フォーラム理科教育　No.3　2001

牛乳パックでつくる水圧実験器

福島いずみ

洛南高等学校付属中学校非常勤講師

キーワード：水圧、中学理科教材、パスカルの原理
（受付け：2001 年 3 月 29 日）

Ⅰ．はじめに

私は手作りの実験装置や手作りの器具を授業で多用する。それは適当な装置や器具が備わっていないためばかりでなく、誰にでも作れそうなものなら、生徒が家に帰ってからもやってみることができるからである。自分で道具をつくったり、実際にやってみれば、新たな視点や疑問へと発展させることが可能だからである。

ここで紹介する水圧実験器は水圧の単元の最後に使用するためのものである。その実験の必要性と有効性を明らかにするため､そこに至るまでの授業の流れを紹介する。

Ⅱ．水圧の授業の流れ

中学校指導書理科編の圧力の項では、水圧をどう教えるかが次のように説明されている。

「ここでは，水の重さによる圧力は深さに比例すること及び空気にも重さがあることを実験によりとらえ，水圧の概念を発展させて大気圧の成因について推論させるのがねらいである｡」

「水の深さと圧力の強さの関係を理解させるには，例えば，水の側圧試験器やゴム膜を張った実験器を用いて，水圧の分布を直感的，定性的に把握させたり，開管の底に平らな板を密着させて水に沈め，おもりや水を管の中に入れるなどの工夫をして，水圧を定量的にとらえさせる。また，例えば，圧力容器に詰まった空気を大気中に放出して，その前後の質量の差を測定し，空気に重さがあることを実験で確かめさせる。ここでは，空気の密度を測定するのではなく，重さがあることを実感をもって理解させる程度にとどめる。地球上の物体は空気の層の底にあることを知らせ，水圧と対比して大気圧の概念をとらえさせる。大気圧の効果が意外に大きいことを示す実験は数多く開発されている｡適切な実験を行わせ,意外性を与えることも指導上有効である｡」

この水圧と大気圧の単元は上記指導書にもあるように意外性のある実験がいろいろあり、生徒に興味をもたせることのできる楽しい単元である。

指導書を参考に次のような実験を行った。

まず水圧の分布を直感的，定性的に把握させるため、

１．深さの違う水中にビニールホースで息を吹き込む実験

２．ペットボトルの側面に穴をあけた自作側圧試験器による飛距離の観察

３．ペットボトルとシリコンゴム膜、塩ビホースで自作した水圧実験器により、水深とゴム膜のへこみ具合の関係についての観察などをおこなった。

次に水圧と水深の関係を定量的にとらえさせるため、円筒形の開管の底に平らな板を密着させて管内に水が入らないようにして水に沈め，管中の板の上にいろいろな重さのおもりをのせて円筒を引き上げ，おもりの重さと板が落ちるときの水深との関係を定量的にとらえる実験を生徒実験として行った。この実験結果から水圧は水深に比例すること、そして水圧が水の重さによって生じていることを導いた。

これに基づいて、水圧と浮力の関係を示し（流体中の物体は、物体が排除した流体の重さに等しい浮力を受けるという「アルキメデスの原理」を水深と水圧の関係から説明)、水中でビニール袋に入れた水の重さを測るとどうなるかを考えさせた。

水中で測ると水の重さは０になるという討論の結果をふまえて、次に「空気中で空気の重さを測るにはどうすればいいか。」と問いかけ、方法を考えさせた。生徒からタイヤやボールに空気を詰めて測るなどの方法が出されたので、そのかわりに空のカセットボンベに自転車の空気入れで詰めこんだ空気を大気中に放出して，その前後の質量の差を測定し，空気に重さがあることを実験で確かめた。これにより、空気にも重さがあることを実感をもって理解させた。

空気の重さから大気の圧力を導いた後､大気圧を実感させるため次の実験を行った。

１．はがきを使った逆さコップ（水―満水）の実験
２．はがきを使った逆さコップ（水―半分）の実験
３．ペットボトルの下方に穴を開けポケットを付けたものに、水を満たしキャップをして、ポケットの中の水に触れる実験（水や魚にさわれる水族館の水槽と同じ原理）
４．水を入れたビンに糸付きテレホンカードでふたをし糸でビンをつり上げる実験
５．机上に広げた新聞紙の上にかかる大気圧を利用して割り箸を折る実験

これに続けて「トリチェリーの実験」を紹介した。大気圧についてさらに理解を深めるため、注射器を使った実験により、空気の圧縮性を水の非圧縮性と比較しつつ、気体と液体における分子の分布に関して粗密の違いにまでふれて確認した。

指導要領では、密閉された液体の一部に加えた力は、それと同じ大きさで液体のすべての点に伝わるという「パスカルの原理」についてはふれないとされているが、身の回りの現象（例えば、連通管、サイホン、浮沈子）を説明するのには不可欠と思われるので、流体における圧力の働きを分子の動きから説明した。水圧に関する種々の問題をやった上で次のような発問をした。

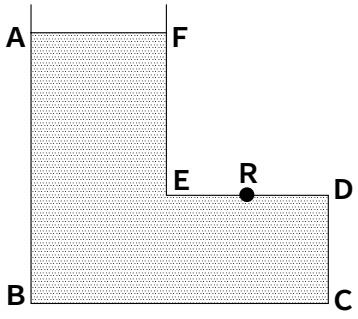

図１　予想問題

右図のような容器にＡＦの位置まで水を入れた。Ｒ点に穴をあけると水はどうなるか、予想せよ。

ア　水はほとんど飛び出さない。
イ　水はＥＦの半分の高さまで飛び出す。
ウ　水は水面の高さまで飛び出す。

生徒の予想は、ア…45%、イ…20%、ウ…25%、わからない…10%であった。

この結果を見ると、同じ深さなら圧力は同じということは頭では分かっていても、現実問題として上向きに水が飛び出すとは考えにくいようである。そこで図のような容器を作り、実験してみせ、やっぱり同じ深さなら同じ圧力なんだと実感させると効果的である。これは実際に見なければ納得できない部類に属する実験のようである。

