

1 導体の抵抗

1 抵抗率

① resistivity

図1に示すように、導体の抵抗の大きさは長さに比例し、導体の断面積に反比例する。また、物質ごとに固有の抵抗値をもち、図2のように断面積 1 m^2 、長さ 1 m の導体の両断面間の抵抗値を**抵抗率**^①とよび、 $\rho [\Omega \cdot \text{m}]$ で表される。

このとき、導体の抵抗を式(1)、抵抗率を式(2)によって求めることができる。

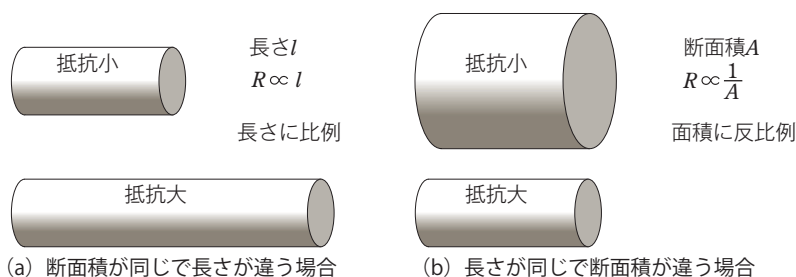


図1 導体の抵抗

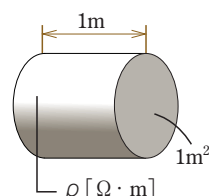


図2 導体の抵抗率

$$\text{●導体の抵抗} \quad R = \rho \frac{l}{A} [\Omega] \quad (1)$$

10

$$\rho = \frac{R[\Omega] \cdot A[\text{m}^2]}{l[\text{m}]} = \frac{RA}{l} [\Omega \cdot \text{m}] \quad (2)$$

表1、表2に、おもな金属の抵抗率と抵抗率の単位を示す。

② 一般に、電線の長さは m 、断面積は mm^2 の単位が使われる。

電線の抵抗を $R[\Omega]$ とすると、抵抗率の単位は、

$$\frac{RA}{l} [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$$

となる。この単位は電気工事などで実務用として用いられている。

表1 金属の抵抗率 (20℃)

金 属	抵抗率 $\rho [\Omega \cdot \text{m}]$
	$\times 10^{-8}$
アルミニウム	2.71
銀	1.59
銅	1.69
白金	10.6
ニクロム	107.5

表2 抵抗率の単位

単 位	単位の関係
$\Omega \cdot \text{m}$	
$\Omega \cdot \text{cm}$	$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}$
$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}^{\text{②}}$	$1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} = 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

(理科年表(平成22年度版)から作成)

問 1 抵抗率 $1 \Omega \cdot m$ は、何 $\Omega \cdot mm^2/m$ か、また $1 \Omega \cdot cm$ は何 $\Omega \cdot m$ になるか。

例題 1 直径 1.6mm、長さ 50m の銅線の抵抗はいくらか。ただし、銅の抵抗率は、 $1.69 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ とし、温度は $20^\circ C$ とする。

解答… 直径 $D [mm]$ の断面積 $A [m^2]$ は、次の式で表される。

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (1.6 \times 10^{-3})^2}{4} m^2$$

求める抵抗 $R [\Omega]$ は、式(1)から、

$$R = \rho \frac{l}{A} = 1.69 \times 10^{-8} \times \frac{50 \times 4}{\pi (1.6 \times 10^{-3})^2} = 0.42 \Omega$$

問 2 直径 2mm、長さ 30m のアルミニウム線の抵抗を求めよ。ただし、温度は $20^\circ C$ とする。

問 3 ある導線の断面積を $\frac{1}{2}$ 倍にして、長さを 2 倍にすると、その抵抗は、もとの導線の抵抗の何倍になるか。

問 4 直径 2mm、長さ 150m のニクロム線^①の抵抗が 200Ω であった。このニクロム線の抵抗率 $[\Omega \cdot m]$ を求めよ。

^① Ni-Cr 合金で高温に耐える抵抗材料。オーブントースタや電気ストーブ、電熱器に用いられる。

2 温度による抵抗の変化

抵抗の大きさは、材質ばかりでなく温度によっても変化する。温度が $1^\circ C$ 上

昇するごとに物質の抵抗が変化する割合を抵抗の温度係数という。

一般に金属導体の抵抗は、温度の上昇とともに、ほぼ直線的に増加する性質をもつ。それに対して、サーミスタ^②などの半導体、炭素や電解液などの非金属の抵抗は、温度の上昇とともに減少する性質がある。

図 3 は、銅線コイルとサーミスタの抵抗-温度特性の例である。

サーミスタは、抵抗の温度係数が大きく、温度変化に対して抵抗値が著しく変化するので、温度検出素子としてよく用いられる。

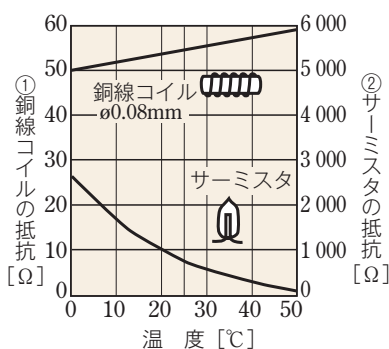


図 3 物質の抵抗-温度特性

^② thermistor
p.129 参照。

2 いろいろな抵抗

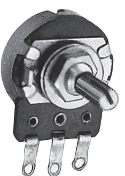




1 抵抗器

抵抗器は電気回路の重要な構成要素であり、その使用目的によって使い分け

られるために、多くの種類がある。抵抗器には、一定の抵抗値をもつ**固定抵抗器^①**、抵抗値を変えることができる**可変抵抗器^②**、抵抗値を設定し固定抵抗として使う**半固定抵抗器**がある。表3に代表的な抵抗器の例を示す。

