

LABORATORY - II

■ 電場の実験

今やなくてはならない存在、**電気**。その正体は**電子と呼ばれる素粒子**で、宇宙を構成する最小単位のひとつでもあります。こんな小さな世界がある、さらに宇宙と関係があるなんて聞いたら、なんだかワクワクしてきませんか？

この分野には多くの**紛らわしい点**が存在しています。中学校で電気の授業が苦手だった人は、この紛らわしい部分に惑わされたのではないのでしょうか。

もしくは、電気の授業なんていろんな公式がでてきて、それを覚えて答えを出すだけのつまらない授業だ、と思っている人も多いと思います。

無理ありません。別に電気の授業を否定しているわけではありませんが、そんな授業されたら、誰だってつまらないのはあたりまえです。

電気の話も、過去に遡れば多くの**希望と実験**にあふれていました。当時の研究者たちが抱いていたであろう**好奇心**を、ここで少しでも実感していただければと思います。

電気がわかれば、日常使っている電気製品の仕組みがわかり、自分で作ることもできるようになります。

SECTION

01 電気の流れ方

02 電位分布 - 平行電極

03 電位分布 - 点電極



SECTION

01

実験で体験する物理

電気の流れ方

電気の世界は、非常にややこしい定義や公式が多いですが、ここでは気楽に実験していきましょう。実験すること、結果を予想してみること、そして結果を知ること。それらのどこかでつまずくかもしれませんが、予想される疑問点について解説をいれています。まずは「電気の伝わり方」について検証していくのですが、基本となる部分は押さえておきたいものですね。電圧、電流、抵抗という言葉、聞くだけで苦手意識を持つ方もいると思いますが、そこは少しだけ我慢して、解説を読んでみてください。

実験に使う部品を準備する

名称	個数	備考	写真
ベースプレート	× 1	(共通)	P004
電池ボックス	× 1	(共通) 充電式単三電池含む	P004
リード線	× 1	(共通)	P004
デジタルマルチテスター	× 1	(共通)	P004
導電性ゴムシート	× 1	(共通) 幅 200mm × 長さ 150mm	P004
ネオジム磁石	× 2		P005
ナット	× 2		P005



NOTES

備考に (共通) と記述されているものは「LABORATORY II 電場の実験」に共通して使用する部品です。部品の写真は、表に記載された各ページを参照してください。

電圧・電流・抵抗ってなに？

01 実験装置を組み立てる前に、まずは大前提となる事柄について、いくつか確認していきましょう。まずは冒頭の話にも出てきた、電気を扱う上での紛らわしい点として、単位の話をしたと思います。今回登場するのは「電圧・電流・抵抗」の三種類ですが、電気に苦手意識を持っている人は、これらの言葉を聞いただけで嫌気が出さずと思います。しかし、少しずつ理解を深めていけば、日常生活でも役立つものへと変化するのははずです。中学生時代を振り返りつつ、一緒に勉強していきましょう。

02 最初に「電圧」の話をしましょう。電圧とは、その名の通り電気の圧力です。これが強いほど、電流の勢いが増します。では次にその「電流」の話です。電流は前述したとおり、電気の流れる勢いです。「抵抗」とはなんでしょうか。これは電気の流れにくさを表しています **2-1**。

ここでひとつ、単位の話でもしましょう。生活をしていても、よくボルトやアンペアといった文字は、電化製品に表記されています。これらの単位はボルトが「V」で電圧のことです。アンペアが「A」で電流のことです。そのまま頭文字をとっているのだからわかりやすいですね。では抵抗は何かといえば「R」です。これは「抵抗する」という意味の英語で、レジスト(Resist) からきています。ゲームなどで聞いたことがある人もいるかもしれません。また「～に逆らう組織」という意味で使われるレジスタンス、映画などで聞いたことがある人も多いと思います。語源は同じです。ここで、単位を表にしてまとめてみましょう **2-2**。

表を見ると、見慣れないものが増えていきますね。電圧に「E」、電流に「I」、抵抗に「Ω」が増えてますね。これは、単位と量記号の違いなのですが、難しいことは置いておきましょう。ここでは「EとV」が電圧、「AとI」はどちらも電流を、「ΩとR」はどちらも抵抗を表すものなのだという解釈で大丈夫です。この複数の表現方法が、電気の紛らわしい要因の一つでもあります。

