

主体的な学びへと繋げる補助的な実験器具の在り方

*小島 邦夫

KOJIMA kunio

要旨：千葉県立現代産業科学館は、産業に応用された科学技術を体験的に学ぶことを目的とした場を提供している。そのなかで様々な演示実験が行われている。それらを通して子供たちが現代科学・技術に触れ、科学や産業に興味・関心を持ち、当館での経験が、将来にわたり主体的に学び続けることができる力を身に付けるきっかけになることを願って本主題を設定した。

キーワード：自作 補助実験器具 熱エネルギー ポンポン船 磁石 反磁性 ヘロン

1 はじめに

千葉県立現代産業科学館（以下「当館」と記載）は、入館者の多くが最初に向かう2階の「現代産業の歴史」のフロアにおいて、千葉県とかかわりの深い、電力・石油及び鉄鋼について、その歴史や現代での様子について学べるようになっている。展示の仕方についても、過去から現在への繋がりが分かりやすいように工夫されている。現代産業の歴史のフロアの見学の後は、1階の「先端技術への招待」及び「創造の広場」で、楽しみながら学びを深めるように考えられている。

「先端技術への招待」のコーナーでは、様々な見学・体験のコーナーのほか22種類のカウンター実験と、液体窒素を用いた超低温・超伝導のシアター実験が行われている。さらに「創造の広場」では、シャボン玉やウォーターロケット・浮かぶボールなど、子供たちが興味を持つような遊びを通して科学の基礎を体験するコーナーのほか、13種類のステージ実験（うち7種類は人形劇のバージョンもある）や、高電圧を発生させる装置を用いて実際に雷を発生させる放電実験が行われている。

我々主任技術員は、主にカウンター・シアター・ステージそして放電の実験を担当し、来館者と直接触れ合いながら科学の楽しさを知ってもらうナビゲーターの役目を担っている。また常々、一人でも多くの子供たちが、理科・科学への興味・関心を深めていって欲しいと願って活動している。

当館の展示物や実験の内容は、産業・科学の歴史から身近な不思議、そして未来につながる科学技術についてまで多岐にわたり、子供たちの探究

心を刺激できるものだと考えている。当館での体験は、子供たちがそれぞれの学校での学びを通して習得するであろう各教科に関する基礎的・基本的な知識や技能をはじめ、既習の経験と関連付けたり組み合わせたりすることで、社会の様々な場面で生きて働く力の育成につながると考えられる。また、生活や自然のなかから問題を発見して、その解決に向けて必要な情報を収集し、既習経験を生かしながら問題解決への方向性を定め、結論を見出すための判断力を育むことにも繋がると考えている。

2 学習指導要領と当館

小学校で令和2年度から全面实施（中学校では同3年・高等学校では同4年から全面实施）された新しい学習指導要領には、これからの社会がどんなに変化して予測困難な時代になったとしても、自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、判断して行動し、子供たち一人一人が、それぞれに思い描く幸せを実現していきたくて欲しいといった願いが込められている。そして、子供たち一人一人が思い描く幸せを実現させるために、未来を生き抜くために必要な資質・能力として「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性」が挙げられている。

また、「主体的・対話的で深い学び（アクティブラーニング）」の視点でのアプローチによって、子供たちの学習方法を変えていくことも重要視されている。その視点とは、以下のようなものである。

○学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら見通しを持つ

て取り組み、自己の学習活動を振り返ってつながる「主体的な学び」

○子供同士の協働, 教職員や地域の人との対話, 先哲の考え方を手掛かりに考えることで, 考えを広げ深める「対話的な学び」

○習得・活用・探究という学びの中で, 各教科の特質に応じた「見方・考え方」を形成し, 問題を見出して解決策を考えたり, 創造したりする「深い学び」

文部科学省は, これらを統合したものが「主体的・対話的で深い学び」の視点であると言っている。これらの力を育ませる中心となるのは学校であることに疑う余地はないが, 当館の「科学館」という場で関わるができることも, 多くあると考える。特に, 様々な発明や発見をした科学者の考えの紹介や実験の再現, 並びに実験を通しての演習者や参観者同士の話し合いは, 対話的な学びの一つであろう。また何よりも, 子供たちが「何故だろう」「どうしてだろう」という疑問を強く持つことができれば, 解決へ向けての見通しを持たせる体験へと繋げることができると考える。そのためにも, 子供たちをはじめとする来館者に直接接する我々主任技術員は, 演習実験の内容や方法について日々工夫を重ねていく必要があると強く思う。

