

サイエンスショー「静電気なんてこわくない!？」実施報告

大倉 宏*

概要

静電気がおきやすくなり、またお問い合わせの増える冬の時期に静電気をテーマにした実験を行った。静電気にはプラスとマイナスがあるという単純なことからどのようなことが言えるか、当館の大型静電気発生装置バンデグラフ起電機を使って、迫力のある実験をご覧いただいた。

1. はじめに

気温が下がり、湿度も低くなる冬の時期は静電気が発生しやすい。また、この時期になると静電気のパチンから逃れるためにどうしたらいいのか、といった質問もよく受けるようになる。

静電気実験は冬の定番実験であり、人気が高く過去に何度もサイエンスショーで取り上げているが、今回は2010年¹⁾以来6シーズンぶりのサイエンスショーとなった。

2010年版を下敷きをしているが、静電気にはプラスとマイナスがあることからはじめ、分極をきちんと説明し、また静電気のパチンからの逃れ方²⁾についても丁寧に説明することを目標にした。

2. 実験内容

2-1. 髪の毛を逆立てる実験

まずはじめに、下敷きで髪の毛をこすって立たせる実験をした。下敷きを出すと「知っている〜！」という子どもが多かった。つかみとしては適当だと思われる。

2-2. 電気クラゲ(プラスとマイナス)

次に塩ビパイプをティッシュでこすって髪の毛に近づけると下敷き以上に髪の毛が吸い寄せられる。塩ビパイプに静電気が溜まっていることが確認できる。

さらに透明アクリル板の上でクラゲをティッシュでこすると静電気でアクリル板に張り付いてしまう。くっついた状態は、アクリル板を持ち上げて裏返し確認した。

ここでクラゲと呼んでいるのは、応援のボンボンをつ

くるスズランテープ(平テープ)を25センチくらいに切って、片端を結び、細かく引き裂いたものである。擦ると静電気を帯びやすい。本物のクラゲは海中を漂うが、静電気で空中に浮かぶので、電気クラゲ、あるいは単にクラゲと呼んでいる。

さて、塩ビパイプとクラゲ、くっつく者同士を近づけるとどうなるでしょう、ということでクラゲを浮かせた。クラゲの縛ってある端を持ち上げ、ポンと上に投げ上げ、下に塩ビパイプをスッと持って行くのがコツである。塩ビパイプの代わりにロングバルーンでも同じことができる。

次に、パイプを変えますと言って、アクリルパイプをティッシュで擦ったもので行った。クラゲはアクリルパイプに引き寄せられる。

クラゲと塩ビパイプはマイナス、アクリルパイプはプラスここで、静電気にはプラスとマイナスがあり、異極どうしは引き合い、同極どうしは反発することを説明した。また、磁石との類似性についても触れた。

2-3. アクリル棒にくっつくティッシュ

プラスとマイナスは同時に生じること説明する意図で行った。帯電していないアクリル棒とティッシュを取り出し、ティッシュでアクリル棒をこすり帯電させ、頭に近づけ髪の毛を立たせる。プラスマイナス0という言葉がある。元々は電気がなかったのにアクリル棒はプラスになった、ではマイナスはどこに行ったのだろう、ということで、ティッシュの存在に気付かせる。

ティッシュがマイナスを帯びているならプラスのアクリル棒にくっつくはずだと言って、実際にくっつくところを見ていただいた。そして、アクリル棒のプラスの量とティッシュのマイナスの量は正確に等しいことにも触れた。

静電気コップで電荷(電流)の保存を言うための下敷

*大阪市立科学館 学芸員
ohkura@sci-museum.jp

きでもあった。これは他愛のない実験なのかもしれないが、次の誘電分極を理解するうえでも必要な実験である。しかし時間がない時は残念であったが割愛する機会が多かった。

2-4. どこにでもくっつくバルーン(誘電分極、静電誘導)

ロングバルーンは、今回はクオラテックス社の 260Q サイズを使用した。長さが長いので半分に切って使っていた。膨らませ、ティッシュで擦るとホワイトボード、机、金属の扉、テレビモニタ、人間などどこにでもくっつく。

ロングバルーンはマイナスに帯電していることは、クラグが反発することで確かめた。すると、ホワイトボード、机、金属の扉、テレビモニタ、人間...などは、擦ってもいないのにプラスになったことになる。

