

千葉県立現代産業科学館の教育資源を生かした学習支援のあり方

一 電磁気領域を中心として 一

*岩崎 正彦

Masahiko IWASAKI

要旨：今回の学習指導要領改訂に伴い、理科では各領域の基本的な見方や概念を柱として、その内容が小・中・高校へ系統性を持つように再構成された。また、各学校の指導計画作成上の配慮事項として、博物館や科学学習センターなどと連携、協力を図りながら、それらを積極的に活用することも一層強く求められた。そこで千葉県立現代産業科学館がもつ教育資源について、特に放電実験設備等を有する電磁気領域を中心に整理し、各段階の指導の中で効果的に活用されるための学習支援のあり方について考察した。

キーワード：学習指導要領 科学館 電磁気領域 静電気 放電実験 教育資源

1 はじめに

今回の学習指導要領改訂に伴い、理科では科学の基本的な見方や概念を柱として、その内容が小・中・高校へ系統性を持つように再構成された。特に小学校では、これまで内容が3領域に分かれていたものが「エネルギー・粒子」、「生命・地球」の2領域に再編成され、中学校の1分野、2分野に直結するようになった。また、科学を学ぶことの意義や有用性の実感及び科学への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視することも強調された。さらに各学校の指導計画作成上の配慮事項として、博物館や科学学習センターなどと連携、協力を図りながら、それらを積極的に活用することも一層強く求められた。そこで、「放電実験室」等の設備を有する千葉県立現代産業科学館の特色を生かし「電磁気領域」に焦点をあて、各段階において活用可能な教育資源を整理する。そして、それらが効果的に活用され、学校利用促進につながる具体的な方策について考える。

2 新学習指導要領「電磁気領域」の系統性

小中学校における電磁気領域の系統性と学習内容は表1のとおりである。「エネルギー」とい

学年	エネルギー(電磁気に関わる事項)		
	エネルギーの見方	エネルギーの変換と保存	エネルギー資源の有効利用
小学校第3学年	<ul style="list-style-type: none"> 磁石の性質 - 磁石に引きつけられる物 - 異種と同種 	<ul style="list-style-type: none"> 電気の通り道 - 電気を通すつなぎ方 - 電気を通すもの 	
小学校第4学年		<ul style="list-style-type: none"> 電気の働き - 乾電池の数とつなぎ方 - 光電池の働き 	
小学校第5学年		<ul style="list-style-type: none"> 電流の働き - 鉄心の磁化、極の変化 - 電磁石の強さ 	
小学校第6学年		<ul style="list-style-type: none"> 電気の利用 - 発電・蓄電 - 電気の変換(光、音、熱など) - 電気による発熱 - 電気の利用(身の回りにある電気を利用した道具) 	
中学校第2学年	<ul style="list-style-type: none"> 電流 - 回路と電流・電圧 - 鉄心の磁化、極の変化 - 電流とそのエネルギー(電力値、熱量を含む) - 静電気と電流(電子を含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 電流と磁界 - 電流がつくる磁界 - 磁界中の電流が受ける力 - 電磁誘導と発電(交流を含む) 	

表1 電磁気領域の系統性

う括りの中に位置づけられ、さらにその中を「エネルギーの見方」、「エネルギーの変換と保存」、「エネルギー資源の有効利用」の3分野に分けられている。前回の学習指導要領に比べ大きな変化は、小学校6年生に「エネルギー資源の有効利用」に関係する部分として「電気の利用」が取り入れ

られた。その内容は、①電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。②電気は、光、音、熱などに変えることができること。③電熱線の発熱は、その太さによって変わること。④身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があることである。また、中学校においても「電気とそのエネルギー」が加えられ、「電力量」について扱い、「熱量」についても触れることになった。

3 現代産業科学館がもつ電磁気領域に関連した教育資源

当館では常設の展示物や展示の一環として行う演示実験など多くの教育資源を有する。これらを活用し、学校では体験することが困難な自然や科学に関する情報を提供している。そこで電磁気に関連する内容について新学習指導要領「理科」の目標に迫るための手だてとして次の三つの視点から別紙のように整理した。

