

30aC03P ITERに向けたセシウム添加型大面積負イオン源における負イオンビーム一様性の改善

Improvement of Uniformity of Negative Ion Beam in a Cs-seeded Large Negative Ion Source for ITER

戸張 博之, 関 孝義, 花田 磨砂也, 井上 多加志, 柏木 美恵子, 谷口 正樹, 大楽 正幸, 渡邊 和弘, 坂本 慶司

日本原子力研究開発機構

TOBARI Hiroyuki, SEKI Takayoshi, HANADA Masaya, INOUE Takashi, SAKAMOTO Keishi et al.

Japan Atomic Energy Agency

原研では、大電流密度を得られるセシウム(Cs)添加型負イオン源の開発を行ってきたが、体積生成時のみならず Cs 添加時にも引き出された負イオンビームの空間分布が不均一になり発散角が大きくなることが観測されている。このことはビームラインや周辺機器の熱損傷の原因となっており、NBI 加熱装置の高出力、長時間運転には負イオンビームの一様性を改善することが必要である。従来、負イオン源では、閉じ込め用のカスプ磁場に加え、高速電子による負イオンの消滅反応を抑制するための横磁場(磁気フィルタ)を印加して、イオン引き出し部近傍の低電子温度化($\sim 1\text{eV}$)を図っている。これまでに、体積生成型水素負イオン源内では、高速電子が局所的に磁気フィルタを横切るために、イオン引き出し部で負イオンの消滅反応が促進され、ビームの一様性が低下することが明らかになっている^[1]。今回、Cs添加時の水素負イオンビーム一様性の改善を目的とした実験を原研 10Aイオン源を用いて行った。図1にCs添加、非添加時の(a)負イオンビームおよび(b)電子温度の空間分布を示す。Cs添加により引出面の仕事関数が下がり、その近傍での負イオン表面生成が促進され、負イオン電流値はCs非添加時の約4倍に増大した。さらに、その空間分布は、非添加時とは全く異なった傾向を示し、Cs添加時には、電子温度の高い領域で負イオン生成反応が消滅反応を上回って促進されていることが示唆される。負イオン源内では高速電子が $B \times \nabla B$ ドリフトにより局在化し、その領域で水素分子の電離、解離が促進されるため、ソースプラズマおよび水素原子の局所的な密度上昇が負イオンビームの非一様性の要因と考えられる。そこで、電子の $B \times \nabla B$ ドリフトを緩和するような磁場領域にフィラメントを設置したところ、図2に示すとおり、空間分布の平均値に対する偏差が半減し約10%となり、負イオンビームの一様性が改善された。

[1] 高戸 他, プラズマ・核融合学会 第21回年会(2004)

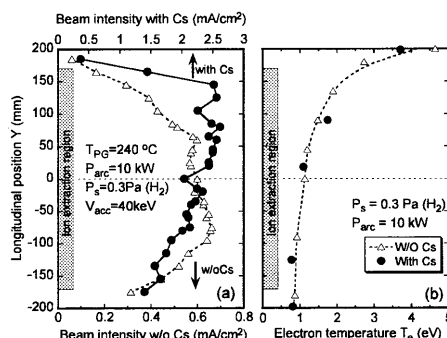


図1 Cs添加に伴う(a)負イオンビーム分布と(b)電子温度分布の変化

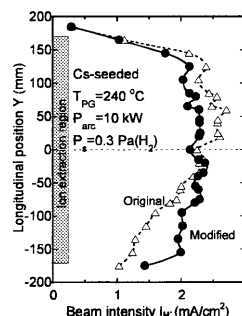


図2 フィラメント配置の改良によるビーム一様性の改善

30aC04P ITERに向けたセシウム添加型大面積負イオン源におけるビーム一様性のフィルタ強度依存

Dependence of the beam uniformity on the magnetic filter strength in a large Cs-seeded negative ion source for ITER

関孝義, 花田磨砂也, 戸張博之, 井上多加志, *高戸直之, *水野貴敏, *畑山明聖, 柏木美恵子, 谷口正樹, 渡邊和弘, 坂本慶司

日本原子力研究開発機構, *慶大理工

T.Seki, M.Hanada, H.Tobari, T.Inoue, *N.Takado, *T.Mizuno, *A.Hatayama, M.Kashiwagi, M.Taniguchi, K.Watanabe and K.Sakamoto
Japan Atomic Energy Agency, *Keio Univ.

JT-60UやLHDの負イオンNBIでは、負イオン源の引出し面(JT-60U: $0.45\text{ m} \times 1.1\text{ m}$)長手方向に負イオンビーム電流の空間的非一様性がある。このため最適なパービアンスからのズレによるビーム発散角の増大で、加速電極やビームライン機器の熱負荷が増大し、ビーム出力やパルス幅が制限されている。

これまでの原研の一様性研究において、負イオン源内では高速電子がフィラメント近傍のカスプ磁石とフィルタ磁石による合成磁場の $B \times \nabla B$ ドリフトで局在化し、その領域で電離、解離が促進され、ソースプラズマの局在化を生じることが負イオンビームの一様性低下の要因と考えられている[1]。

そこで、フィルタ磁場の影響を調べるために、フィルタ強度とビーム強度の相関関係について調べた。実験には原研 10A 負イオン源を用い、フィルタ磁石の大きさを変えることによって、フィルタ強度を $50 \sim 800\text{ gauss} \cdot \text{cm}$ の範囲で変えた。図1にビーム強度の平均値と平均値からの偏差を示す。フィルタ強度を 800 から $50\text{ gauss} \cdot \text{cm}$ に下げることによって、ビーム強度の平均値が大きく変化することなく、偏差を 27% から 13% まで低減することができた。ただしこのとき、電子電流は約8倍に増大した。

この結果は、セシウム添加時には、新たな電子抑制方法が必要となるものの、従来の負イオン源に用いられていた磁気フィルタが無くとも、十分な負イオン電流とビーム均一性が得られる可能性を示している。

[1] 高戸直之 他: プラズマ・核融合学会 第21回年会(2004)

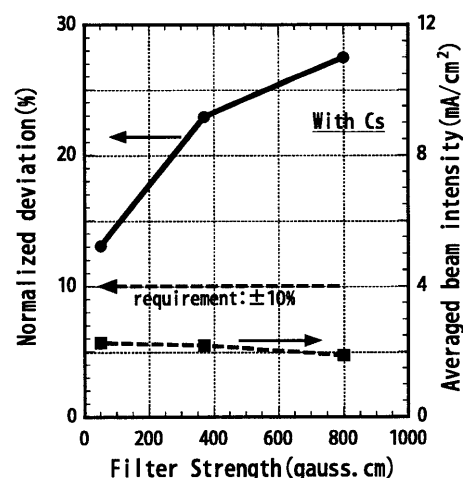


図1 ビーム強度の平均値と平均値からの偏差