

企画展「静電気の世界」実施報告

上 羽 貴 大、猪 口 睦 子、嘉 数 次 人^{*1}

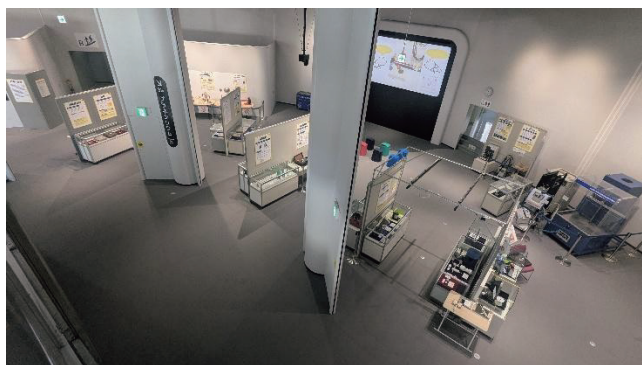
概 要

冬になると、ドアノブに触れた時をはじめ、生活の中で実感することが多く、身近な静電気であるが、その科学的原理や実社会での利用についてはあまり知られていないのが現状である。そこで当館では、2025年12月5日から2026年2月8日までの期間、企画展「静電気の世界」を開催し、静電気の科学や探究の歴史、産業などにおける静電気利用を中心に紹介した。本稿では、その実施状況を報告する。

1. はじめに

静電気は、冬の時期に金属製のドアノブに触れた時などにパチッと痛みを感じたり、またプラスチック製の下敷きで頭を摩擦して髪の毛を立てたりするなど、さまざまな機会が存在を実感する。一方で、静電気はどのような性質を持つものなのか、どのような活用方法があるのか、といった点については、案外知られていない。そこで、静電気とはどういったものか、どのような探究が行われてきたのか、また、現在どのように利用されているのかについて、実物資料と体験装置を中心に紹介する企画展「静電気の世界」を、2025年12月5日から2026年2月8日まで開催した。

会場全景



2. 企画展概要

2-1. 企画展の概要

企画展名称:「静電気の世界」

会期:2025年12月5日(金)~2026年2月8日

(日)

会場:展示場1階

料金:展示場観覧料に含まれる

展示構成:①静電気の科学、②静電気の探究、③静電気の利用、の3部構成

2-2. 関連イベント

(1)12月7日(日):「サイエンスガイドの日」

展示解説と実験工作ワークショップ

(2)1月12日(月・祝):実験工作ワークショップ

「あつまれ! 静電気!」

(3)1月31日(土): 静電気の特別サイエンスショー

「高木先生のカミナリ実験」

講師:岩手大学理工学部 高木浩一教授

2-3. 協力・後援

本企画展では、多くの個人、団体、大学や企業のみなさまにご協力、ご後援をいただいた。

(1)協 力:(敬称略、五十音順)

岩手大学理工学部 教授 高木浩一、株式会社 AFI テクノロジー、大阪公立大学 教授 大久保雅章、大谷中学校・高等学校 科学部、大谷中学校・高等学校 教諭 豊田将章、音羽電機工業株式会社、神奈川工科大学 教授 瑞慶覧章朝、関西大学 教授 田實佳郎、関西大学 准教授 阿部裕悟、関西大学 非常勤講師 本管正嗣、コニカミノルタ株式会社、シチズン時計株式会社、静電植毛技術研究会、ダイキンファインテック株式会社、帝人フロンティ

^{*1} 大阪市立科学館

3-1. 「静電気の科学」



第 1 部「静電気の科学」では、静電気の基本的な性質について主にパネルによる解説および、17 世紀以降に発明された静電発電機を 3 種類展示した。

展示したものは以下の通り。

(1) 電気力線と磁力線



静電気力と磁力の類似を示すため、電気力線と磁力線を可視化したものを並べて展示した。磁力線はネオジム磁石の上に置いた容器内に鉄粉を撒いたもの、電気力線は帯電させた鉄釘の周囲にできる静電場を油に浮かべた炭の粉により可視化した。鉄粉、炭ともに径 1mm ほどの粗い粒を使うと見えやすかった。電気力線は揺れにより均されて見づらくなるので、開館日は毎朝帯電ガンを用いて帯電させていた。なお、本展示制作にあたっては文献[1][2]を参考にした。

