

## 資格試験と例題による解説(1)

資格認定委員会試験委員会 (監修) 委員長 中山勝矢

日本真空協会と日本真空工業会とは真空技術者の資質向上を目指して、共同で真空技術者の資格認定制度を進めている。今年の秋には6回目の試験と認定とが行われる。

どのような試験によって認定が行われているのかという点について、誌上で紹介と解説をすることにした。忌憚のないご意見を頂戴しながら、よりよいものにしていきたいと考えている。

問題は、1級の場合は真空夏季大学の、2級では関西支部の真空技術基礎講習会、工業会のウオーキングコースにおけるテキスト、参考資料、ならびに講義内容をベースに作成され、それぞれ30問出題されることになっている。その形式は5つの解答選択肢から1つを選ぶ5択方式になっていて、正解が20以上あれば合格と判定される。

問題作成にあたっては、基礎、気体の流れ、気体放出、排気、計測、材料・部品・組立、リークテスト、真空システム、真空利用などの分野を念頭に置き、著しく偏ることがないようにしている。

毎年60問で、5回を経たので総計300問ほどが出題されたことになる。ここで全部を紹介するわけにはいかないが、3月号を除いて12月号まで、それぞれの分野について例題を中心にした解説を連載する予定でいる。

## 1. 基礎

基礎としては、用語と定義、単位と換算、気体の性質、気体に関係した現象などについて出題している。

## 1.1 用語と定義

まず用語と定義については、知識が正確であるか否かを訊ねるために出題をしている。「真空の定義」「真空の領域」「圧力」「分子流」「平均自由行程」「コンダクタンス」といったものが対象になるが、この場合に準拠するのは、日本工業規格(JIS)にある真空技術関係の用語規格である。

JIS Z 8126-1: 1999 真空技術—用語 第1部: 一般用語

JIS Z 8126-2: 1999 真空技術—用語 第2部: 真空用語及び関連用語

JIS Z 8126-3: 1999 真空技術—用語 第3部: 真空計及び関連用語

JISに準拠して問題を作成してあることは、問題中に「日本工業規格によれば……」と記して明らかにしている。そうでないと見解の相違により、正解に混乱が生じる恐れがあるからである。

5つの用語を選んでそれぞれの定義を書いていき、その中に1つだけ正しくない定義を混ぜる方法もあるから、すべての用語について正確に理解しておくことが大切である。

単位に関する例題としては、つぎのようなものがある。

## 例題1 (2級)

気体の流量  $Q$  の単位  $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  と等価な単位は次のどれか。

- (a) W
- (b) J
- (c)  $\text{J} \cdot \text{s}$
- (d) N
- (e)  $\text{N}/\text{s}$

この正解は(a)である。

流量がW(ワット)で現わされることは減多にないけれども、基本単位への分解をして見ればこれで正しいことが分かる。意外に思うかもしれない。こういったことは、上っ面だけの勉強では気がつかないものである。

## 1.2 単位と換算

単位と換算については、べき数の扱いが多くなるのは当然である。ときには計算問題に自然対数が入ってくることもある。それで、関数電卓に慣れていることが期待され、試験場への持ち込みは推奨されている。

## 例題2 (1級)

体積流量  $1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  は分子の個数の流量単位  $\text{個}/\text{s}$  ではいくらとなるか。温度は  $25^\circ\text{C}$  としなさい。

- (a)  $1.6 \times 10^{20}$
- (b)  $2.4 \times 10^{20}$
- (c)  $3.6 \times 10^{21}$
- (d)  $1.4 \times 10^{23}$
- (e)  $6.0 \times 10^{23}$

これは典型的な換算問題で、正解は(b)である。こういった単位間の換算は基本的な事柄であり、実務の上でもしばしば使われることなので、慣れているか否かを問うことになる。1級でも2級でも出ている。

「 $1 \text{ Pa}$  は Torr 単位で表すといくらになるか」という単純な問題にすれば2級であろう。しかしこの例題では体積流量から分子の個数の流量単位への換算であって、やや難しい。したがって1級の方が相応しい。

間違えやすいのは桁数で、この点は注意が肝要である。

## 1.3 気体の性質

気体の性質に関しては、圧力、体積、温度の関係(ボイル・シャルルの式)だけでなく、気体の圧力と気体分子の運動の関係、気体分子密度への換算、分子間距離、衝突頻度、各種気体の速度分布、希薄気体における粘性や熱伝導などについて基本的な理解の有無が訊ねられることが多い。とくに基本式において、気体の分子量と温度とがどのような関係にあるのかを理解しておくことがポイントとなる。

