

中学校教育導入における化学分野の教材としての炎色反応

Flame Test as the Teaching Materials of the Chemical Field in an Introductory Education Program for Primary School Students

横峯 孝昭*, 原村 隆也**
Takaaki Yokomine, Takaya Haramura

*鹿児島女子短期大学, **志學館中高等部

子どもたちが生活体験において構築している独自の理論“素朴概念”, これをそれぞれの現象に対してどのようなものを持っているのかを予測し仮説実験授業の形式で計画を立て実際に授業を行うという研究を我々は行ってきた。今回は炎色反応をテーマに炎に関して子どもたちがどのような概念を持っているのか調査するため授業計画を立て実践したので報告する。しかし、当たり前と言えば当たり前であるのだが、粒子の概念しか持たない小学生にはやはり素粒子の中の話まではイメージしきれない様子であったが、今後理科の分野でどのようなことを勉強するのであるという期待を持たすことはできた結果となっている。

Keywords : Kasetsu-Jikken-Jugyo, Flame Test, Misconception

キーワード : 仮説実験授業, 炎色反応, 素朴概念

1. はじめに

過去3年にわたり、志學館中・高等部の理科部の先生方とともに「仮説実験授業」¹⁾の形式にのっとり授業を展開し、その中での設問で児童たちがどのような素朴概念²⁾を持っているのか教材を絞って調査してきた³⁾⁴⁾⁵⁾。その中で、児童たちに理科の世界についてさらに興味関心を持って中学校へ進学してもらいたいという願いがどの程度達成できているのか、そこに立ち返り、本年度は教材としては小学生には馴染みのない成分分析・原子という内容で炎色反応を用いてインパクトのある授業を展開しようという試みのもとに授業案を作成し、小学6年生76名に実施、アンケート内容を分析したので報告する。

2. 研究の目的と方法

2. 1 授業の目的

本来であればひとつの実験教室を通していくつかの教育要素を入れ、それを児童がどのくらい理解できたか、理解するためにどのような教材を用いたかというのがひとつの判断基準となると思われる。我々も過去「表面張力」「音」の原理を理解してもらおうと計画を立てた経緯があるが、普段できない実験を実際に間近で見、体験することを中心としたものではないかという思いもその中ではあった。そこで今回は原子という言葉はまだ学んではない小学生対象であることから炎色反応の原理についてそれほど深くは理解しなくても良い内容としている。そして2部構成の後半であるカラフルキャンドルについては炎色反応と関連付けた内容にしたかったが、どうしても

炎色反応を示す炎を再現することが限られた時間内では難しかったため断念せざるを得ず、少し関連が薄れた内容となっている。その中で、実験教室を通して小学生が炎に対してどのような素朴概念を構築しているのか、キャンドル作成という実験に対してどのような反応を見せるのかという2点に絞って実態を知ることが目的としている。

2. 2 対象

志學館中・高等部で行われた理科実験教室に参加した76名の小学校6年生を志學館中・高等部の体育館に集めて行った。授業実施者は原村隆也教諭。

2. 3 授業の構成

児童76名を前半の演示においては、演示するテーブルの前に揃って座り、スクリーンで授業の内容を掲示しながらの進行となった。後半のカラフルろうそくの作成では、後方に準備した10テーブルに各々別れ、各テーブルに補佐の教員が付きながらの作成となった。

2. 4 準備

・演示実験

霧吹き×16個、メタノール、エタノール、アルコールランプ、塩化ナトリウム (NaCl)、塩化カルシウム (CaCl₂)、硝酸ストロンチウム (Sr(NO₃)₂)、ほう酸 (H₃BO₃)、塩化カリウム (KCl)、塩化リチウム (LiCl)、塩化バリウム (BaCl₂) を水に溶解し飽和水溶液を作成、作成した飽和水溶液1に対しメタノールを9の割合で混合、それを濾過。硫

酸銅 (CuSO_4) はメタノールに直接溶解し飽和させた。授業の直接の内容には記載していないが、硝酸セシウム (CsNO_3)、硝酸ルビジウム ($\text{Rb}(\text{NO}_3)_2$) に関しても同様の準備を行い演示実験している。

