

## TT レベル 1 一般・専門試験のポイント

近年に出題された TT レベル 1 の一般試験と専門試験の問題のうち、正答率の低かった問題と類似した例題について解説する。なお、過去の NDT フラッシュ記事でも試験問題のポイントを紹介しているのでそれらも参考にしていきたい。

### 一般試験の類題

問 1 次は、ステファン・ボルツマンの法則で説明しているものを表している。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 黒体の単色射出能
- (b) 黒体の全射出能
- (c) 単色射出能が最大となる波長
- (d) 物体の吸収率と放射率が等しいこと

正答 (b)

(a), (b), (c), (d) はそれぞれプランクの法則、ステファン・ボルツマンの法則、ウィーンの変位則、キルヒホッフの法則で説明されているものである。したがって、正答は (b) である。

伝熱現象を表す法則 (式) は様々あるが、試験の前には参考書 (非破壊検査技術シリーズ: 赤外線サーモグラフィ試験 I) で改めて確認しておいてほしい。

問 2 800 K の黒体が放射する赤外線エネルギーは、400 K の黒体が放射する赤外線エネルギーの何倍になるか、以下の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 2 倍
- (b) 4 倍
- (c) 8 倍
- (d) 16 倍

正答 (d)

ステファン・ボルツマンの法則によると、黒体から放射される赤外線エネルギーは、絶対温度の 4 乗に比例する。したがって、(800 K/400 K) の 4 乗で、16 倍が正答となる。

問 3 次の文は、TT レベル 1 技術者が実施できる作業について記述したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 規格に従って合否判定基準を作成する。
- (b) 仕様書又は手順書に従って結果を解釈し、合否を判定する。
- (c) 手順書に従って実際の作業条件に適した指示書を作成する。
- (d) 記載された基準に従って NDT 結果を記録し、分類する。

正答 (d)

TT レベル 1 技術者は、TT 指示書に従ってレベル 2 又はレベル 3 技術者の監督のもとで、TT 作業を実施することができる。合否判定基準の作成はレベル 3 技術者、合否判定の実施と指示書作成はレベル 2 以上の技術者に与えられた役割である。判定基準に従った試験結果の記録と分類は、レベル 1 以上の技術者が実施できなければならない作業であり、正答は (d) である。その他、TT レベル 1 技術者に要求される事項を以下に示す。

- ・ TT 機器の調整
- ・ TT の実施
- ・ TT 結果の報告

問 4 次は、横 640 画素、縦 512 画素の赤外線アレイセンサを有する赤外線カメラの視野を横 25 cm、縦 20 cm とした場合の最小検知寸法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) 横 約 0.39 mm , 縦 約 0.49 mm
- (b) 横 約 3.9 mm , 縦 約 3.9 mm
- (c) 横 約 0.39 cm , 縦 約 0.49 cm
- (d) 横 約 0.39 mm , 縦 約 0.39 mm

正答 (d)

最小検知寸法とは、1 画素当りの視野サイズであり、カメラの視野を画素数で割れば、以下のように横・縦それぞれの最小検知寸法が得られる。

$$\text{最小検知寸法 (横)} = 25 \text{ cm} / 640 \text{ 画素} \approx 0.39 \text{ mm}$$

$$\text{最小検知寸法 (縦)} = 20 \text{ cm} / 512 \text{ 画素} \approx 0.39 \text{ mm}$$

なお、最小検知寸法は測定距離に比例し、測定距離が大きくなると広範囲を測定できるようになるが小さな領域の温度を正確に測定できなくなる。その場合は、必要に応じて最小視野角 (空間分解能) の小さな望遠レンズを用いて最小検知寸法を小さくするなど、適切な光学レンズを選択することが重要となる。

