

## § 1.8 流体の静力学

水や空気は固体と異なり、決まった形をもたず、外力を加えると流れていくので、液体と気体をまとめて流体とよんでいる。しかし、同じ流体でも、液体は一定の体積を持っているが、気体は一定の体積をもっていない。

気体は、分子間に結合力がなく、分子は互いに自由に飛び回っているため、容器内では、多数の気体分子が絶えず壁面に衝突して、力を及ぼしている。壁面の単位面積当たりのこの力が気体の圧力である。

一方、液体の中の静水圧は図 1 - 74 に示すように、水中の至る所で、下向きに働くばかりでなく、上向き、前後、左右にも同じ強さで等方的に働いている。これは、机の上に置いた物体が底面にだけしか圧力を及ぼさないのとは、大きく異なる。

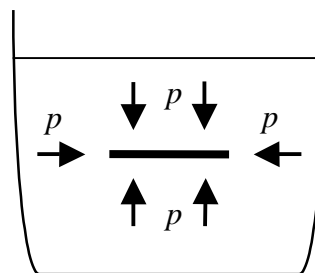


図 1 - 74 静水圧の等方性

面積  $S$  [m<sup>2</sup>] に加わる力を  $F$  [N] とすると、単位面積当りに働く力  $p$  [N/m<sup>2</sup>] を圧力の強さ、または圧力という。これに対して、圧力と面積の積  $pS$  を全圧とよび、 $F$  で表す。

$$p = \frac{F}{S}$$

### 深さと圧力の関係

図 1 - 75 のように、密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] の液体の中で、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>]、高さ  $h$  [m] の液柱を考えると、液柱の上面には下向きの力  $p_1S$  が、底面には上向きの力  $p_2S$  が働き、液柱自身には重力  $\rho ghS$  が下向きに働く。液柱が静止していることから、この 3 つの力はつり合っているため、次式が成り立つ。

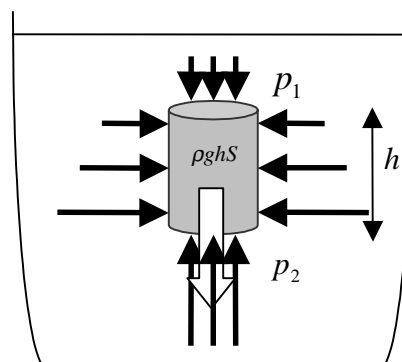


図 1 - 75 静水圧の変化

$$p_1S + \rho ghS = p_2S \qquad p_2 = p_1 + \rho gh$$

したがって、深さが  $h$  だけ深くなると、圧力は  $\rho gh$  だけ高くなり、底面積  $S$  には関係しない。よって、液面から深さ  $h$  の点の圧力  $p$  [N/m<sup>2</sup>] は次式で与えられる。

$$p = \rho gh$$

液面に大気圧のような外圧  $p_0$  が働いていると、深さと圧力の関係は

$$p = p_0 + \rho gh$$

で与えられる。

**圧力（水圧）は深さに比例して増大する。**

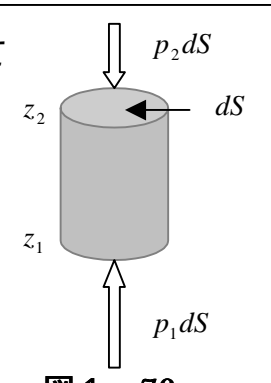
水中にある右図のような物体において力の釣り合いを考えると、

$$p_1 dS = p_2 dS + \rho g (z_2 - z_1) dS$$

これより

$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2 = \text{const}$$

**パスカルの原理**



The diagram shows a vertical cylinder partially submerged in water. The top surface is at height  $z_2$  and has a downward pressure force  $p_2 dS$ . The bottom surface is at height  $z_1$  and has an upward pressure force  $p_1 dS$ . A small area element  $dS$  is indicated on the top surface.

