

**E T レベル 2 一次一般・専門試験のポイント**

JIS Z 2305 : 2013 非破壊試験一技術者の資格及び認証に基づく ET レベル 2 の新規一次試験は主に参考書である『渦電流探傷試験Ⅱ』から出題される。試験の結果を見ると受験者の理解不足や誤解によると思われる正答率の低い問題が見受けられる。本稿では、最近行われた試験のうち正答率の低かった問題に類似した例題により解答のポイントを解説する。

問 1 導電率が  $1.0 \times 10^6$  S/m の非磁性体において表皮深さが 1 mm となる試験周波数はどれか。最も近いものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 10 kHz                      (b) 100 kHz
- (c) 250 kHz                    (d) 1 MHz

正答 (c)

渦電流の表皮深さ  $\delta$  は次式で示される。

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (\text{m}) \quad \dots \dots (1)$$

$f$  は試験周波数,  $\mu$  は試験体の透磁率,  $\sigma$  は試験体の導電率である。(1) 式より, 試験周波数  $f$  (Hz) は次式で示される。

$$f = \frac{1}{\pi \mu \sigma \delta^2} \approx 253 \, 000 \text{ Hz} \quad \dots \dots (2)$$

透磁率  $\mu$  は  $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$  で示され,  $\mu_0$  は真空中の透磁率であり  $4\pi \times 10^{-7}$  H/m と比透磁率  $\mu_r$  の積であり, 試験体が非磁性体のため  $\mu_r = 1$  である。導電率  $\sigma$  は  $1.0 \times 10^6$  S/m, 表皮深さ  $\delta$  は  $1 \times 10^{-3}$  m であり, これらの値を (2) 式に代入すると, 周波数  $f$  は約 253 kHz となり, 正答は (c) となる。

問 2 工業分野で用いられている金属の導電率を表す単位として %IACS がある。この単位はどのような金属を基準にして導電率を比較しているか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 冷間加工した純銅          (b) 焼鈍した純銅
- (c) 冷間加工した黄銅          (d) 焼鈍した黄銅

正答 (b)

導電率の単位として %IACS (International Annealed Copper Standard) が広く用いられている。これは国際的に採択された焼鈍標準軟銅 (20 °C の抵抗率  $1.724 \times 10^{-8}$

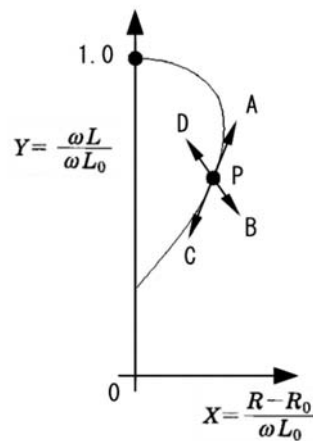
$\Omega \text{m}$ ) の導電率を 100 %IACS とした導電率を表したものである。正答は (b) となる。

応用例として, 抵抗率  $\rho$  ( $\Omega \text{m}$ ) が既知である金属の導電率の値を, 導電率 %IACS へ変換する場合は, 次式で求められる。

$$(\% \text{IACS}) = \frac{1.724 \times 10^{-8}}{\rho} \times 100 \quad \dots \dots (3)$$

問 3 図は非磁性体丸棒を貫通コイルに挿入したときの, 正規化インピーダンス曲線を示す。点 P の状態から周波数を高くすると, 正規化インピーダンスはどの方向に変化するか。次のうちから正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) A
- (b) B
- (c) C
- (d) D



貫通コイルの正規化インピーダンス図

正答 (c)

図の A はコイル内に挿入した試験体の導電率  $\sigma$  が減少した場合, 又は周波数  $f$  を下げた場合の移動方向を示しており, (a) は不正解である。B 及び D はコイルと試験体の結合度すなわち充填率による変化を示しており, B は充填率が増加した場合であり, D は充填率が減少した場合であり, (b) 及び (d) は不正解である。C は試験体の導電率  $\sigma$  が増加した場合, 又は周波数  $f$  を上げた場合の移動方向を示している。したがって, 正答は (c) となる。