2-1



2-2

量	単位	記号
電 圧	V	E
電 流	A	I
抵 抗	Ω	R

装置の組み立て方

電気について少し触れたところで、さっそく実験をしていきましょう。知識を覚えることも大切ですが、この分野では実際に実験して、結果を見ることがとても重要です。

03 実験に使う装置を組み立てていきます。土台となるベースプレートの上に、導電ゴムシート（幅5mm×長さ150mm）をしっかりと伸ばして置き、その両端にネオジム磁石を置き固定します

3-1。※幅5mm×長さ150mmのゴムシートは、幅200mm×長さ150mmの大きなゴムシートから切り出して準備しましょう。

電池ボックスを設置し、そこからリード線を繋ぎます。先ほど導電ゴムシートの上に置いたネオジム磁石の上に、更にナットを立てて、電池ボックスから伸びたリード線を引っ掛けます **3-2**。

次にデジタルマルチテスターを用意してください。接続や計測方法など詳しい説明はまた後ほどします。

3-1



3-2

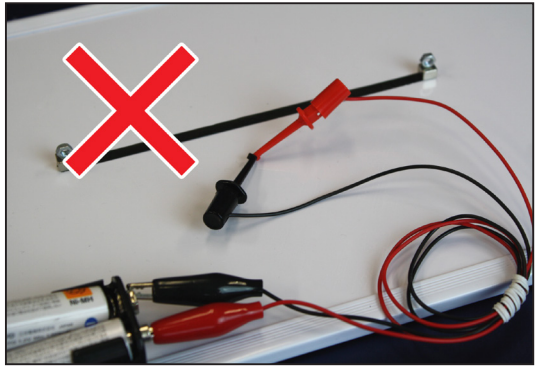


04 この実験の注意点として電気が流れている状態で、電池の「+」と「-」の端子同士を繋いではいけません。ショートする原因となります

4-1。これは回路の組み方が正常な場合も例外ではなく、電球など放出する媒体がない状態で、長時間電流を流し続けると電池ボックスが溶け始めますので、実験するとき以外は、回路を繋がないように注意しましょう。

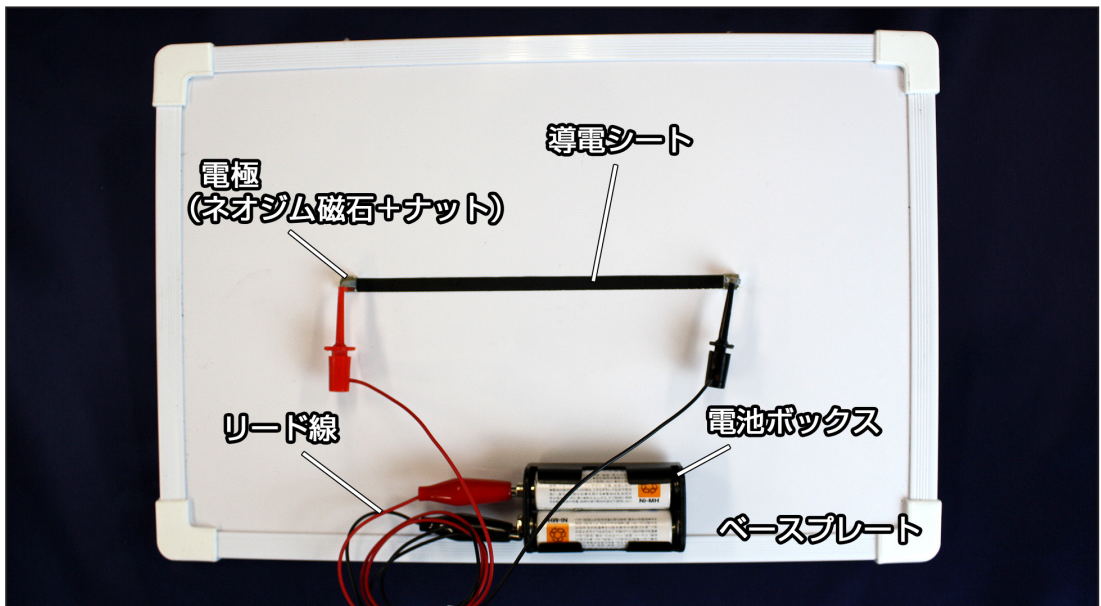
また、使用している電池は充電電池なので、一般のものとはV（電圧）が異なります。一般的な単三電池は「1.5V」あるのに対し、充電電池は「1.2V」程度しかありません。つまり、電池ボックスには二つの単三電池が入るので、最高でも「3V以下」となります。その値を踏まえたうえで実験を検証してみましょう。

