

## LHDにおける最近の実験結果と輸送研究について

核融合科学研究所 田中謙治、LHD実験グループ

ヘリカル型装置は閉じ込め磁場を外部コイルで形成するため将来の核融合炉の安定で定常的な運転で大きな優位性を持つ。核融合科学研究所の大型ヘリカル装置（LHD）は平成18年度の実験で第10サイクルの実験を迎えた。加熱、計測、制御装置の整備を進め達成パラメータは着実に進展すると共に輸送、安定性に関する物理研究も大きく進展してきた。ECHの中心加熱によりプラズマコア部での閉じ込め改善を達成し中心電子温度  $T_e(0)=15\text{keV}$  (at  $3\times 10^{18}\text{m}^{-3}$ ), NBIの増強により中心イオン温度  $T_i(0)=13.5\text{keV}$ (Neon plasma at  $3\times 10^{18}\text{m}^{-3}$ ),  $T_i(0)=5\text{keV}$ (H main plasma at  $1.2\times 10^{19}\text{m}^{-3}$ )を達成した。また、水素ペレットの入射により高密度 ( $1\times 10^{21}\text{m}^{-3}$ ,  $T_e(0)=0.3\text{keV}$ ) で peaking した密度分布を達成した。この放電は将来ヘリオトロン装置において高密度で核融合反応を達成する可能なシナリオの一つとして研究が進められている。核融合炉を経済的に成立するためには高い $\beta$ 値（体積平均プラズマ圧力/体積平均磁場圧力）を達成する必要がある。現在、ガスパフの定常放電で 4.8%( $B_t=0.425\text{T}$ ), ペレット入射後の過渡的な値としては 5%( $B_t=0.425\text{T}$ )を達成しておりLHDの当初の目標 ( $\beta=5\%$ ) をほぼ達成した。定常運転では 490kW の ICRF を用いて  $4\times 10^{18}\text{m}^{-3}$ ,  $T_e(0)=0.8\text{keV}$  のプラズマを 3268 秒維持した。

ヘリオトロン、ステラレータ磁場配位における閉じ込め物理を総合的に理解するために現在、国際的な共同研究を行っている。この活動で得られたヘリオトロン、ステラレーターのエネルギー閉じ込めのスケーリング（国際ステラレータスケーリング ISS04）はITERのELMy Hmodeスケーリング（IPB98）と類似したパラメータ依存性を持つ。このことはヘリオトロン、ステラレータとトカマクでは閉じ込めに関しては共通した物理が存在していることを示唆している。一方、ヘリオトロン、ステラレータでは磁気リップルがトカマクより大きく、将来核融合炉の運転が予想される衝突周波数領域で新古典輸送係数が大きくなる。LHDの実験では新古典輸送の小さい磁気リップルの小さい配位で閉じ込めが良いが、輸送係数は新古典より factor 2~10 大きい値を示し、乱流が支配する異常輸送である。LHDの実験結果は新古典輸送が小さければ、同時に乱流輸送を下げる効果があることを示唆している。トカマクの輸送も乱流に支配されており、ヘリオトロン、ステラレータでの磁場構造の最適化の知見がトカマクの輸送を理解することにもつながる可能性がある。

トカマクとの比較はトロイダルプラズマを総合的に理解するうえで有益である。今後の比較研究で、類似点と相違点を明確にし、知識を共有できる範囲を明らかにすることが必要である。