

エレクトロニクスの基礎(キソ)を学ぶ前に...

—楽しく安全に電子回路をつくるために—

1. 専門科目を学ぶ前にエレキの基礎をちょっと..
2. オームの法則を使って考える
3. 電気を使った実験を安全に行うための知恵

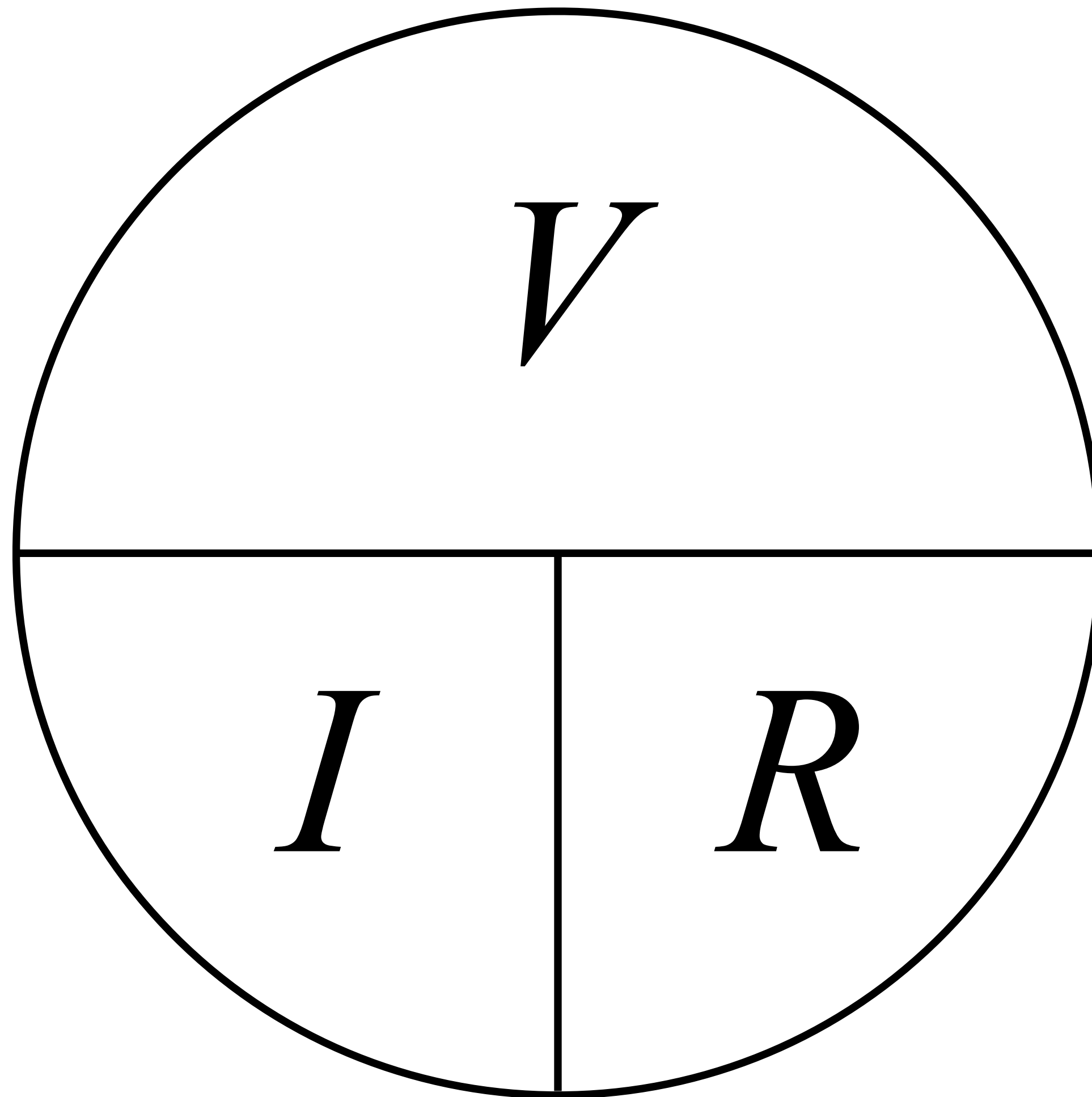
東海大学 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻

角田 博明

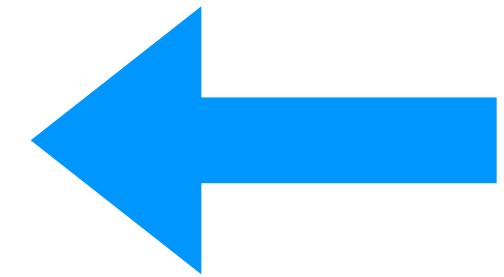
第1部

知らない人はいない「オームの法則」

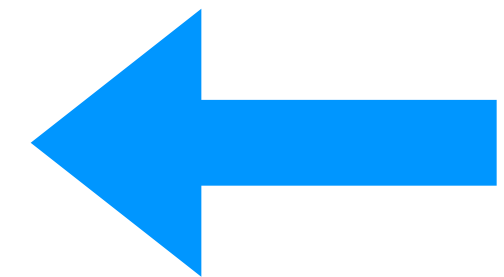
線形（比例）関係



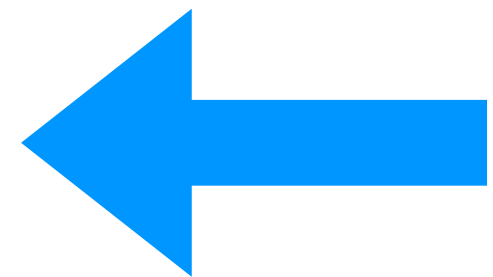
$$V = IR$$



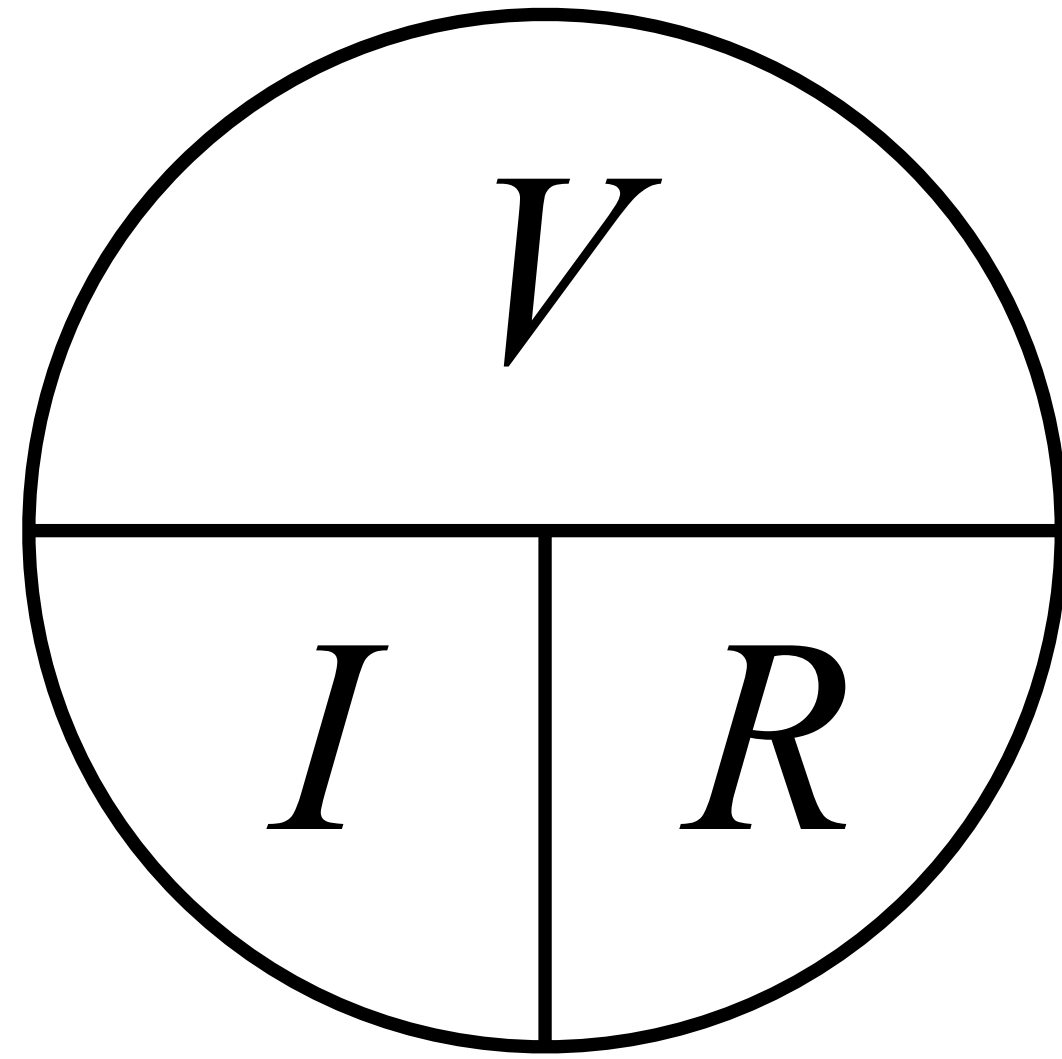
$$R = \frac{V}{I}$$



$$I = \frac{V}{R}$$



「オームの法則」で抵抗の役割を考える



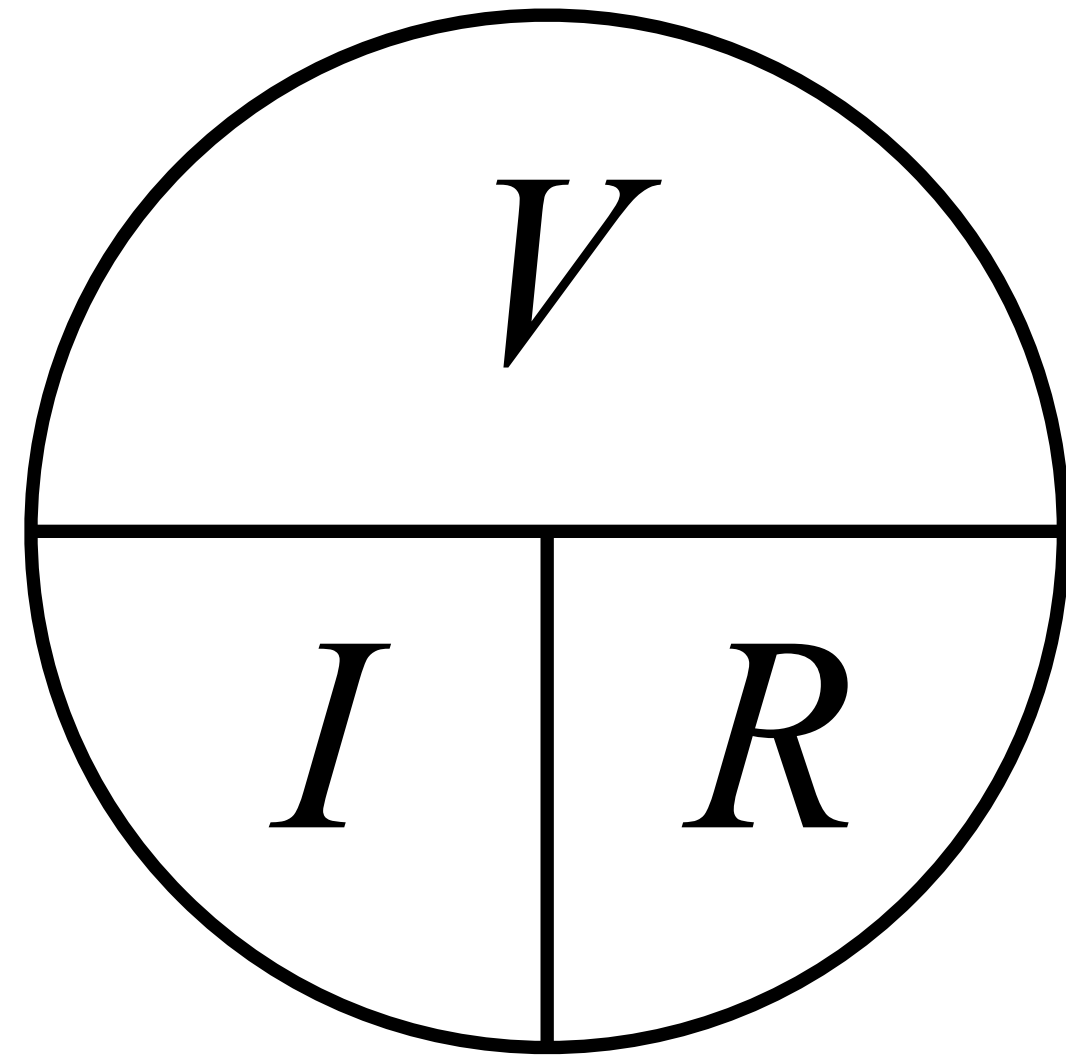
$$V = IR$$

電圧を決める.
電圧に変える.
分圧する.

$$I = \frac{V}{R}$$

電流を決める.
電流に変える.
電流を制限する.