3 当館施設の状況

現在, 当館に設置されている実験装置や資料は, 当館設立の目的達成のために開館当時に設置されたものが多い。実験装置のなかには, 外国(ドイツ)の博物館の施設設備をモデルとして設計された放電実験室のように, 国内の他の博物館・科学館では見られないような大規模な装置や, 協力企業から特別に提供された珍しい装置や資料などもある。いずれも, 当館の貴重な財産であるといえる。

演習実験の内容については, 開館時に計画されたものが多い。良く考えられたものばかりではあるが, 科学技術の進歩等により時代に合わなくなってしまったものも出てくるため, 学芸課職員を中心に主任技術員とも相談の上で, より現代に適したものへと見直されることもある。令和2年度

からは, 新たに「びっくり水圧実験」が加わった。

この実験では, 水圧実験器を用いて水深 800mでの水圧を受けた物の変化が観察できるようになり, 普段意識しづらい水圧について視覚を通して認識できるようになった。新たに加わった実験は, 来館者の興味関心を引くものであり, 新しい疑問も生じさせることのできる発展性のあるものであった。

開館から 26 年という年月の間に, 多くの子供たちに驚きと感動を与え, 科学に対する興味や関心を高めてきた当館の実験だが, 器具が時代にそぐわなくなってしまったものや, 破損し新たな器具が入手できなくなってしまったものもある。そのような時, 可能な場合には主任技術員として代替の器具を作成して使ったり, 補助的な実験器具を工夫して使ったりしている。日ごろから, 子供たちが科学に興味関心を持ち, 主体的な学びに繋がっていくことができる実験やその方法について考えている。

4 具体的な実験の例

以下は新たに作成した自作実験器具の一部と, 実際の実験の例である。

(1)「熱エネルギー」の実験

熱エネルギーの実験では, 熱の伝わり方や熱膨張の実験やアイオロスの球(ヘロンの蒸気タービン)の実験・加熱水蒸気などの実験を行う。そして最後に発展的な内容として「ポンポン船」の仕組みについて考えるようにしている。

ポンポン船は, 手の平に乗るような小さな船であるが, ろうそくの炎の力(熱)で動くおもちゃである。このおもちゃについては, 大人のなかには子供のころに遊んだ経験を持つ方もいる反面, 名前は聞いたことがあるが実際に遊んだことがないという方も多くいた。特に小学生以下の子供と見学に来ていた若いお父さんお母さんのなかで, 遊んだ経験のある方はほとんどいなかった。ましてや子供たちに至っては, 実物を見るのは初めてという子どもが多かった。ただ, 以前有名なアニメーション映画のなかで, ポンポン船が重要な役割を担っていたと記憶していた方も多くいた。実際の実験の中で, 火のついたろうそくを入れたが

ンポン船が、波紋を残しながら動き出すと、ほとんどの方が笑顔になるとともに、なぜ動くのかという疑問を持つようであった。モーターもスクリューも無い船が動くのは不思議なことであり、以前から実験終了後に質問に来る方が多くいた。

ポンポン船は、事前に水を入れておいた金属でできたボイラー部分を、ろうそくの炎で加熱することで動く。ボイラー内部の水が炎で熱せられ水蒸気になると、水蒸気の体積は水のときの 1,000 倍以上に膨張する。急激に体積が大きくなったボイラー内の水蒸気は、パイプの中の水を勢いよく外に噴出し、ポンポン船の推進力となる。パイプ内の水を押し出すことによりボイラー内の圧力が下がり、外の水がパイプを通してボイラーに吸い込まれるようになる。その吸い込まれた水が加熱され、再び水蒸気となる。ポンポン船は、この繰り返しで進み続けることができるのである。水を吸い込む時に船が引き戻されないのは、膨張した水蒸気が押し出す水の速度のほうが、ボイラーが吸い込む水の速度よりも速いため、ポンポン船は前に進み続けることができる。シンプルな構造のおもちゃではあるが、立派な蒸気機関であり、発展性のあるものだと考える。

