

放射線衛生学 試験 2014. 7. 25

問題文を読み、内容が正しい場合は、解答用紙（マークシート）の①を、正しくない場合は②を、
（50問、1問2点、60点以上が合格）
ていねいに塗りつぶしなさい。

- 問題 1 (X) 放射線障害は、身体的影響と精神的影響の二つに分類できる。
- 問題 2 (X) 放射線の晩発影響には、発癌と白血球減少、白内障がある。
- 問題 3 (O) 確定的影響にはしきい値があり、確率的影響にはない。
- 問題 4 (X) 同じ線量を受ける場合でも1度に受けるより慢性的に受けるときの方が影響が大きい。
- 問題 5 (O) 組織・臓器の放射線感受性の大小は、次の通りである。骨髄>皮膚>神経
- 問題 6 (X) 放射線を被ばくしたとき、血液中の血球成分の種類により減少の仕方が異なるが、これはそれぞれの血液中での寿命によるものである。
- 問題 7 (X) 血液中のリンパ球は、細胞のプログラム死としても説明されているネクロシスにより減少する。
- 問題 8 (O) 生殖腺において低い線量で一時不妊となるのは、未熟精原細胞や卵原細胞の集団の表面の細胞が障害を受けるためである。
- 問題 9 (X) 皮膚の初期紅斑（赤くなる）のしきい値は2Gyであり、被ばくから数時間のうちに起こる。
- 問題 10 (O) 小腸の放射線によるダメージは絨毛先端の幹細胞の死滅によって起こり、そこから下血や感染症が発生する。
- 問題 11 (O) 生殖細胞において、自然に発生する突然変異と同じ数の突然変異が新たに生ずる線量を「倍加線量」という。
- 問題 12 (O) 妊娠時の放射線影響として、着床前期にしきい値以上の被ばくをすると奇形が発生する恐れがある。
- 問題 13 (O) 国際放射線防護委員会（ICRP）によれば、妊娠時の被ばくで慎重に中絶を考慮するのは100mGy以上被ばくした場合としている。

※ ウラにも問題あり！！

問題 14 (4) ラジカルとは、分子の結合が切れて生成された極めて反応しやすい分子種または原子のことである。

問題 15 (9) 光子 (γ 線, X線) の物質との相互作用には制動放射, 光電効果, コンプトン効果, 電子対生成がある。

問題 16 (9) 光電効果が発生した場合, 空席となった電子軌道には原子外にある自由電子が取り込まれ余分なエネルギーをX線として放出するが, この作用をオージェ効果と呼ぶ。

問題 17 (X) 光電効果は電子軌道のうち内側の軌道の電子と起こす確率が高い。

問題 18 (X) コンプトン効果で発生する散乱光子はすべて同じ振動数 (エネルギー) となり干渉性となる。

問題 19 (0) 電子対生成を起こすためには, 光子が2つの電子 (陰電子・陽電子) の質量の和である1.022MeV以上のエネルギーを持っていないといけない。

問題 20 (X) 線エネルギー付与 (LET) とは, 粒子が飛跡に沿って物質に与えるエネルギーのことで, その量は単位長さあたりのエネルギー値として与えられる。

問題 21 (X) α 線などの重粒子線では, その飛跡に沿って連続的にスパーという直径2 nm程の領域が作られる。スパーの中には, 電子, イオン, ラジカルやそれらの反応物が生成される。

問題 22 (X) 放射線により100eVのエネルギーが物質に与えられたとき生成する分子の数を「G値」という。

問題 23 (X) 放射線によるDNAへの直接作用とは, 放射線により生成された水和電子やOHラジカルなどが生体有機高分子と反応しDNAに損傷を与える過程である。

