

外部磁場下における高密度プラズマ中での相対論電子の伝播 Transport of relativistic electrons in a dense plasma under external B-field

藤岡慎介¹, 坂田匠平¹, 松尾一輝¹, 李昇浩¹, 澤田寛^{1,2}, LAW King Fai Farley¹, 森田大樹¹, 岩佐祐希¹, 岸本秀隆¹, 上林祥平¹, 小島完興¹, 安部勇輝¹, 城崎知至³, 砂原淳⁴, 白戸高志⁵, 大西直文⁵, 坂上仁志⁶, 尾崎哲⁶, 山ノ井航平¹, 乗松孝好¹, MORACE Alessio¹, 有川安信¹, 余語覚文¹, 長友英夫¹, FIREXプロジェクトチーム, 疇地宏¹
S. Fujioka¹, S. Sakata¹, K. Matsuo¹, S. Lee¹, H. Sawada^{1,2}, *et al.*,
¹阪大レーザー, ²ネバダ大学リノ校, ³広大院工, ⁴レーザー総研, ⁵東北大院工, ⁶核融合研
¹ILE, Osaka, ²Univ. Nevada Reno, ³Hiroshima Univ., ⁴ILT, ⁵Tohoku Univ., ⁶NIFS

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心では、高速点火レーザー核融合方式による点火温度までの加熱の実証のため、世界最大の2PWレーザーであるLFEXレーザーを開発した。過去の基礎実験及びシミュレーションにより、LFEXレーザーによって加速される高速電子ビームの「高エネルギー化」と「大きな発散角」を抑制することが、高速点火方式による高効率なプラズマ加熱を実現するための本質的な課題であることが明らかになった [1]。

本研究では、「加熱ビームの発散」を低減するため、キロ・テスラ級の外部磁場を導入した [2]。キロ・テスラ級の強磁場を発生させるために、レーザー駆動キャパシター・コイル・ターゲット法 [3] を用い、0.7 kTの磁場を発生させることに成功した。その上で、濃度10%の銅元素を含有する球状ターゲットを激光XII号レーザーで圧縮し、10 g/cm³まで密度が上昇した時点で、LFEXレーザーを入射した。LFEXレーザーで加速された高速電子が銅原子を内殻電離することで、蛍光X線が放射される。この蛍光X線の空間分布を単色X線カメラで撮像することで、外部磁場下で圧縮された高密度プラズマ中を伝播する高速電子の流れを可視化した (図1)。また銅元素から放射されるX線スペクトルを計測し、そのスペクトル形状をシミュレーションと比較することで、銅の電離価数分布から加熱後のプラズマの密度を推定した (図2)。

解析の結果、加熱後のプラズマの電子温度は3 keVに達している可能性があり、高速電子の「低エネルギー化」と「発散角の低減」で効率的なプラズマ加熱が出来ることを初めて実証することが出来た。今後はこの手法の核融合点火までの外挿性を明らかにし、国際共同研究等を活用し、点火実証を目指した研究開発を進め

る。

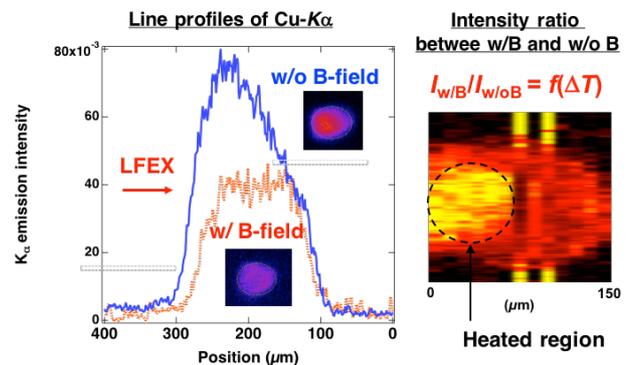


図1 銅含有球状ターゲットから放射された蛍光X線を単色X線カメラで撮像した結果。外部磁場を加えることによって、蛍光X線の強度が減少した。これは、加熱によって銅原子がイオン化し、蛍光X線の光子エネルギーが、単色X線カメラのバンド幅から外れたためである。

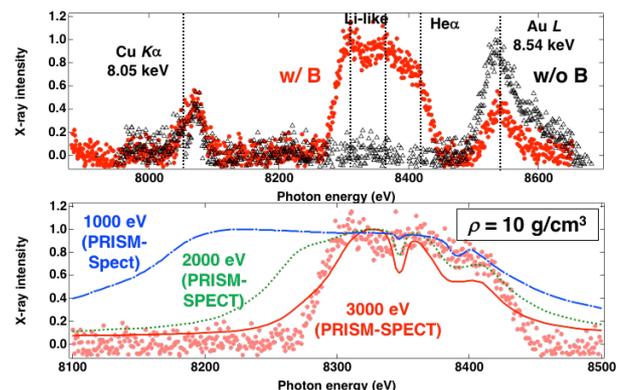


図2 加熱後の銅含有球状ターゲットから放射されたX線のスペクトル。外部磁場を加えることで、リチウム様及びヘリウム様にまで電離した銅イオンからの特性X線が観測され、そのスペクトル形状から電子温度が推定出来る。

- [1] S. Fujioka *et al.*, Phys. Rev. E. (2015).
[2] S. Fujioka *et al.*, Phys. Plasma (2016).
[3] S. Fujioka *et al.*, Sci. Rep. (2013).