・カラフルロウソク (1テーブル用7人分)

ロウソク0.2号×70本、クレヨン、シリコンカップ5号×7、カセットコンロ、湯煎用鍋、アルミ缶×3個、割り箸数個、軍手、マスキングテープ1個。

3. 結果と考察

3. 1 授業の概要

はじめに演示実験により炎色反応自体について視覚で理解できるよう一般的に用いられるナトリウム、カルシウム、ストロンチウム、ホウ素、銅、カリウム、リチウム、バリウムを溶かしたメタノールを作成、それぞれ霧吹きを用いて燃やし、その反応を見てもらった。本来仮説実験授業のような形式であればその中で児童どうしが議論し、予測を立ててもらふ。しかし今回は、予測の立てにくい内容であると判断し今回は演示で見ってもらうだけにした。

その後、身近にあるものとして、押し入れにある除湿剤 (カルシウム)、食塩 (ナトリウム)、殺菌剤 (銅)、うがい薬 (カリウム)、肥料 (カリウム)、目薬 (ホウ素)、サプリメント (カルシウム) をそれぞれ固形のもののは児童の目の前にて乳鉢で砕き、液体のものはそのままメタノールに混合し、それを霧吹きで噴霧し着火マンで炎をつけることで炎色反応を見てもらった。その中で、どのような物質が含まれていたのかを1回目の演示し他内容をまとめた表を見ながら、炎の色で判断してもらった。

カラフルキャンドル作成では、実際に自分たちでロウを溶かし、好みの色のクレヨンを削り溶けたろうに溶かし色が付いたロウをシリコンカップに流し込み、その固まる様子を含めて見てもらった。完成したロウソクは帰ってもらうため、あまり大きくならないよう、今回は3層の色の違うロウをつくり、順に固めてもらうこととした。

3. 2 授業の評価

最後に参加児童に、本授業の面白さ、理解度について授業アンケートを行い、評価してもらった。その結果は表1のとおりである。

自由記述による感想を下記に記す。

- ・ロウソクを作れて嬉しかった。よくわかった。いろいろな知識を得ることができ嬉しかった。
- ・知らないことがたくさんあって、とても興味深かった。
- ・授業はまあまあ難しかった。けど最後のキャンドル作りが楽しかったです。また家でも作ってみます。

表1 児童による授業評価期

今回の授業はおもしろかったですか？わかりましたか？					
おもしろい	5	75名(98.7%)	よくわかった	5	64名(84.2%)
	4	1名(1.3%)		5	9名(11.8%)
	3	0名(0.0%)		5	2名(2.7%)
	2	0名(1.4%)		5	1名(1.3%)
つまらない	1	0名(0.0%)	わからん	5	0名(0.0%)

- ・最初の説明が実験もまじえていたのでとても楽しかったしわかりやすかった。
- ・うまくロウソクが作れました、家でも色を変えてやりたいです。
- ・中学や高校で生かしたいです。
- ・家で大切にします。
- ・先生方のお手伝いのおかげでロウソクがうまくできました。ありがとうございます。
- ・今回の実験で炎の性質などがよくしれてよかったです。
- ・炎の色が変化したのでとても面白いと思った。
- ・色が変わる炎のロウソクもぜひ作りたくなった。また、目薬などの実験を通して炎を今までより身近に感じられた。
- ・炎の色を変える物質で、身近なものにも色を変える性質があることに気づいた。
- ・授業の内容がわかりやすくとてもためになりました。
- ・オリジナルキャンドルは作るのに苦労しましたが、家でも作ってみたいです。
- ・とても面白かったです。炎色反応の実験では7種類のを溶かしていましたがほかにもなにかとて色の付いた炎を出してみたいと思いました。
- ・それぞれの物質を燃やした時それぞれの色が出るということがよくわかった。
- ・いろいろな液体で実験してとても面白く炎の色がいろいろあって楽しかった。
- ・実際に炎をつけていて面白かった。
- ・実験が面白かった。
- ・とても楽しかった、とても面白かった、とても楽しい時間でした。
- ・炎の色の変わり方や薬品の反応などが分かり来てよかったと思いました。
- ・炎の色の変わる炎にも興味があったので、研究してみたいと思った。
- ・物質を変えて色の変化を見るのが楽しかったです。
- ・カラフルロウソクをあまり綺麗に作れなかったが、楽しかったので、家でも作ってみたいです。
- ・学校ではしない実験を出来たので楽しかった。虹色にも

