

— 「燃える」の科学 —

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行ってください。



2010年4月1日 発行

目標とねらい

ろうそくが燃えているのを見ると、私たちは「固体」のろうそくが燃えていると思いがちです。でも、実験してみると、固体のろうそくが溶けて「液体」となり、さらに液体のろうそくが「気体」になって、その気体（ガス）が燃えていることがわかります。ろうそくが燃えるとき、何かが生成するのでしょうか。簡単な実験をして調べてみると、「水」ができることがわかります。水は、火を消すときに使うものですから、「燃える」ときにできるなんてびっくりです！ こうした科学の面白さは、160年ほど前、ファラデーがロンドンで行ったクリスマスの講演で語られ、「ろうそくの科学」という名著になりました。宇宙に向かうロケットは、固体燃料であっても液体燃料であっても燃料を爆発的に燃やして後ろに噴出することによって進んでいます。本テーマでは、身近なろうそくを用いて「燃える」ことに焦点をあてます。

★ここでは指導例を紹介し、活動実績や子どもたちの年齢等に応じてアレンジし、リーダーの創意工夫を生かして活用ください。

対象学年	小学校中学年以上	所要時間	2～3時間
------	----------	------	-------

1 材料の用意

●実験に使う材料と道具

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> ろうそく（照明用の太さ1cmくらいのもの）
<input type="checkbox"/> ろうそく立て
<input type="checkbox"/> カップろうそく（ミニサイズのもの。芯を抜いて固体のろうそく、溶けたろうそくを燃やす実験に使います。） | <input type="checkbox"/> 点火用ライター（チャッカマン）
<input type="checkbox"/> ステンレスのボール
<input type="checkbox"/> 水
<input type="checkbox"/> 雑巾
<input type="checkbox"/> アルミ箔（※鉛筆に巻いてパイプを作ります。ア |
|--|--|

（次のページに続きます。）

ルミ箔は熱すると燃えることがあるので、理科実験器具を用意できるリーダーは、下記のガラス管を使いましょう。）

- ※理科実験用のガラス管(外径6ミリ内径4ミリ・長さ3～5cm程度のもの。)
- 外径が丸い鉛筆(※)
- 針金(※アルミ箔のパイプを支えます。)
- ラジオペンチ(アルミ箔のパイプを持つときに使います。)
- メッシュの金網(柄のついた調理用品の“天カスすくい”が使いやすい。)
- 広口びん(蜂蜜、マヨネーズなどの容器として使われている大きめのガラスびんで代用できます。)

カップろうそくがラクに入る大きさ。)

- 石灰水(園芸店で売っている「消石灰〈水酸化カルシウム〉」の粉末を水にとかし(コップ1杯の水に消石灰小さじ1杯程度の割合)、うわずみ液を使います。「消石灰」は強アルカリ性で子どもが扱うには危険なので、リーダーがあらかじめ石灰水を作っておきます。似た名前の「生石灰〈酸化カルシウム〉」は水と反応して発熱し危険なので、間違わないようにしてください。)
- スチールウール(金属・木材表面の研磨などに使うものをホームセンターなどで入手できます。)
- スチールウールを燃やすためのステンレス皿
- 白色高輝度LEDのライト(15-8ページ参照)

参考

貧しい鍛冶屋の息子から大科学者に 科学の夢を万人に与えたファラデー



マイケル・ファラデー
Michael Faraday
1791 - 1867

●製本屋で働きながら、製本中の本で科学を学ぶ

マイケル・ファラデー(Michael Faraday 1791 - 1867)は、ロンドン近郊ニューイントンに鍛冶屋の息子として生まれました。生家は貧しく、早くから家業の手伝いをさせられ、13歳のとき製本屋の徒弟となりました。向学心旺盛なファラデーは、仕事の合間に製本中の本を読んで科学の知識を吸収していったと伝えられています。

1812年、ファラデーは製本屋を訪れた客に勧められて、王立研究所(ローヤル・インスティテューション)に化学の第一人者だったハンフリー・デービーの講演を聴きにきました。感銘を受けたファラデーはデービーに手紙を書いて科学への情熱を語り、やがて彼の実験室助手になることができました。

ファラデーは、デービーのもとで研鑽を積み、後に大きな業績を遺します。塩素の液化法の発見(1823年)、ベンゼンの発見(1825年)、電磁誘導の法則(1831年)や電気分解の法則(1833年)