視点①ハンズオンに対応している。
 視点②日常生活や社会との関連に対応している。
 視点③発明や発展に寄与した人物等を取り上げた科学史に対応している。

視点①については、実感を伴った理解のために体験を豊かにし、創造性、思考力を高めることができる展示となっているか。

「平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査」(国立教育政策研究所)において他教科と比較したとき理科に対する重要性の認識が低いという結果が出た。それは自然とふれあう機会の減少や身の回りの玩具や電気製品においてもブラックボックス化が進み、理科と生活の関連を見いだしていくことも困難な状況にあることなどが要因として考えられる。そこで科学と日常生活や社会との関連について理解を助けることをねらいとした展示に対応しているかを視点②とした。

視点③は、視点②と関連して科学の進歩が多くの科学者の研究努力の成果であることに気づかせる展示となっているかについて注目することにした。その結果、各展示場を整理すると「現代産業の歴史」では視点①、「先端技術への招待」では視点③に対応した展示が少ないことがわかる。一方「創造の広場」では、すべての視点に基づきバランスよく展示されている。よって、「現代産業の歴史」展示場では、ハンズオンの視点を、また「先端技術への招待」展示場では、人物に焦点を当てた科学史の視点をもとに展示の見直しをすることが、学習支援の立場から見たとき改善のためのポイントになると考えられる。

4 現代産業科学館の特色を生かすために

当館においても、これまで学校との連携に焦点をあてた研究が多くされ、実験工作教室等のプログラムやワークシート、解説書の開発が行われてきた。しかし、それらが学校利用促進に効果的に活用されているとは言えない。学校利用には様々な形態が考えられるが、ここでは「学校が科学館に来る」ことを基本としてとらえ、来館の動機づけとなるための方策を当館の特色とも言える放電実験室(写真1)、演示実験に注目し考える。



写真1 雷放電実験

(1) 放電実験室利用の現状

放電実験室は、ドイツ博物館(Deutsches Museum)の同様施設をモデルとして設計された。直流100万ボルトの雷放電や交流12万ボルトの沿面放電、アーク放電などダイナミックな放電実験に解説を交えて行うことにより、電力産業の送電系の避雷について紹介することをねらい

としている。一日4回の放電実験とその他の時間帯には、雷が発生する仕組みや雷から身を守る方法について解説したビデオの放映並びに真空放電実験装置、放電球などの展示を行っている。雷放電実験施設は、国内はもとより世界的にも充実した展示施設であると言える。見学者は年間約3万人を超え、夏場の雷シーズンには、テレビニュース等の雷発生のメカニズムや安全に関する解説に情報を提供することもある。小中学校の理科では静電気や雷放電を直接取り上げており、具体的には、中学2年の「静電気とのはたらき」や小学6年の「電気の利用」等の学習で利用できる。また、落雷から身を守るための安全指導に活用すれば学校種を問わず、その効果を期待できる。本物の雷に近い形を安全に観察できるこの大がかりな実験は、学校では実施不可能であり、当館ならではのものである。しかし、学校利用の様子をみると館滞在時間と放電実験の時間が合わず、見学せずに退館したり、事前指導が十分でなく単純に稲妻と大きな音に驚くだけで終わったりする学校が多くみられる。

(2) 演示実験利用の現状

当館の演示実験は、実験シアター（超伝導実験、電気抵抗実験等）、実験カウンター（22種類）、サイエンスステージ（人形劇 7種類、楽しい科学実験 13種類）からなる。年間約7万人が体験する。電磁気領域に関係するメニューは、12種類あるが、その中のサイエンスステージで行わ



写真2 静電気となかよくしよう

れる「静電気となかよくしよう」（写真2）では、静電気発生の仕組みや実際にバンデグラフ起電機を使った放電実験を見せ、さらに観客が直接

体験できる電気クラゲなども紹介し理解を助けている。毎回、幼時から大人まで興味深く参加している。学校利用について見ると事前に実施予定のプログラムが決まっているため利用希望に対応した状況にはなっていない。