少し難しい説明になるが、実際そのとおりでバルーンを近づけると誘電分極が起こり物体の表面にプラスの電気が現れることを説明した。

アルミ缶をテーブルの上に横倒しに置き、プラスの亚克力棒を近づけても、マイナスの塩ビ棒を近づけても引き付けられるのも見ていただいた。擦ってもいないのにアルミ缶には、近づけた棒に帯電している極と反対の極が静電誘導で現れるのである。

このアルミ缶の実験は、今回初めて取り入れたものであったが、時間の都合で割愛する場合もあった。

2-5. 静電気コップ(静電気も電気だ！)

ここまで実験してきた静電気は、電気なのだろうか？電気であるなら蛍光灯を付けることはできるだろうか？ということで、米村でんじろうの実験でおなじみの静電気コップで蛍光灯を光らせる実験を行った。

蛍光灯の真ん中を持ち、静電気を溜めた静電気コップのひらひらに蛍光灯の電極をくっつけると、光が見える。さらに蛍光灯の電極の部分を持ち、もう一度ひらひらにもう片方の電極をくっつけるともう一度光る。

溜まっている電気が静電気であり、流れている電気が電流である。コップから電池やコンセントから取り出せるのと同じ電流が流れたことを説明した。

更に電流が流れると溜まっていた静電気の量が減る。静電気が残っていれば、再び電流を流すことが出来るが、静電気がなくなれば電流が流れないことも説明した。正負の電荷の存在、電荷の保存、流れた電流との関係などは重要な概念なのだが、時間をかけて説明できないのが残念であった。

時間のある時は、百人脅しを行った。パチンを嫌がったり、怖がったりする人もいたので、無理強いはいないように心掛けた。また、時間の都合でやらないことも

多かった。

演示台はステンレス張りだったので、静電気コップの底をテーブルにくっつけながらコップを傾け、ひらひらをテーブルにくっつけると数ミリの小さな放電が起こる。セーターを暗い所で脱いだ時、パチパチという音と共に光るのと同じだと説明した。

2-6. 大型静電気発生装置

当館には、直径 60 センチの大型バンデグラフ起電器がある。装置の説明をしたあと、帯電球に補助球を近づけ放電させた。10~20 センチの火花が飛ぶ。10~20 万ボルトで、1~2 ピカチュウ(アニメキャラクターのピカチュウは 10 万ボルト)の強さだと説明した。

以前は、最初に放電実験をすると体に帯電させる実験を怖がるからという理由で最後まで行わなかったのだが、むしろ大型バンデグラフ起電器のすごさを早く印象付けた方が良いという館長のアドバイスで、最初に持ってきた。

静電気コップの放電と比較することで、バンデグラフにどれだけの静電気が溜まっているのか想像でき、静電気コップの放電の直後にやるのはタイミングとして良いと思われる。

帯電させたバルーンを近づけるとバンデグラフに飛びつくことも見てもらい、バンデグラフが強烈にプラスに帯電していることを説明した。

次に 60 センチほどの紙テープを何本もつけた銅製リングをバンデグラフの帯電球に載せ、帯電させた。紙テープもプラスに帯電し、退け合うのでテープが持ち上がり、開く。アース棒を近づけると(帯電球に接触させなくとも)静電気が逃げ、紙テープが落ちる。

では、人体に静電気を溜めたらどうなるか？ということで見学者に募って静電気髪を立ててもらった。人によって髪の毛の変化が分かりにくいことがある。そのようなときは、ロングバルーンで髪の毛をチョイチョイとやると良いようである。

志望者が多い時は、二人に手をつないでももらったり、あるいは二人の間にアルミの棒を入れたりしてやることもあった。また、空いている手にひらひら君¹やシュレッダー屑をもってもらったこともあった。

2-7. 静電気のパチンから逃れる方法

この部分は今回のショーで初めて取り上げた実験である。アルミの棒を持ち、バンデグラフと金属扉の間に置いた絶縁台の上に立つ。アルミ棒をバンデに接触させると体に帯電し、髪の毛が逆立つ。アルミ棒を門

¹ カチューシャに櫛と細い紙テープを何本も付けた発泡スチロール球を取り付けた静電気実験グッズ。楽知ん研究所 http://www.luctin.org/luctinshop/4_20.html で購入できる。

扉に近づけると放電し、髪の毛が下りる。これを何度もコミカルに繰り返した。

放電はアルミ棒と間で起こる。直接体から火花が飛ばないので痛くはない。ただし、観客からは見えないが、電流が流れたため筋肉が収縮するのが自身では分かるので、それなりの大きさの電流が流れていたようだ。