固定抵抗の抵抗値および抵抗の許容差は、カラーコード^③によって表されることもある（前見返し参照）。

表3 代表的な抵抗器

固定抵抗器			可変抵抗器	半固定抵抗器
炭素皮膜抵抗器 セラミックスの円筒に炭素皮膜を付着させたもの。価格が安く、一般によく使われる。	金属皮膜抵抗器 セラミックスの円筒に金属皮膜を付着させたもの。精度がよい。	集合抵抗器 内部回路 (9ピン・8抵抗)		
				

- ① fixed-resistance
- ② variable resistance
- ③ カラーコードには4色表示のほかに5色表示がある。

- ④ insulation resistance
低圧屋内配線の対地電圧が150V以下の場合、 $0.1\text{M}\Omega$ 以上なければならない。

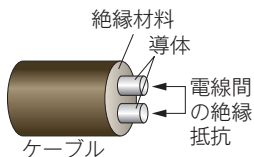


図4

2 絶縁抵抗

絶縁材料に電圧を加えると、わずかに漏れ電流が流れる。このとき、加えた

電圧と漏れ電流の比を**絶縁抵抗^④**（図4）という。



電気抵抗の変化を利用した温度計

図5(a), (b)に示す温度計は、金属の電気抵抗が温度とともに変わることを利用した温度計である。比較的容易に精密な温度計ができるため、遠隔測定・自動記録・温度制御の検知などに用いられる。図(c)は、白金抵抗温度計の原理を示したもので、白金抵抗線は、最もすぐれた安定性を示す。測定には、ホイートストンブリッジ回路を用いる。

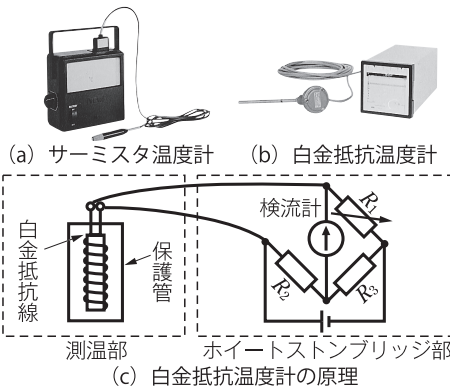


図5 電気抵抗の変化を利用した温度計

試してみよう

発光ダイオード(LED*)を点灯してみよう

1 LEDを点灯させるには、LEDの端子間に約1.6V(定格 $I_{LED}[A]$ 電圧)を加え、10mA程度の電流を流す必要がある。

2 図(a)の回路図から、抵抗 $R[\Omega]$ は、オームの法則を用いて次のように求められる。

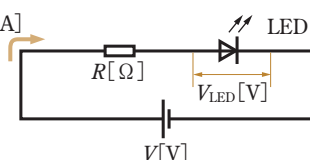
$$R = \frac{V(\text{電源電圧}) - V_{LED}(\text{LEDの定格電圧})}{I_{LED}(\text{LEDに流す電流})}$$

$$= \frac{9 - 1.6}{10 \times 10^{-3}} = 740 \Omega$$

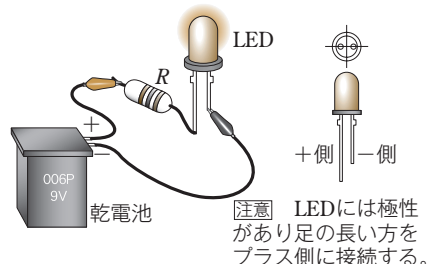
LEDに流す電流を10mA以下にするために、740Ωを超えるものとして抵抗 R に820Ωを選ぶ。

3 図(b)のように、抵抗 R 、発光ダイオード(LED)および乾電池(9V)を接続すると、LEDが点灯することを確認しよう。

* LEDについては、第4章で学ぶ。



(a) 回路図



(b) 実体配線図

図6

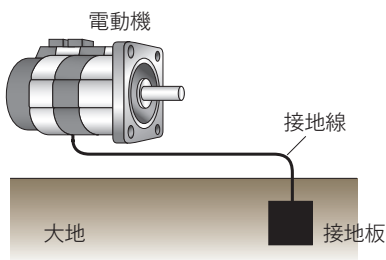
3 接地抵抗

電気機器のアース端子と大地を電氣的に接続することを**接地(アース)**^①といい、接地板や接地棒が用いられる。接地板や接地棒と大地の間に生じる抵抗を**接地抵抗**^②(図7)という。

接地抵抗の値は、感電防止・系統保全等のために電気設備技術基準^③によって定められている。

4 接触抵抗

電線と器具の端子の締め付け部や、プラグとコンセントの差し込み部など導体が接触する部分には、電気抵抗が存在する。この抵抗を**接触抵抗**^④(図8)という。接触抵抗が大きいと、発生するジュール熱が大きくなり、器具の焼損や火災の原因となる。



大地と接地板との接地抵抗

図7 接地抵抗

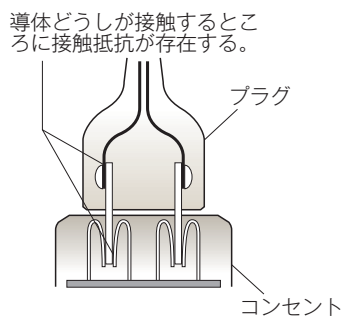
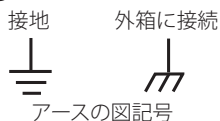


図8 接触抵抗

① earth



② grounding resistance

③ 詳しくはp.201で学ぶ。

④ contact resistance

接触抵抗が大きいと発熱の原因になる。