

コンパクト中性粒子分析器を用いた重水素・水素比の計測

尾崎 哲、神尾修治、斉藤健二

核融合科学研究所、

Comparison of hot electron and ion spectra in two different laser irradiation patterns on the GXII-LFEX fast ignition experimentT. OZAKI¹, S. KAMIO¹ and K. SAITO¹¹National Institute for Fusion Science

コンパクト中性粒子分析器 (CNPA) は荷電交換粒子計測と組み合わせることにより半径方向の高エネルギー粒子分布を直接測定できる数少ない装置である。CNPAは永久磁石が作る磁場でエネルギー分解したのち電場で粒子弁別をしている。水素のエネルギー分布のみを測定できるように設計されているため、重水素を測定するためには、粒子弁別の電圧を変更する必要がある。同一磁場で水素と赤道面で同一の軌道を描く重水素のエネルギーは半分になる。検出器の位置は固定されているため、重水素の測定のためには偏向電場は半分にする必要がある。一方同時に入射してくる水素は低い電場により赤道面と検出器の中間に入射することになり一部の水素が検出器に入ってくる懸念がある。

図1に典型的な水素・重水素混在プラズマ放電においてCNPAで測定した低エネルギー領域におけるD/(D+H)比の時間変化を掲げる。

Dビーム入射時は低エネルギーでは両者のデータが比較的良く一致していることがわかる。これは低エネルギー成分が比較的プラズマ周辺部に局在していること、分光的手法で計測した水素・重水素比が周辺からの寄与を強く反映していることに寄る。しかし水素ビームに切り替えると分光的手法ではそれほど変化はないがCNPAで測定すると水素による希釈が大きくなる。これは分光的手法で測定する比は真空容器壁からの水素に寄る影響が大きいことを示唆している。また水素による希釈が重水素の希釈よりも質量が軽い分だけ大きくなることを示している。

高エネルギー領域では、D/(D+H)比の時間変化はNBI入射粒子種に大きく依存する。高エネルギー部のD/(D+H)は、D-NBI入射中にDによる希釈で高く保たれる。D-NBIオフ後にD/(D+H)が急速に減少する。しかしその後高エネルギーの水素イオンと背景Dプラズマの衝突により、H-NBI相中にD/(D+H)がわずかに増加する。H-NBIオフ後、Hによる希釈がなくなる

ため再びD/(D+H)が増加する。減衰時間と立ち上がり時間はどちらも低エネルギーで大きく、50keVを超えるかなり大きくなる。

低エネルギーでの大きな時間変化は、壁からのDとHによる希釈によるものである。これは低エネルギーのイオンが周辺部に局在しているおり壁からの影響の方がNBIから供給される粒子による希釈より大きいいため長い時間をかけて変化することを示している。20~50keVでは真空壁の影響は少なくビームからの粒子の希釈の効果が大きくなるため時間変化は小さくすぐに減少または増大する。H-NBI入射時では50keVを超えると時間変化は大きくなる。H-NBI入射時に、D/(D+H)が上昇するのはHイオンがDイオンと衝突するためと考えられるがその断面積はエネルギーが高くなると小さいためと考えられる。

また、立ち上がり時間は減衰時間に比べて遅い。D/(D+H)比は、H-NBI相中のH-D衝突によって増加するほうがD-NBIによる希釈よりも衝突というプロセスを踏むため遅くなることを示している。

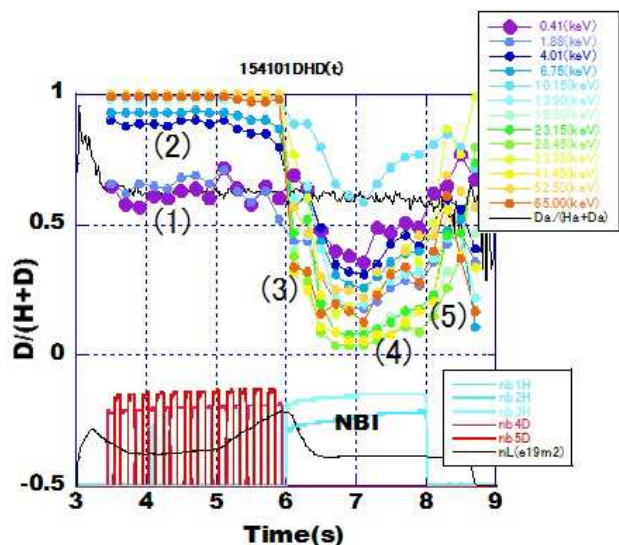


図1. D/(D+H)の時間的変化
NBIの入射パターンとエネルギーによる変化を示す。