(2) 雷写真

雷は誰もが知っている自然現象であり、またもっとも大規模な静電気現象でもある。音羽電機工業株式会

3. 企画展の構成

社の協力により、同社が 2003 年より開催する「雷写真コンテスト」への出展作品のうち、以下 3 作品の A1 フレームパネルを展示した。

- ・第 22 回グランプリ作品「富士山に落雷」
- ・第 21 回金賞 「静けさを切り裂く雷鳴」
- ・第 21 回 銅賞作品「光の矢」

実際の雷現象の写真で雷の軌跡を観察してもらうこと、また同時に美しく目を引く写真作品で観覧者の注意を引くことをねらった。併せて、同社が制作する「カミナリ mini ブック」を設置・配布した。



(3) 実物帯電列



素材ごとにプラスとマイナスどちらの電荷を帯びやすいかは異なり、その傾向を一行に並べたものが摩擦帯電列である。あくまで実験的に得られたものだが、離れた位置に記載される素材同士を摩擦させると帯電しやすく、近い位置にある素材同士だと帯電しにくい傾向にある。本展示ではカーディガンやマフラーといった代表的な冬物の衣類を並べ、素材に注目し摩擦帯電列について紹介した。

(4) 静電発電機

- ・ケルビン水滴発電機(左)
- ・ウィムズハースト式誘導起電機(中)

ケルビン水滴発電機は 1859 年にイギリスのケルビン卿(ウィリアム・トムソン、1824-1907)により発明された、金属製リングを通して水滴を落とすことにより発電する

装置である。リングに電荷が溜まっていると、水の表面には静電誘導により反対の電荷が引き寄せられ、帯電した水滴が落ちていくことで容器が帯電する。

ウィムズハースト式誘導起電機は 1880 年頃にイギリスのウィムズハースト(1832-1903)が発明した。いくつもの金属板(導体)が貼られたプラスチック(絶縁体)の円盤を逆向きにまわすことで、静電誘導によりプラスとマイナスの電荷を効率よくよりわけて集めていくことができる装置である。大阪市立科学館展示場 4 階「静電気マシン」でも同装置を使用している。

これら 2 点は関西大学理工学部 物理教育研究室が制作したものをお借りし展示した。



・バンデグラフ起電機(右)

1929 年、アメリカの物理学者ヴァン・デ・グラフ(1901-1967)が発明。ローラーとゴムベルトの間で発生した電荷を金属球に溜めていくことで高電圧を得ることができる。

本展では、大谷中学校・高等学校 科学部によりフライパンや調理用ボウルといった日用品を用いて制作されたバンデグラフ起電機を展示した。内部構造を見せるため、1 台は上と下を開けて横倒しにし中身が見える形で展示した。

いずれの装置も学芸員及びサイエンスガイドによる実験実演についてご快諾いただき、静電モーターが動く様子や火花放電を来館者に観覧していただいた。

3-2. 「静電気の探究」

第 2 部「静電気の探究」では、人類の静電気の探究とその発展の歴史を、当館所蔵資料を用いて紹介した。

人類が静電気の性質に気づいたのは古代とされており、例としてコハクを摩擦すると物を引き付ける現象がギリシャで知られていたことが挙げられている。なお、コハクを意味する古代ギリシャ語が「electron(電子)」の語源である。

その後、ヨーロッパでは 17 世紀以降、電気現象が盛んに研究されるようになった。その後、1800 年にはボルタが電池を発明し、持続的に電気を流すことができるようになった。さらに、ファラデー(1791~1867)は、電気

は摩擦や電池など異なるもので生じて、本質は同じである事や電磁誘導の法則を論じ、さらにマクスウェル(1831～1879)は、電気と磁気の関係解析して電磁気学を完成させた。

