

負イオン源内の運転条件最適化に向けたセシウム挙動モデルの構築 Modeling of Cs behavior toward the optimal operation in the negative ion source

吉田雅史¹, 大原渡¹, 小島有志², 平塚淳一², 梅田尚孝², 市川雅浩², 柏木美恵子²
M. Yoshida¹, W. Oohara¹, A. Kojima², J. Hiratsuka², N. Umeda², M. Ichikawa², M. Kashiwagi²

¹山口大学 大学院創成科学研究科, ²量子科学技術研究開発機構
¹Yamaguchi Univ., ²QST

本文

核融合プラズマ加熱のための負イオン中性粒子加熱装置では、長時間の負イオン生成の安定化に向けて、負イオン源内におけるセシウム(Cs)付着量を制御することが重要である。本稿では、予め実験的に得たCsの吸着率/熱脱離率を基に、負イオン源内の温度分布のある場合のCsの挙動を検討し、負イオン生成安定化のための負イオン源各部の温度分布を同定することである。

モデル

図1に、JT-60SA用負イオン源の断面図を示す。負イオン源は半径340 mm, 長手方向1200 mmのカマボコ型で表面積は2.7 m²である。また、PG(110×45 cm²)には計1080孔(直径13 mm)の負イオン引出用ビーム孔が加工されている。このときPG表面積およびビーム孔総断面積は、それぞれ0.3 m²および0.17 m²である。Csは負イオン源の中央天井より短手2方向からPGに対して水平に導入している。このとき各領域のCs付率を評価するため、式1のような基礎方程式のようにPGや内壁上の局所的なCs挙動だけでなく、負イオン全体のCs挙動を考慮した。

$$k_{in} = +\frac{dN_{PG}}{dt} + \frac{dN_{vol}}{dt} + \frac{dN_{Loss}}{dt} + \sum_i \frac{dN_{wall}^i}{dt} \quad (1)$$

k_{in} , N_{wall} , N_{PG} , N_{vol} , N_{Loss} は、それぞれCsオープンからの導入率[ng/s], 細分化した各チャンバー壁へのCs蓄積量[ng], PGへのCs蓄積量[ng], 空間中のCs滞留量[ng], およびPGビーム穴からのCs流出量[ng]である。Cs原子の輸送解析コードによるCsの負イオン源内壁付着分布結果によると、導入口付近(上部)に全Cs導入量の60%以上のCsが付着して、中部および下部ではそれぞれ15%それぞれ1%のCsが付着する。そこで、このCs付着分布と過去JT-60SA負イオン源の100秒負イオン生成実験によって得た負イオン源温度

分布を用いて、100秒間での各領域のCs付着率を求めた。初期条件として、Csは200 mg導入しているとした。

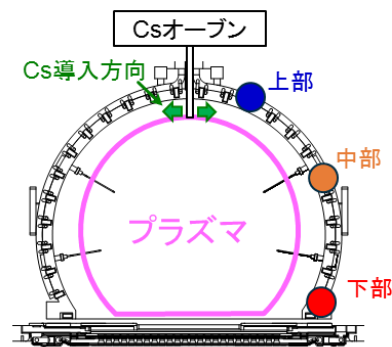


図1 JT-60SA負イオン源断面図。

結果

図2に各領域の100秒間における温度上昇およびCsの付着率(dN/dt)を示す。放電開始(t=0 s)後、各領域の温度上昇は、上部を除いて100度付近まで上昇する。その結果、Csが多く付着して、かつ温度上昇も高い中部で付着率が30秒以降に負になっている。これは、中部のからのCs放出を示している。他方、Csの多く付着する上部領域でも温度上昇が60度程度であればCsの放出はなく、プラズマへの影響は少ないことが示唆される。したがって、負イオンを安定に生成するには、壁温度を60度以下にすることが重要である。その際、Cs付着量も抑制することが望ましい。

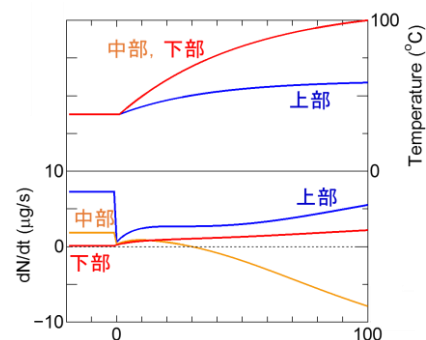


図2. 各部温度上昇およびCs付着率の時間変化。