

## 夏休みの研究（バッテリーチェッカー）

乾電池は、電気を作り出す源です。もちろんこういったいろいろなエネルギーは、無から生まれることはなくて、形や見かけが変化するだけです。乾電池は、酸素とか炭素とかの違いによって、電気の出しやすさに違いがあって、それを電気エネルギーとして取り出しています。この元素の違いは、星の中で核エネルギーから作られます。

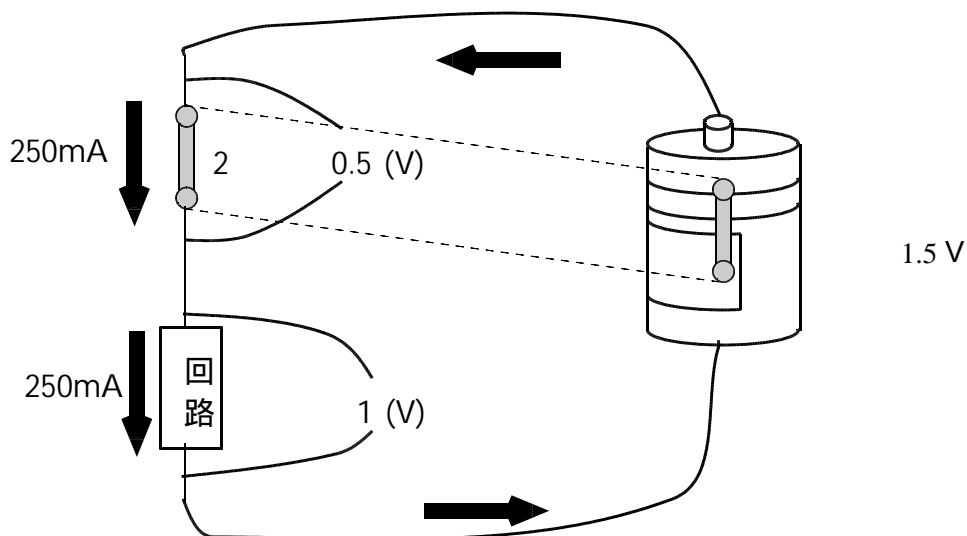
現実の電池は、電気を一度に大量に流すと、電気を作る物質の変化（化学変化）が間に合わなくなり電圧が落ちてしまいます。古い電池ほどそれがひどくなります。ここでは、電流を 250mA 流しても 1V 以上の電圧が出せるかどうかで判断するバッテリーチェッカーを考えてみます。（古いデジカメは、1A くらいの電流が流れています）

### 調べてみよう

電池にはいろいろな電圧の電池あります。乾電池はなぜ 1.5V なのでしょう。水銀電池はなぜ 1.2V なのでしょう。図書館や科学館に出かけて行って調べてみましょう。うちにあるくだもので電池を作る実験もあります。物理とか化学という専門分野の話だけど、科学は何かを何かのせいにする、そしてその何かをまた別の何かのせいにする学問だから、自分なりに納得できたような気がするところまでがんばってみればいいのです。

### 内部抵抗

バッテリーチェッカーを作るには、電池の中に、古さによって値が増える抵抗が内蔵されていると考えると便利です。これを内部抵抗と名付けています。回路に 250mA の電流を流すと回路にかかる電圧が 1V になってしまうということは、内部抵抗が  $(1.5V - 1.0V) \div 250mA = 2$  以上になると使えない電池ということになります。新品は 0.1 くらいです。



## 測定実験

内部抵抗を測定してみよう。

**用意するもの** 新しい電池、古い電池、抵抗 4.7 Ω、10 Ω、47 Ω、テスター

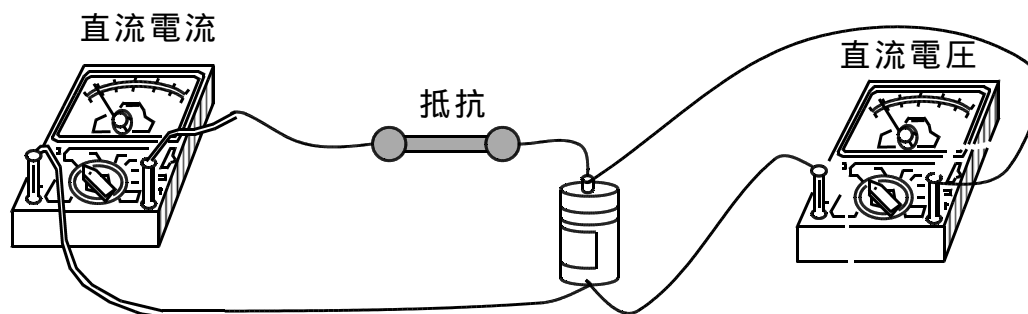
初めに注意すること！

抵抗は値が小さいので電気はどれもとても流しやすいので、ショートと近いから熱くなる。

つないで測定したらすぐにはずすこと

### 測定

・抵抗を大きい順に電池につないでは、両端の電圧をはかり、抵抗の一端を離して、テスターを電流計にしてその間に入れて電流をはかる。そして次に小さい抵抗で、・・・とはかる。