一方、日本においては、江戸時代中期の18世紀にエレキテルが輸入され、また平賀源内は自らエレキテルを製作した。そして19世紀に入ると、大坂の蘭学者橋本宗吉(1764～1836)がオランダの書物を翻訳して、静電気の研究と実験を行った。橋本は、日本において静電気を科学的に研究した最初の人物として評価されている。

本企画展では、以上の流れを、実物資料を交えて紹介した。展示資料は、以下のとおり。



(1) ブリソン『物理学事典』

1781～1800年刊行。全3冊。大阪市立科学館蔵。

18世紀のフランスの科学者マチュラン・ジャック・ブリソン(1723～1806)の著書で、力学、光、電気、天文などについて解説した事典。電気に関しては、静電気実験について解説されている。

(2) 橋本宗吉『エレキテル究理原』(複製本)

1940年刊。1冊。個人蔵。

江戸時代の大坂で活動した蘭学者・橋本宗吉(1764～1836)の主著の一つ。静電気とはどのようなものかという解説をはじめ、静電気の性質を利用した実験を紹介している。オランダ書からの翻訳で得た知識と、みずから製作したエレキテルを使ったオリジナルの実験を紹介しており、静電気を科学的に言及した書物として日本で最初期のものである。本品は江戸末期の写本を影印した複製本。

(3) 摩擦起電機「エレキテル」(模型)

橋本宗吉の『エレキテル究理原』に描かれたエレキテルの図を基に作成した模型。

(4) 橋本宗吉『エレキテル訳説』(複製)

1940年刊。1冊。個人蔵。

静電気に関する橋本宗吉の著作。オランダから輸入されたエグベルト・ボイス(?～1769)の『新修学芸百科事典』中にある電気の項目を翻訳したもの。『エレキテル究理原』はこの訳稿がベースとなっている。本品は江戸末期の写本を影印した複製本。

(5) 王立協会学術紀要・第90号(第一分冊)

1800年刊行。1冊。大阪市立科学館蔵

イギリス王立協会が発行する研究紀要のうち、1800年前半発行分を合冊したもの。この中には、ボルタが電池の発明を発表した論文「異なる種類の導体が単に接触することによって生じる電気について」が含まれている。ボルタは論文で、電池の構造や機能を詳細に紹介している。

(6) ファラデー『電気学の実験研究』

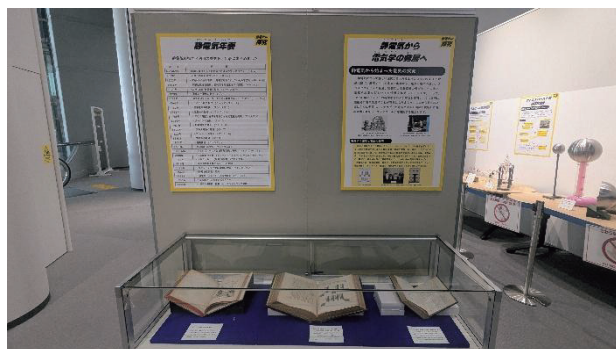
1861年刊行。3冊。大阪市立科学館蔵

イギリスの科学者ファラデー(1791～1867)の著書。ファラデーは電気の研究を長年行い、本書はイギリス王立協会の紀要に発表した1831～1855年の論文をまとめて刊行したもの。その中には、電磁誘導の法則や電気分解の法則、電磁場の概念を論じたものを含んでいる。

(7) マクスウェル『電気および磁気に関する論文』

1879年刊行。2冊。大阪市立科学館蔵

イギリスの科学者マクスウェル(1831～1879)の著書。本書では、電気と磁気関係を体系化したマクスウェル方程式や、電磁波の予言、電磁波の光速での伝搬など、現代につながる電磁気学の基礎となる内容を解説している。



3-3. 「静電気の利用」

第3部「静電気の利用」では、静電気を利用した産業技術や、静電気対策技術、雷対策技術など、静電気に関わる技術や製品を、実物資料により紹介した。

(1) 静電植毛

1mm 前後の短いプラスチック製の毛「フロック」を、物体の表面に垂直に植え付ける加工をフロック加工という。フロック加工は、実は静電気が巧みに利用されている例のひとつである。高電圧でフロックを帯電させ、接着剤を塗布した物体を近づけると、フロックは物体表面に直立して接着される。この手法は「静電植毛」ともよばれる。