図 1 - 76

### 8 A) 浮沈子

ゴム膜を指で(強く)押すと、試験管が沈み、指を離すと浮き上がってくる。

原理: ゴム膜を押すとシリンダー内部の圧力が上昇し、この圧力が試験管にも伝わり、試験管内の空気が圧縮されその分水が入り込む。水が入り込んだ分、浮沈子が実質的に重く(浮力が小さく)なり、沈む。

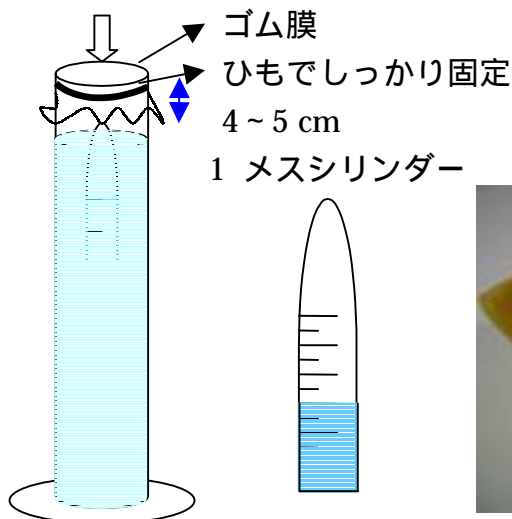


図 1 - 77



図 1 - 78 浮沈子

### 8 B) 管をつなぐと容器の水は速く流れ出る?

底の部分に水の出口がある容器の中の水をできるだけ早く出すにはどのようにすればよいだろうか?

**答え:** 出口の部分にホースをつなげる。  
(先端は出口より低い位置にすること)  
**ホースが長いほど水は速く流れ出る。**



**理由:** ホースが長いほど、高低差ができ出口

図 1 - 79 流水時間測定用容器

の圧力が高くなるので、水はより速く流れ出る。

< 確認方法 >

まず、容器の蛇口を開いたときに一定量の水が流出する時間を測定する。次に蛇口部分にホースをつなげて同様の実験を行う。

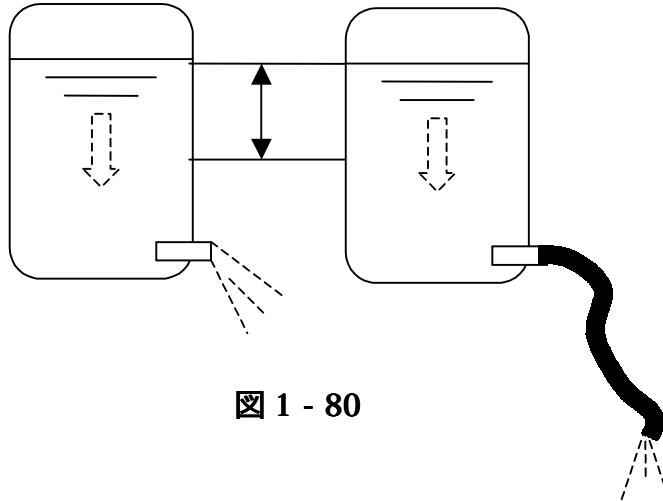


図 1 - 80

### § 1.9 表面張力と毛管現象

**表面張力**：液体が持っている表面をできるだけ小さくしようとする性質。

液体の分子間力(凝集力)が、その表面でとぎれてしまい、その結果分子を内側に取り込もうとする力になったもの。

液体の表面に並行に液面上の単位長さの線に直角に働く応力として表される。

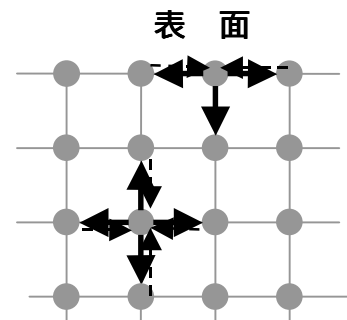


図 1 - 87 表面張力

赤い力が残り、この結果表面ができるだけ小さくなるような形状をとることになる。

#### 定義

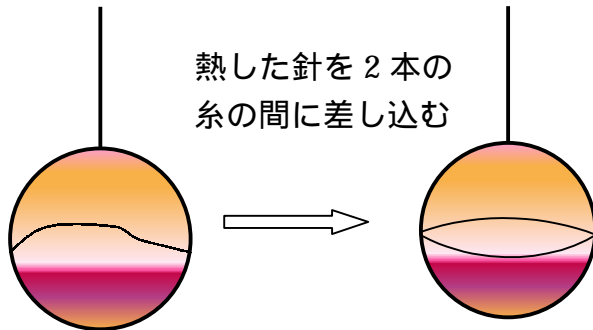
液体の表面積を  $dS$  だけ増やすのに必要な仕事を  $dW$  としたとき

$$dW = T \cdot dS$$

このときの  $T$  を表面張力という。 単位：[N/m] (単位長さあたりの力)

