

2024 年度 医学物理士認定試験

記述式 物理工学系試験問題

試験時間 9:45 ～ 11:15 90 分間

注 意 事 項

- 1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
- 2. 問題冊子は 1～13 ページまでの 13 ページ、問題は 5 科目各 2 問の計 10 問である。
- 3. 解答用紙は計 3 枚で上部がのり付けされている。指示されたら丁寧に切り離しなさい。
- 4. 印刷不鮮明、ページの落丁、乱丁及び解答用紙の枚数不足、汚れ等に気付いた場合、解答中に解答用紙を破損した場合は、解答用紙を交換するので静かに手を挙げて監督員に知らせること。
- 5. 5 科目から 3 科目、1 科目について 1 問を選択し、合計 3 問について解答すること。上記以外は無効となる。
- 6. 1 問につき解答用紙 1 枚（表裏 2 ページ）以内で解答すること。
- 7. すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入し、解答した科目名と問題記号に○印を例のように描くこと。（例は、放射線診断物理学 問題 A について解答した場合である。）

受験番号および氏名の上に、点線に沿って保護シールを 3 枚の解答用紙にそれぞれ貼り付けること。

科目名	放射線診断物理学	問題記号	A	受験番号	24ー	氏名	
	核医学物理学						
	放射線治療物理学						
	放射線計測学						
	保健物理学/放射線防護学						

- 8. すべての解答用紙を回収するので、3 枚の解答用紙を机の上に置くこと。問題冊子は持ち帰ること。
- 9. 途中退出はできない。ただし、トイレや発病等の場合は、黙って手を挙げ、監督員の指示にしたがうこと。
- 10. 問題冊子の持ち出しはできない。
- 11. 受験番号と氏名を記載すること。

受験番号 24ー 氏名

以上

科目名 放射線診断物理学

問題 A X 線 CT 装置について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄（ a ）～（ d ）に入る語句を記せ。

ヘリカル CT 撮影では、撮影時間と回転軸方向の空間分解能とが相対する関係にあり、これらを両立させるために、回転の高速化あるいは検出器の回転軸方向への多列化が進められた。検出器の多列化に伴い X 線ビームの幅が広がり、X 線ビームの形状は（ a ）状から（ b ）状に移行する。（ a ）状の X 線ビームを用いる（ a ）ビーム CT に対して、回転軸方向に広がりを持った（ b ）状の X 線ビームを用いるものを（ b ）ビーム CT と呼び、マルチスライス CT と区別する。（ b ）ビーム CT 装置は、放射線診断領域だけでなく放射線治療領域でも使用されている。（ b ）ビーム CT では、フラットパネル検出器を使用する場合があります、検出方法を大別すると（ c ）型と（ d ）型がある。

設問 2 X 線フラットパネル検出器の（ c ）型と（ d ）型の検出方法を述べ、両者を比較した場合の特徴を述べよ。

設問 3 X 線フラットパネル検出器のアナログデジタル変換器（ADC）のビット数の制限により、ダイナミックレンジは 12-14bit が多く使用されている。ダイナミックレンジを拡大するための検出器ゲインを利用した方法を述べよ。

科目名 放射線診断物理学

問題 B MRI の撮像法について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄（ a ）～（ h ）に入る語句を記せ。

スピンエコー法は、（ a ）パルスを印加後、（ b ）パルスを印加し磁場ひずみの影響を補正する。（ a ）パルスから次の（ a ）パルスまでの時間を（ c ）、（ a ）パルスからエコー信号受信までの時間を（ d ）という。エコー信号が最大となるように、（ b ）パルスは（ e ）の時間に印加される。

（ c ）と（ d ）が共に長い場合、横緩和の影響が強調され（ f ）強調画像が得られる。（ c ）と（ d ）が共に短い場合、縦緩和の影響が強調され（ g ）強調画像が得られる。（ c ）が長く（ d ）が短い場合には、（ h ）強調画像が得られる。

