

## 科学実験教室「こいつは強力！磁石の世界」実施報告

久松 洋二\*

A working report of "The utilized magnets"

Yoji Hisamatsu

This report describes the results and the consideration about experiments of utilizations of magnets possessed large surface magnetic flux density which was held at the science class of this museum. Since the large surface magnetic flux density cause serious accidents, We adopted some methods. In this class. We showed the amazing performances of the magnets and took electric equipments apart for an understanding of utilized magnets.

### はじめに

永久磁石はこれほど大量に生産されているにもかかわらず日常的には家庭用実用文具としてのイメージが強い。よく見かける磁石は、釘やクリップを引きつけるが引きつけているその姿は今ひとつ不安定でもろさを感じさせる。より力強くものを引きつける磁石の姿となぜそのような磁石が必要とされるのか、実用文具以上の可能性とは何かを紹介するために本講座を作成した。

生活における磁石の本当の姿は全くの裏方で、どこにどのように使われているかは一般には知られていない。磁石を使用してマイクやスピーカーになる実験は行っても、作成する教材が単純すぎて今の複雑な電化製品とうまくイメージを一致させられない。高性能な電化製品には高性能な磁石が必要となり、結果的に圧倒的な磁力を見ることが出来る。磁石の物理的な性質よりは、科学技術の成果や工業的に必要とされている磁石の姿を紹介した。

本稿は愛媛県総合科学博物館が3度にわたり対象を変えて実施した講座の報告である。3種の対象とは、平成12年11月4日(土)に小学生とその保護者30組60名を対象とした120分の親子教室、平成13年2月1日(土)に小学3年生80名を対象とした90分の理科研究授業および平成13年2月11日(土)に小学4年生から中学生20名を対象とした120分の科学実験教室である。

### 実験一覽

実験項目は以下のとおり。

- ・磁鉄鉱の磁力
- ・鉄の磁化
- ・磁石材料と磁石の種類
- ・ネオジム磁石の磁力
- ・磁力の切断
- ・磁石の利用
- ・マグネガン

### 実験の構成と内容

磁石の持つ磁力と磁石の利用についての理解が本講座の目的である。磁石にはさまれる事故の危険性が大きい。従来博物館の講座ではネオジム磁石を受講生自身で扱うことは極力避けてきたが、表面磁束密度の大きい小型のネオジム磁石が入手できたことをきっかけに、ネオジム磁石を体験できる講座を行った。

導入部では、「磁石」と書く意味。すなわち磁鉄鉱から説明した。磁鉄鉱は受講生が日常的に使用するフェライト磁石よりも圧倒的に磁力が小さい。良質で均質な磁力を手に入れるには、磁石を製作しなければならない。そのために尽力した日本人科学者の歴史と磁石材料、製品について実験を交えて解説した。強磁性体の磁化はすなわち磁石を作ることとほとんど同じであるが、保持力の点で製品の磁石と決定的に違う。そのことを鉄の磁化で確認した後、製品として世界最強をほこるネオジム磁石の磁力を体験する。圧倒的な磁力はどのような条件でも影響を及ぼすのか、という観点から強磁性体が磁束をとりこむ磁場の遮蔽を実験した。また強力磁石は生産量こそ多いが、日常的に見るチャンスが少ない。なぜ強い磁石を作り続ける必要があるのかという疑問を合わせて、様々な電化製品から磁石を取り出し、磁石を作り続ける必要性を意識させた。磁石の実用的な側面以外をみ

\*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

せるために簡単なおもちゃを作成した。

## 実験機材

### 磁鉄鉱

磁鉄鉱に方位磁針、クリップを近付けることで磁石であるがその磁力は弱いことを説明した。

### 鉄の磁化

直径5φ長さ150ミリの鉄の棒を使用した。フェライト磁石を使用した磁化の強さとネオジム磁石での強さを比較した。ただしネオジム磁石は20φ高さ10ミリのものをアングルで組んだ実験台に貼りつけて使用した。これだけで磁鉄鉱よりも充分強い磁力が得られること、鉄棒の磁化はすぐ壊れることも合わせて実験する。

### 磁石材料と磁石の種類

直径50φ高さ30ミリのフェライト磁石、アルニコ磁石、サマリウムコバルト磁石、ネオジム磁石とシート状のボンド磁石を使用した。充分な量のクリップを用意し、どれほどのクリップがこれら磁石に引っつくかを演示した。同時に、これら磁石が製作されることを意識づけるためにフェライト、アルニコ、ネオジム各磁石の材料も合わせて提示した。

### ネオジム磁石の磁力

アングルで組んだ実験台にネオジム磁石を貼りつけてその磁力を体験した。張り付くクリップの量、クリップを引っ付く限界距離、磁力線のカーブに沿ったクリップのブリッジなどを体験する。充分な磁力は磁場や磁束の性質を見せやすくしているが、それより圧倒的な磁力に興味が集まった。直径30φのフェライト磁石と直径5φ



写真1 アングルで組んだ実験台と磁石の使用例、アングルと反対方向以外には磁場が漏れないので、クリップの貼りつけに集中できる。強い力で磁石を固定すれば手を挟むこと、勢いよく張り付くことの危険性は軽減する。



