

## 事業報告

# 電子レンジを用いた実験と工作について

篠原 功 治\*

Experiments and Works Used by Microwave Oven  
Koji Shinohara

A microwave oven could use to the various interesting experiments and works except cooking. The science shows and a science class by a microwave oven were held in ehime prefectural science museum. There were many experiments and works used by a microwave oven, for example the hertz experiment, how to warm by the water and oil, how to light an electric bulb and a fluorescent light, the plasma radiation of carbon fiber, how to make the dried flowers, how to make the bronze mirror necklaces. Their methods were described by this paper.

### はじめに

電子レンジでものを温めることが日常となっている。なぜ温まるのか、なぜ温まりやすいものもあれば温まり難しいものもあるのか、考えてみるとサイエンスショーや博物館講座での構成やねらいを具体化できる。電子レンジは、マイクロ波と呼ばれる電磁波の1種によって加熱する調理器具である。使い方を順守すれば、電磁波の性質を分かりやすく伝えるのに電子レンジは有効な実験装置となり、より身近な存在として科学の楽しさを伝えることができるようになる。本稿では、実施した電子レンジを用いた実験と工作について、項目ごとにまとめ、それぞれ、現象、原理、方法（準備物、注意点も含む）、実際に実施して分かったこと、課題を中心に、その内容を報告する。

### 実施要項

#### (1) サイエンスショー

##### 事業概要

タイトル：電子レンジでものが温まるのはなぜ？  
開催期間：平成15年12月13日から平成16年3月5日  
実施時間：約20分  
総観客数：2096人  
実施回数：114回

#### 項目名

マイクロ波について、水と油と氷の実験、ヘルツの実験、プラズマ発光の実験、蛍光灯と電球の点灯実験、押し花の工作（紹介のみ）、青銅鏡の工作（紹介のみ）

#### (2) 開館10周年を記念したサイエンスライブショー 事業概要

タイトル：電子レンジの実験  
開催期間：平成16年11月13日と14日  
実施時間：約30分  
総観客数：89人  
実施回数：2回

#### 項目名

マイクロ波について、水と油と氷の実験、ヘルツの実験、プラズマ発光の実験（赤りんの発光と比較）、蛍光灯と電球の点灯実験、押し花の工作（紹介のみ）、青銅鏡の工作（紹介のみ）

#### (3) 博物館講座科学工作教室1

##### 事業概要

タイトル：電子レンジでチン！きれいな青銅鏡をつくってアクセサリーにしよう  
開講日：平成16年3月27日  
開講時間：3時間  
材料費：1000円  
受講者：14人／応募者34人（定員20人）  
対象：小学4年生から中学生

#### 項目名

押し花の工作（紹介のみ）、青銅鏡の工作（木炭からのプラズマ発光観察可能）

\*愛媛県総合科学博物館 学芸課 科学技術研究科  
Dept. of Science and Technology Ehime Pref. Science Museum

**(4) 博物館講座科学工作教室 2****事業概要**

タイトル：電子レンジでチン！青銅鏡をつくってアクセサリーにしよう

開講日：平成17年3月12日

開講時間：3時間

材料費：1000円

受講者：16人／応募者19人（定員20人）

対象：小学4年生から中学生

**項目名**

青銅鏡の工作（木炭からのプラズマ発光観察可能）

**電子レンジを用いた実験と工作****(1) マイクロ波について****現象**

電磁波には「電場（電気）」と「磁場（磁石）」の性質がある。

**原理**

理科年表を参考にして、電磁波の分類上におけるマイクロ波についての説明する。波長が $10^{-4}$ m (0.1mm)以上の電磁波を電波と呼ぶ。特に波長 $10^{-4}$ mから1mの電波はマイクロ波と呼ばれている。 $10^{-4}$ mから $10^{-3}$ mはサブミリ波、 $10^{-3}$ mから $10^{-2}$ mはEHF（ミリ波）、 $10^{-2}$ mから $10^{-1}$ mはSHF（センチ波）、 $10^{-1}$ mから1mはUHF（極超短波）に分類されている。サブミリ波は望遠鏡に、EHFは宇宙通信・無線航行に、SHFは宇宙通信・レーダー・電子レンジに、UHFはテレビや携帯電話に利用されている。電子レンジに使われているマイクロ波の波長は約12cmであり、SHF（センチ波）からUHF（極超短波）に分類され、周波数は2.45GHzである。電波を使用する他の機器への混信を防ぐために周波数は電波法の規定によって決まっている。