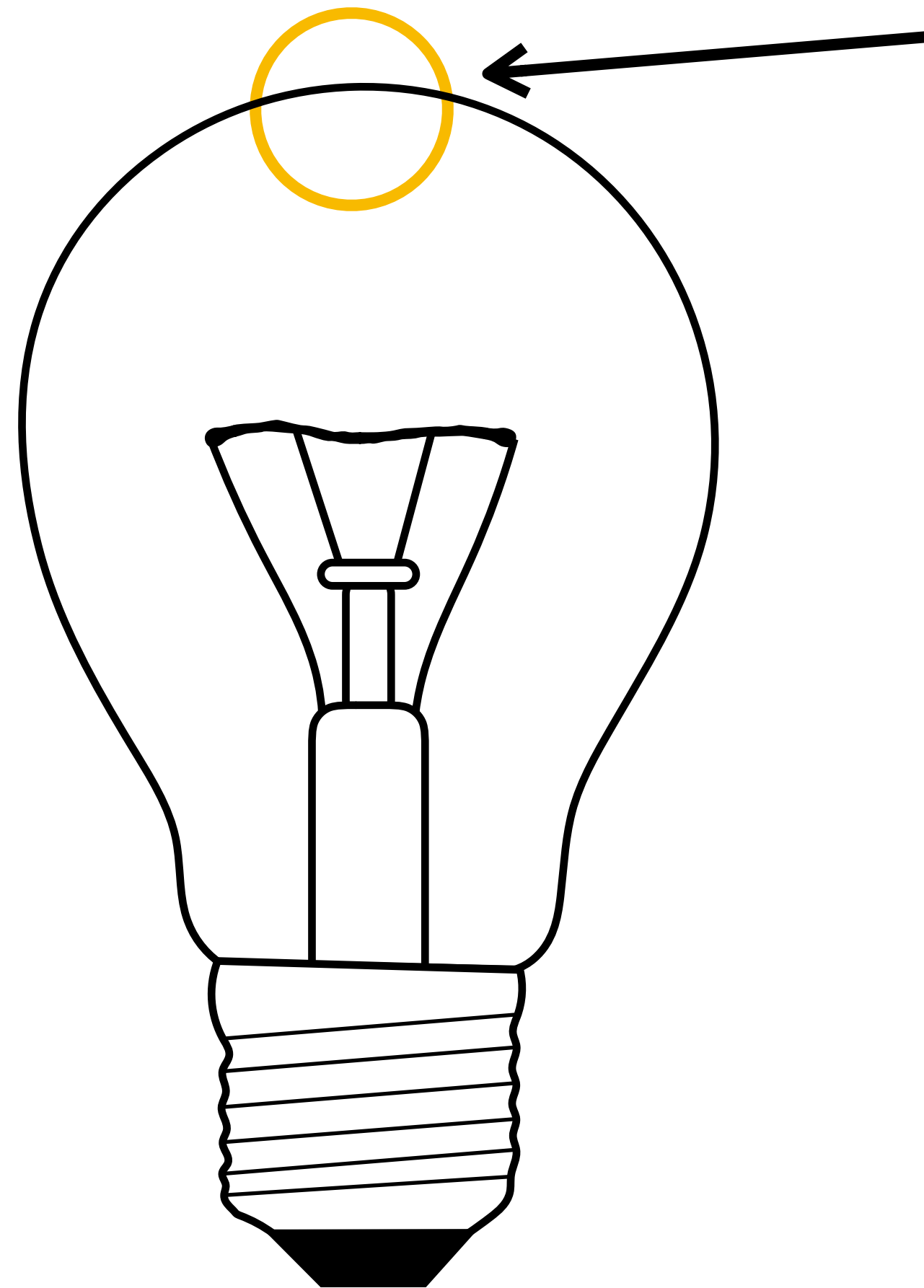
電力を求める基本の式



$$P=VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

この後で使うので覚えておいてください。

白熱電球でオームの法則を試してみる



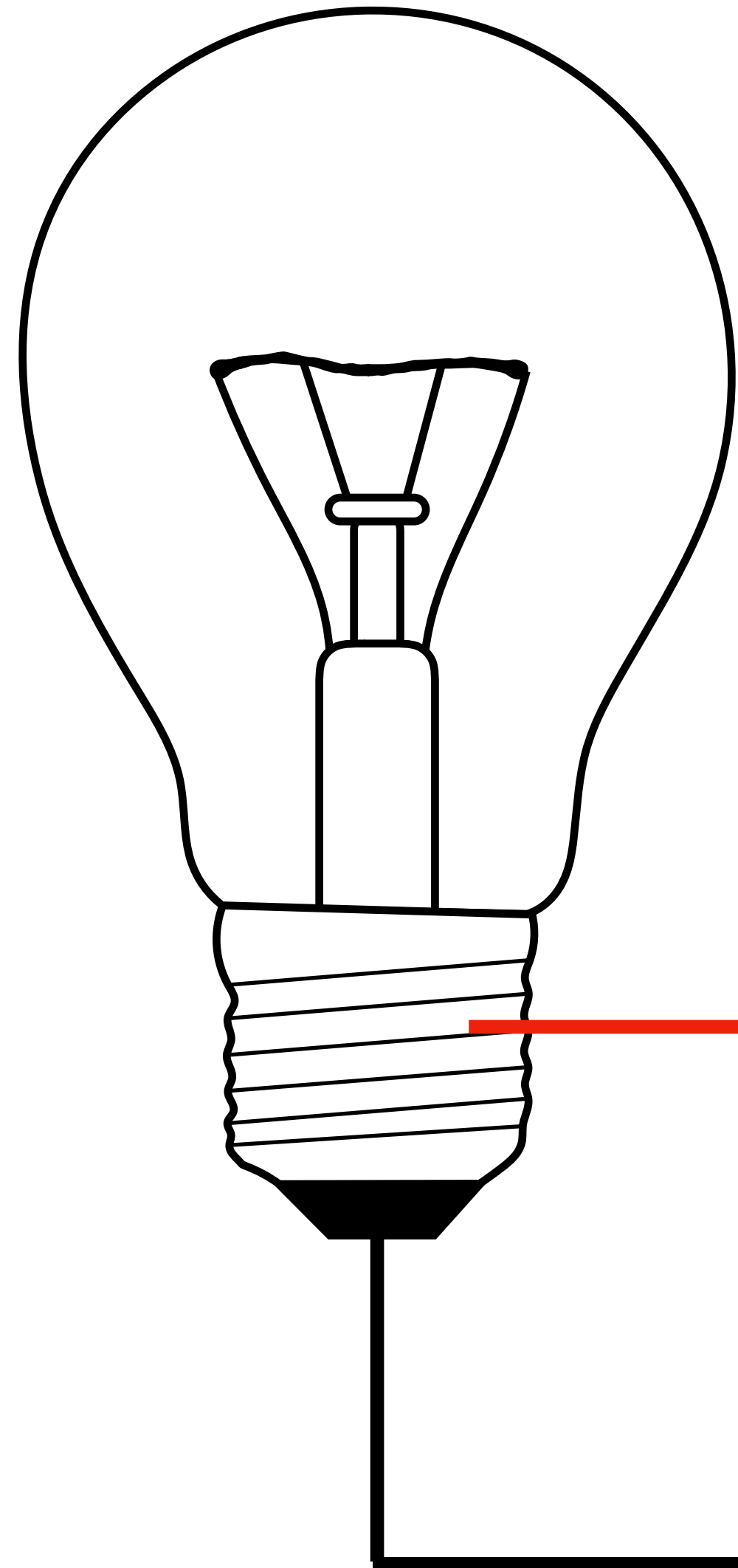
ここに，100 V，100Wと書いてある。
フィラメントの抵抗 R は？

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{100} = 100 \Omega$$

問い3：この計算は正しいか？

テスターでフィラメントの抵抗を測ってみる

問い4：テスターで測ったフィラメントの抵抗 R は？

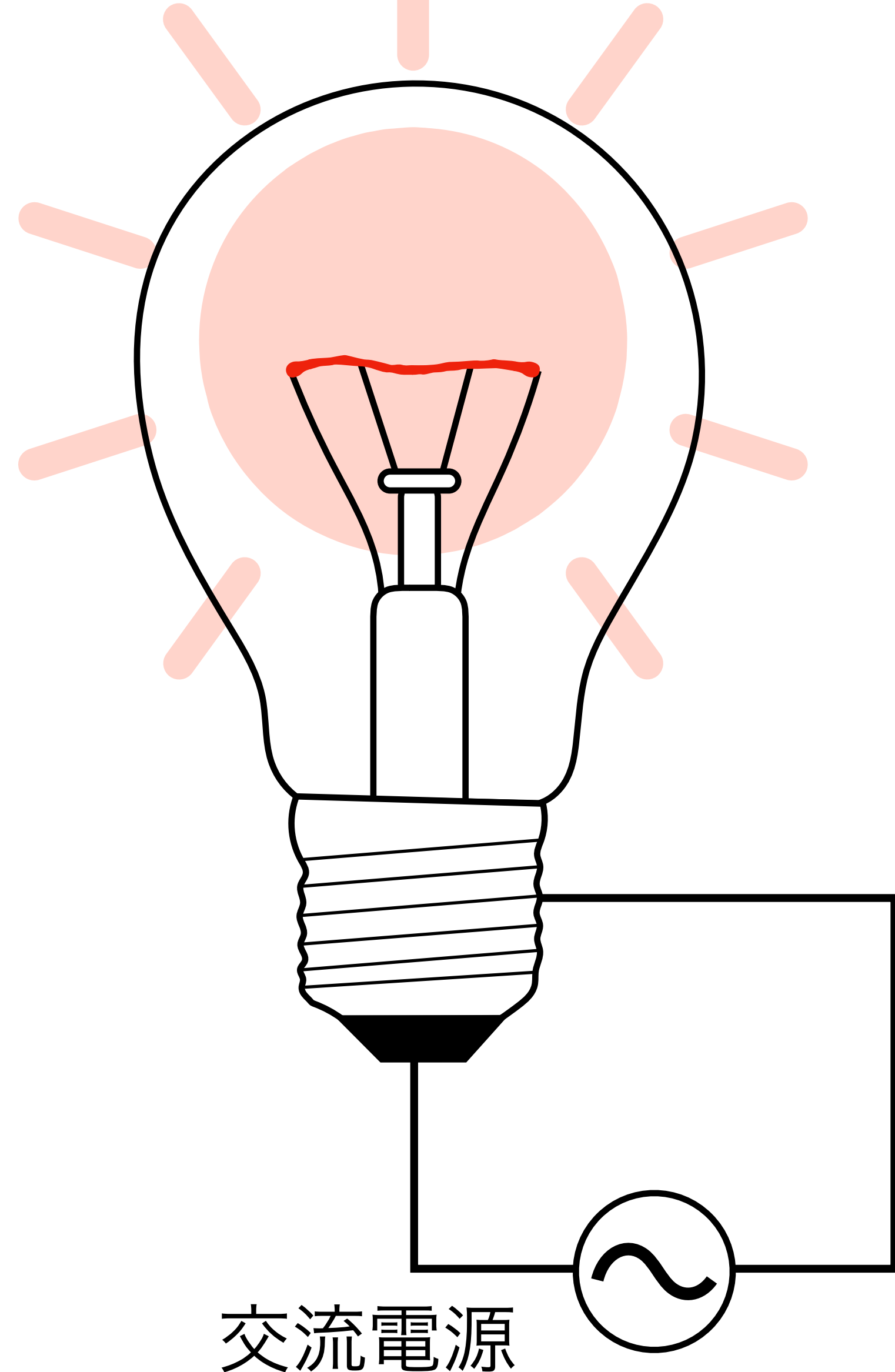


テスター



先ほど求めた100 Ω かと思ったら、
5~7 Ω しかない！？

計算のもとにした数値の意味を考える



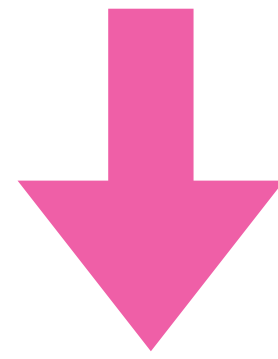
100 V → ^{いんか}印加する電圧

100 W → 点灯させた時の消費電力

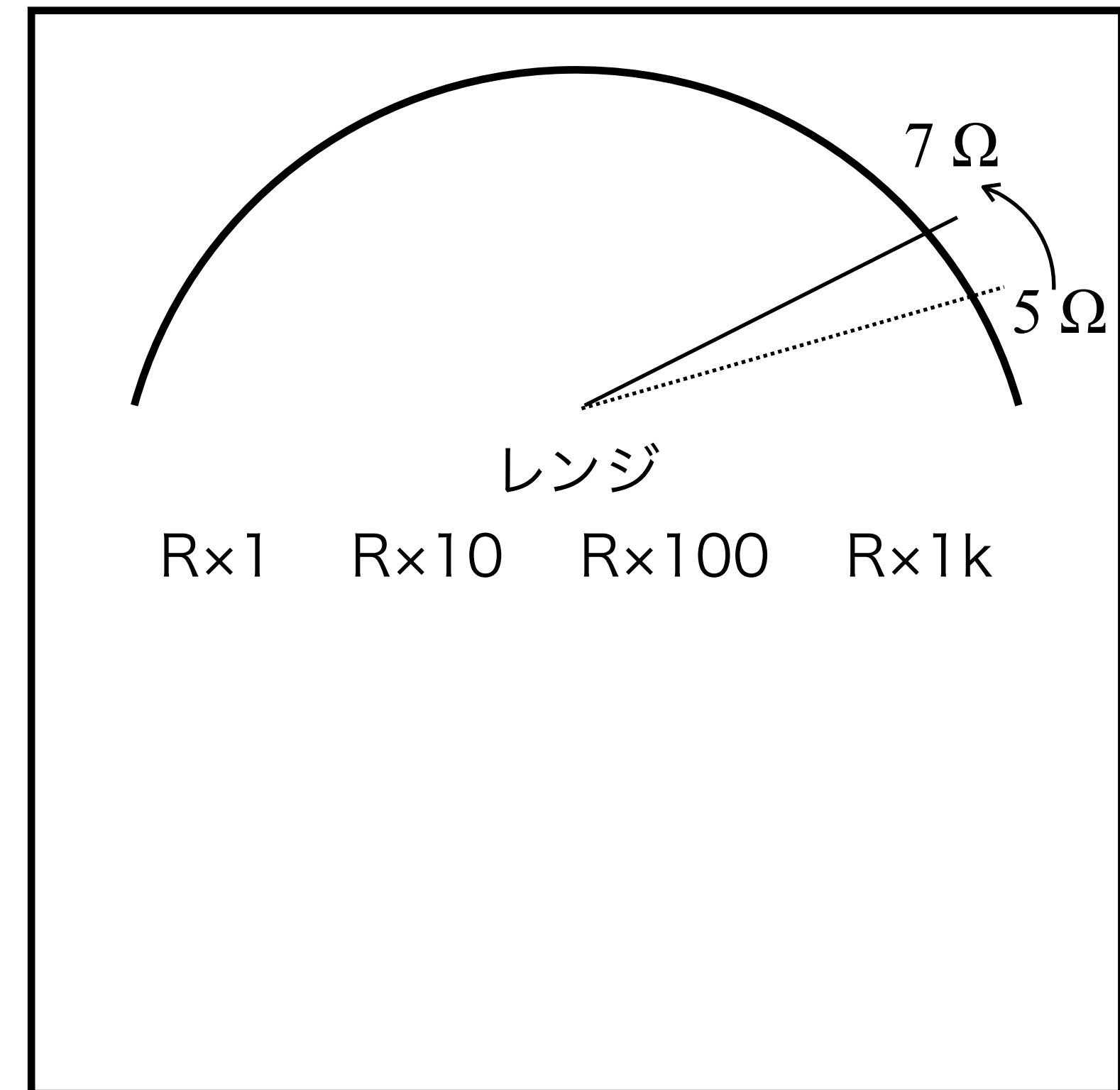
つまり、点灯している時の抵抗が100 Ω

良く観察してみよう！

テストリードをあてていると、
テスターの針が少し動いている。



わずかではあるが徐々に抵抗が
大きくなっている。



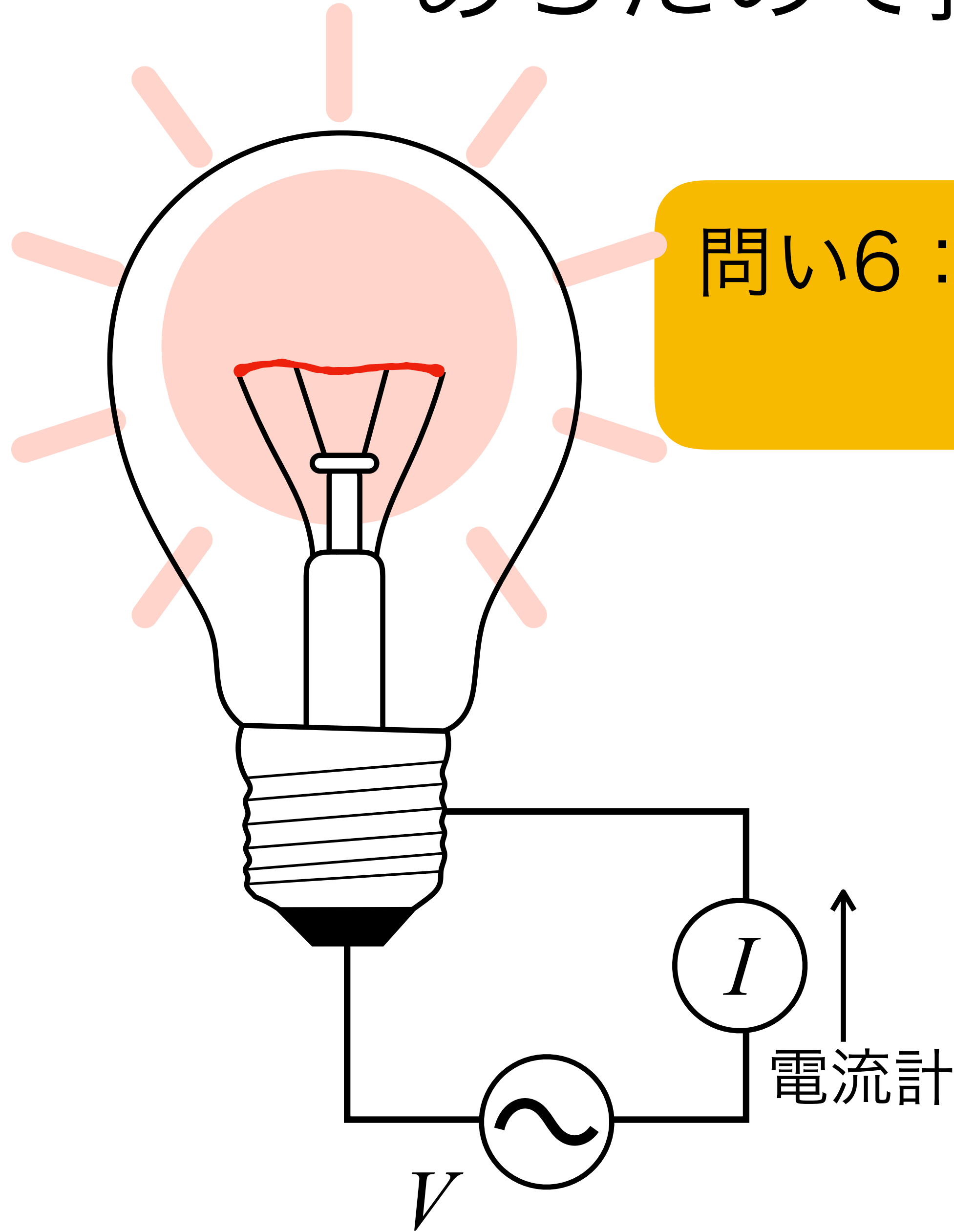
問い5：これは何が起きているのだろうか？

あらためて抵抗値について考える

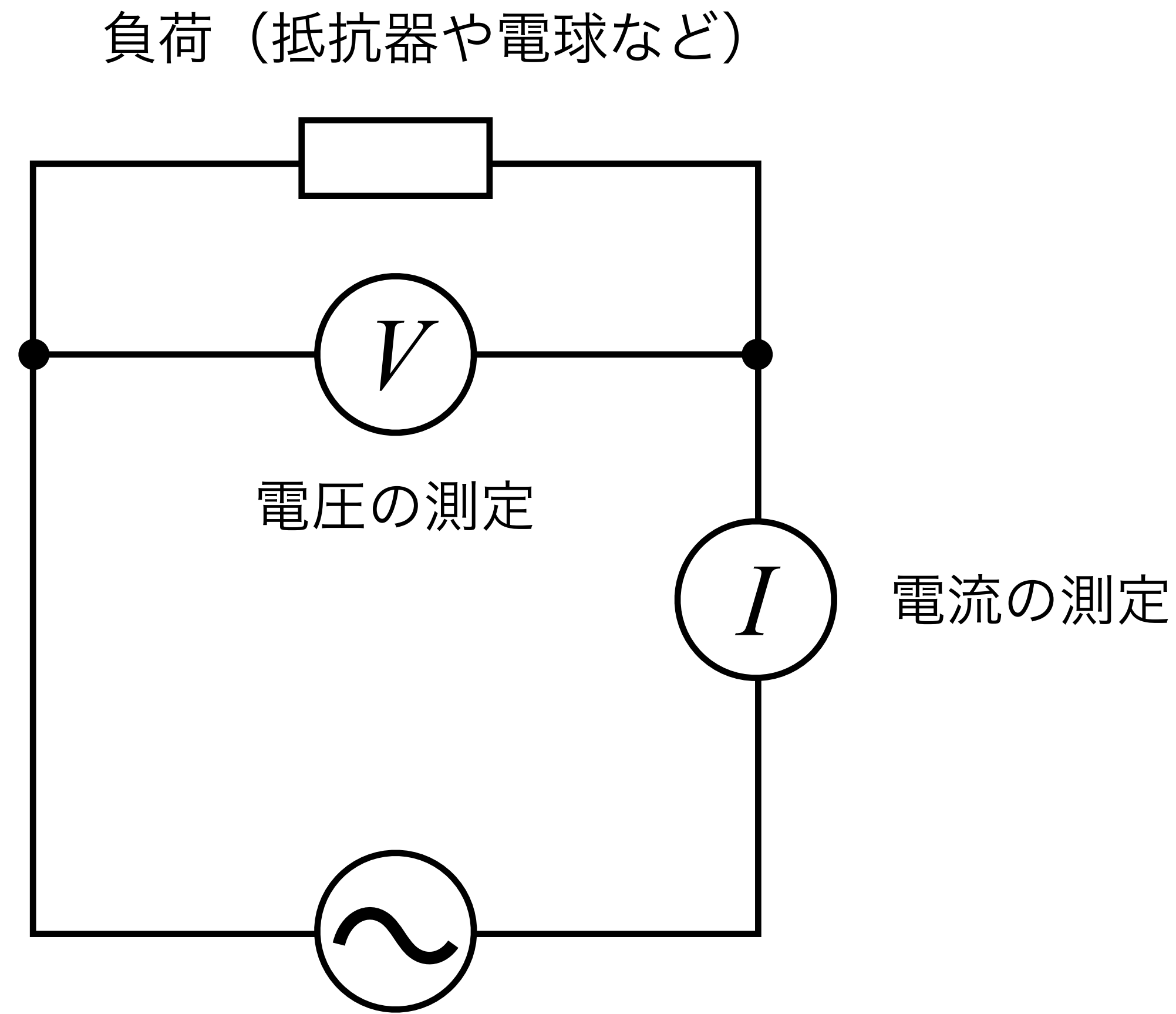
問い6：点灯している時の抵抗 $100\ \Omega$ （のはず）を知るには、何を測れば良いか？

電流計で流れる電流を測ったら $1\ \text{A}$ だった。

$$R = \frac{V}{I} = \frac{100}{1} = 100\ \Omega$$