してみたい。

- ・一番びっくりしたことは物質によって炎の色が変わったことです。またロウソクを作ったことが楽しかったです。
- ・綺麗な炎を見られて嬉しかったです。
- ・カラフルロウソクが作れるなんて知らなかった。
- ・溶かすものによって何故色が変わるのかをもっと調べてみたい。
- ・みんなと考えながら言い合い、炎がどんな燃え方をするのかなどを知ることができ楽しかった。
- ・ロウソクにクレヨンで色をつけるということを初めて知った。
- ・エタノールなどの色がどんな色になるかがよくわかった。銅が一番綺麗だった。
- ・余ったロウを使っていろいろ作れてよかった。ロウに自分の名前もほれて楽しかった。
- ・ロウソクをとかしてするのを初めてやってよかったです。
- ・目の前でいろいろなことをやってくれてとびっくりした。
- ・いつもは炎の色は気にしていなかったけれど、今回の授業をしたことでおもしろさを感じました。
- ・普段できない実験ができてよかったです。
- ・家や学校では見られない色の炎が見れて面白かったです。
- ・キャンドル作りとても楽しかったです。キャンドルは油と聞いてびっくりしました。
- ・ロウがベトベトして大変だった。

4. まとめ

例年であれば、「仮説実験授業」の授業書という方法を採ることにより、「炎色反応」という小学校の理科の課程では扱わない現象を児童へ理解させることが可能か試みる、ということがテーマになるであろう。しかし小学生は粒子という概念は持っているが、原子についてはまだ学習をしていない。さらに成分分析という概念もまだ構築していない児童へ対してそれはさすがに困難であろうということがはじめの打ち合わせの段階で決まった。しかし、過去のアンケートより科学分野でインパクトのある実験を生で見たいという要望があったことも踏まえ、中・高等部の生徒にも好評である炎色反応を用いることは変えずに今回の案を作成した。そこで児童に着目してもらいたい点として“炎の色は燃やすものによって変わるのだ”という点、これだけは理解してもらおうと思い、なるべく身近なものを燃やして演示することとしたが、児童のアンケートのコメント、楽しかった具合を見るとそれは達成されていると思われる。過去の理科実験におけるアンケート項目の“今回の授業は面白かったですか”には70%³⁾、84%⁴⁾、95%⁵⁾との評価をもらっていたが、今回は98%の児童が楽しかったと答えており、主たる目的の一つは達成できたと考えている。

授業の理解度という点では作成側としても炎色反応そのものの理解ということは不可能であろうと思っていたが、児童の中では今までの知識を用いて自分たちの中で炎の色に関する理解というものは構築している様子がアンケートより伺える。本来であれば仮説実験授業の中にある「もしも原子が見えたなら」「原子とその分類」「原子とその結合」という授業書を用いて原子についてのイメージ、いろいろな種類があるということを構築してからの本次の展開を用いればさらに電子の励起という現象についてもイメージが持ちやすいのではないかと予測している。

