

H α 線計測器を用いたガンマ10プラズマの中性粒子挙動の研究

吉川正志、久保田雄介、小林貴之、齋藤将志、沼田直大、中嶋洋輔

Study of neutral particle behavior in a GAMMA 10 plasma using H α line detectors

M. Yoshikawa, Y. Kubota, T. Kobayashi, M. Saito, N. Numada and Y. Nakashima

In GAMMA 10, neutral beam injector (NBI) is used for fueling to plasma in the central cell. We measured time dependent radial profiles of electron and neutral hydrogen densities during neutral beam injection. A different behavior was observed between both density profiles just after the beginning of neutral beam injection and those 10ms after the beginning of neutral beam injection. It is thought that the gases which originate in C-NBI play an important role in the change of plasma parameters during NBI in GAMMA 10.

GAMMA 10では、電子サイクロロン共鳴加熱 (ECRH) を用いてプラズマを立ち上げ、高電位生成、高電位閉じ込めプラズマ生成を目的とした、高電位生成モードの実験が開始された。このモードはこれまで行われてきたイオンサイクロロン共鳴周波数帯 (ICRF) 加熱による高イオン温度モード実験とは、加熱系のシーケンスなどの実験条件が大きく異なっている。そのため、様々なプラズマパラメータの変化が考えられる。特に高電位生成モードの初期実験においては、初期プラズマ生成用のICRF(RF1)が印加されていないため、高イオン温度モード実験に比べてセントラル部の電子密度が低い。ゆえに、プラズマの中心部にまで多量の中性水素が侵入している可能性がある。また、電位生成用ECRHが印加されているプラグ・バリア部における粒子閉じ込めについても調べることが重要である。したがって、本研究では、GAMMA 10プラズマの各部 (セントラル部、プラグ・バリア部)におけるH α 線放射強度測定を行い、各部の中性粒子挙動を調べ、粒子閉じ込めに関する情報を得ることを目的として、高電位生成モード実験と高イオン温度モード実験における中性粒子密度の変化について調べた。

まず、セントラル部における2つの実験モードでの中性粒子密度分布の違いについて調べた。高電位生成モード実験時のプラズマパラメータを図1に示す。この高電位生成モード実験時には、セントラル部の電子加熱のためのセントラルECH(c-ECRH)印加の有無 (c-ECRH有り図1(a)、c-ECRH無し図1(b))について比較した。図2(a) にH α 線放射強度分布の径方向分布、図2(b) 放射輝度