設問 2 （ a ）パルスを印加後 t [ms] で縦磁化が 50% まで回復する組織の縦緩和時間 [ms] を求めよ。

設問 3 スピンエコー法と比較して高速スピンエコー法で撮像時間が短縮される原理を説明せよ。

設問 4 スピンエコー法に対する高速スピンエコー法の欠点とその理由を合わせて 3 つ述べよ。

科目名 核医学物理学

問題A 核医学治療について以下の設問に答えよ。

設問1 ヨウ素 (^{131}I) 内用療法で治療と診断が可能である原理について述べよ。

設問2 標的アイソトープ治療とは何か。具体例を挙げて答えよ。

設問3 核医学治療で望まれる放射線は何か。その理由を含めて答えよ。

科目名 核医学物理学

問題 B 核医学検査の動態解析とコンパートメントモデルについて以下の設問に答えよ。

設問 1 動態解析とは何か、100 文字以内で説明せよ。

設問 2 時刻 t における動脈血漿、組織 1 の放射能濃度をそれぞれ $Ca(t)$ 、 $C_1(t)$ 、動脈血漿から組織 1、組織 1 から動脈血漿への移行速度定数をそれぞれ K_1 、 k_2 とするとき、1 組織コンパートメントモデルを図示し、 $C_1(t)$ の時間変化に関わる微分方程式を記せ。さらに、微分方程式を時刻 0 から T まで積分し、式を変形することにより、あるグラフの傾きから K_1/k_2 を算出できることを示せ。また、この方法の名称を記せ。

設問 3 時刻 t における動脈血漿、組織 1、組織 2 の放射能濃度をそれぞれ $Ca(t)$ 、 $C_1(t)$ 、 $C_2(t)$ 、動脈血漿から組織 1、組織 1 から動脈血漿、組織 1 から組織 2、組織 2 から組織 1 への移行速度定数をそれぞれ K_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 とするとき、2 組織コンパートメントモデルを図示し、 $C_1(t)$ 、 $C_2(t)$ の時間変化に関わる微分方程式をそれぞれ記せ。さらに、 $k_4=0$ の場合、 $C_1(t)$ が一定になると、あるグラフの傾きから $K_1k_3/(k_2+k_3)$ を算出できることを示せ。また、この方法の名称を記せ。

科目名 放射線治療物理学

問題 A 図 1 に治療計画装置で定義した標的およびリスク臓器 1、2 の位置を示す。標的およびリスク臓器 1、2 は、位置座標 (i, j) で示され、 $(2, 2)$ 、 $(1, 2)$ 、 $(2, 3)$ の位置に、それぞれ、標的、リスク臓器 1、リスク臓器 2 を定義した。治療計画の最適化計算において、標的の線量が 70 Gy 以上、リスク臓器 1 の線量が 50 Gy 以下、リスク臓器 2 の線量が 30 Gy 以下となるように、以下のような評価関数 J を設定した。

$$J = 100 \cdot (70 - d_{2,2}) \cdot H(70 - d_{2,2}) + 10 \cdot (d_{1,2} - 50) \cdot H(d_{1,2} - 50) \\ + 10 \cdot (d_{2,3} - 30) \cdot H(d_{2,3} - 30)$$

ここで、 $d_{i,j}$ は (i, j) における線量とし、 $H(x)$ は以下のようなヘヴィサイド関数である。

$$H(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 0) \\ 1 & (x > 0) \end{cases}$$

(1, 1)	(1, 2) リスク 臓器 1	(1, 3)
(2, 1)	(2, 2) 標的	(2, 3) リスク 臓器 2
(3, 1)	(3, 2)	(3, 3)

