

# LHD 重水素プラズマにおける真空容器壁への中性子入射角分布及び エネルギースペクトル

## Neutron incident angle and energy distribution to vacuum vessel in LHD deuterium plasmas

杉山翔太, 松浦秀明, 後藤拓也<sup>1</sup>

Shota SUGIYAMA, Hideaki MATSUURA, Takuya GOTO<sup>1</sup>

九大院工, 核融合研<sup>1</sup>

Kyushu Univ., NIFS<sup>1</sup>

トラス装置では、第一壁への入射中性子束や壁負荷が壁面位置によって異なることが知られている [1, 2]。ヘリカル型装置の真空容器は垂鈴型のポロイダル断面を持つため、トラス形状の効果に加えて、この壁面形状が入射中性子束分布の非一様性に影響を及ぼすことが考えられる。これまでに、中性子計測を目的として LHD における中性子束の評価がなされてきた [3]。しかし真空容器壁への影響評価を目的とした解析は行われておらず、壁面上の全ての位置で中性子束、入射角分布及びエネルギースペクトルを明らかにすることが重要である。また、計測対象に応じた最適な中性子計測器の設置位置や角度を決定することにも、これらの評価が有効である [4]。壁面形状の影響に加えて、高速イオンテイルの形成も中性子束やエネルギースペクトルに影響を及ぼすため、正確な評価を行うためにはイオンの速度分布関数を考慮した解析が必要となる。本研究では LHD 重水素プラズマを想定し、プラズマの状態を取り入れて、真空容器壁面位置毎の中性子束、入射角分布及びエネルギースペクトルの評価を行う。

中性子放出ベクトルと LHD 真空容器形状を表す数式とを連立して解くことで、壁面への中性子入射位置を求めた。LHD の装置主半径  $R_{maj} = 3.9$  m の位置で中性子を等方的に発生させ、壁面位置毎の中性子束の計算を行った。

図 1 に水平面で見た LHD 真空容器形状を、図 2 に水平面におけるトロイダル角  $\varphi$  毎の中性子束を示す。中性子束は中性子発生数で規格化したものを示した。ヘリカルコイルが通る真空容器の溝部分と、円形断面トラス部分との間で、入射中性子束が大きく異なることがわかる。これは溝部分がトラス部分よりも中性子発生位置、即ちプラズマに近く、中性子がトラス部分に到達する前に、溝部分に先に入射しやすいためである。また、トラス部分の中でも、トロイダル角  $\varphi$  によって中性子束の違いが見られる。これは、溝部分によって壁面位置から見えるプラズマ領域が制限され、その制限の程度がトロイダル角によって異なるためである。このようなトロイダル方向による入射中性子束の違いは、トカマク等の単純な円形断面トラスでは見られず、ヘリカル装置の特徴である。

発表では、中性子束の微分量であるエネルギースペクトル及び入射角分布を示す。NBI 加熱によって重陽子分布関数に高速イオンテイルが形成された場合の影響についても議論する。

[1] P. P. H. Wilson, et al., Fusion Eng. Des. **83**, 824 (2008).

[2] J. C. Rivas, et al., Fusion Sci. Technol. **64** 687 (2013).

[3] Y. Nakano, et al., Rev. Sci. Instrum. **85**, 11E116 (2014).

[4] S. Sugiyama, et al., Plasma Fusion Res. **10** 3403055 (2015).

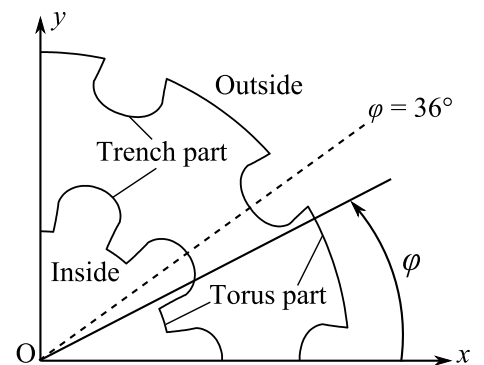


Fig.1 Cross section of vacuum vessel of the LHD in horizontal plane.

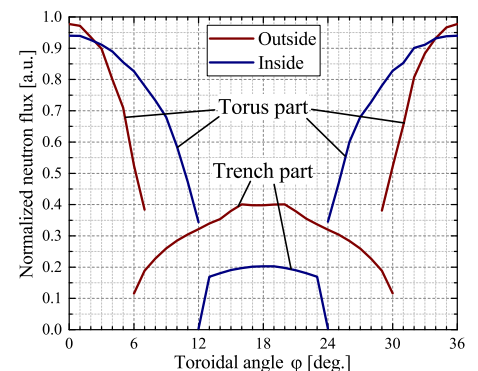


Fig.2 Neutron flux distribution at horizontal plane (see Fig.1).