

# 1992年のサイエンスショウ

小野昌弘 寒川隆 斎藤吉彦

大阪市立科学館

## 概 要

1992年にサイエンスショウ(約20分の演示用実験)として「ミクロの世界」「浮力」「作用・反作用」の演示用実験を作成し実施した。ここにその内容を報告する。

### 1. はじめに

1992年サイエンスショウは

- (1) CCDカメラを使って、様々なものを顕微鏡観察する「ミクロの世界」(6~8月)
- (2) アルキメデスの原理を実験により確認する「浮力」(9~11月)
- (3) 作用反作用の法則を様々な現象から解説する「作用・反作用」(12~2月)を実施した。以下にそれぞれの演示内容を紹介する。

### 2. ミクロの世界

#### [1] 主な内容

- (1) CCDカメラを使用していろいろなものを見てもらう。
- (2) 紙すきの実演
- (3) 銀樹の結晶成長

#### [2] 実験概要

- (1) ① CCDカメラを使い小さい人形、ハンカチ、葉脈等をテレビモニターに映し出し観察してもらう。  
② 顕微鏡に接続してあるCCDカメラを使用してボールペンのペン先を拡大し(5~80倍)、紙をあてボールの動きを観察してもらう。
- (2) ① 牛乳パックをあらかじめパルプ状にしたものを用意しておき市販の紙すき器を使用して抄紙する。タオル等で余分な水分を吸い取り、アイロンを使用して脱水し再生紙を完成させる。完成した紙の表面を顕微鏡で観察してもらう。(写真2-1)
- (3) ① 塩の飽和溶液を用意しておきドライヤーで熱風を送り塩の結晶を析出させる。  
② スライドガラス上に1.5cm程度の銅線を貼っておき1Mの $AgNO_3$ を1~2滴滴下し、銀樹の結晶成長を観察する。(写真2-2)

#### [3] 解説内容

- (1) ① CCDカメラの性能について。

- ②ボールペンのペン先についているボールの回転によりインクが外にでてきて文字が書ける等の説明。
- (2) ①紙の構成状態の説明（繊維同士の絡み合い、繊維の水素結合）及び再生紙の作り方の概略。
- (3) ①ミクロの世界の接着剤ということで水素結合の説明を行ったことに引き続き他の化学結合の名称をあげイオン結合を塩（塩化ナトリウム）の例を用いて説明する。
- ②「イオン化傾向」という言葉を用いなくて、銀よりも銅のほうが溶けやすいためこのような現象がおきるという程度にとどめた。



写真 2 - 1. 再生紙の表面（40倍）

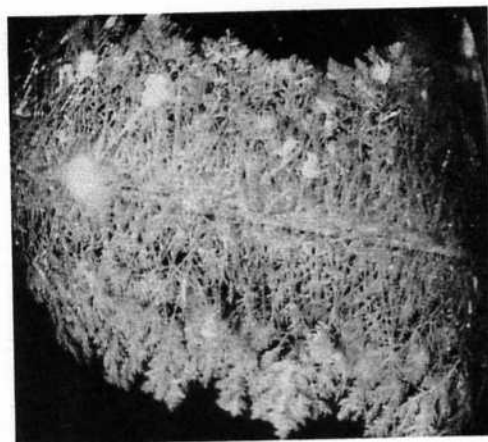
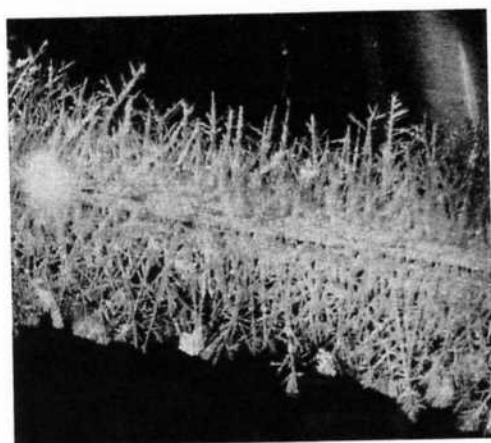


写真 2 - 2. 銀樹（40倍）

#### [4] 考察・感想

- (1) ①CCDカメラを使い人形等の拡大した部分をモニターに映しクイズ形式にしたところ、

子供たちの関心を集められた。また葉脈についての反応も高く、ラミネートしてある実物を観客にまわし直接手に取って見てもらった。カメラを観客の方に向けモニターに映し出すのもかなり喜んでもらえたようだ。