Ⅲ. 牛乳パックでつくる水圧実験器

１．材料　牛乳パック２個、プラスティック板少々、ビニールテープ

２．作り方

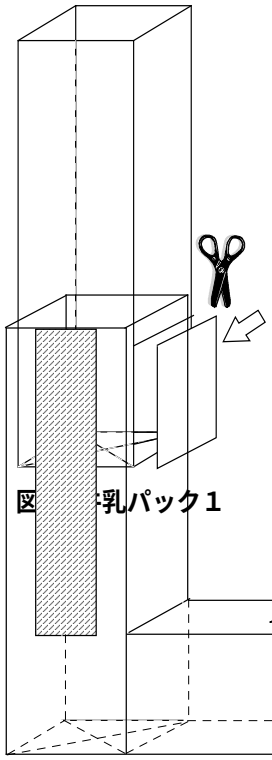

図１　牛乳パック１

①　図２のように一方の牛乳パックの底面（×で示した部分が底）の横の部分（矢印の部分）を正方形に切り取る。

②　他方の牛乳パックは図３のように開口部の２カ所切り込みを入れ、矢印で示した部分を切り取り、内側からプラスティック板をビニールテープで貼る。

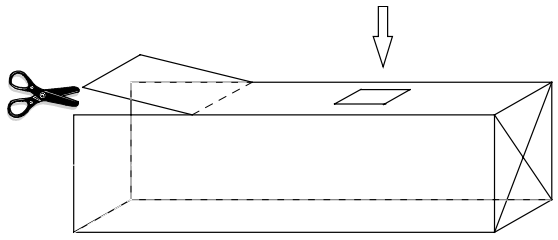

図３　牛乳パック２

図４　完成図

③　図４のように、加工した二つの牛乳パックをはめ込み、水漏れしないように接合部分をビニールテープで貼る。

④　水を入れてみて、漏れないようなら、プラスティック板の中央に熱した針などで直径 1～2mm の丸い穴を開ける。穴の形が悪いと摩擦抵抗ができうまく水が上がらない。

⑤ うまく水が上がったら、水位が分かるように、牛乳パック１の前面（図４斜線部）に透明のプラスティック板をはめ込み、窓を作るとよい。

３．演示上の注意点

① まっすぐ上に水が上がると、その水が落ちてくるときに次に上がる水の動きを妨げるので、ほんの少しだけ生徒の方に傾けるとよい。

② はじめは穴を指で塞ぎ、水をいっぱいに入れて「さあ、どこまで上がるかな。」と注目させてから、指を離す。

③ 次に開口部から水を注ぎながら噴水の高さを保って見せる。
④ 用意した水がなくなり水位が下がったら、開口部に空き瓶（ゴールドブレンドのビンが最適）を挿入して水位を調節し、噴水の高さを自由自在に変えて見せ、水深と水圧が等しいことを示す。
⑤ 紙なので何度も使うと水漏れするようになるが、４クラスすなわち４回の演示にはなんとか耐えた。

４．なぜ牛乳パックなのか

なにもわざわざこのような容器を作らなくても、ほかの方法で同じ主旨の実験を考えればよいのではと思う人はいないだろうか。実は、当初、私は水を満たしたビニールホースをU字型に持ち、両端の高さを変えれば同じではないかと思い、さっそくやってみた。ところが水は全く上がらないのだ。図５のようにビニールホースの一端に半分に切ったペットボトルをつなぎ、つねに水を補給しても水は全く上がらない。ビニールホースでは管壁と水の接触面で生じる摩擦(分子間力)による抵抗が大きすぎるのだ。流出する水量の補充もスムーズにできない。そこで水との接触面を減らすべく長靴型のものをあれこれ探したが見つからず、加工しやすい牛乳パックで作ることになった。しかし、これもはじめはうまくいかなかった。少しでも水流に乱れが生じると水圧通りの噴水ができない。原因は穴の成型にあった。連続的に抵抗なくなめらかに水を送るには紙では穴の加工精度に限界がある。そこでプラスティック板で穴の部分を作ることにした。噴水が水面とほぼ同じ高さまで上がったとき「やった！」と思った。こんな達成感を生徒たちにも是非味わってもらいたいと思う。

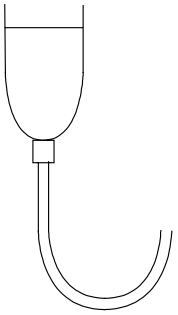

図５　水はどこまで上がる？

Ⅳ．終わりに

手作りの実験装置にはこんな良さがある。うまくいかなくてもまたそこから何かを学ぶことができる。そういうわけで、なるべく身の回りにあるものを使って、いつでも誰にでも再現できるような実験を心がけ、疑問に思ったら実際に確かめてみるという科学的な態度が生徒の日常生活に自然に入り込んでいくことを目指している。

また圧力のように直感では理解しにくいものは、できるだけ目に見えるような手段を考えて実演し、体験として生徒の記憶に残すべきだとおもう。

文献

文部省　1989 中学校指導書理科編　32-33　学校図書株式会社、東京.