

サイエンスショー「空気パワー」実施報告

長谷川 能三*

概要

私たちの身のまわりには空気があり、私たちの体は絶えず大気圧で押されている。その大きさは、てのひらの上だけで100kgのものをのせたくらいに相当するが、なかなかその大きさを実感することはない。

そこで、この大気圧の大きさを実感すること、また一般に吸いつけられるという現象は圧力が小さくなるだけで引っぱる力ではないことを理解することなどを目標として、を2005年12月2日～2006年2月28日にサイエンスショー「空気パワー」行なった。またこの期間中、特別サイエンスショーとして大気圧によるドラム缶つぶしの実験も行なったので、あわせて報告する。

1. はじめに

大気圧に関するサイエンスショーとしては、2002年夏に実施した小野学芸員企画の「空気パワー」をはじめ、これまで何回か行なってきた。今回、新たな実験を加えたり、実験道具も作りかえるなどし、再構成した。

また、大がかりな大気圧の実験として「ドラム缶つぶし」の実験があり、当館でもこれまで数回行なったことがある。今回、通常のサイエンスショーでは過去に行なったドラム缶つぶしのビデオ映像やつぶれたドラム缶を見もらったが、12・1・2月にそれぞれ1回、計3回、科学館の入り口前広場で実施した。

2. 実験内容

サイエンスショーでは、主に以下のような実験を行なった。ただし、演習担当者や見学者層により、実験の選択や順序は異なる。

2-1. 空気の存在と重さ

ここ数年、土・日曜日などの家族連れの来館者の子どもの年齢が大きく下がってきていると思われる。そこで、今回のサイエンスショーでは、最初に普通の大きさの風船を膨らませ、風船の中に何が入っているかを尋ねることから始めた。もちろん、多くの回答は「空気」であるが、中には「二酸化炭素」や「窒素と酸素と二酸化炭素」といった回答も希にあった。

次に、直径1mあまりの巨大風船を膨らませ、来館者にさわってもらった。その上で感想を聞いたところ、「柔らかい」「ふわふわしている」といった中に「軽かった」もしくは「重かった」という感想があれば、そこから巨大風船は軽く感じたか重く感じたかをあらためて聞いた。結果は、「軽かった」という回答が8～9割を占めていたが、「重かった」という回答も1割程度あった。これは、風船が大きくゴムも厚いため、「想像していたより重かった」ということだと思われる。

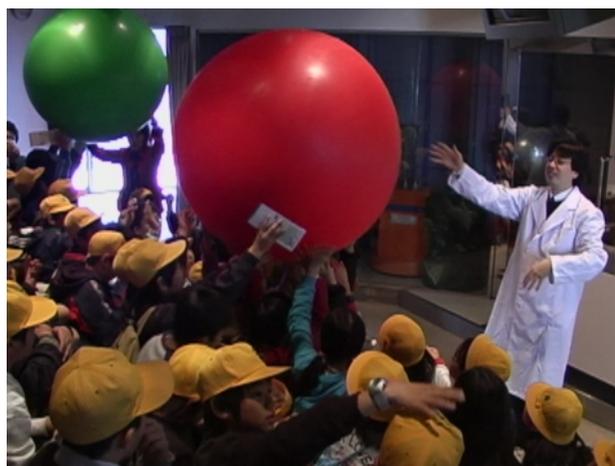


写真1. 巨大風船

2-2. 空気の質量

巨大風船を軽く感じたか重く感じたかにかかわらず、ではそもそも空気の重さ(質量)があるのかを尋ねてみると、子どもでは「ある」と「ない」でおおむね半々に意見が分かれた。大人では「ある」が多かったが、それで

*1大阪市立科学館 学芸課
E-mail : nozo@sci-museum.jp

も100%というわけではなかった。

そこで、実際に空気の質量を量る実験を行なった。炭酸飲料用の1.5リットルのペットボトルのキャップに自転車のチューブの金具を取り付けたものを用意する。まず、そのままペットボトルの質量を量り、空気入れを使って空気を余分に入れてから量ると質量が数グラム増えているのがわかる。さらに、ペットボトルのふたをゆるめて空気を抜くと、元の質量に戻る(空気中の水分が結露するため、元の質量に戻るには、ふたをゆるめたまま10~20秒程度かかる)。



