

資格試験と例題による解説(9)

資格認定委員会試験委員会 (監修) 委員長 中山勝矢

実際の真空システムについて、漏れはあってはならないものだけに「漏れ試験」は欠かせない。真空技術では「リークテスト」と呼ばれてきたが、ここでは日本工業規格JIS Z 2330～2332にしたがって「漏れ試験」ということにする。なお質量分析計形リークディテクターの校正方法についてはJIS Z 8754を参照されたい。

7. 漏れ試験

7.1 漏れの許容量と圧力上昇試験

真空装置には必ず漏れがあると考えておいた方がよい。問題はどの程度まで処理しなければならないかであるが、それはそれぞれの装置の使用目的によって異なる。

排気速度 S [ℓ/s] のポンプで排気している真空装置において、 q_L [$\text{Pa} \cdot \ell/s$] の漏れによる圧力の増加分 p_L [Pa] は、

$$p_L = \frac{q_L}{S}$$

である。全体の圧力にはこれに器壁などからの放出気体加わるから、通常 p_L は全体の圧力の10%以下に留めるようにする。それぞれの真空装置には、目的により所要の動作圧力が決まっているから、漏れの許容量も算出できることになる。

漏れが生じるおそれのある材料の使用や加工法を避けるべきことは当然だが、装置が組み上がった後に全体でどのくらいの量の漏れが残っているかを把握しておく必要がある。また日常、装置が問題のない状態にあるか否かを把握することも大切である。以下に述べる圧力上昇試験はそのための試験法のうちの一つであって、ビルドアップ法とか放置試験法と呼ばれることもある。

装置を排気した後、ポンプとの間のバルブを閉じ、それから十分に長い時間 t [s] だけ放置して、その前後の圧力差 $p_2 - p_1$ [Pa] と真空装置の容積 V [ℓ] とから

$$q_L = \frac{V(p_2 - p_1)}{t}$$

として漏れを見積もることができる。高い圧力領域に達するまで長時間放置することで、器壁からの気体の放出が漏れ量に比べて無視できることを前提にしている。この場合、高い圧力を測定しても損傷しない真空計を用いる必要がある。

これに関する例題を次に掲げる。

例題37 (2級)

容積が 10 m^3 の真空装置があり、十分排気して 0.01 Pa となったので、バルブを午後5時に閉じて帰宅した。翌日午前9時半に、バルブを開く前に圧力を計測したら 2 Pa になっていた。この装置の漏れ量はいくらかと推定されるか。正しい答えを次の数値の中から選びなさい。

(a) $1.7 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \ell/s$

(b) $3.4 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \ell/s$

(c) $6.7 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \ell/s$

(d) $3.4 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/s$

(e) $1.7 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/s$

正解は(d)である。計算違いをしなければ難しくない。単位が2種類あることに注意する必要がある。なお、放置法には減圧法の他に加圧法もある。念のためにJIS Z 2332 (放置法による漏れ試験方法)を見ておくとよい。

7.2 漏れ試験の方法

次に、漏れている場所を探さなければならない。その場合にも加圧法と真空法(減圧法)とがある。

加圧法における圧入物質としては、まず水がある。これは表面に浸み出した水の濡れから判断する方法である。空気を圧入したときは、部材を水中に沈めて泡の発生で判断する。

さらに特殊な気体を導入して装置の外から検知する方法が種々開発された。それぞれに長短があるから、漏れの大きさ、装置の性格などにより使い分けが必要である。ヘリウムを用いるときは質量分析計型の検知器(ヘリウムリークディテクター)を用いるのが普通である。

ヘリウムを用いる加圧法の代表的な方法として、漏れから出てくるヘリウムをプローブにより吸い込んでいく吸込み法(スニッファー法)、全体に覆いをしてヘリウムを集め検知器に導く加圧積分法、部分的に吸盤状の器具をあてがってヘリウムを集め検知器に導く吸盤法などがある。

減圧法は、装置を排気した後、外部から漏れのありそうなところに逐次ヘリウムを吹き付けていく真空吹付け法(スプレー法)と、装置の全体または部分に覆いをし、その中にヘリウムを吹き込む真空外覆法(真空フード法)とに分けられる。このような分類と試験の実施例、長短、特徴、適用例などがJIS Z 2330に図と表の形でまとめられている。目を通しておくことが望ましい。

大型の低真空装置では、空気を圧入し、水中での泡の発生状況を観察する気泡試験が今日でも行われることがある。しかし高真空装置や超高真空装置では、ほとんどすべての場合、ヘリウムを使う真空吹付け法か真空フード法により漏れ試験を行っている。

