

ものが水に浮くしくみを理解します
浮沈子で確かめよう(発展)

海を船が進み、空を飛行機が飛んでいます。日常はほとんど意識しないですが、地殻だってマントルの上にあります。人間が持ち上げることが不可能な物体が、なぜ浮かんだり、飛んだりしているのでしょうか。浮沈子を製作して、容器内の水の中にある浮沈子の動きを観察しながら、これらの不思議な現象を考えれば、船や飛行機などが身近に感じるのではないのでしょうか。ここでは、圧力変化による浮沈子、温度変化による浮沈子などの製作と理論について説明します。また、温度による液体の密度変化を利用した浮沈子による温度計についても紹介します。

1 圧力変化で浮き沈みする浮沈子の製作

(1) 準備するもの

タレ瓶(お弁当などに入っているソースなどの容器)
3個程度

ステンレスの6mmナット

炭酸飲料用ペットボトル(500mL) 1個

水槽 または 開口部の大きいガラス瓶



(2) 浮沈子の製作

タレ瓶のふたを取り、ネジ部にステンレスナットをねじ込む。

水槽に水を張り、その中でタレ瓶に適量の水を吸わせる。

タレ瓶内の水の量を調節して、丁度良い浮き具合にする。

・浮沈子は、すぐにペットボトルに入れることなく、必ず、水槽や大きい瓶の中で調節する。

・水面すれすれに浮いているように浮沈子内の水の量を調節する

気温の変化等で浮沈子の浮き具合が変化してしまったときには、とり出して再調節が必要になることがある。

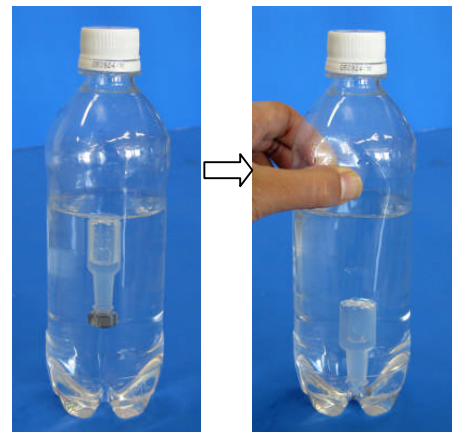
ペットボトルの6～8分目まで水を入れ、その中に浮沈子を入れる。

ペットボトルのふたをしっかりと閉める。



(3) 浮沈子の観察

右図のように、浮沈子が浮かんでいるペットボトルを押しつぶすと、浮沈子内の空気が収縮し、浮沈子内に水が入り込み沈んでいく。浮き具合の異なる浮沈子を数個入れておけば、加える力の強弱で沈む浮沈子の数をコントロールすることができる。



2 温度変化で浮き沈みする浮沈子の製作

(1) 準備するもの

- ふた付き透明ガラス瓶（100～150mL） 1個
- ガラス玉（透明ガラス瓶の開口部よりも小さいもの）
5個～10個
- 画びょう または 押しピン 1個
（透明のガラス瓶のふたに穴を開けるため）
- ガラス容器（ふた付きガラス瓶が入るもの）2個
- スポイト
- 湯，水，氷，バケツ



(2) 浮沈子の製作

- ふた付き透明ガラス瓶のふたの中心部に押しピンで穴を開ける。
- ガラス瓶の中にガラス玉を6個入れ，穴を開けたふたを閉める。
- ガラス瓶の中に水を1/3程度入れる。

(3) 浮沈子の調節

- 10 程度の冷たい水を入れたバケツで，浮沈子（ビー玉を入れたガラス瓶）がゆっくり沈むようにガラス瓶の中の水の量をスポイトなどで調節する。
- バケツの水をガラス容器に入れて，さらに浮沈子も入れる。(右図)
- 60 程度のお湯を入れたガラス容器を別に用意する。
- 10 程度の冷たい水の中の浮沈子を取り出す。
- とり出した浮沈子を，お湯の入ったガラス容器に入れて，しばらく待つ。



