

真空技術者資格試験への手引き(4)

中山 勝 矢*1

Guidance for the Vacuum Engineer Examination (4)

Katsuya NAKAYAMA*1

*1Chair, The Qualification Committee of Vacuum Engineers

(Received May 19, 2011, Accepted June 8, 2011)

5. 技術問題

およそ真空を利用しようと思う研究者・技術者にとって、真空を作る、真空を測るという2点は基本的な課題です。実際に真空システムを組み上げ、確実に運転し、トラブルを処理していく段階になると、基本的な知識だけでは不十分で、現実に経験するさまざまな事象を科学的に整理した知識が不可欠です。

ここではこれらを技術問題と呼ぶことにし、実際に出題された例を使って概要を説明します。

5.1 真空を作る

個々の真空ポンプについては、名称、構造、作動原理、作動範囲、主な部品の名称といったことを、講義や講習会のテキスト、参考書などにより習得しておいてください。出題のなかで特段の説明なしに使われることが少なくありません。

また到達圧力、圧縮比、逆拡散、逆流、吸入圧、背圧、排気量、排気速度といった用語についても、関連して内容を調べておくことが大切です。

こういったことに関しては、講義や講習会の資料だけでなく、前にも紹介した JIS B 8126-2「真空技術—用語—第2部：真空ポンプ及び関連用語」が役に立つはずで、目を通しておくことをお勧めします。また他の真空ポンプと比較して、それぞれの特長、弱点、問題点などを把握しておくことも、全体を理解するのに有効だと考えます。

真空ポンプに関しては、排気速度が性能評価の重点事項です。そのため、その測定法に関して訊ねた例が少なからず見られます。次に示す例題は2003年の1級に出された問題ですが、少し手を加えてあります。

例題15 (1級)

高真空領域を排気する真空ポンプの排気速度を決定するためには日本工業規格に従ってテストドームを使う試験を行うが、このことに関して正しい説明は次のうちどれか。

- (a) 得られた排気速度はポンプのフランジ面でのものとみなされる。
- (b) 気体の導入に配慮すればテストドームの形状は任意に決めてかまわない。
- (c) 真空計はできるだけフランジ面に近いところに取り付ける。

(d) 導入する気体としては、室内の空気を使う。

(e) 計測の誤差を与えないために真空計よりも下流で気体を導入する。

正解は(a)です。(b)~(e)は正しくありません。JIS B 8317-1「蒸気噴射真空ポンプ—性能試験方法—第1部：体積流量(排気速度)の測定」によれば、(d)の内容は「特に指定のないかぎり乾燥空気をを用いる」と規定されていて、「室内の空気」というのでは正しいといえません。

実際の排気系では複数の真空ポンプを組み合わせて使うことが多く、当然のことながらこれは出題の対象になります。その場合、排気系としての総合特性、操作手順、不適當な取り扱いなどが訊ねられることとなります。

ときに受験者から、自社の取り扱い機種でないため答えられなかったという声を聞きます。この認定試験では、真空技術全体についての専門家であることを認定していますから、幅広く調べ、自分のものにするように努めてください。

5.2 材料と処理

真空システムで使うことのできる材料は、高真空と低真空ではかなり違います。それはひとえに材料から放出される気体の質と量によります。低真空であれば多くの場合、特別に吟味して材料を選ぶ必要がありませんので、いまのところ出題例がほとんど見当たりません。

問題は高真空あるいは超高真空の場合です。この場合は、真空中で使用する部品が必要とする性能、たとえば耐熱性、導電性、紫外光の透過性といった性能を満たす材料を選んだ上、さらに気体放出速度や気体の透過度、材料の蒸気圧などを検討することが求められます。

表面からの気体放出量(あるいは気体放出速度)を減らすためには、念入りに洗浄や内面処理を行い、さらに加熱脱ガスといった操作を行うのが普通です。

次の例題は2008年の2級に出されたもので、一部改訂してあります。ここでは「相応しくないものはどれか」となっていることに注意してください。この部分には、注意を引くために下線を施してあります。

例題16 (2級)

ステンレス鋼を用いた超高真空容器において、気体放出量を低減するために行う内面処理として、相応しくないものはどれか。

- (a) 電解研磨

*1 真空技術者資格認定委員会委員長

- (b) バフ研磨
- (c) 亜鉛めっき
- (d) TiN 皮膜形成
- (e) GBB (グラスビーズブラスト) 処理

ここの5つの中では(c)が相応しくありません。したがって解答としては(c)が正解となります。亜鉛は蒸気圧が比較的高いので、真ちゅう(銅と亜鉛の合金)を含め、真空装置の材料としては避けるというのが真空技術での常識です。その意味で2級なのです。ちなみに亜鉛の蒸気圧は180°C程度で $1.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-6} \text{ Torr}$) にもなります。

