

R T レベル 1 一次一般問題のポイント

2005 年 1 月号の本欄で、R T レベル 1 の新規試験問題について、一般試験と専門試験について例題を数問選んで紹介した。

今回、新規一次問題の中から、受験者の理解不足と思われる問題、単純なミスを犯しやすい問題を選んで、注意して欲しい点などを含めて解説することとした。

一般問題は 40 問出題され、四者択一形式により正しいもの、又は誤っているものを選ぶ形式と、一つの文章問題の中に 2 ~ 4 問が設けられて、それぞれに四者択一の解答が示されている形式の問題である。

問 1 次の文の [A] ~ [C] に適する語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

ガンマ線の本性は、[A] である。ガンマ線は [B] であり、 ^{192}Ir 線源に比べ、 ^{60}Co 線源を使用すると、[C] まで透過できる。

[解答群]

- [A] (a) 紫外線の 1/1,000 以下の波長を持つ光子の流れ
(b) 原子を構成している電子の流れ
(c) 原子核内から放出した中性子の流れ
(d) 原子核内から発生した光子の流れ
- [B] (a) 波長が核種によって変わらない放射線
(b) 間接電離の放射線
(c) 直接電離の放射線
(d) 人体に障害を起こさない放射線
- [C] (a) 厚いもの (b) 薄いもの
(c) 同じ厚さのもの (d) X 線源と同じもの

ガンマ線の本性は、光子の流れ（電磁波）であり、間接電離作用を起こし、 ^{192}Ir 線源に比べ、 ^{60}Co 線源を使用すると、厚いものまで透過できる。したがって、正答は [A] は (d)、[B] は (b)、[C] は (a) である。[A] の (a) は 1/100 ~ 1/100,000 以下の波長を持つが正しく、(b) は電子線であり、(c) は中性子線である。一見 [B] は (c) のように思われる人がいるようだが、ガンマ線は X 線と同様に電離放射線ではあるが、当たった物体から発生する二次電子が電離作用の主体となる間接電離である。

問 2 次の文は放射線同位元素の性質のうち、透過試験を行う場合に考慮することを述べたものである。[D] ~ [G] に入れる適正な語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

- (1) この値が小さいと寿命が短く、頻繁に線源を交換しなければならなくなり、経済的にも管理面からもコストがかかる。[D]
- (2) この値が小さいと同一撮影時間で撮影するためには大きい放射能が必要になる。[E]
- (3) この値が小さいと一般には線源寸法が大きいため、きずの像のぼけが大きくなる。[F]
- (4) この値が小さいと透過能力が小さいため、薄物しか透過試験が行えない。試験体の材質や厚さに適した値をもった放射性同位元素を選ぶべきである。[G]

[解答群]

- [D] (a) 半減期 (b) 線のエネルギー
(c) 空気衝突カーマ率定数 (d) 比放射能
- [E] (a) 半減期 (b) 線のエネルギー
(c) 空気衝突カーマ率定数 (d) 比放射能
- [F] (a) 半減期 (b) 線のエネルギー
(c) 空気衝突カーマ率定数 (d) 比放射能
- [G] (a) 半減期 (b) 線のエネルギー
(c) 空気衝突カーマ率定数 (d) 比放射能

放射性同位元素に関する重要な用語の意味を正確に理解しておれば、何でも無い問題である。(a) の半減期、(b) の線のエネルギーは大半の受験者が理解しているが、(c) の空気衝突カーマ率定数と (d) の比放射能は理解が不足のようである。空気衝突カーマ率定数は聞き慣れない用語であるが、線源から 1 m の距離における放射能 1 MBq (ミリオンベクレル) 当たりの、毎時の線の照射量である。同じ放射能の強さの線源の場合、この値が大きい線源の方が 1 m の距離における照射線量は大きくなる。比放射能は線源の寸法に対する線の出力を示す値であり、この値が大きい線源は、同一線源寸法で線の出力が大きくなるので、透過試験では有利である。

正答は、[D] が (a)、[E] が (c)、[F] が (d)、[G] が (b) である。

問3 次の文は増感紙について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 金属箔増感紙の材料としては、一般にタングステンが用いられる。
- (b) 1MeV以上の高エネルギー放射線を使う場合は、タングステン箔増感紙が有効である。
- (c) 金属蛍光増感紙の増感効果は、主として二次電子による。
- (d) 金属蛍光増感紙は、鉛箔増感紙より増感効果が大い。

