

第 3 章 金属の電気的性質と応用

3.1 金属の導電現象と応用

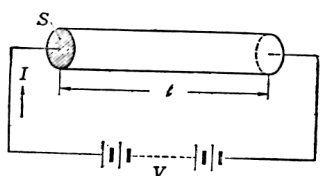
3.1.1 金属の電気抵抗

金属が電気の良導体であるということは、よく知られたところである。これはいい換えると、金属の電気抵抗は一般に小さいということである。そして金属の電気抵抗には、このほかにつぎのような性質がある。

- (1) オームの法則が成り立つ。
- (2) 温度の上昇とともに、抵抗値が増加する（プラスの温度係数）。
- (3) ジュールの法則が成り立つ。

この節では、金属の抵抗がなぜこれらの性質をもつかを考えるのであるが、その目的に便利のように、まず単位体積当たりについて成り立つ (1) ~ (3) の関係を導いておく。

(1) オームの法則 いま、第 3.1 図のような断面積 S 、長さ l の一様な金属円柱を考える。この電気抵抗を R とすれば、この両端に起電力 V をか



第 3.1 図

けた場合、流れる電流 I は、よく知られたオームの法則により、

$$I = V/R \quad (3.1)$$

で与えられる。一方、ここで金属円柱の単位面積、単位長、単位体積を考えると、 R 、 V 、 I はそれぞれつぎの関係をもつ。すなわち、この金属の抵抗率を ρ とすれば、 R は

$$R = \rho l/S \quad (3.2)$$

で表わされ、また金属円柱の中における電界の強さを E とすれば、 V は

$$V = El \quad (3.3)$$

で与えられる。さらに電流密度を i とすれば、 I は

$$I = iS \quad (3.4)$$

に等しい。したがって、(3.1) 式に (3.2)、(3.3) および (3.4) 式を代入すれば、

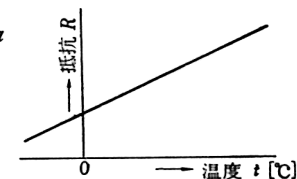
$$i = E/\rho \quad (3.5)$$

が得られる。いまここで抵抗率の逆数を σ (これを導電率 electrical conductivity という) とおけば、

$$i = \sigma E \quad (3.6)$$

となる。(3.5) 式および (3.6) 式は単位体積当たりの金属抵抗について成り立つオームの法則である。この関係は、ここでは円柱について求めたが、一般にどんな形のものについても成り立つ。

(2) 温度による抵抗の変化 一般に物質の電気抵抗は、温度が変われば、その値が変化するものであって、金属の抵抗は温度上昇とともに増加する。その関係は通常温度範囲 ($-20^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ くらい) であれば、第 3.2 図のように直線で表わすことができる。したがって、 0°C のときの抵抗を R_0 とし、直線のこう配を a



第 3.2 図

とすれば、 $t^\circ\text{C}$ における抵抗 R は

$$R = R_0 + at$$

で示される。 t を絶対温度 $T^\circ\text{K}$ に直せば、

$$R = b + aT \quad (3.7)$$

が得られる。ただし、 $b = (R_0 - 273a)$ とおいてある。これは直線を延長して $T = 0$ となる点の抵抗値である。

(3.7) 式について (1) の場合と全く同様な計算をすれば、抵抗率についての関係式に変換される。すなわち、

$$\rho = \beta + \alpha T \quad (3.8)$$

ただし、この場合も ρ を表わす直線を延長して $T = 0$ となる点の抵抗率の値を β とした。この式が示しているように、金属の抵抗率は温度に無関係な項と絶対温度に比例する項との和で表わされる。

(3) ジュールの法則 これは、金属に電流を通じるとき単位時間内に発生する熱量 W は、金属の抵抗および電流の 2 乗 I^2 の積に等しいというものである。式では、

$$W = RI^2 = V^2/R$$

と書かれる。(1) の場合と全く同様にして、単位体積当たりの発熱量 w に関する式に変換すれば、

$$w = E^2/\rho = \sigma E^2 \quad (3.9)$$

が得られる。すなわち、毎秒単位体積当たり発生する熱量は導電率および印加電界の強さの 2 乗の積に等しい。