

理科授業案

授業者

指導教諭

1. 日時 2009年5月25日月曜日

2. 学級 3年

3. 題材名 入浴剤ロケット

4. 題材目標

- (1) 入浴剤ロケットを飛ばし、力の働きについて関心を持つとともに、ロケットの飛ぶ仕組みと他の現象について力の働きの点から考察しようとする。
- (2) 様々な条件での実験、様々な視点からの観察を通し、入浴剤ロケットの飛ぶ仕組みについて理論的、実証的な考察をすることができる。
- (3) 入浴剤ロケットを飛ばす際の条件を変えて実験をすることにより、創意ある実験とその発表を行うことができる。
- (4) 力の作用・反作用の関係を理解し、入浴剤ロケットの飛ぶ仕組み、および作用・反作用の力が関係する他の現象について説明することができる。

5. 題材観

私は一日のうち風呂に入っている時間が最も幸せに感じられる。湯に浸かればどんなに眠気のあるときでも眠気と疲れを忘れさせてもらえる。その風呂の時間を色と香りで楽しませてくれるのが入浴剤である。特に発泡入浴剤は湯に入れると泡を出しながら溶け、見る者を楽しませてくれる。

この発泡入浴剤を用いて面白い遊びができる。フィルムケースに 1 cm^3 ほどの発泡入浴剤と水を仕込みキャップをして地面に設置する。すると二、三十秒後にフィルムケースが3 mほどの高さまで勢いよく飛び上がるのだ。このフィルムケースを用いたロケット(入浴剤ロケット)(写真1)は、発泡入浴剤の反応という身近な化学反応を利用している。

普段私たちは発泡入浴剤が湯船に溶ける様子を何気なく観察していることだろう。しかし発泡入浴剤が水と反応して生じる気体の量は、見かけをはるかに超える量で



写真1 入浴剤ロケットと発泡入浴剤

ある。一般に多く見られる、5 cm 四方で厚さが 2 cm 弱の発泡入浴剤の錠剤 1 つ(40 g)が湯に溶けてすべて反応した場合、どれだけの量の気体が生じるのだろうか。風呂に入った際、湯船にペットボトルを沈め、そこに漏斗を用いて発泡入浴剤から生じた気体を集めたところ、1 L 入りのボトルでちょうど 3 杯の量の気体が集まった。発生した気体の量は常温、常圧で 3 L にも及んだ。約 30 cm^3 の発泡入浴剤から 3 L 近くの気体が生じるので、入浴剤ロケットの 1 回の打ち上げに発泡入浴剤を 1 cm^3 用いるとしてそれがすべて反応した場合、100 mL 近くの気体が生じるといえる。フィルムケース 1 個の容積が約 30 mL であるので、発泡入浴剤の反応によって生じる気体の量は、入浴剤の見かけの体積に比べてずいぶんと大きなことがわかるだろう。

入浴剤ロケットは一見、フィルムケースに発泡入浴剤と水を仕掛けただけの単純なロケットである。しかし実際は奥の深いロケットである。例えばフィルムケースに発泡入浴剤を仕込むときの水の量と飛距離の関係は興味深い。フィルムケースに仕込む水の量を一定にしてフィルムケースに仕掛ける発泡入浴剤の量を増やせば当然入浴剤ロケットの飛距離は伸びるが、発泡入浴剤の量を一定にしてケースに加える水の量を変化させた場合、ロケットの飛距離は単純には決まらない。水の量が少なければロケットの飛距離は伸びず、逆に水の量が多すぎてもフィルムケースの飛距離は伸びない。発泡入浴剤と水との適切な加減が必要となる。

次に、発泡入浴剤と水を仕掛けた後のフィルムケースの置き方によって飛距離の異なる点が興味深い。フィルムケース内の発泡入浴剤および水の量を一定にしてキャップをした同じ条件の 2 つのフィルムケースを用意し、一方はキャップを下にして設置する。(写真 2 (a)) もう一方はキャップを上にして設置する。(写真 2 (b)) するとキャップを上にして設置したロケットは飛距離が伸びるが、キャップを下にして設置したロケットは前者に比べ飛距離が縮まる。この両者では発泡入浴剤と水の反応が同一の条件で起こるのであるが、飛距離は異なる。

さらに、フィルムケース内に仕込む入浴剤と水の反応についても興味深いことが得られる。フィルムケースに仕込む発泡入浴剤と水の量が一定の場合、仕込む水の温度が高いほど発泡入浴剤と水の仕込みからロケットの打ち上げまでの時間は短くなる。また、仕込む発泡入浴剤と水の量が一定の場合、発泡入浴剤を塊の状態で仕込んだ場合に比べ、砕いた粉の状態で仕込んだ場合の方が発泡入浴剤と水の仕込みからロケットの打ち上げまでの時間は短くなる。

