

穀類, 野菜, 肉・魚など主要な食品 1 kg 中の規制値が約 100 Bq 以下であるべきなど, 放射性物質はごく微量でもかなり危険であると言われる. このことを以下の手順で考えて見よう. 崩壊定数 λ の放射性の原子核の, 任意の時刻 t における個数 $N(t)$ 個は $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ と表される. ただし, N_0 は初めの時刻における個数である. また, λ は半減期 T と $\lambda \approx 0.693/T$ という関係がある. 任意の時刻における放射能の強さ $A(t)$ は $A(t) \equiv \lambda N(t)$ と定義される.

- (a) 求めたい放射能の強さを初めの時刻の値と見なして, $A(0)$ を T, N_0 で表せ.
- (b) 考えている放射性原子核の巨視的な量の質量を m , この原子核の元素のグラム原子量を M_A , アボガドロ数を N_A として, 前問の N_0 を m, M_A, N_A で表せ.
- (c) 前問までの結果を用いて, $A(0)$ を T, m, M_A, N_A で表せ.
- (d) 具体的に, セシウム 137 (Cs-137) のとして, その放射能の強さが $A(0) = 100$ Bq として, それを生じる質量 m を計算せよ. ただし, $N_A \approx 6 \times 10^{23}/\text{mol}, M_A \approx 133$ g/mol, $T \approx 30$ y とせよ.

[解答例]

- (a) 題意より

$$A(0) = \lambda N_0 = \frac{0.693}{T} N_0. \quad (1)$$

- (b)

$$N_0 = \frac{m}{M_A} \times N_A. \quad (2)$$

- (c)

$$A(0) = \frac{0.693}{T} \times \left(\frac{m}{M_A} \right) \times N_A. \quad (3)$$

- (d) 前問の結果より, m を求める式に書き直すと

$$m = A(0) \times \frac{T}{0.693} \times \left(\frac{M_A}{N_A} \right). \quad (4)$$

1 y $\approx 365 \times (24 \times 60 \times 60)$ s $= 3.15 \times 10^7$ s であるから

$$\begin{aligned} m &= 100 \text{ Bq} \times \frac{30 \times (3.15 \times 10^7) \text{ s}}{0.693} \times \left(\frac{133 \text{ g/mol}}{6 \times 10^{23}/\text{mol}} \right) \\ &= \left(\frac{100 \times 30 \times 3.15 \times 133}{0.693 \times 6} \right) \times 10^{7-23} \text{ g} \\ \rightarrow m &\approx 3.04 \times 10^{-11} \text{ g} (= 3.04 \times 10^{-14} \text{ kg}) \end{aligned} \quad (5)$$

のように，極めて微小な質量になる．ここで，Bqの定義， $1 \text{ Bq} \equiv 1/\text{s}$ を用いた．