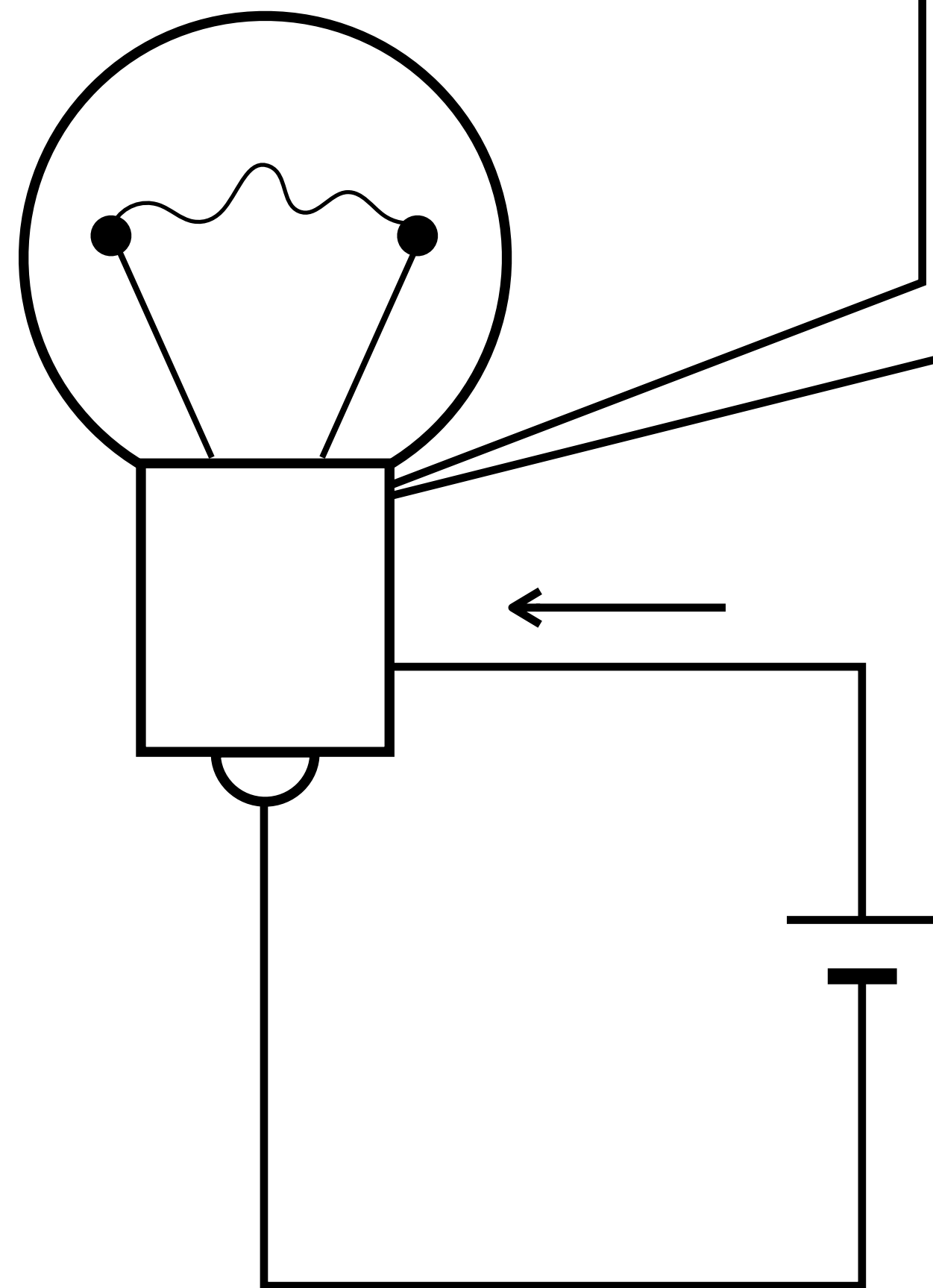
電流と電圧の測り方



電圧は負荷の両端にテストリードを当てれば良いが、電流は回路を切って電流計を入れないと通常は測れない。

今はあまり使われなないけど「豆電球」では？

電流が書いてある！



2.5 V 0.5 A
と書いてある.

消費電力は？

$$P = 2.5 \times 0.5 = 1.25 \text{ W}$$

のはず！

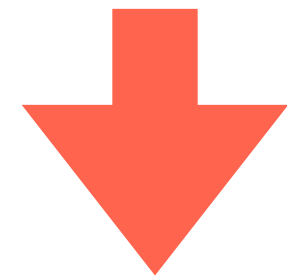
この時のフィラメントの抵抗は？

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2.5}{0.5} = 5 \Omega$$

問い7：これは正しいか？

今度もテスターで測ってみよう

点灯していない状態でテスター
で抵抗を測ると？ 約0.7 Ω



2.5 Vの電池につなぐと..

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.5}{0.7} = 3.6 \text{ A} \text{ も流れてしまう??}$$

ところで2.5 Vの電池っ
てどんな電池？

問い8：フィラメントは切れないか？

0.5 Aと思ったら3.6 Aも
流れてしまう.

いま起きている現象を整理する

フィラメントの抵抗

	白熱電球	豆電球
テスターによる測定値	5~7 Ω	0.7 Ω
点灯させた時の値 (計算値)	100 Ω	5 Ω

問い9：テスターによる測定値と、電球に書かれている数値を使った計算値では何が違うのか？

テスターはどうやって抵抗を測っているのか？

- ★アナログ式テスターで測った時、フィラメントの抵抗は約0.7 Ω だった。
- ★デジタル式テスターで改めて抵抗を測定する。

デジタル式テスター



異なる方法で同じものを測ることは大切！

観察してわかることは？

実際は、0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.6, 0.7のように、0 Ωから徐々に増加して0.7 Ωで表示が止まった。フィラメントの抵抗値は一定ではなく変化している。

