

# LHDのNBIによるD-D核融合反応における生成粒子の速度分布関数の数値解析 Numerical Analysis of Distribution Function of Fusion Products in Deuterium Experiment LHD

本間 崇文<sup>1</sup>, 松本 裕<sup>2</sup>, 關 良輔<sup>3,4</sup>, 長壁 正樹<sup>3,4</sup>, 小川 国大<sup>3,4</sup>, 磯部 光孝<sup>3,4</sup>, 山内 有<sup>2</sup>, 富岡 智<sup>2</sup>  
Takafumi HOMMA, Yutaka MATSUMOTO, Ryosuke SEKI, Masaki OSAKABE, Kunihiro OGAWA,  
Mitsutaka ISOBE, Yuji YAMAUCHI and Satoshi TOMIOKA

<sup>1</sup>北大院工, <sup>2</sup>核融合研, <sup>3</sup>総研大  
<sup>1</sup>Hokkaido Univ., <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>SOKENDAI

**[緒言]** 大型ヘリカル装置(LHD)の重水素(D)実験では、中性粒子ビーम入射(NBI)による重陽子と背景プラズマ中の重陽子とのD-D核融合反応により生成される中性子が測定されている[1]. D-D核融合反応によって生成される中性子(n), トリトン(T)について、磁気座標に基づくGNETコードを用いた解析が行われているが、実験結果を十分に再現できていない[2]. そこで本研究では、実座標を用いて高速イオンの軌道解析を行うモンテカルロコードに核融合反応評価モジュールを組み込み、それを用いてn, Tの発生位置や初期速度分布を調べることを目的とした。

**[D-D核融合反応評価モジュール]** 単位体積あたりのn, Tの発生率Sは

$$S = \int f_{NB} f_{BG} |v_{NB} - v_{BG}| \sigma dv_{NB} dv_{BG}$$

で求められる。ここで、 $f$ は速度分布関数、 $v$ は速度、 $\sigma$ はD-D反応断面積である。添え字のNBはNBによる高速重陽子、BGは背景重陽子を示している。Maxwell分布を仮定した背景Dプラズマに対して、NBによる高速重陽子が入射されたときの発生率Sを求めるモジュールを作成し、高速イオンの軌道追跡に基づくモンテカルロコード[3]に導入した。

改造したコードを用いてLHDで行われたco, ctr-NBIの2つの放電についてテスト計算を行った。NBIのポートスルーパワーは1MWとし、テスト粒子数は50400とした。磁気軸位置 $R_{ax} = 3.6$  m, 磁気軸上磁場強度 $B_{ax} = 2.75$  Tの真空磁場配位を用いた。

**[実験との中性子発生率の比較]** 中性子発生率をLHDの縦長断面において鉛直方向に線積分した結果を図1に示す。co入射では磁気軸近傍にピークを持つ分布であり、ctr入射では磁気軸近傍で平坦な分布となった。また、実験における縦長断面鉛直方向の中性子計測結果を図2に示す。図1, 2より、磁気軸近傍では解析結果と実験結果がよく一致することがわかる。

さらにD-D反応発生時の重心速度分布を求められるようにコードを改造し、生成粒子の初期

速度分布についての解析を現在進めている。これらの結果の詳細については、講演にて報告する予定である。

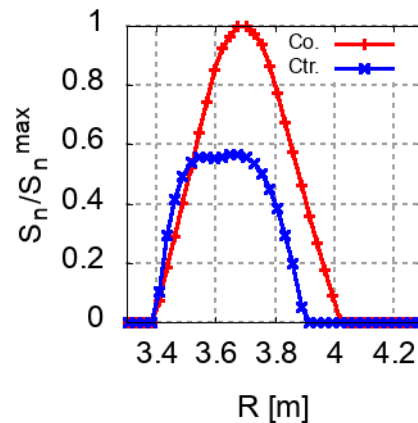


図1 中性子発生率の線積分結果。  
Rは大半径を示す。

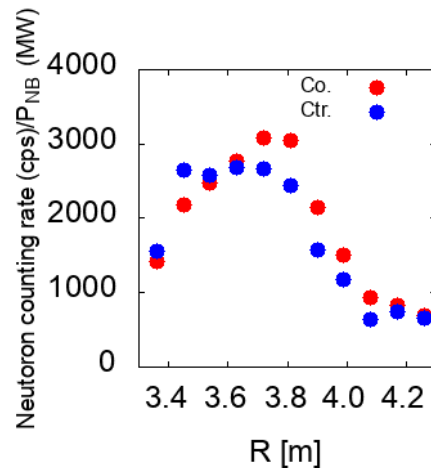


図2 中性子計測結果(実験結果)。

## 参考文献

- [1] M. Isobe *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci., **46** 2050(2018).
- [2] K. Ogawa *et al.*, Nucl. Fusion **59** 076017(2019).
- [3] Y. Matsumoto *et al.*, Proc. ISHW2017, 2-17.