今回の授業内容も今後も改良を重ねていくことで良いものへと精選されていくことができると考えている。

謝辞

授業を行うに当たり、ご協力いただいた志學館中・高等部の山崎俊司教諭、宇都誠一郎教諭、石川和廣教諭、古賀久徳教諭、新塘浩二教諭、並びに諸先生方、理科実験教室へ参加いただいた日能研の児童・保護者・先生の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 仮説実験授業のABC 楽しい授業への招待 板倉聖宣, 仮説社
- 2) L.C. McDermott and E. F. Redish: Am. J.Phys. p755-767((1999))
- 3) シャボン玉を用いた授業書(仮説実験授業)の提案 ー身近な素材への関心を育てる授業の実践例ー 鹿児島女子短期大学紀要 第49号 p19-34 (2014)
- 4) 大人数における仮説実験授業のあり方への提案 鹿児島女子短期大学紀要第50号 p11-18(2015)
- 5) シャボン膜の性質を考察する小学生向けの教材の提案 鹿児島女子短期大学紀要第51号 p5-11(2016)

(2016年12月2日 受理)

2016/12/22

平成28年度日能研理科実験教室

炎の色の科学

2016/10/16

みなさんは炎（火）を見たことはありませんか？
昔から、料理をするときやお風呂を沸かすときなど、火を使っています（最近ではオール電化で火を見ない場合もありますね）。
何かが燃えると炎（火）が燃えます。
社会で野焼きについて勉強したことでもあるかもしれません。実際に何かを燃やした体験があればあげてみましょう。

たき火 アルコールランプ

花火 キャンプファイヤー

では、みなさんが何かを燃やしたとき、炎は何色になっていましたか？
あまり注意して見ていなかったという人のためにいくつかものを燃やしてみよう。

★ 燃やしてみるもの

・アルコールランプ

・マッチ

・エタノール

・メタノール

どうでしたか？ 炎の色は何色だったでしょうか？
自分の見たことある炎の色と違うという人もいたかもしれません。
もっとカラフルな色の炎を見たことがある人も多いでしょう。
では、なぜ炎の色が違うのでしょうか？
今日はこのことについて勉強しましょう。

I いろいろな炎の色

メタノールという物質は燃えやすいのですが、炎の色は見えにくくなっています。そこで、メタノールにいろいろなものを溶かして炎の色がどう変化するのを見てみることにしましょう。

メタノール

?

メタノール溶液

<実験1>
はじめにナトリウム (Na) を含む物質をメタノールに溶かします。そのメタノール溶液を蒸気皿（せりなき）に入れ、火に向けて噴射（ふんしゃ）してみます。炎の色はどうなるでしょうか？

Na

メタノール溶液

【結果】
炎の色は黄色になりました。

<実験2>
では次に、カルシウム (Ca) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、蒸気皿で火に向けて噴射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？

Ca

メタノール溶液

【結果】
炎の色はだいだい色（橙色）になりました。

<実験3>
次はストロンチウム (Sr) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、蒸気皿で火に向けて噴射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？

Sr

メタノール溶液

【結果】
今度は暗めの赤色（深赤色）の炎が見えましたね。


<実験4>
次はホウ素 (B) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、蒸気皿で火に向けて噴射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？

B

メタノール溶液

【結果】
今度は緑色の炎が見えましたね。


<実験5>
では次に、銅 (Cu) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、扇吹きで火に向けて照射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？



メタノール溶液

【結果】
今度は青緑色の炎が見えましたね。

<実験8>
では最後に、バリウム (Ba) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、扇吹きで火に向けて照射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？




メタノール溶液

【結果】
最後は黄緑色の炎が見えましたね。

ここで少し炎色反応の原理について勉強したいと思います。
世の中のもの全て「原子」というと～って小さな粒でできています。
みなさんは原子という言葉聞いたことがありますか？
原子は目には見えないくらい小さいのですが、丸い形をしており、現在は118種類くらいあることがわかっています。
先ほど燃やした成分の名前はどの原子なんでしょう。

(H)	(C)	(O)	(Na)	(Cu)	(Li)	(Nh)
水素	炭素	酸素	ナトリウム	銅	リチウム	ニホニウム (仮)

<実験6>
では次に、カリウム (K) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、扇吹きで火に向けて照射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？



