

企画展「光とあかり」実施報告

大倉 宏^{*1}、小野 昌弘^{*2}、西野 藍子^{*3}、長谷川 能三^{*4}、渡部 義弥^{*5}

概要

光は私たちの生活には欠かせないものであり、光に関していろいろな分野でさまざまな技術が開発されている。国際連合は、光に関する7人の科学者の業績を記念して、2015年を国際光年(IYL2015)と定めた。当館では、他の博物館、企業、大学、研究機関、個人などさまざまな所に協力していただいて、国際光年を記念した企画展「光とあかり」を開催した。

1. はじめに

光と光技術は、照明はもとより情報・通信、エネルギー、医療、計測・測定、産業、そして天文学まで、ありとあらゆる分野に使われ、我々の生活を豊かにしている。

2015年は、イスラムの科学者ハイサムによる光学の書が著されてから1000年、フレネルの回折の理論から200年、マクスウェルの方程式から150年、アインシュタインの一般相対性理論から100年、ペンジアスとウィルソンの宇宙背景輻射の発見から50年、そしてカオの光ファイバーの理論から50年という年であり、これらの科学者の業績を記念して、国際連合は2015年を国際光年(IYL2015)と定めた。

大阪市立科学館では、年に1~2回企画展を開催しており、2015年はこの国際光年を記念した企画展「光とあかり」を開催した。企画展は一人の担当者が企画・準備して開催することが多いが、企画展「光とあかり」は学芸員5人で実施した大がかりなものとなった。

企画展「光とあかり」は、大学、企業、他の博物館、個人などから多くのご協力をいただいて開催することができた。館蔵品も展示したが、展示物の8割は企画展のために借用したり、この機会に寄贈されたものである。静的な資料展示が多いが、一部ハンズオン展示も交えた企画展となった。

2. 内容

光は身近なものには違いないが形があるわけでもなく、真正面から「光とは何か?」と問いかげられると、答えるのは意外と難しい。今回の企画展は、光とは何か、光そのものの性質、特徴を展示するというよりむしろ光を使ったものを展示することになった。

今回の展示構成は、動線順に並べると、①オーロラ写真展 ②CDスクリーン ③ニュートリノをとらえた目 ④あかりの歴史 ⑤青銅鏡・魔鏡 ⑥そらみたことか写真展 ⑦身近に活躍するレンズ ⑧分光器 ⑨プラネタリウムの光 ⑩光ファイバー ⑪蛍光物質 ⑫アルミの色と鏡 ⑬光の研究 ⑭アルミニウムミラー ⑮万華鏡 となった。

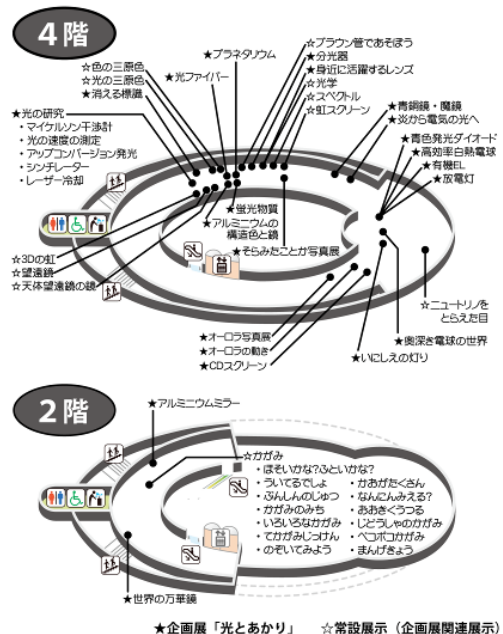


図1. 企画展「光とあかり」配置図

大阪市立科学館学芸員、中之島科学研究所研究員

*1 ohkura@sci-museum.jp

*2 ono@sci-museum.jp

*3 nishino@sci-museum.jp

*4 hasegawa@sci-museum.jp

*5 watanabe@sci-museum.jp

各展示の詳細は以下のとおりで、2-1は西野、2-2、3、8、11、14、20、24は長谷川、2-9、15~19は小野、2-12、13は渡部、そして残りは主担の大倉が担当した。

2-1. オーロラ写真展

今回の企画展では、環境写真家の佐藤ケンジ氏が撮影したオーロラ写真を展示し、オーロラの光について紹介した。



写真1. オーロラ写真展

オーロラの光には、おもに緑色や赤色が多い。時には、紫色や青色に光ることもある。

オーロラの光には、①太陽風、②地球の磁場、③地球の大気関係している。

太陽からは①太陽風とよばれる電子と陽イオンからなるプラズマの流れがふき出しており、それが②地球の磁場に沿って地球の夜側(太陽とは反対の方向)にまわりこみ、一部がたまっていく。そのプラズマにふくまれる電子が、地球の磁力線にそって北極や南極のまわりの上空にドーナツ状にふりそそぐと、③地球の大気にふくまれる酸素原子や窒素分子にぶつかって、酸素原子や窒素分子が発光する。これが、オーロラの光の正体である。

オーロラ写真展のオーロラの色は、おもに緑色や赤色が多いが、これらの色は酸素原子の発光によるものである。珍しい色としては青色や紫色があり、これらは窒素分子の発光によるものである。こうしたオーロラの色は、目ではなかなか捉えられないが、撮影をするとより鮮明に写し出される。

今回、佐藤ケンジ氏にご提供いただいたオーロラ写真は全て、和紙を使って印刷したものである。和紙に印刷したことでオーロラの光の色が際立ってわかりやすくなり、また、明るい照明を上方から当てても光の反射が目立たないため、観覧者にとって見やすい展示となった。その長を生かすべく、額縁前面のガラス板を取り外して展示した。