冬場のパチンは体に溜まった静電気が逃げるとき、直接指先から火花が出るから痛いのである。金属は電気を流しやすい。鍵などを使って静電気を逃がせば、パチンから逃れられることを紹介した。

次に塩ビ棒を使って同じことをした。髪の毛は全く変化しない。つまらないですね、なぜでしょうという問いかけに、電気が流れないからだという答えが返ってくる。

更にバンデグラフに直接触り髪の毛を逆立ててから、塩ビ棒を門扉に接触しても髪の毛が逆立ったままであるという実験も見いただいた。プラスチックやガラスは電気を流しにくいので、触っても体に溜まった静電気を逃がすことができないことを説明した。

次に木は電気を流すでしょうかと問うて、棒を木に変えてバンデグラフに接触させた。髪の毛がゆっくりと立ち上がるのを見て観客は驚いた。金属棒と違いがあったかと問うと、ゆっくり、という答えが返ってきた。門扉に木の棒を接触させるとやはりゆっくりと髪の毛が下りていく。

木は電気を流しにくいですが、全く流さないのではなく、抵抗が大きいため小さな電流しか流れないのだという説明をした。木に触っても小さな電流しか流れないのでパチンとくることはない。鍵がないときは、木の柱や土壁にしばらく触って体に溜まった静電気を逃がしてやれば、パチンから逃れることができることも紹介した。

2-8. ファラデーの籠(静電誘導、静電遮蔽)

これも当館の静電気実験では定番になった実験である。人の入れる小屋を金網で作し、空き缶(3L アルミビール缶)を金属バネでぶら下げた竿(アルミアングル製)を小屋に取り付ける。

空き缶の下にバンデグラフを置き運転すると、アルミ館は静電誘導でプラスに帯電し、バンデグラフと引き合い、距離が縮まったところで間に火花が飛ぶ。

それを観客に見てもらい、図 1 を掲げて、150 年前のイギリスの大科学者ファラデーは籠の中は安全だと言いました。誰か入ってみませんかと志願者を募った。

勇気ある志願者には、短い蛍光灯を持ってもらい、中に入れてもらった。中から金網に蛍光灯を押し当てても光らないし、金網に触っても感電しない。しかし、演示者が籠の外から蛍光灯を金網に当てると、バンデグラフが放電するのに合わせて蛍光灯が光った。

この現象も図 1 を使用して解説した。空き缶だけで

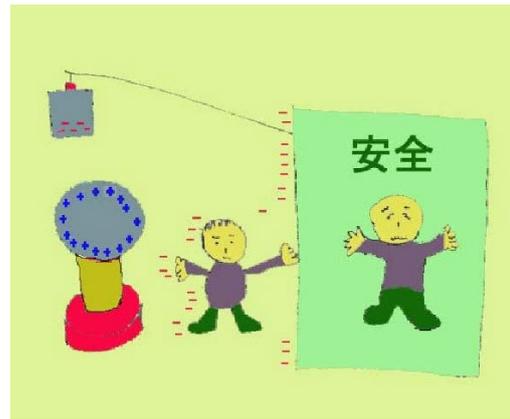


図1:齋藤吉彦館長画、ファラデー籠実験の概念図

なく、人間の体も誘電分極によってマイナスに帯電する(図には空き缶だけでなく、籠の外のヒトにもマイナスが描かれている)。バンデグラフと空き缶の間に放電が起きると空き缶のマイナスは消えてしまう。

同時にヒトに溜まっていた静電気も一瞬でなくなってしまう。静電気が消えたのは、ヒトと地面との間に瞬間的に大きな電流が流れたからだ、つまり外のヒトには電流が流れる。ところが、籠の中の人にはマイナスが描かれていない。金属は電気が流れやすい(自由電子が移動する)ので、バンデグラフのプラスを打ち消すのに十分なマイナスが金網表面に現れ、中の人マイナスに帯電しないことを解説した。

「ファラデーは籠の中の人安全だと言いましたが、籠の外の人保証していません。実は、危険なのは籠の外の方です。」と言ってバンデグラフに近づき、蛍光灯を観客の方へ差し出すと、どこにも当てていない蛍光灯が観客の目の前でバンデグラフの放電に合わせて光るのを見ていただいた。