**方法（準備物、注意点も含む）**

Microsoft PowerPointを用いて図表を中心に説明する。

**実際に実施して分かったこと**

「電磁波は、電場（電気）と磁場（磁石）の二つの性質を持っている。」、「電子レンジと携帯電話の波長は非常に近い。」といった説明箇所は見学者から反応があったが、その他の説明箇所は、図表を用いて見学者が退屈して席を離れないように手短に行った。

**課題**

電子レンジのサイエンスショーを行う上でこの説明は必要不可欠であるが、もっと簡潔に興味深く聞いてもら

える説明方法を見つけることが課題として残った。

**(2) 水と油と氷の実験****現象**

水は油より早く温度上昇が起こる。水は50℃を超えるが、油は30℃前後にしかならない。温度差は手に容器を持つだけで確認できる。氷は僅かに表面が溶けて、水になった部分だけ温まる。

**原理**

メカニズムについては明らかにすることを目的としていないが、見学者の反応や年齢層を考慮して必要に応じて説明した内容を記す。水の分子には電気的な偏りがある。水素側がプラスの性質であり、酸素側がマイナスの性質である。水の分子がマイクロ波を吸収すると、1秒間に24.5億回向きを変えることになり、分子の熱運動が激しくなり発熱する。油は、分子全体として電気的な偏りのない無極性分子であり、マイクロ波による振動が起こり難く、発熱に時間を要する。氷はマイクロ波が通り抜ける性質があるので吸収されない。表面だけ溶けて温まる現象は冷凍食品全般で起こる。一般には、マイクロ波は食品の表面だけで吸収されず、素通りもしないとされている。

**方法（準備物、注意点も含む）**

同量（約70ml）の水と油と氷を電子レンジで15秒程度加熱する。

**実際に実施して分かったこと**

一番温まりやすいものは、と質問すると、氷と答えた見学者は少なかったが、水と油と答えた見学者の割合は同じであった。水と油のどちらにするのか悩んで、分からないと答えた見学者も多くいた。この実験は、サイエンスショーの導入時に、温まりやすいものもあれば温まり難いものもあることを見学者に知ってもらうために実施した。サイエンスショーに見学者を引き込むための導入時の実験として、最適であった。

**(3) ヘルツの実験****現象**

銅線を円状にして半田付けして取り付けしたネオン管が点灯する。

**原理**

発生した電磁波によって銅線内に電気が流れネオン管が点灯する。目に見えない電波の存在を示すには最適とされている。

## 方法（準備物，注意点も含む）

図1にヘルツの実験装置を示した。ステンレス板・銅線（黄銅）・金属球・支持台・誘導コイル・電源装置・ミノムシクリップ付きリード線・ネオン管で実験装置を組み立てる。電圧を上げると金属球間で火花放電が起こり，同時にステンレス板から電磁波が発生する。銅線を円状にしネオン管を半田付けした後にステンレス板へ近づける。発生した電磁波は人体への悪影響が疑われており，装置内は高電圧となっているため，最も危険な実験となり，特に細心の注意が必要である。

## 実際に実施して分かったこと

ステンレス板や，金属球間で発生した火花放電のおよそ半径1m以内で，ネオン管の点灯を確認することができた。サイエンスショーにおける電磁波の説明は，話が中心となってしまいが，導入部分でヘルツの実験を行うと効果的であった。発光ダイオードでは点灯を確認することができなかった。

## 課題

発生した電磁波は，ピンマイクからノイズを発生させるため，短時間に留めておくことが必要である。また，ヘルツの実験装置から遠方にある，赤外線センサーによって作動する電子機器に影響を及ぼし，誤作動を引き起こすことがあるため，現地での予備実験が必要である。

## （4）プラズマ発光の実験

### 現象

図2にプラズマ発光を示した。火の玉の形をした橙色のプラズマが発生する。

### 原理

この実験は，サイエンスショーで電子レンジを使って火の玉を作ることができることを知ってもらうために実施した。そのメカニズムについては明らかにすることを目的としていないが，見学者の反応や年齢層を考慮して必要に応じて，プラズマ発光について，原子や分子から電子が剥ぎ取られた不安定な状態でありこの際に光が発生する，と説明した。