### 例題 3 (1 級)

気体が容器壁に及ぼす圧力について、間違っている記述は次のうちどれか。

- (a) 気体分子の運動エネルギーに比例する。
- (b) 混合気体の示す圧力は、個々の気体の圧力の総和に等しい。
- (c) 容器内の気体分子の総数に比例する。
- (d) 温度が高まれば、分子の運動状態も激しくなり、圧力は絶対温度に比例して増大する。
- (e) 気体の分子密度（分子数/体積）が増大すれば、分子同士の衝突も多くなり、圧力は分子密度に比例しない。

この例題では、(e)を選べば正解である。気体分子の運動から圧力を定義する考え方は真空科学と技術にとって基本的な事項である。

この例のように解答選択肢の中から誤っているものを見つける、あるいは正しいものを探すというのは、しばしば出る形式である。仮に同じことを訊ねるとしても出題者は知恵を絞って問題を作成するから、受験者側も正確な知識を持って立ち向かわないと判断に迷うことになりかねない。

なお「間違っているもの」といつているのに「正しいもの」を探す問題だと勘違いして、しばし時間を浪費してしまうケースも見られる。4つが正しいと、それに引きずられて間違ったものが探せなくなるという場合もあるので注意が要る。

気体の性質に関する計算問題としては

「100 K, 1 Pa の気体分子の平均分子間距離はおおよそ何 m か (1 級)」

というのもあり得る。この種の問題は温度と気体の種類、圧力を変えて出題される可能性がある。講習会の参考書やテキストに出ている式を使い、実際に自分で計算を試みておくことが大切である。

### 例題 4 (2 級)

真空装置の蓋が約30 cm 四方の板だったとすると、これにはおおよそどのくらいの重さに相当する力が加わっていると考えられるか。

- (a) 約100トン
- (b) 約20トン
- (c) 約5トン
- (d) 約1トン
- (e) 約250 kg

これは常識を訊ねる程度の計算問題であるという理由で2級に出題されたと思われる。正解は(d)である。真空装置は外圧がかかっているという認識の有無を訊ねる問題である。

面積に圧力を掛ければ得られる数値だが、計算違いがしばしば起きる。本来なら「トン重」と書くところを「どのくらいの重さに相当する力が加わっている……」となっている点に注意する必要がある。

少し手を加えると次のようになる。

### 例題 5 (2 級)

1654年、ドイツのマグデブルグ市長だったゲーリッケが、漏れのないように二つの中空の半球を合わせ、その内部を自らが発明した真空ポンプで排気した後、両側から馬で引かせても引き離せないという真空のデモンストレーションを行ったという。このときの半球の直径が40 cm だったと仮定すると、引き離すのに必要な力に近い値は次のどれか。

- (a) 1,300 N
- (b) 6,500 N
- (c) 1.3 t 重
- (d) 2.6 t 重
- (e) 13 t 重

内容は例題4と同じであり、正解は(c)である。球の中の実際の圧力は不明で1/100気圧くらいだったかもしれないから、「近い値」としてある。単位に「N」と「t重」を混ぜているところに捻りが効いている。単位面積にかかる力から出発すれば

$$1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \text{ 重} \times 1,256 \text{ cm}^2 = 1.256 \text{ t 重} = 12,560 \text{ N}$$

であるが、1気圧=101,325 Pa から始めると単位の換算が必要になるかもしれない。

断面積を求め、これに単位面積当たりにかかる圧力を乗じればいいわけだが、全表面積に圧力を乗じたための間違いが起きる可能性がある。ベクトルや分力の理解が不足しているとしたら、資格認定には躊躇せざるを得ない。

さらに進んで、気体の速度分布に関する例題を紹介しておく。これも真空技術では欠かせない知識である。

### 例題 6 (1 級)

真空容器中の気体分子について説明した次の文章の中で誤っているものはどれか。

- (a) 非常に大きい速度を持つものが常に存在する。
- (b) 容器の温度が一定であれば、全ての気体分子は同じ速度をもつ。
- (c) 限りなく遅い速度の分子が存在することを否定できない。
- (d) 真空容器の中の気体が室温のヘリウムだとすると、半分以上の分子が毎秒1,000 m 以上の速度を持っている。
- (e) 2種の気体が混在しているとき、それぞれの種類で速度分布則が成立している。

誤っているのは(b)だから、(b)を選べば正解である。

気体の速度分布曲線は見たことがあっても、その曲線が示している意味を幅広く理解し、自分のものにしていくかが大切である。

逆に、このような形で文章により質問されて初めて気がつくことも多いかもしれない。そんなことを考えながら出題者は問題を作っているように見える。この種の問題は、形を変えて、しばしば出されるものと考えておいた方がよい。

(続)