の発見(ファラデーの法則)……など、物理学、化学の発展に大きな貢献をしました。

●科学の面白さをクリスマスプレゼント

ファラデーは、科学を少年・少女も含めた万人にわかりやすく、面白く語る術にも長けた人でした。1861年のクリスマス休暇に、ファラデーは王立研究所で連続6回の講演を行いました。その6回の講演はウィリアム・クルックス(クルックス管を発明した物理学者)によってまとめられ「ろうそくの科学」という不朽の名著となっています。

ファラデーによって始められたクリスマスの講演は、その後毎年続けられて現在に至っています。日本人科学者も講演しています。この伝統ある講演会は日本でも毎年夏に、前年の英国の講演者を招いて「クリスマス・レクチャー(英国科学実験講座)」という名で開催されていることもお知らせしておきましょう。(その模様は、JSTサイエンスチャンネルのWebサイトで視聴することができます。)

2 ろうそくを使う燃焼の実験

子どもたちに2、3人のグループを作らせ、各グループに実験に必要な道具を配り、リーダーが見守る中で実験させます。どのような実験をするのか、その内容を目的とともに説明してから始めましょう。火を使う実験なので、注意すべきことをしっかり確認しておきます。

火を使うので万全の注意を！

- ①実験を中心とした活動なので、最初に子どもたちに数人のグループを作らせ、各グループに実験に必要な道具を配ります。1つのグループには必ず1名以上のリーダーがつき、リーダーが見守る中で実験させましょう。
- ②同時に複数の子どもが火を使うとリーダーの目が行き届かないので、1グループにはろうそくを1本だけ配ります。子どもたちには交代で実験をさせます。
- ③ろうそくは、しっかりしたろうそく立てに立てましょう。
- ④各グループに消火用のボウルと水、濡れ雑巾を用意しておきます。

実験1 ろうそくに火をつけて炎を観察しよう

点火用ライターでろうそくに火をつけます。

- ①次のようなことに気をつけて炎を観察し、ワークシートにスケッチします。

ア. 炎は、どこも同じ明るさや色でしょうか？

イ. 火のついたろうそくの芯の根もとには、何があるでしょうか？

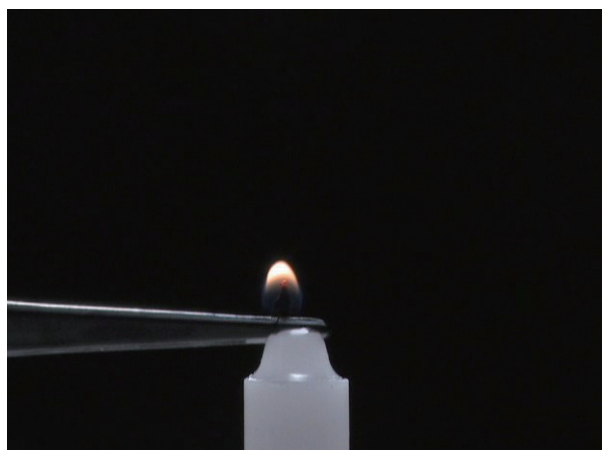
ウ. ろうそくの炎をスケッチしましょう。
(15-13 ページのワークシートを使いましょう)



