

燃焼実験の演示報告

久松 洋二*

On the combustion demonstration
Yoji HISAMATSU

Combustion experiments for visitors were demonstrated at Ehime Pref. Science museum from June to September in 1996. The substance of the demonstration is given in the report.

はじめに

愛媛県総合科学博物館では、夏休みをはさんだ6月初旬から9月初旬まで、タイトル「燃える実験ショー」でサイエンスショーをおこなった。実験は燃焼と爆発に関するもので、見て楽しんでもらうことを目標に構成した。「燃える」という日常的な化学現象にいかにか意外性を与えるか、学校教育でもよく取り上げられる酸化反応以外で観覧者に何をつかんでもらうか等、意外性の面で燃焼というテーマを扱う際には工夫が必要になる。本番組では、主に次の点で特徴づけた、観覧者が穏やかに燃えると信じているものを勢いよく燃やす、身近なものによって爆発を起こさせるなどで意外性を与える。炎の色や形、その勢いを観察すること、空気量の多少、空気と可燃気体の混合比による現象の変化を強調することで「燃える」現象を多面的に捉えた。

ほとんどの実験は簡単な装置で行われ、実験方法とその注意点さえ分かれば危険性も少ない実験である。しかし、いくら簡単な実験でも燃焼や爆発の勢いを増すべく度を越した実験をすれば相当の危険をとまなう。本番組は夏休みに実施されたこともあって、多くの来館者に見てもらうことができた。実験後の質問も他の実験の時よりも多かった。質問の多くは実験装置と方法に関するものであった。質問せずとも実験装置に興味を持ち、実験の再現を試みる方もいると思われる。実演側の立場として、実験方法とともに注意点も覚えて帰ってほしい。そのため実験中は、細かい実験器具の説明は避け、実験にともなう怪我の危険性と燃焼実験一般における火災の注意を説明した。また、興味を持った人には、簡単な実験とその注意事項を説明した。

表1 「燃える実験ショー」について

実演期間	H8.6.2-H8.9.8
実演回数	200回
総観覧者数	9136人
平均観覧者数	45.7人/回
平日のみ	12.9人/回
休日*のみ	58.4人/回

*夏休み期間は全て休日として計数した。

実験内容

「燃える実験ショー」というタイトルが示しているように、実験では化学実験のなかでも燃焼や爆発を主題にしている。主に行った実験は10種、さらに観覧者の興味に合わせて補助的な実験も行った。全ての実験を行うと13種もの実験を行うことになった。1つの番組としては実験数が多すぎる感を受けるが、テンポよく次々と実験をすることで、実験時間を1回20分程度におさめることは可能である。ただし、必要と感じたときは説明も行い、現象を観察するとき重要になる言葉、例えば炎の色、大きさ、燃える速さ、勢い、音の有無、大小などは、全ての実験に欠かさず挿入した。

以下、各実験の内容とその注意点を順に解説する。

(1) 導入 (炎の観察)

身近な炎の観察として、ろうそくとアルコールランプの炎を紹介、同時に実験器具としてアルコールランプ自身を紹介。

実際に使用したろうそくは、2mキャンドル芯を数回折り、8本に束ねた十分太い芯の15cm程度のものを博物館で製作した。

このろうそくは炎の高さが最大15cmにも達し、遠くの観覧者にも実験を見やすくする。また、補助実験の際に、濃密なろうの蒸気が採集でき、実験を簡単にする利点もあった。ただし、炎の形が崩れる難点もあった。

(2) マグネシウムの燃焼 (炎の観察2)

*愛媛県総合科学博物館 学芸課 科学技術研究科
Dept. of Science and Technology Ehime Pref. Science Museum

