

RT レベル 3 パート D・E 試験問題のポイント

近年出題された二次試験のパート D・E 試験問題のうち、正答率の低かった問題と類似した例題により各パートのポイントを解説する。

なお、過去にも試験問題に基づいた同様のポイントを解説した NDT フラッシュが日本非破壊検査協会のホームページで公開されている。参考にしてほしい。

パート D の類題

問 1 次の文は、放射線に関する単位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) 照射線量の単位は、電子・ボルト (eV) が用いられる。
- (b) 照射線量の単位は、クーロン毎キログラム (C/kg) が用いられる。
- (c) 照射線量の単位は、グレイ (Gy) が用いられる。
- (d) 照射線量の単位は、シーベルト (Sv) が用いられる。

正答 (b)

放射線に関する主な単位を表に示す。

なお、この例題に類似した問題は、レベル 1 の試験問題としても出題されたことがある。レベル 3 には広範囲な知識が求められている。

表 1 放射線に関する主な単位

用語	単位	説明
放射能	ベクレル (Bq)	放射性物質が 1 秒間あたりに壊変する原子の個数
照射線量	クーロン毎キログラム (C/kg)	1 C/kg は、1 kg の空气中に放射線を照射したとき、電離作用で 1 C の電荷を生じる線量
吸収線量	グレイ (Gy)	1 Gy は、物質 1 kg あたり 1 J のエネルギーを吸収したときの線量
線量当量	シーベルト (Sv)	生体に与える影響 (生物学的効果比率) を考慮した吸収線量
エネルギー	エレクトロンボルト (eV)	電荷 (e) をもつ粒子を 1 V の電圧で加速したとき、粒子の得る運動エネルギー

問 2 次の文中の [] に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

¹⁹²Ir, 370 GBq を装備した γ 線照射装置を用い、図 1 に示すような配置で透過試験を行った。

A 方向で線源から 5 m の位置における線量当量率は、[] μSv/h である。ただし、A 方向については、鋼製の被写体を透過する直接線と被写体からの前方散乱線の線量当量率が等しいものとする。また、1 GBq の ¹⁹²Ir から 1 m の距離における 1 時間当たりの線量当量率は 0.135 mSv/h とし、鋼による γ 線の減弱曲線は図 2 のとおりとする。

- (a) 110 (b) 220 (c) 440 (d) 880

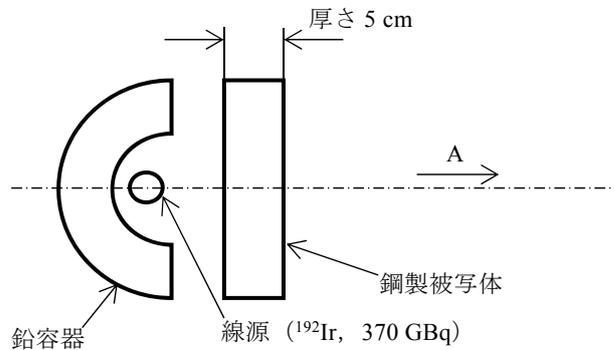


図 1 撮影配置

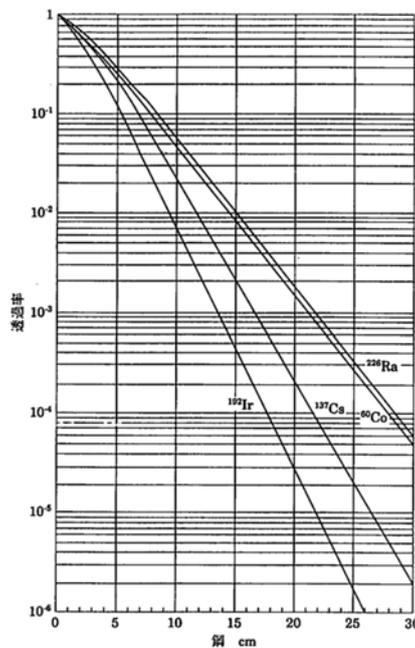


図 2 減弱曲線

正答 (c)

図 2 の ¹⁹²Ir の鋼 5 cm における透過率は 0.11 と読み取れる。題意とこの値を用いて、A 方向 5 m の位置における線量当量率 I は、厚さ 5 cm の鋼製試験体を透過した直