2-2. オーロラの動き

これは、長谷川がアラスカで撮影したオーロラの写真から作ったタイムラプス映像を流したものである。

元のオーロラの写真は魚眼レンズで撮影したものであるが、レンズの焦点距離が8mmであるのに対し、撮像素子がAPSサイズのカメラボディを用いており、円形視野の上下が少し切れた形となっている。とはいえほぼ全天を捉えており、6秒ごとに撮影した137枚の写真から、約30倍速、27秒の動画とした。



写真2. オーロラの動き

2-3. CD スクリーン

CDスクリーンは、愛媛県総合科学博物館の久松洋二氏のアイデアによるもの^[1]で、たくさんのCDを風糸等で縦横にゆるくつないだものである。光をあてると、光源とCDと観察者との位置関係により、全体として虹色の大きな模様が見える。さらにこれを揺らすと、個々のCDが揺れ、虹色の模様に変化する。

今回は180枚(縦10枚、横18枚)のCDをつないで作ったもので、これを天井からぶら下げ、スポットライトを数ヶ所からあてた。さらに、天井に扇風機を取り付け、首を振らせた状態で風をあてることにより、CDスクリーンを揺らした。



写真3. CDスクリーン

2-4. ニュートリノを捉えた目

ニュートリノを捉えた目とは、カミオカンデあるいはスーパーカミオカンデで用いられた20インチ(直径50センチメートル)の光電子増倍管のことである。外見は大きな電球のように見えるが、光を検出する装置である。月-地球間の距離にあるライトの光を捉える力があると言われ、ニュートリノが神岡鉱山内のタンクに貯えられた水と反応する際に出るチェレンコフ光を捉える。当館では、旧カミオカンデと現スーパーカミオカンデの2種の20インチ光電子増倍管を常設展示している。



写真4. 光電子増倍管

本企画展は10月10日にスタートしたが、その直前の10月6日、梶田隆章博士のノーベル物理学賞受賞決定の報があり、急遽、10月10日、11日、12日に20分間の記念ギャラリートークを実施した。

2-5. あかりの歴史

本コーナーに展示した神戸らんぷミュージアムから借用した23点の資料は、この企画展の中核をなすものとなった。常設展「私たちの銀河系」の先に展示ケースを島状に配置し、松明から始まる灯りの歴史を展開し、各種松明、松脂蠟燭、絵ろうそく、火打ち箱、ヒデ鉢、松とうがい、竹灯台を展示した。背面にはパネルを立て、その裏側には電球、放電管等を展示した。



写真5. 松明、松脂蠟燭、絵ろうそく、火打ち箱、ヒデ鉢、松とうがい、竹灯台など

栽培植物から油を絞り灯明として使うのは、仏教とともに大陸から伝わったとされ、同時に蜜蝋なども入った。遣唐使が廃止されると蜜蝋は入手されにくくなり、松脂蠟燭が使われた。ヒデは、油脂分が多い松の根を掘り起こし、割ったもので、古くから明治期まで使われたという。

やや離れたケースに、菊足燭台、遠州行燈、角行燈、小田原提灯、八角籠灯(がんと)、さらに、黒漆座敷ランプ、豆ランプ、アセチレンランプ、鉄道ランプも展示した。しかし、展示スペースや展示ケースの関係もあり、一部は歴史順に並べられなかった。また、江戸時代の江戸時代の灯火器として、瓦灯(がとう)と乗燭(ひょうそく)も欠かせないが、今回は展示できなかった。



写真6. 角行燈、遠州行燈、菊足燭台、小田原提灯など

その隣のウォールケースには、菊足灯台、ねずみ短檠(たんけい)、田中儀左衛門の無尽灯、赤い切子の座敷ランプ、黒釉陶器のアルヌーボ風卓上ランプなど貴重な資料を展示した他、卓上ランプ2台、吊ランプ2台、電気スタンド1台を展示した。さらに、国立科学博物館から借用したブラッシュ式のアーク灯レプリカ、日本電気協会関西支部から寄託を受けているデュボラスク式アーク灯のレプリカも展示した。



写真7. アーク灯、卓上ランプ、ねずみ短檠など

この2つアーク灯は、実際に点灯させることができるものである。1878年、日本で公式の場で最初に灯った電燈がデュボスク式アーク灯で、1882年、公衆の前（銀座2丁目）で初めて点灯されたのがブラッシュ式アーク灯であった。レプリカとはいえ、実際に点灯できる2つのアーク灯が並ぶのは、この企画展がおそらく初めてであろう。

また、ねずみ短檠は日本に数台しか残っていないと言われる貴重なものである。菊足灯台、牛糞灯台などの灯台は高台ともいわれ、部屋全体の灯りに用いられたのに対し、短檠は背が低く手元を照らした。灯台は台が丸みを帯びているのに対し、短檠は台座が箱型になっている。ねずみの部分が油のタンクになっていて、火皿の油が減るとサイフォンの原理を巧みに使い、ねずみの口から油が滴り落ち供給するようになっている。

2-6. 電球

実用的な電球は1879年、トーマス・アルバ・エジソンによって発明されたとされている。当館が所蔵する竹フィラメント電球、カーボン電球、引き線タングステン電球、エジスワン電球などの電球資料の他、中村聡氏のコレクションを借用して、電球の歴史を辿る展示を行った。

