

物理Ⅱ

後期 第8回 電磁気
電流と発熱

教科書 p 62 - 64, 69 - 70

今日の内容

後期後半では、電流と磁場について学びます。
まず、電流の特徴について考えます。

電流と自由電子の流れ

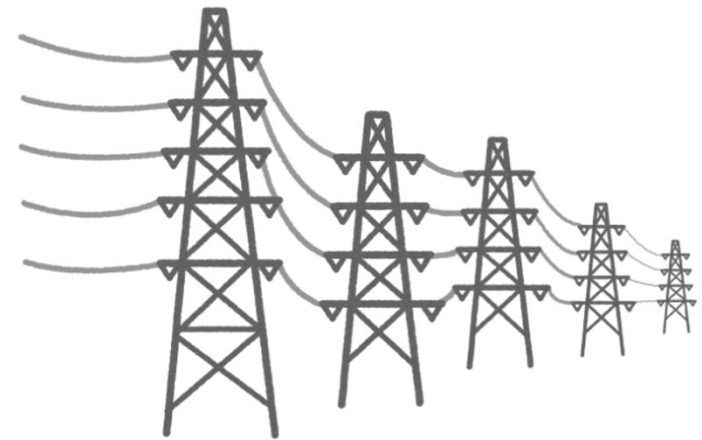
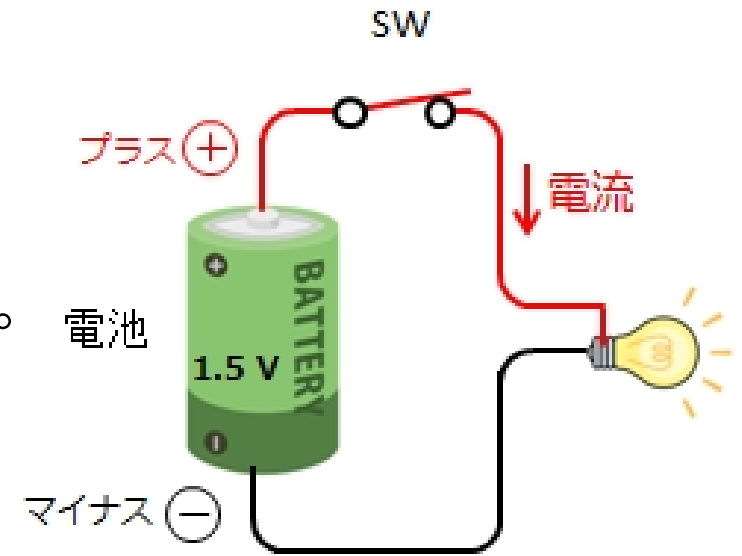
- 電流の大きさ、電流の向き
- 導体中の電流は自由電子によるもの

