

## 直線型磁化プラズマ装置 NUMBER を用いた非等方・非平衡速度分布における 原子分子過程の検証実験

### Experimental verification of atomic and molecular processes in anisotropic and non-equilibrium velocity distributions using linear magneto plasma device NUMBER

岡本敦<sup>1</sup>, 杉本みなみ<sup>1</sup>, 樋口舜也<sup>1</sup>, 矢ヶ崎誇楠<sup>1</sup>, 小池宗生<sup>1</sup>, 馬洋一<sup>1</sup>, 有本英樹<sup>1</sup>, 藤田隆明<sup>1</sup>,  
高橋宏幸<sup>2</sup>

OKAMOTO Atsushi<sup>1</sup>, SUGIMOTO Minami<sup>1</sup>, HIGUCHI Shunya<sup>1</sup>, YAGASAKI Konan<sup>1</sup>,  
KOIKE Muneo<sup>1</sup>, MA Yangyi<sup>1</sup>, ARIMOTO Hideki<sup>1</sup>, FUJITA Takaaki<sup>1</sup>, TAKAHASHI  
Hiroyuki<sup>2</sup>

名大院工<sup>1</sup>, 東北大院工<sup>2</sup>  
Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Tohoku Univ.<sup>2</sup>

## 1 本文

核融合炉ダイバータプラズマ中の電離・励起・再結合などの原子分子過程について通常は等方熱平衡と仮定した衝突輻射モデルを適用するが、磁化プラズマ中で荷電粒子は非等方・非平衡な速度分布関数を取り得る。磁化プラズマ実験装置 NUMBER は磁気ミラー捕捉された電子のサイクロトロン共鳴加熱が可能で、速度分布関数が非等方・非平衡となり得る。この特徴を活用し、速度分布関数の非平衡度、非等方度診断と、非等方・非平衡速度分布における衝突輻射モデル開発を行っている。プロジェクトの現状と計画について報告する。

実験装置 NUMBER は直径 0.2m, 長さ 2m の真空容器に軸方向磁場を印加し、マイクロ波入射による電子サイクロトロン共鳴 (ECR) でプラズマを生成する。[1] 軸方向の磁場強度分布は ECR 領域で  $B \sim 0.1\text{T}$  の磁気ビーチ構造であり、その下流の拡散領域をほぼ無磁場から  $B \sim 0.3\text{T}$  まで変化させられる。これにより中央のミラー磁場に補足される荷電粒子の割合が制御可能となると考えられる。本研究では、ミラー磁場配位が存在せず ECR により非等方 ( $v_{\perp} > v_{\parallel}$ ) に加速された電子速度分布関数から、捕捉され等方緩和した速度分布関数までを制御しつつ、電子速度分布関数の非等方性が原子分子過程に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目指している。

電子速度分布関数の非等方性を明らかにするため、レーザートムソン散乱の計測システムを開発している。これまでに光学系の検討を行い、ポートの干渉を受けずにレーザを入射し散乱光を集光できる条件

で、磁力線平行方向速度成分に対応する前方散乱スペクトルの分解能が最大となる配置を見出した。トムソン散乱計測と同一の視線で可視受動分光計測が可能であり、トムソン散乱計測で得られた電子速度分布関数 (電子密度、温度) から衝突輻射モデルで推定されるスペクトルと分光計測の直接比較が可能である。現在、レーザ入射光学系はほぼ調達が完了し、散乱光受光系の詳細設計と調達を進めている。

衝突輻射モデルはイオン衝突を考慮するための開発されたモデル [2] をもとに、速度分布関数の非等方性が衝突励起速度係数に与える影響を調査出来るように改良している。第一段階としてイオン衝突に関して非等方性が実装され、各準位間の励起速度係数や基底状態原子からの衝突輻射電離速度係数について非等方性依存性が抽出できた。電子衝突に関して同様の実装を行うことと並行して、イオンの非等方度が高いと予想される磁場閉じ込めプラズマの実験データ解析に着手している。

また非等方度を分光計測から逆問題として推定するため、受動分光計測と衝突輻射モデルを用いた逆問題解法の解析基盤を整備している。現在までに、円柱プラズマの径方向分布を径方向に視線積分された 1 視線から推定する手法を開発した。[3] 今後、様々な逆問題推定へ応用する予定である。

本研究は、JSPS 科研費 (JP19H01869, JP20H01883) および日比科学技術振興財団の支援を受け実施された。

[1] D. Hamada, *et al.*, Plasma Fusion Res. **13**, 3401044 (2018).

[2] A. Okamoto, AIP Conf. Proc. **2319**, 030007 (2021).

[3] M. Sugimoto, *et al.*, Plasma Fusion Res. **16**, 2401042 (2021).