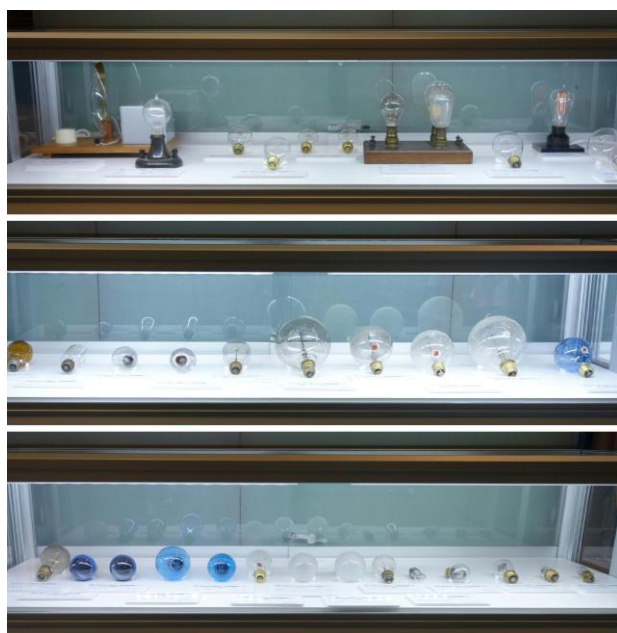


写真8. 電球各種

中村氏からは、カーボン電球、大型の引き線タングステン電球、電球の内側にもう一つの電球が入ったヲヤコ電球、SUNの灯火管制電球（SUNは大阪電燈の子会社、大阪電球のブランド）など多数の貴重な資料を提供していただいた。このコーナーは、当館の資料と合わせて、2～3週間おきに展示を入れ替えている。

2-7. 最新の灯り、未来の灯り

青色発光ダイオードの資料として、愛媛県立総合科学館から、窒化ガリウムウエハとノーベル物理学賞受賞者の中村修二氏の色紙を借用して展示した。

また修二氏の兄の康則氏からは、修二氏が作成した初期の青色発光ダイオードのデモ機を借用し展示した。これは、赤色発光ダイオード11個と青色発光ダイオード1個が1列に並んだもので、スイッチを入れると赤色発光ダイオードから順に光り、最後に青色発光ダイオードが光る。青色が赤色と同様に明るく光り、ディスプレイとして十分使えることを示すものである。デモの様子は、録画し、ディスプレイで再生した。



写真9. 青色発光ダイオードデモ機

また、未来の電球として、大阪大学フotonクス先端融合研究センターの高原淳一教授から、エコ電球を借用して展示した。この電球のフィラメントは、フィルム状で、日本のナノ加工の技術の粋を集めて規則正しく微細な孔が開けられている。これが共鳴器として働き、赤外線を減少させ可視光を強く放射する。

さらに、当館所蔵の有機ELパネルと有機ELテレビを展示した。有機ELテレビは2008年にソニーが発売したXFL-1で、ディスプレイに有機ELを使用した国内で唯一の機種である。

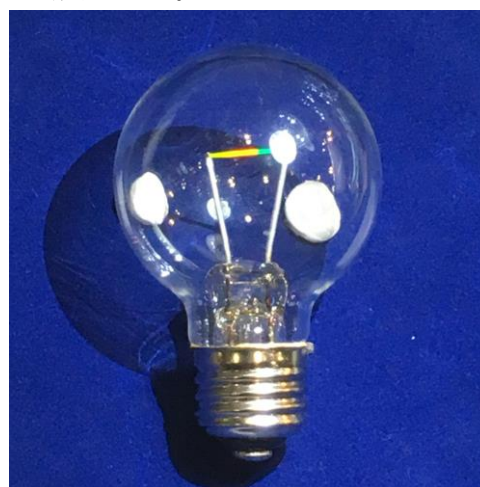


写真10. エコ電球

フィラメントの部分がCDの裏面のよう虹色に輝いている。

2-8. 放電灯

白熱電球に代わる身近な灯りとしては、さまざまな放電灯が使われるようになった。家庭でもよく使用される蛍光灯や、街灯等で使用される水銀灯、低圧ナトリウム灯、高圧ナトリウム灯等は、全て放電による灯りである。ただ、水銀灯や低圧ナトリウム灯、高圧ナトリウム灯等が、放電による光をそのまま灯りとして使っているのに対し、蛍光灯は水銀の出す可視光線だけでなく紫外線を利用しており、この紫外線によって蛍光剤を光らせている。

今回、以下の放電灯を展示した。蛍光灯は、ポータブルな照明としても使われる6Wからオフィス等で使われる40Wまでさまざまな長さの直管の蛍光灯、円形の蛍光灯、電球形の蛍光灯等、計13種類を展示した。街灯等で使用される放電灯では、低圧ナトリウム灯(1種類)、高圧ナトリウム灯(3種類)、水銀灯(2種類)、マルチハロゲンランプ(3種類)の計9種類を展示、さらに特殊な放電灯として、クセノンランプ(1種類)を展示した。

低圧ナトリウム灯は、ほぼオレンジ色の単色のランプで、トンネルや高速道路の照明として使われてきたが、近年はあまり使われなくなっている。これに対し、高圧ナトリウム灯は、オレンジがかった色ではあるが低圧ナトリウム灯ほどきついオレンジ色ではなく、暖かみのある色であることなどから、近年、一般道路の街灯としてもよく使われている。

放電灯管内に封入する物質の種類や点灯時の蒸気圧によって色が異なるが、マルチハロゲンランプは複数の種類の物質を封入することで、色を調整している。展示したマルチハロゲンランプは、ヨウ化ナトリウム、ヨウ化タリウム、ヨウ化インジウムを混合したものである。

また、展示したクセノンランプは、以前当館で上映していたオムニマックス映画の映写機に使用されていたもので、消費電力は15kWと非常に大きく、電極内まで冷却水が循環するように工夫されている。



写真11. 放電灯

2-9. 青銅鏡の展示

今回の企画展で、光を反射する道具「鏡」の原点を示す資料として、大阪歴史博物館所蔵の青銅鏡を展示した。

青銅鏡は、銅と錫などの合金で作られる鏡である。紀元前3000年頃には製作されていたようで、その後古代中国、特に春秋戦国時代から、たくさんの青銅鏡が製作されるようになった。前漢時代になると造形的にも優れたものが製作されるようになった。