発泡入浴剤は水の中でどのような反応をするのだろうか。発泡入浴剤を水に入れたときに生じた気体を石灰水に通したところ、石灰水が白濁した。発泡入浴剤を水に入れて生じた気体は二酸化炭素であると確認できた。入浴剤には主な成分として炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) とフマル酸 ($\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$) が含まれている。炭酸水素ナトリウムは膨らし粉として使われるベーキングパウダーあるいは掃除に使われる重曹の成分と同じ成分であり、食品にはラムネにも使われている。発泡入浴剤が水と触れると泡を生じるのは、水中で炭酸水素ナトリウムがフマル酸と反応して

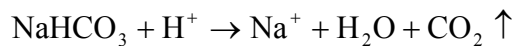


(a) (b)

写真 2 フィルムケースの設置方法

(a)はキャップを下にした場合
(b)はキャップを上にした場合

二酸化炭素が生じるためである。その反応は次の式で表される。



発泡入浴剤が固形の状態では炭酸水素ナトリウムとフマル酸の反応は起こらない。発泡入浴剤が水に溶解すると、溶液中で固形のフマル酸から水素イオンの解離が起こる。この水素イオンが炭酸水素ナトリウムと反応することにより、二酸化炭素が生じる。

入浴剤ロケットが飛ぶのは、フィルムケースから押し出される溶液とフィルムケースの間に作用・反作用の力が生じることによる。フィルムケース内で二酸化炭素が発生することにより、ケース内部の圧力が高まると、フィルムケース内の溶液がフィルムケースの外側に対してキャップを押す力、つまり「作用」の力が生じる。それに対し、フィルムケースのキャップからは、フィルムケース内の溶液、気体に対して押し返す力、つまり「反作用」の力が生じる。(図1) ロケットはこの反作用の力を受けることで飛び上がることができる。

作用の力、反作用の力は互いに逆向きであり、力の大きさは等しい。フィルムケース内の溶液とフィルムケースの間で生じる作用・反作用の力は互いに逆向きであり大きさは等しいので、フィルムケース内の圧力が高まっても、溶液がフィルムケースを押す力(作用の力)とフィルムケースが溶液を押し返す力(反作用)の間で力の釣り合いが生じてフィルムケースは静止し続けるように見える。しかしここで重要なことは、作用・反作用の力は2つの物体に対して別々に働くということであり、力の釣り合いとは異なることである。

力の釣り合いは、1つの物体に対して大きさが等しく向きが反対の2つの力が働くことによる。綱引きの綱に注目すると理解しやすいだろう。綱引きでは1つの物体、つまり綱に対して2方向に力が働く。綱の両側を互いに同じ力で引き合えば、綱には力の釣り合いが生じるので綱は動かない。

一方、作用・反作用の力の場合、2つの物体に対して互いに別の力が働く。作用・反作用については泳ぐときのことを思い浮かべるとわかりやすい。水中で水をかけば、水をかけた方向と反対方向に体が動く。自分の体が水を押しせば、水に対して作用の力が働く。一方、水が自分の体を押し返せば、自分の体に対して反作用の力が働く。この際の作用・反作用の力は、それぞれ「水」と「自分の体」という2つの異なる物体に対して働く。この点が力の釣り合いの場合とは異なる。

1つの物体に対し、大きさが等しく向きが反対の2つの力が働けば力の釣り合いが生じる。その場合、それらの2つの力は互いに打ち消しあう。一方、作用・反作用の力は、作用が及ぶ物体と、反作用が及ぶ物体の2者に対してそれぞれに対して別々に生じる。作用・反作用の力は、対になる2つの物体に対して個々に働く力であり、作用と反作用の力が互いに打ち消されることはないのだ。

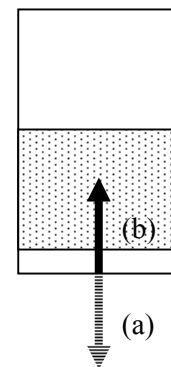


図1 ロケットに生じる作用・反作用の力

- (a) 溶液がフィルムケースを押す力(作用)
- (b) フィルムケースが溶液を押し返す力(反作用)

子どもたちは、単純な作りでありながら奥の深い入浴剤ロケットの打ち上げを楽しんで取り組むことができるだろう。そしてロケットの飛ぶ仕組みを考えることを通して、力の概念について理解して行くことだろう。運動とエネルギーの分野で扱われる力、運動、エネルギーなどは形を持ったものではなく、それ自体を実際に目で確認することはできない。力の概念は抽象的なことであり理解しにくいことではあるが、物理分野での力学の基礎となる重要な概念である。入浴剤ロケットの打ち上げを通し、実感を伴いながらその概念の一つを学ぶことのできるどころがこの題材の面白い点であろう。

入浴剤ロケットの打ち上げを通して力の作用・反作用を学ぶことにより、子どもたちはさらに「フィルムケースを設置するときキャップの上下を変えると飛距離が変わるのはなぜだろう」「水が多すぎても少なすぎても飛距離が伸びないのはなぜだろう」といった新たな疑問についての追究、解明につなげることができる。目に見えない力の世界を入浴剤ロケットの発射という実感のあるものでとらえ、さらに掘り下げて行くことができる。