4-1



05 **03**、**04**の注意点を踏まえて、**5-1**を参考に実験装置を組み立ててください（実際の部品とは異なる場合があります）。

5-1



実験の手順と課題

06 電圧と電流の関係を調べるため、実際に電圧を測ってみましょう。電圧の測定は、電池と導電ゴムを直列につなぎ、導電ゴムの両端間の電圧をテスターで測定します (6-1)。電池の本数を増やしてそれぞれの電圧を測定しましょう。



HINT

電圧を測定するには、テスターのテストリード（赤と黒の計測用端子）を測定したい対象の両端に、並列接続になるようにあてます (6-2)。図の黒矢印がテスターの先端を表しています。

電圧は「電位差」ともいわれ、「二点間の電位（電気的な位置エネルギー）の差」を指します。

つまり電圧を測ることで、二点間の電気的なエネルギーの差がどの程度知ることができるのです。

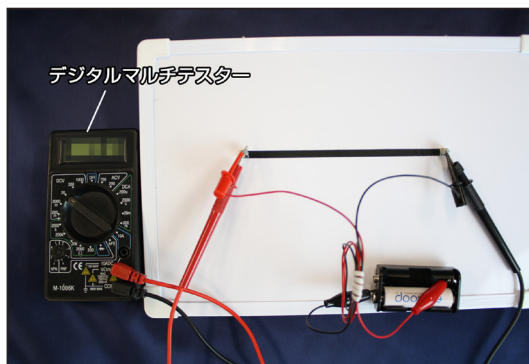
次ページの「デジタルマルチテスターの使い方」も一緒に読みながら実験してみてください。



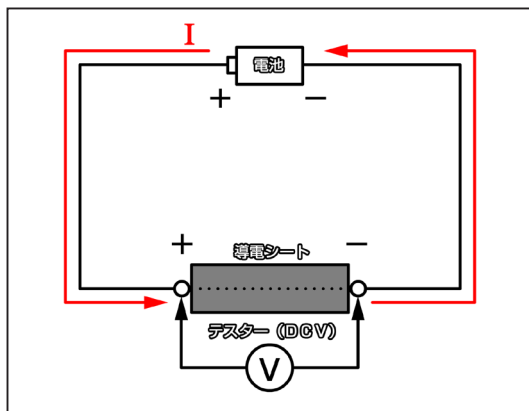
SUBJECT

実験シート「電場の実験 1-1」に観察結果を記入してください。

6-1



6-2



デジタルマルチテスターの使い方

テストリードについて

テストリードの赤色端子は回路のプラス側、黒色端子はマイナス側にあてて測定します ①。

本教材に付属のテスターでは必要ありませんが、テストリードを測定対象（電圧・電流・抵抗）に応じて付け替える必要があるものもあります。（例えば、②③のタイプのテスターでは、黒色端子をテスターのCOMに接続、赤色端子は「VΩmA」端子と「10ADC」端子のいずれかに接続して使用します）

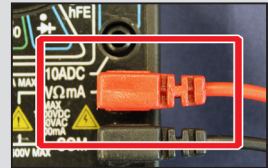
①



②



③

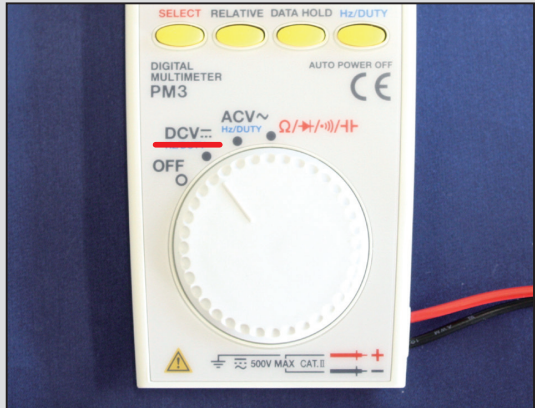


測定エリアの選択

電圧はP.53 ②の表を見ると「V」となっています。テスターのつまみを調整して、「V」のエリアまで行っていきましょう。しかしよく見ると、「V」という表記はなく、「DCV」と「ACV」という二種類の表記があります。DCは直流、ACは交流を表しています。電池は直流の電源なので今回は「DCV」に合わせましょう ③。

