

ポンプを利用した日用品のモデル作り

柿原聖治

愛知東邦大学

ポンプを利用した日用品のモデル作り

柿原 聖 治

目次

1. はじめに
2. 代表的な例
3. 探究課題
4. 類似性の探究
5. 授業の感想
6. おわりに

1. はじめに

この研究の目的は、学生に身近な物に興味・関心を持たせ、科学的な見方・考え方を身に付けさせることにある。本研究では、身近な物としてポンプを利用した日用品を取り上げた。構造を調べ、どういう仕組みで機能しているのかを考えさせた。日用品は最適化されてコンパクトになっているので、構造が単純ではなく、本質が見えにくい。そこで、簡略化して考えられるように、モデルを作ることにした。

学生にまず、ポンプを使った日用品に何があるかを考えさせた。できるだけ多く列挙するように、宿題として次の時間までに探してくるよう指示した。その際、ホームセンターや雑貨屋に行くと、見つけやすいことを教えた。

挙げた日用品のうち、代表例として灯油ポンプ、シャンプーポンプ、ハンドスプレーを取り上げた。その他の日用品については、学生たちへの探究課題として取り上げ、試行錯誤させながら自分たちで解決できるように指導した。

この授業は、教員志望の大学生を対象に、ほぼ2回の講義時間(90分×2)で行った。レベル的には高校1年でも扱える内容であり、特別な予備知識は要らない。論理的に考える力が要るだけである。高校の学習指導要領では『科学と人間生活』¹⁾という科目が新たに設けられた。この中で、本研究の内容は位置づけることができる。

教科書では小学校第4学年の「空気と水の性質」の章で一部扱われている。「生活のなかで、空気や水のせいしつを利用してしている道具やおもちゃには、どんなものがあるかがして、そのしくみを説明しよう」という記述があり、その例として、エアーポット、霧吹き、水鉄砲の写真が載っている²⁾。エアーポットの断面図が載っている教科書は他にもあるが、霧吹きを分解した写真と逆止弁の入った断面図が載っている教科書もある³⁾。しかし、どれも、ポンプには注目して

いない。

ポンプを使った製品は市販されているので、技術的にはその構造は既知であり、その仕組みを解説したものがある⁴⁾。教育的には、双方向空気入れの仕組みを高校生に考えさせた実践論文がある⁵⁾。しかし、ポンプを使った種々の日用品のモデル作りについては、灯油ポンプに関するもの⁶⁾があるだけである。

2. 代表的な例

2.1 灯油ポンプ

液体を移動させる道具として、おなじみの灯油ポンプを取り上げる。

灯油ポンプの形は、頭が1つで脚が2本あるので、Y字管を逆さにした形になる(図1)。また、灯油ポンプの頭部は、プラスチック注射器で置き換えて考えさせる。これで、灯油ポンプのモデル作りを行わせる。

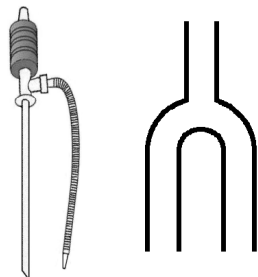


図1 灯油ポンプとY字管

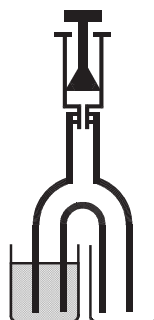


図2 灯油ポンプの試作

左脚を水の入ったビーカーに浸し、ピストンを引き上げる(図2)。しかし、全く吸い上げられない。水より空気が断然軽いので、右側の空気を吸い上げてしまうからである。

右側から空気を吸い上げるなら、その先を指でふさげばいい(図3)。しかし、最初は水を吸い上げるが、指を離すと、水が元に戻ってしまう。それは、指でふさいでから注射器で吸い上げると、管内が減圧になる。指を離すと、圧力差により、周りの空気が入ってきて、せっかく吸い上げた水が、元の位置に押し戻されてしまうからである。

