.0cmの場合では14.0秒の差が見られた。また、3.0cmと9.0cmの場合では、他と比べて消えるまでの時間がどちらのろうそくも大幅に短くなるという現象が見られたが、その原因は今回の実験では判明しなかった。また、水槽の上部はろうそくの火によって、手で直接触ることができないほど熱くなっていた。

この結果から、以下のような考察を立てた。

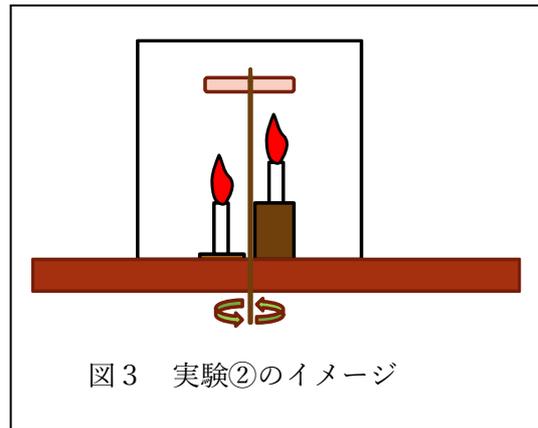


まず、ろうそくの火によって二酸化炭素などの気体が発生し、同時に、容器の上部の温度が上昇する。次に、発生した二酸化炭素などの気体が容器の上部で水槽とろうそくの火によって

暖められ、下降することができなくなり、その場にとどまり続ける。そして、長いほうのろうそくの周りの酸素濃度が低くなり、早く火が消えたと考えられる。

4 材料と方法②

先ほどの結果を踏まえて、考察を確かめるために次の実験を行った。

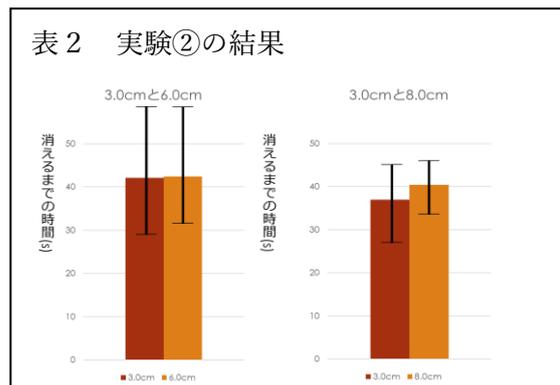


実験②

図3のように、断熱材の下から竹ひごとプラスチックストローで作ったプロペラを2本のろうそくの間を通るように刺した。その上から実験①と同じ実験装置を設置し、プロペラを下から手で回しながら、消えるまでの時間を計測した。今回は、片方のろうそくの長さを3.0cm、もう片方のろうそくの長さを6.0cm、8.0cmに変えて実験を行った。実験①では、8.0cmではなく9.0cmのろうそくを使用したが、今回の実験はろうそくの火が高すぎてプロペラに引火することを防ぐため、実験②では8.0cmのろうそくを使用した。

5 結果と考察②

表2 実験②の結果



結果は表2のようになり、3.0cmと6.0cmの場合では、消えるまでの時間の差がほとんどなくなった。また、3.0cmと8.0cmの場合は、実験①とは逆に、短いほうである3.0cmのろうそくの火が先に消え、5.6秒の差が生まれた。