(3) 放電実験と静電気にかかわる演示実験を組み合わせる

前述のサイエンスステージ「静電気となかよくしよう」と放電実験を一体化させ、静電気発生のメカニズムや放電の様子を実験で確かめることにより、体験を通して理解を深める効果を期待できる。また、今年度、「授業に役立つ県立博物館プロジェクト」で製作した「エレキテル模型キット」（写真3）も実際に自分の力で静電気をつくり放電させることを体験できる。さらに、「創造の



写真3 エレキテル模型キット

広場」に、異なった種類の2枚の金属板の間に電解質をはさむと電池になることを体験できる「人間電池」（写真4）を展示した。長い時間にわたり

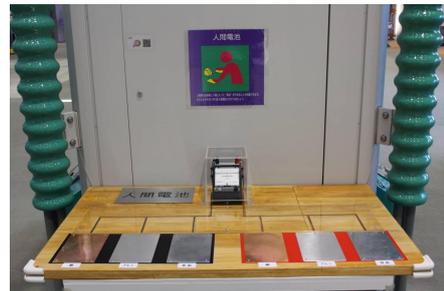


写真4 人間電池

電気を作り出すことを可能にしたボルタの電堆への橋渡しとして使用することができる。これらの体験を軸とし、さらに発電や電気の利用に関する様々な展示や演示実験と組み合わせた授業を構成することにより、実感を伴った理解を助けることが可能になる。授業案やワークシートとともに

に各学校に周知することができれば、しっかりとした目的意識をもった見学を可能にすることができるだろう。

5 学校利用促進のために

学校利用促進のための環境整備として、サイエンスステージの演目を学校利用の多い時間帯である平日の11時から14時の間は、予定表への記載を「楽しい科学実験」とし、見学予定の学校の要望に沿ったプログラムを実施できるようにする。また、放電実験が、学校が滞在する時間帯に定時の実験の利用ができない場合は、可能な限り希望に合わせた時間に実施できるような柔軟性をもたせることも、今後、検討が必要と思われる。

大きな展示替えはなくても、現在の展示方法や説明の方法、照明の当て方などを前述の3つの視点を中心に見直すことで新しい魅力を引き出せるだろう。例えば、小中学校教科書において、科学の進展に寄与した科学者が紹介されているが、電磁気領域で扱われている「電磁石を作ったウィリアム・スタージェン」、「ジュールの法則を発見したジェームズ・プレスコット・ジュール」、「ボルタの電池を発明したアレッサンドロ・ジュゼッペ・ボルタ」、「オームの法則を発見したゲオルク・シモン・オーム」、「右ねじの法則を発見したアンドレ＝マリー・アンペール」については、当館の展示の中に示されていない。関係のある展示はたくさんあるので、その中で紹介すれば、さらに興味関心をもたせることができる。また、「現代産業の歴史」展示場では、体験できるものであっても触れてよいものなのかどうかははっきりしないものが多い。触れてよいことを強調する表示をすることで、関連する展示も含め見学者の関心を高めることができるだろう。

6 おわりに

学校が、時間的、経済的な制約の厳しい中で現代産業科学館を見学先に選択するには、高い学習

効果の期待できる展示が必要である。現状では放電実験室を中心とした一連の展示が、それに当てはまるだろう。また、校外学習の見学場所は2カ所以上となる場合が多いので、学校が、現代産業科学館とリンクした施設を選ぶことができれば、その学習効果をさらに高めることができる。すでにJFEスチールの製鉄所を見学した後、当館の鉄鋼関連の展示を見学するという小学校が複数あった。この例のように電力、石油、バイオ関連の施設と現代産業科学館の見学をセットで利用が可能になるような環境を整えることができれば学校の利用促進につなげることができるだろう。

近年、特別支援教育への理解が深まり、特別支援学校在籍の児童生徒が増加する傾向にある。そこで「創造の広場」展示場を中心に特別支援学校の利用を目標にした活用法の開発は、今後、新たな学校利用促進の視点になっていくだろう。

