

圧気発火器の製作と利用

柚木 朋也* ・ 脇島 修**

1. はじめに

断熱圧縮による発火は、摩擦による発火とは異なり、より興味深いものである。スマトラの原住民は、先が節でふさがれた竹の筒に、先端にもぐさをつけたピストンが差し込んであるライターを使用している¹⁾。また、南方のペナン島には水牛の角で作られた同種のライターが古くから伝えられているという²⁾。我々に身近な実用例としては、ディーゼルエンジンの点火方法が知られている。

教材としての圧気発火器は、簡単な装置で、脱脂綿や紙切れなどを発火させることができるため、生徒の驚きと興味を引き出すことができる。圧気発火器は市販されており、また、様々な自作方法も考案されている。例えば、多田(1994)は、アクリルパイプと黄銅棒を使用した安価な圧気発火器の製作法を発表している³⁾。

今回紹介する製作法は、透明なアクリル棒を使用することにより、現象をより見やすくし、簡単な道具で製作できるように工夫したものである(図1)。



図1 製作した圧気発火器
上からそれぞれ、パイプ、ピストン、台

そのため、多くの生徒が実験を行うことが可能となる。

2. 製作

(1) 準備

- ・アクリルパイプ
内径 11 mm 外径 15 mm 長さ 280 mm
- ・アクリル棒 (ピストン用)
直径 10 mm 長さ 300 mm
- ・アクリル棒 (受皿用)
直径 10 mm 長さ 25 mm
- ・透明ビニール管
内径 15 mm 長さ 100 mm
- ・Oリング7号
内径 6.8 mm 外径 10.6 mm
- ・塩ビパイプ (取っ手用)
外径 22 mm 長さ 150 mm
- ・ベニヤ板 (台)
100 mm × 100 mm × 12 mm
- ・ねじ, ナット
直径 3 mm 長さ 25 mm
- ・粘着テープ, 接着剤等

(2) 製作方法

長さ 25 mm のアクリル棒 (受皿用) を加工して Oリングを取り付けることができるように凹み (Oリングをはめる溝) を作る (図2)。

凹みは、アクリル棒をドリルのチャックに取り付け、金切りノコギリの刃を当てながら、少しずつ削る (図3)。そして、Oリングをはめて、潤滑油 (エンジンオイルなど) をつ

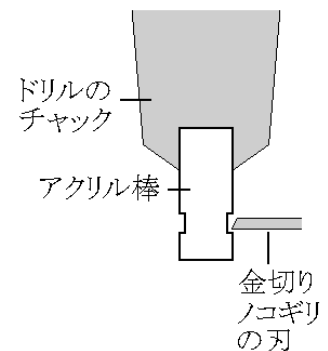


図2 アクリル棒の加工

* 岸和田市立大宮小学校

** 大阪府教育センター

け、アクリルパイプ内にぴったりと入るよう
に加工する(図4)。
このとき、アクリルパイプの内側を削り、
Oリングが引っ掛からないようにする。

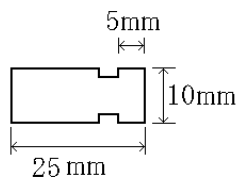


図3 アクリル棒
(受皿用)

ベニヤ板の中央に
直径10mm 深さ
10mmの穴を開
け、Oリングを
はめたアクリル
棒(受皿用)を
埋め込み、台を
作る(図5)。

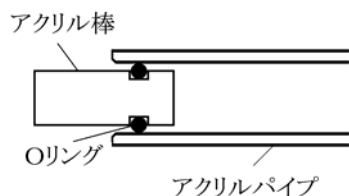


図4 アクリル棒の調整

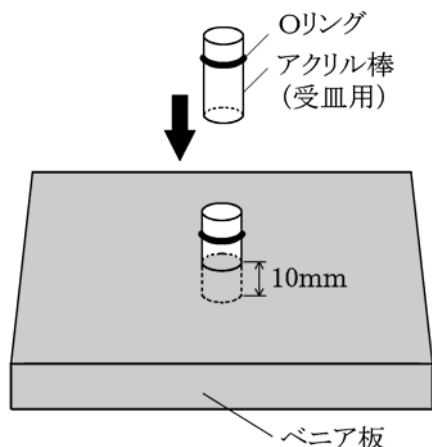


図5 台の製作

アクリル棒(受皿用)と同じように、アクリル棒(ピストン用)にもOリングを取り付けることができるように、Oリング用の凹みを作る。このとき、アクリルパイプの中をスムーズに動くように凹みを調節する。

塩ビパイプ(取っ手)をアクリル棒(ピストン用)に取り付ける(図6)。

ピストンの先から約260mm(組み立てた後、ピストンを押し込み、約5mmのすき間ができる程度)の位置に、(ストッパーとして)安全のために、粘着テープを10回程度巻き付ける(図5)。

アクリルパイプが割れる場合に備えて、透明ビニール管で保護する。下から100mm程度アクリルパイプの外側にワセリンを塗り、ビニール管を取り付ける(図6)。

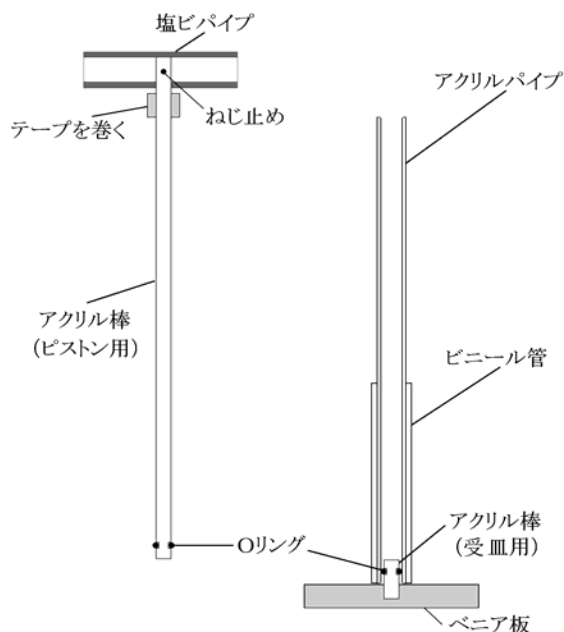


図6 ピストン(左)と台の組立て(右)