3 cm程に切ったマグネシウムリボンにアルコールランプで着火，マグネシウムの白い閃光を観察した。

(3) 金たわしの燃焼（炎の観察3）

市販の金たわしを半分に切り，平たく広げ，2つの実験を行う。

- ・アルコールランプで着火し，炎を観察，マグネシウムとの比較。
- ・炎に息を吹きかけ，火の勢いの違いを観察。

(4) 脱脂綿の燃焼

脱脂綿を2枚用意する。1枚は広げのまま，もう1枚は固く丸める。補助（展示案内員）に丸めた脱脂綿を渡し，2種を同時にアルコールランプで着火，どちらが長く燃えるか観察する。

(5) ティッシュペーパー花火（図1）

半分に切ったティッシュペーパーを小さく折り込み，着火，花火にはならないことを確認する。次に，図のような酸素液化装置に同じ大きさのティッシュペーパーを入れ，液体酸素をよく湿らす。酸素で湿ったティッシュペーパーを取り出し，着火し，勢いのある燃焼を観察する。また，別個ティッシュペーパーに鉄粉を少量包み込んでおいて，同時に着火し炎を観察する。

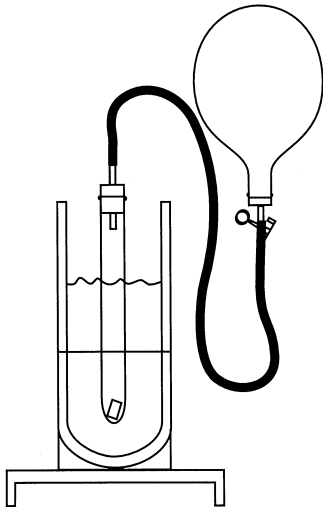


図1 丸めたティッシュペーパーを入れた試験管に，酸素を充填した風船を繋ぐ，試験管を液体窒素で冷やすことで酸素を液化させ，ティッシュペーパーに染み込ませる。

(6) 粉体爆発1（図2）

500mlのビーカーに少量の小麦粉，粉糖，クレープ，インスタントコーヒー，鉄粉を入れたものをそれぞれ用意する。送風器でビーカーに空気を送り込みながらライターで着火し，火炎を観察する。

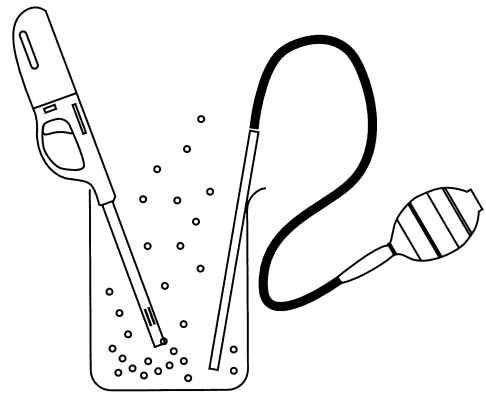


図2 粉体爆発の実験1. 送風器には，ブローアとガラス管をゴム管で連結したものを用意した。

(7) 粉体爆発2（図3）

アクリル板の箱にアルコールランプ，蒸発皿に入った小麦粉を入れておき，ブローアで空気を送り，火炎を観察する。

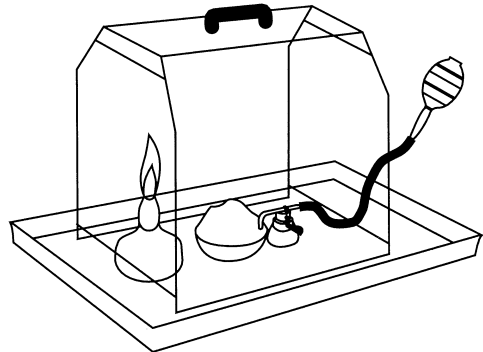


図3 粉体爆発の実験2. 山盛りの小麦粉にガラス管をさし，火のついたアルコールランプとともにアクリル箱で覆い，送風器で小麦粉を空気とよく混ぜる。アクリル箱上部には排煙用の隙間をあげた。送風口はガラス管の端をL字型に曲げたものを廃パイプ等でつくった指示台上に固定した。

