

博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者： 李 昇浩

論文題目： Research on high energy density plasma generation using X-ray diagnosis

（X線診断法を用いた高エネルギー密度プラズマ生成に関する研究）

日時：2019年5月20日（月） 10:30—12:00

場所：理学研究科H棟7階セミナー室（H701号室）

主査：藤岡 慎介

副査：久野 良孝、中井 光男、千徳 靖彦、佐野 孝好

論文要旨：

高エネルギー密度プラズマを生成する方法の一つとして、高速（瞬間）等積加熱がある。この手法では、物質を高密度（固体密度の1000倍以上）に圧縮し、圧縮された物質を、高強度レーザーで加速した相対論的電子ビームによって、瞬間的に1億度まで加熱する。

従来のレーザー核融合で用いられている球殻燃料の圧縮では、加速場におかれた燃料が流体力学的に不安定であるため、初期擾乱が成長し、燃料形状が歪む。その結果燃料の圧縮率が低下する。準備実験では、新しい核融合燃料の形状として中実燃料を導入し、既存の球殻燃料に比べて流体不安定性の影響が小さいことを実験的に示した。

中実燃料は求心衝撃波により圧縮されるため、衝撃波の圧力を上昇させることが最大圧縮率の上昇に繋がる。レーザープラズマ不安定性により生成される高エネルギー電子は衝撃波の圧力を増強できることが先行研究で実証されている。この方法を積極的に利用するには、高エネルギー電子の電子温度を100 keV以下、レーザーから高エネルギー電子への変換効率を10%以上にすることが求められている。従来の高エネルギー電子生成研究では、レーザー強度を上昇させることで高エネルギー電子への変換効率を上げてきた。

本研究では、波長が二倍異なる二色のレーザーを同時にプラズマに照射することで高エネルギー電子の温度や変換効率を制御できることを発見した。実験では、銅のターゲットに波長の異なるレーザーを同時に照射し、発生した高エネルギー電子の電子温度及び量を、銅からの特性X線を絶対値分光することで計測した。単一波長照射時は電子温度 51 ± 4 keV の高エネルギー電子が $4.5 \pm 5\%$ の変換効率で生成され、二波長レーザー照射することで電子温度 150 ± 21 keV の電子を $13.1 \pm 2.1\%$ の変換効率で生成された。電子温度は2つの波長のレーザー間の偏光方向に依存することが実験的に確認され、電子温度の最適化の可能性を示した。また、この実験結果は複数の電子プラズマ波による段階的な加熱によるものであることを理論的に示した。この手法はレーザープラズマ不安定性研究分野において新しい発見であり、中実燃料の圧縮だけでなく、衝撃点火など強い衝撃波利用する研究分野に貢献できる。