

電気出力100万 Kwatt の原子力発電所がある。この発電所の熱効率を 33% とすれば、1 時間の定格運転によって  ${}_{92}^{235}\text{U}$  がどれくらい消費されるか、次の手順で考える。ただし、 ${}_{92}^{235}\text{U}$  の捕獲および核分裂反応に対するミクロ断面積  $\sigma_c, \sigma_f$  の比  $\alpha \equiv \sigma_c/\sigma_f = 0.175$  とし、1 回の核分裂により熱として利用できるエネルギー  $E = 190 \text{ MeV}$ ,  ${}_{92}^{235}\text{U}$  のグラム原子量を 235g, アボガドロ数  $N_a = 6 \times 10^{23}$ ,  $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{joule}$  を用いよ。

1. この原発の熱出力  $P_{\text{th}}$  と電気出力  $P_{\text{el}}$  の関係を記せ。
2. 運転時間を  $T$  とすると、この間に発生する熱エネルギーを  $P_{\text{th}}$  と  $T$  で表せ。
3. 熱中性子を  ${}_{92}^{235}\text{U}$  が吸収して、核分裂する割合をミクロ断面積  $\sigma_c, \sigma_f$  で表せ。
4. 消費される  ${}_{92}^{235}\text{U}$  の質量を  $M$  とすると、その中の原子(核)の個数を  $M, N_a$  で表せ。
5. 以上の結果を用いて、消費される質量  $M$  を計算せよ。

(解答例)

1. 題意より

$$P_{\text{el}} = \frac{33}{100} P_{\text{th}} = 0.33 P_{\text{th}} \quad (1)$$

2. 題意より  $P_{\text{th}} \times T$

3. 題意より

$$\frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_c} \quad (2)$$

4. 題意より

$$\frac{M}{235\text{g}} N_a \quad (3)$$

5. 以上の結果を用いて

$$\begin{aligned} \frac{M}{235\text{g}} N_a \times \frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_c} E &= P_{\text{th}} \times T \\ \rightarrow M &= \frac{P_{\text{th}} \times T(1 + \alpha)}{E \times N_a} \times 235\text{g} \\ &= \frac{\left(\frac{100}{33}\right) \times (100 \times 10^4 \times 10^3 \text{watt}) \times (60 \times 60\text{s}) \times (1 + 0.175) \times 235\text{g}}{(190 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{joule}) \times (6 \times 10^{23})} \\ &= \left(\frac{3.03 \times 3.6 \times 1.175 \times 2.35}{1.9 \times 1.6 \times 6}\right) \times 10^{2+4+3+3+2-8+19-23} \text{g} \\ &= 165\text{g} \end{aligned} \quad (4)$$