

非相対論高速電子を活用した衝撃波点火方式レーザー核融合の研究 Developments on shock ignition of inertial confinement fusion targets with non-relativistic hot electrons

重森啓介¹⁾, 川崎昂輝¹⁾, 井手坂朋幸¹⁾, 弘中陽一郎¹⁾, 玉川拓実¹⁾, 田中大裕¹⁾, 山ノ井航平¹⁾, 尾崎典雅²⁾, 兒玉了祐^{1) 2)}, 瀧澤龍之介¹⁾, 藤岡慎介¹⁾, 余語覚文¹⁾, 三間罔興¹⁾, 長友英夫¹⁾, 千徳靖彦¹⁾, 有川安信¹⁾, 城崎知至³⁾, 森芳孝⁴⁾, 山田英明⁵⁾, 大曲新矢⁵⁾, 茶谷原昭義⁵⁾, 空野由明⁵⁾, 染川智弘⁶⁾, 塚本雅裕⁷⁾, 佐藤雄二⁷⁾, D. Batani⁸⁾, G. Christoforetti⁹⁾
Keisuke SHIGEMORI, Koki KAWASAKI, Tomoyuki IDESAKA, Yoichiro HIRONAKA, Takumi TAMAGAWA, Daisuke TANAKA, Kohei YAMANOI *et al.*,

阪大レーザー研¹⁾, 阪大院工²⁾, 広大工³⁾, 光産業創成大⁴⁾, 産総研⁵⁾, レーザー総研⁶⁾, 阪大接合研⁷⁾, ボルドー大⁸⁾, INO-CNR⁹⁾
ILE, Osaka Univ. ¹⁾, GSE, Osaka Univ. ²⁾, Hiroshima Univ. ³⁾, GPI⁴⁾, ILT⁵⁾, JWRI, Osaka Univ. ⁶⁾, Univ. Bordeaux⁷⁾, INO-CNR⁸⁾

米国NIF(National Ignition Facility)でレーザー核融合の事実上の点火燃焼が達成された現状を踏まえると、今後はより緩いレーザー条件(小規模装置)、低コスト、ロバストな点火燃焼条件を確立することが次の課題となる。この目的のために、高速点火法によるレーザー核融合点火が模索され、我が国では超高強度レーザー照射による相対論的高速電子を用いた点火スキームに関する研究が精力的に行われてきた。

高速点火法においては、まず燃料カプセルを低速で圧縮し(流体不安定性の抑制のため)、最終段階において各種媒体によって短時間で加熱し点火に至る。ここで最終段階での加熱媒体として、上記の相対論的高速電子、高速イオンなどが挙げられるが、超高強度レーザーを必要としない「衝撃波点火」のスキームが注目を集めている。衝撃波点火方式は中心点火方式に近い位置付けであり、中心点火方式で培った知見を共有できるほか、ターゲット構造が単純であること、超高強度レーザーが不要であるなどの利点を有しており、将来の核融合炉への親和性が高い。

この衝撃波点火法の概念を図1に示す。衝撃波点火法課題は、最終加熱段階(スパイクパルスと

呼ばれる照射条件、図1右)での超高压力発生(～約300 Mbar)、そして加熱制御である。スパイクパルスは 10^{16} W/cm²以上の照射強度であり、この領域では種々のレーザープラズマ不安定性、そして付随する100 KeV以下の非相対論領域高速電子の発生が顕著となる

この非相対論的高速電子は、その平均自由行程(飛程)によっては圧縮された燃料カプセルに高圧力を駆動する段階でアシストとなる可能性があるほか、より中心部への先行加熱を引き起こす可能性もある。これらの過程を評価し、最適化により非相対論的高速電子を活用できる条件を得ることが本研究の目的である。

この目的のため、大阪大学レーザー科学研究所の激光XII号レーザーを用いた一連の実験を行った。非相対論高速電子の特性評価を行うため、レーザープラズマ不安定性に起因する各過程をAll-in-oneで計測可能なプラットフォームを開発し、高速電子の発生から輸送過程を得ることが可能となった。また、高速電子活用に有利な高密度材質として、ダイヤモンドカプセルを開発し、これを爆縮実験に適用した。



図1 (左)衝撃波点火核融合の概念(右)適用するレーザーのパルス波形