

レーザーアブレーション過程で放出された液滴の挙動

Motion of droplets emitted during the laser ablation process

甲南大¹, 阿南高専² 伊東 佑真¹, 吉田 岳人², 青木 珠緒¹, 〇梅津 郁朗¹

Konan Univ.¹, NIT. Anan college², Yuma Ito¹, Takehito Yoshida, Tamao Aoki, 〇Ikurou Umezu²

E-mail: umezu@konan-u.ac.jp

レーザーアブレーション法は薄膜やナノ粒子を作成する気相成長法としてよく知られている。しかし、レーザーアブレーション過程ではプルームと呼ばれる気相となったターゲット材料とともに液滴が放出される。良質な薄膜やナノ粒子を作製するためには液滴は厄介者で液滴の減少に多大な努力がなされている。しかし、液滴は表面張力によって球状になるために気相成長では不可能な球状粒子の形成が可能である。このように液滴を積極的に利用して球状ナノ粒子を作製する研究例も少なくない。レーザーアブレーション法を球状ナノ粒子の作成方法としてとらえた場合にはレーザーアブレーション過程で放出された液滴の空間中での挙動と空間分布が重要となる。そこで本研究では、レーザー照射後の液滴の雰囲気ガス中での挙動を実験結果から考察した。

本研究ではヘリウムガス中で銀をターゲットとしてレーザーアブレーションを行った。プルーム中に内径 3.5mm のパイプを挿入し、パイプの下流を低圧にすることによってガスの流れを作り、下流側にあるターゲット上に銀を堆積させた。堆積物は球状粒子であり慣性効果によってガスの流速によって粒径を制御できることは既に報告済みである。パイプの先端位置を変化させることによって粒径分布が変化し、プルームの外側に行くにつれて大きな粒子の混入が顕著となった。これはプルームの外側に大きな液滴が存在することを示す。銀をターゲットとした場合には液滴の挙動を直接観察することは出来なかったが、シリコンをターゲットとした場合には発光している液滴の挙動を直接 C-MOS カメラで撮影することが出来る。液滴は弾道的に進むが、ガス圧力の増加とともにその進展距離が短くなり、プルーム内でほぼ静止している液滴も存在した。これはガスの粘性抵抗が液滴の運動に対する抵抗になっていることを示す。その際の静止距離は粒子の質量密度、直径、雰囲気ガスから受ける粘性抵抗、そしてカンニガム補正項と呼ばれる粒子の slip correction factor で決定され、カンニガム補正項を無視した粗い近似では初速度が同じであれば重い（大きな）液滴がより静止距離が長く外側に分布することになる。これは銀で得られた堆積物の結果と定性的に一致する。シリコンターゲットを用いた際の液滴の挙動から見積もられた初速度が銀の液滴の初速度と同じであると仮定して銀の液滴の静止距離を計算するとプルーム内で静止している液滴も存在しているはずであり、実験結果を説明できる。

発表当日は液滴の挙動の画像を元に液滴の挙動を粘性抵抗を考慮に入れた慣性モデルで議論し、堆積された球状粒子の SEM 画像と比較して議論を進める。