

LHDにおけるランタノイド元素多価イオンの 極端紫外スペクトル解析の進展

鈴木千尋^{1,2}, 小池文博³, 村上泉^{1,2}, 田村直樹^{1,2}, 大石鉄太郎^{1,2}, 中村信行^{1,4}

核融合研¹, 総研大², 上智大³, 電通大⁴

大型ヘリカル装置 (LHD) では、トレーサー内蔵ペレット (TESPEL) などを用いて、電子温度が数 keV 程度、電子密度が 10^{19} m^{-3} 程度の水素プラズマ中に各種不純物元素を導入し、その多価イオンからの発光スペクトルを多種多様な分光器で観測することで、各種元素の分光スペクトルデータを蓄積してきた。中でも、原子物理学的に興味深い対象でありながら実験データベースが不足している、ランタノイド元素多価イオンの極端紫外 (EUV) スペクトルを、過去 10 年ほどの間に系統的に観測してきた [1–5]。これまでに、放射性元素であるプロメチウムを除く全ランタノイド元素の実験データが取得され、詳細な原子番号依存性を検討することが可能になった。

すでに報告されているように、ランタノイド元素の多価イオンからの EUV スペクトルは、その様相が電子温度によって大きく変化する。およそ 1 keV 以上の高温の場合は、比較的少数のスペクトル線から構成される離散的な構造となるのに対し、1 keV 以下の低温の場合は、Unresolved Transition Array (UTA) と呼ばれる、多数のスペクトル線が密集した疑似連続的な構造となる。高温の場合の離散的なスペクトル線は、主に比較的単純な電子配置を持つ 4s, 4p 電子が最外殻のイオン (銅様、亜鉛様、ガリウム様など) によるものである。解析の容易さから、高温の場合のスペクトルを優先して、各元素のスペクトルデータの解析を順次進めている。

解析の第一段階では、過去のトカマクやレーザー生成プラズマ、あるいは電子ビームイオントラップ (EBIT) における実験データを参照して、既知のスペクトル線を可能な限り同定する。過去のデータが存在しないスペクトル線については、原子構造計算や衝突輻射モデルとの比較に加え、特定の遷移波長の原子番号依存性を整理して内挿・外挿する方法を併用している。その結果、過去に実験的に未同定であったスペクトル線が多数同定された。またその過程で、ガリウム様イオンの励起準位間の配置間混合率の原子番号依存性に起因した、興味深い現象も見出されている。本講演ではこれらの解析の進展状況について報告する。

[1] C. Suzuki et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **48**, 144012 (2015).

[2] C. Suzuki et al., Plasma Phys. Control. Fusion **59**, 014009 (2017).

[3] C. Suzuki et al., Atoms **6**, 24 (2018).

[4] C. Suzuki et al., Atoms **7**, 66 (2019).

[5] C. Suzuki et al., Atoms **9**, 46 (2021).