

「物質のすがた」（中学校第1学年）

水素の爆発

YAMAGUCHI Akihiro
山口 晃 弘
品川区立日野中学校

実験のねらい

「水素は爆発して危険である」というイメージがあり、水素を用いた実験は敬遠されがちである。例えば、キップの装置や三角フラスコと滴下ロートなどで水素を発生させている状態で、装置の中に直接火が入ると爆発し、容器のガラスが飛び散る危険性がある。現行の教科書では水素の取り扱いはいたって軽い*1。

中学校では気体としての水素をどのように学習するのであろうか。まず、第1学年の「気体の性質」では、発生とその性質を調べる実験は行わず例示をするのみという場合が多い。また、同じ第1学年の「水溶液」では、塩酸に金属片を入れると水素が発生することを学習するが、ここでも、実験を行わず、本文と写真での解説の取り扱いのみであることが多い。水素が生徒実験として取り扱われるのは、第2学年の「物質のなりたち」になってからになる。水の電気分解で陰極に発生した気体が水素であることを検証する目的で、右の図のように、陰極に発生した水素に火のついたマッチを近づけて反応をみる実験を行う。第3学年では、実験として水素が取り扱われることがない。



水素の爆発はいくつかの点に注意しさえすれば、安全に実験でき、生徒に「驚きと感動」を与える授業を組み立てられる。例えば、開放系の試験管や柔らかい容器のポリ袋を用い、少量で実験すれば問題はない。ここでは、生徒全員が一人一人手に持った試験管で爆発を体験できる生徒実験と、ポリ袋を使用した安全で簡単にできる演示実験の方法を紹介する。いずれも、第1学年のうちに、ぜひ行っておきたい実験である。

*1 現行の5社の中学校理科の教科書のうち、気体を発生させ、その性質を調べる生徒実験として、水素を取り扱っているものはない。

準備

器具：試験管、ガスバーナー、フレキシブルスタンド、傘用のポリ袋またはチャック付きポリ袋（12 cm × 17 cm 程度）、ガスマッチ、安全めがね

試薬：亜鉛、10%塩酸、水素ガス、酸素ガス

実験操作1（生徒実験）

塩酸は、うすめて使用する。10%程度の塩酸*2でよい。

「試験管立てを持って、取りにきなさい*3」

と指示を出し、試験管に1/4程度入れて*4配る。金属は、亜鉛*5を用いる。いずれにせよ、1g程度、少量ずつ用いる。これは塩酸を入れた試験管を配るときにそこに置いておき、

「2,3粒入れます」

と指示を出す。

水素の発生が穏やかになれば、塩酸や金属を少量ずつ追加させる*6。

右の写真のように、乾いた試験管*7に上方置換法*8で捕集させる。

授業者は実験室の前に立って*9、ガスマッチを持ち、生徒に一人一人に水素が入った試験管を下向きにして、親指で押さえ持ってこさせて、水素に点火する*10。

ノートに、実験の結果、気づいたこと*11、感想を、それぞれ区別して記入させる。



*2 水3容に対し、市販の濃塩酸1容を加えてつくる。この実験では濃度が正確でなくてもよい。なお、塩酸はうすい方が安全であるが、あまりうすいと水素の発生量が少なく試験管にたまりにくい。

*3,4 私は、生徒に取りに来ることを要求する。取りに来た生徒の目の前で適量の塩酸を試験管に入れて手渡す。あらかじめグループ分の数だけ、塩酸を入れた試験管を用意して実験台に置いておいてもよい。取りに来させるのは、準備の手間を省くためもあるが、安全のため、試薬の入れ過ぎを防ぐ意味もある。また、塩酸を入れた試験管は、2人に1本ずつ程度あった方がよい。一人が点火している間に、もう一人が上方置換をして捕集をするという具合にすると、生徒にとって、空いた時間がなく、実験が進行しやすい。

*5 粒状亜鉛、華状亜鉛を用いる。この実験で用いる金属には、他に、マグネシウムリボン、アルミニウム、スチールウール等も考えられ、価格や反応のしやすさを考えて選択する。亜鉛は、華状・粒状とも2,400円/500g。点字用に作られている亜鉛板を切って使う手もある。マグネシウムリボンは、反応はしやすいが価格が4,200円/25gでありやや高い。アルミニウムは、アルミニウム箔を利用でき、価格は安い、酸化被膜のため反応が鈍い。スチールウールは反応が激しく、悪臭がする。

*6 特に指示しなくても生徒の方でとりこくる。

*7 内側が水分で濡れている試験管でも爆発はおきる。爆発が起きるのは水素と空気（中の酸素）の混じり合っている割合の問題である。ここで乾いた試験管を用いるのは、爆発後、試験管の内側が爆発の結果できた水分でくもるのを観察させたいからである。

*8 水素の捕集では、水上置換法も可能である。しかし、実験装置の準備や組み立て、片付けに時間がかかり、一人一人全員に実験を行わせるのが時間的に難しい。上方置換法では、一人が数回捕集を行っても時間的な余裕ができる。

*9 点火をする生徒はおおむね緊張している。爆発が起きるのを予想するからである。その後、点火を待つ生徒の列ができる。それは、実験室の前がよい。点火する生徒を点火を待つ生徒たちが見守るという状況が自然にできるからである。この見る 見られるという状況の中で、爆発がおきる = 成功すること、爆発しない = 失敗することが次々に行われるのである。その意味では個別に実験をしているのではなく、集団で実験を行っている。爆発しない失敗した生徒は捕集に問題があったと考え、真剣に実験に取り組む。各グループにガスマッチを配布して、それぞれのテーブルで点火するという方法もできる。私に言わせるとそれではダメである。一人一人全員が実験をしないからである。グループのだれかがやって成功すると、それを見て実験をやらずにすまず生徒が出てしまいやすいのである。