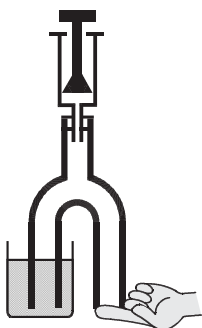


図3 灯油ポンプの試作



図4 逆止弁

灯油ポンプには、ホースの付け根のところに仕掛けがある。灯油ポンプを分解して、ぺらぺらの弁が2つ付いていることを見せる。

ここで、空気や水の流れを制御できる弁があることを教える。各学生にプラスチックの逆流止めバルブ（長さ6 cm位の逆止弁）を手にとらせる（図4）。それぞれの方向から息を吹き込んで、流れる方向と流れない方向があることを実感させる。

左脚で液を吸い上げ、右脚で液体を排出する。その方向に逆止弁を取り付ける（図5）。灯油ポンプの場合、2つの逆止弁は、 \cap の湾曲部にあるが、Y字管の場合は、脚の付け根に取り付ける。これで灯油ポンプのモデルができる。

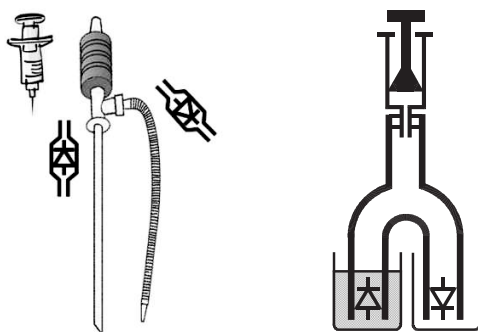


図5 灯油ポンプのモデル

2.2 シャンプーポンプ

シャンプーボトルに付いているポンプを取り上げる。学生にとって、これが最も身近なポンプである。

シャンプーポンプを押すと元に戻ることから、バネが入っていることがわかる。ピストンから液体が出ることから、ピストンに穴が貫通してパイプになっていることがわかる（図6）。

下端で液体を吸い上げ、ピストンの頭部で吐き出す。つまり、上昇する方向に逆止弁を取り付ける。

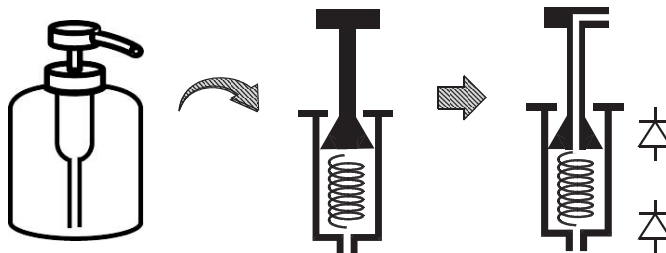


図6 シャンプーポンプの構造の考え方

学生に考えさせる場合、重要なことは、ピストンを動かすと低圧になるか・高圧になるかを判断させることである。低圧になる場合、外部から流れ込んでくる。高圧の場合、外部へ逃げる。圧力の高低によって、流体の動きがわかり、弁の開閉がわかる（図7）。

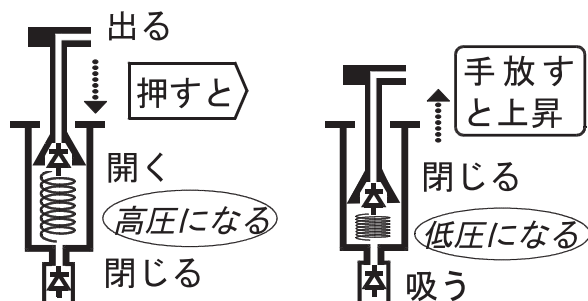


図7 シャンプーポンプの構造

このモデルを作るには、ピストンに穴を貫通させる必要がある（図8）。プラスチック注射器のピストンは棒状で作りにくい。ガラス注射器のピストンは中空なので作りやすく、これを用いる。

作り方：①ピストンの底を外す（グラインダーでガラスを削り取る）。

②穴を開けたゴム栓に逆止弁を差し込み、それをピストンに取り付ける。

③ピストン上部の側面に穴を開ける。それにチューブを通す。

④もう一つの逆止弁を注射器の下端に取り付ける。

これでシャンプーポンプと同じ機能をするので、実際もこうなっていると考えられる。シャンプーポンプを分解してみる。下端の逆止弁は、金属球やガラス球を使ったものである。もう一つの逆止弁はピストンの側面に施してある。しかし、基本構造はモデルと同じである。モデル作りでは仕組みを探ることに主眼を置くので、同じ逆止弁を使って組み立てる。