6 参考文献

- 牛島 薫 (2)放電実験室の展示製作の過程—高電圧放電演示実験の展示化について— 千葉県立現代産業科学館研究報告第1号(1995.3)
- 高安礼士他 科学技術博物館の新しい役割の一考察 千葉県立現代産業科学館研究報告第3号(1997.3)
- 難波幸男他 インフォーマル エデュケーションとしての科学博物館の役割 千葉県立現代産業科学館研究報告第7号(2001.3)
- 鳩貝太郎 博物館と学校教育との連携 千葉県立現代産業科学館研究報告第7号(2001.3)
- 「平成15年度小中学校教育課程実施状況調査」国立教育政策研究所 2003
- 中村隆史他 学校教育と連携した科学館等での理科学習が児童生徒へ及ぼす影響について 文部科学省科学技術政策研究所 調査資料-107 2004
- 佐藤 哲他 小学生のための見学ワークシートの作成とその活用 千葉県立現代産業科学館研究報告第10号(2004.3)
- 山極 隆他 理科教育支援検討タスクフォース小学校分

科会報告書 2008

川上昭吾他 イギリスの科学館と学校の連携のあり方に関する研究-テクニクエストを例に- 科教研報 vol.17 No.2

「平成 20 年度 中学校理科教師実態調査」(独)科学技術振興機構・国立教育政策研究所 2008

川上昭吾他 学校と博物館の連携を進める実践的研究 愛知教育大学研究報告 57(教育科学編)2008

「21 世紀の科学技術リテラシー像 -豊かに生きるための智-」 科学技術の智プロジェクト 2009

小川義和他 学校と科学系博物館等との連携による教員支援 第3期科学技術基本計画のフォローアップ 「理数教育部分」に係る調査研究 国立教育政策研究所 2009

小倉 康 理科教育のグランドデザインを描くために 科学 vol.80 No.5 2010

野上智行 学校と社会教育施設との連携・協働 理科の教育 vol.59 No.692 2010

「現代産業の歴史」展示室 電磁気教材との関連一覧

※視点①体験②利用③科学史

テーマ	資料・展示物・演示実験 等	形態	主な内容	※視点									
				①	②	③	学年						
								小3	小4	小5	小6	中2	
電気との出会い	指南針	写真	古代中国で現在の方位磁石にあたる道具として使用された。										
	雷管石	写真	砂漠に落ちた雷が、高温で砂を融かしガラス状の不規則な塊となり、稲妻が通った部分が管状になったもの。										
	雷管石	実物											
	フランクリンの風	写真	1752年にベンジャミン・フランクリンが、風を使って雷が電気であ										
	雷	写真	ることを証明した。										
	琥珀	実物	古代ギリシャの科学者タレスは、琥珀をこすると静電気がよじり、ものが引き寄せられることを発見したといわれる。実際にさわる										
電力産業の歴史		写真	電力の生産 ビクシーの実験的発電機										
		写真	電力の生産 アリアンスタ型発電機										
		写真	電力の生産 エジソン発電機・マリーン										
		図版	電力の生産 エジソン発電機の発展を予想するイラスト										
		写真	電力の生産 ナイアガラ水力発電所										
		写真	電力の生産 ナイアガラ水力発電所										
		図版	電力の消費 アーク灯										
		写真	電力の消費 エジソン電球										
		図版	電力の消費 エジソン電球の誕生										
		図版	電力の消費 ジーメンズの電車										
		図版	電力の消費 初期の電気掃除機										
		図版	電力の消費 家庭電気製品のある室内										
		写真	電力の消費 蛍光灯の色の実験										
発電のはじまり	ボルタの電堆	写真	ボルタは1745年にイタリアで生まれた科学者。彼は、銀または銅と湿った紙に亜鉛を重ね、これを何回にもくり返して積み上げていくと電気が流れることを発見した。これがボルタの電堆である。その後、ボルタはさまざまな試みをくり返し、銅と亜鉛を材料にボルタの電池を作り上げた。										
	ビクシーの発電機	写真	磁気から電流が誘起される電磁誘導現象がファラデーによって発見された。1年後の1832年、フランスの機械製造師ビクシーは、世界で初めて機械式発電機を製作し、パリの公開した。この発電機は、U字型の金属製の両端にコイルを巻きつけて固定し、その下で馬蹄形の永久磁石を機械仕掛けで回転させるとコイルに電気が起こるというものだった。発電機の発明により、小規模で高価な蓄電池に頼っていた電気が、豊富に、そして安価に使えるようになった。コイルと磁石を使った世界初の実用的発電機である。										
	平賀源内のエレキテル	模型	平賀源内は、江戸時代の享保13(1728)年に四国の讃岐で生まれた。青年期に、長崎で蘭学などを学び、西洋の書物を通して当時の近代科学的知識を吸収した。エレキテルは源内晩年の49歳の時の製作で、静電気を起こす装置である。現存する2台のうち東京の逓信博物館に収蔵されているもの(重要文化財)の複製品である。発電はできない。										
電力の大量生産のはじまり	テッドフォード発電所10,000馬力エンジンの取付作業	写真	世界初の大型発電所のエンジン取り付け作業の様子										
	ウェルナー・ジーメンズ	写真	発電した電力を使って強い電磁石をつくりだし、さらに大きな電力を生じさせる画期的なもの										
	自動式発電機のしくみ	図版											
	グラムの発電機	写真	大きな電力をつつても熱があまり出ないように工夫され、その後の発電機の発展に大きな役割を果たした。										
	スタンリーの変圧器	写真	大きな電力を効率よく送るために、電圧を変化させる変圧器										

