

## TCVトカマクのオーミック放電における粒子輸送の同位体効果 Isotope effects on particle transport in TCV ohmic discharge

田中謙治<sup>1,2</sup>, CODA Stefano<sup>3</sup>, KRUTKIN Oleg<sup>3</sup>, TCV team<sup>3</sup>  
TANAKA Kenji<sup>1,2</sup>, CODA Stefano<sup>3</sup>, KRUTKIN Oleg<sup>3</sup>, TCV team<sup>3</sup>  
核融合研<sup>1</sup>, 九大総理工<sup>2</sup>, スイス連邦工科大<sup>3</sup>  
NIFS<sup>1</sup>, IGSES Kyushu Univ.<sup>2</sup>, EPFL<sup>3</sup>

核融合プラズマにおいて水素同位体効果の理解は将来の核融合の運転を予測するうえで重要である。熱輸送の同位体効果はトカマク、およびヘリカル/ステラレータ配位において幅広く研究されているが、粒子輸送は輸送係数の評価が困難なため、同位体効果の研究は限られている。本研究ではスイス連邦工科大学のTCVトカマクにおいて密度変調実験により粒子輸送の同位体効果の解明に取り組んだ。

実験はオーミック放電で行った。水素イオン密度比 $n_H/(n_H+n_D)$ は、重水素実験ではほぼ0、軽水素実験で0.8~0.9程度であり、それぞれ純度の高いプラズマで実験することができた。図1(a)に示すように電子の巨視的エネルギー閉じ込め時間 $\tau_{Ee}$ は、低い密度領域では密度の増加に比例して増加するLinear Ohmic Confinement (LOC)領域となり、高い密度領域では密度の増加に対して $\tau_{Ee}$ が飽和するSaturated Ohmic Confinement (SOC)領域となる。LOCからSOCへの遷移密度は重水素の方が高いことが分かった。

全ての実験領域で電子密度分布はピーキングした密度分布となる。オーミック放電であるため、プラズマ中心への粒子補給はないため密度ピーキングは粒子輸送による。また、1次元の中性粒子侵入計算コード(KN1D)によると、粒子ソースは $\rho=1$ 付近にピークを持ち、プラズマ内部へは指数関数的に減少する。また、粒子ソース分布は同じ温度、密度分布で軽水素と重水

素でほとんど差がない。よって、軽水素と重水素の粒子輸送の違いは粒子ソースの違いに起因するものではない。

拡散係数と対流速度は定常的な密度分布から評価することができないが、周期的な変調を掛けることにより両者を分離して評価することができる<sup>1</sup>。本実験では、5Hzの密度変調実験により拡散係数と対流速度を分離して評価した。図1(b)に $\rho = 0.75-1.05$ における拡散係数の密度依存性を示す。軽水素、重水素ともに粒子拡散係数は密度の増加に比例して減少する。 $n_{e\_bar} < 2.5 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ におけるLOC領域では軽水素と重水素の拡散係数に差がないが、 $n_{e\_bar} > 2.5 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ のSOC領域では拡散係数は重水素の方が明確に低くなることが分かった。一方、 $\rho=0.9$ における対流速度は図1(c)に示すように内向きの対流速度が軽水素、重水素ともに密度の増加とともに減少することが分かった。オーミック放電ではウェアピンチが内向き対流の駆動機構の候補であるが、通常ウェアピンチは密度の増加に伴い増加するため、ウェアピンチでは実験結果を説明できない。また、SOC領域でわずかに重水素の方が内向き対流が小さい傾向があるが、拡散係数ほど明確な違いは見られなかった。

1. Gentle K.W. et al, Plasma Phys. Control. Fusion 29 (1987) 1077

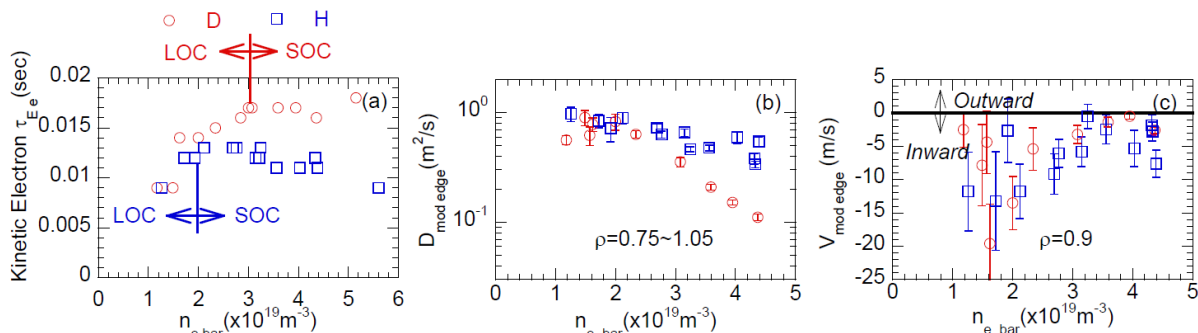


Fig.1 Density dependence on ohmic discharge (a) kinetic electron confinement time, (b) particle diffusion coefficients and (c) convection velocities