## 方法（準備物，注意点も含む）

ビーカーまたはコニカルビーカーに砂を3cm程度入れる。底から数cmのところが焦点のようである。その上に直径1cmから1.5cmの円状に結んだ炭素繊維を置く。電子レンジ内にアルミの板（アルミ製の灰皿）を敷き，ビーカーを載せる。電子レンジで炭素繊維にマイクロ波を照射する。アルミの板（アルミ製の灰皿）はマイクロ波を反射させるためプラズマが発生しやすくなる。

## 実際に実施して分かったこと

1分から2分で炭素繊維が切れて直線状になるまで繰り返し起こる。この状態となってもライターの炎程度の小さなプラズマは発生する。炭素繊維の結び目にアルミホイルを巻いて補強してもよい。条件によっては，発生した火の玉は電子レンジ内の天井付近まで浮遊することもある。開館10周年を記念したサイエンスライブショー「電子レンジの実験」では，電子レンジの外で赤りんを試験管に入れてアルコールランプで加熱して青白いりん光の火の玉を発生させた。しばらくして，酸素を注入してより明るくさせてプラズマ発光と比較した。見学者の反応は，プラズマ発光では驚嘆する様子を拝見できた。一方，赤りんの発光では，怖がる様子がかがえたため，電子レンジをテーマとしたサイエンスショーでは，行わない方がよいことが，実際に実施して分かった。

## （5）電球と蛍光灯の点灯実験

### 現象

図3に左から電球・蛍光灯・スペクトル管（水素・ネオン・アルゴン），図4に電球の点灯，図5に蛍光灯の点灯，図6に水素の放電，図7にネオンの放電，図8にアルゴンの放電を示した。

### 原理

#### 電球

電球を電子レンジ内に置きマイクロ波を照射すると電球が明るく光る。電球内には金属でできた繊維状の部品があり，電気を流すと強く光る性質がある。これをフィラメントと呼び，タングステンなどの金属から作られている。このフィラメントが熱せられて光を発する。マイクロ波加熱（高周波加熱）には，水のような絶縁体を加熱する誘電加熱と，金属のような導電体を加熱する誘導加熱がある。主に誘電加熱はマイクロ波（電磁波）の電場を，誘導加熱は磁場を利用する。フィラメントは金属であるため誘導加熱となり電磁誘導作用により生じる渦電流を中心に発熱する。そのため，切れて電気が流れなくなったフィラメントでも熱せられるため，使えなくなった電球でも光る。

#### 蛍光灯

蛍光灯を電子レンジ内に置き，マイクロ波を照射すると，蛍光灯が明るく光る。蛍光灯内にもフィラメントがあるため，このフィラメントから電子が放出されて内部の水銀原子に当たると紫外線が発生する。この紫外線が蛍光面に衝突して光る。電球に比べて明るく光る。通常，同じ電力であれば蛍光灯の方が明るく光る性質があるためである。

## スペクトル管

スペクトル管を電子レンジ内に置き、マイクロ波を照射すると蛍光灯と同様にフィラメントから電子が放出される。スペクトル管では、放出された電子が、水素、ネオン、アルゴンの原子に直接当たり光を発生し種類によって様々な色が発生する。一般に、スペクトル管内の放電は両端間の高電位差で起こるが、本稿でのマイクロ波を照射して起こる発光、発色も放電によるものとする。

## 方法（準備物、注意点も含む）

電子レンジを使って、使えなくなった蛍光灯と電球が一時的に点灯することを知らうために行う。蛍光灯と電球の内部に封入された気体によって光の色が異なることを明確にするためにスペクトル管を使用する。電子レンジで電球・蛍光灯・スペクトル管（水素・ネオン・アルゴン）にマイクロ波を照射する。3秒以上行くとフィラメントが融解し、ガラス面と接触してひび割れが起こり、その後、光らなくなる。

## 実際に実施して分かったこと

点灯させる順番は、電球、蛍光灯、スペクトル管でよいのだが、何回も電子レンジ内で点灯実験を行うと見学者は飽きてくるので、スペクトル管の点灯実験では、気体によって様々な色が発生する電球の実物を用意しておくことが望ましい。スペクトル管は、水素、ネオン、アルゴンを用いたが、それぞれの気体について興味を持つ見学者が多くいたことから、各気体の説明も随時行うことが必要であることが実際に実施して分かった。

