

# 信頼性の高い高真空・超高真空計測が支える 科学と産業のイノベーション



吉田 肇

よしだ はじめ  
hajime-yoshida@aist.go.jp  
産業技術総合研究所  
計量標準総合センター  
工学計測標準研究部門  
圧力真空標準研究グループ  
主任研究員

2005年入所以来、真空標準の開発・維持・供給に従事しています。「真空を測る」ということは、究極的には、気体分子1個1個の挙動を理解すること他ならず、絶対測定の難しさに悩むと共に、興味を持って取り組んでいます。今日、真空技術は非常に幅広い産業分野で利用されており、真空計測の標準化や信頼性の向上を通して、日本の産業基盤の強化に貢献したいと思えます。

共同研究者  
新井健太、小島時彦(産総研)。  
その他、数多くの大学、研究機関、企業との共同研究や技術協力の成果を含んでいます。

高真空・超高真空における計測の信頼性を確保するため、電離真空計や四重極質量分析計を“その場”校正するための定量ガス導入素子「標準コンダクタンスエレメント(SCE)」を開発しました。SCEは、最先端の科学技術や産業機器に応用され、真空基礎科学、加速器、自動車、ガスバリアフィルムなど幅広い分野の研究開発を支えています。国際規格ISO/TS 20175:2018では、典型的な“その場”校正法としてSCEが採用されました。

## 1. 定量測定の難しさ

高真空・超高真空における定量測定は、主に3つの理由により難しいと言われてきました。

1つ目の理由は、計測器として使用される電離真空計や四重極質量分析計(QMS)の感度が、気体の種類によって数倍異なることです。真空技術では、様々な気体を使用されていますが、市販される多くの真空計は、通常、窒素でしか校正されていません。

2つ目の理由は、電離真空計やQMSの感度が、使用履歴や環境によっては、変化しやすいということです。例えば手間やコストをかけて、これら真空計を複数の気体種で校正したとしても、その後、感度が変化してしまうのであれば、その甲斐がありません。

3つ目の理由は、高真空ポンプ(ターボ分子ポンプや気体吸着ポンプなど)の排気速度も気体の種類によって異なることです。排気速度は、真空計測における重要なパラメータですが、真空ポンプのカタログには、代表的な1~3種類の気体に対する排気速度しか記載されていません。

こうした理由から、高真空・超高真空を用いる科学者や技術者には、高真空・超高真空における圧力測定の絶対値に対する信頼性は低く、定量測定は非常に困難であると信じられてきました。

## 2. 標準コンダクタンスエレメントの開発

こうした状況を打開するため、産総研では、「標準コンダクタンスエレメント(Standard Conductance Element, SCE)」を開発しました[1,2]。SCEとは、1 $\mu$ m以下の微小な孔を持つステンレス製多孔質

焼結体からなるガス導入素子です。気体は、大気圧下では一般に「粘性流」と呼ばれる液体のような流れ方をしますが、バルブ等を介して真空容器に導入すると、「中間流」を経て、「分子流」と呼ばれる個々の気体分子が独立して運動する状態へ移行します。この時、「中間流」に、複雑な非線形現象が含まれるため、流れの特性を説明することが困難でした。SCEを用いると、気体の流れを、「中間流」を介することなく、「粘性流」から「分子流」に直接遷移させることができます。これにより、流れの特性を、流体力学と気体分子運動論という、公知の物理学で説明できるようになりました。したがって、気体の種類が変わっても、計算により流量を正確に見積もることが可能になります。また、真空ポンプの排気速度は、SCEとコンダクタンス変調法を組み合わせることで、比較的容易に測定できることを確認しました[3]。

これまでSCEを用いて、窒素、アルゴン、ヘリウムといった不活性ガスは元より、炭化水素、水蒸気、フロンガスなど24種類の気体や蒸気について、真空計の感度校正や真空ポンプの排気速度測定に成功しています。



図1 標準コンダクタンスエレメント