垂直入射 NBI を 40keV-6MW に増強して、高イオン温度実験を行った。その結果、図 2.2-44 に示すように、接線 NBI と組み合わせることにより、水素プラズマにおいて 5.2keV の中心イオン温度が、比較的高い密度の $1.2\times10^{19}m^{-3}$ で得られた。第 11 サイクルにおいては、さらに密度が $2.0\times10^{19}m^{-3}$ の条件で、中心イオン温度は 6.8keV に達した。垂直 NBI は低エネルギービームを入射させるため、入射ビームを用いた CXRS によるイオン温度分布およびトロイダル･ポロイダル回転分布の測定を可能とした。図 2.2-44 は CXRS 測定による分布をしてしているが、高イオン温度に関係して大きなトロイダル回転が観測されている。電場の影響も含めたイオンの輸送解析を今後進めていく必要がある。

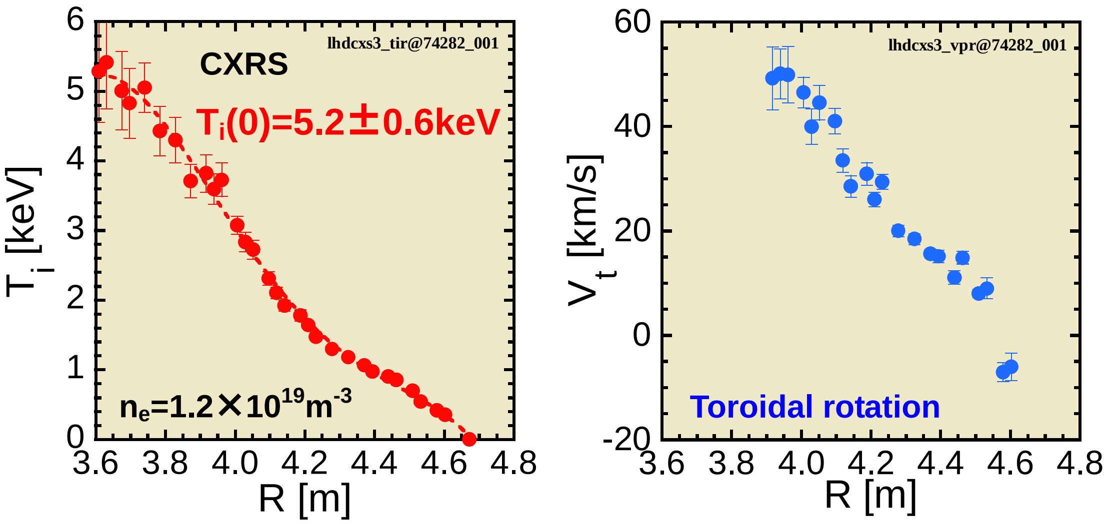


図 2.2-44 低エネルギー垂直入射 NBI を用いて加熱された水素プラズマにおけるイオン温度とトロイダル回転の径方向分布

2. 2. 7 高電子温度

高電子温度プラズマの、密度領域、磁場配位、NBI 駆動電流の方向、磁気島の有無による変化、また加熱や微小トレーサーをプラスチックでカプセル化した TESPEL (Tracer EncapSulated PELlet) を用いた過渡応答特性を組み合わせることで、高電子温度形成条件を明らかにし、さらには高電子温度プラズマの領域拡大を行う研究を進めている。

高電子温度プラズマの密度及び空間的領域拡大を目指して、電力吸収分布の異なる EC 加熱、ICRF 加熱及び TESPEL の非局所輸送による電子温度上昇と組み合わせを変え、密度領域を変えて高電子温度プラズマの実験を行った。TESPEL による非局所輸送によって引き起こされる局所的な電子温度上昇率は、$\rho=0.4$ 付近では EC によるそれを上回る場合がある。このように高電子温度を得るための手段として TESPEL の非局所輸送を利用できる可能性が示唆された。また、TESPEL のコールドパルス、EC 加熱の熱パルスの過渡応答解析を継続しておこなっており、高電子温度プラズマの詳細な輸送解析の手段として定着しつつある。