「先端技術への招待」展示室 電磁気教材との関連一覧

テーマ	資料・展示物・演示実験等	形態	主な内容	※視点①体験②利用③科学史														
				①	②	③	学年 小3 小4 小5 小6 中2											
新素材	圧電セラミックス誘導路	実験装置	圧電セラミックスを踏むと瞬間的に高電圧を発生させることをLED発光で確かめることができる。	○														
	圧電セラミックスで光るソリ	実験装置	圧電セラミックスを踏むと瞬間的に高電圧を発生させることをLED発光で確かめることができる。	○														
	電気を通すガラス	図版	表面に金属の薄い膜をつくり電気が流れる性質を利用して電波をさえぎるはたらきをする。	○														
	電磁カッターガラス	実験装置																
	発光ダイオードの構造	図版	性質の異なる2種類の半導体を組み合わせ、電気を流すと接合部で発光するしくみを解説する。	○														
	発光ダイオードを使った装置	実験装置																
	熱電対発電	装置	2種類の金属の両端をつないで2つのつなぎ目に温度差をつける	○														
	電流により温度差をつくる	実験	電流で保温と冷却をする。(ゼーベック効果)	○														
	太陽光発電実験	実験	電池を使って発電をする。	○														
	ゼネコン発電実験	実験	手回し発電機を使って発電をする。	○														
温度差発電実験	実験	冷水と温水から電気をつくる。(熱電気変換: サーマカップ素子)	○															
磁石で遊ぶ	実験	磁石の性質を利用した事象を体験する。	○															
宇宙空間に浮かぶ地球のイメージ模型	装置	磁石の性質を使い、地球が浮いている様子を表す。	○															
太陽光発電	写真	太陽光発電の様子を表す。	○															
ソーラー発電用パネル	実物	多結晶型シリコン太陽電池の実物。直流で取り出しインバーターで交流化する。	○															
シースルー太陽電池	実験装置	ガラス表面に薄いシリコンを形成してつくられた太陽電池。窓に使用することもできる。	○															
千葉県及び周辺の風力発電	図版	県内の風力発電施設を解説。	○															
風力発電実験装置	実験装置	風のエネルギーを電気エネルギーに変換する。発電させる電気は交流。風の強さによって電圧、周波数が変化するので一定に保つ仕組みが必要である等を解説。	○															
風力発電のしくみ	図版																	
燃料電池実験装置	実験装置	水を電気分解し、水素、酸素を生成し発電する実験装置	○															
LED照明	実物	22000ルクス、20Wの照明装置	○															
白色LEDのしくみ	図版	白色LEDについての解説	○															
LED照明での光の実験装置	実験装置	赤、青、緑のLEDの光を組み合わせ、色の変化を実際に確認することができる。	○															