写真2 表面磁束密度の実験、右手のフェライト磁石の方が付いているクリップの量は多いが、手でクリップを離すと左のネオジム磁石の方が強いことが実感できる。



写真3 磁石の力で体を支える実験装置。もともと電磁石で体を支える実験のために製作した。鉄製、脚立に設置し、ボルトなどで5重の落下防止策をとっている。念のためヘルメットを着用する。

のネオジム磁石で表面磁束密度の違いを体感した。また、大きなネオジム磁石にぶらさがったり手のひらを通しても多量のクリップがつくなど、その磁力を魅せる演示を行う。これらに実験をとおして、強力磁石による事故の危険性を再度受講者に確認させ、注意を喚起させている。(写真1, 2, 3)

### 磁力切断

前と同様の実験台に直径5φのネオジム磁石を貼り、机から紐のついたクリップを伸ばしてクリップを中空に静止させる。クリップと磁石の間隙に何をはさめばクリップを浮かせる磁力を遮蔽できるのかを実験した。挟むだものは、うすい色紙、段ボール、ベニア板、フェルトの布、アルミ板、銅板の6種を行った。これら1枚ずつまたはその組み合わせ、全部を挿入してもクリップは落ちない。最後に鉄合板で製作したカッターを挿入するとクリップは落ちる。このことで、受講生は他のクリップやはさみでもクリップを落とすことができることを発見

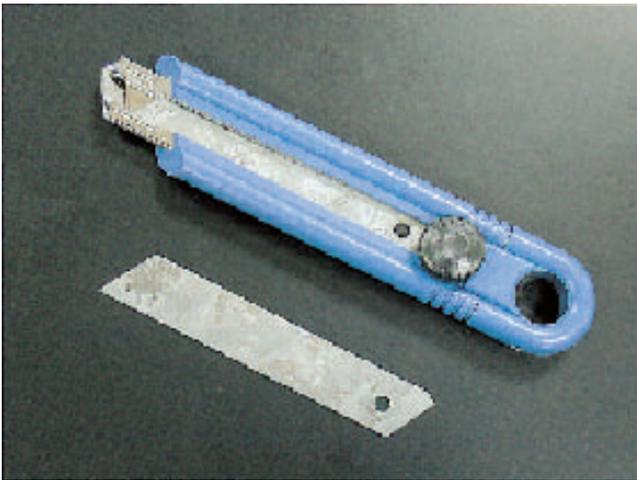


写真4 磁石カッター，鉄合板切り抜き，カッターの刃と同じ規格で切り抜いている．先をとがらせたままにしたのは磁力の切断のコツを探してもらいたかったため．

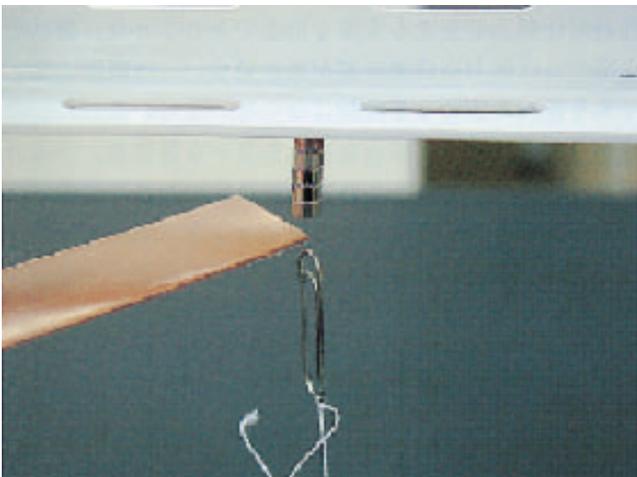


写真5 磁力の切断実験．このように銅板をはさんでも磁力に変化はない．最後に磁石カッターを近づける．

した．(写真4，5)

### 磁石の利用

1人1個ずつマブチモーターを分解して，磁石を取り出した．磁石は器具の中に隠れていることを知るために，スピーカー，マイク，扇風機，コンポ，ビデオデッキ，電子レンジ，テレビ，電話機，カメラ，CDウォークマン，エレキギター，ハードディスク，携帯電話を分解したものを順に見せた．(写真6)

### マグネガン

磁石とコイルで製作した．直径5φ高さ3ミリのネオジム磁石を5つ重ねて棒状の磁石を作り，コイルの磁場に反発して飛び出すものである．コイルは0.26φのエナメル線をストローに100回ほど巻き付ける．電源は乾電池に直結させる．ショートさせるため，スイッチは押しボタン式で押ししている間のみ通電するものを使用した．プラスチックのパイプとプラ板を使って発射ボタンの雰囲気を出している．



