

真空技術者資格試験への手引き(1)

中山 勝 矢*1

Guidance for the Vacuum Engineer Examination (1)

Katsuya NAKAYAMA*1

Chair, The Qualification Committee of Vacuum Engineers

(Received November 11, 2010, Accepted January 12, 2011)

1. ま え が き

日本真空協会と日本真空工業会は共同で真空技術者資格認定委員会を設け、2003年度から真空技術者の資格認定事業を行ってきました。

2010年度までの1,2級受験者の総数は8年間で2201名に達し、試験に合格し資格認定された人の数は725名になりました。さらに1級技術者のうち44名は、真空主任技術者として認定されています。

なお第9回目にあたる2011年度の資格試験は1,2級とも8月1日(月)~25日(木)の間に受験申込を受け、10月1日(土)に東京と大阪で実施する予定です。

この資格認定委員会は内部に試験委員会を置き、試験問題の作成と試験の実施を行っていますが、この性格上、試験委員名は公表していません。したがって認定委員会の委員長が代表してこの記事を書いているとご理解ください。

資格試験では、1,2級とも30問ずつの問題が出題されます。1級の場合は真空夏季大学の、2級では協会関西支部の真空技術基礎講習会と工業会のウォーキングコースの、それぞれにおけるテキスト・参考資料・講義内容をベースにして問題が作成されることになっていますから、出題の範囲と程度はおのずと決まってきました。

すべての問題には5つの解答選択肢が用意しており、そのなかから1つを選ぶ5択方式をとっています。解答が記入されたマークシートは、試験終了後直ちにコンピュータで処理され、正解が20に満たなければ不合格、それ以上であれば合格として資格認定委員会が資格認定を行います。

試験の範囲と内容については、2008年に「資格試験と例題による解説」と題して分野別に整理し解説しましたから、一望できたのではないかと考えます。今回は視点を変え、その背後にある出題の意図について説明することにします。

2. 問題作成の意図

問題作成の意図は、「受験者の能力を多角的に確かめたい」ということに尽きますが、できるだけ問題を真空技術者に親しみやすい形に整えたいという気持ちもあります。

まず2級の真空技術者に期待されるのは、基礎的な知識とそれらの正しい理解であり、加えて実際に即した計算能力であります。これが資格試験の一つの柱になります。

しかし管理的な仕事に就くとすれば、これだけで十分とはいえません。目の前の事象の把握とその科学的な解釈、そして提言される意見の正誤を見分ける能力が必要でしょう。1級真空技術者に期待されるのはこの点であり、二つ目の柱になります。

こういった高度な判断をするためには、幅の広い視野や高い学識を持つとともに、総合的に考える思考法が身につけていなければなりません。出題にあたっては、これらが複合的に組み合わせられた形になることもあり得ます。

今回の連載では、次の順序で説明をしていくつもりです。

第1回 計算(単位換算, 公式の利用, 計算力・・・)

第2回 知識(用語, 規格, 機器の名称・・・)

第3回 知識(第2回のつづき)

第4回 技術(機器と材料の理解, 現象の把握, 手順・・・)

第5回 経験(現象, 手順, 正誤判断・・・)

第6回 判断(正誤判断, 複合問題・・・)

3. 計算問題

およそ物理系, 機械系の工学では, 与えられた式に数値を入れて計算し, 必要とする数値を算出できる能力が不可欠です。真空技術も例外ではありません。

そのようなわけで1,2級それぞれに, 計算問題が毎年5~10問程度出題されています。ちなみに2010年度では, 計算問題を含む問題の数が1級で9問, 2級で8問であり, そのいくつかは, 複合的な問題でした。

3.1 単位の換算

数値を算出するときとくに注意しなければならないのは単位です。解答選択肢には, 故意に単位を混在させてあることがあります。単位の換算には慣れが大切です。

例題1(2級)

理科年表を見たところ, -78°C における水銀の飽和蒸気圧は 3×10^{-9} Torr と記載されていた。これを Pa 単位に換算するといくらになるか。正しい値を次の中から選びなさい。

(a) 4×10^{-9} Pa

(b) 2×10^{-8} Pa

(c) 3×10^{-8} Pa

(d) 2×10^{-7} Pa

(e) 4×10^{-7} Pa

これはもっとも初歩的な単位換算の計算問題で, 正解は(e)

*1 真空技術者資格認定委員会委員長

です。いきなり「 3×10^{-9} Torrは何Paか」というのでは無味乾燥ですから、理科年表と水銀の飽和蒸気圧の話から書き始めるという工夫がなされています。

この問題には、TorrとPaの換算に必要な数値、たとえば1気圧が760 Torrで、101325 Paであるといったことは書かれていません。つまりこの程度は、基本的な知識として覚えていることが期待されているということです。気象の分野で「1気圧(=760 Torr=760 mmHg)を1013 hPa(ヘクトパスカル)」とっていることを覚えていたら、それでも問題は解けるはずですが。

例題1は、2009年度の2級に出題されました。この種の単位換算問題は、形を変えてしばしば出ると考えて差し支えありません。なおこの問題の正答率は71%でした。日頃から慣れておくことが大切だといえます。