写真2. 空気入れでペットボトルに空気を入れる

元々ペットボトルには約1.8グラムの空気が入っているので、質量が1.8グラム増えればペットボトルの内圧は約2気圧、3.6グラム増えれば約3気圧ということになる。炭酸飲料用のペットボトルはお茶などのペットボトルと比べて耐圧性が高いが、目的外使用であることや、サイエンスショーでは何度も使用することを考え、空気入れを動かす回数を数え、内圧が3気圧程度までになるようにとどめた。

今回、質量を量るのにはデジタル式の上皿ばかりを使用し、表示部をモニタに大きく映し出した。デジタル表示は0.1グラム単位であったが、小さな子どもでは小数点のある数字や小数点を含んだ数の引き算がまだできないので、1グラム単位の表示のはかりにした方がよかった。また、演示台の上にペットボトルを置いたまま空気を入れられるように、空気入れのホースを2倍の長さにした。

2-3. 持ち上げられない下敷き

空気には質量があることを確認した上で、「そんな空気が頭の上にとたくさんあると重くありませんか？」と尋ね、さらに手のひらに「100kg」と書いた100cm²の紙をのせ、手のひらの上にはおよそ100kgもの空気が乗っていることを話した。

次に下敷きを取り出し、「下敷きの上には500kgくら

い空気がのっているのに重くないですか？」と話した後、実際に持ち上げてもらった。表面が平らな電話台の上に下敷きを置き、下敷きのまん中にホームセンターなどで売っている普通の吸盤をくっつけ、その吸盤を引っ張ってもらった。



写真3. 持ち上げられない下敷き

多くの場合、引っ張っても持ち上がらなかったが、時には下敷きが曲がって空気が入ったり、下敷きを横へ滑らせて一部が台からはみ出すことによって下敷きが持ち上がるがあった。尚、台が高いと下敷きを真上に引っ張り上げずに手前へ引き寄せてしまいがちになるので、天板の高さが低い台を用いた方がよい。

下敷きが持ち上がらなかった理由について、下敷きの上には空気があるが、下敷きの下には空気がないことを説明した。

2-4. 自然に落ちる吸盤

下敷きを持ち上げるのに使った吸盤も空気に押されてくっついていて、空気はどんな方向からでも押すことを説明し、まわりの空気がなかったら吸盤はどうなるかを予想してもらった。すると、下敷きの実験があったためか、吸盤が落ちるという予想が多かった。



写真4. 真空にすると落ちる吸盤

その上で、真空鐘の内側に吸盤をくっつけ、真空にすることで吸盤が落ちるのを見てもらった。普段の生活で吸盤が自然に落ちることもあるので、真空鐘の内側には複数の吸盤をくっつけ、また比較のために真空鐘の外側にも吸盤をひとつくっつけて実験した。また、ちょっとしたことであるが、真空ポンプのホースを長くしておくことで取り回しが楽になる。

2-5. 人がぶら下がることができる吸盤

実際に空気が吸盤を押さえている力の大きさを実感するために、吸盤におもりをぶら下げた。吸盤はホームセンターなどで売られている直径約6cmのもので、くっつけるときにロック機構(フック部分がレバーになっていて、フックを起すことにより吸盤の中央部を引き寄せる機構)のないものを使用し、ぶら下げた板の下面にくっつけた。



写真5. ペットボトルを7本ぶら下げた吸盤

この吸盤に水を入れた2リットルのペットボトルをぶら下げていくと、7～8本(14～16kg)ぶら下げると吸盤がはずれた。吸盤の直径から考えると25kg程度までぶら下げられることになるが、実際にやってみると、フック部分を引っ張られることで吸盤が変形し、板との接触面積が小さくなっていくことがわかる。それでも、吸盤に10kg以上のおもりをぶら下げられることは、来館者にとって意外な結果となっていた。尚、2リットルのペ

ットボトルに水を満たしたものが何kgかということは、多くの子どもにとっては常識ではないので注意が必要である。また、吸盤におもいものをぶら下げたまま放置しておくことは危険なので、家庭では行なわないように注意を促した。