写真6 実験に使用した電化製品の一部，最後のネジをその場ではずし，分解する演出も行った．

実験では3パターンの作り方をしている．1つは単3電池3個を直列にしてフィルムケースに入れて，一人一つずつ遊べるもの．このときはスイッチをリード線接触にしたためストローの固定が不安定で，飛び出す勢いを調整するために磁石位置をテストすることが難しかった．2つ目は10人一組でコイルを並列につないだもの．電源(3V)を統一することで独立したスイッチを製作でき，磁石の飛び出す勢いをテストしやすくなった．ただ，電源とスイッチを統一した結果，10人揃って実験するために1回の発射まで時間がかかる．並列に繋いだコイルは固めのリード線に繋ぐことで，それぞれのマグネガンが絡む問題を解消した．最後は1つの電源と1つのスイッチ，1つのマグネガンとした装置である．これは全ての面で良好であるが，製作に時間と費用がかかる．しかし，コイルの巻数と巻巾，電源電圧，磁石の個数と位置，その他付属品の調子をくわしく調べるには適している．電源をショートさせる方法を改良すれば，この教



写真7 マグネガンと発射装置．電池をショートさせて磁石を発射させるので押しボタンスイッチを製作した．10本程度を並列接続して電流と電源の個数を稼いだタイプとそれぞれ独立電源を持つタイプと2種類製作した．

材一つに含まれている物理的性質は多く、少々程度は高いが講座として成り立つと思われる。

磁石が勢いよく飛び出すこと、何かをはじき出すこと、摩擦の具合、磁石の位置などについて反応がよかった。アルミ製のリベットなどを利用すると打ち出す臨場感がよく出る。適度な電圧とコイルの配置を選べば10センチほどの長さまで繋いだネオジム磁石が押し出される様子も実験できる。しかし、規模が大きくなると電源の供給の仕方を変更しなければ非常に危険になる。磁石とセットで持ち帰らせた場合もあるが、コイルと電源の接続には十分な説明と注意を行っている。（写真7）

## ま と め

親子教室、小学理科の研究授業、博物館講座と3種類の講座として実施したが、基本的な内容はどの講座も同じである。ただ、受講生の構成で実験を受講生と学芸員のどちらが行うか、工作はどの程度行うかを変更した。ネオジム磁石に関しては、親子講座では大型の磁石1つを保護者に託した。配布、回収を迅速にすることと使用に当たっての注意を十分行った。研究授業では小型のネオジム磁石以外は小学生には触れさせない。博物館講座ではアングルに大型の磁石をつけたまま使用した。工作は親子教室では一組が全て製作した。保護者の工作の速さに頼る形で進行した。親子講座ではある種のおみやげが期待されていることから、作るよろこびが内容として必要だったからである。研究授業ではコイルを作成するだけにした。これでも小学3年生には難しく、予定以上の時間を必要とした。博物館講座では時間配分の都合上、完成品を配布して実験に時間を割いた。経験的に当館の受講生の年代でコイルをきれいに巻くには十分な時間を必要とすることが分かっており、今回の講座ではコイル製作は全く内容的に必然性がないことから行わなかった。

強力な永久磁石で実験すると磁石の引き合う力で事故が起こる。強く、大きな磁石を使えば使うほど怪我が頻繁に起こる。日常的に強い磁石を実験に使って演示しているが、強力な磁石はちょっとの気のゆるみで思いも寄らないことを引き起こす。まして、数十人の受講生に使用することは、事故を回避することすら不可能のような気がする。一方で、磁石に引っつくクリップなどを見ると、もっと多量に引っつく姿を見てみたい誘惑に勝てない、せっかく世の中に強い永久磁石があるのだから、どれほど引っつくか示したいし、強い磁石ならではのユニークな引っ付け方などを受講者に発見してほしい。2つの背反する事実は永久磁石による実験を行う上でいつもジレンマを引き起こす。

今回の講座はネオジム磁石をどのように扱えばもっと

受講生に触れさせられるかを試験的に実施した。使用した原理は2点である。十分な表面磁束密度があつて強力な磁力を実感することができるが、体積が小さく扱いが難しくない。余分な磁場を強磁性体に侵入させて遮蔽し、必要な方向のみ強い磁場を与えることである。偶然にも受講生がこちらの注意をよく理解する者が集まったのか、事故もなく少し注意するだけで講座は終了した。もちろんこの2つの原理では、ネオジム磁石の持つ荒っぽくも圧倒的に強力な磁力を十分に体験できたとは言いがたいが、大きな表面磁束密度が引き起こす動きや、見た目以上に強力な力は満足できたのではないかと思われる。体を支えるほど強力な力や埋もれて見えなくなるまでクリップを引きつける姿、マグネガンの発射スピードなどはフェライト磁石では決して味わえない。

この講座でもう一つ強調したかったことは、磁石は高性能電化製品を支える重要な部品であることだ。製品の小型化には強力高性能磁石が欠かせない。冷蔵庫に貼ってある磁石の個数など比較にならないくらい家庭には磁石が侵入している。磁石を開発している科学者、技術者がいること、そしてあまり強調されないが日本人の寄与の大きさは日本で科学を学ぶ限りどこかで触れているべきではないかと思われる。将来目標ともなりうる優秀な研究は折りに触れて紹介していきたいと考える。

## 謝 辞

この講座に使用した磁石材料は住友特殊金属株式会社にご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。