

## レーザー核融合の現状

阪大レーザー研 大谷一人

### レーザー駆動型の慣性核融合と高速点火方式

レーザー核融合では短時間高密度 (~100ピコ秒、固体密度の数千倍) の爆縮プラズマによりローソン条件の達成を目指す。直径数ミリ程度の球殻ターゲットシェルの内部に燃料となる重水素、三重水素を封入し、球殻の層を形成し、そこへ球対称にレーザーを照射する。高強度レーザーを物質に照射するとその表面は剥離し、噴出する。これをアブレーションと呼ぶが、アブレーションの反作用としてターゲットには数万気圧に及び高い圧力が内向きに生じる。この圧力を利用して、燃料を圧縮する。最も古くから研究されてきた中心点火方式では、圧縮されたターゲットの中心にはホットスパークと呼ばれる点火部を形成する。中心に低密度、高温のホットスポットを形成するためには、高い球対称性が要求されるため、駆動レーザー装置の大型化が必要とされている。

近年提案された高速点火方式では、球殻ターゲットに金コーンを取り付け、中心点火方式と同様の手法であらかじめ十分に圧縮しておいた燃料に、金コーンから超高強度レーザーを照射し、コーン内で発生する高速電子によって追加熱を行い、点火部を形成する。この方式では、ホットスパークの形成を必要としないため、圧縮の対称性への要求が緩和され、同時にドライバの小型化も可能であると期待されている。阪大レーザー研では現在、高速点火方式の実証を目標とした爆縮、加熱におけるプラズマ物理の研究が精力的に行われており、10 kJ/ 10 ps の加熱用超高強度レーザー「LFEX」が建設中である。また、最近では高速電子を必要としない第三の手法として、コーン内に 1000 km/s もの超高速流体を発生させ、燃料に衝突させて点火部を形成するという、衝撃点火方式が提案されている。

### 流体不安定性と先行加熱

レーザー爆縮における障害は主に二つあげられる。一つは流体不安定性、もう一つは先行加熱である。アブレーション面の流体不安定性、特に加速に伴うレイリー・テイラー不安定性によって圧縮の一様性が悪化し、ついにはシェルの破断、燃料の混合を引き起こし、圧縮率の低下につながる。近年、流体不安定性の研究は精力的になされ、いくつかの抑制手法が提案されるに至っている。

レーザー核融合では、燃料ターゲットの周囲に数 keV のアブレーションプラズマが発生する。このプラズマからは高エネルギーの X 線や電子が発生し、ターゲット内側の圧縮されていない燃料を直接加熱する。これが先行加熱である。温度の上昇は高密度圧縮を妨げる要因となるため、現在主流となっている設計で許容される先行加熱は 2 eV 以下とされている。

先行加熱を観測する手法として、球殻ターゲットの内側を直接観測するのは困難であるため、球殻の一部を模擬した平板ターゲットを用い、シェルの内側に相当するレーザー照射裏面側の温度を計測した。この実験によって、ターゲットシェルの設計によって先行加熱を許容範囲に抑えることが可能であるという結果を得た。

また、高速点火方式では、ターゲットの構造上、コーン方向から爆縮レーザーが照射出来ないため、球対称に圧縮することが出来ない。このとき爆縮コアプラズマで起こるダイナミクスを観測するため、我々は2次元空間、高時間分解計測法を開発し、コアプラズマがコーンに向かって流れていく様子を確認した。