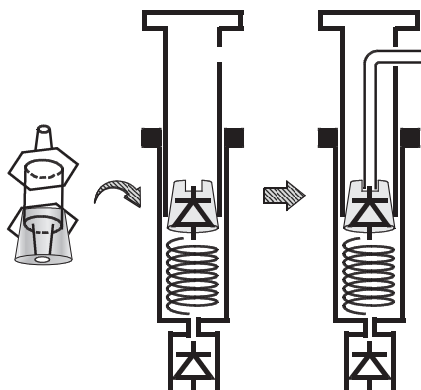


図8 シャンプーポンプのモデル

2.3 ハンドスプレー

洗剤や消臭剤が入っているスプレーボトルを取り上げる。雑貨屋で捜すと頭部が透明なものがあるので、これを見せ、中の構造を観察させる。筒状の物とバネが使われていることがわかる。筒状の物が注射筒に相当し、レバーがピストンに相当する。下の管で液を吸い上げ、上の管で液体を出す。その方向に逆止弁を取り付け、注射器を取り付ける（図9）。モデル作りでも、1本

のホースに逆止弁を2つ取り付け、バネ入り注射器をホースに突き刺すと、できあがる。ずいぶん大ざっぱなモデルだが、機能的には同じである。

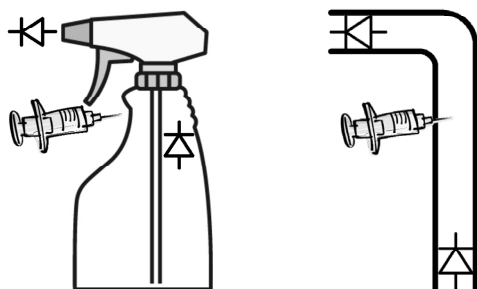


図9 ハンドスプレーのモデル

この考えのもとに、市販のハンドスプレーを分解し、構造を調べると、確かにモデルと同じであることがわかる。逆止弁の形状が違い、噴出口が小さいだけである。

ここで、霧吹きの断面図が載っている小学校の教科書³⁾を見せる。

3. 探究課題

これまでのモデル作りをもとに、学生たちにその他の日用品についてモデル作りの課題を与える。うまくモデル作りができるように、教師の支援を適宜入れる。その代表的な例を挙げる。

3.1 エアerpott

エアerpottは上のプッシュボタンを押すと湯が出る。

課題：どういう仕組みで湯が出るのか。

ボタンを押すと、エアerpottの中に空気が入り、それによって水が押し出されると考えられる。そこで、学生に図を描かせる。

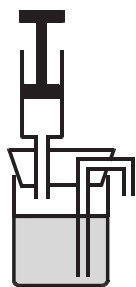


図10 ポットの試作1

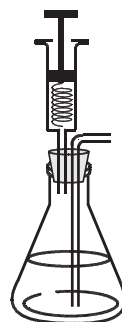


図11 ポットの試作2

図10のように、エアerpottの胴体として、ビーカーを用いる。ふたがゴム栓に相当する。給湯部分が曲がったガラス管に相当する。プッシュボタンが、注射器のピストンに相当する。注射器をゴム栓に差し込む。実際のモデル作りでは、ビーカーに合うゴム栓はないので、口だけは小

さい三角フラスコを使う。エアポットのボタンを押すと自然に戻ることから、バネが入っていることがわかる。そこで注射器にバネを入れて、エアポットの仕組みを再現する（図11）。

これで完成したように思えるが、ピストンを押して手放すと、ボコボコという音をする。しかし、エアポットの方は音がしない。そもそも空気がボコボコと入ったら、湯が冷めてしまう。

ボコボコと音がしないようにする必要がある。入ってくる空気が水中に到達しないようにすればよいので、図12のように、ぺらぺらの弁を取り付けるとよい。ピストンを押すときは、容器内が高圧になるので、弁は閉じている。ピストンを引くと、中が減圧になるので、空気が外から入ってくるが、水面に到達する前に弁が開くので、ボコボコと音がしない。

