

TT レベル 2 一般・専門試験のポイント

近年に出題された TT レベル 2 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、雑音等価温度差の略語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) MDTD
- (b) FOV
- (c) MDD
- (d) NETD

正答 (d)

各略語の定義は以下の通りであり、正答は (d) である。

- MDTD (Minimum detectable temperature difference)
 最小検知温度差：ある大きさの測定対象物を検出するのに必要な測定対象物と背景との最小温度差である。
- FOV (Field of view)
 視野角：測定できる視野の範囲である。
- MDD (Minimum detectable dimension)
 最小検知寸法：測定可能なもっとも小さな測定対象物の寸法である。
- NETD (Noise equivalent temperature difference)
 雑音等価温度差：検出信号が雑音レベルに等しくなるときの測定対象物と背景との最小温度差である。

問 2 面積が 4 m^2 で温度が 303 K の伝熱面の表面を流体が流れ、その表面から十分離れたところでの流体温度が 283 K であり、熱伝達率は $10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ である。次は、対流により伝熱面表面から流体に伝わる単位時間当たりの熱エネルギー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) 8 W
- (b) 50 W
- (c) 800 W
- (d) 16000 W

正答 (c)

図 1 のように、面積が $A \text{ (m}^2\text{)}$ で温度が $T_w \text{ (K)}$ の伝熱面の表面を流体が流れ、その表面から十分離れたところでの流体温度を $T_\infty \text{ (K)}$ とした場合に、伝熱面表面から流体に伝わる単位時間あたりの熱エネルギー $Q \text{ (W)}$ は、式(1)で示すニュートンの冷却法則で求められる。

$$Q = hA \times (T_w - T_\infty) \quad (1)$$

ここで、 h は熱伝達率と呼ばれ、流体の種類と流速及び伝熱面の形状などに依存する値である。式(1)より、

$$Q = 10 \times 4 \times (303 - 283) = 800 \text{ W} \quad (2)$$

となり、正答は (c) である。

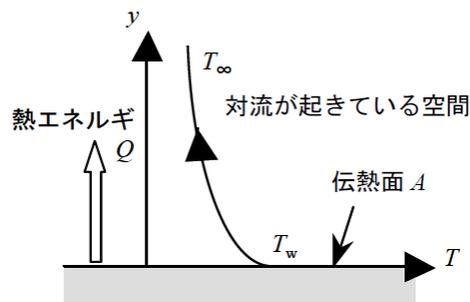


図 1 対流による伝熱面からの伝熱

問 3 次は水平 640 画素×垂直 480 画素のアレイセンサを搭載した赤外線サーモグラフィ装置の空間分解能（最小視野角）を約 0.55 mrad としたいときに使用するレンズの水平視野角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) 約 15°
- (b) 約 20°
- (c) 約 30°
- (d) 約 40°

正答 (b)

空間分解能（最小視野角）とレンズ視野角の関係は図 2 に示す通りである。したがってレンズの水平視野角は、

$$\begin{aligned} \text{水平視野角} &= \text{空間分解能} \times \text{水平画素数} \times (360/2\pi) \\ &= 0.55 \times 10^{-3} \times 640 \times (360/2\pi) \\ &= 20.1^\circ \end{aligned} \quad (3)$$

と求められ、正答は (b) である。

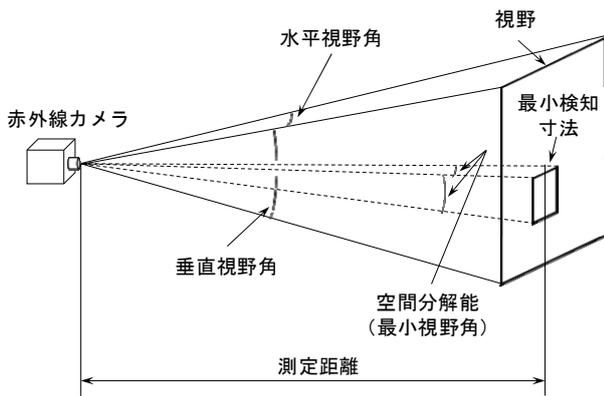


図2 空間分解能と視野角の関係

問4 次の文は、ステファン・ボルツマンの法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) ステファン・ボルツマンの法則は、プランクの式を全波長域で積分することで導かれる。
- (b) ステファン・ボルツマン定数の単位は $W/(m^2 \cdot K^2)$ である。
- (c) 黒体の場合、全射出能は絶対温度の2乗に比例する。
- (d) ステファン・ボルツマンの法則は、黒体の単色射出能の最大値を与える波長と温度の関係を表す。