接線と被写体からの前方散乱線が合算されるため、式(1)のように計算することができる。

$$I = 370[\text{GBq}] \times 0.135[\text{mSv/h} \cdot \text{GBq}] \times 0.11 \times (1[\text{m}] / 5[\text{m}])^2 \times 2 \approx 0.44[\text{mSv/h}] = 440[\mu\text{Sv/h}] \quad (1)$$

したがって、正答は (c) 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、次の文中の [] に入る最も適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

露出量の変動が±10%あるものと予想される現場で図 3 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 0.03 mm 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。

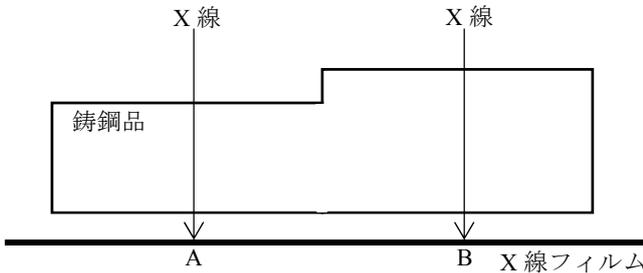


図 3 異なる厚さを有する鋳鋼品

- (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 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(2)で表される。

$$E_{0.6(+10\%)} = \frac{E_{0.6}}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \quad (2)$$

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 $E_{1(-10\%)}$ は式(3)で表される。

$$E_{1(-10\%)} = \frac{E_1}{\left(1 - \frac{10}{100}\right)} \quad (3)$$

式(2)及び式(3)より、式(4)が求まる。

$$\frac{E_{1(-10\%)}}{E_{0.6(+10\%)}} = \frac{E_1(1+0.1)}{E_{0.6}(1-0.1)} \quad (4)$$

$E_1/E_{0.6}$ 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(4)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 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 $E_{1(-10\%)}$ は式(3)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 $E_{3(+10\%)}$ は式(5)で表される。

$$E_{3(+10\%)} = \frac{E_3}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \quad (5)$$

式(3)及び式(5)より、式(6)が求まる。

$$\frac{E_{3(+10\%)}}{E_{1(-10\%)}} = \frac{E_3(1-0.1)}{E_1(1+0.1)} \quad (6)$$

E_3/E_1 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(6)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、該当する正答は (c) である。

問 4 母材の厚さが 30.0 mm で両面に余盛のある鋼製突合せ溶接継手を撮影する。透過写真の像質は、JIS Z 3104 : 1995 「鋼溶接継手の放射線透過試験方法」の A 級が要求されている場合、最も適した透過度計を一つ選び記号で答えよ。なお、必要とする場合は、JIS Z 3104 の附属書 1 表 4 (透過度計の識別最小線径) を用いよ。

- (a) 04F
- (b) 08F
- (c) 16F
- (d) 32F

正答 (b)

母材の厚さが 30.0 mm では、A 級として直径 0.50 mm の針金形透過度計の識別が要求されている。04F 及び 32F は、直径 0.50 mm の針金が含まれていないため適していない。08F 及び 16F は直径 0.50 mm の針金が含まれているが、08F では直径 0.50 mm より細い針金は 4 本含まれているのに対し、16F では直径 0.50 mm より細い針金は 1 本しか含まれていない。このため、透過度計の識別最小線径より、より細い針金を確認するため、08F が最も適している。したがって (b) が正答である。

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、評価する。
- (c) 記載された基準に従って NDT 結果を記録し、分類する。
- (d) 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。

正答 (c)

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 (c) である。その他 TT レベル 1 技術者が実施できなければならない事項は以下に示す通りである。

- 1) TT 機器の調整
- 2) TT の実施
- 3) TT 結果の報告

問 2 次の文は、対流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) 流体間及び固体と流体の間で生じる伝熱形態である。
- (b) 強制対流では流体の流れは生じるが、自然対流では流体の流れは生じない。
- (c) ハロゲンヒータによる外壁の加熱は、主に対流によるものである。
- (d) 媒体を必要としない伝熱形態である。

正答 (a)

対流は温度差のある流体間や流体と固体の間で生じる伝熱であり、(a) は正しい。流体の流れが強制的に起こる場合を強制対流、流体内部の温度勾配により流れが生じる場合を自然対流と呼び、流れは強制対流・自然対流ともに生じるため、(b) は誤りである。また (c)、(d) は放射による伝熱であり、誤りである。

