

科学的に見る火と熱の性質

3631 服部周生 3536 松田大輝 3609 小椋康太郎

要旨

私たちは火や熱がどのような性質を持っているのかをはっきりさせるために実験を行った。火とその利用では、有機物と無機物の燃焼の仕方を調べた。また、炎心、内炎、外炎の色の違いでは、温度と燃焼度の関係を調べた。

さらに、熱源から燃焼対象までの距離と燃焼までの時間の関係をグラフにして式を導き、外炎の存在の確認では、ろうソクに塩化ナトリウムを置き確認することができた。

化学カイロの効率では、触媒が反応効率に影響を与えていることが分かった。

実験1 <火とその利用>

1. 目的

そもそも火とはどのような構造であるのだろうかという疑問の下、資料を調べた結果、右図の様に火が燃え続ける条件を確認した。そこで、右図の燃料に着目した。普段燃やしたり燃料に使用したりしているのは有機化合物であり、中学校で行ったスチールウールの燃焼など無機化合物の燃焼との違いを調べる。



2. 使用した器具

スチールウール、マグネシウム、活性炭素、石灰水、ろうと、ゴム管

3. 実験の手順

・スチールウール

1. スチールウールを蒸発皿にのせ、火をつける。
2. 酸素ボンベから酸素を送る。

・マグネシウム

1. マグネシウムに火をつける。

・活性炭素

1. 火の付いたろうソクの上から活性炭素をふりかけ、観察する。
2. 活性炭素を直接火にかけず、蒸発皿にのせ火にかけ気体を捕集する。

4. 結果

スチールウールは熱した部分が炎で赤くなり、チリチリと燃えるように段々と赤色だった部分が黒くなっていった。酸素を送るとその分燃焼が進んだ。マグネシウムは光を出し、激しく燃焼した。活性炭素は次の写真1のようになった。

また、捕集した気体をゴム管を通じて石灰水に通すと、白く濁った。



写真 1



通常



結果

5. 考察

実験結果から、スチールウールはろうそくなどのように炎の形をしないで燃えたことから、有機化合物と比べて酸素と結びつきにくいと考える。マグネシウムは一瞬での燃焼だったことから酸素と非常に結びつきやすく、継続的な燃焼は困難だと考えられる。

炭素の燃焼については自身は無機でありながら、有機化合物の中心となっていることから行ったが、どちらの方法でも CO_2 が発生したと考えられる。

またそれぞれの結果から炎の形にはならなかったため、やはり有機化合物と無機化合物では燃焼の仕方が異なり、また無機化合物では燃焼しやすさも顕著に異なるとわかる。

実験2 <炎心、内炎、外炎の色の違い>

1. 目的

ろうそくやガスバーナーの炎の色の差異は何から生じるか調べる。

2. 仮説

部分によって温度の違いで反応する燃焼物の燃焼度が異なり、発生するすすの量の差が関係していると考えられる。

3. 使用器具

鉄製のスプーン、ろうそく、

4. 実験の手順

1. ろうそくの外炎、内炎、炎心に分けてスプーンを10秒当てる。
2. ついた炭素の量を調べる。

5. 結果

一番外側に位置し、内炎より温度が低い外炎にはあまりすすが発生しなかった。

明るく見え、一番温度が高い内炎には多くのすすが発生しており外炎と炎心との違いは一目瞭然であった。

一番温度の低い炎心にはほとんどすすが発生しなかった。

6. 考察

結果から発生したすすの量と部分の温度は比例していることが分かった。これは、燃焼物の反応量が部分で異なるということを示す結果であり、仮説は正しかったといえる。

実験3 <火（熱源）から燃焼対象までの距離と燃焼までの時間の関係>

1. 目的

身近にあるストーブなどの暖房は遠くに離れるとあまり暖かくないので、熱源からの距離と燃焼時間にはどんな関係があるのか調べる。

2. 使用器具

蒸発皿、三脚、金網、ガスバーナー、5cm立方の角材、エタノール、ストップウォッチ、ピペット、マッチ、(一回目のみ黒鉛、デンブ)

3. 実験の手順

1. 蒸発皿に対象物をのせ、それを三脚にのせる。
2. ガスバーナーで蒸発皿を下から加熱する。
3. 加熱はじめから発火と燃え尽きるまでの時間を計測する。
4. 5cmごとに角材を用いて三脚の位置を高くする。