本教材に付属のテスターは自動的に単位を調節しますが、テスターによっては「200V」「20V」「2000mV（mVはVの1/1000の単位）」など、いくつものエリアを持ち、切り替え（レンジ調整）が必要なものもあります ④。

③



④



（参考）レンジ調整

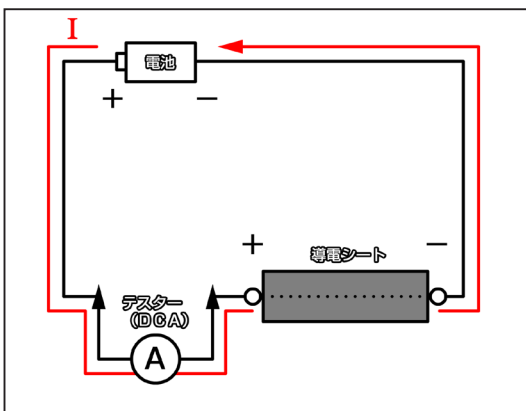
参考までに、レンジ調整が必要なテスターのレンジ調整について説明します。測定する箇所の数値が予想できない場合は、基本的に大きなレンジから小さくしていきます。単三充電池を測定する場合、P.55 ④で前述したとおり1.2Vですので、二本合わせても3V以下となります。このように予想ができる状態では、それに近い数値でなおかつその数値より大きな数、つまり3Vに近くて3Vより大きな数を探してみましょう。2000mVは、ようするに2Vなので足りません。ここでは20Vが適正なレンジとなります ④。

07 次は電流値を測定しましょう。電流計を内蔵したテスターなら、**7-1**のように電池と導電ゴムとテスターを直列に繋いで測定できます。しかし、本教材に付属のテスターには電流計がありません。そうすると、電流を調べることはできないのでしょうか…？

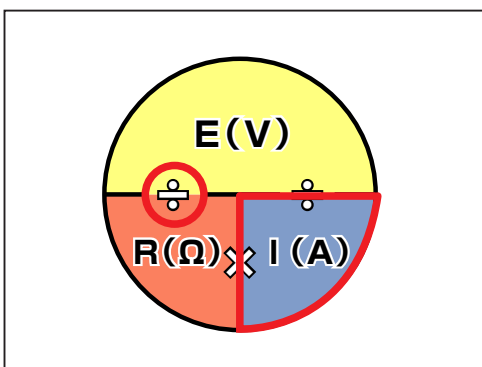
実は、電流値を計算で求める方法があります。皆さんは、電気回路の重要な公式「オームの法則」を覚えているでしょうか？電圧・電流・抵抗のうち、どれか2つの値が分かれば、残り1つの値は計算で求められるという公式です**7-2**。

例えば電流 $I(A)$ は **7-2** 図より、「電圧 $E(V)$ ÷ 抵抗 $R(\Omega)$ 」の計算で求められます。今回の場合、電圧は**06**で測定したため、後は導電ゴムの抵抗値を測定すれば、電流が求められることになります。電池0～2本の場合で、それぞれの電流の値を計算してみましょう。
※導電ゴム(100%)の抵抗値は**08**で測定しますので、電流の計算はその後で構いません。

7-1



7-2

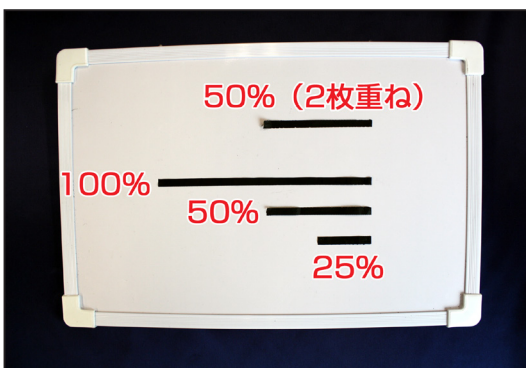


SUBJECT

実験シート「電場の実験 1-2」に観察結果を記入してください。

08 最後に抵抗値の測定です。導電ゴムの幅(5mm)を変えずに長さや厚みを変えると、抵抗値がどう変化するか調べてみましょう。仮説を立ててから実験し、検証してみましょう。抵抗値はテスターのレンジを「 Ω 」に変更して測定します。
※抵抗を測定する際、電池は接続不要ですので外しておきましょう。また長さ50%、25%のゴムシートは大きなゴムシートから切り出して準備しましょう。