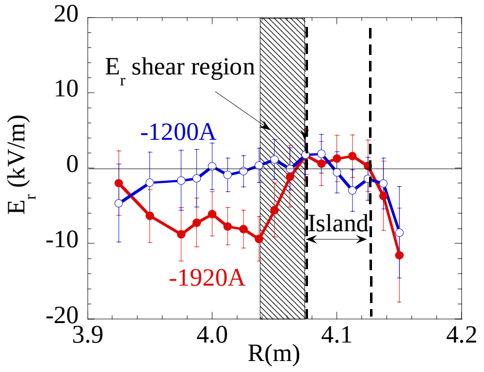
高電子温度プラズマの電子温度分布の NBI 入射方向による違いを系統的に調べている。磁場の正転、反転、入射 NB の選択を行い、異なる条件での NB ターゲットプラズマに対して

局所的な中心EC加熱を行うことで、電子の輸送障壁様の構造形成がNBI入射方向と磁場方向の相対的な関係(Co 及び Ctr)で異なることを確認した。磁場の正反や入射 NB の種類によらず、Ctr-NB 方向の場合には明らかな電子温度勾配のジャンプが ι=1/2 付近にある。同様に、Co-NB 電流駆動の場合には明らかな電子温度勾配のジャンプがみられず、幅広い台形型の電子温度分布となることが確認された。

2. 2. 8 電場による閉じ込め改善

電場と輸送障壁に関しては、CXRS による電場計測を用いた電場制御の検証、電子系内部輸送障壁 (ITB) 形成と電場構造との関連、重イオンビームプローブ (HIBP) の試験実験、非局所輸送の発現領域やその機構解明などの実験研究と、「非軸対称系配位における径電場構造」をキーワードとした理論予測・データ解析研究を組み合わせることで、LHD における径電場特性の解明・輸送機構の解明とそれに基づく閉じ込め改善シナリオの構築を念頭に研究を進めている。

電場シア形成による閉じ込め改善研究への外部制御性のある実験的ノブの確立を目指し、LID コイル電流値の制御によって、磁気島幅を外部制御した上で、磁気島より内側にペレットを入射し、密度勾配の促進に伴うイオンルートでの電場シア形成を試みた。連続ペレット入射により、形成されたシアを維持させることができた。図 2.2-45(左図)は、磁気島幅が大きい (LID コイル電流値=-1920A) 場合に、ペレット入射により磁気島内側の密度勾配が増大することによって、大きな負電場が形成され、その結果、電場シアの形成に成功した例を示している。図 2.2-45(右図)では、磁気島内側での電場の時間変化が示されている。パイプガンによる単一ペレット入射では一時的に負電場が形成される (緑) が、連続でペレットを入射すると、その負電場が維持され、それぞれのペレットの大小 (大:青、小:赤) に応じて、負電場・電場シア形成の時定数が変化する様子が示されている。密度勾配の形成時定数が異なるためと考えられる。



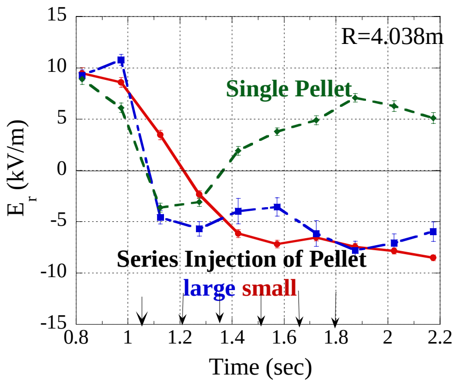


図 2.2-45 磁気島とペレットを用いた電場制御。(左図) 磁気島の幅による違い。(右図) 磁気島内のペレット入射条件の違いによる電場の時間変化の違い

重イオンビームプローブ (HIBP:Heavy Ion Beam Probe) は、電場とその構造を直接的に測定できると共に、プラズマ揺動の計測も可能である。しかし、LHD はプラズマサイズが大き