問題 24 (9) がんの粒子線治療が有効な理由の一つは, 高LET放射線により修復不可能なDNA二本鎖切断が起こるためである。

問題 25 (X) 細胞死を前提として, 低LET放射線によるDNAへの直接作用対間接作用の比は, 2対1から3対1である。

問題 26 (X) 放射線のDNAへの間接作用は, 酸素分圧が高いほど, 温度が高いほどその効果が修飾され増強される。

問題 27 (入) 5-ブロモデオキシウリジン (BrdU) は間接効果を減少させ (防護効果), システイン, システアミン等のチオール化合物は間接効果を増強する (増強効果)。

問題 28 (X) 細胞分裂後の細胞が次の分裂を起こすまでの周期 (細胞周期) において, G_1 期 (第1間期) 後期から S 期 (DNA 合成期) 前期と M 期 (細胞分裂期) に細胞の放射線感受性が低くなる。

問題 29 (入) α 線, β 線, γ 線, 陽子線, 重イオン線, 中性子線は荷電粒子に分類され, X 線は非荷電粒子に分類される。

問題 30 (入) 放射能という用語は, 原子核が放射線を放出して壊変する性質を表す場合と, その性質の強さを表す場合がありこの場合の量は, 単位時間に壊変する数をもって表す。

問題 31 (X) α 壊変では, α 粒子の放出に伴い原子番号が 1, 質量数が 2 少ない核種に変化する。

問題 32 (X) β 崩壊には, β^- 崩壊, β^+ 崩壊, 軌道電子捕獲があるが, いずれもこれらと同時にニュートリノが放出される。

問題 33 (X) 原子核から放出される放射線には, そのエネルギーがすべて同じ場合 (単色エネルギー) とばらばらの場合 (連続エネルギー) があるが, α 線と β 線は連続エネルギー, γ 線は単色エネルギーである。

問題 34 (X) γ 壊変 (γ 遷移) では, 核異性体転移により原子核から電磁波 (γ 線) が放出されるが, その γ 線が原子からでるまでに軌道電子にエネルギーを与えて電子線として放出させる場合があり, これを内部転換という。

問題 35 (入) 放射性核種は, 経過時間に沿って一定の割合で減衰し放射能が時刻 0 のときの半分になるまでの時間を半減期という。これより 3 半減期後の放射能は最初の 12.5% となる。

問題 36 (入) 2つの電極の間にある程度の高電圧をかけ, そこへ放射線を入射させると生成されたイオン電子対を収集することができるが, 電圧が低いとイオン再結合が起こる。そこから電圧を上げイオン再結合が無くなる様になった状態を GM 計数管領域という。

問題 37 (X) GM 計数管で放射線を検出する際, 1 個の放射線入射に続き次の放射線入射までの時間が短いと, 十分な電圧値のパルス信号が得られず, 計数できないことがある。検出できる高さになるまでの時間を分解時間という。

問題 38 (○) ヨウ化ナトリウム (NaI(Tl)) を用いたシンチレーション検出器では、NaI の吸湿性が高いためアルミニウム容器などで外気に触れない様に作られているため、測定できるのは β 線と γ 線 (X線) のみである。

問題 39 (○) 一般に、シンチレーション検出器では、シンチレータに光電子増倍管 (Photomultiplier tube) を接合し、シンチレーション光を電気信号に変換し増幅する。

問題 40 (X) 液体シンチレーションカウンターでは、有機溶媒に蛍光物質を溶かしたものに、放射性物質の付着した試料を直接浸して測定を行うために幾何学的な効率50%である。

問題 41 (○) 半導体検出器にはシリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) が用いられるが、気体に比べて γ 線 (X線) との相互作用の確率が高いので、高感度である。

問題 42 (X) 放射線量の読取において、イメージングプレート・光刺激蛍光 (OSL) では光を用い、熱蛍光線量計 (TLD) ・蛍光ガラス線量計 (RPL) では熱を用いる。