そこで今回、ポンポン船の仕組みについて考え、動く原理の不思議さについて考えられるように、次のような 6 つの補助器具(モデル)を作成した。

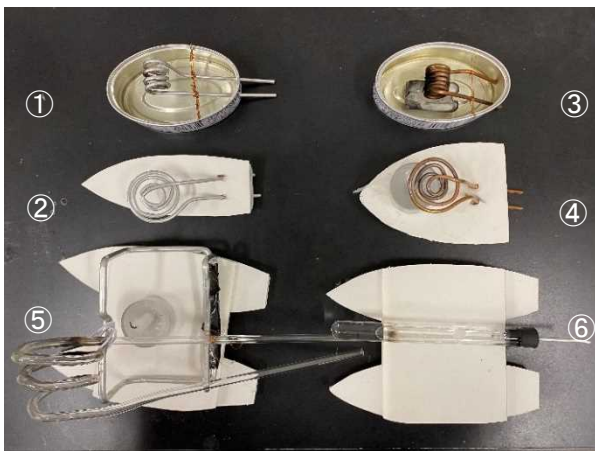


図 1 自作ポンポン船モデル

- ① アルミニウム管縦巻きモデル
- ② アルミニウム管横巻きモデル
- ③ 銅管縦巻きモデル
- ④ 銅管横巻きモデル

⑤ ガラス管縦巻きモデル

⑥ 試験管モデル

最初に作成した①のモデルは、身近にあった空き缶とホームセンターで購入した内径 2 mm のアルミニウム管を使って作成した。ボイラー部は、本物のポンポン船は平らな円盤状であるが、このモデルでは単三電池に 4 回ほど巻き付けることでそれに替えた。ボイラー内部に注射器等で水を入れ、ろうそくの炎で熱したところ、やや時間はかかったが船は水面をすべるように動き出した。このモデルを使った実験で、ポンポン船の構造を見せるといった目的を果たすことができたが、新たな疑問と課題が出てきた。疑問としては、ボイラー部を本物のポンポン船に近い円盤状に横巻きにしてはどうかということと、熱伝導率の違う金属にすると動きはどうなるかということである。また課題としては、ボイラー部や管の中の水の動きを見ることができないかということである。それらを受け、さらにモデルの作成を進めることとした。

②のモデルは、単一から単四までの電池を使って、ボイラー部が極力平面状の渦巻き型になるように巻いて作ったものである。アルミニウム管は、柔らかく曲げ易いが折れやすいといった性質があり、やり直しが効かない。実際、思ったように曲げられず、形を整えようとして折れてしまったこともあった。熱伝導率の違う金属管については、他のホームセンターで内径が同じ 2 mm の銅管を見つけることができ、これを①②と同じようにして作成した。銅管の縦巻きが③・横巻きが④である。銅管はそのままでは固く曲げづらいが、バーナーで熱した後に急冷するとアルミニウム管以上に加工しやすくなる。両方とも比較的きれいに巻くことができた。熱伝導率の違いでの比較では、アルミニウム管よりも熱伝導率の高い銅管で作成したボイラーの方がポンポン船の動き出しが早く動きもスムーズだった。これは「熱エネルギー」の他の実験内容の再確認にもなった。縦巻き・横巻きでの違いでは、市販のポンポン船に近い形状の横巻きの方が良いだろうと思っていたが、予想に反して縦巻きの方がスムーズな動きを見せた。これは、金属管の横巻きの場合は隙間も多く、ろ

うそくの炎の熱を効率よく使うことができなかつたことが原因だと考えられる。

アルミニウム管や銅管を使ってモデル化したことで、ポンポン船の構造を知ることはできたが、なぜ動くのかという所までは確認できていない。水を入れたバーナー部を熱するというので、水蒸気が関係しているのではないかという予想を立てた参観者が多くいたが、直接観察できないのを残念がっていた。そこで、ボイラーの中の様子を見ることができるよう、ガラス管をバーナーで加工して5番目のモデルを作成することにした。この⑤の船は、重量が増したため双胴船とした。内径2mmの金属管に比べ、使用したガラス管は内径5mmと太く水も多く入る。また、ガラスの熱伝導率はアルミニウムや銅よりもはるかに低いので、大きめのろうそくを使って実験を行った。このモデルを使った実験で、加熱された水が水蒸気になって体積膨張が起こり、押された水が管の先から勢いよく出て行ったり、冷えた水蒸気が水に戻って減圧され、管の先から水が入って行ったりといった自励振動の動きを確認することができた。⑥は⑤と同じようになかの様子を見えるようにし、自励振動を確認してもらえるように試験管を用いて作った。

