

榊原 悟、渡邊清政、山田弘司、成嶋吉朗、東井和夫、大館 暁、山本 聡¹⁾、山口大樹²⁾、
成原一途、田中謙二、徳沢季彦、居田克巳、金子 修、川端一男、小森章夫、
LHD実験グループ

核融合研、京大エネ研¹⁾、総研大数物¹⁾

SAKAKIBARA Satoru, WATANABE Kiyomasa, YAMADA Hiroshi, NARUSHIMA Yoshiro,
TOI Kazuo, OHDACHI Satoshi, YAMAMOTO Satoshi¹⁾, YAMAGUCHI Taiki²⁾,
NARIHARA Kazumichi, TANAKA Kenji, TOKUZAWA Tokihiko, IDA Katsumi,
KANEKO Osamu, KAWAHATA Kazuo, KOMORI Akio and LHD Experimental Group
NIFS, Kyoto Univ.¹⁾, Grad. Univ. Advanced Studies²⁾

磁場閉じ込め装置における安定な高ベータプラズマ生成は、経済的な核融合炉の実現において重要課題である。ベータ値の上限を決定しうる要因として最も重要となるのは MHD 特性であり、特にヘリカル型装置では、有限ベータ効果による磁気面崩壊（平衡ベータ限界）及び圧力駆動型モードによる閉じ込めへの影響に対する理解が高ベータプラズマ実現への鍵となる。LHD では、これまでの実験においてガスパフ、及びペレットによる燃料供給に体積平均ベータ値 $\langle \beta \rangle$ が3%を超えるプラズマ生成に成功している[1]。 $\langle \beta \rangle \leq 3\%$ の領域では、グローバルなエネルギー閉じ込めの大きな劣化は見られず、到達ベータ値は加熱能力及び輻射崩壊によるものであると考えられる。MHD 平衡については、 $\langle \beta \rangle = 2.5\%$ 時、

$\beta/a \sim 0.5$ に達する磁気軸シフトが SXCCD によって観測され[2]、同ベータ値において 10% 程度のプラズマ境界部のシフトがトムソン散乱計測によって確認されている。一方、MHD 安定性の観点からは、プラズマ崩壊を導く強い不安定性は観測されていないものの、コア近傍に共鳴面を持つ低 n モードによる圧力分布への影響、ならびに周辺部共鳴モードによる揺動量の増加が観測されている[3,4]。径方向に単調増加な回転変換分布を持つヘリオトロン配位では、中心付近の磁気シアが弱く、理想モードに対して不安定になりやすい。特に大河電流、ブートストラップ電流等が存在する場合には、磁気シアの増減が大きく MHD 挙動に影響を与え、シア低下時にはコア領域の閉じ込め劣化を導く[5]。また、ペレット入射時には、圧力勾配の急激な上昇に伴い鋸歯振動が発生し、圧力勾配の低下とともに揺動が抑制される傾向が確認されている[6]。これらのモードは、プラズマ電流による回転変換上昇に伴う共鳴面消失、あるいはシャフラノフシフトによる磁気井戸形成により消滅、安定化することが実験的に確認されており、さらなる高ベータプラズマ生成においては、コア領域よりもむしろ磁気丘を有する周辺部の共鳴モードの挙動が重要となることが考えられる。特に高ベータ領域では、有限ベータ効果による磁気シアの減少により理想モードに対しても不安定領域が現れる。 $\langle \beta \rangle \leq 3\%$ の領域では、ベータ値の上昇に伴う周辺部圧力勾配の上昇、及び付近の共鳴モードの揺動量増加が低ベータ領域より観測されている。圧力分布はベータ値の上昇に伴い尖度が低下していく傾向にあるため[7]、プラズマ周辺部での圧力維持と MHD 不安定性との関係が今後重要となるであろう。

本講演では、MHD 平衡、安定性のベータ依存性に関する実験結果、高ベータプラズマの閉じ込め特性について報告する。

[1] H.Yamada *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion* **44** (2002) A245.

[2] Y. Liang *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion* **44** (2002) 1383.

[3] K. Toi *et al.*, *19th IAEA Fusion Energy Conf., Lyon, 2003, paper No. EX/S3-2.*

[4] S.Sakakibara *et al.*, *Nucl. Fusion* **9** (2001) 1177.

[5] S.Sakakibara *et al.*, *ICPP2002(Sydney, 2002), AIP Conf. Proc.* **669** (2002) 203.

[6] S. Ohdachi *et al.*, *in Proc. of 13th stellarator workshop, 2001, Canberra*

[7] S.Sakakibara *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion* **44** (2002) A217.