

25aA21P

LHD における ICH テイルイオン分布の R_{ax} 依存性 R_{ax} dependency of ICH tail ion distribution in LHD

村上定義¹⁾, 笹尾眞實子²⁾, 磯部光孝³⁾, 齊田興也²⁾, 尾崎哲³⁾, ゴンチャロフパベル³⁾, 武藤敬³⁾, 熊沢隆平³⁾, 関哲夫³⁾, 斉藤健二³⁾, 鳥居祐樹³⁾, 渡利徹夫³⁾, 福山淳¹⁾, 長壁正樹³⁾, LHD 実験グループ³⁾
京大院工¹⁾, 東北大院工²⁾, 核融合研³⁾

S. Murakami, M. Sasao, M. Isobe, T. Saida, T. Ozaki, P. Goncharov, T. Mutoh, R. Kumazawa, T. Seki,
K. Saito, Y. Torii, T. Watari, A. Fukuyama, M. Osakabe and LHD experimental Group

ヘリカル型核融合炉においては、ヘリカルリップルに捕捉された粒子の軌道が複雑であり、高エネルギー粒子閉じ込めが重要な検討課題の一つとなっている。近年、「先進的ステラレータ」と呼ばれる新古典輸送/捕捉粒子軌道/MHD 安定性を高度に改善したヘリカル系装置が提案され、将来の核融合炉においても十分な α 粒子閉じ込め性能があることが数値計算により示されて来ている。一方、LHDにおいても、磁気軸位置 R_{ax} をヘリカルコイル中心から主半径方向に内側へシフトさせることによりヘリカル捕捉粒子軌道を改善し、新古典輸送を低減することが出来、「先進的ステラレータ」と同等なレベルの磁場配位を得られることが数値計算により示され[1]、実験的に閉じ込め性能の評価が行われて来ている[2]。すなわち、LHD における様々な磁場配位における高エネルギー粒子解析を実験・数値計算の両面から検討することにより、従来型のヘリカルから先進的ステラレータまで、広い配位空間における高エネルギー粒子閉じ込め性能の検討を行うことが出来る。

本研究では、LHD における ICRF 加熱による高エネルギーイオン分布を実験的に観測し、その結果をシミュレーション結果と比較検討することにより、ヘリカル系プラズマにおける高エネルギー粒子輸送過程の解明を行うことを目的としている。5次元位相空間を考慮したグローバルシミュレーションコード(GNET)[3]を用いて、ICRF 加熱された小数イオンの定常解を求め、LHD における高エネルギーイオンの閉じ込めの磁気軸依存性について実験結果との比較検討を行い、リップル捕捉粒子による輸送の影響について議論する。

[1] S. Murakami, et al, Nucl. Fusion **42** (2002) L19.

[2] S. Murakami, et al., Proc. 19th IAEA Fusion Energy Conf. 2002, Lyon, **EX/C5-3**.

[3] S. Murakami, et al., Nucl. Fusion **40** (2000) 693.

25aA22P

LHD における ICRF 加熱粒子の閉じ込めと挙動の解析

Confinement and Orbit Analysis of ICRF-heated Particle in LHD

松本裕, 永浦辰彦^A, 及川俊一, 渡辺二太^B

北大院工, NEC ソフト^A, 核融合科研^B

Yutaka Matsumoto, Tatsuhiko Nagaura^A, Shun-ichi Oikawa and Tsuguhiko Watanabe^B

Hokkaido Univ., NEC Soft, Ltd. and NIFS

LHD では、1999 年の第 2 サイクル実験から ICRF 加熱が用いられており、優れた成果があげられている。このような成果を検証し、より高いプラズマ加熱を達成するために、本研究では、ICRF 電場印加時の粒子の軌道を追跡し、その閉じ込め性能や挙動を解析した。粒子軌道の追跡は、案内中心軌道ではなく運動方程式を数値的に解き、真空容器壁を粒子損失境界として行った。また、電子による減速や加熱により大きくなった粒子のラーモア半径の影響も考慮した。さらに、磁気軸位置 $R_{ax} = 3.75$ m の標準磁場配位と $R_{ax} = 3.6$ m の内寄せ磁場配位における ICRF 加熱粒子の比較を行い、内寄せ磁場配位における高い ICRF 加熱効率の原因を検討した。

解析によって、どちらの磁場配位においても、最外殻磁気面の内側から追跡した ICRF 加熱粒子の最大到達エネルギーは 300 keV を超え、 10^{-4} s 以上真空容器内に保持されることがわかった(Fig. 1)。また、ICRF 加熱粒子はダイバーダ磁力線に沿って損失することを確認した。さらに、ICRF 加熱粒子の最大到達エネルギーは電子温度が高くなるとともに上昇し、電子温度が 30 keV を越えるとプロトン-ボロン核融合で必要とされるエネルギーレベル(= 650 keV)にまで達することがわかった。

粒子は ICRF 電場によって、磁場に垂直方向だけでなく平行方向にも加速され、カオス軌道粒子となることが、速度の時間発展や軌道の様子により確認された。また、現在の LHD における ICRF 加熱粒子のエネルギーには上限が存在すること、粒子が磁場に垂直、平行の両方向に加速されることによって高エネルギーのカオス軌道粒子となったときのエネルギーがその上限となることがわかった。

ICRF 電場によって生成されたカオス軌道粒子は、内寄せ磁場配位の方が長時間保持され、また、最外殻磁気面内に大きく広がった軌道を描く。このことから、LHD における ICRF 加熱は、内寄せ磁場配位においてより有効であると考えられる。

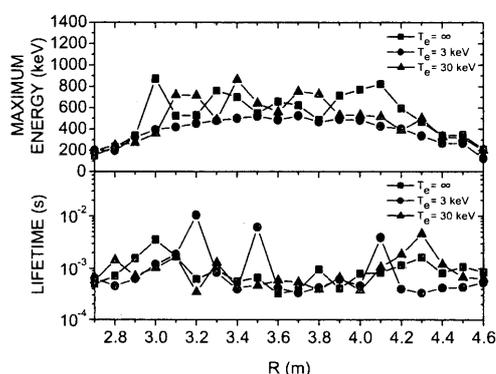


Fig. 1 Maximum energy and lifetime of ICRF-heated particles at each starting points ($R_{ax} = 3.75$ m).