## 9 A) 石けん膜の作る最小表面積

### (1) 円環内に張った糸



糸は上下方向に分かれる。  
中央部分は空洞になるが、上下部分は石けん膜が張っている。

図 1 - 88

### (2) 針金で作ったいろんな形状にできる石けん膜



図 1 - 89



図 1 - 90



図 1 - 91



図 1 - 92



図 1 - 93

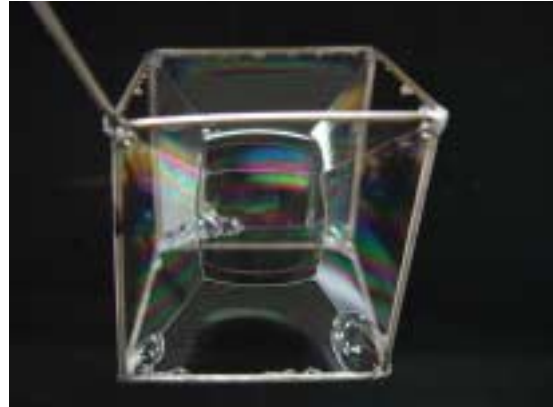


図 1 - 94

すべての場合において、**表面張力**によって表面積が極小になるように石けん膜ができる。

### 9 B) 屏風 < 毛細管現象 >

くさび型にした2枚のガラス板の間に吸い上げられる水。

図 1 - 95 のように変数を定めると、ガラス間の間隔  $d$  と液面の高さ  $y$  は

$$d = 2x \tan \alpha \quad y = \frac{2T \cos \theta}{\rho g d}$$

と表される。これらより  $d$  を消去すると

$$xy = \frac{T \cos \theta}{\rho g \tan \alpha}$$

となり、**双曲線**になることがわかる。

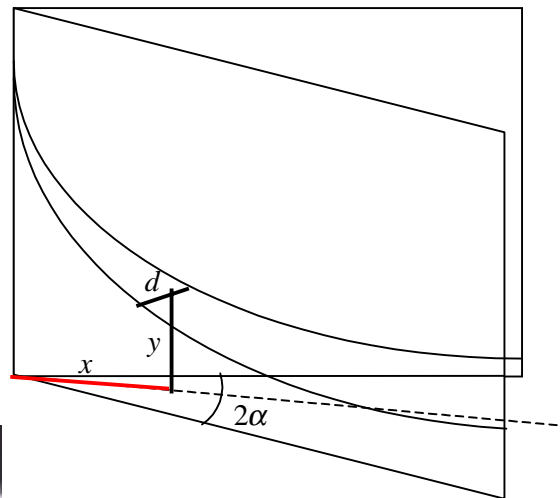


図 1 - 95

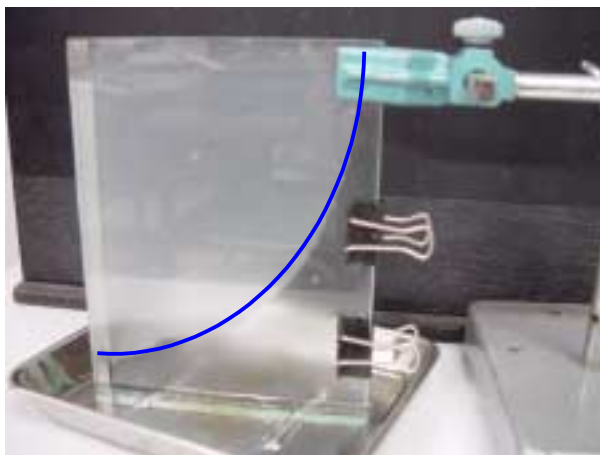


図 1 - 96