問題 43 (○) 放射線防護体系の3原則は、行為の正当化・防護の最適化・個人の線量限度である。

問題 44 (○) 吸収線量は、すべての種類の放射線すべての物質を対象とし、物質1kgあたりに吸収されるエネルギー (J) で表す。

問題 45 (X) 照射線量は、放射線の種類は光子 (電磁波) のみ、物質は空気のみが対象であり、1kgの空気に吸収されるエネルギー (J) で表す。

問題 46 (○) 実効線量を求めるためには、ICRPが定めている各種組織・臓器の平均吸収線量に放射線荷重係数を乗じ、それぞれの組織荷重係数を乗じてすべてを合算する。

問題 47 (○) 職業人に対する1年間の線量限度は5年間の平均で20mSv (最大50mSv) であり、一般公衆の1年間の線量限度は1mSvである。

問題 48 (X) 自然放射線には、宇宙線、大地からの放射線、食物に含まれる放射線源からの放射線、ラドン・トリウムによる放射線があり、世界平均で年間10mSvの被ばくを受けている。

問題 49 (○) 世界平均に比べ、日本では人工放射線のうち医療被ばくの割合が大きく、その理由のひとつにX線CTの稼働数の多さがある。

問題 50 (X) 外部放射線から身を守るための3つの原則は、第1に適切な遮蔽を行い、第2に十分な訓練を行い、第3に時間を短くすることである。

- 問題 1 (x) 放射線障害は、身体的影響と精神的影響の二つに分類できる。
身体的影響と遺伝的影響
- 問題 2 (x) 放射線の晩発影響には、発癌と白血球減少、白内障がある。
白血球減少は、早期影響。
- 問題 3 (○) 確定的影響にはしきい値があり、確率的影響にはない。
正
- 問題 4 (x) 同じ線量を受ける場合でも1度に受けるより慢性的に受けるときの方が影響が大きい。
回復効果により、慢性被ばくの方が影響が小さい。
- 問題 5 (○) 組織・臓器の放射線感受性の大小は、次の通りである。骨髄>皮膚>神経
他に、(リンパ組織、骨髄)>(卵巣、精巣)>(粘膜、唾液腺、小腸絨毛)>(毛嚢、汗腺、皮膚)>(肺、腎、肝)>(結合組織、血管、筋、骨)>(神経)
- 問題 6 (○) 放射線を被ばくしたとき、血液中の血球成分の種類により減少の仕方が異なるが、これはそれぞれの血液中での寿命によるものである。
正
- 問題 7 (x) 血液中のリンパ球は、細胞のプログラム死としても説明されているネクローシスにより減少する。
アポトーシス
- 問題 8 (x) 生殖腺において低い線量で一時不妊となるのは、未熟精原細胞や卵原細胞の集団の表面の細胞が障害を受けるためである。
未成熟精原細胞や卵原細胞から分化が進んだ成熟B型精原細胞や第二次卵母細胞の放射線感受性が高いから。
- 問題 9 (○) 皮膚の初期紅斑（赤くなる）のしきい値は2Gyであり、被ばくから数時間のうちに起こる。
正
- 問題 10 (x) 小腸の放射線によるダメージは絨毛先端の幹細胞の死滅によって起こり、そこから下血や感染症が発生する。
絨毛の根元にあるクリプト細胞（幹細胞）の死滅。
- 問題 11 (○) 生殖細胞において、自然に発生する突然変異と同じ数の突然変異が新たに生ずる線量を「倍加線量」という。
正
- 問題 12 (x) 妊娠時の放射線影響として、着床前期にしきい値以上の被ばくをすると奇形が発生する恐れがある。
着床前期では、奇形ではなく、胚死亡となり流産となる。
- 問題 13 (○) 国際放射線防護委員会（ICRP）によれば、妊娠時の被ばくで慎重に中絶を考慮するのは100mGy以上被ばくした場合としている。
正