(8) アルコールの爆発（図4-a, b）

350mlのジュース缶に着火用，排気用の穴を開けたものに，エチルアルコールを5 ml程注入し，アルミホイルで蓋をして缶をよく振った後，着火する。爆音とともに飛び出すアルミホイルを観察する。また，アルミホイルが飛び出す瞬間の炎の色について注意を促す。

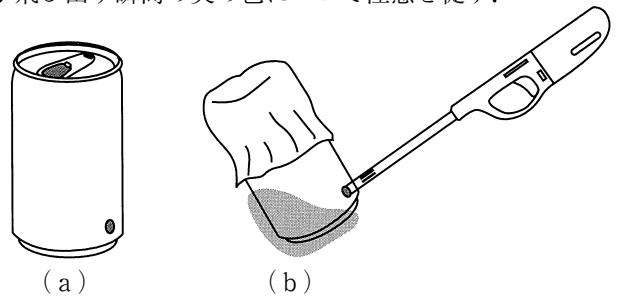
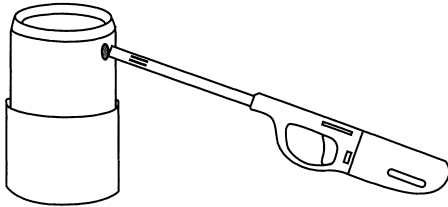


図4 (a) スチール（アルミ）缶のタブを外し，下部に小さな穴をあける。飛距離を押さえるため，タブの穴を少し広げる。
(b) ごく少量のエタノールを缶内でよく気化させて着火する。残留アルコールの発火による火傷の危険性有，厚手の手袋かぬれ雑巾を使って缶を持つ。

(9) ガス爆発 (図-c)

アルコールの爆発実験と同様の缶にガスライターのガスを適量注入する。缶の外径に合わせた発射台を装着、缶を軽く振った後に着火する。飛び上がる缶を観察する。

缶は、ガスの量により3m以上飛び上がることが出来るため、ライターの特性に合わせて予備実験を入念に行い、ガスの制限を決めた。



(c)

(c) ガス爆発で缶をロケットにして飛ばす。発射台は厚紙で缶の側面と底を覆うようにしてつくる。

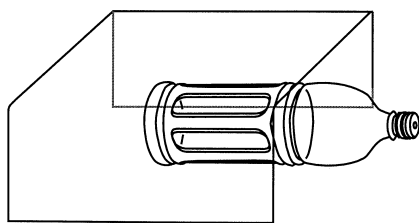
(10) ペットボトルロケット (図5)

円筒型のペットボトルの蓋に着火用の穴を開けたものを用意する。ペットボトルに3-5ml程のアルコールを注入し、蓋をした後ペットボトルを十分に振る。破裂事故防止用のアクリルカバーの中にボトルを置いて着火すると、爆音とともにペットボトルが水平方向に飛ぶ。飛んだペットボトルは、補助(展示案内員)に板で受けとめてもらう。

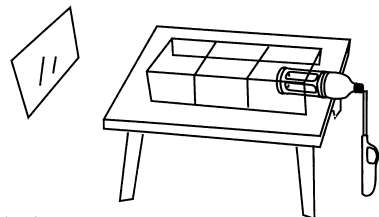
爆発と同時にアルコールの炎を観察できるため、予め注意を促しておく。

ペットボトル内での爆発を行う際、お茶用などの四角いボトルを使うと破裂することがあり危険であるため、丸形、特に炭酸系のものを使った。

受ける板は、キャップ形のクッション材をダンボールで挟んだものを使用した。



(a)



(b)

図5 (a) 3m厚のアクリル板を曲げ器でコの字に折ったペットボトル破裂防護壁の中にボトルを設置する。
(b) アクリル壁は3連にし、飛び出したボトルはクッション材入りダンボールで受けとめた。

(11) 補助実験 (ロウの蒸気の燃焼1)

