

LHD における FIHe (Fast-ion Helium) 計測に関する研究

Research on FIHe (Fast-Ion Helium) spectroscopy measurement in the LHD

藤原大¹、永岡賢一^{2,3}、神尾修治⁴、川本靖子²、小川国大^{2,5}、
津守克嘉^{2,5}、中野治久^{2,3}、池田勝則²、長壁正樹^{2,5}

Y. Fujiwara¹, K. Nagaoka^{2,3}, S. Kamio⁴, Y. Kawamoto², K. Ogawa^{2,5}, K. Tsumori^{2,5},
H. Nakano^{2,5}, K. Ikeda², M. Osakabe^{2,5}

¹日本電信電話株式会社宇宙環境エネルギー研究所、²自然科学研究機構核融合科学研究所、
³名古屋大学、⁴カリフォルニア大学アーバイン校、⁵総合研究大学院大学

¹NTT Space Environment and Energy Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation

²National Institute for Fusion Science, National Institutes of Natural Sciences

³Nagoya University

⁴University of California, Irvine

⁵The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

磁場閉じ込め型核融合発電炉の実現には核融合反応によって生じるアルファ粒子（高エネルギーヘリウム粒子）を磁場によりプラズマ中に閉じ込め、そしてエネルギーをプラズマへ渡したヘリウム灰（低エネルギーヘリウム粒子）は効率よくプラズマの外へ排気する必要がある。この2つの要求の実現可能性を明らかにするために、ヘリウム輸送物理の理解が求められている。核融合科学研究所ではヘリウム輸送物理研究を加速するために、2021年度実験から大型

ヘリカル装置（LHD）において、正イオン源中性粒子ビームを改造することで高エネルギーヘリウム粒子をプラズマへ入射させる実験を開始した。この実験では、これまで行われてきたバルクヘリウムの粒子分布の時間発展を計測することに加え、高エネルギーヘリウム粒子分布や速度分布の時間発展を測定することが非常に重要である。そこで、高エネルギー水素粒子を計測するために用いられるFast-Ion D Alpha (FIDA) 計測に用いている視線と分光器を使用して

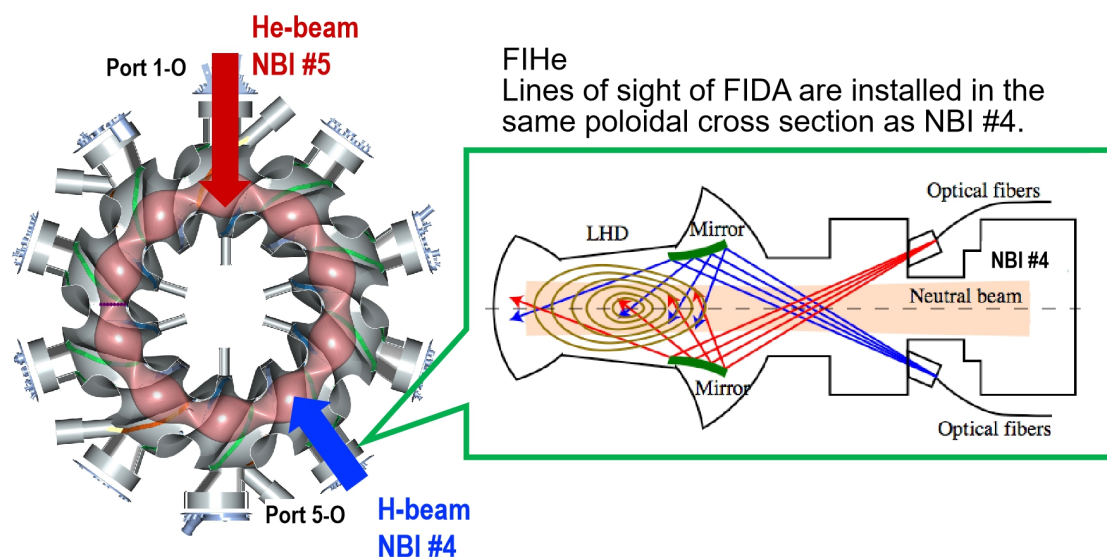


図1. LHD の上面図及び NBI の入射方向と FIHe の計測視線。

高エネルギーヘリウム粒子の挙動を計測する、Fast-Ion Helium (FIHe) 計測を立案し、実証実験を行った。

本実験における、LHDのNBIとFIHe計測の配置を図1に示す。まず、高エネルギーヘリウム粒子入射はトーラスに垂直入射しているNBI #5を使用した。これにより、プラズマ中に捕捉粒子としてエネルギー40~70 keVのヘリウム粒子を生成することが可能となった。この高エネルギーヘリウム粒子の挙動を計測するために、NBI #5と同様に垂直入射しているNBI #4を荷電交換計測用ビームとして用い、FIHe計測の実験を行った。FIHe計測は捕捉粒子を計測するために、NBI #4の入射方向に設置された垂直FIDA計測視線を使用した。この時、NBI #4は軽水素の中性粒子ビームで実験を行った。

図2にヘリウム中性粒子ビームの非入射時と入射時のFIHeスペクトル計測データを示す。FIHeの計測はHe II ($\lambda=468.6$ nm) の光がドップラーシフトした光を計測している。実験においては、NBI #4は高エネルギー粒子の荷電交換により発せられた光とバックグラウンドの光を区別するために、モジュレーション運転を行った。図2のように、ヘリウム中性粒子ビームを入射している時、 $\lambda=469.5$ nm~471.5 nmの発光が増加していることがわかる。

発表では、ヘリウム入射実験におけるFIHeを用いた高エネルギーヘリウム粒子の径方向分布に関する時間発展などの結果を報告する。

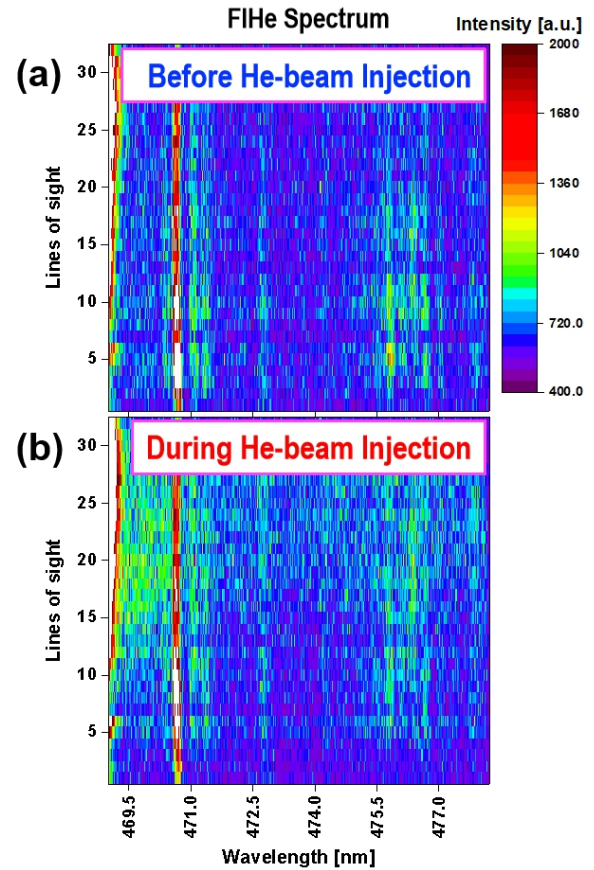


図2. ヘリウム中性粒子ビームの(a)非入射時と(b)入射時のFIHeスペクトル計測データ。