フロック加工は製品に起毛による手触りの変化を与えられるだけでなく、傷防止、クッション性、高級感、摩擦の向上、消音、反射防止、遮熱や断熱など様々な機能を付与することができる。そのため、人形などの玩具や機械のパーツ、コタツのヒーターカバーなど、日常の身近なものにフロック加工の例を見出すことができる。

会場には、静電植毛技術研究会より提供いただいた種々フロック加工製品のサンプルと、デモ実験用に用いられた静電植毛実験装置を展示した。

静電植毛の展示



(2) 複写機

書類などのコピーを作るときに使われる複写機は、静電気を利用している。複写のしくみは、まず感光体ドラム全体をマイナスに帯電させ、次に原稿の文字や映像の情報を光で感光体に描いて、光が当たった部分の電荷を取り除く。そして感光体の電荷がない部分に、マイナスに帯電したトナーを付着させて、そのトナーを印刷用紙に転写、定着させる、というものである。本展では、コニカミノルタ株式会社の協力により、各種サイズの感光体ドラム、現像ユニットおよびトナーサンプルを展示した。

複写機の展示



(3) 電気集塵

電気集塵とは、静電気で空気中のホコリやチリ、煙などを引き寄せて、空気を清浄にする技術である。針電極に高電圧をかけ、その近傍を流れる空気中のチリの粒を帯電させることで、その反対の電位を印加した集塵電極に回収するしくみである。会場では、大阪公立大学 大久保雅章教授の協力により、電気集塵のデモ実験装置を展示した。会期中、この装置による電気集塵の実験を、サイエンスガイドにより不定期に実演いただいた。もともとはタバコの煙による実験装置であるが、本会場では Foggrikydd によるスモークマシンの煙を用いて実験した。これは大久保教授及び神奈川工科大学 瑞慶覧章朝教授の情報提供による。

電気集塵機の隣には、静電気に関連した有名な実験装置として、当館の所蔵する各種箔検電器を展示した。ただし集塵機と関連のあるものではない。

電気集塵機の展示



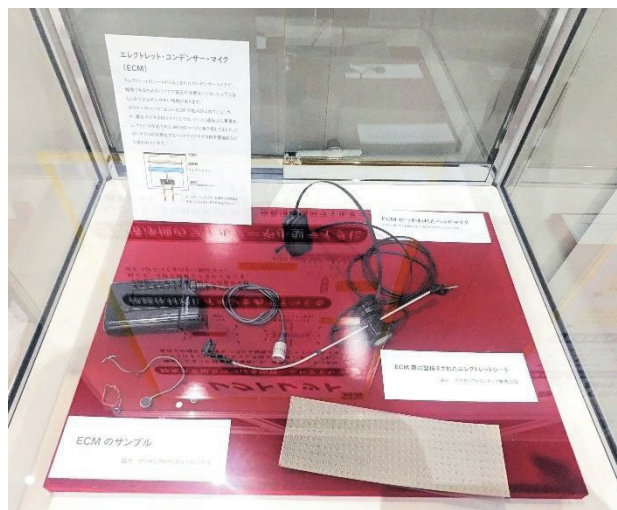
(4) エレクトレット

エレクトレットとは、マグネットとの対比により名付けられたもので、半永久的に電荷や分極を保持する物質をいう。小型マイクとして現在も普及するエレクトレットコンデンサーマイク (ECM) は、エレクトレットが使用されるものとしてもっとも身近な例といえる。会場には、ECM の使用されたヘッドマイクのほか、ダイキンファインテック株式会社の協力により、ECM 素子のサンプル、ECM 用に型抜きされたエレクトレットシートを展示し、またアルミシートとエレクトレットシートを触察用として設置した。見た目ではアルミシートとエレクトレットシートにほとんど違いはないが、撫でてみるとエレクトレットシートの誘電体層であるフッ素樹脂により、滑りの良さを感じられる。エレクトレットは、誘電体層に高電圧を印加し作成されるが、触察用のものには高電圧印加をおこなっていないものを使用した。