今回、大阪歴史博物館から企画展用に借用した青銅鏡は、以下の2点である。

①鴛鴦双龍八稜鏡(唐時代)

②凹面八稜鏡(高麗時代)

青銅鏡の展示については、一般的に鏡として利用するほうではなく、裏面の文様を見せて展示するのが一般的である。これは鏡状の面が緑青でおおわれるような状態で、鏡として機能を有していないためでもある。今回は、鏡面の状態が良い、凹面八稜鏡を借用することができ、透明なアクリル板に立てかけるようにして展示し、鏡面の状態を確認できるようにした。



写真12. 展示会場の青銅鏡

左から鴛鴦双龍八稜鏡、凹面八稜鏡、星雲紋鏡。星雲紋鏡は、大阪歴史博物館から常設展示の借用資料として、以前より展示している。

2-10. 魔鏡

光を暗い所に反射させると像が浮き上がる鏡が魔鏡である。金属鏡は、表面を平らに磨いて、鏡面とし、裏面は模様を彫り込むことがあった。金属鏡は曇り易く何度も磨いていくうちにしだいに薄くなる。力を込めて磨くと裏面の凹凸に応じて鏡がたわみ、鏡面にわずかに凸凹ができてしまう。そのため、一見普通の鏡に見えるが、光を当てると裏面の模様が浮き出ることがある。それが魔鏡現象である。

展示した魔鏡は、京都の山本合金製作所に製作依頼したもので、銅85%、錫13%、亜鉛2%の青銅鏡

である。磨く前は、4mm程の厚みのある鏡を、砥石や朴炭、駿河炭で約1mmまで磨いている。表面はニッケルメッキしてある。なお2014年6月、訪伊した安倍首相が、展示したものと同一魔鏡をフランシスコ・ローマ法王に贈っている。



写真13. 魔鏡

2-11. そらみたことか写真展

気象光学現象の写真を展示する「そらみたことか写真展」は、これまでも展示場内のスペースの状況に合わせて、適宜展示してきた。今回、企画展に合わせて常設展示「虹スクリーン」の近くに展示した。

今回取り上げた気象光学現象は、「環水平アーク」「環天頂アーク」「幻日」「暈」「彩雲」「光環」「光輪」「虹」で、全15枚の写真を展示した。

気象光学現象は「虹」のように空に現われる現象であるが、「虹」以外はあまり知られていない。しかし、「虹」よりも頻繁に見られる現象や、「虹」よりも虹色が鮮やかに見える現象もある。例えば、「環水平アーク」は太陽の高度が高い時に太陽の下の方に虹色の帯が見える現象、「環天頂アーク」は太陽の高度が低い時に太陽の上の方に虹が逆さまになったように見える現象、「幻日」は太陽の横に虹のかけらのようなものが見える現象であり、これらは六角柱形の氷の結晶がプリズムの役目をする事で現われる。



写真14. 展示「そらみたことか写真展」

2-12. プラネタリウムのランプとレンズ

2-12-1. プラネタリウムのランプの展示

プラネタリウムは、光学式とデジタル式に分けられるが、どちらのタイプも、星を投影するためには光源となるランプが必要となる。

今回の展示では、大阪市立科学館で使用してきたランプと、ユニカミノルタプラネタリウム株式会社から出展していただいたランプとをあわせて展示した。これによって、1970年代から現在までのプラネタリウム投影用ランプを一覧する構成とした(写真15)。また、あわせて各ランプの特徴を示すパネルも展示し、ランプが明るさだけでなく、星の色の再現性や長時間点灯する経済性などとあわせて変遷してきたことを示した。



写真15. プラネタリウムランプの変遷

2-12-2. ラネタリウムの投影光学系

プラネタリウムは、スライド・ビデオプロジェクターの一種であるので、同様の投影光学系を持つ。すなわちランプ→コンデンサレンズ→星空投影原盤→投影レンズである。

展示では、次の投影光学系を展示した。

①インフィニウムα 投影光学系

大阪市立科学館で平成元年～平成15年に使用したインフィニウムαの投影光学系の1ユニット(全体では32ユニット)を展示した。

②球型デジタルプラネタリウムの投影レンズ

ユニカミノルタプラネタリウム株式会社から出展していただいたE&S社のデジスター2の投影レンズと、ユニカミノルタプラネタリウム社のメディアグローブの投影レンズを展示した。いずれも魚眼レンズである。デジスター2のレンズは、投影原盤がCRT(ブラウン管)であるため、イメージサークルを広くする必要があり、非常に巨大なレンズとなっている。このレンズは、実際30kg以上もあり、ケース内の展示であっても、質量感が十分に伝わるものであった(写真16)。



写真16. デジスター2の投影レンズ

③ガイド解説用のプラネタリウム恒星球ユニット

大阪市立栄小学校で使用されていたMS-6型プラネタリウムの廃品パーツである恒星球にLEDランプをつけ、ボランティアのサイエンスガイドが適宜解説できるユニットを制作した(写真17)。

このLEDランプは、製造元のコニカミノルタプラネタリウム株式会社に依頼して制作したもので、付け消しができるボタンボックスがついており、16分割したうちの1ユニットから南十字星付近の星野が投影できる。

投影レンズから30cm程度の近距離であれば、照明下であっても、十分星像を確認することができた。サイエンスガイドのみなさんには、そばに展示しているランプや投影光学系とあわせて、プラネタリウムの原理を来館者に説明していただき、好評であった。



写真17. ガイド解説用のプラネタリウム恒星球ユニット

2-13. 身近で活躍するレンズ

コニカミノルタ株式会社より、DVD用の小型レンズ、デジカメカメラ用レンズ、プリンタ用レンズ、映写機用レンズを貸借し、常設展を補完する形で展示した。

2-14. 分光器～光を虹色に分ける機器～

常設展の「熱力学」の展示ケースを使用して、分光器に関する展示を行なった。ここでは、分光器そのもの、プリズムや回折格子、分光によって得られた画像や映像を展示し、光を虹色に分けることが科学のさまざまな分野で重要であることを示した。