自励振動については、図2のような装置を作った実験も実施した。丸底フラスコ内の水を加熱する事で、水が沸騰して水蒸気が発生することやガラス管内で水が水槽との間で出入りする(振動)する様子が確認できた。

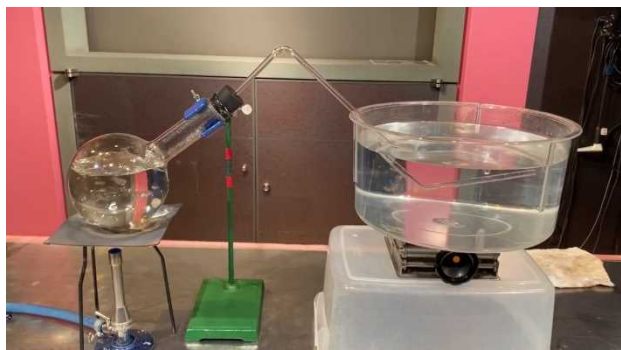


図2 自励振動実験装置

コロナ禍ではあったが、ポンポン船や自励振動についての実験について、博物館実習で来館していた大学生6名に参観後感想を書いてもらうこと

が出来た。以下にその時の感想を載せる。

※ () 内は学生の所属する学部

○初めて本物のポンポン船を見ました。ろうそくに火をつけて熱を加えただけで動く船はとても面白かったです。原理についての説明もわかりやすかったです。子供たちが喜びそうです。

(情報)

○水蒸気が関わっているのは想像できましたが、自励振動というのは初めて知りました。ガラス管の中を行き来する水が、生き物のようで面白かったです。(芸術)

○ガラス管の中の水の様子を、カメラで映してスクリーンに映していただいたので、とても分かりやすかったです。自励振動というものを初めて知りました。(理工)

○空き缶の船が、身近でとても親しみがあってよかったです。アルミニウムと銅で温まり方が違うなんて知りませんでした。でも、お鍋も違うんですね。台所も科学ですね。おもちゃにも科学が取り入れられていて、とても興味深かったです。(理工)

○昔のおもちゃのポンポン船が、エンジンやスクリューも無いのに動くのには驚きました。実験で動く仕組み(自励振動)もわかりました。身近なところにも科学があるんですね。(人文)
○ポンポン船は見たことはありましたが、原理までは知りませんでした。自励振動を利用していろいろなことが出来そうだとワクワクしました。(文)

大学生の書いた感想からは、今回自作したポンポン船のモデルから、構造や動く仕組みを大まかではあるが理解出来た様子がうかがえる。また、昔のおもちゃから発展させたことで、身の回りにある不思議に興味を持ってくれた学生もいたようだった。

小学校理科の学習は、児童が自然に親しむことから始まる。「自然に親しむ」とは、単に自然に触れたり、慣れ親しんだりすれば良いというものではない。関心や意欲を持って対象と関わる中で自ら問題を見出し、追究し解決していく中で、新たな問題を見出し繰り返して自然の事物・現象に関わっていくことを含んでいる。身近な自然や、

不思議に目を向けることが出来るようになることは、子供たちが主体的な学びを進めるきっかけをつかむ上で重要なことである。今回の昔のおもちゃからの問題提示は、効果的な例であったと考える。学校の理科学習では当然であるが、当館のような施設においても、子供たちに自然の事物・現象を提示する際には、対象である自然の事物・現象に関心や意欲を高めつつ、そこから問題意識を醸成し、主体的に追究していくことが出来るように、意図的な提示を心がけることが大切であるといえる。

(2)「磁石で遊ぼう」

テーブルをはさんで、少人数で行うカウンター実験は、放電やステージ・シアターの実験に比べ規模としては小さいが、参加者の反応を生かす実験となることが多い。目の前で行われる実験は、誰もが気軽に参加でき、科学に対する親しみや現象に関する理解を深めやすい場でもある。