- ②燃えているろうそくの芯の根もとをピンセットでつまんでみましょう。炎がどうなるか確かめます。

【②の実験からわかること】

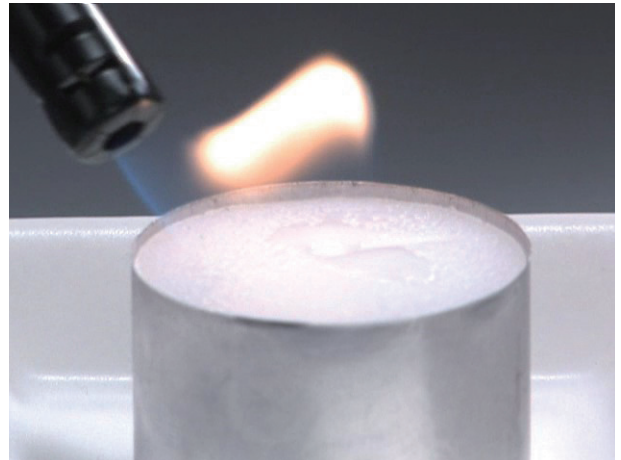
火が消えることから、ろうそくは、芯だけでは燃えないことがわかります。



実験2 炎は、ろうそくの何が燃えているのか調べよう

燃えているのは固体のろうでしょうか？ 溶けて液体になったろうでしょうか？ 次のようにして調べます。

①カップろうそくの芯を抜き、固体のろうに、点火用ライターで火をつけてみましょう。

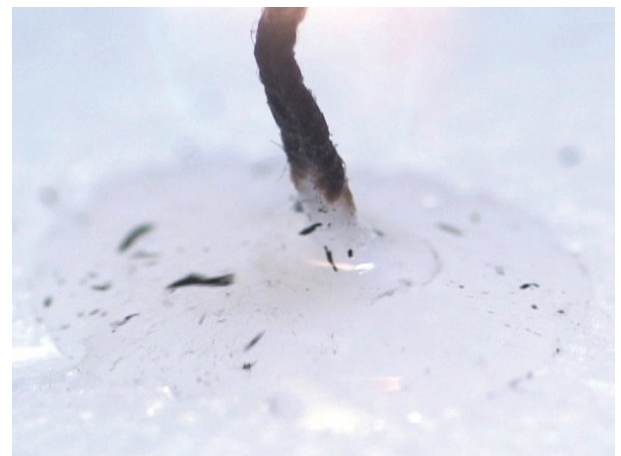


②固体のろうを点火用ライターの炎で熱し続けると、ろうが溶けて液体になります。この液体も、点火用ライターの炎で燃えないことを確かめます。

③芯があるろうそくを使い、ろうそくの炎を吹き消したとき立ち上る白い煙に、素早く点火用ライターの火を近づけてみましょう。この実験では、吹き消した直後の白い煙に火がつき、ろうそくの芯に引火するのを確かめます。



④燃えているろうそくの芯の根もとをよく見てみましょう。炎の熱で溶けたろうが、芯のほうに流れていくのがわかります。(15-13 ページのワークシートにスケッチしておきましょう。)



【①～④の実験からわかること】

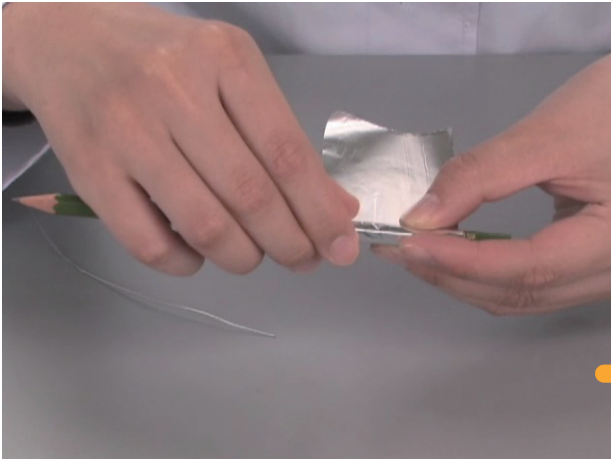
ろうそくは、炎の熱でろうが溶かされて液体になり、その液体が芯を伝って上がっていき、ろうの気体になって、その気体が燃えていることがわかります。

実験3 炎から気体を取りだして燃えるか確かめよう

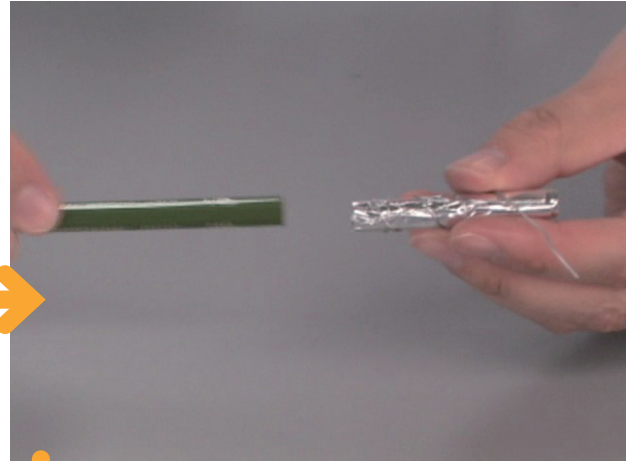
写真のようにして、アルミ箔を鉛筆に巻いてパイプを作り、針金を巻いて変形しないようにします。ラジオペンチなどで針金の先をつかみ、炎の下の暗い部分にアルミ箔のパイプを入れてみましょう。ろうの蒸気（気体）を取りだすことができます。この気体に火をつけてみます。

