

26aD31P

LHDの重水素実験のための仮想中性子計測システムの構築 Establishment of the virtual neutron diagnostic system for the LHD deuterium experiments

西谷健夫¹, 小川国大^{1,2}, 磯部光孝^{1,2}
Takeo Nishitani¹, Kunihiro Ogawa^{1,2}, Mitsutaka Isobe^{1,2}

¹NIFS, ²総研大
¹NIFS, ²SOKENDAI

1. はじめに LHDでは、2017年春から開始予定の重水素実験のために中性子モニター、中性子プロフィールモニター、放射化箔測定装置等の整備を進めているが、プラズマ中の中性子発生分布の変化、プラズマ位置の変化等に対して、それらの中性子計測装置の応答を調べておく必要がある。そこでLHDの3次元モデルの中にそれらの中性子計測装置を組み込み、モンテカルロコードMCNPでそれらの応答を計算できるシステムを作成している。まずはじめにLHDの全中性子発生率を測定する中性子モニターを組み込んだ。

2. 計算方法 MCNPコードではヘリカル面は扱えないため、真空容器内をトーラス方向に6度ごとに分割し、各セクター内ではトロイダル方向に対称として3次元モデル化を行った。LHDは $m=10$, $l=2$ のヘリカルコイルを有している。そこで36度のみをモデル化し、ポロイダル境界面を反射面として、36度のモデルが繰り返すものとして計算した。プラズマ領域は半径50cmの円形断面として、小半径で5領域に分割し、各領域毎に中性子の発生確率を任意で与えられるようにした(図1参照)。なお使用したコードはMCNP-6、断面積ライブラリーはENDF/B-VIである。

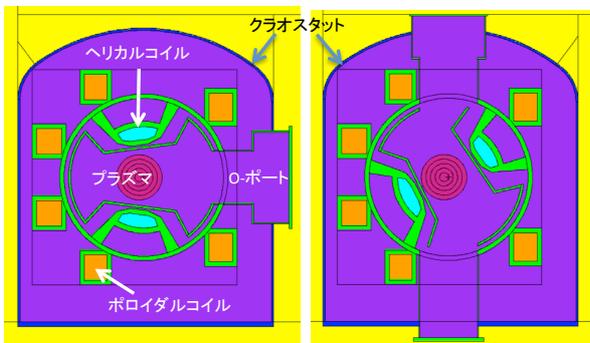


図1 LHDのMCNP計算モデル。左は0-ポート中心断面。右は0-ポート中心から反時計回りに12°の断面。

LHDの中性子モニターは5cm厚のポリエチレン

減速材中に²³⁵Uのフィッションチェンバーを取り付けた構造をしている。中性子モニターはトーラス中心軸上部と外側水平ポート(0ポート)周辺2ヶ所に設置されている。中性子モニターはポリエチレン減速材の外側に1mm厚のカドミウムの熱中性子吸収材を取り付けているので、中性子モニター外部からの熱中性子は遮蔽される。しかし、中性子モニター内で減速した中性子は熱エネルギーまで計算する必要がある。LHDの本体室全体の中性子輸送を熱エネルギーまで計算すると時間がかかるため、まず中性子モニターのみをモデル化して、外部からの中性子に対するエネルギー依存の応答関数を決定した。LHDの3次元モデルに中性子モニターの外形のみを組み込み、その位置での中性子束に応答関数を掛けることで中性子モニターの計数を求めた。

3. 結果

3.1 中性子エネルギー依存性 中性子モニターの応答関数は1MeV以下でほぼフラットであり、1MeV以上で減少する。2.45MeV中性子に対する感度は1MeVの感度より約18%低い。しかし中性子モニター位置における中性子スペクトルは2.45MeV単色ではなく、散乱成分がかなり含まれている。そこでプラズマから発生する中性子のエネルギーを2.45MeV周辺で変化させて中性子モニターの計数を計算した。プラズマ中で発生する中性子のエネルギーが2~3 MeVの範囲で、中性子モニターの計数の変化は2.45 MeVの計数に対して±1%であり、ほぼ一定であることを確認した。

3.2 中性子発生分布依存性 NBI加熱プラズマでは中性子発生分布は電子密度に依存する。TASK3Dコードで計算した3つの中性子発生分布($n_e=3.5 \times 10^{19}$, 2.0×10^{19} , $0.8 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$)に対するモニターの計数の違いは2%以内であった。

3.3 プラズマ中心位置依存性 プラズマの水平位置依存性を $R=3.6 \sim 3.9 \text{ m}$ の範囲で変化させたところ、中性子モニターの計数の違いは3%以内であった。