電子の平均の速さ

電力・電力量・ジュール熱

回路に豆電球をつなぐと、豆電球は光るのに、導線を通る電流は一定で増減することはない。なぜ？

電位と電気力の位置エネルギーを考えて電流の流れを理解しよう。



電流とは

電流の大きさは電荷の流量

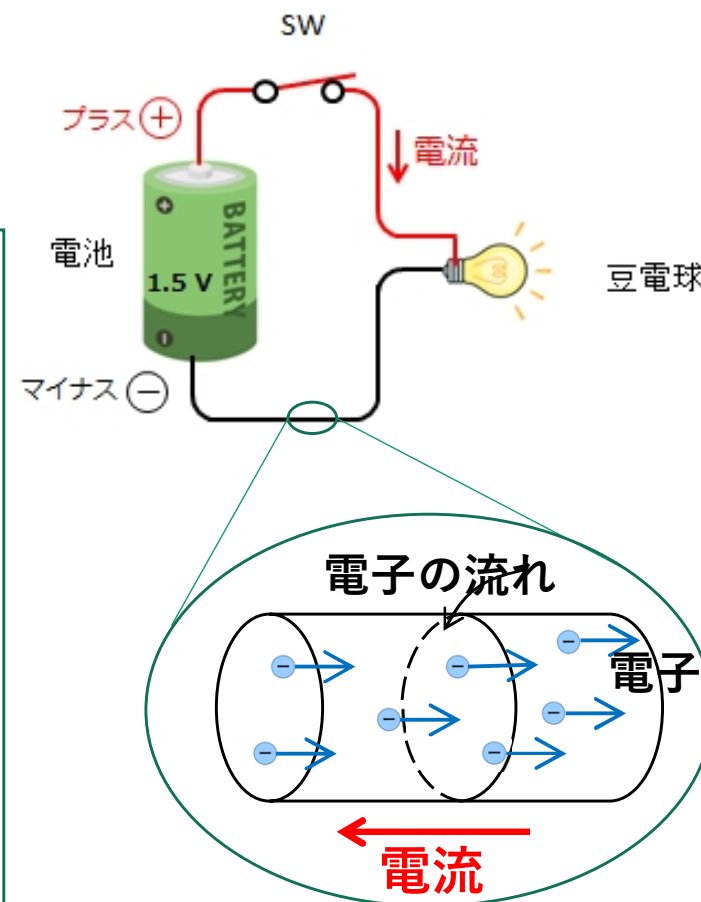
電流とはある面を通過する電気量

1s間に1Cの電荷が流れるとき1Aとする

$t[s]$ 間に $q[C]$ の電荷が流れるとき

電流の大きさ $I = \frac{q}{t}$ 単位 **A アンペア**

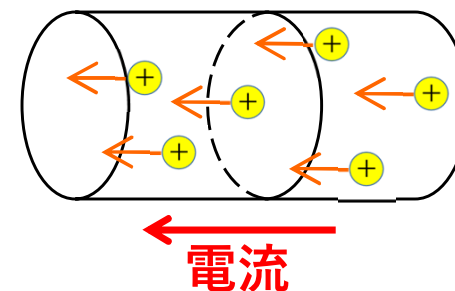
電流の向きは**正**電荷の移動方向（定義）



導体でできた導線に流れる**電流**は、電荷を持つ**自由電子**によるもの。

自由電子が移動して電流が流れるので、負の電荷をもつ電子は電流とは**逆向き**の移動方向になる。

プラスイオンの流れ



アニメーション 例題1を解きましょう

例題 1 電流 演習書 後期1-B[1]

次の問に答えなさい。ただし，電子1個の電気量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

- (1) 1秒間に 9.0×10^{18} 個の電子が導線のある断面を通過するとき，流れる電流はいくらか。
- (2) 1Aの電流が流れているとき，導線の断面を1秒間に通過する電子の個数はいくらか。

例題 1 解答例

- (1) 電流は導線の断面を1秒間に通過する電気量なので、電気量を求めると

$$9.0 \times 10^{18} \text{個/s} \cdot 1.6 \times 10^{-19} \text{C} = 1.44 \text{ C/s}$$

よって、電流は 1.4 A

- (2) 1 Aの電流を流すとき、1秒間に断面を通過する電気量は

$$q = It = 1\text{A} \times 1\text{s} = 1\text{C}$$

電子1個 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ より

$$1 \text{ Cは電子} \frac{1 \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6.2 \times 10^{18} \text{ 個}$$