この気体が炎を出して燃えることから、ろうそくは、気体（ろうの蒸気）が燃えていることが確かめられます。

注意 アルミ箔のパイプは加熱し続けると燃えることがあるので、ボウルに入れた水を用意しておきます。



▲アルミ箔を鉛筆に巻く。



▲針金を巻いて鉛筆をぬき取る。



▲できたパイプ。



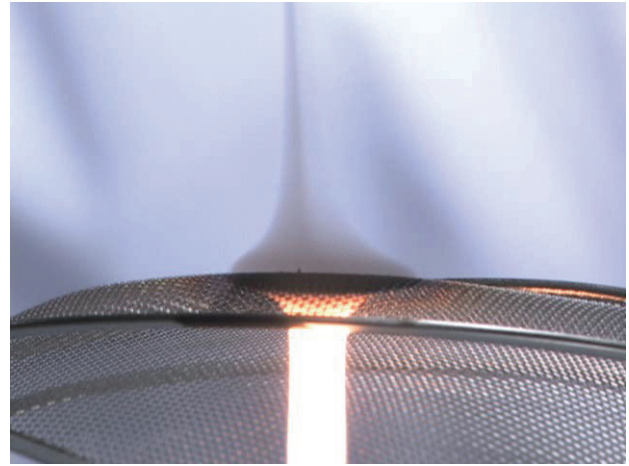
▲ろうそくの炎の下の暗い部分にパイプを入れると、反対側からろうの蒸気が出てくる。



◀ろうの蒸気に点火用ライターで火をつける。芯がなくても、気体になったろうが燃えることがわかる。

実験4

炎の明るいところに金網をかぶせてみよう



ろうそくの炎の明るいところに金網（天カスすくい）の網の部分をかぶせてみましょう。炎に網をかぶせると、炎が暗くなり、網の上には黒い煙が立ち上ります。

炎の明るい部分にアルミ箔のパイプ（ガラス管）を入れると、同じような黒い煙をとりだすことができます。この黒い煙は、炭素（すす）です。

【実験からわかること】

ろうそくの炎は、ろうの中に含まれている炭素のつぶが燃えて、明るい光を発していることがわかります。

実験5

炎のま上に、冷たい水の入った金属のボウルをかざしてみよう



炎の上に冷たい水の入ったボウルをかざします。ボウルの底には、どんな変化が起こるでしょう。ボウルの底につくものを観察させます。

【実験からわかること】

ボウルの底に水滴がついたことから、ろうそくが燃えると水ができることがわかります。ろうそくに含まれている水素が燃焼するとき、空気中の酸素と化合して（結びついて）水ができたのです。

実験6 びんの中でろうそくを燃やし、火が消えたら石灰水を入れてみよう

広口びん（蜂蜜、マヨネーズなどの容器として使われている大きめのガラスびんで代用できる）の中にカップろうそくを入れ、点火用ライターで火をつけます。軽くふたをして、火が消えたら大きめのピンセットまたはトングでろうそくを取り出し、中に石灰水を少量入れ、しっかりふたをしてびんを振ってみましょう。



▲ガラスびんの中のカップろうそくに点火する。



▲ろうそくの火がしばらく燃える。



▲火が消えたらろうそくを取り出し石灰水を注ぐ。



▲ふたを開けて振ると石灰水が白くにごる。

【実験からわかること】

火の消えた後のびんに入れた石灰水が白くにごることから、ろうそくが燃えたびんの中に二酸化炭素ができたことがわかります。ろうそくの中の炭素が燃えて、二酸化炭素ができたのです。

実験1～6のまとめ

- ①ろうそくは、ろうが溶けて液体になり、さらに液体のろうが気体になって燃えている。
- ②燃えたときにできるものは、水と二酸化炭素。
- ③物が燃えるとはどういうことか？ →ものが酸素と急激に化合する（結びつく）こと。（このことは、子どもたちに知識として伝えましょう。）