分光器では、プリズムを使用したアダム・ヒルガー社製分光器(20世紀前半)の他、回折格子を使用した分光器、大阪府立大学河相研究室から借用したモノクロメーター、マルチチャンネル分光器を展示した。



写真18. 分光器～光を虹色に分ける機器～

ただ、これらの分光器を静的に展示するだけでは、分光器がどういうものであるかよくわからないため、この内2つの分光器については、動的な展示を試みた。写真19の右側の分光器については、本来写真乾板を取り付ける位置にトレーシングペーパーを貼り、入射スリットの位置にはLED電球を点灯させて設置した。このLED電球は、赤・緑・青のLEDを使用しているタイプで、自動的にいろいろな色にゆっくり変化するモードにして点灯させた。すると、LED電球はいろいろな色に変化しているが、分光したスペクトルを見ると赤と緑と青の光だけで、それぞれの光の強さが変化しているのを観察することができた。



写真19. 分光器の動的な展示

また写真19左側のマルチチャンネル分光器はオーシャンオプティクス社製flameという機種で、日本販売代理店であるオプトシリウス株式会社より借用した。パソコンに接続して使用する小型の分光器で、リアルタイムにスペクトルを表示することができる。

このマルチチャンネル分光器はパソコンに接続した状態で展示し、天井からハロゲンライトと蛍光灯の光をあてた。これにより、一方の光を手で遮ると、他方の光源のスペクトルを見ることができるようにした。

このようにして、展示ケース中に展示しているために分光器そのものは直接さわることにはできないが、インタラクティブな展示となるようにした。

さらに、スペクトルの例として、打ち上げ花火のスペクトルの映像や、太陽のスペクトルを展示した。打ち上げ花火は、いろいろな金属元素を火薬に混合し、炎色反応により色をつけている。通常はこの炎色反応の元素と色だけが紹介されるが、スペクトルを観察すると、金属元素の種類に応じたパターン of スペクトルが観察される。また、太陽のスペクトルで使用したのはアメリカのキットピーク天文台が公開している高詳細のスペクトル^[2]で、太陽の彩層に含まれる元素による吸収線が多数見られる。大阪市立科学館友の会の光のふしぎサークルの協力により、これらの吸収線に光を吸収した元素(主な24種)の元素記号を記し、これを「スペクトルからわかる太陽に存在する元素」として展示した。

これらの分光器の展示については、企画展に先立って、5月3日～6月21日にアトリウムでも展示した。



写真20. スペクトルからわかる太陽に存在する元素



写真21. アトリウムで開催した「分光器展」

2-15. 光る鉱物

鉱物の中には、紫外線を受けて発光するものがある。蛍石や、方解石などが紫外線を受けて発光するのが有名である。今回の企画展では、秋田大学国際資源学部附属鉱業博物館所蔵のスターリングヒル産珪亜鉛鉱と灰重石を借用し、展示した。鉱業博物館



写真22. 紫外線で光る鉱物

館では暗室に近い状態で、殺菌灯($\lambda = 254\text{nm}$)とブラックライト($\lambda = 365\text{nm}$)の紫外線を当てて蛍光を発光させていた。

今回の企画展では、当館既存展示のブラックライトによる蛍光確認ができる展示に、殺菌灯を取り付け、内部を黒いシートで覆い、蛍光を確認しやすいように改良した展示ケースで展示を行った。

残念ながら、完全な遮光ができないため、スターリングヒル産の珪亜鉛鉱が発する赤色蛍光は確認できなかったが、緑色の蛍光については、よりはっきりと確認できるようになった。

2-16. 無機蛍光体

硫黄系蛍光物質の展示で、無機EL用の材料として、RGBとその混合の白色発光を示す展示を設置した。無機ELを利用した発光体は、発光効率が低いなどで、現在それほど普及していない。今後の研究展開が期待される。



写真23. 紫外線で発光する無機蛍光体
左側から、白、赤、緑、青に発光する資料を展示。
資料提供:株式会社高純度化学研究所

今回展示した資料は、株式会社高純度化学研究所から寄贈していただいたものである。紫外線($\lambda = 365\text{nm}$)を照射させることで、それぞれ以下の可視光を発する。

- ①青色発光 : $\text{BaAl}_2\text{S}_4\text{-Eu}$ 470~480nm
- ②緑色発光 : $\text{SrGa}_2\text{S}_4\text{-Eu}$ 540~550nm
- ③赤色発光 : $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S-Eu}$ 660nm
- ④白色発光 : 三色混合

もう一つの蛍光体として、サイアロン蛍光体を展示した。サイアロン蛍光体は、現在白色発光ダイオードにおいて、青色発光ダイオードの発する青色光を受けて、黄色い光を発し、その混色で、白色をつくるのに利用されている。サイアロン蛍光体の主要な構成元素は、ケイ素、アルミニウム、酸素、窒素(Si、Al、O、N)からできており、それら元素記号を並べたところから、命名されたそうである。なお、この結晶にカルシウムとユーロピウムをドーブ(侵入)させることで、黄色い光を発する蛍光体としたものである。



写真24. サイアロン蛍光体
資料借用: 株式会社高純度化学研究所

また、大阪府立大学河相研究室から、アントラセン(粉末)、ロダミン色素、 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}^{3+}$ (粉末)、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}^{3+}$ (粉末)、 $\text{Sr}_4\text{Al}_4\text{O}_{25}:\text{Eu, Dy}$ (粉末)、 ZnS:Cu, Al (粉末)、 ZnS:Ag (粉末)を寄贈していただき、 $\text{CaF}_2:\text{Eu}^{2+}$ (結晶)を借用し、展示した。

