

## ヘリウムリークディテクター

キーワード：リークテスト、気密性、真空用部品、シール材

### はじめに

ヘリウムリークディテクターは、主に真空装置・真空設備において、リークを検出するリークテストを高感度に行うことができる装置です。リークテストは、真空装置・真空設備に限らず、各種流体の機器や配管システムの接合部など、様々な現場の品質検査に必須の要件となっています。リークテスト対象装置としては、身近なものではエアコン、冷蔵庫などがあります。産業利用ではコンプレッサー、真空槽、タンクなど、気密性が重要となる装置が挙げられます。

### リークテストとリーク量

リークテストにはいろいろな方法がありますが、共通しているのは、調べようとしている装置(試験体)を加圧または減圧し、気体が装置から噴出あるいは装置に侵入しているかどうかを調べることです。大阪技術研では、減圧する場合のみ対応しており、以後は真空装置について説明します。

真空装置でリークが生じる例は、変形の際の金属疲労によって発生するわれや、溶接時に生じたひずみによって発生するわれがあります。また、ガスケットの接触面やフランジ面に傷をつけるとリークが生じます。これらの孔の形状は複雑であり、リークの程度も様々ですが、品質管理のためには、定量的に評価できることが重要です。

このリークの程度は、リーク箇所寸法・形状や孔のコンダクタンスなどを用いて表す方法もありますが、一般的には、その孔を通る気体の流量  $Q$  を用いて表され、リーク量と呼ばれます。真空装置の場合、気体の圧力は様々な値がありえますので、ここでの流量  $Q$  は(圧力×体積/時間)の次元の量を考えると、単位は SI 単位系で( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ )となります。厳密には、リークテスト時の気体の種類と温度、圧力差の条件を記載する必要がありますが、記載がない場合、通常は、気体は空気で常温(= 20℃)、圧力差 1 気圧(=  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ )として扱います。真空装置ごとに許容されるリーク量は明確な定義はありませんが、各装置におけるおよその許容リーク量の例を表 1 に示します<sup>1)</sup>。

他のリークの分類として、 $10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$  台が水漏

表 1 許容リーク量の例

装置	許容リーク量 ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ )
凍結乾燥装置	$10^{-3}$
分子蒸留装置	$10^{-4}$
ポンプ付水銀整流器	$10^{-5}$
冷蔵庫	$10^{-7}$
粒子加速器	$10^{-8}$
真空断熱装置	$10^{-10}$
封じ切りの電子管	$10^{-13}$

れの限界となり、「水漏れ無きこと」の仕様であれば、リークテストで  $10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$  以下が求められます。この領域以上は流体を粘性流として扱い、リークをグロスリークと呼びます。 $10^{-7} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$  台のリークはガス漏れの限界となり、ガスの漏れを保証する場合は  $10^{-8} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$  以下が求められます。この領域以下は流体を分子流として扱い、リークをファインリークと呼びます。

リークテストでは、リーク箇所を通して侵入する気体を発見するために、特殊な気体および機器を用いるなど、様々な工夫が施されます。なお、リークテストに用いる気体はプローブガスと呼ばれます。許容リーク量によって採用すべき方法が異なりますが、近年ではヘリウムリークディテクターを利用する方法が多くなっています。これは、高感度対応が可能かつ、簡便に利用できるためです。

### ヘリウムリークディテクターの原理

ヘリウムリークディテクターは、プローブガスにヘリウムを利用し、ヘリウムの検出器として質量分析器を利用しているものです。プローブガスにヘリウムを利用する理由を表 2 に示します<sup>2)</sup>。ヘリウムリークディテクターは一般に排気装置とセットになっており、試験体内部を排気し、排気されるガスの一部が質量分析器に到達するようになっています。特に、真空吹き付け法の場合は、ヘリウムガスを真空排気された試験体に吹き付けると、漏れ箇所からヘリウムが流入することで質量分析器に到達します。質量分析器では、ヘリウムはイオン化され、電圧で加速

表 2 ヘリウムを利用する主な理由

性質	利点
質量数 4 のイオンとなる (他にあまりない)	識別が容易
分子直径が小さい	漏れ箇所から 侵入しやすい
毒性がなく不活性	取り扱いが容易
吸着エネルギー小 低分子量	侵入が速く、 排気しやすい
大気中の含有が微小 (約 5 ppm)	バックグラウンド が小さい

されます。さらに、磁場によるローレンツ力によって円軌道となります。その円軌道の半径が質量に依存することから、ヘリウムイオンのみを容易に検出できます。実際に測定されるのはヘリウムの分圧ですが、リーク量が既知の校正リークを用いて比例定数を算出後、分圧を流量に換算します。

### リークテスト例

当研究所のヘリウムリークディテクター(島津製作所製:MSE-2403)の外観写真を図 1 に、仕様を表 3 に示します。リークテストを実施するには、NW25KF のフランジからなるテストポートと試験体が接続され、試験体内部を真空排気できる必要があります。



図 1 MSE-2403 の外観

リークテスト例として、ヘリウムリークディテクターの動作確認用に制作した試験体での例を図 2 に示します。この試験体は、大小のリーク箇所が複数あり、バルブでリーク箇所を塞ぐことができるようになっているものです。図 2 では、大きなリーク箇所があるため、リーク量のバックグラウンドが大きく、ヘリウムを

表 3 MSE-2403 の仕様

検出感度	高感度: $10^{-13}$ Pa $\cdot$ m <sup>3</sup> /s [He] 通常: $10^{-12}$ Pa $\cdot$ m <sup>3</sup> /s [He]
分析管	270 度磁場偏向型
イオンソース フィラメント	イットリアコート イリジウム 2 本
テストポート	NW25KF
テストポートヘリウム排気速度	3 L/s
最大テストポート圧力	1000 Pa
校正リーク	MSL-11

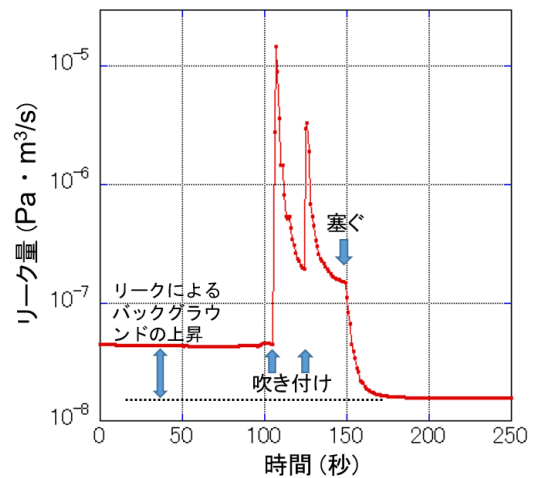


図 2 リークテスト例

吹き付けることで応答していることが分かります。また、見つけたリーク箇所を塞ぐことでバックグラウンドも小さくなることが分かります。この例のように吹き付ければすぐに応答するのは見つけやすいのですが、実際には、大きな時定数のものや、応答が始まるまでに長時間を要するものなど、リーク箇所の特定が非常に困難な場合もあるため、注意が必要です。

### おわりに

ヘリウムリークディテクターを利用することで、高感度なリークテストを行うことができます。真空関連部品の製品開発や品質管理など、お気軽にご相談ください。皆様のご利用をお待ちしております。

### 参考文献

- 1) 中山勝矢：新版 真空技術実務読本，(1994) オーム社。
- 2) 堀越源一：真空技術 第 3 版，(1994) 東京大学出版会。