

# 放射線の局所領域照射で生じる自由電子による加熱と

## その医療・産業応用

森林 健悟

量研

重粒子線や X 線等の放射線を局所領域へ照射すると、強い電場を生成する。同時に生成する自由電子のエネルギーが小さいとき、自由電子はこの電場により標的に戻され、標的と相互作用する。この相互作用により標的は加熱する。この加熱による癌治療、X 線超微細加工への応用を検討する。

重粒子線では、イオン衝突電離断面積、粒子線のエネルギーと加熱の関係を求める。古くから重粒子線を物質に照射すると重粒子線の軌道付近に強い電場ができ、その電場に自由電子がトラップされ、プラズマが生成する理論モデルが提案されていた。さらに、このモデルを用いて重粒子線の生物影響の実験データを再現された。しかしながら、このプラズマは観測されておらず、シミュレーションの中にも強い電場、プラズマはあらわれなかった。本研究では、シミュレーションで初めて、この強い電場、プラズマ生成に成功し、このプラズマの加熱による熱膨張を模擬した[1]。

単色 X 線と原子番号が大きい重元素 [ガドリニウム(Gd)等]を含むナノ粒子を用いた癌治療法は正常細胞の被曝がほとんどなく、癌細胞を効率良く死滅させる方法として注目されている。この癌治療では、X 線のエネルギーが原子の内殻電離エネルギーに近い程、すなわち、光電子エネルギーが小さい程、細胞の死滅量が増大することが発見されたが、増大の理由は不明である。この理由として(i)光電子のエネルギーが小さいとき、光電子は、X 線照射で生じる電場により標的に戻り[2]、(ii)この戻ってきた光電子が標的を加熱し、粒子(イオンや原子)の放出が起きる。(iii)この粒子が DNA を損傷し、死滅量増加に繋がるという仮説を立てた。また、X 線の固体照射でも同様の過程で光電子による加熱が期待でき、X 線超微細加工では、この加熱により電力使用量が軽減できるという仮説を立てた。

[1] K. Moribayashi, J. J. Appl. Phys., **59**, SH0801 (2020)

[2] K. Moribayashi, Phys. Rev. A, **80**, 025403 (2009).