

# LHDにおける密度分布および粒子閉じ込めへの同位体効果についての研究

## A study of isotope effect on density profile and particle confinement in LHD

今川直人<sup>1</sup>, 山田弘司<sup>1</sup>, 横山達也<sup>1</sup>, 居田克巳<sup>2</sup>,  
 坂本隆一<sup>2,3</sup>, 藤井恵介<sup>4</sup>, 吉沼幹朗<sup>2</sup>, 本島巖<sup>2,3</sup>, 田中謙治<sup>2,5</sup>  
 Naoto Imagawa<sup>1</sup>, Hiroshi Yamada<sup>1</sup>, Tatsuya Yokoyama<sup>1</sup>, Katsumi Ida<sup>2</sup>, Ryuichi Sakamoto<sup>2,3</sup>,  
 Keisuke Fujii<sup>4</sup>, Mikiro Yoshinuma<sup>2</sup>, Gen Motojima<sup>2,3</sup>, Kenji Tanaka<sup>2,5</sup>

1. 東大新領域, 2. 核融合科学研究所, 3. 総研大, 4. 京大, 5. 九大  
 1. The Univ. of Tokyo, 2. NIFS/NIFS, 3. SOKENDAI, 4. Kyoto Univ., 5. Kyushu Univ.

本研究は、定常プラズマの密度分布と粒子閉じ込め時間及びペレット入射に対する過渡応答の解析により、粒子輸送に対する同位体効果について検討を行うことを目的としている。

核融合エネルギー源として最も有望視されているのは重水素 (D) と三重水素 (T) の反応である。反応率を高くするには、D と T の密度分布が等しくなるように制御することが求められる。しかし、これらの水素同位体の粒子輸送の異同はまだ十分に理解されていない。

そこで本研究では、LHD で行った水素と重水素のプラズマ実験における、バルク電荷交換分光法 (b-CXRS) [1]による水素 (H) と D の密度分布の分離測定結果を用いて解析を行った。

本研究では 2 種類の解析を行っており、1 つは定常プラズマを対象としたグローバル粒子閉じ込め時間、もう 1 つはペレット入射に対する過渡応答である。

定常プラズマのグローバル粒子閉じ込め時間 $\tau_p$ は、プラズマの電子密度 $\bar{n}_e$ とプラズマに流入する粒子束 $\Gamma_{inflow}$ を用いて以下のように表す [2]。

$$\tau_p = \frac{\bar{n}_e}{\Gamma_{inflow}}$$

ただし、 $\Gamma_{inflow}$ は水素やヘリウムの発光強度 $H_\alpha$ ,  $D_\alpha$ ,  $HeI$ を用いて以下のように評価した。

$$\Gamma_{inflow} \propto (I_{H\alpha} + I_{D\alpha} + 2I_{HeI})$$

そして、ECH 加熱プラズマ, NBI 加熱プラズマそれぞれについて、磁場 $B = 1.4T$  or  $2.4T$ , 加熱吸収パワー $P$ は $0.87MW < P < 11.3MW$ , 電子密度 $\bar{n}_e$ は $0.4 \times 10^{19}m^{-3} < \bar{n}_e < 5.7 \times 10^{19}m^{-3}$ の範囲のデータを用いて統計回帰分析を行った。D プラズマは H プラズマより粒子閉じ込めが悪いことが分かった。

密度分布形状についても議論する。

ペレット入射に対する過渡応答については、H/D 比の減衰時間を評価した。図 1 は D プラズマへの H ペレット入射による、(a)  $\bar{n}_e$  の時間変化と (b) HD 比 (b-CXRS 測定) の時間変化である。4.46 秒の H ペレット入射で H の割合と密度が急激に増加し減衰していくのが分かる。HD 比の減衰時間 $\tau_{decay}$ について、定常プラズマの粒子閉じ込め時間と同様の統計解析を行い、各パラメータに対する依存性、特に同位体効果について議論する。

本研究は NIFS 一般共同研究 NIFS18KLPP051 と JSPS 科研費 JP17H01368 の助成を受けたものである。

- [1] K. Ida et al., Rev. Sci. Instru. **90** (2019) 093503.  
 [2] P. C. Stangeby and G. M. McCracken 1990 Nucl. Fusion **30** (1990) 1225.

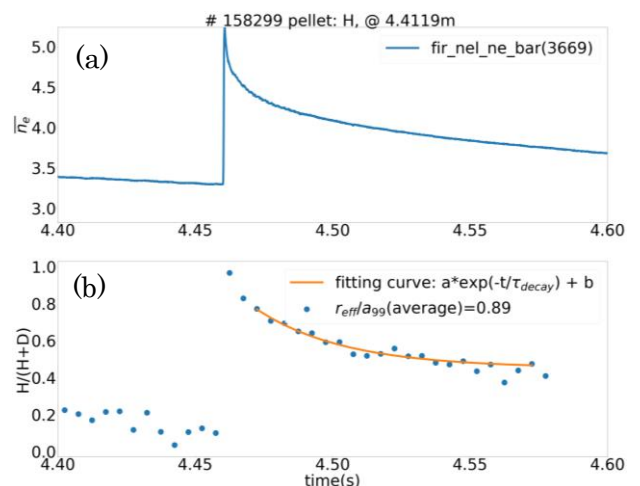


図 1 ペレット入射に伴う時間変化図。(a)プラズマの電子線平均密度 $\bar{n}_e$ と(b)b-CXRS で測定したプラズマ外側における H イオンの割合を示す。