エレクトレット、静電気で発電する腕時計の展示



エレクトレットの展示



(5) 静電気で発電する腕時計

エレクトレットシートが使用される意外な例として、静電気で発電し動作する腕時計「アキュトロン」がある。腕を傾けると、文字盤から覗くエレクトレット製羽根車が回り、ウィムズハースト式誘導起電機と類似する機構で発電し、電池を蓄電して IC が駆動する。秒針は静電気モーターによって回っている。精密機器には大敵となる静電気により駆動する腕時計である。

アキュトロンは、元は 1960 年に発表された世界初の音叉式電子時計の名前である。音叉式はそれまでの機械式をはるかに上回る精度で、その後のクォーツ時計の登場まで世界を席巻した。その生誕 60 周年を記念し、世界を驚かせる時計として 2020 年に発表された。

会場にはシチズン時計株式会社の協力により本製品 4 台を展示した。うち 1 台は電気駆動の回転台に載せ、角度により羽根車が回るのを観察できるようにした。残念ながらこの回転台の回転動作では、電池への充電が不十分で、時計機構の動作する様子を展示することはできなかった。

静電気で発電する腕時計の展示



(6) イオナイザ

精密機器やプラスチック製品の工場等において、静電気による素子破壊や静電気がホコリを引き付けることによる汚染を防ぐため、除電装置「イオナイザ(除電器)」が用いられる。これはプラスイオンとマイナスイオンを発生させ空気中に拡散させる装置である。帯電した物体に、その対になる電荷を持ったイオンが引きつけられて電荷を打ち消す。株式会社 TRINC の協力により、ガン型、衣服に取り付けるタイプ、卓上型、パーティプの各種イオナイザ、静電気測定器、除電の効果を観察できるデモ実験装置を展示した。パーティプのイオナイザはアルミフレームで来館者導線の頭上に設置し、常に動作させて展示した。会期中、このデモ実験装置とガン型イオナイザによる実験を、サイエンスガイドにより不定期に実演いただいた。展示のイオナイザは、イオン拡散のためのファンはない種類であるが、動作させ手を近づけると、イオンの反発のためにわずかに風を感じる。また、デモ実験装置は、プラスチック製下敷きを帯電させ人形の紙製の髪を逆立たせたところでイオナイザを近づけると、すぐに髪が倒れていき、除電が確認できる。また、動作中のパーティプのイオナイザの下に、すずらんテープの電気クラゲを浮かべて誘導すると、すぐに墜落し、除電が確認できる。

イオナイザの展示



(7) 避雷針、避雷器

落雷はその地点の破壊だけでなく、周囲の電線など

にも高電圧が伝わり大電流(雷サージ)が流れる。これが電気機器に伝わると、故障の原因になる。雷サージを防ぐのが避雷器である。避雷器は普段は絶縁体だが、一定電圧を超えると導体となり、雷サージのみを地面に逃がすしくみになっており、現在は主に酸化亜鉛素子が用いられている。雷の被害を防ぐ装置として避雷針はよく知られている一方で、避雷器の知名度は一般には高くないようであるが、電柱や電車のパンタグラフなど、身の回りでも設置が確認できる。音羽電機工業株式会社の協力により、避雷針(フランジ型避雷突針)、鉄道車両用避雷器、酸化亜鉛素子サンプル(焼成前、焼成後、研磨完成品)、6.6kV 配電用避雷器(一般用、重耐塩用)、分電盤用避雷器を展示した。

避雷針・避雷器の展示



(8) 圧電素子

圧力を加えると電圧が発生する「圧電効果」について、静電気に関する現象として、その基本的なしくみと、新素材を用いた圧電素子によるセンサーの研究開発の例を紹介した。

圧電効果をもつ部品である圧電素子の、もっとも身近でわかりやすい例として、電子ライターでの利用がある。分解した電子ライターで、圧電素子部分が見えるようにして展示した。この展示と並列して、同型の電子ライターを設置しておき、圧電素子による電圧発生が観察できる体験装置を制作した。これは電子ライターから燃料を取り除いたもので、来館者がトリガーを引くと、圧電素子からライター外部に引き伸ばした一対の導線の先で火花が観察できるというものであった。しかしながら、トリガーの連続使用でハンマーがすぐに動かなくなる不調が発生したため、2週間ほどで撤去した。

