

サイエンスショー「あかりのひみつ」実施報告

大 倉 宏 *

概 要

簡単に点け消しのできる便利なあかり。我々がふだん利用している電気が使われるようになってまだ100年少ししか経っていない。2015年は国際光年で、これを記念して当館では企画展「光とあかり」を開催した。そしてこれに関連したサイエンスショーとして「あかりのひみつ」というタイトルで、炎の中で燃えているものは何か、明るく光るのはなぜかなどを実験で確認し、白熱電球、蛍光灯、LEDの光り方の違いを分光することで調べ、さまざまな灯りの歴史をたどるサイエンスショーを実施した。

1. はじめに

エジソンは1879年(明治12年)に白熱電球を改良し、特許を申請し、翌1880年に実用的な電球を手にした。しかし当時の電球は高価で、日本で電球が普及したのは、大正時代になってからであった。電気の灯りは、夜を昼に変え、我々の生活スタイルを激変させた¹⁾。そしてそれまで使われていた炎による灯りは、特別な状況以外ほとんど使われなくなってしまった。

2015年は国際光年(IYL2015)で、それを記念して当館では、企画展「光とあかり」を開催した。サイエンスショーでもこれと関連して灯りの歴史を辿り、現在使われている灯りの特徴を紹介するサイエンスショーを実施した。

2. 内容

部屋の照明を落として、「暗くなったら、電気を点けてください。」と言いませんかと問いかける。現在は灯りに電気をを使うのが当たり前になっていますが、では、電気がない時代はどうしていたのでしょうか？ということで実験をスタートさせた。

2-1. サラダ油に火をつける

スーパーのサラダ油(菜種油)をガラス皿に入れ、着火ライターの炎を近づけてみる。しかし、火は点かない。冷たい油(液体)には火は点かない。ここでロウソクを思い起こしてもらおう。油も芯があれば火が付く。

芯を使って油に火を灯し、部屋を暗くして明るさを確認してもらった。本を読むのがやっとであり、少し離れるとかなり暗くなる。

さらに炎がちらついて灯りが揺れないように障子を立て「行燈」として使ったことも紹介した。電気以前は、夜はかなり暗い中で生活していたのである。

なお昔の灯芯は細く、ショーよりも暗かったはずだが、次の油蒸気に火を点ける実験のためアルコールランプ用の太い物を使った。本サイエンスショーが始まってから奈良に灯芯(灯芯草=イグサのずい)を扱っているところがあると教えてもらったが、拘らなかった。

2-2. 炎の中で燃えているもの

芯があることで火が灯ったが、では改めて炎の中で燃えているのは油なのだろうか、芯なのだろうか、それとも両方なのか。

カメラのレンズブローアの先の部分をガラス管に変えたものを炎の中に入れ、中の雰囲気を取り出した。ブローアの中のものを出して見ると白い煙である。この煙を押しだしながら着火ライターの炎を近づけると燃える。



この白い煙の正体は、小さな油滴である。先の解答

*大阪市立科学館、中之島科学研究所
ohkuraATsci-museum.jp (AT→@)

は、芯で吸い上げられ、蒸発した油が炎の中で燃えていた、ということになる。

以前は、この実験はガラスの流腸器でやっていたが火を点けるのが難しかった。この方法は、中が見えなくなったが、片手でできる利点がある。しかし、それでもコツやツボがあるようで火を点けるのは結構難しかった。そこで以下のような方法を用いた。ガラス皿の火を消すと白い煙が芯から立ち昇る。そこに着火ライターの炎を近づければ、炎が芯に飛び移る。

なお、火をつけたり消したりすると油の蒸気が辺りに漂うので、換気扇を回して実験した。

2-3. ガスの炎

次のガスの炎を見てもらった。ガストーチの炎(燃料=ブタンガス)は青色で、サラダ油の炎に比べても暗い。炎の勢いと暗さを対比して観察してもらった

2-4. 炎はなぜ明るい

油の炎にガラス板(スライドグラス)を入れると直ぐに黒くなる。煤が付いたからだ。ティッシュで拭きとると簡単に拭き取れる。



さらにガスの青い炎に炭素粉をふりかけると赤黄色に明るく輝くのを見ていただいた。炎は中に熱くなって輝くものがなければ暗い。紙や木、油などを燃やすと炎の中に自動的に煤(炭素=炭の微粒子)が入り、明るくなるが、ガスやアルコールの炎など煤が少ないと明るくはならないことを説明した。

ショーで使ったガストーチ(サカエ富士 BT20VX)は空気取り入れ口を開閉することができた。閉じると不完全燃焼になり、炎の中に煤が発生する。そのため炎が赤黄色に輝く様子もみていただいた。



さらに、ガスの炎の中にマンツルの切れ端を入れ、白く輝く様子も見ていただいた。また、ガスランタンを実際に灯してもみた。明るさをガスコンロやガストーチと比較するために、カセットコンロと同じガスボンベを使用するガスランタン(新富士(SOTO)ST-260)を実験に使用した。

