

中性粒子輸送コードを用いた
LHD プラズマの水素原子・分子発光線解析
Analysis of atomic and molecular hydrogen emission lines
in LHD plasmas using a neutral particle transport code

出井諒¹, 澤田圭司¹, 後藤基志²

Ryo Idei¹, Keiji Sawada¹ and Motoshi Goto²

¹信州大学大学院理工学系研究科 〒380-8533 長野市若里 4-17-1

²核融合科学研究所 〒509-5259 土岐市下石町 332-6

¹Graduate school of Sci. and Tec., Shinshu University 4-17-1 Wakasato, Nagano, 380-8533, Japan

²National Institute for Fusion Science 322-6 Oroshi-cho, Toki, Gifu, 509-5259, Japan

我々は、LHD プラズマの粒子・エネルギーバランスの理解を深めるため、水素原子・分子の3次元中性粒子輸送コードの開発を進めている。中性粒子輸送コードでは、モンテカルロ法により、ダイバータ板から出た中性粒子が各種反応を経てH⁺になるまでの過程を追跡し、粒子の密度分布や速度分布を求めている。

水素分子の解離・電離、水素原子の電離等の各種反応は、主プラズマ表面付近の狭い領域で起こるが、従来の中性粒子輸送コードでは、表面付近の急峻な勾配をもつ電子温度・密度を正確に再現するメッシュが用いられていなかった。我々の中性粒子輸送コードにおいても、従来は、トロイダル方向1周期分を100分割、ポロイダル断面を84×84に区切っており、1メッシュはおおよそ4cm×4cm×4cmとなっていた。しかし主プラズマ表面部では1メッシュで100eV程度の勾配があり、各種反応速度係数は1桁以上変化する。このため、本研究では、従来各メッシュにおいて1eVから100eVの電子温度をもつものをさらに自動的に8×8×8に分割し、各サブメッシュに電子温度・密度を与える計算機コードを開発した。

さらに、従来はH+H⁺, H₂+H⁺及びH+H₂の弾性散乱について、古典論に基づく断面積を用いていたが、文献[1]の量子論により計算された断面積に更新した。H+H⁺については、量子論においては弾性散乱と電荷移行が区別できないため、その断面積は両者を表すものである。

以上の改善を行った中性粒子輸送コードの検証として、各種反応で生成された水素原子の密度および運動エネルギー分布を元に水素原子の発光線プロファイルを計算し、岩前らの分光計測結果[2]と比較した。分光計測では、グラントムソンプリズムを用いた偏光分離光学系により、発光線を互いに垂直な偏光成分

e-rayとo-rayに分離し、高波長分解能の分光器で計測している。ポロイダル断面の中心付近の計測ラインにおけるo-rayのプロファイルの計測結果と計算結果をFig.1に示す。実験結果と計算結果は概ねよい一致を示しており、今回の改良で計測結果に見られる肩を持ったようなプロファイルの形状が計算で再現されるようになった。この形状は、主に図中の反応1および反応14によることが分かる。今後はこれらの反応過程を精密に扱うことで、スペクトルプロファイルをより正確に再現するよう改良していくことが課題となる。

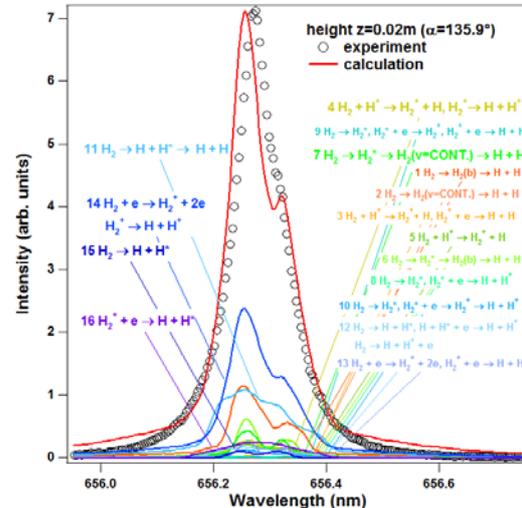


Fig.1 発光線プロファイル(o-ray). 白抜き丸が実験結果、赤い線が実験結果.

[1] P. S. Krstic and D. R. Schultz, Atomic and Plasma-Material Interaction Data for Fusion 8 (1998).

[2] A. Iwamae et al., Plasma and Fusion Res., 5, 032 (2010).