

# 管理測定技術

## 第58回(2013年)

問2 次のⅠ～Ⅲの文章の□の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 中性子は電荷を有しない粒子であるので、中性子が直接検出されるのではなく、中性子による核反応や軽い原子核との衝突によって生じた荷電粒子を検出することによって間接的に検出される。

低速の中性子の検出には、主に  $(n, \alpha)$  反応、 $(n, p)$  反応などが用いられるが、この際、反応のQ値が□**A**1□, すなわち□**B**4□反応であることが必要である。このうち、最もよく用いられるのは $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  反応であるが、熱中性子の場合、生成する $^7\text{Li}$ の約94%が0.48 MeVの励起状態に、残りの約6%が直接基底状態になる。直接基底状態になる場合のQ値は2.79 MeVである。このエネルギーが運動量保存則にしたがって $\alpha$ 粒子と基底状態の $^7\text{Li}$ 核とに分配され、 $\alpha$ 粒子の運動エネルギー $E_\alpha$ は□**ア**10 MeV、 $^7\text{Li}$ 核の運動エネルギー $E_{\text{Li}}$ は□**イ**6 MeVとなる。 $^7\text{Li}$ 励起状態を経由する場合には、 $\alpha$ 粒子の運動エネルギーと $^7\text{Li}$ 励起核の運動エネルギーの和は□**ウ**11 MeVであり、これが $\alpha$ 粒子と $^7\text{Li}$ 励起核とに分配され、 $\alpha$ 粒子の運動エネルギー $E'_\alpha$ は□**エ**8 MeV、 $^7\text{Li}$ 励起核の運動エネルギー $E'_{\text{Li}}$ は□**オ**5 MeVとなる。なお、 $^7\text{Li}$ 励起状態を経由する場合は、さらに0.48 MeVの $\gamma$ 線が放出され、基底状態になる。

高濃縮 $^{10}\text{B}$ を気体状の $\text{BF}_3$ とし、比例計数管の計数ガスとしたものを $\text{BF}_3$ 比例計数管といい、中性子の計測にしばしば用いられる。この場合、計数ガス中で熱中性子との核反応が起きると、計数ガスに2.79 MeVもしくは□**ウ**11 MeVのエネルギーが与えられる。いずれの場合でも計数管への印加電圧をプラトー領域に設定すれば、これらの反応をほぼ100%の効率で計数することが可能である。0.48 MeV  $\gamma$ 線はガス中で相互作用をする確率は少ない。仮に相互作用を起こしたときでも、このときは $\alpha$ 粒子とLi反跳核とによって、□**ウ**11 MeVに相当するパルス信号も同時に検出されるので、パルス数の計測にとって、その影響はほとんどない。ただし、中性子との反応が計数管内壁に近い場所が生じたとき、計数ガスに必ずしも全エネルギーが付与されず、パルス波高が減少する場合がある。これを□**カ**8効果といっている。

$^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  反応の断面積は非常に大きく、特に熱中性子に対して感度の高い測定ができる。断面積は中性子の速度を $v$ とすると、□**ド**13に比例する。これは、中性子束の解析にとって都合のよい特性である。

<A~Dの解答群>

1 正 2 負 3 吸熱 4 発熱 5 共鳴 6 弾性 7 励起 8 壁

9 反跳 10 クエンチング 11  $v$  12  $\frac{1}{v}$  13  $\frac{1}{v}$

<ア~オの解答群>

1 0.48 2 0.51 3 0.67 4 0.75 5 0.84 6 1.01 7 1.16 8 1.47

9 1.53 10 1.78 11 2.31 12 2.79

II BF<sub>3</sub> 比例計数管は特に熱中性子に対して高い感度を有するが、この計数管の周りをポリエチレン、パラフィンなどの **E2** を多く含む物質でとり囲み、中性子を効率的に **F14** させれば、高速の中性子の測定もできる。これを、一般に **F** 型中性子検出器といい、そのエネルギー特性は **F** 材の厚さや形状、種類によって調節することができる。例えば、このような利用として、エネルギー特性を **G9** 換算係数曲線に **H12** するようにすると、中性子についてのエネルギー情報なしに、中性子による **G** を広いエネルギー範囲にわたって直読することができる。このような中性子測定器を歴史的経過から **I5** と呼ぶこともある。また、エネルギー特性をほぼ平坦にしたものがあり、これを **J7** と呼んでいる。そのほか、厚さの異なるいくつかの検出器の応答の差から、中性子エネルギー分布に関する情報を得る手法も用いられている。

<E~Jの解答群>

- 1 重水素    2 水素    3 炭素    4 カドミウム    5 レムカウンタ
- 6 カウンタテレスコープ    7 ロングカウンタ    8 吸収線量    9 1cm線量当量
- 10 組織加重係数    11 逆比例    12 適合    13 反跳    14 減速    15 吸収

III 核反応を利用した中性子検出器として<sup>3</sup>He(n,p) **K2** 反応を利用した<sup>3</sup>He 比例計数管もよく用いられる。この反応のQ値は0.765 MeVである。この場合、単に中性子の検出にとどまらず、高速中性子のスペクトロメータとしても用いることができる。このときのパルス波高は中性子のエネルギーに **L7** を加えたものとなる。

**M9** の場合には、軽い原子核、特に水素核との衝突による反跳陽子の検出を介して中性子を計測することもできる。例えばCH<sub>4</sub> や水素を充填した比例計数管、液体シンチレーションカウンタなどである。ただし、この場合、入射中性子のエネルギーE<sub>n</sub> が線スペクトルであっても、反跳陽子のエネルギー分布が0から **N11** までの **O14** 連続分布となるので、中性子のエネルギー解析が複雑となる。

<K~Oの解答群>

- 1 <sup>2</sup>H    2 <sup>3</sup>H    3 <sup>3</sup>He    4 <sup>4</sup>He    5 γ線エネルギー    6 反跳エネルギー
- 7 Q値    8 Heの励起エネルギー    9 高速中性子    10 熱外中性子    11 E<sub>n</sub>
- 12  $\frac{1}{2}E_n$     13 ボルツマン分布に従う    14 一様の    15 ガウス分布に従う