増感紙は露出時間の短縮と散乱線の影響の低減による像質の向上が目的で使用される。金属箔増感紙、金属蛍光増感紙及び蛍光増感紙の3種類があって、医療用では増感率の高い蛍光増感紙が使用されるが、工業用としては鉛箔増感紙が主体で、使用する線源のエネルギーによって鉛箔の厚さを0.03mm~1.0mmの間で選択する。金属箔の上に蛍光体を塗布して増感効果を高めたものが金属蛍光増感紙である。金属箔としてはタンタルの1.0mm以下をフロント側に、0.5mm以下をバック側に使用して、4MeV以上の高エネルギーの撮影を行うことがISO 5579に規定されており、JIS G 0581-1999にも引用されている。タングステン箔はタンタルの代わりに、受渡当事者間の協定によって使用して差し支えないと、注記されているが、日本では使用されていない。正答は(d)である。

問4 次の文のうち正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 濃度 2.0 とは、透過光が入射光の強さの 1/2 になったものである。
- (b) 濃度 2.0 とは、透過光が入射光の強さの 1/10 になったものである。
- (c) 濃度 2.0 とは、透過光が入射光の強さの 1/20 になったものである。
- (d) 濃度 2.0 とは、透過光が入射光の強さの 1/100 になったものである。

写真濃度 D は入射光 L_0 と透過光 L の比の常用対数で与えられる。したがって、透過光が入射光の 1/10 になったものが濃度 1.0 であり、1/100 になったものが濃度

2.0 であり、1/1,000 になったものが濃度 3.0 である。正答は(d)であるが、このような簡単なことが多くの受験生に理解できていないようである。基本的な事項だけに、しっかりと覚えて欲しい。

問5 次の文は電離放射線障害防止規則について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 放射線作業を行う場合は、外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量の合計が1月間に1.3ミリシーベルトを超える恐れのある区域を管理区域とし、標識によって明示しなければならない。
- (b) 放射線作業を行う場合は、外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量の合計が3月間に1.3ミリシーベルトを超える恐れのある区域を管理区域とし、標識によって明示しなければならない。
- (c) 放射線作業を行う場合は、外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量の合計が1月間に100ミリシーベルトを超える恐れのある区域を管理区域とし、標識によって明示しなければならない。
- (d) 放射線作業を行う場合は、外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量の合計が3月間に100ミリシーベルトを超える恐れのある区域を管理区域とし、標識によって明示しなければならない。

放射線管理は放射線を扱う業務では避けて通れない問題であり、関係法令の重要な数値は正確に覚えておく必要がある。

電離放射線障害防止規則は2001年3月に大幅に改正された。管理区域についての実効線量の数値も、以前の1/3と厳しくなり、表現も変わって「外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量の合計が3月間に1.3ミリシーベルトを超える恐れのある区域」と規定されている。したがって、正答は(b)である。

今回解説を加えた一般問題は、線に関する問題が多くなったが、紹介したものの他にエネルギーや半減期の値についての問題も出題されるので、 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 、 ^{169}Yb の3核種について概略の数値は記憶しておきたい。

【55 巻 2 月号掲載記事に関する訂正】

2006年2月号に掲載した下記の記事に訂正がありました。お詫びして訂正致します。(2007年9月)
なお訂正箇所は本記事の2頁目、3項目に記載してあります。4頁目、5頁目は修正済みの記事です。

E T レベル 2 一次一般試験問題のポイント

JIS Z 2305 非破壊試験技術者の一般試験問題の中で理解が十分得られていないと思われる問題を選択し、要点を示して解説した。問題は40問ほど出題され、四者択一方式であり、正しいもの、又は誤っているものを選択する。他の試験同様に70%以上の得点で合格となる。ここでは誤りの原因を受験者の理解不足、ないし思い違いにあるのではないかと推察し、これらの問題に類似の問題9問について、解答のポイントを解説する。

例題

問1 導体の抵抗率を ρ [$\Omega \cdot m$]、断面積を $A[m^2]$ 、長さを $L[m]$ とすると、導体の電気抵抗 $R[\Omega]$ はどの式で示されるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $R = \rho L/A$ (b) $R = A/(1 - \rho)$
(c) $R = \rho A/L$ (d) $R = \rho L / A^2$

導体の電気抵抗は長さに比例し、断面積に反比例する。抵抗率が一定なら導体は長くなると抵抗が増加する。また断面積が大きくなると抵抗は減少する。したがって(a)が正解である。

問2 円形のコイルに流れる電流を $I[A]$ 、円の半径を $R[m]$ 、巻数を N [回]とすると、円形電流の中心における磁界の強さは次のうちどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $IN^2/2R^2$ (b) $NI/2R$ (c) $NR/2I$ (d) $N^2I/2R$

