

実験・観察 水素の燃焼・爆発

1 実験のねらい・留意点

電子の授受が判断しにくい酸化還元反応の例の一つである、水素の燃焼・爆発の実験を行い、分子からなる物質の酸化数の決定の方法について理解を深める。

可燃性の水素を扱うため、演示実験として行うこと。

2 準備

(1) 試薬類

水素ボンベ (4.5L入り 1900円程度)、シャボン液 (市販のもの)

(2) 器具類

炭酸飲料が入っていた500mLのペットボトル、ガラス管付きゴム栓、ガラス管の径にあう長さ約3 cmのチューブ、ポリエチレン製の傘袋 (雨天時に店の入口においてあるもの)、輪ゴム、ライター

(3) 底なしペットボトルの製作

- ①ペットボトル底から5 cmのところを切り取る。
- ②ペットボトルの口径にあうゴム栓に穴をあけ、長さ約5 cmのガラス管を穴に差し込み、ペットボトルの口にはめる。
- ③ペットボトルの底を切り取った部分に、片方を結んだ長さ25cmくらいに切った傘ぶくろを輪ゴムで止める。



(4) 水素ボンベのノズルの取り付け、ノズルの加工

- ①水素ボンベは、ノズルがついていない状態で売られている。ノズルをそのままはめると、かなりの水素が漏れ出てしまう。そこで、ノズルをはめ込む金属チューブをラジオペンチで挟み、固定した状態でノズルをはめ込むと水素が漏れ出ない。



- ②ノズルについている管の直径は5 mmであるため、底なしペットボトルのガラス管と接続できない。そこで、内径5 mm、長さ5 cmのシリコンチューブをさす。



- ③ガラス管と接続できるように、シリコンチューブの先に約1 cm切り込みを2カ所入れる。

3 実験の方法・留意点

(1) 水素のシャボン玉の燃焼

①市販のシャボン液をノズルの先につけ、水素でシャボン玉を作ると、水素のシャボン玉は上昇していく。

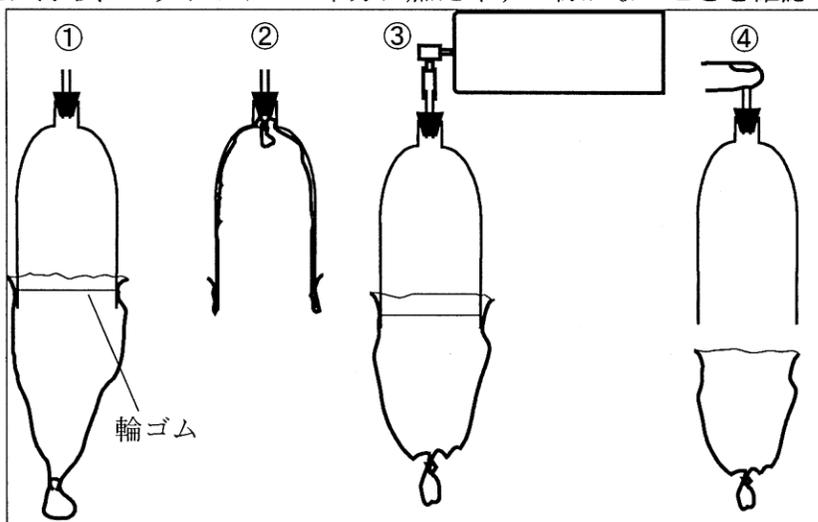
②床に近いところで、水素のシャボン玉をつくり上昇させる。上昇してくる水素のシャボン玉にライターや火のついたロウソクで火を近づけると、オレンジ色の炎をあげて燃焼する。