問 3 次は、プランク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) 黒体の全射出能
- (b) 黒体の単色射出能
- (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) はそれぞれステファン・ボルツマンの法則、プランクの法則、ウィーンの変位則、キルヒホッフの法則を説明しているものであり、正答は (b) である。伝熱現象を表す法則 (式) は様々あるが、試験の前にはテキスト (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 4 900 K の黒体が放射する赤外線エネルギーは、300 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) 1.5 倍 (b) 3 倍 (c) 9 倍 (d) 81 倍

正答 (d)

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 (ステファン・ボルツマンの法則) する。したがって、(900 K/300 K) の 4 乗で、81 倍が正答となる。

問 5 次は、横 320 画素、縦 256 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 0.78 mm , 縦 約 0.98 mm
- (b) 横 約 7.8 mm , 縦 約 7.8 mm
- (c) 横 約 0.78 cm , 縦 約 0.98 cm
- (d) 横 約 0.78 mm , 縦 約 0.78 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る。したがって、カメラの視野を画素数で割れば、以下のよう横・縦それぞれの最小検知寸法が求められる。

$$\text{最小検知寸法 (横)} = 25 \text{ cm} / 320 \text{ 画素} \approx 0.78 \text{ mm}$$

$$\text{最小検知寸法 (縦)} = 20 \text{ cm} / 256 \text{ 画素} \approx 0.78 \text{ mm}$$

(長さの単位換算のミスに注意すること)

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面積の温度を正確に測定できなくなる。このような場合には、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。

専門試験の類題

問6 次の文は、赤外線カメラにより機械の軸受部の温度を測定し状態監視を行うこと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) 同様の条件で稼働している仕様の異なる別機種の温度と比較し評価する。
- (b) 適切な頻度で、常に異なる角度・位置から温度を測定する。
- (c) 温度測定結果に異常の兆候があった場合でも、測定頻度を変更せずに監視することが重要となる。
- (d) 測定結果からトレンドカーブを作成し、温度の異常な上昇がないかを管理する。

正答 (d)

比較対象は、同条件で稼働している同機種の別固体であり、(a)は誤りである。撮影角度や位置も同じでなければならないので、(b)も誤りである。軸受部では温度測定結果の変化傾向(トレンドカーブ)から、温度の急激な上昇がないかを監視することが重要であり、測定結果に異常の兆候がみられた場合は、測定頻度を上げて温度変化傾向を注視するのが望ましい。したがって、(d)が正答である。

問7 次の文は、コンクリート構造建築物のタイル張り外壁におけるパッシブ法によるタイルのはく離の検出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) はく離部と健全部の温度差は、はく離深さによって変化するが、はく離面積には依存しない。
- (b) はく離が深いほど、日射を同時に受けた場合に健全部との温度差が早く現れる。

全部との温度差が早く現れる。

- (c) タイルの光沢による反射が大きいほど、健全部とはく離部の温度差は小さくなる。
- (d) 日射を受けてから健全部とはく離部に温度差が現れる時刻は、タイルの厚さとは関係が無い。

正答 (c)

はく離部と健全部の温度差は、はく離深さが大きいほど小さく、はく離面積が大きいほど大きくなり、(a)は誤りである。またタイルが厚く、はく離が深いほど、内部のはく離部まで熱が伝わるのに時間を要し、健全部とはく離部の温度差は遅く現れる。ゆえに、(b)、(d)も誤りである。反射が大きくなると、キルヒホッフの法則より赤外線の吸収が小さくなることになる。そのため、反射率が大きくなり吸収率が下がると、タイル表面で吸収される赤外線エネルギーが低下するため、はく離部で現れる温度差も相対的に小さくなる。したがって、正答は(c)である。

問8 次の文は、パッシブ法によって石油タンクのスラッジ(堆積物)レベルを計測する上で留意すべき点を示している。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) タンク内部の圧力
- (b) 大気圧
- (c) 計測時刻
- (d) タンク内表面の放射率

正答 (c)

タンク内外の圧力は、測定面の温度に大きな影響を及ぼさず、(a)、(b)は誤りである。本手法では、タンク外面に日射による熱負荷が加わった際の、スラッジ部での熱伝導特性の違いにより現れる温度変化を利用して、スラッジレベルを評価している。計測時刻が変化すると、測定面に与えられる日射エネルギーが変化するため、計測時刻や測定面の方角には注意が必要であり、正答は(c)となる。タンク外面の放射率には注意が必要だが、タンク内表面の放射率は関係が無く、(d)は誤りである。