最小検知寸法、視野角、空間分解能の関係を図 1 に示

す。試験にはこれらの計算も出題されるのでよく理解しておくこと。

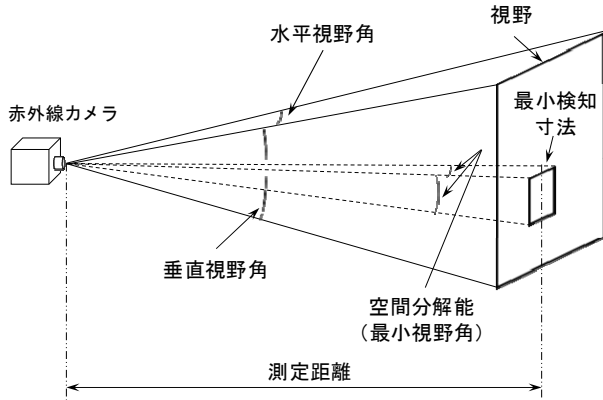


図1 最小検知寸法、視野角、空間分解能の関係

問5 次の文は、赤外線サーモグラフィ装置に搭載されているセンサ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) VOx (酸化バナジウム) は、量子形センサとして使用され、センサの冷却を必要とする。
- (b) HgCdTe (水銀・カドミウム・テルル) は、熱形センサとして使用され、センサの冷却を必要とする。
- (c) InSb (インジウム・アンチモン) は、量子形センサとして使用され、センサの冷却を必要とする。
- (d) a-Si (アモルファスシリコン) は、熱形センサとして使用され、センサの冷却を必要とする。

正答 (c)

VOx や a-Si は熱形センサ (ボロメータ) として使用され、常温での使用が可能で冷却は不要である。HgCdTe や InSb は量子形センサとして使用され、センサの冷却を必要とするため、スターリングクーラや電子冷却器などをセンサと一体化させて組み込むことが一般的である。したがって、正答は (c) である。熱形センサは安価であり、量子形と異なり冷却器が不要なためカメラの小型化が容易であるが、時間応答性や感度は劣る。

専門試験の類題

問6 次の文は、対面測定角度 (試験対象面の法線と赤外線カメラの光軸のなす角) が増加した場合の放射率の変化傾向について、絶縁物と金属に分けて示したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 絶縁物：減少 金属：減少

- (b) 絶縁物：減少 金属：増加
- (c) 絶縁物：増加 金属：減少
- (d) 絶縁物：増加 金属：増加

正答 (b)

絶縁物においては、対面測定角度が 0° の場合に放射率が最も大きく、角度が大きくなるにつれて放射率は小さくなり、60° を超えたあたりで急激に低下する。一方、金属では絶縁物とは異なり、対面測定角度が大きくなるにつれて放射率が上がる傾向にある。したがって、正答は (b) である。

問7 次の文は、赤外線サーモグラフィ装置による計測において、計測時の設定が不適切であると、画像処理や電子的処理により計測後に修正できないパラメータを示している。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 温度レンジ
- (b) 温度表示レベル
- (c) 温度表示スパン
- (d) 熱画像のカラーパレット

正答 (a)

温度レンジは温度測定範囲であり、計測後の後処理では変更できない項目である。したがって、正答は (a) である。試験対象物に想定される温度値が温度レンジ内に収まるようにしなければならない。また、温度レンジを広くした場合には、赤外線サーモグラフィ装置の温度分解能が低下する場合があるので注意が必要である。

温度表示レベル及びスパンは、それぞれ疑似カラー表示した熱画像で表示されるコントラストの中心温度及び温度幅 (最高温度と最低温度の差) である。温度表示レベル・スパン及びカラーパレットは計測後にも変更できるが、熱画像を確認しながら計測することが大事であるので、これらも計測時に適切に設定・選択する必要がある。

**RT レベル3 パートD・E試験のポイント**

近年出題されたパートD・E試験問題のうち、正答率の低かった問題の類題によって各パートのポイントを解説する。

なお、同様のポイントを解説した過去の NDT フラッシュを日本非破壊検査協会のホームページに公開しているので参考にしてほしい。

**パートDの類題**

問1 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) タンタル (Ta) は、金属増感紙の材料として用いられる。
- (b) アルミニウム (Al) は、金属増感紙の材料として用いられる。
- (c) 鉛 (Pb) は、蛍光増感紙の材料として用いられる。
- (d) 銅 (Cu) は、蛍光増感紙の材料として用いられる。

**正答 (a)**

増感紙は、金属増感紙、蛍光増感紙及び金属蛍光増感紙に大別される。各増感紙の構造と特徴を次に示す。

① 金属増感紙

台紙に金属箔を貼付したもので、放射線によって金属箔から発生する二次放射線による増感効果を利用したものである。増感紙用の金属として原子番号の高いPbが適しているが、国際規格では、銅, Cu, Taも規定している。いずれも金属箔による散乱線低減効果もある。

