

3. 導体と絶縁物の性質

3.1. 導体と抵抗率

金属のように比較的よく電気を通す物体を導体と呼んでいる。導体のおもな用途は電力の伝送と電極とである。電線や開閉器等の接点には、抵抗の小さい銅、銀等、また電熱線や抵抗器には抵抗の大きい合金類が使用されている。

表3-1および表3-2は各種金属および合金を電気の通しやすさの順（後述する抵抗率の小さい順）にならべたものである。（20℃において）

表 3 - 1 金属の抵抗率

金 属	抵抗率 [$\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$]	金 属	抵抗率 [$\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$]
銀 (Ag)	0.0162	ニッケル (Ni)	0.0690
銅 (Cu)	0.0172	鉄 (Fe)	0.100
金 (Au)	0.0240	白金 (Pt)	0.105
クロム (Cr)	0.0260	スズ (Sn)	0.114
アルミニウム (Al)	0.0262	鉛 (Pb)	0.219
タングステン (W)	0.0548	水銀 (Hg)	0.954
亜鉛 (Zn)	0.0610		

表 3 - 2 合金の抵抗率

合 金	主成分	抵抗率 [$\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$]
鋼	Fe-C	0.206
マンガン	Cu-Mn	0.340~1.00
コンスタンタン	Cu-Ni	0.470~0.510
けい素鋼	Fe-Si	0.620
ニクロム	Ni-Cr(Fe)	1.00~1.10