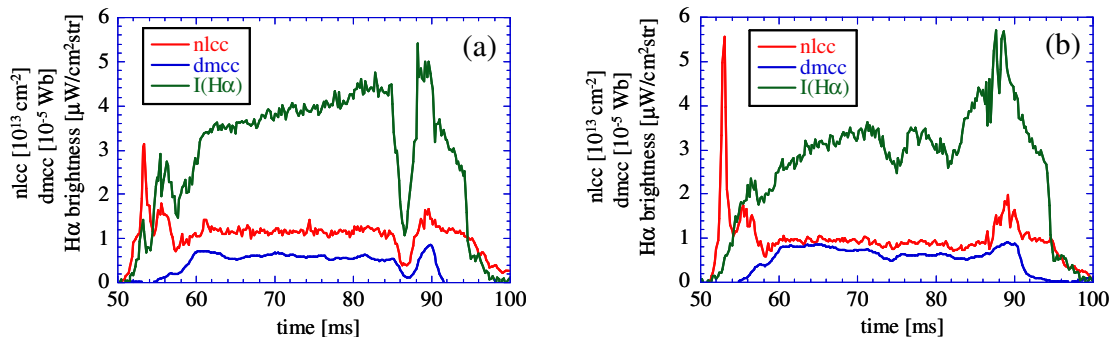


図1 高電位生成モード時のプラズマパラメーター

のGAMMA 10軸方向分布を示す。この結果を見ると、H α 線強度は、ミッド

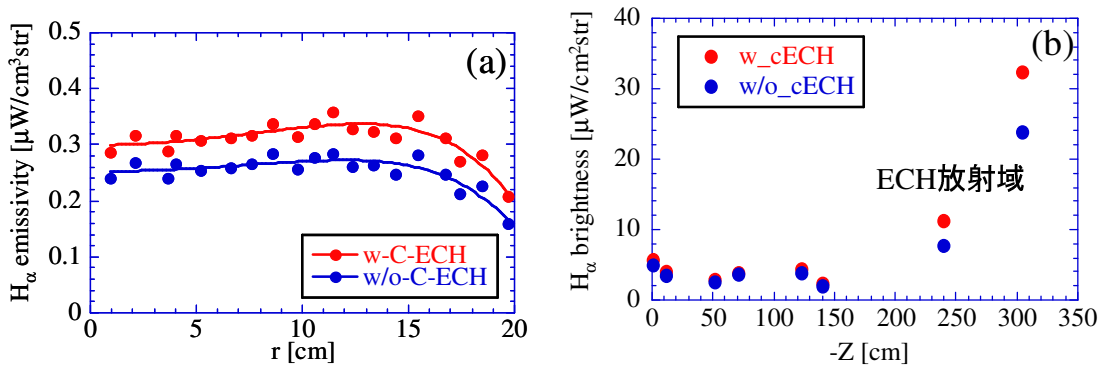


図2 H α 線放射輝度の径方向分布と軸方向分布

プレーン近傍の径方向は、c-ECRH印加によって全体的に増加し、軸方向には全体で増加しているが、特にスロート部近傍で大きく増加していることがわかる。スロート部での電子線密度は、c-ECRH印加によって約20%上昇しており、これはセントラル部ミッドプレーン近傍における線密度増加量とほぼ等しい。図3に中性粒子密度分布の径方向分布を示す。したがって、c-ECRHの有無

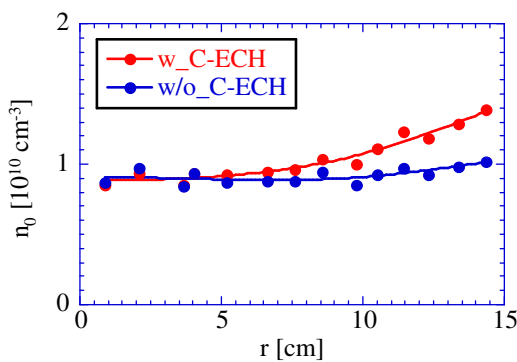


図3 中性粒子密度の径方向分布

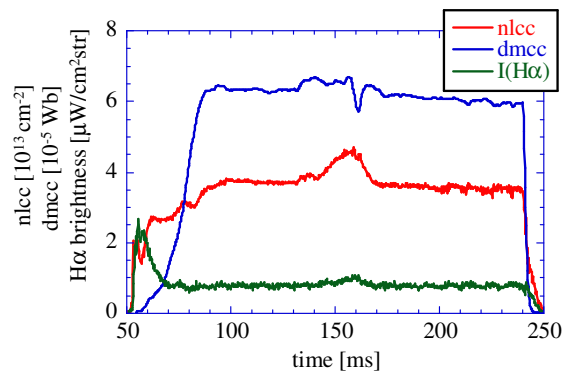


図4 高イオン温度モード時のプラズマパラメータ

c-ECRHの印加によって周辺部で増加しているところである。これは、c-ECRHにより壁からの脱ガスが増加、および、電子密度の増加による荷電交換反応の増加によるリサイクリングガスの増加によるものが考えられる。高イオン温度モード実験時の場合の中性粒子密度の比較を行った。このときの高イオン温度モードのプラズマパラメータを図4に示す。図5(a)に高電位生成モード実験と高イオン温度モード実験時のH α 線体積放射率分布を図5(b)に、電子密度分布、図5(c)に中性粒子密度分布を示す。これによると、高電位生成モードでは、高イオン温度モードに比べて、H α 線放射輝度が約3倍ほど大きく、中性粒子密度も電子密度が低いため約10倍程度大きくになっている。これは、粒子補給用の入射ガス圧の高電位生成モードでは、約3倍程度高くしていることとイオン加熱用のICRF(RF1)が高電位生成モードでは印加されていないこと等が理由と考えられる。

次に、プラグ・バリア部におけるH α 線放射輝度の2つのモードでの変化について比較した。図6(a)、(b)、(c)に高電位生成モードにおけるc-ECRH有り、無し、高イオン温度モード実験の各実験時のバリア部の線密度(nl-b)、H α 線放射輝度(プラグ・バリア部)を示す。これを見ると、ほぼプラグ・バリア部のH α 線放射輝度の時間変化は、nl-bの時間変化にほぼ一致していることがわかる。バリア部のH α 線放射輝度、電子線密度よりバリア部の中性粒子密度をセントラル部の各プラズマパラメータを元に、衝突・輻射モデルを用いて導出した結果、高電位生成モードの場合、 $2 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 、高イオン温度モードの場合、 $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 程度になることがわかった。これは、セントラル部の中性

粒子密度の約10倍程度になり、この部位の中性粒子挙動を知ることは、GAMMA 10プラズマ全体の粒子閉じ込め、粒子バランスを調べる上で重要であることがわかる。従って、プラグ・バリア部の中性粒子径方向、軸方向分布をより詳細に調べる必要がある。今後、バリア部の多チャンネルH α 線計測器を新たに準備し、スロート部における多チャンネルH α 線計測器の設計を行ったので、より詳細にGAMMA 10プラズマ各部のH α 線計測を通して、GAMMA 10プラズマ全体の粒子閉じ込めの研究を進めることにする。