カウンター実験は、テーマとして挙げられている演目が 22 もあり、それぞれのテーマのなかに複数の実験が存在している。その多くあるテーマのなかでも「磁石で遊ぼう」は子供たちに人気の高いものである。今日の生活の中には、目に見えない見えないは別にして、多種多様な磁石が使われている。おもちゃから、巨大な建設機器や乗り物まで様々なものに利用され、まさに現代の文明は磁石の存在なしには語れないといっても過言ではない。実際の実験を行う場合には、数ある磁石の実験の中から参観者（特に子供たち）の年齢による既習経験・既習学習を考慮して内容を変えるようにしている。今回、これまで行われていなかった「水の反磁性」の実験を、以下のように取り入れてみることにした。

実験器具は比較的簡単なものであり、図 3 のようなヤジロベエを作り、左右の錘部分にミニトマトを付け、ネオジム磁石を近づけて反応を観るといったものである。ちなみにミニトマトは、他の実験での使用も考えて、当館の温室等で栽培したものである。

「ヤジロベエが動いた」

「磁石を左右どちらのミニトマトに近づけても、
磁石から逃げるように動く」

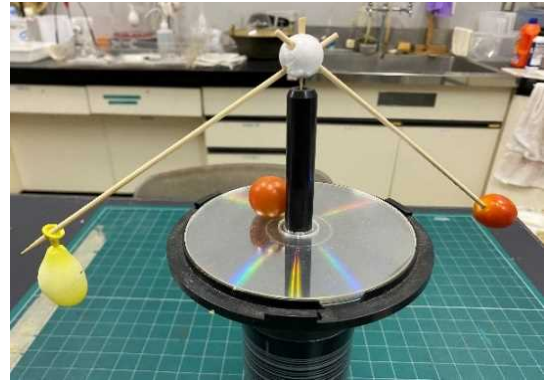


図 3 水の反磁性実験器

この現象から子供たちは、ミニトマトには磁力があり、近づけた磁石と逆の極がトマトの磁石を近づけた側にあつたんだと考える。ここで、磁石側の極を逆にしてトマトに近づけたり、最初と同じ極の向きのまま、逆方向から磁石をトマトに近づけたりしても、トマトは同じように磁石から離れて離れるように動くことから、既習経験である磁石と鉄などの金属や、磁石と磁石の関係とは異なる様子に新たな疑問を生じさせることになった。「トマト自体が磁石に反発する性質があるのか」「トマトの中の種か果肉、もしくは皮が磁石に反発するのか」

というような予想が多く出された。ここでトマトを種・果肉・皮に分けて磁石に近づける実験を行うとどれも磁石に逆らうように動くことが分かる。特に果肉でそれが大きく、話し合いのなかで果肉に多く含まれているものとして水分が目を行ったところで、一方のトマトを外して図 3 のように水風船に変えて再度実験を行うようにした。ネオジム磁石を近づけられた水風船も、磁石から離れるように動く様子が観察されることから、トマト自体が磁石に反発するのではなく、トマトのなかの水分が磁石に反発するということが子供たちに理解され、「水の反磁性」が認識されることとなった。実際、実験に参加した子供たちから「水が磁石と反応するなんて驚いた」「S 極・N 極の関係だけじゃない力がある。磁石の力ってすごい」「磁石が強ければ水を浮かべられそう」などという感想が出された。

反磁性は、1778 年にオランダの植物学者であり

医者でもあるセパールド・ユスティヌス・ブルグマンズが、ビスマスとアンチモンが磁力に反発することを発見し、1845年にイギリスのマイケル・ファラデーがその性質を「反磁性」と名付けた現象である。ファラデーは光と磁気の関係調べたときに使った重ガラスを強い磁場の中につると、ガラスは磁石から反発され二つ磁極を結ぶ直線と直交する位置で静止するのを見つけ、このガラスのような磁氣的性質を反磁性、鉄やニッケル・コバルトのような性質を常磁性と呼んで区別した。反磁性の性質を持つ物質（反磁性体）は自発磁化の性質を持たず、磁場をかけたときのみ反磁性の性質が現れる。反磁性の性質が現れる原因としては、原子の中の対になった電子が生み出す弱い反磁性や電子のスピンによる強磁性・常磁性といった話等、理系の大学生程の知識が必要になってくるようだが、当館の「不思議」との出会いを楽しみにしている子供たちには、「水」が反磁性を持つという事実だけでも十分ではないかと考える。