3. 考察

今回、静電気には正負があり、異極は引き合い、同極は反発すること、いわゆる電荷保存則がここで言う実験から分かること、またそれで種々の実験が理解できることで一貫して解説していくことを実験開発者自身は考えていた。

プラスとマイナスは同時に生まれること、電流が流れば電荷は減ること(逆に言えば、電荷が変化するのであれば電流が流れたことになる)などは、誘電分極や静電誘導を理解する上で大事な基礎概念である。しかし、徹底してできなかった。

静電気のパチンから逃れる方法は問い合わせが多く、今回その逃れ方を 3 種類の棒で説明したが、これは電気の流れやすさ(電気抵抗)と関係したもので、一連の流れの中では異質であった。そのためショーとしてのテーマに統一感が減ってしまったように思う。

また前半の説明に時間をかけすぎ、15分も経ってからようやくバンデグラフの登場となった。前半部分の説明をバンデグラフをもっと活用して説明するようにした方が良かった。

例えば、手のひらにシュレッター屑を載せてバンデグラフに近づくと、誘電分極が起こり、シュレッターが毛羽立ち、さらに近づけるとバンデグラフに飛んで行った。これは面白い実験で、ときどきやったが、時間の都合で割愛することもあった。しかし、むしろこれをメインに入れたプログラムを作るべきだったのである。

今回のサイエンスショーの主役は大型バンデグラフ起電器である。しかし、これには泣かされた。10月になっても全く安定しないのである。予行会の前日に動くようにセットアップしても翌朝はぜんぜん帯電しない、朝うまく行っていたのに、昼からはダメということが10月中はしょっちゅう起こった。

アースの取り方を変えたり、ベルトのテンションを調整したり、掃除をしたりといろいろ手を尽くすと、その場では作動するようになるのだが、数時間もするとまた静電気が溜まらなくなってしまい、理由がまったく分からなかった。

匙を投げて、製作した業者にオーバーホールをお願いしてようやく安定して動くようになった。オーバーホールして徹底的に清掃を行ったようであるが、どこが原因だったのかは、企業秘密だと教えてもらえなかった。また、ゴムベルトは色が変わっていたので尋ねると静電誘発剤を添付したそうだが、成分も秘密とのことだった²。

バンデグラフの調子が悪く、新しい題材にチャレンジしたり、実験の中身、やり方、説明の仕方などの吟味がほとんどできてないまま、スタートをむかえることになってしまった。

また、バンデグラフが調子よく動き出すと、今度は周辺の電子機器に異常が発生し、照明が落ちたり、音響機器が壊れたりした。以前はバンデグラフのアースは電源とは独立させていたのだが、今年から諸般の事情でアース付きプラグから取ることにした。後で気づいたのだが、すると放電の際にアースに瞬間的に大電流が流れれば、コンセントを通じて繋がっている他の電気製品にもサージノイズが流れるはずである。詳しい人に

聞くと空中放電による電波よりその影響方が大きいのではないかとのことであった。アースはコードから取るべきではなかった。また、PCに関してはメーカーが数kVの接触放電と気中放電による静電気試験(EMC)が行われているのでバンデグラフが原因とは考えにくいとのことであった。

4. おわりに

サイエンスショー「静電気なんてこわくない!？」の実施期間は、2016年12月2日から2017年2月26日。実施回数は212回、11507人のお客様にご覧いただきました。齋藤館長をはじめ同僚にはこのショーをよくするためにたくさんのアドバイスをいただきました。この場を借りて感謝いたします。また、長谷川学芸員には実験機材の改良をしていただきました。感謝いたします。

参考文献

- [1]大倉宏「サイエンスショー「静電気なんて怖くない!？」実施 大阪市立科学館研究報告 21(2011)83-85.
- [2]大倉宏「体に溜まった静電気の逃がし方」
<https://www.youtube.com/watch?v=U0biyoooGuY&feature=youtu.be> あるいは
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~ohkura/>

² コロジオンをトルエンで溶かして糊塗したのではないかと知人から聞いた。我々は、調子が悪くなると下の塩ビローラーにコロジオンを塗っていたが、ローラーに塗るよりベルトに塗るほうが良いのだそうである。業者に「調子が悪くなったら下のローラーのコロジオンを塗るのはどうか？」と尋ねたとき反応を思い出すとどうやらベルトに糊塗した静電誘発剤というのはコロジオンであったようだ。