

(核分裂という要素的過程と巨視的現象との違い)

file name=fission-elementary-process-macro-phenomena-qa20151025.tex

ある若者 A 君は原子核の分裂により解放されるエネルギーが莫大であること，すなわち核分裂によって発生するエネルギーが約 200MeV が原子分子の反応の際に出入りするエネルギー (高々 eV) に比べて，百万倍以上に高いと聞いた。

- (a) しかし，A 君は次のような疑問をもった。「核分裂によって発生するエネルギーが約 200MeV をカロリー (cal) に換算すると，極めて小さく，コップ一杯の水をわかすこともできないではないか」と。200MeV をカロリー (cal) 単位で計算せよ。ただし， $\text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$ ， $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，熱の仕事当量 J_{equiv} を $J_{\text{equiv}} \simeq 4.18 \text{ J/cal}$ とする。
- (b) A 君の考えはどこが正しくないのだろうか，説明せよ。
- (c) ウラン 235 という原子核は非常に低いエネルギーの中性子 (熱中性子) を吸収すると，ウラン 236 (の複合核) になり，このウラン 236 という原子核がある有意の割合で核分裂する。ウラン 235 の 1 モルを 235 g とし，このうちわずか 1 g を考え，それに十分な数の中性子が供給されて核分裂 (連鎖反応) を起こすことが可能な場合のエネルギー総量を cal で計算せよ。ただし，1 モルの物質の中には原子がアボガド ($N_a \simeq 6 \times 10^{23}$) 個含まれる。

(解答例)

(a) 題意より

$$\begin{aligned} 200 \text{ MeV} &= 200 \times 10^6 \text{ eV} \simeq 200 \times 10^6 \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) \\ &= 200 \times 10^6 \times (1.6 \times 10^{-19}) \times \frac{1}{4.18} \text{ cal} \\ &= \frac{200 \times 1.6}{4.18} \times 10^{6-19} \text{ cal} \simeq 0.77 \times 10^{-11} \text{ cal}. \end{aligned} \quad (1)$$

ここで，(力学的) 仕事 W と熱量 Q の等価式 $W = J_{\text{equiv}}Q$ を用いた。

- (b) 原子分子あたりの反応と原子核あたりの反応，すなわち要素的過程のエネルギー比較をそのままコップ一杯の水のような巨視的物質に適用したことが正しくない。
- (c) 題意より

$$\begin{aligned} 200 \text{ MeV} \times \left(\frac{1 \text{ g}}{235 \text{ g}} \times N_a \right) &= 0.77 \times 10^{-11} \text{ cal} \times \left(\frac{1 \text{ g}}{235 \text{ g}} \times 6 \times 10^{23} \right) \\ &= \frac{0.77 \times 6}{235} \times 10^{23-11} \text{ cal} \simeq 2 \times 10^{10} \text{ cal} \end{aligned} \quad (2)$$

という莫大なエネルギー (約 20,000,000,000 cal) になることがわかる。