

# LHD プラズマを用いた希土類元素の軟X線分光計測

鈴木千尋<sup>1</sup>、小池文博<sup>2</sup>、村上泉<sup>1</sup>、田村直樹<sup>1</sup>、須藤滋<sup>3</sup>、Gerry O'Sullivan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>核融合研、<sup>2</sup>上智大、<sup>3</sup>中部大、<sup>4</sup>UCD

<http://www.nifs.ac.jp>

高Z希土類元素（ランタノイド元素）のプラズマからは、主量子数4の価電子を持つ多価イオンによる、軟X線領域の発光が強く放射されることが、過去のレーザー生成プラズマ、磁場閉じ込めトラスプラズマ、電子ビームイオントラップ（EBIT）による実験研究で知られている。この発光スペクトルは、電子相関や相対論効果といった観点から原子物理学的に興味深い対象であるだけでなく、一部は短波長プラズマ光源としての産業応用の可能性も検討されてきた。しかし、元素や波長域によっては未だに基礎データが整備されていない部分も多い。

核融合科学研究所の大型ヘリカル装置（LHD）では、希薄な超高温プラズマが容易に得られ、かつ不純物入射装置や計測装置がよく整備されているという特徴を活かして、各種希土類元素の多価イオンからの発光スペクトルに関する系統的研究を行っている。これまでに、ランタン・プロメチウムを除く全てのランタノイド元素を、トレーサー内蔵ペレット（TESPEL）を用いてプラズマ中心部に直接入射し、Schwob-Fraenkel型斜入射分光器を用いて、1–10 nm領域の軟X線スペクトルを観測した。ランタノイド元素では、電子温度が高い場合は、4s, 4p電子が最外殻のイオンによる離散的なスペクトルとなり、低い場合は、4d, 4f電子が最外殻のイオンによるバンド状のスペクトルとなる傾向が見られた。

スペクトルの解析に関しては、現状では系統立ったアプローチが確立されているわけではなく、各元素について個別に、他の光源における実験結果や、複数の異なるコードを用いた理論計算との比較により行っている。中でも、価数選択されたスペクトルが得られるEBIT実験との比較は有用であり、米国国立標準技術研究所（NIST）のEBITで最近観測されたサマリウム、エルビウム、ネオジムの多価イオンからのスペクトル [1,2] との比較結果についても報告する。

[1] Y. A. Podpaly, et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **48**, 025002 (2015).

[2] C. Suzuki, et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. (2020). in press.