以前、同様の実験を行ったときに印象的な感想を話してくれた子供がいた。あるテレビの番組の中で、部屋ほどもある大きな磁石（電磁石かと思われる）の上に、色々な食べ物を浮かべる実験を見て、どうして浮くのかずっと気になっていたということであった。実際には、水は弱い反磁性しか示さないため、食べ物が浮くには炭素のように強い反磁性を示す物質が関係しているのではないかと考えられるが、今回の水の反磁性の実験は、抱いていた疑問をある程度解決させるものになったようであった。

「そうか。分かった」

「水みたいに磁石に反発するものがあるんだ」

「磁石の力ってやっぱりすごいんだ」

嬉しそうに目を輝かせた子供の顔は、いつ見ても良いものである。また、この子にとっては自分たちの身近な所で多く使われていて、おもちゃとしても身近であり、得てして軽く見られがちな「磁石」が、産業・科学の最先端にあると意識された瞬間であったともいえる。

今回用いたミニトマトや水風船を使つての「水の反磁性」の実験に加え、モーゼ効果の実験を行うことが出来ないか現在思案中である。

(3) 「ヘロンの噴水」

1世紀ごろのアレキサンドリアの科学者であるヘロンは、いくつものからくりを作ったということが伝えられている。特に有名なものとして祭壇の自動扉があるが、これは熱と気圧・水圧などをうまく使った仕掛けであり、当時の人にとっては魔法のように思えたことだと思う。それ以外にも

(1) 「熱エネルギー」の実験のところで触れたアイオロスの球のように、熱や気圧・水圧に関係したものをたくさん考案したと言われている。ヘロンが考案したと言われる器具や、その原理を使った器具を作成して用いることで、子供たちの理解を深めたり新たな疑問に目を向けさせたりすることが出来ることが多くある。

ステージ・カウンター・シアターそれぞれの実験の中には、大気圧や水圧に関係したものも少なくない。それらの実験に、ヘロンが考案したという噴水の実験を用いることで、理解を深めさせることが出来ると考えた。



図4 ヘロンの噴水

ヘロンの噴水で水が噴き上がるのは、図4に示したように上部の水入れ（漏斗）から下に落ちた分の水が、下の器（フラスコ）の中の空気圧を高め、空気がホースを通過して上の器に移動する。すると器の中の空気圧が高まり、器の中の水を押し上げガラス管の先から噴水となって出てくるといふ仕組みである。上から下に移動する水の位置エネルギーが、空気の圧力に変換されることで噴水が起こるということである。

当館には以前から図5のようなヘロンの噴水の

自作実験器具があった。これはNGK（日本ガイシ）のサイエンスサイトのものを参考に作成したもので、大型のペットボトルを3つ使って作られている。この実験器具の利点は、閉鎖型であり水の補充が必要ないということである。当然、誤って倒しても水がこぼれる心配はない。



図5 NGKモデル

上下逆さまにして水を最上部に溜めた後、ペットボトルの向きをもとに戻すと、ペットボトル内で水の移動が起こり、中で水が噴き出す様子が観察できるのである。実に良く出来た器具だと思うが、装置内の水や空気の動きを目で追にくく、噴水の起こる仕組みについて分かりにくいともいえる。実際、大人・子供を問わずペットボトルの中で水が噴き上がる様子を観た来館者の方々から、仕組みの説明を求められることが多かった。

図6の実験器具は、ペットボトル型実験器具では分かりづらかった水や空気の動きを、誰もが目で追うことが出来るように作ったものである。手軽さよりも分かりやすさを優先したため、2つのパーツからなりかさばってしまった。また、閉鎖型ではないため、水がこぼれてしまうこともあった。取り扱いには少し手間がかかるが、理解はしやすいと考えこの形になった。

噴水の水が噴き上がる高さは、右側のフラスコ上部に取り付けられた漏斗の水位よりも高くなる。この水が噴き上がるエネルギー源は、漏斗と下のフラスコとの間の落差である。この位置エネルギー

