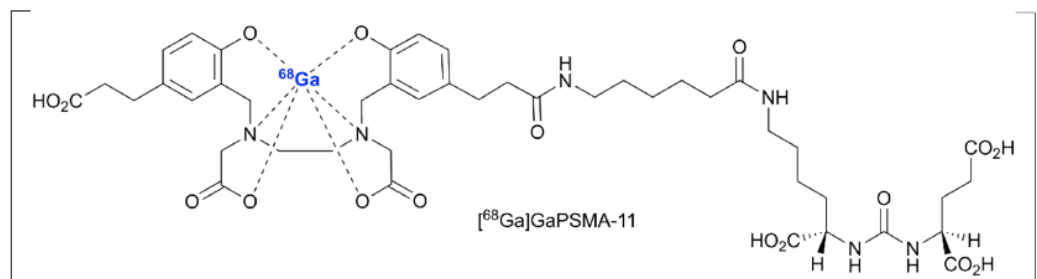


問題6. 便利な放射能

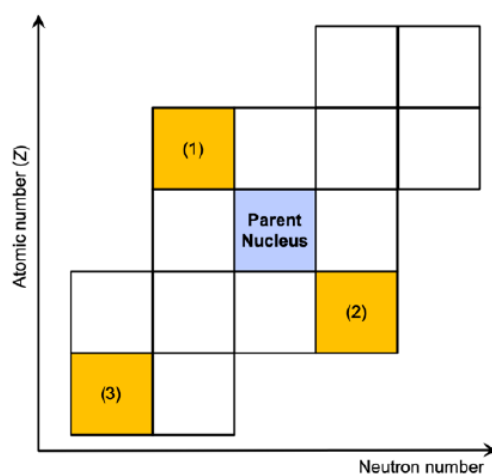
[⁶⁸Ga]GaPSMA-11は前立腺がんのPETイメージング(PET = Positron Emission Tomography; 陽電子放射断層撮影法)に用いられる放射標識された化合物である ($t_{1/2}({}^{68}\text{Ga})=67.7 \text{ min}$)。



6.1 [⁶⁸Ga]GaPSMA-11の含まれた試料は午前10:00に100 MBqの放射能を有していた。

- 12:00での放射能を答えよ。
- 17:30での放射能を答えよ。
- 患者のPETイメージを撮影するのに必要な投与時の放射能の最低値が15 MBqである時、この放射性医薬品を(PETイメージを撮影するために)注射により投与できる最も遅い時刻を答えよ。
- ⁶⁸Gaの比放射能(GBq/g)はいくらか。

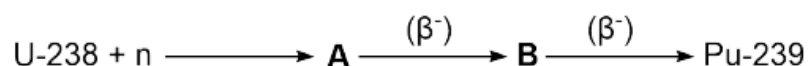
6.2 以下の図は核図表の模式図である。黄色い四角で囲われている(1),(2)および(3)の娘核種を与える親核種の壊変の種類を答えよ。



(訳注) Parent nucleus:親核種 Atomic number:原子数 Neutron number:中性子数

問題6. 便利な放射能

核燃料は原子力発電所でタービンを回すための熱を得るのに使われる燃料である。ほとんどの核燃料は、核分裂を起こし連鎖反応を起こすために重いアクチノイド元素を含んでいる。多く含まれる核分裂性の同位体は、上からウラン233、ウラン235、そしてプルトニウム239である。プルトニウム239は²³⁸Uが多く含まれる同位体混合物を使用している原子力発電プラント中で必ず生成される。これは中性子捕獲によるものである。



6.3 A及びBに当たる同位体を答えよ。

U-235をベースにした核燃料ではウラン濃縮が欠かせない。それに対してU-233は自然に発生する安定元素の中性子捕獲により生成することができる。このプロセスはPu-239の反応経路と類似している。

6.4 U-233を生成するために核反応物に加える必要のある元素を答えよ。また、U-233を生成する核反応及び壊変の種類を書け。

地質年代学は岩石、化石、堆積物の年代を決定する学問である。地質年代決定はRb-SrやSm-Nd系といった放射性同位体を用いて達成されてきた。そのような”精密時計”のシステムでは、以下のように娘核種(daughter nuclide)の量(N_D)を親核種(mother nuclide)の量(N_M)の関数としてあらわすことができる((訳注) λ :壊変定数 t :時間):

$$N_D = N_M \cdot (e^{\lambda t} - 1) \quad (1)$$

この式は放射壊変の原理から示される。

6.5 上式(1)を示せ。

興味深い精密時計としてK-40の壊変を基にしたものがある。K-40(天然存在比0.012%)は放射分析に望ましい半減期(1.25×10^9 年)を持っている(これは地球の年齢の1/4に相当する)。K-40は陽子、中性子共に奇数個の核を持っていて、特別な壊変特性を有す

問題6. 便利な放射能

る。K-40は β^- 壊変(89.14%、 $\lambda_b=4.962 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ (=/年))でCa-40(壊変エネルギー1.32 MeV)に、電子捕獲(0.2%)でAr-40(基底状態、壊変エネルギー1.51 MeV)に壊変する。また、電子捕獲によりAr-40の励起状態(10.66%、壊変エネルギー0.05 MeV)も得られる。Ar-40の励起状態は γ 放射(γ エネルギー1.461 MeV)によって基底状態に緩和される。電子捕獲の壊変定数は全体で $\lambda_e=0.581 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ である。

6.6 全ての壊変を含むK-40の壊変図式を描け。

岩石中のArの同位体比は一定でなく、Kの含有量と年齢と熱履歴の関数になっている。 $t=0$ (岩石ができた年代)において岩石はAr-40を含んでおらず、 $t=0$ から現在まで試料はKとArに対して閉鎖系にあった時、K-40/Ar-40比は岩石の年齢として表すことができる。

1 kgの火山性岩石の分析で全カリウム質量が0.14 kgであるとわかった。また、Ar-40の質量は $7.638 \times 10^{-4} \text{ mg}$ であった。

6.7 K-40の壊変図式に基づき、試料岩石の年齢を推定せよ。