

第 11 章 章末問題の詳細解答

11.1 メタンのエネルギー密度を求めよ.

解答

メタン 1 [mol] の質量 16.042 [g/mol]

メタンの燃焼熱 890.4 [kJ/mol]

よって、エネルギー密度は

$$(890.4 \text{ [kJ/mol]}) / (16.042 \text{ [g/mol]}) = 55.5 \text{ [kJ/g]}$$

となる。

11.2 一つの ${}^{235}\text{U}$ 原子が核分裂することによって発生するエネルギーは、200 MeV だとすると、 ${}^{235}\text{U}$ 1 g の核分裂によって得られるエネルギーは、燃焼によって生成するガソリン何 kg に相当するか。

解答

${}^{235}\text{U}$ 1 g 中に含まれる原子数 $(1 \text{ [g]}) / (235 \text{ [g/mol]}) \times (6.02 \times 10^{23} \text{ [/mol]}) = 2.56 \times 10^{21}$ 個

生成するエネルギー $(200 \text{ [MeV]}) \times (2.56 \times 10^{21}) = 5.12 \times 10^{23} \text{ [MeV]} = 8.20 \times 10^{10} \text{ [J]}$

ガソリンのエネルギー密度は 45.8 [kJ/g] なので、

相当するガソリンの量は

$$(8.20 \times 10^{10} \text{ [J]}) / (45.8 \times 10^3 \text{ [J/g]}) = 1.82 \times 10^6 \text{ g} = 1.82 \times 10^3 \text{ [kg]}$$

になる。

11.3 問 11.2 で発生するエネルギーで、0°Cの水何 t を沸騰させることができるか。

解答

水の比熱 4.18 [J/g·K] が温度によって変化しないと仮定すると、

$$(8.20 \times 10^{10} \text{ [J]}) / (4.18 \text{ [J/g·K]} \times 100 \text{ [K]}) = 1.96 \times 10^8 \text{ [g]} = 196 \text{ [t]}$$

11.4 地球上のカリウムはその大部分を 2 種類の安定同位体 ${}^{39}\text{K}$ と ${}^{41}\text{K}$ が占め、ごくわずかに約 0.0117% を放射性同位体 ${}^{40}\text{K}$ (カリウム 40) が占める。カリウム 40 はベータ線 (高速の電子) やガンマ線 (高エネルギーの電磁波) を放出しながら、およそ 9 割が ${}^{40}\text{Ca}$ へ、1 割が ${}^{40}\text{Ar}$ へと壊変する。人の体内中のカリウムの総量は、摂取と排出が平衡し、体重の 0.20% 程度に保たれている。カリウムは動植物にとって必要不可欠な元素だが、微量に含まれるカリウム 40 は体内被爆の要因の一つとなっている。カリウム 40 の半減期は 12.5 億年であり、カリウム 40 の量が 1 兆分の 1 だけ減少するのに 15.8 時間かかる。

(ア) 体重 60 kg の人の体内には何 mol のカリウムが存在するか。

(イ) 体重 60 kg の人の体内に存在するカリウム 40 は何個か。

(ウ) 体重 60 kg の人の体内で壊変するカリウム 40 の数は 1 秒間に何個か。

解答

$$(ア) 60 \text{ kg} \times 10^3 \text{ g/kg} \times 0.0020 / 39.1 \text{ g/mol}$$

$$= 120 \text{ g} / 39.1 \text{ g/mol}$$
$$= 3.06 \text{ mol}$$

答 3.1 mol

$$(イ) 3.06 \text{ mol} \times 0.000117 \times 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$$
$$= 2.15 \times 10^{20}$$

答 2.2×10^{20} 個

$$(ウ) 2.15 \times 10^{20} \times 10^{-12} / (15.8 \text{ h} \times 3600 \text{ sec/h})$$
$$= 3779 / \text{sec}$$

答 3.8×10^3 /秒 (約 4000 Bq)