

# 極高真空計の感度調査

○羽生 智文<sup>A)</sup>、内山 隆司<sup>A)</sup>、田中 窓香<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設

## 1. はじめに

エネルギー回収型線形加速器（Energy Recovery Linac : ERL）は、2008 年から将来光源として開発が行われてきた。現在では加速器開発の実証試験機として 2013 年にコンパクト ERL (cERL) が建設され、電子銃や超伝導空洞や極紫外光自由電子レーザー（EUV-FEL）などの鍵となる多くの加速器要素開発に貢献している。電子銃では大強度電子源を安定に供給するため光陰極半導体カソードを使用している。カソードの長寿命化を実現するために極高真空領域（ $1 \times 10^{-9}$  Pa 未満）<sup>[1]</sup>が必要不可欠である。このほか真空機器装置の状態を正しく把握することにより、機器の更新時期の予測も可能になると考えている。今回は、開発当初から使用している極高真空計（エクストラクタ真空計 : EXG）の調査として較正済みの EXG を基準球とし、およそ 10 年間使用してきた EXG について高真空領域（ $1 \times 10^{-1}$  Pa 未満  $1 \times 10^{-6}$  Pa 以上）<sup>[1]</sup> 及び超高真空領域（ $1 \times 10^{-6}$  Pa 未満  $1 \times 10^{-9}$  Pa 以上）<sup>[1]</sup> における真空感度について試験を行った内容を報告する。

## 2. 測定装置

### 2-1 エクストラクタ真空計（EXG）<sup>[2]</sup>

極高真空領域を測定可能な真空計として IONVAC IE514（Leybold 社製）が販売されている。EXG の外観を図 1 に示す。この真空計は、軟エックス線効果や電子励起脱離（ESD）イオン効果を除去する構造になっているため極高真空領域の測定が可能であるほか、購入時に較正された状態で納品される。ユーザー側で感度係数を入力することで正しい圧力が測定できる。表 1 に比較調査に使用した EXG のシリアルナンバー（S/N）と感度係数を示す。コントローラは IONVAC IM450（Leybold 社製）を使用して測定をする。



図 1 エクストラクタ真空計

表 1 比較調査に使用した真空計

|     | S/N  | 感度係数 |
|-----|------|------|
| 基準球 | 4626 | 5.36 |
| 比較球 | 1846 | 5.83 |
|     | 1983 | 5.20 |
|     | 1901 | 6.55 |

### 2-2 スピニングロータ真空計（SRG）

真空計の較正には測定誤差 1 %以内の高精度で測定できるスピニングロータ真空計が使用される。高真空領域の較正には不向きだが、低真空領域ではガス粘性（摩擦）を利用して圧力測定を行うため誤差が少なく一般に較正球の基準として使用されることが多い。今回の真空計比較較正では予め較正済みの SRG-3（MKS 社製）を新規に購入して測定を行うことにした。SRG の外観を図 2 に示す。

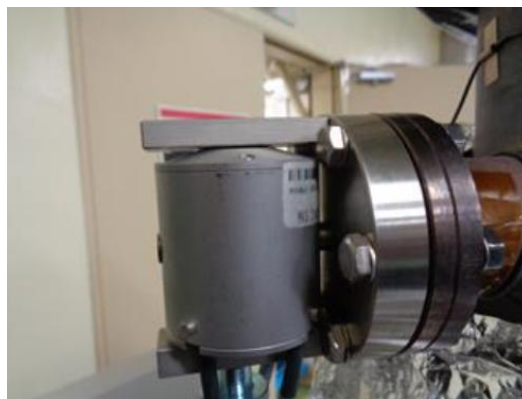


図 2 スピニングロータ真空計

## 2-3 較正用チャンバの構成

較正用チャンバとして使用する装置の外観を図3に示す。この装置は、ステンレス鋼製で内径145 mm、高さ260 mmの円筒形で真空計の測定条件を揃えるため同位置に4ポート取り付けられるように構成されている。またガス導入部においては図4のように真空計にガスが直接当たらないように配慮された構造になっている。ガスの流量とチャンバ内圧力の調整は、バリアブルリークバルブを使用して制御している。



図3 較正用チャンバ

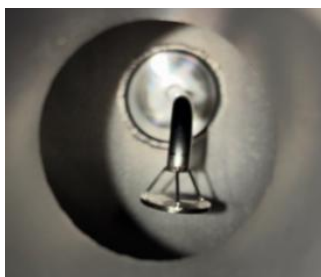


図4 ガス導入部

## 3. 真空計の配置及び測定方法

較正用チャンバにはSRGが取り付けてあり、対角には新規で購入したEXG（較正済み基準球）を配置した。SRG及び基準球とするEXGの両隣に10年間使用したEXGの配置（比較球）とした。ターボ分子ポンプで排気後にヘリウムリークディテクタにてリークチェックを行ったのち、較正用チャンバを180℃で40時間ベーキングを行った。ベーキング途中に取り付けた真空計のガス出しを行った。ベーキング終了後にも同様にガス出しを十分に行ったのち、室温状態で到達圧力 $10^{-8}$  Pa台を確認した。この時、真空計も同様にガス出しを行った。

