

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 $\tau=1/2$ 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。

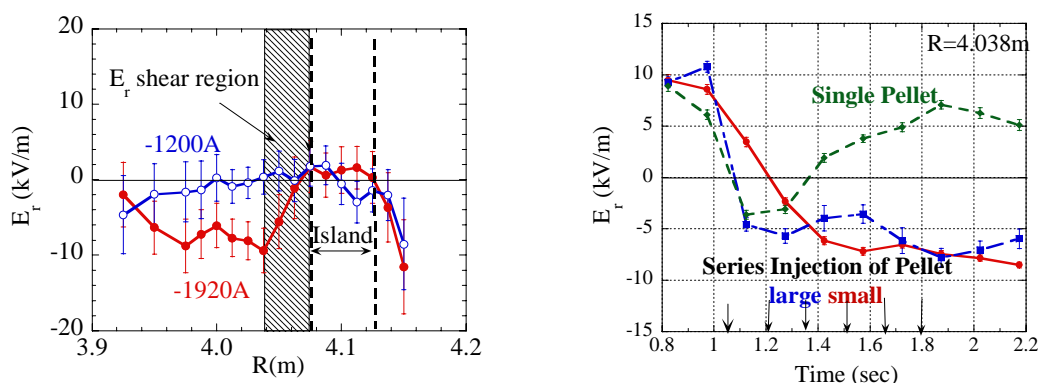


図 2.2-45 磁気島とペレットを用いた電場制御。(左図)磁気島の幅による違い。(右図)磁気島内のペレット入射条件の違いによる電場の時間変化の違い

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

いため、必要とするエネルギーが 1MeV 以上と高く、また、プラズマ形状も複雑で、ポートの配置も限られていることから、必要とするビーム電流も比較的高い。そのため、開発と調整に時間がかかったが、平成 18 年度にその測定に成功した。図 2.2-46 に HIBP 装置の構成図を示す。ビームエネルギーの仕様は 6MeV で、Au 負イオンをタンデム加速して所定のエネルギーの Au 正イオンとし、LHD プラズマへ入射する。ビームの検出は MCP 付き高増倍率検出器で行う。この HIBP を用いて、NBI プラズマに ECH を重畳して形成された電子内部輸送障壁の電位分布を計測した。その結果、輸送障壁近傍に静電場が形成されていることが確認できた。そして、輸送障壁内部のポテンシャル信号に、図 2.2-47 に示すように、パルセーションと考えられる速い負のパルスの繰り返しが観測された。また、プラズマ密度・温度の変化を反映する HIBP 信号強度にもパルスが現れている。パルス発生時には、ポテンシャルの勾配が小さくなっており、周辺の ECE 信号にも熱パルスが観測されている。今後、新古典理論に基づいた電場分岐モデルとの比較・検証を進める予定である。

