

## 超小型慣性静電閉じ込め式核融合装置の真空性能と中性子生成数との関係 Relationship between vacuum performance and number of neutrons produced in the ultra-small Inertial Electrostatic Confinement Fusion device.

<sup>1</sup>高橋武, <sup>1</sup>成松滉生, <sup>1</sup>椎名柔, <sup>2</sup>秋津哲也, <sup>1</sup>大川博司  
<sup>1</sup>TAKAHASHI Takeru, <sup>1</sup>NARIMATSU koki, <sup>1</sup>SHINA Yawara, <sup>2</sup>AKITSU Tetsuya  
and <sup>1</sup>OKAWA Hiroshi

<sup>1</sup>HSU未来産業, <sup>2</sup>山梨大学  
<sup>1</sup>HSU, <sup>2</sup>Yamanashi Univ.

### 1. はじめに

慣性静電閉じ込め式核融合炉 (IECF装置: Inertial-Electrostatic Confinement Fusion)は、核融合反応を利用したコンパクト中性子源として知られ、非破壊検査や創薬開発のためのタンパク質構造解析等、様々な分野で応用が期待されている。我々は、東京工業大学の直線型IECF装置[1]と同様の形状ではあるが、体積を3分の1近く小型化した核融合中性子源を開発し、現在、DC -70kV, 15mAで最大中性子生成数 $1.5 \times 10^6$  n/sを得ている。

### 2. IECF装置

IECF装置は、重水素ガスでグロー放電を起し、生成されたイオンをポテンシャル井戸で加速させ、核融合反応を誘発させる。

実験を行うにあたり、陰極、接地陽極の外径が共に100mmであり、厚さ約3.5mmのガラス管(デュラン管)の内径が約58mm、装置本体の全長が約400mmと、実用的な超小型円筒形容器を作製した。電極構造は、中心に容器外部に剥き出しの陰極と、内部に設置された外径50mm、内径40mmの円筒形の電極が一体化されており、その軸方向の両端には、内径52mm、厚さ1.0mmのチタンパイプ製の電極が接地陽極に接続され、両極間の放電間距離が約109mmとなっている。この装置の陰極に数十kVの負電圧を印加するとイオン化された重水素ガスは、電位ポテンシャルによって陰極の軸線方向に加速・収束を繰り返し、衝突の結果、約2.45MeVの速中性子を生成する。なお、電源には、Spellman製STRシリーズ、DC電源-70kV, 85.7mAを用いた。

本研究では、真空容器のリーク、及び内壁からのアウトガスや蒸気圧対策の観点から真空性能の改善による同軸型IECF装置の中性子生成数について調べた。

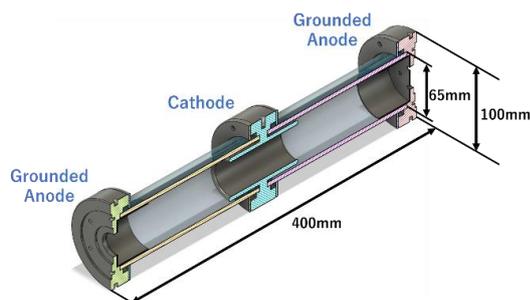


Figure1 Schematics of a linear type IEC neutron source.

### 3. 中性子生成の阻害要因

直線型IECF装置の核融合反応の主な阻害要因は、スパッタリング現象で生成される(1)アウトガスと(2)金属蒸気だと考えられる。これらは、加速イオン粒子の接地陽極内壁への衝突で脱離・放出して容器内に飛散し、円筒形電極径の内側に入り込み、結果的に中性子の生成を妨げる。さらに、加速イオン粒子で接地陽極が加熱され、Oリングの劣化による(3)リークも核融合反応を妨げる要因となる。

### 4. 真空性能向上対策と実験結果

対策には次の3点がある。(1)アウトガス対策は一般的に真空容器のベーキングを行うが、装置の構造上、接地陽極内壁面へのヒーターの加熱が困難であった。そのため、実験前に予備運転を行い、加速イオン粒子自体で容器を加熱した後に計測を行うことで中性子生成数を約1.2倍以上向上させた。次に、(2)金属蒸気対策は、装置の陰極と接地陽極の材質をアルミ合金(A5052)からステンレス(SUS304)に変更し、中性子生成数を約14.5倍にできた。その結果をFigure2に記す。さらに、(3)リーク対策では最初、陰極、接地陽極とガラス管との接続部にシリコンOリングを用いたが、大気ガスに対して高い透過性を持つため[2]、フッ素材質に変更し、中性子生成数を約3.5倍に向上させた。

また、Figure2には、装置のイオン密度の増加を目的として、磁場コイルとカスプ磁場を設置した結果も記載する。講演では、QMSの分析結果についても述べる予定である。

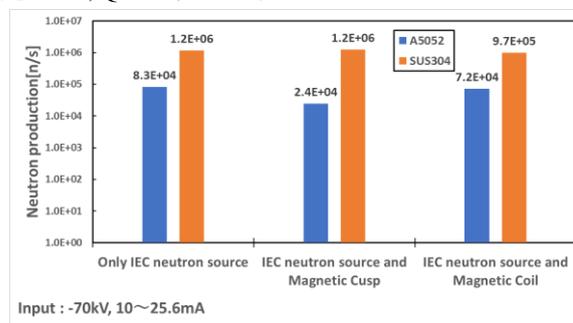


Figure2 Comparison of Neutron Production.

### 5. 参考文献

- [1]板垣智信, 堀田栄喜, 長谷川純, 高倉啓, 田端真之介, 松枝泰志: 「直線型慣性静電閉じ込め核融合中性子源における放電特性と中性子出力の陽極形状依存性」  
[2]小林政治: 「真空用シールの話」