よって、1秒あたり 6.2×10^{18} 個 の電子が導線の断面を通過する。

自由電子の平均速度と電流の関係

電流の大きさ

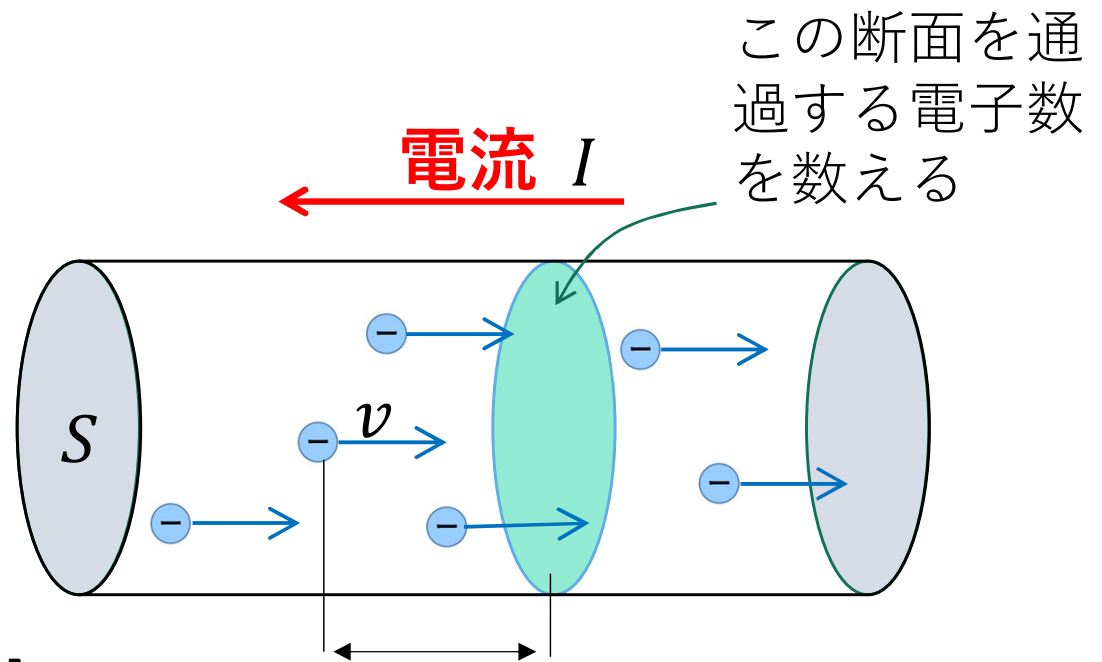
$$I = en\bar{v}S$$

e : 電子の電荷 [C]

n : 電子数密度 [個/ m^3]

$\bar{v}$: 電子の平均の速さ [m/s]

S : 導線の断面積 [m^2]



この距離が $\bar{v}$ [m]とすると、この範囲にある電子のみが1 s以内でこの断面を通過できる。

電子が流れる速さは非常に遅い

アニメーション

例題2

自由電子の流れ 演習書後1-B[2]

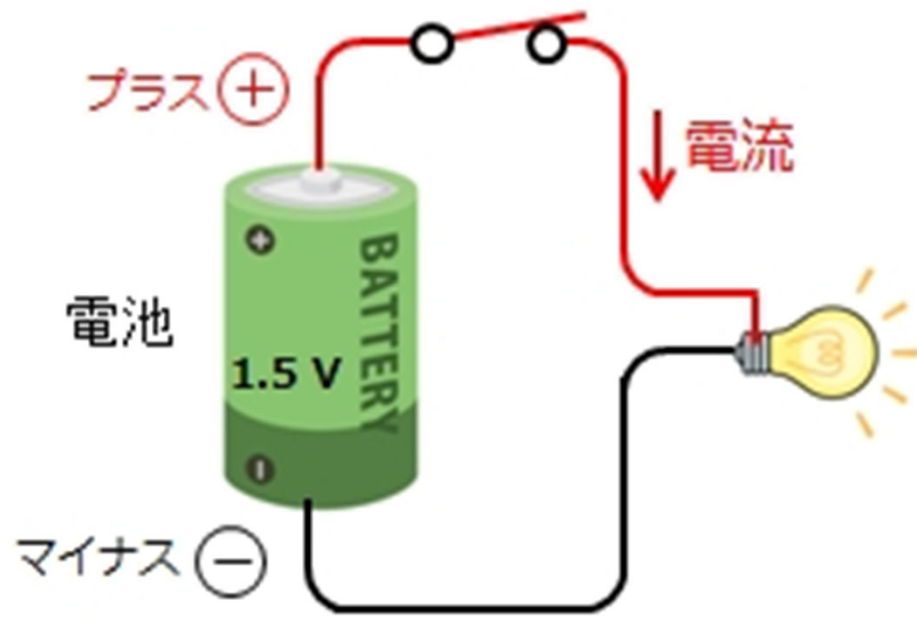
断面積 3.0 mm^2 の銅でできた導線に 10 A の電流が流れているとき、導線中を移動する自由電子の平均の速さを求めよ。ただし、電気量は $-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、銅の単位体積当たりの自由電子の個数は $n = 8.5 \times 10^{28} [\text{個}/\text{m}^3]$ とする。

