

# 管理測定技術

## 第 57 回 (2012 年)

問 2 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、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

I 低レベル放射能の測定にとって大切な事柄として、バックグラウンド計数率の低減、高い [A 2] の確保、長時間測定などが共通的に挙げられる。

また、測定対象の [B 1] を求める場合には、測定試料の量を多くすることが有効である。バックグラウンドの原因として、次のようなものがある。

- ① 建材、土壌、空気など周囲の環境中に存在する放射性物質。
- ② 検出器自体や遮蔽材などに含まれる放射性物質。
- ③ [C 11] などの宇宙線。
- ④ 他の電気機器からの高周波信号や電源スイッチの開閉にともなう電磁的ノイズ。

これらの原因のうち、①の環境中の放射性物質として、[ア 12] や [イ 13] の壊変生成物や [ウ 2] などの天然の放射性物質が主なものであるが、原子力発電所事故により放出された  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  によるバックグラウンドにも注意すべきである。[ウ] は高いエネルギーの  $\beta$  線、 $\gamma$  線を放出し、 $\gamma$  線バックグラウンドスペクトルの 1.46 MeV 相当位置に顕著なピークを出現させる。また、2.6 MeV 付近にも顕著なピークが認められるが、これは [ア] の子孫核種の [エ 7] から放出される  $\gamma$  線によるものである。また、[イ] の子孫核種である  $^{214}\text{Bi}$  から 609 keV の  $\gamma$  線が放出されるが、このエネルギーは [オ 5] から放出される 605 keV  $\gamma$  線エネルギーに近接しているため、[オ] の測定に際し、妨害となることがある。これらの検出器外部からの放射線の影響を低減させるためには、厚い鉛や鉄のような遮蔽材によって検出器部を取り囲む。

②については、①で述べたような核種が検出器自体や遮蔽体に含有されると、ここから放出される放射線に対して遮蔽も有効に機能しないため、材料の吟味が必要である。例えば、遮蔽体の鉛には半減期 22 年の [カ 9] が含まれることがあり、この場合、その娘核種の [キ 10] からの [D 10] に起因する [E 9] によるバックグラウンドが問題になることがある。また、半田 (はんだ) には [ア] や [イ] の壊変生成物が含まれることがあり、ガラスには [ウ] が含有することがあるので注意する必要がある。

③に対して [C] は極めて透過力が強いので、遮蔽体の使用もあまり効果がない。これを効果的に除去するためには、計数管の周囲や上部にガード計数管を配置し、この出力パルスで主計数管のパルスに対して [F 4] を行うとよい。これは、特に  $\beta$  線の低レベル放射能測定にとって有効である。

④における電磁的ノイズ対策として、金属箱などによる電磁的遮蔽や電源部のフィルタの使用などがある。

高い [A] を確保するためには、測定試料を検出器に近づけたり、大きな検出器を用いて幾何効率を大きくすることが有効であるが、大きな検出器を用いると、バックグラウンド計数率も高くなるので、その兼ね合いに配慮する必要がある。また、測定器がスペクトロメータの場合、[A] が同じであっても、[G 7] が高い方が連続的なバックグラウンドスペクトルとピークとの識別に関して有利である。

<A~G の解答群>

- |             |            |          |         |              |
|-------------|------------|----------|---------|--------------|
| 1 放射能濃度     | 2 検出効率     | 3 時間分解能  | 4 逆同時計数 | 5 同時計数       |
| 6 波高弁別      | 7 エネルギー分解能 | 8 ニュートリノ | 9 制動放射線 | 10 $\beta$ 線 |
| 11 $\mu$ 粒子 |            |          |         |              |

<ア~キの解答群>

- |                     |                      |                      |                      |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 $^{14}\text{C}$   | 2 $^{40}\text{K}$    | 3 $^{60}\text{Co}$   | 4 $^{131}\text{I}$   | 5 $^{134}\text{Cs}$ | 6 $^{137}\text{Cs}$ | 7 $^{208}\text{Tl}$ | 8 $^{210}\text{Po}$ |
| 9 $^{210}\text{Pb}$ | 10 $^{210}\text{Bi}$ | 11 $^{214}\text{Bi}$ | 12 $^{232}\text{Th}$ | 13 $^{238}\text{U}$ |                     |                     |                     |