問い10：この事象では何が起きているのか？

テスターの原理

問い11：テスターのメーターは、電圧計？それとも電流計？



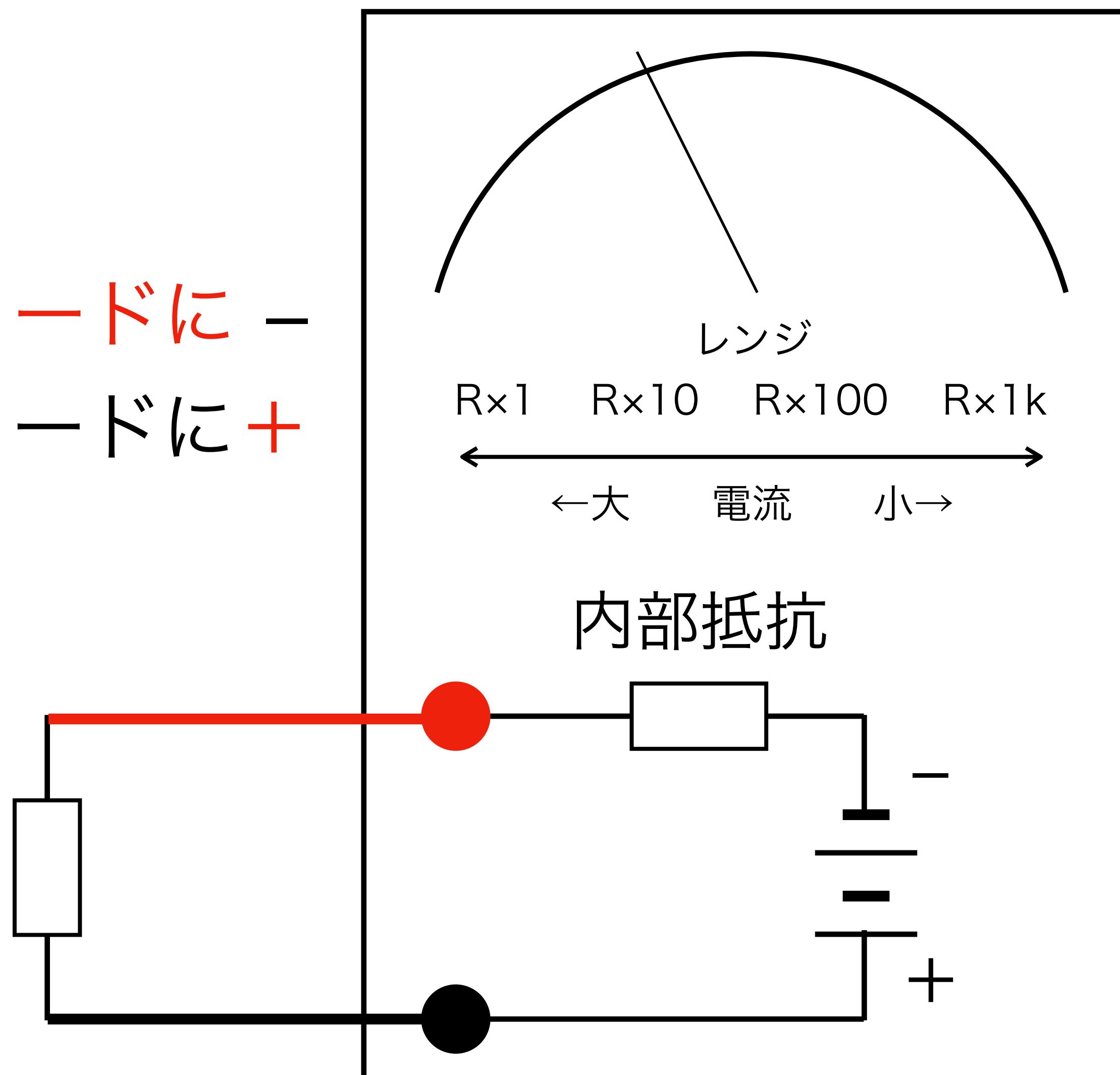
+ (赤色) の端子：赤色テストリード
- (黒色) の端子：黒色テストリード

テスターで抵抗を測るとき

抵抗測定時の極性

- + (赤色) の端子：赤色テストリードに -
- (黒色) の端子：黒色テストリードに +

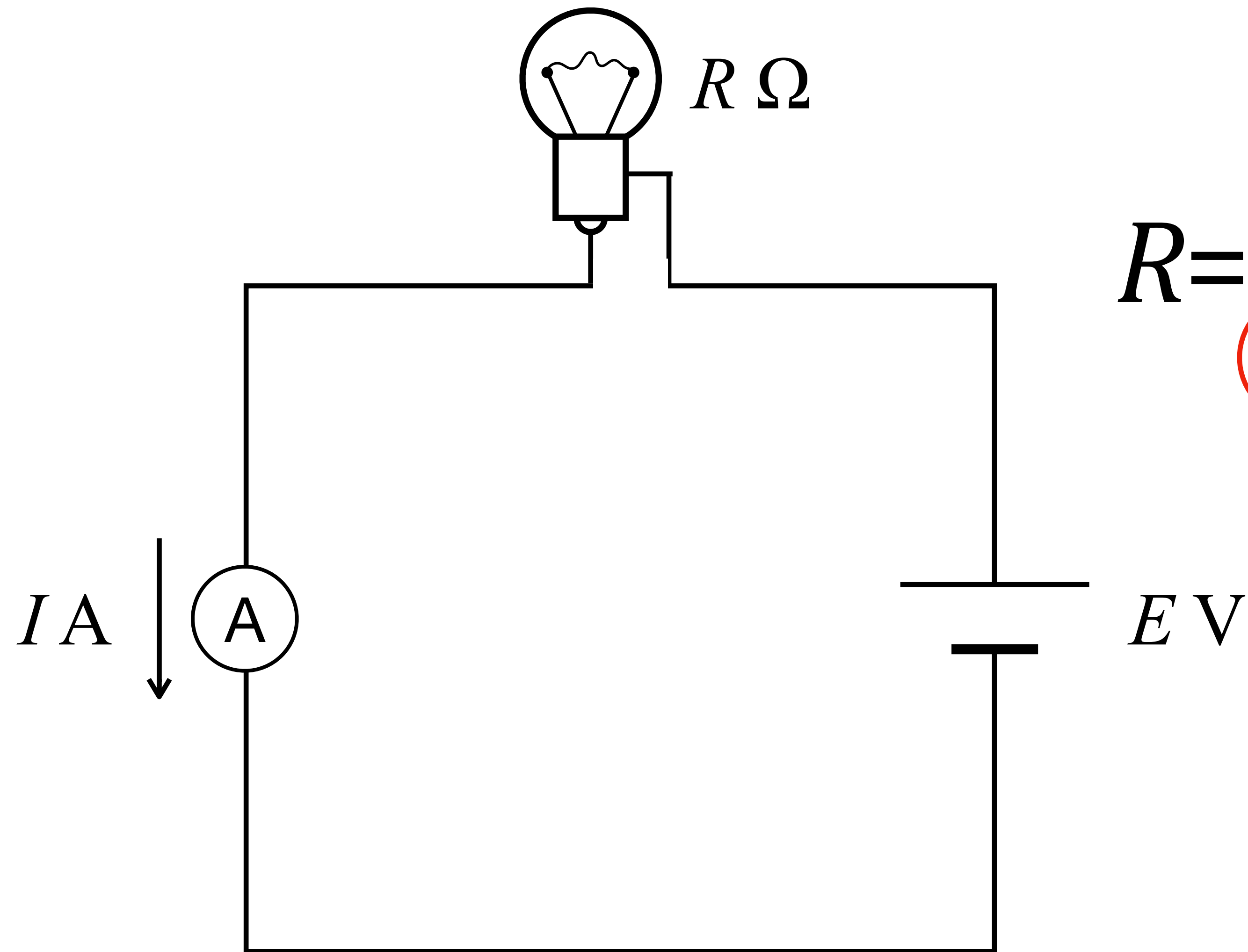
被測定抵抗



推測してみる

テスターで測った時は、 $0 \text{ } \Omega$ から徐々に増加して
 $0.7 \text{ } \Omega$ となった。もし、 0.5 A の電流を流したら
計算で求めた $5 \text{ } \Omega$ になるかもしれない。

実験（仮想）で試してみよう



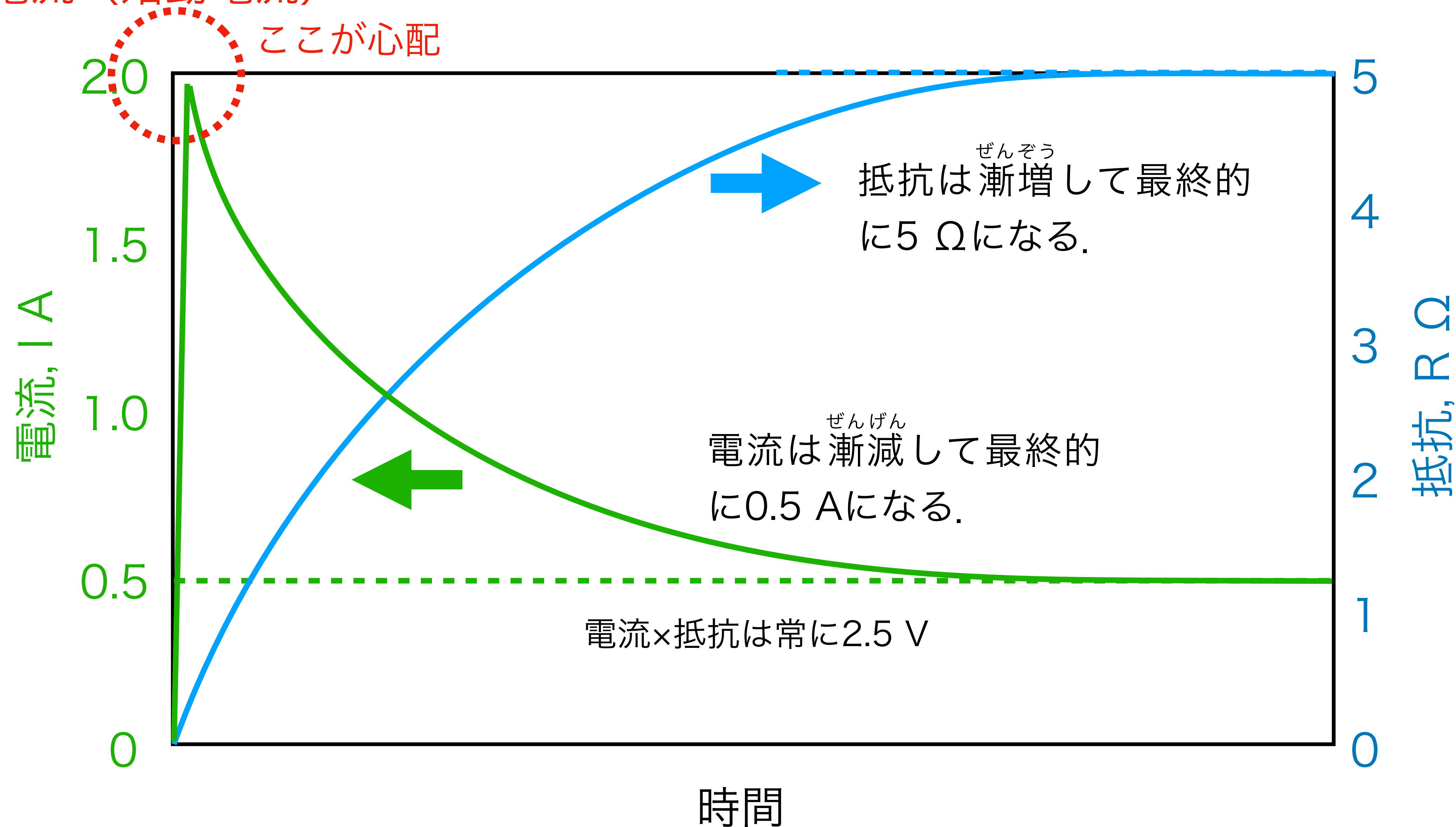
$$R = \frac{E}{I}$$

時間とともに変化
(減少) する.

とつにゆう

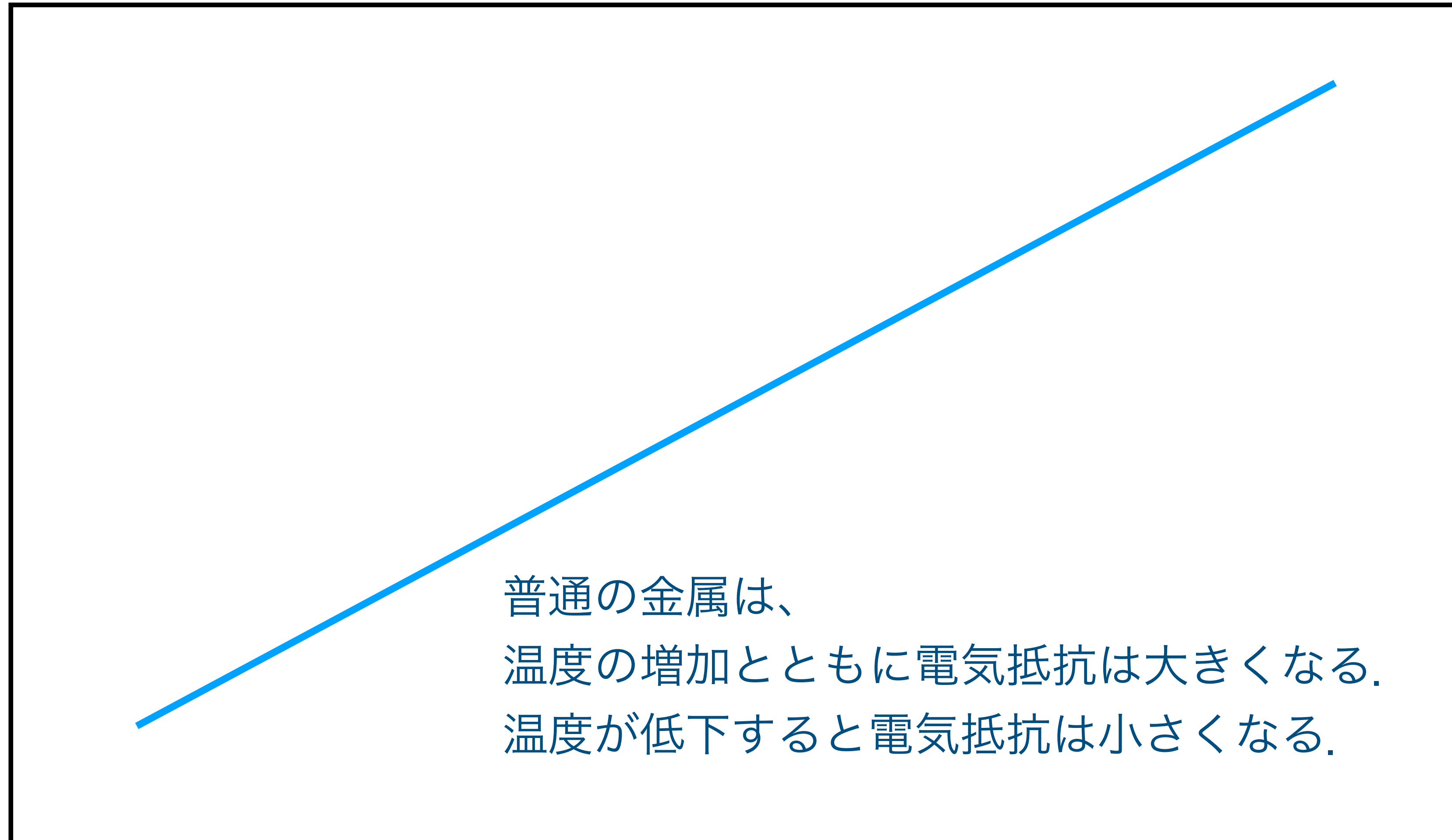
突入電流 (始動電流)

