

レーザー生成金プラズマの生成と流体シミュレーションの比較

森下岳大¹⁾, Christian John¹⁾, 松本康寛¹⁾, 岸本 牧²⁾, 城崎友至¹⁾, 砂原 淳³⁾, 難波 慎一¹⁾

1) 広島大学, 2) 量研機構関西研, 3) パデュー大

<https://www.plasmasciencelab.com/>

高輝度パルス X 線の発生方法の一つに、高強度レーザーを固体等の物質に照射し、発生するプラズマからの X 線を光源とする方法がある。このレーザー励起プラズマからのコヒーレント・インコヒーレント X 線の応用として、X 線リソグラフィ、X 線顕微鏡、X 線ホログラフィなどが挙げられる。しかし、これらには駆動レーザーから X 線へのエネルギー変換効率が悪く、汎用性の高い光源として実用化するためには多くの課題が残されている。

最近になって、このレーザー生成プラズマから高出力 X 線を発生させる新しい手法が見いだされた。この方法は窒素ガス雰囲気中でレーザー生成金プラズマを発生させるというものであり、水の窓と呼ばれる波長域 (2.3 – 4.4 nm) の軟 X 線光子数が 10 倍以上増大する。

本研究室では、ジュール級ナノ秒パルスレーザーを用いて窒素ガス雰囲気下でのレーザー生成金プラズマからの軟 X 線をさまざまな分光的手法で計測し、X 線増大現象の解明を試みている。これまでのところ、窒素からのオージェ電子放出とその電子衝突励起・脱励起輻射が関与している可能性があることが示されたが、今後はこの仮説を数値計算で再現できるのかを調べる必要がある。しかしながら、レーザー生成金プラズマに対する信頼できる輻射流体シミュレーションコードは存在しない。

本研究では、金プラズマに対する輻射流体シミュレーションコードの構築をするため、実験で得られた軟 X 線分光結果を輻射流体シミュレーションコード `star2d` コードの結果を比較することにより、どの程度実験結果を再現できるのか、また、再現できない場合、その要因を明らかにすることを行う。

実験は真空チャンバーの中に設置された金バルクターゲットを Nd:YAG レーザー (パルス幅: 5.6 ns, エネルギー: 630 mJ, スポット径: 24 μ m, ピーク強度: 1.62×10^{13} W/cm²) で照射し、発生する軟 X 線スペクトルを斜入射分光器で、X 線 2 次元像を 2 μ m 厚の Ti フィルタ付きピンホールカメラで、X 線発光時間をフィルタ付 Si 検出器で計測した。Star2d コードはプラズマの温度・密度や圧力、X 線発光等についての値を時間空間分解して与えるが、今回比較対象としたのは、時間積算した軟 X 線の空間的な発光形状と発光スペクトル形状、平均イオン価数、及び、X 線発光時間である。その結果、得られた X 線計測結果はシミュレーションから得られる値に極めて近かった。したがって、今回採用した Star2d コードが金プラズマに対しても信頼できるデータを提供できると考えられる。