3. 特性

アクリル棒(受皿用)の上に脱脂綿や紙切れなどを置き、アクリルパイプを取り付け、ピストンの先をアクリルパイプの上部に入れる。次に、ピストンをアクリルパイプの下まで一気に強く押し込む。すると脱脂綿や紙切れなどが発火する。これは、ピストンのした仕事が気体の内部エネルギーを増加させ、気体の温度を上げることにより、脱脂綿や紙切れの温度を発火点以上に上げたからである。

断熱圧縮の場合、絶対温度を T [K]、体積を V [m^3]、定圧熱容量と定積熱容量との比の値をとすると、熱力学の法則により、

$$TV^{-1} = k \quad (k: \text{定数}) \quad (1)$$

という関係が成り立つ。

空気の場合、 γ は約1.4となり、

$$TV^{0.4} = k \quad (k: \text{定数}) \quad (2)$$

となる。

温度が T_1 のとき、体積が V_1 の空気を圧縮し、体積を V_2 に変化させると、そのときの温度 T_2 は、

$$T_1 V_1^{0.4} = T_2 V_2^{0.4}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 / V_2)^{0.4} \quad (3)$$

となる。例えば、室温 27 °C の空気を 1/10 に圧縮すると約 480 °C となる。もし、脱脂綿や紙切れを入れておくと、脱脂綿や紙の通常の状態での発火点は

300 以下であるため、発火するはずである。しかし、実際には発火しない場合もあり、その原因には次のようなことが考えられる。

熱の出入りの問題（熱が逃げる。）

温度が上昇している時間の問題（時間が短い。）

空気の湿度の問題（湿っていると発火しにくい。）

空気の熱量の問題（空気の量が少ない。）

発火を容易にするには、脱脂綿や紙切れなどの量を少なくする。また、摩擦をできる限り少なくし、勢いよくピストンを動かしてすばやく圧縮することがあげられる。（図7）。

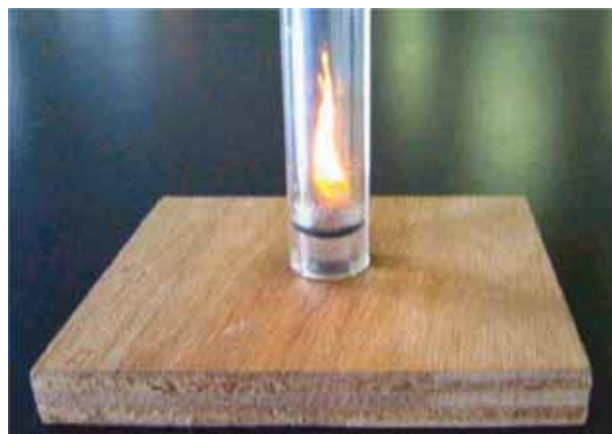


図7 脱脂綿の発火

4. 雲のでき方と圧気発火器

空気が膨張すると空気の温度が下がることは、中学校理科第2分野の「天気とその変化」の中の雲のでき方の項目で学習する。しかし、空気が膨張すると空気の温度が下がる現象は、生徒にとっては難しいようである。それは、空気を暖めると空気が膨張することを小学校で学習しており、このことから、逆に、空気が膨張すると空気の温度が上がると考えるからである。そのため、雲の発生や断熱圧縮、断熱膨張に関する複数の実験を行うことにより、体積変化と温度との関係を確実に定着させることが重要である。

通常、雲の発生実験はフラスコなどで使用して行うのが一般的である。この場合、水や線香の煙などを入れることが多い。しかし、圧気発火器を使用する場合には、圧縮・膨張率が高く、空気だけで雲の発生実験を行うことができる（図8）。

圧気発火器を使用して、空気を圧縮し、しばらく後に急に膨張させることにより、発火器内に白い雲をつくることができる。また、再び圧縮することにより、雲が消えることを見せることができる。

5. おわりに

当初は、Oリングの代わりに、ゴム栓などを用いて製作した。しかし、発火率が悪いため、現在のものに変更した。Oリング用の凹みを作るアクリル棒の加工は、ドリルを使うため、難しくまた危険性が高いように思われる。しかし、実際には慣れれば数分で行うことができ、回転数を下げれば、安全であ



(圧縮時) (膨張時)

図8 雲の発生

り、多くの研修生が製作した。透明な材料で作った教材は、生徒の疑惑を抱かせることが少なく、教材としてすぐれている。ただ、無理な力を加えた場合、アクリル棒は折れる場合がある。くれぐれも安全に注意し、楽しい実験を行いたいものである。

引用・参考文献

- 1) 近角聡信：『日常の物理事典』，東京堂出版，pp.91-92，1994
- 2) 岩城正夫：『原始技術史入門』，光陽印刷，pp.94-97，（奥村正二：『世界の自動車』，岩波新書，1964よりの再引用），1976
- 3) 多田幸雄：「圧気発火器の製作と実験」，全国理科教育センター研究協議会並びに研究発表会物理部会（第32回）研究発表集録，香川1-2，1994