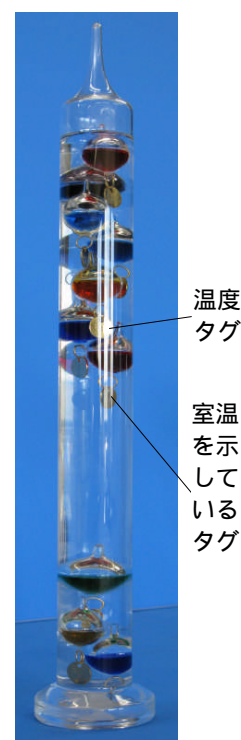
(4) 浮沈子の観察

- ガラス瓶内の空気の温度が上がると，空気が膨張して，ガラス瓶の中の水を押し出す。押し出された水の質量だけ浮沈子の全体の質量が軽くなるので，浮沈子が浮き上がる。

3 気温による液体の体積変化を利用した温度計

右図の市販されているガリレオ温度計のように，質量と体積が一定に保たれている浮沈子を，液体の入った密閉容器に入れ，浮沈子の浮き沈みでおよその気温が分かる温度計がある。このタイプの温度計は，浮沈子がおしのけた液体の体積は一定であるが，おしのけた液体の質量が増減することで浮沈子の受ける浮力が変化し，浮きやすさが変わるものである。

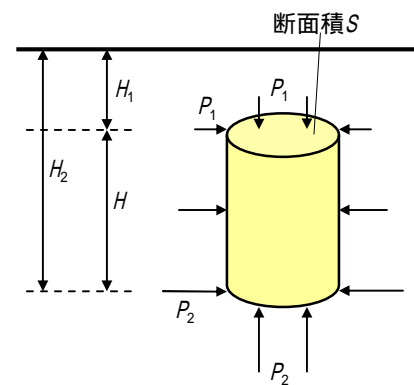
温度変化による膨張率が大きい物質が，浮沈子を浮かべる（沈める）液体として適している。また，取り扱いの安全性などにも配慮が必要なため，水よりも膨張率の大きなパラフィンなどが使われることが多いようである。



ものが水に浮くしくみ(浮力)

(1) はじめに

紀元前3世紀、ギリシャのアルキメデスが「水中の物体は、その物体がおしのけた水の重さだけ軽くなる。(水から浮力を受ける)」ということを発見しました。これが「アルキメデスの原理」と呼ばれるものです。お風呂に入っているときやプールの中で立っているときに、体が軽くなったように感じますよね。「軽くなる」ということは、「重さを支える力がはたらいている」ということです。では、「重さを支える力」は、どうやって生まれているのでしょうか？

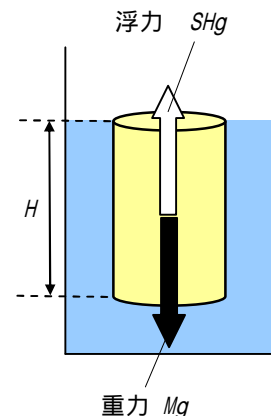


(2) 圧力による浮力の説明

右図のように、水中にある物体は、まわりから水圧を受けており、深いところほど水圧が大きくなっています。また、水圧は同じ深さではどの向きにも大きさが等しいので、水中の物体の側面が受ける水からの力は同じ深さでは常につり合っています。このとき、物体の上面を押す力の大きさ F_1 と、下面を押す力の大きさ F_2 の差 $F_2 - F_1$ が浮力の大きさとなります。

$$F_2 - F_1 = P_2 S - P_1 S = \rho H_2 S g - \rho H_1 S g = \rho (H_2 - H_1) S g = \rho H S g = \rho V g$$

ここで、 ρ は水の密度、 g は重力加速度ですから、求めた浮力の大きさ $\rho V g$ は、物体がおしのけた水の重力の大きさとなっています。



(3) 物体が沈むためには？

水中の物体には、重力と浮力がはたらいています。右図のように水面すれすれの物体が沈むためには、重力が、浮力よりも大きければ沈むことになります。

$$Mg > \rho S H g$$

$$\rho_{物} S H g > \rho S H g$$

$$\rho_{物} > \rho$$

ここで、 $\rho_{物}$ は物体の密度ですから、密度が一定の物体では、物体とまわりの物質との密度の大小のみが要因となります。

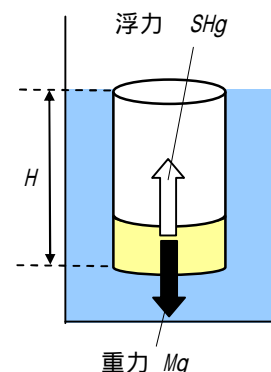
(4) 浮沈子が浮くためには？

浮沈子は、内側に空洞があり密度は一定ではありません。このような浮沈子が水面ぎりぎり浮かんでいるときには、浮沈子の質量 M (容器+水+おもり)と浮沈子がおしのけた水の質量が等しくなっています。

