

放電型核融合中性子源の電極表面における核融合反応の分析 Analysis of nuclear fusion on the surface of electrodes in the glow discharge fusion neutron source

坂部 俊郎¹、向井 啓祐¹、八木 重郎¹
Toshiro SAKABE, Keisuke MUKAI, Juro YAGI

¹京大
¹Kyoto University

1. 背景

放電型核融合中性子源は、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装置である。将来的には、DT反応を用いた運転を行うことにより、ブランケット模擬体系中のトリチウム生成率評価試験への利用が期待されている。近年、水素吸蔵能の高い材料を電極に使用することで中性子発生率 (NPR) が向上することを示した研究が報告されている[1]。これは、荷電粒子または中性粒子と、電極上の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している。

2. 課題・目的

予備実験にて、表面にパラジウムをコーティングした陰極と、コーティングを施さない陰極 (基材:SUS304) を用いて中性子発生試験を行った結果、後者の方が高いNPRを示した。これは、電極材料の水素吸蔵能だけでなく、荷電粒子や中性粒子の材料中の飛程を決める阻止能も、NPRを決定付ける要素であることを示唆している。しかしながら、現時点では、電極材料に関するこれらの特性値 (①水素吸蔵能、②阻止能) とNPRの関係は明らかでない。本研究では、これらの関係を明らかにすることを目的とする。

3. 実験

第一に、水素吸蔵能以外の要素が中性子発生率に与える影響を評価するため、同一材料の球状の陰極 (SUS304製) を2セット準備した。両陰極の相違点は直径のみであり、直径は各々38mm (陰極S) と76mm (陰極L) とした。また、電極表面における反応をより支配的にするために、球電極は開口部が存在しない球殻構造とした。本実験では、両陰極の水素吸蔵能は同一であり、水素吸蔵能以外の要素によってNPRに変化が生じる。電圧は40~60kV (5kV刻み)、電流は5~20mA (5mA刻み)

の範囲で中性子発生試験を実施した。

次に、水素吸蔵能と阻止能の両面から高いNPRが期待できる材料としてダイヤモンドライクカーボン (DLC) を用いた。DLCは、阻止能が低い、軽元素である炭素・水素で構成され、高い水素吸蔵能が報告されている[2]。DLC被膜を施した、陰極Lを基材とする陰極 (DLC被覆陰極) を用いて、電圧は40~60kV (5kV刻み)、電流は5~20mA (5mA刻み) の範囲で、中性子発生試験を実施した。

4. 結果・考察

陰極Sと陰極Lの試験においては、陰極SにおけるNPRの方が1.4~2.8倍程度高くなった。本体系においては、陰極の表面積の減少よりも、衝突粒子のエネルギー増加による飛程と核融合断面積の増加の効果が、優位であったと考えられる。

DLC被覆陰極の試験結果をFig.1に示す。陰極L (同サイズのSUS304電極) を用いた試験よりも、4.7~10倍程度高いNPRが確認された。本結果は、阻止能の低い軽元素で構成され、水素吸蔵能の高い材料を用いることによりNPRを著しく向上させることが可能であることを示唆している。今後、運転前後の陰極の深さ方向の変化について分析を行い、水素吸蔵能・阻止能と中性子発生率の関係を示し、DLC被覆陰極の有効性を論じる。

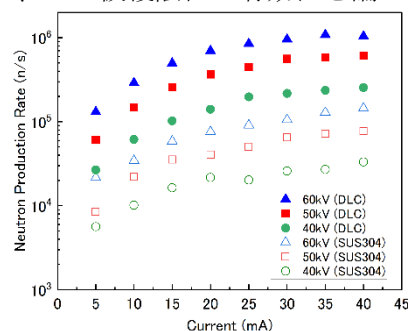


Figure. 1 The neutron production rate of the DLC-coated cathode and the SUS304 cathode.

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

[2] Y. Ohkawara, et al., Jpn. J. Appl. Phys. vol.41, 2002