測定方法は、バリアブルリークバルブより高純度乾燥窒素ガスを一定量流し、ターボ分子ポンプ（TMP）で排気しながら圧力の平衡状態を保持する。バリアブルリークバルブの開閉度によりガス流入量

を微調整して到達圧力から $8 \times 10^{-3}$  Paまで加圧、減圧の順で測定した。コントローラの桁替わりによる影響を考慮し、測定点は同じ桁の3点（2, 5, 8 付近）で行った。

また、コントローラ及びケーブルによる依存性についても確認する。基準球に接続していたコントローラ及びケーブルを比較球に入れ替え測定した。

## 4. 測定結果

真空計の経年劣化について調査を行うためSRGを基準球としてEXGの感度係数を測定した。SRGは低真空領域で使用されるため、低真空領域で高真空計であるEXGの感度係数の調整を試みた。しかしSRGを基準球としてEXGの感度係数を調整した場合、圧力範囲に応じて測定値が変動した。このため、測定の一貫性と信頼性を確保するには、現状では較正済みEXGを基準球として採用することが最も合理的である。

基準球と比較球（S/N 1846, 1901, 1983）の比較結果を図5に示す。10年間使用したEXG（比較球）は、基準球と同じような圧力を示すことが分かった。なお、S/N 1983の比較球は、ガス出しの際に自動デガスモードが途中で終わってしまったため、ガス出しが十分でない可能性がある。

また、コントロール及びケーブルの依存性を確認した結果を図6, 7に示す。入替前後で測定圧力のばらつきがないことから、コントローラ及びケーブルの依存性はないと考えられる。

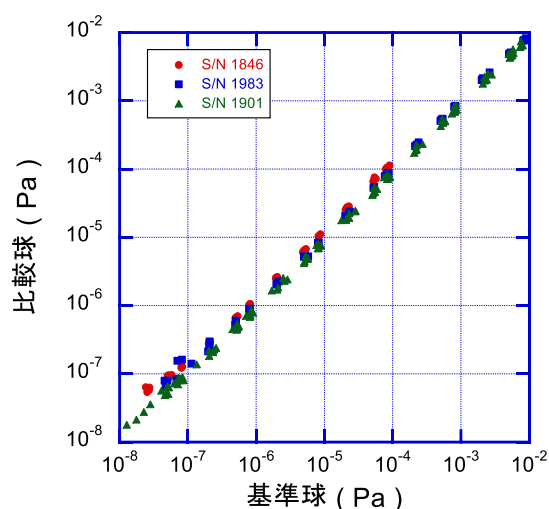


図5 比較球（S/N 1846, 1901, 1983）毎の基準球と測定値の変化

[2] 一村信吾, 正しい圧力 (真空度) の測り方,  
Journal of Surface Analysis Vol. 1, No. 2, 183–187  
(1995)

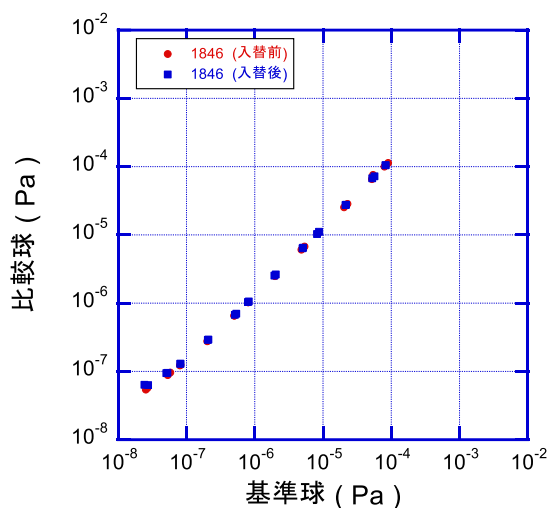


図 6 基準球と比較球 (S/N 1846) のコントローラ  
及びケーブルの入替前後の測定値の変化

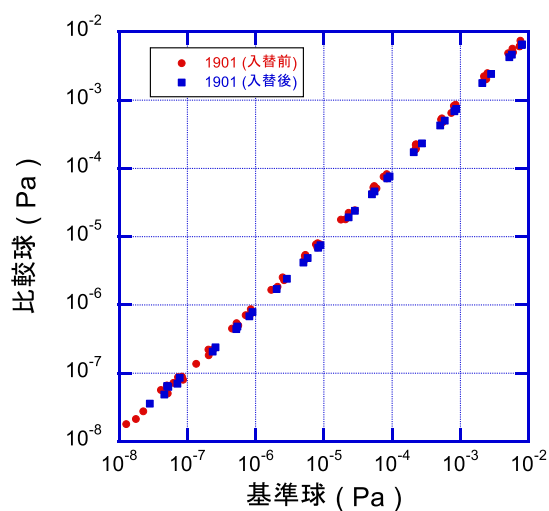


図 7 基準球と比較球 (S/N 1901) のコントローラ  
及びケーブルの入替前後の測定値の変化

## 5. まとめ

SRG を基準球とした EXG の較正は実施できなかったが、較正された EXG を基準球として比較調査を実施した。10 年間使用した EXG は、基準球と測定値に大きな差がなかったことから、引き続き使用可能であることが確認された。

## 参考文献

[1] JISZ8126-1 : 2021 真空技術—用語—第 1 部 : 一般用語.