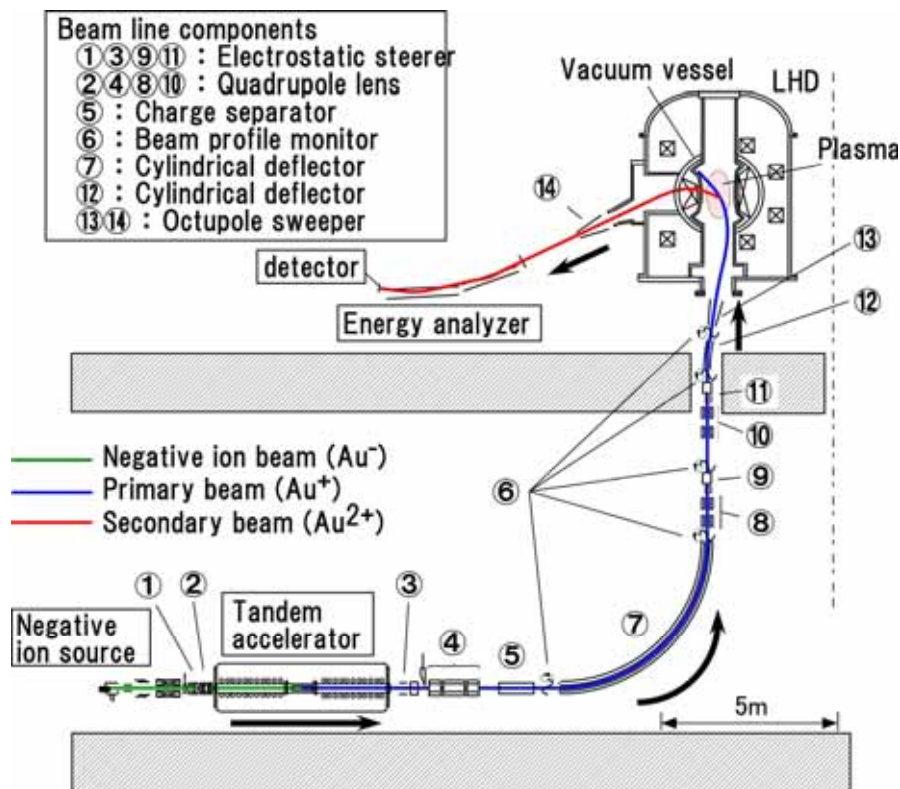


図 2.2-46 HIBP(重イオンビームプローブ)装置の構成図

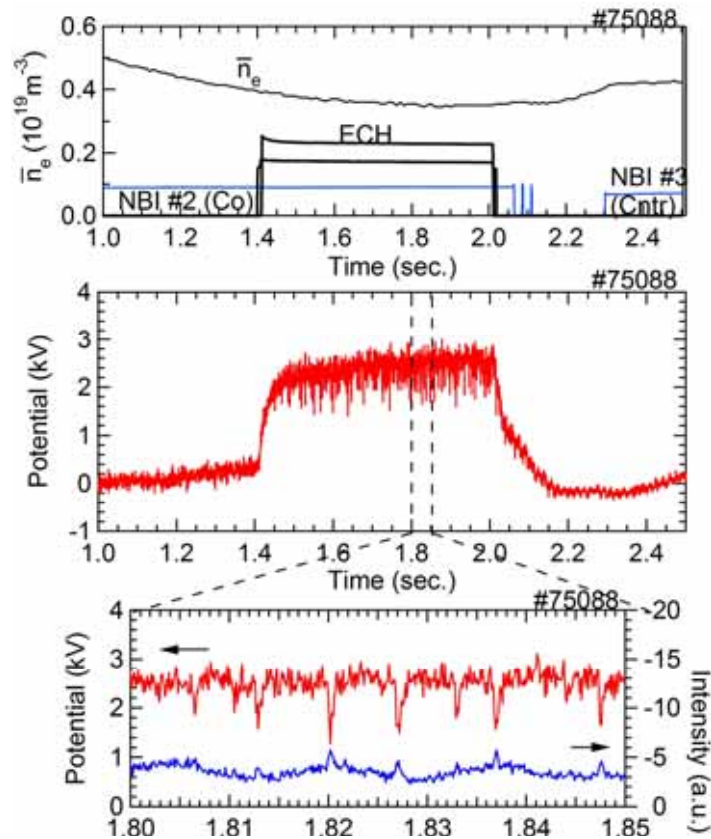


図 2.2-47 HIBP で測定された輸送障壁内部のポテンシャル信号

2.2.9 粒子および不純物輸送

粒子および不純物輸送に関しては、以下に示す2つに対して研究が進んでいる。

(1) 不純物入射(ペレット、ガスパフ)による閉じ込め領域の不純物輸送解明実験

LHD では炭素や金属不純物を中心とした不純物ペレット入射装置と TESPEL、そして不純物ガスパフを用いた不純物輸送研究が進められている。

炭素ペレットを水素、ヘリウムプラズマにそれぞれ入射し、粒子輸送係数(拡散係数、対流速度、リサイクリング係数)の背景イオン質量依存性の評価を行った。拡散係数は水素、ヘリウムで大きな違いはないが、背景イオン質量が大きい場合に対流速度は小さくなることが観測された(図 2.2-48 (a)、(b))。また、対流速度は周辺の密度勾配の大きな関数になっていることも明らかになり、この傾向はアルミニウム及びチタンペレット入射時も同様であった(図 2.2-48(c))。