図 1 治療計画装置で定義した標的およびリスク臓器 1、2 と対応する位置座標

設問 1 以下の図のような線量分布となった場合の評価関数 J の値を求めよ。
ただし、図の数値の単位は Gy である。

35	57.8	35
57.8	70	57.8
35	57.8	35

図 2 治療計画装置で算出された線量分布

設問 2 以下の図のような 3 つの線量分布のうち、最適化計算された結果として最も適切なものを理由とともに答えよ。
ただし、図の数値の単位は Gy である。

A	B	C
35	35	42
57.8	31.5	67.7
35	14	28
57.8	84	65.3
70	70	70
57.8	31.5	30.3
35	56	42
57.8	84	67.7
35	35	28

図 3 治療計画装置で最適化された 3 パターンの線量分布

設問 3 評価関数の値だけでは最適化された治療計画を臨床に用いてよいかどうか判断できない。強度変調放射線治療で作成された治療計画を総合的に評価する際に考えるべき点を 3 つ挙げよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 B 放射線治療中に発生する二次中性子について以下の設問に答えよ。

設問 1 電子線形加速器を利用した X 線治療において二次中性子が発生した。その要因となる放射線と物質の相互作用の一例を説明せよ。なお、相互作用に関わる放射線の種類とエネルギー、および治療装置の構成部の名称とその材質についての言及を含めること。

設問 2 3 DCRT と IMRT において発生した二次中性子による患者への線量を比較したところ、IMRT の場合が大きかった。考えられる理由を説明せよ。なお、3 DCRT と IMRT で同一の X 線エネルギー、同一の標的であり、標的に対する治療放射線による線量は概ね同様であるものとする。

設問 3 二重散乱体法による陽子線治療において二次中性子が発生した。その要因となる放射線と物質の相互作用の一例を説明せよ。なお、相互作用に関わる放射線の種類、および治療装置の構成部の名称についての言及を含めること。

設問 4 二重散乱体法およびスキャニング法による陽子線治療において、二次中性子による患者への線量はどちらが少ないと考えられるか、理由とともに説明せよ。

科目名 放射線計測学

問題 A フィルムによる放射線計測について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄（ a ）～（ e ）に入る語句を記せ。

なお、（ d ）に関しては設問 2 の問題文にも共通の語句として使用されている。

フィルム線量計は（ a ）処理を必要とするラジオグラフィックフィルムと（ a ）処理を必要としないラジオクロミックフィルムの 2 種類に大別される。ラジオグラフィックフィルムでは感光性が高いハロゲン化（ b ）の分解反応、ラジオクロミックフィルムでは放射線感受性が高いモノマーの（ c ）反応が利用される。放射線の吸収線量によって変化するフィルムの色合いは（ d ）と呼ばれる指標を用いて定量化される。なお、化学組成の違いからラジオクロミックフィルムはラジオグラフィックフィルムに比べて X 線やガンマ線に対する（ e ）依存性が小さい。

設問 2 あるラジオクロミックフィルム（以下、フィルムとする。）の吸収線量 D [Gy] は非照射フィルムから照射フィルムへの（ d ）の変化量 $netOD$ を用いると、以下の二次関数で表される。

$$D = a \cdot netOD + b \cdot netOD^2$$

で表される。ここで、 a と b は放射線の種類やエネルギーに依存する定数である。

- (1) ^{60}Co 点線源を用いてフィルムの吸収線量 D が 1 Gy と 7 Gy になるようガンマ線を照射したとき、フィルムの $netOD$ はそれぞれ 0.1 と 0.5 であった。測定における不確かさが無視できるとき、校正曲線のパラメータ a と b の値を求めよ。
- (2) ^{60}Co 点線源から十分離れた 2 つの異なる位置 (i) と (ii) にフィルムを設置し、2 つのフィルムに同じ時間だけガンマ線を照射したところ次の測定結果が得られた。線質の変化や測定における不確かさが無視できるとき、 ^{60}Co 点線源の設置位置 (z) を求めよ。
 - (i) 基準位置 ($z=0$ cm) に設置したフィルムの $netOD$ は 0.6
 - (ii) (i) よりも線源から 200 cm 離れた位置 ($z=-200$ cm) に設置したフィルムの $netOD$ は 0.1