2-17. サファイア単結晶

現在の光源として欠かせない白色発光ダイオードを製作する際に必要な部材として、人工サファイアがある。単結晶のサファイアを薄くスライスしたものは、青色LEDの材料である窒化ガリウムを結晶化させるための基盤として必要な材料である。その単結晶サファイアのインゴットと、スライスしたもの、さらに窒化ガリウム粉末、サファイアスライス板の上に窒化ガリウムを結晶化させたものを展示した。当初は、これらサファイアと先に記したサイアロン蛍光体を並べて展示していたが、展示期間途中から、中村修二氏関係の資料と合わせ、青色発光ダイオードの展示とした。



写真25. 単結晶サファイア
資料借用: 株式会社高純度化学研究所

2-18. アルミニウムパネル展示

アルミニウムは、ガラスやプラスチック板に蒸着させることで、鏡とすることができる。これは、アルミニウムが、可視光について90%近く反射することができるからである。この性質を利用して、アルミニウム鏡を使った光ダクトシステムというものがある。これは、室内に外光を取り入れ、節電などに役立たせるものである。今回展示した光ダクトシステムモデルは、春夏秋冬、昼夜での太陽の位置に関わらず、その太陽位置で最適な光を室内に取り入れることができるシステムで、取り入れた光の明るさがあまり変動せず、節電にも役立つ。このモデルを株式会社マテリアルハウスより借用し、展示した(写真26)。

なお、このシステムは、経済産業省で取り組んでいる、ZEB(ゼロ・エミッション・ビル)において、建築物の建築・運用時のエネルギー消費による CO_2 排出量を、建築物・設備の省



写真26. 光ダクトシステムモデル
展示協力: 株式会社マテリアルハウス

エネ性能の向上と敷地内の再生可能エネルギーの活用等により削減し、年間での CO₂排出量がゼロとなる建築物などにおいて有効とされている。

また同社より、アルミニウムパネルの表面をのこぎりの刃のような形状にして光を反射するLEUXパネルを利用した展示を、2点提供していただいた。

1つは、LEUXパネルを垂直に立て、その上部に光源を置き、光らせることで、光のカーテンのようなものが見える展示である(写真27)。

この見え方の理由の詳細はここでは割愛するが、鏡面の正面に向かって立った展示体験者が、右や左に動きながらこの鏡を見ると、アーチ状の光の帯がLEUXパネルの奥に伸びているように見える。さらに、上部から当てている光を消して、警棒のような横長の光源をこのパネルの前で上下左右に動かすことで、オーロラのような光の帯を観察することができる。

さらに、このLEUXパネルを室内の天井に使うことで、光の反射の関係から、平面天井が、ドーム型天井に広がって見えるようなモデル展示も提供していただいた(写真28～30)。

これは、単に空間的な広がりを感じさせるためだけではなく、同じ光源を使っても、通常天井部材よりも1.5倍ほどその空間を明るくすることができるパネルである。実際にその天井を使用している建築もあるが、ここでは、そのモデルを展示した。



写真27. LEUXパネル
寄贈: 株式会社マテリアルハウス

なお、当初この天井がドーム状に見える展示は借用だけであったが、株式会社マテリアルハウスのご厚意により、先に寄贈していただいた垂直に立てたLEUXパネルと合わせて、寄贈して頂けることとなった。



写真28. 天井モデル展示

真ん中の白い部分がのぞき窓。窓をのぞくと、通常の天井でしかないが(写真29)、右側の光源ボタンを押すとドーム状の天井のように見える(写真30)。
寄贈: 株式会社マテリアルハウス



写真29. 天井用光源がつかない状態



写真30. 天井用光源がつかっている状態
空間的広がり、明るさが際立つ。

2-19. 圧延アルミニウム鏡 並びに

アルミニウムによる構造色

アルミニウムを利用した鏡は、先に述べたように、ガラスや透明プラスチックに蒸着させて作られている。しかし、今回東洋アルミニウム株式会社より寄贈していただいたアルミニウムLUXALは、アルミニウムを圧延していくことで作られる鏡状のアルミニウムシートである。

これは、簡単に記すと、アルミニウムをローラーで押しつぶしてアルミニウム板を作ると、アルミニウム表面が非常に滑らかになり、アルミニウム蒸着鏡に匹敵する可視光の反射を有するものである。

このLUXALの表面滑らかさは、算術平均粗さRaという数値で表される。このRaは物体の表面の凸凹がどの程度なのかを示す値で、数値が小さいほどなめらかであるということを示す指標である。LUXALの場合は、Ra=7nmとなっており、通常私たちが使うアルミニウム箔のRa=50nmに比べると、非常に滑らかで、圧延時についてしまう筋模様もないことから、光の反射も85%に上り、鏡としての性能を十分に持つものとなっている。最新の技術でできるアルミニウムの特性を生かした資料として展示した。



図31. LUXAL

右端のものがLUXAL。右側に行くほどアルミニウム表面が粗くなっていき、その表面が鏡状ではなくなる。LUXALはレーザー光を当てると拡散せず、ほぼレーザー光をそのまま反射させる。

資料寄贈：東洋アルミニウム株式会社



写真32. アルミニウム構造色クロマシャインサンプル

資料寄贈：東洋アルミニウム株式会社

また、同社製造しているアルミニウム粉末を利用した構造色を発する素材クロマシャインの展示も行った(写真31)。このクロマシャインは、粒径がおおよそ20 μ mにそろえられたアルミニウムの粉末の周りに、シリカ層や銀を積層させたものである。シリカ層の厚みの違いにより、青～赤色の光が選択的に見えるようになっている。これは、アルミニウムが基材となっていることで、光が透過することなく、きれいに反射させられることから得られたものである。クロマシャインを塗ったものを見る時、その見る位置が変わることで色見も変化し、見学者の興味を大きく引く資料であった。

