

イグニッションコイルを用いた水中放電の特性調査

Characteristics of Discharge in Water Using Ignition Coil

愛媛大¹ ○ (M1) 平野 裕太郎¹, 向笠 忍¹, (M2) 兵頭 拓磨¹, (B4) 下野 智弘¹, 野村 信福¹

Ehime Univ.¹, °Yutaro Hirano¹, Shinobu Mukasa¹, Takuma Hyodo¹, Tomohiro Shimono¹,

Shinfuku Nomura¹

E-mail: mukasa.shinobu.me@ehime-u.ac.jp

ガソリンエンジンの点火装置であるイグニッションコイルを用いた水中放電を行った。これまでメタノール中の2本の銅線電極間で同形態の放電を起こすことにより直径約10 nmで均一な金属銅ナノ粒子を合成することができた。しかし、合成メカニズムは未だ明らかではない。そこで、まず水中での放電について、オシロスコープと高速度カメラを用いた特性調査を行った。

電極は直径1 mmまたは0.25 mmの銅線を使用し、電極間距離を0.2~1.0 mmの範囲とした。オシロスコープを用いて電極間の電圧と接地側電極を通過する電流を測定した。また、高速度カメラ(100,000 fps)を用いて発生する気泡の様子を撮影した。さらに、外部トリガ装置を使ってオシロスコープ測定と高速度カメラ撮影との同期を行った。

ブレークダウン時の発光と同時に電極間で気泡が発生し、直径1 mm程度まで膨張した後、ほぼ消滅するまで収縮した。発生から消滅までの時間は100~200 μ sであった。消滅直後に再び発光と同時に先ほどと同様の気泡挙動がみられた。一連の気泡挙動は放電エネルギーの一部が熱エネルギーに変換されることで生じる気泡内の圧力変化によるものと考え、気泡の膨張収縮運動を記述するRayleigh-Plesset方程式をRunge-Kutta法を用いて数値的に解くことにより、放電による熱的現象の考察を行った。まず、測定で得られた電圧値と電流値からブレークダウン時の放電エネルギーを計算すると電極間距離にほぼ比例し0.4~1.7 mJであった。代表として電極間距離0.5 mmの場合を参考にすると、放電エネルギーは1.2 mJ、高速度カメラから得られる気泡の膨張収縮周期は170 μ sであった。一方、同じ周期における発熱量を数値解から見積もると0.34 mJであることから、放電エネルギーの28%が気泡内の熱エネルギーに変換されたことになる。しかし、このとき数値解による気泡最大直径は高速度カメラから得られたものに比べて約80%過大評価していた。この差は、数値計算において電極の存在を無視したためだと考えられる。

オシロスコープ測定結果から、放電はブレークダウンまたは気泡消滅時だけでなく電極間に気泡が存在する間、300~700 nsの周期でストリーマ放電が起きていた。ストリーマ放電は電圧が-500~-700 Vまで降下したときに起こり、放電エネルギーは約1.9 μ Jであった。ストリーマ放電1回の放電エネルギーは小さいものの約1~2 msにわたり数1,000回繰り返し起きることから、全体としてブレークダウン時の放電エネルギーよりも大きくなる可能性がある。これまでの研究で、電極間距離が小さい方が、放電時間が長くなり、かつナノ粒子の生成量が増加することがわかっていった。今回の結果は、ブレークダウン時の強い放電よりも繰り返し発生するストリーマ放電がナノ粒子合成に寄与していることを示唆している。