

高周波による予備電離を用いた  
トカマク型装置の高効率放電制御に関する研究  
**Study of high efficient discharge control in tokamak-type device  
using RF pre-ionization**

池山徹, 野々村昌也, 山田淑宣, 福田武司  
T. Ikeyama, M. Nonomura, Y. Yamada, T. Fukuda  
大阪大学大学院工学研究科  
Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.

### 1. 背景と目的

周回電圧の制限が予想される超伝導核融合装置において、プラズマ生成の安定化と制御の効率化に電子サイクロトロン加熱(ECH)を利用した予備電離は重要なものであり、その物理機構解明は喫緊の研究課題となっている。

本研究は、大型装置への寄与を目指し、ECH予備電離の物理機構を明らかにすることを目的とし、超小型トカマク装置(大半径/小半径=6cm/2cm)に対する2.45GHzマイクロ波による予備電離を対象としている。本装置の高い機動性と物理量計測が容易な点を活かし、ECH予備電離プラズマのプラズマ電流立ち上げへの影響に注目した調査を行なっている。

### 2. 0次元着火モデルによる解析

ECH予備電離時のプラズマ電流立ち上げの物理現象の理解のため、着火の際に影響の大きな不純物・中性粒子の考慮した0次元着火モデルを構築した<sup>[1][2]</sup>。空間的に一様なプラズマを仮定し、電子密度、電子温度、プラズマ電流の時間発展を、粒子輸送方程式、電子の内部エネルギー輸送方程式および電気回路方程式から導いている。初期値は、電子密度 $1 \times 10^{15} [\text{m}^{-3}]$ 、電子温度 $1 [\text{eV}]$ とし、周回電圧は $3 [\text{V}]$ 一定で $2 [\text{ms}]$ から印加するとした。図1に計算結果の一

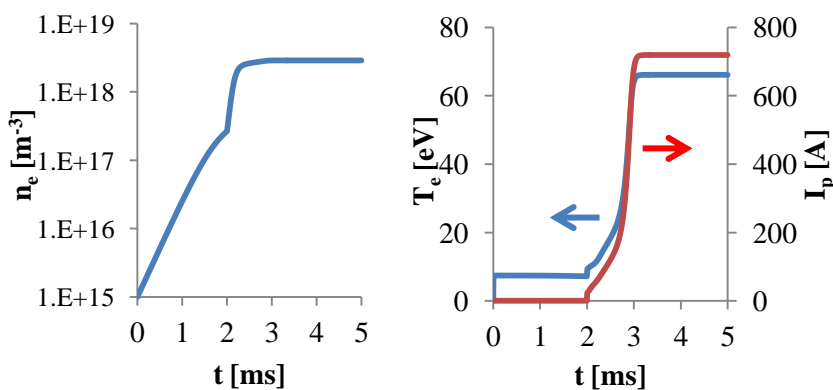


図1 電子密度、電子温度、プラズマ電流の時間発展例(ECHパワー210W)

例を示す。0 [ms]から2[ms]までの間、ECH予備電離により種となるプラズマが成長し、周回電圧印加によりプラズマ電流が流れ始め、定常状態に移行する。

ECHパワーを変化させたところ、図2のようにプラズマ電流立ち上げに関してECHパワーに閾値が存在する。これは周回電圧印加時の電子温度・電子密度に依存しない事が分かっており、プラズマ電流立ち上げ初期におけるECHがその後の非線形なプラズマ電流の成長に寄与するものと考えられる。今後、数値計算と実験との比較を含め、この物理現象の解明を進める。

### 3. 原子分子過程の考慮

現モデルでは、ECHによる電子速度分布関数の変化や原子分子過程を考慮できておらず、ECH予備電離を理解するには十分とは言えず、現在、原子分子過程を加味した0次元着火モデルの構築を進めている。講演ではこのモデルを用いて、上述したプラズマ電流立ち上げ時のECHの寄与について詳細な報告を行う。

#### 参考文献

- [1] A. G. Kulchar *et al*, Phys.Fluids 27, 1869 (1984)  
[2] K.Hada *et al*, J.Plasma Fusion Res. 7. 2403104 (2012)

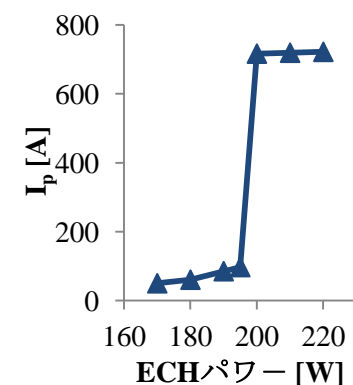


図2 t = 5[ms] 時のプラズマ電流のECH依存