2-20. 消える標識

この展示は2013年に実施した企画展「色の彩えんす」の時に製作したもので、今回の企画展の趣旨にも合うことから展示した。

この展示を覗くと、いろいろな標識の絵が貼っており、赤・緑・青のLEDを使った照明で照らされている。通常は赤・緑・青のLEDが全て点灯しているため、標識の絵が普通に見える。しかし、手元のスイッチで、赤のLEDのみ点灯、緑のLEDのみ点灯、青のLEDのみ点灯に切り替えると、様子が一変する。

赤色の照明下では、赤いものは赤く見え、白いものも赤く見える。そのため、標識の赤い部分は背景の白い部分(実際には淡いグレー)と区別がつかなくなるために、赤い部分が見えなくなる。同様に、緑色の照明下では緑色の標識が見えなくなり、青色の照明下では標識の青い部分が見えなくなる。



写真33. 「消える標識」の中を覗いた様子

左上は白色光(赤・緑・青のLEDが全て点灯)で見た様子、右上・左下・右下は、それぞれ赤・緑・青のLEDの照明のみで見た様子で、それぞれ標識の赤色の部分、緑色の部分、青色の部分が見えなくなっている。

2-21. 光ファイバー

2015年を国際光年に定めた理由のひとつに、チャールズ・カオの光ファイバーの理論から50年ということがあった。現在、インターネットは世界の隅々まで張りめぐらされているが、それを支える技術のひとつが光ファイバーを使った光通信である。



写真34. 光ファイバーと光通信

三菱電線工業株式会社の協力で、各種光ファイバーを展示した。通信用ケーブルとして、光ファイバークーブル、比較のためのメタルケーブル、片端を線引ネックダウンし反対の端を平坦研磨したシングルモードファイバー母材、通信用と医療用のファイバーの母材、マルチモード、シングルモード、マルチコアの各母材の輪切りを提供していただいた。

光ファイバーの名前を知る人は多いと思われるが、実際それがどのような構造をしていて、どのようにして作られるかを知る人は少ないのではないだろうか。今日、光ケーブルは各家庭にまで伸びているが、それがどのようなものであるのかを見ていただく機会を提供できた。

また、コネクタ付レーザーガイドも展示した。これは金属加工(切断)に使われる強力なレーザービームを輸送するためのものである。

また、光通信のデモ実験機を大阪大学名誉教授の西原浩氏より借用し、展示した。これは、CDプレーヤーの音声信号を光信号に変換し伝送し、フォトダイオードで受け、再び電気信号としスピーカーを鳴らすものである。

2-22. 光を使った最先端の研究

大阪市立大学理学部物理学科の各研究室にご協力いただき、光を使った最先端の研究を紹介した。

神田展行教授からは「時空の歪みを捉える『マイケルソン干渉計』」ということで、レーザー光を使った重力波検出装置の原理の紹介展示があった。重力波は、本企画展が終了した2月に米LIGOグループが初めて観測したということを発表し、話題になった。

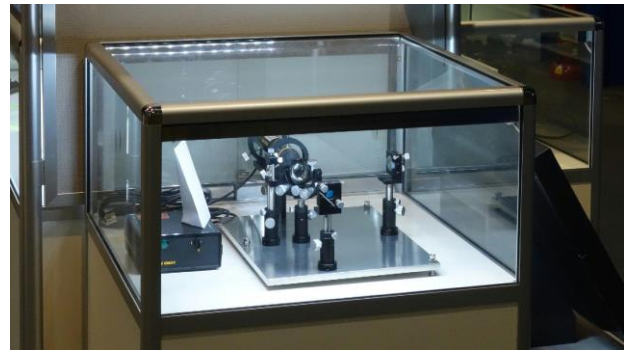


写真35. マイケルソン干渉計

杉崎満准教授からは「光の速度の測定(レーザーと光ファイバー)」ということで、机上で行える光速度測定装置の展示があった。

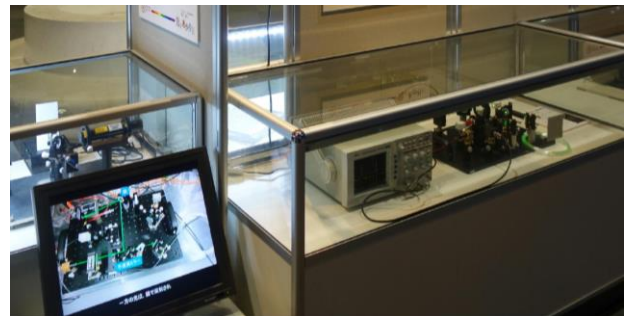


写真36. 光速測定装置と解説ビデオ(左)

井上慎教授からは、「レーザー冷却の世界」ということで、レーザー冷却装置の展示があった。



写真37. レーザー冷却装置

荻尾彰一教授からは「宇宙からの粒子を捕まえる『シンチレーター』」ということで、宇宙線が当たると発光するシンチレーターの展示があった。

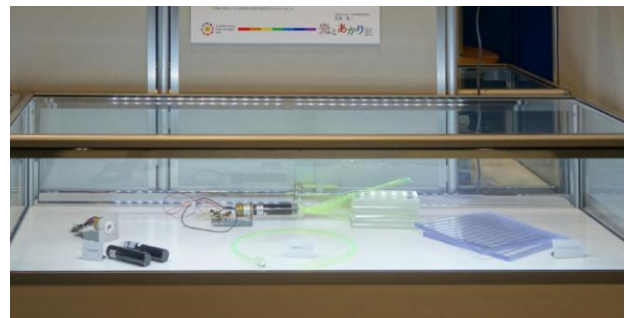


写真38. シンチレーター

鐘本勝一准教授からは、「熱を吸収するアップコンバージョン発光」ということで、展示があった。アップコンバージョン発光とは、吸熱することで吸収した光よりも波長の短い光を放射する現象である。展示した液体は、赤い光を当てるとオレンジ色に光っていた。