②ボールペンのペン先が丸くなっているのは知っている人も多いが、実際どのようにボールが動くかまでは知らないようで自由にボールが回転するところは、興味深く観察してくれたようだ。また、ボールペンはアクリル板に固定しておき紙を動かすようにしておいたので最初の頃は、ペン先が紙にふれてインクが紙につく様子を上手に映し出すことが難しかった。

(2) ①紙については、セルロース繊維のからみあい、水素結合による接着の話を試みたこの水素結合は原理的に高度なものとなるので、水素が接着剤の役割をするという程度にとどめた。関心は、おもに紙の作り方に集まっていたようである。

(3) ①塩の飽和水溶液からドライヤーを使用して、結晶を析出させた場合、結晶の粒子が小さく拡大していてもあまりはっきりとは見えないので一級試薬の塩化ナトリウムをシャーレにのせ拡大し観察してもらった。

②銀樹の成長は、高校の選択化学の実験で行われるものである。ここでは、顕微鏡を使用しているので、結晶成長の様子がはっきりと観察できる。 $AgNO_3$ aqを滴下して結晶が析出し成長がおわるまで2~3分程度の時間ですむ。 $AgNO_3$ の濃度は1M程度が適当なようである。また、サイエンスショーの終了後、直接顕微鏡をのぞいてもらうように働きかけ多くの観客に観察してもらったが、一様に銀樹の小ささに驚いていようだ。

(4) 最後になるが、本サイエンスショーで実施した再生紙についての質問も多く関心は高いようである。また、紙すき器を館内の売店で販売したところ467個売れたことも付け加えておく。

#### [5] 使用機種

CCDカメラ エルモ社製 MN401

顕微鏡カラーテレビ装置 島津製 CCD-Z1

### 3. 浮力

#### [1] 主な内容

液体、及び気体の中の物体にはたらく浮力について学ぶ。

#### [2] 実験内容

(1) 魚型しょうゆ容器、プラバンとストローを使って作った2種類の浮沈子をペットボトルにセットし、浮力の変化に基づく物体の浮き沈み実験を行い、以降の浮力実験に対する興味付けを行う。

(2) 手作り2段てんびん(写真3-1)に鉛の文鎮(亀型)と粘土(うさぎ型)をのせてつりあいの状態を示し、それぞれを水槽の中につけ、てんびんの傾き状態を観察する。次

に、鉛と粘土を同時に水中につけた時のてんびんの状態をクイズ形式にて予想させ、実際に確かめる。

- (3) 上記(2)の実験結果が、水中ではたらく浮力の差によるものである事を考察させ、下記(4)の要領で実験する。
- (4) 大型水差しを2個準備し、溢れるぎりぎりのところまで水で満たし、その中に文鎮、及び粘土を漬け、溢れて出てくる水を小型ビーカーに受け取る。次に、ビーカー中の水の体積がそれぞれのおもりと近似的に等しいことを説明し、その量を比較させ、おもりの体積の違いを確認させる。そして、このビーカーの片方、または両方をてんびんにのせて再び水中につけ、つりあい関係を調べることによって、水中の物体にはたらく浮力の大きさは物体と同体積の水の重力に等しい事を学ぶ。
- (5) 次に空気中での浮力の存在について「気球」や「飛行船」の例をあげながら説明し、水素ガスを用いて実験する。希塩酸に亜鉛塊を入れ、水素ガスを発生させる。これをゴム管(シャボン玉用吹き出し口付き)を通してシャボン玉を膨らませ、空気中に放してその動きを観察する。さらに、このシャボン玉に電子ライターの炎を近づけ水素ガスの燃焼の様子も併せて観察させる。

