

低濃縮ウラン核燃料(濃縮度3%)の組成は、ウラン238が約97%、ウラン235が約3%であるが、原発を1年間運転した後、使用済みの核燃料の組成は、ウラン238が約95%、放射性の核分裂生成核(約3%)、未燃焼のウラン235が約1%、生成されるプルトニウム239などのプルトニウムが約1%であるとして次の問いに答えよ。

1. ウラン235の質量の相対比は、運転前の3%から運転後の1%に変化しているが、放射性の核分裂生成核(約3%)であるのは何を意味するか述べよ。
2. 100万キロワットの電力を持つ原発を1年間運転するには、核燃料が21トン必要と言われている。この場合、放射性の核分裂生成核の質量と生成される、放射性であるプルトニウムの質量の和は何キログラムになるか。
3. 広島原爆はウラン235の濃縮度80%のウラン約75kgが使用され、その爆発効率は約1.5%であったと言われている。核分裂した質量と、生成された放射性の核分裂生成核とその他の放射性核種の質量が近似的に等しいと近似すれば、生成された核分裂生成核とその他の放射性核種の質量は約kgであるか。
4. 前問までの結果を用いれば、100万キロワットの電力を持つ原発を1年間運転した場合、放射性の核分裂生成核の質量と生成される放射性でもあるプルトニウムの質量の和は広島原爆のそれらの何倍になるか。

[解答例]

1. ウラン238が運転前の約97%から運転後の約95%と2%減少していることから次のように推定される：

ウラン238の一部(約2%)に熱中性子が吸収されて、2回ベータ崩壊してプルトニウム239(さらに中性子を吸収すると、プルトニウム240なども生成される)が一旦、生成される。生成されるプルトニウム239などの一部—ここでは約半数—も熱中性子の吸収により核分裂する。この核分裂による放射性の核分裂生成核(約1%)が追加される。

2. 題意より

$$21 \times 10^3 \text{ kg} \times \frac{(3+1)}{100} = 840 \text{ kg.} \quad (1)$$

3. 全ウランに対するウラン235の割合が80%の高濃縮ウラン75kgはウラン235の $75\text{kg} \times 0.8 = 60\text{kg}$ に相当するので

$$(75\text{kg} \times 0.8) \times \frac{1.5}{100} = 0.9 \text{ kg.} \quad (2)$$

4. 題意より

$$\frac{840 \text{ kg}}{0.9 \text{ kg}} = 933. \quad (3)$$

備考：

(a) 100 万 kW の発電所を 1 年間運転するために必要な燃料

<http://www.fepc.or.jp/library/pamphlet/zumenshu/pdf/all04.pdf>

(b) 核分裂による質量欠損は約 1000 分の 1 以下である。

(c) 福島第一原子力発電所事故では、原爆の 168.5 倍の放射性物質がまき散らされたという推定（資源エネルギー庁）がある。

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/faq/009/pdf/45.pdf>