他にも2級では「真空装置にアルミニウムが使われる理由は次のどれか」とか「超高真空装置に相応しくない材料の組合せは次のどれか」、また1級ではレベルを上げて、図を示した上で「ステンレス鋼真空容器を排気したときの排気曲線はどのようになるか」といったものが出題されています。

高真空あるいは超高真空を目指す装置では、壁面からの放出気体量を減らすためにしばしばベーキングという操作が行われます。日頃何気なく実施しているベーキングについて、その意味を訊ねた技術問題の例を次に掲げておきます。

例題17 (2級)

真空装置でベーキング(250°C以下)と呼ばれる加熱排気操作を行うことが多いが、その主な理由は次のどれか。

- (a) 金属部分の加工歪を取り、吸着面積を減少させるため。
- (b) 容器内に残留している空気成分の除去を促進するため。
- (c) 漏れを起こす微細な穴を可能な限りふさぐため。
- (d) 金属材料の内部に吸蔵されている気体を放出させるため。
- (e) 器壁に吸着している水蒸気や有機物の脱離を促進するため。

いずれももっともらしい解答が示されています。本文で予め250°C以下と断っていますが、これがヒントになります。この程度の温度では(a), (c), (d)のようなことはまず期待できません。また空気は室温で非常に短い時間で排気されてしまい、加熱する効果はありません。したがって正解は(e)ということになります。水や有機物(主に油)の分子は吸着エネルギーが大きいので、室温では器壁からなかなか脱離せず排気に時間がかかります。それで温度を上げることにより器壁からの脱離速度を大きくし、排気を促進するという考え方に基づいて加熱脱ガスという操作をするわけです。

これは2005年の出題を一部改訂したのですが、日常的に行っている操作の意味を正しく理解しているかどうかを確認するために、あえて2級に出題されました。このような日常的な操作の物理的な意味を訊ねることは、技術問題の一つの特長です。

5.3 真空を測る

真空計にどのようなものがあるのか、名称だけでなく、構造、作動原理、測定可能圧力領域、部品の名称などについて、真空ポンプと同様、あらかじめ調べておいてください。

また過去に開発され、参考書やJIS Z 8126-3「真空技術

—用語—第3部：真空計及び関連用語」には載っているけれども現在は市場に出ていないものもあります。その理由はどこにあるのか、ということも考えておく必要があります。

中真空から超高真空にかけての低い圧力領域では圧力をそのまま測ることは困難になります。そこで圧力に依存する現象、たとえば熱伝導や粘性の変化、電離によって生成するイオンの量などを測ることになりますが、いずれも圧力に対する校正が必要です。また気体の種類による感度の違いも出てきます。

真空計のスイッチを入れて、表示された値をただ単に読みとっているだけでは、その裏に隠されている真空計測の問題点までは分かりません。こういったことに対する理解の程度を確かめるのが技術問題の特徴で、しばしば取り上げられてきました。次の例題は2010年に1級に出題されたものです。

例題18 (1級)

電離真空計は気体の種類によって感度が異なる。窒素を基準にしたそれぞれの気体の感度を比感度と呼ぶが、次の記述のうちで誤っているのはどれか。

- (a) ヘリウムの比感度は酸素のそれよりも小さい。
- (b) アルゴンの比感度は水素のそれよりも大きい。
- (c) 水素の比感度はヘリウムのそれよりも小さい。
- (d) 油蒸気の比感度は水蒸気のそれよりも大きい。
- (e) 水蒸気の比感度はアルゴンのそれよりも小さい。

真空計の形式によって多少の差がありますが、窒素を1とすれば、アルゴンの比感度は1.3から1.5程度、酸素は0.8前後、水蒸気はほぼ1、油蒸気は10~13くらいで、水素は0.4前後、それに対してヘリウムは0.15から0.2程度です。したがって(c)が誤りだということが分かります。つまり、これを選べば正解なのですが、正答率は39%でした。

この問題は講義や講習会のテキストだけでなく、参考書を見ないと無理かもしれません。これが1級に出題された理由でもあります。

多くの真空システムでは単一の気体を扱うことが少なく、多成分系で、組成も変化します。そのような真空システムにおける真空計の圧力表示は何を意味しているのか、表示の数値はどこまで使えるのかといったことを、窒素換算値という言葉の意味と関連づけて考えておく必要があります。

全圧の測定を目的とする真空計に対し、気体を成分に分けて個々の成分の量を質量分析的な手法で測る測定器があります。ときには分圧計と呼ばれますが、まだ個々の成分の分圧を表示できていません。したがってむしろ、残留気体分析計とか、残留ガス分析計と呼ぶべきなのです。

この目的の機器はかなり利用が進んでいるので、当然、出題される可能性があります。このうちで現在入手が容易で、広く使われているのは四極形質量分析計、あるいは四重極形質量分析計、現場ではQマスと呼んでいるものです。

なお分析計に関しては使う理由だけでなく、計測結果の解釈についても少なからず出題されています。

(隔号掲載、次回は10号)