$$Mg = \rho S H g$$

$$M = \rho S H$$

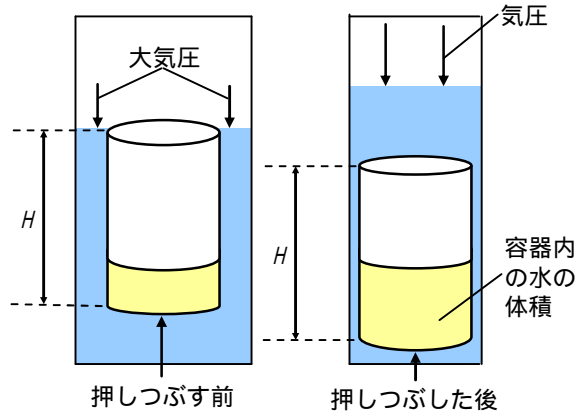
この状態で、浮沈子の中の水の体積が増えると浮沈子の質量が大きくなり、浮沈子が沈んでしまいます。



(5) 圧力変化で浮き沈みする浮沈子のしくみ

密閉したボトルを押しつぶすことでボトル内の空気が圧縮され、大気圧(1気圧)よりも大きくなります。ボトル内の水は大気圧よりも大きな圧力を受けるため、浮沈子内の空気にかかる圧力も大きくなり、浮沈子内の空気が縮み、浮沈子内に水が入り込みます。

このことにより、浮沈子全体の質量が、浮沈子の大きさ(体積)と同じ体積の水の質量より大きくなり、浮いていられなくなり沈むのです。

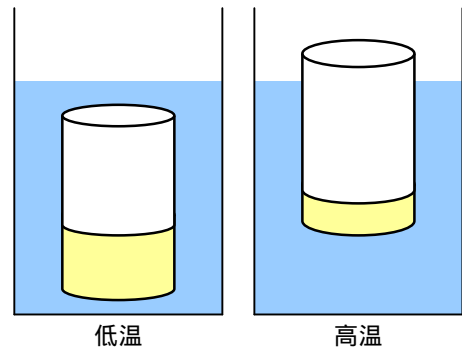
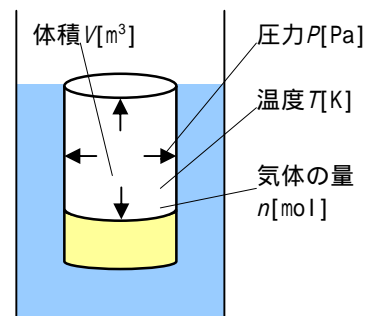


(6) 温度変化で浮き沈みする浮沈子のしくみ

常温(20 前後)において、空気は理想気体(気体分子に大きさがなく、分子間力ははたらない気体)として考えることができます。このため、気体定数を R [J/mol・K] として、気体の状態方程式が成り立つと考えて良いのです。

$$PV = nRT \quad V = \frac{nRT}{P} = kT$$

摂氏温度が 1° 上昇すると、絶対温度も 1 K 上昇するため、温度が 1° 上昇すると体積が約 0.3% 程度増加します。温度が上がり浮沈子内の空気が膨張するため、浮沈子内の水が押し出され、浮沈子全体の質量が減少して浮力の方が大きくなり、浮きやすくなります。このとき、水も微妙に膨張し密度が変化しますが、空気の膨張の $1/10$ 以下になっています。水の密度が小さくなることによる影響よりも空気が膨張して浮沈子全体の質量が減少する効果のほうが大きいので、温度が上昇すると浮沈子は浮きやすくなります。



(7) ガリレオ温度計のしくみ

右表は、温度が $0 \sim 90$ までの、水と水銀の密度を示したものです。

一般に、身の回りの物質は温度が上がると、組成粒子の活動が激しくなるため、右表のように、密度が小さくなります(ただし、水は 4 で密度が最大になります)。

例えば温度が 20 のとき、質量 M の球体が、水や水銀などの液体表面に浮かっていると仮定すると、そのときのつり合いの関係は、

$$Mg = \rho_{20}SHg$$

となり、重力と浮力がつり合っています。この液体の温度が上昇して、液体の温度が 40 になるとすると、重力と浮力の関係は、

$$Mg = \rho_{20}SHg > \rho_{40}SHg$$

となり、質量 M の球体は沈むこととなります。

温度 ()	水 (g/cm ³)	水銀 (g/cm ³)
10	0.99970	13.5705
20	0.99820	13.5459
30	0.99565	13.5214
40	0.99222	13.4970
50	0.98804	13.4726
60	0.98320	13.4483
70	0.97777	13.4240
80	0.97180	13.3998
90	0.96532	13.3756