5. 1~4 を繰り返し行う。

なお、三脚の高さは三脚の脚の下端の机からの高さで示す。また、0cm の時、机から金網までの高さは 20cm で、バーナーの上端から 5cm 離れている。

4. 結果

5月11日の結果

燃焼物	高さ	0cm	5cm
デンプン 0.5g		5分41秒	
エタノール 1mL		1分23秒	2分44秒
黒鉛 1g		中断	

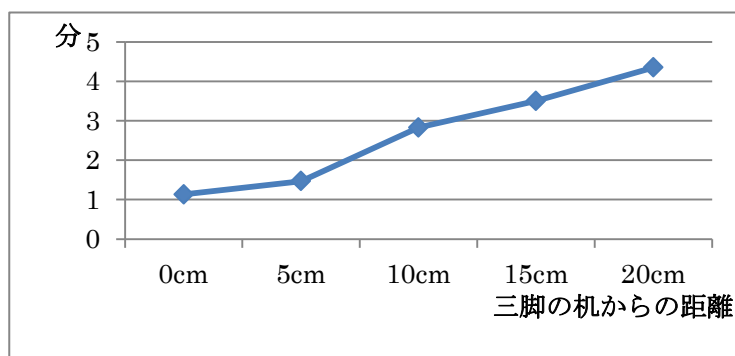
黒鉛は、5分経過で変化が見られなかったため中断した。

この結果から、デンプンは燃焼時間が長く、煙が火災報知機に反応するため、2回目以降は実施しないこととした。炭素も同様に、燃焼が確認できなかったため2回目以降実施しないこととした。したがって、今後の実験はエタノールのみで行うこととした。

※エタノールの量はすべて 1mL とした。

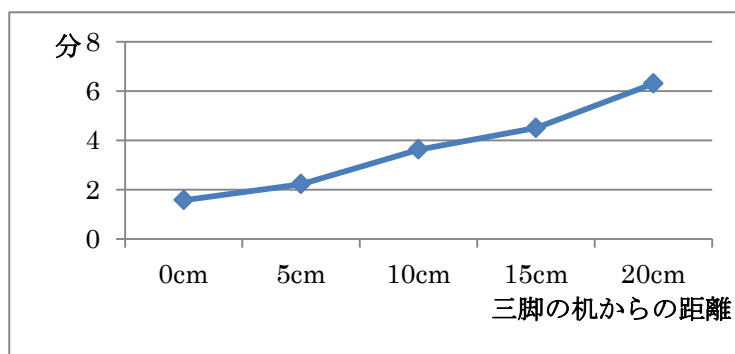
5月23日の結果

高さ	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
エタノール	1分8秒	1分28秒	2分50秒	3分30秒	4分21秒



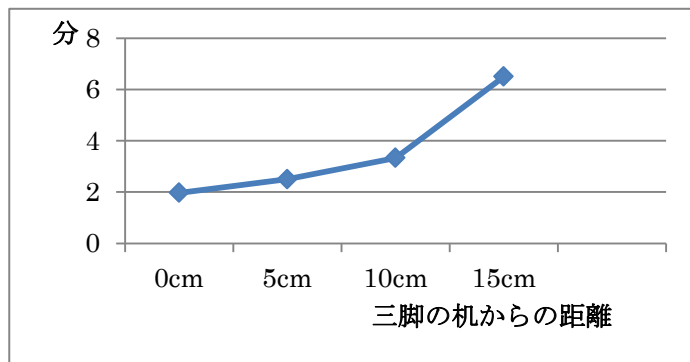
6月8日の結果

高さ	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
エタノール	1分34秒	2分13秒	3分37秒	4分30秒	6分18秒



6月15日の結果

高さ	0cm	5cm	10cm	15cm
エタノール	1分58秒	2分30秒	3分20秒	6分30秒



5. 考察

それぞれのグラフの式を表すと、(x=三脚の机からの距離、y=時間)

(式はどれも近似値、有効数字2桁)

5月23日 $y=0.16x+1.1$

6月8日 $y=0.24x+0.57$

6月15日 $y=0.14x+2.0$

となった。以上の3つの式を平均して式にすると、 $y=0.18x+1.6$ となった。

実験4 <外炎の確認>

1. 目的

ろうソクに灯された火のうち、外炎は酸素濃度が高く高温で目視ができないため、芯付近に塩化ナトリウムを置くことで酸素濃度を下げ、その結果、外炎が目視できるようにする。

2. 使用した器具

ろうソク、マッチ、塩化ナトリウム

3. 研究手順

1. ろうソクを立てその上に塩化ナトリウムを少量置く。
2. ろうソクに火を灯す。
3. ろうソクの火の変化を観察する。

4. 結果

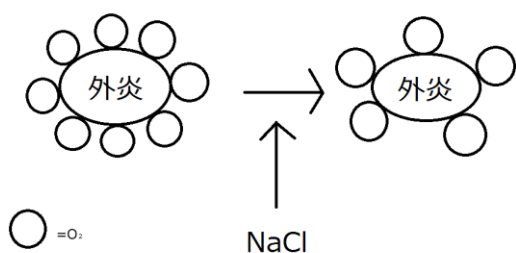
1回目、実験通りに行ったが、外炎をはっきりとは観察できなかった。しかし、2回目、3回目と実験したところ、普段は目視できない外炎を確認することができた。

