



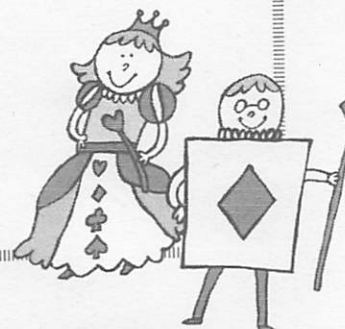
鉛筆で描いてつくった抵抗

中学校第2学年・第1分野
「電流とその利用」

江崎 士郎

生徒をひきつける観察・実験

【連載 ■ 第154回】



1. ねらい

ここでは、鉛筆で紙を塗りつぶして作った抵抗体の長さや抵抗値の関係を測定する実験などを行う。芯の成分である黒鉛が抵抗体となる。この方法は以前から行われている¹⁾。

ここで作成する抵抗体の抵抗値は約 $10\text{k}\Omega$ ～ $100\text{k}\Omega$ 程度になる。 $10\text{k}\Omega$ の場合、 10V の電圧を加えたとき、電流は 1mA であり、電流計の最小測定レンジ 50mA では測定が難しい。そこで、電磁誘導の実験などで使う、微小電流が測定できる検流計（マイクロアンペア計）を用いる。測定レンジは $50\sim 100\mu\text{A}$ くらいである。

初めに全員が、抵抗体の長さや抵抗値の関係を調べる実験を行い、それを基に生徒が課題を設定して調べていく展開である。オームの法則の学習後に、2～3時間程度の扱いを想定している。

2. 準備

- ・鉛筆 ・厚紙（工作用紙など）・目玉クリップ
- ・電源装置・電圧計・検流計・クリップ付き導線

3. 方法

(1) 抵抗体を作る

- ①厚紙を幅 2cm 、長さ 12cm 程度に切り、表面を鉛筆で塗りつぶす。 1cm 刻みに目盛りを入れておく。
- ②厚紙の両端を目玉クリップで挟む。(図1)
*塗むらにより抵抗値の差が出るので、紙の表面が見えないくらいに厚塗りする。
*6B：幅 2cm 、長さ 10cm で約 $35\text{k}\Omega$ 、2B：幅 2cm 、長さ 10cm で約 $100\text{k}\Omega$ が得られた。接触抵抗のため、目玉クリップで

のはさみ具合で電流値が変化し、得られる抵抗値は変動する。

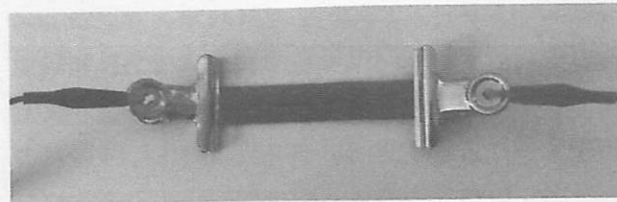


図1 厚紙の両端を目玉クリップで挟む

(2) 抵抗体の長さや抵抗値の関係を調べる

抵抗体の長さを 1cm ごとに長くし、抵抗値がどのように変わるかを調べる。

- ①電源装置に抵抗体、検流計を直列につなぎ、電圧計を電源装置の+極、-極につなぐ。(図2)

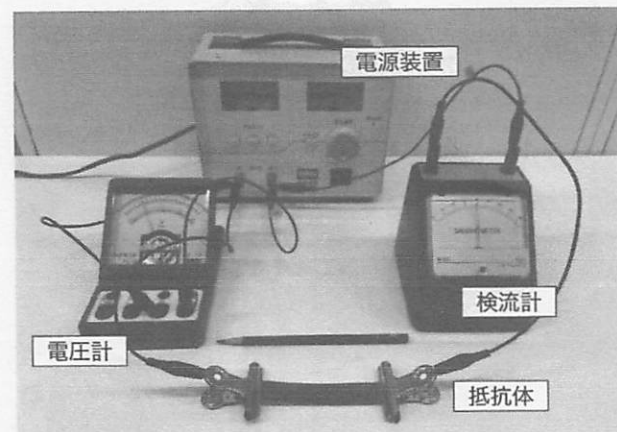


図2 装置のつなぎ方

*電圧計を抵抗体の両端につないではいけない。アナログ型の電圧計は内部抵抗が数 $10\text{k}\Omega$ なので、抵抗体に電圧計をつなぐと並列回路となり、全体の抵抗が小さくなる。そのため、検流計で抵抗体だけに流れる電流が正確に測定できない。電圧計は電源装置の出力端子につなぐ。

- ②初めに目玉クリップで、クリップ間距離 1cm で抵抗体を挟む。電源の電圧を少しずつ大きくし、検流計の振れが最大値になるところで電圧を固定する。

*検流計の振れを最大値にして電圧を固定するのは、この後測定する抵抗体は長くなり、電流は小さくなるからである。
 *検流計の測定範囲は機種によって異なる。図2の検流計はフルスケール20と目盛りがある、カタログには電流感度1目盛が $2.5\mu A$ とあり、フルスケール20では $2.5 \times 20 = 50\mu A$ になる。つまり、目盛り20のとき、電流は $50\mu A$ である。