次に、吸盤が大きくなれば空気が押す面積も増えることから、吸盤を押さえている空気の力は大きくなるということから、ガラスなどの運搬に使われる大型の吸盤を用意した。



写真6. 吸盤に人がぶら下がる

この吸盤を先程と同じ板にくっつけ、子どもから大人までぶら下がってもらった。今回使用した吸盤は、吸盤の面積に大気圧をかけるとおよそ250kg重もあるが、吸盤や取り付ける板の表面に汚れがあるとはずれやすくなるので注意が必要である。また、吸盤を取り付ける板としては分厚くて表面がつるつるしたものとして、ホームセンターで売っている小型テーブルの天板を利用し、鎖や金具も耐重量を考慮して選んだ。

2-6. 勝手に膨らむ風船・大きくなるプチケーキ

このように、大気圧は非常におおきいのであるが、そんなに強い力で押されていることを実感することはない。そこで、まわりの空気がなくなったらどうなるかの例として、少しだけ空気を入れて口を結んだ風船を真空鐘に入れ、風船のまわりを真空にするとどうなるかを考え



写真7. 勝手に膨らむ風船

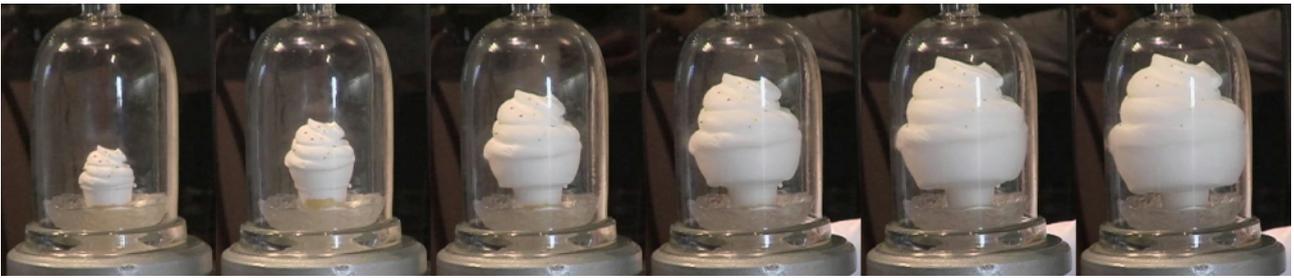


写真8. 大きく膨らむプチケーキ



写真9. 空気を入れるとしぼむプチケーキ

でもらった上で、実際に実験した。このとき、排気盤の中央に排気口があるため、風船はセロハンテープで真空鐘の中にぶら下げた。風船が大きく膨らんだところで、今度は真空鐘に空気を入れるとどうなるかを考えてもらい、まわりの空気から押されてくるとことを印象づけながら風船が小さくなっていく様子を見てもらった。

次に、風船の代わりにプチケーキ(模造品)を入れて実験した。ケーキを使うことで子どもたちの興味は非常に高まったが、本物のケーキかどうかということも気になってしまい、本来の実験目的の方へ引き戻すのに苦労もした。しかし、空気を抜いていってケーキが大きくなっていく様子・空気を入れてケーキが小さくなっていく様子はインパクトが強かった。また、ケーキを大きいまま食べたいのなら…ということから、人間の体も真空中では膨張してしまうこと、宇宙服の重要性などの話をすることができた。

真空にしたときに膨らむものとして、予備実験では



写真10. 真空にして膨らんだ本物のプチケーキ

マシュマロ・グミ・大福などいろいろと試してみたが、やはり中に空気があり柔らかいホイップクリームが速く大きく膨らんだ。しかし、毎回のサイエンスショーでホイップクリームを使うのはいろいろ問題があるので、プチケーキの模造品とした。模造品はカップにスポンジを入れ、上にシェービングクリームをのせてビーズ振り掛けたのであるが、来館者の反応は「アイスクリーム！」や「アイス！」(ソフトクリーム)であった。尚、台所用スポンジは色がきついため自動車のワックス用のものでクリーム色のスポンジを選び、シェービングクリームは無香料のものを使用した。

2-7. フラスコの内側に膨らむ風船

ここまでは、気圧を下げるのに真空ポンプを使っていたが、ここからは水蒸気や掃除機を使った実験を行った。

まずは、中で少量のお湯を沸かしたフラスコを用意し、お湯を捨てた後、風船を被せた。中の水蒸気が冷えて水に戻るにつれ、風船がフラスコの中に入っていく、フラスコの内側に大きく膨らんでいく。ここで、風船は吸い込まれるのではなく、大気圧で押し込まれてい



