

炎色反応の規則性

奈良県立奈良高等学校（化学部）

出口嘉伸・石井貴人・丸谷咲葵・高岸万記・廉明德・

吉井柊人・竹中結希・吉中誠也・上田優人

指導教員：金田義亮・古谷昌広

研究概要

昨年度までの研究では、炎の色の順には規則性があることが分かったが、規則性に合わない組合せもあった。これに対し加法混色によるものだという仮説を立てた。この仮説に対しては、方法1に示すように、バンドパスフィルターを用いて観察することで検証した。その結果に基づき、複数の金属塩の炎色反応では、それぞれの色の光が広がりをもって分布しており、その位置や重なり方によって見える色が変わるのではないかと考察した。そして、これを説明する仮説として『炎位置依存仮説』および『元素依存仮説』の2つを考え、方法2・3によって検証した。その結果、方法2では炎位置依存仮説を支持する結果となったため、この仮説が正しい可能性が示唆された。一方、方法3ではろうそくが不安定で結論が出せなかったため、さらなる改良が必要である。

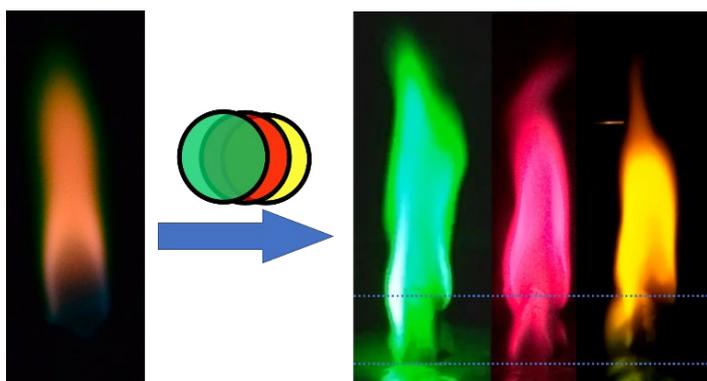
炎の色の順の規則



レインボーキャンドル



バンドパスフィルターを用いた観察



①炎位置依存仮説

元素によって、
炎のどの位置で
光が出やすいか
が決まっている。



内側で出やすい元素は
中に、外側で出やすい
元素は外の方に現れる。

②元素依存仮説

元素によって、
エネルギーの
受け取りやすさ
が決まっている。



受け取りやすい順に
下から現れる。



1. 背景と目的

私たちの先輩は、レインボーキャンドルを見て、複数の金属塩の炎色反応の色の並ぶ順に興味を持ち、研究を始めた。その結果、色の順に規則性があることを発見したが、その規則に合わないものもあった。それについては、様々な対照実験から、加法混色によるものだという仮説を考えた。今回の研究では、その仮説を検証すること、そして色の順が何によって決定されるのかを究明することを目的とした。

2. 方法 1

< 2-1 : 実験方法 >

- ① NaCl、LiCl、CuCl₂の金属塩粉末をそれぞれ取り、1つの乳鉢に入れ、乳棒ですりつぶしながら混ぜた。
- ② 湯煎して融解させたトリオキサソールに①を加え、ガラス棒でかき混ぜて溶解させた。
- ③ ②を細長い形状に固めた。
- ④ ③を燃やし、バンドパスフィルター（540nm、590nm、670nm）を用いて観察した。

< 2-2 : 実験結果 >

Cu、Li、Naの順に大きい炎となった。このことから、現れていた黄色は加法混色によるもので、Cuの緑色とLiの赤色が混じったものであることが分かった。よって、加法混色によるものだという仮説は正しく、炎の色の順の規則性は三種類の炎色反応においても成り立つと考えられる。

< 2-3 : 考察 >

この結果から、複数の金属塩の炎色反応では、それぞれの色の光が出る位置は、このように、ピークのある広がりを持っていると考えられる。そして、その位置の違いや重なりによって色の違いや中間色が現れるのであると考えられる。これを私たちはピーク論と名付け、それを説明するため2つの仮説を立てた。

第一の仮説は、炎位置依存仮説である。これは、元素によって、炎のどの位置で光が出やすいかが決まっており、内側で出やすい元素は中に、外側で出やすい元素は外の方に現れるというものである。

第二の仮説は、元素依存仮説である。これは、元素によって、エネルギーの受け取りやすさが決まっており、受け取りやすい元素から順に下から現れるというものである。

これらの仮説を検証するために、方法2、3を行った。

3. 方法 2

< 3-1 : 実験方法 >

複数の金属塩の水溶液を白金線につけてガスバーナーの様々な位置に入れ、その色を肉眼で観察した。

< 3-2 : 実験結果 >

Cu、Sr、Naの混合液では、どの位置でも最初にNaの黄色の発光が観察された。その発光が終わった後、炎の上部ではCuの緑色のみが、中部と下部ではSrの赤色が観察された。Ca、Kの混合液では、どの位置でも最初にCaのオレンジ色が観察され、その後、上部では炎色反応が観察されず、中部と下部にKの赤紫色が観察された。

4. 方法3

<4-1: 実験方法>

CuCl_2 、 SrCl_2 、 NaCl 粉末の物質量の比率を変えたろうそくを<2-1: 実験方法>と同様に作製した。そして、<3-1: 実験方法>と同様に観察した。

<4-2: 実験結果>

ろうそくやタイミングによって炎の大きさや明るさが異なるため、変化しているかはわからなかった。原因としてろうそくの不均一さが挙げられる。解決策としては、白金線で実験を行う・均一なろうそくをつくるといったことが挙げられる。

5. まとめと考察、今後の課題

昨年度までの研究では、炎の色の順には規則性があることがわかったが、色の順の規則性に合わない組合せもあった。これに対して加法混色、つまり色が混じったことによるものだという仮説を立てたが、検証はされていなかった。今回の研究では、これを、方法1に示したように、バンドパスフィルターを用いて観察することで検証した。その結果、この仮説は正しいとの結論に至った。

さらに、方法1の結果に基づき、複数の金属塩の炎色反応では、それぞれの色の光が広がりをもって分布していて、その位置や重なり方によって見える色が変わるのではないかと考察した。そして、これを説明する仮説として、炎位置依存仮説および元素依存仮説の2つを考案し、方法2・3によりどちらが正しいのか確かめた。その結果、方法2では炎位置依存仮説を支持する結果となり、方法3はろうそくが不安定でわからないという結果になった。したがって、確実ではないものの、炎位置依存仮説が正しい可能性が高い、もしくは一部正しいと考えられる。

今後の課題としては、

- ・ピーク論を説明する他の仮説を考えること
- ・なぜ白金線の場合にNa、Caが最初に反応する理由を調べること
- ・より均質なろうそくを作ること
- ・炎の中での位置を決定するものが何か探求すること

などが挙げられる。

6. 文献

- ・『化学と教育 65巻(2017年)3号』より『炎色反応に関わる様々な課題』(深野 哲也)
- ・レインボーキャンドルオフィシャルサイト <http://www.rainbowcandle.co.jp/>
- ・『化学と教育 お答えします』(綿抜 邦彦)
- ・ディプロマプログラム化学資料集