正答 (a)

ステファン・ボルツマンの法則は、単色射出能 $E_{b\lambda}$ を表すプランクの式を式(4)の通り全波長域で積分することで導かれ、(a) が正答となる。

$$E_b = \int_0^{\infty} E_{b\lambda} d\lambda = \sigma T^4 \quad (4)$$

黒体の全射出能 E_b は式(4)の通り、絶対温度の4乗に比例し、(c) は誤りである。ステファン・ボルツマン定数 σ の単位は $W/(m^2 \cdot K^4)$ であり、また黒体の単色射出能の最大値を与える波長と温度の関係を表すのは、式(5)に示すウィーンの変位則である。したがって、(b) 及び (d) も誤りである。

$$\lambda_{max} T = 2\,898 \mu m \cdot K \quad (5)$$

専門試験の類題

問5 次に示す規格のうち、電気設備機器の許容温度の参考となる情報が入手できる規格を一つ選び、記号で答

えよ。

- (a) 日本非破壊検査協会規格
- (b) 日本溶接協会規格
- (c) 日本産業規格
- (d) 日本農林規格

正答 (c)

電気設備機器の設備稼働時の許容温度は、日本産業規格 (JIS, 旧日本工業規格)、日本電気工業会規格 (JEM) 及び日本電気協会の電気技術規定 (JEAC) から参考にすることができる。したがって、正答は (c) である。

ただし、稼働中の温度に対する規定ではなく、定められた温度上昇試験時における許容基準であることに注意すべきである。

問6 30°Cの下で熱弾性係数 k が 4.15×10^{-12} (1/Pa) のステンレス鋼 (SUS304) に対して、断熱条件下で瞬時に荷重を作用させたところ、材料には $\Delta T = -0.05$ K の温度変化が生じた。材料に生じている主応力の変化として正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 約 -40 MPa (圧縮応力)
- (b) 約 -400 MPa (圧縮応力)
- (c) 約 40 MPa (引張応力)
- (d) 約 400 MPa (引張応力)

正答 (c)

熱弾性効果による温度変化は式(6)で与えられる。

$$\Delta T = -kT\Delta\sigma \quad (6)$$

ここで、 T は材料の絶対温度であり、 $\Delta\sigma$ は材料に生じる主応力の変化である。問題文の通り、数値を代入すると、

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= -\frac{\Delta T}{kT} \\ &= -\frac{(-0.05)}{4.15 \times 10^{-12} \times (30 + 273.15)} = 39.7 \text{ MPa} \quad (7) \end{aligned}$$

となり、正答は (c) である。マイナスの温度変化が生じた場合は、引張応力となることに注意が必要である。

LT レベル 2 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 LT レベル 2 の新規一次試験は主に参考書である『漏れ試験 II』から出題されるが、当然、レベル 1 の内容も含まれる。漏れ試験は、原理も異なる多数の試験方法があり、用いられる機材も異なるが、本稿では、試験問題の中から特に重要と思われる問題の類似問題を例示しながら、解答のポイントを解説する。

一般試験の問題

問 1 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、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)：中間流か粘性流 (イ)：分子流か粘性流
- (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)：分子流か粘性流 (イ)：乱流か粘性流

正答 (c)

真空中の気体の流れ方について、基礎知識を問う問題である。気体の流れ方について分類すると、乱流、粘性流、分子流、さらに粘性流と分子流の中間の状態にある気体の流れである中間流に大別される。乱流と粘性流はレイノルズ数により区別される。分子流は気体分子の平均自由行程が導管断面の最大寸法よりも十分に大きい場合(クヌーセン数が大きい場合)の気体の流れである。これらの定義より、正答は(c)となる。

問 2 次の文は、気体中の電離現象を利用する真空計はどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

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

正答 (b)

隔膜真空計は真空容器の圧力と真空計内の圧力差により発生する隔膜電極と固定電極間の静電容量の変化を計測する。

ブルドン管真空計はC型等に曲げられた中空配管内部が真空になる際に発生する配管の曲率変化を圧力として指示するものである。

ピラニ真空計は真空計内部の通電加熱した白金またはタングステンフィラメントから奪われる熱量を計測する。

B-A 真空計は真空計内部の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。

よって、正答は(b)となる。

問 3 次に示す分子の中で最も小さい分子直径はどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

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

正答 (b)