ところでなぜヘリウムを使うのか。日ごろ考えることがないと思われるので、次の例題を掲げておく。

例題38 (2級)

漏れ試験をヘリウムリークディテクターによって行う場合、吹き付ける気体としてヘリウムが使われる。ヘリウムが使われる理由の説明として誤っているのは次のうちどれか。

(a) 質量分析しやすいから。

- (b) 分子が小さく吸着せずにリーク穴を通過するから。
- (c) 作業中に空気中を拡散しやすいから。
- (d) 装置の残留ガス中や大気中に微量にしか存在しないから。
- (e) 他の気体に比べ安価に入手できるから。

ヘリウムは決して安くはない。それでもこれに勝るものがないから使っているのである。安価に入手できることが使う理由ではない。その他はすべて正しいから、(e)を選べば正解である。

実際にヘリウムリークディテクターを使うにあたって、注意すべき事柄が多く出てくる。日ごろ仕事として使っているとしても、改めて訊ねられると戸惑うかもしれない。そうならないように知識を整理しておく必要がある。

次の例題は、そのようなことを念頭において作られたものである。

例題39（2級）

真空装置のヘリウム漏れ試験に関する次の文章のうち、誤っているのはどれか。

- (a) 装置内に水冷管があったら、水を抜き取ってヘリウムを吹き込む。
- (b) フランジの合わせ面に粘着テープを巻き、その中にヘリウムを吹き込むと漏れを見落しにくい。
- (c) ゴムガスケットはヘリウムを吸収・透過しやすいので、この部分は最後に実施する。
- (d) 溶接部の漏れ試験は、装置内部にヘリウムを充填して外に流出するヘリウムを検知するスニッファー法を必ず用いなければならない。
- (e) 真空計の電極封止部分からの漏れを試験するには、全体に袋をかぶせてその中にヘリウムを吹き込む真空フード法が適している。

誤っているのは(d)である。(d)を選べば正解となる。この問題は、マニュアルに沿ってヘリウム試験を行なっている人にとっては何ら難しくない。したがって2級である。

問題の中にスニッファー法とか真空フード法といった言葉が出てくる。一応の説明がなされているものの、経験のない人にとっては具体的なイメージが湧かないかもしれない。

7.3 ヘリウムリークディテクター

原理は残留気体分析計（真空分圧計）と同じで、検出対象をヘリウムに限定した設計になっている。試験体の漏れ箇所から流入（または流出）した微量のヘリウムガスをディテクターに導き、内部の分析管でイオン化し、電界で加速した

後、他のイオンと分離して検知する。一般に分離は磁界で行われる。

真空法の場合、ヘリウムガスが漏れの箇所から分析管に達し検出信号が得られるまでに時間（応答時間）を要するのが普通であるので、吹き付けの繰り返しを急ぐと漏れの見落としが起きる。

メーターの指示値から漏れ量の定量化を行うためには、標準リークによる校正が必要であり、真空法には校正用の標準リークを、加圧法にはヘリウムガスの濃度が明確になった混合ガスを用意する必要がある（JIS Z 8754）。こういったことをどこまで習得しているかを訊ねた例題を次に掲げる。

例題40（1級）

次の文章は、校正リークに関する説明である。文中の空欄に相応しい言葉をア～カの中から選びなさい。

「ヘリウムリークディテクターによって漏れの大きさを定量するには、既知の大きさの〔1〕を用いた校正を必要とする。再現性を考慮して、校正リークと呼ばれるものが一般に使われている。校正リークはヘリウムを充填した〔2〕であり、その細管部分だけがヘリウムに対して透過性が大きい〔3〕で作られている。」

ア. 孔 イ. 漏れ ウ. 硬質ポリエチレン容器
エ. ガラス容器 オ. 石英ガラス カ. 金属

- (a) (1)―イ (2)―ウ (3)―オ
- (b) (1)―ア (2)―ウ (3)―オ
- (c) (1)―ア (2)―エ (3)―カ
- (d) (1)―イ (2)―エ (3)―オ
- (e) (1)―イ (2)―ウ (3)―カ

正解は(d)である。

なお JIS Z 8754 によれば、既知のリークを供給する素子を「校正リーク」と呼んでいる。それを標準条件（23±7℃、100 kPa±5%）で用いたときに「標準リーク」となることにも留意しておいていただきたい。

次回は「真空システム」の予定である。（続く）

〈正誤表〉

6号「資格試験と例題による解説(5)」のうち、413頁左下から15行目。

誤 正
補足し、 → 捕捉し、