- 問題 14 (○) ラジカルとは、分子の結合が切れて生成された極めて反応しやすい分子種または原子のことである。
正
- 問題 15 (×) 光子 (γ線, X線) の物質との相互作用には制動放射, 光電効果, コンプトン効果, 電子対生成がある。
制動放射は、入射する電子が物質の原子と相互作用しX線を放出する作用。ここでは、トムソン散乱 (レーリー散乱) が正解。
- 問題 16 (×) 光電効果が発生した場合、空席となった電子軌道には原子外にある自由電子が取り込まれ余分なエネルギーをX線として放出するが、この作用をオージェ効果と呼ぶ。
空席の電子軌道には外側の軌道から電子が取り込まれ余分なエネルギーを特性X線として放出する。特性X線のうち原子から出ようとする際に途中の軌道電子にエネルギーを与え原子から放出させる場合をオージェ効果と呼ぶ。
- 問題 17 (○) 光電効果は電子軌道のうち内側の軌道の電子と起こす確率が高い。
正
- 問題 18 (×) コンプトン効果で発生する散乱光子はすべて同じ振動数 (エネルギー) となり干渉性となる。
振動数はばらつき、非干渉性となる。
- 問題 19 (○) 電子対生成を起こすためには、光子が2つの電子 (陰電子・陽電子) の質量の和である1.022MeV以上のエネルギーを持っていないといけない。
正
- 問題 20 (○) 線エネルギー付与 (LET) とは、粒子が飛跡に沿って物質に与えるエネルギーのことで、その量は単位長さあたりのエネルギー値として与えられる。
正
- 問題 21 (○) α線などの重粒子線では、その飛跡に沿って連続的にスパーという直径2 nm程の領域が作られる。スパーの中には、電子、イオン、ラジカルやそれらの反応物が生成される。
正
- 問題 22 (○) 放射線により100eVのエネルギーが物質に与えられたとき生成する分子の数を「G値」という。
正
- 問題 23 (×) 放射線によるDNAへの直接作用とは、放射線により生成された水和電子やOHラジカルなどが生体有機高分子と反応しDNAに損傷を与える過程である。
この説明は「間接作用」のもの。
- 問題 24 (○) がんの粒子線治療が有効な理由の一つは、高LET放射線により修復不可能なDNA二本鎖切断が起こるためである。
正
- 問題 25 (×) 細胞死を前提として、低LET放射線によるDNAへの直接作用対間接作用の比は、2対1から3対1である。
1対2から1対3
- 問題 26 (○) 放射線のDNAへの間接作用は、酸素分圧が高いほど、温度が高いほどその効果が修飾され増強される。
正

- 問題 27 (×) 5-ブロモデオキシウリジン (BrdU) は間接効果を減少させ (防護効果)、システイン、システアミン等のチオール化合物は間接効果を増強する (増強効果)。
組合わせが反対、システイン、システアミン等のチオール化合物は間接効果を減少させ (防護効果)、5-ブロモデオキシウリジン (BrdU) は間接効果を増強する (増強効果)。
- 問題 28 (×) 細胞分裂後の細胞が次の分裂を起こすまでの周期 (細胞周期) において、G₁期 (第1間期) 後期からS期 (DNA合成期) 前期とM期 (細胞分裂期) に細胞の放射線感受性が低くなる。
放射線感受性が高くなる。
- 問題 29 (×) α 線、 β 線、 γ 線、陽子線、重イオン線、中性子線は荷電粒子に分類され、X線は非荷電粒子に分類される。
 γ 線と中性子線は非荷電粒子に分類。
- 問題 30 (○) 放射能という用語は、原子核が放射線を放出して壊変する性質を表す場合と、その性質の強さを表す場合がありこの場合の量は、単位時間に壊変する数をもって表す。
正
- 問題 31 (×) α 壊変では、 α 粒子の放出に伴い原子番号が2、質量数が4少ない核種に変化する。
原子番号が2、質量数が4少なくなる。
- 問題 32 (○) β 崩壊には、 β^- 崩壊、 β^+ 崩壊、軌道電子捕獲があるが、いずれもこれらと同時にニュートリノが放出される。
正
- 問題 33 (×) 原子核から放出される放射線には、そのエネルギーがすべて同じ場合 (単色エネルギー) とばらばらの場合 (連続エネルギー) があるが、 α 線と β 線は連続エネルギー、 γ 線は単色エネルギーである。
 α 線も単色エネルギー。
- 問題 34 (○) γ 壊変 (γ 遷移) では、核異性体転移により原子核から電磁波 (γ 線) が放出されるが、その γ 線が原子からでるまでに軌道電子にエネルギーを与えて電子線として放出させる場合があり、これを内部転換という。
正
- 問題 35 (○) 放射性核種は、経過時間に沿って一定の割合で減衰し放射能が時刻0のときの半分になるまでの時間を半減期という。これより3半減期後の放射能は最初の12.5%となる。
正
- 問題 36 (×) 2つの電極の間にある程度の高電圧をかけ、そこへ放射線を入射させると生成されたイオン電子対を収集することができるが、電圧が低いとイオン再結合が起こる。そこから電圧を上げイオン再結合が無くなる様になった状態をGM計数管領域という。
電離箱領域
- 問題 37 (○) GM計数管で放射線を検出する際、1個の放射線入射に続き次の放射線入射までの時間が短いと、十分な電圧値のパルス信号が得られず、計数できないことがある。検出できる高さになるまでの時間を分解時間という。
正