発展●その1

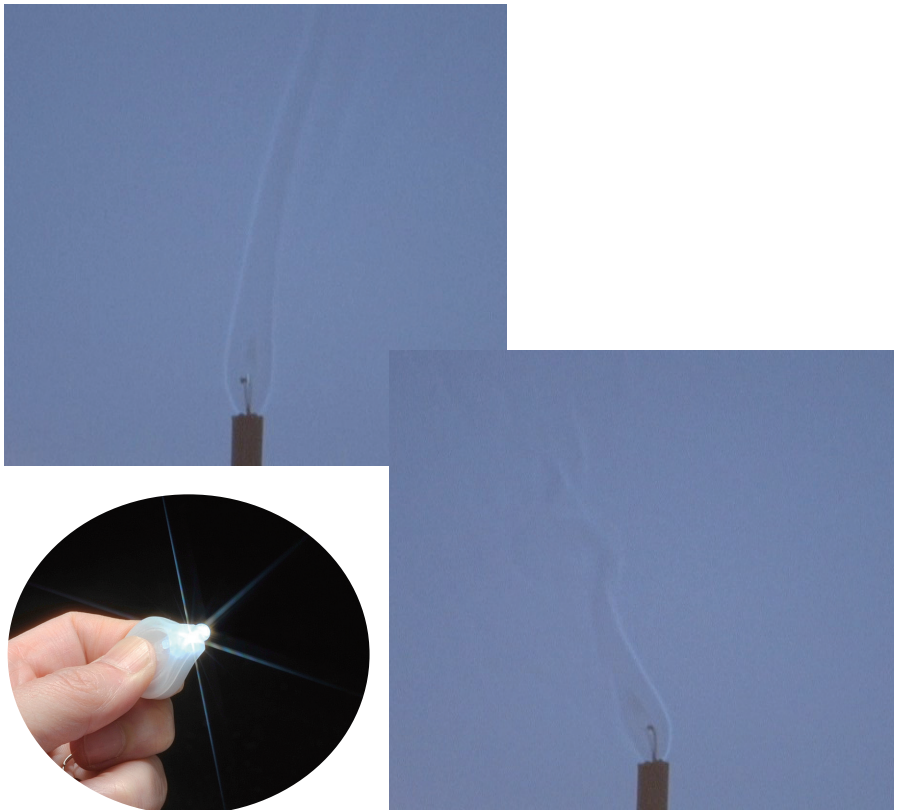
ろうそくが燃えているときの空気の流れを見よう

ろうそくが燃えているとき、ろうそくの周囲では、どのような空気の流れが起こっているでしょう。(15-14 ページのワークシートにスケッチしておきましょう。)

点光源のライトを使って、炎の影を壁(スクリーン)に投影するとよくわかります。

この実験は、暗いところでないと空気の流れが見えないので、また、ろうそくとバックの壁(スクリーン)の距離の調節も必要なので、リーダーによる演示実験の形をとりましょう。

光源には、小さくて明るいものが必要です。白色の高輝度LEDがむき出しになったライト(または、むき出しにして点灯できるもの)を使いましょう。



▲点光源のLED ライト。

参考 宇宙(無重力)でろうそくを燃やすと?

宇宙ステーションやスペースシャトルの中では、重力のある地上で発生するような気流が起きないので、炎に酸素が供給されなくなります。したがって、ろうそくは燃え続けることができません。

ただ、条件を整えれば特殊な燃え方をします。スペースシャトル内で行われた実験では、ろうそくの炎が右の写真のような形で燃えたと報告されています。地上のろうそくの燃え方と比較してみましょう。

(宇宙でのろうそくの燃焼のようすや、燃え続ける条件については、JAXAのホームページ内『宇宙の不思議 うそ、ほんと』の、下記のURLで詳しく紹介されています。http://iss.jaxa.jp/iss_faq/go_space/step_3_3.html)



スペースシャトル内での実験で燃えたるろうそくの炎(NASA)。



地上のろうそくの炎。

発展●その2

鉄（金属）はどんな燃え方をするだろう

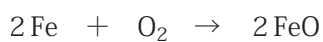
スチールウールを、点火用ライターで燃やしてみましょう。どんな燃え方をするか観察し、ろうそくの燃え方と比べてみましょう。（中学校の理科実験では、完全に燃焼させるため酸素の入ったびんの中でスチールウールを燃やします。ここでは、金属の鉄の燃え方がろうそくとは違うことを示すのが目的なので、危険な酸素は使いません。）