テスターは2台ないので、順番にはかる

古い電池			
抵抗	47 Ω のとき	10 Ω のとき	4.7 Ω のとき
出力電圧	V	V	V
電流	mA	mA	mA

新しい電池			
抵抗	47 Ω のとき	10 Ω のとき	4.7 Ω のとき
出力電圧	V	V	V
電流	mA	mA	mA

さて、実際にはかってみると古い電池は、「いつも 1.5V」では ( )

電気をいっぱい流すほど、電圧が落ちます。電池に抵抗をつながないで直接テスターで電圧をはかるにしても、実際にはテスターにも電流は流れるので、電流を流さなかったときの電圧は測れません。

## 内部抵抗の求め方

さてここでは、電池の中の内部抵抗のせいで、電池の出力電圧が落ちたと考えるので、もともと 1.5V として考えると、出力電圧の低下は  $1.5V - \text{出力電圧}$  だから

$$\text{内部抵抗} = (1.5V - \text{出力電圧}) \div \text{電流}$$

となる。

古い電池			
	47 のとき	10 のとき	4.7 のとき
内部抵抗			

新しい電池			
	47 のとき	10 のとき	4.7 のとき
内部抵抗			

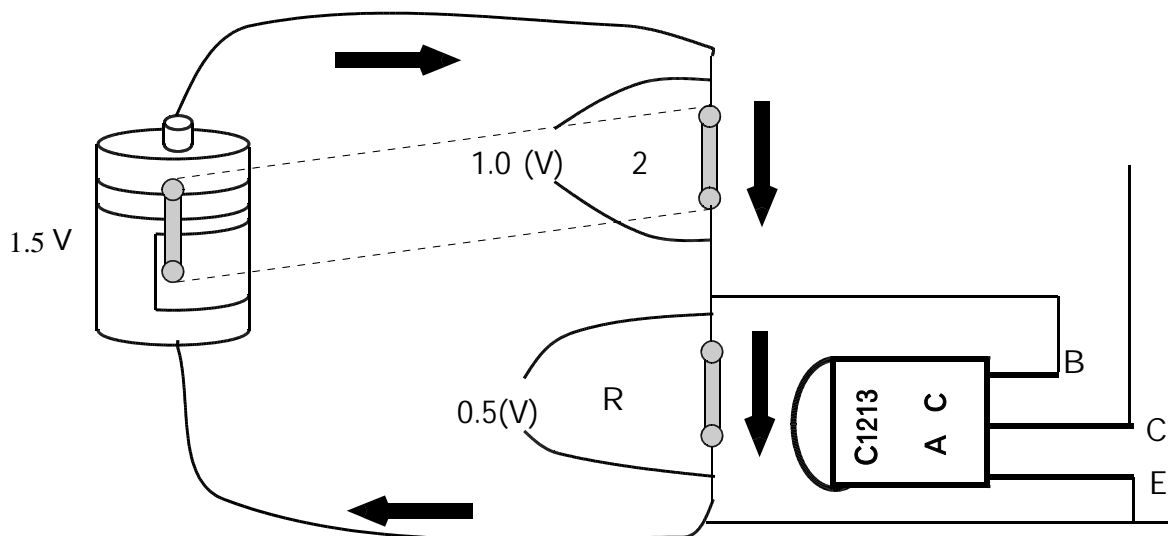
さて、どの抵抗の時も似た内部抵抗の値になったかな。とにかく、新しい電池と古い電池の内部抵抗は断然ちがっていたかな。

もうちょっとうまくやるには、「もともと 1.5V」を怪しんでみることにしよう。直接はかれない電気を流さないときの電圧は、グラフを書くと推測できます。縦軸に電圧、横軸に電流を取ってグラフを書いて直線をつないで伸ばしていくと、電流が 0 の縦軸との交点が、そのはかれない電圧のはずです。