② 蛍光増感紙

台紙にタングステン酸カルシウム (CaWO<sub>4</sub>) 等の蛍光物質を塗布したもので、放射線によって蛍光物質から発生する蛍光による増感効果を利用したものである。散乱線低減効果はないが、増感効果は一番大きい。

③ 金属蛍光増感紙

上述の金属箔の表面に蛍光物質を塗布したもので、蛍光物質による蛍光作用によって、上述①の数十倍から数百倍の増感効果がある。同時に、金属箔による散乱線低減効果を併せもつ。

したがって、正答は (a) である。

問2 露出時間のみを変化させて撮影した濃度1.80と濃度2.40の2枚の透過写真を同一の観察条件で観察した。このとき、いずれの観察においても透過光以外の光の強さは濃度1.80の透過写真を透過した光の強さの半分であった。濃度Dとフィルムコントラスト $\gamma$ とは、濃度0.50~3.50の範囲で正比例の関係にあるものとすれば、濃度1.80における透過度計の線に対する透過写真の見掛けのコントラストは、濃度2.40において同一直径の線に対する透過写真の見掛けのコントラストの [ ] 倍である。空欄に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1.5      (b) 2.2      (c) 3.7      (d) 4.3

**正答 (a)**

透過度計の線に対する透過写真の見掛けのコントラスト $\Delta D_a$ は式(1)で表される。

$$\Delta D_a = \frac{\Delta D}{1 + \frac{L_s}{L}} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta D$  : 透過写真のコントラスト

$L_s$  : 透過光以外の光の強さ

$L$  : 透過光の強さ

また、 $\Delta D$  は  $\gamma$  と正比例の関係にあり、かつ、題意より  $\gamma$  は  $D$  と正比例の関係にあることから、 $\Delta D = CD$  で表される。この  $C$  は比例定数である。これを式(1)に代入すると式(2)となる。

$$\Delta D_a = \frac{CD}{1 + \frac{L_s}{L}} \quad (2)$$

式(2)から、濃度 1.80 及び濃度 2.40 の透過写真を観察する際、同一直径の線に対する透過写真の見掛けのコントラストである $\Delta D_{a1.80}$ 及び $\Delta D_{a2.40}$ は式(3)及び式(4)で表される。

$$\Delta D_{a1.80} = \frac{C \times 1.80}{1 + \frac{L_s}{L_{1.80}}} \quad (3)$$

$$\Delta D_{a2.40} = \frac{C \times 2.40}{1 + \frac{L_s}{L_{2.40}}} \quad (4)$$

ここで、 $L_{1.80}$  : 濃度 1.80 の透過写真を透過した光の強さ

$L_{2.40}$  : 濃度 2.40 の透過写真を透過した光の強さ

したがって、 $\Delta D_{a1.80} / \Delta D_{a2.40}$  は、式(5)となる。

$$\frac{\Delta D_{a1.80}}{\Delta D_{a2.40}} = \frac{1.80}{2.40} \times \frac{1 + \frac{L_s}{L_{2.40}}}{1 + \frac{L_s}{L_{1.80}}} \quad (5)$$

題意より、 $L_s$  は  $L_{1.80}$  の 1/2 であるため、式(5)は式(6)で表される。

$$\frac{\Delta D_{a1.80}}{\Delta D_{a2.40}} = \frac{1.80}{2.40} \times \frac{1 + \frac{L_{1.80}}{2L_{2.40}}}{1.5} = 0.5 \times \left(1 + \frac{L_{1.80}}{2L_{2.40}}\right) \quad (6)$$

一方、 $D$  は式(7)で定義される。

$$D = \log_{10} \frac{L_0}{L} \quad (7)$$

ここで、 $L_0$  : 入射光の強さ

$L$  : 透過光の強さ

濃度 1.80 及び濃度 2.40 の透過写真では、式(8)及び式(9)となる。

$$1.80 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{1.80}} \quad (8)$$

$$2.40 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{2.40}} \quad (9)$$

式(9)から式(8)を減じれば式(10)となる。

$$0.60 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{2.40}} - \log_{10} \frac{L_0}{L_{1.80}} = \log_{10} \frac{\frac{L_0}{L_{2.40}}}{\frac{L_0}{L_{1.80}}} = \log_{10} \frac{L_{1.80}}{L_{2.40}} \quad (10)$$