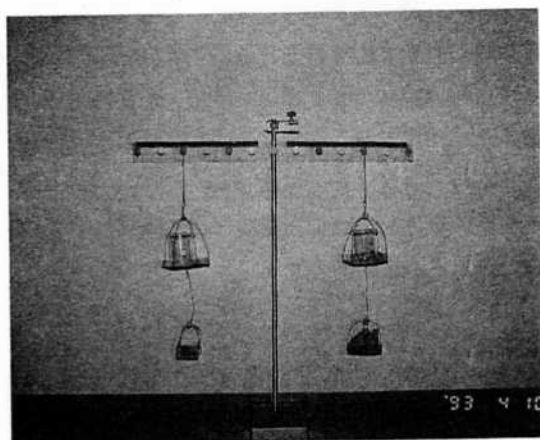


写真3-1. 2段天秤

#### [4] 感想・考察

- (1) 最初に魚型、及びストロー型の浮沈子実験を行ったのは非常に興味・関心をひくことができた。これは、ペットボトル中の物体に直接接触するわけでもなく、加減圧で物体が「浮き沈み」現象を起こし、さらに日常性の高い材質を使用していたためと思われる。
- (2) てんびん実験では水中の物体にはたらく浮力の存在を演示し、さらに浮力の大きさと物体の体積の関係を調べるため、大型の水槽(600×300×360, 57リットル)を準備して実験した。この時、実験内容(2)のようにクイズ形式をとったためお客の参加性を高める事ができた。

- (3) 物体の体積と水中ではたらく浮力の関係は、問題として非常に複雑である。実験内容(4)のように段階をつけて演示していったが、層のまちまちなお客の側にはかえって複雑化させるような面もあり、臨機応変な解説手段の追求及び演示内容を研究し続ける姿勢は説明する側として必要である。
- (4) 手作りの「水素発生装置」(写真3-2)を使用して実験した。まず使用した洗剤であるが、石鹼液と合成洗剤では合成洗剤を使用する方が安定したシャボン玉ができる。それも水で薄めず、原液のままが最適であった。
- (5) 次にこの装置を使用する上では、洗剤が逆流して塩酸に混入し、泡立ちによって実験不能の状態に陥ることが多かった。今後同様の実験を行う上では洗剤の逆流対策を怠らないようにしなければならない。というのも塩化亜鉛の処理問題として廃液を著しく増加させることにもつながるからである。
- (6) また、この装置は水素の発生場所からシャボン玉ができるところまで、距離があるため純粋な水素のシャボン玉ができるまで、少し時間がかかるので早めに反応をさせておくと良い。
- (7) 総括的に見ると「浮力」をテーマにすることは、お風呂やプールでの経験で日常性があり、子供から大人まで誰もが疑問に感じる問題提起として成功であったと思われる。