5. 考察

実験の結果から、普段は目視することができない外炎がロウソクの芯付近に塩化ナトリウムを置くことで、目視できるようになることが分かった。そしてこの実験結果から、塩化ナトリウムが外炎の酸素濃度を下げたと考察できる。また、外炎が目視できた際に内炎、炎心もわずかに小さくなった。

予想される化学反応式は、 $4\text{NaCl} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$ である。

外炎のモデル



しかし実験中に塩素の刺激臭がしなかったため、この化学反応式は確定できるとは言えないが、この実験から塩化ナトリウムが火の酸素濃度を下げているということが分かった。また、別の考察として、ロウソクの芯がロウを吸うのを塩化ナトリウムが妨げたせいで炎の温度が全体的に下がったことも考えられる。その仕組みとこれらが別の物質でもできるかどうか、および化学反応式で表すのが今後の課題である。

実験5 <化学カイロの効率>

1. 目的

市販カイロは温度が一定で長持ちするので、化学カイロの効率はどのような条件で変化するかを調べる。

2. 使用した器具

蒸発皿、薬さじ、100mL ビーカー、ピペット、電子計り、ガラス棒、温度計、霧吹き

3. 手順

1. 鉄粉：活性炭＝2：3の割合にして蒸発皿の上で混ぜる。
2. 1.へ食塩水を入れる。
3. 温度上昇を温度計で計測し記録する。
上の実験を次の条件で行う。

条件

- ① 1.鉄粉を 4g、活性炭を 6g にする。
2.入れる食塩水を濃度 10%にする。
- ② (i)1.鉄粉 8g、活性炭 12g にする。
2.そこへ塩化ナトリウム 2g を入れ、純水を加えながら計測する。
(ii) 1.鉄粉 4g、活性炭 6g にする。
2.食塩水ではなく、純水を加える。
- ③ 1.鉄粉 4g、活性炭 6g にする。
2.食塩水の濃度を 5%、10%、20%、飽和に分けて実験する。
3.温度上昇の計測時間を 5分と定める。
- ④ 1.鉄粉を 4g、6g にする。
2.食塩水の濃度を 10%とし、加える際に霧吹きを使用し通常の加え方との比較をする。
- ⑤ 1.炭素をなしにして鉄粉のみにする。
2.10%食塩水をピペットで加える。

4. 結果

- 条件① 化学カイロの温度は 93℃まで上昇した。
- ② (i) 化学カイロの温度は 78℃まで上昇した。
(ii) 大きな温度上昇はみられなかった。
 - ③ 5%食塩水は 36℃まで上昇、10%食塩水は 41℃まで上昇、20%食塩水は 41℃まで上昇、飽和食塩水は 44℃まで上昇した。
 - ④ 霧吹きを使用した時よりも通常の実験のほうが温度は上昇した。
 - ⑤ 鉄粉のみの実験では温度上昇はほぼみられなかった。

5. 考察

②の(i)と(ii)の結果の比較より加える食塩水に含まれる NaCl が触媒として温度上昇を促進していると考えられる。また、③の結果より濃度の高い食塩水を加えた時、温度上昇が大きくなった。したがって触媒と考えられる NaCl の濃度が高いほうが、一定時間内での温度上昇を促進させたと考えられる。

④の結果より熱を奪わない程度で、まとまった量の食塩水の安定した供給が必要だと考えられる。また、⑤の結果より活性炭も触媒として作用すると考えられる。

結論

火（熱源）から燃焼対象までの距離と燃焼までの時間の関係では、5cm ごとに三脚の高さを上げてエタノールが燃焼しきる時間を計測して、 $y=0.18x+1.6$ という式を導いた。今後は、作業環境を整えより正確なデータを得たい。

また、外炎の存在の確認では通常、肉眼では見ることのできない外炎をろうソクに塩化ナトリウムを置き、確認することができた。

化学カイロの効率では、触媒が反応効率に大きな影響を与えていることが分かった。今後は作業環境を整えて気温が一定なところで行い、より正確な結果を出すとともにバーミキュライト（蛭石の原鉱石を 800℃ほどで加熱風化処理し、10 倍以上に膨張させた土）などを用いてより効率の良いカイロ作りを目指す。

参考文献

- ・ハイベスト教科辞典〈物理・化学〉（Gakken）
- ・「サイエンスビュー 化学総合資料」（実教出版）