(Cs-137の放射能と質量)filename=Cs137-radioactivity-mass-3-QA20160121A.tex

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 $N(t) = N_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$ 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福島第一原発事故で放出されたと推定される $A(0) = 1.5 \times 10^{16}$ Bq として，それを生じる質量 m を計算せよ．ただし，$N_\mathrm{A} \approx 6 \times 10^{23}/\mathrm{mol}, M_A \approx 133\ \mathrm{g/mol}, T \approx 30\ \mathrm{y}$ とせよ．

[解答例]

(a) 題意より

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

(b)

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

(c)

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

(d) 前問の結果より，m を求める式に書き直すと

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

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

$$\begin{aligned} m \quad &= \quad 1.5 \times 10^{16}\ \mathrm{Bq} \times \frac{30 \times (3.15 \times 10^7)\ \mathrm{s}}{0.693} \times \left(\frac{133\ \mathrm{g/mol}}{6 \times 10^{23}/\mathrm{mol}}\right) \\ &= \quad \left(\frac{1.5 \times 30 \times 3.15 \times 133}{0.693 \times 6}\right) \times 10^{16+7-23}\ \mathrm{g} \\ \to m \quad &\approx \quad 4.56 \times 10^3\ \mathrm{g} = 4.56\ \mathrm{kg} \end{aligned} \tag{5}$$

のように，意外に少ない質量になる．ここで，Bq の定義，1 Bq $\equiv$ 1/s を用いた．