

炎色反応を使って色付きのロケット花火を作る

3507 小木曾温都 3617 杉山太一 3620 高橋杜文 3623 田口奨真

要旨

私たちは花火が燃えるときに火の色が変わって見える現象や、同じ花火でも燃える時間や燃え方に違いがあること、そして打ち上げ花火の飛ぶ仕組みについて構造に疑問を持った。そこで、金属が示す炎色反応を調査し、1種類の金属だけでなく2種類の金属を任意の順番で火薬に混ぜて紙筒に詰め込み、一般に売られている打ち上げ花火や吹き出し花火を再現できるようにすることで、思った通りの色の打ち上げ花火を作ることを目指した。

1. 目的

火薬を構成する各薬品の役割を知り、それらを調整したり、付けたい色の金属化合物を混ぜることで火花の量や燃焼時間を調節できるようにし、打ち上げ花火の構造を理解して、自分たちが思った通りの打ち上げ花火を作る。

2. 使用器具・装置

- ・ JK ワイパー
- ・ コピー紙
- ・ チャッカマン
- ・ ガラス棒
- ・ 乳鉢
- ・ 白金線
- ・ ティッシュペーパー
- ・ 過塩素酸カリウム
- ・ 鉄粉
- ・ 硫黄
- ・ 活性炭
- ・ わら半紙
- ・ 竹ひご
- ・ 油粘土
- ・ 導火線
- ・ 砂
- ・ 市販のロケット花火

3. 実験と結果

【実験1】

火薬に用いる薬品などがそれぞれ果たす役割を調べる。

〈仮説〉

- ・ 酸化剤である過塩素酸カリウムを増やすと燃えるようになる。
- ・ 硫黄と活性炭を増やすと煙が増える。
- ・ 鉄粉は火花が増える。

〈方法〉

- ① 過塩素酸カリウム、活性炭、硫黄、鉄粉を 10 : 2 : 2 : 3 の割合、1.0 g, 0.2 g, 0.2 g, 0.3 g で混ぜる。(基本の火薬)
- ② それぞれの材料1種類だけ割合を増やした火薬をそれぞれ用意する。
- ③ JK ワイパーに包んで燃やして、燃焼時間、火花の多さ、煙の量を比較する。

〈結果〉

- ・ 過塩素酸カリウムを増やしたとき
激しく燃えるようになったが、燃焼時間が短くなった。煙の量は変わらなかった。硝酸カリウムを酸化剤として用いた時よりも煙の臭いが鼻を刺すような刺激臭になった。
- ・ 硫黄を増やしたとき
燃やした時に粘性のある液体がたくさん出るようになった。水に落ちると音を上げて弾けた。地面に落ちると黒くなって固まった。燃焼

時間は変わらず、煙の量が多くなった。

・鉄粉を増やしたとき

火花が多くなった。燃焼時間も煙の量も変わらなかった。

・活性炭を増やしたとき

燃焼時間が増えた。煙の量も変わらない。

【実験 2】

自分たちが作りたい色の順番で花火を製作する。

〈方法〉

- ① 基本の火薬に出したい色の炎色反応の示す金属化合物（硫酸ストロンチウムなど）を、乳鉢で混ぜる。
- ② 混ぜた火薬を 0.64 g 取って、コピー紙で作った紙筒に詰め込む。
- ③ 水を少量しみこませて、火薬を圧して、乾燥する。
- ④ 乾燥させた紙筒の先端に火をつけて燃やす。
- ⑤ 火花の色を観察する。

〈結果〉

Sr	紅色
Sr, Cu	紅色→緑
Ba	橙色
Sr, Ba	紅色→橙色
K	赤色
K, Na	赤色→黄色
Cu	青緑色
Cu, Ba	緑→橙色
Li	白色
Li, Ba	白色
Ca, Na	橙色→黄色
Ca	橙色



図 1 Li と Ba を混合した火薬を燃やした様子

【実験 3】

火薬の推進力を確かめるために、割りばしに火薬を入れた紙筒を取り付けて点火する。

〈方法〉

- ① 作った火薬 0.64g を紙筒の中に詰め込んで割りばしに括り付ける。購入した市販の火薬の総量が 0.64g であるため、より市販のものに近づけるためにこの質量に設定した。
- ② 砂に差して固定し、着火して飛ばす。

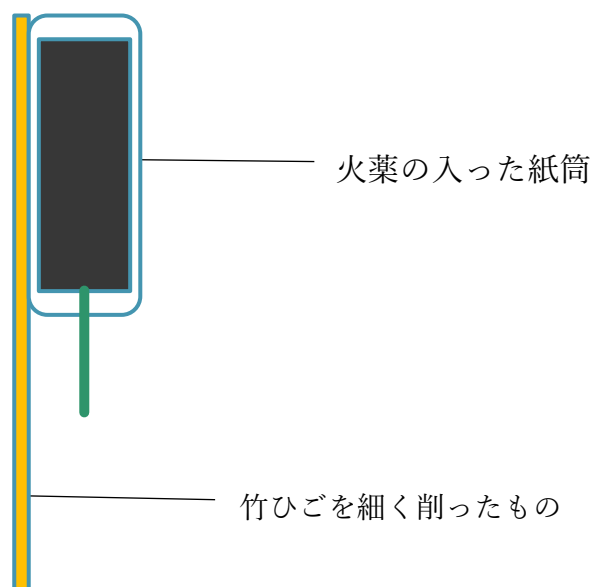


図 2 実験 3 の概略図

〈結果〉

着火すると、勢いよく煙が噴き出したが、思ったように飛ぶことはなかった。

【実験4】

作った花火を飛ばす。

〈方法〉

- ① 砂を用意する。
- ② わら半紙にそれぞれの火薬をのせる。この時のわら半紙は、約20cm×7cmで行った。紙がうまく丸まらなかったため、あらかじめ先に細い棒で丸めておいてからのせる。
- ③ 火薬を詰めて JK ワイパーでふたをする。
- ④ ③で作ったものを竹ひごに括り付ける。

