

有機分子結晶の THz-FEL アブレーションの励起周波数依存性

Excitation-frequency-dependent laser ablation using the THz free electron laser

○永井正也¹、芦田昌明¹、川瀬啓悟²、入澤明典²、磯山悟朗²、冬木正紀³、青木順⁴、豊田岐聡⁴

(1. 阪大院基礎工、2. 阪大産研、3. 畿央大、4. 阪大院理)

○M. Nagai¹, M. Ashida¹, K. Kawase¹, A. Irizawa¹, G. Isoyama¹, M. Fuyuki², J. Aoki¹, M. Toyoda¹

(1. Osaka Univ. 2. Kio Univ.)

E-mail: mnagai@mp.es.osaka-u.ac.jp

高強度の電磁波を照射し物質を能動的に操作することは、加工や加熱などの電磁波応用として用いられている。THz 周波数帯においても同様の高出力 THz 光源の応用展開が可能である。THz 周波数帯には分子間振動など固相を掌る振動モードがあり、このモードを共鳴強励起することで生じた非熱的ソフト化[1]は、一般的な光励起とは異なる新しい原子・分子のアブレーション過程が期待できる。

大阪大学産業科学研究所量子ビーム施設では THz 領域に特化した高強度自由電子レーザー (FEL) を有している。出力した 5Hz マクロパルスは中心周波数が 4THz、パルス幅 10ps の 27MHz ミクロパルスが 100 ショットで構成されている。出力強度は 20mJ であることから、様々な励起周波数、強度領域でのアブレーションを観測することができる。

我々はこの FEL パルス光をスクロースやラクトースなどの糖類に照射すると、微結晶表面からエアロゾルがはじけるように発生するのを見出した[2]。FEL の励起周波数は分子間振動に共鳴していることから、大振幅分子間振動による急激な体積膨張によって非熱的なアブレーションが生じたと考えることができる。ただしある励起光強度以上では照射付近 C₂ ラジカルに起因する緑色発光に加えて微結晶表面からの電子放出による窒素の紫外発光も見られた。

これらの発光を時間分解で測定したところ、エアロゾル発生時に見られる緑色発光や紫外発光はマクロパルスの後半で現れることが分かった。このような発光強度は分子間振動による吸収に応じて強く現れていた。また参照試料として電界電子放出に伴う窒素の発光が見られる半導体試料も測定したところ、低周波数励起ほど窒素の発光が強く現れた。これらの結果から、電界電子放出によるアブレーションではなく、分子間振動を介したアブレーションが生じたと考えられる。

また飛行時間型質量分析によるアブレーション後のイオンの直接観測も行い、ある励起周波数でプロトンが励起マイクロパルスごとに放出することを見出した。これはアブレーションの過程で水素結合が切れる際にプロトンが大量に放出したことを示唆している。講演ではこれらの実験結果を踏まえ、高強度 THz パルスによるエアロゾル発生メカニズムについて議論する。

[1] Jewariya, Nagai, Tanaka, Phys. Rev. Lett. **105**,203003 (2010).

[2] Irizawa et al. IRMMW-THz 2014 T4/E-16.14 (2014).