ガスマンツルは、1868年オーストリアの化学者ヴェルスパッハによって発明され、ガス灯の余命を伸ばし、電燈の普及を妨げた²⁾。セリウムを僅かに含むトリウムが熱ルミネッセンスを起こし、白く輝くと言われている。

2-5. アーク灯の光

エジソンの電球の発明よりも前に電気の光が使われていたことを紹介した。電気は電線の中を流れるが、電線が切れかかるとパチパチと光る。これを大規模に光らせたのがアーク放電で、その光を利用した照明具がアーク灯であった。

アーク灯の原理を紹介するために、炭素棒電極の放電を実演した。ブースターケーブル(車のバッテリーコード)に長さ30センチほどの備長炭を2本取り付け、反対端をスライダックに入れる。途中、保護抵抗として、小型ヘアドライヤーを直列につなぐ。ヘアドライヤーは容量の大きな20Ω程度の抵抗として働く。

スライダックの電圧を30Vほどにし2つの備長炭をチョンチョンとくっつけるとパチパチ小さな火花が出る。80Vくらいにすると眩しいアーク放電になる。



観客の目を守るため、60センチ角の紫外線吸収アクリル板(厚さ約3ミリ)を立てて行った。演示者は、溶接面を装着した。

2-6. エジソン電球

当館で所蔵する80~90年前のカーボン球、引き線タングステン球の中から、大阪電気(サン電球、大阪電燈の子会社)の製造したカーボン球を実際に点灯させた。

トップチップ(電球の頭に付いた空気を抜いた跡)のついた電球で、ガス入りではないので点灯させてもガラスは熱くならない。

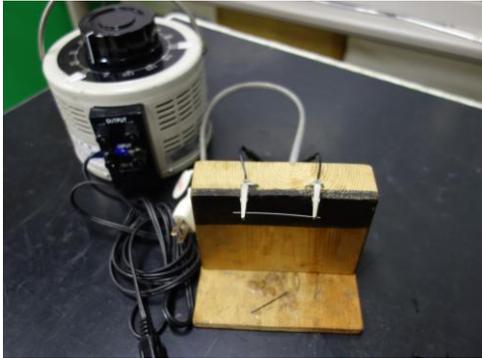
定格は220V16燭であったので、100Vで点灯させて

もまず切れることはないが、念のためスライダックを用いて徐々に電圧を上げ、100Vで点灯させていた。



2-7. シャープペンシルの芯電球

5mm φ のシャープペンシルの両端にスライダックを使って20Vほどの電圧をかけると赤熱し、輝く。実験は小さなワニグチクリップの付いたホルダーを用いて行った。



シャープペンシルの芯は、おそらく炭素粉末を油や粘土で練り、焼き固めて作られている。電圧をかけると、油や接着成分が燃え、炎を出すことがある。また熱膨張のため爆ぜてしまうことがあるので、スライダックの目盛りは、徐々に上げるのがコツである。

10秒ほどで芯は焼き切れてしまう。燃えるというより昇華したという方が正しいように思う。しかし空気中では酸素があるので燃えてしまう、そこでエジソンなどの電球の発明者はガラスに入れ中の空気を抜いたのだと簡単に説明した。

2-8. 現代の白熱電球

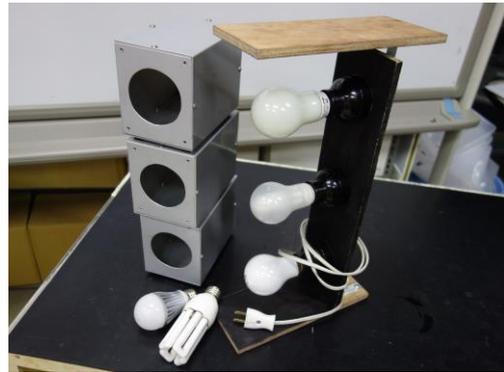
現在見られる白熱電球は、エジソンの時代よりもかなり進化している。しかし、フィラメントが炭素からタングステンに変わったこと、ガラスが擦りガラスになったことなどを言うだけで特に深入りした説明はしなかった。

2-9. 電球型蛍光灯-虹見え一

似た形の電球がありますということで、電球型の蛍光灯も点灯する。明るさや色目が微妙に違うが、先の電球と同じように見えてしまう。

ここで、2つの電球の違いが分かる道具をお貸しします(実験が終わった後回収)ということで、回折格子(パウチしたレプリカフィルム)を配布した。当館では「虹見え一」という愛称で呼んでいる。

まず天井の照明を虹見え一を透かして見て、虹が見えていること見てもらった上で、前に白熱電球だけを光らせ、他の照明を落とした。何色の光が見えてますか?と問い、雨上がりに現れる虹と同じように赤から紫の光が見えることを確認した。



太陽の光も、白熱電球の光も、光を分解するとさまざまな色の光が含まれていることを説明した。場合によっては、ここで着火ライターを点灯させ、熱くなった物体(今の場合、煤であったり、フィラメント)からはいつもいろんな色の光が出ていることを説明した。