例題2 解答例

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{I}{enS} & 3.0 \text{ mm}^2 &= 3.0 \times (10^{-3} \text{ m})^2 = 3.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ &= \frac{10}{1.6 \times 10^{-19} \cdot 8.5 \times 10^{28} \cdot 3.0 \times 10^{-6}} \\ &= 2.45 \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ m/s} \\ 2.5 \times 10^{-4} \text{ m/s} &= 0.25 \text{ mm/s}\end{aligned}$$

1秒で0.25mmという遅さ
1m進むのに約1時間かかる

電流と発熱

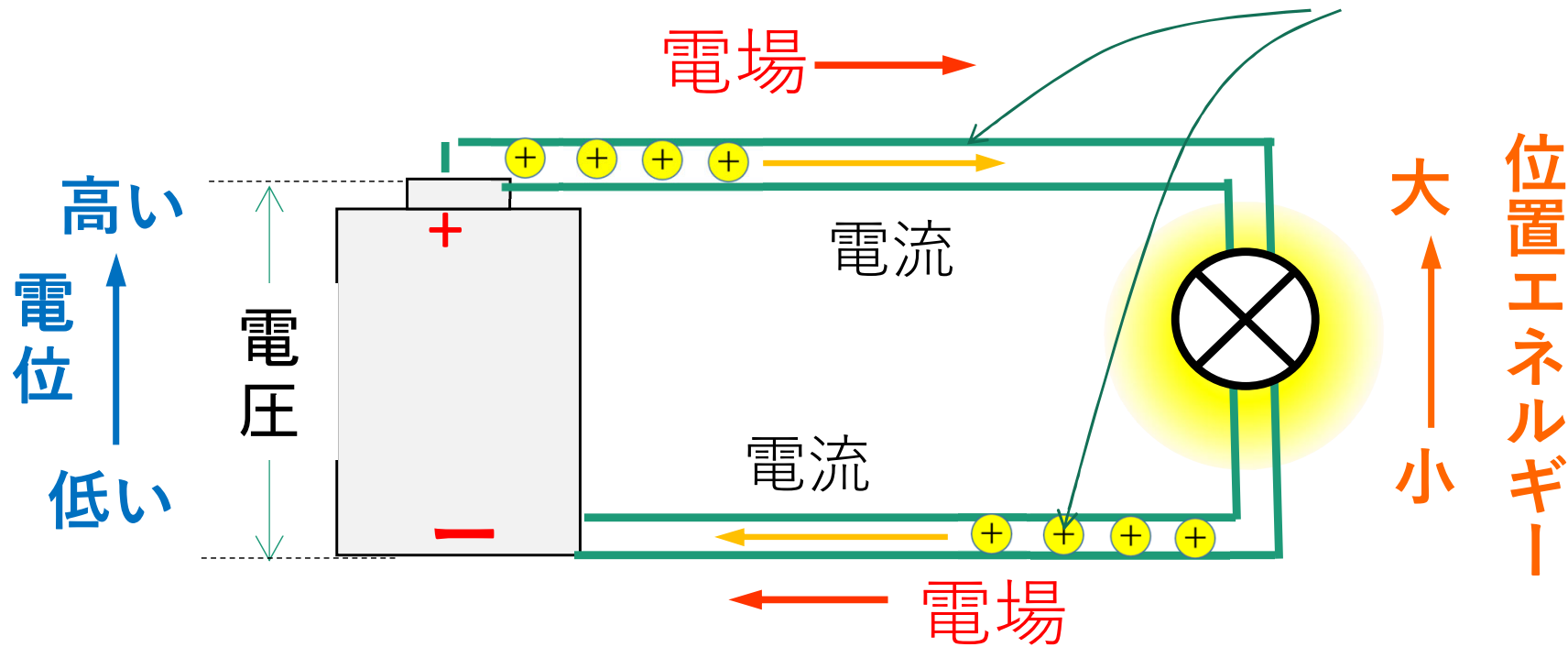


豆電球は光っているのに、導線を流れる電流は一定で増減することはない。

なぜ一定なのか？

電流は電気的エネルギーを豆電球に供給しているだけで、電流そのものが消費されているのではない。