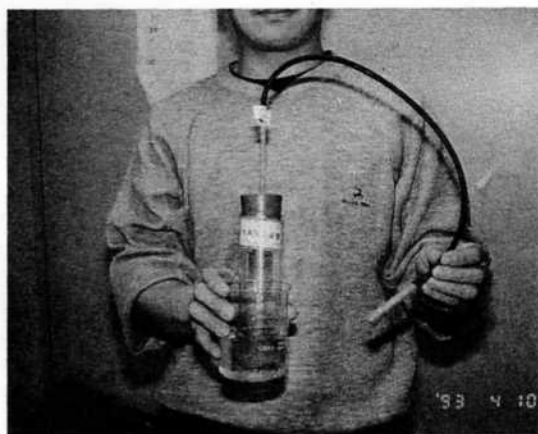


写真3-2. 水素発生装置

#### 4. 作用・反作用

##### [1] 主な内容

様々な運動の観察から作用・反作用の法則を学ぶ。

##### [2] 実験

(1) 衝突球(写真4-1)による様々な運動。

(2) ビヨンプョントーイは台の上では飛び上がるが、宙づりにすれば動かない様子を観察す

る。また、ばねばかりの上で飛びあがらせ、ピョンピョントーイがばねばかりを押す力を測定する(写真4-2)(愛知・岐阜物理サークル、1988)。

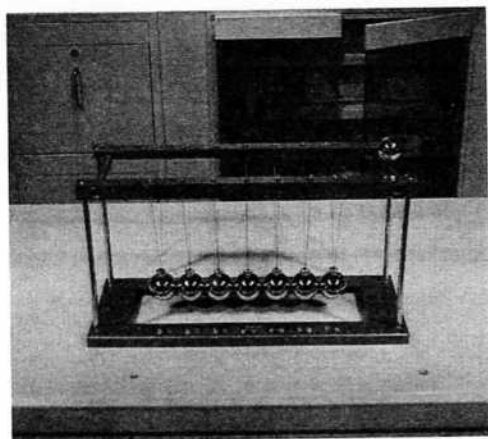


写真4-1. 衝突球

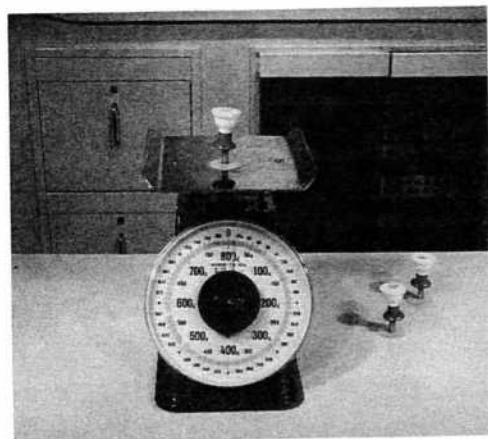


写真4-2. ピョンピョントーイ

- (3) 大小の異なるスーパーボールの反発実験。大きい方のスーパーボールに鋼鉄線(1mmφ)を突き刺す。小さい方のスーパーボールに中心を通るように穴を開け、穴に綿棒のパイプまたはボールペンの芯を入れる(鋼鉄線とのすべりをよくするため)。大きい方のスーパーボールに付けた鋼鉄線を小さい方のスーパーボールの穴に通し、鋼鉄線の先端を持って、自由落下させる。小さなスーパーボールは落下させた位置より高く跳ね上がることを観察する。同時に、大きい方はほとんど跳ねないことを観察する(坂田正司、1922)。
- (4) 水蒸気の噴射による運動。図4-1のように穴を開けたアルミ缶に水を入れ吊す。これを沸騰させ、水蒸気が穴から出る反作用でアルミ缶を回転させる(写真4-3)(愛知・岐阜物理サークル、1988)。
- (5) 燃焼によるロケット実験。底側部に引火用の穴を開けたアルミ缶(350CC)にチャッカマンのガスを入れ、紙で作った発射台(写真4-4)にセットし、引火用穴からチャッカマンの炎で引火し、燃焼によりアルミ缶を飛ばす。発射台は燃焼ガスの逃げを防ぐためのもので、アルミ缶とほとんど同径の筒状の物である。薄い紙の方が効果がある。画用紙などの厚紙では効果が小さい。
- (6) 圧縮空気によるロケット実験。ゴム栓にボールペンの軸を突き刺し、自転車のチューブの空気入れ口をつけたもの(写真4-5)を使い、ペットボトルに空気を入れる(写真4-6)。適当な圧力になると、栓がはずれ、大きな音と共にペットボトルが飛ぶ。その後、ペットボトルに水をいれた同様の実験(水ロケット)(愛知・岐阜物理サークル、1988)をビデオで紹介。