## 課題

この実験は見学者の反応から、サイエンスショーの中で最も強い印象を与える実験であることが分かった。そのメカニズムについては明らかにすることを目的としないが、必要に応じて説明する場合に、手短で明解な解説を行うことが一つの課題といえる。

## （6）押し花の工作

### 現象

図9に押し花製作道具、図10にしおりと携帯電話機のストラップを示した。電子レンジを使って、植物の乾燥標本を作り、しおりと携帯電話機のストラップを作る。

### 原理

植物の水分が蒸発して紙に吸収され、乾燥標本ができる。

## 方法（準備物、注意点も含む）

タイル・食器洗浄用スポンジ・吸水性のよい白い紙・輪ゴムを用いて草花を挟み、電子レンジでマイクロ波を照射する。時間は、1分から1分30秒の間で調整するとよい。厚みのある草花は表面のみ乾燥し、内部は蒸発し難いため用いない。黒い紙は発火するので使用しないこと。フィルムに挟み、ラミネート加工すればしおりとなる。色の付いた和紙を挟むとよりきれいに仕上がる。手芸店や100円ショップで売られているレンズ付きで封入タイプの携帯電話ストラップホルダーを用いれば、観察もできて、用途が広がる。

## 実際に実施して分かったこと

押し花の工作は、比較的危険性の少ないものであり、実用的でもあることから、見学者に人気があることが実際に実施して分かった。押し花は、家でやってみただけだけど方法を確かめたい、という内容の質問をたくさん受けた。

## 課題

実験が中心になるサイエンスショーで、工作の要素を含ませたく、簡単にできる押し花作りを、紹介という形で行った。実際に見学者が作る場合は、電子レンジ1個に対して1人しか工作できないため、待ち時間の配慮が必要になる。

## （7）青銅鏡の工作

### 現象

図11と図12に溶けた青銅（るつぽから鋳型へと移る際の状態変化）、図13から図17に受講者が作った青銅鏡のネックレスを示した。図13から図15は、平成16年3月27日に実施した科学工作教室で、凸型、分離型、三日月型の3通りの形になった青銅鏡部を示している。図16は、平成17年3月12日に実施した科学工作教室で、形状を均一化することができた青銅鏡部を示している。図17は青銅鏡のネックレスがアクセサリとして機能したことを示している。

### 原理

マイクロ波は炭素を温め、900℃前後の高温にする。融点232℃のスズが溶け、融点1084.5℃の銅が800℃前後で溶け始める。銅とスズの割合は7対3が最も美しい鏡面になり、次いで、6対4である。合金の硬さもこの順である。

## 方法（準備物、注意点も含む）

### 青銅鏡部

小さいるつぽに粒状の銅21gと粒状のスズ9gを入れ

粉末の木炭で表面を覆う。大きいるつぼに粉末の木炭を適量入れ、その中に小さいるつぼを入れて蓋をする。電子レンジ内にアルミの板を敷き底上げする。底から数cmのところにある焦点に合わせて、るつぼを載せ、5分間電子レンジ内に置いてマイクロ波を照射する。この際に木炭からプラズマ発光が起こる。表面に銀色を伴った赤く溶けた青銅ができる。るつぼバサミを用いて電子レンジの外にるつぼを移動させる。石こうで作った鋳型に移し、固まれば水槽の水で10分間冷却させる。基本的には受講者にこの工程を行わせる。ただし、るつぼバサミを用いて電子レンジの外に移動させる作業は、るつぼが割れていることがあるために受講者は見学のみで止めること。溶けた金属と水は相性が悪いので水に濡らした手袋は用いないこと。乾燥した手袋も操作性を低下させるため用いず、作業は素手で行うこと。冷却後に紙ヤスリと金属クリーナーで鏡面の加工を行い、青銅鏡とする。

### 鋳型部

鋳型を作る際には気泡が入らないようにするため、先にゴム製容器のラバーボールへ水を入れた後、鋳型用石こうを静かに入れる。石こうと水の分量は、同体積を目安とする。青銅鏡部の形状となるフィルムケースを、底面が下になるようにして、水沈している石こうの上面から2cm程度の深さまで入れて反応を待つ。反応終了後に水を捨てフィルムケースを抜いて乾燥させる。乾燥した鋳型に金属用半田付け促進剤のフラックスを塗っておくと青銅の形が安定する。