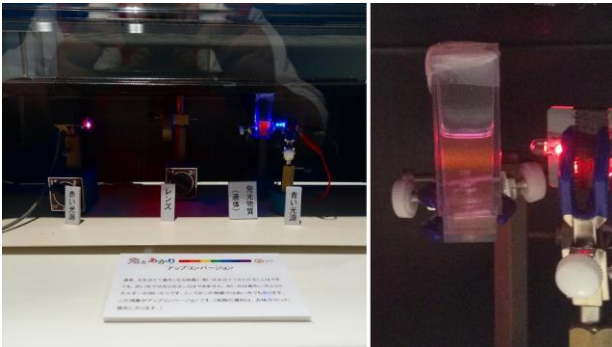


写真39. アップコンバージョン発光

なおこのコーナーの展示の概要は、

<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~ohkura/hikaritoakari/shidai.html>
からも見ることができる。

2-23. 世界の万華鏡

万華鏡は鏡を使った楽しい光学的な玩具である。万華鏡はニュートンの弟子であるスコットランドのブリュースターによって1816年に発明されていて、2015年は発明から200年目の年にあたっていた。

そこで、日本万華鏡博物館館長大熊進一氏がコレクションした世界の万華鏡11点を、鏡の常設展示がある2階で展示した。

これらの万華鏡は展示ケース内の展示であるために覗くことができないが、常設展示の大型の万華鏡を隣に置き、こちらを見ていただけるようにした。



写真40. 世界の万華鏡

2-24. 関連展示

常設展示の中にも光に関する展示が多数あるため、企画展の関連展示として企画展マップ(図1)に掲載した。

関連展示として紹介したのは、「虹スクリーン」、「スペクトル」、「光学」、「ブラウン管であそぼう」、「光の三原色」、「色の三原色」、「3Dの虹」、「望遠鏡」、「天体

望遠鏡の鏡」、「かがみ」(2階の「かがみ」のコーナーの一連の展示12点)である。

3. 関連イベント・出版物

本企画展に関連して、12月5日(土)には、国立科学博物館理工学研究部の前島正裕氏を招いて、「灯りの歴史」という演題で講演会を開催した。

また、2-4節でも触れたが、梶田隆章博士のノーベル物理学賞受賞が決まったことを受け、10月10日(土)、11日(日)、12日(月・祝)に光電子増倍管の前で、大倉が記念ギャラリートーク「ノーベル賞を支えた検出器」を行なった。

アトリウムの展示ケースでは、5月3日(日・祝)～6月21日(日)に、2-14節にも書いた「分光器展～光を虹色に分ける機器～」(企画:長谷川)を行なった。

さらに、本企画展の担当である大倉、小野、西野、長谷川、渡部に加え、大阪歴史博物館学芸員の加藤俊吾氏の6名で、ミニブック「光とあかり」を出版した。



写真41. ミニブック「光とあかり」

ミニブック「光とあかり」の内容は、

- ①光の進み方
- ②光を虹色に分ける
- ③光と色の三原色
- ④目のしくみ
- ⑤青銅鏡
- ⑥魔鏡
- ⑦現代の鏡
- ⑧近代照明の原点を訪ねる
- ⑨LED
- ⑩化学発光

- ⑪生物発光
 - ⑫星の光
 - ⑬オーロラの光
 - ⑭光の正体～波動性と粒子性～
- と、光に関して多岐にわたった。

これ以外にも、国際光年に関連して、サイエンスショーや夏休み自由研究、花火の化学スペシャルイベント、クリスマス・スペシャルナイトなどを実施した。内容について、詳しくはそれぞれの実施報告を参照されたい。

4. 終わりに

光は形もなく触れることもできないものであり、「光とは何か」という問題はあえて正面からは扱っては避けたが、光を利用した「実物」を中心に、貴重な資料を多数展示した企画展となった。

当館では、企画展専用スペースがないため、既存の常設展の展示と展示の間に企画展の展示が埋め込まれた格好になった。そのため、企画展としての一体感やまとまり感がややなかったかもしれない。また、歴史的な順に必ずしも展示できなかったケースもあった。

しかし、逆に既存の光に関する展示を利用しつつ、

展示展開できる強みもあった。展示されている資料はそれぞれ素晴らしい物であるが、今回の企画展ではハンズオン展示が多くなかったため、観客からは多少地味に見えたかもしれない。しかし、その弱みをカバーし、既存の展示と融合させることにより、気軽に楽しく見てもらうことができたのではないかと思う。

謝辞

本企画展は、日本物理教育学会に後援をいただきました。今回の資料展示に当たり、ご協力いただいた、秋田大学国際資源学部附属鉱業博物館、愛媛県総合科学博物館、大阪市立大学、大阪大学フotonクス先端融合研究センター、大阪府立大学、大阪歴史博物館、オプトシリウス株式会社、関西電力株式会社、株式会社高純度化学研究所、国立科学博物館、コニカミノルタ株式会社、コニカミノルタプラネタリウム株式会社、東洋アルミニウム株式会社、一般社団法人日本アルミニウム協会、日本万華鏡博物館、株式会社マテリアルハウス、三菱電線工業株式会社、佐藤ケンジ氏、中村聡氏、中村康則氏、西原浩氏の皆様に本紙面を借りて改めてお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 久松洋二, 「科学体験展示の館内製作報告(2013)」, 愛媛県総合科学博物館研究報告No. 19(2014) p73-76
- [2] N. A. Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF, 「High resolution solar spectrum」
https://www.noao.edu/image_gallery/html/im0600.html