

管理測定技術

第56回(2011年)

問4 次のI、IIの文章の□の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は数式を、それぞれの解答群の中から1つだけ選べ。なお、解答群の選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 陽電子断層撮影用放射性同位元素 (RI) として、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F を小型サイクロトロンを用いて製造する事業所がある。以下の表は、この事業所における各RIの製造についてまとめたものである。表中の ^{11}C と ^{15}O の半減期はそれぞれ□A4分及び□B2分である。サイクロトロンで製造したRIのホットラボへの移送を容易にするため、ターゲットには液体や気体利用されている。以下の表の中で、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O の製造に使用されるターゲット物質はそれぞれ□C3、□D1及び□E3である。 ^{11}C は、□Cに O_2 を添加して陽子線を照射すると $^{11}\text{CO}_2$ として生成し、 ^{15}O は、□Eに H_2 を添加して重陽子線を照射すると H_2^{15}O として生成する。また、 ^{13}N は、□Dに陽子線を照射すると $^{13}\text{NO}_3^-$ となる。このように、ターゲット物質中でRI製造と同時に、標識された化合物が得られる。

製造核種	半減期 [分]	照射粒子	核反応	ターゲット物質
^{11}C	□A	p	(p, α)	□C
^{13}N	10	p	(p, α)	□D
^{15}O	□B	d	(d, n)	□E
^{18}F	110	p	(p, n)	H_2^{18}O

照射終了直後の生成放射能は、照射粒子のエネルギー、ビーム強度、照射時間などに依存している。他の照射条件を同一にして、製造核種の半減期と同じ時間照射したときに比べて、その倍の時間照射すると生成放射能は□F3倍になる。また、ビーム強度を2.0倍にすると、生成放射能は□G5倍になる。一般に、ターゲット物質は照射粒子のターゲット中での飛程よりも厚くする。例えば、10 MeV 陽子の水中での飛程(R)は約0.1 cmであるが、同一のエネルギーのアルファ粒子、陽子及び重陽子の飛程をそれぞれ $R(\alpha)$ 、 $R(p)$ 及び $R(d)$ とすると、その大きさには□H1の関係がある。いま、 H_2^{18}O に10 MeV 陽子を平均電流10 μA で60分間照射した場合、 H_2^{18}O に与えられるエネルギーは□I4 J (ジュール)となる。これは、 H_2^{18}O の温度上昇につながることから、容器は冷却を十分に行い、密閉性を保つ構造にする必要がある。照射後にサイクロトロン室に入室する際は、まず、エリアモニタで室内の空間線量率を確認する。さらに、サイクロトロン室内の空気は、運転中に発生した□J3によって放射化し、半減期1.8時間の□K3が生成している可能性があることから、室内空気の放射能濃度が空気中濃度限度を超えていないことも確認する。

<A, Bの解答群>

1 1.0 2 2.0 3 10 4 20 5 60

<C~Eの解答群>

1 H_2O 2 Ne 3 N_2 4 CH_4 5 HF

<F, Gの解答群>

1 1.0 2 1.25 3 1.5 4 1.75 5 2.0

<Hの解答群>

1 $R(p) > R(d) > R(\alpha)$ 2 $R(\alpha) > R(d) > R(p)$ 3 $R(\alpha) \approx R(d) > R(p)$

4 $R(p) \approx R(d) > R(\alpha)$

<Iの解答群>

1 1.0×10^2 2 6.0×10^3 3 1.6×10^5 4 3.6×10^5

<Jの解答群>

1 γ 線 2 陽子 3 中性子 4 α 線

<Kの解答群>

1 ^{14}C 2 ^{16}N 3 ^{41}Ar 4 ^{222}Rn

II 軽元素に荷電粒子を照射して生成する核種は、その安定同位体に比べて中性子数が **L2** という

特徴がある。このため、 β^+ 壊変して安定な核種となる性質を持っている。

陽電子が電子と対消滅する際に **M3** MeV の 2 本の消滅放射線が同時に反対方向に放出されるため、測定には検出器を対向させて同時計数する方法が利用されている。 ^{13}N を 10 分間測定したとき、 2.0×10^6 カウントであった。さらに引き続き 20 分間測定を継続すると計数は 30 分間合わせて **N7** カウントとなると予想される。また、1 TBq の ^{13}N の原子数は **O4** であり、500 分後には **P8** と期待される。

これら核種は短寿命なので標識化合物は短時間で合成する必要があり、さらに精製により **Q2** 純度をあげることも重要である。例えば、 ^{18}F で標識したグルコース (FDG) の分離精製には **R3** が利用される。化学操作中の外部被ばくを防ぐ必要があり、自動合成装置が用いられている。

また、放射性的な窒素や希ガスのような放射性気体による被ばくでは、吸入により身体組織に放射性物質が集積することによる線量よりも、体外又は肺の中の放射性気体からの放射線による線量の方がはるかに大きくなることがある。この状態を **S7** と呼ぶ。

<L の解答群>

- 1 多い 2 少ない

<M, N の解答群>

- 1 0.12 2 0.32 3 0.51 4 1.0 5 2.5×10^6 6 3.0×10^6 7 3.5×10^6
8 4.0×10^6

<O, P の解答群>

- 1 8.7×10^{10} 2 1.4×10^{12} 3 1.4×10^{13} 4 8.7×10^{14} 5 8.7×10^3
6 1.4×10^3 7 8.1×10^2 8 1 以下

<Q~S の解答群>

- 1 核種 2 化学 3 液体クロマトグラフ 4 薄層クロマトグラフ
5 ガスクロマトグラフ 6 内部被ばく 7 サブマージョン 8 局所被ばく