式(10)から  $L_{1.80}/L_{2.40}$  は  $10^{0.60}$  と求まる。これを、式(6)に入れて計算すると、 $\Delta D_{a1.80}/\Delta D_{a2.40}$  は 1.495 となることから、正答は (a) である。

パートEの類題

問3 放射線透過試験Ⅲ問題集 2017 の P.128 のX線フィルムの特性曲線を用いて、露出量の変動が±10%あるものと予想される現場で、図1に示すような異なる厚さを有する鋳鋼品の透過写真を1枚撮影したところ、薄い方の中央(A点)の濃度が1.00、厚い方の中央(B点)の濃度が0.60であった。なお、X線フィルムはIX100、増感紙は鉛箔0.03mmとする。

この時、露出時間だけ変化させて撮影する場合に±10%の露出量の変動があっても透過写真の濃度範囲1.00以上3.00以下を常に満足させるためには、露出時間を [ ] にしなければならない。空欄に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

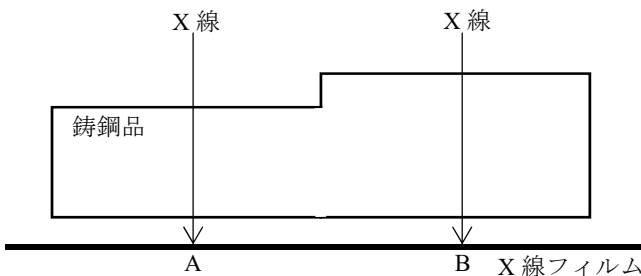


図1 異なる厚さを有する鋳鋼品

- (a) 1.1 倍以上 2.2 倍以下
- (b) 1.5 倍以上 2.8 倍以下
- (c) 2.4 倍以上 2.9 倍以下
- (d) 2.8 倍以上 3.7 倍以下

正答(c)

まず最低濃度について考える。

濃度0.60を得るのに必要な露出量を $E_{0.6}$ 、濃度1.00を得るのに必要な露出量を $E_{1.0}$ とする。

露出量の変動が+10%生じて濃度が0.60になったとすると、その時の露出量 $E_{0.6(+10\%)}$ は式(11)で表される。

$$E_{0.6(+10\%)} = \frac{E_{0.6}}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \quad (11)$$

露出量を多くして、最低濃度0.60を1.00に上げた時、-10%の変動が生じて濃度が1.00になったとすると、その時の露出量 $E_{1.0(-10\%)}$ は式(12)で表される。

$$E_{1.0(-10\%)} = \frac{E_{1.0}}{\left(1 - \frac{10}{100}\right)} \quad (12)$$

式(11)及び式(12)より、式(13)が求まる。

$$\frac{E_{1.0(-10\%)}}{E_{0.6(+10\%)}} = \frac{E_{1.0}(1+0.1)}{E_{0.6}(1-0.1)} \quad (13)$$

$E_{1.0}/E_{0.6}$ は、X線フィルムの特性曲線より35秒/18秒と求められる。これを式(13)に入れて計算すると2.37となる。

次に最高濃度について考える。

濃度3.00を得るのに必要な露出量を $E_{3.0}$ とする。

露出量の変動が-10%生じて濃度が1.00になったとすると、その時の露出量 $E_{1.0(-10\%)}$ は式(12)で表される。

露出量を多くして、最高濃度1.00を3.00に上げた時、+10%の変動が生じて濃度が3.00になったとすると、その時の露出量 $E_{3.0(+10\%)}$ は式(14)で表される。

$$E_{3.0(+10\%)} = \frac{E_{3.0}}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \quad (14)$$

式(12)及び式(14)より、式(15)が求まる。

$$\frac{E_{3.0(+10\%)}}{E_{1.0(-10\%)}} = \frac{E_{3.0}(1-0.1)}{E_{1.0}(1+0.1)} \quad (15)$$

$E_{3.0}/E_{1.0}$ は、X線フィルムの特性曲線より128秒/35秒と求められる。これを式(15)に入れて計算すると2.99となる。

したがって、露出時間は2.37倍以上2.99倍以下となることから、正答は(c)である。