次に、物質の電気抵抗をその形状（長さ、断面積）より調べてみよう。いま

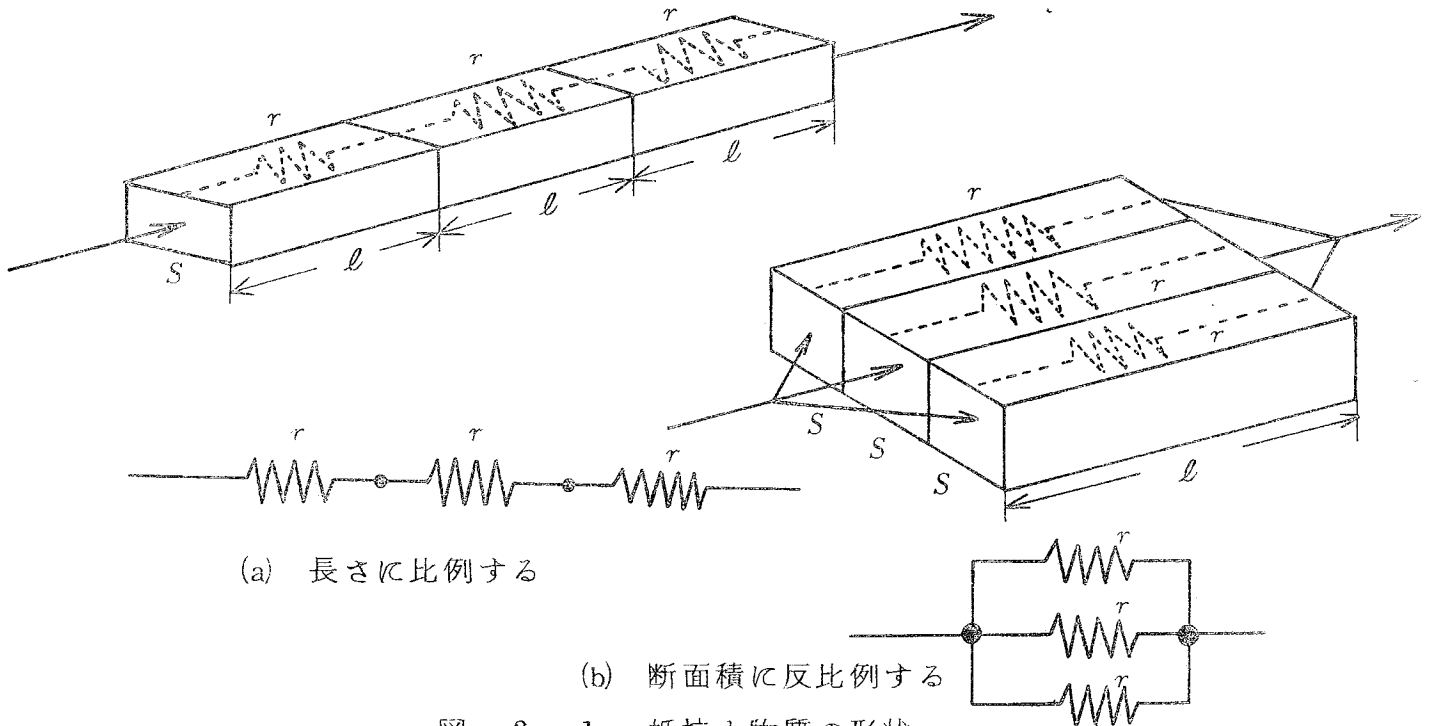


図 3-1 抵抗と物質の形状

図 3-1 のように、長さ l 、断面積 S 、抵抗 r のある材質の導体（抵抗体）を基準にして、図 3-1 (a) のように、長さ $3l$ 、断面積が一樣に S の抵抗体を考える。これは、長さ l 、断面積 S の物質が 3 個直列になっていることになり、抵抗は $3r$ となる。すなわち、抵抗は断面積を一定にしておけば、長さに比例することがわかる。また図 3-1 (b) のように、断面積が $3S$ で長さが l の抵抗体を考えると、断面積 S 、長さ l 、抵抗 r の物質が 3 個並列になったことになり、抵抗は $r/3$ となって、長さを一定にしておけば、断面積に反比例することがわかる。

以上より、物質の電気抵抗は、その長さに比例し、断面積に反比例する、とすることができる。それゆえ、長さが l [m]、断面積が S [m²] のときの抵抗 R は、比例定数を P として次式で求められる。

$$R = P \frac{l}{S} \quad [\Omega] \quad (3-1)$$

ここで、 P は物質の材質（種類）によって固有なもので、その物質の抵抗率

(または固有抵抗)と呼び、単位はオームメートル(Ωm)で表わされる。

また、抵抗率の値が極めて小さいこと、および実用されている電線は断面積が小さいこと等のため、断面積に mm^2 、長さ m を用いた方が便利ことが多い。それゆえ、断面積 $1 mm^2$ 、長さ $1 m$ の抵抗率を基準にし、単位に $\Omega mm^2/m$ を用いる。これによると、電線によく用いられる軟銅の抵抗率は約 $1/58$ 、硬銅のそれは約 $1/55 \Omega mm^2/m$ となる。前にあげた表3-1、表3-2に金属および合金の抵抗率もあわせてのせておいた。

[問3-1] 断面積 $2 mm^2$ 、長さ $1.16 m$ の軟銅線の抵抗は何 Ω か。

[問3-2] 断面積 $5.5 mm^2$ 、長さ $1000 m$ の IV 電線(軟銅)の抵抗は何 Ω か。

[問3-3] 直径 $1.6 mm$ の軟銅線で、長さが $120 m$ の抵抗を計算せよ。

[問3-4] 直径 $2.6 mm$ 、長さ $200 m$ の IV 電線の抵抗は何 Ω か。

[例3-1] 電線の長さを n 倍に引き延ばし、断面積が $1/n$ になった。この場合の抵抗は、もとの抵抗の何倍か。

[解] 電線を引き延ばす前の長さを $l [m]$ 、断面積を $S [mm^2]$ 、電線の抵抗率を $P [\Omega mm^2/m]$ とすれば、抵抗 $R [\Omega]$ は次式となる。

$$R = P \frac{l}{S} \quad [\Omega]$$

次に、長さが n 倍、断面積が $1/n$ 倍となったときの抵抗を $R' [\Omega]$ とすると、 R' は、 P は不変であるから次式で表わせる。

$$R' = P \frac{n l}{\frac{1}{n} S} = n^2 P \frac{l}{S} = n^2 \cdot R$$

すなわち R' はもとの抵抗 R の n^2 倍となることが分る。

[問3-5] 電線断面積を2倍にし、長さを2倍にすると、もとの電線に対して抵抗は何倍となるか。

[問3-6] 長さ $160 m$ 、直径 $4 mm$ の電線の抵抗は、長さ $200 m$ 、直径 $5 mm$ の電線の抵抗の何倍か。

3.2. 絶縁物

金属等の導体に比べて桁ちがいに大きい抵抗率をもつものを絶縁物と呼んでいる。それゆえ絶縁物といっても完全に電流を流さないのではなく、若干の電流の流れはある。表 3-3 に各種絶縁物の抵抗率を示す。絶縁物の役目は導体中を流れる電気が漏れたり、