この考えのもとに、実際のエアポットを観察する。しかし、どこにもそういう弁は見当たらず、この構造ではないことがわかる。

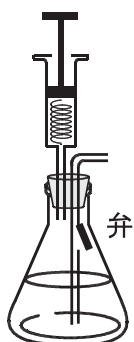


図12 ポットの試作3

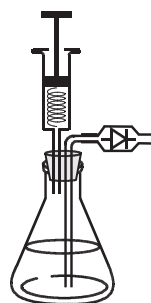


図13 ポットの試作4

ここで逆止弁を使う。しかし、どこに付けるかが問題になる。いろいろな考えを出させ、図を描かせる。図13のように逆止弁を右側に付けるモデルが提案されるが、これでは機能しない。空気は入ってこなくなるが、ピストンが元に戻らなくなる。

空気を外から吸い込む口が、別に必要になる。図14のように、いろいろなモデルが提案される。どれも動作は問題ないが、容器に穴を開けるものや、ガラス管でT字管を作るものは、作成が困難である。そこで、モデル作りでは、図14左のように、プラスチック注射器の側面に穴を開け、逆止弁を取り付ける。これは容易に作成できる。

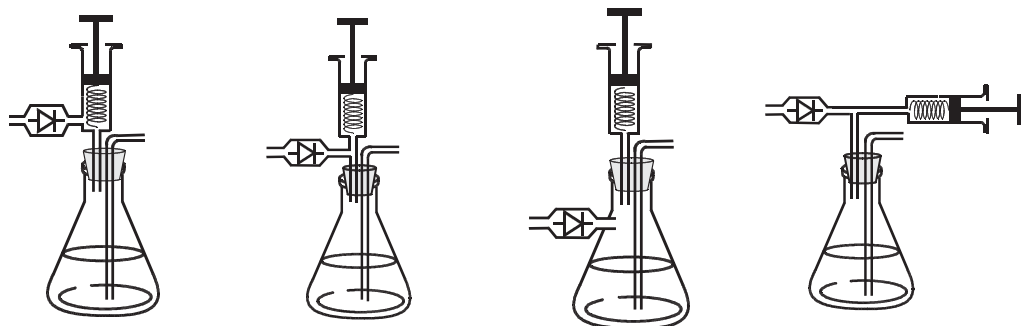


図14 ポットのモデル

実際の構造を調べると、図15のようになっている⁷⁾。弁がピストンのところにある。

小学校の教科書には、弁が付いていないポットの図が描いてある^{3)、8)}。この図を使って、正確な図にするには、どうすればよいかを考えさせることもできる。

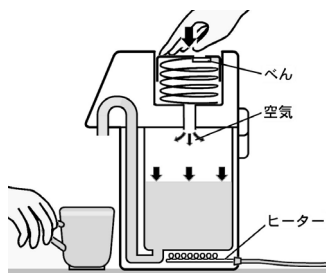


図15 ポットの断面図

3.2 空気入れ

浮き輪に空気を入れるときに使うフットポンプを取り上げる。これは、非常に簡単な仕組みなので、学生だけで解決でき、達成感を与えられる課題である。

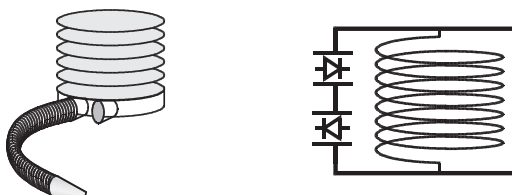


図16 フットポンプとその構造

この構造は、注射器の筒とピストンが一体化したものである(図16)。フットポンプから2つの出口を取りはずし、息を吹き込んで流れを調べる。1つの穴が空気を吸い込み、もう1つの穴が空気を吐き出す。逆止弁をそのように取り付けると、フットポンプになる。これは外見と構造がまさに一致している。

小さな2種のバルーンポンプ(手りゅう弾に似た物と30ml注射器に似た物)を取り上げる。注射器の空気入れには、筒の底に小さな穴が開いていて、構造は図17と考えられる。

