28aB23P ダイバータ模擬装置 MAP-II における負イオン分布の計測及びシミュレーション

Measurement and Simulation of Negative Ion Density Profiles in Divertor Simulator MAP-II

梶田信, 門信一郎¹⁾, 栗原公紀²⁾, 桑原洋介²⁾, 大野哲靖³⁾, 高村秀-

名大院工,東大高温プラズマセ1),東大院工2),名大エコトピア3)

KAJITA Shin, KADO Shinichiro¹⁾, KURIHARA Kiminori²⁾, KUWAHARA Yosuke²⁾, OHNO Noriyasu³⁾, TAKAMURA Shuichi

Graduate School of Engineering, High Temperature Plasma Center, The University of Tokyo¹⁾

Graduate School of Engineering, The University of Tokyo²⁾, ETSI, Nagoya University³⁾

負イオンは中性粒子ビーム加熱用のイオン源には欠かせない存在であり、また核融合ダイバータ領域の 非接触プラズマに関与する再結合過程に関与していることが指摘されている.従って、負イオンの生成、 消滅、輸送過程を理解し制御することは重要であり、また高密度の負イオンが存在するプラズマが生成で されば新たな負イオン源としての応用も考えられる.本研究においては、直線型のプラズマ装置(ダイバ ータ模擬装置 MAP-II)において水素負イオン密度を計測し、シミュレーションとの比較から負イオンの挙 動に関して考察し、直線型の負イオン源の可能性について検討する.

Fig(a)の■はMAP-II において、レーザー光脱離法を用いた計測された負イオン密度の空間分布であり、半径5 cm 付近に負イオンが局在化していることが確認された。このような負イオンの密度分布は局所的な負 イオンの生成と消滅のパランスからは説明できず(点線:振動温度 5000 K,輸送による消滅時間を 50µs と仮 定)、負イオンの径方向輸送を正確に考慮する必要がある。Fig(b)は Fig(a)の実験条件において電場及びクー ロン衝突及び中性ガス分子との弾性衝突、負イオンの消滅(電子衝突、相互中性化反応、水素原子との衝突) の影響を考慮に入れ計算された負イオンの軌道の典型例である。静電プローブ計測から得られた電子密度・ 温度及び振動温度を 5000 K と仮定して得られる負イオンの生成分布から負イオンの初期位置を決め、初速 度 0.3 eV として計算を行った。中心部で生成された負イオンロ生成分布から負イオンの初期位置を決め、初速 度 0.3 eV として計算を行った。中心部で生成された負イオンロを取の方向にサイクロイド曲線を描きなが ら動き、衝突によって徐々に周辺部へと輸送されてくる。Fig(a)の実線は 5000 個のテスト負イオン粒子を使 い、水素分子の解離度 F を 10,15,20%として計算した負イオン密度の空間分布を示している。計算から得ら れた分布は 5 cm 付近でピークを持つという実験結果とよい一致を示しており、このことから負イオンの輸 送が負イオン密度分布に大きく影響していることが分かる。直線型装置においては、中心部の電子温度、密 度が高い領域で振動励起水素分子が生成され、周辺部では電子温度が低く負イオンの寿命が長く、加えて負 のポテンシャル井戸により負イオンが周辺部へと輸送されてくるため、プラズマ周辺部における負イオン密 度は局所的な負イオンの生成、消滅のパランスから得られる密度よりも高くなると言える。



Fig.(a) A comparison of calculated H density profiles with measured H density profile. (b) Typical calculated trajectories of negative ions.

28aB24P

微粒子の壁からの離脱に及ぼす切断された電子分布関数の影響

Effect of Truncation of Electron Velocity Distribution on Release of Dust Particle from Plasma-Facing Wall

冨田幸博、Roman Smirnov¹⁾, David Tskhakaya²⁾, 滝塚知典³⁾ 核融合研、UCSD, USA¹⁾、Inst. of Physics, Georgia²⁾, 原子力機構³⁾ TOMITA Yukihiro, SMIRNOV Roman 1), TSKHAKAYA David 2), TAKIZUKA Tomonori 3) NIFS、UCSD, USA¹⁾、Inst. of Physics, Georgia²⁾, JAEA³⁾

これまでプラズマの接する金属壁からの微粒子離脱を解析する際に、電子の速 度分布はマックスウエル分布として扱ってきた。しかし実際には、壁に向かう高 エネルギー電子はシース電位に打ち勝って壁に吸収されるために、壁から離れる 方向の電子の速度分布は高エネルギー成分が切断されたものになっている。本研 究では プラズマの接する壁上にある球形金属微粒子の離脱条件に及ぼす切断さ れた電子の速度分布関数の影響を調べた。壁上にある金属微粒子は壁と同様に負 に帯電しており、壁との間に静電反発力によって壁から離脱しようとする。一方、 微粒子には、壁に向かうプラズマイオンの吸収による力とクーロン力が壁に押し つける力として作用する。さらに、重力が壁の位置に依存する方向に働く。これ らの力の釣り合いから微粒子の壁からの離脱条件が決まるが、その離脱には壁電 位の深さに閾値が存在する。微粒子に働く重力が壁方向に作用する場合には、こ の閾値より浅い電位では微粒子は壁から離れることができない。一方、重力が壁 から離れる方向に働く場合には、閾値電位より浅い電位でも壁から離脱すること ができる。切断された電子速度分布の影響は、壁の電位(4,)が電子温度より浅 い場合 (-eo, < T.)に顕著になり、壁での電界が約50%強くなることが明らか となった(図1)。この効果は、重力が壁から離れる方向に働く場合の浅い電位で の離脱条件に大きく影響して、微粒子が壁から離れにくくする(図2)。







図2. 離脱の限界微粒子半径の壁電位深さ依存性。 破線が電子がマックスウエル分布で、 実線が切断効果を含んだ場合である。ここで、 δ_{ga} は重力の効果を表すパラメータで であり、 $\delta_{ga} \equiv 0.038 - \frac{\rho_d (g/cc)\cos\alpha}{l}$

 $n_{sc,19}\sqrt{n_{sc,19}T_e(eV)}$ λ_{Dase} はシース入口でのデバイ長、 $n_{sc,19}$ は 10^{19} m³ 単位でのシース入口での電子密 度、 ρ_d は微粒子密度、 α は壁の垂直方向 からの重力の角度。