この2つの電流の違いは位置エネルギー

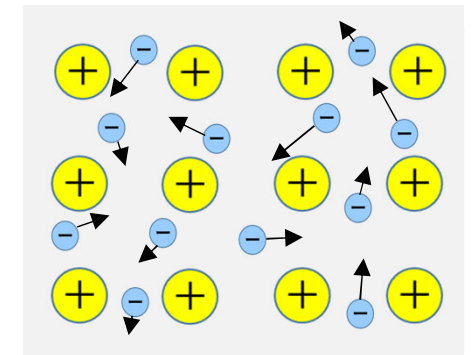


電池は化学反応により正電荷を陽極に運ぶ

電球の左右で電位差が生じる

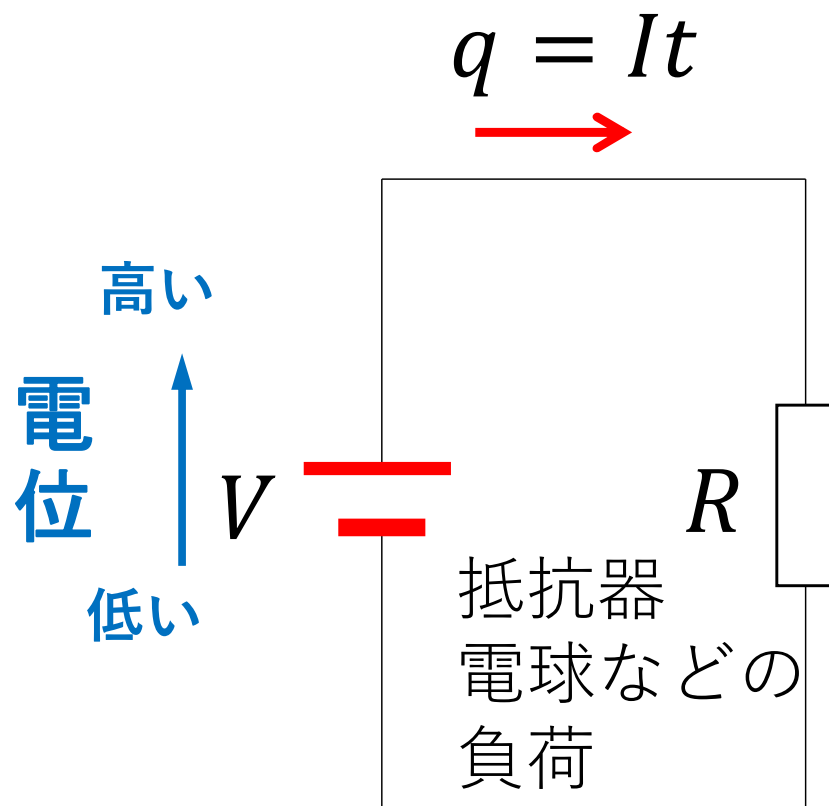
電位が高い方から低い方へ正電荷は移動する

電流の電氣的エネルギーは減少し、その分
電球に供給される。



抵抗中の原子と
自由電子

電源は電気的位置エネルギー qV [J] を供給する



$$V = RI$$

$$q = It$$

抵抗内で電荷は位置エネルギー qV [J] を失う。このとき電流が抵抗内の原子にする仕事

$$W = qV = IVt \text{ [J]}$$

この仕事は原子の熱運動のエネルギーとして消費され、**ジュール熱**が発生

$$Q = IVt \text{ [J]}$$

位置エネルギー減少

電流と抵抗

電流のする仕事：電力量

$$W = IVt$$

単位：J

電流の仕事率：電力

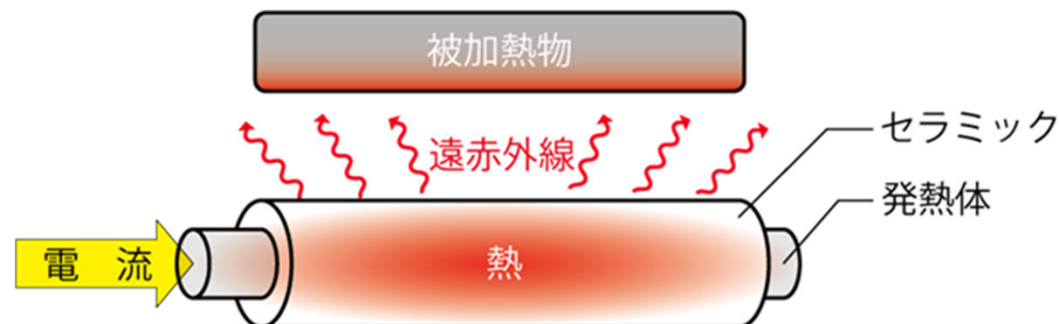
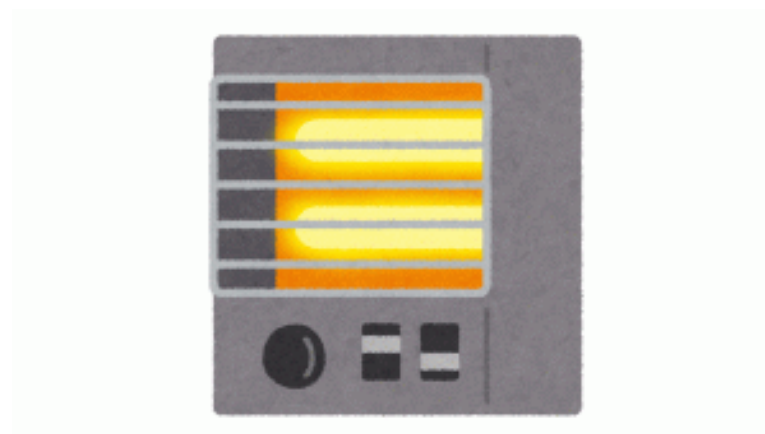