*10 点火するとき、下向きにした試験管を炎にかざす。すぐに点火しなくても、試験管の向きをななめにするように指導する。成功し爆発音がした生徒は笑顔になる。私はいっしょに喜ぶ。これは、教育者の姿勢であり、授業である以上、必要である。ただしそのときに「試験管が熱くなった」「試験管の内側がくもった」ことに気づく生徒がいたら、すかさず「熱エネルギーが出る反応であること」「反応の結果水ができたこと」を指摘し、「よく気付いたね。ノートに書いておくといい」と指導する。これは理科担当の教師としては当然である。試験管の向きをななめにしても爆発しない生徒には、私は冷たい。「もう1回」「やり直し」と突き放す。この態度はどうかと思う。しかし、次の生徒に点火しないと、列が長くなってしまふ。それに、水素の捕集は授業時間内に何度もできる短時間の操作だからいいのだ。「次の人、どうぞ」となる。なお、爆発に成功した生徒には、授業の残り時間によっては、小型の試験管（内径12mm）を与え、それでも実験するように指示する。


*11 「気づいた」としては、大部分の生徒は、失敗の原因や音の変化、あるいは、水素の燃焼が爆発的であったというようなことを書く。熱が発生したことについてふれている生徒は数名である。大いにほめる。水の生成についてふれる生徒はほとんどいない。試験管の内側がくもるが短時間であるからであろう。試験管で水素を爆発させる実験で生徒が自ら水の生成に気づくのは難しい。そのことに触れるのであれば、別に演示実験を行ったほうがよい。

ッチで点火する実験が考えられる。爆発はしないが、燃え方が違いは明らかである。なお、水素だけを入れたポリ袋でも爆発はせず水素が燃焼するようすが見られる。

*13 演示実験では、実験の演出も大切である。照明を落として暗くし、炎の色を明らかにする。点火するときに用意した耳栓をつけたり、おそるおそるガスマッチをポリ袋に近づけたりして、あらかじめ爆発をイメージさせておくと、点火の瞬間に集中が自然に生まれる。

*14 点火は生徒に行わせてもよい。中学1年なら「やりたい人？」で数名は希望者の挙手がある。私は希望者に行かせている。希望者を実験室の前に出させる。点火の前に、まず、点火の姿勢 = 腕を前に出すことを指導する。次に、空いた手で耳を押さえるを指導する。それを、見ている生徒は爆発の音の大きさを予想し、授業が盛り上がる。なお、ガスマッチに点火してからビニール袋に近づけたほうがよい。先に近づけてから点火しようとする位置が定めにくい。

*15 気体の量にもよるが爆発音はかなり大きい。実験室の扉や窓を開けておくと他の教室にも音が響く。あらかじめ、連絡しておかないと、事故だとかん違いた他の教員がかけつけ、思わぬ心配をかけることになるので、注意したい。もっとも、これも周囲が慣れてしまふと、「またやっている。先生の授業なら、何かの爆発の実験だ」ということで心配されてなくなってしまうが...

□ これだけは気をつけたい 

金属の粉体である「亜鉛末」「マグネシウム末」を用いると、水素の発生が激し過ぎて適さない。

発生装置から出る水素にじかに点火するのは避ける。発生装置そのものが爆発して飛び散る危険がある。

また、水素の捕集は通常のサイズの試験管を用いて少量ずつにし、集気びんやフラスコ等は用いない。

連絡先:141 0031 東京都品川区西五反田 6 5 32(勤務先)

実験操作 2 (演示実験)

実験用ガスプレーを用いて、傘用の細長いポリ袋に少量の水素と酸素をほぼ2対1^{*12}になるように気体を入れる。あるいは、チャック付ポリ袋(12 cm × 17 cm 程度)に同様に入れる。入れる量は、水素と酸素を合わせて50 cm³程度で、傘用のポリ袋の場合は6分の1程度、そこで結んでおく。

袋をフレキシブルスタンドで空中に固定する。

袋にガスマッチで点火する^{*13,14}。大きな音^{*15}とともに爆発的に燃焼する。

*12 スプレーで気体を入れるとき、酸素が「シュッ」なら、水素は「シュッ、シュッ」とするという程度で、2対1といっても不正確であるが、この実験としては問題ない。気体を正確にはかりとるには、それぞれの気体をシリンジにとって入れる作業が必要である。また、対照実験として、空気だけを入れたポリ袋や酸素だけを入れたポリ袋にガスマ

「定番！化学実験」では、ふだんの授業で行われる「定番」の化学実験を、簡単、安全、確実、効果的なものにしていくための工夫を、実践例をもとに紹介していきます。このため、必ずしも実験のオリジナリティーにはこだわりませんが、もとにしたアイデア等については文献等を明記します。

また、実験を安全・確実に成功させるための「成功のコツ」や、実験に役立つ書籍や便利な器具とその入手方法などワンポイントアドバイスを随時掲載していきます。

実験を行う際は、注意事項をお守りいただき、安全確認のため必ず予備実験を行った上で実施してください。

この「定番！化学実験」は、下記のメンバーが、運営を担当しています。

梶山 正明, 城戸 律雄, 小森 栄治, 荘司 隆一,
高梨 賢英, 平賀 伸夫, 前川 哲也, 牧野 順子,
宮内 卓也, 山口 晃弘, 山口 舞子

