

(ミクロ断面積、平均自由行程：filename=cross-section-qa021206.tex)

熱中性子に対する  ${}_{92}^{235}\text{U}$  の散乱 (scattering) および核分裂 (fission) のミクロ断面積はそれぞれ次のように与えられている： $\sigma_s = 15 \text{ b}$ ,  $\sigma_f = 582 \text{ b}$  ( $1\text{b} = 1\text{barn} \equiv 10^{-24}\text{cm}^2$ ).

次の問に答えよ。

1. 一般に、グラム原子量  $M_A$ 、密度  $\rho$ 、アボガドロ数  $N_a$  を用いて、原子 (核) 数密度  $N$  を表せ。
2. アボガドロ数  $N_a = 6 \times 10^{23}$ 、ウランの密度  $\rho = 19.0\text{g/cm}^3$  として  ${}_{92}^{235}\text{U}$  の原子 (核) 数密度  $N$  を具体的に計算せよ。
3. ある核反応のミクロ断面積  $\sigma$  と原子 (核) 数  $N$  によりマクロ断面積  $\Sigma$  と対応する平均自由行程  $\ell$  を表せ。
4. 上に与えられた具体的値を用いて、散乱、核分裂のそれぞれの平均自由行程  $\ell_s, \ell_f$  を  $\text{cm}$  単位で計算せよ。

(解答例)

1.

$$N = \frac{\rho}{M_A} N_a \quad (1)$$

2.  ${}_{92}^{235}\text{U}$  のグラム原子量は約  $235\text{g}$  であるとして

$$\begin{aligned} N &= \frac{19.0\text{g/cm}^3}{235\text{g}} \times 6 \times 10^{23} \\ &= 0.486 \times 10^{23}/\text{cm}^3. \end{aligned} \quad (2)$$

3. ある核反応のミクロ断面積  $\sigma$  と原子 (核) 数  $N$  によりマクロ断面積  $\Sigma$  と対応する平均自由行程  $\ell$  を表すと

$$\Sigma = N\sigma \quad (3)$$

$$\ell = \frac{1}{\Sigma} = \frac{1}{N\sigma} \quad (4)$$

4.

$$\begin{aligned} \ell_s &= \frac{1}{N\sigma_s} = \frac{1}{0.486 \times 10^{23}\text{cm}^{-3} \times 15 \times 10^{-24}\text{cm}^2} \\ &= 1.37 \text{ cm}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ell_f &= \frac{1}{N\sigma_f} = \frac{1}{0.486 \times 10^{23}\text{cm}^{-3} \times 582 \times 10^{-24}\text{cm}^2} \\ &= 0.035 \text{ cm}, \end{aligned} \quad (6)$$

(補足) 原子炉の燃料集合体の中の燃料棒の直径が  $1 \text{ cm}$  程度であることは、上記のような原子核的特性より決まることである。