この問題では、「磁界は、コイルの電流 I と巻数 N の積に比例して大きくなる」ことが理解されているかどうかを確認したものである。このことが分かれば直径に反比例することが分からなくても容易に(b)を選ぶことができる。

問3 次の文は、インダクタンスについて述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) コイルの電流が変化したときに、そのコイル自身に起電力が発生するのは相互インダクタンスによる

ものである。

- (b) 自己インダクタンスとは、コイルAに隣接したコイルBの電流が変化したときに、コイルAに発生する起電力に関係のある定数である。
(c) コイルの自己インダクタンスが小さいと、自己誘導による起電力は大きい。
(d) コイルに流れる電流が変化すると、それを妨げる向きに起電力が発生するのは自己インダクタンスによる反作用である。

コイルに流れる電流の変化で電圧が発生するのは自己インダクタンスの作用によるものである。また発生する電圧は $V = -Nd\phi/dt$ と示されるように一記号がついているのは起電力は逆方向であることを示している。したがって正解は(d)である。

問4 次の文は、透磁率について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 磁束密度と磁界との積を透磁率という。
(b) 初磁化曲線上の最大の透磁率を、変分透磁率という。
(c) 真空中の透磁率 μ_0 と材料の透磁率 μ との積を、比透磁率 μ_r という。
(d) 磁界が極めて小さい場合の初磁化曲線上の透磁率を、初透磁率という。

透磁率 μ は磁性材の特性を現す重要な定数である。この透磁率 μ は一定でなく磁性材の磁化の状態によって変化することを併せて理解しておくことが必要である。正解は(d)である。

問5 周波数35kHzの一樣な交流磁界が十分に厚いアルミニウム板に作用したときの浸透深さは何mmとなるか。次の中から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、アルミニウムの導電率を $3.5 \times 10^7 [S/m]$ 、真空の透磁率 μ_0 を $4\pi \times 10^{-7} [H/m]$ とする。

- (a) 0.20 mm (b) 0.45 mm (c) 0.9 mm (d) 2.0 mm

これは表皮効果の問題である。したがって浸透深さを表す式を理解していることが重要である。求める浸透深さ δ は

青文字の二重取消線の部分を
赤文字に訂正します。

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$$

で与えられる。ここに数値を代入して計算する。ただし、 $\mu = \mu_0 \mu_r$ となるが材質がアルミニウムなので $\mu_r = 1$ とすることができる。この結果 $\delta = 1 / \pi \times 700 = 4.549 \times 10^{-4}$ となる。単位はmであるため正解は (b) 0.45mm となる。

問6 コイルのインピーダンスが表すものは何か。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) インピーダンスは、コイルに単位電圧を加えたときに発生する磁界を表す。
- (b) インピーダンスは、コイルに単位電流を流したときのコイルの両端の電圧を表す。
- (c) インピーダンスは、試験体の導電率を表す。
- (d) インピーダンスは、試験体の透磁率を表す。

インピーダンスとインダクタンスを誤解しない様に注意する。インダクタンスは周波数に無関係なコイルの定数であるが、インピーダンスは交流におけるコイルの抵抗を表し、周波数に依存する。インピーダンス Z は $R + \omega L$ で電流との間に $V = ZI$ なる関係がある。これはオームの法則に他ならない。したがって正解は(b)である。

問7 渦流探傷器を構成する回路のうち、交流が入力され、直流の変化が出力される回路はどれか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a)ブリッジ (b)同期検波器
- (c)移相器 (d)フィルタ

渦流探傷器はコイルに交流電流を流し、試験コイルのインピーダンス変化を利用してきずの検出をすることは理解していると思う。インピーダンス変化をきずとして認識するためにはこれを電圧の変化に置換することが必要である。きず信号はきずによって変調された試験周波数(交流)が検波された電圧で直流である。交流を直流に変換する回路として、整流回路又は検波回路が存在し、同期検波は検波回路の一種である、したがって正解は (b) である。

同期検波は同期した2信号の積を演算出力するもので、ロックインアンプとして良く知られている。

問8 次の文は、複数個の上置コイルに関して述べたも

のである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 複数個の固定した上置コイルは試験体が走行する方向の線状きずの検出が容易である。
- (b) 複数個の上置コイルを用いた回転プローブ式渦流探傷装置は管の円周方向のきずの検出に向いている。
- (c) 上置コイルを用いた回転プローブ式渦流探傷では端末不感帯がない。
- (d) マルチコイル式の試験コイルは、上置コイルの一種である。

