

## 慣性静電閉じ込め式核融合(IECF)装置の磁場印加による高出力化

野辺 啓太\* 柏木 康平 南條 一樹 Ngamdee Wantapon

渡邊 正人 堀田 栄喜 (東京工業大学)

Nobe Keita\*, Kashiwagi Kouhei, Nanjo Kazuki, Ngamdee Wantapon, Watanabe Masato, Eiki Hotta

東京工業大学 創造エネルギー専攻

Tokyo Institute of Technology, Dept. of Energy Sciences

## 1. まえがき

慣性静電閉じ込め核融合 (IECF : Inertial Electrostatic Confinement Fusion) 装置とは、グリッド状の陰極に負の高電圧を印加することで、核融合燃料のイオンを陰極に向かって加速し、燃料同士を衝突させることで核融合を起こす装置である。トカマクをはじめとする磁場閉じ込め式核融合とは異なり、エネルギー源としての応用ではなく、核融合によって得られる中性子の利用を目的とした研究が進められている。

しかし現状では中性子生成量が限られているため、応用を考える上では中性子生成量のさらなる増大が必要とされている[1]。本研究では真空容器内のグロープラズマにおけるイオンの平均エネルギーを増加させることで、核融合反応率の改善を図ることを目的としている。

IECF では、陰極に負の電圧を印加することでグロー放電を生成し、イオンを陰極中心方向に向かって加速させて核融合反応を得ている。イオンは電極間の電界によって加速されるので、装置内部のより陽極付近で生成した場合、装置中心部にイオンが到達した際にはより大きいエネルギーを得ることとなる。本研究では、磁場を用いたマグネトロン放電による壁付近での重水素の電離により、イオン生成位置の改善を図る。

## 2. 実験装置

先行研究においても磁場印加による中性子生成量の改善が報告されている。初期の磁場印加実験では軸方向に長い棒状の永久磁石による軸方向カスプ磁場が用いられていた。しかしこの磁場構造では、磁場にトラップされた電子は半径方向の電界  $E$  と方位角方向の磁界  $B$  による軸方向の  $E \times B$  ドリフトにより、真空容器の上端もしくは下端に衝突して失われてしまう。そこで考えられたのが、コイルを用いて方位角方向カスプ磁場を印加することである。半径方向の電界  $E$  と軸方向の磁界  $B$  による  $E \times B$  ドリフトは方位角方向になるため、 $E \times B$  ドリフトによる電子の真空容器壁への衝突を防ぐことができる。し

かし、コイルによって印加できる磁場には限界 ( $\sim 10$  mT) があり、先行研究の課題として磁場強度の向上が求められている [2]。

そこで本研究では先行研究の反省を生かして強力な永久磁石を使い、なおかつ  $E \times B$  ドリフトによる電子の真空容器壁への衝突が起こらない磁場形状を考えた。それが小さな磁石を極性が市松模様状になるように配置し、多数の点状カスプを形成するものである。 $E \times B$  ドリフトは常に真空容器壁に対して水平となり、なおかつループになっているため、真空容器壁への電子の衝突を防ぐことができる。

## 3. 磁場強度の検討

トラップされるべき電子の速度、すなわちエネルギーについて考える。電子との衝突による水素の電離衝突断面積は、電子のエネルギーが 60 eV の付近でピークとなる。そこで本研究では電離を行うために有力な  $\sim 100$  eV 程度のエネルギーを持つ電子を壁付近に捕捉できる磁場を印加する。磁場の電子捕捉力を考える上で重要となるのが電子の Larmor 半径  $r_L$  であり、次のように表される。

$$r_L = \frac{mv_{\perp}}{|q|B} \quad (1)$$

ただし  $m$  は電子の質量、 $q$  は電子の素電荷、 $v_{\perp}$  は磁場  $B$  と垂直な電子の速度である。(1)式を用いて電子の Larmor 半径を求めた。壁-陽極間の 10 mm の領域に電子を十分に捕捉しつつ、イオンの運動への影響を最小限に抑えるために、 $r_L < 5$  mm となる磁場強度とし、それは 20 mT 程度である。

## 4. まとめ

イオン生成位置の改善を行い、核融合反応率を増大するためにカスプ磁場印加について検討した。その結果、必要な磁場は壁付近で 20 mT 程度となることがわかった。

## 文 献

[1] 独立行政法人理化学研究所：“理研から発信する中性子利用の新たな展開 ～ものづくり産業利用に向けた小型中性子源”

[2] 高倉 啓：“方位角向カスプ磁界を用いた慣性静電閉じ込め核融合の研究”