①ろうそく（気体）の燃焼とスチールウール（金属）の燃焼を比べてみましょう。

②スチールウール（金属）が燃えるとき炎はできませんが、明るい光を発します。

③スチールウールが燃焼すると、あとに酸化物（酸化鉄、固体）が残ります。

鉄 + 酸素 → 酸化鉄



▲スチールウール。

※燃やす前のスチールウールは、磁石を近づけると吸いつきます。燃焼後のスチールウールは、燃焼前に比べて磁石への吸いつき方が弱まります。



▲点火用ライターでスチールウールに火をつける。



▲燃えているスチールウール。

参考

炭素を燃料にできることの都合のよさ……でも使い過ぎで地球温暖化

実験で使ったろうそくもそうですが、石炭、石油、木炭など私たちが使う燃料の主成分である炭素は、燃えた後、二酸化炭素（気体）になって空気中に放出されるので、あとにゴミが残りません。鉄などの金属が燃料だったら、ゴミの処理がたいへんです。炭素の燃焼によってできた二酸化炭素は、光合成により植物に吸収され、そのとき酸素ができます。

このことから環境問題（地球温暖化）の学習へとつなげることができます。現在は、排出される二酸化炭素の量が、植物の吸収する二酸化炭素の量を大幅に上回っているため、地球温暖化問題が起こっていると考えられています。



発展●その3

ロケットの燃料は何？

ロケットの燃料について、JAXA のサイトなどにアクセスして調べましょう。

●ロケットは燃料のほかに酸素も積んでいる

ロケットは空気のほとんどない高空や宇宙を飛ぶので、燃料だけ積んでいってもエンジンの中で燃やすことはできません。そこで、酸化剤（酸素を発生するもの）を同時に積んでいます。

ロケットの燃料は、固体燃料と液体燃料の2種類に分けることができます。それぞれに長所と短所があり、目的に応じて使い分けられています。

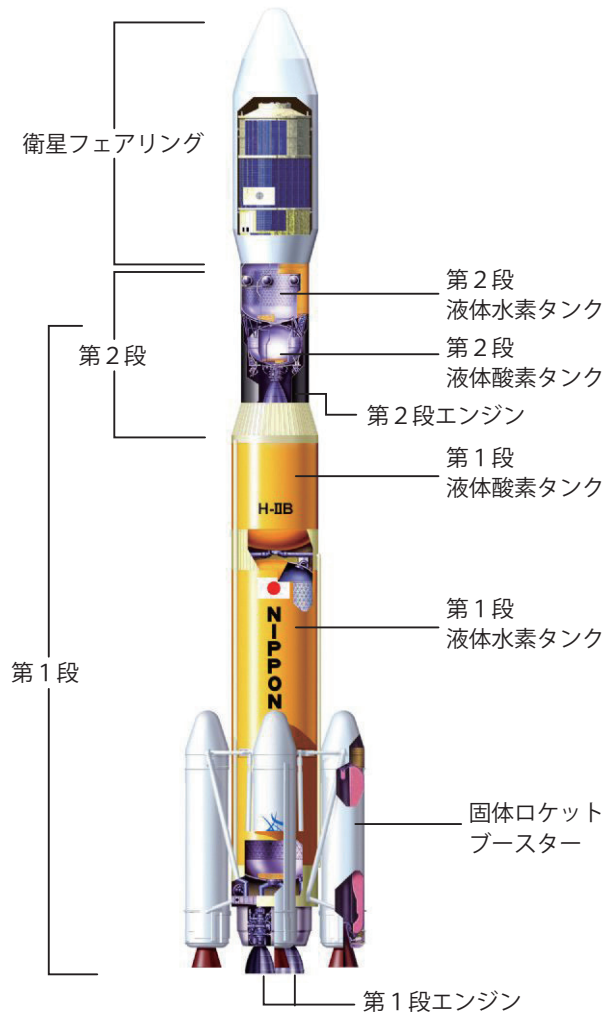
●液体燃料ロケット

液体燃料ロケットでは、燃料（推進剤）として液体水素やケロシン（灯油）などが用いられ、これを酸素のない宇宙で燃やすために酸化剤（液体酸素など）を別のタンクに積んでいます。H-II AやH-II Bロケットのメインエンジンや、スペースシャトルのメインエンジンは、液体水素と液体酸素を使います。（ただし、打ち上げ時は、固体燃料の固体ロケットブースターも使います。）

