

核融合放電中性子源の電極コーティングが中性子発生率に及ぼす影響 Effects of metal hydride coatings on electrodes surface on neutron production rate in a discharge-type fusion neutron source

坂部 俊郎¹、見城 俊介¹、荻野 靖之¹、向井 啓祐²、Mahmoud Bakr²、八木 重郎²、小西 哲之²
Toshiro Sakabe¹, Shunsuke Kenjo¹, Yasuyuki Ogino¹, Keisuke Mukai², Bakr Mahmoud², Juro Yagi², Satoshi Konishi²

¹京都大学エネルギー科学研究科 ²京都大学エネルギー理工学研究所

¹Graduate school of Energy Science, Kyoto University, ²Institute of Advanced Energy, Kyoto University

1. 研究背景・目的

核融合放電中性子源では、真空容器内に燃料となる重水素ガスを供給し、グロー放電により核融合反応を起こし、中性子を発生させる。近年、荷電粒子または中性粒子と、電極に存在する重水素との衝突による核融合反応が支配的であることを示す研究が報告されている[1]。しかしながら、電極における重水素分布が中性子発生率に及ぼす影響は明らかにされていない。

本研究では、水素化物を形成する材料のコーティングを施した電極と施していない電極を用いて中性子発生試験を行い、中性子発生率を比較することで深さ方向の重水素の分布と中性子発生率の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 実験

本研究室保有の球形真空容器に装填できる中空状の電極（厚み1mm、外径80mm）をステンレス鋼（SUS304）により製作した。金属水素化物を形成する材料によるコーティングの効果を確認するため、電極は二つ用意し、一方にはチタン（Ti）の真空蒸着を施し、もう一方には蒸着を施さなかった。Tiの真空蒸着は、電極の表・裏面において、75分間ずつ実施した。また、電極と同時に蒸着を行なったステンレス片の表面から深さ方向における元素分布を、グロー放電発光分析（GD-OES）により測定した。

中性子発生試験では、重水素雰囲気中、各電極において、電圧を20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60kVの9通り、電流を5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 mAの8通りとし、各電圧・電流の全組み合わせ（72通り）において中性子測定を実施した。中性子測定にはポリエチレン・鉛板被覆を施した³He比例計数管を使用した。

3. 結果と考察

真空蒸着時に電極材料と共に設置したステンレス片（SUS304）のGD-OES測定においては、表面から約0.7 μm厚さのTi層の存在が確認された。これにより、真空蒸着において、電極材料の表面にも同程度の膜厚のTi層が形成されていると考

えられる。また、二体衝突シミュレーションソフトTRIMによる計算では、本実験で想定される最大エネルギーである60keVの重水素イオンのTi中の侵入深さは約0.5 μmとなり、0.7 μmより小さい。したがって、重水素をTi層内に留める上で十分な厚みの層が形成されていると考えられる。

各電極における中性子発生率を比較した結果をFig.1に示す。測定点の大部分で、同一電圧・電流の条件においては、Ti蒸着を施した電極における中性子発生率の方が高くなることが確認された。これは、電極上のTi層内で核融合反応が発生したためと考えられる。全測定点における増加割合の平均は1.37倍であり、電圧・電流条件による顕著な違いは確認されなかった。なお、真空蒸着を施していない電極においては測定中のガス圧は2.4~3.6Paの範囲に収まっているが、Tiの真空蒸着を施した電極において大部分の条件で5Pa以上の圧力となった。

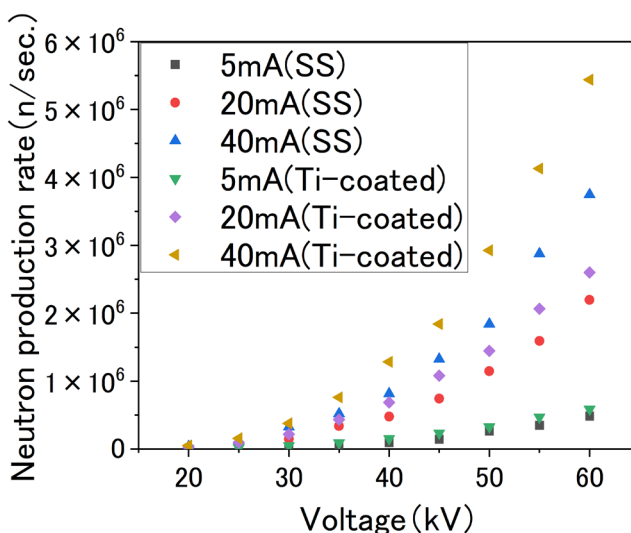


Fig. 1 Comparison of neutron production rate between electrodes

本年11月中旬までに、中性子発生試験後のTiコーティング電極の深さ方向について重水素を含む元素分布のGD-OES測定を行う予定である。

<参考文献>

[1] R. Bowden-Reid, *et al*, Phys. Plasmas 25, 112702, 2018