

逆さコップと大気圧

山本明利 (神奈川県立西湘高等学校／横浜物理サークル)

【逆さコップの実験・初歩の初歩】

コップに水を入れ、板目紙（葉書程度の厚紙でもよい）でふたをして逆さにし、紙を支えていた手を放します。水はこぼれません。不思議ですね・・・というのはよく知られた初歩的な科学マジックです。大気圧の存在を示す実験として、RikaTanの読者なら誰でもご存じでしょう。

「えー、どうして水が落ちないの。」という子どもの問いには、「コップのまわりには目には見えないけど空気があって、その力で下から支えられているんだよ。」という説明をするのがスタンダードです。厚紙を境に水圧と大気圧がつり合っているのです。厚紙をサララップに代えてみると、境目はブヨブヨしていて大きな圧力差はないことがわかります。

ここまでを初歩の初歩として、以下では意外と奥深いこの現象の発展型を研究してみましょう。

【コップはどこまで長くできるのか】

まず大気圧の基本をおさらいしましょう。標準大気圧は  $1\text{atm} \doteq 1013\text{hPa} \doteq 1033\text{gw/cm}^2$  ですから、1平方センチメートルの上に約1kgの物をのせたぐらいの圧力です。水の質量は  $1\text{cm}^3$  あたり1gですから、上記の圧力は10.33mもの高さの水柱がその底部におよぼす圧力と同じです。言い方を変えると大気圧は約10mの水柱を支えることができるほど大きな圧力なのです。

千葉の越市太郎さんは長さ2mの塩ビ管を使って大がかりな逆さコップの演示をしています。原理的には10mの長さでも逆さコップの実験は可能です。

【紙に穴をあけたら？】

さて、ふたの板目紙に千枚通しなどでブツブツと穴をあけてみましょう。穴だらけの厚紙で水入りコップにふたをして逆さにし、手を放すと・・・やは

り水は落ちないのです。よく観察すると、それぞれの穴のところで空気が入りかかって止まっています。水の表面張力が空気の侵入をくい止めているのです。逆さコップで水圧と大気圧のバランスが保たれるためには、空気が侵入しないことが条件です。

【水も漏らさぬザル】

ザルといえば、素通しの代名詞。しかし、うらごし器のような網状のものでも逆さコップを実現することができます。写真のとおり下が網でも逆さになったコップからは水がこぼれません。水の表面張力のおかげで空気と水の境目の安定が保たれているのです。網の目はかなりあらくとも大丈夫です。



コップの口にあらかじめ網を接着してしまうと、ちょっとしたマジックになります。透明なプラスチックコップの口に、流しの水切りネットのような、なるべく目立たない細い糸で編んだネットを接着剤ではりつけてしまいます。たるみやしわができないようにぴんとはってください。はみ出したところはていねいに切り取ります。

このコップはネットを通して水を出し入れできます。水を満たし、はじめは板目紙でふたをして逆さにし、手を放して見せて普通の逆さコップだと思わ



せませす。一呼吸おいてから、その板目紙を水平に引き抜いてしまうのです。それでも水はこぼれませんが、観客は驚きます。近くでよく見るとネットがあるのがわかりますが、少し離れたところで堂々とやると、観客には意外とばれないものです。

#### 【逆さ試験管の実験】

逆さコップのふたは穴あきでも構わないことがわかりました。ではその穴はどこまで大きくできるのでしょうか。身近な容器を思い出してください。目薬の点眼ビンやスポイト、タバスコの容器などは逆さにしても中の液体はこぼれませんか。表面張力による圧力（ラプラス圧）は半径に反比例するので、小さい穴なら水と空気の境界の安定を保ちやすいのです。PET ボトルの口ぐらいの穴になると水は必ずこぼれます。この間のどこかに限界があるはずですよ。

細い試験管なら、逆さにしてそっとふたをとりはずすと写真のようにふたなしで水を宙づりにできます。水面を境に大気圧と水圧がつりあっているのです。

水面の微妙な安定に表面



張力が弱いながらも一役買っていることは、水面の形を見るとわかります。外径 10mm 以下の試験管なら比較的簡単にできますからチャレンジしてみてください。17mm が限界だといわれていますが、10mm をこえるとかなり熟練を要するようになります。

#### 【水中逆さコップの実験】

コップの内外の水と空気をいれかえてみると、またおもしろい現象が観察できます。空気を入れて水中にふせたコップは手を放せばすぐに浮き上がってひっくり返ってしまいます。では、このプラスチックコップの底に 5 mm ぐらいの穴をあけておいたらどうでしょう。

穴を指でふさいでふせたコップを水槽の底に沈め、指をはずすと穴から空気が漏れます。この状態で手を放すと・・・あら不思議！コップは浮かんできません。空気はたっぷり入っているのに・・・とても奇妙な感じがします。天井の穴のところで空気と水の圧力がほぼつりあっているのでコップは押し上げられないのです。穴の数を増やすなどしていろいろ楽しんでみてください。



#### 【参考文献】

- 1) 佐々木恒孝「さかさコップとさかさ瓶の実験」化学と教育第 35 巻 5 号(1987)
- 2) 山本喜一「いろいろな逆さコップの実験」化学と教育第 47 巻 10 号(1999)
- 3) 山本明利「不思議な水中逆さコップ」  
[http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/labo/sakasa\\_w.htm](http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/labo/sakasa_w.htm) 横浜物理サークル YPC ニュース No.136(1999)