### アクセサリ一部

ネックレスとして仕上げるため金属片・皮製のひも・9ピンを加工する。手芸店に類品が他種あり、金属片は長方形で小さな穴が1箇所開いてあるもの、皮製のひもは厚すぎない中程度のものを使用する。9ピンはネックレス金具の1種で9の字の円部を切り針金状にする。針金状の9ピンを金属片の小さな穴へ通して円状に加工する。その円状部分へ皮製のひもを通し両端を結ぶ。金属片と青銅鏡は、金属用瞬間接着剤で固定する。

### 実際に実施して分かったこと

科学工作教室での青銅鏡の作成では、電子レンジ1台でるつぼ1個しか照射できないため、順番待ちの受講者は金属片・皮製のひも・9ピンの加工を行わせた。銅とスズの融解の際には木炭からプラズマ発光が起こるため木炭の粉が舞わないように蓋はしなければならなかった。なお、蓋はるつぼ口と同じ直径のものを使用しないと振動によって小さいるつぼと大きいるつぼと蓋が割れるので留意しておかなければならない。照射時間の5分は目安であり、3分程度で融解することもある。銅が溶

け難い場合は、アルミの板での底上げを1cmから2cmの範囲で変更するか、電子レンジを変えてみるのもよい。平成16年3月27日に実施した科学工作教室では、鋳型に気泡が入っており高温になることで膨張が起こってしまった。青銅中央部が膨らんだり穴が開いたりした。アクセサリとして意図しない形となり、結果として受講者に喜んでもらう要因になった。平成17年3月12日に実施した科学工作教室では、鋳型の形状を簡素化したこともありある程度の均一した青銅が得られた。サイエンスショーでは、銅とスズが融解する様子は写真で示し、演示ではピーカーに水と低融点合金を入れて20秒程度電子レンジでマイクロ波を照射したが、見学者の反応は少なかった。青銅鏡のネックレスも見せたが、同じく見学者の反応は少なかった。一方、科学工作教室では、受講者は、木炭からのプラズマ発光に大きな興味を示し、溶けた青銅を見た時と、金属クリーナーで青銅を研磨した時には全員が驚嘆した。

### 課題

課題は、割れてしまったるつぼとその蓋の費用である。材料費1000円では、るつぼとその蓋の費用をまかなうことができない。割れなかったるつぼも高温により底面が黒色化してしまう。

### おわりに

電子レンジは、調理器具として生活に溶け込んでおり、食品を温めるために台所にある道具という概念がある。そのしくみが、電磁波（マイクロ波）によるものであり、ヘルツの実験でその存在を確認する。水や油や氷という身近なものを加熱しその温度差を比較することで、その性質を確認する。次いで、被加熱体を炭素繊維や蛍光灯・電球などへ変え、誘電加熱から誘導加熱へと流れを変える。この際に、電子レンジが調理器具から実験装置という位置づけに変わる。プラズマ発光や蛍光灯・電球などの点灯が非日常的な現象であるため、見学者に大きな興味を与えることができる。その後に工作の要素を取り入れることで、理解を促すことができる。電子レンジを用いたサイエンスショーや博物館講座では、実験と工作を交互に効果的に織り交ぜていくことで内容を充実させることができる。電子レンジを使った実験や工作は危険が伴うため、十分に予備実験を重ね、見学者や体験者の安全を確保し、事故が一度でも起こらないように、細心の注意が必要となることに言及し、本稿を締め括ることとした。