グラフに描くと



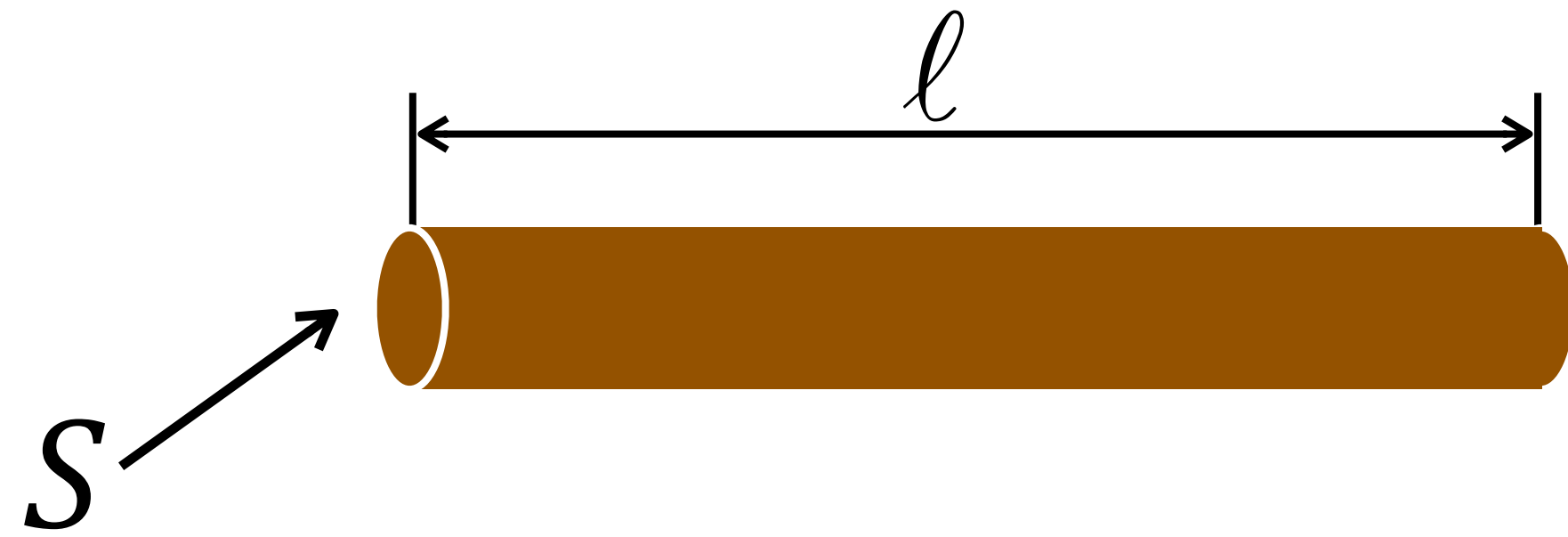
金属の電気抵抗

抵抗, $R \Omega$



温度, $T ^\circ\text{C}$

なぜ 何故温度が上がると電気抵抗が増加するのか？



どこかで学んでいるはず。
忘れても調べればわかる。
しかし今のところはわからなくても困らない？
後で調べておけば良い！

金属の抵抗値 (Ω) : $R = \rho \frac{l}{S}$

$$R_T = R_0 + \alpha R_0 (T - T_0)$$

ρ : 抵抗率, Ωm

α : 抵抗温度係数, $/^\circ\text{C}$

l : 長さ, m

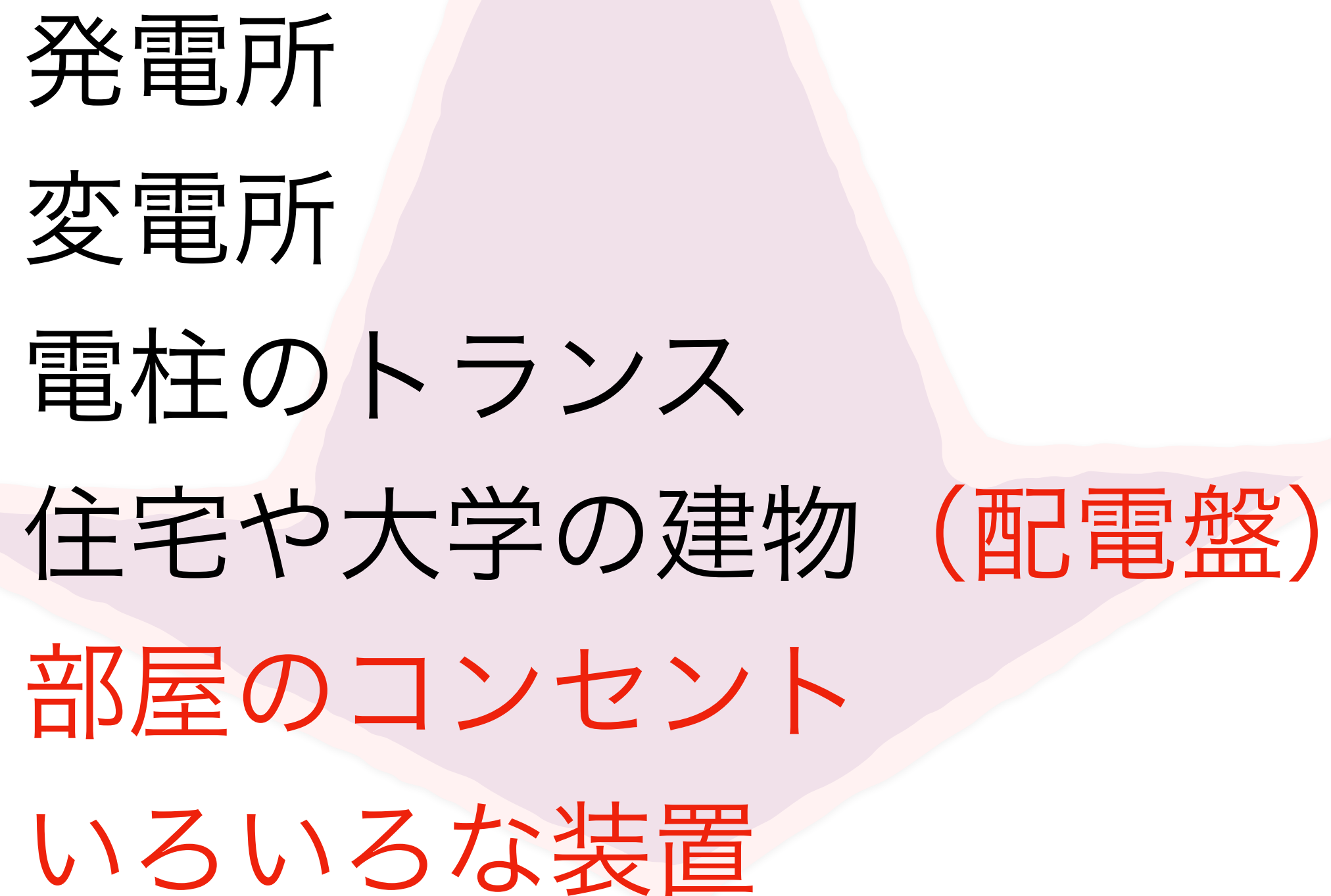
R_0 : 基準温度 $T_0^\circ\text{C}$ の時の抵抗値, Ω

S : 断面積, m^2

R_T : 温度 $T^\circ\text{C}$ の時の抵抗値, Ω

第2部

電気はエネルギーを得る手段として便利



発電所
変電所
電柱のトランス
住宅や大学の建物 (配電盤)
部屋のコンセント
いろいろな装置

しかし、取り扱いを誤ると危険.

感電 (かんでん)

破裂 (はれつ)

火傷 (やけど)

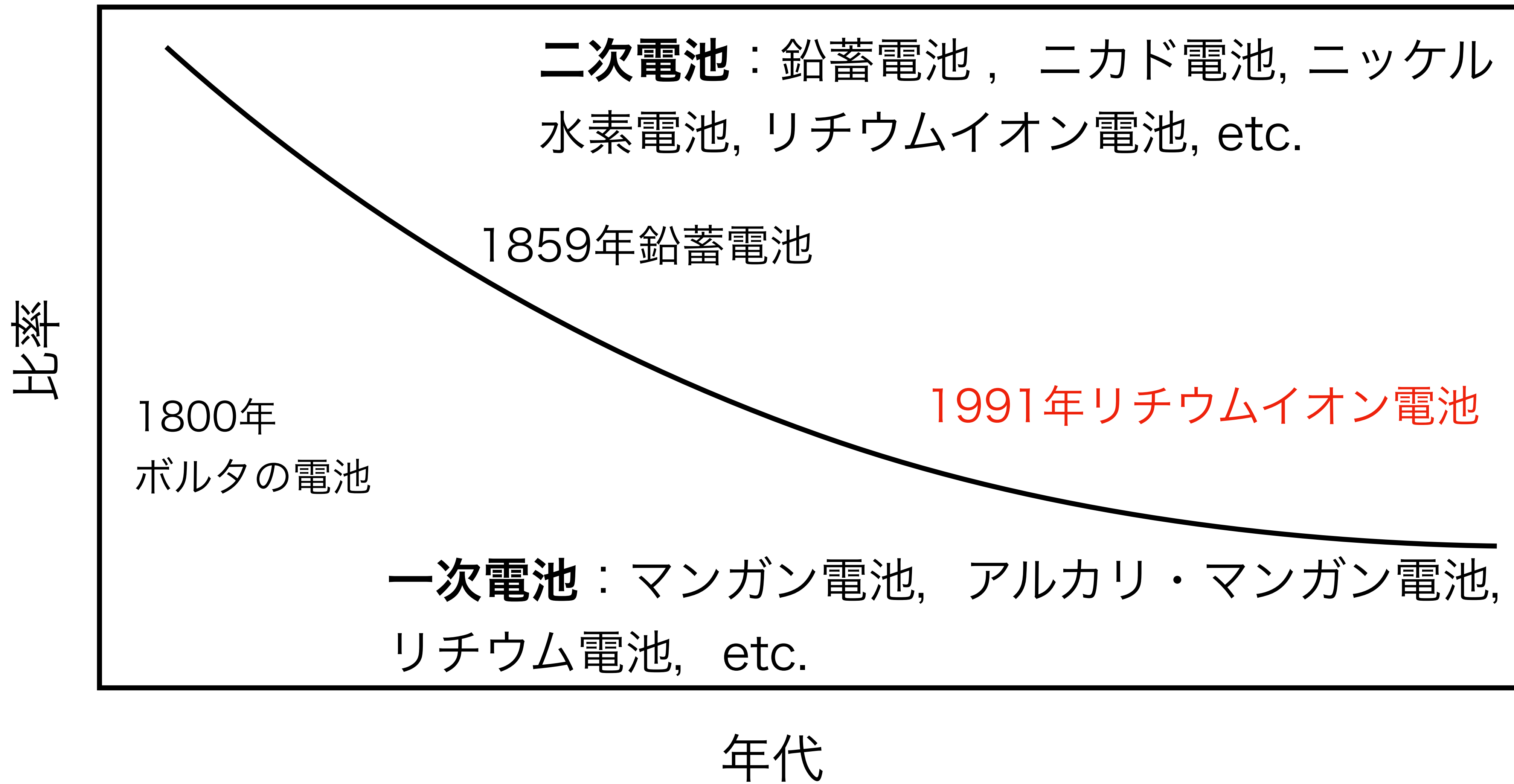
火災 (かさい)

怪我 (けが)

...

こういう事態を避けるには..

電池の性能



電池の主な性能

- ・公称電圧
- ・開放電圧
- ・終止電圧
- ・電池容量

新しい電池

- ・太陽電池
- ・燃料電池
- ・次世代電池

ニッケル水素電池とアルカリ・マンガン電池の違い

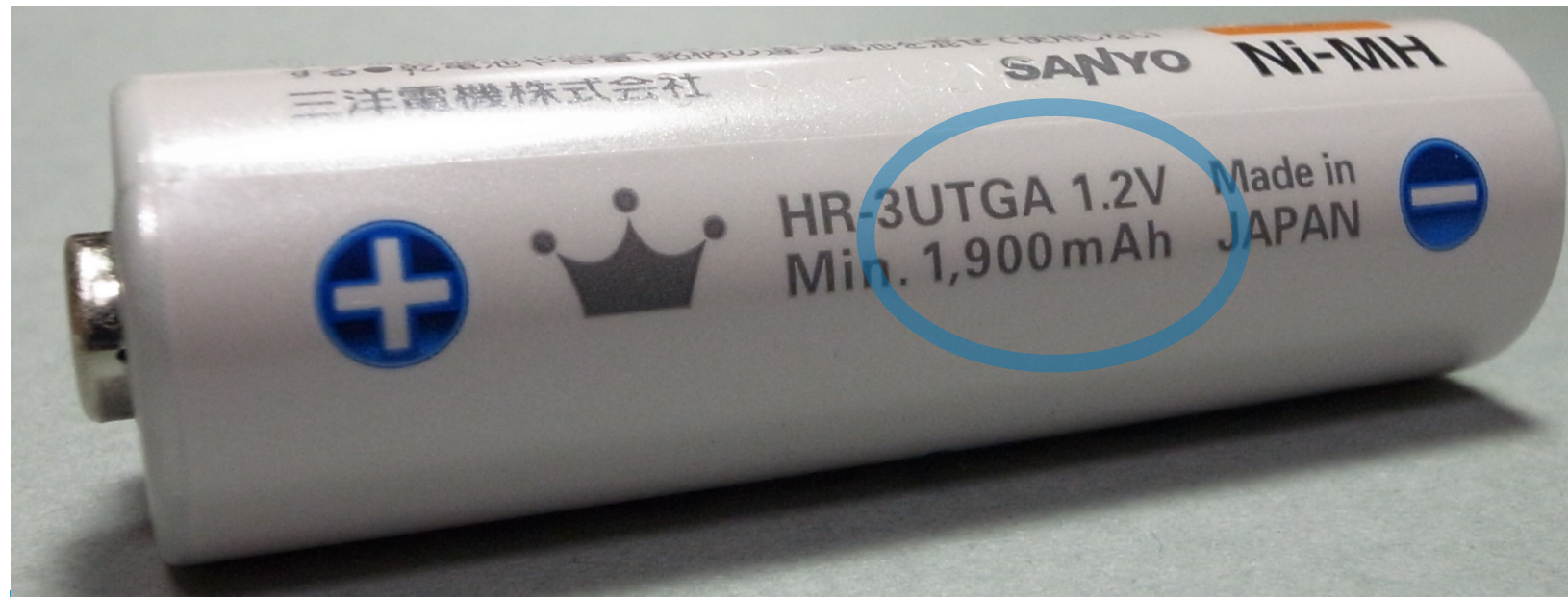
表記

1.2 V

1,900 mAh

問い12：これは何を意味しているのか？

1.5 V



ニッケル水素電池



アルカリ・マンガン電池

ニッケル水素電池（例）の容量

$1,900 \text{ mAh} = 1.9 \text{ Ah}$

- ・ 1.9 A の電流を1時間流せる容量がある, という意味
- ・ 0.95 A なら2時間, 0.48 A なら4時間, となる

$1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$ (クーロン)

- ・ $60 \times 60 = 3600$ 秒, つまり1時間で1A流せる電荷が
 3600 C

アルカリ・マンガン電池の容量

表記無し mAh

何故、アルカリ・マンガン電池には容量の表記が無いのか？

- ・取り出す電流によって大きく変化する。
- ・電流が小さい場合は大容量，電流が大きい場合は小容量！？
- ・最大値は，2,000 ~2,700 mAhとされている。