ロシアのソユーズは、ケロシン（灯油）と液体酸素を使っています。

液体燃料ロケットのエンジンは、誘導やコントロールがしやすいのですが、構造が複雑なため開発・製造や取り扱いが難しいという短所があります。

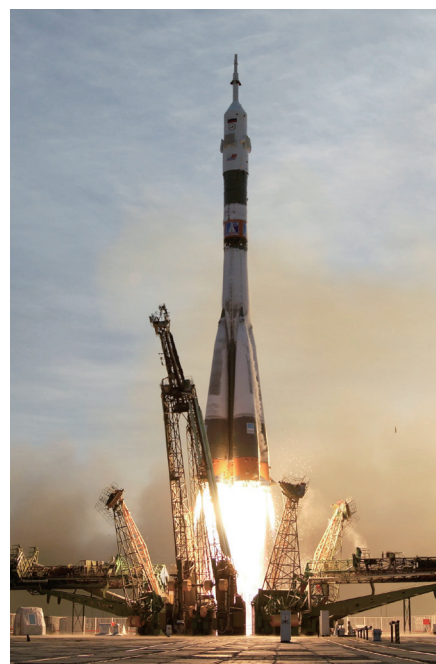
▼日本のH-II Bロケット
(全長 57m)



▲スペースシャトル (アメリカ)



▲H-II B (日本)

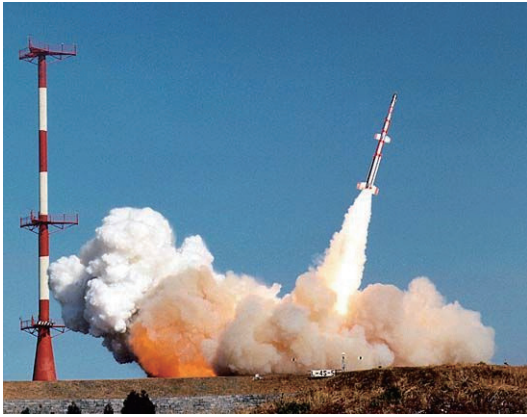


▲ソユーズ (ロシア)

●固体燃料ロケット

固体燃料ロケットの燃料（推進剤）は、燃料（ブタジエン系の合成ゴムなど）と酸化剤（酸素を含む薬剤）を混ぜ合わせて固めたものです。固体燃料ロケットのエンジンは、構造がシンプルであるという長所を持つ反面、誘導やコントロールが難しいという短所があります。

日本初の人工衛星打ち上げに用いたL（ラムダ）ロケットや、多くの科学衛星の打ち上げに使ってきたM（ミュー）ロケットは、固体燃料ロケットです。優れた性能を誇ったM-Vロケットは2006年の打ち上げを最後に、現役を引退しました。