ダイキンファインテック株式会社の協力により、圧電ワイヤーセンサーを展示した。あわせて、これを利用した体験装置を当館で企画し設置した。これは同社の圧電ワイヤーセンサーの信号をスピーカーとオシロスコープに入力したもので、センサーを通したロープを来館

圧電素子の展示



者が触ると、その振動がオシロスコープの波形と音として表れるしくみである。しかしながら、装置の堅牢性が不十分で故障が相次いたため、1か月ほどで体験を中止した。

関西大学 田實佳郎教授、帝人フロンティア株式会社、株式会社 nu.、西川株式会社の協力により、ポリ乳酸繊維を用いた「圧電組紐」とその利用例を紹介した。ポリ乳酸繊維及び織り上げられた圧電組紐サンプル、センサーが織り込まれた製品例（サッカーシューズ、組紐アクセサリ、スポーツタオル、クッション）を展示した。このうちクッションは体験装置になっており、タブレットで年齢と性別を入力し、クッションの上に座ると、呼吸数と心拍数を計測し、自律神経バランスを数値表示するシステムである。

(9) 誘電泳動

液体中の電荷を持った粒子が外部電場により運動する「電気泳動」に対し、誘電泳動とは、不均一電場によって、電荷を持たない粒子が分極し、運動を引き起こすことをいう。電荷を持たない細胞もその種類によって分離制御できるため、医療や環境分野での応用が盛んにおこなわれている。たとえば微生物検査として現在主流の培養法では、分析に 1,2 日要するのに対し、誘電泳動では種類ごとに細胞 1 粒ずつを非破壊で分離し、顕微鏡で直接観察することで、わずか数分で検査が完了する。株式会社 AFI テクノロジーの協力により、微生物迅速検査装置を展示した。

誘電泳動の展示



(10) 静電気技術の農業での利用

高電圧やプラズマなどの静電気技術を農業に利用する研究が盛んにおこなわれている。その例のひとつとして「雷の落ちたところにはキノコがよく生える」という昔から農家に知られる言い伝えが、高電圧パルスによる人工の雷で、発生促進や、収穫量の増加に寄与することが実際に検証され、実用化が進められている。岩手大学理工学部 高木浩一教授の協力のもと、実験に実際に用いられた電気刺激電源装置及びシイタケの菌床サンプルを展示した。菌床はパルス刺激済と未実施の両方を提供いただき、その比較を展示することを目指したが、低温と湿度を保った環境が必要であり、いずれも成長の様子を展示することはできず、菌床実物は実験の雰囲気を伝えるための例として紹介するにとどめた。

静電気技術の農業での利用の展示



(11) 静電粉体塗装

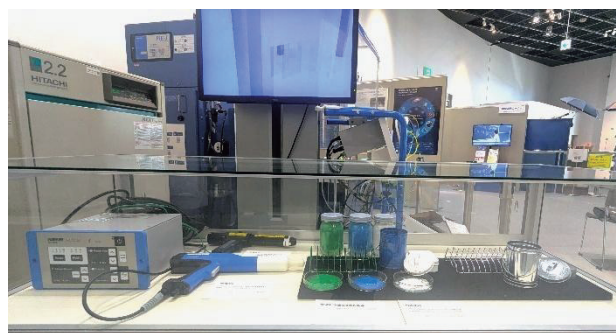
道路の標識や建材、自動車の部品、産業機械など、高い耐久性が求められるものを塗装するときに、粉体塗料による塗装が利用される。液体塗料と比較したときのメリットとして、厚膜を形成しやすく、多くの液体塗料に含まれる有害な有機溶剤を使用しないことなどが挙げられる。粉体塗料を塗装する際に静電気を利用し、塗料粉末を帯電させながら、接地した塗装対象に吹き付けることで、塗料粉末は互いに反発して広がりながら、塗装対象に引き寄せられ、塗装対象の背面にも回り込みながら、短時間で均一な塗装膜が実現する。パーカーエンジニアリング株式会社の協力により、