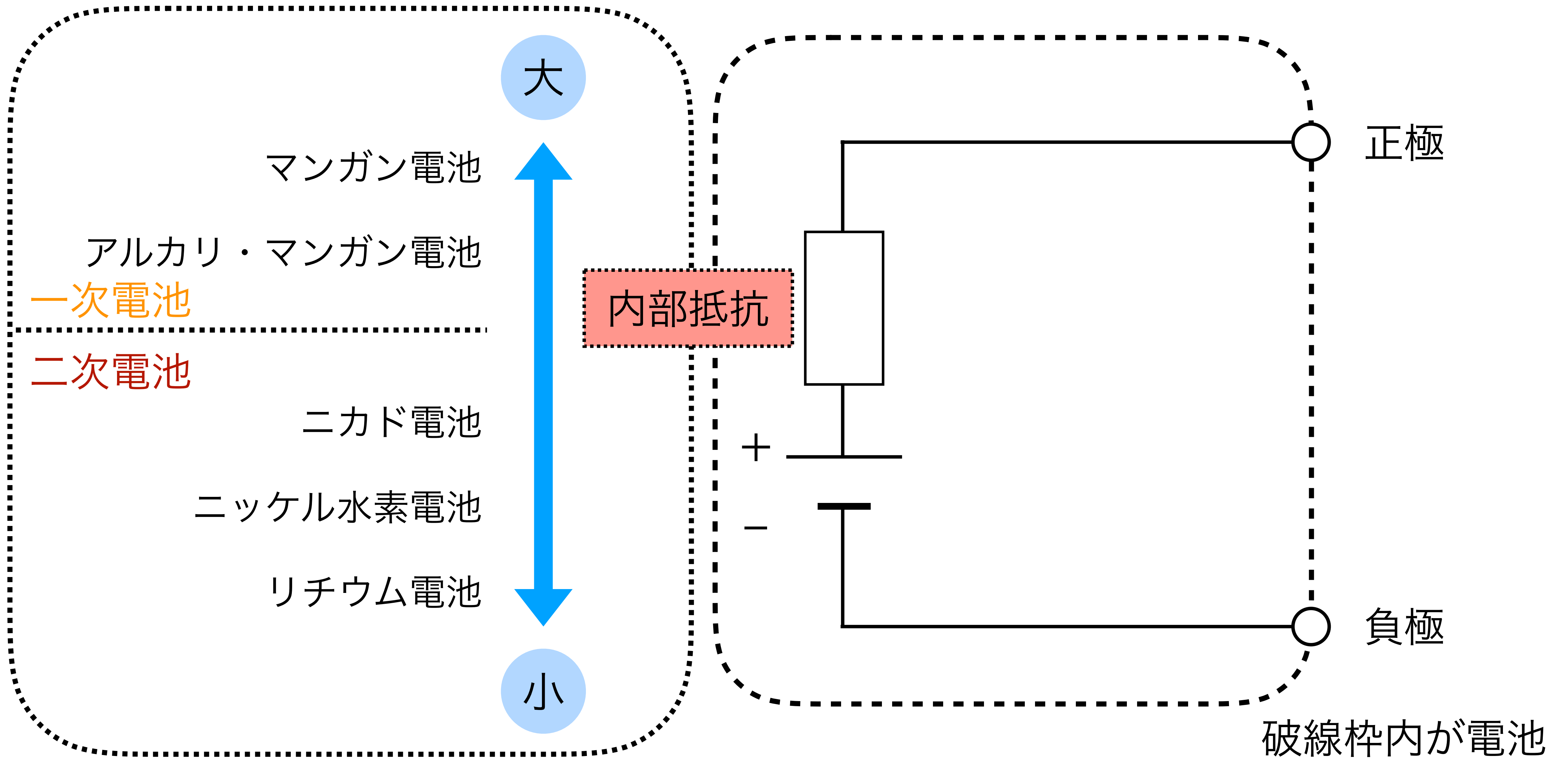
電池に蓄えられるエネルギーは？

電流 (A) × 電圧 (V) = 電力 (W)

電池容量 (Ah) × 電圧 (V) = エネルギー容量 (Wh)

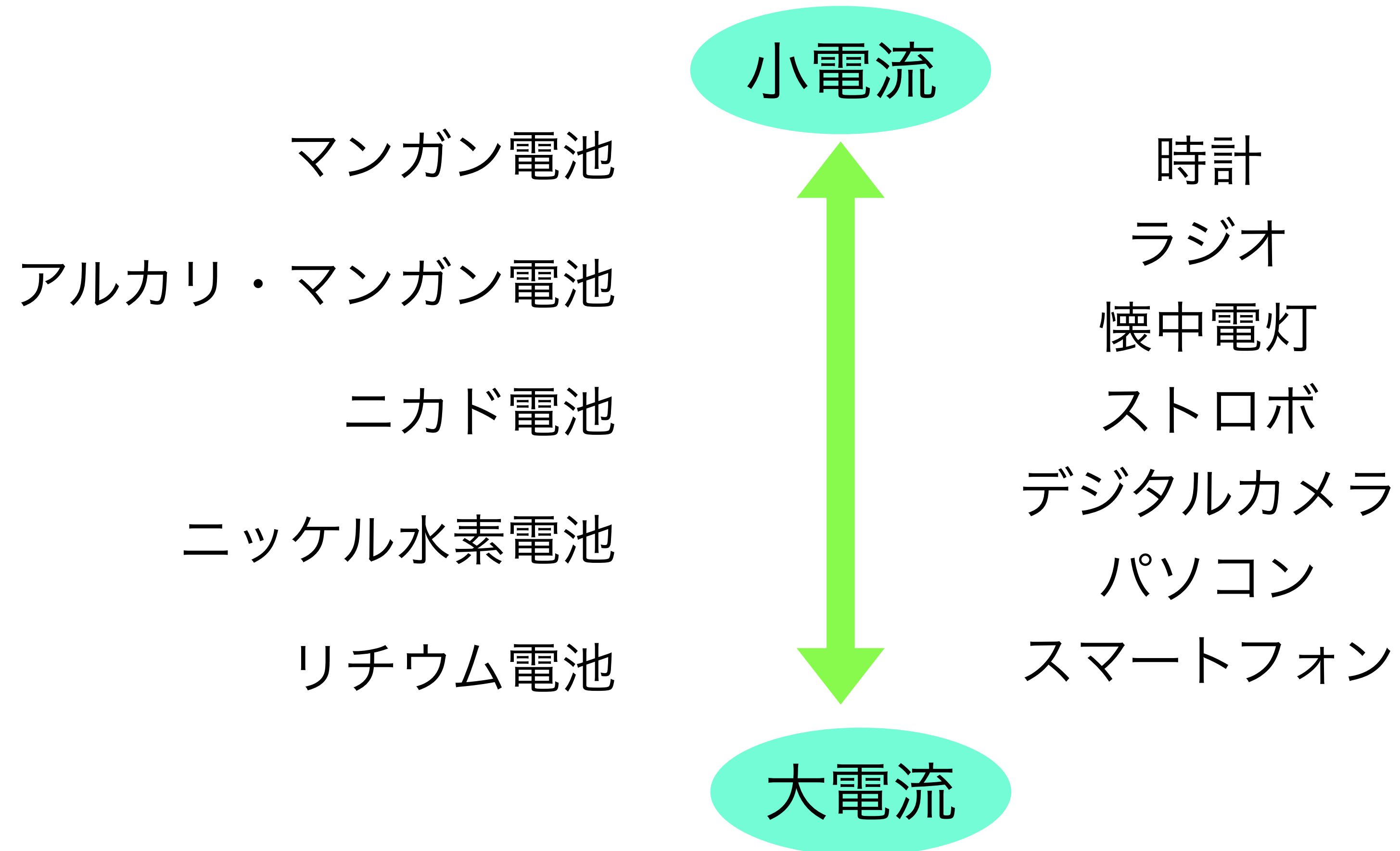
1 Wh = 3600 J (ジュール)

電池のしくみ (等価回路)