II 低レベルβ線の測定において、測定試料からの放射線による計数率  $n_s$  は、バックグラウンドを含めた全体の計数率  $n_G$  から、バックグラウンド計数率  $n_B$  を差し引いて求める。すなわち、

$$n_s = n_G - n_B \\ = \frac{N_G}{T_G} - \frac{N_B}{T_B}$$

となる。ここで、 $N_G$  は試料を置いた状態で計数を時間  $T_G$  の間行ったときに得られた計数値、 $N_B$  は試料を置かないで計数を時間  $T_B$  の間行ったとき得られた計数値である。この場合、 $n_s$  の標準偏差を  $\sigma_s$  とすると、 $n_s$  の分散  $V_s$  は

$$V_s = \sigma_s^2 = \text{H} \quad \mathbf{12}$$

で与えられる。全体の計数時間  $T$  が一定、すなわち  $T = T_G + T_B$  が一定の場合、上式において  $T_G = T - T_B$  とし、 $\sigma_s^2$  を  $T_B$  で微分すると、

$$\frac{d\sigma_s^2}{dT_B} = \text{I} \quad \mathbf{10}$$

の関係が得られる。バックグラウンド計測に関わる最適配分時間は  $\frac{d\sigma_s^2}{dT_B} = 0$  とおいて、

$$\frac{T - T_B}{T_B} = \frac{T_G}{T_B} = \text{J} \quad \mathbf{3}$$

として求めることができる。したがって、たとえば、測定試料を置いた時の計数率が毎分約 20 カウント、バックグラウンド計数率が毎分約 10 カウントであることが予備測定で分かっているとき、測定にかかわる時間  $T$  が一定という制約の中で計数率の統計誤差を最小にするためには、 $\frac{T_G}{T_B}$  を

$\text{K} \quad \mathbf{2}$  にするのがよい。したがって、 $T = 100 \text{ min}$  の場合、 $T_G = \text{ケ} \quad \mathbf{10} \text{ min}$ 、 $T_B = \text{コ} \quad \mathbf{8} \text{ min}$  とする。

<H~Jの解答群>

$$\begin{array}{llllll} 1 \quad \frac{n_G}{n_B} & 2 \quad \frac{n_G}{n_G + n_B} & 3 \quad \sqrt{\frac{n_G}{n_B}} & 4 \quad \sqrt{\frac{n_G}{n_G + n_B}} & 5 \quad \sqrt{\frac{N_G}{N_B}} & 6 \quad \sqrt{\frac{N_G}{N_G + N_B}} \\ 7 \quad \frac{N_G}{T - T_B} + \frac{N_B}{T_B} & 8 \quad \frac{N_G}{(T - T_B)^2} - \frac{N_B}{T_B^2} & 9 \quad \frac{n_G}{(T - T_B)^2} + \frac{n_B}{T_B^2} & 10 \quad \frac{n_G}{(T - T_B)^2} - \frac{n_B}{T_B^2} \\ 11 \quad \frac{n_G}{T_G} - \frac{n_B}{T_B} & 12 \quad \frac{n_G}{T_G} + \frac{n_B}{T_B} & 13 \quad \frac{N_G}{T_G} + \frac{N_B}{T_B} & 14 \quad \frac{N_G^2}{T_G} + \frac{N_B^2}{T_B} \end{array}$$

<ク~コの解答群>

$$\begin{array}{llllllll} 1 \quad 1.0 & 2 \quad 1.4 & 3 \quad 2.0 & 4 \quad 2.4 & 5 \quad 3.0 & 6 \quad 24 & 7 \quad 33 & 8 \quad 41 \\ 9 \quad 50 & 10 \quad 59 & 11 \quad 67 & 12 \quad 76 \end{array}$$