漏れの基礎理論に関する知識を問う問題である。選択肢の元素記号を原子番号の小さい順に並べると水素(1)、ヘリウム(2)、ネオン(10)、アルゴン(18)である。

原子番号が小さいほど原子直径も小さくなる。ただし、水素のみ分子状態では H_2 となり 2 つの原子から構成される一方、他の分子は 1 つの原子からなる単原子分子である。このため、分子直径はヘリウムの方が小さい。

よって、(b) が正答となる。

問 4 次の文は、ヘリウムの透過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) ヘリウムは、全ての固体を透過することができる。
- (b) ヘリウムは、全ての固体を透過することができない。
- (c) ヘリウムは、有機高分子材よりも石英をよりよく透過する。
- (d) ヘリウムは、石英ガラスや有機高分子材などの固体も透過する。

正答 (d)

問 3 の回答でも分かるように、ヘリウムは最小の分子直径をもつ。全ての固体を透過することはできないが、石英ガラス (SiO_2) や有機高分子材は透過する。この性質を利用して、ヘリウムは微小標準リークに使用される。また分子構造上、有機高分子材の方が透過しやすい。

よって、正答は (d) となる。

問5 試験体の排気時間は、次の式(1)で表される。

$$t = \frac{V}{S} \times 2.3 \times \log \frac{P_0}{P} \quad (1)$$

ここで、

t : 排気時間 (s),

V : チャンバ容積 (m^3),

S : 真空ポンプ排気速度 (m^3/s),

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 2 l, 排気速度 60 l/min (=1 l/s) で、大気圧から 130 Pa まで排気したときの計算上の排気時間 t について、もっとも近いものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 約 0.2 秒
- (b) 約 9 秒
- (c) 約 13 秒
- (d) 約 1 時間

正答 (c)

出題中の数式より、

$$\begin{aligned} t &= \frac{2}{1} \times 2.3 \times \log \frac{100000}{130} \\ &= 2 \times 2.3 \times 2.89 \\ &= 13.29 \text{ (s)} \end{aligned}$$

よって、正答は (c) となる。

大気圧の Pa 数値や、数式内の単位系統一などによる計算間違いを起こさないように注意いただきたい。

専門試験の問題

問6 圧力変化漏れ試験を実施した。650 m^3 のタンクの圧力を測定したところ、最初は 840 kPa であったものが、24 時間経過後は 820 kPa となっていた。温度変化及び大気圧の影響がないとした場合、その漏れ量について、もっとも近いものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、測定した圧力単位はゲージ圧とする。

- (a) 約 5 $Pa \cdot m^3/s$
- (b) 約 50 $Pa \cdot m^3/s$
- (c) 約 150 $Pa \cdot m^3/s$
- (d) 約 1500 $Pa \cdot m^3/s$

正答 (c)

漏れ量の計算は、試験体の温度変化及び大気圧の影響が無視できる場合は以下の式(2)による。

$$Q = \frac{V(P_2 - P_1)}{\Delta t} \quad (2)$$

ここで、

Q : 漏れ量 ($Pa \cdot m^3/s$),

P_1 : 検出開始時の試験体のゲージ圧力 (Pa),

P_2 : 検出終了時の試験体のゲージ圧力 (Pa),

Δt : 検出開始から検出終了までの時間 (t),

V : 試験体の内容積 (m^3)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{650 \times (840000 - 820000)}{60 \times 60 \times 24} \\ &= 150 \text{ (Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s)} \end{aligned}$$

よって、正答は (c) となる。

問5 同様、圧力や時間、体積の単位に間違いの無いように注意いただきたい。

問7 次の文は、ヘリウム漏れ試験機のガス導入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) 測定精度は逆拡散導入法が最も高い。
- (b) 清浄でない試験体の測定は直接法が適している。
- (c) 感度は直接法が最も高い。
- (d) 高圧力測定は中間段導入法が最も適している。

正答 (c)

ヘリウムリークディテクタを用いた計測に関する知識を問う問題である。

逆拡散導入法は、テストポートから導入されたヘリウムガスが粗びきポンプ上流から分岐してターボ分子ポンプ下流側から上流側へ逆拡散したヘリウムを分析管で捉える測定モードである。粗びきポンプ上流で分岐してターボ分子ポンプの下流から上流へ流れるヘリウムを測定するため、精度は低い。試験体内の真空度が低い(圧力が高い)場合や清浄でない試験体の測定は、逆拡散導入となる。中間段導入法は試験体からの排気管が連結された2台のターボ分子ポンプの中間に接続されているもので、試験する圧力や感度は直接法と逆拡散導入法の間くらいに位置しており高圧力測定には適さない。直接法は試験体からの排気管が分析管に接続されているため、もっとも感度が高くなる。

よって、正答は (c) となる。