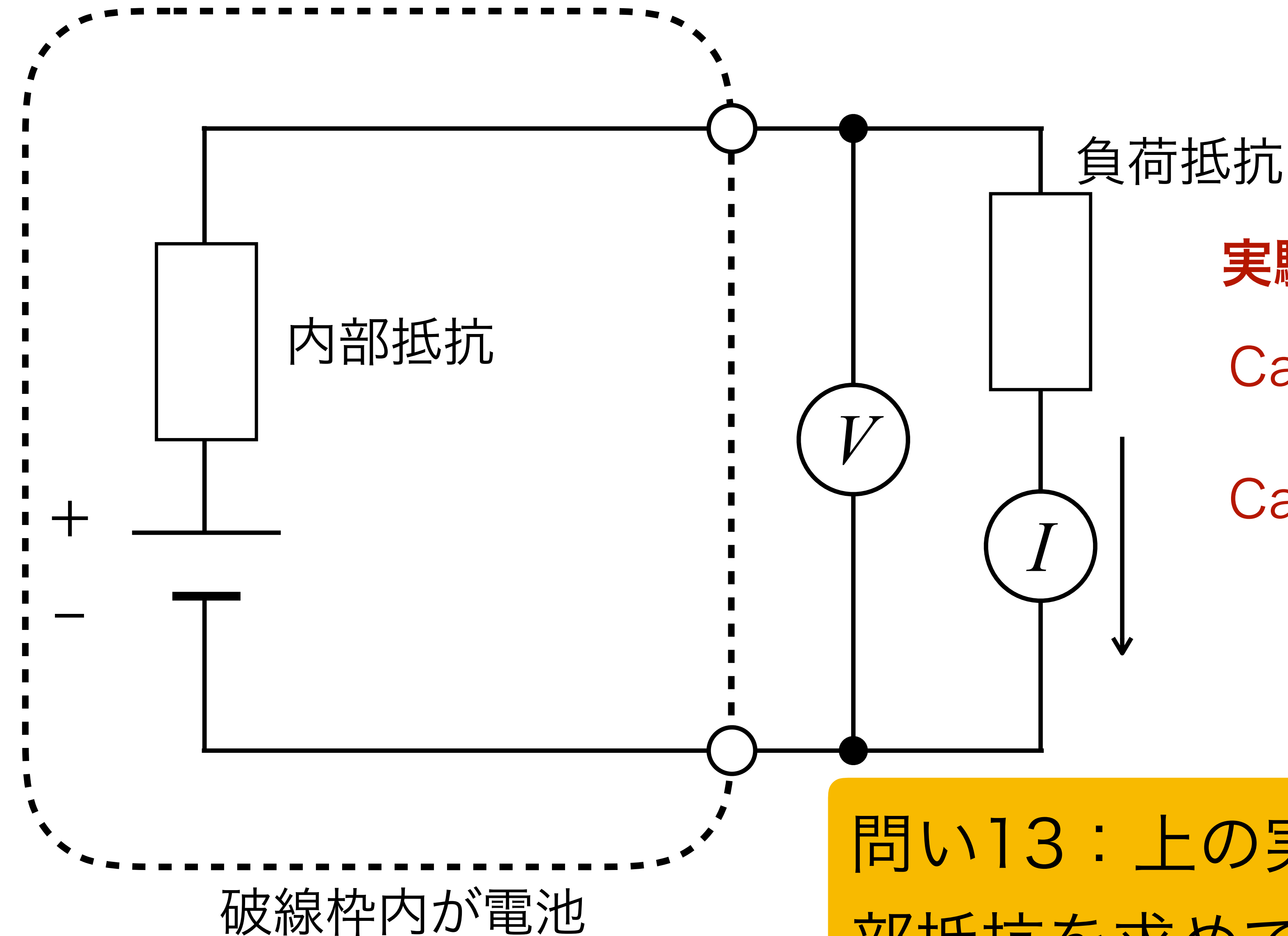


アルカリ・マンガン電池の内部抵抗

取り出す電流が大きいと内部抵抗が大きくなり、電池容量が小さくなってしまふ。電流が小さい場合は電池容量が大きい。



電池の内部抵抗を求めてみよう



実験結果

Case 1: $I=4\text{ A}$, $V=0.8\text{ V}$

Case 2: $I=2\text{ A}$, $V=1.0\text{ V}$

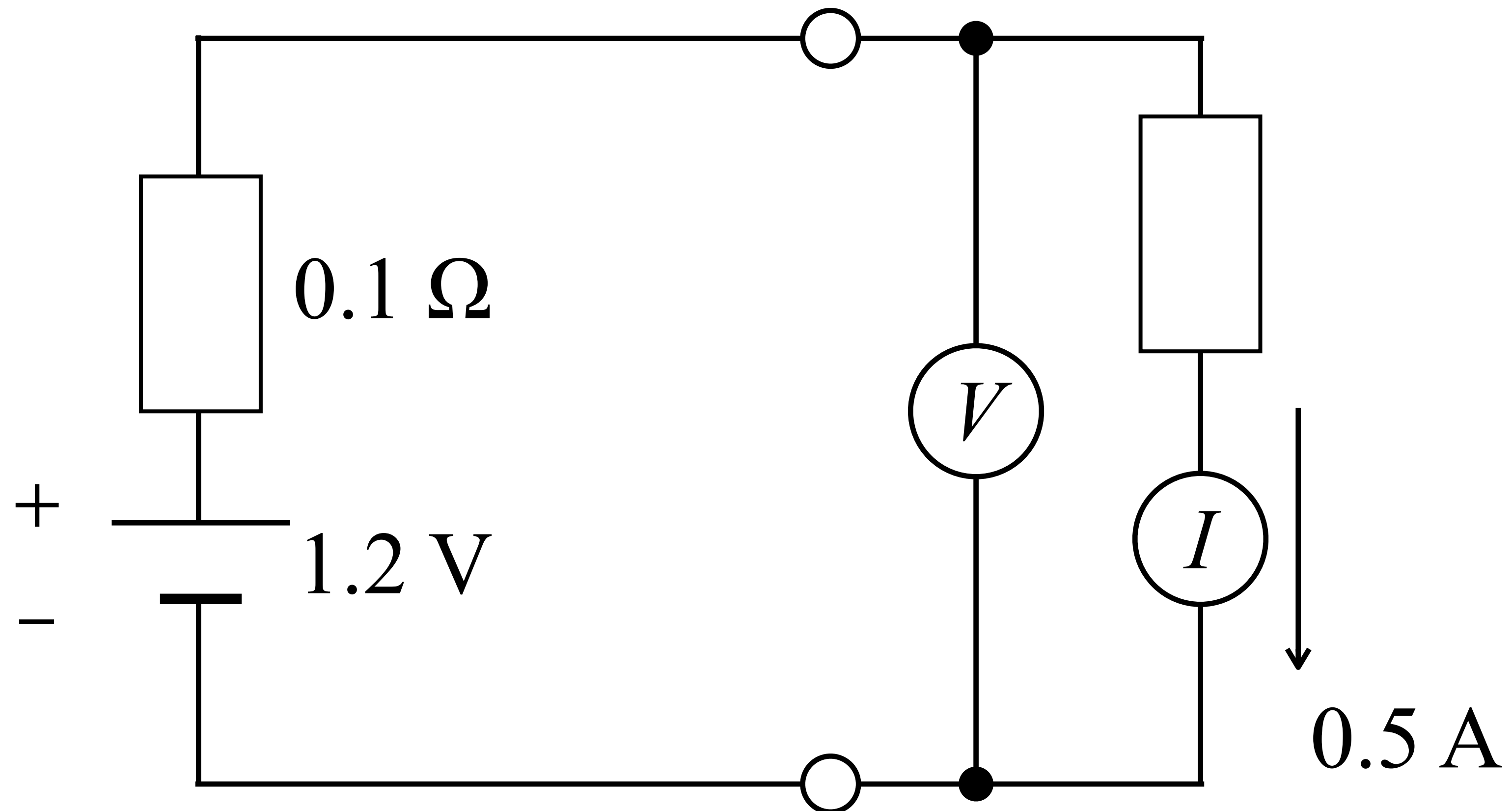
..の時

..だった

問い13：上の実験結果から電池の内部抵抗を求めてみよう。

端子電圧が1.2 V近くの電池として使うには..電圧降下は？

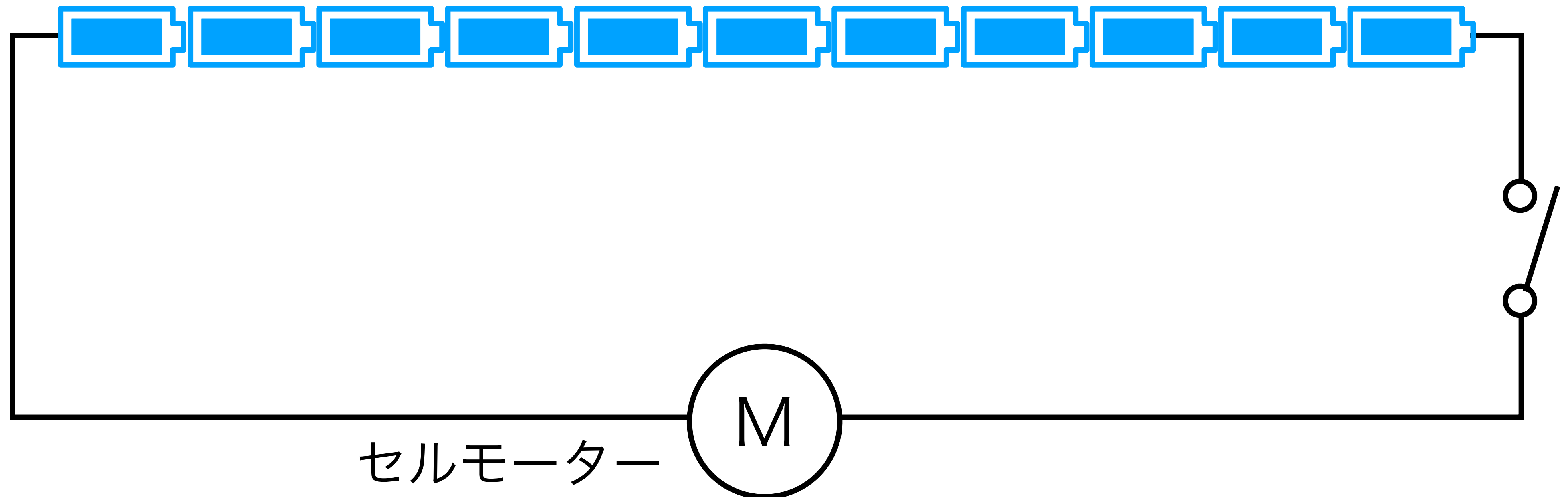
問い14：この電池から0.5 Aの電流を取り出すと端子電圧はいくらか？



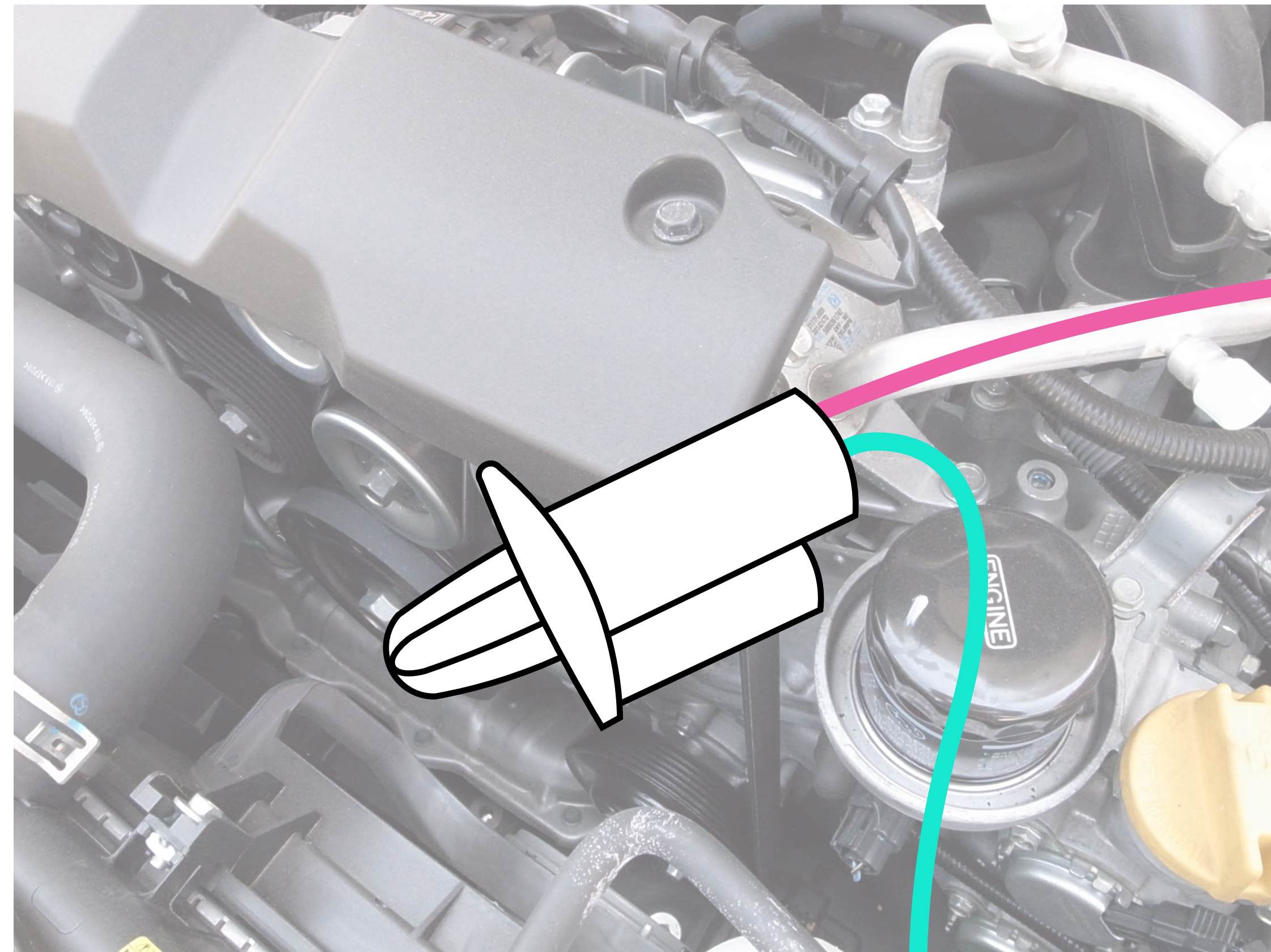
電池でクルマを始動できるか？



ニッケル水素電池（1.2V）を11本直列に
つな
繋いでセルモーターを回せるか？



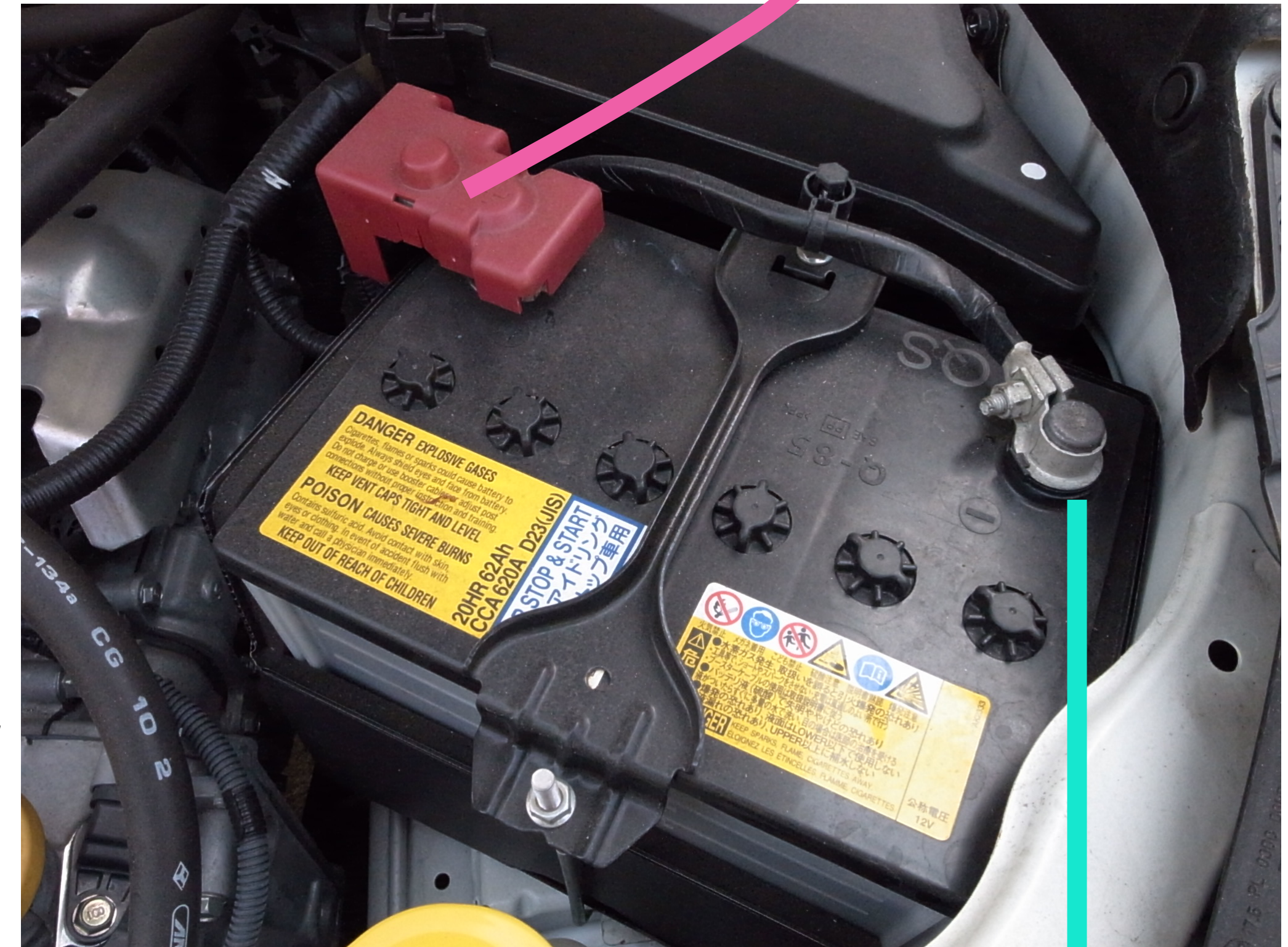
セルモーターと鉛蓄電池



セルモーター
(セルスターター)

シヤーシ

鉛蓄電池



ヒューズ&リレー
ボックス

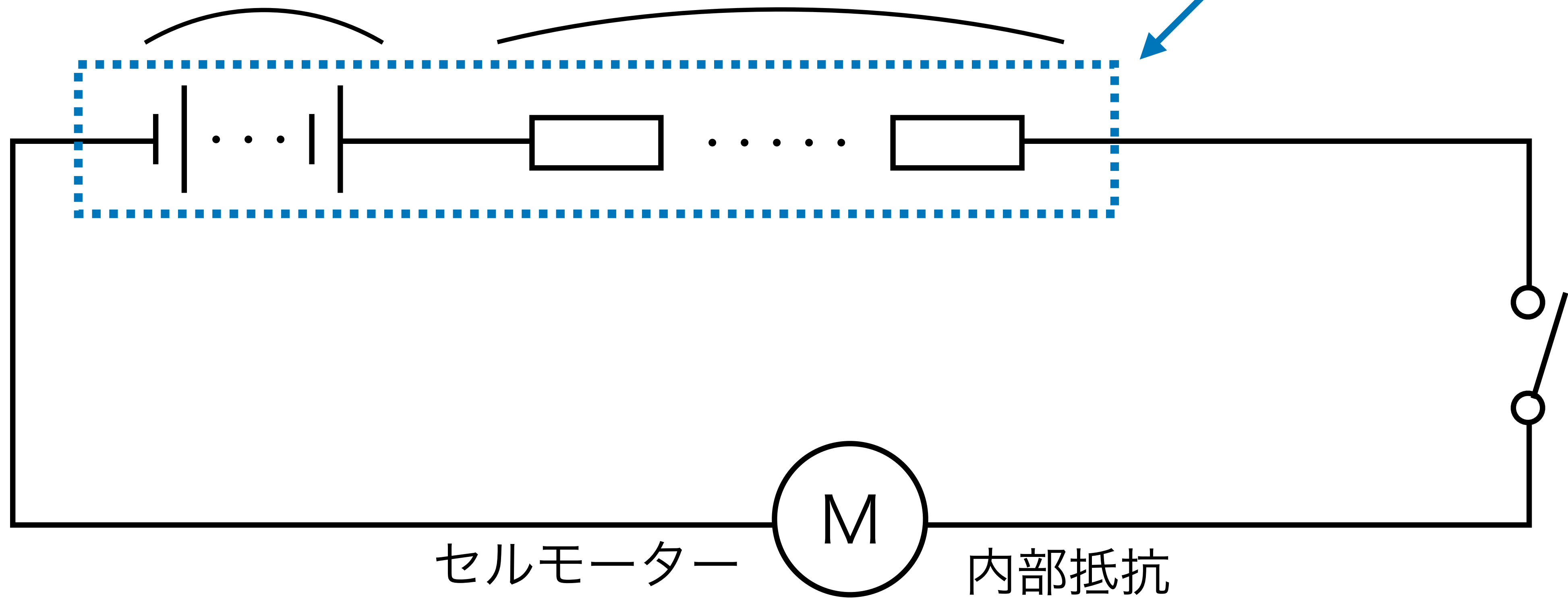
シヤーシ

クルマのバッテリーは、鉛蓄電池 (12.6 V=2.1 V×6セル) で約100 Aくらい取り出せる。

ニッケル水素電池12本を繋いだときの内部抵抗

電池 $1.2\text{V} \times 11\text{本}$ 内部抵抗 $0.1\ \Omega \times 11\text{本}$
 $= 13.2\ \text{V}$ $= 1.1\ \Omega$

