

直線型慣性静電閉じ込め装置内の空間電位分布解析 Analysis of Spatial Potential Distribution in a Linear Inertial Electrostatic Confinement Device

松枝泰志, 板垣智信, 松田和大, 長谷川純

Yasushi Matsueda, Tomonobu Itagaki, Kazuhiro Matsuda, Jun Hasegawa

東京工業大学 先導原子力研究所
LANE, Tokyo Tech

慣性静電閉じ込め (Inertial Electrostatic Confinement, IEC) 核融合中性子源では, 重水素ガスを充填した真空容器の中でグロー放電を起こし, 生じたイオンや高速中性粒子が背景ガス分子と核融合反応を起こすことにより中性子が発生する. IEC中性子源は小型かつ安価という長所がある反面, 従来の同心球型や同軸円筒型は陰極への熱集中の問題のため大電力化に不向きであった. これを解決するために我々は円筒形の電極を陽極, 陰極, 陽極の順に同軸に並べた, 直線型IECF中性子源を開発した. 本装置は電極が全て露出しているため, 冷却や絶縁が容易であるという利点がある. しかし, 実用化に向けては中性子発生率が十分ではない. 中性子の発生率向上やその発生メカニズムを詳細に解析するために, 本研究では装置内部で核融合反応を起こす粒子の挙動に大きな影響を及ぼす, 装置内の空間電位分布に着目した.

まず電位分布について一次元のPIC計算により解析を行なった. 本手法では一次元平行平板間で, 半径 r の放電柱が形成されると仮定し, 放電柱内の電流密度から求めた生成率のもとイオン・電子対をランダムに生成した. 図1に30 kV, 10 mA条件下で得られた電位分布を示す. r が0.01 mの時は, イオン生成率が高く準中性のプラズマが形成されることで電位の平坦部が陰極近傍まで伸びているのに対し, 他の条件では, イオンの空間電荷により電位分布がわずかに上に凸になるに止まっている. このように同じ放電電流のもとでも放電柱の形状によって空間電位分布が大きく異なることが分かった.

次に, 3次元モンテカルロ計算により装置内部での粒子の挙動を解析した. 本手法では仮定した初期イオン生成領域でランダムに H^+ , H_2^+ を生成し, 背景にある H_2 との衝突過程を追跡する. 図2に真空電位を仮定し, 放電電圧150 kV, 背景ガス圧0.6 Paのもとで計算されたDD核融合

反応の発生密度分布を示す. H^+ と H_2^+ が装置の中心付近で起こす核融合反応が支配的であることが分かった. 同様の計算について, PIC計算によって得られた電位分布を適応することで, 空間電位分布がDD核融合の反応率や発生密度に与える影響について検討した結果を報告する.

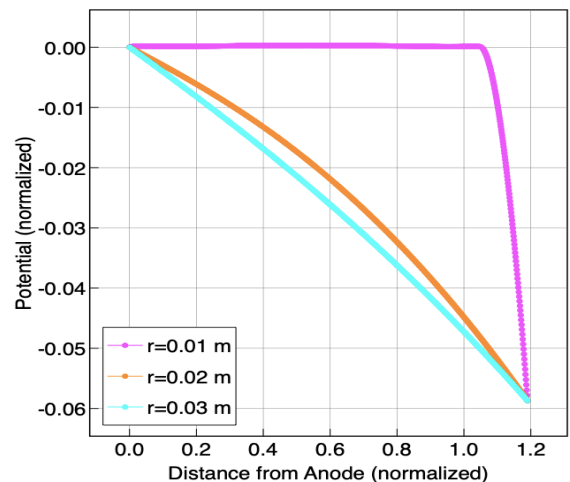


Fig. 1 Dependences of the spatial potential distribution on the radius of discharge column.

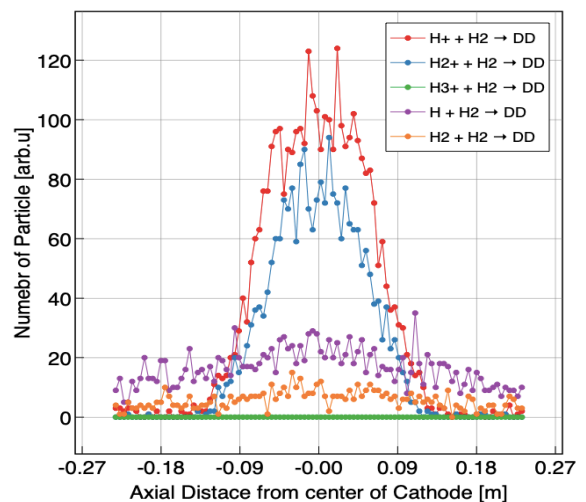


Fig. 2 Generation density distributions of DD fusion reactions.