芯を十分太くしたロウソクに着火し、芯に十分ロウが染み込んだ後に消火すると、芯から白い煙が多量に発生する。この煙にライターの火をかざすとロウソクの芯に火がうつる。実験をはじめる前に、火を芯に近づけることでロウソクを着火し、確認することで意識づけをしておくと手品のように見える。

(12) 補助実験 (ロウの蒸気の燃焼2)

燃えているロウソクの芯にガラス注射筒の口を差し込みピストンを引くと、ロウの蒸気を取採できる。この蒸気をロウソクの火に勢いよく吹き付けると、注射筒の火炎放射器にみえる。この火炎で蒸気が燃えていることを意識させる。

(13) 補助実験 (ロウの蒸気の燃焼3)

8の爆発実験のアルコールの代わりに、注射筒で採取したロウの蒸気で行う。蒸気を缶に注入し、十分に缶を振って缶全体に蒸気を行き渡らせた後に着火すると、爆発によってアルミホイールが缶から落ちる。爆音を伴うアルコールの爆発実験と対比させると面白い。

安全対策と事故

夏休みの土曜日、日曜日は1回の観覧者が100人を超えることが多い。当館の実験コーナーは、満席で40人、コーナー外周が立ち見で埋まって80人収容できる。そのため100人以上の観客では立ち見の列が幾重にもなり、さらに椅子と椅子の間の通路にまで及んでステージ手前まで広がるという事態に陥る。今回の実験においては、これらの最前列の観客にも事故の無いよう十二分に気を使う必要があった。特に燃焼というテーマに則し、火災に関して以下のような対策を講じた。

- (1) 万一の火災に備えて消火器以外に、水を張ったバケツと砂の入ったバケツを実演者の足下に備えた。
- (2) 実験は、ホーローのバットの上で行い、燃やしたものは2ℓのガラス広口瓶に入れて、消火した。
- (3) 実験台には水に漏らした雑巾を用意しておき、火の粉の消火や缶内部の火の消火に使用した。
- (4) 実験中、火の粉が可燃物に飛び火した際の火炎を予防するため、燃やすものは1つずつ金属ケースに収納し、実験ごとに取り出すようにした。

爆発実験に際し、次のような対策を講じた。

- (5) ガス爆発の実験で、缶が客席の方に飛び出さないように、噴射口を広く開け飛距離が出ないようにした。
- (6) ペットボトルロケットで、ボトルの破裂を防ぐため注入するアルコール量を制限した。また、使用ボトルは炭酸系の円筒ボトルを極力使った。さらにボトルのまわりはアクリル板で覆い、射出ボトルは補助によってクッション材入り段ボールで受けとめられた。

これら主だった安全対策以外に、学芸員及び案内員に安全について十分お願いした。幸いにして火災事故は無く、来館者に危害を加えたことも一切無かった。職員に関しては、実演者と補助に火傷が1件ずつ報告された。転倒事故も1件報告されたが、怪我人もなく大事には至らなかった。

実演回数と観覧者について

本番組は夏休み期間を挟んで行われたこともあって、かなり多くの人に見てもらえた。表2にまとめる。ただし、夏休み期間は全て休日とし、集計の際は観覧時間を考慮していない。

本番組の平均の観覧者数は45.7人、この結果は、立ち見が出るほどの満席状態を表し、当館の実験コーナーの収容力に対して本番組がいかに多くの方に観ていただいたかが窺える。平日（夏休み期間中は全て休日とした）の平均観覧者数12.9人は、通常期の平均から見て多い。

表2 月別集計表

月	日数(日)	実演回数(回)	観覧者数(人)	平均(人/回)
6	25	49	896	18.3
7	26	58	2166	37.3
8	27	80	5440	68.0
9	7	13	634	48.8

参考文献

- 小野昌弘（1994）：大阪市立科学館研究報告，4，103-107
 日本化学会論（1986）：新版 化学を楽しくする5分間，170-171
 小泉憲司（1995）：'95青少年のための科学の祭典福岡大会実験解説集，47