子どもたちが身近な現象についての仕組みを力の観点から考えることのできるよう働きかけをし、力の概念を導入して現象を理解することの面白さを子供たちと感じ取って行きたい。

6. 子どもの実態

全体として学習習慣の身につけている生徒が多く、教科書の基本的な事項については理解している生徒が多い。実験・観察を行うと子どもたちはこだわりを持って追究に取り組むことができる。子どもたちは授業者が特に指示をしなくとも、自らテーマに関して自分なりの疑問を持ったり追究したい課題を見出したりできる。授業者の示した既存の方法にとらわれることなく、自分たちで課題を解決するための方法を工夫して意欲的な姿勢で理科の実験、観察に取り組んでいる。実験ではある2つの条件のうち片方を固定し、もう一方の条件だけを変更して2者の因果関係を調べるといった探求的な手法を自ら考えて実行する生徒も見られる。理科の授業で扱われる内容は中学校で扱う範囲にあるが、子どもたちが題材について鋭い着眼点を持っている点と課題を解決するために手法を工夫する姿には、大学で科学の研究に携わっている者が持っているのと同じ高度な探究心が見受けられる。

7. 単元の指導計画

入浴剤ロケットを打ち上げよう 1時間

こだわりを持って入浴剤ロケットの打ち上げを観察しよう 2時間

ロケットの飛ぶ仕組みを力の面から明らかにしよう 2時間（本時は第1時間目）

ロケットの飛ぶ仕組みを考え、力の作用・反作用について理解する 2時間

8. 本時の指導

(1) 本時の目標

フィルムケースへの入浴剤と水の仕込みから入浴剤ロケットが飛ぶまでの過程を具体的に考え、

ロケットが飛ぶ際のフィルムケースにおける力の働きについて明らかにすることができる。

(2) 指導過程

時間	予想される生徒の活動・授業者のはたらきかけ(*)
15分	<p style="text-align: center;">追究内容の発表と共有</p> <div style="border: 1px dotted black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>前回の追究により、入浴剤ロケットの飛ぶ仕組みについて発見したことは何だろう。 (*)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ◆入浴剤と水に関係すること <ul style="list-style-type: none"> ・入浴剤を水に入れて発生した気体を石灰水に通したところ白濁した ・ケースに入浴剤と水を仕込んでからキャップをするまでに時間がかかるとフィルムケースは飛ばなかった ・入浴剤、水を仕込むとき、最適な量の組み合わせがある ・入浴剤を塊ではなく砕いたものを用いると短時間で飛んだ ・水ではなく湯を使うと短時間で飛んだ ◆フィルムケースとその飛行に関して <ul style="list-style-type: none"> ・仕込む水の量が多い場合も少ない場合もロケットの飛距離が伸びなかった ・ロケットの飛ぶ前にフィルムケースが膨らんでいた ・フィルムケースを横向きにして設置したところ、ケースの筒の部分とキャップの部分の両方が飛んだ
25分	<p style="text-align: center;">入浴剤ロケットの飛ぶ仕組み</p> <div style="border: 1px dotted black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>入浴剤ロケットの飛ぶとき、フィルムケースでは何が起きているのだろう。 (1) 入浴剤・水を仕込んでから発射する直前まで (2) 発射の瞬間</p> <p>の場面において、フィルムケース、水、発生した気体はそれぞれどのような働きをして入浴剤ロケットの打ち上げにつながるのだろうか。 (*)</p> </div> <p>(1) 入浴剤・水を仕込んでから発射する直前まで</p> <ul style="list-style-type: none"> ・入浴剤と水が反応して二酸化炭素が生じる ・二酸化炭素によってフィルムケース内部の圧力が高まり、二酸化炭素と水がフィルムケースを内側から外側へ押す ・フィルムケースのキャップが押されていても、キャップはその力に耐えているのでフィルムケースは飛ばない <p>(2) 発射の瞬間</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二酸化炭素によってフィルムケース内の水がフィルムケースのキャップを押し出す ・圧力が高まり、キャップはその力に耐えることができなくなるのでフィルムケースのキャップと筒の部分が外れる ・フィルムケースが地面を押し、フィルムケースは地面から押し返されるのでロケットが飛ぶ

10
分

作用・反作用についての理解

ある物体が別の物体を押すとき、それら 2 つの物体にはどのような力が働いているのだろう。(*)

- ・ 物体 A が物体 B を押すと、A が B を押す力と同じ大きさの力が B から A にかかる

入浴剤ロケットの飛ぶときの力の働き方と同じように、作用・反作用の力の働く現象は他にどのようなものがあるのだろう。(*)

- ・ 手足を使って水をかけば、自分の体が進む
- ・ バットでボール打つとボールが打ち返されて飛ぶ
- ・ 足が地面を押し自分は地面から押し返させるので、歩くことができ進む

次の時間に向けて、

「物体 A が物体 B を押すとき、物体 A と B との間で力がどのように働いているか考えて行こう」(*)