問 4 コイルに非磁性体の金属を近づけるとコイルのインダクタンスとリアクタンスはどのように変化するか。次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) インダクタンスは減少, リアクタンスは増加
- (b) インダクタンス, リアクタンスとも増加
- (c) インダクタンスは増加, リアクタンスは減少

(d) インダクタンス, リアクタンスとも減少

**正答 (d)**

コイルのインダクタンスを  $L$  (H) とすると, リアクタンスは  $\omega L$  ( $\Omega$ ) で示され, 比例定数となる角周波数  $\omega = 2\pi f$  と  $L$  の積で示される。コイルに非磁性体の金属を近づけると, コイルのリアクタンス  $\omega L$  は減少する。したがって, 正答は (d) となる。

**問 5** 強磁性体の金属に磁界  $H = 1000$  A/m を与えたとき金属内部の磁束密度  $B$  は  $1.0$  T であった。次のうち, この金属の比透磁率  $\mu_r$  にもっとも近いものはどれか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 8 (b) 80 (c) 800 (d) 8000

**正答 (c)**

強磁性体の磁氣的性質を表す定数として透磁率  $\mu$  があり, 磁界の強さ  $H$  (A/m) と磁束密度  $B$  (T) の関係は次式で示される。

$$\mu = \frac{B}{H} = \mu_0 \mu_r \quad (\text{H/m}) \dots\dots\dots (4)$$

$\mu_0$  は真空中の透磁率で  $4\pi \times 10^{-7}$  H/m であり,  $\mu_r$  は物質の比透磁率である。

(4) 式より比透磁率  $\mu_r$  を計算すると, 次式となる。

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} = \frac{1}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 10^3} \approx 796$$

したがって, 正答は (c) となる。

**問 6** 次の文は, 渦電流探傷器のブリッジが不平衡のまままで探傷した場合の影響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) 探傷器の指示に周期的な雑音が発生する。  
 (b) 探傷器の指示に小さな雑音が発生する。  
 (c) 探傷器の指示が安定せずに, 定まらなくなる。  
 (d) きず検出力が低下することがある。

**正答 (d)**

渦電流探傷器のプロープコイルのインピーダンスは, きずなどによるコイルと試験体間の電磁氣的結合の変化に伴って変化するが, その変化分はコイル自体のインピーダンスに比べて非常に小さいものである。この微小なコイルのインピーダンスの変化分のみを電圧に置き換えて取り出すことに用いられているのがブリッジであり,

ブリッジの出力信号はインピーダンスの変化分にほぼ比例する。ブリッジの出力信号は, 探傷器の増幅回路の入力信号となり増幅され信号処理される。ブリッジの平衡(バランス)を取らないと不平衡電圧が高くなり, 増幅回路の増幅度を上げることができず探傷器の感度を高くすることができない。その結果, きず検出力が低下する。ブリッジバランスと雑音及び出力指示の安定性は無関係である。したがって, 正答は (d) となる。

**問 7** 次の文は, 脱磁の方法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) 対象部に強力な交流磁界を与えた後, 磁界を瞬間的にゼロにする。  
 (b) 対象部に強い直流磁界を与え, ゆっくりと磁界を弱くする。  
 (c) 対象部に強力な交流励磁コイルを置いた後, コイルを対象部位から遠ざける。  
 (d) 対象部に強い直流磁石をおき, 端部まで手動走査する。

**正答 (c)**

脱磁の方法として, 試験体に強い交流磁束を加え, これを徐々に弱めていくことにより行える。これは試験体の磁気ヒステリシス曲線を徐々に小さくすることにより, 残留磁気を原点に収束させる方法であり, (b) 及び (d) の直流磁界では脱磁できない。また, (a) の交流磁界を瞬間的にゼロにしても脱磁することはできない。したがって, 正答は (c) となる。

**問 8** 黄銅管の内挿プローブによる探傷において試験周波数を高くしたとき, きず深さによる位相の変化幅を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 小さくなる。 (b) 変わらない。  
 (c) 大きくなる。 (d) 試験体の寸法による。

