

# 慣性静電閉じ込め装置における陰極内電位分布の研究

内海倫明<sup>1</sup>, 増田開<sup>3</sup>, 金岩純一郎<sup>2</sup>, 笹沼雅史<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東海大学工学部

<sup>2</sup> 東海大学工学研究科応用理学専攻

<sup>3</sup> 京都大学エネルギー理工学研究所

## 1. 初めに

慣性静電閉じ込め核融合 (IECF) 装置はグロー放電により生じた重水素イオンの核融合反応 ( $D+D \rightarrow {}^3\text{He}+n$ ) を利用した中性子発生装置である。接地した真空容器に重水素ガスを充填し中心に籠状の陰極を設け、高電圧 (-30~-100kV) を印加すると、ほとんどのイオンは陰極を中心に往復運動し、やがて核融合反応を起こす。イオンは静電場によって常に陰極中心方向への力を受け、結果として陰極中心部に収束する。陰極内部の電位はイオンの集中によりイオン自らの電荷によって変化し、またイオンの集中による電子の集中など複雑な電位分布が形成されることが示唆されている。核反応の断面積は粒子の重心系のエネルギーに依存するので、陰極の印可電圧が同じであるなら、中性子発生頻度 (NPR) はこの電位分布の歪みに大きく依存する。吉川らはレーザー誘起蛍光法 (LIF; Laser-induced Fluorescence) を用いて局所電解計測を行い、陰極内部にセンタースポットモードと呼ばれる電位の 2 重井戸構造を明らかにした[1,2]。しかし、核融合に最適のスターモードと呼ばれる低パービアンズにおいて観測された電位分布は誤差が大きく、2 重井戸構造の確認には至っていない。我々は、重水素の発

光スペクトルの一つである  $H_{\alpha}$  (656.3nm) のドップラーシフトを観測して、陰極内部の電位分布の測定を行ってきた。また、京都大学では、陰極内部に陰極 (高電圧) と同電位のプローブを開発し、陰極内部電位を直接測定することに成功している。そこで、平成 28 年度、京都大学の IECF 装置の陰極内部の電位分布の測定を行い、プローブによる測定結果との比較を行う目的で京都大学の IECF 装置における陰極内部電位のドップラーシフトによる測定を実施した。

## 2. ドップラーシフトによる電位測定

$H_{\alpha}$  のドップラーシフトから陰極内部電位を決定した。陽極付近で発生した重水素イオンの運動エネルギーはエネルギー保存の法則から空間電位と同じである。イオン自身は発光しないが、イオンや電子の運動によ