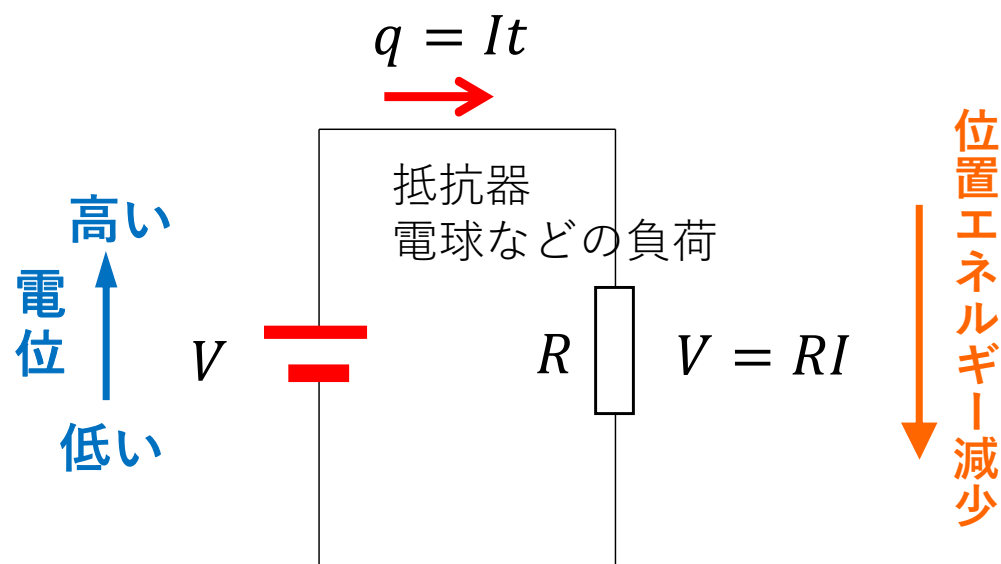
$$P = \frac{W}{t} = IV$$

単位：W（ワット）

抵抗で発生する熱：ジュール熱

$$Q = IVt = RI^2t = \frac{V^2}{R}t$$

単位：J



例題3

電力、電力量

演習書1-B [7]

- (1) 1kWhは何Jか？
- (2) 100 V用1200 Wのドライヤーを毎日5分間，1か月（30日）間使った。1kWhあたりに20円かかるとして，この電気料金を計算しなさい。

例題3 解答例

$$(1) \text{ 1kWh} = 1 \times (10^3 \text{ W}) \times (3600 \text{ s}) = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

(2) 消費する電氣的エネルギー（電力量）は

$$1200 \text{ W} \cdot \frac{1}{12} \text{ h} \cdot 30 = 3000 \text{ Wh} = 3 \text{ kWh}$$

となるから、電気料金は

$$20 \text{ 円/kWh} \cdot 3 \text{ kWh} = 60 \text{ 円}$$