「創造の広場」展示室 電磁気教材との関連一覧 ※視点①体験②利用③科学史

テーマ	資料・展示物・演示実験等	形態	主な内容	※視点										
				①	②	③	小3	小4	小5	小6	中2			
創造の広場	ボールサカス(運動発電実験装置)	実験装置	ボールが転がる中で位置エネルギーを運動エネルギーに変換し、さらに発電機を通過する中で電気エネルギーに変換していくことを確かめることができる。	○	○	○								
	トムソンリング実験装置	実験装置	電磁石に電流が流れると電磁誘導により誘導電流が流れ、このときリングに逆向きの磁界ができるため反発し跳ね上がる。	○	○	○								
	人力発電実験装置	実験装置	ペダルを踏むことで発電し、発電量を視覚で確かめることができる。	○	○	○								
	人間電池	実験装置	2種類の金属板と人間によって電池ができることを体験することができる。	○	○	○								
	静電気となかよくしよう	実験装置	静電気について放電実験等を通して解説する。	○	○	○								
	ファラデーの発見 (電磁誘導の発見)	実験装置	電磁誘導実験を通して、電気や磁気をわかりやすく解説する。	○	○	○								
	エンジンの発見	実験装置	エンジンが発明した電球に関する実験を通して、エンジンの業績を紹介する。	○	○	○								
	ファラデーの発見 (電磁誘導の発見)	人形劇	ファラデーを主人公とした人形劇と電磁誘導実験を通して、ファラデーの業績と電気、磁気をわかりやすく紹介する。	○	○	○								
	ベルの発見	人形劇	電話を発明したベルを主人公とした人形劇とその原理を実験を交えてわかりやすく紹介する。	○	○	○								
	エンジンの発見	人形劇	エンジンを主人公とした人形劇とエンジン電球に関する実験を通して、エンジンの業績をわかりやすく紹介する。	○	○	○								
放電実験室	雷放電実験	実験	100万Vの直流電圧で距離1mの雷放電を見せる。	○	○	○								
	沿面放電実験	実験	ガラス板を電極ではさみ、12万Vの交流電圧をかけ、ガラスの表面に沿って放電するようを見せる。	○	○	○								
	アーク放電実験	実験	短い距離で向かい合わせた2本の電極に12万Vの交流電圧をかけ円弧の形をした炎のような放電現象を見せる。	○	○	○								
	放電実験ビデオ	映像	雷発生の仕組みと雷からの身の守り方を解説する。	○	○	○								
	放電球	実験装置	ガラス球の中に低圧ガスを封入し、中央の電極に2000V以上の高周波電圧をかけるとガラス球側に中心と反対の極ができガスがプラズマ化するのを確認できる。	○	○	○								
真空放電実験	真空放電実験装置	実験装置	ガラス管の中の空気の速い放電の様子を観ることを確認できる。	○	○	○								
	羽根車入りクルックス管	実物展示	羽根車を陰極側に置き、放電させると、羽根車は陽極側に動く真空放電管											
	電極入りクルックス管	実物展示	電極のついた真空放電管											
	放電叉	実物展示	静電実験に使用し、大きな火花を飛ばすことができる。											
	蓄電びん	実物展示	多量の静電気を蓄えることができる。											
	検電器	実物展示	物体の帯電の有無およびその程度を調べる装置											
	避雷器	実物展示	雷から電力機器を守る。											
	ハンデグラフ起電機	実物展示	非常に高い電圧を安定して得ることのできる静電気発生器											
	授業に役立つ	県立博物館プロジェクト	実験装置	平資源内のエレクトロニクスの原理を実験により確かめることができる。	○	○	○							
		エレクトロニクス実験キット	実験装置		○	○	○							