8-1



SUBJECT

実験シート「電場の実験 1-3」に観察結果を記入してください。



NOTES

厚みを変える場合は、導電ゴムシートを重ねて測定してください**8-1**。

■ ちょっと寄り道

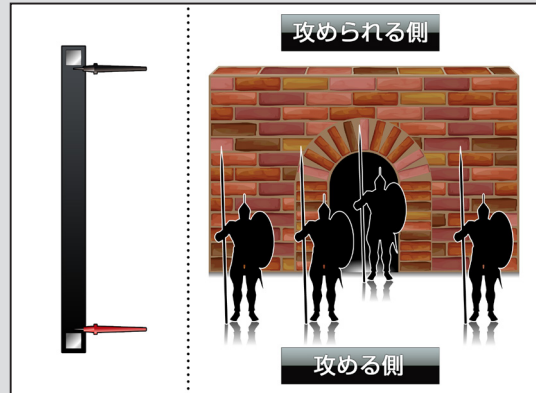
電子のレジスタンス

P.58 08 の実験を検証したところで、P.53 02 で話したレジスタンス（反抗勢力）を例にとって、抵抗の意味を考えて見ましょう。反抗勢力の「攻める側」と「攻められる側」を思い浮かべてください。彼らの境界には、攻められる側の防御壁があります。

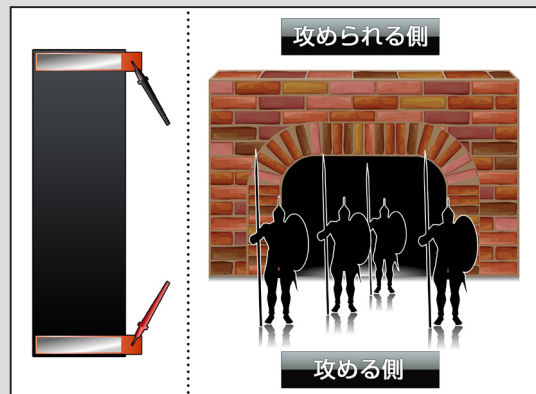
その壁にある扉が狭いと、一人ずつしか攻め込むことが出来ません。それだけ抵抗しているということです ①。扉が広いと、一度に沢山攻め込むことが出来ます。まるで抵抗ができていません ②。このように幅が狭いと抵抗は大きく、広いと抵抗は小さいことがわかります。

また距離（長さ）も関係してきます。長い距離を測るほど、抵抗値はどんどん大きくなっていきます。先ほどの壁の例でいえば、距離が長いほど、多くのバリケードを突破しなければなりません。それだけ抵抗しているということです ③。