写真11. フラスコの内側に膨らむ風船

ることを説明した。

尚、以前は案内員にフラスコを支えてもらって風船を被せていたが、今回は一人で実験を行なうため、あらかじめ風船を被せた筒を用意しておき、この筒をフラスコの口にのせることで、スムーズに実験を進めることができた。筒は掃除機の汎用継手パイプの堅いタイプのもので柔らかいタイプのものを二重にして使用した。

2-8. 大気圧で缶をつぶす

次に、同じように空き缶の中でお湯を沸騰させ、大気圧でつぶす実験を行なった。空き缶は炭酸飲料やビールなどのアルミ缶を使用した。尚、アルミ缶の場合、ふたをしなくても、水を入れたボウルに一気に伏せれば、一瞬でつぶれる。



写真12. 一瞬にしてつぶれる空き缶

同じ様に、大きくて堅いドラム缶でも大気圧でつぶすことができるが、毎日のサイエンスショーでは、ビデオやつぶれたあとのドラム缶を見てもらった。

2-9. 掃除機でボーリングの球を持ち上げる

真空ポンプに似たものとして家庭用の掃除機があるが、掃除機は排気スピードは速いものの、到達真空度



写真13. 掃除機で持ち上がったボーリングの球

非常に低く、0.9気圧程度にしか下がらない。そこで、ボーリングの球と、内径がほぼボーリングの球と同じアクリルパイプを用意し、写真13のようにして大気圧との差でボーリングの球を持ち上げた。尚、アクリルパイプとボーリングの球との間にわずかな隙間があるため、ボーリングの球には幅広の荷造り用テープを巻き、空気漏れを少なくしている。

この実験は非常にインパクトの強いものであるが、掃除機でボーリングの球を「吸い上げている」ように見えてしまうので注意が必要である。このため、私自身はこの実験を割愛することが多かった。

3. 特別サイエンスショー

今回のサイエンスショー期間中に、科学館1階入り口前広場にて、実際に大気圧でドラム缶をつぶす実験を3回行なった。

3-1. 実施日時

2006年12月24日(日) 16時～約150名見学

2007年 1月 7日(日) 16時～約250名見学

2007年 2月11日(日) 16時～約400名見学

17時～約300名見学

※2月11日は実験失敗のため、急遽2回行なった



写真14. 特別サイエンスショーの様子

3-2. 実施内容

ドラム缶に少し水を入れて沸騰させた後、ふたをして冷やすことにより、大気圧によってドラム缶をつぶした。ドラム缶の中の水が沸騰するまでの間、「持ち上げられない下敷き」「大気圧でアルミ缶をつぶす」といった実験を行ない、通常のサイエンスショーを見学していない見学者にも実験内容がわかるようにした。

このドラム缶つぶしの実験は、これまでも当館で何度か行なっている。しかし、今回はこれまでと比べて冷やし始めてからつぶれるまでの時間が短く、つぶれたド

ラム缶も非常にコンパクトになっていた。これは、他の実験も行なったため、ドラム缶の中でお湯を沸騰させるのに十分長い時間をかけたためだと思われる。逆に言えば、これまでの実験では、まだドラム缶の中が水蒸気でいっぱいになっていなかったということになる。

尚、2月11日は一度実験に失敗したため、急遽もう1回実験を行なった。原因は、ドラム缶のふたのネジが錆びていたためで、ふたを閉めても隙間から空気が中に入ってしまった。予備のドラム缶でもう一度実験を行ない成功したが、一番見学者が多いときだっただけに、残念だった。



写真15. 水しぶきを上げてつぶれるドラム缶

4. 考察

サイエンスショーにおいて、電流や空気といった目に見えないものを扱う実験は、理解しづらく、盛り上がりにも欠けるようになってしまいがちである。しかし大気圧の実験については、2002年に実施した時から行なっている「掃除機でボーリングの球を持ち上げる」実験や、今回から行なっている「大きくなるプチケーキ」はかなりインパクトが強い。サイエンスショー全体も盛り上がっているためか、あまり難解な印象はないようである。

尚、2002年に当館で行なってから、「掃除機でボーリングの球を持ち上げる」実験は、全国的に広まっている。しかし、十分な解説なしでこの実験を行なうと、単に「掃除機で吸い上げている」ように見えてしまうため、注意が必要である。

参考文献

小野昌弘 「サイエンスショー「空気パワー」実施報告」
大阪市立科学館研究報告13(2003)