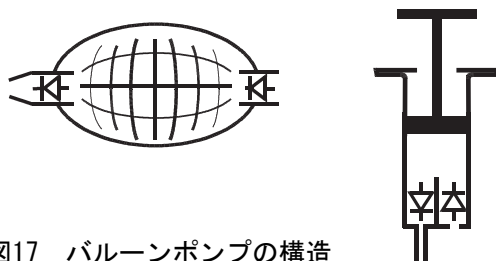


図17 バルーンポンプの構造

実物を分解して確認する。この際、どんな形状の逆止弁が使われているかも調べさせる。ともに非常に薄いゴム板で逆止弁を作っていることがわかる。

ただし、30cm位のバルーンポンプや、浮き輪に空気を入れるダブルアクションポンプは引いても押しても空気が入る。これらの構造は単純ではない。余力のある学生に取り組ませる課題として使える。

4. 類似性の探究

課題として取り上げる日用品が、既にモデル作りが済んだ日用品と類似している場合がある。その場合は、どの日用品と類似しているかを考えさせる。代表的な例を挙げる。

4.1 水鉄砲

プラスチックの水鉄砲を取り上げる。透明な水鉄砲を見せ、中がどうなっているかを観察させる(図18)。

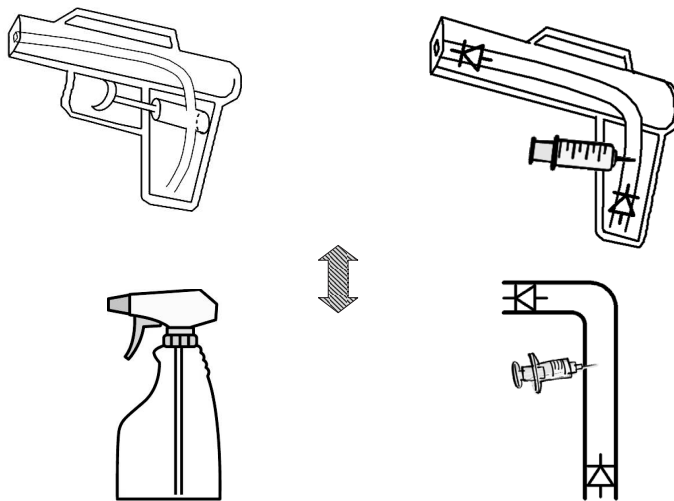


図18 水鉄砲とハンドスプレーの対比

中にポンプが入っていることを確認し、水が出る仕組みから、他の日用品との類似性を発見させる。

水鉄砲の仕組みは、スプレーボトルに使われているハンドスプレーと同じである。ハンドスプレーのレバーが、水鉄砲では引き金になる。実際の水鉄砲では、注射器は内蔵されている。

モデル作りでは、図18を右に90°回転させると、Yの形に近くなり、Y字管を使って図19のように作る。

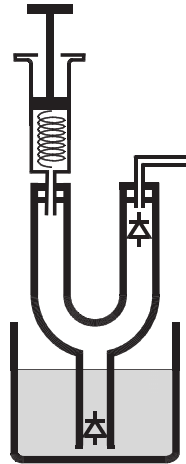


図19 水鉄砲のモデル

4.2 自転車の空気入れ

自転車の空気入れの構造を予想させる。浮き輪の空気入れをもとに考えると、図20であると考えられる。さらに、流れの方向が同じことから、灯油ポンプと類似していると考えられる。空気の注入口を下方に伸ばすと、灯油ポンプと同じ形になる。ただ、移動させるものが空気と液体の違いだけである。

