

液相レーザーアブレーション誘起キャビテーション気泡での放電特性

Discharge characteristics in a cavitation bubble induced by liquid-phase laser ablation

高橋 裕太, ○佐々木 浩一 (北大工)

Yuta Takahashi, ○Koichi Sasaki (Hokkaido Univ)

E-mail: sasaki@qe.eng.hokudai.ac.jp

[はじめに] 液相レーザーアブレーションで生成したナノ粒子は大きな電荷を持ち、液体中で凝集しにくく、コロイド状態を長期にわたって維持することが知られているが、その理由は明らかで無い。本報告では、液相レーザーアブレーションにより誘起されるキャビテーション気泡の気液界面が電荷を有していることを示唆する実験結果について述べる。我々は、以前の研究で、液相レーザーアブレーションにおけるナノ粒子の成長反応場はキャビテーション気泡の内部であることを示している。したがって、キャビテーション気泡が電荷を持てば、液相レーザーアブレーションで生成されるナノ粒子が大きな電荷を持つことの説明になる可能性がある。

[実験] 蒸留水の中にチタンターゲットを設置し、それに垂直な方向から波長 $1.06\ \mu\text{m}$ の Nd:YAG レーザーパルスを集光照射した。誘起されるキャビテーション気泡の位置およびサイズの時間変化は、高速度カメラを用いたシャドウグラフ法により可視化した。チタンターゲットを電氣的に接地し、ターゲットからある距離離れた位置に高電圧電源に接続した金属針電極を置いて、ターゲットと針電極の間で生じる放電現象を観察した。

[実験結果および考察] ターゲット上のレーザー照射点を中心としたキャビテーション気泡が形成され、膨張・収縮・圧壊のダイナミクスを示すことが観測された。針電極に高電圧を印加すると、キャビテーション気泡に突起状の変形が発生し、それが針電極に向かって伸張し、針電極先端に到達したとき、電極とターゲットの間に放電が生じた。実験条件によっては、針電極の先端に気泡が発生し、それがキャビテーション気泡に向かって伸張し、電極とターゲットが気相で結ばれた時に放電が生じる場合もあった。図1は、レーザーアブレーション後の遅れ時間が $265\ \mu\text{s}$ の時点で撮影された画像であり、電極とキャビテーション気泡を結ぶ突起状の気泡はキャビテーション気泡の気液界面に垂直に伸張していること、および、放電のチャネルは気液界面に垂直で放電長が長くなるにもかかわらずキャビテーション気泡の中心(レーザー照射点)に向かっていることを示している。この実験では、気泡中心にあるレーザーアブレーション痕がその位置での電場を強めているために放電チャネルが気泡中心に向かう可能性を検証するため、図中に赤で示した位置に予め多数のレーザーパルスを照射してレーザーアブレーション痕を形成しておいたが、放電チャネルは電極から近い位置にある予め形成しておいたアブレーション痕には向かわず、キャビテーション気泡の中心に向かった。したがって、実験結果は、キャビテーション気泡の気液界面に電荷があり、電場が気液界面に垂直であることを示唆している。なお、ターゲットに絶縁物を用いた場合でも同様の現象が観測されたことから、電荷は大地から供給されたのではなく、キャビテーション気泡がその形成時より保持していたものと考えられる。

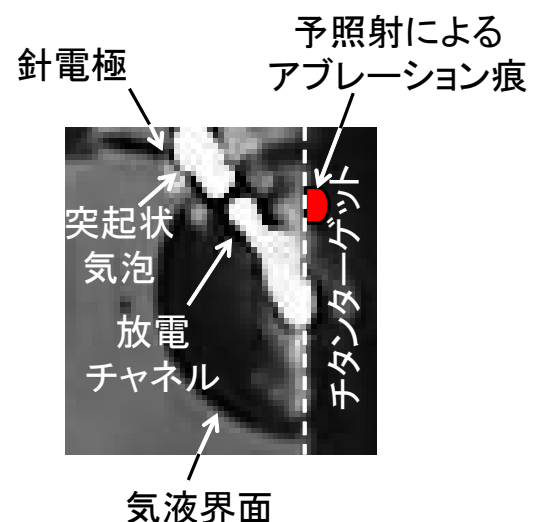


図 1: 典型的放電画像