

高輝度軟X線を用いた不対電子観測による DNA 損傷の物理学的プロセス

Physical process of the DNA damage studied by measuring unpaired electron species induced by high intense soft x-ray irradiation

岡 壽崇(東北大高教セ/東北大院理)

放射線による生物影響の主要な要因の1つとされるDNA損傷の生成プロセスの解明は、福島第一原発事故による環境放射能の影響評価や放射線医療の最適化など様々な分野において重要な知見となると考えられる。一方、放射線照射によって損傷はDNA上に直接誘起されるだけでなく、DNAを取り巻く環境(生体内の水やDNAに水和している水分子)で発生した活性酸素によって間接的に、あるいはDNA上に生成したホールの移動といった物理過程によって形成される。多様な損傷プロセスは同時並行的に進行するため、個々のプロセスを抽出し解析することが出来ず、DNA損傷プロセスの全貌を明らかにすることは、ヒトの全ゲノムが解明されている今日であっても未だに明らかにされていないのが現状である。

我々は、DNA損傷が不対電子を有する反応中間体を經由して生成することに着目し、高輝度軟X線照射によって生成した不対電子をその場測定できるESR装置を開発してきた[1]。このESR装置を用いてDNA構成元素である窒素および酸素の内殻電子励起及びイオン化が、突然変異の誘発の原因となるDNAの損傷生成にどのように寄与しているか、その物理学的プロセスを調べてきた[2]。

軟X線照射中のみDNA上に誘起される、DNA損傷の中間体と推測される短寿命不対電子種(ラジカル)を調べたところ、窒素および酸素のK殻イオン化閾値エネルギーにおいて生じたラジカル収量がX線吸収断面積から予測される量の約2倍にも増感することを見出した[3]。このラジカル収量の増加は、DNAより飛び出した光電子が、引き続き起こるオージェ電子の飛び出しの際に2価のイオンから引力を受けて再捕獲されるPostcollision interaction過程によるものだと考えられる。さらにラジカルの収量は核酸塩基の構造、特に置換基に大きく依存することも明らかになりつつある。中でもシトシンは、それ自体は損傷を受け難いにも関わらず高いラジカル収率を示したことから、正孔の一時的な貯蔵庫として働く可能性も示唆された。

[1] A. Yokoya *et al.*, *Radiat. Phys. Chem.*, 78 (2009) 1211. [2] T. Oka *et al.*, *App. Phys. Lett.*, 98 (2011) 103701.

[3] T. Oka *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 109 (2012) 213001.