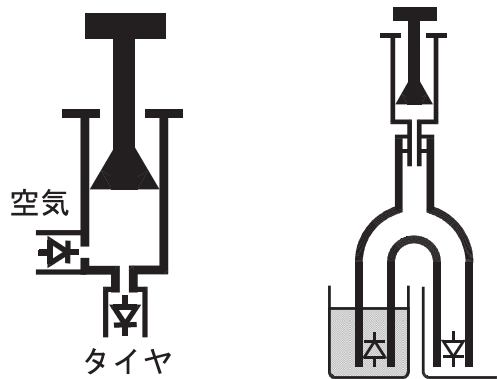


図20 空気入れと灯油ポンプの対比

この予想をもとに、実物の空気入れを調べる。しかし、空気の入る穴は、どこにも見当たらない。プラスチック製の空気入れを分解してそれぞれのパーツをよく調べる。すると、ピストンの頭部に巧妙な仕掛けがあることがわかる。一部欠けた頭部と微妙に動くリングを使った逆止弁が組み込まれている。基本構造は図21になる。

構造が類似しているものは、シャンプーポンプになる。両者の違いは、流れが逆になることと、空気入れの場合、ピストンの周囲から空気を取り込んでいることである。

空気入れのモデル作りは、シャンプーポンプで作ったモデルを使い、逆止弁を逆に取り付けられよい。風船に空気を入れられるかどうかで、うまくできたかどうか分かる。

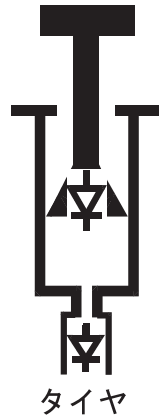


図21 実際の空気入れの構造

5. 授業の感想

授業後に感想を書かせた。主なものを、以下に挙げる。

- 毎日シャンプーを使っているが、その仕組みまでは考えたこともなかった。今まで何げなく使っていた物の仕組みがよくわかった。
- 単に分解して構造を調べるだけだと退屈するが、同じ機能を持つ物を簡単な物から作れるというところが面白かった。
- モデルを作ることで、複雑な構造も簡略化でき、よく理解できた。
- 作ったモデルは、実物とかなり形が違っていた。しかし、仕組みが同じだと、同じように働く。当たり前だが、とても印象に残った。
- 同じ部品で違う物が作れる。これは一石二鳥である。
- 自分たちであれやこれやと考えて解決したので、面白かった。
- 逆止弁には種々の形状があり、製品ごとに使い分けられている。コンパクトに組み込まれていて感心した。
- 電気など理科では目に見えないものが多く、捉えにくい。実験してもよくわからないことがあるが、このポンプの実験は水の流れが目に見え、やっていて楽しかった。
- これまでポンプの付いた製品を見ると、なんとなく不思議に思っていた。しかし、こんなものだと思い、そのままにしていた。今回、体系的に教えてもらい、その仕組みがよくわかった。
- 身近な物を見る目が変わった。どうなっているのだろうかと考えようになった。そのとき、こうなっているはずだ！と予想を立てて考えるようになった。

6. おわりに

ポンプを使った製品を日常生活の中から見出し、その仕組みを探る授業を行った。単に構造を調べるだけでなく、そのモデルを作るところまで行かせた。その際、予想を立ててから、調べるように指導した。

[問題の把握] → [仮説の設定] → [実物の観察] → [仮説の修正] → [実物の分解] → [モデル作り] という一連の過程を踏んで課題に取り組ませた。

授業後の感想より、学生は身近な日用品に興味・関心を示すようになり、科学的な見方・考え方が身に付いたことがわかった。

文献

- 1) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編、実教出版、14-24、2010.
- 2) 三浦登・奥井智久ほか：新編 新しい理科 4下、東京書籍、16-17、2006.
- 3) 掛川一夫：楽しい理科 4年上、信濃教育会出版部、14、2006.
- 4) <http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/2607/SPR/SpPMP.htm>
- 5) 成瀬英明：科学的思考力を育むための中学校理科授業の実践 ～双方向空気入れの仕組みを考える活動を通して～、授業実践記録（理科）、2007、
<https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/j-kadaiscie/0710/index.htm>
- 6) 柿原聖治：灯油ポンプ作りーその仕組みー、物理教育、59(3)、194-195、2011.
- 7) 科学技術振興機構（JST）：理科ねっとわーく、2007、
http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0180a/contents/co02/co0205_e0201.html
- 8) 日高敏隆ほか：みんなと学ぶ小学校理科 4年、学校図書、20-21、2006.

受理日 平成27年3月31日