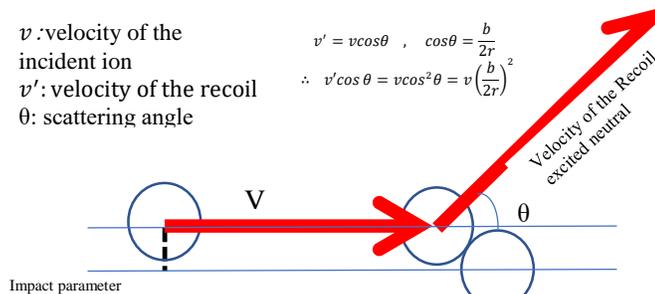


図 1. Elastic model of the CX reaction

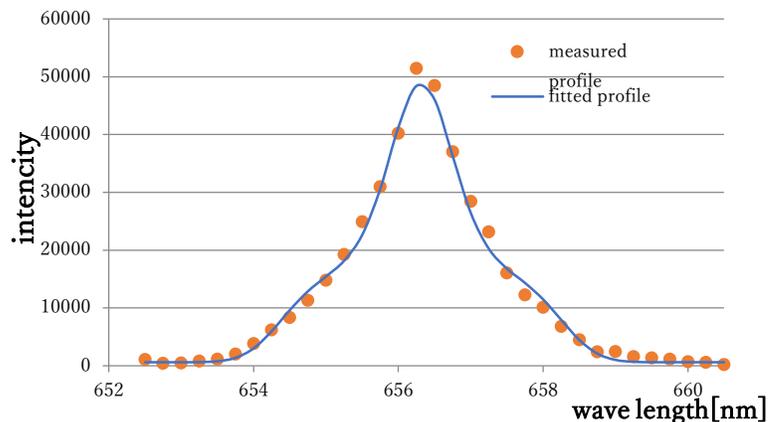


図 2.  $H_{\alpha}$  プロファイルの最小自乗フィット

って水素分子が励起されるまたはイオンと原子との電荷交換衝突をして発光する。電荷交換した原子はイオンとほぼ同じ運動エネルギーを有しており、 $H_{\alpha}$ のドップラーシフトを観測することで、イオンの運動エネルギーすなわち空間電位を間接的に測定した。しかし、励起原子の散乱する方向は一定ではない。衝突を弾性散乱と仮定すると、励起原子の散乱角が衝突径数の2次関数として表され、衝突径数 $b$ 、原子の半径を $R$ 、入射イオンの速度を $v$ 、散乱後の励起原子の速度と散乱角をそれぞれ $v', \theta$ とすると、 $v' \cos \theta = \frac{b^2 v}{4R^2}$ となる。観測されるドップラーシフトは衝突径数ごとの $v' \cos \theta$ の重ね合わせと考えられ、これらの畳み込み積分を最小二乗法でフィットした。図2は衝突径数毎に重ね合わされたドップラーシフトの例を示している。

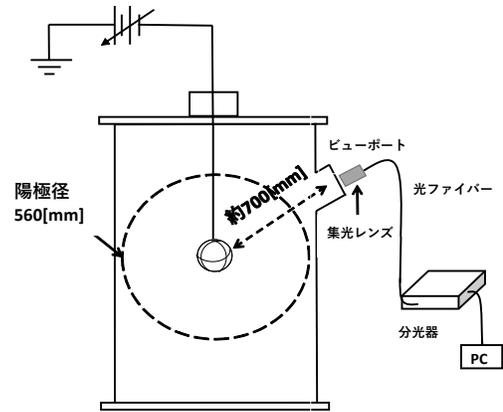


図3. IECF 装置

### 3. 結果

京都大学の IECF 装置の陰極内電位測定を行った。ガスは重水素、ヘリウムの2種類使用した。印加電圧は 15kV~50kV で動作し、ビューポートからレンズ系を介して光ファイバーケーブルに導入して分光器(StellarNet)により分光測定を行った。図3は京都大学の IECF 装置を示している。図4は測定結果を表している。陰極内部電位は印加電圧に比例して増加

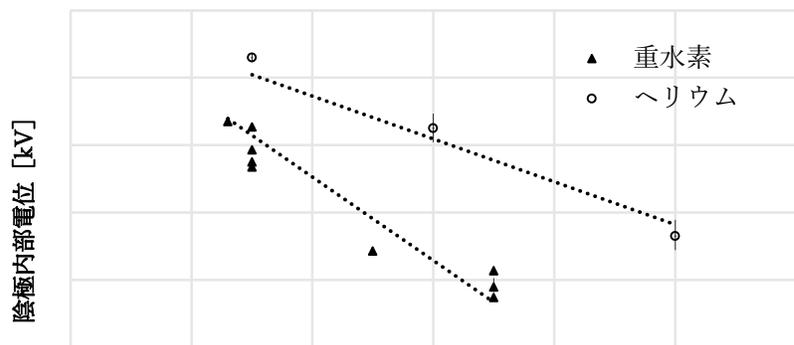


図4. 陰極内部電位

した。また、雰囲気ガスについては重水素がヘリウムの約2倍の電位を示した。ヘリウムの質量は重水素の2倍であることから、両者の質量が関係すると示唆される。レンズの取り付け位置と陰極中心との距離は約700mm離れていて、分光器でとらえている位置の分解能は悪い。指向性の高いレンズを選択するか、或いは、光ファイバーを真空容器内に入れ、陰極の近くで観測する必要がある。

[1] 30th ICPIG, August 28th – September 2nd 2011, Belfast, Northern Ireland, UK

[2] K. Yoshikawa, K. Takiyama, T. Koyama, K. Taruya, K. Masuda, Y. Yamamoto, T. Toku, T. Kii, H. Hashimoto, N. Inoue, M. Ohnishi and H. Horiike, Nucl. Fusion 41 (2001) 717.

[口頭発表リスト]

- 第7回エネルギー理工学研究所国際シンポジウム、2016年9月5日(月)-9月7日(水)(ポスター)
- 第8回エネルギー理工学研究所国際シンポジウム、2017年9月5日(月)-9月7日(水)(ポスター)