〈結果〉

飛ばなかった。どの火薬も、激しく煙を噴出したが、飛ぶ様子は見られなかった。

【実験5】

実験4を踏まえて作った花火と市販の花火を実際に飛ばして比較する。

〈方法〉

- ① 通常の黒色火薬（硝酸カリウム、硫黄、活性炭、鉄粉）の入った花火2つ、黒色火薬の硝酸カリウムを過塩素酸カリウムに変えた花火2つ、市販のロケット花火1つを用意する。また、この実験内ではこれらの火薬をそれぞれ、花火(1)、花火(2)、花火(3)と呼ぶことにする。
- ② 点火する。このとき安全に配慮してグラウンドで実験を行う。

〈結果〉

火薬(1)；炎が噴き出したが、飛ぶことはなかった。

火薬(2)；火薬(1)より激しく火と煙を出して燃えたが、飛ぶまでには至らなかった。

火薬(3)；激しい煙や音とともに、上へ打ちあがって、空中で爆発した。



図3 過塩素酸カリウムを燃やした後

4. 結果に対する考察

【実験1】

結果から、花火の燃え方は酸化剤によって大きく異なり、硫黄と活性炭は燃焼して、熱の保持を促していることが分かった。鉄粉は、量によって、火花の量を変化させていることが分かった。しかし、今回用いた火薬は、燃焼が不安定で市販されている火薬とは程遠いものとなってしまった。これからの実験では、火薬の調合を改良したり、ほかの薬品を利用するなどして、さらに質の高い火薬を作っていきたい。JK ワイパーを利用した際には火薬がよく燃えたのだが、実際の花火には JK ワイパーは利用されていないため必ずしも実験結果が正しいとは限らない。さらにコピー紙を利用して火薬を入れるための紙筒を作ったのだが、どうしても JK ワイパーの時と比べ、火が弱くなってしまい実験に手間取ってしまったので、これから対策を考えていきたい。

【実験2】

結果から、火薬に混合した金属化合物が反応し、2つの異なる金属化合物を紙筒に詰めた順番通りに反応し、炎色反応が見られた。つまり、付けたい色の炎色反応を示す金属化合物を混ぜれば、その色を花火に着色できることも分かった。そのため、今回は2つの異なる金属をそれぞれ分けて紙筒に詰め込んだが、次はそれらの金属を完全に

混合して実験したい。さらに、実験の過程で、鉄粉が火花、硫黄が煙、活性炭が熱の保持（燃焼時間）、過塩素酸カリウムが酸化剤の役割を持っており、割合を増やせばその分効果が増加することも分かった。しかし、どの花火も火が付くまでに時間がかかり、なかなか火薬まで火が通らなかった。また、紙筒の強度が足りない為紙筒が燃えて穴が開きそこから火薬がこぼれてしまったり、紙筒の内側で火薬が燃えているのに、前に燃えた火薬の炭が蓋となり火花がうまく出てこなかったりした。対策として酸化剤の割合を増やして火をつけやすくしたり、紙筒の紙を厚くしたりして強度を強くするなどしていきたい。

【実験 3】

過塩素酸カリウムは通常の黒色火薬に使われる硝酸カリウムよりも酸化力が強いので、過塩素酸カリウムを少し加えれば勢いよく飛ばすことができるのではないかと考えた。

【実験 4】

飛ばなかった理由として、どちらの火薬を入れた時も栓が弱かったため、隙間から煙が漏れてしまい、勢いが弱くなってしまったのではないかと考えた。さらに、竹ひごが重すぎたことも原因かと思われる。

【実験 5】

市販の花火は勢いよく飛んで、空中で爆発したが、自分たちが作った花火は4本とも打ちあがるまでには至らなかった。その理由として、花火の軸重すぎたのではないかと考えた。今回の実験では竹ひごを使ったのだが、市販の軸と自分たちの軸でどのような違いがあるのかについて調べた。その結果、自分たちの花火は平均で、長さ 20cm、質量 2.1g であったのに対して、市販の花火は平均で、長さ 26cm、質量 2.0g であった。よって、質量に関してはほとんど違いはなかったが、長さに関しては市販のほうが少し長かった。質量に違いはほとんどないものの、

長さに少し違いがあるため、次の実験では、市販のものによりそろえて実験するべきだと考えた。さらに、火薬の威力を高めるために、過塩素酸カリウムには威力を高める働きがあるため、過塩素酸カリウムを増やすべきだと考えた。また、威力を高めるには別の物質が関与している可能性についても考えた。

5. 今後の展望

火花に色を付けたりすることには成功したもの、飛ばすことができなかった。次の実験では長さも市販のものにそろえ、実験を行いたい。さらに、火薬の配合にも問題があると考えたため、威力を強める過塩素酸カリウムを加えるだけでなく、勢いを強める物質がほかにある可能性があるため、火薬に含まれている物質についてもさらに追及していきたい。そして、二種類以上の炎色反応を示す金属化合物を実際に混ぜて、飛ばし途中で色が変わるか実験していきたいと思う。

6. 参考文献

打揚・仕掛花火の種類-公益社団法人 日本煙火協会

http://www.hanabi-jpa.jp/booklet2016/pdf/hanabi_booklet_h28.pdf

花火入門 H28 版

http://www.hanabi-jpa.jp/booklet2016/index.html?epub=epub_content/hanabi...h28

化学基礎 化学 啓林館

高等学校等における火薬類の実験について
昭和 55 年 8 月 8 日 55 保安第 100 号