§18－＃1　　電流の定義

導体内の自由電子は導体内の電場によって加速されるが，熱振動している金属イオンと衝突するため，速さに比例する抵抗力（比例定数 k とする）を受けてやがて終速度に落ち着く．

いま，自由電子の電荷を $-e$，導線の長さを l，その両端の電位差を V とすると，終速度 v は $\boxed{\text{(イ)}}$ となり，導線の断面積を S，単位体積中の自由電子の個数を n とすれば，電流の強さ I は $\boxed{\text{(ロ)}}$ と表されるので，さきの v の値を代入して I は $\boxed{\text{(ハ)}}$ と求まる。

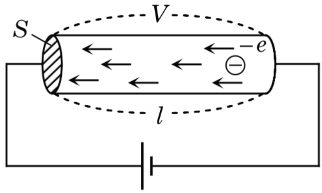

図1

一方，抵抗を R とすれば，$I=\dfrac{V}{R}$ であるから，R は e，n，S，k，l を用いると $\boxed{\text{(ニ)}}$ となり，抵抗率 ρ とすれば，$R=\rho\dfrac{l}{S}$ であるから，$\rho=\boxed{\text{(ホ)}}$ と求まる。これは，n が $\boxed{\text{(ヘ)}}$ ほど，k が $\boxed{\text{(ト)}}$ ほど，ρ が大きくなることを示している。

次に，電流の仕事率について考えよう。電場が１個の自由電子に及ぼす力の大きさは $f=\boxed{\text{(チ)}}$ であるから，電場が１個の自由電子に毎秒する仕事は $p=\boxed{\text{(リ)}}$ となる。抵抗体内の単位体積あたりの自由電子数を n とすれば，全自由電子数 N は $\boxed{\text{(ヌ)}}$ であるから，

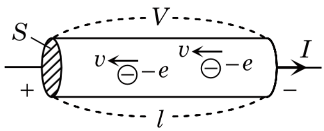

図2

電場が単位時間に全自由電子にする仕事は $P=\boxed{\text{(ル)}}$ となる。しかし，自由電子の運動エネルギーは変化しないので，この仕事はイオンの振動エネルギーの増加，つまり熱エネルギーに変わる。ところが，電流の強さは $I=$(ロ)であるから，(ル)の P の値は I，V を用いると，$P=\boxed{\text{(ヲ)}}$ となる。

　次に電流について別の考え方をしてみよう。導体の両端に電圧 V を加えると，導体内には電場ができるため，自由電子は静電気力を受ける。初め静止していた質量 m の自由電子は，図 4 のように，時間 t の間加速される。この自由電子は電場と逆向きの速さが最大値 $v_{\mathrm{max}} = \boxed{\text{(ワ)}}$ に達した所で金属イオンなどと衝突して静止する。

　このような加速と静止を図 4 のようにくり返すと自由電子の平均の速さは $\dfrac{v_{\mathrm{max}}}{2}$ となり，これが図 1 の v と等しいとしよう。この仮定および(ロ)と(ワ)を用いると，オームの法則から，導体の抵抗は v と v_{max} を使わずに $\boxed{\text{(カ)}}$ と表される。抵抗で発生したジュール熱により導体の温度が上昇すると金属イオンの振動が激しくなる。このため自由電子との衝突が頻繁に起こり，時間 t が短くなって導体の抵抗は変化する。

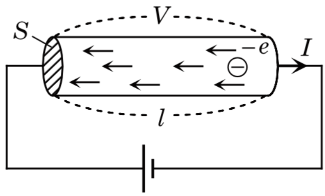

図3

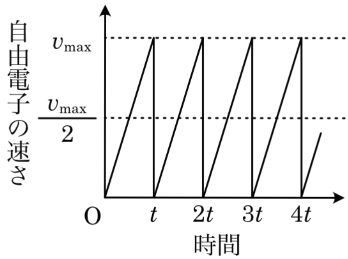

図4

（創作問題＋2011 慶應義塾大　改）