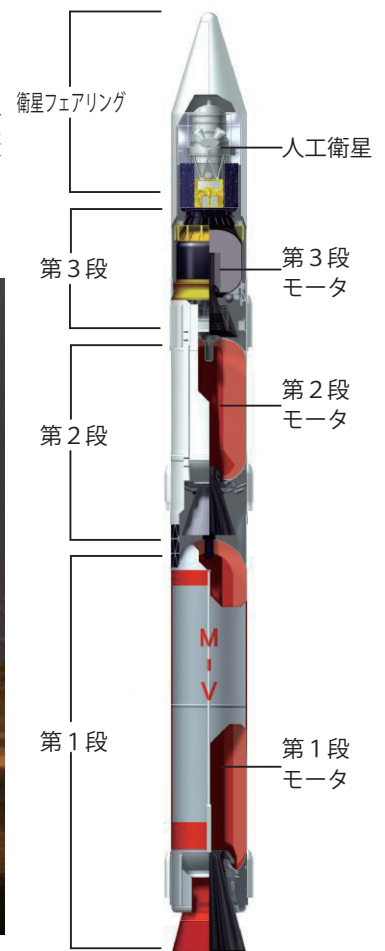


▲L（ラムダ）ロケット（日本）。



▲M（ミュー）ロケット（日本）。

▼日本のM-Vロケット
（全長 30.7m）



科学する心を
育てよう

- ①ものが燃えるための条件をまとめてみましょう。
- ②消火するときに水をかけるのは、ものが燃えるための条件のうち何を取り除いているのか考えてみましょう。
- ③消火器が火を消すしくみを調べてみましょう。
- ④15-10～11ページで紹介した以外に、世界にはどんなロケットがあるか（活躍しているか）調べてみましょう。
- ⑤ロケットの歴史を調べてみましょう。
- ⑥中学生には、ファラデーの講演をまとめた「ロウソクの科学」を読むことを勧めましょう。
- ⑦太陽は、よく「燃えている」という表現が使われますが、本当に燃えているのでしょうか。地上での「燃える」現象と比較して、話し合ってみましょう。
（太陽のすがたやしくみは、JAXAのホームページ内『宇宙ワクワク大図鑑』で詳しく紹介されていて、ムービーを見ることもできます。<http://www.kids.isas.jaxa.jp/zukan/solarsystem/sun01.html>）

安全対策

- ①火を使う一連の実験は、かならずリーダーが見守るなかで行います。15-3 ページ上の注意を必ず守ってください。
- ②火傷をしたり、まわりを燃やしたりしないように気をつけましょう。
- ③火がつきやすい服装をさけ、また、実験をする近くに燃えやすいものを置かないように気をつけましょう。
- ④かならず消火用の水と、濡れ雑巾を用意してから実験を行いましょう。
- ⑤アルミ箔のパイプ（筒）を使う実験では、アルミ箔が燃えることがあります。燃えたアルミ箔は、あわてずに消火用の水に入れましょう。
- ⑥子どもが針金を指や首に巻かないように気をつけてください。血流が悪くなったり、窒息したりするおそれがあります。また、針金の先で目をついたりしないように、気をつけましょう。
- ⑦ろうそくの気体やすすを、なるべく吸い込まないように気をつけましょう。
- ⑧実験で部屋を暗くするときは、転んだり、思わぬけがをしたりすることがあります。足下や周囲に十分気をつけましょう。
- ⑨水や粉などを使う実験では、まわりを汚さないように、新聞紙を敷いた上で実験しましょう。
- ⑩石灰水は、前もってリーダーが作り置きしておきましょう。子どもに消石灰をさわらせないようにしてください。また、火を使う近くに消石灰の粉を置かないように注意してください。
- ⑪石灰水を作るとき、「消石灰」と似た名前の「生石灰〈酸化カルシウム〉」を使わないように注意してください。生石灰は水と反応して発熱するので危険です。
- ⑫実験が終わったら、実験に使ったものを子どもの手が届かないところにしまいましょう。
- ⑬実験の後は、必ず手をよく洗いましょう。

学習指導要領との関連

小学校	6年	理科（粒子）	燃焼の仕組み
中学校	2年	理科（粒子）	物質の成り立ち
中学校	2年	理科（粒子）	化学変化
中学校	3年	理科（エネルギー・粒子）	科学技術の発展

キーワード

ろうそく、燃える、燃焼、酸素、水素、水、炭素、二酸化炭素

発行 : 宇宙航空研究開発機構 宇宙教育センター
協力 : 財団法人日本宇宙少年団 YAC、株式会社学研教育出版、編集チームモル才有限公司

©JAXA2010 無断転載を禁じます

ろうそくのほのおをスケッチしましょう。

次のようなことに気をつけてほのおを観察し、右の□にスケッチしましょう。

- ほのおは、どこも同じ明るさや色でしょうか？
- 火のついたろうそくのしんの根もとには、何があるでしょうか？
- 観察して気づいたことをメモしておきましょう。

燃えているろうそくの、しんの根もとをよく見てみましょう。

ほのおの熱でとけたろうの動きを観察し、右の□にスケッチしましょう。ろうの流れの向きは矢印で示しましょう。

ろうそくの「燃え方」について、□に言葉を入れてまとめましょう。

●ろうそくは、□体のろうがとけて□体になり、さらに□体のろうが□体になって燃えています。

●ろうそくが燃えたときにできるものは、□と□です。

●ものが燃えるとは、ものが□と急げきに結びつくことです。

ろうそくのほのおの明るいところに、金あみをかぶせたときのようすをスケッチしましょう。

次のようなことに注目して右の□にスケッチしましょう。

●金あみの上はどうなっていますか？

●金あみの下はどうなっていますか？