- ③電源の電圧は変えずに、目玉クリップの位置を変え、抵抗体の長さを2cm, 3cm, 4cm...とし、電流を測定する。
 ④電圧と電流から抵抗を計算で求める。

*電流を μA で測定しているので、計算での桁の間違いに留意する。表計算ソフトを使って処理し、グラフ化するとよい。
 * $1A = 1000mA = 1000000\mu A$, $0.000001A = 0.001mA = 1\mu A$

結果例 電圧0.8V 厚紙の幅2cm 鉛筆2B

長さ (cm)	1	2	3	4	5	10
電流 (μA)	48.0	27.2	20.5	18.0	15.5	7.5
抵抗 (k Ω)	16.7	29.3	39.0	44.4	51.6	10.7

考察例 グラフから抵抗体の長さとの抵抗の大きさは比例する(グラフを図4の①「2B」に示す)

(3) 課題を設定して調べていく

生徒が課題を設定し、実験計画を立てて調べていく。その際、条件制御を意識させる。

【課題例】

- 鉛筆の濃さと抵抗の大きさの関係(抵抗体の幅と長さは同じにする)
- 抵抗体の幅と抵抗の大きさの関係(鉛筆の濃さ、抵抗体の長さは同じにする)
- 抵抗体の並列つなぎと合成抵抗の関係
- 並列つなぎの合成抵抗の実験値と計算値との比較

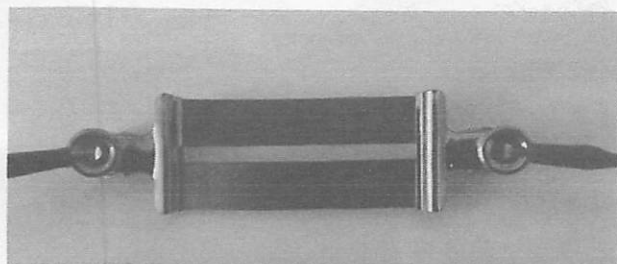


図3 抵抗体を2個並列につないだとき

*図1は①2B, ②6B, ③2Bと6Bを並列につないだときの結果グラフである。鉛筆の塗りむら、目玉クリップでの接触抵抗の影響で、データのばらつきはあるが、比例に近い

い相関関係、合成抵抗の数値計算に近い結果は得られる。

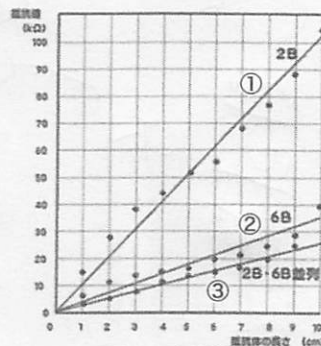


図4 実験結果

4. 解説

鉛筆の手書き抵抗に関しては、2008年のセンター入試の物理で出題された。高校では等電位を調べる実験で導体紙を用いる例がある。カーボン・ナノチューブ紙の小抵抗値のものがあるが、高額である²⁾。

デジタルマルチメータがあると、非常に簡単になる。図5のように、抵抗体の両端にテストリードを当てるだけで、抵抗値を示してくれる。

*デジタルマルチメータ。図5は5500円/台(ナリカ)。

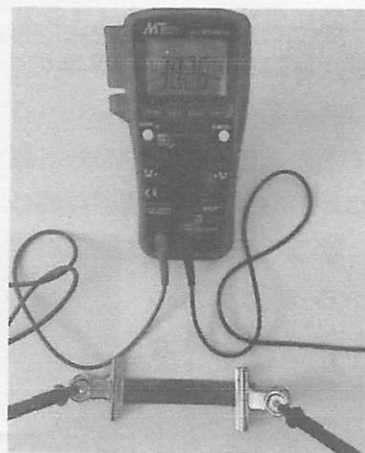


図5 デジタルマルチメータ

また、アナログ電圧計に比べると内部抵抗が非常に高い。そのため、例えば抵抗体の両端に電圧を加えておき、抵抗体上の任意の区

間にテストリードをあてるだけで、その区間の電圧が測定できる。

技術科にある場合があるので、確認するとよい。教科横断型の学習として連携することも考えられる。

- 例えば、石川一樹・鎌田正裕(2017)「手書き抵抗と簡易テスターを用いた中学校理科授業の開発」『科学教育研究』Vol.41, No.2, 221.
- 新鶴田道也・大久保博和・岩山勉(2021)「カーボン・ナノチューブ・ペーパーを用いた電気抵抗の探究的学習」『物理教育』第6巻, 第3号

えざき しろ(世田谷区立教育総合センター)