- 問題 38 (×) ヨウ化ナトリウム (NaI(Tl)) を用いたシンチレーション検出器では、NaI の吸湿性が高いためアルミニウム容器などで外気に触れない様に作られているため、測定できるのは β 線と γ 線 (X 線) のみである。
 β 線も遮蔽されて測れない。
- 問題 39 (○) 一般に、シンチレーション検出器では、シンチレータに光電子増倍管 (Photomultiplier tube) を接合し、シンチレーション光を電気信号に変換し増幅する。
正
- 問題 40 (×) 液体シンチレーションカウンターでは、有機溶媒に蛍光物質を溶かしたものの中に、放射性物質の付着した試料を直接浸して測定を行うために幾何学的な効率 50% である。
100%
- 問題 41 (○) 半導体検出器にはシリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) が用いられるが、気体に比べて γ 線 (X 線) との相互作用の確率が高いので、高感度である。
正
- 問題 42 (×) 放射線量の読取において、イメージングプレート・光刺激蛍光 (OSL) では光を用い、熱蛍光線量計 (TLD) ・蛍光ガラス線量計 (RPL) では熱を用いる。
蛍光ガラス線量計 (RPL) は光 (紫外線やレーザー光)
- 問題 43 (○) 放射線防護体系の 3 原則は、行為の正当化・防護の最適化・個人の線量限度である。
正
- 問題 44 (○) 吸収線量は、すべての種類の放射線すべての物質を対象とし、物質 1kg あたりに吸収されるエネルギー (J) で表す。
正
- 問題 45 (×) 照射線量は、放射線の種類は光子 (電磁波) のみ、物質は空気のみが対象であり、1kg の空気に吸収されるエネルギー (J) で表す。
1kg の空気に生成される電荷量 (C) で表す。
- 問題 46 (○) 実効線量を求めるためには、ICRP が定めている各種組織・臓器の平均吸収線量に放射線荷重係数を乗じ、それぞれの組織荷重係数を乗じてすべてを合算する。
正
- 問題 47 (○) 職業人に対する 1 年間の線量限度は 5 年間の平均で 20mSv (最大 50mSv) であり、一般公衆の 1 年間の線量限度は 1mSv である。
正
- 問題 48 (×) 自然放射線には、宇宙線、大地からの放射線、食物に含まれる放射線源からの放射線、ラドン・トリウムによる放射線があり、世界平均で年間 10mSv の被ばくを受けている。
2.4mSv
- 問題 49 (○) 世界平均に比べ、日本では人工放射線のうち医療被ばくの割合が大きく、その理由のひとつに X 線 CT の稼働数の多さがある。
正
- 問題 50 (×) 外部放射線から身を守るための 3 つの原則は、第 1 に適切な遮蔽を行い、第 2 に十分な訓練を行い、第 3 に時間を短くすることである。
第 2 は線源から距離をとること