電池11本の正体



問い15：セルモーターにかかる電圧は？ (0.1 Ω程度)

どうすれば電池で回せるか？

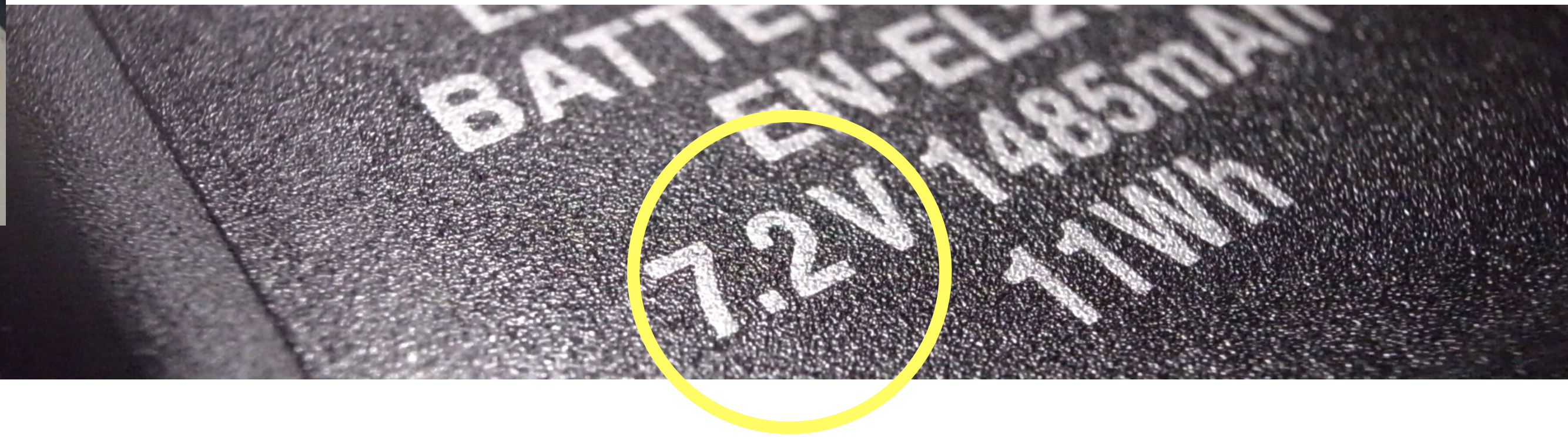
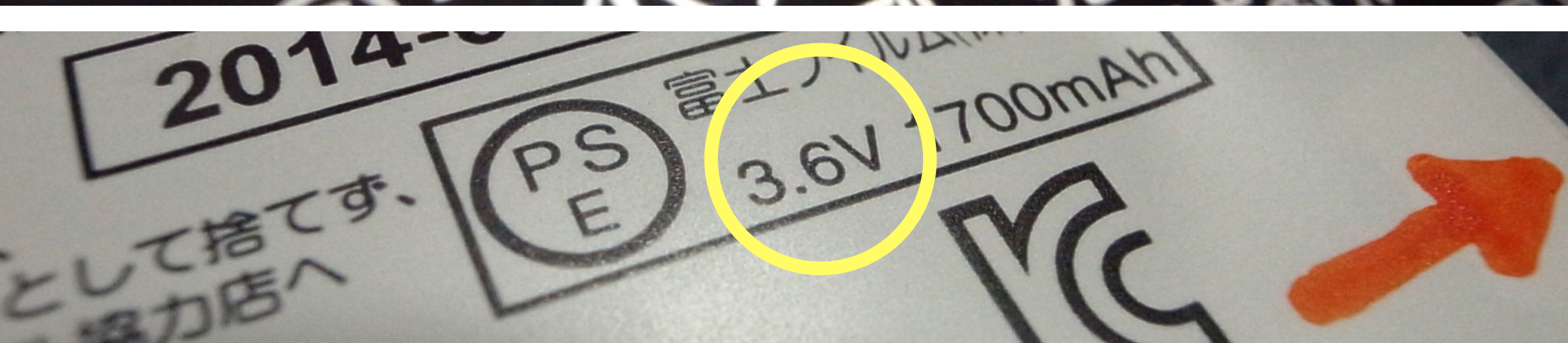
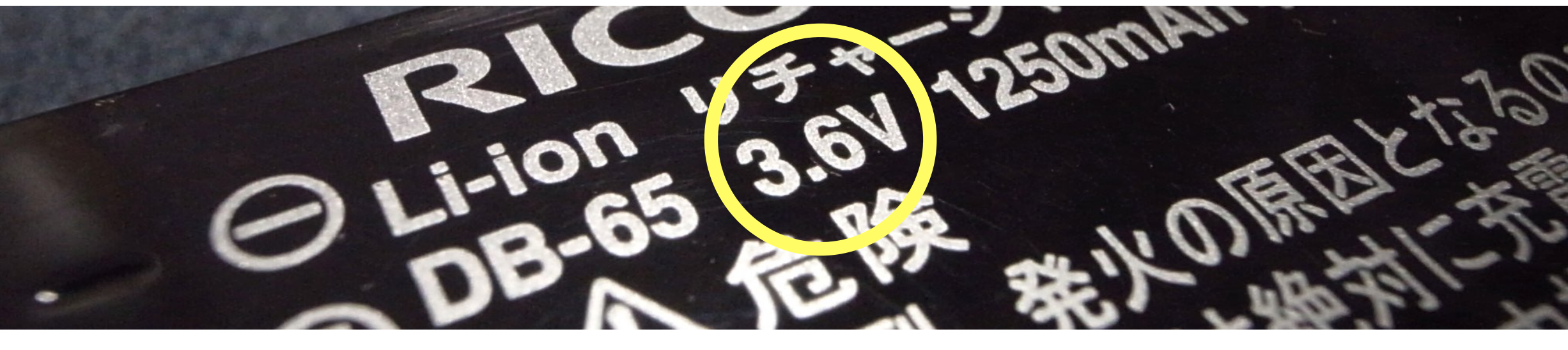
問い16：ニッケル水素電池でクルマのセルモーターを回すにはどうすれば良いか？

ところで乾電池の電圧はなんで1.5 V？



問い17：何故，乾電池の電圧は1.5 Vなのか？

リチウムイオン電池



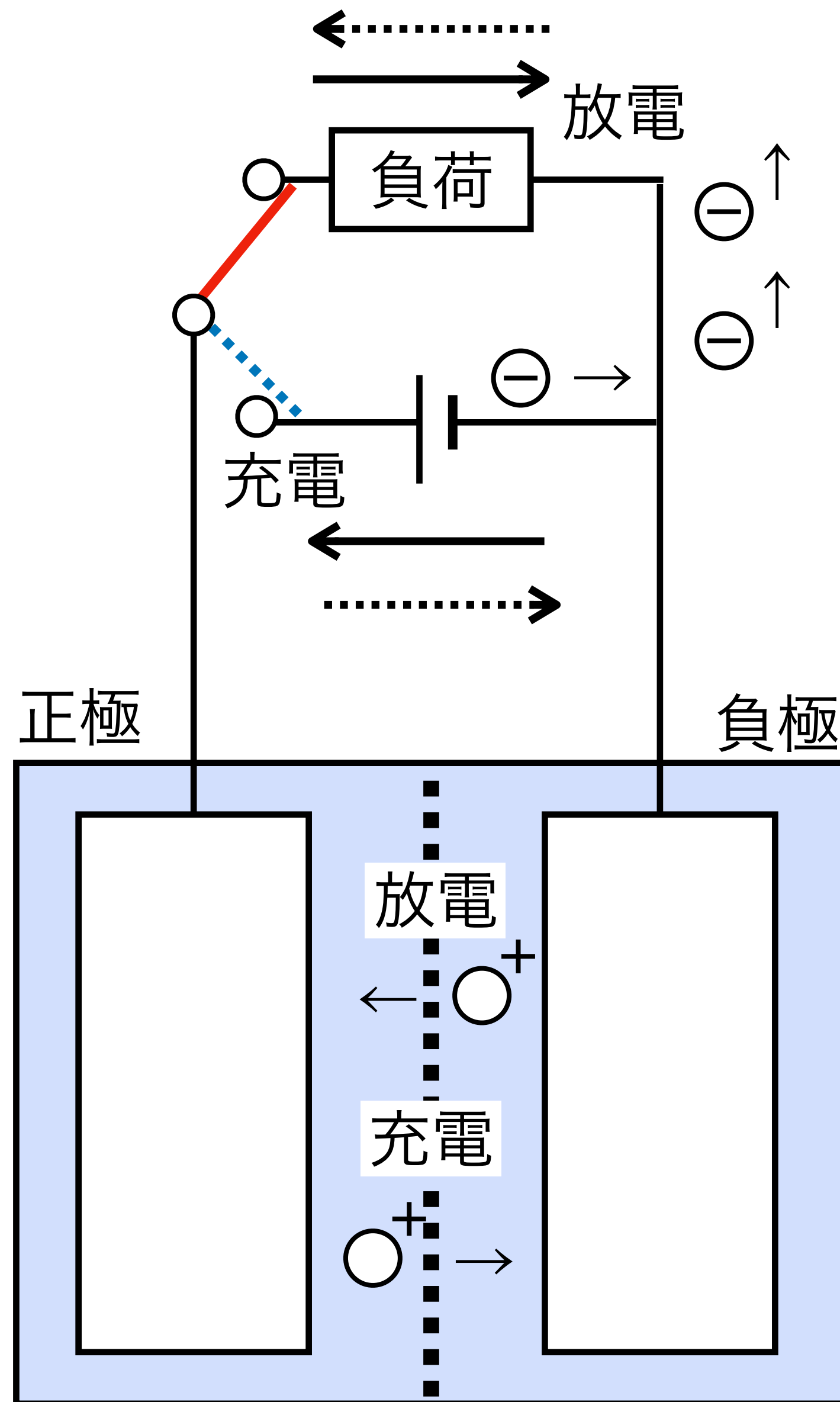
1セルあたりの電圧が高い
(3.7~4V程度)

リチウムイオン電池の安全対策

高性能だけれど使い方を間違えると危険
リチウムイオン電池と事故

- ◆ 高容量化
- ◆ 低コスト化
- ◆ 安全性の向上
- ◆ 信頼性の向上

ニッケル水素電池とリチウムイオン電池



電流の流れ \longrightarrow
 電子の流れ $\cdots\cdots\longrightarrow$

	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池
正極	水酸化ニッケル H ⁺ (水素イオン)	コバルト酸リチウム (LiCoO ₂) など Li ⁺ (リチウムイオン)
負極	水素吸蔵合金	グラファイトなど (炭素の結晶)
電解質	濃水酸化カリウム水溶液	リチウム塩を含む有機溶媒 (可燃性)*

*ポリマーゲル電解質を使用したものがリチウムポリマー電池

リチウムイオン電池*の購入上の注意

*リチウムポリマー電池を含む

- ◆ 製品に責任を持つ会社を把握する。製造と販売が同じとは限らない。
- ◆ 保証内容を把握する。
- ◆ 使用上の注意を把握する。
- ◆ 保管上の注意を把握する。
- ◆ 廃棄時の注意を把握する。

リチウムイオン電池*の使用上の注意

*リチウムポリマー電池を含む

基本的な使い方

- ◆ 充電する時は専用の充電器を使用する。自作充電器を使用しない。
- ◆ 定められた用途で使用する。
- ◆ 使用温度範囲，保管温度範囲を越えない。
- ◆ 高温になる環境に放置しない。加熱したり火中に投じない。
- ◆ ケースに損傷を与えない。特に，潰したり穴を開けるのは厳禁。

リチウムイオン電池*の使用上の注意

*リチウムポリマー電池を含む

自作装置で使用する場合

- ◆ 過充電にならないようにする。（最大充電電圧を超えた充電をしない）
- ◆ 電池から取り出す電流を把握し、安全な回路設計を行う。
- ◆ 過放電にならないようにする。（ショートは絶対させてはいけない）
- ◆ ヒューズ、ポリスイッチなどの電流遮断部品を使用する。
- ◆ フェールセーフの思想で回路を設計する。

安全に使うために

問い18：リチウムイオン蓄電池（リチウムポリマー蓄電池）を使う上での注意点を列挙しなさい。

ガラス管ヒューズ

- ◆ 定格電流 1 A, 1.5 A, 2 A..など, 多種.
- ◆ 実際は溶断電流にかなりの幅がある.
- ◆ 定格電流付近では, 溶断に時間がかかる. 1~30Aのヒューズで, 定格電流の2倍で, 最大約2分.
- ◆ 大電流ではほぼ瞬時に切れる.
- ◆ 突入電流に注意.
- ◆ データシートを読んで理解して使用する.
- ◆ ヒューズが切れたら原因を特定し, 必要に応じて対策を講じる.

配線用電線の種類

- ◆テフロン被覆銅線（ジュンフロン線）
- ◆ポリエステル被覆銅線
- ◆ポリウレタン被覆銅線
- ◆スズめっき銅線
- ◆耐熱ビニル電線
- ◆ニクロム線
- ◆ラッピングワイヤー など

- ◆単線
- ◆より線（撚り線）
- ◆同軸ケーブル
- ◆平行二線ケーブル
- ◆多芯平行ケーブル など

他に用途に応じて様々な電線がある。

リード線の種類と色の選択

高電圧（屋内の交流100 Vの配線など）

黒（HOT）

白（COLD, W表示側）=Ground

法律に基づく基準で
決められている。

弱電

黒（-）、白（-）、赤（+）、青（+）とすることが多い。

有彩色を+にすることが多い。

決められていないが、
間違えないように配
慮する必要がある。

リード線の種類と色の選択の実例

+ (HOT)

-(COLD)



この組み合わせを使うのが良い

有彩色のほうがプラス

暖色系のほうがプラス

黒はプラスになれない

高電圧ではこのように決まっている

紛らわしいので、
弱電では黒白は使
わない方が良く
かもしれない。

おわり

本資料の主旨と補足説明

この資料は新入生の導入教育の一つとして作成したものです。ごく基本的なことを題材にし、「考える」ことを通してものごとを理解し、また安全な行動ができるようになるきっかけを与えるのが主眼です。電気の安全についても言及していますが、前述のような主旨であるため、ここに書かれていることだけで電気回路を使った作業の安全が保証されるわけではありません。作業をなさる際には、必要に応じて他の資料や書籍にもあたり、機器や工具を使う際には取扱説明書をよく読み、部品を使う際にはデータシートを必ず参照してください。また最初のうちは経験者の指導を受けることをお勧めします。