- (3) 実際の測定には様々な不確かさが存在するため、(1) のようにフィルムの校正曲線を決定することは適切ではない。どのような線量点を選択し、どのような方法で校正曲線のパラメータを決定するべきか。80 文字程度で説明せよ。

設問 3 低エネルギーの陽子線や炭素線を設問 2 と同じフィルムに照射する。 ^{60}Co 線源由来のガンマ線と同じ吸収線量が付与されたとき、フィルムの *netOD* はガンマ線照射時と比べてどのような値になるか。理由を含めて 60 文字程度で説明せよ。

科目名 放射線計測学

問題 B シンチレーション検出器の特性について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄（ a ）～（ g ）に入る語句を記せ。

シンチレーション検出器は放射線によって発光するシンチレータと光電変換素子を組み合わせた放射線測定装置である。シンチレータは大別して無機物系シンチレータと有機物系シンチレータがあり、無機物系シンチレータには NaI (TI) に代表される（ a ）系シンチレータ、BGO に代表される（ b ）系シンチレータ、ZnS (Ag) に代表される（ c ）系シンチレータなどが含まれる。また、有機物系シンチレータとしては（ d ）などが含まれる。一般的に、（ a ）シンチレータは発光量が（ e ）、（ b ）シンチレータは高密度・高原子番号で検出効率が（ f ）、有機物系シンチレータは発光減衰時間が（ g ）、タイミング測定に適しているなどの特徴がある。

設問 2 シンチレーション検出器では、発光減衰時間の違いを利用して放射線の種類を弁別する方法が良く用いられる。具体的なシンチレータ名、弁別できる放射線の種類、弁別方法について 200 字程度で説明せよ。

設問 3 ホスウィッチ (Phoswich) 検出器の原理と、その技術を応用した具体例について 300 字程度で説明せよ。

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 A 放射性同位元素等規制法施行規則（RI 規制法）において、放射線測定器（サーベイメータ等）の信頼性の確保が求められている。以下の設問に答えよ。

設問 1 放射線測定器の信頼性確保の目的と外部被ばく線量の測定に関する対応に関して次の（ a ）から（ m ）の空欄を埋めよ。

（ a ）被ばく線量に対しては許可届出使用者等に対し、ISO/IEC 17025 に基づく認定を受けた（ b ）線量測定サービス提供者を利用するか、同等の（ c ）を確保した測定により、その（ d ）を許可届出使用者等の下で一貫して管理させ、IAEA の安全基準に沿った規制機関による測定の（ c ）管理の要件の規定とその遵守を確認する、（ e ）や内部被ばく線量についてはその信頼性を許可届出使用者等の下で一貫して管理させることとし、放射線測定器の（ f ）及び校正等（調達する場合を含む）を適切に行う。

	対象	主な測定器	改正後の対応
個人 の （ a ）被ばく線量	（ g ）	個人線量計（受動型）、TLD など	ISO/IEC 17025 に基づく認定を取得した機関による測定が必要
	（ h ）	（ j ）、TLD など	上記認定機関による測定、または（ f ）及び校正を、（ m ）年ごとに適切に組み合わせ実施（100 μ Sv 以下は例外有り）
（ e ）	空間線量率	（ k ）・NaI（TI）・中性子サーベイメータ、エリアモニタなど	（ f ）及び校正を、（ m ）年ごとに適切に組み合わせて実施
	（ i ）	GM サーベイメータ、液シン、ハンドフットクロスモニタなど	
	排気中濃度	ガスモニタ、（ l ）など	

設問 2 RI 規制法の対象外となる医療機器を 3 種類挙げよ。

- (ア) エックス線装置、(イ) 診療用高エネルギー放射線発生装置、
- (ウ) 診療用粒子線照射装置、(エ) 診療用放射線照射装置、
- (オ) 診療用放射線照射器具 (*体内に挿入されたもの)、
- (カ) 診療用放射性同位元素、(キ) 放射性同位元素診療機器

設問 3 RI 規制法における放射線測定器の校正とは何をすることか、また校正の方法を説明せよ。