

ペタワットレーザーによるレーザー核融合のブレークスルー

三 間 罔 興

阪大レーザー研

MIMA Kunioki

Institute of Laser Engineering, Osaka Univ.

1980年代末までにレーザー爆縮により固体密度の1000倍に達する超高密度プラズマを発生することに成功し、 n_T が 10^{14} s/cm³以上を達成出来ることが明らかになった。しかし、部分的にイオン温度を10keV以上とし核融合燃焼波をトリガーする“ホットスパーク”を形成することには成功しなかった。球殻ペレットが完全に球対称に爆縮されると、相対的に低密度のプラズマで満たされた中心部は強い球心衝撃波による加熱で、爆縮速度が 3×10^7 cm/sec 以上の場合には10keV以上にまで加熱される。現実には、爆縮過程が流体力学的に不安定であるため、レーザー照射が極めて一様でかつペレットの球対称性が非常によく無いと乱流混合のためホットスパークは潰れる。すなわち、爆縮のためペレット球殻を中心にむけて加速する時と、中心周辺でスタグネートする時のレーリー・テラー不安定性により、低温の周辺プラズマとホットスパークプラズマとの混合がおきる。その解決には、乱流混合層より充分大きい半径を持つプラズマを発生させる（NIF, LMJ のようなMJクラスのレーザーを用いる）か、新しいホットスパークの形成の方式の導入が求められた。有望な新方式として現在脚光を浴びているのが“高速点火”である。

1985年、超高強度レーザーの基本原理解“CPA”が発明され1990年代に入りペタワットに達する出力のレーザーが利用可能となった。その結果、爆縮プラズマの流体運動のタイムスケールより短時間に、ホットスパークの形成に必要なエネルギーをレーザーで注入できる道が開かれた。

(1) 集光性能の良い10kJ級でピコ秒のレーザー技術の確立と、(2) 超高密度プラズマの加熱の物理と制御、が研究開発課題になっている。レーザー技術では、大口径のチャープパルス位相制御や高耐力の大型グレーティング技術にブレークスルーがあり日本や欧米でペタワットレーザーが建設されている。一方、加熱物理ではペタワットレーザーで生成される数十 MA に達する相対論電子ビームのSELF-ORGANIZATIONの発見や爆縮プラズマ中心部にペタワットレーザー光を導入するためのコーンターゲットの発明がブレークスルーになっている。その結果、ペタワットレーザーにより爆縮プラズマを300eVから1keV近くにまで加熱することに成功し、その結果をもとに10kJ/10psのペタワットレーザーでブレークイーブンを目指す研究計画『FIREX; Fast Ignition Realization Experiment』の第1期計画が策定され、高速点火核融合の原理実証を目指そうとしている。この計画では、密度200g/cc以上のDTプラズマを10keV以上にまで加熱することが目標である。FIREX-Iに成功すればFIREX-IIとして点火燃焼を実現し核融合利得10以上を目指すことになる。