



■会議報告

The 16th International Workshop on Radiative Properties of Hot Dense Matter 会議

佐々木明 (原子力機構), 西村博明 (阪大レーザー研),
大西直文 (東北大)

2014年9月28日-10月4日の間、オーストリア、ウィーン、シェーンブルンパークホテルで、The 16th International Workshop on Radiative Properties of Hot Dense Matter 会議が開催された[1]。この会議は、米国 Lawrence Livermore 研究所 (LLNL) に所属していた Richard Lee 博士が中心となって開催されている、レーザープラズマを代表とする高温、高密度プラズマ中で起こる原子過程、輻射輸送の物理について議論する、専門的な会議である。本報告では、今回の会議のトピックであった米国立点火施設 NIF (National Ignition Facility) における慣性核融合実験や、原子過程や輻射輸送のモデルの改良に関する国際的な活動、新しい実験装置、施設とそれを用いた研究の状況等について報告する。

NIF の成果は、世界のプラズマ研究者に注目されているところであるが、LLNL の T. Ma らは、ハイフットパルス爆縮[2]による、 α 粒子加熱の実証と、性能の向上についての試みについて報告した。NIF では、内側に金などの高 Z 材料をコーティングした円筒形のホーラム (hohlraum: X 線閉じ込め容器) ターゲットにレーザーのエネルギーを注入して、ホーラム内壁で X 線に変換し、ホーラム中心に配置した DT 燃料球を爆縮する。T. Ma は、レーザーのパルス波形や空間的な照射パターンを制御し、爆縮を駆動する圧力を調整し、流体力学的不安定性の成長を低減させた条件 (図 1) で、シミュレーションとの一致が改善することを述べた。同研究所の S. Le Pape は、ホーラムの長さや半径を変えた実験の結果について述べた。また、非線形相互作用による吸収率の低下を避けるための実験、X 線放射プラズマの膨張を抑制し、かつ、燃料球冷却のために充填していた He ガスをなくした真空のホーラムを用いた実験が行われ、X 線変換のために Au よりも原子番号の大きい U を用いて、中性子発生数の向上が得られたとしている。より効率的な慣性核融合の方式やその基礎研究に関しては、H. Nishimura による大阪大学における X 線絶対分光計測を用いた高速点火実験、Sandia 研究所の S. B. Hansen による、同研究所の Z ピンチ装置 (Z-machine) で行われている MagLIF (Magnetic Linear Inertial Fusion) 実験について報告があった。

原子過程のモデルの精度を高めるための活動については、IAEA の H. K. Chung が、Non-Local Thermodynamic Equilibrium (NLTE) kinetics workshop と呼ばれる、衝突輻射モデルの相互比較ワークショップについて報告した。

低価数の原子のモデルと計算されるイオンの状態分布、平均価数、輻射損失の予測についてはコンセンサスが得られつつあり、活動を通じて開発されたコードが、プラズマ・核融合分野の研究者が利用できるようになっていることが述べられた。高温、高密度の非平衡状態が微小な空間に短時間生成されるレーザープラズマにおける、原子過程や輻射の特性のモデルの重要性については、LLNL の M. Patel から、NLTE 原子過程モデルの改良によって、NIF のホーラムの金の輻射特性を再現できるようになったという結果も示された。

フランス CNRS の S. Ferri は、プラズマの診断やオパシティ (輻射の放出、吸収係数) の評価において重要な、スペクトル形状に関する、Spectral Line Shape in Plasmas (SLSP) ワークショップについて報告した。

関連する原子過程モデルの研究に関して多くの発表があり、フランス CEA の D. Gilles らは、これらのモデルの基本となる原子構造の計算と、それをもとにした、Au のような高イオンの UTA と呼ばれる多くの発光線が重畳した疑似連続スペクトルの特性について報告した。LLNL の C. A. Iglesias は、高密度プラズマの原子過程について問題提起し、CNRS の A. Calisti による分子動力学法や、DESY の S. K. Son らによる密度汎関数法を用いた理論計算の結果、後述の XFEL を用いた観測の結果が示されて活発な議論が行われた。

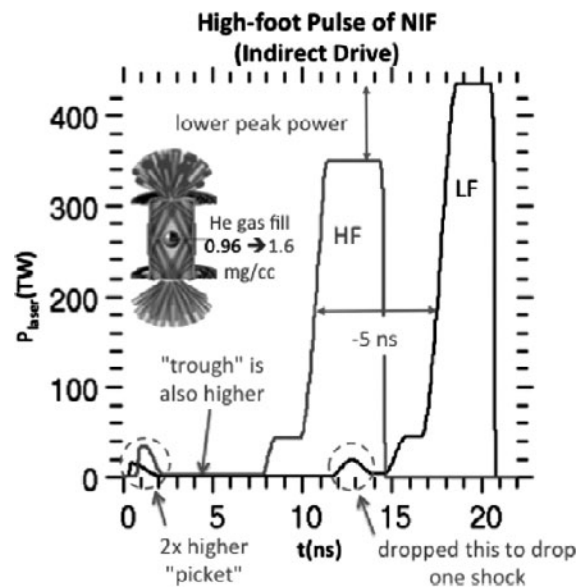


図 1 論文 [2] による、NIF におけるハイフット (HF) 爆縮実験でのホーラムターゲット照射 (中央に燃料球をもつ円筒形のホーラム内部に上下から 192 本のビームを照射し注入し、ホーラム内壁で X 線に変換して爆縮する) の模式図、および、流体力学的不安定性を抑制し、爆縮速度を増すために効果のあった、HF 照射レーザーのパルスの波形を、以前のローフット (LF) パルス波形と比較して示す。

オパシティは、宇宙物理分野でも重要であるが、Los Alamos研究所のC.J.Fontesは、星の構造解析において重要な役割を持つFeのオパシティについてのコードの比較に関し、詳細な原子モデルを用いた計算においても、重要なエネルギー領域でオパシティの値に違いが現れ、今後検証が必要なことを述べた。

このようなプラズマ原子過程のモデルを実験的に検証するための施設についても報告があった。英国AWE研究所のD.Hoartyは、500 Jのナノ秒パルスレーザー10本と、同じエネルギーのサブピコ秒レーザー2本からなるOrionレーザーシステムが建設され、X線による加熱で均一な高温プラズマを生成し、短パルスのバックライトX線源を用いて吸収分光計測する実験が行えるようになったことを紹介した。

会議の新しいトピックとして、XFELを利用した研究の

報告があり、SLACのE.Galtierらは、理論的に予言されていた、強力なX線パルスによる原子の内殻電子の電離、励起による中空原子の生成を確かめた結果や、高密度媒質中のイオン化ポテンシャルの低下（あるいは圧力電離）の効果の研究等への展開について報告した。

高温、高密度プラズマ中の輻射過程は複雑であり、新しい研究課題があると考えられる。本稿によって、本会議や、コード比較ワークショップに興味をもち、参加を検討してくださる方がおられればと考えている。

(原稿受付：2014年10月16日)

参考文献

- [1] <https://sites.google.com/site/rphdm14/>
- [2] O.A. Hurricane, Phys. Plasmas **21**, 056314 (2014).
- [3] <http://nlte.nist.gov/FLY/>