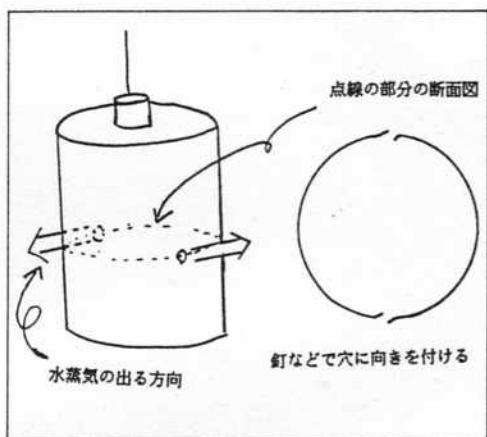


図4-1. アルミ缶の穴

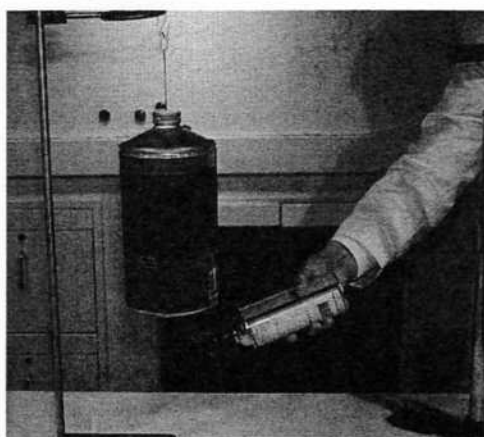


写真4-3. アルミ缶を水蒸気で回す様子

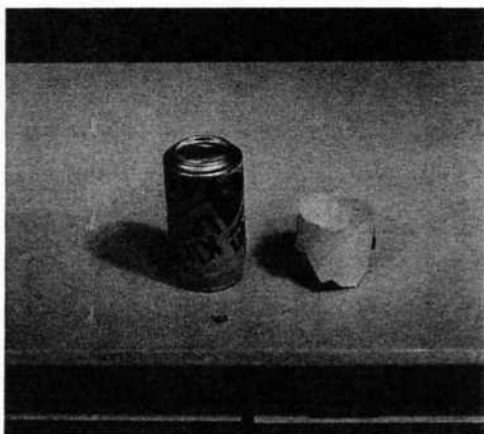


写真4-4. アルミ缶と紙で作った発射台

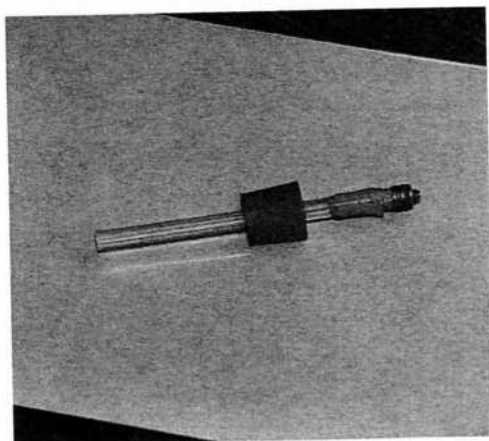


写真4-5. ゴム栓で作った脱着装置



写真4-6. ペットボトルを自転車用空気入れで飛ばす様子。

### [3] 解説内容

- (1) 実験(1)で動機付けと作用反作用の法則の導入。
- (2) 実験(2)で作用力と反作用力の測定。
- (3) 実験(3)～(6)で作用反作用の法則の確認。

### [4] 感想、考察

実験(1)は導入部であるが、独特の運動が特別な配慮なしに来館者を引き付けた。初めて観る方も多かったが、経験のある方も興味を持って観察された。展示への活用を考えたい。

実験(2)で、ピョンピョントーイが跳ねるとき、床からの作用の存在に同意を得るのは難題であった。ばねばかりを使い、ピョンピョントーイが跳ねるとき、「ばねばかりのばねが縮んでピョンピョントーイを押す。」との解説で、床からの作用の存在に同意できない者も少なくなかった。原子や分子等などの微視的構造からの考察が必要であろう。

実験(4)は水蒸気の噴射による運動の観察を目的としたが、ビール缶から水蒸気が噴射される方向が分からず、また、噴射される水蒸気が観客席から見えにくかった。したがって、来館者が観察したことは、「ビール缶を加熱すると回転する。」という現象だけであり、現象から作用・反作用の法則を直接に確認できなかった。口頭による現象の解説は興ざめである。次回は水蒸気の噴射による運動を直接みせるため、パイプを付けるなどの改良が必要である。

実験(5)は実験(4)の水蒸気の噴射による運動を基に、ロケットの解説である。この実験ができるまでは、口頭による説明をおこなうか、あるいはそれを省略していた。しかし、この実験により、生の現象(数mの上昇力と適度な音響)を通してロケットの解説ができるようになり、著しく演示内容が充実した。

実験(6)はペットボトルに空気を入れるときの緊張感と、ペットボトルが飛ぶときの大きな音が来館者を引き付け、抵抗なく思考へ導入できた。また、水ロケットは実演でなく映像



(スローモーションを含むVTR)による紹介であったにもかかわらず、ほぼ毎回、驚嘆の声があがった。

今回の実験は現象を眺めるだけで楽しいものなので、話術で来館者を無理に引き付ける必要がなかった。しかし、それが甘えとなり、現象の観察から科学的な思考へ導くことを怠ることもあった。この思考がなければ、知的な満足感には到らないであろう。常に科学的な思考を促すことを心がけたいものである。

#### 参考文献

1. 愛知・岐阜物理サークル、1988、いきいき物理わくわく実験 新生出版
2. 坂田正司 '92、青少年のための科学の祭典 大阪大会での配布資料