表3 実験①の3.0cmと9.0cm、
実験②の3.0cmと8.0cmの比較

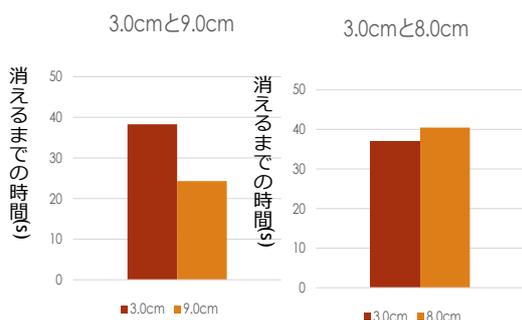
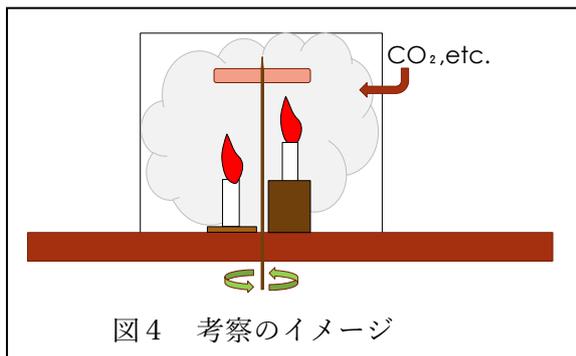


表3のように実験②で短いほうのろうそくの火が先に消えた理由としては、用いたプロペラによって水槽上部の二酸化炭素濃度が下がったことに加え、逆に水槽下部の二酸化炭素濃度が上昇したことであると考えられる。実験②ではプロペラを人力で回していたため、回転数などの条件が一定でなく、このような二酸化炭素濃度の偏りが生じてしまったと思われる。しかし、実験②の目的は単に上部の二酸化炭素濃度を下げることであったため、この現象は考察には影響しないものとして扱うことができると考えた。また、3.0cmと6.0cmの場合で値のばらつきが大きいのも、同じような理由によるものだと考えられる。

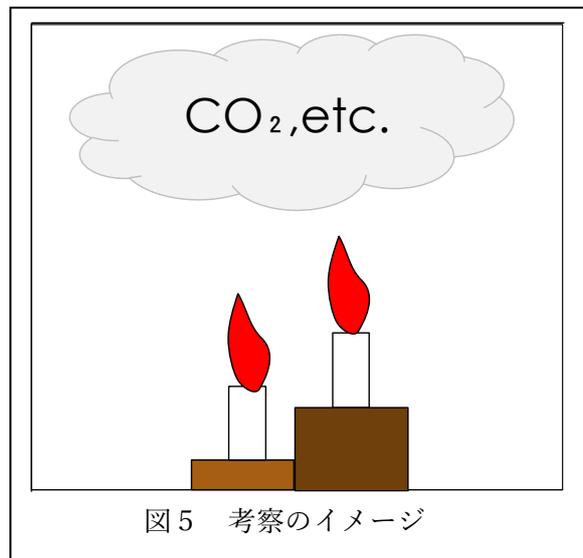
以上の結果から、次のような考察を立てた。



実験②で、プロペラを回したことによって、水槽内の空気がかき混ぜられ、上部の二酸化炭素濃度が下がった。同時に下部の二酸化炭素濃度が上昇し、水槽上部と等しいかまたはそれ以上となったため、3.0cmと6.0cmではほぼ同時に消え、3.0cmと8.0cmでは3.0cmのほうが先に消えた。

6 全体の考察

実験②によって、ろうそくから発生した二酸化炭素がろうそくの火と熱せられた水槽上部によってその場にとどまっておき、それが原因で長いほうのろうそくが先に消えたという実験①の考察が正しいことが証明された。



7 今後の展望

実験①では、それぞれのパターンでの試行回数が10回とまだ少ないため、実験を何度も行い、より正確なデータを出す。また、実験①の結果において、3.0cmと9.0cmの場合だけ他と比べてどちらのろうそくも燃焼時間が大幅に短かった原因を突き止める。加えて、今回は二酸化炭素の濃度を計測していないため、水槽の内部で実際に二酸化炭素が考察通りに動いているかは示すことができていない。そのため、容器内の数か所で二酸化炭素濃度を計測し、考察が妥当なものであるか確かめる。同時に、この作

業を行うことによってろうそくが消えるまでの正確な時間も予測できるようになると考えられる。この現象のメカニズムが完全に明らかになれば、火災に対する防災への応用、しいて言えば天井にシーリングファンが取り付けられている住居で火災が発生したときの煙の動向を予測できる。

参考文献

(1)平成 29 年度 課題研究 「きたい通りにいかないうそくたち」