

# 核融合プラズマ診断への応用に向けたタングステン多価イオンの近紫外域禁制遷移の同定

梅崎 智暉<sup>1</sup>, 加藤 太治<sup>2,1</sup>, 坂上 裕之<sup>2</sup>, 中村 信行<sup>3,2</sup>, 川手 朋子<sup>2,4</sup>, 村上 泉<sup>2,4</sup>

九大<sup>1</sup>, 核融合研<sup>2</sup>, 電通大<sup>3</sup>, 総研大<sup>4</sup>

## 1. 研究背景

タングステン(W)多価イオンの近紫外・可視光領域の禁制遷移は、核融合プラズマの新しいタングステン診断法として有用である。現在、大型ヘリカル装置(LHD)において、近紫外域の $W^{26+}$ と $W^{27+}$ の磁気双極子(M1)線が同定され、実際のタングステン計測への応用が始まっているが、より低価数のW多価イオンについては遷移の同定が行われていない。特に、4f電子を複数持つ多価イオンの原子構造計算は現在でもチャレンジングな問題であり、長波長域での禁制遷移の発光スペクトルを分光精度で予測することは極めて難しい。そこで本研究では、核融合研の小型電子ビームイオントラップ(CoBIT-II)装置を用いて、W多価イオンの近紫外域の発光線を価数選別して観測し、同波長域に現れる $W^{25+}$ の発光線の同定を行った。

## 2. 実験方法

CoBIT-II装置は、電子銃、超伝導コイル、ドリフトチューブ(DT1, 2, 3)、電子コレクタで構成されており(Fig. 1)、中央のドリフトチューブDT2にトラップされたイオンを超伝導コイルの磁場で細く絞られた高密度電子ビームによる逐次電離で多価イオン化する。電子ビームエネルギーによりトラップ領域内のイオンの最高価数を任意に制御することが可能で、タングステンであれば10~40価程度が生成可能となっている。CoBIT-IIへのタングステンの導入には、 $W(CO)_6$ の蒸気をガス導入することにより行った。低価数の希ガスイオンをCoBIT-II内のW多価イオンと同位置で発光させ、波長校正用の発光線データを取得した。

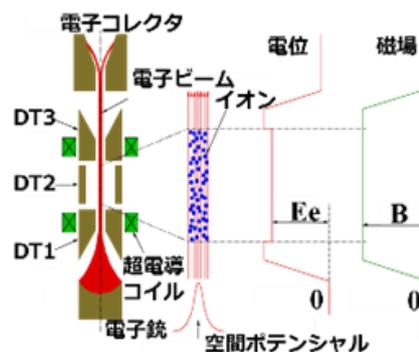


Fig. 1 CoBIT-IIの原理

## 3. 結果

今回はLHDで観測された334.2, 334.5 [nm]に現れる発光線を同定した。これらは発光線の出現する電子ビームエネルギーとイオンの電離エネルギーとの関係から $W^{25+}$ であることがわかった。 $W^{25+}$ イオンの発光線スペクトルの衝突・輻射モデル計算の結果と比較することにより、今回観測された発光線はFig. 2に示すように、 $B \rightarrow A$ ,  $D \rightarrow C$ と遷移する $W^{25+}$ の基底状態 $4f^3$ の微細構造準位間のM1遷移によるものと同定した。今回得られた実験データは、このような原子構造理論計算を高精度化するためのベンチマークとして高い価値があると言える。本研究により、今後W多価イオン計測に利用できる近紫外域の発光線データの拡充ができた。また、未同定の $W^{27+}$ ,  $W^{29+}$ の発光線についても同様に遷移の同定を行った。

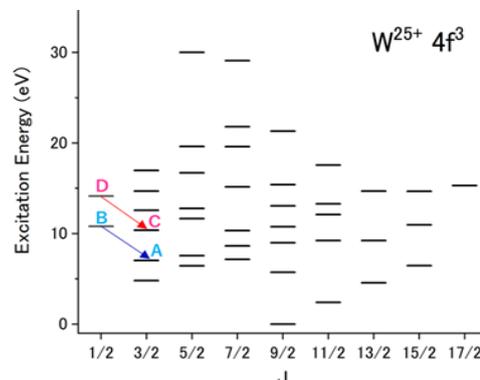


Fig.2  $W^{25+}$ の基底状態 $4f^3$ のエネルギー準位ダイアグラム。  
Jは全角運動量量子数。