

## Experimental Investigation of Efficient Heating of High Energy Density Plasma

瀧澤 龍之介

米国国立点火施設(NIF)での scientific breakeven の達成を受け、核融合発電への期待が高まっている。我々は潜在的に高利得な核融合方式として圧縮過程と加熱過程の分かれた高速点火方式を研究している。高速点火方式では加熱レーザーによって生成された電子ビームを用いて燃料の加熱を行う。この電子ビームの大きな発散角と高い平均エネルギーが加熱効率を低下させる要因である。本研究では各要因について実験的研究を行い、高速点火レーザー核融合における加熱効率の上昇に関する知見を得た。

一つ目はプラズマの高密度圧縮時におけるレーザー照射分布の改善の研究である。我々が用いている中実球燃料の圧縮には、準静的圧縮が必要である。第2章では、準静的圧縮時の初期段階における吸収一様性を決定する要因をシミュレーションで検証し、実験にて吸収一様性を改善し、圧縮プラズマの球対称性を向上させることに成功した。準静的圧縮の初期段階では  $10^{10}$  W を下回るような低強度レーザーにて圧縮されるため、プラズマ表面は電子温度が低い。そのため圧縮の初期段階ではレーザー吸収率が高く、レーザー強度の空間分布がほとんど平滑化されずに吸収分布になる。

電子ビームに外部磁場を印加することにより電子ビームを集束させ、加熱効率が上昇する。第3章では外部磁場を発生させるレーザー駆動コイルの電位差生成メカニズムを検証した。過去に提唱されたダイオードメカニズムでは我々の実験結果を説明することはできず、観測結果を説明するためにプラズマの温度の非等方性が電位差を生成するという新しいメカニズムを提唱した。本磁場発生メカニズムに基づくと、非熱的電子の割合を増やし、非等方的な温度分布を有するプラズマを作り出すことが強磁場を生成するのに重要であることが明らかになった。

三つ目は加熱レーザーの高コントラスト化による加熱効率の上昇である。高速点火実験ではコーンが用いられている。コーンは加熱レーザーの光路を真空に保ち、核融合燃料まで効率的に加熱レーザーを導く機能を有する。しかし、加熱レーザーのペDESTALやプレパルスと呼ばれる不要パルスによって、コーン内部に低密度プラズマが生成されることが知られている。低密度プラズマとレーザーの相互で加速される電子ビームは大きな発散角を有し、平均エネルギーが増加するため加熱効率が減少する。第5章では、プラズマミラーを用いることで、レーザーのメインパルスとペDESTAL及びプレパルスの強度比で定義されるコントラストを高め、プラズマ加熱実験を行った。高コントラスト加熱レーザーをコーンに照射すると、電子ビームは収束されることを実験とシミュレーションで示した。これはコーンの内壁によって加熱レーザーが反射し、ポインティングベクトルが電子ビーム内側を向くためである。また、圧縮されたプラズマの加熱実験ではコントラストを向上させることにより加熱効率が 2.8 倍上昇した。高速点火レーザー核融合において加熱レーザーの高効率化が本質的に重要であることを示した。

公聴会ではこれらの詳細について述べる。