**正答 (c)**

渦電流探傷試験において試験周波数を高くすると, 表皮効果により表皮深さは浅くなるが, きずによる位相の変化は大きくなる。したがって, 正答は (c) となる。

レベル 2 の一次試験には, 重要と思われる問題は繰り返し出題される傾向があり, 受験者は本稿に限らず過去の NDT フラッシュを必ず精読しておく必要がある。

LT レベル 2 一次一般・専門試験のポイント

JIS Z 2305:2013 非破壊試験—技術者の資格及び認証—に基づく漏れ試験 (LT) レベル 2 の一般・専門試験は主に『漏れ試験 II』から出題されるが、レベル 1 の内容の理解も要求されていることから、『漏れ試験 I』からも出題される。また、LT は、原理の異なる多数の試験方法があり、用いられる機材も異なり、広範囲な知識が必要となる。本稿では、これまで NDIS 0605 として実施されてきた試験問題の中から特に重要と思われる問題等を例示して、解答のポイントを解説する。

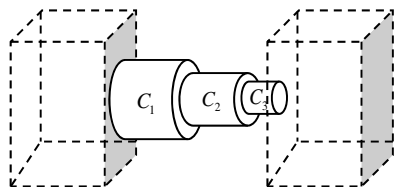
問 1 次の真空計の中で、気体中の電離現象を利用するものはどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) B-A 真空計
- (b) ピラニ真空計
- (c) ブルドン管真空計
- (d) 隔膜真空計

正答 (a)

B-A 真空計は熱陰電極電離真空計の一種で、フィラメントから飛び出した熱電子をガス分子に衝突させ、ガス分子をイオンにして計測する原理のため正答は (a) である。ピラニ真空計は熱伝導式、ブルドン管真空計は液柱差圧式真空計、隔膜真空計は気体分子が壁を押す力を利用した弾性真空計である。LT においては、圧力計、ポンプの基本的知識は整理して覚えておく必要がある。

問 2 分子流領域における下図の合成コンダクタンス  $C$  を求める式として、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



- (a)  $\frac{1}{C} = C_1 + C_2 + C_3$
- (b)  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
- (c)  $C = C_1 + C_2 + C_3$
- (d)  $C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

正答 (b)

この問題は、コンダクタンスの直列接続の場合であるので合成コンダクタンスは (b) が正答である。並列接続の場合は (c) となる。

問 3 27 °C で、0.3 mol の窒素と 0.1 mol の水素を、予め窒素が 0.6 mol 封入されている 10 l の容器に入れた。容器内の水素分圧について最も正解に近いものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 0.02 MPa
- (b) 0.04 MPa
- (c) 0.06 MPa
- (d) 0.08 MPa

正答 (a)

水素の分圧についての問題である。1 mol の気体は 0°C (273 K)、1 気圧 (0.10 MPa) で 22.4 l である。0.1 mol の水素が 27°C で 10 l に入っている場合の水素の分圧は  $0.10 \text{ MPa} \times (0.1 \text{ mol} / 1 \text{ mol}) \times (22.4 \text{ l} / 10 \text{ l}) \times (273 \text{ K} + 27 \text{ K}) / 273 \text{ K} = 0.025 \text{ MPa}$  となるため、正答は (a) となる。

問 4 次に示す分子の中で最も小さい分子直径のものについて、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ネオン
- (b) 水素
- (c) ヘリウム
- (d) アルゴン

正答 (c)

(a) ~ (d) で一番小さい原子は水素であるが、水素は 2 原子分子のため、分子直径では単原子分子のヘリウムが一番小さくなり、(c) が正答となる。

問 5 等価内容積を測定するため、 $0.0001 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$  の標準リークを用いて試験体と同等品の測定を行ったところ、検出時間 30 分間で、標準リークから漏らしていないときの降下圧力は 5 kPa、標準リークから漏らしたときの降下圧力は 30 kPa であった。このときの等価内容積について正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a)  $1.2 \times 10^{-7} \text{ m}^3$
- (b)  $7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
- (c)  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
- (d)  $7.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

正答 (b)

容積が未知の試験体では、標準リークを用いて試験体の内容積を推定する場合がある。その場合、等価内容積  $VE = \text{標準リークの漏れ容積} / \text{漏れによる圧力変化}$  で計算できる。

$$VE = 0.0001 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \times 30 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} / \{(30-5) \times 10^3 \text{ Pa}\} = 7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ となるため、正答は (b) となる。}$$

