

卒業論文概要書

2023年2月提出

所属学科	物理学科	氏名	吉田思乃香	学籍番号	1Y19A047-3
研究題目	放射線治療におけるナノ粒子増感作用の解明にむけた Geant4-DNA のシミュレーション精度評価および実測での検証			指導教員	片岡 淳

【研究背景】

近年がん治療の一つとして放射線治療が注目を集めているが、その治療効果を高める増感剤の一つとして、金ナノ粒子(AuNP)が知られている。その増感効果にはオージェ電子が寄与していると考えられているが、その増感のメカニズムは未だ明らかになっていない。また、オージェ電子はエネルギーが低く、直接観測することは難しい。さらに、相互作用シミュレーションとして知られる Geant4 では低エネルギー側の反応に対応していないといった困難がある。そこで本研究では、低エネルギー側の反応に特化した Geant4-DNA というシミュレーションツールを用いて、オージェ電子の反応の再現を試みた。

【AES・XPSによる測定】

オージェ電子分光法(AES)とは電子線照射によって放出されるオージェ電子の運動エネルギーを測定する方法である。この方法でAuNPからのオージェ電子を測定した。

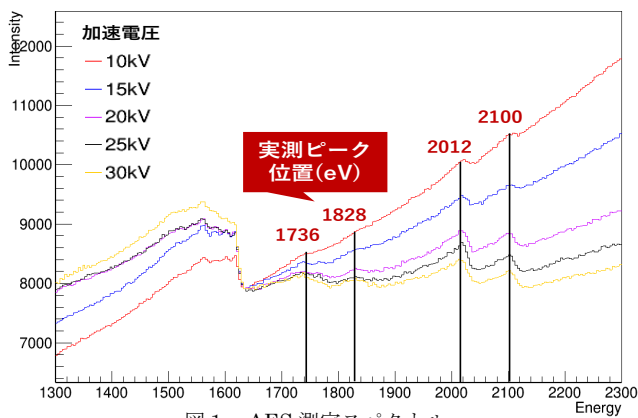


図1 AES測定スペクトル

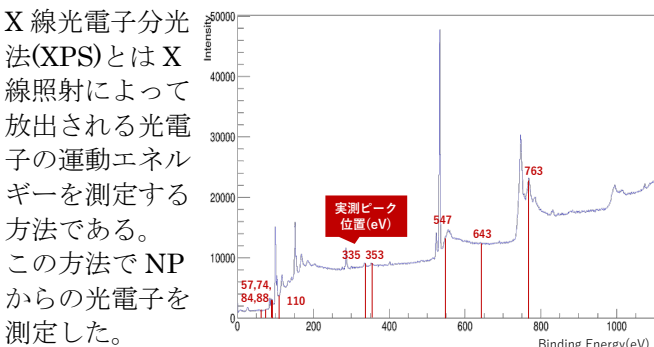


図2 XPS測定スペクトル

【Geant4-DNAの精度評価】

電子の飛程に関する二つの値(CSDA,IMFP)を用いて理論値と Geant4-DNA で取得した値を比較し、シミュレーションの精度を検証した。なお CSDA は電子が停止するまでに進んだ距離、IMFP は電子が非弾性散乱するまでの平均自由行程を表している。どちらの指標においても100eV以上のエネルギー範囲で理論値を再現していた。

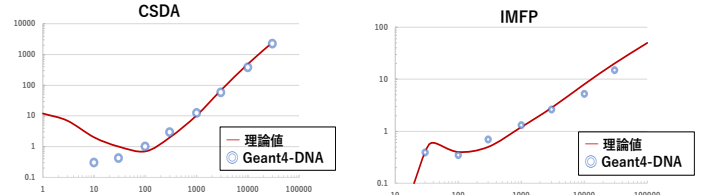


図3 理論値比較結果

【Geant4-DNAによる再現シミュレーション】

AES, XPSの測定を再現したシミュレーションを行った結果を以下の図に示す。なお比較にはピーク位置とピーク強度の二つを用いた。ピーク位置に関してはどちらも相対誤差10%以内に収まっており、ピーク強度に関しては実測の大小関係を再現できていた。

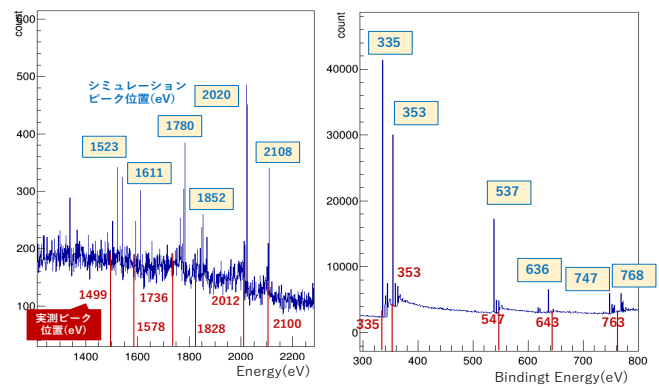


図4 ピーク位置比較 (左:AES, 右:XPS)

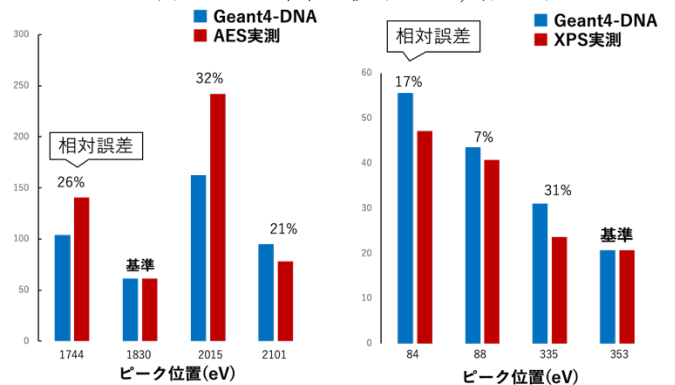


図5 ピーク強度比較 (左:AES, 右:XPS)

【まとめと今後の展望】

Geant4-DNA が実測を再現できていることが確認できたため、今後のシミュレーションの信用性を得ることができた。しかし現在の Geant4-DNA においては Au と水以外の物質が使用できず、粒子に関しても電子・X線しか使えないなどの制約があるため、今後はまずコードの変更を行いたい。また、増感の機序解明に向けて、光電子とオージェ電子それぞれの発生割合の取得を試みたいと考える。また、様々な粒径のナノ粒子におけるラジカルの生成量や生成分布の検証にも取り組みたい。