## 文 献

- 愛知物理サークル・岐阜物理サークル (1996)：電磁波の発生はやっぱりヘルツで！. いきいき物理わくわく実験. 新生出版, 東京. pp.196-197.
- 大倉 宏 (1996)：サイエンスショー「マイクロ波と電子レンジ」実施報告. 大阪市立科学館研究報告, 6. 大阪市立科学館, 大阪. 139-142.
- 篠原功治 (2004)：電子レンジで押し花を作ろう. 電子レンジで火の玉を作る！. 青銅鏡のネックレスを作る. 親子で楽しむびっくり科学手品55. 祥伝社, 東京. pp.58-59, pp.72-73, pp.126-129.
- 滝川洋二 (1995)：電子レンジの中で世界で初めて火の玉ができた!! . 物理がおもしろい!! . 日本評論社, 東京. pp.33-42.
- 日本科学技術振興財団・科学技術館 (1994)：花のしおりをつくろう. 「青少年のための科学の祭典」ガイドブック. 日本科学技術振興財団, 東京. p.47.
- 日本科学技術振興財団・科学技術館 (2001)：電子レンジ・アイロンでつくる花のしおり. 「青少年のための科学の祭典」ガイドブック. 日本科学技術振興財団, 東京. p.25.
- ニュートンプレス (2004)：電子レンジで押し花. しおりと携帯ストラップ. 古代の合金技術で青銅鏡のネックレス. 科学館が教えるおもしろ自由研究. ニュートンプレス, 東京. pp.42-45.
- 日立市科学文化情報財団 (1997)：クイズショー電子レンジでチン！. 「第5回サイエンスショーフェスティバル」サイエンスショーシナリオ集5. 日立市科学文化情報財団, 茨城. p.52-57.
- 藤田繁治 (2003)：電子レンジを用いて二元合金をつくる実験の教材化. 愛媛県総合科学博物館研究報告, 8. 愛媛県総合科学博物館, 愛媛. 1-5.



図1 ヘルツの実験装置  
Fig.1 The hertz experimental device.



図2 プラズマ発光  
Fig.2 The plasma radiation.



図3 電球・蛍光灯・スペクトル管 (水素・ネオン・アルゴン)  
Fig.3 The electric bulb · the fluorescent light · the spectrum light(hydrogen · neon · argon).



図4 電球の点灯  
Fig.4 The lighting of electric bulb.



図5 蛍光灯の点灯  
Fig.5 The lighting of fluorescent light.



図6 水素の放電  
Fig.6 The electric discharge of hydrogen.





図7 ネオンの放電  
Fig.7 The electric discharge of neon.



図8 アルゴンの放電  
Fig.8 The electric discharge of argon.

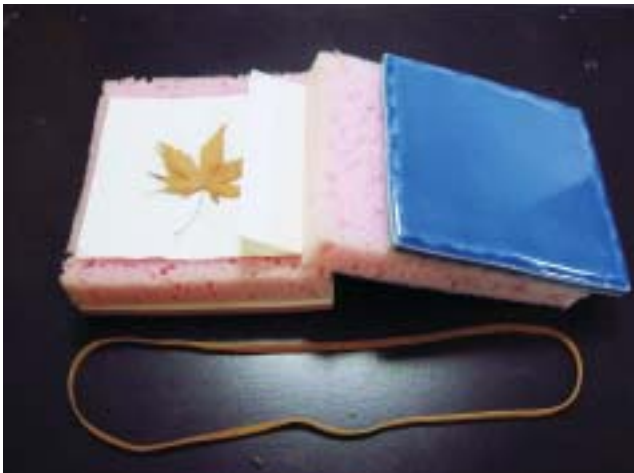


図9 押し花製作道具  
Fig.9 The tools of making the dried flowers.



図10 しおりと携帯電話機のストラップ  
Fig.10 The bookmarks and the accessory of cellular phone.



図11 溶けた青銅 1  
Fig.11 The melted bronze I.



図12 溶けた青銅 2  
Fig.12 The melted bronze II.





図13 受講者が作った青銅鏡のネックレス (平成16年3月27日) 1  
Fig.13 The bronze mirror necklaces made by the attendants (2004.3.27) I.



図14 受講者が作った青銅鏡のネックレス (平成16年3月27日) 2  
Fig.14 The bronze mirror necklaces made by the attendants (2004.3.27) II.



図15 受講者が作った青銅鏡のネックレス (平成16年3月27日) 3  
Fig.15 The bronze mirror necklaces made by the attendants (2004.3.27) III.



図16 受講者が作った青銅鏡のネックレス (平成17年3月12日) 4  
Fig.16 The bronze mirror necklaces made by the attendants (2005.3.12) IV.



図17 受講者が作った青銅鏡のネックレス (平成17年3月12日) 5  
Fig.17 The bronze mirror necklaces made by the attendants (2005.3.12) V.