静電粉体塗装の塗装ブース、粉体塗装装置、帯電ガン、粉体塗料サンプル、静電粉体塗装前と後の比較用製品サンプル、製品サンプル制作の様子や工場用静電粉体塗装ラインの様子の紹介動画を展示した。また会期中、静電粉体塗装デモ実験と、プラスチックビーズを粉体塗料に見立てた体験実験を、サイエンスガイドにより不定期に実演いただいた。

前者のデモ実験は、一方は接地、もう一方は絶縁した製品サンプルに粉体塗装を吹き付けるものである。絶縁した方は塗料がほとんどのらないのに対し、接地した方はあっという間に塗装が進行し、しかも吹き付けていない裏面にも塗料がのっていることが観察できる。製品サンプルは粉体塗料をエアガンで吹き飛ばし、再利用できる。

後者の実験は、容器に入れた発泡スチロールのビーズを帯電ガンで帯電させ、来館者が手を近づけると、手にビーズが吸い寄せられ、ビーズまみれになる。反対の電荷を与える帯電ガンをビーズに照射すると、ビーズは手から離れ落ちるのを体験できる。

静電粉体塗装の展示



4. 関連イベント

本企画展では、展示以外にも関連のイベントを実施した。

4-1. サイエンスガイドによる展示解説と展示体験

会期中、当館の展示ガイドボランティア(サイエンスガイド)の協力のもと、電気集塵、粉体塗装、イオナイザ、ケルビン水滴発電機、ウィムズハースト式誘導起電機

を実際に動かし、来場者に体験していただくワークショップ、ならびに展示品解説を実施した。加えて、12月7日に行われた「サイエンスガイドの日」事業でも同様の内容を実施した。

これらの事業はのべ16日実施し、参加者は652名であった。実際に展示している装置を稼働させて、どのように作動するのか、何が起こるのかを実際に体験できることから、来場者には大変好評であった。

4-2. 実験工作ワークショップ「あつまれ！静電気！」

静電気をテーマに、静電気でものをくっつけることや動かすことが体験できる実験や工作のワークショップを2026年1月12日におこなった。詳細は文献[3]に譲る。

4-3. 静電気の特別サイエンスショー「高木先生のカミナリ実験」

岩手大学理工学部 高木浩一教授に、実験ショーを披露いただいた。カミナリをテーマとした内容で、静電気による電気クラゲの実験や、展示の電気刺激電源装置で発生させる迫力のある火花を雷に見立て、雷がどのように落ちるか、人形を使いながら観察する実験などをおこなった。

「高木先生のカミナリ実験」の様子



日時:2026年1月31日(土)

①13:00-13:30 ②15:00-15:30

場所:大阪市立科学館 サイエンスステージ

対象:どなたでも

観覧者数:各回約90名

5. おわりに

本企画展の会期は50日、期間中の展示場入場者数63,514人であった。12月から2月上旬という、一年で最も来館者が少ない季節であったが、体験装置やさまざまな産業用の製品、科学実験装置、実物資料が並び、また一部は実際に作動させるなどの工夫により、多くの方に楽しんでいただくことができ、また静電気とはどのようなものか、現在ではどのようなことに利用されているのかを理解していただいたと感じている。

最後になりましたが、2-3.で示したとおり、本企画展においては多くの個人、団体、大学や企業のみなさまにご協力、ご後援をいただきました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 鈴木公夫「電気力線を示す生徒実験の工夫」物理教育、1989、38巻4号、p. 306-307
- [2] 石井登志夫「電場の観察ー電位勾配と電気力線」物理教育通信、2022、187巻、p. 11-16
- [3] 吉岡亜紀子、上羽貴大「実験工作ワークショップ「あつまれ！静電気」実施報告」大阪市立科学館研究報告、2026、第36巻、p. 145-148