# バッテリーチェッカーの製作

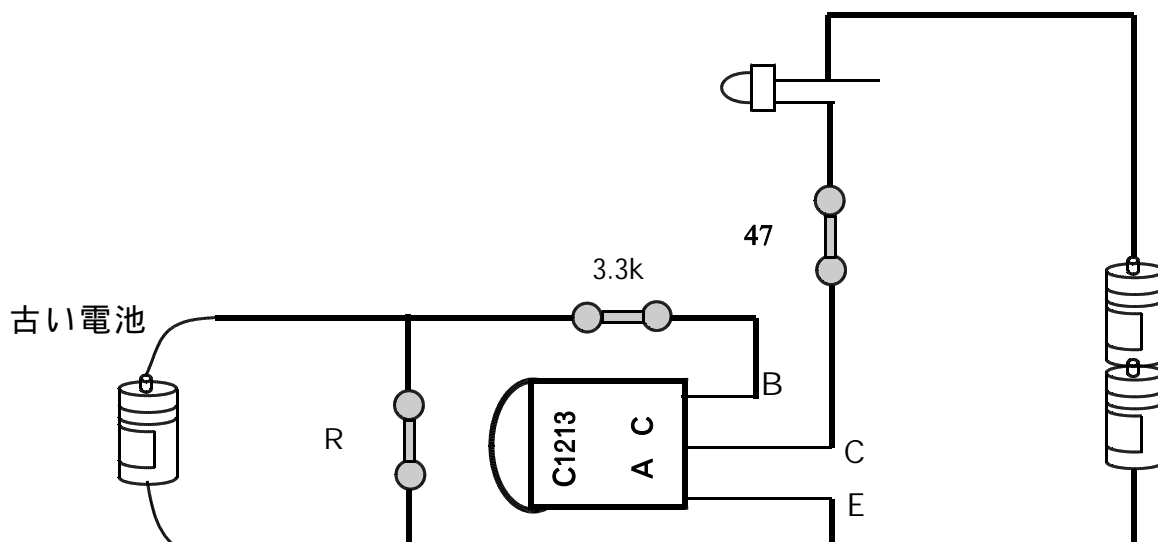
## 設計

さて、トランジスタは正確には BE 間の電圧が 0.7V 以上で ON になり、0.5V 以下なら確実に OFF になります。古い乾電池を 1.5V の電源と 2 Ω 以上の抵抗から出来ていると考えて、次のような回路を作ります。古い乾電池で内部抵抗が 2 Ω 以上の時はトランジスタのスイッチが OFF になり、新しい乾電池で内部抵抗が 1 Ω 以下の時はトランジスタのスイッチが ON になるためには図の抵抗 R は何 Ω がいいのでしょうか。



計算がわからない人は、実際に新品の電池と古い電池を用意して、いろいろな抵抗をつないで、そのときの電圧をテスターではかってみましょう。古い電池につないだときに 0.5V 以下になってしまう抵抗を見つけましょう。

トランジスタは 2SC1815Y でも 2SC1213AC (最初のおみやげ) でも大丈夫です。



さて、内部抵抗も、この抵抗Rも比較的小さいので、これで直接トランジスタをスイッチしてしまうと、トランジスタのもう一つの顔、BE間の電流を100倍に大きくする副作用のせいで、CE間の電流が流れすぎて焼け切れてしまいます。発光ダイオードをつけるにはCE間に20mAも流れればよいので、BE間にはその百分の一の  $20\text{mA} \div 100 = 0.2\text{mA}$  くらい流れればよい。ONのときBE間は0.7Vの電圧なので0.2mAの電流が流れるには  $0.7\text{V} \div 0.2\text{mA} \approx 3.5\text{k}$  くらいの抵抗をスイッチ端子Bの前に入れておけばいいでしょう。

発光ダイオードには、2Vの電圧がかかればよいので、トランジスタがONになったとき、余りの1Vを食わせ、かつ20mA程度の電流にするために、  $1\text{V} \div 20\text{mA} = 50$  くらい(47)の抵抗を入れておきます。

これで、新品電池の時は内部抵抗が小さくRのほうが大きいので、測定の電池から同じ電流が流れるために、Rに大きな割合の電圧がかかり、トランジスタのスイッチ端子Bには1V以上の電圧がかかり、ONになり、発光ダイオードが点灯する。

逆に内部抵抗がRより大きくなると、Rには1.5Vの半分0.7V以下の電圧しかかからなくなり、トランジスタはOFFとなり発光ダイオードはつかない。

このチェッカーは、電池に単に電球をつないで点灯するか見ているのではなく、ちゃんと、電池に大量の電流(500mA ~ 1A)を流す実際の状況を与えて、そのときちゃんと電圧がある程度出ているかを判断しているものです。ただし、Rの抵抗は小さくショートさせるも同然なので、測定は一瞬で済ませてください。ちなみにテスターにもチェッカーがついていますが、この製作は少しキビシイ判断をするチェッカーになると思います。