次に白熱電球を消し、電球型蛍光灯を点灯させる。光のカラーボールが並んでいるように見え、歓声上がる(ここで、白熱電球も付け、さらに電球にスリット付け、光を絞れば観察に慣れている人にはより明瞭に差が見える。しかし、慣れない人には光量が落ち、暗くなって逆に見えにくい。報告者はスリットを持ちいなかった)。何度か、白熱電球と電球型蛍光灯を点けたり消したりして違いを観察した。

では、この電球は何だったのでしょ?ということ、蛍光灯スタンドを点灯させる。色の出方(虹見え一を使って見える色)が一緒であることを観察してもらい、問題の電球が蛍光灯型電球であったことに気づいてもらう。確認のために、スパイラル型の電球型の蛍光灯も点灯させ、電球型蛍光灯、スパイラス型、電気スタンドからの光が同じパターンであることを見てもらった。



蛍光灯は、白熱電球のように熱くなって光っている訳ではないので、白熱電球(や太陽や炎)と光のパターン(スペクトル)が違うことを説明した。

蛍光灯は、水銀蒸気中で放電し、水銀蒸気の出す紫外線で蛍光体を光らせ発光するのだが、細かい発光原理の説明はショーでは割愛し、放電で光っている程度にとどめた。

2-10. LED 電球

最近では、他のタイプの電球もありますよね、と言いLEDという言葉を使った。ほとんどすぐに答えが出る。白熱電球と似たようなスペクトルが見えることを確認した。実は、白熱電球とは違うのだ、その違いを見るために言い、次の実験を行った。

2-11. 青色発光ダイオード

昨年日本人が受賞したノーベル賞は何色発光ダイオードだったでしょう？と問うと、すぐに青色という答えが返ってきた。

そこで青色発光ダイオードの光で、色鉛筆の写真パネルを照らして、色を当ててもらおう。しかし、色はほとんど分からない。よい方法がある、ということで黄色の光をさらに当てると足し合わされた光の色は白っぽくなり、色鉛筆の色が分かるようになった。



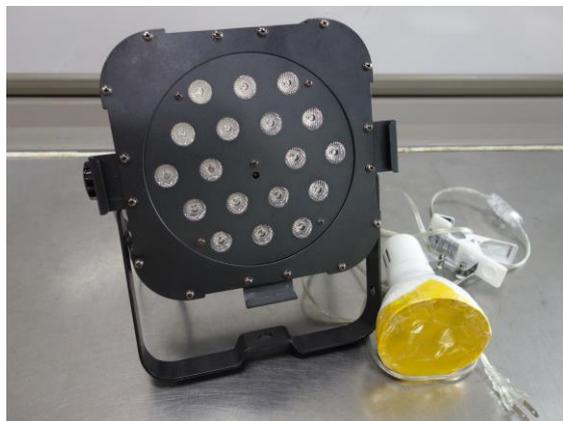
歴史的には、話は逆で赤や黄色、黄緑の発光ダイオードは作られていたが、青色はどうしてもできなかった。赤や黄色、黄緑をいくら混ぜても白い光にはならないので、LEDを照明に使うことはできなかった。それが青色の発明で照明として使えるようになったことが画期的であったことを伝えた。

さらに、青色光を当てると黄色く蛍光する物質を見せ、現在の白色発光ダイオードは、この黄色い蛍光体からの光と青色発光ダイオードからの光が合わさって白色になっていることを説明した。

そして、電球型発光ダイオードに戻り、虹見えるるを使ってスペクトルをもう一度観察してもらった。

白熱電球と比較すると、白熱電球は光の色の帯が同じような幅で続いている。ところが、電球型発光ダイ

オードは、青色の部分にくびれがあることに気づく。つまり、電球型発光ダイオードのスペクトルは2つの部分に分かれている。青から青紫にかけての光が発光ダイオードの光、赤から緑にかけて(この部分の光だけを肉眼で見ると黄色く見える)が発光体が出す蛍光色である。



最後に、白熱電球、蛍光灯、発光ダイオードと順に点灯させ、電気を使った照明も熱くなって光るものから、放電やLEDのように電力消費の少ないものへと変わってきたことを紹介してショーを終えた。

3. 考察その他

企画段階では、分光は行わず、ロウソクやオイルランプ、調光調色のできるLED、有機ELなどを入れた光の歴史を辿る内容であった。

しかし、歴史の授業のようになってしまい、科学的な内容をもっと採り入れた方が良くということになり、長谷川学芸員の助けを借りて今回のスタイルになった。

分光は説明しなければならないことが多く、話も難しくなりがちだが、綺麗な色が見えること自体は楽しく、難しいところは省き、時間をかけて丁寧に説明したので、小さな子どもも飽きることなくショーを楽しんでくれたようであった。

本サイエンスショーの実施期間は、12月4日～2月28日。実施回数は223回、ご覧いただいた観客は12,449人であった。

謝辞

備長炭アーク放電の実験方法は、当館でサイエンスガイドで活躍されていた柿葉隆雄氏に教わった。同氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) モダニズムのニッポン 橋爪紳也(角川選書)
- 2) 「白い光」のイノベーション 宮原諄二(朝日新聞社)