電線間の短絡を防ぐことで、われわれが安全に電気を使用し、電気がその重大な使命を果たすことができるのは、まさに絶縁物によるものである。絶縁物の良否は電線路や電気機器の性能ならびに寿命に大きな影響をあたえるもので、きわめて重要なものといえる。したがって、電氣的、機械的、熱的に抵抗性の強い絶縁物が

表 3-3 絶縁物の抵抗率

絶縁物	抵抗率 [$\Omega \cdot m$]
雲母	$(0.04 \sim 200) \times 10^{13}$
絶縁油	10^{14}
硬質塩化ビニル	10^{14}
ガラス	$10^9 \sim 10^{11}$
磁器	3×10^{11}
大理石	$10^7 \sim 10^9$
ベークライト	$10^6 \sim 10^{10}$
乾燥木材	$(1 \sim 4000) \times 10^8$

開発されれば、それだけ優秀で小形の電気機器が出来ることになる。

絶縁物で導体を絶縁したとき、その絶縁物がもっている抵抗を絶縁抵抗という。実際の絶縁物では、絶縁物の中を電流が流れるほかに、その表面に沿って流れる電流がある。表面を流れる電流は、表面の状態例えば、よごれや湿気によって大きく変わる。絶縁抵抗の値は一般に大きいので、メガオーム ($M\Omega$) という単位で表わし、この測定には絶縁抵抗計 (メガ) が用いられる。 $1 M\Omega$ は $10^6 \Omega$ である。

次に絶縁電線の絶縁抵抗について調べてみよう。

今絶縁抵抗 R の絶縁物に、電圧 E を加えたとき、電流 I が流れたとすれば、 $R = E/I$ の関係が成り立つ。ここで図

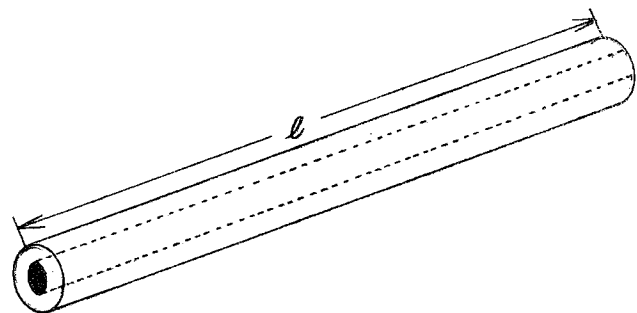


図 3-2

3-2のような電線について考えてみると、絶縁皮覆の厚みが一定であれば、長さ l を長くすると、それに比例して漏れ電流 I が増加することがわかる。それ故、加える電圧が一定であれば、絶縁抵抗 R は長さ l に比例して減少してゆく。よって上の $R = E/I$ により一般に絶縁電線の絶縁抵抗は、電線の長さに反比例するといえる。

[問3-7] 長さ20 mの配線の絶縁抵抗が2 M Ω ならば、50 mにしたときの絶縁抵抗は何M Ω か。

[問3-8] 1 V電線300 mの絶縁抵抗が50 M Ω であった。1 km当りに換算した値(M Ω)はいくらか。

練 習 問 題

(1) 次を抵抗率の大きい順にならべよ。

④ アルミニウム ③ 鉛 ② ニクロム ① 銅

(2) ある負荷に1.6 mmの1 V電線で配線をした。これを2.0 mmの電線に張り替えると、電圧降下はもとの何倍となるか。ただし配線の長さは不変とする。

(3) 直径3 mm、長さ1 kmの銅線の抵抗が5.6 Ω であるとき、直径4 mm、長さ500 mの銅線の抵抗は何 Ω か。