問 6 発泡漏れ試験において、試験圧力値の指示がない場合の真空法及び加圧法でのそれぞれの試験圧力値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) 真空法は  $5 \times 10^4 \text{ Pa}$  以上、加圧法は  $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  以上
- (b) 真空法は  $5 \times 10^3 \text{ Pa}$  以上、加圧法は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  以上
- (c) 真空法、加圧法とも  $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  以上
- (d) 真空法、加圧法とも  $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  以上

正答 (d)

真空法、加圧法とも同じ差圧であり、大気圧の約 15% である (d) が正答となる。

問 7 試験体を排気するときに必要な時間は、次の式で表される。

$$t = 2.3 \frac{V}{S} \log \frac{P_0}{P}$$

- $t$ : 排気時間 (s)
- $V$ : チャンバ容積 (ℓ)
- $S$ : 真空ポンプ排気速度 (ℓ/min)
- $P_0$ : チャンバ内初期圧力 (Pa)
- $P$ : チャンバ内到達圧力 (Pa)

試験体容積 3 ℓ、排気速度 90 ℓ/min で、大気圧から 100 Pa まで排気したときの計算上の排気時間  $t$  について、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 4 600 秒
- (b) 77 秒
- (c) 14 秒
- (d) 0.2 秒 (1 秒以下)

正答 (c)

題意の値を式に入れて計算すると、

$$t = 2.3 \times \frac{3 \text{ ℓ}}{\frac{90 \text{ ℓ/min}}{60 \text{ s/min}}} \times \log \frac{100 \ 000 \text{ Pa}}{100 \text{ Pa}} = 13.8 \text{ s}$$

となるため、(c) が正答となる。

問 8 次の文は、気体の流れについて述べたものである。

(ア) と (イ) に入る語句の正しい組合せを一つ選び、記号で答えよ。

「気体の流れを分類するときに、レイノルズ数を用いて (ア) を区別し、クヌーセン数を用いて (イ) を区別する。」

- (a) (ア): 分子流か粘性流 (イ): 乱流か粘性流
- (b) (ア): 分子流か粘性流 (イ): 中間流か粘性流
- (c) (ア): 乱流か粘性流 (イ): 分子流か粘性流
- (d) (ア): 中間流か粘性流 (イ): 分子流か粘性流

正答 (c)

気体の流れの分類の境界は、明確に定められていないが、通常下表のように分類され、レイノズル数 ( $Re$ ) やクヌーセン数 ( $Kn$ ) の目安値を用いて表すことができる。そのため、(c) が正答となる。

表 気体の流れの分類と目安値

分類	目安値	
	$Re$	$Kn$
乱流	$Re > 2 \ 200$	$Kn < 0.01$
粘性流	$Re < 1 \ 200$	
中間流	—	$0.01 < Kn < 0.3(\text{or } 1)$
分子流	—	$Kn > 0.3(\text{or } 1)$

問 9 内容積 10 ℓのタンクにゲージ圧で 250 kPa の気体が入っている。このタンクから大気圧で 0.1 ℓの気体が漏れた時のタンク内のゲージ圧について、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、温度は 20 °C で変化せず、大気圧は絶対圧で 101 kPa とする。

- (a) 236 kPa
- (b) 249 kPa
- (c) 250 kPa
- (d) 350 kPa

正答 (b)

大気圧で 0.1 ℓの漏れは、ゲージ圧で 250 kPa では、 $0.1 \text{ ℓ} \times 101 \text{ kPa} / (250 \text{ kPa} + 101 \text{ kPa}) = 0.0288 \text{ ℓ}$  となる。漏れた後の圧力は、絶対圧で  $(250 \text{ kPa} + 101 \text{ kPa}) \times (10 \text{ ℓ} - 0.0288 \text{ ℓ}) / 10 \text{ ℓ} = 350 \text{ kPa}$  となる。このゲージ圧では、 $350 \text{ kPa} - 101 \text{ kPa} = 249 \text{ kPa}$  となるため、(b) が正答となる。