渦流探傷試験では、検出対象のきず形状に応じて様々なコイルを選択することで目的のきずを検出する。言い換えると、コイルの選択が適切でないと検出したいきずを見逃す可能性もあるのでコイルの選択は重要である。

(a)(b)ともにこれらのコイルでは、検出しにくいきずの代表である。(c)は一見正しいように思えるが、条件次第で成立しないことがある。(d)が正解となる。

問9 次の文は、内挿コイルを用いる渦流探傷試験について説明したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 内挿コイルにおける黄銅管の探傷において、単一周波数を用いるときの最適試験周波数は、多重周波数を用いるときの試験周波数を平均した値である。
- (b) 管の内挿コイルによる探傷試験において、多重周波数を用いると管板直下のアンモニアアタックが識別できる。
- (c) 内挿コイルの適用試験周波数は広く、1個のコイルで適用できる最低と最高との周波数比は300倍に達する。
- (d) 内挿コイルによる新設の熱交換器の試験では、支持板(バツフル)部以外に管板との接合部位の疑似指示が認められることがある。

これは問題を良く読まないで誤解するので、注意が必要である。(b)も正しいようであるが、正解は(d)である。~~ポイント~~はアンモニアアタックの位置で支持板(バツフル)直下には発生しても管板直下には発生しないからである。アンモニアアタックは、支持板(バツフル)直下に発生しやすく、管板直下では頻度は少ないものの発生する。しかし、管板部では拡管していることから、多重周波数を用いた場合でも、一般的な内挿コイルでは

リフトオフが大きくなり、また、拡管信号も重なり検出
能が確保できない。

E T レベル 2 一次一般試験問題のポイント

JIS Z 2305 非破壊試験技術者の一般試験問題の中で理解が十分得られていないと思われる問題を選択し、要点を示して解説した。問題は 40 問ほど出題され、四者択一方式であり、正しいもの、又は誤っているものを選択する。他の試験同様に 70%以上の得点で合格となる。ここでは誤りの原因を受験者の理解不足、ないし思い違いにあるのではないかと推察し、これらの問題に類似の問題 9 問について、解答のポイントを解説する。

例題

問 1 導体の抵抗率を ρ [$\Omega \cdot m$]、断面積を $A[m^2]$ 、長さを $L[m]$ とすると、導体の電気抵抗 $R[\Omega]$ はどの式で示されるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $R = \rho L/A$ (b) $R = A/(1 - \rho)$
(c) $R = \rho A/L$ (d) $R = \rho L / A^2$

導体の電気抵抗は長さに比例し、断面積に反比例する。抵抗率が一定なら導体は長くなると抵抗が増加する。また断面積が大きくなると抵抗は減少する。したがって(a)が正解である。

問 2 円形のコイルに流れる電流を $I[A]$ 、円の半径を $R[m]$ 、巻数を N [回] とすると、円形電流の中心における磁界の強さは次のうちどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $IN^2/2R^2$ (b) $NI/2R$ (c) $NR/2I$ (d) $N^2I/2R$

この問題では、「磁界は、コイルの電流 I と巻数 N の積に比例して大きくなる」ことが理解されているかどうかを確認したものである。このことが分かれば直径に反比例することが分からなくても容易に (b) を選ぶことができる。

問 3 次の文は、インダクタンスについて述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) コイルの電流が変化したときに、そのコイル自身に起電力が発生するのは相互インダクタンスによる

ものである。

- (b) 自己インダクタンスとは、コイル A に隣接したコイル B の電流が変化したときに、コイル A に発生する起電力に関係のある定数である。
(c) コイルの自己インダクタンスが小さいと、自己誘導による起電力は大きい。
(d) コイルに流れる電流が変化すると、それを妨げる向きに起電力が発生するのは自己インダクタンスによる反作用である。

コイルに流れる電流の変化で電圧が発生するのは自己インダクタンスの作用によるものである。また発生する電圧は $V = -Nd\phi/dt$ と示されるように一記号がついているのは起電力は逆方向であることを示している。したがって正解は (d) である。

問 4 次の文は、透磁率について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 磁束密度と磁界との積を透磁率という。
(b) 初磁化曲線上の最大の透磁率を、変分透磁率という。
(c) 真空中の透磁率 μ_0 と材料の透磁率 μ との積を、比透磁率 μ_r という。
(d) 磁界が極めて小さい場合の初磁化曲線上の透磁率を、初透磁率という。