(2) ペットボトルを用いた水素の燃焼・爆発

①ペットボトルを手で垂直に持ち、ペットボトルの下方に燃えやすい物がないことを確認する。

②ガラス管を口でくわえ、ペットボトル内部の空気を吸い出し、傘袋がペットボトルの内側に密着させる。

③水素ボンベで、ペットボトル内部に水素を送り込む。すると傘袋がふくらむ。



④水素ボンベをはずしたら、すぐに指でガラス管をふさぐ。傘袋を静かにはずす。

⑤点火したライターをガラス管に近づけ、ガラス管をふさいでいる指をはずし、ガラス管から昇ってくる水素に点火する。

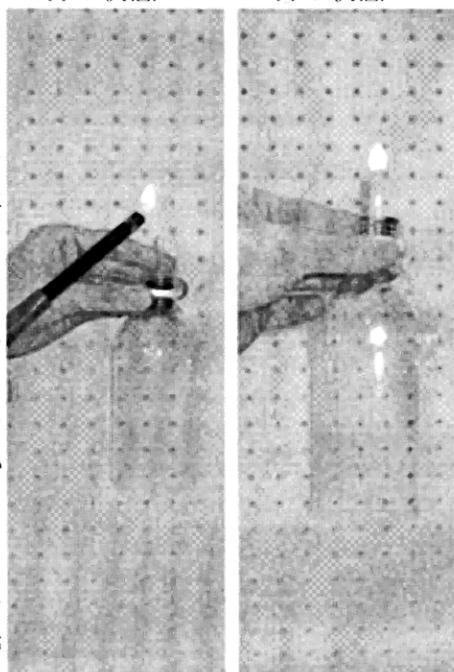
⑤の状態

⑥の状態

⑥水素にポツという音とともに火がつき穏やかに燃える。初めは青色の炎なので、水素が燃焼しているのが確認しにくい。ガラス管中のナトリウムの炎色反応が起こり、オレンジ色の炎になっていく。ペットボトルは体からなるべく離すように持つ。

⑦炎がだんだん小さくなり、消える寸前に、下の方に炎を30cmくらい吹き出して爆発する。爆発直前に、炎が小さくなるとヒュルルとかグルルとガラス管の先の炎から小さな音がする場合がある。点火してから、爆発まで15秒くらいかかる。

⑧爆発直後、ペットボトルの内部が爆発で生じた水によって曇ることを確認させる。また、ガラス管の先は、高温になっているので触れないように注意する。



4 指導の工夫、生徒への指示等

(1) 水素のシャボン玉の燃焼

- ①水素のシャボン玉を飛ばして見せ、水素が気体であること、空気よりも軽いことを確認させる。
- ②水素のシャボン玉に火を近づけるとどうなるかを予想させた後実験を行い、水素が燃焼することを観察させ、水素が可燃性であることを確認させる。

(2) ペットボトルを用いた水素の燃焼・爆発

- ①水素を満たしたペットボトルに火を近づけるとどうなるかを予想させる。
- ②水素に点火し、水素の穏やかな燃焼を観察させる。観察させながら、水素と空気中の酸素が反応し、水が生成していることを伝え、水が高温になっているため、水蒸気となって空气中に飛び散ってしまっていることを説明する。
- ③ガラス管の炎が小さくなってきたら、爆発することを予告し、ペットボトルに注目させる。
- ④爆発したら、すぐにペットボトルの底を手でふさぎ、中に生じている小さな水滴（曇って見える）を生徒に観察させる。
- ⑤ワークシートに反応物、生成物の各項目を記入させ、まず水素原子、酸素原子の授受から酸化還元反応であることを押さえ、次に酸化数の増減から考えさせる。水は水素と酸素が共有結合してできた分子であるが、水素と酸素は対等な共有結合ではないことに触れ、酸素に -2 、水素に $+1$ の酸化数を割り当てることを説明する。（電気陰性度を学習している場合には、それに触れる。）

■ワークシート例（ゴシック体は生徒の記入例）

【問題1】水素で作ったシャボン玉に火を近づけるとどうなるだろうか。予想してみよう。

あなたの考え（）

実験の結果（）

【問題2】水素を満たしたペットボトルに火を近づけるとどうなるだろうか。予想してみよう。

あなたの考え（）

実験の結果（）

【水素の燃焼・爆発】

	反 応 物		生 成 物		
①物質名	水素	酸素	水		
②化学式	H ₂	O ₂	H ₂ O		
③物質の分類	分子からなる物質	分子からなる物質	分子からなる物質		
④物質の状態	気体	気体	気体・液体		
⑤構成粒子	H ₂ 分子	O ₂ 分子	H ₂ O分子		
⑥化学反応式	2 H ₂ + O ₂ → 2 H ₂ O				
⑦変化した物質の電子の授受、酸化数の変化等	<p>イオンからなる物質の反応ではないので、電子がどのように授受されたのかがわかりにくい。そこで、酸化数を用いる。</p> $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ <p>単体なので0 単体なので0 化合物中のHは+1、Oは-2</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">酸化数が増加(酸化された)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">酸化数が減少(還元された)</td> </tr> </table>			酸化数が増加(酸化された)	酸化数が減少(還元された)
酸化数が増加(酸化された)					
酸化数が減少(還元された)					
記入上の注意	<p>③物質の分類：金属、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。</p> <p>④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。</p>				

5 引用文献等

引用文献：「ペットボトルを使ってカンタン水素爆発」金子泰一（千葉・柏市富勢東小学校）『たのしい授業』1995年12月号

この文献では、水素の置換を上方置換で行っている。今回、ポリエチレンの袋を使うことによって、安全に実験を行えるようになった。

・参考資料 「空気と混じたガスの爆発範囲」（『理科年表』丸善株式会社）より

物質名	下限	上限
水素	4.0	75
エタノール	4.3	19
メタノール	7.3	36

（爆発範囲は容量百分率）