によって、下のフラスコ内の空気の圧力が上昇する。この圧力とほぼ同じ圧力によって、図4や図6では左側に置かれたフラスコ内の空気と水は押されることになる。つまり、漏斗内の水の高さによって発生した圧力により、水が噴き上がるということである。なお、噴水の高さは漏斗から右下フラスコ水面までの高さよりも低くなるが、その差はビニルホース内などで発生するエネルギー損失に相当する。



図6 ヘロンの噴水モデル

こちらの装置を用いた実験では、水の動きを目で追い空気の動きを考えやすいため、水の位置エネルギーが水を噴き上げる原動力となっていることがよくわかり、力を伝えている空気の力について認識が深まったというような感想をいただいている。ステージでの大気圧の実験の補助として使ったり、以前から置いてあるNGKのモデルの補完説明に用いたりしたが、大変効果的であった。

5 おわりに

令和2年度は、世界中がCOVID-19の対応に追われた年であった。当館も通常とは程遠い状態での運営が続いた。

昨年2月から臨時休館が始まり、来館者と全く触れ合うことが出来ない日々が続いた。最初の緊急事態宣言が解除された後も、感染予防を第一に考えて2階「現代産業の歴史」のコーナーの展示物を観ていただくだけの再開となった。主任技術

員も、来館者の安全確認や消毒作業を行った。実験を通して、参加者に科学の楽しさを実感してもらうことや、子供たちに疑問を抱かせたり、解決に向けての見通しを持たせたりすることが出来るような体験をさせることを、その主だった仕事としている主任技術員にとって、実験のできないこの期間は多少残念な日々であった。反面、それまで考えはあったが、制作のためにまとまった時間を確保することが難しかった補助実験器具作りや新たな資料作りに、多くの時間を使うことが出来る日々でもあった。

実際に実験が出来るようになったのは、11月に入ってからであり、それもCOVID-19対策のためにプログラムを大幅に変更して、平時とは異なった形での再開であった。感染予防のために、実験場所を限定し、内容や方法も検討した上で施された。実験の回数も極端に少なくなり、作成した補助実験器具を使用する機会もあまり多くはなかった。また、実験を行った後も、感染予防の観点から參觀者から直接感想を聴くこともなかなかできなかった。そのため、補助実験器具を使用した時の効果をデータとして数値化するまでにはいかなかったのが残念であった。今回の報告についても、少ない感想や、当日の參觀者の様子などからの見取りであり、主観が多いのも否めない。ただ、実験を參觀された方々の反応からは、今回作成した補助実験器具は関心を高め、理解を深めるのに有効であったと確信している。機会があれば、改めて検証することを考えてみたい。

本報告では、実際に実験で使用し、大学生や子供とその保護者の方等に感想を聴くことが出来たり、反応を観ることが出来たりしたものを事例として紹介させてもらったが、その他にも「ガウス加速器」「波の実験器」「グラスファイバー実験用具」「テレビ石」「光の実験器」「静電気実験用具」等々多数作成することができた。これらの補助実験器具についても、後日、来館者の感想を聴き有効性を検証したいと思う。

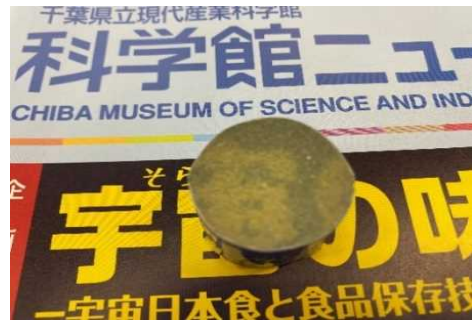


図7 自作テレビ
「宙」の文字が浮かび上がっている



図8 実験中の自作波の実験器

参考文献

- 小学校学習指導要領 理科編 文部科学省
 石綿良三：流れのふしぎ 講談社
 小山慶太：ファラデーが生きたイギリス 日本評論社
 浅沼 満：NとSの世界 東海大学出版会
 伊達宗行：物性物理の世界 講談社
 高田誠二：熱エネルギーのおはなし 日本規格協会
 日本ガイシ：「家庭でできる科学実験シリーズNGKサイエンスサイト」 <http://site.ngk.co.jp>