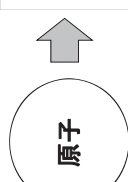
メタノール溶液

【結果】
今度はうすい紫色の炎が見えましたね。

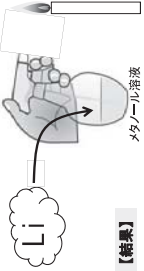
ここまでの炎の色をまとめてみるとこのようになります

溶かした成分	炎の色
ナトリウム (Na)	黄
カルシウム (Ca)	だいだい (橙)
ストロンチウム (Sr)	深赤 (紅)
ホウ素 (B)	緑
銅 (Cu)	青緑色
カリウム (K)	淡紫
リチウム (Li)	赤
バリウム (Ba)	黄緑

原子の中身も、現在では科学者によってわかっています。
原子の中身は2つの粒でできています。
原子核という中心にあるものと、
その周りを飛んでいる電子というものです。



<実験7>
では次に、リチウム (Li) を含む物質を同じようにメタノールに溶かし、扇吹きで火に向けて照射してみます。炎の色はどうなるでしょうか？

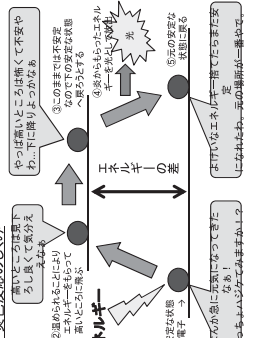


メタノール溶液

【結果】
今度は赤色の炎が見えましたね。

このように燃やすものの中に何が入っているかで炎の色は変わります。
この現象を炎色反応といいます。
「この物質にはどのような成分が含まれているのだろう？」
ということを調べる方法を成分分析といいます。
燃やすことによりその中の成分を知ることができる炎色反応は、このような成分分析の一例なのです。
身近な現象として表に色がつく例は何があるでしょうか。ちよつと考えてみましょう。

☆ 炎色反応のしくみ



Ⅱ、身近な物の炭色反応

身近なものを燃やすと、そこにどんな物質が入っているかわかるでしょうか。それを試してみたいと思います。

まずは押し入れによくある除菌剤を燃やしてみます。

さて、何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことから除菌剤には何が含まれているかわかりますか？

次はうがい薬(イソジン)を燃やしてみます。

何が入っていることが予想されるでしょうか？

何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
カルシウム(Ca)	だいだい(橙)
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことからうがい薬(イソジン)には何が含まれているかわかりますか？

続けて薬皿さんで燃やしているサブリメントを燃やしてみます。

何が入っていることが予想されるでしょうか？

何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことからサブリメントには何が含まれているかわかりますか？

他にも身の回りの物を燃やしてみましょう。

次は塩(食塩)を燃やしてみます。

さて、何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
カルシウム(Ca)	だいだい(橙)
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことから塩(食塩)には何が含まれているかわかりますか？

次は植物を育てるときの肥料(塩カリ)を燃やしてみます。

何が入っていることが予想されるでしょうか？

何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
カルシウム(Ca)	だいだい(橙)
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことから肥料(塩カリ)には何が含まれているかわかりますか？

最後に、サイフの中に入っている10円玉を燃やしてみます。

何が入っていることが予想されるでしょうか？

何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
カルシウム(Ca)	だいだい(橙)
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことから10円玉には何が含まれているかわかりますか？

他にもとんだん身の回りの物を燃やしてみたいと思います。

ちよっと変わったものとして殺菌剤を燃やしてみます。

何が入っていることが予想されるでしょうか？

何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
カルシウム(Ca)	だいだい(橙)
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
ホウ素(B)	緑
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことから殺菌剤には何が含まれているかわかりますか？

次は薬皿さんで燃やしているほう酸(目の洗浄に利用)を燃やしてみます。

何が入っていることが予想されるでしょうか？

何色の炭が見えるでしょうか？

成分	炭の色
ナトリウム(Na)	黄
カルシウム(Ca)	だいだい(橙)
ストロンチウム(Sr)	深赤(紅)
銅(Cu)	青緑色
カリウム(K)	深紫
リチウム(Li)	赤
バリウム(Ba)	黄緑

【結果】

このことからほう酸には何が含まれているかわかりますか？

このように、身の回りにある物質の中にも多くの種類の原子が含まれていることがわかります。

今回紹介した内容は中学校や高校でもっとくわしく勉強していきますが、今はちよっと難しく感じてもかまいません...

