

高エネルギーイオン発生装置における放電トラブルへの対応

牟田口, 嵩史
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/2329118>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 1, pp.18-20, 2019-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

高エネルギーイオン発生装置における放電トラブルへの対応

牟田口 嵩史

要 旨

高エネルギーイオン発生装置（1MV - タンデム）は、応用力学研究所先進炉材料分野において、核融合炉壁や軽水炉壁の材料開発や評価を行う目的で運用されている。今回、イオンビーム照射実験中に、真空容器内において放電トラブルが発生し、本装置の稼働を停止する事態に陥った。本書では、高エネルギーイオン発生装置における放電トラブルへの対処と復旧までの過程を報告する。

キーワード

高エネルギーイオン発生装置 保守管理 放電トラブル 真空実験装置

1. はじめに

高エネルギーイオン発生装置（1MV - タンデム；図 1）は HVEE 社のタンデム型加速器であり、平成 2 年 3 月に研究所内へ設置された。本装置は、鉄、銅、ニッケルなどの金属をイオン源として、最大 1MV の加速電圧でイオンビームを加速し、数百 dpa（displacements per atom）の重照射が可能である。主に、核融合炉壁材料表面の損傷や、原子炉圧力容器鋼の照射脆化のメカニズム解明・材料評価試験に用いられている。また、2 つのガスイオン照射装置を併設しており、3 重イオンビーム照射場としても活用されている。筆者は、本装置の保守管理を担当している。

本装置において、平成 30 年 11 月真空容器内にて放電するトラブルがあった。これにより、約 1 か月間装置は停止することとなった。



図 1 高エネルギーイオン発生装置

2. トラブル発生時の状況と症状

トラブル発生当時、高エネルギーイオン発生装置のイオン源である金属コーン（図 2）を交換し、イオンビームの調整を行っていた。



図 2 金属コーン

普段は、コーン交換後 12 時間以上真空排気を行った後に、イオンビーム調整を行っている。しかし、作業者が誤って 5 時間の真空排気時間で作業を開始してしまった。その結果、イオンビーム調整作業の最中に、27kV を印加したイオンビーム発生部（図 3）付近の真空容器内にて放電が生じた。そして、著しい真空度の低下から、インターロックによりイオン源及び加速管に電圧を印加する電源が停止した。

ひとまず、放電により悪化した真空容器内の雰囲気落ち着くのを待ち、翌日に再度イオンビーム調整を開始したが、再び放電し EXTRACTION VOLTAGE と呼ばれる 20kV を印加する部位に電流が流れ続ける状態となった。



図3 イオンビーム発生部

3. イオン源部品クリーニング

トラブルの対処として、イオンビーム発生部回りを大気開放し問題箇所の状態確認、及び各部品のクリーニングを実施した。

本装置は真空実験装置であるため、まず、問題部位以外の真空を維持するためにゲートバルブを閉鎖し、イオンビーム発生部回りとそれ以外の部位を切り離れた。次に、イオンビーム発生部回りの真空排気装置を停止させた。続いて、イオンスパッタさせるためのセシウムを容器ごと取り外し、安全のためアルゴンガスを充填した容器に封入した。最後に、問題発生部位真空容器内へ窒素ガスを大気圧まで充填し、部品（図4）を外側から順に取り外した。

取り外した部品を確認したところ、付着していたイオン源金属の堆積物が一部剥がれていた。その剥がれた堆積物が EXTRACTON VOLTAGE 印加部位と真空容器に接触しており、電流が流れ続ける症状の原因となっていた。その他、各部品が汚れていた為、不織布研磨材と紙ヤスリを使用し部品一つ一つの堆積物を削り落とした。その後、部品を有機溶剤のアセトンに浸し、超音波洗浄器にて洗浄を行った。最後に、元通り部品を組み付け、真空排気装置を作動させ、真空排気を行った。



図4 取り外した部品

4. イオンビーム発生部のデガスとエイジング

イオンビーム発生部は洗浄作業の間、長時間にわたり大気に曝されていた為、部品が大気からガスを吸収している。この状態で、27kVの高電圧を印加してしまえば、再度放電が起き、今までの作業が水泡に帰してしまう。そこで、まず IONIZER と呼ばれる部分に22Aの電流を流し、イオン発生部全体を昇温させ、部品からガスを放出させるデガス作業を行った。この際、短時間で昇温させてしまうと、多量のガスが放出され真空計に負荷がかかり最悪の場合故障するため、真空計の値を確認しつつ3-4時間かけゆっくりと上昇させた。昇温しきったら、真空度が良くなるまで、さらに2時間程度放置した。その後、10Aまで下げ、12時間以上真空排気をした。

次に、放電に注意した上でゆっくりと各部に電圧を印加するエイジング作業を行った。以下に、エイジング作業手順を示す。

- ① KATHODE 電圧を7kVまで昇圧する。10分毎に真空度を確認しつつ行う。
- ② KATHODE 電圧を0まで、1時間かけゆっくりと下げる。
- ③ EXTRACTON VOLTAGE を20kVまで昇圧する。10分毎に真空度を確認しつつ行う。
- ④ EXTRACTON VOLTAGE を20kVに保ったまま、KATHODE 電圧を①と同様に昇圧する。
- ⑤ EXTRACTON VOLTAGE と KATHODE の電圧を保ったまま2時間程度放電がないことを確認する。
- ⑥ EXTRACTON VOLTAGE と KATHODE 電圧を0までゆっくりと下げる。
- ⑦ IONIZER 電流を22Aまでゆっくりと上昇させる。逐次真空度と EXTRACTON VOLTAGE 及び KATHODE の電流を確認しながら行う。
- ⑧ EXTRACTON VOLTAGE、KATHODE、IONIZER それぞれを維持したまま1~2時間程度放電が無いことを確認する。
- ⑨ EXTRACTON VOLTAGE、KATHODE、IONIZER それぞれの電圧と電流を0まで、1時間かけゆっくりと下げる。

この作業中は操作盤の前から離れず、逐次、真空度と KATHODE・EXTRACTON VOLTAGE

の電流値をモニターし、放電の兆候や連続的な微小放電があった場合に備え、即座に対応できるような体勢でいる必要がある。また、放電の兆候や真空度の悪化が収束しない場合には、作業を中断し IONAZER に 10A の電流を流した状態で 12 時間以上放置し、デガスをを行う。その後、再度エイジング作業を始めから行う。

今回のトラブルにおいても、幾度か放電の兆候があり、その都度、デガスとエイジングの作業を繰り返し行った。

5. さいごに

放電トラブルの発生から復旧までには、部品洗浄とエイジングを含めて、1-2 週間を必要とする。

今回は、1 度目の対応から数日後に同様のトラブルが発生し、2 度目の対応を行った。過去には、3 度 4 度と放電が収まるまで同様の作業を繰り返し、長期間にわたる装置停止に陥った事例があっ

たと聞いている。それを考えれば、今回のトラブルは軽症であったといえる。

6. 今後の課題

高エネルギーイオン発生装置は、30 年近く稼働しており、保守管理のために必要な部品の供給は少なくなってきた。今回は破損した部品がなく無事に済んだが、今後は供給を終了する部品が出てくると予想されるため、消耗部品等はなるべく早めに確保しておく必要がある。本装置だけでなく、古い装置がほかにもあり、それらについても早めに対策を講じていきたい。

謝辞

今回、本装置の保守に関わる機会を与えて頂いた渡邊英雄准教授に、この場を借りて感謝の意を表します。