圧力単位のTorr \Rightarrow Paだけでなく、類似の問題としてTorr \cdot l \cdot s $^{-1}$ \Rightarrow Pa \cdot l \cdot s $^{-1}$ \Rightarrow Pa \cdot m 3 \cdot s $^{-1}$ \Rightarrow 個 \cdot s $^{-1}$ といった換算問題も考えられます。例題2がその一例です。

例題2 (1級)

気体の体積流量 10^{-2} Pa \cdot m 3 \cdot s $^{-1}$ は、分子の個数の流量ではいくらになるか。温度を25°Cとしなさい。

- (a) 1.6×10^{16} 個 \cdot s $^{-1}$
- (b) 3.3×10^{17} 個 \cdot s $^{-1}$
- (c) 2.5×10^{18} 個 \cdot s $^{-1}$
- (d) 1.4×10^{21} 個 \cdot s $^{-1}$
- (e) 6.0×10^{21} 個 \cdot s $^{-1}$

これは2003年度の1級に出た問題の改訂版です。例題1と比べると、そっけない感じがします。正解は(c)です。

他にも排気速度やコンダクタンス、さらに気体放出速度や漏れ量についても習熟しておく必要があります。

3.2 公式を前提にした計算問題

どの分野にも公式と呼ばれる基本的な数式があり、その分野で働く人は誰でも記憶しているものです。電気工学におけるオームの法則はその一つです。

真空技術でも同様で、真空技術者であれば覚えておくことが期待される式があります。次の例題は、そういった公式を前提にして作られた複雑な形の計算問題です。

例題3 (1級)

ナイフエッジ型フランジ面に傷があり漏れが生じた。傷の形状を直径15 μ m、長さ3 mmと推定したとき、この傷を通した大気からの漏れ量を推定せよ。簡単のために、この傷の全域にわたり分子流条件が成り立つと仮定してよい。漏れ量として正しいと思われる値は、次のうちのどれか。

- (a) 約 10^{-4} Pa \cdot m 3 \cdot s $^{-1}$
- (b) 約 10^{-6} atm \cdot cc \cdot s $^{-1}$
- (c) 約 10^{-6} Torr \cdot l \cdot s $^{-1}$
- (d) 約 10^{-5} atm \cdot cc \cdot s $^{-1}$
- (e) 約 10^{-5} Pa \cdot m 3 \cdot s $^{-1}$

これは2004年度の1級に出題されたものに少々手を加えてあります。長管のコンダクタンスを求める式

$$C = 969.3 a^3 L^{-1} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \\ = 121.2 D^3 L^{-1} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

は覚えているものとしてこの問題は作成されています。ここで a は管の半径[m]、 D は管の直径[m]、 L は管の長さ[m]で、正解は(e)です。式の係数は a や D 、 L の単位の取り方で変わってきますから、注意が肝要です。

例題4 (2級)

カタログによれば、入手したい真空ポンプは吸入口における排気速度が400 l \cdot s $^{-1}$ とある。この吸入口にコンダクタンス250 l \cdot s $^{-1}$ のバップルをとりつけないが、そのときの実効排気速度に近いのは解答選択肢(a)~(e)のどれか。なおバップルの開口部の直径は真空ポンプの吸入口の直径と同じであり、排気する気体は室温の空気だとする。

- (a) 670 l \cdot s $^{-1}$
- (b) 360 l \cdot s $^{-1}$
- (c) 270 l \cdot s $^{-1}$
- (d) 150 l \cdot s $^{-1}$
- (e) 80 l \cdot s $^{-1}$

これは2006年度出題のものの修正版ですが、単に計算力の有無を確かめているものではありません。真空ポンプの排気速度補正の式を知っていることが前提になっている計算問題です。正解は(d)であり、出題したときの正答率は80%でした。

3.3 複合型の計算問題

次に、計算した結果を使って別の設問に答えるように作られた複合型の問題を紹介します。

例題5 (1級)

十分に排気された容積10 m 3 の真空容器が25°Cに保たれている。この容器内に1気圧の窒素(温度は25°C)を0.5 cm 3 だけ入れたとする。そのときの圧力を測定できる真空計は、次のどれが適当か。

- (a) マクラウド真空計
- (b) 容量式隔膜真空計
- (c) ブルドン管真空計
- (d) B-A 真空計
- (e) 水晶摩擦真空計

前段は、0.5 cm 3 の窒素を温度一定で10 m 3 に膨張させたときの圧力を訊ねています。つまりは、気体の基本の性質(定温度に保たれた気体の圧力と体積は反比例する)から求めるわけで、中高生時代の理科で学ぶ気体膨脹の式(ボイルの式)を前提にした計算問題です。圧力は約 5×10^{-3} Pa(約 3.8×10^{-5} Torr)となるはずですが。

ところが後段があって、この数値が各解答選択肢に書かれた真空計の動作範囲とどういう関係にあるかという知識を問う形になっています。これは2010年出題の1級問題を改訂したもので、複合型というよりも総合判断型だといえます。正解は(d)です。

この種の問題では、単刀直入に圧力を示して、どの真空計が使用可能か、あるいは使用に不適当な真空計はどれかと聞く形にすることもできます。しかしここではわざと複合型にすることで1級に相応しい問題となったと考えられます。

(隔号掲載、次回は4号)