このように、身の回りにある物質の中にも多くの種類の原子が含まれていることがわかります。
実は、みなさんにもこのような炎色反応を体験してもらおうと思い、カラフルな炎のロウソクをつくろう！とがんばってみました！！



24

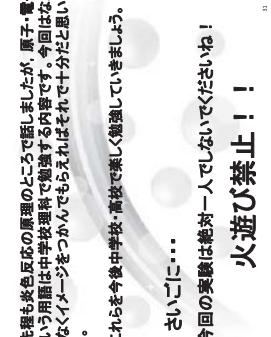
先程も炎色反応の原理のところで話しましたが、原子・電子という用語は中学校理科で勉強する内容です。今回はなんとなくイメージをつかんでもらえればそれで十分だと思います。

これらを今後 中学校・高校で楽しく勉強していきましょう。

さいごに...

今回の実験は絶対一人ではないでくださいね！

火遊び禁止！！



25

でも、その代わりにカラフルロウソクを作ってみたら結構いい出来ばよかったので、それをみなさんと一緒に作ってみたいと思います。



26

理科実験教室 授業アンケート 2016/10/15

題： 炎の色の科学

● 今回の授業はおもしろかったですか？わかりましたか？

5 . 4 . 3 . 2 . 1 つまらない
おもしろい

5 . 4 . 3 . 2 . 1 わからん
よくわかった

● 何か感想などがあればぜひ書いてくださいね♪

27

カラフルロウソクをつくろう！

28

日能研理科実験教室 2016 化学実験

2016/10/16

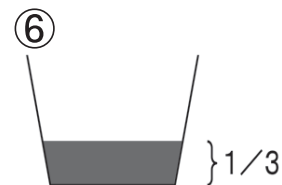
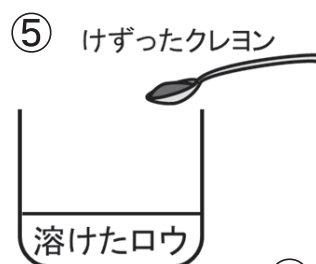
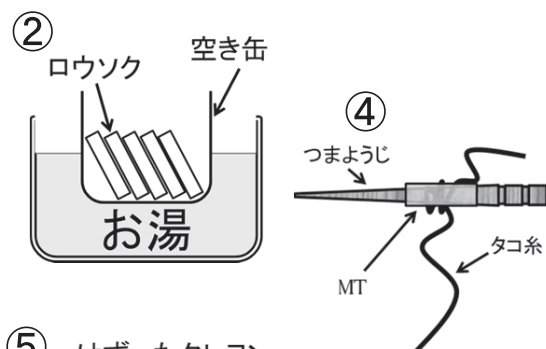
～カラフルロウソクをつくろう～

【材料】

- ・ろうそく (10本) ・クレヨン ・つまようじ ・スプーン ・はさみ
- ・わりばし ・キッチンシリコン ・空き缶 ・マスキングテープ (MT)

【手順】

- ① ロウソクを空き缶に入れる
- ② 空き缶を湯煎 (ゆせん) し、ロウソクを溶かす
- ③ ロウソクが溶けたら、ロウソクの芯を取り出す
- ④ ③で取り出した芯をつまようじに固定する
- ⑤ 好きな色のクレヨンのスプーン1杯ほど削り、溶かしたロウに加えてよくかき混ぜる
- ⑥ よく混ざったら、シリコンカップに1/3ほど注ぎ込む (ヤケドに注意！)
- ⑦ 氷水が入ったバットに静かに入れ、上から④でつくった芯を置き、冷やし固める (ロウに水が混ざらないように注意する)



- ⑧ ロウが固まったら②～⑥をあと2回繰り返し、3層を作って冷やす
- ⑨ バットから取り出してシリコンカップからはずす。つまようじを取って、芯を適当な長さに切ったら、3色ロウソクの完成！