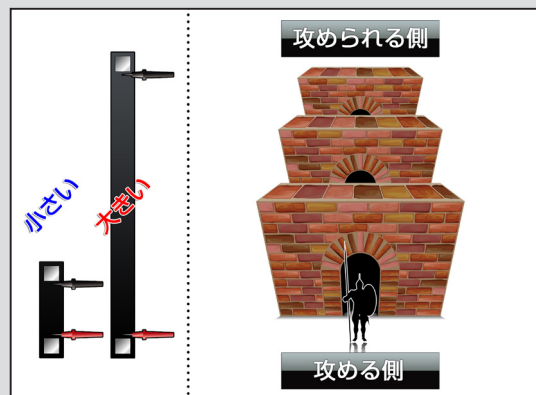
①



②



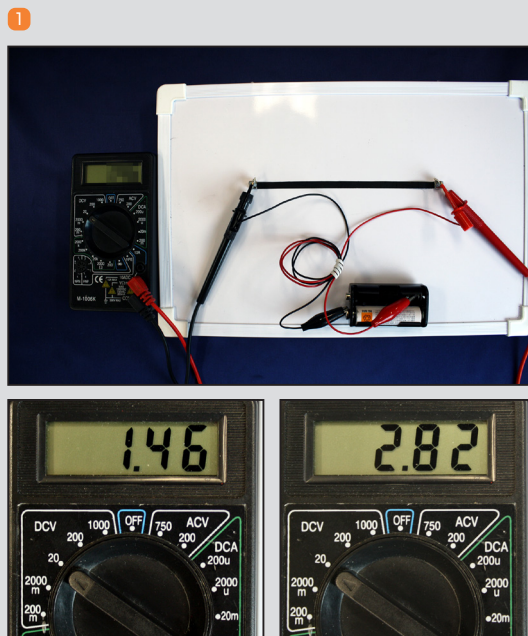
③



■ 解答のサンプル

06 実験シート 電場の実験 1-1

導電ゴムの両端間の電圧を、電池の本数によって電圧がどのように変化するかを測定する実験です。0本の場合は電池がないのですから当然電圧はないですね。1本の場合は、04で説明した通り充電電池1本分の電圧がそのままです。つまり1.2V前後の値が出ればよいでしょう。2本の場合は、その倍の値。つまり2.4V程度の値ができれば、うまく測定できたとみてよいでしょう①。



07 実験シート 電場の実験 1-2

電池の本数によって電流がどのように変化するかを求める実験です。オームの法則より、「電流 $I(A) = \text{電圧 } E(V) \div \text{抵抗 } R(\Omega)$ 」の式を使って電流値を求めましょう。

仮に導電ゴムの抵抗値が $2M\Omega$ ($M\Omega$ / メガオーム…オームの 1000000 倍) だった場合、電池0本の場合は $0(V) \div R(\Omega) = 0(A)$ なので電圧と同様に電流は発生しません。

電池1本の場合は、電池の電圧が 1.46V と測定できたので、 $1.46(V) \div 2000000(\Omega) = 0.00000073(A) = 0.73(\mu A)$ となります。
(μA / マイクロアンペア…アンペアの 1/1000000)

電池2本の場合は $2.82(V) \div 2000000(\Omega) = 1.41(\mu A)$ となります。

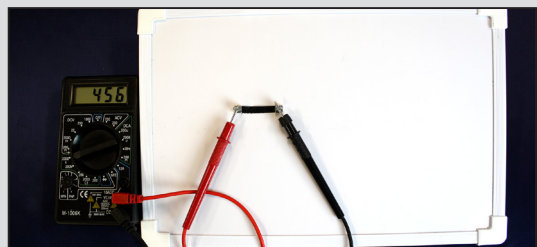
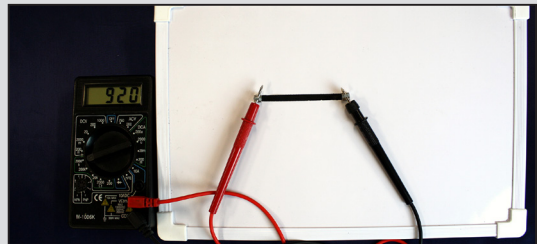
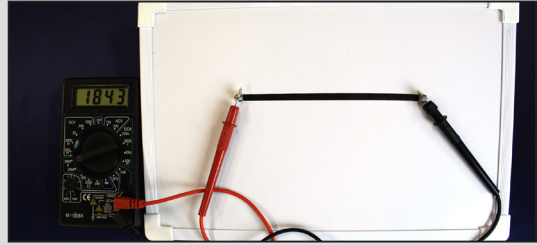
08 実験シート 電場の実験 1-3

導電ゴムの長さや厚みを変えたとき、抵抗値がどのように変化するかを測定する実験です。測定する距離が短いと、抵抗値もその長さに比例して低くなっていることが分かります ③。

厚さを変えた場合、つまり2枚重ねた状態だと一見して、抵抗値が増えそうな気がするかもしれませんが、実際測定してみると抵抗値はこれまで測ったどの値とも似つかない値になっています ④。数値を見ると、同じ長さの導電ゴムシート1枚の場合の約半分の値になっています。

これは、電気が直列に流れたのではなく並列に、つまり分岐して流れたためです。

③



④