透磁率 μ は磁性材の特性を現す重要な定数である。この透磁率 μ は一定でなく磁性材の磁化の状態によって変化することを併せて理解しておくことが必要である。正解は (d) である。

問 5 周波数 35kHz の一様な交流磁界が十分に厚いアルミニウム板に作用したときの浸透深さは何 mm となるか。次の中から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、アルミニウムの導電率を $3.5 \times 10^7 [S/m]$ 、真空の透磁率 μ_0 を $4\pi \times 10^{-7} [H/m]$ とする。

- (a) 0.20 mm (b) 0.45mm (c) 0.9 mm (d) 2.0mm

これは表皮効果の問題である。したがって浸透深さを表す式を理解していることが重要である。求める浸透深さ δ は

$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$ で与えられる。ここに数値を代入して

計算する。ただし、 $\mu = \mu_0 \mu_r$ となるが材質がアルミニウムなので $\mu_r = 1$ とすることができる。この結果 $\delta = 1/\pi \times 700 = 4.549 \times 10^{-4}$ となる。単位はmであるため正解は (b) 0.45mm となる。

問6 コイルのインピーダンスが表すものは何か。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) インピーダンスは、コイルに単位電圧を加えたときに発生する磁界を表す。
- (b) インピーダンスは、コイルに単位電流を流したときのコイルの両端の電圧を表す。
- (c) インピーダンスは、試験体の導電率を表す。
- (d) インピーダンスは、試験体の透磁率を表す。

インピーダンスとインダクタンスを誤解しない様に注意する。インダクタンスは周波数に無関係なコイルの定数であるが、インピーダンスは交流におけるコイルの抵抗を表し、周波数に依存する。インピーダンス Z は $R + \omega L$ で電流との間に $V = ZI$ なる関係がある。これはオームの法則に他ならない。したがって正解は(b)である。

問7 渦流探傷器を構成する回路のうち、交流が入力され、直流の変化が出力される回路はどれか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a)ブリッジ (b)同期検波器
- (c)移相器 (d)フィルタ

渦流探傷器はコイルに交流電流を流し、試験コイルのインピーダンス変化を利用してきずの検出をすることは理解していると思う。インピーダンス変化をきずとして認識するためにはこれを電圧の変化に置換することが必要である。きず信号はきずによって変調された試験周波数(交流)が検波された電圧で直流である。交流を直流に変換する回路として、整流回路又は検波回路が存在し、同期検波は検波回路の一種である、したがって正解は(b)である。

同期検波は同期した2信号の積を演算出力するもので、ロックインアンプとして良く知られている。

問8 次の文は、複数個の上置コイルに関して述べたも

のである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 複数個の固定した上置コイルは試験体が走行する方向の線状きずの検出が容易である。
- (b) 複数個の上置コイルを用いた回転プローブ式渦流探傷装置は管の円周方向のきずの検出に向いている。
- (c) 上置コイルを用いた回転プローブ式渦流探傷では端末不感帯がない。
- (d) マルチコイル式の試験コイルは、上置コイルの一種である。

渦流探傷試験では、検出対象のきず形状に応じて様々なコイルを選択することで目的のきずを検出する。言い換えると、コイルの選択が適切でないと検出したいきずを見逃す可能性もあるのでコイルの選択は重要である。

(a)(b)ともにこれらのコイルでは、検出しにくいきずの代表である。(c)は一見正しいように思えるが、条件次第で成立しないことがある。(d)が正解となる。

問9 次の文は、内挿コイルを用いる渦流探傷試験について説明したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 内挿コイルにおける黄銅管の探傷において、単一周波数を用いるときの最適試験周波数は、多重周波数を用いるときの試験周波数を平均した値である。
- (b) 管の内挿コイルによる探傷試験において、多重周波数を用いると管板直下のアンモニアアタックが識別できる。
- (c) 内挿コイルの適用試験周波数は広く、1個のコイルで適用できる最低と最高との周波数比は300倍に達する。
- (d) 内挿コイルによる新設の熱交換器の試験では、支持板(バツフル)部以外に管板との接合部位の疑似指示が認められることがある。

これは問題を良く読まないで誤解するので、注意が必要である。(b)も正しいようであるが、正解は(d)である。アンモニアアタックは、支持板(バツフル)直下に発生しやすく、管板直下では頻度は少ないものが発生する。しかし、管板部では拡管していることから、多重周波数を用いた場合でも、一般的な内挿コイルではリフトオフが大きくなり、また、拡管信号も重なり検出能が確保できない。