

レーザー核融合における加熱と閉じ込めに関する最新の研究成果

藤岡慎介

大阪大学レーザー核融合研究センター

レーザー核融合は、初期固体密度の 1000 倍以上に圧縮した高密度プラズマを形成し、慣性による高密度プラズマの保持時間わずか 100 ps の間にプラズマ加熱と核融合点火さらには燃焼を起こす方式である。1 PW のレーザー出力を実現するチャープ・パルス増幅技術の進展により、従来型の中心点火方式に加え、より小さなレーザーエネルギーで点火を達成する高速点火方式が注目を集めている。大阪大学レーザー核融合研究センターでは、高速点火レーザー核融合方式による点火・燃焼を目指し以下の取り組みを行っている。

1. 高密度圧縮に向けた流体力学的に安定な爆縮の実現

高密度圧縮の実現のためには流体力学的不安定性を抑制が不可欠である。抑制手法として、藤岡らはダブル・アブレーション法、重森らは多波長レーザー同時照射法を提案し、流体力学的不安定性が大きく抑制されることを実証した。

2. コーン付きターゲットの爆縮と 1 PW レーザーによる高効率加熱

高速点火方式では、高強度加熱レーザーのエネルギーを高密度プラズマへ高効率に輸送しなければならない。児玉らは加熱レーザーのエネルギーを効率良く伝搬させるための導波路として、金コーンを核融合ターゲットに挿入することを提案し、10-20% の高い効率で加熱が起こることを実験にて実証した。コーン・ターゲットのような低次モードの非一様性が本質的に存在する爆縮での高密度圧縮の可能性を、激光 XII 号のおよそ 5 倍のエネルギーを有する米国ロチェスター大学の OMEGA レーザー装置にて検証している。

3. 点火温度 (5 - 10 keV) に向けた 10 kJ/1 PW レーザーの建設

1 kJ/1 PW の加熱レーザーを用いておよそ 700 eV の加熱を達成した。この結果を受けて、阪大レーザー研では 5 - 10 keV の点火温度への加熱に向け FIREX プロジェクトを開始し、10 kJ/1 PW の LFEX レーザーの建設中である。

4. 衝撃波加熱による新しい核融合点火方式の探求

高速点火では、加熱レーザーのエネルギーを 0.5 - 2 MeV の高速電子に変換し、高速電子で高密度プラズマを加熱している。村上らは、新しいエネルギーキャリアーとして衝撃波に着目し、「衝撃波点火法」を提案した。理論および 2 次元シミュレーションを用いた考察を行い、極めて有望な方式であることが明らかにされ、第 3 のレーザー核融合点火法として実験による検証が開始されようとしている。